การใช้รังสีแกมมาเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในใบแอฟริกันไวโอเลต (*Saintpaulia ionantha*)

The Use of Gamma Radiation on Induced Mutation in Leaf Cuttings of African Violet (*Saintpaulia ionantha*)

คำนำ

แอฟริกันไวโอเลต (African Violet, *Saintpaulia ionantha*) เป็นไม้ดอกไม้ประดับที่มีศักยภาพในเชิงการค้า มีการผลิตเมล็ดและต้นจำหน่ายแพร่หลายทั่วไป นิยมปลูกในรูปของไม้กระถาง มีทรงต้น ใบ และดอกที่สวยงาม ปลูกเลี้ยงง่าย และสามารถปรับตัวให้เข้ากับการปลูกเลี้ยงในอาคารบ้านเรือนได้ดี (จิรายุพิน, 2539)

การขยายพันธ์แอฟริกันไวโอเลตทำได้ง่าย ที่นิยมปฏิบัติกันมากได้แก่ การปักชำใบ การแบ่งแยกหน่อข้าง การขยายพันธุ์จากเมล็ด และการขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (จิรายุพิน, 2539) พันธุ์ดั้งเดิมของแอฟริกันไวโอเลตมีกลีบดอกชั้นเดียว (single) และมีสีเดียวคือสีม่วง ออกดอกเป็นช่อ ก้านดอกยาวประมาณ 7-10 เซนติเมตร กลีบดอกมี 5 กลีบ ใบรูปไข่ ขอบใบเรียบ มีขนอ่อนอยู่ทั่วไปทั้งบนใบและใต้ใบ ต่อมา วิทยาการก้าวหน้าไปมาก มีการผสมพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์จนได้พันธุ์ใหม่ ๆ ออกมา ดอกมีหลายสี มีทั้งสีขาว สีชมพู สีแดง และสีม่วง (สมเพียร, 2522) ในเรื่องของไม้ดอกไม้ประดับ ตลาดมีความต้องการความแปลกใหม่อยู่เสมอ ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์แอฟริกันไวโอเลตจึงมีความจำเป็นต้องทำอย่างต่อเนื่องเพื่อสนองตอบความต้องการของตลาด โดยหลักการปรับปรุงพันธุ์ประกอบด้วยการคัดเลือกพันธุ์ (selection) และการผสมพันธุ์ (hybridization) โดยนำมาใช้ร่วมกับเทคนิคปลีกย่อยอื่น ๆ เช่นการผสมกลับ (backcross) ก็จะได้สายพันธุ์ที่ต้องการ นักปรับปรุงพันธุ์พืชส่วนใหญ่อาศัยความแปรปรวนในลักษณะต่าง ๆ ที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติอันเป็นผลเนื่องมาจากการผสมพันธุ์ และการกลายพันธุ์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ (spontaneous mutation) อย่างไรก็ตามเมื่อมีการค้นพบว่ารังสีหลายชนิดสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ นักปรับปรุงพันธุ์จึงได้นำรังสีมาใช้ในการพัฒนาวิธีการและเทคนิคให้ทันสมัยและใช้ได้ผลเพื่อช่วยในการปรับปรุงพันธุ์ให้ประสบผลสำเร็จเร็วขึ้น

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาปริมาณรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแอฟริกันไวโอเลต
2. ศึกษาลักษณะการกลายพันธุ์ที่เกิดจากการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน
3. คัดเลือกลักษณะกลายที่เป็นความต้องการของตลาด ได้แก่ สีดอก ลักษณะทรงพุ่ม

การตรวจเอกสาร

แอฟริกันไวโอเลต

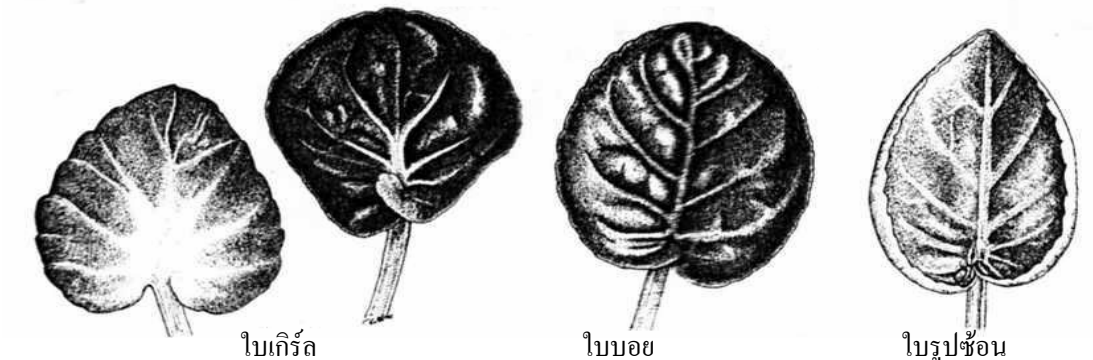
แอฟริกันไวโอเลตมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Saintpaulia ionantha* จัดอยู่ในตระกูล เจสเนอเรียซีอี (Gesneriaceae) มีถิ่นกำเนิดอยู่ที่ประเทศแอฟริกา เป็นไม้ประเภท 'house plant' หรือไม้ปลูกเลี้ยงภายในบ้านเรือนอันเนื่องมาจากมีความต้องการแสงที่มีความเข้ม (light intensity) ไม่มากนัก คือประมาณ 800-1200 ฟุตแคนเดิล (สมเพียร, 2522)

แอฟริกันไวโอเลตเป็นต้นไม้ป่าที่มีถิ่นกำเนิดในบริเวณเล็ก ๆ ในแถบทางตอนเหนือของแทนซาเนีย และทางตอนใต้ของประเทศเคนยาแถบภูเขายูแซมบาราและจากภูเขาอื่น ๆ ในบริเวณนี้ ซึ่งบารอนฟอนเซนต์ปอล (Baron Walter Bon Saint Puallllaire) เป็นผู้ค้นพบต้นไม้นี้ในปี พ.ศ. 2435 ในเขตตะวันออกเฉียงเหนือของแทนซาเนีย แล้วนำไปให้บิดาทดลองเลี้ยงก่อนส่งไปยังสวนพฤกษศาสตร์ ชื่อ Herrenhausen ในเยอรมนี เมื่อออกดอกจึงทราบว่าเป็นไม้สกุลใหม่ ทางสวนพฤกษศาสตร์จึงตั้งชื่อต้นไม้ชนิดนี้ว่า *Saintpaulia ionantha* ชื่อสกุล (genus) "Saintpaulia" เป็นชื่อที่ตั้งขึ้นเพื่อเป็นเกียรติกับวงศ์ตระกูลของผู้ค้นพบ ส่วนชื่อชนิด "ionantha" หมายถึงมีลักษณะดอกคล้าย ๆ กับดอกไวโอเลต (violet) (จิรายุพิน, 2539)

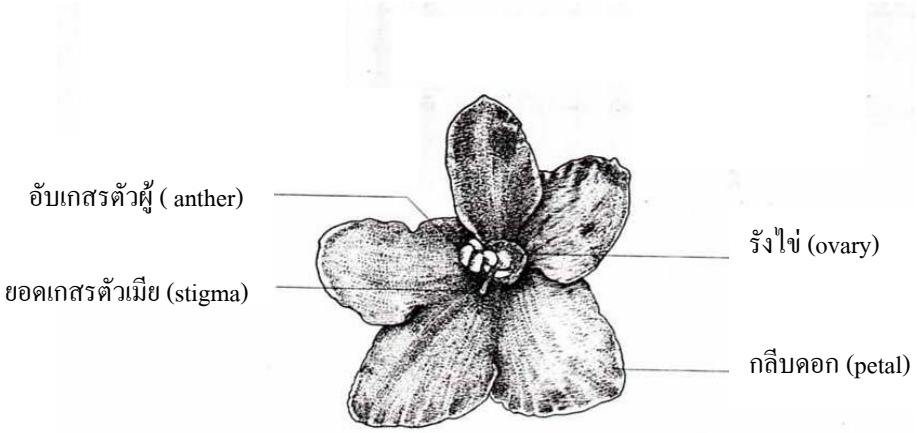
แอฟริกันไวโอเลตจัดอยู่ใน genus *Saintpaulia* วิวัฒนาการมาจาก genus *Streptocorpus* subgenus *Streptocarpella* ซึ่งแอฟริกันไวโอเลตส่วนใหญ่เป็นพืชพวก diploid 2n = 30 (Moller and Cronk, 1997) เกสรตัวผู้สีเหลืองซึ่งมีลักษณะคล้ายถุงเล็ก ๆ ภายในบรรจุละอองเรณูที่มีลักษณะเป็นผงสีเหลือง (Harrison *et al*., 1999)

ลักษณะทางพฤกศาสตร์ จิรายุพิน (2539) อธิบายลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของแอฟริกันไวโอเลตไว้ดังนี้

ใบ ลักษณะใบแอฟริกันไวโอเลตมีความแปรผันของรูปร่างและสีใบ ทั้งนี้เป็นการผันแปรซึ่งเกิดจากการผสมพันธุ์ มีแบบแปลก ๆ มากมายและมีชื่อเรียกเฉพาะ เช่น



ภาพที่1 ลักษณะใบของแอฟริกันไวโอเลต



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบของดอกแอฟริกันไวโอเลต

ภาพที่ 3 ลักษณะของดอกแอฟริกันไวโอเลต ภาพที่ 1-3 ที่มา : จิรายุพิน (2539)

1. ใบเกิร์ล (girl leaves) คือใบที่มีแต้มด่างสีขาวที่โคนใบซึ่งต่อกับก้านใบ ใบชนิดนี้มักเป็นคลื่น หรือมีขอบใบหยักซี่ฟัน พันธุ์ที่มีลักษณะใบเกิร์ลนี้บางพันธุ์ก็ปลูกเลี้ยงยากที่จะทำให้แบนและมีระเบียบเหมือนพันธุ์อื่น ๆ ส่วนมากใบจะยกตัวขึ้นเล็กน้อย (ภาพที่ 1)

1. ใบเรียบธรรมดา เรียกว่า ใบเทลเลอร์ หรือใบบอย (tailored leaves or boy leaves) เป็นใบเรียบธรรมดา อาจมีรูปกลมหรือไข่ และใบรูปช้อน (ภาพที่ 1)

ดอก แอฟริกันไวโอเลตมีกลีบดอกซึ่งเป็นส่วนที่สวยงามของดอก มีทั้งเกสรตัวเมียและเกสรตัวผู้ เกสรตัวเมียประกอบด้วยก้านเกสรตัวเมียเป็นเป็นเส้นที่ยาวที่สุดอยู่กลางดอก และยอดเกสรตัวเมียมีส่วนโคนเป็นที่ตั้งของรังไข่ มีเมล็ดที่ยังไม่สมบูรณ์อยู่ภายใน จะสมบูรณ์ก็ต่อเมื่อได้รับการผสมจากเกสรตัวผู้แล้ว สำหรับเกสรตัวผู้ประกอบด้วยอับเรณูสีเหลืองสดใสเห็นได้ชัดเจนตั้งแต่ 2 อันขึ้นไป และก้านเกสรตัวผู้ (ภาพที่ 2) ดอกชนิดแรก ๆ ที่พบตามธรรมชาตินั้น มีกลีบดอกเพียงชั้นเดียวแต่นักปรับปรุงพันธุ์ไม่ต้องการให้มีดอกเพียงชั้นเดียวเพราะกลีบดอกชั้นเดียวมักเหี่ยวและร่วงง่าย รูปดอกที่พบโดยทั่วไปนั้นประกอบด้วย

1. ดอกรูปมาตรฐานแบบไวโอเลต (violet) ปลายกลีบมน สามกลีบล่างมีขนาดเท่ากันและใหญ่กว่าสองกลีบบน โคนกลีบเชื่อมติดกัน

2. ดอกแบบรูปดาว (star) ปลายกลีบแหลม มีขนาดเท่ากันทุกกลีบ โคนกลีบเชื่อมติดกัน

นอกจากนี้ดอกแอฟริกันไวโอเลตยังสามารถแบ่งลักษณะการซ้อนกันของดอกได้เป็นสามลักษณะ คือ (ภาพที่ 3)

1. ดอกซ้อนชั้นเดียว คือ ดอกที่มีกลีบดอก 5 กลีบ

2. ดอกกึ่งซ้อน คือ ดอกที่มีกลีบดอก 6-9 กลีบ

3. ดอกซ้อน คือ ดอกที่มีกลีบดอกซ้อนกัน 2 ชั้น อาจมีขนาดดอกใหญ่ แต่บางพันธุ์ดูคล้ายดอกชั้นเดียวที่มีกลีบดอกมาก

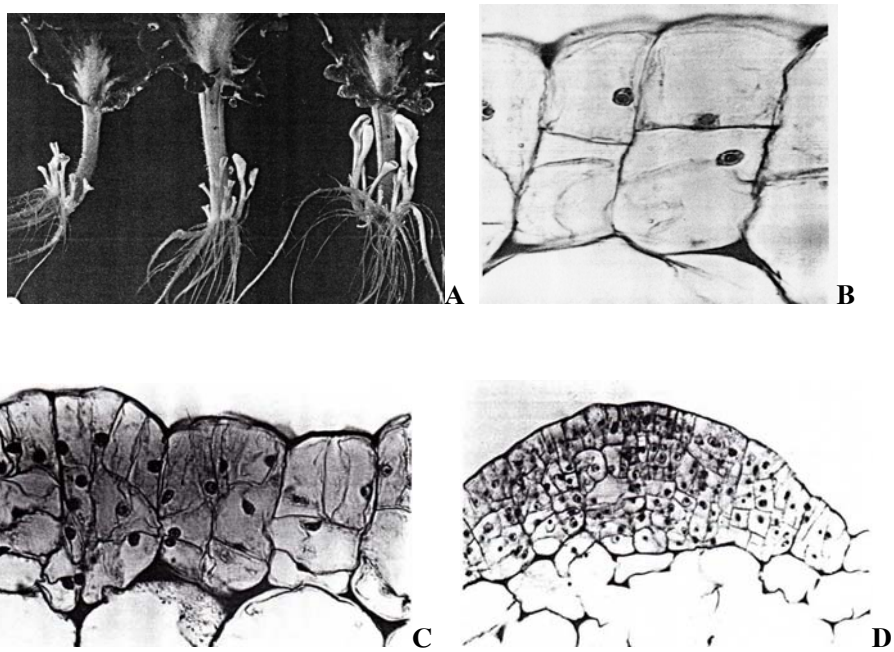
กฤษนันท์ (2548) รายงานว่าการขยายพันธุ์แอฟริกันไวโอเลตนั้นสามารถขยายพันธุ์ได้ 4 วิธีคือ

1. การขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด เมล็ดของแอฟริกันไวโอเลตมีขนาดเล็กมากเล็กกว่าเมล็ดพิทูเนีย ประมาณ 3-4 เท่า เมล็ด 1 ออนซ์ มีจำนวนถึงหนึ่งล้านเมล็ด ดังนั้นการเพาะเมล็ดจึงต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ ซึ่งตามปกติแล้วไม่นิยมขยายพันธุ์ด้วยวิธีนี้ นอกจากจะได้เมล็ดจากการผสมเพื่อให้เกิดพันธุ์แปลก ๆ ใหม่ ๆ

2. การขยายพันธุ์จากการแยกหน่อ (sucker) หน่อเป็นส่วนหนึ่งของต้นแม่พันธุ์บางครั้งปรากฏอยู่ที่ซอกใบ เมื่อหน่อข้างมีขนาดใหญ่เพียงพอสามารถตัดแยกออกจากต้นและนำมาปลูกเพื่อทำให้เกิดรากได้ในวัสดุปลูก

3. การขยายพันธุ์โดยใช้ใบปักชำ (leaf cutting) เป็นวิธีการที่นิยมใช้ในการขยายพันธุ์แอฟริกันไวโอเลต ใบที่ปักชำไม่ควรเป็นใบที่แก่ (ใบล่าง ๆ) หรืออ่อน (ใบยอด) ควรจะเป็นใบที่อยู่ตอนกลาง ๆ ของต้น การตัดใบควรให้ก้านติดมาประมาณ 0.5-1 นิ้ว ทั้งนี้เพื่อจะใช้ยึดเกาะติดกับวัสดุที่ใช้ปักชำ จากวันเริ่มปักชำใบจนได้ต้นใหม่ใช้เวลาประมาณ 2 เดือน

การฉายรังสีกับส่วนของใบแอฟริกันไวโอเลต เมื่อนำใบมาปักชำมีการเกิดของ adventitious bud (ภาพที่ 4) จากบริเวณฐานของก้านใบ และเกิดต้นพืชขนาดเล็ก (adventious plantlet) ได้ เนื่องจาก apex ของ adventitious bud มีกำเนิดมาจากเซลล์ epidermis 1 เซลล์ เมื่อเซลล์ดังกล่าวนี้เกิดการกลายพันธุ์ก็จะทำให้ต้นพืชที่เกิดมาจากเซลล์นี้กลายเป็นพันธุ์กลายทั้งต้น (solid mutant) (สิรนุช, 2540; Broertjes and van Harten, 1985; Peary *et al*., 1988; Ibrahim *et al*., 1998)



ภาพที่ 4 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตของต้นอ่อนจากการปักชำใบแอฟริกันไวโอเลต
ที่มา : Broertjes and van Harten (1978)

A ใบปักชำเกิดต้นอ่อนที่ระยะเวลาต่างกัน

B การแบ่งเซลล์ของ epidermal cell ที่บริเวณฐานของก้านใบ ประมาณ 5 วันหลังจากปักชำใบ

C Epidermal cells สามารถแยกเจริญได้เป็นหลาย ๆ meristematic cells ประมาณ 1 อาทิตย์หลังจากปักชำใบ

D ลักษณะของ meristem ที่บริเวณฐานของก้านใบ ประมาณ 10-14 วันหลังจากปักชำใบ meristem จะพัฒนาไปเป็น apex และจะกลายเป็น adventitious plantlet ต่อไป

4. การขยายพันธุ์โดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ในการปลูกเลี้ยงแอฟริกันไวโอเลตเพื่อทำเป็นการค้านั้นต้องการต้นที่ปลอดโรคและตรงตามพันธุ์เป็นจำนวนมาก และต้องควบคุมปริมาณการผลิตให้ได้แน่นอน ซึ่งเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสามารถตอบสนองความต้องการในส่วนนี้ได้

Lundberg (1987) รายงานว่า การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในส่วนของใบแอฟริกันไวโอเลตนั้น สามารถทำได้โดย นำใบอ่อนที่มีลักษณะสมบูรณ์ดีไม่แสดงอาการของโรค มาทำความสะอาดล้างใบโดยเปิดน้ำไหลผ่านนาน 5-10 นาที จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายคลอรอกซ์ (clorox) ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ นาน 10 นาที แล้วนำมาล้างโดยน้ำที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง จึงนำมาตัดเป็นชิ้น แล้วนำไปเลี้ยงในอาหารสูตร MS

Stiff (2005) รายงานว่า การขยายพันธุ์แอฟริกันไวโอเลตโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสามารถทำได้โดยนำส่วนใบของแอฟริกันไวโอเลตมาเพาะเลี้ยงและสามารถชักนำให้เกิดเป็นต้นใหม่ได้ในอาหารสูตร MS ร่วมกับ BAP 1 ppm

Lineberger และ Druckenbrod (2007) รายงานว่า การขยายพันธุ์แอฟริกันไวโอเลตโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ในส่วนของช่อดอกซึ่งเก็บเมื่อดอกแรกบาน นำมาแช่ด้วย แอลโคนอกซ์ (alconox) ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ นาน 5-10 นาที จากนั้นนำมาแช่ด้วย สารละลายคลอรอกซ์ 0.5 เปอร์เซ็นต์ นาน 15 นาที แล้วนำมาล้างด้วยน้ำที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 2 ครั้ง แล้วนำช่อดอกที่ได้มาตัดเลี้ยงลงในอาหารสูตร MS

การจำแนกพันธุ์ของแอฟริกันไวโอเลต

1. พันธุ์มาตรฐาน (standard) แอฟริกันไวโอเลตพันธุ์มาตรฐาน ต้นใหญ่ที่สุดที่เคยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงต้นได้ถึง 50 เซนติเมตร ถ้าปลูกเลี้ยงธรรมดาเส้นผ่านศูนย์กลางทรงต้นราว 30-40 เซนติเมตร ส่วนขนาดดอกแอฟริกันไวโอเลตพันธุ์มาตรฐานมีขนาด 1.5-4 เซนติเมตร แต่ละก้านดอกให้ดอกโดยเฉลี่ย 5-7 ดอก

2. พันธุ์แคระและกึ่งแคระ (miniatures and semi-miniatures) ลักษณะ สีสันของดอก และใบรวมคล้ายพันธุ์มาตรฐาน พันธุ์แคระมีเส้นผ่านศูนย์กลางทรงต้นไม่เกิน 15 เซนติเมตร ส่วนพันธุ์กึ่งแคระมีเส้นผ่านศูนย์กลางทรงต้นไม่เกิน 18 เซนติเมตร ทั้งสองพันธุ์จะให้ดอกดก อีกทั้งบางต้นยังให้ดอกใหญ่เท่าพันธุ์มาตรฐาน

3. พันธุ์เลื้อย แอฟริกันไวโอเลตพันธุ์นี้มักมียอดหรือมีจุดเจริญมาก ต้นมีหลายขนาด สำหรับพันธุ์เลื้อยนี้ลำต้นมีข้อห่างกันมาก เมื่อต้นโตเต็มที่แล้วจะมีทรงต้นใหญ่มาก พันธุ์เลื้อยบางพันธุ์จะเลื้อยธรรมดา ทำให้ดูเป็นก้อนกลมทั้งใบและดอก (จิรายุพิน, 2539)

ปัจจัยสำคัญในการปลูกแอฟริกันไวโอเลต

1. วัสดุปลูก ธรรมชาติของแอฟริกันไวโอเลตเจริญอยู่ตามซอกเขาที่เศษหินดินทรายและใบไม้ผุทับถมกัน ดังนั้น วัสดุปลูกที่ดีที่สุดของแอฟริกันไวโอเลตต้อง ร่วน โปร่ง ระบายน้ำได้ดี สามารถพยุงรากแล้วส่งน้ำ ธาตุอาหาร และอากาศเข้าสู่รากอย่างช้า ๆ

2. คุณภาพน้ำ น้ำที่ให้กับต้นแอฟริกันไวโอเลตควรมีค่าความเป็นกรดหรือด่าง (pH) ต่ำกว่า 6 และควรใช้น้ำฝนเพราะปราศจากสารต่าง ๆ เช่น คลอรีน ฟลูออไรด์ เพราะสารเหล่านี้มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ได้ เช่นทำให้เกิดวงบนใบ

3. แสง แอฟริกันไวโอเลตเป็นพืชที่เหมาะสมในที่ร่มรำไร ไม่สามารถอยู่กลางแจ้งหรือรับแสงโดยตรงได้

4. อุณหภูมิ แอฟริกันไวโอเลตต้องการอุณหภูมิประมาณ 15-25 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส ต้นจะเจริญเติบโตช้าลงถึงหยุดการเจริญ ควรปลิดดอกทิ้งให้หมด เพราะดอกมีคุณภาพต่ำ หากอุณภูมิต่ำกว่า 14 องศาเซลเซียสใบไม้จะแข็งและกรอบ ใบอัดแน่นรวมกันกลางต้น แก้ไขโดยทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น

5. สภาพอากาศ และความชื้นในอากาศ แอฟริกันไวโอเลตเป็นพืชที่ต้องการอากาศบริสุทธิ์มาก สภาพอากาศที่เหมาะสมควรมีการถ่ายเทอากาศ หมุนเวียนได้ดี

6. โรงเรือน ควรมีลักษณะใกล้เคียงกับโรงเรือนปลูกกล้วยไม้ คือ มีความโปร่ง หลังคาใช้พลาสติกแข็งที่เรียบ แล้วบุด้วยซาแลนที่กรองแสง 70 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นในฤดูร้อนควรขึงซาแลนเพิ่มเพื่อให้ได้รับแสงน้อยลง (กฤษนันท์, 2548)

โรค แมลง และการป้องกันกำจัด (จิรายุพิน, 2539; Kosowsky, 2004)

โรคที่สำคัญสำหรับแอฟริกันไวโอเลต สาเหตุของโรคเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย และเชื้อรา และไวรัส โรคที่มักระบาดและพบมากได้แก่

1. **โรคราแป้ง** *อาการ* จะมีปื้นสีขาวหรือสีเทาติดอยู่บนดอกตูม ก้านช่อดอก และใบ การเจริญเติบโตจะชะงัก *การป้องกันกำจัด* สามารถกำจัดได้ในระยะที่เริ่มเป็น โดยใช้น้ำจากน้ำก๊อกไหลชะออก หรือนำมารมควันกำมะถัน หากยังมีอาการอยู่ควรฉีดพ่นยาป้องกันเชื้อรา เช่น เบนเลท (benlate : ชื่อการค้า) เป็นระยะตามที่ระบุจะช่วยป้องกันโรคนี้ได้

2. **โรคยอดเน่า** รากเน่า และก้านใบเน่า สาเหตุเกิดจากวัสดุปลูกแฉะ หรือกระถางแช่ในน้ำ เชื้อราจะเข้าทำลายที่รากและยอดได้ง่าย *อาการ* ใบจะตก เมื่อจับดูยอดจะหลุดติดมือ *การป้องกันกำจัด* ควรเลือกวัสดุปลูกที่เหมาะสมไม่ควรรดน้ำมากหรือน้อยเกินไป ควรทำความสะอาดกระถางและเปลี่ยนวัสดุปลูกอยู่เสมอ

แมลงศัตรูที่สำคัญ มีดังนี้

1. **เพลี้ยแป้ง** เป็นแมลงที่มีขนาดเล็กประมาณ 0.5 เซนติเมตร มีลำตัวนิ่ม ปกคลุมด้วยปุยสีขาว เพลี้ยแป้งจะดูดกินน้ำเลี้ยงบริเวณหลังใบ ซอกใบ ยอดใบอ่อน ดอกอ่อน ซอกลำต้น และตามรากของแอฟริกันไวโอเลต *อาการ* ทำให้ใบและดอกชะงักการเจริญเติบโต เหลืองและร่วงในที่สุด *การป้องกันกำจัด* เมื่อสังเกตเห็นตัวอาจใช้มือหยิบทิ้ง ฉีดล้างด้วยน้ำ หรือใช้แอลกอฮอล์ แต่ถ้ามีการระบาดมากควรใช้สารป้องกันกำจัดประเภทดูดซึม เช่น มาลาไธออน (malathion) ฉีดพ่น

2. **ไรแดง** เข้าทำลายแอฟริกันไวโอเลตมากที่สุด มีขนาดเล็กมาก มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ระบาดมากในฤดูหนาว *อาการ* ไรแดงจะดูดน้ำเลี้ยงจากใบยอดส่วนกลางทำให้ยอดใบแน่นและแข็งขึ้น ยอดมีขนยาวขึ้นมากกว่าปกติ ใบจะมีสีเหลืองหรือสีเทา ก้านช่อดอกและดอกบิดเบี้ยว *การป้องกันกำจัด* เมื่อมีการระบาดของไรแดงควรแยกต้นออกจากต้นอื่น ๆ และฉีดยาป้องกันกำจัด เช่น เคลเทน (kelthane : ชื่อการค้า)

3. **ไส้เดือนฝอย** มักพบในเครื่องปลูกที่เป็นดิน จะฝังอยู่ภายในเซลล์ของพืชตามราก *อาการ* ทำให้ต้นพืชขาดความแข็งแรง ในที่สุดต้นจะเหี่ยวและเหลือง ดอกและใบเล็กลง ถ้าสังเกตที่รากจะบวมเป็นตุ่ม หากเป็นมากต้นจะบวม *การป้องกันกำจัด* ฉีดยาป้องกันกำจัด เช่น นีมาเคอร์ (nemacur)

ปัจจุบันแอฟริกันไวโอเลตพันธุ์ใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้น บางพันธุ์เกิดจากการฉายรังสีชิ้นส่วนของต้นหรือเมล็ด การทำเช่นนี้จะทำให้เกิดการกลายพันธุ์ได้ ซึ่งไม่ได้หมายความว่าการกลายพันธุ์นี้จะดีเสมอไป แต่ก็เป็นสิ่งที่น่าสนใจเช่นกัน ต้นที่กลายพันธุ์จากวิธีนี้ส่วนใหญ่เป็นต้นที่ใช้ไม่ได้ ผู้ปลูกจะต้องคัดเลือกแต่ต้นที่มีลักษณะแปลก ๆ ใหม่ ๆ ไว้ หรือเป็นต้นที่รวมลักษณะแปลก ๆ ไว้ด้วยกัน และเฝ้าดูลักษณะเพื่อคัดเลือกพันธุ์ แอฟริกันไวโอเลตบางพันธุ์ได้มาโดยการคัดเลือกจากต้นที่ผ่านการฉายรังสี แล้วนำใบไปเพาะชำและปลูกอีก 3 ชั่ว จนได้พันธุ์ที่แท้จริงไม่เปลี่ยนแปลงจึงนำไปจดทะเบียนได้ (จิรายุพิน, 2539)

การปรับปรุงพันธุ์โดยการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยรังสี

การกลายพันธุ์คือการเปลี่ยนแปลงสารพันธุกรรมของเซลล์ เป็นความเสียหายทาง ชีวเคมี ที่สามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้ โดยผ่านเซลล์ที่แบ่งตัว รังสีแกมมา รังสีนิวตรอน และรังสีเอกซ์ ทำให้เกิดความผิดปกติต่าง ๆ ขึ้นกับโครโมโซม ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ การกลายพันธุ์ที่เกิดโดยการเหนี่ยวนำด้วยรังสีก็เช่นเดียวกับที่เกิดตามธรรมชาติ การเปลี่ยนแปลงทางฟีโนไทป์ (phenotype) เป็นตัวบ่งชี้ว่าสิ่งมีชีวิตนั้นมีการกลายพันธุ์เกิดขึ้นที่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น การกลายพันธุ์ที่เกิดขึ้นในพืช บางชนิดของการกลายพันธุ์ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในรูปของทรงต้น เปลี่ยนแปลงในสีของดอก จำนวน และขนาดของผล ซึ่งการกลายพันธุ์ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำด้วยรังสีนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ง่าย (สิรนุช, 2540)

รังสีที่นิยมใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช ได้แก่ รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา และรังสีนิวตรอน ซึ่งจัดไว้ในกลุ่มของรังสีก่อไอออน (ionizing radiation) รังสีแกมมาได้รับความนิยมในการนำมาใช้เพื่อการกลายพันธุ์ในพืชมากกว่ารังสีเอกซ์ เนื่องจากรังสีแกมมามีความยาวคลื่นต่ำกว่าจึงมีอำนาจในการทะลุทะลวงผ่านวัตถุได้สูงกว่ารังสีเอกซ์ (Wood, 1983)

รังสีแกมมาเป็นรังสีชนิดแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่ง Villard เป็นผู้ค้นพบในปี ค.ศ. 1898 คลื่นของรังสีแกมมามีความเร็วเท่ากับแสงและมีอำนาจในการทะลุทะลวงสูงจึงเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต รังสี แกมมา ที่ได้จากโคบอลท์-60 (^{60}Co) และซีเซียม-137 (^{137}Cs) เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในการวิจัยทางการเกษตรและงานสาขาอื่น ๆ (อรรถ, 2505)

รังสีแกมมาได้รับความนิยมในการนำมาใช้เพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในพืช โดยสามารถฉายรังสีได้ 2 แบบ คือ การฉายรังสีแบบเฉียบพลัน (acute irradiation) และการฉายรังสีแบบโครนิก (chronic irradiation) พืชแต่ละชนิดมีความไวต่อรังสี (radiosensitivity) แตกต่างกัน ลักษณะความไวหรือความต้านทานต่อรังสีขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ลักษณะต้านทานหรือไวต่อรังสีส่วนหนึ่งควบคุมโดยยีน (gene) สามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้ (สิรนุช, 2540)

การทดสอบความไวต่อรังสีหรือปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในแต่ละพืช อาจทำโดยการนำเมล็ดพืชเหล่านั้น มาฉายรังสีปริมาณต่าง ๆ กัน จากนั้นนำไป

ปลูก บันทึกเปอร์เซ็นต์ความงอก เปอร์เซ็นต์ความอยู่รอด ปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ คือ ปริมาณรังสีที่ทำให้พืชที่นำมาฉายตายไป 50 เปอร์เซ็นต์ หรือเมล็ดที่นำมาฉายให้ต้นที่อยู่รอด 50 เปอร์เซ็นต์ เรียกว่า LD_{50} (50%lethal dose) หรืออาจใช้ค่า GR_{50} (50%growth reduction) ซึ่งก็คือปริมาณรังสีที่มีผลไปลดการเจริญเติบโตของต้นกล้าลง 50 เปอร์เซ็นต์ของกลุ่มที่ไม่ได้รับรังสี (นพพร, 2543)

ภายหลังที่พืชได้รับรังสีจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ซึ่งอาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมหรือไม่ก็ได้ การเปลี่ยนแปลงนี้มีมากมายรวมทั้งการแบ่งเซลล์ที่ทำให้การเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ผิดปกติด้วย (Broertjes and van Harten, 1978)

ปัญหาใหญ่ที่สำคัญปัญหาหนึ่งของการปรับปรุงพันธุ์พืช โดยการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ ก็คือการเกิดไคเมอรา (chimera) วิธีการทำให้เกิดต้นพืชจากเซลล์เพียงเซลล์เดียวโดยตรงจากส่วนของพืชจะช่วยแก้ปัญหาการเกิดไคเมอราได้ ปัจจุบันวิธีการที่นักปรับปรุงพันธุ์พืชได้ปฏิบัติกันคือวิธีที่เรียกว่า แอดเวนติเชียสบัดเทคนิค (adventitious bud technique) โดยอาศัยความรู้ที่ได้จากการศึกษาว่า แอดเวนติเชียสบัด (adventitious buds) เช่นที่เกิดจากใบพืชจะเกิดจากอีพิเดอมอลเซลล์ (epidermal cell) เพียง 1 เซลล์ จึงสามารถแก้ปัญหาการเกิดไคเมอรา พืชหลายชนิดสามารถทำการขยายพันธุ์จากส่วนของใบที่ถูกแยกออกจากลำต้นได้ ปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดต้นอ่อน (plantlets) ได้แก่สายพันธุ์ (cultivar) พืชชนิด (species) เดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์ จะให้จำนวนต้นอ่อนที่ต่างกัน นอกจากนี้สภาพที่ปลูกเลี้ยง อายุของใบ ส่วนของใบที่ใช้ ขนาดของใบ เส้นกลางใบ และฮอร์โมนก็เป็นปัจจัยสำคัญ (อดิศร, 2533)

การใช้รังสีเพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ เริ่มมีบทบาทสำคัญในปี ค.ศ. 1927 เมื่อ Muller รายงานถึงความสำเร็จของการใช้รังสีเอกซ์ โดยพบว่า รังสีเอกซ์ทำให้การกลายพันธุ์ในแมลงหวี่สูงกว่าการกลายพันธุ์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และในการฉายรังสีเพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืชเริ่มขึ้นภายหลังที่ Stadler ทดลองฉายรังสีเอกซ์กับข้าวโพด ในปี ค.ศ. 1928 ซึ่งผลที่ได้ก็แสดงให้เห็นว่ารังสีเอกซ์สามารถทำให้เกิดการกลายพันธุ์ในข้าวโพดในอัตราที่สูงได้ (Auerbach, 1976)

การเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ โดยรังสีแกมมาที่มีผลต่อคาร์เนชันพันธุ์ไวท์ซิม (*Dianthus caryophyllus*) พบว่าทำให้เกิดการกลายพันธุ์ได้ในช่วงปริมาณรังสี 1-3 กิโลแรด จากการศึกษาต้นที่กลายเมื่อเปรียบเทียบกับ ชุดควบคุม (control) พบว่าความยาวของปากใบไม่

แตกต่างกัน จำนวนโครโมโซมที่รากก็ไม่แตกต่างกัน ซึ่งทำให้การเจริญของต้นเป็นปกติ แต่สำหรับสีของดอกที่เปลี่ยนแปลงไปอาจเนื่องจากรังสีทำให้เกิด การกลายของยีน (gene mutation) โดยที่จำนวนโครโมโซมมิได้เปลี่ยนแปลง (ชัยชุมพล, 2526)

การฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน 3 และ 6 กิโลแรด (krad) มีผลให้กุหลาบหิน (*Kalanchoe daigremontian*) มีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปและออกดอกเร็วขึ้น (Shama and Singh, 1976)

สิรนุช และคณะ (2539) พบว่าการใช้รังสีแกมมาร่วมกับวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพื่อเหนี่ยวนำให้กลายพันธุ์ในขิงแดง โดยการนำกลุ่มหน่อขนาดเล็กของขิงแดงมาฉายรังสีแกมมา ในปริมาณ 0, 30, 50, 70 และ 90 เกรย์ ภายหลังการฉายรังสี พบว่า $LD_{(50)}$ มีค่าโดยประมาณเท่ากับ 20 เกรย์ จากการทดลองเพื่อแยกพันธุ์กลาย โดยวิธีการตัดแยกหน่อที่เกิดใหม่ออกมาเลี้ยงในทุก 1 เดือน ทำติดต่อกัน 3 ครั้ง ทำให้สามารถแยกพันธุ์กลายออกมาได้ 2 สายพันธุ์

นงลักษณ์ (2541) พบว่าจากการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 เกรย์ กับบีโกเนียเร็กซ์ในสภาพปลอดเชื้อ พบว่าเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์ความอยู่รอดของแผ่นใบและก้านใบจากต้นที่ได้รับรังสีลดลง ปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์อยู่ในช่วง 18-21 เกรย์ ปริมาณรังสีตั้งแต่ 40 เกรย์ ขึ้นไปทำให้เกิดการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ต้นที่ได้รับรังสีเกิดยอดใหม่ในรุ่น M_1V_1 ได้น้อยกว่าต้นควบคุม รังสีทำให้เกิดลักษณะที่ผิดปกติ เช่น ใบกลม ใลเรียวยาว ใบสีแดงเข้ม หรือมีประสีขาวมากกว่าปกติ

Raghava *et al*., (1988) ฉายรังสีแกมมาปริมาณ 1-15 กิโลแรด กับหัวแกลดิโอลัส 3 พันธุ์ ค่า LD_{50} อยู่ในช่วง 10-15 กิโลแรด ซึ่งมีผลให้ลักษณะทรงต้น และดอกเกิดความเปลี่ยนแปลง และสามารถคัดเลือกพันธุ์กลายที่ให้ดอกสีชมพูที่ได้จากการฉายรังสี 1 กิโลแรด กับพันธุ์ Wild Rose

ชุตินทร (2532) นำต้นเบญจมาศ (*Chrysanthemum morifolium*) ในสภาพปลอดเชื้อที่มีจำนวนข้อประมาณ 5 ข้อ มาฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณ 0-10 กิโลแรด พบว่า ปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตลดลงและก่อให้เกิดลักษณะผิดปกติ เช่น ข้อถี่สั้น ใบด่าง ปริมาณรังสีตั้งแต่ 4 กิโลแรด ขึ้นไปมีผลทำให้การเจริญเติบโตหยุดชะงักและตายใน

ที่สุด สำหรับปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์คือ 1 กิโลแรด เมื่อนำต้น MV_2 ออกปลูก พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดต่ำกว่าต้นที่ไม่ได้รับรังสี ในรุ่น MV_3 พบลักษณะรูปทรงของดอกผิดปกติ สีของกลีบดอกเปลี่ยนแปลง แต่ขนาดของดอก จำนวนดอกชั้นนอก และดอกชั้นในไม่ต่างจากต้นที่ไม่ได้รับรังสี

Bowen (1962) อ้างโดยอรดี (2539) รายงานถึงผลของรังสีแกมมาที่มีต่อกิ่งปักชำเบญจมาศ 7 พันธุ์ ว่ามีค่า LD_{50} อยู่ในช่วงระหว่าง 3.0-4.3 กิโลแรด และทำให้ออกดอกล่าช้าประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของต้นที่ได้รับการฉายรังสีมีการเปลี่ยนสีและรูปร่างของดอก ซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์เป็นสำคัญ ส่วนใหญ่จะเป็นการกลายพันธุ์แบบ periclinal chimera

พีรนุช และคณะ (2544) ได้นำยอดเบญจมาศมาฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน (acute irradiation) ด้วยปริมาณรังสี 10, 20 และ 30 เกรย์ นำยอดที่ผ่านการฉายรังสีมาเปลี่ยนอาหารและขยายพันธุ์ถึงรุ่น M_1V_3 นำมาเพาะเลี้ยงชักนำให้เกิดราก และนำต้นที่เกิดรากแล้วจากทุกปริมาณรังสีไปฉายรังสีแบบเฉียบพลันเพิ่มอีก 10 เกรย์ พบว่าต้นที่ได้รับปริมาณรังสีรวม 20, 30 และ 40 เกรย์ มีความถี่ในการเกิดการกลายพันธุ์ในลักษณะของรูปทรงดอกเป็น 14.7, 22.9 และ 39.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ คัดเลือกสายพันธุ์กลายได้ 5 สายพันธุ์ โดยคัดเลือกจากต้นที่ได้รับปริมาณรังสีรวม 30 เกรย์ 3 สายพันธุ์ และจากต้นที่ได้รับปริมาณรังสีรวม 40 เกรย์ 2 สายพันธุ์

สิรนุช และคณะ (2543) พบว่าในการฉายรังสีแกมมากับหน่อและเหง้า ของพุทธรักษาพันธุ์ต่าง ๆ ที่รวบรวมไว้ ณ ศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี และที่บริเวณเรือนรุกขรังสี นำหน่อและเหง้ามาปลูกให้เกิดหน่อใหม่ สามารถตรวจพบพันธุ์กลายที่มีลักษณะคงตัว และแตกต่างจากพันธุ์เดิม เมื่อนำมาขยายพันธุ์ได้เป็นพันธุ์ใหม่จำนวน 4 พันธุ์ คือ พันธุ์ชมพูพีรนุช เหลืองอรุณี ส้มสิรนุช และครีมประพันธ์พงษ์

การกลายพันธุ์ตามธรรมชาติของแอฟริกันไวโอเลตนั้นบางพันธุ์เกิดได้มาก บางพันธุ์เกิดได้น้อย สำหรับการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ของแอฟริกันไวโอเลตมีรายงานครั้งแรกโดย Sparrow *et al*., อ้างโดย อดิศร (2533) ซึ่งยืนยันว่าแอดเวนติเชียสแพลนเลท (adventitious plantlets) นั้นเกิดจากเซลล์เพียงเซลล์เดียวของก้านใบ ต่อมาภายหลัง (Broertjes and van Harten, 1978) ได้ให้คำจำกัดความว่าแอดเวนติเชียสบัด ซึ่งเกิดบนใบที่นำไปปักชำนั้นแต่ละต้นเกิดจากเซลล์เพียงเซลล์เดียว คือเป็น อีพิเดอมอลเซลล์ สำหรับการฉายรังสีใบนั้นจำเป็นที่จะต้องทำทันที

หลังจากที่ตัดใบออกจากต้นแล้ว จากนั้นจึงตัดปลายก้านใบออก 0.5-1 เซนติเมตร แล้วจึงนำไปชำ สำหรับขั้นตอนของการปรับปรุงพันธุ์โดยการกลายพันธุ์ โดยการนำใบ แอฟริกันไวโอเลต ทดสอบปริมาณรังสีระดับต่าง ๆ 3-6 กิโลแรด โดยมีช่วงของปริมาณรังสีเท่ากับ 0.5 กิโลแรด เพื่อหาปริมาณรังสีที่เหมาะสมก่อนซึ่งจะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละสายพันธุ์ จากนั้นจึงใช้ปริมาณรังสีที่เหมาะสมกับใบแอฟริกันไวโอเลตอีกครั้งหนึ่ง แล้วคัดเลือกลักษณะที่ต้องการจากต้นที่เกิด (อดิศร, 2533)

Leenhouts *et al*., (1982) ได้นำใบของแอฟริกันไวโอเลต (*Saintpaulia ionantha* cv.Utrecht) มาฉายรังสีเอกซ์ในปริมาณต่ำ แล้วนำไปฉายด้วยรังสีเอกซ์และรังสีนิวตรอนปริมาณสูงอีกครั้ง พบว่า การฉายรังสี 2 ครั้งด้วยปริมาณรังสีต่ำก่อนที่จะนำไปฉายด้วยรังสีปริมาณสูง ช่วยเพิ่มจำนวนต้นพืชที่ผลิตได้จากชิ้นส่วนใบ 1 ใบ แต่อัตราการกลายพันธุ์ลดลงเล็กน้อย

Duron and Dixon (1983) ได้นำใบของแอฟริกันไวโอเลต (*Saintpaulia ionantha* cv. Rhapsodie) มาฉายรังสีแกมมาปริมาณ 1, 10, 15, 30, 40 และ 50 เกรย์ และหลังจากนั้น 24 ชั่วโมง นำใบทั้งหมดมาฉายรังสีแกมมาปริมาณ 70 เกรย์ อีกครั้ง พบว่าในการฉายรังสีครั้งแรกในปริมาณ 30 เกรย์ ช่วยป้องกันอันตรายอันเนื่องมาจากผลของรังสีปริมาณ 70 เกรย์ ได้

เมื่อนำพืชหรือส่วนของพืชที่ใช้ขยายพันธุ์ได้ เช่น เมล็ด หน่อ ใบ ราก เหง้า ฯลฯ มาฉายรังสีแกมมา รังสีจะถ่ายเทพลังงานให้กับเซลล์พืชก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีขึ้นกับองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในเซลล์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับสารพันธุกรรมหรือที่เรียกกันว่า ยีน ซึ่งเป็นตัวกำหนดลักษณะต่าง ๆ ของพืช ควบคุมกิจกรรมต่าง ๆ ของเซลล์พืช เมื่อสารพันธุกรรมเปลี่ยนแปลงเนื่องจากได้รับพลังงานจากรังสีแกมมา ก็จะทำให้หน้าที่ที่สารพันธุกรรมนั้นทำอยู่หรือควบคุมอยู่เกิดการเปลี่ยนแปลงไปด้วย เมื่อเซลล์นั้นแบ่งตัวพัฒนาเป็นต้นพืชก็จะได้ลักษณะที่ต่างไปจากเดิมเรียกว่าเกิดการกลายพันธุ์ พืชที่มีการกลายพันธุ์เกิดขึ้นเรียกว่า พืชพันธุ์กลาย ซึ่งสามารถขยายเป็นพืชพันธุ์ใหม่ได้ เราจะทราบได้ว่ามีการกลายพันธุ์เกิดขึ้นในพืชเมื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงทางฟีโนไทป์ของพืช ลักษณะที่ปรากฏอาจเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น การเปลี่ยนแปลงของสีดอก สีใบ รูปทรงดอก รูปทรงใบ ความสูงของต้นพืชเปลี่ยนไป มีอายุการออกดอก ติดผลเร็วขึ้นหรือช้าลง ซึ่งง่ายต่อการคัดเลือกนำมาใช้ประโยชน์ ในส่วนของไม้ดอกไม้ประดับก็อยู่ในกลุ่มของพืชเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงทางฟีโนไทป์จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยง่าย เนื่องจากไม้ดอกไม้ประดับส่วนใหญ่คุณค่าของพืชอยู่ที่ลักษณะที่ปรากฏแก่สายตาไม่ว่าจะเป็นลักษณะการ

เปลี่ยนแปลงของสี หรือรูปทรง ความแปลกและแตกต่างจากพันธุ์เดิมสามารถนำมาขยายพันธุ์เป็นพันธุ์ใหม่ได้ทันที (อรุณี, 2539)

อันตรายที่เกิดขึ้นกับต้นรุ่นที่ 1 (M_1) เนื่องจากรังสีสามารถวัดได้โดยเปรียบเทียบกับพวกที่ไม่ได้ฉายรังสี ลักษณะต่างๆ ที่ตรวจวัดได้ คือ ความสูงของต้น การงอกของเมล็ด อัตราการอยู่รอด จำนวนช่อดอกต่อต้น และจำนวนช่อดอกต่อช่อ สิรนุช (2540) นอกจากนี้รังสียังมีผลต่อความเป็นหมันของเกสรตัวผู้ด้วย

ความเป็นหมันของเกสรเพศผู้ คือ การที่พืชไม่สามารถสร้างหรือปล่อยละอองเกสร (pollen) เพื่อทำหน้าที่ได้ตามปกติ (Allard, 1960) ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากความผิดปกติของโครโมโซม (chromosome aberrations) ปฏิกิริยาของยีนหรือของ cytoplasm ที่ทำให้ส่วนของเกสรเพศผู้หรือเกสรเพศเมียหรือส่วนของดอกทั้งหมดไม่ทำหน้าที่ตามปกติ หรือทำให้ คัพภะ หรือ endosperm ไม่พัฒนาตามปกติ ลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พืชผสมตัวเองไม่ติดเมล็ด อาจเกิดจากการกลายพันธุ์ของยีนที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง ลักษณะการเป็นหมันของเกสรเพศผู้จะพบเป็นครั้งคราวในประชากรของพืชผสมตัวเองและผสมข้าม เมื่อพิจารณาตามสาเหตุการเกิดลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันแล้ว อาจจำแนกได้เป็น 3 สาเหตุ คือ

1. Pollen sterility หมายถึง การที่ละอองเกสรมีลักษณะผิดปกติหรือไม่มีละอองเกสรที่สมบูรณ์หรือมีแต่น้อยมากไม่เพียงพอสำหรับการผสมเกสร ซึ่งเป็นผลมาจากความล้มเหลวของกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (microsporogenesis) และมักเกิดจากความผิดปกติของเนื้อเยื่อชั้นในสุดของอับเกสร (anther) ละอองเกสรลักษณะนี้ถือว่ามีความสำคัญต่อการปรับปรุงพันธุ์ และการผลิตเมล็ดพันธุ์ผสมมาก และพบว่าเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมันมากที่สุด

2. Functional male sterility คือ การที่ละอองเกสรมีลักษณะปกติ มีชีวิต แต่ถูกเก็บอยู่ภายในอับเกสรที่ไม่ยอมแตกเพื่อปล่อยละอองเกสรออกมา ทำให้ไม่สามารถเกิดการผสมเกสรได้

3. Structural or staminal male sterility คือ การที่เกสรเพศผู้ หรือ stamens มีลักษณะรูปร่างผิดปกติหรือไม่สามารถทำหน้าที่ได้ (ปราโมทย์, 2540)

การศึกษาถึงผลของรังสีต่อพืชที่กำลังเจริญเติบโตพบว่ารังสีไปลดความ สามารถในการขยายพันธุ์โดยอาศัยเพศลงโดยอาจเกิดจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง หรือหลายสาเหตุ คือ

1.รังสีทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโต หรือแคระแกรนจนไม่สามารถออกดอกได้

2. พืชสามารถออกดอกได้ แต่ดอกไม่มีโครงสร้างที่จำเป็นในการสืบพันธุ์

3. พืชมีโครงสร้างที่จำเป็นต่อการสืบพันธุ์แต่ละอองเรณูเป็นหมัน

4. เกิดการปฏิสนธิแต่เอ็มบริโอตายก่อนที่จะเจริญเติบโตเต็มที่

5. สามารถสร้างเมล็ดได้ แต่เมล็ดไม่งอกหรืองอกเป็นต้นได้ แต่ต้นจะตายหลังจากงอกได้ไม่นาน

จากสาเหตุต่าง ๆ นี้พบว่าสาเหตุที่พบบ่อยคือ เซลล์สืบพันธุ์เป็นหมัน (sterility) ซึ่งการเป็นหมันอาจเกิดจาก การกลายของโครโมโซม (chromosome mutation) การกลายของยีน (gene mutation) การกลายของไซโตพลาสซึม (cytoplasmic mutation) และ/หรือผลการทำลายทางสรีระ (physiological damage) ส่วนสาเหตุที่สำคัญที่สุดของการเป็นหมันในพืช คือการกลายของโครโมโซม ซึ่งการที่รังสีหรือสารเคมีก่อการกลายพันธุ์มีผลในการเพิ่มความเป็นหมันในรุ่นที่ 1 เป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่งของการเพิ่มความถี่ในการกลายพันธุ์ เพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืช การเป็นหมันในต้นพืชชั่วแรก อาจจะถ่ายทอดหรือไม่ถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปก็ได้ ซึ่งถ้าไม่สามารถถ่ายทอดได้แสดงว่ามีสาเหตุมาจากการทำลายทางสรีระ แต่ถ้ามีการถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปได้แสดงว่าการเป็นหมันนั้นมีสาเหตุจากการกลายของยีนหรือโครโมโซม (พีรนุช, 2542)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. พืชทดลอง ใบปักชำแอฟริกันไวโอเลตพันธุ์ดอกสีม่วงใจกลางดอกสีขาว (ภาพที่ 5) อยู่ในกลุ่ม Violet Group หมายเลข 89-B ใบสีเขียว อยู่ในกลุ่ม Green Group หมายเลข 137-C ตามแผ่นเทียบสีของ Royal Horticultural Society, (RHS)

ภาพที่ 5 แสดงลักษณะของต้นแอฟริกันไวโอเลต พันธุ์ดอกสีม่วงใจกลางดอกสีขาว

2. แผ่นเทียบสี Royal Horticultural Society, (RHS)

3. กรรไกรและคลอรอกซ์ที่ใช้ในการเตรียมกิ่งพันธุ์ และใช้ในการฆ่าเชื้อโรค

4. เครื่องฉายรังสี Mark I Gamma Irraditor ซึ่ง มี ซีเซียม-137 เป็นต้นกำเนิดรังสี สำหรับการฉายรังสีแบบเฉียบพลัน (acute irradiation) ของศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.วัสดุที่ใช้ในการปลูกพืช

5.1 วัสดุที่ใช้ในการปักชำใบคือ พีทมอส (peat moss)

5.2 วัสดุที่ใช้ปลูกพืชคือ ขี้เถ้าแกลบ ขุยมะพร้าว และปุ๋ยอินทรีย์ อัตราส่วน 1:1:1

5.3 ถาดหลุมขนาด 36 หลุม สำหรับปักชำใบ กระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว และกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว สำหรับปลูกจนกระทั่งออกดอก

6. ปุ๋ยเม็ดละลายช้าสูตรเสมอ 14-14-14 และปุ๋ยเกล็ดละลายน้ำสูตรเสมอ 21-21-21

7. อุปกรณ์สำหรับบันทึกข้อมูล ได้แก่ ไม้บรรทัด กล้องถ่ายรูป

8. สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช เช่น Dicofol (ชื่อทางการค้า : kelthane) และ Propargite (ชื่อทางการค้า : omite)

วิธีการ

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ ต่อความอยู่รอดของใบแอฟริกันไวโอเลต

การศึกษาผลของรังสีแกมมาต่อความอยู่รอดของใบแอฟริกันไวโอเลตทำโดยการนำใบแอฟริกันไวโอเลตพันธุ์ดอกสีม่วงใจกลางดอกสีขาวที่มีความสมบูรณ์ ไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน (acute irradiation) ในปริมาณต่าง ๆ กัน โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Complete Randomized Design) แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ซ้ำ (replication) ให้ปริมาณรังสีที่ต่างกันเป็น ชุดการทดลอง (treatment) ซึ่งมีทั้งหมด 7 ชุดการทดลอง

ชุดการทดลองที่ 1	ไม่ฉายรังสี (control)	จำนวน 45 ใบ
ชุดการทดลองที่ 2	ฉายรังสีปริมาณ 10 เกรย์ (Gy)	จำนวน 45 ใบ
ชุดการทดลองที่ 3	ฉายรังสีปริมาณ 20 เกรย์ (Gy)	จำนวน 45 ใบ
ชุดการทดลองที่ 4	ฉายรังสีปริมาณ 40 เกรย์ (Gy)	จำนวน 45 ใบ
ชุดการทดลองที่ 5	ฉายรังสีปริมาณ 60 เกรย์ (Gy)	จำนวน 45 ใบ
ชุดการทดลองที่ 6	ฉายรังสีปริมาณ 80 เกรย์ (Gy)	จำนวน 45 ใบ
ชุดการทดลองที่ 7	ฉายรังสีปริมาณ 100 เกรย์ (Gy)	จำนวน 45 ใบ

หลังจากฉายรังสีนำใบแอฟริกันไวโอเลต มาทำการปักชำลงในวัสดุปักชำ คือ พีทมอส หลังจากปักชำ 60 วัน นับจำนวนใบที่อยู่รอด เพื่อหาปริมาณรังสีที่ทำให้ใบตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ($LD_{50(60)}$)

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของรังสีต่อจำนวนต้นอ่อนรุ่นที่ 1 และการเจริญเติบโตของต้นอ่อนที่เกิดจากใบปักชำของแอฟริกันไวโอเลตและการกลายพันธุ์ลังจากฉายรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ

จากการทดลองที่ 1 เมื่อปักชำใบ ครบ 90 วัน จะมีต้นอ่อน (plantlet) รุ่นที่ 1 เกิดขึ้น นับจำนวนต้นอ่อนที่เกิดจากใบทุกใบในแต่ละชุดการทดลอง หาค่าเฉลี่ยของจำนวนต้นอ่อนต่อใบของแต่ละชุดการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลของรังสีปริมาณต่าง ๆ ต่อการเกิดจำนวนต้นอ่อน หลังจากนั้น ย้ายต้นอ่อนรุ่นที่ 1 ลงปลูกในกระถาง4 นิ้ว กระถางละ 1 ต้น พร้อมทั้งติดตามผลการเจริญเติบโตและการกลายพันธุ์ โดยบันทึกผลดังนี้

1. บันทึกการเจริญเติบโตของต้นอ่อนรุ่นที่ 1 ทุก 30 วัน เป็นเวลา150 วัน ดังต่อไปนี้
   1.1 ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบเฉลี่ยของทรงพุ่ม
   1.2 จำนวนช่อดอกต่อต้น
   1.3 จำนวนดอกต่อช่อ
   1.4 เส้นผ่านศูนย์กลางของดอกในระยะดอกบานมากที่สุด (สุ่มวัด 5 ดอก)
2. บันทึกลักษณะที่ผิดปกติหรือกลายไปจากกลุ่มที่ไม่ได้รับการฉายรังสี (control)
   2.1 ลักษณะใบ ได้แก่ รูปทรงใบ สีของใบ และลักษณะการเรียงตัวของใบ
   2.2 ลักษณะดอก ได้แก่ สีดอก รูปทรงดอก

การทดลองที่ 3 ศึกษาความคงตัวของแอฟริกันไวโอเลตรุ่นที่ 2 ที่คัดเลือกได้จากการทดลองที่ 2

นำใบของต้นกลาย (M_1V_1) ที่ได้จากการทดลองที่ 2 มาทำการปักชำและเมื่อได้ต้นอ่อน (M_1V_2) จึงนำมาแยกปลูกลงในกระถาง 4 นิ้ว 1 ต้นต่อ 1 กระถางเพื่อสังเกตความเปลี่ยนแปลงติดตามผลการเจริญเติบโตและการกลายพันธุ์ของต้น M_1V_2 โดยบันทึกผลดังนี้

1. บันทึกการเจริญเติบโตของต้น M_1V_2 ทุก 30 วัน เป็นเวลา150 วัน ดังต่อไปนี้
   1.1 ความกว้างทรงพุ่มและจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้น
   1.2 จำนวนช่อดอกต่อต้นในระยะที่ดอกบานมากที่สุด

1.3 จำนวนวันที่เริ่มออกดอกหลังย้ายปลูกลงกระถาง 4 นิ้ว ระยะเวลาการบานของดอก (วัน)

1.4 ขนาดดอกวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของดอกในระยะดอกบานมากที่สุด (สุ่มวัด 5 ดอก)

1.5 ลักษณะใบ ได้แก่ รูปทรงใบ สีของใบ และลักษณะการเรียงตัวของใบ

1.6 ลักษณะดอก ได้แก่ สีดอก รูปทรงและเปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของดอก

สถานที่และระยะเวลาที่ทำการทดลอง

สถานที่ทำการทดลอง

1. ศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร

2. โรงเรือนทดลอง ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

เริ่มทำการทดลอง เดือน กุมภาพันธ์ 2548
สิ้นสุดการทดลอง เดือน พฤษภาคม 2549

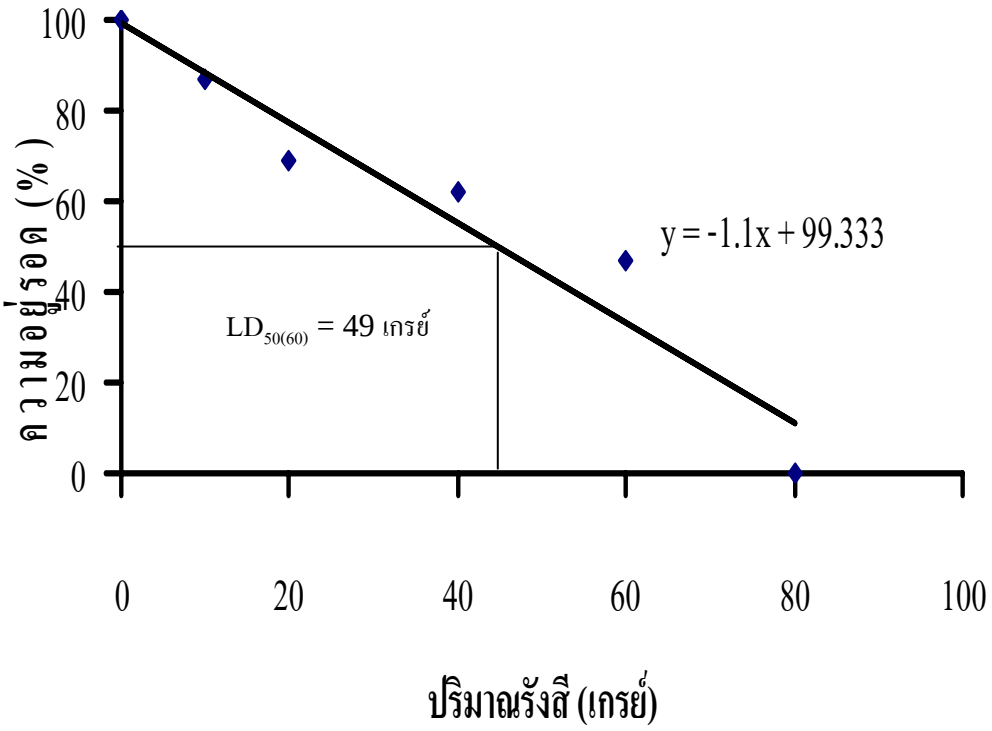
ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ ต่อความอยู่รอดของใบแอฟริกันไวโอเลต

หลังจากนำใบแอฟริกันไวโอเลตพันธุ์ดอกสีม่วงใจกลางดอกสีขาว ซึ่งได้รับรังสีแกมมาปริมาณ 0, 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 เกรย์ มาทำการปักชำลงบนวัสดุปลูกเป็นระยะเวลา 60 วัน พบว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉายรังสีมีใบรอดชีวิต 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนชุดการทดลองที่ได้รับปริมาณรังสี 10, 20, 40 และ 60 เกรย์ มีการรอดชีวิตเท่ากับ 87, 69, 62 และ 47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) และชุดการทดลองที่ได้รับรังสีตั้งแต่ 80 เกรย์ ขึ้นไปตายทั้งหมด เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีและความอยู่รอดของใบพบว่าปริมาณรังสีที่ทำให้ใบตาย 50 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะเวลา 60 วันหลังปลูก [$LD_{50(60)}$] มีค่าเท่ากับ 49 เกรย์ (ภาพที่ 6)

ตารางที่ 1 จำนวนใบเริ่มต้น จำนวนใบที่อยู่รอดและเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของใบแอฟริกันไวโอเลต หลังจากได้รับรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ เป็นเวลา 60 วัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	จำนวนใบเริ่มต้น	จำนวนใบที่อยู่รอด	การรอดชีวิต (%)
0	45	45	100
10	45	39	87
20	45	31	69
40	45	28	62
60	45	21	47
80	45	0	0
100	45	0	0



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีแกมมาและเปอร์เซ็นต์ความอยู่รอดของใบแอฟริกันไวโอเลต ที่ระยะเวลา 60 วัน หลังฉายรังสีซึ่งได้ค่า $LD_{50(60)}$ เท่ากับ 49 เกรย์

ภาพที่ 7 แสดงลักษณะของใบแอฟริกันไวโอเลตที่อยู่รอดหลังการฉายรังสีแล้วนำมาปักชำและสามารถเกิดต้นอ่อนได้

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของรังสีต่อจำนวนต้นอ่อนรุ่นที่ 1 และการเจริญเติบโตของต้นอ่อนที่เกิดจากใบปักชำของแอฟริกันไวโอเลตและการกลายพันธุ์หลังจากฉายรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ

2.1 จำนวนต้นรุ่นที่ 1 หลังฉายรังสีแล้วเป็นเวลา 90 วัน จะมีจำนวนต้นอ่อน (plantlet) เกิดขึ้นที่ก้านใบแอฟริกันไวโอเลต (ภาพที่ 7) ทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านการฉายรังสีแกมมา พบว่าปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเกิดต้นอ่อน โดยมีแนวโน้มทำให้ความสามารถในการเกิดต้นอ่อนลดลง นั่นคือ ใบปักชำที่ไม่ได้รับรังสีแกมมามีจำนวนเฉลี่ยของต้นอ่อนต่อใบเท่ากับ 10.20 ต้น (ตารางที่ 2) ส่วนใบปักชำที่ได้รับรังสีแกมมา 10, 20, 40 และ 60 เกรย์ มีจำนวนเฉลี่ยของต้นอ่อนต่อใบเท่ากับ 7.35, 6.70, 6.80 และ 6 ต้น ตามลำดับ หรือเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 72, 66, 67 และ 59 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 จำนวนค่าเฉลี่ยของ ต้นอ่อนต่อใบ และจำนวนต้นอ่อนเฉลี่ย (%ของชุดควบคุม) เมื่อระยะเวลา 90 วัน หลังฉายรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ กัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	จำนวนเฉลี่ยของต้นอ่อนต่อใบ	จำนวนต้นอ่อนเฉลี่ย (% ของชุดควบคุม)
0	10.20	100
10	7.35	72
20	6.70	66
40	6.80	67
60	6.00	59

2.2 จำนวนใบต่อต้น หลังจากนำต้นแอฟริกันไวโอเลตรุ่นที่ 1 ของทุกชุดการทดลอง มาย้ายปลูกในโรงเรือนเป็นเวลา 5 เดือน บันทึกจำนวนใบทุกเดือน เมื่อพิจารณาจำนวนใบเฉลี่ย พบว่า

ในเดือนที่ 1 ต้นอ่อนที่เกิดจากใบที่ได้รับปริมาณรังสี 10-40 เกรย์ มีการเจริญเติบโตดีกว่าชุดควบคุมโดยมีจำนวนเฉลี่ยของใบเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มจะลดลงเมื่อปริมาณรังสีสูงขึ้น กล่าวคือ จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นที่ปริมาณรังสี 10, 20 และ 40 เกรย์ เท่ากับ 8.38, 7.77 และ 6.92 ใบ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) สำหรับปริมาณรังสี 60 เกรย์ พบว่าจำนวนใบต่อต้น ต่ำกว่าชุดควบคุมแต่ไม่แตกต่างทางสถิติ

เดือนที่ 2 ต้นอ่อนที่เกิดจากใบที่ได้รับปริมาณรังสี 60 เกรย์ มีจำนวนใบต่อต้นต่ำกว่าทุกชุดการทดลอง มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับชุดควบคุม และไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากชุดควบคุม สำหรับที่ปริมาณรังสี 10, 20 และ 40 เกรย์ จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 11.85, 11.35

และ 10.78 ใบ ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมมีจำนวนใบเท่ากับ 9.20 ใบ (ตารางที่ 3) กล่าวคือชุดที่ได้รับรังสี 10-40 เกรย์ มีการเจริญเติบโตดีกว่าชุดควบคุม โดยมีความแตกต่างทางสถิติจากชุดควบคุม

เดือนที่ 3 ชุดควบคุมมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับที่ปริมาณรังสี 60 เกรย์ โดยชุดควบคุมมีจำนวนเฉลี่ยของใบต่ำคือ 14.15 ใบ สำหรับที่ปริมาณรังสี 10, 20 และ 40 เกรย์ มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นใกล้เคียงกันคือเท่ากับ 16.08, 15.92 และ 15.80 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) และพบว่าทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เดือนที่ 4 ต้นอ่อนที่เกิดจากใบที่ได้รับปริมาณรังสี 40 เกรย์ มีการเจริญเติบโตดีกว่าทุก ๆ ชุดการทดลอง โดยมีจำนวนใบเฉลี่ยเท่ากับ 20.36 ใบ (ตารางที่ 3) แต่ในชุดควบคุมมีการเจริญเติบโตน้อย และจำนวนใบเฉลี่ยจึงมีค่าต่ำสุดคือเท่ากับ 18.15 ใบ แต่ถึงอย่างไรก็ตามทุกชุดการทดลองจำนวนเฉลี่ยของใบไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เดือนที่ 5 ต้นอ่อนที่เกิดจากใบที่ได้รับปริมาณรังสี 60 เกรย์ มีการเจริญเติบโตได้ดีกล่าวคือมีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นมากที่สุด เท่ากับ 24.87 ใบ (ตารางที่ 3) ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติจากชุดควบคุมที่มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 20.50 ใบ ซึ่งในเดือนนี้พบว่าชุดที่ได้รับรังสีทุกชุดการเจริญเติบโตดีกว่าชุดควบคุม โดยที่ปริมาณรังสี 20-60 เกรย์ มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม

ตารางที่ 3 จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นแอฟริกันไวโอเลตรุ่นที่ 1 หลังจากย้ายปลูกในสภาพโรงเรือนเป็นเวลาต่าง ๆ กัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้น				
	ระยะเวลาหลังย้ายปลูก (เดือน)				
	1	2	3	4	5
0 (control)	6.00^{cd} 1/	9.20^{b}	14.15	18.15	20.50^{b}
10	8.38^{a}	11.85^{a}	16.08	19.78	22.95^{ab}
20	7.77^{ab}	11.35^{a}	15.92	20.10	23.58^{a}
40	6.92^{bc}	10.78^{a}	15.80	20.36	24.20^{a}
60	5.57^{d}	9.03^{b}	14.33	20.00	24.87^{a}
F-test	*	*	ns	ns	*
C.V. (%)	11.48	8.09	6.99	5.88	5.80

1/ ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

2.3 ความกว้างทรงพุ่ม เมื่อพิจารณาความกว้างของทรงพุ่มในรุ่นที่ 1 พบว่า

ในเดือนแรกหลังจากย้ายปลูกลงกระถาง ความกว้างทรงพุ่มของชุดควบคุมและที่ปริมาณรังสี 10 ถึง 20 เกรย์ มีขนาดใกล้เคียงกันคือเท่ากับ 7.58, 8.27 และ 7.53 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติของทั้งสามชุดการทดลอง แต่ในขณะเดียวกันที่ปริมาณรังสี 40 ถึง 60 เกรย์ ทรงพุ่มมีขนาดเล็กคือเท่ากับ 5.57 และ 4.38 เซนติเมตร โดยมีความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม (ตารางที่ 4)

เดือนที่ 2 ชุดควบคุม และปริมาณรังสี 10 ถึง 20 เกรย์ มีขนาดทรงพุ่มเท่ากับ 10.70, 10.80 และ 10.25 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ปริมาณรังสี 60 เกรย์ มีขนาดของทรงพุ่มเล็กที่สุดเท่ากับ 7.17 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติจากชุดควบคุม

เดือนที่ 3 ชุดควบคุมมีทรงพุ่มกว้างที่สุดเท่ากับ 14.78 เซนติเมตร โดยพบว่าความกว้างของทรงพุ่มจะลดลงเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น กล่าวคือความกว้างของทรงพุ่มมีค่าน้อยที่สุดคือเท่ากับ 11.60 เซนติเมตร ที่ปริมาณรังสี 60 เกรย์ ซึ่งแตกต่างทางสถิติจากชุดควบคุม (ตารางที่ 4) ส่วนชุดควบคุม และที่ปริมาณรังสี 10 ถึง 20 เกรย์ ความกว้างทรงพุ่มไม่แตกต่างทางสถิติ

เดือนที่ 4 ที่ปริมาณรังสี 10, 20, 40 และ 60 เกรย์ ความกว้างของทรงพุ่มมีค่าเท่ากับ 16.87, 17.14, 15.79 และ 16.33 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4) แต่ที่ปริมาณรังสี 40 และ 60 เกรย์ ความกว้างทรงพุ่มมีขนาดเท่ากับ 15.79 และ 16.30 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุมที่ความกว้างทรงพุ่มมีขนาดใหญ่สุดเท่ากับ 19.05 เซนติเมตร

เดือนที่ 5 พบว่าการเจริญเติบโตใกล้เคียงกันคือ ขนาดความกว้างทรงพุ่มทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ขนาดทรงพุ่มที่เล็กที่สุดพบที่ปริมาณ 40 เกรย์ คือความกว้างทรงพุ่มเท่ากับ 18.76 เซนติเมตร (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยของต้นแอฟริกันไวโอเลตรุ่นที่ 1 หลังจากย้ายปลูกในสภาพโรงเรือนเป็นเวลาต่าง ๆ กัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร)				
	ระยะเวลาหลังย้ายปลูก (เดือน)				
	1	2	3	4	5
0 (control)	7.58 [a1/]	10.70[a]	14.78[a]	19.05[a]	21.38
10	8.27[a]	10.70[a]	14.18[a]	16.87[ab]	19.27
20	7.53[a]	10.25[a]	13.80[ab]	17.14[ab]	19.92
40	5.57[b]	8.21[b]	12.16[bc]	15.79[b]	18.76
60	4.38[b]	7.17[b]	11.60[c]	16.33[b]	20.30
F-test	*	*	*	*	ns
C.V. (%)	9.96	7.55	7.31	6.83	7.94

[1/] ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

2.4 จำนวนช่อดอกต่อต้น ผลของรังสีแกมมาต่อจำนวนช่อดอกต่อต้นของต้นแอฟริกันไวโอเลตรุ่นที่ 1 ที่ปริมาณต่าง ๆ หลังจากย้ายปลูก เป็นเวลา 5 เดือน พบว่าต้นที่ไม่ได้รับรังสี และต้นที่ได้รับปริมาณรังสี 10, 40 และ 60 เกรย์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าต้นที่ได้รับรังสี 20 เกรย์ มีจำนวนช่อดอกต่อต้นสูงสุดคือเท่ากับ 5.73 ช่อดอก โดยมีความแตกต่างทางสถิติจากการทดลองชุดอื่น ๆ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนดอกต่อช่อดอก และขนาดดอก (เซนติเมตร) ของดอกแอฟริกันไวโอเลตรุ่นที่ 1 ที่ได้รับรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ หลังจากย้ายปลูกลงในกระถาง 4 นิ้ว

ปริมาณรังสี (เกรย์)	จำนวนช่อดอกต่อต้น	จำนวนดอกต่อช่อดอก	ขนาดดอก (เซนติเมตร)
0	4.63[b 1/]	5.17	2.45[a]
10	4.95[b]	4.51	2.26[b]
20	5.73[a]	4.96	2.50[a]
40	4.55[b]	4.54	2.34[ab]
60	4.82[b]	4.83	2.23[b]
F-test	*	ns	*
C.V. (%)	8.07	7.67	3.82

1/ ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

2.5 จำนวนดอกต่อช่อดอก ต้นแอฟริกันไวโอเลตรุ่นที่ 1 ที่ได้รับรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ กันพบว่าจำนวนดอกต่อช่อดอก ของทุก ๆ ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยทุกชุดการทดลองที่ได้รับรังสีมีจำนวนดอกต่อช่อดอกลดลงจากชุดควบคุมกล่าวคือชุดควบคุมมีจำนวนดอกต่อช่อดอกมากที่สุด (ตารางที่ 5)

2.6 ขนาดดอก จากการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในส่วนที่กว้างที่สุดของดอกแรกและดอกที่สองของช่อดอกโดยสุ่มวัดต้นละ 5 ดอก พบว่าขนาดของดอกที่ได้จากต้นที่ได้รับรังสีแกมมาปริมาณ 60 เกรย์ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกเฉลี่ยต่ำที่สุด คือเท่ากับ 2.23 เซนติเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดการทดลองที่ได้รับรังสีแกมมาปริมาณ 10 และ 40 เกรย์ แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม และชุดที่ได้รับรังสีแกมมาปริมาณ 20 เกรย์ ส่วนดอกที่มีขนาดใหญ่ที่สุดพบในชุดการทดลองที่ได้รับรังสีแกมมาปริมาณ 20 เกรย์ มีค่าเท่ากับ 2.50 เซนติเมตร (ตารางที่ 5)

ในการศึกษาและสังเกตลักษณะต้นกลายที่พบในต้นแอฟริกันไวโอเลตรุ่นที่ 1 พบว่าเมื่อปริมาณรังสีสูงขึ้นมีผลให้แอฟริกันไวโอเลตเกิดการกลายพันธุ์ในอัตราที่สูงขึ้น โดยพบว่าที่ปริมาณรังสี 10, 20, 40 และ 60 เกรย์ เปอร์เซ็นต์การกลายพันธุ์มีค่าเท่ากับ 5.00, 3.33, 11.67, และ 18.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ซึ่งต้นกลาย หมายถึงต้นที่มีลักษณะใบ ได้แก่ รูปทรงใบ สีของใบ และการเรียงตัวของใบ ลักษณะดอก ได้แก่ สีดอก รูปทรงดอก ที่ผิดปกติหรือกลายไปจากกลุ่มที่ไม่ได้รับการฉายรังสี ซึ่งในหนึ่งต้นที่กลายอาจพบการกลายมากกว่า 2 ลักษณะ (ตารางที่ 7) โดยพบลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

ลักษณะใบ	พบบางต้นที่มีสีใบเข้มขึ้น ใบหนา ขอบใบหยัก หรือมีลักษณะใบด่าง
การจัดเรียงตัวของใบ	ไม่เป็นระเบียบ มีก้านใบที่ยาวเก้งก้าง
สีดอก	สีของดอก มีการเปลี่ยนแปลง จากสีม่วงเปลี่ยนไปเป็นสีชมพู สีขาว และสีฟ้าอ่อน

ขนาดดอก	พบทั้งต้นที่มีขนาดดอกใหญ่ขึ้นจากเดิมคือมีเส้นผ่านศูนย์กลางดอกประมาณ 3.4 เซนติเมตร และ มีขนาดดอกเล็กลง คือมีเส้นผ่านศูนย์กลางดอกประมาณ 1.0 เซนติเมตร ในขณะที่ค่าเฉลี่ยขนาดดอกของชุดควบคุมเท่ากับ 2.45 เซนติเมตร
ดอก	มีลักษณะเป็นหมัน โดยละอองเกสรมีลักษณะผิดปกติหรือไม่มีละอองเกสรที่สมบูรณ์

ตารางที่ 6 เปอร์เซ็นต์การกลายพันธุ์ที่เกิดขึ้นในแอฟริกันไวโอเลตรุ่นที่ 1 เมื่อได้รับปริมาณรังสีแกมมาต่าง ๆ กัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	จำนวนต้นศึกษารุ่นที่ 1	จำนวนต้นที่กลายพันธุ์	การกลายพันธุ์ (%)
0 (control)	60	0	0.00
10	60	3	5.00
20	60	2	3.33
40	60	7	11.67
60	60	11	18.33

ตารางที่ 7 แสดงลักษณะเปลี่ยนแปลงที่พบในต้นพันธุ์กลาย รุ่นที่ 1 ที่ได้จากการฉายรังสีแกมมา ปริมาณต่าง ๆ เทียบกับต้นที่ไม่ได้รับการฉายรังสี (control)

ปริมาณรังสี (เกรย์)	รหัสพันธุ์	ลักษณะใบ				สีดอก				ลักษณะดอก		
		ใบด่าง	ขอบใบหยัก	สีใบเข้ม	ใบหนา	สีฟ้า	สีขาว	สีชมพู	สีม่วง	ใหญ่	เล็ก	ดอกซ้อน
0 (control)	-				X				X	**X**		
10	10-1[1/]					√					√	
	10-2					√						
	10-3						√	√				
20	20-1			√								
	20-2		√	√								
40	40-1							√				
	40-2[1/]	√										
	40-3[1/]			√			√					
	40-4					√	√					
	40-5			√								
	40-6[1/]		√								√	√
	40-7			√							√	
60	60-1										√	√
	60-2						√					
	60-3			√								
	60-4[1/]		√	√		√	√					
	60-5[1/]		√				√				√	√
	60-6						√					
	60-7					√						
	60-8			√		√						
	60-9[1/]		√			√	√				√	
	60-10						√					
	60-11						√				√	

[1/] เป็นต้นกลายที่คัดไปศึกษาต่อในรุ่นที่ 2 (M_1V_2)

การทดลองที่ 3 ศึกษาความคงตัวของแอฟริกันไวโอเลตในรุ่นที่ 2 ที่ได้รับรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ

คัดต้นกลายที่มีลักษณะน่าสนใจจากการทดลองที่ 2 จำนวน 7 ต้น มาศึกษาความคงตัวในรุ่นที่ 2 โดยคัดมาจากชุดที่ได้รับรังสี 10, 40 และ 60 เกรย์ จำนวน 1, 3 และ 3 ต้น ตามลำดับ นำใบของแต่ละต้นมาทำการปักชำและเมื่อได้ต้นอ่อนรุ่นที่ 2 (M_1V_2) จึงแยกปลูกลงในกระถาง 1 ต้นต่อ 1 กระถางเพื่อติดตามการเจริญเติบโตและความคงตัว ของลักษณะกลายต่อไป

การศึกษาลักษณะต่าง ๆ ของแอฟริกันไวโอเลตพันธุ์กลายทั้ง 7 พันธุ์เปรียบเทียบกับพันธุ์เดิมได้ผลดังนี้

3.1 จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้น จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นของพันธุ์กลายเปรียบเทียบกับพันธุ์เดิมแสดงไว้ในตารางที่ 8

เดือนที่ 1 พันธุ์กลายที่ 2-5 มีการเจริญเติบโตดีกว่าต้นพันธุ์เดิม ซึ่งมีจำนวนใบน้อยที่สุดเท่ากับ 6.15 และพันธุ์เดิมไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากพันธุ์กลายที่ 7 (40-2) ที่มีจำนวนใบเท่ากับ 6.35 แต่พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์กลายที่ 1 (10-1) ถึง 6 (60-9) ซึ่งมีจำนวนใบเฉลี่ยเท่ากับ 8.85, 11.15, 10.55, 10.65, 10.65 และ 8.95 ตามลำดับ

เดือนที่ 2 พันธุ์กลายที่ 2 (40-3) มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นมากที่สุดคือเท่ากับ 15.45 ใบ และมีความแตกต่างทางสถิติจากต้นพันธุ์เดิมและพันธุ์กลายที่ 7 (40-2) ที่มีจำนวนใบเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 9.60 และ 9.90 ใบตามลำดับ

เดือนที่ 3 พันธุ์กลายที่ 3 (40-6) มีจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 20.15 ใบ มีลักษณะการเจริญใกล้เคียงกับพันธุ์กลายที่ 1 (10-1), 2 (40-3) และ 4 (60-4) ซึ่งไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ส่วนต้นพันธุ์เดิมมีจำนวนใบเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 13.95 ใบ

เดือนที่ 4 พันธุ์กลายที่ 1 (10-1), 2 (40-3), 3 (40-6) และ 4 (60-4) จัดอยู่ในกลุ่มที่มีจำนวนใบมาก และไม่พบความแตกต่างทางสถิติในกลุ่มนี้ ส่วนในพันธุ์กลายที่ 3 (40-6) พบว่ามีจำนวนใบมากที่สุดเท่ากับ 23.85 ใบ ซึ่งมีความแตกต่างจากพันธุ์กลายที่ 7 (40-2) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 17.30 ใบ

เดือนที่ 5 พบว่าจำนวนใบที่มากที่สุดคือพันธุ์กลายที่ 3 เท่ากับ 26.75 ใบ และไม่พบความแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์กลายที่ 1 (10-1), 2 (40-3) และ 4 (60-4) ส่วนจำนวนใบที่น้อยที่สุดพบในพันธุ์กลายที่ 7 (40-2) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 20.05 ใบ

ตารางที่ 8 จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นของแอฟริกันไวโอเลตพันธุ์กลายรุ่นที่ 2 (M_1V_2) เปรียบเทียบกับพันธุ์ดอกสีม่วงใจกลางดอกสีขาวหลังจากย้ายปลูกในสภาพโรงเรือนเป็นเวลาต่าง ๆ

พันธุ์กลายที่	ปริมาณรังสี (เกรย์)	จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้น				
		ระยะเวลาหลังย้ายปลูก (เดือน)				
		1	2	3	4	5
1 (10-1)	10	8.85[b1/]	13.20[c]	18.35[ab]	22.50[a]	25.80[ab]
2 (40-3)	40	11.15[a]	15.45[a]	19.65[a]	23.25[a]	25.45[ab]
3 (40-6)	40	10.55[a]	15.20[ab]	20.15[a]	23.85[a]	26.75[a]
4 (60-4)	60	10.65[a]	14.95[ab]	19.25[a]	22.85[a]	25.80[ab]
5 (60-5)	60	10.65[a]	14.15[abc]	17.40[b]	20.15[b]	23.65[bc]
6 (60-9)	60	8.95[b]	13.70[bc]	16.65[b]	19.55[bc]	21.95[cd]
7 (40-2)	40	6.35[c]	9.90[d]	13.95[c]	17.30[d]	20.05[d]
พันธุ์เดิม	0 (control)	6.15[c]	9.60[d]	13.95[c]	18.05[cd]	20.80[d]
F-test		*	*	*	*	*
C.V. (%)		23.24	17.90	15.22	14.48	15.32

[1/] ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

3.2 ความกว้างทรงพุ่ม ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยของพันธุ์กลายเปรียบเทียบกับพันธุ์เดิมแสดงไว้ในตารางที่ 9

หลังจากนำต้นแอฟริกันไวโอเลตพันธุ์กลายรุ่นที่ 2 (M_1V_2) มาย้ายปลูกในโรงเรือนเป็นเวลา 5 เดือน บันทึกความกว้างทรงพุ่มทุกเดือนได้ผลดังนี้

เดือนที่ 1 ความกว้างทรงพุ่มน้อยที่สุดพบในพันธุ์กลายที่ 7 (40-2) มีค่าเท่ากับ 4.68 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับทุก ๆ สายพันธุ์ ส่วนความกว้างทรงพุ่มที่มากที่สุดพบในพันธุ์กลายที่ 2 (40-3) เท่ากับ 10.97 เซนติเมตร ในพันธุ์กลายที่ 3 (40-6), 4 (60-4) และ 5 (60-5) ความกว้างทรงพุ่มเท่ากับ 8.53, 8.90 และ 7.98 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เดือนที่ 2 ความกว้างทรงพุ่มที่มากที่สุดคือพันธุ์กลายที่ 2 (40-3) เท่ากับ 14.60 เซนติเมตร และพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติกับทุก ๆ พันธุ์กลาย พันธุ์กลายที่ 7 (40-2) มีความกว้างทรงพุ่มน้อยที่สุดเท่ากับ 6.55 เซนติเมตร

เดือนที่ 3 ต้นพันธุ์เดิมมีความกว้างทรงพุ่มเท่ากับ 14.83 เซนติเมตร มีขนาดทรงพุ่มใกล้เคียงกับพันธุ์กลายที่ 1 (10-1) และ 4 (60-4) ที่มีความกว้างทรงพุ่มเท่ากับ 16.15 และ 15.20 เซนติเมตร ส่วนพันธุ์กลายที่ 2 (40-3) มีขนาดความกว้างทรงพุ่มมากที่สุดเท่ากับ 18.20 เซนติเมตร และพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติกับทุก ๆ สายพันธุ์

เดือนที่ 4 ความกว้างทรงพุ่มน้อยที่สุดคือพันธุ์กลายที่ 7 (40-2) เท่ากับ 10.85 เซนติเมตร โดยมีความแตกต่างทางสถิติกับทุก ๆ พันธุ์กลาย พันธุ์กลายที่ 2 (40-3) มีความกว้างทรงพุ่มมากที่สุดเท่ากับ 20.85 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับทุก ๆ พันธุ์กลาย

เดือนที่ 5 ความกว้างทรงพุ่มที่น้อยที่สุดคือพันธุ์กลายที่ 7 (40-2) เท่ากับ 12.33 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับทุก ๆ พันธุ์กลาย พันธุ์กลายที่ 2 (40-3) มีความกว้างทรงพุ่มมากที่สุด เท่ากับ 22.85 เซนติเมตร

ตารางที่ 9 ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยของแอฟริกันไวโอเลตรุ่นที่ 2 (M_1V_2)หลังจากย้ายปลูกในสภาพโรงเรือนเป็นเวลาต่าง ๆ กัน

พันธุ์กลายที่	ปริมาณรังสี (เกรย์)	ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร)				
		ระยะเวลาหลังย้ายปลูก (เดือน)				
		1	2	3	4	5
1 (10-1)	10	6.88^{de} 1/	10.48^{cd}	14.60^{c}	17.78^{c}	19.85^{c}
2 (40-3)	40	10.97^{a}	14.60^{a}	18.20^{a}	20.85^{a}	22.85^{a}
3 (40-6)	40	8.53^{b}	11.90^{b}	16.15^{b}	19.15^{b}	21.45^{b}
4 (60-4)	60	8.90^{b}	11.85^{b}	15.20^{bc}	18.35^{bc}	20.65^{bc}
5 (60-5)	60	7.98^{bc}	9.93^{cd}	12.50^{d}	14.85^{d}	17.05^{d}
6 (60-9)	60	5.93^{e}	9.63^{d}	12.30^{d}	14.50^{d}	16.10^{d}
7 (40-2)	40	4.68^{f}	6.55^{e}	8.78^{e}	10.85^{e}	12.33^{e}
พันธุ์เดิม	0 (control)	7.5^{cd}	10.91^{bc}	14.83^{c}	18.95^{bc}	22.00^{ab}
F-test		*	*	*	*	*
C.V. (%)		19.80	14.97	12.03	11.21	11.15

1/ ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

3.3 จำนวนเฉลี่ยของช่อดอกต่อต้น จำนวนดอกต่อช่อ และขนาดดอก เมื่อสังเกตและบันทึกผลของพันธุ์กลายทั้ง 7 พันธุ์ พบว่าจำนวนช่อดอกต่อต้นในพันธุ์กลายที่ 3 (40-6) ที่ได้รับรังสีปริมาณ 40 เกรย์ มีจำนวนช่อดอกต่อต้นมากที่สุดคือเท่ากับ 6.6 ช่อดอกต่อต้น (ตารางที่ 10) พันธุ์กลายที่ 7 (40-2) ที่ได้รับปริมาณรังสี 40 เกรย์ มีจำนวนช่อดอกต่อต้นน้อยที่สุดคือเท่ากับ 2.7 ช่อดอกต่อต้น

จำนวนดอกต่อช่อดอก พันธุ์กลายที่ 2 (40-3) และ 3 (40-6) ที่ได้รับปริมาณรังสี 40 เกรย์ มีจำนวนดอกต่อช่อดอกมากที่สุดเท่ากับ 5.8 ดอกต่อช่อ (ตารางที่ 10) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับต้นควบคุม และพันธุ์กลายที่ 1 (10-1) คือไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนพันธุ์กลายที่ 7 (40-2) ที่ได้รับปริมาณรังสี 40 เกรย์ มีจำนวนดอกต่อช่อดอกน้อยที่สุดคือ 2.1 ดอกต่อช่อ

สำหรับขนาดดอกพบว่าพันธุ์กลายทุกพันธุ์ให้ดอกที่มีขนาดเล็กลงกว่าชุดควบคุมโดยแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อปริมาณรังสีเพิ่มมากขึ้นมีแนวโน้มให้ขนาดดอกเล็กลง โดยพบว่าต้นพันธุ์เดิมมีขนาดดอกใหญ่ที่สุดคือ 2.4 เซนติเมตร และต้นที่มีขนาดดอกเล็กที่สุดคือพันธุ์กลายที่ 3 (40-6) ซึ่งมีขนาดดอกเท่ากับ 1 เซนติเมตร (ตารางที่ 10)

3.4 จำนวนวันเฉลี่ยที่เริ่มออกดอกและระยะเวลาการบานของดอก จากการสังเกตและบันทึกผลของพันธุ์กลายที่ 1-7 พบว่า ต้นของพันธุ์เดิมออกดอกเร็วกว่าทุก ๆ พันธุ์กลาย คือเมื่อย้ายปลูกได้ 41.15 วัน ก็สามารถให้ดอกแรกได้ ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์กลายที่ 4 (60-4) ที่ได้จากต้นที่ได้รับปริมาณรังสี 60 เกรย์ ซึ่งมีระยะวันออกดอกนานที่สุดคือที่ 51.95 วัน หลังจากวันย้ายปลูกลงกระถาง 4 นิ้ว และพบว่าพันธุ์กลายที่ 4 (60-4) จำนวนวันที่เริ่มออกดอกมีความแตกต่างทางสถิติกับทุก ๆ พันธุ์กลาย (ตารางที่ 11)

ในการนับจำนวนวันของระยะเวลาการบานของดอก เริ่มนับเมื่อดอกมีการเจริญเติบโตเต็มที่แต่อยู่ในระยะที่ดอกตูม ซึ่งพบว่าพันธุ์กลายที่ 4 (60-4) มีระยะเวลาการบานของดอกนานที่สุดเท่ากับ 9.65 วัน (ตารางที่ 11) และพบระยะการบานใกล้เคียงกับพันธุ์กลายที่ 5 (60-5) และ 6 (60-9) โดยไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ส่วนต้นชุดควบคุมมีระยะการบานของดอกสั้นที่สุดเท่ากับ 7.35 วัน และไม่พบความแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์กลายที่ 1 (10-1), 2 (40-3), 3 (40-6) และ 7 (40-2)

ตารางที่ 10 จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนดอกต่อช่อดอก และขนาดดอก (เซนติเมตร) ของแอฟริกันไวโอเลตรุ่นที่ 2 (M_1V_2) ที่ได้รับรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ หลังจากย้ายปลูกลงในกระถาง 4 นิ้ว

พันธุ์กลายที่	ปริมาณรังสี (เกรย์)	จำนวนช่อดอกต่อต้น	จำนวนดอกต่อช่อดอก	ขนาดดอก (เซนติเมตร)
1 (10-1)	10	5.4[b 1/]	5.5[a]	1.6[b]
2 (40-3)	40	6.3[a]	5.8[a]	1.7[b]
3 (40-6)	40	6.6[a]	5.8[a]	1[e]
4 (60-4)	60	4.8[b]	3.2[b]	1.4[c]
5 (60-5)	60	3.2[c]	2.9[b]	1.3[d]
6 (60-9)	60	3.7[c]	2.8[b]	1.2[d]
7 (40-2)	40	2.7[c]	2.1[c]	1.4[c]
พันธุ์เดิม	0 (control)	4.6[b]	5.3[a]	2.4[a]
F-test		*	*	*
C.V. (%)		32.35	24.52	13.54

1/ ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ตารางที่ 11 จำนวนวันเฉลี่ยที่เริ่มออกดอกและระยะเวลาการบานของดอก (วัน) ของแอฟริกันไวโอเลต (M_1V_2) ที่ได้รับรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ หลังจากย้ายปลูกลงในกระถาง 4 นิ้ว

สายพันธุ์ที่	ปริมาณรังสี (เกรย์)	จำนวนวันเฉลี่ยที่เริ่มออกดอก	ระยะเวลาการบานเฉลี่ยของดอก (วัน)
1 (10-1)	10	43.25[e1/]	7.80[b]
2 (40-3)	40	44.65[cde]	7.90[b]
3 (40-6)	40	45.85[bc]	8.00[b]
4 (60-4)	60	51.95[a]	9.65[a]
5 (60-5)	60	45.25[bcd]	9.25[a]
6 (60-9)	60	46.65[b]	9.40[a]
7(40-2)	40	43.65[de]	7.95[b]
พันธุ์เดิม	0 (control)	41.15[f]	7.35[b]
F-test		*	*
C.V. (%)		5.56	11.22

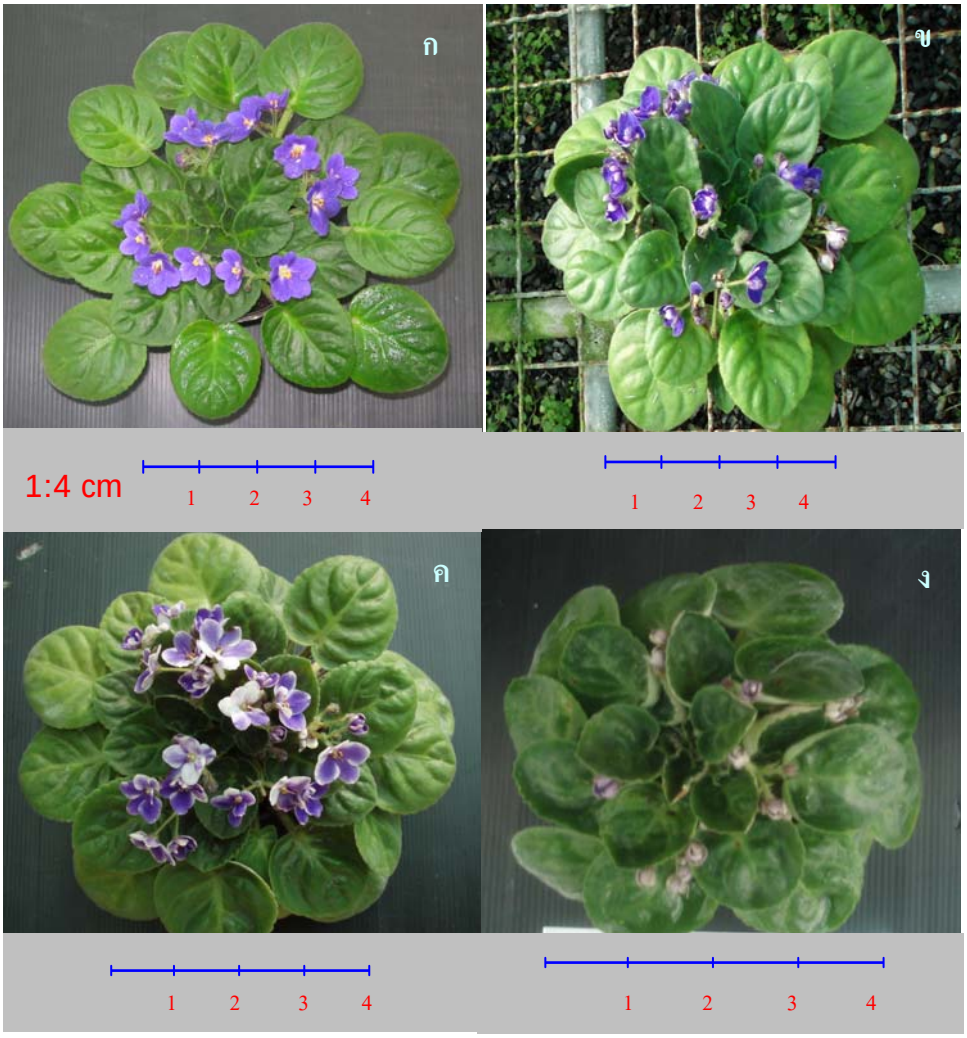
[1/] ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

3.5 ดอกเป็นหมัน ปริมาณรังสีสูงขึ้นมีผลให้เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของดอกเพิ่มขึ้น ซึ่งพบว่าสายพันธุ์ที่ 4 (60-4) ซึ่งได้จากต้นที่ได้รับปริมาณรังสี 60 เกรย์ มีดอกปีนหมันเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) และพันธุ์กลายที่ 1 (10-1) พบดอกที่เป็นหมันเท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ โดยมีลักษณะทางสัณฐานของดอกเหมือนต้นควบคุม ส่วนสายพันธุ์ที่ 2 (40-3), 3 (40-6), 5 (60-5), 6 (60-9) และ 7 (40-2) พบดอกที่เป็นหมันเท่ากับ 30, 80, 85, 90 และ 60 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ตารางที่ 12 แสดงเปอร์เซ็นต์ดอกที่เป็นหมันของแอฟริกันไวโอเลตรุ่นที่ 2 (M_1V_2) ที่ได้รับรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ หลังจากย้ายปลูกลงในกระถาง 4 นิ้ว

พันธุ์กลายที่	ปริมาณรังสี (เกรย์)	จำนวนดอกทั้งหมดที่ทำการบันทึก	ดอกเป็นหมัน(%)
1 (10-1)	10	100	0
2 (40-3)	40	100	30
3 (40-6)	40	100	80
4 (60-4)	60	100	100
5 (60-5)	60	100	85
6 (60-9)	60	100	90
7 (40-2)	40	100	60
พันธุ์เดิม	0 (Control)	100	0



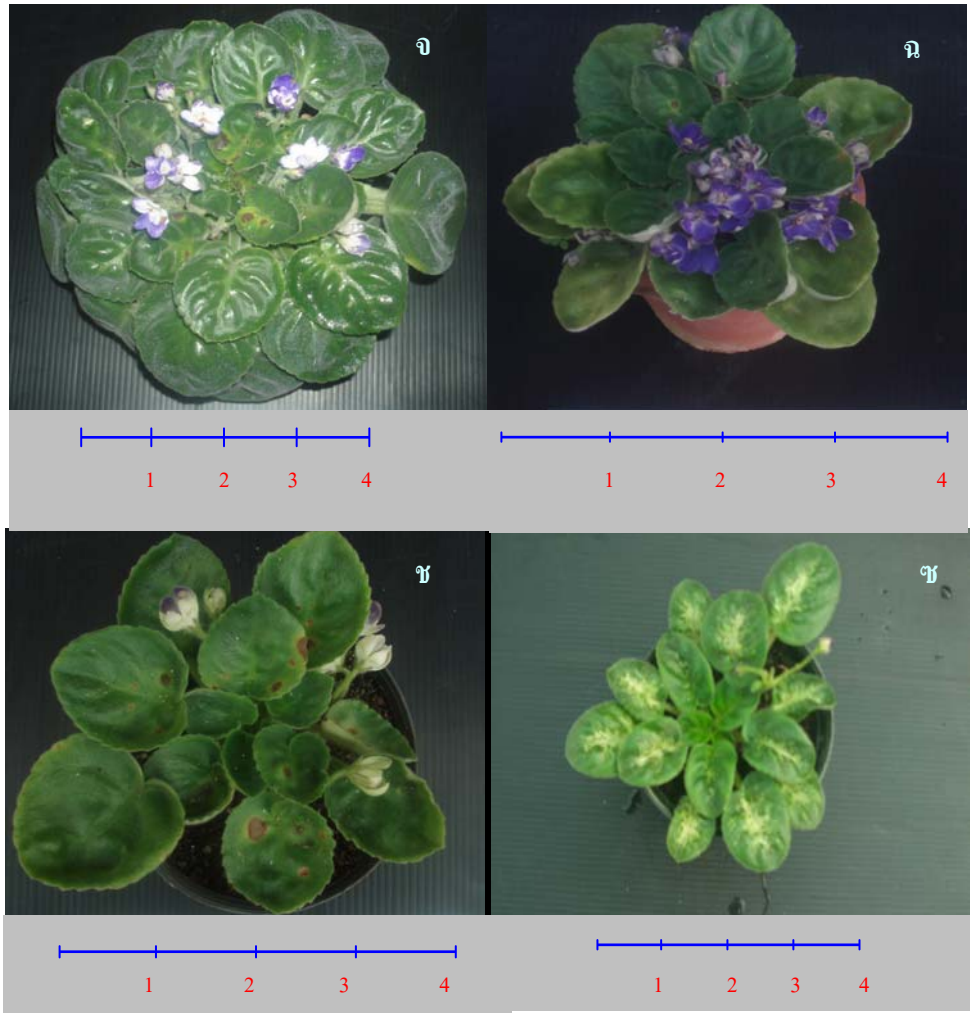
ภาพที่ 8 ลักษณะทรงพุ่มของต้นแอฟริกันไวโอเลตพันธุ์กลายเปรียบเทียบกับพันธุ์ดอกสีม่วงใจกลางดอกสีขาว

ก พันธุ์เดิม ดอกสีม่วงใจกลางดอกสีขาว

ข พันธุ์กลายที่ 1(10-1) ดอกสีฟ้า ทรงพุ่มกระทัดรัด

ค พันธุ์กลายที่ 2 (40-3) ดอกสีม่วงขาว

ง พันธุ์กลายที่ 3 (40-6) ดอกสีม่วง



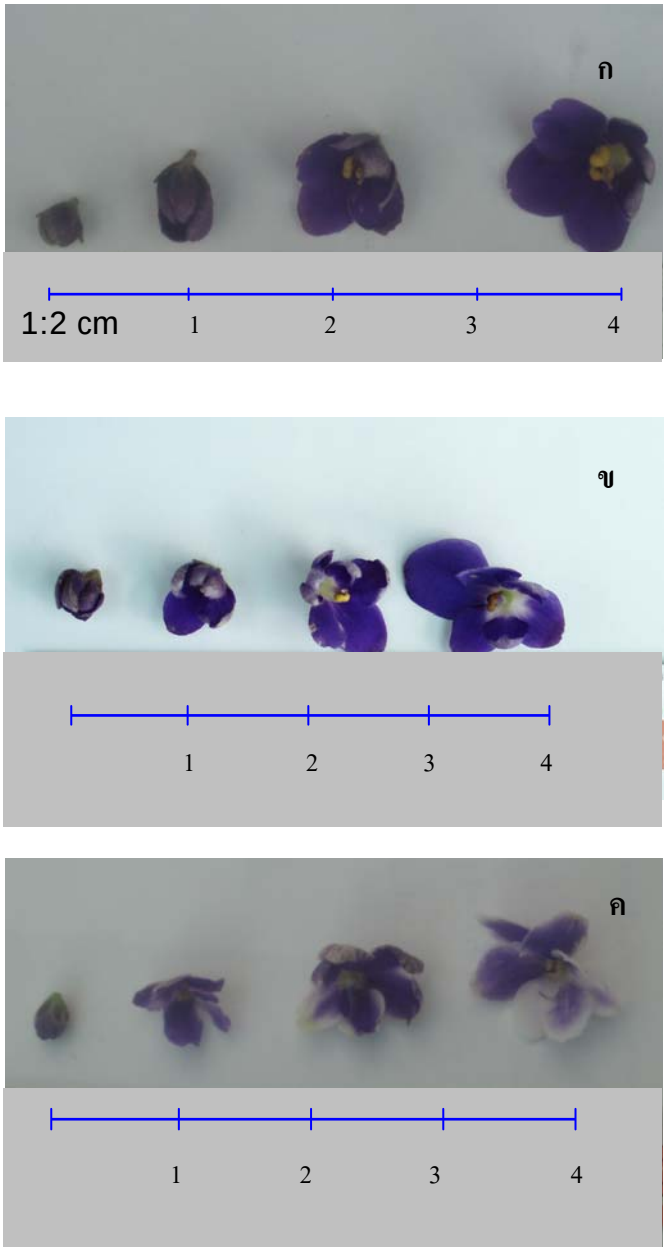
ภาพที่ 8 (ต่อ)

จ พันธุ์กลายที่ 4 (60-4) ดอกสีฟ้าขาว ทรงพุ่มกระทัดรัด

ฉ พันธุ์กลายที่ 5 (60-5) ดอกสีม่วงขนาดเล็ก ขอบใบหยัก

ช พันธุ์กลายที่ 6 (60-9) ดอกสีขาวปลายกลีบดอกสีฟ้า ขอบใบหยัก

ซ พันธุ์กลายที่ 7 (40-2) ดอกสีม่วงเช่นเดียวกับพันธุ์เดิม ใบด่าง

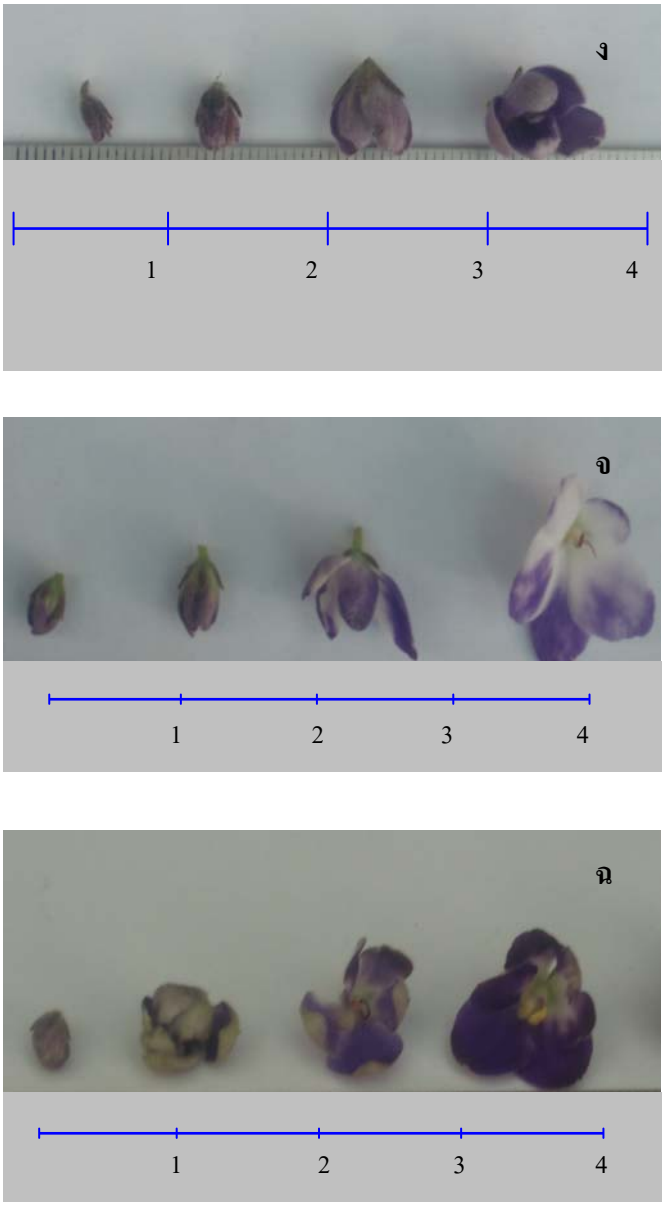


ภาพที่ 9 ลักษณะดอกของแอฟริกันไวโอเลตพันธุ์เดิมและพันธุ์กลาย

ก. พันธุ์เดิม ดอกสีม่วงใจกลางดอกสีขาวอยู่ในกลุ่ม Violet Group 89-B

ข. พันธุ์กลายที่ 1 (10-1) ดอกสีฟ้าอยู่ในกลุ่ม Violet Group 87-A

ค. พันธุ์กลายที่ 2 (40-3) ดอกสีม่วงขาว อยู่ในกลุ่ม Violet Group 88-C

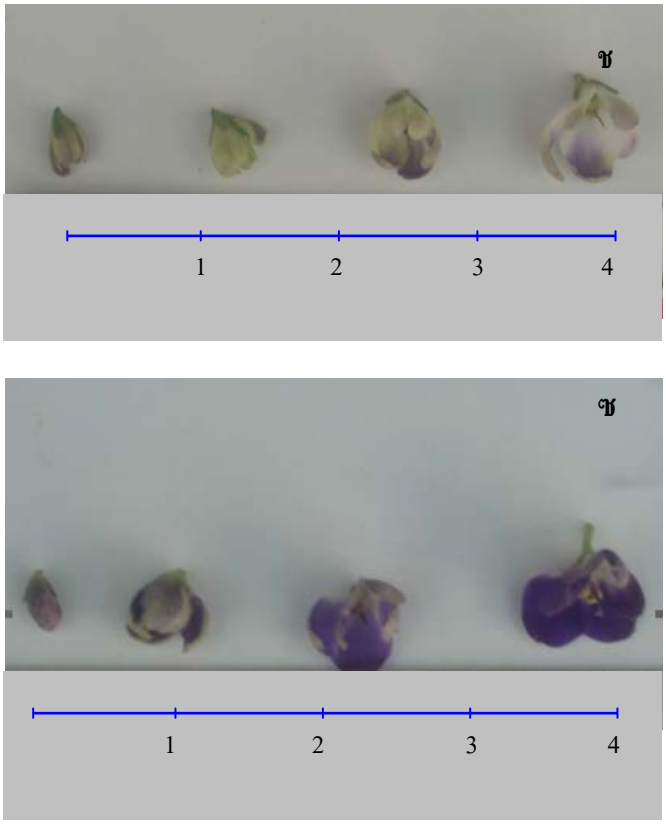


ภาพที่ 9 (ต่อ)

ง. พันธุ์กลายที่ 3(40-6) ดอกสีม่วงอยู่ในกลุ่ม Violet Group 88-D

จ. พันธุ์กลายที่ 4 (60-4) ดอกสีฟ้าขาวอยู่ในกลุ่ม Violet Blue Group 89-C

ฉ. พันธุ์กลายที่ 5 (60-5) ดอกสีม่วงขนาดเล็ก อยู่ในกลุ่ม Violet Group 87-B



ภาพที่ 9 (ต่อ)

ช. พันธุ์กลายที่ 6 (60-9) ดอกสีขาวปลายกลีบดอกสีฟ้า

ซ. พันธุ์กลายที่ 7 (40-2) ดอกสีม่วงจัดอยู่ในกลุ่ม Violet Group 89-B เช่นเดียวกับพันธุ์เดิม ดอกสีม่วงใจกลางดอกสีขาว

สรุปได้ว่าลักษณะกลายของแอฟริกันไวโอเลตในรุ่นที่ 2 มีความสม่ำเสมอของแต่ละสายพันธุ์ โดยแต่ละสายพันธุ์มีลักษณะดอก สีของดอก ลักษณะใบ สีของใบ ความหนาของใบ ขอบใบ และลักษณะทรงพุ่มคล้ายคลึงกับลักษณะในรุ่นที่ 1 พันธุ์กลายทั้ง 7 พันธุ์มีลักษณะดังต่อไปนี้

พันธุ์เดิม ดอกสีม่วงใจกลางดอกสีขาว มีลักษณะขอบใบเรียบ ใบไม่หนา ใบสีเขียวอยู่ในกลุ่ม Green Group 137-C ลักษณะดอกไม่เป็นหมัน ดอกมีขนาดใหญ่ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางดอกเท่ากับ 2.4 เซนติเมตร ในหนึ่งช่อดอกพบจำนวนดอกโดยเฉลี่ยเท่ากับ 5.3 ดอกต่อช่อดอก ดอกสีม่วงอยู่ในกลุ่ม Violet Group 89-B ใจกลางดอกสีขาว (ภาพที่ 9 ก) ระยะเวลาการบานของดอกเท่ากับ 7.35 วัน ลักษณะทรงพุ่มไม่เป็นระเบียบ (ภาพที่ 8 ก) คือมีความกว้างทรงพุ่มโดยเฉลี่ยประมาณ 22 เซนติเมตร ลักษณะใบค่อนข้างใหญ่โดยจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ยเท่ากับ 20.80 ใบ

พันธุ์กลายที่ 1 (10-1) เป็นต้นที่ได้จากการฉายรังสีปริมาณ 10 เกรย์ ลักษณะของใบค่อนข้างเล็ก ใบสีเขียวอยู่ในกลุ่ม Green Group 137-C จำนวนใบต่อต้นเฉลี่ยเท่ากับ 25.80 ใบ ลักษณะทรงพุ่มค่อนข้างเล็ก (ภาพที่ 8 ข) มีความกว้างทรงพุ่มโดยเฉลี่ยเท่ากับ 19.85 เซนติเมตร ลักษณะดอกพบว่าขนาดดอกโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.6 เซนติเมตร ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าดอกของชุดควบคุม โดยเฉลี่ยใน 1 ช่อดอกจะมีมีจำนวนดอกต่อช่อเท่ากับ 5.5 ดอก ลักษณะดอกไม่เป็นหมัน ดอกสีฟ้าอยู่ในกลุ่ม Violet Group 87-A (ภาพที่ 9 ข)

พันธุ์กลายที่ 2 (40-3) เป็นต้นที่ได้จากการฉายรังสีปริมาณ 40 เกรย์ พบว่าจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ยเท่ากับ 25.45 ใบ ความกว้างทรงพุ่มเท่ากับ 22.85 เซนติเมตร (ภาพที่ 8 ค) สีใบอยู่ในกลุ่ม Green Group 137-A พบว่าขนาดดอกโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.7 เซนติเมตร พบจำนวนดอกต่อช่อดอกโดยเฉลี่ยมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 5.8 ดอกต่อช่อ ดอกมีลักษณะเป็นหมันบางส่วน คือพบดอกที่ไม่เป็นหมันเท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์ ดอกสีม่วงขาว อยู่ในกลุ่ม Violet Group 88-C (ภาพที่ 9 ค) ระยะการบานของดอกโดยเฉลี่ยเท่ากับ 7.90 วัน

พันธุ์กลายที่ 3 (40-6) เป็นต้นที่ได้จากการฉายรังสีปริมาณ 40 เกรย์ พบว่ามีจำนวนใบต่อต้นเป็นจำนวนมากซึ่งเท่ากับ 26.75ใบ ซึ่งมีผลให้ใบมีลักษณะเล็ก ความกว้างทรงพุ่มเท่ากับ 21.45 เซนติเมตร (ภาพที่ 8 ง) ใบสีเขียวอยู่ในกลุ่ม Green Group 138-A ขนาดดอกโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1 เซนติเมตร ซึ่งดอกมีขนาดเล็กที่สุดในจำนวน 7 ต้นที่สามารถศึกษาลักษณะดอก M_1V_2 ได้ และ

พบว่าดอกมีลักษณะเป็นหมันเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่เป็นหมันเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาการบานโดยเฉลี่ยของดอกบานได้นานเท่ากับ 8 วัน ดอกสีม่วงอยู่ในกลุ่ม Violet Group 88-D (ภาพที่ 9 ง)

พันธุ์กลายที่ 4 (60-4) เป็นต้นที่ได้จากการฉายรังสีปริมาณ 60 เกรย์ ใบมีลักษณะเล็ก จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 25.80 ใบ ใบสีเขียวอยู่ในกลุ่ม Green Group 137-A และความกว้างทรงพุ่มโดยเฉลี่ยเท่ากับ 20.65 เซนติเมตร (ภาพที่ 8 จ) ลักษณะดอกเป็นหมันทั้งหมด ระยะเวลาการบานของดอกนานที่สุดเท่ากับ 9.65 วัน ขนาดดอกโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.4 เซนติเมตร ดอกสีฟ้าขาวอยู่ในกลุ่ม Violet Blue Group 89-C (ภาพที่ 9 จ) พบจำนวนดอกต่อช่อเท่ากับ 3.2 ดอกต่อช่อ

พันธุ์กลายที่ 5 (60-5) เป็นต้นที่ได้จากการฉายรังสีปริมาณ 60 เกรย์ ลักษณะใบมีขนาดเล็ก จำนวนใบเฉลี่ยเท่ากับ 23.65 ใบต่อต้น ความกว้างทรงพุ่มเท่ากับ 17.05 เซนติเมตร (ภาพที่ 8 ฉ) ใบสีเขียวอยู่ในกลุ่ม Green Group 143-A พบลักษณะดอกโดยส่วนมากเป็นหมัน พบดอกที่ไม่เป็นหมันเท่ากับ 15 เปอร์เซ็นต์ ดอกสีม่วงขนาดเล็ก อยู่ในกลุ่ม Violet Group 87-B (ภาพที่ 9 ฉ) ระยะเวลาการบานของดอกโดยเฉลี่ยเท่ากับ 9.25 วัน มีจำนวนดอกต่อช่อดอกน้อยเท่ากับ 2.9 ดอกต่อช่อ ขนาดดอกโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.3 เซนติเมตร

พันธุ์กลายที่ 6 (60-9) เป็นต้นที่ได้จากการฉายรังสีปริมาณ 60 เกรย์ พบจำนวนจำนวนใบฉลี่ยเท่ากับ 21.95 ใบ ลักษณะทรงพุ่มมีขนาดเล็กคือมีความกว้างทรงพุ่มเท่ากับ 16.10 เซนติเมตร (ภาพที่ 8 ช) ใบสีเขียวอยู่ในกลุ่ม Green Group 143-C ขนาดของดอกโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.2 เซนติเมตร ระยะเวลาการบานของดอก 9.40 วัน ดอกสีขาวปลายกลีบดอกสีฟ้า (ภาพที่ 9 ช)

พันธุ์กลายที่ 7 (40-2) เป็นต้นที่ได้จากการฉายรังสีปริมาณ 40 เกรย์ ใบมีขนาดเล็ก และมีลักษณะใบด่าง เขียว-ขาว ในส่วนที่ด่างเป็นสีเขียวจัดอยู่ในกลุ่ม Green Group 137-A พบจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 20.05 ใบ พบว่าทรงพุ่มมีขนาดเล็กที่สุดความกว้างทรงพุ่มโดยเฉลี่ยเท่ากับ 12.33 เซนติเมตร (ภาพที่ 8 ซ) ดอกสีม่วงจัดอยู่ในกลุ่ม Violet Group 89-B เช่นเดียวกับพันธุ์เดิม (ภาพที่ 9 ซ) ขนาดของดอกโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.4 เซนติเมตร ระยะเวลาการบานของดอก 7.95 วัน

วิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อนำใบแอฟริกันไวโอเลตมาฉายรังสีแกมมาปริมาณ 0, 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 เกรย์ พบว่าใบแอฟริกันไวโอเลตชุดควบคุมมีการรอดชีวิต 100 เปอร์เซ็นต์ โดยการรอดชีวิตจะลดลงเมื่อปริมาณรังสีสูงขึ้น นั่นคือที่ปริมาณรังสี 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 เกรย์ พบว่ามีการรอดชีวิตเท่ากับ 86.7, 68.89, 62.22, 46.67, 0 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Venketeswaran and Partanen (1966) จากการทดลองใช้รังสีแกมมาปริมาณ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 เกรย์ กับข้อของหน้าวัวพันธุ์ Double Spathe ที่เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อพบว่าการใช้ปริมาณรังสีสูงขึ้นทำให้อัตราการรอดชีวิต จำนวนยอด และความสูงของยอดที่เกิดจากข้อมีแนวโน้มลดลง และผลการทดลองใช้รังสีแกมมากับแคลลัสของหน้าวัวพันธุ์ Double Spathe พบว่าการใช้ปริมาณรังสีสูงขึ้น ทำให้อัตราการรอดชีวิตและจำนวนยอดของแคลลัสมีแนวโน้มลดลง และ สุภลัคน์ (2542) พบว่า การใช้รังสีปริมาณสูงขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของกล้วยไข่ 4X ลดลงและไม่สามารถมีชีวิตรอดเลยเมื่อได้รับรังสีแกมมา 70 เกรย์

เปอร์เซ็นต์ความอยู่รอดของใบแอฟริกันไวโอเลต ซึ่งได้รับปริมาณรังสีต่างๆ กัน ที่ระยะเวลา 60 วัน หลังฉายรังสี โดยพิจารณา $LD_{50(60)}$ พบว่ามีค่า 49 เกรย์ ซึ่งปริมาณรังสีใกล้เคียงกับรายงานของ Am*ano et al.,* (2001) ว่าปริมาณรังสีแกมมาที่เหมาะสมต่อส่วนของใบแอฟริกันไวโอเลตมีค่าอยู่ในช่วง 30-40 เกรย์ ใบปักชำไม่มีชีวิตรอดเมื่อได้รับปริมาณรังสีแกมมาตั้งแต่ 80 เกรย์ ขึ้นไป ที่ปริมาณรังสี 10 เกรย์ มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตใกล้เคียงกับ ชุดควบคุม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณรังสี 10 เกรย์ เป็นปริมาณรังสีต่ำ จึงมีผลต่อการเจริญเติบโตน้อย แต่ถ้าปริมาณรังสีสูงขึ้นจะไปทำความเสียหายกับโครโมโซมและองค์ประกอบอื่นภายในไซโตพลาสซึม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของเซลล์ และยังอาจไปทำลายกระบวนการสร้าง ATP ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานภายในเซลล์ เนื่องจากการสังเคราะห์ไมโครโมเลกุลในเซลล์ต้องการ ATP เมื่อกระบวนการสร้าง ATP ถูกทำลายจะทำให้พลังงานในเซลล์ลดลง จึงเป็นสาเหตุให้เซลล์แบ่งตัวช้าหรือตายไปในที่สุด (อรุณี, 2539) ด้วยหลายสาเหตุดังกล่าวแล้วจึงมีผลต่อการรอดชีวิตและการเจริญเติบโตของต้นอ่อน

การตรวจนับจำนวนต้นอ่อน (plantlet) ที่เกิดจากใบแอฟริกันไวโอเลตซึ่งผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ กัน หลังจากฉายรังสีแล้วเป็นเวลา 90 วัน พบว่าปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นไปมีผลต่อการเกิดต้นอ่อนซึ่งเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของจำนวน ต้นอ่อนต่อใบ พบว่าการเพิ่มปริมาณรังสีมี

แนวโน้มทำให้ความสามารถในการเกิดต้นอ่อนลดลง นั่นคือ ใบปักชำที่ได้รับรังสีแกมมา 10, 20, 40 และ 60 เกรย์ มีจำนวนเฉลี่ยของต้นอ่อนเท่ากับ 72.84, 66.67, 67.65 และ 57.84 เปอร์เซ็นต์ ของชุดควบคุม ตามลำดับ โดยพบว่าใบแอฟริกันไวโอเลตที่ไม่ได้รับการฉายรังสีจะมีความสามารถในการพัฒนาเป็นต้นอ่อนได้ดีกว่าใบที่ฉายรังสี และมีแนวโน้มว่าปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ใบแอฟริกันไวโอเลตสูญเสียความสามารถในการพัฒนาเป็นต้นอ่อน เนื่องจากเซลล์ถูกทำลายโดยรังสีจึงทำให้เซลล์หรือเนื้อเยื่อเจริญสูญเสียความสามารถในการเจริญเติบโต ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ George and Rao (1980) ที่รายงานว่าปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้การสร้างยอดหรือต้นของมัสตาร์ด (*Brassica juncea*. Var. RAI-5) ลดลง และจากการรายงานของ อาภาภรณ์ (2539) พบว่ากลีบหัวลิลลี่ที่ไม่ได้รับรังสีแกมมาสามารถผลิตหัวย่อยจำนวนมากกว่าที่ได้รับรังสีปริมาณ 3 และ 6 เกรย์ กลีบหัวทุกตำแหน่งที่ได้รับปริมาณรังสี 3 เกรย์ ให้จำนวนหัวย่อยน้อยกว่าที่ไม่ได้รับรังสี กลีบหัวทุกตำแหน่งที่ได้รับรังสีปริมาณ 6 เกรย์ ไม่สามารถผลิตหัวย่อยได้เลย ยกเว้นกลีบหัวชั้นในสุด (shoot) ของพันธุ์ MEM8 สามารถผลิตหัวย่อยได้เพียง 2 หัวย่อยต่อกลีบ Zhou *et al.,* (2005) รายงานว่า ปริมาณรังสีมีผลต่อแอฟริกันไวโอเลตพันธุ์ Mauve ที่ขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ พบว่าจำนวนยอดลดลงเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้นโดยที่ปริมาณรังสี 0, 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 เกรย์ พบจำนวนยอดโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 103.5, 73.8, 33.1, 23.0, 36.9, 7.2, 1.7 และ 1.9 ยอด ตามลำดับ

สำหรับความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยในเดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 4 ของทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างทางสถิติแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่ออายุครบ 5 เดือน (ตารางที่ 4) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ สุภลัคน์ (2543) ที่รายงานว่าเมื่อนำต้นกล้วยไข่ 4X ที่ได้รับรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ ไปปลูกเลี้ยง พบว่าเส้นรอบวงของลำต้นเทียม มีความแตกต่างกันทางสถิติในเดือนที่ 3-6 สำหรับในเดือนที่ 7-9 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้เพราะว่าหลังจากเซลล์ได้รับรังสีจะทำให้เกิดความล่าช้าในการแบ่งเซลล์ และเซลล์จะชะงักการแบ่งตัวไประยะหนึ่ง แต่เป็นการหยุดชะงักแบบชั่วคราว หลังจากนั้นก็จะสามารถแบ่งตัวได้ตามปกติ (สิรนุช, 2540)

ในการศึกษาลักษณะกลายพันธุ์ของต้นรุ่นที่ 1 พบว่าเมื่อปริมาณรังสีสูงขึ้นมีผลให้ แอฟริกันไวโอเลตเกิดการกลายพันธุ์ในอัตราที่สูงขึ้น โดยพบว่าที่ปริมาณรังสี 10, 20, 40 และ 60 เกรย์ เปอร์เซ็นต์การกลายพันธุ์มีค่าเท่ากับ 5.00, 3.33, 11.67 และ 18.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Okamura *et al.,* (2003) ที่ใช้รังสีแกมมาเหนี่ยวนำให้เกิดการกลาย

พันธุ์ในดอกคาร์เนชัน พบว่าที่ปริมาณรังสี 30, 50 และ 70 เกรย์ มีการกลายพันธุ์เท่ากับ 1.1, 2.1 และ 3.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะใบ การจัดเรียงตัวของใบ ขนาดดอก สีดอก ของต้นแอฟริกันไวโอเลตที่ปริมาณรังสีต่าง ๆ ในต้นรุ่นที่ 1 พบว่ารังสีมีผลให้แอฟริกันไวโอเลตเกิดการกลายพันธุ์ โดยพบลักษณะดอก ลักษณะใบที่มีสีเข้มกว่าต้นควบคุม นอกจากนี้ยังพบการเปลี่ยนแปลงของใบอีกลักษณะหนึ่งคือ ใบด่าง หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับสีของใบ ซึ่ง Jayachandran and Mohanakumaran (1992) ได้รายงานผลของการฉายรังสีแกมมากับ rhizome ของ *Zingiber officinale* พบว่าปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นในช่วง 0.5-1.5 กิโลแรด ทำให้ยอดที่เกิดใหม่มีลักษณะผิดปกติเนื่องจากการกระจายตัวของคลอโรฟิลล์ไม่สม่ำเสมอ อยู่ระหว่าง 2.5-6.5 เปอร์เซ็นต์ และจากการรายงานของ Sparrow *et al* (1968) พบว่าการฉายรังสีแกมมาให้กับต้น *Rumex crispus* นั้นมีผลไปเพิ่มการผลิตรงควัตถุสีแดงขึ้นแก่ใบได้

ลักษณะการเจริญเติบโตที่เปลี่ยนแปลงไปของต้นแอฟริกันไวโอเลตจากการฉายรังสีแกมมาในอัตราที่สูงขึ้นนั้น สอดคล้องกับรายงานของ เสริมศิริ (2532) ซึ่งศึกษาผลของรังสีแกมมาปริมาณ 0-6 กิโลแรด กับต้นเก็กฮวยพันธุ์หังโจว พบว่าปริมาณรังสี 1-1.5 กิโลแรด ทำให้เก็กฮวยมีการเจริญเติบโตเป็นปกติ ที่รังสีปริมาณ 2 กิโลแรด ทำให้ต้นแคระแกรน ที่รังสีปริมาณ 3 กิโลแรด ไม่มีการเจริญเติบโต และผลของรังสีทำให้ใบมีลักษณะผิดปกติ Zaka *et al*., (2002) รายงานว่าหลังฉายรังสีแกมมาให้กับ *Pisum sativum* ในช่วง 0-10 เกรย์ พบว่าการเจริญเติบโตของต้นกล้าชั่วที่ 1 (G_1) ที่ฉายรังสี 10 เกรย์ ลดลงและมีความแตกต่างจากชุดควบคุม และเมื่อติดตามผลในชั่วที่ 2 ของต้นที่ได้รับรังสีปริมาณ 0.4 เกรย์ ก็พบว่าต้นมีขนาดเล็กลง และมีความแตกต่างทางสถิติจากชุดควบคุม วิชชุตา (2537) รายงานว่าผลของรังสีแกมมาทำให้เกิดลักษณะต้นผิดปกติในหน้าวัวพันธุ์ Double Spathe คือ มีใบขนาดเล็ก ลำต้นแคระแกรน ความยาวปล้องและการแตกกิ่งข้างผิดปกติ ซึ่งพบกับต้นที่เกิดจากข้อและแคลลัสที่ได้รับรังสีแกมมา ปริมาณ 4-5 เกรย์

ปริมาณรังสีสูงขึ้นมีผลให้เปอร์เซ็นต์ดอกเป็นหมันเพิ่มขึ้น ต้นที่ได้จากการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 60 เกรย์ในรุ่นที่ 2 (M_1V_2) ของพันธุ์กลายที่ 4 พบว่าดอกเป็นหมัน 100 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) ในพันธุ์กลายที่ 1 (10-1) ไม่พบดอกเป็นหมัน และมีลักษณะทางสัณฐานของดอกเหมือนต้นควบคุม ส่วนพันธุ์กลายที่ 2 (40-3), 3 (40-6), 5 (60-5) และ 6 (60-9) พบดอกที่เป็นหมันเท่ากับ 30, 80, 85 และ 90 ตามลำดับ การทดลองของ พัชราและคณะ (2544) พบว่าการชักนำให้เกิดการ

กลายพันธุ์ของดองดึง โดยการนำหัวดองดึงไปฉายรังสีแกมมาปริมาณ 0-10 เกรย์ พบว่าปริมาณตั้งแต่ 2.5 เกรย์ ขึ้นไปทำให้ลักษณะสัณฐานวิทยาแตกต่างจากต้นควบคุม คือมีลักษณะต้นเตี้ยลง รูปร่างใบ ลักษณะและสีของกลีบดอกเปลี่ยนแปลงไป ความสมบูรณ์และเปอร์เซ็นต์การงอกของเรณูลดลง Sangsiri *et al*., (2005) ทดลองฉายรังสีแกมมาปริมาณ 500 เกรย์ ให้กับถั่วเหลือง พบลักษณะการเป็นหมันของดอกในรุ่น M_1 จากรายงานของ Viccini *et al*., (1997) หลังฉายรังสีแกมมาปริมาณ 70 เกรย์ ให้กับข้าวโพดสายพันธุ์ L-SRR-D-86-19 พบว่า ในรุ่น M_2 ทำให้ข้าวโพดเกิดการเป็นหมัน และจากการรายงานของ Atak *et al*., (2004) จากการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 200 เกรย์ กับถั่วเหลืองสายพันธุ์ Coles, Amsoy-71 และ 1937 พบเปอร์เซ็นต์ดอกเป็นหมันในรุ่น M_1 เท่ากับ 24.02, 15.69 และ 26.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สุรเชษฐ์ และคณะ (2548) รายงานว่าในการนำเมล็ดถั่วฝักยาวพันธุ์คัด มอ.มาฉายรังสีแกมมาที่ระดับ 25, 50, 75 และ100 เกรย์ และปลูกทดสอบเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (0 กิโลแรด) พบลักษณะผิดปกติของใบ เช่น ใบมีลักษณะกลมหรือเรียวยาว และใบมีขนาดเล็ก ต้นมีการเจริญเติบโตช้า แคระแกร็น และเป็นหมันทุกระดับรังสี

จากการศึกษาพบว่า แอฟริกันไวโอเลตจัดเป็นไม้ดอกไม้ประดับที่ง่ายต่อการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ เพราะการฉายรังสีปริมาณ 10-100 เกรย์ พบว่า มีการกลายพันธุ์เกิดขึ้นได้โดยง่าย สามารถคัดเลือกลักษณะที่น่าสนใจได้ 7 พันธุ์

สรุป

เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีและความอยู่รอดของใบแอฟริกันไวโอเลตพบว่า ปริมาณรังสีที่ทำให้ใบตาย 50 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะเวลา 60 วันหลังปลูก [$LD_{50(60)}$] มีค่าเท่ากับ 49 เกรย์

ศึกษาผลของรังสีต่อจำนวนต้นอ่อนรุ่นที่ 1 และการเจริญเติบโตโดยนับจำนวนต้นอ่อน (plantlet) ที่เกิดจากใบปักชำที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ กัน หลังจากฉายรังสีแล้วเป็นเวลา 90 วัน พบว่าปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นไปมีผลต่อการเกิดต้นอ่อน โดยมีแนวโน้มทำให้ความสามารถในการเกิดต้นอ่อนลดลง

การเจริญเติบโตของต้นอ่อนรุ่นที่ 1 ในเดือนที่ 5 หลังจากการปลูกในโรงเรือน พบว่าจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นในชุดควบคุมมีจำนวนใบน้อยซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติ กับชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณต่าง ๆ ยกเว้นชุดการทดลองที่ได้รับปริมาณรังสี 10 เกรย์ และพบว่าขนาดความกว้างทรงพุ่มในเดือนที่ 5 ทุกชุดการทดลองมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกันโดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ต้นแอฟริกันไวโอเลตในรุ่นที่ 1 ที่ได้รับรังสีแกมมาปริมาณ 20 เกรย์ มีจำนวนช่อดอกต่อต้นมากที่สุด และแตกต่างทางสถิติจากชุดที่ได้รับปริมาณรังสีอื่น ๆ รวมทั้งชุดควบคุม ดอกที่ได้จากต้นที่ได้รับรังสีแกมมาปริมาณ 60 เกรย์ มีขนาดดอกเล็กที่สุด ส่วนดอกที่มีขนาดใหญ่พบในชุดการทดลองที่ได้รับรังสีแกมมาปริมาณ 20 เกรย์

จากการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 10-100 เกรย์ ให้กับใบแอฟริกันไวโอเลต พบต้นกลายรุ่นที่ 1 จำนวน 23 ต้น และในจำนวน 23 ต้นนี้ ได้คัดต้นกลายที่มีลักษณะดี เช่น ทรงพุ่มกะทัดรัด เปลี่ยนแปลงสีดอก หรือสีใบ รวมทั้งเปลี่ยนแปลงลักษณะดอกและใบ ไว้จำนวน 7 ต้น เมื่อนำไปปลูกขยายพันธุ์โดยการปักชำใบ เป็นรุ่นที่ 2 พบว่าลักษณะกลายนี้มีความคงตัว คือมีลักษณะกลายเช่นเดียวกับรุ่นที่ 1

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กฤษนันท์ ทองทิพย์. 2548. แอฟริกันไวโอเลต. Technology. แหล่งที่มา: http://www.cpflower.com/mcontents/marticle.php?headtitle=mcontents&id=111164, 23 สิงหาคม 2548.

จิรายุพิน จันทรประสงค์. 2539. **แอฟริกันไวโอเลตดอกไม้ในบ้านที่สวยที่สุดในโลก**. บริษัทอัมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.

ชุตินทร บูรณะกนิษฐ. 2532. **การชักนำให้เบญจมาศกลายพันธุ์โดยใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อร่วมกับการฉายรังสี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยชุมพล สุริยะศักดิ์. 2526. **ผลของรังสีแกมมาต่อการเพาะเลี้ยงปลายยอดคาร์เนชันพันธุ์ไวซิม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นงลักษณ์ เทียนเสรี. 2541. **การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบีโกเนียเร็กซ์และผลของรังสีแกมมา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นพพร สายัมพล. 2543. **เทคนิคการปรับปรุงพันธุ์พืช**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปราโมทย์ สฤษดิ์นิรันดร์. 2540. **ความเป็นหมันของเกสรตัวผู้ (male sterility)**. เอกสารประกอบการสอนวิชาปรับปรุงพันธุ์พืช. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 5 น.

พัชรา ลิมปนะเวช, พรทิพย์ เทิดบารมี, สุมิตรา คงชื่นสิน และ วไลลักษณ์ แพทย์วิบูลย์. 2544. พันธุศาสตร์ยุคปฏิวัติยีน. น 193-195. ใน **สัมมนาวิชาการพันธุศาสตร์ครั้งที่ 12**. เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น. กรุงเทพฯ.

พีรนุช จอมพุก. 2542. ผลของรังสีต่อการเป็นหมันของละอองเรณู. ใน เอกสารประกอบการสอนวิชารังสีชีววิทยา. ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พีรนุช จอมพุก, สิรนุช ลามศรีจันทร์ และ สุรินทร์ ดีสีปาน. 2544. การเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในเบญจมาศด้วยรังสีแกมมาร่วมกับเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. น. 15-24 ใน การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ครั้งที่ 8 วันที่ 20-21 มิถุนายน 2544 ณ. อาคารสารนิเทศ 50 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

รัศมี ฟักกลัด. 2536. **การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในลิลลี่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิชชุตา รุ่งเรือง. 2537. **ผลของโคชิซีนและรังสีแกมมาที่มีต่อการกลายพันธุ์ของหน้าวัวพันธุ์ Double Spathe ที่เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมเพียร เกษมทรัพย์. 2522. **การปลูกไม้ดอก**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สิรนุช ลามศรีจันทร์. 2540. **การกลายพันธุ์ของพืช**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สิรนุช ลามศรีจันทร์, บัวทิพย์ อุบลประเสริฐ, พีรนุช การีรส และวิทิต ผึ่งกัน. 2539. การเหนี่ยวนำให้กลายพันธุ์ในเนื้อเยื่อเพาะเลี้ยงขิงแดง (*Alpinia purpurata*). น. 116-122. ใน การประชุมวิชาการ วิทยาศาตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ครั้งที่ 6 วันที่ 2-4 ธันวาคม 2539 ณ. สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ. กรุงเทพฯ.

สิรนุช ลามศรีจันทร์, อรุณี วงศ์ปิยะสถิตย์, พีรนุช จอมพุก, วันวิสา สุดประเสริฐ, ฤทธิ มีสัตย์ และประพันธ์พงษ์ ขัวญธรรมชาติ. 2543. พุทธรักษาสวยด้วยรังสีแกมมา. วารสารวิทยาศาสตร์ มก. 18(1-3) : 15-23.

สุภลัคน์ สุขสม. 2542. **ศึกษาเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตและการแตกหน่อของกล้วยไข่ 2X และกล้วยไข่ 4X โดยการใช้รังสีแกมมา**. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุภลัคน์ สุขสม. 2543. **ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกล้วยไข่ 4X**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุรเชษฐ์ มาฆทาน, จรัสศรี นวลศรี และ ขวัญจิตร สันติประชา. 2548. ค่า LD_{50} และผลของรังสีแกมมาต่อการกลายพันธุ์ชั่วที่ 1 ของถั่วฝักยาวพันธุ์คัด มอ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 36 5-6 (พิเศษ) : 896-899.

เสริมศิริ เอี่ยมแฟง. 2532. **การปรับปรุงพันธุ์เก็กฮวยโดยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อดิศร กระแสชัย. 2533**. การปรับปรุงพันธุ์ไม้ดอกโดยวิธีการกระตุ้นให้เกิดการกลายพันธุ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อรดี สหวัชรินทร์. 2539. การชักนำให้ไม้ดอกไม้ประดับเกิดการกลายพันธุ์โดยใช้วิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อร่วมกับการฉายรังสี, น. 91-102. ใน เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการเรื่อง Workshop on Induced Mutations and Molecular Techniques for Crop Improvement วันที่ 12-14 มีนาคม 2539 (ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรรถ นาครทรรพ. 2505. **เรื่องของพลังงานปรมาณู**. ห้างหุ้นส่วนจำกัดศิวพร. กรุงเทพฯ.

อรุณี วงศ์ปิยะสถิตย์. 2539. **การใช้รังสีในการปรับปรุงพันธุ์พืช**. เอกสารคำสอนวิชาการใช้รังสีและไอโซโทปในการเกษตร ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 96 หน้า.

อาภาภรณ์ วัฒนวิเชียร. 2539. **ผลของรังสีแกมมาต่อการเจริญเติบโตและการผลิตหัวย่อยของลิลลี่ในสภาพปลดเชื้อ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Allard, R. W. 1960. **Principles of Plant Breeding**. John Wiley and Sons, Inc. New york. 485 p.

Amano, E., T. Yamaguchi. and O. Yatou. 2001. Radiation sensitivity of plants. Available Source : http : //www. fnca.jp/English/mbm/pdf/1_radist.pdf, October 31, 2006.

Auerbach, C. 1976. **Mutation Research**. Chapman and Hall Inc., London. 504 p.

Atak, C., S. Alikamanoglu., L. Acik and Y. Canbolat. 2004. Induced of plastid mutation in soybean plant (*Glycine max* L. Merrill) with gamma radiation and determination with RAPD. Elsevier Science. Available Source : http://www.sciencedirect.com/science, October 10, 2006.

Broertjes, C. and A. M. Van Harten. 1985. Single cell origin of adventitious buds. Euphytica. Available Source : http : //www.springerlink.com/content, January 15, 2007.

Broertjes, C. and A. M. Van Harten. 1978. **Application of Mutation Breeding Methods in the Improvement of Vetetatively Propagated Crops**. Amsterdam : Elsevier Scientific Publishing. 316 p.

Duron, M. and B. Dixon. 1983. The influence of the initial dose on the extent and duration of the protective effect induced in *Saintpaulia ionantha* leaves irradiated by gamma rays. **Ornamental Hort**. 9(4) : 51.

George, L. and P.S. Rao. 1980. *In vitro* regeneration of mustard plants (*Brassica juncea* var. RAI-5) on cotyledon explants from non-irradiated, irradiated and mutagen-treated seed. Ann. Bot 46 : 107-112.

Harrison, J. C., M. Moller and Q. C. B. Cronk, 1999. Evolution and Development of Floral Diversity in *Streptocarpus* and *Saintpaulia*. Annals of Botany. Available Source : http://dps.plants.ox.ac.uk/external/langdalelab/research_objects/strep_floral.pdf, October 31, 2006.

Ibrahim, R., W. Mondelaers and P. C. Debergh. 1998. Effect of x-irradiation on adventitious bud regeneration from *in vitro* leaf explants of *Rosa hybrida*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. Available Source : http :// www. ingentaconnect.com/content/klu/ticu. January 15, 2007.

Jayachandran, B.k. and N. Mohanakumaran. 1992. Effect of gamma ray irradiation on ginger. South Indian Hort. 40(5) : 283-286.

Kosowsky, D. 2004. African violet terms. African Violet Magazine. Available Source : http: //www.avsa.org/AVMFiles/AVTerms.pdf, October 31, 2006.

Leenhouts, H. P., C. Broertjes, M. J. Susma and K. H. Chadwick. 1982. Radiation stimulated repair in Saintpaulia : Its cellular basis and effect on mutation frequency. **Env. Exp. Bot**. 22(3) : 301-306.

Lineberger, R. D., and M. Druckenbrod. 2007. Micropropagation of Chimeral African violets. Available Source: http://aggie-horticulture.tamu.edu/tisscult/chimeras/valprop/val.htm, January 20, 2007.

Lundberg, D., 1987. Plant Tissue Culture. The Science Teacher. Available Source : http:// academy.asd20.org/kadets/lundberg/violets.htm, January 20, 2007.

Moller. M., and Q. C. B. Cronk. 1997. Origin and Relationships of *Saintpaulia* (Gesneriaceae) Based on Ribosomal DNA Internal Transcribed Spacer (ITS) Sequences. American Journal of Botany. Available Source. http://www.amjbot.org/cgi/reprint/84/7/956.pdf, November 2, 2006.

Okamura, M., N. Yasuno., M. Ohtsuka., A. Tanaka., N. Shikazono and Y. Hase. 2003. Wide variety of flower color and shape mutants regenerated from leaf cultures irradiated with ion beams. Elsevier Science. Available Source : http:// www.sciencedirect.com/science, September 1, 2006.

Peary, J. S., R. D. Lineberger., T. J. Malinich and M. K. Wertz. 1988. Stability of leaf variegation in *Saintpaulia ionantha* during *in vitro* propagation and during chimeral separation of a pinwheel flowering form. Amer. J. Bot. Available Source : http://www.jstor.org/jstor/gifcvtdir. January 15, 2007.

Raghava, S. P. S. , S. S. Negi, T. V. R. S. Sharma and K. A. Balakrishnan. 1988. Gamma ray induced mutants in gladiolus. Plant Breeding Abst. 59(2) : 190.

Sangsiri, C., W. Sorajjapinum and P. Srinivesc. 2005. Gamma radiation induced mutation in mungbean. Science Asia. Available Source : http://www.sciencedirect.com/science, August 21, 2006.

Shama Rao, H. K. and Y. Singh. 1976. Gamma ray induced early bulbil formation and growth abnormalities in *Kalanchoe daigremontiana.* **H. and P. Indian J. Exp. Biol** 14:358-360.

Sparrow, A.H., M. Furuya and S.S. Schwemmer. 1968. Effect of X and gamma radiation on anthocyanin content in leaves of *Rumex* and other plant genera. Radiation Botany. Available Source :http:// www.sciencedirect.com/science, October 20, 2006.

Stiff, C. M. 2005. African Violet Leaf Development. Bringing Plants Tissue Culture into the Classroom and Home. Available Source. http://www.kitchenculturekit.com/avleafdevelop.htm, August 3, 2006.

Venketeswaran, S. and C. R. Partanen. 1966. A Comparative study of the effects of gamma radiation on organized and disorganized growth of tobacco. Rac. Bot. 6: 13-60.

Viccini, L. F., L. S. Saraiva., J. D. A. Filho., C. D. Croz and R. A. D. Andrade. 1997. The radiosensitizing effect of metronidazole in maize. Bragantia. Available Source : http : // www. Sciencedirect.com/science, August 20, 2006.

Wood, D. R. 1983. **Crop Breeding**. The American Society of Agronomy, Inc., and the Crop Science Society of American, Inc., Wisconsin, USA. 294 p.

Zaka, R., C. Chenal and M. T. Misset. 2002. Study of external low irradiation dose effects on induction of chromosome aberrations in *Pisum sativum* root tip meristem. Elsevier Science. Available Source : http : // www. sciencedirect.com/science, October 2, 2006.

Zhou, L. B., W. J. Li., S. Ma., X. C. Dong., L. X. Yu., Q. Li., G. M. Zhou and Q. X. Gao. 2005. Effects of ion beam irradiation of adventitious shoot regeneration from in vitro leaf explants of *Saintpaulia ionatha*. Elsevier Science. Available Source : http : // www. sciencedirect.com/science, March 25, 2007.