ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

พืชสวน
สาขา

พืชสวน
ภาควิชา

เรื่อง ผลของการฉายรังสีแกมมาต่อการกลายพันธุ์ของแววมยุราพันธุ์ลูกผสมข้ามชนิด

Effects of Gamma Irradiation on Mutation of an Interspecific Hybrids between *Torenia fournieri* and *Torenia baillonii*

นามผู้วิจัย นางสาววิภาภรณ์ แสวงมี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์ธัญญะ เตชะศีลพิทักษ์, วท.ม.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พีรนุช จอมพุก, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฏฐ พิชกรรม, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการฉายรังสีแกมมาต่อการกลายพันธุ์ของแววมยุราพันธุ์ลูกผสมข้ามชนิด

Effects of Gamma Irradiation on Mutation of an Interspecific Hybrids between *Torenia fournieri* and *Torenia baillonii*

โดย

นางสาววิภาภรณ์ แสวงมี

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชสวน)
พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิภาภรณ์ แสวงมี 2554: ผลของการฉายรังสีแกมมาต่อการกลายพันธุ์ของแววมยุราพันธุ์ลูกผสมข้ามชนิด ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชสวน) สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ธัญญะ เตชะศีลพิทักษ์, วท.ม. 79 หน้า

การฉายรังสีแกมมาเป็นวิธีการช่วยปรับปรุงพันธุ์ให้กับแววมยุราเป็นหมัน เนื่องจากเป็นการผสมพันธุ์แววมยุราข้ามชนิด ใช้การฉายรังสีแกมมาร่วมกับการปักก้านใบในวัสดุชำเพื่อลดลักษณะด่าง (chimera) ใช้การฉายรังสี 2 วิธี ได้แก่ การฉายรังสีแบบเฉียบพลันและแบบโครนิก การทดลองที่หนึ่งใช้การฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน ปริมาณ 0, 50, 100, 150 และ 200 เกรย์ ได้ค่า $LD_{50(30)}$ คือ 83 เกรย์ แววมยุราพันธุ์ลูกผสมข้ามชนิดมีการเจริญเติบโตต่าง ๆ ดีที่สุดที่ชุดการทดลองได้รับปริมาณ 50 เกรย์ และมีการเจริญเติบโตต่าง ๆน้อยที่สุดคือ ชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 100 เกรย์ ส่วนชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 150 และ 200 เกรย์ ไม่มีใบแววมยุรารอดชีวิต พบการเปลี่ยนแปลงของแววมยุราเป็นต้นเตตราพลอยด์ที่ปริมาณรังสี 50 เกรย์ มีดอก ใบ กิ่ง ปากใบใหญ่และหนาขึ้น หายเป็นหมัน มีจำนวนโครโมโซมเป็นสองเท่าของโครโมโซมชุดเดิม คือ 2n=4x=34 (จำนวนโครโมโซมชุดเดิม 2n=2x=17) หลังจากได้ค่า $LD_{50(30)}$ เท่ากับ 83 เกรย์ และหาค่า $GR_{50(30)}$ ได้เท่ากับ 76 เกรย์ จึงนำใบแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดมาฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันในปริมาณรังสีใกล้เคียงกับค่า $GR_{50(30)}$ ปริมาณ 0, 50, 60, 70 และ 80 เกรย์ พบว่า ชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณรังสี 50 เกรย์ มีการเจริญเติบโตต่าง ๆ ดีที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0, 60 และ 70 เกรย์ ตามลำดับ และชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 80 เกรย์ ไม่มีใบรอดชีวิต พบการเปลี่ยนแปลงของสีดอกที่ปริมาณรังสี 50 เกรย์ และดอกด่าง ที่ปริมาณรังสี 60 เกรย์ ส่วนการฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกฉายให้กับแววมยุราที่ชำให้เกิดรากก่อนนำเข้าห้องฉายรังสี ฉายรังสีปริมาณ 0, 50.33, 71.29, 91.24 และ 113.18 เกรย์ มีการเจริญเติบโตต่างกันเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบของแต่ละปริมาณรังสี พบการเปลี่ยนแปลงของสีดอกที่ปริมาณรังสี 91.24 เกรย์ จากการทดลองฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันให้กับใบแววมยุรา พบว่า ปริมาณรังสีที่เหมาะสมต่อการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ คือ 50 เกรย์ เนื่องจากไม่มีผลต่อการลดการเจริญเติบโตต่าง ๆ

_____ _____ ___/___/___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Wipaporn Sawangmee 2011: Effects of Gamma Irradiation on Mutation of an Interspecific Hybrids between *Torenia fournieri* and *Torenia baillonii.* Master of Science (Horticulture), Major Field: Horticulture, Department of Horticulture. Thesis Advisor: Associate Professor Thunya Taychasinpitak, M.Sc. 79 pages.

Mutation breeding of *Torenia* hybrids were used gamma radiation combined with detached-leaf technique and were expose to 0, 50, 100, 150 and 200 gray of acute irradiation (100 leave in each group in all experiment). After 30 days for regeneration, the LD_{50} and GR_{50} was calculated to be 83 and 76 gray respectively. At dose 50 gray had the highest growth and higher dose resulted in reduced plant growth. No percentage of survival in dose 150 and 200 gray. Mutation was observed in 1 plant of 50 gray. It was tetraploid with thicker leave branches petals and chromosome number were more than control, diploid (2n=2x=17) and tetraploid (2n=4x=34). Then detached-leaf technique were expose in suitable dose ($GR_{50(30)}$ =76 gray) of acute radiation from first experiment were 0, 50, 60, 70 and 80 gray. No percentage of survival in dose 80 gray. In dose 50 gray had the highest growth and was observed 1 mutation plant. Further, we were observed the chimera flower. In last experiment, we used chronic radiation combined with detached-leaf technique and were expose to 0, 50.33, 71.29, 91.24 and 113.18 gray. After 30 days, it was not possible to calculated the LD_{50} because the survival rate was higher than 50 percent in all experiment groups. A mutation was observed at dose 91.24 gray of chronic radiation. The most appropriate dose of acute gamma radiation to induce mutation in *Torenia* was found to be 50 gray.

_____ _____ _____/___/____

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาจากรองศาสตราจารย์ธัญญะ เตชะศีลพิทักษ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดอกเตอร์พีรนุช จอมพุก ที่คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำในการเขียนเล่มวิทยานิพนธ์ คำปรึกษาต่าง ๆ ในการเขียนเล่มวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาพืชสวนทุกท่านที่ให้คำปรึกษา ให้กำลังใจช่วยเหลือในเรื่องการเรียนและเรื่องอื่นๆ ขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ช่วยเหลือทุก ๆ ด้าน สุดท้ายนี้กราบขอบพระคุณบิดามารดา และญาติพี่น้องที่คอยให้กำลังใจ ส่งเสริมในเรื่องการเรียนเสมอมา

วิภาภรณ์ แสวงมี

ตุลาคม 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	19
อุปกรณ์	19
วิธีการ	21
ผลและวิจารณ์	30
ผล	30
วิจารณ์	68
สรุปผล	72
ข้อเสนอแนะ	73
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	74
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	79

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การกระจายตัวของพืชสกุลแววมยุราบางชนิด	3
2	จำนวนดอกที่ผสมเกสร จำนวนการติดฝัก และ อัตราการผสมติด	21
3	การรอดชีวิตของใบแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณรังสีต่าง ๆ กันหลังจากฉายรังสี 30 วัน	30
4	ความสูง ขนาดทรงพุ่ม และจำนวนกิ่งแขนง หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณต่าง ๆ กันเป็นเวลา 30 วัน	33
5	ความสูง ขนาดทรงพุ่ม และจำนวนกิ่งแขนง หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณต่าง ๆ กันเป็นเวลา 60 วัน	35
6	ความสูง ขนาดทรงพุ่ม จำนวนกิ่งแขนง จำนวนดอกต่อต้น และขนาดดอกของแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดหลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณต่าง ๆ กันเป็นเวลา 90 วัน	38
7	เปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของละอองเรณูของแววมยุราเป็นหมัน และขนาดปากใบแววมยุราของเตตราพลอยด์ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์	40
8	ความถี่ของการกลายพันธุ์ของดอกแววมยุราในลักษณะโพลีพลอยด์	40
9	การรอดตายของใบแววมยุราพันธุ์ลูกผสมที่ปริมาณรังสีต่าง ๆ หลังจากฉายรังสีแบบเฉียบพลันได้ 30 วัน	44
10	การเจริญเติบโตด้าน ความสูง ขนาดทรงพุ่ม และจำนวนกิ่งแขนงของแววมยุรา ลูกผสมข้ามชนิดหลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณต่าง ๆ กันเป็นเวลา 30 วัน	46
11	การเจริญเติบโตด้าน ความสูง ขนาดทรงพุ่ม และจำนวนกิ่งแขนงของแววมยุรา ลูกผสมข้ามชนิดหลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณต่าง ๆ กันเป็นเวลา 60 วัน	48
12	ความสูง ขนาดทรงพุ่ม จำนวนกิ่งแขนง จำนวนดอกต่อต้น และขนาดดอกหลังจากฉายรังสีที่แกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณต่าง ๆ เป็นเวลา 90 วัน	52
13	ความถี่ของการกลายพันธุ์ของดอกแววมยุราในลักษณะดอกเหลืองและลักษณะสีดอกต่าง	54

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
14	ทดสอบการปักชำกิ่งเพื่อคัดแยกลักษณะการด่างของสีดอก	57
15	ทดสอบการปักชำใบ เพื่อคัดแยกลักษณะการด่างของสีดอก	58
16	การรอดชีวิตของใบแวววมยุราพันธุ์ลูกผสมที่ปริมาณรังสีต่าง ๆ หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกได้ 30 วัน	59
17	ความสูง ขนาดทรงพุ่ม จำนวนกิ่งแขนง จำนวนดอก และขนาดดอกหลังจากฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกที่ปริมาณต่าง ๆ เป็นเวลา 30 วัน	60
18	ความสูง ขนาดทรงพุ่ม จำนวนกิ่งแขนง หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกที่ปริมาณต่าง ๆ เป็นเวลา 60 วัน	62
19	ความสูง ขนาดทรงพุ่ม จำนวนกิ่งแขนง จำนวนดอก และขนาดดอกหลังจากฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกที่ปริมาณต่าง ๆ เป็นเวลา 90 วัน	65
20	ความถี่ของการกลายพันธุ์ของดอกแวววมยุราในลักษณะกลีบดอกสีเหลือง	67

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แววมยุราพันธุ์แม่ (*Torenia fournieri*) (ก) และแววมยุราพันธุ์พ่อ (*Torenia baillonii*) (ข) ที่ใช้ในการปรับปรงพันธุ์	20
2	แววมยุราลูกผสมข้ามชนิด (*Torenia* Hybrid) (ก)	22
3	การปักชำก้านใบแววมยุราตั้งแต่ปักก้านใบจนกระทั่งต้นแววมยุรางอก	23
4	เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉายรังสี (control) ของแววมยุราพันธุ์ลูกผสม และที่ได้รับการฉายรังสีปริมาณต่างๆเมื่ออายุ 30 วัน และค่า LD_{50}	42
5	ปริมาณรังสีที่ทำให้ต้นกล้าลดการเจริญเติบโตลง 50 % (GR_{50}) หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน 30 วัน	31
6	การเจริญเติบโตด้านความสูงหลังจากการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน ได้ 30, 60 และ 90 วัน	35
7	การเจริญเติบโตด้านความกว้างทรงพุ่มหลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน ได้ 30, 60 และ 90 วัน	38
8	การเจริญเติบโตด้านจำนวนกิ่งแขนงหลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน ได้ 30, 60 และ 90 วัน	39
9	ดอกแววมยุราดิพพลอยด์ (2x) และดอกแววมยุราเตตราพลอยด์ (4x)	41
10	ใบและกิ่งของแววมยุราดิพลอยด์ (2x) และใบและกิ่งของแววมยุราเตตราพลอยด์ (4x)	41
11	ปากใบของแววมยุราดิพพลอยด์ (2x) กำลังขยายวัตถุ 400 เท่า (ก) ปากใบของแววมยุราเตตราพลอยด์ (4x) กำลังขยายวัตถุ 400 เท่า (ข)	
12	โครโมโซมของแววมยุราดิพพลอยด์ (ก) และ เตตราพลอยด์ (ข)	42
13	ละอองเรณูของแววมยุราดิพพลอยด์ (2x) และ แววมยุราเตตราพลอยด์ (4x)การ	43
14	เจริญเติบโตด้านความสูงหลังจากการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน 30, 60 และ 90 วัน	52
15	การเจริญเติบโตด้านความกว้างทรงพุ่มหลังจากฉายรังสีแบบเฉียบพลัน 30, 60 และ 90 วัน	52

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
16	การเจริญเติบโตด้านจำนวนกิ่งแขนง หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน 30, 60 และ 90 วัน	53
17	การเปลี่ยนแปลงสีดอกหลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณ 50 เกรย์	54
18	การเปลี่ยนแปลงสีดอกหลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณ 60 เกรย์	55
19	การเจริญเติบโตด้านความสูงหลังจากการฉายรังสีแกมมาแบบโครนิก 30, 60 และ 90 วัน	65
20	การเจริญเติบโตด้านความกว้างทรงพุ่มหลังจากฉายรังสีแกมมาแบบโครนิก 30, 60 และ 90 วัน	66
21	การเจริญเติบโตด้านจำนวนกิ่งแขนงหลังจากฉายรังสีแกมมาแบบโครนิก 30, 60 และ 90 วัน	66
22	ลักษณะการกลายพันธุ์ของดอกแวววยุราหลังจากฉายรังสีแบบโครนิก ปริมาณ91.24 เกรย์ (ก) ดอกปกติ (ข) สีดอกที่เปลี่ยนเป็นสีเหลือง	67

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของการฉายรังสีแกมมาต่อการกลายพันธุ์ของแววมยุราพันธุ์ลูกผสมข้ามชนิด

Effects of Gamma Irradiation on Mutation of an Interspecific Hybrids between *Torenia fournieri* and *Torenia baillonii*

คำนำ

แววมยุรามีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อน และกึ่งเขตร้อนของทวีปเอเชียรวมถึงประเทศไทย ทำให้สามารถปลูกและเจริญเติบโตได้ดีในประเทศไทย เป็นไม้ดอกที่นิยมปลูกเป็นไม้กระถางหรือไม้ประดับแปลง และนำมาใช้จัดสวน เนื่องจากมีดอกดกและมีสีสันสวยงาม สามารถให้ดอกได้ตลอดทั้งปีไม่ขึ้นอยู่กับฤดูกาลหรือจำนวนชั่วโมงแสงต่อวัน (นันทิยา, 2545) ในอดีตแววมยุราพันธุ์ปลูกหรือพันธุ์การค้านั้นมีเพียงสีม่วงสีเดียวเป็นเวลานาน จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2531 บริษัท Pan America Seed รัฐอิลลินอยส์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ผลิตแววมยุราชุดพันธุ์ Crown ซึ่งมีสีชมพู ขาว และแดงอมม่วง หลังจากนั้นจึงได้มีการพัฒนาชุดพันธุ์ขึ้นอีกหลายชุด เช่น Summer Wave, Moon, Catalina, Panda และ Lovely เป็นต้น ซึ่งชุดพันธุ์ดังกล่าวนิยมทำเป็นไม้กระถางแขวนและได้รับความนิยมอย่างมากในประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และออสเตรเลีย (Anon, 2000; Aida and Shibata, 2001) ส่วนในประเทศไทยยังขาดความหลากหลายของสีดอกแววมยุรา มีเพียง สีขาว น้ำเงิน ม่วง และ ชมพู จึงได้ปรับปรุงพันธุ์แววมยุราเพื่อให้มีสีดอกที่หลากหลายโดยใช้วิธีการปรับปรุงพันธุ์มาตรฐาน (conventional breeding) ปรับปรุงพันธุ์แววมยุราข้ามชนิดระหว่าง *Torenia fournieri* และ *Torenia baillonii* ลูกผสมแววมยุราข้ามชนิดที่ได้เป็นหมัน ทำให้ไม่สามารถปรับปรุงพันธุ์ต่อได้ สีดอกหม่นไม่สว่างสดใส จึงใช้การฉายสีรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันและโครนิกร่วมกับการปักชำใบ เพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในด้านสีดอกให้มีความหลากหลาย ลดลักษณะไคเมอรา และง่ายต่อการคัดแยกส่วนของพืชที่เกิดการกลายพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาผลของการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันและแบบโครนิกต่อการกลายพันธุ์ของแววมยุราลูกผสมข้ามชนิด

2. หาปริมาณรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่เหมาะสมเพื่อการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในการฉายส่วนของใบแววมยุรา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

ลักษณะทั่วไปทางพฤกษศาสตร์ของแววมยุรา

แววมยุรา (Wishbone Flower) จัดอยู่ในวงศ์ Scrophulariaceae สกุล Torenia ชื่อพื้นเมือง คือ เกล็ดหอย แววมยุเรศ สามสี หญ้าลิ้นเงือก หญ้าลำโพง เป็นไม้ดอกล้มลุก ลำต้นและกิ่งเป็นเหลี่ยม แตกกิ่งก้านมาก ใบเดี่ยว เรียงตรงข้ามสลับตั้งฉาก ใบรูปไข่ถึงรูปรีแคบ กว้าง 1.5-4.5 เซนติเมตร ยาว 5-7 เซนติเมตร ปลายใบแหลม โคนใบมน ขอบใบจักฟันเลื่อย แผ่นใบบาง สีเขียว เส้นใบเป็นร่อง ดอกสีแดง ชมพู ม่วงเข้ม ม่วงอ่อน โคนกลีบสีขาวกลีบล่างอาจมีแต้มสีเหลือง ออกเป็นดอกแบบช่อ กระจายตามซอกใบที่ปลายกิ่ง โคนกลีบดอกเชื่อมกันเป็นหลอด ปลายแยกเป็น 5 แฉก ขนาดไม่เท่ากัน ดอกบานเต็มที่กว้าง 1.5-2.5 เซนติเมตร ผลแห้งแตก รูปรีหรือทรงกระบอก มีเมล็ดจำนวนมาก

แววมยุราเป็นพืชที่ชอบร่ม เย็น และ ชื้น นิยมปลูกใต้ต้นไม้ใหญ่หรือปลูกเป็นไม้กระถาง แล้วนำกระถางมาวางไว้ในที่ร่ม หรือในที่ได้รับแสงแดดเฉพาะช่วงเช้า ถ้าอากาศร้อนหรือแห้งจะทำให้ดอกเหี่ยวเร็ว ควรให้น้ำมาก ๆ และให้อย่างสม่ำเสมอ แววมยุราเป็นพืชที่การออกดอกไม่ขึ้นอยู่กับฤดูกาลหรือชั่วโมงแสงต่อวัน การเด็ดยอดจะทำให้แตกกิ่งข้างได้ต้นกะทัดรัด ไม้ดอกชนิดนี้สามารถปลูกในแปลง หรือตัดดอกมาปักในแจกันเล็ก ๆ หรือปักในแก้วน้ำ ดอกบานทนพอสมควร (นันทิยา, 2545)

ถิ่นกำเนิด และการกระจายตัว

พืชสกุลแววมยุรามีถิ่นกำเนิดที่ไม่แน่ชัด (Fischer, 2004) เป็นพืชพื้นเมืองที่พบบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แอฟริกา และมาดากัสการ์ (Yamazaki, 1985) แววมยุราเกือบทั้งหมดมีการกระจายตัวอยู่ในเขตร้อนและกึ่งร้อนของทวีปเอเชีย แอฟริกา และมาดากัสการ์ โดยรายละเอียดการกระจายตัวแสดงในตารางที่ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 การกระจายตัวของพืชสกุลแววมยุราบางชนิด

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	สถานที่พบ / การกระจายตัว
T. *asiatica*	วิชโบน	จีน ญี่ปุ่น เวียดนาม
T. *flava*	ไม่มี	พม่า มาเลเซีย อินโดนีเซีย ไทย ลาว เวียดนาม จีน กัมพูชา อินเดีย
T. *benthamiana*	ไม่มี	เวียดนาม จีน ไต้หวัน
T. *concolor*	วิชโบน	ลาว เวียดนาม จีน ไต้หวัน ญี่ปุ่น
T. *fournieri*	บลูวิงส์	กัมพูชา
	แววมยุรา	ไทย
T. *violacea*	วิชโบน	ไต้หวัน

ที่มา:Yamazaki (1985); Tanimoto and Harada (1990); Tsung and Kuoh (2002); Harvard University (2006)

จำนวนโครโมโซมของแววมยุรา

จำนวนโครโมโซมของแววมยุรามีความแตกต่างกันในแต่ละชนิดที่มีรายงาน ได้แก่ แววมยุรา *Torenia fournieri* มีจำนวนโครโมโซม 2n = 18 ส่วน *Torenia baillonii* มีจำนวนโครโมโซม 2n = 16 (Kikuchi *et al*, 2007)

อัลโลโพลีพลอยด์ (ประภา, 2550)

อัลโลโพลีพลอยด์ (allopolyploid) คือ สิ่งมีชีวิตที่มีจำนวนโครโมโซมมากกว่า 2 ชุดขึ้นไป และประกอบด้วยจีโนมที่แตกต่างกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป โดยแต่ละจีโนมมาจากสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน อัลโลโพลีพลอยด์มีกำเนิดมาจากสิ่งมีชีวิตที่เป็นพ่อแม่อย่างน้อย 2 ชนิดที่แตกต่างกัน บางชนิดอาจมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันมาก บางชนิดก็มีความสัมพันธ์กันบ้าง และบางชนิดอาจไม่สัมพันธ์กันเลย ความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ดูได้จากความเหมือนกัน (homologous) หรือต่างกัน (nonhomologous) หรือเหมือนกันเพียงบางส่วน (partial homologous หรือ homeologous) ระหว่างโครโมโซมที่มาจากฝ่ายพ่อและแม่ ดังนั้นอัลโลโพลีพลอยด์จึงอาจจำแนกย่อยออกได้อีก 2 พวกขึ้น อยู่กับความเหมือนกันหรือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ต่างกันของจีโนม คือ 1) เซกเมนทอล อัลโลโพลีพลอยด์ (segmental allopolyploid) เป็นโพลีพลอยด์ที่แต่ละจีโนมมีความแตกต่างกันเพียงบางส่วน เช่น $A_1A_1A_2A_2$ และ 2) จีโนม อัลโลโพลีพลอยด์ ซึ่งเป็นโพลีพลอยด์ที่ประกอบด้วยจีโนมที่แตกต่างกันมาก เช่น AABB

จีโนมอัลโลโพลีพลอยด์

โดยปกติจีโนม อัลโลโพลีพลอยด์มีกำเนิดมาจากการผสมข้ามระหว่างพืชที่เป็นดิพลอยด์ 2 ชนิดหรือมากกว่า ซึ่งมีจีโนมที่แตกต่างกันมาก เช่น พืชชนิด A และ B ลูกผสมชั่วแรก (AB) จึงมักเป็นหมัน เนื่องจากในระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสโครโมโซมไม่มาจับคู่กัน การแยกตัวออกจากกันของโครโมโซมจึงเป็นไปอย่างสุ่ม ทำให้เกิดความไม่สมดุลของจำนวนโครโมโซมในเซลล์สืบพันธุ์ จึงเป็นหมัน แต่เมื่อโครโมโซมมีการเพิ่มจำนวนขึ้นเป็นเท่าตัว (polyploidization) ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือโดยการชักนำให้เกิดขึ้น ทำให้ลูกชั่วต่อมาไม่เป็นหมัน และกลายเป็นจีโนม อัลโลโพลีพลอยด์ (AABB) ดังนั้นในระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสของจีโนม อัลโลโพลีพลอยด์ โครโมโซมจากฝ่ายแม่และพ่อไม่มาจับคู่กัน การจับคู่จะเกิดขึ้นระหว่างโครโมโซมที่มีจีโนมเหมือนกัน เช่น A จับ A ดังนั้นพฤติกรรมของโครโมโซมในระหว่างการแบ่งเซลล์จึงคล้ายคลึงกับพวกดิพลอยด์ โครโมโซมส่วนใหญ่จะจับคู่กันเป็นไบวาเลนต์ และแยกตัวออกจากกันปกติ

พืชที่เป็นอัลโลโพลีพลอยด์ส่วนใหญ่จะเป็นอัลโลเตตราพลอยด์ มีจำนวนชุดโครโมโซม 4 ชุด แต่มีจีโนมแตกต่างกัน 2 ชุด ส่วนมากเกิดจากการผสมระหว่างพืชดิพลอยด์ 2 ชนิด แล้วเกิดการเพิ่มจำนวนโครโมโซมขึ้นอีกเท่าตัว บางครั้งอาจเรียกว่า แอมฟิดิพลอยด์ (amphidiploid) พืชพวกนี้มีพฤติกรรมทางเซลล์วิทยาเหมือนกับดิพลอยด์ จึงมักจะไม่เป็นหมัน อัลโลเตตราพลอยด์พบทั้งในธรรมชาติและมนุษย์เป็นผู้สร้างขึ้น

การปรับปรุงพันธุ์แวววยุรา

แวววยุราพันธุ์ปลูกหรือพันธุ์การค้านั้นมีเพียงสีม่วงสีเดียวเป็นเวลานาน จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2531 บริษัท Pan America Seed รัฐอิลลินอยส์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ผลิตชุดพันธุ์ Crown ซึ่งมีสีชมพู ขาว และแดงอมม่วง หลังจากนั้นจึงได้มีการพัฒนาชุดพันธุ์ขึ้นอีกหลายชุด เช่น Summer Wave, Moon, Catalina, Panda และ Lovely เป็นต้น ซึ่งได้รับความนิยมอย่างมากในญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และออสเตรเลีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการปรับปรุงพันธุ์แววมยุรานั้นทำได้หลายวิธี โดยวิธีที่มีการศึกษามาแล้วได้แก่ การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีมาตรฐาน (Conventional breeding) โดย ยุพาพร (2550) ได้ศึกษาการผสมข้ามชนิดของแววมยุราพันธุ์พื้นเมือง คือ *T. fournerei*, *T. violacea*, และลูกผสมของ *T. concolor* ใช้วิธีการผสมพันธุ์แบบพบกันหมด พบว่า ในคู่ผสมตัวเองมีเพียงลูกผสมของ *T.concolor* เท่านั้นที่ไม่สามารถผสมตัวเองติด ส่วนในคู่ผสมข้ามพบว่า ผสมติด 3 คู่ คือลูกผสมของ *T. concolor* x *T. fournieri*, *T. fournieri* x *T. violacea*, และ *T. violacea* x *T. fournieri* ลูกผสมของทั้ง 3 คู่ผสมเหมาะสำหรับพัฒนาพันธุ์เป็นไม้ดอกกระถางต่อไป เนื่องจากให้ลูกผสมที่มีขนาดต้นกะทัดรัด ออกดอกเร็ว และมีสีดอกที่หลากหลาย

