บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ขิง (ginger) มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Zingiber officinale* Roscoe เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว อยู่ในวงศ์ Zingiberaceae ซึ่งเป็นวงศ์ที่สำคัญมากชนิดหนึ่งในกลุ่มพืชสมุนไพร (Nair, 2013) ประกอบด้วยชนิด (Species) ประมาณ 1,500 ชนิด สำหรับประเทศไทยมีพืชในวงศ์นี้ประมาณ 300 ชนิด (Larsen and Larsen, 2006)

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของขิง

ลักษณะทั่วไปของขิงมีดังนี้

2.1.1 ราก

รากขิงประกอบด้วยราก 2 ชนิด คือ รากฝอย (fibrous root) และรากที่มีลักษณะอวบ (fleshy root) รากฝอยเกิดขึ้นจำนวนมากหลังปลูกโดยเกิดบริเวณฐานของต้น รากฝอยมีลักษณะผอมและมีขนรากจำนวนมาก ทำหน้าที่หลักในการดูดซึมธาตุอาหารและน้ำจากดิน ส่วนรากที่มีลักษณะอวบนั้นเกิดขึ้นบริเวณข้อของเหง้าขิง มีลักษณะหนา สีขาว และมีขนรากเล็กน้อย (Nair, 2013)

2.1.2 ลำต้น

ลำต้นใต้ดินหรือลำต้นแท้ของขิงเรียกว่า เหง้า (rhizome) เหง้าของขิงแตกแขนงขนานไปกับพื้นดิน ลักษณะการแตกของเหง้าเป็นแบบนิ้วมือ (palmate) เหง้ามีความยาว 6-20 เซนติเมตร มีความกว้าง 2-5 เซนติเมตร แต่ละแขนงมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5-2.5 เซนติเมตร (Weiss, 2002) เหง้ามีข้อชัดเจน แข็ง มีสีขาวหรือสีเหลืองอ่อน มีเยื่อและใบเกล็ดห่อหุ้มอยู่ (จเร, 2525ก) เหง้าจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อแก่ (พิทยา, 2529) จำนวนข้อของเหง้าเมื่อรวมทั้งเหง้าแม่และเหง้าใหม่ที่เกิดขึ้น มีประมาณ 6-15 ข้อ โดยเริ่มต้นมีความยาวระหว่างข้อประมาณ 0.10-0.15 เซนติเมตร และความยาวเพิ่มมากขึ้นในเหง้ารุ่นถัดไป (Nair, 2013) เหง้าสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ข้ามฤดูหรือหลายฤดู (จเร, 2525ก)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลำต้นเหนือดินหรือลำต้นเทียม (psuedostem) ประกอบด้วยกาบใบที่ซ้อนทับกันหลายชั้น เรียกว่า คลัมพ์ (clump) ซึ่งเจริญมาจากตาที่อยู่บนข้อของเหง้า (จเร, 2525ก) (ภาพที่ 2.1) ลำต้นเทียมที่อยู่เหนือดิน มีลักษณะผอม ตั้งตรง ไม่แตกกิ่งก้าน มีความสูงประมาณ 30-100 เซนติเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5-10 มิลลิเมตร ขึ้นอยู่กับพันธุ์ (คำนึง, 2532; Weiss, 2002) ลำต้นเทียมมีอายุเพียงฤดูเดียวไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ข้ามฤดู (รุ่งรัตน์, 2540) โดยส่วนของลำต้นเหนือดินเริ่มแห้งเหี่ยวเมื่อ 8-10 เดือนหลังปลูก และยุบตัวทั้งหมดเมื่อขิงมีอายุ 12 เดือน (จเร, 2525ก)

2.1.3 ใบ

ใบขิงเป็นใบเดี่ยว รูปหอก ปลายใบสอบเรียวแหลม โคนใบสอบแคบและมีส่วนกาบใบที่หุ้มทับกันเป็นลำต้นเทียม (พิทยา, 2529; รุ่งรัตน์, 2540) (ภาพที่ 2.1) ใบมีความยาว 15-20 เซนติเมตร และความกว้าง 1-3 เซนติเมตร เส้นกลางใบชัดเจน เส้นใบเรียงแบบขนาน แผ่นใบมีสีเขียว (Weiss, 2002) ใบเกิดแบบเรียงสลับกันเป็นสองแถว (alternate) หลังใบห่อจีบเป็นรูปรางน้ำ (รุ่งรัตน์, 2540) ส่วนลิ้น (ligule) มีลักษณะบาง กว้างและไม่มีขน มีความยาวประมาณ 5 มิลลิเมตร และส่วนปลายมีสองแฉก (Weiss, 2002)

2.1.4 ดอก

ขิงออกดอกเป็นช่อ ช่อดอกเกิดจากเหง้าโดยแยกกับลำต้นเทียม (Purseglove, 1972; Weiss, 2002) ช่อดอกแบบเชิงลด (spike) มีลักษณะคล้ายลูกสนทรงกระบอก (cylindrical cone-like shape) (Purseglove, 1972; พิทยา, 2529) (ภาพที่ 2.1) มีความยาว 4-7 เซนติเมตร และความกว้าง 1.5-2.5 เซนติเมตร ก้านช่อดอกยาว 15-25 เซนติเมตร (Purseglove, 1972) ช่อดอกมีใบประดับ (bract) ห่อหุ้มอยู่โดยเกิดแบบสลับ ใบประดับเป็นรูปไข่ มีสีเขียวปนเหลือง มีความยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร ความกว้าง 1.5-2.0 เซนติเมตร และเกิดดอกเดี่ยวขึ้นระหว่างใบประดับ (Purseglove, 1972; จเร, 2525ก) กลีบเลี้ยง (calyx) มีขนาด 1.0-1.2 เซนติเมตร ปลายมีสามแฉกและเชื่อมต่อกันเป็นท่อ (Weiss, 2002) กลีบดอก (petal) สีเหลืองอ่อน (จเร, 2525ก) หรือสีขาว (รุ่งรัตน์, 2540) กลีบดอกมีความยาวมากกว่ากลีบเลี้ยง ส่วนโคนเชื่อมติดกันเป็นท่อมีความยาว 2.0-2.5 เซนติเมตร และส่วนปลายแยกออกเป็นสามแฉก บริเวณแฉกมีความยาว 1.5-2.5 เซนติเมตรและความกว้างประมาณ 0.8 เซนติเมตร โดยมีกลีบอันกลางหรืออันบนโค้งลง ทับกลีบอีกสองอันที่อยู่ด้านข้าง (Purseglove, 1972; จเร, 2525ก) ส่วนปาก (lip) หรือ labellum มีสีม่วงอ่อนและมีจุดประสีครีมบริเวณส่วนฐาน รูปร่างค่อนข้างกลม มีความยาวและความกว้างประมาณ 1.2 เซนติเมตร (Purseglove, 1972) ดอกมีเกสรเพศผู้ (stamen) ที่มีก้านชูอับเรณู (filament) สั้นและกว้าง อับเรณู (anther) สีครีมและมีความยาว 0.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เซนติเมตร (Purseglove, 1972) เชื่อมต่อกันและยืดออกไปเป็นรยางค์ที่มีลักษณะคล้ายจะงอยปากนก (spur) มีความยาว 0.7 เซนติเมตร สีม่วงเข้ม (Purseglove, 1972; จเร, 2525ก) สำหรับเกสรเพศเมีย (pistil) มีก้านชูเกสร (style) เป็นเส้นยาวอยู่ระหว่างอับเรณูทั้งสองอัน รังไข่ (ovary) อยู่ต่ำกว่าฐานของกลีบดอก (inferior) ภายในมี 3 ช่อง มีไข่อ่อน (ovule) จำนวนมากเกาะอยู่แกนกลางของรังไข่ (axile placentation) (จเร, 2525ก; Weiss, 2002)

ภาพที่ 2.1 ลักษณะของต้นขิง
ที่มา: Khoehler (1897)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.5 ผลและเมล็ด

ขิงมีผลแห้งแบบแห้งแตก (capsule) (Purseglove, 1972) มีลักษณะกลม แข็ง เส้นผ่าศูนย์กลาง ประมาณ 1 เซนติเมตร (รุ่งรัตน์, 2540) เปลือกผลบาง ผลแบ่งเป็น 3 ช่อง ภายในมีเมล็ดสีดำจำนวนมาก (Purseglove, 1972) (ภาพที่ 2.2)

1 cm
(ก)

5 mm
(ข)

ภาพที่ 2.2 ลักษณะผล (ก) และเมล็ด (ข) ของขิง

ที่มา: USDA (2003)

2.2 พันธุ์ขิงในประเทศไทย

ขิงที่ปลูกในประเทศไทยมีอยู่หลายพันธุ์ สามารถแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ได้ 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกคือ ขิงใหญ่ ขิงหยวก หรือขิงขาว ขิงชนิดนี้มีขนาดใหญ่ ข้อห่าง เนื้อละเอียดไม่มีเสี้ยนหรือมีน้อยมาก รสเผ็ดน้อย บริเวณใต้ผิวเปลือกไม่มีสีหรืออาจมีสีเหลืองอ่อน ตาขิงบนเหง้ามีลักษณะกลมมน ปลายใบมีลักษณะป้านกว่าปลายใบของขิงเล็ก ลำต้นเทียมสูงกว่าขิงเล็ก (จเร, 2525ข) ขิงใหญ่มีความต้านทานโรคเน่าได้น้อยกว่าขิงเล็ก (คำนึง, 2532) ขิงใหญ่เหมาะสำหรับรับประทานเป็นขิงอ่อนหรือขิงดอง ขิงชนิดนี้มีจำหน่ายมากในท้องตลาด และอีกกลุ่มคือ ขิงเล็ก หรือขิงเผ็ด บางแห่งเรียกขิงดำ ขิงชนิดนี้มีขนาดเล็ก สั้น ข้อถี่ เนื้อมีเสี้ยนมาก มีรสเผ็ด บริเวณใต้ผิวเปลือกมีสีน้ำเงินหรือน้ำเงินปนเขียว ตาขิงบนเหง้ามีลักษณะแหลม ปลายใบแหลมกว่าขิงใหญ่ ขิงเล็กนิยมใช้ทำยาสมุนไพรและทำเป็นขิงแห้งเพราะให้น้ำหนักดี แต่ไม่นิยมปลูกขายในลักษณะขิงอ่อน (จเร, 2525ข)

2.3 การขยายพันธุ์และการดูแลขิง

การขยายพันธุ์ขิงนิยมใช้ชิ้นส่วนเหง้า โดยปลูกชิ้นส่วนเหง้าขิงในดินร่วนปนทราย ที่มีการระบายน้ำดีและมีความอุดมสมบูรณ์ (เบลเยี่ยม และ จเร, 2525; พิทยา, 2529) ท่อนพันธุ์ขิงสำหรับปลูกต้องเป็นเหง้าขิงที่แก่จัดโดยมีอายุเฉลี่ย 10-12 เดือน เหง้าควรมีขนาดใหญ่ อวบอ้วน ปราศจากโรคและแมลง การเก็บรักษาท่อนพันธุ์ ควรเก็บในที่แห้งและเย็น มีอากาศถ่ายเทสะดวก หลังจากเก็บรักษาไว้แล้วประมาณ 1-3 เดือน นำเหง้าขิงมาตัดแบ่งเป็นท่อน ๆ ให้มีความยาวประมาณ 2 นิ้ว โดยแต่ละท่อนให้มีตาประมาณ 2-3 ตา จากนั้นนำท่อนพันธุ์ที่ตัดแบ่งแล้วไปแช่น้ำยากำจัดเชื้อราประมาณ 10-15 นาที และนำไปผึ่งแดดให้แห้ง แล้วจึงนำไปปลูก การปลูกขิงควรให้น้ำอย่างเพียงพอ และหากมีน้ำขัง ควรรีบระบายออกทันทีเนื่องจากอาจเป็นสาเหตุของโรคเน่าได้ (เบลเยี่ยม และ จเร, 2525) ในช่วงการเจริญเติบโตของขิงพบว่าขิงต้องการใช้น้ำประมาณ 1,320-1,520 มิลลิลิตร (พิทยา, 2529) หากขิงแสดง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อาการใบเหี่ยวและเหลือง เหง้าแสดงอาการเน่า ควรรีบขุดออกจากแปลงและเผาทำลายทิ้ง เพื่อป้องกันการแพร่ของเชื้อโรค การเก็บเกี่ยวขิง มี 2 รูปแบบ คือการเก็บเกี่ยวขิงอ่อน เริ่มเก็บเมื่อขิงมีอายุประมาณ 4-6 เดือนหลังปลูก ในระยะนี้เหง้ามีเสี้ยนน้อย เนื้ออ่อน เหมาะสำหรับรับประทานสดหรือนำแปรรูปต่าง ๆ น้ำหนักผลผลิตเหง้าขิงสดมีน้ำหนักโดยเฉลี่ย 3,000-4,000 กิโลกรัมต่อไร่ และการเก็บขิงแก่ สามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่อขิงมีอายุ 8-12 เดือนหลังปลูก ขิงแก่เหมาะสำหรับการนำไปแปรรูปและเก็บเป็นท่อนพันธุ์สำหรับใช้ขยายพันธุ์ต่อไป ผลผลิตขิงแก่มีน้ำหนักโดยเฉลี่ย 3,000-5,000 กิโลกรัมต่อไร่ (เบลเยี่ยม และ จเร, 2525)

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อในสภาพปลอดเชื้อ

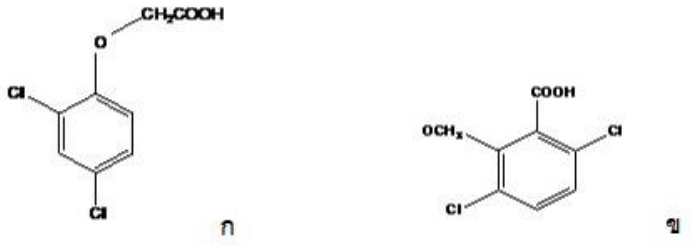
2.4.1 อาหารสังเคราะห์ (media)

อาหารสังเคราะห์ที่ใช้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีหลายชนิด มีความเหมาะสมต่อชนิดของพืชและชิ้นส่วนพืชที่นำมาเพาะเลี้ยงแตกต่างกัน อาหารสังเคราะห์ประกอบด้วยธาตุอาหารหลัก (macro elements) ธาตุอาหารรอง (micro elements) วิตามิน (vitamins) และแหล่งของคาร์บอน (carbon source) เช่น สารประกอบพวกน้ำตาลต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมให้มีการเจริญเติบโตของเซลล์ และมีการพัฒนาให้เกิดเป็นอวัยวะ เป็นต้น สำหรับอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขิงนิยมใช้อาหารสูตรของ Murashige and Skoog (MS) ซึ่งเป็นสูตรที่เหมาะต่อการเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของพืชได้หลายชนิด

2.4.2 สารควบคุมการเจริญเติบโต (growth regulators)

ฮอร์โมนในต้นพืชถูกสร้างขึ้นเพื่อกระตุ้นให้เกิดการเจริญเติบโตต่าง ๆ นำไปสู่การพัฒนาเป็นต้นที่ปกติสมบูรณ์ สำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตทดแทนฮอร์โมนขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการใช้ เช่น เพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและกระตุ้นให้เกิดการสร้างแคลลัส เป็นต้น สารควบคุมการเจริญเติบโตที่นิยมใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมี 2 กลุ่มคือ ออกซินและไซโทไคนิน สารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มออกซินเป็นสารที่ทำหน้าที่กระตุ้นการขยายขนาดและยืดยาวของเซลล์ และกระตุ้นการเกิดราก (พีรเดช, 2537) เซลล์ที่ได้รับออกซินจะปลดปล่อย H^+ เข้าไปในผนังเซลล์ ทำให้ค่า pH ของผนังเซลล์ลดลง ส่งผลให้เกิดการคลายตัวของผนังเซลล์และเกิดการขยายขนาดขึ้น การคลายตัวของผนังเซลล์เกิดจาก pH ไปกระตุ้นให้เกิดการสลายพันธะของโพลี-แซคคาไรด์ในผนังเซลล์ ทำให้เซลล์เติบโตขึ้นได้ (นพดล, 2537) การใช้ออกซินในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ อาจใช้เพื่อช่วยการในพัฒนาการเกิดอวัยวะโดยเฉพาะการกระตุ้นให้เกิดราก กระตุ้นการสร้างแคลลัส นิยมใช้ออกซินหลายชนิด เช่น IAA (indole-3-acetic acid) NAA (naphthalene acetic) และ 2,4-D (2,4-dichloro phenoxy acetic) (ภาพที่ 2.3ก) โดยเฉพาะ 2,4-D มีคุณสมบัติในการยังยั้ง

กระบวนการกำเนิดอวัยวะ เหมาะสมสำหรับการเพิ่มจำนวนและรักษาสภาพการเลี้ยงแคลลัส (รังสฤษดิ์ , 2545) ซึ่งในปัจจุบันการเพาะเลี้ยงแคลลัส นิยมใช้ออกซินชนิดอื่นเพิ่มมากขึ้น เช่น Dicamba (3,6-dichloro-2- methoxybenzoic acid) (ภาพที่ 2.3ข) เป็นต้น



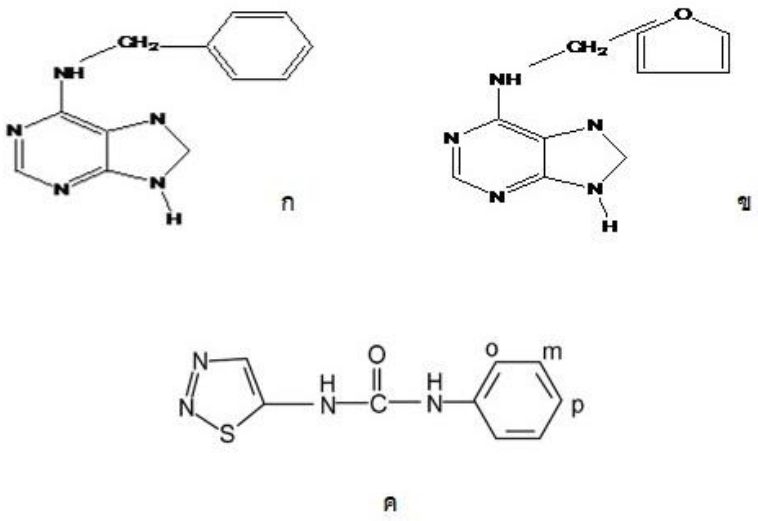
ภาพที่ 2.3 สารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มออกซิน 2,4-D (ก) และ Dicamba (ข)
ที่มา: Saad and Elshed (2012)

สำหรับสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มไซโทไคนิน มีหน้าที่ในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์ กระตุ้นการเจริญเติบโตทางลำต้น กระตุ้นการเจริญเติบโตของตาข้าง และชะลอการแก่ของพืช (พีรเดช, 2537) โดยไซโทไคนินมีอิทธิพลต่อการส่งเสริมการสร้าง RNA และเอนไซม์ ส่งเสริมการแบ่งเซลล์โดยเพิ่มการเปลี่ยนแปลงของเซลล์จากระยะ G_2 เข้าสู่ระยะไมโทซิส (mitosis) และเพิ่มอัตราการสร้างโปรตีน (นพดล , 2537) สำหรับไซโทไคนินที่นิยมใช้มีหลายชนิด เช่น BA (6-benzyladenine) TDZ (1-phenyl-3-(1,2,3-thdiazol-5-yl)urea, Thidiazuron) และ kinetin เป็นต้น (ภาพที่ 2.4ก-ค) โดยเฉพาะ BA นิยมใช้มากในการกระตุ้นให้เกิดตาข้างและการเพิ่มจำนวนยอด ซึ่งอาจใช้ไซโทไคนินเพียงอย่างเดียวหรือร่วมกับออกซิน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาการเจริญเติบโตของพืช

2.4.3 น้ำตาล (sugars)

ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช จำเป็นต้องเติมน้ำตาลลงในอาหารสังเคราะห์ เนื่องจากน้ำตาลเป็นแหล่งของคาร์บอนที่พืชใช้สำหรับการพัฒนาและเติบโตของพืช ความเข้มข้นและชนิดของน้ำตาลที่ใช้อาจแตกต่างกันออกไปตามความเหมาะสม โดยทั่วไปน้ำตาลที่นิยมใช้มากที่สุด คือน้ำตาลซูโครส ที่ระดับความเข้มข้น 2-5 เปอร์เซ็นต์ (บุญยืน, 2544) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าน้ำตาลซูโครสสามารถส่งเสริมการสร้างหัวของพืชในสภาพปลอดเชื้อได้ เช่น มันฝรั่ง (Garner and Blake, 1989) ขมิ้น (Islam *et al*., 2004; Nayak and Naik, 2006) และขิง (Archana *et al*., 2013; Rout *et al*., 2001; Sharma and Singh, 1995; Tyagi *et al*., 2006)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2.4 สารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มไซโทไคนิน BA (ก), kinetin (ข) และ TDZ (ค)
ที่มา: Mok *et al*. (2005) และ Saad and Elshed (2012)

2.4.4 ผงถ่านกัมมันต์ (activated carbon, AC)

ผงถ่านกัมมันต์ผลิตมาจากไม้ที่ถูกคาร์บอไนซ์ด้วยอุณหภูมิสูงควบคู่ไปกับไอน้ำ ภายในเป็นรูตาข่ายละเอียด ซึ่งสามารถดูดซับแก๊สหรือสารเคมีไว้ได้ (คำนูณ, 2542) สำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อนั้น ผงถ่านกัมมันต์ที่เติมลงไปในอาหารสังเคราะห์อาจไปดูดซับสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เติมลงไปหรือสารประกอบที่เป็นพิษ (phenolic compound) ที่เนื้อเยื่อปล่อยออกมา (บุญยืน, 2544) จึงส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย ๆ อย่าง เช่น ชนิดพืช ชนิดอาหาร และเนื้อเยื่อที่ใช้เพาะเลี้ยง เป็นต้น มีรายงานการศึกษาว่าการเติมผงถ่านกัมมันต์สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ เช่น ส่งเสริมการเกิดรากในพืช เช่น หอมใหญ่ (*Allium cepa*) (Fridborg and Eriksson, 1975) บีท (*Beta vulgaris*) (Toldi *et al*., 1996) กล้วยไม้ *Diuris longifolia* (Collins and Dixon, 1992) และ *Eucalyptus regnana* (Blomstedt *et al.,* 1991) ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของยอดพืช เช่น สน (*Pinus caraiensis*) (Pulido *et al*., 1990) หม่อน (*Morus alba*) (Sharma and Thorpe, 1990) มะม่วงหิมพานต์ (*Anacardium occidentale*) (Boggetti *et al*., 1999) และ กล้วยไม้ดิน *Geodorum densiflorum* (Sheelavantmath *et al*., 2000) รวมถึงช่วยส่งเสริมการเติบโตของหัวพืช เช่น ลิลี (Han *et al*., 2005) และ กล้วยไม้ *Cymbidium forrestii* (Peak and Yeung, 1991) อย่างไรก็ตามในพืชบางชนิดการเติมผงถ่านกัมมันต์ส่งผลทำให้เกิดการยับยั้งการสร้างยอด เช่น มะเขือ (*Solanum melongena*) (Perrone *et al*., 1992) และ กล้วยไม้ *Cymbidium forrestii* (Peak and Yeung, 1991)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.5 ความยาววัน (photoperiod)

ความยาววันเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของพืช โดยเปลี่ยนการเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative growth) เข้าสู่การเจริญเติบโตทางด้านสืบพันธุ์ (reproductive growth) (ดนัย, 2544; Adaniya *et al.*, 1989) ได้ศึกษาอิทธิพลของความยาววันในขิงญี่ปุ่นสามพันธุ์คือ Kinoki, Sanshu และ Oshoga พบว่าขิงญี่ปุ่นทั้งสามพันธุ์ เมื่อได้รับแสง 10 ชั่วโมงต่อวัน การเจริญเติบโตทางลำต้นลดลงทั้งส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดิน เหง้าที่เกิดขึ้นมีลักษณะกลมและมีขนาดเล็ก ส่วนต้นขิงที่ได้รับแสง 16 ชั่วโมงต่อวัน มีการเจริญเติบโตที่แข็งแรง เหง้ามีลักษณะยาวและมีขนาดใหญ่ และเมื่อเพิ่มระยะเวลาการให้แสงเป็น 19 ชั่วโมง ส่งผลให้การเจริญเติบโตทางลำต้นลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน เช่นเดียวกับขิงที่ได้รับแสงภายใต้สภาพธรรมชาติและการได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน อย่างไรก็ตาม ลักษณะขิงที่ได้รับแสง 19 ชั่วโมงต่อวันแตกต่างจากขิงที่ได้รับแสงตามธรรมชาติและแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน คือเหง้าขิงไม่มีการพองตัวและเกิดยอดใหม่ขึ้นในช่วงระยะเก็บเกี่ยว ดังนั้นการเจริญเติบโตทางลำต้นจึงมีช่วงวันยาวเป็นตัวกระตุ้น ในขณะที่การเพิ่มขนาดของเหง้าถูกกระตุ้นในช่วงแสงที่สั้นกว่า สำหรับการออกดอกพบว่าขิงพันธุ์ Sanshu สามารถออกดอกเมื่อได้รับแสงตามธรรมชาติ, 13, 16 และ 19 ชั่วโมงต่อวัน โดยแสง 19 ชั่วโมงต่อวันออกดอกช้าที่สุด ในขณะที่ขิงที่ได้รับแสง 10 ชั่วโมงต่อวัน ไม่สามารถกระตุ้นให้ออกดอกได้ จึงสรุปได้ว่าขิงเป็นพืชวันสั้นเชิงปริมาณ (quantitative short day plants) โดยสภาพวันสั้นช่วยสนับสนุนการเจริญเติบโตระยะสืบพันธุ์ ในขณะที่วันยาวชะลอการเจริญเติบโตระยะสืบพันธุ์ ยกเว้นสภาพวันสั้นหรือวันยาวเกินไป (Adaniya *et al.*, 1989) Xu *et al.* (1998) รายงานว่าการสร้างและขยายขนาดหัวของมันฝรั่งนั้น เกิดขึ้นโดยมีสภาพวันสั้นและอุณหภูมิต่ำเป็นปัจจัยที่ชักนำสัญญาณในการแบ่งเซลล์และขยายขนาดของเซลล์ที่จะเป็นหัว โดยเริ่มจากการทำให้เซลล์ยืดยาวก่อน แล้วจึงค่อยทำให้ให้เซลล์เติบโตขยายออกทางด้านข้าง

สำหรับการสร้างเหง้าของขิงในสภาพปลอดเชื้อ การเพาะเลี้ยงขิงในอาหารเหลว โดยให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลานาน 4-5 สัปดาห์ จากนั้นเติมอาหารเหลวสูตร MS ที่มี BA เข้มข้น 8.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 75 กรัมต่อลิตร ภายใต้การเพาะเลี้ยงในที่มืด 24 ชั่วโมงต่อวัน นาน 50-60 วัน ทำให้ขิงมีน้ำหนักเหง้ามากที่สุด (Sharma and Singh, 1995) ส่วนการสร้างหัวของขมิ้น (*Curcuma longa* L.) พบว่าการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวโดยให้แสง 4 ชั่วโมงต่อวัน ทำให้ขมิ้นมีการสร้างเหง้ามากที่สุด (Nayak and Naik, 2006) นอกจากนี้ในหญ้า *Poa pratensis* L. พบว่าวันยาวเป็นตัวกระตุ้นการสร้างหัวและช่วยเพิ่มความยาวของหัว โดยเฉพาะเมื่อได้รับอุณหภูมิสูง แต่สัดส่วนของหัวที่สามารถงอกเป็นต้นพบว่าสภาพวันสั้นกระตุ้นให้เกิดการงอกดีกว่า (Aamlid,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1992) ซึ่ง Koda and Okazawa (1988) รายงานว่าการชักนำให้สร้างหัวของมันฝรั่งเกิดขึ้นเมื่ออยู่ในสภาพวันสั้น โดยวันสั้นเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดกิจกรรมการแลกเปลี่ยนประจุในใบเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่วันยาวทำให้กิจกรรมในใบค่อนข้างคงที่

2.4.6 คุณภาพและความเข้มของแสง (quality and intensity of light)

แสงเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการเจริญเติบโตของพืช โดยทั่วไปพืชมีอัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นเมื่อพืชได้รับความเข้มแสงมากขึ้น (ดนัย, 2544) สำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อความเข้มแสงไม่ควรสูงมากเกินไป ความเข้มแสงที่เหมาะสมคือ 1,000-4,000 ลักซ์ (คำนูณ, 2542) แสงแต่ละสีมีคุณภาพหรือพลังงานไม่เท่ากัน (ดนัย, 2544) โดยแสงที่มีประโยชน์ต่อการสังเคราะห์แสงมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 400-700 นาโนเมตร โดยเฉพาะแสงสีม่วง-น้ำเงิน มีช่วงความยาวคลื่น 380-492 นาโนเมตร และแสงสีแสด-แดง มีช่วงความยาวคลื่น 586-775 นาโนเมตร (นิตย์, 2542) คุณภาพของแสงมีบทบาทต่อการสังเคราะห์แสงและการสร้างปากใบ (Kim *et al*., 2004) นอกจากนี้ Thomas and Vince-Prue (1997) รายงานว่าแสงสีแดงมีประสิทธิภาพมากกว่าแสงสีฟ้า สีเขียว และฟาร์เรด ในการทำ night break ของมันฝรั่งและบีโกเนีย โดยการให้แสงสีแดงคั่นในเวลากลางคืนแก่พืชวันสั้น ส่งผลทำให้เกิดการยับยั้งการออกดอกของพืชวันสั้น แต่ส่งเสริมการออกดอกในพืชวันยาวและยับยั้งการสร้างหัวของพืชด้วย

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเลี้ยงขิงในสภาพปลอดเชื้อ

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขิง สามารถทำได้สำเร็จโดยใช้ชิ้นส่วนของเหง้า (Saingproa and Kanchanapoom, 1997), ชิ้นส่วนจากปลายยอด (Pandey *et al*., 1997; Saingproa and Kanchanapoom, 1997; Kambaska and Santilata, 2009) และชิ้นส่วนจากใบ (Babu *et al*., 1992; Kackar *et al*., 1993; Sultana *et al*., 2009) โดยการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนต่าง ๆ ของขิงบนอาหารที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อกระตุ้นให้เจริญและพัฒนาเป็นต้นโดยตรง หรือกระตุ้นให้เกิดแคลลัสก่อนแล้วจึงกระตุ้นให้เจริญเป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5.1 การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อขยายพันธุ์

มีรายงานการศึกษาการเพิ่มจำนวนต้นขิงโดยการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมต่อขิงในแต่ละพันธุ์ ชิ้นส่วนในการเพาะเลี้ยง และอาหารที่เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนต้น ดังนี้

การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มไซโทไคนินและออกซินร่วมกันเพื่อเพิ่มจำนวนต้นของขิง โดย Pandey *et al*. (1997) พบว่าเมื่อนำส่วนตาของขิงพันธุ์ขิงใหญ่ มาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่มี BA เข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลานาน 5 สัปดาห์ สามารถทำให้ขิงเกิดยอดจำนวนมากที่สุดคือ 5.3 ยอด เช่นเดียวกับ Inden *et al.* (1988) ศึกษาการขยายพันธุ์ขิงในสภาพปลอดเชื้อ โดยตัดชิ้นส่วนปลายยอดมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติม BA เข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 20 กรัมต่อลิตร พบว่าหลังเพาะเลี้ยง 9 สัปดาห์ สามารถชักนำให้ขิงเกิดยอดใหม่มากกว่า 4 ยอดต่อชิ้นส่วนและเกิดรากได้ โดยขิงมีความสูง 20-30 มิลลิเมตรภายใน 6 สัปดาห์หลังการเพาะเลี้ยง และอัตราการเจริญเติบโตนี้ไม่ลดลงในการขยายพันธุ์ในครั้งต่อไป เมื่อศึกษาด้านเซลล์วิทยา ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซม ส่วน Kambaska and Santilata (2009) ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเพิ่มจำนวนขิงพันธุ์ Suprava และ Suruchi พบว่าเมื่อนำส่วนตาขิงมาเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่มี BA เข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลานาน 6 สัปดาห์ สามารถทำให้ขิงมีอัตราการเพิ่มจำนวนยอดมากที่สุด โดยมีจำนวนมากถึง 7.5 ยอด นอกจากนี้ Nkere and Mbanaso (2010) รายงานว่าเมื่อนำชิ้นส่วนปลายยอดขิงมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เป็นเวลานาน 8 สัปดาห์ พบว่าอาหารที่มี NAA เข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA เข้มข้น 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA เข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA เข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ขิงเกิดยอดจำนวนมากที่สุดคือ 4.25 และ 3.38 ยอด ตามลำดับ

การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มออกซินร่วมกับ kinetin และ TDZ สามารถช่วยเพิ่มจำนวนยอดของขิงได้เช่นกัน โดย Sharma and Singh (1997) รายงานว่าเมื่อนำตาของขิงพันธุ์ Himachal local มาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เป็นเวลานาน 4 สัปดาห์ พบว่าการใช้ kinetin เข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA เข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ขิงเกิดยอดจำนวนมากคือ 7.0 ยอด ส่วน Lincy and Sasikumar (2010) ศึกษาการเจริญเติบโตของยอดขิงจากการใช้ TDZ ในขิงสองพันธุ์ คือ พันธุ์ Jamica และพันธุ์ Varada รายงานว่าเมื่อนำชิ้นส่วนต้นขิงมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เป็นระยะเวลา 15-18 วัน พบว่าการใช้ TDZ เข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IBA เข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มจำนวนยอดได้มากที่สุดในขิงทั้งสองพันธุ์ โดยขิงพันธุ์ Jamica เกิดยอดจำนวน 11.1 ยอด ส่วนพันธุ์ Varada เกิดยอดจำนวน 12.9 ยอด

นอกจากนี้ยังมีการทดลองใช้ไซโทไคนินสังเคราะห์ 2 ชนิดร่วมกัน และสามารถชักนำให้ขิงเกิดยอดจำนวนมาก ได้แก่ Khatun *et al*. (2003) รายงานว่าการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนปลายยอดขิง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บนอาหารสูตร MS ที่มี BA เข้มข้น 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ kinetin เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถกระตุ้นให้ขิงเกิดยอดจำนวนมากถึง 22-25 ยอด เช่นเดียวกับ Ayenew *et al.* (2012) ศึกษาชิ้นส่วนสำหรับการเพาะเลี้ยงและการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตร่วมกันอย่างเหมาะสมต่อการขยายพันธุ์ขิงในสภาพปลอดเชื้อ ในขิงจำนวนสองพันธุ์คือ พันธุ์ Yali และ พันธุ์ Boziab พบว่าชิ้นส่วนปลายยอดขิงเหมาะสมที่สุดต่อการขยายพันธุ์ และเมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่มี BA เข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ kinetin เข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถกระตุ้นขิงให้เกิดยอดจำนวน 7.0 ยอด หลังเพาะเลี้ยงนาน 6 สัปดาห์

บางการศึกษาพบว่า การใช้ไซโทไคนินสังเคราะห์เพียงอย่างเดียว มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการเพิ่มจำนวนยอดของขิงในสภาพปลอดเชื้อ ได้แก่ Kavyashree (2009) ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในการเพิ่มจำนวนขิงพันธุ์ Varada พบว่าเมื่อเพาะเลี้ยงตาขิงพันธุ์ Varada บนอาหารสูตร LSBM นาน 2 เดือน อาหารที่เติม BA เข้มข้น 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ขิงมีการตอบสนองต่อการเกิดยอดมากที่สุด คือ 96 เปอร์เซ็นต์ เกิดยอดจำนวนมากที่สุด คือ 19.1 ยอด และเกิดรากจำนวนมากมากที่สุด คือ 12.3 ราก Abbas *et al.* (2011) รายงานว่าการเพาะเลี้ยงตาขิงบนอาหารสูตร MS เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าอาหารที่มี BA เข้มข้น 4.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว สามารถทำให้มีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดสูงที่สุดและทำให้ขิงเกิดยอดจำนวนมากที่สุดคือ 8.0 ยอด ฐิติภาส (2530) ศึกษาการผลิตต้นจากตาข้างของขิงเพื่อให้ปราศจากเชื้อราและแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคเหี่ยว โดยนำตาข้างของขิงมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ร่วมกับ streptomycin ในระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน เพาะเลี้ยงภายใต้อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1,000 ลักซ์ นาน 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 1 เดือน พบว่าการเลี้ยงบนอาหารที่มี BA เข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ streptomycin เข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดต้นใหม่จำนวนมากที่สุดคือ 3.6 ต้นต่อชิ้นส่วน และ สุภารัตน์ (2555) ศึกษาผลของ BA และขนาดชิ้นส่วนต้น ต่อการเพิ่มจำนวนของขิงในสภาพปลอดเชื้อ โดยนำชิ้นส่วนขิงที่มีขนาดความสูง 0.5, 1.0 และ 2.0 เซนติเมตร และตัดผ่า 1/2 และ 1/4 ตามยาว มาเพาะเลี้ยงบนอาหารที่มี BA เข้มข้น 2 ระดับคือ 1.0 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังการเพาะเลี้ยงเป็นเวลานาน 8 สัปดาห์ พบว่าการใช้ชิ้นส่วนขิงขนาด 0.5 เซนติเมตร ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่เติม BA เข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เกิดยอดใหม่มากที่สุด คือ 4.7 ยอด

2.5.2 การเพาะเลี้ยงแคลลัสในสภาพปลอดเชื้อ

การชักนำให้เกิดแคลลัส นิยมใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มออกซิน เช่น 2,4-D และ Dicamba การเกิดแคลลัสในขิงสามารถชักนำจากชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่นำมาเพาะเลี้ยงได้ เช่น ปลายยอด ชิ้นส่วนเหง้า ชิ้นส่วนใบ และราก เป็นต้น ซึ่งมีตัวอย่างในการศึกษาวิจัยดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Babu *et al*. (1992) ศึกษาการชักนำการเกิดแคลลัสจากใบขิง โดยทดสอบในขิงพันธุ์ Maran พบว่าเมื่อตัดใบอ่อนของขิงมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่มี 2,4-D เข้มข้น 1.98-4.99 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้ รวมทั้ง Kackar *et al*. (1993) ศึกษาการชักนำการเกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนใบอ่อนของขิง รายงานว่าเมื่อนำชิ้นส่วนใบขิงมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ดัดแปลง ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มออกซินจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ IAA, NAA, 2,4-D และ Dicamba เป็นเวลา 3-4 สัปดาห์ พบว่าการใช้ Dicamba เข้มข้น 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการชักนำให้เกิดแคลลัสดีที่สุด สำหรับการใช้ชิ้นส่วนจากเหง้าขิง Saingproa and Kanchanapoom (1997) รายงานว่าการชักนำให้เกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนของเหง้าขิงบนอาหารสูตร MS ที่มี 2,4-D เข้มข้น 0.5-4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้ชิ้นส่วนเหง้าขิงเกิดแคลลัสได้ โดยการใช้ 2,4-D เข้มข้น 1.98 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสมากที่สุดคือ 92.0 เปอร์เซ็นต์ Rostiana and Syahid (2008) ศึกษาการชักนำการเกิดแคลลัสจากเนื้อเยื่อเจริญของขิง โดยทดลองนำส่วนเนื้อเยื่อเจริญของขิงอินโดนีเซียพันธุ์ Cimanggu-1 มาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS พบว่าหลังเพาะเลี้ยง 4 สัปดาห์ อาหารที่เติม 2,4-D เข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA เข้มข้น 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสดีที่สุด คือ 93.33 เปอร์เซ็นต์ แคลลัสมีน้ำหนักประมาณ 82.0 กรัม Sultana *et al*. (2009) ศึกษาการชักนำให้เกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนต่าง ๆ ของขิง ได้แก่ ชิ้นส่วนใบ ปลายยอด และราก โดยศึกษาในขิงพันธุ์ Suruchi และ BARI ada-1 พบว่าการชักนำให้เกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนใบได้ผลดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับปลายยอดและราก โดยชิ้นส่วนใบสามารถชักนำให้เกิดแคลลัส 67.07 เปอร์เซ็นต์ และการใช้ Dicamba เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เกิดแคลลัสดีที่สุด คือ 70.20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการใช้ 2,4-D

นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษาชักนำให้เกิดแคลลัสในพืชชนิดอื่น ได้แก่ การชักนำแคลลัสในหงส์เหินดอกขาวโดยนำเนื้อเยื่อโคนต้นมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่มี 2,4-D เข้มข้น 0, 0.01, 0.05, 0.25 และ 1.25 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าการใช้ 2,4-D ที่ระดับความเข้มข้น 1.25 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสดีที่สุด และการเพาะเลี้ยงภายใต้ความเข้มแสง 1,600 ลักซ์ นาน 16 ชั่วโมงต่อวัน ทำให้ได้แคลลัสที่ร่วนแห้งและนำไปขยายพันธุ์ต่อไปได้ (ธิดา, 2544) Yusuf *et al.* (2011) รายงานว่าการชักนำ *Boesenbergia rotunda* ให้เกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนฐานยอด โดยเมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่มี Dicamba และ 2,4-D ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่าทั้ง Dicamba และ 2,4-D สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้ แต่มีเพียง 2,4-D เท่านั้นที่สามารถชักนำให้เกิด embryogenic callus ได้ โดย 2,4-D เข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้มีการตอบสนองต่อการเกิดแคลลัสได้ดีที่สุดคือ 53.4 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5.3 การชักนำการสร้างหัวของพืชในสภาพปลอดเชื้อ

การศึกษากระตุ้นให้ขิงสร้างเหง้าในสภาพปลอดเชื้อ ได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอาจเป็นประโยชน์ในการย่นระยะเวลาการขยายพันธุ์ในแปลงปลูกและนำไปใช้ประโยชน์อื่น อาทิ ด้านอุตสาหกรรม การเก็บรักษาเชื้อพันธุ์ โดยมีรายงานว่าน้ำตาลซูโครสและแสง เป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างเหง้า เช่น Sharma and Singh (1995) ศึกษาการสร้างเหง้าของขิงในสภาพปลอดเชื้อ รายงานว่าการสร้างเหง้าของขิงสามารถทำได้สำเร็จ โดยการเพาะเลี้ยงต้นขิงบนอาหารสูตร MS ที่มี BA เข้มข้น 8.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 75 กรัมต่อลิตร และการเพาะเลี้ยงในที่มืด ทำให้ขิงมีน้ำหนักเหง้ามากที่สุด เช่นเดียวกับ Rout *et al*. (2001) ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตและสภาพแวดล้อมต่อการเพิ่มจำนวนยอดและการสร้างเหง้าของขิง รายงานว่าเมื่อนำต้นขิงที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาชักนำให้เกิดการสร้างเหง้า พบว่าหลังการเพาะเลี้ยง 8 สัปดาห์ การเติมน้ำตาลซูโครสที่ระดับความเข้มข้น 3-8 เปอร์เซ็นต์ และการให้แสง 24 ชั่วโมง สามารถชักนำให้เกิดการสร้างเหง้าของขิงได้ และการใช้น้ำตาลซูโครสสามารถชักนำการสร้างเหง้าได้ดีกว่าการใช้คาร์โบไฮเดรตชนิดอื่น นอกจากนี้การศึกษาการผลิตเหง้าของขิงจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ Mahima, Rejatha และ Varada โดย Archana *et al.* (2013) พบว่าเมื่อเพาะเลี้ยงขิงเป็นเวลานาน 3 เดือน การใช้น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 80 กรัมต่อลิตร ทำให้ขิง 2 พันธุ์ คือ Mahima และ Varada มีน้ำหนักเหง้าเพิ่มมากขึ้น คือ 1.38 และ 1.29 กรัม ส่วนขิงอีกพันธุ์ คือ Rejatha น้ำหนักเหง้าเพิ่มมากถึง 1.83 กรัม เมื่อใช้น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 90 กรัมต่อลิตร

สำหรับการศึกษาการสร้างหัวในพืชชนิดอื่น ได้แก่ Garner and Blake (1989) ศึกษาการชักนำและการเจริญเติบโตของหัวมันฝรั่งในสภาพปลอดเชื้อ รายงานว่าเมื่อนำชิ้นส่วนข้อของมันฝรั่งมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS โดยไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตเป็นเวลา 1 เดือน พบว่าการใช้น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ ทำให้หัวมันฝรั่งมีขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 4 และ 12 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ Islam *et al.* (2004) ศึกษาวิธีการชักนำการสร้างหัวของขมิ้น (*Curcuma longa* L.) อย่างมีประสิทธิภาพ รายงานว่าเมื่อนำตาขมิ้นมาเพาะเลี้ยงบนอาหารที่ไม่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต และนำต้นขมิ้นที่ได้มาศึกษาผลของแสง น้ำตาลซูโครส และสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมต่อการสร้างหัวขมิ้นนั้น พบว่าการใช้น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 9 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการเพาะเลี้ยงในที่มืด ทำให้ขมิ้นมีน้ำหนักหัวมากที่สุด และการใช้ BA เข้มข้น 2.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความเหมาะสมต่อการสร้างหัวของขมิ้นในสภาพปลอดเชื้อ และ Nayak and Naik (2006) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างหัวและการเจริญเติบโตของขมิ้น (*Curcuma longa* L.) รายงานว่าการเพาะเลี้ยงขมิ้นในอาหารเหลวสูตร MS ที่มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

BA เข้มข้น 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำตาลซูโครสที่ระดับความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ และให้แสง 4 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลานาน 90 วัน ทำให้ขมิ้นมีการสร้างหัวมากที่สุดคือ 80 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหนักหัวมากที่สุดคือ 325.3 มิลลิกรัม ส่วนการศึกษาการสร้างหัวของลิลี (*Lilium* oriental hybrid 'Casablanca') พบว่าน้ำตาลซูโครสและผงถ่านกัมมันต์ ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของหัวลิลีได้ โดยการเพาะเลี้ยงหัวลิลีบนอาหารสูตร MS ที่มีน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 60 กรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพดีที่สุดเมื่อเทียบกับการใช้น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 30 และ 120 กรัมต่อลิตร นอกจากนี้การเติมผงถ่านกัมมันต์เข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร ในอาหารสามารถช่วยเพิ่มขนาดหัวของลิลีได้ (Han *et al*., 2005) และ Yusuf *et al.* (2011) ได้ศึกษาการขยายพันธุ์ *Boesenbergia rotunda* รายงานว่าการเพาะเลี้ยงต้นบนอาหารสูตร MS ที่เติมผงถ่านกัมมันต์เข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร ในอาหารช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของต้นและรากได้

นอกเหนือจากระยะเวลาที่ให้แสงแล้ว คุณภาพของแสงก็มีอิทธิพลต่อการสร้างหัวของพืชเช่นกัน การศึกษาการสร้างหัวของ *Achimenes longiflora* พบว่าแสงสีแดงช่วยกระตุ้นการสร้างหัวเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้แสงสีขาว (Deutch, 1974) Wu and Lin (2012) ศึกษาว่าผลของแสง 4 ชนิดที่มีต่อการสร้างรากและใบของ *Protea cynaroides* ได้แก่แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ แสงสีแดงจากหลอด LEDs แสงสีน้ำเงินจากหลอด LEDs และแสงสีแดงร่วมกับน้ำเงินจากหลอด LEDs พบว่าแสงสีแดงช่วยเพิ่มการสร้างรากมากที่สุดถึง 67 เปอร์เซ็นต์ และส่งเสริมการสร้างใบมากที่สุด 13.8 ใบต่อต้น ในขณะที่แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ทำให้เกิดรากเพียง 6.7 เปอร์เซ็นต์และสร้างใบน้อยที่สุดคือ 5.6 ใบต่อต้น นอกจากนี้ Jao *et al.* (2005) ศึกษาผลของแสงสีแดงและสีน้ำเงินจากหลอด LEDs ต่อการสร้างหัวของ *Zantedeschia jucunda* 'Black Magic' พบว่าการใช้แสงสีแดงช่วยเพิ่มความสูง โดยทำให้ต้นมีความสูง 9.8-10.5 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้ความสูงต้นเพียง 6.3 เซนติเมตร ในขณะที่การสร้างหัวพบว่าไม่มีความแตกต่างกันในแสงแต่ละชนิด ส่วน Lian *et al*. (2002) ศึกษาผลของการใช้แสง LEDs ต่อการชักนำและการเติบโตของหัวลิลี (*Lilium* oriental hybrid 'Pesaro') เมื่อทดสอบอิทธิพลของแสงสีแดง แสงสีน้ำเงิน และแสงสีแดงร่วมกับสีน้ำเงิน เปรียบเทียบกับการไม่ให้แสงและการใช้แสงสีขาวจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยให้แสงนาน 16 ชั่วโมงต่อวัน พบว่าการใช้แสงสีแดงร่วมกับแสงสีน้ำเงินช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของหัวลิลี ทำให้หัวมีขนาดใหญ่ขึ้น มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved