รังสีทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซมได้ง่าย ลักษณะที่เปลี่ยนแปลงเกิดจากการที่โครโมโซมถูกทำให้แตกหัก เนื่องจากรังสีแล้วมีการเชื่อมต่อกันหรืออาจทำให้ชิ้นส่วนขาดหายไป (deletion) ก็ได้ การขาดหายไปของโครโมโซมทำให้ยีนจำนวนหนึ่งขาดหายไปด้วย สำหรับการเชื่อมต่อกันถ้าเชื่อมต่อกันเหมือนเดิมก็ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิตนั้นๆ แต่การเชื่อมอย่างผิดปกติ เช่น มีชิ้นส่วนโครโมโซมเพิ่มขึ้นมา (duplication) การเชื่อมแบบกลับทิศทาง (inversion) หรือเกิดการเชื่อมสลับคู่ระหว่างโครโมโซมต่างคู่กัน (translocation) ซึ่งจะส่งผลให้สิ่งมีชีวิตนั้นๆ เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ การเปลี่ยนแปลงนี้จะมีผลมากน้อยต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของยีนและจำนวนยีนที่เกี่ยวข้อง

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

การให้รังสีกับพืชไม่ว่าจะเป็นแบบโครนิกหรือแบบเฉียบพลันกับส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชหรือกับพืชที่กำลังเจริญเติบโต จะทำให้เกิดความผิดปกติอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างพร้อมกันได้ ซึ่งความผิดปกติดังกล่าวอาจเป็นไปได้ทั้งผลดีหรือผลเสีย ซึ่งอาจเป็นประโยชน์หรือไม่เป็นประโยชน์ในด้านการปรับปรุงพันธุ์ก็ได้ ความผิดปกติดังกล่าวพอแบ่งออกได้ดังนี้ (อรุณี, 2530)

1. <u>ผลของรังสีที่มีต่อสัณฐานวิทยาของพืช (morphological effects of radiation)</u>

ความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับรูปร่างลักษณะของพืชที่ได้รับรังสี อาจเกิดขึ้นกับราก ลำต้น ใบ ดอก ผล เช่น รังสีไปยับยั้งการแบ่งเซลล์ในบริเวณยอด และยับยั้งการยืดตัวของเซลล์บริเวณปล้อง ทำให้ต้นแคระแกรน

2. <u>ผลของรังสีที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสี (color change)</u>

พืชที่ได้รับรังสีเอกซ์หรือรังสีแกมมามักเกิดการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับสี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สีใบเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า mosaic ส่วนใหญ่เกิดขึ้นเนื่องจากการกระจายตัวของคลอโรฟิลล์ ไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้อาจพบว่าใบเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีอื่นๆ เช่น สีเหลือง หรือสีขาว เป็นต้น การฉายรังสีกับพืชตระกูลถั่วหรือพวกธัญพืช มักพบลักษณะการกลายของคลอโรฟิลล์ได้หลายชนิด นอกจากสีของใบ

เปลี่ยนแล้วสีของต้นและสีของดอกก็เกิดการเปลี่ยนแปลงได้เช่นเดียวกัน เช่น การทดลองกับต้นคาร์เนชั่น พบความผิดปกติในสีของดอกมากมายหลายชนิด (ชัยชุมพล, 2526)

3. <u>ยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช (growth inhibition)</u>

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

การให้รังสีกับพืชไม่ว่าจะเป็นแบบโครนิกหรือแบบเฉียบพลันกับส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชหรือกับพืชที่กำลังเจริญเติบโต จะทำให้เกิดความผิดปกติอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างพร้อมกันได้ ซึ่งความผิดปกติดังกล่าวอาจเป็นไปได้ทั้งผลดีหรือผลเสีย ซึ่งอาจเป็นประโยชน์หรือไม่เป็นประโยชน์ในด้านการปรับปรุงพันธุ์ก็ได้ ความผิดปกติดังกล่าวพอแบ่งออกได้ดังนี้ (อรุณี, 2530)

4. <u>เร่งการเจริญเติบโต (growth stimulation)</u>

มีรายงานว่าการใช้รังสีปริมาณต่ำๆ สามารถไปเร่งการเจริญเติบโตของพืชได้ โดยปริมาณรังสีที่ไปเร่งการเจริญเติบโตได้ คือ ปริมาณรังสีที่ต่ำกว่า 5000 เรินต์เกน ซึ่งการแสดงออกถึงการเร่งการเจริญเติบโตอาจแสดงออกมาในลักษณะต่างๆ เช่น ต้นพืชสูงขึ้น มีรากยาว งอกเร็ว ออกดอกเร็ว ผลผลิตสูง หรืออายุเก็บเกี่ยวสั้นลง เป็นต้น

ในการนำเอาส่วนต่างๆ ของพืชมาฉายรังสีโดยเลือกวิธีการฉายแบบโครนิก หรือการฉายแบบเฉียบพลันนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของตัวอย่าง สำหรับปริมาณรังสีที่ใช้ก็ต้องพิจารณาตามความเหมาะสมของตัวอย่างพืชรวมถึงชนิดของพืชด้วย เพราะพืชแต่ละชนิดจะตอบสนองต่อรังสีได้ไม่เท่ากัน โดยทั่วไปมีหลักการว่าปริมาณรังสีที่ให้กับพืชต้องไม่สูงจนถึงกับทำให้พืชตายหรือไม่เจริญเติบโต และต้องมีปริมาณรังสีที่ไม่ต่ำจนเกินไป เพราะจะทำให้มีอัตราการกลายต่ำมากจนไม่สามารถตรวจพบการกลายหรือไม่พบการเปลี่ยนแปลงใดๆ เกิดขึ้น

พืชแต่ละชนิดมีความไวต่อรังสี (radiosensitivity) แตกต่างกันไป ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ลักษณะความไวต่อรังสีหรือความทนทานต่อรังสี ส่วนหนึ่งควบคุมด้วยยีนและสามารถถ่ายทอดทาง

พันธุกรรมได้ การพิจารณาฉายรังสีกับพืชแต่ละชนิดนั้นอาจทำได้โดยการสืบค้นข้อมูลจากผลงานหรือรายงานวิจัยต่างๆ ที่ได้ทำมาแล้วในอดีต หรืออาจจะหาปริมาณรังสีที่เหมาะสมของพืชที่จะทำการวิจัยเองก็ได้ โดยวัดความเสียหายทางสรีรวิทยาที่เกิดกับต้นกล้า ซึ่งมี 2 วิธี (สิรนุช, 2540) ได้แก่

1. วัดการเจริญเติบโตของต้นกล้า (seedling growth) แล้วหาค่าปริมาณรังสีที่ทำให้ต้นกล้าลดการเจริญเติบโตลง 50 % (50 % Growth Reduction, GR_{50}) ของกลุ่มเปรียบเทียบ (control)

2. วัดเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของต้นกล้า (seedling survival percentage) แล้วหาปริมาณรังสี ที่ทำให้ต้นกล้าตายไป 50 % (50 % Lethal Dose, LD_{50}) ของกลุ่มเปรียบเทียบ (control)

ในพืชที่ขยายพันธุ์ด้วยวิธีการไม่ใช้เพศหรือพืชที่ขยายพันธุ์จากเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของต้นพืช (vegetatively propagated crops) เหมาะที่จะใช้วิธีการปรับปรุงพันธุ์โดยการกลายพันธุ์ เนื่องจากพืชในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่เป็นพืชประเภทไม้ประดับ ซึ่งสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ได้ง่ายและรวดเร็ว (Roset *et al*., 1981)

ปัญหาใหญ่ที่สำคัญปัญหาหนึ่งของการปรับปรุงพันธุ์พืชโดยวิธีการกระตุ้นให้เกิดการกลายพันธุ์กับพืชที่มาจากการขยายพันธุ์โดยไม่ใช้เพศ ก็คือการเกิดไคเมอรา (chimera) (อดิศร, 2539) ซึ่งเป็นลักษณะการกลายที่พบในส่วนของเซลล์ร่างกาย (somatic cell) ซึ่งตามปกติการกลายจะเป็นเหตุการณ์ที่เรียกว่า “one cell event” คือ มักเกิดในเซลล์ๆ เดียวเท่านั้น แต่ในเนื้อเยื่อเจริญส่วนที่จะไปเจริญไปเป็นกิ่ง เช่น ตายอด หรือตาข้าง จะมีจำนวนเซลล์อยู่หลายเซลล์ (multicellular cell) ดังนั้น จึงประกอบไปด้วยกลุ่มของเซลล์ และมีเซลล์เรียงตัวกันอยู่เป็นชั้นๆ (อรุณี, 2530) ที่ค่อนข้างจะเป็นอิสระต่อกัน จึงทำให้ต้องใช้เวลานานขึ้นสำหรับใช้ในการคัดเลือก โดยสามารถแบ่งชั้นของเนื้อเยื่อเจริญตามลักษณะโครงสร้างได้ 3 ชั้น คือ

<u>ชั้นที่ 1</u> เรียก dermatogen (L_1) หรือ tunica 1 (T_1) เป็นชั้นนอกสุดซึ่งจะเจริญต่อไปเป็น epidermis และบางส่วนของชั้น cortex ถ้าเกิด chimera ในชั้นนี้จะไม่สามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมด้วยวิธีการขยายพันธุ์แบบใช้เพศแต่จะมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีผิว ซึ่งถ้าเป็นพวกที่ขยายพันธุ์ได้ด้วยวิธีการไม่ใช้เพศก็จะยังคงรักษาลักษณะนี้ไว้ได้

<u>ชั้นที่ 2</u> เรียก periblem (L_2) หรือ tunica 2 (T_2) ถัดจากชั้น dermatogen เข้าไป ชั้นนี้จะเจริญต่อไปเป็น cortex ซึ่งจะให้กำเนิด ใบ ดอก ผล เมล็ด ซึ่งสามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้

<u>ชั้นที่ 3</u> คือ ชั้น plerome (L_3) หรือ corpus เป็นชั้นในสุดที่จะเจริญไปเป็น pith ถ้าเกิด chimera ในชั้นนี้มักจะกลับเป็นปกติได้

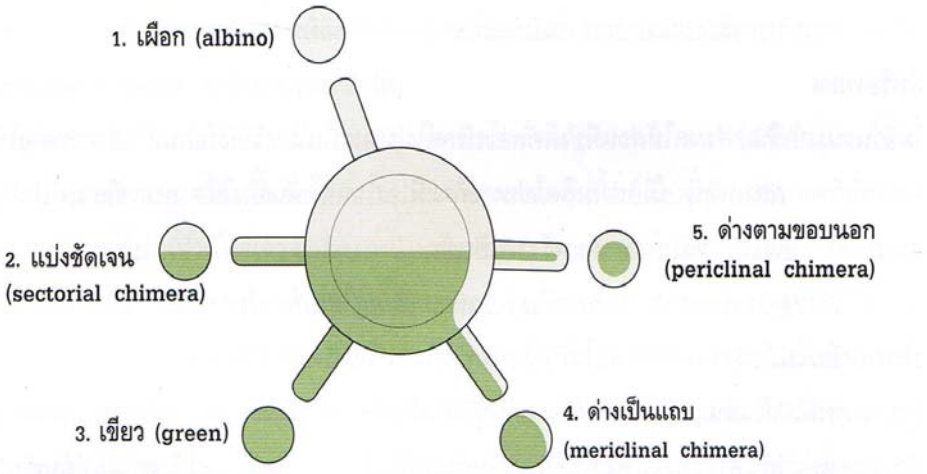
ชนิดของ chimera แบ่งตามลักษณะโครงสร้างของเนื้อเยื่อเจริญได้ 3 แบบ คือ

1. <u>Sectorial chimera</u> เป็น chimera ที่เกิดในชั้นของ epidermis ไปจนถึงใจกลางของ pith ซึ่งอาจเป็นส่วนของ ใบ ต้น ราก บริเวณที่เกิด chimera แบบนี้จะคงตัว (stable) และเจริญเติบโตต่อไปได้ ทำให้กิ่งก้านต่างๆ ที่เกิดจากเซลล์ในบริเวณนี้มีองค์ประกอบทางพันธุกรรม (genetic composition) ต่างไปจากส่วนอื่นๆ ถ้าพืชนี้สามารถขยายพันธุ์ได้ด้วยวิธีการไม่ใช้เพศ ก็สามารถ จะรักษาลักษณะนี้ไว้ได้ โดยการติดตาหรือเอาท่อนพันธุ์บริเวณที่มีการกลายไปขยายต่อไปได้ กำเนิดของ sectorial chimera เริ่มจากชั้น L_1 ถึง L_3

2. <u>Mericlinal chimera</u> พบมากที่สุดในจำนวน chimera ทั้งหลายแต่มักไม่ค่อยคงตัว ดังนั้นจึงไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ เพราะจะเกิดแต่เพียงบางส่วนของชั้นเนื้อเยื่อชั้นนอก (L_1) เท่านั้น โดยจะเห็นอยู่ระยะเวลาหนึ่งเท่านั้นในที่สุดจะหายไป แต่ถ้าเกิดตรงบริเวณที่จะเจริญไปเป็นกิ่งใหม่ ก็อาจจะทำให้ลักษณะนั้นติดไป มีประโยชน์เฉพาะพืชที่ขยายพันธุ์ได้ด้วยวิธีการไม่ใช้เพศเท่านั้น ทั้งนี้เพราะไม่สามารถเจริญไปเป็นส่วนที่สืบพันธุ์ได้เลย

3. <u>Periclinal chimera</u> เป็น chimera ที่คงตัวที่สุด เพราะเกิดในแต่ละชั้นของเนื้อเยื่อเจริญ จะคงตัวมากน้อยแค่ไหนก็ขึ้นอยู่กับจุดกำเนิด (origin) ของ chimera ด้วย chimera ชนิดนี้อาจเกิดในชั้นใดชั้นหนึ่ง หรือ 2 และ 3 ชั้นก็ได้

อย่างไรก็ตาม ลักษณะการด่างแบบไคเมอรา (chimera) นี้มีความหลากหลายมาก ในต้นเดียวกันอาจมีลักษณะการด่างหลายแบบ เช่น ทั้งกิ่งที่ใบมีสีเขียวปกติ แต่มีอีกกิ่งที่ใบด่างขาวปนเขียว และอีกกิ่งมีสีขาวเผือก เป็นต้น เนื่องจากเป็นการด่างที่เกิดแยกเป็นส่วน อยู่ในชั้นของเนื้อเยื่อพืชทั้งชั้นนอก ชั้นกลาง และชั้นใน โดยลักษณะการด่างแบบนี้สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายโดยดูจากภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะการด่างแบบไคเมอรา

ที่มา : เนื่องพนิช และปราโมทย์ (2547)

จากภาพที่ 1 สมมุติให้วงกลมวงในเป็นเนื้อเยื่อด้านใน และวงกลมใหญ่เป็นส่วนของเนื้อเยื้อด้านนอก ซึ่งส่วนทึบ คือ ส่วนที่เนื้อเยื่อสามารถสร้างคลอโรฟิลล์ได้ ส่วนที่สว่าง คือ บริเวณเนื้อเยื่อที่ไม่สร้างคลอโรฟิลล์ เมื่อเนื้อเยื่อส่วนใดสร้างตาใบเกิดขึ้น กิ่งใหม่ที่ได้ก็จะแสดงอาการด่างตามตำแหน่งที่แสดงแต่ละจุดดังนี้

จุดที่ 1 กิ่งและใบจะแสดงอาการเผือก (albino) ทั้งกิ่ง เนื่องจากเป็นเนื้อเยื่อส่วนที่ไม่สร้างคลอโรฟิลล์

จุดที่ 2 กิ่งและใบจะแสดงอาการด่างเพียงครึ่งหนึ่ง (sectorial chimera)

จุดที่ 3 กิ่งและใบจะเขียวปกติ (green)

