



บทที่ 1

บทนำ

สาหร่ายวุ้นเป็นสาหร่ายสีแดง ซึ่งแต่เดิมจัดสาหร่ายกลุ่มนี้อยู่ในสกุล (genus) กราซีลาเรีย (Gracilaria) แต่ในปี ค.ศ. 1963 Chang และ Xia ได้จัดแยกสกุล โพลีคาเวอริโนซ่า (Polycavernosa) ออกจากสกุลกราซีลาเรีย เนื่องจากพบว่าอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ มีลักษณะแตกต่างกัน (Chang และ Xia, 1963) สาหร่ายสกุลนี้จัดเป็นสาหร่ายทะเลที่มีคุณค่าโดยนำมาใช้บริโภคเป็นอาหารทั้งสดและแห้ง นอกจากนี้ยังใช้สกัดวุ้น ซึ่งใช้ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง เครื่องดื่ม เครื่องสำอางค์ และยารักษาโรค เป็นต้น โดยเหตุที่ปัจจุบันมีการขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรมหลายประเภท อันมีผลสืบเนื่องมาจากการเพิ่มของจำนวนประชากร ความต้องการใช้วุ้นจึงเพิ่มมากขึ้นด้วย ดังนั้นในหลายประเทศจึงได้มีการทำฟาร์มเพาะเลี้ยงสาหร่ายวุ้นขึ้น เพื่อนำมาใช้สกัดวุ้นสำหรับอุตสาหกรรมดังกล่าว

ในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการทดลองเพาะเลี้ยงสาหร่ายวุ้น แต่ยังคงอยู่ในขั้นเริ่มต้น ซึ่งยังประสบปัญหาหลายประการอันเนื่องมาจากขาดข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญและจำเป็นต่อการเพาะเลี้ยง โดยเฉพาะข้อมูลเกี่ยวกับการปล่อยสปอร์อันได้แก่ระยะเวลาการปล่อยสปอร์ และช่วงเวลาการปล่อยสปอร์ ซึ่งข้อมูลส่วนใหญ่ที่มีอยู่เป็นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในต่างประเทศ และข้อมูลบางอย่างไม่สามารถนำมาใช้กับสาหร่ายวุ้นที่พบในประเทศไทยได้ เนื่องจากชนิดและสภาวะแวดล้อมแตกต่างกัน

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้วางแผนการศึกษาเฉพาะการปล่อยคาร์โปสปอร์ของสาหร่ายวุ้นสกุลโพลีคาเวอริโนซ่าที่พบมากภายในประเทศ ที่จังหวัดปัตตานี สงขลา ระยอง และจังหวัดตราด เนื่องจากในจังหวัดดังกล่าวมีสาหร่ายวุ้นขึ้นอยู่ในธรรมชาติเป็นปริมาณมาก และสภาพพื้นที่เหมาะสมที่จะทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายวุ้นในอนาคต กล่าวคือ เป็นบริเวณที่มีสาหร่ายขึ้นชุกชุมในธรรมชาติ สภาพพื้นที่ท้องน้ำเป็นโคลนปนทราย มีอ่าวกึ่งปิดล้อม การศึกษาปริมาณและช่วงเวลาการปล่อยคาร์โปสปอร์ของสาหร่ายวุ้นสกุลโพลีคาเวอริโนซ่าครั้งนี้จะเป็นการเพิ่มพูนความรู้เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ประโยชน์ในการพัฒนาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายวุ้นในประเทศไทยต่อไป

### วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาข้อมูลทางชีววิทยาของสาหร่ายวันสกุลโพลีคาเวอริโนชาที่พบในจังหวัดปัตตานี สงขลา ระยอง และจังหวัดตราด อันได้แก่ ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ช่วงเวลาการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในรอบวัน และระยะเวลาที่ใช้ในการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในสาหร่ายวันแต่ละชนิด
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์
3. เพื่อนำความรู้ที่ได้มาใช้ในการเพาะขยายพันธุ์สาหร่ายวันโดยวิธีการดังกล่าว เพื่อประโยชน์ในการขยายพันธุ์สาหร่ายวันในประเทศไทยต่อไป

### การสำรวจเอกสาร

สาหร่ายวัน เป็นชื่อสามัญของสาหร่ายทะเลสีแดงที่นำมาใช้สกัดวุ้น แต่เดิมสาหร่ายกลุ่มนี้จัดอยู่ในสกุล (genus) กราซิลารีย (Gracilaria) แต่ในปี ค.ศ. 1963 Chang และ Xia ได้จัดแยกสกุลโพลีคาเวอริโนชา (Polycavernosa) ออกจากสกุลกราซิลารีย เนื่องจากพบว่าอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ลักษณะแตกต่างกัน (Chang และ Xia, 1963) ดังนั้นในปัจจุบันเมื่อกล่าวถึงสาหร่ายวันจึงหมายถึงรวมทั้งสาหร่ายทั้งในสกุลกราซิลารีย และโพลีคาเวอริโนชา

### การตัดหมวดหมู่ทางอนุกรมวิธาน

สาหร่ายวันทั้งสกุลกราซิลารีย และสกุลโพลีคาเวอริโนชา มีการจัดลำดับหมวดหมู่ทางอนุกรมวิธาน ดังนี้

Division	Rhodophyta
Class	Rhodophyceae
Subclass	Florideophycidae
Order	Gigartinales
Family	Gracilariaceae
Genus	<u>Gracilaria</u> และ <u>Polycavernosa</u>



สำหรับยวัญในสกุลกราเซียเรีย และโพลีคาเวอร์โนซา มีหลายชนิด (species) มีชื่อสามัญแตกต่างกันไปตามท้องถิ่น เช่น สำหรับผมนาง สำหรับเขากวาง สำหรับสาย สำหรับสำหรับสำหรับผมนางนั้นเป็นชื่อที่ใช้เรียกสำหรับยวัญที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Polycavernosa fisheri Xia & Abbott เป็นสำหรับยวัญที่พบในจังหวัดปัตตานีและจังหวัดสงขลา ส่วนสำหรับเขากวางนั้นเป็นชื่อที่ใช้เรียกสำหรับยวัญที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Polycavernosa changii Xia & Abbott ที่พบในจังหวัดระยองและจังหวัดตราด ในการทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องนี้จะหมายถึงสำหรับยวัญ 2 ชนิด นี้เท่านั้น

#### ลักษณะ

สำหรับยวัญสกุลกราเซียเรียและสกุลโพลีคาเวอร์โนซา มักขึ้นเป็นพุ่มจากฐาน ลักษณะทลัสส์ (thallus) กลมหรือแบน มีลักษณะอวบน้ำ ผิวของทลัสส์อาจเรียบหรือหยาบ การแตกแขนงมากน้อยสุดแต่ชนิด บางชนิดแตกแขนงมากจนเป็นพุ่มใหญ่ การแตกแขนงอาจเป็นแบบคู่ (dichotomous) หรือแตกแบบวิลระ (irregularly) ทลัสส์มีสีต่างกัน เช่น ม่วง, ม่วงแดง หรือสีเทา ต้นแกมีโตไฟต์ (gametophyte plant) และต้นสปอโรไฟต์ (sporophyte plant) มีรูปร่างเหมือนกัน ต้นแกมีโตไฟต์จะสร้างซีสโตคาร์ป (cystocarp) เป็นพุ่มกลม ๆ ขนาดเท่าหัวเข็มหมุดกระจายทั่วไปบนผิวทลัสส์ ตรงกลางซีสโตคาร์ปมีรูเปิดเรียกออสติโอล (ostiole) เป็นทางออกของคาร์โปสปอร์ (carpospore) สำหรับยวัญนี้มีหลายชนิด แต่ละชนิดมีรูปร่างแตกต่างกัน

สำหรับยวัญเขากวาง Polycavernosa changii Xia & Abbott มีลักษณะทลัสส์แตกแขนงเหมือนเขากวาง และแตกมากจนเป็นพุ่ม ทลัสส์สูงประมาณ 5 - 15 เซนติเมตร โคนของแขนงคอดเว้า ตอนกลางแขนงพองออก และค่อย ๆ เรียวแหลมทางปลาย ทลัสส์ภาคตัดขวางมีลักษณะกลม เซลล์ชั้นนอก 2 - 3 ชั้น มีขนาดเล็ก และมีสีเข้ม เรียกชั้นคอร์เทกซ์ (cortex) ถัดมาเป็นเซลล์ลักษณะกลม และไม่มีสีหลายชั้น เรียงกันจนถึงตรงกลาง เรียกเมดัลลา (medulla) แต่ละชั้นมีขนาดไม่เท่ากัน ชั้นนอกมีขนาดเล็กและใหญ่ขึ้นตามลำดับจนถึงชั้นในสุด เมื่อถึงระยะสืบพันธุ์ต้นแกมีโตไฟต์เพศเมียจะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ที่บริเวณผิวของทลัสส์มีลักษณะเป็นพุ่มกลม ๆ เรียกว่า ซีสโตคาร์ป (cystocarp) ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปประฆังคว่ำ มีผนังหุ้มเรียกว่า เพอริคาร์ป (pericarp) เซลล์ชั้นในเพอริคาร์ปเรียงเป็นแถว แต่ละแถวมี

ประมาณ 10 - 11 เซลล์ เซลล์ชั้นนอกสุดมีขนาดเล็กลง 5 - 6 เซลล์ ถัดมามีลักษณะค่อนข้างกลม และเซลล์ที่อยู่ใกล้ประมาณ 5 - 6 เซลล์ มีลักษณะแบน ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของสำหรับเขากวางชนิดนี้ ตรงกลางของซีลโตคาร์ปประกอบด้วยโกนโอบลาสต์ ฟิลาเมนต์ (gonimoblast filament) อยู่รวมกันเป็นพุ่มแน่นประกอบด้วยเซลล์ขนาดเล็กล้วนๆ ปลายโกนโอบลาสต์ฟิลาเมนต์จะสร้างคาร์โปสปอร์ (carpospore) สำหรับต้นแกมีโตไฟต์เพศผู้ และต้นเตตราสปอโรไฟต์นั้นไม่อาจสังเกตได้ด้วยตาเปล่า แต่เมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ ๆ จะเห็นบริเวณผิวของทาส์ของต้นเพศผู้จุดสีจางกระจายอยู่ทั่วไป ส่วนต้นเตตราสปอโรไฟต์จะมีจุดสีเข้มของเตตราสปอร์ (Abbott, 1987)

สำหรับพรรณ Polycavernosa fisheri Xia & Abbott ทาส์ลู่

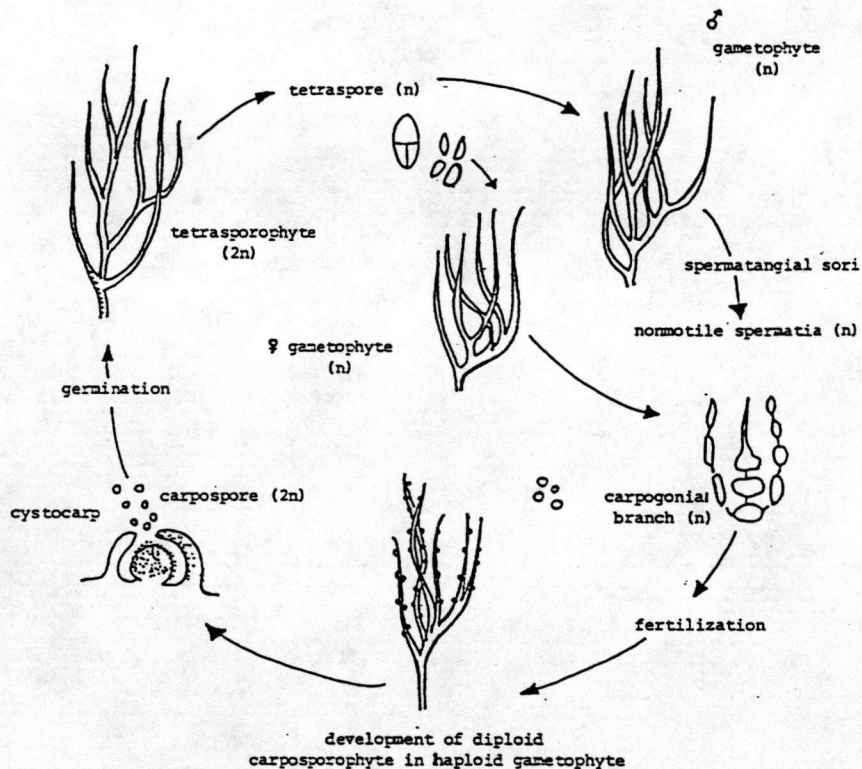
15 - 30 เซนติเมตร ทาส์แตกแขนงจนเป็นพุ่ม เมื่อแห้งทาส์จะมีสีน้ำตาลปนม่วงจนถึงสีน้ำตาลปนดำ ทาส์สภาพตัดขวางมีลักษณะกลม เซลล์ตรงกลางเรียก เมทัลลา ประกอบด้วยเซลล์ขนาดใหญ่ 4 - 6 เซลล์ แต่ละชั้นมีขนาดเซลล์ไม่เท่ากัน ชั้นนอกจะมีขนาดเล็กและใหญ่ขึ้นตามลำดับจนถึงชั้นในสุด เมื่อถึงระยะสืบพันธุ์ต้นแกมีโตไฟต์เพศเมียจะสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย มีลักษณะเป็นรูปกลม ๆ เรียก ซีลโตคาร์ป มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.7 มิลลิเมตร ซีลโตคาร์ปมีลักษณะเป็นรูปประจักษ์กว่า มีผนังหุ้มเรียก เพอริคาร์ป (pericarp) ตรงกลางของซีลโตคาร์ปประกอบด้วย โกนโอบลาสต์ ฟิลาเมนต์ อยู่รวมกันเป็นพุ่มประกอบด้วยเซลล์ขนาดเล็กและมีจำนวนมาก ซึ่งเซลล์ส่วนใหญ่จะเป็นผนัง ปลายโกนโอบลาสต์ฟิลาเมนต์จะสร้างคาร์โปสปอร์ เพอริคาร์ปของสำหรับชนิดนี้จะมีผนังเซลล์ในแนวนอนมีลักษณะแบน และมีช่องว่างแบบรูปลาว ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของสำหรับลู่ (Abbott, 1987)