นอกจากวิธีการปรับปรุงพันธุ์แบบมาตรฐาน (Conventional breeding) แล้ว ยังมีวิธีการชักนำให้จำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้น โดย สัณฐิตา (2552) ได้ศึกษาผลของสารละลายจากยาเม็ดโคลชิซินต่อการเปลี่ยนแปลงของแววมยุราสายพันธุ์ลูกผสมระหว่างลูกผสมพันธุ์การค้า ของ T. *concolor* กับ T. *fournieri* โดยนำก้านใบไปแช่ในสารละลายจากเม็ดยาโคลชิซินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 15, และ 20 ppm เป็นเวลา 0 1 2 และ 3 วัน พบลักษณะที่น่าสนใจ เช่น การเปลี่ยนแปลงของสีดอกและรูปทรงของดอก ขนาดดอกใหญ่ขึ้น ลำต้นแข็งแรง ใบมีขนาดใหญ่ และหนาขึ้น เป็นต้น สารละลายจากเม็ดยาโคลชิซินสามารถชักนำให้แววมยุราลูกผสมเกิดต้นโพลีพลอยด์ได้ คือ แววมยุราสายพันธุ์ลูกผสมระหว่างลูกผสมพันธุ์การค้า ของ T. *concolor* กับ T. *fournieri* ได้ต้นมีจำนวนโครโมโซมเป็นเตตราพลอยด์ (2n=4x=54) และต้นเฮกซะพลอยด์ (2n=6x=54) ซึ่งมีขนาดของปากใบ ขนาดละอองเรณูใหญ่กว่าต้นปกติ และเปอร์เซ็นต์ความเป็นหมันน้อยกว่าต้นปกติ

การปรับปรุงพันธุ์โดยการเหนี่ยวนำให้กลายพันธุ์ (Mutation breeding) ใน *T. concolor* โดย จิราภรณ์ (2550) ทำการทดลองใช้ฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันกับแววมยุรา พบว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีดอก และลักษณะดอก ทำให้ได้ดอกที่มีจำนวนกลีบมากกว่าปกติ จากเดิมมี 4 กลีบ เปลี่ยนเป็น 5 กลีบ

Miyazaki (2006) ศึกษาการใช้เฮฟวีไอออนบีมในการชักนำให้เกิดการกลายในลูกผสมแววมยุราระหว่างชนิด โดยใช้ไนโตรเจน ไอออน และนีออน ไอออน พบว่า ทำให้เกิดความถี่ในการกลายของลักษณะสีดอกมากขึ้น และจากผลการวิเคราะห์สารสีแอนโทไซยานิน (anthocyanin) จึงได้แบ่งกลุ่มลักษณะการกลายเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเกิดการขาดหายไปของยีน DFR

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(dihydroflavonal 4-reductase) ที่ทำให้เกิดสีม่วงในดอกแววมยุรา และกลุ่มที่ 2 พบการขาดหายหรือเพิ่มขึ้นมาของยีนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสารสีในการสังเคราะห์แอนโทไซยานินที่ไม่ใช่ยีน DFR

การเหนี่ยวนำด้วยรังสีทำให้เกิดการกลายพันธุ์นั้น เป็นวิธีการที่ช่วยสร้างความหลากหลายทางพันธุกรรม เหนี่ยวนำลักษณะต่าง ๆ ของพืชที่สูญหายระหว่างเกิดวิวัฒนาการในธรรมชาติให้แสดงออกมา ในทางพืชสวน การใช้รังสีในการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ มักใช้เหนี่ยวนำให้เกิดลักษณะการกลายของสีดอก รูปร่างดอก ช่อดอก การเป็นหมัน การด่างของใบ เป็นต้น ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของนักปรับปรุงพันธุ์ ผลของการฉายรังสีสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายในสีดอกได้ มีการรายงานการฉายไอออนบีมกับเบญจมาศ ทำให้เปลี่ยนสีดอก รูปร่างดอก และความซ้อนของดอกได้ (Matsumura *et al*., 2010) การคัดเลือกลักษณะความทนต่อสภาพน้ำน้อยของมะเขือเทศจากการฉายรังสีแกมมา (Gonzales *et al*., 2008) และการฉายรังสีเอกซ์เรย์ให้กับบีโกเนียสามารถชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์เป็นใบด่าง รูปร่างดอก สีดอก เป็นต้น (Roest *et al*., 1981)

การกลายพันธุ์

การกลายพันธุ์ คือ การเปลี่ยนแปลงสารพันธุกรรมของเซลล์ เกิดขึ้นกับโมเลกุลของสารพันธุกรรม (DNA) และสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปได้ โดยกระบวนการแบ่งเซลล์ (สิรนุช, 2540) การกลายพันธุ์ของพืช สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ การกลายพันธุ์ตามธรรมชาติ (spontaneous mutation) เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยมนุษย์ไม่มีส่วนเกี่ยวข้อง และไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัด แต่มีบทบาทสำคัญต่อวิวัฒนาการของพืช ทำให้เกิดความหลากหลายทางพันธุกรรม และ การกลายพันธุ์ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำ (induced mutation)

การกลายพันธุ์ของพืช

1. การกลายพันธุ์ตามธรรมชาติ (spontaneous mutation) เป็นการกลายพันธุ์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยที่มนุษย์ไม่ได้มีส่วนเกี่ยวข้อง (Harten, 1998) และไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัด แต่มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อวิวัฒนาการของพืช ทำให้เกิดความหลากหลายทางพันธุกรรม ซึ่งมนุษย์ได้นำประโยชน์จากการแปรผันทางพันธุกรรมของพืชมาใช้ในการคัดเลือก ผสมพันธุ์ สร้างพันธุ์พืชใหม่ให้มีลักษณะตามต้องการ (สิรนุช, 2540)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การกลายพันธุ์ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำ (induced mutation) เป็นการกลายพันธุ์ที่เกิดขึ้นโดยใช้วิธีการหรือสิ่งก่อกลายพันธุ์ (mutagen) ต่าง ๆ เพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ ได้แก่ การเหนี่ยวนำให้กลายพันธุ์ด้วยรังสี สารเคมี เทคนิคเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และด้วยวิธีสอดแทรก DNA (สิรนุช, 2540) การเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์เป็นการเพิ่มอัตราการกลายพันธุ์ให้สูงกว่าที่สามารถเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ จึงมีการนำเอาวิธีการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์มาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้เกิดลักษณะที่พึงประสงค์ที่ไม่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น ลักษณะความต้านทานโรคบางชนิด (อรุณี, 2550) หรือปรับปรุงสายพันธุ์เดิมให้ดีขึ้น เช่น ลักษณะทรงต้น สีของดอกหรือใบ เป็นต้น นอกจากนี้ เป็นการลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายเมื่อเปรียบเทียบกับการปรับปรุงพันธุ์วิธีอื่น (Harten, 1998)

สิ่งก่อกลายพันธุ์ แบ่งเป็น 2 ประเภท

1. สิ่งก่อกลายพันธุ์ทางกายภาพ (physical mutagen) เช่น รังสีแกมมา รังสีอัลตราไวโอเลต และอนุภาคนิวตรอน โดยจะก่อให้เกิดการแตกหักของโครโมโซม (Sigurbjornson,1983)

2. สิ่งก่อกลายพันธุ์ทางเคมี (chemical mutagen) แบ่งตามปฏิกิริยาที่เข้าทำอันตรายต่อ DNA ได้เป็น 7 ชนิดใหญ่ ๆ และยังมีสารเคมีอีกหลายชนิดที่ไม่สามารถจัดเข้าไว้ในหมวดหมู่ใด ๆ ได้ เช่น Ethylmethansulphonate (EMS), Aflatoxin B1, Actinomycin D, 5-Bromouracil (5-Bu), Nitrous acid (HNO_2), Caffeine (อรุณี, 2550) แต่เนื่องจากสิ่งก่อกลายพันธุ์ทางเคมีหลายชนิดเป็นสารก่อมะเร็ง ดังนั้นในปัจจุบันจึงหันมาใช้สิ่งก่อกลายพันธุ์ทางกายภาพโดยเฉพาะรังสีเพิ่มสูงขึ้น

รังสีที่นิยมใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช ได้แก่ รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา และรังสีนิวตรอน ซึ่งจัดไว้ในกลุ่มของรังสีก่อไอออน (ionizing radiation) คือ พวกที่สามารถก่อให้เกิดปฏิกิริยาในเซลล์และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมได้ ซึ่งมีอยู่ 2 ประเภท คือ รังสีประเภทแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic radiation) และรังสีประเภทอนุภาค (particulate radiation) รังสีแกมมาได้รับความนิยมในการนำมาใช้เพื่อการกลายพันธุ์ในพืชมากกว่ารังสีเอกซ์ เนื่องจากรังสีแกมมามีความยาวคลื่นต่ำกว่าจึงมีอำนาจในการทะลุทะลวงผ่านวัตถุได้สูงว่าประเภทรังสีเอกซ์ (Wood, 1983)

รังสีแกมมาเป็นรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า Villard เป็นผู้ค้นพบในปี ค.ศ. 1898 รังสีแกมมาเกิดจากการสลายตัวของราดิโอนิวไคลด์ ในปฏิกิริยาการสลายตัว นิวเคลียสของราดิโอนิวไคลด์มีสภาพไม่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เสถียรพยายามปรับตัวเข้าสู่สภาพเสถียร โดยการปลดปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมาในรูปของรังสีแอลฟา หรือรังสีบีตา และติดตามมาด้วยการสลายตัวให้รังสีแกมมา ราดิโอนิวไคลด์ที่นิยมใช้เพื่อให้รังสีแกมมา คือ โคบอลต์-60 (^{60}Co) และซีเซียม-137 (^{137}Cs) และเนื่องจากรังสีแกมมามีความเร็วเท่ากับความเร็วแสง และมีอำนาจในการทะลุทะลวงสูงจึงเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต แต่รังสีแกมมาก็มีประโยชน์อย่างมากในด้านการแพทย์ โดยได้มีการนำรังสีแกมมาใช้ในการฆ่าเซลล์เนื้อร้าย เช่น มะเร็ง ในด้านการเกษตรได้มีการนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืชมากกว่ารังสีชนิดอื่น เนื่องจากรังสีแกมมาสามารถปรับใช้ได้ 2 แบบ คือ การฉายรังสีแบบเฉียบพลัน (acute irradiation) คือ การฉายรังสีในอัตรารังสีที่สูง ให้เสร็จสิ้นในระยะเวลาอันสั้น นิยมใช้กับส่วนที่แข็ง เช่น เมล็ด และการฉายรังสีแบบโครนิก (chronic irradiation) คือ การให้อัตรารังสีต่ำ แต่ให้เป็นเวลานาน นิยมใช้กับพืชทั้งต้นหรือส่วนของพืชที่กำลังเจริญเติบโต (สิรนุช, 2540)

การเหนี่ยวนำให้กลายพันธุ์ด้วยรังสีแกมมา (อรุณี, 2550)

รังสีแกมมาทำให้เกิดการกลาย โดยรังสีจะถ่ายเทพลังงานให้กับเซลล์พืชก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีขึ้นกับองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในเซลล์ โดยเฉพาะสารพันธุกรรม หรือ DNA หรือยีน ซึ่งเป็นตัวกำหนดลักษณะต่าง ๆ ของพืช ควบคุมกิจกรรมต่าง ๆ ของพืช เมื่อสารพันธุกรรมเปลี่ยนแปลงเนื่องจากได้รับพลังงานจากรังสีแกมมา จะทำให้หน้าที่ของสารพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงไปด้วย เมื่อเซลล์มีการแบ่งตัวพัฒนาเป็นต้นพืชก็จะได้ลักษณะที่ต่างไปจากเดิมเรียกว่า เกิดการกลาย พืชที่มีการกลายเกิดขึ้น เรียกว่า พันธุ์กลาย สามารถขยายเป็นพืชพันธุ์ใหม่ได้ เมื่อมีการกลายเกิดขึ้น เราจะทราบได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงที่ปรากฏให้เห็นทางฟีโนไทป์ (phenotype) ของพืช เช่น การเปลี่ยนแปลงของสีดอก สีใบ รูปทรงดอก รูปทรงใบ ความสูงต้น อายุการออกดอก การติดผลเร็วขึ้นหรือช้าลง สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมบางอย่างได้ เป็นต้น (อรุณี, 2541) ซึ่งในการปรับปรุงพันธุ์ไม้ดอกไม้ประดับหลายชนิด จะสามารถคัดเลือกพันธุ์กลายจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าอย่างชัดเจน และคัดแยกออกมาปลูกขยายพันธุ์ได้ทันที

ผลที่เกิดขึ้นกับพืชหลังการได้รับรังสีที่ปรากฏในชั่วที่หนึ่ง

1. ความเสียหายของต้น M_1 (M_1 plant injury) สิ่งก่อกลายพันธุ์ไม่ว่าจะเป็นรังสีหรือสารเคมีจะทำให้เกิดผลเสียหายกับต้น M_1 ได้มากน้อยแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีหรือความเข้มข้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของสารเคมี ชนิดของพืชรวมทั้งปัจจัยอื่น ๆ ที่ไปเพิ่มหรือลดความเสียหายกับพืชดังได้กล่าวมาแล้ว ความเสียหายกับต้น M_1 อาจแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ (1) ความเสียหายทางสรีระ (Physiological damage) ซึ่งเป็นความเสียหายที่ปรากฏให้เห็นก่อนความเสียหายอื่นๆ (2) การกลายของยีน(gene หรือ point mutation) และ (3) การกลายของโครโมโซม (chromosome mutation)

การกลายของยีนและโครโมโซม สามารถถ่ายทอดไปยังชั่วต่อไปได้ โดยทั่วไปการกลายของยีนจะไม่สามารถตรวจสอบได้ในชั่วที่หนึ่ง นอกจากจะเป็นการกลายของเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งเป็นแฮพลอยด์ สำหรับความเสียหายทางสรีระจะจำกัดอยู่ในชั่ว M_1 เท่านั้น ไม่สามารถถ่ายทอดไปยังชั่วต่อไปได้ ส่วนใหญ่จะปรากฏออกมาในลักษณะชะงักการเจริญเติบโต หรือตาย ความเสียหายทางสรีระวิทยาเกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมถูกขัดขวาง ทำให้กิจกรรมต่าง ๆ ของเซลล์ไม่สามารถดำเนินต่อไปได้ตามปกติหรือมีประสิทธิภาพลดลง การเปลี่ยนแปลงทางสรีระของพืชมีหลายรูปแบบ บางชนิดต้องตรวจสอบทางเซลล์วิทยา บางชนิดสามารถตรวจวัดในทางปริมาณได้ เช่น ความสูงของต้น ความยาวของราก ความกว้างของใบ บางชนิดก่อให้เกิดกับปฏิกิริยากับพืชทั้งต้น เช่น ลักษณะแคระแกร็น รูปร่างใบผิดปกติ บิดเบี้ยว เกิดลักษณะใบด่างหรือใบจุด เนื่องจากคลอโรฟิลล์บางส่วนถูกทำลาย ซึ่งอาจติดตามมาด้วยการตาย การเปลี่ยนแปลงทางสรีระ อาจมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยน แปลงของโครโมโซมหรือไม่เกี่ยวข้องกับโครโมโซมก็ได้ ในการฉายรังสีพืช มีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มอัตราการกลายให้สูงขึ้นโดยมีอัตราการตายและการเป็นหมันต่ำ ดังนั้นในการฉายรังสีพืช จึงควรลดปัจจัยต่าง ๆ ที่จะไปเพิ่มความเสียหายทางสรีระวิทยาลงให้มากเท่าที่สุดเท่าที่จะทำได้ (เช่น ความชื้นในเมล็ด ปริมาณออกซิเจน) การทำลายทางสรีระวิทยาจะเป็นเครื่องบ่งบอกว่าควรใช้ปริมาณรังสีเท่าใดจึงจะเหมาะสมที่สุด คือ เป็นปริมาณรังสีที่ทำให้เกิดการกลายสูงสุดในขณะเดียวกัน ต้องมีจำนวนต้น M_1 ไว้สำหรับติดตามผลในชั่วต่อไปในจำนวนมากพอสมควร เพราะความรุนแรงสูงสุดของการทำลายทางสรีระ คือ ทำให้ต้น M_1 ตาย 100 เปอร์เซ็นต์

ความเสียหายทางสรีระที่เกิดขึ้นกับต้น M_1 สามารถวัดได้จากลักษณะต่าง ๆ โดยเปรียบเทียบพืชกับกลุ่มที่ไม่ได้รับรังสี ได้แก่

1. ความงอกของเมล็ดในห้องปฏิบัติการ หรือแปลงปลูก
2. ความสูงของต้น ความยาวของรากในห้องปฏิบัติการ
3. ความอยู่รอดในห้องปฏิบัติการ หรือแปลงปลูก
4. จำนวนช่อดอกต่อต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. จำนวนดอกต่อช่อ

6. จำนวนเมล็ดต่อต้น

7. จำนวนฝักต่อต้น

2. ผลทางด้านเซลล์วิทยา (cytological effect) การให้ทรีทเมนต์ด้วยสิ่งก่อการกลาย อาจตรวจพบความเสียหายทางเซลล์วิทยาได้ด้วย ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซม สามารถตรวจการเปลี่ยนแปลงจากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสหรือไมโอซิส

2.1 Mitotic aberration การตรวจสอบความผิดปกติของโครโมโซมภายหลังจากฉายรังสีให้กับพืช ทำได้ง่ายและรวดเร็ว ดูการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของเซลล์ที่ยอดหรือปลายราก การวัดผลของรังสีโดยดูความผิดปกติของโครโมโซม จะมีความยุ่งยากมากกว่าการวัดผลทางสรีระ เช่น ความสูงของต้นกล้า ดังได้กล่าวมาแล้ว ความผิดปกติที่ตรวจพบได้เสมอคือ การเกิด bridge และ fragment ในระยะแอนาเฟส

2.2 Meiotic aberration การตรวจสอบความผิดปกติของโครโมโซมในต้น M_1 ที่มาจากเมล็ดที่ผ่านการฉายรังสี โดยตรวจการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสของดอก ระยะที่เหมาะสมในการตรวจคือ diakinesis หรือ metaphase I ความผิดปกติที่ตรวจได้คือ การเกิด reciprocal translocation โดยจะพบการเกิดลักษณะวงแหวนหรือการเชื่อมต่อกันของโครโมโซม ตรวจสอบความผิดปกติของโครโมโซมจากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะค่อนข้างยากและเสียเวลากว่าการตรวจสอบจากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

3. การเป็นหมัน (sterility) สิ่งก่อการกลายมีผลที่ทำให้พืชขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดลดความสามารถในการขยายพันธุ์โดยอาศัยเพศลงไปได้ คือ ทำให้พืชเป็นหมัน ระดับความเป็นหมันจะมากน้อยแค่ไหน ขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีหรือความเข้มข้นของสารเคมีที่ได้รับ การเป็นหมันของพืชเกิดจากปรา กฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลาย ๆ อย่างรวมกัน ดังต่อไปนี้

1. ต้นพืชแคระแกร็น หรือชะงักการเจริญเติบโตจนไม่สามารถมีดอกได้

2. มีการสร้างดอก แต่ดอกขาดโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์

3. ดอกมีโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ แต่ละอองเรณูเป็นหมัน

4. มีการปฏิสนธิ (fertilization) แต่เอมบริโอไม่สามารถเจริญต่อไปได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. มีการสร้างเมล็ด แต่เมล็ดไม่สามารถงอกเป็นต้นกล้าหรืองอกเป็นต้นกล้าได้แต่ตายภายหลังงอก

การเป็นหมันที่พบมากที่สุดคือ เซลล์สืบพันธุ์เป็นหมัน สาเหตุของการเป็นหมันอาจเกิดจาก

1. การกลายของโครโมโซม
2. การกลายของยีน
3. การกลายของไซโทพลาสซึม

การเป็นหมันจากการเหนี่ยวนำโดยสิ่งก่อกลายพันธุ์ ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการกลายของโครโมโซม และการเป็นหมันจะเป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่งของการเพิ่มอัตราการกลาย นักปรับปรุงพันธุ์ต้องการทรีทเมนต์ที่ทำให้การเป็นหมันต่ำ แต่มีความถี่ของต้นกลายที่รอดชีวิตสูง ความเป็นหมันของต้น M_1 จะแตกต่างกันระหว่างต้นหรือระหว่างช่อดอกของต้นเดียวกัน

4. ไคเมอรา (chimera) เมล็ดพืชแต่ละชนิดประกอบไปด้วยเอมบริโอ ซึ่งจะให้กำเนิดต้นพืชต่อไป จำนวนเซลล์เริ่มต้นที่จะเจริญไปเป็นส่วนของต้น ซึ่งอยู่ที่บริเวณเนื้อเยื่อของเอมบริโอของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน ในขณะฉายรังสี เอมบริโอมีเซลล์เริ่มต้นอยู่จำนวนหนึ่ง เมื่อยีนหรือโครโมโซมที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ ในเซลล์เหล่านี้ เกิดการเปลี่ยนแปลงไปจะทำให้เกิดการกลายขึ้นตามปกติ การกลายของลักษณะใดลักษณะหนึ่งจะเกิดในเซลล์เพียงเซลล์เดียว (one cell event)

5. ใบจุดหรือใบลาย (leaf spot, leaf streak หรือ leaf variegation) ในการฉายรังสีเมล็ดพืช ลักษณะที่พบบ่อย ๆ คือ ในต้น M_1 อีกลักษณะหนึ่งคือ ความผิดปกติของคลอโรฟิลล์บนใบแรก ๆ ของต้นกล้า โดยจะแสดงออกมาในลักษณะใบจุด หรือใบลาย ซึ่งเป็นผลโดยตรงจากรังสี อาการจะรุนแรงมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณรังสี ลักษณะใบจุดหรือใบลายในต้น M_1 จะแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของพืช โดยเฉพาะพืชใบเลี้ยงคู่และใบเลี้ยงเดี่ยวจะแสดงความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด และพบว่า ลักษณะการกลายของคลอโรฟิลล์จะมีความสัมพันธ์กับการกลายของยีนมากกว่าลักษณะการเติบโตหรือการตายของต้นกล้า

สำหรับปริมาณรังสีที่ใช้ก็ต้องพิจารณาตามความเหมาะสมของตัวอย่างพืชรวมถึงชนิดของพืชด้วย เพราะพืชแต่ละชนิดจะตอบสนองต่อรังสีได้ไม่เท่ากัน โดยทั่วไปมีหลักการว่าปริมาณรังสีที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ให้กับพืชต้องไม่สูงจนถึงกับทำให้พืชตายหรือไม่เจริญเติบโต แต่ปริมาณรังสีต้องไม่ต่ำจนเกินไป เพราะจะทำให้มีอัตราการกลายต่ำมากจนไม่สามารถตรวจพบการกลายหรือไม่พบการเปลี่ยนแปลงใด ๆ เกิดขึ้น พืชแต่ละชนิดมีความไวต่อรังสี (radiosensitivity) แตกต่างกันไป ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ลักษณะความไวต่อรังสีหรือความทนทานต่อรังสีส่วนหนึ่งควบคุมด้วยยีน และสามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้ การพิจารณาฉายรังสีกับพืชแต่ละชนิด นักวิจัยอาจสืบค้นข้อมูลจากผลงานที่ทำมาแล้วโดยนักวิจัยอื่นๆ หรืออาจจะหาปริมาณรังสีที่เหมาะสมของพืชที่จะทำการวิจัยเองก็ได้ โดยวัดความเสียหายทางสรีรวิทยาที่เกิดกับต้นกล้า ซึ่งมี 2 วิธี ได้แก่ (สิรนุช, 2540)

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

2. วัดเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของต้นกล้า (seedling survival percentage) แล้วหาปริมาณรังสีที่ทำให้ต้นกล้าตายไป 50 % (50 % Lethal Dose, LD_{50}) ของกลุ่มเปรียบเทียบ (control) ในพืชที่ขยายพันธุ์ด้วยวิธีการไม่ใช้เพศหรือพืชที่ขยายพันธุ์จากเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ของต้นพืช (vegetatively propagated crops) เหมาะที่จะใช้วิธีการปรับปรุงพันธุ์โดยการกลายพันธุ์ เนื่องจากพืชในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่เป็นพืชประเภทไม้ประดับ ซึ่งเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ได้ง่ายและรวดเร็ว

ตัวอย่างงานวิจัยในการปรับปรุงพันธุ์พืชโดยใช้รังสีแกมมา ไอออนบีม และเอ็กซ์เรย์

สุชาดา (2550) ได้ศึกษาการปรับปรุงพันธุ์โดยการฉายรังสีแกมมาให้กับไทรย้อยใบด่างแหลม 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ไทรย้อยด่างขอบใบ และไทรย้อยด่างเป็นปื้น ใช้วิธีการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันและแบบโครนิค ในการฉายรังสีแบบเฉียบพลันใช้ปริมาณรังสีที่ 20, 40, และ 60 เกรย์ ส่วนแบบโครนิคใช้ปริมาณรังสีที่ 51.53, 50.85, 44.25, 25.77, 18.55, 18.31, 15.93, 9.46, 9.34, 9.28, 8.13, 5.73, 5.69, 4.92, 3.83, 3.78, 3.29, 2.86, และ 1.92 กิโลแรด พบว่าการฉายรังสีทั้ง 2 แบบทำให้การเจริญเติบโตของไทรย้อยใบด่างแหลมทั้ง 2 สายพันธุ์ลดลง เมื่อให้ปริมาณรังสีที่สูงขึ้น และพบว่าการฉายรังสีแบบโครนิคทั้ง 2 สายพันธุ์เกิดการเปลี่ยนแปลงการด่างของใบ รูปร่างของใบ สีของใบ และขนาดของใบ ลักษณะการกลายที่คงตัวที่พบมี 2 ลักษณะ คือลักษณะใบใหญ่ขอบใบเรียบ ส่วนด่างขอบใบสีขาวเล็กลงจากไทรย้อยด่างขอบใบสายพันธุ์เดิม และลักษณะใบเล็กลงขอบใบเรียบ ด่างเป็นปื้นเล็ก ๆ จากไทรย้อยด่างเป็นปื้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุธนา (2550) ได้ศึกษาการปรับปรุงพันธุ์ไผ่ฟิลิปปินส์ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ Florida beauty, Friendmanii และ Bangkok beauty โดยการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันและแบบโครนิคกับกิ่งปักชำ พบว่า การฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณ 100, 200, 400, 800 และ 1,000 เกรย์ พบว่า ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Friendmanii และ Bangkok beauty ตายทั้งหมด ปริมาณรังสีแกมมาที่ทำให้ไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ Floria beauty รอดตาย 50 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้รับรังสีคือ 465 เกรย์ ส่วนการฉายรังสีแบบโครนิกที่ปริมาณ 37.09, 55.41, 73.82, 91.58, 110.26, 179.52, 182.25, 357.24, 458.76 และ 992.49 เกรย์ ให้กับพันธุ์ Friendmanii และ Bangkok beauty พบว่า ยิ่งปริมาณรังสีสูงขึ้นการเจริญเติบโตลดลง และเมื่อฉายรังสีโครนิกให้กับ พันธุ์ Floria beauty ที่ปริมาณ 50.91, 101.82, 155.84 และ 199.56 พบว่า มีการรอดตายทั้งหมด แต่การเจริญเติบโตลดลง นอกจากนี้ยังพบว่า การฉายรังสีแบบโครนิกทำให้เกิดลักษณะการกลายพันธุ์ โดยเปลี่ยนรูปแบบการด่างของขอบใบ รูปร่างใบ และสีของใบ

Sugiyama *et al.* (2008) ได้ฉายคาร์บอน ไอออน ให้กับไซคลาเมนพันธุ์ Fragrance Mini (FM) และ พันธุ์ Wink (WK) ฉายคาร์บอนไอออนให้กับชิ้นส่วนแคลลัส ที่ปริมาณ 0, 10, 20, 40, 60 และ 80 เกรย์ โดยดูผลของคาร์บอนไอออนที่ปริมาณต่าง ๆ ต่ออัตราการรอดชีวิต การพัฒนาเนื้อเยื่อร่างกาย (somatic embryogenesis) จากแคลลัสของพันธุ์ FM และ การผลิตตาพิเศษ (adventitious bud) ของพันธุ์ FM พบว่า ที่ปริมาณคาร์บอนไอออนสูงมีผลต่อการรอดชีวิต การพัฒนาเนื้อเยื่อร่างกายของพันธุ์ FM และ การผลิตตาพิเศษของพันธุ์ WK ลดลง โดยพันธุ์ FM ผลิตเนื้อเยื่อร่างกายลดลงที่ปริมาณคาร์บอนไอออน 60 และ 80 เกรย์ ส่วนพันธุ์ WK ไม่มีการผลิตตาที่ปริมาณคาร์บอนไอออนสูงกว่า 40 เกรย์ และพบว่าไม่มีการกลายใด ๆ เกิดขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ได้มีการทดลองต่อโดยเปลี่ยนใช้ชิ้นส่วนของหัวไซคลาเมนพันธุ์ FM แทนแคลลัส ฉายคาร์บอนไอออนที่ปริมาณ 0, 4, 8, 12, และ 16 เกรย์ และนำให้หัวมาชักนำให้เป็นต้น พบว่า อัตราการรอดชีวิตมากที่สุดคือ 0 เกรย์ รองลงมา 8, 14, 16 และ 12 เกรย์ พบการกลายที่ปริมาณ 8-16 เกรย์ ความถี่ของดอกกลายพันธุ์เป็นหมันมากที่สุดที่ปริมาณ 12 เกรย์ พบการกลายของสีดอกที่ปริมาณ 12 เกรย์ เปลี่ยนจากดอกสีม่วงอมน้ำเงินเป็นดอกสีม่วงอมแดง การฉายคาร์บอนไอออน ที่ปริมาณ 12 เกรย์ สามารถชักนำให้ไซคลาเมนเกิดการกลายได้

นพรัตน์ อินศร (2552) ศึกษาการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันให้กับบานชื่นเลื้อยใบด่างที่ระดับ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, และ 100 เกรย์ พบว่า ยิ่งปริมาณรังสีสูงขึ้น การเจริญเติบโต ยิ่งลดลง ค่า $LD_{50(60)}$คือ 31.5 ชุดการทดลองที่ได้รับปริมาณรังสี 20 เกรย์ในรุ่น M_1V_1 มี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเปลี่ยนแปลงของใบทั้งหมด 4 ลักษณะจากการคัดเลือกโดยทำ Cutting back method ได้ลักษณะการกลาย 2 พันธุ์ คือ ลักษณะพื้นใบสีเขียวมีจุดประสีขาวกระจายทั่วทั้งใบ และลักษณะใบเล็กลงขอบใบเรียบ

ส่วนของพืชที่ขยายพันธุ์ด้วยเนื้อเยื่อต้นพืช เช่น กิ่ง หัวใต้ดิน ราก เหง้า ไหล ส่วนของพืชบริเวณดังกล่าวมีบริเวณเนื้อเยื่อเจริญที่จะแบ่งเซลล์เพื่อการเจริญเติบโตต่อไป โครงสร้างบริเวณเนื้อเยื่อเจริญ จะเป็นจุดสำคัญในการรับรังสี เนื้อเยื่อส่วนที่มีเซลล์เป็นจำนวนมาก ตามปกติจะประกอบด้วยเซลล์เป็นชั้น ๆ โดยแบ่งออกเป็น 3 ชั้น คือ L1 (epidermis), L2 (subepidermis) และ L3 (corpus) ในแต่ละชั้นประกอบด้วยเซลล์ที่มีสมบัติของเนื้อเยื่อเจริญจำนวนหนึ่ง การฉายรังสีส่วนของพืชที่ขยายพันธุ์ด้วยเนื้อเยื่อร่างกายจะทำให้เกิดไคเมอรา ดังนั้นเมื่อนำไปปลูกจะต้องมีเทคนิคเฉพาะในการแยกเอาส่วนที่กลายออกมา เช่น ทำการตัดแต่งกิ่งหรือส่วนยอดออก (cutting back method) เพื่อให้มีการแตกกิ่งมาก ๆ มิฉะนั้นจะไม่สามารถแยกเอาส่วนกลายออกมาได้ ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงความยุ่งยากในการคัดแยกลักษณะกลายที่เกิดแบบไคเมอรา ในการทดลองนี้จึงใช้การปักชำใบเพื่อให้เกิดยอดจากตาพิเศษ (adventitious bud technique)

Adventitious bud technique

เทคนิคนี้มักใช้ร่วมกับการปรับปรุงพันธุ์ด้วยการฉายรังสี เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดไคเมอรา การใช้ adventitios bud technique ช่วยทำให้เกิดการกลายแบบไม่เป็นไคเมอรา (solid)ได้ 95 เปอร์เซ็นต์ (Harten *et al.* 1981) ทำให้คัดแยกลักษณะที่กลายออกมาได้ง่าย ลดระยะเวลาในการคัดแยกลักษณะที่กลายจากการกลายแบบไคเมอราโดยการใช้วิธีการขยายพันธุ์ต่าง ๆ เพื่อให้ได้ลักษณะกลายแบบทั้งต้นได้ (solid mutant) ต้นอ่อนจะเกิดจากเซลล์ชั้นผิว (epidermal cell) ที่ฐานของก้านใบ 1 เซลล์ ซึ่งต้นอ่อนที่เกิดขึ้นหลังจากฉายรังสีที่ใบอาจเป็นได้ทั้งต้นอ่อนที่เกิดการกลายทั้งต้น (solid mutant) หรือไม่กลายก็ได้ (Roest *et al*. 1981) ซึ่งการกลายพันธุ์จากการเหนี่ยวนำด้วยรังสีโดยใช้เทคนิคนี้ช่วยให้เกิดการกลายเป็นบริเวณใหญ่หรือกลายทั้งต้นได้ (solid mutant) (Broertjes and Van Harten, 1988)

มีรายงานพืชที่ใช้ Adventitious bud technique ร่วมกับการปรับปรุงพันธุ์วิธีต่าง ๆ ได้แก่ กุหลาบหิน, แอฟริกันไวโอเล็ต, Achimenes, Streptocarpus (Broertjes and Van Harten, 1978) บีโก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เนีย (Roest *et al*. 1981) แววมยุรา (Takeuchi *et al*. 1984) เบญจมาศ (Broertjes *et al*. 1976) มันเทศ (Harten *et al.* 1981) มีงานทดลองที่ใช้ Adventitious bud technique ดังนี้

Roest *et al*. (1981) ปรับปรุงพันธุ์บีโกเนีย (Begonia x HIEMALIS) เป็นหมัน (triploid) และพันธุ์ Shwabenland (ดอกสีแดง) ด้วยการฉายรังสีเอ็กซ์ร่วมกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยใช้ adventitious bud technique ซึ่งได้ขยายพันธุ์ (Begonia x HIEMALIS) และได้ Clone 1 เรียกว่า SO1 (ดอกสีเหลือง) ใช้แผ่นใบปักลงในอาหารสูตร Murashige and skoog (1962) ฉายรังสีเอ็กซ์ให้กับทั้ง 2 พันธุ์ ปริมาณ 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 เกรย์ หลังจากฉายรังสีเอ็กซ์ ใบบีโกเนียมีการพัฒนาเป็นยอด จากใบ ใช้เวลาประมาณ 2-3 เดือน ย้ายต้นพืชแยกออกมาเลี้ยงในอาหารสูตร MS โดยไม่เติมสารเร่งการเจริญเติบโต และนำปลูกลงในวัสดุปลูกที่มี peat mould และ ทราย ในอัตราส่วน 1:1 จากการทดลอง พบว่า ปริมาณรังสีที่เหมาะสมต่อการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์และไม่ยับยั้งการเจริญเติบโต คือ 10 และ 15 เกรย์ โดย Clone 1 มีการกลายพันธุ์ดังนี้ ดอกสีเหลืองอ่อนลักษณะดอกซ้อนกว่าปกติ สีส้มเข้ม ส้มอ่อน เหลืองส้ม และยังพบกลายพันธุ์แบบไม่ด่าง (solid mutant) 96.9% และด่าง 3.1% ส่วนพันธุ์ Shwabenland มีการกลายพันธุ์ลักษณะทรงพุ่มต่างจากเดิม 4 ลักษณะ กลายพันธุ์แบบไม่ด่าง 98.5% และ ด่าง 1.5%

Harten *et al.* (1981) เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยใช้ adventitious bud technique ร่วมกับการฉายรังสีเอ็กซ์เรย์ให้กับมันเทศ โดยใช้บริเวณก้านใบเพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายในลักษณะหัวสะสมอาหารมีสีแดงกลายเป็นสีเหลือง ปักก้านใบลงในอาหารและฉายรังสีเอ็กซ์ 0, 15, 17.5 และ 20 เกรย์ และใช้แผ่นใบปักลงในอาหารแล้วฉายรังสีเอ็กซ์ 0, 22.5, 25 และ 27.5 เกรย์ มีต้นพืชพัฒนาจากก้านใบและมีหัวสะสมอาหาร พบความถี่การกลายพันธุ์สูง มีลักษณะไคเมอราต่ำ ได้หัวมันเป็นสีเหลืองในชั้น L1 และชั้น L2 และ L3 เป็นสีแดง

Okamura *et al*. (2003) ได้ฉายรังสีร่วมกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อให้กับเบญจมาศเพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายสีดอกโดยเปรียบเทียบการฉายรังสี ไอออนบีม เอ็กซ์ และแกมมา ฉายคาร์บอนไอออนปริมาณ 0, 10 และ 15 เกรย์ ส่วนรังสีแกมมา ฉายที่ปริมาณ 0, 30, 50, 70 และ 100 เกรย์ และฉายรังสีเอ็กซ์ปริมาณ 0, 40, 80, 90 และ 130 เกรย์ จากการทดลอง พบว่า การฉายไอออนคาร์บอนร่วมกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ทำให้ยอดที่เกิดใหม่จากเนื้อเยื่อส่วนใบมีจำนวนเมื่อลดลงเมื่อปริมาณรังสีสูงขึ้น และมีความถี่ของการกลายพันธุ์ การกลายแบบแปลกใหม่ ของสีดอกและรูปร่างดอกมากที่สุด รองลงมาคือรังสีแกมมา และ ต่ำสุดคือ รังสีเอ็กซ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Seneviratne *et al*. (2007) เหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ให้กับแอฟริกันไวโอเล็ตโดยใช้โคลชิซินร่วมกับการฉายรังสีแกมมา ใช้บริเวณฐานก้านใบแอฟริกันไวโอเล็ตจุ่มลงในสารละลายโคลชิซิมีความเข้มข้น 0, 0.04, 0.06 และ 0.09 % และแช่ไว้เป็นเวลา 21.5, 22.5, 23.5 และ 48 ชั่วโมง นำใบที่แช่ในสารละลายโคลชิซินของแต่ละทรีทเมนต์มาปักชำใบในวัสดุชำที่ประกอบด้วยทราย:ใบไม้เปื่อย ในอัตราส่วน 1:1 หลังจากชำได้ 2 เดือน ต้นแอฟริกันไวโอเล็ตจะงอกใบใหม่ และใช้เวลาในการคัดเลือกลักษณะกลายจากให้สารละลายโคลชิซิน 18 เดือน พบการกลายพันธุ์ ในทรีทเมนต์ที่ใช้สารละลายโคลชิซินมีความเข้มข้น 0.06 % แช่ไว้ 22.5 ชั่วโมง คือ ดอกมีสีขาวขอบกลีบดอกสีม่วง หลังจากดอกบานได้ 7 วัน ดอกแอฟริกันไวโอเล็ตมีสีม่วงเหมือนเดิม จึงนำต้นที่มีดอกลักษณะนี้มาฉายรังสีแกมมาที่มีโคบอลต์ 60 เป็นต้นกำเนิดรังสี ปริมาณ 0, 5, 10, 15 และ 20 เกรย์ พบว่า เกิดการกลายของก้านดอกคือ ก้านใบที่สั้นลง ที่ปริมาณรังสี 15 เกรย์ และไม่พบลักษณะการกลายอื่น ๆ ของทุกปริมาณรังสี

Wongpiyasatid *et al*. (2007) ฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันร่วมกับการปักชำใบให้กับแอฟริกันไวโอเล็ตพันธุ์ Optima Hawaii ดอกสีม่วง ฉายรังสีปริมาณ 0, 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 เกรย์ แล้วนำใบมาปักชำลงในวัสดุชำที่ประกอบด้วยพีทมอสนำมาวางในโรงเรือนที่พรางแสงหรือวางในที่แดดร่ม รอจนกระทั่งใบแอฟริกันไวโอเล็ตเกิดต้นใหม่และย้ายลงกระถางต่อไป พบว่า ค่า $LD_{50(60)}$ หรือปริมาณรังสีที่ทำให้พืชตายครึ่งหนึ่งหลังจากฉายรังสีได้ 60 วัน คือ 56 เกรย์ จำนวนต้นพืชต่อใบลดลงเมื่อปริมาณรังสีมากขึ้น โดยจำนวนต้นพืชต่อใบที่เกิดขึ้นลดลงเมื่อฉายรังสีมากกว่า 10 เกรย์ และไม่มีใบรอดชีวิตหลังจากฉายรังสีปริมาณมากกว่า 80 เกรย์ พบความถี่ของการกลายพันธุ์ของสีดอก รูปแบบของใบ มากที่สุดที่ปริมาณรังสี 60 เกรย์

Kanchanapoom *et al*. (2009) ใช้ชิ้นส่วนใบของแววมยุรา (*Torenia fournieri*)เลี้ยงในอาหาร Murashige and Skoog เติม NAA และ BA พบว่า มียอดพัฒนาจากใบมากในอาหารสูตร MS ที่เติม 0.05 mg/l NAA และ 3 mg/BA แยกยอดแววมยุรามาเลี้ยงในอาหารสูตร MS โดยไม่ใส่สารเร่งการเจริญเติบโต และย้ายต้นแววมยุราลงในอาหารสูตร MS ที่เติม NAA และ BA พบว่า มีการพัฒนายอดมากที่สุดในอาหาร 0.1 mg/l NAAและ 3 mg/l BA ในการพัฒนายอดจากชิ้นส่วนใบจนกลายเป็นต้นใหม่ต้องใช้อาหารสูตร MS ที่เติม BA ในสัดส่วนที่มากกว่า NAA

Mutsumura *et al*. (2010) ฉายไอออนบีม ($^{12}C^{5+}$) ให้กับชิ้นส่วนใบและดอกเบญจมาศพันธุ์ 'H13' (สีแดงม่วง) 'Shiroyamate' (สีขาว) โดยต้องการลักษณะสีดอกขาวและเหลืองจากพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

'H13'และสีอื่นจากพันธุ์ 'Shiroyamate' ฉายไอออนบีมปริมาณ 1, 2, 4 และ 8 เกรย์ การพัฒนาของตาและยอดที่มาจากกลีบดอกและใบลดลงเมื่อปริมาณสูงขึ้น ปริมาณที่เหมาะสมในการฉายไอออนบีม ($^{12}C^{5+}$) สำหรับพันธุ์ 'H13' คือ 1 และ 2 เกรย์ ส่วนพันธุ์ 'Shiroyamate' คือ 1, 2 และ 4 เกรย์ พบการกลายพันธุ์ด้านสีดอกของพันธุ์ 'H13' ที่ปริมาณ 1 เกรย์ คือ สีส้มแดง และ กลีบดอกมีสีแดงสลับขาว (ดอกแบบ spray) และ 2 เกรย์ คือ สีส้มแดง แดงเข้ม ชมพู กลีบดอกมีสีแดงสลับขาว (ดอกแบบ spray) และ ดอกซ้อนหลายชั้นมีกลีบดอกแดงสลับขาว ส่วนพันธุ์ 'Shiroyamate' พบการกลายพันธุ์เป็นดอกสีเหลืองที่ปริมาณ 1, 2 และ 4 เกรย์ พบการกลายพันธุ์มากที่สุดที่ปริมาณ 4 เกรย์ จากการทดลองนี้พบว่าปริมาณรังสีที่เหมาะสมต่อการพัฒนาของตาดอกและยอดจากกลีบดอกและใบ และเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์สำหรับพันธุ์ 'H13' คือ 1 และ 2 เกรย์ ส่วนพันธุ์ 'Shiroyamate' คือ 1, 2 และ 4 เกรย์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ต้นพันธุ์แววมยุรา

ได้แก่ พันธุ์แม่ (*Torenia fournieri*) และ พันธุ์พ่อ (*Torenia baillonii*)

2. อุปกรณ์ในการผสมพันธุ์

ได้แก่ ปากคีบ ไหมพรม

3. อุปกรณ์ฉายรังสีแกมมาของศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1 เครื่องฉายรังสีแกมมา Mark I Irradiator มีต้นกำเนิดรังสีเป็น ซีเซียม-137 สำหรับการฉายรังสีแบบเฉียบพลัน

3.2 ห้องฉายรังสีแกมมา Gamma Room มีต้นกำเนิดรังสีเป็น โคบอลต์-60 สำหรับการฉายรังสีแบบโครนิก

4. วัสดุปลูก

ได้แก่ ทราย แกลบดำ แกลบสด ปุ๋ยคอก ถาดหลุม กระถางขนาด 4 นิ้ว และ 6 นิ้ว

ปุ๋ยละลายช้าสูตรเสมอ 14-14-14

5. อุปกรณ์ตรวจสอบจำนวนโครโมโซม

ได้แก่ สไลด์และกระจกปิดสไลด์ ผ้าก๊อซเช็ดสไลด์ เข็มเขี่ย (needle) อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) microfuge tube กระบอกตวง บีกเกอร์ หลอดดูดสารละลาย ตู้เย็น

สารเคมีที่ใช้

- น้ำยาสูตรคาร์นอย 1 (Carnoy 1) ตรึงเซลล์ ใช้ เอทานอล แอลกอฮอล์ เข้มข้น 95 % : กรดอะซิติ ในอัตราส่วน 3:1
- pretreatment 8- hydroxyquiniline
- กรดไฮโดรคลอริก (HCL)
- ย่อยผนังเซลล์ กรดอะซิติก (glacial acetic acid)เข้มข้น 50 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- สีย้อมโครโมโซมพืช คือ leuco-basic fuchin และ aceto-carmine

6. อุปกรณ์ศึกษาขนาดปากใบ

ได้แก่ สไลด์และกระจกปิดสไลด์ กล้องจุลทรรศน์ ocular micrometer stage (ใช้วัดขนาดปากใบ)

สารเคมีที่ใช้

- Acetoglycal และ น้ำยาทาเล็บ

7. อุปกรณ์ศึกษาความมีชีวิตของละอองเรณู

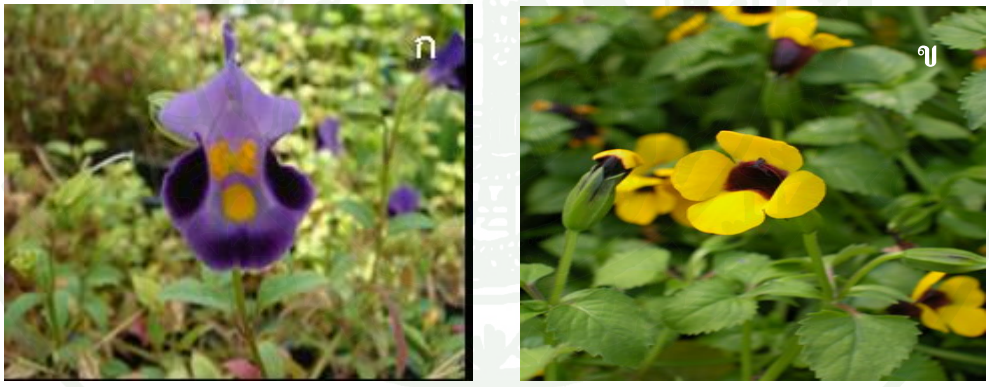
ได้แก่ สไลด์และกระจกปิดสไลด์ กล้องจุลทรรศน์ เข็มเขี่ย (needle)

สารเคมีที่ใช้

- สีย้อมละอองเรณู aceto-carmine เข้มข้น 1%

8. อุปกรณ์บันทึกข้อมูล

ได้แก่ ไม้บรรทัด สมุดบันทึก และกล้องถ่ายรูป



Torenia fournieri *Torenia baillonii*

ภาพที่ 1 แววมยุราพันธุ์แม่ (*Torenia fournieri*) (ก) และแววมยุราพันธุ์พ่อ (*Torenia baillonii*) (ข) ที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณะแววมยุราต้นพ่อและต้นแม่ที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์

ลักษณะของ *Torenia fournieri* ดอกสีม่วงอมน้ำเงิน ทรงพุ่มตั้ง (erect) ดอกดก ส่วนลักษณะของ *Torenia baillonii* ดอกสีเหลือง ทรงพุ่มเลื้อย (creeping) ดอกน้อย จึงปรับปรุงพันธุ์โดยใช้ *Torenia fournieri* เป็นต้นแม่ ผสมกับ *Torenia baillonii* เป็นต้นพ่อ ลักษณะที่ต้องการในลูกผสม คือ ทรงพุ่มกึ่งเลื้อยเหมาะทำเป็นไม้กระถางแขวน ดอกดก สีดอกสดใส

วิธีการ

1. ผสมพันธุ์แววมยุราโดยใช้พันธุ์แม่คือ *Torenia fournieri* และพันธุ์พ่อคือ *Torenia baillonii*

1.1 เลือกดอกของพันธุ์แม่ที่บานในวันแรกและอับละอองเรณูยังไม่แตก ทำการตอนดอก (emasculation) ในตอนเย็นโดยใช้ปากคีบดึงเกสรตัวผู้ออก แล้วผูกไหมพรมที่ก้านดอก

1.2 ในวันถัดมาตอนเย็น เลือกดอกที่บานแล้วของแววมยุราต้นพ่อ ใช้ปากคีบเขี่ยละอองเรณูให้ติดปลายปากคีบ แล้วนำละอองเรณูไว้บนเกสรตัวเมียของต้นแม่ที่ผูกไหมพรม หลังจากถ่าย ละอองเกสรได้ 2 วัน ดอกแววมยุราของต้นแม่จะติดฝักและฝักจะเต็มไปด้วยเมล็ด และเมื่อฝักอายุได้ 21-25 วัน ฝักจะแก่มีสีน้ำตาล

1.3 เก็บเมล็ดแล้วห่อด้วยกระดาษ เก็บกระดาษที่ห่อฝักแววมยุราตากไว้ในที่แห้งเป็นเวลา 14 วัน ป้องกันไม่ให้ขึ้นรา แล้วย้ายเมล็ดจากกระดาษมาเก็บไว้ในถุงซิบและแช่ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 8-12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 เดือน เนื่องจากเมล็ดแววมยุรามีการพักตัวจึงต้องเก็บไว้ในตู้เย็นหรืออุณหภูมิ 8-12 องศาเซลเซียส

1.4 นำเมล็ดมาเพาะในวัสดุเพาะที่ประกอบด้วยพีทมอส เมล็ดใช้เวลาในการงอกต้นกล้า ประมาณ 21-30 วัน

หลังจากผสมพันธุ์แววมยุราระหว่าง *Torenia fournieri* และ *Torenia fournieri*ได้บันทึกอัตราการผสมติดตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนดอกที่ผสมเกสร จำนวนการติดฝัก และ อัตราการผสมติด

