



คู่มือปฏิบัติงานหลัก

เรื่อง

การเตรียมปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

จัดทำโดย

นางสาวบุษยา ฐูปูชากร

นักวิทยาศาสตร์ งานวิชาการและพัฒนานักศึกษา

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา



คู่มือปฏิบัติงานหลัก

เรื่อง

การเตรียมปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

จัดทำโดย

นางสาวบุษยา ฐูปูชากร

นักวิทยาศาสตร์ งานวิชาการและพัฒนานักศึกษา

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

ตรวจสอบการจัดทำ ครั้งที่ ๑

.....

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่ เดือน..... พ.ศ.

คำนำ

คู่มือปฏิบัติงานหลักเล่มนี้จัดทำตามประกาศ ก.พ.อ. เรื่องมาตรฐานกำหนดตำแหน่งและการแต่งตั้งข้าราชการพลเรือนในสถาบันอุดมศึกษาให้ดำรงตำแหน่งสูงขึ้น พ.ศ. ๒๕๕๓ ซึ่งเป็นเอกสารการแสดงเส้นทางการทำงานหลักตั้งแต่เริ่มต้นจนสุดกระบวนการ พร้อมทั้งกำหนดขั้นตอน วิธีการดำเนินงาน และแนวทางการปฏิบัติที่ชัดเจน โดยคู่มือปฏิบัติงานหลัก เล่มนี้ มีความสำคัญอย่างยิ่งในการปฏิบัติงานด้านการสนับสนุนการเรียนการสอน การเตรียมปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เพื่อช่วยให้คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีคู่มือปฏิบัติงานสามารถนำไปใช้ในการปฏิบัติงานได้ และสามารถเป็นแนวทางให้ผู้ปฏิบัติงานใหม่สามารถศึกษางานได้อย่างรวดเร็วทำให้งานของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเกี่ยวกับการเรียนการสอน มีระบบและมีประสิทธิภาพมากขึ้นจากคู่มือปฏิบัติงานหลักเล่มนี้

วัตถุประสงค์ของการจัดทำคู่มือปฏิบัติงานหลัก เรื่อง การเตรียมปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานทราบถึงวิธีการปฏิบัติงาน กระบวนการ ลักษณะของปัญหา และแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นในการเตรียมปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานสำหรับบุคลากรในคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ให้สามารถปฏิบัติงานทดแทนกันได้ อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากงานด้านการเตรียมบทปฏิบัติการเป็นงานที่ต้องอาศัยความละเอียด รอบคอบ ความถูกต้อง และประสบการณ์ในการดำเนินงานตามกระบวนการที่กำหนด

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ความรู้ และคำแนะนำด้วยดีตลอดมา และขอขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา เป็นอย่างยิ่งที่สนับสนุน และส่งเสริมให้มีการจัดทำคู่มือปฏิบัติงาน หลักเล่มนี้ขึ้นมา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คณบดี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวหน้าสำนักงานคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อาจารย์ประจำสาขาวิชา เกษตรศาสตร์ และเพื่อนร่วมงานทุกท่านที่เป็นกำลังใจให้คู่มือปฏิบัติงานหลักเล่มนี้สำเร็จได้ด้วยดี

นางสาวบุษยา ฐูปุชากร
นักวิทยาศาสตร์ ระดับปฏิบัติการ
มิถุนายน ๒๕๖๘

สารบัญ

หน้า

คำนำ	ก
สารบัญ	ข
ส่วนที่ ๑ บริบทมหาวิทยาลัย	๑
ประวัติมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา	๑
ปรัชญา และวิสัยทัศน์ ของมหาวิทยาลัย	๑
พันธกิจ ของมหาวิทยาลัย	๒
ปรัชญาการศึกษา และค่านิยมองค์กร ของมหาวิทยาลัย	๓
สมรรถนะ อัตลักษณ์ คุณลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ และวัฒนธรรมองค์กร	๔
ยุทธศาสตร์ ของมหาวิทยาลัย	๕
โครงสร้างการแบ่งส่วนราชการในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา	๖
โครงสร้างและการบริหารงานมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา	๗
ประวัติคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	๘
วิสัยทัศน์ พันธกิจ ค่านิยม สมรรถนะหลัก และวัฒนธรรมองค์กรของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	๙
ยุทธศาสตร์ และโครงสร้างการแบ่งส่วนราชการภายในของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	๑๐
งานนักวิทยาศาสตร์	๑๑
ภาระหน้าที่ของงานงานนักวิทยาศาสตร์	๑๑
ส่วนที่ ๒ ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	๑๔
ขั้นตอนที่ ๑ การสำรวจและวางแผนการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ ในรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช	๑๘
ขั้นตอนที่ ๒ การสำรวจและจัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และห้องปฏิบัติการสำหรับปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช	๒๒
ขั้นตอนที่ ๓ การเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช	๕๒
ขั้นตอนที่ ๔ การเตรียมชิ้นส่วนพืชสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช	๖๒
ขั้นตอนที่ ๕ การกำกับดูแลนักศึกษาทดลองปฏิบัติการรายวิชาเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช	๗๙
ขั้นตอนที่ ๖ การจัดเก็บ วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี เครื่องมือ และบำรุงรักษาเครื่องมือ	๘๒
ขั้นตอนที่ ๗ การจัดการของเสียจากห้องปฏิบัติการรายวิชาเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช	๘๘
ขั้นตอนที่ ๘ การประเมินและสรุปผลการเตรียมปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช	๙๑
ประวัติผู้เขียน	๙๕

สารบัญภาพ

ภาพประกอบที่	หน้า
๑ โครงสร้างการแบ่งส่วนราชการภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา	๖
๒ โครงสร้างและการบริหารงานมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา	๗
๓ โครงสร้างการแบ่งส่วนราชการภายในคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	๑๐
๔ แบบสำรวจข้อมูลเพื่อการวางแผนการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ รายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช	๑๙
๕ ตารางการใช้ห้องปฏิบัติการในรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช	๒๐
๖ ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช	๒๐
๗ ตู้ที่มีการไหลของอากาศแบบเป็นชั้น (laminar airflow cabinet)	๒๔
๘ ภาพขณะเครื่องแก้วทนความร้อน	๒๕
๙ เครื่องมือขนาดเล็ก สำหรับจับ หรือตัดชิ้นส่วนพืช	๒๖
๑๐ มาตรการความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	๒๘
๑๑ ปีเปตต์แก้วทนความร้อน	๒๙
๑๒ ไมโครปิเปตต์ (Micropipette)	๒๙
๑๓ เตาอบลมร้อน (Hot air oven)	๓๐
๑๔ หม้อนึ่งอัดไอน้ำ (Autoclave)	๓๑
๑๕ เครื่องวัดค่าความเป็นกรด – เบส	๓๒
๑๖ เครื่องเขย่า สำหรับเลี้ยงเซลล์	๓๓
๑๗ ตู้อบ ควบคุมอุณหภูมิและความสว่างอัตโนมัติ สำหรับเพาะเลี้ยงเซลล์	๓๔
๑๘ เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)	๓๕
๑๙ ห้องสำหรับเตรียมอาหารและล้างวัสดุอุปกรณ์	๔๙
๒๐ ห้องสำหรับเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช	๕๐
๒๑ ขนาดชิ้นส่วนพืชที่สามารถนำมาเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้	๖๓
๒๒ ตัวอย่างชิ้นส่วนพืชที่สามารถนำมาเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้	๖๔
๒๓ ขั้นตอนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้	๗๔
๒๔ การพัฒนาของชิ้นส่วนหน่อสับปะรด เป็นยอดรวมได้โดยผ่านกระบวนการกำเนิดอวัยวะ	๗๕
๒๕ รูปแบบการพัฒนาโดยตรงไม่ผ่านการสร้างแคลลัส จากการเพาะเลี้ยงเอ็มบริโอฝรั่ง	๗๖
๒๖ การพัฒนาเป็นเอ็มบริโอจากเซลล์ร่างกาย จากการเพาะเลี้ยงดอกยางพารา	๗๗
๒๗ ตัวอย่างแบบรายงานความผิดปกติห้องปฏิบัติการสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	๘๐
๒๘ ตัวอย่างแบบบันทึกข้อมูลการฆ่าเชื้อวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือห้องปฏิบัติการ เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	๘๔
๒๙ ขั้นตอนการจัดเก็บ วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี เครื่องมือ และบำรุงรักษาเครื่องมือ	๘๖
๓๐ ขั้นตอนการจัดการของเสียจากห้องปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช	๙๐

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
๓๑ แบบประเมินความพึงพอใจในการใช้บริการห้องปฏิบัติการ ห้องเรียน อุปกรณ์ และเครื่องมือ	๙๒
สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา	
๓๒ รายงานผลประเมินความพึงพอใจในการใช้บริการห้องปฏิบัติการ ห้องเรียน อุปกรณ์	๙๓
และเครื่องมือ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
๑ ตัวอย่างการกำหนดประเภท ปริมาณ และคุณลักษณะของวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ รายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช	๒๒
๒ ตัวอย่างการเลือกภาชนะที่เหมาะสมในงานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ	๔๕
๓ ตัวอย่างความผิดปกติที่อาจพบภายหลังการฆ่าเชื้ออาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช	๕๔
๔ องค์ประกอบของสูตรอาหาร Murashige and Skoog (MS) (๑๙๖๒)	๕๕
๕ องค์ประกอบของสูตรอาหาร Gamborg B5 (๑๙๗๐)	๕๖
๖ องค์ประกอบของอาหารดัดแปลงสูตร Murashige and Skoog (๑๙๗๔)	๕๗
๗ องค์ประกอบของอาหารสูตร Nistch and Nistch (๑๙๖๙)	๕๗
๘ องค์ประกอบของอาหารสูตร Nistch and Nistch (๑๙๕๖)	๕๘
๙ องค์ประกอบของอาหารสูตร Vacin and Went (๑๙๔๙)	๕๘
๑๐ องค์ประกอบของอาหารสูตร White (๑๙๔๓)	๕๙
๑๑ องค์ประกอบของอาหารสูตร Y3 หรือ Eeuwens (๑๙๗๖)	๕๙
๑๒ องค์ประกอบของอาหารสูตร Yamada (๑๙๕๒)	๖๐
๑๓ ประสิทธิภาพของสารฟอกฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ	๖๗
๑๔ ขั้นตอนในการฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวชิ้นส่วนต่าง ๆ ของพืช	๖๘
๑๕ การเลือกสูตรอาหารตามชนิดของพืช	๗๐
๑๖ การเลือกภาชนะเลี้ยงตามชนิดและวัตถุประสงค์ของชิ้นส่วนพืช	๗๑

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่

หน้า

๑ ขั้นตอนการเตรียมปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

๑๖

ส่วนที่ ๑ บริบทมหาวิทยาลัย

ประวัติมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา กำเนิดจากโรงเรียนฝึกหัดครูเมืองกรุงเก่าซึ่งพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว (รัชการที่ ๕) ทรงมีพระมหากรุณาโปรดเกล้าโปรดกระหม่อมพระราชทานพระราชทรัพย์จำนวน ๓๐,๐๐๐ บาท ให้กระทรวงธรรมการดำเนินการจัดตั้งโรงเรียนฝึกหัดครูขึ้น ณ บริเวณหลังพระราชวังจันทร์เกษม เมื่อวันที่ ๑ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๔๔๘ จากนั้นได้พัฒนาเป็น โรงเรียนฝึกหัดครูพระนครศรีอยุธยา และวิทยาลัยครูพระนครศรีอยุธยาตามลำดับ เมื่อวันที่ ๑๔ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๓๕ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช ทรงพระกรุณาโปรดเกล้า ฯ พระราชทานชื่อวิทยาลัยครูทั้ง ๓๖ แห่งว่า “สถาบันราชภัฏ” นับเป็นพระมหากรุณาธิคุณสูงสุด แต่โดยนิตินัยยังไม่สามารถใช้ชื่อดังกล่าวได้ เพราะต้องมีการปรับพระราชบัญญัติวิทยาลัยครูให้เป็นพระราชบัญญัติสถาบัน ราชภัฏเสียก่อน

กระทั่งวันที่ ๒๕ มกราคม พ.ศ. ๒๕๓๘ มีประกาศใช้พระราชบัญญัติ สถาบันราชภัฏรวมทั้งได้รับพระราชทาน “ตราพระราชลัญจกร” อันเป็นตราประจำรัชกาล ให้เป็นตราสัญลักษณ์ของสถาบันราชภัฏต่อมาในปี พ.ศ. ๒๕๔๒ ได้มีการปฏิรูประบบการศึกษาให้มีเอกภาพมากยิ่งขึ้น ตามเจตนารมณ์ของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ

ต่อมาในปีพ.ศ. ๒๕๔๒ โดยได้ยุบรวมทบวงมหาวิทยาลัยและกระทรวงศึกษาธิการเข้าด้วยกัน และมีการปรับโครงสร้างการบริหารกิจการภาคอุดมศึกษาของประเทศใหม่ โดยกำหนดให้องค์กรทั้งหลายที่ดูแลกิจการภาคอุดมศึกษาในขณะนั้น ต้องผนวกรวมกันเป็นองค์กรเดียว ซึ่งก็รวมถึงสำนักงานสภาสถาบันราชภัฏด้วย แล้วให้ดำเนินงานภายใต้การกำกับดูแลของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ พร้อมทั้งออกพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ ยกฐานะสถาบันราชภัฏทั่วประเทศเป็น มหาวิทยาลัยโดยมีผลตั้งแต่วันที่ ๑๕ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๔๗ ทำให้สถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยาได้รับการยกฐานะให้เป็น “มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา” นับแต่นั้นเป็นต้นมา

ปรัชญา วิสัยทัศน์ พันธกิจ ของมหาวิทยาลัย

ปรัชญา

คุณธรรม นำความรู้ สู่การพัฒนาท้องถิ่น สานศิลปมรดกโลก

วิสัยทัศน์

เป็นมหาวิทยาลัยราชภัฏที่มีความเป็นเลิศด้านการพัฒนานวัตกรรมที่สอดคล้องกับการศึกษาและพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน ด้วยทุนทางวัฒนธรรมแห่งเมืองมรดกโลก ภายในปี 2570

พันธกิจ

๑. ผลิตและพัฒนากำลังคนขั้นสูง

ยกระดับพัฒนา: พัฒนากำลังคนทุกช่วงวัยให้มีคุณภาพตอบโจทย์ท้องถิ่น มีความพร้อมพร้อมในการเป็นพลเมืองโลก (Global Citizen) มีทักษะในการทำงานและใช้ชีวิตในศตวรรษที่ ๒๑ (Global Talent)

๒. พัฒนางานวิจัยและนวัตกรรม

ยกระดับพัฒนา: พัฒนางานวิจัย ให้มีความก้าวหน้า เป็นที่ต้องการ มี Impact ต่อการเปลี่ยนแปลงในท้องถิ่นและตอบโจทย์การพัฒนาท้องถิ่นได้

เป็นเลิศ: พัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมให้มี Impact ต่อการเปลี่ยนแปลงในท้องถิ่น ตรงตามความต้องการ มีความสอดคล้องกับการนำมาใช้ในการพัฒนาท้องถิ่นในทุกมิติ

๓. พัฒนาท้องถิ่น

ผู้นำ: ชุมชนในท้องถิ่นในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา และอ่างทองได้รับการพัฒนาในทุกมิติ สามารถบริหารจัดการตนเองและทรัพยากรได้อย่างยั่งยืน

๔. พัฒนามหาวิทยาลัย

ดิจิทัล: พัฒนามหาวิทยาลัยให้ก้าวทันเทคโนโลยี มีการบริหารจัดการอย่างชาญฉลาดคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม รองรับการเปลี่ยนแปลงในอนาคตในการพัฒนาคน ชุมชนสังคม และท้องถิ่นด้วยงานวิจัยและนวัตกรรมแห่งภูมิปัญญา

๕. สร้างคุณค่าทุนทางวัฒนธรรมและภูมิอยุธยา

เมืองมรดกโลก: ยกระดับ พัฒนา เพิ่มมูลค่า สืบสานและรักษาไว้ซึ่งทุนทางวัฒนธรรมอันทรงคุณค่าแห่งเมืองมรดกโลก

สืบสาน: สืบสาน รักษา ต่อยอด และยกระดับภูมิปัญญาโบราณ ด้วยงานวิจัยและนวัตกรรม และส่งมอบผลลัพธ์อันทรงคุณค่าคืนสู่สังคม

มหาวิทยาลัยมีอำนาจหน้าที่หรือพันธกิจในการปฏิบัติงานที่กำหนดในพระราชบัญญัติ มหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. ๒๕๔๗ มาตรา ๗ และ ๘ มาตรา ๗ ให้มหาวิทยาลัยเป็นสถาบันอุดมศึกษาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นที่เสริมสร้างพลัง ปัญญาของแผ่นดิน พัฒนาพลังการเรียนรู้ เชิดชูภูมิปัญญาของท้องถิ่น สร้างสรรค์ศิลปวิทยาเพื่อความเจริญก้าวหน้าอย่างมั่นคงและยั่งยืนของปวงชน มีส่วนร่วมในการจัดการ การบำรุงรักษา การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลและยั่งยืน โดยมีวัตถุประสงค์ให้การศึกษา ส่งเสริมวิชาการและวิชาชีพชั้นสูง ทำการสอน วิจัย ให้บริการทางวิชาการแก่สังคม ปรับปรุง ถ่ายทอด และพัฒนาเทคโนโลยี ทำนุบำรุงศิลปและวัฒนธรรม ผลิตครูและส่งเสริมวิทยฐานะครู มีวัตถุประสงค์และภาระหน้าที่ ได้แก่

๑) แสวงหาความจริงเพื่อสู่ความเป็นเลิศทางวิชาการบนพื้นฐานของภูมิปัญญาท้องถิ่นภูมิ ปัญญาไทย และภูมิปัญญาสากล

๒) ผลิตบัณฑิตที่มีความรู้คู่คุณธรรม สำนึกในความเป็นไทย มีความรักและผูกพันต่อท้องถิ่นอีกทั้งส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตในชุมชน เพื่อช่วยให้คนในท้องถิ่นรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลง การผลิตบัณฑิตดังกล่าวจะต้องให้มีจำนวนและคุณภาพสอดคล้องกับแผนการผลิตบัณฑิต ของประเทศ

๓) เสริมสร้างความรู้ความเข้าใจในคุณค่าความสำนึก และความภูมิใจในวัฒนธรรมของท้องถิ่นและของชาติ

๔) เรียนรู้และเสริมสร้างความเข้มแข็งของผู้นำชุมชน ผู้นำศาสนา และนักการเมืองท้องถิ่นให้มีจิตสำนึกประชาธิปไตย คุณธรรม จริยธรรม และความสามารถในการบริหารงานพัฒนาชุมชนและท้องถิ่นเพื่อประโยชน์ของส่วนรวม

๕) เสริมสร้างความเข้มแข็งของวิชาชีพครู ผลิตและพัฒนาครูและบุคลากรทางการศึกษาให้มีคุณภาพและมาตรฐานที่เหมาะสมกับการเป็นวิชาชีพชั้นสูง

๖) ประสานความร่วมมือและช่วยเหลือเกื้อกูลกันระหว่างมหาวิทยาลัย ชุมชน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและองค์กรอื่นทั้งในและต่างประเทศ เพื่อการพัฒนาท้องถิ่น

๗) ศึกษาและแสวงหาแนวทางพัฒนาเทคโนโลยีพื้นบ้าน และเทคโนโลยีสมัยใหม่ให้เหมาะสมกับการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพของคนในท้องถิ่น รวมถึงการแสวงหาแนวทางเพื่อส่งเสริมให้เกิดการจัดการ การบำรุงรักษาและการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลและยั่งยืน

๘) ศึกษา วิจัย ส่งเสริมและสืบสานโครงการอันเนื่องมาจากแนวพระราชดำริ ในการปฏิบัติภารกิจของมหาวิทยาลัย เพื่อการพัฒนาท้องถิ่น

ปรัชญาการศึกษาของมหาวิทยาลัย

"ความรู้ สู้ปัญญา พัฒนาสังคม"

ความรู้ มุ่งพัฒนาผู้เรียนตามผลลัพธ์การเรียนรู้ที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย จัดการเรียนรู้การสอนควบคู่การปฏิบัติ โดยบูรณาการกับการทำงานจริง

สู้ปัญญา ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะเดิม เสริมสร้างทักษะใหม่ ปรับตัวได้ตามการเปลี่ยนแปลง และเรียนรู้ได้ตลอดชีวิต

พัฒนาสังคม บัณฑิตสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้รับไปพัฒนาชุมชน สังคมและท้องถิ่น มีคุณธรรม จริยธรรม และมีสำนึกรับผิดชอบต่อสังคม

ค่านิยมองค์กร (Core Values)

D - ดิจิทัล Digital and Smart University

C - วัฒนธรรม Culture Capital and sustainable community

I - นวัตกรรม Innovation and Integration of study, research, and academic service

D - การพัฒนา Development for Global Citizen and Global Talent

E - ความเป็นเลิศ Excellence of Education for career and collaboration

สมรรถนะ (Performance)

LOCAL WISDOM (ปัญญาของท้องถิ่น) ซึ่งประกอบด้วยสมรรถนะหลัก ๔ ด้าน ได้แก่:

๑. เชี่ยวชาญเกี่ยวกับมรดกทางวัฒนธรรมและภูมิปัญญาของท้องถิ่น
๒. เชี่ยวชาญในการพัฒนาทรัพยากรท้องถิ่นให้เติบโตและเป็นประโยชน์ต่อท้องถิ่น
๓. เข้าใจ เข้าถึง มุ่งแก้ไขปัญหาที่มีอยู่ในท้องถิ่น
๔. มีเครือข่ายความร่วมมือทั้งหน่วยงานภาครัฐและเอกชนในท้องถิ่น

อัตลักษณ์ (Identity)

"หล่อหลอมการพัฒนากำลังคน ด้วยภูมิปัญญาอันทรงคุณค่า สืบสาน รักษา ศิลปวัฒนธรรมแห่งเมืองมรดกโลก"

H - HUMAN

L - LOCAL WISDOM

A - ARTS AND CULTURE

W - WORLD HERITAGE

คุณลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์

วินัยดี : เป็นผู้มีความวินัยดี โดยปฏิบัติตามกฎหมาย ระเบียบและกฎเกณฑ์ตลอดทั้งยึดมั่นในจรรยาบรรณวิชาชีพและกรอบคุณธรรม จริยธรรม ศิลปวัฒนธรรม เพื่อความเป็นพลเมืองดี

มีจิตอาสา : เป็นผู้มีความเสียสละ เห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวมมากกว่าประโยชน์ส่วนตนและสามารถใช้ความรู้ร่วมแก้ไขปัญหาเพื่อพัฒนาสังคมและท้องถิ่น

นำพาเทคโนโลยี : เป็นผู้มีความตั้งใจให้รู้ นำทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ ๒๑ มาบูรณาการศาสตร์ต่างๆ เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ นำไปสู่การสร้างนวัตกรรม และประยุกต์ใช้ความรู้ประกอบสัมมาชีพสุโลกแห่งการทำงาน โดยเน้นการเรียนรู้ตลอดชีวิต

มีภาวะผู้นำ : เป็นผู้มีความเป็นผู้นำ มีการสื่อสารที่ดี กล้าคิด กล้าตัดสินใจและสามารถทำงานเป็นทีมร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัฒนธรรมองค์กร และคำอธิบาย

“ร่วมคิด ร่วมทำ น้อมนำศาสตร์พระราชาร่วมกันพัฒนาองค์กร และท้องถิ่น อย่างยั่งยืน”

ร่วมคิด : การมีส่วนร่วมของบุคลากรในการคิด การกำหนดทิศทาง และการพัฒนาองค์กร

ร่วมทำ : บุคลากรในองค์กรจากทุกภาคส่วนของมหาวิทยาลัยร่วมทำงานเพื่อบรรลุเป้าหมายที่กำหนดร่วมกัน น้อมนำศาสตร์พระราชาร่วมกันพัฒนาองค์กร

และท้องถิ่น : การนำศาสตร์ต่างๆ ตามแนวทางศาสตร์พระราชมาร่วมกันในการปฏิบัติหน้าที่เพื่อพัฒนาองค์กร และท้องถิ่น

อย่างยั่งยืน : มหาวิทยาลัยเป็นองค์กรที่มีสมรรถนะสูง พัฒนาท้องถิ่นให้มีความมั่นคง ยั่งยืน เป็นที่พึ่งของสังคม

ยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัย

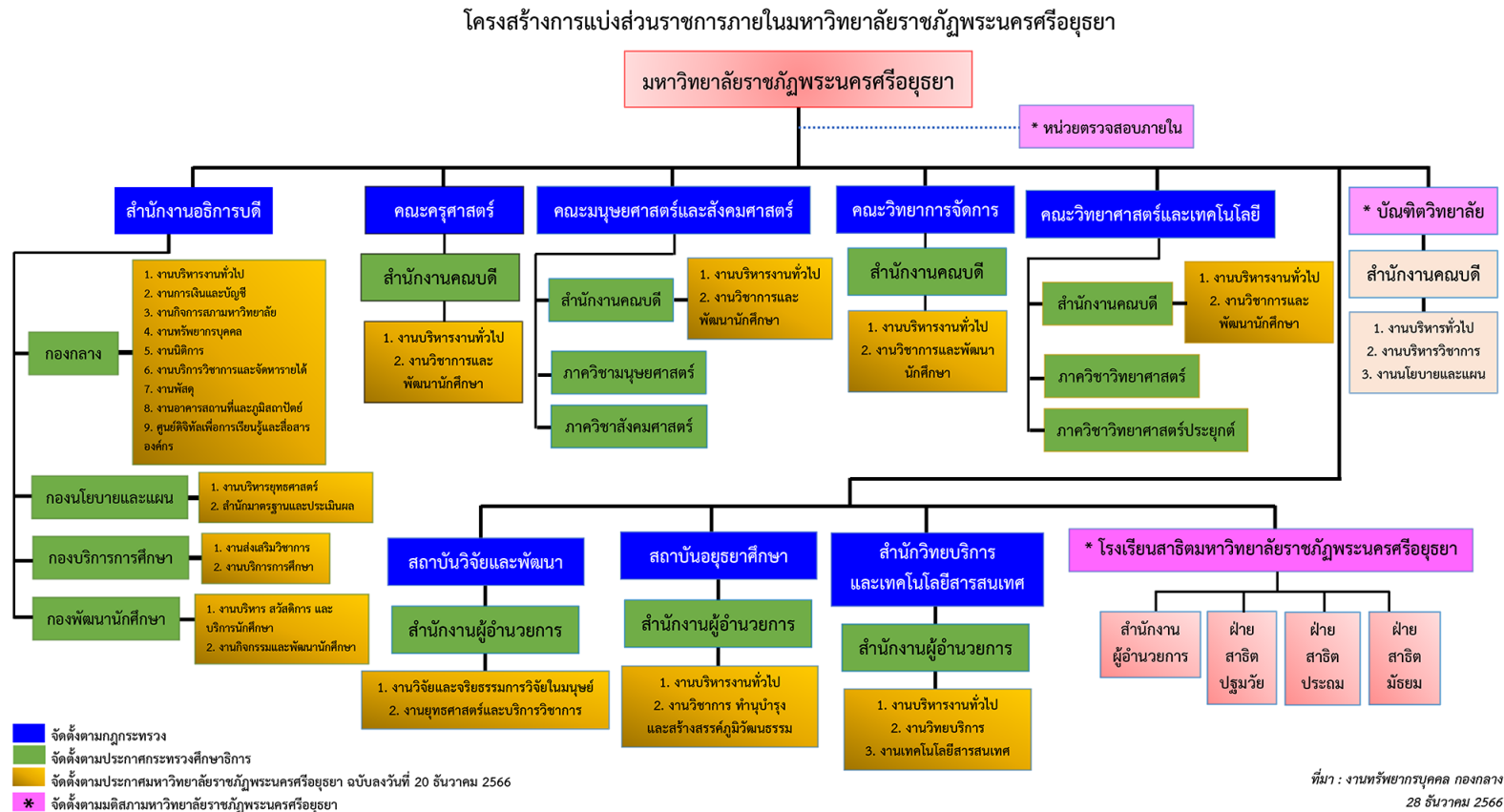
ยุทธศาสตร์ที่ ๑ ยกระดับคุณภาพการผลิตและพัฒนากำลังคนขั้นสูง สู่การเป็นผู้นำด้านนวัตกรรมทางการศึกษา

ยุทธศาสตร์ที่ ๒ เพิ่มขีดความสามารถในการนำการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

ยุทธศาสตร์ที่ ๓ ส่งเสริมสนับสนุนการพัฒนางานวิจัยและนวัตกรรม ด้วยทุนทางวัฒนธรรมเมืองมรดกโลก

ยุทธศาสตร์ที่ ๔ ยกระดับคุณภาพการบริหารจัดการสู่การเป็นองค์กรสมรรถนะสูง

โครงสร้างการแบ่งส่วนราชการภายในมหาวิทยาลัย



ภาพที่ ๑ โครงสร้างการแบ่งส่วนราชการภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

(เว็บไซต์: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา, สืบค้นจาก <https://www.aru.ac.th/structure.php>)

โครงสร้างและการบริหารงานมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา



ภาพที่ ๒ โครงสร้างและการบริหารงานมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

ประวัติคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

โรงเรียนฝึกหัดครูพระนครศรีอยุธยาเริ่มผลิตครู ป.กศ. มาตั้งแต่ปี พ.ศ. ๒๔๙๘ ได้ย้ายจากประตูชัยมายังสถานที่ปัจจุบันใน พ.ศ. ๒๕๐๙ พร้อมได้รับการยกฐานะเป็นวิทยาลัยครูพระนครศรีอยุธยา มีหมวดวิทยาศาสตร์รับผิดชอบการสอนวิชาสายวิทยาศาสตร์และได้เปิดสอนระดับ ป.กศ.สูง วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป ต่อมาเมื่อพระราชบัญญัติวิทยาลัยครู พ.ศ. ๒๕๑๘ ประกาศใช้ได้เปิดโอกาสให้วิทยาลัยครูเปิดสอนถึงระดับปริญญาตรีได้ หมวดวิทยาศาสตร์ได้ปรับเปลี่ยนเป็น คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีการเปิดสอนถึงระดับปริญญาตรีทางการศึกษาศาขามัธยมศึกษาวิชาเอกฟิสิกส์เป็นวิชาแรก

ในปี พ.ศ. ๒๕๒๘ ได้มีการประกาศใช้พระราชบัญญัติวิทยาลัยครูฉบับที่ ๒ ซึ่งเปิดโอกาสให้วิทยาลัยครูสามารถเปิดสอนสาขาวิชาการอื่น ๆ นอกเหนือจากวิชาชีพครูได้ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จึงได้เริ่มเปิดสอนหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาต่าง ๆ เช่น วิทยาการคอมพิวเตอร์ ชีววิทยาประยุกต์ สถิติประยุกต์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม ฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป เป็นต้น และเมื่อมีการประกาศใช้พระราชบัญญัติสถาบันราชภัฏ พ.ศ. ๒๕๓๘ ทำให้สามารถเปิดสอนหลักสูตรที่สูงกว่าระดับปริญญาตรีได้ วิทยาลัยครูพระนครศรีอยุธยาจึงได้เปลี่ยนชื่อเป็นสถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีหน้าที่รับผิดชอบการผลิตบัณฑิตสาขาวิทยาศาสตร์โดยตรง

ในปี พ.ศ. ๒๕๔๒ รัฐบาลได้ออกพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๔๒ โดยมีสาระสำคัญส่วนหนึ่ง กำหนดให้มีการยุบรวมกันของทบวงมหาวิทยาลัยและกระทรวงศึกษาธิการ เพื่อให้เกิดความเป็นเอกภาพในเชิงนโยบายด้านการศึกษา เป็นผลทำให้สำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ สังกัดกระทรวงกระทรวงศึกษาธิการต้องรวมกับทบวงมหาวิทยาลัย ภายใต้การกำกับดูแลของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการและสถาบันราชภัฏทั่วประเทศได้รับการยกฐานะให้เป็นมหาวิทยาลัย ตาม พ.ร.บ. มหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยมีผลตั้งแต่วันที่ ๑๕ มิถุนายน ๒๕๔๗ จึงทำให้สถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยาได้รับการยกฐานะให้เป็น “มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา” ซึ่งนับเป็นพระมหากรุณาธิคุณอย่างล้นพ้นแก่ชาวมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาอีกครั้ง

การก้าวสู่การเป็นมหาวิทยาลัยที่มีฐานะเป็นนิติบุคคล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้มีการปรับปรุง และพัฒนาหลักสูตรเพื่อยกระดับคุณภาพการศึกษาให้สามารถแข่งขันกับสถาบันการศึกษาชั้นนำของประเทศได้ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจำเป็นต้องเร่งพัฒนาทั้ง การเรียนการสอนและการวิจัย ในด้านการเรียนการสอน ได้ส่งเสริมและสนับสนุนอาจารย์ในคณะเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการให้มากขึ้นและมีนโยบายส่งอาจารย์ให้ศึกษาต่อระดับปริญญาเอกเพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ในด้านการวิจัยได้มีการส่งเสริมประสิทธิภาพ คุณภาพของการวิจัย อันจะส่งผลถึงการพัฒนาคุณภาพของการศึกษาโดยรวม ทั้งนี้รวมถึงงานวิจัยของมหาวิทยาลัยด้วย นอกจากนี้ยังได้มีการทำวิจัยโดยใช้โจทย์วิจัยของชุมชนเพื่อให้มหาวิทยาลัยของท้องถิ่นเป็นที่พึ่งทางวิชาการต่าง ๆ แก่ชุมชน เช่น โครงการวิจัยวิทยาศาสตร์ท้องถิ่นการอนุรักษ์พันธุ์กรรมพืช เป็นต้น

ภารกิจของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนอกจากการผลิตบัณฑิตสาขาวิทยาศาสตร์ในหลายสาขาวิชาแล้วยังมีหน้าที่สอนวิชาเอกสาขาวิทยาศาสตร์ให้กับบัณฑิตสาขาครุศาสตร์ วิชาเอกคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ทั่วไป ฟิสิกส์และสอนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานให้นักศึกษาทุกสาขาวิชา และยังได้รับผิดชอบดูแลงานที่เกี่ยวข้องกับวิชาชีพวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอื่น ๆ ของมหาวิทยาลัยด้วย เช่น

- ศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งจัดตั้งขึ้นตามโครงการพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์เพื่อทำหน้าที่พัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ งานวิจัยทั้งของนักศึกษาอาจารย์และหน่วยงานภายนอกตลอดจนการเผยแพร่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับท้องถิ่น

วิสัยทัศน์ พันธกิจ วัตถุประสงค์ อัตลักษณ์ เอกลักษณ์

วิสัยทัศน์

เป็นศูนย์กลางการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ สร้างนวัตกรรม ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ เพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมและชุมชนท้องถิ่นอย่างยั่งยืน ภายในปี พ.ศ. ๒๕๗๒

พันธกิจ

- ๑) ผลิตภัณฑ์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้บัณฑิต
- ๒) พัฒนางานวิจัย และสร้างนวัตกรรมเพื่อตอบโจทย์ความต้องการของชุมชนและภาคอุตสาหกรรม
- ๓) เป็นศูนย์กลางด้านการบริการวิชาการ และการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน
- ๔) ยกระดับการบริหารจัดการให้มีประสิทธิภาพ โปร่งใส ตรวจสอบได้ และทันสมัย

ค่านิยม

ค่านิยม D-SCI

D – Development & Digital Transformation (การพัฒนาและการปรับใช้เทคโนโลยีดิจิทัล) มุ่งพัฒนาศักยภาพบุคลากร นักศึกษา และระบบงาน พร้อมทั้งขับเคลื่อนการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อยกระดับการเรียนรู้ การวิจัย และบริการวิชาการให้ทันต่ออุตสาหกรรมยุคใหม่

S – Science & Sustainability (วิทยาศาสตร์และความยั่งยืน) ใช้หลักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมเพื่อสร้างความรู้ที่นำไปสู่ความยั่งยืนของอุตสาหกรรม สังคม และสิ่งแวดล้อม

C – Creativity & Collaboration (ความคิดสร้างสรรค์และความร่วมมือ) ส่งเสริมความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ พร้อมสร้างความร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรม ชุมชน หน่วยงานรัฐ และภาคีเครือข่ายเพื่อพัฒนานวัตกรรมและแก้ปัญหาเชิงพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ

I – Innovation & Impact (นวัตกรรมและผลกระทบต่อสังคม) ผลักดันการสร้างนวัตกรรมที่ใช้งานได้จริง และสร้างผลกระทบเชิงบวกต่ออุตสาหกรรม เศรษฐกิจชุมชน และคุณภาพชีวิตของประชาชน

สมรรถนะหลัก

- ๑) แสวงหาความรู้ และทักษะใหม่ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- ๒) สร้างนวัตกรรมโดยการบูรณาการศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา และพัฒนาท้องถิ่น

วัฒนธรรมองค์กร

สามัคคี โปร่งใส สร้างสรรค์สิ่งใหม่ ใส่ใจพัฒนา

ยุทธศาสตร์ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

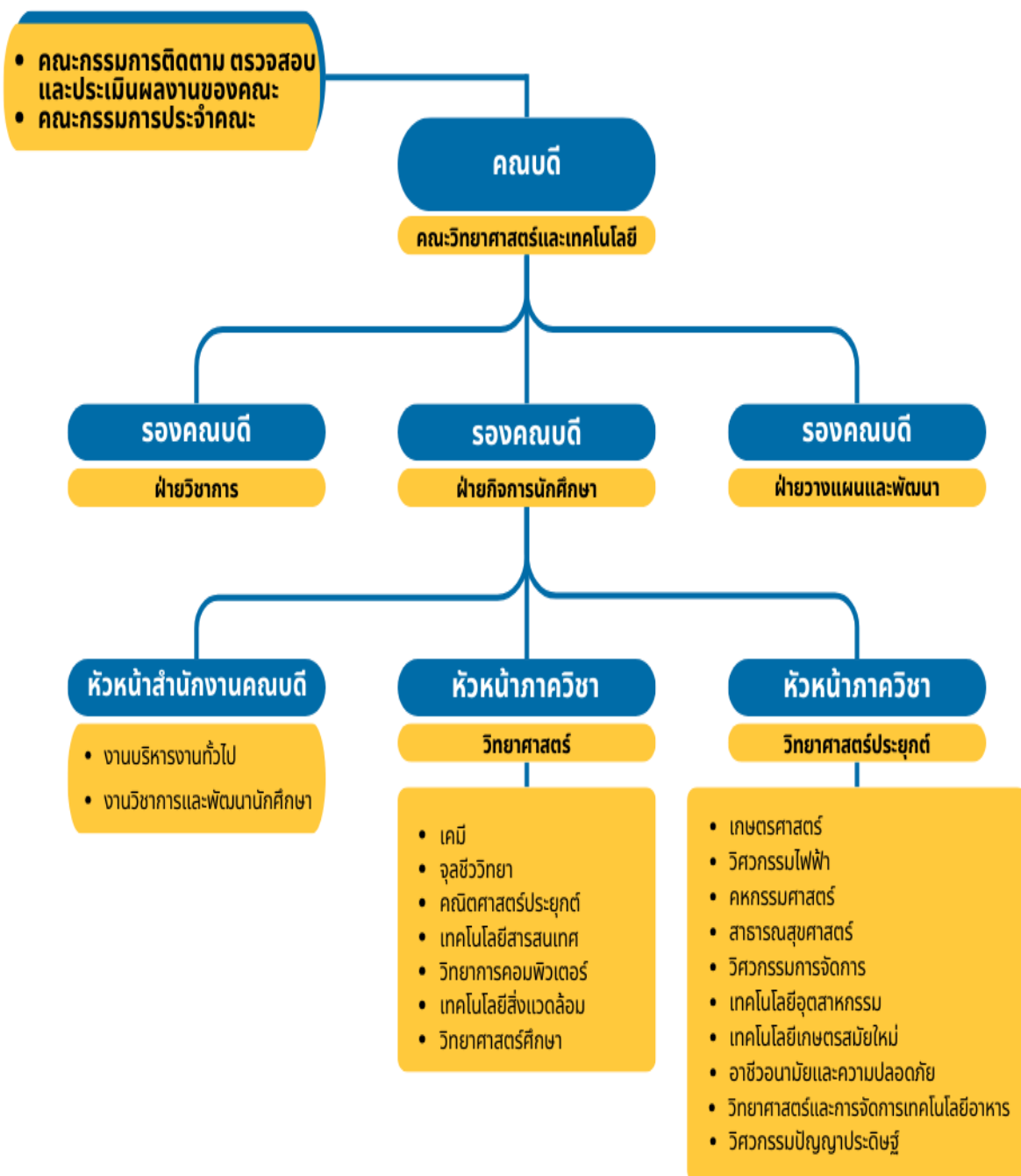
ยุทธศาสตร์ที่ ๑ การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อตอบสนองความต้องการของท้องถิ่น

ยุทธศาสตร์ที่ ๒ การบริการวิชาการและทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมของชาติ

ยุทธศาสตร์ที่ ๓ การเสริมสร้างความเป็นเลิศด้านวิจัยและนวัตกรรม

ยุทธศาสตร์ที่ ๔ การพัฒนาระบบบริหารจัดการคณะสู่การเป็นองค์กรแห่งความสำเร็จ

โครงสร้างการแบ่งส่วนราชการภายในคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



ภาพที่ ๓ โครงสร้างการแบ่งส่วนราชการภายในคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นักวิทยาศาสตร์

นักวิทยาศาสตร์ มีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการปฏิบัติงานในฐานะผู้ปฏิบัติงานระดับต้น ที่ต้องใช้ความรู้ ความสามารถทางวิชาการในการทำงาน ปฏิบัติงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้การกำกับ แนะนำตรวจสอบ และปฏิบัติงานอื่นตามที่ได้รับมอบหมาย โดยมีลักษณะงานที่ปฏิบัติในด้านต่าง ๆ ดังนี้

๑. ด้านการปฏิบัติงาน

- (๑) ศึกษา ค้นคว้า ทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล และร่วมดำเนินงานวิจัย เผยแพร่ผลงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อสร้างองค์ความรู้และพัฒนาอุตสาหกรรม
- (๒) วิเคราะห์ ทดสอบ ตรวจสอบ ตรวจวัด ตรวจพิสูจน์ วินิจฉัย ทางวิทยาศาสตร์ของวัตถุตัวอย่าง สอบ เทียบเครื่องมือ อุปกรณ์วัด เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ที่
- (๓) เกี่ยวข้อง จัดทำฐานข้อมูล หอปฏิบัติการ ส่งเสริมพัฒนาหอปฏิบัติการ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน
- (๔) ให้บริการวิชาการด้านต่าง ๆ เช่น ให้คำปรึกษา แนะนำ ให้การปฏิบัติงานแก่เจ้าหน้าที่ระดับรองลงมา และแก่นักศึกษาที่มาฝึกปฏิบัติงาน ตอบปัญหาชี้แจงเรื่องต่าง ๆ เกี่ยวกับงานในหน้าที่ เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง มีประสิทธิภาพ และปฏิบัติหน้าที่อื่นที่เกี่ยวข้อง

๒. ด้านการวางแผน

วางแผนการทำงานที่รับผิดชอบ ร่วมวางแผนการทำงานของหน่วยงานหรือโครงการเพื่อให้การดำเนินงานบรรลุเป้าหมายและผลสัมฤทธิ์ที่กำหนด

๓. ด้านการประสานงาน

- (๑) ประสานการทำงานร่วมกันระหว่างทีมงานหรือหน่วยงานทั้งภายในและภายนอก เพื่อให้เกิดความร่วมมือและผลสัมฤทธิ์ตามที่กำหนดไว้
- (๒) ชี้แจงและให้รายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูล ข้อเท็จจริง แก่บุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างความเข้าใจหรือความร่วมมือในการดำเนินงานตามที่ได้รับมอบหมาย

๔. ด้านการบริการ

- (๑) ให้คำปรึกษา แนะนำเบื้องต้น เผยแพร่ ถ่ายทอดความรู้ ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งตอบปัญหาและชี้แจงเรื่องต่าง ๆ เกี่ยวกับงานในหน้าที่ เพื่อให้ผู้บริการได้รับทราบข้อมูล และความรู้ต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์
- (๒) จัดเก็บข้อมูลเบื้องต้น และให้บริการข้อมูลทางวิชาการ เกี่ยวกับด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้บุคลากรทั้งภายในและภายนอกหน่วยงาน ตลอดจนผู้รับบริการ ได้รับทราบข้อมูลที่เป็นความรู้ต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ สอดคล้อง และสนับสนุนภารกิจของหน่วยงาน และใช้ประกอบการพิจารณากำหนดนโยบาย แผนงาน หลักเกณฑ์ มาตรการต่าง ๆ

ภาระหน้าที่ของนักวิทยาศาสตร์

นักวิทยาศาสตร์สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครอบคลุมการบริหารจัดการห้องปฏิบัติการทางด้านเกษตรศาสตร์ การสนับสนุนการเรียนการสอน การวิจัย และการบริการวิชาการ โดยมุ่งเน้นการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพ ถูกต้องตามหลักวิชาการ และได้มาตรฐานความปลอดภัยสากล ซึ่งมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

๑.งานห้องปฏิบัติการ นักวิทยาศาสตร์สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ ได้ดำเนินการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และปรับปรุงฐานข้อมูลห้องปฏิบัติการให้มีความถูกต้อง ครบถ้วน และเป็นปัจจุบัน ตลอดจนดำเนินการวิเคราะห์ และทบทวนคู่มือปฏิบัติงานของเครื่องมือและอุปกรณ์ประจำห้องปฏิบัติการ ตรวจสอบและกำกับดูแลการทดสอบเครื่องมือและอุปกรณ์ให้มีความพร้อมใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย ดำเนินการวิเคราะห์ และปรับปรุงระบบการขอใช้ห้องปฏิบัติการให้มีความทันสมัยและสอดคล้องกับบริบทการบริหารจัดการในปัจจุบัน นำข้อมูลสถิติการใช้งานมาวิเคราะห์และใช้เป็นข้อมูลประกอบการรายงานผลตามตัวบ่งชี้การประกันคุณภาพการศึกษาอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ

๒. งานสนับสนุนการเรียนการสอนด้านเกษตรศาสตร์ ดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาระบบการรวบรวมข้อมูลรายวิชาปฏิบัติการ ด้วยแบบสำรวจออนไลน์ วางแผนการเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีให้สอดคล้องกับรายวิชา จำนวนบทปฏิบัติการ และจำนวนนักศึกษาในแต่ละภาคการศึกษา ดำเนินการตรวจสอบและควบคุมการจัดทำตารางการใช้ห้องปฏิบัติการ เพื่อป้องกันความซ้ำซ้อนในการใช้งาน และสนับสนุนให้การจัดการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติ ศึกษาค้นคว้า ทดลอง และทดสอบบทปฏิบัติการ เตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมีให้เหมาะสมกับเนื้อหาการเรียนการสอนในเชิงปฏิบัติจริง ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และระบบความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการก่อนการใช้งาน ตรวจสอบ จัดเก็บ และประเมินสภาพวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง วิเคราะห์ปัญหา ความเสียหาย สรุปรายงานและเสนอแนะแนวทางปรับปรุงต่ออาจารย์ผู้สอน

๓. งานจัดการสารเคมี วัสดุ และครุภัณฑ์ ศึกษา วิเคราะห์ และประยุกต์ใช้แนวปฏิบัติด้านการจัดการสารเคมี วัสดุ และครุภัณฑ์ พัฒนาระบบทะเบียนควบคุมสารเคมี วัสดุ และครุภัณฑ์ให้มีความถูกต้อง ครบถ้วน และเป็นปัจจุบัน ตรวจสอบบัญชีวัสดุ ครุภัณฑ์ และสารเคมีของสาขาวิชา ดำเนินการการจัดซื้อจัดจ้าง วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือ ดำเนินการจำหน่ายพัสดุ สรุปและรายงานผลการจัดการสารเคมี วัสดุ และครุภัณฑ์

๔. งานจัดการความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ ศึกษา วิเคราะห์ และนำหลักเกณฑ์ มาตรฐาน และแนวปฏิบัติด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้ ประเมินความปลอดภัยห้องปฏิบัติการตามแนวทางที่กำหนด ดำเนินการสำรวจ ตรวจสอบ และประเมินความเสี่ยงของห้องปฏิบัติการ เครื่องมือ อุปกรณ์ และกระบวนการปฏิบัติงานอย่างเป็นระบบ จัดทำและพัฒนาคู่มือ แนวปฏิบัติ และมาตรการด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ กำกับ ดูแล และตรวจสอบการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการให้เป็นไปตามมาตรการด้านความปลอดภัย ให้คำแนะนำ ชี้แจง และถ่ายทอดความรู้ด้านความปลอดภัยแก่คณาจารย์ นักศึกษา และผู้ใช้ห้องปฏิบัติการ ตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยให้สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ ประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการแก้ไข ปรับปรุง หรือพัฒนาระบบความปลอดภัยเมื่อพบข้อบกพร่องหรือความเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดอันตราย ติดตาม ประเมินผล และสรุปรายงานผลการจัดการความปลอดภัย วิเคราะห์ ปัญหา อุปสรรค และเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้น เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการปรับปรุงมาตรการ แนวปฏิบัติ และแผนการจัดการความปลอดภัยให้มีความเหมาะสม ทันสมัย และสอดคล้องกับสภาพการใช้งานจริง

๕. งานบริการวิชาการสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ สนับสนุนการดำเนินงานโครงการบริการวิชาการ โดยร่วมวางแผน รวบรวม วิเคราะห์ และจัดเตรียมข้อมูลทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง ร่วมกำหนดกิจกรรม รูปแบบการถ่ายทอดความรู้ และกลุ่มเป้าหมายให้สอดคล้องกับบริบทและความต้องการของชุมชนหรือหน่วยงานที่รับบริการ อันเป็นการเสริมสร้างความเชื่อมโยงระหว่างองค์ความรู้ทางวิชาการกับการนำไปใช้ประโยชน์จริง จัดเตรียมความพร้อมด้านสถานที่ วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ และสื่อประกอบการถ่ายทอดองค์ความรู้ สนับสนุน

การสาธิต ทดลอง และถ่ายทอดเทคนิคด้านเกษตรศาสตร์ในลักษณะเชิงปฏิบัติการ ภายใต้การกำกับดูแลของ อาจารย์ผู้รับผิดชอบโครงการ ประสานงานกับหน่วยงานภายในและภายนอกที่เกี่ยวข้อง ให้คำแนะนำด้านการ ใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้องและปลอดภัย ติดตาม ประเมินผล และ สรุปรายงานผลการดำเนินงานบริการวิชาการ โดยรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ วิเคราะห์ ผลสัมฤทธิ์ของกิจกรรม ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนา รูปแบบการบริการวิชาการของสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ ให้มีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อความต้องการของ สังคม

๖. งานสนับสนุนงานวิจัย ค้นคว้า ทดลองสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ ศึกษา วิเคราะห์ และทำความเข้าใจ แผนงานและโครงการวิจัยของคณาจารย์ วางแผนเตรียมความพร้อมด้านเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และ ห้องปฏิบัติการให้เหมาะสมกับลักษณะงานวิจัยและการทดลองในแต่ละโครงการวิจัย จัดเตรียม ทดลอง และ ทดสอบวิธีการทดลองเบื้องต้น การตรวจสอบความพร้อมและความแม่นยำของเครื่องมือและอุปกรณ์ทาง วิทยาศาสตร์ การจัดเตรียมวัสดุและสารเคมีให้ตรงตามข้อกำหนดของงานวิจัย ตลอดจนการให้คำแนะนำด้าน เทคนิคและกระบวนการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ จัดเก็บ บันทึก และบริหารจัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ การทดลองและการวิจัย ติดตาม ประเมินผล และวิเคราะห์ปัญหา อุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงาน งานวิจัยและการทดลอง พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางแก้ไขหรือปรับปรุงกระบวนการทำงาน

๗. งานถ่ายทอดความรู้ ดำเนินการรวบรวมองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ห้องปฏิบัติการ เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี รวมถึงแนวปฏิบัติด้านความปลอดภัย เพื่อนำมาจัดทำเอกสาร คู่มือ และสื่อ ประกอบการถ่ายทอดความรู้ ให้คำแนะนำ อธิบาย และสาธิตการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงกระบวนการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการอย่างถูกต้องและปลอดภัย สนับสนุนการจัดกิจกรรมฝึกอบรม อบรมเชิงปฏิบัติการ และการถ่ายทอดองค์ความรู้ในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกหน่วยงาน วิเคราะห์ และปรับปรุงรูปแบบ วิธีการ และเนื้อหาการถ่ายทอดความรู้

ส่วนที่ ๒ ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

เรื่อง การเตรียมปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (Plant Tissue Culture) ถือเป็นศาสตร์และกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพที่ได้รับการศึกษาและพัฒนาอย่างต่อเนื่องยาวนาน โดยมีความก้าวหน้าตามยุคสมัยของเทคโนโลยีที่ใช้สนับสนุนการดำเนินงาน การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อดังกล่าวเป็นการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนของพืชภายใต้สภาพปลอดเชื้อและสภาวะแวดล้อมที่มีการควบคุมอย่างเหมาะสม ทั้งด้านอุณหภูมิ แสง และอาหารสังเคราะห์ เพื่อให้ชิ้นส่วนของพืชสามารถเจริญเติบโตจนพัฒนาเป็นต้นพืชที่สมบูรณ์ และสามารถย้ายปลูกในสภาพธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ ชิ้นส่วนพืชที่นำมาใช้ ได้แก่ โพรโทพลาสต์ เนื้อเยื่อเจริญส่วนต่าง ๆ เช่น ปลายยอด ตาข้าง ใบ ลำต้น เมล็ด และอวัยวะสืบพันธุ์บางชนิด

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์พืช การขยายพันธุ์พืชเศรษฐกิจ รวมถึงการผลิตต้นพันธุ์ที่ปราศจากโรค เพื่อสนับสนุนการเพิ่มประสิทธิภาพด้านการเกษตรสมัยใหม่ ตลอดจนสามารถประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และผลิตภัณฑ์ทางเทคโนโลยีชีวภาพอื่น ๆ อันเป็นประโยชน์ต่อระบบเศรษฐกิจและสังคม

เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชถือเป็นศาสตร์ด้านเทคโนโลยีชีวภาพที่สำคัญ ซึ่งมุ่งเน้นการเพาะเลี้ยงเซลล์ เนื้อเยื่อ อวัยวะ หรือชิ้นส่วนของพืชภายใต้สภาพปลอดเชื้อ (Aseptic Technique) โดยมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมทั้งด้านกายภาพและเคมี เช่น อุณหภูมิ ความเข้มแสง และองค์ประกอบของอาหารสังเคราะห์ เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตและการพัฒนาของเนื้อเยื่อพืชให้สามารถสร้างเป็นต้นพืชสมบูรณ์ได้ เทคนิคดังกล่าวเริ่มต้นพัฒนามาตั้งแต่ต้นศตวรรษที่ ๒๐ จากแนวคิดของ Gottlieb Haberlandt นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ผู้ได้รับการยกย่องว่าเป็นบิดาแห่งการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช แม้การทดลองในระยะแรกยังไม่ประสบความสำเร็จ แต่ได้กลายเป็นรากฐานสำคัญที่นำไปสู่การพัฒนาองค์ความรู้ด้านสรีรวิทยา พันธุศาสตร์ และเทคนิคปลอดเชื้อตามมา ต่อมาได้มีการศึกษาพัฒนาเทคนิคเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออย่างต่อเนื่อง ทั้งการเพาะเลี้ยงแคลลัส การผลิตเอ็มบริโอจากเซลล์ร่างกาย การคิดค้นและปรับปรุงสูตรอาหารสังเคราะห์ เช่น สูตร Murashige and Skoog (MS) รวมถึงการประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ การผลิตพืชปลอดโรค การเก็บรักษาพันธุกรรมในระยะยาว และการผลิตสารชีวภาพที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในภาคการเกษตร อุตสาหกรรมอาหาร การแพทย์ และงานวิจัยเชิงวิทยาศาสตร์

สำหรับ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา การเตรียมปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ถือเป็นขั้นตอนสำคัญที่ส่งเสริมให้นักศึกษามีความรู้และทักษะเชิงปฏิบัติการอย่างถูกต้องตามมาตรฐาน โดยครอบคลุมการเตรียมห้องปฏิบัติการปลอดเชื้อ การใช้อุปกรณ์ เช่น ตู้ยาลเนื้อเยื่อ เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ และเครื่องมือวิเคราะห์ การเตรียมอาหารสังเคราะห์ตามสูตรมาตรฐาน ตลอดจนการปฏิบัติจริงในการฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนพืช การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และการดูแลรักษาวัสดุเพาะเลี้ยงจนพัฒนาเป็นต้นพืช นอกจากนี้ ยังมุ่งเน้นการเสริมสร้างทักษะด้านการวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการควบคุมคุณภาพ ซึ่งเป็นสมรรถนะที่จำเป็นต่อการทำงานในสาขาอาชีพที่เกี่ยวข้อง

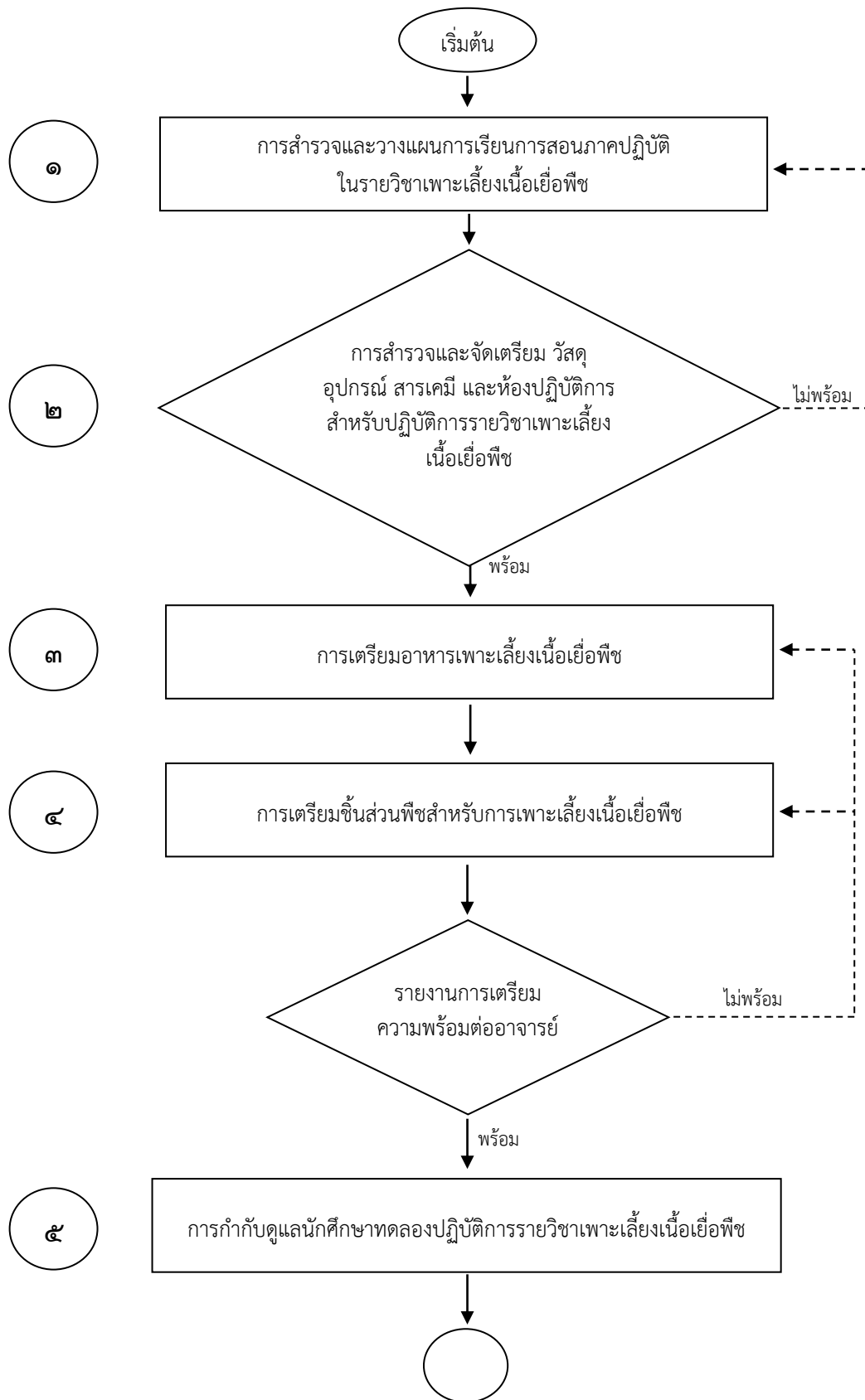
ดังนั้น การดำเนินงานด้านการเตรียมปฏิบัติการในรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ไม่เพียงเป็นกระบวนการเรียนรู้ในชั้นเรียนและห้องปฏิบัติการเท่านั้น แต่ยังเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาศักยภาพ

ของนักศึกษา ให้สามารถประยุกต์ใช้ทักษะและองค์ความรู้สู่การวิจัย การผลิตต้นพันธุ์พืชคุณภาพ และการพัฒนานวัตกรรมทางการเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพ อันนำไปสู่การเสริมสร้างความเข้มแข็งทางวิชาการและการยกระดับคุณภาพภาคการเกษตรในท้องถิ่นและระดับประเทศอย่างยั่งยืน

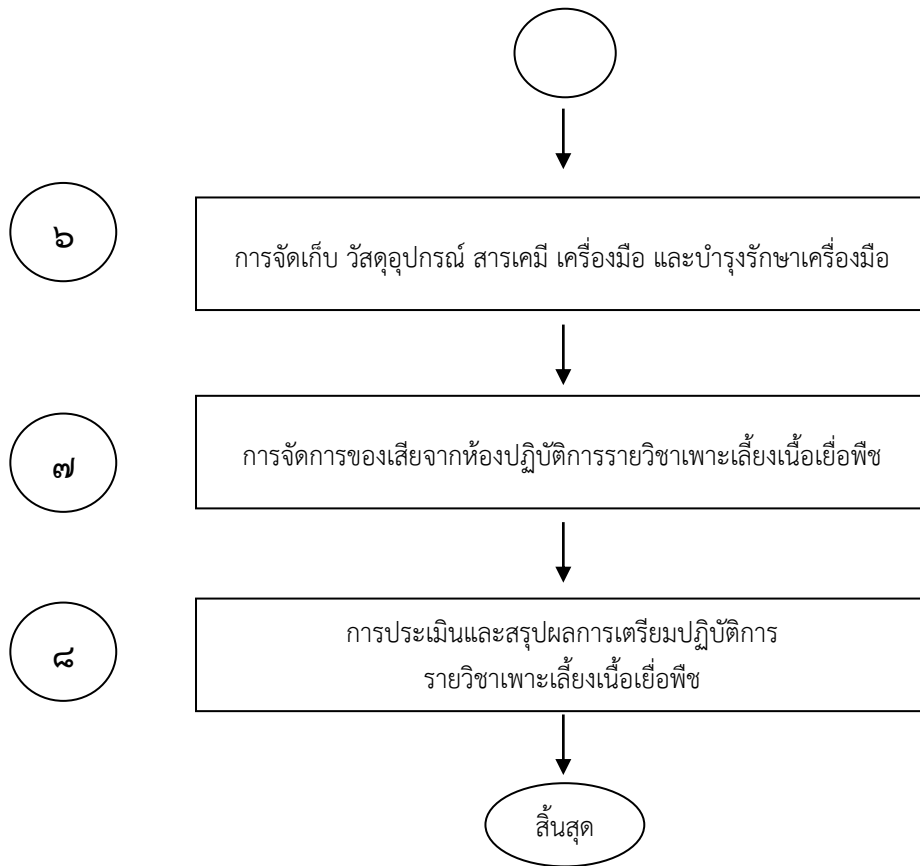
จากความเป็นมาและความสำคัญดังกล่าว ผู้เขียนจึงได้เขียนคู่มือปฏิบัติงานหลัก การเตรียม ปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เพื่อจะได้พัฒนาศักยภาพของนักศึกษา ให้สามารถประยุกต์ใช้ ทักษะและองค์ความรู้สู่การวิจัย การผลิตต้นพันธุ์พืชคุณภาพ และการพัฒนานวัตกรรมทางการเกษตรอย่างมี ประสิทธิภาพ อันนำไปสู่การเสริมสร้างความเข้มแข็งทางวิชาการและการยกระดับคุณภาพภาคการเกษตรใน ท้องถิ่นและระดับประเทศอย่างยั่งยืน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินงานตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุด กระบวนการ ตามขั้นตอนดังนี้

๑. การสำรวจและวางแผนการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ ในรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช
๒. การสำรวจและจัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และห้องปฏิบัติการสำหรับปฏิบัติการ รายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช
๓. การเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช
๔. การเตรียมชิ้นส่วนพืชสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช
๕. การกำกับดูแลนักศึกษาทดลองปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช
๖. การจัดเก็บ วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี เครื่องมือ และบำรุงรักษาเครื่องมือ
๗. การจัดการของเสียจากห้องปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช
๘. การประเมินและสรุปผลการเตรียมปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

ขั้นตอน การเตรียมปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช



แผนภูมิที่ ๑ ขั้นตอนการเตรียมปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช



แผนภูมิที่ ๑ ขั้นตอนการเตรียมปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

ขั้นตอนที่ ๑ การสำรวจและวางแผนการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ ในรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

การดำเนินงานด้านการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติในรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช จำเป็นต้องดำเนินการอย่างเป็นระบบ เพื่อให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชา และสนับสนุนคุณภาพการจัดการเรียนการสอนของสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยเริ่มจากการศึกษารายละเอียดของรายวิชา ได้แก่ คำอธิบายรายวิชา วัตถุประสงค์ ผลลัพธ์การเรียนรู้ และหัวข้อปฏิบัติการ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนและเตรียมความพร้อมด้านต่าง ๆ การสำรวจข้อมูลพื้นฐาน เช่น จำนวนนักศึกษา จำนวนกลุ่มปฏิบัติการ ระยะเวลาในการใช้ห้องปฏิบัติการ รวมถึงรูปแบบกิจกรรมภาคปฏิบัติ เพื่อใช้ในการวางแผนจัดสรรพื้นที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ให้เพียงพอและเหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอน การตรวจสอบความพร้อมของห้องปฏิบัติการ ระบบสาธารณูปโภค และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ เช่น ตู้ปลอดเชื้อ เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ และอุปกรณ์เครื่องแก้ว เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ การสำรวจและจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช โดยตรวจสอบปริมาณคงเหลือ คุณภาพ และวันหมดอายุ เพื่อป้องกันปัญหาการขาดแคลนหรือการใช้งานวัสดุที่ไม่ได้มาตรฐาน พร้อมทั้งวางแผนการใช้งานทรัพยากรให้เกิดความคุ้มค่า เมื่อดำเนินการสำรวจและวางแผนเรียบร้อยแล้ว จะจัดทำสรุปผลและรายงานความพร้อมเสนอต่ออาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติสามารถดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ และบรรลุตามวัตถุประสงค์ของรายวิชา โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

๑.๑ นักวิทยาศาสตร์สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ ดำเนินการสำรวจและรวบรวมข้อมูลเนื้อหาบทปฏิบัติการในรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชจากอาจารย์ผู้สอนรายวิชา เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนและจัดเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ รวมถึงการรวบรวมข้อมูลจำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียน เพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณทรัพยากรที่ต้องใช้และการจัดกลุ่มผู้เรียนให้เหมาะสมกับลักษณะกิจกรรมภาคปฏิบัติ ซึ่งดำเนินการในช่วงก่อนเปิดภาคการศึกษา

ในการดำเนินงานดังกล่าว นักวิทยาศาสตร์สาขาวิชาเกษตรศาสตร์จะดำเนินการศึกษาข้อมูลจากตารางการจัดการเรียนการสอนที่ประกาศโดยกองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา เพื่อสำรวจรายละเอียดของรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ได้แก่ จำนวนคาบเรียน วันและเวลาที่จัดการเรียนการสอน หมู่เรียนนักศึกษา และรายชื่ออาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา ทั้งนี้ ข้อมูลดังกล่าวถือเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการวางแผนการใช้ห้องปฏิบัติการ การจัดตารางการเตรียมงาน และการบริหารจัดการทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ

ภายหลังจากการตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นแล้ว นักวิทยาศาสตร์จะดำเนินการประสานงานกับอาจารย์ผู้สอนแต่ละท่าน เพื่อขอรายละเอียดเกี่ยวกับบทปฏิบัติการที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยให้อาจารย์ผู้สอนระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ชื่อบทปฏิบัติการ ลำดับกิจกรรมภาคปฏิบัติ จำนวนครั้งที่ใช้ห้องปฏิบัติการ รายละเอียดของวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และสารเคมีที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติการ รวมถึงจำนวนนักศึกษาที่เข้าร่วมกิจกรรมในแต่ละครั้ง ทั้งนี้ เพื่อให้สามารถวางแผนการจัดเตรียมทรัพยากรได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน และเหมาะสมกับลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้

นอกจากนี้ ยังมีการรวบรวมข้อมูลช่องทางการติดต่อของอาจารย์ผู้สอน เช่น หมายเลขโทรศัพท์ E-Mail หรือช่องทางสื่อสารออนไลน์ เพื่อใช้ในการประสานงานและติดตามข้อมูลเพิ่มเติมในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงแผนการจัดการเรียนการสอน หรือมีความจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนรายละเอียดการใช้ห้องปฏิบัติการในระหว่างภาคการศึกษา ทั้งนี้ ข้อมูลทั้งหมดจะถูกบันทึกลงในแบบสำรวจข้อมูลการจัดการ

เรียนการสอนภาคปฏิบัติ แสดงดังภาพที่ ๔ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการวางแผนและบริหารจัดการการใช้ห้องปฏิบัติการอย่างเป็นระบบ

การดำเนินงานในขั้นตอนดังกล่าวมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากช่วยให้สามารถวางแผนการจัดเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีได้อย่างเพียงพอและเหมาะสมกับจำนวนผู้เรียน อีกทั้งยังช่วยลดปัญหาการขาดแคลนทรัพยากร ความซ้ำซ้อนในการใช้งานห้องปฏิบัติการ และความล่าช้าในการจัดเตรียมกิจกรรมภาคปฏิบัติ ตลอดจนส่งเสริมให้การจัดการเรียนการสอนในรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นระบบ และสอดคล้องกับมาตรฐานด้านคุณภาพการศึกษาของมหาวิทยาลัยต่อไป



แบบสำรวจข้อมูลเพื่อการวางแผนการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ
รายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช
 ภาคการศึกษา ปีการศึกษา
 คณะ/สาขาวิชา

รายการสำรวจข้อมูล	รายละเอียด / ข้อมูลที่ระบุ
1. ชื่อรายวิชา / รหัสวิชา	.....
2. หมู่เรียนนักศึกษา	.....
3. จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียน	 คน
4. ชื่อ-สกุล อาจารย์ผู้สอน	.....
5. สังกัด / สาขาวิชา	.....
6. เบอร์โทรศัพท์ / อีเมล	.....
7. จำนวนคาบเรียนภาคปฏิบัติทั้งหมด	 คาบ
8. วัน-เวลาเรียนภาคปฏิบัติ	.....
9. รูปแบบการจัดการเรียนการสอน	☐ รายบุคคล ☐ กลุ่ม (จำนวน คน/กลุ่ม)
10. ชื่อบทปฏิบัติการที่ใช้สอน (เรียงตามลำดับ)	1) 2) 3) 4) 5)
11. เครื่องมือและอุปกรณ์หลักที่ใช้	.....
12. สารเคมี / วัสดุชีวภาพที่ใช้	.....
13. ลักษณะการใช้ห้องปฏิบัติการ	☐ เตรียมชิ้นส่วนพืช ☐ เตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ☐ เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ☐ อื่น ๆ
14. ความต้องการหรือเงื่อนไขพิเศษ	.....
15. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	.....

ลงชื่อ อาจารย์ผู้สอน
 (.....)
 วันที่ เดือน พ.ศ.

ภาพที่ ๔ แบบสำรวจข้อมูลเพื่อการวางแผนการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ รายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

๑.๒ นำข้อมูลจากการสำรวจการจัดทำตารางการใช้ห้องปฏิบัติการในรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช แสดงดังภาพที่ ๕ โดยกำหนดรายละเอียดรายวิชา วัน เวลา หมู่เรียนนักศึกษา และอาจารย์ผู้สอนอย่างชัดเจน พร้อมทั้งติดประกาศหน้าห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ที่ชั้น ๒ อาคาร ๔๒ แสดงดังภาพที่ ๖ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวางแผนและบริหารจัดการการใช้ห้องปฏิบัติการให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ลดความซ้ำซ้อนในการใช้งาน และเอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติให้เป็นไปตามระยะเวลาที่กำหนด รวมทั้งสร้างความเข้าใจร่วมกันแก่ผู้สอนและผู้เรียนเกี่ยวกับช่วงเวลาและขอบเขตการใช้ห้องปฏิบัติการ แล้วจึงดำเนินการต่อไปในขั้นตอนที่ ๒

42116/2		
วัน	08.30 – 12.30 น.	13.00 – 17.00 น.
จันทร์	คัสตรพรรษา เพื่อภรณ์ วศ.ภรณ์ แซ่อึ้ง	5163402 สัมมนาทางเทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ เทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ /66
อังคาร		ปัญหาคีเศรษฐ์ /เร ผศ.ดร. อรุณรัตน์
พุธ	สัมมนาทาง เกษตร ผศ. ดร. ชุมนรัตน์	จัดการเรียนการสอน
พฤหัสบดี		ผศ.ดร.คณิศร งามนร วศ.ภรณ์ แซ่อึ้ง
ศุกร์	5003109 การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ทางการเกษตร เกษตรศาสตร์ /65	

ภาพที่ ๕ ตารางการใช้ห้องปฏิบัติการในรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช



ภาพที่ ๖ ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

เมื่อนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน ดำเนินการสำรวจและวางแผนการเรียนการสอนภาคปฏิบัติในรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเรียบร้อยแล้ว ให้ดำเนินการต่อไปในขั้นตอนที่ ๒

ปัญหา

๑. การรวบรวมข้อมูลบทปฏิบัติการจากอาจารย์ผู้สอนอาจได้รับข้อมูลไม่ครบถ้วนหรือไม่เป็นรูปแบบเดียวกัน เช่น รายละเอียดบทปฏิบัติการ เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ไม่ชัดเจน ส่งผลให้การวางแผนเตรียมทรัพยากรภาคปฏิบัติขาดความแม่นยำ
๒. จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนอาจมีการเปลี่ยนแปลงหลังช่วงสำรวจ ส่งผลต่อการคำนวณปริมาณวัสดุ อุปกรณ์ และการจัดกลุ่มผู้เรียนในกิจกรรมภาคปฏิบัติ
๓. การใช้ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอาจเกิดความซ้ำซ้อนของตารางเรียน หรือมีข้อจำกัดด้านระยะเวลาและความพร้อมของห้องปลอดเชื้อ

แนวทางแก้ปัญหา

๑. แบบสำรวจข้อมูลเพื่อการวางแผนการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ รายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เพื่อให้อาจารย์ผู้สอนกรอกข้อมูลในทิศทางเดียวกัน ครอบคลุมทั้งเนื้อหาบทปฏิบัติการ จำนวนนักศึกษา และความต้องการใช้ทรัพยากรเฉพาะด้านเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช
๒. ประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อตรวจสอบข้อมูลจำนวนนักศึกษาอย่างใกล้ชิด และปรับแผนการจัดเตรียมทรัพยากรให้มีความยืดหยุ่น เช่น การเตรียมวัสดุสำรองในสัดส่วนที่เหมาะสม
๓. นำข้อมูลจากการสำรวจมาจัดทำตารางการใช้ห้องปฏิบัติการอย่างเป็นระบบ โดยพิจารณาความเหมาะสมของประเภทกิจกรรมภาคปฏิบัติกับลักษณะห้องปฏิบัติการที่ใช้

ข้อเสนอแนะ

๑. ควรกำหนดระยะเวลาในการส่งแบบสำรวจอย่างชัดเจนก่อนเปิดภาคการศึกษา และนำข้อมูลที่ได้รับจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลกลางของห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในภาคการศึกษาถัดไป
๒. ควรมีการทบทวนข้อมูลจำนวนนักศึกษาอีกครั้งก่อนเริ่มการเรียนการสอนจริง และบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงไว้เพื่อใช้ปรับปรุงกระบวนการวางแผนในอนาคต
๓. ควรติดประกาศตารางการใช้ห้องปฏิบัติการอย่างชัดเจน และจัดให้มีการสื่อสารร่วมกันระหว่างผู้สอนและผู้ดูแลห้องปฏิบัติการ เพื่อลดปัญหาความซ้ำซ้อนและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร

ขั้นตอนที่ ๒ การสำรวจและจัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และห้องปฏิบัติการสำหรับปฏิบัติการ รายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

การสำรวจและจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และห้องปฏิบัติการสำหรับการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติในรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เป็นขั้นตอนสำคัญที่ต้องดำเนินการอย่างเป็นระบบและรอบคอบ เนื่องจากสภาพแวดล้อมของการปฏิบัติงานมีผลโดยตรงต่อการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ และความสำเร็จของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช การดำเนินการดังกล่าวจึงต้องคำนึงถึงความสะดวก ความเหมาะสมของพื้นที่ และการหลีกเลี่ยงแหล่งเสี่ยงต่อการปนเปื้อน ควบคู่กับการตรวจสอบความพร้อมของระบบสาธารณูปโภค เครื่องมือ และอุปกรณ์ให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด นอกจากนี้ การกำหนดและจัดสรรพื้นที่ห้องปฏิบัติการให้สอดคล้องกับลำดับขั้นตอนการทำงานอย่างชัดเจน จะช่วยสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติให้เกิดประสิทธิภาพ ลดความเสี่ยงจากการปนเปื้อน และส่งเสริมการพัฒนาทักษะเชิงปฏิบัติด้านเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชของผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจะแบ่งออกเป็น ๒ ส่วน ได้แก่ ๑.การสำรวจและจัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และ ๒.การสำรวจและจัดเตรียมห้องปฏิบัติการสำหรับปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

๒.๑ ดำเนินการสำรวจและจัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี สำหรับปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

๒.๑.๑ วิเคราะห์กรอบรายวิชาและการกำหนดความต้องการทรัพยากร โดยดำเนินการศึกษารายละเอียดคำอธิบายรายวิชา แผนการจัดการเรียนการสอน และผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เพื่อวิเคราะห์กิจกรรมการเรียนการสอนภาคปฏิบัติในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ จากนั้นกำหนดประเภท ปริมาณ และคุณลักษณะของวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่จำเป็นต่อการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับจำนวนนักศึกษา ระยะเวลาการใช้งาน และลักษณะกิจกรรมปฏิบัติการ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

กรณีรายวิชามีนักศึกษาจำนวน ๓๐ คน แบ่งกลุ่มปฏิบัติการ กลุ่มละ ๕ คน รวมจำนวน ๖ กลุ่ม และดำเนินกิจกรรมภาคปฏิบัติ จำนวน ๔ ชั่วโมงต่อสัปดาห์

ตารางที่ ๑ ตัวอย่างการกำหนดประเภท ปริมาณ และคุณลักษณะของวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ รายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

ลำดับ	รายการ	ประเภท	ปริมาณที่กำหนด	คุณลักษณะ/ รายละเอียด	เหตุผลในการกำหนด
๑	ตู้ปลอดเชื้อ (Laminar Air Flow)	อุปกรณ์ วิทยาศาสตร์	๒ ตู้	ระ บ บ กร อ ง อ า ก า ศ HEPA พร้อมใช้งาน	รองรับการย้าย เนื้อเยื่อพืชครั้งละ ๓ กลุ่ม ลดความ แออัดและป้องกันการ ปนเปื้อน
๒	หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave)	อุปกรณ์ วิทยาศาสตร์	๑ เครื่อง	ขนาดไม่น้อยกว่า ๕๐ ลิตร อุณหภูมิ ๑๒๑°C	ใช้ฆ่าเชื้ออาหาร สังเคราะห์ และ อุป กร ณ์ ก่ อ น ปฏิบัติการ

ลำดับ	รายการ	ประเภท	ปริมาณที่ กำหนด	คุณลักษณะ/ รายละเอียด	เหตุผลในการ กำหนด
๓	ขวดเพาะเลี้ยง เนื้อเยื่อ	วัสดุสิ้นเปลือง	๑๒๐ ขวด	ขนาด ๒๕๐ มิลลิลิตร ทน ความร้อน	นักศึกษา ๑ คน ใช้ เฉลี่ย ๔ ขวดต่อ กิจกรรม
๔	อาหารสังเคราะห์ สูตร MS	สารเคมี	๒๐ ลิตร	เตรียมพร้อมใช้ งาน ค่า pH ๕.๗-๕.๘	ใช้สำหรับเพาะเลี้ยง ชิ้นส่วนพืชทุกกลุ่ม
๕	น้ำตาลซูโครส	สารเคมี	๒ กิโลกรัม	เกรดวิเคราะห์ (Analytical Grade)	ใช้เป็นแหล่งพลังงาน ในอาหารเพาะเลี้ยง
๖	วุ้น Agar	สารเคมี	๑ กิโลกรัม	ชนิดสำหรับงาน เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ	ใช้ทำอาหาร สังเคราะห์แข็งตัว
๗	แอลกอฮอล์ ๗๐%	สารเคมี	๕ ลิตร	สำหรับฆ่าเชื้อ พื้นผิวและ อุปกรณ์	ใช้ในทุกกิจกรรม ปฏิบัติการภายใต้ สภาพปลอดเชื้อ
๘	Sodium hypochlorite	สารเคมี	๒ ลิตร	ความเข้มข้น เหมาะสมสำหรับ ฟอกฆ่าเชื้อ ชิ้นส่วนพืช	ใช้ลดการปนเปื้อน จากจุลินทรีย์
๙	ปากคีบและมีดผ่าตัด	อุปกรณ์ ปฏิบัติการ	กลุ่มละ ๒ ชุด	สแตนเลส ทนต่อ การฆ่าเชื้อ	ใช้ตัดและย้ายชิ้นส่วน พืช
๑๐	ถุงมือและหน้ากาก อนามัย	วัสดุป้องกัน	นักศึกษา ๑ ชุด/คน/ ครั้ง	ใช้ครั้งเดียวทิ้ง	เพื่อความปลอดภัย และลดการปนเปื้อน
๑๑	ตู้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ	อุปกรณ์ วิทยาศาสตร์	๑ ตู้	ควบคุมอุณหภูมิ และแสงสว่างได้	ใช้เก็บตัวอย่างหลัง การเพาะเลี้ยง

ทั้งนี้ การกำหนดประเภท ปริมาณ และคุณลักษณะของวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี จะต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับจำนวนผู้เรียน ระยะเวลาในการใช้งาน และลักษณะของกิจกรรมภาคปฏิบัติ เพื่อให้ทรัพยากรมีความเพียงพอ เหมาะสม และสามารถรองรับการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยลดปัญหาการขาดแคลนวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีระหว่างการปฏิบัติงาน รวมถึงช่วยควบคุมงบประมาณและการใช้ทรัพยากรของห้องปฏิบัติการให้เกิดความคุ้มค่าสูงสุด

๒.๑.๒ สำรวจและตรวจสอบความพร้อมของวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี โดยดำเนินการสำรวจ ตรวจสอบ และประเมินความพร้อมของวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช พิจารณาจากบัญชีครุภัณฑ์และวัสดุคงคลัง ตรวจสอบสภาพการใช้งาน ความสมบูรณ์

ความปลอดภัย และความเหมาะสมต่อการใช้งาน รวมถึงการตรวจสอบวันหมดอายุและสภาพการจัดเก็บของสารเคมี ซึ่งวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี สำหรับห้องปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช มีดังนี้

- **ตู้ที่มีการไหลของอากาศแบบเป็นชั้น (Laminar Airflow Cabinet)** เป็นตู้ปลอดเชื้อที่ใช้สำหรับการย้ายเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช โดยตัวตู้มีลักษณะเป็นโครงสร้างรูปสี่เหลี่ยม อาจเป็นแบบชั้นเดียวหรือสองชั้น และมีรูปแบบการออกแบบที่หลากหลาย ทั้งนี้ โดยทั่วไปสามารถจำแนกตู้ที่มีการไหลของอากาศแบบเป็นชั้นออกเป็น ๒ ประเภท ได้แก่ ตู้ที่มีการเป่าลมออกมาในแนวระนาบ และตู้ที่มีการเป่าลมออกมาในแนวตั้ง

หลักการทำงานของตู้ดังกล่าว คือ การใช้พัดลมในการดูดหรือเป่าอากาศผ่านแผ่นกรองชั้นต้น (Pre-filter) ซึ่งติดตั้งอยู่บริเวณด้านล่างหรือด้านหลังตอนบนของตู้ จากนั้นอากาศจะถูกกรองเข้าผ่านแผ่นกรองประสิทธิภาพสูงสำหรับกรองเชื้อจุลินทรีย์ (High Efficiency Particulate Air Filter: HEPA) ที่มีขนาดความละเอียด ๐.๓ ไมครอน และสามารถกรองอนุภาคและเชื้อจุลินทรีย์ได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ ๙๙.๙๙ ก่อนจะถูกเป่าออกสู่พื้นที่ปฏิบัติงานในทิศทางตรงข้ามกับนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานในแนวระดับ ทั้งนี้ อากาศที่ผ่านการกรองแล้วอาจถูกระบายออกสู่ภายนอกหรือหมุนเวียนกลับมาใช้งานภายในตู้ ขึ้นอยู่กับลักษณะการออกแบบของตู้แต่ละรุ่น

ภายในตู้ย้ายเลี้ยงเนื้อเยื่อประกอบด้วยอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการปฏิบัติงาน ได้แก่ ตะเกียงแอลกอฮอล์ ขวดแก้วบรรจุแอลกอฮอล์ จานเพาะเชื้อ (Petri dish) ปีกเกอร์ (Beaker) ปากคีบ (Forceps) มีดผ่าตัด และอุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมความสะอาดและลดการปนเปื้อนภายในตู้ อาจมีการติดตั้งหลอดอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet: UV) สำหรับเปิดใช้งานในช่วงที่ไม่มี การปฏิบัติงาน หรือเปิดทิ้งไว้ก่อนเริ่มปฏิบัติงานไม่น้อยกว่า ๓๐ นาที แสดงดังภาพที่ ๗



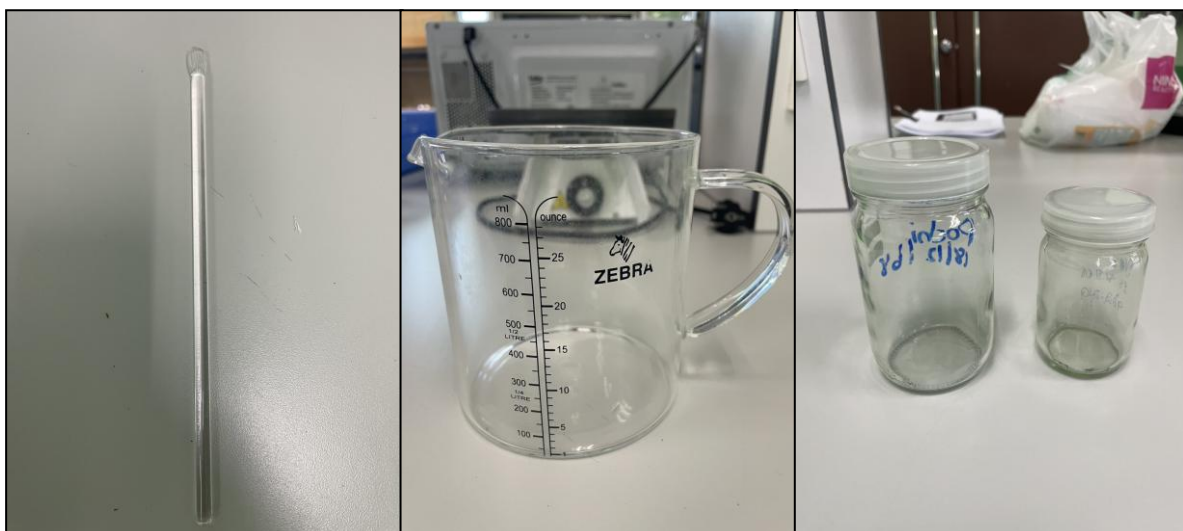
ภาพที่ ๗ ตู้ที่มีการไหลของอากาศแบบเป็นชั้น (laminar airflow cabinet)

- **ภาชนะเครื่องแก้วที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทั่วไป** ได้แก่ เครื่องแก้วที่ใช้สำหรับการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยง การบรรจุอาหาร และการย้ายเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ซึ่งประกอบด้วย ขวดแก้ว (Flask) หลอดทดสอบ (Test tube) จานเพาะเชื้อ ขวดกำหนดปริมาตร (Volumetric flask) กระบอกตวง (Measuring cylinder) ปีกเกอร์ (Beaker) และเครื่องแก้วชนิดอื่นที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ เครื่องแก้วดังกล่าวต้องผลิตจากวัสดุที่มีคุณสมบัติทนไฟและทนความร้อน สามารถรองรับกระบวนการให้ความร้อน การอบแห้ง

และการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำภายใต้อุณหภูมิและความดันสูงได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ เพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งานในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช แสดงดังภาพที่ ๘

ในการใช้งานเครื่องแก้วดังกล่าว ต้องดำเนินการตามมาตรฐานความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ โดยนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องตรวจสอบสภาพความสมบูรณ์ของเครื่องแก้วก่อนใช้งานทุกครั้ง เพื่อป้องกันการแตกร้าวหรือชำรุดซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายและการปนเปื้อน นอกจากนี้ ต้องทำความสะอาดเครื่องแก้วให้ปราศจากคราบสารเคมีและสิ่งปนเปื้อน โดยใช้ น้ำยาทำความสะอาดที่เหมาะสม เช่น น้ำยาล้างจาน ผงซักฟอก น้ำยาฆ่าเชื้อโรค และล้างด้วยน้ำสะอาดหรือน้ำกลั่นตามขั้นตอนที่กำหนด ก่อนนำไปอบแห้งหรือนึ่งฆ่าเชื้อ

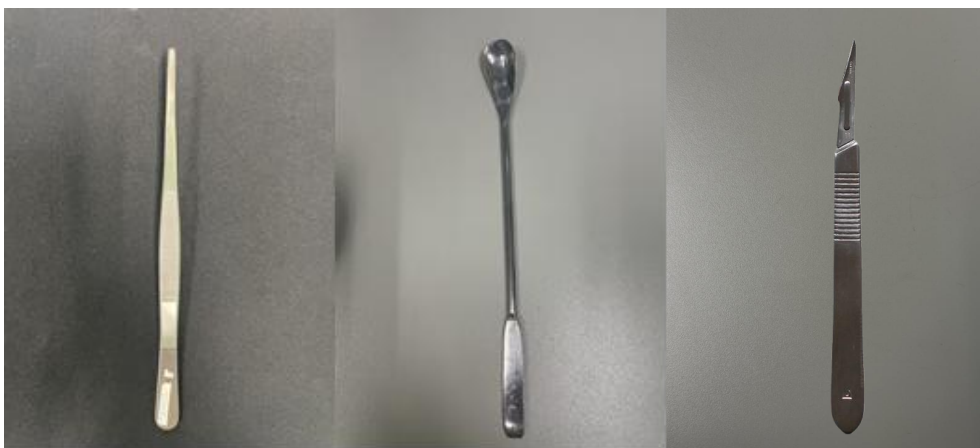
ภายหลังจากทำความสะอาดและฆ่าเชื้อแล้ว ต้องจัดเก็บเครื่องแก้วในพื้นที่ที่สะอาดเป็นระเบียบ และแยกตามประเภทการใช้งาน เพื่อป้องกันการปนเปื้อนซ้ำและลดความเสี่ยงต่อการชำรุดเสียหาย ทั้งนี้ การบริหารจัดการเครื่องแก้วดังกล่าวควรมีการบันทึกข้อมูลการใช้งาน การทำความสะอาด และการฆ่าเชื้ออย่างเป็นระบบ เพื่อใช้เป็นหลักฐานประกอบการควบคุมคุณภาพ (Quality Control) และการตรวจสอบย้อนกลับ อันจะส่งผลให้การจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติและการดำเนินงานในห้องปฏิบัติการเป็นไปตามมาตรฐานด้านความปลอดภัยและคุณภาพอย่างยั่งยืน



ภาพที่ ๘ ภาชนะเครื่องแก้วทนความร้อน

- **เครื่องมือขนาดเล็ก** ได้แก่ ปากคีบ ใบมีดผ่าตัด และด้ามมีด ใช้สำหรับการจับและการตัดชิ้นส่วนของพืชที่นำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ แสดงดังภาพที่ ๙ โดยนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานสามารถเลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสมกับลักษณะของงานและภาชนะเพาะเลี้ยง ทั้งนี้ เครื่องมืดังกล่าวต้องผ่านกระบวนการอบฆ่าเชื้อก่อนนำเข้าตู้ย้ายเลี้ยงเนื้อเยื่อ และภายหลังจากนำเข้าในตู้แล้ว ต้องดำเนินการจุ่มแช่เครื่องมือในแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ ๙๕ ก่อนการใช้งานทุกครั้ง

เมื่อนำเครื่องมือมาใช้งาน ให้ลนไฟเพื่อให้แอลกอฮอล์ระเหยจนแห้งสนิท โดยต้องปฏิบัติด้วยความระมัดระวัง หลีกเลี่ยงการลนไฟใกล้แหล่งแอลกอฮอล์หรือวัสดุไวไฟ และควรควบคุมเปลวไฟให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ทั้งนี้ หลังการลนไฟต้องทิ้งไว้ให้เครื่องมือเย็นลงก่อนนำมาใช้งาน เพื่อป้องกันอันตรายจากความร้อนและลดความเสี่ยงต่อความเสียหายของชิ้นเนื้อเยื่อพืช



ภาพที่ ๙ เครื่องมือขนาดเล็ก สำหรับจับ หรือตัดชิ้นส่วนพืช

นอกจากนี้ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสม เช่น ถุงมือ เสื้อคลุมห้องปฏิบัติการ และแว่นตานิรภัย ตลอดระยะเวลาการปฏิบัติงาน รวมทั้งต้องตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ดับเพลิงในบริเวณปฏิบัติงานก่อนเริ่มงาน และปฏิบัติตามมาตรการความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการอย่างเคร่งครัด เพื่อป้องกันอุบัติเหตุจากการใช้ไฟและแอลกอฮอล์ และเพื่อให้การย้ายเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นไปอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

ซึ่งห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นห้องปฏิบัติการที่ต้องใช้สารเคมี เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ความร้อน ความดัน และกระบวนการปลอดเชื้อร่วมกันในการดำเนินงาน ดังนั้น การกำหนดมาตรการความปลอดภัยในการปฏิบัติงานจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อป้องกันอุบัติเหตุ ความเสียหายต่อนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน รวมถึงลดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนที่อาจส่งผลกระทบต่อผลการทดลอง และคุณภาพของเนื้อเยื่อพืช

มาตรการความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีดังนี้

๑. การแต่งกายและอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน และนักศึกษาต้องแต่งกายให้เหมาะสมก่อนเข้าห้องปฏิบัติการ โดยสวมเสื้อกาวน์ รองเท้าหุ้มส้น หน้ากากอนามัย และถุงมือในกรณีที่ต้องสัมผัสสารเคมีหรือชิ้นเนื้อพืชโดยตรง รวมทั้งควรรวบรวมให้เรียบร้อย และหลีกเลี่ยงการสวมเครื่องประดับที่อาจก่อให้เกิดอันตรายหรือปนเปื้อนในระหว่างปฏิบัติงาน ทั้งนี้ เพื่อป้องกันการสัมผัสสารเคมี การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และลดความเสี่ยงจากอุบัติเหตุภายในห้องปฏิบัติการ

๒. การรักษาความสะอาดและการป้องกันการปนเปื้อน ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต้องรักษาความสะอาดอย่างเคร่งครัด โดยเฉพาะบริเวณตู้ปลอดเชื้อ โต๊ะปฏิบัติงาน และอุปกรณ์ที่ใช้ในการย้ายเนื้อเยื่อ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องทำความสะอาดพื้นผิวด้วยแอลกอฮอล์ ๗๐ เปอร์เซ็นต์ก่อนและหลังการใช้งานทุกครั้ง รวมทั้งล้างมือก่อนปฏิบัติงาน เพื่อลดการปนเปื้อนจากเชื้อรา แบคทีเรีย และจุลินทรีย์อื่นที่อาจส่งผลต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

๓. การใช้สารเคมีอย่างปลอดภัย สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงและฟอกฆ่าเชื้อ เช่น Sodium hypochlorite กรด ต่าง และแอลกอฮอล์ ต้องมีการจัดเก็บอย่างเหมาะสมและติดฉลากชัดเจน นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานควรศึกษาวิธีใช้และข้อควรระวังของสารเคมีแต่ละชนิดก่อนใช้งาน รวมทั้ง

หลีกเลี่ยงการสูดดมและสัมผัสโดยตรง ในกรณีเกิดการหกหรือไหลต้องรีบทำความสะอาดตามขั้นตอนความปลอดภัยทันที

๔. การใช้งานเครื่องมือและอุปกรณ์อย่างถูกวิธี เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ เช่น เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) ตู้ปลอดเชื้อ เครื่องซังสารเคมี และเตาให้ความร้อน ต้องใช้งานตามคู่มือและขั้นตอนมาตรฐานอย่างเคร่งครัด โดยเฉพาะเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อซึ่งเกี่ยวข้องกับความร้อนและแรงดันสูง นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องตรวจสอบระดับน้ำ ความดัน และอุณหภูมิก่อนใช้งานทุกครั้ง เพื่อป้องกันอุบัติเหตุจากการระเบิดหรือไอน้ำร้อน

๕. การป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าและเปลวไฟ ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมักมีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าหลายชนิดร่วมกัน จึงต้องตรวจสอบสายไฟ ปลั๊กไฟ และสภาพอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานอยู่เสมอ ห้ามใช้เครื่องมือไฟฟ้าขณะมือเปียก และควรปิดเครื่องมือทุกครั้งหลังใช้งาน นอกจากนี้ การใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์ต้องระมัดระวังเปลวไฟและหลีกเลี่ยงการวางใกล้วัสดุติดไฟง่าย

๖. การจัดการของเสียจากห้องปฏิบัติการ ของเสียจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เช่น อาหารเพาะเลี้ยงปนเปื้อน ขวดเพาะเลี้ยงใช้แล้ว เศษพืช และสารเคมีตกค้าง ต้องมีการคัดแยกและกำจัดอย่างถูกวิธี โดยวัสดุปนเปื้อนชีวภาพควรผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อก่อนที่จะทิ้ง เพื่อลดความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

๗. การปฏิบัติเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน ห้องปฏิบัติการควรจัดเตรียมอุปกรณ์ฉุกเฉิน เช่น ถังดับเพลิง ชุดปฐมพยาบาล อ่างล้างตาฉุกเฉิน และคู่มือปฏิบัติการเมื่อเกิดอุบัติเหตุไว้ในตำแหน่งที่เข้าถึงได้ง่าย นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานควรทราบวิธีปฏิบัติเมื่อเกิดเหตุไฟไหม้ สารเคมีหก หรือได้รับบาดเจ็บ เพื่อให้สามารถแก้ไขสถานการณ์ได้อย่างรวดเร็วและลดความรุนแรงของอุบัติเหตุ

๘. การอบรมและสร้างจิตสำนึกด้านความปลอดภัย นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน และนักศึกษาควรได้รับการอบรมเกี่ยวกับกฎระเบียบและมาตรการความปลอดภัยก่อนเข้าปฏิบัติงานทุกครั้ง รวมทั้งสร้างจิตสำนึกในการรักษาความปลอดภัย ความเป็นระเบียบ และการปฏิบัติตามขั้นตอนอย่างเคร่งครัด เพื่อส่งเสริมวัฒนธรรมความปลอดภัยภายในห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้ ห้องปฏิบัติการควรจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับกรณีฉุกเฉิน เช่น ถังดับเพลิง ชุดปฐมพยาบาล และอ่างล้างตาฉุกเฉินไว้ในบริเวณที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย รวมถึงควรมีการอบรมให้ความรู้ด้านความปลอดภัยแก่นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานและนักศึกษาอย่างสม่ำเสมอ เพื่อสร้างความตระหนักรู้และส่งเสริมการปฏิบัติงานอย่างถูกต้องตามหลักความปลอดภัย ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงจากอุบัติเหตุ เพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน และทำให้การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นไปอย่างมีคุณภาพและปลอดภัยสูงสุด



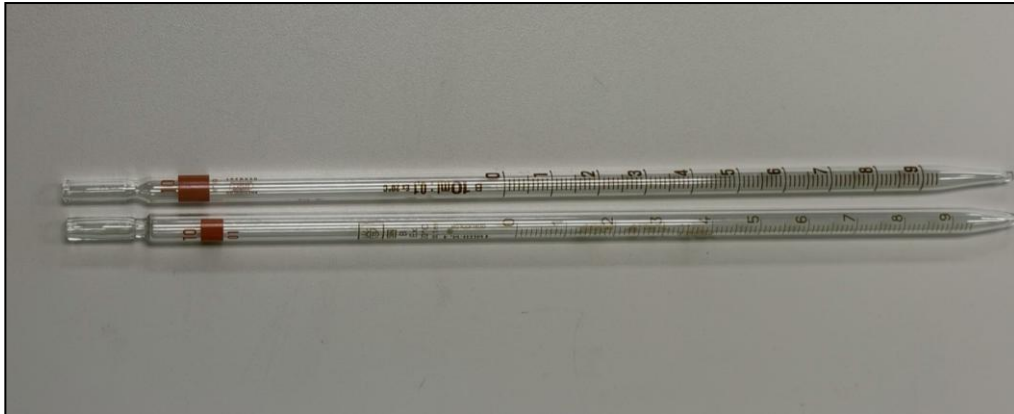
ภาพที่ ๑๐ มาตรการความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช
สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

- **ปิเปตต์ (Pipette)** เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับดูดและถ่ายโอนสารละลายเพื่อการใช้งานในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช โดยใช้สำหรับดูดสารละลายเพื่อใช้ (Stock solution) ซึ่งเป็นสารละลายหัวเชื้อ สารละลายเคมีต่าง ๆ ตลอดจนสารแขวนลอยของเซลล์ ทั้งนี้ ปิเปตต์ที่นำมาใช้งานควรเป็นชนิดที่สามารถผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งอัติโนมัติ (Autoclave) หรือการอบฆ่าเชื้อด้วยเตาอบลมร้อน (Hot air oven) ได้ เพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งานภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ แสดงดังภาพที่ ๑๑

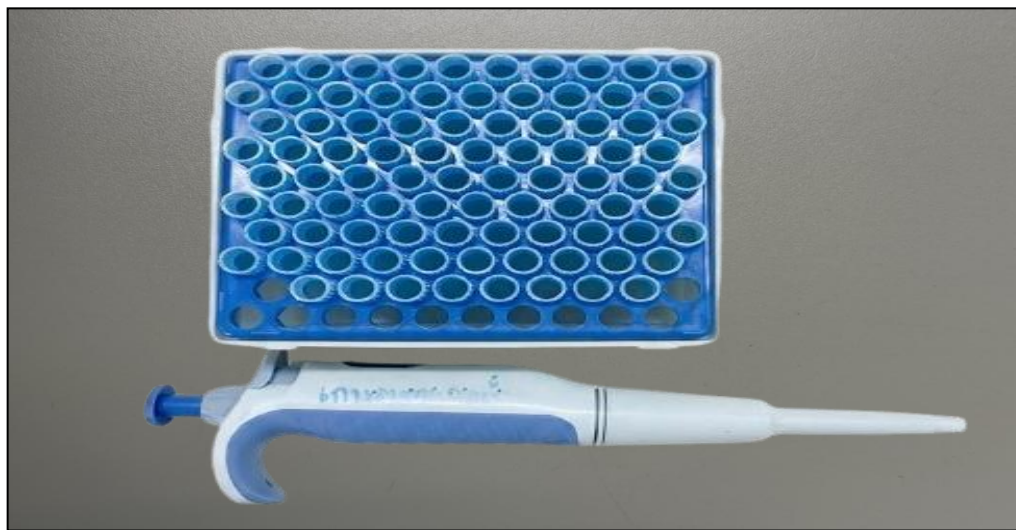
ในกรณีที่ต้องการดูดและถ่ายโอนสารละลายในปริมาณน้อยระดับไมโครลิตร ควรเลือกใช้ไมโครปิเปตต์ (Micropipette) ซึ่งมีความแม่นยำและเหมาะสมต่อการควบคุมปริมาตรสารละลายขนาดเล็ก

โดยเฉพาะการตรวจสอบการเจริญเติบโตของพืช เพื่อนำไปเติมลงในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ซึ่งเป็นสารที่ใช้ในปริมาณน้อยมากและต้องการความถูกต้องแม่นยำสูง แสดงดังภาพที่ ๑๒

ทั้งนี้ การเลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสมกับลักษณะงานและปริมาตรสารละลายดังกล่าวเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยลดความคลาดเคลื่อนในการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยง ลดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อน และสนับสนุนให้การดำเนินงานในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัย และการควบคุมคุณภาพอย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ ๑๑ ปีเปตต์แก้วทนความร้อน



ภาพที่ ๑๒ ไมโครปีเปตต์ (Micropipette)

- เตาอบลมร้อน (Hot air oven) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช สำหรับอบภาชนะเครื่องแก้วให้แห้งก่อนการจัดเก็บ หรือใช้สำหรับอบฆ่าเชื้อเครื่องมือขนาดเล็ก เช่น ปากคีบ ต้ามมีด และจานเพาะเชื้อ ทั้งนี้ ตู้อบลมร้อนสามารถควบคุมอุณหภูมิการทำงานได้ตั้งแต่อุณหภูมิต่ำจนถึงอุณหภูมิสูงใกล้เคียง ๒๐๐ องศาเซลเซียส โดยการใช้งานจะแตกต่างกันตามวัตถุประสงค์ เช่น

กรณีการอบแห้งภาชนะเครื่องแก้ว นิยมใช้อุณหภูมิประมาณ ๔๕ องศาเซลเซียส เพื่อไล่ความชื้นและเตรียมความพร้อมก่อนการจัดเก็บหรือการนำไปฆ่าเชื้อในขั้นตอนถัดไป

กรณีการอบฆ่าเชื้อเครื่องมือขนาดเล็ก ให้ใช้อุณหภูมิประมาณ ๑๘๐ องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า ๓ ชั่วโมง ซึ่งเป็นอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ ตามแนวปฏิบัติมาตรฐาน

ทั้งนี้ ช่วงอุณหภูมิสูงสุดที่ตู้อบลมร้อนสามารถควบคุมได้อาจอยู่ในช่วงประมาณ ๓๐๐ หรือ ๕๐๐ องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะและข้อกำหนดทางเทคนิคของเตาอบแต่ละรุ่น นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานจึงต้องศึกษาคู่มือการใช้งานและเลือกตั้งค่าอุณหภูมิให้เหมาะสมกับประเภทของวัสดุ และวัตถุประสงค์ในการใช้งาน เพื่อให้การอบแห้งและการฆ่าเชื้อเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ปลอดภัย และสอดคล้องกับมาตรฐานการควบคุมคุณภาพในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช แสดงดังภาพที่ ๑๓



ภาพที่ ๑๓ เตาอบลมร้อน (Hot air oven)

- หม้อนึ่งอัดไอน้ำ (Autoclave) เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสำหรับการนึ่งฆ่าเชื้ออาหารเพาะเลี้ยง เครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องการสถานะปลอดเชื้อ โดยหม้อนึ่งอัดไอน้ำสามารถจำแนกออกเป็น ๒ ประเภท ได้แก่ หม้อนึ่งอัดไอน้ำแบบใช้กับเตาแก๊ส และหม้อนึ่งอัดไอน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ซึ่งเป็นหม้อนึ่งอัดไอน้ำระบบอัตโนมัติ แสดงดังภาพที่ ๑๔

หม้อนึ่งอัดไอน้ำแบบใช้ไฟฟ้ามีความสามารถในการปรับตั้งเวลาและอุณหภูมิได้ตามต้องการ และมีระบบตัดการทำงานอัตโนมัติเมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด ส่งผลให้มีความสะดวกและปลอดภัยในการใช้งานมากกว่าหม้อนึ่งอัดไอน้ำแบบใช้กับเตาแก๊ส ทั้งนี้ การนึ่งฆ่าเชื้อในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชควรดำเนินการตามมาตรฐาน โดยใช้อุณหภูมิ ๑๒๑ องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน ๑.๕ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (ประมาณ ๑.๐๕ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) เป็นระยะเวลา ๑๕-๒๐ นาที ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หม้อนึ่งอัดไอน้ำแบบอัตโนมัติ หลังจากเติมน้ำให้ท่วมขดลวด และปิดฝาให้แน่นแล้ว นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานสามารถตั้งค่าเวลาและอุณหภูมิตามที่กำหนด เครื่องจะดำเนินการนึ่งฆ่าเชื้อโดยอัตโนมัติจนเสร็จสิ้นกระบวนการ

สำหรับหม้อนึ่งอัดไอน้ำแบบใช้กับเตาแก๊ส เป็นระบบการทำงานแบบดั้งเดิม นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องเติมน้ำให้ท่วมขดลวดความร้อนก่อนทุกครั้ง จากนั้นจึงบรรจุภาชนะ อาหาร หรือเครื่องมือที่ต้องการฆ่าเชื้อลงในหม้อนึ่งอัดไอน้ำ ปิดฝาให้แน่นสนิท และให้ความร้อนจนเกิดไอน้ำพุ่งออกมาอย่างต่อเนื่องในระยะหนึ่ง ก่อนทำการปิดวาล์วเพื่อเพิ่มความดันให้ถึงระดับที่กำหนด เมื่อความดันอยู่ในช่วงที่ต้องการแล้ว จึงปรับลดระดับความร้อนและเริ่มจับเวลาในการนึ่งฆ่าเชื้อ

เมื่อหม้อนึ่งอัดไอน้ำทั้งสองประเภทดำเนินการนึ่งฆ่าเชื้อเสร็จเรียบร้อยแล้ว ต้องปล่อยให้ ความดันภายในหม้อลดลงจนอยู่ในระดับศูนย์ทุกครั้ง ก่อนเปิดฝาเพื่อนำอาหารเพาะเลี้ยงหรือภาชนะที่ผ่าน การนึ่งฆ่าเชื้อออกมา ทั้งนี้ เพื่อป้องกันอันตรายจากไอน้ำแรงดันสูง และเพื่อให้การปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยและการควบคุมคุณภาพอย่างเคร่งครัด

การใช้งานหม้อนึ่งอัดไอน้ำในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องตระหนักถึงอันตรายจากไอน้ำภายใต้ความดันและอุณหภูมิสูง จึงต้องปฏิบัติตามมาตรการ ความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด โดยก่อนการใช้งานต้องตรวจสอบสภาพความพร้อมของเครื่อง อุปกรณ์ควบคุม ความดัน ระบบล็อกฝา และระดับน้ำภายในหม้อนึ่งอัดไอน้ำให้เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้ผลิตทุกครั้ง ระหว่าง การปฏิบัติงาน นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน ต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสม เช่น เสื้อคลุม ห้องปฏิบัติการ ถุงมือกันความร้อน และแว่นตานิรภัย ห้ามเปิดฝาหม้อนึ่งอัดไอน้ำในขณะที่ภายในยังมีความดัน คงเหลือ และต้องรอจนความดันลดลงอยู่ในระดับศูนย์ก่อนเปิดฝาเพื่อนำวัสดุหรืออาหารเพาะเลี้ยงออกจาก เครื่อง ทั้งนี้ เพื่อป้องกันอันตรายจากไอน้ำแรงดันสูงและการลวกจากความร้อน

นอกจากนี้ ควรจัดวางวัสดุและภาชนะภายในหม้อนึ่งอัดไอน้ำอย่างเหมาะสม ไม่บรรจุแน่น จนเกินไป เพื่อให้ไอน้ำสามารถไหลเวียนได้อย่างทั่วถึง และหลีกเลี่ยงการใช้งานเครื่องเกินขีดความสามารถที่กำหนด



ภาพที่ ๑๔ หม้อนึ่งอัดไอน้ำ (Autoclave)

- เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-เบส (pH meter) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจวัดค่าความ เป็นกรด-เบสของสารละลาย ซึ่งมีความสำคัญต่อกระบวนการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เนื่องจากค่าความเป็นกรด-เบสมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของ เนื้อเยื่อพืช ก่อนการใช้งาน นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องดำเนินการปรับตั้งค่าเครื่อง (Calibration) ทุกครั้ง โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานที่มีค่า pH ๔ และ ๗ หรือ pH ๑๐ ให้สอดคล้องกับช่วงค่า ที่ต้องการวัด เพื่อให้ได้ผลการวัดที่ถูกต้องและมีความแม่นยำตามมาตรฐาน แสดงดังภาพที่ ๑๕

การปรับตั้งค่าเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-เบส (Calibration) เริ่มจากการตรวจสอบสภาพ ของหัววัด (Electrode) ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์ ไม่มีคราบสกปรก รอยแตกร้าว หรือฟองอากาศเกาะบริเวณ ปลายหัววัด จากนั้นเปิดเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-เบสและปล่อยให้เครื่องอยู่ในสภาวะพร้อมใช้งานตาม ระยะเวลาที่กำหนดของผู้ผลิต ทั้งนี้ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องล้างหัววัดด้วยน้ำกลั่นหรือน้ำ

ปราศจากไอออน (Deionized water) และใช้กระดาษสะอาดซับบริเวณหัววัดเบา ๆ โดยไม่ถูบริเวณเยื่อแก้วของอิเล็กโทรด เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจส่งผลกระทบต่อความแม่นยำในการตรวจวัดค่า แล้วนำหัววัดจุ่มลงในสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานที่มีค่า pH ๗ ซึ่งเป็นสารละลายมาตรฐานสำหรับการปรับตั้งค่าเริ่มต้น และรอนจนกระทั่งค่าที่แสดงบนหน้าจอคงที่ จึงดำเนินการปรับตั้งค่าตามระบบการทำงานของเครื่องวัด เมื่อเครื่องสามารถอ่านค่าได้ถูกต้องตามค่ามาตรฐานแล้ว ให้ล้างหัววัดด้วยน้ำกลั่นอีกครั้ง ก่อนนำไปจุ่มในสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานค่า pH ๔ หรือ pH ๑๐ ตามช่วงค่าความเป็นกรด-เบสของสารละลายที่ต้องการตรวจวัด เพื่อเพิ่มความถูกต้องและความแม่นยำของเครื่องในช่วงการวัดดังกล่าว โดยนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องรอนค่าที่อ่านได้คงที่ก่อนดำเนินการบันทึกค่าการปรับตั้งตามขั้นตอนที่กำหนดของเครื่องมือ

เมื่อดำเนินการปรับตั้งค่าเครื่องเสร็จเรียบร้อยแล้ว ควรตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องอีกครั้งด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน และล้างหัววัดด้วยน้ำกลั่นก่อนนำไปใช้งานจริง ทั้งนี้ ภายหลังการใช้งาน นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องจัดเก็บหัววัดไว้ในสารละลายสำหรับเก็บรักษาอิเล็กโทรดโดยเฉพาะ เพื่อป้องกันการแห้งของเยื่อแก้วและช่วยยืดอายุการใช้งานของหัววัดให้สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ

ภายหลังการสอบเทียบ ต้องบันทึกผลการปรับตั้งค่าเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-เบสลงในแบบบันทึกการสอบเทียบ (Calibration logbook) หรือระบบฐานข้อมูลที่กำหนด โดยระบุวันที่ เวลา ค่า pH ของสารละลายบัฟเฟอร์ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน และผลการตรวจสอบความถูกต้องของเครื่อง เพื่อใช้เป็นหลักฐานประกอบการควบคุมคุณภาพและการตรวจสอบย้อนกลับ ทั้งนี้ หากผลการสอบเทียบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ต้องงดการใช้งานเครื่องและดำเนินการแก้ไขหรือสอบเทียบซ้ำก่อนนำไปใช้งาน

ภายหลังการใช้งาน นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน ต้องล้างขั้วไฟฟ้า (Electrode) ด้วยน้ำกลั่นทุกครั้ง เพื่อขจัดสารตกค้าง จากนั้นจุ่มขั้วไฟฟ้าไว้ในน้ำกลั่นหรือสารละลายที่เหมาะสม ห้ามปล่อยให้ขั้วไฟฟ้าแห้งหรือสัมผัสอากาศโดยตรง ทั้งนี้ เพื่อรักษาความเสถียรในการวัดค่าและยืดอายุการใช้งานของขั้วไฟฟ้า

ในด้านการควบคุมคุณภาพระยะยาว ควรดำเนินการตรวจสอบและบำรุงรักษาขั้วไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอ โดยจุ่มขั้วไฟฟ้าในสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน pH ๔ เป็นระยะเวลาอย่างน้อย ๑ คืน เดือนละ ๑ ครั้ง พร้อมบันทึกผลการดำเนินการไว้เป็นหลักฐาน ทั้งนี้ การปฏิบัติตามแนวทางดังกล่าวจะช่วยให้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-เบสมีความพร้อมใช้งาน มีความถูกต้องแม่นยำอย่างต่อเนื่อง และสนับสนุนระบบการควบคุมคุณภาพของห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างเป็นระบบ



ภาพที่ ๑๕ เครื่องวัดค่าความเป็นกรด - เบส

- **เครื่องเขย่า (Shaker)** เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสำหรับการเขย่าภาชนะบรรจุอาหารเพาะเลี้ยงหรือสารละลาย เพื่อให้เกิดการผสมและการกระจายตัวของสารอาหารอย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งสนับสนุนการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพืชหรือเซลล์แขวนลอย โดยเครื่องเขย่าที่นิยมใช้สามารถจำแนกออกเป็น ๒ ประเภท ได้แก่ เครื่องเขย่าแบบเขย่าไปมา (Gyratory หรือ Reciprocal shaker) และเครื่องเขย่าแบบเขย่าเป็นวงรี (Rotary หรือ Orbital shaker) แสดงดังภาพที่ ๑๖

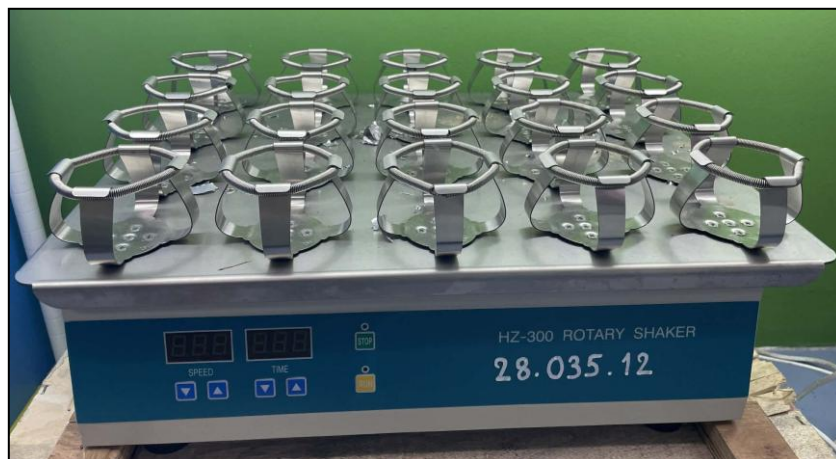
ความเร็วในการทำงานของเครื่องเขย่าคิดเป็นรอบต่อนาที (Revolutions per minute: rpm) ซึ่งสามารถปรับตั้งค่าได้ตามวัตถุประสงค์ของการใช้งานและลักษณะของการเพาะเลี้ยง แผ่นรองรับภาชนะบนตัวเครื่องสามารถรองรับภาชนะได้หลากหลายจำนวนและขนาด ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับขนาดและสมรรถนะของเครื่อง โดยทั่วไป เครื่องเขย่าถูกออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานร่วมกับขวดแก้วรูปชมพู่ในขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่ประมาณ ๖๐ มิลลิลิตร ถึง ๒๕๐ มิลลิลิตร

นอกจากนี้ เครื่องเขย่าบางรุ่นยังมีระบบควบคุมสภาพแวดล้อม เช่น ความชื้นและอุณหภูมิ ซึ่งเอื้อต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชภายใต้สภาวะที่เหมาะสมและมีความคงที่ ทั้งนี้ การเลือกใช้เครื่องเขย่าให้เหมาะสมกับลักษณะงานและการตั้งค่าการทำงานอย่างถูกต้อง เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการเพาะเลี้ยงและสนับสนุนการควบคุมคุณภาพของงานห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

ในการใช้งานเครื่องเขย่าในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องตรวจสอบสภาพความพร้อมของเครื่องก่อนการใช้งานทุกครั้ง ได้แก่ ความมั่นคงของแผ่นรองรับภาชนะ ระบบไฟฟ้า ปุ่มควบคุมความเร็ว และอุปกรณ์ยึดจับภาชนะ เพื่อป้องกันการเคลื่อนตัว การล้ม หรือการกระแทกของภาชนะในระหว่างการเขย่า ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานและความเสียหายต่อเครื่องมือหรือวัสดุเพาะเลี้ยง

ภาชนะที่นำมาวางบนเครื่องเขย่าต้องจัดเรียงให้สมดุลและมีน้ำหนักใกล้เคียงกัน หลีกเลี่ยงการบรรจุทุกเกินขีดความสามารถที่ผู้ผลิตกำหนด ทั้งนี้ ควรตั้งค่าความเร็วรอบให้เหมาะสมกับชนิดของการเพาะเลี้ยงและภาชนะที่ใช้ เพื่อป้องกันการกระเด็น การแตกหักของภาชนะ และการปนเปื้อนของอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

ภายหลังการใช้งาน ควรปิดสวิทช์เครื่องและตัดกระแสไฟฟ้าทุกครั้ง ทำความสะอาดพื้นผิวเครื่องและแผ่นรองรับภาชนะด้วยวัสดุและสารทำความสะอาดที่เหมาะสม โดยหลีกเลี่ยงการใช้น้ำหรือสารเคมีที่อาจซึมเข้าสู่ระบบไฟฟ้า ในกรณีที่มีการหกหรือไหลของสารละลาย ต้องทำความสะอาดทันที และปล่อยให้เครื่องแห้งสนิทก่อนการใช้งานครั้งถัดไป



ภาพที่ ๑๖ เครื่องเขย่า สำหรับเลี้ยงเซลล์

- **ตู้อบ (Incubator)** เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสำหรับควบคุมสภาพแวดล้อมในการบ่มเลี้ยงเนื้อเยื่อ เซลล์ หรือชิ้นส่วนพืช โดยภายในตู้สามารถปรับตั้งค่าอุณหภูมิให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการเพาะเลี้ยง ทั้งนี้ ตู้อบอาจได้รับการดัดแปลงหรือออกแบบให้มีชั้นวางหลายชั้น เพื่อรองรับภาชนะเพาะเลี้ยงในปริมาณที่เหมาะสม และติดตั้งระบบให้แสงสว่างด้วยหลอดไฟ เพื่อสนับสนุนกระบวนการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพืชหรือเซลล์ แสดงดังภาพที่ ๑๗

ความเข้มแสงที่นิยมใช้ภายในตู้อบสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอยู่ในช่วงประมาณ ๕๐๐ – ๕,๐๐๐ ลักซ์ ทั้งนี้ ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมภายในตู้อบ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และแสง ซึ่งล้วนมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อการเจริญและพัฒนาของเนื้อเยื่อ

ในปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาและออกแบบตู้อบให้มีความจำเพาะต่อการใช้งานด้านการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมากขึ้น เช่น การควบคุมอุณหภูมิแบบแยกช่วงเวลากลางวันและกลางคืน การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ รวมถึงระบบควบคุมการแลกเปลี่ยนแก๊ส เพื่อให้สภาพแวดล้อมในการเพาะเลี้ยงมีความเหมาะสม สม่าเสมอ และเอื้อต่อการควบคุมคุณภาพของกระบวนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช



ภาพที่ ๑๗ ตู้อบ ควบคุมอุณหภูมิและความสว่างอัตโนมัติ สำหรับเพาะเลี้ยงเซลล์

- **เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)** เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสำหรับการแยกและการตกตะกอนของสารหรือองค์ประกอบต่าง ๆ ออกจากสารละลาย โดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง เครื่องหมุนเหวี่ยงสามารถใช้ในการตกตะกอนสิ่งเจือปนออกจากสารละลาย การตกตะกอนเซลล์ เพื่อตรวจวัดปริมาตรตะกอนเซลล์ (Packed Cell Volume: PCV) ตลอดจนใช้ในกระบวนการแยกโปรโทพลาสต์หรือส่วนประกอบของเซลล์พืชตามวัตถุประสงค์ของการเพาะเลี้ยง แสดงดังภาพที่ ๑๘

ทั้งนี้ เครื่องหมุนเหวี่ยงบางรุ่นได้รับการออกแบบให้สามารถควบคุมอุณหภูมิในระดับต่ำได้ ซึ่งมีความสำคัญต่อการรักษาสภาพของเซลล์และโปรโทพลาสต์ให้คงความมีชีวิตและลดการเสื่อมสภาพในระหว่างกระบวนการแยก การเลือกใช้เครื่องหมุนเหวี่ยงที่เหมาะสม รวมถึงการตั้งค่าความเร็วรอบ ระยะเวลา และอุณหภูมิให้สอดคล้องกับชนิดของตัวอย่าง จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยสนับสนุนประสิทธิภาพและความถูกต้องของการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

ในการใช้งานเครื่องหมุนเหวี่ยงในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องตรวจสอบสภาพความพร้อมของเครื่องก่อนการใช้งานทุกครั้ง ได้แก่ สภาพตัวเครื่อง ระบบควบคุมความเร็ว ระบบล็อกฝา และอุปกรณ์รองรับตัวอย่าง เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

การจัดวางภาชนะบรรจุตัวอย่างในเครื่องหมุนเหวี่ยงต้องดำเนินการอย่างสมดุล โดยจัดวางภาชนะที่มีน้ำหนักและปริมาตรใกล้เคียงกันในตำแหน่งตรงข้ามกัน เพื่อป้องกันการสั่นสะเทือน การเสียสมดุล และความเสียหายต่อเครื่อง รวมถึงลดความเสี่ยงต่อการแตกหักของภาชนะและการฟุ้งกระจายของสารตัวอย่าง โดยการชั่งน้ำหนักหลอดทดลองที่จะใช้ในการทดลอง

นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องตั้งค่าความเร็วรอบและระยะเวลาในการหมุนให้เหมาะสมกับชนิดของตัวอย่างและวัตถุประสงค์ของการปฏิบัติงาน โดยไม่เกินค่าที่ผู้ผลิตกำหนด ทั้งนี้ ห้ามเปิดฝาเครื่องในระหว่างที่เครื่องกำลังทำงาน และต้องรอให้เครื่องหยุดการหมุนอย่างสมบูรณ์ก่อนเปิดฝาทันทีทุกครั้ง เพื่อป้องกันอันตรายจากการเคลื่อนไหวนៃของโรเตอร์และการกระเด็นของตัวอย่าง

ภายหลังการใช้งาน ควรทำความสะอาดภายในเครื่อง โรเตอร์ และอุปกรณ์รองรับตัวอย่างอย่างสม่ำเสมอ โดยใช้วิธีและวัสดุที่เหมาะสม พร้อมทั้งตรวจสอบสภาพการชำรุดหรือการสึกหรอของอุปกรณ์ หากพบความผิดปกติ เช่น เสียงดังผิดปกติ การสั่นสะเทือนรุนแรง หรือระบบควบคุมขัดข้อง ต้องงดการใช้งานและแจ้งผู้รับผิดชอบทันที ทั้งนี้ เพื่อให้การใช้งานเครื่องหมุนเหวี่ยงเป็นไปอย่างปลอดภัย สอดคล้องกับมาตรฐานความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ และสนับสนุนการควบคุมคุณภาพของงานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ ๑๘ เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)

- สารเคมีที่ใช้สำหรับปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

การจัดเตรียมสารเคมีสำหรับการปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เป็นภารกิจสำคัญที่ต้องดำเนินการภายใต้หลักการควบคุมคุณภาพและความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการอย่างเคร่งครัด โดยนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการต้องมีหน้าที่รับผิดชอบในการวางแผน ตรวจสอบ และควบคุมการใช้สารเคมีให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด เพื่อให้การเรียนการสอนภาคปฏิบัติมีประสิทธิภาพ ปลอดภัย และได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ

นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องดำเนินการตรวจสอบสต็อกสารเคมีอย่างสม่ำเสมอ ทั้งในด้านปริมาณ ความเพียงพอต่อการใช้งาน และการตรวจสอบวันหมดอายุ รวมถึงสภาพบรรจุภัณฑ์

และการเก็บรักษา เพื่อป้องกันการเสื่อมคุณภาพของสารเคมีซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อผลการเพาะเลี้ยง และลดความเสี่ยงด้านอันตรายที่อาจเกิดขึ้นต่อผู้ใช้งานและสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ควรมีการจัดทำบัญชีควบคุมสารเคมีและบันทึกการใช้งานอย่างเป็นระบบ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนจัดซื้อและการบริหารจัดการทรัพยากรห้องปฏิบัติการอย่างมีประสิทธิภาพ

สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมอาหารสังเคราะห์สำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ประกอบด้วย สารอินทรีย์ซึ่งเป็นแหล่งธาตุอาหารหลักของพืช สารอินทรีย์ที่ใช้เป็นแหล่งพลังงาน และสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น ออกซิน ไซโตไคนิน และจิบเบอเรลลิน ทั้งนี้ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติของสารเคมีแต่ละชนิด การเตรียมสารละลาย การชั่งตวงวัดที่ถูกต้อง และการปฏิบัติงานตามหลักความปลอดภัยทางเคมีอย่างเคร่งครัด เพื่อให้การปฏิบัติงานด้วยสารเคมีเป็นไปตามหลักความปลอดภัยทางเคมีอย่างเคร่งครัด พึงปฏิบัติตามหลักการและข้อบังคับดังต่อไปนี้

๑. การระบุอันตรายและการประเมินความเสี่ยง (Hazard Identification and Risk Assessment) ก่อนการปฏิบัติงานเกี่ยวกับสารเคมี นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติ และอันตรายของสารเคมีแต่ละชนิดจากเอกสารข้อมูลความปลอดภัยสารเคมี (Safety Data Sheet: SDS) หรือฉลากบรรจุภัณฑ์อย่างละเอียด เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทางกายภาพและทางเคมี ระดับความเป็นพิษ วิธีการใช้งานอย่างปลอดภัย ตลอดจนแนวทางการปฐมพยาบาลเบื้องต้นเมื่อเกิดอุบัติเหตุ ทั้งนี้ บรรจุภัณฑ์ของสารเคมีทุกชนิดต้องมีฉลากแสดงชื่อสาร สูตรเคมี สัญลักษณ์เตือนอันตรายตามระบบ GHS (Globally Harmonized System) และคำเตือนที่เกี่ยวข้องอย่างชัดเจน โดยห้ามนำสารเคมีที่ไม่มีฉลากหรือไม่ทราบชนิดมาใช้งานโดยเด็ดขาด เนื่องจากอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน และส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยภายในห้องปฏิบัติการ

๒. การป้องกันส่วนบุคคล (Personal Protection) นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment: PPE) ให้เหมาะสมกับลักษณะของงานและชนิดของสารเคมีที่ใช้งานตลอดระยะเวลาที่ปฏิบัติงานภายในห้องปฏิบัติการ เช่น เสื้อคลุมปฏิบัติการ แว่นตานิรภัย ถุงมือป้องกันสารเคมี และหน้ากากกรองอากาศในกรณีที่มีการใช้สารเคมีระเหยง่ายหรือสารที่ก่อให้เกิดการระคายเคือง นอกจากนี้ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องรักษาสุขอนามัยส่วนบุคคลอย่างเคร่งครัด โดยห้ามนำประทานอาหาร เครื่องดื่ม หรือสูบบุหรี่ภายในบริเวณห้องปฏิบัติการ และต้องล้างมือด้วยสบู่และน้ำสะอาดทุกครั้งหลังเสร็จสิ้นการปฏิบัติงาน เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสารเคมีเข้าสู่ร่างกาย

๓. การจัดเก็บและการเคลื่อนย้ายสารเคมีอย่างปลอดภัย (Safe Storage and Handling) การจัดเก็บสารเคมีต้องดำเนินการตามประเภทและคุณสมบัติของสาร โดยแยกเก็บสารเคมีที่อาจเกิดปฏิกิริยาร่วมกันไม่ได้ออกจากกันอย่างชัดเจน เช่น สารไวไฟ สารกัดกร่อน และสารออกซิไดซ์ ทั้งนี้ สารเคมีต้องจัดเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท แข็งแรง และทนต่อสารเคมี พร้อมจัดเก็บในบริเวณที่มีการระบายอากาศที่ดี ห่างจากแหล่งความร้อนหรือเปลวไฟ นอกจากนี้ หน่วยงานควรจัดทำบัญชีรายชื่อและปริมาณสารเคมีให้เป็นปัจจุบัน รวมถึงมีการตรวจสอบวันหมดอายุและสภาพของสารเคมีอย่างสม่ำเสมอ ส่วนการเคลื่อนย้ายสารเคมี โดยเฉพาะสารที่มีปริมาณมากหรือมีความเป็นอันตรายสูง ต้องใช้อุปกรณ์ช่วยเคลื่อนย้ายที่เหมาะสมและปฏิบัติตามระเบียบความปลอดภัยที่กำหนดไว้อย่างเคร่งครัด

๔. การปฏิบัติงานและการเตรียมสารละลาย (Practical Operation and Solution Preparation) การปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีที่ก่อให้เกิดไอรระเหย ฟุ้งกระจาย หรือมีความเสี่ยงต่อการเกิดปฏิกิริยารุนแรง ต้องดำเนินการภายในตู้ดูดควันสารเคมี ซึ่งได้รับการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานอย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันการสูดดมสารเคมีเข้าสู่ร่างกาย ในกรณีการเจือจางกรดเข้มข้น นักวิทยาศาสตร์

หรือผู้ปฏิบัติงานต้องปฏิบัติตามหลัก “เทกรดลงในน้ำ” เสมอ เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาคายความร้อนอย่างรุนแรงที่อาจทำให้สารเคมีกระเด็นและก่อให้เกิดอันตรายได้ นอกจากนี้ การชั่ง ตวง และเตรียมสารละลายต้องใช้อุปกรณ์ที่สะอาด มีความแม่นยำ และผ่านการตรวจสอบสภาพการใช้งาน เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนและการปนเปื้อนที่อาจส่งผลกระทบต่อผลการทดลองและความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

๕. การจัดการของเสียและสารเคมีเหลือใช้ (Waste Management) ของเสียทางเคมีและสารเคมีเหลือใช้ต้องได้รับการคัดแยกตามประเภทของอันตราย เช่น ของเสียประเภทกรด เบส สารไวไฟ หรือสารพิษ พร้อมทั้งบรรจุในภาชนะที่เหมาะสม ปิดสนิท และติดฉลากระบุชนิดของของเสียอย่างชัดเจน ทั้งนี้ ห้ามทิ้งสารเคมีหรือของเสียทางเคมีลงในระบบท่อระบายน้ำสาธารณะโดยเด็ดขาด เนื่องจากอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชน การกำจัดของเสียต้องดำเนินการผ่านหน่วยงานหรือกระบวนการที่ได้รับอนุญาตตามกฎหมายและมาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง

๖. การเตรียมความพร้อมภาวะฉุกเฉินและการรายงานอุบัติการณ์ (Emergency Preparedness and Reporting) ห้องปฏิบัติการต้องจัดเตรียมอุปกรณ์ฉุกเฉิน เช่น อุปกรณ์ล้างตาฉุกเฉิน ฝักบัวชำระล้างสารเคมี ถึงดับเพลิง และชุดอุปกรณ์จัดการสารเคมีหกรั่วไหล พร้อมทั้งตรวจสอบสภาพการใช้งานอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้สามารถใช้งานได้ทันทีเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน ในกรณีเกิดอุบัติเหตุจากสารเคมี เช่น การหกรั่วไหล การสัมผัสร่างกาย หรือการสูดดมสารเคมี นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องตั้งสติและดำเนินการระงับเหตุเบื้องต้นตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในเอกสารข้อมูลความปลอดภัยสารเคมี (MSDS/SDS) พร้อมแจ้งผู้รับผิดชอบหรือหัวหน้าห้องปฏิบัติการโดยทันที นอกจากนี้ อุบัติเหตุหรืออุบัติการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีทุกกรณีต้องมีการบันทึกและรายงานต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสอบสวนสาเหตุและกำหนดแนวทางป้องกันไม่ให้เกิดเหตุซ้ำในอนาคต

๗. การปฏิบัติเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน ห้องปฏิบัติการควรจัดเตรียมอุปกรณ์ฉุกเฉิน เช่น ถึงดับเพลิง ชุดปฐมพยาบาล อ่างล้างตาฉุกเฉิน และคู่มือปฏิบัติการเมื่อเกิดอุบัติเหตุไว้ในตำแหน่งที่เข้าถึงได้ง่าย ผู้ปฏิบัติงานควรทราบบริบทปฏิบัติเมื่อเกิดเหตุไฟไหม้ สารเคมีหก หรือได้รับบาดเจ็บ เพื่อให้สามารถแก้ไขสถานการณ์ได้อย่างรวดเร็วและลดความรุนแรงของอุบัติเหตุ

๘. การอบรมและสร้างจิตสำนึกด้านความปลอดภัย ผู้ปฏิบัติงานและนักศึกษาควรได้รับการอบรมเกี่ยวกับกฎระเบียบและมาตรการความปลอดภัยก่อนเข้าปฏิบัติงานทุกครั้ง รวมทั้งสร้างจิตสำนึกในการรักษาความสะอาด ความเป็นระเบียบ และการปฏิบัติตามขั้นตอนอย่างเคร่งครัด เพื่อส่งเสริมวัฒนธรรมความปลอดภัยภายในห้องปฏิบัติการ

สารเคมีที่จำเป็นในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสามารถจำแนกออกเป็นหมวดหมู่ ดังนี้

๑. สารเคมีที่ใช้ในการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อ ประกอบด้วยสารเคมีที่ใช้ทำความสะอาดห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ และเครื่องแก้ว เช่น น้ำยาล้างจาน ผงซักฟอก และน้ำยาฆ่าเชื้อโรค รวมถึงสารเคมีที่ใช้สำหรับทำความสะอาดและฆ่าเชื้อชิ้นพืชก่อนการเพาะเลี้ยง ได้แก่ เอทานอลความเข้มข้นร้อยละ ๙๕ เอทานอลความเข้มข้นร้อยละ ๗๐ แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ หรือสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ โดยนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องดำเนินการเตรียม ใช้ และกำจัดสารเคมีดังกล่าวตามหลักความปลอดภัยและปฏิบัติตามแนวทางการจัดการของเสียทางเคมีของห้องปฏิบัติการ

๒. สารเคมีที่ใช้ในอาหารเพาะเลี้ยง ประกอบด้วยสารอินทรีย์ประเภทเกลือแร่และสารอินทรีย์ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช วิตามิน กรดอะมิโน

น้ำตาล และอื่น ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องควบคุมคุณภาพการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงให้มีความถูกต้อง สม่ำเสมอ และปราศจากการปนเปื้อน เพื่อให้ผลการเพาะเลี้ยงเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของรายวิชา

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารสังเคราะห์สูตรต่าง ๆ ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช โดยทั่วไป ประกอบด้วย

๒.๑ สารอนินทรีย์ (Inorganic Compounds) เป็นแหล่งธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของเนื้อเยื่อพืชในระบบการเพาะเลี้ยง โดยนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการมีหน้าที่รับผิดชอบในการควบคุมคุณภาพของสารเคมีดังกล่าว ตั้งแต่การจัดเก็บ การเตรียมสารละลาย การชั่งตวงวัด และการควบคุมความเข้มข้นให้เป็นไปตามสูตรอาหารมาตรฐาน เพื่อให้ได้ผลการเพาะเลี้ยงที่ถูกต้อง สม่ำเสมอ และปลอดภัย

๒.๑.๑ ธาตุอาหารหลัก (Macro Elements) ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) กำมะถัน (S) แมกนีเซียม (Mg) และคาร์บอน (C) ซึ่งพืชต้องการในปริมาณมากเพื่อใช้ในการสร้างโครงสร้างเซลล์ กระบวนการเมแทบอลิซึม และการเจริญเติบโตโดยรวม นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องควบคุมความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมตามสูตรอาหารที่กำหนด เพื่อป้องกันการขาดหรือเกินธาตุอาหาร ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อและคุณภาพของผลการทดลอง

๒.๑.๒ ธาตุอาหารรอง (Micro Elements) เป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อย แต่มีความจำเป็นต่อการทำงานของเอนไซม์และกระบวนการทางสรีรวิทยาต่าง ๆ ได้แก่ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โมลิบดีนัม (Mo) โบรอน (B) โคบอลต์ (Co) นิกเกิล (Ni) อะลูมิเนียม (Al) และคลอรีน (Cl) เป็นต้น ทั้งนี้ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องเตรียมสารละลายธาตุอาหารรองด้วยความระมัดระวังเป็นพิเศษ เนื่องจากการใช้ในปริมาณที่ไม่เหมาะสมอาจก่อให้เกิดพิษต่อเนื้อเยื่อพืช และส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของผลการเพาะเลี้ยง

๒.๒ สารอินทรีย์ (Organic Compound) เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ใช้เสริมในอาหารเพาะเลี้ยงเพื่อสนับสนุนการเจริญเติบโต การแบ่งเซลล์ และการพัฒนาเป็นอวัยวะของเนื้อเยื่อพืช โดยนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน ต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาท หน้าที่ และข้อควรระวังในการใช้สารแต่ละชนิด รวมถึงการปฏิบัติงานตามหลักความปลอดภัยทางเคมีอย่างเคร่งครัด

๒.๒.๑ สารควบคุมการเจริญเติบโต (Plant Growth Regulators: PGRs) เป็นสารสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนพืช ทำหน้าที่กระตุ้นและมีบทบาทสำคัญในกระบวนการพัฒนาเซลล์เนื้อเยื่อ และอวัยวะของพืช รวมถึงกระบวนการเมแทบอลิซึมทุติยภูมิ (Secondary Metabolism) การเพิ่มสารควบคุมการเจริญเติบโตลงในอาหารเพาะเลี้ยงจึงต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับชนิดของเนื้อเยื่อและวัตถุประสงค์ของการเพาะเลี้ยง ทั้งนี้ การใช้สารดังกล่าวอาจไม่จำเป็นในทุกกรณี โดยเฉพาะในการเลี้ยงแคลลัสซึ่งบางชนิดสามารถเจริญได้ในอาหารที่ไม่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต สารควบคุมการเจริญเติบโตที่นิยมใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ได้แก่

- ฮอร์โมนกลุ่มออกซิน (Auxin) เป็นกลุ่มสารที่มีบทบาทในการขยายขนาดของเซลล์ (Cell enlargement) การชักนำให้เกิดแคลลัส และการส่งเสริมการเกิดราก ขณะเดียวกันมีผลยับยั้งการเกิดยอด ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้ ได้แก่ IAA (Indole-๓-acetic acid), IBA (Indole-๓-butyric acid), NAA (α -Naphthaleneacetic acid) และ 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) นักวิทยาศาสตร์ หรือ

ผู้ปฏิบัติงานต้องควบคุมอัตราการใช้สารกลุ่มนี้อย่างรอบคอบ เนื่องจากความเข้มข้นที่สูงเกินไปอาจส่งผลเสียต่อการพัฒนาเนื้อเยื่อ

- ฮอร์โมนกลุ่มไซโทไคนิน (Cytokinins) เป็นกลุ่มสารที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ กระตุ้นการเกิดยอด และยับยั้งการเกิดราก โดยมักใช้ร่วมกับออกซินเพื่อชักนำการเกิดแคลลัสหรืออวัยวะต่างๆ ตัวอย่างสาร ได้แก่ BA (6-Benzylaminopurine), 2iP (N⁶-Isopentenyl adenine), Kinetin, TDZ (Thidiazuron) และ Zeatin นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องเตรียมและใช้งานสารกลุ่มนี้ตามหลักความปลอดภัย เนื่องจากเป็นสารที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพสูง

- จิบเบอเรลลิน (Gibberellins) เป็นสารที่พืชหรือเชื้อราบางชนิดสามารถสร้างขึ้นได้ มีบทบาทในการยืดตัวของลำต้น การทำลายการพักตัวของเมล็ด และการกระตุ้นการออกดอก อย่างไรก็ตาม ในบางกรณีอาจยับยั้งการชักนำการเกิดอวัยวะ เช่น การเกิดรากหรือยอด จึงนิยมใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อส่วนปลายยอด (Shoot tip culture) เพื่อผลิตต้นพืชที่ปราศจากไวรัส โดยนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องควบคุมอุณหภูมิและสภาพการเก็บรักษา เนื่องจากสารชนิดนี้สลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน

โดยทั่วไป จิบเบอเรลลินในรูปผงหรือสารบริสุทธิ์ควรเก็บรักษาในภาชนะที่ปิดสนิท ป้องกันความชื้นและแสง โดยเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิประมาณ ๒-๘ องศาเซลเซียส และควรหลีกเลี่ยงการเก็บไว้ในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงหรือถูกแสงแดดโดยตรง เนื่องจากอาจทำให้สารเสื่อมสภาพและลดประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์

ในกรณีที่มีการเตรียมเป็นสารละลายแล้ว ควรเก็บรักษาไว้ในขวดสีชาหรือภาชนะทึบแสงที่ปิดสนิท และเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิประมาณ ๔ องศาเซลเซียส ทั้งนี้ ควรใช้สารละลายภายในระยะเวลาที่เหมาะสม และหลีกเลี่ยงการเปิด-ปิดภาชนะบ่อยครั้ง เพื่อลดการปนเปื้อนและการเสื่อมสภาพของสาร

สำหรับการเก็บรักษาในระยะยาว บางห้องปฏิบัติการอาจจัดเก็บสารในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิประมาณ -๒๐ องศาเซลเซียส โดยเฉพาะสารละลายมาตรฐานหรือสารที่เตรียมในปริมาณมาก เพื่อช่วยคงสภาพและประสิทธิภาพของสารได้นานยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม ก่อนใช้งานควรตรวจสอบลักษณะของสาร สี การตกตะกอน หรือวันหมดอายุทุกครั้ง เพื่อให้มั่นใจว่าสารยังคงมีคุณภาพและสามารถใช้งานได้ตามมาตรฐานของห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

๒.๒.๒ สารชะลอการเจริญเติบโต (Plant Growth Retardants) เป็นสารสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติชะลอการแบ่งเซลล์และการยืดตัวของเซลล์ ส่งผลให้พืชมีลำต้นเตี้ย ขอบปล้องสั้น และสามารถเร่งการออกดอกหรือติดผลทางอ้อม ตัวอย่างสาร ได้แก่ พาโคลบิวทราโซล (Paclobutrazol) และอาลาร์ (Alar) รวมถึงกรดแอบไซซิก (Absciscic acid: ABA) ซึ่งมีบทบาทในการควบคุมกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช เช่น การปิดปากใบ และการกระตุ้นการพักตัวของตาและเมล็ด ทั้งนี้ ABA ยังมีบทบาทในการกระตุ้นการเกิดโซมาติกเอ็มบริโอเจเนซิส (Somatic embryogenesis) ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบางชนิด

โดยทั่วไป สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่มีความสำคัญและนิยมใช้มากที่สุดในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ได้แก่ กลุ่มออกซินและไซโทไคนิน ซึ่งอัตราส่วนระหว่างสารทั้งสองมีผลโดยตรงต่อทิศทางการพัฒนาของเนื้อเยื่อ กล่าวคือ หากอัตราส่วนของออกซินสูงกว่าไซโทไคนิน เนื้อเยื่อจะพัฒนาไปเป็นแคลลัสและราก หากอัตราส่วนของออกซินต่ำกว่าไซโทไคนิน เนื้อเยื่อจะพัฒนาไปเป็นยอด และหากอัตราส่วนของสารทั้งสองอยู่ในระดับสมดุล เนื้อเยื่อจะสามารถพัฒนาเป็นทั้งยอดและรากได้

๒.๓ วิตามิน (Vitamin) วิตามินเป็นสารอินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการทำงานของเอนไซม์และกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ของเนื้อเยื่อพืช ช่วยสนับสนุนการเจริญเติบโตและการพัฒนาของเซลล์ในระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ วิตามินที่นิยมใช้เป็นองค์ประกอบของอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ได้แก่ วิตามินบี ๑ (Thiamine) วิตามินบี ๒ (Riboflavin) วิตามินบี ๖ (Pyridoxine) กลุ่มวิตามินบีรวม เช่น Inositol วิตามินซี (Ascorbic acid) ไนอะซิน (Nicotinic acid) ไบโอติน (Biotin) และโฟลิกแอซิด (Folic acid) เป็นต้น

ทั้งนี้ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการต้องควบคุมคุณภาพในการเตรียมและจัดเก็บวิตามินอย่างเหมาะสม เนื่องจากวิตามินบางชนิดมีความไวต่อแสง ความร้อน และการออกซิเดชัน อาจเสื่อมสภาพได้ง่าย จึงควรเตรียมสารละลายวิตามินในปริมาณที่เหมาะสมต่อการใช้งาน จัดเก็บภายใต้สภาวะที่กำหนด และบันทึกข้อมูลการเตรียมและการใช้งานอย่างเป็นระบบ เพื่อคงไว้ซึ่งคุณภาพของอาหารเพาะเลี้ยงและความถูกต้องของผลการปฏิบัติการ

วิตามินที่อยู่ในรูปผงหรือสารบริสุทธิ์ควรเก็บรักษาไว้ในภาชนะที่ปิดสนิท ป้องกันความชื้นและแสง เช่น ขวดสีชาหรือภาชนะทึบแสง และจัดเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิประมาณ ๒-๘ องศาเซลเซียส เพื่อช่วยลดการเสื่อมสภาพจากความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทั้งนี้ ควรหลีกเลี่ยงการเปิดภาชนะบ่อยครั้งเนื่องจากความชื้นและอากาศอาจส่งผลให้วิตามินเสื่อมคุณภาพได้

ในกรณีที่มีการเตรียมเป็นสารละลายวิตามิน (Vitamin stock solution) แล้ว ควรจัดเก็บในขวดสีชาหรือภาชนะทึบแสงที่ปิดสนิท และเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิประมาณ ๔ องศาเซลเซียส โดยควรแบ่งเก็บเป็นปริมาณย่อยตามการใช้งาน เพื่อลดการปนเปื้อนและลดการเสื่อมสภาพจากการเปิดใช้งานซ้ำหลายครั้ง

สำหรับวิตามินบางชนิดที่มีความไวสูงต่อการสลายตัว เช่น วิตามินซี (Ascorbic acid) และโฟลิกแอซิด (Folic acid) อาจจัดเก็บในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิประมาณ -๒๐ องศาเซลเซียส เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและคงประสิทธิภาพของสาร ทั้งนี้ ก่อนนำมาใช้งานควรตรวจสอบลักษณะของสาร วันหมดอายุ สีของสารละลาย และการเกิดตะกอนทุกครั้ง หากพบการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติควรงดใช้งานทันที

นอกจากนี้ นักวิทยาศาสตร์ หรือนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานควรมีการติดฉลากระบุชื่อสาร ความเข้มข้น วันที่เตรียม วันหมดอายุ และชื่อผู้รับผิดชอบอย่างชัดเจน รวมถึงจัดทำบันทึกการใช้งานและการจัดเก็บอย่างเป็นระบบ เพื่อให้สามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ และช่วยควบคุมคุณภาพของอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชให้เป็นไปตามมาตรฐานของห้องปฏิบัติการต่อไป

๒.๔ สารที่เป็นแหล่งคาร์บอน (Carbon sources) สารที่เป็นแหล่งคาร์บอนมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพืช เนื่องจากทำหน้าที่เป็นแหล่งพลังงานสำหรับกระบวนการเมแทบอลิซึมโดยทั่วไป น้ำตาลเป็นสารที่นิยมใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช น้ำตาลที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ ซูโครส (Sucrose) ซึ่งเป็นน้ำตาลทรายที่มีราคาประหยัดและหาได้ง่าย โดยมักใช้ในความเข้มข้นร้อยละ ๒-๔ ของอาหารเพาะเลี้ยง

ในบางกรณี อาจมีการใช้น้ำตาลชนิดอื่น เช่น กลูโคส (Glucose) ฟรุคโตส (Fructose) หรือซอร์บิทอล (Sorbitol) โดยเฉพาะในการเพาะเลี้ยงพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (Monocotyledons) ซึ่งนิยมใช้กลูโคสแทนฟรุคโตส ทั้งนี้ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องควบคุมความเข้มข้นของน้ำตาลให้เหมาะสมตามสูตรอาหาร เนื่องจากความเข้มข้นที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลต่อแรงดันออสโมติกของอาหารเพาะเลี้ยง และส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพืช

๒.๕ กรดอะมิโน (Amino acid) กรดอะมิโนเป็นสารอินทรีย์ที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งไนโตรเจน ซึ่งเนื้อเยื่อพืชสามารถนำไปใช้ได้รวดเร็วกว่าธาตุไนโตรเจนในรูปสารอนินทรีย์ อย่างไรก็ตาม กรดอะมิโนไม่สามารถใช้ทดแทนแหล่งไนโตรเจนอนินทรีย์ได้ทั้งหมด โดยทำหน้าที่เป็นสารเสริมเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตและการพัฒนาของเนื้อเยื่อพืช

กรดอะมิโนที่นิยมใช้ในการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ได้แก่ กลูตามีน (Glutamine) แอสพาราจีน (Asparagine) อะดีนีน (Adenine) ไกลซีน (Glycine) และเคซีนไฮโดรไลเสต (Casein hydrolysate) เป็นต้น ทั้งนี้ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องควบคุมคุณภาพในการเตรียมและการใช้กรดอะมิโนอย่างเหมาะสม เนื่องจากกรดอะมิโนบางชนิดอาจเสื่อมสภาพหรือเกิดการปนเปื้อนได้ง่าย หากจัดการไม่ถูกต้อง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของผลการเพาะเลี้ยง

๒.๖ สารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ (Undefined Supplements) สารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ เป็นสารจากแหล่งธรรมชาติที่มีองค์ประกอบของธาตุอาหาร วิตามิน และสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในลักษณะผสมผสาน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการชักนำการสร้างอวัยวะ (Organogenesis) และส่งเสริมการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพืชในระบบการเพาะเลี้ยง ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้ได้แก่ น้ำมะพร้าว กล้วยบด มันฝรั่ง สารสกัดจากมอลต์ สารสกัดจากยีสต์ อิมัลชันปลา และถ่านกัมมันต์ (Activated charcoal) เป็นต้น

สารประกอบจากธรรมชาติดังกล่าว ในบางกรณีไม่สามารถทดแทนด้วยสารสังเคราะห์ชนิดอื่นในอาหารเพาะเลี้ยงได้ทั้งหมด แต่พบว่าสามารถส่งเสริมการเจริญของเนื้อเยื่อพืชในหลอดทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ สารบางชนิดยังมีบทบาทในการช่วยรักษาสมดุลของค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารเพาะเลี้ยง และช่วยดูดซับสารที่เป็นพิษหรือสารยับยั้งการเจริญเติบโตที่มีอยู่ในปริมาณมากเกินไป

เนื่องจากสารประกอบอินทรีย์กลุ่มนี้มีองค์ประกอบไม่แน่นอนและอาจแตกต่างกันไปตามแหล่งที่มา นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการจึงต้องดำเนินการควบคุมคุณภาพอย่างรอบคอบ โดยเลือกใช้วัตถุดิบที่มีความสะอาด มีแหล่งที่มาชัดเจน ดำเนินการเตรียมและฆ่าเชื้ออย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ และบันทึกข้อมูลการใช้งานเพื่อให้สามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ ทั้งนี้ ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในการจัดการสารจากธรรมชาติ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนและความเสี่ยงต่อนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานและกระบวนการเพาะเลี้ยง

๒.๗ สารที่ทำให้อาหารแข็งตัวและวัสดุพองเนื้อเยื่อพืช สารที่ใช้ทำให้อาหารเพาะเลี้ยงแข็งตัวมีบทบาทสำคัญในการเป็นวัสดุพองและเป็นพื้นผิวสำหรับการยึดเกาะของชิ้นส่วนพืช โดยทั่วไปนิยมใช้วุ้น (Agar) ซึ่งเป็นสารสกัดจากสาหร่ายทะเล ผสมลงในอาหารเพาะเลี้ยงในอัตราร้อยละ ๐.๕-๑.๓ หรือใช้เจลไรต์ (Gelrite) ซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้จากแบคทีเรีย ในอัตราประมาณร้อยละ ๐.๒ ทั้งนี้ การเลือกใช้ชนิดและความเข้มข้นของสารทำให้อาหารแข็งตัวต้องสอดคล้องกับสูตรอาหารและวัตถุประสงค์ของการเพาะเลี้ยง

คุณภาพและราคาของสารที่ใช้ทำให้อาหารแข็งตัวมีความแตกต่างกันหลายระดับ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องใช้ความระมัดระวังในการเลือกใช้สารที่มีคุณภาพเหมาะสม เนื่องจากสารที่มีคุณภาพต่ำอาจมีสิ่งเจือปน เช่น ไอออน แบง หรือไขมัน ซึ่งอาจเกิดปฏิกิริยากับองค์ประกอบอื่นของอาหารเพาะเลี้ยง และส่งผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพืช นอกจากนี้ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องควบคุมขั้นตอนการเตรียม การละลาย และการฆ่าเชื้อของสารทำให้อาหารแข็งตัวอย่างถูกต้อง เพื่อให้ได้อาหารเพาะเลี้ยงที่มีคุณภาพ สม่าเสมอ และปลอดภัยต่อการใช้งานในห้องปฏิบัติการ

๒.๘ น้ำ เป็นองค์ประกอบหลักและทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายในการเตรียมสารละลายและอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช โดยทั่วไป อาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชประกอบด้วยน้ำในสัดส่วนประมาณร้อยละ ๙๕ ของปริมาตรทั้งหมด ดังนั้น คุณภาพของน้ำจึงมีผลโดยตรงต่อความถูกต้องของสูตรอาหาร ความสม่ำเสมอของผลการเพาะเลี้ยง และความน่าเชื่อถือของการปฏิบัติการ

ในการจัดเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงสำหรับการเรียนการสอนและการทำงานวิจัย ควรใช้น้ำที่มีความบริสุทธิ์และสะอาดตามมาตรฐานห้องปฏิบัติการ เช่น น้ำกลั่น (Distilled water) หรือน้ำที่ผ่านระบบกรองแบบรีเวิร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis: RO) ทั้งนี้ หลีกเลี่ยงการใช้น้ำประปาที่ไม่ได้ผ่านการกรองหรือปรับปรุงคุณภาพ เนื่องจากอาจมีสิ่งเจือปน เช่น แร่ธาตุ โลหะหนัก คลอรีน หรือสารอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งอาจรบกวนองค์ประกอบทางเคมีของอาหารเพาะเลี้ยง ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพืช และทำให้ผลการปฏิบัติการคลาดเคลื่อนได้

นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช มีหน้าที่รับผิดชอบในการควบคุมคุณภาพน้ำที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ตั้งแต่การเลือกแหล่งน้ำ การตรวจสอบระบบผลิตน้ำ การจัดเก็บ และการใช้งานให้เป็นไปตามข้อกำหนด รวมถึงการบันทึกข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพน้ำอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้การเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ปลอดภัย และสอดคล้องกับมาตรฐานการควบคุมคุณภาพของห้องปฏิบัติการ

- การเตรียมสารละลายเข้มข้น (Stock Solution)

สารละลายเข้มข้น (Stock solutions) หมายถึง สารละลายของสารเคมีที่ใช้เป็นองค์ประกอบในสูตรอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ซึ่งเตรียมให้มีความเข้มข้นสูงกว่าที่ใช้จริง โดยทั่วไปอยู่ในช่วง ๑๐-๑,๐๐๐ เท่า และนำมาเจือจางให้ได้ความเข้มข้นตามสูตรอาหารมาตรฐานก่อนการใช้งาน

การเตรียมสารละลายเข้มข้นนิยมใช้กับธาตุอาหารรอง วิตามิน และสารที่ใช้ในปริมาณน้อย เนื่องจากการชั่งตวงสารเคมีโดยตรงอาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูง ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการจึงเป็นผู้รับผิดชอบในการจัดเตรียมสารละลายเข้มข้นล่วงหน้า โดยผสมเฉพาะสารที่สามารถรวมกันได้โดยไม่เกิดการตกตะกอนหรือปฏิกิริยาที่ไม่พึงประสงค์ เพื่อเพิ่มความสะดวกและลดจำนวนภาชนะจัดเก็บ

การใช้สารละลายเข้มข้นเป็นแนวปฏิบัติที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมคุณภาพ ลดความผิดพลาดจากการชั่งตวง ประหยัดเวลา และทำให้ความเข้มข้นของอาหารเพาะเลี้ยงมีความสม่ำเสมอ อีกทั้งช่วยลดความเสี่ยงด้านความปลอดภัยจากการจัดการสารเคมีโดยไม่จำเป็น

ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ ไม่เหมาะสมให้นักศึกษาเตรียมสารละลายเข้มข้นด้วยตนเอง เนื่องจากใช้เวลานานและอาจเกิดความไม่สม่ำเสมอของคุณภาพ จึงควรมอบหมายให้นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการเป็นผู้จัดเตรียมและควบคุมคุณภาพ พร้อมติดฉลากระบุชื่อสาร ความเข้มข้น วันที่เตรียม ผู้รับผิดชอบ และวันหมดอายุ รวมถึงจัดเก็บตามหลักความปลอดภัยทางเคมีอย่างเหมาะสม

- หน่วยความเข้มข้นของสารในการเตรียมสารเคมีสำหรับอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

การเตรียมสารเคมีและอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชจำเป็นต้องใช้หน่วยความเข้มข้นของสารหลายรูปแบบ เพื่อให้การคำนวณและการเตรียมสารเป็นไปอย่างถูกต้อง ได้มาตรฐาน และสามารถควบคุมคุณภาพของอาหารเพาะเลี้ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการจึงต้องมีความรู้ ความเข้าใจ และเลือกใช้หน่วยความเข้มข้นให้เหมาะสมกับชนิดของสารและวัตถุประสงค์ในการใช้งาน โดยหน่วยที่ใช้บ่อยมีดังนี้

๑) เปอร์เซ็นต์ปริมาตร (Volume Percentage) ใช้กับสารหรือตัวทำละลายที่เป็นของเหลว ตัวอย่างเช่น น้ำมะพร้าว ๑๕ เปอร์เซ็นต์ หมายถึง ในน้ำอาหารเพาะเลี้ยงปริมาตร ๑ ลิตร มีน้ำมะพร้าวผสมอยู่ ๑๕๐ มิลลิลิตร หน่วยนี้ต้องอาศัยความแม่นยำในการตวงปริมาตรเพื่อให้ได้ความเข้มข้นที่ถูกต้องและสม่ำเสมอ

๒) เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก (Weight Percentage) ใช้กับสารที่เป็นของแข็งหรือผง ตัวอย่างเช่น น้ำตาล ๓ เปอร์เซ็นต์ หมายถึง มีน้ำตาล ๓ กรัม ในน้ำอาหารเพาะเลี้ยง ๑๐๐ มิลลิลิตร หรือเทียบเท่ากับน้ำตาล ๓๐ กรัม ต่อปริมาตรอาหาร ๑ ลิตร การชั่งตวงต้องดำเนินการด้วยเครื่องมือที่ได้มาตรฐานเพื่อลดความคลาดเคลื่อน

๓) น้ำหนักต่อปริมาตร (Weight Percentage) เช่น กรัมต่อลิตร (g/L) หรือ มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L) เป็นหน่วยที่นิยมใช้ในการระบุปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ตัวอย่างเช่น BA ๑ mg/L หมายถึง มีสาร BA ปริมาณ ๑ มิลลิกรัม ในน้ำอาหารเพาะเลี้ยง ๑ ลิตร หน่วยนี้ช่วยให้การควบคุมปริมาณสารมีความชัดเจนและตรวจสอบได้

๔) นอร์มอล (Normality, N) คือ ความเข้มข้นของสารที่แสดงจำนวนกรัมสมมูลของสารละลายต่อปริมาตร ๑ ลิตร ซึ่งเกี่ยวข้องกับจำนวนอนุโมลที่แตกตัวในปฏิกิริยาเคมี หน่วยนี้มักใช้ในการเตรียมสารละลายกรด-ด่าง และต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในการจัดการสารเคมีเป็นพิเศษ

๕) โมลาร์ หรือ โมลาร์ตี (Molarity, M) คือ ความเข้มข้นของสารในหน่วยโมลต่อตัวทำละลาย ๑ ลิตร เป็นหน่วยมาตรฐานที่ใช้ทั่วไปในงานห้องปฏิบัติการ เนื่องจากมีความแม่นยำและสามารถคำนวณเชิงเคมีได้โดยตรง

- ขั้นตอนการเตรียมสารละลายเข้มข้น (Stock Solution)

การเตรียมสารละลายเข้มข้นสำหรับใช้ในการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยความถูกต้อง แม่นยำ และเป็นไปตามหลักความปลอดภัยทางเคมี นักวิทยาศาสตร์หรือผู้ปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการจึงมีหน้าที่รับผิดชอบในการดำเนินการตามขั้นตอนมาตรฐาน ดังนี้

๑) การคำนวณและชั่งสารเคมี โดยดำเนินการคำนวณปริมาณสารเคมีของแต่ละกลุ่มตามสูตรอาหารที่กำหนด และชั่งสารเคมีด้วยเครื่องชั่งที่ผ่านการสอบเทียบและได้มาตรฐาน เพื่อให้ได้ปริมาณที่ถูกต้อง ลดความคลาดเคลื่อน

๒) การละลายสารเคมี นำสารเคมีแต่ละกลุ่มละลายในน้ำกลั่นตามลำดับ โดยต้องละลายสารแต่ละชนิดให้หมดสมบูรณ์ก่อนเติมสารชนิดต่อไป เพื่อป้องกันการเกิดการตกตะกอนหรือปฏิกิริยาที่ไม่พึงประสงค์ ซึ่งอาจส่งผลให้สารละลายเข้มข้นไม่สามารถนำไปใช้ในการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงได้ และกระทบต่อผลการทดลอง

๓) การปรับปริมาตร เมื่อสารเคมีละลายครบถ้วนแล้ว ให้ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ตามปริมาตรที่กำหนด เช่น ๑๐๐ มิลลิลิตร ๕๐๐ มิลลิลิตร หรือ ๑,๐๐๐ มิลลิลิตร โดยใช้ภาชนะวัดปริมาตรที่เหมาะสมและได้มาตรฐาน เพื่อให้ความเข้มข้นของสารมีความถูกต้องและสม่ำเสมอ

ในการปรับปริมาตรของสารละลายให้ได้ตามปริมาตรที่กำหนด นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีความแม่นยำและได้มาตรฐาน เพื่อให้ความเข้มข้นของสารละลายมีความถูกต้องและสม่ำเสมอ โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในขั้นตอนการปรับปริมาตร มีดังนี้

- ขวดวัดปริมาตร (Volumetric Flask) เป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้สำหรับการปรับปริมาตรสารละลายให้ได้ค่าที่แน่นอน เช่น ๑๐๐ มิลลิลิตร ๕๐๐ มิลลิลิตร หรือ ๑,๐๐๐ มิลลิลิตร โดยขวดวัด

ปริมาตรมีขีดบอกระดับปริมาตรที่ผ่านการสอบเทียบมาตรฐาน ทำให้สามารถเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นถูกต้องและแม่นยำ เหมาะสำหรับการเตรียมสารละลาย Stock solution และสารละลายมาตรฐานในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

- กระบอกตวง (Graduated Cylinder) ใช้สำหรับวัดและปรับปริมาตรสารละลายในกรณีที่ไม่ต้องการความแม่นยำสูงมากนัก โดยมีหลายขนาดให้เลือกใช้งานตามปริมาตรที่ต้องการ ทั้งนี้ควรเลือกกระบอกตวงที่มีขนาดใกล้เคียงกับปริมาตรที่ต้องการวัดเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการใช้งาน

- ปีกเกอร์ (Beaker) ใช้เป็นภาชนะสำหรับละลายสารเคมีเบื้องต้นก่อนนำไปปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตร ทั้งนี้ ปีกเกอร์ไม่เหมาะสำหรับการวัดปริมาตรที่ต้องการความแม่นยำสูง เนื่องจากค่าปริมาตรที่แสดงเป็นเพียงค่าประมาณ

๔) การบรรจุและการติดฉลาก เมื่อบรรจุสารละลายเข้มข้นลงในขวดเก็บสารที่สะอาด เหมาะสมกับชนิดของสาร และปิดฝาให้สนิท จากนั้นติดฉลากระบุรายละเอียดให้ชัดเจน ได้แก่ ชื่อสารหรือกลุ่มสาร ความเข้มข้น ปริมาตรที่ใช้ วันที่เตรียมสาร และชื่อผู้รับผิดชอบ เพื่อให้สามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ตามหลักการควบคุมคุณภาพและความปลอดภัย

การเลือกใช้ภาชนะที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพ และทางเคมีของสารแต่ละชนิด เพื่อรักษาคุณภาพ ป้องกันการปนเปื้อน ลดการเสื่อมสภาพของสาร รวมถึงเพิ่มความปลอดภัยในการจัดเก็บและการปฏิบัติงานภายในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ มีดังนี้

- ความทนทานต่อการกัดกร่อน (Chemical Compatibility) ภาชนะบรรจุต้องสามารถทนต่อคุณสมบัติของสารเคมีที่จัดเก็บได้โดยไม่เกิดปฏิกิริยาระหว่างภาชนะกับสารละลาย และไม่ปลดปล่อยสารปนเปื้อนออกสู่สารละลาย ตัวอย่างเช่น สารที่มีฤทธิ์เป็นกรดหรือด่างเข้มข้น เช่น กรดไฮโดรคลอริก (HCl) หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ซึ่งใช้ในการปรับค่าความเป็นกรด-เบสของอาหารเพาะเลี้ยง ควรจัดเก็บในขวดพลาสติกประเภท Polyethylene (PE) หรือ Polypropylene (PP) ที่มีความทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมีได้ดี เนื่องจากหากเก็บในภาชนะแก้วเป็นระยะเวลานาน อาจทำให้แก้วเสื่อมสภาพหรือถูกกัดกร่อนได้ ส่วนสารละลายธาตุอาหารพืชทั่วไป สามารถจัดเก็บในขวดแก้วคุณภาพสูง เช่น Borosilicate glass ได้ เนื่องจากสารละลายดังกล่าวไม่มีฤทธิ์กัดกร่อนรุนแรง และขวดแก้วมีโอกาปลดปล่อยสารปนเปื้อนออกมาน้อย

- การป้องกันแสง (Light Sensitivity) สารเคมีบางชนิด โดยเฉพาะสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและวิตามิน มีความไวต่อแสงและสามารถเสื่อมสภาพได้ง่ายเมื่อได้รับแสงเป็นเวลานาน ดังนั้น สารประเภทดังกล่าวจึงควรจัดเก็บในขวดสีชาหรือภาชนะทึบแสง เพื่อช่วยลดการสัมผัสแสงและยืดอายุการใช้งานของสาร ตัวอย่างเช่น Indole-๓-acetic acid (IAA) และวิตามินบี ๑ (Thiamine) ส่วนสารที่ไม่ไวต่อแสง เช่น สารละลายธาตุอาหารหลักหรือสารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิด สามารถจัดเก็บในขวดใสได้ เพื่อให้สะดวกต่อการสังเกตลักษณะของสารละลาย การเกิดตะกอน หรือการเปลี่ยนแปลงของสีสาร

- การป้องกันความชื้นและการระเหย (Tight Sealing) ภาชนะบรรจุต้องสามารถปิดผนึกได้อย่างแน่นหนา เพื่อป้องกันการระเหยของตัวทำละลาย ซึ่งอาจทำให้ความเข้มข้นของสารละลายเปลี่ยนแปลงจากค่าที่กำหนด รวมทั้งช่วยป้องกันความชื้นและสิ่งปนเปื้อนจากภายนอกเข้าสู่ภาชนะ โดยทั่วไปควรเลือกใช้ขวดที่มีฝาเกลียวพร้อมแผ่นรองภายในที่ทนต่อสารเคมี เช่น PTFE หรือ Teflon เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปิดผนึกและลดโอกาสการเกิดปฏิกิริยาระหว่างฝาภาชนะกับสารเคมี

- ความทนทานต่ออุณหภูมิ (Temperature Resistance) เนื่องจากสารละลายเข้มข้นหลายชนิดจำเป็นต้องจัดเก็บในอุณหภูมิต่ำ เช่น ภายในตู้เย็นที่อุณหภูมิ ๒-๘ องศาเซลเซียส หรือในตู้

แช่แข็งที่อุณหภูมิประมาณ -๒๐ องศาเซลเซียส เพื่อรักษาความเสถียรและยืดอายุการใช้งานของสาร ดังนั้น ภาชนะที่ใช้ต้องสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้โดยไม่แตกร้าวหรือเสื่อมสภาพ นอกจากนี้ หากภาชนะต้องผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อความดันไอน้ำ (Autoclave) ควรเลือกใช้วัสดุที่สามารถทนความร้อนและแรงดันได้ เช่น พลาสติกประเภท Polypropylene (PP)

ตารางที่ ๒ ตัวอย่างการเลือกภาชนะที่เหมาะสมในงานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ชนิดสารละลาย	คุณสมบัติสาร	ภาชนะที่เหมาะสม	เหตุผล
ธาตุอาหารหลัก/รอง (Macro/Micro)	ไม่ไวต่อแสง, ไม่กัดกร่อนรุนแรง	ขวดแก้วใสเกรดสูง หรือ ขวดพลาสติกใส (PP)	สังเกตตะกอนง่าย, ไม่ทำปฏิกิริยา
วิตามิน (Vitamins)	เสื่อมสลายเมื่อโดนแสง	ขวดแก้วสีชา	ป้องกันแสง
ออกซิน (Auxins) เช่น IAA, NAA	ไวต่อแสง, เสื่อมสลายได้	ขวดแก้วสีชา (เก็บในตู้เย็น)	ป้องกันแสง, ยืดอายุ
ไซโตไคนิน (Cytokinins) เช่น BA, Kinetin	ค่อนข้างเสถียร, บางตัวอาจไวแสงบ้าง	ขวดแก้วใส หรือสีชา (เก็บในตู้เย็น)	เพื่อความปลอดภัยมักเก็บในขวดสีชา
กรด/ด่าง (HCl, NaOH) เข้มข้น	กัดกร่อนรุนแรง	ขวดพลาสติกทนเคมี (PE/PP)	ทนต่อการกัดกร่อน, แก้วอาจถูกด่างกัด

๕) การจัดเก็บสารละลายเข้มข้น นำสารละลายเข้มข้นไปจัดเก็บในตู้เย็นหรือบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำและเหมาะสมกับชนิดของสาร เพื่อคงประสิทธิภาพของสาร ลดการเสื่อมสภาพ และลดความเสี่ยงด้านความปลอดภัยจากการเสื่อมคุณภาพของสารเคมี ซึ่งมีแนวปฏิบัติ ดังนี้

๕.๑) การจำแนกอุณหภูมิการจัดเก็บตามประเภทของสารละลาย

- การจัดเก็บ ณ อุณหภูมิ ๒ ถึง ๘ องศาเซลเซียส (ตู้เย็นช่องธรรมดา) เป็นอุณหภูมิมาตรฐานที่ใช้สำหรับจัดเก็บสารละลายเข้มข้นส่วนใหญ่ในงานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ได้แก่ สารละลายธาตุอาหารหลัก (Macronutrients) สารละลายธาตุอาหารรอง (Micronutrients) วิตามิน (Vitamins) และสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (Plant Growth Regulators) เกือบทุกชนิด การจัดเก็บในสภาวะนี้จะช่วยชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรียที่อาจปนเปื้อนในน้ำกลั่น รวมถึงชะลอการเสื่อมสภาพของโครงสร้างทางเคมีที่ไวต่อความร้อน

- การจัดเก็บ ณ อุณหภูมิ -๒๐ องศาเซลเซียส (ตู้แช่แข็ง) สงวนไว้สำหรับสารเคมีหรือสารชีวโมเลกุลที่มีความไวต่อการเสื่อมสภาพสูงมาก (Highly unstable) หรือกรณีที่ต้องการเตรียมสารละลายฮอร์โมนบางชนิดเก็บไว้เป็นระยะเวลานาน (Long-term storage) ทั้งนี้ ต้องแบ่งบรรจุสารละลายในปริมาณน้อย (Aliquot) เพื่อหลีกเลี่ยงการนำสารออกมาละลายน้ำแข็งและแช่แข็งซ้ำ (Freeze-thaw cycles) ซึ่งจะทำให้สารสูญเสียประสิทธิภาพ

๕.๒) การจัดการข้อจำกัดทางกายภาพที่เกิดจากอุณหภูมิต่ำ ได้แก่ การจัดการภาวะตกตะกอน (Precipitation) สารละลายธาตุอาหารเข้มข้นบางชนิด เช่น สารละลายกลุ่มแคลเซียม (Calcium) หรือซัลเฟต (Sulfate) อาจเกิดการตกตะกอนหรือตกผลึกเมื่ออยู่ในอุณหภูมิต่ำ ดังนั้น ก่อนการนำไปใช้งาน ผู้ปฏิบัติงานต้องนำขวดสารละลายออกมาพักไว้ ณ อุณหภูมิห้อง หรือใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิน้ำ (Water Bath) เพื่อให้ตะกอนละลายกลับคืนสู่สถานะของเหลวที่เนื้อเดียวกันอย่างสมบูรณ์เสียก่อน จึงจะสามารถนำไปดูดวัดปริมาตรเพื่อใช้งานได้

๕.๓) มาตรการควบคุมความปลอดภัยและสุขลักษณะในการจัดเก็บ

- การแยกพื้นที่จัดเก็บ (Segregation) ตู้เย็นหรือตู้แช่ที่ใช้สำหรับการจัดเก็บสารเคมีและสารละลายทดลอง ต้องกำหนดให้เป็นอุปกรณ์เฉพาะกิจ (Dedicated Equipment) ห้ามมิให้นำอาหาร เครื่องดื่ม หรือเวชภัณฑ์ส่วนบุคคลเข้ามาจัดเก็บร่วมโดยเด็ดขาด เพื่อป้องกันการปนเปื้อนข้าม (Cross-contamination) และอันตรายจากการบริโภคสารพิษ
- การควบคุมสภาพแวดล้อม (Environmental Control): ภายในตู้เย็นควรมีความมืด หรือใช้ขวดสีชาในการบรรจุสารที่ไวต่อแสง (Light-sensitive) ร่วมกับการแช่เย็น เพื่อป้องกันการสลายตัวจากปฏิกิริยาโฟโตเคมี (Photochemical degradation)
- การตรวจสอบและการบำรุงรักษา: ต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (Thermometer) และจัดทำบันทึกการตรวจสอบอุณหภูมิ (Temperature Log) อย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้มั่นใจว่าระบบทำความเย็นยังคงทำงานได้ตามมาตรฐานที่กำหนด รวมทั้งต้องมีการทบทวนวันหมดอายุของสารละลายที่จัดเก็บอยู่เป็นประจำ หากพบสารละลายที่หมดอายุ เสื่อมสภาพ หรือเปลี่ยนสี ให้ดำเนินการกำจัดตามระเบียบการจัดการของเสียอันตรายต่อไป

๒.๑.๓ วางแผนจัดหาและบริหารจัดการทรัพยากรห้องปฏิบัติการ โดยจัดทำแผนการจัดหาและทดแทนวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่มีให้เพียงพอหรือไม่พร้อมใช้งาน โดยกำหนดลำดับความสำคัญของการจัดหาให้สอดคล้องกับความต้องการเรียนการสอน ความปลอดภัย และงบประมาณที่ได้รับจัดสรร พร้อมทั้งดำเนินการประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องตามระเบียบพัสดุของสถาบัน เพื่อให้การจัดหาทรัพยากรเป็นไปอย่างถูกต้อง โปร่งใส และมีประสิทธิภาพ ดังแสดงในตารางที่ ๑

๒.๑.๔ การจัดเตรียมและทดสอบความพร้อมก่อนการจัดการเรียนการสอน โดยดำเนินการเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีให้พร้อมใช้งานก่อนการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ โดยครอบคลุมการทำความสะดวก การฆ่าเชื้อ การสอบเทียบเครื่องมือ และการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงตามสูตรที่กำหนด รวมถึงการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์หลักและอุปกรณ์สนับสนุน เพื่อป้องกันความผิดพลาดและลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการปฏิบัติการ

๒.๒ การสำรวจและจัดเตรียมห้องปฏิบัติการสำหรับปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

๒.๒.๑ ดำเนินการสำรวจสภาพแวดล้อมโดยรวมของห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ได้แก่ โครงสร้างห้อง พื้น ผนัง เพดาน ระบบการระบายอากาศ ระบบไฟฟ้า ระบบประปา และระบบแสงสว่าง เพื่อประเมินความเหมาะสมต่อการใช้งานและความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ทั้งนี้ ต้องตรวจสอบให้พื้นที่มีความสะอาด เป็นสัดส่วน และสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้ตามมาตรฐานห้องปฏิบัติการปลอดเชื้อ ดังนี้

(๑) การวางผังห้องปฏิบัติการ (Laboratory Layout and Zoning) การวางผังห้องปฏิบัติการควรออกแบบโดยคำนึงถึง “ระบบการหมุนเวียนงาน” และ “ลำดับความสะอาดของพื้นที่” เพื่อป้องกันการปนเปื้อนข้ามระหว่างกระบวนการปฏิบัติงาน โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น ๕ ส่วนหลัก ได้แก่

- โซนเตรียมอาหาร (Preparation Area) เป็นพื้นที่สำหรับเตรียมอาหารสังเคราะห์ ซึ่งสารเคมี และล้างอุปกรณ์เครื่องแก้ว ควรจัดให้มีโต๊ะปฏิบัติการที่สามารถทนต่อสารเคมีและความชื้นได้ดี รวมถึงมีตู้เก็บสารเคมีและวัสดุอุปกรณ์อย่างเป็นระเบียบ เพื่อความปลอดภัยและสะดวกต่อการปฏิบัติงาน

- โซนฆ่าเชื้อ (Sterilization Area) เป็นพื้นที่สำหรับติดตั้งหม้อนึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำแรงดันสูง (Autoclave) ใช้สำหรับฆ่าเชื้ออาหารเลี้ยงเชื้อ เครื่องมือ และวัสดุต่าง ๆ ก่อนนำไปใช้งาน พื้นที่ดังกล่าวควรมีระบบระบายอากาศที่เหมาะสม เนื่องจากเกิดความร้อนและไอน้ำปริมาณมากระหว่างการทำงานของเครื่อง

- โซนย้ายเนื้อเยื่อ (Transfer Area หรือ Clean Room) ถือเป็นพื้นที่สำคัญที่สุดของห้องปฏิบัติการ เนื่องจากเป็นบริเวณที่ใช้ถ่ายย้ายชิ้นส่วนพืชภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ จึงควรเป็นห้องปิดที่มีระบบปรับอากาศและระบบกรองอากาศประสิทธิภาพสูง พร้อมติดตั้งตู้ถ่ายเนื้อเยื่อ (Laminar Air Flow Cabinet) เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ

- โซนเพาะเลี้ยง (Culture Room) เป็นพื้นที่สำหรับจัดเก็บขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชภายใต้สภาพแวดล้อมที่ควบคุมได้ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง โดยควรติดตั้งชั้นเพาะเลี้ยงที่มีระบบไฟส่องสว่างและอุปกรณ์ควบคุมระยะเวลาการให้แสงอย่างเหมาะสม

- โซนพักต้นกล้า (Acclimatization Area) เป็นพื้นที่สำหรับปรับสภาพต้นอ่อนก่อนย้ายออกสู่สภาพแวดล้อมภายนอก โดยควรมีการควบคุมความชื้นและแสง เพื่อให้ต้นพืชสามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้อย่างเหมาะสม

(๒) มาตรฐานด้านโครงสร้างและสิ่งแวดล้อม ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชควรได้รับการออกแบบให้มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการควบคุมความสะอาดและลดการสะสมของเชื้อจุลินทรีย์ ดังนี้

- พื้น ผนัง และเพดาน พื้นผิวภายในห้องควรเรียบ ไม่มีรอยต่อ และสามารถทำความสะอาดได้ง่าย เช่น พื้นชนิด Epoxy Floor ซึ่งช่วยลดการสะสมของฝุ่นละอองและเชื้อจุลินทรีย์ รวมถึงทนต่อความชื้นและสารเคมีได้ดี

- ระบบอากาศ ห้องย้ายเนื้อเยื่อควรติดตั้งระบบความดันอากาศแบบบวก (Positive Pressure) เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศภายนอกที่อาจมีฝุ่นหรือสปอร์ของเชื้อราไหลเข้าสู่ห้องเมื่อมีการเปิดประตู

- ระบบแสงสว่าง ห้องเพาะเลี้ยงควรใช้หลอดไฟ LED ที่ให้ความเข้มแสงเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช ประมาณ ๒,๐๐๐-๔,๐๐๐ ลักซ์ และควรติดตั้งระบบตั้งเวลาเปิด-ปิดแสงอัตโนมัติ เช่น ให้แสง ๑๖ ชั่วโมง และปิดไฟ ๘ ชั่วโมงต่อวัน

(๓) มาตรฐานอุปกรณ์และเครื่องมือ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการควรมีมาตรฐานและได้รับการดูแลรักษาอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้การปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพและลดความผิดพลาดในการทดลอง

- ตู้ถ่ายเนื้อเยื่อ (Laminar Air Flow Cabinet) ควรเป็นระบบที่มีแผ่นกรองอากาศ HEPA Filter ซึ่งสามารถกรองอนุภาคนาขนาดเล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยให้บริเวณปฏิบัติงานมีความสะอาดและปลอดเชื้อ

- หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) ใช้สำหรับฆ่าเชื้ออุปกรณ์และอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยมาตรฐานการใช้งานทั่วไป คือ อุณหภูมิ ๑๒๑ องศาเซลเซียส ความดัน ๑.๕ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา ๑๕-๒๐ นาที

- เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH Meter) ต้องมีการสอบเทียบค่ามาตรฐานก่อนใช้งานทุกครั้ง เพื่อให้สามารถควบคุมคุณภาพของอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อได้อย่างถูกต้อง

- เครื่องกวนสารพร้อมให้ความร้อน (Hot Plate Stirrer) ใช้สำหรับผสมสารเคมีและละลายวุ้นอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อให้มีความสม่ำเสมอ

(๔) มาตรฐานการปฏิบัติงานปลอดเชื้อ เพื่อให้การปฏิบัติงานมีมาตรฐานเดียวกัน และลดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อน ควรกำหนดแนวปฏิบัติ ดังนี้

- การเตรียมความพร้อมของผู้ปฏิบัติงาน ผู้ปฏิบัติงานต้องสวมเสื้อกาวน์ หน้ากากอนามัย และหมวกคลุมผม รวมทั้งล้างมือด้วยแอลกอฮอล์ ๗๐ เปอร์เซ็นต์ก่อนเข้าพื้นที่ปฏิบัติงานทุกครั้ง

- การฆ่าเชื้อชิ้นส่วนพืช (Explant Sterilization) ต้องกำหนดขั้นตอนการใช้สารฆ่าเชื้อ เช่น โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) ให้เหมาะสมกับชนิดของพืชและระยะเวลาที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ได้โดยไม่ทำลายเนื้อเยื่อพืช

- การทำความสะอาดตู้ถ่ายเนื้อเยื่อ ก่อนและหลังใช้งานควรเช็ดพื้นผิวภายในตู้ด้วยแอลกอฮอล์ ๗๐ เปอร์เซ็นต์ และเปิดหลอด UV ประมาณ ๑๕-๓๐ นาที เพื่อช่วยลดการสะสมของเชื้อจุลินทรีย์

(๕) การควบคุมคุณภาพและการจัดการ (Quality Control) การควบคุมคุณภาพถือเป็นส่วนสำคัญในการบริหารจัดการห้องปฏิบัติการ เพื่อให้สามารถตรวจสอบและแก้ไขปัญหาได้อย่างเป็นระบบ

- ระบบบันทึกข้อมูล (Logbook) ควรมีการบันทึกข้อมูลการใช้งานเครื่องมือการเตรียมอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อ และอัตราการปนเปื้อน เพื่อใช้ในการติดตามผล วิเคราะห์ปัญหา และปรับปรุงกระบวนการปฏิบัติงาน

- การจัดการวัสดุปนเปื้อน ขวดเพาะเลี้ยงที่พบการปนเปื้อนต้องนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำก่อนนำไปล้างทำความสะอาด และห้ามเปิดฝภายในห้องเพาะเลี้ยงโดยเด็ดขาด เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์

๒.๒.๒ การจัดแบ่งพื้นที่การปฏิบัติงาน การจัดแบ่งพื้นที่ภายในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชให้เป็นสัดส่วนตามลักษณะการใช้งาน เป็นขั้นตอนสำคัญที่มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของการปฏิบัติงาน ความปลอดภัยของนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน และการควบคุมคุณภาพของกระบวนการเพาะเลี้ยง ทั้งนี้ การกำหนดพื้นที่ต้องคำนึงถึงลำดับขั้นตอนของงาน ตั้งแต่การเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงไปจนถึงการบ่มเลี้ยงและการจัดเก็บอุปกรณ์ เพื่อให้เกิดการไหลของงานอย่างเป็นระบบและลดโอกาสการปนเปื้อนข้ามพื้นที่ โดยออกแบบให้เหมาะสม ตามสภาพความต้องการของผู้ใช้งาน และงบประมาณที่มี โดยจะแบ่งห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ให้มี ๓ ห้องหลัก ดังนี้

(๑) ห้องสำหรับเตรียมอาหารและล้างวัสดุอุปกรณ์ ควรจัดแบ่งพื้นที่การใช้งานออกเป็นสองส่วนอย่างชัดเจน ได้แก่ พื้นที่สำหรับการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงและสารเคมี และพื้นที่สำหรับการล้างวัสดุและอุปกรณ์ เพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นไปอย่างเป็นระบบ ลดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อน และเอื้อต่อการควบคุม

คุณภาพของกระบวนการทำงาน พื้นที่ในส่วนดังกล่าวควรเป็นพื้นที่โล่ง มีความเหมาะสมต่อการปฏิบัติงานทั่วไป และไม่จำเป็นต้องมีการควบคุมอุณหภูมิเป็นพิเศษ สำหรับพื้นที่เตรียมอาหารเพาะเลี้ยงและสารเคมีควรเป็นพื้นที่แห้ง สะอาด และมีการจัดวางชั้นวางหรือตู้สำหรับจัดเก็บวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีอย่างเป็นหมวดหมู่ เพื่อความสะดวกในการหยิบใช้งานและลดความเสี่ยงจากการจัดเก็บที่ไม่เป็นระเบียบ สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชโดยส่วนใหญ่สามารถจัดเก็บไว้ในสภาพอุณหภูมิปกติได้ อย่างไรก็ตามควรหลีกเลี่ยงการจัดเก็บในบริเวณที่มีแสงแดดส่องถึงโดยตรง เนื่องจากอาจทำให้สารเคมีเสื่อมคุณภาพได้รวดเร็วขึ้น ทั้งนี้ สารเคมีบางชนิดที่มีความไวต่ออุณหภูมิ เช่น สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและสารในกลุ่มวิตามิน ควรจัดเก็บในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำตามคำแนะนำ เพื่อรักษาคุณภาพและประสิทธิภาพของสาร

สำหรับพื้นที่ล้างวัสดุและอุปกรณ์ ควรจัดให้มีอ่างล้างที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการใช้งาน พร้อมทั้งจัดให้มีตะแกรงหรือชั้นสำหรับวางและตากวัสดุอุปกรณ์ที่ผ่านการล้างทำความสะอาดแล้ว พื้นที่บริเวณดังกล่าวควรใช้วัสดุที่ทนต่อความชื้น สามารถทำความสะอาดได้ง่าย และเอื้อต่อการดูแลรักษาความสะอาดภายหลังการใช้งาน ทั้งนี้ เพื่อสนับสนุนให้กระบวนการเตรียมความพร้อมของวัสดุอุปกรณ์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับมาตรฐานห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างเหมาะสม แสดงดังภาพที่ ๑๙



ภาพที่ ๑๙ ห้องสำหรับเตรียมอาหารและล้างวัสดุอุปกรณ์

(๒) ห้องสำหรับย้ายเนื้อเยื่อพืชเป็นพื้นที่ที่ต้องมีการควบคุมความสะอาดและความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด โดยควรจัดเป็นห้องปิดสนิท เพื่อลดการปนเปื้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอก ห้องดังกล่าวใช้สำหรับการฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนพืช และการย้ายเลี้ยงชิ้นส่วนพืชลงบนอาหารสังเคราะห์ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญที่มีผลโดยตรงต่อความสำเร็จของกระบวนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานในห้องย้ายเนื้อเยื่อพืช ได้แก่ ตู้ย้ายเลี้ยงเนื้อเยื่อหรือตู้ปลอดเชื้อ (Laminar airflow cabinet) รวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้ภายในตู้ เช่น ปากคีบ มีด ฝาดตัด จานเพาะเชื้อ และเครื่องมือขนาดเล็กอื่น ๆ ที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อและพร้อมใช้งาน นอกจากนี้ ภายในห้องอาจจัดให้มีอุปกรณ์สนับสนุนการปฏิบัติงานเพิ่มเติมตามความเหมาะสม เช่น กล้องจุลทรรศน์ หรือ อุปกรณ์สำหรับการวัดขนาดและปริมาณเซลล์ เพื่อเพิ่มความสะดวกและความแม่นยำในการปฏิบัติงาน

ทั้งนี้ การจัดสภาพแวดล้อมภายในห้องย้ายเนื้อเยื่อพืชต้องเอื้อต่อการรักษาภาวะปลอดเชื้อ มีการจัดวางอุปกรณ์อย่างเป็นระเบียบ และสอดคล้องกับแนวปฏิบัติมาตรฐานด้านความปลอดภัยและการควบคุมคุณภาพของห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เพื่อสนับสนุนให้การปฏิบัติงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ถูกต้อง และได้ผลลัพธ์ที่มีคุณภาพตามวัตถุประสงค์ของการเพาะเลี้ยง

(๓) ห้องสำหรับเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นพื้นที่ที่ต้องมีการออกแบบและจัดการสภาพแวดล้อมอย่างเหมาะสม โดยควรคำนึงถึงปัจจัยสำคัญ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ สภาพแสง และลักษณะของชั้นวางเพาะเลี้ยง ซึ่งปัจจัยดังกล่าวขึ้นอยู่กับขนาดของห้อง ตำแหน่งและที่ตั้งของห้อง รวมถึงชนิดของเนื้อเยื่อพืชที่ทำการเพาะเลี้ยง

ในกรณีที่ห้องปฏิบัติการมีขนาดเล็ก อาจพิจารณาจัดพื้นที่ห้องเพาะเลี้ยงร่วมกับห้องย้ายเนื้อเยื่อพืชได้ โดยต้องมีการควบคุมและรักษาความสะอาดเป็นพิเศษ และควรจัดให้เป็นพื้นที่ที่มีการสัญจรผ่านน้อยที่สุด เพื่อลดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนและการรบกวนสภาพแวดล้อมภายในห้อง

โดยทั่วไป ห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชควรเป็นห้องปิดสนิทที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้อย่างมีประสิทธิภาพ อาจออกแบบให้มีช่องแสงธรรมชาติผ่านเข้ามาได้ในระดับที่เหมาะสม ทั้งนี้ไม่ควรให้แสงแดดส่องโดยตรงมายังชั้นวางเนื้อเยื่อพืช เนื่องจากแสงแดดอาจทำให้อุณหภูมิภายในภาชนะเพาะเลี้ยงสูงเกินเกณฑ์ที่เหมาะสม และอาจส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตหรือก่อให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อพืชที่ทำการเพาะเลี้ยงได้ แสดงดังภาพที่ ๒๐



ภาพที่ ๒๐ ห้องสำหรับเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

เมื่อนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน ดำเนินการสำรวจและจัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และห้องปฏิบัติการสำหรับปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเรียบร้อยแล้ว ให้ดำเนินการต่อในขั้นตอนที่ ๓

ปัญหา

๑. วัสดุและอุปกรณ์บางรายการมีจำนวนไม่เพียงพอหรือชำรุด ไม่พร้อมใช้งาน
๒. สารเคมีบางชนิดหมดอายุ เสื่อมคุณภาพ หรือจัดเก็บไม่ถูกต้องตามข้อกำหนด ทำให้ต้องปรับลดหรือเลื่อนกิจกรรมปฏิบัติการ
๓. การจัดแบ่งพื้นที่ภายในห้องปฏิบัติการไม่ชัดเจน ส่งผลต่อการไหลของงานและเพิ่มความเสี่ยงต่อการปนเปื้อน

แนวทางแก้ปัญหา

๑. ดำเนินการสำรวจ ตรวจสอบ และประเมินสภาพวัสดุและอุปกรณ์ก่อนเปิดภาคการศึกษา
๒. ตรวจสอบวันหมดอายุ สภาพบรรจุภัณฑ์ และเงื่อนไขการจัดเก็บสารเคมีก่อนการใช้งาน
๓. จัดเตรียมสารเคมีตามแผนการสอนและจำนวนผู้เรียนอย่างเหมาะสม
๔. จัดแบ่งพื้นที่การปฏิบัติงานตามลำดับขั้นตอนของกระบวนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างชัดเจน

ข้อเสนอแนะ

๑. พัฒนาระบบบันทึกข้อมูลอุปกรณ์ในรูปแบบดิจิทัล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตามและควบคุมคุณภาพ
๒. ควรกำหนดมาตรฐานการจัดเก็บและการใช้งานสารเคมี (SOP) ให้สอดคล้องกับหลักความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการ
๓. ควรจัดทำผังห้องปฏิบัติการและแนวปฏิบัติการใช้งานพื้นที่ (zoning) ให้สอดคล้องกับหลักการป้องกันการปนเปื้อน
๔. ตรวจสอบประเมินสภาพห้องปฏิบัติการก่อนเปิดการเรียนการสอนทุกภาคการศึกษา

ขั้นตอนที่ ๓ การเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

การเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นกระบวนการที่ต้องดำเนินการอย่างเป็นระบบและได้มาตรฐาน เนื่องจากมีผลโดยตรงต่อความสำเร็จของการเพาะเลี้ยง นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการมีหน้าที่รับผิดชอบในการวางแผน ควบคุมคุณภาพ และดำเนินการเตรียมอาหารให้เป็นไปตามสูตรอาหารมาตรฐาน ภายใต้หลักความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

๑. ดำเนินการตรวจสอบและเตรียมความพร้อมก่อนการปฏิบัติงาน โดยนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องตรวจสอบความพร้อมของสถานที่ อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ให้มีสภาพสมบูรณ์ สะอาด และผ่านการทำความสะอาดหรือฆ่าเชื้อเรียบร้อยแล้ว รวมถึงตรวจสอบวันหมดอายุและสภาพของสารเคมีทุกชนิด พร้อมทั้งสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลตามหลักความปลอดภัย

๒. ดำเนินการคำนวณสูตรอาหารและปริมาณสารเคมีสำหรับการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เป็นหน้าที่ความรับผิดชอบของนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการ ซึ่งต้องดำเนินการตามสูตรอาหารมาตรฐานที่กำหนดอย่างเคร่งครัด โดยอาศัยการใช้สารละลายเข้มข้น (Stock Solution) ที่จัดเตรียมไว้ล่วงหน้า เพื่อให้ได้ความเข้มข้นของธาตุอาหาร วิตามิน และสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชอย่างถูกต้องและสม่ำเสมอ อันเป็นการลดความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดจากการชั่งตวงสารเคมีในปริมาณน้อย และสอดคล้องกับระบบการควบคุมคุณภาพของห้องปฏิบัติการ

โดยทั่วไป การเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมักดำเนินการในรูปแบบของสารละลายเข้มข้น ซึ่งจัดเตรียมให้มีความเข้มข้นสูงกว่าความเข้มข้นที่ใช้จริงประมาณ ๑๐-๒๐๐ เท่า เมื่อนำไปใช้งาน นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานจะตวงสารละลายเข้มข้นในปริมาณที่เหมาะสมมาผสมและเจือจางตามสูตรอาหารที่กำหนด วิธีการดังกล่าวช่วยเพิ่มความสะดวก รวดเร็ว และความถูกต้องในการเตรียมอาหาร รวมถึงลดความเสี่ยงด้านความปลอดภัยจากการจัดการสารเคมีซ้ำซ้อนโดยไม่จำเป็น

สารละลายเข้มข้นที่จัดเตรียมไว้ต้องได้รับการจัดเก็บภายใต้สภาวะที่เหมาะสม เพื่อคงประสิทธิภาพและป้องกันการเสื่อมสภาพ โดยทั่วไปควรเก็บไว้ในที่มืดและอุณหภูมิต่ำ ยกเว้นสารอินทรีย์ซึ่งมีความเข้มข้นของคาร์บอนและไนโตรเจนสูง อาจเป็นแหล่งเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จึงควรจัดเก็บในตู้แช่แข็งตามหลักความปลอดภัยทางชีวภาพและเคมี

สารละลายเข้มข้นที่นิยมเตรียมสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ประกอบด้วย ๔-๕ ประเภท ได้แก่ สารละลายเข้มข้นของธาตุอาหารหลัก สารละลายเข้มข้นของธาตุอาหารรอง สารละลายเข้มข้นของธาตุเหล็ก สารละลายเข้มข้นของสารอินทรีย์ และสารละลายเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต ทั้งนี้ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องควบคุมการเตรียม การใช้งาน การติดฉลาก และการบันทึกข้อมูลสารละลายดังกล่าวอย่างเป็นระบบ เพื่อให้การเตรียมปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นไปตามมาตรฐาน มีความปลอดภัย และสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้อย่างมีประสิทธิภาพ

๓. ดำเนินการผสมสารละลายเข้มข้นและเตรียมอาหาร โดยเติมน้ำกลั่นหรือน้ำที่ผ่านการกรองด้วยระบบที่เหมาะสมลงในภาชนะเตรียมอาหาร จากนั้นตวงสารละลายเข้มข้นแต่ละชนิดตามลำดับที่

กำหนด โดยคนหรือกวนให้สารละลายผสมเป็นเนื้อเดียวกันทุกครั้ง เพื่อป้องกันการตกตะกอนหรือการเกิดปฏิกิริยาที่ไม่พึงประสงค์ อันอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของอาหารเพาะเลี้ยง

๔. ดำเนินการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) หลังจากผสมสารอาหารครบถ้วนแล้ว นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องตรวจวัดและปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหาร โดยใช้กรดหรือด่างที่กำหนดตามมาตรฐาน เช่น กรดไฮโดรคลอริกหรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เพื่อให้ค่า pH อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญของเนื้อเยื่อพืช โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง ๕.๐-๖.๕ การดำเนินการในขั้นตอนนี้ต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษเพื่อความปลอดภัยและความถูกต้องของผลการทดลอง

๕. ดำเนินการเติมสารทำให้อาหารแข็ง (กรณีอาหารแข็ง) ในกรณีเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงชนิดแข็ง ให้เติมสารทำให้อาหารแข็งตัว เช่น วุ้นหรือเจลาติน หลังจากปรับค่า pH แล้ว พร้อมให้ความร้อนและคนจนสารละลายใสเป็นเนื้อเดียวกัน ทั้งนี้ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องควบคุมคุณภาพของสารที่ใช้ เพื่อป้องกันสิ่งเจือปนที่อาจยับยั้งการเจริญของเนื้อเยื่อพืช

๖. ดำเนินการปรับปริมาตรและบรรจุอาหาร เมื่อเตรียมอาหารเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ปรับปริมาตรอาหารด้วยน้ำกลั่นให้ครบตามปริมาตรที่กำหนด จากนั้นบรรจุอาหารลงในภาชนะเพาะเลี้ยงที่สะอาดและเหมาะสม โดยปิดฝาหรือจุกให้แน่นตามหลักความปลอดภัย เพื่อลดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อน

๗. ดำเนินการฆ่าเชื้ออาหารเพาะเลี้ยง อาหารที่เตรียมแล้วต้องผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยวิธีที่เหมาะสม เช่น การนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอ (Autoclave) จะต้องควบคุมอุณหภูมิ ความดัน และระยะเวลาให้เป็นไปตามมาตรฐาน เพื่อให้สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ เชื้อรา แบคทีเรีย และสปอร์ของจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อนอยู่ในอาหารเพาะเลี้ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ มาตรฐานการฆ่าเชื้อโดยทั่วไปกำหนดให้ใช้อุณหภูมิ ๑๒๑ องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันประมาณ ๑๕ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (๑๕ psi หรือ ๑๕ pounds per square inch) เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า ๑๕-๒๐ นาที นับจากเวลาที่อุณหภูมิและความดันภายในเครื่องถึงค่าที่กำหนด ทั้งนี้ ระยะเวลาในการฆ่าเชื้ออาจปรับเปลี่ยนขึ้นตามปริมาณและปริมาตรของอาหารเพาะเลี้ยงที่บรรจุในแต่ละรอบ

กรณีอาหารเพาะเลี้ยงมีปริมาตรมาก หรือใช้ภาชนะบรรจุขนาดใหญ่ อาจจำเป็นต้องเพิ่มระยะเวลาในการนึ่งฆ่าเชื้อเป็น ๒๐-๓๐ นาที เพื่อให้ความร้อนสามารถกระจายเข้าสู่อาหารได้อย่างทั่วถึงและมีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์อย่างสมบูรณ์ ในการจัดเรียงภาชนะภายในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ต้องเว้นระยะห่างระหว่างภาชนะอย่างเหมาะสม เพื่อให้ไอน้ำและความร้อนสามารถหมุนเวียนได้ทั่วถึง และไม่ควรรวบรวมภาชนะจนแน่นเกินไป เนื่องจากอาจทำให้การฆ่าเชื้อไม่มีประสิทธิภาพและเกิดการปนเปื้อนภายหลังได้ ภายหลังจากการนึ่งฆ่าเชื้อเสร็จสิ้น ต้องรอให้ความดันภายในหม้อนึ่งลดลงสู่ระดับปกติก่อนเปิดฝาเครื่อง เพื่อป้องกันอันตรายจากแรงดันไอน้ำ รวมทั้งควรนำอาหารเพาะเลี้ยงไปพักไว้ในพื้นที่สะอาดและปลอดเชื้อ เพื่อรอการนำไปใช้งานในขั้นตอนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชต่อไป

๘. ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพหลังการฆ่าเชื้อ หลังการฆ่าเชื้อ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องตรวจสอบลักษณะของอาหาร เช่น ความใส ความแข็งตัวของวุ้น ปริมาณ และสภาพภาชนะบรรจุ หากพบความผิดปกติให้คัดแยกและดำเนินการแก้ไขตามแนวทางควบคุมคุณภาพของห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ ๓ ตัวอย่างความผิดปกติที่อาจพบภายหลังการฆ่าเชื้ออาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช มีดังนี้

ลำดับ	ความผิดปกติที่พบ	ลักษณะความผิดปกติ	สาเหตุที่อาจเกิดขึ้น	แนวทางดำเนินการ
๑	อาหารเพาะเลี้ยงขุ่นหรือมีตะกอน	อาหารมีความขุ่น ไม้ใส หรือมีตะกอนตกค้าง	การปนเปื้อนของ จุลินทรีย์ หรือ สารละลายผสมไม่สมบูรณ์	คัด แยก และ ตรวจสอบขั้นตอน การเตรียมอาหาร และการฆ่าเชื้อ
๒	วุ้นไม่แข็งตัว	อาหารมีลักษณะเหลวหรือแข็งตัวไม่สมบูรณ์	ช่วงวุ้นไม่ถูกต้อง หรือค่าความเป็นกรด-ด่างไม่เหมาะสม	ปรับสูตรอาหาร และตรวจสอบการเตรียมวุ้น
๓	วุ้นแข็งตัวมากเกินไป	อาหารมีความแข็งผิดปกติ	ใช้วุ้นในปริมาณสูงเกินมาตรฐาน	ปรับปริมาณวุ้นให้เหมาะสมตามสูตรมาตรฐาน
๔	ปริมาณอาหารไม่เท่ากัน	ระดับอาหารในภาชนะมีปริมาณแตกต่างกัน	การจ่ายอาหารไม่สม่ำเสมอ	ควบคุมการจ่ายอาหารให้ได้ ปริมาตรเท่ากัน
๕	สีอาหารเปลี่ยนแปลง	อาหารมีสีเหลืองคล้ำหรือเกิดรอยไหม้	ใช้อุณหภูมิสูงหรือระยะเวลาฆ่าเชื้อนานเกินไป	ตรวจสอบเวลาและอุณหภูมิของหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ
๖	ภาชนะแตกร้าวหรือฝาปิดผิดรูป	ขวดหรือฝาภาชนะเสียหายหลังการนึ่งฆ่าเชื้อ	ภาชนะไม่ทนความร้อนและแรงดัน	เปลี่ยนภาชนะที่ได้มาตรฐานสำหรับงานเพาะเลี้ยง
๗	มีหยดน้ำจำนวนมากในภาชนะ	พบหยดน้ำเกาะภายในขวดหรือฝาภาชนะ	การควบแน่นของไอน้ำหลังการฆ่าเชื้อ	ปรับวิธีการจัดเรียงภาชนะและการพักอาหาร
๘	พบเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร	มีเชื้อรา จุด สีผิดปกติ หรือฟองแก๊สในอาหาร	การฆ่าเชื้อไม่สมบูรณ์หรือเกิด การปนเปื้อน ภายหลัง	คัดแยก ทำลาย และตรวจสอบ กระบวนการฆ่าเชื้อใหม่

๙. ดำเนินการติดตาม การจัดเก็บ และการบันทึกข้อมูล ให้ติดตามอาหารเพาะเลี้ยงระบุรายละเอียด ได้แก่ ชื่อสูตรอาหาร วันที่เตรียม ผู้รับผิดชอบ และหมายเลขชุดการผลิต จากนั้นจัดเก็บอาหารในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม พร้อมบันทึกข้อมูลการเตรียมอาหารลงในระบบหรือสมุดบันทึก เพื่อใช้เป็นหลักฐานด้านการควบคุมคุณภาพและสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้

การจัดเก็บอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เป็นขั้นตอนสำคัญในการรักษาคุณภาพ ความคงสภาพ และความปลอดเชื้อของอาหารเพาะเลี้ยงก่อนนำไปใช้งาน โดยผู้ปฏิบัติงานต้องดำเนินการจัดเก็บอย่างเป็นระบบและเป็นไปตามหลักวิชาการ ดังนี้

๑. จัดเก็บอาหารเพาะเลี้ยงในบริเวณที่สะอาด เป็นสัดส่วน และปราศจากฝุ่นละอองหรือสิ่งปนเปื้อน โดยควรกำหนดพื้นที่เฉพาะสำหรับจัดเก็บอาหารเพาะเลี้ยง เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากสารเคมี กลิ่น หรือสิ่งแวดล้อมภายนอกที่อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของอาหารเพาะเลี้ยง

๒. ควบคุมอุณหภูมิในการจัดเก็บให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม โดยทั่วไปควรจัดเก็บในห้องที่มีอุณหภูมิประมาณ ๒๐-๒๕ องศาเซลเซียส หรือจัดเก็บในตู้เย็นสำหรับอาหารเพาะเลี้ยงที่มีส่วนประกอบของสารควบคุมการเจริญเติบโต วิตามิน หรือสารที่ไวต่ออุณหภูมิ ทั้งนี้ต้องหลีกเลี่ยงบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงหรือมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว เนื่องจากอาจส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของอาหารเพาะเลี้ยงเสื่อมสภาพ

๓. หลีกเลี่ยงการจัดเก็บในบริเวณที่ได้รับแสงแดดโดยตรงหรือมีแสงสว่างเข้มสูง เนื่องจากแสงอาจส่งผลให้สารประกอบบางชนิดในอาหารเพาะเลี้ยง เช่น วิตามินและสารควบคุมการเจริญเติบโต เกิดการเสื่อมคุณภาพ จึงควรจัดเก็บในบริเวณที่มีแสงเหมาะสมหรือมีวัสดุปิดคลุมภาชนะบรรจุอย่างเหมาะสม

๔. จัดเรียงภาชนะบรรจุอาหารเพาะเลี้ยงให้เป็นระเบียบและเหมาะสม โดยไม่วางซ้อนกันมากเกินไป เพื่อป้องกันการแตกหักหรือความเสียหายของภาชนะ รวมทั้งควรแยกจัดเก็บตามชนิด สูตรอาหาร หรือวันที่ผลิต เพื่ออำนวยความสะดวกในการเบิกจ่ายและลดความคลาดเคลื่อนในการนำไปใช้งาน

๕. ดำเนินการเบิกใช้อาหารเพาะเลี้ยงตามหลัก “ผลิตก่อน ใช้ก่อน” (First In First Out: FIFO) เพื่อป้องกันการจัดเก็บอาหารเพาะเลี้ยงเกินระยะเวลาที่เหมาะสม อันอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการใช้งานและการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพืช

๖. ตรวจสอบสภาพอาหารเพาะเลี้ยงระหว่างการจัดเก็บอย่างสม่ำเสมอ หากพบความผิดปกติ เช่น การปนเปื้อน การเปลี่ยนแปลงสี การเกิดตะกอน วัณเหลว หรือภาชนะบรรจุชำรุดเสียหาย ให้ดำเนินการคัดแยกและกำจัดตามแนวปฏิบัติด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการโดยทันที

สูตรอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมีหลายสูตรด้วยกัน แต่ละสูตรมีองค์ประกอบและความเข้มข้นของสารที่ใช้แตกต่างกัน โดยสูตรที่นิยมใช้เรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน คือ สูตร MS ซึ่งใช้สำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชแทบทุกชนิด มีองค์ประกอบสำคัญ แสดงดังตารางที่ ๔

ตารางที่ ๔ องค์ประกอบของสูตรอาหาร Murashige and Skoog (MS) (๑๙๖๒)

องค์ประกอบ	ความเข้มข้น (กรัมต่อลิตร)
Ammonium nitrate	๑.๖๕๐
Calcium chloride	๐.๔๔๐
Magnesium sulphate	๐.๓๗๐
Potassium dihydrogen phosphate	๐.๑๗๐
Patassium nitrate	๑.๙๐๐
Boric acid	๐.๐๐๖๒
Cobalt chloride	๐.๐๐๐๐๒๕
Copper sulphate	๐.๐๐๐๐๒๕

องค์ประกอบ	ความเข้มข้น (กรัมต่อลิตร)
Manganese sulphate	๐.๐๑๖๙
Potassium iodide	๐.๐๐๐๘๓
Sodium molybdate	๐.๐๐๐๒๕
Zinc sulphate	๐.๐๐๖๑๔
Sodium ethylenediamine tetra – acetate	๐.๐๓๗๓
Ferrous sulphate	๐.๐๒๗๘
Glycine	๐.๐๐๒
Meso – inositol	๐.๑๐๐
Nicotinic acid	๐.๐๐๐๕
Pyridoxine hydrochloride	๐.๐๐๐๕
Thiamine hydrochloride	๐.๐๐๐๑
น้ำตาล	๓๐
ผงวุ้น	๘
น้ำกลั่น	๑ ลิตร

ที่มา: (รังสฤษฎ์ กาวิต๊ะ, ๒๕๔๐, อ้างถึงใน เอกสารประกอบการสอน รายวิชา การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชทาง การเกษตร โดย ยุพภรณ์ วิริยะนันท์, ๒๕๖๓ หน้า ๓๙)

สูตรอาหารอาจดัดแปลง ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการเพาะเลี้ยง สำหรับตัวอย่างสูตรอาหารสังเคราะห์อื่น ๆ ที่ใช้เลี้ยงชิ้นส่วนต่าง ๆ ของพืช สรุปดังตารางที่ ๕ – ๑๒

ตารางที่ ๕ องค์ประกอบของสูตรอาหาร Gamborg B5 (๑๙๗๐)

องค์ประกอบ	มิลลิกรัมต่อลิตร	องค์ประกอบ	มิลลิกรัมต่อลิตร
ธาตุอาหารหลัก		ธาตุเหล็ก	
CaCl ₂ .2H ₂ O	๑๕๐	Fe.Na ₂ EDTA	๒๘.๐
NaH ₂ PO ₄ .H ₂ O	๑๕๐	สารควบคุมการเจริญเติบโต	
KNO ₃	๒,๕๐๐	๒,๔ - D	๑.๐
MgSO ₄ .7H ₂ O	๒๕๐	น้ำตาล	
(NH ₄) ₂ SO ₄	๑๓๔	Sucrose	๒๐,๐๐๐
ธาตุอาหารรอง		สารอินทรีย์	
H ₃ BO ₃	๓.๐	Myo – inositol	๑๐๐.๐
CoCl ₂ .6H ₂ O	๐.๐๒๕	Nicotinic acid	๑.๐
CuSO ₄ .5H ₂ O	๐.๐๒๕	Pyridoxine – HCl	๑.๐
KI	๐.๗๕๐	Thiamine - HCl	๑๐๐
MnSO ₄ .H ₂ O	๑๐.๐		
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	๐.๒๕		

องค์ประกอบ	มิลลิกรัมต่อลิตร	องค์ประกอบ	มิลลิกรัมต่อลิตร
ZnSO ₄ .7H ₂ O	๒.๐		

ปรับค่าความเป็นกรด – เบส เท่ากับ ๕.๕ สูตรนี้เหมาะสำหรับเพาะเลี้ยงพืชเศรษฐกิจหลายชนิด
ที่มา: (สมปอง เตชะโต, ๒๕๓๙, อ้างถึงใน เอกสารประกอบการสอน รายวิชา การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชทาง
การเกษตร, โดย ยุพาภรณ์ วิริยะนันทน์, ๒๕๖๓ หน้า ๔๐)

ตารางที่ ๖ องค์ประกอบของอาหารดัดแปลงสูตร Murashige and Skoog (๑๙๗๔)

องค์ประกอบ	มิลลิกรัมต่อลิตร	องค์ประกอบ	มิลลิกรัมต่อลิตร
ธาตุอาหารหลัก		ธาตุเหล็ก	
CaCl ₂	๓๓๒	Fe.Na ₂ EDTA	๓๖.๗๐
NaH ₂ PO ₄ .H ₂ O	๘๕	สารอินทรีย์	
KH ₂ PO ₄	๑๗๐	Adenine sulfate.2H ₂ O	๘๐
KNO ₃	๑,๙๐๐	Myo – inositol	๑๐๐
NH ₄ NO ₃	๑,๖๕๐	Nicotinic acid	๑๐.๐๐
MgSO ₄	๑๘๑	Thiamine - HCl	๓๐.๐๐
ธาตุอาหารรอง		Pyridoxine – HCl	๑๐.๐๐
CoCl ₂ .6H ₂ O	๐.๐๒๕	L - tyrosine	๑๐๐
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	๐.๒๕	สารควบคุมการเจริญเติบโต	
CuSO ₄	๐.๐๑๖	IAA	๐.๕๐
KI	๐.๘๓	KN	๑๐.๐๐
H ₃ BO ₃	๖.๒๐	น้ำตาล	
MnSO ₄ .H ₂ O	๑๖.๙๐	Sucrose	๔๕,๐๐๐
ZnSO ₄ .7H ₂ O	๘.๖๐		

ปรับค่าความเป็นกรด – เบส เท่ากับ ๕.๖ สูตรนี้เหมาะสำหรับเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์เยื่อปรีรา
ที่มา: (สมปอง เตชะโต, ๒๕๓๙, อ้างถึงใน เอกสารประกอบการสอน รายวิชา การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชทาง
การเกษตร, โดย ยุพาภรณ์ วิริยะนันทน์, ๒๕๖๓ หน้า ๔๑)

ตารางที่ ๗ องค์ประกอบของอาหารสูตร Nistch and Nistch (๑๙๖๙)

องค์ประกอบ	มิลลิกรัมต่อลิตร	องค์ประกอบ	มิลลิกรัมต่อลิตร
ธาตุอาหารหลัก		ธาตุเหล็ก	
KNO ₃	๙๕๐	Fe.Na ₂ EDTA	๒๗.๘๕
MgSO ₄ .7H ₂ O	๑๘๕	Na ₂ EDTA	๓๗.๓๕
NH ₄ NO ₃	๗๒๐	สารอินทรีย์	
KH ₂ PO ₄	๖๘	Biotin	๐.๐๕
CaCl ₂	๑๖๖	Folic acid	๐.๕
ธาตุอาหารรอง		Glycine	๕.๐
MnSO ₄ .4H ₂ O	๒๕	Myo – inositol	๒.๐

องค์ประกอบ	มิลลิกรัมต่อลิตร	องค์ประกอบ	มิลลิกรัมต่อลิตร
ZnSO ₄ .7H ₂ O	๑๐	Nicotinic acid	๐.๕
CuSO ₄ .5H ₂ O	๐.๐๒๕	Pyridoxine – HCl	๐.๕
H ₃ BO ₃	๑๐	Thiamine - HCl	๐.๕
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	๐.๒๕	น้ำตาล	
		Sucrose	๒๐,๐๐๐

ปรับค่าความเป็นกรด – เบส เท่ากับ ๕.๕ สูตรนี้เหมาะสำหรับเพาะเลี้ยงละอองเกสรของพืชทั่ว ๆ ไป
ที่มา: (สมปอง เตชะโต,๒๕๓๙, อ้างถึงใน เอกสารประกอบการสอน รายวิชา การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชทาง
การเกษตร, โดย ยุพารณ์ วิริยะนันทน์,๒๕๖๓ หน้า ๔๒)

ตารางที่ ๘ องค์ประกอบของอาหารสูตร Nistch and Nistch (๑๙๕๖)

องค์ประกอบ	มิลลิกรัมต่อลิตร	องค์ประกอบ	มิลลิกรัมต่อลิตร
ธาตุอาหารหลัก		สารอินทรีย์	
KCl	๑,๕๐๐	Sucrose	๓๔,๐๐๐
MgSO ₄ .7H ₂ O	๒๕๐	สารควบคุมการเจริญเติบโต	
NaH ₂ PO ₄ .H ₂ O	๒๕๐	IAA	๐.๑๘ – ๑.๘๐
KNO ₃	๒,๐๐๐		
CaCl ₂	๒๕		
ธาตุอาหารรอง			
MnSO ₄ .4H ₂ O	๓		
ZnSO ₄ .7H ₂ O	๐.๕		
CuSO ₄ .5H ₂ O	๐.๐๒๕		
H ₃ BO ₃	๐.๕		
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	๐.๐๒๕		

ปรับค่าความเป็นกรด – เบส เท่ากับ ๕.๖ สูตรนี้ใช้เลี้ยงละอองเกสรของยาสูบให้ได้พืชที่มีโครโมโซมชุดเดียว
ที่มา: (สมปอง เตชะโต,๒๕๓๙, อ้างถึงใน เอกสารประกอบการสอน รายวิชา การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชทาง
การเกษตร, โดย ยุพารณ์ วิริยะนันทน์,๒๕๖๓ หน้า ๔๓)

ตารางที่ ๙ องค์ประกอบของอาหารสูตร Vacin and Went (๑๙๕๙)

องค์ประกอบ	มิลลิกรัมต่อลิตร	องค์ประกอบ	มิลลิกรัมต่อลิตร
ธาตุอาหารหลัก		ธาตุอาหารรอง	
Ca ₃ (PO ₄) ₂	๒๐๐	MnSO ₄ .4H ₂ O	๕.๗
KNO ₃	๕๒๕	ธาตุเหล็ก	
KH ₂ PO ₄	๒๕๐	Fe ₂ (C ₄ H ₄ O ₆) ₃ .2H ₂ O	๒๘
MgSO ₄ .7H ₂ O	๒๕๐	น้ำตาล	
(NH ₄) ₂ SO ₄	๕๐๐	Sucrose	๒๐,๐๐๐

องค์ประกอบ	มิลลิกรัมต่อลิตร	องค์ประกอบ	มิลลิกรัมต่อลิตร
		น้ำมะพร้าว	๑๕๐ มิลลิตร

ปรับค่าความเป็นกรด - เบส เท่ากับ ๔.๘ - ๕.๐ สูตรนี้ใช้เลี้ยงเมล็ดและเนื้อเยื่อกล้วยไม้
ที่มา: (สมปอง เตชะโต, ๒๕๓๙, อ้างถึงใน เอกสารประกอบการสอน รายวิชา การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชทาง
การเกษตร, โดย ยุพารณ์ วิริยะนันท์, ๒๕๖๓ หน้า ๔๔)

ตารางที่ ๑๐ องค์ประกอบของอาหารสูตร White (๑๙๔๓)

องค์ประกอบ	มิลลิกรัมต่อลิตร	องค์ประกอบ	มิลลิกรัมต่อลิตร
ธาตุอาหารหลัก		ธาตุเหล็ก	
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	๒๘๕	Fe ₂ (SO ₄) ₃	๒.๕
KCl	๖๕	สารอินทรีย์	
องค์ประกอบ	มิลลิกรัมต่อลิตร	องค์ประกอบ	มิลลิกรัมต่อลิตร
KNO ₃	๘๐	Nicotinic acid	๐.๕
MgSO ₄ ·7H ₂ O	๗๔๐	Pyridoxine - HCl	๐.๑
NaH ₂ PO ₄ ·H ₂ O	๑๖.๕	Thiamine - HCl	๐.๑
Na ₂ SO ₄	๒๐๐	Glycine	๓.๐
ธาตุอาหารรอง		น้ำตาล	
H ₃ BO ₃	๑.๕	Sucrose	๒๐,๐๐๐
KI	๐.๗๕		
MnSO ₄ ·4H ₂ O	๗.๐		
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	๒.๗		

ปรับค่าความเป็นกรด - เบส เท่ากับ ๔.๘ - ๕.๐ สูตรนี้เหมาะสำหรับเลี้ยงชิ้นส่วนรากพืช
ที่มา: (สมปอง เตชะโต, ๒๕๓๙, อ้างถึงในเอกสารประกอบการสอน รายวิชา การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชทาง
การเกษตร, ยุพารณ์ วิริยะนันท์, ๒๕๖๓ หน้า ๔๔)

ตารางที่ ๑๑ องค์ประกอบของอาหารสูตร Y3 หรือ Eeuwens (๑๙๗๖)

องค์ประกอบ	มิลลิกรัมต่อลิตร	องค์ประกอบ	มิลลิกรัมต่อลิตร
ธาตุอาหารหลัก		ธาตุเหล็ก	
KNO ₃	๒,๐๒๐	Fe EDTA	๓๒.๕
KCl	๑,๔๙๒	สารอินทรีย์	
NH ₄ Cl	๕๓๕	Meso - inositol	๑๐๐
NaH ₂ PO ₄ ·2H ₂ O	๓๑๒	Thiamine - HCl	๐.๕
CaCl ₂ ·2H ₂ O	๒๙๔	Pyridoxine - HCl	๐.๐๕
MgSO ₄ ·7H ₂ O	๒๔๗	Ca - pantothenate	๐.๐๕
ธาตุอาหารรอง		Nicotinic acid	๐.๐๕
MnSO ₄ ·4H ₂ O	๑๑.๒	Biotin	๐.๐๕
KI	๘.๓	น้ำตาล	
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	๗.๒	Sucrose	๔๕,๐๐๐

องค์ประกอบ	มิลลิกรัมต่อลิตร	องค์ประกอบ	มิลลิกรัมต่อลิตร
H ₃ BO ₃	๓.๑	สารควบคุมการเจริญเติบโต	
CoCl ₂ .6H ₂ O	๐.๒๔	KN	๐.๒๒
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	๐.๒๔	GA ₃	๐.๐๓๘
CuSO ₄ .5H ₂ O	๐.๑๖	๒,๔ - D	๐.๐๒๒
NiCl ₂ .6H ₂ O	๐.๐๒๔		

ปรับค่าความเป็นกรด – เบส เท่ากับ ๕.๗ สูตรนี้ใช้สำหรับการเพาะเลี้ยงใบอ่อนหรือช่อดอกของมะพร้าวและพืชตระกูลปาล์ม

ที่มา: (สมปอง เตชะโต, ๒๕๓๙, อ้างถึงในเอกสารประกอบการสอน รายวิชา การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชทางการเกษตร, โดย ยุพารณ์ วิริยะนันทน์, ๒๕๖๓ หน้า ๔๕)

ตารางที่ ๑๒ องค์ประกอบของอาหารสูตร Yamada (๑๙๕๒)

องค์ประกอบ	ปริมาณ
น้ำมะพร้าวสด	๑ ถ้วยตวง
น้ำกลั่น	๓ ถ้วยตวง
Gaviota orchid fertilizer (๑๐ – ๑๐ – ๑๐)	¼ ช้อนชา
Kesserman	๑ ช้อนชา
น้ำตาลทรายขาว	๕ ช้อนชา
ผงวุ้น	๑ ชอง

ปรับค่าความเป็นกรด – เบส เท่ากับ ๔.๘ – ๕.๖ สูตรนี้ใช้สำหรับเลี้ยงกล้วยไม้

ที่มา: (สมปอง เตชะโต, ๒๕๓๙, อ้างถึงในเอกสารประกอบการสอน รายวิชา การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชทางการเกษตร, โดย ยุพารณ์ วิริยะนันทน์, ๒๕๖๓ หน้า ๔๖)

อาหารสังเคราะห์ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมีหลายสูตร โดยทั่วไปนิยมเรียกชื่อสูตรตามนักวิทยาศาสตร์ผู้พัฒนาหรือคิดค้นสูตรอาหารนั้น ๆ อาหารเพาะเลี้ยงแต่ละสูตรประกอบด้วยองค์ประกอบหลักจำนวน ๕ ประเภท ได้แก่ ธาตุอาหารอนินทรีย์ น้ำตาลซึ่งเป็นแหล่งคาร์บอน สารอินทรีย์ สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และสารประกอบเชิงซ้อน ทั้งนี้ สูตรอาหารแต่ละชนิดจะมีสัดส่วนและองค์ประกอบที่แตกต่างกันไปตามชนิดของพืช ชนิดของเนื้อเยื่อ และวัตถุประสงค์ของการเพาะเลี้ยง

ในการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการมักดำเนินการเตรียมสารอาหารในรูปแบบของหัวเชื้อสารละลายเข้มข้น (Stock Solution) ซึ่งจัดเตรียมให้มีความเข้มข้นสูงกว่าความเข้มข้นที่ใช้จริงประมาณ ๑๐-๒๐๐ เท่า เมื่อต้องการเตรียมอาหารสูตรใด จะตวงหัวเชื้อเข้มข้นในปริมาณที่คำนวณไว้ตามสูตรอาหารมาตรฐาน แล้วนำมาเจือจางให้ได้ความเข้มข้นที่เหมาะสม วิธีการดังกล่าวช่วยเพิ่มความถูกต้อง ลดความคลาดเคลื่อนจากการชั่งตวงสารเคมีในปริมาณน้อย และเอื้อต่อการควบคุมคุณภาพของการเตรียมอาหารให้มีความสม่ำเสมอในทุกครั้งที่ปฏิบัติงาน

ทั้งนี้ ก่อนการเลือกใช้สูตรอาหารสำหรับการเรียนการสอนหรือการทดลอง นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานมีหน้าที่ศึกษาข้อมูลและทดสอบสูตรอาหารให้เหมาะสมกับชนิดของพืชและวัตถุประสงค์ของการเพาะเลี้ยงอย่างรอบคอบ เพื่อให้ได้ผลการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพืชที่มีประสิทธิภาพ ลดความสูญเสีย

จากการใช้สูตรอาหารที่ไม่เหมาะสม และเป็นไปตามหลักการควบคุมคุณภาพและความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการในการเตรียมปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างเป็นระบบ แล้วดำเนินการต่อในขั้นตอนที่ ๔

ปัญหา

๑. อาจเกิดความคลาดเคลื่อนของความเข้มข้นธาตุอาหาร วิตามิน หรือสารควบคุมการเจริญเติบโต อันเนื่องมาจากการคำนวณสูตรอาหารไม่ถูกต้อง การเตรียมหรือใช้สารละลายเข้มข้นที่เสื่อมคุณภาพ รวมถึงการผสมสารละลายไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ส่งผลให้อาหารเพาะเลี้ยงมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ และกระทบต่อผลการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ

๒. การจัดการสารเคมี กรด-ด่าง และการใช้งานหม้อนึ่งความดันไอน้ำ หากนักวิทยาศาสตร์หรือผู้ปฏิบัติงานขาดความระมัดระวังหรือไม่ปฏิบัติตามหลักความปลอดภัย อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุหรืออันตรายต่อสุขภาพ รวมถึงความเสียหายต่ออุปกรณ์และสถานที่

แนวทางแก้ปัญหา

๑. กำหนดให้มีการตรวจสอบสูตรอาหาร การคำนวณ และการเตรียมสารละลายเข้มข้นทุกขั้นตอน โดยนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องปฏิบัติตามคู่มือปฏิบัติงานอย่างเคร่งครัด และมีการตรวจทานก่อนนำไปใช้งานจริง

๒. กำหนดให้นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลอย่างครบถ้วน และปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยทางเคมีและชีวภาพ รวมถึงจัดให้มีการฝึกอบรมการใช้สารเคมีและเครื่องมือ เช่น หม้อนึ่งความดันไอน้ำ อย่างสม่ำเสมอ

ข้อเสนอแนะ

๑. จัดทำคู่มือปฏิบัติงานการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชให้เป็นเอกสารมาตรฐานกลางของรายวิชา เพื่อให้ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานและผู้สอนใช้เป็นแนวทางเดียวกัน ลดความคลาดเคลื่อนในการปฏิบัติ

๒. ประเมินและทบทวนกระบวนการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเป็นระยะ เพื่อปรับปรุงขั้นตอนให้สอดคล้องกับเทคโนโลยี มาตรฐานความปลอดภัย และความต้องการของการเรียนการสอนในปัจจุบัน

๓. ส่งเสริมการบูรณาการประเด็นด้านคุณภาพและความปลอดภัยเข้าสู่การเรียนการสอนภาคปฏิบัติ เพื่อให้ นักศึกษาเกิดความตระหนักและมีทักษะการทำงานในห้องปฏิบัติการอย่างเป็นระบบและเป็นมืออาชีพ

ขั้นตอนที่ ๔ การเตรียมชิ้นส่วนพืชสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชตั้งอยู่บนหลักการพื้นฐานที่สำคัญ คือ คุณสมบัติของเซลล์พืชที่เรียกว่า *โททิโพเทนซี* (Totipotency) ซึ่งหมายถึง ความสามารถของเซลล์ ชิ้นส่วนพืช อวัยวะ หรือเนื้อเยื่อพืชในการพัฒนาและเจริญเป็นพืชต้นใหม่ได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อได้รับการเพาะเลี้ยงภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม ความสามารถดังกล่าวเป็นรากฐานสำคัญของการจัดการเรียนการสอนและการปฏิบัติการด้านการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช การแสดงออกของคุณสมบัติโททิโพเทนซีถูกควบคุมโดยปัจจัยสำคัญ ๒ ประการ ได้แก่ ปัจจัยทางพันธุกรรม ซึ่งเกี่ยวข้องกับชนิดของชิ้นส่วนพืช พันธุ์พืช และระดับการพัฒนาทางสรีรวิทยาของพืช และปัจจัยนอกเหนือจากพันธุกรรม ซึ่งประกอบด้วยสูตรอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ตลอดจนสภาพแวดล้อมในการเพาะเลี้ยง เช่น แสง อุณหภูมิ และความสะอาดของระบบการเพาะเลี้ยง ปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีผลโดยตรงต่อความสำเร็จในการชักนำให้เนื้อเยื่อพืชสามารถเจริญและพัฒนาได้ตามวัตถุประสงค์

ในการเตรียมวัสดุพืชเพื่อนำมาใช้ในงานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช สามารถดำเนินการได้สองแนวทางหลัก ได้แก่ การปลูกและดูแลรักษาพืชในกระถางภายใต้โรงเรือนหรือเรือนกระจก และการปลูกพืชในขวดแก้วหรือหลอดทดสอบภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ ซึ่งแต่ละแนวทางมีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกัน การปลูกพืชในโรงเรือนกระจกมีความสะดวกและประหยัดค่าใช้จ่าย แต่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ในดินและแมลงพาหะ ในขณะที่การปลูกพืชภายใต้สภาวะปลอดเชื้อในภาชนะปิด แม้จะมีค่าใช้จ่ายสูงกว่า แต่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้อย่างเหมาะสม ลดปัจจัยรบกวนจากภายนอก และให้วัสดุพืชที่มีความสะอาดและปลอดเชื้อสูง

ดังนั้น การเตรียมชิ้นส่วนพืชสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชจึงเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง และต้องดำเนินการอย่างรอบคอบตามหลักวิชาการและมาตรฐานห้องปฏิบัติการ แสดงดังภาพที่ ๑๐ เพื่อให้ได้วัสดุเริ่มต้นที่มีคุณภาพ เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในขั้นตอนการเพาะเลี้ยงต่อไป และสนับสนุนให้การเตรียมปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและได้มาตรฐาน โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

๑. คัดเลือกต้นแม่พันธุ์สำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช การคัดเลือกต้นแม่พันธุ์เป็นขั้นตอนสำคัญในการเตรียมชิ้นส่วนพืชสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เนื่องจากคุณภาพของต้นแม่พันธุ์มีผลโดยตรงต่อความสำเร็จของการเพาะเลี้ยง นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการจึงต้องดำเนินการคัดเลือกต้นแม่พันธุ์อย่างรอบคอบ ภายใต้หลักการควบคุมคุณภาพและความปลอดภัยทางชีวภาพ โดยมีแนวทางพิจารณาดังต่อไปนี้

๑.๑ การคัดเลือกพันธุ์พืช หลังจากกำหนดชนิดพืชที่ต้องการเพาะเลี้ยงแล้ว นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานควรพิจารณาคัดเลือกสายพันธุ์พืชมากกว่าหนึ่งสายพันธุ์ เพื่อเปรียบเทียบศักยภาพในการขยายพันธุ์ด้วยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ทั้งนี้ เนื่องจากความแตกต่างทางพันธุกรรมของแต่ละสายพันธุ์ส่งผลต่อความสามารถในการตอบสนองต่อการเพาะเลี้ยง โดยทั่วไปพบว่า พืชที่สามารถขยายพันธุ์ได้ง่ายด้วยวิธีการปักชำ มักมีแนวโน้มที่จะสามารถขยายพันธุ์ได้ดีด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเช่นเดียวกัน การคัดเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสมจึงช่วยเพิ่มอัตราความสำเร็จและลดความสูญเสียจากการทดลอง

๑.๒ การพิจารณาสภาพของต้นแม่พันธุ์ ชิ้นส่วนพืชที่นำมาใช้เป็นวัสดุเริ่มต้นควรได้มาจากต้นแม่พันธุ์ที่มีความสมบูรณ์ แข็งแรง ปราศจากโรคและศัตรูพืช เพื่อช่วยลดความเสี่ยงของการปนเปื้อนและเพิ่มประสิทธิภาพในการเจริญของเนื้อเยื่อพืช ในกรณีที่ไม่สามารถจัดหาต้นแม่พันธุ์ที่มีสภาพสมบูรณ์ได้ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องนำต้นแม่พันธุ์ไปดูแลปรับสภาพในโรงเรือนหรือพื้นที่ควบคุมก่อน โดยอาจดำเนินการ

ป้องกันและกำจัดโรคพืชตามหลักความปลอดภัยและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง จนกระทั่งต้นแม่พันธุ์มีความแข็งแรง และมีการแตกยอดหรือใบใหม่ที่สมบูรณ์ จึงนำมาใช้เป็นชิ้นส่วนพืชสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

๒. คัดเลือกชิ้นส่วนพืชสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช โดยพิจารณาเลือกชิ้นส่วนพืชที่เหมาะสม สำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เป็นขั้นตอนสำคัญในการเตรียมปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ซึ่งมีผลโดยตรงต่ออัตราความสำเร็จของการเพาะเลี้ยง คุณภาพของชิ้นงาน และความปลอดภัยของกระบวนการปฏิบัติงาน นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการจึงต้องดำเนินการภายใต้หลักการควบคุมคุณภาพ การป้องกันการปนเปื้อน และการปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด โดยมีแนวทางพิจารณาดังนี้

๒.๑ ขนาดของชิ้นส่วนพืช ขนาดของชิ้นส่วนพืชที่นำมาเพาะเลี้ยงเป็นปัจจัยที่ต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ เนื่องจากเนื้อเยื่อพืชที่มีขนาดใหญ่มีโอกาสเกิดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ได้ง่าย ขณะที่เนื้อเยื่อพืชที่มีขนาดเล็กสามารถลดความเสี่ยงในการปนเปื้อนได้มากกว่า อย่างไรก็ตาม ชิ้นส่วนพืชที่มีขนาดเล็กเกินไป อาจมีการเจริญเติบโตช้า และตอบสนองต่อสภาวะการเพาะเลี้ยงได้ไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องกำหนดขนาดของชิ้นส่วนพืชที่เหมาะสมที่สุด โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตควบคู่กับการลดความเสี่ยงด้านการปนเปื้อน

ในทางปฏิบัติ อาจดำเนินการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนพืชขนาดเล็กหลายชิ้นรวมกันในภาชนะเดียว เพื่อกระตุ้นการตอบสนองต่อการเพาะเลี้ยง โดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงเพื่อชักนำให้เกิดแคลลัส ซึ่งมักมีการเจริญเติบโตได้รวดเร็วกว่าการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนพืชเพียงชิ้นเดียว ทั้งนี้ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องวางแผนการเปลี่ยนถ่ายอาหารเพาะเลี้ยงให้เหมาะสมและสม่ำเสมอ เพื่อควบคุมคุณภาพและป้องกันการเสื่อมสภาพของอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อ แสดงดังภาพที่ ๒๑



ภาพที่ ๒๑ ขนาดชิ้นส่วนพืชที่สามารถนำมาเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้

ควรตัดให้ยาวประมาณ ๐.๕ – ๑ เซนติเมตร

ก : ชิ้นส่วนข้อ ข : ชิ้นส่วนปลายยอด

ที่มา : (Ouain et al., ๒๐๑๕, อ้างถึงใน เอกสารประกอบการสอน รายวิชา เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชทางการเกษตร, โดย ยุพาภรณ์ วิริยะนันท์, ๒๕๖๓ หน้า ๕๒)

๒.๒ ชนิดของชิ้นส่วนพืช โดยหลักการแล้ว ชิ้นส่วนพืชทุกส่วนที่ประกอบด้วยเซลล์ที่ยังมีชีวิตสามารถนำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้ อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการเจริญเติบโตและการตอบสนองต่อการเพาะเลี้ยงของชิ้นส่วนพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน เนื่องจากระดับความตื่นตัวและศักยภาพในการแบ่งตัวของเซลล์ไม่เท่ากัน เนื้อเยื่อพืชที่มีความเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงมากที่สุด ได้แก่ เนื้อเยื่อเจริญ (meristem)

ซึ่งเป็นบริเวณที่เซลล์มีการแบ่งตัวอย่างต่อเนื่องและมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นอวัยวะหรือพืชต้นใหม่สูง ตัวอย่างของเนื้อเยื่อเจริญ ได้แก่ ปลายยอด (shoot apex) ซึ่งอยู่บริเวณปลายยอดของพืชในระยะไม่เกินประมาณ ๕ มิลลิเมตรจากปลายยอดสุด ปลายราก (root apex) ซึ่งอยู่ถัดจากหมวกราก เนื้อเยื่อเจริญในท่อลำเลียง (vascular cambium) ที่พบในบริเวณลำต้นและรากระหว่างท่อน้ำและท่ออาหาร รวมถึงเนื้อเยื่อเจริญระหว่างปล้อง (intercalary meristem) ซึ่งพบได้ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว

นอกจากนี้ ยังสามารถนำชิ้นส่วนพืชอื่น ๆ เช่น ใบ ดอก ผล และเมล็ด มาใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้ ทั้งนี้ การเลือกชนิดของชิ้นส่วนพืชควรพิจารณาถึงวัตถุประสงค์ของการเพาะเลี้ยง ศักยภาพในการเจริญเติบโต และความสะดวกในการควบคุมสภาวะปลอดเชื้อ

ชิ้นส่วนพืชที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชควรประกอบด้วยเนื้อเยื่อเจริญ มีขนาดที่เหมาะสม และสามารถควบคุมการปนเปื้อนได้ง่าย การดำเนินการดังกล่าวถือเป็นบทบาทหน้าที่สำคัญของนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการ เพื่อให้การเตรียมปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นไปอย่างมีคุณภาพ ปลอดภัย และสอดคล้องกับมาตรฐานห้องปฏิบัติการที่กำหนด แสดงดังภาพที่ ๒๒



ภาพที่ ๒๒ ตัวอย่างชิ้นส่วนพืชที่สามารถนำมาเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้

ก : ตายอดของต้นยางพารา

ข : เหง้าขมิ้นชัน

ค : ฝักกล้วยไม้ตระกูลหวาย

ง : ดอกยางพารา

จ : ใบอ่อนกุหลาบ

ฉ : ฝักกล้วยไม้ตระกูลออนซิเดียม

ช : หน่อสับปะรด

ที่มา : เอกสารประกอบการสอน รายวิชา เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชทางการเกษตร, โดย ยุพาภรณ์ วิริยะนันท์, ๒๕๖๓, หน้า ๕๓

๓. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องดำเนินการภายใต้สภาวะปลอดเชื้ออย่างเคร่งครัด เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพ ลดความเสี่ยงจากการปนเปื้อน และสอดคล้องกับมาตรฐานความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ ตามหลักการของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช สามารถแบ่งขั้นตอนสำคัญออกเป็น ๓ ขั้นตอนหลัก โดยนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องรับผิดชอบในการควบคุมคุณภาพและความปลอดภัยในทุกขั้นตอน แสดงดังภาพที่ ๒๓ ดังนี้

๓.๑ การเลือกชิ้นส่วนพืชจากต้นแม่ การเลือกชิ้นส่วนพืชเริ่มต้น (explant) เป็นขั้นตอนสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อความสำเร็จของการเพาะเลี้ยง นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องพิจารณาเลือกชิ้นส่วนพืชจากต้นแม่พันธุ์ที่มีความสมบูรณ์ แข็งแรง ปราศจากโรคและศัตรูพืช เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพตั้งแต่ต้นทาง ชิ้นส่วนพืชที่นำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงสามารถจำแนกออกเป็น ๒ ประเภท ได้แก่

- ขึ้นส่วนพืชที่ไม่เกี่ยวข้องกับเพศ เช่น ปลายยอด ลำต้นเหนือใบเลี้ยง ใบ ลำต้นใต้ใบเลี้ยง ใบเลี้ยง และราก

- ขึ้นส่วนพืชที่เกี่ยวข้องกับเพศ เช่น ละอองเกสร รังไข่หรือไข่อ่อน ผล เมล็ด และต้นอ่อน

การเลือกชนิดของขึ้นส่วนพืชต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเพาะเลี้ยง และศักยภาพในการตอบสนองต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ทั้งนี้ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องบันทึกข้อมูลแหล่งที่มาของขึ้นส่วนพืชอย่างเป็นระบบ เพื่อใช้เป็นหลักฐานในการตรวจสอบย้อนกลับตามระบบควบคุมคุณภาพของห้องปฏิบัติการ

๓.๒ การทำความสะอาดและฆ่าเชื้อขึ้นส่วนพืช เนื่องจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชทุกขั้นตอนต้องดำเนินการภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ การทำความสะอาดและฆ่าเชื้อขึ้นส่วนพืชจึงเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องปฏิบัติงานด้วยความระมัดระวัง โดยคำนึงถึงทั้งประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์และความปลอดภัยของนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานและขึ้นส่วนพืช ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

๓.๒.๑ การล้างขึ้นส่วนพืชด้วยสบู่หรือน้ำยาล้างจานที่มีฤทธิ์เป็นกลาง เพื่อขจัดสิ่งสกปรกบนผิวพืช โดยต้องเลือกสารที่ไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองหรือสร้างบาดแผลต่อขึ้นส่วนพืช จากนั้นล้างออกด้วยน้ำประปาหลายครั้ง และตากแห้งขึ้นส่วนพืชให้มีขนาดเหมาะสม

๓.๒.๒ นำขึ้นส่วนพืชแช่ในแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ ๗๐ เป็นระยะเวลา ๓๐ วินาที ถึง ๑ นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น จากนั้นแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ เช่น คลอโรกซ์ ความเข้มข้นประมาณร้อยละ ๒๐ (ให้มีสารออกฤทธิ์โซเดียมไฮโปคลอไรท์ประมาณร้อยละ ๑.๒๕) เป็นระยะเวลา ๑๐-๓๐ นาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและความแข็งแรงของขึ้นส่วนพืช

การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (Active Ingredient) ให้มีความเข้มข้นร้อยละ ๑.๒๕ เพื่อใช้ในการฟอกฆ่าเชื้อพื้นผิวขึ้นส่วนพืช มีหลักการคำนวณและขั้นตอนการปฏิบัติงานทางห้องปฏิบัติการดังต่อไปนี้

๑) หลักการคำนวณ (Principle of Calculation) โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์น้ำยาซักผ้าขาวทางการค้า (เช่น Clorox หรือ Haiter) จะมีความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์โซเดียมไฮโปคลอไรท์เริ่มต้นอยู่ที่ประมาณร้อยละ ๖ ถึง ๖.๒๕ โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (w/v)

ดังนั้น การเตรียมให้ได้สารออกฤทธิ์ร้อยละ ๑.๒๕ จึงเทียบเท่ากับการเจือจางผลิตภัณฑ์ทางการค้าให้มีความเข้มข้นร้อยละ ๒๐ โดยปริมาตร (v/v) โดยใช้สูตรการเจือจางสารละลาย

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

C_1 = ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ทางการค้า (สมมติเกณฑ์มาตรฐานที่ร้อยละ 6.25)

V_1 = ปริมาตรของสารละลายเริ่มต้นที่ต้องตวงมาใช้ (มิลลิลิตร)

C_2 = ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ที่ต้องการ (๑.๒๕%)

V_2 = ปริมาตรสุทธิของสารละลายที่ต้องการเตรียม (ตัวอย่างนี้กำหนดที่ ๑๐๐ มิลลิลิตร)

แทนค่าในสูตร $๖.๒๕ \times V_1 = ๑.๒๕ \times ๑๐๐$

$V_1 = ๑๒๕/๖.๒๕ = ๒๐$ มิลลิลิตร

สรุปสัดส่วนการเตรียม (สำหรับปริมาตรสุทธิ ๑๐๐ มิลลิลิตร) ต้องใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ทางการค้าจำนวน ๒๐ มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วอีก ๘๐ มิลลิลิตร

๒) อุปกรณ์และสารเคมีที่ต้องใช้ (Materials and Equipment)

- สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ทางการค้า (Clorox)
- น้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Sterile Distilled Water)
- กระจกตวงแก้ว (Measuring Cylinder) ขนาด ๒๕ มิลลิลิตร และ ๑๐๐ มิลลิลิตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ

- ปีกเกอร์ (Beaker) ขนาด ๑๐๐ หรือ ๒๕๐ มิลลิลิตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ
- สารลดแรงตึงผิว เช่น ทวิน ๒๐ (Tween ๒๐)
- แท่งแก้วคนสาร (Glass Stirring Rod)

๓) ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Preparation Steps)

- การเตรียมความพร้อม: ดำเนินการเช็ดทำความสะอาดบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงานด้วยแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ ๗๐ และปฏิบัติตามหลักปราศจากเชื้อ (Aseptic Technique) ภายในตู้ย้ายเนื้อเยื่อ (Laminar Air Flow Cabinet)

- การตวงสารตั้งต้น: ใช้กระจกตวงขนาด ๒๕ มิลลิลิตร ตวงสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ทางการค้าอย่างระมัดระวังให้ได้ปริมาตร ๒๐ มิลลิลิตร จากนั้นเทลงในปีกเกอร์ที่เตรียมไว้

- การปรับปริมาตร: ใช้กระจกตวงขนาด ๑๐๐ มิลลิลิตร ตวงน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วจำนวน ๘๐ มิลลิลิตร จากนั้นค่อยๆ เทผสมลงในปีกเกอร์ที่มีสารตั้งต้น เพื่อให้ได้ปริมาตรรวมทั้งสิ้น ๑๐๐ มิลลิลิตร

- การเพิ่มประสิทธิภาพการแผ่กระจาย (ตัวเลือกเสริม): หยดสารลดแรงตึงผิว (Tween ๒๐) จำนวน ๑-๒ หยดลงในสารละลาย เพื่อช่วยลดความตึงผิวของน้ำ ทำให้น้ำยาฟอกฆ่าเชื้อสามารถสัมผัสผิวพืชได้อย่างทั่วถึงยิ่งขึ้น

- การผสมสารละลาย: ใช้แท่งแก้วคนสารคนสารละลายให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันอย่างเบามือ เพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศจำนวนมาก

๔) ข้อควรระวังและการจัดเก็บ

- การเตรียมสด สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่เจือจางแล้วจะสูญเสียสภาพและสลายตัวได้ง่ายเมื่อโดนแสงและความร้อน จึงควรเตรียมเสร็จแล้วนำไปใช้ฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนพืชทันที ไม่แนะนำให้เตรียมเก็บไว้ข้ามวัน

- ความปลอดภัยทางเคมี เนื่องจากการเตรียมต้องทำในตู้ย้ายเนื้อเยื่อซึ่งเป็นระบบปิด ไอระเหยของคลอรีนอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจและดวงตา ผู้ปฏิบัติงานควรสวมหน้ากากอนามัยและถุงมือไนไตรต์ตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน

- การตรวจสอบความเข้มข้นข้างขวด ก่อนดำเนินการคำนวณ ผู้ปฏิบัติงานต้องตรวจสอบฉลากของผลิตภัณฑ์ทางการค้าทุกครั้ง หากความเข้มข้นเริ่มต้นไม่ใช่ร้อยละ ๖.๒๕ (เช่น ผลิตภัณฑ์บางรุ่นมีความเข้มข้นร้อยละ ๕.๒๕ หรือ ๖.๐) ต้องทำการคำนวณปรับเปลี่ยนปริมาตรสารตั้งต้นใหม่ตามสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$ เพื่อคงความถูกต้องของตัวบ่งชี้การควบคุมคุณภาพ

๓.๒.๓ เมื่อครบระยะเวลา ให้นำชิ้นส่วนพืชเข้าสู่ตู้ย่ำเยี่ยงเนื้อเยื่อภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ เทสารละลายฆ่าเชื้อทิ้ง และล้างชิ้นส่วนพืชด้วยน้ำกลั่นหนึ่งฆ่าเชื้อจำนวน ๓-๕ ครั้ง จนมั่นใจว่าสารฆ่าเชื้อถูกกำจัดออกหมด เพื่อป้องกันผลกระทบต่อการใช้ชีวิตของเซลล์พืช

หลักสำคัญของการฆ่าเชื้อผิวพืช คือ ต้องสามารถกำจัดจุลินทรีย์ได้โดยไม่ทำลายความมีชีวิตของเซลล์พืช ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้ความร้อนกับเนื้อเยื่อพืชโดยตรง ยกเว้นกรณีที่ชิ้นส่วนพืชมีเปลือกหุ้มภายนอกหนา เช่น ฝักกล้วยไม้หรือผลมะเขือเทศ ซึ่งสามารถใช้วิธีจุ่มแอลกอฮอล์และผ่านเปลวไฟ แล้วผ่าเอาเฉพาะเมล็ดด้านในได้

นอกจากนี้ ยังมีสารฆ่าเชื้อชนิดอื่นที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ซิลเวอร์ไนเตรต ($AgNO_3$) และเมอร์คิวริกคลอไรด์ ($HgCl_2$) ซึ่งสารแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพและความเสี่ยงแตกต่างกัน นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานจึงต้องพิจารณาเลือกใช้ชนิด ความเข้มข้น และระยะเวลาที่เหมาะสมกับชนิดพืชและชิ้นส่วนพืช โดยคำนึงถึงความปลอดภัยของนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน สิ่งแวดล้อม และการปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยทางเคมีของห้องปฏิบัติการ

สารฆ่าเชื้อที่เลือกใช้ควรมีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อสูง ให้เปอร์เซ็นต์ความปลอดเชื้อดี ราคาไม่สูง เตรียมใช้งานได้สะดวก และก่ออันตรายต่อนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานและชิ้นส่วนพืชน้อยที่สุด ทั้งนี้ การเลือกใช้สารเคมีอาจแตกต่างกันไปในแต่ละห้องปฏิบัติการ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและมาตรฐานที่กำหนดไว้แสดงดังตารางที่ ๑๓

ตารางที่ ๑๓ ประสิทธิภาพของสารฟอกฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ

ชนิดสารฟอกฆ่าเชื้อ	ความเข้มข้นที่ใช้	การล้างออก	เวลาที่ใช้	ประสิทธิภาพ
๑) แคลเซียมไฮโปคลอไรท์	๙ - ๑๐ เปอร์เซ็นต์	+++	๕ - ๓๐	ดีมาก
๒) โซเดียมไฮโปคลอไรท์	๑ - ๒ เปอร์เซ็นต์	+++	๕ - ๓๐	ดีมาก
๓) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	๑๐ - ๑๒ เปอร์เซ็นต์	++++	๕ - ๑๕	ดี
ชนิดสารฟอกฆ่าเชื้อ	ความเข้มข้นที่ใช้	การล้างออก	เวลาที่ใช้	ประสิทธิภาพ
๔) สารละลายโบรมีน	๑ - ๒ เปอร์เซ็นต์	+	๒ - ๑๐	ดีมาก
๕) ซิลเวอร์ไนเตรท	๑ เปอร์เซ็นต์	+	๕ - ๓๐	ดี
๖) เมอร์คิวริกคลอไรด์	๐.๑ - ๑ เปอร์เซ็นต์	++	๒ - ๑๐	พอใช้
๗) สารปฏิชีวนะ	๔ - ๕๐ มิลลิกรัมต่อลิตร		๓๐ - ๖๐	พอใช้

ที่มา : (สมปอง เตชะโต, ๒๕๓๙, หน้า ๔๕ อ้างถึงในเอกสารประกอบการสอน รายวิชา การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชทางการเกษตร, โดย ยุพภรณ์ วิริยะนันทน์, ๒๕๖๓ หน้า ๕๕)

สำหรับขั้นตอนและวิธีการฟอกฆ่าเชื้อในแต่ละชิ้นส่วนนั้น แสดงในตารางที่ ๑๔

ตารางที่ ๑๔ ขั้นตอนในการฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวชิ้นส่วนต่าง ๆ ของพืช

ชิ้นส่วนพืช	วิธีการ		
	ก่อนฟอกฆ่าเชื้อ	ฟอกฆ่าเชื้อ	หลังฟอกฆ่าเชื้อ
เมล็ด	๑. ล้างผิวภายนอกด้วยผงซักฟอก ๒. ล้างด้วยน้ำประปาไหลผ่าน ๑๐ - ๑๕ นาที ๓. จุ่มแช่ในแอลกอฮอล์เข้มข้น ๗๐ เปอร์เซ็นต์ นาน ๓๐ วินาที - ๑ นาที	๑. จุ่มแช่ในสารละลาย โซเดียมไฮโปคลอไรท์ เข้มข้น ๒ เปอร์เซ็นต์ หรือ สารละลายคลอโรกซ์เข้มข้น ๒๐ เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการ เติมสารจับผิว ๑ หยดต่อสาร ฟอกฆ่าเชื้อ ๑๐๐ มิลลิลิตร นาน ๒๐ นาที	๑. ล้างด้วยน้ำกลั่นหนึ่งฆ่า เชื้อ ๓ - ๕ ครั้ง ๒. ซับบนกระดาษหนึ่งฆ่า เชื้อให้แห้งแล้ว เพาะเลี้ยงบนอาหารที่ เตรียมไว้
	๑. ล้างผิวภายนอกด้วยผงซักฟอก ถูด้วยฟองน้ำ ๒. ล้างด้วยน้ำประปาไหลผ่าน ๑๐ - ๑๕ นาที ๓. จุ่มแช่ในแอลกอฮอล์เข้มข้น ๗๐ เปอร์เซ็นต์ นาน ๓๐ วินาที - ๑ นาที	๑. จุ่มแช่ในสารละลาย โซเดียมไฮโปคลอไรท์ เข้มข้น ๒ เปอร์เซ็นต์ หรือ สารละลายคลอโรกซ์เข้มข้น ๒๐ เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการ เติมสารจับผิว ๑ หยดต่อสาร ฟอกฆ่าเชื้อ ๑๐๐ มิลลิลิตร นาน ๒๐ นาที	๑. ล้างด้วยน้ำกลั่นหนึ่งฆ่า เชื้อ ๓-๕ ครั้ง ๒. ซับบนกระดาษหนึ่งฆ่า เชื้อให้แห้ง ตัดแยกเอา เมล็ดออกมาเพาะเลี้ยง บนอาหารที่เตรียมไว้
ลำต้น	หรือ ๑. ล้างผิวภายนอกด้วย ผงซักฟอกถูด้วยฟองน้ำ	๑. จุ่มแช่ในแอลกอฮอล์ ๗๐ เปอร์เซ็นต์ แล้วลนไฟ ให้ แอลกอฮอล์แห้ง	๑. ตัดแยกเมล็ดออก มาแล้วเพาะเลี้ยงบน อาหารที่เตรียมไว้
	๑. ล้างผิวภายนอกด้วยผงซักฟอก ถูด้วยฟองน้ำ ๒. ล้างด้วยน้ำประปาไหลผ่าน ๑๐-๑๕ นาที ๓. จุ่มแช่ในแอลกอฮอล์เข้มข้น ๗๐ เปอร์เซ็นต์ นาน ๓๐ วินาที	๑. จุ่มแช่ในสารละลาย สารละลายคลอโรกซ์เข้มข้น ๒๐ เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการ เติมสารจับผิว ๑ หยดต่อสาร ฟอกฆ่าเชื้อ ๑๐๐ มิลลิลิตร นาน ๒๐ นาที	๑. ล้างด้วยน้ำกลั่นหนึ่งฆ่า เชื้อ ๓-๕ ครั้ง ๒. ซับบนกระดาษหนึ่งฆ่า เชื้อให้แห้ง ๓. ตัดเนื้อเยื่อส่วนที่ ต้องการแล้วเพาะเลี้ยง บนอาหารที่เตรียมไว้

ชิ้นส่วนพืช	วิธีการ		
	ก่อนฟอกฆ่าเชื้อ		ก่อนฟอกฆ่าเชื้อ
ใบ	๑. ล้างผิวภายนอกด้วยผงซักฟอก ถูด้วยฟองน้ำเบาๆ	๑. จุ่มแช่ในสารละลาย โซเดียมไฮโปคลอไรท์ เข้มข้น	๑. ล้างด้วยน้ำกลั่นหนึ่งฆ่า เชื้อ ๓ - ๕ ครั้ง
	๒. ล้างด้วยน้ำประปาไหลผ่าน ๑๐ - ๑๕ นาที	๒. เพอร์เซ็นต์ หรือ สารละลายคลอโรกซ์เข้มข้น	๒. ซับบนกระดาษหนึ่งฆ่า เชื้อให้แห้ง
ดอก	๓. จุ่มแช่ในแอลกอฮอล์เข้มข้น ๗๐ เปอร์เซ็นต์ นาน ๓๐ วินาที	๒๐ เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการ เติมสารจับผิว ๑ หยดต่อสาร ฟอกฆ่าเชื้อ ๑๐๐ มิลลิลิตร นาน ๒๐ นาที	๓. ตัดเนื้อเยื่อส่วนที่ ต้องการแล้วเพาะเลี้ยง บนอาหารที่เตรียมไว้
	๑. ล้างผิวภายนอกด้วยผงซักฟอก ถูด้วยฟองน้ำเบาๆ	๑. จุ่มแช่ในสารละลาย โซเดียมไฮโปคลอไรท์ เข้มข้น	๑. ล้างด้วยน้ำกลั่นหนึ่งฆ่า เชื้อ ๓ - ๕ ครั้ง
	๒. ล้างด้วยน้ำประปาไหลผ่าน ๑๐ - ๑๕ นาที	๒. เพอร์เซ็นต์ หรือ สารละลายคลอโรกซ์เข้มข้น	๒. ซับบนกระดาษหนึ่งฆ่า เชื้อให้แห้ง
	๓. จุ่มแช่ในแอลกอฮอล์เข้มข้น ๗๐ เปอร์เซ็นต์ นาน ๓๐ วินาที	๒๐ เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการ เติมสารจับผิว ๑ หยดต่อสาร ฟอกฆ่าเชื้อ ๑๐๐ มิลลิลิตร นาน ๒๐ นาที	๓. ตัดแยกเอาส่วนอับ ละอองเกสรมา เพาะเลี้ยงบนอาหารที่ เตรียมไว้

ที่มา : (ดัดแปลงจากสมปอง เตชะโต, ๒๕๓๙, หน้า ๔๖ และ รังสฤษฎ์ กาวิต๊ะ, ๒๕๔๐, หน้า ๖๙ อ้างถึงใน เอกสารประกอบการสอน รายวิชา การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชทางการเกษตร, โดย ยุพารณ์ วิริยะนานนท์, ๒๕๖๓ หน้า ๕๘)

๓.๓ ดำเนินการเตรียมชิ้นส่วนพืชหลังการฆ่าเชื้อ โดยนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องนำชิ้นส่วนพืชมาซับให้แห้งด้วยกระดาษกรองที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ เพื่อขจัดความชื้นส่วนเกินและลดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อน จากนั้นจึงทำการตกแต่งและตัดส่วนของเนื้อเยื่อที่ได้รับความเสียหายจากสารฟอกฆ่าเชื้อออก เพื่อคงไว้ซึ่งความมีชีวิตและศักยภาพในการเจริญเติบโตของชิ้นส่วนพืชเริ่มต้น (explant) แสดงดังภาพที่ ๑๐

๓.๔ ดำเนินการตกแต่งชิ้นส่วนพืชเริ่มต้น โดยทำการตัดแต่งและกำจัดส่วนของชิ้นส่วนพืชที่ได้รับความเสียหายจากสารฟอกฆ่าเชื้อออก โดยใช้อุปกรณ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ทั้งนี้เพื่อคงไว้ซึ่งเนื้อเยื่อที่ยังมีชีวิตและมีศักยภาพในการเจริญเติบโต

๓.๕ ดำเนินการย้ายชิ้นส่วนพืชลงบนอาหารเพาะเลี้ยง โดยใช้ปากคีบหรืออุปกรณ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ คีบชิ้นส่วนพืชวางลงบนอาหารเพาะเลี้ยง (อาหารวิทยาศาสตร์) ซึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะเลี้ยงที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว การปฏิบัติงานในขั้นตอนนี้ต้องดำเนินการภายในตู้ยาล้างเนื้อเยื่อพืชแบบปลอดเชื้อ เพื่อควบคุมคุณภาพ ลดความเสี่ยงจากการปนเปื้อน และเป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ

นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน ต้องเลือกสูตรอาหารเพาะเลี้ยงให้เหมาะสมกับชนิดของพืช และวัตถุประสงค์ของการเพาะเลี้ยง ซึ่งอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมีหลายสูตร ได้ตั้งชื่อตามนักวิทยาศาสตร์ ผู้พัฒนาสูตรอาหาร แต่ละสูตรมีองค์ประกอบและปริมาณของสารอาหารแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และวัตถุประสงค์ของการเพาะเลี้ยง นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องมีหน้าที่ในการเลือกใช้สูตรอาหารที่เหมาะสม ตรวจสอบความถูกต้องของส่วนประกอบ และควบคุมคุณภาพของอาหารเพาะเลี้ยงให้เป็นไปตาม สูตรที่กำหนด เพื่อให้การเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพืชเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและสม่ำเสมอ

การเลือกสูตรอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชให้มีความเหมาะสม ถือเป็นขั้นตอนวิจัยขั้นเบื้องต้นที่มีความสำคัญยิ่งต่ออัตราการรอดชีวิต การเจริญเติบโต และการพัฒนาทางสัณฐานวิทยาของพืช นักวิทยาศาสตร์หรือผู้ปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการต้องพิจารณาปัจจัยหลัก ๒ ประการ ได้แก่ ชนิดของพืช (Plant Species) และ วัตถุประสงค์ของการเพาะเลี้ยง (Cultivation Objective) โดยมีหลักเกณฑ์และแนวทางการเลือกใช้สูตรอาหารมาตรฐานดังนี้

๑) การเลือกสูตรอาหารตามชนิดของพืช ปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารหลัก (Macro-elements) และธาตุอาหารรอง (Micro-elements) ในแต่ละสูตรอาหาร ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองต่อโครงสร้างทางสรีรวิทยาของพืชที่แตกต่างกัน ผู้ปฏิบัติงานสามารถจำแนกการเลือกใช้ตามสูตรมาตรฐานที่ตั้งชื่อตามนักวิทยาศาสตร์ผู้พัฒนา ดังนี้

ตารางที่ ๑๕ การเลือกสูตรอาหารตามชนิดของพืช

ชื่อสูตรอาหาร เพาะเลี้ยง	ผู้พัฒนาสูตร/ปี ค.ศ.	คุณลักษณะเด่นของ สารอาหาร	ชนิดพืชที่เหมาะสมและนิยมใช้
สูตร MS (Murashige and Skoog)	Murashige & Skoog (๑๙๖๒)	มีปริมาณธาตุอาหารรวม และ ไนเตรต (Nitrate) ในระดับสูง มาก	พืชล้มลุก, พืชผัก, พืชใบเลี้ยงคู่ ทั่วไป และพืชเศรษฐกิจส่วนใหญ่ (สูตรสากล)
สูตร WPM (Woody Plant Medium)	Lloyd & McCown (๑๙๘๑)	มีความเข้มข้นของเกลือแร่ รวมต่ำกว่า MS ครึ่งหนึ่ง ลด ปริมาณแอมโมเนีย	พืชกลุ่มไม้เนื้อแข็ง, ไม้พุ่ม, ไม้ยืน ต้น และไม้ป่า (เช่น ยูคาลิปตัส, สัก)
สูตร B๕ (Gamborg B๕)	Gamborg et al. (๑๙๖๘)	มีปริมาณแอมโมเนียมต่ำ แต่ มีวิตามิน Thiamine ใน ระดับสูง	พืชตระกูลถั่ว (Legumes) และ การเพาะเลี้ยงเซลล์แขวนลอย (Cell Suspension)
สูตร N๖ (Chu N๖)	Chu (๑๙๗๘)	มีสัดส่วนของไนโตรเจนในรูป แอมโมเนียและไนเตรตที่ จำเพาะ	พืชใบเลี้ยงเดี่ยว, พืชตระกูลหญ้า (Cereals) เช่น ข้าว, ข้าวโพด, ข้าวสาลี
สูตร VW / Knudson C (Vacin & Went)	Vacin & Went (๑๙๔๙) / Knudson (๑๙๔๖)	เป็นสูตรธาตุอาหารต่ำ เน้น ความสมดุลของไอออน ฟอสเฟต	พืชตระกูลกล้วยไม้ (Orchids) ทั้งในระยะงอกเมล็ด และ ขยายพันธุ์

๒) การเลือกสูตรอาหารตามวัตถุประสงค์และระยะการเพาะเลี้ยง (Selection by Cultivation Objective) ซึ่งในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพืช จะมีความต้องการความเข้มข้นของธาตุอาหารและสารควบคุมการเจริญเติบโต (Plant Growth Regulators: PGRs) ที่แตกต่างกัน ดังนี้

- ระยะเริ่มต้นและการชักนำแคลลัส (Initiation and Callus Induction) จะใช้สูตรอาหารที่มีธาตุอาหารเต็มสูตร (Full-strength) เช่น MS หรือ B๕ สำหรับการปรับสูตรให้เน้นการเพิ่มสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่ม ออกซิน (Auxin) ในปริมาณสูง (เช่น ๒,๔-D หรือ NAA) เพื่อกระตุ้นให้เซลล์พืชเกิดการแบ่งตัวเป็นกลุ่มเซลล์แคลลัส และต้องควบคุมคุณภาพไม่ให้เนื้อเยื่อสัมผัสแสงแดดโดยตรง

- ระยะการขยายพันธุ์และการเพิ่มปริมาณยอด (Shoot Proliferation) จะใช้สูตรอาหารมาตรฐานตามชนิดพืช (เช่น พืชทั่วไปใช้ MS, ไม้พุ่มใช้ WPM) สำหรับการปรับสูตรให้เพิ่มสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่ม ไซโตไคนิน (Cytokinin) เช่น BA, Kinetin หรือ TDZ เพื่อทำลายการข่มโดยยอด (Apical Dominance) และชักนำให้เกิดการพัฒนาของตาข้างเป็นจำนวนมาก

- ระยะการชักนำรากและการเตรียมออกปลูก (Rooting and Acclimatization) นิยมปรับลดความเข้มข้นของธาตุอาหารลงเหลือ กึ่งหนึ่งของสูตรมาตรฐาน (Half-strength หรือ ๑/๒ MS / ๑/๒ WPM) การลดความเข้มข้นของเกลือแร่ในอาหารลง จะช่วยลดความดันออสโมติก ทำให้เนื้อเยื่อพืชดูดซึมน้ำและชักนำรากได้ง่ายขึ้น โดยมักเติมสารกลุ่มออกซินต่ำ (เช่น IBA หรือ NAA) หรือไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตเลย เพื่อเตรียมความพร้อมของระบบรากก่อนนำไปอนุบาลภายนอกห้องปฏิบัติการ

นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน จะต้องเลือกใช้ภาชนะเลี้ยงที่เหมาะสมกับชนิดและขนาดของชิ้นส่วนพืช ซึ่งภาชนะเลี้ยงที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมีหลายชนิด ได้แก่ หลอดทดสอบ ขวดเลี้ยงขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ รวมถึงจานเพาะเชื้อ การเลือกใช้ภาชนะเลี้ยงต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับชนิด วัตถุประสงค์ และขนาดของชิ้นส่วนพืช เช่น การเพาะเลี้ยงปลายยอดนิยมใช้หลอดทดสอบ การเพาะเลี้ยงละอองเกสร โพรโทพลาสต์ ใบ ลำต้น หรือรากในปริมาณมาก อาจใช้จานเพาะเชื้อ การเพาะเลี้ยงเซลล์แขวนลอยควรใช้ขวดเลี้ยง และการเพาะเลี้ยงกลุ่มยอดเพื่อการขยายพันธุ์ควรเลือกใช้ขวดเลี้ยงที่มีขนาดเหมาะสม ทั้งนี้ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องตรวจสอบความสะอาด ความสมบูรณ์ และความปลอดภัยของภาชนะก่อนใช้งานทุกครั้ง

แนวปฏิบัติการคัดเลือกและตรวจสอบภาชนะบรรจุอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชของสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา มีดังนี้

๑) การเลือกภาชนะเลี้ยงตามชนิดและวัตถุประสงค์ของชิ้นส่วนพืช การเลือกใช้ภาชนะต้องพิจารณาจากสรีรวิทยา ทิศทางการเจริญเติบโต และความต้องการพื้นที่หน้าสัมผัสอาหารของชิ้นส่วนพืชแต่ละประเภท โดยจำแนกออกเป็น ๔ กลุ่มหลัก ดังนี้

ตารางที่ ๑๖ การเลือกภาชนะเลี้ยงตามชนิดและวัตถุประสงค์ของชิ้นส่วนพืช

ภาชนะเลี้ยง	ลักษณะทางชีวภาพของพืช	วัตถุประสงค์การใช้งาน	ประโยชน์ในการใช้งาน
หลอดทดสอบ	เหมาะสำหรับชิ้นส่วนพืชขนาดเล็กที่มีทิศทางการเจริญเติบโตในแนวตั้งเดียว และต้องการการพยุงโครงสร้างไม่ให้ล้มเอน	ระยะเริ่มต้นของการเพาะเลี้ยง เช่น การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายยอด หรือตาข้าง	ช่วยจำกัดพื้นที่การแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์ หากเกิดการปนเปื้อนจะจำกัดอยู่เพียงหลอดเดียว ไม่แพร่กระจายไปยังชิ้นส่วนอื่น และช่วยประหยัดปริมาณอาหารเพาะเลี้ยงต่อหน่วย

ภาชนะเลี้ยง	ลักษณะทางชีวภาพของพืช	วัตถุประสงค์การใช้งาน	ประโยชน์ในการใช้งาน
จานเพาะเชื้อ	เหมาะสำหรับชิ้นส่วนพืชที่มีลักษณะเป็นแผ่น มีขนาดเล็กมาก หรือต้องการพื้นที่ผิวสัมผัสกับอาหารเพาะเลี้ยงในปริมาณมากในแนวราบ	การเพาะเลี้ยงใบ, ชิ้นส่วนลำต้น, ราก, ละอองเกสร รวมถึงการเพาะเลี้ยงโปรโทพลาสต์	เอื้อประโยชน์ต่อการจัดวางชิ้นส่วนพืชจำนวนมากในภาชนะเดียวกัน สะดวกต่อการใช้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ ในการตรวจติดตาม และช่วยให้ชิ้นส่วนพืชได้รับแสงอย่างทั่วถึง
ขวดเพาะเลี้ยงเซลล์แขวนลอย	เหมาะสำหรับเนื้อเยื่อพืชที่ถูกชักนำให้อยู่ในรูปเซลล์เดี่ยวหรือกลุ่มเซลล์ขนาดเล็กในอาหารเหลว	ใช้สำหรับการเพาะเลี้ยงเซลล์แขวนลอย เพื่อการสกัดสารสำคัญหรือการปรับปรุงพันธุ์พืชในระดับเซลล์	รูปทรงของขวดเอื้อต่อการหมุนเวียนแกว่งไกวบนเครื่องเขย่าสาร ซึ่งช่วยเพิ่มอัตราการละลายของก๊าซออกซิเจนในอาหารและป้องกันการตกตะกอนของเซลล์
ขวดเพาะเลี้ยง	เหมาะสำหรับกอพืชที่มีการพัฒนาพุ่มใบและระบบรากในปริมาณมาก	ใช้ในระยะการขยายพันธุ์และการเพิ่มปริมาณยอด รวมถึงระยะชักนำรากเพื่อเตรียมออกปลูก	เลือกขนาดขวดให้สัมพันธ์กับขนาดของกลุ่มกอพืช เพื่อไม่ให้เกิดความแออัดอันอาจส่งผลให้เนื้อเยื่อพืชเกิดสภาวะฉ่ำน้ำ และช่วยให้มีปริมาตรอากาศภายในภาชนะเพียงพอต่อการเจริญเติบโต ขวดขนาดเล็ก ใช้สำหรับการย้ายฝากเนื้อเยื่อในระยะแรกเริ่มแตกกอ ขวดขนาดกลางและขนาดใหญ่ ใช้สำหรับกลุ่มกอยอดพืชที่มีปริมาณหน่อแน่นหนา เพื่อไม่ให้เกิดความแออัดซึ่งอาจส่งผลให้เกิดสภาวะฉ่ำน้ำ และช่วยให้มีปริมาตรอากาศภายในภาชนะเพียงพอต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซ

๒) การตรวจสอบความพร้อมของภาชนะก่อนการใช้งาน เพื่อควบคุมคุณภาพ ลดความเสี่ยงจากการปนเปื้อน และเป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ นักวิทยาศาสตร์หรือผู้ปฏิบัติงานต้องดำเนินการทวนสอบภาชนะ ดังนี้

- ตรวจสอบความสะอาด (Cleanliness Verification) ภาชนะต้องผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาดด้วยน้ำยาซักล้างห้องปฏิบัติการและล้างออกด้วยน้ำกลั่น เพื่อขจัดคราบไขมัน สารเคมีตกค้าง หรืออนุภาคฝุ่นละอองอย่างหมดจด ต้องไม่มีรอยคราบต่างของสบู่หรือตะกรันน้ำเกาะบริเวณผิวแก้ว เนื่องจากสารตกค้างเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของอาหารเพาะเลี้ยง

- ตรวจสอบความสมบูรณ์ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องทำการตรวจพินิจ ภาชนะแก้วและฝาปิดทุกชิ้นเพื่อค้นหารอยแตกร้าว รอยบิ่น หรือรอยกะเทาะ

ข้อควรระวัง ภาชนะที่มีรอยร้าวขนาดเล็ก (Hairline Cracks) ห้ามนำเข้ากระบวนการนิ่งฆ่าเชื้อโดยเด็ดขาด เนื่องจากความดันไอน้ำ ๑๕ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และอุณหภูมิ ๑๒๑ องศาเซลเซียส จะทำให้รอยร้าวขยายตัวและเกิดการระเบิดหรือแตกหักภายในหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave) ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานและสร้างความเสียหายต่อเครื่องมือ

- ตรวจสอบระบบปิดและฝาภาชนะ ฝาปิดพลาสติก หรือวัสดุซิลิโคนพาราฟิล์ม ต้องอยู่ในสภาพสมบูรณ์ ไม่บิดเบี้ยวหรือเสื่อมสภาพจากความร้อน ฝาปิดต้องสามารถปิดได้สนิทเพื่อป้องกันการเกิดลอดของสปอร์เชื้อราและแบคทีเรีย แต่ในขณะเดียวกันต้องเอื้อให้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซที่จำเป็นต่อการหายใจของพืชตามคุณลักษณะเฉพาะของฝาแต่ละประเภท (เช่น มีแผ่นกรองอากาศหรือปิดหลวมเล็กน้อยตามเทคนิคปฏิบัติ)

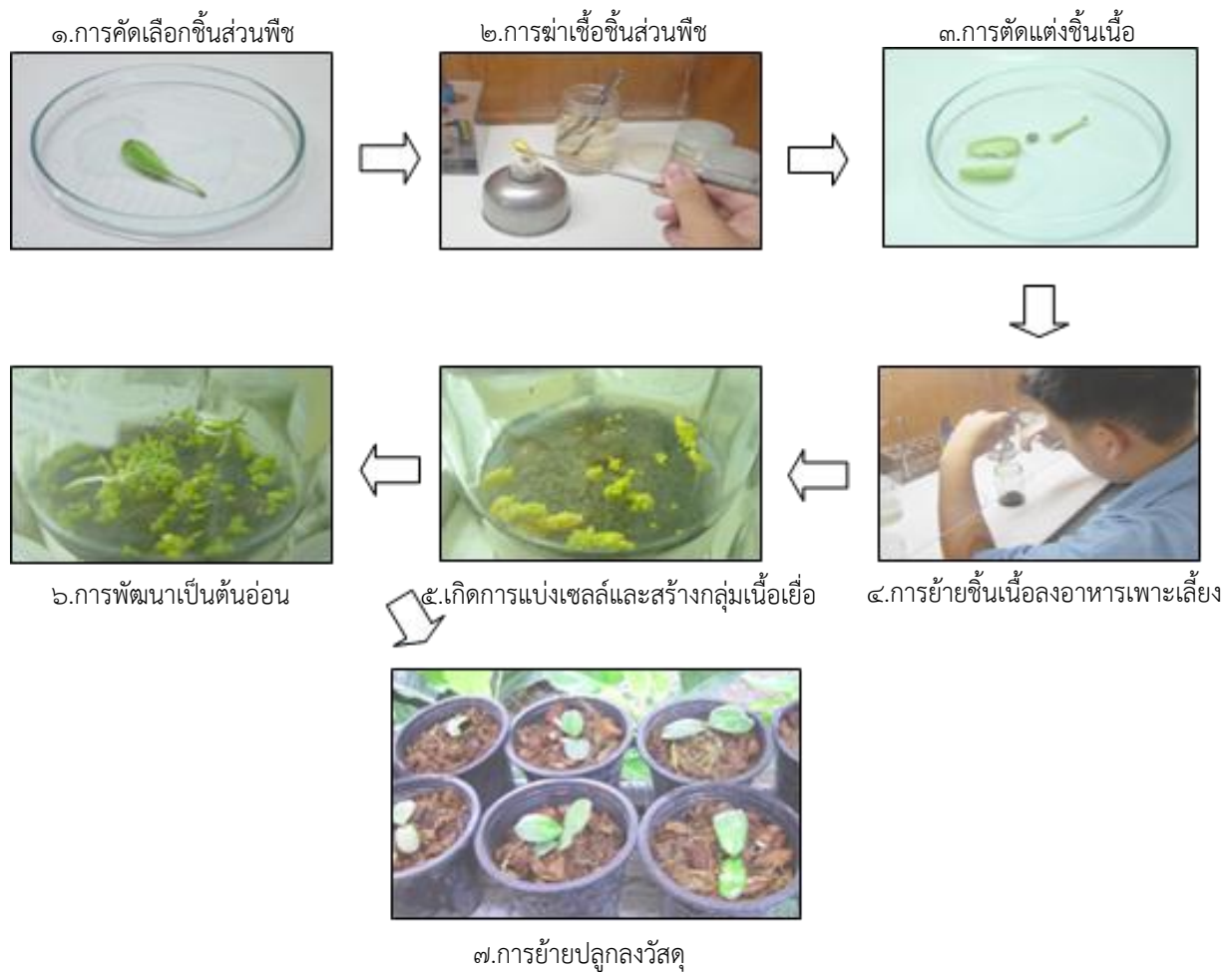
นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน ปิดภาชนะเลี้ยงให้สนิท และติดฉลากระบุรายละเอียด ได้แก่ ชนิดพืช สูตรอาหาร วันที่เพาะเลี้ยง และชื่อผู้รับผิดชอบ เพื่อให้สามารถตรวจสอบย้อนกลับและบริหารจัดการงานเพาะเลี้ยงได้อย่างเป็นระบบ

๓.๖ ดำเนินการนำภาชนะเลี้ยงเข้าสู่ห้องเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช โดยหลังจากวางขึ้นส่วนพืชลงบนอาหารเพาะเลี้ยงแล้ว ให้นำภาชนะเลี้ยงไปจัดเก็บในห้องเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ซึ่งเป็นพื้นที่ที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้อย่างเหมาะสม โดยปัจจัยสำคัญที่ต้องควบคุม ได้แก่ อุณหภูมิและแสง ทั้งสองปัจจัยต้องปรับให้สอดคล้องกับความต้องการของพืชแต่ละชนิด

- การควบคุมอุณหภูมิในการเพาะเลี้ยง ปรับอุณหภูมิของห้องเลี้ยงให้เหมาะสมกับชนิดของพืช ตัวอย่างเช่น พืชเขตร้อน เช่น มะพร้าว ปาล์มน้ำมัน และยางพารา ต้องการอุณหภูมิในการเลี้ยงประมาณ ๒๘-๓๐ องศาเซลเซียส ขณะที่พืชเขตอบอุ่นหรือพืชเมืองหนาว เช่น มันฝรั่ง กลอคซินเนีย และไม้ผลเขตอบอุ่น ต้องการอุณหภูมิประมาณ ๒๐-๒๒ องศาเซลเซียส

- การควบคุมแสงและระยะเวลาการให้แสง โดยกำหนดความเข้มแสงในระยะเริ่มต้นของการเพาะเลี้ยงควรอยู่ในช่วงประมาณ ๕๐๐-๑,๐๐๐ ลักซ์ และเมื่อขึ้นส่วนพืชเริ่มเจริญเติบโตและต้องการเพิ่มอัตราการขยายตัว สามารถปรับเพิ่มความเข้มแสงเป็นประมาณ ๓,๐๐๐-๕,๐๐๐ ลักซ์ ส่วนระยะเวลาในการให้แสงอาจกำหนดให้ต่อเนื่องตลอด ๒๔ ชั่วโมง หรือกำหนดเป็นช่วงเวลา ๑๐, ๑๒ หรือ ๑๔ ชั่วโมงต่อวัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและวัตถุประสงค์ของการเพาะเลี้ยง

๓.๕ ดำเนินการติดตาม ตรวจสอบ และบันทึกผลการเพาะเลี้ยง โดยนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องตรวจสอบการเจริญเติบโตของขึ้นส่วนพืช การปนเปื้อน และสภาพแวดล้อมการเลี้ยงอย่างสม่ำเสมอ พร้อมบันทึกข้อมูลเพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพ ประเมินผล และปรับปรุงกระบวนการเพาะเลี้ยงให้เป็นไปตามมาตรฐานและหลักความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ



ภาพที่ ๒๓ ขั้นตอนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้

ที่มา : (ยุพกรณ์ วิริยะนันท์, ๒๕๖๒, อ้างถึงใน เอกสารประกอบการสอน รายวิชา เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชทาง การเกษตร, โดย ยุพกรณ์ วิริยะนันท์, ๒๕๖๓, หน้า ๕๙)

๔. การพัฒนาของชิ้นส่วนพืชภายหลังการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช การเจริญพัฒนาของชิ้นส่วนพืช (explant) ไปเป็นพืชต้นใหม่ภายใต้ระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช สามารถเกิดขึ้นได้ ๒ แนวทางหลัก ได้แก่ กระบวนการกำเนิดอวัยวะ (organogenesis) และกระบวนการสร้างเอ็มบริโอจากเซลล์ร่างกาย (somatic embryogenesis) ทั้งนี้ ในการจัดเตรียมปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช มักพบและใช้ กระบวนการกำเนิดอวัยวะเป็นหลัก ซึ่งสามารถอธิบายขั้นตอนการพัฒนาได้ดังนี้

๔.๑ กระบวนการกำเนิดอวัยวะ (organogenesis)

๔.๑.๑ การเกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนพืชเริ่มต้น ภายหลังจากนำชิ้นส่วนพืชที่ผ่านการ ฆ่าเชื้อมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ที่เหมาะสม เซลล์ของชิ้นส่วนพืชจะเกิดการเปลี่ยนสภาพกลับเป็น เนื้อเยื่อเจริญ (dedifferentiation) และแบ่งตัวอย่างไม่เป็นระเบียบจนเกิดเป็นแคลลัส (callus) ซึ่งเป็นกลุ่ม เซลล์ที่ยังไม่แยกหน้าที่ มีไซโทพลาซึมหนาแน่นและนิวเคลียสขนาดใหญ่ แสดงถึงศักยภาพในการพัฒนาไปเป็น อวัยวะต่าง ๆ

๔.๑.๒ การชักนำให้เกิดอวัยวะจากแคลลัสหรือชิ้นส่วนพืช นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องควบคุมองค์ประกอบของอาหารเพาะเลี้ยง โดยเฉพาะอัตราส่วนของสารควบคุมการเจริญเติบโต เพื่อชักนำให้เกิดอวัยวะ ได้แก่ รากหรือยอด

- การชักนำให้เกิดราก มักเกิดได้ง่ายกว่า และพบได้ดีในอาหารที่มีออกซินในระดับสูงและไซโทไคนินต่ำ

- การชักนำให้เกิดยอด จะเกิดได้ในอาหารที่มีออกซินต่ำและไซโทไคนินสูง โดยไซโทไคนินชนิด BAP (6-Benzylaminopurine) เป็นสารที่นิยมใช้และให้ผลดีในการกระตุ้นการเกิดยอด

๔.๑.๓ ลักษณะการกำเนิดของอวัยวะ การกำเนิดอวัยวะอาจเกิดจากเซลล์เพียงเซลล์เดียวหรือจากกลุ่มเซลล์ข้างเคียงกัน และมักเกิดขึ้นไม่พร้อมกัน ทำให้การพัฒนาไม่สม่ำเสมอ อวัยวะที่เกิดจากแคลลัสส่วนใหญ่มักเป็นรากก่อนยอด โดยรากจะเกิดจากผิวของแคลลัส เรียกว่าเป็นการกำเนิดจากภายนอก (exogenous origin) และเป็นอวัยวะชนิดกำเนิดทางเดียว (monopolar organ) กล่าวคือ เกิดเป็นรากหรือยอดอย่างใดอย่างหนึ่ง

๔.๑.๔ การควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการกำเนิดอวัยวะ นอกจากสารควบคุมการเจริญเติบโตแล้ว ความเข้มข้นของเกลือแร่ในอาหาร โดยเฉพาะแอมโมเนียมไอออน ยังมีบทบาทในการส่งเสริมกระบวนการกำเนิดอวัยวะ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องปรับสูตรอาหารให้เหมาะสมกับชนิดพืชและวัตถุประสงค์ของการเพาะเลี้ยง เพื่อให้การพัฒนาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถทำซ้ำได้ตามมาตรฐาน

๔.๑.๕ การพัฒนาไปเป็นพืชต้นใหม่ เมื่อเกิดรากและยอดอย่างสมบูรณ์ ชิ้นส่วนพืชจะสามารถพัฒนาเป็นพืชต้นใหม่ได้ ตัวอย่างพืชที่สามารถพัฒนาโดยผ่านกระบวนการกำเนิดอวัยวะ ได้แก่ กลอชินเนีย แอฟริกันไวโอเลต กล้วย และสับปะรด เป็นต้น การดำเนินการในขั้นตอนนี้ต้องอยู่ภายใต้การควบคุมคุณภาพด้านสภาพแวดล้อมการเลี้ยง เช่น อุณหภูมิ แสง และความสะอาด เพื่อป้องกันการปนเปื้อน และรักษาความสมบูรณ์ของต้นพืช แสดงดังภาพที่ ๒๔



ภาพที่ ๒๔ การพัฒนาของชิ้นส่วนหน่อสับปะรด เป็นยอดรวมได้โดยผ่านกระบวนการกำเนิดอวัยวะ
ที่มา : (ยุพภรณ์ วิริยะนันทน์, ๒๕๖๒, อ้างถึงใน เอกสารประกอบการสอน รายวิชา เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชทาง
การเกษตร, โดย ยุพภรณ์ วิริยะนันทน์, ๒๕๖๓, หน้า ๖๑)

๔.๒ กระบวนการสร้างเอ็มบริโอจากเซลล์ร่างกาย (somatic embryogenesis)

การพัฒนาชิ้นส่วนพืชไปเป็นพืชต้นใหม่ผ่านกระบวนการกำเนิดเอ็มบริโอจากเซลล์ร่างกาย เป็นอีกแนวทางสำคัญของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานสามารถนำมาใช้ในการเตรียมปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชได้ โดยสามารถอธิบายเป็นขั้นตอนการปฏิบัติอย่างเป็นระบบ ดังนี้

๔.๒.๑ การคัดเลือกชนิดพืชและชิ้นส่วนพืชเริ่มต้น นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน ต้องคัดเลือกชนิดพืชที่มีศักยภาพในการชักนำกระบวนการกำเนิดเอ็มบริโอจากเซลล์ร่างกาย เช่น แคร้รอต สะเดาข้าง มังคุด กลอดชินเนีย และแอฟริกันไวโอเลต เป็นต้น พร้อมทั้งเลือกชิ้นส่วนพืชที่เหมาะสม ซึ่งอาจมี หรือไม่มีเซลล์ที่ถูกกำหนดชะตากรรมไว้แล้วในการพัฒนาเป็นเอ็มบริโอ

๔.๒.๒ การเตรียมและเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนพืชบนอาหารสังเคราะห์ที่เหมาะสม ตามตารางที่ ๑๕ ชิ้นส่วนพืชที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วจะถูกนำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ที่มีองค์ประกอบ ของธาตุอาหารและสารควบคุมการเจริญเติบโตในระดับที่เหมาะสม เพื่อกระตุ้นให้เซลล์ร่างกายเกิดการแบ่งตัว และเข้าสู่กระบวนการพัฒนาเป็นเอ็มบริโอ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องควบคุมสูตรอาหาร อย่างเคร่งครัดตามระบบควบคุมคุณภาพของห้องปฏิบัติการ

๔.๒.๓ การเหนี่ยวนำให้เกิดเซลล์กำเนิดเอ็มบริโอจากเซลล์ร่างกาย ในกรณีที่ชิ้นส่วน ไม่มีเซลล์ PEDC (Pre-embryogenic Determined Cells) อยู่เดิม (เช่น เนื้อเยื่อจากใบแก่ ลำต้น หรือราก ของพืชที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้ว) เซลล์เหล่านั้นจะไม่สามารถพัฒนาไปเป็นเอ็มบริโอได้โดยตรง สารควบคุมการ เจริญเติบโตในอาหารจะทำหน้าที่เป็นตัวเหนี่ยวนำให้เซลล์ร่างกายเปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์กำเนิดเอ็มบริโอแบบ เหนี่ยวนำ (induced embryonic determined cell; IEDC) ซึ่งมีลักษณะเป็นเซลล์ทรงกลม (isodiametric cell) มีไซโทพลาซึมเข้มข้น นิวเคลียสเด่นชัด และมีอัตราการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสสูง แสดงถึงศักยภาพ ในการพัฒนาเป็นเอ็มบริโอ

๔.๒.๔ การพัฒนาเป็นเอ็มบริโอจากเซลล์ร่างกาย เซลล์กำเนิดเอ็มบริโอแบบ เหนี่ยวนำ จะเกิดการแบ่งตัวแบบสมมาตรและพัฒนาเป็นเอ็มบริโอในระยะต่าง ๆ ตามลำดับ ได้แก่ ระยะรูป กลม (globular-shaped embryo) ระยะรูปหัวใจ (heart-shaped embryo) และระยะรูปตอร์ปิโด (torpedo-shaped embryo) ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีรูปแบบการพัฒนาล้ายคลึงกับเอ็มบริโอที่เกิดจาก การปฏิสนธิในพืชชั้นสูง (zygotic embryo)

๔.๒.๕ รูปแบบการพัฒนาของกระบวนการกำเนิดเอ็มบริโอ กระบวนการกำเนิด เอ็มบริโอจากเซลล์ร่างกายสามารถแบ่งออกเป็น ๒ ช่องทาง ได้แก่

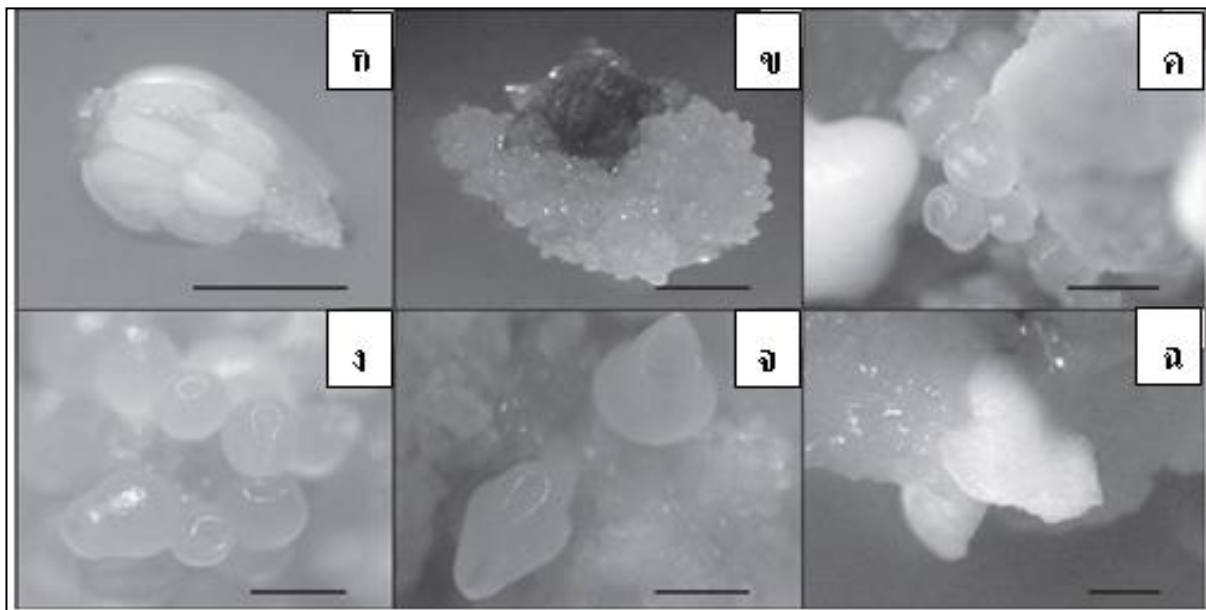
- การพัฒนาแบบโดยตรง ซึ่งเกิดจากชิ้นส่วนพืชที่มีเซลล์ PEDC อยู่แล้ว เอ็มบริโอจะพัฒนามาจากเซลล์เพียงเซลล์เดียวหรือกลุ่มเซลล์ขนาดเล็ก ส่งผลให้พืชต้นใหม่ที่ได้รับความนิยม และมีลักษณะตรงตามพันธุ์สูง เช่น ในพืชมังคุด แอปเปิล ท้อ พลัม แพร์ และฝรั่ง แสดงดังภาพที่ ๒๕



ภาพที่ ๒๕ รูปแบบการพัฒนาโดยตรงไม่ผ่านการสร้างแคลลัส จากการเพาะเลี้ยงเอ็มบริโอฝรั่ง ที่มา : (Bajpai et al., ๒๐๑๖, อ้างถึงใน เอกสารประกอบการสอน รายวิชา เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชทางการเกษตร, โดย ยุพภรณ์ วิริยะนันท์, ๒๕๖๓, หน้า ๖๒)

- การพัฒนาของพืชผ่านกระบวนการสร้างแคลลัส (Callus Formation) โดยกระบวนการนี้เริ่มต้นจากการเติม "สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช" (ฮอร์โมนพืช) ลงในอาหารเพาะเลี้ยง เพื่อกระตุ้นให้ชิ้นส่วนของพืชเกิดการแบ่งเซลล์อย่างรวดเร็ว จนเกิดเป็นกลุ่มเซลล์ที่ยังไม่มีรูปร่างเฉพาะเจาะจง (ยังไม่เป็นราก ลำต้น หรือใบ) ซึ่งกลุ่มเซลล์นี้เรียกว่า "แคลลัส" (Callus) เมื่อได้กลุ่มเซลล์แคลลัสแล้ว จะมีการปรับเปลี่ยนสูตรสารควบคุมการเจริญเติบโตอีกครั้ง เพื่อบังคับและชักนำให้กลุ่มเซลล์เหล่านั้นพัฒนาไปเป็นเอ็มบริโอ (ตัวอ่อนที่เกิดจากเซลล์ร่างกาย ไม่ได้เกิดจากการผสมเกสร) และเจริญเติบโตเป็นต้นพืชที่สมบูรณ์ต่อไป การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยผ่านการสร้างแคลลัส เป็นช่องทางที่นิยมและประสบความสำเร็จอย่างมากในพืชเศรษฐกิจหลายชนิด เช่น ปาล์มน้ำมัน ยางพารา และพืชตระกูลส้ม

ในการควบคุมคุณภาพและการคงลักษณะสายพันธุ์นั้น พืชต้นใหม่ที่เจริญเติบโตมาจากกลุ่มเซลล์แคลลัส อาจมีความเสี่ยงที่จะเกิดความแปรปรวนทางพันธุกรรม ซึ่งอาจทำให้ลักษณะบางประการผิดเพี้ยนไปจากต้นแม่พันธุ์เดิมได้บ้าง หากผู้ปฏิบัติงานดำเนินการควบคุมปัจจัยแวดล้อมอย่างรัดกุม ได้แก่ การเลือกใช้สูตรอาหารที่ถูกต้อง การกำหนดสัดส่วนและชนิดของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่แม่นยำ รวมถึงการควบคุมระยะเวลาในการย้ายเนื้อเยื่อลงขวดใหม่ จะสามารถลดความแปรปรวนดังกล่าวได้ ส่งผลให้กระบวนการนี้สามารถผลิตต้นพืชใหม่ที่มีลักษณะดีและตรงตามแม่พันธุ์เดิมได้ในอัตราที่สูงมากแสดงดังภาพที่ ๒๖



ภาพที่ ๒๖ การพัฒนาเป็นเอ็มบริโอจากเซลล์ร่างกาย จากการเพาะเลี้ยงดอกยางพารา

ก: ดอกยางพาราเมื่อเริ่มต้นเพาะเลี้ยงบนสูตรอาหารสังเคราะห์

ข: การพัฒนาเป็นแคลลัสเริ่มต้น

ค - ฉ: พัฒนาเป็น เอ็มบริโอจากเซลล์ร่างกาย ในระยะต่างๆ

ที่มา : (Srichuay et al., ๒๐๑๔, อ้างถึงใน เอกสารประกอบการสอน รายวิชา เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชทางการเกษตร, โดย ยุพภรณ์ วิริยะนันท์, ๒๕๖๓, หน้า ๖๓)

๔.๒.๖ การควบคุมคุณภาพและความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ตลอดกระบวนการ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องปฏิบัติงานภายใต้สภาวะปลอดภัย ควบคุมสูตรอาหาร สารเคมี และสภาพแวดล้อมการเลี้ยงอย่างเป็นระบบ พร้อมบันทึกข้อมูลการปฏิบัติงานทุกขั้นตอน เพื่อให้ได้ผลการเพาะเลี้ยงที่มีคุณภาพ มีความสามารถในการทำซ้ำ และมีความปลอดภัยตามมาตรฐานห้องปฏิบัติการ

เมื่อนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน ดำเนินการเตรียมชิ้นส่วนพืชสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเรียบร้อยแล้ว ให้ดำเนินการต่อในขั้นตอนที่ ๕

ปัญหา

๑. การคัดเลือกต้นแม่พันธุ์หรือชิ้นส่วนพืชที่มีสภาพไม่สมบูรณ์ มีการติดเชื้อแฝง หรืออยู่ในระยะสรีรวิทยาที่ไม่เหมาะสม อาจส่งผลให้การเพาะเลี้ยงล้มเหลว เกิดอัตราการปนเปื้อนสูง หรือชิ้นส่วนพืชไม่ตอบสนองต่อการชักนำให้เจริญเติบโต

๒. การเลือกใช้สารฟอกฆ่าเชื้อที่ไม่เหมาะสมทั้งในด้านชนิด ความเข้มข้น และระยะเวลา อาจทำให้ไม่สามารถกำจัดจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือก่อให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อพืช ส่งผลให้ชิ้นส่วนพืชสูญเสียความมีชีวิตและศักยภาพในการพัฒนา

แนวทางแก้ปัญหา

๑. กำหนดแนวปฏิบัติในการคัดเลือกต้นแม่พันธุ์และชิ้นส่วนพืชอย่างชัดเจน โดยนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องตรวจสอบสภาพ ความสมบูรณ์ และประวัติการดูแลรักษาของต้นแม่พันธุ์ เพื่อให้ได้วัสดุเริ่มต้นที่มีคุณภาพและลดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อน

๒. จัดทำตารางหรือแนวทางมาตรฐานในการเลือกใช้สารฟอกฆ่าเชื้อให้เหมาะสมกับชนิดของชิ้นส่วนพืช พร้อมกำหนดความเข้มข้นและระยะเวลาที่ชัดเจน เพื่อสร้างสมดุลระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อและการรักษาความมีชีวิตของเนื้อเยื่อพืช

ข้อเสนอแนะ

๑. จัดทำ คู่มือปฏิบัติงานเฉพาะด้านการเตรียมชิ้นส่วนพืช สำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เพื่อใช้เป็นมาตรฐานเดียวกันในรายวิชา ลดความคลาดเคลื่อนในการปฏิบัติของผู้สอน นักวิทยาศาสตร์ และนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน

๒. บูรณาการเนื้อหาด้าน การควบคุมคุณภาพและความปลอดภัย เข้ากับการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ เพื่อให้ นักศึกษามีความรู้ ความตระหนัก และทักษะที่สอดคล้องกับการทำงานจริงในห้องปฏิบัติการ

๓. กำหนดบทบาทหน้าที่ของนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการอย่างชัดเจน ในฐานะผู้ควบคุมคุณภาพ ผู้กำกับดูแลความปลอดภัย และผู้สนับสนุนการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ เพื่อยกระดับมาตรฐานการจัดการเรียนการสอนรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชให้มีประสิทธิภาพและยั่งยืน

ขั้นตอนที่ ๕ การกำกับดูแลนักศึกษาทดลองปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

การกำกับดูแลนักศึกษาทดลองปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เป็นขั้นตอนสำคัญที่สนับสนุนให้การจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ถูกต้องตามหลักวิชาการ และสอดคล้องกับมาตรฐานห้องปฏิบัติการ เนื่องจากกระบวนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชต้องดำเนินการภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ และมีการควบคุมคุณภาพของวัสดุ อุปกรณ์ อาหารเพาะเลี้ยง และสภาพแวดล้อมอย่างเคร่งครัด

นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการ มีบทบาทหน้าที่ในการกำกับ ติดตาม และให้คำแนะนำแก่นักศึกษา โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

๕.๑ ดำเนินการจัดเตรียมและควบคุมสภาพแวดล้อมของห้องปฏิบัติการ ก่อนเริ่มการปฏิบัติการ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องดำเนินการจัดเตรียมและควบคุมสภาพแวดล้อมของห้องปฏิบัติการให้เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ได้แก่ การทำความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติงาน การฆ่าเชื้ออุปกรณ์และพื้นผิวที่จำเป็น การตรวจสอบการทำงานของตู้ปลอดเชื้อ เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ และระบบไฟฟ้า

การดำเนินการในขั้นตอนนี้ถือเป็นกลไกสำคัญของการควบคุมคุณภาพเชิงป้องกัน (Preventive Quality Control) เพื่อป้องกันการปนเปื้อนและลดความเสี่ยงที่อาจส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์ของการปฏิบัติการของนักศึกษา

๕.๒ ดำเนินการชี้แจงแนวปฏิบัติ มาตรฐาน และข้อกำหนดด้านความปลอดภัย นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องดำเนินการชี้แจงขั้นตอนการปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชให้นักศึกษาอย่างเป็นระบบ โดยอธิบายลำดับขั้นตอน วิธีการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมีที่ถูกต้อง รวมถึงชี้แจงแนวปฏิบัติมาตรฐานของห้องปฏิบัติการ แสดงดังภาพที่ ๑๐

นอกจากนี้ ต้องเน้นย้ำข้อกำหนดด้านความปลอดภัยทางชีวภาพและเคมี เช่น การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล การปฏิบัติงานในตู้ปลอดเชื้ออย่างถูกวิธี และการจัดการเหตุฉุกเฉิน เพื่อปลูกฝังจิตสำนึกด้านความปลอดภัยและความรับผิดชอบในการปฏิบัติงานแก่ผู้เรียน

๕.๓ ดำเนินการตรวจสอบความพร้อมของนักศึกษาก่อนเริ่มปฏิบัติการ โดยก่อนอนุญาตให้นักศึกษาลงมือปฏิบัติการ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องตรวจสอบความพร้อมของนักศึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม ได้แก่ การแต่งกายให้ถูกต้องตามระเบียบ การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล ความพร้อมของอุปกรณ์ประจำกลุ่ม และความเข้าใจในขั้นตอนการปฏิบัติการ

หากพบว่านักศึกษายังไม่ผ่านเกณฑ์ความพร้อม ต้องให้คำแนะนำและดำเนินการแก้ไขก่อนเริ่มการปฏิบัติการ ทั้งนี้เพื่อควบคุมคุณภาพของกระบวนการเรียนรู้ และลดความเสี่ยงด้านความปลอดภัยในระหว่างการปฏิบัติงาน

๕.๔ ดำเนินการกำกับดูแลและให้คำแนะนำระหว่างการปฏิบัติการ โดยระหว่างการปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน ต้องปฏิบัติหน้าที่กำกับดูแลอย่างใกล้ชิด โดยติดตามการดำเนินงานของนักศึกษาในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนพืช การตกแต่งชิ้นส่วนพืช การย้ายเลี้ยงในตู้ปลอดเชื้อ ไปจนถึงการจัดวางภาชนะเพาะเลี้ยง

การกำกับดูแลในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้การปฏิบัติเป็นไปตามหลักวิชาการ ลดข้อผิดพลาดที่อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อน และส่งเสริมให้นักศึกษาเกิดความเข้าใจเชิงกระบวนการอย่างถูกต้องและเป็นระบบ

๕.๕ ดำเนินการควบคุมคุณภาพและการจัดการความผิดปกติระหว่างปฏิบัติการ หากพบความผิดปกติระหว่างการปฏิบัติการ เช่น การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ การใช้สารเคมีหรืออุปกรณ์ไม่ถูกต้อง นักวิทยาศาสตร์หรือผู้ปฏิบัติงานต้องดำเนินการแก้ไขอย่างเหมาะสมทันที พร้อมทั้งอธิบายสาเหตุและแนวทางป้องกันไม่ให้เกิดซ้ำแก่ผู้เรียน

ในกรณีที่ความผิดปกติมีผลกระทบต่อคุณภาพของการปฏิบัติการ ต้องดำเนินการคัดแยกตัวอย่างบันทึกข้อมูล และรายงานตามระบบควบคุมคุณภาพของห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินและปรับปรุงกระบวนการจัดการเรียนการสอน แสดงดังภาพที่ ๒๗

แบบรายงานความผิดปกติห้องปฏิบัติการสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี						
ข้อมูลทั่วไป	รายละเอียดความผิดปกติ	สาเหตุ	การแก้ไข	ผลกระทบ	แนวทางป้องกัน	หมายเหตุ
วันที่ ๑๖ มิ.ย.๖๘ เวลา ๑๓.๓๐ น. ห้องปฏิบัติการ : ☒ เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ☐ ปฐพีวิทยา ☐ กัญชาวิทยา ☐ เมล็ดพันธุ์พืช รายวิชา : ปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช	ระหว่างการย้ายชิ้นส่วนพืชลงอาหารเพาะเลี้ยง พบว่ามีตัวอย่างจำนวน ๕ ชุด เกิดการปนเปื้อนของเชื้อรา ลักษณะเป็นเส้นใยสีขาวบริเวณผิวอาหารวันภายหลังการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา ๓ วัน	- การฆ่าเชื้ออุปกรณ์ไม่สมบูรณ์ - ผู้ปฏิบัติงานเปิดฝาขวดอาหารเพาะเลี้ยงนานเกินความจำเป็น - การปฏิบัติงานภายในตู้ปลอดเชื้อไม่ถูกต้องตามขั้นตอน	- คัดแยกขวดที่ปนเปื้อนออกจากพื้นที่จัดเก็บทันที - ทำลายตัวอย่างที่ปนเปื้อน - ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อตู้ปลอดเชื้อด้วยแอลกอฮอล์ ๗๐% - ทบทวนขั้นตอนการปฏิบัติงานและสาธิตวิธีการใช้ตู้ปลอดเชื้อที่ถูกต้องแก่นักศึกษา	- ตัวอย่างเพาะเลี้ยงเสียหายจำนวน ๕ ชุด - ต้องเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงใหม่เพิ่มเติม - ส่งผลให้การปฏิบัติการล่าช้า ประมาณ ๑ ชั่วโมง	- กำชับให้ผู้ปฏิบัติงานหรือนักศึกษาทบทวนมาตรการความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี - ตรวจสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้ออุปกรณ์ก่อนใช้งาน	- รายงานต่ออาจารย์ประจำวิชา - รายงานต่อประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร
วันที่ ๒๒ มิ.ย.๖๘ เวลา ๐๘.๐๐ น. ห้องปฏิบัติการ : ☒ เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ☐ ปฐพีวิทยา ☐ กัญชาวิทยา ☐ เมล็ดพันธุ์พืช รายวิชา : ปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช	ระหว่างการนึ่งฆ่าเชื้ออาหารเพาะเลี้ยง พบว่าเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) ไม่สามารถออร์กาไดนามิกที่ ๑๒๐ องศาเซลเซียสได้ครบตามเวลาที่กำหนด	- ระบบควบคุมแรงดันของเครื่องทำงานผิดปกติ - ไม่มีการตรวจสอบสภาพเครื่องก่อนใช้งาน - เครื่องมือผ่านการใช้งานต่อเนื่องเป็นเวลานาน	- หยุดใช้งานเครื่องทันที - แจ้งเจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุงตรวจสอบเครื่องมือ - เปลี่ยนไปใช้เครื่องนึ่งสำรองในการปฏิบัติการ	- อาจเกิดการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ภายในห้องปฏิบัติการ เพิ่มความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนในพื้นที่และอุปกรณ์อื่น - จำเป็นต้องจัดเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงใหม่รวมทั้งนึ่งฆ่าเชื้อซ้ำ ส่งผลให้ใช้เวลา วัสดุ อุปกรณ์ และงบประมาณเพิ่มขึ้น ตลอดจนทำให้การปฏิบัติการล่าช้ากว่ากำหนด	- ตรวจสอบค่าควบคุมอุณหภูมิและแรงดันก่อนใช้งานทุกครั้ง - บันทึกประวัติการใช้งานและการซ่อมบำรุงเครื่องมืออย่างต่อเนื่อง	- รายงานต่ออาจารย์ประจำวิชา - รายงานต่อประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร
วันที่ เวลา..... น. ห้องปฏิบัติการ : ☐ เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ☐ ปฐพีวิทยา ☐ กัญชาวิทยา ☐ เมล็ดพันธุ์พืช รายวิชา :						

ภาพที่ ๒๗ ตัวอย่างแบบรายงานความผิดปกติห้องปฏิบัติการสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

๕.๖ ดำเนินการกำกับดูแลด้านความปลอดภัยและการจัดการของเสีย โดยนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องกำกับดูแลให้นักศึกษาจัดการของเสียจากการปฏิบัติการ เช่น สารเคมี เศษวัสดุชีวภาพ และภาชนะเพาะเลี้ยงที่ใช้แล้ว ตามหลักความปลอดภัยและแนวปฏิบัติของห้องปฏิบัติการอย่างเคร่งครัด เพื่อป้องกันอันตรายต่อนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน สิ่งแวดล้อม และทรัพย์สินของหน่วยงาน แสดงดังภาพที่ ๑๐

๕.๗ ดำเนินการตรวจสอบความเรียบร้อยและสะท้อนผลการเรียนรู้หลังปฏิบัติการ โดยภายหลังเสร็จสิ้นการปฏิบัติการ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานร่วมกับอาจารย์ผู้สอน ดำเนินการตรวจสอบความเรียบร้อยของพื้นที่ อุปกรณ์ และตัวอย่างเพาะเลี้ยง พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการแก่นักศึกษาเพื่อสะท้อนผลการเรียนรู้และส่งเสริมการพัฒนาทักษะการปฏิบัติในครั้งถัดไป

๕.๘ ดำเนินการบันทึกข้อมูล รายงานผล และการปรับปรุงแนวปฏิบัติ โดยนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน ต้องดำเนินการบันทึกข้อมูลการกำกับดูแลการปฏิบัติการ ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะลงในแบบบันทึกหรือระบบสารสนเทศที่กำหนด เพื่อใช้เป็นหลักฐานด้านการควบคุมคุณภาพ การประเมินผล

การเรียนการสอน และการทบทวนปรับปรุงคู่มือปฏิบัติงานให้มีความทันสมัยและสอดคล้องกับมาตรฐานห้องปฏิบัติการในอนาคต แสดงดังภาพที่ ๒๗

เมื่อนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน ดำเนินการกำกับดูแลนักศึกษาทดลองปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเรียบร้อยแล้ว ให้ดำเนินการต่อในขั้นตอนที่ ๖

ปัญหา

๑. นักศึกษาบางส่วนยังขาดความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับลำดับขั้นตอนการปฏิบัติการ และหลักการทำงานภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ ส่งผลให้เกิดข้อผิดพลาดในการปฏิบัติ เช่น การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ หรือการใช้วัสดุและอุปกรณ์ไม่ถูกต้อง

๒. นักศึกษาบางรายยังไม่ตระหนักถึงความสำคัญของการปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยทางชีวภาพและเคมีอย่างเคร่งครัด เช่น การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล หรือการจัดการของเสียหลังปฏิบัติการ

แนวทางแก้ปัญหา

๑. เสริมสร้างความเข้าใจเชิงกระบวนการให้แก่นักศึกษา โดยจัดให้มีการชี้แจงขั้นตอนการปฏิบัติการซ้ำก่อนเริ่มทดลอง พร้อมยกตัวอย่างกรณีปัญหาที่พบบ่อยและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น เพื่อให้ นักศึกษาเกิดความตระหนักและปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง

๒. เพิ่มความเข้มงวดในการกำกับดูแลด้านความปลอดภัย โดยกำหนดให้การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลและการปฏิบัติตาม SOP แสดงดังภาพที่ ๑๐ เป็นเงื่อนไขก่อนอนุญาตให้นักศึกษาลงมือปฏิบัติการ

ข้อเสนอแนะ

จัดทำระเบียบ แนวปฏิบัติ การแต่งกาย การใช้ห้องปฏิบัติการ ติดประกาศไว้ที่หน้าห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

ขั้นตอนที่ ๖ การจัดเก็บ วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี เครื่องมือ และบำรุงรักษาเครื่องมือ

การดำเนินการด้านการทำความสะอาด การจัดเก็บ และการบำรุงรักษาวัสดุอุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เป็นกระบวนการสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของการเรียนการสอน ความถูกต้องของผลการทดลอง ตลอดจนความปลอดภัยของผู้เรียนและนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานจึงต้องดำเนินการอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับมาตรฐานห้องปฏิบัติการและคู่มือปฏิบัติงานที่กำหนด โดยสามารถแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานได้ดังต่อไปนี้

๖.๑ การทำความสะอาดวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานมีหน้าที่รับผิดชอบในการดำเนินการทำความสะอาดวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช อย่างถูกต้อง ครบถ้วน และทันทีหลังการใช้งาน ทั้งนี้ เพื่อป้องกันการตกค้างของสารเคมี อาหารเพาะเลี้ยง คราบสกปรก และการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลการทดลองและความปลอดภัยของผู้เรียนในครั้งถัดไป การดำเนินการต้องเป็นไปตามลำดับขั้นที่กำหนด ดังนี้

๖.๑.๑ ทำการคัดแยกวัสดุอุปกรณ์ตามประเภทและลักษณะการใช้งาน เช่น เครื่องแก้ว เครื่องมือโลหะ วัสดุพลาสติก และอุปกรณ์เฉพาะทาง เพื่อเลือกวิธีการทำความสะอาดที่เหมาะสมและลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับวัสดุอุปกรณ์

๖.๑.๒ การล้างทำความสะอาดเครื่องมือ หรือวัสดุ อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เป็นกระบวนการสำคัญที่มีผลโดยตรงต่อการควบคุมคุณภาพของการปฏิบัติการและการป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์หรือสารตกค้างที่อาจส่งผลกระทบต่อผลการทดลอง นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการมีหน้าที่รับผิดชอบในการเลือกใช้วิธีการล้างทำความสะอาดที่เหมาะสมกับชนิดของวัสดุ อุปกรณ์ และลักษณะการใช้งาน โดยต้องดำเนินการภายใต้หลักความปลอดภัยทางเคมีและชีวภาพอย่างเคร่งครัด โดยมีวิธีการล้างทำความสะอาดวัสดุและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชได้ ดังนี้

- การล้างด้วยกรดโครมิกเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการขจัดสิ่งสกปรกและคราบอินทรีย์ที่ติดแน่นบนเครื่องแก้ว เนื่องจากเป็นสารที่มีฤทธิ์รุนแรงและมีความสามารถในการออกซิไดซ์สูง อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้มีความเสี่ยงด้านความปลอดภัยและอาจก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานจึงต้องใช้ด้วยความระมัดระวังเป็นพิเศษ และดำเนินการตามแนวปฏิบัติด้านความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด

- เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่นำมาล้างด้วยกรดโครมิกต้องมีคุณสมบัติทนต่อกรดซัลฟิวริก โดยจัดบรรจุในตะแกรงหรือถุงในลอนที่ทนกรด การเตรียมสารล้างดำเนินการโดยใช้โพแทสเซียมโครเมทในอัตราส่วนที่กำหนด ละลายในน้ำที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเติมกรดซัลฟิวริกอย่างช้า ๆ ตามสัดส่วนที่เหมาะสม ก่อนนำไปใช้งาน ก่อนการแช่ในกรดโครมิก นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องล้างเครื่องแก้วด้วยแปรงเพื่อกำจัดเศษวัสดุหรือฝุ่นที่ติดอยู่ แล้วจึงนำไปแช่ในสารล้างเป็นระยะเวลาที่กำหนด จากนั้นต้องล้างออกด้วยน้ำสะอาดหลายครั้ง และล้างซ้ำด้วยน้ำกลั่น ก่อนทำให้แห้งและจัดเก็บ ทั้งนี้ การล้างด้วยกรดโครมิกควรดำเนินการด้วยเครื่องล้างอัตโนมัติ และอยู่ภายใต้การควบคุมของผู้รับผิดชอบ เพื่อให้เป็นไปตามระบบควบคุมคุณภาพและความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ

- การล้างด้วยน้ำยาล้างหรือผงซักฟอกเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือทั่วไปหลายประเภท โดยใช้น้ำยาล้างที่มีฤทธิ์เป็นกลาง ผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม

นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องล้างพื้นผิวภายในด้วยแปรง และล้างพื้นผิวนอกด้วยฟองน้ำหรือแปรง แล้วล้างออกด้วยน้ำสะอาดจนหมดคราบผงซักฟอก ก่อนล้างซ้ำด้วยน้ำกลั่นและทำให้แห้ง

ในกรณีการล้างเครื่องแก้วจำนวนมาก สามารถแช่ในอ่างลึกที่ผสมน้ำยาซักล้างไว้ก่อน แล้วจึงล้างตามขั้นตอนมาตรฐาน เครื่องแก้วที่จัดซื้อใหม่ต้องผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาดทั้งภายในและภายนอกก่อนนำไปใช้งานทุกครั้ง เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพเชิงป้องกัน

การล้างทำความสะอาดวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือทางห้องปฏิบัติการ เพื่อให้วัสดุ อุปกรณ์สะอาด ปราศจากคราบสารเคมี เศษฝุ่น สิ่งปนเปื้อน และจุลินทรีย์ รวมทั้งช่วยรักษาสภาพและยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ โดยมีขั้นตอนมาตรฐาน ดังนี้

๑) ดำเนินคัดแยกวัสดุอุปกรณ์ก่อนล้าง โดยการแยกวัสดุอุปกรณ์ตามชนิดและลักษณะการใช้งาน เช่น เครื่องแก้ว อุปกรณ์โลหะ พลาสติก หรืออุปกรณ์เฉพาะทาง เพื่อเลือกวิธีการล้างและสารทำความสะอาดที่เหมาะสม รวมทั้งป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการล้าง

๒) ดำเนินการกำจัดเศษวัสดุหรือสารตกค้างเบื้องต้น โดยก่อนทำการล้าง ต้องกำจัดเศษฝุ่น เศษพืช หรือสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ภายในภาชนะหรืออุปกรณ์ โดยใช้น้ำสะอาดหรือแปรงทำความสะอาด เพื่อช่วยลดการสะสมของคราบและเพิ่มประสิทธิภาพในการล้าง

๓) ดำเนินการล้างด้วยน้ำยาทำความสะอาดที่เหมาะสม โดยใช้น้ำยาล้างหรือผงซักฟอกที่เหมาะสมกับชนิดของวัสดุและระดับความสกปรก โดยล้างทั้งภายในและภายนอกของอุปกรณ์อย่างทั่วถึง ในกรณีที่มีคราบติดแน่นหรือคราบอินทรีย์ อาจใช้วิธีการล้างเฉพาะ เช่น การล้างด้วยกรดโครมิก หรือเครื่องอัลตราโซนิคส์ ตามประเภทของอุปกรณ์

๔) การล้างน้ำสะอาดและน้ำกลั่น ภายหลังการล้างด้วยน้ำยา ต้องล้างอุปกรณ์ด้วยน้ำสะอาดหลายครั้งจนหมดคราบสารทำความสะอาด และล้างซ้ำด้วยน้ำกลั่น เพื่อป้องกันการตกค้างของสารเคมีหรือแร่ธาตุที่อาจมีผลต่อการทดลอง

๕) การทำให้แห้ง โดยนำอุปกรณ์ที่ล้างสะอาดแล้วไปผึ่งหรืออบให้แห้งในพื้นที่ที่สะอาดและปลอดฝุ่น เพื่อป้องกันความชื้นสะสมและลดโอกาสการปนเปื้อนของจุลินทรีย์

๖) การตรวจสอบความสะอาดและความพร้อมใช้งาน นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องตรวจสอบสภาพของวัสดุอุปกรณ์หลังการล้าง หากพบคราบสกปรก รอยแตกร้าว หรือความเสียหาย ต้องดำเนินการล้างซ้ำหรือคัดแยกออกจากการใช้งาน

๗) การจัดเก็บ โดยเมื่ออุปกรณ์แห้งและผ่านการตรวจสอบแล้ว ต้องจัดเก็บในพื้นที่สะอาด เป็นระเบียบ และเหมาะสมกับประเภทของอุปกรณ์ เพื่อป้องกันฝุ่นละออง ความชื้น และการปนเปื้อนก่อนนำกลับมาใช้งานอีกครั้ง

สำหรับภาชนะที่ใช้เตรียมอาหารเพาะเลี้ยงชนิดแข็ง เมื่อเทวุ้นออกแล้วต้องตมด้วยผงซักฟอกจนเดือดก่อนทำการล้างตามปกติ หากเป็นภาชนะที่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ต้องผ่านกระบวนการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิและเวลาตามมาตรฐาน ก่อนนำไปล้าง เพื่อความปลอดภัยและลดความเสี่ยงในการแพร่กระจายเชื้อ

- การล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิคส์เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กหรือมีช่องภายในแคบ เช่น ปิเปตต์ ซึ่งไม่สามารถทำความสะอาดได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยแปรงทั่วไป วิธีการนี้อาศัยคลื่นเหนือเสียงความถี่สูงในการสั่นสะเทือน เพื่อช่วยชะล้างสิ่งสกปรกและเศษเซลล์ที่ติดอยู่ภายในอุปกรณ์ โดยไม่ก่อให้เกิดรอยขีดข่วนหรือความเสียหายต่อพื้นผิว นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้อง

เตรียมน้ำยาล้างในภาชนะของเครื่องโดยไม่ให้เกิดฟอง และล้างปิเปตต์ด้วยน้ำประปាក่อนนำเข้าเครื่อง จากนั้นเปิดเครื่องตามเวลาที่กำหนด เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการต้องล้างอุปกรณ์ด้วยน้ำสะอาดหลายครั้ง ล้างซ้ำด้วยน้ำกลั่น และทำให้แห้งก่อนจัดเก็บ ทั้งนี้ การใช้เครื่องอัลตราโซนิคส์ต้องอยู่ภายใต้การกำกับดูแลของนักวิทยาศาสตร์หรือผู้รับผิดชอบ เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานการควบคุมคุณภาพและความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ

๖.๑.๔ ตรวจสอบความสะอาด ความสมบูรณ์ และสภาพการใช้งานของวัสดุอุปกรณ์อย่างละเอียด ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อหรือการทำให้แห้ง

ขั้นตอนการทำความสะอาดดังกล่าวถือเป็นกระบวนการพื้นฐานของการควบคุมคุณภาพ (Quality Control) ที่นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องดำเนินการอย่างเคร่งครัด เพื่อให้มั่นใจว่าวัสดุอุปกรณ์มีความพร้อมต่อการใช้งาน และลดความเสี่ยงของการปนเปื้อนในกระบวนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

๖.๒ การฆ่าเชื้อและการทำให้แห้ง ภายหลังจากทำความสะอาด นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องดำเนินการฆ่าเชื้อวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่อาจหลงเหลืออยู่ โดยเลือกใช้วิธีการฆ่าเชื้อให้เหมาะสมกับชนิดและคุณสมบัติของวัสดุอุปกรณ์ เช่น การอบด้วยความร้อนแห้ง หรือการนึ่งด้วยหม้อนึ่งอัตโนมัติ ในการดำเนินการต้องคำนึงถึงมาตรฐานด้านคุณภาพและความปลอดภัย ดังนี้

๖.๒.๑ เลือกวิธีการฆ่าเชื้อที่สอดคล้องกับชนิดของวัสดุอุปกรณ์ เพื่อให้การฆ่าเชื้อมีประสิทธิภาพและไม่ก่อให้เกิดความเสียหาย

๖.๒.๒ ควบคุมอุณหภูมิ ระยะเวลา และเงื่อนไขการฆ่าเชื้อให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ในคู่มือปฏิบัติงานหรือมาตรฐานห้องปฏิบัติการ

๖.๒.๓ บันทึกข้อมูลการฆ่าเชื้อ เช่น วันที่ วิธีการ อุณหภูมิ และระยะเวลา เพื่อใช้เป็นหลักฐานด้านการควบคุมคุณภาพ การตรวจสอบย้อนหลัง และการประกันคุณภาพการเรียนการสอน แสดงดังภาพที่ ๒๘

เมื่อสิ้นสุดกระบวนการฆ่าเชื้อให้นำวัสดุอุปกรณ์ไปผึ่งหรืออบให้แห้งในสภาพแวดล้อมที่สะอาด ปราศจากฝุ่นละอองและการปนเปื้อน ทั้งนี้ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องควบคุมพื้นที่และขั้นตอนดังกล่าวอย่างใกล้ชิด เพื่อรักษาสภาพความปลอดภัยของวัสดุอุปกรณ์

แบบบันทึกข้อมูลการฆ่าเชื้อวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือห้องปฏิบัติการห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี								
ลำดับที่	วันที่ดำเนินการ	รายการวัสดุ/อุปกรณ์	วิธีการฆ่าเชื้อ	อุณหภูมิ	ระยะเวลา	ผู้ดำเนินการ	ผลการตรวจสอบ	หมายเหตุ
1	9/6/68	ปิเปตต์, ขวดแก้วเปล่า 50 ใบ	นึ่งด้วยหม้อนึ่งอัตโนมัติ	120°C	15 นาที	บุษยา	☒ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน	-
2	10/6/68	ปิเปตต์แก้ว	อบความร้อนแห้ง	180°C	2 ชั่วโมง	บุษยา	☒ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน	-
3	13/6/68	เครื่องมือโลหะ	นึ่งด้วยหม้อนึ่งอัตโนมัติ	120°C	20 นาที	บุษยา	☒ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน	ตรวจสอบแรงดันปกติ
4	18/6/68	ภาชนะพลาสติกทนร้อน	อบความร้อนแห้ง	160°C	1 ชั่วโมง	บุษยา	☐ ผ่าน ☒ ไม่ผ่าน	พบความชื้นตกค้าง

ภาพที่ ๒๘ ตัวอย่างแบบบันทึกข้อมูลการฆ่าเชื้อวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช
สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

๖.๒ ภายหลังจากดำเนินการล้างทำความสะอาดและทำให้เครื่องแก้วแห้งเรียบร้อยแล้ว นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการต้องดำเนินการจัดเก็บเครื่องแก้วอย่างเป็นระบบและถูกต้องตามแนวปฏิบัติมาตรฐานของห้องปฏิบัติการ แสดงดังภาพที่ ๑๐ โดยจัดเก็บไว้ในตู้ที่มีประตูกระจกหรือฝาปิดมิดชิด เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง สิ่งสกปรก และเชื้อจุลินทรีย์จากสภาพแวดล้อมภายนอก อันเป็นการควบคุมคุณภาพเชิงป้องกันก่อนการนำเครื่องแก้วกลับมาใช้งาน

ในกรณีที่ไม่สามารถจัดเก็บในตู้กระจกได้ อาจรวบรวมนำเครื่องแก้วใส่ในถุงพลาสติกที่สะอาดและแห้งแล้วนำไปจัดเก็บในตู้กระจก หรือจัดวางซ้อนกันในพื้นที่ที่กำหนดไว้โดยเฉพาะ ทั้งนี้ต้องมั่นใจว่าสถานที่จัดเก็บมีความสะอาด ปลอดภัย และไม่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนหรือการแตกเสียหายของอุปกรณ์

สำหรับภาชนะบางประเภท เช่น ปีกเกอร์ ขวดขนาดใหญ่ และกระบอกตวง ก่อนนำไปจัดเก็บ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องปิดปากภาชนะด้วยแผ่นพอยด์อะลูมิเนียมอย่างมิดชิด เพื่อป้องกันฝุ่นละอองและสิ่งแปลกปลอมตกค้างภายในภาชนะ การดำเนินการดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของระบบควบคุมคุณภาพและความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องแก้วและภาชนะที่จัดเก็บมีความพร้อมสำหรับการใช้งานในการเตรียมอาหารและการปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในครั้งต่อไป

๖.๓ การจัดเก็บวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องดำเนินการจัดเก็บวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ผ่านการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อแล้วอย่างเป็นระบบและเป็นระเบียบ เพื่อคงสภาพความสะอาด ความปลอดภัย และความพร้อมในการนำกลับมาใช้งาน โดยมีแนวปฏิบัติ ดังนี้

๖.๓.๑ จัดเก็บเครื่องแก้วในตู้ที่มีฝาปิดหรือกระจกปิดมิดชิด เพื่อป้องกันฝุ่นละออง สิ่งสกปรก และการปนเปื้อนจากสภาพแวดล้อม

๖.๓.๒ ภาชนะที่มีปากกว้าง เช่น ปีกเกอร์ ขวด หรือกระบอกตวง ให้ปิดปากภาชนะด้วยแผ่นพอยด์อะลูมิเนียมก่อนจัดเก็บ เพื่อรักษาสภาพความสะอาดภายในภาชนะ

๖.๓.๓ แยกจัดเก็บวัสดุอุปกรณ์ตามประเภทการใช้งาน และติดป้ายหรือสัญลักษณ์แสดงสถานะความสะอาดหรือการฆ่าเชื้ออย่างชัดเจน

การจัดเก็บวัสดุอุปกรณ์อย่างเหมาะสมเป็นส่วนสำคัญในการลดความเสี่ยงด้านความปลอดภัย เพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการห้องปฏิบัติการ และสนับสนุนการควบคุมคุณภาพการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ

๖.๔ การจัดเก็บและควบคุมสารเคมี นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานมีบทบาทสำคัญในการจัดเก็บและควบคุมสารเคมีที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชให้เป็นไปตามหลักความปลอดภัยและมาตรฐานห้องปฏิบัติการ โดยต้องดำเนินการ ดังนี้

๖.๔.๑ แยกจัดเก็บสารเคมีตามคุณสมบัติ ความเป็นอันตราย และความเข้ากันได้ของสาร เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี

๖.๔.๒ จัดเก็บสารเคมีในภาชนะที่เหมาะสม มีฉลากระบุชื่อสาร ความเข้มข้น วันหมดอายุ และข้อควรระวังอย่างชัดเจน

๖.๔.๓ ตรวจสอบสภาพสารเคมีและวันหมดอายุอย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันการใช้สารเคมีที่เสื่อมสภาพหรือหมดอายุ

๖.๔.๔ บันทึกข้อมูลการใช้ การจัดเก็บ และการเบิกจ่ายสารเคมี เพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพ การตรวจสอบย้อนหลัง และการบริหารจัดการพัสดุอย่างมีประสิทธิภาพ

๖.๕ การบำรุงรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องดำเนินการบำรุงรักษา เครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการอย่างต่อเนื่องและเป็นระบบ เพื่อให้เครื่องมือมีความพร้อมใช้งาน มีความ แม่นยำ และมีอายุการใช้งานยาวนาน โดยมีแนวทางปฏิบัติ ดังนี้

๖.๕.๑ ตรวจสอบสภาพการทำงานของเครื่องมือก่อนและหลังการใช้งานทุกครั้ง เพื่อให้มั่นใจว่า เครื่องมืออยู่ในสภาพพร้อมใช้งานและปลอดภัย

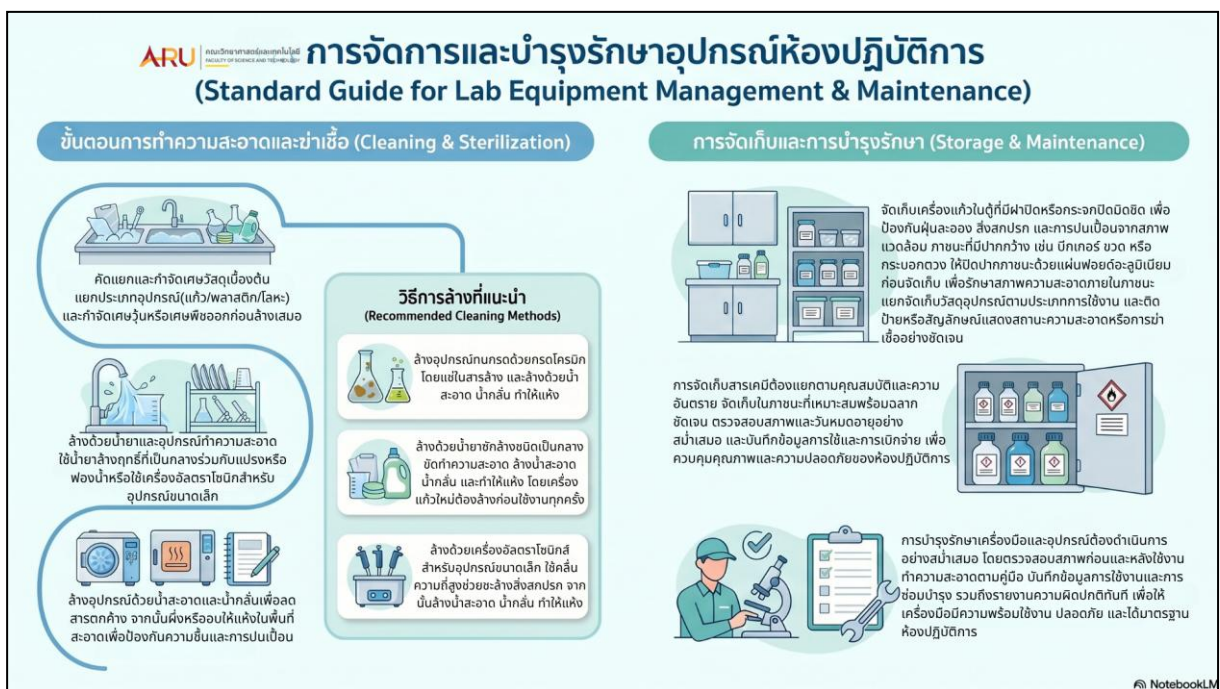
๖.๕.๒ ทำความสะอาดและดูแลรักษาเครื่องมือตามคู่มือประจำเครื่องหรือแนวปฏิบัติที่กำหนด

๖.๕.๓ บันทึกข้อมูลการใช้งาน การซ่อมบำรุง และการสอบเทียบเครื่องมือ เพื่อใช้เป็นหลักฐาน ด้านการควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพห้องปฏิบัติการ

๖.๕.๔ รายงานความผิดปกติหรือความชำรุดของเครื่องมือให้ผู้รับผิดชอบทราบทันที เพื่อดำเนินการแก้ไขหรือซ่อมบำรุงอย่างเหมาะสม

ขั้นตอนการบำรุงรักษาดังกล่าวช่วยเสริมสร้างความปลอดภัยในการจัดการเรียนการสอน ภาควิชา และสะท้อนบทบาทหน้าที่ของนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานในการสนับสนุนภารกิจด้านวิชาการ อย่างมีประสิทธิภาพและมาตรฐาน

ในการดำเนินการด้านการทำความสะอาด การจัดเก็บ และการบำรุงรักษาวัสดุอุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เป็นกระบวนการสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพการเรียนการสอน ความถูกต้องของผลการทดลอง และความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน จึงต้องดำเนินการอย่างเป็นระบบตาม มาตรฐานห้องปฏิบัติการ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ แสดงดังภาพที่ ๒๙



ภาพที่ ๒๙ ขั้นตอนการจัดเก็บ วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี เครื่องมือ และบำรุงรักษาเครื่องมือ

เมื่อนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน การจัดเก็บ วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี เครื่องมือ และบำรุงรักษาเครื่องมือเรียบร้อยแล้ว ให้ดำเนินการต่อในขั้นตอนที่ ๗

ปัญหา

๑. การทำความสะอาด การฆ่าเชื้อ และการจัดเก็บวัสดุอุปกรณ์ยังขาดความสม่ำเสมอ เนื่องจาก นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ช่วยสอนมีระดับความเข้าใจในแนวปฏิบัติมาตรฐาน (SOP) แตกต่างกัน ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และกระทบต่อคุณภาพของการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ

๒. การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ยังอาจไม่ได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เครื่องมือบางชนิดเกิดการชำรุด เสื่อมสภาพ หรือให้ผลการทำงานที่คลาดเคลื่อน อันกระทบต่อความถูกต้องของผลการทดลองและความต่อเนื่องของการจัดการเรียนการสอน

แนวทางแก้ปัญหา

๑. นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานควรดำเนินการชี้แจงและกำกับติดตามการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามคู่มือปฏิบัติงาน อย่างสม่ำเสมอ แสดงดังภาพที่ ๑๐ เพื่อให้การทำความสะอาด การฆ่าเชื้อ และการจัดเก็บวัสดุอุปกรณ์เป็นไปในทิศทางเดียวกันและได้มาตรฐาน

๒. นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานควรวางแผนการตรวจสอบ บำรุงรักษา และสอบเทียบเครื่องมืออย่างเป็นระบบ พร้อมทั้งรายงานและแก้ไขความผิดปกติทันที เพื่อรักษาความพร้อมใช้งานและความแม่นยำของเครื่องมือ

ข้อเสนอแนะ

๑. จัดให้มีการอบรมหรือทบทวนความรู้ด้านการทำความสะอาด การจัดเก็บ และการบำรุงรักษาเครื่องมือในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชแก่นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานและผู้ช่วยสอนอย่างสม่ำเสมอ

๒. นำผลการตรวจสอบและปัญหาที่พบจากการดำเนินงานในการจัดเก็บ วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี เครื่องมือ และบำรุงรักษาเครื่องมือ มาใช้เป็นข้อมูลประกอบการปรับปรุงขั้นตอนในคู่มือปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สอดคล้องกับบริบทการใช้งานจริงและการพัฒนางานอย่างยั่งยืน

ขั้นตอนที่ ๗ การจัดการของเสียจากห้องปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

การจัดการของเสียจากห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นกระบวนการสำคัญที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับความปลอดภัยทางชีวภาพและเคมี การควบคุมคุณภาพห้องปฏิบัติการ และความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องดำเนินการจัดการของเสียอย่างเป็นระบบ ถูกต้องตามหลักวิชาการ และเป็นไปตามกฎหมาย ระเบียบ และแนวปฏิบัติของหน่วยงาน แสดงดังภาพที่ ๓๐ โดยสามารถกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานได้ดังต่อไปนี้

๗.๑ การจำแนกประเภทของเสีย นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องดำเนินการจำแนกของเสียที่เกิดจากการปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชตั้งแต่ต้นทาง โดยแยกตามลักษณะและความเสี่ยง เพื่อกำหนดวิธีการจัดการที่เหมาะสม ได้แก่

๗.๑.๑ ของเสียชีวภาพ เช่น ชิ้นส่วนพืชที่ใช้แล้ว อาหารเพาะเลี้ยงที่หมดอายุ หรืออาหารเพาะเลี้ยงที่ปนเปื้อนจุลินทรีย์

๗.๑.๒ ของเสียทางเคมี เช่น สารเคมีที่เหลือจากการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยง สารฟอกฆ่าเชื้อ และสารละลายที่ใช้แล้ว

๗.๑.๓ ของเสียจากเครื่องแก้วและวัสดุอุปกรณ์ที่ชำรุดหรือไม่สามารถใช้งานต่อได้

๗.๑.๔ ของเสียทั่วไปและของเสียอันตรายอื่น ๆ ตามที่กำหนดในระเบียบของหน่วยงาน

๗.๒ การรวบรวมและบรรจุของเสีย ภายหลังการจำแนกประเภท นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องดำเนินการรวบรวมและบรรจุของเสียลงในภาชนะที่เหมาะสมกับประเภทของเสีย การบรรจุของเสียอย่างเหมาะสมช่วยลดความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์ การรั่วไหลของสารเคมี และอุบัติเหตุในห้องปฏิบัติการ โดยต้อง

๗.๒.๑ ใช้ภาชนะที่แข็งแรง ไม่รั่วซึม และสามารถปิดมิดชิด

๗.๒.๒ ติดฉลากระบุประเภทของเสีย แหล่งที่มา วันที่บรรจุ และผู้รับผิดชอบอย่างชัดเจน

๗.๒.๓ แยกภาชนะบรรจุของเสียชีวภาพ ของเสียเคมี และของเสียทั่วไปออกจากกันโดยเด็ดขาด

๗.๓ การฆ่าเชื้อหรือการปรับสภาพของเสียก่อนกำจัด นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานมีหน้าที่รับผิดชอบในการดำเนินการฆ่าเชื้อหรือปรับสภาพของเสียก่อนการกำจัดขั้นสุดท้าย ขั้นตอนนี้เป็นส่วนสำคัญของการควบคุมคุณภาพด้านความปลอดภัยทางชีวภาพและเคมี โดยดำเนินการดังนี้

๗.๓.๑ ของเสียชีวภาพและอาหารเพาะเลี้ยงที่ปนเปื้อน ต้องผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งอัดไอน้ำตามมาตรฐานที่กำหนด ก่อนนำไปทิ้งหรือส่งกำจัด

๗.๓.๒ ของเสียที่เป็นชิ้นส่วนพืชหรือวัสดุชีวภาพที่ไม่ปนเปื้อน อาจดำเนินการทำลายหรือกำจัดตามแนวปฏิบัติของหน่วยงาน

๗.๓.๓ ของเสียทางเคมีต้องดำเนินการปรับสภาพ ลดความเป็นอันตราย หรือเก็บรวบรวมเพื่อส่งกำจัดโดยหน่วยงานที่ได้รับอนุญาต ซึ่งการดำเนินการปรับสภาพของเสียทางเคมีจากห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เพื่อลดความเป็นอันตรายก่อนการกำจัดทิ้งหรือก่อนการรวบรวมส่งกำจัดนั้น ตามหลักวิชาการและแนวปฏิบัติด้านความปลอดภัยทางเคมี สามารถดำเนินการได้ดังวิธีการต่อไปนี้ โดยพิจารณาจากสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของของเสียเป็นสำคัญ

- การปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งสารเคมีประเภทกรดและด่าง (เช่น สารละลายกรดเกลือ หรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้สำหรับปรับค่า pH ของอาหารเพาะเลี้ยง) ต้องผ่านกระบวนการสะเทิน (Neutralization) เพื่อปรับสภาพให้ของเสียดังกล่าวมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในระดับที่เป็นกลาง (pH ประมาณ ๖.๐ – ๘.๐) หรืออยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยที่ระบบบำบัดน้ำเสียรองรับได้ ก่อนดำเนินการระบายทิ้ง

- การทำลายฤทธิ์หรือการลดความเป็นพิษด้วยปฏิกิริยาเคมี โดยสารฟอกฆ่าเชื้อหรือสารเคมีที่มีฤทธิ์กัดกร่อนและเป็นพิษ (เช่น สารประกอบโซเดียมไฮโปคลอไรต์ หรือคลอรีนที่ใช้ฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนพืช) ต้องได้รับการปรับสภาพโดยการเติมสารเคมีที่เหมาะสมเพื่อทำปฏิกิริยาลดความรุนแรง (เช่น การใช้สารรีดิวซ์เพื่อทำลายฤทธิ์คลอรีนอิสระ) ให้เปลี่ยนรูปเป็นสารประกอบที่มีความปลอดภัยหรือมีความเป็นพิษลดลงก่อนการกำจัด

- การทำให้เจือจาง สำหรับสารละลายเคมีทั่วไปที่ไม่มีส่วนประกอบของโลหะหนัก สารก่อมะเร็ง หรือสารพิษอันตรายร้ายแรง (เช่น สารละลายธาตุอาหารพืชที่เจือจาง) อาจดำเนินการปรับสภาพโดยการเจือจางด้วยน้ำในปริมาณและอัตราส่วนที่เหมาะสมตามที่มาตรฐานความปลอดภัยกำหนด เพื่อลดความเข้มข้นของสารเคมีให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ก่อนปล่อยลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียของหน่วยงาน

- การแยกประเภทและทำให้คงตัวเพื่อส่งกำจัด ในกรณีของเสียทางเคมีที่เป็นสารอันตรายสูง สารอินทรีย์ระเหยง่าย หรือสารที่ไม่สามารถบำบัดหรือปรับสภาพให้ปลอดภัยได้ด้วยกระบวนการเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการ ห้ามมิให้ดำเนินการเจือจางหรือระบายทิ้งโดยเด็ดขาด ผู้ปฏิบัติงานต้องดำเนินการรวบรวม บรรจุในภาชนะที่ทนทาน ปิดมิดชิดเพื่อป้องกันการระเหยหรือรั่วไหล และจัดเก็บในพื้นที่พักขยะอันตรายที่ควบคุมอุณหภูมิและการระบายอากาศ เพื่อรอส่งมอบให้แก่หน่วยงานหรือบริษัทรับกำจัดของเสียอันตรายที่ได้รับอนุญาตตามกฎหมายเป็นผู้ดำเนินการขั้นสุดท้ายต่อไป

๗.๔ การจัดเก็บชั่วคราวของเสีย นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องจัดเก็บของเสียที่ผ่านการบรรจุและฆ่าเชื้อแล้วในพื้นที่จัดเก็บชั่วคราวที่กำหนด การจัดเก็บชั่วคราวอย่างเหมาะสมช่วยลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม โดยดำเนินการดังนี้

๗.๔.๑ พื้นที่จัดเก็บต้องมีความปลอดภัย มีการระบายอากาศที่เหมาะสม และแยกจากพื้นที่ปฏิบัติงาน

๗.๔.๒ จำกัดระยะเวลาการจัดเก็บไม่ให้เกินระยะเวลาที่กำหนด

๗.๔.๓ มีป้ายแสดงประเภทของเสียและข้อควรระวังอย่างชัดเจน

๗.๕ การกำจัดของเสีย นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องประสานงานกับหน่วยงานที่รับผิดชอบในการกำจัดของเสียขั้นสุดท้าย โดยดำเนินการให้เป็นไปตามกฎหมาย ระเบียบ และข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง เช่น ส่งของเสียชีวภาพที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเข้าสู่ระบบกำจัดของเสียของหน่วยงาน หรือส่งของเสียอันตรายหรือของเสียเคมีให้แก่หน่วยงานหรือบริษัทที่ได้รับอนุญาตอย่างถูกต้อง ห้ามทิ้งของเสียอันตรายลงในระบบระบายน้ำหรือสิ่งแวดล้อมโดยเด็ดขาด

๗.๖ การบันทึกข้อมูลและการควบคุมคุณภาพ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องดำเนินการบันทึกข้อมูลการจัดการของเสียทุกขั้นตอน ได้แก่ ประเภทของเสีย ปริมาณ วิธีการจัดการ วันที่ และผู้รับผิดชอบ เพื่อ

ใช้เป็นหลักฐานด้านการควบคุมคุณภาพ ความปลอดภัย และการตรวจสอบย้อนหลัง รวมทั้งใช้เป็นข้อมูลในการประเมินและปรับปรุงกระบวนการจัดการของเสียอย่างต่อเนื่อง

๗.๗ การกำกับดูแลและการให้ความรู้แก่นักศึกษา นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานต้องกำกับดูแลและให้คำแนะนำแก่นักศึกษาเกี่ยวกับการจัดการของเสียอย่างถูกต้อง ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบ เพื่อปลูกฝังจิตสำนึกด้านความปลอดภัย ความมีระเบียบวินัย และจริยธรรมในการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์



ภาพที่ ๓๐ ขั้นตอนการจัดการของเสียจากห้องปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

เมื่อนักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงาน ดำเนินการจัดการของเสียจากห้องปฏิบัติการรายวิชาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเรียบร้อยแล้ว ให้ดำเนินการต่อในขั้นตอนที่ ๘

ปัญหา

๑. นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานหรือนักศึกษาอาจขาดความเข้าใจในการจำแนกประเภทของเสียอย่างถูกต้อง ทำให้เกิดการปะปนของของเสียชีวภาพ ของเสียเคมี และของเสียทั่วไป
๒. พื้นที่จัดเก็บชั่วคราวของเสียมีข้อจำกัดด้านพื้นที่หรือการจัดระบบ ทำให้เกิดการสะสมของเสียเกินระยะเวลาที่เหมาะสม

แนวทางแก้ปัญหา

๑. จัดทำแนวปฏิบัติและคู่มือการจำแนกประเภทของเสียที่ชัดเจน พร้อมป้ายสัญลักษณ์แสดงประเภทของเสียในจุดปฏิบัติงาน เพื่อให้ นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานและนักศึกษาปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง
๒. จัดระเบียบพื้นที่จัดเก็บของเสียชั่วคราวให้เหมาะสม แยกตามประเภทของเสีย และกำหนดระยะเวลาการจัดเก็บอย่างชัดเจน เพื่อลดความเสี่ยงด้านความปลอดภัย

ข้อเสนอแนะ

นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานควรได้รับการพัฒนาความรู้และทักษะด้านการจัดการของเสียและความปลอดภัยอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถกำกับดูแลและถ่ายทอดความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนที่ ๘ การประเมินและสรุปผลการเตรียมปฏิบัติการรายวิชาเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

การประเมินผลการเตรียมปฏิบัติการรายวิชาเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เป็นกระบวนการสำคัญที่ใช้ในการตรวจสอบความพร้อมและประสิทธิภาพของการจัดเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี ตลอดจนสภาพแวดล้อมของห้องปฏิบัติการ และคุณภาพการให้บริการของนักวิทยาศาสตร์สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ หรือเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้ เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติเป็นไปตามมาตรฐานห้องปฏิบัติการ มีความปลอดภัย และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรายวิชา โดยมีขั้นตอนดังนี้

๘.๑ การดำเนินการประเมินผลจัดให้มีขึ้นภายหลังสิ้นสุดการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการ โดยดำเนินการเป็นประจำทุกภาคการศึกษา ภายหลังจากที่นักวิทยาศาสตร์สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานได้ดำเนินการเตรียมปฏิบัติการครบถ้วนตามแผนการสอนที่กำหนด ในช่วงสัปดาห์สุดท้ายก่อนการสอบปลายภาคเรียน ทั้งนี้ เพื่อรวบรวมข้อมูลสะท้อนผลการดำเนินงานด้านการเตรียมปฏิบัติการและการให้บริการห้องปฏิบัติการอย่างเป็นระบบ

การประเมินผลดำเนินการโดยใช้แบบสอบถาม เรื่อง แบบประเมินความพึงพอใจในการใช้บริการห้องปฏิบัติการ ห้องเรียน อุปกรณ์ และเครื่องมือ ซึ่งเป็นเครื่องมือในการควบคุมคุณภาพและการประกันความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ โดยแบบประเมินประกอบด้วย ๓ ตอน แสดงดังภาพที่ ๒๖ ดังนี้

ตอนที่ ๑ เป็นการสอบถามข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมิน ได้แก่ เพศ สถานภาพ สังกัดหน่วยงาน วัตถุประสงค์ในการใช้บริการ และความถี่หรือปริมาณการใช้บริการ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์ผลการประเมิน

ตอนที่ ๒ เป็นการประเมินความคิดเห็นและระดับความพึงพอใจต่อการให้บริการห้องปฏิบัติการ ห้องเรียน อุปกรณ์ และเครื่องมือ โดยครอบคลุมประเด็นด้านมาตรฐานห้องปฏิบัติการ ด้านความพร้อมและความเหมาะสมของห้องปฏิบัติการและอุปกรณ์ ตลอดจนความพึงพอใจต่อการให้บริการในภาพรวม ซึ่งกำหนดระดับการประเมินเป็น ๕ ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด เพื่อให้สามารถนำผลไปใช้ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณได้อย่างเหมาะสม

ตอนที่ ๓ เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้ประเมินแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะในการใช้บริการห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ นักวิทยาศาสตร์สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการทบทวน ปรับปรุง และพัฒนาคุณภาพการเตรียมปฏิบัติการ รวมถึงการยกระดับความปลอดภัยและมาตรฐานการให้บริการอย่างต่อเนื่อง

แบบประเมินความพึงพอใจ
ในการใช้บริการห้องปฏิบัติการ/ห้องเรียน/อุปกรณ์ เครื่องมือ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

คำชี้แจง กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความเป็นจริง หรือตรงตามความคิดเห็นของท่านต่อเรื่องนั้นๆ
 เพื่อการปรับปรุงพัฒนาการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการห้องปฏิบัติการ/ห้องเรียน/อุปกรณ์

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบประเมิน

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
2. สถานภาพ ☐ อาจารย์/เจ้าหน้าที่ ☐ นักเรียน/นักศึกษา ☐ บุคคลทั่วไป
3. วัตถุประสงค์ในการใช้บริการ ☐ การเรียนการสอน ☐ บริการวิชาการ ☐ วิจัย/โปรเจกต์
4. ท่านเคยติดต่อใช้บริการห้องปฏิบัติการ/ห้องเรียน/อุปกรณ์บ่อยครั้งเพียงใด
☐ 1-2 ครั้ง ☐ 3-5 ครั้ง ☐ 6-10 ครั้ง ☐ มากกว่า 10 ครั้ง

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจต่อการให้บริการห้องปฏิบัติการ/ห้องเรียน/อุปกรณ์

ที่	ประเด็นการวัดความพึงพอใจ	ระดับความพึงพอใจ				
		มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
1.	ด้านมาตรฐานของการปฏิบัติงาน					
1.1	มีความพร้อมของห้องปฏิบัติการ/ห้องเรียน/อุปกรณ์					
1.2	มีความสะดวกในการขอใช้ห้องปฏิบัติการ/ห้องเรียน/อุปกรณ์					
1.3	มีความเป็นระเบียบของห้องปฏิบัติการ/ห้องเรียน/อุปกรณ์					
1.4	มีความพร้อมของเจ้าหน้าที่ขณะปฏิบัติงาน					
1.5	มีแผนผัง/กระบวนการ/ขั้นตอน ในการให้บริการชัดเจน เข้าใจง่าย					
2.	ด้านความเต็มใจในการให้บริการ					
2.1	มีความกระตือรือร้นในการให้บริการของเจ้าหน้าที่					
2.2	มีความเต็มใจในการให้บริการของเจ้าหน้าที่					
2.3	มีความรวดเร็วในการให้บริการ					
2.4	มีการให้คำปรึกษา/คำแนะนำ					
2.5	มีความสามารถในการให้บริการอย่างมีประสิทธิภาพ					
3	ด้านห้องปฏิบัติการ/ห้องเรียน/อุปกรณ์					
3.1	มีความเพียงพอของห้องปฏิบัติการ/ห้องเรียน/อุปกรณ์					
3.2	ห้องปฏิบัติการ/ห้องเรียน/อุปกรณ์มีความปลอดภัยในการใช้งาน					
3.3	ห้องปฏิบัติการ/ห้องเรียน/อุปกรณ์มีความพร้อมในการใช้งาน					
4	ความพึงพอใจของท่านต่อการใช้บริการห้องปฏิบัติการ/ห้องเรียน/ อุปกรณ์ในภาพรวมทั้งหมดอยู่ในระดับ					

ปัญหา/ข้อเสนอแนะ เพื่อปรับปรุงคุณภาพการให้บริการ

- 1.จุดเด่น ที่ท่านประทับใจจากการใช้บริการ
- 2.จุดที่ควรปรับปรุง
- 3.ข้อเสนอแนะ

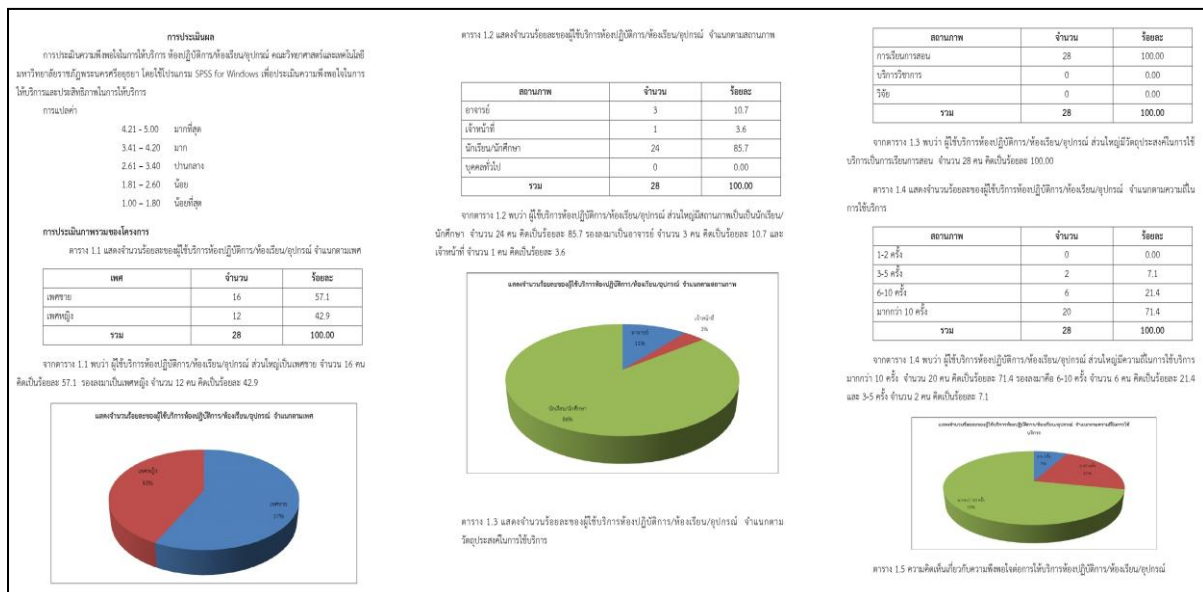
ขอขอบคุณครับ/ค่ะ

ภาพที่ ๓๑ แบบประเมินความพึงพอใจในการใช้บริการห้องปฏิบัติการ ห้องเรียน อุปกรณ์ และเครื่องมือ
 สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

๘.๒ ภายหลังจากการรวบรวมแบบประเมินการเตรียมปฏิบัติการและการให้บริการห้องปฏิบัติการ รายวิชาเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชจากผู้ใช้บริการครบถ้วนแล้ว นักวิทยาศาสตร์หรือผู้ปฏิบัติงานประจำห้องปฏิบัติการต้องดำเนินการตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล และนำข้อมูลดังกล่าวเข้าสู่กระบวนการประมวลผลและวิเคราะห์ผล โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows ซึ่งเป็นโปรแกรมทางสถิติที่ได้รับการยอมรับในงานด้านวิชาการ มาวิเคราะห์ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูลมุ่งเน้นการประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้บริการต่อการให้บริการของห้องปฏิบัติการ ตลอดจนประสิทธิภาพในการดำเนินงานด้านการเตรียมปฏิบัติการ การจัดเตรียมห้องปฏิบัติการ เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี ให้มีความพร้อม ถูกต้อง และสอดคล้องกับแผนการเรียนการสอน โดยผลการวิเคราะห์จะถูกสรุปในรูปของค่าทางสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาการควบคุมคุณภาพ

ทั้งนี้ ผลการรายงานจะนำไปใช้เป็นข้อมูลในการประเมินประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของนักวิทยาศาสตร์สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ หรือผู้ปฏิบัติงานประจำห้องปฏิบัติการ รวมถึงใช้ในการทบทวนปรับปรุง และพัฒนากระบวนการเตรียมปฏิบัติการให้มีมาตรฐานสูงขึ้น สอดคล้องกับหลักความปลอดภัยทางชีวภาพและเคมี ลดความเสี่ยงจากการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ และสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนของสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน แสดงดังภาพที่ ๓๒



ภาพที่ ๓๒ รายงานผลประเมินความพึงพอใจในการใช้บริการห้องปฏิบัติการ ห้องเรียน อุปกรณ์ และเครื่องมือสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

ปัญหา

การตอบแบบประเมินของผู้ใช้บริการบางส่วนอาจยังไม่ครบถ้วนหรือขาดความต่อเนื่อง ทำให้ข้อมูลที่ได้รับไม่สามารถสะท้อนภาพรวมของการให้บริการและความพร้อมของห้องปฏิบัติการได้อย่างสมบูรณ์

แนวทางแก้ปัญหา

กำหนดมาตรการส่งเสริมและกำกับการตอบแบบประเมินให้ครบถ้วน เช่น การชี้แจงวัตถุประสงค์ของการประเมินแก่นักศึกษาและผู้ใช้บริการ เพื่อสร้างความตระหนักถึงความสำคัญของข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาคุณภาพห้องปฏิบัติการ

ข้อเสนอแนะ

ใช้ผลการประเมินเป็นฐานข้อมูลในการวางแผนปรับปรุงการเตรียมปฏิบัติการในภาคการศึกษาถัดไป เพื่อสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนของสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ให้มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับมาตรฐานวิชาการและความปลอดภัย

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวบุษยา ฐปบุชากร
วัน เดือน ปีเกิด	๒๓ กรกฎาคม ๒๕๒๙
สถานที่เกิด	จังหวัดอ่างทอง
ที่อยู่ปัจจุบัน	๖๘ /๔๑๓ หมู่ ๑ ตำบลหันตรา อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
โทรศัพท์	๐๖๔-๙๓๙๙๔๐๖
อีเมล	nokbussaya@hotmail.com
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ตำแหน่งงานปัจจุบัน	นักวิทยาศาสตร์ ระดับปฏิบัติการ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา