บทปฏิบัติการที่ 7

กระบวนการต่าง ๆ ในพืช

7.1 การลำเลียงในพืช

การที่พืชสามารถวิวัฒนาการมาอยู่บนบกและมีขนาดใหญ่โตได้ ก็เนื่องจากมีเนื้อเยื่อลำเลียงค่อยๆ ปรากฏขึ้นในส่วนต่าง ๆ ของมัน การมีกิ่งก้านและใบเป็นจำนวนมากของพืชบกช่วยให้สามารถดูดกลืนแสงและคาร์บอนไดออกไซด์ได้มาก แต่มันก็ต้องสูญเสียน้ำผ่านทางพื้นผิวดังกล่าวไปจำนวนมาก จึงจำเป็นต้องมีระบบรากที่แผ่กว้างเพื่อสูบน้ำและเกลือแร่ในดินขึ้นมา แล้วลำเลียงไปยังส่วนต่าง ๆ ที่อยู่ในดิน และยังต้องมีเนื้อเยื่อสำหรับลำเลียงคาร์โบไฮเดรตที่ผลิตขึ้นในใบไปยังเซลล์ที่มีชีวิตทั้งหมดด้วย พืชสามารถทำสิ่งเหล่านี้ได้ ก็เพราะมีวิวัฒนาการของเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำและเกลือแร่ คือ ไซเลม และเนื้อเยื่อลำเลียงอาหารคือโฟลเอ็มขึ้น

พืชลำเลียงน้ำและเกลือแร่โดยอาศัยการลำเลียงทางไซเลม ส่วนการลำเลียงในโฟลเอ็ม เป็นการลำเลียงสารอินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งได้แก่ น้ำตาล กรดอินทรีย์ กรดอะมิโน และฮอร์โมนบางชนิด ทิศทางการลำเลียงเกิดขึ้นได้ทั้งในแนวขึ้นและลง ซึ่งแตกต่างจากการลำเลียงน้ำและเกลือแร่ทางไซเลม ที่มีทิศทางการลำเลียงในแนวขึ้นอย่างเดียว

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้ศึกษา

ศึกษาส่วนของพืชที่ใช้ในการลำเลียงน้ำ แร่ธาตุ และส่วนของพืชที่ใช้ลำเลียงอาหารที่พืชสร้างขึ้น

เนื้อหา

ไซเลมและโฟลเอ็มเป็นเนื้อเยื่อลำเลียงที่ประกอบด้วยกลุ่มเซลล์หลายชนิดมาทำหน้าที่ในการลำเลียง ซึ่งจะอยู่เป็นกลุ่มๆ ติดต่อตั้งแต่ราก ลำต้น กิ่ง ใบ ในพืชใบเลี้ยงคู่ มัดท่อน้ำท่ออาหารจะเรียงเป็นวงรอบลำต้น ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะเรียงกระจายทั่วลำต้น ไซเลมทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและเกลือแร่จากดินไปยังทุกส่วนของพืช ประกอบด้วยเนื้อเยื่อที่ลำเลียงน้ำ ได้แก่ เทรคีด (tracheid) และ เวสเซลเมมเบอร์ (vessel member) พร้อมกับพาเรนไคมาเซลล์ (parenchyma cell) ที่มีชีวิตกระจัดกระจายอยู่ และไฟเบอร์ (fiber) ที่ช่วยพยุง เวสเซลล์เมมเบอร์เป็นเซลล์ที่สามารถลำเลียงน้ำได้ดี เป็นเซลล์ที่ไม่มีชีวิตเรียงต่อกันเป็นท่อยาว เรียกว่า เวสเซล (vessel) ผนังด้านหัวและท้ายระหว่างเซลล์สลายไปส่วนใหญ่เหลือรูเอาไว้ ด้วยเหตุนี้เวสเซลเมมเบอร์จึงเป็นท่อน้ำที่มีประสิทธิภาพ ส่วนโฟลเอ็มเซลล์ที่ทำหน้าที่ลำเลียงได้ดีคือ เซลล์หลอดตะแกรง (sieve tube member) เป็นเซลล์ที่อยู่ติดกับเซลล์ประกบ (companion cell) นอกจากนี้ยังประกอบด้วยเนื้อเซลล์พาเรนไคมา และไฟเบอร์ซึ่งเป็นเซลล์ผนังหนาที่ช่วยพยุงลำต้นและใบ

กิจกรรมนักศึกษา

1. ทำแบบทดสอบก่อนเรียน
2. แบ่งกลุ่มประมาณ 5-6 คน
3. ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง การลำเลียงในพืช
4. สรุปรายงานการทดลองและนำเสนอ
5. ทำแบบฝึกหัด
6. ทำแบบทดสอบหลังเรียน

อุปกรณ์/เครื่องมือ

1. ต้นเทียนขนาดกลางหรือต้นกระสังหรือต้นขึ้นฉ่าย (ต้นที่ยังสด)
2. ขวดปากกว้างใส่น้ำประมาณค่อนขวดใส่สีแดงผงลงไปเล็กน้อย
3. กล้องจุลทรรศน์
4. แผ่นสไลด์และกระจกปิด
5. จานแบน
6. ใบมีดโกน
7. สไลด์ถาวรของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่
8. สไลด์ถาวรของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่

