

Chapter 1: Leaf Cells Consist of Several Metabolic Compartments

สัปดาห์ที่ 1 22-26 มิ.ย. 69

เซลล์ใบพืช โดยเฉพาะเซลล์ *mesophyll* แบ่งออกเป็นหลายช่องย่อยทางเมแทบอลิซึม หรือ *metabolic compartments* เพื่อให้กระบวนการชีวเคมีต่าง ๆ เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบ มีประสิทธิภาพ และควบคุมได้ดี ออร์แกเนลล์สำคัญ ได้แก่ แวคิวโอล คลอโรพลาสต์ ไมโทคอนเดรีย เพอรอกซิโซม นิวเคลียส ER และกอลจิแอปพาราตัส โดยแวคิวโอลเป็นส่วนที่มีปริมาณมากที่สุดของเซลล์ ส่วนคลอโรพลาสต์เป็นแหล่งหลักของการสังเคราะห์ด้วยแสง

ผนังเซลล์พืช ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงเชิงกล ควบคุมรูปร่างและการขยายตัวของเซลล์ รวมทั้งช่วยป้องกันการติดเชื้อ องค์ประกอบหลักของผนังเซลล์คือคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน โดยมีเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเพกทินเป็นโครงสร้างสำคัญ เซลลูโลสสร้างเป็นไมโครไฟบริลที่แข็งแรง ส่วนเพกทินช่วยยึดเซลล์ข้างเคียงเข้าด้วยกัน โดยเฉพาะบริเวณ middle lamella

Plasmodesmata เป็นช่องเชื่อมระหว่างเซลล์พืช ทำให้ไซโทซอลของเซลล์ข้างเคียงติดต่อกัน เกิดเป็นระบบที่เรียกว่า **symplast** ส่วนผนังเซลล์และช่องว่างระหว่างเซลล์เรียกว่า **apoplast** การเชื่อมต่อนี้สำคัญต่อการแพร่ของสาร เมแทบอลิต์ RNA โปรตีน และสัญญาณระหว่างเซลล์

แวคิวโอล มีหน้าที่หลายด้าน ได้แก่ รักษาแรงดันเต่งหรือ turgor ของเซลล์ เก็บสะสมไอออน สารอาหาร น้ำตาล โปรตีน สีของดอกและผล สารพิษหรือสารป้องกันศัตรูพืช รวมทั้งทำหน้าที่ย่อยและรีไซเคิลองค์ประกอบภายในเซลล์ที่เสื่อมสภาพ แวคิวโอลจึงไม่ใช่เพียงถุงเก็บน้ำ แต่เป็นออร์แกเนลล์ที่มีบทบาทสำคัญต่อสมดุลและการป้องกันของเซลล์พืช

พลาสติด เป็นออร์แกเนลล์เฉพาะของพืช มีจีโนมของตนเองบางส่วน และมีต้นกำเนิดตามทฤษฎีเอนโดซิมไบโอซิส พลาสติดสามารถเปลี่ยนรูปและหน้าที่ได้หลายแบบ เช่น proplastid เปลี่ยนเป็น chloroplast, leucoplast, amyloplast, chromoplast หรือ gerontoplast คลอโรพลาสต์เป็นที่เกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงและสร้างแป้งในช่วงกลางวัน ส่วน amyloplast เก็บแป้งในเนื้อเยื่อสะสมอาหาร และ chromoplast สะสมแคโรทีนอยด์ ทำให้ดอก ผล หรืออวัยวะพืชมีสีเหลือง ส้ม หรือแดง

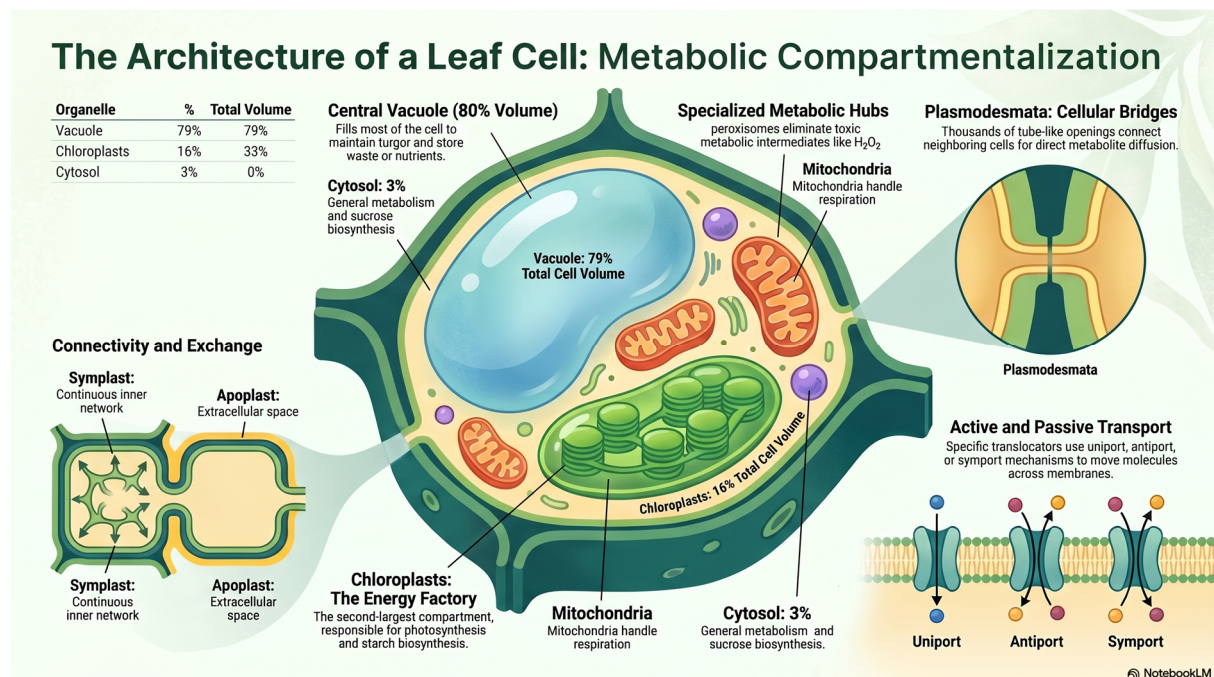
ไมโทคอนเดรีย เป็นแหล่งสำคัญของการหายใจระดับเซลล์และการสร้าง ATP มีเยื่อหุ้มสองชั้นและมีจีโนมของตนเองบางส่วน เช่นเดียวกับพลาสติด ไมโทคอนเดรียมีที่มาจากเอนโดซิมไบโอซิส เยื่อหุ้มชั้นในพับเป็น cristae เพื่อเพิ่มพื้นที่สำหรับระบบขนส่งอิเล็กตรอนและการสร้างโปรตอนกราเดียนต์

เพอรอกซิโซม เป็นออร์แกเนลล์เยื่อหุ้มชั้นเดียว ทำหน้าที่เกี่ยวกับการออกซิเดชันของกรดไขมัน photorespiration และการจัดการ reactive oxygen species เช่น H_2O_2 โดยมีเอนไซม์ catalase ช่วยสลายสารพิษนี้ ในพืชพบเพอรอกซิโซมชนิดสำคัญ เช่น leaf peroxisome และ glyoxysome ในเมล็ดสะสมน้ำมัน

ER และ Golgi apparatus ทำงานร่วมกันเป็นระบบ endomembrane system สำหรับการสังเคราะห์ ดัดแปลง คัดแยก และขนส่งโปรตีน Rough ER มีไรโบโซมเกาะ ใช้สร้างโปรตีนที่ส่งเข้า ER แวคิวโอล หรือหลั่งออกนอกเซลล์ ส่วน smooth ER เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ลิพิดและเป็นแหล่งกำเนิด oil bodies หรือ oleosomes ที่สะสม triacylglycerols ในเมล็ดพืช น้ำมัน Golgi apparatus ทำหน้าที่ปรับแต่งโปรตีน เช่น glycosylation และคัดแยกโปรตีนไปยังแวคิวโอลหรือส่งออกนอกเซลล์

เอกสารยังกล่าวถึง การแยกออร์แกเนลล์ที่ยังทำงานได้ โดยใช้การบดเนื้อเยื่อในสารละลาย isotonic แล้วแยกด้วย differential centrifugation หรือ density gradient centrifugation วิธีนี้ทำให้กักขังสามารถแยกคลอโรพลาสต์ ไมโทคอนเดรีย เพอรอกซิโซม และแวคิวโอล เพื่อนำไปศึกษาหน้าที่ทางเมแทบอลิซึมในหลอดทดลองได้

ใจความสำคัญที่สุดของบทนี้ คือ เซลล์พืชไม่ได้เป็นถุงของสารชีวเคมีที่ปะปนกัน แต่เป็นระบบที่จัดระเบียบอย่างละเอียด แต่ละออร์แกเนลล์มีหน้าที่เฉพาะ และต้องมีการขนส่งสารระหว่างช่องย่อยต่าง ๆ อย่างแม่นยำ เช่น คลอโรพลาสต์ผลิตน้ำตาล และแป้ง ไมโทคอนเดรียสร้าง ATP เพอรอกซิโซมกำจัดสารออกซิแดนซ์ แวกิวโอลรักษาแรงดันและสะสมสาร ส่วน ER-Golgi จัดการโปรตีนและลิพิด ทั้งหมดนี้ทำให้เซลล์สามารถสังเคราะห์ด้วยแสง เจริญเติบโต ป้องกันตนเอง และปรับตัวต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ.



Manipulation of artificial light environment improves plant biomass and fruit nutritional quality in tomato

บทความนี้ศึกษา การควบคุมสภาพแสงเทียม โดยเฉพาะสัดส่วนแสงแดงต่อแสงน้ำเงิน เพื่อเพิ่มชีวมวลและคุณภาพโภชนาการของมะเขือเทศ ชื่อเรื่องคือ *Manipulation of artificial light environment improves plant biomass and fruit nutritional quality in tomato* ตีพิมพ์ใน *Journal of Advanced Research* ปี 2025 โดยเน้นว่าแสง LED สามารถใช้ปรับการเจริญ การสังเคราะห์ด้วยแสง การสุก และคุณภาพผลมะเขือเทศได้

งานวิจัยเปรียบเทียบแสงหลายแบบ ได้แก่ แสงขาว และแสงแดง:น้ำเงิน ในอัตรา R1B0.8, R1B0.3 และ R1B0.2 โดย R1B0.8 หมายถึงแสงแดง:แสงน้ำเงิน = 1:0.8 ใช้ทดลองทั้งกับต้นกล้ามะเขือเทศและผลมะเขือเทศระยะ mature green รวมทั้งทดสอบช่วงเวลารับแสง 8, 12, 16 และ 24 ชั่วโมงต่อวัน

ผลสำคัญคือ แสง R1B0.8 ให้ผลดีที่สุด ใบมะเขือเทศมีสีเขียวเข้มกว่า มีคลอโรฟิลล์ a, คลอโรฟิลล์ b และคลอโรฟิลล์รวมสูงขึ้น รวมทั้งเพิ่มน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นมากกว่าแสงขาวหรือสัดส่วนแสงน้ำเงินที่ต่ำกว่า

ด้านกลไกการสังเคราะห์ด้วยแสง พบว่า R1B0.8 เพิ่มประสิทธิภาพของระบบแสง PSII และ PSI ทำให้ค่า quantum yield, electron transport rate และ photochemical quenching สูงขึ้น แสดงว่าพืชใช้พลังงานแสงได้ดีขึ้นและถ่ายโอนอิเล็กตรอนได้มีประสิทธิภาพกว่า นอกจากนี้ยังเพิ่มการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับ light-harvesting complex และแกนหลักของ PSI เช่น LHCB/A และ PsaC/PsaB/PsaA จึงช่วยเสริมการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยตรง

ในผลมะเขือเทศ แสง R1B0.8 ทำให้ผลเปลี่ยนเป็นสีแดงมากขึ้น ค่า color index สูงขึ้น และมี carotenoid กับ lycopene สูงที่สุดเมื่อเทียบกับแสงแบบอื่น โดยสัมพันธ์กับการเพิ่มการแสดงออกของยีน PSY1 และ PDS ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างแคโรทีนอยด์

แสง R1B0.8 ยังเร่งการสุกและการนึ่งของผล โดยเพิ่มการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับเอทิลีน ได้แก่ ACS2 และ ACO2 รวมทั้งเพิ่ม ฟรุ็กโตส กลูโคส และของแข็งละลายน้ำได้ ในผลมะเขือเทศ แต่ไม่กระทบชูโครอย่างชัดเจน อีกทั้งกระตุ้นยีนที่เกี่ยวข้องกับกลินและรส เช่น AADC1a และ GORKY

เมื่อพิจารณาช่วงเวลารับแสง พบว่า R1B0.8 ร่วมกับช่วงแสง 16 ชั่วโมง/มืด 8 ชั่วโมง เหมาะที่สุด ทำให้ใบเขียวเข้ม ค่า Fv/Fm สูง คลอโรฟิลล์และสารตั้งต้นของคลอโรฟิลล์สูง และมีชีวมวลมากกว่าการให้แสง 8, 12 หรือ 24 ชั่วโมง

ข้อสรุปหลัก: การใช้แสง LED ผสมแดง-น้ำเงินในอัตรา R1B0.8 และให้แสงประมาณ 16 ชั่วโมงต่อวัน สามารถเพิ่มการสังเคราะห์ด้วยแสง เพิ่มชีวมวล เร่งการสุก เพิ่มไลโคพีน น้ำตาล และคุณภาพผลมะเขือเทศได้ จึงมีศักยภาพใช้ในโรงเรือนหรือระบบปลูกพืชควบคุมสภาพแวดล้อม เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพ โดยเฉพาะในฤดูที่แสงธรรมชาติน้อย