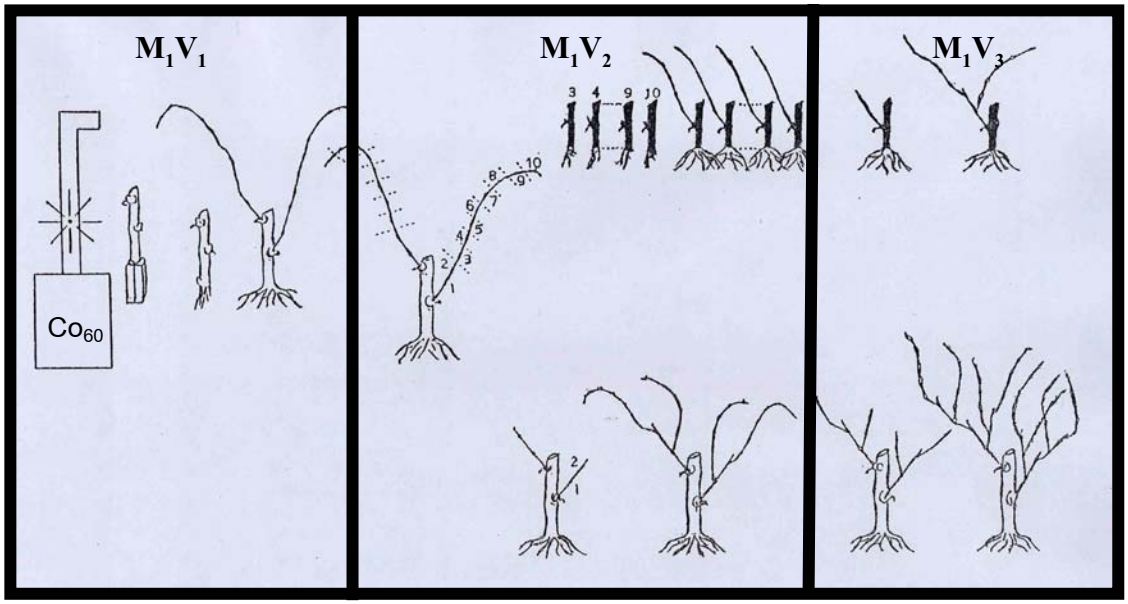
จุดที่ 4 กิ่งและใบจะแสดงอาการด่าง แต่มีสีเขียวมากกว่าส่วนที่ด่างเป็นแถบ (mericlinal chimera)

จุดที่ 5 กิ่งและใบจะแสดงอาการด่างตามขอบนอก ส่วนกลางจะมีสีเขียวเข้มบ้าง จางบ้าง (periclinal chimera)

การคัดเลือกพันธุ์กลายและการขยายพันธุ์นั้นในการปรับปรุงพันธุ์ไม้ดอกไม้ประดับ ลักษณะที่ต้องการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นลักษณะที่มองเห็น บ่งบอก และคัดเลือกมาใช้ได้โดยอาศัยการสังเกตด้วยตาเปล่า เช่น ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงสีดอก กลีบดอก รูปทรงดอก สีของใบ ความสูง ลักษณะทรงต้น การปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงก็จะสามารถบอกได้ และคัดแยกออกมาปลูกได้ทันที (อรุณีและคณะ, 2543) การใช้ส่วนของพืชมาฉายรังสี โดยมากจะเป็นการฉายรังสีกับเซลล์เนื้อเยื่อ ซึ่งประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์หากเกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากรังสีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะไม่เกิดกับทุกเซลล์ จะเกิดเพียงเซลล์ใดเซลล์หนึ่ง หรืออาจเกิดกับหลายเซลล์แต่การเปลี่ยนแปลงอาจต่างลักษณะกัน ทำให้เกิดปัญหาในการคัดเลือกพันธุ์กลาย ลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเฉพาะส่วนนี้ เรียกว่าเกิด ไคเมอรา (chimera) ตัวอย่างเช่น เกิดใบด่าง ดอกด่าง หรือต้นด่าง เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม แม้จะได้ลักษณะที่เรียกว่าไคเมอรา ก็ยังมีโอกาสทำให้เป็นต้นกลายทั้งต้น (solid mutant) ได้ โดยใช้เทคนิคการบังคับให้เซลล์ตรงส่วนกลายเจริญให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ (อรุณี, 2541) ยกตัวอย่าง เช่น การฉายรังสีแกมมาให้กับต้นแพรเซี่ยงไฮ้ (*Portulaca grandiflora*) พบลักษณะการกลายหลายชนิด ได้แก่ สีต้น สีดอก ลักษณะดอก ลักษณะกลายที่พบครั้งแรกๆ จะเป็นไคเมอรา แต่สามารถทำให้เป็นต้นกลายทั้งต้นได้ด้วย cutting back method

Cutting back method เป็นวิธีการตัดปลายยอดของต้นหรือกิ่ง เพื่อทำให้บริเวณเนื้อเยื่อที่ เกิดการกลายพันธุ์ สามารถเจริญเติบโตและปรากฏลักษณะกลายพันธุ์ออกมาให้เห็นในรูปของ periclinal chimera และอาจได้ solid mutant ในที่สุด พืชที่มีการเจริญเติบโตแบบ apical dominance มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้ 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 2 ถ้าเป็นพืชที่ขยายพันธุ์ด้วยหัวที่อยู่ใต้ดิน เช่น มันฝรั่ง ซึ่งมีการเจริญของตาเป็นแบบ basal dominance คือส่วนของยอดเจริญมาจาก basal bud ไม่ใช่จาก apical bud ก็ ไม่จำเป็นต้องใช้ cutting back technique เข้าช่วยเพราะพืชดังกล่าวนี้จะมียอดใหม่เกิดจาก basal bud อยู่แล้ว

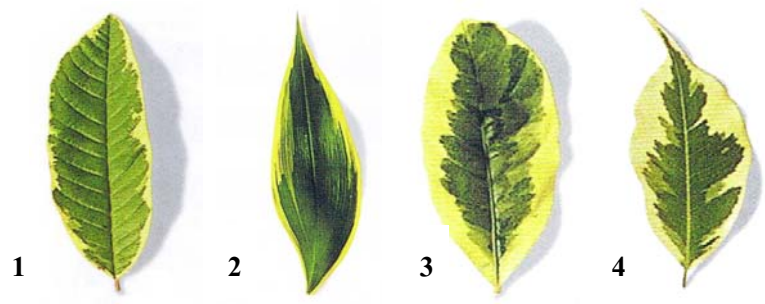


ภาพที่ 2 แผนผังแสดงวิธีการทำทรีทเมนต์แบบ cutting back เพื่อการคัดเลือกลักษณะกลายพันธุ์ของต้นองุ่น

การแบ่งประเภทการด่างบนใบ

เนื่องพนิชและปราโมทย์ (2547) ได้รายงานหลักการสังเกตและจำแนกลักษณะการด่างบนใบของพืชโดยแยกเป็นประเภทการด่าง ตามหลักของ Yokoi และ Hirose ซึ่งเป็นนักเล่นไม้ประดับด่างที่มีชื่อเสียงโด่งดังชาวญี่ปุ่น โดยแบ่งลักษณะการด่างออกเป็น 20 ลักษณะไว้ ในหนังสือ “VARIEGATED PLANTS” ฉบับญี่ปุ่น ดังนี้

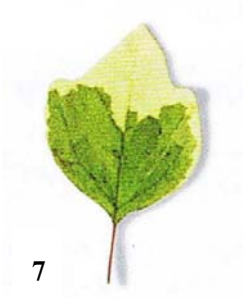
ลักษณะที่ 1 2 3 และ4 ด่างที่ขอบใบ (margined) อาการด่างที่ขอบใบโดยมีขอบเขต และพื้นที่การด่างมากน้อยแตกต่างกัน ขอบและรอยด่างอาจมีความเรียบแตกต่างกัน โดยดูจากการเว้าแหว่งของขอบสีที่ด่างเป็นเกณฑ์พิจารณา



<u>ลักษณะที่ 5 มีจุดประในแถบด่างที่ขอบใบ (margined mottled)</u> มีลักษณะที่เหมือนลักษณะที่ 1-4 ทุกประการ แต่มีจุดประเกิดขึ้นเฉพาะในบริเวณที่เป็นแถบด่าง นับว่าเป็นลักษณะที่หาได้ ยากมาก และมีความสวยงามเป็นพิเศษ

5

<u>ลักษณะที่ 6 และ 7 ด่างที่ปลายใบ (tipped)</u> มีการด่างเฉพาะที่ปลายใบเท่านั้น อาจมีพื้นที่ด่างมากน้อยแตกต่างกัน แต่ไม่รวมกับการด่างจากเส้นกลางใบขึ้นมา (ลักษณะที่ 10 และ11) ญี่ปุ่นเรียกลักษณะด่างที่ปลายใบนี้ว่า “ด่างปลายเล็บ”



7

<u>ลักษณะที่ 8 และ 9 ด่างเป็นรอยเปรอะปื้น (splashed mottled splashed)</u> มีการด่างเกิดจากกลางใบมายังขอบใบและมักด่างไม่เป็นระเบียบ คล้ายรอยเปรอะของน้ำที่กระเซ็น ลักษณะนี้จะเกิดเฉพาะกลางใบ หรือบนพื้นใบบางส่วนและสิ้นสุดที่ขอบใบ เป็นลักษณะที่ไม่สวยงามมากนักและในรอยด่างอาจมีสีเขียวจางเป็นพื้นอยู่ด้วยก็ได้

8 **9**

<u>ลักษณะที่ 10 และ 11 ด่างกลางใบ (centered)</u> การด่างที่เกิดกลางใบขยายไปยังขอบทั้งสองข้างเท่าๆ กัน ส่วนปลายของรอยด่างจะจรดปลายใบ หรือด่างเฉพาะบริเวณกลางใบก็ได้ โดยบริเวณรอบนอก

จนถึงขอบใบจะมีสีเขียว (หรือสีอื่น) เป็นลักษณะที่เป็นระเบียบ และหายากกว่าลักษณะที่ 8 และ 9 แต่ปลูกเลี้ยงง่ายกว่าพวกด่างจากขอบใบ

10

11

<u>ลักษณะที่ 12 ด่างซีกใบ (sectorialed)</u> การด่างที่เกิดซีกหนึ่งของใบ ซึ่งอาจด่างเป็นแถบแบ่งเส้นชัดเจนเป็นระเบียบ หรือด่างเกินครึ่งเส้นกลางใบ หรือไม่เต็มซีกครึ่งหนึ่งของใบก็ได้ การด่างลักษณะนี้ถ้าเป็นพวกไม้ยืนต้นจะเลี้ยงง่าย

12

<u>ลักษณะที่ 13 และ14 ด่างเป็นจุดประ (mottled)</u> มีลักษณะด่างเกิดเป็นจุดประเล็กๆ หรือ เป็นวงใหญ่ขึ้นจะกระจายอยู่ทั่วทั้งพื้นใบ ลักษณะที่ 13 ญี่ปุ่นเรียกว่า “ด่างเม็ดทราย” และลักษณะที่ 14 เรียกว่า “ด่างเป็นละอองดาว” ซึ่งก็สุดแต่สายตาของแต่ละคนจะมอง อาจคล้ายหรือต่างกันก็ได้

13

14

<u>ลักษณะที่ 15 ด่างเป็นปื้นเล็กๆ (blotched)</u> การด่างรอบใบปื้นเล็กๆ มีขอบเป็นเหลี่ยมบ้างเว้าแหว่งบ้างไม่แน่นอนรอยด่างกระจายเป็นระเบียบคล้ายลักษณะที่ 14

15

<u>ลักษณะที่ 16 ด่างเป็นร่างแห (reticulated)</u> การด่างเกิดขึ้นตามลายของเส้นใบเป็นการด่างทั่วๆไป ซึ่งอาจไม่ตรงกับเส้นใบก็ได้ เป็นลักษณะที่สวยงามมากและหายากมากที่สุด โดยเฉพาะพวกไม้ยืนต้น

16

<u>ลักษณะที่ 17 ด่างเป็นแถบขวางใบ (banded)</u> แตกต่างจากลักษณะอื่น คือ ด่างขวางใบจรดขอบใบทั้งสองด้าน เว้นช่วงแต่ละรอยด่างเป็นระยะค่อนข้างระเบียบ เส้นของรอยด่างหรือเส้นด่างจะเรียบหรือไม่ก็ได้ ญี่ปุ่นเรียกว่า “ด่างแบบรุ้งกินน้ำ” เป็นลักษณะที่หายากมากเช่นกัน

17

<u>ลักษณะที่ 18 ด่างเป็นปื้นขวางจรดขอบใบ (semi-banded)</u> คล้ายลักษณะที่17 แต่ไม่ถึงกับขวางใบ พื้นที่ด่างอาจไม่ติดต่อกันเป็นแถบขวางรอยด่างอาจจรดขอบใบด้านใดด้านหนึ่ง

<u>ลักษณะที่ 19 ด่างเป็นแนวตามความยาวขอบใบ (striped)</u> การด่างเป็นแนวยาวตามใบ ทำให้ใบลายเรียงเป็นริ้ว อาจเป็นเส้นเล็กๆ ชั้น ค่อนข้างเป็นระเบียบทำให้ดูสวยงามมาก อาจเรียกว่า “ด่างอย่างมีสกุล”

19

<u>ลักษณะที่ 20 ด่างทั้งใบ (aurea-albino)</u> มีลักษณะเผือกหรือขาดคลอโรฟิลล์ อาจมีสีขาว สีชมพู สีเหลือง ซึ่งจะอ่อนแอโดยใบมักจะไหม้และตายในที่สุด

20

<u>ภาพที่ 3</u> ลักษณะการด่างบนใบพืชแบบต่างๆ

ที่มา : เนื่องพนิช และปราโมทย์ (2547)

นอกจากการด่างทั้ง 20 แบบนี้แล้ว ยังมีลักษณะการด่างอีกหลายลักษณะที่ไม่สามารถแยกได้อย่างชัดเจนเพราะเกิดการด่างร่วมกันหลายลักษณะ ซับซ้อน ทั้งความเข้มของสี และการกระจายตัวของพื้นที่ด่าง สำหรับที่กล่าวมาทั้งหมดนี้เฉพาะการด่างที่เกิดขึ้นกับใบเท่านั้น แต่ยังมีการด่างที่เกิดกับส่วนอื่นของพืชได้อีก เช่น ลำต้น ดอก ผล กายใบ และก้านใบ เป็นต้น

<u>ประโยชน์ของรังสีในการปรับปรุงพันธุ์พืช</u>

การใช้รังสีในการปรับปรุงพันธุ์พืชโดยการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์นั้น ได้มีการศึกษากันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพืชที่ขยายพันธุ์ด้วยวิธีการไม่อาศัยเพศ หรือพืชที่ขยายพันธุ์จากเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ใบ (leaf) ลำต้น (stem) หน่อหรือเหง้า (rhizome) และ ในสภาพปลอดเชื้อ (*in vitro*) ซึ่ง Broertjes (1969) ได้นำใบของ *Streptocarpus* cv. Constant Nymph มาฉายรังสีเอกซ์ ปริมาณรังสี 0-10 กิโลแรด พบว่าปริมาณรังสีสูงกว่า 4 กิโลแรดขึ้นไปทำให้เกิดการตาย ที่ปริมาณรังสี

ในช่วง 2.75-3.5 กิโลแรด เกิดยอดได้ดีที่สุด อีกทั้งยังมีอัตราการกลายพันธุ์สูง และพบลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีดอก ขนาดและรูปร่างของดอก ความยาวก้านดอก ขนาดและสีของใบ และพบลักษณะต้นเตี้ย Ichikawa *et al.* (1970) ได้นำเบญจมาศพันธุ์ Red Delaware (ดอกสีแดง) และ พันธุ์ Yellow Delaware (ดอกสีเหลือง) มาฉายรังสีแกมมาแบบโครนิก (chronic irradiation) โดยให้ปริมาณรังสี 5 10 และ 20 กิโลแรด ตามลำดับ พบว่ารังสีก่อให้เกิดลักษณะผิดปกติต่างๆ ของโครโมโซม โดยมากแล้วปริมาณรังสีที่สูงขึ้นจะทำให้เกิดการขาดหายไปของโครโมโซม และการใช้ปริมาณรังสีที่ 5 กิโลแรด พบว่าทำให้เกิดการเพิ่มโครโมโซมเป็น 2 เท่า (control : 2n=55) นอกจากนี้ยังพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสีดอกจากสีเหลืองเป็นสีแดง Broertjes and Leffring (1972) ได้นำใบของกุหลาบหินพันธุ์ Annette และ Josine มาฉายรังสีเอกซ์ปริมาณ 0 0.5 1 2 และ 3 กิโลแรด พบว่าปริมาณรังสีตั้งแต่ 3 กิโลแรดขึ้นไปมีแนวโน้มทำให้การเกิดยอดของกุหลาบหินต่ำลงและมีการตายเพิ่มขึ้น และพบว่าลักษณะก้านช่อดอก สีดอก ขนาดดอก ขนาดและสีของใบเปลี่ยนแปลงไป Broertjes (1972) ได้นำใบของ *Achimenes* cv. Paul Arnold มาฉายรังสีเอกซ์ปริมาณ 0-4 กิโลแรดและรังสีนิวตรอน 1-2 กิโลแรด พบว่าปริมาณรังสีเอกซ์และรังสีนิวตรอนที่เหมาะสมในการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ คือ 3 กิโลแรด และ 2 กิโลแรด มีอัตราการกลายพันธุ์ 27 และ 33 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยมีลักษณะกลายที่ตรวจพบ เช่น ลักษณะต้นเตี้ยแคระ ขนาด สี และรูปร่างของใบและดอกเปลี่ยนแปลงไปนอกจากนี้