จำนวนดอกที่ผสมเกสร (ดอก)	จำนวนการติดฝัก (ฝัก)	อัตราการผสมติด (%)
50	46	92

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แววมยุราลูกผสมข้ามชนิดที่ได้เป็นหมัน ทำให้ไม่สามารถปรับปรุงพันธุ์ต่อไปได้ จึงใช้การฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันและโครนิกให้กับใบแววมยุรา

ลักษณะลูกผสมจากการผสมข้ามชนิดระหว่างแววมยุรา *T. fournieri* และ *T. baillonii*

Torenia Hybrid

ภาพที่ 2 แววมยุราลูกผสมข้ามชนิด (*Torenia* Hybrid)

ลูกผสมแววมยุราข้ามชนิด (interspecific hybrid) ระหว่าง *Torenia fournieri* (ภาพที่ 1 ก) มีจำนวนโครโมโซม n=9 และต้นพ่อคือ *Torenia baillonii* (ภาพที่ 1 ข) มีจำนวนโครโมโซม n=8 (Kikuchi *et al*., 2006) มีลักษณะทรงพุ่มกึ่งเลื้อย ดอกดกตามที่ต้องการ แต่สีดอกไม่สว่างสดใสและเป็นหมัน ทำให้ไม่สามารถผสมพันธุ์เพื่อปรับปรุงพันธุ์ต่อไปได้ จึงใช้การฉายรังสีแกมมาช่วยในการเปลี่ยนลักษณะสีดอกและลักษณะอื่น ๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. นำใบแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดมาฉายรังสีแกมมาเพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์โดยแบ่งการทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาหาปริมาณรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่เหมาะสมในการเหนี่ยวนำให้กลายพันธุ์และผลของรังสีแกมมาต่อการรอดชีวิต การเจริญเติบโต และการกลายพันธุ์ของใบแววมยุราที่ฉายรังสีก่อนปักชำ

นำใบแววมยุราซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ขยายพันธุ์มาฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันด้วยเครื่อง Gamma Irradiator Mark I ซึ่งมี Cs-137 เป็นต้นกำเนิดรังสี ในการทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 5 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ละ 4 ซ้ำ ใน 1 ซ้ำ มี 25 ใบ ใน 1 ทรีทเมนต์ใช้ใบแววมยุรา 100 ใบ ให้ปริมาณรังสีที่ต่างกันเป็นทรีทเมนต์ (นำใบแววมยุราเข้าฉายรังสีวันที่ 19 มีนาคม 2553)

ทรีทเมนต์ที่ 1 ไม่ฉายรังสี (control)
ทรีทเมนต์ที่ 2 ฉายรังสีปริมาณ 50 เกรย์
ทรีทเมนต์ที่ 3 ฉายรังสีปริมาณ 100 เกรย์
ทรีทเมนต์ที่ 4 ฉายรังสีปริมาณ 150 เกรย์
ทรีทเมนต์ที่ 5 ฉายรังสีปริมาณ 200 เกรย์

เมื่อฉายรังสีแล้ว นำใบแววมยุรามาปักชำลงในถาดหลุม โดยใช้วัสดุปักชำคือ ทรายผสมถ่านแกลบในอัตราส่วน 1:1 หลังจากฉายรังสีได้ 30 วัน นับจำนวนใบที่รอดตายในแต่ละทรีทเมนต์เพื่อหาค่าปริมาณรังสีที่ทำให้ใบแววมยุรารอดตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ($LD_{50(30)}$) และบันทึกการเจริญเติบโตทุกๆ 2 สัปดาห์และลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่พบ ย้ายปลูกใบที่งอกต้นใหม่ที่รอดตายที่อายุ 45 วัน ลงกระถาง 4 นิ้ว โดยใช้วัสดุปลูก คือ ถ่านแกลบ ขุยมะพร้าว กาบมะพร้าวสับ ทราย และปุ๋ยหมัก ในอัตราส่วน 1:1:1:1:1 ให้ปุ๋ยละลายช้าในอัตรา 5 กรัมต่อกระถาง ให้ปุ๋ยชนิดเกล็ดละลายน้ำสูตร 21-21-21 อัตรา 30 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ทุกสัปดาห์ เมื่อต้นใหม่ที่งอกจากก้านใบแววมยุราอายุได้ 60 วัน ย้ายลงกระถาง 6 นิ้ว คัดเลือกลักษณะกลายโดยแยกต้นที่กลายออกจากต้นปกติที่อยู่ในกระถางเดียวกันออกมาปลูกไว้อีกกระถาง และปักชำกิ่งเพื่อทดสอบว่าลักษณะที่กลายเป็นลักษณะที่คงตัวหรือไม่เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉายรังสี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 2 ศึกษาลักษณะการกลายของลูกผมแววยุราเมื่อฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันในปริมาณรังสีที่เหมาะสมต่อที่ได้จากการทดลองที่ 1

นำใบแววมยุราซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ขยายพันธุ์มาฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันด้วยเครื่อง Gamma Irradiator Mark I ซึ่งมี Cs-137 เป็นต้นกำเนิดรังสี อัตรารังสี ในการทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 6 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ละ 4 ซ้ำ ใน 1 ซ้ำ มี 25 ใบ ใน 1 ทรีทเมนต์ ใช้ใบแววมยุรา 100 ใบ ให้ปริมาณรังสีที่ต่างกันเป็นทรีทเมนต์ (นำใบแววมยุราเข้าฉายรังสี วันที่ 28 เมษายน 2553)

ทรีทเมนต์ที่ 1 ไม่ฉายรังสี (control)
ทรีทเมนต์ที่ 2 ฉายรังสีปริมาณ 50 เกรย์
ทรีทเมนต์ที่ 3 ฉายรังสีปริมาณ 60 เกรย์
ทรีทเมนต์ที่ 4 ฉายรังสีปริมาณ 70 เกรย์
ทรีทเมนต์ที่ 5 ฉายรังสีปริมาณ 80 เกรย์

เมื่อฉายรังสีแล้ว นำใบแววมยุราปักชำลงในถาดหลุม โดยใช้วัสดุปักชำคือ ทรายผสมถ่านแกลบในอัตราส่วน 1:1 หลังจากฉายรังสีได้ 30 วัน นับจำนวนใบที่รอดตายในแต่ละทรีทเมนต์ เพื่อหาค่าปริมาณรังสีที่ทำให้ใบแววมยุรารอดตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ($LD_{50(30)}$) และบันทึกผลการเจริญเติบโตทุกๆ 2 สัปดาห์ และลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่พบ จากนั้นทำการย้ายปลูกใบที่งอกต้นใหม่ที่รอดตายที่อายุ 45 วัน ลงกระถาง 4 นิ้ว โดยใช้วัสดุปลูก คือ ถ่านแกลบ ขุยมะพร้าว กาบมะพร้าวสับ ทราย ปุ๋ยหมัก ในอัตราส่วน 1:1:1:1:1ให้ปุ๋ยละลายช้าในอัตรา 5 กรัมต่อกระถาง และให้ปุ๋ยชนิดเกร็ดละลายน้ำสูตร 21-21-21 อัตรา 30 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตรทุกสัปดาห์ เมื่อต้นใหม่ที่งอกจากก้านใบแววมยุราอายุได้ 60 ทำการย้ายกระถางลงกระถาง 6 นิ้ว คัดเลือกพันธุ์กลายโดยแยกต้นที่กลายออกจากต้นปกติที่อยู่ในกระถางเดียวกันออกมาปลูกไว้อีกกระถาง และปักชำกิ่งเพื่อทดสอบว่าลักษณะที่กลายเป็นลักษณะที่คงตัวหรือไม่ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉายรังสี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 3 ศึกษาหาปริมาณรังสีแกมมาแบบโครนิกที่เหมาะสมการเหนี่ยวนำให้กลายพันธุ์ใน แววมยุราและผลของรังสีแกมมาต่อการรอดชีวิต การเจริญเติบโตและการกลาย ของ ใบแววมยุราที่ปักชำให้เกิดรากก่อนฉายรังสี

นำใบแววมยุราปักชำลงในถาดหลุมที่มีวัสดุชำได้แก่ ทราย ถ่านแกลบ พีทมอส 2:2:1 เป็นเวลา 7 วัน ให้เกิดราก จากนั้นจึงนำเข้าฉายรังสีแกมมาในห้องฉายรังสีแกมมาฉายเพื่อฉายรังสีแบบโครนิกที่มี Co-60 (^{60}C) เป็นต้นกำเนิดรังสี โดยวางที่ระยะห่างจากต้นกำเนิดรังสีที่ร 1.5 เมตร อัตรารังสี 1.05 เกรย์/ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 5 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ละ 4 ซ้ำ ใน 1 ซ้ำ มี 25 ใบ ใน 1 ทรีทเมนต์ใช้ใบแววมยุรา 100 ใบ ให้ปริมาณรังสีที่ต่างกันเป็นทรีทเมนต์

ทรีทเมนต์ที่ 1 ไม่ฉายรังสี
ทรีทเมนต์ที่ 2 ฉายรังสีปริมาณ 50.33 เกรย์
ทรีทเมนต์ที่ 3 ฉายรังสีปริมาณ 71.29 เกรย์
ทรีทเมนต์ที่ 4 ฉายรังสีปริมาณ 91.24 เกรย์
ทรีทเมนต์ที่ 5 ฉายรังสีปริมาณ 113.18 เกรย์

หลังจากฉายรังสีใบแววมยุราได้ 45 วัน ย้ายลงกระถาง 4 นิ้ว ที่มีวัสดุปลูกและการดูแลรักษาตามการทดลองที่ 1และ2 บันทึกผลการทดลองด้านการเจริญเติบโตทุก 2 สัปดาห์ และลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่พบ จนกระทั่งต้นแววมยุราอายุได้ 90 วัน และสังเกตลักษณะการกลายที่ต่างไปจากลักษณะเดิมเพื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับการฉายรังสี คัดต้นที่กลายแยกออกมาจากต้นปกติในกระถางเดียวกัน และปักชำกิ่งเพื่อดูว่าการกลายพันธุ์มีลักษณะที่คงตัวหรือไม่ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉายรังสี

การศึกษาจำนวนโครโมโซม

จำนวนโครโมโซม เปอร์เซนต์ความเป็นหมันของละอองเรณู และขนาดปาก ใบของแววมยุราที่ได้จากการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. ชำใบแววมยุราลงในวัสดุชำที่ประกอบด้วย ขุยมะพร้าว : พีทมอส ในอัตราส่วน 1:1

2. หลังจากชำใบได้ 7 วัน เก็บปลายรากแววมยุราเวลา 11.00 นาฬิกา เลือกปลายรากแววมยุราความยาว 1-2 ซม. และหยุดชีพจักรพืช (pretreatment) ด้วยการแช่ปลายราก ใน 8-hydroxyquinoline เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3 ตรึงเซลล์ (fixation) ในน้ำยาคาร์นอยสูตร 1 ที่ประกอบด้วย 99% Ethanaol : Glacial Acetic Acid ในอัตราส่วน3:1 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4. ล้างปลายรากด้วยน้ำประปา นำรากมาแช่ในกรดเกลือ (1 N HCl) และนำไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ที่ควบคุมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 นาที และล้างรากด้วยน้ำประปา 2-3 ครั้ง

5. แช่สีย้อม leoco-basic fushin ในที่มืด อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

6. ตัดปลายราก นำมาวางบนสไลด์ หยดกรดอะซีติก (glacial acetic acid) ความเข้มข้น 50 เปอร์เซนต์ ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ เคาะเซลล์ และทำเทคนิค squash

7. ศึกษาจำนวนโครโมโซมภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เลือกเซลล์ที่มีการแบ่งนิวเคลียสในระยะเมทาเฟส นับจำนวนโครโมโซมและบันทึกภาพ

ศึกษาจำนวนโครโมโซมโดยใช้สีย้อม DAPI (ผู้ปฏิบัติในส่วนนี้ คือ ดอกเตอร์ ชินจิ คิคูชิ มหาวิทยาลัยชิบะ ประเทศญี่ปุ่น)

วิธีการ

1. เลือกตาดอกขนาด 1-2 มิลลิเมตร ตัดและทำ pretreatment โดยใช้ 8-hydroquinoline ที่ 4 องศาเซลเซียส

2. ล้างอับเรณูที่ยังไม่แตกด้วยน้ำกลั่น 2-3 ครั้ง นำอับเรณูมาแช่น้ำยาตรึงเซลล์สูตรคาร์นอย 1 (Carnoy 1) ที่ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

3. ล้างอับเรณูด้วยน้ำกลั่น 2-3 ครั้ง แล้วย้ายอับเรณูมาแช่เอนไซม์ Hemicellulase+Pectolyase แช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

4. ล้างปลายอับเรณูด้วยน้ำกลั่น 2-3 ครั้ง นำอับเรณูวางบนสไลด์ ขยี้อับเรณูให้ผนังอับเรณูแยกออกมา และขยี้อับเรณูให้แยกออกจากกัน หยดสี DAPI ปิดกระจกปิดสไลด์ ใช้กระดาษทิชชู

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วางใต้สไลด์แล้วพับขึ้นมาบนกระจกปิดสไลด์ ใช้หัวแม่มือกดลงไปบนกระจกปิดสไลด์ และซับสีส่วนเกินออก ศึกษาจำนวนโครโมโซมภายใต้กล้องจุลทรรศน์ในระยะเมตาเฟส

ศึกษาความมีชีวิตละอองเรณู

เลือกดอกแววมยุราที่เริ่มบาน ใช้เข็มเขี่ย (needle) แยกละอองเรณูออกมาไว้บนสไลด์ที่หยดสี aceto carmine 1 หยด ความเข้มข้น 1 % ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ ดูการติดสีละอองเรณูและสุ่มตรวจนับละอองเกสรภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 100 เท่า โดยละอองเกสรที่ย้อมติดสีแดงเข้มสม่ำเสมอ และมีรูปร่างกลมไม่บิดเบี้ยว จัดเป็นละอองเกสรที่ไม่เป็นหมัน ส่วนละอองเรณูที่ย้อมไม่ติดสี ติดสีจาง หรือติดสีไม่สม่ำเสมอ จัดเป็นละอองเรณูเป็นหมัน สุ่มนับละอองเรณู 10 บริเวณ (field) แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์ความเป็นหมันของละอองเรณูโดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ละอองเรณูที่เป็นหมัน} = \frac{\text{จำนวนของละอองเรณูที่เป็นหมัน}}{\text{จำนวนละอองเรณูทั้งหมดที่สุ่มนับ}} \times 100$$

ศึกษาขนาดปากใบ

ลอกปากใบด้วยน้ำยาทาเล็บ นำปากใบที่ลอกมาไว้บนสไลด์ที่หยด acetoglycol 1 หยด ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ ศึกษาขนาดปากใบใช้ ocular micrometer stage ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 3 (ก) ใบแววมยุราปักก้านใบวันแรก

(ข) ใบแววมยุรางอกต้นใหม่หลังจากปักก้านใบประมาณ 21-30 วันเป็นต้นไป

(ค) ใบแววมยุรางอกต้นใหม่หลังจากปักก้านใบได้ 45 วัน

(ง) ต้นใหม่งอกจากใบแววมยุราบริเวณก้านใบประมาณ 45 วัน

การบันทึกผลการทดลอง

1. บันทึกจำนวนใบที่การรอดชีวิตของใบแววมยุราหลังจากได้รับรังสีแบบเฉียบพลันและแบบโครนิก ปริมาณต่าง ๆ กันหลังจากการฉายรังสี 30 วัน

2. บันทึกการเจริญเติบโตทุก ๆ 2 สัปดาห์หลังจากฉายรังสีจนครบ 90 วัน โดยบันทึกลักษณะต่าง ๆเช่น ความสูง ขนาดทรงพุ่ม จำนวนกิ่งแขนง จำนวนดอก และขนาดดอก

3.บันทึกภาพลักษณะการกลายพันธุ์ของแววมยุราพันธุ์ลูกผสมข้ามชนิด คัดแยกต้นกลายโดยการตัดชำกิ่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. บันทึกขนาดปากใบของใบแววมยุรา ความเป็นหมันของละอองเรณู และจำนวนโครโมโซมที่เกิดจากการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้รับรังสี

สถานที่และระยะเวลาทำการทดลอง

สถานที่

1. แปลงปลูกพืชทดลองภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

2. ศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

ระยะเวลาทำการทดลอง

เริ่มทำการทดลองเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2552 สิ้นสุดการทดลองเดือนธันวาคม พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

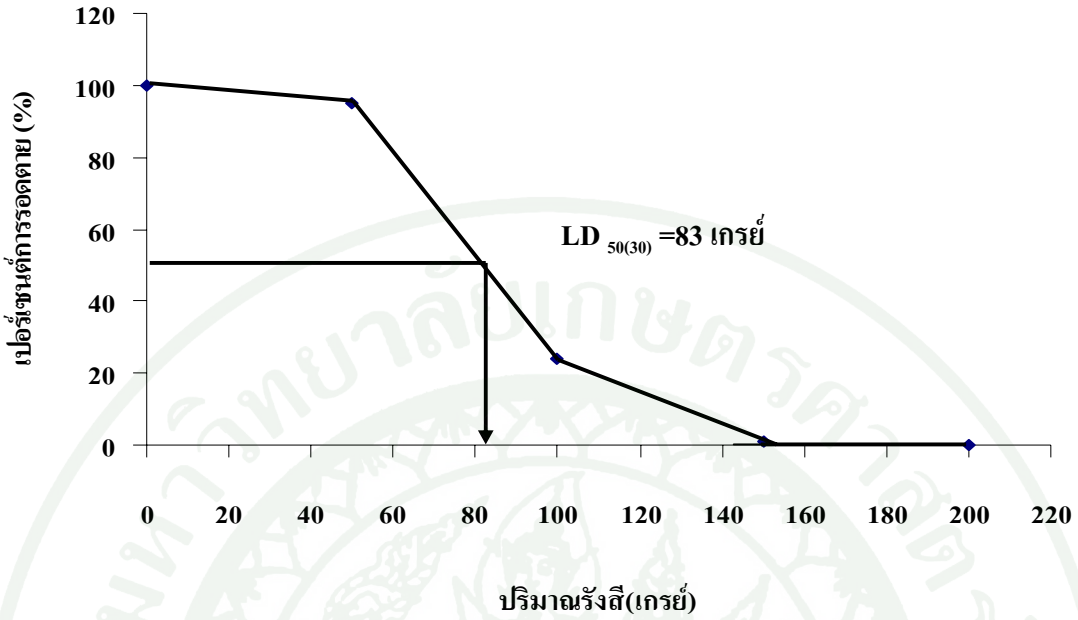
การทดลองที่ 1 ศึกษาหาปริมาณรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน (acute irradiation) ที่เหมาะสมที่มีผลต่อการรอดชีวิต การเจริญเติบโต และการกลายพันธุ์ของใบแววมยุราที่ฉายรังสีก่อนปักชำ

ใบแววมยุราที่ฉายรังสีแล้วที่ปริมาณ 0, 50, 100, 150 และ 200 เกรย์ ใช้ก้านใบปักลงในวัสดุชำที่ประกอบด้วย ทราย : แกลบดำ ในอัตรา 1:1 ใบแววมยุราใช้เวลาในการงอกต้นใหม่ประมาณ 21-60 วัน หลังจากฉายรังสี 30 วัน หาค่า LD_{50} พบว่า ค่า LD_{50} คือ 83 เกรย์ (ภาพที่ 4) และเมื่อใบแววมยุรางอกต้นใหม่หลังจากฉายรังสีที่อายุ 45 วัน จึงย้ายลงกระถาง 4 นิ้ว เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของใบแววมยุราที่อายุ 30 วันของชุดการชุดการทดลองที่ได้รับรังสีที่ 0, 50, 100, 150 และ 200 เกรย์ มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตที่ 100, 95, 24, 1 และ 0 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ โดยชุดของการทดลองที่ใบแววมยุราที่ได้รับการฉายรังสีปริมาณ 0 เกรย์ มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตมากที่สุดคือ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนชุดของการทดลองที่ใบแววมยุราได้รับการฉายรังสี 200 เกรย์ ไม่มีใบแววมยุรารอดชีวิต (ตารางที่ 3)

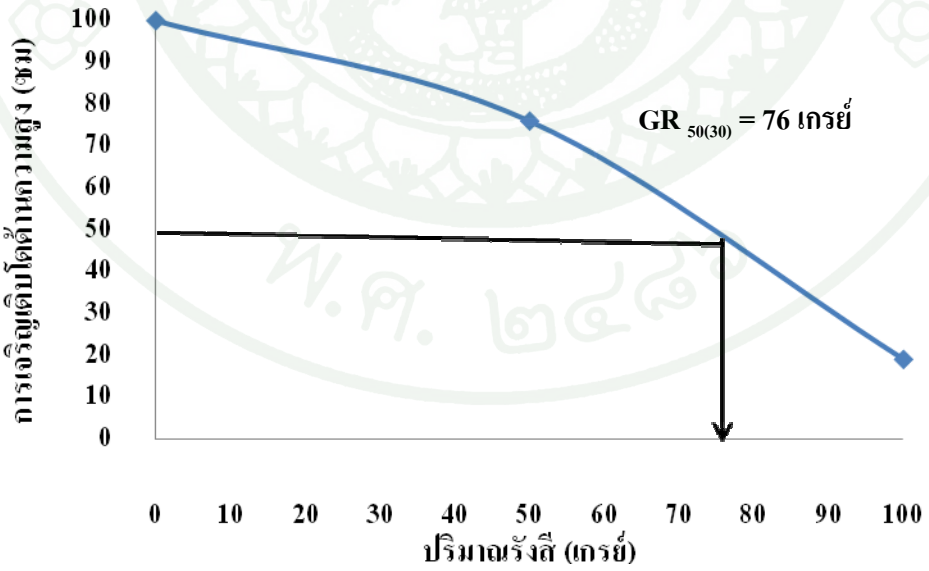
ตารางที่ 3 การรอดชีวิตของใบแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณรังสีต่าง ๆ กันหลังจากฉายรังแกมมาแบบเฉียบพลันสี 30 วัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	จำนวนใบที่ฉายรังสี (ใบ)	จำนวนใบที่มีชีวิต (ใบ)	เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต(%)
0	100	100	100
50	100	95	95
100	100	24	24
150	100	1	1
200	100	0	0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4 เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉายรังสี (control) และชุดการทดลองที่ได้รับรังสีของแววมยุราพันธุ์ลูกผสมที่ได้รับการฉายรังสีปริมาณต่าง ๆ เมื่ออายุ 30 วัน และค่า LD_{50}



ภาพที่ 5 ปริมาณรังสีที่ทำให้ต้นกล้าลดการเจริญเติบโตลง 50% (GR_{50}) หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน 30 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หลังจากหา $LD_{50(30)}$ ได้ค่าเท่ากับ 83 เกรย์ แล้ว พบว่าค่า $LD_{50(30)}$ ที่ได้มีค่าสูงเกินไป เนื่องจากช่วงความห่างของปริมาณรังสีมากเกินไป จึงหาค่าปริมาณรังสีที่ทำให้ต้นกล้าลดการเจริญเติบโตลง 50 % หรือ $GR_{50(30)}$ ได้ค่าเท่ากับ 76 เกรย์ จึงนำค่านี้มาฉายรังสีต่อในการทดลองที่ 2

ผลของการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันต่อการเจริญเติบโตของแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดไปแล้ว 30 วัน

หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันให้กับใบแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดไปแล้ว 30 วัน ที่ปริมาณรังสี 0, 50, 100, 150 และ 200 เกรย์ พบว่า ที่ปริมาณรังสี 150 และ 200 เกรย์ ไม่มีใบรอดชีวิต จึงวัดผลการเจริญเติบโต คือ ความสูง ขนาดทรงพุ่ม และ จำนวนกิ่งแขนง ส่วนจำนวนดอกต่อต้น และ ขนาดดอก ยังไม่บันทึกผล เนื่องจากต้นที่งอกใหม่ยังไม่ออกดอก

ความสูง

วัดความสูงต้นที่งอกใหม่หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน 30 วัน พบว่า ความสูงของต้นที่งอกใหม่มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี ชุดการทดลองที่มีความสูงมากที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ฉายรังสีที่ปริมาณ 50 เกรย์ ส่วนชุดการทดลองที่มีความสูงน้อยที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ฉายรังสีที่ปริมาณ 100 เกรย์ ความสูงของต้นแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดที่ปริมาณรังสี 0, 50 และ 100 เกรย์ เท่ากับ 4.28±0.86, 2.63±0.31 และ 1.17±0.15 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ขนาดทรงพุ่ม

วัดขนาดทรงพุ่มของต้นแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดที่งอกใหม่ พบว่า ขนาดทรงพุ่มมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี ชุดการทดลองที่มีขนาดทรงพุ่มมากที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี ส่วนชุดการทดลองที่มีขนาดทรงพุ่มน้อยที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ฉายรังสีที่ปริมาณ 100 เกรย์ ขนาดทรงพุ่มของต้นที่งอกใหม่ที่ปริมาณรังสี 0, 50 และ 100 เกรย์ เท่ากับ 3.76±1.24, 2.64±0.85 และ 1.71±1.62 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จำนวนกิ่งแขนง

จำนวนกิ่งแขนงต้นแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดที่งอกใหม่ หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันไปแล้ว 30 วัน พบว่า จำนวนกิ่งแขนงที่ปริมาณรังสี 100 เกรย์ มีจำนวนกิ่งแขนงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0 และ 50 เกรย์ ชุดการทดลองที่มีจำนวนกิ่งแขนงมากที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี ส่วนชุดการทดลองที่มีจำนวนกิ่งแขนงน้อยที่สุดคือ ชุดการทดลองที่ฉายรังสที่ปริมาณ 100 เกรย์ จำนวนกิ่งแขนงที่ปริมาณรังสี 0, 50 และ 100 เกรย์ เท่ากับ 2.69±0.37, 2.59±0.71 และ 1.57±1.06 กิ่งตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 การเจริญเติบโตด้าน ความสูง ขนาดทรงพุ่ม และจำนวนกิ่งแขนง ของแววมยุรา ลูกผสมข้ามชนิดหลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณต่าง ๆ กันเป็นเวลา 30 วัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	ความสูง (ซม.)	ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	จำนวนกิ่งแขนง(กิ่ง)
0 เกรย์	4.28±0.86[a]	3.76±1.24[a]	2.69±0.37[a]
50 เกรย์	2.63±0.31[b]	2.64±0.85[b]	2.59±0.71[a]
100 เกรย์	1.17±0.15[c]	1.71±1.62[c]	1.57±1.06[b]
F-test	*	*	*
CV.	15.17	14.26	12.57