#### วงจรชีวิตของสำหรับยูน

วงจรชีวิตของสำหรับยูนมี 3 ระยะ (triphasic type) ได้แก่ระยะแกมีโตไฟต์ (gametophyte phase) ระยะคาร์โปสปอโรไฟต์ (carposporophyte phase) และระยะเตตราสปอโรไฟต์ (tetrasporophyte phase) ระยะแรกเกิดบนต้นแกมีโตไฟต์ (gametophyte plant) ส่วนระยะหลังเกิดบนต้นเตตราสปอโรไฟต์ (tetrasporophyte plant) ต้นทั้งสองมีลักษณะเหมือนกัน (isomorphic) การสืบพันธุ์มีทั้งแบบไม่อาศัยเพศ (asexual) โดยการสร้างเตตราสปอร์ (tetraspores) และแบบอาศัยเพศ (sexual)



โดยการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียบนต้นแกมีโตไฟต์ต่างต้นกัน แกมีโตไฟต์ต้นผู้จะสร้างเซลล์สืบพันธุ์เรียกว่าสเปอรรมาเทียม (spermatium) ส่วนแกมีโตไฟต์ต้นเมียจะสร้างคาร์โปโกเนียม (carpogonium) เมื่อเวลาสืบพันธุ์สเปอรรมาเทียมจะหลุดลอยตามน้ำมาผสมกับคาร์โปโกเนียมบนต้นเมีย ได้เป็นไซโกต (zygote) เมื่อไซโกตแบ่งตัวแบบไมโทซิส (mitosis) จะได้คาร์โปสปอร์เจริญอยู่บนต้นแกมีโตไฟต์ต้นเมียระยะนี้เรียกว่าระยะคาร์โปสปอร์โรไฟต์ เมื่อเจริญเต็มที่จะมีลักษณะเป็นปุ่มกลม ๆ อยู่ตามผิวของต้น เรียกซิสโตคาร์ป (cystocarp) ภายในมีคาร์โปสปอร์ เมื่อแก่จะหลุดออกจากซิสโตคาร์ปไปงอกเป็นต้นดิพลอย (diploid) ต้นใหม่เรียกว่าเตตราสปอร์โรไฟต์ มีโครโมโซม  $2n$  เมื่อโตเต็มที่จะสร้างเตตราสปอร์ขึ้นภายในเตตราสปอร์แรนเจียม (tetrasporangium) โดยมีการแบ่งแบบไมโอซิส (meiosis) ได้เตตราสปอร์ที่มีโครโมโซม  $n$  ซึ่งจะงอกเป็นแกมีโตไฟต์ต้นผู้และต้นเมียอย่างละเท่า ๆ กัน เป็นการเจริญครบวงจรชีวิต (Dawson, 1966)



รูปที่ 1. วงจรชีวิตของสาหร่ายสีแดงสกุลกราซิลารีเย

(ที่มา: Dawson, E.Y. 1966.)

### การแพร่กระจายของสาหร่ายวัน

สาหร่ายวันมีการกระจายได้ทั่วโลก ทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น แม้กระทั่งในเขตแอนตาร์ติก (Kim, 1970; Bird, 1976) ในประเทศไทยพบมีการแพร่กระจายอยู่ในจังหวัดชายทะเลหลายจังหวัด ได้แก่ จังหวัดตราด ระยอง สุราษฎร์ธานี ภูเก็ต และสงขลา (กาญจนภาชน์ ล้วมโนมนต์, 2521; ลู่ชาติ วิเชียรสรรค์, 2511, 2512) สำหรับการแพร่กระจายของสาหร่ายวันในบริเวณอ่าวไทยตอนบนนั้น ได้แก่บริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง จังหวัดฉะเชิงเทรา และจังหวัดตราด บริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรีที่มีการศึกษามาก ได้แก่ตำบลแสนสุข ตำบลแหลมแท่น อำเภอศรีราชา กิ่งอำเภอเกาะสีชัง และเกาะคราม และบริเวณอ่าวบ้านเพในจังหวัดระยอง ส่วนจังหวัดตราดมีศึกษากันมากบริเวณแหลมงอบ เกาะช้าง และเกาะกระตาด สำหรับฤดูกาลที่พบ วิศิษฐ์ แล่งวงศ์ (2520) ได้รายงานว่าจากการสำรวจสาหร่ายทะเลบริเวณจังหวัดชลบุรี พบว่าในระหว่างฤดูหนาวคือเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ จะพบสาหร่ายทะเลมากที่สุด ซึ่งตรงกับรายงานของ กาญจนภาชน์ ล้วมโนมนต์ (2522) ซึ่งพบว่าฤดูกาลที่พบสาหร่ายทะเลมากที่สุดมี 2 ช่วงคือ ช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน และช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนมีนาคม

สำหรับการกระจายของสาหร่ายวันในบริเวณอ่าวไทยตอนล่าง คือ บริเวณจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี สงขลา และจังหวัดปัตตานี วิทยา ศักริมโนภาช (2521) ได้รายงานว่า Gracilaria verrucosa จะพบได้ตลอดปี โดยจะพบมากที่สุดระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤศจิกายน โดยจะพบมากในทะเลสาบสงขลา และที่บ้านบางปูจังหวัดปัตตานี ซึ่งตรงกับรายงานของลู่ชาติ วิเชียรสรรค์ (2512) และยังพบว่าในช่วงฤดูฝนคือเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคมจะมีสาหร่ายขึ้นน้อย เนื่องจากน้ำมีความเค็มลดต่ำลง ซึ่งอาจไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายชนิดนี้

ส่วนการกระจายของสาหร่ายวันในบริเวณทะเลอันดามัน ได้แก่บริเวณจังหวัดระนอง พังงา และภูเก็ต มีสภาพบริเวณชายฝั่งเป็นที่ราบแคบ ๆ ประกอบด้วยป่าชายเลนอันดามันสมบูรณ์ มีทั้งหาดเลน หาดทราย และหาดหิน ซึ่งเหมาะต่อการเจริญของสาหร่ายทะเลมาก ล้อมชาย ลักสับ (2519) ได้ศึกษาสาหร่ายทะเลบริเวณเกาะภูเก็ต พบว่าในระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ จะพบจำนวนสกุลของสาหร่ายทะเลมากที่สุด



### นิเวศน์วิทยาของสาหร่ายวัน

บริเวณที่พบสาหร่ายวัน ส่วนมากเป็นบริเวณชายฝั่งที่มีก้อนกรวด และก้อนหินเล็ก ๆ มักขึ้นปะปนกับสาหร่ายชนิดอื่น จะพบได้ในบริเวณชายฝั่งที่มีน้ำท่วมตลอดเวลา (Issac, 1956) และบริเวณชายฝั่งที่มีการขึ้นลงของน้ำ (Richardson, 1968) ที่ยึดเกาะของสาหร่ายได้แก่ ก้อนกรวด และเปลือกหอยที่กระจายอยู่บริเวณชายฝั่ง นอกจากนี้ผลของคลื่นลมยังมีอิทธิพลต่อการเจริญ การงอก และการแพร่กระจายของสปอร์เป็นอย่างมาก (Menez, 1961) โดยทั่วไปสาหร่ายชนิดนี้มักเจริญงอกงามในช่วงฤดูร้อนได้ดีกว่าฤดูหนาว และเจริญได้ดีในสภาพน้ำที่มีระดับความเค็มสูงตลอดปี ถ้ามีฝนตกหนักสาหร่ายจะเริ่มลดน้อยลง เนื่องจากฤดูฝนน้ำจะมีความเค็มลดต่ำลง อาจไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายชนิดนี้ (วิทยา ศักริมโนภาช, 2521 และ ลูย์ชาติ วิเชียรสรรค์, 2512) และจากการศึกษาของ Causey และคณะ (1944) พบว่า สาหร่ายวันสกุล Gracilaria สามารถเจริญอยู่ได้ในช่วงความเค็มที่กว้าง และช่วงความเค็มที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ที่ 25 ส่วนในพัน นอกจากนี้ความเค็มแล้วอุณหภูมิก็มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสกุลนี้ด้วย พบว่าอุณหภูมิของน้ำทะเลที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวันสกุล Gracilaria อยู่ระหว่าง 20 - 25 องศาเซลเซียส (Jones, 1959; Causey et al., 1944)

### ประโยชน์ของสาหร่ายวัน

ประโยชน์ของสาหร่ายวันมีหลายประการ อาทิเช่น ใช้เป็นอาหารของคน โดยเฉพาะผู้ที่อาศัยอยู่ตามชายฝั่งทะเลรู้จักนำสาหร่ายมา ใช้เป็นอาหารกันมานานนับเป็นพันปี ประเทศที่นิยมรับประทานสาหร่ายวันซึ่งเป็นสาหร่ายสีแดง ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น จีน เกาหลี ไต้หวัน ฟิลิปปินส์ และรัฐฮาวาย สหรัฐอเมริกา โดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่นนิยมบริโภคสาหร่ายสีแดงมากที่สุด (กาญจนภรณ์ สิมโนมนต์, 2527) สำหรับคนไทยได้นิยมบริโภคสาหร่ายวันนี้มานานแล้ว โดยนิยมนำมาบริโภคทั้งสดและแห้ง การรับประทานสด ๆ ก็โดยการเก็บสาหร่ายสด ๆ นำมาลวกน้ำร้อนรับประทานเหมือนผักชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้ยังมีการนำไปยารับประทานแบบเส้นหมี่ยา บ้างก็นำไปทำเป็นของหวานแบบรังนกนางแอ่นเทียม (ลูย์ชาติ วิเชียรสรรค์, 2512)

วุ้น (agar) เป็นผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายที่มีมนุษย์รู้จักนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง สืบเป็นชาติแรกทีรู้จักใช้ประโยชน์จากวุ้น และแพร่เข้าไปในประเทศญี่ปุ่น วุ้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้มากมาย เช่น ใช้ผสมผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เช่น แยม เยลลี่ ลูกกวาด ขนมปัง เนย มายองเนส และใช้ผสมในเครื่องดื่ม เช่น ไวน์ เบียร์ เพื่อทำให้มีสีใส่น่าดื่ม นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมเวชภัณฑ์ เช่น ใช้ทำ ยาระบาย ทำแคปซูลยา ใช้ผสมกับอาหารเพาะเชื้อ เพื่อใช้ในงานวิเคราะห์จุลินทรีย์ ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมทำกระดาษ ในงานถ่ายภาพและใช้เป็นส่วนผสมในสีพลาสติก ผสมทำกาวยใช้ในอุตสาหกรรมไม้อัด นอกจากนี้ยังนำมาสกัดอากาโรส (agarose) เพื่อใช้ประโยชน์ในการทำอิเล็กโตรโฟรีซิส (electrophoresis) เพื่อการวิเคราะห์ทางการแพทย์

#### การเพาะเลี้ยงสาหร่ายวุ้น

สาหร่ายวุ้น Gracilaria เป็นที่นิยมเลี้ยงกันมากในประเทศญี่ปุ่น โดยเฉพาะ Gracilaria confervoides, Tamura (1966) ได้สรุปวิธีการเพาะเลี้ยงที่นิยมทำกันในบริเวณทะเลสาบน้ำเค็ม Akkeshi เกาะ Hokkaido โดยการที่ชาวบ้านเก็บต้นแม่มาเป็น seed มาหว่าน คือต้นคาร์โปลโปโรไฟต์ที่มีแกมมาโตไฟต์อยู่ด้วย ซึ่งต่อมาก็คจะมีคาร์โปลโปร์ ออกมา เมื่อนำต้นแม่มาตากแห้งในที่ร่มระยะหนึ่งแล้วจึงจุ่มในน้ำทะเล คาร์โปลโปร์ จะลงเกาะและงอกเป็นต้นอ่อนที่มองเห็นด้วยตาเปล่า ภายใน 14 วัน ต่อจากนั้นอีก 28 วัน จะมีการแตกแขนงของกิ่งก้านต่าง ๆ หลังจากที่ได้เจริญเติบโตเต็มที่แล้วก็สามารถเก็บเกี่ยวบางส่วน โดยที่ส่วน holdfast ยังคงอยู่และสามารถงอกใหม่ได้ อีกวิธีที่นิยมคือ การนำส่วนของสาหร่ายที่ตัดออกเป็นท่อน ๆ มาผูกเลี้ยงบนเส้นเชือกเดี่ยว (monoline)

ในประเทศชิลี นิยมเลี้ยง Gracilaria แบบฟาร์มระบบเปิด ชนิดที่นิยมเลี้ยงคือ Gracilaria lemaneiformis และ Gracilaria verrucosa ผืนตาดำที่ใช้เป็นที่ยึดเกาะของ Gracilaria ต้องอยู่ใต้ร่มเงาตลอดเวลา ที่เหมาะสมมากคือระดับน้ำลงต่ำสุด 0.5 เมตร อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20 - 28 องศาเซลเซียส ความเข้มของแสงประมาณ 5000 Lux ส่วนความเค็มที่ Gracilaria verrucosa ขึ้นอยู่ได้ในช่วง 18 - 50 ส่วนในพัน โดยความเค็มที่เหมาะสมเท่ากับ 25 ส่วนในพัน (Kim, 1970)



ในโตทัศน์ มีการเลี้ยงแบบระบบปิด คือเลี้ยงสำหรับ Gracilaria verrucosa ในบ่อที่เตรียมไว้ โดยการขุดบ่อมีพื้นที่ 1 เฮกตาร์ ก้นบ่อเป็นดินทราย (sandy loam) และอยู่ในบริเวณที่ไม่มีลมแรงพัดหรือต้องสร้างกำแพงลม บ่อดังกล่าวจะต้องมีการถ่ายน้ำทะเลบ่อย ๆ เพื่อรักษาความเค็มในบ่อให้คงที่เท่ากับ 25 ส่วนในพัน และอุณหภูมิควรอยู่ในระดับ 10 - 25 องศาเซลเซียส ระบายน้ำในบ่อทุก 2 - 3 วัน เพื่อให้สาหร่ายมีอัตราการเจริญสูงสุด การใส่ปุ๋ยจะช่วยเพิ่มผลผลิต ทำให้สาหร่ายเจริญเร็วขึ้น สาหร่ายที่นำมาเลี้ยงอาจนำมาตัดเป็นท่อน ๆ แล้วหว่านลงบริเวณก้นบ่อหรืออาจใช้เป็นตาข่ายคลุมทับ การเลี้ยงวิธีนี้ได้ผลผลิตที่สูงในพื้นที่ 1 เฮกตาร์ จะได้สาหร่ายแห้งหนัก 10 - 20 ตันต่อปี คิดเป็นกำไรไม่ต่ำกว่า 3,650 ดอลลาร์ สหรัฐ (Edwards, 1977)