อรุณีและนวลฉวี (2534) ได้นำกิ่งพันธุ์แพรเซี่ยงไฮ้ 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ดอกซ้อนสีบานเย็นกับพันธุ์ดอกซ้อนสีชมพูขาวมาฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 0 10 20 และ 40 เกรย์ ตามลำดับ พบว่าได้ลักษณะกลายของดอกที่คงตัวซึ่งได้จากพันธุ์ดอกซ้อนสีบานเย็น 7 ลักษณะ คือ ดอกซ้อนสีชมพู ดอกซ้อนสีส้มอ่อน ดอกซ้อนสีขาว ดอกซ้อนสีบานเย็นกลีบดอกไม่สม่ำเสมอและโค้งเข้ากลางดอก ดอกซ้อนสีบานเย็นกลีบดอกเป็นฝอย ดอกลาสีบานเย็น และลักษณะกลายที่ได้จากพันธุ์ดอกซ้อนสีชมพูขาวอีก 6 ลักษณะ คือ ดอกซ้อนสีบานเย็น ดอกซ้อนสีขาว ดอกซ้อนสีชมพูเข้มขอบกลีบขาว ดอกซ้อนสีบานเย็นกลีบดอกเป็นฝอย ดอกลาสีบานเย็น และดอกลาสีชมพูขาว พรรณี (2543) ได้ศึกษาอิทธิพลของรังสีแกมมาต่อพิทูเนียพันธุ์ Pearl Wave โดยนำกิ่งพิทูเนียมาฉายรังสีแบบเฉียบพลัน พบว่าปริมาณรังสีที่สูงขึ้นทำให้พืชมีเปอร์เซ็นต์การรอด ความกว้างทรงพุ่ม และจำนวนกิ่งแขนงลดลง แต่รังสีแกมมาไม่มีผลต่อความสูงของพิทูเนีย และรังสีแกมมายังก่อให้เกิดลักษณะผิดปกติกับพิทูเนีย คือ ต้นแคระแกร็น ใบด่าง ดอกมีขนาดเปลี่ยนไปทั้งใหญ่ขึ้นและเล็กลง ดอกเปลี่ยนจากสีม่วงเป็น ม่วงอ่อน ขาวและม่วงสลับขาว ภัทรมาศ (2548) ทำการศึกษาการใช้รังสีแกมมาเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในพิทูเนียใบด่างที่ปักชำก่อนนำไปฉายรังสีแบบเฉียบพลัน พบว่าปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นทำให้การเจริญเติบโตในด้านความสูงทรงพุ่ม ความกว้างทรงพุ่ม ความยาวกิ่งที่เจริญในแนวข้าง จำนวนกิ่ง และจำนวนดอกลดลง แต่ไม่มีผลต่อขนาด

ของดอกพิทูเนีย และรังสีแกมมายังก่อให้เกิดลักษณะที่ผิดปกติกับพิทูเนีย คือ การด่าง รูปทรงใบ และสีดอกเปลี่ยนสีจากสีม่วงเป็นสีขาว

รงรอง (2528) ได้นำหน่อเยอบีราไปฉายรังสีแกมมาปริมาณ 0-10 กิโลแรด พบว่าอัตรารอดชีวิตต่ำลง เมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น ปริมาณรังสีที่ทำให้เกิดการตาย 50 เปอร์เซ็นต์ คือ ปริมาณรังสีที่ 4 กิโลแรด และที่ฉายรังสีในปริมาณ 5-10 กิโลแรด ทำให้เกิดการตายที่ 100 เปอร์เซ็นต์ และทำให้เกิดลักษณะผิดปกติของต้น ใบ และ ดอก แต่มีจำนวนโครโมโซมที่ไม่เปลี่ยนแปลง สิรนุชและอรุณี (2544) ได้นำหน่อหรือเหง้าพุทธรักษาพันธุ์ต่างๆ มาฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณรังสีที่ใช้อยู่ระหว่าง 15-30 เกรย์ และฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกให้กับพุทธรักษาที่ปลูกในกระถาง ปริมาณรังสีที่ใช้อยู่ระหว่าง 95-110 เกรย์ รวมทั้งได้นำเมล็ดมาฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันในปริมาณ 250 เกรย์ พบว่าได้พันธุ์กลายจำนวน 22 พันธุ์ และได้ขึ้นพันธุ์ไว้กับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งพันธุ์ที่กลายทั้ง 22 พันธุ์ได้รับความสนใจจากเกษตรกรเป็นอย่างมาก

ชัยชุมพล (2526) ใช้รังสีแกมมาร่วมกับการเพาะเลี้ยงปลายยอดคาร์เนชั่น พันธุ์ไวท์ซิม (ดอกสีขาว) (*Dianthus caryophyllus* L.) ในสภาพปลอดเชื้อโดยนำส่วนปลายยอดคาร์เนชั่นที่เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อมาฉายรังสีแกมมาทั้งเฉียบพลันและโครนิก พบว่าดอกมีความผิดปกติโดยเกิดลักษณะ chimera และพบดอกที่กลายพันธุ์แบบ solid mutant สุมนา (2528) ศึกษาผลของรังสีแกมมาที่มีต่อการกลายพันธุ์ของต้นบีโกเนีย พันธุ์ Bella Vista ที่เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ โดยใช้รังสีแกมมาปริมาณ 0 2 4 6 8 และ 10 กิโลแรด พบว่าไม่มีปริมาณรังสีที่ทำให้เกิดการตาย 30-50 เปอร์เซ็นต์ (LD_{30}-LD_{50}) ในรุ่น M_1V_1 แต่พบว่าเมื่อนำรุ่น M_1V_3 ออกปลูก ปริมาณต้นที่อยู่รอดจนถึงออกปลูกจะลดลงเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น ลักษณะผิดปกติที่มีผลเนื่องจากรังสีแกมมามีหลายแบบ ได้แก่ ลักษณะต้นเตี้ยแคระใบหนา ใบเหลือง ใบแบ่งออกเป็นสองแฉก และขอบใบหยัก-โค้ง ในด้านความผิดปกติของดอก พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงทางด้านขนาดดอกและสีของดอก เช่น ดอกมีขนาดใหญ่ขึ้น สีของดอกอ่อนลง และดอกตัวผู้มีสภาพเป็นหมัน ชุตินทร (2532) นำต้นเบญจมาศในสภาพปลอดเชื้อที่มีจำนวนข้อปล้องประมาณ 5 ข้อ มาฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณ 0-10 กิโลแรด พบว่าปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ การเจริญเติบโตลดลงและก่อให้เกิดลักษณะผิดปกติ เช่น ข้อถี่สั้น ใบด่าง ปริมาณรังสีตั้งแต่ 4 กิโลแรดขึ้นไป จะทำให้การเจริญเติบโตหยุดชะงักและตายในที่สุด สำหรับปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ คือ 1 กิโลแรด เมื่อนำต้น M_1V_2 ออกปลูก พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดต่ำกว่าต้นที่ไม่ได้รับรังสี ในรุ่น M_1V_3 พบลักษณะรูปทรงของดอกผิดปกติ สีของกลีบดอกเปลี่ยนแปลงแต่ขนาดของดอก จำนวนดอกชั้นนอก และดอกชั้นในไม่ต่างจากต้นที่ไม่ได้รับรังสี และจากการศึกษาจำนวนโครโมโซมที่ปลายราก พบว่ามี 1 ต้น ที่มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 57 ส่วนที่เหลืออีก 3 ต้น มีจำนวน

โครโมโซมเท่ากับต้นที่ไม่ได้รับการฉายรังสี คือ เท่ากับ 54 วิชชุตา (2537) ศึกษาผลของรังสีแกมมาที่มีผลต่อการกลายพันธุ์ของหน้าวัวพันธุ์ “Double Spathe” ที่เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อหลังจากฉายรังสีแกมมาปริมาณ 0.5 เกรย์ กับข้อและแคลลัส พบว่าอัตราการรอดชีวิต การเกิดยอดใหม่ และความสูง มีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น รังสีทำให้ลักษณะใบ การเรียงตัวของใบ ความยาวปล้อง การแตกกิ่งข้างผิดปกติ และบางต้นเกิดลักษณะใบด่าง รังสีปริมาณ 5 เกรย์ ทำให้เกิดลักษณะผิดปกติมากที่สุด ความยาวปากใบของ ต้นที่ได้รับรังสีและจำนวนโครโมโซมไม่เปลี่ยนแปลง Wu and Yu (2001) ได้ทำการทดลองฉายรังสี ion beam ในข้าวสาลี โดยพบว่ารังสีมีผลทำให้เกิดลักษณะต้นแคระขึ้น โดยรังสีไปมีผลทำให้เกิดความผิดปกติกับโครโมโซม (chromosome aberration) เช่น การเกิด acentric fragement, chromosome deletions, lagging chromosome, chromosome bridges และ micronuclei ขึ้น ทำให้เกิดความเสียหายต่อการทำหน้าที่ต่างๆ ของเซลล์ และเป็นสาเหตุทำให้เซลล์ตายในที่สุด Yamaguchi et al. (2003) ได้นำกุหลาบ 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ Red Minimo และ พันธุ์ Orange Rosamini ไปฉายรังสี carbon ion beam พบว่าปริมาณรังสีที่ทำให้กุหลาบ พันธุ์ Red Minimo รอดตาย 50 เปอร์เซ็นต์ คือ 200 เกรย์ ส่วนปริมาณรังสีที่ทำให้กุหลาบ พันธุ์ Orange Rosamini รอดตาย 50 เปอร์เซ็นต์ คือ 50-70 เกรย์ และพบลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีดอก ขนาด และ รูปร่างดอก

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. พืชทดลอง (กิ่งปักชำไทร) จำนวน 2 พันธุ์
   - ไทรย้อยด่างขอบใบ
   - ไทรย้อยด่างเป็นปื้น
2. เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมกิ่งพันธุ์
   - อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมกิ่งปักชำ ได้แก่ กรรไกรตัดกิ่ง
   - สารเคมีที่ใช้ในการปักชำ ได้แก่ เซราดิกซ์
3. เครื่องมือที่ใช้ในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์

   - เครื่องมือฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน Mark I Gamma Irradiator ซึ่งมี ซีเซียม-137 (^{137}Cs) เป็นต้นกำเนิดรังสีแกมมา ณ ศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

   - ห้องฉายรังสีแกมมาแบบโครนิก (Gamma Room) ซึ่งมีโคบอลต์-60 (^{60}Co)เป็นต้นกำเนิดรังสี ณ ศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
4. วัสดุที่ใช้ในการปลูกพืช

   - ปุ๋ยเม็ดละลายช้าสูตรเสมอ 16-16-16 ชื่อทางการค้า ออสโมโค้ท ของบริษัท โซตัส อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

   - ปุ๋ยเม็ดละลายเร็วสูตรเสมอ 16-16-16 ชื่อทางการค้า เรือใบไวกิ้ง ของบริษัท โรจน์พนกิจ จำกัด
5. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บและบันทึกผลข้อมูล ได้แก่ ไม้บรรทัด กล้องถ่ายรูป
6. สารเคมีป้องกันและกำจัดโรคพืช

วิธีการ

แบ่งการทดลองออกเป็น 4 การทดลอง ดังนี้

1. ศึกษาผลของการฉายรังสีแบบเฉียบพลัน (acute irradiation) ต่อการรอดชีวิต การเจริญเติบโต และการกลายพันธุ์ของ ไทรย้อยด่างขอบใบ

เตรียมกิ่งพันธุ์ไทรย้อยด่างขอบใบ ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ปักชำลงในถาดหลุมโดยใช้วัสดุชำ คือ ทรายผสมถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1 จากนั้นนำกิ่งที่ออกรากแล้ว 1 เดือนหลังปักชำ (ไม่ล้างราก) ไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน (acute irradiation) ด้วยเครื่อง Mark I Gamma Irradiator ซึ่งมี ซีเซียม-137 (^{137}Cs) เป็นต้นกำเนิดรังสี ณ ศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อฉายรังสีแล้วนำกิ่งพันธุ์ปลูกลงในกระถาง 4 นิ้ว โดยใช้วัสดุปลูก คือ ทราย ถ่านแกลบ ขุยมะพร้าว กาบมะพร้าวสับ ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1:1:1:1:1 ให้ปุ๋ยละลายช้า อัตรา 5 กรัมต่อกระถางจำนวน 1 ครั้งหลังปลูก และให้ปุ๋ยละลายเร็ว อัตรา 1 กรัมต่อกระถางทุก 2 สัปดาห์เป็นเวลา 3 เดือน ในการทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design โดยให้ปริมาณรังสีเป็นชุดการทดลอง แบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลองๆ ละ 20 ต้น ได้แก่ ไม่ฉายรังสี (control) ฉายรังสี 20 40 และ 60 เกรย์ หลังจากฉายรังสีแล้ว 45 วัน นับจำนวนต้นที่รอดตายในแต่ละชุดการทดลอง บันทึกผลการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงทรงพุ่ม ความกว้างทรงพุ่ม และลักษณะการกลายพันธุ์ จากนั้นทำการย้ายปลูกต้นที่มีลักษณะการกลายพันธุ์ลงกระถาง 6 นิ้ว โดยใช้วัสดุปลูก คือ ทราย ถ่านแกลบ ขุยมะพร้าว กาบมะพร้าวสับ ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1:1:1:1:1 ให้ปุ๋ยละลายช้า อัตรา 5 กรัมต่อกระถางจำนวน 1 ครั้ง และให้ปุ๋ยละลายเร็ว อัตรา 1 กรัมต่อกระถางทุก 2 สัปดาห์ตลอดจนสิ้นสุดการทดลอง สังเกตลักษณะการกลายที่แตกต่างไปจากลักษณะเดิม เพื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้ฉายรังสี ซึ่งในการทดลองนี้ใช้หลักการสังเกตและจำแนกลักษณะการด่างบนใบของพืช โดยแยกเป็นประเภทการด่าง โดยยึดตามหลักของ Yokoi และ Hirose อ้างโดย เนื่องพนิช และปราโมทย์ (2547)

2. ศึกษาผลของการฉายรังสีแบบเฉียบพลัน (acute irradiation) ต่อการรอดชีวิต การเจริญเติบโต และการกลายพันธุ์ของไทรย้อยด่างเป็นปื้น

เตรียมกิ่งพันธุ์ไทรย้อยด่างเป็นปื้น ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ปักชำลงในถาดหลุมโดยใช้วัสดุชำ คือ ทรายผสมถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1 จากนั้นนำกิ่งที่ออกรากแล้ว 1 เดือนหลังปักชำ(ไม่ล้างราก) ไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน (acute irradiation) ด้วยเครื่อง Mark I Gamma Irradiator ซึ่งมี ซีเซียม-137 (^{137}Cs) เป็นต้นกำเนิดรังสี ณ ศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อฉายรังสีแล้วนำกิ่งพันธุ์ปลูกลงในกระถาง 4 นิ้ว โดยใช้วัสดุปลูก คือ ทราย ถ่านแกลบ ขุยมะพร้าว กาบมะพร้าวสับ ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1:1:1:1:1 ให้ปุ๋ยละลายช้า อัตรา 5 กรัมต่อกระถางจำนวน 1 ครั้งหลังปลูก และให้ปุ๋ยละลายเร็ว อัตรา 1 กรัมต่อกระถางทุก 2 สัปดาห์เป็นเวลา 3

เดือน ในการทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design โดยให้ปริมาณรังสีเป็นชุดการทดลองแบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลองๆ ละ 20 ต้น ได้แก่ ไม่ฉายรังสี (control) ฉายรังสี 20 40 และ 60 เกรย์ หลังจากฉายรังสีแล้ว 45 วัน นับจำนวนต้นที่รอดตายในแต่ละชุดการทดลอง บันทึกผลการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงทรงพุ่ม ความกว้างทรงพุ่ม และลักษณะการกลายพันธุ์ จากนั้นทำการย้ายปลูกต้นที่มีลักษณะการกลายพันธุ์ลงกระถาง 6 นิ้ว โดยใช้วัสดุปลูก คือ ทราย ถ่านแกลบ ขุยมะพร้าว กาบ-มะพร้าวสับ ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1:1:1:1:1 ให้ปุ๋ยละลายช้า อัตรา 5 กรัมต่อกระถางจำนวน 1 ครั้งหลังย้ายปลูก และให้ปุ๋ยละลายเร็ว อัตรา 1 กรัมต่อกระถางทุก 2 สัปดาห์ตลอดจนสิ้นสุดการทดลอง สังเกตลักษณะการกลายที่แตกต่างไปจากลักษณะเดิม เพื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้ฉายรังสี ซึ่งในการทดลองนี้ใช้หลักการสังเกตและจำแนกลักษณะการด่างบนใบของพืชโดยแยกเป็นประเภทการด่าง โดยยึดตามหลักของ Yokoi และ Hirose อ้างโดย เนื่องพนิช และปราโมทย์ (2547)

3. ศึกษาผลของการฉายรังสีแบบโครนิก (chronic irradiation) ต่อการรอดชีวิต การเจริญเติบโตและการกลายพันธุ์ของไทรย้อยด่างขอบใบ

