

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย : แผนบูรณาการวิจัยและพัฒนาเพื่อความยั่งยืนของกล้วยไม้
และไม้ดอกไม้ประดับ
2. โครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาพันธุ์ไม้ดอกที่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด
กิจกรรม : การปรับปรุงพันธุ์ไม้ดอกกลุ่มที่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์และคัดเลือกพันธุ์ดาวเรือง
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Mutation Induction and Selection in *Tagetes erecta* L.

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	นางสาวพรอนันต์ แข่งขันซ์	สังกัด	สถาบันวิจัยพืชสวน
	นายอำนาจ อรรถลิ่งรอง	สังกัด	สถาบันวิจัยพืชสวน
	นางสุภาพร สุขโต	สังกัด	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี
	นางทิพย์ธรณี สิทธินาม	สังกัด	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาญจนบุรี
	นายมะนิต สารณา	สังกัด	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครพนม

5. บทคัดย่อ

การศึกษาการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์และคัดเลือกพันธุ์ดาวเรือง *Tagetes erecta* L. รหัสพันธุ์ 112 และ 113 ซึ่งเป็นพันธุ์พื้นเมืองดอกสีส้มและครีม โดยการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ระดับ 0 20 40 80 160 320 และ 640 เกรย์ เมื่อทำการเพาะเมล็ดหลังฉายรังสี 1 สัปดาห์ พบว่า ดาวเรืองมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตลดลงเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น แต่ก็ยังมีอัตราการรอดชีวิตมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ในทุกกรรมวิธี ทำให้คำนวณหาค่า LD₍₅₀₎ ไม่ได้ในทั้ง 2 พันธุ์ เมื่อพิจารณาการเจริญเติบโตของดาวเรือง พบว่า ต้นกล้าของดาวเรืองได้รับรังสี 160 320 และ 640 เกรย์ในช่วง 7 วันหลังเพาะเมล็ด ใบเลี้ยงมีลักษณะโค้งงอ บิดเบี้ยว และมีใบจริงเจริญช้ากว่าต้นที่ไม่ผ่านการฉายรังสีและต้นที่ได้รับปริมาณรังสีที่ระดับต่ำกว่า นอกจากนี้ยังพบว่า ดาวเรืองทั้งสองพันธุ์จะมีความสูงต้นลดลง อายุดอกแรกบานสั้นลง แต่เส้นผ่านศูนย์กลางดอกเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจากข้อมูลด้านความสูงของดาวเรืองพันธุ์ 112 ที่อายุ 15 และ 30 วัน ส่วนพันธุ์ 113 ที่อายุ 30 วันหลังเพาะเมล็ด สามารถคำนวณหาค่า GR₍₅₀₎ เพื่อหาปริมาณรังสีที่เหมาะสมต่อการฉายรังสีของดาวเรืองพันธุ์ 112 และ 113 ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 320 เกรย์ กับ 640 เกรย์ ดังนั้นจึงได้ทำการผสมตัวเองและเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์จากดาวเรืองที่ผ่านการฉายรังสีที่ระดับ 320 และ 640 เกรย์ นำมาปลูกและคัดเลือกจากรุ่น M1-M5 เพื่อให้ได้ดาวเรืองที่มีลักษณะแปลกใหม่ที่แตกต่างจากพันธุ์เดิม โดยการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการคัดเลือกเฉพาะพันธุ์ 113 พบว่า เมื่อทำการคัดเลือกจนถึงรุ่น M5 พบดาวเรืองที่ผ่านการฉายรังสีที่ระดับ 320 เกรย์ ใบมีลักษณะมีแถบสีขาว เนื่องจากขาดคลอโรฟิลล์ ซึ่งได้ทำการผสมตัวเองและเก็บเกี่ยวเมล็ดเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

