

การปรับปรุงพันธุ์ไผ่ฟิลิปปินส์โดยใช้รังสีแกมมา

Improvement of *Dracaena* (*Dracaena godseffiana*) Varieties by Using Gamma Rays

คำนำ

ไผ่ฟิลิปปินส์เป็นไม้ประดับเขตร้อนอีกชนิดหนึ่ง ที่มีการนำมาใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลาย โดยนิยมปลูกเป็นไม้กระถาง ใช้ประดับอาคารบ้านเรือน และสถานที่ต่าง ๆ เพราะเป็นไม้ประดับที่ดูแลรักษาง่าย ทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี ทั้งยังสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพอากาศร้อนชื้นของประเทศไทยได้ดี และโรคแมลงรบกวนน้อย จึงทำให้เป็นที่นิยมใช้กันทั่วโลก งานวิจัยการปรับปรุงพันธุ์ไผ่ฟิลิปปินส์ในครั้งนี้ได้แนวความคิดมาจากการวิจัยของคุณภัทรมาศ (2548) ซึ่งทำการศึกษาการใช้รังสีแกมมาเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ ในพืชมะเขือเปราะ พบว่า รังสีไปมีผลทำให้รูปแบบการด่างของใบ และรูปทรงใบเกิดการเปลี่ยนแปลง ได้ลักษณะใหม่และได้พันธุ์ใหม่เกิดขึ้น จึงทำให้ผู้วิจัยเกิดแนวความคิดในการนำรังสีแกมมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ครั้งนี้

การเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์เป็นการเพิ่มอัตราการกลายพันธุ์ให้สูงกว่าที่สามารถเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ จึงมีการนำเอาวิธีการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์มาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้เกิดลักษณะที่พึงประสงค์ที่ไม่มีอยู่ในธรรมชาติ โดยการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ที่นิยมในปัจจุบันคือ การใช้รังสีเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ ซึ่งพันธุ์กลายที่ได้อาจมีลักษณะทรงต้น รูปแบบการด่าง รูปร่างของใบที่แตกต่างออกไปจากเดิม ซึ่งการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์นี้เป็นการย่นระยะเวลาและประหยัดค่าใช้จ่าย เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปรับปรุงพันธุ์วิธีอื่น (Harten, 1998)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของรังสีแกมมาต่อการรอดชีวิต และการเจริญเติบโตของไผ่ฟิลิปปินส์ที่ได้รับการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันและแบบโครนิก
2. เพื่อศึกษาลักษณะการกลายพันธุ์ที่ได้จากการฉายรังสีแกมมา
3. เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้รังสีแกมมาในการปรับปรุงพันธุ์ไม้ดอกไม้ประดับชนิดอื่นๆ

การตรวจเอกสาร

ไผ่ฟิลิปปินส์มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Dracaena godseffiana* อยู่ในวงศ์ Dracaenaceae มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกา เป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก มีการเจริญเติบโตช้า (Titchmarsh, 1982) ลำต้นมีขนาดเล็กแบ่งเป็นข้อปล้องอย่างเห็นได้ชัด ใบมีทั้งที่เป็นรูปไข่ รูปหอก ปลายใบแหลม โคนใบมีลักษณะเป็นกาบสั้นๆติดอยู่กับลำต้น พื้นใบเป็นสีเขียวและมีจุดลายสีขาวอมเหลืองกระจายอยู่ทั่วไป (ณรงค์, 2534; Griffiths, 1994; Wickham, 1970) ไผ่ฟิลิปปินส์จัดเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตช้า ขยายพันธุ์โดยการปักชำหรือตัดยอดแช่น้ำ ชอบดินร่วนระบายน้ำดี มีแคดราไร (เอี่ยมพรและคณะ, 2540) เป็นพืชที่ปลูกเลี้ยงไม่ยาก โรคและแมลงรบกวนน้อยสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพอากาศร้อนชื้นของประเทศไทยได้ดี

จากคำบอกเล่าถึงประวัติความเป็นมาของพืชชนิดนี้พบว่าเป็นพืชที่มีการนำเข้ามาจากประเทศฟิลิปปินส์ และเนื่องจากมีรูปร่างลักษณะลำต้นคล้ายไผ่ ดังนั้นจึงเรียกขานพืชชนิดนี้ว่า “ไผ่ฟิลิปปินส์” โดยมีการใช้ชื่อนี้นานกว่า 10 ปีแล้ว

การกลายพันธุ์ของพืช

การกลายพันธุ์ คือ การเปลี่ยนแปลงสารพันธุกรรมของเซลล์ เกิดขึ้นกับโมเลกุลของสารพันธุกรรม(DNA) และสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปได้ โดยผ่านการแบ่งเซลล์ (สิรินุช, 2546) ซึ่งไม่ใช่ปรากฏการณ์ตามปกติของกระบวนการแยกจากกัน (segregation) หรือการรวมตัวกันใหม่ (recombination) ของยีน (Harten, 1998)

สาเหตุของการกลายพันธุ์ของพืช

1. การกลายพันธุ์ตามธรรมชาติ (spontaneous mutation)

เป็นการกลายพันธุ์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยที่มนุษย์ไม่ได้มีส่วนเกี่ยวข้อง (Harten, 1998) และไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัด แต่มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อวิวัฒนาการของพืช ทำให้เกิดความหลากหลายทางพันธุกรรม ซึ่งมนุษย์ได้นำประโยชน์จากการแปรผันทางพันธุกรรมของพืชมาใช้ในการคัดเลือก ผสมพันธุ์ สร้างพันธุ์พืชใหม่ให้มีลักษณะตามต้องการ (สิรินุช, 2540)

2. การกลายพันธุ์ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำ (induced mutation)

เป็นการกลายพันธุ์ที่เกิดขึ้นโดยใช้วิธีการหรือสิ่งก่อกลายพันธุ์ (mutagen) ต่างๆ เพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ ได้แก่ การเหนี่ยวนำให้กลายพันธุ์ด้วยรังสี สารเคมี เทคนิคเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และด้วยวิธีสอดแทรก DNA (สิรินุช, 2540)

การเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์เป็นการเพิ่มอัตราการกลายพันธุ์ให้สูงกว่าที่สามารถเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ จึงมีการนำเอาวิธีการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์มาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้เกิดลักษณะที่พึงประสงค์ที่ไม่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น ลักษณะความต้านทานโรคบางชนิด (อรุณี, 2539) หรือปรับปรุงสายพันธุ์เดิมให้ดีขึ้น เช่น ลักษณะทรงต้น สีของดอกหรือใบ เป็นต้น นอกจากนี้ เป็นการลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายเมื่อเปรียบเทียบกับปรับปรุงพันธุ์วิธีอื่น (Harten, 1998)

สิ่งก่อกลายพันธุ์ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ สิ่งก่อกลายพันธุ์ทางกายภาพ (physical mutagen) เช่น รังสีแกมมา รังสีอุตราไวโอเลต และอนุภาคนิวตรอน โดยจะก่อให้เกิดการแตกหักของโครโมโซม (Sigurbjornson, 1983) และสิ่งก่อกลายพันธุ์ทางเคมี (chemical mutagen) ซึ่งแบ่งตามปฏิกิริยาที่เข้าทำอันตรายต่อ DNA ได้เป็น 7 ชนิดใหญ่ๆ และยังมีสารเคมีอีกหลายชนิดที่ไม่สามารถจัดเข้าไว้ในหมวดหมู่ใดๆ ได้ เช่น Ethylmethansulphonate (EMS), Aflatoxin B1, Actinomycin D, 5-Bromouracil (5-Bu), Nitrous acid (HNO_2), Caffeine (สิรินุช, 2536) แต่เนื่องจากสิ่งก่อกลายพันธุ์เคมีหลายชนิดเป็นสารก่อมะเร็ง ดังนั้นในปัจจุบันจึงหันมาใช้สิ่งก่อกลายพันธุ์กายภาพโดยเฉพาะรังสีเพิ่มสูงขึ้น

รังสีที่นิยมใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ ได้แก่ รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา และรังสีนิวตรอน ซึ่งจัดไว้ในกลุ่มของรังสีก่อไอออน (ionizing radiation) คือ พวกที่สามารถก่อให้เกิดปฏิกิริยาในเซลล์และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมได้ ซึ่งมีอยู่ 2 ประเภท คือ รังสีประเภทแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic radiation) และรังสีประเภทอนุภาค (particulate radiation) (อรุณ, 2505) รังสีแกมมาได้รับความนิยมในการนำมาใช้เพื่อการกลายพันธุ์ในพืชมากกว่ารังสีเอกซ์ เนื่องจากรังสีแกมมามีความยาวคลื่นต่ำกว่าจึงมีอำนาจในการทะลุทะลวงผ่านวัตถุได้สูงกว่ารังสีเอกซ์ (Wood, 1983)

รังสีแกมมาเป็นรังสีชนิดแม่เหล็กไฟฟ้า Villard เป็นผู้ค้นพบในปี ค.ศ. 1898 รังสีแกมมาเกิดจากการสลายตัวของธาตุไอโนวโคลด์ ในปฏิกิริยาการสลายตัวนิวเคลียสของธาตุไอโนวโคลด์ซึ่งมีสภาพไม่เสถียรพยายามปรับตัวเข้าสู่สภาพเสถียร โดยการปลดปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมาในรูปของรังสีแอลฟา หรือรังสีบีตา และติดตามมาด้วยการสลายตัวให้รังสีแกมมา ธาตุไอโนวโคลด์ที่นิยมใช้เพื่อให้รังสีแกมมา คือ โคบอลต์-60 (^{60}Co) และซีเซียม-137 (^{137}Cs) และเนื่องจากรังสีแกมมามีความเร็วเท่ากับความเร็วแสง และมีอำนาจในการทะลุทะลวงสูงจึงเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต แต่รังสีแกมมาก็มีประโยชน์อย่างมากในวงการแพทย์ โดยได้มีการนำรังสีแกมมาฆ่าเซลล์เนื้อร้าย เช่น มะเร็ง ในวงการเกษตรได้มีการนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืชมากกว่ารังสีชนิดอื่น เนื่องจากรังสีแกมมาสามารถปรับใช้ได้ 2 แบบ คือ การฉายรังสีแบบเฉียบพลัน (acute irradiation) คือ การฉายรังสีในปริมาณที่สูง ให้เสร็จสิ้นในระยะเวลาอันสั้น นิยมใช้กับส่วนที่แข็ง เช่น เมล็ด และการฉายรังสีแบบโครนิก (chronic irradiation) คือ การให้รังสีปริมาณน้อยๆ แต่ให้เวลานาน นิยมใช้กับพืชทั้งต้นหรือส่วนของพืชที่กำลังเจริญเติบโต (สิรินุช , 2540)

ตารางที่ 1 ปริมาณรังสีที่เหมาะสมและส่วนของพืชที่ฉายรังสี ในพืชชนิดต่างๆ

Plant	Plant material treated	Dose (roentgen)
<i>Azalea</i>	Rooted cutting	1-2 kR
<i>Begonia</i>	Detached leaves	1.5-2.5 kR
<i>Canna</i>	Rhizomes	1.3 kR
<i>Chrysanthemum</i>	Rooted cutting	1.5-2 kR
<i>Cosmos</i>	Rooted cutting	2 kR
<i>Dahlia</i>	Freshly harvested tubers	1.5-2.5 kR
<i>Dianthus</i>	Rooted cutting	4-6 kR
<i>Euphorbia</i>	Rooted cutting	3-5 kR
<i>Gladiolus</i>	Dormant corm (2n)	4 kR
<i>Hyacinthus</i>	Bulbs, before wounding basis	200-500 R
<i>Lilium</i>	Bulbs-scales	250 R
<i>Narcissus</i>	Dormant bulbs, directly after harvest	500-1000 R
<i>Ornithogalum</i>	Detached leaves	500-1000 R
<i>Rhododendron</i>	Rooted cutting	3-5 kR
<i>Rose</i>	Budding wood	2-4 kR
<i>Tulip</i>	Dormant bulbs, directly after harvest	300-500 kR

ที่มา : IAEA (1977)

การฉายรังสีให้กับพืชหรือชิ้นส่วนของพืช

1.การฉายรังสีแบบเฉียบพลัน (acute irradiation) เป็นการให้รังสีปริมาณสูงๆ และสิ้นสุดในระยะเวลาอันสั้น เพื่อไม่ให้พืชหรือชิ้นส่วนของพืชมีโอกาสซ่อมแซมความเสียหายในช่วงที่ได้รับรังสี การให้รังสีแบบนี้จะให้เฉพาะส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชก็ได้ ทำให้อัตราการกลายพันธุ์โดยทั่วไปค่อนข้างสูง ขนาดของส่วนที่กลาย (mutated sector) ใหญ่ ง่ายต่อการคัดเอาลักษณะนั้นๆ ออกมาได้

2.การฉายรังสีแบบโครนิก (chronic irradiation) เป็นการผ่อนระยะเวลาที่ได้รับรังสีให้นานออกไปโดยให้ได้รับรังสีต่อหน่วยเวลาต่ำ เพื่อให้ทุกระยะของการเจริญเติบโต หรือการแบ่งเซลล์ได้รับรังสี การได้รับรังสีแบบนี้จะเสียน้อยกว่าการได้รับรังสีแบบเฉียบพลันในกรณีที่ได้รับรังสีเป็นปริมาณที่เท่ากัน และส่วนกลายที่ได้จะมีขนาดเล็ก จึงเป็นการยากที่จะค้นหา และแยกส่วนที่กลายออกมา (อรุณี, 2539)

ผลที่เกิดขึ้นกับเซลล์ภายหลังมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากรังสี

ความผิดปกติต่างๆที่เกิดขึ้น ภายในเซลล์เมื่อได้รับรังสี จะส่งผลกระทบต่อโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ เช่น อาจมีผลต่อเยื่อหุ้มต่างๆภายในเซลล์ กระบวนการเมแทบอลิซึม กระบวนการสังเคราะห์ภายในเซลล์ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการแบ่งตัวของเซลล์ด้วย การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีที่ได้รับรังสีที่ได้รับ อัตรารังสี ชนิดของเซลล์ เป็นต้น (อรุณี, 2541) ผลของรังสีในระดับเซลล์ แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ผลต่อการแบ่งตัวของเซลล์ และผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของเซลล์ (สิรินุช, 2527)

1. ผลต่อการแบ่งตัวของเซลล์

การที่เซลล์ได้รับรังสีปริมาณน้อยๆ จะทำให้เซลล์เกิดความล่าช้าในการแบ่งตัวของเซลล์ โดยรังสีไปทำให้มีการลดจำนวนเซลล์ที่กำลังแบ่งตัวลง เรียกว่า ไมโทติคดีเลย์ (mitotic delay) ซึ่งจะเป็นอยู่ในช่วงหนึ่งภายหลังเซลล์ได้รับรังสี หลังจากนั้นเซลล์จะเริ่มกิจกรรมมีการแบ่งตัวใหม่เพิ่มจำนวนเซลล์โดยการแบ่งตัวแบบไมโทซิสขึ้น เรียกว่า ไมโทติคโอเวอร์ชูต (mitotic overshoot)

ความล่าช้าในการแบ่งตัวของเซลล์มีสาเหตุหลายประการ เช่น สารเคมีที่เกี่ยวข้องในการแบ่งเซลล์ถูกระงับหรือยับยั้ง โดยรังสีอาจไปทำให้กระบวนการสร้างโปรตีนหยุดชะงักไม่มีการสร้างโปรตีนขึ้นมาใช้ในการแบ่งเซลล์ กระบวนการเข้ามารวมกลุ่มกันของโครโมโซม (chromosome assembly) ล่าช้าลงหรือเพิ่มความเหนียว (stickiness) ให้กับโครโมโซมทำให้โครโมโซมมีความยากลำบากในการแยกจากกันเพื่อไปสู่เซลล์ที่เกิดใหม่ (daughter cells) อย่างไรก็ตาม ความล่าช้าของเซลล์ในการเข้าสู่ไมโทซิสขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีที่เซลล์ได้รับ และระยะของเซลล์ในขณะได้รับรังสีบางระยะ (stage of cell cycle) จะไวต่อรังสีมากกว่าระยะอื่นๆ อย่างใดอย่างหนึ่ง รังสีในปริมาณสูงทำให้เซลล์หยุดชะงักการแบ่งตัวอย่างถาวร และไม่มีการฟื้นคืนกลับมาทำหน้าที่ได้อย่างเดิม ในที่สุดเซลล์จะตาย เซลล์อื่นที่ไม่ตายอาจแบ่งตัวเพิ่มจำนวนเข้ามาแทนที่เซลล์ที่ตายได้ ในบางกรณีพบว่าเซลล์ที่ผ่านการฉายรังสีสามารถแบ่งตัวตามปกติได้ หลายครั้งหลังจากนั้นเซลล์จึงจะตาย

2. ผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของเซลล์

การที่รังสีทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการเมแทบอลิซึมของเซลล์น่าจะเป็นผลต่อเนื่องจากการที่รังสีทำอันตรายต่อเยื่อหุ้มต่างๆ ภายในเซลล์และเอนไซม์ ตัวอย่าง เช่น รังสีทำอันตรายกับเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการหายใจ อันเป็นผลเนื่องมาจากรังสีทำอันตรายต่อเยื่อหุ้มไมโทคอนเดรียซึ่งมีเอนไซม์เกาะติดอยู่ทำให้เอนไซม์ได้รับความกระทบกระเทือนด้วยการควบคุมการเข้าออกของสารผ่านเซลล์โดยวิธีแอกทีฟทรานสปอร์ตเป็นไปอย่างยากลำบาก เช่น เมื่อเซลล์รากพืชได้รับรังสีเซลล์รากพืชจะดูดซึมน้ำได้น้อยลง

รังสีทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซมได้ง่าย ลักษณะที่เปลี่ยนแปลงเกิดจากการที่โครโมโซมถูกทำให้แตกหัก เนื่องจากรังสีแล้วมีการเชื่อมต่อกันหรืออาจทำให้ชิ้นส่วนขาดหายไป (deletion) ก็ได้ การขาดหายไปของโครโมโซมทำให้ยีนจำนวนหนึ่ง ขาดหายไปด้วย สำหรับการเชื่อมต่อกันถ้าเชื่อมต่อกันเหมือนเดิมก็ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น กับสิ่งมีชีวิตนั้นๆ แต่การเชื่อมอย่างผิดปกติ เช่น มีชิ้นส่วนโครโมโซมเพิ่มขึ้นมา (duplication) การเชื่อมแบบกลับทิศทาง (inversion) หรือเกิดการเชื่อมสลับคู่ระหว่างโครโมโซมต่างคู่กัน (translocation) จะเป็นผลให้สิ่งมีชีวิตนั้นๆ เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ การเปลี่ยนแปลงนี้จะมีผลมากน้อยต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของยีนและจำนวนยีนที่เกี่ยวข้อง

การให้รังสีกับพืชที่กำลังเจริญเติบโตอยู่นั้นจะทำให้เกิดผลได้หลายอย่าง คือ เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา (morphological abnormalities) หรือเกิดการกลายพันธุ์ ทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมผิดปกติหรือเปลี่ยนแปลงไป ยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช หรือเกิดการตาย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความรุนแรงของรังสีที่ได้รับ ชนิดของรังสี ชนิดของพืช และอายุของพืช เป็นต้น

การให้รังสีกับพืชไม่ว่าจะเป็นแบบโครนิกหรือแบบเฉียบพลันกับส่วนใดส่วนหนึ่งของพืช หรือกับพืชที่กำลังเจริญเติบโต จะทำให้เกิดความผิดปกติอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างพร้อมกันได้ ความผิดปกติดังกล่าวอาจเป็นไปได้ทั้งผลดีหรือผลเสีย ซึ่งอาจเป็นประโยชน์หรือไม่เป็นประโยชน์ในด้านการปรับปรุงพันธุ์ก็ได้ ความผิดปกติดังกล่าวพอแบ่งออกได้ดังนี้ (อรุณี, 2530)

1. ผลของรังสีที่มีต่อสัณฐานวิทยาของพืช (morphological effects of radiation)

