สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

เทคโนโลยีชีวภาพของสาหร่ายและแพลงก์ตอน

ตัวอย่าง

ดร.สุเปญญา จิตตพันธ์

หนังสือที่ได้รับทุนสนับสนุนการเขียนตำราจากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ พ.ศ. 2558

เทคโนโลยีชีวภาพของสาหร่ายและแพลงก์ตอน

ตัวอย่าง

ดร.สุเปญญา จิตตพันธ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
2560

หนังสือที่ได้รับทุนสนับสนุนการเขียนตำราจากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ พ.ศ. 2558

สุเปญญา จิตตพันธ์.
เทคโนโลยีชีวภาพสาหร่ายและแพลงก์ตอน.
1. สาหร่าย. 2. แพลงก์ตอนพืช. 3. แพลงก์ตอนสัตว์.

QK566
ISBN 978-616-314-246-7
ISBN (e-book) 978-616-314-383-9
ลิขสิทธิ์ของ**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเปญญา จิตตพันธ์**
สงวนลิขสิทธิ์

ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 1 เดือนสิงหาคม 2560
จำนวน 100 เล่ม
ฉบับอิเล็กทรอนิกส์ (e-book) มิถุนายน 2561

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย**สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์**
ท่าพระจันทร์: อาคารธรรมศาสตร์ 60 ปี ชั้น U1 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ถนนพระจันทร์ กรุงเทพฯ 10200 โทร. 0-2223-9232
ศูนย์รังสิต: อาคารโดมบริหาร ชั้น 3 ห้อง 317 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12121
โทร. 0-2564-2859-60 โทรสาร 0-2564-2860
http://www.thammasatpress.tu.ac.th, e-mail: unipress@tu.ac.th

---

พิมพ์ที่**ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ็มแอนด์เอ็มเลเซอร์พรินต์**
นายสมชาย ดำขำ ผู้พิมพ์ผู้โฆษณา

ตัวอย่าง

ราคาเล่มละ 160.- บาท

สารบัญ

หน้า

คำนำ.....(9)

บทนำ เทคโนโลยีชีวภาพของสาหร่ายและแพลงก์ตอน.....1

บทที่ 1 สาหร่ายและแพลงก์ตอน: ความหมาย แหล่งที่อยู่อาศัย และความสำคัญ.....3

1.1 สาหร่ายและแพลงก์ตอน: ความหมาย.....3

1.2 การจัดจำแนกแพลงก์ตอน.....4

1.3 แหล่งที่อยู่อาศัย.....8

1.4 ความสำคัญของสาหร่ายและแพลงก์ตอน.....18

1.5 สรุป.....21

บทที่ 2 สาหร่ายและแพลงก์ตอน: การจัดจำแนก.....23

2.1 สาหร่ายและแพลงก์ตอนพืช.....21

2.2 แพลงก์ตอนสัตว์.....32

2.3 สรุป.....45

บทที่ 3 อุปกรณ์ที่สำคัญและอาหารสำหรับเลี้ยงสาหร่ายและแพลงก์ตอน.....47

3.1 อุปกรณ์ที่สำคัญในการศึกษาสาหร่ายและแพลงก์ตอน.....47

3.2 อาหารสำหรับเลี้ยงสาหร่ายและแพลงก์ตอน.....54

3.3 การฆ่าเชื้อ (sterilization) อุปกรณ์และอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงสาหร่ายและแพลงก์ตอน.....63

3.4 สรุป.....65

ตัวอย่าง

บทที่ 4 การเก็บตัวอย่างและคัดแยกสาหร่ายและแพลงก์ตอน....................................67

4.1 การเก็บตัวอย่างสาหร่ายและแพลงก์ตอน....................................67

4.2 การคัดแยกสาหร่ายและแพลงก์ตอน....................................72

4.3 สรุป....................................76

บทที่ 5 การเพาะเลี้ยงและการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายและแพลงก์ตอน........77

5.1 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายและแพลงก์ตอน....................................77

5.2 การศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายและแพลงก์ตอน....................................80

5.3 กราฟที่ได้จากการตรวจวัดการเจริญเติบโต....................................91

5.4 การคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ....................................93

5.5 การเพาะเลี้ยงและเพิ่มปริมาณสาหร่ายและแพลงก์ตอน....................................97

5.6 สรุป....................................98

บทที่ 6 เทคโนโลยีชีวภาพของสาหร่ายและแพลงก์ตอน: การประยุกต์ใช้สาหร่ายและแพลงก์ตอนประเมินความหลากหลายทางชีวภาพ....................................99

6.1 ความหมายของความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity)....................................100

6.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพ....................................101

6.3 วิธีประเมินความหลากหลายทางชีวภาพ....................................102

6.4 ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ (diversity indices)....................................104

6.5 การรายงานความหลากหลายทางชีวภาพ....................................105

6.6 สรุป....................................113

บทที่ 7 เทคโนโลยีชีวภาพของสาหร่ายและแพลงก์ตอน: การประยุกต์ใช้ไซยาโนแบคทีเรียเป็นปุ๋ยชีวภาพ....................................115

7.1 ปุ๋ย ชนิดของปุ๋ย และมาตรฐาน....................................116

7.2 ปุ๋ยชีวภาพและไซยาโนแบคทีเรีย....................................119

7.3 เอนไซม์ไนโตรจีเนส (nitrogenase enzyme)....................................120

7.4 การสร้างเซลล์เฮเทอโรซิสต์....................................120

7.5 กระบวนการตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixation)....................................122

ตัวอย่าง

7.6 การตรึงไนโตรเจนของไซยาโนแบคทีเรีย..124
7.7 การนำไซยาโนแบคทีเรียที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ไปใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ...............125
7.8 สรุป...126

บทที่ 8 เทคโนโลยีชีวภาพของสาหร่ายและแพลงก์ตอน: การคัดเลือกไซยาโนแบคทีเรีย ที่สามารถผลิตฮอร์โมนออกซินได้...129

8.1 ฮอร์โมนพืช (phytohormone)..130
8.2 ฮอร์โมนพืชที่มีรายงานในสาหร่ายและแพลงก์ตอนพืช..133
8.3 แนวทางการนำฮอร์โมนพืชที่ผลิตได้จากสาหร่ายและแพลงก์ตอน
ไปใช้ทางเทคโนโลยีชีวภาพ..138
8.4 การวิเคราะห์หาปริมาณออกซินในไซยาโนแบคทีเรีย..139
8.5 สรุป...140

บทที่ 9 เทคโนโลยีชีวภาพของสาหร่ายและแพลงก์ตอน: การคัดเลือกไซยาโนแบคทีเรีย ที่สามารถผลิตพอลิแซ็กคาไรด์ได้...141

9.1 พอลิแซ็กคาไรด์และไซยาโนแบคทีเรีย..142
9.2 การทดสอบปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ที่ผลิตได้จากไซยาโนแบคทีเรีย.........................145
9.3 สมบัติของเอกโซพอลิแซ็กคาไรด์ที่ผลิตได้จากไซยาโนแบคทีเรีย...........................145
9.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตเอกโซพอลิแซ็กคาไรด์ในไซยาโนแบคทีเรีย........................146
9.5 การนำเอกโซพอลิแซ็กคาไรด์ไปใช้ประโยชน์ในทางเทคโนโลยีชีวภาพด้านต่างๆ.....147
9.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพอลิแซ็กคาไรด์ในประเทศไทย...150
9.7 สรุป...151

บทที่ 10 เทคโนโลยีชีวภาพของสาหร่ายและแพลงก์ตอน: การสกัดไฟโคไซยานิน จากไซยาโนแบคทีเรีย...153

10.1 ไฟโคบิลิโซม ไฟโคบิลิโปรตีน และไฟโคไซยานิน...153
10.2 ซี-ไฟโคไซยานิน: คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการ...................................156
10.3 การผลิตซี-ไฟโคไซยานินจากไซยาโนแบคทีเรีย...157
10.4 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณซี-ไฟโคไซยานิน...159

ตัวอย่าง

10.5 การเพาะเลี้ยงและการสกัดซี-ไฟโคไซยานินจากไซยาโนแบคทีเรีย........................160
10.6 การประยุกต์ใช้ซี-ไฟโคไซยานินทางเทคโนโลยีชีวภาพ...163
10.7 สรุป..165

บทที่ 11 เทคโนโลยีชีวภาพของสาหร่ายและแพลงก์ตอน: การประยุกต์สาหร่ายและแพลงก์ตอนในการบำบัดและการทดสอบความเป็นพิษของน้ำทิ้ง..............***167***
11.1 มลภาวะทางสิ่งแวดล้อม: น้ำทิ้ง..167
11.2 การบำบัดน้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่ธรรมชาติ..169
11.3 การกำจัดโลหะหนักจากน้ำทิ้งโดยใช้ตัวดูดซับทางชีวภาพ....................................171
11.4 การทดสอบความเป็นพิษของน้ำทิ้ง...177
11.5 สรุป..183

บทปฏิบัติการ

บทปฏิบัติการที่ 1 การเตรียมอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงสาหร่ายและแพลงก์ตอน..........186
บทปฏิบัติการที่ 2 การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างสาหร่ายและแพลงก์ตอน.......187
บทปฏิบัติการที่ 3 การคัดแยกสาหร่ายและแพลงก์ตอนโดยวิธีดึงตัวอย่าง.....................191
บทปฏิบัติการที่ 4 การคัดแยกสาหร่ายและแพลงก์ตอนโดยวิธีการ spread plate......193
บทปฏิบัติการที่ 5 การศึกษาการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรีย.............................196
บทปฏิบัติการที่ 6 การคัดแยกและเพาะเลี้ยงไซยาโนแบคทีเรียที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้จากตัวอย่างดิน..199
บทปฏิบัติการที่ 7 ผลของไนโตรเจนต่อการสร้างเซลล์เฮเทอโรซิสต์ของไซยาโนแบคทีเรีย...202
บทปฏิบัติการที่ 8 การทดสอบฮอร์โมนออกซินที่ผลิตได้จากไซยาโนแบคทีเรียสายพันธุ์ *Nostoc* sp. TUBT04 และ *Nostoc* sp. TUBT05.....................204
บทปฏิบัติการที่ 9 การคัดเลือกไซยาโนแบคทีเรียที่สามารถผลิตเอกโซพอลิแซ็กคาไรด์ได้...207
บทปฏิบัติการที่ 10 การสกัดไฟโคไซยานินจากไซยาโนแบคทีเรียสกุล *Nostoc* spp....209
บรรณานุกรม...211
ดัชนี...225

ตัวอย่าง

คำนำ

ตำราเรื่อง *เทคโนโลยีชีวภาพของสาหร่ายและแพลงก์ตอน* เขียนขึ้นเพื่อเป็นตำราเรียนหลักของวิชา ทช.419 เทคโนโลยีชีวภาพสาหร่ายและแพลงก์ตอน สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี และวิชา ทช.615 แพลงก์ตอนและการประยุกต์ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ หรือสำหรับนักศึกษาสาขาวิชาอื่นๆ ที่สนใจงานทางด้านสาหร่ายและแพลงก์ตอน ตำราเล่มนี้ได้มีการปรับปรุงโครงสร้างและเพิ่มเติมเนื้อหาให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น โดยเนื้อหาประกอบด้วยความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสาหร่ายและแพลงก์ตอน บทบาทและความสำคัญของสาหร่ายและแพลงก์ตอน การคัดแยก การเพาะเลี้ยง และการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายและแพลงก์ตอน รวมทั้งการประยุกต์ใช้สาหร่ายและแพลงก์ตอนในงานด้านเทคโนโลยีชีวภาพต่างๆ เช่น การใช้สาหร่ายและแพลงก์ตอนในการประเมินความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้สาหร่ายและแพลงก์ตอนในงานทางเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตรโดยใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพและเป็นฮอร์โมนพืช การใช้สาหร่ายและแพลงก์ตอนในงานทางเทคโนโลยีชีวภาพทางอุตสาหกรรมโดยการผลิตพอลิแซ็กคาไรด์และการสกัดสารสีไฟโคไซยานิน และการใช้สาหร่ายและแพลงก์ตอนในงานทางเทคโนโลยีชีวภาพทางสิ่งแวดล้อมโดยใช้ดูดซับโลหะหนักและใช้ทดสอบความเป็นพิษของแหล่งน้ำ เป็นต้น ทั้งยังมีส่วนของบทปฏิบัติการเพื่อประกอบความเข้าใจมากยิ่งขึ้น ในตำราเล่มนี้ผู้เขียนได้รวมความรู้พื้นฐานทางสาหร่ายและแพลงก์ตอนและการนำสาหร่ายและแพลงก์ตอนไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ไว้ด้วยกัน เพื่อหวังว่าผู้เรียนและผู้อ่านจะได้ประจักษ์ถึงความสำคัญและแนวทางการศึกษาวิจัยทางด้านสาหร่ายและแพลงก์ตอนทางเทคโนโลยีชีวภาพ รูปภาพในตำรานี้เป็นรูปที่ผู้เขียนได้จัดทำขึ้นเองทั้งสิ้น เพื่อประกอบความเข้าใจ หากต้องการแนะนำเพื่อปรับปรุงให้ตำรามีความทันสมัยถูกต้องมากขึ้น ผู้เขียนขอน้อมรับคำแนะนำ และขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