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้งมีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ผลของการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันต่อการเจริญเติบโตของแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดไปแล้ว 60 วัน

ความสูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัดความสูงต้นที่งอกใหม่หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน 60 วัน พบว่า ความสูงของต้นที่งอกใหม่มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี ชุดการทดลองที่มีความสูงมากที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี ส่วนชุดการทดลองที่มีความสูงน้อยที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ฉายรังสีที่ปริมาณ 100 เกรย์ ความสูงของต้นแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดที่ปริมาณรังสี 0, 50 และ 100 เกรย์ เท่ากับ 10.05±1.74, 7.65±0.38 และ 1.83±1.25 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ขนาดทรงพุ่ม

วัดขนาดทรงพุ่มของต้นแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดที่งอกใหม่ พบว่า ขนาดทรงพุ่มมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี ชุดการทดลองที่มีขนาดทรงพุ่มมากที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี ส่วนชุดการทดลองมีขนาดทรงพุ่มน้อยที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ฉายรังสีที่ปริมาณ 100 เกรย์ ขนาดทรงพุ่มของต้นที่งอกใหม่ที่ปริมาณรังสี 0, 50 และ 100 เกรย์ เท่ากับ 8.14±2.26, 7.52±1.73 และ 1.91±1.59 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

จำนวนกิ่งแขนง

จำนวนกิ่งแขนงต้นแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดที่งอกใหม่ หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน พบว่า จำนวนกิ่งแขนงที่ปริมาณรังสี 100 เกรย์ มีจำนวนกิ่งแขนงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0 และ 50 เกรย์ ชุดการทดลองที่มีจำนวนกิ่งแขนงมากที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ฉายรังสีที่ปริมาณ 50 เกรย์ ส่วนชุดการทดลองที่มีจำนวนกิ่งแขนงน้อยที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ฉายรังสีที่ปริมาณ 100 เกรย์จำนวนกิ่งแขนงที่ปริมาณรังสี 0, 50 และ 100 เกรย์ เท่ากับ 6.97±1.38, 7.12±1.47 และ 1.60±1.82 กิ่ง ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 การเจริญเติบโตด้าน ความสูง ขนาดทรงพุ่ม และจำนวนกิ่งแขนง ของแววมยุรา ลูกผสมข้ามชนิดหลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณต่าง ๆ กันเป็นเวลา 60 วัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	ความสูง (ซม.)	ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	จำนวนกิ่งแขนง(กิ่ง)
0 เกรย์	10.05±1.74[a]	8.14±2.26[a]	6.97±1.38[a]
50 เกรย์	7.65±0.38[b]	7.52±1.73[b]	7.12±1.47[a]
100 เกรย์	1.83±1.25[c]	1.91±1.59[c]	1.60±1.82[b]
150 เกรย์	-	-	-
200 เกรย์	-	-	-
F-test	*	*	*
CV.	22.31	20.17	19.84

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้งมีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

\- ไม่มีใบรอดชีวิต

ผลของการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันต่อการเจริญเติบโตของแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดไปแล้ว 90 วัน

บันทึกผลการเจริญเติบโต คือ ความสูง ขนาดทรงพุ่ม จำนวนกิ่งแขนง จำนวนดอกต่อต้น และขนาดดอก หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันไปแล้ว 90 วัน

ความสูง

ความสูงของชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0, 50, 100 เกรย์ มีความสูงคือ 11.23±0.71, 14.50±2.07 และ 8.62±2.42 ซม. ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่ได้รับปริมาณรังสี 150 และ 200 เกรย์ ไม่มีใบที่รอดตายหลังจากฉายรังสีได้ 45 วัน ซึ่งความสูงของชุดการทดลองของแววมยุราที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ได้รับรังสี 100 เกรย์ มีความสูงแตกต่างกับชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0 และ 50 เกรย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6) (ภาพที่ 5)

ขนาดทรงพุ่ม

ขนาดทรงพุ่ม ชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0, 50 และ 100 เกรย์ พบว่า มีขนาดทรงพุ่ม คือ 17.43±0.68, 22.29±3.40 และ 13.00±4.09 ซม. ตามลำดับ ซึ่งชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 50 เกรย์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0 และ 100 เกรย์ ส่วนชุดการทดลองที่ได้รับรังสี ปริมาณ 100 เกรย์ มีความสูงน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่ายิ่งปริมาณรังสีสูงยิ่งมีผลต่อความกว้างทรงพุ่มที่ลดลง (ตารางที่ 6) (ภาพที่ 6)

จำนวนกิ่งแขนง

จำนวนกิ่งแขนงของชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0, 50 และ 100 เกรย์ พบว่า มีจำนวนกิ่งแขนงคือ 14.75±0.68, 17.82±1.63 และ 9.25±3.30 กิ่ง. ตามลำดับ ซึ่งชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0 และ 50 เกรย์ มีจำนวนกิ่งแขนงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 100 เกรย์ ซึ่งการฉายรังสีที่ปริมาณสูงขึ้นมีผลต่อจำนวนกิ่งแขนงที่ลดลง (ตารางที่ 6) (ภาพที่ 7)

จำนวนดอกต่อต้นและขนาดดอก

พบว่า ปริมาณรังสี 100 เกรย์ มีผลทำให้จำนวนดอกต่อต้นลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0 และ 50 เกรย์ เนื่องจากปริมาณรังสีสูงมีผลต่อการแตกกิ่งแขนงที่ลดลงทำให้จำนวนดอกลดลง ส่วนปริมาณรังสี 50 เกรย์ มีจำนวนดอกไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0 เกรย์ และขนาดดอกของชุดการทดลองที่ได้รับรังสี 0, 50, 100 เกรย์ พบว่ามีขนาดดอกของทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันคือ 1.85±0.14, 1.92±0.86 และ1.87±1.44 ซม. (ตารางที่ 6)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แนวโน้มการเจริญเติบโตด้านความสูง ขนาดทรงพุ่ม และจำนวนกิ่งแขนง ของแววมยุรา หลังจากฉายรังสีแบบเฉียบพลันได้ 30, 60 และ 90 วัน

ชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0, 50 และ 100 เกรย์ หลังจากได้รับรังสี 30 วัน มีการเจริญเติบโตด้านความสูง ความกว้างทรงพุ่ม และจำนวนกิ่งแขนงต่างกันเพียงเล็กน้อย และเริ่มมีความสูงต่างกันอย่างเห็นได้ชัดหลังจากวัดการเจริญเติบโต 60 วัน ซึ่งชุดการทดลองที่ไม่ได้รับรังสี (0 เกรย์) มีความสูงมากที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 50 เกรย์ และชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 100 เกรย์ มีความสูงน้อยที่สุด ซึ่งมีความสูงเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจากการวัดการเจริญเติบโต 30 วัน ส่วนการเจริญเติบโตด้านความกว้างทรงพุ่มและจำนวนกิ่งแขนงที่ 60 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่ได้รับรังสี 0 และ 50 เกรย์ มีความกว้างทรงพุ่มและจำนวนกิ่งแขนงใกล้เคียงกัน ชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 100 เกรย์ มีการเจริญเติบโตด้านความกว้างทรงพุ่มและจำนวนกิ่งแขนงน้อยที่สุด และการเจริญเติบโตที่ 90 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0, 50 และ 100 เกรย์ มีการเจริญเติบโตด้านความสูง ความกว้างทรงพุ่ม และจำนวนกิ่งแขนงต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 50 เกรย์ ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม และจำนวนกิ่งแขนงมากที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ไม่ได้รับรังสี (0 เกรย์) และน้อยที่สุดคือ ชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 100 เกรย์ จากข้อมูลการวัดการเจริญเติบโต 30, 60 และ 90 วัน แสดงถึงการเจริญเติบโตด้านความสูง ความกว้างทรงพุ่ม และจำนวนกิ่งแขนง มีการเจริญเติบโตช้าและน้อยที่สุด ส่วนชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 50 เกรย์ มีการเจริญเติบโตเร็วและมากที่สุด รองลงคือ ชุดการทดลองที่ไม่ได้รับรังสี (ภาพที่ 5-7)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 ความสูง ขนาดทรงพุ่ม จำนวนกิ่งแขนง จำนวนดอกต่อต้น และขนาดดอก ของแววมยุรา ลูกผสมข้ามชนิดหลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณต่าง ๆ กันเป็นเวลา 90 วัน

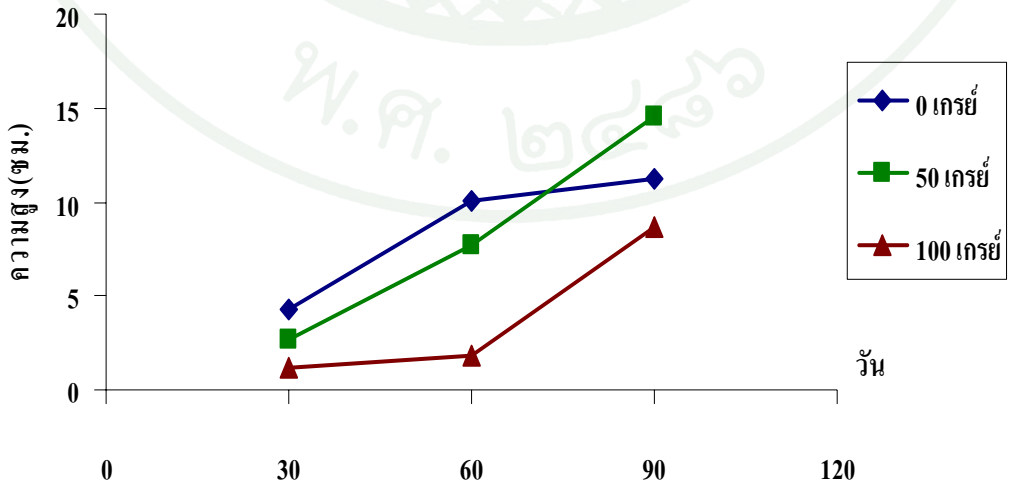
ปริมาณรังสี (เกรย์)	ความสูง (ซม.)	ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	จำนวนกิ่งแขนง (กิ่ง)	จำนวนดอกต่อต้น(ดอก)	ขนาดดอก (ซม.)
0	11.23±0.71[b]	17.43±0.68[b]	14.75±1.30[a]	7.00±2.58[a]	1.85±0.14
50	14.50±2.07[a]	22.29±3.40[a]	17.82±1.63[a]	8.50±2.08[a]	1.92±0.86
100	8.62±2.42[b]	13.00±4.09[c]	9.25±3.30[b]	1.75±0.50[b]	1.87±1.44
150	-	-	-	-	-
200	-	-	-	-	-
F-test	*	*	*	*	ns
CV.	16.49	16.69	16.18	33.67	6.76

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้งมีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

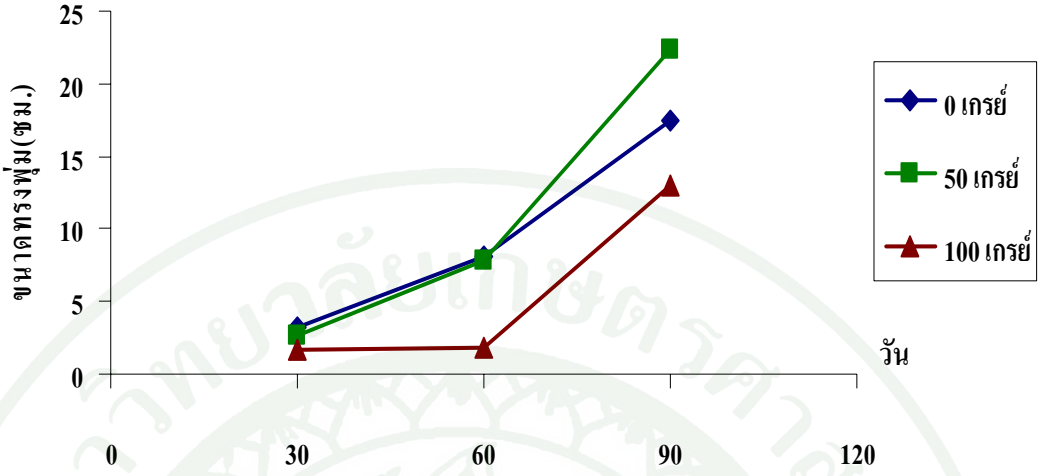
ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

\- ไม่มีใบรอดชีวิต

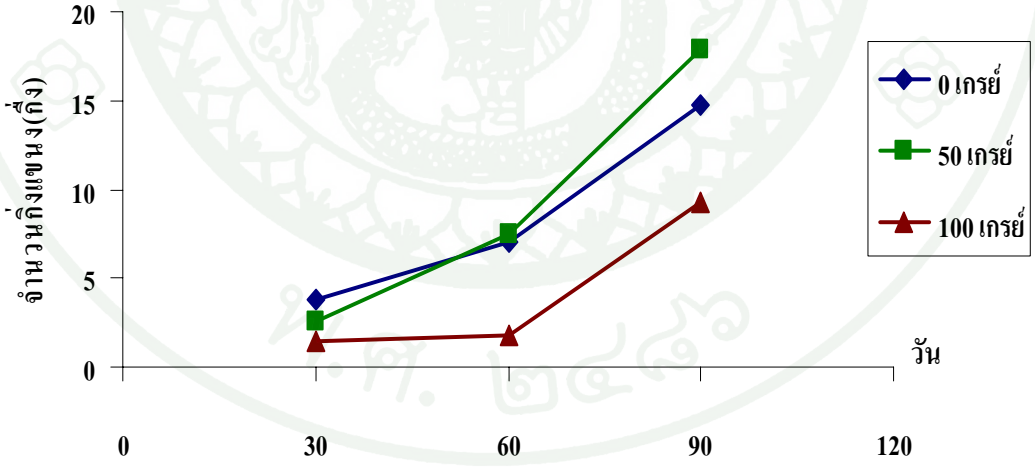


ภาพที่ 6 การเจริญเติบโตด้านความสูงหลังจากการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันได้ 30, 60 และ 90 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 7 การเจริญเติบโตด้านขนาดทรงพุ่มหลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันได้ 30, 60 และ 90 วัน



ภาพที่ 8 การเจริญเติบโตด้านจำนวนกิ่งแขนงหลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันได้ 30, 60 และ 90 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของแววมยุราลูกผสมข้ามชนิด

ที่ปริมาณรังสี 50 เกรย์ พบการกลายพันธุ์ของแววมยุรามีลักษณะเป็นต้นเตราพลอยด์ พบว่ากลีบดอก ใบ ลำต้นหนาขึ้น โดยรังสีมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมซึ่งเป็นการเพิ่มจำนวนโครโมโซม (duplication) ทำให้ได้ดอก (ภาพที่ 8) ใบและลำต้นใหญ่ขึ้น (ภาพที่ 9) ปากใบมีขนาดใหญ่และหนาขึ้น (ภาพที่ 10) และละอองเรณูมีเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตมากกว่าดอกปกติที่เป็นหมัน (ตารางที่ 7) (ภาพที่ 11) อัตราการกลายพันธุ์คือ 0.01 (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 7 เปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของละอองเรณูของแววมยุราเป็นหมันและแววมยุราเตตราพลอยด์ และขนาดปากใบ ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์

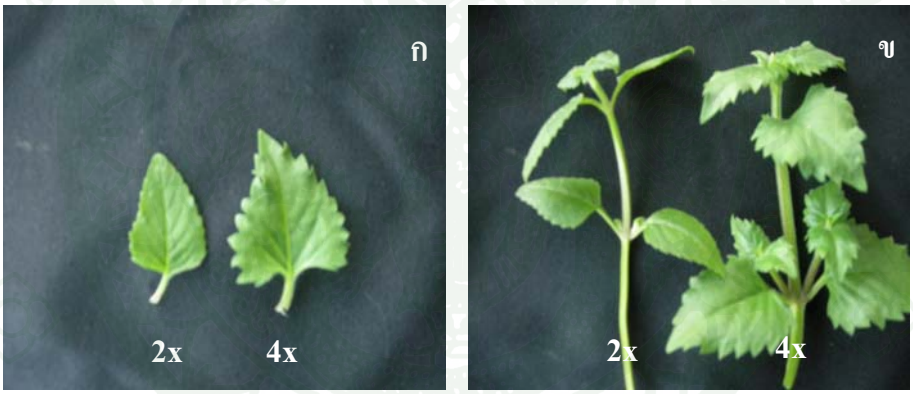
แววมยุราลูกผสมข้ามชนิด	เปอร์เซนต์มีชีวิต (%)	เปอร์เซ็นต์ไม่มีชีวิต (%)	ความยาวเซลล์ปากใบเฉลี่ย (ไมโครเมตร)
แววมยุราดิพลอยด์	10	90	22.50
แววมยุราเตตราพลอยด์	73	27	26.25

ตารางที่ 8 อัตราการกลายพันธุ์ของดอกแววมยุราในลักษณะโพลีพลอยด์

อัตรารังสี	จำนวนใบทั้งหมด	ต้นโพลีพลอยด์	อัตราการกลายพันธุ์ลักษณะโพลีพลอยด์
Control	100	0	0
50 เกรย์	100	1	0.01
100 เกรย์	100	0	0
150 เกรย์	100	0	0
200 เกรย์	100	0	0

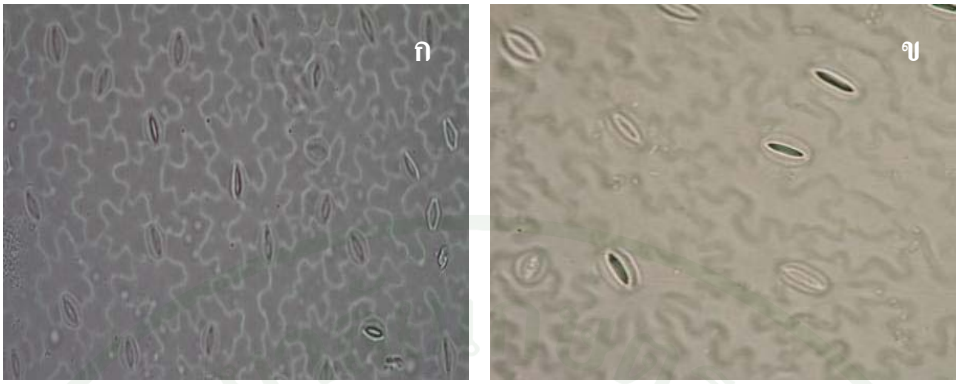
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 9 ดอกแววมยุราดิพพลอยด์ (2x) และดอกแววมยุราเตตราพลอยด์ (4x)

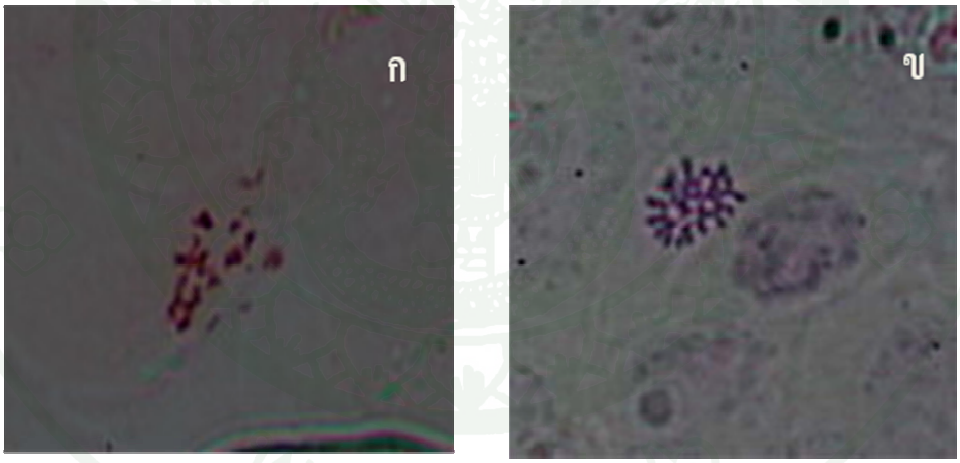


ภาพที่ 10 (ก) ใบแววมยุราดิพลอยด์ (2x) (ซ้าย) และ ใบแววมยุราเตตราพลอยด์ (ขวา) (4X)
(ข) กิ่งแววมยุราดิพลอยด์ (2x) (ซ้าย) และ กิ่งแววมยุราเตตราพลอยด์ (ขวา) (4X)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

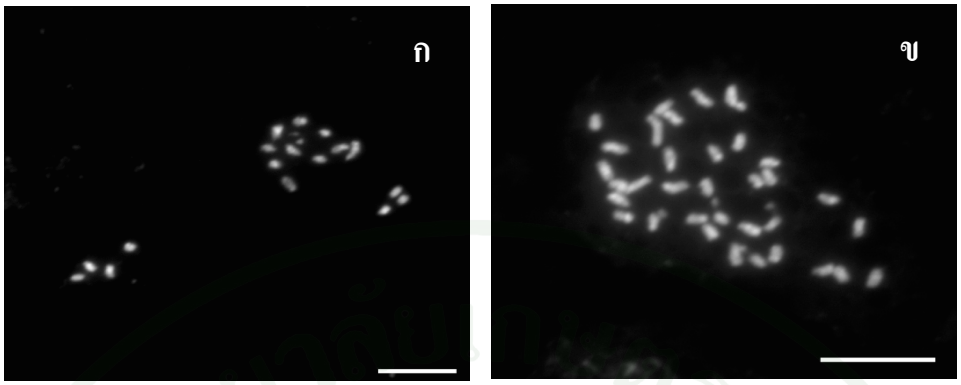


ภาพที่ 11 (ก) ปากใบแววมยุราดิพพลอยด์ (2x) กำลังขยาย 400 เท่า
(ข) ปากใบแววมยุราเตตราพลอยด์ (4x) กำลังขยาย 400 เท่า

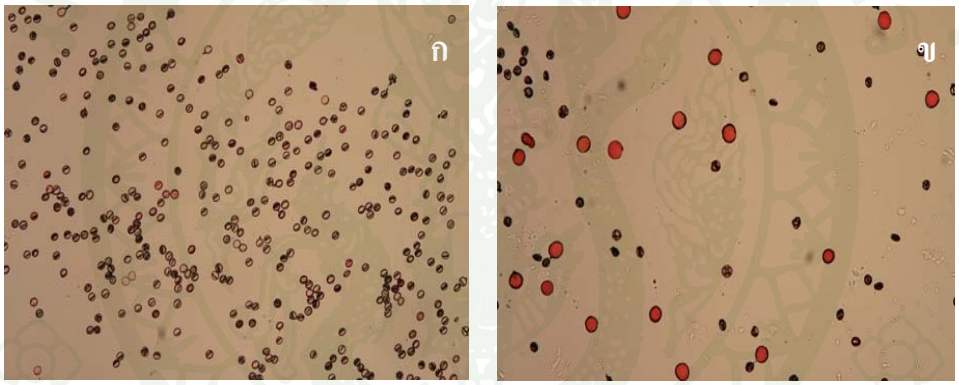


ภาพที่ 11 โครโมโซมของแววมยุราดิพลอยด์ (ก) และ เตตราพลอยด์ (ข) ที่ย้อมด้วยสี leuco-basic Fuschin

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 13 โครโมโซมของแววมยุราดิพลอยด์ (ก) และ เตตราพลอยด์ (ข) ที่ย้อมด้วยสี DAPI



ภาพที่ 14 (ก) ละอองเรณูแววมยุราเป็นหมันดิพลอยด์ (2x) กำลังขยาย 100 เท่า
(ข) ละอองเรณูแววมยุราไม่เป็นหมันเตตราพลอยด์ (4x) กำลังขยาย 100 เท่า

การทดลองที่ 2 ศึกษาลักษณะการกลายของลูกผสมแววยุราเมื่อฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันในปริมาณรังสีที่เหมาะสมต่อที่ได้จากการทดลองที่ 1

หลังจากทดลองฉายรังสีปริมาณต่างๆในการทดลองที่ 1 ที่ปริมาณ 0, 50, 100, 150 และ 200 เกรย์พบว่าได้ค่า ปริมาณรังสีที่ทำให้ใบแววมยุรามีเปอร์เซนต์การรอดชีวิตลดลง 50 เปอร์เซนต์ ($LD_{(50)(30)}$) เท่ากับ 83 เกรย์ และค่า GR $_{(50)(30)}$ เท่ากับ 76 เกรย์ (ภาพที่ 4) ในการทดลองนี้จึงฉายรังแกมมาสีปริมาณ 0, 50, 60, 70, และ 80 เกรย์ (ตารางที่ 9)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 การรอดตายของใบแววมยุราพันธุ์ลูกผสมที่ปริมาณรังสีต่างๆหลังจากได้ฉายรังสีแบบเฉียบพลันได้ 30 วัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	จำนวนใบที่ฉายรังสี (ใบ)	จำนวนใบที่รอดตาย (ใบ)	เปอร์เซ็นต์การรอดตาย (%)
0	100	94	94
50	100	89	89
60	100	66	66
70	100	54	54
80	100	-	-

ผลของรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันต่อการเจริญเติบโตของแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดไปแล้ว 30 วัน

หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันให้กับใบแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดไปแล้ว 30 วัน ที่ปริมาณรังสี 0, 50, 60, 70, และ 80 เกรย์ พบว่า ที่ปริมาณรังสี 80 เกรย์ ไม่มีใบรอดชีวิต จึงวัดผลการเจริญเติบโต คือ ความสูง ขนาดทรงพุ่ม และ จำนวนกิ่งแขนง ส่วนจำนวนดอกต่อต้น และขนาดดอก ยังไม่บันทึกผล เนื่องจากต้นที่งอกใหม่ยังไม่ออกดอก

ความสูง

วัดความสูงต้นที่งอกใหม่หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน 30 วัน พบว่า ความสูงที่ปริมาณรังสี 60 และ 70 เกรย์ ของต้นที่แววมยุราลูกผสมข้ามชนิดงอกใหม่มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี ส่วนที่ปริมาณรังสี 50 เกรย์ มีความสูงไม่ต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ฉายรังสี ชุดการทดลองที่มีความสูงมากที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี ส่วนชุดการทดลองที่มีความสูงน้อยที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ฉายรังสีที่ปริมาณ 70 เกรย์ ความสูงของต้นแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดที่ปริมาณรังสี 0, 50, 60 และ 70 เกรย์ เท่ากับ 2.23±0.71, 2.15±0.46, 1.61±0.58 และ 1.52±0.31 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขนาดทรงพุ่ม

วัดขนาดทรงพุ่มของต้นแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดที่งอกใหม่ พบว่า ขนาดทรงพุ่มที่ปริมาณรังสี 70 เกรย์ มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี ส่วนที่ปริมาณรังสี 50 และ 60 เกรย์ มีขนาดทรงพุ่มที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้รับรังสี ชุดการทดลองที่มีขนาดทรงพุ่มมากที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ฉายรังสีที่ปริมาณ 50 เกรย์ ส่วนชุดการทดลองที่มีขนาดทรงพุ่มน้อยที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ฉายรังสีที่ปริมาณ 70 เกรย์ ที่ขนาดทรงพุ่มของต้นที่งอกใหม่ที่ปริมาณรังสี 0, 50, 60 และ 70 เกรย์ เท่ากับ 2.09±0.81, 2.21±1.17, 2.06±1.25 และ 1.75±0.74 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

จำนวนกิ่งแขนง

จำนวนกิ่งแขนงต้นแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดที่งอกใหม่ หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันไปแล้ว 30 วัน พบว่า จำนวนกิ่งแขนงที่ปริมาณรังสี 70 เกรย์ มีจำนวนกิ่งแขนงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0, 50 และ 60 เกรย์ ส่วนที่ปริมาณรังสี 50 และ 60 เกรย์ มีจำนวนกิ่งแขนงไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี ชุดการทดลองที่มีจำนวนกิ่งแขนงมากที่สุด คือ ชุดการทดลองทีฉายรังสีที่ปริมาณ 50 เกรย์ ส่วนชุดการทดลองที่มีจำนวนกิ่งแขนงน้อยที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ฉายรังสีที่ปริมาณ 70 เกรย์จำนวนกิ่งแขนงที่ปริมาณรังสี 0, 50, 60 และ 70 เกรย์ เท่ากับ 2.23±2.41, 2.61±1.74, 2.47±1.82 และ 1.64±1.93 กิ่ง ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 การเจริญเติบโตด้าน ความสูง ขนาดทรงพุ่ม และจำนวนกิ่งแขนง ของแววมยุรา ลูกผสมข้ามชนิดหลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณต่าง ๆ กันเป็นเวลา 30 วัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	ความสูง (ซม.)	ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	จำนวนกิ่งแขนง(กิ่ง)
0 เกรย์	2.23±0.71[a]	2.09±0.81[a]	2.23±2.41[a]
50 เกรย์	2.15±0.46[a]	2.21±1.17[a]	2.61±1.74[a]
60 เกรย์	1.61±0.58[b]	2.06±1.25[a]	2.47±1.82[a]
70 เกรย์	1.52±0.31[b]	1.75±0.74[b]	1.64±1.93[b]
80 เกรย์	-	-	-
F-test	*	*	*
CV.	11.25	14.62	12.37

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้งมีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

\- ไม่มีใบรอดชีวิต

ผลของการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันต่อการเจริญเติบโตของแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดไปแล้ว 60 วัน

ความสูง

วัดความสูงต้นที่งอกใหม่หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน 60 วัน พบว่า ความสูงที่ปริมาณรังสี 60 และ 70 เกรย์ ของต้นที่แววมยุราลูกผสมข้ามชนิดงอกใหม่มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี ส่วนที่ปริมาณรังสี 50 เกรย์ มีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ฉายรังสี ชุดการทดลองที่มีความสูงมากที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ฉายรังสีที่ปริมาณ 50 เกรย์ ส่วนชุดการทดลองที่มีความสูงน้อยที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ฉายรังสีที่ปริมาณ 70 เกรย์ ความสูงของต้นแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดที่ปริมาณรังสี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

0, 50, 60 และ 70 เกรย์ เท่ากับ 9.73±2.58, 10.02±2.27, 7.35±1.92 และ 5.96±2.14 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ขนาดทรงพุ่ม

วัดขนาดทรงพุ่มของต้นแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดที่งอกใหม่ พบว่า ขนาดทรงพุ่มที่ปริมาณรังสี 60 และ 70 เกรย์ มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี ส่วนที่ปริมาณรังสี 50 เกรย์ มีขนาดทรงพุ่มที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้รับรังสี ชุดการทดลองที่มีขนาดทรงพุ่มมากที่สุด คือ ชุดการดลองที่ฉายรังสีที่ปริมาร 50 เกรย์ ส่วนชุดการทดลองที่มีขนาดทรงพุ่มน้อยที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ฉายรังสีที่ปริมาณ 70 เกรย์ ขนาดทรงพุ่มของต้นที่งอกใหม่ที่ปริมาณรังสี 0, 50, 60 และ 70 เกรย์ เท่ากับ 11.26±1.32, 11.31±2.11, 8.47±2.04 และ 6.01±1.57 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

จำนวนกิ่งแขนง

จำนวนกิ่งแขนงต้นแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดที่งอกใหม่ หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันไปแล้ว 60 วัน พบว่า จำนวนกิ่งแขนงที่ปริมาณรังสี 70 เกรย์ มีจำนวนกิ่งแขนงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0, 50 และ 60 เกรย์ ส่วนที่ปริมาณรังสี 50 และ 60 เกรย์ มีจำนวนกิ่งแขนงไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี ชุดการทดลองที่มีจำนวนกิ่งแขนงมากที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ฉายรังสีที่ปริมาณ 50 เกรย์ ส่วนชุดการทดลองที่มีจำนวนกิ่งแขนงน้อยที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ฉายรังสีที่ปริมาณ 70 เกรย์ จำนวนกิ่งแขนงที่ปริมาณรังสี 0, 50, 60 และ 70 เกรย์ เท่ากับ 6.48±0.73, 7.95±1.18, 6.31±0.46 และ 4.16±0.84 กิ่ง ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 การเจริญเติบโตด้าน ความสูง ขนาดทรงพุ่ม และจำนวนกิ่งแขนง ของแววมยุรา ลูกผสมข้ามชนิดหลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณต่าง ๆ กันเป็นเวลา 60 วัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	ความสูง (ซม.)	ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	จำนวนกิ่งแขนง(กิ่ง)
0 เกรย์	9.73±2.58[a]	11.26±1.32[a]	6.48±0.73[a]
50 เกรย์	10.02±2.27[a]	11.31±2.11[a]	7.95±1.18[a]
60 เกรย์	7.35±1.92[b]	8.47±2.04[b]	6.31±0.46[a]
70 เกรย์	5.96±2.14[b]	6.01±1.57[b]	4.16±0.84[b]
80 เกรย์	-	-	-
F-test	*	*	*
CV.	17.91	19.02	16.74

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้งมีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

\- ไม่มีใบรอดชีวิต

ผลของการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันต่อการเจริญเติบโตของแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดไปแล้ว 90 วัน

บันทึกผลการเจริญเติบ คือ ความสูง ขนาดทรงพุ่ม จำนวนกิ่งแขนง จำนวนดอกต่อต้น และขนาดดอก หลังจากฉายรังสีแกมาแบบโครนิกไปแล้ว 90 วัน

ความสูง

ในชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0, 50, 60 และ 70 เกรย์ พบว่า ชุดการทดลองที่ได้รับ 0, 50 และ 60 เกรย์ มีความสูงที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 70 เกรย์ มีความสูงแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ได้รังสีปริมาณ 0, 50 และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

60 เกรย์ ซึ่งชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 70 เกรย์ มีความสูงน้อยที่สุด โดยมีความสูงคือ 13.85±0.74, 14.37±1.12, 12.85±0.91 และ 11.20±0.98 ซม. ตามลำดับ (ตารางที่ 12) (ภาพที่13)

ขนาดทรงพุ่ม

ในชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0 และ 60 เกรย์ มีขนาดทรงพุ่มที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติมี ส่วนชุดการทดลองที่ได้รับปริมาณรังสี 50 เกรย์ มีขนาดทรงพุ่มมากที่สุด และชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 70 เกรย์ มีขนาดทรงพุ่มน้อยที่สุด โดยปริมาณรังสี 0, 50, 60 และ 70 เกรย์ มีขนาดทรงพุ่มคือ 15.10±0.41, 17.46±1.47, 15.65±1.74 และ 12.92±0.37 ซม. ตามลำดับ (ตารางที่ 12) (ภาพที่ 14)

จำนวนกิ่งแขนง

ชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 50 เกรย์ มีจำนวนกิ่งแขนงแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0, 60 และ 70 เกรย์ ส่วนชุดการทดลองที่ได้รับรังสี 0 เกรย์ มีจำนวนกิ่งแขนงแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0, 50 และ 60 เกรย์ และชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 60 และ 70 เกรย์ มีจำนวนกิ่งแขนงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งปริมาณรังสี 0,50, 60 และ 70 เกรย์ มีจำนวนกิ่งแขนงคือ 11.30±0.62, 12.20± 0.95, 10.88± 0.83 และ 10.09± 0.96 ซม. ตามลำดับ (ตารางที่ 12) (ภาพที่ 15)

จำนวนดอกต่อต้นและขนาดดอก

ในชุดการทดลองที่ไม่ได้รับรังสี (0เกรย์) และที่ได้รับรังสีปริมาณ 50 และ 60 เกรย์ มีจำนวนดอกต่อต้นแตกต่างกันทางสถิติ ชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 70 เกรย์ ซึ่งมีจำนวนดอกน้อยที่สุด ซึ่งชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0, 50, 60 และ 70 เกรย์ มีจำนวนดอกต่อต้นคือ 9.94±1.69, 7.75±1.72, 7.12±2.37 และ 6.74±1.13 ดอก ตามลำดับ ส่วนขนาดดอกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกชุดการทดลอง (ตารางที่ 12)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แนวโน้มการเจริญเติบโตด้านความสูง ขนาดทรงพุ่ม และกิ่งแขนง หลังจากฉายรังสีได้ 30, 60 และ 90 วัน

การเจริญเติบโตด้านความสูง ขนาดทรงพุ่ม และจำนวนกิ่งแขนง หลังจากวัดการเจริญเติบโตที่ 30 วัน พบว่า มีการเจริญเติบโตดังกล่าวใกล้เคียงกันของชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0, 50, 60 และ 70 เกรย์

การเจริญเติบโตด้านความสูงที่ 60 วัน มีการจริญเติบโตใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตาม แนวโน้มของชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 50 เกรย์ มีความสูงมากที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ไม่ได้รับรังสี (0 เกรย์) และการเจริญเติบโตน้อยที่คือ ชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 70 เกรย์ ส่วนขนาดทรงพุ่มของชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0 และ 50 เกรย์ มีค่าใกล้เคียงกัน รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 60 เกรย์ และชุดการทดลองที่มีขนาดทรงพุ่มน้อยที่สุดคือ 70 เกรย์ และจำนวนกิ่งแขนงของชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 50 เกรย์ มีจำนวนกิ่งแขนงมากที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ได้รับรังสี 0 และ 60 เกรย์ และชุดการทดองที่ได้รับรังสีปริมาณ 70 เกรย์ มีจำนวนกิ่งแขนงน้อยที่สุด

การเจริญเติบโตที่ 90 วัน ชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0, 50, 60 และ 70 เกรย์ มีความสูงใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตาม ชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 50 เกรย์ มีความสูงมากที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ไม่ได้รับรังสี (0 เกรย์) และความสูงน้อยที่สุดคือชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 70 เกรย์ ส่วนขนาดทรงพุ่มของชุดการทดลองที่ได้รับรังสี 50 เกรย์ มีขนาดทรงพุ่มมากที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองทีได้รับรังสีปริมาณ 0 และ 60 เกรย์ และขนาดทรงพุ่มน้อยที่สุดคือชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 70 เกรย์ จำนวนกิ่งแขนงของทุกชุดการทดลองมีค่าใกล้เคียงกันของทุกชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณต่าง ๆ กันโดยชุดการทดลองที่ได้ รับรังสีปริมาณ 50 เกรย์ มีจำนวนกิ่งแขนงมากที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ไม่ได้รับรังสี (0 เกรย์) และน้อยที่สุดคือชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 70 เกรย์

จากภาพที่ 13-15 แสดงให้เห็นว่า การเจริญเติบโตต่าง ๆ ที่ 30 วัน มีการเจริญเติบโตต่างกันเพียงเล็กน้อย ส่วนที่ 60 วัน เริ่มมีการเจริญเติบโตต่างกันมากขึ้น และที่ 90 วัน มีการเจริญเติบต่างกันเล็กน้อยแต่มากกว่าการเจริญเติบโตที่ 30 วัน ซึ่งชุดการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของชุดการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ได้รับรังสีปริมาณ 0, 50 และ 60 เกรย์ มีการเจริญเติบโตต่าง ๆ ใกล้เคียงกันที่ 30, 60 และ 90 วัน ส่วนชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 70 เกรย์ มีการเจริญเติบโตต่าง ๆ น้อยที่สุด

ตารางที่ 12 ความสูง ขนาดทรงพุ่ม จำนวนกิ่งแขนง จำนวนดอกต่อต้น และขนาดดอก ของแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดหลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณต่างๆเป็นเวลา 90 วัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	ความสูง (ซม.)	ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	จำนวนกิ่งแขนง (กิ่ง)	จำนวนดอก (ดอก)	ขนาดดอก (ซม.)
0	13.85±0.74[a]	15.10±0.41[ab]	11.30±0.62[a]	9.94±1.69[a]	1.75±0.20
50	14.37±1.12[a]	17.46±1.47[a]	12.20±0.95[a]	7.75±1.72[ab]	2.00±0.35
60	12.85±0.91[a]	15.65±1.74[ab]	10.88±0.83[b]	7.12±2.37[ab]	1.75±0.20
70	11.20±0.98[b]	12.92±0.37[b]	10.09±0.96[b]	6.74±1.13[b]	1.81±0.23
80	-	-	-	-	-
F-test	*	*	*	*	ns
CV.	7.28	9.48	7.70	22.63	14.09

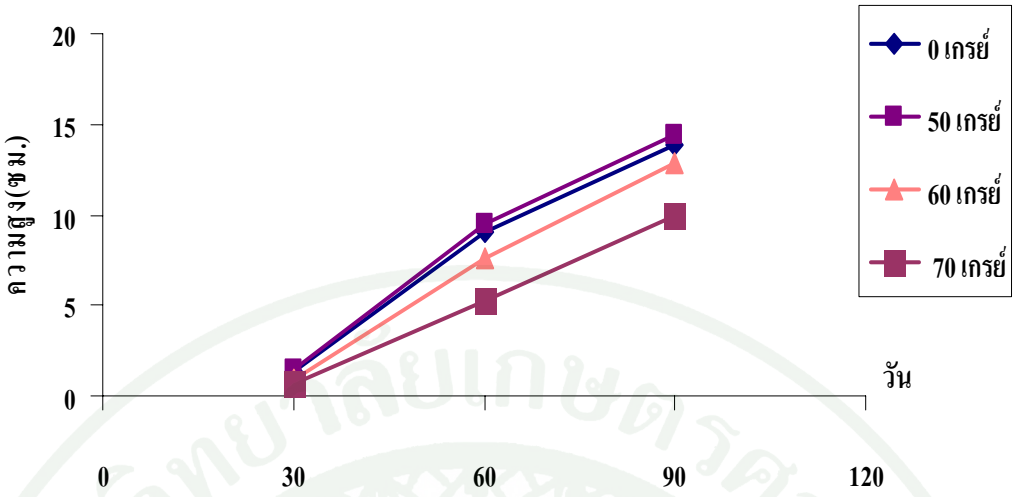
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้งมีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

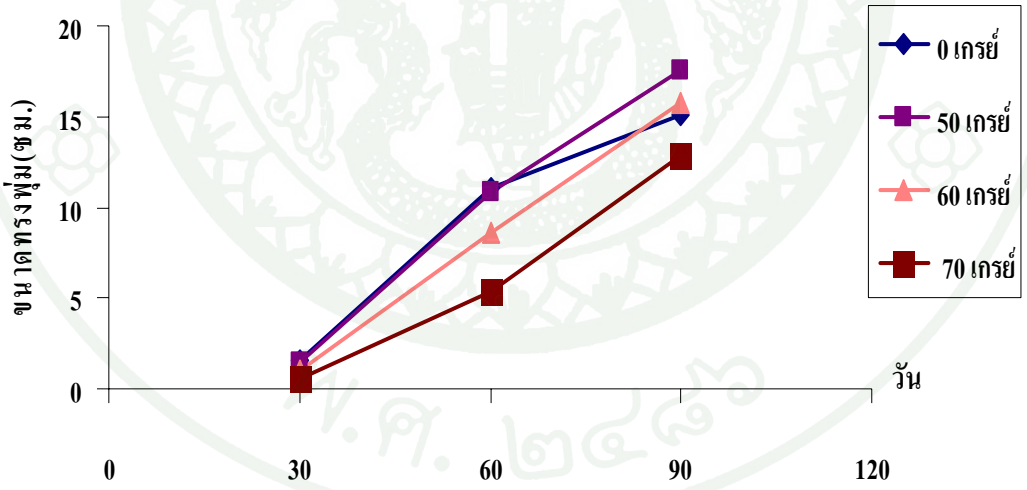
ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

\- ไม่มีใบรอดชีวิต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

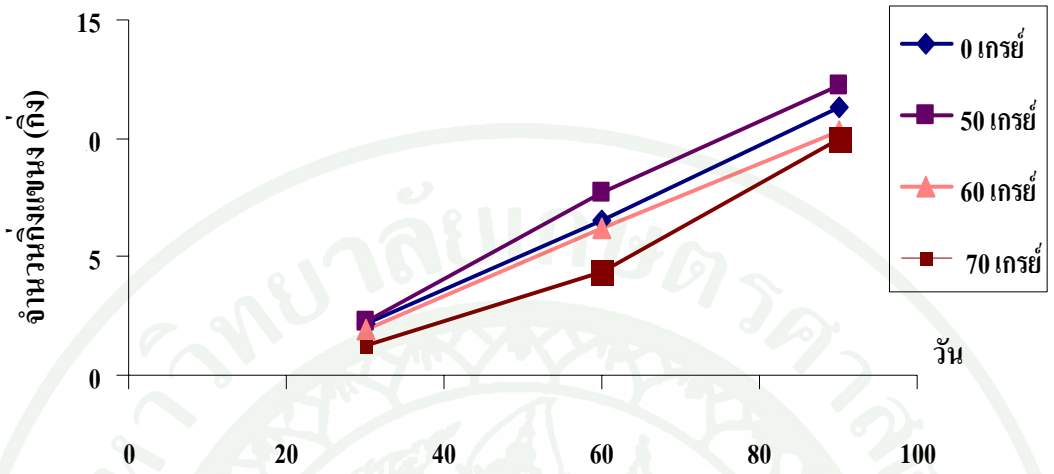


ภาพที่ 13 การเจริญเติบโตด้านความสูงหลังจากการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันได้ 30, 60 และ 90 วัน



ภาพที่ 14 การเจริญเติบโตด้านขนาดทรงพุ่มหลังจากฉายรังสีแบบเฉียบพลันได้ 30, 60 และ 90 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 15 การเจริญเติบโตด้านจำนวนกิ่งแขนง หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน ได้ 30, 60 และ 90 วัน

การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของแววมยุราลูกผสมข้ามชนิด

ลักษณะดอกของลูกผสมแววมยุราที่นำมาฉายรังสีเดิมมีสีของกลีบดอกบน คือ สีม่วงอ่อน กลีบล่างมีสีเหลืองอ่อน กลีบด้านข้างมีสีม่วงเข้ม (ภาพที่ 16 ก, ข) พบว่า หลังจากนำมาฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน สามารถคัดเลือกลักษณะกลายของดอกได้จากการฉายรังสีปริมาณ50 เกรย์ สีดอกของกลีบดอกบนและล่างเป็นสีเหลืองสว่าง กลีบด้านข้างมีสีม่วงอ่อน (ภาพที่ 16 ค, ง) และพบการเปลี่ยนแปลงสีดอกเป็นดอกด่าง (ภาพที่ 17) อัตราการกลายพันธุ์แบบดอกด่างคือ 0.01% และ การกลายพันธุ์แบบดอกเหลืองกลีบดอกด้านข้างสีม่วงอ่อนคือ 0.01% (ตารางที่ 13)

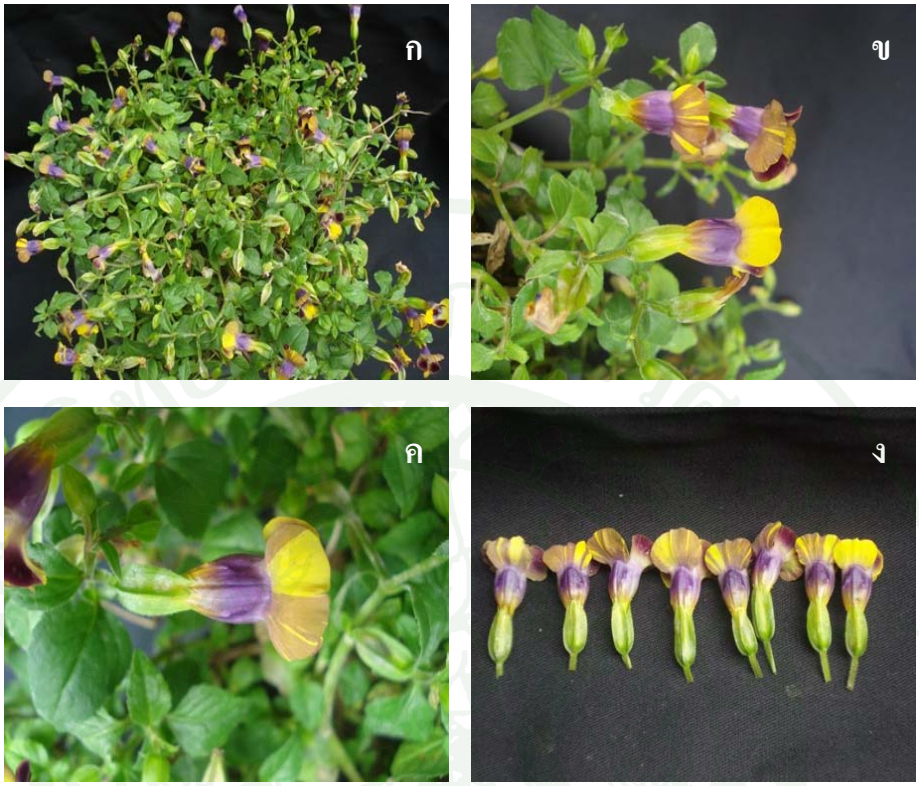
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 อัตราการกลายพันธุ์ของดอกแววมยุราในลักษณะดอกเหลือง และลักษณะสีดอกด่าง

อัตรารังสี	จำนวนใบทั้งหมด	กลีบดอกเหลือง	ดอกด่าง	อัตราการกลายพันธุ์
Control	100	-	-	-
50 เกรย์	100	1	-	0.01
60 เกรย์	100	-	1	0.01
70 เกรย์	100	-	-	-
80 เกรย์	100	-	-	-
90 เกรย์	100	-	-	-

ภาพที่ 16 (ก) และ (ค) ดอกด้านหน้าและดอกด้านหลังของดอกปกติ
(ข) และ (ง) ดอกด้านหน้าและดอกด้านหลังที่กลายพันธุ์จากการฉายรังสีปริมาณ 50 เกรย์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 17 (ก) (ข) (ค) และ (ง) การกลายพันธุ์แบบด่างของดอกทุกดอกที่มีการด่างไม่เหมือนกันในต้นเดียวกัน กลายพันธุ์ที่ปริมาณรังสี 60 เกรย์

พบการเปลี่ยนแปลงการด่างของดอกจากการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณรังสี 60 เกรย์ จึงคัดแยกลักษณะดังกล่าวโดยการปักชำกิ่ง พบว่า กิ่งที่เจริญเติบโตเป็นต้นมีการด่างของสีดอกเป็นแถบ (strip) รูปแบบการด่างของดอกแต่ละดอกไม่หมือนกันใน 1 ต้น (ภาพที่ 18 ง) เพื่อทดสอบการการด่างของดอกในรูปแบบต่าง ๆ ว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงที่คงตัวหรือไม่ จึงคัดแยกลักษณะการเปลี่ยนแปลงการด่างโดยการปักชำกิ่งอีก 1 ครั้ง

แบ่งการปักชำกิ่งแยกตามลักษณะพื้นที่การด่างเป็นแถบ (strip) บริเวณกลีบดอกบน (ตารางที่ 14) ดังนี้

1. ด่างมาก (พื้นที่บริเวณสีเหลืองมีมากกว่าครึ่งหนึ่งบริเวณกลีบดอกบน)
2. ด่างน้อย (พื้นที่บริเวณสีเหลืองมีน้อยกว่าครึ่งหนึ่งบริเวณกลีบดอกบน)
3. สีดอกปกติ คือ สีม่วง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ดอกที่เปลี่ยนแปลงสีดอกเหลืองบริเวณกลีบบนโดยไม่มีการด่างเป็นแถบ

เลือกปักชำกิ่งตามรูปแบบการด่างของดอกจากต้นเดียวกันอย่างละ 6 กิ่ง ตามตารางที่ 14 หลังจากปักชำกิ่งตามรูปแบบการด่างต่าง ๆ ของดอกได้ 1 เดือน การปักชำกิ่งที่มีสีดอกปกติ คือ สีม่วง ปักชำกิ่งที่มีการด่างมาก ด่างน้อย และ เหลืองทั้งกลีบ เมื่อกิ่งที่ปักชำได้ออกดอก พบว่า ลักษณะด่างของดอกหลังปักชำกิ่งของลักษณะดอกทั้ง 4 แบบ มีลักษณะการด่างของดอกที่ไม่คงตัว คือ มีสีดอกปกติ ด่างเป็นแถบเล็กน้อย ด่างปื้นแถบมาก และเหลืองทั้งกลีบดอกบน หลังจากพบว่าการด่างของดอกจากการปักชำกิ่งที่มีการด่างของทั้ง 4 แบบ มีลักษณะการด่างไม่คงตัว จึงทดสอบการปักชำใบต่อไป เพื่อคัดแยกลักษณะการเปลี่ยนแปลงการด่างต่าง ๆ ให้คงตัว และเป็น solid mutant โดยเลือกปักชำใบจากกิ่งที่มีการด่างของดอกทั้ง 4 แบบ ตัวอย่างละ 15 ใบ (ตารางที่ 15) หลังจากชำใบได้ 75-90 วัน ต้นที่งอกจากใบเริ่มออกดอก พบว่า การด่างของดอกมีรูปแบบการด่างเป็นแถบเหมือนกับการด่างของดอกจากการทดสอบปักชำกิ่ง คือ มีทั้งสีดอกปกติ ด่างเป็นแถบเล็กน้อย ด่างเป็นแถบมาก และเหลืองทั้งกลีบดอกบนโดยไม่มีการด่าง

จากการทดสอบปักชำกิ่งและปักชำใบเพื่อคัดแยกลักษณะด่างที่คงตัว และลักษณะดอกสีเหลืองแบบโซลิด (solid mutant) พบว่า ไม่สามารถคัดแยกลักษณะดังกล่าวได้ จึงคาดว่าลักษณะด่างที่คัดแยกไม่ได้ อาจเกิดจากการเคลื่อนที่ของยีน ac (activator)และ ds (dissociation) หรือ transposon ในพืช พบว่า ทรานสโพซอนจะเคลื่อนย้ายเข้าไปสอดแทรกแล้วทำให้เกิด "variegation" คือลักษณะจุดด่างเป็นลายสลับสีหรือจุดกระบนกลีบดอก ใบ และเมล็ด เช่นแต้มสีที่เกิดขึ้นบนเมล็ด (kernel) ของข้าวโพด จุดกระด่างบนกลีบดอกรักเร่ ดอกพิทูเนีย เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 ทดสอบการปักชำกิ่งเพื่อคัดแยกลักษณะการด่างของสีดอก

ลักษณะการด่างของดอกของกิ่งที่ปักชำ	จำนวนกิ่งที่ปักชำ (กิ่ง) /1ลักษณะด่าง	ลักษณะด่างของดอกหลังปักชำกิ่ง
สีดอกปกติ	6	สีดอกปกติ, ด่างเป็นแถบเล็กน้อย , ด่างเป็นแถบมากขึ้น, เหลืองทั้งกลีบ
ด่างมาก	6	สีดอกปกติ, ด่างเป็นแถบเล็กน้อย , ด่างเป็นแถบมากขึ้น, เหลืองทั้งกลีบ
ด่างน้อย	6	สีดอกปกติ, ด่างเป็นแถบเล็กน้อย , ด่างเป็นแถบมากขึ้น, เหลืองทั้งกลีบ
เหลืองทั้งกลีบบน	6	สีดอกปกติ, ด่างเป็นแถบเล็กน้อย , ด่างเป็นแถบมากขึ้น, เหลืองทั้งกลีบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 ทดสอบการปักชำใบ เพื่อคัดแยกลักษณะการด่างของสีดอก

ลักษณะการด่างของดอกของกิ่งที่ปักชำ	จำนวนใบที่ปักชำ (ใบ) /1 ลักษณะด่าง	ลักษณะด่างของดอกหลังปักชำกิ่ง
สีดอกปกติ	10	สีดอกปกติ, ด่างเป็นแถบเล็กน้อย, ด่างเป็นแถบมากขึ้น, เหลืองทั้งกลีบ
ด่างมาก	10	สีดอกปกติ, ด่างเป็นแถบเล็กน้อย, ด่างเป็นแถบมากขึ้น, เหลืองทั้งกลีบ
ด่างน้อย	10	สีดอกปกติ, ด่างเป็นแถบเล็กน้อย, ด่างเป็นแถบมากขึ้น, เหลืองทั้งกลีบ
เหลืองทั้งกลีบบน	10	สีดอกปกติ, ด่างเป็นแถบเล็กน้อย, ด่างเป็นแถบมากขึ้น, เหลืองทั้งกลีบ

การทดลองที่ 3 ศึกษาหาปริมาณรังสีแกมมาแบบโครนิกที่เหมาะสมการเหนี่ยวนำให้กลายพันธุ์ในแววมยุราและผลของรังสีแกมมาต่อการรอดชีวิต การเจริญเติบโตและการกลายของใบแววมยุราที่ปักชำให้เกิดรากก่อนฉายรังสี

หลังจากฉายรังสีแบบโครนิกที่ปริมาณ 0, 50.33, 71.29, 91.24 และ 113.18 เกรย์ ได้ 30 วัน พบว่า ไม่สามารถหาค่าปริมาณรังสีที่ทำให้ใบแววมยุรามีเปอร์เซนต์การรอดชีวิตลดลง 50 เปอร์เซนต์ หรือ $LD_{50(30)}$ ได้ เนื่องจากการปริมาณรังสีที่ฉายไม่สูงและการให้รังสีวิธีนี้เป็นการให้รังสีในอัตรารังสีต่ำ และใช้ระยะเวลานานเป็นวัน ทำให้เกิดความเสียหายเพียงเล็กน้อยน้อยต่อพืช พืชมีโอกาสซ่อมแซมตัวเองได้ พืชจึงมีการรอดชีวิตเป็นจำนวนมาก ส่วนเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0, 50.33, 71.29, 91.24 และ 113.18 เกรย์ คือ 100, 92, 87, 73 และ 62 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 16)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 การรอดชีวิตของใบแววมยุราพันธุ์ลูกผสมที่ปริมาณรังสีต่าง ๆ หลังจากได้ฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกได้ 30 วัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	จำนวนใบที่ฉายรังสี (ใบ)	จำนวนใบที่รอดตาย (ใบ)	เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต (%)
0 เกรย์	100	100	100
50.33 เกรย์	100	92	92
71.29 เกรย์	100	87	87
91.24 เกรย์	100	73	73
113.18 เกรย์	100	62	62

ผลของรังสีแกมมาแบบโครนิกต่อการเจริญเติบโตของแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดไปแล้ว 30 วัน

ความสูง

วัดความสูงต้นที่งอกใหม่หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบโครนิก 30 วัน พบว่า ความสูงของต้นแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดงอกใหม่มีความสูงที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี ความสูงที่ปริมาณรังสีบ 0, 50.33, 71.29 และ 113.18 เกรย์ เท่ากับ 1.67±0.46, 1.82±1.13, 1.34±0.68, 1.02±0.37 และ 1.05±0.72 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 17)

ขนาดทรงพุ่ม

วัดขนาดทรงพุ่มของต้นที่งอกใหม่หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบโครนิก 30 วัน พบว่า ขนาดทรงพุ่มของต้นแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดงอกใหม่มีความสูงที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี ความสูงที่ปริมาณรังสีบ 0, 50.33, 71.29 และ 113.18 เกรย์ เท่ากับ 1.04±0.611, 1.02±0.78, 0.97±1.23, 0.94±1.15 และ 0.92±0.71 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 17)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จำนวนกิ่งแขนง

จำนวนกิ่งแขนงของต้นที่งอกใหม่หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบโครนิก 30 วัน พบว่า จำนวนกิ่งแขนงของต้นแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดงอกใหม่มีความสูงที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี ความสูงที่ปริมาณรังสีบ 0, 50.33, 71.29 และ 113.18 เกรย์ เท่ากับ 1.29±1.85, 1.32±0.92, 0.92±0.47, 0.88±0.36 และ 0.85±0.57 กิ่ง ตามลำดับ (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 ความสูง ขนาดทรงพุ่ม จำนวนกิ่งแขนง จำนวนดอก และขนาดดอก หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกที่ปริมาณต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	ความสูง (ซม.)	ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	จำนวนกิ่งแขนง(กิ่ง)
0 เกรย์	1.67±0.46	1.04±0.61	1.29±1.85
50.33 เกรย์	1.82±1.13	1.02±0.78	1.32±0.92
71.29 เกรย์	1.34±0.68	0.97±1.23	0.92±0.47
91.24 เกรย์	1.02±0.37	0.94±1.15	0.88±0.36
113.18 เกรย์	1.05±0.72	0.92±0.71	0.85±0.57
F-test	ns	ns	ns
CV.	11.18	16.52	14.91

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้งมีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของรังสีแกมมาแบบโครนิกต่อการเจริญเติบโตของแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดไปแล้ว 60 วัน

ความสูง

วัดความสูงต้นที่งอกใหม่หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบโครนิก 60 วัน พบว่า ความสูงที่ปริมาณรังสี 71.29, 91.24 และ 113.18 เกรย์ ของต้นแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดงอกใหม่มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี ส่วนที่ปริมาณรังสี 0 และ 50.33 มีความสูงที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ชุดการทดลองที่มีความสูงมากที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี ส่วนชุดการทดลองที่มีความสูงน้อยที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ฉายรังสีปริมาณ 113.18 เกรย์ ความสูงที่ปริมาณรังสี 0, 50.33, 71.29 และ 113.18 เกรย์ เท่ากับ 8.37±1.36, 8.24±1.13, 6.43±0.49, 6.21±0.57 และ 5.09 ±0.28 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 18)

ขนาดทรงพุ่ม

วัดขนาดทรงพุ่มต้นที่งอกใหม่หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบโครนิก 60 วัน พบว่า ขนาดทรงพุ่มของต้นแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดงอกใหม่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี ชุดการทดลองที่มีขนาดทรงพุ่มมากที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี ส่วนชุดการทดลองที่มีความสูงน้อยที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ฉายรังสีปริมาณ 91.24 เกรย์ ขนาดทรงพุ่มที่ปริมาณรังสี 0, 50.33, 71.29 และ 113.18 เกรย์ เท่ากับ 6.41±0.61, 6.37±0.78, 6.08±1.23, 5.72±1.15 และ 5.64 ±0.71 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 18)

จำนวนกิ่งแขนง

จำนวนกิ่งแขนงต้นที่งอกใหม่หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบโครนิก 60 วัน พบว่า จำนวนกิ่งแขนงของต้นแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดงอกใหม่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ฉายรังสี ชุดการทดลองที่มีกิ่งแขนงมากที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ฉายรังสี 113.18 เกรย์ ส่วนชุดการทดลองที่มีกิ่งแขนงน้อยที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ฉายรังสีปริมาณ 91.24 เกรย์ ขนาดทรงพุ่มที่ปริมาณรังสี 0, 50.33, 71.29 และ 113.18 เกรย์ เท่ากับ 6.71±1.85, 6.94±0.92, 6.21±0.47, 5.82±0.36 และ 6.84 ±0.57 กิ่ง ตามลำดับ (ตารางที่ 18)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 ความสูง ขนาดทรงพุ่ม จำนวนกิ่งแขนง หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกที่ปริมาณต่างๆ เป็นเวลา 60 วัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	ความสูง (ซม.)	ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	จำนวนกิ่งแขนง(กิ่ง)
0 เกรย์	8.37±1.36[a]	6.41±0.61	6.71±1.85
50.33 เกรย์	8.24±1.13[a]	6.37±0.78	6.94±0.92
71.29 เกรย์	6.43±0.49[b]	6.08±1.23	6.21±0.47
91.24 เกรย์	6.21±0.57[b]	5.72±1.15	5.82±0.36
113.18 เกรย์	5.09±0.28[b]	5.64±0.71	6.84±0.57
F-test	*	ns	ns
CV.	11.18	16.52	14.91

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้งมีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ผลของการฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกต่อการเจริญเติบโตแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดไปแล้ว 90 วัน

บันทึกผลการเจริญเติบ คือ ความสูง ขนาดทรงพุ่ม จำนวนกิ่งแขนง จำนวนดอกต่อต้น และขนาดดอก หลังจากฉายรังสีแกมาแบบโครนิกไปแล้ว 90 วัน

ความสูง

การฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกที่ปริมาณ 0, 50.33, 71.29, 91.24, และ 113.18 เกรย์ พบว่าลักษณะการเจริญเติบโตด้านความสูงมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความสูงของชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0, 50.33, 71.29 และ 91.24 เกรย์ มีความสูงที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างกับชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 113 เกรย์ ซึ่งความสูงน้อยที่สุด ที่ปริมาณรังสี 0, 50.33, 71.29, 91.24, และ 113.18 เกรย์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มีความสูงคือ 14.85±0.39, 14.95±3.44, 14.15±0.98, 14.74±0.53, 11.22±0.93 ตามลำดับ (ตารางที่ 18) (ภาพที่ 19)

จำนวนกิ่งแขนง

การฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกที่ปริมาณรังสี 50.33 และ 71.29 เกรย์ พบว่าลักษณะการเจริญเติบ โตด้านจำนวนกิ่งแขนงที่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างกับชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0 และ 113.18 เกรย์ และ ชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 0, 50.33, 71.29 และ 113.18 เกรย์ มีลักษณะการเจริญเติบโตด้านจำนวนกิ่งแขนงแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 91 เกรย์ ที่ปริมาณรังสีมี 0, 50.33, 71.29, 91.24 และ 113.18 เกรย์ จำนวนกิ่งแขนงคือ 11.82±1.64, 12.26±1.14, 12.61±0.72, 13.82±0.82 และ 11.15±1.07 กิ่ง ตามลำดับ (ตารางที่ 19) (ภาพที่ 19)

ขนาดทรงพุ่ม จำนวนดอกต่อต้นและขนาดดอก

การฉายรังสีแบบโครนิกที่ปริมาณ 0, 50.33, 71.29, 91.24, และ 113.18 เกรย์ พบว่า ลักษณะการเจริญเติบโตด้านขนาดทรงพุ่ม จำนวนดอกต่อต้น และขนาดดอกมีขนาดทรงพุ่ม จำนวนดอกต่อต้น และขนาดดอก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งที่ปริมาณรังสี 0, 50, 71, 91, และ 113 เกรย์ มีขนาดทรงพุ่มคือ 21.94±0.52, 21.37±1.92, 23.11±1.50, 23.15±7.07 และ 22.57±0.80 ซม. ตามลำดับ (ภาพที่ 20) ส่วนจำนวนดอกต่อต้นมีจำนวนดังนี้10.75±0.95, 10.50±1.29, 9.75±0.50, 10.50±0.57 และ 9.50±0.57 ดอก ตามลำดับ และขนาดดอกคือ 1.93±0.12, 1.93±0.12, 1.93±0.12 และ 2.00±0.00 ซม. ตามลำดับ (ตารางที่ 19)

แนวโน้มการเจริญเติบโตด้านความสูง ขนาดทรงพุ่ม และจำนวนกิ่งแขนงหลังจากฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกได้ 30, 60 และ 90 วัน

การเจริญเติบโตด้านความสูง ขนาดทรงพุ่ม และจำนวนกิ่งแขนงหลังจากได้รับการฉายรังสีแกมมาแบบโครนิก 30 วัน พบว่า การเจริญเติบโตดังกล่าวมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกันของชุดการทดลองได้รับรังสีปริมาณ 0, 50.33, 71.29, 91.24 และ 113.18 เกรย์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเจริญเติบโตต่าง ๆ หลังจากได้รับรังสีแกมมาแบบโครนิก 60 วัน พบว่า การเจริญเติบโตของทุกชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณต่างๆกัน มีความสูงต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตาม ชุดการทดลองที่ไม่ได้รับรังสี (0 เกรย์) และได้รับรังสีปริมาณ 50.33 เกรย์ มีความสูงมากที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 71.29 และ 91.24 เกรย์ และชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 113 เกรย์ มีความสูงน้อยที่สุดคือ ส่วนการเจริญเติบโตด้านขนาดทรงพุ่มมีการเจริญต่างกันเพียงเล็กน้อยของทุกชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณต่างๆกัน และการเจริญเติบโตด้านจำนวนกิ่งแขนงของชุดการทดลองที่ไม่ได้รับรังสี (0 เกรย์) และได้รับรังสี 50.33, 71.29 และ 113.18 เกรย์ มีจำนวนกิ่งแขนงใกล้เคียงกัน ส่วนชุดการทดลองได้รับรังสีปริมาณ 91.24 เกรย์ มีจำนวนกิ่งแขนงน้อยที่สุด

การเจริญเติบโตต่างๆหลังจากได้รับรังสีแกมมาแบบโครนิก 90 วัน พบว่า การเจริญเติบโตด้านความสูงของชุดการทดลองที่ไม่ได้รับรังสี (0 เกรย์) และได้รับรังสีปริมาณ 50.33, 71.29 และ 91.24 เกรย์ มีการเจริญเติบโตด้านความสูงใกล้เคียงกัน และชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 113.18 เกรย์ มีการเจริญเติบโตด้านความสูงน้อยที่สุด ส่วนการเจริญเติบโตด้านขนาดทรงพุ่มของทุกชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณต่างๆกัน มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตาม ชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 71.29 และ 91.24 เกรย์ มีขนาดทรงพุ่มมากที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ไม่ได้รับรังสี (0 เกรย์) และได้รับรังสีปริมาณ 50.33 และ 113.18 เกรย์ และการเจริญเติบโตด้านจำนวนกิ่งแขนงที่ได้รับรังสีปริมาณ 91 เกรย์ มีการเจริญเติบโตมากที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 50.33 และ 71.29 เกรย์ และชุดการทดลองที่ได้รับรังสีปริมาณ 113.18 เกรย์มีการเจริญเติบโตด้านจำนวนกิ่งแขนงน้อยที่สุด (ภาพที่ 18-20)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

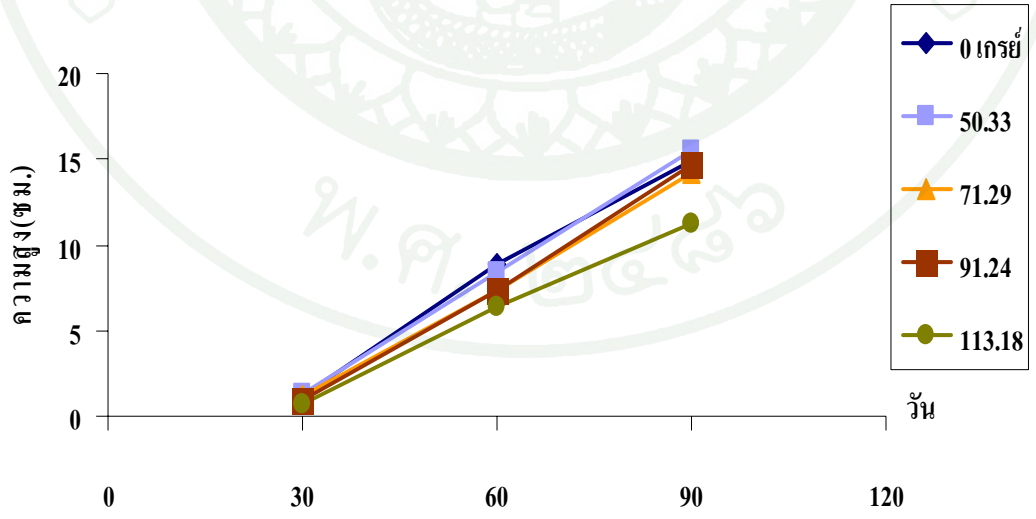
ตารางที่ 19 ความสูง ขนาดทรงพุ่ม จำนวนกิ่งแขนง จำนวนดอก และขนาดดอก หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกที่ปริมาณต่างๆ เป็นเวลา 90 วัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	ความสูง (ซม.)	ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	จำนวนกิ่งแขนง (กิ่ง)	จำนวนดอกต่อต้น(ดอก)	ขนาดดอก (ซม.)
0 เกรย์	14.85±0.39^{a}	21.94±0.52	11.82±1.64^{b}	10.75±0.95	1.93±0.12
50.33 เกรย์	14.95±3.44^{a}	21.37±1.92	12.26±1.14^{ab}	10.50±1.29	1.93±0.12
71.29 เกรย์	14.15±0.98^{a}	23.11±1.50	12.61±0.72^{ab}	9.75±0.50	1.93±0.12
91.24 เกรย์	14.74±0.53^{a}	23.15±7.07	13.82±0.82^{a}	10.50±0.57	2.00±0.00
113.18 เกรย์	11.22±0.93^{b}	22.57±0.80	11.15±1.07^{b}	9.50±0.57	2.00±0.00
F-test	*	ns	*	ns	ns
CV.	12.29	14.94	9.16	8.20	4.93

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้งมีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

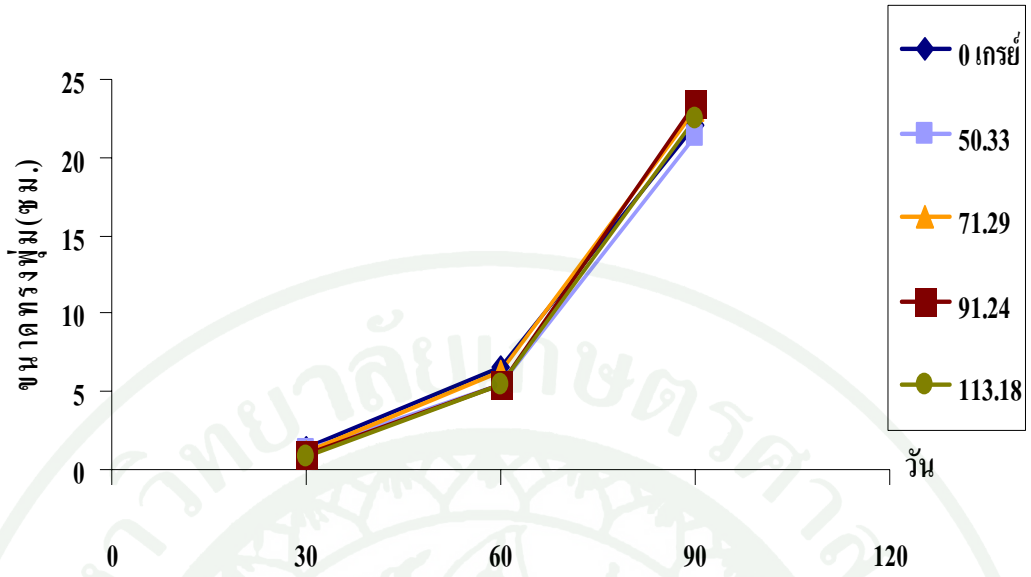
* ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

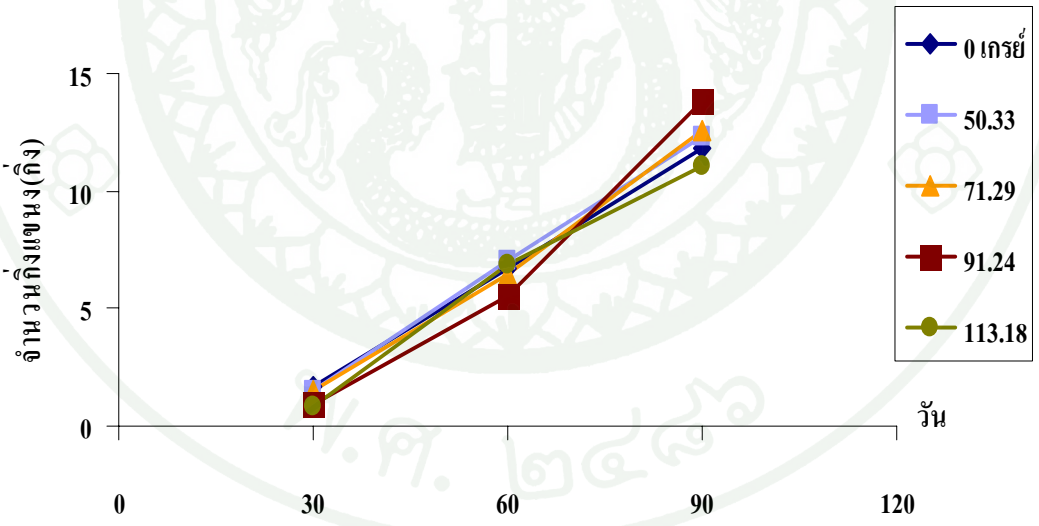


ภาพที่ 18 การเจริญเติบโตด้านความสูงหลังจากการฉายรังสีแกมมาแบบโครนิก 30, 60 และ 90 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 19 การเจริญเติบโตด้านขนาดทรงพุ่มหลังจากฉายรังสีแกมมาแบบโครนิก 30, 60 และ 90 วัน



ภาพที่ 20 การเจริญเติบโตด้านจำนวนกิ่งแขนงหลังจากฉายรังสีแกมมาแบบโครนิก 30, 60 และ 90 วัน

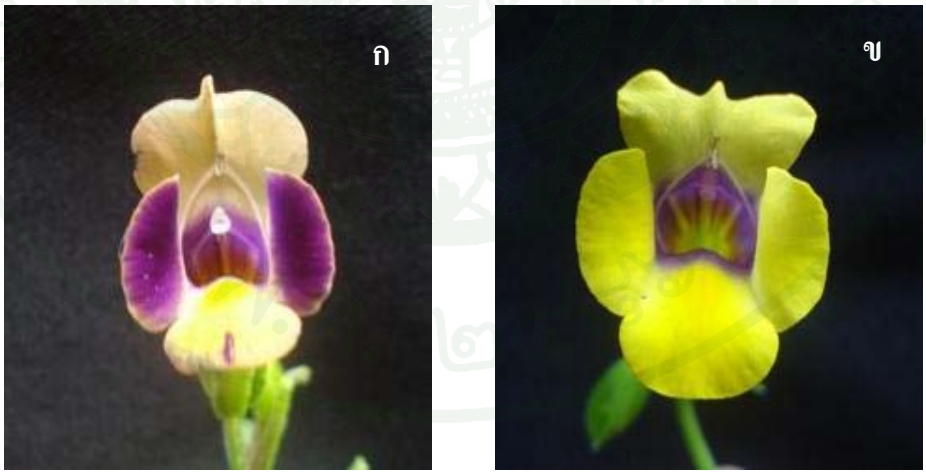
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของแววมยุราลูกผสมข้ามชนิด

พบลักษณะการกลายพันธุ์ที่ปริมาณรังสี 91.24 เกรย์ ได้ดอกสีเหลืองสว่างทั้งดอก ยกเว้นบริเวณโคนดอกมีสีม่วงอ่อน จากลักษณะดอกสีเดิมที่กลีบดอกบนและล่างสีเหลืองหม่น กลีบดอกด้านข้างทั้ง 2 ด้านมีสีม่วงเข้ม (ภาพที่ 21) อัตราการกลายพันธุ์ คือ 0.01 (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 20 อัตราการกลายพันธุ์ของดอกแววมยุราในลักษณะกลีบดอกสีเหลือง

อัตรารังสี	จำนวนใบทั้งหมด	กลีบดอกเหลือง	อัตราการกลายพันธุ์
Control	100	0	0
50.33 เกรย์	100	0	0
71.29 เกรย์	100	0	0
91.24 เกรย์	100	1	0.01
113.18 เกรย์	100	0	0



ภาพที่ 21 ลักษณะการกลายพันธุ์ของดอกแววมยุราหลังจากฉายรังสีแบบโครนิกปริมาณ 91 เกรย์ (ก) ดอกปกติ (ข) สีดอกที่เปลี่ยนเป็นสีเหลือง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

1. ผลของการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน และแบบโครนิกต่อเปอร์เซนต์ความอยู่รอดของแววมยุราลูกผสมข้ามชนิด

ผลของรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณรังสี 0-200 เกรย์ ต่อใบแววมยุราลูกผสมข้ามชนิด หลังจากฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันให้กับใบแววมยุราเป็นเวลา 30 วัน แล้วนับจำนวนใบรอดชีวิต พบว่า เมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น ใบแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดมีเปอร์เซนต์ความอยู่รอดเทียบกับชุดควบคุมลดลง และที่ปริมาณรังสี 150 และ 200 เกรย์ ไม่มีใบแววมยุราลูกสมข้ามชนิดรอดชีวิต สิรินุช (2540) อธิบายว่า ปริมาณรังสีสูงมากขึ้นมีผลทำให้เซลล์ไม่สามารถแบ่งตัวต่อไปได้ และตายในที่สุด ให้ผลสอดคล้องกับ ชาลินี (2551) ที่นำกิ่งแพรเชี่ยงไฮ้ใบแบน 3 พันธุ์ ได้แก่ ดอกซ้อนกลีบดอกนอกสีเหลือง ดอกลาสีบานเย็น และดอกลาสีชมพูมาฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสี 0-60 เกรย์ พบว่า เมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้นมีผลต่อเปอร์เซนต์การรอดชีวิตลดลงและสุชาดา (2550) นำกิ่งไทรย้อยด่างขอบใบมาฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณรังสี 0-60 เกรย์ พบว่าได้ค่า $LD_{50(45)}$ เท่ากับ 60 เกรย์ พบว่า เมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น เปอร์เซนต์การรอดชีวิตลดลง และ Wongpiyasatid *et al*., (2007) นำใบแอฟริกันไวโอเลตมาฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน 0-100 เกรย์ พบว่า เมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้นเปอร์เซนต์การรอดชีวิตลดลง

จากการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณรังสี 0-200 เกรย์ พบ่วา ค่า LD_{50} ที่ 30 วัน เท่ากับ 83 เกรย์ จึงนำใบแววมยุราลูกผสมข้ามชนิดมาฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันต่อในการทดลองที่ 2 ที่ปริมาณรังสี 0-90 เกรย์ พบว่า ชุดการทดลองที่ได้รับปริมาณรังสี 0 และ 50 เกรย์ มีเปอร์เซนต์การรอดชีวิตใกล้เคียงกับการทดลองแรก แสดงว่าที่ปริมาณรังสี 50 เกรย์ แทบไม่มีมีผลต่อการลดเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต ผลอีกด้านหนึ่งก็คือเกิดการกระตุ้น การเจริญเติบโตของพืชเนื่องจากผลของการแบ่งเซลล์ (อดิศร, 2533) การแสดงออกถึงการเร่งการเจริญเติบโตอาจแสดงออกมาในลักษณะต่าง ๆ เช่น ต้นพืชสูงขึ้น เป็นต้น (สิรินุช, 2540)

การฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกปริมาณ 0, 50.33, 71.29, 91.24 และ 113.18 เกรย์ มีเปอร์เซนต์การรอด ชีวิตคือ 100, 92, 87, 73 และ 62 ตามลำดับ ทำให้ไม่สามารถหาค่า LD_{50} ได้ เนื่องจาก ปริมาณรังสีต่ำ การฉายรังสีแบบโครนิกเป็นการผ่อนระยะเวลาที่ได้รับรังสีให้นานออกไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยให้ได้รับรังสีต่อหน่วยเวลาต่ำ เพื่อให้ทุกระยะของการเจริญเติบโต หรือการแบ่งเซลล์ได้รับรังสี ทำให้มีผลต่อการตายต่ำ (อรุณี, 2550)

2 ผลของรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันและแบบโครนิกต่อการเจริญเติบโตของแววมยุราลูกผสมข้ามชนิด

หลังฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณ 0-200 เกรย์ ต่อแววมยุราลูกผสมข้ามชนิด แล้วบันทึกการเจริญเติบโตต่าง ๆ ได้แก่ ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนกิ่งแขนง จำนวนดอกต่อต้น และขนาดดอก ที่ 90 วัน เทียบกับชุดควบคุม ในรุ่น M_1V_2 พบว่า เมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้นคือที่ปริมาณรังสี 100 เกรย์ มีผลต่อค่าเฉลี่ยของ ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม และจำนวนดอกต่อต้นลดลงส่วนขนาดดอกไม่ต่างกันที่ทุกปริมาณรังสี สอดคล้องกับ ชาลินี (2551) นำกิ่งแพรเซี่ยงไฮ้มาฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณรังสี 0-60 เกรย์ พบว่า เมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น การแตกกิ่งก้าน ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนยอด และจำนวนดอกลดลง และให้ผลคล้ายกับ ภัทรมาศ (2548) นำกิ่งพิทูเนียใบด่างมาฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 0-100 เกรย์ พบว่า เมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนดอกต่อต้นมีแนวโน้มลดลง อรุณี (2550) อธิบายว่า เป็นผลจากรังสีทำความเสียหายต่อชีวโมเลกุลในเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับกระบานการแบ่งเซลล์ รวมทั้งกระบวนการเมแทบอลิซึมถูกขัดขวาง ก่อให้เกิดความเสียหายทางสรีระวิทยาพืช

หลังฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกที่ปริมาณรังสีต่าง ๆ กันให้กับใบแววมยุรา พบว่า ในรุ่น M_1V_2 ปริมาณรังสที่ใช้ไม่มีผลต่อความกว้างทรงพุ่ม จำนวนดอกต่อต้น และขนาดดอก ให้ผลสอดคล้องกับ Wongpiyasatid et al (2007) นำใบแอฟริกันไวโอเลตมาฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกต่าง ๆ พบว่า เมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น การแตกใบอ่อนและจำนวนใบต่อต้นลดลง

3. ผลของการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบและแบบโครนิกพลันต่อเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของแววมยุราพันธุ์ ลูกผสมข้ามชนิด

การฉายรังสีแบบเฉียบพลันปริมาณ 0-200 เกรย์ พบการกลายที่ปริมาณรังสี 50 เกรย์ คือกลายพันธุ์เป็นแววมยุราเตตราพลอยด์โดยมีดอก ลำต้น ใบ ปากใบใหญ่และหนาขึ้น เปอร์เซนต์ความมีชีวิตมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับต้นดิพลอยด์ มีโครโมโซมเป็นจำนวน 2 เท่าของ ต้นดิพลอยด์คือ 2n=2x=34 (ต้นดิพลอยด์ 2n=2x=17) ทำให้แววมยุราหายเป็นหมัน ซึ่งการเป็นหมันของแววมยุรา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลูกผสมข้ามชนิดต้นดิพพลอยด์ เกิดจากโครโมโซมของพ่อแม่ไม่สามารถเข้าคู่กันได้เนื่องจากเป็นการผสมข้ามชนิด และจำนวนโครโมโซมของแววมยุราพันธุ์แม่ไม่สามารถเข้าคู่ได้ 1 แท่ง ทำให้เกิดการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสผิดปกติ ซึ่งอาจส่งผลต่อการเกิด bridge และ laggard มีผลต่อความเป็นหมัน และสอดคล้องกับการทดลองของ Kikuchi และคณะ (2006) ทดลองผสมแววมยุราข้ามชนิดระหว่าง *Torenia fournirei* (n=9) กับ Torenia baillonii (n=8) ได้รุ่นลูกเป็นหมันทั้งหมด เนื่องจากเมื่อแววมยุราเข้าสู่ระยะการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส โครโมโซมมีการจับคู่กันแบบไบวาเลนต์ที่มีไดแอสมา กับโครโมโซมอีกหนึ่งคู่ที่ไม่มีการเข้าคู่เป็นโครโมโซมของ *Torenia fournieri* และการเข้าคู่กันของโครโมโซมไม่เป็นไปอย่างสุ่มในเซลล์สืบพันธุ์ จึงเกิดการแท้งเมื่อโครโมโซมอีกหนึ่งแท่งไม่มีการเข้าคู่กัน ประภา (2550) รายงานว่า การเป็นหมันดังกล่าวเกิดจากการผสมข้ามชนิด (interspecific hybrid) มีจีโนมที่ต่างกัน(nonhomologous chromosome) เมื่อเกิดการแบ่งเซลล์ในระยะไมโอซิส การแยกตัวออกจากกันของโครโมโซมจึงไม่เป็นไปอย่างสุ่ม ทำให้เกิดความไม่สมดุลของจำนวนโครโมโซมในเซลล์สืบพันธุ์

การฉายรังสีแกมมาเฉียบพลันที่ปริมาณรังสี 50 เกรย์ ทำให้ลูกผสมแววมยุราข้ามชนิดไม่เป็นหมันของการทดลองที่ 1 มีจีโนมเป็นอัลโลเตตราพลอยด์ (allotetraploid) สอดคล้องกับงานทดลองของนักเซลล์พันธุศาสตร์ Karpenchenko (1928) ผสมพันธุ์ระหว่างแรดิช (*Raphanus sativus*, 2n=2x=18) กับกะหล่ำปลี *(Brassica oleracea*, 2n=2x=18) พบว่า ลูกผสมข้ามชนิดดังกล่าวเป็นหมันเนื่องจากโครโมโซมจากฝ่ายแม่และพ่อไม่สามารถจับคู่กันได้ และเมื่อมีการเพิ่มจำนวนโครโมโซมเป็นเท่าตัว ลูกผสมข้ามชนิดที่ได้มีจำนวนโครโมโซมของพ่อและแม่อย่างละ 2 ชุด ทำให้มีการจับคู่โครโมโซมของแม่จับคู่กันเอง และโครโมโซมของพ่อจับคู่กันเอง ทำให้ลูกผสมข้ามชนิดที่ได้ไม่เป็นหมัน

การฉายรังสีแบบเฉียบพลันปริมาณ 0, 50, 60, 70, และ 80 เกรย์ พบการเปลี่ยนแปลงสีดอกที่ปริมาณรังสี 50 เกรย์ คือ ดอกมีสีเหลืองสว่างที่กลีบดอกด้านบนและล่าง ส่วนกลีบด้านข้างสีม่วงอ่อน เกิดจากการฉายรังสีให้กับพืช เมื่อพืชนั้นเกิดการกลายพันธุ์ ซึ่งในที่นี้คือเปลี่ยนจากดอกลักษณะเดิมมีสีเหลืองหม่นที่กลีบดอกบนและล่าง ส่วนกลีบข้างสีม่วง เปลี่ยนสีดอกเป็นกลีบบนและล่างสีเหลืองสว่าง กลีบข้างสีม่วงอ่อน และพบการกลายพันธุ์ที่ปริมาณรังสี 60 เกรย์ คือ กลายพันธุ์เป็นดอกด่าง เมื่อทดสอบการปักชำกิ่งและใบเพื่อคัดแยกลักษณะด่างที่คงตัวและเหลืองแบบโซลิด (solid mutant) พบว่า ลักษณะการด่างของดอกทุกดอกใน 1 ต้นไม่เหมือนกัน และด่างแบบไม่คงตัว อาจเกิดจากการเคลื่อนที่ของยีน ac (activator)และ ds (dissociation) หรือ transposon ในพืช

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พบว่า ทรานสโพซอนจะเคลื่อนย้ายเข้าไปสอดแทรกแล้วทำให้เกิด "variegation" คือลักษณะจุดด่างเป็นลายสลับสีหรือจุดกระบนกลีบดอก ใบ และเมล็ด เช่นแต้มสีที่เกิดขึ้นบนเมล็ด (kernel) ของข้าวโพด จุดกระด่างบนกลีบดอกรักเร่ ดอกพิทูเนีย เป็นต้น (รัชนีกร, 2551)

การฉายรังสีแบบโครนิกปริมาณ 0, 50.33, 71.29, 91.24 และ113.18 เกรย์ พบการกลายพันธุ์ที่ปริมาณรังสี 91 เกรย์ มีสีดอกเหลืองสว่างทั้งดอก ยกเว้นบริเวณโคนดอก ในการทดลองนี้ยังไม่ทราบกลไกว่ารังสีเข้าไปทำอย่างไรเกี่ยวกับยีนที่ผลิตสารสีม่วงในกลุ่ม Anthocyanins (Chalcol synthase และdihydroflavonol 4-reductase) แต่มีรายงานการทดลองของ Miyazaki และคณะ(2006) รายงายไว้ว่าฉายไนโตรเจนไอออน และ นีออนไอออน ให้กับแวววมยุรา (*Torenia hybrida*) พบการกลายพันธุ์ของดอกแวววมยุราแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลายพันธุ์เป็นสีน้ำเงินและชมพู โดยในกลุ่มสีน้ำเงิน แบ่งการกลายพันธุ์เป็นสีน้ำเงินอ่อนจนถึงน้ำเงินเข้มกว่า control และกลุ่มที่เกิดการกลายพันธุ์เป็นสีชมพูอ่อนจนถึงชมพูเข้มกว่า control ในการกลายพันธุ์เป็นสีน้ำเงินซีดจนค่อนไปสีขาวเกิดจากการ deletion ของ CHS gene ทำให้ตัด pathway สู่การสังเคราะห์สารสี malvidin ตรงกันข้ามกับดอกแวววมยุราสีน้ำเงินเข้ม มีสารสี malvidin มาก ส่วนการกลายพันธุ์ ของแวววมยุราที่เป็นดอกสีชมพู พบว่า มีสารสี pelargonidin มากกว่าสารสีตัวอื่นๆ จึงทำให้เกิดสีชมพู ดังนั้นในการทดลองฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกใน ปริมาณรังสี 91.24 เกรย์ ทำให้เกิดการกลายพันธุ์เป็นสีดอกเหลืองสว่าง น่าจะเกิดจากการขาดหายไปของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์สารสีในกลุ่ม Anthocyanins และยังมีงานทดลองของ Aida และคณะ(2000) ได้ถ่ายยีนให้กับแวววมยุราและกดการแสดงออกของยีน DFR และ ยีน CHS โดยวิธี antisense พบว่า กิจกรรมการทำงานของยีน DFR น้อยลง ทำให้ปริมาณสารสีในกลุ่ม anthocyanins ในสีดอกมีมาก มีผลต่อสีดอกแวววมยุราเป็นสีม่วงที่อยู่ในกลุ่ม anthocyanins ทำกดการแสดงออกของยีน (antisense) ของยีน CHS พบลักษณะดอกมีสีน้ำเงินซีดค่อนไปสีขาว ซึ่งงานทดลองของทั้ง Miyazaki และคณะ (2006) Aida และคณะ (2000) ให้ผลการทดลองสอดคล้องในทางเดียวกันคือ สารสีในกลุ่ม Anthocyanin ให้สีดอกตั้งแต่สีน้ำเงินค่อนไปสีม่วง ถ้าหากเกิดการขาดหายไปของยีน CHS ทำให้สีดอกแวววมยุรามีสีน้ำเงินซีดค่อนไปทางสีขาว การกลายพันธุ์ของแวววมยุราเป็นดอกสีเหลืองสว่างในการทดลองนี้น่าจะเกิดจากการขาดหายไปของยีนที่เกี่ยวข้อง กับการสังเคราะห์สารสีม่วงน้ำเงินในกลุ่ม anthocyanins

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปผล

การฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณ 0, 50, 100, 150 และ 200 เกรย์ มีการเจริญเติบโตลดลงเมื่อปริมาณรังสีมากขึ้น โดนที่ปริมาณรังสี 150 และ 250 เกรย์ ไม่มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของใบแววมยุรา ส่วนปริมาณรังสี 100 เกรย์ มีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด และปริมาณรังสี 50 เกรย์ มีการเจริญเติบโตดีที่สุด พบการกลายพันธุ์ที่ปริมาณรังสี 50 เกรย์ คือ แววมยุราเตตราพลอยด์ มีดอก กิ่ง ใบใหญ่และหนาขึ้นกว่าต้นปกติ

การฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณ 0, 50, 60, 70, และ 80 เกรย์ ที่ปริมาณรังสี 80 เกรย์ ไม่มีเปอร์เซนต์การรอดชีวิต ปริมาณรังสี 50 เกรย์ มีการเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือ 60 เกรย์ และ 70 เกรย์ พบการกลายพันธุ์ที่ปริมาณรังสี 50 เกรย์ และ 60 เกรย์ คือ เกิดการกลายพันธุ์เป็นดอกสีเหลือง และการกลายพันธุ์เป็นดอกด่างแบบการด่างของทุกดอกไม่เหมือนกันในต้นเดียวกัน

การฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกปริมาณ 0, 50.33, 71.29, 91.24 และ 113.18 เกรย์ มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบทุกปริมาณรังสี ยกเว้นที่ชุดการทดลองที่ไม่ได้รับรังสี มีความสูงมากที่สุด พบการกลายพันธุ์ของดอกแววมยุราสีดอกเหลืองสว่าง

จากการฉายรังสีแบบเฉียบพลันทั้ง 2 ครั้ง พบการกลายที่ปริมาณรังสี 50 เกรย์ ไม่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโต ดังนั้นปริมาณรังสี 50 เกรย์ จึงเหมาะแก่การเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์

การกลายพันธุ์ทั้ง 3 ลักษณะของทุกการทดลอง สามารถถ่ายทอดลักษณะการกลายพันธุ์โดยการปักชำกิ่ง ยกเว้นลักษณะการกลายแบบดอกด่างไม่สามารถถ่ายทอดลักษณะดอกด่างแบบเดิมด้วยการปักชำกิ่งได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

ในการฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกให้กับแววมยุราพันธุ์ลูกผสมข้ามชนิดที่ปริมาณ 91.24 เกรย์ พบการกลายพันธุ์ของสีดอกจากดอกสีม่วงอมเหลืองเปลี่ยนเป็นดอกสีเหลือง ควรศึกษาต่อในเรื่องรังสีแกมมามีผลต่อกลไกในการเปลี่ยนแปลงสีดอกได้อย่างไร และในการทดลองที่ฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณ 60 เกรย์ ได้ดอกด่างที่ไม่สามารถคัดแยกเป็น solid mutant ได้ ควรศึกษาต่อในเรื่องการด่างแบบแถบที่ไม่คงที่ของแววมยุราลูกผสมพันธุ์ข้ามชนิดเกิดจาก transposon ใช่หรือไม่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

จิราภรณ์ จิรานภาพันธุ์. 2550. **ผลของการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันต่อการกลายพันธุ์ของแววมยุรา**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชาลินี ตั้งสมบัติวิจิตร. 2551. **ผลของการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันและแบบโครนิกต่อการกลายพันธุ์ของแพรเซี่ยงไฮ้**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นันทิยา วรรธนะภูติ. 2545. **คู่มือการปลูกไม้ดอก**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

นพรัตน์ อินศร. 2552. **การปรับปรุงพันธุ์บานชื่นเลื้อยใบด่างโดยใช้รังสีแกมมา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยุภาภรณ์ ภาพันธุ์. 2550. **การปรับปรุงพันธุ์แววมยุราพื้นเมืองของไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประภา ศรีพิจิตต์. 2550. **เซลล์พันธุศาสตร์ที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รัชนีกร กัลลประวิทย์. 2551. ยีนและการแสดงออกของยีน. แหล่งที่มา : http:// e-book.ram.edu/e-book/b/BT465-5.pdf., 25 ตุลาคม 2554.

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

สุชาดา ศรีบุญเรือง. 2550. การ**เหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในไทรย้อยใบแหลมด่างโดยใช้รังสีแกมมา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุธนา เกตุมาโร. 2550. **การปรับปรุงพันธุ์ไผ่ฟิลิปปินส์โดยใช้รังสีแกมมา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สัณฐิตา ตังคจิวางกูร. 2552. **การชักนำให้เกิดโพลีพลอยด์ในแววมยุราด้วยการใช้โคลชิซินชนิดเม็ด.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

อรุณี วงศ์ปิยะสถิตย์. 2541. **หลักการและวิธีการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยรังสีในพืชที่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด**. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการการปรับปรุงพันธุ์พืช โดยใช้เทคนิคการกลายพันธุ์ ณ ศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรุณี วงศ์ปิยะสถิตย์. 2550. **การกลายพันธุ์ : เพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืช**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Aida , R., S. Kishimoto, Y. Tanaka and M. Shibata. 2000. Modification of flower color in torenia (*Torenia fournieri* Lind.) by genetic transformation**. Plant Science** 153**:** 33-42.

Broertjes, C., S. Roest and G. S. Bokelmann. 1976. Mutation breeding of *Chrysanthemum morijolium* RAM. using in vivo and in vitro adventitious bud techniques. **Euphytica** 25: 11- 19.

Broertjes, C. and A. V. Harten. 1978. **Application of mutation breeding methods in the improvement of vegetatively propagated crops** . **An interpretive literature review**.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Gonzales, M. C., J. P. Mukandama., M. M. Ali., D. Trujillo., I. Ferradaz., J. L. Fuentes., S. Altane., A. Fernandez. and. B. Peterina. 2008. Selection and Characterization of Tomato Mutants Tolerant to Low Water Supply. **Plant Mutation Reports**, Vol. 2, No.1:27-32.

Harten, A. H. Van., H. Bouter. and C. Broertjs. 1981. In vitro adventitious bud techniques for vegetative propagation and mutation breeding of potato (*Solanum tuberosum* L.) II Significance for mutation breeding**. Euphytica** 30: 1-8.

Harten, A. H. Van., H. Bouter. and C. Broertjs. 1998. **Mutation Breeding : Theory and Practical Applications**. Camebridge. University Press, United Kindom.

Harvard University. 2006. **Flora Harvard**. Available Source : http://flora.huh.harvard.edu\China\index.html, October 6, 2010.

Kanchanapoom, K., N. Buntin and K. Kanchanapoom. 2009. Micropropagation through adventitious shoot regeneration from leaf culture of *Torenia fournieri* Lind**. Songklanakarin J. Sci. Technol**. 31(6): 587-590.

Karrpechenko, G. D. 1928. Polyploid hybrids of *Raphanus sativus* L. x *Brassica oleracea* L. Z. Ind Abst. **Vererbungs**l 39: 1-7.

Kikuchi, S., H. Tanaka., T. Shiba., M. Mii. and H. Tsujimoto. 2006. Genome size, karyotype, meiosis and a novel extra chromosome in *Torenia fournieri*, *T. baillonii* and their hybrid**. Chromosome Research** 14: 665-672.

Fischer, E. 2004. **The families and Genera of Vascular Plants**. In: JW Kadereit, ed., Volume VII. Springer-Verlag, New York.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Matsumura, A., T. Nomizu, N. Furutani , K. Hayashi, Y. Minamiyama and Y. Hase. 2010. Ray florets color and shape mutants induced by $^{12}C^{5+}$ ion beam irradiationin chrysanthemum. **Scientia Hort**. 123: 558-661.

Miyazaki, K. 2006. Flower pigment mutations induced by heavy ion beam irradiation in an interspecific hybrid of *Torenia*. **Plant biotechnology** 23: 163-167.

Okamura, M., N. Yasuno., M. Ohtsuka., A. Tanaka., N. Shikazona. and Y. Hase. 2003. Wide variety of flower-color and shape mutants regenerate from leaf culture irradiated with ion beams. **Nuclear Instruments Methods in Physics Research** B206: 574-578.

Roest S., M. A. E. Van Berkel., G. S. Bokelmann and C. Brotjes. 1981. The use of an in vitro adventitioos bud technique for mutation breeding of *Begonia x HIEMALIS*. **Euphytica** 30: 381-388.

Seneviratne, K. A. C. N. and D. S. A. Wijessundara. 2007. First African violet (*Saintpaulia ionantha* H. Wendl.*)* with a changing colour pattern induce by mutation. **American Journal of Plant Physiology** 2(3): 223-236.

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

Sugiyama, M., S. Masao., H. Saito., H. Ichida., Y. Harachi., H. Ryoto., N. Fukunichi., T. Terakawa and T. Abe. 2008. Biological effects of heavy-ion beam irradiation on cyclamen**. Plan Biotechnology** 25: 101-104.

Takeuchi, N., S. Tanimoto. and H. Harada. 1984. Effects of wounding on adventitious bud formation in *Torenia* stem segments cultured *in vitro*. **J. Exp. Bot.** 36: 841-847.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Tanimoto, S. and H. Harada (1990). Wishbone flower. Chapter 31. In**: Handbook of Plant Cell Culture** 5:763-782.

Tsung, H. and Kuoh. C. 2002. **Revision of torenia L. (Scrophulariaceae) in Taiwan**. Taiwania, 47(4): 281-285.

Wongpiyasatid, A., T. Thinnok., T. Taychasinpitak., P. Jompuk., K. Chusreeaeom. and S. Lamseejan. 2007. Effects of acute gamma irradiation on adventitious plantlet regeneration and mutation from leaf cutting of African violet (*Saintpaulia ionantha*.). **Kasetsart. (Nat Sci)** 41: 663-640.

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

Yamazaki, T. 1985. A Revision of the Genera *Limnophila* and *Torenia* from Indochina. **J Fac Sci Univ Tokyo III** 13: 575-624.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาววิภาภรณ์ แสวงมี
เกิดวันที่	9 พฤศจิกายน 2529
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์