บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการขยายพันธุ์ของขิงในสภาพปลอดเชื้อ

การศึกษาผลของ BA และ TDZ ต่อการขยายพันธุ์ของขิงในสภาพปลอดเชื้อ พบว่าหลังเพาะเลี้ยงลำต้นเทียมบนอาหารสูตร MS ดัดแปลง เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ การใช้ BA เข้มข้น 0-1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่อิทธิพลต่อการเกิดยอด ความสูง จำนวนราก และความยาวของราก ในขณะที่การไม่ใช้ TDZ ทำให้การเกิดยอด ความสูง การเกิดราก และจำนวนราก มีค่าสูงกว่าการใช้ TDZ เข้มข้น 0.25-1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบว่ามีอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ BA และ TDZ ทำให้การใช้ BA เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยไม่เติม TDZ สามารถกระตุ้นการเกิดยอดจากลำต้นเทียมได้สูงที่สุด คือ 2.7 ยอดต่อชิ้นส่วน รวมทั้งให้ต้นที่สูงและมีรากจำนวนมาก (ตารางที่ 4.1-4.4) ซึ่งในการทดลองนี้ความเข้มข้นของ BA ที่เหมาะสมมีค่าต่ำกว่าในการทดลองของ Abbas *et al.* (2011) ซึ่งรายงานว่าการใช้ BA เข้มข้น 4.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว ทำให้ขิงมีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดสูงที่สุดและทำให้ขิงเกิดยอดจำนวนมากที่สุด คือ 8 ยอด การที่ BA สามารถกระตุ้นให้เกิดตาข้างและเพิ่มจำนวนยอดของพืช (รังสฤษดิ์, 2545) เนื่องจากมีหน้าที่ในการส่งเสริมการสร้าง RNA และเอนไซม์ และส่งเสริมการแบ่งเซลล์ (พีรเดช, 2537; นพดล, 2537)

การใช้ TDZ เพียงอย่างเดียว หรือใช้ร่วมกับ BA ทำให้ตายอดขิงที่เกิดขึ้นมีลักษณะเกิดเป็นกระจุก สั้น และเกิดรากน้อย (ภาพที่ 4.5) เมื่อนำกลุ่มตายอดนี้ไปเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต เป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มตายอดที่มาจากอาหารเดิมที่ใช้ TDZ เพียงอย่างเดียว ที่ความเข้มข้นต่ำที่สุด คือ 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้เกิดยอดจำนวนมาก คือ 11.2 ยอดต่อชิ้นส่วน และได้ต้นที่สมบูรณ์ ดังนั้นการใช้ TDZ จึงเหมาะสมสำหรับการเพิ่มจำนวนยอดเมื่อใช้ในปริมาณความเข้มข้นต่ำ และการใช้ TDZ ร่วมกับ BA นั้นไม่เหมาะสมต่อการสร้างยอดและการเจริญเติบโตของขิง ซึ่งสอดคล้องกับ Lincy and Sasikumar (2010) ที่รายงานว่ายอดขิงที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารที่มี TDZ มีลักษณะสั้นผิดปกติ เนื่องจาก TDZ จัดอยู่ในกลุ่ม phenylurea ซึ่งเป็นกลุ่มไซโทไคนินสังเคราะห์ที่ออกฤทธิ์สูง (Mok *et al.*, 1982) TDZ จึงช่วยกระตุ้นให้การเกิดการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปลี่ยนแปลงในระดับเซลล์ (differentiation) ในระดับความเข้มข้นต่ำ (Murthy *et al*., 1998) การยับยั้งการยืดยาวของยอดขิงโดย TDZ อาจมีสาเหตุมาจากกิจกรรมของไซโทไคนินนั้นสูงเกินไป โดยปกติไซโทไคนินนั้นสามารถช่วยเพิ่มจำนวนยอดได้ แต่ในขณะเดียวกันกลับส่งผลให้เกิดการยับยั้งการยืดยาว (Huetteman and Preece, 1993) โดยเฉพาะ TDZ ที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มจำนวนยอด ในบางครั้งกลับส่งผลเสีย ทำให้ยอดที่เกิดขึ้นมีปัญหาในการยืดยาวและเกิดรากที่ผิดปกติ (Huetteman and Preece, 1993; Lu, 1993) นอกจากนี้กิจกรรมที่สูงของไซโทไคนิน อาจไปกดทับการทำงานของฮอร์โมนอื่น ๆ ภายในพืช ทำให้ทำงานไม่ได้หรือทำงานน้อยลง เช่น ออกซิน และจิบเบอเรลลิน ซึ่งมีหน้าที่ในการขยายขนาดและช่วยในการยืดยาวของเซลล์ Hutchinson *et al*. (1997) รายงานว่า TDZ ช่วยชักนำให้เกิด somatic embryogenesis ในดอกเจอเรเนียม โดยเข้าไปยับยั้งการสังเคราะห์ GA (triazoles and ancymidol) ดังนั้น TDZ จึงส่งผลกระทบต่อการทำงานของจิบเบอเรลลิน (Murthy *et al*., 1998)