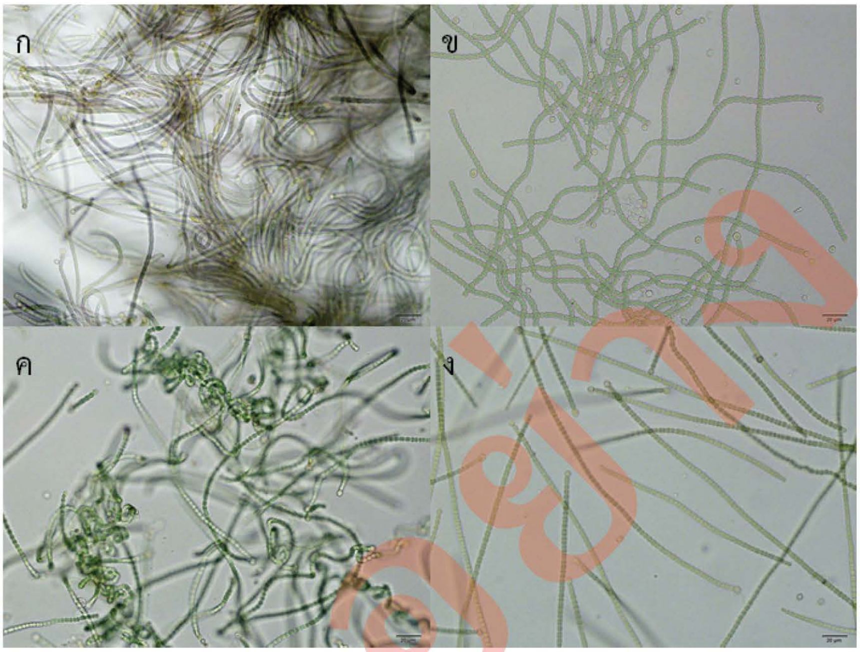
ตัวอย่าง

ผู้เขียนกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.พรศิลป์ ผลพันธิน ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อาจารย์ท่านแรกที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ทางด้านสาหร่ายและแพลงก์ตอน และครูอาจารย์ทุกท่าน ขอขอบคุณ คุณเชษฐ ศิริโชติ สำหรับรูปถ่ายในการจัดทำหนังสือเล่มนี้ ขอขอบคุณข้อเสนอแนะต่างๆ ที่มีส่วนช่วยในการปรับปรุงตำราเล่มนี้ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ที่ให้ทุนสนับสนุนการเขียนตำราเล่มนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุเปญญา จิตตพันธ์
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
สิงหาคม 2560

ตัวอย่าง

ที่สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม โดยอะคินีทท้าหน้าที่สะสมอาหาร และมีการแบ่งไซโตพลาสซึมไว้ เพื่อให้อยู่รอดและทนต่อสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมกลับมา อะคินีทสามารถเจริญเติบโตต่อไปเป็นเซลล์ปกติได้



รูปที่ 2.1 ไซยาโนแบคทีเรีย (ก. *Tolypothrix* sp. ข. *Nostoc* sp. ค. *Nostoc* sp. และ ง. *Nostoc* sp.) (Scale bar เท่ากับ 20 ไมโครเมตร)

ตัวอย่าง

รูปที่ 2.2 เซลล์ปกติและเซลล์เฮเทอโรซิสต์ของ *Nostoc* sp. (Scale bar เท่ากับ 20 ไมโครเมตร)

2.1.1.1 การสืบพันธุ์ของไซยาโนแบคทีเรีย

ไซยาโนแบคทีเรียสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเท่านั้น โดยการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจาก 1 เซลล์ได้เป็น 2 เซลล์ แต่ละเซลล์มีพันธุกรรมเหมือนกัน กระบวนการถอดรหัสและแปลรหัสที่เกิดขึ้นในเซลล์อาศัยการทำงานของไรโบโซมขนาด 70s ถึงแม้ว่าไซยาโนแบคทีเรียจะสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเท่านั้น แต่สามารถแลกเปลี่ยนสารพันธุกรรมระหว่างเซลล์ได้ โดยผ่านกระบวนการทรานสฟอร์เมชัน (transformation) และคอนจูเกชัน (conjugation) (Brarsanti & Gualtieri, 2006) กระบวนการทรานสฟอร์เมชั่นเกิดขึ้นเมื่อเซลล์ใดเซลล์หนึ่งมีการปล่อยดีเอ็นเอออกสู่สิ่งแวดล้อม และเซลล์อื่นรับเอาดีเอ็นเอนี้เข้าสู่เซลล์ ซึ่งความสามารถในการเปลี่ยนแปลงของดีเอ็นเอที่ได้รับไปนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและความจำเพาะเจาะจงของไซยาโน-แบคทีเรียในแต่ละชนิด กระบวนการคอนจูเกชันเป็นกลไกที่เซลล์มีการจับคู่กัน แล้วสร้างท่อคอนจูเกชัน (conjugation tube) ระหว่างเซลล์เพื่อใช้ส่งผ่านดีเอ็นเอ ส่วนใหญ่จะเป็นการส่งต่อพลาสมิด (plasmid) ซึ่งเป็นวงดีเอ็นเอขนาดเล็ก และพลาสมิดส่วนใหญ่จะเป็นยีนในกลุ่มการสร้างก๊าซเพื่อการลอยตัว (gas vacuolation) การต้านทานต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (antibiotic resistance) และการสร้างสารพิษ (toxin production) (Barsanti & Gualtieri, 2006)

2.1.2 สาหร่ายสีเขียว

สาหร่ายสีเขียวจัดอยู่ใน (Brarsanti & Gualtieri, 2006)

Kingdom Eukaryota

Division Chlorophyta

สาหร่ายสีเขียวเป็นสิ่งมีชีวิตกลุ่มยูแคริโอต คือ มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสและออร์แกเนลล์ภายในเซลล์ของสาหร่ายสีเขียวจะสังเกตเห็นคลอโรพลาสต์ชัดเจน เซลล์สาหร่ายสีเขียวมีคลอโรฟิลล์เอและบีเป็นองค์ประกอบหลัก จึงเห็นเป็นสีเขียวเหลือง และมีไพรีนอยด์ช่วยในการสะสมแป้ง สาหร่ายสีเขียวในที่นี้เป็นสาหร่ายขนาดเล็ก หรือจุลสาหร่าย เป็นสาหร่ายที่ไม่มีระบบท่อลำเลียง ไม่มีราก ลำต้น และใบที่แท้จริง สาหร่ายสีเขียวสามารถพบได้ทั่วทุกระบบนิเวศ โดยมีรูปร่างได้หลายแบบ (รูปที่ 2.3) เช่น เป็นเซลล์เดี่ยว ๆ เป็นโคโลนี เป็นเส้นสาย หรืออาจเป็นท่อนเรียงต่อกัน สาหร่ายสีเขียวเป็นอีกกลุ่มหนึ่งที่อาจก่อให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่นได้ กล่าวคือเมื่อแหล่งน้ำมีปริมาณสารอาหารมาก ทำให้สาหร่ายสีเขียวเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว จนทำให้น้ำเป็นสีเขียว ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการอุดตันของเหงือกปลา เมื่อปลาไม่สามารถแลกเปลี่ยนก๊าซได้ ก็จะตายในที่สุด สาหร่ายสีเขียวมีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

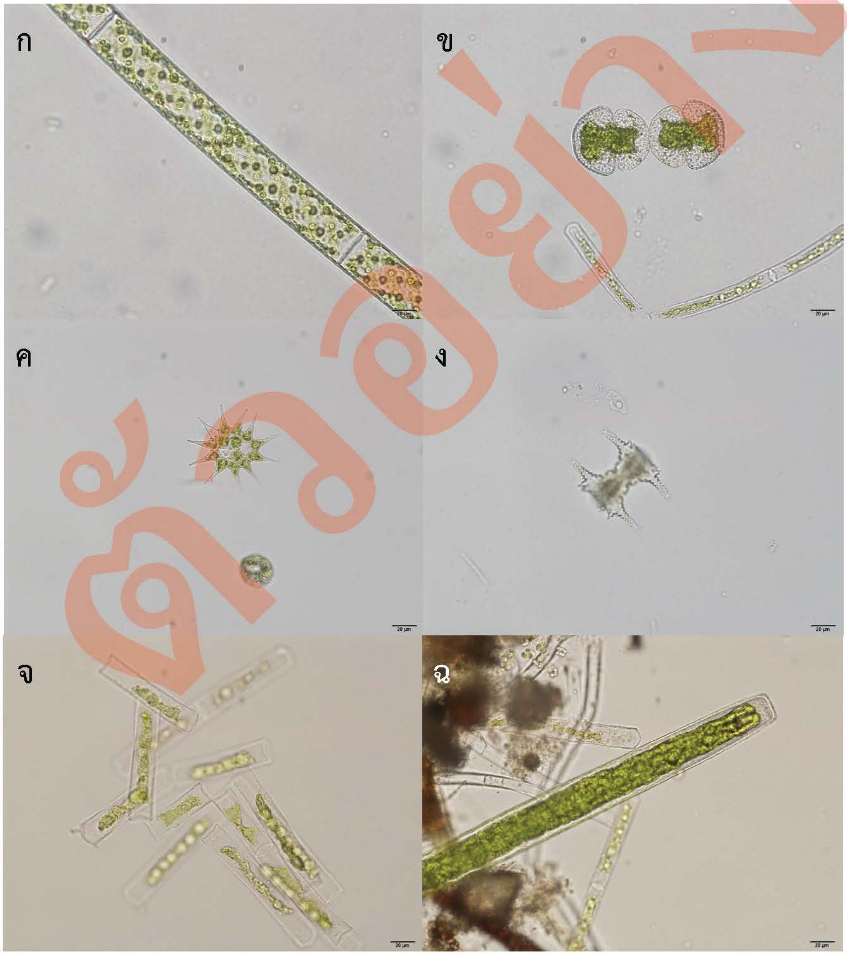
ตัวอย่าง

เช่นเดียวกับพืชชั้นสูง ทำให้ปัจจุบันมีการศึกษากระบวนการทางชีวภาพต่าง ๆ ในสาหร่ายเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเข้าใจพืชชั้นสูงอีกด้วย

2.1.2.1 การสืบพันธุ์ของสาหร่ายสีเขียว

สาหร่ายสีเขียวสามารถสืบพันธุ์ได้ทั้งแบบไม่อาศัยเพศ คือ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจาก 1 เซลล์เป็น 2 เซลล์ และการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียแล้วมาผสมกันได้ไซโกต และไซโกตสามารถเจริญเติบโตเป็นเซลล์ปกติ และแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเพื่อเพิ่มจำนวนต่อไป นอกจากนี้สาหร่ายสีเขียวบางชนิดสามารถสร้างสปอร์ซึ่งทนต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดีอีกด้วย

ตัวอย่าง



รูปที่ 2.3 สาหร่ายสีเขียวรูปแบบต่าง ๆ (ก: *Sirogonium* sp. ข: *Cosmarium* sp. ค: *Pediastrum* sp. ง: *Staurastrum* sp. จ: unknown ฉ: *Pleurotaenium* sp.) (Scale bar เท่ากับ 20 ไมโครเมตร)

2.1.3 ไดอะตอม

ไดอะตอมจัดอยู่ใน (Brarsanti & Gualtieri, 2006)

Kingdom Eukaryota

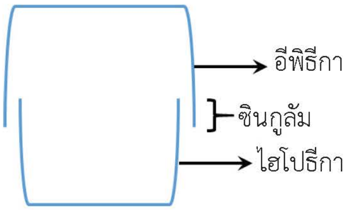
Division Heterokontophyta

ไดอะตอมเป็นสิ่งมีชีวิตกลุ่มยูแคริโอต ภายในเซลล์มีคลอโรฟิลล์เอและซี แคโรทีนอยด์และแซนโธฟิลล์ เป็นองค์ประกอบหลัก ไดอะตอมสามารถสะสมน้ำมันและแป้งได้ ลักษณะเด่นของไดอะตอมคือผนังเซลล์มีเพคตินและซิลิกาเป็นองค์ประกอบทำให้ผนังหนาและทนทาน ดังนั้นเมื่อไดอะตอมตายลงผนังเซลล์ยังคงอยู่กลายเป็นฟอสซิลสะสมอยู่ในชั้นทะเลลึก นอกจากนี้ซากของไดอะตอมหากทับถมเป็นระยะเวลานานสามารถเปลี่ยนเป็นน้ำมันได้ เซลล์ไดอะตอมประกอบด้วยฝาที่เรียกว่า ฟรัสตูลจำนวน 2 ฝาประกอบกัน โดยฝาด้านบนซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าเรียกว่า อีพิธีกา (epitheca) และฝาด้านล่างซึ่งมีขนาดเล็กกว่าเล็กน้อยเรียกว่า ไฮโปธีกา (hypotheca) บริเวณรอยต่อที่เชื่อมกันระหว่างฝาบนและฝาล่างเรียก แนวคอนเนคทิง (connecting band) หรือซินกูลัม (cingulum) หรือแนวเกอร์เดิล (girdle band) (รูปที่ 2.4) ไดอะตอมสามารถแบ่งตามรูปร่างออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีลักษณะรูปร่างเป็นทรงกลม เรียก เซนตริกไดอะตอม (centric diatom) การเจริญของกลุ่มนี้จะเติบโตในแนวรัศมี และกลุ่มที่มีลักษณะรูปร่างเป็นทรงรีแหลมหัวแหลมท้าย เรียก เพนเนทไดอะตอม (pennate diatom) ไดอะตอมกลุ่มนี้บางชนิดจะมีร่องตรงแนวกลาง เรียก ราฟี (raphe) เป็นบริเวณที่ช่วยให้ไดอะตอมสามารถเคลื่อนที่ได้ (รูปที่ 2.5)

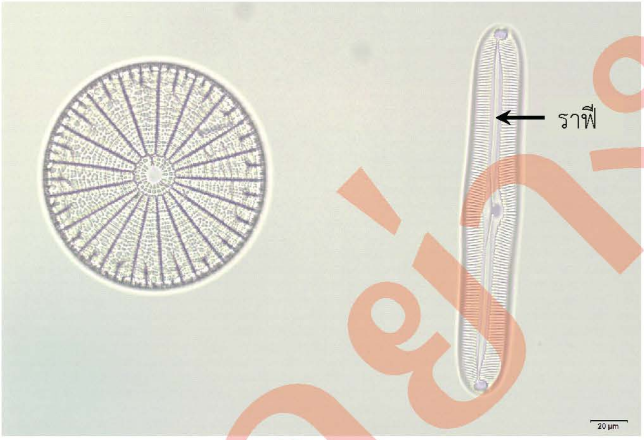
2.1.3.1 การสืบพันธุ์ของไดอะตอม

ไดอะตอมสามารถสืบพันธุ์ได้ทั้งแบบอาศัยเพศ และไม่อาศัยเพศ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไดอะตอม (รูปที่ 2.6) คือ การแบ่งเซลล์ โดยเมื่อแบ่งนิวเคลียสแล้ว อีพิธีกาและไฮโปธีกาจะแยกออกจากกันและไปสร้างไฮโปธีกาขึ้นมาใหม่ เป็นผลให้เมื่อแบ่งเซลล์หลายรอบจะทำให้ขนาดของไดอะตอมเล็กลง ไดอะตอมจึงต้องมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศร่วมด้วย (รูปที่ 2.7) โดยการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ เมื่อเซลล์สืบพันธุ์มาผสมกันจะได้เป็นไซโกต ซึ่งจะเจริญจนมีขนาดเท่าเดิมและสร้างธีกาขึ้นมาล้อมรอบ

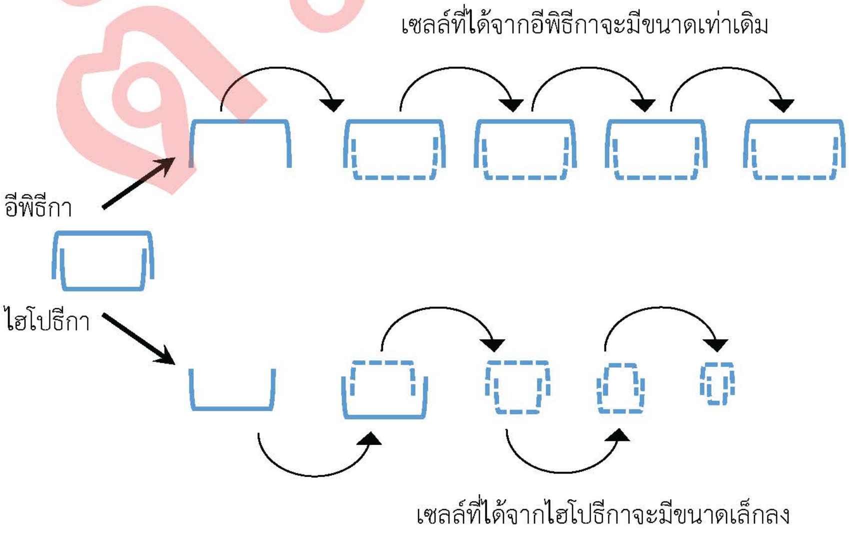
ตัวอย่าง



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของไดอะตอม (ด้านข้าง)

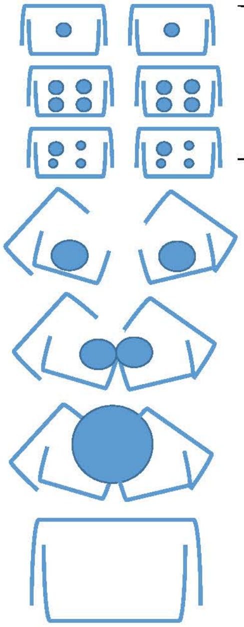


รูปที่ 2.5 เซนทริกไดอะตอม (ซ้าย) และเพนเนทไดอะตอม (ขวา) (Scale bar เท่ากับ 20 ไมโครเมตร)



รูปที่ 2.6 การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไดอะตอม

ตัวอย่าง



รูปที่ 2.7 การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของไดอะตอม

2.1.4 ไดโนแฟลกเจลเลต

ไดโนแฟลกเจลเลต จัดอยู่ใน (Brarsanti & Gualtieri, 2006)

Kingdom Eukaryota

Division Dinophyta

Class Dinophyceae

ไดโนแฟลกเจลเลตเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ลักษณะเด่นคือมีแฟลกเจลลัมจำนวน 2 เส้น อยู่ในร่องตามแนวตั้ง (sulcus) 1 เส้น (longitudinal flagellum) และอยู่ในร่องตามแนวนอน (cingulum) 1 เส้น (transverse flagellum) (รูปที่ 2.8) เซลล์ของไดโนแฟลกเจลเลตมีรงควัตถุกลุ่มคลอโรฟิลล์เอและซี แคโรทีนอยด์ เช่น เบต้าแคโรทีน และแซนโธฟิลล์เป็นองค์ประกอบหลัก สามารถสะสมสารอาหารจำพวกแป้งและน้ำมันได้ ตัวเซลล์ไม่มีสมมาตร โครงสร้างส่วนบนเรียกอีพิธีกาและโครงสร้างส่วนล่างเรียกไฮโปธีกา ในบางชนิดอาจมีอายสปอต (eyespot) เพื่อใช้เป็นอวัยวะรับแสง ไดโนแฟลกเจลเลตแบ่งออกเป็นกลุ่มได้ 2 กลุ่มคือ

2.1.4.1 กลุ่มที่ไม่มีเปลือกแข็งหุ้มลำตัว เรียก อันอาร์มเมอร์ไดโนแฟลกเจลเลต (unarmored dinoflagellate) หรือเนคไดโนแฟลกเจลเลต (naked dinoflagellate) โครงสร้างที่ป้องกันเซลล์ของไดโนแฟลกเจลเลตกลุ่มนี้ คือ เพลลิเคิล (pellicle)

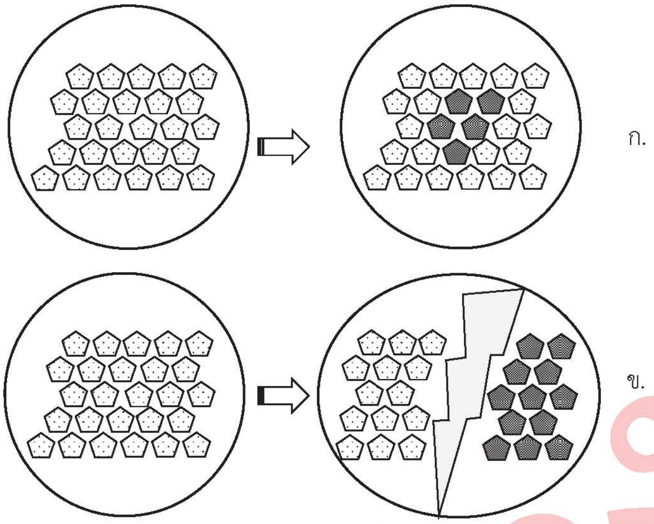
ตัวอย่าง

6.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพ

ความหลายหลายทางชีวภาพจะแปรเปลี่ยนตามละติจูด เป็นที่ทราบกันว่าบริเวณแนวใกล้เส้นศูนย์สูตรจะมีความหลากชนิดสูงสุด และความหลากชนิดจะลดลงตามละติจูดที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเข้าใกล้ขั้วโลก โดยทั่วไปความหลากชนิดในพื้นที่ใด ๆ ขึ้นอยู่กับสมดุลระหว่างการเกิดชนิดใหม่และการสูญพันธุ์ การเกิดชนิดพันธุ์ใหม่ (speciation) เป็นผลของวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตและการอพยพย้ายถิ่นเข้ามา (immigration) ในพื้นที่นั้น ๆ ล้วนส่งผลต่อการเพิ่มชนิดพันธุ์ ส่วนการสูญพันธุ์ (extinction) ซึ่งเกิดจากการที่สิ่งมีชีวิตไม่สามารถผลิตลูกหลานได้ไม่ว่ากรณีใด ๆ ก็ตาม ส่งผลต่อการลดจำนวนชนิดพันธุ์ของพื้นที่นั้น ๆ โดยปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพตามภูมิศาสตร์ได้ นอกจากนี้จำนวนชนิดยังขึ้นอยู่กับความห่างไกลของพื้นที่อีกด้วย เกาะที่อยู่ห่างไกลจากแผ่นดินใหญ่จะมีจำนวนชนิดน้อยกว่าเกาะที่อยู่ใกล้แผ่นดินใหญ่ ซึ่งสามารถอธิบายได้จากการอพยพย้ายเข้าของสิ่งมีชีวิตต้องเดินทางตามระยะทางเพื่อไปยังสิ่งแวดล้อมใหม่ สัตว์จำพวกกิ้งก่าสามารถเดินทางไปยังเกาะห่างจากแผ่นดินใหญ่ได้โดยการเกาะติดไปกับวัสดุที่สามารถลอยน้ำได้ ขณะที่นกสามารถบินไปได้ หรือเมล็ดพันธุ์ที่มีน้ำหนักเบาสามารถปลิวไปได้เป็นระยะทางไกลกว่าเมื่อเทียบกับเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ และชนิดพันธุ์ที่มีความสามารถในการแพร่กระจายได้จำกัด จะพบได้เพียงบริเวณใดบริเวณหนึ่งเท่านั้น เรียก ชนิดประจำถิ่น (endemic species) (Cox & Moore, 1993)

เมื่อเวลาผ่านไปเป็นเวลานาน ความหลากชนิดจะเพิ่มขึ้นจากกระบวนการเกิดชนิดพันธุ์ใหม่ ซึ่งเกิดขึ้นมาจาก 2 กระบวนการใหญ่ ๆ คือ allopatric speciation และ sympatric speciation (รูปที่ 6.1) allopatric speciation คือ การเกิดชนิดพันธุ์ใหม่โดยมีสิ่งกีดขวางเกิดขึ้นภายในกลุ่มประชากร ทำให้กลุ่มประชากรเดิมถูกตัดขาดออกจากกันและไม่มีการแลกเปลี่ยนยีนระหว่างประชากรทั้งสองกลุ่ม เมื่อเวลาผ่านไปเป็นเวลานาน ประชากรทั้งสองกลุ่มนี้ไม่สามารถจับคู่ผสมพันธุ์กันได้ ทำให้ความถี่ของอัลลีลของประชากรทั้งสองกลุ่มต่างกัน หรืออาจมีลักษณะที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่แตกต่างกัน จึงเกิดเป็นชนิดใหม่ขึ้น ส่วน sympatric speciation คือ การเกิดชนิดพันธุ์ใหม่ภายในกลุ่มประชากรเดิม โดยอาจเกิดจากการกลายพันธุ์ (mutation) หรืออาจเกิดจากการผสมข้ามระหว่างชนิดที่ใกล้เคียงกัน จนเกิดเป็นชนิดพันธุ์ใหม่ขึ้น จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางพันธุกรรมพบว่า เกาะขนาดใหญ่มีอัตราการเกิดชนิดพันธุ์ใหม่มากกว่าเกาะขนาดเล็ก

ตัวอย่าง



รูปที่ 6.1 รูปแบบการเกิดชนิดพันธุ์ใหม่ ก. sympatric speciation ข. allopatric speciation

ส่วนการสูญพันธุ์มีผลต่อการลดลงของความหลากชนิด โดยทั่วไปเกาะที่มีขนาดเล็กจะมีอัตราการสูญพันธุ์มากกว่าเกาะขนาดใหญ่ เนื่องจากเกาะขนาดใหญ่มีความหลากหลายของพื้นที่อาศัยมาก ทำให้มีสภาพแวดล้อมที่หลากหลายและเหมาะสมกับสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ จึงเป็นผลให้เกาะขนาดใหญ่มีความหลากชนิดมากกว่า แต่ในทางกลับกันพื้นที่ที่มีจำนวนชนิดมากก็มีอัตราการสูญพันธุ์สูงเช่นกัน เนื่องจากพื้นที่ใดที่มีความหลากชนิดมากมักจะมีจำนวนตัวในแต่ละชนิดน้อย จึงเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์สูง นอกจากนี้จำนวนชนิดมากยังส่งผลต่อการแข่งขันระหว่างสิ่งมีชีวิต ซึ่งส่งผลต่ออัตราการสูญพันธุ์ให้สูงขึ้นอีกด้วย โดยรวมเมื่อพิจารณาขนาดของแผ่นดิน ขนาดจะลดลงเมื่อละติจูดเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิเฉลี่ยจะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระหว่างละติดจูดที่ 20 องศาเหนือและใต้ และที่องศานี้แผ่นดินติดต่อกันเป็นแผ่นใหญ่ ลักษณะดังกล่าวช่วยในการลดอัตราการสูญพันธุ์ เนื่องจากเป็นแผ่นดินติดต่อกันขนาดใหญ่ มีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน จึงเป็นแหล่งอาศัยที่เหมาะสมและรองรับประชากรของสิ่งมีชีวิตได้เยอะ บริเวณเส้นศูนย์สูตรจึงมีความหลากหลายทางชีวภาพสูง

6.3 วิธีประเมินความหลากหลายทางชีวภาพ

ปัจจุบันวิธีการที่ใช้ในการประเมินความหลากหลายทางชีวภาพมีด้วยกัน 3 วิธี (Harper & Hawkworth, 1995) คือ

ตัวอย่าง

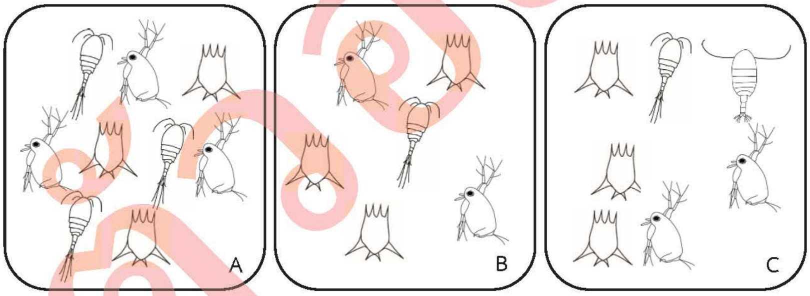
6.3.1 การตรวจวัดในระดับพันธุกรรม (molecular measurement) เป็นการตรวจวัดความหลากหลายทางชีวภาพของพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิต โดยใช้เทคนิคทางชีวโมเลกุลหาลำดับเบส หรือยีน หรือโปรตีน จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาความแตกต่าง หรือเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงของลำดับเบส หรือยีน หรือโปรตีนของสิ่งมีชีวิตนั้น ปัจจุบันการตรวจวัดในระดับพันธุกรรมเป็นวิธีที่นิยมมากและนักวิจัยได้พัฒนาเทคนิคใหม่ ๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งทำให้มีความแม่นยำมากขึ้น การตรวจวัดความหลากหลายทางชีวภาพในระดับพันธุกรรมแตกต่างจากการพิจารณาระดับชนิดที่ดูความแตกต่างของลักษณะภายนอกที่มองเห็น คือการตรวจวัดในระดับโมเลกุลจะดูความเหมือนหรือต่างของข้อมูลพันธุกรรมในดีเอ็นเอหรืออาร์เอ็นเอว่าภายใต้ลักษณะข้างนอกที่เหมือนกัน มีความหลากหลายของพันธุกรรมภายในมากน้อยอย่างไร ซึ่งในกรณีนี้ต้องใช้ความรู้ทางสถิติเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์คำนวณ

6.3.2 การตรวจวัดในระดับสายวิวัฒนาการ (phylogenetic measurement) เป็นการจัดสายวิวัฒนาการโดยการทำแผนผัง (cladistics) สามารถใช้บอกถึงระยะเวลาและความแตกต่างในเรื่องของวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด และสามารถนำมาใช้เปรียบเทียบความหลากหลายทางชีวภาพในแต่ละพื้นที่ได้ และเป็นวิธีที่ทำให้เห็นถึงทั้งความแตกต่างในเรื่องจำนวนชนิด ในเรื่องของพันธุกรรม ซึ่งสะท้อนออกมาในรูปของสายวิวัฒนาการ ปัจจุบันการตรวจวัดความหลากหลายทางชีวภาพในระดับสายวิวัฒนาการเป็นที่นิยมมากขึ้น อย่างไรก็ตามการได้มาซึ่งสายวิวัฒนาการที่สมบูรณ์ยังคงทำได้ยาก เนื่องจากความหลากหลายทางชีวภาพโดยพิจารณาจากสายวิวัฒนาการจะสมบูรณ์ได้นั้น ต้องมีข้อมูลของจำนวนชนิดของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดทุกชนิดทุกไฟลัม และข้อมูลของสารพันธุกรรมในแต่ละชนิด เพื่อนำมาวิเคราะห์ลำดับวิวัฒนาการเพื่อใช้เปรียบเทียบต่อไป อย่างไรก็ตามเชื่อว่าในอนาคตเมื่อข้อมูลมีมากขึ้น การตรวจวัดความหลากหลายทางชีวภาพระดับสายวิวัฒนาการน่าจะให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างมาก

6.3.3 การตรวจวัดในระดับชนิด (taxic measurement) เป็นการตรวจวัดความหลากหลายทางชีวภาพโดยพิจารณาชนิดของสิ่งมีชีวิต มักมีปัญหาในเรื่องของลำดับของการจัดจำแนกของสิ่งมีชีวิต เช่น การเปรียบเทียบความหลากหลายในลำดับใดของสิ่งมีชีวิตจะให้ความถูกต้องมากกว่ากัน เช่น เปรียบเทียบในระดับไฟลัม (phylum) ระดับอันดับ (order) ระดับครอบครัว (family) ระดับสกุล (genus) หรือ ระดับชนิด (species) ซึ่งจากงานวิจัยหลายงานสรุปว่า การเปรียบเทียบความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในแต่ละชนิดในระดับใดนั้นขึ้นอยู่กับสิ่งมีชีวิตแต่ละประเภท เนื่องจากสิ่งมีชีวิตบางประเภทตรวจนับได้ง่ายสามารถเปรียบเทียบในระดับชนิดได้ แต่บางประเภทตรวจนับได้ยากต้องใช้สถิติในการคำนวณอาจทำให้ผิดพลาดในการใช้ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบได้

ตัวอย่าง

การตรวจวัดในระดับชนิดสามารถวัดได้ 2 วิธีด้วยกัน คือ นับจำนวนชนิดของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดในบริเวณนั้น เรียก ความหลากชนิด (species richness) และดูการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตในพื้นที่ โดยพิจารณาจากจำนวนตัวของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ เรียก ความสม่ำเสมอของชนิด (species evenness) ความสม่ำเสมอของชนิดจะลดลงเมื่อจำนวนตัวในแต่ละชนิดมีค่าน้อย จากรูปที่ 6.2 เมื่อเปรียบเทียบความหลากชนิด และความสม่ำเสมอของชนิดของแพลงก์ตอนสัตว์ในพื้นที่ A B และ C พบว่าพื้นที่ A และ B มีความหลากชนิดเท่ากับ 3 ชนิด และพื้นที่ C มีความหลากชนิดเท่ากับ 4 ชนิด จะเห็นได้ว่าพื้นที่ C มีความหลากชนิดมากที่สุด และเมื่อพิจารณาความสม่ำเสมอพบว่า พื้นที่ A มีแพลงก์ตอนสัตว์ 3 ชนิด แต่ละชนิดมี 3 ตัว พื้นที่ B มีแพลงก์ตอนสัตว์ 3 ชนิด แต่ละชนิดมี 1 ตัว 2 ตัว และ 3 ตัว ตามลำดับ ในขณะที่พื้นที่ C มี 4 ชนิด โดยมี 2 ชนิดที่มีชนิดละ 1 ตัว และอีก 2 ชนิดมีจำนวน 2 ตัว และ 4 ตัว ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากจำนวนตัวไม่สามารถบอกได้ว่าพื้นที่ใดมีความหลากหลายมากที่สุด เช่นเดียวกับในพื้นที่จริงที่พบสิ่งมีชีวิตหลายชนิด และแต่ละชนิดมีจำนวนแตกต่างกัน ในกรณีเช่นนี้ต้องคำนวณหาดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพเพื่อช่วยในการตอบคำถามข้างต้น



รูปที่ 6.2 จำนวนและชนิดของแพลงก์ตอนในพื้นที่ A, B และ C

6.4 ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ (diversity indices)

ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ เป็นการคำนวณเพื่อให้ได้ค่าตัวเลขที่ใช้ในการเปรียบเทียบความหลากหลายในแต่ละพื้นที่ ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพที่ใช้ในปัจจุบันมีมากมายตามตารางที่ 6.1 ซึ่งดัชนีแต่ละดัชนีมีพื้นฐานในการนำมาใช้แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล

ตัวอย่าง

ตารางที่ 6.1 ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพที่นิยมใช้ คือ Shannon Wiener diversity index และ Simpson's diversity index (Magurran, 1988; Colwell & Coddington, 1994; Southwood & Henderson, 2000)

ดัชนีความหลากหลาย	สูตรคำนวณ	ผู้คิดค้น (ค.ศ.)	สัญลักษณ์
1. Shannon-Wiener diversity index	$-\sum_{i=1}^{S} p_i \ln p_i$	Shannon & Weaver (1963)	H
2. Shannon-Wiener maximal index	$\ln S$	Shannon & Weaver (1963)	H_{max}
3. Shannon-Wiener's evenness	$\frac{H_{max}}{1}$	Hurlbert (1971)	J
4. Simpson's diversity index	$\frac{1}{\sum_{i=1}^{s} p_i^2}$	Simpson (1949)	D
5. Simpson's maximal index	$\frac{1}{S}$	Simpson (1949)	D_{max}
6. Simpson's evenness	$\frac{D}{D_{max}}$	Hurlbert (1971)	E

เมื่อ S = จำนวนชนิดทั้งหมดที่พบ

p_i = สัดส่วนของจำนวนตัวของชนิด i หารด้วยจำนวนตัวทั้งหมดของทุกชนิดรวมกัน

6.5 การรายงานความหลากหลายทางชีวภาพ

การรายงานความหลากหลายทางชีวภาพมีด้วยกัน 3 ระดับ (Southwood & Henderson, 2000) คือ

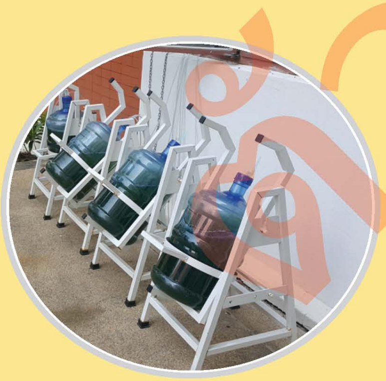
ระดับที่ 1 ความหลากหลายทางชีวภาพระดับอัลฟา (α diversity) เป็นการตรวจวัดระดับพื้นที่ โดยรายงานความหลากหลายภายในพื้นที่ศึกษาว่ามีสิ่งมีชีวิตกี่ชนิด และแต่ละชนิดมีความสม่ำเสมอเท่าไร

ระดับที่ 2 ความหลากหลายทางชีวภาพระดับเบต้า (β diversity) เป็นการเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ 2 พื้นที่ โดยนอกจากรายงานข้อมูลของแต่ละพื้นที่แล้ว ยังต้องนำข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพของทั้งสองพื้นที่มาเปรียบเทียบกันว่าเป็นอย่างไร ซึ่งการเปรียบเทียบอาจมีมากกว่า 2 พื้นที่ก็ได้

ตัวอย่าง

เทคโนโลยีชีวภาพของสาหร่ายและแพลงก์ตอน

ตำราเล่มนี้ผู้เขียนได้รวมความรู้พื้นฐานทางสาหร่ายและแพลงก์ตอนและการนำสาหร่ายและแพลงก์ตอนไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ไว้ด้วยกัน เพื่อหวังว่าผู้เรียนและผู้อ่านจะได้ประจักษ์ถึงความสำคัญและแนวทางการศึกษาวิจัยทางด้านสาหร่ายและแพลงก์ตอนทางเทคโนโลยีชีวภาพ โดยมีเนื้อหาประกอบด้วยความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสาหร่ายและแพลงก์ตอน บทบาทและความสำคัญของสาหร่ายและแพลงก์ตอน การคัดแยก การเพาะเลี้ยง และการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายและแพลงก์ตอน รวมทั้งการประยุกต์ใช้สาหร่ายและแพลงก์ตอนในงานด้านเทคโนโลยีชีวภาพต่างๆ ดังนี้ การใช้สาหร่ายและแพลงก์ตอนในการประเมินความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้สาหร่ายและแพลงก์ตอนในงานทางเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตรโดยใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพและเป็นฮอร์โมนพืช การใช้สาหร่ายและแพลงก์ตอนในงานทางเทคโนโลยีชีวภาพทางอุตสาหกรรมโดยการผลิตพอลิแซ็กคาไรด์และการสกัดสารสีไฟโคไซยานิน และการใช้สาหร่ายและแพลงก์ตอนในงานทางเทคโนโลยีชีวภาพทางสิ่งแวดล้อม โดยใช้ดูดซับโลหะหนักและใช้ทดสอบความเป็นพิษของแหล่งน้ำ ทั้งนี้ตำราเล่มนี้ยังได้สอดแทรกบทปฏิบัติการเพื่อประกอบความเข้าใจมากยิ่งขึ้น



ตัวอย่าง

ดร.สุเปญญา จิตตพันธ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ISBN 978-616-314-246-7
9 786163 142467
ราคา 160 บาท
หมวดวิทยาศาสตร์
http://www.thammasatpress.tu.ac.th