บทปฏิบัติการที่ 7

STUDY ON THE PHOTOSYNTHESIS CHANGES OF CROP UNDER CLIMATIC CONSTRAINS : WATER STRESS

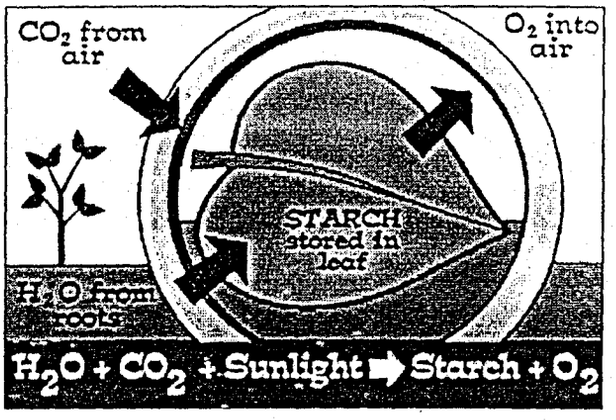
ในส่วนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งไม่มีชีวิตที่อยู่โดยรอบในสภาพแวดล้อมนั้น จะเห็นได้ว่าการที่พืชซึ่งเป็นแหล่งสะสมพลังงานและการผลิตขั้นปฐมภูมิสำหรับสิ่งที่มีชีวิตอยู่ในโลกนี้ จะต้องอาศัยดิน น้ำ อากาศและแสงแดดในการปรุงอาหาร โดยขบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ในขบวนการนี้พลังงานแสงจากดวงอาทิตย์ถูกเก็บสะสมไว้ในรูปของพลังงานเคมีในสารประกอบอินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่ เรียกว่ามวลชีวภาพของพลังงานเคมีในสารประกอบอินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่ เรียกว่ามวลชีวภาพ (biomass) ในรูปของแป้งและน้ำตาลที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์แสงนี้ก่อให้เกิดซึ่งอาหารของมนุษย์และสัตว์นอกจากแป้งและน้ำตาลอันเป็นพลังงานสะสมที่เกิดจากขบวนการสังเคราะห์แสงแล้ว พืชสามารถได้ไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรตีนในรูปของไนโตรเจนและแอมโมเนียไอออนเป็นส่วนใหญ่อย่างไรก็ตามก่อนที่จะใช้ไนโตรเจนในรูปสารอินทรีย์ได้ไนเตรทจะถูกเปลี่ยนให้เป็นแอมโมเนียเสียก่อน ส่วนประกอบที่พืชสร้างจากแอมโมเนีย คือ กลูตามีน ซึ่งจะเป็นส่วนประกอบของโปรตีนในพืช ในขณะที่พืชปรุงอาหาร โดยขบวนการสังเคราะห์แสงซึ่งมี CO_2 และ H_2O เป็นส่วนประกอบในการทำ ปฏิกิริยาให้เกิดแป้งและน้ำตาล และได้ O_2 เป็นผลที่ตามมาด้วย แต่ในขณะเดียวกันพืชเองก็จำเป็นต้องหายใจเพื่อเอาออกซิเจนไปเผาผลาญอาหาร ทำให้เกิดพลังงานไปใช้ในการสังเคราะห์โมเลกุลใหญ่ ๆ เพื่อสร้างส่วนต่างๆ ของพืชต่อไป เช่น ขบวนการสังเคราะห์โมเลกุลใหญ่ๆ เพื่อสร้างส่วนต่างๆ ของพืชต่อไป เช่น ขบวนการสังเคราะห์ที่โปรตีน เป็นต้น ในขณะที่พืชหายใจ แป้งและน้ำตาลจะถูกเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำเช่นเดิม จะเห็นว่าแป้งและน้ำตาลที่พืชเก็บไว้ในลำต้นกิ่งและใบของพืชนั้นได้เก็บเอาโมเลกุลของน้ำไว้ด้วย และจะปล่อยคืนกลับออกไปเมื่อพืชหายใจ ดังสมการต่อไปนี้ ซึ่งเป็นวัฏจักรอย่างต่อเนื่อง

กระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) เป็นกระบวนการสร้างอาหารของต้นไม้ โดยส่วนของต้นไม้ที่มีสีเขียว คือใบจะดูดซับเอาพลังงานแสงมาเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมี และสร้างอาหารจากโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ได้เป็นคาร์โบไฮเดรต คือน้ำตาลและแป้ง และปลดปล่อยก๊าซออกซิเจนออกมา ซึ่ง สามารถเขียนในรูปของสมการ ได้ดังนี้

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

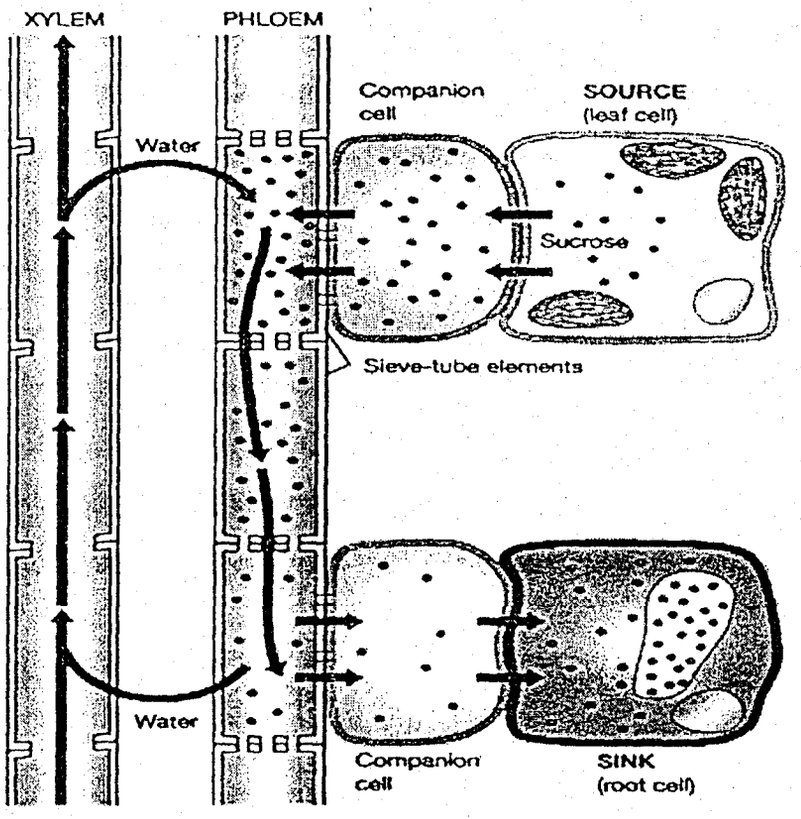
ต้นไม้สังเคราะห์แสงได้เนื่องจากมีรงควัตถุ (pigment) ประเภทคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ซึ่งอยู่ในคลอโรพลาสต์ (chloroplast) ทำหน้าที่ในการดูดแสงและกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาแสงใน

กระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งประกอบด้วยหลายขั้นตอนที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องกันตามลำดับดังนี้ <u>กระบวนการแพร่</u> (diffusion process) โดยก๊าซ CO_2บริเวณรอบผิวใบจะไหลซึมผ่านเข้าสู่ใบและคลอโรพลาสต์ กระบวนการเคมีแสง (photochemical process)เปลี่ยนพลังงานแสงไปเป็นพลังงานเคมี (ATP, ADPH)โดยการถ่ายทอดอิเลคตรอน กระบวนการชีวเคมี (biochemical process) เป็นกระบวนการที่ คาร์บอนไดออกไซด์จะถูกเปลี่ยนไปเป็นแป้งและน้ำตาล โดยใช้พลังงานเคมีที่ได้ในกระบวนการเคมีแสง และมีเอนไซม์เข้ามาเกี่ยวข้อง

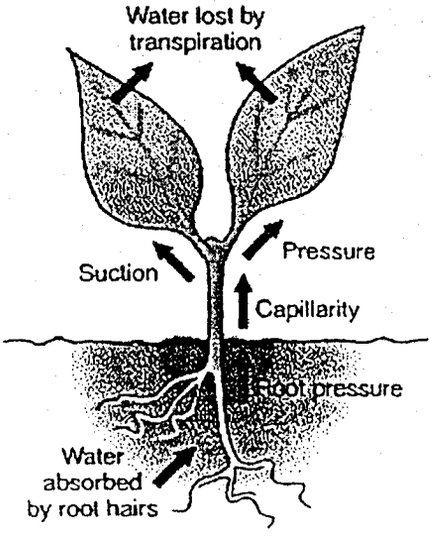


ภาพที่ 1 แสดงกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช

กระบวนการทางสรีรวิทยาอื่นๆ การเติบโตของต้นไม้ยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางสรีรวิทยาอื่นๆ อีก อันได้แก่ การหายใจ (respiration) คือกระบวนการออกซิไดซ์สารอาหาร เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน โดยอาศัยกิจกรรมของเอนไซม์ ก่อให้เกิดพลังงานเพื่อนำไปใช้ในการเติบโต การคายน้ำ (transpiration) คือกระบวนการที่ต้นไม้สูญเสียน้ำออกจากใบไปสู่อากาศภายนอกในรูปของไอน้ำ การสูญเสียน้ำส่วนใหญ่จะออกทางปากใบ (stomata) ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำ และช่วยลดอุณหภูมิของใบ การลำเลียง (translocation) คือกระบวนการลำเลียงน้ำ แร่ธาตุ และอาหารที่สังเคราะห์ได้ไปยังส่วนต่างๆ ของต้นไม้เพื่อใช้ในการเติบโต การลำเลียงน้ำและแร่ธาตุจะเกิดขึ้นในท่อลำเลียงน้ำ (xylem) ในขณะที่การลำเลียงสารอาหารที่สังเคราะห์ได้จะเกิดขึ้นในท่อลำเลียงอาหาร (phloem)



ภาพที่ 2 แสดงลักษณะการ translocation



ภาพที่ 3 แสดงลักษณะการ transpiration ของพืช

ปัจจัยที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์แสง

1. **แสง** เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิ และปัจจัยอื่นไม่เป็นตัวจำกัด การสังเคราะห์แสงจะขึ้นอยู่กับแสง ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 3 ลักษณะ คือ

1.1 ความเข้มแสง (light intensity) มีผลต่อการเจริญและกระบวนการสร้างอาหารในพืช พบว่าพืชซีสี่มีประสิทธิภาพในการใช้แสงได้ดีกว่าพืชซีสาม ในช่วงที่มีความเข้มของแสงต่ำ หรือตอนกลางคืนพืชไม่มีการการสังเคราะห์แสง แต่จะมีการสูญเสียเนื่องจากเกิด dark respiration ร้อยละ 5-10 เมื่อพืชได้รับแสงเร็วขึ้นเป็นลำดับ เมื่อถึงจุดหนึ่งการสังเคราะห์สงจะเท่ากับการหายใจ เรียกความเข้มแสงที่ระดับนั้นว่า light compensation level ซึ่งถ้าพืชได้รับแสงต่ำกว่าจุดนี้ จะไม่เจริญและตายในที่สุด

1.2 ความยาวช่วงแสง (light duration) อัตราการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มเป็นสัดส่วนกับความยาวช่วงวันเมื่อสภาพแวดล้อมอื่นๆ คงที่ พืชได้รับแสงในช่วงวันที่ยาว ทำให้การสังเคราะห์แสงมากขึ้น

1.3 คุณภาพของแสง (light quality) เฉพาะช่วงแสงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร เท่านั้นที่พืชนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสง นอกจากนี้พบว่าแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินมีผลต่อกิจกรรมการสังเคราะห์แสงมากกว่าสีอื่นๆ

2. **อุณหภูมิ**

มีบทบาทสำคัญต่อ biochemical process หรือ dark reaction แต่ไม่มีผลต่อ diffusion และ photochemical process การที่ CO_2 ถูกตรึง และถูกเปลี่ยนไปเป็นแป้งและน้ำตาลได้ดีมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งอยู่ภายใต้อิทธิพลของอุณหภูมิ ปฏิกิริยาหรือการทำงานของเอนไซม์จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุดที่เหมาะสม หรือสูงสุดของการทำงานของเอนไซม์แล้ว ถ้าอุณหภูมิยังเพิ่มต่อไปอีกก็จะเป็นอันตรายต่อเอนไซม์ ทำให้เอนไซม์เสื่อมสภาพลง