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายวันในประเทศไทยส่วนใหญ่ยังอยู่ในขั้นทดลอง การทดลองส่วนใหญ่เป็นแบบการเพาะเลี้ยงระบบเปิด ซึ่งเป็นการเพาะเลี้ยงในสภาพธรรมชาติ โดยไม่มีการควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อม ในการทดลองเพาะเลี้ยงสาหร่ายระบบเปิดนี้ พบว่านิยมใช้วัสดุสำหรับเป็นที่ยึดเกาะของสาหร่าย คือ การเลี้ยงโดยให้เกาะกับเชือก (rope cultivation) และการเลี้ยงโดยให้เกาะกับแพ (raft cultivation) และการเลี้ยงระบบปิด ซึ่งเป็นการเพาะเลี้ยงโดยมีการควบคุมสภาพแวดล้อม เช่น การเพาะเลี้ยงในบ่อ ท่อซีเมนต์ ถังไฟเบอร์-กลาส (เพียวี อินทรสุวรรณ, 2526)

#### การศึกษาเกี่ยวกับการทดลองเลี้ยงสาหร่ายวันในประเทศไทย

ธิดา เพชรมณี และเยาวนิตย์ ดนยดล (2520) ได้ทดลองเลี้ยงสาหร่ายวัน (Gracilaria verrucosa) ที่บริเวณทะเลสาบสงขลา โดยการสร้างคอกไม้ไผ่เนื้อที่ 100 ตารางเมตร ในบริเวณที่ทำการทดลอง วิธีการเลี้ยงมี 2 วิธี คือ การปักขั้วสปอร์จากธรรมชาติโดยอิงอวนตาถี่ โดยที่อวนมีความกว้าง 1 เมตร และการใช้สาหร่ายจากธรรมชาติตัดเป็นท่อนแล้วหว่านลงในคอกจำนวน 20 กิโลกรัม พบว่าวิธีการปักขั้วสปอร์นั้นจะมีสาหร่ายงอกน้อยไม่สม่ำเสมอและไม่พร้อมกัน การเจริญของสาหร่ายที่ลุ่มมาเป็นตัวอย่างในแต่ละสัปดาห์ไม่สม่ำเสมอ ใน 1 สัปดาห์พบว่าสาหร่ายมีความยาวสูงสุดเท่ากับ 10 เซนติเมตร และต่ำสุดเท่ากับ 0.25 เซนติเมตร เมื่อครบกำหนด 30 วัน ทำการเก็บเกี่ยวผลปรากฏว่าสามารถเก็บเกี่ยวสาหร่ายได้จากบริเวณที่มีสาหร่ายขึ้นหนาแน่นที่สุด 450 กรัมต่อตารางเมตร และจากการใช้เนื้ออวน 20 ตารางเมตร ขั้วสปอร์ครั้งนี้สามารถเก็บสาหร่ายได้ 2,100 กรัม

จากการตัดลำห่อายเป็นท่อน ๆ หว่านลงในคอกใน 1 สัปดาห์ พบว่าท่อนลำห่อห่อย มีความยาวเพิ่มต่ำสุด 0.20 เซนติเมตร และความยาวสูงสุด 9.9 เซนติเมตร ลำห่อห่อยที่ หว่านลงไปมีการสูญหายมาก จึงสิ้นสุดการทดลองภายใน 1 สัปดาห์ เหลือลำห่อห่อยมีน้ำหนัก 5,300 กรัม ปัญหาคือแหล่งทดลองอยู่ในบริเวณที่มีการสัญจรทางน้ำทำให้เกิดกระแสคลื่นประกอบ กับคอกไม้ไผ่ไม่แข็งแรง ทำให้ลำห่อห่อยสูญหายไป

พเยาว์ อินทสุวรรณ (2526) ได้ทดลองเลี้ยงลำห่อห่อย Gracilaria sp. ที่บริเวณบ้านอ่าวไผ่ จังหวัดสงขลา โดยใช้การเลี้ยง 2 แบบ คือ แบบตาข่าย และแบบ เชือกเส้นเดียว ส่วนการปลูกลำห่อห่อยนั้นใช้การปลูกโดยใช้ลำห่อห่อยทั้งต้นโดยไม่ต้องตัดยอด การปลูกแบบตัดยอดและการปลูกโดยการปักสัปส์ปอร์จากธรรมชาติพบว่าผลจากการเพาะเลี้ยง ด้วยตาข่ายและแบบเชือกเส้นเดียวได้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน แต่แบบตาข่ายมีการหลุดร่วงของ ต้นพันธุ์น้อย และมีการเกาะของสัปส์ปอร์ได้ดีกว่าแบบเชือกเส้นเดียว แต่มีข้อเสียคือ การเก็บเกี่ยวทำได้ยากกว่าแบบเชือกเส้นเดียว ส่วนการปลูกลำห่อห่อยโดยการปักสัปส์ปอร์จากธรรมชาติ นั้นได้ผลดีกว่าการปลูกโดยการนำต้นพันธุ์ไปปลูก เพราะจะไม่มีมีการหลุดร่วงของลำห่อห่อยเหมือน การปลูกด้วยต้นพันธุ์ แต่การปลูกด้วยสัปส์ปอร์นั้นจะใช้เวลาในการเจริญเติบโตนานกว่าและพบว่า การเพาะเลี้ยงแบบเอาต้นพันธุ์ไปปลูกโดยไม่ต้องตัดยอดได้ผลมากกว่าการตัดยอดเพราะพันธุ์ที่ถูก ตัดยอดจะเจริญโดยแตกแขนงเล็ก ๆ จากกิ่ง ทำให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นและช้า และรอยแผลที่ตัด ถูกโคลนมาสืบอาจเน่าตายได้ง่าย

ลุ่มศักดิ์ แล่นลุย (2526) ได้ทดลองทำการเพาะเลี้ยงลำห่อห่อยทะเลบริเวณชายฝั่ง ทะเลจังหวัดชลบุรี แถบตำบลนาเกลือ โดยใช้ระบบเขตรวมทั้งสิ้น 5 แบบ คือ แบบตาข่าย แหวนลอย (net culture) แบบตาข่ายจมหรือตาข่ายคลุม (net culture on sea bed) แบบเชือกเส้นเดียว (monoline) แบบตาข่ายม้วนเหมือนเชือก (rolled net) และแบบ แผ่นคอนกรีต (concrete block) ลำห่อห่อยที่ใช้ในการศึกษามี 3 ชนิด คือ Gracilaria verrucosa, Gracilaria salicornia และ Hypnea valentiae ผลการวิจัยพบว่า ผลผลิตของ Gracilaria verrucosa เมื่อเพาะเลี้ยงด้วยตาข่ายจมจะให้ผลผลิตสูงกว่า ทุกแบบ ในขณะที่ทำการเลี้ยงด้วยตาข่ายม้วนเหมือนเชือกให้ผลผลิตต่ำที่สุด ส่วนการศึกษา ผลผลิตของลำห่อห่อย Gracilaria salicornia เมื่อเพาะเลี้ยงด้วยแบบคอนกรีตบล็อกจะ



ให้ผลผลิตสูงกว่าการเพาะเลี้ยงทุกแบบ ในขณะที่แบบตาข่ายม้วนเหมือนเชือกให้ผลผลิตต่ำสุด ส่วน Hypnea valentiae นั้น พบว่าถ้าเลี้ยงแบบตาข่ายจมจะให้ผลผลิตสูงกว่าการเลี้ยงทุกแบบและพบว่าแบบของการเพาะเลี้ยงหรือวัสดุที่ให้ลำหว่ายทะเลยึดเกาะจะมีผลต่อการเพิ่มหรือลดผลผลิตของลำหว่ายทะเลแต่ละชนิดต่อหน่วยพื้นที่ในรอบปี Gracilaria verrucosa ให้ผลผลิต 7,408 กิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) ต่อพื้นที่ 1 เอเคอร์ ต่อเวลาที่เลี้ยง 1 ปี เมื่อเพาะเลี้ยงด้วยตาข่ายจม ส่วน G. salicornia ให้ผลผลิตสูงสุด 6,052 กิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) ต่อ 1 เอเคอร์/1 ปี เมื่อเพาะเลี้ยงแบบคอนกรีตบล็อก ข้อเสียของการเพาะเลี้ยงแบบคอนกรีตบล็อกคือ การลงทุนสูงกว่าการเพาะเลี้ยงทุกแบบ เมื่อเลี้ยง G. salicornia โดยใช้การเพาะเลี้ยงแบบตาข่ายจมจะให้ผลผลิต 5,760 กิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) ต่อ 1 เอเคอร์/1 ปี แต่ค่าลงทุนต่ำกว่า

พระพล วรรณศิริวัฒน์ (2527) ได้ทำการเพาะเลี้ยงลำหว่าย Gracilaria verrucosa ที่บริเวณบ้านอ่าวทราย ตำบลเกาะยอ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา โดยการเพาะเลี้ยงแบบตาข่าย โดยวิธีตัดปลูกและการเพาะเลี้ยงแบบตาข่ายโดยวิธีตั้งปล่องสำหรับ การตั้งปล่องนี้ใช้ก่อนพันธุ์ที่มี ซีลโตคาร์ป น้ำหนัก 2 กิโลกรัม หว่านรอบ ๆ แปลงตาข่ายเพื่อให้ปล่องของลำหว่ายมาเกาะเองตามธรรมชาติ พบว่าในเวลา 88 วัน แบบตัดปลูกได้น้ำหนักเพิ่มขึ้น 16.36% ส่วนแบบตั้งปล่องลำหว่ายมีขนาดเล็กมาก แต่มีการเจริญบนเส้นเชือกหนาแน่นกว่า

ศัตร์ฤดี ลูทธิมา (2527) ได้ทำการทดลองเพาะเลี้ยงลำหว่าย Gracilaria verrucosa ด้วยเส้นเชือกโดยวิธีตัดปลูกและตั้งปล่องที่บ้านอ่าวทราย ตำบลเกาะยอ จังหวัดสงขลา พบว่าวิธีการเพาะเลี้ยงแบบตั้งปล่องมีการเจริญบนเส้นเชือกหนาแน่นกว่าโดยการเลี้ยงในสภาพธรรมชาติเดียวกัน

ลักศิษฐ์ เตียรในเมือง และล่มศักดิ์ แล่นลูช (2528) ได้ทดลองเลี้ยงลำหว่ายทะเลบางชนิดแถบชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี โดยวิธีการเพาะเลี้ยง 5 แบบ คือ แบบตาข่ายแขวนลอย แบบเชือกเส้นเดียว แบบตาข่ายม้วนเหมือนเชือก แบบตาข่ายจม แบบคอนกรีต-บล็อก ผลปรากฏว่าผลผลิตของลำหว่าย Gracilaria verrucosa ที่เพาะเลี้ยงด้วยตาข่ายจมได้ผลผลิตสูงถึง 1,852 กรัม/น้ำหนักแห้ง/1 ตารางเมตร/1 ปี และแบบตาข่ายม้วนเหมือนเชือกให้ผลผลิตต่ำสุด 1,712 กรัม/น้ำหนักแห้ง/1 ตารางเมตร/1 ปี

เยาวสักษณ์ มณีรัตน์ และฉัตรารัตน์ ปภาวสิทธิ์ (2528) ได้ทำการเลี้ยงลำหว่ายสีแดง Gracilaria verrucosa ที่บริเวณสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง โดยวิธีเลี้ยง 3 แบบ คือ การเลี้ยงในถังไฟเบอร์กลาส การเลี้ยงแบบแขวนลอยบนตาข่าย โดยมีหลักอยู่กับที่ และการเลี้ยงแบบแขวนลอยบนตาข่ายโดยการผูกท่อนติด การปลูกโดยวิธีตัดปลูกพบว่าทดลองเลี้ยงลำหว่ายชนิดนี้ได้เพียงระยะเวลาสั้น ๆ และไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร เนื่องจากมีปัญหาเรื่องคลื่นลมแรง ปริมาณน้ำสดที่ไหลลงสู่บริเวณแปลงเพาะ และการกัดกินของหอยเม่น ปริมาณและความแข็งแรงของลำหว่ายที่ค่นำมาเลี้ยง สำหรับอัตราการเจริญของลำหว่ายสีแดงที่เลี้ยงแบบแขวนลอยโดยปักหลักอยู่กับที่ แปลง A ครั้งที่ 1 มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 0.74 กรัม และมีน้ำหนักเฉลี่ยเมื่อวัดผล 1.02 กรัม ครั้งที่ 2 มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 0.74 กรัม และมีน้ำหนักเมื่อวัดผล 2.67 กรัม ส่วนแปลง B มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 0.74 กรัม และมีน้ำหนักเฉลี่ยเมื่อวัดผล 2.24 กรัม ส่วนการเลี้ยงแบบแขวนลอยโดยติดท่อนลอย มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 0.34 กรัม และมีน้ำหนักเฉลี่ยเมื่อวัดผล 0.16 กรัม ซึ่งปรากฏว่าน้ำหนักลดลง

ส้มศักดิ์ แล่นลุย, สันม วันเพ็ญ และสักศิษฐ์ เตียรในเมือง (2530) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบการรอรับสปอร์ของลำหว่าย P. changii ในเรือ โดยเติมน้ำทะเลความเค็ม 30 - 40 ส่วนในพัน ลงในเรือประมาณ 2 ใน 3 ส่วนของเรือ แล้วเกลี่ยต้นพันธุ์ลำหว่ายที่มีซีสโตคารปให้ทั่วเหนือวัสดุที่ใช้รอรับสปอร์ โดยให้ลำหว่ายจมอยู่ใต้น้ำตลอดเวลากับการรอรับสปอร์ในธรรมชาติโดยการนำกรอบท่อพลาสติกไปวางไว้ในที่มีลำหว่ายตามธรรมชาติ ผลปรากฏว่าการรอรับสปอร์ในเรือจะมีการเกาะและงอกจนเป็นต้นมากกว่าการรอรับสปอร์ในธรรมชาติ และพบว่าอวนในลอนใยแล้วม้วนเหมือนเชือกจะเป็นวัสดุที่เหมาะสมในการลงเกาะและงอกของสปอร์มากที่สุด

บุญส่ง สิริกุล และวิวรรณ สิงห์ศรีศักดิ์ (2531) ได้ทำการทดลองเพาะเลี้ยงลำหว่ายวัน Polycavernosa fastigiata และลำหว่ายผสมนาง Gracilaria tenuistipitata ในบ่อเลี้ยงกึ่งขนาดพื้นที่ 1,200 ตารางเมตร โดยวิธีล่อหาลสลลำหว่ายในเกลียวเชือกในลอน (insert line) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 5 เมตร โดยล่อหาลสลลำหว่ายห่างกันช่วงละ 10 เซนติเมตร โดยมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 12.25 กรัม เมื่อทำการเพาะเลี้ยงได้เป็นเวลา 3 เดือน จึงเก็บเกี่ยวผลผลิต



ได้น้ำหนักเฉลี่ย 341.15 กรัม และ 47.0 กรัม ตามลำดับ โดยมีอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายวันและสาหร่ายผมนางเป็น 3.66 กรัม/วัน และ 0.39 กรัม/วัน ตามลำดับ

สู่ชาติ เตยนราวงค์ และ บุญ บุญเรือง (2531) ได้ทำการเลี้ยงสาหร่ายผมนางร่วมกับเลี้ยงกึ่งกุลาตา โดยการปล่อยสาหร่ายลงเลี้ยงร่วมกับกึ่งกุลาตาในกะบะขนาด  $1 \times 2 \times 0.3$  เมตร โดยแต่ละกะบะจะใส่สาหร่ายลงไปจำนวน 1 กิโลกรัม หลังจากทำการเลี้ยงครบ 5 เดือน ได้ผลผลิตสาหร่ายน้ำหนักสด 59.5 กิโลกรัม

ไพโรจน์ พรหมานนท์ และ สู่ชาติ เตยนราวงค์ (2532) ได้ทำการศึกษาการเจริญพันธุ์ของคาร์โปสปอร์ของสาหร่ายผมนาง (Gracilaria fisheri) พบว่าสปอร์ที่ออกมาใหม่มีลักษณะเป็นรูปทรงกลม แขนงลอยอยู่ในน้ำและจมลงในเวลาต่อมา มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 17 - 30 ไมครอน สปอร์จะเริ่มเกาะติดบนวัสดุรองรับภายใน 3 - 4 วัน จากนั้นก็เริ่มเจริญพันธุ์ (germination) โดยการแบ่งเซลล์ภายในเมื่ออายุ 34 - 40 วัน สปอร์จะเริ่มงอกแตกยอดเป็นสาหร่ายอ่อน (young thallus) และเมื่ออายุ 41 - 58 วัน สาหร่ายจะมีความยาวจากฐานถึงปลายยอดสุด 200 - 600 ไมครอน ซึ่งพร้อมที่จะเจริญเติบโตเป็นสาหร่ายขนาดใหญ่ต่อไป

ไพโรจน์ พรหมานนท์ และ สมิ้ง ทรงถาวรทวี (2533) ได้ทำการศึกษาการเลี้ยงสาหร่ายผมนาง (Gracilaria tenuistipitata) พบว่าการเลี้ยงสาหร่ายแบบที่ทำการเก็บผลผลิตเป็นประจำทุกเดือนจะได้ผลตอบแทนสูงกว่าการเลี้ยงแบบเก็บผลผลิตเพียงครั้งเดียวในระยะเวลา 10 เดือน การเลี้ยงแบบเก็บผลผลิตเป็นประจำทุกเดือนจะให้ผลผลิตส่วนที่เพิ่มสะสมระหว่างเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน จำนวน 215.80 - 227.50 กิโลกรัม/100 ตารางเมตร ส่วนการเลี้ยงแบบเก็บผลผลิตครั้งเดียวจะให้ผลผลิตสูงสุดในเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม จำนวน 101.80 - 102.60 กิโลกรัม/100 ตารางเมตร

#### การศึกษาเกี่ยวกับการปล่อยสปอร์ของสาหร่าย

Segawa และคณะ (1955) รายงานผลการศึกษากลไกการปล่อยคาร์โปสปอร์ของ Gracilaria verrucosa โดยใช้ความแตกต่างของ osmotic pressure ว่าการลด osmotic pressure ในสารละลายจะทำให้เริ่มอัตราการปล่อยคาร์โปสปอร์

เมื่อน้ำซีลโตคาร์ปไปแช่ในสารละลาย hypotonic ของ calcium chloride และถ้านำฟิลล์ไป ผึ่งลมไว้ระยะหนึ่ง แล้วนำมาจุ่มน้ำทะเลคาร์โปลปอร์จะถูกปล่อยออกมาจากซีลโตคาร์ป แต่อัตราส่วน ของคาร์โปลปอร์ จะน้อยกว่าคาร์โปลปอร์ที่ปล่อยออกมาจากซีลโตคาร์ปที่แช่ในสารละลาย isotonic (เช่น glycerol potassium chloride และ sucrose ในน้ำทะเล) และ พบว่าหลังจากจุ่มซีลโตคาร์ปลงในสารละลาย hypertonic แล้วย้ายมาจุ่มในสารละลาย isotonic พบว่าปริมาณคาร์โปลปอร์จะถูกปล่อยออกมามาก ส่วนซีลโตคาร์ปที่แช่ในสาร ละลาย hypotonic โดยเฉพาะเมื่อแช่ใน potassium chloride, sucrose และ glycerol จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางขยายใหญ่ขึ้นและเมื่อนำฟิลล์ไปแช่ในสารละลาย hypotonic ฟิลล์จะยาวขึ้นแต่จะไม่สัมผัสต่อการปล่อยคาร์โปลปอร์ คาร์โปลปอร์จะถูกปล่อยออกมาเร็วในสารละลาย isotonic เช่น sucrose, potassium chloride, glycerol แสดงให้เห็นว่าการ เปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลายจะมีผลต่อการปล่อยคาร์โปลปอร์อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะใน Gracilaria verrucosa นั่นคือเมื่อมีการขยายตัวของคาร์โปลปอร์จะมีผลต่อ การเพิ่มความตึงภายในซีลโตคาร์ป ดังนั้นการปล่อยคาร์โปลปอร์ออกมา

Sato (1950) อ้างโดย Segawa และคณะ (1955) รายงานว่าการปล่อย คาร์โปลปอร์ของสาหร่าย Gracilaria verrucosa ในธรรมชาติเกิดมากในช่วงน้ำขึ้นและ หลังจากผึ่งลมในห้องทดลอง 2 - 92 ชั่วโมง ในช่วง 0 - 10 นาทีแรก พบว่าซีลโตคาร์ป จะปล่อยสปอร์ที่ละ 1 คาร์โปลปอร์ ในเวลา 10 - 50 นาที คาร์โปลปอร์จะถูกปล่อยออกมา 200 - 2000 คาร์โปลปอร์ ในช่วงแรกของการปล่อยจะมีคาร์โปลปอร์ออกมาเป็นจำนวนมาก และค่อย ๆ ลดลงในระยะหลัง คาร์โปลปอร์ที่ปล่อยออกมาในช่วงกลางและช่วงท้ายจะมีขนาด บอบบางกว่าที่ปล่อยในระยะแรก ๆ และมักเป็นสปอร์ที่ไม่สมบูรณ์

Oza และ Krishnamurthy (1967) รายงานว่าซีลโตคาร์ปของสาหร่ายวัน Gracilaria verrucosa ที่แก่จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 450 - 500 ไมครอน และ ซีลโตคาร์ปที่ยังอ่อนอยู่จะมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 250 - 300 ไมครอน และซีลโตคาร์ปที่ปล่อย คาร์โปลปอร์ออกมาแล้วนั้น จะมีสารเมือกออกมาปิดที่บริเวณออสต์โอด (ostiole) หากมี สารเมือกออกมาปิดที่บริเวณออสต์โอดมากแสดงว่าในช่วงเวลานั้นได้มีการปล่อยคาร์โปลปอร์ ออกมาแล้วเป็นจำนวนมาก สำหรับกลไกในการปล่อยคาร์โปลปอร์ Jones (1957) อ้างโดย Oza และ Krishnamurthy (1967) ได้รายงานว่าเกิดจากการเพิ่ม osmotic



pressure ภายในซีลโตคาร์ป โดยซีลโตคาร์ปที่แก่เต็มที่จะดูดซึมน้ำไว้ในลำารเมือกและที่เซลล์ผิวของซีลโตคาร์ปทำให้ความตันทภายในซีลโตคาร์ปเพิ่มสูงขึ้นและดันให้คาร์โปสปอร์หลุดออกมา

Kim (1970) รายงานว่าการปล่อยสปอร์ของ Gracilaria sp. ถูกกระตุ้นได้โดยนำลำารายมาเก็บไว้ในที่มืดและผึ้งลมเป็นเวลา 3 - 5 ชั่วโมง ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ 50 - 75% อัตราการปล่อยสปอร์จะเพิ่มขึ้นเมื่อซีลโตคาร์ปจุ่มในน้ำทะเลที่มีความเค็มแตกต่างกันเนื่องจากมีการเปลี่ยน osmotic pressure

Umamaheswara Rao (1976) รายงานว่าการปล่อยสปอร์ของลำาราย Gracilaria corticata จะเกิดขึ้นทุกเดือนตลอดทั้งปีแต่จะมีมากในเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน และเดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคม การปล่อยสปอร์จะแตกต่างกันในช่วงวัน พบว่าจะปล่อยสปอร์สูงสุดในตอนกลางคืนช่วง 22:00 - 06:00 น. ซีลโตคาร์ปที่จุ่มอยู่ในน้ำและอยู่ในที่มืดจะปล่อยสปอร์ออกมามาก การผึ้งลมไม่มีผลต่อการปล่อยสปอร์ของลำารายชนิดนี้ และพบว่าช่วงระยะเวลาที่ซีลโตคาร์ปได้รับแสงและไม่ได้รับแสง (photoperiod) มีผลกระทบต่อ การปล่อยสปอร์ โดยสปอร์จะถูกปล่อยออกมามากในช่วงกลางคืน ถ้าซีลโตคาร์ปได้รับแสง 4 ชั่วโมง และมืด 20 ชั่วโมง จะทำให้ปล่อยสปอร์ในปริมาณมากที่สุด และปริมาณสปอร์จะลดลงเมื่อซีลโตคาร์ปปรับแสงนานขึ้น

Ngan และ Price (1983) รายงานว่าการปล่อยคาร์โปสปอร์และเตตราสปอร์ของลำารายพวก Florideophyceae ในเขตร้อนจำนวน 25 ชนิด ในบริเวณที่มีการขึ้นลงของน้ำวันละ 2 ครั้ง พบว่าสปอร์จะถูกปล่อยออกมาทั้งในช่วงน้ำขึ้นสูงสุดและน้ำลงต่ำสุด

Friedlander และ Dawes (1984) รายงานว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการปล่อยคาร์โปสปอร์ในลำาราย Gracilaria foliifera var. (angustissima) อยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียส ในที่มืด และมีความเข้มแสงต่ำ สปอร์ส่วนใหญ่จะปล่อยในตอนกลางคืนและในช่วงที่มีอากาศเย็น

Zheng และคณะ (1987) รายงานว่าลำาราย Gracilaria verrucosa จะปล่อยสปอร์ปริมาณสูงสุดในระหว่างเวลา 8:00 - 10:00 น. และหลังจากนั้นการปล่อยสปอร์จะลดลงเรื่อย ๆ จนถึงระหว่างเวลา 21:00 - 06:00 น. จะปล่อยสปอร์น้อยที่สุดและถ้านำลำาราย

ที่มีซิลิโคคาร์ปมาฝังลงในห้องที่มีอุณหภูมิ 15 - 25 องศาเซลเซียส นาน 2 - 4 ชั่วโมง แล้วนำสำหรัยไปลุ่มน้ำใหม่พบว่า การฝังลุมที่ 2 ชั่วโมง จะมีผลต่อการปล่อยคาร์โปสปอร์มากที่สุด และพบว่าอุณหภูมิของน้ำทะเลที่เหมาะสมกับการปล่อยคาร์โปสปอร์คือ 20 - 22 องศาเซลเซียส และความเค็มที่เหมาะสมต่อการปล่อยสปอร์เท่ากับ 19.0 - 20.2 ส่วนในพัน และ 25.5 - 26.9 ส่วนในพัน

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำขึ้นน้ำลงและการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายทะเลนั้น จากการศึกษายอง (Smith, 1947) รายงานว่า สาหร่ายสีน้ำตาล Ulva ซึ่งเจริญเติบโตอยู่ในแอ่งน้ำปล่อยเซลล์สืบพันธุ์และสปอร์ในช่วงน้ำลงต่ำสุดของช่วงน้ำเกิด เพราะเซลล์สืบพันธุ์มีโอกาล์เข้าผล่มกันได้ง่ายเนื่องจากเป็นช่วงที่น้ำตื้น ส่วน Hoyt (1927) ได้รายงานว่ Dictyota dichotoma จะมีการปล่อยสปอร์มากในช่วงน้ำเกิด เช่นเดียวกับ Ngan และ Price (1983) ซึ่งรายงานว่สาหร่ายจะมีการปล่อยสปอร์ทุก 14, 15 วัน ซึ่งเป็นช่วงน้ำเกิด และพบว่า ปริมาณสปอร์ถูกปล่อยมากเมื่อน้ำมีระดับสูง