

รายงานผลวิจัยเรื่องเติมการทดลองที่สิ้นสุด ปี 2556

ชุดโครงการวิจัย	วิจัยและพัฒนาไม้ดอกไม้ประดับ
โครงการวิจัย	โครงการวิจัยและพัฒนาปทุมมาและกระเจียว
กิจกรรม	การปรับปรุงพันธุ์ปทุมมาและกระเจียว
ชื่อการทดลอง	การปรับปรุงพันธุ์ปทุมมาให้ทนทานหรือต้านทานต่อโรคเหี่ยวโดยใช้รังสีร่วมกับ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ Plant Improvement of Curcuma for Tolerance or Resistance to Bacterial Wilt by Radiation and Tissue Culture
คณะผู้ดำเนินงาน	
หัวหน้าการทดลอง	นิพัฒน์ สุขวิบูลย์ ^{1/}
ผู้ร่วมงาน	สุธามาศ ฦ น่าน ^{1/} ณัฐริมา โฆษิตเจริญกุล ^{2/} สุป็น ไม้ตัดจันทร์ ^{1/}

บทคัดย่อ

การปรับปรุงพันธุ์กระเจียวสีส้ม ปทุมรัตน์และบัวลายลาวให้ทนทานหรือต้านทานต่อโรคเหี่ยวโดยใช้รังสีแกมมา ร่วมกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย จังหวัดเชียงราย ระหว่าง ปี 2552-2556 การฉายรังสีแกมมา ระดับ 1-5 Krad แบบเฉียบพลันทำให้อัตราการรอดชีวิตและการเจริญเติบโตของชิ้นส่วนทั้ง 3 พันธุ์มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณรังสีขึ้น ค่า LD₅₀ ของการให้รังสีแบบเฉียบพลันต่อความแข็งแรง การเจริญเติบโตและการรอดตายคือ 2- 4 Krad การให้รังสีแกมมา ระดับ 1-5 Krad แบบโครนิกไม่มีผลต่อลักษณะใบ อัตราการรอดชีวิตและการเจริญเติบโตของชิ้นส่วนทั้ง 3 พันธุ์ ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* (Rs-s) ที่ใช้ทดสอบความเป็นโรคเหี่ยวหลังปลูกเชื้อในสภาพโรงเรือนเพาะชำคือ 10⁶ cfu ml⁻¹ หลังปลูกเชื้อโดยการตัดใบพบว่า ต้นกระเจียวส่วนใหญ่แสดงอาการโรคเหี่ยวระดับที่ 4 คือ ใบเหี่ยวหรือเหลืองเกือบทั้งหมด ยกเว้นยอด ความรุนแรงการเกิดโรคเหี่ยวอยู่ในระดับปานกลาง (M = 2.6-4.0) จนถึงมาก (H = 4.1-5.0) จำนวนหัวพันธุ์บัวลายลาว ปทุมรัตน์และกระเจียวสีส้มจากทุกระดับรังสีที่รอดตายเท่ากับ 176 29 และ 19 หัวตามลำดับ ซึ่งควรนำหัวพันธุ์ที่รอดชีวิตเหล่านี้ไปปลูกทดสอบความทนทานต่อโรคเหี่ยวในแปลงเกษตรกรที่เคยมีประวัติการระบาดของโรคเหี่ยวต่อไป

ABSTRACT

Plant improvement of Curcuma cv. Orange Pathumrat and BuoLaiLoay. for tolerance to bacterial wilt using gamma ray and tissue culture was conducted at Chiang Rai Horticulture Research Center during 2010-2014. Acute irradiated with gamma rays at 1-5 Krad had effect on

survival and growth of all three cultivars. Their survival rate and growth were decreased when increased the dose. LD₅₀ of acute irradiated in vigor growth and survival was 2-4 Krad. Chronic irradiated with gamma rays at 1-5 Krad had no effect on growth and survival of all three

^{1/}ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ต. รอบเวียง อ. เมือง จ. เชียงราย

^{2/}สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ

cultivars. The suitable concentration of *Ralstonia solanacearum* (Rs-s) for inoculation with cutting leaf technique in glasshouse was 10⁶cfu ml⁻¹. Plants mainly showed symptoms at level 4 with wilt and yellow leaves. The severe of bacterial wilt was between moderate (M = 2.6-4.0) and high (M = 2.6-4.0). Rhizomes of survival Orange Pathumrat and BuoLaiLoay. were 176 29 and 19 corms, respectively. Testing of tolerance in bacterial wilt should be done in farmer orchards in nearly future.

คำนำ

ปทุมมา (*Curcuma alismatifolia* Gagnep.) เป็นไม้ล้มลุกที่มีหัวประเภทเหง้า (rhizome) และจัดอยู่ในวงศ์ขิง (Zingiberaceae) อยู่ในสกุล *Curcuma* ซึ่งแบ่งออกเป็นสองกลุ่มย่อย คือ *Eucurcuma* ได้แก่ กระเจียว และ *Paracurcuma* ได้แก่ ปทุมมา (สุรวิข, 2539) ปทุมมาเป็นไม้ดอกไม้ประดับที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและเป็นที่ยอมรับอย่างมากในต่างประเทศ เนื่องจากมีลักษณะดอกคล้ายดอกทิวลิป จึงเรียกว่า ทิวลิปแห่งสยาม มีการผลิตและส่งออกหัวพันธุ์ไปยังตลาดต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ สหรัฐอเมริกา กลุ่มประชาคมเศรษฐกิจยุโรป (EU) โปรตุเกสและอิสราเอล มูลค่าการส่งออกหัวพันธุ์ในปี 2536 เท่ากับ 2.4 ล้านบาท และเพิ่มเป็น 30 ล้านบาทในปี 2542 (ไอฟาร์, 2542) ซึ่งคิดเป็นอันดับสองรองจากการส่งออกกล้วยไม้ และได้ขยายตลาดส่งออกไปยังอีกหลายประเทศ เช่น อัฟริกาใต้ จีน ไต้หวัน เวเนซุเอล่า โปแลนด์ โดมินิกันและนิวกา ริโดเนีย เพื่อนำไปผลิตเป็นไม้ดอกและไม้กระถาง แม้จะมีความต้องการสูงขึ้นแต่พบว่าปริมาณการส่งออกยังไม่เพียงพอ และผลผลิตส่วนใหญ่ยังมีคุณภาพไม่ได้มาตรฐาน เนื่องจากประสบปัญหาโรคหัวเน่าซึ่งเป็นโรคร้ายแรงเชื้อสาเหตุเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* ซึ่งเมื่อเกิดการระบาดก็ยากในการควบคุมและกำจัดได้ นอกจากนี้เชื้อแบคทีเรียชนิดนี้ยังแฝงติดไปกับหัวพันธุ์โดยไม่แสดงอาการให้เห็น แต่มักตรวจพบเมื่อส่งออกและถูกกักกันหรือเผาทำลายที่ประเทศปลายทาง ทำให้กระทบต่อการส่งออกและการขยายตลาดในอนาคต (งานส่งเสริมไม้ดอกไม้ประดับ, 2541)

ส่วนใหญ่การปรับปรุงพันธุ์ปทุมมาเท่าที่รายงานไว้เป็นการเพื่อสร้างพันธุ์ใหม่ ที่มีลักษณะรูปทรงดอกหรือสีดอกที่แปลกใหม่ (กรมวิชาการเกษตร, 2544; พิมพ์ใจ และคณะ, 2539) แต่การปรับปรุงพันธุ์ปทุมมาให้ต้านทานหรือทนทานต่อโรคหัวเน่ายังไม่มียารายงาน จากการศึกษาปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์ต่างๆ ในกลุ่มปทุมมากับเชื้อโรคสาเหตุก็ยังไม่พบสายพันธุ์ต้านทานในสภาพธรรมชาติ ยกเว้นบางพันธุ์ในกลุ่มกระเจียว เช่น บัวชัน ซึ่งมีความทนทานต่อโรคนี้ แต่การผสมพันธุ์ข้ามชนิดระหว่างกลุ่มปทุมมากับกลุ่มกระเจียวยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร ยังไม่สามารถผสมข้ามกันได้หรือในคู่ที่ผสมกันได้พบว่า การติดเมล็ดน้อยและเมล็ดมีความงอกต่ำอีกด้วย

นอกจากนี้ลูกผสมที่ได้ยังเป็นหมันและไม่สามารถนำไปปรับปรุงพันธุ์ เพื่อเพิ่มลักษณะที่ต้องการให้ดีขึ้นได้ (วิภาดา และคณะ, 2542ก; 2543)

การเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ โดยสิ่งก่อกลายพันธุ์ เช่น รังสี สารเคมีหรือวิธีทางชีววิทยา จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถนำมาใช้สร้างพันธุ์พืชใหม่ที่มีลักษณะดี ผลผลิตสูง คุณภาพดี ด้านทานศัตรูพืช ทนทานต่อสภาวะต่างๆ หรือมีคุณสมบัติอื่นๆ ที่ดีตามวัตถุประสงค์ได้อย่างกว้างขวาง ดังที่มีรายงานการใช้ประโยชน์ของการกลายพันธุ์ในพืชเศรษฐกิจทั้งพืชไร่ พืชผัก ไม้ผลและไม้ดอกไม้ประดับ (สิรินุช, 2540) โดยเฉพาะการนำเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาใช้ร่วมกับสิ่งก่อกลายพันธุ์สามารถลดระยะเวลาการปรับปรุงพันธุ์พืชได้สั้นลง เพิ่มโอกาสการกลายพันธุ์ให้มากยิ่งขึ้น การสร้างพันธุ์พืชต้านทานโรค โดยใช้สิ่งก่อกลายพันธุ์ มีรายงานในพืชหลายชนิด เช่น ถั่วเหลืองต้านทานโรคราสนิม ถั่วลิสงต้านทานโรค leaf spot เปปเปอร์มินต์ต้านทานโรค wilt แพร่ต้านทานโรคจุดดำ (อ้างโดยสิรินุช, 2540) หม่อนต้านทานโรคใบไหม้ (รังสี และคณะ, 2535) และขิงต้านทานโรคเหี่ยว (อังสนา, 2533)

ปัจจุบันยังไม่มีรายงานการปรับปรุงพันธุ์พุ่มมาเพื่อให้ทนทานหรือต้านทานต่อโรคหัวเน่าที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* เนื่องจากยังไม่พบสายพันธุ์ต้านทานในสภาพธรรมชาติ ยกเว้นพันธุ์บัวชั้นซึ่งทนทานต่อโรคชนิดนี้แต่ก็ไม่สามารถผสมข้ามกันได้ จึงไม่สามารถนำไปปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มลักษณะที่ต้องการให้ดีขึ้นได้ การเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ โดยใช้รังสีเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ใช้สร้างพันธุ์พืชใหม่ที่ทนทานหรือต้านทานศัตรูพืชได้ นอกจากนี้การนำเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาใช้ร่วมกับรังสี ก็สามารถลดระยะเวลาการปรับปรุงพันธุ์พืชได้สั้นลง เพิ่มโอกาสการกลายพันธุ์ให้มากยิ่งขึ้น การปรับปรุงพันธุ์พุ่มมาต้านทานโรคหัวเน่าโดยใช้รังสีร่วมกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ครั้งนี้นอกจากจะเป็นการสร้างความปลอดภัยทางพันธุกรรมด้านความทนทานต่อโรคหัวเน่า ยังเป็นการปรับปรุงพันธุ์ให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาพันธุ์ ซึ่งจะก่อให้เกิดผลตอบแทนเชิงการค้า เพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจในอนาคต

วิธีการดำเนินการ

อุปกรณ์

- 1) ช่อดอกพุ่มรัตน์ กระเจียวส้มและบัวลายลาว (ภาพที่ 1)
- 2) อาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสูตร MS
- 3) สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช เช่น TDZ, IMA, NAA และ BA
- 4) เครื่องฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันและโรงเรือนรังสีแบบโครนิค



ภาพที่ 1 พันธุ์ปทุมรัตน์ บัวลายลาว และกระเจียวส้มที่ใช้ในการทดลอง

วิธีการ

ปี 2552

- ขยายพันธุ์ปทุมมาจากส่วนเนื้อเยื่อเจริญ (meristem) และช่อดอกของปทุมรัตน์ กระเจียวส้ม และบัวลายลาว ซึ่งเป็นพันธุ์ที่อ่อนแอต่อโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* แล้วชักนำให้เกิดกลุ่มหน่ออ่อนย้อยส่วน (retarded shoot) ให้มีปริมาณมาก โดยปรับใช้เทคนิคของวิภาดาและคณะ (2545); นพมณีและคณะ (2545)

ปี 2553

- นำกลุ่มหน่ออ่อนย้อยส่วนทั้ง 3 พันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อที่ได้จากปี 2552 มาฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันและแบบโครนิกที่ระดับรังสี 10-40 เกรย์ (สิรินุช, 2544) คำนวณหาปริมาณรังสีที่เหมาะสมจากค่า LD₅₀ ความแข็งแรง การเจริญเติบโตและการรอดตายของต้นอ่อน

- ตัดย้ายต้นเนื้อเยื่อหลังฉายรังสีเพาะเลี้ยงในอาหารใหม่ 3 ครั้ง (M₁V₁ M₁V₂ M₁V₃)
- ย้ายต้น M₁V₃ ลงอาหารเพาะเลี้ยงสูตรที่พัฒนาเป็นต้นและรากสมบูรณ์

ปี 2554

- นำกลุ่มหน่ออ่อนย้อยส่วนทั้ง 3 พันธุ์มาฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันและแบบโครนิกเพิ่มเติม
- ตัดย้ายต้นเนื้อเยื่อหลังฉายรังสีเพาะเลี้ยงในอาหารใหม่ 3 ครั้ง (M₁V₁ M₁V₂ M₁V₃) เพิ่มเติม
- ย้ายต้น M₁V₃ ลงอาหารเพาะเลี้ยงสูตรที่พัฒนาเป็นต้นและรากสมบูรณ์
- ทดสอบวิธีการเพาะเชื้อให้ต้น M₁V₃ ในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* สาเหตุโรคเหี่ยวของทั้ง 3 พันธุ์โดยการตัดใบและปลูกเชื้อ ความเข้มข้นที่ 10⁵-10⁸ cfu ml⁻¹ เพื่อหาความเข้มข้นเชื้อที่เหมาะสมในปลูกเชื้อในโรงเรือนเพาะชำ
- คัดเลือกและเพิ่มจำนวนต้นที่รอดชีวิตหลังปลูกเชื้อด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ปี 2555

- เตรียมวัสดุปลูกในถุงพลาสติกและอบไอน้ำเพื่อฆ่าเชื้อ
- ย้ายปลูกต้นเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ได้จากปี 2554 ในสภาพโรงเรือนเพาะชำ

- เตรียมเชื้อแบคทีเรีย *R. solanacearum* สาเหตุโรคเหี่ยวปทุมมา โดยเลี้ยงเชื้อในอาหาร Nutrient Glucose Agar (NGA) และขยายเพิ่มปริมาณในอาหาร Nutrient Broth (NB) ความเข้มข้น 10^6 cfu ml⁻¹
- เตรียมวัสดุปลูกที่ผสมเชื้อแบคทีเรีย *R. solanacearum* ความเข้มข้น 10^6 cfu ml⁻¹ สัดส่วนวัสดุปลูก:เชื้อแบคทีเรีย เท่ากับ 10:1 กิโลกรัม
- ย้ายปลูกลงถุงพลาสติกบรรจุวัสดุปลูกที่ผสมเชื้อแบคทีเรีย และดูแลรักษาในโรงเรือนเพาะชำที่ พรางแสงด้วยตาข่ายสีดำชนิด 70 เปอร์เซ็นต์
- ทดสอบปฏิบัติการพันธุ์ต่อโรคเหี่ยวปทุมมาโดยตัดใบแล้วปลูกเชื้อเชื้อแบคทีเรีย *R. solanacearum* ความเข้มข้น 10^6 cfu ml⁻¹
- ปฏิบัติดูแลรักษาต้นปทุมมา แล้วคัดเลือกสายต้นที่ทนทานหรือต้านทานโรคเหี่ยว
- เก็บเกี่ยวหัวพันธุ์ไว้ปลูกในปีต่อไป

ปี 2556

- เพิ่มปริมาณสายต้น (clone) ที่ผ่านการคัดเลือกในห้องปฏิบัติการและโรงเรือนเพาะชำ ผลิตหัวพันธุ์ขนาดใหญ่ที่ให้ดอกสมบูรณ์
- ทดสอบปฏิบัติการพันธุ์ต่อโรคเหี่ยวปทุมมาโดยตัดใบแล้วปลูกเชื้อเชื้อแบคทีเรีย *R. solanacearum* ความเข้มข้น 10^6 cfu ml⁻¹ อีกครั้ง
- ปฏิบัติดูแลรักษาและคัดเลือกสายต้นที่ทนทานหรือต้านทานโรค และเก็บเกี่ยวหัวพันธุ์ที่รอดตาย

เวลาและสถานที่

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2551 ถึง กันยายน 2556

สถานที่ ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ตำบลรอบเวียง อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย
สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปี 2552 และ 2553

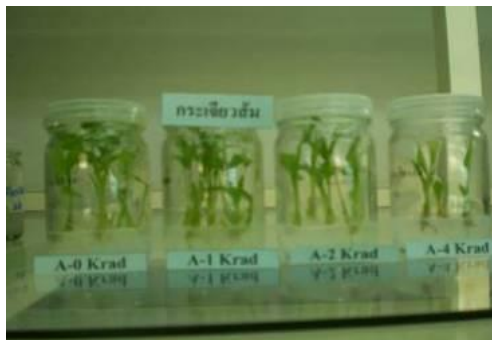
เมื่อนำชิ้นส่วนกระเจียว 3 พันธุ์คือ บัวลายลาว กระเจียวส้มและปทุมรัตน์ที่เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในสภาพปลอดเชื้อไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันชุดที่ 1 ที่ระดับ 0 1 2 และ 4 krad พบว่า หลังฉายรังสีแล้ว 1 เดือนชิ้นส่วนทั้ง 3 พันธุ์ทุกระดับรังสีรอดชีวิต 100 เปอร์เซ็นต์ แต่การเจริญเติบโตและการแตกกอของชิ้นส่วนทั้ง 3 พันธุ์มีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับรังสีเพิ่มขึ้นตามลำดับ (ภาพที่ 2 และ 3) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนหน้านี้ (2533) ที่นำเหง้าปทุมมาไปฉายรังสีแกมมาที่ระดับ 20-100 เกรย์ และ พบว่า การเจริญเติบโตลดลงตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น พิมพ์ใจและคณะ (2530) กับ Gual (1977) รายงานว่า การฉายรังสีกับพืชทำให้โครโมโซมและ

ส่วนประกอบในไฮโดรพลาสต์เสียหายและเซลล์ตายในที่สุด โดยความสูงและเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของพีชลดลงตามลำดับรังสีที่ใช้ตามรูปแบบ sigmoid curve

หลังผ่านการฉายรังสีแล้ว 2 เดือน พบว่า ชิ้นส่วนกระเจียวทั้ง 3 พันธุ์ที่รอดตายที่ระดับรังสี 1 และ 2 Krad เจริญเติบโตและแตกกอปกติหลังฉายรังสี ในขณะที่รังสีระดับ 4 Krad ทำให้กาบใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายในที่สุด (ภาพที่ 5) จึงเป็นไปได้ว่าปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดกลายพันธุ์จากค่า LD_{50} ต่อความแข็งแรงการเจริญเติบโตและการรอดตาย คือ 2-4 Krad ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของวิชาญ (2546) ที่พบว่า LD_{50} ของการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันเนื้อเยื่อปทุมมาพันธุ์ดอยตุง คือ 42.01 เกรย์ รังสีระดับ 30 และ 50 เกรย์ทำให้มีลักษณะใบเหลืองและมีโคเมอร่าเขียวและขาว แต่เมื่อย้ายลงปลูกในอาหารใหม่ก็ตายหมด Lamseejan et al. (2001) รายงานว่า LD_{50} เมื่อนำชิ้นส่วนปทุมมาพันธุ์พื้นเมืองไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันเท่ากับ 28 เกรย์และรังสีระดับ 30 เกรย์ทำให้สีดอกผันแปรค่อนข้างสูง ปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์แตกต่างกันนั้นขึ้นอยู่กับความไวต่อรังสีของพืชแต่ละชนิด ชิ้นส่วนของพืชและระยะเวลาที่ใช้ในการฉายรังสี (IAEA, 1977) โดยส่วนของพืชที่ยังไม่มีรากหรือยอดมักมีความไวต่อรังสีสูงกว่าส่วนของพืชที่มีรากหรือยอดแล้ว

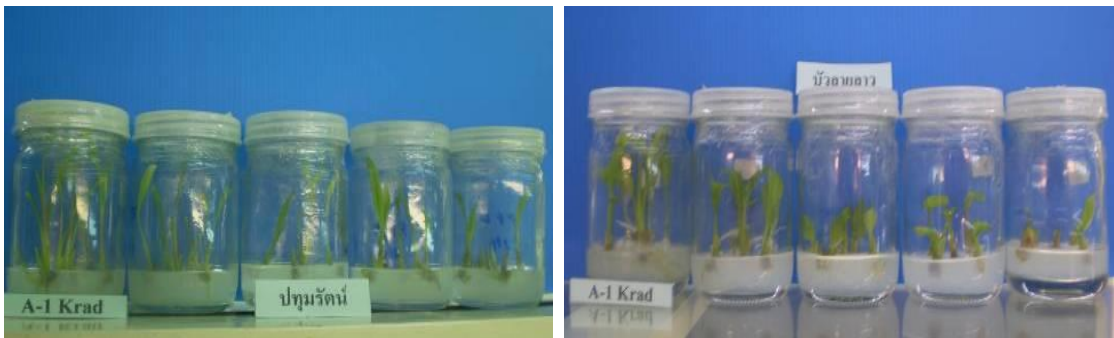


ภาพที่ 2 ชิ้นส่วนปทุมรัตน์และบัวตองขาวหลังฉายรังสีแบบเฉียบพลันชุดที่ 1 ที่ 0 1 2 และ 4 Krad



ภาพที่ 3 ชิ้นส่วนกระเจียวสีส้มหลังฉายรังสีแบบเฉียบพลันชุดที่ 1 ที่ระดับ 0 1 2 และ 4 Krad

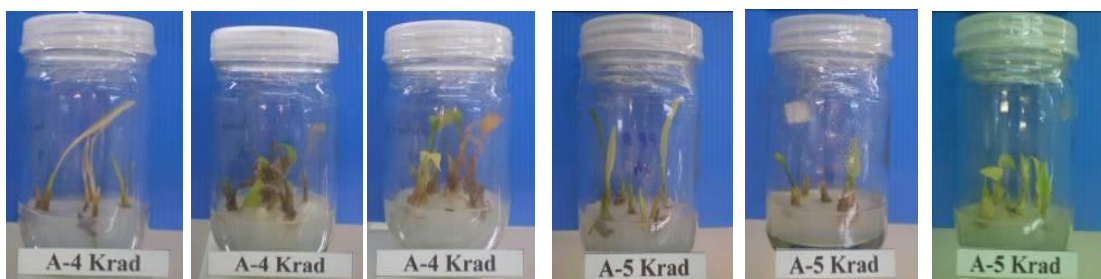
เมื่อหาปริมาณรังสีแบบเฉียบพลันที่เหมาะสมจากค่า LD₅₀ อีกครั้งจึงนำชิ้นส่วนกระเจียว 3 พันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อไปฉายรังสีแบบเฉียบพลัน (ชุดที่ 2) ที่ระดับ 1 2 3 4 และ 5 krad พบว่า การเจริญเติบโตและการแตกหน่อมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มระดับรังสี ซึ่งสอดคล้องกับผลจากการฉายรังสีครั้งที่ 1 (ภาพที่ 4 และ 5) แต่หลัง 2 เดือน พบว่า ชิ้นส่วนที่ฉายรังสีที่ระดับ 5 Krad มีใบที่เปลี่ยนเป็นสีเขียวซีดหรือขาว หยุดการเจริญเติบโตหรือแตกหน่อและตายในที่สุด (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 4 ชิ้นส่วนปทุมรัตน์และบัวลอยขาวหลังฉายรังสีแบบเฉียบพลันชุดที่ 2 ที่ 1 2 3 4 และ 5 krad



ภาพที่ 5 ชิ้นส่วนกระเจียวสีส้มหลังฉายรังสีแบบเฉียบพลันชุดที่ 2 ที่ระดับ 1 2 3 4 และ 5 krad



ภาพที่ 6 ชิ้นส่วนปทุมรัตน์ บัวลายลาวและกระเจียวสีส้มหลังฉายรังสีแบบเฉียบพลันที่ระดับ 4-5 Krad

เมื่อนำชิ้นส่วนกระเจียว 3 พันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อไปฉายรังสีแบบโครนิกใน Gamma room ชุดที่ 1 ที่ระดับรังสี 0 1.04 2.09 3.13 และ 4.18 krad พบว่า หลังฉายรังสีแล้ว 1 เดือนชิ้นส่วนทั้ง 3 พันธุ์รอดชีวิต 100 เปอร์เซ็นต์ และมีการเจริญเติบโตหรือแตกหน่อปกติ เมื่อนำชิ้นส่วนกระเจียว 3 พันธุ์ไปฉายรังสีแบบโครนิกชุดที่ 2 ที่ระดับ 0 1.04 2.09 3.13 4.18 และ 5.64 krad พบว่า การฉายรังสีแบบโครนิกดังกล่าวไม่มีผลต่อลักษณะใบ การรอดตายและการเจริญเติบโตของชิ้นส่วนทั้ง 3 พันธุ์ แต่ชิ้นส่วนบางส่วนมีการปนเปื้อนจากเชื้อแบคทีเรียเกิดขึ้น แม้จะใช้พาราฟิล์มพันฝาขวดที่เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออย่างดีก่อนนำขวดชิ้นส่วนกระเจียวเข้าไปฉายรังสีแบบโครนิกแล้วก็ตาม นอกจากนี้หลังฉายรังสีแล้วประมาณ 1 เดือนปรากฏว่า ชิ้นส่วนที่ฉายรังสีแล้วบางส่วนได้เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายในที่สุด (ภาพที่ 7) ซึ่งอาจเกิดจากอาหารที่เพาะเลี้ยงชิ้นส่วนเดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างที่ทำการฉายรังสีและส่งผลต่อชิ้นส่วนปทุมมา ดังนั้นหลังจากฉายรังสีแล้วควรย้ายชิ้นส่วนปทุมมาลงในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อใหม่ ดังนั้นจึงเลือกใช้เฉพาะชิ้นส่วนกระเจียวที่ฉายรังสีแบบเฉียบพลันใช้ในการทดสอบการเกิดโรคเท่านั้น อย่างไรก็ตาม Lamseejan et al. (2002) ที่ฉายรังสีแกมมา หัวพันธุ์ปทุมมาแบบเฉียบพลันระดับ 10-30 เกรย์และนำหัวพันธุ์ที่รอดตายไปฉายรังสีแกมมาแบบโครนิกที่ระดับ 120 เกรย์ สามารถชักนำให้เกิดกลายพันธุ์เป็นพันธุ์ใหม่ได้ถึง 9 พันธุ์



ภาพที่ 7 ชิ้นส่วนกระเจียวสีส้มและบัวลายลาวที่สีน้ำตาลและตายหลังฉายรังสีแบบโครนิกระดับ 1-5 Krad

ปี 2554

การหาความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย *R. solanacearum* (Rs-s) ที่เป็นเชื้อสาเหตุโรคเหี่ยวปทุมมา โดยผสมเชื้อกับวัสดุปลูกในสภาพโรงเรือนเพาะชำ สำหรับใช้ทดสอบปลูกเชื้อเพื่อคัดเลือกต้นปทุมมาที่ทนทานต่อโรคเหี่ยวหรือรอดตายต่อไปนั้น พบว่า ต้นปทุมมาเริ่มเกิดอาการใบไหม้และตายหลังปลูกเชื้อแล้ว 5 วัน โดยต้นปทุมมา

ตายมากที่สุดเมื่อเชื้อมีความเข้มข้นที่ 10^8 cfu ml⁻¹ รองลงมาคือ 10^6 และ 10^5 cfu ml⁻¹ ตามลำดับ ภายหลังจากปลูกระยะ 20 วัน ต้นปทุมมาที่ทุกความเข้มข้นของเชื้อตายหมด ยกเว้นที่ความเข้มข้นของเชื้อ 10^4 cfu ml⁻¹ ที่รอดตาย 1 ต้น ส่วนกรรมวิธีควบคุมรอดตาย 3 ต้น (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การปลูกระยะ *R. solanacearum* : Rs-s โดยผสมในวัสดุปลูกในสภาพโรงเรือนเพาะชำ

กรรมวิธี/ระยะเวลา (วัน)	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน
กรรมวิธีควบคุม (น้ำกลั่น)	12	8	6	3
Positive (conc. 10^8)	9	3	1	0
10^6 cfu ml ⁻¹	10	6	1	0
10^5 cfu ml ⁻¹	11	7	1	0
10^4 cfu ml ⁻¹	12	8	1	1

การหาความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย *R. solanacearum* (Rs-s) ในสภาพห้องปฏิบัติการ สำหรับใช้ทดสอบปลูกระยะเพื่อคัดเลือกต้นปทุมมาที่ทนทานต่อโรคเหี่ยวต่อไปนั้น พบว่า ต้นปทุมมาเริ่มแสดงอาการใบไหม้หลังปลูกระยะแล้ว 3 วัน โดยเชื้อที่ความเข้มข้น 10^6 เริ่มแสดงอาการก่อนเชื้อที่ความเข้มข้น 10^6 , 10^5 และ 10^4 cfu ml⁻¹ ดังนั้นจึงเลือกใช้เชื้อแบคทีเรีย Rs-s มีความเข้มข้นที่ 10^6 cfu ml⁻¹ สำหรับใช้ทดสอบความเป็นโรคและคัดเลือกต้นที่ทนทานหรือรอดตายหลังปลูกระยะในสภาพโรงเรือนเพาะชำต่อไป

10.2 ปี 2555-56

การปลูกระยะเชื้อแบคทีเรีย Rs-s ที่ความเข้มข้น 10^6 cfu ml⁻¹ โดยใช้กรรไกรตัดทำแผลที่ใบ (leaf cutting) แล้วปลูกระยะดังกล่าว จากนั้นจึงดูแลรักษาต้นพันธุ์ในสภาพโรงเรือนเพาะชำพรางแสง เช่น ให้น้ำและใส่ปุ๋ยเคมี (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 การปลูกเชื้อ *R. solanacearum* โดยทำแผลที่ใบและต้นที่มีอาการเหี่ยว

เมื่อสุ่มต้นเพื่อประเมินการเกิดโรคเหี่ยวหลังปลูกเชื้อดังกล่าวข้างต้นแล้ว โดยประเมินระดับอาการโรคเหี่ยว 1-5 ซึ่งส่วนใหญ่แสดงอาการโรคเหี่ยวระดับที่ 4 คือ ใบเหี่ยวหรือเหลืองเกือบทั้งหมดยกเว้นยอด รองมาคือแสดงอาการโรคเหี่ยวในระดับที่ 3 คือ 1/3-2/3 ของใบทั้งต้นเหี่ยวหรือเหลือง (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ต้นที่แสดงอาการโรคเหี่ยวหลังปลูกเชื้อแบคทีเรีย Rs-s ในฤดูผลิตปี 2554/55

พันธุ์	ความเข้มข้นรังสี	เปอร์เซ็นต์ต้นที่เกิดอาการโรคเหี่ยวในระดับต่างๆ				
		1	2	3	4	5
กระเจียวส้ม	1K	0	0	40	50	10
	2K	0	5	50	45	0
	3K	15	20	25	35	5
	4K	0	0	20	80	0
บัวลายลาว	1K	0	0	15	75	10
	2K	0	10	15	40	35
	3K	0	0	10	85	5
	4K	0	0	0	70	30
	5K	0	0	0	80	20
ปทุมรัตน์	1K	0	0	30	70	0
	2K	0	20	30	50	0
	3K	0	0	20	80	0
	4K	0	0	70	30	0

หมายเหตุ 1 = ไม่แสดงอาการ 2 = 1/3 ของใบทั้งต้นเหี่ยวหรือเหลือง
 3 = 1/3-2/3ของใบทั้งต้นเหี่ยวหรือเหลือง 4 = ใบเหี่ยวหรือเหลืองเกือบทั้งหมดยกเว้นยอด
 5 = ตาย

เมื่อเก็บเกี่ยวหัวพันธุ์ต้นที่รอดตายหลังปลูกเชื้อในฤดูผลิตปี 2554/55 ที่จะใช้ปลูกทดสอบปฏิกิริยาต่อโรคเหี่ยวในฤดูผลิตปี 2555/56 แต่ปทุมมาทั้ง 3 พันธุ์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มาจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ทำให้หัว

พันธุ์ที่เก็บเกี่ยวได้มีขนาดเล็กและยังไม่ออกดอก ทำให้ไม่สามารถบันทึกลักษณะกลายพันธุ์และคุณภาพดอกได้ จึงจำเป็นต้องปลูกในถุงพลาสติกขนาด 5X10 นิ้วโดยใช้วัสดุปลอดจากเชื้อโรคและดูแลรักษาในสภาพโรงเรือนตาข่าย พรางแสงอีกครั้งหนึ่งในฤดูการผลิตปี 2555/56 เพื่อเพิ่มความสมบูรณ์และขนาดของหัวให้ออกดอกได้ ตลอดจนจำเป็นต้องเลื่อนการนำหัวพันธุ์ที่รอดตายลงปลูกในแปลงเกษตรกรที่มีประวัติการระบาดของโรคเหี่ยว เพื่อคัดเลือก ต้นที่ทนทานต่อโรคเหี่ยวตามที่วางแผนไว้ได้

เมื่อทดสอบปฏิกิริยาต่อโรคเหี่ยวของปทุมมาในฤดูผลิตปี 2555/56 โดยการปลูกเชื้อแบคทีเรีย Rs-s ที่ความเข้มข้น 10^6 cfu ml⁻¹ แบบทำแผลที่ใบเช่นเดียวกับในฤดูผลิตปี 2554/55 พบว่า ระดับการเกิดโรคเฉลี่ยมีค่ามากกว่า 3 คือ 1/3-2/3 ของใบทั้งต้นเหี่ยวและเหลือง ความรุนแรงการเกิดโรครอยู่ในระดับปานกลาง (M = 2.6-4.0) จนถึงมาก (H = 4.1-5.0) อย่างไรก็ตามมีหัวพันธุ์ปทุมรัตน์ PP5 4k ครั้งที่ 4 ที่ไม่ออกและต้นกระเจียวส้ม 4k ครั้งที่ 4 เป็นโรคใบไหม้จนทำให้ตายหมด รายละเอียดระดับการเกิดโรคและความรุนแรงการเกิดโรคเหี่ยวหลังปลูกเชื้อได้แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเกิดโรคเหี่ยวหลังปลูกเชื้อแบคทีเรีย Rs-s ในฤดูผลิตปี 2555/56

พันธุ์	ระดับโรค (ต้นที่)					การเกิดโรคเหี่ยว	
	1	2	3	4	5	ระดับโรคเฉลี่ย 1/	ความรุนแรง ^{2/}
บัวลายลาว 1k ครั้งที่ 3	4	3	3	4	4	3.6	M
บัวลายลาว 1k ครั้งที่ 4	4	4	3	5	5	4.2	H
บัวลายลาว 2k ครั้งที่ 3	4	4	5	5	5	4.6	H
บัวลายลาว 2k ครั้งที่ 4	4	4	-	-	-	4.0	M
บัวลายลาว 3k ครั้งที่ 3	3	3	4	4	3	3.4	M
บัวลายลาว 3k ครั้งที่ 4	4	4	5	3	5	4.2	H
บัวลายลาว 4k ครั้งที่ 4	4	4	4	4	-	4.0	M
บัวลายลาว 5k ครั้งที่ 4	5	5	5	5	5	5.0	H
PP5 1k	4	4	3	4	2	3.4	M
PP5 1k ครั้งที่ 2	3	3	5	3	5	3.8	M
PP5 1k ครั้งที่ 4	5	5	4	3	3	4.0	M
PP5 2k	4	3	3	4	4	3.6	M
PP5 2k ครั้งที่ 2	4	3	4	3	2	3.2	M
PP5 2k ครั้งที่ 3	4	3	4	3	5	3.8	M
PP5 2k ครั้งที่ 4	5	5	4	5	4	4.6	H
PP5 3k	5	5	5	-	-	5.0	H
PP5 3k ครั้งที่ 3	4	4	4	5	5	4.4	H
PP5 3k ครั้งที่ 4	5	2	3	3	5	3.6	M
PP5 4k	4	4	3	5	2	3.6	M

PP5 4k ครั้งที่ 4	ไม่ออกหัวเน่าตาย						
กระเจียวส้ม 1k ครั้งที่ 4	3	-	-	-	-	3.0	M
กระเจียวส้ม 2k ครั้งที่ 3	3	3	5	3	3	3.4	M
กระเจียวส้ม 3k ครั้งที่ 4	4	5	-	-	-	4.5	H
กระเจียวส้ม 4k ครั้งที่ 4	เป็นโรคใบไหม้ตายหมด						

1/ โรคเหี่ยวแบ่งเป็น 5 ระดับคือ 1 = ไม่แสดงอาการ 2 = 1/3 ของใบทั้งต้นเหี่ยวหรือเหลือง
 3 = 1/3-2/3 ของใบทั้งต้นเหี่ยวหรือเหลือง 4 = ใบเหี่ยวหรือเหลืองเกือบทั้งหมดยกเว้นยอด
 5 = ตาย

2/ ความรุนแรงโรค O = 0-1.0 L = 1.1-2.5 M = 2.6-4.0 H = 4.1-5.0

เมื่อเก็บเกี่ยวหัวพันธุ์ที่ปลูกเชื้อแบคทีเรีย Rs-s ในฤดูปลูก 2555/56 พบว่า การรอดตายหรือจำนวนหัวพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวได้ไม่มีความสัมพันธ์กับระดับรังสีที่ใช้ จำนวนหัวพันธุ์บัวลายลาว ปทุมรัตน์และกระเจียวสีส้มจากทุกระดับรังสีที่รอดตายเท่ากับ 176 29 และ 19 หัว ตามลำดับ ซึ่งรายละเอียดจำนวนหัวพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวได้แสดงไว้ในตารางที่ 4 ซึ่งหัวพันธุ์เหล่านี้ควรนำไปปลูกทดสอบในแปลงเกษตรกรที่มีประวัติการระบาดของโรคเหี่ยวต่อไป

ตารางที่ 4 จำนวนหัวพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวได้หลังปลูกเชื้อแบคทีเรีย Rs-s ในฤดูผลิตปี 2555/56

พันธุ์	จำนวนหัวพันธุ์	
	จำนวนหัวที่ปลูก	จำนวนหัว (%) ที่เก็บเกี่ยวได้
บัวลายลาว 1k ครั้งที่ 3	30	10 (33%)
บัวลายลาว 1k ครั้งที่ 4	10	8 (80%)
บัวลายลาว 2k ครั้งที่ 3	22	28 (100%)
บัวลายลาว 2k ครั้งที่ 4	48	47 (98%)
บัวลายลาว 3k ครั้งที่ 3	42	37 (88%)
บัวลายลาว 3k ครั้งที่ 4	25	44 (100%)
บัวลายลาว 4k ครั้งที่ 4	8	2 (25%)
บัวลายลาว 5k ครั้งที่ 4	10	0
รวม		176
PP5 1k	14	0
PP5 1k ครั้งที่ 2	10	0
PP5 1k ครั้งที่ 4	10	0
PP5 2k	12	0
PP5 2k ครั้งที่ 2	10	0
PP5 2k ครั้งที่ 3	10	18 (100%)
PP5 2k ครั้งที่ 4	10	3 (33%)
PP5 3k	6	0

PP5 3k ครั้งที่ 3	16	6 (37%)
PP5 3k ครั้งที่ 4	26	0
PP5 4k	22	2 (9%)
รวม		29
กระเจียวส้ม 1k ครั้งที่ 4	2	0
กระเจียวส้ม 2k ครั้งที่ 3	30	19 (63%)
กระเจียวส้ม 3k ครั้งที่ 4	4	0
กระเจียวส้ม 4k ครั้งที่ 4	2	0
รวม		19

ในการดำเนินงานมีปัญหาอุปสรรคที่สำคัญ ดังนี้

1) ขั้นตอนการปลูกเชื้อแบคทีเรีย และคัดเลือกต้นที่ทนทานโรคเหี่ยวในสภาพโรงเรือนเพาะชำในปีที่ 1 ล่าช้ากว่าแผนงานที่กำหนด เนื่องจากมีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียหลังฉายรังสี และการระบาดของโรคใบไหม้ในสภาพโรงเรือน ทำให้ต้นที่ฉายรังสีตายจำนวนมาก และต้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต้นที่รอดตายเพื่อเพิ่มจำนวนต้นก่อนปลูกเชื้อสาเหตุโรคเหี่ยว แต่โครงการวิจัยปรับปรุงพันธุ์ปทุมมาไม่ได้รับอนุมัติให้ขยายเวลาดำเนินงานและยุติการดำเนินงาน

2) เดือนมิถุนายน 2556 เกิดการระบาดของโรคใบไหม้อย่างรุนแรงในต้นกล้ากระเจียวส้ม และ บัวลายลาว จึงใช้วิธีตัดแต่งใบออกจากต้น แล้วพ่นด้วยสารป้องกันกำจัดโรคพืช คือ ไดฟิโนโคลนาโซลสลับกับ ฟลูซิลาโซล และเลื่อนการปลูกเชื้อโรคเหี่ยวเพราะต้องรอให้พืชแตกใบใหม่

สรุปผลการทดลองและคำแนะนำ

1. การฉายรังสีแกมมาระดับ 1-5 Krad แบบเฉียบพลันให้ขึ้นส่วนกระเจียวในสภาพปลอดเชื้อ ทำให้อัตราการรอดชีวิต และการเจริญเติบโตมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณรังสีขึ้น
2. ค่า LD₅₀ ของการให้รังสีแบบเฉียบพลันต่อความแข็งแรง การเจริญเติบโตและการรอดตายคือ 2- 4 Krad
3. การให้รังสีแกมมาระดับ 1-5 Krad แบบโครนิกไม่มีผลต่อลักษณะใบ การรอดตายและการเจริญเติบโตของขึ้นส่วนทั้ง 3 พันธุ์
4. ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* (Rs-s) ที่ใช้ทดสอบความเป็นโรคเหี่ยวหลังปลูกเชื้อในสภาพโรงเรือนเพาะชำคือ 10⁶ cfu ml⁻¹
5. ต้นกระเจียวส่วนใหญ่แสดงอาการโรคเหี่ยวระดับที่ 4 คือ ใบเหี่ยวหรือเหลืองเกือบทั้งหมดยกเว้นยอด ความรุนแรงการเกิดโรคเหี่ยวอยู่ในระดับปานกลาง (M = 2.6-4.0) จนถึงมาก (H = 4.1-5.0)
6. จำนวนหัวพันธุ์บัวลายลาว ปทุมรัตน์และกระเจียวส้มจากทุกระดับรังสีที่รอดตายเท่ากับ 176 29 และ 19 หัว ตามลำดับ
7. ควรนำหัวพันธุ์ที่รอดชีวิต และเก็บเกี่ยวไว้ไปปลูกทดสอบความทนทานต่อโรคเหี่ยวในแปลงเกษตรกรที่เคยมีประวัติการระบาดของโรคเหี่ยวต่อไป

8. ชิ้นส่วนที่ฉายรังสีแล้วควรย้ายลงในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อใหม่

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลงานวิจัยนี้ยังจำเป็นต้องนำหัวพันธุ์ที่รอดตายไปทดสอบความทนทานต่อโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย Rs-s ในแปลงเกษตรกรที่เคยมีประวัติหรือกำลังประสบปัญหาการระบาดของโรคเหี่ยว สำหรับ หัวพันธุ์เหลืออยู่นั้น อาจใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมในการปรับปรุงพันธุ์ปทุมมาให้ได้พันธุ์ใหม่ในอนาคตได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กรุงเทพฯ ที่ให้บริการฉายรังสีเนื้อเยื่อปทุมมาทั้งแบบโครมิกและแบบฉับพลันตามแผนงานที่กำหนดไว้

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร 2544. ผลงานวิชาการประจำปี 2543. การประชุมวิชาการประจำปี 2544 เล่ม 3. วันที่ 30 เมษายน -4 พฤษภาคม 2544. โรงแรมมิราเคิลแกรนด์ คอนเวนชั่น กรุงเทพฯ.
- งานส่งเสริมไม้ดอกไม้ประดับ. 2541. ปทุมมาจังหวัดเชียงใหม่ ปี 2541. ฝ่ายส่งเสริมการผลิตและพัฒนาการผลิต กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (เอกสารโรเนียว).
- นพมณี โทปัญญาานนท์ ศิริรัตน์ จงแสง สนิธร์ สมสืบ และปวีณา นวมเจริญ. 2545. ระบบการผลิตต้นปทุมมาในสภาพปลอดเชื้อระดับอุตสาหกรรม. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 2. วันที่ 28-30 พฤษภาคม 2545 ณ โรงแรมเจริญธานี ปริ๊นเซส ขอนแก่น. หน้า 14.
- พิมพ์ใจ อภาวชุตม์ ถกวรรณ ศิริสวัสดิ์ พวงเพ็ญ ศิริรักษ์ พิเศษฐ์ วรอุไร และฉันทนา สุวรรณธาดา. 2539. การศึกษาจำนวนโครโมโซมของพืชกลุ่มกระเจียวไทย. รายงานประชุมวิชาการไม้ดอกไม้ประดับแห่งชาติ ครั้งที่ 2 วันที่ 14-17 กุมภาพันธ์ 2539 จ. เชียงใหม่.
- วิชาญ ยาวเรศถะกิจ. 2546. ผลของการใช้รังสีแกมมาต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อปทุมมา. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- วิภาดา ทองทักษิณ นิพัฒน์ สุขวิบูลย์และสุป็น ไม้ตัดจันทร์ 2542ก. การผสมพันธุ์พืชสกุลกระเจียว. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2542 ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 107-113.
- วิภาดา ทองทักษิณ สุป็น ไม้ตัดจันทร์ และบุญแถม ถาคำฟู. 2542ข. การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในกระเจียว. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2542 ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 114-120.
- วิภาดา ทองทักษิณ สุป็น ไม้ตัดจันทร์และบุญแถม ถาคำฟู. 2543. การคัดเลือกพันธุ์กระเจียวลูกผสม รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2543. ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- วิภาดา ทองทักษิณ สุป็น ไม้ตัดจันทร์และบุญแถม ถาคำฟู. 2545. โครงการผลิตปทุมมาปลอดโรค โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 2 วันที่ 28-30 พฤษภาคม 2545. ณ โรงแรมเจริญธานีปริ๊นเซส ขอนแก่น.
- สิรินุช ลามศรีจันทร์. 2540. การกลายพันธุ์ของพืช. ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 205 หน้า.
- สิรินุช ลามศรีจันทร์. 2544. กระบวนการสร้างพืชพันธุ์ใหม่ด้วยรังสี เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้รังสีในการปรับปรุงพันธุ์ไม้ดอกไม้ประดับ. ศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วันที่ 12-14 กันยายน 2544.
- สุรวีช วรรณไกรโรจน์. 2539. ปทุมมาและกระเจียว (Curcuma). สำนักพิมพ์บ้านและสวน. กรุงเทพฯ.

- อดิสร กระแสชัย. 2533. การศึกษาการปรับปรุงพันธุ์พุ่มมา (*Curcuma spaganifolia*) โดยการใช้รังสีแกมมา. ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย์.) 24(2): 125-135.
- โอฬาร พิทักษ์. 2542. ไม้ดอกเมืองร้อนยังฉายแววในตลาดโลก. เคหะการเกษตร. 23(8):126-131.
- อังสนา อัครพิศาล. 2533. การเพาะเลี้ยงโปรโตพลาสต์และเซลล์สำหรับศึกษาปฏิกิริยาตอบสนองเฉียบพลันของสายพันธุ์ซึ่งต่อเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรครดเหี่ยว (*Pseudomonas solanacearum* E.S. Smith). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Gaul, H. 1977. Mutagenic effects in the first generation after seed treatment. pp. 87-105. In: Manual on Mutation Breeding. Second Edition. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA. 1977. Manual on Mutation Breeding. Technical Report Series No. 119. Second Edition. Joint FAO/IAEA Division of Atomic Energy in Food and Agriculture. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- Lamseejan, S., P. Jompook, A. Wongplyasatid, P. Kwanthammachart and R. Meesat. 2001. Improvement of ornamental plants through induced mutations. pp. 19-20. In: FAO/IAEA Seminar on Mutation Techniques and Molecular Genetics for Tropical and Subtropical Plant Improvement in Asia and the Pacific Region. Makati City, The Phillipines.
- Lamseejan, S., P. Jompook, A. Wongplyasatid and S. Deeseepan. 2002. Induced mutation and *in vitro* culture in the improvement of Thai ornamentals. pp. 213. In: Abstract and Program. Plant Breeding for the 11th Millenium. 12th Australasian Plant Breeding Conference, Perth, Western Australia.