สำหรับการศึกษาผลของ BA, TDZ และ kinetin ต่อการขยายพันธุ์ของขิง เมื่อเพาะเลี้ยงขิงบนอาหารสูตร MS เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าการใช้ BA เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว และการใช้ BA เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ kinetin เข้มข้น 2.0 หรือ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถกระตุ้นให้เกิดยอดได้ดีที่สุด คือ 2.2, 1.9 และ 1.6 ยอดต่อชิ้นส่วน ตามลำดับ ต้นขิงที่ได้มีความสูงและความยาวของรากอยู่ในกลุ่มที่มีค่าสูงสุด (ตารางที่ 4.9) ซึ่งผลที่ได้นี้ไม่สอดคล้องกับ Khatun *et al*. (2003) ที่รายงานว่าการใช้ BA ร่วมกับ kinetin ทำให้ขิงเกิดยอดจำนวนมากกว่าการใช้ BA เพียงอย่างเดียว โดยการใช้ BA เข้มข้น 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ kinetin เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอดขิงมากถึง 22-25 ยอดต่อชิ้นส่วน ซึ่งมากกว่าการใช้ BA เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว ที่ทำให้เกิดยอดเพียง 2 ยอดต่อชิ้นส่วน และไม่สอดคล้องกับ Ayenew *et al.* (2012) ที่รายงานว่าการใช้ BA เข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ kinetin เข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ขิงเกิดยอดมากที่สุด คือ 7 ยอดต่อชิ้นส่วน ในขณะที่การศึกษาใน *Kaempferia galangal* พบว่าการใช้ BA เพียงอย่างเดียวทำให้เกิดยอดจำนวนมากกว่าการใช้ BA ร่วมกับ kinetin (Chirangini *et al*., 2005) การใช้ BA เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ kinetin เข้มข้น 1.0-3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ขิงเกิดยอดและรากปกติ แตกต่างจากการใช้ TDZ ร่วมกับ BA หรือ kinetin เนื่องจาก BA และ kinetin อยู่ในกลุ่ม adenine ซึ่งเป็นไซโทไคนินสังเคราะห์ที่ออกฤทธิ์น้อยกว่าไซโทไคนินสังเคราะห์กลุ่ม phenylurea (Nandi *et al*., 1989; Mok *et al*., 1982) เนื่องจากการใช้ BA เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียวหรือให้ร่วมกับ kinetin ให้จำนวนยอดและคุณภาพของยอดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการขยายพันธุ์ขิงในสภาพปลอดเชื้อจึงควรใช้ BA เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว โดยไม่เติม kinetin เพื่อลดต้นทุนในการขยายพันธุ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับกลุ่มตายอดที่ได้จากกรรมวิธีที่เติม TDZ เมื่อย้ายไปเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ไม่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต พบว่ากลุ่มตายอดบางส่วนสามารถยืดยาวเป็นต้นปกติและเกิดรากจำนวนมาก แต่ยังคงมีกลุ่มตายอดบางส่วนที่ไม่สามารถเติบโตได้เป็นยอดปกติ (ภาพที่ 4.6 และ ภาพที่ 4.12) การที่กลุ่มตายอดสามารถเติบโตเป็นยอดและมีรากปกติได้ อาจมีสาเหตุมาจากฤทธิ์ของไซโทไคนินลดลงอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเติบโตของยอดขิง ดังเช่นในการศึกษาของ Prathanturarug *et al.* (2005) รายงานว่า เมื่อเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตาขมิ้น (*Curcuma longa*) ในอาหารเหลวสูตร MS ที่เติม TDZ เข้มข้น 16 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วย้ายไปเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าขมิ้นสามารถเกิดยอดจำนวนมากถึง 11.4 ยอด และมีรากเกิดขึ้นปกติ ดังนั้นจากการทดลองทั้งสองนี้จึงเป็นไปได้ว่าหากเพาะเลี้ยงลำต้นเทียมขิงในอาหารที่เติม TDZ เป็นเวลา 1-2 สัปดาห์ เพื่อกระตุ้นให้เกิดกลุ่มตาขิง แล้วจึงย้ายมาเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต เป็นเวลา 8 สัปดาห์ น่าจะสามารถกระตุ้นให้เกิดยอดขิงจำนวนมาก ในระยะเวลาอันสั้นได้

5.2 การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเกิดแคลลัสในขิง

5.2.1 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนเหง้าขิง

การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนเหง้าขิง โดยเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนเหง้าบนอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติม 2,4-D เข้มข้น 0-2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA เข้มข้น 0-5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าการไม่ใช้ BA ทำให้เกิดแคลลัสที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยสูงกว่าการใช้ BA เข้มข้น 1.0-5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบว่ามีอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 2,4-D และ BA ต่อการเกิดแคลลัส ทำให้การใช้ 2,4-D เข้มข้น 0.5-1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยไม่เติม BA มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแคลลัสเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.43-0.52 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.11) ชิ้นส่วนเหง้าขิงสามารถเกิดแคลลัสได้ 33.3-46.7 เปอร์เซ็นต์ โดยแคลลัสที่เกิดขึ้นมีค่าเฉลี่ยสีแคลลัส 1.8-2.4 คือสีขาวปนเหลืองและค่าเฉลี่ยเกาะตัวของแคลลัส 2.0-2.4 คือเกาะตัวหลวม (ตารางที่ 4.12 และ 4.13) ผลการเกิดแคลลัสนี้คล้ายกับงานของ Saingproa and Kanchanapoom (1997) ที่รายงานว่าการใช้ 2,4-D เข้มข้น 0.5-4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนเหง้าขิงได้ โดยเฉพาะ 2,4-D เข้มข้น 1.98 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เกิดแคลลัสมากที่สุด คือ 92 เปอร์เซ็นต์ และการใช้ BA เพียงอย่างเดียว ไม่สามารถทำให้เกิดแคลลัสได้ เนื่องจากการเกิดแคลลัสจากกรรมวิธีที่ให้ 2,4-D เข้มข้น 0.5, 1.0 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการทดลองนี้ ไม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการใช้ 2,4-D เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยไม่เติม BA จึงเหมาะสมสำหรับใช้ในการชักนำชิ้นส่วนเหง้าขิงให้เกิดแคลลัส โดยทำให้เกิดแคลลัส 46.7 เปอร์เซ็นต์

การชักนำชิ้นส่วนเหง้าขิงให้เกิดแคลลัส โดยการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนเหง้าบนอาหารสูตร MS ที่เติม 2,4-D เข้มข้น 0-2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ TDZ เข้มข้น 0-1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า TDZ มีอิทธิพลต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแคลลัส โดยการไม่ใช้ TDZ ให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแคลลัสเฉลี่ยสูงที่สุด (ตารางที่ 4.14) การใช้ 2,4-D เข้มข้น 0.5-2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยไม่เติม TDZ สามารถชักนำให้ชิ้นส่วนเหง้าขิงเกิดแคลลัสขึ้น 13.3-40.0 เปอร์เซ็นต์ แคลลัสมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 0.2-0.4 เซนติเมตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยแคลลัสที่เกิดขึ้นมีค่าเฉลี่ยสีของแคลลัส 2.2-2.5 คือสีขาวปนเหลือง มีค่าเฉลี่ยการเกาะตัวของแคลลัส 2.2-2.5 คือแคลลัสเกาะตัวหลวม (ตารางที่ 4.15 และ 4.16) ดังนั้นการใช้ 2,4-D เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว ซึ่งทำให้เกิดแคลลัส 40 เปอร์เซ็นต์ จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมและลดต้นทุนสำหรับการชักนำการเกิดแคลลัส

การชักนำให้เกิดแคลลัสต้องมีสัดส่วนของออกซินต่อไซโทไคนินที่สมดุล (รังสฤษดิ์, 2545) การใช้ 2,4-D เข้มข้น 0.5-2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ TDZ เข้มข้น 0.25-1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่สามารถชักนำชิ้นส่วนเหง้าของขิงให้เกิดแคลลัสได้ อาจมีสาเหตุมาจากระดับความเข้มข้นที่ไม่เหมาะสม เกิดความไม่สมดุลระหว่างออกซินและไซโทไคนิน นอกจากนี้ชิ้นส่วนเหง้าขิงที่นำมาใช้ทดลองนี้คือส่วนของลำต้นที่เปลี่ยนสภาพเพื่อทำหน้าที่เก็บสะสมอาหารเป็นบริเวณที่เนื้อเยื่อหยุดการแบ่งเซลล์ แต่เนื้อเยื่อที่เหมาะสมต่อการการชักนำให้เกิดแคลลัสนั้น ควรเป็นเนื้อเยื่อเจริญที่มาจากเนื้อเยื่อที่มีอายุน้อย (รังสฤษดิ์, 2545) รวมถึงเหง้าขิงที่ใช้ในการทดลองนี้อยู่ในช่วงที่พักตัว การตอบสนองต่อการเกิดแคลลัสจึงอาจเกิดขึ้นได้น้อย

สีของแคลลัสนั้นอาจมีหลายสี ขึ้นอยู่กับรงควัตถุต่าง ๆ ภายในเซลล์ที่เพาะเลี้ยง และปัจจัยสภาพแวดล้อมในการเพาะเลี้ยง (คำนูณ, 2542; แสงจันทร์ 2547) สำหรับการเกาะตัวของแคลลัส พบว่าแคลลัสที่เกิดขึ้นมีทั้งแคลลัสที่เกาะตัวหลวม และเกาะตัวแน่น แคลลัสที่เกาะตัวกันหลวม เซลล์หลุดจากกันง่าย นิยมนำมาใช้ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงเป็นเซลล์แขวนลอยในอาหารเหลว (คำนูณ, 2542) ส่วนแคลลัสที่เกาะตัวแน่นนั้นสามารถพัฒนาไปเป็นยอดและรากง่ายกว่าแคลลัสแบบหลวม (แสงจันทร์, 2547) แคลลัสที่เกิดขึ้นในการทดลองนี้มีค่าเฉลี่ยสีแคลลัสเป็นสีขาวปนเหลือง ซึ่งนับว่าเป็นแคลลัสที่ดี ซึ่ง Guo and Zhang (2005) รายงานว่าการชักนำให้เกิดแคลลัสของขิงนั้น แคลลัสที่มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะเป็นเม็ดกลม สีเหลือง และเกาะตัวหลวม เป็น embryogenic callus เหมาะสำหรับการนำไปเลี้ยงเป็นเซลล์แขวนลอย เช่นเดียวกับ Rostiana and Syahid (2008) รายงานว่าการใช้ 2,4-D สามารถกระตุ้นให้เกิดแคลลัสจากเนื้อเยื่อเจริญส่วนตาขิง ทำให้เกิดแคลลัสที่มีสีเหลือง และเกาะตัวหลวม ซึ่งเป็นลักษณะของ embryogenic callus สามารถกระตุ้นให้พัฒนาเป็นต้นได้ ในขณะที่การใช้ 2,4-D ในระดับความเข้มข้นสูง แคลลัสที่เกิดขึ้นมีสีน้ำตาลและเกิดอาการ necrotic ดังนั้นแคลลัสที่มีสีขาวปนน้ำตาลนั้นอาจไม่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ เนื่องจากสีน้ำตาลอาจเกิดจากสารประกอบฟีนอลที่ส่งผลให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อ (ประพันธ์, 2549) แคลลัสที่ได้จากการทดลองนี้จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น การขยายพันธุ์ การผลิตโปรโตพลาสต์ และการปรับปรุงพันธุ์ เป็นต้น

5.2.2 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนตาขิง

การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนตาขิง โดยเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตาขิงบนอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติม 2,4-D เข้มข้น 0-2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA เข้มข้น 0-5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าการใช้ 2,4-D เข้มข้น 0.5-2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้แคลลัสมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1.22-1.34 เซนติเมตร สูงกว่าการไม่ใช้ 2,4-D ในขณะที่การใช้ BA ไม่มีอิทธิพลต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางแคลลัส (ตารางที่ 4.17) การใช้ 2,4-D เข้มข้น 0.5-2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA เข้มข้น 0-5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ชิ้นส่วนตาขิงเกิดแคลลัส 66.7-100.0 เปอร์เซ็นต์ แคลลัสที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีสีขาวปนเหลืองและเกาะตัวหลวม ดังนั้นในการผลิตแคลลัสจึงควรใช้ 2,4-D เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยไม่เติม BA ซึ่งทำให้ชิ้นส่วนตาขิงเกิดแคลลัส 100 เปอร์เซ็นต์ และมีต้นทุนชักนำให้เกิดแคลลัสต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ

การเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตาขิงบนอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติม 2,4-D เข้มข้น 0-2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ TDZ เข้มข้น 0-1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าการใช้ 2,4-D และ TDZ ต่างมีอิทธิพลต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแคลลัส โดยการใช้ 2,4-D เข้มข้น 0.5-2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้แคลลัสมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1.05-1.25 เซนติเมตร สูงกว่าการไม่ใช้ 2,4-D และการไม่ใช้ TDZ ทำให้แคลลัสมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 1.38 เซนติเมตร การใช้ 2,4-D เข้มข้น 0.5-2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยไม่เติม TDZ ทำให้ชิ้นส่วนตาขิงเกิดแคลลัส 83.3-100.0 เปอร์เซ็นต์ แคลลัสที่เกิดขึ้นมีสีขาวปนเหลืองและมีการเกาะตัวหลวมถึงแน่น เมื่อพิจารณาในแง่ต้นทุนการผลิตร่วมด้วย จึงควรใช้ 2,4-D เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยไม่เติม TDZ ในการชักนำชิ้นส่วนตาขิงให้เกิดแคลลัส ซึ่งสามารถทำให้เกิดแคลลัสได้ 100 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการศึกษาการชักนำให้เกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนตาขิงนี้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Sultana *et al*. (2009) ที่พบว่าการใช้ 2,4-D เข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรทำให้เกิดแคลลัสจากปลายยอดขิงได้ และการใช้ 2,4-D ร่วมกับ BA สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Rostiana and Syahid (2008) รายงานว่าการใช้ 2,4-D เพียงอย่างเดียว และการใช้ 2,4-D ร่วมกับ BA นั้น สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสจากตาขิงได้ โดยการใช้ 2,4-D เข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA เข้มข้น 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสดีที่สุด คือ 93.33% และการใช้ 2,4-D เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA เข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เกิดแคลลัสมากที่สุดจากชิ้นส่วนปลายยอดขิง (Malamug *et al*., 1991) นอกจากนี้ การศึกษาใน *Curcuma kwangsiensis* Lindl. พบว่าการใช้ 2,4-D ร่วมกับ BA และ TDZ สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนโคนต้นได้ (Zhang *et al.,* 2011) ชิ้นส่วนตาขิงตอบสนองต่อการเกิดแคลลัสได้ดี เนื่องจากตาขิงมีส่วนของเนื้อเยื่อเจริญอยู่ การชักนำให้เกิดแคลลัสจะเกิดขึ้นได้ง่ายเมื่อใช้ชิ้นส่วนที่มาจากเนื้อเยื่ออ่อนที่มีบริเวณเนื้อเยื่อเจริญหรือเซลล์พาเรงไคมาอยู่ (Brown, 1990; รังสฤษฎ์, 2545) และเหง้าขิงเริ่มออกจากระยะพักตัว นอกจากนี้ การเกิดแคลลัสยังขึ้นอยู่กับชนิดของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่ใช้ร่วมกัน ชนิดของพืช และแหล่งกำเนิดของพืช (Brown, 1990; Hussian *et al*., 2010)

การใช้ TDZ เพียงอย่างเดียว ไม่สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนตาขิงได้ ในขณะที่บางการศึกษาพบว่าการใช้ TDZ เพียงอย่างเดียว สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้ เช่น ชะเอมเทศ (Wongwicha *et al*., 2008) และกวาวเครือ (*Pueraria candollei* var. mirifica) (Udomsuk *et al.*, 2009) แม้ว่า TDZ มีประสิทธิภาพในการชักนำให้เกิดแคลลัสได้ แต่ในการทดลองครั้งนี้พบว่าการใช้ TDZ ที่ระดับความเข้มข้น 0.25-1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยไม่เติม 2,4-D นั้นไม่สามารถชักนำให้แคลลัสจากชิ้นส่วนตาขิงได้ การใช้ TDZ อาจไม่เหมาะสมกับการชักนำให้เกิดแคลลัสในขิง เหมือนกับการยับยั้งการเติบโตในขิง ทั้งนี้มีรายงานว่าการใช้ TDZ ส่งผลให้ยอดขิงมีการเจริญเติบโตที่ผิดปกติ เนื่องจาก TDZ ไปยับยั้งการเติบโตของเซลล์ (Huetteman and Preece, 1993)

5.2.3 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนใบขิง

การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเกิดแคลลัสจากชิ้นส่วนใบขิง โดยเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่มี 2,4-D และ Dicamba พบว่าการใช้ 2,4-D เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้แคลลัสมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1 เซนติเมตร แคลลัสมีสีขาวและเกาะตัวหลวม ส่วนการใช้ 2,4-D เข้มข้น 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ Dicamba เข้มข้น 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้แคลลัสมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.4 เซนติเมตร แคลลัสมีขาวปนเหลืองและเกาะตัวหลวม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทั้งสองกรรมวิธีเกิดแคลลัสเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ และแคลลัสเกิดได้ช้าโดยเริ่มเกิดในสัปดาห์ที่ 23-25 หลังการเพาะเลี้ยง ในขณะที่กรรมวิธีอื่น ๆ ไม่สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้ (ตารางที่ 4.23) สอดคล้องกับการศึกษาของ Babu *et al*. (1992) รายงานว่าการชักนำการเกิดแคลลัสจากใบขิงพันธุ์ Maran โดยใช้ใบอ่อนมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต พบว่าการใช้ 2,4-D เข้มข้น 1.98-4.99 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้ ในขณะที่ Kackar *et al*. (1993) และ Sultana *et al*. (2009) รายงานว่าการใช้ Dicamba ทำให้ใบขิงเกิดแคลลัสได้ดีกว่าการใช้ 2,4-D ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลการทดลองนี้ ที่พบว่าการใช้ 2,4-D เหมาะสมกว่าการใช้ Dicamba ซึ่งการใช้ Dicamba เข้มข้น 0.25-1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่สามารถชักนำให้ชิ้นส่วนใบขิงให้เกิดแคลลัสได้ และพบว่าการใช้ชิ้นส่วนใบขิงไม่เหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดแคลลัส เมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารที่เติม 2,4-D และ Dicamba ตามกรรมวิธีการทดลอง เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสต่ำและใช้เวลานานในการเกิดแคลลัส ต่างจากผลการศึกษาของ Sultana *et al*. (2009) ที่รายงานว่าการชักนำให้เกิดแคลลัสโดยใช้ใบขิงเหมาะสมกว่าการใช้ปลายยอด ทั้งนี้การเกิดแคลลัสจากใบขิงอาจมีปัจจัยอย่างอื่นมาเกี่ยวข้อง เช่น พันธุ์ขิง สารควบคุมการเจริญเติบโต ขนาดชิ้นส่วนใบ รวมถึงวิธีการวางชิ้นส่วนใบ เป็นต้น

5.3 การศึกษาการชักนำให้เกิดการสร้างเหง้าขิงในสภาพปลอดเชื้อ

5.3.1 ผลของน้ำตาลซูโครส ผงถ่านกัมมันต์ และระยะเวลาการให้แสงต่อการสร้างเหง้าของขิง

จากการศึกษานี้ พบว่าผงถ่านกัมมันต์ส่งผลต่อการเกิดยอดและใบของขิงโดยทำให้จำนวนยอดและจำนวนใบลดลงแต่ไม่มีผลต่อการสร้างเหง้าของขิง (ตารางที่ 4.24, 4.26 และ 4.28) สอดคล้องกับการศึกษาในพืช *Solanum melogena* (Perrone *et al*., 1992) และ *Cymbidium forrestii* (Peak and Yeung, 1991) พบว่าการเติมผงถ่านกัมมันต์ส่งผลให้เกิดการยับยั้งการสร้างยอด โดยปกติผงถ่านกัมมันต์มีคุณสมบัติในการดูดซับสารพิษจากกระบวนการเมทาบอลิซึมของพืชซึ่งรวมถึงสารควบคุมการเจริญเติบโตด้วย (Thomas, 2008) จึงเป็นไปได้ว่าผงถ่านกัมมันต์อาจไปดูดซับ BA ในอาหาร ที่ทำหน้าที่ในการส่งเสริมการแบ่งเซลล์และกระตุ้นการเกิดยอด ทำให้กรรมวิธีที่เติมผงถ่านกัมมันต์เกิดยอดลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่ไม่ได้เติมผงถ่านกัมมันต์ ในขณะที่การศึกษาในพืชบางชนิดเมื่อเติมผงถ่านกัมมันต์สามารถช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและจำนวนยอดได้ เช่น การศึกษาในพืช *Boesenbergia rotunda* (Yusuf *et al*., 2011), *Hedychium coronarium* (Verma and Bansal, 2013), *Anacardium occidentale* (Boggetti *et al*., 1999), *Geodorum densiflorum* (Sheelavantmath *et al*., 2000) และ *Lupinus sp*. (Mulin and Bellio-Spataru, 2000) เป็นต้น โดย Pan

and Staden (1998) รายงานว่าผงถ่านกัมมันต์สามารถช่วยให้สารควบคุมการเจริญเติบโตอยู่ในสภาพคงตัวและสร้างสภาพมืดให้แก่พืช เนื่องจากแสงทำให้ IAA เสื่อมสลายได้ง่ายกว่าเมื่ออยู่ในที่มืด (Nissen and Sutter,1990) และในบางพืช เช่น ลิลี การเติมผงถ่านกัมมันต์ช่วยให้หัวมีขนาดใหญ่ขึ้น (Han *et al*., 2005) ดังนั้นการเติมผงถ่านกัมมันต์อาจช่วยส่งเสริมหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชนั้น จึงขึ้นอยู่กับชนิดพืชและปัจจัยอื่น ๆ ด้วย เช่น ระยะเวลาที่ได้รับแสง (ตารางที่ 4.24)

น้ำตาลซูโครสมีผลต่อความสูง จำนวนใบ และการเกิดเหง้าของขิง เมื่อให้น้ำตาลซูโครสเข้มข้นมากขึ้นส่งผลให้ความสูง จำนวนใบ และการเกิดเหง้าเพิ่มขึ้น การให้น้ำตาลซูโครสที่ระดับความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมต่อการเพิ่มความสูงของต้น ในขณะที่ระดับความเข้มข้น 6-8 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการสร้างใบ และที่ระดับความเข้มข้น 6-10 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมต่อการสร้างเหง้า (ตารางที่ 4.24, 4.27 และ 4.28) ก่อนหน้านี้มีการรายงานว่าน้ำตาลซูโครสช่วยส่งเสริมการสร้างหัวของพืชหลายชนิด 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) เนื่องจากอวัยวะสะสมอาหารของพืชมีคาร์โบไฮเดรตสะสมอยู่ โดยเหง้าของขิงนั้นมีแป้งเป็นส่วนประกอบถึง 45.25 เปอร์เซ็นต์ (Haq *et al*., 1986) น้ำตาลซูโครสจึงมีผลต่อการสร้างหัวของพืช (Nayak, 2000) นอกจากนี้ Nayak and Naik (2006) รายงานว่าการสร้างหัวของขมิ้นนั้นน้ำตาลมีอิทธิพลมากกว่าระยะเวลาที่ได้รับแสง ส่วน Archana *et al.* (2013) รายงานว่าการใช้น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 80-90 กรัมต่อลิตร ทำให้เหง้าขิงพันธุ์ Mahima มีน้ำหนักสูง และเกิดยอดขิงจำนวนมาก เมื่อนำขิงไปปลูกพบว่ามีโอกาสรอดชีวิต 67-100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การใช้น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 30 กรัมต่อลิตร ทำให้ขิงมีจำนวนยอดและน้ำหนักเหง้าน้อย และเมื่อนำขิงไปปลูกพบว่ามีโอกาสรอดเพียง 33 เปอร์เซ็นต์ การทดลองนี้พบว่าน้ำตาลซูโครสที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นความเข้มข้นที่สูงเกินไป ทำให้การเจริญเติบโตของขิงผิดปกติเกิดการยับยั้งความสูงและการสร้างใบของขิงเช่นเดียวกับการศึกษาการสร้างเหง้าในขิงของ Archana *et al.* (2013)

ระยะเวลาที่ขิงได้รับแสงมีผลต่อจำนวนใบและการเกิดเหง้า การเพาะเลี้ยงขิงให้ได้รับแสง 16 และ 24 ชั่วโมงต่อวัน ให้จำนวนใบและการเกิดเหง้าสูงกว่าเพาะเลี้ยงในที่มืด (ตารางที่ 4.24 และ 4.28) สอดคล้องกับการศึกษาของ Abbas *et al.* (2014) รายงานว่าการให้แสง 16 ชั่วโมง สามารถชักนำให้เกิดการสร้างเหง้าของขิงได้ดีกว่าการเพาะเลี้ยงในที่มืด ในขณะที่ Sharma and Singh (1995) พบว่าการเพาะเลี้ยงขิงในที่มืดทำให้เกิดเหง้าดีที่สุด ส่วนในขมิ้น (*Curcuma longa* L.) นั้น Islam *et al.* (2004) รายงานว่าการเลี้ยงขมิ้นในที่มืดทำให้ได้น้ำหนักเหง้าของขมิ้นสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการทดลองนี้ยังพบว่ามีอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างการให้แสงกับปัจจัยอื่นต่อการเจริญเติบโตและการสร้างเหง้าของขิง (ตารางที่ 4.24) แสงและน้ำตาลซูโครสมีอิทธิพลร่วมต่อจำนวนยอด จำนวนใบ และการสร้างเหง้า ซึ่งการให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน ร่วมกับน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมในการกระตุ้นการสร้างยอด ใบ และทำให้มีอัตราของเส้นผ่าศูนย์กลางเหง้าต่อเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเทียมสูง (ตารางที่ 4.24) และเมื่อสังเกตลักษณะเหง้าขิง พบว่าเหง้าขิงที่ได้จากการใช้น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับแสง 16 ชั่วโมง โดยเติมและไม่เติมผงถ่านกัมมันต์ เหง้าขิงมีขนาดใหญ่ และมีตาขิงจำนวนมาก (ภาพที่ 4.19) Rout *et al*. (2001) รายงานว่าน้ำตาลซูโครสที่ระดับความเข้มข้น 3-8 เปอร์เซ็นต์ และการให้แสง 24 ชั่วโมง สามารถชักนำให้เกิดการสร้างเหง้าของขิงได้ แสงมีผลต่อการสร้างเหง้าเนื่องจากแสงเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการสังเคราะห์แสงเพื่อผลิตอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโตและสะสมไว้ที่อวัยวะสะสมอาหาร สอดคล้องกับการทดลองนี้ ซึ่งพบว่าการให้แสง 16-24 ชั่วโมง นั้นทำให้ขิงสร้างใบจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดการสังเคราะห์แสงมากขึ้น จำนวนใบที่เกิดขึ้นจึงมีส่วนช่วยในการสร้างเหง้าของขิงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ในการทดลองนี้ ที่พบว่าข้อมูลเปอร์เซ็นต์การเกิดเหง้ามีแนวโน้มสัมพันธ์กับข้อมูลจำนวนยอดและจำนวนใบ โดยมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน (ตารางที่ 4.29)

ดังนั้นการใช้น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับระยะเวลาการให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน โดยไม่เติมผงถ่านกัมมันต์ จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดต่อการสร้างเหง้าและการเจริญเติบโตของขิง

5.3.2 ผลของชนิดของแสงและน้ำตาลซูโครสต่อการสร้างเหง้าขิง

จากการศึกษานี้ พบว่าน้ำตาลซูโครสมีผลต่อการสร้างเหง้า จำนวนยอด ความสูง และจำนวนใบของขิง เมื่อความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้การสร้างเหง้าและจำนวนยอดเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันกลับส่งผลทำให้ความสูงและจำนวนใบลดลง น้ำตาลซูโครสที่ระดับความเข้มข้น 8-10 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมต่อการสร้างเหง้าขิง น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 6-8 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมต่อการสร้างยอด และน้ำตาลซูโครสที่ระดับความเข้มข้น 3-6 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมกับการเพิ่มความสูงและจำนวนใบของขิง ในขณะที่น้ำตาลซูโครสที่ระดับความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของขิง (ตารางที่ 4.30, 4.32, 4.33 และ 4.34) ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตาลซูโครสมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและสร้างเหง้าของขิง ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 5.3.2 ข้างต้น

ชนิดของแสงมีผลต่อการสร้างเหง้า จำนวนยอด และความสูงของขิง โดยแสงสีขาวจากหลอด LED และแสงสีแดง เหมาะสมต่อการส่งเสริมการสร้างเหง้าและการเกิดยอดของขิง (ตารางที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.30, 4.31 และ 4.32) และผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ที่พบว่าข้อมูลเปอร์เซ็นต์การเกิดเหง้ามีแนวโน้มสัมพันธ์กับจำนวนยอดไปในทิศทางเดียวกัน แต่ไปในทิศทางตรงข้ามกับความสูงต้นและจำนวนใบ (ตารางที่ 4.35) ทั้งนี้ความเข้มแสงเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการสังเคราะห์แสง ความเข้มแสงที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งในการทดลองนี้แสงสีขาวจากหลอด LED มีความเข้มแสงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกับแสงอีก 3 ชนิด พืชสามารถสังเคราะห์แสงได้ดีขึ้นเมื่อพืชได้รับความเข้มแสงมากขึ้น (ดนัย, 2544) ทำให้พืชมีการสร้างอาหารและนำไปใช้ในการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้น ส่วนแสงสีแดงแม้จะมีความเข้มแสงน้อยกว่าแสงสีขาวจากหลอด LED แต่สามารถชักนำให้เกิดการสร้างเหง้าของขิงได้ (ตารางที่ 4.30 และ 4.31) สอดคล้องกับการศึกษาใน *Achimenes longiflora* พบว่าคุณภาพแสงมีผลต่อการสร้างหัว โดยพบว่าแสงสีแดงช่วยกระตุ้นการสร้างหัวของ *Achimenes longiflora* เพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้แสงสีขาว (Deutch, 1974)

Zhou and Singh (2002) รายงานว่าแสงสีแดงช่วยการพัฒนาของรากและใบ ส่งเสริมการออกดอก และไม่แสดงอาการซีดของลำต้นและใบในพืช American cranberry ได้ แสงสีแดงเป็นแสงที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้มาก การสังเคราะห์แสงของพืชใช้แสงสีแดงและสีน้ำเงินมากถึง 60 เปอร์เซ็นต์ (Hershey, 2001) แสงสีแดงนอกจากจะช่วยในการสังเคราะห์แสงแล้ว ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์คาร์โบไฮเดรตจากใบด้วย (Saebo *et al*., 1995) ทั้งนี้ในการศึกษาการใช้แสงสีแดงเพื่อกระตุ้นการสร้างหัวของปทุมมา (*Curcuma alismatifolia*) พบว่าแสงสีแดงทำให้คุณภาพหัวของหัวพันธุ์ปทุมมาลดลงและเร่งวงจรชีวิตของปทุมมา แต่ไม่มีผลยับยั้งการสร้างหัว (Chidburee, 2008) การเร่งวงจรชีวิตของพืช ทำให้พืชเข้าสู่ระยะชราและพักตัวเร็วขึ้น พืชหัวจะสะสมอาหารในอวัยวะสะสมอาหารใต้ดินก่อนเข้าสู่ระยะพักตัว (โสระยา, 2557) แสงสีแดงจึงอาจมีผลต่อการชักนำการเข้าสู่ระยะพักตัวขิง ทำให้ขิงกระตุ้นการสะสมอาหารและชักนำสร้างเหง้าของขิงได้ อย่างไรก็ตามพบว่าการใช้แสงสีแดงทำให้ความสูงของต้นขิงเพิ่มขึ้น เช่นเดียวการศึกษาในปทุมมา (*Curcuma alismatifolia*) พบว่าการปลูกปทุมมาในสภาพแสงสีแดงทำให้ต้นพืชยืดสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมและต้นมีลักษณะผอม (Chidburee, 2008) และการศึกษาของ Jao *et al.* (2005) รายงานผลของแสงสีแดงและสีน้ำเงินจากหลอด LEDs ต่อการสร้างหัวของ *Zantedeschia jucunda* ‘Black Magic’ โดยพบว่าการใช้แสงสีแดงช่วยเพิ่มความสูง โดยทำให้ต้นมีความสูง 9.8-10.5 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้ความสูงต้นเพียง 6.3 เซนติเมตร ในขณะที่การสร้างหัวพบว่าไม่มีความแตกต่างกันในแสงแต่ละชนิด การที่แสงสีแดงช่วยเพิ่มความสูงของต้นนั้น อาจมีสาเหตุจากความเข้มแสงของแสงสีแดงน้อยกว่าแสงชนิดอื่น ทำให้ต้นขิงยืดตัวเพื่อเข้าหาแสง หรืออาจเป็นเพราะแสงสีแดงเพิ่มการเติบโตของใบ เช่นในกรณีของ *Cymbidium* (Tanaka *et al*., 1998) หรือเพราะช่วยเพิ่มความยาวของใบ เช่นในกรณีของ *Doritaenopsis* (Shin *et al*., 2008) ส่วนการใช้

แสงสีน้ำเงินร่วมกับแสงสีแดงในการศึกษานี้ พบว่ามีการสร้างเหง้าของขิงและจำนวนยอดไม่แตกต่างจากการใช้แสงสีขาวจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งไม่สอดคล้องกับ Lian *et al*. (2002) ที่รายงานว่าเมื่อทดสอบการตอบสนองของหัวลิลี *Lilium* oriental hybrid 'Pesaro' ต่อแสงสีแดง แสงสีน้ำเงิน และแสงสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินจากหลอด LEDs เปรียบเทียบกับการไม่ให้แสงและแสงสีขาวจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยให้แสงนาน 16 ชั่วโมงต่อวัน พบว่าการใช้แสงสีแดงร่วมกับแสงสีน้ำเงิน ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของหัวลิลี ทำให้หัวมีขนาดใหญ่ขึ้น มีน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งสูงขึ้น

จากการทดลองนี้ยังพบว่ามีอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของแสงร่วมกับระดับความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสต่อการสร้างเหง้าของขิง โดยการใช้แสงสีขาวจากหลอด LED และแสงสีแดง ร่วมกับน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ และแสงสีแดงร่วมกับน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมต่อการสร้างเหง้าของขิง เมื่อสังเกตลักษณะเหง้าขิงจากทั้งสามกรรมวิธี พบว่าเหง้าขิงจากการใช้น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับแสงสีขาวจากหลอด LED เหง้าขิงมีลักษณะยาวและผอม ในขณะที่การใช้น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 8-10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับแสงสีแดง เหง้าขิงมีลักษณะกลมและมีขนาดใหญ่ แต่เหง้าขิงที่ได้จากน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับแสงสีขาวจากหลอด LED มีจำนวนตาขิงมากกว่าการใช้น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 8-10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับแสงสีแดง (ภาพที่ 4.21)

นอกจากนี้พบว่าน้ำตาลซูโครสที่ระดับความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของขิง ดังนั้นเพื่อประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิตเหง้าขิงในสภาพปลอดเชื้อ การใช้หลอด LED สีขาวหรือสีแดง ร่วมกับน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ จึงเหมาะสมต่อการสร้างเหง้าและการเจริญเติบโตของขิงมากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved