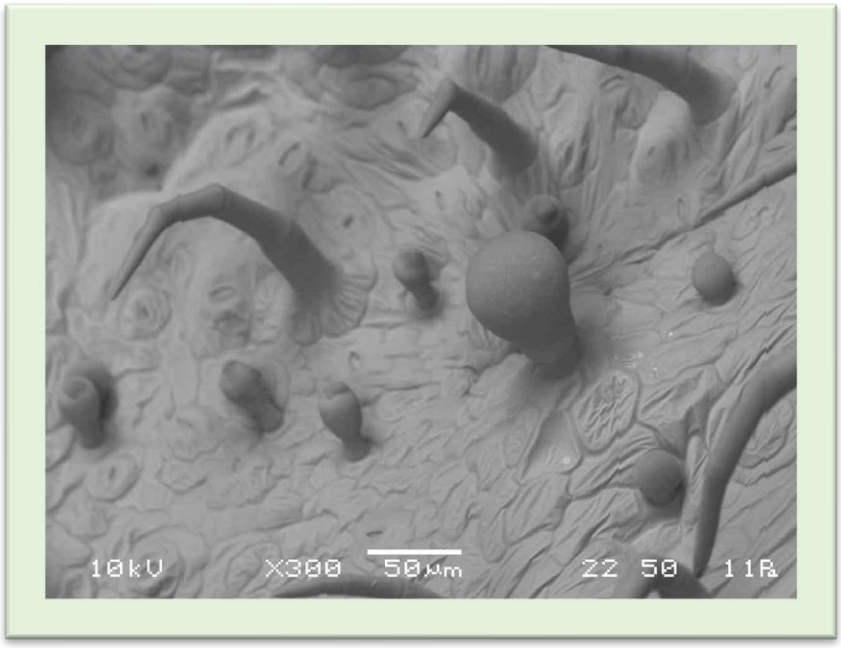
กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดชนิดสูญญากาศต่ำ
(Low Vacuum Scanning Electron Microscope)

ยุพดี เผ่าพันธ์
นักวิจัยเชี่ยวชาญ
ฝ่ายเครื่องมือและวิจัยทางวิทยาศาสตร์
สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (มิถุนายน 2566)

ปัจจุบันมีการพัฒนากล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดจากเดิมที่เป็นระบบสูญญากาศสูง ตัวอย่างที่นำมาศึกษาต้องผ่านขบวนการทำให้แห้งและเคลือบโลหะ เพื่อทำให้มีคุณสมบัติในการนำไฟฟ้า (conductivity) เสียก่อน โดยการนำไปฉาบด้วยคาร์บอน (C) หรือโลหะหนัก เช่น ทองคำ (Au) ทองคำผสมพาราเดียม (Au/Pd) พาราเดียม(Pd) หรือ ทองคำขาว (Pt) เป็นต้น เพื่อป้องกันการสะสมของประจุบนพื้นผิวของตัวอย่างเมื่อถูกกระทบด้วยลำอิเล็กตรอน ซึ่งต่อมางานวิจัยจำนวนมากที่มีความต้องการในการศึกษาตัวอย่างโดยไม่ผ่านขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างทางเคมี เช่น สิ่งทอ (textiles) บางชนิดไม่สามารถเคลือบโลหะหนักได้ทั่วถึง จึงทำให้เกิดปัญหาการสะสมของประจุบนพื้นผิวของตัวอย่าง (charge up) หรือเพื่อหลีกเลี่ยงการเตรียมตัวอย่างทางเคมีซึ่งสารเคมีที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นอันตรายต่อผู้วิจัย รวมทั้งเพื่อการรักษาสภาพของตัวอย่างทางโบราณคดีที่มีคุณค่าไม่ให้เกิดการปนเปื้อนหรือเสียหายได้ เป็นต้น ดังนั้นจึงมีการพัฒนา กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดให้มีระบบสูญญากาศต่ำ เรียกว่า Low Vacuum Scanning Electron Microscope (LV) ซึ่งสามารถใช้ศึกษาตัวอย่างโดยไม่ต้องผ่านการเตรียมตัวอย่างทางเคมี ทำตัวอย่างให้แห้ง และเคลือบโลหะหนัก โดยอาศัยการปรับระบบสูญญากาศใน specimen chamber ให้ต่างจากบรรยากาศภายนอกไม่มากนักแต่เพียงพอที่จะทำให้ลำอิเล็กตรอนส่องกราดลงบนพื้นผิวของตัวอย่างได้ ซึ่งในส่วนของ electron gun ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดลำอิเล็กตรอน และส่วนของ electromagnetic lens ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมขนาดของลำอิเล็กตรอนจะเป็นส่วนที่ถูกทำให้เป็นสูญญากาศสูง (high vacuum) ด้วย oil rotary pump และ oil diffusion pump ในขณะที่ส่วนของ specimen chamber มีความเป็นสูญญากาศต่ำ (low vacuum) โดย rotary pump อีกเครื่องหนึ่ง กล้องจุลทรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดชนิดสูญญากาศต่ำในยุคแรกๆ ความเป็นสูญญากาศภายใน specimen chamber สามารถปรับให้มีค่าได้ประมาณ 1-270 Pa (1 Pa = 7.5×10^{-3} Torr) และในปัจจุบันมีการพัฒนามากขึ้นให้สามารถปรับค่าได้มากขึ้น ในสภาวะความเป็นสูญญากาศต่ำลำอิเล็กตรอนที่ผ่านลงมายัง specimen chamber จะวิ่งกระทบกับโมเลกุลของก๊าซที่ยังหลงเหลืออยู่ให้เปลี่ยนไปเป็น ionized gas molecule ซึ่งจะถูกดึงเข้าไปดูดซับ charged electron บนพื้นผิวของตัวอย่าง จึงทำให้สามารถศึกษาตัวอย่างสดได้ เนื่องจากภายใต้สภาวะสูญญากาศต่ำนี้ secondary electron ที่เกิดขึ้นจะมีพลังงานน้อยมากจนไม่สามารถแปรผลเป็นภาพได้อย่างกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแบบธรรมดา ดังนั้นจึงต้องใช้สัญญาณ backscattered electron ซึ่งมีพลังงานมากกว่ามาแปรผลเป็นภาพแทน เพื่อให้การรับ backscattered electron เกิดได้อย่างเต็มที่ backscattered electron detector จึงทำด้วย high-sensitive semiconductor ทำให้ได้ backscattered electron image สองชนิดคือ composition image และ topography image แต่อย่างไรก็ตาม กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแบบสูญญากาศต่ำยังมีข้อจำกัดในการใช้งานอยู่พอสมควร เช่น การศึกษาตัวอย่างไม่สามารถใช้กำลังขยายสูงได้ ระยะเวลาในการศึกษาตัวอย่างค่อนข้างจำกัดหากใช้เวลานานเกินไปตัวอย่างอาจเสียรูปร่าง และความชัดเจนของภาพมีน้อยกว่าระบบสูญญากาศสูง อาจต้องทำความสะอาดภายใน column เร็วขึ้นกว่าปกติ ซึ่งนั่นหมายถึงการมีค่าใช้จ่ายในการดูแลบำรุงรักษากล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดมากขึ้นตามไปด้วย



ภาพถ่ายใบพืชจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแบบสูญญากาศต่ำ (JEOL: 5600LV)

เอกสารอ้างอิง

เดโช ทองอร่าม รุจิพร ประทีปเสน และบุญเหลือ เงาถาวร. 2542. คู่มือประกอบการอบรมเรื่อง จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนสำหรับงานด้านวัสดุศาสตร์. ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วันที่ 27-28 พฤษภาคม 2542. 93 น.

เวคิน นพนิตย์. 2524. จุลทรรศน์อเล็กตรอนแบบสแกน: การประยุกต์ทางวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 99 น.

ศิริเพ็ญ เวชชการันย์ อรัญญา ตันติปัญจพร และ วิรัช ธรรมวินิจฉัย. 2535. คู่มือหลักสูตรเร่งรัดจุลทรรศน์อิเล็กตรอนสำหรับงานวิทยาศาสตร์ชีวภาพ. ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจุ