บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ไม้ดอกไม้ประดับเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจกลุ่มหนึ่งของโลก โดยในปี 2551 มีมูลค่าการส่งออกพืชกลุ่มไม้ดอกไม้ประดับของโลกถึง 611,040 ล้านบาท โดยประเทศเนเธอร์แลนด์มีการส่งออกไม้ดอกไม้ประดับเป็นอันดับหนึ่งอันของโลกถึง 303,556 ล้านบาท โดยคิดเป็นสัดส่วนได้ร้อยละ 49.68 และถัดมาเป็นประเทศโคลัมเบีย อิตาลี เยอรมัน เดนมาร์ค ที่มีการส่งออกไม้ดอกไม้ประดับเป็นประเทศต้นๆ ของโลก (ยูเอ็น คอมเทรด, 2551 อ้างโดย เศรษฐพงศ์, 2553) ส่วนประเทศไทยมีมูลค่าการส่งออกไม้ดอกไม้ประดับอยู่ 3,698 ล้านบาท โดยคิดเป็นสัดส่วนได้เพียงร้อยละ 0.6 ของมูลค่าการส่งออกในตลาดโลก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2551 อ้างโดย เศรษฐพงศ์, 2553) ถึงแม้มูลค่าการส่งออกไม้ดอกไม้ประดับของไทยยังเป็นสัดส่วนที่เล็กน้อย แต่ก็สามารถทำให้การส่งออกไม้ดอกไม้ประดับของไทยมีโอกาสขยายตลาดในต่างประเทศได้อีกมาก โดยเฉพาะกล้วยไม้ซึ่งเป็นไม้ดอกไม้ดับที่มีมูลค่าการส่งออกมากที่สุดของไทยถึง 2,738 ล้านบาท คิดเป็นสัดส่วนได้ร้อยละ 74.04 และส่วนที่เหลือเป็นการส่งออกพืชไม้ดอกไม้ประดับอื่นๆ ได้แก่ ลิ้นมังกร เล็บครุฑ ดราเซียนา Zamioculcas โป๊ยเซียน หยกกุหลาบ เบญจมาศ ปทุมมา และหน้าวัว เป็นต้น (กรมวิชาการเกษตร, 2552 อ้างโดย เศรษฐพงศ์, 2553) ทำให้รัฐบาลได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาด้านการผลิตและการตลาดของไม้ดอกไม้ประดับไทย โดยมีการกำหนดนโยบายในแผนยุทธศาสตร์การแข่งขันกล้วยไม้ไทยในตลาดโลก พ.ศ. 2554-2559 (คณะรัฐมนตรี ลงมติเห็นชอบในวันที่ 15 มิถุนายน 2553) เพื่อเพิ่มมูลค่าการส่งออกกล้วยไม้ให้มีการเติบโตขึ้น ซึ่งตั้งเป้าหมายไว้ในปี 2559 ควรมีมูลค่าการส่งออก 10,000 ล้านบาท โดยการกำหนดนโยบายให้มีการเพิ่มศักยภาพการส่งออก ส่งเสริมการผลิตกล้วยไม้ให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการส่งออกของโลก สร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมกล้วยไม้ และส่งเสริมการใช้กล้วยไม้ในประเทศให้มากขึ้น (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553) จะเห็นได้ว่าแนวโน้มการส่งออกไม้ดอกประดับของไทยไปสู่ตลาดโลกต้องเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ระบบการผลิตท่อนพันธุ์ไม้ดอกไม้ประดับด้วยวิธีการปกติ เช่น การปักชำ การแยกหน่อไม่เหมาะสมกับความต้องการของตลาด จึงมีการนำเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ก้าวหน้ามาใช้ทดแทนระบบการผลิตท่อนพันธุ์ดั้งเดิมให้เพียงพอกับความต้องการได้

อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชได้มีความก้าวหน้ามากยิ่งขึ้นเพื่อรองรับอุตสาหกรรมพืชไม้ดอกไม้ประดับ ดังที่กล่าวข้างต้น ในประเทศแถบยุโรป อุตสาหกรรมไม้ดอกไม้ประดับเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ มีการบริโภคสูง และความสำเร็จนี้เกิดจากการใช้เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในการผลิตต้นพันธุ์ให้เพียงพอกับตลาด (Read and Peak, 2007) โดยเฉพาะในประเทศเนเธอร์แลนด์มีการผลิตพืชถึง 65 ล้านต้นต่อปี และมีการใช้แรงงานจำนวนมากในการผลิตพืชในระดับอุตสาหกรรม Ríordáin (1992) รายงานว่า ในปี 1990 ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในประเทศแถบยุโรปในหน่วยงานของราชการและบริษัทเอกชนมีมากถึง 421 แห่ง โดยเฉพาะในประเทศเนเธอร์แลนด์ ฝรั่งเศส เยอรมัน อิตาลี และอังกฤษ และห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่เหล่านี้ใช้เพื่อผลิตพืชไม้ดอกไม้ประดับเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ *Prunus, Ficus, Philodendron, Spathiphyllum, Nephrolepis, Rosa* และกลุ่มกล้วยไม้ (*Orchideaceae)* เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามจำนวนห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในประเทศแถบยุโรปลดลงมาก ทั้งนี้เนื่องจากค่าแรงงาน ค่าไฟฟ้าสูงมาก (Ahloowalia and Savangikar, 2004)

อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในเอเชีย

ในขณะที่สถานการณ์อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชของประเทศแถบยุโรปมีปัญหาและทยอยปิดกิจการเนื่องจากไม่สามารถรับภาระต้นทุนที่สูงขึ้นมาก ประเทศต่างๆ ในทวีปเอเชียกลับพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมากขึ้น (Prakash, 2001) โดยเฉพาะรัฐบาลของประเทศอินเดีย บังกลาเทศ ปากีสถาน ภูฐาน เนปาล อินโดนีเซีย และรวมถึงประเทศไทย ได้ส่งเสริมให้มีการพัฒนางานด้านการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชด้านนี้อย่างเป็นรูปธรรม เพื่อเป็นการส่งเสริมศักยภาพการผลิตและการขยายพันธุ์พืชให้เข้าสู่ระบบอุตสาหกรรมให้ได้ (Prakash, 2001) โดยจะเห็นได้จากการที่มีห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเพิ่มขึ้นมาก เช่น ในระหว่างปี 1987-1995 มีบริษัทด้านการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในอินเดียถึง 50 บริษัท และในประเทศไทยมีการก่อตั้งบริษัทขึ้นถึง 30 บริษัทด้วยกัน เพื่อบริการขยายพันธุ์พืชเศรษฐกิจต่างๆ ได้แก่ กล้วยไม้ มันฝรั่ง ข้าว ยางพารา คาร์เนชัน ปาล์มน้ำมัน กล้วย สตรอเบอร์รี่ และพืชไม้ดอกไม้ประดับต่างๆ เป็นต้น (Prakash, 2001)

การที่ธุรกิจการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชได้ขยายตัวสู่ประเทศกำลังพัฒนาอย่างมากเช่นนี้ เนื่องจากต้นทุนของระบบการผลิตพืชในระดับอุตสาหกรรมด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

โดยเฉพาะต้นทุนด้านแรงงานสูงถึง 40% ซึ่งถือเป็นต้นทุนหลักของระบบการผลิตทั้งหมด จึงมีการย้ายฐานการผลิตจากประเทศในแถบยุโรปที่มีค่าแรงงานที่สูงมาก มายังประเทศในแถบเอเชียที่มีค่าแรงต่ำกว่ามาก (Ahloowalia and Savangikar, 2004)

ระบบการผลิตต้นพืชที่มีฐานการผลิตและการจำหน่ายแยกกัน

การผลิตต้นพืชในระดับอุตสาหกรรม มีขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนของการผลิตต้นในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในประเทศที่มีแรงงานถูก จากนั้นนำต้นที่ผลิตได้ส่งไปผลิตกล้าเล็กในโรงเรือน และการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ในประเทศที่มีลูกค้าต้องการ โดยแหล่งตลาดส่วนใหญ่เหล่านี้เป็นประเทศในแถบยุโรป และสหรัฐอเมริกา เช่น ประเทศเนเธอร์แลนด์ เยอรมัน และฝรั่งเศส เป็นต้น (Proft et.al, 2007)

จากระบบการผลิตที่ผ่านมาที่การผลิตต้นในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในประเทศที่มีแรงงานต่ำก่อน แล้วจึงทำการขนส่งต้นกล้าที่โตแล้วไปยังประเทศที่เป็นแหล่งตลาดเป็นขั้นตอนการดำเนินการที่ยากลำบาก ปัญหาที่พบได้แก่ ต้นพืชเสียหายจากการขนส่งเนื่องจากระยะทางการขนส่งที่ไกล และมีค่าใช้จ่ายในการขนส่งสูงเนื่องจากสินค้าต้องใช้พื้นที่ขนส่งและมีน้ำหนักมาก จึงต้องมีการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่มีความก้าวหน้ามากขึ้นมาใช้ในงานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เพื่อลดความเสียหายและยังสามารถลดต้นทุน ลดการใช้แรงงาน และให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ (Levin and Tanny, 2004) โดยเทคโนโลยีที่มีได้มีการนำมาใช้และมีบทบาทต่องานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นอย่างมากในปัจจุบัน คือ ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว (Temporary Immersion Bioreactor หรือ TIB) และประเทศไทยก็เป็นอีกประเทศหนึ่งที่มีการวิจัยและพัฒนาระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวเป็นอย่างมาก เพื่อให้สามารถนำมาใช้ในการผลิตพืชผลทางการเกษตรในระดับอุตสาหกรรมในประเทศได้

ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว หรือ Temporary Immersion Bioreactor (TIB)

ระบบการผลิตต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชที่ใช้อาหารแข็ง เป็นวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ใช้กันอยู่ทั่วไป แต่วิธีการเพาะเลี้ยงพืชโดยใช้อาหารแข็งนั้น ใช้ระยะเวลาการเพาะเลี้ยงนานกว่าการใช้อาหารเหลว ใช้พื้นที่เพาะเลี้ยงมากเนื่องจากภาชนะอาหารแข็งสามารถบรรจุต้นได้เพียง 5-10 ต้นต่อภาชนะเท่านั้น (นพมณี และคณะ, 2549) อีกทั้งจำเป็นต้องอาศัยแรงงานที่มีความชำนาญในการตัดและการปักต้นไม้ลงในขวดที่มีอาหารเพื่อให้พยุงต้นไม้ให้ตั้งตรง

ได้ ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้ต้องอาศัยแรงงานจำนวนมากจึงทำให้มีต้นทุนในค่าแรงงานสูง นพมณี และคณะ (2538) ได้รายงานไว้ว่า ร้อยละ 40-60 ของต้นทุนการผลิตเยอบีราโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อทั้งหมดเป็นค่าจ้างแรงงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าแรงในส่วนของการตัดถ่ายชิ้นส่วนพืชลงในอาหารแข็ง เพราะต้องใช้แรงงานที่มีความชำนาญและมีความรู้ ซึ่ง Gupta (2002) ได้รายงานผลที่ใกล้เคียงกัน คือ ต้นทุนในส่วนของค่าแรงงานสูงเกินร้อยละ 60 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด นอกจากนี้เวลานำต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งออกปลูกต้องทำการล้างวุ้นหรือเจลออกก่อน จึงทำให้ต้องใช้เวลาและแรงงานทำงานจำนวนมากและรากขาดเสียหายได้ อีกทั้งเมื่อทำการขนส่งพืชแบบปลอดเชื้อในอาหารแข็งก็ทำให้น้ำหนักสินค้ามากซึ่งจะส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าเพิ่มขึ้น ส่วนการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเหลว เป็นวิธีการที่ทำให้การเตรียมอาหารและการตัดต้นไม้ลงในอาหารง่ายขึ้น คือไม่ต้องมีการปักต้นไม้ทีละต้นลงในอาหาร จึงทำให้สามารถลดต้นทุนด้านแรงงานได้ แต่อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงด้วยระบบอาหารเหลวก็มีข้อเสีย คือ ทำให้ต้นพืชเกิดการฉ่ำน้ำ (hyperhydricity) ทำให้เกิดความเครียด และมีผลต่อสรีรวิทยาของพืช (Berthouly and Etiene, 2005)

ต่อมามีงานวิจัยออกมาเพื่อพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชแบบใหม่ ได้แก่ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชโดยดัดแปลงใช้ไบโอรีแอคเตอร์กับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช และได้มีการพัฒนาเรื่อยมาจนกระทั่งในปัจจุบันมีไบโอรีแอคเตอร์ที่นิยมใช้กับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช คือ ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว (Temporary Immersion Bioreactor) (Alvard et al., 1993) ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว เป็นระบบที่ทำการพัฒนามาจากการผสมผสาน ข้อดีของระบบอาหารแข็งและอาหารเหลว โดยที่พืชและอาหารไม่ได้จมอยู่ด้วยกันตลอดเวลาด้วยการตั้งโปรแกรมเพื่อควบคุมการให้อาหารของระบบและในระหว่างที่มีการให้อาหาร ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวจะมีการแลกเปลี่ยนก๊าซ จึงทำให้ระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราวสามารถควบคุมสภาวะในการเพาะเลี้ยงได้ดี (Ziv, 2005) ทำให้พืชที่เพาะเลี้ยงเจริญได้ดี ทำให้ได้ต้นจำนวนมากในระยะเวลาเพาะเลี้ยงที่เร็วขึ้น อีกทั้งวิธีการเพาะเลี้ยงและการนำต้นออกปลูกทำให้ง่ายกว่า คือ อาหารเหลวที่ใช้เตรียมง่ายกว่าอาหารแข็ง และไม่ต้องทำการตัดและปักต้นไม้ลงอาหารทีละต้น อีกทั้งเวลานำต้นออกปลูกไม่ต้องทำการล้างวุ้นหรือเจลออกก่อน จึงทำให้ลดเวลาและแรงงานในการทำงานลงได้ (Takayama and Akita, 2005) ดังนั้นจึงทำให้มีการใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวในงานเพาะเลี้ยงเนื้อพืชกันอย่างแพร่หลาย

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชโดยใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว

ในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีไบโอรีแอคเตอร์มาใช้ในการขยายพันธุ์พืชหลายชนิด ซึ่ง Etienne and Berthouly (2002) ได้รายงานไว้ว่าระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวได้มีการนำมาใช้กับ สับปะรด อ้อย กล้วย เผือก กล้วย ยูคาลิปตัส *Syngonium, Philodendron* และ *Spathyphyllum* เป็นต้น และได้แสดงผลของอัตราการเพิ่มปริมาณต้นในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวเปรียบเทียบกับการเพาะเลี้ยงด้วยระบบอาหารแข็ง พบว่าต้นพืชต่าง ๆ ที่เพาะเลี้ยงในระบบ TIB มีอัตราการเพิ่มปริมาณมากกว่าการเพาะเลี้ยงระบบอาหารแข็งอย่างเห็นได้ชัด

Escalona et.al. (1999) ได้ศึกษาการขยายพันธุ์ของสับปะรด (*Ananas comosus* L. Merr) ในอาหารสูตร MS (1962) ที่มี BA 2.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยพบว่า อัตราการเพิ่มปริมาณของต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีมากที่สุด ถึง 12 เท่า ในขณะที่ต้นในอาหารเหลวและอาหารแข็งมีเพียง 4.2 และ 3.5 เท่าตามลำดับ นอกจากนี้น้ำหนักสดของต้นที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีน้ำหนักสดมากที่สุด คือ 10 กรัม เช่นเดียวกับผลของน้ำหนักแห้ง ซึ่งต้นในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีน้ำหนักแห้งมากที่สุด คือ 3.3 กรัม ดังนั้นผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวเป็นระบบที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ผลิตต้นสับปะรดในระดับการผลิตปริมาณมาก และอีกทั้งระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวยังลดต้นทุนการผลิตถึง 20% เมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารแข็ง

Roels et.al. (2005) ได้ทำการศึกษาการขยายพันธุ์กล้วยสายพันธุ์ *Musa* AAB โดยทำการเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวเปรียบเทียบกับการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวและอาหารแข็ง โดยใช้อาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่มี BA 13.3 ไมโครโมลและน้ำตาล 3% ซึ่งในอาหารแข็งมีการเติมเจล 2.5 กรัมต่อลิตร พบว่า อัตราการเพิ่มปริมาณของชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีถึง 5.1 เท่า ซึ่งสูงกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งที่มีเพียง 2.8 เท่า นอกจากนี้ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีขนาด 5.1 มิลลิเมตร ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งที่มีเพียง 3.8 มิลลิเมตรเท่านั้น ส่วนผลด้านคุณภาพต้นอื่นๆ คือ ความสูงต้น จำนวนใบ และจำนวนรากของต้นที่เพาะเลี้ยงในทั้ง 2 ระบบ พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้สรุปว่า การเพาะเลี้ยงกล้วยสายพันธุ์ดังกล่าวในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวสามารถทำให้ได้ต้นจำนวนมากเมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง เนื่องมาจากระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีการแลกเปลี่ยนก๊าซและอาหารเหลวที่ใช้พืชสามารถดูดซึมไปใช้ได้มากกว่า จึงทำให้ต้นเจริญได้ดีกว่า เป็นผลให้การเพาะเลี้ยงกล้วยในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวช่วยลดต้นทุนการผลิตได้

Bernal et.al. (2008) ได้ทำการศึกษาผลของการเพาะเลี้ยงอ้อยลูกผสม 2 สายพันธุ์ คือ C86-56 และ C90-317 โดยใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว พร้อมทั้งศึกษาผลของสารฟีโนลิคที่มีผลต่อการการขยายพันธุ์อ้อยด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว พบว่า สารฟีโนลิคส่งผลต่ออัตราการเกิดต้นให้ลดลง ซึ่งผู้วิจัยได้มีการเติมสาร ascorbic acid เพื่อลดปริมาณของสารฟีโนลิคในอาหารให้ลดลงจึงทำให้มีอัตราการเกิดต้นของอ้อยเพิ่มขึ้น และนอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ติดตามผลของการเกิดรากของอ้อยที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว พบว่า อ้อยมีการชักนำการเกิดรากได้ดีในสภาพในภาชนะและเมื่อออกปลูก พบว่า อ้อยสามารถปรับสภาพและตั้งตัวได้ดี พร้อมทั้งต้นอ้อยยังมีการพัฒนาระบบรากได้ดีอีกด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นว่าระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวเหมาะสำหรับการขยายพันธุ์อ้อยในระดับอุตสาหกรรม คือจะทำให้ได้ต้นอ้อยที่มีคุณภาพที่ดีและการเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวยังช่วยลดต้นทุนการผลิต

นอกจากนี้พืชที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังมีพืชอื่นที่มีการศึกษาการเพาะเลี้ยงโดยใช้ไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวอีกจำนวนมาก ทั้งที่มีการเพาะเลี้ยงในระดับห้องปฏิบัติการและระดับการค้า อาทิเช่น พืชกลุ่มไม้ดอกไม้ประดับ ได้แก่ กล้วยไม้ฟาแลนนอพซิส (Park et al., 2000; Hempfling and Preil, 2005) ว่านสี่ทิศ *(Hippeastrum hybridum)* (Ilczuk et.al., 2005) แกลดิโอลัส (*Gladiolus grandiflorus*) (Takayama and Akita,2005) *Spathiphyllum* (Dewir et.al., 2006) และเบญจมาศ (*Chrysanthemum*) (Kim, 2001; Hahn and Paek, 2005) เป็นต้น พืชผักและผลไม้ที่ใช้เป็นอาหาร ได้แก่ มันฝรั่ง *(Solanum tuberosum)* (Karppinen et.al., 2010) โสม (Ginseng) (Peak et.al., 2001; Kim and Kim, 2001) แอปเปิ้ล (Chakrabarty et.al., 2003; Zhu et.al.,2005) องุ่น (Grape) (Shim, 2002) กาแฟ (*Coffea* sp.) (Albarrán et.al., 2005) และมันสำปะหลัง *(Manihot esculenta)* (Medero et.al.,2001) เป็นต้น และพืชเศรษฐกิจอื่นๆ ได้แก่ ยูคาลิปตัส (Eucalyptus) (Alister et.al., 2001) เป็นต้น

การใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเพื่อลดต้นทุนการผลิต

Levin and Tanny (2004) ได้มีการศึกษาการใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในการเพิ่มปริมาณต้นให้ได้จำนวนมาก เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตในปัจจัยต่างๆ ของห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชที่มีกำลังการผลิตต้นได้ 20 ล้านต้นต่อปี ได้แก่ ต้นทุนการสร้างห้องปฏิบัติการ ต้นทุนในส่วนเครื่องมือเครื่องใช้และเฟอร์นิเจอร์ และต้นทุนรวมต่อปี เพื่อนำมาคิดต้นทุนต่อหน่วย โดยได้เปรียบเทียบกับระบบการผลิตต้น 3 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่ 1 การผลิตต้นในระยะเพิ่มปริมาณ

ระยะยืดยาวและออกรากด้วยระบบอาหารแข็ง รูปแบบที่ 2 การผลิตต้นในระยะเพิ่มปริมาณในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและระยะยืดยาวและออกรากในอาหารแข็ง และรูปแบบที่ 3 การผลิตต้นในระยะเพิ่มปริมาณ ระยะยืดยาวและออกรากในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว พบว่าต้นทุนการผลิตของการผลิตในรูปแบบที่ 3 มีต้นทุนน้อยสุด คือ 664,683 US$ และคิดเป็นต้นทุนต่อหน่วยเป็น 0.07 US$ นอกจากนี้ ในผลงานวิจัยดังกล่าวนี้ ยังพบว่าการผลิตต้นในระบบอาหารแข็งมีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยสูงถึง 0.16 US$ แต่ในขณะที่การผลิตต้นในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีต้นทุนการผลิตต่อหน่อยเพียง 0.07 US$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเพาะเลี้ยงพืชในระบบไบโอรีแอคเตอร์จะช่วยลดต้นทุนการผลิตได้ แต่อย่างไรก็ตามระบบไบโอรีแอคเตอร์ก็เป็นเพียงเครื่องมือที่ช่วยในการเพาะเลี้ยงเท่านั้น ซึ่งพืชบางชนิดอาจจะเพาะเลี้ยงได้ดีในระบบไบโอรีแอคเตอร์ แต่พืชบางชนิดอาจจะต้องมีการปรับเปลี่ยนสภาวะของระบบก่อน เช่นในระยะเพิ่มปริมาณเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและทำการออกรากในอาหารแข็ง เป็นต้น ดังนั้นการใช้ไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวในการเพาะเลี้ยงพืชแต่ละชนิดควรมีการศึกษาปัจจัยต่างๆ ก่อน เพื่อให้ได้สภาวะและต้นทุนการผลิตที่เหมาะสมที่สุด (Levin and Tanny, 2004)

อุตสาหกรรมปทุมมา

ปทุมมาเป็นไม้ดอกไม้ประดับพื้นเมืองของไทย ที่มีมูลค่าการส่งออกไปสู่ตลาดต่างประเทศเป็นอย่างมากรองจากกล้วยไม้ เนื่องจากเป็นไม้ตัดดอกเขตร้อนที่มีความสวยงามคล้ายดอกทิวลิป พันธุ์ปทุมมาที่ได้รับความนิยมสูงมาก คือ พันธุ์เชียงใหม่พิงค์ ระบบการผลิตปทุมมาตัดดอกในยุโรปเป็นระบบที่มีการผลิตดอกในเรือนโรงในยุโรป โดยเฉพาะประเทศเนเธอร์แลนด์ แล้วตัดดอกขายผ่านระบบการประมูล โดยมีการสั่งหัวพันธุ์จากประเทศไทยทุกปี ทั้งนี้เพราะไม่สามารถผลิตหัวพันธุ์ปทุมมาในต่างประเทศได้ เนื่องจากมีอุณหภูมิต่ำ ปัจจุบันนี้ความต้องการปทุมมาของตลาดได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ตลาดต้องการความหลากหลาย ทั้งในเรื่องของขนาดดอก สี และการนำมาใช้เป็นไม้กระถาง นักปรับปรุงพันธุ์จึงได้ทำการปรับปรุงพันธุ์ปทุมมา เพื่อตอบสนองความต้องการที่กล่าวมาข้างต้น

รศ.ธัญญะ เตชะศิลพิทักษ์ อาจารย์ประจำภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร ได้ศึกษาพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ปทุมมาพันธุ์กระถางลูกผสมข้ามชนิดจำนวนมาก ลักษณะเด่นของพันธุ์ปทุมมาลูกผสมเหล่านี้ คือ ต้นมีขนาดเล็ก ความสูง อยู่ในช่วง 14-20 เซนติเมตร ขนาดดอก 3-5 เซนติเมตร เหมาะกับการนำมาเป็นไม้กระถางประดับในห้องทำงาน และในเบื้องต้นได้ส่งต้นกล้าปทุมมาพันธุ์ที่ได้ให้บริษัทในประเทศญี่ปุ่นเพื่อทดสอบความ

เป็นไปได้ที่จะให้ปทุมมากระถางลูกผสมข้ามชนิดสามารถจำหน่ายในตลาดโลก (นพมณีและคณะ, 2551) จากการศึกษาพบว่าต้นกล้าปทุมมากระถางลูกผสมข้ามชนิดดังกล่าวที่ผลิตจากระบบการขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชนี้สามารถออกดอกได้ภายใน 90-100 วัน และได้ดอกที่มีลักษณะสมบูรณ์และเหมือนต้นแม่พันธุ์ (ธัญญะ, 2553: สัมภาษณ์)

การขยายพันธุ์ปทุมมาด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

การขยายพันธุ์ปทุมมาด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชได้มีการศึกษากันมาอย่างต่อเนื่อง เริ่มจากขั้นตอนการชักนำการเกิดต้น Topoonyanont et.al. (2005) ได้ทำการศึกษาการเกิดต้นด้วยการผันกลับของดอกจริงในช่อดอกปทุมมา โดยการนำช่อดอกที่บานเต็มที่ คือ ระยะที่กาบรองดอกทั้งส่วนบนและส่วนล่างบานเต็มที่เป็นชิ้นส่วนตั้งต้น มาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่มี BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.I มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าช่อดอกของปทุมมาสามารถผันกลับไปเป็นต้นได้จำนวนมากประมาณ 20 ต้นต่อชิ้นส่วน โดยการเกิดกลุ่มต้นดังกล่าวเป็นการเกิดขึ้นโดยตรง (direct organogenesis) เนื่องจากไม่พบร่องรอยของการชักนำการเกิดต้นโดยผ่านแคลลัส และตำแหน่งที่เกิดต้นอยู่ตรงตำแหน่งของดอกที่เวียนแบบ spiral คล้ายกับที่เกิดในสภาพธรรมชาติ และยังสังเกตได้ว่าต้นเกิดขึ้นเป็นต้นที่เกิดจากการผันกลับของส่วนที่เป็นดอกจริง เนื่องจากพบว่าใบบางใบที่เกิดขึ้นมาใหม่นี้ ส่วนของขอบใบซึ่งปกติจะมีสีเขียวนั้นปรากฏสีม่วงแสดงออกมาให้เห็นด้วย ซึ่งสีม่วงดังกล่าวจะพบในกลีบดอกชั้นที่เรียกว่าปากดอก (นพมณี, 2549) นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาด้านเยื่อเยื่อวิทยาของชิ้นส่วนที่มีการผันกลับ พบว่าการผันกลับเกิดจากส่วนของดอกจริง (Topoonyanont et al., 2005)

ส่วนในการเพิ่มปริมาณต้น พบว่าการเพาะเลี้ยงต้นที่ได้จากกาชักนำในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มปริมาณต้นปทุมมาขนาดเล็กเป็นจำนวนมากกว่า 30-40 ต้นต่อชิ้นส่วน และเมื่อย้ายต้นจิ๋วดังกล่าวลงบนอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่มี IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าต้นจิ๋วสามารถยืดยาวและพัฒนาไปเป็นต้นที่สมบูรณ์แล้วจึงนำต้นออกปลูกได้ (นพมณี, 2545)

การขยายพันธุ์ปทุมมาด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด (TIB)

นพมณี และคณะ (2548) ได้ทำการศึกษาการยืดยาวของต้นและการออกรากของปทุมมาเชียงใหม่พิงค์ ที่เลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝดสภาพปลอดเชื้อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงในอาหารแข็งและอาหารเหลว โดยการนำต้นปทุมมาที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS (1962) ที่ปราศจากฮอร์โมนเป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า การเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนต้นรวมต่อขวดสูงกว่าระบบอาหารแข็งประมาณ 15-17 เท่า ในขณะที่การเลี้ยงด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์ให้จำนวนต้นรวมต่อขวดสูงถึง 933.0 ต้นต่อขวด ขณะที่ต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งมีจำนวนต้นรวมเพียง 54.6 ต้นต่อขวด

นพมณี และคณะ (2552) ได้พัฒนาระบบการผลิตต้นพันธุ์ปทุมมากระถางด้วยการใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด ตั้งแต่การชักนำการเกิดต้น การเพิ่มปริมาณ และการออกราก พบว่า ระบบการขยายพันธุ์ที่ใช้กับปทุมมาพันธุ์ตัดดอกสามารถใช้กับปทุมมากระถาง กล่าวคือ ในระยะการชักนำเกิดต้นของปทุมมากระถางได้ใช้ช่อดอกเป็นชิ้นส่วนตั้งต้น แล้วนำไปเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่มี BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตรก่อนจนได้ชิ้นส่วนที่มีสีเขียว จึงนำชิ้นส่วนดังกล่าวไปเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่ใช้อาหารสูตรเดิม พบว่าการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวสามารถชักนำต้นที่ได้จากชิ้นส่วนตั้งต้นของช่อดอกปทุมมาได้ โดยมีจำนวนต้นที่ชักนำได้มากกว่าและเร็วกว่าที่ต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง ในระยะการเพิ่มปริมาณได้ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ระยะเวลา จำนวนครั้งในการให้อาหาร ซึ่งต้นปทุมมาเจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อให้อาหารนาน 5 นาที 4 ครั้งต่อวัน ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ได้ต้นปทุมมาที่เป็นต้นจิ๋วจำนวนมาก แล้วหลังจากนั้นนำต้นปทุมมาที่ได้มาเพาะเลี้ยงอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ปราศจากฮอร์โมนสามารถทำให้ต้นยืดยาวและออกรากได้ดี

ส่วนวิธีการเตรียมต้นกล้าปทุมมาในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมไปยังต่างประเทศ Topoonyanont et.al. (2009) ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการเตรียมต้นปทุมมาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวเพื่อการขนส่ง โดยการนำต้นปทุมมาที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวขนาด 3–5 เซนติเมตร มาทำการชักนำให้เกิดรากในกล่องพลาสติกที่มีอาหารแข็งและอาหารเหลว ปริมาตร 10 และ 20 มิลลิลิตร ซึ่งมีการบรรจุต้นปทุมมาจำนวน 200 ต้นต่อภาชนะ ทำการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 1, 2 และ 3 สัปดาห์ตามลำดับ และในการเพาะเลี้ยงในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 มีการเติมอาหารเพิ่มอีก 10 และ 20 มิลลิลิตรตามลำดับ พบว่าต้น

ปทุมมาที่เพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติกที่มีอาหารปริมาตร 20 มิลลิลิตรสามารถเพาะเลี้ยงต้นได้นานกว่า 3 สัปดาห์ และถ้าต้องการเพาะเลี้ยงนานกว่า 3 สัปดาห์ควรจะมีการเติมอาหารเพิ่มอีก 20 มิลลิลิตรในสัปดาห์ที่ 2 ของการเพาะเลี้ยง ซึ่งการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาแบบดังกล่าวสามารถสร้างระบบการขนส่งต้นกล้าปทุมมาแบบใหม่ได้ คือ สามารถทำการเตรียมการก่อนได้ล่วงหน้า ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้แรงงานจำนวนมากในการเตรียมต้นก่อนส่ง จึงทำให้ลดต้นทุนด้านแรงงานลงได้

สำหรับการขนส่งต้นกล้าปทุมมาที่เตรียมส่งให้ลูกค้าต่างประเทศในระดับอุตสาหกรรมโดยวิธีการขนส่งทางอากาศ นพมณี และคณะ (2551) ได้ศึกษาขั้นตอนการขนส่งต้นไม้ทางอากาศไปยังประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีขั้นตอนการงานหลายขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการทำเอกสาร Invoice&Packing List เพื่อส่งให้ลูกค้า การขอใบปลอดศัตรูพืช การติดต่อกับบริษัทตัวแทนส่งสินค้าทางอากาศเพื่อดำเนินการส่งต้นไม้ไปยังประเทศปลายทาง ซึ่งการขนส่งสินค้าทางอากาศมีค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่สูง โดยค่าใช้จ่ายจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ประเทศปลายที่ทางที่ส่งสินค้า น้ำหนักของสินค้า และขนาดภาชนะบรรจุสินค้า เป็นต้น (พงศธร, 2553: สัมภาษณ์) จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายในการส่งสินค้าทางอากาศจะขึ้นอยู่กับน้ำหนัก และขนาดของบรรจุภัณฑ์ ดังนั้นในการเตรียมต้นไม้เพื่อส่งให้ลูกค้าควรมีการเลือกภาชนะบรรจุที่มีน้ำหนักเบา และมีขนาดบรรจุที่เหมาะสม โตยสาวิตรี (255I) ได้ทำการศึกษาการเลือกภาชนะบรรจุต้นปทุมมาในสภาพปลอดเชื้อและกล่องบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม เนื่องภาชนะบรรจุก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพต้นและความอยู่รอดของต้นที่ส่งไปด้วย และในการศึกษาดังกล่าวพบว่า ภาชนะที่เหมาะสมสำหรับบรรจุต้นปทุมมาปลอดเชื้อไปยังประเทศญี่ปุ่น เป็นกล่องพลาสติกโพลีโพรพิลีนที่มีขนาด 12.4xI2.4x7.6 เซนติเมตร สามารถนึ่งฆ่าเชื้อได้และบรรจุต้นปทุมมาที่มีขนาด 5-6 เซนติเมตรได้จำนวน 200 ต้น และนอกจากนี้ยังทำการศึกษากล่องบรรจุภัณฑ์สำหรับขนส่งที่เหมาะสม คือ กล่องบรรจุที่เป็นกล่องโฟม และกล่องกระดาษลูกฟูกขนาดต่างๆ กัน ซึ่งกล่องแต่ละขนาดก็สามารถบรรจุกล่องพลาสติกที่ใส่ต้นปทุมมาดังกล่าวได้จำนวนไม่เท่ากัน ดังนั้น ผู้ประกอบการควรเลือกกล่องบรรจุสินค้าให้เหมาะสมกับสินค้าที่จะส่ง เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งลงได้