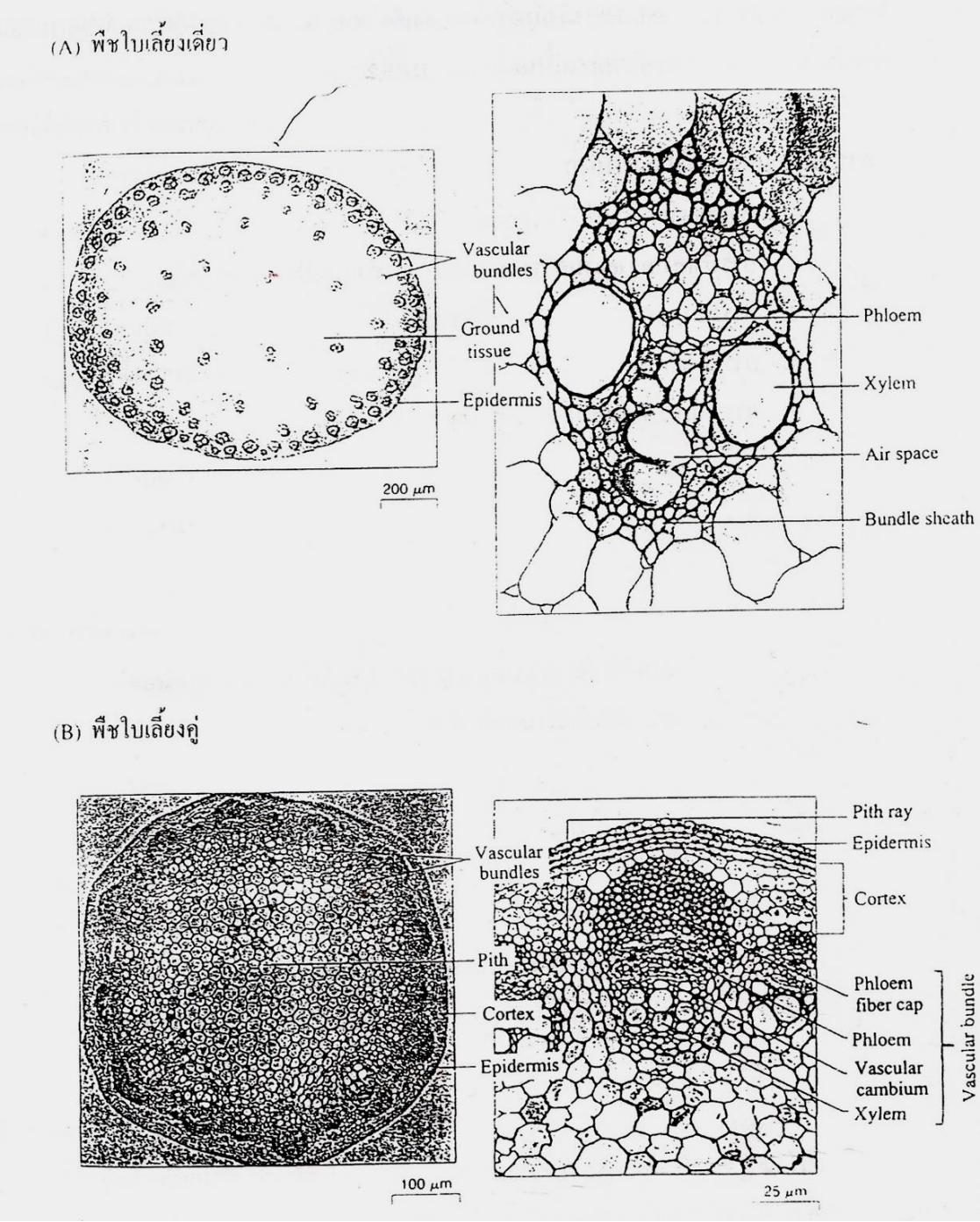
วิธีการทดลอง

1. จุ่มต้นเทียน/ต้นกระสัง/ขึ้นฉ่าย ให้ปลายรากแช่ในน้ำสีแดงประมาณ 2 ชั่วโมง
2. นำต้นเทียนมาซับสีที่เปียกตามรากและลำต้น สังเกตลักษณะทางสีแดงที่ปรากฏที่ลำต้นและใบ บันทึกผล
3. ใช้ใบมีดตัดลำต้นเทียนตามขวาง ด้วยวิธี free hand cross section นำไปทำ wet mount แล้วนำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ วาดรูปและบันทึกผล
4. ใช้ใบมีดโกนตัดส่วนของลำต้นเทียนตามยาว โดยวิธีการเช่นเดียวกันกับข้อ 3 วาดรูปและบันทึกผล
5. นำสไลด์ถาวรของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่ ส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ วาดรูปและบันทึกผล (เปรียบเทียบกับรูปที่ 1)

การวัดผลและการประเมินผล

1. สังเกตจากการปฏิบัติการทดลอง
2. การนำเสนอรายงานการทดลองและการทำแบบฝึกหัด

3. การตรงต่อเวลาและความรับผิดชอบ
4. การรักษาความสะอาดของห้องปฏิบัติการและการดูแลรักษาอุปกรณ์
5. การทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน



ภาพที่ 7.1 เนื้อเยื่อพืชในส่วนของลำต้นตัดตามขวาง (A) พืชใบเลี้ยงเดี่ยว และ (B) พืชใบเลี้ยงคู่ (Solomon *et al*., 1993)

รายงานผลการทดลอง

เรื่อง การลำเลียงในพืช

หมู่เรียน.....กลุ่มพื้นฐาน.....โปรแกรมวิชา.....กลุ่มปฏิบัติการที่.....

ชื่อผู้รายงาน 1.....รหัส.....

2.....รหัส.....

3.....รหัส.....

4.....รหัส.....

5.....รหัส.....

6.....รหัส.....

วันที่ทำการทดลอง.....

****

จากการทดลองให้นักศึกษาบันทึกผลการทดลองดังต่อไปนี้

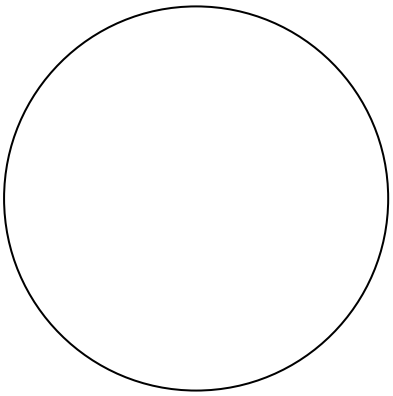
เมื่อจุ่มรากพืชลงในน้ำแล้วเกิดปรากฏการณ์อย่างไร

.....

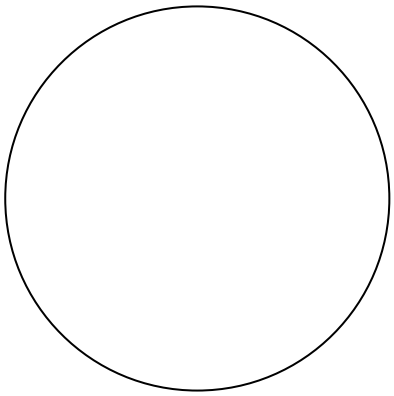
.....

.....

จงวาดรูปลักษณะของเนื้อเยื่อลำเลียงของต้น.....(ให้ระบุส่วนใดที่ติดสีแดง)

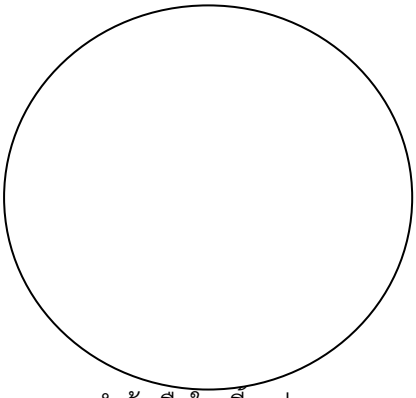


ภาพตามขวาง

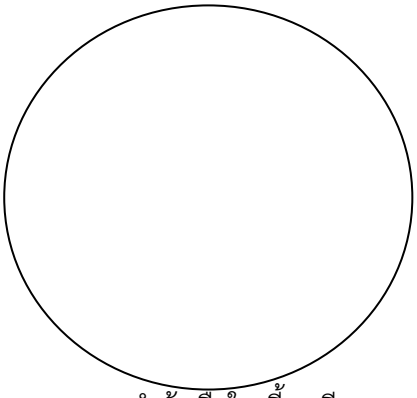


ภาพตามยาว

จงวาดรูปลักษณะของเนื้อลำเลียงจากสไลด์ถาวร (พร้อมระบุว่าส่วนใหนคือมัดท่อลำเลียง)



ลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่



ลำต้นพืชใบเลี้ยงเดียว

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบฝึกหัด

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. สีแดงที่ปรากฏตามความยาวของลำต้นเทียน (หรือขึ้นฉ่าย/ต้นกระสัง) เกิดขึ้นได้อย่างไร

.....

.....

.....

2. ไซเลมและโฟลเอ็ม มีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

3. มัดท่อลำเลียงของลำต้นพืชที่ใช้ทดสอบ มีลักษณะอย่างไร

.....

.....

.....

7.2 การคายน้ำของพืช

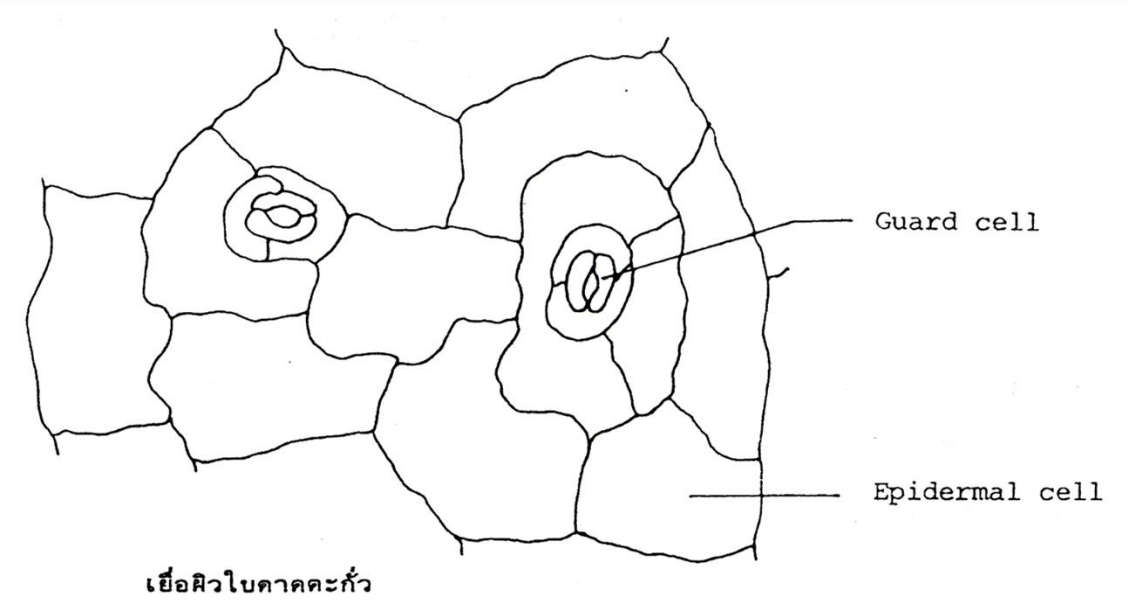
พืชมีการสูญเสียน้ำตลอดเวลาจากส่วนต่าง ๆ ของต้นพืช การสูญเสียน้ำส่วนใหญ่เกิดขึ้นผ่านทางปากใบ อัตราการสูญเสียน้ำหรืออัตราการคายน้ำของพืชชนิดต่าง ๆ อาจแตกต่างได้ ขึ้นอยู่กับลักษณะทางโครงสร้างและสรีรวิทยาของพืชแต่ละชนิด และปัจจัยต่าง ๆ ในสภาพแวดล้อม เช่น แสง อุณหภูมิ ความชื้น กระแสลม และปริมาณน้ำในดิน

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้ศึกษา

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกลไกการคายน้ำและปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำของพืช
2. สามารถเตรียมสไลด์เพื่อศึกษาลักษณะของปากใบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ได้

เนื้อหา

การคายน้ำ คือ การสูญเสียน้ำในรูปของไอน้ำจากพืชที่มีชีวิตสู่บรรยากาศ ส่วนมากน้ำที่สูญเสียไปในระหว่างกลางวันจะแพร่ออกทางปากใบ และมีน้ำอีกจำนวนเล็กน้อย (5-10% ของอัตราการคายน้ำเมื่อปากใบเปิด) ระเหยผ่านเคลือบผิวโดยตรง จึงแบ่งการคายน้ำเป็น 2 ประเภท คือ การคายน้ำทางปากใบ (stomatal transpiration) และการคายน้ำทางเคลือบผิว (cuticular transpiration) ซึ่งใบเป็นอวัยวะที่มีความเกี่ยวข้องกับการคายน้ำและมีความสำคัญมากที่สุด เมื่อตัดใบตามขวางแล้วส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นส่วนต่าง ๆ ของใบ ที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับการคายน้ำคือ ปากใบ ซึ่งจะอยู่ในส่วนที่เป็นผิวใบ หรือส่วนอีพิเดอร์มิส (epidermis) ซึ่งจะมีเซลล์ทำหน้าที่ให้ก๊าซผ่านเข้า – ออกจากพืช โดยก๊าซจะผ่านเข้าช่องว่างระหว่างเซลล์ที่รูปร่างคล้ายเมล็ดถั่วเรียกว่า guard cell หรือเซลล์คุม ส่วนช่องที่ให้ก๊าซเข้า – ออกที่ผิวใบ เรียกว่า stomata หรือปากใบ (ภาพที่ 7.2) ซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ป้องกันมิให้มีการระเหยของน้ำออกจากใบมากเกินไป



ภาพที่ 7.2 แสดงโครงสร้างของปากใบ

กระบวนการคายน้ำของใบ เกิดขึ้นโดยเมื่อน้ำถูกลำเลียงไปถึงใบจะซึมเข้าไปในเซลล์ใบ บรรจุจนเต็มแวคิวโอล ประกอบขึ้นเป็นปริมาตรส่วนใหญ่ของไซโทพลาซึมและซึมซาบเข้าไปข้างในผนังเซลล์ ดังนั้นผนังเซลล์ที่อยู่รอบช่องอากาศระหว่างเซลล์จึงชื้น และเพราะว่าผนังเซลล์ชื้นนี่เองอากาศในช่องจึงเกือบจะอิ่มด้วยไอน้ำ (มีไอน้ำอยู่ประมาณ 2-4 เปอร์เซนต์โดยปริมาตร) ปกติแล้วความดันไอ (vapor pressure) ของน้ำในช่องเหล่านี้จะสูงกว่าบรรยากาศข้างนอก (ดังเช่นวันที่ท้องฟ้าโปร่งแดดจ้า อากาศข้างนอกจะมีไอน้ำ 1-2 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งเมื่ออากาศรอบใบไม่อิ่มตัวแต่ค่อนข้างแห้ง โมเลกุลของไอน้ำจึงแพร่จากอากาศที่อิ่มตัวในใบผ่านปากใบออกมายังอากาศข้างนอกที่อิ่มตัวน้อยกว่าและมีความดันไอต่ำกว่า จึงเกิดการคายน้ำเกิดขึ้น

การควบคุมการปิด- เปิดปากใบเป็นวิธีการสำคัญที่สุดในการควบคุมการคายน้ำ ปากใบส่วนมากจะปิดในที่มืด จำกัดการคายน้ำในเวลากลางคืนให้มีค่าต่ำกว่าในเวลากลางวันมาก การปิดของปากใบจำกัดการคายน้ำได้ เพราะว่าการระเหยของน้ำจากพื้นผิวข้างนอกของใบโดยตรงหรือที่เรียกว่า การคายน้ำทางเคลือบผิวนั้นส่วนมากถูกป้องกันโดยเคลือบผิวและไขที่พื้นผิวของเอพิเดอร์มิส ปกติปากใบจะปิดเมื่อใบจวนจะหมดน้ำที่นำมาใช้ได้ ที่เรียกว่า สถานะขาดน้ำในใบ (water stress) โดยการกำจัดการคายน้ำดังกล่าว ปากใบและเคลือบผิวก็สามารถป้องกันเซลล์ใบไม่ให้ได้รับอันตรายหรือตายเพราะการแห้งเหี่ยวในระหว่างการขาดน้ำ ซึ่งพืชบกทั้งมวลจะต้องประสบอย่างน้อยก็บางครั้งบางคราว อย่างไรก็ตามการปิดของปากใบจะขวางกั้นการนำคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ และเป็นผลให้การสังเคราะห์ด้วยแสงหยุดได้ ด้วยเหตุนี้การขาดน้ำในใบ เช่น ในฤดูแล้งหรือในพื้นที่แห้งแล้ง ไม่มีการชลประทาน จะจำกัดการเติบโตของพืชอย่างมากเมื่อเทียบกับพวกที่ขึ้นอยู่ในที่ชื้นกว่า

กิจกรรมนักศึกษา

1. ทำแบบทดสอบก่อนเรียน
2. แบ่งกลุ่มประมาณ 5-6 คน
3. ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง การคายน้ำโดยใช้ครอบแก้ว
4. สรุปรายงานการทดลองและนำเสนอ
5. ทำแบบฝึกหัด
6. ทำแบบทดสอบหลังเรียน

อุปกรณ์/เครื่องมือ

1. กิ่งไม้ที่ตัดใหม่ๆ
2. บีกเกอร์ขนาด 500 มล. 1 ใบ
3. ครอบแก้ว
4. น้ำมันมะพร้าว/น้ำมันพืช
5. โคมไฟ
6. น้ำยาเคลือบเงาเล็บ
7. ใบไม้
8. สไลด์และกระจกปิดสไลด์
9. กล้องจุลทรรศน์
10. ใบมีด
11. จานแก้ว
12. พู่กัน

วิธีการทดลอง

กิจกรรมที่ 1 การคายน้ำโดยใช้ครอบแก้ว

1. ใส่น้ำในบีกเกอร์แล้วนำกิ่งไม้ที่ตัดใหม่ๆ แช่ลงในน้ำ
2. เทน้ำมันมะพร้าวลงบนผิวหน้าของน้ำ นำครอบแก้วมาครอบไว้แล้วนำไปตั้งในที่สว่าง(อาจใช้โคมไฟช่วยส่อง)
3. ทำเช่นเดียวกันอีกชุดหนึ่ง แต่ไม่ใส่กิ่งไม้แล้วนำไปตั้งไว้ในบริเวณเดียวกัน ทิ้งไว้สักครู่ บันทึกผล (สังเกตการเกิดไปน้ำ)

กิจกรรมที่ 2 การดูปากใบด้วยกล้องจุลทรรศน์

- นำน้ำยาเคลือบเงาเล็บทาลงบนใบไม้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 1x1 เซนติเมตร บนผิวใต้ใบ เมื่อน้ำยาเคลือบเงาเล็บแห้งสนิทให้ลอกออกมาวางบนสไลด์ ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ แล้วนำไปส่องดูดด้วยกล้องจุลทรรศน์ ทำเช่นเดียวกันกับผิวด้านบนของใบ วาดรูปที่เห็นจากกล้องจุลทรรศน์และบันทึกผล

(หรือลอกส่วนผิวของใต้ใบออกให้บางที่สุด แล้วตัดให้เป็นรูปสี่เหลี่ยม นำไปวางบนสไลด์แล้วหยดน้ำ 1 หยด ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ นำไปดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ วาดรูปที่เห็นจากกล้องจุลทรรศน์แล้วบันทึกผล)

หมายเหตุ ให้นักศึกษาปฏิบัติการทดลองทั้ง 2 วิธี

การวัดผลและการประเมินผล

1. สังเกตจากการปฏิบัติการทดลอง
2. การนำเสนอรายงานการทดลองและการทำแบบฝึกหัด
3. การตรงต่อเวลาและความรับผิดชอบ
4. การรักษาความสะอาดของห้องปฏิบัติการและการดูแลรักษาอุปกรณ์
5. การทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

รายงานผลการทดลอง

เรื่อง การคายน้ำของพืช

หมู่เรียน.....กลุ่มพื้นฐาน.....โปรแกรมวิชา.....กลุ่มปฏิบัติการที่.....

ชื่อผู้รายงาน 1.....รหัส.....

2.....รหัส.....

3.....รหัส.....

4.....รหัส.....

5.....รหัส.....

6.....รหัส.....

วันที่ทำการทดลอง.....

****

จากการทดลองให้นักศึกษาบันทึกผลการทดลองดังต่อไปนี้

กิจกรรมที่ 1 การคายน้ำโดยใช้ครอบแก้ว

ครอบแก้วที่มีกิ่งไม้เมื่อตั้งทิ้งไว้ มีปรากฏการณ์ใดเกิดขึ้น.....

แตกต่างจากครอบแก้วที่ไม่มีกิ่งไม้อย่างไร.....

เป็นเพราะเหตุใด.....

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

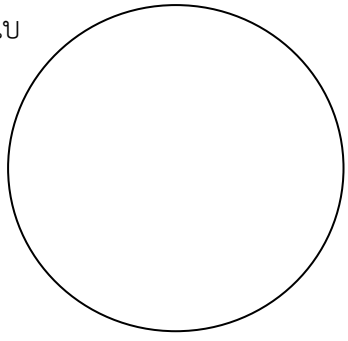
.....

.....

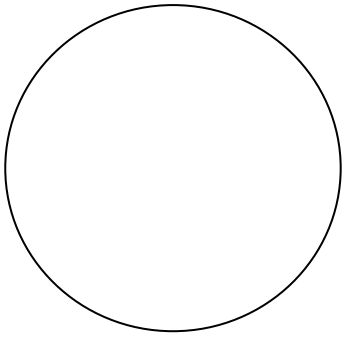
กิจกรรมที่ 2 การดูปากใบด้วยกล้องจุลทรรศน์

จงวาดรูปเปรียบเทียบลักษณะที่เห็นจากกล้องจุลทรรศน์

ผิวหน้าใบ

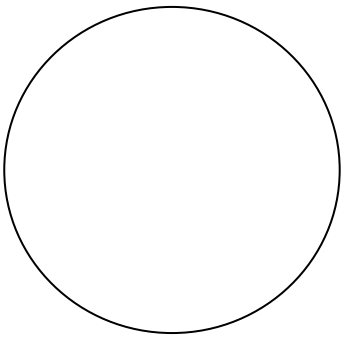


ผิวใต้ใบ



จงวาดรูปลักษณะปากใบ

พบปากใบที่.....



สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

แบบฝึกหัด

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เหตุใดจึงใส่น้ำมันมะพร้าวลงบนผิวหน้าของน้ำ

.....

.....

2. การจัดครอบแก้วอีกชุดหนึ่งแต่ไม่ใส่กิ่งไม้ แล้วนำมาตั้งไว้ใกล้ๆ กันนั้น มีประโยชน์อย่างไร

.....

.....

3. ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่ออัตราการคายน้ำ และปัจจัยเหล่านั้นมีผลต่อการคายน้ำอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

4. พบปากใบบริเวณผิวด้านใดของใบ เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

.....

.....

...

7.3 การแยกรงควัตถุต่าง ๆ จากใบพืช

เมื่อแสงส่องกระทบวัตถุใด ๆ ก็ตาม แสงจะถูกสะท้อนกลับ แสงจะส่องผ่านทะลุวัตถุหรือแสงจะถูกดูดกลืนโดยวัตถุนั้น สารที่ดูดกลืนแสงที่ตามองเห็นได้ (visible light) สารนี้เรียกว่า สารสี (pigments) สารสีต่างชนิดกันจะดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นต่างกัน และความยาวคลื่นที่ถูกดูดกลืนจะหายไป ถ้าสารสีดูดกลืนความยาวคลื่นทั้งหมด สารสีจะปรากฏเป็นสีดำ ถ้าใช้แสงสีขาวส่องไปที่สารสี สีที่เห็นคือสีที่ถูกสะท้อนหรือส่องผ่านทะลุสารสีนั้น การที่เรามองเห็นใบไม้เป็นสีเขียวเพราะคลอโรฟิลล์ดูดกลืนแสงสีแดงและน้ำเงินขณะเดียวกันปล่อยให้แสงสีเขียวผ่านทะลุผ่านหรือสะท้อนกลับมา ความสามารถของสารสีในการดูดกลืนความยาวคลื่นสามารถวัดได้ในเชิงปริมาณ โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า สเปคโทรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer)

ใบไม้ของพืชส่วนใหญ่มีสีเขียว บางชนิดมีสีแตกต่างกันไป การที่มีใบไม้มีสีต่าง ๆ แสดงว่าใบไม้ประกอบด้วยสารสีชนิดเดียวหรือไม่ และแม้แต่ใบไม้ที่มีสีเขียวล้วน ๆ นักศึกษาจะพิสูจน์ได้อย่างไรว่าใบไม้นั้นประกอบด้วยสารสีชนิดเดียวหรือประกอบด้วยสารสีหลายชนิด

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้ศึกษา

1. สกัดและแยกสารสีจากใบไม้ได้
2. จัดชุดเครื่องมือเทคนิคเปเปอร์โครมาโทกราฟีได้

เนื้อหา

รงควัตถุที่ทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสง เป็นสารประกอบประเภทไขมัน ซึ่งอยู่ภายใน คลอโรพลาสต์ อาจสกัดรงควัตถุออกมาได้ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) เช่น ethyl alcohol รงควัตถุที่สกัดได้นี้ อาจนำมาแยกได้เป็นชนิดต่าง ๆ ได้หลายวิธี เช่น วิธีที่เรียกว่า เปเปอร์โครมาโทรกราฟี (paper chromatography) วิธีนี้มักจะใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิดผสมกันและมีกระดาษ-กรองทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้ตัวทำละลายเคลื่อนขึ้นไปตามความยาวของกระดาษ รงควัตถุต่างชนิดกันจะถูกแยกออกจากกัน โดยอาศัยหลักการ 2 ข้อ คือ ข้อหนึ่ง เมื่อตัวทำละลายเคลื่อนผ่าน รงควัตถุที่อยู่บนกระดาษ รงควัตถุต่างชนิดกันจะละลายปนไปกับตัวทำละลายนั้นเป็นส่วนใหญ่ และข้อสอง ตัวทำละลายแต่ละชนิดจะเคลื่อนที่ไปบนกระดาษกรองด้วยความเร็วไม่เท่ากัน เนื่องจากถูกดูดซับบนกระดาษกรองไม่เท่ากัน รงควัตถุที่ละลายปนอยู่กับตัวทำละลายก็จะเคลื่อนที่ไปตามกระดาษกรองด้วยความเร็วที่ไม่เท่ากันด้วย