เตรียมต้นพันธุ์ไทรย้อยด่างขอบใบ ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร โดยการปักชำด้วยกิ่งในถาดหลุมโดยใช้วัสดุชำ คือ ทรายผสมถ่านแกลบ อัตรา 1:1 จากนั้นนำกิ่งที่ออกรากแล้ว 1 เดือนหลังปักชำ (ไม่ล้างราก) ย้ายปลูกลงในกระถาง 4 นิ้ว จากนั้นนำไทรเข้าฉายรังสีแบบโครนิก (chronic irradiation) ที่ห้องฉายรังสีแกมมา (Gamma Room) ซึ่งมีโคบอลต์-60 (^{60}Co) เป็นต้นกำเนิดรังสี ณ ศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในการทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design โดยให้ปริมาณรังสีที่ต่างกันเป็นชุดการทดลอง แบ่งออกเป็น 12 ชุดการทดลอง ดังรายละเอียดในตารางที่ 1 หลังจากนั้นนำไทรที่ฉายรังสีแล้วให้ปุ๋ยละลายช้า อัตรา 5 กรัมต่อกระถางจำนวน 1 ครั้งหลังปลูก และให้ปุ๋ยละลายเร็ว อัตรา 1 กรัมต่อกระถางทุก 2 สัปดาห์เป็นเวลา 3 เดือน หลังฉายรังสี 45 วัน นับจำนวนต้นที่รอดตายในแต่ละชุดการทดลอง และบันทึกผลการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงทรงพุ่ม ความกว้างทรงพุ่ม และลักษณะการกลายพันธุ์ จากนั้นทำการย้ายปลูกต้นที่มีลักษณะการกลายพันธุ์ลงกระถาง 6 นิ้ว โดยใช้วัสดุปลูก คือ ทราย ถ่านแกลบ ขุยมะพร้าว กาบมะพร้าวสับ ปุ๋ยคอก อัตรา 1:1:1:1:1 ให้ปุ๋ยละลายช้า อัตรา 5 กรัมต่อกระถางจำนวน 1 ครั้งหลังปลูก และให้ปุ๋ยละลายเร็ว อัตรา 1 กรัมต่อกระถางทุก 2 สัปดาห์ตลอดจนสิ้นสุดการทดลอง สังเกตลักษณะการกลายที่แตกต่างไปจากลักษณะเดิม เพื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้ฉายรังสี ซึ่งในการทดลองนี้ใช้หลักการสังเกตและจำแนกลักษณะการด่างบนใบของพืชโดยแยกเป็นประเภทการด่าง โดยยึดตามหลักของ Yokoi และ Hirose อ้างโดย เนื่องพนิช และปราโมทย์ (2547)

ตารางที่ 1 รายละเอียดการฉายรังสีแบบโครนิกกับไทรย้อยด่างขอบใบ ในช่วงระหว่างวันที่ 4-18 พฤษภาคม 2548

ชุดการทดลองที่	ระยะห่างจากต้นกำเนิดรังสี (เมตร)	อัตรารังสี (Krad/h)	ช่วงเวลาที่ฉายรังสี	ปริมาณรังสีที่ได้รับทั้งหมด (Krad)	จำนวนต้นที่นำเข้าฉาย (ต้น)
1	control	-	-	-	12
2	control	-	-	-	12
3	1.5	0.20	4-16 พ.ค. 49	44.25	12
4	1.5	0.20	4-18 พ.ค. 49	50.85	12
5	2.5	0.06	4-16 พ.ค. 49	15.93	12
6	2.5	0.06	4-18 พ.ค. 49	18.31	12
7	3.5	0.03	4-16 พ.ค. 49	8.13	12
8	3.5	0.03	4-18 พ.ค. 49	9.34	12
9	4.5	0.02	4-16 พ.ค. 49	4.92	12
10	4.5	0.02	4-18 พ.ค. 49	5.65	12
11	5.5	0.01	4-16 พ.ค. 49	3.29	12
12	5.5	0.01	4-18 พ.ค. 49	3.78	12

หมายเหตุ 1. ต้นกำเนิดรังสีแกมมา คือ โคบอลต์-60 ทำการเดินเครื่องฉายรังสีวันละ 20 ชั่วโมงจาก 14.00 น. ถึง 10.00 น. ของวันถัดไป สำหรับวันสุดสัปดาห์ เริ่มฉายตั้งแต่เวลา 14.00 น. ของวันศุกร์ จนถึง 10.00 น. ของวันจันทร์

2. เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณรังสีที่ได้รับในแต่ละชุดการทดลองจะทำการกลับด้านของถาดที่ปลูกให้ได้รับรังสีสลับกันในแต่ละวัน

4. ศึกษาผลของการฉายรังสีแบบโครนิก (chronic irradiation) ต่อการรอดชีวิต การเจริญเติบโต และการกลายพันธุ์ของไทรย้อยด่างเป็นปื้น

เตรียมต้นพันธุ์ไทรย้อยด่างเป็นปื้น ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร โดยการปักชำด้วยกิ่งในถาดหลุมโดยใช้วัสดุชำ คือ ทรายผสมถ่านแกลบ อัตรา 1:1 จากนั้นนำกิ่งที่ออกรากแล้ว 1 เดือนหลังปักชำ (ไม่ล้างราก) ย้ายปลูกลงในกระถาง 4 นิ้ว จากนั้นนำไทรเข้าฉายรังสีแบบโครนิก (chronic irradiation) ที่ห้องฉายรังสีแกมมา (Gamma Room) ซึ่งมีโคบอลต์-60 (^{60}Co) เป็นต้นกำเนิดรังสี ณ ศูนย์บริการฉาย

รังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในการทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design โดยให้ปริมาณรังสีที่ต่างกันเป็นชุดการทดลอง แบ่งออกเป็น 12 ชุดการทดลองดังรายละเอียดในตารางที่ 2 หลังจากนั้นนำไทรที่ฉายรังสีแล้ว ให้ปุ๋ยละลายช้า อัตรา 5 กรัมต่อกระถางจำนวน 1 ครั้งหลังปลูก และให้ปุ๋ยละลายเร็ว อัตรา 1 กรัมต่อกระถางทุก 2 สัปดาห์เป็นเวลา 3 เดือน หลังฉายรังสี 45 วัน นับจำนวนต้นที่รอดตายในแต่ละชุดการทดลอง และบันทึกผลการเจริญเติบโต จากนั้นทำการย้ายปลูกต้นที่มีลักษณะการกลายพันธุ์ลงกระถาง 6 นิ้ว โดยใช้วัสดุปลูก คือ ทราย ถ่านแกลบ ขุยมะพร้าว กาบมะพร้าวสับ ปุ๋ยคอก อัตรา 1:1:1:1:1 ให้ปุ๋ยละลายช้า อัตรา 5 กรัมต่อกระถาง และให้ปุ๋ยละลายเร็ว อัตรา 1 กรัมต่อกระถาง ทุก 2 สัปดาห์ตลอดจนสิ้นการทดลอง สังเกตลักษณะการกลายที่แตกต่างไปจากลักษณะเดิม เพื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้ฉายรังสี ซึ่งในการทดลองนี้ใช้หลักการสังเกตและจำแนกลักษณะการด่างบนใบของพืชโดยแยกเป็นประเภทการด่าง โดยยึดตามหลักของ Yokoi และ Hirose อ้างโดย เนื่องพนิช และปราโมทย์ (2547)

ตารางที่ 2 รายละเอียดการฉายรังสีแบบโครนิกกับไทรย้อยด่างเป็นปื้น ในช่วงระหว่างวันที่ 8-22 ธันวาคม 2548

ชุดการทดลองที่	ระยะห่างจากต้นกำเนิดรังสี (เมตร)	อัตรารังสี (Krad/h)	ช่วงเวลาที่ฉายรังสี	ปริมาณรังสีที่ได้รับทั้งหมด (Krad)	จำนวนต้นที่นำเข้าฉาย (ต้น)
1	control	-	-	-	10
2	control	-	-	-	10
3	1.5	0.20	8-15 ธ.ค. 49	25.77	10
4	1.5	0.20	8-22 ธ.ค. 49	51.53	10
5	2.5	0.06	8-15 ธ.ค. 49	9.28	10
6	2.5	0.06	8-22 ธ.ค. 49	18.55	10
7	3.5	0.03	8-15 ธ.ค. 49	5.73	10
8	3.5	0.03	8-22 ธ.ค. 49	9.46	10
9	4.5	0.02	8-15 ธ.ค. 49	2.86	10
10	4.5	0.02	8-22 ธ.ค. 49	5.72	10
11	5.5	0.01	8-15 ธ.ค. 49	1.92	10
12	5.5	0.01	8-22 ธ.ค. 49	3.83	10

หมายเหตุ 1. ต้นกำเนิดรังสีแกมมา คือ โคบอลต์-60 ทำการเดินเครื่องฉายรังสีวันละ 20 ชั่วโมงจาก 14.00 น. ถึง 10.00 น. ของวันถัดไป สำหรับวันสุดสัปดาห์ เริ่มฉายตั้งแต่เวลา 14.00 น. ของวันศุกร์ จนถึง 10.00 น. ของวันจันทร์

2. เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณรังสีที่ได้รับในแต่ละชุดการทดลองจะทำการกลับด้านของถาดที่ปลูกให้ได้รับรังสีสลับกันในแต่ละวัน

5. การบันทึกผลการทดลอง

1. นับจำนวนต้นที่รอดตายในแต่ละชุดการทดลอง เพื่อหาค่าปริมาณรังสีที่ทำให้ต้นไทรตายไป 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับไทรที่ไม่ได้ฉายรังสีภายหลังการฉายรังสี 45 วัน ($LD_{50(45)}$)

2. ทำการบันทึกผลการเจริญเติบโตหลังฉายรังสีแล้ว 45 วัน ดังต่อไปนี้

2.1 ความสูงทรงพุ่ม โดยวัดจากเหนือระดับพื้นดินจนถึงปลายยอด

2.2 ความกว้างทรงพุ่ม โดยวัดจากด้านที่กว้างที่สุดทั้ง 2 ด้านของทรงพุ่ม

3. ศึกษาลักษณะการกลายพันธุ์ เมื่ออายุ 90 วัน หลังจากฉายรังสี

3.1 สังเกตลักษณะที่แตกต่างไปจากเดิมตลอดการทดลอง แล้วบันทึกภาพ

3.2 คัดแยกต้นที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน มาทำการติดตามอย่างใกล้ชิด โดยทำการตัดแต่งกิ่งที่มีลักษณะเดิมทิ้งไปบางส่วน เพื่อให้กิ่งที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นสามารถเจริญเติบโตได้เต็มที่ และทำการบันทึกภาพ

3.3 นับจำนวนลักษณะที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละชุดการทดลอง เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี และบันทึกภาพ

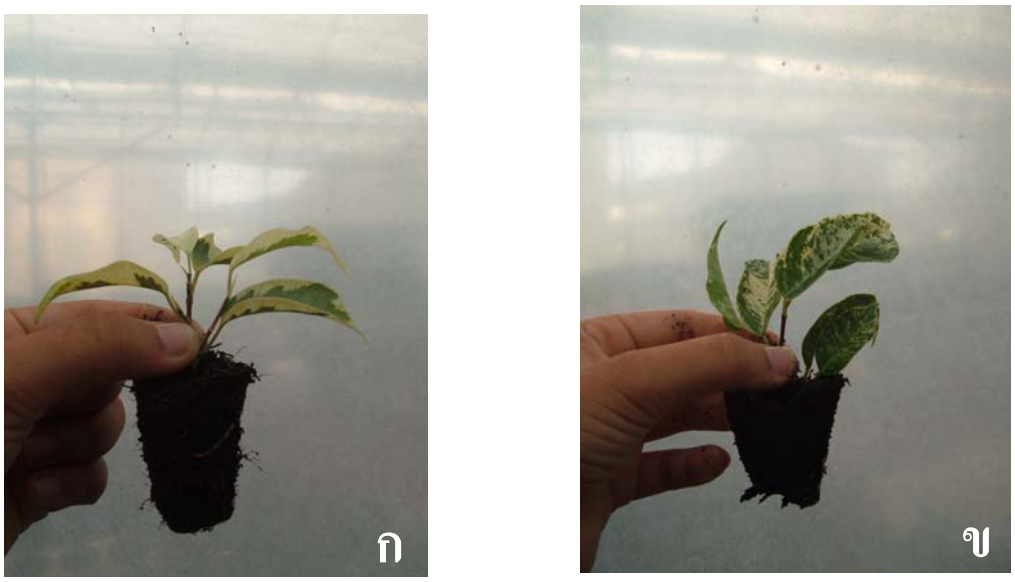
สถานที่และระยะเวลาที่ทำการทดลอง

1. สถานที่ทำการทดลอง

1. โรงเรือนต้นแบบสาธิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพ ฯ
2. ศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพ ฯ

2. ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

เริ่มทำการทดลอง เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2548 สิ้นสุดการทดลอง เดือนกันยายน พ.ศ. 2549



ภาพที่ 4 พืชทดลอง (กิ่งปักชำไทร) (ก) ไทรย้อยด่างขอบใบ (ข) ไทรย้อยด่างเป็นปื้น

ผล

1. ศึกษาผลของการฉายรังสีแบบเฉียบพลัน (acute irradiation) ต่อการรอดชีวิต การเจริญเติบโต และการกลายพันธุ์ของไทรย้อยด่างขอบใบ

1.1 เปอร์เซ็นต์รอดชีวิตของไทรย้อยด่างขอบใบหลังจากได้รับรังสีแบบเฉียบพลัน

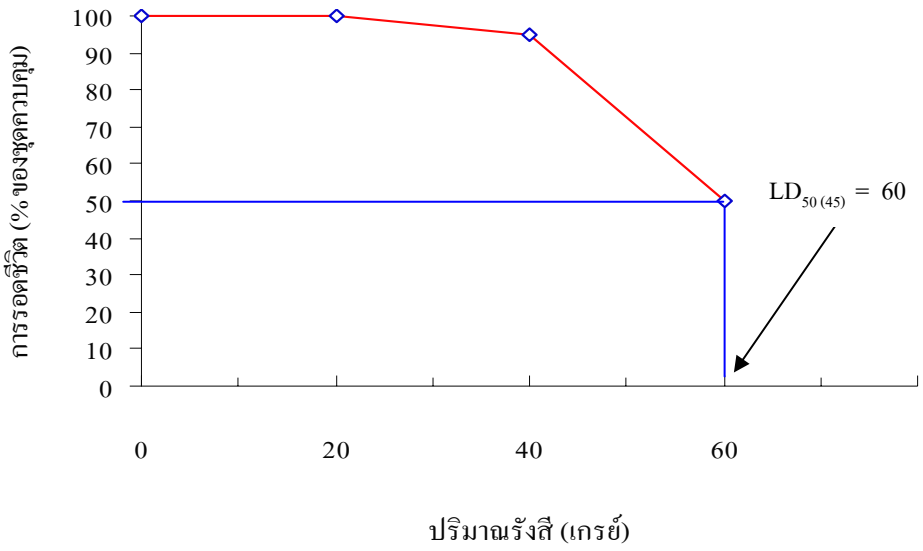
หลังจากนำกิ่งพันธุ์ไทรย้อยใบแหลมด่างที่ออกรากแล้วไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน ที่ปริมาณต่างๆ กัน คือ 0 20 40 และ 60 เกรย์ หลังจากนั้นนำกิ่งที่ฉายรังสีแล้วไปย้ายปลูกลงกระถาง 4 นิ้ว เป็นเวลา 45 วัน แล้วนับจำนวนต้นที่รอดชีวิต พบว่า ปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นมีผลไปลดเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของไทรย้อยใบแหลมด่าง (ตารางที่ 3) เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกับการรอดชีวิต ได้ค่า $LD_{50(45)}$ เท่ากับ 60 เกรย์ (ภาพที่ 5)

ตารางที่ 3 การรอดชีวิตของต้นไทรย้อยด่างขอบใบที่รังสีแบบเฉียบพลันในระยะเวลา 45 วัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	จำนวนต้นที่ฉายรังสี (ต้น)	จำนวนต้นที่รอดชีวิต (ต้น)	การรอดชีวิต (% ของชุดควบคุม)
0	20	20	100
20	20	20	100
40	20	19	95
60	20	10	50

1.2 ผลของรังสีที่ฉายแบบเฉียบพลันต่อการเจริญเติบโตของไทรย้อยด่างขอบใบ

หลังจากนำกิ่งพันธุ์ไทรย้อยใบแหลมด่างไปฉายรังสีแกมมาแล้ว จากนั้นทำการย้ายปลูกลงกระถาง 4 นิ้ว เป็นเวลา 45 วัน แล้วนำผลการบันทึกการเจริญเติบโตไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าความสูง และความกว้างทรงพุ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4)



ภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกับการรอดชีวิตของไทรย้อยด่างขอบใบหลังฉายรังสีแบบเฉียบพลันแล้วเป็นระยะเวลา 45 วัน ได้ค่า $LD_{50(45)}$ เท่ากับ 60 เกรย์

ตารางที่ 4 ผลของรังสีต่อความสูงและความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยของไทรย้อยด่างขอบใบหลังฉายรังสีแบบเฉียบพลันแล้วเป็นระยะเวลา 45 วัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	ความสูงทรงพุ่ม (เซนติเมตร)	ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร)
0	6.32 a[1/]	9.30 a
20	5.25 b	8.34 a
40	4.34 b	6.62 b
60	3.31 c	4.40 c
F-test	*	*
C.V. (%)	12.80	9.81

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

* ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1.3 ผลของรังสีแบบเฉียบพลันต่อลักษณะกลายของไทรย้อยด่างขอบใบ

ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อลักษณะต่างๆของไทรย้อยใบแหลมด่างสามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจน หลังจากนำกิ่งพันธุ์ไทรย้อยใบแหลมด่างที่ได้รับการฉายรังสีแล้วไปย้ายปลูกลงในกระถาง 4 นิ้ว เป็นเวลา 90 วัน (ตารางที่ 5)

พบว่า ยอดที่แตกใหม่ของต้นไทรหลังจากได้รับรังสี 20 เกรย์ มีลักษณะต่างไปจากเดิม ซึ่งพื้นใบสีเขียว-ด่างขอบใบ (ภาพที่ 6 ก) จำนวน 16 ต้น จากจำนวนต้นที่รอดทั้งหมด 20 ต้น (คิดเป็น 80 เปอร์เซ็นต์) โดยแบ่งยอดที่กลายพันธุ์ออกเป็น 3 ลักษณะ คือ ยอดที่ใบมีสีเขียวทั้งใบ 1 ต้น (คิดเป็น 5 เปอร์เซ็นต์) (ภาพที่ 6 ข) ยอดที่ใบมีสีขาวทั้งใบ 14 ต้น (คิดเป็น 70 เปอร์เซ็นต์) (ภาพที่ 6 ค) และยอดที่มีพื้นใบสีเขียวขอบใบสีขาว 1 ต้น (คิดเป็น 5 เปอร์เซ็นต์) (ภาพที่ 6 ง)

ตารางที่ 5 การกลายพันธุ์ของไทรย้อยด่างขอบใบที่ฉายรังสีแบบเฉียบพลันในระยะเวลา 90 วัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	จำนวนต้นทั้งหมด	จำนวนต้นที่รอด	การกลาย[1/]					
			ใบสีเขียวทั้งใบ	ใบสีขาวทั้งใบ	พื้นใบสีเขียวขอบขาว	การกลาย 1 ลักษณะ	การกลาย 2 ลักษณะ	การกลายรวม %
0	20	20	-	-	-	-	-	-
20	20	20	1 (5%)	14 (70%)	1 (5%)	16 (80%)	-	16 (80%)
40	20	16	3 (18.7%)	6 (37.5%)	-	3 (18.7%)	6 (37.5%)	9 (56.25%)
60	20	0	-	-	-	-	-	-

1/ ไทรย้อยใบแหลมด่าง 1 ต้น สามารถเกิดลักษณะการกลายได้มากกว่า 1 ลักษณะ

ไทรที่ได้รับรังสี 40 เกรย์ มีจำนวนต้นซึ่งยอดที่แตกใหม่มีลักษณะกลายจำนวน 9 ต้น จากจำนวนต้นที่รอดทั้งหมด 16 ต้น (คิดเป็น 56.25 เปอร์เซ็นต์) แบ่งยอดที่กลายพันธุ์ออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ยอดมีใบสีเขียวทั้งใบ 3 ต้น (คิดเป็น 18.7 เปอร์เซ็นต์) และยอดที่ใบมีสีขาวทั้งใบ 6 ต้น (คิดเป็น 37.5 เปอร์เซ็นต์)

สำหรับไทรที่ได้รับรังสี 60 เกรย์ ปรากฏว่า มีการตายทั้งหมด

ภาพที่ 6 แสดงลักษณะการกลายของไทรย้อยด่างขอบใบที่ได้จากการฉายรังสีแบบเฉียบพลัน (ก) ต้นปกติ (control) (ข) ใบสีเขียวทั้งใบจากปริมาณรังสี 20-40 เกรย์ (ค) ใบสีขาวทั้งใบจากปริมาณรังสี 20-40 เกรย์ (ง) ใบพื้นสีเขียวขอบขาวจากปริมาณรังสี 20 เกรย์

2. ศึกษาผลของการฉายรังสีแบบเฉียบพลัน (acute irradiation) ต่อการรอดชีวิต การเจริญเติบโต และการกลายพันธุ์ของไทรย้อยด่างเป็นปื้น

2.1 <u>เปอร์เซ็นต์รอดชีวิตของไทรย้อยด่างเป็นปื้นหลังจากได้รับรังสีแบบเฉียบพลัน</u>

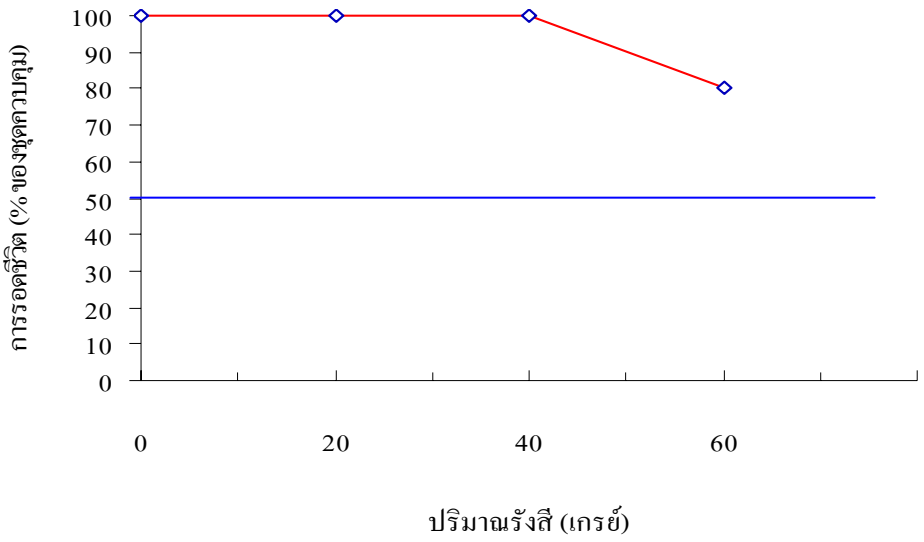
หลังจากนำกิ่งพันธุ์ไทรย้อยใบแหลมด่างที่ออกรากแล้วไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน ที่ปริมาณต่างๆ กัน คือ 0 20 40 และ 60 เกรย์ หลังจากนั้นนำกิ่งที่ฉายรังสีแล้วไปย้ายปลูกลงกระถาง 4 นิ้ว เป็นเวลา 45 วัน แล้วนับจำนวนต้นที่รอดตาย พบว่า ปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นมีผลไปลดเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของไทรย้อยใบแหลมด่าง (ตารางที่ 6) เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกับการรอดชีวิตไม่สามารถหาค่า $LD_{50(45)}$ (ภาพที่ 7)

<u>ตารางที่ 6</u> การรอดชีวิตของต้นไทรย้อยด่างเป็นปื้นที่ฉายรังสีแบบเฉียบพลันในระยะเวลา 45 วัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	จำนวนต้นที่ฉายรังสี (ต้น)	จำนวนต้นที่รอดชีวิต (ต้น)	การรอดชีวิต (% ของชุดควบคุม)
0	20	20	100
20	20	20	100
40	20	20	100
60	20	16	80

2.2 <u>ผลของรังสีที่ฉายแบบเฉียบพลันต่อการเจริญเติบโตของไทรย้อยด่างเป็นปื้น</u>

หลังจากนำกิ่งพันธุ์ไทรย้อยใบแหลมด่างไปฉายรังสีแกมมาแล้วจากนั้นทำการย้ายปลูกลงกระถาง 4 นิ้ว เป็นเวลา 45 วัน แล้วนำผลการบันทึกการเจริญเติบโตไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ความสูง และความกว้างทรงพุ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 7)



ภาพที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกับการรอดชีวิตของไทรย้อยด่างเป็นปื้นหลังฉายรังสีแบบเฉียบพลันแล้วเป็นระยะเวลา 45 วัน

ตารางที่ 7 ผลของรังสีแบบเฉียบพลันต่อความสูงและความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยของไทรย้อยด่างเป็นปื้นหลังฉายรังสีแล้วเป็นระยะเวลา 45 วัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	ความสูงทรงพุ่ม (เซนติเมตร)	ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร)
0	8.25 a[1/]	11.23 a
20	8.15 a	10.86 a
40	6.68 ab	7.78 b
60	5.85 b	4.71 c
F-test	*	*
C.V. (%)	18.14	14.34

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

* ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.3 ผลของรังสีต่อลักษณะกลายของไทรย้อยด่างเป็นปื้นที่ได้รับรังสีแบบเฉียบพลัน

ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อลักษณะต่างๆของไทรย้อยใบแหลมด่างสามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจน หลังจากนำกิ่งพันธุ์ไทรย้อยใบแหลมด่างที่ได้รับการฉายรังสีแล้วไปย้ายปลูกลงในกระถาง 4 นิ้ว เป็นเวลา 90 วัน (ตารางที่ 8)

พบว่า ยอดที่แตกใหม่ของต้นไทรหลังจากได้รับรังสีที่ 20 เกรย์ พบต้นที่มีลักษณะต่างไปจากเดิม ซึ่งพื้นใบสีเขียว-ด่างเป็นปื้น (ภาพที่ 8 ก) จำนวน 20 ต้น (คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์) โดยแบ่งยอดที่กลายพันธุ์ออกเป็น 1 ลักษณะ คือ ยอดที่ใบมีสีเขียวทั้งใบ 20 ต้น (คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์) (ภาพที่ 8 ข)

ภาพที่ 8 แสดงลักษณะการกลายของไทรย้อยด่างเป็นปื้นที่ได้จากการฉายรังสีแบบเฉียบพลัน (ก) ต้นปกติ (control) (ข) ใบสีเขียวทั้งใบจากปริมาณรังสี 20-40 เกรย์

ไทรที่ได้รับรังสี 40 เกรย์ มีจำนวนต้นซึ่งยอดที่แตกใหม่มีลักษณะกลายจำนวน 16 ต้น จากจำนวนต้นที่รอดทั้งหมด 16 ต้น (คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์) แบ่งยอดที่กลายพันธุ์ออกเป็น 1 ลักษณะ คือ ยอดมีใบสีเขียวทั้งใบ 16 ต้น (คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์)

สำหรับไทรที่ได้รับรังสี 60 เกรย์ ปรากฏว่า มีการตายทั้งหมด ดังนั้นจึงแสดงผลกลายพันธุ์ของไทรย้อยใบแหลมด่าง ของ Control 20 และ 40 เกรย์ เท่านั้น

ตารางที่ 8 การกลายพันธุ์ของไทรย้อยด่างเป็นปื้นที่ฉายรังสีแบบเฉียบพลันในระยะเวลา 90 วัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	จำนวนต้นทั้งหมด	จำนวนต้นที่รอดตาย	การกลาย [1/]				
			ใบสีเขียวทั้งใบ	ใบสีขาวทั้งใบ	การกลาย 1 ลักษณะ	การกลาย 2 ลักษณะ	% การกลายรวม
0	20	20	-	-	-	-	-
20	20	20	20 (100%)	-	20 (100%)	-	20 (100%)
40	20	16	16 (100%)	-	16 (100%)	-	16 (100%)
60	20	0	-	-	-	-	-

1/ ไทรย้อยใบแหลมด่าง 1 ต้น สามารถเกิดลักษณะการกลายได้มากกว่า 1 ลักษณะ

3. ศึกษาผลของการฉายรังสีแบบโครนิก (chronic irradiation) ต่อการรอดชีวิต การเจริญเติบโต และการกลายพันธุ์ของไทรย้อยด่างขอบใบ

3.1 เปอร์เซ็นต์รอดชีวิตและการเจริญเติบโตของไทรย้อยด่างขอบใบหลังได้รับรังสีแบบโครนิก

หลังจากนำกิ่งพันธุ์ไทรย้อยใบแหลมด่างที่ออกรากแล้วไปย้ายปลูกลงกระถาง 4 นิ้ว แล้วไปฉายรังสีแกมมาแบบโครนิก ในระหว่างวันที่ 4-18 พฤษภาคม 2549 โดยให้ได้รับรังสี 2 อัตรารังสี (dose rate) แตกต่างกัน 2 ปริมาณรังสี และให้ปริมาณรังสีที่ต่างกันเป็นชุดการทดลองแบ่งออกเป็น 12 ชุดการทดลอง ดังรายละเอียดในตารางที่ 1 หลังจากฉายรังสีแล้วนำออกจากห้องฉายเป็นระยะ คือ นำออกวันที่ 16 และ18 พฤษภาคม 2549 ตามลำดับ จากตารางที่ 9 พบว่า ปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลไปลดเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของไทรย้อยใบแหลมด่าง ทุกชุดการทดลองมีชีวิตรอด 100 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากฉายรังสีแล้ว 45 วัน ยกเว้น ชุดการทดลองที่ 3 ซึ่งได้รับรังสี 44,246.80 แรด (rad) และชุดการทดลองที่ 12 ซึ่งได้รับรังสี 3,782.24 แรด มีชีวิตรอด 91.67 เปอร์เซ็นต์ เท่ากันทั้ง 2 ชุดการทดลอง แต่การตายของชุดการทดลอง 12 ไม่น่าจะใช่ผลของรังสี เพราะเป็นชุดการทดลองที่ได้รับรังสีต่ำสุด น่าจะเป็นผลความไม่สมบูรณ์ของต้นพันธุ์ก่อนที่นำมาฉายรังสีมากกว่า ส่วนการตายของชุดการทดลองที่ 3 ก็ไม่น่าจะใช่ผลของรังสี เพราะเป็นชุดการทดลองที่ได้รับรังสีต่ำกว่าชุดการทดลองที่ 4 น่าจะเป็นผลความไม่สมบูรณ์ของต้นพันธุ์ก่อนที่นำมาฉายรังสีมากกว่าเช่นกัน

3.2 ผลของรังสีที่ฉายแบบโครนิกต่อความสูงและความกว้างของทรงพุ่มของไทรย้อยด่างขอบใบ

หลังจากนำกิ่งพันธุ์ไทรย้อยใบแหลมด่างที่ออกรากแล้วไปย้ายปลูกลงกระถาง 4 นิ้ว แล้วไปฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกหลังจากฉายแล้ว 45 วัน แล้วนำผลการบันทึกการเจริญเติบโต ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ความสูง และความกว้างทรงพุ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 9 การรอดชีวิตและความสูงที่เพิ่มขึ้นของไทรย้อยด่างขอบใบที่ฉายรังสีแบบโครนิกในระยะเวลา 45 วัน

ชุดการทดลองที่	อัตรารังสี (Krad/h)	ปริมาณรังสี (Krad)	จำนวนต้นที่นำเข้าฉาย (ต้น)	จำนวนต้นที่รอดชีวิต (ต้น)	การรอดชีวิต %	ความสูงที่เพิ่มขึ้น (ซม.)	ความสูงที่เพิ่มขึ้น %
1	-	-	12	12	100	8.71	100
2	-	-	12	12	100	8.71	100
3	0.20	44.25	12	11	91.67	2.14[1/]	24.57
4	0.20	50.85	12	12	100	0.6[2/]	6.89
5	0.06	15.93	12	12	100	4.67[1/]	53.62
6	0.06	18.31	12	12	100	3.17[2/]	36.40
7	0.03	8.13	12	12	100	4.21[1/]	48.34
8	0.03	9.34	12	12	100	4.13[2/]	47.42
9	0.02	4.92	12	12	100	6.17[1/]	70.84
10	0.02	5.65	12	12	100	7.08[2/]	81.29
11	0.01	3.29	12	12	100	7.94[1/]	91.60
12	0.01	3.78	12	11	91.67	5.32[2/]	61.08

1/ เทียบ % จากชุดการทดลองที่ 1 ที่ไม่ได้รับการฉายรังสี

2/ เทียบ % จากชุดการทดลองที่ 2 ที่ไม่ได้รับการฉายรังสี

ตารางที่ 10 ผลของรังสีที่ฉายแบบโครนิกต่อความสูงและความกว้างทรงพุ่มของไทรย้อยด่างขอบใบหลังฉายรังสีแล้วเป็นระยะเวลา 45 วัน

