บทที่ 4

อภิปรายผลการทดลอง

จากการผสมพันธุ์พุทธรักษาทั้ง 4 พันธุ์ คือ A, B, C และ D ทั้งแบบผสมตัวเองและผสมข้าม จะมีอัตราการติดผลแตกต่างกันมาก ความสามารถที่จะผสมติดได้ยาก หรือได้ผลต่ำมากอาจมีสาเหตุต่าง ๆ กันหลายประการดังนี้

1. เรณูหรือไข่ออนมีความผิดปกติทำให้เป็นหมัน เช่นเนื่องมาจากความผิดปกติของการแบ่งนิวเคลียสในขณะที่เจริญเป็นไข่ออนหรือเป็นเรณู

2. เรณูอาจจะบกพร่องหรือไข่ออนอาจจะเหี่ยวก่อนที่จะมีการปฏิสนธิ(fertilization) หรือมีการปฏิสนธิแล้วแต่คัพภะ (embryo) ไม่สามารถเจริญต่อไปได้ ซึ่งอาจเป็นเพราะความผิดปกติของคัพภะหรือเอนโดสเปริม (endosperm) ซึ่งผลทางชีวเคมีทำให้มีเอนไซม์ (enzyme) บางอย่างที่เป็นพิษต่อการเจริญของคัพภะ

3. เนื่องมาจากมีลักษณะคล้ายการเกิดภูมิต้านทานและภูมิป้องกัน(antibody-antigen) ของสัตว์คือ ละอองเรณูที่นำมาผสมนั้นมีลักษณะเป็นสิ่งแปลกปลอมเข้าไปทำให้ต้นที่เป็นแม่พันธุ์ไม่ยอมรับเข้าไปเพื่อก่อให้เกิดการปฏิสนธิกับไข่ออน

4. เนื่องมาจาก incompatibility เรื่องนี้ Poehlman (Poehlman 1959) ได้อธิบายว่าการที่พืชผสมไม่ติดนั้นอาจเนื่องมาจาก incompatibility ของสรีรวิทยาบางอย่างที่กั้นมิให้มีการปฏิสนธิเกิดขึ้นทั้ง ๆที่พืชนั้นมีละอองเรณูและไข่ออนเป็นปกติ สาเหตุโดยทั่วไปของ incompatibility คือความล้มเหลวของการงอก pollen tube ลงไปในคอเกสรตัวเมียเพื่อให้เกิดการปฏิสนธิ ในบางครั้ง pollen tube จะงอกลงไปไม่ถึงไข่ออนหรือไปถึงไข่ออนช้ามากจนกระทั่งไข่ออนเหี่ยวแห้งไปก่อน ในยาสูบอัตราการงอกของ pollen tube ถูกควบคุมด้วยยีนกลุ่มหนึ่งคือ S_1, S_2, S_3,.....ฯลฯ ถ้ายีนที่อยู่ใน pollen tube เป็นชนิดเดียวกับที่อยู่ในเนื้อเยื่อของคอเกสรตัวเมีย

pollen tube จะงอกลงไปในคอเกสรตัวเมียอย่างช้า ๆ และไม่เกิดการปฏิสนธิกับไข่อ่อน แต่ถ้ายีนที่อยู่ใน pollen tube เป็นคนละชนิดกับยีนในเนื้อเยื่อของคอเกสรตัวเมียแล้ว pollen tube ก็จะงอกลงไปในคอเกสรตัวเมียจนกระทั่งถึงไข่อ่อนและเกิดการปฏิสนธิกับไข่อ่อน ในพุทธรักษาก็อาจจะมียีนควบคุมการงอกของ pollen tube คล้ายกับของยาสูบ

5. เนื่องมาจากความล้มเหลวในการถ่ายละอองเรณู ซึ่งไม่ว่าจะเกิดจากกรณีใด ๆ ก็ตามแม้แต่ความบกพร่องในวิธีการผสมก็ตาม อาจเป็นเหตุให้เกสรตัวเมียร่วงและไม่ติดผล

ต้นพุทธรักษาพันธุ์ A เมื่อผสมตัวเองจะให้ผลติดน้อยมากเพียง 6.03% แต่เมื่อผสมข้ามกับพันธุ์ D ให้ผลติดสูงขึ้นคือ 34.29% เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากความสามารถในการผสมพันธุ์ของเรณูพันธุ์ A ต่ำมาก จากการตรวจสอบละอองเรณูพบว่า เรณูพันธุ์ A มีความสามารถในการผสมพันธุ์ต่ำมากคือเพียง 16% อันนี้อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พุทธรักษาพันธุ์ A ผสมตัวเองติดผลน้อยมาก นอกจากนี้ก็อาจมีสาเหตุอื่น ๆ อีกดังกล่าวมาแล้ว

ต้นพุทธรักษาพันธุ์ B เมื่อผสมตัวเองให้ผลติดสูงมากและให้ผลติดสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์อื่น ๆ คือประมาณ 60.00% แต่เมื่อพันธุ์ B ผสมข้ามกับพันธุ์ A และพันธุ์ C แล้วกลับให้ผลต่ำลงมากคือเพียง 6.80% และ 10.53% เท่านั้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากว่าพันธุ์ A และพันธุ์ C มีเรณูที่เป็นหมันมากกว่าพันธุ์ B ก็ได้ เมื่อผสมกับพันธุ์โดยใช้พันธุ์ B เป็นต้นแม่และใช้พันธุ์ A หรือ C เป็นต้นพ่อ ทำให้ได้ผลติดน้อยกว่าเมื่อใช้พันธุ์ B เป็นทั้งต้นแม่และต้นพ่อ จากผลการศึกษาละอองเรณูของต้นพุทธรักษาทั้ง 4 พันธุ์ ดังปรากฏในตารางที่ 7 ทำให้เห็นชัดว่าพันธุ์ A และ C มีละอองเรณูที่เป็นหมันมากกว่าพันธุ์ B ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้พันธุ์ B ผสมตัวเองได้ผลติดดีกว่าผสมข้ามกับพันธุ์ A และพันธุ์ C

ต้นพุทธรักษาพันธุ์ C เมื่อผสมตัวเองให้ผลติดน้อยที่สุดคือให้ผลเพียง 1.25% แต่เมื่อผสมกับพันธุ์ B จะให้ผลติดสูงขึ้นคือประมาณ 16.67% การที่พันธุ์ C ผสมตัวเองให้ผลติดน้อย ก็เนื่องมาจากเหตุผลเดียวกับที่พันธุ์ A ผสมตัวเองแล้วติดผลน้อย

ต้นพุทธรักษาพันธุ์ D เมื่อผสมตัวเองให้ผลติดเพียง 14.29% แต่เมื่อผสมข้ามกับพันธุ์ A แล้วไม่ให้ผลติดเลย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว รวมทั้งเรณูพันธุ์ A มีความสามารถในการผสมพันธุ์น้อยมาก ดังตารางที่ 7 แต่เมื่อใช้พันธุ์ A เป็นต้นแม่ผสมกับพันธุ์ D ซึ่งใช้เป็นต้นพ่อกลับให้ผลติดที่มากพอสมควรดังกล่าวมาแล้ว

<u>จำนวนของเมล็ด</u> จากการผสมมีจำนวนเมล็ดในผลต่างกัน เช่นพันธุ์ B มีจำนวนเมล็ดเมื่อเฉลี่ยแล้วมากกว่าพันธุ์อื่น ๆ คือมีจำนวนตั้งแต่ 1 - 11 เมล็ด จากการศึกษาเรณูพบว่าพันธุ์ B มีความสามารถในการผสมพันธุ์ของเรณูมากกว่าพันธุ์อื่น ๆ ดังจะเห็นได้จากข้อมูลในตารางที่ 7 ซึ่งตรงกับการค้นพบของ Tokugawa และ Yoshinari (Tokugawa and Yoshinari 1924) ที่พบว่าพุทธรักษาพันธุ์ที่เรณูมีความสามารถในการผสมพันธุ์สูงจะมีเมล็ดมากกว่าพันธุ์ที่มีความสามารถในการผสมพันธุ์ต่ำ

<u>ลักษณะนวลขาวที่ปกคลุมใบ</u> จากผลการทดลองดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 3 พันธุ์ B ผสมกับพันธุ์ A ซึ่งใบมีนวลขาวทั้งคู่ ได้รุ่นลูกที่มีนวลขาว 18 ต้น ใบเกลี้ยงเป็นมัน 4 ต้น แสดงว่าลักษณะใบมีนวลขาวน่าจะเป็นลักษณะเด่น ส่วนใบเกลี้ยงเป็นมันเป็นลักษณะด้อย โดยที่พันธุ์ B และ A มีนวลขาวทั้งคู่ต่างก็มียีโนไทป์ heterozygous จากการสุ่มรุ่นลูกไปผสมตัวเองได้ผลดังนี้ รุ่นลูกต้นแรก $(B \times A)_1$ ซึ่งใบมีนวลขาว ได้รุ่นหลานที่ใบมีนวลขาวทั้งหมดคือ 8 ต้น รุ่นลูกต้นที่สอง $(B \times A)_2$ ซึ่งใบมีนวลขาวเหมือนรุ่นลูกต้นแรกให้รุ่นหลานที่ใบมีนวล 2 ต้น ใบเกลี้ยงเป็นมัน 1 ต้น แสดงว่ารุ่นลูกต้นนี้ $(B \times A)_2$ มียีโนไทป์ heterozygous และรุ่นลูกต้นที่สาม $(B \times A)_3$ ที่มีใบเกลี้ยงเป็นมัน ให้รุ่นหลานที่มีใบเกลี้ยงเป็นมันทั้ง 10 ต้น ซึ่งทำให้เห็นชัดเจนว่าใบเป็นมันควรเป็นลักษณะด้อย จากตารางที่ 4 เช่นเดียวกันพันธุ์ B ผสมกับพันธุ์ C ซึ่งใบมีนวลทั้งคู่ได้รุ่นลูก 20 ต้น มีลักษณะใบนวลทุกต้น แต่เมื่อสุ่มเอารุ่นลูกต้นหนึ่งคือ $(B \times C)_3$ มาผสมตัวเองได้รุ่นหลานที่ใบมีนวล 5 ต้น ใบเกลี้ยงเป็นมัน 1 ต้น แสดงว่ารุ่นลูกต้นนี้ $(B \times C)_3$ มียีโนไทป์เป็น heterozygous และจากการสังเกตปริมาณนวลขาว

ในรุ่นต่าง ๆ พบว่ามีปริมาณแตกต่างลดหลั่นกัน ดังนั้นยีนที่คุมลักษณะนวลขาวจึงน่าจะมีมากกว่าหนึ่งคู่ และมีลักษณะเป็นแบบปริมาณ

ลักษณะสีของเพตอลลอยด์สตามิโนด จากผลการทดลองในตารางที่ 5 และที่ 6 ปรากฏว่าได้สีต่าง ๆ มากมาย ในเรื่องสีของดอกไม้นี้ Wagner และ Mitchell (Wagner and Mitchell 1960) ได้อธิบายถึงสารเคมีที่ทำให้เกิดสีในพืชทั่วไปว่ามีโครงสร้างพื้นฐานเหมือนกันเรียกชื่อว่าเฟลโวนอยด์ (Flavonoids) ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิด ชนิดแรกคือ แอนโทไซยานิดิน (anthocyanidin) เมื่อไม่มีโมเลกุลของน้ำตาลมาเกาะจะไม่ละลายน้ำ แต่โดยปกติจะมีโมเลกุลของน้ำตาลมาเกาะทำให้เป็นแอนโทไซยาน (anthocyan) ซึ่งละลายน้ำได้ แอนโทไซยานจะให้สีตั้งแต่สีแดง สีม่วงจนถึงสีน้ำเงิน การที่จะเป็นสีอะไรนั้นขึ้นกับ pH ของ cell sap ถ้า pH 3.0 จะมีสีแดง pH 8.5 จะมีสีม่วง pH 11 จะมีสีน้ำเงิน นอกจาก pH แล้วก็ยังขึ้นกับจำนวนหมู่ของ hydroxyl, methylene และหมู่ของน้ำตาลที่มาเกาะ ถ้ามีหมู่ hydroxyl หรือ methylene หรือน้ำตาลมาเกาะหลายหมู่ก็จะได้สีน้ำเงิน สารที่ทำให้เกิดสีชนิดที่สองคือ แอนโทแซนทิน (anthoxanthin) ซึ่งมีสีตั้งแต่สีขาวครีมไปจนถึงสีเหลือง ในการเพิ่มจำนวนหมู่ของ hydroxyl จะเป็นการเพิ่มความเข้มของสีเหลือง นอกจากสารสองชนิดนี้แล้วยังมีรงควัตถุ (pigment) ต่าง ๆ ซึ่งละลายได้ในอีเทอร์เช่น แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) และสารอนุพันธุ์ซึ่งมีสีเหลือง ส้ม จนกระทั่งถึงสีแดง ในพืชจะมีรงควัตถุทั้งสองชนิดมารวมกันเรียก co-pigment ซึ่งมีผลการแสดงร่วมกันของรงควัตถุเหล่านี้ ซึ่งปรากฏอยู่ในระดับขั้นต่างๆ กัน ก็จะสามารถทำให้เกิดสีต่าง ๆ ขึ้นมากมาย บางครั้งรงควัตถุชั้นผิวนอกจางลงจะทำให้สีของรงควัตถุในชั้นล่าง ๆ ปรากฏเด่นชัดขึ้น หรือรงควัตถุชั้นล่างเป็นสีขาวหรือครีมจะทำให้สีรงควัตถุชั้นนิวนอกเห็นได้ชัดกว่าเมื่อมีรงควัตถุทั้งสองในระดับชั้นเดียวกัน เป็นต้น

การเกิดสีของพุทธรักษาก็น่าจะคล้ายกับการเกิดสีของพืชอื่น ๆ ดังกล่าวมาแล้ว ยีนที่คุมการเกิดสีของพุทธรักษาน่าจะแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือกลุ่มที่ทำให้เกิดสีแดงกับสีครีม และสีชมพูกับสีครีม ควรจะเนื่องจากสารในกลุ่มของแคโรทีนอยด์และแอนโทไซยานิดิน และสีเหลืองกับสีครีมซึ่งเป็นกลุ่มของสารแอนโทแซนทิน สารที่ทำให้มีสีเหล่านี้อาจจะอยู่ในระดับชั้นต่าง ๆ กันที่เพตอลลอยด์สตามิโนด ยีนที่คุมการเกิดสีในแต่ละกลุ่มอาจประกอบด้วยยีนมากกว่าหนึ่งคู่ ยีนเหล่านี้บางคู่อาจมีลักษณะเป็นลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ (incomplete dominance) และอาจมีลักษณของ multiple alleles ก็ได้ นอกจากนั้นมียีนลักษณะการเกิดกระ จะเห็นได้ชัดเจนว่าดอกสีเหลืองส่วนมากจะมีกระสีแดงปรากฏอยู่เสมอมากบ้างน้อยบ้าง ซึ่งอาจเนื่องจากความสัมพันธุ์ของยีนสีเหลืองและยีนทำให้มีกระอยู่ใกล้ชิดกันมาก ยีนต่าง ๆ เหล่านี้จะทำให้เพตอลลอยด์สตามิโนดมีสีต่างๆ กันได้หลายประการ และเกิดลักษณะเป็นจุดหรือเหลือบตามขอบ ๆ และโคนกลีบได้

ผลจากการศึกษาโครโมโซมในราก พบว่ามีโครโมโซม 18 แท่ง โครโมโซมที่เหมือนกัน (homologous chromosome) จะมาจับคู่กันเป็น bivalent 9 คู่แสดงว่าพุทธรักษาที่ใช้ศึกษาทั้งสี่พันธุ์นี้เป็น diploid ซึ่งมี basic number 9 (Darlington . and . Wylie 1945) จากตารางที่ 8 แสดงถึงโครโมโซมที่กำลังจับคู่อยู่ในระยะเมตาเฟสขั้นแรกของไมโครสปอร์โรไซท์ พุทธรักษาทั้งสี่พันธุ์พบว่าโครโมโซมทั้งหมดที่เป็น bivalent นั้นมีทั้ง bivalent ring และ bivalent rod จำนวนต่าง ๆ คือเป็น 8 ring 1 rod เฉลี่ยตั้งแต่ 50 - 70% พันธุ์ A และ D มี 9 ring อยู่ 20 - 30% ส่วนในพันธุ์ B และ C มี9 ring เพียง 10%

ผลจากการนำหน่อพุทธรักษาไปฉายรังสีปริมาณต่าง ๆ กันแล้วนำมาปลูกปรากฏ

ว่ามีการตายเกิดขึ้น ซึ่งการทดลองอันนี้ก็เหมือนกับที่ Mukherjee และ Khoshoo (Mukherjee and Khoshoo 1970 b) ได้ทดลองและ Sparrow และ Konzak (Sparrow and Konzak 1958) ได้กล่าวไว้ การที่หน่อพุทธรักษาตายเมื่อฉายรังสีอาจเนื่องมาจากรังสีไปทำให้โมเลกุลของน้ำและสารประกอบต่าง ๆ ภายในเซลล์เกิดการแตกตัวและเปลี่ยนไป จึงทำให้ขบวนการทางเคมีต่าง ๆ ภายในเซลล์หยุดทำงาน เซลล์จึงตาย จำนวนร้อยละของต้นที่รอดชีวิตควรจะค่อย ๆ น้อยลงตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น แต่จากการทดลองปรากฏว่าต้นที่เจริญจากหน่อที่ฉายรังสี 2500 rads กลับมีเปอร์เซนต์ของต้นที่รอดชีวิตสูงกว่าต้นที่ได้จากหน่อที่ฉายรังสี 1500 และ 2000 rads ดังตารางที่ 8 ที่เป็นเช่นนี้อาจจะเนื่องจากว่าปริมาณรังสี 2500 rads นี้เป็นปริมาณที่พอเหมาะพอดีที่ไปกระตุ้นให้พืชเจริญดีกว่ารังสี 1500 และ 2000 rads ซึ่งเรื่องนี้ Sparrow และ Konzak (Sparrow and Konzak 1958) ได้กล่าวไว้ถึงการค้นพบของ Sax และ Spencer ว่ารังสีที่ทำให้สารแตกตัวเป็นอิออน (ionizing radiation) สามารถกระตุ้นให้พืชเจริญเติบโตได้ แต่เขาทั้งสองก็มิได้กล่าวไว้ว่าปริมาณรังสีเท่าใดกระตุ้นให้พืชชนิดไหนเจริญขึ้น

ใบที่งอกจากหน่อที่ฉายรังสีแล้วใบแรก ๆ จะมีลักษณะเหี่ยวย่น แต่ใบที่งอกต่อมาจะเกือบเป็นปกติและเป็นปกติในที่สุด การทดลองนี้ตรงกับที่ Mukherjee และ Khoshoo (Mukherjee and Khoshoo 1970 b) เคยพบว่าภายหลังจากการฉายรังสีแล้วใบแรก 2 - 3 ใบค่อนข้างเล็กรูปร่างไม่สมประกอบ แต่ไม่นานใบก็จะมีรูปร่างและขนาดใกล้เคียงปกติ Sparrow และ Konzak (Sparrow and Konzak 1958) ได้กล่าวไว้ว่าผลที่เกิดขึ้นกับพืชภายหลังจากการฉายรังสีแล้วส่วนใหญ่จะเป็นผลที่ทำลายเพียงชั่วคราว ซึ่งพืชจะกลับเป็นปกติอย่างเดิมได้ จากการทดลองภายหลังจากฉายรังสีแล้ว 4 เดือนพบว่า ใบของพุทธรักษาที่เจริญมาจากต้นที่ฉายรังสีนี้จะมีขนาดเล็กลงกว่าใบที่มาจากต้นที่มิได้ฉายรังสีอย่างมีนัยสำคัญ ในกลุ่มที่ฉายรังสี 1000, 1500,2000 และ 2500 rads ขนาดของใบไม่มีความแตกต่างกัน แต่กลุ่มที่ฉายรังสี 3000 rads มีขนาดของใบต่างจากใบที่เจริญจากต้นที่ฉาย