3. **ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์**

เมื่อเพิ่มปริมาณ CO_2 สูงขึ้น จะมีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น เมื่อถึงจุดอิ่มตัวพืชก็จะไม่สังเคราะห์แสงอีก

4. **น้ำ**

ในขณะที่พืชปรุงอาหารโดยขบวนการสังเคราะห์แสงซึ่งมี CO_2 และ H_2O เป็นส่วนประกอบในการทำปฏิกิริยาให้เกิดแป้งและน้ำตาล และได้ O_2 เป็นผลที่ตามมาด้วย แต่ในขณะเดียวกัน พืชเองก็จำเป็นต้องหายใจเพื่อเอาออกซิเจนไปเผาผลาญอาหาร ทำให้เกิดพลังงานไปใช้ในการสังเคราะห์โมเลกุลใหญ่ๆ เพื่อสร้างส่วนต่างๆ ของพืชต่อไป เช่น ขบวนการสังเคราะห์โมเลกุลใหญ่ๆ เพื่อสร้างส่วนต่างๆ ของพืชต่อไป เช่น ขบวนการสังเคราะห์โปรตีนเป็นต้น ในขณะที่พืชหายใจ แป้งและน้ำตาลจะถูกเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ

เช่นเดิม จะเห็นว่าแป้งและน้ำตาลที่พืชเก็บไว้ในลำต้น กิ่งและใบของพืชนั้นได้เก็บเอาโมเลกุลของน้ำไว้ด้วย และจะปล่อยดินกลับออกไปเมื่อพืชหายใจ ซึ่งเป็นวัฏจักรต่อเนื่อง

5. อายุของใบและแร่ธาตุอาหาร

อายุหรือความแก่อ่อนของใบมีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงเช่นกัน การร่วงหล่นของใบเป็นสาเหตุของการสังเคราะห์แสงที่น้อยลง อัตราการร่วงหล่นของใบอยู่ภายใต้สภาพที่ขาดธาตุอาหาร ใบที่ได้รับธาตุอาหารเพียงพอจะมีอายุที่ยืนยาวขึ้น แต่ภายใต้สภาพที่ขาดธาตุอาหารใบจะร่วงเร็วกว่า

6. ธาตุอาหาร

ธาตุอาหารอนินทรีย์ตามธรรมชาติที่เข้าสู่ระบบนิเวศของสิ่งมีชีวิต โดยผ่านขบวนการสังเคราะห์แสงของพืชนั้น มีธาตุสำคัญอยู่ประมาณ 16 ชนิด แต่ที่สำคัญและมีอยู่ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด จำนวน 9 ธาตุ คือ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซี่ยม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และซัลเฟอร์ (S) คาร์บอนซึ่งเป็นธาตุองค์ประกอบสำคัญของสารอินทรีย์ เข้าสู่ขบวนการสังเคราะห์แสงในรูปของ CO_2 ทำปฏิกิริยากับน้ำ โดยมีคลอโรฟิลล์และแสงแดดเป็น catalyst และโดยขบวนการนี้ไฮโดรเจนและออกซิเจนก็จะเข้าสู่อาณาจักรของสิ่งมีชีวิตในปฏิกิริยานี้ด้วย ไนโตรเจนเป็นอินทรีย์สารในรูปซึ่งมีอยู่มากมายถึงร้อยละ 30 ของอากาศ หรือโดยประมาณ 1 ตันต่อไร่นั้นจะถูกขบวนการ Nitrification เปลี่ยนแปลงเป็นอินทรีย์สารโดยบทบาทของแบคทีเรียชนิด Rhizobium ที่อยู่ในปมรากของพืชตระกูลถั่วโดยทั่วไป และถูกดูดซึมเข้าทางส่วนรากของต้นพืชนรูปสารละลายไนเตรท (NO_3) ทำนองเดียวกัน ฟอสฟอรัสและซัลเฟอร์ที่เป็นอนินทรีย์สารนั้นจะถูกดูดซึมเข้าสู่รากต้นพืชในสภาพของสารละลายที่มีประจุลบในสภาพของอนุกูล (PO_4) และ (SO_4) ส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม จะถูกดึงดูดไปใช้โดยรากพืชด้วยลักษณะของประจุบวก

