การระบุชนิดของสาหร่ายปรสิตพืชสกุล *Cephaleuros* Kunze ex E.M. Fries ในประเทศไทย และการเจริญตามฤดูกาลของสาหร่ายในแปลงทดลอง

Identification of Plant Parasitic Algae Genus *Cephaleuros* Kunze ex E.M. Fries in Thailand and Their Seasonal Development in Research Field

นราสินี ถี่ถ้วน

Narasine Thithuan

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาโรคพืชวิทยา
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master Degree of Science in Plant Pathology
Prince of Songkla University
2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การจำแนกชนิดของสาหร่ายปรสิตพืชสกุล *Cephaleuros* Kunze ex E.M. Fries ในประเทศไทย และการเจริญตามฤดูกาลของสาหร่ายในแปลงทดลอง

Identification of Plant Parasitic Algae Genus *Cephaleuros* Kunze ex E.M. Fries in Thailand and Their Seasonal Development in Research Field

นราสินี ถี่ถ้วน

Narasine Thithuan

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาโรคพืชวิทยา
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master Degree of Science in Plant Pathology
Prince of Songkla University
2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การระบุชนิดของสาหร่ายปรสิตพืชสกุล *Cephaleuros* Kunze ex E.M. Fries ในประเทศไทย และการเจริญตามฤดูกาลของสาหร่ายในแปลงทดลอง

ผู้เขียน นางสาวนราสินี ถี่ถ้วน

สาขาวิชา โรคพืชวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

……

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุรักษ์ สันป่าเป้า)

คณะกรรมการสอบ

……ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายทอง แก้วฉาย)

……..……กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พรสุริยา)

……..……กรรมการ

(ดร. ธนัญชนก ไชยรินทร์)

……...……กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุรักษ์ สันป่าเป้า)

บัณฑิตวิทยาลัยสงขลานครินทร์อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาโรคพืชวิทยา

……....

(ศาสตราจารย์ ดำรงศักดิ์ ฟ้ารุ่งสาง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่าผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านไว้ ณ ที่นี้

ลงชื่อ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนุรักษ์ สันป่าเป้า)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ.....

(นางสาวนราสินี ถี่ถ้วน)

นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นางสาว นราสินี ถี่ถ้วน)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การระบุชนิดของสาหร่ายปรสิตพืชสกุล *Cephaleuros* Kunze ex E.M. Fries ในประเทศไทย และการเจริญตามฤดูกาลของสาหร่ายในแปลงทดลอง

ผู้เขียน นางสาวนราสินี ถี่ถ้วน

สาขาวิชา โรคพืชวิทยา

ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

สาหร่ายสีเขียวสกุล *Cephaleuros* Kunze ex E.M. Fries เป็นสาหร่ายเพียงสกุลเดียวที่ดำรงชีวิตเป็นปรสิตก่อให้เกิด “โรคจุดสาหร่าย” บนพืชและแพร่กระจายเซลล์สืบพันธุ์โดยอาศัยน้ำฝน เนื่องจากในประเทศไทยมีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตสูง และมีความผันแปรของสภาพอากาศแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน แต่ยังไม่มีการศึกษาด้านองค์ประกอบชนิด และปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญของสาหร่ายสกุลนี้ งานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อจำแนกชนิดของสาหร่าย ศึกษาชนิดพืชอาศัย และประเมินความรุนแรงของสาหร่ายสกุลนี้ในประเทศไทย รวมทั้งศึกษาการเปลี่ยนแปลง การเจริญ การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ของสาหร่ายสกุลนี้ตามฤดูกาลในแปลงทดลอง จากการเก็บตัวอย่างสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* พบการเจริญของสาหร่ายสกุลนี้บนพืชอาศัย 103 ชนิด เป็นพืชอาศัยที่ยังไม่มีรายงานการศึกษามาก่อน 52 ชนิด เมื่อจำแนกชนิดสาหร่ายโดยลักษณะทางสัณฐานวิทยาสามารถจำแนกได้ 9 ชนิด คือ *C. diffusus*, *C. expansa*, *C. henningsii*, *C. karstenii*, *C. microcellularis*, *C. parasiticus*, *C. solutus*, *C. tumidae-setae* และ *C. virescens* ซึ่งถือเป็นรายงานการศึกษาแรกในประเทศไทยที่พบการเจริญของสาหร่ายชนิด *C. henningsii*, *C. microcellularis* และ *C. tumidae-setae* เมื่อประเมินระดับความรุนแรง พบว่ามีสาหร่ายที่ส่งผลกระทบและสร้างความเสียหายรุนแรงแก่เซลล์พืช 4 ชนิด คือ *C. henningsii*, *C. microcellularis*, *C. parasiticus* และ *C. solutus* การศึกษาการเจริญตามฤดูกาลของสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* พบว่า สาหร่ายในสกุลนี้มีการเจริญ การพัฒนาโครงสร้างสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ และไม่อาศัยเพศ ระหว่างฤดูร้อน และฤดูฝนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่าความเชื่อมั่น 0.05 เมื่อมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมากกว่า 100 มิลลิเมตร และความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ พบการปลดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย

มากกว่า 200 มิลลิเมตร และมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงมากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ (เดือนสิงหาคม – เดือนตุลาคม) และจากการศึกษาการปลดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในห้องปฏิบัติการโดยกระตุ้นการปลดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ด้วยน้ำเย็น พบว่า แกมีทมีพฤติกรรมการเข้าคู่กัน (conjugate) และสลายตัว (burst) ส่วนซูโอสปอร์มีการงอกและสร้างรงควัตถุภายในเซลล์เส้นใย จากผลการศึกษาองค์ประกอบชนิดและการเจริญตามฤดูกาลของสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* นี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับงานวิจัยทางด้านความหลากหลาย และการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายในสิ่งมีชีวิตต่อไป

Thesis Title	Identification of Plant Parasitic Algae Genus *Cephaleuros* Kunze ex E.M. Fries in Thailand and Their Seasonal Development in Research Field
Author	Miss Narasinee Thithuan
Major Program	Plant Pathology
Academic Year	2017

Abstract

Cephaleuros Kunze ex E.M. Fries is one of green algal genus, causing “algal spot disease” on plant hosts and distribute by reproductive cells via rainfall. Thailand locates in tropical area which diverse of organisms, and the weather is variable. However, the species composition and seasonal development of *Cephaleuros* is still unknown. This research aimed to identify algal species and plant hosts throughout Thailand, to assess disease severity and to examine the seasonal development of *Cephaleuros* in research field. A total of 103 plant species collected in Thailand, we found 52 plant species represented as new host for *Cephaleuros* spp. Based on morphological characters, 9 species of *Cephaleuros* namely: *C. diffusus, C. expansa, C. henningsii, C. karstenii, C. microcellularis, C. parasiticus, C. solutus, C. tumidae-setae* and *C. virescens* were identified. This is the first report of *C. henningsii, C. microcellularis* and *C. tumidae-setae* in Thailand. A four point necrosis index revealed that *C. henningsii, C. microcellularis, C. parasiticus* and *C. solutus* caused the most severe cases on host plants. The seasonal development of *Cephaleuros* was significant difference between summer and rainy season ($p < 0.05$) in research field. Number of algal spots on leaves and reproductive structures were increased according to rainfall (>100 mm) and relative humidity (>80% RH). Reproductive cells released on August to October as the same manner (>200 mm average rainfall and >85% RH. Furthermore, behavior of reproductive cells was conducted in water drop. Gametes conjugated in water drop and later got burst, whereas

zoospores germinated and produced pigment in young filamentous cells. A basic knowledge of species composition and seasonal development of algal genus *Cephaleuros* will be useful for further study in the field of biodiversity.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุรักษ์ สันป่าเป้า อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง และกรุณาแก้ไขจุดบกพร่องในการทำวิทยานิพนธ์จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายทอง แก้วฉาย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พรสุริยา และ ดร. ธนัญชนก ไชยรินทร์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาชี้แนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ต่อการแก้ไขวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณ นายชาติชาย โคกเขา นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และ นายณัทพล ไชยทอง เจ้าหน้าที่ประจำสถานีอุตุนิยมวิทยาสงขลา กลุ่มงานเกษตร ศูนย์วิจัยยางคอหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือถ่ายทอดความรู้ และชี้แนะแนวทางการจัดการข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา อันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณคณาจารย์ และบุคคลากรภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ ทุกท่านที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ ถ่ายทอดความรู้ แนวคิด ประสบการณ์ อบรม สั่งสอน และชี้แนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และ สถานวิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในการให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ผู้เขียนขอขอบคุณ บิดา มารดา และทุกคนในครอบครัว ผู้เป็นแรงผลักดันและเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

นราสินี ถี่ถ้วน

สารบัญ

รายการ	**หน้า**
ปกใน	(1)
บทคัดย่อ	(5)
ABSTRACT	(7)
กิตติกรรมประกาศ	(9)
สารบัญ	(10)
รายการตาราง	(12)
รายการภาพ	(13)
รายการภาพ (ต่อ)	(14)
บทที่ 1 บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
ตรวจเอกสาร	3
1. ลักษณะทั่วไปของสาหร่ายปรสิตพืช	3
2. การสืบพันธุ์ของสาหร่ายปรสิตพืช	4
3. การดำรงชีวิตของสาหร่ายปรสิตพืช	6
4. การเจริญของสาหร่ายในแต่ละฤดู	7
5. การพิสูจน์คุณสมบัติการเป็นสาเหตุโรคพืช	9
6. การจัดจำแนกชนิดของสาหร่ายปรสิตพืชตามลักษณะทางสัณฐานวิทยา	10
7. การศึกษาสาหร่ายในประเทศไทย	11
วัตถุประสงค์	12
บทที่ 2 วัสดุ อุปกรณ์ และ วิธีการ	13
วัสดุ อุปกรณ์	13
วิธีการ	13
1. การระบุชนิดของสาหร่ายปรสิตพืชสกุล *Cephaleuros*	13
1.1 การเก็บตัวอย่าง	13

สารบัญ

รายการ	หน้า
1.2 การระบุชนิดโดยลักษณะทางสัณฐานวิทยา	14
1.3 การประเมินความรุนแรงของสาหร่ายในระดับชั้นเนื้อเยื่อพืช	15
2. การเจริญตามฤดูกาลของสาหร่ายสีเขียวสกุล *Cephaleuros* ในแปลงทดลอง	17
2.1. การแบ่งฤดูกาลและการบันทึกข้อมูลการเจริญของสาหร่าย	17
2.2. การวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญของสาหร่ายตามฤดูกาล	17
2.3. การสืบพันธุ์และเจริญของสาหร่ายในห้องปฏิบัติการ	18
บทที่ 3 ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล	19
ผลการศึกษา	19
1. การระบุชนิดสาหร่ายปรสิตพืชสกุล *Cephaleuros* ในประเทศไทย	19
1.1 การเก็บตัวอย่างสาหร่ายปรสิตพืชสกุล *Cephaleuros* ในประเทศไทย	19
1.2 การระบุชนิดของสาหร่ายโดยลักษณะทางสัณฐานวิทยา	20
1.3 การประเมินความรุนแรงของสาหร่ายในระดับชั้นเนื้อเยื่อพืช	43
2. การเจริญตามฤดูกาลของสาหร่ายสีเขียวสกุล *Cephaleuros* ในแปลงทดลอง	44
2.1. การแบ่งฤดูกาลและการเจริญของสาหร่าย	44
2.2. การวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญของสาหร่ายตามฤดูกาล	45
2.3. การสืบพันธุ์และเจริญของสาหร่ายในห้องปฏิบัติการ	51
วิจารณ์ผล	55
บทที่ 4 สรุปและข้อเสนอแนะ	58
สรุป	58
ข้อเสนอแนะ	58
เอกสารอ้างอิง	59
ภาคผนวก	66
ประวัติผู้เขียน	74

รายการตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1. ระดับความรุนแรงของสาหร่าย 16
2. พื้นที่เก็บตัวอย่างและจำนวนพืชที่พบสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* 19
3. ตารางเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสาหร่ายสกุล *Cephalueros* 38
4. ระดับความรุนแรงของสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* แต่ละชนิด 43

รายการภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1. สาหร่ายในวงศ์ Trentepohliaceae 3
2. โครงสร้างทัลลัสของสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* 4
3. โครงสร้างสืบพันธุ์ของสาหร่าย *Cephaleuros* 5
4 วัฏจักรการสืบพันธุ์ของสาหร่าย *Cephaleuros* 6
5. การดำรงชีวิตของสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* sp. 7
6. พื้นที่เก็บตัวอย่างสาหร่ายปรสิตพืชสกุล *Cephalueros* ในประเทศไทย 14
7. หนังสือชนิดของสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* (Thompson และ Wujek, 1997) 15
8. สาหร่าย *Cephaleuros diffusus* 21
9. สาหร่าย *Cephaleuros expansa* 23
10. สาหร่าย *Cephaleuros henningsii* 25
11. สาหร่าย *Cephaleuros karstenii* 27
12. สาหร่าย *Cephaleuros microcellularis* 29
13. สาหร่าย *Cephaleuros parasiticus* 31
14. สาหร่าย *Cephaleuros solutus* 33
15. สาหร่าย *Cephaleuros tumidae-setae* 35
16. สาหร่าย *Cephaleuros virescens* 37
17. จำนวนชนิดของพืชอาศัยที่พบสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* แต่ละชนิดในประเทศไทย 41
18. จำนวนชนิดของสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* ในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย 41
19. ความกว้างของเซลล์เส้นใยสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* ในแต่ละชนิด 42
20. ความยาวของเซลล์เส้นใยสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* ในแต่ละชนิด 42
21. ปัจจัยทางกายภาพในปี 2558 – 2559 ในพื้นที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 44
22. ลักษณะทัลลัสของสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* 46
23. การพัฒนาโครงสร้างสืบพันธุ์ตามฤดูกาลของสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* 47
24. การเจริญของสาหร่ายในแต่ละฤดูกาล 49
25. การพัฒนาโครงสร้างสืบพันธุ์ของสาหร่ายในแต่ละฤดูกาล 50

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

26. โครงสร้างสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* 52
27. โครงสร้างสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* 53
28. การงอกของซูโอสปอร์ในสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* บนหยดน้ำ 53
29. พฤติกรรมและพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์สาหร่ายสกุล *Cephaleuros* บนหยดน้ำ 54
30. จำนวนชนิดของสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* ในประเทศไทย 56

บทที่ 1
บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

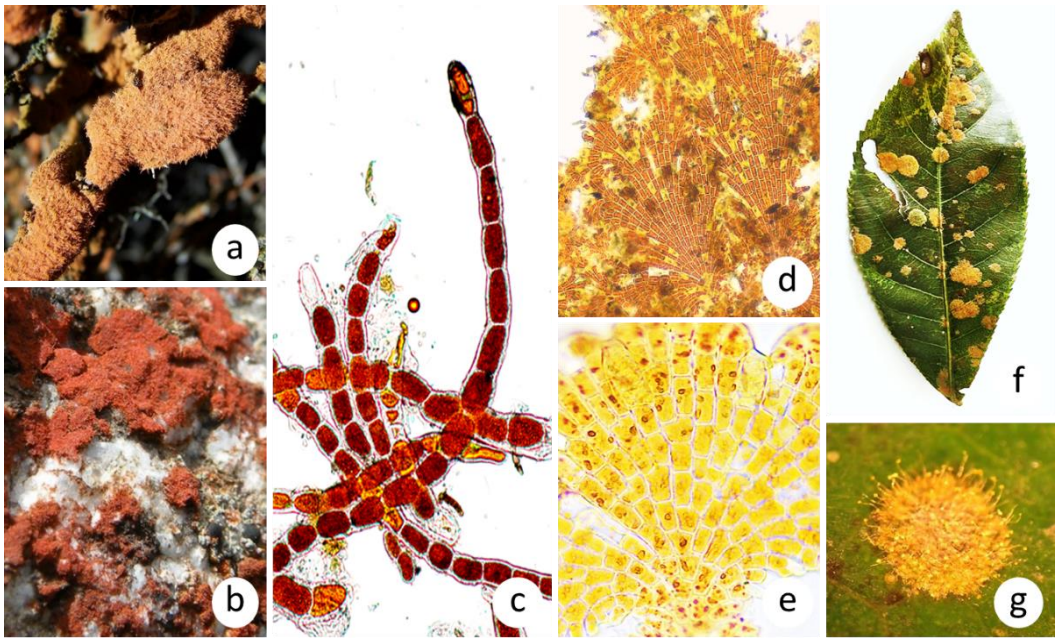
โรคพืช (plant disease) เกิดจาก 3 ปัจจัย คือ พืชอาศัยที่อ่อนแอ (susceptible) เชื้อสาเหตุโรคที่รุนแรง (virulent pathogen) และสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม (favorable environment) ประกอบกัน เรียกว่าสามเหลี่ยมโรคพืช (disease triangle) โรคพืชสามารถแบ่งออกได้เป็น โรคพืชที่เกิดจากสิ่งไม่มีชีวิต (abiotic disease) เช่น สภาพแวดล้อมในการปลูกที่ไม่เหมาะสม การขาดธาตุอาหาร และการได้รับพิษจากสารเคมีต่าง ๆ ส่วนโรคพืชที่เกิดจากสิ่งมีชีวิต (biotic disease) มีสาเหตุมาจาก แบคทีเรีย รา ไวรัส ไวรอยด์ ไฟโตพลาสมา ไส้เดือนฝอย โปรโตซัว และพืชชั้นสูง นอกจากนี้สาหร่ายบางชนิดสามารถก่อให้เกิดโรคในพืชได้ โดยเฉพาะสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* Kunze ex E.M. Fries พบได้บนพืชอาศัยหลายชนิด ส่วนใหญ่เจริญอยู่บนใบพืช มองเห็นเป็นจุดฟูคล้ายกำมะหยี่สีเหลืองส้ม บางชนิดมีการเจริญเข้าไประหว่างเซลล์พืช เพื่อรับน้ำและธาตุอาหารจากพืชอาศัยมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การที่สาหร่ายขึ้นปกคลุมใบพืชยังบดบังกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชอาศัย ทำให้พื้นที่รับแสงบนใบพืชลดลง กระบวนการทำงานต่าง ๆ ของเซลล์พืชถูกรบกวน เกิดความเสียหายต่อพืช จึงจัดสาหร่ายในสกุลนี้เป็นสาหร่ายที่ดำรงชีพเป็นปรสิต (parasite) ในประเทศไทยได้มีการรวบรวมโรคจุดสาหร่ายจากพืชอาศัย 74 ชนิด และระบุว่าเกิดจากสาหร่าย *C. virescens* โดยอาศัยเพียงการสังเกตจุดมีลักษณะฟูคล้ายกำมะหยี่ และใช้ลักษณะก้านชูสปอร์ในการจำแนกชนิด ปัจจุบันการใช้ลักษณะดังกล่าว ยังไม่เพียงพอที่จะระบุชนิดของสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* ได้อย่างถูกต้อง การศึกษาและจำแนกชนิดสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* ในปัจจุบันจึงอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยาตามคีย์ชนิดของสาหร่ายโดย Thompson และ Wujek (1997) ปัจจุบันมีรายงานการพบสาหร่ายสกุลนี้แล้ว 7 ชนิด ได้แก่ *C. expansa, C. diffusus C. karstenii, C. pilosa, C. parasiticus, C. solutus* และ *C. virescens* กระจายอยู่บนพืชอาศัยหลายชนิดในภาคใต้ของประเทศไทย (Sunpapao et.al., 2015) จะเห็นว่าจากรายงานการศึกษาที่ผ่านมาจำกัดอยู่เพียงแค่ภาคใต้ของประเทศไทย และยังขาดองค์ความรู้อีกมาก เช่น การศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญของสาหร่าย เนื่องด้วยประเทศไทยมีตำแหน่งที่ตั้งในเขตร้อนชื้น มีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตสูงและมีความผัน

แปรของสภาพอากาศแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดของสาหร่ายชนิดพืชอาศัยและประเมินความรุนแรงของสาหร่ายสกุลนี้ต่อพืชอาศัย รวมทั้งศึกษาการเปลี่ยนแปลง การเจริญ การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ของสาหร่ายสกุลนี้ตามฤดูกาล เพื่อเพิ่มเติมองค์ความรู้ของสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* Kunze ex E.M. Fries ในประเทศไทย

ตรวจเอกสาร

ลักษณะทั่วไปของสาหร่ายปรสิตพืช

สาหร่ายสีเขียวในอันดับ Trentepohliales (Guiry and Guiry, 2017) มีลักษณะเป็นเส้นใย (filament) เรียงต่อกัน แตกกิ่งก้านสาขา (branch) ประกอบกันเป็นรูปร่างทัลลัส (thallus) มีรงควัตถุที่ใช้การสังเคราะห์แสงในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoid) เป็นองค์ประกอบในเซลล์ ดำรงชีวิตแบบกึ่งบก (subaerial habitat) สามารถเจริญได้บนพื้นดินที่ชื้นแฉะ หิน เปลือกไม้ ลำต้น ใบ และผลไม้ ส่วนมากเป็นเอนโดไฟต์ (endophyte) บางชนิดเจริญบนผิวพืช (epiphyte) และบางชนิดเป็นปรสิตพืช สาหร่ายในอันดับนี้มีเพียง 1 วงศ์ คือ Trentepohliaceae และสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 สกุล (ภาพที่ 1) คือ *Cephaleuros* Kunze, *Phycopeltis* Millardet, *Printzina* Thompson and Wujek, *Stomatochroon* Palm และ สกุล *Trentepohlia* Mauritius แต่มีเพียงสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* Kunz ex E.M. Fries เท่านั้นที่เป็นปรสิตพืช (Thompson and Wujek, 1997)



ภาพที่ 1 สาหร่ายในวงศ์ Trentepohliaceae, (a – c) สาหร่ายในสกุล *Trentepohlia* บนเปลือกไม้และหิน (ที่มา : Guiry and Guiry, 2017), (d – e) สาหร่ายในสกุล *Phycopeltis*, (f – g) สาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* บนพืชอาศัย

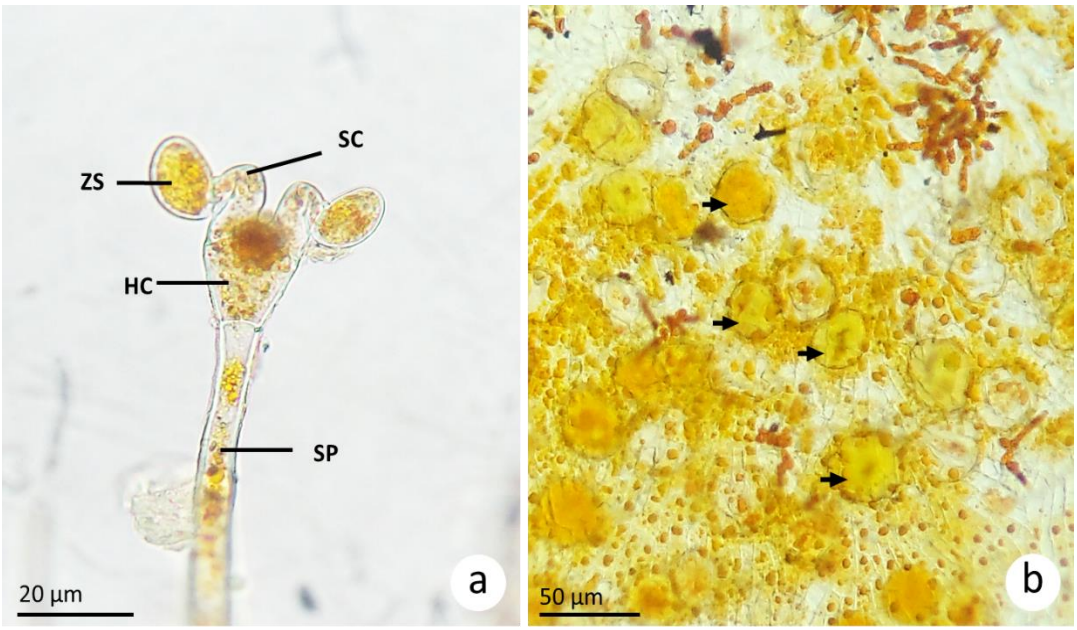
สาหร่ายสกุล *Cephaleuros* บนผิวพืช มีลักษณะเป็นแผลคล้ายกำมะหยี่สีส้มจนถึงสีน้ำตาล เพราะมี hematochrome เป็นรงควัตถุ (Nelson, 2008) เซลล์เส้นใยเจริญแผ่ออกจากศูนย์กลางทำให้มีลักษณะค่อนข้างกลม ประกอบด้วย 2 ส่วน คือโครงสร้างที่ราบกับผิวใบพืช (prostrate system) ประกอบด้วยเซลล์เส้นใย (filamentous cell) และโครงสร้างที่ชูออกมาจากทัลลัส (erect system) ประกอบด้วยโครงสร้างของก้านชูสปอร์ (sporangiophore) และซีเต้ (setae) (ภาพที่ 2)

ภาพที่ 2 โครงสร้างทัลลัสของสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* ประกอบด้วยโครงสร้าง 2 ส่วน คือ PS (prostrate system) โครงสร้างที่ราบไปกับผิวใบพืช ประกอบด้วยเซลล์เส้นใย และ ES (erect system) โครงสร้างที่ชูออกมาจากทัลลัส ประกอบไปด้วยก้านชูสปอร์ และซีเต้

การสืบพันธุ์ของสาหร่ายปรสิตพืช

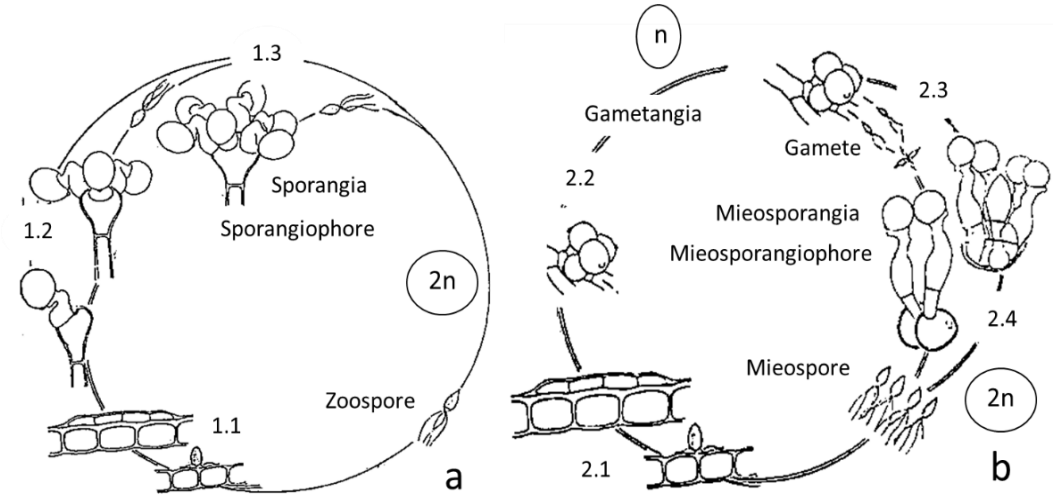
สาหร่ายสกุลนี้มีการสืบพันธุ์สองแบบ คือ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction) อาศัยเซลล์สืบพันธุ์ที่มี 4 หาง เรียกว่า ซูโอสปอร์ (quadriflagellate zoospore) ในซูโอสปอแรงเจียม (zoosporangium) บนก้านชูสปอร์ (sporangiophore) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่เห็นได้ชัด (ภาพที่ 3a) ปรากฏอยู่ด้านบนทัลลัส มีลักษณะเป็นเส้นใยรูปทรงกระบอกยาว ตรงปลายเป็นหัวคล้ายหัวเข็ม (head cell) และ มีกิ่ง (suffultory cell) แตกออกมารองรับสปอแรงเจียม

ซึ่งเป็นที่อยู่ของซูโอสปอร์ ส่วนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (sexual reproduction) อาศัยเซลล์สืบพันธุ์ที่มี 2 หาง เรียกว่าแกมีท (biflagellate gamete) พบได้ในแกมีแทนเจียม (gametangium) ซึ่งมีลักษณะเป็นถุงค่อนข้างกลมสีเหลืองจนถึงสีส้มสด อยู่บริเวณทัลลัส (ภาพที่ 3b)



ภาพที่ 3 โครงสร้างสืบพันธุ์ของสาหร่าย *Cephaleuros* (a) โครงสร้างเซลล์สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (ZS=zoosporangia, SC=suffultory-cell, HC=head-cell, SP=sporangiophore) และ (b) โครงสร้างสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (arrows)

เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสม ซูโอสปอแรงเจียมจะปลดปล่อยซูโอสปอร์ออกมาทางช่องเปิด (papilae) จากนั้นซูโอสปอร์จะเคลื่อนที่โดยอาศัยน้ำบริเวณผิวใบพืช แพร่กระจายไปยังส่วนต่าง ๆ และเข้าไปเจริญในชั้นเซลล์พืชต่อไป (ภาพที่ 4a) ส่วนแกมีแทนเจียมจะปลดปล่อยแกมีท หลังจากนั้นแกมีทจะเข้าคู่กันและเกิดเป็น ไซโกต (zygote) ในสภาวะที่ไม่เหมาะสมไซโกตจะพัฒนาผนังเซลล์ให้หนาขึ้นกลายเป็น ไซโกสปอร์ (zygospore) จนเมื่อสภาวะเหมาะสม ไซโกสปอร์จะพัฒนาและสร้างเป็นก้านชูสปอร์ (meiosporangiophore) เพื่อรองรับถุงไมโอสปอแรงเจียม (meiosporangium) และปลดปล่อย ไมโอสปอร์ (meiospore) เกิดเป็นวัฏจักรต่อไป (ภาพที่ 4b)



ภาพที่ 4 วัฏจักรการสืบพันธุ์ของสาหร่าย *Cephaleuros* (a) การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction) (1.1) ซูโอสปอร์ตกบนผิวพืชและเจริญเป็นทัลลัส (1.2) การพัฒนาโครงสร้างสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ได้แก่ ก้านชูสปอร์ ซูโอสปอแรงเจียม ซูโอสปอร์ (1.3) ปลดปล่อยซูโอสปอร์ (b) การสืบพันธุแบบอาศัยเพศ (sexual reproduction) (2.1) ทัลลัสเจริญบนผิวพืช (2.2) โครงสร้างสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ได้แก่ แกมีแทนเจียม และ แกมมีท (2.3) ปลดปล่อยแกมมีท และ แกมมีทเข้าคู่รวมกันเป็นไซโกต (2.4) ไซโกสปอร์สร้างก้านชูสปอร์และปลดปล่อยไมโอซูโอสปอร์ (ดัดแปลงจาก : Thompson and Wujek, 1997)

การดำรงชีวิตของสาหร่ายปรสิตพืช

การดำรงชีวิตของสาหร่ายในสกุลนี้เป็นแบบปรสิต อาศัยอยู่บนพืชหลายชนิด การเจริญของทัลลัสสาหร่ายในแต่ละชนิดมีลักษณะที่แตกต่างกัน บางชนิดมีการเจริญใต้ชั้นคิวติเคิล (subcuticular) บางชนิดเจริญใต้ชั้นอิพิเดอร์มิส (subepidermal) และบางชนิดเจริญเข้าไปอยู่ระหว่างเซลล์พืช (intercellular) ถึงแม้สาหร่ายชนิดนี้จะมีรงควัตถุสำหรับสังเคราะห์แสงเองได้แต่ก็ยังต้องการน้ำ และธาตุอาหารจากพืชมาใช้ในการเจริญ (Wolf, 1930) ซึ่งรบกวนการทำงานของเซลล์พืช (Joubert and Rijkenberg, 1971) ทำให้เซลล์พืชเกิดความผิดปกติ เนื้อเยื่อพืชใต้ทัลลัสแห้งตายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (ภาพที่ 5) อีกทั้งยังบดบังกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชอาศัย (Safeeulla and Govindu, 1948) ทำให้พื้นที่รับแสงบนใบพืชลดลง การแพร่กระจายของสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* ส่วนมากไม่มีความจำเพาะต่อพืชอาศัย สามารถพบสาหร่ายชนิดนี้ได้ในเขตร้อน โดย Batista และ Lima (1949) พบว่ามีพืช 448 ชนิด ในประเทศบราซิล เป็นพืชอาศัยของ

สาหร่ายปรสิตในสกุลนี้ Jose และ Chowdary (1980) พบสาหร่ายปรสิตพืช *Cephaleuros* ในพืชใบเลี้ยงคู่ 156 ชนิด พืชใบเลี้ยงเดี่ยว 2 ชนิด และในพืชเมล็ดเปลือยอีก 1 ชนิด ในประเทศอินเดีย Hsieh (1983) รายงานว่ามีพืช 63 ชนิด เป็นพืชอาศัยของสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* ในไต้หวัน Muthukumar และคณะ (2014) ได้ศึกษา *C. virescens* และพบพืชอาศัยของสาหร่ายชนิดนี้รวม 86 ชนิด 38 วงศ์ ในประเทศอินเดีย ส่วนในเขตอบอุ่น Ezuka และ Kibushi (1956) ศึกษาพืชอาศัยของสาหร่ายสกุลนี้ และพบทั้งหมด 20 วงศ์ 34 ชนิด ในประเทศญี่ปุ่น Marlatt และ Alfieri (1981) รายงานการพบ *Cephaleuros* บนพืชอาศัย 53 วงศ์ 165 ชนิด ในฟลอริดา สหรัฐอเมริกา Suto และ Ohtani (2009) รายงานว่ามีพืชยืนต้นในประเทศญี่ปุ่น 20 วงศ์ 31 สกุล 44 ชนิด และ 1 วาไรตี้ เป็นพืชอาศัยของสาหร่ายสกุลนี้ โดย *C. virescens* มีพืชอาศัยกว้างที่สุดคือ 15 วงศ์ 19 สกุล 25 ชนิด และ 1 วาไรตี้ ทางด้าน Han และคณะ (2011) รายงานการพบสาหร่ายสกุลนี้ บนใบไทรในประเทศเกาหลี

ภาพที่ 5 การดำรงชีวิตของสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* sp. บนพืชอาศัย ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อพืช ทำให้เนื้อเยื่อพืชใต้ทัลลัส เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เซลล์แห้งตาย (necrosis)

การเจริญของสาหร่ายในแต่ละฤดู

สาหร่ายปรสิตพืชสกุล *Cephaleuros* มีการเจริญในพื้นที่เขตร้อน เขตกึ่งร้อน และเขตอบอุ่น แพร่กระจายทั้งในทวีป แอฟริกา เอเชีย ออสเตรเลีย และอเมริกาเหนือ แต่ยังไม่เคยมีรายงานของสาหร่ายสกุลนี้ในยุโรป (Yadav, 1953; Joubert and Rijkenberg, 1971; Marlatt and

Alfieri, 1981) ความผันแปรของสภาพอากาศแต่ละพื้นที่จึงมีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายชนิดของสาหร่ายในสกุลนี้ Joubert และ Rijkenberg (1971) พบว่า สาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* กระจายตัวอยู่ระหว่าง 32 ° N และ 32 ° S เพราะมีความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญและสร้างเซลล์สืบพันธุ์ มีปริมาณน้ำฝนเป็นตัวจำกัดการกระจายตัวของสาหร่ายชนิดนี้ ในเขตร้อนชื้นจะพบในบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูร้อนมากกว่า 750 มิลลิเมตร/ปี ส่วนในเขตอบอุ่น Suto และ Othani (2009) พบว่ามีการกระจายในบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝน 1,700 มิลลิเมตร/ปี Wolf (1930) ได้ศึกษาวงจรการเกิดโรคจุดสาหร่ายในพืชอาศัยสกุล Magnolia ในพื้นที่รัฐฟลอริด้า ประเทศสหรัฐอเมริกา เขตกึ่งร้อน (subtropical zone) พบว่า มีการสร้างทัลลัสใหม่พร้อม ๆ กับช่วงที่พืชเริ่มผลิใบใหม่ ช่วงปลายฤดูฝน (กันยายน – ตุลาคม) จากนั้นในเดือนมกราคม พบว่าบริเวณทัลลัสมีการสร้างเซลล์คล้ายเส้นขน บนใบพืชอาศัย เมื่อเริ่มเข้าฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม) ทัลลัสมีการสร้างโครงสร้างสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ แกมีแทนเจียม และแบบไม่อาศัยเพศ ก้านชูสปอร์ ในขณะที่ Suto และ Ohtani (2011b) ได้ศึกษาพัฒนาการของโรคจุดสาหร่าย ในเขตอบอุ่น (temperate zone) พบว่ามีทัลลัสของสาหร่ายในช่วงปลายฤดูฝน (เดือนมิถุนายน – เดือนกรกฎาคม) จากนั้นพบโครงสร้างสืบพันธุ์ในปีถัดมา โดยพบเซลล์สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (แกมีท) ของสาหร่าย *C. microcellularis* ช่วงปลายเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม ส่วนแกมีทของสาหร่าย *C. aucubae, C. biolopholus, C. japonicus* และ *C. virescens* พบในเดือนเมษายนถึงปลายเดือนกรกฎาคม ส่วนเซลล์สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (ซูโอสปอร์) ของสาหร่าย *C. biolophus, C. japonicus* และ *C. virescens* พบกลางเดือนพฤษภาคมถึงต้นเดือนสิงหาคม Muthukumar และคณะ (2014) ได้ศึกษาสาหร่าย *Cephaleuros* ในประเทศอินเดีย โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ช่วงฤดู คือ ฤดูมรสุม (ตุลาคม – ธันวาคม) และฤดูร้อน (เมษายน – มิถุนายน) พบว่าในฤดูมรสุม สาหร่ายชนิดนี้มีการเจริญเพิ่มขึ้นทั้งจำนวนทัลลัสบนใบพืชอาศัย อีกทั้งขนาดของทัลลัสที่ใหญ่มากกว่าช่วงฤดูร้อนมาก ซึ่งสอดคล้องกับปัจจัยทางกายภาพด้านปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูมรสุมที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลต่อปัจจัยความชื้นสัมพัทธ์ ทำให้มีสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญและสร้างเซลล์สืบพันธุ์

การพิสูจน์คุณสมบัติการเป็นสาเหตุโรคพืช

สาหร่ายในสกุลนี้มีชีวิตเป็นปรสิต อาศัยอยู่บนพืชหลายชนิด ดำรงชีวิตโดยอาศัยน้ำ และแร่ธาตุอาหารจากพืชอาศัย มาใช้ประกอบการสังเคราะห์แสง ทำให้เนื้อเยื่อพืชบริเวณนั้นแห้งตาย อีกทั้งยังปกคลุม บดบังใบพืช ทำให้ประสิทธิภาพกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชลดลง และยังมีนักโรคพืชจัดสาหร่ายสกุลนี้เป็นสาเหตุโรคพืช จากเหตุผลที่ว่า สาหร่ายในอันดับนี้พบได้เฉพาะในเขตร้อนชื้น และกึ่งร้อน (Chapman and Good, 1983; Thompson and Wujek, 1992) มีพืชอาศัยที่หลากหลายไม่จำเพาะเจาะจง มีความสามารถสร้างความเสียหายให้พืชได้ (Joubert and Rijkenberg, 1971; Holcomb, 1986) และบางครั้งถูกเข้าใจผิดว่าเป็นเชื้อราเนื่องจากมีโครงสร้างก้านชูสปอร์ ซีเต้ และซูโอสปอร์ (Cunningham, 1879; Singh, 1962; Wellman, 1965; Chapman, 1984; Holcomb and Henk, 1984; Reynolds and Dunn, 1984) ต่อมาเกิดข้อโต้เถียงถึงสาเหตุหลักในการเกิดเนื้อเยื่อตายบนพืชอาศัย ว่าอาจเกิดจากการเข้าทำลายร่วมกันกับราและไลเคน (lichen) เนื่องจากการทดสอบคุณสมบัติการเป็นสาเหตุโรคพืชของสาหร่ายสกุลนี้ตามสมมติฐานของ Koch (Koch's postulate) โดยใช้เซลล์สืบพันธุ์ในสภาพธรรมชาติยังไม่สำเร็จ Ponmurugan และคณะ (2010) ได้พยายามทำการทดสอบการเป็นโรคของสาหร่าย โดยใช้ส่วนของเส้นใยสาหร่าย *C. parasiticus* ปลูกถ่ายลงบนอาหารสังเคราะห์และพบว่าเส้นใยมีการเจริญ จากนั้น Suto และ Ohtani (2011a) ได้ทำการทดลองเพื่อพิสูจน์การเป็นโรคของสาหร่าย ตามสมมติฐานของ Koch ได้สำเร็จ หลังจากปลูกถ่ายเส้นใยสาหร่าย *C. aucubae, C. biolophus, C. japonicus, C. microcellularis* และ *C. virescens* ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ลงบนพืชอาศัย เป็นระยะเวลา 1 ปี แต่ทั้งนี้การเพาะเลี้ยงสาหร่ายบนอาหารสังเคราะห์ยังเป็นไปได้ยาก เนื่องจากต้องใช้ระยะเวลานานในการเพาะเลี้ยง ประกอบกับการปนเปื้อนจากรา และแบคทีเรีย (Suto and Ohtani, 2011b) ต่อมา อนุรักษ์ (2559) ได้แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทัลลัส กับการเกิดเนื้อเยื่อตาย พบว่าสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* เป็นสาเหตุหลักของอาการเนื้อเยื่อตายบนใบพืชและเมื่อเร็ว ๆ นี้ เพ็ญภัสสร และอนุรักษ์ (2016) ได้ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่าย 3 ชนิด ซึ่งจำแนกจากลักษณะทางสัณฐานวิทยา ได้แก่ สาหร่าย *C. expansa, C. pilosa* และ *C. virescens* บนอาหารสังเคราะห์ Bold' s Basal Medium (BBM) และวิเคราะห์ค่าทางสถิติของความกว้าง และมุมของแขนงเส้นใย พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ซึ่งสามารถนำมาใช้จำแนกความแตกต่างของสาหร่ายปรสิตพืชในสกุล *Cephaleuros*

การจัดจำแนกชนิดของสาหร่ายปรสิตพืชตามลักษณะทางสัณฐานวิทยา

สาหร่ายสกุล *Cephaleuros* ถูกค้นพบครั้งแรกที่สาธารณรัฐซูรินาม (Kunze, 1827 and Fries, 1829) ทางเหนือของทวีปอเมริกาใต้ และได้ระบุชื่อเป็นสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* Kunze ต่อมา Cunningham (1879) ได้พบสาหร่ายที่มีรงควัตถุ hematochome บนพืชหลายชนิด จากประเทศอินเดีย และตั้งชื่อว่า *Mycoidea parasitica* Cunningham แต่ Harriot (1889) แย้งว่าสาหร่ายที่ Cunningham รายงาน มีความคล้ายคลึงกับสาหร่าย *Cephaleuros* ของ Kunze จากนั้น Karsten (1891) ได้จำแนกสาหร่ายจากประเทศอินโดนีเซียเพิ่มอีก 5 ชนิด ได้แก่ สาหร่าย *C. albidus* Karsten, *C. laevis* Karsten, *C. parasiticus* Karsten, *C. minimus* Karsten และ *C. solutus* Karsten ต่อมาได้มีการค้นพบสาหร่ายสกุลนี้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง Printz (1939) ได้จัดจำแนกสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* เพิ่มเติมอีก 7 ชนิด และยังจัดชนิดสาหร่ายที่มีการค้นพบก่อนหน้า ได้แก่ สาหร่าย *Mycoidea parasitica*, *C. mycoidea* และ *Phyllactidium tropicum* Mobius เป็นชื่อพ้อง (synonyms) กับ *C. virescens* หลังจากนั้น Thompson และ Wujek (1997) ได้เสนอ monograph สำหรับจัดจำแนกสาหร่ายในอันดับ Trentepohliales ซึ่งรวมถึงสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* โดยใช้การพิจารณาลักษณะที่สำคัญคือ ลักษณะการเจริญของทัลลัสบนพืชอาศัย (thallus growth habit) ตำแหน่งของ head cells บนก้านชูสปอร์ (manner of bearing head cells or sporangiophore) ตำแหน่งของสปอแรงเจียม ที่สร้างจากส่วนปลายก้านชูสปอร์ (head cells) และลักษณะการเจริญของแผล (kind of lesion produced) เป็นแบบเรียบ หรือแบบนูน และการเปลี่ยนแปลงสีของแผล (discoloration) ซึ่งลักษณะดังกล่าวสามารถใช้จำแนกสาหร่ายได้บางชนิดเท่านั้น ปัจจุบันมีการค้นพบสาหร่ายในสกุลนี้แล้ว 16 ชนิด 1 วาไรตี้ (variety) ได้แก่ *C. aucubae, C. biolophus, C. diffusus, C. druetii, C. expansa, C. henningsii, C. japonicus, C. karstenii, C. lagerheimii, C. microcellularis, C. minimus, C. parasiticus, C. parasiticus* var. *nana, C. pilosa, C. solutus, C. tumidae-setae* และ *C. virescens* (Karsten, 1891; Thompson and Wujek, 1997; Suto and Ohtani, 2009)

การศึกษาสาหร่ายในประเทศไทย

การสำรวจและเก็บตัวอย่างสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* ในประเทศไทย มีการใช้ชื่อเรียกที่แตกต่างกันออกไป เช่น โรคจุดตะไคร่ โรคจุดสนิม และโรคจุดสาหร่าย เมื่อปี 2505 มีรายงานการพบโรคจุดตะไคร่ บนลำไย ส้มโอ และส้มเขียวหวาน โดยระบุว่า ในลำไย และส้มโอเกิดจาก *C. virescens* ส่วนในส้มเขียวหวานเกิดจาก *Cephaleuros* sp. (Chandrasrikul, 1962) ต่อมา วินิต (2507) รายงานเพิ่มเติมว่าโรคจุดตะไคร่บนส้มเขียวหวานเกิดจากสาหร่าย *C. virescens* จากนั้นได้มีการพบสาหร่ายสกุลนี้ บนพืชอาศัยอีกหลายชนิด ได้แก่ เงาะ ชา ปาล์มน้ำมัน ฝรั่ง พุทรา โกโก้ และมะม่วงหิมพานต์ โดยระบุว่าเกิดจาก *C. virescens* (Puckdeedindan, 1966; อาภรณ์ และนิยม, 2517; ปราณี และคณะ, 2522; อัญชลี และคณะ, 2526; วัลลภา และคณะ, 2531) ต่อมา สุชาติ (2532) รายงานว่าพบโรคจุดสนิม ที่เกิดจากสาหร่าย *C. virescens* บนทุเรียน หลังจากนั้น นิพนธ์ (2553) ได้รวบรวมโรคจุดสาหร่ายจากพืชอาศัย 74 ชนิด และระบุว่าเกิดจากสาหร่าย *C. virescens* ซึ่งในการศึกษา และการจำแนกชนิดของสาหร่ายในขณะนั้น อาศัยเพียงการสังเกตจุดมีลักษณะฟูคล้ายกำมะหยี่ และใช้ลักษณะก้านชูสปอร์ ซึ่งในปัจจุบันการใช้ลักษณะดังกล่าว ยังไม่เพียงพอที่จะระบุชนิดของสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* ได้อย่างถูกต้อง ปัจจุบันการศึกษาและจำแนกชนิดสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* จึงใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาตามคีย์ชนิดของสาหร่ายโดย Thompson และ Wujek (1997) ที่ได้รับการยอมรับและใช้กันอย่างกว้างขวาง จากวิธีการนี้ Pitaloka และคณะ (2014a) ได้รายงานการพบ *C. solutus* ครั้งแรกในพืชอาศัยทุเรียน และปัจจุบันได้มีการพบสาหร่ายสกุลนี้แล้ว 7 ชนิด ได้แก่ *C. expansa, C. diffusus C. karstenii, C. pilosa, C. parasiticus, C. solutus* และ *C. virescens* (Pitaloka et al., 2014a; 2014b; Sunpapao and Pitaloka, 2015; Sunpapao et al., 2015; 2016; อนุรักษ์ และคณะ, 2558ก; 2558ข)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทราบชนิด ชนิดพืชอาศัยของสาหร่ายปรสิตพืชในสกุล *Cephaleuros* และทราบผลกระทบของสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* ต่อพืชอาศัย

2. เพื่ออธิบายการเจริญ และการพัฒนาโครงสร้างสืบพันธุ์ของสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* ในแต่ละฤดูกาลในพื้นที่แปลงทดลอง

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุ อุปกรณ์

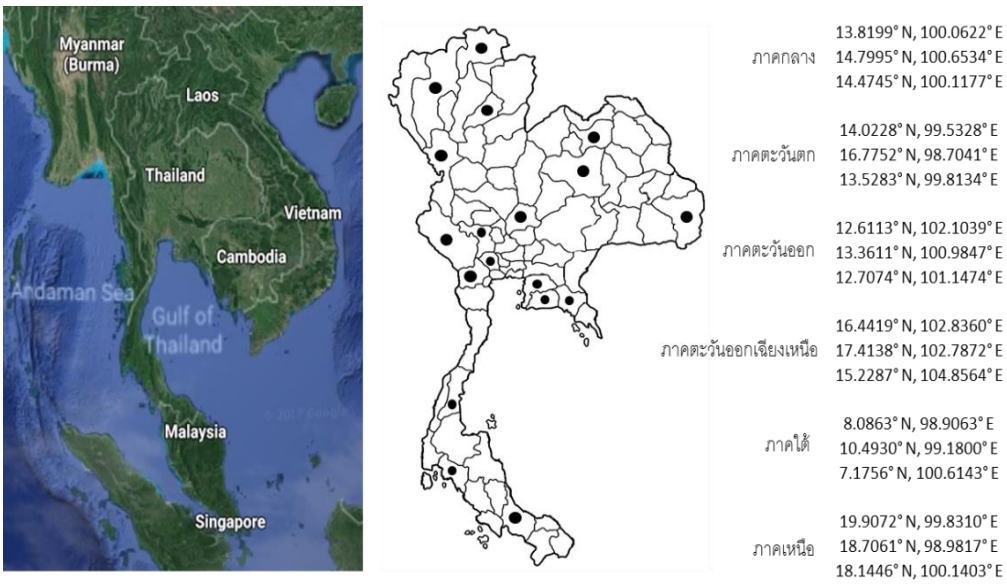
1. กระจกสไลด์ และแผ่นไมโครสโคปสไลด์ (microscope slides and cover glass)
2. กระจกสไลด์หลุม (concavity slides)
3. กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (DM750, Leica, Germany)
4. กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (S8AP0, Leica, Germany)
5. จานเลี้ยงเชื้อ (petri dish)
6. มีดผ่าตัด (razor blade)
7. น้ำยารักษาสภาพตัวอย่าง แลคโตฟีนอล (lactophenol)

วิธีการ

1. การระบุชนิดของสาหร่ายปรสิตพืชสกุล *Cephaleuros*

1.1 การเก็บตัวอย่าง

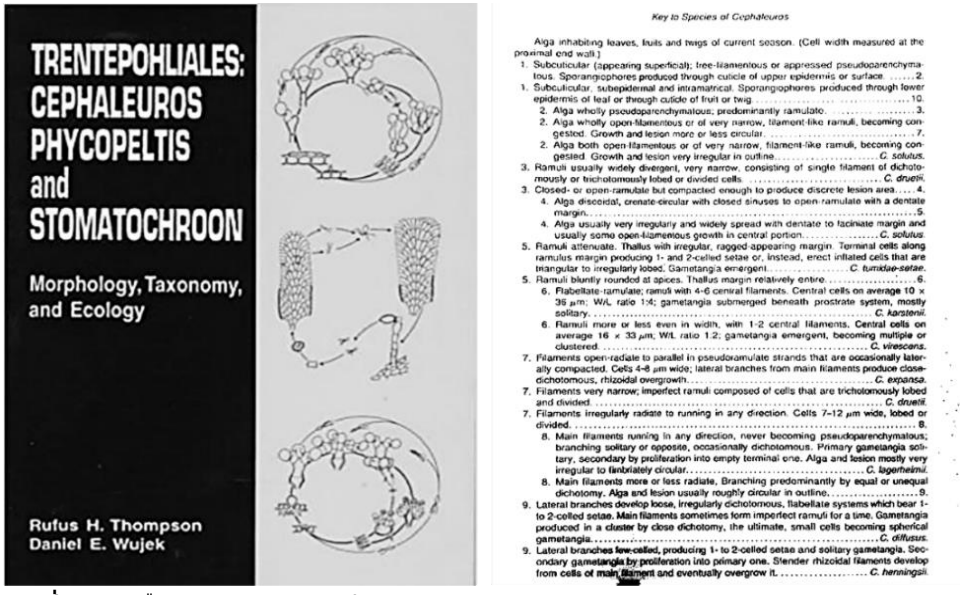
เก็บตัวอย่างสาหร่ายปรสิตพืช โดยแบ่งตามภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศไทยซึ่งตามราชบัณฑิตยสถาน แบ่งประเทศไทยออกเป็น 6 ภูมิภาค ได้แก่ ภาคกลาง ภาคตะวันตก ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ และ ภาคเหนือ สุ่มพื้นที่เก็บตัวอย่างสาหร่าย ภูมิภาคละ 3 จังหวัด (ภาพที่ 6) เก็บใบพืช ที่มีสาหร่ายสาเหตุโรคพืชสกุล *Cephaleuros* เจริญอยู่ โดยสังเกตจาก จุดแผล ซึ่งมีลักษณะกลม ฟู สีเหลืองอมส้ม หรือลักษณะอาการบนเนื้อเยื่อพืชรอบ ๆ และใต้ใบ จากนั้นเก็บตัวอย่างใบพืชที่มีสาหร่ายสาเหตุโรคพืชเจริญอยู่ ห่อก้านใบด้วยทิชชู จุ่มน้ำบีบพอหมาด ใส่ในถุงซิปล็อค เพื่อรักษาสภาพของสาหร่าย พร้อมทั้งบันทึกพื้นที่ และชนิดพืชอาศัย นำมาระบุชนิดของสาหร่ายโดยลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายในห้องปฏิบัติการ



ภาพที่ 6 พื้นที่เก็บตัวอย่างสาหร่ายปรสิตพืชสกุล *Cephalueros* ในประเทศไทย

1.2 การระบุชนิดโดยลักษณะทางสัณฐานวิทยา

ระบุชนิดของสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา เทียบเคียงกับวิธีการจัดจำแนกชนิดของสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* ในหนังสือของ Thompson และ Wujek (1997) (ภาพที่ 7) โดยนำใบพืชมาส่องภายใต้กล้องสเตอริโอ (S8AP0, Leica, Germany) สังเกตลักษณะแผล แบบเรียบหรือนูน การเปลี่ยนสีของเนื้อเยื่อพืชรอบ ๆ ทัลลัส และบันทึกข้อมูลต่าง ๆ เพื่อใช้ในการจำแนกชนิด ใช้ใบมีด ตัดตามขวางใบพืชบริเวณที่มีทัลลัสเจริญอยู่ สังเกตการเจริญของทัลลัส (ชั้นคิวติเคิล ชั้นอิพิเดอมิส หรือเจริญเข้าไปในเซลล์) บันทึกลักษณะการเจริญของทัลลัส จากนั้นใช้มีดปลายแหลมลอกทัลลัส วางบนสไลด์ หยดแลคโตรฟีนอล ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ ส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (DM750, Leica, Germany) พร้อมทั้งบันทึกลักษณะรูปร่างและวัดขนาดความกว้าง ความยาว ของโครงสร้างต่าง ๆ เช่น โครงสร้างเซลล์สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (ก้านชูสปอร์ ซูโอสปอแรงเจียม และซูโอสปอร์) และแบบอาศัยเพศ (แกมีแทนเจียม และแกมีท) จำนวนตัวอย่างแต่ละลักษณะ 30 ตัวอย่าง (n=30)

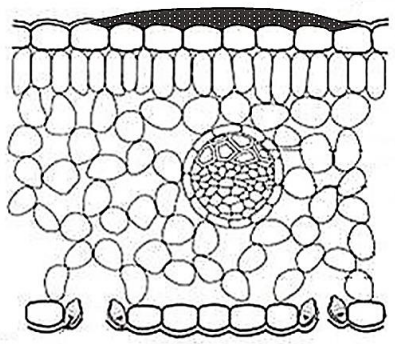
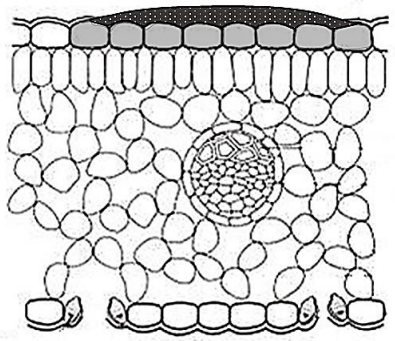
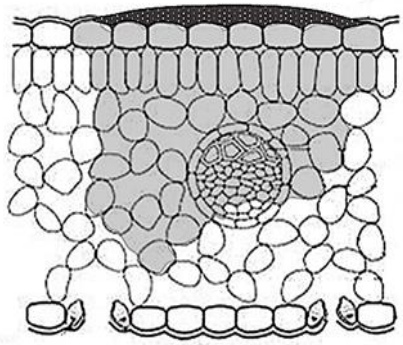
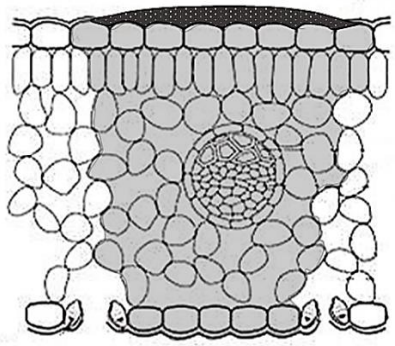


ภาพที่ 7 หนังสือชนิดของสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* (Thompson และ Wujek, 1997)

1.3 การประเมินความรุนแรงของสาหร่ายในระดับชั้นเนื้อเยื่อพืช

ประเมินระดับความรุนแรงของสาหร่ายต่อระดับชั้นเนื้อเยื่อใบพืช โดยตัดใบพืชบริเวณที่มีสาหร่ายเจริญอยู่ตามขวาง (cross section) เพื่อดูระดับชั้นเนื้อเยื่อพืชที่ได้รับความเสียหายเนื่องจากขาดน้ำและธาตุอาหาร จากการเข้าทำลายของสาหร่ายในสกุล *Cephaleuro*s และทำให้เนื้อเยื่อพืชบริเวณนั้นเกิดความผิดปกติ เช่น การเปลี่ยนสีของเซลล์ การสร้างเนื้อเยื่อเกิน การยุบตัวของเซลล์ โดยประเมินความรุนแรงของสาหร่ายด้วยวิธี A four point necrosis index (Brooks, 2004) ซึ่งแบ่งระดับความรุนแรงของสาหร่ายออกเป็น 4 ระดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ระดับความรุนแรงของสาหร่าย

การเกิดเนื้อเยื่อตาย	ระดับความรุนแรง
	ระดับ 0 ไม่พบเนื้อเยื่อตาย (no necrosis) ใต้ทัลลัสของสาหร่าย
	ระดับ 1 มีเนื้อเยื่อตายใต้ทัลลัสของสาหร่าย 1 ชั้นเซลล์แต่ไม่มีการเจริญของเซลล์ที่มากผิดปกติ และไม่พบการสร้างเนื้อเยื่อเกิน (hyperplasia)
	ระดับ 2 มีเนื้อเยื่อตายใต้ทัลลัสของสาหร่ายมากกว่า 1 ชั้นเซลล์แต่ไม่ทุกชั้นเซลล์ ไม่พบการสร้างเนื้อเยื่อเกิน ไม่มีการสึกกร่อน การยุบตัว (erosion) และไม่มีการเปลี่ยนสีของเซลล์
	ระดับ 3 มีเนื้อเยื่อตายในทุกชั้นเซลล์ใต้ทัลลัสของสาหร่าย และอาจพบเนื้อเยื่อยุบตัวเป็นโพรง (shot hole)

(ดัดแปลงจาก : http://wiremea.com/black-and-white-leaf-diagram.html)

2. การเจริญตามฤดูกาลของสาหร่ายสีเขียวสกุล *Cephaleuros* ในแปลงทดลอง

2.1. การแบ่งฤดูกาลและการบันทึกข้อมูลการเจริญของสาหร่าย

เก็บตัวอย่างสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* ในพื้นที่แปลงภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา (7°0’18” N 100°29’58”) โดยเก็บใบพืชซึ่งพบการเจริญของสาหร่ายสกุลนี้ตลอดทั้งปี ชนิดพืชละ 30 ใบ (n=30) นำมาบันทึกข้อมูลการเจริญของสาหร่ายปรสิตพืชในสกุล *Cephaleuros* ได้แก่ จำนวนจุดแผลบนใบพืช ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผลบนใบพืช การเจริญของโครงสร้างสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (ซูโอสปอแรงเจียม) และโครงสร้างสืบพันธุ์อาศัยเพศ (แกมีแทนเจียม) โดยนำใบพืชมาส่องภายใต้กล้องสเตอริโอ ใช้มีดปลายแหลมลอกบริเวณทัลลัสออก วางบนสไลด์หยดด้วยแลคโตฟีนอล ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ ส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง เก็บเป็นข้อมูลการเจริญของสาหร่ายในแต่ละเดือน ซึ่งจะทำการเก็บตัวอย่างใบพืชทุกสัปดาห์สุดท้ายของเดือน เป็นเวลา 24 เดือน (มกราคม 2558 – ธันวาคม 2559)

2.2. การวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญของสาหร่ายตามฤดูกาล

รวบรวมข้อมูลด้านปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ โดยอาศัยข้อมูลอุตุนิยมวิทยาประจำวัน จากสถานีอุตุนิยมวิทยาสงขลา กลุ่มงานอากาศเกษตรคอหงส์ ศูนย์วิจัยการยางคอหงส์ ตำบลคอหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ซึ่งทำการตรวจอากาศผิวพื้นทุกวัน วันละ 8 เวลา ทุก 3 ชั่วโมง (01.00, 04.00, 07.00, 10.00, 13.00, 16.00, 19.00 และ 22.00 น.) นำมาหาค่าเฉลี่ยรายวัน และสรุปตามรายเดือนเป็นเวลา 24 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2558 – ธันวาคม 2559 (ตารางผนวกที่ 3) วิเคราะห์ข้อมูลการเจริญตามฤดูกาลของสาหร่ายทางสถิติ เพื่อหาค่าความแตกต่างการเจริญของสาหร่ายในฤดูร้อนและฤดูฝน ด้วย independent-samples t-test ที่ค่าความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยโปรแกรม SPSS v.16.0 (Statistical Package for the Social Sciences)

2.3. การสืบพันธุ์และเจริญของสาหร่ายในห้องปฏิบัติการ

เลือกจุดสาหร่ายที่มีการเจริญของโครงสร้างเซลล์สืบพันธุ์สมบูรณ์ ใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ใช้มีดปลายแหลมลอกบริเวณทัลลัสออก วางบนสไลด์หยดด้วยน้ำกลั่นเย็น 10 – 25 °C บันทึก พฤติกรรม ลักษณะ รูปร่าง และ วัดขนาดของเซลล์สืบพันธุ์รวมทั้ง บันทึกระยะเวลาในการปลดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ทั้งการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (แกมีท) และไม่อาศัยเพศ (ซูโอสปอร์) จำนวนตัวอย่างแต่ละลักษณะ 30 ตัวอย่าง (n=30) เมื่อผ่านไป 60 นาทีหลังจากมีการปลดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ เลือกสไลด์ที่พบเซลล์สืบพันธุ์สมบูรณ์ บ่มไว้ในจานเลี้ยงเชื้อที่ให้ความชื้น และวางไว้ในบริเวณที่แสงส่องถึง (Suto and Ohtani, 2013) จากนั้นทำการบันทึกความเปลี่ยนแปลงของเซลล์สืบพันธุ์ใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ทุก ๆ 24 ชั่วโมง

บทที่ 3

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษา

1. การระบุชนิดสาหร่ายปรสิตพืชสกุล *Cephaleuros* ในประเทศไทย

1.1 การเก็บตัวอย่างสาหร่ายปรสิตพืชสกุล *Cephaleuros* ในประเทศไทย

จากการเก็บตัวอย่างในพื้นที่ 18 จังหวัด พบการเจริญของสาหร่ายบนใบพืช 199 ตัวอย่าง (ตารางที่ 2) จากพืชอาศัย 103 ชนิด (ตารางผนวกที่ 1 – 2)

ตารางที่ 2 พื้นที่เก็บตัวอย่างและจำนวนพืชที่พบสาหร่ายสกุล *Cephaleuros*

ภูมิภาค	จังหวัด	พื้นที่	จำนวนตัวอย่าง
ภาคกลาง	นครปฐม	13.8199° N, 100.0622° E	10
	ลพบุรี	14.7995° N, 100.6534° E	9
	สุพรรณบุรี	14.4745° N, 100.1177° E	7
ภาคตะวันตก	กาญจนบุรี	14.0228° N, 99.5328° E	13
	ตาก	16.7752° N, 98.7041° E	14
	ราชบุรี	13.5283° N, 99.8134° E	9
ภาคตะวันออก	จันทบุรี	12.6113° N, 102.1039° E	13
	ชลบุรี	13.3611° N, 100.9847° E	8
	ระยอง	12.7074° N, 101.1474° E	16
ภาคตะวันออก/เหนือ	ขอนแก่น	16.4419° N, 102.8360° E	13
	อุดรธานี	17.4138° N, 102.7872° E	13
	อุบลราชธานี	15.2287° N, 104.8564° E	11
ภาคใต้	กระบี่	8.0863° N, 98.9063° E	13
	ชุมพร	10.4930° N, 99.1800° E	11
	สงขลา	7.1756° N, 100.6143° E	22
ภาคเหนือ	เชียงราย	19.9072° N, 99.8310° E	9
	เชียงใหม่	18.7061° N, 98.9817° E	10
	แพร่	18.1446° N, 100.1403° E	15

1.2 การระบุชนิดของสาหร่ายโดยลักษณะทางสัณฐานวิทยา

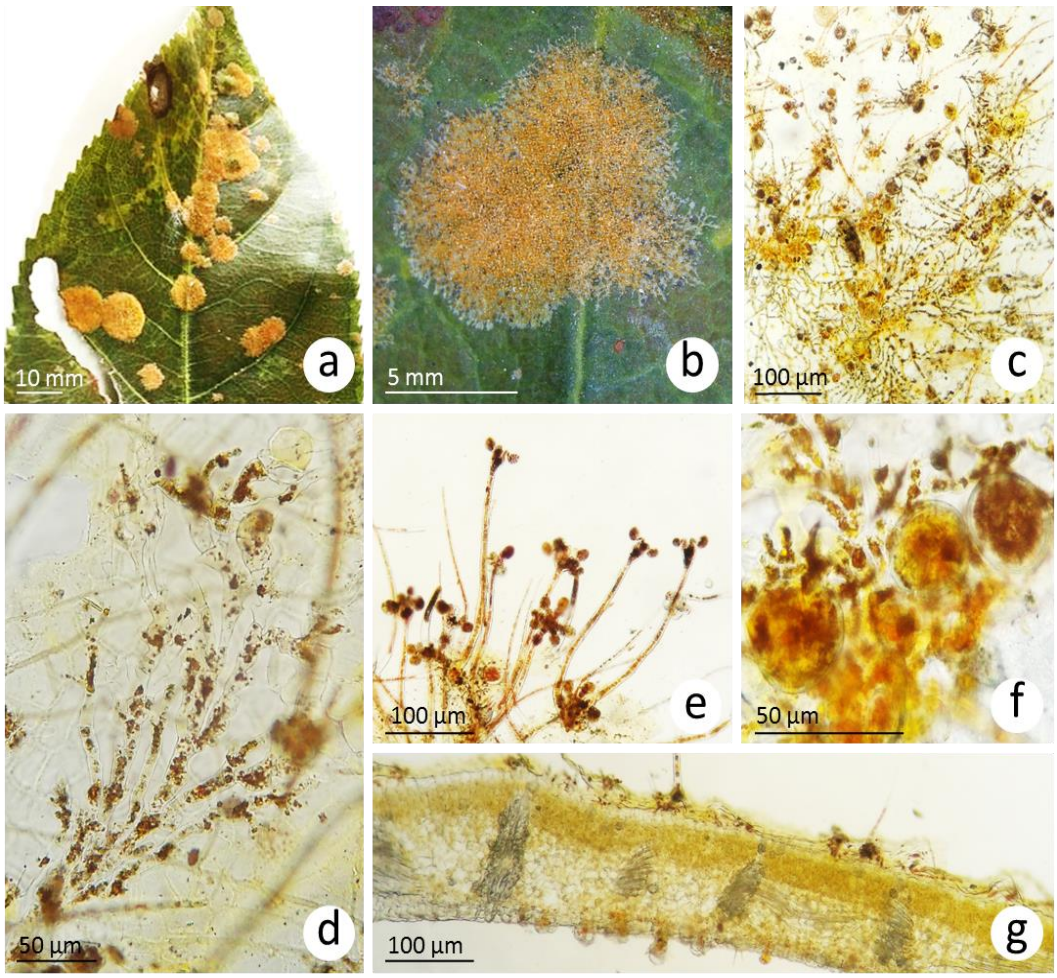
การระบุชนิดของสาหร่ายโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาเทียบเคียงกับคีย์ชนิดของสาหร่าย (Thompson และ Wujek, 1997) สามารถระบุชนิดของสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* ได้ 9 ชนิด โดยสาหร่ายแต่ละชนิดมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาดังนี้

Cephaleuros diffusus

สาหร่าย *C. diffusus* บนพืชอาศัยมีรูปร่างค่อนข้างกลม ฟู หนา (ภาพที่ 8a) ขอบแผลไม่เป็นระเบียบ คล้ายร่างแห มีสีเหลืองส้ม ขนาด 3 – 9 x 5 – 10 มิลลิเมตร มีการเจริญราบไปกับใบพืชและไม่พบความผิดปกติของเนื้อเยื่อพืชรอบ ๆ ขอบแผล (ภาพที่ 8b) เมื่อตัดตามขวางใบพืชบริเวณที่สาหร่ายเจริญอยู่ พบว่าเส้นใยของสาหร่ายมีการเจริญอยู่ใต้ชั้นคิวติเคิล

สาหร่าย *C. diffusus* มีเซลล์เส้นใยทรงกระบอก ผิวขรุขระ เซลล์หนึ่งเซลล์จะเจริญแตกแขนงแผ่ออกจากศูนย์กลางเป็น 2 – 3 เซลล์ เจริญอย่างหลวม ๆ ไม่เป็นระเบียบ (ภาพที่ 8c - 8d) โครงสร้างสืบพันธุ์ทั้งสองแบบเจริญอยู่ด้านบนทัลลัส แกมีแทนเจียมรูปร่างกลมขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลาง 12.2 – 19.7 ไมโครเมตร เจริญอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม 3 – 5 เซลล์ บริเวณกึ่งกลางทัลลัส และมักพบเซลล์เส้นขนเล็ก ๆ ยาว 52.0 – 106.7 ไมโครเมตร เกิดจากเซลล์ทรงกระบอก 2 – 4 เซลล์เรียงต่อกัน ก้านชูสปอร์ประกอบด้วยเซลล์ทรงกระบอก 4 – 5 เซลล์ ตรงปลายเป็นกระเปาะแตกกิ่งออกมา 3 – 6 กิ่ง เพื่อรองรับถุงซูโอสปอแรงเจียมทรงกลม ขนาด 15.0 – 22.5 x 20.0 – 22.5 ไมโครเมตร (ตารางที่ 3) (ภาพที่ 8e – 8f)

พบสาหร่ายชนิดนี้บนพืชอาศัย จันทนา จำปาดะ จิก เทพทาโร ฝรั่ง ส้มแขก และอบเชยญวณ และเมื่อประเมินระดับความรุนแรงของสาหร่ายต่อพืชอาศัยทุกชนิดพบว่าสาหร่ายชนิดนี้ไม่ทำให้เกิดเนื้อเยื่อตายใต้ทัลลัสในทุกระดับชั้นเซลล์ (ภาพที่ 8g) จึงมีระดับความรุนแรงที่ 0



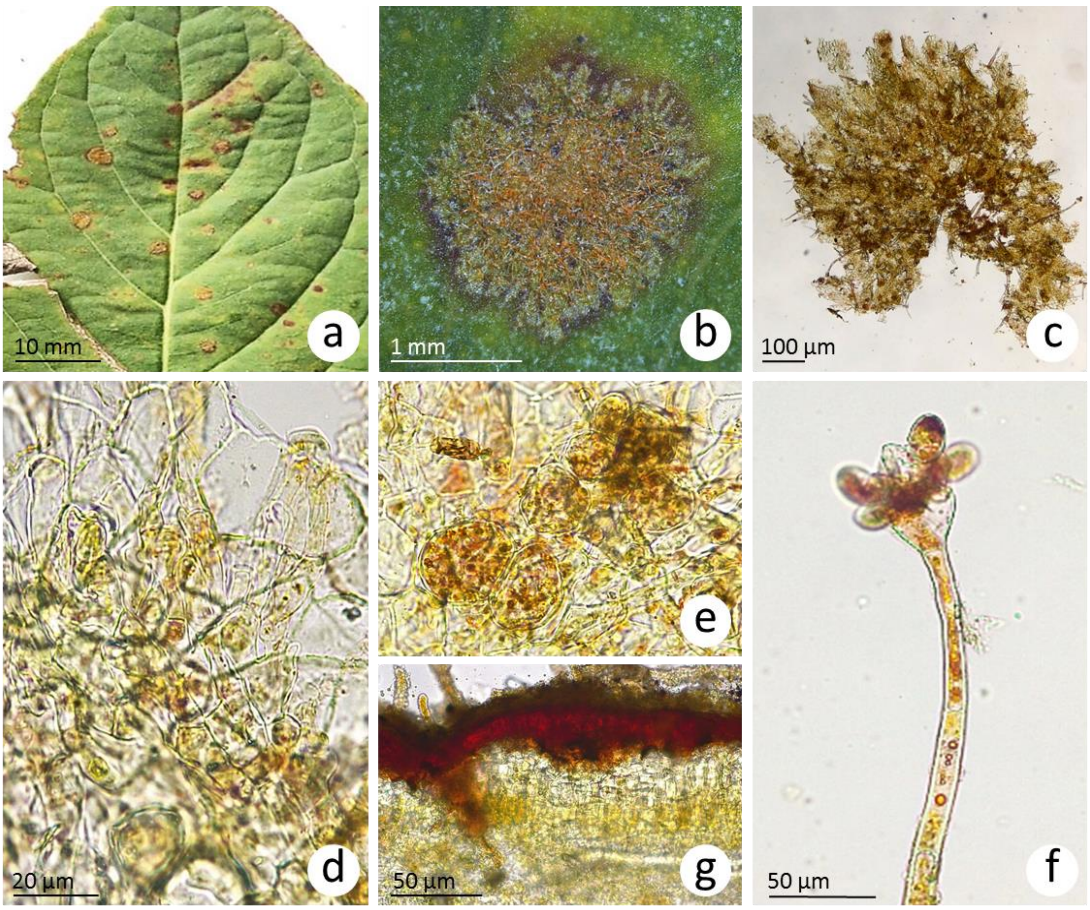
ภาพที่ 8 สาหร่าย *Cephaleuros diffusus* (a) สาหร่ายบนใบพืชมีลักษณะกลม ฟู สีเหลืองส้ม (b) จุดสาหร่ายเจริญเรียงตัวเป็นระเบียบแบบหลวม ๆ คล้ายเนื้อเยื่อ (c) เซลล์เส้นใยเจริญแตกแขนงแบบเปิด (d) เซลล์เส้นใยมีลักษณะเป็นทรงกระบอกยาว ผิวขรุขระ (e) ก้านชูสปอร์เจริญอยู่บนทัลลัส (f) แกมมีแทนเจียมรูปร่างกลมเจริญอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม (g) เซลล์เส้นใยสาหร่ายเจริญอยู่ใต้ชั้นคิวติเคิลของใบพืช

Cephaleuros expansa

สาหร่าย *C. expansa* บนพืชอาศัยมีลักษณะรูปร่างค่อนข้างกลม ขอบแผลไม่เป็นระเบียบ คล้ายร่างแห มีสีน้ำตาลอมส้ม (ภาพที่ 9a) ขนาด 0.8 – 2 x 1 – 2 มิลลิเมตร มีการเจริญราบไปกับใบพืช พบเนื้อเยื่อพืชรอบ ๆ ขอบแผล เปลี่ยนเป็นสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาลอมม่วง (ภาพที่ 9b) อีกทั้งยังพบว่าเนื้อเยื่อพืชใต้ใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เมื่อตัดตามขวางใบพืชบริเวณที่สาหร่ายเจริญอยู่ พบว่าเส้นใยของสาหร่ายมีการเจริญอยู่ใต้ชั้นคิวติเคิล

สาหร่าย *C. expansa* มีเซลล์เส้นใยรูปร่างทรงกระบอก ผิวขรุขระ เซลล์หนึ่งเซลล์เจริญแตกแขนงแผ่ออกจากศูนย์กลางเป็น 1 – 3 เซลล์ เจริญแตกแขนงเป็นเนื้อเยื่อคล้ายพาเรงคิมา (psuedoparenchymatous) แต่บริเวณขอบทัลลัสเซลล์เส้นใยมีการแตกแขนงอย่างหลวม ๆ ไม่เป็นระเบียบ และพบการซ้อนทับกันของเซลล์เส้นใย (ภาพที่ 9c – 9d) โครงสร้างสืบพันธุ์ทั้งสองแบบเจริญอยู่ด้านบนทัลลัส โครงสร้างสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ แกมีแทนเจียม รูปร่างกลมขนาดเล็ก เส้นผ่าศูนย์กลาง 19.2 – 20.7 ไมโครเมตร เจริญอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม 3 – 5 เซลล์ บริเวณกึ่งกลางทัลลัส ส่วนโครงสร้างสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ก้านซูสปอร์ยาว 267.0 – 441.0 ไมโครเมตร (ตารางที่ 3) ประกอบด้วยเซลล์ทรงกระบอก 4 – 5 เซลล์ เจริญเรียงต่อกัน ตรงปลายเป็นกระเปาะแตกกิ่งออกมา 3 – 6 กิ่ง เพื่อรองรับถุงซูโอสปอแรงเจียมทรงกลม ขนาด 15.0 – 22.5 x 20.0 – 22.5 ไมโครเมตร (ภาพที่ 9e และ 9f)

พบสาหร่ายชนิดนี้บนพืชอาศัย ฝรั่ง และ หว้า และเมื่อประเมินระดับความรุนแรงของสาหร่ายต่อพืชอาศัยทุกชนิดพบว่า สาหร่ายชนิดนี้ทำให้เกิดเนื้อเยื่อตายใต้ทัลลัสมากกว่า 2 ชั้นเซลล์ (ภาพที่ 9g) จึงมีระดับความรุนแรงที่ระดับ 3



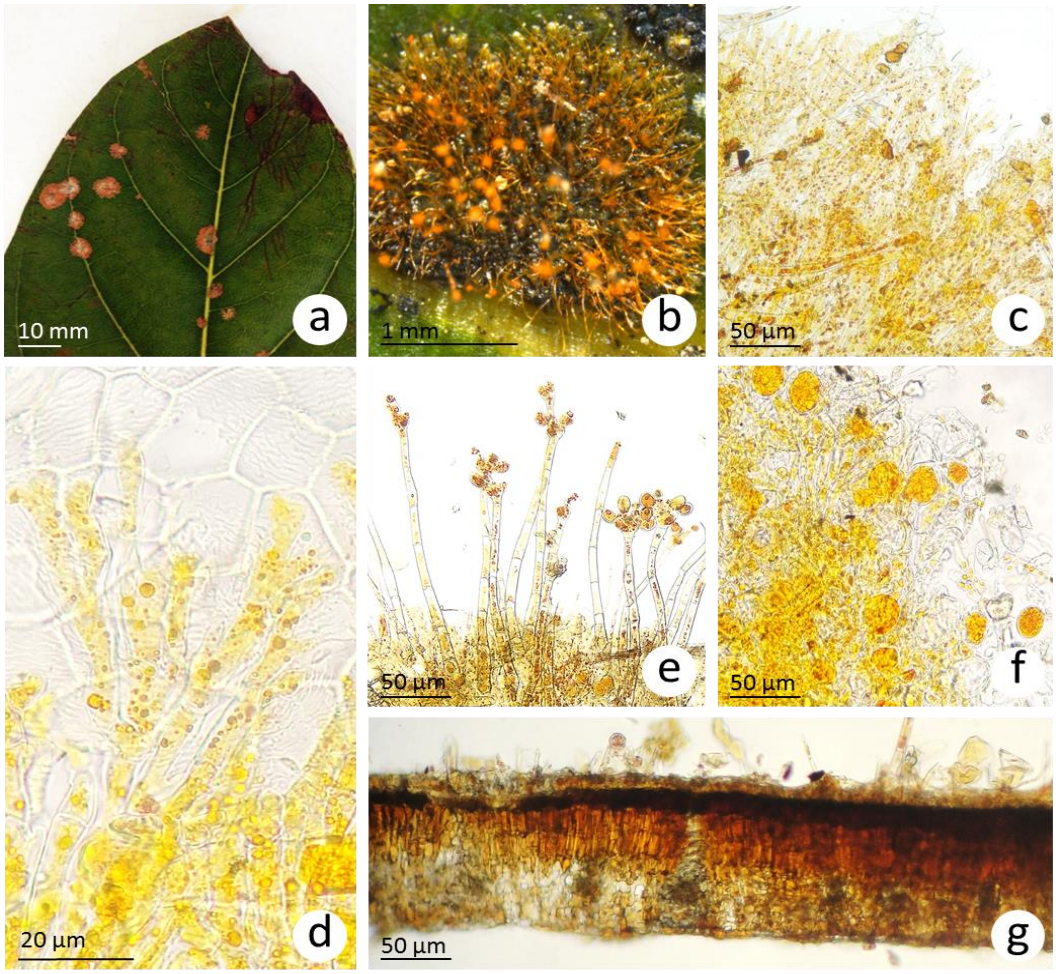
ภาพที่ 9 สาหร่าย *Cephaleuros expansa* (a) สาหร่ายบนใบพืชมีลักษณะค่อนข้างกลม (b) สาหร่ายเจริญเรียงตัวเป็นแบบปิด เนื้อเยื่อพืชรอบ ๆ เปลี่ยนเป็นสีเหลืองและม่วง (c) สาหร่ายเจริญแตกแขนงแบบไม่เป็นระเบียบ (d) เซลล์เส้นใยมีลักษณะเป็นทรงกระบอกยาว เจริญแตกแขนงอย่างหลวม ๆ (e) แกมมีแทนเจียมรูปร่างกลมเจริญอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม (f) ก้านชูสปอร์เจริญอยู่บนทัลลัส (g) ทัลลัสของสาหร่ายเจริญอยู่ใต้ชั้นคิวติเคิลของใบพืชและทำให้เนื้อเยื่อตายมากกว่า 1 ชั้นเซลล์พืช

Cephaleuros henningsii

สาหร่าย *C. henningsii* บนพืชอาศัยมีลักษณะรูปร่างค่อนข้างกลม ในแผลที่มีขนาดใหญ่กว่า 3 มิลลิเมตร แผลมีรูปร่างไม่แน่นอน ขอบแผลไม่สม่ำเสมอ มีสีส้มฟูกึ่งกลางแผลเรียบไปกับใบพืชและมีสีขาวอมเทา (ภาพที่ 10a – 10b) มีขนาด 3 – 9 x 5 – 10 มิลลิเมตร เจริญราบไปกับใบพืชไม่พบความผิดปกติของเนื้อเยื่อพืชรอบ ๆ ขอบแผล แต่เนื้อเยื่อพืชใต้ใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำ เมื่อตัดตามขวางใบพืชบริเวณที่สาหร่ายเจริญอยู่ พบว่าเส้นใยของสาหร่ายมีการเจริญอยู่ใต้ชั้นคิวติเคิล

สาหร่าย *C. henningsii* มีเซลล์เส้นใยเป็นทรงกระบอกยาว ผิวเรียบ ขนาด 7.5 – 10.0 x 45.0 – 72.5 ไมโครเมตร แตกแขนงจาก 1 เป็น 2 และเจริญแผ่ขยายต่อกันจากศูนย์กลาง ขอบทัลลัสมักปรากฏเป็นเส้นใยปลายมนไม่สม่ำเสมอ (ภาพที่ 10c – 10d) โครงสร้างสืบพันธุ์ทั้งสองแบบเจริญอยู่บนทัลลัส แกมีแทนเจียม มีรูปร่างกลมจนรูปร่างรี ขนาด 22.5 – 55.0 x 20.0 – 30.0 ไมโครเมตร มักเจริญอยู่บริเวณกึ่งกลางของทัลลัส ก้านชูสปอร์ ที่เกิดจากเซลล์ทรงกระบอกยาว 5 – 7 เซลล์เรียงต่อกัน ขนาด 10.0 – 12.0 x 197.0 – 260.0 ไมโครเมตร ตรงปลายมีลักษณะเป็นกระเปาะ มีกิ่งแตกออกมาเพื่อรองรับถุงซูโอสปอแรงเจียม รูปไข่ 4 – 6 ถุง ขนาด 15.0 – 20.0 x 17.5 – 20.0 ไมโครเมตร(ตารางที่ 3) (ภาพที่ 10e – 10f)

พบสาหร่ายชนิดนี้บนพืชอาศัย อินทนิล และเมื่อประเมินระดับความรุนแรงของสาหร่ายต่อพืชอาศัยพบว่า สาหร่ายชนิดนี้ทำให้เกิดเนื้อเยื่อพืชใต้ทัลลัสตายในทุกระดับชั้นเซลล์ (ภาพที่ 10g) แต่ไม่พบความผิดปกติอื่น ๆ จึงมีระดับความรุนแรงที่ 3



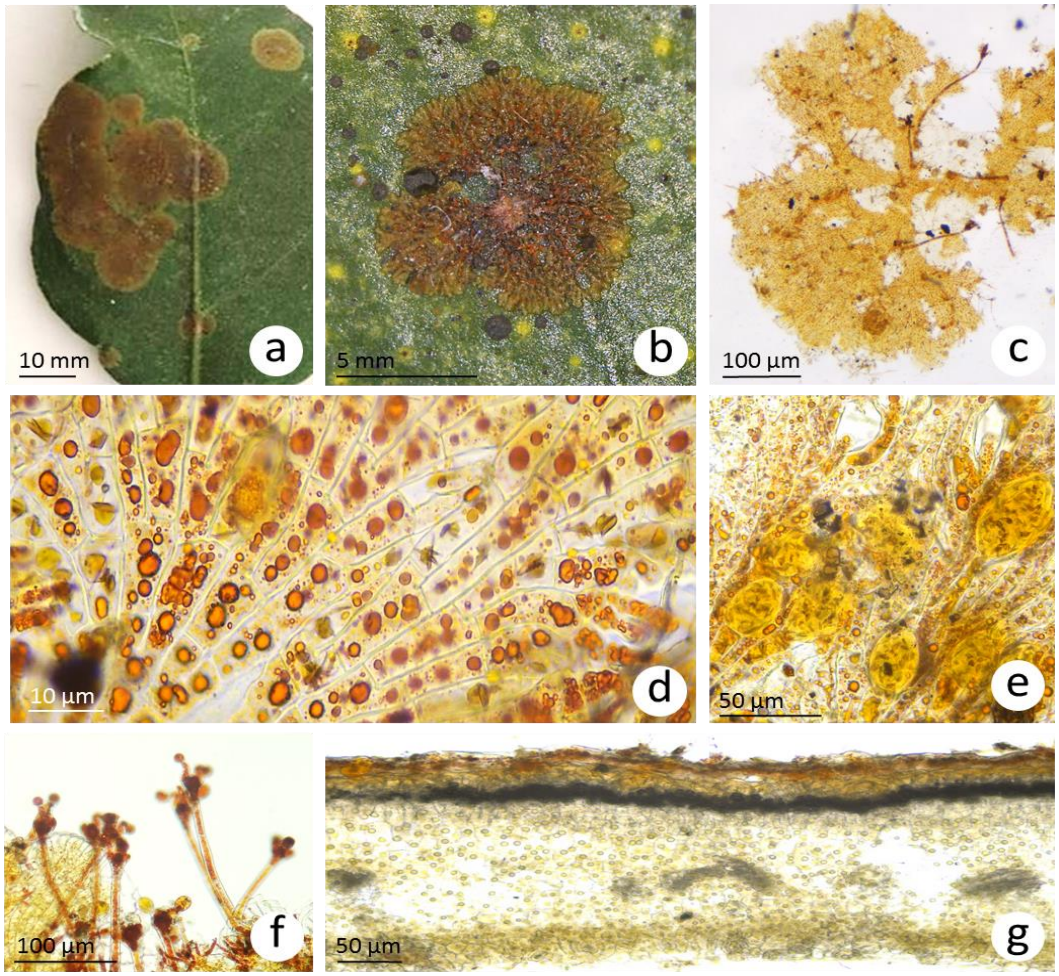
ภาพที่ 10 สาหร่าย *Cephaleuros henningsii* (a) สาหร่ายบนใบพืชมีลักษณะค่อนข้างกลม สีส้ม (b) จุดสาหร่ายเจริญเรียงตัวเป็นแบบปิด คล้ายเนื้อเยื่อ และตรงขอบแตกแขนงแบบไม่เป็นระเบียบ (c) เซลล์เส้นใยสาหร่ายเจริญอย่างเป็นระเบียบ (d) เซลล์เส้นใยมีลักษณะเป็นทรงกระบอกยาว (e) ก้านชูสปอร์เจริญแบบเดี่ยว ๆ บนทัลลัส (f) แกมมีแทนเจียมรูปไข่ เจริญฝังอยู่ในทัลลัส (g) เซลล์เส้นใยสาหร่ายเจริญอยู่ใต้ชั้นคิวติเคิลและทำให้เนื้อเยื่อตายในทุกชั้นเซลล์พืช

Cephaleuros karstenii

สาหร่าย *C. karstenii* บนพืชอาศัยมีลักษณะค่อนข้างกลม ขอบเรียบ กึ่งกลางมีช่องว่างจนสามารถมองเห็นเนื้อเยื่อพืชได้ มีสีเหลืองส้มจนถึงสีน้ำตาล มีขนาดกว้าง x ยาว เป็น 2 – 9 x 2 – 10 มิลลิเมตร เจริญราบไปกับใบพืชและไม่พบความผิดปกติของเนื้อเยื่อพืชรอบ ๆ ขอบแผล (ภาพที่ 11a – 11b) เมื่อตัดตามขวางใบพืชบริเวณที่สาหร่ายเจริญอยู่ พบว่าเส้นใยของสาหร่ายมีการเจริญอยู่ใต้ชั้นคิวติเคิล

สาหร่าย *C. karstenii* มีเซลล์เส้นใยเป็นทรงกระบอก มีขนาด 10.0 – 12.5 x 40.0 – 42.5 ไมโครเมตร เจริญแตกแขนงจาก 1 เป็น 2 เรียงติดต่อกันอย่างเป็นระเบียบแผ่ออกจากศูนย์กลาง เมื่อวัดเซลล์บริเวณกึ่งกลางทัลลัส พบว่ามีอัตราส่วนระหว่างความกว้างต่อความยาวเป็น 1:4 การเจริญของทัลลัสมีลักษณะเป็นเนื้อเยื่อคล้ายเนื้อเยื่อพาเรงคิมา (ภาพที่ 11c – 11d) โครงสร้างสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ แกมีแทนเจียม เจริญกระจายอย่างเดี่ยว ๆ อยู่ในทัลลัส รูปร่างค่อนข้างรี สีเหลืองส้ม (ภาพที่ 11e) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40.0 – 47.5 ไมโครเมตร และพบโครงสร้างสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ก้านชูสปอร์ (ภาพที่ 11f) ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ทรงกระบอกยาว 5 – 7 เซลล์ เจริญเรียงต่อกัน ขนาด 12.5 – 15.0 x 382.5 – 705.0 ไมโครเมตร ตรงปลายเป็นกระเปาะแตกกิ่ง 4 – 8 กิ่ง ออกมารองรับถุงซูโอสปอแรงเจียมทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20.0 – 40.5 ไมโครเมตร (ตารางที่ 3)

พบสาหร่ายชนิดนี้บนพืชอาศัย กระดังงา กาฝาก การเวก เกาลัด ขนุน ข่อย จำปี จำปีสิรินธร ชมพู่น้ำดอกไม้ ชมพู่ม่าเหมี่ยว ตะโกนา ตะแบกนา ทุเรียนน้ำ ไทรทอง นมแมว น้ำเต้าต้น ผักหวานป่า ฝรั่ง พญาสัตบรรณ พลู มะกรูด มะตูมแขก มะนาว มะปราง มะไฟ มะม่วง มะยงชิด มะฮอกกานีใบเล็ก ยางเหียง ลองกอง ลำไย และสารภี เมื่อประเมินระดับความรุนแรงของสาหร่ายต่อพืชอาศัยทุกชนิดพบว่า สาหร่ายชนิดนี้ทำให้เกิดเนื้อเยื่อตายใต้ทัลลัส 1 – 2 ชั้นเซลล์ (ภาพที่ 11g) จึงมีระดับความรุนแรงที่ระดับ 2



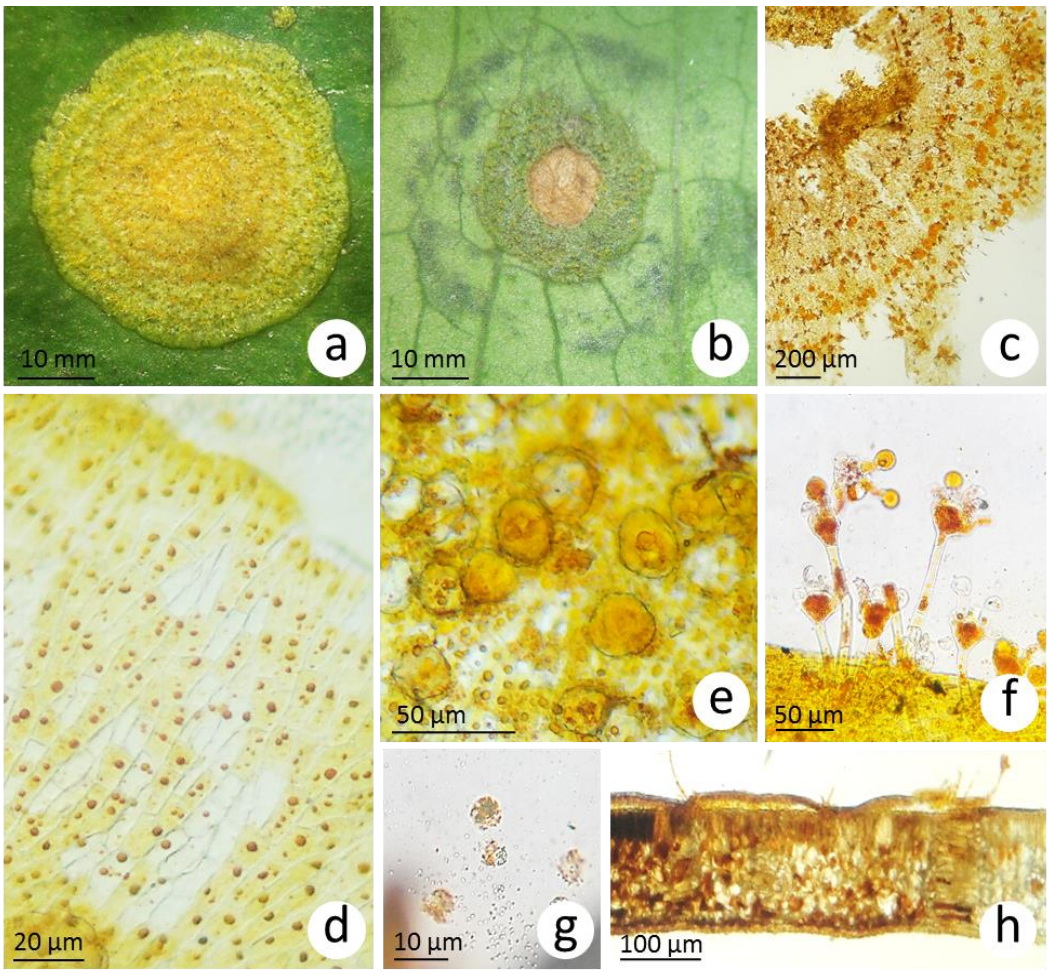
ภาพที่ 11 สาหร่าย *Cephaleuros karstenii* (a) สาหร่ายบนใบพืชมีลักษณะกลม ราบเรียบ สีเหลืองส้มจนถึงสีน้ำตาล (b) จุดสาหร่ายเจริญเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบคล้ายเนื้อเยื่อพาเรงคิมา (c) เซลล์เส้นใยสาหร่ายเจริญเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบและพบช่องว่างบริเวณกึ่งกลางทัลลัส (d) เซลล์เส้นใยมีลักษณะเป็นทรงกระบอกยาว เจริญเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบและไม่มีช่องว่าง (e) แกมมีแทนเจียมรูปร่างรีเจริญฝังอยู่ในทัลลัส (f) ก้านชูสปอร์เจริญอย่างเดี่ยว ๆ อยู่บนทัลลัส (g) ทัลลัสเจริญอยู่ภายใต้ชั้นคิวติเคิลของใบพืช

Cephaleuros microcellularis

สาหร่าย *C. microcellularis* บนพืชอาศัยมีลักษณะ รูปร่างกลม บาง ขอบแผลสม่ำเสมอ มองเห็นได้ชัดเจน มักมีสีเหลืองอ่อน มีขนาด 4 – 8 x 6 – 10 มิลลิเมตร มีการเจริญราบไปกับใบพืชและไม่พบความผิดปกติของเนื้อเยื่อพืชรอบ ๆ ขอบแผล ในบริเวณเดียวกันเนื้อเยื่อพืชใต้ใบมีลักษณะฉ่ำน้ำ เนื้อเยื่อพืชกึ่งกลางแผลแห้ง (ภาพที่ 12a – 12b) เมื่อตัดขวางใบพืชบริเวณที่สาหร่ายเจริญอยู่ พบว่าเส้นใยของสาหร่ายมีการเจริญอยู่ใต้ชั้นคิวติเคิล

สาหร่าย *C. microcellularis* มีเซลล์เส้นใยเป็นทรงกระบอกสั้น ผิวเรียบ เซลล์เจริญแตกแขนงจาก 1 เป็น 2 เรียงติดต่อกันอย่างเป็นระเบียบแผ่ออกจากศูนย์กลาง และมีลักษณะเป็นเนื้อเยื่อคล้ายพาเรงคิมา พบแกมีแทนเจียมเจริญกระจายเป็นวงแหวนบนทัลลัส (concentric zonal ring) (ภาพที่ 12c – 12d) แกมีแทนเจียม มีรูปร่างกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 19.7 – 44.2 ไมโครเมตร และมักพบร่วมกับกลุ่มของเซลล์เส้นขนขนาดเล็ก ยาว 8.0 – 10.5 ไมโครเมตร เกิดจากเซลล์ทรงกระบอก 2 – 3 เซลล์เรียงต่อกัน ก้านชูสปอร์ประกอบด้วยเซลล์ทรงกระบอก 3 – 5 เซลล์ ตรงปลายเป็นกระเปาะแตกกิ่งออกมา 3 – 6 กิ่ง เพื่อรองรับถุงซูโอสปอแรงเจียมทรงกลม (ภาพที่ 12e – 12f) ขนาด 20.0 – 22.5 x 15.0 – 22.5 ไมโครเมตร (ตารางที่ 3)

พบสาหร่ายชนิดนี้บนพืชอาศัย กระดังใบ และ เชียด เมื่อเมื่อประเมินระดับความรุนแรงของสาหร่ายต่อพืชอาศัยทุกชนิดพบว่า สาหร่ายชนิดนี้ทำให้เซลล์พืชทุกชั้นเซลล์เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (ภาพที่ 12h) จึงมีระดับความรุนแรงที่ระดับ 3



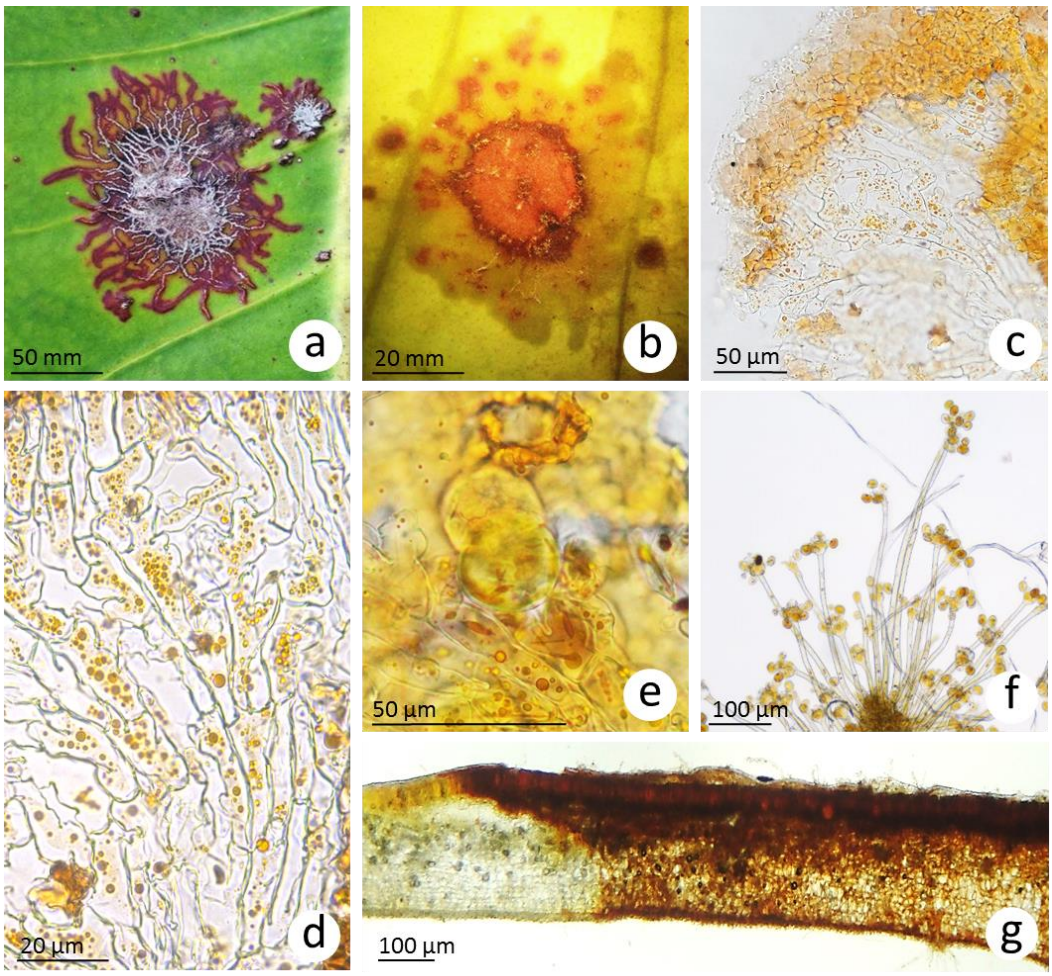
ภาพที่ 12 สาหร่าย *Cephaleuros microcellularis* (a) จุดสาหร่ายลักษณะกลม ราบเรียบสีเหลืองอ่อนจนถึงสีส้มอมน้ำตาล (b) บริเวณจุดแผลใต้ใบพืช พบเนื้อเยื่อพืชมีอาการฉ่ำน้ำ (c) สาหร่ายเจริญแตกแขนงอย่างเป็นระเบียบ ชิดติดกันจนมีลักษณะคล้ายเนื้อเยื่อพาเรงคิมา มีเซลล์เส้นขนและแกมมีแทนเจียม เจริญเรียงตัวเป็นวงกลมบนทัลลัส (d) เซลล์เส้นใยมีลักษณะเป็นทรงกระบอกสั้น ผิวเรียบ (e) แกมมีแทนเจียมทรงกลม เจริญอยู่บนทัลลัส (f) ก้านชูสปอร์เจริญอยู่บนทัลลัส (g) แกมมีททรงกลม (h) ทัลลัสของสาหร่ายเจริญอยู่ใต้ชั้นคิวติเคิลของใบพืช

Cephaleuros parasiticus

สาหร่าย *C. parasiticus* บนพืชอาศัย มีลักษณะนูนขึ้นเล็กน้อย (raised) แผ่คล้ายรัศมีแบบเปิด แผลมักมีสีน้ำตาลดำจนถึงสีเทาอมขาว ขนาด 3 – 11 x 2 – 14 มิลลิเมตร พบเนื้อเยื่อพืชบริเวณที่สาหร่ายเจริญอยู่มีสีแดงอมม่วง และในบริเวณเดียวกันเนื้อเยื่อพืชใต้ใบมีลักษณะฉ่ำน้ำเปลี่ยนเป็นสีชมพู (ภาพที่ 13a – 13b) เมื่อตัดตามขวางใบพืชบริเวณที่สาหร่ายเจริญอยู่ พบว่าเส้นใยของสาหร่ายมีการเจริญอยู่ภายใต้ชั้นคิวติเคิลและเจริญเข้าไปในชั้นเนื้อเยื่อพืช พบการเจริญของก้านชูสปอร์ใต้ท้องใบ บริเวณเดียวกันกับที่ทัลลัสของสาหร่ายเจริญอยู่บนหลังใบ

สาหร่าย *C. parasiticus* มีเซลล์เส้นใยซึ่งไม่สามารถวัดขนาดได้ แตกแขนงจาก 1 เป็น 2 หรือ 3 เซลล์ เจริญไปในทิศทางเดียวกัน ประกอบกันอย่างหลวม ๆ เป็นทัลลัสเจริญแผ่ออกจากศูนย์กลาง (ภาพที่ 13c – 13d) แกมีแทนเจียม เจริญอยู่ใต้ชั้นคิวติเคิลบนทัลลัส รูปร่างรี ขนาด 37.5 – 50.0 x 37.5 – 50.0 ไมโครเมตร มีลักษณะเป็นถุงสีเหลืองใสเจริญเป็นกระจุก บริเวณปลายของเส้นใย (ภาพที่ 13e) ก้านชูสปอร์ พบเจริญเป็นกลุ่ม 6 – 19 เซลล์ (ภาพที่ 13f) ซึ่งพบเจริญตรงปากใบ ทางด้านใต้ใบพืชตรงกับบริเวณที่สาหร่ายเจริญอยู่ด้านบนใบ มีขนาด 10.0 – 12.5 x 352.5 – 482.5 ไมโครเมตร ซึ่งประกอบจากเซลล์ทรงกระบอกยาว 5 – 8 เซลล์เรียงต่อกันตรงปรายเป็นกระเปาะ แตกกิ่ง 4 – 8 เซลล์ออกมารองรับถุงซูโอสปอแรงเจียมรูปร่างรี ขนาด 17.5 – 20.0 x 25.0 – 30.0 ไมโครเมตร (ตารางที่ 3)

พบสาหร่ายชนิดนี้บนพืชอาศัย คาเมเลีย ชมพู่ ฝรั่ง มะนาว ลิ้นจี่ สารภี หอมหมื่นลี้ และ อาโวคาโด เมื่อประเมินระดับความรุนแรงของสาหร่ายต่อพืชอาศัยทุกชนิด พบว่า สาหร่ายชนิดนี้ทำให้เซลล์พืชทุกชั้นเซลล์เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (ภาพที่ 13g) จึงมีระดับความรุนแรงที่ระดับ 3



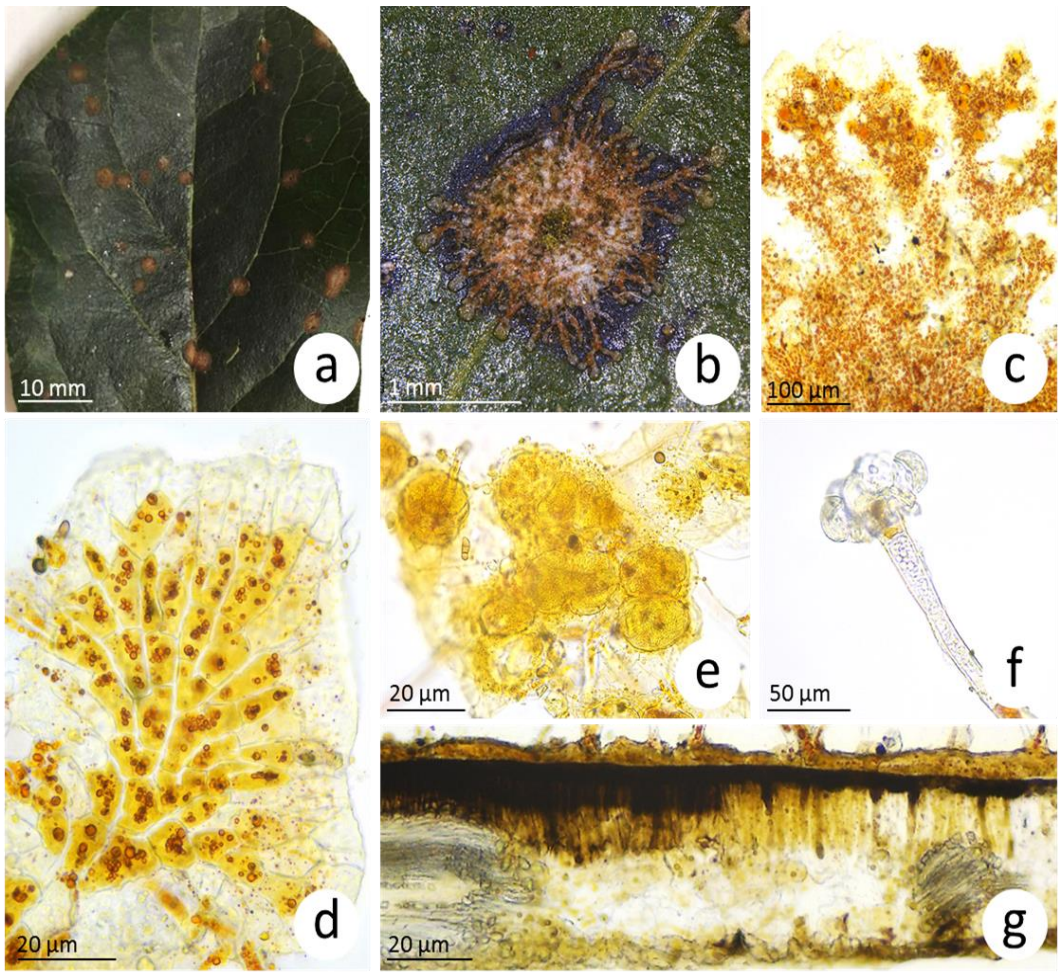
ภาพที่ 13 สาหร่าย *Cephaleuros parasiticus* (a) จุดสาหร่ายมีลักษณะแผ่ออกทุกทิศทาง ไม่เป็นระเบียบ เนื้อเยื่อพืชรอบ ๆ เปลี่ยนเป็นสีแดงอมม่วง (b) บริเวณจุดแผลใต้ใบพืช พบเนื้อเยื่อพืชมีสีแดงอมม่วงและมีอาการฉ่ำน้ำ และพบกลุ่มของก้านชูสปอร์เจริญอยู่ (c) เซลล์เส้นใย เจริญอย่างหลวม ๆ และไม่เป็นระเบียบ (d) เซลล์เส้นใยสาหร่ายมีรูปร่างไม่แน่นอน (e) แกมมีแทนเจียมเจริญอยู่บนปลายเส้นใย (f) ก้านชูสปอร์มีการเจริญเป็นกลุ่ม ใต้ใบพืชบริเวณที่มีสาหร่ายเจริญอยู่ (g) เส้นใยสาหร่ายเจริญแทรกอยู่ในเนื้อเยื่อของใบพืช

Cephaleuros solutus

ลักษณะของสาหร่าย *C. solutus* บนพืชอาศัยค่อนข้างกลม ฟู ขอบแผลไม่สม่ำเสมอ มองเห็นแขนงทัลลัสชัดเจน มีสีส้มสดจนถึงสีน้ำตาลดำ (ภาพที่ 14a) มีขนาด 1 – 3 x 1 – 5 มิลลิเมตร เจริญราบไปกับใบพืช และพบว่าเนื้อเยื่อพืชรอบ ๆ ขอบแผลมีสีดำ (ภาพที่ 14b) เมื่อตัดตามขวางใบพืชบริเวณที่สาหร่ายเจริญอยู่ พบเส้นใยเจริญอยู่ใต้ชั้นคิวติเคิล

สาหร่าย *C. solutus* มีเซลล์เส้นใยทรงกระบอก ผิวขรุขระ ไม่สามารถระบุรูปร่างที่แน่นอนได้ เจริญแตกแขนงจาก 1 เป็น 2 เซลล์ จากศูนย์กลางประกอบกันอย่างหลวม ๆ เป็นเนื้อเยื่อ (ภาพที่14c – 14d) โครงสร้างสืบพันธุ์ทั้งสองแบบเจริญอยู่ด้านบนทัลลัส แกมีแทนเจียมเจริญอย่างเดี่ยว ๆ และเป็นกลุ่ม 2 – 3 เซลล์ (ภาพที่ 14e) มีรูปร่างกลม สีเหลืองส้ม ขนาด 37.5 – 45.0 x 40.0 – 50.0 ไมโครเมตร ก้านชูสปอร์ประกอบด้วยเซลล์ทรงกระบอกยาว 5 – 8 เซลล์ (ภาพที่ 14f) ขนาด 10.0 – 12.5 x 455.0 – 505.0 ไมโครเมตร ตรงปลายเป็นกระเปาะแตกกิ่ง 4 – 8 กิ่ง ออกมารองรับถุงซูโอสปอแรงเจียมทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20.0 – 30.2 ไมโครเมตร (ตารางที่ 3)

พบสาหร่ายชนิดนี้บนพืชอาศัย กระทิง กุหลาบพันปี แก้ว ขนุน ข่อย จำปีแขก ตะแบกนา ทุเรียน แปรงล้างขวด มะกรูด มะพลับ มังคุด ลองกอง ละมุดอินเดีย สารภี และเอื้องหมายนา เมื่อประเมินระดับความรุนแรงของสาหร่ายต่อพืชอาศัยทุกชนิดพบว่าสาหร่ายชนิดนี้ทำให้เกิดเนื้อเยื่อตายใต้ทัลลัส 1 – 2 ชั้นเซลล์ (ภาพที่ 14g) จึงมีระดับความรุนแรงที่ระดับ 2



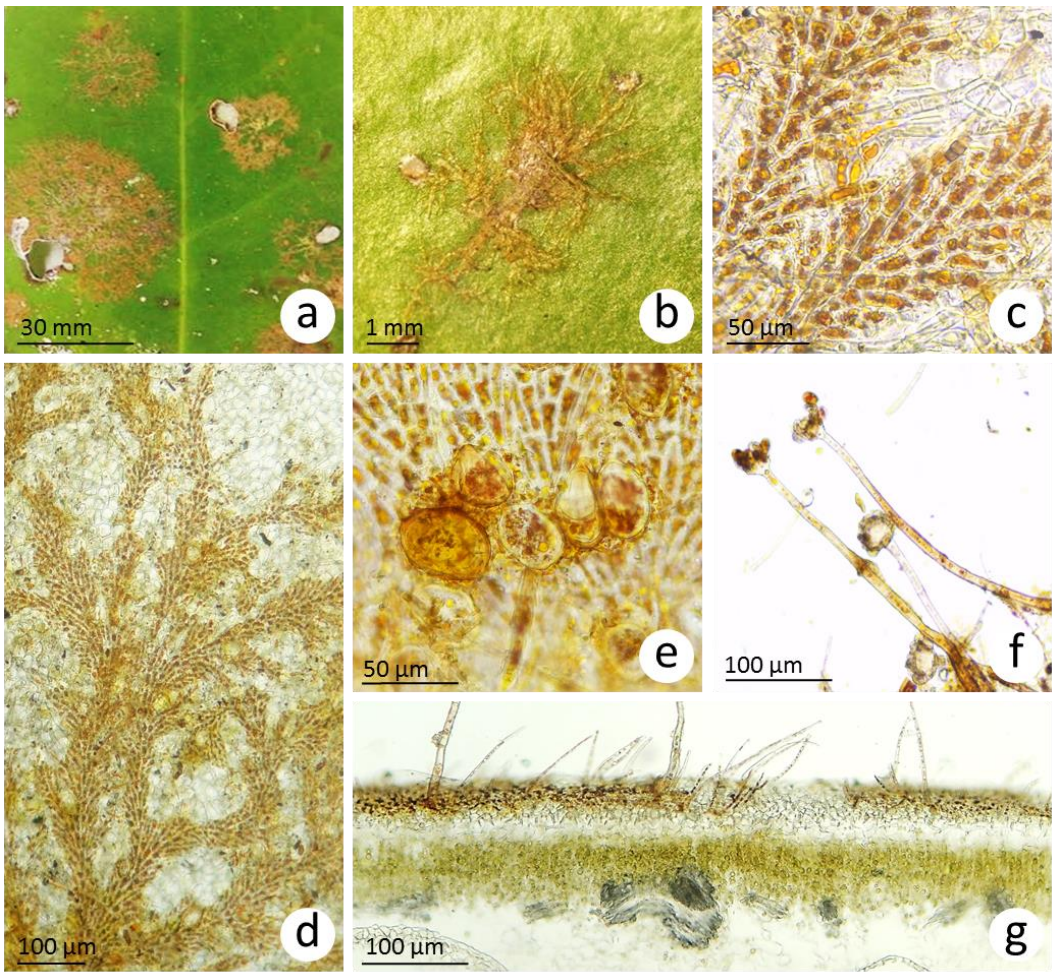
ภาพที่ 14 สาหร่าย *Cephaleuros solutus* (a) จุดสาหร่ายมีลักษณะกลม สีส้มจนถึงสีน้ำตาล (b) การแตกแขนงของสาหร่าย (c) สาหร่ายเจริญแตกแขนงประกอบกันอย่างหลวม ๆ (d) เซลล์เส้นใยมีลักษณะเป็นทรงกระบอกสั้น จนถึงทรงกลม (e) แกมมีแทนเจียมรูปร่างกลมเจริญเป็นกลุ่มบนแขนงของทัลลัส (f) ก้านชูสปอร์เจริญอย่างเดี่ยว ๆ อยู่บนทัลลัส (g) ทัลลัสของสาหร่ายเจริญอยู่ใต้ชั้นคิวติเคิลของใบพืช

Cephaleuros tumidae-setae

สาหร่าย *C. tumidae-setae* บนพืชอาศัยมีลักษณะคล้ายร่างแห รูปร่างค่อนข้างกลม ขนาด 2 – 6 x 5 – 8 มิลลิเมตร สีเหลืองส้มจนถึงสีน้ำตาล เจริญราบไปกับใบพืชไม่พบความผิดปกติของเนื้อเยื่อพืชรอบ ๆ ขอบแผล (ภาพที่ 15a – 15b) เมื่อตัดตามขวางใบพืชบริเวณที่สาหร่ายเจริญอยู่ พบว่าเส้นใยของสาหร่ายมีการเจริญอยู่ใต้ชั้นคิวติเคิล

สาหร่าย *C. tumidae-setae* มีเซลล์เส้นใยรูปร่าง ตั้งแต่ทรงกระบอก ทรงกรวย จนถึงคล้ายสามเหลี่ยม เซลล์เส้นใย 3 – 5 เซลล์เจริญไปในทิศทางเดียวกัน ประกอบกันเป็นเส้นใยหลัก (ภาพที่ 15c) เจริญออกเป็นแขนงของทัลลัศ และเรียงตัวอยู่อย่างหลวม ๆ แผ่ออกจากศูนย์กลางคล้ายร่างแห (ภาพที่ 15d) โครงสร้างสืบพันธุ์ทั้งสองเจริญอยู่ด้านบนทัลลัส แกมีแทนเจียม (ภาพที่ 15e) มีลักษณะเป็นถุงรูปร่างค่อนรีปลายมน ขนาด 35.0 – 50.5 x 25.2 – 40.0 ไมโครเมตร สีเหลืองใส ก้านชูสปอร์ประกอบจากเซลล์ทรงกระบอกยาว 5 – 8 เซลล์เรียงต่อกัน มีขนาด 10.0 – 12.5 x 422.5 – 477.5 ไมโครเมตร ตรงปรายเป็นกระเปาะ แตกกิ่ง 4 – 8 เซลล์ออกมารองรับถุงซูโอสปอแรงเจียมรูปร่างรี ขนาด 20.0 – 25.2 x 10.0 – 12.5 ไมโครเมตร (ภาพที่ 15f) (ตารางที่ 3)

พบสาหร่ายชนิดนี้บนพืชอาศัย โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ ชมพู่น้ำดอกไม้ และ มะค่าแต้ เมื่อประเมินระดับความรุนแรงของสาหร่ายต่อพืชอาศัยทุกชนิดพบว่าสาหร่ายชนิดนี้ไม่ทำให้เกิดเนื้อเยื่อตายใต้ทัลลัส (ภาพที่ 15g) จึงมีระดับความรุนแรงที่ระดับ 0



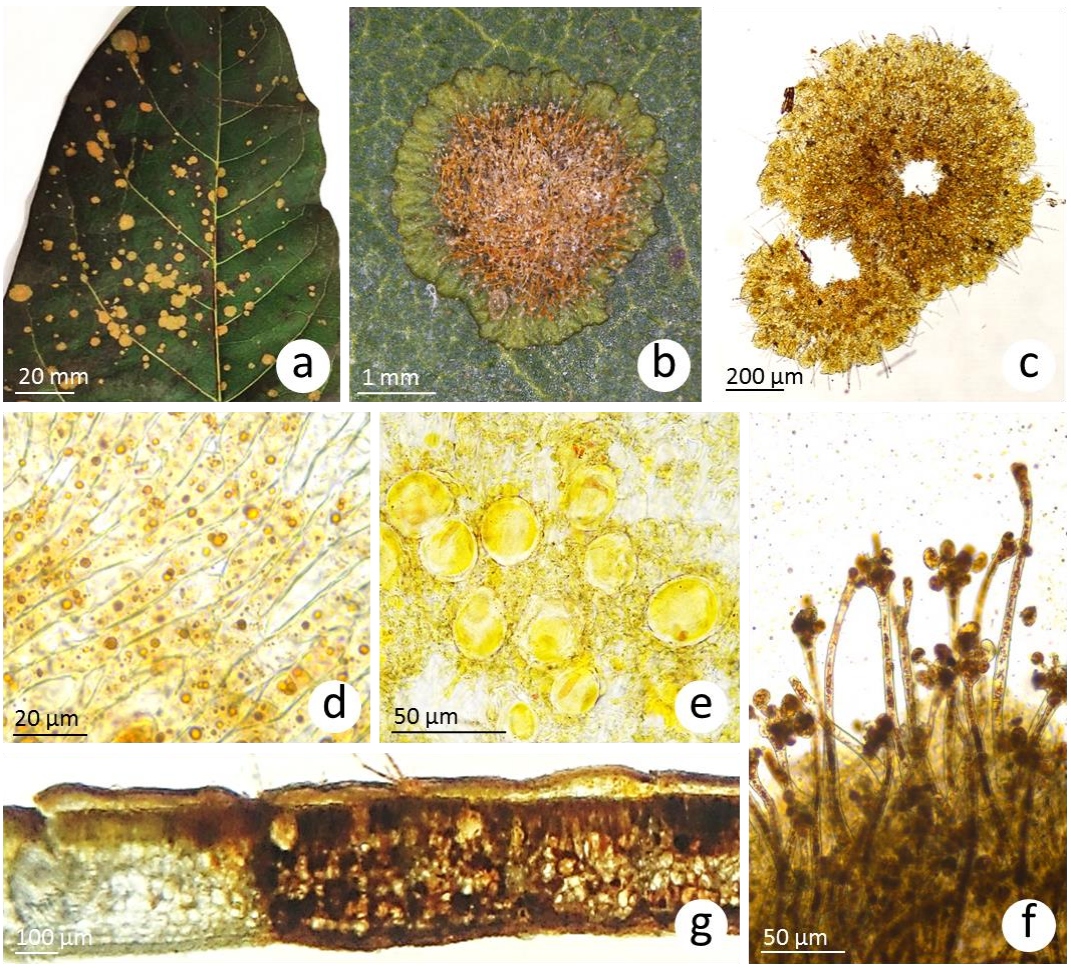
ภาพที่ 15 สาหร่าย *Cephaleuros tumidae-setae* (a) จุดสาหร่ายลักษณะกลมสานกันคล้ายร่างแห (b) การแตกแขนงของสาหร่ายแบบรัศมีและพบมีการเจริญซ้อนทับกัน (c) เซลล์สาหร่ายมีรูปร่างเหมือนลิ่มปลายตัด (d) สาหร่ายมีการเจริญแตกแขนงแบบหลวม ๆ แผ่ออกจากศูนย์กลาง (e) แกมมีแทนเจียมรูปไข่เจริญอยู่บนทัลลัส (f) ก้านชูสปอร์เจริญอยู่บนแขนงของทัลลัส (g) เส้นใยของสาหร่ายเจริญอยู่ใต้ชั้นคิวติเคิลของใบพืช

Cephaleuros virescens

สาหร่าย *C. virescens* บนพืชอาศัยมีลักษณะเป็นเนื้อเยื่อคล้ายพาเรงคิมา โดยส่วนมากมีรูปร่างกลม ขนาด 2 – 5 x 2 – 6 มิลลิเมตร สีเหลืองอมส้ม น้ำตาล และเขียว ไม่พบความผิดปกติของเนื้อเยื่อพืชบริเวณทัลลัส ทัลลัสเรียบ และยกตัวขึ้นมาจากใบพืชเล็กน้อย ขอบทัลลัสเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ (ภาพที่ 16a – 16b) เมื่อตัดขวางใบพืชบริเวณที่สาหร่ายเจริญอยู่ พบเส้นใยของสาหร่ายเจริญอยู่ใต้ชั้นคิวติเคิล

สาหร่าย *C. virescens* มีเซลล์เส้นใยทรงกระบอก ผิวเรียบ ขนาด 10 – 12.5 x 27.5 – 30 ไมโครเมตร เจริญแตกแขนงจาก 1 เป็น 2 เรียงติดต่อกันอย่างเป็นระเบียบแผ่ออกจากศูนย์กลาง (ภาพที่ 16c – 16d) เมื่อวัดเซลล์บริเวณกึ่งกลางทัลลัสพบว่ามีอัตราส่วนระหว่างความกว้างต่อความยาวเป็น 1:2 โครงสร้างสืบพันธุ์ทั้งสองแบบเจริญอยู่บนทัลลัส แกมีแทนเจียม (ภาพที่ 16e) รูปร่างกลม สีเหลืองส้ม เจริญกระจายอยู่อย่างเดี่ยว ๆ บนทัลลัส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 42.5 – 67.0 ไมโครเมตร ก้านชูสปอร์ (ภาพที่ 16f) เจริญอยู่อย่างเดี่ยว ๆ ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ทรงกระบอกยาว 5 – 8 เซลล์ เรียงต่อกัน ขนาด 10.0 – 12.5 x 300.0 – 347.5 ไมโครเมตร ตรงปลายเป็นกระเปาะแตกกิ่ง 4 – 8 กิ่ง ออกมารองรับถุงซูโอสปอแรงเจียมรูปร่างรี ขนาด 20.0 – 22.5 x 25.2 – 27.5 ไมโครเมตร (ตารางที่ 3)

พบสาหร่ายชนิดนี้บนพืชอาศัย กระท้อน กระทิง การเวก ขนุน ข่อย เข็มเล็ก เข็มใหญ่ คริสตินา เงาะ จำปาเทศ จำปี ชมพู่ม่าเหมี่ยว ชา ชาดัด ดาโอ๊ะ ตะขบไทย เต็ง ไทร ไทรทอง ไทรใบยาว นมแมว น้อยหน่า น้ำเต้าต้น ประดู่ ผีเสื้อหลวง พญากาสัก พญาสัตบรรณ พริกไทย พู่นายพล มะขาม มะนาว มะปราง มะพอก มะม่วง มะฮอกกานีใบใหญ่ มิกกี้เมาส์ ยี่เข่ง ระฆังเงิน ลั่นทมขาว ลำไย สมอพิเภก โสกน้ำ อาโวคาโด อินทนิล และ แอปเปิ้ลป่า เมื่อประเมินระดับความรุนแรงของสาหร่ายต่อพืชอาศัยทุกชนิดพบว่าสาหร่ายชนิดนี้ทำให้เกิดเนื้อเยื่อตายใต้ทัลลัสตั้งแต่ 1 เซลล์ จนถึงทุกชั้นเซลล์ และในพืชอาศัยบางชนิดไม่พบเนื้อเยื่อตาย จึงมีระดับความรุนแรงขึ้นอยู่กับชนิดพืชอาศัย



ภาพที่ 16 สาหร่าย *Cephaleuros virescens* (a) จุดสาหร่ายลักษณะกลม นูน สีเขียวอ่อน จนถึงสีส้มอมน้ำตาล (b – c) สาหร่ายเจริญแตกแขนงอย่างเป็นระเบียบ ชิดติดกันจนมีลักษณะคล้ายเนื้อเยื่อพาเรงคิมา (d) เซลล์เส้นใยมีลักษณะเป็นทรงกระบอก ผิวเรียบ (e) แกมมีแทนเจียมรูปไข่ เจริญอยู่บนทัลลัส (f) ก้านชูสปอร์เจริญอยู่บนทัลลัส (g) เซลล์เส้นใยของสาหร่ายเจริญอยู่ใต้ชั้นคิวติเคิลของใบพืช

ตารางที่ 3 ตารางเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสาหร่ายสกุล *Cephalueros*

Character	*C. diffusus*	*C. expansa*	*C. henningsii*
Thallus	Circular disk with gap, laciniate margin	More or less circular, laciniate margin	More or less circular, laciniate margin
Growth habit	Open filament	Open filament	Open filament
Habitat	Subcuticular	Subcuticular	Subcuticular
Filamentous cell	Irregularly	Irregularly	Long cylindrical to irregular
Branching manner	Equal dichotomy	Equal dichotomy and monopodial	Equal and unequal dichotomy
Length x Width (μm)	26.5 – 31.5 x 10.5 – 13.0	14.0 – 27.5 x 5.5 – 8.0	45.0 – 72.5 x 7.5 – 10.0
Setae	Slender filament	Slender filament	Not detected
Gametangia	Small spherical shape in cluster	Spherical to elliptical shape	Spherical shape
Length x Width (μm)	12.0 – 20.0 x 12.2 – 19.7	19.5 – 20.7 x 19.2 – 20.5	22.5 – 55.0 x 20.0 – 30.0
Habitat	Emerge on thallus	Emerge on thallus	Emerge on thallus
Gamete	Not detect	Not detect	Not detect
Sporangiophores	Cylindrical	Cylindrical	Cylindrical
Length x Width (μm)	215.0 – 302.0 x 10.5 – 12.7	267 – 441.0 x 10.5 – 14.0	197.0 – 260.0 x 10.0 – 12.0
Head cell placement	Terminal	Terminal	Terminal
Sporagia	Ellipsoidal shape	Ellipsoidal shape	Ellipsoidal shape
Length x Width (μm)	23 – 33 x 19 – 25	22 – 47 x 19 – 20	14.5 – 22 x 13 – 15.5
Zoospore	Not detect	Not detect	Not detect
Discoloration	Absent	Around thallus (purple and yellow)	Absent

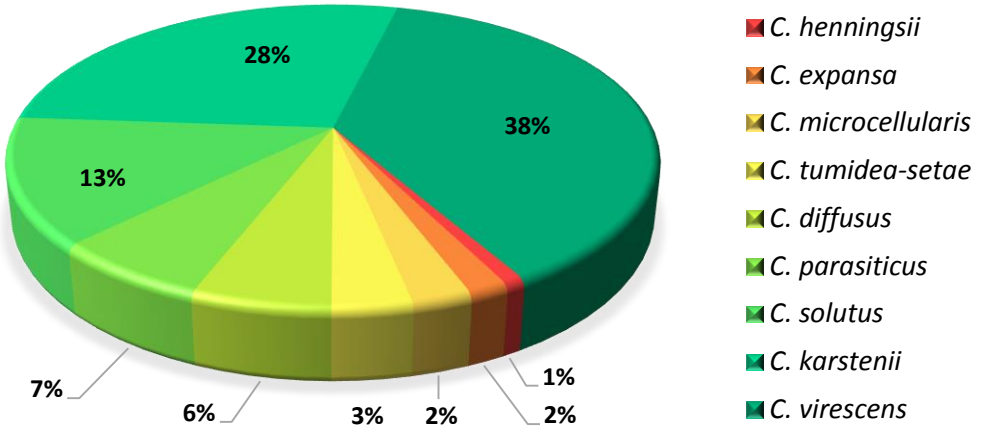
ตารางที่ 3 ตารางเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสาหร่ายสกุล *Cephalueros* (ต่อ)

Character	*C. karstenii*	*C. microcellularis*	*C. parasiticus*
Thallus	More or less circular with gap	Circular disk without gaps	Open radial, raised spot
Growth habit	Psuedoparenchymatous with gap	Psuedoparenchymatous without gap	Open filament
Habitat	Subcuticular	Subcuticular	Intramatrical
Filamentous cell	Long cylindrical	Short cylindrical	Irregular
Branching manner	Equal dichotomy	Equal dichotomy	Mostly unequal dichotomy
Length x Width (μm)	40.0 – 42.5 x 10.0 – 12.5	12.5 – 22. 5 x 8.0 – 10.7	Can not measure
Setae	Rare, slender filament	Short slender in tufts of 6-19	Not detected
Gametangia	Spherical to elliptical shape	Spherical to elliptical shape	Spherical shape in cluster
Length x Width (μm)	40.0 – 47.5 x 35.75 – 49.25	22.5 – 44.2 x 19.7 – 38.5	37.5 – 50.0 x 37.5 – 50.0
Habitat	Submerge on thallus	Emerge on thallus	Lower and upper epidermis
Gamete	4.1 – 6.0 x 4.6 – 6.8	Not detect	Not detect
Sporangiophores	Cylindrical	Cylindrical	Cylindrical
Length x Width (μm)	382.5 – 705.0 x 12.5 – 15.0	165.0 – 342.0 x 8.5 – 10.7	352.5 – 482.5 x 10.0 – 12.5, in tufts
Head cell placement	Terminal	Terminal	Terminal
Sporagia	Spherical shape	Ellipsoidal shape	Spherical shape
Length x Width (μm)	22 – 36 x 16 – 22	18 – 28 x 14 – 20	19 – 24 x 20 – 22
Zoospore	5.16 – 5.58 x 6.42 – 7	Not detect	Not detect
Discoloration	Absent	Absent	Around thallus (red purple)

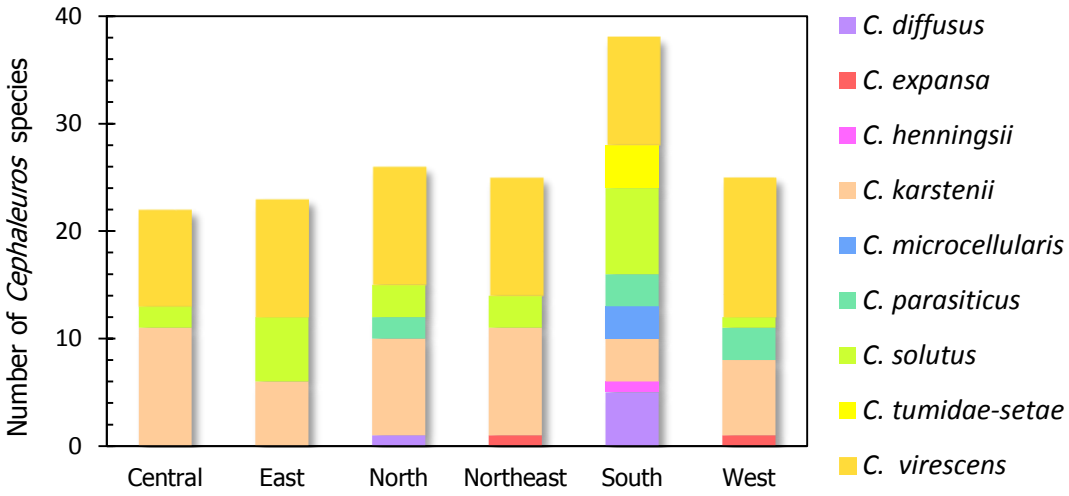
ตารางที่ 3 ตารางเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสาหร่ายสกุล *Cephalueros* (ต่อ)

Character	*C. solutus*	*C. tumidea-setae*	*C. virescens*
Thallus	Open branching	Open branching	Circular disk with entire margin
Growth habit	Psuedoparenchymatous ramuli	Loosely or compactly ramuli	Psuedoparenchymatous
Habitat	Subcuticular	Subcuticular	Subcuticular
Filamentous cell	Cylindrical to irregular	Cylindrical to irregular	Cylindrical
Branching manner	Unequal dichotomy to irregular	Unequal dichotomy and trichotomy	Equal dichotomy
Length x Width (μm)	33.0 – 67.5 x 8.0 – 13.0	Can not measure	27.5 – 30.0 x 10.0 – 12.5
Setae	Slender filament	Slender filament	Slender filament
Gametangia	Spherical shape	Spherical to elliptical shape	Spherical to elliptical shape
Length x Width (μm)	40.0 – 50.0 x 37.5 – 45.0	35.0 – 50.0 x 25.0 – 40.0	42.7 – 62.7 x 42.5 – 67.0
Habitat	Submerge on thallus	Submerge on thallus	Submerge on thallus
Gamete	4.0 – 5.1 x 3.0 – 4.9	Not detect	5.1 – 5.9 x 4.1 – 5.2
Sporangiophores	Cylindrical	Cylindrical	Cylindrical
Length x Width (μm)	455.0 – 505.0 x 10.0 – 12.5	422.5 – 477.5 x 10.0 – 12.5	300.0 – 347.5 x 10.0 – 12.5
Head cell placement	Terminal	Terminal	Terminal
Sporagia	Spherical shape	Spherical shape	Spherical shape
Length x Width (μm)	24 – 35.5 x 20 – 23	22 – 30 x 15.5 – 19	28 – 33 x 22 – 28
Zoospore	8.9 – 10.2 x 9.1 – 10.2	Not detect	6.4 – 7.3 x 5.3 – 6.1
Discoloration	Around thallus (black)	Absent	Absent

จากการพิจารณาชนิดของสาหร่ายทั้ง 9 ชนิด พบว่า สาหร่าย *C. virescens* เป็นสาหร่ายที่พบบนพืชอาศัยมากที่สุดถึง 38 เปอร์เซ็นต์ หรือ 45 ชนิด จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด รองลงมาคือ *C. karstenii, C. solutus, C. parasiticus, C. diffusus, C, tumidae-setae, C. expansa, C. microcellularis* และ *C. henningsii* ตามลำดับ (ภาพที่ 17) เมื่อพิจารณาจากจำนวนชนิดของสาหร่ายในการศึกษาครั้งนี้ ภาคใต้มีจำนวนชนิดของสาหร่ายมากที่สุด ทั้งนี้อาจเพราะพื้นที่เก็บตัวอย่างมีสภาพแวดล้อม และชนิดพืชพรรณที่มีความหลายมากกว่าภาคอื่น ๆ (ภาพที่ 18)

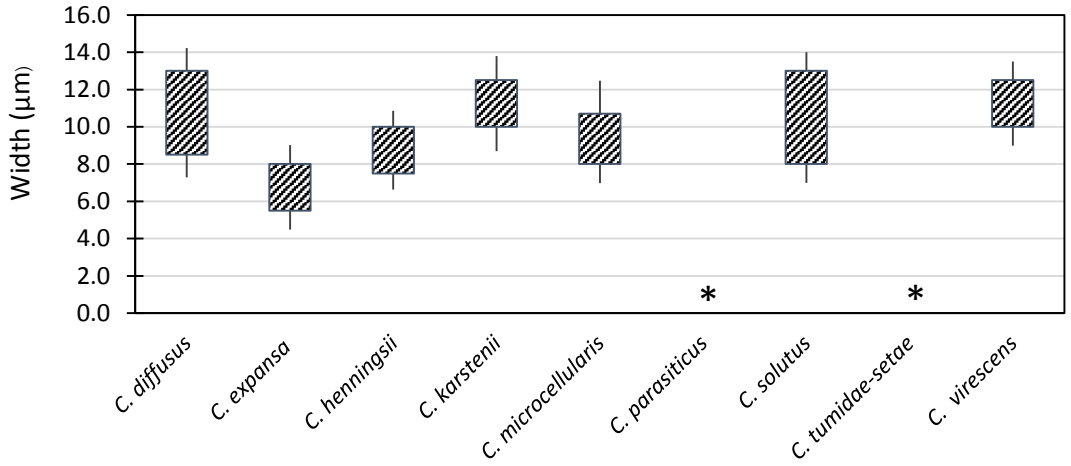


ภาพที่ 17 จำนวนชนิดของพืชอาศัยที่พบสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* แต่ละชนิดในประเทศไทย



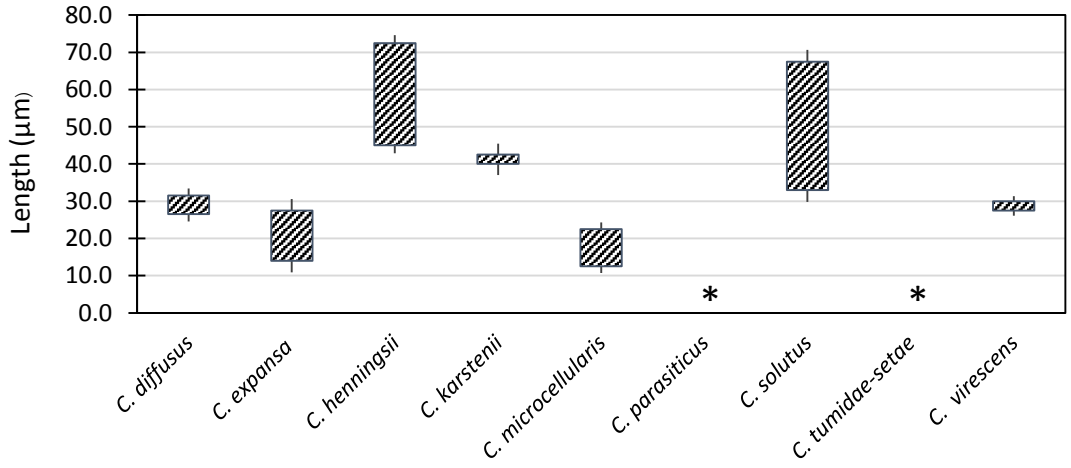
ภาพที่ 18 จำนวนชนิดของสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* ในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย

เมื่อพิจารณาขนาดความกว้างและความยาวเซลล์เส้นใยสาหร่าย พบว่าขนาดของเซลล์เส้นใย ในสาหร่ายแต่ละชนิดแตกต่างกัน ด้านความกว้าง *C. diffusus* มีขนาดเซลล์กว้างที่สุด และ *C. expansa* มีขนาดเซลล์เล็กสุด ด้านความยาว *C. henningsii* มีขนาดเซลล์เส้นใยยาวที่สุดและ *C. microcellularis* มีขนาดสั้นที่สุด (ภาพที่ 19 – 20) นอกจากนั้นยังมีความเป็นไปได้ที่ชนิดของพืชอาศัยและภูมิภาคที่สาหร่ายเจริญอยู่ ส่งผลให้เซลล์เส้นใยของสาหร่ายชนิดเดียวกันมีขนาดความกว้างและความยาวที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 19 ความกว้างของเซลล์เส้นใยสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* ในแต่ละชนิด

* = วัดค่าไม่ได้ เนื่องจากเซลล์เส้นใยมีรูปร่างเซลล์ที่ไม่แน่นอนจึงไม่สามารถวัดขนาดเซลล์ได้



ภาพที่ 20 ความยาวของเซลล์เส้นใยสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* ในแต่ละชนิด

* = วัดค่าไม่ได้ เนื่องจากเซลล์เส้นใยมีรูปร่างเซลล์ที่ไม่แน่นอนจึงไม่สามารถวัดขนาดเซลล์ได้

1.3 การประเมินความรุนแรงของสาหร่ายในระดับชั้นเนื้อเยื่อพืช

จากการประเมินระดับความรุนแรงของสาหร่าย โดยการตัดตามขวางเนื้อเยื่อพืชบริเวณที่มีสาหร่ายเจริญอยู่ เพื่อดูระดับชั้นเนื้อเยื่อพืชที่ได้รับความเสียหายเนื่องจากขาดน้ำและธาตุอาหาร (Brooks, 2004) พบว่าจุดสาหร่ายที่ส่งผลกระทบแก่เซลล์พืชมี 7 ชนิด คือ *C. expansa, C. henningsii*, *C. karstenii*, *C. microcellularis*, *C. parasiticus*, *C. solutus* และ *C. virescens* (ตารางที่ 4) โดยมีสาหร่าย 3 ชนิดที่สร้างความเสียหายรุนแรงแก่เซลล์พืช ทำให้เนื้อเยื่อพืชเปลี่ยนสี และมีอาการฉ่ำน้ำ คือ *C. henningsii, C. microcellularis,* และ *C. parasiticus* เมื่อพิจารณาจากพื้นที่เก็บตัวอย่างและชนิดของสาหร่าย พบว่าจุดสาหร่ายชนิดเดียวกัน มีระดับความรุนแรงและ ลักษณะอาการบนพืชอาศัยที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิด อายุของใบพืช ความสมบูรณ์ของพืชอาศัยและสภาพอากาศ

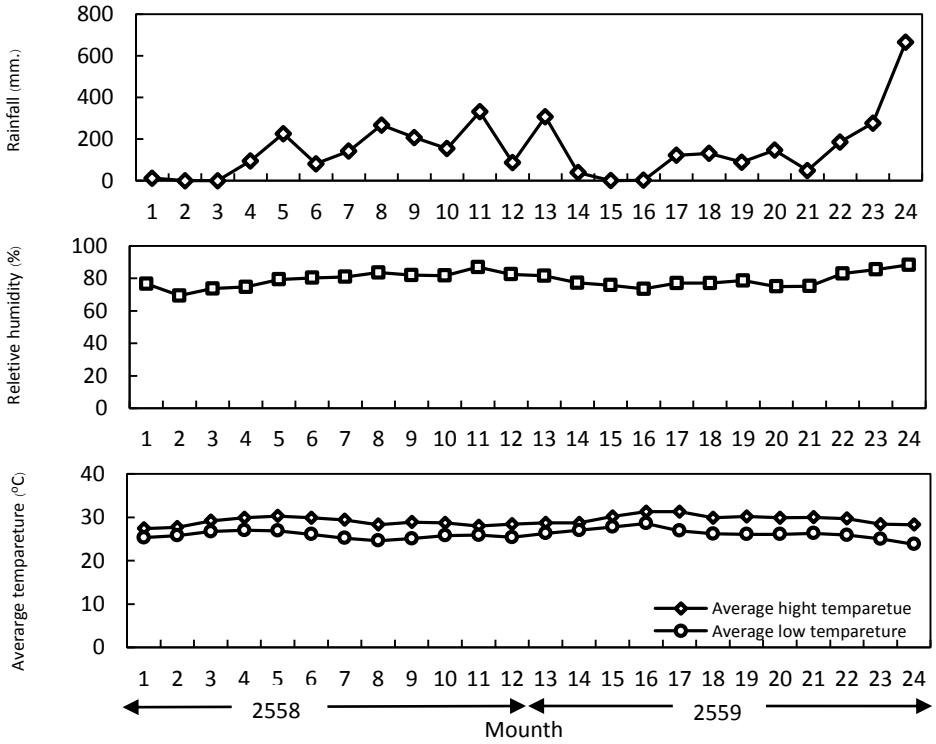
ตารางที่ 4 ระดับความรุนแรงของสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* แต่ละชนิด

ชนิดสาหร่าย	ระดับความรุนแรง	อาการบนพืชอาศัย
C. diffusus	0	ไม่พบอาการผิดปกติในทุกระดับชั้นเนื้อเยื่อพืช
C. expensa	0 – 3	พบอาการผิดปกติของเนื้อเยื่อพืช 1 – 3 ชั้นเนื้อเยื่อพืช และทำให้เนื้อเยื่อใบพืชรอบจุดสาหร่ายเปลี่ยนเป็นสีม่วง
C. henningsii	1 – 3	พบอาการผิดปกติของเนื้อเยื่อพืชในทุกระดับชั้นเซลล์ และทำให้เนื้อเยื่อใบพืชรอบจุดสาหร่าย เปลี่ยนเป็นสีดำ
C. karstenii	0 – 2	พบอาการผิดปกติของเนื้อเยื่อพืช 1 – 2 ชั้นเนื้อเยื่อพืช แต่ไม่พบอาการผิดปกติบนใบพืช
C. microcellularis	1 – 3	พบอาการผิดปกติของเนื้อเยื่อพืชในทุกระดับชั้นเซลล์ และทำให้เนื้อเยื่อพืชใต้จุดสาหร่ายมีอาการฉ่ำน้ำ
C. parasiticus	1 – 3	พบอาการผิดปกติของเนื้อเยื่อพืชในทุกระดับชั้นเซลล์ และทำให้เนื้อเยื่อใบพืชรอบจุดสาหร่ายเปลี่ยนเป็นสีแดงและมีอาการฉ่ำน้ำ
C. solutus	0 – 2	พบอาการผิดปกติของเนื้อเยื่อพืช 1 – 2 ชั้นเนื้อเยื่อพืช ทำให้เนื้อเยื่อใบพืชรอบจุดสาหร่ายเปลี่ยนเป็นสีดำ
C. tumidae-setae	0	ไม่พบอาการผิดปกติในทุกระดับชั้นเนื้อเยื่อพืช
C. virescens	0 – 2	พบอาการผิดปกติของเนื้อเยื่อพืช 1 – 3 ชั้นเนื้อเยื่อพืช แต่ไม่พบอาการผิดปกติบนเนื้อเยื่อพืช

2 การเจริญตามฤดูกาลของสาหร่ายสีเขียวสกุล *Cephaleuros* ในแปลงทดลอง

2.1. การแบ่งฤดูกาลและการเจริญของสาหร่าย

การเจริญตามฤดูกาลสาหร่าสกุล *Cephaleuros* ในพื้นที่แปลงภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (7°0’18” N 100°29’58”) แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน (ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย < 100 มิลลิเมตร) และ ฤดูฝน (ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ≥ 100 มิลลิเมตร) เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ เป็นระยะเวลา 24 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2558 – เดือนธันวาคม 2559 พบว่า ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงและเกือบคงที่ตลอดทั้งปี มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดที่ 24.3 องศาเซลเซียส ในเดือนกุมภาพันธุ์ปี 2558 ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 30.0 องศาเซลเซียส ในเดือนเมษายน ปี 2559 ส่วนปัจจัยปริมาณน้ำฝน มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ที่ 0 มิลลิเมตร ในเดือนมีนาคม 2558 และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 665.6 มิลลิเมตร ในเดือนธันวาคม 2559 (ภาพที่ 21)



ภาพที่ 21 ปัจจัยทางกายภาพในปี 2558 – 2559 ในพื้นที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (rainfall), เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (relative humidity) และอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุด (average of low and high temperatures)

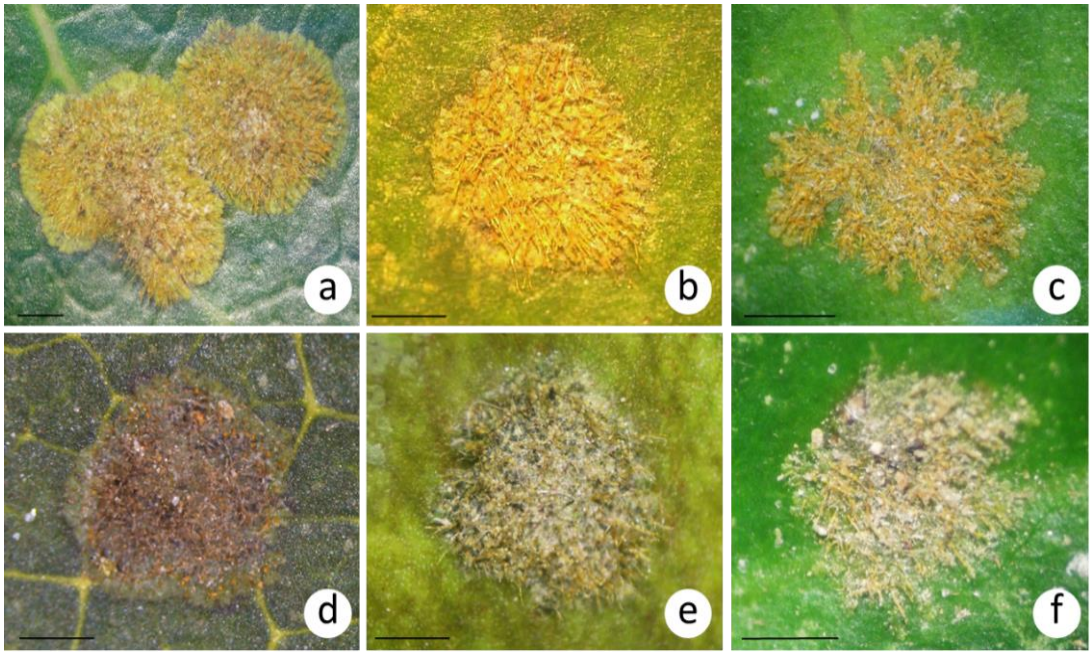
2.2. การวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญของสาหร่ายตามฤดูกาล

เมื่อศึกษาการเจริญของสาหร่ายปรสิตพืชสกุล *Cephaleuros* บนพืชอาศัย มะม่วง มังคุด และลองกอง ซึ่งถูกระบุว่าเป็นชนิด *C. karstenii, C. pilosa* และ *C. virescens* (Sunpapao et al., 2015) ตามลำดับ พบว่าปัจจัยปริมาณน้ำฝนมีผลต่อการเจริญของสาหร่ายในสกุลนี้ ในเดือนกุมภาพันธ์ – เมษายน ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยน้อยกว่า 50 มิลลิเมตร (ฤดูร้อน) และมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศน้อยกว่า 80% จุดสาหร่ายบนใบพืชมีลักษณะแห้ง เนื้อเยื่อพืชรอบ ๆ จุดสาหร่ายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล มีโครงสร้างสืบพันธุ์ที่เสียสภาพ และ ไม่พบเซลล์สืบพันธุ์ทั้งสองชนิด ส่วนในเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมากกว่า 100 มิลลิลิตร (ฤดูฝน) ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนมกราคม พบว่าการเจริญตามฤดูกาลของสาหร่าย ในช่วงเดือนพฤษภาคม – เดือนกันยายน จุดสาหร่ายมีจำนวนเพิ่มขึ้น เริ่มมีการพัฒนาโครงสร้างสืบพันธุ์ในเดือนมิถุนายน และพบการปลดปล่อยซูโอสปอร์ ในเดือนกันยายน – เดือนธันวาคม ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมากกว่า 150 มิลลิเมตร ส่วนการปลดปล่อยแกมีท พบในเดือนสิงหาคม – เดือนตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมากกว่า 200 มิลลิเมตร มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงมากกว่า 80%

การเจริญของจุดสาหร่าย

สาหร่าย *C. karstenii, C. pilosa* และ *C. virescens* พบว่า มีการเจริญของจุดสาหร่ายในฤดูร้อนและฤดูฝนแตกต่างกัน จุดสาหร่ายในฤดูฝนมีลักษณะฟู มีสีเหลืองอมส้ม มีรูปร่างค่อนข้างกลม มองเห็นขอบและแขนงชัดเจน ส่วนจุดสาหร่ายในฤดูร้อน มีลักษณะแห้ง มีสีน้ำตาลจนถึงสีขาวอมเทา (ภาพที่ 22) ขอบและแขนงลอกหลุด เสียสภาพ เนื้อเยื่อพืชบริเวณรอบจุดสาหร่ายเปลี่ยนเป็นสีเขียวหม่นจนถึงสีน้ำตาล และมีการเจริญของราดำและเชื้อราอื่น ๆ ปกคลุมอยู่ด้านบน และจากการศึกษาการเจริญของสาหร่ายพบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของจุดสาหร่ายในฤดูร้อนไม่แตกต่างกับจุดสาหร่ายในฤดูฝน โดยจุดสาหร่าย *C. karstenii, C. pilosa* และ *C. virescens* ในฤดูร้อนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 1.7± 0.06, 2.6±0.18 และ 2.1±0.28 มิลลิเมตรตามลำดับ และในฤดูฝน พบว่าจุดสาหร่าย *C. karstenii, C. pilosa* และ *C. virescens* มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 1.8±0.67, 3.8 ±1.13 และ 1.8±0.48 มิลลิเมตร ตามลำดับ แต่ในการเจริญด้านจำนวนจุดสาหร่ายบนใบพืชอาศัยพบว่า จำนวนจุดสาหร่ายในฤดูร้อนและฤดูฝนมีความแตกต่างกัน ในฤดูฝนมีจำนวนจุดสาหร่ายเฉลี่ยมากกว่าในฤดูร้อน เนื่องจากในฤดูร้อนไม่พบ

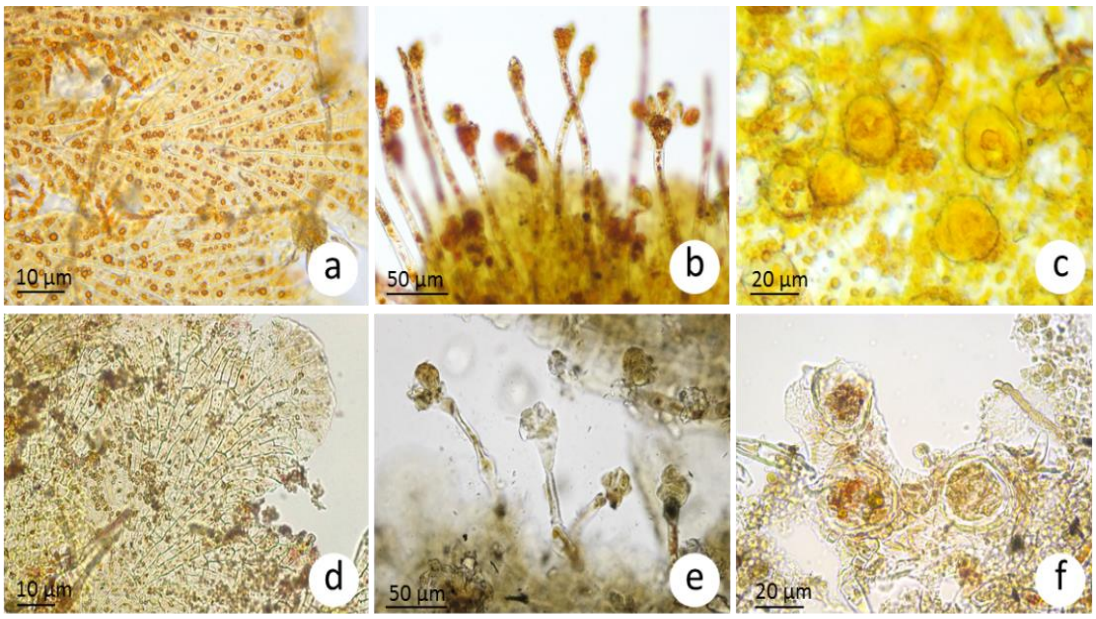
การเจริญเพิ่มจำนวนและไม่พบการปลดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายในสกุลนี้ แต่ในฤดูฝน สาหร่ายมีการแพร่กระจายเซลล์สืบพันธุ์ และพบการเจริญของจุดสาหร่ายใหม่ ๆ เกิดขึ้น ส่งผลให้จำนวนจุดสาหร่ายในช่วงฤดูฝนมีจำนวนเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 22 ลักษณะทัลลัสของสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* (a – c) ในฤดูฝน, (d – f) ในฤดูร้อน บนพืชอาศัย มะม่วง มังคุด และลองกองตามลำดับ (bar = 1 mm)

การพัฒนาโครงสร้างสืบพันธุ์ของสาหร่าย

การพัฒนาโครงสร้างสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศของสาหร่าย *C. karstenii, C. pilosa* และ *C. virescens* พบว่า โครงสร้างสืบพันธุ์ของสาหร่ายในฤดูร้อนและฤดูฝนมีความแตกต่างกัน โดยสาหร่ายในฤดูร้อนมีลักษณะแห้ง เซลล์ของสาหร่ายมีลักษณะใสเนื่องจากมีการสูญเสียเม็ดรงควัตถุภายในเซลล์ โครงสร้างสืบพันธุ์มีลักษณะที่ผิดรูป เสียสภาพ และสูญเสียความสามารถในการปลดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (ภาพที่ 23) จึงไม่พบการปลดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ แต่ในฤดูฝนโครงสร้างสืบพันธุ์มีความสมบูรณ์ เซลล์เส้นใยสีสด สาหร่ายมีการพัฒนา แกมีแทนเจียมบนทัลลัสในตั้งแต่เดือนมิถุนายน (ช่วงต้นฤดูฝน) และปลดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ แกมีทในช่วงเดือนสิงหาคม – เดือนตุลาคม ส่วนในการพัฒนา ก้านชูสปอร์และชูโอสปอแรงเจียม พบได้ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม และพบการปลดปล่อยชูโอสปอร์ในเดือนกันยายน – เดือนธันวาคม

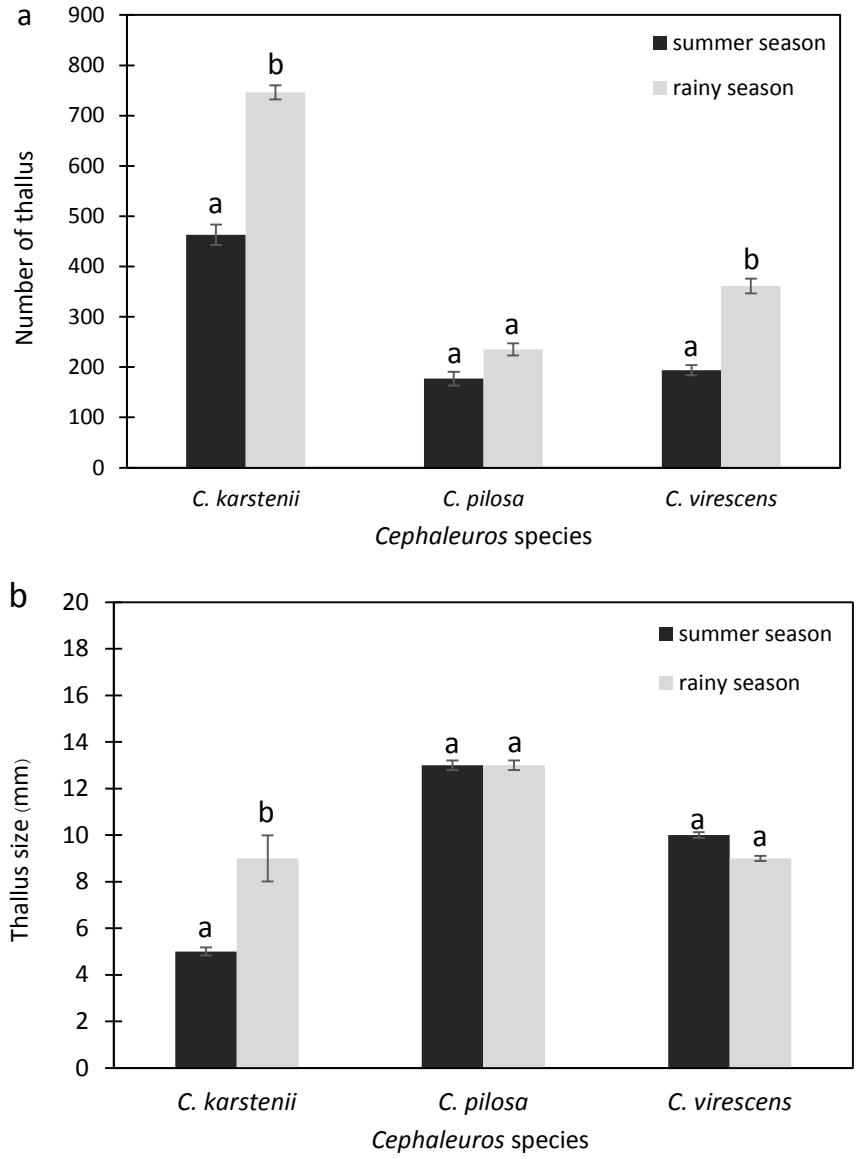


ภาพที่ 23 การพัฒนาโครงสร้างสืบพันธุ์ตามฤดูกาลของสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* (a – c) โครงสร้างสาหร่ายในฤดูฝน (d – f) โครงสร้างสาหร่ายในฤดูร้อน

การวิเคราะห์การเจริญตามฤดูกาล

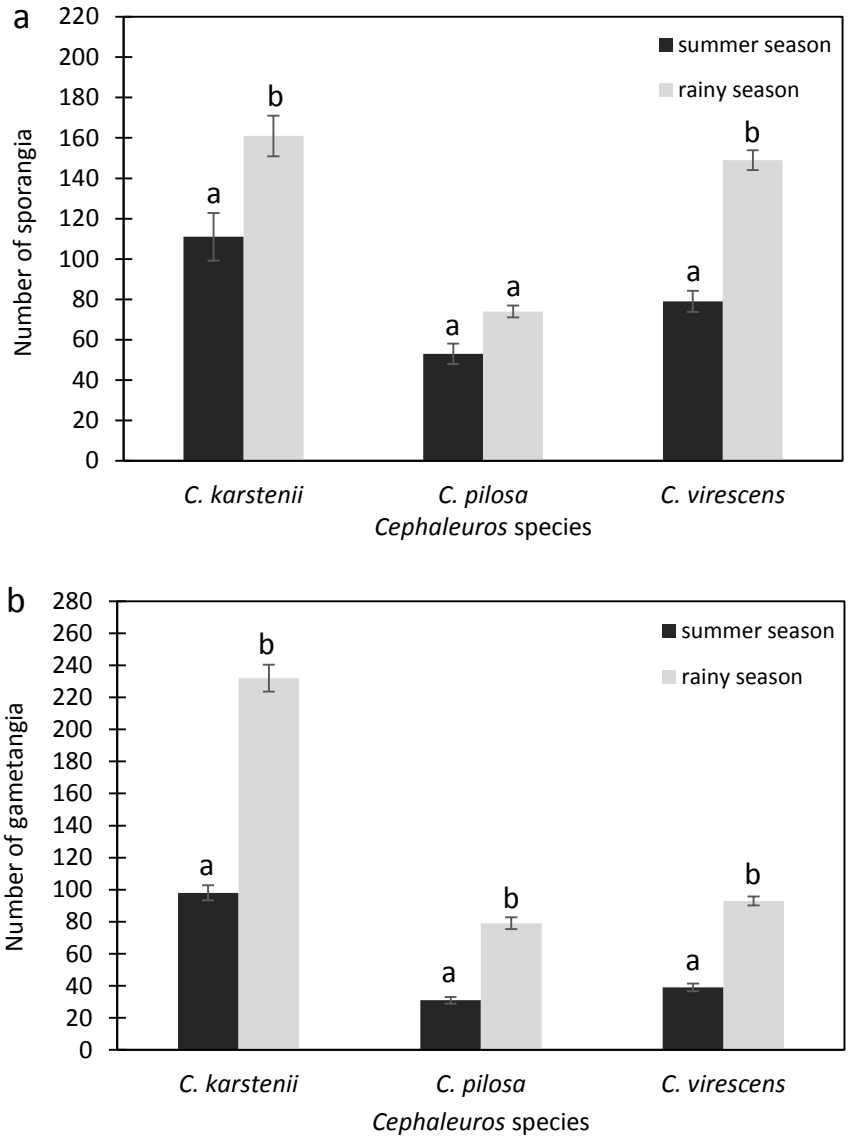
ผลจากการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างการเจริญของสาหร่ายปรสิตพืชสกุล *Cephaleuros* ในฤดูร้อนและฤดูฝนด้วย independent-samples t-test ที่ค่าความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่า การเจริญของสาหร่ายปรสิตพืชสกุล *Cephaleuros* เป็นผลหรือได้รับอิทธิพลมาจากปัจจัยสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ด้านจำนวนจุดสาหร่ายบนใบพืชในฤดูร้อนและฤดูฝน พบว่า จำนวนจุดสาหร่ายของ *C. karstenii C. pilosa* และ *C. virescens* มีจำนวนจุดสาหร่ายบนใบพืชที่แตกต่างกัน แต่เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างการเจริญของจุดสาหร่ายทางสถิติ พบว่า *C. karstenii* และ *C. virescens* มีจำนวนจุดสาหร่ายตามฤดูกาลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 24a) ส่วนด้านขนาดของจุดสาหร่าย พบว่า ขนาดจุดสาหร่ายในฤดูร้อนและฤดูฝนของ *C. karstenii C. pilosa* และ *C. virescens* มีความแตกต่างกัน ในสาหร่าย *C. karstenii* มีขนาดในฤดูร้อนและฤดูฝนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วน *C. pilosa* และ *C. virescens* มีขนาดในฤดูร้อนและฤดูฝนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากสาหร่ายทั้งสองชนิดไม่มีการเจริญในฤดูร้อน จึงทำให้ขนาดจุดสาหร่ายเฉลี่ยในฤดูร้อนและฤดูฝนไม่แตกต่างกัน และในการพัฒนาโครงสร้างสืบพันธุ์ตามฤดูกาล พบว่าสาหร่าย *C. karstenii C. pilosa* และ

C. virescens มีการสร้างโครงสร้างสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศบนทัลลัส ในฤดูฝนมากกว่าในฤดูร้อน เนื่องจากการสืบพันธุ์ของสาหร่ายสกุลนี้ต้องอาศัยน้ำในการกระตุ้นให้เกิดกระบวนการสืบพันธุ์ และอาศัยน้ำในการแพร่กระจายเซลล์สืบพันธุ์ การพัฒนาโครงสร้างสืบพันธุ์และการสืบพันธุ์ของสาหร่ายปรสิตพืชสกุล *Cephaleuros* เป็นผลหรือได้รับอิทธิพลมาจากปัจจัยสภาพแวดล้อม เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างการพัฒนาโครงสร้างสืบพันธุ์ตามฤดูกาลของจุดสาหร่ายทางสถิติ ในการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ พบว่า *C. karstenii* และ *C. virescens* มีจำนวนจุดสาหร่ายที่สร้างซูโอสปอแรงเจียมในแต่ละฤดูกาลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่าความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 25a) ส่วนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ พบว่า สาหร่าย *C. karstenii C. pilosa* และ *C. virescens* มีจำนวนจุดสาหร่ายที่สร้างแกมีแทนเจียมตามฤดูกาลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่าความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 25b)



ภาพที่ 24 การเจริญของสาหร่ายในแต่ละฤดูกาล (a) จำนวนจุดสาหร่ายบนใบพืช (thallus), (b) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจุดสาหร่าย (millimeter)

* ค่าเฉลี่ยข้อมูลที่ตัวอักษรเหมือนกันในสาหร่ายชนิดเดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$) โดยวิธี independent-samples t-test



ภาพที่ 25 การพัฒนาโครงสร้างสืบพันธุ์ของสาหร่ายในแต่ละฤดูกาล (a) โครงสร้างสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (sporangium), (b) โครงสร้างสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (gametangium)

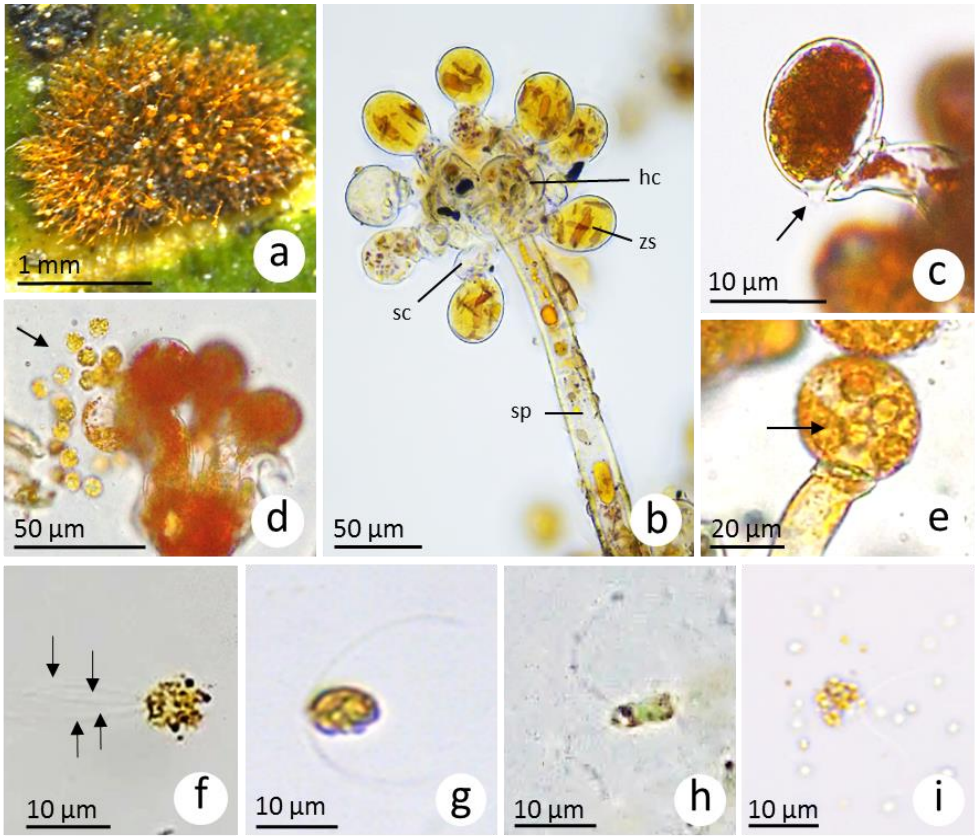
* ค่าเฉลี่ยข้อมูลที่ตัวอักษรเหมือนกันในสาหร่ายชนิดเดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p >0.05) โดยวิธี independent-samples t-test

2.3. การสืบพันธุ์และเจริญของสาหร่ายในห้องปฏิบัติการ

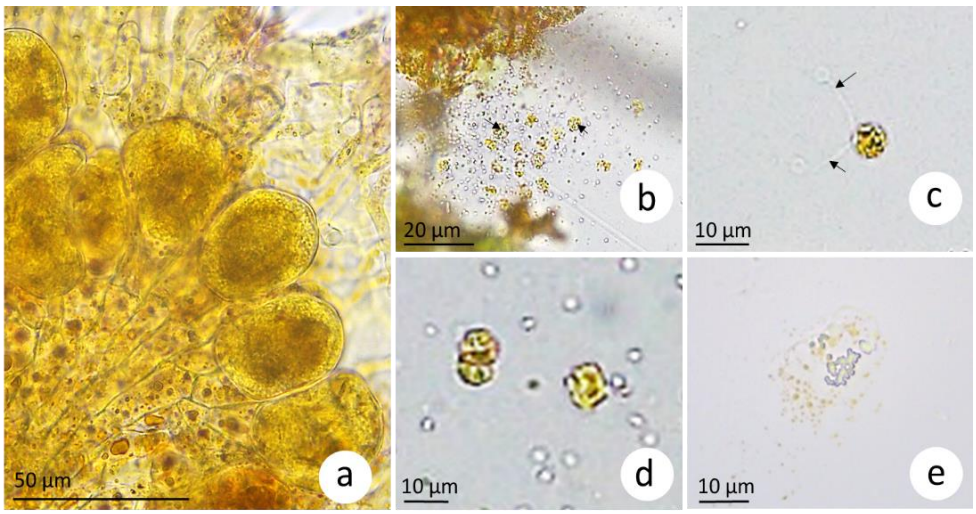
พฤติกรรมการสืบพันธุ์ของสาหร่ายสีเขียวสกุล *Cephaleuros* ในห้องปฏิบัติการ พบว่าโครงสร้างสืบพันธุ์มีการตอบสนองและปลดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ได้ดี เมื่อโครงสร้างสืบพันธุ์มีการพัฒนาจนสมบูรณ์ และได้รับการกระตุ้นจากน้ำเย็น 10 – 25 °C ในการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ เมื่อก้านซูสปอร์มีความสมบูรณ์ (ภาพที่ 26a และ 26b) และซูโอสปอแรงเจียม ได้รับการกระตุ้น ซูโอสปอร์ จะถูกปลดปล่อย บริเวณช่องเปิด (papillae) ของถุงซูโอสปอแรงเจียม (ภาพที่ 26c) ซูโอสปอร์ในระยะแรกจะมีลักษณะเป็นทรงกลม (ภาพที่ 26d) ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับซูโอสปอร์ในถุงซูโอสปอรแรงเจียม (ภาพที่ 26e) จากนั้นจะเริ่มเคลื่อนที่ด้วยหาง 4 หาง (ภาพที่ 26f) ก่อนจะเปลี่ยนรูปร่าง โดยสาหร่าย *C. karstenii* และ *C. virescens* ซูโอสปอร์มีรูปร่างรี (ellipsoidal) ขนาด 5.2±0.4 x 6.7±0.2 ไมโครเมตร (ภาพที่ 26g) ส่วนสาหร่าย *C. pilosa* ซูโอสปอร์มีรูปร่างเรียวยาวทรงกระบอก (rod shape) ขนาด 2.9±0.8 x 9.6±0.7 ไมโครเมตร (ภาพที่ 26h) ซูโอสปอร์มีการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว สลับกับเคลื่อนที่เป็นวงกลม เมื่อผ่านไป 45 – 60 นาทีหลังการปลดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ซูโอสปอร์ส่วนใหญ่จะแตกออก (ภาพที่ 26i) ส่วนในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ เมื่อแกมีแทนเจียม (ภาพที่ 27a) ได้รับการกระตุ้น แกมีท จะถูกปลดปล่อยออกมาบริเวณทัลลัส (ภาพที่ 27b) ใน *C. karstenii, C. pilosa* และ *C. virescens* แกมีทมีรูปร่างกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.6±0.8, 4.9±0.6 และ 5.5±1.0 ไมโครเมตร ตามลำดับ แกมีทเคลื่อนที่ด้วยหาง 2 เส้น (ภาพที่ 27c) และพบการเคลื่อนที่รอบตัวเอง และเมื่อแกมีทมีการเคลื่อนที่ใกล้กัน ปลายหางของแกมีทจะม้วนเพื่อดึงหางของแกมีทอีกตัวเข้ามา จนเกิดการเข้าคู่กัน (conjugation) หลังเกิดการปลดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ 10 – 30 นาที จากนั้นแกมีท มีการพัฒนาปรับเปลี่ยนรูปร่างเป็นครึ่งวงกลมและประกบกัน หางของแกมีทเริ่มหลุด (ภาพที่ 27d) เมื่อผ่านไป 60 นาทีหลังจากการปลดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ผนังเซลล์ของแกมีททั้งหมดแตกตัวออก (ภาพที่ 27e)

เมื่อบ่มเซลล์สืบพันธุ์ที่มีลักษณะสมบูรณ์ หลังการปลดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ 60 นาที ไว้ในจานเลี้ยงเชื้อที่ให้ความชื้น และวางไว้ในบริเวณที่แสงส่องถึง พบว่า ซูโอสปอร์มีการงอก (germ tube) ขนาด 2.9±0.5 ไมโครเมตร (ภาพที่ 28a) ภายใน 24 ชั่วโมงหลังการปลดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ จากนั้นเซลล์เส้นใยสาหร่ายจะพัฒนาขึ้นในวันที่ 2 ของการทดลอง ต่อมาเซลล์เส้นใยเริ่มยาวขึ้นเป็น 11.4±0.7 ไมโครเมตร และพบการสร้างรงควัตถุสีส้ม (hematochrome) ในวันที่ 3 ของการทดลอง (ภาพที่ 28b) และในวันที่ 5 ของการทดลองพบว่าเซลล์เส้นใยมีแนวโน้มที่ยาวขึ้น และพบ

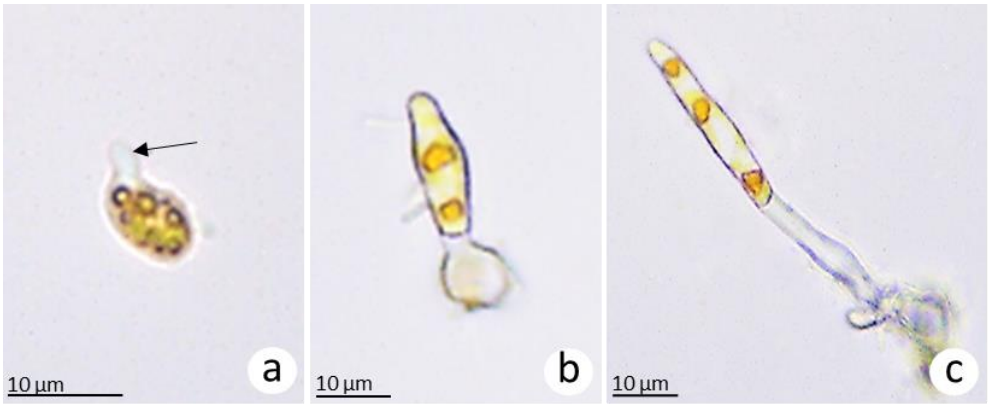
เม็ดรงควัตถุเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 28c) ส่วนในแกมีท หลังจากการปลดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ 60 นาที ผนังเซลล์ของแกมมีททั้งหมดแตกตัวออกและไม่พบการงอก แสดงให้เห็นว่าการสืบพันธุ์และการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศของสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* ในห้องปฏิบัติการ มีพฤติกรรมและการพัฒนาที่แตกต่างกัน (ภาพที่ 29)



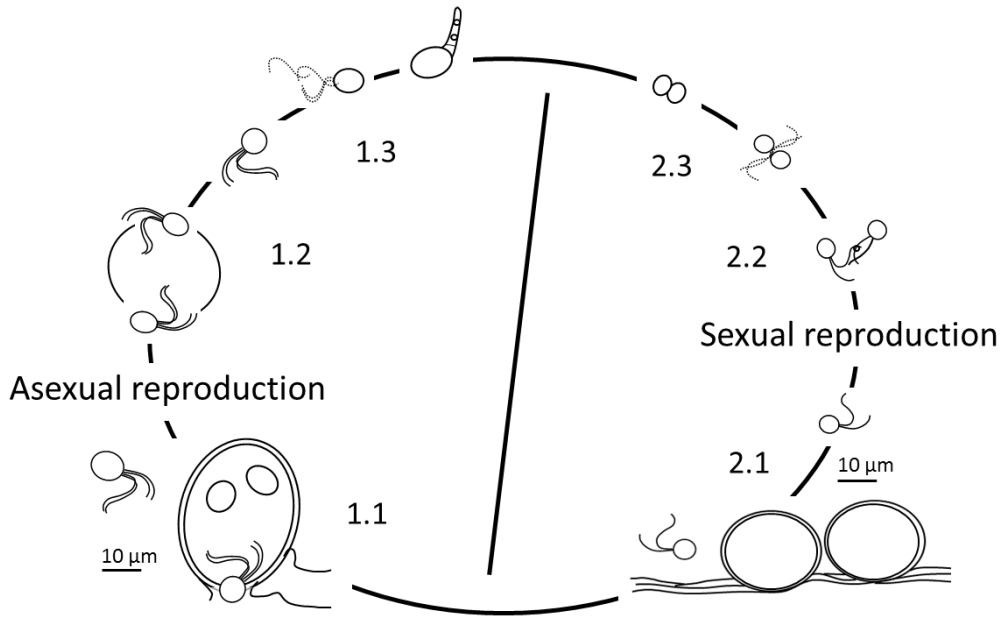
ภาพที่ 26 โครงสร้างสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* (a) ก้านชูสปอร์บนทัลลัส, (b) ก้านชูสปอร์แบบ terminally head cell [zs = zoosporangium, sc = suffultory cell, hc = head cell, sp = sporangiophore], (c) ช่องเปิด papillae (ลูกศร), (d) ซูโอสปอร์ถูกปลดปล่อย, (e) ซูโอสปอร์ภายในถุงสปอแรงเจียม (ลูกศร), (f) ซูโอสปอร์รูปร่างกลม, (g) ซูโอสปอร์รูปร่างรี, (h) ซูโอสปอร์รูปร่างคล้ายกระสวย, (i) ซูโอสปอร์ที่เสียสภาพ



ภาพที่ 27 โครงสร้างสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* (a) แกมีแทนเจียม, (b) แกมีทถูกปลดปล่อย, (c) แกมีทรูปร่างกลม เคลื่อนที่ด้วยหาง 2 เส้น, (d) แกมีทเข้าคู่กัน (conjugation), (e) แกมีทเสียสภาพ



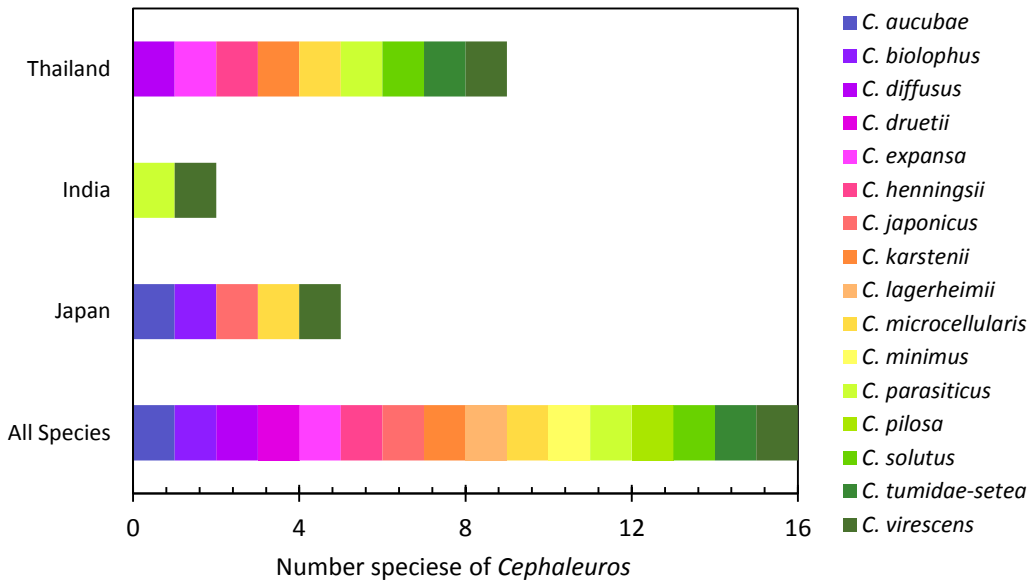
ภาพที่ 28 การงอกของซูโอสปอร์ในสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* บนหยดน้ำ (a) ซูโอสปอร์งอก germ tube (arrow), (b) เซลล์เส้นใยสาหร่ายมีการสร้างรงควัตถุสีส้มภายในเซลล์ , (c) เซลล์เส้นใยในวันที่ 5 หลังการปลดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์



ภาพที่ 29 พฤติกรรมและพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์สาหร่ายสกุล *Cephaleuros* บนหยดน้ำ (1.1) ซูโอสปอร์ถูกปลดปล่อย (1.2) ซูโอสปอร์ว่ายน้ำและมีพฤติกรรมเคลื่อนที่แบบวงกลม (1.3) ซูโอสปอร์หยุดเคลื่อนที่ สลัดหาง เปลี่ยนแปลงรูปร่างและมีการงอก (2.1) แกมมีทถูกปลดปล่อย (2.2) แกมมีทมีพฤติกรรมว่ายน้ำและเริ่มมีการเข้าคู่กัน (2.3) แกมมีทเข้าคู่กัน เปลี่ยนแปลงรูปร่าง ทิ้งหาง และหยุดการพัฒนา

วิจารณ์ผล

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสาหร่ายปรสิตพืชสกุล *Cephaleuros* ในประเทศไทย พบการเจริญของสาหร่ายในพืชอาศัย 103 ชนิด (ตารางผนวกที่ 3) เป็นพืชอาศัยที่ยังไม่มีรายงานการศึกษามาก่อน 52 ชนิด (อาภรณ์ และนิยม, 2517; ปราณี และคณะ, 2522; อัญชลี และคณะ, 2526; นิพนธ์, 2553; Chandrasikul, 1962; Puckdeedindan, 1966; Thompson and Wujek, 1997; Nelson, 2008; Suto and Ohtani, 2009; Gokhale and Shaikh, 2012; Muthukumar et al., 2014; Pitaloka et al., 2014a; Pitaloka et al., 2014b; Suto et al., 2014; Sunpapao and Pitaloka, 2015; Sunpapao et al., 2015; Sunpapao et al., 2016) เมื่อจัดจำแนกชนิดของสาหร่ายโดยลักษณะทางสัณฐานวิทยา สามารถจัดจำแนกชนิดสาหร่าย ได้ 9 ชนิด (Thompson and Wujek, 1997; Suto and Ohtani, 2009) คือ *C. diffusus, C. expansa*, *C. henningsi,i C. karstenii, C. microcellularis*, *C. solutus, C tumidae-setae, C. parasiticus,* และ *C. virescens* นอกจากนั้นยังถือได้ว่าการศึกษาในครั้งนี้เป็นรายงานการศึกษาแรกในประเทศไทยที่พบการเจริญของสาหร่าย *C. henningsii, C. microcellularis* และ *C. tumidae-setae* เมื่อพิจารณาจากจำนวนชนิดของสาหร่าย พบว่าประเทศไทยมีจำนวนชนิดมากที่สุด เมื่อเทียบกับรายงานการศึกษาสาหร่ายสกุลนี้ในประเทศญี่ปุ่น (Suto and Ohtani, 2009) และประเทศอินเดีย (Gokhale and Shaikh, 2012; Muthukumar et al., 2014; Suto et al., 2014) ซึ่งอยู่ในทวีปเดียวกัน (ภาพที่ 30) แสดงให้เห็นถึงความหลากหลายในองค์ประกอบชนิดสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* ในประเทศไทย ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจาก มีที่ตั้งอยู่ในโซนร้อนเหนือเส้นศูนย์สูตรอยู่ติดทะเล และปริมาณน้ำฝนสูง มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงและอุณหภูมิที่เกือบคงที่ จึงมีสภาพอากาศที่เหมาะสมต่อการอยู่รอด การเจริญและการแพร่พันธุ์ของสิ่งมีชีวิต นอกจากนั้นประเทศไทยยังตั้งอยู่บนรอยต่อสำคัญระหว่างโซนพฤกษชาติฉาน – ไทย และอินโดจีน ทำให้ในพื้นที่ทางภาคใต้มีความหลากหลายของชนิดพันธุ์พืชสูง (ไชมอน และคณะ, 2558) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ที่ตั้ง ภูมิประเทศ และสภาพอากาศ ส่งผลต่อองค์ประกอบชนิดของสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* ในประเทศไทย



ภาพที่ 30 จำนวนชนิดของสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* ในประเทศไทยเมื่อเทียบกับชนิดของสาหร่ายสกุลนี้ในประเทศญี่ปุ่น (Suto and Ohtani, 2009) และประเทศอินเดีย (Gokhale and Shaikh,2012; Muthukumar et al., 2014; Suto et al., 2014)

เมื่อประเมินระดับความรุนแรงของจุดสาหร่ายบนพืชอาศัยโดยวิธี A four point necrosis index (Brooks, 2004) พบว่า จุดสาหร่ายที่ส่งผลกระทบและสร้างความเสียหายรุนแรงแก่เซลล์พืชมี 3 ชนิด *C. henningsii, C. microcellularis,* และ *C. parasiticus* พบว่าเนื้อเยื่อพืชใต้ทัลลัสเกิดอาการแห้งตาย (necrosis) ตั้งแต่ 1 ชั้นเซลล์ไปจนถึงทุกระดับชั้นเซลล์ ทั้งนี้นอกจากปัจจัยด้านชนิดของสาหร่ายแล้ว ระดับความรุนแรงของจุดสาหร่ายยังขึ้นอยู่กับลักษณะของพืชอาศัยและสภาพแวดล้อมในแต่ละพื้นที่

การเจริญตามฤดูกาลของสาหร่ายปรสิตพืชสกุล *Cephaleuros* ในแปลงทดลองพบว่า มีการสร้างโครงสร้างสืบพันธุ์ของสาหร่ายในฤดูฝนมีความแตกต่างกับในฤดูร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่าความเชื่อมั่น 0.05 ลักษณะจุดสาหร่ายบนพืชอาศัยทั้งสามชนิดในช่วงเดือนมกราคม – มีนาคม มีลักษณะแห้ง สีเหลืองอมน้ำตาล และพบโครงสร้างสืบพันธุ์ที่เสียสภาพ จนกระทั่งในเดือนพฤษภาคม จุดสาหร่ายเริ่มมีการเจริญของโครงสร้างสืบพันธุ์ สอดคล้องกับการศึกษาวงจรการเกิดโรคจุดสาหร่าย ในพื้นที่เขตกึ่งร้อน (subtropical zone) ซึ่งพบว่า จุดสาหร่ายมีการสร้างโครงสร้างสืบพันธุ์เมื่อเริ่มเข้าฤดูฝนในเดือนพฤษภาคม (Wolf, 1930) จึงทำให้มีแนวโน้มที่จุด

สาหร่ายจะเพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากเริ่มมีฝนตกชุกและเข้าสู่ฤดูฝน ในเดือนกรกฎาคมพบว่าจุดสาหร่ายมีขนาดใหญ่ขึ้น อีกทั้งยังพบการเจริญของโครงสร้างสืบพันธุ์ที่สมบูรณ์ และเซลล์เส้นขน บนจุดสาหร่ายมากขึ้น และพบว่าสาหร่ายมีการปลดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (ซูโอสปอร์) ต่อมาในเดือนสิงหาคมพบว่ามีการปลดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (แกมมีท) ร่วมด้วย ซึ่งในการปลดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ทั้งสองชนิดเป็นช่วงที่มีฝนตกชุก ทำให้ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง เกิดหยดน้ำเกาะตามผิวใบ ช่วยส่งเสริมการแพร่กระจายของเซลล์สืบพันธุ์ได้ดี จนถึงเดือนกันยายน จุดสาหร่ายเริ่มมีขนาดคงที่ โครงสร้างสืบพันธุ์เริ่มเสียสภาพ แต่ยังสามารถพบเซลล์สืบพันธุ์ทั้งสองชนิด จนถึงเดือนพฤศจิกายนและเริ่มน้อยลงในเดือนธันวาคม สอดคล้องกับการศึกษาของ Suto และ Ohtani (2013) ซึ่งได้ศึกษาพัฒนาการของโรคจุดสาหร่าย ในเขตอบอุ่น (temperate zone) และพบว่าสาหร่ายมีการเพิ่มจำนวน ในเดือนมิถุนายน – เดือนกรกฎาคม และพบเซลล์สืบพันธุ์ทั้งสองชนิดช่วง ในเดือนพฤษภาคม – สิงหาคม

นอกจากนั้นในการศึกษาพฤติกรรมการสืบพันธุ์ของสาหร่ายในห้องปฏิบัติการ พบว่าซูโอสปอร์มีการงอก หลังจากปลดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ 48 ชั่วโมง สอดคล้องกับการศึกษาของ Suto และ Ohtani (2013) ซึ่งพบว่า ซูโอสปอร์สามารถงอกและเจริญได้ในหยดน้ำบนสไลด์ภายในห้องปฏิบัติการ ส่วนซูโอสปอร์ที่ไม่งอกจะสลายและปลดปล่อยเซลล์ทรงกลมขนาดเล็กจำนวนมากออกมา เรียกว่า aplanospores (Suématu, 1951) นอกจากนั้นการศึกษาของ Suto และ Ohtani (2013) ยังพบอีกว่า แกมมีทของ *C. japonicus, C. biolophus* และ *C. microcellularis* สามารถงอกและเจริญได้ เช่นเดียวกับซูโอสปอร์ โดยไม่จำเป็นต้องมีการเข้าคู่และเกิดเป็นไซโกต แต่จากการทดลองในครั้งนี้พบว่า แกมมีท มีพฤติกรรมการเข้าคู่กัน หลังจากเซลล์ของแกมมีท มีการพัฒนาปรับเปลี่ยนรูปร่างเป็นครึ่งวงกลมและประกบกัน หางของแกมมีทเริ่มหลุด ผนังเซลล์ของแกมมีทสลายและแตกออก มีความสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Cunningham (1879), Ward (1884), Karsten (1891), Suématu (1951) และ Chowdary and Jose (1979) ซึ่งพบว่า แกมมีทมีพฤติกรรมการเข้าคู่กัน และพัฒนาเกิดเป็นไซโกต แต่ไม่พบการงอกของไซโกต ส่วนในการแพร่กระจายเซลล์สืบพันธุ์ในธรรมชาติ Thompson และ Wujek, 1997 ได้เสนอว่า ซูโอสปอร์จะงอกเส้นใยแทงเข้าไปในชั้นเนื้อเยื่อของพืชเพื่ออาศัยธาตุอาหารจากพืช ก่อนที่จะสร้างเส้นใยมากขึ้น เกิดเป็นทัลลัส ส่วนแกมมีทจะเกิดการเข้าคู่กันและพัฒนาเกิดเป็นไซโกตซึ่งเมื่อได้รับความชื้นที่เหมาะสม จะมีการสร้างไมโอสปอร์แรงเจียมบนผิวใบพืชและปลดปล่อยไมโอสปอร์สู่พืช

บทที่ 4
สรุป และ ข้อเสนอแนะ

สรุป

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสาหร่ายปรสิตพืชสกุล *Cephaleuros* ในประเทศไทย สามารถจำแนกสาหร่ายออกได้เป็น 9 ชนิด จาก 199 ตัวอย่าง ในพืชอาศัย 103 ชนิด สาหร่ายที่พบเจริญอยู่บนพืชอาศัยมากที่สุดคือ *C. virescens* ซึ่งพบเจริญอยู่บนพืชอาศัย 45 ชนิด รองลงมาคือ *C. karstenii*, *C. solutus*, *C. parasiticus*, *C. diffusus*, *C. tumidae-setae*, *C. expansa, C. microcellularis* และ *C. henningsii* ตามลำดับ สาหร่ายที่ส่งผลกระทบและสร้างความเสียหายรุนแรงแก่พืชมี 3 ชนิด คือ *C. henningsii, C. microcellularis* และ *C. parasiticus* ทำให้ใบพืชมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงและสร้างอาหารลดลง ส่งผลให้พืชทิ้งใบ และจากการศึกษาการเจริญตามฤดูกาลของสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* ในแปลงทดลองพบว่า สาหร่ายในสกุลนี้มีการเจริญ และปลดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในฤดูฝน ซึ่งมีความแตกต่างกับในฤดูร้อน สาหร่ายในช่วงเดือนมกราคม – เมษายน (ฤดูร้อน) มีลักษณะแห้งและโครงสร้างต่าง ๆ เสียสภาพ แต่ในฤดูฝน(เดือนพฤษภาคม – ตุลาคม) สาหร่ายมีจำนวนเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีความชื้นที่เหมาะสมและได้รับธาตุอาหารที่สมบูรณ์จากพืชอาศัย ทำให้มีการพัฒนาโครงสร้างสืบพันธุ์ และปลดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงฤดูฝน ปัจจัยปริมาณน้ำฝนและความชื้นจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการแพร่กระจายเซลล์สืบพันธุ์เข้าสู่พืช และทำให้เกิดโรคจุดสาหร่าย ซึ่งจากที่ตั้งของประเทศไทยที่อยู่ในเขตร้อนชื้น โดยเฉพาะทางภาคใต้ของประเทศไทยที่มีสภาพอากาศร้อนชื้นเกือบตลอดทั้งปี จึงเหมาะสมต่อการอยู่รอด การเจริญ และการแพร่พันธุ์ของสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros*

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบถึงองค์ประกอบชนิดของสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* ในประเทศไทย ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายสกุล *Cephaleuros* ได้ในอนาคต นอกจากนั้นการศึกษาการเจริญตามฤดูกาลสาหร่าย ยังเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ในการวางแผนการเก็บตัวอย่าง การศึกษาการสืบพันธุ์ และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อให้เกิดความเข้าใจปัจจัยที่เหมาะสมต่อวงจรการเกิดโรคจุดสาหร่ายในธรรมชาติ

เอกสารอ้างอิง

ไซมอน การ์ดเนอร์ พินดา สิทธิสุนทร และ ก่องกานดา ชยามฤต. 2558. ไม้ป่าภาคใต้. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ. 48 – 49.

นิพนธ์ วิสารทานนท์. 2553. คู่มือวินิจฉัยโรคพืชที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา สาหร่าย และการให้คำแนะนำในการควบคุมโรค. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 594.

ปราณี ลิ่มศรีวิไลม ศรีสุรางค์ ลิขิตเอกราช และปรีชา สุรินทร์. 2522. การสำรวจโรคของปาล์มน้ำมันระหว่างปี 2519 – 2521 น. 382 – 389. *ใน* รายงานประจำปี 2522. กองวิจัยโรคพืช. กรมวิชาการเกษตร.

เพ็ญภัสสร บรรจงศิริ และ อนุรักษ์ สันป่าเป้า.2559. การแยก การจัดจำแนกชนิด และสัณฐานวิทยาของสาหร่ายปรสิตพืช *Cephaleuros* spp. บนอาหารสังเคราะห์. แก่นเกษตร 43. (ฉบับพิเศษ 1): 918 – 923.

วัลลภา กฤษณีไพบูลย์ วสันณ์ เพชรรัตน์ สุทธิลักษณ์ แซ่หลิม และ เสมอใจ ชื่นจิต. 2531. การศึกษาโรคของมะม่วงหิมพานต์ในภาคใต้. วารสารสงขลานครินทร์ 10:263 – 266.

วินิต แจ้งศรี. 2507. โรคและแมลงศัตรูส้ม. กสิกร 37: 36 – 61.

สุชาติ วิจิตรานนท์. 2532. โรคของลองกอง, น. 70 – 73. *ใน* โรคแมลงและการบำรุงรักษาไม้ผล เงาะ มังคุด ทุเรียน และ ลองกอง. โครงการพัฒนาและฟื้นฟูพื้นที่ภาคใต้ที่ประสบอุทกภัย. กรมวิชาการเกษตร.

อนุรักษ์ สันป่าเป้า. 2559. การเป็นปรสิตของสาหร่ายสีเขียว *Cephaleuros* Kunz ex E.M. Fries. แก่นเกษตร 44 (ฉบับพิเศษ 1): 905 – 910.

อนุรักษ์ สันป่าเป้า Mutiara K. Pitaloka และ วสันณ์ เพชรรัตน์. 2558ก.พืชอาศัย การแพร่กระจาย และความหลากหลายของสาหร่ายปรสิตพืช *Cephaleuros* Kunze ในเขตภาคใต้ของประเทศไทย. แก่นเกษตร 43. (ฉบับพิเศษ 1): 928 – 932.

อนุรักษ์ สันป่าเป้า Mutiara K. Pitaloka นราสินี ถี่ถ้วน อรณิชา ตัณติพลานนท์ และวสันณ์ เพชรรัตน์. 2558ข.สัณฐานและความรุนแรงของสาหร่ายปรสิตพืช *Cephaleuros* Kunze. แก่นเกษตร 43. (ฉบับพิเศษ 1): 189 – 194.

อัญชลี เชียงกุลม อาภรณ์ ธรรมเขต และ ปราณี ลิ่มศรีวิไล. 2526. การศึกษาเชื้อราที่ทำให้เกิดโรคกับโกโก้. *ใน* รายงานผลการทดลอง พ.ศ. 2526 เล่มที่ 1. กองโรคพืชและจุลชีววิทยา. กรมวิชาการเกษตร.

อาภรณ์ ธรรมเขต และ นิยม จิ้วจิ้น. 2517. การศึกษาโรคกาแฟ ชา พริกไทย, น. 277 – 283 *ใน* รายงานผลการค้นคว้าวิจัย 2517. กองวิจัยโรคพืช. กรมวิชาการเกษตร.

Batista, A.C. and Lima, D.A. 1949. Lista de susceptive de alga *Cephaleuros mycoidae* Karst. Em Pernambuco. Boletin da Secretaria de Agricultura, Industria e Comercio do Estado de Pernambuco 16: 32 – 46.

Brooks, E.E. 2004. Plant parasitic algae (Chlorophyta, Trentepohliales) in American Samoa. Pacific Science 58: 419 – 428.

Chandrasrikul, A. 1962. A preliminary hort list of plant disease in Thailand. Technical Bulletin No.6. Dept. of Agriculture, Bangkok, 23.

Chapman, R.L. and Good. B.H. 1983. Subaerial symbiotic green algae: Interactions with vascular plant hosts. 173 – 204. in L.J. Goff. Algal symbiosis: A continuum of interaction strategies. Cambridge University Press, Cambridge.

Chapman, R.L. 1984. An assessment of the current state of our knowledge of the Trentepohliaceae. 233 – 350 in Irvine, D.E. G. and John, D.M. eds. Systematics of the green algae. Systematics Association Special.

Chowdary, Y.B.K. and Jose, G. 1979. Biology of *Cephaleuros* Kunz in nature. Phykos 18: 1 – 9.

Cunningham, D.D. 1879. On *Mycoidea parasitic*, a new genus of parasitic algae and the part with which it plays in the formation of certain lichens. Transactions of the Linnean Society of London 1: 301 – 318.

Ezuka, A. and Kibushi, H. 1956. Host range of *Cephaleuros virescens* Kunze. Study of Tea 5: 11 – 12.

Fries, E.M. 1829. Systema Mycologicum. 3, Graifswald, 327 – 328.

Gokhale, M.V. and Shaikh, S.S. 2012. Host range of a parasitic alga *Cephaleuros virescens* Kunz. ex Fri. from Maharashtra state, India. Plant Sciences Feed 2(1): 1 – 4.

Guiry, M.D. and Guiry, G.M. 2017. Algae Base. World – wide electronic publication. National University of Ireland, Galway. (access : http:// www. Algaebase.org.)

Han, K.S., Park, M.J., Park, J.H. and Shin, H.D. 2011. First report of algal leaf spot associated with *Cephaleuros virescens* on greenhouse-grown *Ficus benghalensis* in Korea. Australasian Plant Disease Notes 6: 72 – 73.

Hariot, M.P. 1889. Note Sur le genre *Cephaleuros.* Journal de Botanique 3: 274 – 288.

Holcomb, G.E. and Henk, M. C. 1984. Spot of *Magnolia grandiflora*. Phytopathology 74: 822.

Holcomb, G.E. 1986. Hosts of the parasitic alga *Cephaleuros virescens* in Louisiana and new host records for the Continental United States. Plant Disease 70: 1080 – 1083.

Hsieh, H.J. 1983. Notes on host plant of *Cephaleuros virescens* new for Taiwan. Botanical Bulletin of Academia Sinica 24: 89 – 96.

Joubert, J.J. and Rijkenberge, F.H.J, 1971. Parasitic green algae. Annual Review of Phytopathology 9: 45 – 64.

Jose, G. and Chowdary, Y.B.K. 1980. Studies on host range of the endophytic alga *Cephaleuros* Kunze in India. Revista de Biologia Tropical 28: 297 – 304.

Karsten, G. 1891. Untersuchungen uber die Familie der Chroolepideen. Annales du Jardin Botanique de Buitenzorg 10: 1 – 66.

Kunze, O. 1827. Weigelt, Surinum Exccati. (Cited by Fries, E. 1827).

Marlatt, R.B. and Alfieri, S.A. 1981. Host of *Cephaleuros*, a parasitic alga in Florida. Proceedings of the Florida State Horticulture Society 94: 311 – 317.

Muthukumar, T., Uma, E. and Priyadharsini, P. 2014. Occurrence of foliicolore parasitic alga *Cephaleuros virescens* on cultivated ornamental plants in southern India. Botanica Lithuanica 20: 87 – 98.

Nelson, S.C. 2008. *Cephaleuros* species, the plant parasitic green algae. Plant Disease 43: 1 – 6.

Pitaloka, M.K., Petcharat .V. and Sunpapao, A. 2014(a). *Cephaleuros solutus* Karsten, as a causal agent of durian (*Durio zibethinus* Murray) algal leaf spot disease in Thailand. Khon Kaen Agriculture Journal 42 (suppl3): 644 – 648.

Pitaloka, M.K., Petcharat .V., Arikit, S. and Sunpapao, A. 2014(b). *Cephaleuros virescens*, the cause of an algal leaf spot on Para rubber in Thailand. Australasian Plant Disease Notes 10:4.

Ponmurugan, P., Saravanan, D. and Ramya, M. 2010. Culture and biochemical analysis of a tea algal pathogen *Cephaleuros parasiticus*. Journal of Phycology 46: 101 – 1023.

Printz, H. 1939. Vorarbeiten zu einer Monographie der Trentepholiaceae. Nytt Magazin fur Naturvidenskaberne 80: 137 – 210.

Puckdeedindan, P. 1966. A supplementary host list of plant disease in Thailand. Technical Bulletin No.6. Dept. of Agriculture, Bangkok. 24.

Reynolds, D.R. and Dunn, P.H. 1984. A fungus-like alga. Mycologia 76: 719 – 721.

Safeeulla, K.M. and Govindu, H.C. 1948. Some new host for *Cephaleuros*. Journal of Mysore University Section B.11: 47 – 49.

Singh, R.N. 1962. A problematic filamentous saprophytic algal. American Journal of Botany 49: 188 – 191.

Suématu, S. 1951. Notes on *Cephaleuros* and *Phycopeltis*, parasitic and epiphytic aerial-algae II. On the zooids of *Cephaleuros virescens* Bulletin Liberal Arts College Wakayama University. Natural science 2: 59 – 63.

Sunpapao, A. and Pitaloka, M.K. 2015. A new record of plant parasitic green algae, *Cephaleuros diffuses* (Trentepohliaceae, Chlorophyta), on Acacia auriculiformis hosts in Thailand. Biodiversitas 16: 116 – 120.

Sunpapao, A., Pitaloka, M.K. and Arikit S. 2015. The genus *Cephaleuros* Kunze ex E.M.Fries (Trentepohliales, Ulvophyceae) from southern Thailand. Nova Hedwigia 101: 451 – 462.

Sunpapao A., Thithuan, N, Bunjongsiri, P and Arikit S. 2016. *Cephaleuros parasiticus*, associated with algal spot disease on *Psidium guajava* in Thailand. Australasian Plant Disease Notes 11: 1 – 4.

Suto, Y. and Ohtani, S. 2009. Morphology and Taxonomy of five *Cephaleuros* species (Trentepohliaceae, Chlorophyta) from Japan, including three new species. Phycologia 48: 213 – 236.

Suto, Y. and Ohtani, S. 2011(a). Inoculation of the aerial algae of five *Cephaleuros* species to living leaves of various woody plants. Japanese Journal of Phycology (Sorui) 59: 131 – 138.

Suto, Y. and Ohtani, S. 2011(b). Morphological features and chromosome numbers in cultures of five *Cephalueros* species (Trentepohliaceae, Chlorophyta) from Japan. Phycological Reseach 59: 42 – 51.

Suto, Y and Ohtani, S. 2013. Seasonal dwvelopment of five Cephleuros species (Trentepohliaceae, Cholorophyta) on the leaves of woody plants and the behaviors of their gametes and zoospores. Phycological Research 61: 105 – 115.

Suto, Y., Ganesan, E.K. and West, A.J. 2014. Comparative observations on *Cephaleuros parasiticus* and *C. virescens* (Trentepohliaceae, Cholorophyta) from India. Algae 29(2) :121 – 126.

Thompson, R. H. and Wujek, D.E. 1997. Trentepohlliales, *Cephaleuros, Phycopeltis* and *Stomatochroon*, Morphology, Taxonomy and Ecology.1st edition. Enfield Publishing and Distribution. United States of America 149.

Thompson, R.H. and Wujek, D.E. 1992. *Printzina* gen. nov. (Trentepohliaceae), including a description of a new species. Journal of Phycology 28: 232 – 237.

Ward, H.M. 1884. Structure, development and life-history of a tropical epiphyllous lichen (*Strigula complanta* Fée). Transactions of the Linnean Society of London, 2nd series. Botany 2: 87 – 119.

Wellman, F.L. 1965. Pathogenicity of *Cephaleuros virescens* in the Neotropics. Phytopathology Author's Guide 55: 1028.

Wolf, F.A. 1930. A parasitic alga, *Cephaleuros virescens* Kunze, on citrus and certain other plants. Journal of the Elisha Mitchell Science Society 45: 187 – 205.

Yadav, A.S. 1953. Some new hosts of *Cephaleuros* form Bihar. Current Science 22: 280.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 พื้นที่เก็บตัวอย่าง และพืชอาศัยของสาหร่ายปรสิตพืชสกุล *Cephalueros*

พื้นที่	จำนวนตัวอย่าง	พืชอาศัย
นครปฐม	10	ขนุน ข่อย คริสตินา จำปี จำปีสิรินธร ตะโก ตะลุมพุก ตีนเป็ด ไทรทอง ไทรใบยาว นมแมว แปรงล้างขวด มะกรูด มะฮอกกานี ลำไย ลีลาวดี สารภี และ แอปเปิ้ลป่า
ลพบุรี	9	
สุพรรณบุรี	7	
กาญจนบุรี	13	กระท้อน การเวก ขนุน ข่อย เข็มใบใหญ่ เงาะ จำปี ชาดัด ตีนเป็ด ทุเรียน มะกรูด มะนาว มะปราง มะม่วง มะยงชิด มะฮอกกานี ลองกอง ลำไย ลิ้นจี่ ส้มโอ หว้า อบเชยญวน และ อาโวกาโด
ตาก	14	
ราชบุรี	9	
จันทบุรี	13	กระท้อน เกาลัด ขนุน เขยตาย เงาะ ชาดัด ตีนเป็ด ทุเรียน นมแมว น้อยหน่า น้ำเต้าต้น ประดู่ พริกไทย มะกรูด มะขาม มะเดื่อ มะนาว มะม่วง มะยงชิด มังคุด ยางอินเดีย ลองกอง และ ลำไย
ชลบุรี	8	
ระยอง	16	
ขอนแก่น	13	กระดังงา กระทิง ขนุน ข่อย คริสตินา จำปี ชาดัด ชมพู่น้ำ ตะโก ตะแบก ตีนเป็ด เต็ง ไทรต้น ไทรทอง ผักหวานป่า ฝรั่ง มะนาว มะไฟ มะม่วง มิกกี้เมาส์ ยี่เข่ง ลำไย และ สารภี
อุดรธานี	13	
อุบลราชธานี	11	
กระบี่	13	กระตังแดง กะอวม กาฝาก กำแพงเก้าชั้น แก้ว โกงกางใบใหญ่ โกงกางเล็ก ขนุน ขาไก่ดำ เข็มใบเล็ก คล้าตะขาบทอง คาเมเลีย จันทนา จำปาดะ จำปีแขก จิก ชมพู่น้ำ ชมพู่น้ำดอกไม้ ชมพู่ม่าเหมี่ยว เชียด ดาโอ๊ะ ตะขบไทย ตะแบก ตีนนก ทุเรียน ทุเรียนน้ำ เทพทาโร ผักกุ่ม พญากาสัก มะกรูด มะค่าแต้ มะตูม แขก มะพลับ มังคุด ส้มแขก สมอพิเภก สารภี โสกน้ำ อบเชย อินทนิล และ โฮย่า
ชุมพร	11	
สงขลา	22	
เชียงราย	9	กระทิงการเวก กุหลาบพันปี ข่อย เข็มป่า จำปาเทศ ชมพู่ม่าเหมี่ยว ชา ตะแบก ตีนเป็ด นมแมว น้ำเต้าต้น ผีเสื้อหลวง ฝรั่ง พลู พู่นายพล มะพอก มะม่วง มะยงชิด ยางเหียง ลองกอง ละมุด ละมุดสีดา ละมุดอินเดีย ลำไย โสกน้ำ หอมหมื่นลี้ อาโวกาโด และ อินทนิล
เชียงใหม่	10	
แพร่	15	

ตารางผนวกที่ 2 ตารางชนิดของพืชอาศัย และชนิดของสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros*

	ชนิดพืชอาศัย	**ชนิดสาหร่าย**
วงศ์	**ชื่อวิทยาศาสตร์**	
Acanthacea	*Justicia fragilis*	*C. microcellularis*
Anacardiaceae	*Mangifera indica*	*C. karstenii*
		C. virescens
	Bouea bumanica	*C. karstenii*
	Bouea macrophylla	*C. karstenii*
		C. virescens
	Schinus terebinthifolius	*C. karstenii*
Annonaceae	*Annona muricata*	*C. karstenii*
	Annona squamosa	*C. virescens*
	Artabotrys siamensis	*C. karstenii*
		C. virescens
	Cananga odorata	*C. karstenii*
	Rauwenhoffia siamensis	*C. karstenii*
		C. virescens
Apocynaceae	*Allamanda cathartica*	*Cephaleuros* sp.
	Alstonia scholaris	*C. karstenii*
		C. virescens
	Plumeria obtusa	*C. virescens*
Araceae	*Epipremnum aureum*	*Cephaleuros* sp.
	Philodendron calophyllum	*Cephaleuros* sp.
Asclepiadaceae	*Hoya ovalifolia*	*Cephaleuros* sp.
Bignoniaceae	*Crescentia cujete*	*C. karstenii*
		C. virescens
Bombacaceae	*Durio zibethinus*	*C. solutus*
Boraginaceae	*Carmona retusa*	*C. virescens*
Calophyllaceae	*Mammea siamensis*	*C. karstenii*
		C. parasiticus

ตารางผนวกที่ 2 ตารางชนิดของพืชอาศัย และชนิดของสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* (ต่อ)

ชนิดพืชอาศัย		ชนิดสาหร่าย
วงศ์	**ชื่อวิทยาศาสตร์**	
		C. solutus
Capparaceae	*Crateva adansonii*	*Cephaleuros* sp.
Chrysobalanaceae	*Parinari anamensis*	*C. virescens*
Clusiacea	*Calophyllum inophyllum*	*C. virescens*
		C. solutus
Combretaceae	*Terminalia bellirica*	*C. virescens*
Costaceae	*Cheilocostus speciosus*	*C. solutus*
Dipterocarpaceae	*Dipterocarpus obtusifolius*	*C. karstenii*
	Shorea obtusa	*C. virescens*
Ebenaceae	*Diospyros malabarica*	*C. solutus*
	Diospyros rhodocalyx	*C. karstenii*
Ericaceae	*Rhododendron ferrugineum*	*C. solutus*
Fabaceae	*Pterocarpus macrocarpus*	*C. virescens*
Flacourtiaceae	*Casearia grewiifolia*	*C. virescens*
	Flacourtia rukam	*C. virescens*
Guttiferae	*Garcinia atroviridis*	*C. diffusus*
	Garcinia mangostana	*Cephaleuros* sp.
		C. solutus
Lauraceae	*Cinnamomum iners*	*C. microcellularis*
	Cinnamomum loureirii	*C. diffusus*
	Cinnamomum porrectum	*C. diffusus*
	Cinnamomum verum	*Cephaleuros* sp.
	Persae americana	*C. parasiticus*
		C. virescens
Lecythidaceae	*Barringtonia acutangula*	*C. diffusus*
Leeaceae	*Leea indica*	*C. microcellularis*
	Leea macrophylla	*C. virescens*

ตารางผนวกที่ 2 ตารางชนิดของพืชอาศัย และชนิดของสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* (ต่อ)

ชนิดพืชอาศัย		ชนิดสาหร่าย
วงศ์	**ชื่อวิทยาศาสตร์**	
Leguminosae	*Bauhinia aureifolia*	*C. virescens*
	Calliandra haematocephala	*C. virescens*
	Saraca indica	*C. virescens*
	Sindora siamensis	*C. tumidae-setae*
	Tamarindus indica	*C. virescens*
Loranthaceae	*Loranthus sp.*	*C. karstenii*
Lythraceae	*Lagerstroemia floribunda*	*C. karstenii*
		C. solutus
	Lagerstroemia indica	*C. virescens*
	Lagerstroemia speciosa	*C. henningsii*
		C. virescens
Magnoliaceae	*Magnolia figo*	*C. solutus*
	Magnolia sirindhorniae	*C. karstenii*
	Michelia alba	*C. karstenii*
		C. virescens
Marantaceae	*Calathea crotalifera*	*Cephaleuros* sp.
Meliaceae	*Lansium domesticum*	*C. karstenii*
		C. solutus
	Sandoricum koetjape	*C. solutus*
		C. virescens
		C. karstenii
		Cephaleuros sp.
	Swietenia macrophylla	*C. virescens*
	Swietenia mahogany	*C. karstenii*
Moraceae	*Artocarpus heterophyllus*	*Cephaleuros* sp.
		C. karstenii
		C. solutus

ตารางผนวกที่ 2 ตารางชนิดของพืชอาศัย และชนิดของสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* (ต่อ)

ชนิดพืชอาศัย		ชนิดสาหร่าย
วงศ์	**ชื่อวิทยาศาสตร์**	
		C. virescens
	Artocarpus integer	*C. diffuses*
	Ficus sp.	*C. virescens*
	Ficus altissima	*C. karstenii*
		C. virescens
	Ficus maciellandii	*C. virescens*
	Ficus elastica	*Cephaleuros* sp.
	Streblus asper	*C. karstenii*
		C. solutus
		C. virescens
Myrtaceae	*Callistemon lanceolatus*	*C. solutus*
	Psidium guajava	*C. expansa*
		C. diffuses
		C. karstenii
		C. parasiticus
	Syzygium australe	*C. virescens*
	Syzygium cumini	*C. expensa*
	Syzygium jambos	*C. karstenii*
		C. tumidae-setae
	Syzygium malaccense	*C. karstenii*
		C. virescens
	Syzygium sp	*C. parasiticus*
Ochnaceae	*Ocha kirkii*	*C. virescens*
Oleaceae	*Osmanthus fragrans*	*C. parasiticus*
Opiliaceae	*Melientha suavis*	*C. karstenii*
Phyllanthaceae	*Baccaurea ramiflora*	*C. karstenii*
Piperaceae	*Piper betle*	*C. karstenii*

ตารางผนวกที่ 2 ตารางชนิดของพืชอาศัย และชนิดของสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* (ต่อ)

	ชนิดพืชอาศัย	**ชนิดสาหร่าย**
วงศ์	**ชื่อวิทยาศาสตร์**	
	Piper nigrum	*C. virescens*
		Cephaleuros sp.
Rhizophoraceae	*Rhizophora apiculata*	*C. tumidae-setae*
	Rhizophora mucronata	*C. tumidae-setae*
Rubiaceae	*Ixora cibdela*	*C. virescens*
	Ixora coccinea	*C. virescens*
	Ixora chinensis	*C. virescens*
	Tamilnadia uliginosa	*C. virescens*
	Tarenna hoaensis	*C. diffuses*
Rutaceae	*Citrus aurantifolia*	*C. karstenii*
		C. virescens
		C. parasiticus
	Citrus hystrix	*Cephaleuros* sp.
	Citrus hystrix	*C. karstenii*
		C. solutus
	Citrus maxima	*Cephaleuros* sp.
	Glycosmis pentaphylla	*Cephaleuros* sp.
	Murraya paniculata	*Cephaleuros* sp.
		C. solutus
Sapindaceae	*Dimocarpus longan*	*C. karstenii*
		C. virescens
	Litchi chinensis	*C. parasiticus*
	Nephelium lappaceum	*C. virescens*
Sapotaceae	*Chrysophyllum cainito*	*C. virescens*
	Manilkara kauki	*Cephaleuros* sp.
	Manilkara zapota	*Cephaleuros* sp.
	Pouteria campechiana	*C. solutus*

ตารางผนวกที่ 2 ตารางชนิดของพืชอาศัย และชนิดของสาหร่ายในสกุล *Cephaleuros* (ต่อ)

	ชนิดพืชอาศัย	**ชนิดสาหร่าย**
วงศ์	**ชื่อวิทยาศาสตร์**	
Sterculiaceae	*Pterospermum littorale*	*C. virescens*
	Sterculia monosperma	*C. karstenii*
Theaceae	*Camellia japonica*	*C. parasiticus*
	Camellia sinensis	*C. virescens*
		Cephaleuros sp.
Zingiberaceae	*Boesenbergia rotunda*	*Cephaleuros* sp.

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ ในพื้นที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ตั้งแต่เดือนมกราคม 2558 ถึงเดือนธันวาคม 2559

ปี	เดือน	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (mm)	ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%)	อุณหภูมิต่ำสุด (^{o}C)	อุณหภูมิสูงสุด (^{o}C)
2558	มกราคม	12.40	76.65	27.40	25.30
	กุมภาพันธ์	0.00	69.30	27.70	25.80
	มีนาคม	0.00	73.70	29.20	26.70
	เมษายน	95.43	74.65	29.90	27.00
	พฤษภาคม	226.00	79.31	30.30	26.90
	มิถุนายน	82.00	80.32	29.90	26.10
	กรกฎาคม	142.30	80.90	29.40	25.20
	สิงหาคม	267.20	83.51	28.30	24.60
	กันยายน	207.36	82.00	28.90	25.10
	ตุลาคม	154.80	81.68	28.70	25.80
	พฤศจิกายน	331.20	86.87	28.00	25.90
	ธันวาคม	86.90	82.41	28.40	25.40
2559	มกราคม	307.70	81.59	28.70	26.30
	กุมภาพันธ์	39.40	77.22	28.70	27.00
	มีนาคม	0.60	75.79	30.20	27.80
	เมษายน	2.60	73.44	31.30	28.60
	พฤษภาคม	122.40	77.04	31.30	26.90
	มิถุนายน	131.20	77.00	29.90	26.20
	กรกฎาคม	89.00	78.62	30.20	26.10
	สิงหาคม	146.60	74.97	29.90	26.10
	กันยายน	49.70	75.20	30.00	26.30
	ตุลาคม	186.02	82.93	29.70	25.90
	พฤศจิกายน	276.40	85.41	28.40	25.00
	ธันวาคม	665.60	88.29	28.30	23.80

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นราสินี ถี่ถ้วน

รหัสนักศึกษา 5810620042

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2558

ทุนการศึกษา

- ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- ทุนสนับสนุนการผลิตบัณฑิต สถานวิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การตีพิมพ์และเผยแพร่ผลงาน

นราสินี ถี่ถ้วน, เพ็ญภัสสร บรรจงศิริ, นงนาถ พ่อค้า, ศิวเรศ อารีกิจ และ อนุรักษ์ สันป่าเป้า. 2559. การพัฒนาโครงสร้างสืบพันธุ์ของสาหร่ายปรสิตพืช *Cephaleuros* Kunze ex E.M.Fries บนพืชอาศัยลองกอง (*Lansium domesticum* Corr.). วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ ปีที่ 3 (ฉบับพิเศษ 1): 31 – 35. TCI.

นราสินี ถี่ถ้วน และ อนุรักษ์ สันป่าเป้า. 2559. *Cephaleuros virescens* complex สาเหตุโรคจุดสาหร่ายในพืชอาศัยจำปีและจำปีสิรินธร .แก่นเกษตร 44 (ฉบับพิเศษ 1): 918 – 923. TCI, TJIF = 0.308.

อนุรักษ์ สันป่าเป้า, Mutiara K. Pitaloka, **นราสินี ถี่ถ้วน**, อรณิชา ตันติพลานนท์ และ วสันณ์ เพชรรัตน์. 2558. สัณฐานวิทยาและความรุนแรงของสาหร่ายปรสิตพืช *Cephaleuros* Kunze. แก่นเกษตร 43 (ฉบับพิเศษ 1): 189 – 194. TCI, TJIF = 0.308.

Sunpapao, A., Bunjongsiri, P., **Thithuan, N.** and Arikit, S. 2017. First report of *Cephaleuros virescens* (Ulvophyceae, Chlorophyta) causing algal leaf spot of *Manikara zapota* in Thailand. Plant Disease 101(4): 636. Web of Science (Wos), IF = 3.192.

Sunpapao, A., **Thithuan, N.**, Bunjongsiri, P. and Arikit S., 2016. *Cephaleuros parasiticus*, associated with algal spot disease on *Psidium guajava* in Thailand. Australasian Plant Disease Notes 11(12): 1 – 4. Web of Science (Wos).

Sunpapao, A., **Thithuan, N.**, Pitaloka M.K., and Arikit, S. 2016. Algal leaf spot of *Lansium parasiticum* caused by *Cephaleuros* sp. in Thailand. Journal of Plant Pathology 98 (2): 369 – 377. Web of Science (Wos), IF = 1.038 .

Wonglom, P., **Thithuan, N.**, Bunongsiri, P. and Sunpapao, A. 2018. Plant – parasitic algae (*Cephaleuros* spp.) in Thailand, including four new records. Pacific Science. 72(3): Web of Science (Wos), IF = 0.90 (In Press).