6. คำนำ

ดาวเรือง (*Tagetes erecta* L.) เป็นพืชในวงศ์ Compositae มีถิ่นกำเนิดทางตอนใต้ของทวีปอเมริกา นิยมขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด เป็นไม้ดอกที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย สามารถปลูกได้ทุกภาคของ ประเทศ ดอกมีสีส้มสวยงามและให้ดอกในระยะเวลาสั้น ประมาณ 50-60 วัน มีความสูงตั้งแต่ 30-100 เซนติเมตร เป็นพันธุ์ไม้กลางแจ้ง โดยสามารถเจริญเติบโตได้ดีเมื่อได้รับแสงแบบเต็มวัน นิยมใช้ประโยชน์เป็นไม้ตัดดอก ไม้กระถางสำหรับตกแต่งสถานที่และเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ สีที่นิยมปลูกได้แก่ สีเหลือง เหลืองทอง และส้ม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) ปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการไม้ดอกที่มีสีส้มสวยงามและแปลกใหม่อยู่เสมอ เพื่อให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ดังนั้นจึงต้องมีการวิจัยเพื่อให้มีพันธุ์ใหม่ๆ อย่างต่อเนื่อง

การปรับปรุงพันธุ์พืชโดยการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ เป็นวิธีการที่จะทำให้ได้ลักษณะใหม่ๆ เป็นการเพิ่มความแปรปรวนทางพันธุกรรมและอาจนำไปสู่การได้พันธุ์ดี (สุทัศน์, 2553) จึงเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ในการปรับปรุงไม้ดอกไม้ประดับ เนื่องจากเป็นพืชที่ต้องการสีส้มและรูปทรงที่แปลกใหม่อยู่เสมอ ซึ่งนักปรับปรุงพันธุ์ พืชนิยมใช้รังสีแกมมาในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ เนื่องจากเป็นรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่และอำนาจทะลุทะลวงสูง สำหรับพืชที่นิยมขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดมักจะใช้การฉายรังสีแบบเฉียบพลัน (acute irradiation) ซึ่งเป็นการให้รังสีปริมาณสูง และสั้นสุดในระยะเวลาอันสั้น และก่อนการฉายรังสีควรหาปริมาณรังสีที่เหมาะสม เนื่องจากพืชแต่ละชนิดจะมีความไวหรือความต้านทานต่อรังสีแตกต่างกัน โดยการค้นคว้าจากงานวิจัยที่ผ่านมาหรือทำการทดลองเพื่อหาค่า LD₅₀ (50% lethality) หรือ GR₍₅₀₎ (50% growth reduction) (อรุณี, 2550) ซึ่งจากการศึกษาของ สายัณ (2550) ที่ได้ทำการศึกษาผลของรังสีแกมมาที่มีต่อเมล็ดดาวเรือง ในช่วง 0-800 เกรย์ พบว่า เมล็ดดาวเรืองที่ได้รับรังสีในอัตราที่สูงขึ้น มีค่าเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดลดลง การเจริญเติบโตช้าและดอกมีขนาดเล็ก ซึ่งปริมาณรังสีที่ทำให้เกิดการตายของต้นดาวเรือง 50 เปอร์เซ็นต์คือ 576.60 เกรย์ นอกจากนี้ Singh et al.(2009) ได้ฉายรังสีแกมมาที่อัตรา 0-400 เกรย์ เพื่อชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในดาวเรืองพันธุ์ Pusa Narang Gainda พบว่า ดาวเรืองที่ได้รับรังสีแกมมา 400 เกรย์ มีอัตราการรอดชีวิตต่ำที่สุด คือ 68.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ไม่สามารถคำนวณหาค่า LD₅₀ ได้ และเมื่อเมล็ดดาวเรืองได้รับรังสีในอัตราที่สูงขึ้น มีความสูงต้นและจำนวนใบลดลง

ดังนั้น จะเห็นว่าการใช้รังสีแกมมาชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์พืช มีโอกาสได้ต้นที่มีลักษณะใหม่ๆ หากมีการใช้อัตรารังสีที่เหมาะสม ดังนั้น การทดลองนี้จึงเป็นการศึกษาผลของการใช้รังสีแกมมาในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในดาวเรือง เพื่อสร้างความหลากหลายทางพันธุกรรมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ และคัดเลือกให้ได้ต้นที่มีศักยภาพสำหรับเป็นไม้กระถางหรือไม้ประดับต่อไป

7. วิธีดำเนินการ

7.1 อุปกรณ์

- 1) เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองพันธุ์พื้นเมืองดอกสีส้ม (รหัส 112) และสีเหลืองอ่อน (รหัส 113)
- 2) อุปกรณ์การผสมพันธุ์ ได้แก่ ถุงกระดาษคลุมดอก และป้ายพลาสติก
- 3) สารป้องกันกำจัดโรคและแมลง
- 4) ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 16-16-16 และ 13-13-21

7.2 วิธีการ

1) ปลุกดาวเรืองรหัสพันธุ์ 112 และ 113 คัดเลือกต้นที่มีความสม่ำเสมอของต้นและดอก พร้อมทั้งบันทึกลักษณะประจำพันธุ์ และเพิ่มปริมาณเมล็ดพันธุ์โดยการผสมตัวเองและเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์

2) นำเมล็ดไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน โดยเครื่องฉายรังสีแกมมามาร์ค-วัน (Gamma Mark I irradiation) ซึ่งมีซีเซียม-137 (Cs-137) เป็นต้นกำเนิดรังสี วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) จำนวน 7 กรรมวิธี คือ 0 20 40 80 160 320 และ 640 เกรย์ กรรมวิธีละ 3 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด ณ ศูนย์วิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3) นำเมล็ดที่ผ่านการฉายรังสีแล้ว (เมล็ดรุ่น M1) ไปเพาะในวัสดุปลูกโดยใช้พีทมอส (peat moss) เมื่อต้นกล้าอายุ 15 วันทำการย้ายปลูกลงในกระถางขนาด 8 นิ้ว ภายใต้โรงเรือนพลาสติก หลังจากย้ายปลูก 7 วัน ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 2 กรัมต่อกระถาง และใส่ทุกๆ 15 วัน รดน้ำวันละ 1 ครั้งในช่วงเช้า และพ่นสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงตามความจำเป็น

4) บันทึกข้อมูลความสูง ลักษณะต้น ดอก และใบของต้นในชั่วรุ่น M1 ของแต่ละกรรมวิธีที่อายุ 7 15 30 45 และ 60 วันหลังเพาะกล้า จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหา LD_{50} หรือ GR_{50} เพื่อหาปริมาณรังสีที่เหมาะสมต่อการฉายรังสีของดาวเรือง

5) ทำการคัดเลือกพันธุ์แบบเก็บรวม ในพันธุ์ 113 โดยเก็บเกี่ยวเมล็ดจากต้นในรุ่น M1 ที่ระดับรังสี 320 และ 640 เกรย์ (เมื่อพิจารณาจากค่า $GR_{(50)}$ แล้วเป็นช่วงที่มีโอกาสเกิดการกลายพันธุ์มากที่สุด) มาปลูกในรุ่น M2 ดำเนินการปลูกและคัดเลือกไปจนถึงรุ่น M5

7.3 การบันทึกข้อมูล

1) บันทึกผลของรังสีแกมมาที่มีต่อความอยู่รอดของดาวเรือง โดยศึกษาปริมาณรังสีต่อการรอดชีวิตของดาวเรืองหลังฉายรังสีที่ 7 วัน นับจำนวนต้นที่รอดตายเพื่อคำนวณค่า LD_{50} เปรียบเทียบกับดาวเรืองที่ไม่ได้ฉายรังสี

2) บันทึกผลของรังสีแกมมาที่มีต่ออัตราการเจริญเติบโตของดาวเรือง โดยวัดความสูงต้นที่อายุ 7 15 30 45 และ 60 วันหลังเพาะกล้า อายุดอกแรกบาน และเส้นผ่านศูนย์กลางดอก

3) บันทึกการเจริญเติบโต ลักษณะดอก และใบของดาวเรืองที่ผ่านการคัดเลือกในแต่ละชั่วรุ่นตั้งแต่รุ่น M1 ถึง M5 เปรียบเทียบกับพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสี

7.4 เวลาและสถานที่

ดำเนินการทดลองในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2562 ณ สถาบันวิจัยพืชสวน ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุทัยธานี และศูนย์วิจัยพืชสวนเลย กรมวิชาการเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

8.1 การรอดชีวิตของต้นดาวเรือง

การนำเมล็ดดาวเรืองพันธุ์ 112 และ 113 ไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณรังสี 0-640 เกรย์ แล้วเพาะเมล็ด พบว่า หลังจากฉายรังสีแกมมา 7 วัน มีการรอดชีวิตของต้นดาวเรืองพันธุ์ 112 ที่ได้รับรังสีปริมาณ 0 20 40 80 160 และ 320 เกรย์ เท่ากับ 75.00 64.67 59.00 53.33 50.33 44.33 และ 38.33 เปอร์เซ็นต์ และ พันธุ์ 113 เท่ากับ 76.70 75.60 63.3 63.30 67.70 65.70 และ 54.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทำให้ไม่สามารถหาค่า LD₅₀ ได้เนื่องจากดาวเรืองทั้ง 2 พันธุ์มีอัตราการรอดชีวิตสูงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ในทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 1 และ 2)

ตารางที่ 1 ผลของการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันต่ออัตราการรอดของดาวเรืองพันธุ์ 112 หลังจากได้รับปริมาณรังสีต่างๆ กัน ที่อายุ 7 วันหลังเพาะเมล็ด

ปริมาณรังสี (เกรย์)	จำนวนเมล็ดที่ฉายรังสี (เมล็ด/ซ้ำ)	การรอดชีวิต (เปอร์เซ็นต์) ^{1/}	อัตราการรอดชีวิตเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ^{1/}
0	100	75.00 a	100.00 a
20	100	64.67 ab	90.70 ab
40	100	59.00 ab	81.11 abc
80	100	53.33 ab	72.70 abc
160	100	50.33 ab	69.44 abc
320	100	44.33 b	61.85 bc
640	100	38.33 b	52.03 c
C.V. (%)		16.89	16.51

^{1/}ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Dubcan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2 ผลของการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันต่ออัตราการรอดของดาวเรืองพันธุ์ 113 หลังจากได้รับปริมาณรังสีต่างๆ กัน ที่อายุ 7 วันหลังเพาะเมล็ด

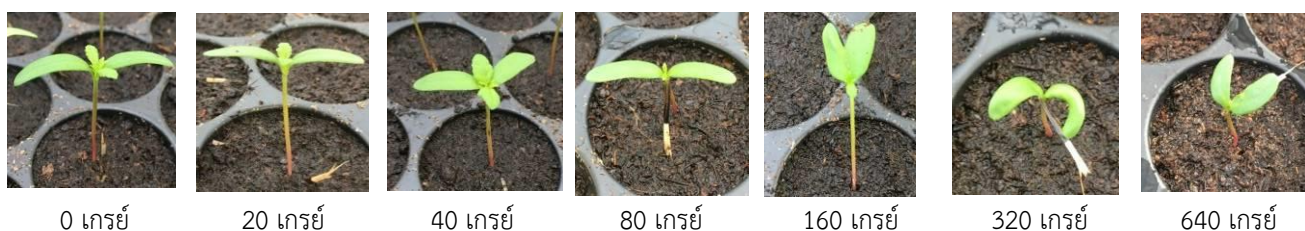
ปริมาณรังสี (เกรย์)	จำนวนเมล็ดที่ฉายรังสี (เมล็ด/ซ้ำ)	การรอดชีวิต (เปอร์เซ็นต์) ^{1/}	อัตราการรอดชีวิตเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ^{1/}
0	100	76.70 a	100.00 a
20	100	75.60 a	98.43 a
40	100	63.30 ab	82.65 ab
80	100	63.30 ab	82.40 ab
160	100	67.70 ab	88.58 ab
320	100	65.70 ab	85.43 ab
640	100	54.30 b	71.17 b
C.V. (%)		7.81	7.57

^{1/}ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Dubcan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.2 การเจริญเติบโตของต้นดาวเรือง

3.2.1 ลักษณะต้นกล้า

ลักษณะต้นกล้าดาวเรืองพันธุ์ 112 และ 113 ที่อายุ 7 วันหลังเพาะเมล็ด พบว่า ดาวเรืองที่ผ่านการฉายรังสีที่ระดับ 0 20 และ 40 เกรย์ มีลักษณะต้นปกติ กล่าวคือ มีใบเลี้ยงและใบจริง 1 คู่คี่เต็ม ที่ระดับ 80 มีใบจริงโผล่ขึ้นมาเพียงปลายยอดแต่ยังไม่คลี่ ส่วนที่ระดับ 160 320 และ 640 เกรย์ ใบเลี้ยงมีลักษณะบิดเบี้ยว และยังไม่พบใบจริงโผล่ขึ้นมา (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ลักษณะต้นกล้าดาวเรืองที่อายุ 7 วันหลังเพาะเมล็ด เมื่อนำไปฉายรังสีที่ปริมาณ 0-640 เกรย์

3.2.2 ความสูงต้น

ดาวเรืองพันธุ์ 112 และ 113 ที่ผ่านการฉายรังสีทั้ง 7 ระดับ พบว่า มีความสูงต้นที่ลดลงเมื่อได้รับปริมาณรังสีในระดับที่สูงขึ้น โดยดาวเรืองที่ไม่ผ่านการฉายรังสีมีความสูงต้นสูงที่สุด และที่ผ่านการฉายรังสีที่ 640 เกรย์ มีความสูงต่ำที่สุด นอกจากนี้ เมื่อนำความสูงต้นของดาวเรืองมาคำนวณหา GR_{50} เพื่อหาปริมาณรังสีที่เหมาะสมต่อการฉายรังสีของดาวเรือง โดยพันธุ์ 112 ใช้ข้อมูลความสูงต้นที่อายุ 15 และ 30 วันหลังเพาะกล้า ส่วนพันธุ์ 113 ที่ 30 วันหลังเพาะกล้า พบว่ามีค่า GR_{50} อยู่ในช่วงใกล้เคียงกับที่ระดับ 640 เกรย์ (ตารางที่ 3 และ 4) สอดคล้องกับการทดลองของ Singh et al.(2009) ที่ได้ฉายรังสีแกมมาที่อัตรา 0 100 200 300 และ 400 เกรย์ เพื่อชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในดาวเรือง พบว่า ค่า LD_{50} ของดาวเรือง มีค่ามากกว่า 400 เกรย์

ตารางที่ 3 ความสูงของต้นดาวเรืองพันธุ์ 112 ที่ผ่านการฉายรังสีในระดับต่างๆ เมื่ออายุ 7 15 30 45 และ 60 วัน หลังเพาะกล้า

ปริมาณรังสี (เกรย์)	ความสูงต้น (ซม.)				
	7 วัน ^{1/}	15 วัน ^{1/}	30 วัน ^{1/}	45 วัน ^{1/}	60 วัน ^{1/}
0	2.17 a	6.13 a	19.56 a	26.53 a	62.68 a
20	1.78 ab	6.20 a	18.08 a	25.53 a	62.50 a
40	1.80 ab	6.16 a	17.98 a	24.96 a	59.18 a
80	1.87 ab	6.11 a	16.91 a	24.60 a	54.55 ab
160	1.72 ab	6.13 a	16.51 a	23.06 ab	54.26 ab
320	1.80 ab	6.38 a	15.85 a	23.00 ab	56.40 ab
640	1.28 b	2.38 b	7.72 b	19.23 b	43.70 b
C.V. (%)	12.01	6.70	12.73	5.68	9.43

^{1/} ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 4 ความสูงของต้นดาวเรืองพันธุ์ 113 ที่ผ่านการฉายรังสีในระดับต่างๆ เมื่ออายุ 7 15 30 45 และ 60 วัน หลังเพาะกล้า

ปริมาณรังสี (เกรย์)	ความสูงต้น (ซม.)				
	7 วัน ^{1/}	15 วัน ^{1/}	30 วัน ^{1/}	45 วัน ^{1/}	60 วัน
0	2.53 a	6.80 a	21.50 a	29.93 a	64.43
20	2.53 ab	6.70 ab	21.70 a	25.06 b	64.43
40	2.46 ab	6.43 ab	21.47 a	24.43 b	66.57
80	2.53 ab	6.36 ab	20.70 ab	24.00 b	67.17
160	2.43 ab	6.36 ab	21.43 a	25.16 b	61.13
320	1.90 b	6.17 b	19.53 b	20.36 c	62.13
640	1.63 c	3.83 c	8.80 c	20.23 c	64.53
C.V. (%)	6.45	3.09	2.78	2.59	4.04

^{1/}ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Dubcan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 5 จำนวนวันที่ดอกแรกบาน และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกของดาวเรืองพันธุ์ 113 ที่ได้รับรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน

ปริมาณรังสี (เกรย์)	จำนวนวันที่ดอกแรกบาน (วัน) ^{1/}		ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอก (เซนติเมตร) ^{1/}	
	พันธุ์ 112	พันธุ์ 113	พันธุ์ 112	พันธุ์ 113
0	93	91 a	3.46 bc	3.36 c
20	94	91 a	3.26 c	3.41 c
40	93	92 a	3.33 bc	3.45 c
80	93	90 ab	3.50 bc	3.57 c
160	89	86 b	3.80 ab	3.87 b
320	79	75 c	4.26 a	4.32 a
640	78	74 c	4.30 a	4.44 a
C.V. (%)	1.26	1.90	4.91	2.33

^{1/}ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Dubcan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

3.2.3 จำนวนวันที่ดอกแรกบาน

ดาวเรืองพันธุ์ 112 และ 113 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันทั้ง 7 ระดับ พบว่า เมื่อให้ระดับรังสีแกมมาที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้อายุดอกแรกบานสั้นลง โดยดาวเรืองที่ได้รับปริมาณรังสีที่ 320 และ 640 เกรย์ มีจำนวนวันที่ดอกแรกบานไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 2 พันธุ์ (ตารางที่ 5)

3.2.4 เส้นผ่านศูนย์กลางดอก

ดาวเรืองพันธุ์ 112 และ 113 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันทั้ง 7 ระดับ พบว่า เมื่อให้ระดับรังสีแกมมาที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกเพิ่มขึ้น โดยดาวเรืองที่ได้รับปริมาณรังสีที่ 320 และ 640 เกรย์ มีจำนวนวันที่ดอกแรกบานไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ผ่านการฉายรังสีอย่างมีนัยสำคัญทั้ง 2 พันธุ์ (ตารางที่ 5)

3.3 การคัดเลือกพันธุ์ดาวเรือง

การคัดเลือกพันธุ์ในชั่วรุ่น M2 ปลุกดาวเรืองพันธุ์ 113 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาในระดับ 320 และ 640 เกรย์ ที่ผ่านการคัดเลือกในรุ่น M1 ไปปลูกในรุ่น M2 ระดับละ 100 ต้น เพื่อคัดเลือกพันธุ์ พบว่า ต้นดาวเรืองที่ผ่านการฉายรังสี ในรุ่น M2 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของลักษณะกลีบดอก สีดอก และใบ อย่างไรก็ตามพบว่า ต้นที่ผ่านการฉายรังสีในรุ่น M2 ที่ระดับ 640 เกรย์ มีลักษณะต้นเตี้ยกว่าที่ระดับ 320 เกรย์ และได้คัดเลือกต้นที่มีดอกค่อนข้างดก และทรงพุ่มกะทัดรัดไว้จำนวน 30 ต้น สำหรับปลูกและคัดเลือกในรุ่น M3 (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ความสูงและความกว้างดอกของดาวเรืองพันธุ์ 113 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน ที่ระดับ 320 และ 640 เกรย์ ในรุ่น M2

ระดับการฉายรังสี	จำนวนต้นที่คัดเลือก	ความสูงต้น (ซม.)	ความกว้างดอก (ซม.)
320 เกรย์	30	30.73	3.53
640 เกรย์	30	29.63	3.06

การคัดเลือกพันธุ์ในชั่วรุ่น M3 ปลุกดาวเรืองพันธุ์ 113 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาในระดับ 320 และ 640 เกรย์ ที่ผ่านการคัดเลือกในรุ่น M2 ไปปลูกในรุ่น M3 ระดับละ 100 ต้น เพื่อคัดเลือกพันธุ์ พบว่า ต้นดาวเรืองที่ผ่านการฉายรังสี ในรุ่น M3 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของลักษณะกลีบดอก สีดอก และใบ เช่นเดียวกับกับรุ่น M2 และเนื่องจากการปลูกคัดเลือกในฤดูฝนทำให้ดาวเรืองในรุ่น M3 มีความสูงต้นและความกว้างดอกมากกว่ารุ่น M2 ซึ่งได้ทำการคัดต้นที่มีดอกขนาดใหญ่ ดอกดก และทรงพุ่มกะทัดรัดไว้จำนวน 20 ต้น สำหรับปลูกและคัดเลือกในรุ่น M4 (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ความสูงและความกว้างดอกของดาวเรืองพันธุ์ 113 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน ที่ระดับ 320 และ 640 เกรย์ ในรุ่น M3

ระดับการฉายรังสี	จำนวนต้นที่คัดเลือก	ความสูงต้น (ซม.)	ความกว้างดอก (ซม.)
320 เกรย์	20	57.70	4.70
640 เกรย์	20	58.50	4.40

การคัดเลือกพันธุ์ในชั่วรุ่น M4 ปลุกดาวเรืองพันธุ์ 113 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาในระดับ 320 และ 640 เกรย์ ที่ผ่านการคัดเลือกในรุ่น M3 ไปปลูกในรุ่น M4 ระดับละ 100 ต้น เพื่อคัดเลือกพันธุ์ พบว่า ต้นดาวเรืองที่ผ่านการฉายรังสี ในรุ่น M4 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของลักษณะกลีบดอก สีดอก และใบ เช่นเดียวกับกับรุ่น M3 อย่างไรก็ตามได้ทำการคัดต้นที่มีดอกขนาดใหญ่ ดอกดก และทรงพุ่มกะทัดรัด เหมาะสำหรับเป็นไม้กระถางไว้จำนวน 20 ต้น สำหรับปลูกและคัดเลือกในรุ่น M5 (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ความสูงและความกว้างดอกของดาวเรืองพันธุ์ 113 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน ที่ระดับ 320 และ 640 เกรย์ ในรุ่น M4

ระดับการฉายรังสี	จำนวนต้นที่คัดเลือก	ความสูงต้น (ซม.)	ความกว้างดอก (ซม.)
320 เกรย์	20	35.84	3.54
640 เกรย์	20	34.23	3.40

การคัดเลือกพันธุ์ในชั่วรุ่น M5 ปลุกดาวเรืองพันธุ์ 113 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาในระดับ 320 และ 640 เกรย์ ที่ผ่านการคัดเลือกในรุ่น M4 ไปปลูกในรุ่น M5 จำนวน 8 สายพันธุ์ๆ ละ 25 ต้น เพื่อคัดเลือกพันธุ์ พบว่า ต้นดาวเรืองที่ผ่านการฉายรังสี ในรุ่น M5 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของลักษณะกลีบดอก สีดอก แต่พบต้นที่มีลักษณะใบมีแถบสีขาว เนื่องจากขาดคลอโรฟิลล์ หรือ albino ในสายพันธุ์ 113-320-11-12-9 (ภาพผนวกที่ 2) ซึ่งได้ผสมตัวเองและเก็บเมล็ดแยกต้นแล้ว ส่วนสายพันธุ์อื่นๆ ได้ทำการคัดต้นที่มีดอกขนาดใหญ่ ดอกดก และทรงพุ่มกะทัดรัด เหมาะสำหรับเป็นไม้กระถางไว้จำนวน 20 ต้น (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ความสูงและความกว้างดอกของดาวเรืองพันธุ์ 113 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน ที่ระดับ 320 และ 640 เกรย์ ในรุ่น M5

ระดับการฉายรังสี	จำนวนต้นที่คัดเลือก	ความสูงต้น (ซม.)	ความกว้างดอก (ซม.)
320 เกรย์	20	55.47	4.62
640 เกรย์	20	57.81	4.78

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

9.1 ระดับรังสีแกมมาที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ของดาวเรือง อยู่ในช่วง 320-640 เกรย์

9.2 การฉายรังสีแกมมาที่ระดับ 320 เกรย์ เป็นต้นไป สามารถชักนำให้ดาวเรืองพันธุ์ 112 และ 113 เกิดการกลายพันธุ์ได้ เนื่องจากในระยะต้นกล้าใบเลี้ยงมีลักษณะบิดเบี้ยวและมีใบจริงเจริญขึ้นมาช้ากว่าต้นที่ไม่ผ่านการฉายรังสี

9.3 ลักษณะการกลายของดาวเรืองพันธุ์ 113 มีการแสดงออกในต้นที่ผ่านการฉายรังสีที่ระดับ 320 เกรย์ เมื่อปลูกในรุ่น M5 โดยใบที่มีลักษณะต่างสีขาว ซึ่งเกิดจากการขาดคลอโรฟิลล์

9.4 การปรับปรุงพันธุ์ดาวเรืองโดยการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน สามารถเริ่มที่ระดับรังสี 320 เกรย์ เป็นต้นไป อย่างไรก็ตามควรหาระดับรังสีที่เหมาะสมของดาวเรืองแต่ละสายพันธุ์

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

เมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้ว พันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกจะได้นำไปปลูกเพื่อดูความสม่ำเสมอของลักษณะที่กลายพันธุ์ และนำไปเป็นเชื้อพันธุ์กรรมสำหรับการผสมและคัดเลือกพันธุ์ต่อไป นอกจากนี้ยังจะได้เผยแพร่ข้อมูลในวารสารวิชาการหรือการประชุมวิชาการ และผู้ที่สนใจต่อไป

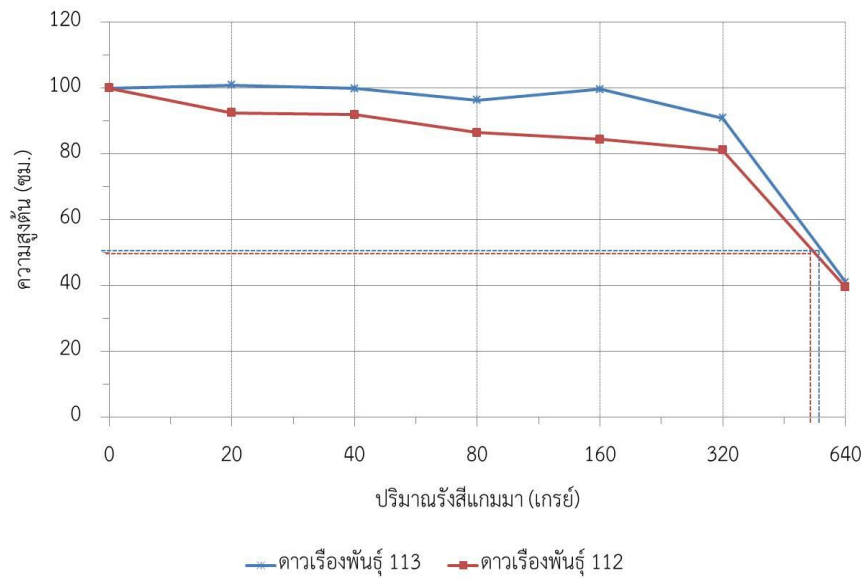
11. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่จากสถาบันวิจัยพืชสวน ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุทัยธานี และศูนย์วิจัยพืชสวนเลย กรมวิชาการเกษตร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการดำเนินงาน ตลอดจนช่วยเหลือในการดำเนินงานทดลอง ตั้งแต่การปลูก ดูแลรักษา และบันทึกข้อมูล จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

12. เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2560. เทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไม้ดอกไม้ประดับ. เอกสารคำแนะนำที่ 5/2560 กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 36 หน้า.
- สายัณ พุทธลา. 2550. ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อเมล็ดดาวเรืองและเมล็ดหงอนไก่. วารสารก้าวหน้าโลกวิทยาศาสตร์ 7(1). หน้า 111-120.
- สุทัศน์ ศรีวัฒนาพงศ์. 2553. การปรับปรุงพันธุ์พืช. ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 259 หน้า.
- อรุณี วงศ์ปิยะสถิตย์. 2550. การกลายพันธุ์เพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืช. ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 279 หน้า.
- Singh, V.N., B.K. Banerji, A.K. Dwivedi and A.K. Verma. 2009. Effect of gamma irradiation on African marigold (*Tagetes erecta* L.) cv. Pusa Narangi Gaiinda. J. Hortl. Sci. 4(1):36-40.

13. ภาพผนวก



ภาพผนวกที่ 1 ค่า $GR_{(50)}$ ของดาวเรืองพันธุ์ 112 และ 113 โดยใช้เปอร์เซ็นต์ความสูงต้นของดาวเรืองที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ระดับ 0 20 40 80 160 320 และ 640 เกรย์ อายุ 30 วันหลังเพาะเมล็ด



ก



ข



ค

ภาพผนวกที่ 2 ลักษณะต้นดาวเรืองพันธุ์ 113 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ระดับ 320 เกรย์ (ก) และ (ข) และ ระดับ 640 เกรย์ (ค) ที่ผ่านการคัดเลือกในรุ่น M5