หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

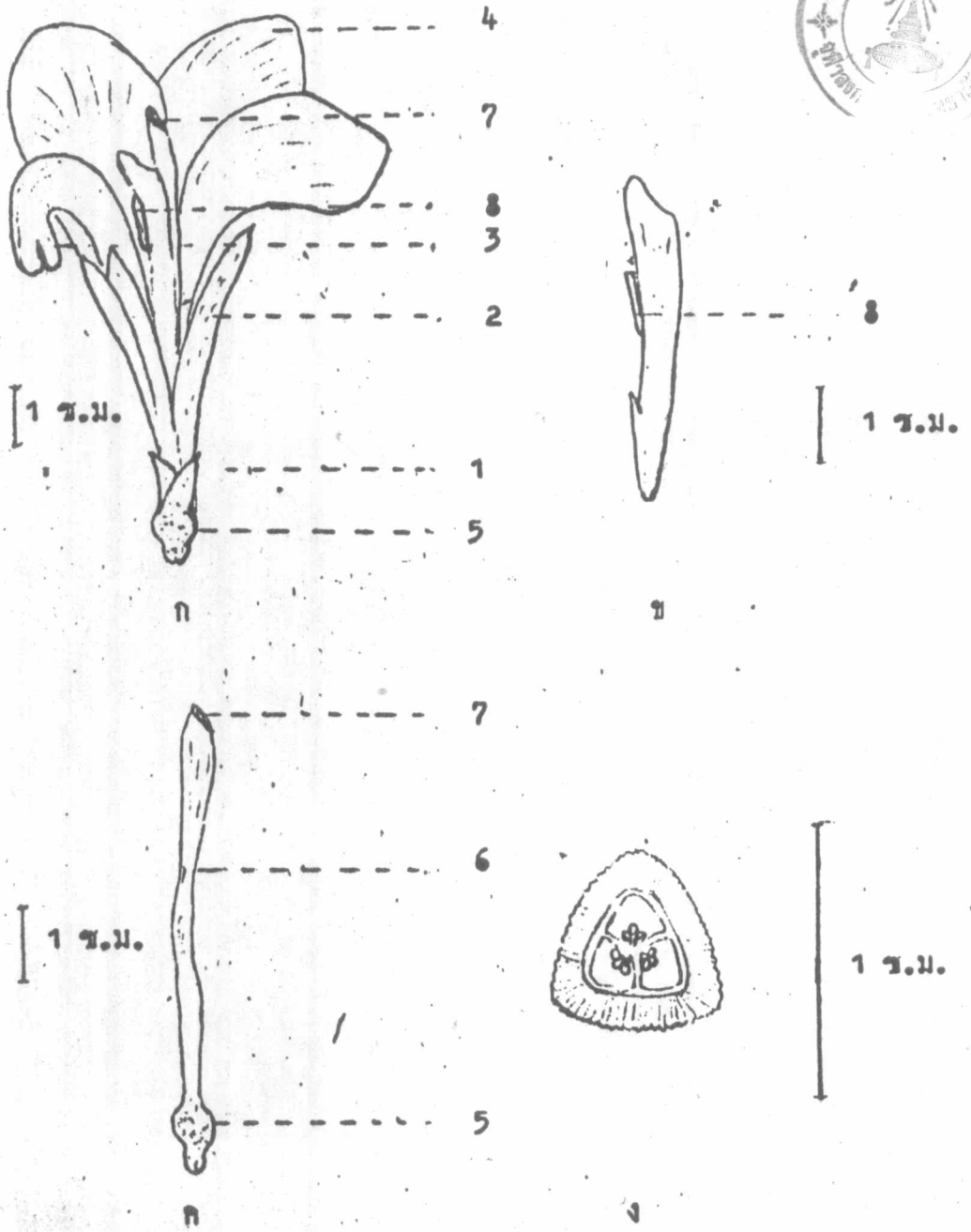
บทที่ 1

บทนำ

พุทธรักษาเป็นพืชอยู่ในวงศ์ *(family) Cannaceae* สกุล *(genus) Canna* มีประมาณ 30 - 60 ชนิด *(species)* เป็นพืชพื้นเมืองเดิมของหมู่เกาะอินเดียตะวันตก ต่อมามีการกระจายพันธุ์ไปยังที่ต่าง ๆ ในยุโรปเริ่มปลูกพืชชนิดนี้กันมากภายหลังจาก *M.Annee* ได้นำพันธุ์จากอเมริกาใต้ไปปลูกในสวนใกล้กรุงปารีส ในปี ค.ศ. 1842 *(Perry and Greenwood, 1933)* สำหรับในประเทศไทยคาดว่า *S.Reebelens* ชาวเยอรมันเป็นผู้นำมาจากยุโรปเมื่อประมาณ ค.ศ. 1899 *(Winit Wanandorn Phya, 1934)*

พุทธรักษานิยมใช้ปลูกเป็นไม้ประดับทั่วไป นอกจากนั้นส่วนอื่น ๆ เช่น เหง้า *(rhizome)* ยอด ใบ และเมล็ดยังนำมาใช้ประโยชน์ได้เช่น *Canna edulis Ker.* ใช้เหง้าสำหรับทำแป้งรับประทาน ยอดและเหง้าพุทธรักษาใช้เลี้ยงวัวและหมู ใบใช้ห่ออาหาร เมล็ดใช้ทำสร้อยคอและลูกประคำคอ

พุทธรักษาเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว มีลำต้นเป็นเหง้าอยู่ใต้ดิน ลำต้นเหนือดินประกอบด้วยก้านใบที่เป็นกาบห่อหุ้มซ้อน ๆ กัน ใบมีขนาดใหญ่รูปยาวรี ปลายใบแหลมมีสีเขียวหรือสีบรอนซ์ การเรียงตัวของใบเป็นแบบสลับ *(alternate)* หรือบางพันธุ์ใบออกเป็นคู่ตรงข้ามกัน *(opposite)* พุทธรักษาจะให้ดอกตลอดปี โดยมีช่อดอกซึ่งอยู่ที่ปลายยอดเป็นแบบ *raceme* หรือ *panicles* ส่วนใหญ่ช่อดอกจะตั้งตรง แต่ละช่อจะมีดอกตั้งแต่ 2 - 60 ดอก โดยจะมีดอกแตกเป็นกลุ่ม ๆ กลุ่มละ 2 - 3 ดอก ขนาดของดอกและจำนวนดอกในช่อดอกจะแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ โดยพันธุ์ที่มีดอกขนาดใหญ่จะมีจำนวนดอกในแต่ละช่อน้อยกว่าพันธุ์ที่มีดอกเล็ก ส่วนขนาดของดอกขึ้นอยู่กับระดับของ *ploidy* ด้วย *(Mukherjee and Khoshoo, 1970 b)* ดอกของต้นที่เป็น *triploid* จะมีขนาดใหญ่กว่าดอกของต้น *diploid* และในกลุ่มของต้น *diploid* พันธุ์ที่เป็นหมันจะมีดอกใหญ่กว่าพันธุ์ที่ไม่เป็นหมัน ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ *(perfect flower)* มีลักษณะของดอกไม่สม่ำเสมอ *(irregular flower)* ประกอบด้วยกลีบเลี้ยง *(sepal)* 3 กลีบ



รูปที่ 1 แสดงลักษณะและส่วนประกอบของดอกพุทธรักษา
ก. ส่วนทาง ๆ ของดอก ข. เพทอลลอยด์สตามิโนดและเกสรตัวผู้
ค. เกสรตัวเมีย ง. รังไข่ตัดตามขวาง
(1. กลีบเลี้ยง 2. กลีบดอก 3. ลาเบลลัม
4. เพทอลลอยด์สตามิโนด 5. รังไข่ 6. คอเกสรตัวเมีย
7. ยอดเกสรตัวเมีย 8. เกสรตัวผู้)

มักจะมีสีเขียว กลีบดอก *(petal)* 3 กลีบ อยู่สลับกับกลีบเลี้ยง มีขนาดใหญ่และยาวกว่ากลีบเลี้ยง มีสีต่าง ๆ กัน เกสรตัวผู้ *(stamen)* โดยทั่ว ๆ ไปมี 5 อัน เปลี่ยนรูปร่างไปคล้ายกลีบดอกเรียก เพตอลลอยด์สตามิโนด *(petaloid staminode)* โดยจะมี 3 กลีบอยู่ชั้นนอก มีขนาดกว้างใหญ่เท่ามือนดอกไม้ทั่วไป ชั้นในมีขนาดเล็ก กลีบหนึ่งเรียก *labellum* อีกกลีบมีอับเรณู *(anther)* 1 อัน ติดอยู่ที่ยอบ เพตอลลอยด์สตามิโนด เพตอลลอยด์สตามิโนดของพันธุ์ที่นิยมปลูกในบ้านเรามีสีครีม เหลือง ชมพู ส้ม แดง ในดอกหนึ่ง ๆ อาจมีสีเดียวล้วนหรือมีสองสี ถ้ามีสองสี สีพื้นและสีที่เป็นจุดกระจะต่างกัน หรือที่โคนกลีบมีสีหนึ่งและปลายกลีบมีอีกสีหนึ่ง รังไข่เป็นแบบ *inferior ovary* มี 3 พู คอเกสรตัวเมียมีลักษณะแบนคล้ายริบบิ้น *ovule* มีจำนวนมากเกาะบนรกที่อยู่ตรงกลาง *(axile placenta)* พุทธรักษาสามารถผสมพันธุ์ได้ทั้งผสมตัวเองและผสมข้าม แต่มีอัตราการติดผลแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ ความแตกต่างของความสามารถในการผสมพันธุ์ตรวจสอบได้ว่ามีสาเหตุมาจากความผิดปกติของเรณู (จงจินต์ แปลกประพันธุ์, 2520) ผลเป็นแบบ *capsule* เปลือก *(pericarp)* มีหนามสั้น ๆ เมล็ดที่แก่จัดจะมีเปลือกหุ้มเมล็ดแข็งมากเป็นสีน้ำตาลหรือดำ การขยายพันธุ์พุทธรักษาอาจใช้เหง้าหรือเมล็ด

เนื่องจากพุทธรักษาเป็นไม้ประดับที่ปลูกกันมานาน มีการผสมพันธุ์กันจนเกิดพันธุ์ใหม่ ๆ แปลก ๆ ขึ้นมาก ดังนั้นพุทธรักษาที่ปลูกกันทั่ว ๆ ไปจึงไม่อาจยืนยันได้ว่าเป็นชนิดใดแน่ *(Bailey, 1953)* เชื่อว่าลูกผสมเหล่านี้เกิดจากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์พื้นเมือง 5 ชนิด คือ *Canna glauca Linn., C. indica Linn., C. iridiflora Ruiz & Par., C. warsce-wiezii Dietr.* และ *C. flaccida Salisb (Mukherjec and Khoshoo, 1970 a)* สำหรับในประเทศไทยสันนิษฐานว่าพุทธรักษาที่ปลูกกันส่วนมากเป็นลูกผสมระหว่าง *C. indica* กับ *C. warscewiezii* (จงจินต์ แปลกประพันธุ์, 2520) *Bailey* ได้จัดแบ่งลูกผสมออกเป็น 2 ชนิด คือ *C. generalis* และ *C. orchiodes* โดย*C. generalis* เป็นลูกผสมมาจาก *C glauca Linn. x C indica Linn. x C iridiflora Ruiz & Par.* x *C. warsce-wiezii Dietr.* ส่วน *C.orchiodes* มาจาก *C glauca Linn.* x *C. indica Linn. x C.iridiflora Ruiz & Par. x C. warscewiezii Dietr. x C.flaccida Salisb* ในทางปฏิบัติจริง ๆ การที่จะแยกลูกผสมออกเป็นสองชนิดดังกล่าวให้ถูกต้องแน่นอนทำได้ยาก เนื่อง

จากลักษณะที่ใช้จำแนกไม่ได้แตกต่างกันอย่างเด่นชัด นอกจากนั้นในกลุ่มของลูกผสมทั้งสองชนิดได้จัดต้นที่มี ploidy แตกต่างกันไว้ด้วยกัน โดย C.generalis Bailey มีทั้งลูกผสมที่เป็น diploid allotriploid และ autotriploids ใน C.orchiodea Bailey ประกอบด้วยลูกผสมที่เป็น diploid allotriploids และ segmental-allotriploids เนื่องจากปัญหาในการจำแนกพุทธรักษาลูกผสมดังกล่าวจึงนิยมจำแนกตามหลักพืชสวน (horticultural classification) มากกว่าจำแนกทางพฤกษอนุกรมวิธาน (Mukherjee and Khoshoo, 1970 a) ดังนั้นถ้ามีการศึกษาคาริโอไทพ์ (Karyotype) ของพุทธรักษาพันธุ์ต่าง ๆ อาจช่วยในการตัดสินจำแนกพันธุ์พุทธรักษาตลอดจนยืนยันสายสัมพันธ์ของพุทธรักษาได้ละเอียดและแม่นยำขึ้น

พุทธรักษาเป็นพืชที่สามารถเกิดมิวเตชั่นได้ทั้งในธรรมชาติ (Spontaneous mutation) และสามารถชักนำให้เกิดขึ้น (induced mutation) นิยมใช้ส่วนของเหง้าซึ่งมีตาหรือหน่ออ่อนติดอยู่ไปฉายรังสีแกมมา เพื่อชักนำให้เกิดมิวเตชั่น ส่วนใหญ่ผู้ทดลองต้องการจะได้พันธุ์ใหม่ ๆ ที่มีลักษณะสวยงามยิ่งขึ้น เพื่อใช้เป็นไม้ประดับ ลักษณะที่เปลี่ยนไปในบางพันธุ์บางลักษณะเกิดขึ้นอย่างถาวร (Nakornthap, 1965) เนื่องจากรังสีแกมมาสามารถชักนำให้เกิดมิวเตชั่นในพุทธรักษาได้ดังการทดลองของ ดร.อรรถ นาครทรรพ (Nakornthap, 1965), Mukherjee และ Khoshoo (Mukherjee and Khoshoo, 1970 b) และจงจินต์ แปลกประพันธ์ (จงจินต์ แปลกประพันธ์, 2520) ดังนั้นถ้ามีการศึกษาผลของรังสีแกมมาในแง่ของโครโมโซมให้มากขึ้น เราอาจได้ชนิดพืชที่เหมาะสมในการนำไปเป็นพืชตัวอย่างในการศึกษาทาง Cytogenetics และ Radiobiology

รังสีแกมมา (gamma radiation) เป็นรังสีประเภท ionizing radiation ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของสารกัมมันตภาพ ที่ใช้แพร่หลายได้แก่ ซีเซียม 137 และ โคบอลท์ 60 ในการทดลองนี้ใช้โคบอลท์ 60 ซึ่งให้รับสีแกมมาที่มีพลังงาน (kinetic energy) 1.17 และ 1.33 Mev half life 5.3 ปี รังสีแกมมามีคุณสมบัติที่สำคัญคือ เมื่อรังสีผ่านเข้าไปในสสารหรือวัตถุใด สามารถก่อให้เกิดปรากฏการณ์ไอโอไนเซชั่น (ionization) ได้ โดยรังสีจะผลักอิเลคตรอนให้กระเด็นออกจากอะตอมของสารซึ่งเป็นองค์ประกอบของเซลหรือเนื้อเยื่อ ทำให้อะตอมนั้นขาดอิเลคตรอนไปจึงกลายเป็นประจุบวก (positive ion) ส่วนอิเลคตรอนที่ถูกผลักออกจะไป

เกาะกับอะตอมอื่น ๆ ทำให้กลายเป็นประจุลบ *(negative ion)* ทำให้โมเลกุลที่ถูก *ionized* เปลี่ยนสภาพไป เป็นผลให้ปฏิกริยาทางเคมีภายในเซลเปลี่ยนแปลงไปด้วย

รังสีแกมมามีผลต่อสิ่งมีชีวิตทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยมีผลตั้งแต่ในระดับโมเลกุลไปจนกระทั่งถึงระดับเซล เนื้อเยื่อ อวัยวะ และระบบอวัยวะ ผลทางตรงได้แก่การที่รังสีแกมมาทำลายโมเลกุลของสารต่าง ๆ ที่อยู่ภายในเซลหรือเป็นองค์ประกอบของเซลเช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต กรดนิวคลีอิก โดยเฉพาะ *DNA* ซึ่งเป็นสารที่เก็บข้อมูลและถ่ายทอดลักษณะกรรมพันธุ์ *DNA* อาจถูกทำลายในรูปแบบต่าง ๆ กัน เช่น มีการเพิ่มขึ้นของเบส มีการขาดหายไปของเบส การถูกแทนที่ด้วยเบสตัวอื่น มีการแตกของ *hydrogen bond* ระหว่างสองสายของ *poly - nucleotide* เกิดการขาดที่สายใดสายหนึ่งของ *polynucleotide* เป็นต้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับยีนหรือโครโมโซม การเปลี่ยนแปลงในระดับยีน ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจนทำให้ลำดับของเบสเปลี่ยนแปลง เป็นผลให้เซลสร้างกรดอมิโนและโปรตีนต่างไปจากเดิม สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงในระดับยีนได้จากฟีโนไทพ์ *(pheno - type)* ที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น ลักษณะของดอก ใบ ลำต้น การเจริญเติบโตตลอดจนการเจริญพันธุ์ที่ผิดไปจากเดิม ส่วนผลทางอ้อมคือ การที่รังสีแกมมาทำให้น้ำซึ่งเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของเซลของสิ่งมีชีวิตถูก *ionized* ทำให้เกิด *free radicle* ขึ้น *free radicle* ที่เกิดขึ้นอาจรวมตัวกับโมเลกุลอื่น ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของเซลหรืออยู่ภายในเซล ทำให้โครงสร้างทางเคมีของสารนั้นเปลี่ยนแปลงไป หรือ *free radicle* อาจรวมตัวกันใหม่ให้สารอื่น ๆ ที่เป็นอันตรายต่อเซลหรือสารต่าง ๆ ภายในเซล จากผลของ *free radicle* ดังกล่าว อาจทำให้กระบวนการเมตาโบลิซึมภายในเซลเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งอาจมีผลต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตจนกระทั่งถึงตายได้

การเปลี่ยนแปลงในระดับโครโมโซมเป็นผลให้รูปร่าง ขนาดและจำนวนของโครโมโซมเปลี่ยนแปลงไป เช่น การขาดของโครโมโซม *(deletion)* การเพิ่มส่วนของโครโมโซม *(duplication)* การแลกส่วนของโครโมโซม *(translocation)* การสลับของยีนบนโครโมโซม *(inversion)* เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมสามารถศึกษาได้จากกล้องจุลทรรศน์ โดยสังเกตการแบ่งตัวของเซลหลังจากได้รับรังสีแล้วในระยะเมตาเฟสและเอนาเฟส โดยอาจพบ

ring chromosome dicentric chromosome fragment ในระยะเมตาเฟส ส่วนในระยะเอนาเฟสอาจพบ *chromosome bridge fragment chromosome lagging* หรือโครโมโซมบางแท่งไม่เคลื่อนที่ไปรวมกับโครโมโซมแท่งอื่น ๆ ซึ่งเป็นผลให้เซลลูกที่ได้เกิดสภาพ *aneuploid* การที่จะเลือกศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมในระยะเมตาเฟส หรือเอนาเฟส ควรพิจารณาจากขนาดของโครโมโซมของตัวอย่างที่จะศึกษา (*Conger, 1965*) ในกรณีที่โครโมโซมมีขนาดใหญ่นิยมศึกษาในระยะเมตาเฟส ส่วนในกรณีที่โครโมโซมมีขนาดเล็กเช่นในพุทธรักษา ควรเลือกศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมในระยะเอนาเฟส

รังสีแกมมาทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดแตกต่างกัน และในสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันก็ยังแตกต่างกันตามปริมาณรังสีที่ได้รับ ขนาด อายุ และอวัยวะของสิ่งมีชีวิตที่ได้รับรังสีนั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการเจริญของเซลในวงจรของเซล *(cell cycle)* และขนาดของนิวเคลียสของสิ่งมีชีวิตนั้น

พบว่าผลของรังสีแกมมาจะแตกต่างกันตามขั้นการเจริญของเซลในวงจรของเซล โดยเซลในระยะ G_2 (หลังจากมีการสังเคราะห์ *DNA*) ซึ่งมีปริมาณ *DNA* ภายในเซลมากที่สุด จะมีความไวต่อรังสีมากที่สุด ส่วนเซลที่เจริญอยู่ในระยะแบ่งตัว (*division phase*) โดยเฉพาะเมตาเฟสจะมีความไวต่อรังสีน้อยกว่าในระยะอินเตอร์เฟสมาก (*Bender, et al, 1974*) การเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันในแต่ละระยะของการเจริญในวงจรเซล กล่าวคือถ้าเซลได้รับรังสีเมื่อเข้าสู่ระยะ G_1 (ก่อนมีการสังเคราะห์ *DNA*) ซึ่งเป็นระยะก่อนที่จะมีการแยกตัวเป็นสองโครมาติด จะเกิด *chromosome type aberration* ถ้าได้รับรังสีเมื่อเซลอยู่ในระยะ *S* (กำลังสังเคราะห์ *DNA*) หรือ G_2 (หลังมีการสังเคราะห์ *DNA*) ซึ่งมีการแยกตัวเป็นสองโครมาติดแล้ว จะเกิด *chromatid type aberration* แต่ถ้าเซลได้รับรังสีในระยะแบ่งตัว จะพบ *sub-chromatid type aberration* ได้ ความผิดปกติของโครโมโซมที่เกิดขึ้นดังกล่าว ไม่ว่าจะเป็น *chromosome* หรือ *chromatid break* ส่วนที่หักออกไปแล้ว อาจกลับเข้ามาต่อได้ใหม่ในรูปเดิมหรือรูปใหม่ที่คล้ายคลึงกับลักษณะเดิม ในลักษณะเช่นนี้เราจะไม่พบความผิดปกติของโครโมโซมเมื่อตรวจดูในระยะเมตาเฟสหรือเอนาเฟส

ส่วนของพืชที่นำไปฉายรังสี อาจใช้เมล็ด กิ่งชำ ลำต้น (ซึ่งกำลังเจริญ) ลำต้นใต้ดิน (หัวกลีบ หน่อ เหง้า) ซึ่งเป็นส่วนของเซลร่างกาย *(somatic cell)* หรือใช้เกสรตัวผู้ซึ่งเป็น

ส่วนที่มีเซลสืบพันธุ์ ผลที่ได้จากการฉายรังสีโดยใช้ส่วนต่าง ๆ ของพืชจะแตกต่างกันแม้จะเป็นพืชชนิดเดียวกัน เช่น ในการทดลองฉายรังสีแก่บัวจีนดอกเหลืองเข้ม *(Zephyranthes citrina Barker)* โดยฉายรังสีแก่เมล็ดและหัวกลีบ *(bulb)* พบว่าในเมล็ดที่ได้รับรังสี 12,000 rads การเจริญของใบและรากยังมีลักษณะปกติ ในขณะที่รังสีเพียง 2,000 *rads* ทำให้รากของหัวกลีบไม่เจริญ และใบใหม่มีขนาดเล็กลงลักษณะใบเป็นสีขาวซีดและหลุดร่วงไปในที่สุด (ลัดดา ฮิโนณะวณิก, 2524) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกฉายรังสีแก่หน่ออ่อนและต้นกล้า *(seedling)* ของพุทธรักษาเพื่อเปรียบเทียบผลของรังสีแกมมาที่มีต่อเซลร่างกายของพุทธรักษาในระยะการเจริญที่แตกต่างกัน

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. ศึกษาโครโมโซมโดยทำคารีโอไทพ์ *(karyotype)* ของพุทธรักษาลูกผสมก่อนได้รับรังสีแกมมา

2. ศึกษาผลของรังสีแกมมาที่มีต่อการเจริญเติบโตของหน่อและต้นกล้า *(seedling)* ของพุทธรักษาลูกผสมเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับรังสี

3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมของหน่อและต้นกล้า *(seedling)* พุทธรักษาที่ได้รับรังสีแกมมาขนาดต่าง ๆ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทราบลักษณะโครโมโซมของพุทธรักษาลูกผสมพันธุ์ดอกลีย่มพู จากการศึกษาคารีโอไทพ์ *(karyotype)* ซึ่งอาจมีประโยชน์ในการศึกษาจำแนกพืชสกุลพุทธรักษา

2. ทราบผลของรังสีแกมมาที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงโครโมโซม และการเจริญเติบโตของพุทธรักษา

3. ทำให้ทราบว่าการชักนำให้เกิดการผ่าเหล่าโดยการใช้รังสีแกมมาแก่พุทธรักษาควรจะใช้ขนาดของรังสีที่เหมาะสมกับส่วนต่าง ๆ ที่จะศึกษาอย่างไร

4. ได้ความรู้พื้นฐานในการนำพุทธรักษามาเป็นพืชตัวอย่างในการศึกษาทาง *Cytogenetics* และ *Radiobiology*

การสำรวจงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

โครโมโซมพุทธรักษา

Tokugawa และ *Kuwada (Tokugawa and Kuwada, 1924)* ได้ศึกษาโครโมโซมพุทธรักษาที่ใช้ปลูกกันทั่วไป พบว่าทุกพันธุ์ที่เป็น *diploid* มีโครโมโซม 18 แท่ง ส่วน *triploid* มีโครโมโซม 27 แท่ง พุทธรักษาที่ปลูกทั่วไปมีการแบ่งไมโอซีสที่ผิดปกติ โดยการแบ่งครั้งแรก *(first division)* ให้นิวเคลียสมากกว่า 2 อัน และในการแบ่งครั้งที่สอง *(second division)* นิวเคลียสแต่ละอันจะแบ่งตัวไปในทิศทางต่าง ๆ กัน

Mahanty (Mahanty, 1970) ได้ศึกษาโครโมโซมจากปลายรากพุทธรักษาพันธุ์ *Canna lutea Roscoe* พบว่ามีโครโมโซม 9 คู่ ไม่สามารถแบ่งแยกได้ชัดเจนว่าเป็นคู่สั้นและคู่ยาว เขาแบ่งโครโมโซมออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกประกอบด้วยโครโมโซม 6 คู่ เป็นชนิด *metacentric* 2 คู่ *submetacentric* 3 คู่ และ *acrocentric* 1 คู่ ส่วนกลุ่มที่สองมีขนาดเล็กกว่ากลุ่มแรกประกอบด้วยโครโมโซม 3 คู่ เป็นชนิด *metacentric submetacentric* และ *telocentric* อย่างละ 1 คู่ และสรุปว่าโครโมโซมแบบ *telocentric* ในกลุ่มหลังเป็นลักษณะเฉพาะของฟีฮ่าลุสพุทธรักษา

จงจินต์ แปลกประพันธ์ (จงจินต์ แปลกประพันธ์, 2520) ได้ศึกษาโครโมโซมจากปลายรากพุทธรักษาลูกผสม 4 พันธุ์ รวมทั้งพันธุ์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ พบว่ามีโครโมโซม 18 แท่ง การแบ่งเซลแบบไมโอซีสในระยะเมตาเฟสของการแบ่งครั้งแรกโครโมโซมจับคู่กันแบบ *bivalent* ทั้ง 9 คู่

มิวเตชั่น *(mutation)* ในเซลร่างกายของพุทธรักษา

พุทธรักษาเกิดมิวเตชั่นขึ้นได้เองตามธรรมชาติตามเซลทั่ว ๆ ไป โดย *Blachly (Blachly, 1940)* ได้พบการเกิดมิวเตชั่นที่ลำต้นของพุทธรักษา โดยเกิดแถบสีที่ลำต้น ใบและดอกของพุทธรักษาที่เจริญจากเหง้าซึ่งฝังดินอยู่นานถึง 4 ปี มีลักษณะเป็นแถบแคบ ๆ สีบรอนซ์ที่ลำต้นและขนานกับเส้นใบ เมื่อต้นโตขึ้นแถบสีบรอนซ์จะแผ่เข้าไปในบริเวณสีเขียวของใบมากขึ้น ลำต้นตรงบริเวณที่มีแถบสีบรอนซ์จะให้แถบสีแดงในเพตอลลอยด์สตามิโนด ส่วนบริเวณที่เป็นสีเขียวจะให้เพตอลลอยด์สตามิโนดเป็นสีเหลือง ในเหง้าเดียวกันพบว่ามีลำต้นได้หลายลักษณะเช่น มีแถบ

แคบ ๆ สีบอรนซ์แทรกอยู่ในบริเวณสีเขียว เป็นสีบอรนซ์ทั้งหมดหรือเป็นสีเขียวทั้งหมด

Mukherjee และ Khoshoo (Mukherjee and Khoshoo, 1970 b) พบมิวเตชั่นที่เกิดขึ้นเองในพุทธรักษา 3 พันธุ์ คือ Canna pallida พันธุ์ Roscoe C.generalis พันธุ์ Trinacira Varigata และพันธุ์ Queen of Italy ลักษณะมิวเตชั่นที่พบมีการลดขนาดและจำนวนของเพตอลลอยด์ล่ตามิโนต มีแถบสีเหลืองหรือสีบรอนซ์เกิดขึ้นขนานกับเส้นใบ มีแถบสีบรอนซ์ที่ก้านช่อดอกโดยขนานตามความยาวของก้านช่อดอก ดอกที่ออกจากก้านช่อดอกที่มีสีเขียวจะปกติคือมีสีเหลืองหรือเหลืองกระแดง ส่วนดอกที่ออกจากก้านช่อดอกตรงบริเวณที่มีแถบสีบรอนซ์อาจมีสีแดงทั้งหมดหรือแดงบางส่วน ขึ้นกับความกว้างของแถบสีบรอนซ์และตำแหน่งกำเนิดของตาเกิดดอก ถ้าตาเกิดดอกอยู่ตรงกลางของความกว้างของแถบสีบรอนซ์ดอกนั้นมักจะเป็นสีแดงอย่างเดียวหรือสีแดงตรงบริเวณขอบ ๆ รอบ ๆ สีเหลือง ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบ periclinal chimera การแบ่งนิวเคลียส์แบบไมโอซิส์ของพุทธรักษาที่เกิดมิวเตชั่นขึ้นเองตามธรรมชาติ ชนิด C.pallida พันธุ์ Roscoe ซึ่งมีลักษณะที่ผ่าเหล่าคือมีการลดขนาดและจำนวนของเพตอลลอยด์ล่ตามิโนต พบการแบ่งนิวเคลียส์เป็นแบบปกติคือมี 9 bivalent ละอองเรณูมีความสามารถในการผสมพันธุ์ 65.5 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดปกติ ส่วน C.generlalis พันธุ์ Trinacria Varigata ซึ่งมีแถบสีเหลืองขนานกับเส้นใบ ดอกมีขนาดเล็กลงมีแถบสียาวที่กลางดอก การจับคู่ของโครโมโซมที่เหมือนกันในไมโอซิส์มีน้อย ละอองเรณูเป็นหมัน

การชักนำให้เกิดมิวเตชั่น ดร.อรรถ นาครทรรพ (Nakornthap, 1965) ใช้เหง้าพุทธรักษาที่มีตาหรือหน่ออ่อนไปฉายรังสีแกมมาที่ได้จากโคบอลท์ 60 โดยใช้ปริมาณรังสีประมาณ 1,000 - 2,700 rads กับพุทธรักษาที่ปลูกในประเทศไทยทั้งหมด 22 ชนิด เป็น diploid (2 x = 18) 19 ชนิด และ triploid (3 x = 27) 3 ชนิด ความสามารถในการให้เมล็ดของแต่ละชนิดแตกต่างกัน บางชนิดไม่ให้เมล็ด พบว่าต้นที่เกิดมิวเตชั่นบางต้นมีดอกตั้งแต่อายุประมาณ $2\frac{1}{2}$ ถึง 3 เดือน แต่บางต้นต้องใช้เวลาเป็นปี มีการเปลี่ยนแปลงของสีดอก บางต้นการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอย่างถาวรโดยสามารถถ่ายทอดได้เมื่อแยกหน่อไปปลูกใหม่ แต่บางต้นก็สามารถเปลี่ยนกลับไปเหมือนเดิมได้ นอกจากสีดอกยังพบลักษณะดอกที่ผิดปกติ ดอกคลี่บานไม่หมด ใบด่าง และลำต้นเตี้ยแคระ

Mukherjee และ *Khoshoo (Mukherjee and Khoshoo, 1970 b)* ชักนำให้เกิดมิวเตชั่นใน *Canna generalis* 4 พันธุ์คือ *Gloria* *Electra* *Pink Satin* และ *Rosamund Coles* สองพันธุ์แรกเป็น *diploid* สองพันธุ์หลังเป็น *triploid* โดยนำเหง้าพุทธรักษาทั้ง 4 พันธุ์ ฉายรังสีแกมมาที่ได้จากโคบอลท์ 60 โดยใช้ปริมาณรังสี 1000, 2000 และ 3000 *rads* พบลักษณะบางอย่างเปลี่ยนแปลงไปเช่น ความสูงของลำต้นพันธุ์ *Electra* *Gloria* และ *Pink Satin* เตี้ยลง ส่วนพันธุ์ *Rosamund Coles* ลำต้นสูงกว่าต้นที่ไม่ได้รับรังสีเล็กน้อย ใบสองสามใบแรกค่อนข้างเล็ก รูปร่างไม่สมประกอบ ใบมีจุดสี แต่ใบที่เกิดภายหลังมักมีรูปร่างและขนาดใกล้เคียงกับต้นที่ไม่ได้รับรังสี ขนาดของดอก รูปร่างและสีของดอกเปลี่ยนไป มีการลดจำนวนและขนาดของเพตอลลอยด์ส่ตามิโนด แต่ในพันธุ์ *Rosamund Coles* พบว่ากลีบเลี้ยง กลีบดอกและเพตอลลอยด์ส่ตามิโนดมีจำนวนเพิ่มขึ้นเขาสรุปว่า มิวเตชั่นที่ชักนำให้เกิดขึ้นมีความคล้ายคลึงกับมิวเตชั่นที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มิวเตชั่นที่เกิดกับเซลร่างกายทั่วไป *(somatic mutation)* ทำให้เกิดพุทธรักษาพันธุ์ใหม่ ๆ ได้

ส่วนการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิสของพุทธรักษาที่ชักนำให้เกิดมิวเตชั่นพบว่า พันธุ์ *"Gloria"* ซึ่งปกติมีโครโมโซมจับคู่กันเป็น *bivalent* เมื่อได้รับรังสี 1000 *rads* โครโมโซมมีลักษณะเปลี่ยนไปเป็น *univalent* ตั้งแต่ 2 - 10 โครโมโซม และเมื่อได้รับรังสี 2000 *rads* พบ *1 quadrivalent* อยู่รวมกับ *bivalent* ความสามารถในการผสมพันธุ์ของเรณูลดลงเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น พันธุ์ *Electra* ซึ่งปกติโครโมโซมจับคู่ผิดปกติอยู่แล้ว เมื่อได้รับรังสีความผิดปกติของโครโมโซมคล้ายคลึงกับต้นที่ไม่ได้รับรังสี ส่วน *triploid* สองพันธุ์คือ *Pink Satin* และ *Rosamund Coles* พบว่าจำนวนของ *chiasma* และจำนวน *trivalent* ลดลง แต่มี *bivalent* และ *univalent* เพิ่มขึ้น เรณูเป็นหมันเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มมากขึ้น

จงจินต์ แปลกประพันธุ์ (จงจินต์ แปลกประพันธุ์, 2520) ทดลองฉายรังสีแกมมาจากโคบอลท์ 60 ในปริมาณรังสี 1000 1500 2000 2500 และ 3000 *rads* แก่หน่ออ่อนของพุทธรักษาพันธุ์ลิปสติก ขนาดหน่อสูงประมาณ 10 - 25 เซนติเมตร มีอัตราความเข้มของรังสี 1110 *rads* ต่อนาที ปรากฏว่าบางหน่อไม่งอก จำนวนต้น ที่รอดชีวิตไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณ

รังสี ต้นพุทธรักษาที่เจริญมีการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับความสูง ความยาว และความกว้างของใบ โดยเฉพาะกลุ่มที่ฉายรังสี 3000 *rads* บางต้นมีแถบสีขาวขนาดต่าง ๆ ขนานกับเส้นใบ ขนาดของดอกในบางต้นเล็กลง สีของเพตอลลอยด์ส่ตามิโนดจางลงจนเป็นสีครีมในบางต้น บางต้นมีแถบสีครีมส่สับชมพู จำนวนเพตอลลอยด์ส่ตามิโนดมี 6-7 กลีบ ปลายกลีบมักเว้า ดอกคล้ายบานไม่เต็มที่ เกส่รตัวเมียในบางดอกเล็กคล้ายเส้นด้าย ในการแบ่งนิวเคลียส่แบบไมโอซีส่ของไมโครส่ปอร์โรไซท์ของต้นที่ฉายรังสี พบว่าโครโมโซมจับกันเป็น *multivalent* เปอร์เซ็นต์ของไมโครส่ปอร์ที่ผิดปกติเพิ่มขึ้นจากกลุ่มที่ไม่ได้รับรังสี