รังสีปริมาณอื่น ๆ ดังตารางที่ 9 ใบซึ่งมีขนาดเล็กลงนี้เป็นผลมาจากรังสีซึ่ง Sparrow และ Konzak (Sparrow and Konzak 1958) กล่าวถึงผลของรังสีที่มีต่อพืชดังนี้

1. ทำให้พืชตาย
2. ทำให้พืชเจริญเติบโตช้า
3. รูปร่างลักษณะและการพัฒนาผิดปกติ
4. เปลี่ยนแปลงทางด้านพันธุกรรม

นอกจากรังสีจะทำให้ขนาดของใบเล็กลงแล้วยังมีผลทำให้ความสูงของลำต้นเตี้ยลงด้วย จากการวัดความสูงของลำต้นเมื่อมีดอกโดยวัดเมื่อฉายรังสีมาแล้ว 4 เดือน พบว่าความสูงของลำต้นที่เจริญจากหน่อที่ฉายรังสีลดลงจากต้นที่มิได้ฉายรังสีอย่างมีนัยสำคัญ และกลุ่มต้นที่ฉายรังสี 1000, 1500,2000 และ 2500 rads มีความสูงไม่แตกต่างกันเลย แต่กลุ่มต้นที่เจริญจากหน่อที่ฉายรังสี 3000 rads มีความสูงต่างจากต้นที่ฉายรังสีปริมาณอื่น ๆ การทดลองอันนี้เหมือนกับที่ Mukherjee และ Khoshoo (Mukherjee and Khoshoo 1970 b) ได้ทดลอง โดยเขาทั้งสองได้วัดต้นพุทธรักษาหลังจากฉายรังสีแล้ว 60 วัน พบว่าต้นที่ไม่ได้ฉายรังสีความสูงเฉลี่ย 108 ซ.ม. ต้นที่ฉายรังสี 1000 rads มีความสูงเฉลี่ย 98 ซ.ม. ต้นที่ฉายรังสี 2000 rads มีความสูงเฉลี่ย 58 ซ.ม. การที่ขนาดของใบและความสูงของลำต้นลดลงอาจเนื่องมาจากการลดของ metabolism ซึ่งเป็นผลของรังสี Mukherjee และ Khoshoo (Mukherjee and Khoshoo 1970 b) ได้กล่าวถึงการพบของ Gordon ว่าการลดขนาดของพืชอาจเนื่องมาจากการสังเคราะห์ auxin ถูกทำลายด้วยรังสี ซึ่ง auxin นี้ไวต่อรังสีมาก และเนื่องจาก auxin นี้เองจึงทำให้ metabolism ของพืชลดลงและทำให้ขนาดของพืชลดลงด้วย

ผลการทดลองปรากฏว่าดอกที่มีครั้งแรกจะมีขนาด สีและรูปร่างของดอกเหมือนเดิม แต่ต้นที่งอกในรุ่นหลัง ๆ จะปรากฏว่ามีลักษณะดอกเปลี่ยนไป การที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากรังสีไปทำให้พืชเจริญเติบโตช้า คือขณะที่พืชได้รับรังสีนั้นบางเซลล์จะไม่มีผลกระทบกระ

เทือนเนื่องจากรังสีเลย แต่บางเซลล์จะได้รับผลกระทบกระเทือนจากรังสีทำให้ส่วนประกอบของเซลล์เปลี่ยนไป ทำให้การสร้าง DNA ต้องหยุดชงักลง เซลล์เหล่านี้จะแบ่งตัวช้า การเจริญเติบโตและพัฒนาเป็นส่วนของต้นและให้ดอกช้ากว่าเซลล์ปกติ ซึ่ง Mukherjee และ Khoshoo 'Mukherjee and Khoshoo 1970 b) ได้กล่าวถึงงานของ Sparrow, Moses และ State ว่าการที่พืชเจริญแล้วให้ดอกช้าอาจเนื่องมาจากส่วนของโครโมโซมถูกทำลายด้วยรังสี จึงทำให้การแบ่งเซลล์ช้า ดังนั้นจึงสังเกตเห็นว่าลักษณะที่เปลี่ยนไปจะปรากฏในระยะหลัง การเปลี่ยนแปลงนี้ปรากฏว่าในกอเดียวกันมีทั้งต้นที่ปรกติเหมือนไม่ได้รับการฉายรังสี แสดงว่าต้นนั้นเจริญมาจากเซลล์ซึ่งปกติ และยังมีต้นที่ให้ใบและดอกเปลี่ยนไปจากเดิมที่เป็นเช่นนี้คงเนื่องมาจากต้นที่เจริญมาจากเซลล์ที่ได้รับความกระทบกระเทือนจากรังสี การผ่าเหล่าที่เกิดขึ้นนี้จะมีลักษณะเป็นแบบเดียวกันแม้ว่าจะฉายรังสีปริมาณต่าง ๆ กันก็ตาม ดังตารางที่ 11 Poehlman (Poehlman 1959) กล่าวถึงการผ่าเหล่าว่าอาจเป็นผลมาจากสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

1. การเปลี่ยนยีนจากชนิดหนึ่งไปสู่อีกชนิดหนึ่ง
2. การจัดลำดับของสารประกอบโครงสร้างของโครโมโซม
3. ส่วนของโครโมโซมหายไป จำนวนโครโซมเพิ่มขึ้นหรือลดลง

การผ่าเหล่าอาจจะเกิดจากลักษณะเด่นไปสู่ลักษณะด้อยหรือจากลักษณะด้อยไปสู่ลักษณะเด่น แต่ที่เกิดขึ้นมากกว่าคือจากลักษณะเด่นไปสู่ลักษณะด้อย

การผ่าเหล่าที่ปรากฏที่ใบได้แก่

1. มีแถบสีขาวขนาดต่าง ๆ ขนานกับเส้นใบ
2. รูปร่างของใบมีรอยหยักที่โคนใบและรอยคอดที่กลางใบ
3. ใบที่มีนวลสีขาวปกคลุมจะเกลี้ยง

การที่มีแถบสีขาวขนาดต่าง ๆ เกิดขึ้นขนานกับเส้นในก็เนื่องมาจากยีนที่ควบคุมการให้คลอโรฟิลบางยีนถูกรังสีทำลาย Sinnott (Sinnott 1958) กล่าวว่าการที่พืชจะมีสีเขียวของคลอโรฟิลเนื่องจากมียีนหลายคู่ควบคุม ผลจากยีนหลาย ๆ คู่เปลี่ยนสารตั้งต้นเป็นขั้น ๆ ไปจนขั้นสุดท้ายได้สีเขียว เมื่อฉายรังสีแล้วยีนคู่ใดคู่หนึ่งหรือหลายคู่อาจเปลี่ยน

ไปเป็นลักษณะด้อย ทำให้ปฏิกริยาดำเนินไปไม่ถึงขั้นสุดท้ายจึงไม่เกิดสีเขียวเห็นเป็นสีขาวเป็นบาง

รูปร่างของใบเปลี่ยนไปโดยที่โคนใบมีรอยหยักและบางต้นมีรอยกอดที่บริเวณกลางใบ อาจเนื่องมาจาก Primordia ถูกรังสีทำลาย เมื่อ Primordia นั้นเจริญเป็นใบ ใบจึงมีรอยหยักดังภาพที่ 7 และในบางต้นมีรอยกอดบริเวณกลางใบ ดังภาพที่ 9

ต้นที่ใบมีนวลสีขาวจะเปลี่ยนเป็นใบสีเขียวเกลี้ยงเป็นมัน 1 ต้น พบเมื่อฉายรังสี 1500 rads แสดงว่าผลของรังสีทำให้เกิดการผ่าเหล่าที่ส่วนของพืช โดยทำให้ยีนเปลี่ยนจากลักษณะเด่น คือใบสีเขียวปกคลุมด้วยนวลขาวกลายเป็นยีนที่มีลักษณะด้อยคือ เป็นใบสีเขียวเกลี้ยง Sparrow และ Cuany (Sparrow and Cuany 1959) พบว่าการฉายรังสีแกมมาจากโคบอลท์ 60 ให้แก่พืชจำพวก ลิ้นมังกร, ปิตูเนีย ฯลฯ ซึ่งมียีโนไทป์แบบ heterozygous จะทำให้ยีนเปลี่ยนจากลักษณะเด่นมาเป็นลักษณะด้อยได้เช่นกัน

การผ่าเหล่าที่ดอกได้แก่

1. สีของดอก
   - 1.1 สีของดอกจางลง
   - 1.2 สีชมพูของดอกเปลี่ยนไปเป็นสีครีม
   - 1.3 มีแถบสีครีมบนกลีบดอกสีชมพู
   - 1.4 สีของดอกเข้มขึ้นและมีแถบสีครีม

ผลการทดลองอันนี้เหมือนกับที่ Mukherjee และ Khoshoo (Mukherjee and Khoshoo 1970 b) เคยพบมาแล้ว การที่เป็นเช่นนี้เขาทั้งสองกล่าวว่าอาจเนื่องมาจากผลการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและผลทางชีวเคมีบางอย่าง อันสืบเนื่องมาจากการฉายรังสีจากการทดลองสีของดอกพุทธรักษาพันธุ์ B ที่เปลี่ยนไปนี้มีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนจากสีชมพูไปเป็นสีครีม เนื่องจากว่าต้นพุทธรักษาพันธุ์ B สีชมพูนี้มียีโนไทป์เป็น heterozygous ระหว่างสีชมพูกับสีครีม คือมีสีครีมเป็นสีพื้นและเป็นลักษณะด้อย ส่วนสีชมพูเป็นลักษณะเด่น เมื่อถูกรังสีจะเกิดการผ่าเหล่าโดยเปลี่ยนจากยีนที่มีลักษณะเด่นไปเป็นยีนที่มี

ลักษณะด้อย ซึ่งพบอยู่เสมอ ๆ ดังการทดลองของ Poehlman (Poehlman 1959) Sparrow และ Cuany (Sparrow and Cuany 1959)

ลักษณะสีชมพูบางคู่เปลี่ยนจากลักษณะเด่นไปเป็นลักษณะด้อย หรืออาจเนื่องจากรังสีทำให้ส่วนของโครโมโซมหักแล้วทำให้ยีนที่คุมลักษณะสีชมพูหายไปจึงทำให้สีชมพูจางลง และเมื่อจำนวนคู่ของยีนหลายคู่เปลี่ยนไปจึงทำให้สีดอกชมพูจาง ๆ เปลี่ยนเป็นสีครีม หรืออาจจะเนื่องจากยีนที่คุมลักษณะสีชมพูอยู่ชั้นนอกถูกรังสีทำลาย ชั้นในที่มียีนสีครีมจึงพัฒนาต่อมาเป็นเซลล์ชั้นนอก ดังนั้นจึงเห็นดอกพุทธรักษาเป็นสีครีม

การที่บางต้นเพตอลลอยด์สตามิโนดมีแถบสีครีมและสีชมพูแสดงว่า ในดอกหนึ่งๆ เนื้อเยื่อบริเวณหนึ่งจะมียีนอย่างหนึ่งและอีกบริเวณหนึ่งก็มียีนอีกอย่างหนึ่ง อาจเนื่องมาจากยีนที่ให้สีชมพูอยู่ที่เนื้อเยื่อชั้นนอก ยีนคุมสีครีมจะปรากฏอยู่ที่เนื้อเยื่อชั้นใน รังสีจะทำลายเนื้อเยื่อชั้นนอกที่มีสีชมพูไปบางส่วน เนื้อเยื่อชั้นในที่มียีนสีครีมในส่วนนั้นจะเจริญมาเป็นเนื้อเยื่อชั้นนอกด้วย จึงทำให้เรามองเห็นเป็นสีชมพูบ้างและมีแถบสีครีมบ้าง ผลการทดลองอันนี้เหมือนกับที่ Sparrow และ Konzak (Sparrow and Konzak 1958) ได้กล่าวถึงการทดลองของ Sagawa และ Mehlquist โดยนำคาร์เนชั่นพันธุ์ White Sim ซึ่งมีดอกสีขาวไปฉายรังสีเอ็กซ์ 5000 rads ทำให้ดอกเปลี่ยนเป็นสีแดงและบางดอกก็มีทั้งสีแดงและสีขาว

บางต้นมีสีชมพูเข้มขึ้นทั้งนี้อาจเนื่องจากยีนที่มีลักษณะเด่นเกิด duplication มากกว่าหนึ่งตัวจึงทำให้มีสีเข้มขึ้น

2. ลักษณะของดอกที่เปลี่ยนแปลงคือ

2.1 เพตอลลอยด์สตามิโนดและส่วนของฐานเบลล่ัมเว้าคล้ายรอยฉีกขาดลึกตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.5 ซ.ม. รอยขาดของเพตอลลอยด์สตามิโนดนี้จะปรากฏขึ้น 1 ถึง 4 แห่ง

2.2 ยอดเกสรตัวเมียมีขนาดเล็กคล้ายเส้นด้าย

2.3 จำนวนของเพตอลลอยด์สตามิโนดเพิ่มขึ้นเป็น 6 ถึง 7 กลีบ

2.4 ขนาดของดอกเล็กลงกว่าดอกที่เจริญมาจากต้นที่ไม่ได้รับรังสี

ผลการทดลองเกี่ยวกับลักษณะของดอกนี้ก็เหมือนกับที่ Mukherjee และ Khoshoo (Mukherjee and Khoshoo 1970 b) ได้เคยพบมาแล้ว เขาทั้งสองยังได้กล่าวถึงงานของ Nakornthap, Gupta และ Sumata และคนอื่น ๆ ซึ่งพบว่าลักษณะของดอกได้เกิดการผ่าเหล่าแบบเดียวกันนี้ การที่เพตอลลอยด์สตามิโนดและส่วนของลาเบลลัมมีรอยเว้าคล้ายรอยฉีกขาดลงมาอาจเนื่องมาจาก Staminodal primordia ถูกรังสีทำลายอย่างรุนแรง อีกด้านหนึ่งของ Staminodal primordia ก็เจริญขึ้นเป็นเพตอลลอยด์สตามิโนดและส่วนที่ถูกรังสีทำลายก็จะทำให้กลีบของเพตอลลอยด์สตามิโนดเป็นรอยฉีกขาดไป ถ้ารอยเว้านี้ลึกมากก็แสดงว่า Staminodal primordia ถูกรังสีทำลายตั้งแต่เริ่มแรก

ยอดเกสรตัวเมียมีขนาดเล็กคล้ายเส้นด้าย อันนี้ Mukherjee และ Khoshoo (Mukherjee and Khoshoo 1970 b) ก็เคยพบมาและกล่าวถึงนักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ ที่เคยพบเหตุการณ์เช่นนี้ในพืชชนิดอื่น ๆ อันเป็นผลของรังสีที่รบกวน organogenesis แต่ในธรรมชาติดอกพุทธรักษาที่ไม่ได้ฉายรังสีที่นำมาทดลองทั้ง 4 พันธุ์รวมทั้งรุ่นลูกและรุ่นหลานในบางดอกก็พบว่ายอดเกสรตัวเมียมีขนาดเล็กคล้ายเส้นด้ายเช่นกัน

จำนวนของเพตอลลอยด์สตามิโนดเพิ่มขึ้นเป็น 6 หรือ 7 กลีบ ผลการทดลองเรื่องนี้ก็เหมือนกับเรื่องอื่น ๆ คือ เหมือนกับที่ Mukherjee และ Khoshoo (Mukherjee and Khoshoo 1970 b) และนักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ เคยพบมาแล้ว การเพิ่มจำนวนของเพตอลลอยด์สตามิโนดอาจเนื่องมาจากการแบ่งตัวของ primordia cell ผิดปกติไป หรืออาจเป็นผลจากการรวมกันของ primordia ของดอก 2 ดอกเมื่อเริ่มแรกใน ontogeny เพราะโดยปกติดอก 2 ดอกจะเจริญมาจากที่เดียวกัน

การทดลองของ Mukherjee และ Khoshoo (Mukherjee and Khoshoo 1970 b) นอกจากจะพบว่ามีจำนวนของเพตอลลอยด์สตามิโนดเพิ่มขึ้นแล้วในบางพันธุ์ยังพบว่าจำนวนของเพตอลลอยด์สตามิโนดลดลงจากเดิม 1 - 3 กลีบ ซึ่งการลดจำนวนของเพตอลลอยด์สตามิโนดนี้คล้ายกับการทดลองของ Sagawa และ Mehlquist (Sagawa

and Mehlquist 1959) ซึ่งได้ทดลองฉายรังสีเอ็กซ์กับต้นคาร์เนชั่นพบว่ามีจำนวนกลีบดอกลดลง การที่จำนวนของเพตอลลอยด์สตามิโนดและกลีบดอกลดลงนี้ อาจเนื่องมาจาก primordia ตายหรือเนื่องจากการแบ่งตัวของ primordia ผิดปกติไป แต่การทดลองครั้งนี้ พบแต่จำนวนเพตอลลอยด์สตามิโนดเพิ่มขึ้นเป็น 6 หรือ 7 กลีบ

ขนาดของดอกเล็กลงกว่าดอกที่มาจากหน่อที่ไม่ได้ฉายรังสี อันนี้ปรากฏเฉพาะบางต้นเท่านั้น โดยทั่วไปขนาดของดอกคงเดิม การลดขนาดของดอก Mukherjee และ Khoshoo (Mukherjee and Khoshoo 1970 b) ได้กล่าวถึงการค้นพบของ Gordon ว่าเป็นผลที่เนื่องมาจากการสังเคราะห์ auxin ถูกทำลายด้วยรังสี

จากการศึกษาโครโมโซมในไมโครสปอร์โรไซท์ของพุทธรักษาที่ฉายรังสีปริมาณต่าง ๆ เปรียบเทียบกับพุทธรักษาที่ไม่ได้ฉายรังสี พบว่าพุทธรักษาที่ไม่ได้ฉายรังสีในระยะอินเทอร์เฟสมี Chromatin bodies อยู่เป็นจำนวน 1 - 3 อัน แต่พุทธรักษาที่ได้รับรังสีจะมี chromatin bodies เป็นจำนวนมากคือตั้งแต่ 3 ถึง 15 อัน เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากรังสีทำให้น้ำและสารเคมีภายในเซลล์แตกตัวออกเป็นอนุมูลอิสระ ซึ่งอาจจะรวมกับออกซิเจนหรือสารอื่นทำให้ได้สารที่มีผลทำให้การสร้างโปรตีนหยุดชงัก รวมทั้งมีผลทำให้ DNA บางส่วนสลายไปเป็นโมเลกุลย่อย ๆ หลายโมเลกุล ดังนั้นจึงเห็น Chromatin bodies เป็นจำนวนมาก

ในระยะเมตาเฟสขั้นแรกพบว่าโครโมโซมมีการจับคู่ที่ผิดปกติคือพบ multivalent แบบต่าง ๆ เพิ่มขึ้นจาก bivalent ซึ่งการทดลองอันนี้ก็คล้ายกับที่ Mukherjee และ Khoshoo (Mukherjee and Khoshoo 1970 b) เคยพบมาแล้ว ซึ่งการที่เป็นเช่นนี้อาจจะเนื่องมาจากรังสีทำให้โครโมโซมบางแห่งขาดซึ่งเป็นเหตุอย่างหนึ่งทำให้เกิด Translocation หรือ Inversion เมื่อโครโมโซมเหล่านั้นมาจับกันจึงเป็น chain และ Trivalent หรือ quadrivalent

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

ในระยะที่เป็นไมโครสปอร์พบว่ามีไมโครสปอร์ทั้งที่ปกติและผิดปกติ การที่พบไมโครสปอร์มี 5 หรือ 6 เซลล์ อาจเนื่องมาจากรังสีทำให้ spindle fibre อยู่ในลักษณะที่ผิดปกติคือแทนที่จะเป็น 2 ขั้วกลับเป็น 3 ขั้ว เมื่อโครโมโซมเคลื่อนที่ในระยะแอนนาเฟสจึงเคลื่อนตาม spindle fibre ไปด้วย ทำให้มีไมโครสปอร์มากกว่า 4 เซลล์ ซึ่งจำนวนไมโครสปอร์ที่มากขึ้นนี้อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พุทธรักษาเป็นหมัน จากการทดลองจะพบการผิดปกติทั้งในธรรมชาติและในพุทธรักษาที่ฉายรังสี แต่ในธรรมชาติจะผิดปกติน้อยกว่าในพุทธรักษาที่ได้รับรังสี