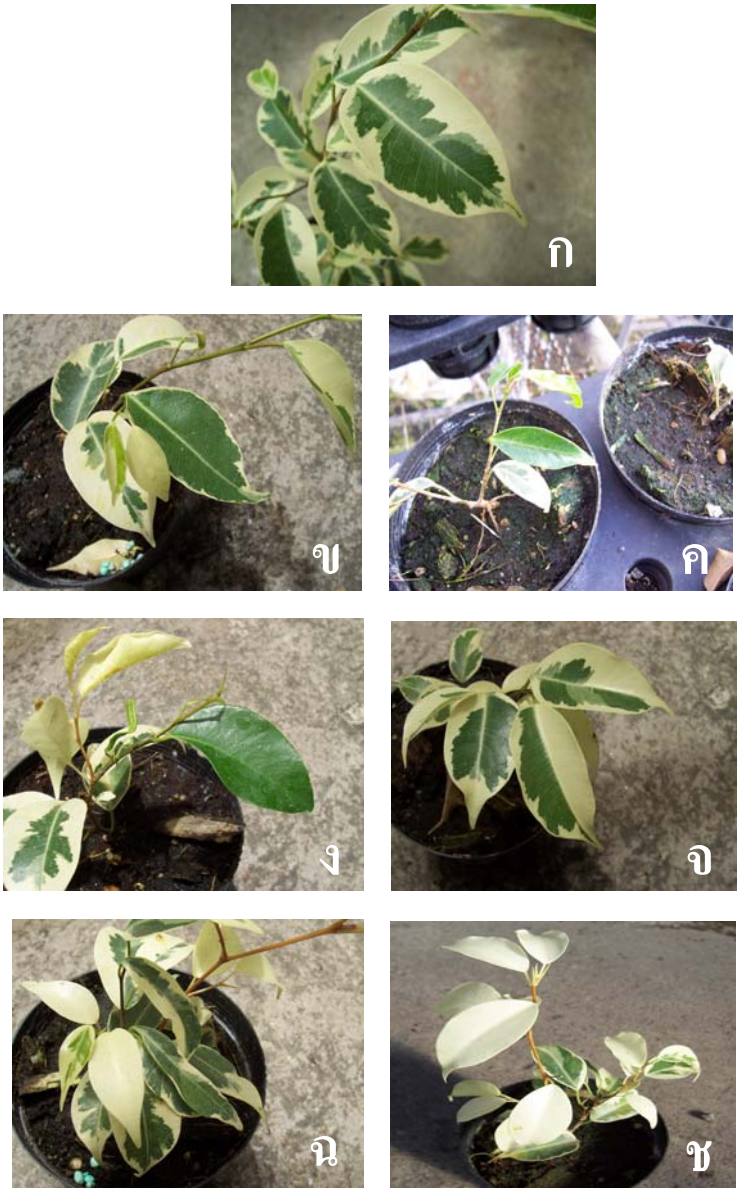
ชุดการทดลองที่	ปริมาณรังสี (Krad)	ความสูงทรงพุ่ม (ซม.)		ความกว้างทรงพุ่ม (ซม.)	
		วันที่นำออกจากห้องฉาย		วันที่นำออกจากห้องฉาย	
		16 พ.ค. 49	18 พ.ค. 49	16 พ.ค. 49	18 พ.ค. 49
1	-	13.71 a	-	13.81 a	-
2	-	-	13.71 a	-	13.81 a
3	44.25	7.14 d	-	8.11 d	-
4	50.85	-	5.60 c	-	5.39 c
5	15.93	9.67 bcd	-	11.07 bc	-
6	18.31	-	8.17 bc	-	9.46 b
7	8.13	9.21 cd	-	9.34 cd	-
8	9.34	-	9.13 abc	-	10.29 b
9	4.92	11.17 abc	-	12.69 ab	-
10	5.65	-	12.08 ab	-	12.62 ab
11	3.29	12.94 ab	-	11.50 b	-
12	3.78	-	10.32 abc	-	12.50 ab
F-test		*	*	*	*
C.V. (%)		16.92	24.97	9.97	16.64

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

* ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.3 ผลของรังสีที่ฉายแบบโครนิกต่อลักษณะการกลายพันธุ์ของไทรย้อยด่างขอบใบที่เกิดจากการได้รับรังสีในระยะเวลา 90 วัน

จากสังเกตลักษณะต่างๆ ของไทรย้อยใบแหลมด่างที่เปลี่ยนแปลงไป หลังฉายรังสีแกมมาแบบโครนิก 90 วัน พบว่าผลของรังสีแกมมาทำให้ไทรย้อยด่างขอบใบมีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งพื้นใบสีเขียว-ด่างขอบใบ (ภาพที่ 9 ก) จำนวน 69 ต้น จากจำนวนต้นที่รอดชีวิตทั้งหมด 105 ต้น (คิดเป็น 65.71 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งปรากฏว่ามีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปทั้งสิ้น 6 ลักษณะ และนำลักษณะที่สังเกตได้มาจัดแบ่งเป็นกลุ่มได้ 3 กลุ่ม (ตารางที่ 11 และภาพที่ 9) ได้แก่ กลุ่มใบด่างมีจำนวน 61 ต้น (คิดเป็น 58.11 เปอร์เซ็นต์) ได้จากลักษณะด่างขอบใบ จำนวน 1 ต้น (คิดเป็น 0.95 เปอร์เซ็นต์) (ภาพที่ 9 ข) และลักษณะด่างเป็นซีก จำนวน 60 ต้น (คิดเป็น 57.14 เปอร์เซ็นต์) (ภาพที่ 9 จ) กลุ่มใบที่มีลักษณะผิดปกติมีจำนวน 17 ต้น (คิดเป็น 16.19 เปอร์เซ็นต์) ได้จากลักษณะใบมีขนาดเล็กลงขอบเว้า พื้นมีสีเขียวอมเทาขอบใบสีขาว จำนวน 15 ต้น (คิดเป็น 14.29 เปอร์เซ็นต์) (ภาพที่ 9 ฉ) จากลักษณะใบมีขนาดเล็กลงขอบเรียบ พื้นใบมีสีเขียวอมเทา (ภาพที่ 9 ค) และลักษณะใบมีขนาดใหญ่ขึ้นขอบเรียบ พื้นใบมีสีเขียวทั้งใบ (ภาพที่ 9 ง) จำนวน 1 ต้น เท่ากันทั้ง 2 ลักษณะ (คิดเป็น 0.95 เปอร์เซ็นต์) และกลุ่มใบที่มีสีขาวทั้งใบ มีจำนวน 47 ต้น (คิดเป็น 44.76 เปอร์เซ็นต์) (ภาพที่ 9 ช) ซึ่งในส่วนของลักษณะการด่างนั้นได้แบ่งประเภทการด่างตามหนังสือไม้ด่าง 1 ของเนื่องพณิช และปราโมทย์ (2546)



ภาพที่ 9 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของใบไทรย้อยด่างขอบใบที่ได้จากการฉายรังสีแบบโครนิก (ก) ใบปกติ (control) (ข) ใบมีขนาดใหญ่ขึ้นขอบเรียบ ส่วนด่างขอบใบสีขาวเล็กลงจากสายพีนธุ์เดิม จากปริมาณรังสี 3.29 Krad อัตรารังสี 0.01 Krad/hr (ค) ใบมีขนาดเล็กลงมีลักษณะเรียวยาวขอบเรียบ พื้นใบมีสีเขียวอมเทา จากปริมาณรังสี 44.25 Krad อัตรารังสี 0.20 Krad/hr (ง) ใบมีขนาดใหญ่ขึ้นมีขอบเรียบ พื้นใบมีสีเขียวทั้งใบ จากปริมาณรังสี 44.25 Krad อัตรารังสี 0.20 Krad/hr (จ) ใบมีลักษณะด่างเป็นซีก จากปริมาณรังสี 3.29-18.31 Krad อัตรารังสี 0.01- 0.06 Krad/hr (ฉ) ใบมีขนาดเล็กลงมีลักษณะเรียวยาวขอบเว้า พื้นใบมีสีเขียวอมเทาขอบใบสีขาว จากปริมาณรังสี 3.29-18.31 Krad อัตรารังสี 0.01 - 0.06 Krad/hr (ช) ใบมีลักษณะด่างสีขาวทั้งใบ จากปริมาณรังสี 3.29-44.25 Krad อัตรารังสี 0.01-0.20 Krad/hr

ตารางที่ 11 การกลายพันธุ์ของไทรย้อยด่างขอบใบที่ฉายรังสีแบบโครนิกในระยะเวลา 90 วัน

ชุดการทดลองที่	ปริมาณรังสี (Krad)	จำนวนต้นที่นำเข้าฉาย (ต้น)	จำนวนต้นที่รอดชีวิต (ต้น)	ลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม [1/]					
				กลุ่มใบด่าง		กลุ่มใบผิดปกติ			กลุ่มใบด่างสีขาวทั้งใบ
				ขอบด่าง	ด่างซีก	ใบเล็กเว้าขอบด่าง	ใบเล็กเรียบเขียวอมเทา	ใบใหญ่เรียบเขียว	
1	-	12	12	-	-	-	-	-	-
2	-	12	12	-	-	-	-	-	-
3	44.25	12	3	-	-	-	1 (0.95%)	1 (0.95%)	1 (0.95%)
4	50.85	12	0	-	-	-	-	-	-
5	15.93	12	10	-	10 (9.52%)	5 (4.76%)	-	-	6 (5.71%)
6	18.31	12	6	-	1 (0.95%)	2 (1.90%)	-	-	6 (5.71%)
7	8.13	12	10	-	6 (5.71%)	1 (0.95%)	-	-	4 (3.81%)
8	9.34	12	10	-	5 (4.76%)	4 (3.81%)	-	-	6 (5.71%)
9	4.92	12	12	-	12 (11.43%)	-	-	-	6 (5.71%)
10	5.65	12	9	-	9 (8.57%)	2 (1.90%)	-	-	6 (5.71%)
11	3.29	12	10	1 (0.95%)	8 (7.62%)	1 (0.95%)	-	-	6 (5.71%)
12	3.78	12	11	-	9 (8.57%)	-	-	-	6 (5.71)
รวม		144	105	1 (0.95%)	60 (57.14%)	15 (14.29%)	1 (0.95%)	1 (0.95%)	47 (44.76%)

1/ ไทรย้อยใบแหลมด่าง 1 ต้น สามารถเกิดลักษณะการกลายได้มากกว่า 1 ลักษณะ

4. ศึกษาผลของการฉายรังสีแบบโครนิก (chronic irradiation) ต่อการรอดชีวิต การเจริญเติบโตและการกลายพันธุ์ของไทรย้อยด่างเป็นปื้น

4.1 <u>เปอร์เซ็นต์รอดชีวิตและการเจริญเติบโตของไทรย้อยด่างเป็นปื้นหลังได้รับรังสีแบบโครนิก</u>

หลังจากนำกิ่งพันธุ์ไทรย้อยใบแหลมด่างที่ออกรากแล้วไปย้ายปลูกลงกระถาง 4 นิ้ว แล้วไปฉายรังสีแกมมาแบบโครนิก ในระหว่างวันที่ 8-22 ธันวาคม 2548 โดยให้ได้รับรังสี 2 อัตรารังสี (dose rate) แตกต่างกัน 2 ปริมาณรังสี และให้ปริมาณรังสีที่ต่างกันเป็นชุดการทดลองแบ่งออกเป็น 12 ชุดการทดลอง ดังรายละเอียดในตารางที่ 2 หลังจากฉายรังสีแล้วนำออกจากห้องฉายเป็นระยะ คือ นำออกวันที่ 15 และ 22 ธันวาคม 2549 ตามลำดับ จากตารางที่ 12 พบว่า ปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลไปลดเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของไทรย้อยใบแหลมด่างทุกชุดการทดลองมีชีวิตรอด 100 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากฉายรังสีแล้ว 45 วัน ยกเว้น ชุดการทดลองที่ 4 ซึ่งได้รับรังสี 51,533.60 แรด มีชีวิตรอด 30 เปอร์เซ็นต์

4.2 <u>ผลของรังสีที่ฉายแบบโครนิกต่อความสูงและความกว้างของทรงพุ่มของไทรย้อยด่างเป็นปื้น</u>

หลังจากนำกิ่งพันธุ์ไทรย้อยใบแหลมด่างที่ออกรากแล้วไปย้ายปลูกลงกระถาง 4 นิ้ว แล้ว ไปฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกหลังจากฉายแล้ว 45 วัน แล้วนำผลการบันทึกการเจริญเติบโตไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า การเจริญเติบโตทางด้านความสูง และความกว้างทรงพุ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 12 การรอดชีวิตและความสูงที่เพิ่มขึ้นของไทรย้อยด่างเป็นปื้นหลังฉายรังสีแบบโครนิก ในระยะเวลา 45 วัน

ชุดการทดลองที่	อัตรารังสี (Krad/h)	ปริมาณรังสี (Krad)	จำนวนต้นที่นำเข้าฉาย (ต้น)	จำนวนต้นที่รอดชีวิต (ต้น)	การรอดชีวิต %	ความสูงที่เพิ่มขึ้น (ซม.)	ความสูงที่เพิ่มขึ้น %
1	-	-	10	10	100	8.47	100
2	-	-	10	10	100	10.05	100
3	0.20	25.77	10	10	100	3.94 1/	46.52
4	0.20	51.53	10	3	30	7.08 2/	70.45
5	0.06	9.28	10	10	100	5.28 1/	62.34
6	0.06	18.55	10	10	100	5.66 2/	56.32
7	0.03	5.73	10	10	100	5.94 1/	70.13
8	0.03	9.46	10	10	100	6.66 2/	66.27
9	0.02	2.86	10	10	100	6.73 1/	79.46
10	0.02	5.72	10	10	100	7.64 2/	76.02
11	0.01	1.92	10	10	100	5.95 1/	70.24
12	0.01	3.83	10	10	100	4.56 2/	45.37

1/ เทียบ % จากชุดการทดลองที่ 1 ที่ไม่ได้รับการฉายรังสี

2/ เทียบ % จากชุดการทดลองที่ 2 ที่ไม่ได้รับการฉายรังสี

ตารางที่ 13 ผลของรังสีที่ฉายแบบโครนิกต่อความสูงและความกว้างทรงพุ่มของไทรย้อยด่างเป็นปื้น ในระยะเวลา 45 วัน

ชุดการทดลองที่	ปริมาณรังสี (Krad)	ความสูงทรงพุ่ม (ซม.)		ความกว้างทรงพุ่ม (ซม.)	
		วันที่นำออกจากห้องฉาย		วันที่นำออกจากห้องฉาย	
		15 ธ.ค. 49	22 ธ.ค. 49	15 ธ.ค. 49	22 ธ.ค. 49
1	-	12.02 a	-	12.89 a	-
2	-	-	13.60 a	-	12.82 a
3	25.77	7.49 c	-	10.79 b	-
4	51.53	-	7.08 b	-	8.83 a
5	9.28	8.83 bc	-	11.12 b	-
6	18.55	-	9.20 ab	-	10.42 a
7	5.73	9.49 bc	-	10.72 b	-
8	9.46	-	10.20 ab	-	10.21 a
9	2.86	10.28 ab	-	11.40 b	-
10	5.72	-	11.19 ab	-	12.39 a
11	1.92	9.50 bc	-	11.39 b	-
12	3.83	-	11.00 ab	-	11.81 a
F-test		*	*	*	ns
C.V. (%)		12.86	27.94	7.23	28.90

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

* ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

4.3 ผลของรังสีที่ฉายแบบโครนิกต่อลักษณะการกลายพันธุ์ของไทรย้อยด่างเป็นปื้นที่เกิดจากการได้รับรังสีในระยะเวลา 90 วัน

จากสังเกตลักษณะต่างๆ ของไทรย้อยใบแหลมด่างที่เปลี่ยนแปลงไป หลังฉายรังสีแกมมาแบบโครนิก 90 วัน พบว่าผลของรังสีแกมมาทำให้ไทรย้อยด่างเป็นปื้นมีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งพื้นใบสีเขียว-ด่างเป็นปื้น (ภาพที่ 10 ก) จำนวน 3 ต้น จากจำนวนต้นที่รอดชีวิตทั้งหมด 117 ต้น (คิดเป็น 2.56 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งปรากฏว่ามีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปทั้งสิ้น 5 ลักษณะ และนำลักษณะที่สังเกตได้มาจัดเป็นกลุ่มได้ 4 กลุ่ม (ตารางที่ 14 และภาพที่ 10) ได้แก่ กลุ่มด่างเป็นปื้นเล็ก ๆ 1 ต้น (คิดเป็น 0.85 เปอร์เซ็นต์) (ภาพที่ 10 ข) กลุ่มด่างที่ขอบใบ 1 ต้น (คิดเป็น 0.85 เปอร์เซ็นต์) (ภาพที่ 10 ง และภาพที่ 10 จ) กลุ่มใบที่มีขนาดใหญ่ขึ้น 1 ต้น (คิดเป็น 0.85 เปอร์เซ็นต์) (ภาพที่ 10 ค) และกลุ่มใบที่มีสีเขียวทั้งใบ 117 ต้น (คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์) (ภาพที่ 10 ฉ) ซึ่งในส่วนของลักษณะการด่างนั้นได้แบ่งประเภทการด่างตามหนังสือไม้ด่าง 1 ของเนื่องพณิช และปราโมทย์ (2546)

ตารางที่ 14 การกลายพันธุ์ของไทรย้อยด่างเป็นปื้นที่ฉายรังสีแบบโครนิกเป็นระยะเวลา 90 วัน

ชุดการทดลองที่	ปริมาณรังสี (Krad)	จำนวนต้นที่นำเข้าฉาย (ต้น)	จำนวนต้นที่รอดชีวิต (ต้น)	ลักษณะที่เปลี่ยนไปจากเดิม [1/]				
				กลุ่มด่างที่ขอบใบ		กลุ่มด่างเป็นปื้นเล็ก ๆ	กลุ่มใบที่มีขนาดใหญ่ขึ้น	กลุ่มใบที่มีสีเขียว
				ขอบขาว	ขอบขาวมีจุดประ			
1	-	10	10	-	-	-	-	10 (8.55%)
2	-	10	10	-	-	-	-	10 (8.55%)
3	25.77	10	3	-	-	-	-	3 (2.56%)
4	51.53	10	10	-	-	-	-	10 (8.55%)
5	9.28	10	10	-	-	-	-	10 (8.55%)
6	18.55	10	10	-	-	1 (0.85%)	-	10 (8.55%)
7	5.73	10	10	-	-	-	-	10 (8.55%)
8	9.46	10	10	-	-	-	1 (0.85%)	10 (8.55%)
9	2.86	10	10	-	-	-	-	10 (8.55%)
10	5.72	10	10	1 (0.85%)	1 (0.85%)	-	-	10 (8.55%)
11	1.92	10	10	-	-	-	-	10 (8.55%)
12	3.83	10	10	-	-	-	-	10 (8.55%)
รวม		120	117	1 (0.85%)	1 (0.85%)	1 (0.85%)	1 (0.85%)	117 (100%)

1/ ไทรย้อยใบแหลมด่าง 1 ต้น สามารถเกิดลักษณะการกลายได้มากกว่า 1 ลักษณะ

ภาพที่ 10 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของใบไทรย้อยด่างเป็นปื้นที่ได้จากการฉายรังสีแบบโครนิก (ก) ใบปกติ (control) (ข) ใบมีขนาดเล็กลงขอบเรียบ ด่างเป็นปื้นเล็ก ๆ จากปริมาณรังสี 18.55 Krad อัตรารังสี 0.06 Krad/hr (ค) ใบมีขนาดใหญ่ขึ้นขอบเรียบ ด่างเป็นปื้น สีเขียวอมเทา-ขาว จากปริมาณรังสี 9.46 Krad อัตรารังสี 0.03 Krad/hr (ง) ใบมีขนาดใหญ่ขึ้นขอบเรียบ ด่างขอบใบสีขาว จากปริมาณรังสี 5.72 Krad อัตรารังสี 0.02 Krad/hr (จ) ใบมีขนาดเล็กลง ขอบเรียบ ด่างขอบใบสีขาวมีจุดประ จากปริมาณรังสี 5.72 Krad อัตรารังสี 0.02 Krad/hr (ฉ) ใบมีสีเขียวทั้งใบ จากปริมาณรังสี 0-51.53 Krad อัตรารังสี 0-0.20 Krad/hr

วิจารณ์

1. <u>การรอดชีวิตของไทรย้อยใบแหลมด่างหลังจากได้รับรังสีแกมมา</u>

หลังจากนำกิ่งพันธุ์ไทรย้อยใบแหลมด่างทั้ง 2 สายพันธุ์ คือ ไทรย้อยด่างขอบใบและ ไทรย้อยด่างเป็นปื้นที่ออกรากแล้ว ไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณรังสี 0 20 40 และ60 เกรย์ หลังฉายรังสี 45 วัน พบว่าปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นมีผลไปลดเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของไทรย้อยใบแหลมด่างทั้ง 2 สายพันธุ์ โดยการรอดชีวิตจะลดลงเมื่อปริมาณรังสีสูงขึ้น นั่นคือที่ปริมาณรังสี 20 40 และ 60 เกรย์ ของไทรย้อยด่างขอบใบมีการรอดชีวิตเท่ากับ 100 95 และ50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนไทรย้อยด่างเป็นปื้น มีการรอดชีวิตเท่ากับ 100 100 และ 80 เกรย์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของพรรณี (2543) ที่รายงานว่า ปริมาณรังสีที่สูงขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของพิทูเนียพันธุ์ Pearl Wave ลดลง เนื่องจากรังสีที่สูงขึ้นทำให้อะตอมต่างๆ ภายในเซลล์ที่รังสีผ่านเข้าไป เกิดการแตกตัวเป็นไอออนที่ไวต่อการทำปฏิกิริยา สามารถก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีขึ้นภายในเซลล์ โดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้เกิดความเสียหายต่อการทำหน้าที่ต่างๆ ของเซลล์ ทำให้เซลล์ตายได้ (สิรนุช, 2540) ซึ่ง Evan (1965) อ้างว่ารังสีทำให้เนื้อเยื่อเจริญมีการเปลี่ยนแปลง เมื่อศึกษาทางเซลล์วิทยา (cytology) พบว่าทำให้กลไกการแบ่งเซลล์ (mitotic cell cycle) ช้าลง เกิดความผิดปกติกับโครโมโซม (chromosome aberration) รวมทั้งสูญเสียความสามารถในการเปลี่ยนแปลง (differentiation) และเป็นสาเหตุทำให้เซลล์ตายในที่สุด

ส่วนการนำกิ่งพันธุ์ไทรย้อยใบแหลมด่างทั้ง 2 สายพันธุ์ที่ออกรากแล้วย้ายปลูกลงกระถาง 4 นิ้ว ไปฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกที่ปริมาณรังสีต่างๆ กัน ดังรายละเอียดในตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2 ตามลำดับ พบว่าปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลไปลดเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของไทรย้อยใบแหลมด่างทั้ง 2 สายพันธุ์ ทุกชุดการทดลองมีชีวิตรอด 100 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากฉายรังสีแล้ว 45 วัน ยกเว้นชุดการทดลองที่ได้รับรังสี 3.78 , 44.25 และ51.53 กิโลแรด มีชีวิตรอด 91.67, 91.67 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนชุดการทดลองอื่นไม่มีการตายเพราะได้รับปริมาณรังสีต่ำ

เมื่อเปรียบเทียบผลของรังสีแกมมาต่อไทรย้อยใบแหลมด่างทั้ง 2 พันธุ์ ที่นำมาฉายรังสีด้วยวิธีการฉายรังสีแบบเฉียบพลันและแบบโครนิก พบว่าการเพิ่มปริมาณรังสีให้สูงทำให้เปอร์เซ็นต์การอยู่รอดลดลง กล่าวคือ ต้นไทรย้อยด่างขอบใบจะมีการตายลงครึ่งหนึ่งเมื่อได้รับปริมาณรังสีแบบเฉียบพลันที่ปริมาณรังสี 60 เกรย์ (ตารางที่ 3) ส่วนต้นไทรย้อยด่างเป็นปื้นจะเริ่มมีการตาย เมื่อได้รับปริมาณรังสี

60 เกรย์ (ตารางที่ 6) แสดงให้เห็นว่าผลของรังสีที่แสดงออกกับพืชคนละพันธุ์กันจะแตกต่างกัน ถึงแม้ปริมาณรังสีที่ได้รับจะเท่ากันก็ตาม ในทำนองเดียวกันสำหรับต้นที่รอด ปริมาณรังสีที่ได้รับเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้การเจริญเติบโตลดลง ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของชัยชุมพล (2526) ที่รายงานว่าปริมาณรังสี 1 กิโลแรด (Krad) ไม่ทำให้เกิดการตาย ปริมาณรังสี 3 กิโลแรด และ 5 กิโลแรด มีการเจริญเติบโตที่ช้ากว่าปกติ ทั้งนี้เนื่องมาจากรังสีไปทำให้การทำงานและการแบ่งเซลล์บริเวณจุดเจริญผิดปกติ (Broertjes and Van Harten, 1978; ชัยชุมพล, 2526) แต่ไม่เป็นอันตรายจนทำให้เกิดการตายของเซลล์ ซึ่ง Venketeswarns and Partanen (1966) รายงานว่าการใช้รังสีที่ปริมาณรังสีสูงๆ จะมีผลทำให้เซลล์ตรงจุดเจริญตาย ทำลายจุดกำเนิดใบ พืชจะหยุดการเจริญเติบโตและตายไปในที่สุด สำหรับการฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกนั้นถึงแม้ว่าปริมาณรังสีรวมที่ได้รับจะสูงกว่าทุกปริมาณรังสีที่ฉายแบบเฉียบพลัน แต่เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของทุกชุดการทดลองของไทรย้อยใบแหล่มด่างทั้ง 2 สายพันธุ์สูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เกือบทุกชุดการทดลอง เนื่องจากเมื่อรังสีทำอันตรายต่อส่วนใดส่วนหนึ่งภายในเซลล์จะมีเอนไซม์ชุดหนึ่งทำหน้าที่ซ่อมแซมส่วนที่ได้รับอันตรายจากรังสี (สิรนุช, 2523) การฉายรังสีในปริมาณต่ำๆ และใช้เวลานานๆ ทำให้อันตรายจากรังสีต่อส่วนหนึ่งส่วนใดของเซลล์ไม่รุนแรง ทั้งยังสามารถซ่อมแซมส่วนที่ได้รับอันตรายได้ ทำให้เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของไทรย้อยใบแหลมด่างทั้ง 2 สายพันธุ์ที่ฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกมีชีวิตรอดสูง

2. <u>ผลของรังสีแกมมาต่อการเจริญเติบโตของไทรย้อยใบแหลมด่าง</u>

หลังจากนำกิ่งพันธุ์ไทรย้อยใบแหลมด่างทั้ง 2 สายพันธุ์ ไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันและแบบโครนิก พบว่า ความสูงและความกว้างทรงพุ่มมีแนวโน้มลดลง ตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับรังสี และมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของใบเกิดขึ้นทั้ง 2 สายพันธุ์ แสดงให้เห็นว่ารังสีมีผลต่อการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงของต้นไทรย้อยใบแหลมด่าง โดยเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มมากขึ้นจะทำให้การเจริญเติบโตของต้นไทรย้อยใบแหลมด่างทั้ง 2 สายพันธุ์ลดลง และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานแก่ต้นพืชด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในต้นพิทูเนียของ (พรรณี, 2543; ภัทรมาศ, 2548) และ คาร์เนชั่น (ชัยชุมพล, 2526) เก็กฮวย (เสริมศิริ, 2530) เบญจมาศ (ชุตินทร, 2532) แพรเซี่ยงไฮ้ (อรุณี และ นวลฉวี, 2535) พุทธรักษา (สิรนุชและอรุณี , 2544) และดาวกระจาย (ธนาธิป, 2547) โดยได้รายงานว่า ปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นทำให้การเจริญเติบโต ความสูง ทรงพุ่ม ความกว้างทรงพุ่มลดลง และยังมีลักษณะผิดปกติของใบและต้น เนื่องจากเมื่อพืชได้รับรังสีที่รุนแรงมากอาจทำให้เซลล์ตายได้แต่ถ้าไม่รุนแรง เซลล์จะยังมีชีวิตอยู่ได้ แต่จะมีการเจริญเติบโตช้าลง (อรุณี, 2539) เช่นเดียวกับ สุภลัคน์ (2543) ได้รายงานว่าปริมาณรังสีต่ำทำให้ต้นกล้ากล้วยไข่ 4X มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับชุดควบคุม ซึ่งอธิบายได้ว่าถึงแม้เซลล์จะได้รับรังสี แต่ภายในเซลล์จะมีเอนไซม์

ทำหน้าที่ซ่อมแซมส่วนที่ได้รับอันตรายจากรังสี (สิรนุช, 2540) แต่ถ้าปริมาณรังสีสูงขึ้นจะไปทำความเสียหายกับโครโมโซมและองค์ประกอบอื่นภายในไซโตพลาสซึม ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของเซลล์ และยังอาจไปทำลายกระบวนการสร้าง ATP ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานภายในเซลล์ เนื่องจากการสังเคราะห์ไมโครโมเลกุลในเซลล์ต้องการ ATP เมื่อกระบวนการสร้าง ATP ถูกทำลายจะทำให้พลังงานในเซลล์ลดลง จึงเป็นสาเหตุให้เซลล์แบ่งตัวช้าหรือตายไปในที่สุด (อรุณี, 2530)

3. <u>ผลของรังสีแกมมาต่อลักษณะกลายของไทรย้อยใบแหลมด่าง</u>

หลังจากนำไทรย้อยใบแหลมด่างทั้ง 2 สายพันธุ์ไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันและแบบโครนิกแล้วมีอายุได้ 90 วัน พบว่าไทรย้อยใบแหลมด่างมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงของใบ โดยลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไป คือ รูปแบบการด่างของใบ รูปแบบของใบ ขนาดของใบ และสีของใบ

รูปแบบการด่างและลักษณะของใบที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากฉายรังสีให้กับไทรย้อยใบแหลมด่าง พันธุ์เขียวด่างขอบใบ มีทั้งสิ้น 6 ลักษณะ คือ

1. ใบมีขนาดใหญ่ขึ้นขอบเรียบ ส่วนด่างขอบใบสีขาวเล็กลงจากสายพันธุ์เดิม
2. ใบมีขนาดเล็กลงมีลักษณะเรียวยาวขอบเรียบ พื้นใบมีสีเขียวอมเทา
3. ใบมีขนาดใหญ่ขึ้นขอบเรียบ พื้นใบมีสีเขียวทั้งใบ
4. ใบมีลักษณะด่างเป็นซีก
5. ใบมีขนาดเล็กลงมีลักษณะเรียวยาวขอบเว้า พื้นใบมีสีเขียวอมเทาขอบใบสีขาว
6. ใบมีลักษณะด่างสีขาว

ส่วนไทรย้อยใบแหลมด่างพันธุ์ เขียวด่างเป็นปื้นมีรูปแบบการด่างและลักษณะของใบที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากฉายรังสี มีทั้งสิ้น 5 ลักษณะ คือ

1. ใบมีขนาดเล็กลงขอบเรียบ ด่างเป็นปื้นเล็ก ๆ
2. ใบมีขนาดใหญ่ขึ้นขอบเรียบ ด่างเป็นปื้น สีเขียวอมเทา-ขาว
3. ใบมีขนาดใหญ่ขึ้นขอบเรียบ ด่างขอบใบสีขาว
4. ใบมีขนาดเล็กลงขอบเรียบ ด่างขอบใบสีขาวมีจุดประ

5. ใบมีสีเขียวทั้งใบ

รูปแบบการด่างและลักษณะของใบที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากฉายรังสีให้กับไทรย้อยใบแหลมด่างทั้ง 2 สายพันธุ์จากที่กล่าวมาแล้วมี 8 ลักษณะ พบลักษณะที่คงตัวอยู่ 2 ลักษณะ คือ ใบมีขนาดใหญ่ขึ้นขอบเรียบ ด่างขอบใบ และใบมีขนาดเล็กลงขอบเรียบ ด่างเป็นปื้นเล็ก ๆ และสามารถที่จะขยายพันธุ์ได้โดยวิธีการปักชำ ซึ่งลักษณะดังกล่าวน่าจะจัดเป็นพันธุ์กลายได้ เนื่องจากการกลายพันธุ์ (mutation) คือ การเปลี่ยนแปลงสารพันธุ์กรรมของเซลล์ ซึ่งสามารถที่จะถ่ายทอดไปยังลูกหลานได้ (สิรนุช, 2540) ซึ่งไม่ได้เป็นผลมาจากการกระจายตัวและการรวมตัวกันอย่างอิสระของยีน (Harten, 1998) อย่างไรก็ตามลักษณะที่เปลี่ยนแปลงบางลักษณะอาจมีการเปลี่ยนแปลงกลับไปเป็นลักษณะเดิมได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นผลของรังสีทำให้เกิดความเสียหายทางสรีรวิทยากับพืช (อรุณี, 2530) การที่รูปแบบการด่างของใบเปลี่ยนแปลงไป อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากรังสีไปมีผลต่อการกระจายตัวของคลอโรฟิลล์ไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดลักษณะการด่างขึ้น (อรุณี, 2539) และยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีใบด้วย ซึ่งสอดคล้องสอดคล้องกับการทดลองของ Mandal et al., 2000 ซึ่งพบว่าภายหลังจากการฉายรังสีแกมมาให้กับเบญจมาศ เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีดอก และเกิดลักษณะการด่างของใบขึ้น โดยสันนิษฐานว่ารังสีอาจไปมีผลต่อเซลล์ใดเซลล์หนึ่งของเซลล์เนื้อเยื่อเจริญ โดยเซลล์ที่กลายจะเจริญเติบโตและแบ่งตัวไปพร้อมๆ กับเซลล์ปกติทำให้ได้ต้นที่มีเนื้อเยื่อ 2 ชนิด คือ เนื้อเยื่อที่เกิดการกลายและเนื้อเยื่อปกติเจริญเติบโตอยู่ร่วมกัน เรียกว่า ไคเมอรา (chimera) นอกจากนี้ยังพบลักษณะใบขาวทั้งใบหรือที่เรียกว่า albino อันเป็นผลเนื่องมาจากรังสีมีผลทำให้กระบวนการสร้างคลอโรฟิลล์ในส่วนของใบที่เป็นสีเขียวถูกขัดขวาง ทำให้ส่วนที่เป็นสีเขียวกลายเป็นสีขาว และต้นที่เป็น albino จะไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ เนื่องจากขาดคลอโรฟิลล์ที่ใช้ในการสังเคราะห์แสง

ส่วนการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านขนาดและรูปร่างของใบ เมื่อได้รับรังสีนั้นอาจเนื่องมาจากลักษณะ physiological damage คือ รังสีไปทำอันตรายเซลล์ในส่วนที่จะเจริญต่อไปเป็นใบ สอดคล้องกับการทดลองของ Venketeswaran and Partenen (1966) ซึ่งได้ทดลองฉายรังสีแกมมาให้กับต้นกล้ายาสูบ และพบลักษณะผิดปกติ เช่น ใบแคบ อาจเป็นเพราะรังสีไปทำลายเนื้อเยื่อเจริญบางส่วน ทำให้มีการแบ่งเซลล์ผิดปกติไป หรือทำลายจุดกำเนิดใบ (leaf primordia) ซึ่งลักษณะผิดปกติเหล่านี้จะหายไปเมื่อต้นโตขึ้น แต่ในกรณีที่ลักษณะผิดปกติยังคงอยู่ แม้ว่าต้นจะโตมากและสามารถถ่ายทอดได้ อาจสันนิษฐานได้ว่ารังสีก่อให้เกิดความผิดปกติระดับยีนหรือโครโมโซมก็เป็นได้ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ (ภัทรมาศ, 2548)

เมื่อนำผลของการรังสีแกมมาที่มีต่อไทรย้อยใบแหลมด่างทั้ง 2 พันธุ์ ที่ไปฉายรังสีแบบเฉียบพลันและแบบโครนิกมาเปรียบเทียบกัน พบว่าการฉายรังสีแบบโครนิกจะทำให้ลักษณะที่เปลี่ยนแปลงของใบมากกว่าการฉายรังสีแบบเฉียบพลัน เนื่องจากการได้รับรังสีในปริมาณต่ำๆ และใช้ระยะเวลานาน หรือการฉายแบบโครนิกทำให้อันตรายจากรังสีต่อส่วนหนึ่งส่วนใดของเซลล์ไม่รุนแรงทั้งยังสามารถซ่อมแซมส่วนที่ได้รับอันตรายได้ ดังนั้นโอกาสการรอดชีวิตของเซลล์ที่ได้รับรังสีก็มีสูง ทำให้ต้นพืชที่นำมาทดลองรอดตายสูง ส่งผลทำให้มีโอกาสได้ต้นที่มีลักษณะการกลายสูงตามไปด้วย

สรุป

จากการศึกษาผลของรังสีต่อการรอดชีวิตของไทรย้อยใบแหลมด่างทั้ง 2 สายพันธุ์ คือ ไทรย้อยด่างขอบใบและไทรย้อยด่างเป็นปื้น ที่ทำการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันและแบบโครนิก พบว่าปริมาณรังสีที่ทำให้เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของไทรย้อยด่างขอบใบที่ฉายรังสีแบบเฉียบพลันลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับการฉายรังสีที่ 45 วัน หรือค่า $LD_{50(45)}$ มีค่าเท่ากับ 60 เกรย์ ส่วนไทรย้อยด่างเป็นปื้น ที่ทำการฉายรังสีแบบเฉียบพลันเช่นกันไม่สามารถหาค่า $LD_{50(45)}$ ได้ สำหรับการฉายรังสีแกมมาแบบโครนิก พบว่าทุกชุดการทดลองมีชีวิตรอด 100 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากฉายรังรังสีแล้ว 45 วัน ยกเว้นชุดการทดลองที่ 3 และชุดการทดลองที่ 12 ซึ่งมีชีวิตรอด 91.67 เปอร์เซ็นต์ เท่ากันทั้ง 2 ชุดการทดลอง (ตารางที่ 9) และชุดการทดลองที่ 4 ของไทรย้อยใบแหลมด่างเขียวด่างเป็นปื้น มีชีวิตรอด 30 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12)

สำหรับการศึกษาผลของรังสีแกมมาต่อการเจริญเติบโตของไทรย้อยใบแหลมด่างทั้ง 2 พันธุ์ ที่ทำการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันและแบบโครนิก พบว่าความสูงและความกว้างของทรงพุ่มมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น

การศึกษาผลของรังสีแกมมาต่อลักษณะกลายของไทรย้อยใบแหลมด่างทั้ง 2 พันธุ์ ที่ฉายรังสีแบบเฉียบพลันและแบบโครนิก พบว่าไทรย้อยใบแหลมด่างมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงของใบ ลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไป คือ รูปแบบการด่างของใบ รูปแบบของใบ ขนาดของใบและสีของใบ

รูปแบบการด่างและลักษณะของใบที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากฉายรังสีให้กับไทรย้อยใบแหลมด่างพันธุ์ เขียวด่างขอบใบ มีทั้งสิ้น 6 ลักษณะ คือ

1. ใบมีขนาดใหญ่ขึ้นขอบเรียบ ส่วนด่างขอบใบสีขาวเล็กลงจากสายพันธุ์เดิม
2. ใบมีขนาดเล็กลงมีลักษณะเรียวยาวขอบเรียบ พื้นใบมีสีเขียวอมเทา
3. ใบมีขนาดใหญ่ขึ้นขอบเรียบ พื้นใบมีสีเขียวทั้งใบ
4. ใบมีลักษณะด่างเป็นซีก
5. ใบมีขนาดเล็กลงมีลักษณะเรียวยาวขอบเว้า พื้นใบมีสีเขียวอมเทาขอบใบสีขาว
6. ใบมีลักษณะด่างสีขาว

ส่วนไทรย้อยใบแหลมด่างพันธุ์ เขียวด่างเป็นปื้นมีรูปแบบการด่างและลักษณะของใบที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากฉายรังสี มีทั้งสิ้น 5 ลักษณะ คือ

1. ใบมีขนาดเล็กลงขอบเรียบ ด่างเป็นปื้นเล็ก ๆ
2. ใบมีขนาดใหญ่ขึ้นขอบเรียบ ด่างเป็นปื้น สีเขียวอมเทา-ขาว
3. ใบมีขนาดใหญ่ขึ้นขอบเรียบ ด่างขอบใบสีขาว
4. ใบมีขนาดเล็กลงขอบเรียบ ด่างขอบใบสีขาวมีจุดประ
5. ใบมีสีเขียวทั้งใบ

จากการฉายรังสีแกมมาให้กับไทรย้อยใบแหลมด่าง พบว่ารูปแบบการด่างของไทรย้อยใบแหลมด่างเปลี่ยนแปลงไป และได้ลักษณะที่คงตัว ซึ่งนับว่าเป็นการกลายพันธุ์ที่แท้จริงอยู่ 2 ลักษณะ คือ ใบมีขนาดใหญ่ขึ้นขอบเรียบ ส่วนด่างขอบใบสีขาวเล็กลงจากสายพันธุ์เดิม และใบมีขนาดเล็กลงขอบเรียบด่างเป็นปื้นเล็ก ๆ โดยลักษณะการกลายพันธุ์ดังกล่าวสามารถเจริญเติบโตได้ดี และขยายพันธุ์ได้โดยวิธีการปักชำ ดังนั้นการฉายรังสีจึงน่าจะเป็นแนวทางที่ดีอีกทางหนึ่งในการปรับปรุงพันธุ์ไม้ประดับใบด่างชนิดอื่นๆ เพื่อพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ให้มีลักษณะแปลกใหม่ ซึ่งอาจจะเป็นที่ต้องการของตลาดในอนาคต

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

จารุพันธ์ ทองแถม. 2548. **ไทรประดับในประเทศไทยและรูปแบบการใช้ประโยชน์**. เอกสารการสอนวิชาไม้ประดับ. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชุตินทร บูรณะกนิษฐ์. 2532. **การชักนำให้เบญจมาศกลายพันธุ์โดยใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อร่วมกับการฉายรังสี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยชุมพล สุริยศักดิ์. 2526. **ผลของรังสีแกมมาต่อการเพาะเลี้ยงปลายยอดคาร์เนชันพันธุ์ไวท์ชิม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนาธิป เพริศพรายวงศ์. 2547. **การเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ต่อต้นดาวกระจาย (*Hygrophila difformis*) ในสภาพปลอดเชื้อด้วยรังสีแกมมา**. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. ภาควิชารังสีและไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เนื่องพนิช สินชัยศรี และ ปราโมทย์ โรจน์เรืองแสง. 2547. **ไม้ด่าง : VARIEGATED PLANTS เล่ม 1-2** . สำนักพิมพ์บ้านและสวน, กรุงเทพฯ.

ปิฏฐะ บุญนาค. 2511. **ไม้ประดับ**. ห้างหุ้นส่วนจำกัด เกษมบรรณกิจ, กรุงเทพฯ.

พรรณี ศรีสวัสดิ์. 2543. **การศึกษาอิทธิพลของรังสีแกรมมาต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะการเจริญเติบโตของพิทูเนียพันธุ์ Pearl Wave**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.

ภัทรมาศ พานพุ่ม. 2548. **การฉายรังสีแกมมาเพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ ในพิทูเนียใบด่างที่ขยายพันธุ์โดยวิธีการปักชำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.

รงรอง วิเศษสุวรรณ. 2528. **การชักนำให้เยอบีรากลายพันธุ์ในหลอดทดลอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิชชุตา รุ่งเรือง. 2537**. ผลของโคลชิซินและรังสีแกมมาที่มีต่อการกลายพันธุ์ของหน้าวัวพันธุ์ "Double Spathe" ที่เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิรนุช ลามศรีจันทร์. 2523. **รังสีพันธุศาสตร์และการปรับปรุงพันธุ์พืช**. เอกสารประกอบการสอนวิชารังสี 521. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2527. **พันธุศาสตร์รังสี**. ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2536. **การกลายพันธุ์ของพืช**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2540**. การกลายพันธุ์ของพืช**. ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2546. **รังสีกับการเปลี่ยนแปลงยีนพืชให้กลายพันธุ์**. สมาคมนิวเคลียร์ แห่งประเทศไทย, กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 36 น.

_____ และอรุณี วงศ์ปิยะสถิตย์. 2544. **พุทธรักษากับศ. ดร. ธีระ สูตะบุตร 60 ปี ผู้ที่สร้างสรรค์ให้กับสังคม หนังสือครบรอบ 60 ปี ศ. ดร. ธีระ สูตะบุตร**. หจก. เอพลัสทรี มีเดีย, กรุงเทพฯ. 97 – 102 น.

สุภลัคน์ สุขสม. 2543. **ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกล้วยไข่ 4x**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุมนา กิจไพฑูรย์. 2528. **การกลายพันธุ์ของบีโกเนียโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อร่วมกับการฉายรังสีแกมมา.** ปัญหาพิเศษปริญญาโท. มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.

เสริมศิริ เอี่ยมแฟง. 2532. **การปรับปรุงพันธุ์เก็กฮวยโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรรถ นาครทรรพ. 2505. **เรื่องของปรมณู**. ห้างหุ้นส่วนจำกัดศิวาพร, กรุงเทพฯ.

อรุณี วงศ์ปิยะสถิตย์. 2530. **วิธีการปรับปรุงพันธุ์โดยการกลายพันธุ์**. เอกสารการสอนการใช้รังสีและไอโซโทป. ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2539. **การใช้รังสีในการปรับปรุงพันธุ์พืช**. เอกสารการสอนการใช้รังสีและไอโซโทป. ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2541. **หลักการและวิธีการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยรังสีในพืชที่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด**. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการการปรับปรุงพันธุ์พืช โดยใช้เทคนิคการกลายพันธุ์ ณ ศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 179 น.

_____. 2549. **การกลายพันธุ์ : เพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืช.** สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____ และนวลฉวี รุ่งธนเกียรติ. 2534. **รายงานการวิจัยเรื่องการใช้รังสีแกรมมาชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในลักษณะดอกและสีแพรเชี่ยงไฮ้.** ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2535. **ผลของรังสีแกรมมาต่อการเปลี่ยนแปลง ลักษณะและสีดอกแพรเชี่ยงไฮ้ รายงานการวิจัย สาขาพืช การประชุมทางวิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 30 วันที่ 29 มกราคม – 1 กุมภาพันธ์, กรุงเทพฯ.** 695-704 น.

_____, สิรนุช ลามศรีจันทร์ และ พีรนุช จอมพุก. 2543. การสร้างพันธุ์ไม้ดอกไม้ประดับให้สวยด้วยรังสี, น. 16-21. ใน **เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการสร้างพันธุ์ไม้ดอกไม้ประดับให้สวยด้วยรังสี สำหรับเกษตรกรผู้ปลูกไม้ดอกไม้ประดับเป็นอาชีพ.** ศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี 9 มิถุนายน– 21 กรกฎาคม 2543. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อดิศร กระแสชัย. 2539. **การปรับปรุงพันธุ์ไม้ดอกโดยวิธีการกระตุ้นให้เกิดการกลายพันธุ์**. เอกสารประกอบการสอน วิชาการปรับปรุงพันธุ์ไม้ดอกไม้ประดับ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

เอื้อมพร วีสมหมาย, ศศิยา ศิริพานิช, อริศรา มีนะกนิษฐ และ ณัฏฐ พิชกรรม. 2540. **พรรณไม้ในงานภูมิสภาปัตยกรรม**. สมาคมภูมิสถาปนิกประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

Bloemenveiling Aalsmeer. 2005. **The world marketplace for flowers and plants**. BA Aalsmeer Publising, Neither land. 22 p.

Beckett, K.A. 1995. **The R.H.S. Encyclopedia of House Plant**. 3 rd. CLB Pulblising, ltaly.

Benetka, V. 1988. Induction of compact mutants in *Begonia hiemalis Fotch cultivar Schwabenland*. **Ornamental Hort Bold**. 16(6) : 23

Broertjes, C. 1969. Mutation breeding of *Streptocarpus*. **Euphytica Bold**. 18 : 333-339.

_____. 1972**.** Mutation breeding of *Achimenes*. **Euphytica Bold**. 21 : 48-62.

_____. and L. Leffring. 1972. Mutation breeding of Kalanchoe. **Euphytica Bold**. 21 : 415-423.

_____. and A.M. Van Harten. 1978. **Application of Mutation Breeding Methods in the Improvement of Vegetatively Propagated Crops**. Amaterdam : Elsevier Scientific Publishing. 316 pp.

Condit, I.T. 1969. **Ficus : The Exotic Species**. California University. of California. 363 p.

Evans, H.J. 1965. **Effects of radiation on meristematic cells**. Rad. Bot. 5 : 171-182.

Harten, A.H. van. 1998. **Mutation Breeding : Theory and Practical Applications**. Cambridge University Press, United Kindom.

Hill, D.S. 1967. **Figs (*Ficus* spp.) of Hongkong**. Hongkong University Press. 130 p.

Ichikawa, S., K. Yamakawa, F. Sekiguchi and T. Tatsuno. 1970. **Variation in somatic chromosome number found in radiation induced mutant of chrysanthemum morifolium Hemsl**. cv. Yellow Delaware and Red Delaware and Red Delaware. Red. Bot. 10 : 557-562.

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.

Nilan, R.A., C.F. Konzak., J. Wagner and R.R. Legault. 1965. Effectiveness and efficiency of Radiations for Inducing Genetic and Cytogenetic Changes. *In* **The Use of Induced Mutations in Plant Breeding**. Pergamon Press, USA.

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 Bold**. 30 : 381-388.

Sigurbjoronsson, B. 1983. **Induced mutation,** pp. 153-176. *In* D.R. Wood (ed.). Crop Breeding. Amer. Sor. Agron. And Crop Sci. Soc. Amer., Madison, Wisconsin.

Van. Harten, A.M. 1998. **Mutation Breeding : Theory and Practical Applications**. Cambridge University Press, United Kingdom. 353 p.

Venketeswarns, S. and C.R. Partenen. 1966. A comparative study of the effect of gamma radiation on organized and disorganized growth of tobacco. **Radiation Botany**. 6 : 13-20.

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.