กิจกรรมนักศึกษา

1. ทำแบบทดสอบก่อนเรียน
2. แบ่งกลุ่มประมาณ 5-6 คน
3. ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง การออสโมซิส

4. สรุปรายงานการทดลองและนำเสนอ
5. ทำแบบฝึกหัด
6. ทำแบบทดสอบหลังเรียน

อุปกรณ์/เครื่องมือ

1. ใบพืชสดที่มีสีเขียว 1 – 2 กรัม
2. โกร่งพร้อมที่บด
3. อะซิโตน 10 มล.
4. โครมาโตกราฟิคโซลเวนทท์ 10 มล. (ใช้ petroleum ether ผสมกับ acetone ในอัตราส่วน 9 : 1)
5. กระดาษกรอง เช่น whatman # 1
6. หลอดทดลองพร้อมจุกคอร์ค ϕ 150 มม.
7. เข็มหมุด 1 เล่ม
8. ก้านไม้ขนาดเล็กปลายแหลม 1 ก้าน
9. test tube rack 1 อัน
10. กรรไกร

วิธีการทดลอง

1. วิธีแยกรงควัตถุออกจากใบพืช

นำใบพืชประมาณ 1 – 2 กรัม มาฉีกเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วใส่ลงในโกร่งเติม acetone ลงไปในโกร่งประมาณ 5 – 6 มล. ตำใบพืชให้ละเอียด รงควัตถุในใบพืชจะละลายอยู่ใน acetone สารละลายนี้เรียกว่า acetone extract

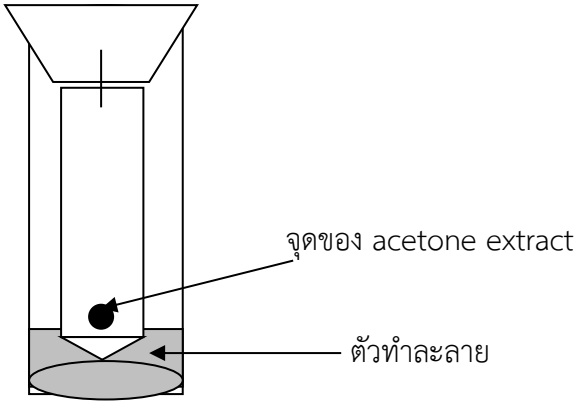
2. เตรียมอุปกรณ์ paper chromatography

ตัดกระดาษกรองขนาดยาวประมาณ 10 ซม. กว้างประมาณ 1 ซม. จำนวน 1 แผ่น ตัดปลายกระดาษกรองข้างหนึ่งให้แหลม ใช้เข็มหมุดเจาะปลายกระดาษอีกด้านหนึ่งแล้วปักลงที่จุกคอร์ค (กระดาษกรองจะแขวนอยู่กับเข็มหมุด) แล้วนำไปใส่ในหลอดทดลอง โดยให้ปลายกระดาษกรองอยู่เหนือก้นหลอดทดลองขึ้นมาเล็กน้อย ทำเครื่องหมายไว้ที่ข้างหลอดทดลองให้ตรงกับปลายกระดาษกรองแล้วนำกระดาษกรองและจุกคอร์คออกจากหลอดทดลอง นำตัวทำละลาย (chromatographic solvent) ใส่ลงในหลอดทดลอง โดยให้ระดับผิวของตัวทำละลายสูงกว่าขีดที่ทำเป็นเครื่องหมายไว้ประมาณ 0.5 ซม. (ดังภาพที่ 7.3)

3. วิธีแยกรงควัตถุชนิดต่าง ๆ

นำก้านไม้จุ่มลงใน acetone extract แล้วนำไปหยดบนกระดาษกรอง ให้ห่างจากปลายกระดาษกรองด้านแหลมประมาณ 1 – 1.5 ซม. แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้แห้ง ทำเช่นนี้อีก 2 – 3 ครั้ง จนกระทั่งขนาดของจุดของ acetone extract มีขนาดกว้างประมาณ 0.3 – 0.5 ซม.

เมื่อ acetone extract บนกระดาษกรองแห้งดีแล้ว นำกระดาษกรองใส่ลงในหลอดทดลอง ให้ปลายกระดาษกรองจุ่มอยู่ใน chromatographic solvent และให้จุด acetone extract อยู่เหนือระดับ chromatographic solvent พอประมาณ (ดังภาพที่ 7.3) นำหลอดทดลองไปตั้งไว้บน test tube rack โดยให้หลอดทดลองตั้งอยู่ในแนวดิ่งและอย่าให้กระดาษกรองสัมผัสกับข้างหลอดทดลองปล่อยให้ chromatographic solvent ขึ้นมาตามกระดาษกรอง นักศึกษาจะสังเกตเห็นโครมาโทรแกรม (chromatogram) เกิดขึ้น เมื่อตัวทำละลายเคลื่อนที่จนเกือบจะถึงขอบบน ให้ดึงแผ่นกระดาษกรองออก ตั้งทิ้งไว้จนแห้ง



ภาพที่ 7.3 การเตรียมอุปกรณ์ paper chromatography

การวัดผลและการประเมินผล

1. สังเกตจากการปฏิบัติการทดลอง
2. การนำเสนอรายงานการทดลองและการทำแบบฝึกหัด
3. การตรงต่อเวลาและความรับผิดชอบ
4. การรักษาความสะอาดของห้องปฏิบัติการและการดูแลรักษาอุปกรณ์
5. การทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

รายงานผลการทดลอง

เรื่อง การแยกรงควัตถุต่างๆ จากใบพืช

หมู่เรียน.....กลุ่มพื้นฐาน.....โปรแกรมวิชา.....กลุ่มปฏิบัติการที่.....

ชื่อผู้รายงาน 1.....รหัส.....

2.....รหัส.....

3.....รหัส.....

4.....รหัส.....

5.....รหัส.....

6.....รหัส.....

วันที่ทำการทดลอง.....

****

จากการทดลองให้นักศึกษาบันทึกผลการทดลองดังต่อไปนี้

จงแสดงลักษณะของโครมาโทแกรมที่เกิดขึ้น (วาดรูปพร้อมอธิบาย)

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบฝึกหัด

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. รงควัตถุเหล่านี้อยู่ในตำแหน่งใดในเซลล์ และมีหน้าที่อย่างไรในการสังเคราะห์แสง

.....

.....

.....

.....

2. รงควัตถุที่แยกได้จากวิธี เปเปอร์โครมาโทกราฟี มีสีใดบ้าง .....

.....และรงควัตถุที่เคลื่อนที่ตามกระดาษกรองได้เร็วที่สุดคือ.....

.....ช้าที่สุดคือ.....ซึ่งแสดงว่า.....

.....

3. เหตุใดตัวทำละลายจึงละลายรงควัตถุได้มากน้อยต่างกัน

.....

.....

.....

7.4 อิทธิพลของแสง และ CO_2 ที่มีต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

สิ่งมีชีวิตจำเป็นต้องอาศัยอาหาร เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานในกิจกรรมต่าง ๆ ของชีวิต พืชและสัตว์ได้อาหารมาจากแหล่งที่ต่างกัน สัตว์ซึ่งเป็นผู้บริโภคได้อาหารจากการบริโภคพืชหรือบริโภคสัตว์ด้วยกัน ซึ่งเรียกว่ามีการดำรงชีพแบบเฮเทอโรโทรฟิก (heterotrophic) แต่สำหรับพืชนั้นเป็นผู้ผลิตอาหารที่ได้รับมาจากการกระบวนการสร้างอาหารของพืชเองโดยตรง โดยใช้อนินทรีย-สารจำพวกคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำมาเปลี่ยนเป็นอินทรียสาร เช่น น้ำตาลและแป้ง นอกจากพืชแล้วยังพบว่าแบคทีเรียบางชนิดก็สามารถสร้างอาหารได้เช่นเดียวกันกับพืช สิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างอาหารจำพวกอินทรียสารได้จากอนินทรียสารเช่นนี้เรียกว่า มีการดำรงชีวิตแบบออโตโทรฟิก (autotrophic)

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้ศึกษา

1. ศึกษาอิทธิพลของแสงและ CO_2 ที่มีต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช
2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

เนื้อหา

การสังเคราะห์ด้วยแสง หรือ Photosynthesis คือ กระบวนการใช้พลังงานแสงสว่าง สร้างคาร์โบไฮเดรตจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน (ซึ่งอาจมาจากน้ำหรือแหล่งให้ไฮโดรเจนอื่น) โดยเซลล์ของสิ่งมีชีวิตที่มีรงควัตถุ ซึ่งสามารถดูดพลังงานแสงได้ เช่น พืชสีเขียวหรือแบคทีเรียบางชนิด ผลพลอยที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของพืชสีเขียวคือ ออกซิเจนและน้ำ การสังเคราะห์แสงของพืชสีเขียวนี้ ประกอบขึ้นด้วยกระบวนการทางเคมีขั้นต่างๆ ยุ่งยากสลับซับซ้อนมาก แต่พอจะเขียนเป็นสมการเคมีง่ายๆ สรุปได้ ดังนี้คือ

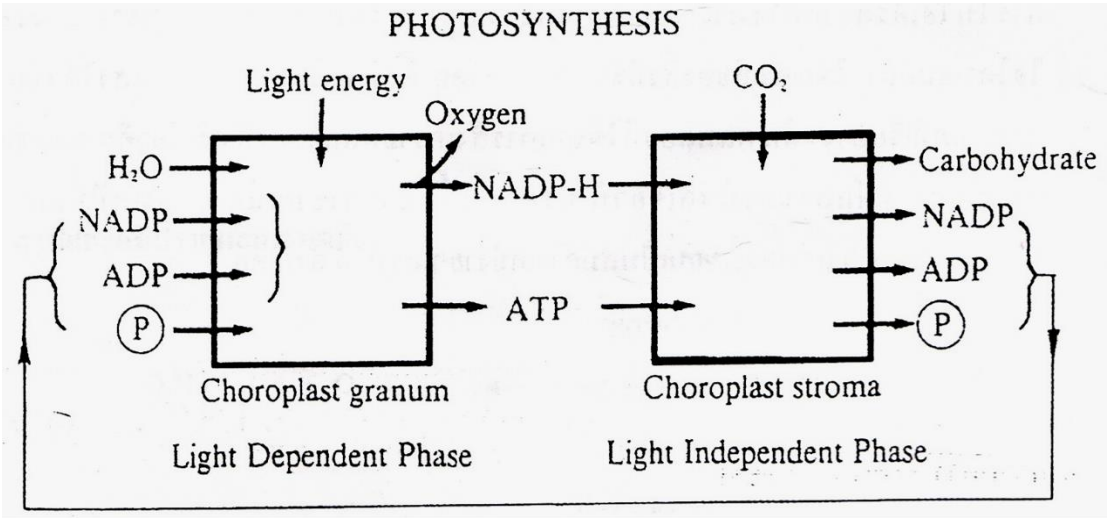
$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{chlorophyll}]{\text{light energy}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$

(in living cell) glucose

การที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาจำเป็นต้องใช้พลังงาน ซึ่งได้มาจากแสงสว่าง เมื่อเกิดปฏิกิริยาแล้ว พลังงานดังกล่าวหายไปไหน? ทุกคนเชื่อว่าในคาร์โบไฮเดรต (น้ำตาล แป้ง ฯลฯ) มีพลังงานสะสมเอาไว้มากมาย หรือแม้แต่ในเซลลูโลสหรือสารประกอบที่เอามาทำกระดาษก็มีพลังงานมากมาย เช่น ถ้าเราเผาก็จะได้พลังงานมาก ดังนั้นเมื่อเกิดการสังเคราะห์แสงแล้ว พลังงานจะเข้าไปอยู่ในอณูของน้ำตาลที่สร้างขึ้นมานั่นเอง ด้วยเหตุนี้ในการให้คำจำกัดความบางทีจึงกล่าวว่า การสังเคราะห์ด้วยแสงเป็น การเปลี่ยนพลังงานแสงสว่างให้เป็นพลังงานเคมี (หรือพลังงานศักย์)

กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงมี 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกคือปฏิกิริยาใช้แสง (light reaction) แสงเป็นปัจจัยสำคัญในการยกระดับพลังงานอิเลกตรอนภายในคลอโรฟิลล์ให้สูงขึ้น โดยคลอโรฟิลล์เป็นตัวดูดซับแสง แล้วอิเลกตรอนที่อยู่ภายในคลอโรฟิลล์จะส่งต่อไปยังคลอโรฟิลล์อื่นต่อไป โดยอาศัยลูกโซ่ที่เรียกว่า electron transport chain linking ขั้นตอนที่สองเรียกว่าปฏิกิริยาไม่ใช้แสง (dark reaction) กระบวนการที่สำคัญ คือ การสร้างน้ำตาลและน้ำตาลบางส่วนจะถูกสะสมไว้ในเนื้อเยื่อพืชและเก็บไว้ในรูปของแป้ง

คาร์บอนไดออกไซด์เป็นวัตถุดิบอนินทรีย์ตัวหนึ่งที่จำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งเป็นตัวจัดหาคาร์บอนที่ถูกรีดิวซ์ในขั้นตอนที่ไม่ใช้แสง พืชสีเขียวทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นพืชบก หรือพืชน้ำจะได้รับคาร์บอนไดออกไซด์จากสิ่งแวดล้อม ถ้ามีการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นในอัตราส่วนปกติ การทดลองนี้จะใช้สีเป็นดัชนีเพื่อศึกษาถึงการดูดกลืนคาร์บอนไดออกไซด์ของสาหร่ายหางกระรอก สีที่เป็นดัชนี คือ ฟีนอล เรด สารละลายนี้จะเปลี่ยนแปลงสีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช กล่าวคือ จะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง เมื่อมีสภาพเป็นกรด และจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูเมื่ออยู่ในสภาพที่เป็นด่าง (เมื่อพืชมีการดูดกลืนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากสารละลายเพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง สีของสารละลายจะเปลี่ยนไปเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช)



ภาพที่ 7.4 แผนภาพสรุปกลไกการสังเคราะห์ด้วยแสง

กิจกรรมนักศึกษา

1. ทำแบบทดสอบก่อนเรียน
2. แบ่งกลุ่มประมาณ 5-6 คน
3. ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง อิทธิพลของคลอโรฟิลล์ แสงและคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการสังเคราะห์แสง
4. สรุปรายงานการทดลองและนำเสนอ
5. ทำแบบฝึกหัด
6. ทำแบบทดสอบหลังเรียน

อุปกรณ์/เครื่องมือ

1. หลอดทดลองขนาดใหญ่ 4 หลอด พร้อมจุกยางปิด
2. สารละลาย phenol red
3. สารละลาย NaOH 0.1 N
4. โคมไฟ
5. สาหร่ายพุงชะโด, สาหร่ายหางกระรอก
6. กระดาษอะลูมิเนียมฟอยล์ หรือถุงสีดำ
7. หลอดกาแฟ
8. ขาตั้งหลอดทดลอง

วิธีการทดลอง

1. เติมน้ำลงในหลอดทดลอง 4 หลอด ๆ ละประมาณครึ่งหนึ่ง
2. เติมสาร phenol red ลงไปหลอดละ 2 – 3 หยด ถ้าน้ำเปลี่ยนไปเป็นสีชมพู แสดงว่ามีฤทธิ์เป็นด่าง และถ้าเปลี่ยนเป็นสีเหลือง แสดงว่ามีฤทธิ์เป็นกรด
3. ทำสารละลายในหลอดทดลองทั้งสี่ให้มีฤทธิ์เป็นด่าง โดยเติมสารละลาย NaOH 0.1 N ทีละหยดจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู
4. เขียนข้างหลอดทดลองทั้งสี่เป็น A_1 , A_2 , B_1 และ B_2 ตามลำดับ
5. เป่าอากาศลงในสารละลายของหลอด A_1 และ A_2 จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเหลือง
6. เด็ดสาหร่ายหางกระรอก 4 ท่อนยาวเท่า ๆ กัน (ยาวพอดีกับระดับความสูงของสารละลายในหลอดทดลอง) ใส่ในหลอดทดลองหลอดละ 1 ท่อน
7. นำหลอด A_1 และ B_1 ไว้ในที่มีแสง (อาจใช้โคมไฟช่วย) ส่วนหลอด A_2 และ B_2 นำไปเก็บไว้ในตู้มืดหรือห่อด้วยกระดาษอะลูมิเนียมฟอยล์หรือใส่ในถุงสีดำ
8. บันทึกผลการทดลอง โดยการสังเกตการเปลี่ยนสีของสารละลายในหลอดทดลอง

การวัดผลและการประเมินผล

1. สังเกตจากการปฏิบัติการทดลอง
2. การนำเสนอรายงานการทดลองและการทำแบบฝึกหัด
3. การตรงต่อเวลาและความรับผิดชอบ
4. การรักษาความสะอาดของห้องปฏิบัติการและการดูแลรักษาอุปกรณ์
5. การทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

รายงานผลการทดลอง

เรื่อง อิทธิพลของ แสง และ CO_2 ที่มีต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

หมู่เรียน.....กลุ่มพื้นฐาน.....โปรแกรมวิชา.....กลุ่มปฏิบัติการที่.....

ชื่อผู้รายงาน 1.....รหัส.....

2.....รหัส.....

3.....รหัส.....

4.....รหัส.....

5.....รหัส.....

6.....รหัส.....

วันที่ทำการทดลอง.....

****

จากการทดลองให้นักศึกษาบันทึกผลการทดลองดังต่อไปนี้

1. หลอด A_1 มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร.....
2. หลอด A_2 มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร.....
3. หลอด B_1 มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร.....
4. หลอด B_2 มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร.....
5. หลอดใดที่สารละลายมีการเปลี่ยนสี.....ใช้เวลาเท่าไร.....

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบฝึกหัด

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เพราะเหตุใดจึงต้องเป่าอากาศลงในหลอด A_1 และหลอด A_2

.....

.....

.....

2. หลอดทดลองหลอดใดที่มีการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลาย เป็นเพราะเหตุใด และทำไมหลอดทดลองอื่นๆ จึงไม่เปลี่ยนสี

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จงอธิบายการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลาย ในแง่ของการสังเคราะห์แสง

.....

.....

.....

.....

7.5 คลอโรฟิลล์กับการสร้างอาหารของพืช

สิ่งมีชีวิตบนโลกต้องอาศัยพลังงานที่มีกำเนิดจากดวงอาทิตย์มากที่สุด การสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นกระบวนการเดียวที่สามารถเก็บเกี่ยวพลังงานแสงมาใช้สังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์ ซึ่งพลังงานที่สะสมอยู่ในโมเลกุลเหล่านี้สามารถนำมาใช้เติมพลังให้แก่กระบวนการต่าง ๆ ในเซลล์พืชภายหลัง และใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ทุกชนิด ชีวิตทั้งหมดบนโลกจึงผูกติดอยู่กับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงอย่างแยกกันไม่ได้

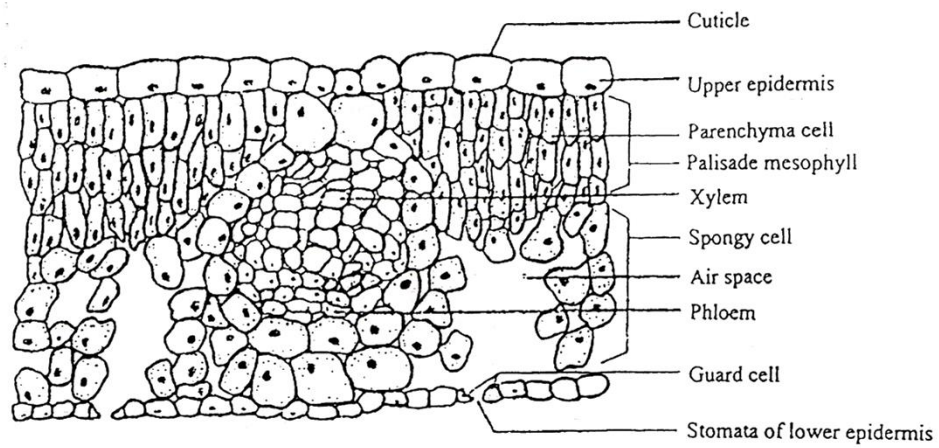
วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้ศึกษา

สามารถอธิบายบทบาทของคลอโรฟิลล์กับการสร้างอาหารในพืช

เนื้อหา

ใบเป็นส่วนที่มีคลอโรฟิลล์มากที่สุด เมื่อตัดใบพืชตามขวาง ส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นส่วนต่างๆ ของใบ (ภาพรูปที่ 7.3) ดังนี้คือ

- ส่วนของอีพิเดอร์มิส เป็นส่วนผิวใบและเป็นส่วนที่มีปากใบ
- ส่วนของมีโซฟิลล์ เป็นส่วนที่อยู่ตรงกลางระหว่างชั้นอีพิเดอร์มิสด้านบนและด้านล่าง ประกอบด้วยพาลิเซจพาเรนไคมาเซลล์ (palisade parenchyma) เป็นเซลล์รูปร่างยาวเรียงกันแน่น เป็นส่วนที่มีคลอโรพลาสต์มากที่สุด ในส่วนนี้มีเซลล์อีกกลุ่มหนึ่งคือ spongy parenchyma มีรูปร่างลักษณะค่อนข้างกลมหรือรูปร่างไม่แน่นอน อยู่กันแบบหลวมๆ มีหน้าที่ในการเก็บแป้งซึ่งเปลี่ยนจากน้ำตาลที่สร้างขึ้นจาก palisade cell โดยจะเก็บไว้ชั่วคราวจนกว่าจะนำไปใช้ และระหว่าง spongy cell จะมีที่ว่างอยู่ระหว่างช่องอากาศ (air space) เป็นที่มีน้ำและอากาศ
- เส้นใย (vein) เป็นส่วนของไซเลมและโฟลเอม มีความสำคัญมากต่อการลำเลียงน้ำและอาหารไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของพืช



ภาพที่ 7.5 ภาพตัดตามขวางของใบ (Villee *et al*., 1985)

เซลล์ที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสง ต้องเป็นเซลล์ที่มีสารสีสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthetic pigment) ซึ่งส่วนมาก คือ พวกคลอโรฟิลล์ และมีสารสีอื่น ๆ ที่เรียกว่าสารสี-ประกอบ (accessory pigment) อยู่ด้วย ได้แก่ แคโรทีนอยด์ และไฟโคบิลิน คลอโรฟิลล์เป็นสารสีที่รับภาระหน้าที่ส่วนใหญ่ในการเก็บเกี่ยวพลังงานแสงที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยทั่วไปรงควัตถุเหล่านี้สามารถรับพลังงานแสงและสามารถส่งพลังงานไปใช้ในกระบวนการทางเคมีต่อไป ซึ่งรงควัตถุเหล่านี้จะอยู่รวมกันภายในคลอโรพลาสต์

รงควัตถุที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสง สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. คลอโรฟิลล์ เป็นรงควัตถุที่พบมากในพืชและนับว่ามีบทบาทต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงมากที่สุด คลอโรฟิลล์มี 4 ชนิด คือ คลอโรฟิลล์ เอ บี ซี และ ดี แต่ในพืชชั้นสูงและในสาหร่ายสีเขียวมีคลอโรฟิลล์ 2 ชนิด คือ คลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี หรือกล่าวได้ว่าพืชทุกชนิดที่สังเคราะห์-ด้วยแสงได้ (ยกเว้นแบคทีเรียบางชนิด) จะมีคลอโรฟิลล์ เอ ด้วยกันทั้งนั้น คลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์บีสามารถละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น ethyl alcohol, ethyl ether, acetone และ chloroform เป็นต้น แต่ไม่สามารถละลายน้ำ
2. แคโรทีนอยด์ เป็นสารประกอบจำพวกไขมัน ไม่ละลายน้ำแต่ละลายใน fat solvent พบในสิ่งมี-ชีวิตทุกชนิดที่มีการสังเคราะห์ด้วยแสง เช่น ในพืช สาหร่าย และแบคทีเรียที่สังเคราะห์แสงได้ โดยทั่วไปแคโรทีนอยด์จะอยู่ร่วมกับคลอโรฟิลล์ภายในคลอโรพลาสต์แต่ในบางเซลล์ของพืชอาจพบอยู่ในพลาสติด(plastid) อื่น ๆ เช่น โครโมพลาสต์ (chromoplast) ที่พบในหัวแครอท ผลมะเขือเทศ และในผลไม้ที่มีสีเหลือง

แคโรทีนอยด์ แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ แคโรทีน (carotene) ซึ่งมีสีแดง สีส้ม แต่ละลายใน และแซนโทฟิลล์ (xanthophyll) มีสีเหลืองหรือสีน้ำตาล หน้าที่ของแคโรทีนอยด์ คือ ช่วยดูดกลืนพลังงานแสงและส่งพลังงานไปให้กับคลอโรฟิลล์เอ แคโรทีนอยด์จะดูดกลืนแสงช่วงความยาวคลื่น 400-500 นาโนเมตร ได้ดีที่สุด นอกจากนี้แคโรทีนอยด์ยังทำหน้าที่ช่วยป้องกันมิให้คลอโรฟิลล์ถูกทำลายในสภาพที่มีแสงนานเกินไป หรือที่เรียกว่า โฟโตออกซิเดชัน

3. ไฟโคบิลิน เป็นรงควัตถุที่ไม่พบในพืชชั้นสูง พบในสาหร่ายเขียวแกมน้ำเงิน (blue green algae) และสาหร่ายสีแดงสี สีน้ำเงินและแดง ละลายน้ำได้ ประกอบด้วยรงควัตถุ 2 ชนิด คือ ไฟโคอีริทริน (phycoerythrin) เป็นรงควัตถุสีแดง และไฟโคไซยานิน (phycocyanin) เป็นรงควัตถุสีน้ำเงิน

ไฟโคบิลินเป็นรงควัตถุประกอบ ทำหน้าที่เช่นเดียวกับแคโรทีนอยด์ในแง่การรับและรวบรวมพลังงานแสงส่องไปยังคลอโรฟิลล์เอ

กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นกระบวนการสร้างอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตของพืชสีเขียว โดยมีน้ำและ CO_2 เป็นวัตถุดิบ มีคลอโรฟิลล์เป็นตัวเร่ง (catalyst) ดังสมการ

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{แสง}]{\text{คลอโรฟิลล์}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

จะเห็นว่าน้ำตาลที่เกิดขึ้นโดยการสังเคราะห์ด้วยแสงนั้นอยู่เพียงระยะสั้นๆ พืชจะเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแป้ง เนื่องจากถ้ามีน้ำตาลสะสมอยู่นาน ๆ ทำให้ความเข้มข้นของโพรโตพลาซึมเปลี่ยน มีผลต่อการออสโมซิสด้วย ดังนั้นเวลาทดสอบเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงเรามักทดสอบแป้งและ O_2 ที่เกิดขึ้นโดยไม่ทดสอบน้ำตาล

กิจกรรมนักศึกษา

1. ทำแบบทดสอบก่อนเรียน
2. แบ่งกลุ่มประมาณ 5-6 คน
3. ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง คลอโรฟิลล์กับการสร้างอาหารของพืช
4. สรุปรายงานการทดลองและนำเสนอ
5. ทำแบบฝึกหัด
6. ทำแบบทดสอบหลังเรียน

อุปกรณ์/เครื่องมือ

1. ใบชบาด่าง
2. บีกเกอร์ขนาด 250 มล. 1 อัน
3. หลอดทดลองขนาดใหญ่และเล็กอย่างละ 1 หลอด
4. สารละลายไอโอดีน
5. ปากคีบขนาดใหญ่
6. เตาไฟฟ้า (hot plate)
7. จานแบน
8. หลอดหยด

9. 95% แอลกอฮอล์
10. น้ำแป้ง
11. น้ำ

วิธีการทดลอง

1. เด็ดใบชบาด่างที่ถูกแสงมาแล้วประมาณ 3 ชั่วโมง
2. วาดรูปใบชบาด่าง เพื่อแสดงส่วนที่เป็นสีขาวและสีเขียว
3. สกัดคลอโรฟิลล์ของใบชบาด่าง โดยต้มน้ำในบีกเกอร์จนเดือด แล้วใส่ใบชบาด่างลงไป ต้มนาน 1 นาที แล้วคีบใบชบาด่างใส่ในหลอดทดลองขนาดใหญ่ เติมแอลกอฮอลล์ลงไปพอท่วมใบ แช่หลอดทดลองในบีกเกอร์ที่ยังต้มอยู่ ต้มต่อไปอีกประมาณ 1-2 นาที จนกระทั่งใบมีสีซีด คีบใบชบาด่างจากหลอดทดลองจุ่มลงในน้ำเย็น
4. นำใบชบาด่างขึ้นจากน้ำ วางในจาน หยดสารละลายไอโอดีนลงบนใบชบาด่างให้ทั่ว ทิ้งไว้ครึ่งนาที จึงล้างน้ำ สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น บันทึกผล
5. ทดสอบปฏิกิริยาระหว่างน้ำแป้งกับสารละลายไอโอดีน โดยหยดน้ำแป้งลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก 2-3 หยด แล้วหยดสารละลายไอโอดีนผสมลงไป 2-3 หยด สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น บันทึกผลในตารางและวาดรูปจากที่สังเกตได้

การวัดผลและการประเมินผล

1. สังเกตจากการปฏิบัติการทดลอง
2. การนำเสนอรายงานการทดลองและการทำแบบฝึกหัด
3. การตรงต่อเวลาและความรับผิดชอบ
4. การรักษาความสะอาดของห้องปฏิบัติการและการดูแลรักษาอุปกรณ์
5. การทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

รายงานผลการทดลอง

เรื่อง คลอโรฟิลล์กับการสร้างอาหารของพืช

หมู่เรียน.....กลุ่มพื้นฐาน.....โปรแกรมวิชา.....กลุ่มปฏิบัติการที่.....

ชื่อผู้รายงาน 1.....รหัส.....

2.....รหัส.....

3.....รหัส.....

4.....รหัส.....

5.....รหัส.....

6.....รหัส.....

วันที่ทำการทดลอง.....

****

จากการทดลองให้นักศึกษาบันทึกผลการทดลองดังต่อไปนี้

จงบันทึกผลการทดลองลงในตารางต่อไปนี้

สิ่งที่นำมาทดสอบ	ผลการทดสอบ
ส่วนสีเขียวของใบชบาด่าง	
ส่วนสีขาวของใบชบาด่าง	
น้ำแป้ง	

จงวาดภาพแสดงลักษณะของใบชบาด่าง (ระบุส่วนสีขาวและสีเขียวของใบ)

ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

...

แบบฝึกหัด

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เหตุใดจึงต้องต้มใบไม้ในน้ำก่อน

.....

.....

.....

2. ส่วนใดของใบชบาด่างที่ทดสอบแล้วพบแป้ง เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

3. เพราะเหตุใดจึงเลือกเอาใบชบาด่างที่ได้รับแสง นำมาทดสอบ

.....

.....

.....