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาถึงปัจจัยของสภาพภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสง รวมถึงการให้ผลผลิต
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบอัตราการสังเคราะห์แสงของพืชที่อยู่ในสภาวะปกติ กับพืชที่เจริญเติบโตในสภาพต่างๆ กัน โดยใช้เครื่องมือ Leaf Chamber Analyzer Type : LCA-4
3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลผลิตของข้าวโพดที่เจริญในสภาพที่แตกต่างกัน

อุปกรณ์

1. เครื่องมือวัดอัตราการสังเคราะห์แสง Leaf Chamber Analyzer Type : LCA-4
2. ข้าวโพดที่ปลูกในทรีตเมนต์ต่างกัน คือ
   ทรีตเมนต์ที่ 1 ให้น้ำทุกวัน
   ทรีตเมนต์ที่ 2 ให้น้ำ 2 วัน/ครั้ง
   ทรีตเมนต์ที่ 3 ให้น้ำ 5 วัน/ครั้ง
   ทรีตเมนต์ที่ 4 ให้น้ำ 7 วัน/ครั้ง
   ทรีตเมนต์ที่ 5 ให้น้ำ 10 วัน/ครั้ง
3. ตู้อบ (Hot air oven)
4. ถุงกระดาษ
5. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
6. ไม้บรรทัด

วิธีการ

1. เพาะเมล็ดข้าวโพด (วัน/เดือน/ปี) ในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว จำนวน 50 กระถาง (5 ทรีตเมนต์ๆ ละ 10 ซ้ำ) กระถางละ 4 เมล็ด โดยใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้น กระถางละ 8 กรัม

2. ทำการถอนแยกหลังจากเมล็ดงอกได้ 1 สัปดาห์ ให้เหลือกระถางละ 2 ต้น

3. ใส่ปุ๋ย ครั้งที่ 2 ในระยะที่ใบอ่อนแตก 2 คู่ 4 กรัม/ต้น และใส่ปุ๋ยครั้งที่ 3 (วัน/เดือน/ปี) ในระยะที่ข้าวโพดแตกใบ 4 คู่ 4 กรัม/ต้น

4. เริ่มการให้น้ำโดยใช้วิธีการให้น้ำ 5 แบบ(5 ทรีตเมนต์) (วัน/เดือน/ปี)
   ทรีตเมนต์ที่ 1 ให้น้ำทุกวัน
   ทรีตเมนต์ที่ 2 ให้น้ำ 2 วัน/ครั้ง
   ทรีตเมนต์ที่ 3 ให้น้ำ 5 วัน/ครั้ง
   ทรีตเมนต์ที่ 4 ให้น้ำ 7 วัน/ครั้ง

ทรีตเม นต์ที่ 5 ให้น้ำ 10 วัน/ครั้ง

5. เลือกต้น ข้าวโพดที่จะทดสอบ จำนวน 10 ซ้ำๆ ละ 1 ต้น เลือกใบที่ต้องการแล้วติด Tag

6. ใช้เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์แสง Leaf Chamber Analyzer Type : LCA-4 วัดค่าต่างๆ ที่ใบเดิมติดต่อกัน 7 วัน

การรวบรวมข้อมูล

วัดอัตราการสังเคราะห์แสงของข้าวโพดทั้ง 5 ทรีตเมนต์ จำนวน 10 ซ้ำๆ ละ 1 ต้น โดยวัดค่าต่างๆ ที่ใบเดิมติดต่อกัน 7 วัน ด้วยเครื่อง Leaf Chamber Type : LCA-4

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์วาเรียนซ์ (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS v.13 for window และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ของการวัดอัตราการสังเคราะห์แสงของข้าวโพดทั้ง 5 ทรีตเมนต์