ผลทางด้านสรีรวิทยาจัดว่าเป็นผลลำดับแรกของรังสี ได้แก่ การยับยั้งหรือการหยุดยั้งการแบ่งเซลล์ ซึ่งจะมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต นิสัยการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาอันเนื่องมาจากรังสีอื่นๆ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างใบ การเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงตัวของใบบนลำต้น (Phyllotaxy) ซึ่งมีผลต่อความยาวของปล้อง การเกิดการแยกของลำต้นออกเป็นหลายๆ กิ่ง (Fasciation) การเพิ่มหรือลดจำนวนของกลีบดอก ผลของรังสีที่มีต่อระบบทางสรีรวิทยาของพืชมักจะเป็นผลที่ไม่ถาวรทอดไปยังชั่วต่อไป และผลที่เกิดขึ้นจะรุนแรงมากขึ้นถ้าให้มากขึ้นกับวิธีฉายรังสี และปริมาณรังสีที่ใช้ ถ้าเป็นรังสีแบบเฉียบพลัน (Acute irradiation) และใช้ปริมาณรังสีสูงผลจะรุนแรงมาก (อดิศร, 2533) ความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับรูปร่างลักษณะของพืชที่ได้รับรังสีอาจเกิดขึ้นกับราก ลำต้น ใบ ดอก ผล เช่น รังสีไปยับยั้งการแบ่งเซลล์ในบริเวณยอด และยับยั้งการยืดตัวของเซลล์บริเวณปล้อง ทำให้ต้นแคระแกรน

2. ผลของรังสีที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสี (color change)

พืชที่ได้รับรังสีเอกซ์หรือรังสีแกมมามักเกิดการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับสี โดยเฉพาะอย่างยิ่งสีใบ เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า mosaic ส่วนใหญ่เกิดขึ้นเนื่องจากการกระจายตัวของคลอโรฟิลล์ไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้อาจพบว่าใบเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีอื่นๆ เช่น สีเหลือง หรือสีขาว เป็นต้น การฉายรังสีกับพืชตระกูลถั่วหรือพวงชมพูพืช มักพบลักษณะการกลายของคลอโรฟิลล์ได้หลาย

ชนิด นอกจากสีของใบเปลี่ยนแล้ว สีของต้นและสีของดอกก็เกิดการเปลี่ยนแปลงได้เช่นเดียวกัน การทดลองในต้นคาร์เนชั่นพบความผิดปกติในสีของดอกมากมายหลายชนิด

3. ยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช (growth inhibition)

ผลของรังสีที่มีต่อการยับยั้งการเจริญเติบโต เนื่องมาจากการยับยั้งการแบ่งเซลล์ ทำให้เกิดลักษณะผิดปกติ เช่นข้อปล้องสั้น ทำให้ต้นเตี้ยแคระ โดยพบใน บีโกเนียพันธุ์ Bella vista (สุมนา ,2528) , เบญจมาศ (ชุตินทร ,2532) , พิทูเนีย(พรรณี ,2543) รวมไปถึงการยืดตัวของเซลล์ (อดิศร, 2533) จากการทดลองของ Read (1959) พบว่า รากของ *Vicia faba* มีการเจริญน้อยมากเมื่อได้รับรังสีเพียงปริมาณต่ำๆ เท่านั้น

4. เร่งการเจริญเติบโต (growth stimulation)

ผลอีกด้านหนึ่งก็คือเกิดการกระตุ้น การเจริญของพืชอย่างผิดปกติ เนื่องจากผลของการแบ่งเซลล์และขยายตัวอย่างผิดปกติ (อดิศร, 2533) มีรายงานว่ารังสีปริมาณต่ำๆ สามารถไปเร่งการเจริญเติบโตของพืชได้ ปริมาณรังสีที่ไปเร่งการเจริญเติบโตได้ คือ ปริมาณรังสีที่ต่ำกว่า 5000 เรินต์เกน การแสดงออกถึงการเร่งการเจริญเติบโตอาจแสดงออกมาในลักษณะต่างๆ เช่น ต้นพืชสูงขึ้น มีรากยาว งอกเร็ว ออกดอกเร็ว ผลผลิตสูง หรืออายุเก็บเกี่ยวสั้นลง เป็นต้น

ในการนำส่วนของพืชที่เตรียมไว้มาฉายรังสีโดยเลือกวิธีการฉายแบบโครนิก หรือการฉายแบบเฉียบพลันนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของตัวอย่าง สำหรับปริมาณรังสีที่ใช้ก็ต้องพิจารณาตามความเหมาะสมของตัวอย่างพืชรวมถึงชนิดของพืชด้วย เพราะพืชแต่ละชนิดจะตอบสนองต่อรังสีได้ไม่เท่ากัน โดยทั่วไปมีหลักการว่าปริมาณรังสีที่ให้กับพืชต้องไม่สูงจนถึงกับทำให้พืชตายหรือไม่เจริญเติบโต แต่ปริมาณรังสีต้องไม่ต่ำจนเกินไปเพราะจะทำให้มีอัตราการกลายต่ำมากจนไม่สามารถตรวจพบการกลายหรือไม่พบการเปลี่ยนแปลงใดๆ เกิดขึ้น

พืชแต่ละชนิดมีความไวต่อรังสี (radiosensitivity) แตกต่างกันไป ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ลักษณะความไวต่อรังสีหรือความทนทานต่อรังสีส่วนหนึ่งควบคุมด้วยยีน และสามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้ การพิจารณาฉายรังสีกับพืชแต่ละชนิดนักวิจัยอาจสืบค้นข้อมูลจากผลงานที่ทำมาแล้วโดยนักวิจัยอื่นๆ หรืออาจจะหาปริมาณรังสีที่เหมาะสมของพืชที่จะทำการวิจัยเองก็ได้ โดยวัดความเสียหายทางสรีรวิทยาที่เกิดกับต้นกล้า ซึ่งมี 2 วิธี ได้แก่ (สิรินุช, 2540)

1. วัดการเจริญเติบโตของต้นกล้า (seedling growth) แล้วหาค่าปริมาณรังสีที่ทำให้ต้นกล้าลดการเจริญเติบโตลง 50 % (50 % Growth Reduction, GR₅₀) ของกลุ่มเปรียบเทียบ (control)

2. วัดเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของต้นกล้า (seedling survival percentage) แล้วหาปริมาณรังสีที่ทำให้ต้นกล้าตายไป 50 % (50 % Lethal Dose, LD₅₀) ของกลุ่มเปรียบเทียบ (control)

ในพืชที่ขยายพันธุ์ด้วยวิธีการไม่ใช้เพศหรือพืชที่ขยายพันธุ์จากเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของต้นพืช (vegetatively propagated crops) เหมาะที่จะใช้วิธีการปรับปรุงพันธุ์โดยการกลายพันธุ์ เนื่องจากพืชในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่เป็นพืชประเภทไม้ประดับ ซึ่งเหนียวทำให้เกิดการกลายพันธุ์ได้ง่ายและรวดเร็ว (Roset และคณะ 1981)

ปัญหาใหญ่ที่สำคัญปัญหาหนึ่งของการปรับปรุงพันธุ์พืชที่ขยายพันธุ์โดยไม่ใช้เพศ โดยวิธีการกระตุ้นให้เกิดการกลายพันธุ์ ก็คือ การเกิด chimera (อดิศร, 2539) ซึ่งเป็นลักษณะการกลายที่พบในส่วนของเซลล์ร่างกาย ซึ่งตามปกติการกลายจะเป็นเหตุการณ์ที่เรียกว่า “one cell event” คือ มักเกิดในเซลล์ๆ เดียวเท่านั้น แต่ในเนื้อเยื่อเจริญส่วนที่จะไปเจริญไปเป็นกิ่ง (เช่น ตา ยอด ตา ข้าง) จะมีจำนวนเซลล์อยู่หลายเซลล์ (multicellular cell) ดังนั้น จึงประกอบไปด้วยกลุ่มของเซลล์ และมีเซลล์เรียงตัวกันอยู่เป็นชั้นๆ (อรุณี, 2530) ที่ค่อนข้างจะเป็นอิสระต่อกัน จึงทำให้ต้องใช้เวลานานขึ้นสำหรับการคัดเลือก (อดิศร, 2539) โดยสามารถแบ่งชั้นของเนื้อเยื่อเจริญตามลักษณะโครงสร้างได้ 3 ชั้น คือ

ชั้นที่ 1 เรียก dermatogen (L₁) หรือ tunica 1 (T₁) เป็นชั้นนอกสุดซึ่งจะเจริญต่อไปเป็น epidermis และบางส่วนของชั้น cortex ถ้าเกิด chimera ในชั้นนี้จะไม่สามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมด้วยวิธีการขยายพันธุ์แบบใช้เพศแต่จะมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีผิว ซึ่งถ้าเป็นพวกที่ขยายพันธุ์ได้ด้วยวิธีการไม่ใช้เพศก็จะยังคงรักษาลักษณะนี้ไว้ได้

ชั้นที่ 2 เรียก periblem (L₂) หรือ tunica 2 (T₂) ถัดจากชั้น dermatogen เข้าไป ชั้นนี้จะเจริญต่อไปเป็น cortex ซึ่งจะให้กำเนิด ใบ ดอก ผล เมล็ด ซึ่งสามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้

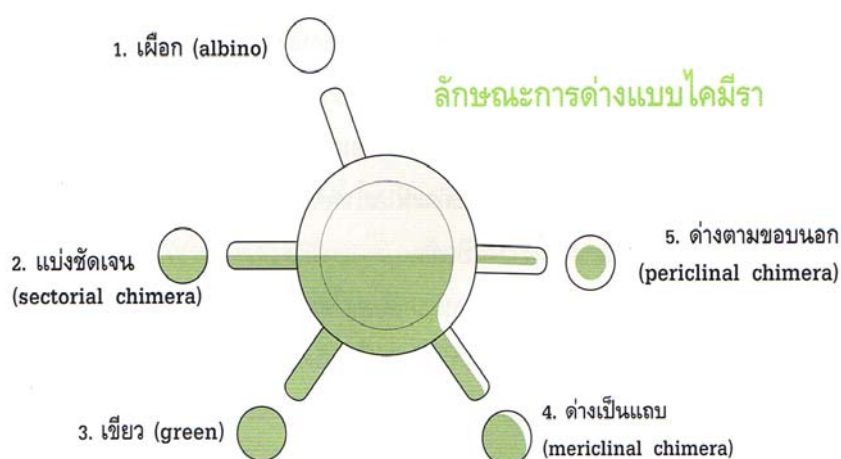
ชั้นที่ 3 คือ ชั้น pterome (L₃) หรือ corpus เป็นชั้นในสุดที่จะเจริญไปเป็น pith ถ้าเกิด chimera ในชั้นนี้มักจะกลับเป็นปกติได้

แบ่งชนิดของ chimera ตามลักษณะโครงสร้างของเนื้อเยื่อเจริญได้ 3 แบบ คือ

1. Sectorial chimera เป็น chimera ที่เกิดในชั้นของ epidermis ไปจนถึงใจกลางของ pith ซึ่งอาจเป็นส่วนของ ใบ ต้น ราก บริเวณที่เกิด chimera แบบนี้จะคงตัว (stable) และเจริญเติบโตต่อไปได้ ทำให้กิ่งก้านต่างๆ ที่เกิดจากเซลล์ในบริเวณนี้มีองค์ประกอบทางพันธุกรรม (genetic composition) ต่างไปจากส่วนอื่นๆ ถ้าพืชนี้สามารถขยายพันธุ์ได้ด้วยวิธีการไม่ใช้เพศ ก็สามารถจะรักษาลักษณะนี้ไว้ได้ โดยการตัดตาหรือเอาท่อนพันธุ์บริเวณที่มีการกลายไปขยายต่อไปได้ กำเนิดของ sectorial chimera เริ่มจากชั้น L_1 ถึง L_3

2. Mericlinal chimera พบมากที่สุด ในจำนวน chimera ทั้งหลายแต่มักไม่ค่อยคงตัว ดังนั้นจึงไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ เพราะจะเกิดแต่เพียงบางส่วนของชั้นเนื้อเยื่อชั้นนอก (L_1) เท่านั้น โดยจะเห็นอยู่ระยะเวลาหนึ่งเท่านั้นในที่สุดจะหายไป แต่ถ้าเกิดตรงบริเวณที่จะเจริญไปเป็นกิ่งใหม่ ก็อาจจะทำให้ลักษณะนั้นติดไป มีประโยชน์เฉพาะพืชที่ขยายพันธุ์ได้ด้วยวิธีการไม่ใช้เพศเท่านั้น ทั้งนี้เพราะไม่สามารถเจริญไปเป็นส่วนที่สืบพันธุ์ได้เลย

3. Periclinal chimera เป็น chimera ที่คงตัวที่สุด เพราะเกิดในแต่ละชั้นของเนื้อเยื่อเจริญจะคงตัวมากน้อยแค่ไหนก็ขึ้นอยู่กับจุดกำเนิด (origin) ของ chimera ด้วย chimera ชนิดนี้อาจเกิดในชั้นใดชั้นหนึ่ง หรือ 2 และ 3 ชั้นก็ได้



ภาพที่ 1 แสดงลักษณะการด่าง (Chimera) แบบต่างๆ

ที่มา : เนืองพนิช และปราโมทย์ (2547)

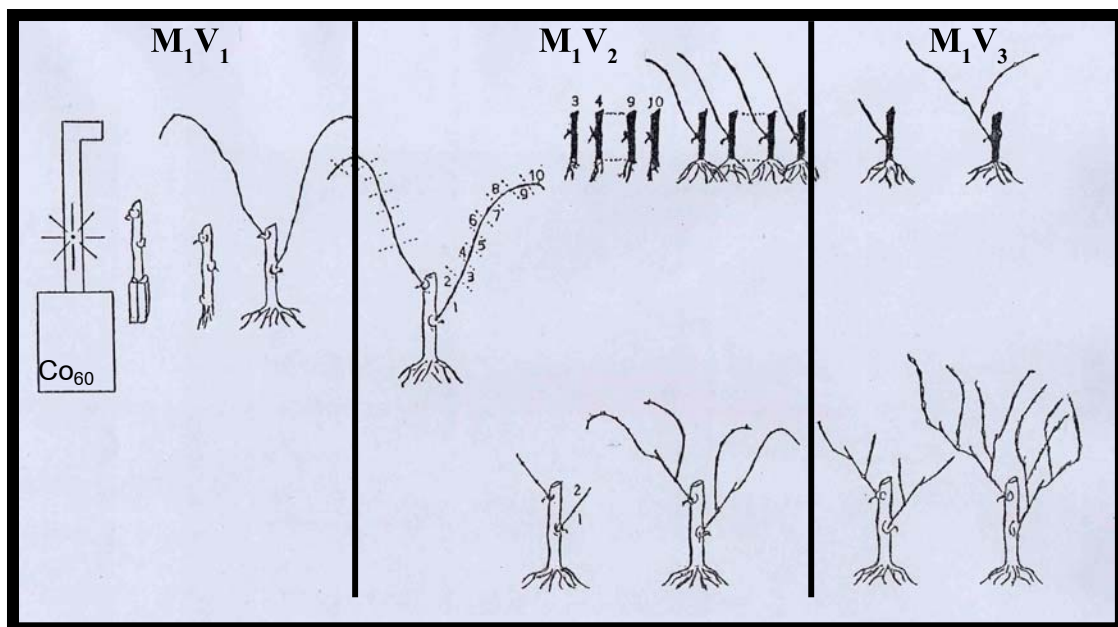
การกลายมักเกิดเป็นแบบเป็น “one cell event” ดังนั้นจะทำให้ได้ส่วนที่เกิดการกลาย (mutated sector) ไม่มากนัก ซึ่งบางครั้งอาจเกิดกลับเนื้อเยื่อเจริญชั้นใดชั้นหนึ่งเท่านั้น chimera ที่พบโดยทั่วไป จะเป็นแบบ sectorial chimera หรือ mericlinal chimera เป็นส่วนใหญ่ จะไม่ได้ต้นกลายทั้งต้น (solid mutant) แต่จะเกิดกับกิ่งใดกิ่งหนึ่งหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของกิ่งนั้นก็ได้ (อรุณี, 2530)

การคัดเลือกพันธุ์กลายและการขยายพันธุ์นั้นในการปรับปรุงพันธุ์ไม้ดอกไม้ประดับ ลักษณะที่ต้องการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นลักษณะที่มองเห็น บ่งบอก และคัดเลือกมาใช้ได้ โดยอาศัยการสังเกตด้วยตาเปล่า เช่น ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงสีดอก กลีบดอก รูปทรงดอก สีของใบ ความสูง ลักษณะทรงต้น การปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงก็จะสามารถบอกได้ และคัดแยกออกมาปลูกได้ทันที (อรุณีและคณะ, 2543) การใช้ส่วนของพืชมาฉายรังสี โดยมากจะเป็นการฉายรังสีกับเซลล์เนื้อเยื่อ ซึ่งประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์หากเกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากรังสีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะไม่เกิดกับทุกเซลล์ จะเกิดเพียงเซลล์ใดเซลล์หนึ่ง หรืออาจเกิดกับหลายเซลล์แต่การเปลี่ยนแปลงอาจต่างลักษณะกัน ทำให้เกิดปัญหาในการคัดเลือกพันธุ์กลาย ลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเฉพาะส่วนนี้ เรียกว่าเกิด ไคเมอรา (chimera) ตัวอย่างเช่น เกิดใบต่าง ดอกต่าง หรือต้นต่าง เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม แม้จะได้ลักษณะที่เรียกว่าไคเมอรา ก็ยังมีโอกาสทำให้เป็นต้นกลายทั้งต้น (solid mutant) ได้ โดยใช้เทคนิคการบังคับให้เซลล์ตรงส่วนกลายเจริญให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ (อรุณี, 2541) ยกตัวอย่างเช่น การฉายรังสีเกมมาให้กับต้นแพร์เซีย (Portulaca grandiflora) พบลักษณะการกลายหลายชนิด ได้แก่ สีต้น สีดอก ลักษณะดอก ลักษณะกลายที่พบครั้งแรกๆจะเป็น ไคเมอรา แต่สามารถทำให้เป็นต้นกลายทั้งต้นได้ด้วย cutting back method

Cutting back method เป็นวิธีการตัดปลายยอดของต้นหรือกิ่ง เพื่อทำให้บริเวณเนื้อเยื่อที่เกิดการกลายพันธุ์สามารถเจริญเติบโตปรากฏลักษณะกลายพันธุ์ออกมาให้เห็นในรูปของ periclinal chimera และอาจได้ solid mutant ในที่สุด พืชที่มีการเจริญเติบโตแบบ apical dominance มีความจำเป็นอย่างยี่งที่จะต้องให้ cutting back treatment เข้าช่วย เนื่องจากเนื้อเยื่อส่วนกลายจะเกิดอยู่ตรงส่วนของ basal bud และมีขนาดเล็กมาก ลักษณะกลายมีโอกาสสูญหายไปได้มากถ้าการจัดการไม่เหมาะสม เพราะ basal bud ของพืชที่มีการเจริญแบบ apical dominance ไม่สามารถเจริญต่อไปได้ การตัดยอดออกไปทำให้ตาที่ basal bud มีการเจริญเป็นยอดและกิ่งได้ ตัวอย่างของ cutting back treatment แสดงไว้ในภาพที่ 1 ถ้าเป็นพืชที่ขยายพันธุ์ด้วยหัวที่อยู่ใต้ดิน เช่น มันฝรั่ง ซึ่งมีการเจริญ

ของตาเป็นแบบ basal dominance คือส่วนของยอดเจริญมาจาก basal bud ไม่ใช่จาก apical bud ก็ไม่จำเป็นต้องใช้ cutting back technique เข้าช่วยเพราะพืชดังกล่าวนี้จะมียอดใหม่เกิดจาก basal bud อยู่แล้ว



ภาพที่ 2 แผนผังแสดงวิธีการทำ cutting back เพื่อการคัดเลือกลักษณะกลายพันธุ์ของต้นอ่อน

ตัวอย่างการปรับปรุงพันธุ์ไม้ดอกไม้ประดับโดยใช้รังสีแกมมา

ชุดินทร (2532) ศึกษาผลของการเพาะเลี้ยงส่วนของยอดและข้อของเบญจมาศพันธุ์ครีมอนในสภาพปลอดเชื้อ แล้วนำต้นเบญจมาศที่มีการเจริญเติบโต มีจำนวนข้อประมาณ 5 ข้อ มาฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน ที่ปริมาณ 0-10 กิโลแรด (krad) พบว่า ปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตลดลงและก่อให้เกิดลักษณะผิดปกติ เช่น ข้อถี่สั้นใบด่าง ปริมาณรังสีตั้งแต่ 4 กิโลแรด ขึ้นไป จะทำให้การเจริญเติบโตของเบญจมาศหยุดชะงักและตายในที่สุด สำหรับปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ คือ 1 กิโลแรด

อรุณี และ นวลฉวี (2534) นำกิ่งพันธุ์แพรเชียงไฮ้ 2 พันธุ์ คือดอกซ้อนสีบานเย็นและพันธุ์ดอกซ้อนสีชมพูขาว มาฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 0, 10, 20, และ 40 เกรย์ ตามลำดับ พบว่าลักษณะกลายของดอกที่อยู่ตัวซึ่งได้จากพันธุ์ดอกซ้อนสีบานเย็นมี 7 ลักษณะ คือ ดอกซ้อนสีชมพู ดอกซ้อนสีชมพูส้มอ่อน ดอกซ้อนสีเหลืองส้มอ่อนมาก ดอกซ้อนสีขาว ดอกซ้อนสีบานเย็นกลีบดอกไม่

สม้าเสมอและโค้งเข้ากลางดอก ดอกซ้อนสีบานเย็นกลีบดอกเป็นฝอย ดอกกลีบสีบานเย็น และลักษณะกลีบที่ได้จาก พันธุ์ดอกซ้อนสีชมพูขาวอีก 6 ลักษณะ ได้แก่ ดอกซ้อนสีบานเย็น ดอกซ้อนสีขาว ดอกซ้อนสีชมพูเข้มขอบกลีบขาว ดอกซ้อนสีบานเย็น กลีบดอกเล็กเป็นฝอย ดอกกลีบสีบานเย็น และดอกกลีบสีชมพูขาว

นงลักษณ์ (2541) ศึกษาผลของรังสีแกมมาที่มีต่อการเจริญเติบโต และการกลายพันธุ์ของปิโกเนียเร็กซ์ในสภาพปลอดเชื้อ พบว่าเปอร์เซ็นต์ความอยู่รอดและการเจริญเติบโตลดลงเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น ที่ปริมาณรังสีตั้งแต่ 40 เกรย์ ขึ้นไปทำให้เกิดการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะผิดปกติตรวจพบได้จากต้นที่ได้รับปริมาณรังสี 20 เกรย์ ในรุ่น M_1V_4 ได้แก่ ใบกลม ใบเรียวยาว ใบมีสีแดงเข้มและมีประสิทธิภาพมากกว่าปกติ

พรรณี (2543) ศึกษาอิทธิพลของรังสีแกมมาต่อพิทูเนียพันธุ์ Pearl Wave โดยนำกิ่งพิทูเนียมาฉายรังสีแบบเฉียบพลัน พบว่า ปริมาณรังสีที่สูงขึ้นทำให้พืชมีเปอร์เซ็นต์การรอด ความกว้างทรงพุ่ม และจำนวนกิ่งแขนงลดลง แต่รังสีแกมมาไม่มีผลต่อความสูงของพิทูเนีย และรังสีแกมมายังก่อให้เกิดลักษณะผิดปกติกับพิทูเนียคือ ต้นแคระแกร็น ใบด่าง ดอกมีขนาดเปลี่ยนไปทั้งใหญ่ขึ้นและเล็กลง ดอกเปลี่ยนสีจากม่วงเป็นม่วงอ่อน ขาวและม่วงสลับขาว

สิรินุช และ อรุณี (2544) นำหน่อหรือเหง้าพุทธรักษาพันธุ์ต่างๆ มาฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน ปริมาณรังสีที่ให้อยู่ระหว่าง 15-30 เกรย์ และฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกให้กับพุทธรักษาที่ปลูกในกระถางใช้ปริมาณรังสี 95-110 เกรย์ รวมทั้งนำเมล็ดมาฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันโดยใช้ปริมาณรังสี 250 เกรย์ ผลการศึกษาพบว่าได้พันธุ์กลาย จำนวน 22 พันธุ์และได้ขึ้นทะเบียนพันธุ์ไว้กับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งพันธุ์ที่กลายทั้ง 22 พันธุ์ได้รับความสนใจจากเกษตรกรเป็นอย่างมาก เกษตรกรได้มีการนำไปขยายพันธุ์เพื่อจำหน่ายสร้างรายได้ต่อไป

Shigematsu and Matsubara (1972) นำใบแก่ของ *Begonia rex* พันธุ์ Winter Queen ซึ่งมีใบสีเงิน-ขาว มาเลี้ยงบนอาหาร White's agar เมื่อเกิด adventitious bud จึงนำไปฉายรังสีแกมมา พบว่าได้ต้นกลายพันธุ์ (solid mutant) 2 ต้นซึ่งมีลักษณะสีใบเปลี่ยนไปจากเดิม คือ มีพื้นใบสีเขียวและมีจุดสีเงิน

Kashikar and Khalatkar (1981) ทำการปรับปรุงพันธุ์พิทูเนีย เพื่อให้เกิดดอกสีขาว โดยนำเมล็ดมาเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยรังสีแกมมา และ สารเคมี Ethyl methanesulphonate

(EMS) แล้วนำผลมาเปรียบเทียบกันพบว่า ในรุ่น M_1 พืชที่ได้รับ EMS จะมีความถี่ของการเปลี่ยนแปลงสีดอกมากกว่าการใช้รังสีแกมมา ต่อมาในรุ่น M_2 ความผันแปรของสีดอกมากขึ้นในพืชที่ได้รับ EMS ส่วนพืชที่ได้รับรังสีแกมมามีความถี่ของการเปลี่ยนแปลงสีดอกมากกว่าในรุ่น M_1 แต่ก็ยังน้อยกว่าพืชที่ได้รับ EMS อย่างไรก็ตาม ประเภทของการเปลี่ยนแปลงสีดอกของพืชที่ได้รับรังสีแกมมาจะมีความแตกต่างกว่าพืชที่ได้รับ EMS

Singh *et al* (1999) นำคาร์เนชัน (*Dianthus caryophyllus*) พันธุ์ Espana. มาฉายรังสีร่วมกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 5, 10, 20, 30, 40 และ 50 เกรย์พบว่า ปริมาณรังสีตั้งแต่ 30 เกรย์ขึ้นไปจะเหนี่ยวนำให้สีดอกเปลี่ยนแปลง ปริมาณรังสี 30 และ 40 เกรย์ได้ต้นกลายพันธุ์ที่มีดอกสีชมพูเข้มมีจุดประสีแดง ส่วนที่ปริมาณรังสี 50 เกรย์ได้ต้นกลายที่มีดอกสีชมพูเข้ม

Lamseejan *et al* (2000) นำเบญจมาศชนิด Spray พันธุ์ Taihei ดอกสีม่วงมาศึกษาผลของรังสีแกมมาร่วมกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยทำการเลี้ยงกลีบดอกบนอาหาร MS+BA 10 mg./L. แล้วนำยอด (multiple shoot) ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาฉายรังสีที่ปริมาณ 0, 10, 30, 50, 70, 90 และ 110 เกรย์ แล้วทำการ subculture จากรุ่น M_1V_1 ถึง M_1V_4 พบว่า ยอดที่ได้รับรังสี 50 เกรย์จะตายภายใน 25-30 วัน หาค่า LD_{50} ได้ที่ 14 เกรย์ และมีเพียงยอดที่ไม่ได้รับรังสี และได้รับรังสี 10 เกรย์เท่านั้นที่สามารถรอดชีวิตและเจริญเติบโตเป็นต้นที่สมบูรณ์ นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะสีดอกของเบญจมาศมีความผันแปรมาก และได้สีใหม่ คือ สีเหลืองอ่อน

Nagatomi *et al* (2003) นำกลีบดอกและตาดอกของเบญจมาศพันธุ์ Taihei มาฉายรังสีแกมมาร่วมกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ได้พันธุ์กลาย 4 พันธุ์ ได้แก่ Hae-no-Eikou, Hae-no-Myoujou, Hae-no-Yu-meguruma และ Hae-no-Awabeni ซึ่งพันธุ์กลายที่ได้ทุกพันธุ์มีการเจริญเติบโตคล้ายกับพันธุ์ Taihei และเหมาะที่จะผลิตเป็นไม้ตัดดอกที่มีดอกขนาดกลาง ออกดอกเร็ว มีความทนทานต่อโรค-แมลง และสามารถปลูกได้ทุกพื้นที่ของประเทศญี่ปุ่น

Misra *et al* (2003) นำกลีบดอกของเบญจมาศพันธุ์ Latima ซึ่งมีรูปทรงดอกลักษณะแบนและมีสีแดงหม่น มาเลี้ยงบนอาหาร MS ที่เติม alpha -naphthaleneacetic acid 1.07 μ mol. และ benzyladenine 8.87 μ mol. แล้วฉายรังสีแกมมา 0.5 และ 1.0 เกรย์ และเหนี่ยวนำให้เกิดต้นแล้วนำปลูกลงแปลง ได้ต้นกลายพันธุ์ 2 ต้น ซึ่งมีดอกสีเหลืองทั้งคู่ ต้นหนึ่งมีทรงดอกแบนเหมือนต้นดั้งเดิม ส่วนอีกต้นหนึ่งมีกลีบดอกลักษณะเป็นหลอด

การแบ่งประเภทการด่างบนใบ

หลักการสังเกตและจำแนกลักษณะการด่างบนใบของพืช (เนืองพนิช และปราโมทย์, 2547) แยกเป็นประเภทการด่าง โดยยึดตามหลักของ Yokoi และ Hirose ซึ่งเป็นนักเล่นไม้ประดับด่างที่มีชื่อเสียงโด่งดังชาวญี่ปุ่น โดยแบ่งลักษณะการด่างออกเป็น 20 ลักษณะไว้ในหนังสือ “VARIEGATED PLANTS” ฉบับญี่ปุ่น ดังนี้

ลักษณะที่ 1, 2, 3 และ 4 ด่างที่ขอบใบ (*marginated*) อาการด่างที่ขอบใบโดยมีขอบเขตและพื้นที่การด่างเล็กน้อยแตกต่างกัน ขอบและรอยด่างอาจมีความเรียบแตกต่างกัน โดยดูจากการเว้าแหว่งของขอบสีที่ด่างเป็นเกณฑ์พิจารณา

ลักษณะที่ 5 มีจุดประในแถบด่างที่ขอบใบ (*marginated mottled*) มีลักษณะที่เหมือนลักษณะที่ 1-4 ทุกประการ แต่มีจุดประเกิดขึ้นเฉพาะในบริเวณที่เป็นแถบด่าง นับว่าเป็นลักษณะที่หายากมาก และมีความสวยงามเป็นพิเศษ

ลักษณะที่ 6 และ 7 ด่างที่ปลายใบ (*tipped*) มีการด่างเฉพาะที่ปลายใบเท่านั้น อาจมีพื้นที่ด่างเล็กน้อยแตกต่างกัน แต่ไม่รวมกับการด่างจากเส้นกลางใบขึ้นมา (ลักษณะที่ 10 และ 11) ญี่ปุ่นเรียกลักษณะด่างที่ปลายใบนี้ว่า “ด่างปลายเล็บ”

ลักษณะที่ 8 และ 9 ด่างเป็นรอยเประปะป็น (*splashed mottled splashed*) มีการด่างเกิดจากกลางใบมายังขอบใบและมักด่างไม่เป็นระเบียบ คล้ายรอยเประของน้ำที่กระเซ็น ลักษณะนี้จะเกิดเฉพาะกลางใบ หรือบนพื้นใบบางส่วนและสิ้นสุดที่ขอบใบ เป็นลักษณะที่ไม่สวยงามมากนักและในรอยด่างอาจมีสีเขียวจางเป็นพื้นอยู่ด้วยก็ได้

ลักษณะที่ 10 และ 11 ด่างกลางใบ (*centered*) การด่างที่เกิดกลางใบขยายไปยังขอบทั้งสองข้างเท่าๆ กัน ส่วนปลายของรอยด่างจะจรดปลายใบ หรือด่างเฉพาะบริเวณกลางใบก็ได้ โดยบริเวณรอบนอกจนถึงขอบใบจะมีสีเขียว (หรือสีอื่น) เป็นลักษณะที่เป็นระเบียบ และหายากกว่าลักษณะที่ 8 และ 9 แต่ปลูกเลี้ยงง่ายกว่าพวกด่างจากขอบใบ

ลักษณะที่ 12 ค้างซีกใบ (sectorialed) การค้างที่เกิดซีกหนึ่งของใบ ซึ่งอาจค้างเป็นแถบ แบ่งเส้นชัดเจนเป็นระเบียบ หรือค้างเกินครึ่งเส้นกลางใบ หรือไม่เต็มซีกครึ่งหนึ่งของใบก็ได้ การค้างลักษณะนี้ถ้าเป็นพวกไม้ยืนต้นจะเลียงง่าย

ลักษณะที่ 13 และ 14 ค้างเป็นจุดประ (mottled) มีลักษณะค้างเกิดเป็นจุดประเล็กๆ หรือเป็นวงใหญ่ขึ้นจะกระจายอยู่ทั่วทั้งพื้นใบ ลักษณะที่ 13 ญี่ปุ่นเรียกว่า “ค้างเม็ดทราย” และลักษณะที่ 14 เรียกว่า “ค้างเป็นละอองดาว” ซึ่งก็สุดแต่สายตาของแต่ละคนจะมองอาจคล้ายหรือต่างกันก็ได้

ลักษณะที่ 15 ค้างเป็นปื้นเล็กๆ (blotched) การค้างรอบใบเป็นปื้นเล็กๆ มีขอบเป็นเหลี่ยมบ้าง เว้าแหว่งบ้างไม่แน่นอนรอยค้างกระจายเป็นระเบียบคล้ายลักษณะที่ 14

ลักษณะที่ 16 ค้างเป็นร่างแห (reticulated) การค้างเกิดขึ้นตามลายของเส้นใบเป็นการค้างทั่วๆไป ซึ่งอาจไม่ตรงกับเส้นใบก็ได้ เป็นลักษณะที่สวยงามมากและหายากมากที่สุด โดยเฉพาะพวกไม้ยืนต้น

ลักษณะที่ 17 ค้างเป็นแถบขวางใบ (banded) แตกต่างจากลักษณะอื่น คือ ค้างขวางใบจรดขอบใบทั้งสองด้าน เว้นช่วงแต่ละรอยค้างเป็นระยะค่อนข้างระเบียบ เส้นของรอยค้างหรือเส้นค้างจะเรียบหรือไม่ก็ได้ ญี่ปุ่นเรียกว่า “ค้างแบบรุ่งกินน้ำ” เป็นลักษณะที่หายากมากเช่นกัน

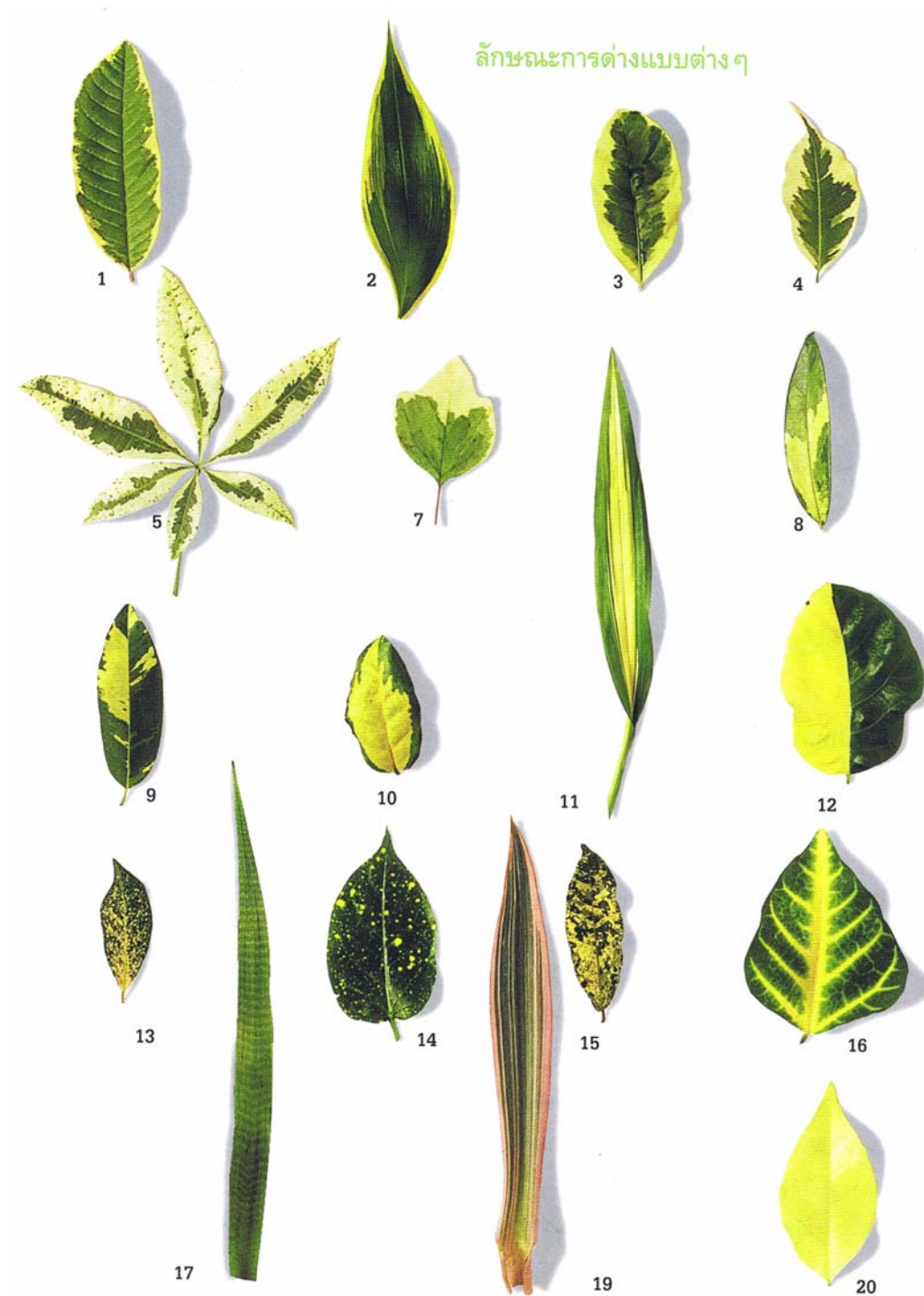
ลักษณะที่ 18 ค้างเป็นปื้นขวางจรดขอบใบ (semi-banded) คล้ายลักษณะที่ 17 แต่ไม่ถึงกับขวางใบ พื้นที่ค้างอาจไม่ติดต่อกันเป็นแถบขวางรอยค้างอาจจรดขอบใบด้านใดด้านหนึ่ง

ลักษณะที่ 19 ค้างเป็นแนวตามความยาวขอบใบ (striped) การค้างเป็นแนวยาวตามใบ ทำให้ใบลายเรียงเป็นริ้ว อาจเป็นเส้นเล็กๆ ชื้น ค่อนข้างเป็นระเบียบทำให้ดูสวยงามมาก อาจเรียกว่า “ค้างอย่างมีสกุล”

ลักษณะที่ 20 ค้างทั้งใบ (aurea-albino) มีลักษณะเผือกหรือขาดคลอโรฟิลล์ อาจมีสีขาวชมพู เหลือง จะอ่อนแอมักจะไหม้และตายในที่สุด

นอกจากการค้างทั้งยี่สิบแบบนี้แล้ว ยังมีอีกหลายลักษณะที่ไม่สามารถแยกได้อย่างชัดเจน เพราะเกิดการค้างรวมกันหลายลักษณะ ซ้ำซ้อน ทั้งความเข้มของสีและการกระจายตัวของพื้นที่ค้าง

สำหรับที่กล่าวมาทั้งหมดนี้เฉพาะการด่างที่เกิดขึ้นกับใบเท่านั้น แต่ยังมีการด่างที่เกิดกับส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ลำต้น ดอก ผล กาบใบ ก้านใบอีกด้วย



ภาพที่ 3 แสดงลักษณะการด่างแบบต่างๆ

ที่มา : เนืองพนิช และปราโมทย์ (2547)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. พืชทดลอง (กิ่งปักชำไผ่ฟิลิปปินส์)
 - ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty
 - ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii
 - ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Bangkok Beauty
2. เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมกิ่งพันธุ์
 - อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมกิ่งปักชำ ได้แก่ กรรไกรตัดกิ่ง
 - สารเคมีที่ใช้ในการปักชำ ได้แก่ เซราดิกซ์
3. เครื่องมือที่ใช้ในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์
 - เครื่องฉายรังสี Mark I Gamma Irradiator ซึ่งมี ซีเซียม-137 (^{137}Cs) เป็นต้นกำเนิดรังสีแกมมา ณ ศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 - ห้องฉายรังสีแกมมา (Gamma Room) ซึ่งมี โคบอลต์-60 (^{60}Co) เป็นต้นกำเนิดรังสีแกมมา ณ ศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
4. วัสดุที่ใช้ในการปลูกพืช
 - ถาดหลุมขนาด 36 หลุม
 - กระถางขนาด 4 นิ้ว
 - ทราย
 - ถ่านแกลบ
 - ขุยมะพร้าว
 - กาบมะพร้าวสับ
 - ปุ๋ยหมัก
 - ปุ๋ยเม็ดละลายช้าสูตรเสมอ 14-14-14
5. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บและบันทึกผลข้อมูล ได้แก่ ไม้บรรทัด กล้องถ่ายรูป
6. แผ่นเทียบสี Royal Horticultural Society, (RHS)

วิธีการ

แบ่งออกเป็น 3 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาหาปริมาณรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน(acute irradiation) ต่อการรอดชีวิตและการเจริญเติบโตของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty , พันธุ์ Friendmanii และพันธุ์ Bangkok Beauty

นำกิ่งพันธุ์ไผ่ฟิลิปปินส์ทั้ง 3 พันธุ์ ยาวประมาณ 10 ซม. ปักชำในถาดหลุมที่มี 36 หลุมต่อถาด โดยใช้วัสดุปักชำคือ ทรายผสมถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1 จากนั้นนำกิ่งที่ออกรากแล้วจำนวน 30 กิ่งไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน (acute irradiation) ด้วยเครื่องฉายรังสีแกมมา มาร์ควัน (Mark I Gamma Irradiator) ของศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ ซึ่งมี ซีเซียม-137 (^{137}Cs) เป็นต้นกำเนิดรังสี โดยวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design โดยให้ปริมาณรังสีที่ต่างกันเป็นชุดการทดลอง แบ่งออกเป็น 6 ชุดการทดลอง คือ

ชุดการทดลอง ที่ 1 ไม่ฉายรังสี (control)

ชุดการทดลอง ที่ 2 ฉายรังสีปริมาณ 100 เกรย์

ชุดการทดลอง ที่ 3 ฉายรังสีปริมาณ 200 เกรย์

ชุดการทดลอง ที่ 4 ฉายรังสีปริมาณ 400 เกรย์

ชุดการทดลอง ที่ 5 ฉายรังสีปริมาณ 800 เกรย์

ชุดการทดลอง ที่ 6 ฉายรังสีปริมาณ 1000 เกรย์

นำกิ่งพันธุ์ไผ่ฟิลิปปินส์ทั้ง 3 สายพันธุ์ที่ฉายรังสีแกมมาแล้วปลูกลงในกระถางขนาด 10 เซนติเมตร โดยใช้วัสดุปลูก คือ ทราย ถ่านแกลบ ขุยมะพร้าว กาบมะพร้าวสับ และปุ๋ยหมัก อัตราส่วน 1:1:1:1:1 และให้ปุ๋ยละลายช้าในอัตรา 5 กรัมต่อกระถางทุก 2 สัปดาห์

การบันทึกผลการทดลอง

1. หาเปอร์เซ็นต์การรอดตายของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty , พันธุ์ Friendmanii และพันธุ์ Bangkok Beauty หลังได้รับรังสีปริมาณต่างๆ กัน หลังฉายรังสีได้ 30 วัน ($LD_{50(30)}$) โดยนับจำนวนต้นที่รอดตาย แล้วคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้อาหารรังสี

2. ศึกษาผลของรังสีแกมมาต่อการเจริญเติบโตของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty , พันธุ์ Friendmanii และพันธุ์ Bangkok Beauty โดยบันทึกผลการทดลองทุก 2 สัปดาห์ หลังจากฉายรังสีซึ่งจะบันทึกผลการทดลองดังต่อไปนี้

2.1 ความสูง

2.2 ความกว้างทรงพุ่ม โดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงพุ่มแล้วหาค่าเฉลี่ย

2.3 จำนวนยอด

2.4 ความยาวปล้อง โดยวัดจากข้อถึงข้อถัดไป

3. ศึกษาผลของรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน (acute irradiation) ต่อการกลายพันธุ์ของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty , พันธุ์ Friendmanii และพันธุ์ Bangkok Beauty โดยใช้ปริมาณรังสีที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 1.1 มากำหนดปริมาณรังสี เพื่อศึกษาการกลายพันธุ์

3.1 สังเกตลักษณะที่แตกต่างไปจากเดิมตลอดการทดลอง แล้วบันทึกภาพ

3.2 คัดแยกต้นที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนมาทำการคัดพันธุ์กลายด้วยวิธี cutting back method โดยตัดแต่งกิ่งที่มีลักษณะเดิมทิ้งไปบางส่วนเพื่อให้กิ่งที่เปลี่ยนแปลงนั้นสามารถเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ และเมื่อกิ่งที่เปลี่ยนแปลงมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น จะตัดกิ่งนั้นไปปักชำ โดยตัดส่วนที่เปลี่ยนแปลงให้เหลือไว้กับต้นเดิมประมาณ 2 ข้อใบ และทำการตัดชำต่อไปเรื่อยๆ จนลักษณะที่เปลี่ยนแปลงนั้นคงตัว และทำการบันทึกภาพทุกระยะ

3.3 นับจำนวนลักษณะที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละชุดการทดลอง เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้อาหารรังสี และบันทึกภาพ

การทดลองที่ 2 ศึกษาปริมาณรังสีแกมมาแบบโครนิค(chronic irradiation) ต่อการรอดชีวิต และการเจริญเติบโตของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii และพันธุ์ Bangkok Beauty

นำกิ่งไผ่ฟิลิปปินส์ทั้ง 2 พันธุ์ ยาวประมาณ 10 ซม. ปักชำในถาดหลุมที่มี 36 หลุมต่อถาด โดยใช้วัสดุปักชำคือ ทรายผสมถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1 จากนั้นนำกิ่งที่ออกรากแล้ว 30 กิ่งไปฉายรังสีแกมมาแบบโครนิค (chronic irradiation) ที่ห้องฉายรังสีแกมมา(Gamma Room) ซึ่งมีโคบอลต์-60(^{60}Co) เป็นต้นกำเนิดรังสี โดยให้อัตรารังสี(dose rate)ที่ต่างกันเป็นชุดการทดลอง แบ่งออกเป็น 11 ชุดการทดลอง ดังตารางที่ 2

นำกิ่งไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii และพันธุ์ Bangkok Beauty ที่ฉายรังสีแกมมาแล้วรวม ทั้งชุดควบคุม(control) ปลูกลงในกระถางขนาด 10 เซนติเมตร โดยใช้วัสดุปลูก คือ ทราย ถ่านแกลบ ขุยมะพร้าว กาบมะพร้าวสับ และปุ๋ยหมัก อัตราส่วน 1:1:1:1:1 และให้ปุ๋ยละลายช้าในอัตรา 5 กรัมต่อกระถางทุก 2 สัปดาห์

ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดการฉายรังสีแกมมาแบบโครนิคกับไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii และพันธุ์ Bangkok Beauty

ชุดการทดลอง ที่	ระยะห่างจาก ต้นกำเนิดรังสี (เมตร)	อัตรารังสี (เกรย์/ชั่วโมง)	ระยะเวลาที่ฉาย (วัน)	ปริมาณรังสีที่ได้รับ (เกรย์)
1	control	0	0	0
2	1.5	1.69	14	498.76
3	1.5	1.69	28	992.49
4	2.5	0.61	14	179.52
5	2.5	0.61	28	357.24
6	3.5	0.31	14	91.58
7	3.5	0.31	28	182.25
8	4.5	0.19	14	55.41
9	4.5	0.19	28	110.26
10	5.5	0.13	14	37.09
11	5.5	0.13	28	73.82

การบันทึกผลการทดลอง

1. หาเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของไฝฟิลิปปีนส์พันธุ์ Friendmanii และพันธุ์ Bangkok Beauty ที่ได้รับรังสีปริมาณต่างๆ กันภายหลังฉายรังสี 30 วัน ($LD_{50(30)}$)

2. ศึกษาผลของรังสีแกมมาที่มีต่อการเจริญเติบโตของไฝฟิลิปปีนส์พันธุ์ Friendmanii และพันธุ์ Bangkok Beauty โดยบันทึกผลการทดลองทุก 2 สัปดาห์ หลังจากฉายรังสีซึ่งจะบันทึกผลการทดลองดังต่อไปนี้

2.1 ความสูง

2.2 ความกว้างทรงพุ่ม โดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงพุ่มแล้วหาค่าเฉลี่ย

2.3 จำนวนยอด

2.4 ความยาวปล้อง โดยวัดจากข้อถึงข้อถัดไป

3. ศึกษาผลของรังสีแกมมาที่มีต่อลักษณะการกลายพันธุ์ของไฝฟิลิปปีนส์พันธุ์ Friendmanii และพันธุ์ Bangkok Beauty

3.1 สังเกตลักษณะที่แตกต่างไปจากเดิมตลอดการทดลอง แล้วบันทึกภาพ

3.2 คัดแยกต้นที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนมาทำการคัดพันธุ์ด้วยวิธี cutting back method โดยตัดแต่งกิ่งที่มีลักษณะเดิมทิ้งไปบางส่วนเพื่อให้กิ่งที่เปลี่ยนแปลงนั้นสามารถเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ และเมื่อกิ่งที่เปลี่ยนแปลงมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น จะตัดกิ่งนั้นไปปักชำ โดยตัดส่วนที่เปลี่ยนแปลงให้เหลือไว้กับต้นเดิมประมาณ 2 ข้อใบ และทำการตัดชำต่อไปเรื่อยๆ จนลักษณะที่เปลี่ยนแปลงนั้นคงตัว และทำการบันทึกภาพทุกระยะ

3.3 นับจำนวนลักษณะที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละชุดการทดลอง เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี และบันทึกภาพ

การทดลองที่ 3 ศึกษาปริมาณรังสีแกมมาต่อการรอดชีวิตและการเจริญเติบโตของไฝฟิลิปปีนส์พันธุ์ Florida Beauty โดยการฉายรังสีแบบโครนิก(chronic irradiation)

นำกิ่งไฝฟิลิปปีนส์พันธุ์ Florida Beauty ยาวประมาณ 10 ซม. ปักชำในภาดหลุมที่มี 36 หลุมต่อภาด โดยใช้วัสดุปักชำคือ ทราชผสมถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1 จากนั้นนำกิ่งที่ออกรากแล้ว 20 กิ่งไปฉายรังสีแกมมาแบบโครนิก (chronic irradiation) ในห้องฉายรังสีแกมมา(Gamma Room) ซึ่งมี โคบอลต์-60(^{60}Co) เป็นต้นกำเนิดรังสี โดยให้อัตรารังสี(dose rate)ที่ต่างกันเป็นชุดการทดลอง แบ่งออกเป็น 5 ชุดการทดลอง ดังตารางที่ 3

นำกิ่งไฝฟิลิปปีนส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ฉายรังสีแกมมาแล้วรวมทั้งชุดควบคุม(control) ปลูกลงในกระถาง 4 นิ้ว โดยใช้วัสดุปลูก คือ ทราช ถ่านแกลบ ขุยมะพร้าว กาบมะพร้าวสับ และปุ๋ยหมัก อัตราส่วน 1:1:1:1:1 และให้ปุ๋ยละลายช้าในอัตรา 5 กรัมต่อกระถางทุก 2 สัปดาห์

ตารางที่ 3 แสดงรายละเอียดการฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกกับไฝฟิลิปปีนส์พันธุ์ Florida Beauty

ชุดการทดลอง	ระยะห่าง จากต้นกำเนิดรังสี (เมตร)	อัตรารังสี (เกรย์/ชั่วโมง)	ระยะเวลาที่ฉาย (วัน)	ปริมาณรังสี ที่ได้รับ (เกรย์)
1	control	0	0	0
2	2	1.05	7	155.84
3	2.5	0.67	14	199.56
4	3.5	0.34	14	101.82
5	3.5	0.34	7	50.91

การบันทึกผลการทดลอง

1. การศึกษาเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของไฝฟิลิปปีนส์พันธุ์ Florida Beauty หลังได้รับรังสีแบบโครนิกปริมาณต่างๆ กันหลังฉายรังสีได้ 30 วัน($\text{LD}_{50(30)}$)

2. ศึกษาผลของรังสีแกมมาที่มีต่อการเจริญเติบโตของไฝฟิลิปปีนส์พันธุ์ Florida Beauty โดยบันทึกผลการทดลองทุก 2 สัปดาห์ หลังจากฉายรังสีซึ่งจะบันทึกผลการทดลองดังต่อไปนี้

2.1 ความสูง

2.2 ความกว้างทรงพุ่ม โดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงพุ่มแล้วหาค่าเฉลี่ย

2.3 จำนวนยอด

2.4 ความยาวปล้อง โดยวัดจากข้อถึงข้อถัดไป

3. ศึกษาลักษณะการกลายพันธุ์ของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่เกิดจากการฉายรังสีแกมมา

3.1 สังเกตลักษณะที่แตกต่างไปจากเดิมตลอดการทดลอง แล้วบันทึกภาพ

3.2 คัดแยกต้นที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนมาทำการคัดพันธุ์กลายด้วยวิธี cutting back method โดยตัดแต่งกิ่งที่มีลักษณะเดิมทิ้งไปบางส่วนเพื่อให้กิ่งที่เปลี่ยนแปลงนั้นสามารถเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ และเมื่อกิ่งที่เปลี่ยนแปลงมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น จะตัดกิ่งนั้นไปปักชำ โดยตัดส่วนที่เปลี่ยนแปลงให้เหลือไว้กับต้นเดิมประมาณ 2 ข้อใบ และทำการตัดชำต่อไปเรื่อยๆ จนลักษณะที่เปลี่ยนแปลงนั้นคงตัว และทำการบันทึกภาพทุกระยะ

3.3 นับจำนวนลักษณะที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละชุดการทดลอง เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี และบันทึกภาพ

สถานที่และระยะเวลาทำการทดลอง

สถานที่ทำการทดลอง

1. โรงเรือนต้นแบบสาธิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ
2. ศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

ระยะเวลาทำการทดลอง

เริ่มทำการทดลองเดือนกุมภาพันธ์ 2548 และสิ้นสุดการทดลองในเดือนกันยายน 2549



ภาพที่ 4 พันธุ์ไผ่ฟิลิปปินส์ที่ใช้ในการทดลอง

(ก) ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Bangkok Beauty

(ข) ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii

(ค) ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาปริมาณรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน(acute irradiation) ต่อการรอดชีวิต และการเจริญเติบโตของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty , พันธุ์ Friendmanii และพันธุ์ Bangkok Beauty

1. การศึกษาเปอร์เซ็นต์การรอดตายของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty , พันธุ์ Friendmanii และพันธุ์ Bangkok Beauty หลังได้รับรังสีปริมาณต่างๆ กัน

1.1 พันธุ์ Florida Beauty

หลังจากนำกิ่งพันธุ์ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ออกรากแล้วไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณต่างๆ กัน คือ 0, 100, 200, 400, 800 และ 1000 เกรย์ หลังจากนั้นนำกิ่งไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida beauty ที่ฉายรังสีแกมมาแล้วปลูกลงในกระถาง 10 เซนติเมตร หลังจากย้ายปลูกได้ 30 วัน นับจำนวนต้นที่รอดตายในแต่ละชุดการทดลองแล้วทำการหาค่า LD_{50} ที่ 30 วัน ปรากฏว่าไม่สามารถหาค่าได้ เนื่องจากต้นที่ได้รับการฉายรังสีในปริมาณต่างๆ มีการตายน้อยมาก จึงทำการหาค่า LD_{50} ที่ 120 วันแทน พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายมีแนวโน้มเพิ่มเรื่อยๆ เมื่อปริมาณรังสีสูงขึ้น กล่าวคือชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 100, 200, 400 และ 800 เกรย์ มีการรอดตายเท่ากับ 89.99, 66.67, 56.67 และ 26.67 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และปริมาณรังสีที่ทำให้ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty มีเปอร์เซ็นต์การตาย 100 เปอร์เซ็นต์ คือ ชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 1000 เกรย์ (ตารางที่ 4) เมื่อหาความสัมพันธ์ของปริมาณรังสีแกมมากับเปอร์เซ็นต์การรอดตายได้ค่าปริมาณรังสีแกมมาที่ทำให้ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty รอดตาย 50 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้รับรังสีที่ 120 วัน($LD_{50(120)}$) เท่ากับ 465 เกรย์ (ภาพที่ 5)

1.2 พันธุ์ Friendmanii

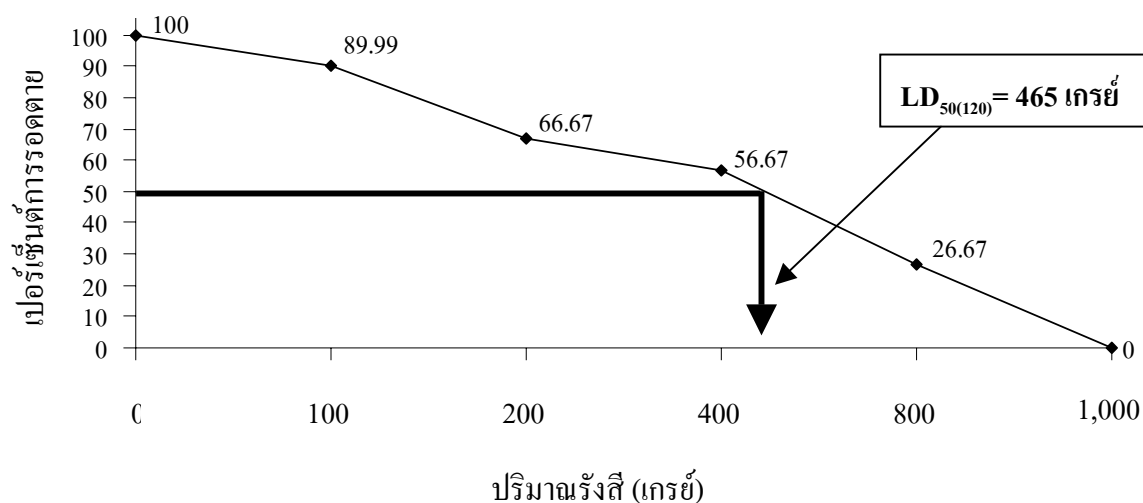
หลังจากนำกิ่งพันธุ์ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii ที่ออกรากแล้วไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณต่างๆ กัน คือ 0, 100, 200, 400, 800 และ 1000 เกรย์ หลังจากนั้นนำกิ่งไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii ที่ฉายรังสีแกมมาแล้วปลูกลงในกระถาง 10 เซนติเมตร หลังจากย้ายปลูกได้ 75 วัน พบว่าไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii เกิดการตายทั้งหมดซึ่งเกิดจากผลของรังสีดังนั้นจึงไม่สามารถทำการศึกษาต่อไปได้

1.3 พันธุ์ Bangkok Beauty

หลังจากนำกิ่งพันธุ์ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Bangkok Beauty ที่ออกรากแล้วไปขายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณต่างๆ กัน คือ 0, 100, 200, 400, 800 และ 1,000 เกรย์ จากนั้นนำกิ่งไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Bangkok Beauty ที่ขายรังสีแกมมาแล้วปลูกลงในกระถาง 10 เซนติเมตร หลังจากย้ายปลูกได้ 75 วัน พบว่าไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Bangkok Beauty เกิดการตายทั้งหมดซึ่งเกิดจากผลของรังสีดังนั้นจึงไม่สามารถทำการศึกษาต่อไปได้

ตารางที่ 4 จำนวนต้นที่รอดตายของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty หลังจากได้รับรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณต่างๆกัน เมื่ออายุ 120 วัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	จำนวนต้น ที่ขายรังสี	จำนวนต้น ที่รอดตาย	เปอร์เซ็นต์ การรอดตาย
0	30	30	100
100	30	27	89.99
200	30	20	66.67
400	30	17	56.67
800	30	8	26.67
1,000	30	0	0



ภาพที่ 5 เปอร์เซนต์การรอดตายเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี(control)ของ
ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty หลังได้รับรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณต่างๆ กัน
เมื่ออายุ 120 วัน

2. การศึกษาผลของรังสีแกมมาต่อการเจริญเติบโตของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ,
พันธุ์ Friendmanii และพันธุ์ Bangkok Beauty

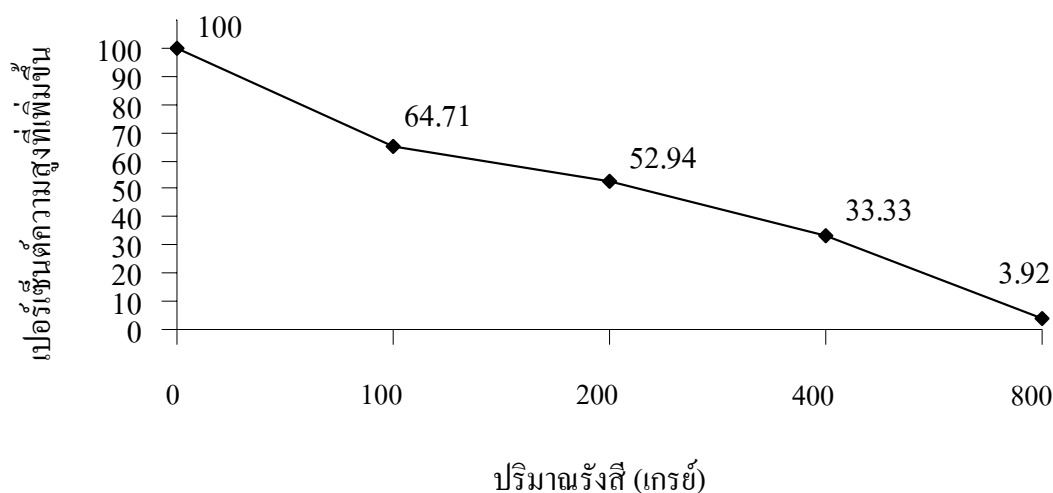
เนื่องจากกิ่งพันธุ์ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii และพันธุ์ Bangkok Beauty เกิดการตายทั้งหมดจึงไม่สามารถทำการศึกษาผลของรังสีแกมมาต่อการเจริญเติบโตของไผ่ฟิลิปปินส์ทั้ง 2 พันธุ์
ดังนั้นจึงสามารถศึกษาได้เฉพาะพันธุ์ Florida Beauty

2.1 พันธุ์ Florida Beauty

ความสูง

พบว่าการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันกับไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty มีผลทำให้ความสูงที่เพิ่มขึ้นหลังการฉายรังสีลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉายรังสี (control) (ภาพที่ 6) กล่าวคือ ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ได้รับรังสีแกมมาปริมาณ 100, 200, 400 และ 800 เกรย์ มีความสูงที่เพิ่มขึ้นหลังการฉายรังสีเท่ากับ 1.65, 1.35, 0.85 และ 0.1 เซนติเมตร ตามลำดับส่วนต้นที่ไม่ได้รับการฉายรังสีมีความสูงที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.55 เซนติเมตร

ส่วนชุดการทดลองที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณ 1000 เกรย์ ตายทั้งหมด เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ความสูงที่เพิ่มขึ้นหลังการฉายรังสีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 5)



ภาพที่ 6 เปอร์เซ็นต์ความสูงที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี(control)

หลังการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันของไฝฟิลิปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ได้รับรังสีแกมมาปริมาณต่างๆ กัน เมื่ออายุ 120 วัน

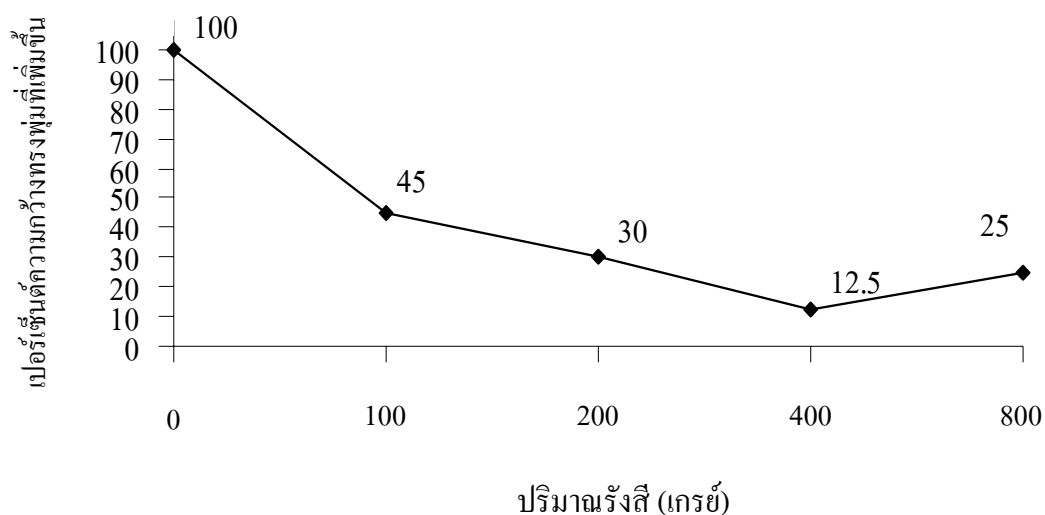
ความกว้างทรงพุ่ม

พบว่า การฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันกับไฝฟิลิปินส์พันธุ์ Florida Beauty มีผลทำให้ความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นหลังการฉายรังสีลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉายรังสี (control) (ภาพที่ 7) กล่าวคือ ไฝฟิลิปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ได้รับรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณ 100, 200, 400 และ 800 เกรย์ มีความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นหลังการฉายรังสีเท่ากับ 0.9, 0.6, 0.25 และ 0.5 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนไฝฟิลิปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ไม่ได้รับรังสี (control) มีความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2 เซนติเมตร เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นหลังการฉายรังสีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 5)

จำนวนยอด

พบว่า ไฝฟิลิปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ได้รับรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณ 100, 200, 400 และ 800 เกรย์ มีจำนวนยอดเฉลี่ยหลังการฉายรังสีเท่ากับ 7, 5.33, 2.67 และ 72 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนไฝฟิลิปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ไม่ได้รับรังสี (control) มีจำนวนยอด

เท่ากับ 5.33 เซนติเมตร เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า จำนวนยอดหลังการฉายรังสีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 5)



ภาพที่ 7 เปอร์เซ็นต์ความกว้างทรงผมที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี (control) หลังการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันของไฝฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ได้รับรังสีแกมมาปริมาณต่างๆ กัน เมื่ออายุ 120 วัน

ความยาวปล้อง

พบว่าไฝฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ได้รับรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณ 100, 200, 400 และ 800 เกรย์ มีความยาวปล้องหลังการฉายรังสีเท่ากับ 0.5, 0.45, 0.4 และ 0.3 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนไฝฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ไม่ได้รับรังสี (control) มีความยาวปล้องเท่ากับ 0.85 เซนติเมตร เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ความยาวปล้องหลังการฉายรังสีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ความสูงที่เพิ่มขึ้น ความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้น จำนวนยอด และความยาวปล้องของ
ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty หลังจากได้รับรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณ
ต่างๆ กันเมื่ออายุ 120 วัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	ความสูง ที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	ความกว้างทรงพุ่ม เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	จำนวนยอด (เซนติเมตร)	ความยาวปล้อง (เซนติเมตร)
0	2.55 a ^{1/}	2 a	5.33 ab	0.85 a
100	1.65 b	0.9 b	7 a	0.5 ab
200	1.35 bc	0.6 bc	5.33 ab	0.45 ab
400	0.85 c	0.25 c	2.67 bc	0.4 b
800	0.1 d	0.5 bc	2 c	0.3 b
F-Test	*	*	*	*
CV. (%)	20.0591	22.0097	33.21	32.25

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

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

ตารางที่ 6 ความสูงและความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty หลังจากได้รับรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณต่างๆ กัน เมื่ออายุ 120 วัน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับ control

ปริมาณ รังสี (เกรย์)	ความสูง				ความกว้างทรงพุ่ม			
	ก่อนการฉายรังสี (เซนติเมตร)	หลังการฉายรังสี (เซนติเมตร)	ความสูงที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	% เปรียบเทียบ กับcontrol	ก่อนการฉายรังสี (เซนติเมตร)	หลังการฉายรังสี (เซนติเมตร)	ความกว้างทรงพุ่ม ที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	% เปรียบเทียบ กับcontrol
0	5.3	7.85	2.55	100	7.5	9.5	2	100
100	5.2	6.85	1.65	64.71	7.6	8.5	0.9	45
200	5	6.35	1.35	52.94	7	7.6	0.6	30
400	5.2	6.05	0.85	33.33	7	7.25	0.25	12.5
800	5.5	5.6	0.1	3.92	6.5	7	0.5	25

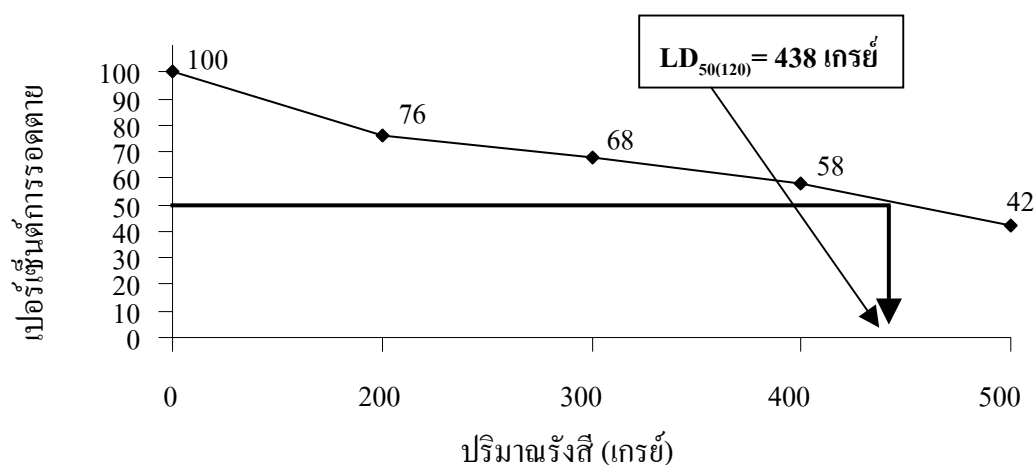
3. ผลของรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน(acute irradiation)ปริมาณที่เหมาะสมต่อการกลายพันธุ์ของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty

เปอร์เซ็นต์การรอดตาย

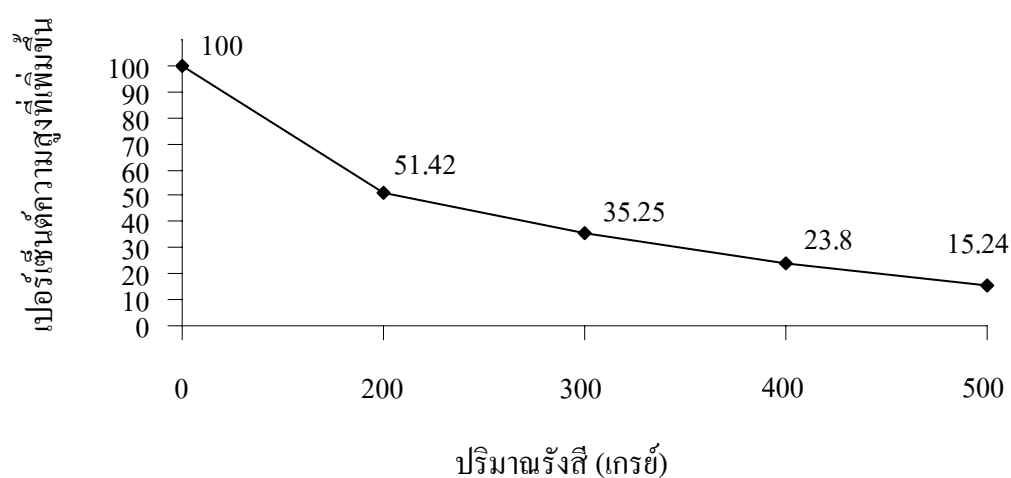
หลังจากนำไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันในปริมาณที่เหมาะสมซึ่งได้จากการทดลองที่ 1.1 คือ 0, 200, 300, 400 และ 500 เกรย์ จากนั้นนำต้นไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ปลูกลงในกระถางขนาด 10 เซนติเมตร หลังจากย้ายปลูกได้ 120 วัน นับจำนวนต้นที่รอดตายในแต่ละชุดการทดลอง พบว่าเปอร์เซ็นต์การรอดตายลดลงเมื่อไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ได้รับปริมาณรังสีเพิ่มสูงขึ้น กล่าวคือชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 200 , 300 ,400 และ 500 เกรย์ มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายเท่ากับ 76, 68, 58 และ 42 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 7) เมื่อหาความสัมพันธ์ของปริมาณรังสีแกมมากับเปอร์เซ็นต์การรอดตายได้ค่าปริมาณรังสีแกมมาที่ทำให้ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty รอดตาย 50 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้รับรังสีที่ 120 วัน($LD_{50(120)}$) เท่ากับ 438 เกรย์ (ภาพที่ 7)

ตารางที่ 7 จำนวนต้นที่รอดตายของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty หลังจากได้รับรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันในปริมาณที่เหมาะสมซึ่งได้จากการทดลองที่ 1.1 เมื่ออายุ 120 วัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	จำนวนต้น ที่ฉายรังสี	จำนวนต้น ที่รอดตาย	เปอร์เซ็นต์ การรอดตาย
0	50	50	100
200	50	38	76
300	50	34	68
400	50	29	58
500	50	21	42



ภาพที่ 8 เปอร์เซ็นต์การรอดตายของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี(control)หลังได้รับรังสีแกมมาปริมาณที่เหมาะสมซึ่งได้จากการทดลองที่ 1.1 เมื่ออายุ 120 วัน



ภาพที่ 9 เปอร์เซ็นต์ความสูงที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี(control) หลังการฉายรังสีแกมมาปริมาณที่เหมาะสมซึ่งได้จากการทดลองที่ 1.1 ของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty เมื่ออายุ 120 วัน

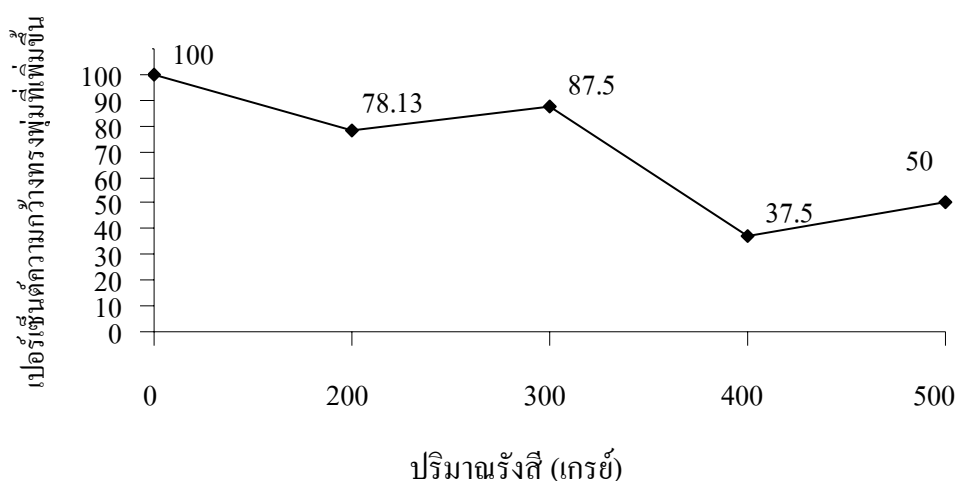
ความสูง

พบว่า การฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันกับไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty มีผลทำให้ความสูงที่เพิ่มขึ้นหลังการฉายรังสีลดลงเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉายรังสี (control) (ภาพที่ 9) กล่าวคือ ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ได้

รับรังสีแกมมาปริมาณ 200, 300, 400 และ 500 เกรย์ มีความสูงที่เพิ่มขึ้นหลังการฉายรังสีเท่ากับ 2.7, 1.85, 1.25 และ 0.8 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนต้นที่ไม่ได้รับการฉายรังสีมีความสูงที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.25 เซนติเมตร เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าความสูงที่เพิ่มขึ้นหลังการฉายรังสีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 8)

ความกว้างทรงพุ่ม

พบว่าฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันกับไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty มีผลทำให้ความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นหลังการฉายรังสีลดลงเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉายรังสี (control) (ภาพที่ 10) กล่าวคือ ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ได้รับรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณ 200, 300, 400 และ 500 เกรย์ มีความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นหลังการฉายรังสีเท่ากับ 1.25, 1.4, 0.6 และ 0.8 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ไม่ได้รับรังสี (control) มีความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.6 เซนติเมตร เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นหลังการฉายรังสีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 8)



ภาพที่ 10 เปอร์เซ็นต์ความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี (control) หลังการฉายรังสีแกมมาปริมาณที่เหมาะสมซึ่งได้จากการทดลองที่ 1.1 ของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty เมื่ออายุ 120 วัน

จำนวนยอด

พบว่าไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ได้รับรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 1.1 คือ 200, 300, 400 และ 500 เกรย์ มีจำนวนยอดเฉลี่ยหลังการฉายรังสีเท่ากับ 5.5, 4, 3.5 และ 2.5 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ไม่ได้รับรังสี (control) มีจำนวนยอดเท่ากับ 6 เซนติเมตร เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า จำนวนยอดหลังการฉายรังสีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 8)

ความยาวปล้อง

พบว่าไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ได้รับรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 1.1 คือ 200, 300, 400 และ 500 เกรย์ มีความยาวปล้องหลังการฉายรังสีเท่ากับ 0.6, 0.6, 0.5 และ 0.55 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ไม่ได้รับรังสี (control) มีความยาวปล้องเท่ากับ 0.7 เซนติเมตร เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ความยาวปล้องหลังการฉายรังสีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ความสูงที่เพิ่มขึ้น ความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้น จำนวนยอด และความยาวปล้องของ
ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida beauty หลังจากได้รับรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณที่
เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 1.1 เมื่ออายุ 120 วัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	ความสูง ที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	ความกว้างทรงพุ่ม ที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	จำนวนยอด (เซนติเมตร)	ความยาวปล้อง (เซนติเมตร)
0	5.25 a ^{1/}	1.6 a	6 a	0.7
200	2.7 b	1.25 a	5.5 a	0.6
300	1.85 c	1.4 a	4 ab	0.6
400	1.25 d	0.6 b	3.5 ab	0.5
500	0.8 d	0.8 b	2.5 b	0.55
F-Test	*	*	*	ns
CV. (%)	8.3327	13.9924	24.3909	26.7990

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

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

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 9 ความสูงและความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty หลังจากได้รับรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 1.1 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับ control เมื่ออายุ 120 วัน

ปริมาณ รังสี (เกรย์)	ความสูง				ความกว้างทรงพุ่ม			
	ก่อนการฉายรังสี (เซนติเมตร)	หลังการฉายรังสี (เซนติเมตร)	ความสูงที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	% เปรียบเทียบ กับcontrol	ก่อนการฉายรังสี (เซนติเมตร)	หลังการฉายรังสี (เซนติเมตร)	ความกว้างทรงพุ่ม ที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	% เปรียบเทียบ กับcontrol
0	5	10.25	5.25	100	8	9.6	1.6	100
200	4.2	6.9	2.7	51.42	7	8.25	1.25	78.13
300	5	6.85	1.85	35.25	6.2	7.6	1.4	87.5
400	5	6.25	1.25	23.80	7.5	8.1	0.6	37.5
500	5	5.8	0.8	15.24	7.5	8.3	0.8	50

ลักษณะการกลายพันธุ์

ไม่พบลักษณะการกลายพันธุ์ของไฟฟลิปปีนส์พันธุ์ Florida Beauty และภายหลังจากการฉายรังสี 175 วัน พบว่าไฟฟลิปปีนส์ตายทั้งหมดซึ่งเกิดจากผลของรังสีดังนั้นจึงไม่สามารถทำการศึกษาต่อไปได้

การทดลองที่ 2 ศึกษาปริมาณรังสีแกมมาแบบโครนิก (chronic irradiation) ต่อการรอดชีวิตและการเจริญเติบโตของไฟฟลิปปีนส์พันธุ์ Friendmanii และพันธุ์ Bangkok Beauty

1. การศึกษาเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของไฟฟลิปปีนส์พันธุ์ Friendmanii และพันธุ์ Bangkok Beauty หลังได้รับรังสีแกมมาแบบโครนิกปริมาณต่างๆ กัน

1.1 พันธุ์ Friendmanii

หลังจากนำไฟฟลิปปีนส์พันธุ์ Friendmanii ที่ปักชำออกรากแล้วไปฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกที่มีอัตราและปริมาณรังสีแตกต่างกันเป็นเวลา 120 วัน พบว่าไฟฟลิปปีนส์พันธุ์ Friendmanii รอดชีวิตทั้งหมด

1.2 พันธุ์ Bangkok Beauty

หลังจากนำไฟฟลิปปีนส์พันธุ์ Bangkok Beauty ที่ปักชำออกรากแล้วไปฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกที่มีอัตราและปริมาณรังสีแตกต่างกันเป็นเวลา 120 วัน พบว่าไฟฟลิปปีนส์พันธุ์ Bangkok Beauty รอดชีวิตทั้งหมด

2. ศึกษาผลของรังสีแกมมาที่มีต่อการเจริญเติบโตของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii และ พันธุ์ Bangkok Beauty

2.1 พันธุ์ Friendmanii

ความสูง

พบว่า การฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกกับไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii มีผลทำให้ ความสูงลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii ที่ไม่ได้รับการฉายรังสี (control) กล่าวคือ ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii ที่ได้รับรังสีปริมาณ 992.49, 498.76, 357.24, 182.25, 179.52, 110.26, 91.58, 73.82, 55.41 และ 37.09 เกรย์ มีความสูงที่เพิ่มขึ้นหลังการฉายรังสีเท่ากับ 3.02, 4.25, 3.35, 4.01, 5.74, 5.46, 6.13, 5.56, 6.64 และ 7.60 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนต้นที่ไม่ได้ฉายรังสีมีความสูงที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 7.83 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ความสูงที่เพิ่มขึ้นของต้นที่ไม่ได้ฉายรังสีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับต้นที่ได้รับการฉายรังสีแกมมา (ตารางที่ 10)

ความกว้างทรงพุ่ม

พบว่า ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii ที่ได้รับรังสีปริมาณ 992.49, 498.76, 357.24, 182.25, 179.52, 110.26, 91.58, 73.82, 55.41 และ 37.09 เกรย์ มีความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นหลังการฉายรังสีเท่ากับ 0.26, 2.48, 0.76, 1.39, 4.2, 3.22, 4.64, 4.05, 7.53 และ 5.73 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนต้นที่ไม่ได้ฉายรังสีมีความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 7.57 เซนติเมตร เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นของต้นที่ไม่ได้ฉายรังสีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับต้นที่ได้รับการฉายรังสีแกมมา (ตารางที่ 10)

จำนวนยอด

พบว่า ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii ที่ได้รับรังสีแกมมาแบบโครนิกปริมาณ 992.49, 498.76, 357.24, 182.25, 179.52, 110.26, 91.58, 73.82, 55.41 และ 37.09 เกรย์ มีจำนวนยอดเฉลี่ยหลังการฉายรังสีเท่ากับ 1.5, 3, 2.5, 3.5, 3.5, 5.5, 7, 8, 7.5 และ 10 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนต้นที่ไม่ได้ฉายรังสีมีจำนวนยอดเท่ากับ 9.5 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า จำนวนยอดของต้นที่ไม่ได้ฉายรังสีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับต้นที่ได้รับการฉายรังสีแกมมา (ตารางที่ 10)

ความยาวปล้อง

พบว่าไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii ที่ได้รับรังสีแกมมาแบบโครนิกปริมาณ 992.49, 498.76, 357.24, 182.25, 179.52, 110.26, 91.58, 73.82, 55.41 และ 37.09 เกรย์ มีความยาวปล้องเฉลี่ยหลังการฉายรังสีเท่ากับ 0.15, 0.45, 0.5, 0.55, 0.5, 0.7, 0.65, 0.65, 0.75 และ 0.85 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนต้นที่ไม่ได้ฉายรังสีมีความยาวปล้องเท่ากับ 0.9 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ความยาวปล้องของต้นที่ไม่ได้ฉายรังสีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับต้นที่ได้รับการฉายรังสีแกมมา (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนยอด และความยาวปล้องของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii หลังจากได้รับรังสีแกมมาแบบโครนิกปริมาณต่างๆ กันเมื่ออายุ 120 วัน

อัตรารังสี (เกรย์/ชั่วโมง)	ปริมาณรังสี (เกรย์)	ความสูง ที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	ความกว้างทรงพุ่ม ที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	จำนวนยอด (เซนติเมตร)	ความยาว ปล้อง (เซนติเมตร)
control	0	7.83 a ^{1/}	7.57 a	9.5 ab	0.9 a
1.69	498.76	4.25 def	2.48 ef	3 de	0.45 bc
1.69	992.49	3.02 f	0.26 g	1.5 e	0.15 c
0.61	179.52	5.74 cd	4.2 cd	3.5 de	0.5 abc
0.61	357.24	3.35 f	0.76 g	2.5 e	0.5 abc
0.31	91.58	6.13 bc	4.64 bc	7 bc	0.65 ab
0.31	182.25	4.01 ef	1.39 fg	3.5 de	0.55 abc
0.19	55.41	6.64 abc	7.53 a	7.5 bc	0.75 ab
0.19	110.26	5.46 cde	3.22 de	5.5 bcd	0.7 ab
0.13	37.09	7.60 ab	5.73 b	10 a	0.85 ab
0.13	73.82	5.56 cde	4.05 cd	8 abc	0.65 ab
F-test		*	*	*	*
CV. (%)		12.9058	13.3633	20.0156	27.9917

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

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

ตารางที่ 11 ความสูงและความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นของไฟฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii หลังจากได้รับรังสีแกมมาแบบโครนิกปริมาณต่างๆ กัน
เมื่ออายุ 120 วัน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับ control

อัตรา รังสี (เกรย์/ ชั่วโมง)	ปริมาณ รังสี (เกรย์)	ความสูง				ความกว้างทรงพุ่ม			
		ก่อนการฉายรังสี (เซนติเมตร)	หลังการฉายรังสี (เซนติเมตร)	ความสูงที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	% เปรียบเทียบ กับcontrol	ก่อนการฉายรังสี (เซนติเมตร)	หลังการฉายรังสี (เซนติเมตร)	ความกว้างทรงพุ่ม ที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	% เปรียบเทียบ กับcontrol
control	0	5	12.83	7.83	100	7.25	14.82	7.57	100
1.69	498.76	5	9.25	4.25	54.28	8.5	10.98	2.48	32.72
1.69	992.49	5	8.02	3.02	38.57	6.7	6.96	0.26	3.43
0.61	179.52	5	10.74	5.74	73.30	7.2	11.40	4.2	55.48
0.61	357.24	5	8.35	3.35	42.78	6.5	7.26	0.76	10.04
0.31	91.58	5	11.13	6.13	78.29	7	11.64	4.64	61.29
0.31	182.25	5	9.01	4.01	51.21	6.6	7.99	1.39	18.36
0.19	55.41	5	11.64	6.64	84.80	7.1	14.68	7.53	99.74
0.19	110.26	5	10.46	5.46	69.73	7	10.22	3.22	42.54
0.13	37.09	5	12.60	7.60	97.06	7.25	12.98	5.73	75.69
0.13	73.82	5	10.56	5.56	71	7	11.05	4.05	53.50

2.2 พันธุ์ Bangkok Beauty

ความสูง

พบว่าความสูงที่เพิ่มขึ้นของกล้วยไม้พันธุ์ Bangkok Beauty เมื่อได้รับการฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกกับไฟฟลิปปีนส์พันธุ์ Bangkok Beauty ที่ไม่ได้รับการฉายรังสี (control) กล่าวคือ ไฟฟลิปปีนส์พันธุ์ Bangkok Beauty ที่ได้รับรังสีปริมาณ 992.49, 498.76, 357.24, 182.25, 179.52, 110.26, 91.58, 73.82, 55.41 และ 37.09 เกรย์ มีความสูงที่เพิ่มขึ้นหลังการฉายรังสีเท่ากับ 2.86, 2.80, 3.32, 3.34, 4.18, 4.98, 5.39, 6.14, 6.03 และ 5.85 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนต้นที่ไม่ได้ฉายรังสีมีความสูงที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 7.12 เซนติเมตร เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าความสูงที่เพิ่มขึ้นของไฟฟลิปปีนส์พันธุ์ Bangkok Beauty ที่ไม่ได้ฉายรังสีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับต้นที่ได้รับการฉายรังสีแกมมา (ตารางที่ 12)

ความกว้างทรงพุ่ม

พบว่าเมื่อฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกให้กับไฟฟลิปปีนส์พันธุ์ Bangkok Beauty ทำให้ความกว้างทรงพุ่มลดลง ไฟฟลิปปีนส์พันธุ์ Bangkok Beauty ที่ได้รับรังสีปริมาณ 992.49, 498.76, 357.24, 182.25, 179.52, 110.26, 91.58, 73.82, 55.41 และ 37.09 เกรย์ มีความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นหลังการฉายรังสีเท่ากับ 0.28, 4.95, 1.04, 3.65, 6.52, 5.18, 9.85, 7.89, 9.76 และ 8.01 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนต้นที่ไม่ได้ฉายรังสีมีความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 12.15 เซนติเมตร เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นของไฟฟลิปปีนส์พันธุ์ Bangkok Beauty ที่ไม่ได้ฉายรังสีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับต้นที่ได้รับการฉายรังสีแกมมา (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ความสูงที่เพิ่มขึ้น ความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้น จำนวนยอด และความยาวปล้องของ
ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Bangkok Beauty หลังจากได้รับรังสีแกมมาแบบโครนิกปริมาณ
ต่างๆ กันเมื่ออายุ 120 วัน

อัตรารังสี (เกรย์/ชั่วโมง)	ปริมาณรังสี (เกรย์)	ความสูง ที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	ความกว้างทรงพุ่ม ที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	จำนวนยอด (เซนติเมตร)	ความยาว ปล้อง (เซนติเมตร)
control	0	7.12 a ^{1/}	12.15 a	8.5 a	0.7 a
1.69	498.76	2.80 d	4.95 e	3.5 cd	0.25 de
1.69	992.49	2.86 d	0.28 g	2 d	0.15 e
0.61	179.52	4.18 cd	6.52 d	5.5 b	0.6 ab
0.61	357.24	3.32 d	1.04 g	2.5 d	0.3 cde
0.31	91.58	5.39 bc	9.85 b	6.5 b	0.55 abc
0.31	182.25	3.34 d	3.65 f	5 bc	0.4 bcde
0.19	55.41	6.03 ab	9.76 b	8.5 a	0.6 ab
0.19	110.26	4.98 bc	5.18 e	5.5 b	0.5 abcd
0.13	37.09	5.85 ab	8.01 c	9.5 a	0.6 ab
0.13	73.82	6.14 ab	7.89 c	9 a	0.55 abc
F-test		*	*	*	*
CV. (%)		14.7603	6.6210	12.3091	23.8648

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

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

ตารางที่ 13 ความสูงและความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Bangkok Beauty หลังจากได้รับรังสีแกมมาแบบโครนิกปริมาณต่างๆ กัน
เมื่ออายุ 120 วัน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับ control

อัตรา รังสี (เกรย์/ ชั่วโมง)	ปริมาณ รังสี (เกรย์)	ความสูง				ความกว้างทรงพุ่ม			
		ก่อนการฉายรังสี (เซนติเมตร)	หลังการฉายรังสี (เซนติเมตร)	ความสูงที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	% เปรียบเทียบ กับcontrol	ก่อนการฉายรังสี (เซนติเมตร)	หลังการฉายรังสี (เซนติเมตร)	ความกว้างทรงพุ่ม ที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	% เปรียบเทียบ กับcontrol
control	0	5	12.12	7.12	100	7	19.15	12.15	100
1.69	498.76	5	7.80	2.80	39.32	7.2	12.15	4.95	40.74
1.69	992.49	5	7.86	2.86	40.17	6.2	6.48	0.28	2.305
0.61	179.52	5	9.18	4.18	58.71	7	13.52	6.52	53.66
0.61	357.24	5	8.32	3.32	46.63	6.75	7.79	1.04	8.56
0.31	91.58	5	10.39	5.39	75.70	6.8	16.65	9.85	81.07
0.31	182.25	5	8.34	3.34	46.91	7	10.65	3.65	30.04
0.19	55.41	5	11.03	6.03	84.69	7.2	16.96	9.76	80.33
0.19	110.26	5	9.98	4.98	69.94	7.1	12.28	5.18	42.63
0.13	37.09	5	11.85	5.85	82.16	7.25	15.26	8.01	65.93
0.13	73.82	5	11.14	6.14	86.24	7	14.89	7.89	64.94

3. การศึกษาผลของรังสีแกมมาที่มีต่อลักษณะการกลายพันธุ์ของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii และพันธุ์ Bangkok Beauty

3.1 พันธุ์ Friendmanii

หลังจากนำไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii ไปฉายรังสีแกมมาปริมาณต่างๆ กันแล้วเป็นระยะเวลา 120 วัน พบว่าสามารถแบ่งลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมแบ่งออกเป็น 4 ลักษณะ คือ พบยอดที่ใบมีจุดประขนาดเล็กกระจายทั่วทั้งใบ 131 ต้น (คิดเป็น 39.69 เปอร์เซ็นต์) , ยอดที่ใบมีสีอ่อนลง^{1/} 51 ต้น (คิดเป็น 15.45 เปอร์เซ็นต์) ยอดที่ใบเรียวยาว 1 ต้น (คิดเป็น 0.30 เปอร์เซ็นต์) และยอดที่ใบมีสีขาวทั้งใบ (albino) 69 ต้น (คิดเป็น 20.91 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 14) ซึ่งในส่วน of ลักษณะการต่างนั้นได้แบ่งประเภทการต่างตามหนังสือไม้ด่าง 1 ของเนืองพนิช และ ปราโมทย์ (2547) ซึ่งไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii 1 ต้น อาจพบลักษณะการกลายพันธุ์มากกว่า 1 ลักษณะ

3.2 พันธุ์ Bangkok Beauty

หลังจากนำไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Bangkok Beauty ไปฉายรังสีแกมมาปริมาณต่างๆ กันแล้วเป็นระยะเวลา 120 วัน พบว่า สามารถแบ่งลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมแบ่งออกเป็น 6 ลักษณะ คือ พบยอดที่ใบมีจุดสีเหลืองกระจายทั่วทั้งใบ 201 ต้น (คิดเป็น 60.3 เปอร์เซ็นต์) , ยอดที่ใบมีสีอ่อนลง^{2/} 15 ต้น (คิดเป็น 4.5 เปอร์เซ็นต์) , ยอดที่ใบมีลักษณะเรียวยาว 1 ต้น (คิดเป็น 0.30 เปอร์เซ็นต์) , ยอดที่ใบเรียวยาว แลบนกลางใบสีเขียว-เทา ขอบใบสีขาว 1 ต้น (คิดเป็น 0.30 เปอร์เซ็นต์) , ยอดที่ใบเรียวยาว ใบมีจุดสีเหลืองกระจายทั่วทั้งใบ 1 ต้น (คิดเป็น 0.30 เปอร์เซ็นต์) และยอดที่ใบมีสีขาวทั้งใบ (albino) 8 ต้น (คิดเป็น 2.42 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 15) ซึ่งในส่วน of ลักษณะการต่างนั้นได้แบ่งประเภทการต่างตามหนังสือไม้ด่าง 1 ของเนืองพนิช และ ปราโมทย์ (2547) ซึ่งไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Bangkok Beauty 1 ต้น อาจพบลักษณะการกลายพันธุ์มากกว่า 1 ลักษณะ

1/ ยอดที่ใบมีสีอ่อนลงจัดอยู่ในกลุ่ม yellow-green group 151 A (ต้นปกติที่ไม่ได้รับการฉายรังสีใบมีสีเขียวจัดอยู่ในกลุ่ม green group 137 A)

2/ ยอดที่ใบมีสีอ่อนลงจัดอยู่ในกลุ่ม yellow-green group 144 A (ต้นปกติที่ไม่ได้รับการฉายรังสีใบมีสีเขียวจัดอยู่ในกลุ่ม green group 137 A)

ตารางที่ 14 ลักษณะการกลายพันธุ์ของไฟฟ์ลิปปีนส์พันธุ์ Friendmanii ที่ได้รับการฉายรังสี
แบบโครนิกปริมาณต่างๆกันเมื่ออายุ 120 วัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	จำนวนต้นทั้ง หมด	ลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ^{1/}			
		ใบเรียวยาว	ใบมีจุดประขนาดเล็ก กระจายทั่วทั้งใบ	ใบมีสีอ่อนลง ^{2/}	ใบสีขาวทั้ง ใบ(albino)
0	30	-	1 (3.33%) ^{3/}	-	-
498.76	30	-	22 (73.26%)	-	14 (46.62%)
992.49	30	-	19 (63.27%)	-	12 (39.96%)
179.52	30	-	18 (59.94%)	4 (13.32%)	9 (29.97%)
357.24	30	1 (3.33%)	16 (53.28%)	-	11 (36.63%)
91.58	30	-	14 (46.62%)	9 (29.97%)	4 (13.32%)
182.25	30	-	12 (39.96%)	3 (9.99%)	5 (16.65%)
55.41	30	-	8 (26.64%)	8 (26.64%)	3 (9.99%)
110.26	30	-	11 (36.63%)	7 (23.31%)	8 (26.64%)
37.09	30	-	6 (19.98%)	12 (39.96%)	-
73.82	30	-	4 (13.32%)	8 (26.64%)	3 (9.99%)
รวม	330	1 (0.30%)	131 (39.69%)	51 (15.45%)	69 (20.91%)

1/ ไฟฟ์ลิปปีนส์ 1 ต้นสามารถเกิดการกลายได้มากกว่า 1 ลักษณะ

2/ ยอดที่ใบมีสีอ่อนลงจัดอยู่ในกลุ่ม yellow-green group 151 A (ต้นปกติที่ไม่ได้รับการฉายรังสีใบมีสีเขียวจัดอยู่ในกลุ่ม green group 137 A)

3/ เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับจำนวนต้นทั้งหมดในชุดการทดลองนั้นๆ

ตารางที่ 15 ลักษณะการกลายพันธุ์ของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Bangkok Beauty ที่ได้รับการฉายรังสีแบบ
โครนิกปริมาณต่างๆกันเมื่ออายุ 120 วัน

ปริมาณ รังสี (เกรย์)	จำนวน ต้นทั้ง หมด	ลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ^{1/}					
		ใบมีจุดสี เหลืองกระจาย ทั่วทั้งใบ	ใบมีสี อ่อนลง ^{2/}	ใบเรียวยาว แฉก กลางใบสีเขียว- เทา ขอบใบสีขาว	ใบเรียวยาว ใบมี จุดสีเหลือง กระจายทั่วทั้งใบ	ใบมี ลักษณะ เรียวยาว	ใบสีขาว ทั้ง ใบ(albino)
0	30	5 (16.65%) ^{3/}	-	-	-	-	-
498.76	30	22 (73.26%)	-	1 (3.33%)	-	-	-
992.49	30	24 (79.92%)	-	-	-	-	-
179.52	30	21 (69.93%)	-	-	-	-	1 (3.33%)
357.24	30	19 (63.27%)	-	-	1 (3.33%)	1 (3.33%)	-
91.58	30	18 (59.94%)	3 (9.99%)	-	-	-	-
182.25	30	18 (59.94%)	1 (3.33%)	-	-	-	-
55.41	30	17 (56.61%)	2 (6.66%)	-	-	-	2 (6.66%)
110.26	30	22 (73.26%)	2 (6.66%)	-	-	-	-
37.09	30	16 (53.28%)	5 (16.65%)	-	-	-	4 (13.32%)
73.82	30	19 (63.27%)	2 (6.66%)	-	-	-	1 (3.33%)
รวม	330	201 (60.3%)	15 (4.5%)	1 (0.30%)	1 (0.30%)	1 (0.30%)	8 (2.42%)

1/ ไผ่ฟิลิปปินส์ 1 ต้นสามารถเกิดการกลายไ้ได้มากกว่า 1 ลักษณะ

2/ ยอดที่ใบมีสีอ่อนลงจัดอยู่ในกลุ่ม yellow-green group 144 A (ต้นปกติที่ไม่ได้รับการ
ฉายรังสีใบมีสีเขียวจัดอยู่ในกลุ่ม green group 137 A)

3/ เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับจำนวนต้นทั้งหมดในชุดการทดลองนั้นๆ



ภาพที่ 11 แสดงลักษณะการกลายพันธุ์ของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii ที่ได้รับการฉายรังสีแบบ
 โครนิกปริมาณต่างๆกันเมื่ออายุ 120 วัน

- (ก) ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii ที่ไม่ได้รับการฉายรังสีแกมมา(control)
- (ข) ยอดที่ใบมีสีอ่อนลง
- (ค) ยอดที่ใบมีจุดประขนาดเล็กกระจายทั่วทั้งใบ
- (ง) ยอดที่ใบมีสีขาวทั้งใบ (albino)
- (จ) ยอดที่ใบเรียวยาว





ภาพที่ 12 แสดงลักษณะการกลายพันธุ์ของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Bangkok Beauty ที่ได้รับการฉายรังสีแบบ
โครนิกปริมาณต่างๆ กันเมื่ออายุ 120 วัน

- (ก) ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Bangkok Beauty ที่ไม่ได้รับการฉายรังสีแกมมา(control)
- (ข) ยอดที่ใบมีสีขาวทั้งใบ (albino)
- (ค) ยอดที่ใบมีจุดสีเหลืองกระจายทั่วทั้งใบ
- (ง) ยอดที่ใบมีสีอ่อนลง
- (จ) ยอดที่ใบเรียวยาว แถบกลางใบสีเขียว-เทา ขอบใบสีขาว
- (ฉ) ยอดที่ใบเรียวยาว ใบมีจุดสีเหลืองกระจายทั่วทั้งใบ
- (ช) ยอดที่ใบมีลักษณะเรียวยาว

การทดลองที่ 3 ศึกษาหาปริมาณรังสีแกมมาต่อการรอดชีวิตและการเจริญเติบโตของไผ่
ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty โดยการฉายรังสีแบบโครนิก(chronic irradiation)

1. การศึกษาเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty หลังได้รับรังสี
แบบโครนิกปริมาณต่างๆ กัน

นำไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ไปฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกที่ปริมาณต่างๆ กัน
หลังจากย้ายปลูกได้ 120 วัน นับจำนวนต้นที่รอดชีวิตในแต่ละชุดการทดลองแล้วทำการหาปริมาณ
รังสีแกมมาที่ทำให้ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty รอดตาย 50 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับชุดการ

ทดลองที่ไม่ได้รับรังสีที่ 120 วัน ($LD_{50(120)}$) ปรากฏว่าไม่สามารถหาค่าได้ เนื่องจากไม่พบการตายของต้นกล้าหลังจากการฉายรังสี

2. การศึกษาผลของรังสีแกมมาที่มีต่อการเจริญเติบโตของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty

ความสูง

พบว่าการฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกให้ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty มีผลทำให้ความสูงที่เพิ่มขึ้นลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ไม่ได้รับการฉายรังสี (control) กล่าวคือ ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ได้รับรังสีแกมมาแบบโครนิกปริมาณ 50.91, 101.82, 155.84 และ 199.56 เกรย์ มีความสูงที่เพิ่มขึ้นหลังการฉายรังสี เท่ากับ 2.38, 1.37, 1.08 และ 1.70 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนต้นที่ไม่ได้ฉายรังสีมีความสูงที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 3.27 เซนติเมตร เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าความสูงที่เพิ่มขึ้นของต้นที่ไม่ได้ฉายรังสีมีความแตกต่างกับต้นที่ได้รับรังสีแกมมาปริมาณ อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 16)

ความกว้างทรงพุ่ม

พบว่าความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นลดลง โดยไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ได้รับรังสีแกมมาแบบโครนิกปริมาณ 50.91, 101.82, 155.84 และ 199.56 เกรย์ มีความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นหลังการฉายรังสี เท่ากับ 7.08, 5.42, 7.41 และ 6.86 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนไผ่ฟิลิปปินส์ที่ไม่ได้รับรังสี (control) มีความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 8.78 เซนติเมตร เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าความสูงที่เพิ่มขึ้นของต้นที่ไม่ได้ฉายรังสีมีความแตกต่างกับต้นที่ได้รับรังสีแกมมาอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 16)

จำนวนยอด

พบว่าไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ได้รับรังสีแกมมาแบบโครนิกปริมาณ 50.91, 101.82, 155.84 และ 199.56 เกรย์ มีจำนวนยอดเฉลี่ยหลังการฉายรังสีเท่ากับ 5, 4.5, 4 และ 3 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ไม่ได้รับรังสี (control) มีจำนวนยอด

เท่ากับ 6 เซนติเมตร เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าจำนวนยอดไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 16)

ความยาวปล้อง

พบว่าไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ได้รับรังสีแกมมาแบบโครนิกปริมาณ 50.91, 101.82, 155.84 และ 199.56 เกรย์ มีความยาวปล้องหลังการฉายรังสีเท่ากับ 0.9, 0.7, 0.55 และ 0.55 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ไม่ได้รับรังสี (control) มีความยาวปล้องเท่ากับ 1.1 เซนติเมตร เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ความยาวปล้องหลังการฉายรังสีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนยอด และความยาวปล้องของไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty หลังจากได้รับรังสีแกมมาแบบโครนิกปริมาณต่างๆ กัน เมื่ออายุ 120 วัน

อัตรารังสี (เกรย์/ชั่วโมง)	ปริมาณรังสี (เกรย์)	ความสูง ที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	ความกว้างทรงพุ่ม ที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	จำนวนยอด (เซนติเมตร)	ความยาว ปล้อง (เซนติเมตร)
control	0	3.27 a ^{1/}	8.78 a	6	1.1 a
0.34	50.91	2.38 b	7.08 b	5	0.9 ab
0.34	101.82	1.37 c	5.42 c	4.5	0.7 b
1.05	155.84	1.08 c	7.41 b	4	0.55 b
0.67	199.56	1.7 c	6.86 b	3	0.55 b
F-test		*	*	ns	*
CV. (%)		13.4097	4.3514	32.2031	19.5163

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

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

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 17 ความสูงและความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นของไฟฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty หลังจากได้รับรังสีแกมมาแบบโครนิกปริมาณต่างๆ กัน เมื่ออายุ 120 วัน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับ control

อัตรา รังสี (เกรย์/ ชั่วโมง)	ปริมาณ รังสี (เกรย์)	ความสูง				ความกว้างทรงพุ่ม			
		ก่อนการฉายรังสี (เซนติเมตร)	หลังการฉายรังสี (เซนติเมตร)	ความสูงที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	% เปรียบเทียบ กับcontrol	ก่อนการฉายรังสี (เซนติเมตร)	หลังการฉายรังสี (เซนติเมตร)	ความกว้างทรงพุ่ม ที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	% เปรียบเทียบ กับcontrol
control	0	5	8.27	3.27	100	7	15.78	8.78	100
0.34	50.91	5	7.38	2.38	72.78	7.2	14.28	7.08	80.64
0.34	101.82	5	6.37	1.37	41.9	6.8	12.22	5.42	61.73
1.05	155.84	5	6.08	1.08	33.03	7	14.41	7.41	84.40
0.67	199.56	5	6.70	1.7	51.99	7.1	13.96	6.86	78.13

3. ศึกษาลักษณะการกลายพันธุ์ของไฟฟลิปปีนส์พันธุ์ Florida Beauty ที่เกิดจากการฉายรังสีแกมมา

หลังจากนำไฟฟลิปปีนส์พันธุ์ Florida Beauty ไปฉายรังสีแกมมาปริมาณต่างๆ กันแล้วเป็นระยะเวลา 120 วัน พบว่า สามารถแบ่งลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมแบ่งออกเป็น 4 ลักษณะ คือ ใบมีสีอ่อนลงและเกิดขีดสีเขียวเข้มตามความยาวของใบ 1 ต้น (คิดเป็น 1 เปอร์เซ็นต์) , ยอดที่ใบมีสีอ่อนลง^{2/} 10 ต้น (คิดเป็น 10 เปอร์เซ็นต์) , ใบเรียวยาว พบจุดกระจายอยู่เฉพาะกลางใบ 1 ต้น (คิดเป็น 1 เปอร์เซ็นต์) และยอดที่ใบมีสีขาวทั้งใบ (albino) 28 ต้น (คิดเป็น 28 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 18) ซึ่งในส่วนของลักษณะการค่านั้นได้แบ่งประเภทการค่างตามหนังสือ ไม้ค่าง 1 ของเนืองพนิช และ ปราโมทย์ (2547) ดังแสดงในตารางที่ 11 ซึ่งไฟฟลิปปีนส์พันธุ์ Florida Beauty 1 ต้น อาจพบลักษณะการกลายพันธุ์มากกว่า 1 ลักษณะ

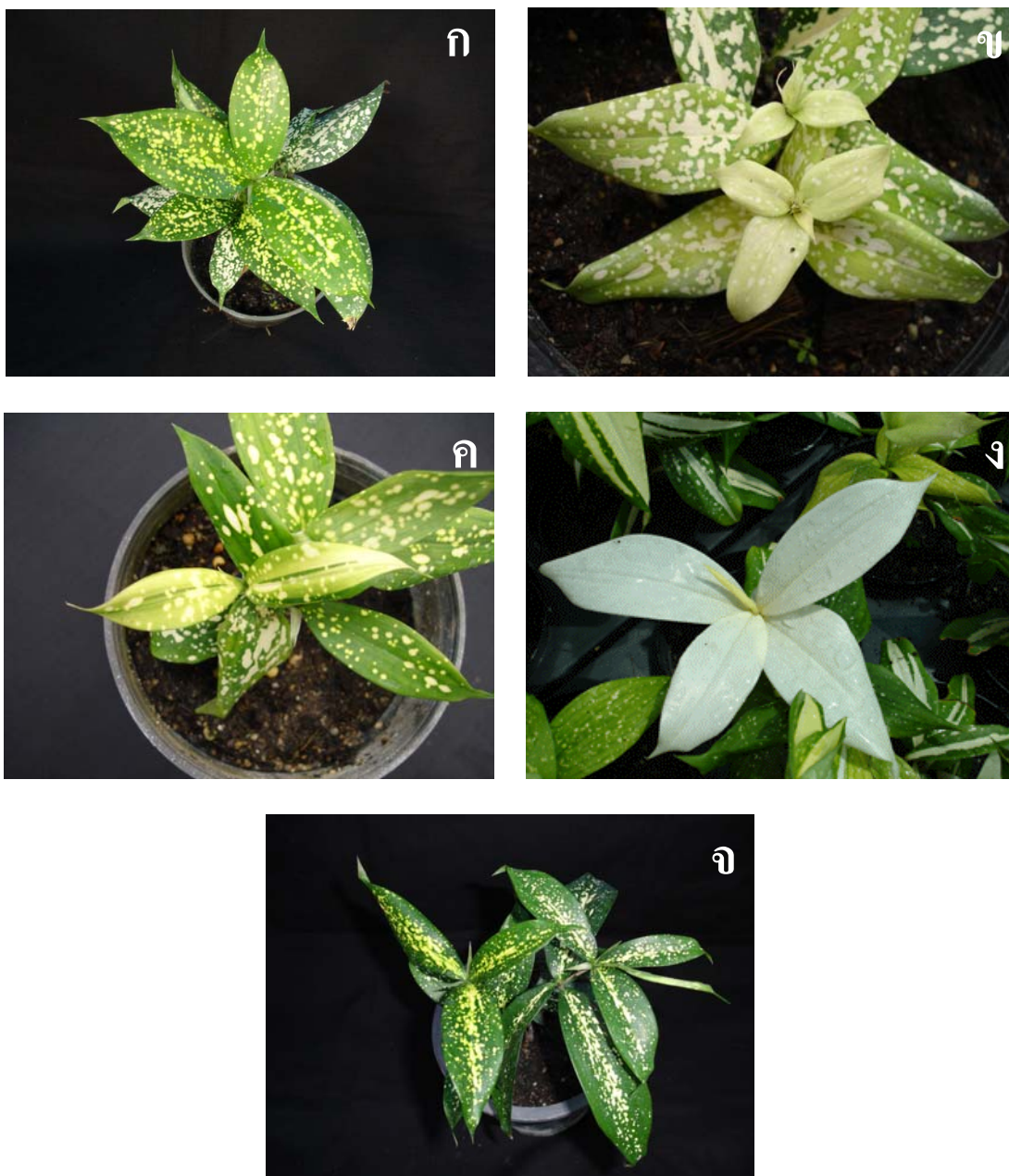
ตารางที่ 18 ลักษณะการกลายพันธุ์ของไฟฟลิปปีนส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ได้รับการฉายรังสีแบบโครนิกปริมาณต่างๆกันเมื่ออายุ 120 วัน

ปริมาณ รังสี (เกรย์)	จำนวน ต้นทั้ง หมด	ลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ^{1/}			
		ใบมีสีอ่อนลงและเกิดขีดสี เขียวเข้มตามความยาวของใบ	ใบมีสี อ่อนลง ^{2/}	ใบเรียวยาว สีเขียวเข้ม พบจุด กระจายอยู่เฉพาะกลางใบ	ใบสีขาวทั้งใบ (albino)
0	20	-	-	-	-
50.91	20	-	1 (5%) ^{3/}	-	5 (25%)
101.82	20	-	2 (10%)	-	6 (30%)
155.84	20	1 (5%)	2 (10%)	1 (5%)	9 (45%)
199.56	20	-	5	-	8 (40%)
รวม	100	1 (1%)	10 (10%)	1 (1%)	28 (28%)

1/ ไฟฟลิปปีนส์ 1 ต้น สามารถเกิดลักษณะการกลายได้มากกว่า 1 ลักษณะ

2/ ยอดที่ใบมีสีอ่อนลงจัดอยู่ในกลุ่ม yellow-green group 154 B (ต้นปกติที่ไม่ได้รับการฉายรังสีใบมีสีเขียวจัดอยู่ในกลุ่ม green group 139 A)

3/ เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับจำนวนต้นทั้งหมดในชุดการทดลองนั้นๆ



ภาพที่ 13 แสดงลักษณะการกลายพันธุ์ของไฟฟิลิปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่ได้รับการฉายรังสีแบบโครนิกปริมาณต่างๆ กันเมื่ออายุ 120 วัน

- (ก) ต้นปกติ ใบสีเขียว มีจุดประสีเหลืองหรือสีขาวกระจายทั่วทั้งใบ (control)
- (ข) ใบมีสีอ่อนลง
- (ค) ใบมีสีอ่อนลงและเกิดขีดสีเขียวเข้มตามความยาวของใบ
- (ง) ใบสีขาวทั้งใบ (albino)
- (จ) ใบเรียวยาว พบจุดประกระจายอยู่เฉพาะกลางใบ

วิจารณ์ผลการทดลอง

การรอดชีวิตของไฟฟิลิปปีนส์หลังจากได้รับรังสีแกมมา

หลังจากนำกิ่งพันธุ์ไฟฟิลิปปีนส์พันธุ์ Florida Beauty , พันธุ์ Friendmanii และพันธุ์ Bangkok Beauty ที่ออกรากแล้วไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณ 0 , 100 , 200 , 400 , 800 และ 1000 เกรย์ พบว่า ไฟฟิลิปปีนส์พันธุ์ Friendmanii และพันธุ์ Bangkok Beauty ตายทั้งหมดเมื่อระยะเวลาผ่านไป 75 วัน แต่ไฟฟิลิปปีนส์พันธุ์ Florida Beauty เกิดการตายทั้งหมดเมื่อระยะเวลาผ่านไป 175 วัน แสดงให้เห็นว่าแม้จะเป็นพืชชนิดเดียวกัน แต่ต่างพันธุ์กันสามารถทนต่อรังสีได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Yamaguchi และคณะ(2003) ซึ่งทำการฉายด้วยไอออนบีมจากคาร์บอน (carbon ion beam) ให้กับกุหลาบ 2 พันธุ์ คือ Rad Minimo และ Orange Rosamini พบว่าปริมาณรังสีที่ทำให้กุหลาบพันธุ์ Rad Minimo รอดตาย 50 เปอร์เซ็นต์ คือ 200 เกรย์ ส่วนปริมาณรังสีที่ทำให้กุหลาบพันธุ์ Orange Rosamini รอดตาย 50 เปอร์เซ็นต์ คือ 50-70 เกรย์ โดยการฉายรังสีในปริมาณสูงทำให้เซลล์หยุดชะงักการแบ่งตัวอย่างถาวร และไม่มีการฟื้นคืนกลับมาทำหน้าที่ได้อย่างเดิม ในที่สุดเซลล์จะตาย เซลล์อื่นที่ไม่ตายอาจแบ่งตัวเพิ่มจำนวนเข้ามาแทนที่เซลล์ที่ตายได้ ในบางกรณีพบว่าเซลล์ที่ผ่านการฉายรังสีสามารถแบ่งตัวตามปกติได้ หลายครั้งหลังจากนั้นเซลล์จึงตาย (สิรินุช, 2527)

เมื่อพิจารณาถึงเปอร์เซ็นต์การรอดตายของไฟฟิลิปปีนส์ พบว่าชุดการทดลองที่ไม่ฉายรังสีแกมมา (control) มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายสูงที่สุด และเปอร์เซ็นต์การรอดตายมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ เมื่อเพิ่มปริมาณรังสีให้สูงขึ้น ซึ่งมีรายงานในลักษณะเดียวกันในกุหลาบ(Yamaguchi และคณะ, 2003), หน้าวัว(วิชชุดา, 2537) และพิทูเนีย (พรรณี, 2543) โดยรังสีมีผลทำให้เกิดเกิดความผิดปกติกับ โครโมโซม (chromosome aberration) เช่น การเกิด acentric fragment, chromosome deletions, lagging chromosome, chromosome bridges และ micronuclei ขึ้น(Wu and Yu , 2001) ทำให้เกิดความเสียหายต่อการทำหน้าที่ต่างๆ ของเซลล์ และเป็นสาเหตุทำให้เซลล์ตายในที่สุด

การฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันให้กับไฟฟิลิปปีนส์พันธุ์ Florida Beauty , พันธุ์ Friendmanii และพันธุ์ Bangkok Beauty พบว่าไฟฟิลิปปีนส์ทั้ง 3 พันธุ์ตายทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันซึ่งเป็นการให้รังสีกับพืชในปริมาณที่สูงในระยะเวลาอันรวดเร็ว(Harten, 1998)นั้น รังสีมีผลทำให้เซลล์ตรงจุดเจริญตาย หรือทำลายจุดกำเนิดใบ ดังนั้นพืชจะหยุดการเจริญเติบโตและตายไปในที่สุด

ส่วนการฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกนั้นถึงแม้ว่าปริมาณรังสีรวมที่ได้รับจะสูงกว่าปริมาณรังสีที่ฉายแบบเฉียบพลัน แต่ไฟฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii และพันธุ์ Bangkok Beauty รอดชีวิตทั้งหมด เนื่องจากการให้รังสีแบบโครนิกเป็นการให้รังสีในอัตราที่ต่ำโดยให้เป็นระยะเวลายาวนาน (Harten, 1998) เป็นการผ่อนระยะเวลาที่ได้รับรังสีให้นานออกไปโดยให้ได้รับรังสีต่อหน่วยเวลาต่ำ เพื่อให้ทุกระยะของการเจริญเติบโต หรือการแบ่งเซลล์ได้รับรังสี การได้รับรังสีแบบนี้จะเสียหายน้อยกว่าการได้รับรังสีแบบเฉียบพลันในกรณีที่ได้รับรังสีเป็นปริมาณที่เท่ากัน (อรุณี, 2539) ดังนั้นในขณะที่พืชได้รับรังสีก็จะเกิดการซ่อมแซมตัวเองไปด้วยพร้อมๆ กัน เมื่อให้รังสีแบบนี้ พืชจึงสามารถทนรังสีได้มากกว่าการให้แบบเฉียบพลัน

ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อการเจริญเติบโตของไฟฟิลิปปินส์

การเจริญเติบโตด้านความสูง ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนยอด และความยาวปล้องของไฟฟิลิปปินส์ที่ได้รับรังสีแกมมาปริมาณต่างๆ มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณรังสีให้สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Mokobia และคณะ (2005) ซึ่งทำการฉายรังสีแกมมาให้กับข้าวโพด , กระเจี๊ยบเขียว และถั่วลิสง พบว่าพืชทั้ง 3 ชนิดมีอัตราการเจริญเติบโตลดลงเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากรังสีทำให้อะตอมต่างๆ ภายในเซลล์เกิดการแตกตัวเป็นไอออนที่ไวต่อการทำปฏิกิริยาก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีขึ้นภายในเซลล์การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้ทำให้กลไกการแบ่งเซลล์ (mitotic cell cycle) ช้าลง (สิรินุช, 2540) ความล่าช้าในการแบ่งตัวของเซลล์มีสาเหตุหลายประการ เช่น สารเคมีที่เกี่ยวข้องในการแบ่งเซลล์ถูกกระทบกระเทือน โดยรังสีอาจไปทำให้กระบวนการสร้างโปรตีนหยุดชะงักไม่มีการสร้างโปรตีนขึ้นมาใช้ในการแบ่งเซลล์ กระบวนการเข้ามารวมกลุ่มกันของโครโมโซม (chromosome assembly) ถ้าช้าลงหรือเพิ่มความเหนียว (stickiness) ให้กับโครโมโซมทำให้โครโมโซมมีความยากลำบากในการแยกจากกันเพื่อไปสู่เซลล์ที่เกิดใหม่ (daughter cells) อย่างไร ก็ตาม ความล่าช้าของเซลล์ในการเข้าสู่ไมโทซิสขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีที่เซลล์ได้รับ และระยะของเซลล์ในขณะได้รับรังสีบางระยะ (stage of cell cycle) จะไวต่อรังสีมากกว่าระยะอื่นๆ (สิรินุช, 2527)

รังสีมีผลยับยั้งหรือหยุดยั้งการแบ่งเซลล์ ซึ่งมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต นิสัยการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยา เช่น การเปลี่ยนแปลงรูปร่างใบ การเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงตัวของใบบนลำต้น (phyllotaxy) ซึ่งมีผลต่อความยาวของปล้อง ความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับรูปร่างลักษณะของพืชที่ได้รับรังสีอาจเกิดขึ้นกับราก ลำต้น ใบ ดอก ผล เช่น รังสีไปยับยั้งการ

แบ่งเซลล์ในบริเวณยอด และยับยั้งการยืดตัวของเซลล์บริเวณปล้อง ทำให้ต้นแคระแกรน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Guijun และคณะ (2001) ซึ่งทำการฉายรังสีให้กับทานตะวันพบว่ารังสีมีผลทำให้เกิดลักษณะต้นแคระขึ้น โดยพบผลการทดลองเช่นเดียวกันนี้ใน ข้าวสาลี(Wu and Yu, 2001), ดาวกระจาย(ธนาริปี, 2547) และพืทูเนีย(ภัทรมาศ, 2548)

จากการทดลองที่ 1 พบว่าการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณ 100 เกรย์ให้กับไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty มีผลให้ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ดังกล่าวมีจำนวนยอดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 7 ยอด แสดงให้เห็นว่าผลอีกด้านหนึ่งของรังสี คือสามารถกระตุ้นการเจริญของพืชอย่างผิดปกติ เนื่องจากผลของการแบ่งเซลล์และขยายตัวอย่างผิดปกติ (อดิสร, 2533) มีรายงานว่ารังสีปริมาณต่ำๆ สามารถไปเร่งการเจริญเติบโตของพืชได้ การแสดงออกถึงการเร่งการเจริญเติบโตอาจแสดงออกมาในลักษณะต่างๆ เช่น ต้นพืชสูงขึ้น มีรากยาว งอกเร็ว ออกดอกเร็ว ผลผลิตสูง หรืออายุเก็บเกี่ยวสั้นลง เป็นต้น

ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อลักษณะการกลายพันธุ์ที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมของไผ่ฟิลิปปินส์

หลังจากฉายรังสีแกมมาให้กับไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty , Friendmanii และ Bangkok Beauty เป็นระยะเวลา 120 วัน พบว่าไผ่ฟิลิปปินส์มีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ทั้งรูปแบบการดำรงของใบ และรูปทรงของใบ

รูปแบบการดำรงของใบที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากทำการฉายรังสี พบว่าบางลักษณะมีความคงตัวและสามารถขยายพันธุ์ได้ด้วยวิธีการปักชำ ซึ่งลักษณะดังกล่าวจัดว่าเป็นพันธุ์กลายได้ เนื่องจากการกลายพันธุ์ (mutation) คือ การเปลี่ยนแปลงสารพันธุกรรมของเซลล์ ซึ่งสามารถที่จะถ่ายทอดไปยังลูกหลานได้ (สิรินุช, 2540) ซึ่งไม่ได้เป็นผลมาจากการกระจายตัวและการรวมตัวกันอย่างอิสระของยีน (Harten, 1998) อย่างไรก็ตามลักษณะที่เปลี่ยนแปลงบางลักษณะอาจเปลี่ยนแปลงกลับไปเป็นลักษณะเดิม ซึ่งเกิดจากความเสียหายทางสรีรวิทยาของพืช (อรุณี, 2530) โดยการเกิดการดำรงของใบเกิดเนื่องมาจากรังสีไปมีผลทำให้การกระจายตัวของคลอโรฟิลล์ ไม่สม่ำเสมอ จึงทำให้เกิดลักษณะการดำรงขึ้น (chimera) (อรุณี, 2539)และยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีใบอีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Mandal และคณะ (2000) ซึ่งพบว่าภายหลังการฉายรังสีแกมมาให้กับเบญจมาศ เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีดอก และเกิดลักษณะการดำรงของใบขึ้น โดยยังพบว่ามีรายงานการเกิดลักษณะการเปลี่ยนแปลงหลังจากการฉายรังสีเช่นเดียวกันใน Begonia rex พันธุ์ winter queen (Shigematsu and Matsubara, 1972) , การ์เนชั่น พันธุ์ Espana (Singh และคณะ, 1999) ,

เบญจมาศ พันธุ์ Taihei (Nagatomi และคณะ, 2003) และเบญจมาศ พันธุ์ Latima (Misra และคณะ, 2003) นอกจากนี้ยังพบยอดที่มีใบสีขาวทั้งใบ หรือที่เรียกว่า albino ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากรังสีทำให้กระบวนการสร้างคลอโรฟิลล์ในส่วนของใบที่เป็นสีเขียวถูกขัดขวาง ดังนั้นส่วนที่เป็นสีเขียวจึงกลายเป็นสีขาว และต้นที่เป็น albino ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ เนื่องจากขาดคลอโรฟิลล์ที่ใช้ในการสังเคราะห์แสง

นอกจากนี้รังสียังมีผลทำให้ขนาดของใบเล็กลงและใบเกิดรอยย่นและหยักเป็นคลื่น ในการทดลองนี้พบลักษณะดังกล่าวทั้ง 2 ลักษณะแต่เป็นลักษณะที่ไม่คงตัวหลังจากที่มีการแตกกิ่งชุดใหม่ ลักษณะดังกล่าวนี้ก็จะหายไปอันเป็นผลเนื่องมาจากรังสีทำให้เกิดการทำลายทางสรีระ (physiological damage) ซึ่งโดยปกติแล้วจะปรากฏลักษณะดังกล่าวอยู่เฉพาะช่วงที่หนึ่งเท่านั้น จะไม่ถ่ายทอดต่อไปยังลูกหลาน เกิดเนื่องจากกระบวนการเมแทบอลิซึมถูกขัดขวาง ทำให้กิจกรรมต่างๆ ของเซลล์ไม่สามารถดำเนินต่อไปได้ตามปกติ หรือมีประสิทธิภาพลดต่ำลง (สิรินุช, 2540)

สรุป

ทำการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณ 100, 200, 400, 800 และ 1,000 เกรย์ ให้กับ ไข่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty, Friendmanii และ Bangkok Beauty พบว่าไข่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii และ Bangkok Beauty เกิดการตายทั้งหมดหลังจากฉายรังสี 75 วัน แต่ไข่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ยังมีชีวิตอยู่ได้และเมื่อหาค่าปริมาณรังสีที่ทำให้ไข่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty รอดชีวิต 50 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้รับรังสี (LD_{50}) ที่ 120 วันมีค่าเท่ากับ 465 เกรย์ แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไป 175 วันพบว่าไข่ฟิลิปปินส์พันธุ์ดังกล่าวตายทั้งหมด

ในการฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกให้กับไข่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty, Friendmanii และ Bangkok Beauty พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณรังสีให้สูงขึ้นรังสีมีผลทำให้การเจริญเติบโตในด้าน ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนยอด และความยาวปล้องลดลง

จากการศึกษาลักษณะการกลายพันธุ์ของไข่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii ที่เกิดจากการฉายรังสีแกมมาแบบโครนิก พบว่ามีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม 3 ลักษณะ และหลังจากทำการคัดเลือกพันธุ์ด้วย cutting back method ทำให้ได้พันธุ์กลายที่มีลักษณะคงตัว 1 ลักษณะคือ ต้นที่ใบมีจุดประขนาดเล็กกระจายทั่วทั้งใบ

ส่วนการกลายพันธุ์ของไข่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Bangkok Beauty ที่เกิดจากการฉายรังสีแกมมา พบว่ามีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม 6 ลักษณะ และหลังจากทำการคัดเลือกพันธุ์ด้วย cutting back method ให้ได้ลักษณะการกลายที่คงตัวทั้งสิ้น 4 ลักษณะดังนี้

1. ต้นที่ใบมีจุดสีเหลืองกระจายทั่วทั้งใบ
2. ต้นที่ใบมีลักษณะเรียวยาว
3. ต้นที่ใบเรียวยาว แถบกลางใบสีเขียว-เทา ขอบใบสีขาว
4. ต้นที่ใบเรียวยาว ใบมีจุดสีเหลืองกระจายทั่วทั้งใบ

และการกลายพันธุ์ของไข่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Florida Beauty ที่เกิดจากการฉายรังสีแกมมา พบว่ามีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม 4 ลักษณะ และหลังจากทำการคัดเลือกพันธุ์ด้วย cutting back method ให้ได้พันธุ์กลายที่คงตัว 1 ลักษณะ ซึ่งมีลักษณะใบเรียวยาว พบจุดประกระจายอยู่เฉพาะกลางใบ

จากการฉายรังสีแกมมาให้กับไฟฟิไลปิโนสทั้ง 3 พันธุ์ พบว่ารูปแบบการต่างและรูปทรงของไบไฟฟิไลปิโนสเปลี่ยนแปลงไป และได้ลักษณะที่คงตัว ดังนั้นจึงน่าจะเป็นแนวทางในการปรับปรุงพันธุ์โดยใช้รังสีแกมมาเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในไม้ประดับใบต่างชนิดอื่นๆ ต่อไป เพื่อให้เกิดความหลากหลายของสายพันธุ์และเป็นการเพิ่มศักยภาพการนำไม้ประดับใบต่างมาใช้ประโยชน์ให้เพิ่มมากขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- ชุตินทร บุรณะกนิษฐ. 2532. การชักนำให้เบญจมาศกลายพันธุ์โดยใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อร่วมกับการฉายรังสี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ณรงค์ โฉมเฉลา. 2534. เทคโนโลยีการผลิตไม้ประดับในสกุลดราซีนา, น.149-161 ใน ณรงค์ โฉมเฉลา (ผู้รวบรวม). เทคโนโลยีการผลิตไม้ดอกไม้ประดับ. สมาคมไม้ประดับแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.
- ธนาธิป เพรศพรายวงศ์. 2547. การเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ต่อต้นดาวกระจาย (*Hygrophila difformis*) ในสภาพปลอดเชื้อด้วยรังสีแกมมา. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. ภาควิชารังสีและไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นงลักษณ์ เทียนเสรี. 2541. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อปีโกเนียเร็กซ์และผลของรังสีแกมมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เนื่องพนิช สีนชัยศรี และปราโมทย์ ไรจน์เรืองแสง. 2547. ไม้ต่าง : VARIEGATED PLANTS เล่ม 1-2. สำนักพิมพ์บ้านและสวน, กรุงเทพฯ.
- พรรณี ศรีสวัสดิ์. 2543. การศึกษาอิทธิพลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะการเจริญเติบโตของพืชเนี่ยพันธุ์ Pearl Wave. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 23 น.
- ภัทรมาศ พานพุ่ม. 2548. การฉายรังสีแกมมาเพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในพืชเนี่ยใบต่างที่ขยายพันธุ์โดยวิธีการปักชำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิชชุดา รุ่งเรือง. 2537. ผลของโคลชิซินและรังสีแกมมาที่มีต่อการกลายพันธุ์ของหน้าวัวพันธุ์ “Double Spathe” ที่เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สิรินุช ลามศรีจันทร์. 2527. พันธุศาสตร์รังสี. ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สิรินุช ลามศรีจันทร์. 2536. การกลายพันธุ์ของพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 137 น.

สิรินุช ลามศรีจันทร์. 2540. การกลายพันธุ์ของพืช. ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 205 น.

สิรินุช ลามศรีจันทร์ และอรุณี วงศ์ปิยะสถิตย์. 2544. พุทธรักษากับศาสตราจารย์ ดร. ชีระ สุตะ
บุตร 60 ผู้ที่สร้างสรรค์ให้กับสังคม หนังสือครบรอบ 60 ปี ศ. ดร. ชีระ สุตะบุตร.
หจก. เอพลัสทรี มีเดีย, กรุงเทพฯ. 97 – 102 น.

สิรินุช ลามศรีจันทร์. 2546. รังสีกับการเปลี่ยนแปลงยีนพืชให้กลายพันธุ์. สมาคมนิวเคลียร์
แห่งประเทศไทย, กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 36 น.

สุมนา กิจไพบูลย์. 2528. การกลายพันธุ์ของบีโกเนียโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อร่วมกับ
การฉายรังสีแกมมา. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรรถ นาคธรรมพ. 2505. เรื่องของปรมาณู. ห้างหุ้นส่วนจำกัดศิwap, กรุงเทพฯ. 398 น.

อรุณี วงศ์ปิยะสถิตย์. 2530. วิธีการปรับปรุงพันธุ์โดยการกลายพันธุ์. เอกสารการสอนการใช้รังสี
และไอโซโทป. ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 97 น.

อรุณี วงศ์ปิยะสถิตย์ และ นวพล วิรุฒนเกียรติ. 2534. รายงานการวิจัยเรื่องการใช้รังสีแกมมาชักนำ
ให้เกิดการกลายพันธุ์ในลักษณะดอกและสีแพร่แข็งไว้. ภาควิชารังสีประยุกต์และ
ไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อรุณี วงศ์ปิยะสถิตย์. 2539. การใช้รังสีในการปรับปรุงพันธุ์พืช. เอกสารการสอนการใช้รังสีและไอโซโทป. ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 96 น.

อรุณี วงศ์ปิยะสถิตย์. 2541. หลักการและวิธีการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยรังสีในพืชที่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการการปรับปรุงพันธุ์พืชโดยใช้เทคนิคการกลายพันธุ์ ณ ศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 179 น.

อดิศร กระแสชัย. 2533. เอกสารการปรับปรุงพันธุ์ไม้ดอกโดยวิธีการกระตุ้นให้เกิดการกลายพันธุ์. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อดิศร กระแสชัย. 2539. การปรับปรุงพันธุ์ไม้ดอกโดยวิธีการกระตุ้นให้เกิดการกลายพันธุ์. เอกสารประกอบการสอบ วิชาการปรับปรุงพันธุ์ไม้ดอกไม่ประดับ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

เอี่ยมพร วิสมหมาย, ศศิยา ศิริพานิช, อริศรา มีนะกนิษฐ และ ณัฏฐ พิชกรรม. 2540. พรรณไม้ในงานภูมิสถาปัตยกรรม. สมาคมภูมิสถาปนิกประเทศไทย. กรุงเทพฯ. 335 น.

Griffiths, M. 1994. **Index of Garden Plant**. Timber Press, Portland.

GuiJun D., P. Weidong and L. Gongshe. 2006. The analysis of proteome changes in sunflower seeds induced by N⁺ implantation; **J. Biosci.**31 : 247-253.

IAEA. 1977. **Manual on Mutation Breeding**. Technical Report Series No. 119, 2d ed. Joint FAO/IAEA Division of Atomic Energy in Food and Agriculture, Vienna.

Kashikar, S.G. and A.S. Khalatkar. 1981. Breeding for flower colour in *Petunia hybrida*. Hort. **Acta Hort.** (ISHS) 111:35-40.

- Lamseejan, S., P. Jompuk, A. Wongpiyasatid, S. Deeseepan and P. Kwanthamachart. 2000. Gamma-rays induced morphological changes in chrysanthemum. (*Chrysanthemum morifolium*). **Kasetsart J.**(Nat Sci.). 34 (3) : 417-422.
- Mandel AKA., D. Chakrabarty and S.K. Datta. 2000. Application of *in vitro* techniques in mutation breeding of chrysanthemum. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**. 60 (1) : 33-38.
- Misra, P., S.K. Datta and D. Chakrabarty. 2003. Mutation in flower colour and shape of *Chrysanthemum morifolium* induced by gamma – radiation. **Biologia Plantarum**. 47 (1): 153-156.
- Mokobia C.E. and O. Anomohanran. 2005. The effect of gamma irradiation on the germination and growth of certain Nigerian agricultural crops. **J. Radiol. Prot.** 25 : 181-188.
- Nagatomi, S., H. Yamaguchi, M. Yui, K. Takarsu, K. Degi, T. Morishita, E. Miyashira and M. Sakamoto. 2003. Four mutant varieties induced by gamma rays and *in vitro* culture in chrysanthemum. **Technical News - Institute of Radiation Breeding**. 64: 2.
- Roset, S., M.A.E. Van barkel, G.S. Bokelmann and C. Broertjes. 1981. The use of an *in vitro* adventitious bud technique for mutation breeding of *Begonia hiemalis*. **Euphytica**. 30 : 381-388.
- Shigematsu, K and H. Matsubara. 1972. The isolation and propagation of the mutant plant from a sectional chimaera induced by irradiation in *Begonia rex*. **J. Jap. Soc. Hort. Sci.** 41(2): 196-200.
- Sigurbjornson, B. 1983. Induced mutation, pp. 153-176. *In* D.R. Wood (ed.). **Crop Breeding**. Amer. Sor. Agron. And Crop Sci. Soc. Amer., Madison, Wisconsin.

- Singh, K. P., B. Singh, S.P.S. Raghava, R.L. Misra and C.S. Kalia. 1999. *In vitro* induction of mutation in carnation through gamma irradiation. **Ornamental Hort.** 2 (2): 107-110.
- Titchmarsh, A. 1982. **The Hamlyn Guid to House Plants.** The Hamlyn Publishing Group Limited, London.
- Van Harten, A.M. 1998. **Mutation Breeding : Theory and Practical Applications.** Cambridge University Press, United Kingdom. 353 p.
- Wickham, C. 1979. **The House Plant.** Marshall Carvendish Book Ltd., London.
- Wood, D. R. 1983. **Crop Breeding.** The American Society of Agronomy, Inc., and the Crop Science Society of American, Inc., Wisconsin, USA. 294 p.
- Wu L. and Z. Yu. 2001. Radiobiological effect of a low-energy ion beam on wheat. **Radiation and Environmental Biophysics.** 40 (1) : 53-57.
- Yamagushi H., S. Nagatomi, T. Morishita, K. Degi, A. Tanaka, N. shikazono and Y. Hase. 2003. Mutation induced with ion beam irradiation in rose. **13th International Conference on Ion Beam Modification of Materials.** 206 : 561-564.