



# วิทยานิพนธ์

การปรับปรุงพันธุ์คำฝอยไร้หนามให้มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น

และเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง โดยรังสีแกมมา

IMPROVEMENT OF SPINELESS SAFFLOWER BY GAMMA RAYS  
FOR EARLINESS AND HIGH OIL CONTENT

นางสาวอัญชุลี คชชา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2549



## ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

พืชไร่นา

พืชไร่นา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การปรับปรุงพันธุ์คำฝอยไร้หนามให้มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น และเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง

โดยรังสีแกมมา

Improvement of Spineless Safflower by Gamma Rays for Earliness  
and High Oil Content

นามผู้วิจัย นางสาวอัญชลี คชชา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

( รองศาสตราจารย์ วาสนา วงษ์ใหญ่, D.Agr. )

กรรมการ

( รองศาสตราจารย์อรุณี วงศ์ปิยะสถิตย์, M.S. )

กรรมการ

( ศาสตราจารย์ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ, วท.ม. )

หัวหน้าภาควิชา

( รองศาสตราจารย์รังสฤษฎ์ กาวีตะ, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์ วินัย อางคงหาญ, M.A. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การปรับปรุงพันธุ์คำฝอยไร้หนามให้มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น และเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง

โดยรังสีแกมมา

Improvement of Spineless Safflower by Gamma Rays for Earliness  
and High Oil Content

โดย

นางสาวอัญชฎี คชชา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2549

ISBN 974-16-2800-5

อัญชลี คชชา 2549: การปรับปรุงพันธุ์คำฝอยไร้หนามให้มีความอายุเก็บเกี่ยวสั้น และเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง โดยรังสีแกมมา ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่นา ภาควิชาพืชไร่นา ภาชานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์  
วาสนา วงษ์ใหญ่, D.Agr. 78 หน้า  
ISBN 974-16-2800-5

การปรับปรุงพันธุ์คำฝอย โดยใช้รังสีแกมมา น่าจะเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาพันธุ์คำฝอยให้มีผลผลิตสูง และลักษณะทางเกษตรที่ต้องการได้ การทดลองนี้ใช้ปริมาณรังสี 300, 450 และ 600 เกรย์ กับสายพันธุ์คำฝอยไร้หนาม 5 สายพันธุ์ และสายพันธุ์มีหนาม 2 สายพันธุ์ ได้ตรวจสอบลักษณะการกลายในประชากรรุ่นที่ 2-6 ประชากร พบว่า ประชากรที่ได้จากสายพันธุ์ไร้หนาม 4 ประชากร เกิดการกลายของต้นมีหนามในระดับหนามน้อย ในทุกปริมาณรังสีที่ใช้ ส่วนประชากรที่ได้จากสายพันธุ์มีหนาม 2 ประชากร เกิดการกลายของลักษณะไร้หนาม สายพันธุ์ที่ศึกษาทุกสายพันธุ์มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีขาวผิวเรียบ ได้ลักษณะการกลายเปลือกหุ้มเมล็ด ดังนี้ เปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลผิวเป็นลายทาง สีน้ำตาลผิวเรียบ และสีขาวผิวเรียบเป็นมันมีฟู การกลายของสีกลีบดอกจากสีส้มแดง เป็นสีส้มเหลือง สีเหลือง และสีส้ม

การคัดเลือกสายพันธุ์คำฝอยเริ่มตั้งแต่ประชากรรุ่นที่ 2 ใช้วิธีการคัดเลือกแบบจุดประวัติเกณฑ์การคัดเลือกเน้นช่วงออกดอก และอายุเก็บเกี่ยว ทรงต้นที่มีมุมกิ่งแคบ นำสายพันธุ์รุ่นที่ 4 ที่คัดเลือกไว้ มาทดสอบผลผลิตโดยใช้แผนการทดลองแบบ strip test จำนวน 2 ซ้ำ ประกอบด้วยสายพันธุ์คำฝอยไร้หนามและคำฝอยมีหนาม จำนวน 33 และ 10 สายพันธุ์ ตามลำดับ สายพันธุ์คำฝอยไร้หนาม 4 สายพันธุ์ ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ พันธุ์พานทอง(195 กิโลกรัมต่อไร่) ได้แก่ สายพันธุ์ M4015, M4002, M4018 และ M4070 ให้ผลผลิตเท่ากับ 310, 253, 203 และ 203 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ สายพันธุ์ที่มีช่วงออกดอกสั้นและอายุเก็บเกี่ยวเร็วกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ ได้แก่ M4005, M4013, M4048 และ M4028 มีช่วงออกดอกระหว่าง 24 – 34 วันและอายุเก็บเกี่ยว 122 – 124 วัน สายพันธุ์กลายที่คัดเลือกไว้ส่วนมากจะมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์น้ำมันของสายพันธุ์รุ่นที่ 4 19 สายพันธุ์มีค่าระหว่าง 16.83 – 26.76 เปอร์เซ็นต์ สายพันธุ์ M4020 เท่านั้นที่ให้ปริมาณน้ำมันใกล้เคียงกับพันธุ์เปรียบเทียบ (26.30 เปอร์เซ็นต์) ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำมันกับน้ำหนัก 1,000 เมล็ด และความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดมีค่าเป็นลบ ดังนั้น การคัดเลือกสายพันธุ์คำฝอยที่ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง อาจใช้ลักษณะทั้งสองนี้เป็นเกณฑ์การคัดเลือกทางอ้อมได้

Anchulee Kotcha 2006: Improvement of Spineless Safflower by Gamma Rays for Earliness and High Oil Content. Master of Science (Agriculture), Major Field: Agronomy, Department of Agronomy. Thesis Advisor: Associate Professor Wasana Wongyai, D.Agr. 78 pages.  
ISBN 974-16-2800-5

Improvement of safflower by gamma rays is one of the promising way to obtain the higher yield and desirable traits. Three doses of gamma rays at 300, 450 and 600 Gy were used to induced seeds of 5 spineless and 2 spine safflower lines. The investigation on mutant characters of six  $M_2$  populations were found that spine safflower plants occurred in four  $M_2$  populations from spineless lines. And two  $M_2$  populations from spine safflower lines gave mutant spineless plants. The mutant characters of smooth seed hull were found in all populations. They were brown striped hull, brown hull and white hull with pappus. The flower color was mutated from orange – red to yellow – orange, yellow and orange.

Pedigree selection was employed in  $M_2$  generation and in successive generations. Selection based on a shorter flowering period and early maturity, plant with narrow angle branches and orange – red flower color. Selected  $M_4$  lines of 33 spineless and 10 spine safflower were tested for their yielding ability in the strip test design with 2 replications. Four spineless safflower lines gave higher yield than the check variety, Phantong (195 kg/rai). They gave yield at 310, 253, 203 and 203 kg/rai in M4015, M4002, M4018 and M4070 respectively. The  $M_4$  lines, M005, M4013, M4048 and M4028 had shorter flowering period and early maturity. Its ranged 24 – 43 days for flowering period and 122 – 124 days for maturity. Most of selected  $M_4$  lines gave higher 1,000 seed weight than the check.

The selected nineteen  $M_4$  lines gave oil content range 16.83 – 26.76 percent. Only one line, M4020 gave nearly value of oil content with the check variety (26.30 percent). Oil percentage gave negative correlation with 1,000 seed weight and seed hull thickness. The results suggest that these two characters might be use as indirect selection for seed oil content in safflower.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. วาสนา วงษ์ใหญ่ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่  
กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำตลอดจนแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ รวมทั้ง รศ. อรุณี วงศ์ปิยะ  
สถิตย์ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก และ ศ. ประดิษฐ์ พงษ์ทองคำ กรรมการที่ปรึกษาวิชาการที่กรุณา  
ให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไข และกราบขอบพระคุณ รศ. สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์ ผู้แทนบัณฑิต  
วิทยาลัยที่กรุณา แนะนำเพิ่มเติมให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณผู้อำนวยการศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ อาจารย์ ชำรงศิลป์ โปธิสูง  
ข้าราชการ เจ้าหน้าที่ และพนักงาน ศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติที่ให้สถานที่ที่ทดลอง และ  
อำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณ คุณวิไลศรี ลิ้มปพยอม นักวิทยาศาสตร์ 8ว  
กองพืชน้ำมัน กรมวิชาการเกษตรที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์น้ำมัน ขอขอบคุณ โครงการ ก-ษ  
(ด) 1.48 แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย

สุดท้ายข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้ให้การเลี้ยงดูอบรมสั่งสอนให้ข้าพเจ้าเป็น  
คนดีมาโดยตลอด รวมทั้ง คุณน้ำ पी เพื่อน และน้องๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ และกำลังใจด้วยดีเสมอ  
มา ประโยชน์อันใดที่เกิดจากงานวิจัยชิ้นนี้ขอมอบให้ประเทศชาติ เกียรติคุณขอมอบให้แก่  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ส่วนความผิดพลาดทุกประการข้าพเจ้าขอรับผิดชอบแต่เพียงผู้เดียว

อัญชลี คชชา

กันยายน 2549

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	17
อุปกรณ์	17
วิธีการ	17
สถานที่และระยะเวลาทำงานวิจัย	27
ผลและวิจารณ์	28
สรุป	58
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	60
ภาคผนวก	69

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เปอร์เซ็นต์ความอยู่รอด ของประชากรคำฝอยรุ่น $M_1$ ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 300, 450 และ 600 เกรย์ ที่อายุ 30 วัน หลังปลูก	29
2	ลักษณะทางเกษตรบางลักษณะที่เกิดการกลายในประชากรรุ่นที่ 2 จำนวน 9 ประชากรที่ผ่านการฉายรังสีปริมาณ 300, 450 และ 600 เกรย์	31
3	ช่วง และค่าเฉลี่ยของลักษณะ น้ำหนักเมล็ดต่อต้น องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางเกษตร ของสายพันธุ์รุ่นที่ 3 จำนวน 43 สายพันธุ์ ที่ผ่านการฉายรังสีปริมาณ 300, 450 และ 600 เกรย์	37
4	ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของคำฝอยพันธุ์กลายรุ่นที่ 4 ( $M_4$ ) ที่ให้ผลผลิตสูง 15 อันดับแรก	40
5	ลักษณะทางเกษตรของสายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 4 ( $M_4$ ) ที่ให้ผลผลิตสูง 15 อันดับแรก	43
6	เปอร์เซ็นต์น้ำมัน น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด ของสายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 4 ( $M_4$ ) จำนวน 19 สายพันธุ์	47
7	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของผลผลิตกับลักษณะต่าง ๆ ของสายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 4 ( $M_4$ ) จำนวน 43 สายพันธุ์	48
8	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดกับองค์ประกอบผลผลิตและ ลักษณะทางเกษตรบางลักษณะของสายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 4 ( $M_4$ ) จำนวน 43 สายพันธุ์	49
9	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของลักษณะทางเกษตร และองค์ประกอบผลผลิตของสายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 4 ( $M_4$ ) จำนวน 43 สายพันธุ์	52
10	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์น้ำมันกับ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด ของสายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 4 ( $M_4$ ) จำนวน 19 สายพันธุ์	55

### สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ลักษณะของสายพันธุ์กล้วย 4 สายพันธุ์ และสายพันธุ์พ่อแม่ ที่นำไปศึกษา ลักษณะและจำนวนโครโมโซม	70
2	ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของสายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 4 ( $M_4$ ) จำนวน 43 สายพันธุ์	71
3	ลักษณะทางเกษตรของสายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 4 ( $M_4$ ) จำนวน 43 สายพันธุ์	74
4	อิทธิพลทางตรง และทางอ้อม ขององค์ประกอบผลผลิต และลักษณะ ผลผลิตต่อผลผลิตคำฝอยรุ่นที่ 4 ( $M_4$ ) จำนวน 43 สายพันธุ์	77

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะการกลายของเปลือกหุ้มเมล็ด (ก) เปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลลายทาง (ข) เปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลผิวเรียบ (ค) เปลือกหุ้มเมล็ดสีขาวผิวเรียบมีพู่ และ (ง) เปลือกหุ้มเมล็ดสีขาวผิวเรียบ ของสายพันธุ์ที่ไม่ผ่านการฉายรังสี	33
2	ลักษณะการกลายของคำฝอยในประชากร $M_2$ (ก) ใบมีสีเขียวเป็นมันหนา (ข) ใบแฉก (ค) ก้านช่อดอกสูงในระดับใกล้เคียงกัน (ง) ช่อดอกคำฝอยเกิดเป็นกระจุกรวมกัน และ (จ) ช่อดอกเกิดกลางลำต้นไม่มีก้านช่อดอก	35
3	คำฝอยสายพันธุ์ M 4060 มีทรงต้นลักษณะเป็นพุ่ม เนื่องจากมี มุมกิ่งแคบ ก้านช่อดอกสูง ในระดับใกล้เคียงกัน	42
4	แพทโทเอฟีเซียนท์ของลักษณะ จำนวนช่อดอกต่อต้น น้ำหนัก 1,000 เมล็ด จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด และจำนวนกิ่งต่อต้น ของคำฝอยรุ่นที่ 4 ( $M_4$ ) จำนวน 43 สายพันธุ์	54
5	ลักษณะ และจำนวน โครโมโซม $2n = 24$ ของคำฝอยพันธุ์กลายรุ่นที่ 5 และสายพันธุ์ที่ไม่ผ่านการฉายรังสี	57

# การปรับปรุงพันธุ์คำฝอยไร้หนามให้มีความเร็วเกี่ยวต้น และเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง

โดยรังสิแกมมา

## Improvement of Spineless Safflower by Gamma Rays for Earliness and High Oil Content

### คำนำ

คำฝอย (safflower, *Carthamus tinctorius* L.) เป็นพืชไร่ที่มีคุณสมบัติทนแล้งได้ดีกว่าพืชไร่ชนิดอื่น เช่น ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ข้าวโพด และ ข้าวฟ่าง เป็นต้น เหมาะสำหรับปลูกในปลายฤดูฝน เป็นพืชเสริมรายได้หลังจากปลูกพืชหลัก คำฝอยจัดเป็นพืชน้ำมัน และสมุนไพร น้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดมีคุณภาพดีเหมาะสำหรับการบริโภคเนื่องจากมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง โดยเฉพาะกรดไขมันไม่อิ่มตัวลิโนลินิก (linoleic acid 18 : 2) นอกจากนี้น้ำมันคำฝอยยังนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น สบู่ เนยเทียม น้ำมันชักเงา และใช้เป็นส่วนประกอบของการทำสี กากเมล็ดที่เหลือจากการสกัดน้ำมันจะมีโปรตีนสูง ใช้เป็นอาหารสัตว์หรือปุ๋ยได้ดี สำหรับกลีบดอกนำมาตากแห้งทำเป็นชาสมุนไพร ตามตำรายาแพทย์แผนโบราณ ซาคำฝอยมีคุณสมบัติช่วยให้ระบบหมุนเวียนโลหิตดี ผ่อนคลายกล้ามเนื้อ ลดระดับไขมันในเลือด บำรุงประสาท ขับระดู และแก้ดีพิการ (วาสนา, 2542 ; วันดี, 2541; สุนทรี, 2535 และ Dajue and Yanzhou, 1993) ดังนั้นคำฝอยน่าจะเป็นพืชอีกทางเลือกหนึ่ง ที่ควรจะมีการส่งเสริมการปลูก และการวิจัย เพื่อให้ได้พันธุ์ที่มีคุณสมบัติที่ดีทั้งน้ำมัน และกลีบดอก พื้นที่เพาะปลูกคำฝอยในประเทศไทยยังมีไม่มากนัก เนื่องจากขาดการส่งเสริมจากหน่วยงานราชการ นอกจากนี้เจ้าหน้าที่เกษตร และเกษตรกรส่วนมากยังเข้าใจว่าพันธุ์คำฝอยนั้นต้องมีหนามซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญในการเข้าไปปฏิบัติงานในแปลงปลูกคำฝอย เพราะยังไม่มีการใช้เครื่องจักรกลการเกษตร เช่นการกำจัดวัชพืช และการเข้าไปเก็บกลีบดอก เพื่อนำมาทำชาสมุนไพร ดังนั้นกลีบดอกคำฝอยที่ใช้ภายในประเทศส่วนมากนำเข้าจากประเทศจีน และอินเดีย เพื่อมาใช้ในกิจการสมุนไพรรวมทั้งน้ำมันคำฝอยที่นำเข้าจากต่างประเทศด้วย

ปัจจุบันประชาชนนิยมบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพกันมากขึ้น โครงการปรับปรุงพันธุ์คำฝอย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้แนะนำพันธุ์คำฝอยไร้หนามพันธุ์พานทองในปี 2541 คำฝอยพันธุ์นี้มีช่วงออกดอก และอายุเก็บเกี่ยวค่อนข้างยาว มีปริมาณน้ำมันค่อนข้างต่ำประมาณ 24.26 เปอร์เซ็นต์ (วาสนา และคณะ, 2541) จินารัตน์ (2544) ได้ปรับปรุงพันธุ์คำฝอยไร้หนาม โดยการผสมระหว่างสายพันธุ์คำฝอยไร้หนาม และคำฝอยมีหนามพบว่าเมล็ดของสายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 5 มีปริมาณน้ำมันสูงสุด เท่ากับ 18.08 เปอร์เซ็นต์ซึ่งต่ำกว่า พันธุ์พานทอง

การปรับปรุงพันธุ์คำฝอยโดยใช้รังสีแกมมา ซึ่ง Abo-Hegazi and Shalaby (1993), Anwar *et al.* (1993) และ Kumar (1997) รายงานว่าได้สายพันธุ์คำฝอยที่ให้องค์ประกอบผลผลิต และปริมาณน้ำมันสูงขึ้น ดังนั้น การนำรังสีแกมมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์คำฝอยไร้หนามน่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำมัน และลักษณะต่างๆ เช่น ผลผลิต ช่วงออกดอกสั้น และอายุเก็บเกี่ยวเร็ว เป็นต้น

## วัตถุประสงค์

คัดเลือกสายพันธุ์กล้วยคำฝอยไร้หนามที่มี เปอร์เซ็นต์น้ำมันเพิ่มขึ้น และมีลักษณะทางเกษตรที่ต้องการ เช่น ผลผลิตสูง สุกดิบดอกส้มแดง ช่วงออกดอกสั้น และอายุเก็บเกี่ยวเร็ว เพื่อพัฒนาเป็นพันธุ์โดยตรง หรืออาจใช้เป็นแหล่งพันธุกรรม สำหรับปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

## การตรวจเอกสาร

คำฝอยเป็นพืชในวงศ์ Compositae สกุล *Carthamus* สปีชีส์ *tinctorius* จำนวนโครโมโซม  $2n = 2x = 24$  มีถิ่นกำเนิดอยู่บริเวณตะวันออกกลาง (Middle East) เป็นพืชที่มีความสำคัญ และปลูกมากในประเทศ อินเดีย เม็กซิโก เป็นพืชรองในอเมริกา เอธิโอเปีย ออสเตรเลีย อาร์เจนตินา คาซัคสถาน จีน และสเปน (วาสนา, 2542)

คำฝอยเป็นพืชผสมตัวเอง เป็นพวกพืชฤดูเดียว และทนแล้ง เนื่องจากมีรากหยั่งลึกยาวและแข็งแรงสามารถเจริญเติบโตจนครบวงจรชีวิตโดยใช้ความชื้นที่มีอยู่ในดิน ในขณะที่ปลูกเท่านั้น ลำต้นคำฝอยเป็นไม้เนื้ออ่อนผิวเรียบไม่มีขน มีความสูง 0.5-1.5 เมตร ลำต้นตรง และแตกกิ่ง กิ่งแรกเกิดที่ความสูงจากโคนต้น 15-20 เซนติเมตร ใบคำฝอยเป็นใบเดี่ยวมีสีเขียวเข้ม ผิวเรียบเป็นมัน มีรูปร่างแบบ oblong ไปจนถึง ovate-lanceolate ก้านใบสั้นหรือไม่มีก้านใบ การจัดเรียงตัวของใบเป็นแบบเวียนสลับรอบลำต้น ดอกเกิดเป็นช่อแบบ head หรือ capitulum ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5-4.0 เซนติเมตร แต่ละช่อดอกประกอบด้วยดอกย่อย (florete) ประมาณ 20-180 ดอก แต่ละดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ ยกเว้นดอกที่เรียงตัวอยู่ 2 วงรอบนอก มีเพศเมียเป็นหมัน ผลของคำฝอยเป็นแบบ achene เมล็ดมีสีขาวยาวทื่ออ่อน ผิวเรียบเป็นมันไม่มีขน ช่อดอกที่สมบูรณ์จะมีเมล็ดประมาณ 110 เมล็ด (วาสนา, 2542 และ วิทยา, 2541)

ระยะการเจริญเติบโต และพัฒนาของคำฝอย แบ่งออกเป็น 5 ระยะ ระยะแรกเรียกว่าระยะพุ่มแฉ่ (rosette stage) เป็นระยะการเจริญเติบโตหลังจากคำฝอยงอกจนถึงก่อนที่ลำต้นจะมีการยืดปล้อง โดยที่คำฝอยสร้างใบเป็นจำนวนมาก และอยู่ซ้อนกันค่อนข้างแน่นเป็นกลุ่ม (cluster) ลักษณะดังกล่าวแสดงถึงการปรับตัวต่อสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ คำฝอยเป็นพืชที่มีความไวต่อช่วงแสง ถ้ามีช่วงแสงสั้นจะส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตในระยะลำต้นเป็นพุ่มแฉ่ (rosette stage) ทำให้ระยะนี้มี การเจริญเติบโตนานขึ้น ช่วงระยะเวลาของระยะพุ่มแฉ่ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และสภาพแวดล้อม ระยะที่ 2 ระยะการยืดตัวของลำต้น (elongation) หลังจากระยะพุ่มแฉ่ความสูงลำต้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยทั่วไปจะมีอัตราการเจริญเติบโต 4.5 เซนติเมตรต่อวัน ที่ระยะนี้ต้องมีน้ำ และธาตุอาหารที่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโต ระยะที่ 3 ระยะการสร้างตา (bud stage) มีการสร้างตาข้างที่มุมใบเพื่อเจริญเติบโตเป็นกิ่ง ตายอดของลำต้นหลัก และของกิ่งแต่ละกิ่งจะพัฒนาเป็นตาดอกเพื่อสร้างช่อดอก ระยะที่ 4 ระยะดอกบาน (flowering stage) เป็นระยะที่ช่อดอกของแต่ละต้นบาน 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวนช่อดอกต่อต้น ประมาณ 3-100 ช่อดอก คำฝอยเป็นพืชที่มีการ

เจริญเติบโตแบบทอดยอด (indeterminate) ช่อดอกที่ลำต้นหลักจะบานก่อนช่อดอกที่กิ่งแขนง ระยะดอกบานจากดอกแรกจนถึงดอกสุดท้ายของแต่ละต้น ประมาณ 17-40 วัน ระยะที่ 5 ระยะเมล็ดสุกแก่ (seed maturation stage) เริ่มจากการผสมเกสรจนถึงเมล็ดสุกแก่ การสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดเกิดขึ้นในระยะ 15 วัน หลังผสมเกสร และ การสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดที่ 28 วัน หลังผสมเกสร ระยะที่เมล็ดมีน้ำหนักแห้งสูงสุด มีความชื้นในเมล็ดประมาณ 22-25 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะนี้มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันและค่าไอโอดีนสูงสุด (วาสนา, 2542)

### องค์ประกอบของเมล็ด

ปัจจุบันประชาชนในหลายประเทศนิยมบริโภคน้ำมันคำฝอยในการทำอาหารกันมากขึ้น เนื่องจากเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดี ในปี ค.ศ. 2000 ประชาชนในประเทศจีนนิยมใช้น้ำมันคำฝอยในการประกอบอาหาร เพราะ มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง มากกว่า 90 % (มีกรดไขมันลิโนเลอิก 80 %) และเรียกน้ำมันคำฝอยว่า “ king of the linoleic acid” นอกจากนี้มีความสำคัญในการควบคุมการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจแข็ง (arteriosclerosis) ช่วยลดไตรกลีเซอไรด์ และคลอเรสเตอรอล ในประเทศจีน มีการผลิตกลีบดอกคำฝอย และเมล็ดเพื่อสกัดน้ำมัน ทั้งใช้ภายในประเทศ และส่งออก (Zhomu and Lijie , 2001) Betschart (1975) กล่าวว่า กรดไขมัน โปรีติน และถั่ว มีมากที่ส่วนของใบเลี้ยงซึ่งเป็นที่สะสมอาหาร ส่วนเส้นใยพบมากที่ส่วนของเปลือกเมล็ด เมล็ดคำฝอยประกอบด้วยเปลือก 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสะสมอาหาร 50 เปอร์เซ็นต์ สายพันธุ์คำฝอยที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดบางจะมีเนื้อเมล็ด 55-70 เปอร์เซ็นต์ เปลือกหุ้มเมล็ด 30-45 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณน้ำมันในเนื้อเมล็ด 35-45 เปอร์เซ็นต์ และโปรีติน 17 เปอร์เซ็นต์ Nagaraj (1993) รายงานว่า สายพันธุ์คำฝอยที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดบาง น้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ จะมีโปรีตินสูงถึง 34 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำมัน 46 เปอร์เซ็นต์ กรดโอเลอิก 67 เปอร์เซ็นต์ และกรดลิโนเลอิก 74-78 เปอร์เซ็นต์ โปรีตินที่ได้จากเมล็ดคำฝอยจะมีกรดอะมิโนไลซีนน้อย แต่มีวิตามิน และแร่ธาตุบางชนิดสูง Hill and Knowles (1968) รายงานว่า เมล็ดคำฝอยที่ระยะสุกแก่ จะมี เปลือกหุ้มเมล็ด 33-60 เปอร์เซ็นต์ และ เนื้อเมล็ด 40-67 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำมันอยู่ระหว่าง 20-45 เปอร์เซ็นต์ Nagaraj (1994) ได้ศึกษาคำฝอยจำนวน 24 สายพันธุ์ พบว่า ปริมาณของน้ำมันในเมล็ดมีค่าระหว่าง 25.1-34.1 เปอร์เซ็นต์ โปรีติน 8.6-12.6 เปอร์เซ็นต์ กรดไขมันลิโนเลอิก 72-80 เปอร์เซ็นต์ กรดโอเลอิก 11.19 เปอร์เซ็นต์ มีกรดไขมันพาล์มมิติก และสเตอริก เล็กน้อย น้ำมันคำฝอยจะมีกรดไขมันที่อิ่มตัวน้อยประมาณ 0.14-0.25 เปอร์เซ็นต์ สายพันธุ์คำฝอยส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำมันสูงกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ และมีกรดลิโนเลอิกมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ Nagaraj (2001) รายงานว่า สายพันธุ์คำฝอยของอินเดีย 3 สายพันธุ์ มีปริมาณ น้ำมัน

ระหว่าง 26-32 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 21-23 เปอร์เซ็นต์ กรดไขมันเลว 74-78 เปอร์เซ็นต์ โดยที่สายพันธุ์ HUS 305 มีปริมาณ น้ำมัน โปรตีน กรดไขมันเลว และไขมันสูง สายพันธุ์ A-1 มีปริมาณ น้ำมัน กรดไขมันเลวต่ำ แต่มีวิตามินอี และ gamma tocopherol สูง และสายพันธุ์ Manjira มีปริมาณ น้ำมัน กรดไขมันเลว วิตามินอี และ gamma tocopherol สูง

Knowles (1965) รายงานว่า ยีนเด่น *Ol* ควบคุมปริมาณกรดไขมันเลวในระดับ 75-78 เปอร์เซ็นต์ ยีนแฝง *ol* ควบคุมปริมาณกรดไขมันเลวในระดับ 71-75 เปอร์เซ็นต์ และกรดไขมันเลวต่ำ ยีนแฝง *ol'* ควบคุมปริมาณกรดไขมันเลว และไขมันเลวในระดับปานกลาง Knowles (1972) รายงานว่า จีโนไทป์ *OlOlStSt*, *ololStSt* และ *OlOlstst* มีกรดไขมันเลว กรดไขมันเลว และกรดสเตียริกในปริมาณสูงตามลำดับ จีโนไทป์ *ol'ol'StSt* มีกรดไขมันเลวระดับปานกลาง Urie (1981) กล่าวว่า ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดมีผลโดยตรงต่อการเพิ่มเปอร์เซ็นต์น้ำมัน ยีนที่ควบคุมลักษณะความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด แบบ *partial hull* (ผิวสีดำที่ส่วนปลายเมล็ด) คือยีนแฝง *parpar* และเป็นอิสระกับยีนที่ควบคุมลักษณะเปลือกหุ้มเมล็ดบาง (*thth*) และเปลือกหุ้มเมล็ดมีลาย (*stpstp*) Sangale *et al.* (1982) กล่าวว่า สายพันธุ์คำฝอยที่มีปริมาณน้ำมันสูงจะมีลักษณะเปลือกหุ้มเมล็ดบาง Rubis (1967) กล่าวว่า เปอร์เซ็นต์ของเปลือกหุ้มเมล็ดที่ลดลง ส่งผลให้ ปริมาณน้ำมัน และโปรตีนเพิ่มมากขึ้น คำฝอยที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดบาง 20 เปอร์เซ็นต์ และมีสีเทา (*ththStpStp*) จะให้ปริมาณน้ำมันสูงถึง 47 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีน และเส้นใย 40 และ 17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนคำฝอยที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดบาง 20 เปอร์เซ็นต์ และมีสีน้ำตาลลายทาง (*ThThstpstp*) มีปริมาณน้ำมัน 46 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีน และเส้นใย 34 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนคำฝอยที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดหนาปานกลาง 40 เปอร์เซ็นต์ และมีสีขาวผิวเรียบ (*ThThStpStp*) มีน้ำมัน โปรตีน และเส้นใย 39, 20 และ 41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

### กลีบดอกคำฝอย

Nagaraj *et al.* (2001) รายงานว่า กลีบดอกคำฝอย มีน้ำมัน โปรตีน ไขมัน และเส้นใย เท่ากับ 0.83 , 5.0 , 1.9 และ 10.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ น้ำมันที่มีในกลีบดอกเป็นน้ำมันที่มี chain สั้น (10:0, 12:0 และ 14:0) เกิดจากกรดแกมมาลิโนเลอิก (GLA) ร่วมกับ กรดไขมัน เช่น ปาล์มมิติก, สเตียริก, โอเลอิก และ แอลฟาไลโนเลอิก และมีปริมาณธาตุอาหารสูง ได้แก่ แคลเซียม, แมกนีเซียม และ เหล็ก เท่ากับ 530 มิลลิกรัม, 287 มิลลิกรัม และ 7.3 มิลลิกรัม /100 กรัม ตามลำดับ และมี ทองแดง, สังกะสี และ แมงกานีสต่ำ Obada and Onodera (1979) ศึกษาองค์ประกอบของสี ใน

กลีบคำฝอย พบว่ามีลักษณะสีของกลีบดอกตั้งแต่สีเหลืองจนถึงสีแดง การสกัดสีของกลีบดอก ได้ 2 ชนิด คือ สารคาร์ทามิดีน (carthamidine) ให้สีเหลืองสามารถละลายได้ในน้ำ และสารคาร์ทามีน (carthamine) ให้สีแดง ละลายได้ในแอลกอฮอล์ สารสีทั้ง 2 ชนิดนี้มีคุณสมบัติทางยา และใช้ประกอบอาหาร Rudometova *et al.* (2001) ศึกษาวิธีการแยก และ สกัดสารในกลีบดอกคำฝอย ตั้งแต่กลีบดอกสีเหลืองจนถึงสีแดง โดยใช้วิธี thin - layer chromatography และ spectrophotometry พบว่า มี สารสีแดง (คาร์ทามีน) และ สารสีเหลือง (คาร์ทามิดีน) ในคำฝอย

### การใช้ประโยชน์ของคำฝอย

คำฝอยเป็นพืชที่ใช้ประโยชน์ได้ทั้งเมล็ดและกลีบดอก น้ำมันคำฝอยที่ได้จากการสกัดมีคุณสมบัติที่ดีในการบริโภคเนื่องจากมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวโพลีอิกและลิโนเลอิก อยู่ในปริมาณค่อนข้างสูง และยังสามารถใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น มาร์การีน น้ำมันสลัด สีและน้ำมันขัดเงา เนื่องจากมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวลิโนเลอิกต่ำ จึงทำให้มีคุณสมบัติในการรักษาสีไว้ได้ดี และไม่เปลี่ยนเป็นสีเหลือง Bergman and Flynn (2001) ได้นำน้ำมันคำฝอยที่มีกรดโพลีอิกสูงมาผสมกับน้ำมันดีเซลใช้ในเครื่องจักรกลการเกษตร พบว่า ใช้งานได้ดี และไม่ส่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อม อีกทั้งยังลดต้นทุนการผลิตน้ำมันให้ต่ำลง นอกจากนี้กลีบดอกคำฝอยตากแห้งยังใช้เป็นสีย้อมผ้า สีประกอบอาหารและนำมาใช้เป็นเครื่องสำอางเพื่อสุขภาพ บำรุงหัวใจ โลหิต บำรุงประสาท ลดคอเลสเตอรอลในเส้นเลือด ฟอนคลายกล้ามเนื้อ ช่วยระบบการหมุนเวียนโลหิตและลดความดันโลหิต (วาสนา, 2542 ; วันดี, 2541 ; สุนทรี, 2535; Urie *et al.*, 1979 และ Yingquan, 1989) ในจีนนำน้ำมันคำฝอยมาใช้ในอุตสาหกรรมการทำยา ทั้งยาเม็ด ยาน้ำ ใช้ในการนวดผ่อนคลายกล้ามเนื้อ สมานบาดแผล เหน็บชา แผลพุพอง และน้ำร้อนลวก ส่วนสีของกลีบดอกใช้เป็นส่วนผสมทำสีของลูกกวาด เค้ก เครื่องดื่ม เครื่องเทศ ไวน์ แป้งทำอาหาร และอื่นๆ ส่วนของอุตสาหกรรมความงาม ใช้ทำสีย้อมผม น้ำมันบำรุงผิวหน้า น้ำหอมและสบู่อาบน้ำ และสีย้อมเฟอร์นิเจอร์ (Zhomu and Lijie , 2001)

### สหสัมพันธ์ของลักษณะต่างๆ ในคำฝอย

Claassen *et al.* (1950) พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์น้ำมัน และเปอร์เซ็นต์เปลือกหุ้มเมล็ดมีค่าเท่ากับ -0.77 และ -0.81 เปอร์เซ็นต์น้ำมันกับปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดเท่ากับ -0.34 เปอร์เซ็นต์น้ำมันกับขนาดของเมล็ดเท่ากับ 0.22 เปอร์เซ็นต์น้ำมันกับ ลักษณะการมีหนามเท่ากับ

0.20 และเปอร์เซ็นต์น้ำมันในเนื้อของเมล็ดมีความสัมพันธ์ทางบวกกับขนาดของเมล็ด Johnson *et al.* (2001) ศึกษาลักษณะความสัมพันธ์ความกว้างของกิ่ง ความยาวของกิ่ง เส้นผ่านศูนย์กลางดอกของช่อดอกแรก อายุวันออกดอก ความสูงต้น น้ำหนักเมล็ด และผลผลิตต่อต้น ของคำฝอยจำนวน 207 สายพันธุ์ พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความสูง และอายุวันออกดอก เท่ากับ 0.62 ความกว้างของกิ่ง และความยาวของกิ่ง เท่ากับ 0.54 จินารัตน์ (2544) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของสายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 4 พบว่า ผลผลิตมีความสัมพันธ์ทางบวกกับ จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก น้ำหนักเมล็ดต่อต้น และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด เท่ากับ 0.2962, 0.0512, 0.0545 และ 0.1120 ตามลำดับ

Singh *et al.* (2004) ศึกษาความสัมพันธ์ และแพทโคเอฟฟีเซียนท์ในคำฝอย 69 สายพันธุ์ พบว่า จำนวนเมล็ดต่อช่อดอกมีความสัมพันธ์ทางบวก อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ กับน้ำหนักเมล็ดต่อช่อดอก และน้ำหนักเมล็ดต่อช่อดอกมีผลทางตรงต่อผลผลิต แต่มีผลทางอ้อมต่อเปอร์เซ็นต์น้ำมันในเมล็ด ดังนั้นน้ำหนักเมล็ดต่อช่อดอกจึงมีความสำคัญในการปรับปรุงพันธุ์คำฝอยเพื่อเพิ่มผลผลิต Tuncturk and Ciftci (2004) ศึกษาความสัมพันธ์ และแพทโคเอฟฟีเซียนท์ในคำฝอยในปี ค.ศ. 2001 และ 2002 พบว่า การทดลองในปีแรกนั้น ความสูงต้น จำนวนช่อดอกต่อต้น เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และ ปริมาณน้ำมันมีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ 0.385\*\* 0.160\* 0.945\*\* และ 0.981\*\* ตามลำดับ ค่าแพทโคเอฟฟีเซียนท์ของความสูงต้น จำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก มีผลทางตรงต่อผลผลิต แต่น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ปริมาณโปรตีน และน้ำมัน มีผลทางอ้อมต่อผลผลิต การทดลองในปีที่สอง พบว่าทุกลักษณะมีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลผลิต ส่วนค่าแพทโคเอฟฟีเซียนท์ของจำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และปริมาณโปรตีน มีผลทางตรงต่อผลผลิต ความสูงต้น จำนวนกิ่งต่อต้น และ ปริมาณน้ำมัน มีผลทางอ้อมต่อผลผลิต Ranga Rao and Ramachandram (1997) กล่าวว่า จำนวนช่อดอกต่อต้น มีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิต

### ลักษณะพันธุกรรมของคำฝอย

Fernandez-Martinez and Knowles (1978) ได้ศึกษาพันธุกรรมการแตกกิ่งของคำฝอย กิ่งที่ทำมุมกับลำต้นไม่เกิน 20 องศา ควบคุมด้วยยีน *apap* และยีน *decdec* ควบคุมกิ่งที่ทำมุมกับลำต้นตั้งแต่ 80-90 องศา ยีน *ap* และ *dec* เป็นอิสระต่อกัน คำฝอยที่มีจีโนไทป์ *Apapdecdec* กิ่งทำมุมกับลำต้น 40-70 องศา Abel (1975) พบว่า พันธุกรรมที่ควบคุมการแตกกิ่งของคำฝอยมียีนควบคุม

แบบข่มสมบูรณ์ โดยให้สัญลักษณ์ขึ้นเด่น คือ  $Cc$  และมีขึ้นแฝงเป็น  $cbeb$  Dajue *et al.* (1993) ได้จัดแบ่งชนิดของมูมกึ่ง ดังนี้ กึ่งที่ทำมูมกับลำต้น 15-20 องศา เป็นมูมกึ่งแคบ (appressed) 20-60 องศา เป็นมูมกึ่งปานกลาง (intermediate) 60-90 องศา เป็นมูมกึ่งกว้าง (spreading) และมูมกึ่งมีค่ามากกว่า 90 องศา เป็นมูมกึ่งกว้างมาก (drooping)

Narkhede and Deokar (1986) พบว่า ยีนที่ควบคุมลักษณะสีของกลีบดอก ได้แก่  $Y, C, O$  และ  $R$  โดยยีน  $C$  เมื่อเข้าคู่กับยีน  $O$  และ  $R$  คือ  $CO, CR$  หรือ  $COR$  ควบคุมสีค่อนข้างเทาไปจนถึงสีขาว ยีน  $YC$  ควบคุมสีแดง ยีน  $YCR$  ควบคุมสีส้ม และยีน  $YCOR$  ควบคุมสีค่อนข้างเหลืองจนถึงสีน้ำตาล Kotecha (1979) รายงานว่า ยีนที่ควบคุมลักษณะสีของกลีบดอกสีส้ม คือ  $O_Y, O_{yy}$  และ  $ooyy$  และยีนที่ควบคุมสีเหลือง คือ  $ooYY$  และ  $ooYy$  Pahlavani *et al.* (2004) ศึกษาการถ่ายทอดยีนที่ควบคุมสีกลีบดอก และลักษณะมีหนามของคำฝอย พบว่า ลักษณะสีของกลีบดอกควบคุมด้วยยีน 2 ตำแหน่ง คือ ยีน  $O$  และ  $Y$  ซึ่งควบคุมสีส้ม และสีเหลือง ตามลำดับ ส่วนลักษณะมีหนามควบคุมด้วยยีนเด่น  $Sp$  ( $SpSp$ ) ลักษณะไร้หนามควบคุมด้วยยีนแฝง  $sp$  ( $spsp$ ) และสายพันธุ์คำฝอยที่มีกลีบดอกสีส้ม ไร้หนาม ( $OOyyspsp$ ) เป็นสายพันธุ์ที่มีลักษณะที่คัดต่ออุตสาหกรรมการเก็บกลีบดอก

Rubis (1967) รายงานว่า ลักษณะเปลือกหุ้มเมล็ดที่เป็นลายทาง (striped hull) ควบคุมด้วยยีนแฝง 1 ตัว ซึ่งยีนนี้ช่วยลดความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด ยีนแฝงมีอิทธิพลต่อการพัฒนาผนังเซลล์ชั้นนอกของเปลือกหุ้มเมล็ด และช่องว่างของ ชั้น phytomelanin เปลือกหุ้มเมล็ดที่มีลายทางสีเทาควบคุมโดยยีน  $stp^s$  เปลือกหุ้มเมล็ดสีม่วงลายทางควบคุมด้วยยีน  $stp^p$  ส่วนเปลือกหุ้มเมล็ดมีสีน้ำตาลลายทางควบคุมโดยยีน  $stp$  เปลือกหุ้มเมล็ดที่มีผิวเรียบไม่มีลายควบคุมด้วยยีน  $Stp$  ซึ่งเป็นยีนเด่น ยีน  $stp^s$  และ  $stp^p$  ส่วนใหญ่นำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์คำฝอย สำหรับลักษณะเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลลายทาง จะมีเศษเยื่อเล็กๆ ในน้ำมันและ โปรตีน ส่งผลให้น้ำมันมีกลิ่น และเป็นสีดำ

### การฉายรังสีพืช

เซลล์พืชประกอบด้วยโมเลกุลต่างๆ ที่มีความสำคัญต่อโครงสร้างและการทำหน้าที่ภายในเซลล์ชีวโมเลกุลขนาดใหญ่ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และกรดนิวคลีอิก (nucleic acid) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารพันธุกรรม เมื่อเซลล์ได้รับรังสีต่างๆ เช่น รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา หรือรังสีนิวตรอน รังสีถ่ายเทพลังงานให้กับโมเลกุลต่างๆ ของเซลล์ ในกระบวนการถ่ายเทพลังงานทำให้

โมเลกุลได้รับพลังงานและแตกตัวเป็นไอออน (ion) และฟรีเรดิคัล (free radical) ต่างๆ มีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลใหม่ มีการทำปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างกันเกิดเป็นโมเลกุลที่มีคุณสมบัติทางชีวเคมีต่างไปจากเดิม รังสีสามารถถ่ายเทพลังงานให้กับโมเลกุลต่างๆได้โดยตรง คือชีวโมเลกุลรับพลังงานจากรังสีโดยตรง หรือส่งผ่านโดยทางอ้อม โดยรังสีจะถ่ายเทพลังงานให้กับโมเลกุลของน้ำที่อยู่ภายในเซลล์ ทำให้โมเลกุลของน้ำแตกตัวเป็นไอออนและฟรีเรดิคัลต่างๆ เรียกรวมนั้นว่า เรดิโอไลติกโปรดักต์ (radiolytic product) พวกโมเลกุลเหล่านี้สามารถเข้าทำอันตรายกับชีวโมเลกุลภายในเซลล์ดังกล่าว ทำให้โครงสร้าง และหน้าที่ของชีวโมเลกุลเปลี่ยนแปลง เมื่อคุณสมบัติทางชีวเคมีของโมเลกุลเหล่านั้นเปลี่ยนแปลงไปก็จะไปกระทบกระเทือนต่อเซลล์ที่โมเลกุลเหล่านี้ทำหน้าที่อยู่ด้วย ผลที่ได้คือ ถ้าไม่รุนแรงนัก เซลล์ยังคงมีชีวิตอยู่ แต่ความสามารถในการแบ่งเซลล์อาจเปลี่ยนแปลงไป เช่น เกิดความล่าช้าในการเข้าสู่การแบ่งเซลล์ (meiotic delay) เกิดการเปลี่ยนแปลงในสารพันธุกรรมที่สามารถส่งต่อไปยังเซลล์ลูกหลานได้ เรียกว่า เกิดการกลายพันธุ์ หรือถ้ารุนแรงมากทำให้เซลล์ไม่สามารถแบ่งตัวได้ และเซลล์เกิดการตายในที่สุด (สิรินุช, 2540)

### การใช้รังสีเหนี่ยวนำให้กลายพันธุ์ในการปรับปรุงพันธุ์พืช

การใช้รังสีในการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในพืชเป็นอีกแนวทางหนึ่งของการนำรังสีเข้ามาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์พืช โดยเรียกว่า การปรับปรุงพันธุ์โดยการกลายพันธุ์ (mutation breeding) ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่จะส่งเสริมการปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีมาตรฐาน (conventional breeding) รังสีแกมมาเป็นรังสีที่นำมาใช้งานมากที่สุด รองลงมา คือรังสีเอกซ์ รังสีแกมมา เกิดจากการสลายตัวของนิวเคลียสของเรดิโอไอโนวไคลด์ ในปฏิกิริยาการสลายตัวของนิวเคลียสเรดิโอไอโนวไคลด์ ซึ่งมีสภาพไม่เสถียร (unstable) พยายามปรับตัวให้เข้าสู่สภาพเสถียร (stable) โดยการปลดปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมาในรูปของ รังสีแอลฟา ( $\alpha$ ) หรือรังสีบีตา ( $\beta$ ) และติดตามด้วยการสลายตัวให้รังสีแกมมาเรดิโอไอโนวไคลด์ที่นิยมใช้ในการให้รังสีแกมมา คือโคบอลต์-60 (Cobalt-60) และซีเซียม-137 (Cesium-137) รังสีแกมมานิยมนำมาใช้เพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายมากกว่ารังสีเอกซ์ เนื่องจากสามารถฉายรังสีได้ 2 แบบ คือ การฉายรังสีแบบเฉียบพลัน (acute irradiation) คือการใช้รังสีปริมาณสูง ในระยะเวลาสั้น นิยมใช้กับเมล็ด หรือส่วนที่ขยายพันธุ์ด้วยเนื้อเยื่อต้นพืชอัตราการกลายพันธุ์โดยทั่วไปค่อนข้างสูง ขนาดของส่วนที่กลาย (mutated sector) ใหญ่ง่ายต่อการคัดเลือกลักษณะนั้นๆออกมา แต่มีข้อเสียคือจะมีการผิดปกติของโครโมโซมสูงมาก ทำให้เกิดความเสียหายทางสรีระ (physiological effect) กับตัวอย่างพืชค่อนข้างมาก เป็นผลให้ลดความสมบูรณ์เพศลงไป วิธีที่สองการฉายรังสีแบบเรื้อรัง หรือ โครนิก

(chronic irradiation) การใช้รังสีปริมาณต่ำในระยะเวลานาน นิยมใช้กับพืชทั้งต้น หรือ ส่วนของพืชที่กำลังเจริญเติบโต และส่วนของพืชที่อยู่ในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ การได้รับรังสีแบบนี้จะเสียหายน้อยกว่าการได้รับรังสีแบบเฉียบพลัน การกลายที่เกิดขึ้นมักเกิดการกลายในยีนมากกว่าโครโมโซม ข้อดีคือ สามารถนำพืชเข้ารับรังสีในระยะใดของการเจริญเติบโตก็ได้ ข้อเสียคือ ส่วนกลายจะมีขนาดเล็ก ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะค้นหา และแยกส่วนที่กลายออกมา (อรุณี, 2539 ; Brigg and Konzak, 1977)

### ปริมาณรังสีที่เหมาะสม

พืชแต่ละชนิดมีความไวต่อรังสีแตกต่างกัน ลักษณะความไวต่อรังสี หรือความต้านทานต่อรังสีขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ นอกเหนือจากวิธีการฉายรังสี ยังขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีที่ใช้ ส่วนของพืชที่ใช้ฉายรังสี และความชื้นของส่วนของพืชนั้น การหาปริมาณรังสีที่เหมาะสมของแต่ละพืชเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็น สามารถหาปริมาณรังสีที่เหมาะสมได้โดยทำการทดลองหาค่า LD<sub>50</sub> (50% lethality) หรือ GR<sub>50</sub> (50% growth reduction) หาเปอร์เซ็นต์ความอยู่รอดของต้นกล้าที่อายุ 30 วัน หรือเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของต้นกล้าที่อายุ 15 วัน เปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของพืชที่ไม่ฉายรังสี ปริมาณรังสีที่เหมาะสมที่แนะนำใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ คือ ปริมาณรังสีที่ทำให้เกิดการตายของต้นพืชอยู่ในช่วง 30-50 เปอร์เซ็นต์ (LD<sub>30</sub>-LD<sub>50</sub>) หรือค่าความเจริญเติบโตอยู่ในช่วง GR<sub>50</sub> (อรุณี, 2539) Conger *et al.* (1968) แนะนำว่าความชื้นในเมล็ดที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 8-14 เปอร์เซ็นต์ และควรปลูกทันทีหลังจากที่เมล็ดได้ผ่านการฉายรังสีแล้ว ไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 1 สัปดาห์ หลังการฉายรังสี เพราะจะทำให้เมล็ดเกิดความเสียหายมากขึ้น ส่งผลต่อการงอกของเมล็ด

### การปรับปรุงพันธุ์คำฝอย

ในสหรัฐอเมริกา ได้มีการปลูกคำฝอยตั้งแต่ปี 1942 สายพันธุ์คำฝอยมีหนาม มีเปอร์เซ็นต์น้ำมัน 27-30 เปอร์เซ็นต์ และสายพันธุ์ไร้หนาม มีเปอร์เซ็นต์น้ำมัน 20-24 เปอร์เซ็นต์ และได้มีการพัฒนาสายพันธุ์การค้า โดยการปรับปรุงพันธุ์ คำฝอยให้มีปริมาณน้ำมันเพิ่มมากขึ้นรวมทั้งปรับปรุงลักษณะของเมล็ด และลักษณะทางเกษตรอื่นๆ (Claassen *et al.* 1950) Ramachandram (1985) รายงานว่า คำฝอยเป็นพืชพื้นเมืองของอินเดีย และเป็นที่ยูจิกว่าน้ำมันคำฝอยมีคุณภาพ แต่มีปริมาณน้ำมัน และผลผลิตต่ำ เท่ากับ 28-32 เปอร์เซ็นต์ และ 600 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ

Mundel *et al.* (1999) ได้ปรับปรุงพันธุ์คำฝอยโดยวิธีคัดเลือกแบบจุดประวัติน และได้นำคำฝอยสายพันธุ์ Lesaf 414 เป็นสายพันธุ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นเท่ากับ 127 วัน ให้ผลผลิตเมล็ด 427 กิโลกรัมต่อไร่ และน้ำมันเท่ากับ 356 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักเมล็ด

Mundel and Braun (1999) ได้แนะนำสายพันธุ์คำฝอย 2 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ Lesaf 494 และ Lesaf 496 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์กรดไขมันและกรดไขมันสูง มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น ที่ได้จากการผสมพันธุ์และคัดเลือกแบบจุดประวัติน โดยที่สายพันธุ์ Lesaf 494 ให้ผลผลิต 232 กิโลกรัมต่อไร่ อายุเก็บเกี่ยว 124 วัน น้ำมัน 427 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักเมล็ด กรดไขมัน 733 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักน้ำมัน และกรดไขมัน 192 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักน้ำมัน ส่วนสายพันธุ์ Lesaf 496 ให้ผลผลิต 214 กิโลกรัมต่อไร่ อายุเก็บเกี่ยว 126 วัน น้ำมัน 422 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักเมล็ด มีกรดไขมัน 772 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักน้ำมันและกรดไขมัน 152 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักน้ำมัน

### การปรับปรุงพันธุ์คำฝอยในประเทศไทย

วาสนา และคณะ (2538) รายงานการประเมินผลผลิตและลักษณะทางเกษตรของคำฝอยจำนวน 31 สายพันธุ์ ประกอบด้วยคำฝอยไร้หนาม จำนวน 5 สายพันธุ์ คำฝอยมีหนาม 26 สายพันธุ์ พบว่า คำฝอยไร้หนามสายพันธุ์ Acc 393 มีลักษณะสีกลีบดอกส้มแดง และดอกมีขนาดใหญ่ให้ผลผลิตสูง 311 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งอยู่ในอันดับ 2 น่าจะเป็นสายพันธุ์ที่มีแนวโน้มที่จะแนะนำเป็นพันธุ์ปลูกได้

วาสนา และคณะ (2541) ได้ปรับปรุงพันธุ์คำฝอยโดยวิธีคัดสายพันธุ์บริสุทธิ์ (pure line selection) จากสายพันธุ์ Acc 393 และได้แนะนำสายพันธุ์คำฝอยไร้หนามพันธุ์พานทองให้แก่เกษตรกร ซึ่งให้ผลผลิตเมล็ด 138 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตกลีบดอกแห้ง 8-10 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณน้ำมัน 24.69 เปอร์เซ็นต์ มีอายุเก็บเกี่ยวค่อนข้างยาว

วาสนา และคณะ (2544) รายงานผลการประเมินผลผลิต และลักษณะทางเกษตรของคำฝอยไร้หนามรุ่นที่ 5 ที่ได้จากการคัดเลือกสายพันธุ์แบบจุดประวัตินจากกลุ่มผสมระหว่างสายพันธุ์คำฝอยไร้หนาม จำนวน 26 สายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์คำฝอยที่คัดเลือกไว้จำนวน 15 สายพันธุ์ มีอายุ

วันออกดอกค่อนข้างสั้น ทำให้การสุกแก่ของดอกใกล้เคียงกัน เมล็ดมีคุณภาพดี กลีบดอกมีสีเหลือง ส้ม ซึ่งเป็นสีกลีบดอกที่เหมาะสมสำหรับใช้ทำชาสมุนไพร

จินารัตน์ (2544) ได้ปรับปรุงพันธุ์คำฝอยโดยการผสมระหว่างคำฝอยไร่หนามและมีหนาม พบว่า เมล็ดของสายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 5 มีปริมาณน้ำมันสูงสุดเท่ากับ 18.08 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าพันธุ์พานทอง

### การปรับปรุงพันธุ์คำฝอยโดยใช้รังสีแกมมา

El-Gayar and Hagab (1996) ทดลองใช้รังสีแกมมา ปริมาณ 0 , 2 , 4 , 8 และ 16 กิโลเรด (Krad) ในคำฝอยพันธุ์ Giza1 ได้สายพันธุ์คำฝอยที่ให้ผลผลิตเมล็ดต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก และจำนวนกิ่งต่อต้นเพิ่มมากขึ้น Medhat *et al.* (1989) รายงานการทดลองใช้รังสีแกมมากับเมล็ดคำฝอย 2 สายพันธุ์ที่มี อายุสุกแก่เร็ว ที่ปริมาณ 0 , 40 , 60 , 80 , 100 และ 120 กิโลเรด ที่ปริมาณรังสี 60-80 กิโลเรด ความสูงต้นที่เกิดกิ่งแรก เมล็ดต่อช่อดอก ผลผลิตเมล็ดต่อต้น วันออกดอก และเส้นผ่านศูนย์กลางของดอก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทั้งสองสายพันธุ์ เมื่อใช้ ปริมาณรังสี 80 กิโลเรดเปอร์เซ็นต์น้ำมันลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์ที่ไม่ฉายรังสี และแนะนำว่า ปริมาณรังสี 60 ถึง 80 กิโลเรด เหมาะสมในการปรับปรุงพันธุ์คำฝอยทั้งสองสายพันธุ์เพื่อการคัดเลือกลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงในเมล็ดในรุ่นที่ 2

Singh (1974) ทดลองใช้รังสีแกมมากับเมล็ดคำฝอย ปริมาณ 0 , 10 , 20 , 25 , 30 , 35 , 40 , 45 และ 50 กิโลเรด พบว่า รังสีแกมมาสามารถชักนำให้ความงอกเปลี่ยนแปลง ปริมาณรังสีที่สูงกว่า 20 กิโลเรด ทำให้เกิดปฏิกิริยา catalase และ lipase และเพิ่มปริมาณ ascorbic acid ในเมล็ด รังสีแกมมาทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงส่งต่อไปยังรุ่น  $M_2$

Yadav and Kumar (1989) ได้เหนี่ยวนำให้เกิดการกลายในคำฝอย 7 สายพันธุ์ โดย โคลชิซิน 0.1 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 4, 8 และ 12 ชั่วโมง พบว่า น้ำหนักเมล็ด และเปอร์เซ็นต์น้ำมันเพิ่มขึ้น เท่ากับ 19.39-52.20 และ 3.31-19.96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ Kumar (1997) รายงานว่าการใช้รังสีแกมมาปริมาณ 30 กิโลเรดร่วมกับโคลชิซิน ในคำฝอยสายพันธุ์ HUS304 และ HUS219 พบว่า คำฝอยทั้งสองสายพันธุ์มีจำนวนช่อดอกต่อต้น และผลผลิตเมล็ดต่อต้นเพิ่มมากขึ้น และลักษณะทั้งสองนี้มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมัน

Abo-Hegazi and Shalaby (1993) ทดลองใช้รังสีแกมมาที่ปริมาณ 0 - 160 กิโลเรดพบว่าที่ปริมาณรังสี 100-160 กิโลเรด ได้สายพันธุ์คำฝอยที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำมัน ขนาดเมล็ด และน้ำหนักเมล็ดต่อต้นเพิ่มมากขึ้น Anwar *et al.* (1993) พบว่าการใช้รังสีแกมมาปริมาณ 45-60 กิโลเรดกับคำฝอย 6 สายพันธุ์ ได้สายพันธุ์คำฝอยที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันเพิ่มสูงขึ้น มากกว่าพันธุ์เดิม

Yuehua and Zhaomu (1993) ทดลองฉายรังสีแกมมาที่เมล็ดคำฝอย 2 สายพันธุ์ ที่มีลักษณะเปลือกหุ้มเมล็ดแตกต่างกัน คือ สายพันธุ์ Xinjiang 6 (เปลือกหุ้มเมล็ดผิวเรียบ) และ สายพันธุ์ 811-6-3-1 (เปลือกหุ้มเมล็ดลายทางยาว) ที่ปริมาณรังสี 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 และ 70 กิโลเรด พบว่า ปริมาณรังสีสูงกว่า 30 กิโลเรด การเจริญเติบโตของต้นคำฝอยต่ำกว่าสายพันธุ์ที่ไม่ผ่านการฉายรังสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และที่ปริมาณรังสีสูงกว่า 10 กิโลเรด การงอกของต้นคำฝอยมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ทดสอบ และผลของรังสีที่มีต่อลักษณะของเปลือกหุ้มเมล็ดทั้ง 2 ลักษณะแตกต่างกัน การตอบสนองต่อรังสีของคำฝอยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์

Satpute and Kothekar (1995) รายงานว่าการใช้รังสีแกมมาปริมาณ 30 กิโลเรด กับเมล็ดคำฝอยพบว่า ลำต้น และกิ่งมีความแข็งแรง ใบมีขนาดใหญ่สีเขียวเข้ม การออกดอกช้า เมล็ดและใบมีโปรตีนสูง และยังมีจำนวนใบมากขึ้น ซึ่งเหมาะสำหรับปลูกคำฝอยเป็นพืชผัก ซึ่งนิยมบริโภคในรัฐ Maharashtra ประเทศอินเดีย

Tejovathi (2001) ได้ฉายรังสีแกมมาปริมาณ 0-45 กิโลเรดใน เมล็ดคำฝอย 5 สายพันธุ์ A-1, Manjira, APRR-3, Tara และ BLY-652 และนำไปเพาะเลี้ยงในอาหาร พบว่า คำฝอยสามารถพัฒนาไปเป็นต้น ได้ 45 เปอร์เซ็นต์ รอดชีวิตจนถึงอายุสุกแก่ 27.8 เปอร์เซ็นต์ เป็นหมัน 0.8 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีเมล็ด 24.8 เปอร์เซ็นต์ ความสูงต้นมีค่าระหว่าง 13.6-46 เซนติเมตร น้ำหนักแห้งของต้นคำฝอยระหว่าง 0.2-34.0 กรัม จำนวนช่อดอกต่อต้น 0-4 ช่อดอก และมีเมล็ด 1-20 เมล็ดต่อต้น

Patil *et al.* (2001) ได้นำเมล็ดคำฝอยพันธุ์ A-1 ลูกรุ่นที่ 1 ของกลุ่มผสม 398-9-15 x 420-24-3 และ (398-9-15 x 420-24-3) x A-1 มาฉายรังสีแกมมาปริมาณ 30 กิโลเรด ได้ตรวจสอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมของสายพันธุ์  $M_2$ ,  $F_2$  และ  $F_2M_2$  พบว่า สายพันธุ์คำฝอยที่ได้จากการฉายรังสี สายพันธุ์ A-1 มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมของลักษณะ น้ำหนัก 100 เมล็ด เส้นผ่าน

ศูนย์กลางดอก และจำนวนช่อดอกต่อต้น น้อยกว่าสายพันธุ์คำฝอยที่มาจากการผสมพันธุ์ที่ไม่ฉายรังสี และฉายรังสี ประชากร  $F_2 M_2$  ให้ลักษณะ น้ำหนักเมล็ด จำนวนเมล็ด และผลผลิตต่อต้นดีกว่า ประชากร  $F_2$  และประชากร  $F_2 M_2$  ที่มาจากกลุ่มผสม 3 สายพันธุ์ มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมของลักษณะ จำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนช่อดอกต่อต้น และเส้นผ่านศูนย์กลางดอก มากกว่าประชากร  $F_2 M_2$  ของกลุ่มผสม 2 สายพันธุ์

นอกจากนี้ได้มีการศึกษาการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายในลักษณะผลผลิต และ เปอร์เซ็นต์น้ำมัน ในพืชน้ำมันหลายชนิด Brunner (1977) รายงานว่าปริมาณรังสีแกมมาที่ลดการเจริญเติบโต 50 เปอร์เซนต์ในพืช อยู่ในช่วง 65-100 กิโลแตร และปริมาณรังสีที่ชักนำให้เกิดกลายพันธุ์อยู่ในช่วง 40 - 70 กิโลแตร Fick (1975) ใช้ nuclear magnetic resonance (NMR) ในทานตะวันพบว่าปริมาณน้ำมันเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะทางคุณภาพที่ถูกควบคุมด้วยยีนข่มแบบบวก Rawling *et al.* (1958) ทดลองใช้รังสีเอกซ์ปริมาณ 7.5 - 20 กิโลแตร และรังสีนิวตรอนปริมาณ  $5.6 \times 10^{12}$  -  $2.4 \times 10^{13}$  thn/cm<sup>2</sup>/sec กับถั่วเหลืองพันธุ์ Adam and Hawkey พบว่า เมล็ดมีขนาดใหญ่ขึ้น และลำต้นสูงขึ้น แต่ผลผลิตลดลง Johnson and Bernhard (1962) ได้ทดลองใช้รังสีเอกซ์ปริมาณ 6 - 12 กิโลแตร กับถั่วเหลืองพันธุ์ Heimkraff พบว่า รังสีทำให้ลำต้นมีจำนวนกิ่งมากขึ้น ใบมีจุดสีเหลือง เมล็ดมีขนาดใหญ่

Williams and Hanway (1961) ได้ศึกษาความแปรปรวนของปริมาณโปรตีนและปริมาณน้ำมันในเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์ Adams และ Hawkeys ที่ผ่านการฉายรังสีเอกซ์ และเทอร์มอลนิวตรอน ในรุ่นที่ 3 ( $M_3$ ) ปรากฏว่ามีปริมาณโปรตีนและน้ำมันสูงกว่า ถั่วเหลืองที่ไม่ฉายรังสี และเมื่อทดสอบหาค่าความสามารถในการถ่ายทอดทางพันธุกรรม (heritability) พบว่าถั่วเหลืองที่ฉายรังสีมีค่า heritability ของลักษณะโปรตีนและน้ำมันสูงกว่า ถั่วเหลืองไม่ฉายรังสี

Kawai (1977) ได้ใช้รังสีแกมมาปริมาณ 10 กิโลแตรกับถั่วเหลืองพันธุ์ Nemashirazu ซึ่งได้ถั่วเหลืองพันธุ์ใหม่ชื่อพันธุ์ Raiden มีผลผลิตสูงคุณภาพเมล็ดดีกว่าเดิม

Rajput (1974) ศึกษาความแปรปรวนในรุ่นที่ 2 ของถั่วเขียว หลังฉายรังสีแกมมาปริมาณ 10-40 กิโลแตร พบว่า ที่ปริมาณรังสี 30 กิโลแตร ความสูงต้นลดลง และเมื่อเพิ่มปริมาณรังสีมากกว่า 40 กิโลแตร การออกดอกช้าลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Shakoor and Haq (1980) พบว่าที่ปริมาณรังสี 10 และ 20 กิโลแตร จะมีความสูงต้นเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณรังสีมากกว่า 20 กิโล

แรด พบว่าความสูงลดลง แต่จำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และความยาวฝัก จะเพิ่มมากขึ้น Rangasamy *et al.* (1975) กล่าวว่า รังสีแกมมา 40 กิโลแรด ทำให้ต้นถั่วเขียวมี จำนวนฝัก และจำนวนเมล็ดมากขึ้น

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. สายพันธุ์คำฝอยจากโครงการปรับปรุงพันธุ์คำฝอย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประกอบด้วย สายพันธุ์คำฝอยไร้หนามจำนวน 5 สายพันธุ์ คือ พันธุ์พานทอง, KUsaf 4038, 5046, 5048, 5049 และสายพันธุ์คำฝอยมีหนามจำนวน 2 สายพันธุ์ คือ KUsaf 5058 และ KUsaf 5059
2. เครื่องฉายรังสีแกมมา Gamma Mark I ของศูนย์บริการฉายรังสีแกมมา และวิจัยเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ซึ่งมี Cs-137 เป็นต้นกำเนิดรังสีแกมมา ปริมาตรังสีที่ใช้คือ 0, 300, 450 และ 600 เกรย์
3. สารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืช ได้แก่ ฟรอนเทียร์ อัตรา 250 ซีซี/สารออกฤทธิ์ ต่อน้ำ 80 ลิตรต่อไร่
4. ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่

### วิธีการ

#### ฤดูปลูกที่ 1 (กรกฎาคม-พฤศจิกายน 2547)

นำเมล็ดคำฝอย ( $M_0$ ) 7 สายพันธุ์ จำนวน 300 เมล็ดต่อสายพันธุ์ ประกอบด้วยสายพันธุ์คำฝอยไร้หนาม 5 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์พานทอง สายพันธุ์ KUsaf 4038, 5046, 5048, 5049 และคำฝอยมีหนาม 2 สายพันธุ์ KUsaf 5058 และ 5059 แบ่งเมล็ดออกเป็น 150 เมล็ดต่อซ้ำ จำนวน 2 ซ้ำ ไปฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 0, 300, 450 และ 600 เกรย์ นำเมล็ดที่ฉายรังสี ( $M_1$ ) 300 เมล็ดต่อสายพันธุ์มาปลูกทันที จำนวน 3 แถวต่อสายพันธุ์ ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การงอกที่อายุ 7 วัน และการเจริญเติบโต ที่อายุ 30 วัน หลังปลูก โดยบันทึกความสูงและความอยู่รอดของต้นกล้า ของต้น  $M_1$  และคัดเลือกต้น  $M_1$  เก็บเกี่ยวเมล็ดรวมของแต่ละประชากร เพื่อนำไปปลูกต่อไป

### ฤดูปลูกที่ 2 (ตุลาคม 2547- กุมภาพันธ์ 2548)

นำเมล็ดรุ่นที่ 2 ( $M_2$ ) จำนวน 9 ประชากร มาปลูก 400 ต้น/ประชากร ปลูก 1 ต้นต่อหลุม ตรวจสอบลักษณะการกลายของต้น  $M_2$  เช่น ใบค่าง หรือมีสีขาว การเปลี่ยนสีดอก รูปทรงดอก สีเปลือกหุ้มเมล็ด ช่อดอกเป็นหมัน ต้นมีหนาม และไร้หนาม ในแต่ละประชากร คัดเลือกต้น  $M_2$  ที่มีลักษณะทางเกษตรที่ต้องการ รวมทั้งลักษณะการกลายไว้ได้ทั้งหมด 221 ต้น และใช้ถุงกระดาษสีคลุมช่อดอกประมาณ 6-7 ช่อดอกต่อต้น เมื่อคำฝอยถึงระยะสุกแก่ แยกช่อดอกที่คลุมไว้มากระเทาะเมล็ดเพื่อนำไปปลูกเป็น  $M_3$  โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบจุดประวัติ

### ฤดูปลูกที่ 3 (เมษายน- สิงหาคม 2548)

นำเมล็ดรุ่นที่ 3 ( $M_3$ ) ที่คัดเลือกไว้จำนวน 221 ต้นมาปลูกต้นละ 2 แถว หรือสายพันธุ์ต่อ 2 แถว ถอนแยกเหลือ 1 ต้นต่อหลุม คัดเลือกต้นคำฝอยที่มีลักษณะที่ต้องการตามเกณฑ์การคัดเลือก เช่นเดียวกับ  $M_2$  เก็บเกี่ยวต้นที่ต้องการในแต่ละสายพันธุ์ไว้ และกระเทาะเมล็ดรวมของแต่ละสายพันธุ์ คัดเลือกได้ 43 สายพันธุ์

### ฤดูปลูกที่ 4 (ตุลาคม 2548- กุมภาพันธ์ 2549)

นำเมล็ดรุ่นที่ 4 ( $M_4$ ) ที่คัดเลือกไว้ จำนวน 43 สายพันธุ์ มาปลูกทดสอบผลผลิตเบื้องต้นโดยวิธี strip test ใช้พันธุ์พานทองเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ โดยปลูกสายพันธุ์เปรียบเทียบ จำนวน 1 แถว สลับกับสายพันธุ์ที่คัดเลือกไว้ 1 แถว จำนวน 2 ซ้ำ การเก็บข้อมูลลักษณะต่างๆที่ศึกษาโดยเก็บจากคำฝอย 10 ต้นต่อสายพันธุ์ สำหรับผลผลิตเก็บเกี่ยวต้นทั้งหมดในแถวของแต่ละสายพันธุ์ คัดเลือกแถวที่ดีและต้นที่ดีในแถว ตามเกณฑ์การคัดเลือก เช่นเดียวกับ  $M_2$  นำเมล็ด รุ่นที่ 5 ( $M_5$ ) ของสายพันธุ์ที่คัดเลือกที่ให้ผลผลิตสูง ขนาดเมล็ดใหญ่ เปลือกหุ้มเมล็ดบางและหนา ไปวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์น้ำมัน

เกณฑ์การคัดเลือกสายพันธุ์คำฝอยรุ่น  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  และ  $M_4$  ได้แก่ ลักษณะ ทรงต้น คือ มีมุมกิ่งแคบ ช่อดอกมีระดับความสูงใกล้เคียงกัน กลีบดอกสีส้มเหลือง หรือสีส้มแดง ไร้หนาม จำนวนช่อดอกต่อต้น เมล็ดต่อช่อดอก อายุวันออกดอก ช่วงออกดอกสั้น และอายุเก็บเกี่ยวเร็ว

### การปลูกและดูแลรักษา

การเตรียมดินไถ 2 ครั้ง ครั้งแรกไถด้วยผาน 3 ส่วนครั้งที่ 2 ไถด้วยผาน 7 แล้วพรวนดิน หลังจากเตรียมดินแล้ว ฉีดสารเคมีกำจัดวัชพืชประเภทคุมวัชพืช (pre-emergence) ได้แก่ ฟรอนเทียร์ อัตรา 250 ซีซี/สารออกฤทธิ์ ต่อ น้ำ 80 ลิตรต่อ 1 ไร่ ทิ้งไว้ 2 สัปดาห์ เพื่อกำจัดวัชพืชครั้งแรก ก่อน ปลูกใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ พรวนดินอีกครั้งแล้ว ยกร่องตาม ใช้ระยะ ปลูกระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระหว่างต้น 25 เซนติเมตร หลังปลูกเมื่อน้ำครั้งแรกแก่คำฝอย แล้ว ฉีดสารเคมีกำจัดวัชพืช ฟรอนเทียร์ อัตรา 150 ซีซี ต่อ น้ำ 80 ลิตรต่อ 1 ไร่อีกครั้ง ให้น้ำแบบ ฟนฝอยหลังการปลูก เมื่อคำฝอยอายุ 30 วัน กำจัดวัชพืชโดยใช้รถ หรือแรงงานคนอีกครั้ง การ กำจัดวัชพืชครั้งต่อไปทำตามความจำเป็น

### ลักษณะที่ศึกษาและการบันทึกข้อมูลมีดังนี้

1. ระยะพุ่มแฉ่ (rosette) คือระยะที่ต้นคำฝอยยังไม่ยึดปล้อง นับจากวันปลูกจนถึงวันที่ต้น คำฝอย จำนวน 50 เปอร์เซ็นต์เริ่มแตกกิ่ง
2. ความสูงกิ่งแรก วัดจากพื้นดินถึงกิ่งแรกที่แตกจากต้นหลักเป็นเซนติเมตร
3. ความสูงต้นที่อายุวันออกดอก วัดจากพื้นดินถึงฐานช่อดอกที่เกิดจากลำต้นหลักเป็น เซนติเมตร
4. อายุวันออกดอก นับจากวันที่ปลูกจนถึงวันที่ต้นคำฝอยจำนวน 50 เปอร์เซ็นต์ในแต่ ละสายพันธุ์มีดอกที่ลำต้นหลักบาน
5. ช่วงออกดอก (flowering period , FP) นับจากวันที่ช่อดอกแรกบานจนถึงวันที่ช่อดอก สุดท้ายบาน
6. จำนวนกิ่งต่อต้น นับจำนวนกิ่งที่แตกจากลำต้นหลัก
7. มุมกิ่งกับลำต้น โดยวัดเป็นองศา จำแนกมุมกิ่งตามวิธีของ Dajue *et al.* (1993)
  - 0 = ไม่มีกิ่ง (no branched)
  - 3 = มุมแคบ (appressed) มีค่าระหว่าง 15-20 องศา
  - 6 = มุมปานกลาง (intermediate) มีค่าระหว่าง 20-60 องศา

7 = มุมกว้าง (spreading) มีค่าระหว่าง 60-90 องศา

9 = มุมกว้างมาก (drooping) มีค่ามากกว่า 90 องศา

8. จำนวนช่อดอกต่อต้น นับช่อดอกที่ติดเมล็ดเท่านั้น

9. ลักษณะการมีหนามให้คะแนนความหนาแน่นของหนามที่กลีบรองดอก ตามวิธีของ

Dajue *et al.* (1993)

0 = ไร้หนาม

3 = มีหนามน้อย

5 = มีหนามปานกลาง

7 = มีหนามมาก

10. สีกลิีบดอก แบ่งตาม Dajue *et al.* (1993) ได้แก่ สีขาว , สีเหลืองอ่อน , สีเหลือง , สีส้มเหลือง , สีส้มแดง และ สีแดง

11. ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางช่อดอก วัดจากฐานของช่อดอกคำฝอย จากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง

12. จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก นับจำนวนเมล็ดที่สมบูรณ์ต่อช่อดอก

13. ความสูงต้นที่อายุเก็บเกี่ยว วัดจากพื้นดินถึงฐานช่อดอกที่เกิดจากลำต้นหลักเป็นเซนติเมตร

14. อายุเก็บเกี่ยว (harvesting maturity) ระยะเวลานับจากวันที่ปลูกจนถึงวันที่เก็บเกี่ยวคำฝอย

15. ลักษณะความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด การวัดความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด (pericarp thickness) โดยกำหนดค่าจากการวัดความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดในการทดลองนี้ แบ่งเป็น 3 ระดับ ดังนี้

1 = เปลือกหุ้มเมล็ดบาง (thin) มีค่าน้อยกว่า 0.3 มิลลิเมตร

2 = เปลือกหุ้มเมล็ดมีความหนาปานกลาง (medium) มีค่าระหว่าง 0.3-0.50 มิลลิเมตร

3 = เปลือกหุ้มเมล็ดหนา (thick) มีค่าระหว่าง 0.51-0.70 มิลลิเมตร

16. น้ำหนัก 100 เมล็ด วัดเป็นกรัมที่ความชื้น 7 เปอร์เซ็นต์

17. น้ำหนักเมล็ดต่อต้น วัดเป็นกรัมที่ความชื้น 7 เปอร์เซ็นต์

18. สีเปลือกเมล็ด แบ่งตาม Dajue *et al.* (1993) ดังนี้ สีขาว , สีครีม , สีน้ำตาล , สีดำ และสีเทา
19. ผิวเปลือกหุ้มเมล็ดจำแนกตามวิธีของ Dajue *et al.* (1993) ดังนี้
1. = ผิวเรียบ (hull)
  2. = ผิวลายทางยาว (striped)
  3. = ผิวสีดำส่วนท้องเมล็ด (reduced)
  4. = ผิวบาง (thin)
  5. = ผิวสีดำที่ส่วนปลายเมล็ด (partial)
20. ผลผลิตเมล็ดกิโลกรัมต่อไร่ ที่ความชื้น 7 เปอร์เซ็นต์
21. ปริมาณน้ำมัน (oil content) ในเมล็ด ส่งตัวอย่างเมล็ดคำฝอยไปวิเคราะห์โดยวิธี Soxhlet ที่ ห้องปฏิบัติการสายงานเคมีพืชน้ำมัน และสารธรรมชาติ กองเกษตรเคมี กรมวิชาการ เกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ

### วิธีการวัดความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด

สุ่มเมล็ดคำฝอย 10 เมล็ด จำนวน 10 ซ้ำต่อสายพันธุ์ ทบส่วนหัวของเมล็ดให้เปลือกเมล็ดแยกออกจากกันแล้วแกะเปลือกเมล็ดออกมา ใช้เวอร์เนีย Mitutoyo ที่อ่านค่าโดยอัตโนมัติ มีทศนิยม 2 ตำแหน่ง สามารถอ่านค่าได้ ตั้งแต่ 0-150 มิลลิเมตร วัดความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด โดยวางเปลือกหุ้มเมล็ดระหว่างแท่งเหล็ก 2 อัน แล้วหมุนแกนให้แท่งเหล็กชนกัน โดยเปลือกเมล็ดคำฝอยอยู่ระหว่างแท่งเหล็กนั้น อ่านค่าตามตัวเลขหน้าปัด



ทบให้เปลือกส่วนหัวของเมล็ด  
คำฝอย แยกออกจากกันแล้วแกะ  
นำเปลือกไปวัดความหนา



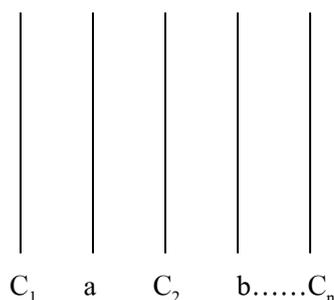
เปลือกหุ้มเมล็ด

### การวิเคราะห์ทางสถิติ

#### 1. การวิเคราะห์ผลการทดสอบผลผลิตเบื้องต้นของสายพันธุ์รุ่นที่ 4 ( $M_4$ )

การวัดผลผลิตโดยวิธี strip test (Yates, 1939) จำนวน ได้ดังนี้ ข้อมูลผลผลิตของสายพันธุ์ที่นำมาทดสอบต้องปรับค่าก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ การปรับค่าผลผลิตสายพันธุ์ใดต้องใช้พันธุ์เปรียบเทียบในแถวข้างเคียงที่ปลูกคู่กับสายพันธุ์นั้น มีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{ผลผลิตเฉลี่ยที่ปรับค่าของสายพันธุ์ } a = \frac{a}{(C_1 + C_2) / 2} \times \bar{c}$$



เมื่อ  $a, b =$  ผลผลิตของสายพันธุ์ที่ทดสอบสายพันธุ์ที่  $1 \dots n$

$C_1$  และ  $C_2 =$  ผลผลิตเฉลี่ยของสายพันธุ์ตรวจสอบในแถวข้างเคียงของสายพันธุ์ที่ทดสอบ

$\bar{c} =$  ผลผลิตเฉลี่ยของพันธุ์ตรวจสอบทั้งหมด  $(C_1 + C_2 + \dots + C_n) / n$

### การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient,  $r$ ) ของลักษณะที่ศึกษา ในสายพันธุ์รุ่นที่ 4 ตามวิธีการ สุรพล (2528) ดังนี้

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{[\sum (x - \bar{x})^2][\sum (y - \bar{y})^2]}}$$

เมื่อ X = ค่าสังเกตของตัวแปรอิสระ

Y = ค่าสังเกตของตัวแปรตาม

$\bar{x}$  = ค่าเฉลี่ยของ X

$\bar{y}$  = ค่าเฉลี่ยของ Y

การทดสอบค่า r ใช้ตารางเปรียบเทียบแสดงค่าความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ d.f. = n-2

### การวิเคราะห์แพทโคเอฟฟิเชียนท์

วิเคราะห์ค่าแพทโคเอฟฟิเชียนท์ (path coefficient analysis) ของลักษณะผลผลิตกับองค์ประกอบผลผลิต ของคำฝอยสายพันธุ์กลายรุ่นที่ 4 จำนวน 43 สายพันธุ์ การคำนวณใช้โปรแกรม AGRIS หรือ สูตรการคำนวณของ สุรพล (2536) ดังนี้

$$b' = \frac{b(S_x)}{S_y}$$

$$= \frac{b \text{ (standard deviation of X)}}{\text{(standard deviation of Y)}}$$

b คือค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันบางส่วน

$S_x$  คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรปรวนอิสระ

$S_y$  คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรปรวนตาม

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}{n - 1}}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum y^2 - (\sum y)^2 / n}{n - 1}}$$

$x$  คือค่าสังเกตตัวแปรปรวนอิสระ

$y$  คือค่าสังเกตตัวแปรปรวนตาม

$n$  คือจำนวนข้อมูล

$$\text{เช่น } b'_4 = \frac{b_4(S_{x^4})}{S_{y^4}}$$

ค่า  $b'$  ของตัวแปรปรวนอิสระต่างๆ แต่ละตัวกับตัวแปรปรวนตาม คือ แพท โคเอฟิเชียนท์

### การศึกษาลักษณะ และจำนวนโครโมโซม

คัดเลือกสายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 4 จำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ M4024, M4025 ได้จากสายพันธุ์ KUsaf 5046 สายพันธุ์ M4060 ได้จากสายพันธุ์ KUsaf 5058 และ สายพันธุ์ M4059 ได้จากสายพันธุ์ KUsaf 5059 ซึ่งมีลักษณะทางเกษตรที่แตกต่างไปจากสายพันธุ์ที่ไม่ผ่านการฉายรังสี เพื่อนำไปศึกษาลักษณะ และจำนวนโครโมโซม ลักษณะของสายพันธุ์กลาย 4 สายพันธุ์และพ่อแม่ แสดงไว้ในตารางผนวกที่ 1

ปลูกเมล็ดคำฝอยรุ่นที่ 5 ของสายพันธุ์กลายทั้ง 4 สายพันธุ์ และสายพันธุ์ที่ไม่ผ่านการฉายรังสี 3 สายพันธุ์ ในกระบะทราย

การศึกษาโครโมโซมใช้ส่วนของรากที่อายุ 2 สัปดาห์ วิธีการเตรียมราก มี 2 วิธี ดังนี้ วิธีที่ 1 ทำ pretreatment ด้วยสารละลาย Paradichlorobenzene (PDB) วิธีที่ 2 ไม่ทำ pretreatment

ขั้นตอนการทำ pretreatment มีดังนี้

1. ตัดรากคำฝอยส่วนที่มีเนื้อเยื่อเจริญ ที่อายุ 2 สัปดาห์มาล้างทรายออกให้หมด นำรากมาทำpretreatment โดยแช่รากในสารละลาย Paradichlorobenzene (PDB) นาน 2 ชั่วโมง หรือ 2 ชั่วโมงครั้งที่ อุณหภูมิห้อง
2. ย้ายรากคำฝอยไปแช่ในน้ำยาคงสภาพเซลล์ ซึ่งมีส่วนผสมของ glacial acetic acid กับ ethanol (95-100 เปอร์เซ็นต์) อัตราส่วน 1 : 3 ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
3. ย้ายรากไปใส่ ethanol 70 เปอร์เซ็นต์ และเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บรากคำฝอยทั้ง 2 วิธี แบ่งออกเป็น 4 ช่วงเวลา คือ 10.00, 11.00, 12.00 และ 13.00 นาฬิกา วิธีการย้อมสี ทำความสะอาดรากที่ผ่านการตรึงเซลล์ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำรากมาผ่านการ hydrolysis ด้วย 1 N HCL นาน 30 นาที แล้วล้างรากด้วยน้ำกลั่น ขจัดน้ำที่เหลือออกให้หมด ใช้ปากคีบปลายแหลมคีบรากวางบนแผ่นสไลด์ หยดสี Aceto-camine ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ นาน 10 นาที ปิดทับด้วย cover glass หลังจากนั้น จึงบดขยี้ราก นำสไลด์ไปผ่านความร้อนจากตะเกียง ทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที แล้วนำไปส่องดูโครโมโซมด้วยกล้องจุลทรรศน์ (ประภา, 2548)

## สถานที่และระยะเวลาทำงานวิจัย

### สถานที่

1. เรือนปลูกพืชทดลอง ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ
2. ศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอลำลูกเกด จังหวัดนครราชสีมา
3. ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

### ระยะเวลาทำงานวิจัย

ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2547 ถึง กุมภาพันธ์ 2549

## ผลและวิจารณ์

### ประชากรรุ่นที่ 1

การตรวจสอบความงอกของคำฝอยรุ่นที่ 1 ( $M_1$  generation) จำนวน 21 ประชากรที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 300, 450 และ 600 เกรย์ ที่อายุ 7 วัน พบว่า ที่ปริมาณรังสี 300 เกรย์ คำฝอยที่ศึกษา 6 สายพันธุ์ ได้แก่ KUsaf 4038, 5046, 5048, 5049, 5058 และ 5059 งอกโดยมีเปอร์เซ็นต์การงอกที่แตกต่างกัน แต่เมื่อปริมาณรังสีสูงขึ้น คือ ที่ 450 และ 600 เกรย์ ความงอกลดลง โดยสายพันธุ์ KUsaf 4038 ไม่งอกในปริมาณรังสีทั้งสองนี้ ในขณะที่คำฝอยพันธุ์พานทองไม่งอกในทุกปริมาณรังสีที่ศึกษา แต่เมล็ดที่ไม่ผ่านการฉายรังสีของทุกสายพันธุ์ที่ศึกษาออก

เมื่อคำฝอยอายุ 30 วัน ได้ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของคำฝอยทั้ง 21 ประชากร พบว่าจำนวนต้น  $M_1$  ที่อยู่รอดของคำฝอยทั้ง 21 ประชากร เท่ากับจำนวนต้นที่ตรวจสอบความงอกที่อายุ 7 วัน (ตารางที่ 1) ต้น  $M_1$  ของคำฝอยทั้ง 21 ประชากรมีการเจริญเติบโตปกติ เนื่องจากคำฝอยทุกพันธุ์งอก และมีต้นอยู่รอดเท่ากับต้นที่งอก ยกเว้นคำฝอยพันธุ์พานทองที่เมล็ดไม่งอกในทุกปริมาณรังสีแกมมาที่ใช้ แสดงว่าปริมาณรังสีที่ใช้ในการศึกษานี้อาจสูงเกินไป สำหรับคำฝอยพันธุ์พานทอง จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่ารังสีแกมมาจะมีผลต่อจีโนมไทป์ของคำฝอยด้วย ซึ่ง Yuehua and Zhaomu (1993) ศึกษาผลของรังสีที่มีต่อสายพันธุ์คำฝอยที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดต่างกัน 2 สายพันธุ์ พบว่า การตอบสนองต่อรังสีขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของคำฝอย ด้วย

การตรวจสอบลักษณะทรงต้น ความสูง จำนวนช่อดอกต่อต้น ขนาดช่อดอก และสีของกลีบดอก ของคำฝอย  $M_1$  ทั้ง 21 ประชากรเปรียบเทียบกับต้นคำฝอยที่ไม่ได้ฉายรังสีแกมมาทั้ง 7 สายพันธุ์ ลักษณะจะไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ได้พบต้น  $M_1$  ที่มีใบด่างของประชากร KUsaf 5046 และ KUsaf 5058 ที่ฉายรังสีปริมาณ 600 เกรย์ ประชากรละ 1 ต้น เป็นลักษณะใบด่างขาวทั้งต้น ซึ่งสามารถเจริญเติบโตตามปกติ แต่ไม่มีช่อดอก ดังนั้น จึงไม่สามารถขยายพันธุ์ได้ การเกิดลักษณะใบด่างนั้นเนื่องจากคลอโรฟิลล์บางส่วนถูกทำลาย อาจเป็นผลมาจากการกลายทางสรีระวิทยา (physiological damage) หรือเป็นผลจากการกลายของยีนหรือโครโมโซม การเกิดการกลายในประชากร  $M_1$  สามารถเกิดขึ้นได้แต่ส่วนใหญ่จะไม่แสดงออก

**ตารางที่ 1** เปอร์เซ็นต์ความอยู่รอด ของประชากรคำฝอยรุ่น  $M_1$  ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 300, 450 และ 600 เกรย์ ที่อายุ 30 วัน หลังปลูก

ประชากร	ปริมาณรังสีแกมมา (เกรย์)			
	0	300	450	600
KUsaf4038	100	90	0	0
KUsaf5046	100	50	22	8
KUsaf5048	100	48	21	4
KUsaf5049	100	61	28	6
KUsaf5058	100	68	27	2
KUsaf5059	100	75	47	2
Phantong (check)	100	0	0	0

คำฝอยในรุ่นที่ 1 ( $M_1$ ) ที่เจริญเติบโต และเก็บเกี่ยวเมล็ด ได้มีจำนวน 9 ประชากร ประกอบด้วยคำฝอยประชากร KUsaf 4038, 5048, 5049 และ 5058 ที่ปริมาณรังสี 300 เกรย์ ประชากร KUsaf 5046 ที่ปริมาณรังสี 300, 450 และ 600 เกรย์ และประชากร KUsaf 5059 ที่ปริมาณรังสี 300 และ 450 เกรย์ สำหรับคำฝอยพันธุ์พานทองไม่งอกในทุกปริมาณรังสีที่ใช้ ในขณะที่เมล็ดที่ไม่ผ่านการฉายรังสีแกมมาเจริญเติบโตปกติ เก็บเกี่ยวต้น  $M_1$  ของแต่ละประชากร นำมากะเทาะเมล็ดรวมกัน เพื่อนำเมล็ดรุ่นที่ 2 ( $M_2$ ) ไปปลูก

## ประชากรรุ่นที่ 2

โดยทั่วไปการปรับปรุงพันธุ์พืชเมื่อผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่ การคัดเลือกลักษณะของพืชที่ต้องการจะเริ่มทำในประชากรรุ่นที่ 2 ( $F_2$  generation) ซึ่งจะมีการกระจายตัวของลักษณะต่างๆมากที่สุด ต้น  $F_2$  1 ต้น หมายถึง พืช 1 จีโนไทป์ ในทำนองเดียวกันการปรับปรุงพันธุ์พืชโดยการฉายรังสี การเกิดการกลายจะแสดงออกมากที่สุดในประชากรรุ่นที่ 2 ( $M_2$  generation) ค่าเฉลี่ยลักษณะความแปรปรวนทางพันธุกรรมของ จำนวนกิ่งต่อต้น การมีหนาม สีเปลือกหุ้มเมล็ด สีกลีบดอก และใบต่าง ของต้นคำฝอยรุ่นที่ 2 ( $M_2$  plants) จำนวน 9 ประชากร และสายพันธุ์ที่ไม่ได้ฉายรังสีของแต่ละประชากร แสดงไว้ในตารางที่ 2

จำนวนกิ่งต่อต้น KUsaf 4038 และ KUsaf 5049 ที่ปริมาณรังสี 300 เกรย์ ให้ค่าเฉลี่ยจำนวนกิ่งต่อต้น สูงกว่าสายพันธุ์ไม่ฉายรังสี เท่ากับ 14 และ 16 กิ่งตามลำดับ ที่เหลืออีก 7 ประชากร จำนวนกิ่งต่อต้น จะมีค่าใกล้เคียงกับสายพันธุ์ที่ไม่ฉายรังสี

การตรวจสอบลักษณะมีหนามในประชากร  $M_2$  ที่มาจากสายพันธุ์ไร้หนาม ได้แก่ KUsaf 4038, 5046, 5048 และ 5049 ที่ฉายรังสีปริมาณ 300 เกรย์ พบต้น  $M_2$  ที่มีหนามในระดับน้อยเท่ากับ 2.45, 5.50, 4.50 และ 11.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนต้น  $M_2$  ของประชากร KUsaf 5046 ที่ฉายรังสีปริมาณ 450 และ 600 เกรย์ พบต้นมีหนามในระดับมีหนามน้อยเช่นเดียวกัน เท่ากับ 11.76 และ 6.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับประชากร  $M_2$  KUsaf 5058 และ 5059 ที่มาจากสายพันธุ์มีหนามในระดับหนามมาก ที่ปริมาณรังสี 300 เกรย์ พบต้นมีหนาม ในระดับหนามมาก, หนามปานกลาง, หนามน้อย และไร้หนาม เท่ากับ 20.68, 21.62, 13.16 และ 44.54 เปอร์เซ็นต์ และ 19.38, 22.44, 10.20 และ 47.48 เปอร์เซ็นต์ ในประชากร KUsaf 5058 และ KUsaf 5059 ตามลำดับ ประชากร KUsaf 5059 ที่ฉายรังสีปริมาณ 450 เกรย์ พบต้นมีหนาม ในระดับหนามมาก, หนามปานกลาง, หนามน้อย และไม่มีหนาม เท่ากับ 24.36, 20.88, 17.40 และ 37.36 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ลักษณะมีหนามในคำฝอย ควบคุมด้วยยีนเด่น (dominant gene) ส่วนลักษณะไร้หนามควบคุมด้วยยีนแฝง recessive gene 1 คู่ จินาร์ตัน (2544) ศึกษาการถ่ายทอดพันธุกรรมไร้หนามในคำฝอย โดยตรวจสอบลักษณะไร้หนาม และมีหนามในลูกรุ่นที่ 2 จำนวน 4 คู่ผสม ซึ่งได้จากการผสมระหว่างคำฝอยไร้หนาม และมีหนาม พบว่าลูกรุ่นที่ 2 มีการกระจายตัวของต้นมีหนาม : ต้นไร้หนาม เท่ากับ 3:1 แสดงว่าลักษณะไร้หนามในคำฝอยควบคุมด้วยยีนแฝง 1 คู่ ส่วนลักษณะมีหนามควบคุมด้วยยีนเด่น โดยทั่วไปการเกิดการกลายจะเกิดจากลักษณะยีนเด่นเป็นยีนแฝง และการกระจายตัวของต้น  $M_2$  จะมีฟีโนไทป์ 2 ลักษณะ คือ ลักษณะปกติ : ลักษณะกลาย ในอัตราส่วน 3 : 1 และการกลายที่เกิดจากลักษณะแฝง เป็นลักษณะเด่น จะมีโอกาสเกิดขึ้นน้อยมาก อรุณี (2539) กล่าวว่า ในประชากร  $M_2$  นั้น มีการกระจายตัวของยีนเกิดขึ้น เมื่อนำเมล็ด  $M_2$  ไปปลูกจะมี ฟีโนไทป์ 2 ลักษณะ คือ ลักษณะปกติ : พันธุ์กลายในอัตราส่วน 3 : 1 การคัดเลือกพืชผสมตัวเองนิยมทำใน  $M_2$  เนื่องจากการกลายส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะ recessive mutation ( $A \rightarrow a$ ) สามารถคัดเลือกด้วยสายตา เช่น การเปลี่ยนสีดอก รูปทรงดอก ใบ หรือลำต้น ความต้านทาน โรคและแมลง ความทนทานต่อการหักล้มของต้นพืช ความต้านทานต่อสารป้องกันกำจัดวัชพืช เป็นต้น และการกลายที่เป็นลักษณะทางปริมาณ ต้องอาศัยวิธีวิเคราะห์ และสถิติเข้าช่วย

**ตารางที่ 2** ลักษณะทางเกษตรบางลักษณะที่เกิดการกลายในประชากรรุ่นที่ 2 จำนวน 9 ประชากร ที่ผ่านการฉายรังสีปริมาณ 300, 450 และ 600 เกรย์

ประชากร	ปริมาณรังสี เกรย์	จำนวน กิ่ง/ต้น	เปอร์เซ็นต์การมีหนาม <sup>3/</sup>				สีเปลือกหุ้มเมล็ด	สีกลีบดอก	ใบต่างขา เปอร์เซ็นต์
			0	3	5	7			
KUsaf 4038	300	14	0	2.45	0	0	สีน้ำตาลผิวลาย	สีส้มเหลือง, สีเหลือง	0
KUsaf 4038 <sup>1/</sup>	ไม่ฉายรังสี	8	ไร้หนาม				สีขาวผิวเรียบ	สีส้มแดง	0
KUsaf 5046	300	10	0	5.50	0	0	สีน้ำตาลผิวเรียบ	สีส้มเหลือง, สีเหลือง	0
KUsaf 5046	450	12	0	11.76	0	0	สีน้ำตาลผิวลาย	สีส้มแดง	17.64
KUsaf 5046	600	10	0	6.66	0	0	สีขาวผิวเรียบเป็นมัน มีพู่	สีเหลือง	13.32
KUsaf 5046 <sup>1/</sup>	ไม่ฉายรังสี	9	ไร้หนาม				สีขาวผิวเรียบ	สีส้มแดง	0
KUsaf 5048	300	10	0	4.50	0	0	สีน้ำตาลผิวเรียบ	สีส้มเหลือง, สีเหลือง	0
KUsaf 5048 <sup>1/</sup>	ไม่ฉายรังสี	11	ไร้หนาม				สีขาวผิวเรียบ	สีส้มแดง	0
KUsaf 5049	300	16	0	11.00	0	0	สีน้ำตาลผิวลาย	สีส้มเหลือง, สีเหลือง	0
KUsaf 5049 <sup>1/</sup>	ไม่ฉายรังสี	11	ไร้หนาม				สีขาวผิวเรียบ	สีส้มแดง	0
KUsaf 5058	300	10	44.54	13.16	21.62	20.68	สีน้ำตาลผิวลาย	สีส้มเหลือง, สีเหลือง	0
KUsaf 5058 <sup>2/</sup>	ไม่ฉายรังสี	10	มีหนามมาก				สีขาวผิวเรียบ	สีส้มแดง	0
KUsaf 5059	300	10	47.48	10.20	22.44	19.38	สีน้ำตาลผิวเรียบ, สีขาวผิวเรียบเป็นมัน มีพู่	สีส้มแดง	0
KUsaf 5059	450	10	37.36	17.40	20.88	24.36	สีขาวผิวเรียบเป็นมัน มีพู่, สีน้ำตาลผิวเรียบ, สีน้ำตาลผิวลาย	สีส้มแดง	2.32
KUsaf 5059 <sup>2/</sup>	ไม่ฉายรังสี	10	มีหนามมาก				สีขาวผิวเรียบ	สีส้มแดง	0

<sup>1/</sup> ไม่มีหนาม ; <sup>2/</sup> มีหนามมาก

<sup>3/</sup> 0 = ไร้หนาม; 3 = มีหนามน้อย ; 5 = มีหนามปานกลาง ; 7 = มีหนามมาก

สำหรับการศึกษาค้างนี้ พบว่า เกิดการกลายทั้งจากลักษณะยีนแฝง คือ ไร้หนามเป็นมีหนาม เล็กน้อยของประชากรคำฝอยไร้หนามทั้ง 5 ประชากร แต่เกิดขึ้นในเปอร์เซ็นต์น้อย มีค่าเฉลี่ย ระหว่าง 2.45-11.76 ส่วนการกลายที่เกิดจากลักษณะยีนเด่น มีหนามมากเป็นมีหนามน้อย และไร้หนามของ 3 ประชากร ที่มีหนาม จำนวนต้น  $M_2$  ที่ไร้หนามมีค่าเท่ากับ 44.54 , 47.48 และ 37.36 เปอร์เซ็นต์ ในประชากร KUsaf 5058, 5059 (300 เกรย์) และ 5059 (450 เกรย์) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการกลายของลักษณะยีนเด่นเป็นยีนแฝงจะมีเปอร์เซ็นต์เกิดขึ้นมากกว่า ยีนแฝงเป็นยีนเด่น Abo-Hegazi and Shalaby (1993) ทดลองใช้รังสีแกมมาปริมาณ 0 - 160 กิโลแตรด กับคำฝอยสายพันธุ์มีหนาม Giza 1 พบว่า สายพันธุ์กลายที่ได้จากการฉายรังสี จำนวน 15 สายพันธุ์ในรุ่นที่  $M_2$  เป็นสายพันธุ์มีหนามมาก 4 สายพันธุ์ มีหนามปานกลาง 5 สายพันธุ์ และไร้หนาม 6 สายพันธุ์ ซึ่งแตกต่างจากสายพันธุ์ที่ไม่ฉายรังสี แต่อย่างไรก็ตามมีข้อสังเกตว่าการเกิดต้น  $M_2$  นั้นอาจเนื่องมาจากการเกิดจากการผสมข้ามของละอองเกสรจากต้น  $M_1$  ที่มีหนาม และต้นมีหนามของสายพันธุ์ที่ไม่ฉายรังสีได้ เพราะว่าไม่ได้คลุมช่อดอกของต้น  $M_2$  แต่ในต้นของสายพันธุ์ที่ไม่ฉายรังสีได้คลุมช่อดอกเพื่อป้องกันการผสมข้าม

การกลายของลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ด ในประชากร KUsaf 4038, KUsaf 5049 ที่ฉายรังสีปริมาณ 300 เกรย์ พบว่าเมล็ดส่วนใหญ่มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลผิวลาย ซึ่งแตกต่างจากสายพันธุ์ที่ไม่ฉายรังสีซึ่งมีเปลือกหุ้มเมล็ดสีขาวผิวเรียบ แต่การกลายของประชากร KUsaf 5048 ที่ไม่ฉายรังสีมีเปลือกหุ้มเมล็ดสีขาวผิวเรียบ เป็นมีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลผิวเรียบ ส่วนประชากร KUsaf 5046 ที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีขาวผิวเรียบ เมื่อฉายรังสีปริมาณ 300, 450 และ 600 เกรย์ พบว่าปริมาณรังสี ทั้ง 3 ให้สีเปลือกหุ้มเมล็ดที่แตกต่างกัน คือ สีน้ำตาลผิวเรียบ ,สีน้ำตาลผิวลาย และ สีขาวผิวเรียบเป็นมันส่วนปลายเมล็ดมีพูสีขาว ตามลำดับ สายพันธุ์ KUsaf 5059 ที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีขาวผิวเรียบที่ฉายรังสีปริมาณ 300 เกรย์ พบมีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลผิวเรียบ และสีขาวผิวเรียบเป็นมันส่วนปลายเมล็ดมีพูสีขาว และที่ฉายรังสีปริมาณ 450 เกรย์ พบเปลือกหุ้มเมล็ดสีขาวผิวเรียบเป็นมันส่วนปลายเมล็ดมีพูสีขาว สีน้ำตาลผิวเรียบ สีน้ำตาลผิวลาย จะเห็นได้ว่าลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดของสายพันธุ์ที่ศึกษา เมื่อฉายรังสีในปริมาณที่ศึกษาจะเกิดการกลายที่แตกต่างจากสีเปลือกหุ้มเมล็ดของสายพันธุ์ที่ไม่ฉายรังสี ซึ่งมีเปลือกหุ้มเมล็ดสีขาวผิวเรียบทุกสายพันธุ์ ลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีขาวผิวเรียบ เป็นลักษณะที่ควบคุมด้วยยีน *ThThStpStp* ซึ่งเป็นยีนเด่น จึงเกิดการกลายของสีเปลือกหุ้มเมล็ด แบบต่างๆที่มีโนไทป์ที่ควบคุมด้วยยีนแฝง ส่วนลักษณะเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลผิวลาย ควบคุมด้วยยีน *ThThstpstp* (Rubis, 1967) ภาพที่ 1 แสดงการกลายของเปลือกหุ้มเมล็ด 3 ลักษณะ



**ภาพที่ 1** ลักษณะการกลายของเปลือกหุ้มเมล็ด (ก) เปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลลายทาง (ข) เปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลผิวเรียบ (ค) เปลือกหุ้มเมล็ดสีขาวผิวเรียบมีพู่ และ (ง) เปลือกหุ้มเมล็ดสีขาวผิวเรียบ ของสายพันธุ์ที่ไม่ผ่านการฉายรังสี

เมื่อตรวจสอบสีของกลีบดอก พบว่า ประชากร KUsaf 4038, KUsaf 5048, KUsaf 5049 และ KUsaf 5058 ที่ฉายรังสีปริมาณ 300 เกรย์ สีกลีบดอกเปลี่ยนจากสีส้มแดงเป็นสีส้มเหลือง และสีเหลือง แต่ทั้ง 4 ประชากร ยังคงมีต้นที่มีกลีบดอกสีส้มแดงอยู่ ประชากร KUsaf 5046 ที่ฉายรังสีปริมาณ 300 และ 600 เกรย์ สีกลีบดอกเปลี่ยนจากสีส้มแดงเป็นสีส้มเหลือง และสีเหลือง เช่นเดียวกัน ส่วนปริมาณรังสี 450 เกรย์ สีกลีบดอกไม่เปลี่ยนแปลง ในประชากร KUsaf 5059 ซึ่งมีกลีบดอกสีส้มแดงไม่พบต้น  $M_2$  ที่มีสีกลีบดอกเปลี่ยนแปลงในปริมาณรังสี 300 และ 450 เกรย์ จะเห็นได้ว่าลักษณะสีกลีบดอกของสายพันธุ์ที่ศึกษา เมื่อฉายรังสีทั้ง 3 ปริมาณ จะเกิดการกลายที่แตกต่างจากสีเดิม คือ ได้กลีบดอกสีส้มเหลือง และสีเหลือง แต่ยังคงมีสีส้มแดงอยู่ Kotecha (1979) รายงานว่า ยีนที่ควบคุมลักษณะสีของกลีบดอกสีส้ม คือ  $O_Y$ ,  $O_{yy}$  และ  $ooyy$  และสีเหลือง คือ  $ooYY$  และ  $ooYy$  ซึ่งลักษณะสีกลีบดอก เป็นลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนเด่น จึงเกิดการกลายของสีกลีบดอก แบบต่างๆ ที่ควบคุมด้วยยีนแฝง Abo-Hegazi and Shalaby (1993) พบว่า สายพันธุ์กลายที่ได้จากการฉายรังสี จำนวน 15 สายพันธุ์ ในรุ่น  $M_5$  มีสีกลีบดอกเปลี่ยนจากสายพันธุ์ที่ไม่ผ่านการฉายรังสีซึ่งมีสีส้มเหลือง เป็น สีเหลือง สีขาว สีขาวเหลือง สีแดงเหลือง และสีแดง ประชากร KUsaf 5046 ที่ปริมาณรังสี 450 เกรย์ และประชากร KUsaf 5059 ที่ปริมาณรังสี 300 และ 450 เกรย์ ซึ่งมีกลีบดอกสีส้มแดงไม่พบต้น  $M_2$  ที่มีสีกลีบดอกเปลี่ยนแปลง อาจเป็นเพราะการตอบสนองต่อรังสี และปริมาณรังสีขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของคำฝอยด้วย

การตรวจสอบการกลายของใบในประชากรที่ศึกษาทั้ง 9 ประชากร พบว่ามีการกลายของต้น  $M_2$  ที่มีใบด่างขาว ในประชากร KUsaf 5046 ที่รังสีปริมาณ 450 และ 600 เกรย์ เท่ากับ 17.64 และ 13.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และประชากร KUsaf 5059 ที่รังสีปริมาณ 450 เกรย์ เท่ากับ 2.32 เปอร์เซ็นต์ ต้น  $M_2$  ที่มีใบด่างขาวนี้ เมื่อเจริญเติบโตได้เพียงระยะหนึ่ง จะตาย ไม่สามารถอยู่รอดจนถึงระยะสุกแก่ (ตารางที่ 2) Kechagia *et al.* (1994) ศึกษาการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 100, 200 และ 300 เกรย์ ในเมล็ดฝ้าย 2 สายพันธุ์ คือ Sindos 80 และ 4S พบว่า ในประชากร  $M_2$  เกิดต้น ใบด่างขาว และ viridis เท่ากับ 0.23-0.24 เปอร์เซ็นต์ และ 16-31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

นอกจากนี้พบลักษณะการกลาย ในประชากร KUsaf 5046 ที่รังสีปริมาณ 300 เกรย์ เป็นลักษณะทรงต้นที่มีจำนวนกิ่งต่อต้น เพียง 4 กิ่ง ความยาวกิ่งใกล้เคียงกันทำให้ช่อดอกมีความสูงสม่ำเสมอ (ภาพที่ 4 ก, ข) ใบเป็นแฉกสีเขียวเข้มเป็นมัน (ภาพที่ 4 ค) เมื่อถึงระยะการบานของช่อดอก กลีบดอกโผล่ออกมาเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อถึงระยะสุกแก่ พบว่าไม่มีเมล็ด จึงไม่สามารถนำ



**ภาพที่ 2** ลักษณะการกลายของคำฝอยในประชากร  $M_2$  (ก) ใบมีสีเขียวเป็นมันหนา (ข) ใบแดง (ค) ก้านช่อดอกสูงในระดับใกล้เคียงกัน (ง) ช่อดอกคำฝอยเกิดเป็นกระจุกรวมกัน และ (จ) ช่อดอกเกิดกลางลำต้น ไม่มีก้านช่อดอก

มาขยายพันธุ์ต่อได้ ลักษณะการเกิดช่อดอกของต้น  $M_2$  ที่พบบางต้นจะมีช่อดอกเกิดเป็นกระจุกรวมกันไม่มีกิ่ง (ภาพที่ 4 ง) และช่อดอกเกิดกลางลำต้นหลักของต้นคำฝอย (ภาพที่ 4 จ)

จากลักษณะการกลายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในประชากร  $M_2$  นั้น ยังไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นลักษณะการกลายที่เกิดจากการทำลายทางสรีระ (physiological damage) ซึ่งจะเกิดใน  $M_1$  ไม่ถ่ายทอดไปยังรุ่น  $M_2$  หรือการกลายของยีน หรือ โครโมโซม (gene or chromosome mutation) แต่ลักษณะการกลายที่เกิดขึ้นนี้ก็นำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งของการคัดเลือกต้นที่มีลักษณะที่ดีทางเกษตรเพื่อนำไปปลูกในรุ่นที่ 3 ( $M_3$ ) การคัดเลือกต้น  $M_2$  ตามเกณฑ์การคัดเลือกได้แก่ กลีบดอกสีส้มเหลืองหรือสีส้มแดง ทรงต้นดี มุมกิ่งแคบ จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น ช่วงออกดอกสั้น อายุเก็บเกี่ยวเร็ว จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด คัดเลือกต้น  $M_2$  ไว้ 221 ต้น

### สายพันธุ์รุ่น $M_3$

คำฝอยสายพันธุ์รุ่นที่ 3 ( $M_3$ ) ซึ่ง ปลูกในฤดูฝน (เมษายน – สิงหาคม 2548) เนื่องจากคำฝอยเป็นพืชไม่ต้องการน้ำมาก ถ้ามีความชื้นสูงจะมีโรคโคนเน่า และโรคทางใบเกิดขึ้น แต่ในสายพันธุ์  $M_3$  ที่คัดเลือกมาปลูก ปรากฏว่ามีโรคใบแห้งเกิดขึ้นน้อยมากประมาณ 2-3 สายพันธุ์ สำหรับการเจริญเติบโต ขนาดของลำต้นจะเล็กกว่า และความสูงจะต่ำกว่าคำฝอย  $M_2$  ที่ปลูกในฤดูแล้ง

การคัดเลือกสายพันธุ์รุ่นที่ 3 ใช้เกณฑ์การคัดเลือกเช่นเดียวกับรุ่นที่ 2 แต่เน้นการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีช่วงออกดอกสั้น และอายุเก็บเกี่ยวเร็ว คัดเลือกสายพันธุ์รุ่นที่ 3 ได้ 43 สายพันธุ์ ช่วงของลักษณะน้ำหนักเมล็ดต่อต้น องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางเกษตร ของสายพันธุ์รุ่น  $M_3$  จำนวน 43 สายพันธุ์ แสดงไว้ในตารางที่ 3 สายพันธุ์  $M_3$  มีช่วงน้ำหนักเมล็ดต่อต้น ระหว่าง 0.62-14.40 กรัม น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ระหว่าง 9.70-47.50 กรัม ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดมีค่าระหว่าง 0.22-0.40 มิลลิเมตร อายุวันออกดอก ช่วงออกดอก และอายุเก็บเกี่ยว ระหว่าง 64-70, 18-40 และ 96-110 วัน ตามลำดับ มุมกิ่งกับลำต้นระหว่าง 14-33 องศา ลักษณะที่มีแนวโน้มที่ดีจากการฉายรังสีได้แก่ ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดลดลง ช่วงออกดอกสั้น มุมกิ่งกับลำต้นแคบ ซึ่งหมายถึงกิ่งที่เกิดขึ้น จะเป็นแนวนานกับลำต้น ทำให้ไม่ต้องใช้ระยะปลูกกว้าง ลักษณะต่างๆ เหล่านี้ นำไปใช้ในการคัดเลือก หรือปรับปรุงพันธุ์คำฝอยเพื่อให้ได้ผลผลิตสูง

**ตารางที่ 3** ช่วง และค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักรวมเมล็ดต่อต้น องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางเกษตร ของสายพันธุ์รุ่นที่ 3 จำนวน 43 สายพันธุ์ ที่ผ่านการฉายรังสีปริมาณ 300, 450 และ 600 เกรย์

ลักษณะ	ช่วง		ค่าเฉลี่ย
	ต่ำสุด	สูงสุด	
น้ำหนักรวมเมล็ด/ต้น (กรัม)	0.62	14.40	4.51
น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	9.70	47.50	36.76
จำนวนช่อดอก/ต้น	11	28	17
จำนวนเมล็ด/ช่อดอก	9	25	15
ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด (มม.)	0.22	0.35	0.26
ระยะพุ่มแจ้ (วัน)	29	36	32
อายุวันออกดอก (วัน)	64	70	66
ช่วงออกดอก (วัน)	18	39	30
อายุเก็บเกี่ยว (วัน)	97	110	105
จำนวนกิ่ง/ต้น	4	9	7
มูมกิ่งกับลำต้น (องศา)	14	33	23
ความสูงกิ่งแรก (ซ.ม.)	21	42	28
ความสูงต้น (ซ.ม.)	66	113	85

#### การทดสอบผลผลิตเบื้องต้นของสายพันธุ์รุ่นที่ 4

ได้ทดสอบผลผลิตเบื้องต้นของสายพันธุ์กลายรุ่นที่ 4 ( $M_4$ ) จำนวน 43 สายพันธุ์โดยใช้แผนการทดลองแบบ strip test โดยปลูกในฤดูแล้ง (ตุลาคม 2548 – กุมภาพันธ์ 2549) พบว่าผลผลิตของค่าฝอยทั้ง 43 สายพันธุ์มีค่าระหว่าง 54 - 310 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก และความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด เท่ากับ 31.50-46.00 กรัม 17-24 ช่อดอก 10-23 เมล็ด และ 0.22-0.51 มิลลิเมตร ตามลำดับ อายุวันออกดอก และช่วงออกดอก มีค่า 88 และ 36 วันตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของลักษณะผลผลิตมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation, CV) อยู่ในระดับสูง 39.13 เปอร์เซ็นต์ และลักษณะองค์ประกอบผลผลิตที่มีความแปรปรวนค่อนข้างสูงได้แก่ จำนวนช่อดอกต่อต้น และจำนวนเมล็ด

ต่อช่อดอก มีค่าเท่ากับ 29.12 และ 16.16 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเท่ากับ 3.79 และ 4.56 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 2) นอกจากนี้ลักษณะทางเกษตรที่ศึกษามีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนอยู่ในระดับต่ำ คือ ระยะพุ่ม แจ้ อายุวันออกดอก ช่วงออกดอก อายุเก็บเกี่ยว มุมกิ่งกับลำต้น และความสูงต้น มีค่าเท่ากับ 8.39, 3.44, 4.33, 1.70, 5.59 และ 6.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 2)

สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง อันดับ 1-15 ได้จากการฉายรังสีที่ปริมาณ 300 เกรย์ และเป็นสายพันธุ์คำฝอยไร้หนามทั้งหมด ผลผลิตของสายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 4 (M<sub>4</sub>) ทั้ง 15 สายพันธุ์ มีค่าระหว่าง 154 -310 กิโลกรัมต่อไร่ สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงกว่า พันธุ์เปรียบเทียบกับพันธุ์พานทอง (195 กิโลกรัม) มี 4 สายพันธุ์ คือ M4025, M4022, M4018 และ M4070 ให้ผลผลิตเท่ากับ 310, 253, 203 และ 203 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ สายพันธุ์ 15 อันดับแรกที่ให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์พานทองมีจำนวน 11 สายพันธุ์ ได้แก่ M4021, M4028, M4065, M4069, M4055, M4023, M4056, M4005, M4068, M4017 และ M4062 ให้ผลผลิตระหว่าง 154 – 189 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 4) ส่วนสายพันธุ์ที่ให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบกับมีจำนวน 9 สายพันธุ์ คือ M4025, M4022, M4018, M4065, M4069, M4005, M4068, M4017 และ M4062 มีค่าระหว่าง 41.5 - 46.0 กรัม จำนวนช่อดอกต่อต้นของสายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 4 (M<sub>4</sub>) ทั้ง 15 สายพันธุ์ มีค่าระหว่าง 16-27 ช่อดอก ซึ่งต่ำกว่าพันธุ์เปรียบเทียบกับมีช่อดอก 32 ช่อดอก จำนวนเมล็ดต่อช่อดอกทั้ง 15 สายพันธุ์ มีค่าระหว่าง 17-24 เมล็ด ในขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบกับมี 22 เมล็ด สำหรับลักษณะเปลือกหุ้มเมล็ด ของสายพันธุ์รุ่นที่ 4 (M<sub>4</sub>) จำนวน 12 สายพันธุ์ มีความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด ระหว่าง 0.23–0.34 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าน้อยกว่าพันธุ์เปรียบเทียบกับมีค่า 0.35 มิลลิเมตร สายพันธุ์ที่ให้ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดน้อยที่สุด คือ M4005 มีค่าเท่ากับ 0.23 มิลลิเมตร และ สายพันธุ์ที่ให้ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดสูงที่สุด คือ M4068 มีค่าเท่ากับ 0.45 มิลลิเมตร

ลักษณะของผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง 15 อันดับแรก เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์ที่ไม่ฉายรังสี พบว่าน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (30.5-46.0 กรัม) ของ 12 สายพันธุ์ มีน้ำหนักสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์ที่ไม่ผ่านการฉายรังสีทั้ง 7 สายพันธุ์ มีค่าระหว่าง 36.0-43.0 กรัม มีความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดลดลง และอายุเก็บเกี่ยวเร็วขึ้น 0.23-0.45 มิลลิเมตร และ 121-128 วัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์ที่ไม่ผ่านการฉายรังสีทั้ง 7 สายพันธุ์ ที่มีค่าระหว่าง 0.25-0.35 มิลลิเมตร และ 124-127 วัน

สายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 4 ( $M_4$ ) ที่ให้ผลผลิตสูง 15 อันดับแรกมี ระยะพุ่มแจ้ อายุเก็บเกี่ยว จำนวนกิ่งต่อต้น และความสูง ใกล้เคียงกับพันธุ์พานทองซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ลักษณะทรงต้นของคำฝอยทั้ง 15 สายพันธุ์ จะมีทรงต้นที่กิ่งทำมุมกับลำต้นแคบอยู่ระหว่าง 23 – 31 องศา จัดเป็นลำต้นที่มีทรงต้นที่มีมุมกิ่งระดับปานกลาง ซึ่งกิ่งที่เกิดจะค่อนข้างขนานกับลำต้น และมีความสูงใกล้เคียงกัน Dajue *et al.* (1993) ได้แบ่งการแตกกิ่งของคำฝอยที่ทำมุมกับลำต้นระหว่าง 20 – 60 องศา จัดว่ามีทรงต้นที่มีมุมกิ่งปานกลาง และถ้ากิ่งทำมุมกับลำต้นน้อยกว่า 20 องศา เป็นทรงต้นแคบ (ตารางที่ 5)

สีกลีบดอกของสายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 4 ( $M_4$ ) 15 สายพันธุ์ ส่วนใหญ่เป็นสีส้มแดง มีเพียง 5 สายพันธุ์เท่านั้น คือ M4070, M4055, M4023, M4056 และ M4017 มีสีส้มเหลือง ในขณะที่พันธุ์พานทองมีสีส้มแดง ในการปลูกคำฝอยเพื่อนำกลีบดอกไปใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมการทำสีย้อม หรือทำชาเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพนั้น กลีบดอกคำฝอยต้องมีสีส้มเหลืองหรือสีส้มแดง เพราะเมื่อนำกลีบดอกไปตากแห้งสีของกลีบดอกจะสวยที่สุดเหมือนเดิม ถ้ากลีบดอกคำฝอยมีสีเหลืองเมื่อนำมาตากแห้งกลีบดอกจะมีสีดำ สำหรับสารในกลีบดอกมี 2 ชนิด คือ สารสีเหลือง (carthamidin) สามารถละลายได้ในน้ำ และ สารสีแดง (carthamin) ซึ่งไม่ละลายน้ำแต่ละลายได้เร็วในสารละลายต่าง (วาสนา, 2542)

ดังนั้นสีกลีบดอกของสายพันธุ์คำฝอยทั้ง 15 สายพันธุ์ จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ทำชาเครื่องดื่มสมุนไพร ลักษณะสีของเปลือกหุ้มเมล็ดทั้ง 15 สายพันธุ์ พบว่า ส่วนใหญ่มีสีขาวยาวเรียบ จำนวน 11 สายพันธุ์ คือ M4025, M4022, M4018, M4021, M4028, M4069, M4055, M4023, M4005, M4068 และ M4062 สายพันธุ์ที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลขาวเรียบ 3 สายพันธุ์ คือ M4065, M4056 และ M4017 และสายพันธุ์ที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลขาวลาย 1 สายพันธุ์ คือ M4070 Rubis (1967) กล่าวว่า เปลือกหุ้มเมล็ดคำฝอยสีเทา (*ththStpStp*) จะให้ปริมาณน้ำมันสูงถึง 47 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีน และเส้นใย 40 และ 17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลลายทาง (*ThThstpstp*) มีปริมาณ น้ำมัน 46 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน และเส้นใย 34 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เปลือกหุ้มเมล็ดสีขาวและขาวเรียบ (*ThThStpStp*) มีน้ำมัน โปรตีน และเส้นใย 39 , 20 และ 41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับสายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 4 ที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลลายทางที่คัดเลือกไว้นั้นมีผลผลิตค่อนข้างต่ำ แต่อย่างไรก็ตามสายพันธุ์เหล่านี้ก็น่าจะเป็นแหล่งของเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป และจะคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีเปลือกหุ้ม

**ตารางที่ 4** ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของคำฝอยพันธุ์กลายรุ่นที่ 4 (M<sub>4</sub>) ที่ให้ผลผลิตสูง 15 อันดับแรก

ลำดับ	สายพันธุ์	ประวัติสายพันธุ์	ผลผลิต (กก./ไร่)	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	จำนวน ช่อดอก/ต้น	จำนวนเมล็ด /ช่อดอก	ความหนาเปลือก หุ้มเมล็ด (มม.)	ระดับ <sup>1/</sup> หนาม
1	M 4025	KUsaf 5046-7	310	46.0	24	23	0.34	0
2	M 4022	KUsaf 5046-16	253	43.0	22	20	0.29	0
3	M 4018	KUsaf 5046-12	203	43.0	23	20	0.27	0
4	M 4070	KUsaf 5059-4	203	30.5	16	17	0.30	0
5	M 4021	KUsaf 5046-6	189	34.5	23	19	0.24	0
6	M 4028	KUsaf 5046-2	186	39.0	21	20	0.36	0
7	M 4065	KUsaf 5059-10	184	43.5	23	17	0.27	0
8	M 4069	KUsaf 5059-4	175	41.5	24	20	0.31	0
9	M 4055	KUsaf 5049-17	175	32.0	27	17	0.26	0
10	M 4023	KUsaf 5046-7	170	40.0	20	19	0.37	0
11	M 4056	KUsaf 5049-10	159	40.5	21	18	0.26	0
12	M 4005	KUsaf 4038-12	159	45.5	19	19	0.23	0
13	M 4068	KUsaf 5059-10	158	44.0	18	20	0.45	0
14	M 4017	KUsaf 5046-16	155	46.0	19	22	0.34	0
15	M 4062	KUsaf 5059-5	154	45.5	20	21	0.28	0

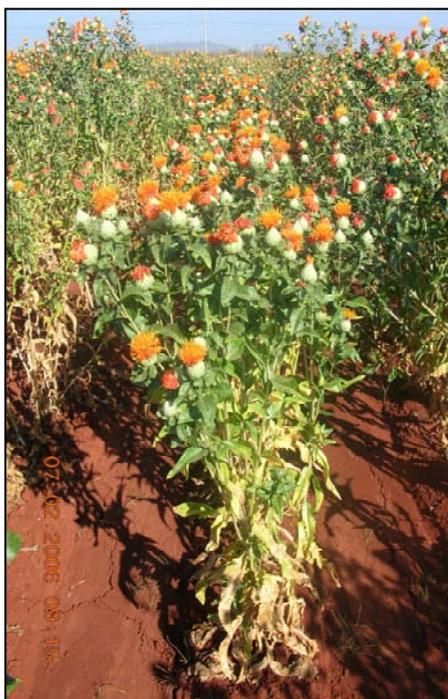
**ตารางที่ 4 (ต่อ)**

สายพันธุ์	ผลผลิต (กก./ไร่)	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	จำนวน ช่อดอก/ต้น	จำนวนเมล็ด /ช่อดอก	ความหนาเปลือก หุ้มเมล็ด (มม.)	ระดับ <sup>u</sup> หนาม
Phantong	195.00	40.50	32	22	0.35	0
KUsaf 4038	139.28	37.33	24	22	0.35	0
KUsaf 5046	148.38	40.00	26	22	0.32	0
KUsaf 5048	104.15	36.00	21	19	0.26	0
KUsaf 5049	165.98	36.00	24	21	0.25	0
KUsaf 5058 <sup>u</sup>	150.30	43.00	24	21	0.29	0
KUsaf 5059 <sup>u</sup>	151.37	42.50	17	21	0.25	0
ค่าเฉลี่ย	142.97	23	21	0.29		
CV (%)	39.13	29.12	16.16	3.19		
LSD 0.01	145.01	17.81	9.19	0.02		

<sup>u</sup> มีหนาม

เมล็ดสีน้ำตาลลายทาง ที่มีลักษณะทางเกษตรที่ดี และผลผลิตในระดับดี ในรุ่นที่ 6 หรือ 7 เพื่อนำเมล็ดไปวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์น้ำมันอีกครั้งหนึ่ง

สายพันธุ์ที่มีลักษณะทางเกษตรบางลักษณะที่น่าสนใจ ได้แก่ สายพันธุ์ M4022, M4055 และ M4062 มีช่วงออกดอก ค่อนข้างสั้น 34 , 32 และ 30 วันตามลำดับ อายุเก็บเกี่ยวระหว่าง 124-127 วัน ความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดระหว่าง 0.26- 0.29 มิลลิเมตร มีกลีบดอกสีส้มแดง สีเปลือกหุ้มเมล็ดมีสีขาวผิวเรียบ วาสนา (2546) กล่าวว่า สายพันธุ์คำฝอยที่มีช่วงออกดอกสั้นนั้น น่าจะมีแนวโน้มที่จะให้อายุสุกแก่ของเมล็ดใกล้เคียงกันและลดระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวกลีบดอกให้สั้นลง ดังนั้นสายพันธุ์ทั้ง 3 นี้ สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมต่อไป สำหรับการปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้มีช่วงออกดอกสั้น และอายุเก็บเกี่ยวเร็ว นอกจากนี้ สายพันธุ์ M4060 มีลักษณะ ก้านช่อดอกสั้น มุมกิ่งแคบ ความยาวกิ่งใกล้เคียงกันทำให้ช่อดอกมีความสม่ำเสมอ มีใบมาก ทำให้ทรงต้นมีลักษณะเป็นพุ่ม (ภาพที่ 3) มีแนวคิดว่าน่าจะนำมาพัฒนาเป็นไม้ตัดดอก หรือไม้กระถางได้



**ภาพที่ 3** คำฝอยสายพันธุ์ M4060 มีทรงต้นลักษณะเป็นพุ่ม เนื่องจากมี มุมกิ่งแคบ ก้านช่อดอกสูงในระดับใกล้เคียงกัน

**ตารางที่ 5** ลักษณะทางเกษตรของสายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 4 (M<sub>4</sub>) ที่ให้ผลผลิตสูง 15 อันดับแรก

ลำดับ	สายพันธุ์	ระยะฟุ่มเ้า (วัน)	อายุ (วัน)		FP (วัน)	จำนวน กิ่ง/ต้น	มุมกิ่ง กับลำต้น (องศา)	ความสูง (ซม.)		สีกลีบดอก	สีเปลือกหุ้ม เมล็ด
			ออกดอก	เก็บเกี่ยว				กิ่งแรก	ต้น		
1	M 4025	47	83	123	41	12	26	33	112	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
2	M 4022	47	88	126	34	11	26	41	126	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
3	M 4018	47	83	121	39	10	31	30	114	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
4	M 4070	49	91	127	35	7	25	23	117	สีส้มเหลือง	สีน้ำตาลมีลาย
5	M 4021	51	87	126	41	12	24	18	96	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
6	M 4028	51	88	123	40	10	27	34	120	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
7	M 4065	43	88	127	32	8	25	33	110	สีส้มแดง	สีน้ำตาลผิวเรียบ
8	M 4069	53	91	127	33	9	23	26	118	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
9	M 4055	47	93	127	32	11	25	32	119	สีส้มเหลือง	สีขาวผิวเรียบ
10	M 4023	47	84	126	36	11	24	23	102	สีส้มเหลือง	สีขาวผิวเรียบ
11	M 4056	47	88	127	40	9	23	48	120	สีส้มเหลือง	สีน้ำตาลผิวเรียบ
12	M 4005	51	84	122	34	10	25	27	114	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
13	M 4068	49	91	127	33	7	27	50	125	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
14	M 4017	47	85	123	34	9	26	33	109	สีส้มเหลือง	สีน้ำตาลผิวเรียบ
15	M 4062	51	89	124	30	8	25	40	118	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ

ตารางที่ 5 (ต่อ)

สายพันธุ์	ระยะฟุ่มเ้ง (วัน)	อายุ (วัน)		FP (วัน)	จำนวน กิ่ง/ต้น	มุมกิ่ง กับลำต้น (องศา)	ความสูง (ซม.)		สีกลีบดอก	สีเปลือกหุ้มเมล็ด
		ออกดอก	เก็บเกี่ยว				กิ่งแรก	ต้น		
Phantong	46	87	39	128	10	29	35	119	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
KUsaf 4038	47	87	40	126	13	29	24	117	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
KUsaf 5046	49	86	34	124	8	26	25	111	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
KUsaf 5048	51	89	39	125	9	26	35	118	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
KUsaf 5049	48	87	36	125	8	25	33	109	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
KUsaf 5058 <sup>L</sup>	51	91	34	127	9	29	30	112	สีส้มแดง	สีน้ำตาลผิวลวย
KUsaf 5059 <sup>L</sup>	49	88	30	127	10	24	36	111	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
ค่าเฉลี่ย	49	88	36	125	9	26	31	112		
CV (%)	8.39	3.44	4.33	1.70	19.07	5.59	24.63	6.53		
LSD 0.01	10.04	7.60	3.90	5.34	4.57	4.23	26.67	19.56		

<sup>L</sup> มีหนาม , FP = ช่วงออกดอก ( flowering period )

#### เปอร์เซ็นต์น้ำมันในค่าฝอยรุ่นที่ 4

Claassen *et al.* (1950) ได้รายงานว่ เปลือกหุ้มเมล็ดมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ -0.77 และ Ashri *et al.* (1974) รายงานว่ เปลือกหุ้มเมล็ดมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์น้ำมันในเมล็ด ดังนั้นจึงได้คัดเลือกสายพันธุ์  $M_4$  โดยพิจารณาสายพันธุ์ที่มีขนาดเมล็ดใหญ่ และมีเปลือกหุ้มเมล็ดบาง คือมีความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดในช่วง 0.22-0.37 มิลลิเมตร จำนวน 17 สายพันธุ์ และ 2 สายพันธุ์ ที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดหนา เท่ากับ 0.45 และ 0.51 มิลลิเมตร สายพันธุ์ค่าฝอยทั้ง 19 สายพันธุ์นี้ เป็นสายพันธุ์ที่มาจาก การฉายรังสี 300 เกรย์ เท่านั้น การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์น้ำมัน ใช้วิธี Soxhlet

ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์น้ำมัน พบว่า สายพันธุ์ที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดบาง จำนวน 17 สายพันธุ์ มีปริมาณน้ำมันระหว่าง 16.83 - 26.76 เปอร์เซ็นต์ สายพันธุ์เหล่านี้ มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดระหว่าง 36.50-44.00 กรัม ในขณะที่สายพันธุ์ที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดหนา จำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ M4004 และ M4068 มีปริมาณน้ำมันเท่ากับ 19.01 และ 18.71 เปอร์เซ็นต์ และมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด มีค่าเท่ากับ 36.50 และ 44.00 กรัม ตามลำดับ สำหรับ สายพันธุ์ที่ไม่ผ่านการฉายรังสี 5 สายพันธุ์ มีปริมาณน้ำมันระหว่าง 22.79-25.08 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด มีค่าระหว่าง 36.00-43.00 กรัม และเปลือกหุ้มเมล็ด มีค่า 0.25-0.35 มิลลิเมตร (ตารางที่ 6) สายพันธุ์ M4020 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงสุด เท่ากับ 26.76 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่าใกล้เคียงกับพันธุ์พานทองซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบที่ให้ปริมาณน้ำมันเท่ากับ 26.30 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามสายพันธุ์ที่คัดเลือกมาวิเคราะห์น้ำมันที่จัดเป็นเปลือกหุ้มเมล็ดบางนั้น ส่วนมากจะมีขนาดเมล็ดใหญ่ กว่าสายพันธุ์ที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดหนา โดยเฉพาะสายพันธุ์ M4004 ซึ่งมีเปลือกหุ้มเมล็ดหนาสุดเท่ากับ 0.51 มิลลิเมตร แสดงว่าเปลือกหุ้มเมล็ดบางทั้ง 17 สายพันธุ์ ที่มีขนาดเมล็ดใหญ่นั้น เป็นน้ำหนักเนื้อเมล็ด Betschart (1975) กล่าวว่า เมล็ดค่าฝอยประกอบด้วยเปลือก 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสะสมอาหาร 50 เปอร์เซ็นต์ สายพันธุ์ค่าฝอยที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดบางจะมีเนื้อเมล็ด 55-70 เปอร์เซ็นต์ เปลือกหุ้มเมล็ด 30-45 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณน้ำมันในเนื้อเมล็ด 35-45 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ Medhat *et al.* (1989) รายงานว่าปริมาณน้ำมันในประชากรค่าฝอยรุ่นที่  $M_1$  และ  $M_2$  ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ และปริมาณน้ำมันลดลง ที่ปริมาณรังสี 80 กิโลเรด ซึ่งขัดแย้งกับรายงานของ Abo-Hegazi and Shalaby (1993) ทดลองใช้รังสีแกมมาที่ค่าฝอยสายพันธุ์ Giza 1 ปริมาณ 0-160 กิโลเรดพบว่าที่ปริมาณรังสี 100-160 กิโลเรด ได้สายพันธุ์ค่าฝอยที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงขึ้น ดังนั้นปริมาณน้ำมันในเมล็ดที่ได้จากการฉายรังสี อาจจะมีความสัมพันธ์ กับ จีโนไทป์ของพืชด้วย แต่อย่างไรก็ตาม

จากผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า สายพันธุ์ที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดบาง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูง มีแนวโน้มที่จะให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงด้วย

### สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับลักษณะทางเกษตร

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างๆ ที่มีผลต่อผลผลิต มีประโยชน์สำหรับนำไปใช้พิจารณา คัดเลือกลักษณะนั้นๆ เพื่อเพิ่มผลผลิต และใช้เป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของผลผลิตกับลักษณะทางเกษตร 11 ลักษณะ พบว่า ลักษณะทางเกษตร 6 ลักษณะ ได้แก่ จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก น้ำหนักเมล็ดต่อต้น น้ำหนัก 1,000 เมล็ด จำนวนกิ่งต่อต้น ความสูงต้น และความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด พบว่ามีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิต (ตารางที่ 7) ลักษณะที่มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด และมีความแตกต่างทางสถิติ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับจำนวนกิ่งต่อต้น มีค่าเท่ากับ 0.3537\*\* จากความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงว่า สายพันธุ์คำฝอยที่มี จำนวนกิ่งต่อต้นมาก มีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตสูงขึ้น เพราะจำนวนกิ่งที่เพิ่มขึ้นอาจทำให้ช่อดอกต่อต้นเพิ่มมากขึ้น ลักษณะที่มีความสัมพันธ์สูง และมีความแตกต่างทางสถิติลงมา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับน้ำหนัก 1,000 เมล็ด และความสูงต้น มีค่าเท่ากับ 0.2843\* และ 0.2949\* ตามลำดับ แสดงว่าสายพันธุ์คำฝอยที่มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงขึ้น และลำต้นสูง ผลผลิตมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้น ลักษณะที่มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิต ได้แก่ จำนวนช่อดอกต่อต้น ( $r = 0.1939$ ) จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก ( $r = 0.0571$ ) น้ำหนักเมล็ดต่อต้น ( $r = 0.0044$ ) แสดงว่าทั้ง 4 ลักษณะ มีผลทำให้ผลผลิตของสายพันธุ์คำฝอย และ ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด ( $r = 0.1623$ ) เพิ่มมากขึ้น ส่วนลักษณะที่มีความสัมพันธ์ทางลบกับผลผลิต ได้แก่ มุมกิ่งกับลำต้น ( $r = -0.1036$ ) อายุวันออกดอก ( $r = -0.0934$ ) ช่วงออกดอก ( $r = -0.1110$ ) และอายุเก็บเกี่ยว ( $r = -0.191$ ) แสดงว่า สายพันธุ์คำฝอยที่มีมุมกิ่งกับลำต้นกว้าง อายุออกดอก, ช่วงออกดอก และอายุเก็บเกี่ยวที่มีระยะเวลาสั้นขึ้นอาจทำให้ผลผลิตของคำฝอยลดลง ในการพิจารณาจะใช้ลักษณะใดเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกเพียงอย่างเดียวไม่ได้ ควรจะต้องพิจารณารวมทั้งผลบวก และผลลบ เช่น จำนวนกิ่งต่อต้นมากก็อาจมีผลทำให้ ช่วงออกดอก อายุเก็บเกี่ยวยาวนานขึ้น และจำนวนกิ่งที่มากขึ้นอาจเพิ่มจำนวนดอก แต่ขนาดเมล็ดอาจลดลงมีผลต่อจำนวนเมล็ด และขนาดเมล็ดได้

**ตารางที่ 6** เปรอร์เซ็นต์น้ำมัน น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด ของสายพันธุ์  
คำฝอย รุ่นที่ 4 (M<sub>4</sub>) จำนวน 19 สายพันธุ์

สายพันธุ์	เปอร์เซ็นต์น้ำมัน	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	ความหนา เปลือกหุ้มเมล็ด (มิลลิเมตร)
M 4020	26.76	41.00	0.24
M 4005	24.76	45.50	0.23
M 4069	24.34	41.50	0.31
M 4060	24.06	37.50	0.25
M 4049	23.46	40.50	0.28
M 4006	23.39	40.50	0.27
M 4065	23.09	43.50	0.27
M 4024	22.95	42.50	0.32
M 4054	22.12	36.50	0.23
M 4015	21.96	31.50	0.30
M 4023	21.95	40.00	0.37
M 4055	21.80	37.00	0.26
M 4052	19.98	45.00	0.29
M 4004	19.01	36.50	0.51
M 4068	18.71	44.00	0.45
M 4062	18.15	45.50	0.28
M 4050	17.87	39.50	0.29
M 4057	17.75	40.00	0.31
M 4051	16.83	38.00	0.22
พานทอง	26.30	41.00	0.36
KUsaf 4038	25.00	37.33	0.32
KUsaf 5046	24.08	40.00	0.35
KUsaf 5049	24.30	36.00	0.25
KUsaf 5058 <sup>1/</sup>	22.79	43.00	0.29
KUsaf 5059 <sup>1/</sup>	25.08	42.50	0.26

<sup>1/</sup> มีหนาม

**ตารางที่ 7** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของผลผลิตกับลักษณะต่าง ๆ ของสายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 4 (M<sub>4</sub>) จำนวน 43 สายพันธุ์

ลักษณะ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)
ผลผลิต vs จำนวนช่อดอกต่อต้น	r = 0.1939
ผลผลิต vs จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก	r = 0.0571
ผลผลิต vs น้ำหนักเมล็ดต่อต้น	r = 0.0044
ผลผลิต vs น้ำหนัก 1,000 เมล็ด	r = 0.2843*
ผลผลิต vs จำนวนกิ่งต่อต้น	r = 0.3537**
ผลผลิต vs ความสูงต้น	r = 0.2949*
ผลผลิต vs มุมกิ่งกับลำต้น	r = -0.1036
ผลผลิต vs ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด	r = 0.1623
ผลผลิต vs อายุออกดอก	r = -0.0934
ผลผลิต vs ช่วงออกดอก	r = -0.1110
ผลผลิต vs อายุเก็บเกี่ยว	r = -0.1191

องศาความเป็นอิสระที่ 41

\*, \*\* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

จากผลการศึกษา ผลผลิต มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับ ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด (ตารางที่ 7) จึงได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดกับองค์ประกอบผลผลิตและลักษณะ ความสูงกิ่งแรก จำนวนกิ่งต่อต้น ความสูงต้น และมุมกิ่ง ของสายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 4 (M<sub>4</sub>) จำนวน 43 สายพันธุ์ (ตารางที่ 8) พบว่า จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น และมุมกิ่ง มีความสัมพันธ์ทางบวก กับความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.2704\*, 0.2385\* และ 0.2550\* ตามลำดับ นอกจากนี้ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดยังมีความสัมพันธ์ทางบวกกับ น้ำหนักเมล็ดต่อต้น (r = 0.0201) น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (r = 0.1355) และความสูงต้น (r = 0.0343) แสดงว่าลักษณะความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดมีความสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะ องค์ประกอบของผลผลิต ส่วนลักษณะที่มีความสัมพันธ์ทางลบกับความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด คือ จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก (r = -0.0912) และ ความสูงกิ่งแรก (r = -0.1928)

**ตารางที่ 8** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดกับองค์ประกอบผลผลิตและลักษณะทางเกษตรบางลักษณะของสายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 4 ( $M_4$ ) จำนวน 43 สายพันธุ์

ลักษณะ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)
ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด vs จำนวนช่อดอกต่อต้น	$r = 0.2704^*$
ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด vs จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก	$r = -0.0912$
ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด vs น้ำหนักเมล็ดต่อต้น	$r = 0.0201$
ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด vs น้ำหนัก 1,000 เมล็ด	$r = 0.1355$
ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด vs ความสูงกิ่งแรก	$r = -0.1928$
ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด vs จำนวนกิ่งต่อต้น	$r = 0.2385^*$
ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด vs ความสูงต้น	$r = 0.0343$
ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด vs มุมกิ่งกับลำต้น	$r = 0.2550^*$

องศาความเป็นอิสระที่ 41

\* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 9 แสดงสหสัมพันธ์ของลักษณะทางเกษตร และลักษณะองค์ประกอบผลผลิตพบว่าระยะพุ่มแจ้มีความสัมพันธ์ความสัมพันธ์ทางบวกกับ อายุวันออกดอก ( $r = 0.1896$ ) ช่วงออกดอก ( $r = 0.0021$ ) และอายุเก็บเกี่ยว ( $r = 0.1938$ ) สำหรับลักษณะที่มีความสัมพันธ์ทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระยะพุ่มแจ้ คือ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ( $r = -0.3261^{**}$ ) และลักษณะที่มีความสัมพันธ์ทางลบกับระยะพุ่มแจ้ ได้แก่ จำนวนกิ่งต่อต้น ( $r = -0.0505$ ) จำนวนช่อดอกต่อต้น ( $r = -0.0296$ ) จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก ( $r = -0.0449$ ) และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น ( $r = -0.0732$ ) แสดงว่าเมื่อระยะพุ่มแจ้ยาวนานขึ้นมีแนวโน้มทำให้กับอายุเก็บเกี่ยว อายุวันออกดอก และช่วงออกดอกยาวนานมากขึ้น แต่จะส่งผลให้ จำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก น้ำหนักเมล็ดต่อต้น และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดลดลง เนื่องจากลำต้นไม่ยึดปล้องทำให้ไม่เกิดการแตกกิ่ง และมีการเจริญในระยะลำต้นเป็นเวลานาน

อายุวันออกดอกมีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ กับ อายุเก็บเกี่ยวเท่ากับ  $0.6887^{**}$  แสดงว่าเมื่อคำฝอยมีอายุวันออกดอกนานขึ้น ทำให้อายุเก็บเกี่ยวยาวนานขึ้นด้วย

และมีความสัมพันธ์ทางบวก กับ ช่วงออกดอก ( $r = 0.0943$ ) จำนวนช่อดอกต่อต้น ( $r = 0.0013$ ) และ น้ำหนักเมล็ดต่อต้น ( $r = 0.0526$ ) อายุวันออกดอกมีความสัมพันธ์ทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับ จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก ( $r = -0.2333^*$ ) มีความสัมพันธ์ทางลบกับ จำนวนกิ่งต่อต้น ( $r = -0.1227$ ) มุมกิ่ง ( $r = -0.1080$ ) และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ( $r = -0.1483$ )

ช่วงออกดอก มีความสัมพันธ์ทางบวก กับ อายุเก็บเกี่ยว ( $r = 0.1015$ ) แสดงว่าถ้าค่าฝอยมี ช่วงออกดอก นานขึ้น อาจทำให้อายุเก็บเกี่ยวยาวขึ้น เพราะดอกอาจใช้เวลาสุกแก่มากขึ้น และมีความสัมพันธ์ทางลบ จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก ( $r = -0.0879$ ) น้ำหนักเมล็ดต่อต้น ( $r = -0.058$ ) และ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ( $r = -0.1017$ ) แสดงว่าช่วงออกดอก ที่นานขึ้น จะทำให้องค์ประกอบผลผลิต ทั้ง 3 ลักษณะลดลง

อายุเก็บเกี่ยวมีความสัมพันธ์ทางบวก จำนวนช่อดอกต่อต้น และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น มีค่าเท่ากับ 0.0205 และ 0.0534 ตามลำดับ อายุเก็บเกี่ยวมีความสัมพันธ์ทางลบกับ จำนวนกิ่งต่อต้น ( $r = -0.0510$ ) มุมกิ่งกับลำต้น ( $r = -0.2070$ ) จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก ( $r = -0.1787$ ) และ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ( $r = -0.1024$ ) แสดงว่าเมื่อค่าฝอยมีอายุเก็บเกี่ยวยาวนานขึ้น อาจมีผลทำให้จำนวนกิ่งต่อต้น มุมกิ่งกับลำต้น จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก และ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ลดลง (ตารางที่ 9)

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะจำนวนกิ่งต่อต้น กับลักษณะต่างๆ พบว่ามีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับจำนวนช่อดอกต่อต้นเท่ากับ 0.5665\*\* และมีความสัมพันธ์ทางบวกกับ ความสูงต้น มุมกิ่งกับลำต้น จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก น้ำหนักเมล็ดต่อต้น และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด มีค่าเท่ากับ 0.1018, 0.0091, 0.0118, 0.1708 และ 0.0938 ตามลำดับ มีความสัมพันธ์ทางลบ กับความสูงกิ่งแรก ( $r = -0.2121$ )

ความสูงกิ่งแรก มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับความสูงต้น ( $r = 0.3549^{**}$ ) มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ( $r = 0.2808^*$ ) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับมุมกิ่ง( $r = 0.0043$ ) และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น( $r = 0.1185$ ) แสดงว่าเมื่อ

กิ่งแรกที่เกิดจากลำต้นสูงขึ้นอาจมีผลทำให้ต้นคำฝอยเพิ่มสูงขึ้นได้ แต่ความสูงกิ่งแรกมีความสัมพันธ์ทางลบ กับ จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก ( $r = -0.1283$ )

ความสูงต้น มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับมุมกิ่งกับลำต้น ( $r = 0.2497^*$ ) น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ( $r = 0.3256^*$ ) และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น ( $r = 0.2422^*$ ) มีความสัมพันธ์ทางลบกับจำนวนเมล็ดต่อช่อดอก ( $r = -0.0807$ ) แสดงว่า ถ้าความสูงต้นเพิ่มมากขึ้น อาจทำให้ มุมกิ่งกับลำต้น น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และน้ำหนักเมล็ดต่อต้นเพิ่มมากขึ้น ส่วนลักษณะ มุมกิ่ง มีความสัมพันธ์ทางบวก กับจำนวนเมล็ดต่อช่อดอก ( $r = 0.0665$ ) มีความสัมพันธ์ทางลบกับ น้ำหนักเมล็ดต่อต้น ( $r = -0.1199$ ) และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ( $r = -0.0430$ )

จำนวนช่อดอกต่อต้น มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ น้ำหนักเมล็ดต่อต้น มีค่าเท่ากับ  $0.2506^*$  และมีความสัมพันธ์ทางบวกกับ จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก และ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด มีค่าเท่ากับ  $0.0583$  และ  $0.0327$  ตามลำดับ มีความสัมพันธ์ทางลบ กับความสูงกิ่งแรก ( $r = -0.2202$ ) และมุมกิ่ง ( $r = -0.0945$ )

ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบผลผลิต พบว่า จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก มีความสัมพันธ์ทางบวกกับ น้ำหนักเมล็ดต่อต้น ( $r = 0.1062$ ) และ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ( $r = 0.236$ ) ส่วนน้ำหนักเมล็ดต่อต้น มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ( $r = 0.4921^{**}$ ) (ตารางที่ 9) แสดงว่าเมื่อจำนวนช่อดอกต่อต้นเพิ่มมากขึ้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น น้ำหนัก 1,000 เมล็ดเพิ่มขึ้นด้วย และทั้ง 3 ลักษณะมีแนวโน้มที่จะทำให้ผลผลิตของคำฝอยเพิ่มสูงขึ้น

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะทางเกษตร และลักษณะองค์ประกอบผลผลิตสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงพันธุ์คำฝอยได้โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ของลักษณะที่ต้องการ แต่อย่างไรก็ตามได้ศึกษาแพทโคเอฟฟีเซียนท์ ของลักษณะที่จะมีผลทางตรงหรือทางอ้อมต่อผลผลิตคำฝอย เพื่อนำมาใช้ประกอบการคัดเลือกในการทดลองครั้งนี้ ลักษณะที่สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงพันธุ์ คือ อายุวันออกดอก ช่วงออกดอก อายุเก็บเกี่ยว จำนวนช่อดอกต่อต้น รวมทั้งจำนวนกิ่งต่อต้น เพราะทั้ง 5 ลักษณะส่งผลต่อองค์ประกอบผลผลิตของคำฝอย และจำนวนเมล็ดต่อช่อดอก ก็มีผลต่อผลผลิตคำฝอยเช่นกัน

**ตารางที่ 9** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของลักษณะทางเกษตร และองค์ประกอบผลผลิตของสายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 4 (M<sub>4</sub>) จำนวน 43 สายพันธุ์

ลักษณะ	อายุวัน ออกดอก	FP <sup>1/</sup> (วัน)	อายุเก็บ เกี่ยว	จำนวน กิ่ง/ต้น	จำนวน ช่อดอก/ต้น	ความสูง กิ่งแรก (ซม.)	ความสูงต้น (ซม.)	มมกึ่ง (องศา)	จำนวน เมล็ด/ช่อดอก	น้ำหนัก เมล็ด/ต้น	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)
ระยะพุ่มแจ้	0.1896	0.0021	0.1938	-0.0505	-0.0296	-0.2206	-0.1812	0.0106	-0.0449	-0.0732	-0.3261**
อายุวันออกดอก		0.0943	0.6887**	-0.1227	0.0013	0.1912	0.2179	-0.1088	-0.2333*	0.0526	-0.1483
FP <sup>1/</sup>			0.0105	0.0807	0.0068	-0.0378	-0.1408	0.0679	-0.0879	-0.0581	-0.0128
อายุเก็บเกี่ยว				-0.0510	0.0205	0.1661	0.0136	-0.2070	-0.1787	0.0534	-0.1024
จำนวนกิ่ง/ต้น					0.5665**	-0.0973	0.1018	0.0091	0.0118	0.1708	0.0938
จำนวนช่อดอก/ต้น						-0.2202	0.2280	-0.0945	0.0583	0.2560*	0.0327
ความสูงกิ่งแรก (ซม.)							0.3549**	0.0043	-0.0981	0.1185	0.2808*
ความสูงต้น (ซม.)								0.2497*	-0.0807	0.2422*	0.3256*
มมกึ่ง (องศา)									0.0665	-0.1199	-0.0430
จำนวนเมล็ด/ช่อดอก										0.1062	0.0236
น้ำหนักเมล็ด/ต้น											0.4921**

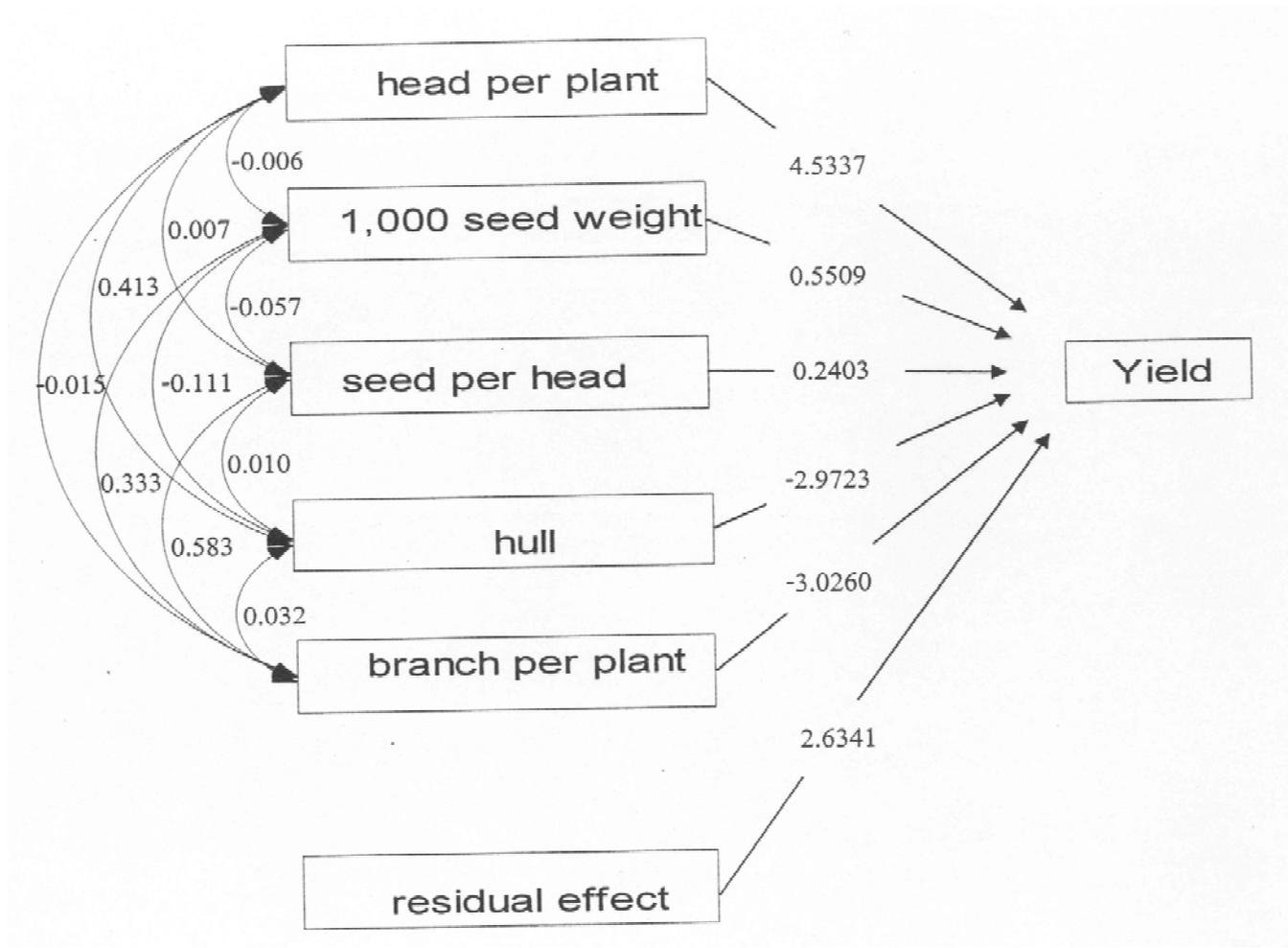
องศาความเป็นอิสระที่ 41

<sup>1/</sup> FP = ช่วงออกดอก (flowering period) , \*\*, \* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

### แพทโคเอฟฟีเซียนท์

การวิเคราะห์แพทโคเอฟฟีเซียนท์ (path coefficient analysis) เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ เพื่อตรวจสอบอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ที่เป็นตัวแปรอิสระต่อตัวแปรตาม โดยมีทั้ง อิทธิพลทางตรง (direct effects) และทางอ้อม (indirect effects) ของตัวแปรอิสระนั้น ที่มีต่อตัวแปรตามอื่นๆ ได้วิเคราะห์แพทโคเอฟฟีเซียนท์ขององค์ประกอบผลผลิต ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด และจำนวนกิ่งต่อต้นที่มีผลต่อผลผลิต ผลการวิเคราะห์พบว่า จำนวนช่อดอกต่อต้น น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และจำนวนเมล็ดต่อช่อดอก มีอิทธิพลทางตรง และเป็นผลบวกต่อผลผลิต มีค่าเท่ากับ 4.5335, 0.5509 และ 0.2403 ตามลำดับ (ภาพที่ 4 และตารางผนวกที่ 4) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับ Ranga Rao and Ramachandram (1997) รายงานว่า จำนวนช่อดอกต่อต้น มีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิต สำหรับความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด และจำนวนกิ่งต่อต้นมีอิทธิพลทางตรงมีค่าเป็นลบต่อผลผลิต มีค่าเท่ากับ -2.9723 และ -3.0260 ตามลำดับ (ภาพที่ 4 และตารางผนวกที่ 4) ซึ่งให้ผลแตกต่างจากการศึกษาของ Ranga Rao and Ramachandram (1997) และ Patil (1998) ที่ รายงานว่า จำนวนกิ่งต่อต้นมีอิทธิพลทางตรงและมีค่าเป็นผลบวก สำหรับอิทธิพลทางอ้อมพบว่า น้ำหนัก 1,000 เมล็ด มีอิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนช่อดอกต่อต้น มีค่าเท่ากับ -0.006 จำนวนช่อดอกต่อต้น มีอิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนกิ่งต่อต้น และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด มีค่าเท่ากับ -0.015 และ -0.006 ตามลำดับ ส่วนจำนวนเมล็ดต่อช่อดอก มีอิทธิพลทางลบผ่าน น้ำหนัก 1,000 เมล็ดมีค่าเท่ากับ -0.057 ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดมีอิทธิพลทางอ้อมผ่าน น้ำหนัก 1,000 เมล็ดมีค่า -0.111 และ จำนวนกิ่งต่อต้นมีอิทธิพลทางอ้อม และมีค่าเป็นลบผ่าน จำนวนช่อดอกต่อต้น -0.015 แต่ Ashri *et al.* (1974) รายงานว่า ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดมีอิทธิพลทางตรง ต่อขนาดเมล็ด เท่ากับ -0.12

ผลการวิเคราะห์แพทโคเอฟฟีเซียนท์ ลักษณะที่มีอิทธิพลทางตรงและ เป็นผลบวกต่อผลผลิต คือ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด จำนวนช่อดอกต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อช่อดอก องค์ประกอบผลผลิตทั้ง 3 ลักษณะนี้ สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ค่าฝอย เพื่อเพิ่มผลผลิตได้ สำหรับลักษณะจำนวนกิ่งต่อต้นมีอิทธิพลทางตรง และมีค่าเป็นลบต่อผลผลิต ที่ให้ผลแตกต่างกับการศึกษาในรายงานอื่น ๆ ดังนั้นการคัดเลือกสายพันธุ์ค่าฝอยต้องพิจารณาจำนวนกิ่ง จำนวนช่อดอกต่อต้น และน้ำหนักเมล็ดต่อช่อดอกที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลผลิตต่อต้น



**ภาพที่ 4** แพทโคเอฟฟิเชียนท์ของลักษณะ จำนวนช่อดอกต่อต้น น้ำหนัก 1,000 เมล็ด จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด และจำนวนกิ่งต่อต้น ของคำฝอยรุ่นที่ 4 ( $M_4$ ) จำนวน 43 สายพันธุ์

สูง และ Singh *et al.* (2004) กล่าวว่าอิทธิพลทางตรงของน้ำหนักรวมต่อช่อดอกสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ค่าฝอยเพื่อเพิ่มผลผลิตได้ แต่อย่างไรก็ตามควรพิจารณาลักษณะอื่นร่วมด้วย

ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำมัน น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด ของสายพันธุ์ค่าฝอยรุ่นที่ 4 จำนวน 19 สายพันธุ์ (ตารางที่ 10) พบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันมีความสัมพันธ์ทางลบอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และ ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด เท่ากับ  $-0.7468^{**}$  และ  $-0.3360^{**}$  แสดงว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงขึ้น ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดลดลง สอดคล้องกับ Claassen *et al.* (1950) รายงานว่า ค่าสหสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์น้ำมัน และ เปอร์เซ็นต์เปลือกหุ้มเมล็ดมีค่าเท่ากับ  $-0.77$  Ranga Rao and Ramachandram (1997) รายงานว่า เปลือกหุ้มเมล็ดมีอิทธิพลทางตรง ต่อปริมาณน้ำมันในเมล็ด

**ตารางที่ 10** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์น้ำมันกับ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด ของสายพันธุ์ค่าฝอยรุ่นที่ 4 ( $M_4$ ) จำนวน 19 สายพันธุ์

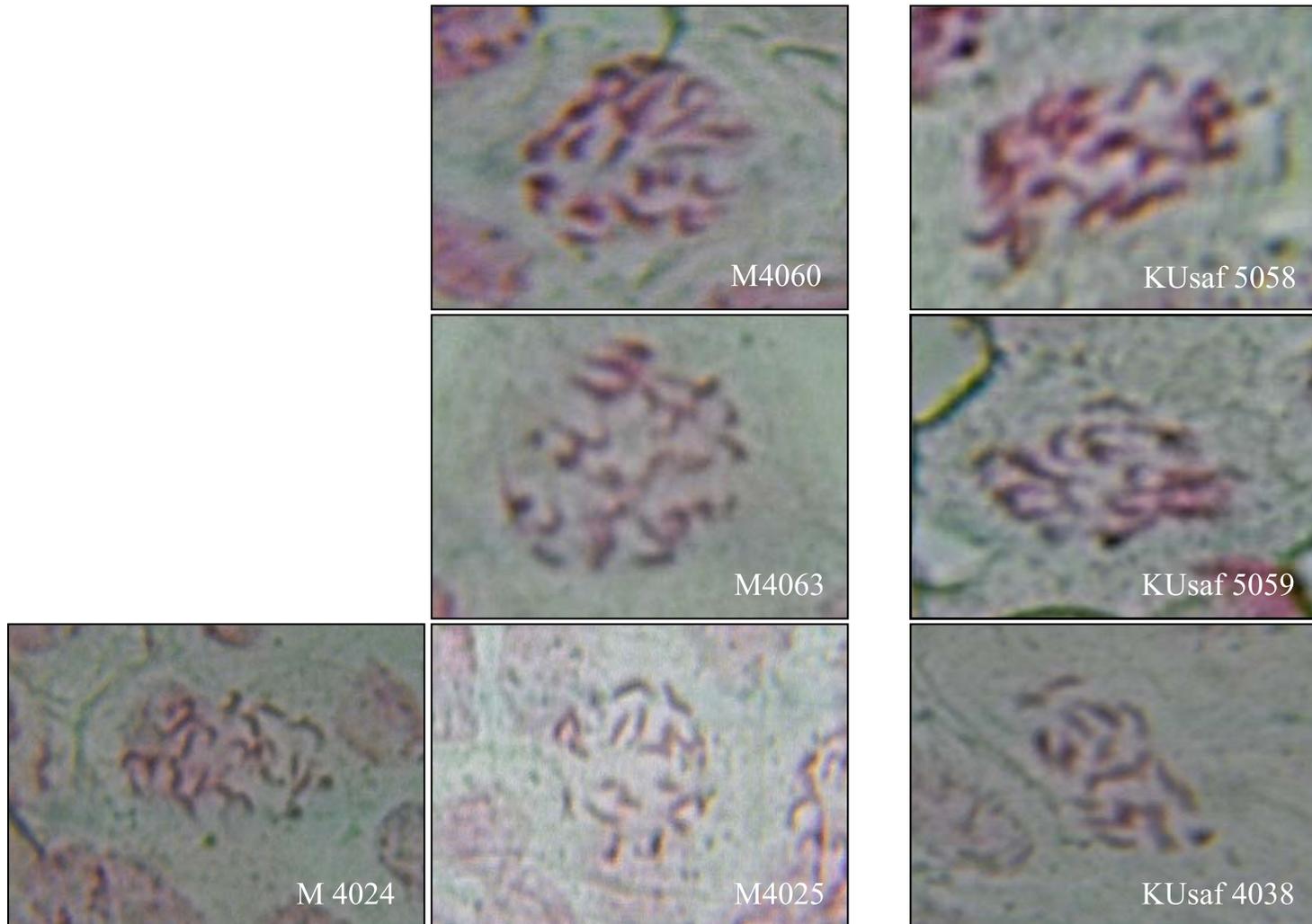
ลักษณะ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)
เปอร์เซ็นต์น้ำมัน vs น้ำหนัก 1,000 เมล็ด	$r = -0.7468^{**}$
เปอร์เซ็นต์น้ำมัน vs ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด	$r = -0.3360^{**}$

องศาความเป็นอิสระที่ 17

\*\* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.01

#### การศึกษาลักษณะ และจำนวนโครโมโซมในคำฝอยพันธุ์กลายรุ่นที่ 4

การศึกษาลักษณะ และจำนวนโครโมโซมในรากพืชนั้น เป็นการแบ่งเซลล์ แบบ ไมโทซิส ซึ่งการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส มี 4 ระยะ คือ ระยะโปรเฟส (prophase) เมตาเฟส (metaphase) อนาเฟส (anaphase) และ ทีโลเฟส (telophase) สำหรับการดูโครโมโซมต้องดูในระยะ เมตาเฟส (metaphase) เพราะเป็นระยะที่โครโมโซมมีการขดตัวมากที่สุด ทำให้โครโมโซม มีขนาดสั้น และหนา สามารถมองเห็นโครโมโซมได้ชัดเจน และเห็นโครโมโซมเป็น diploid (2n) ผลการตรวจสอบลักษณะ และจำนวนโครโมโซมในคำฝอยรุ่นที่ 4 พบว่า วิธีที่ทำ pretreatment ด้วย Paradichlorobenzene (PDB) สามารถมองเห็นรายละเอียดของโครโมโซมได้ชัดเจน และสามารถนับจำนวนโครโมโซมได้ ทั้ง 4 สายพันธุ์ ซึ่งมีจำนวนโครโมโซม 24 แท่ง ไม่แตกต่างจากสายพันธุ์ที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (ภาพที่ 5) ช่วงเวลา 13.00 นาฬิกา สามารถมองเห็น และนับโครโมโซมระยะ metaphase ได้ชัดเจน เวลา 10.00, 11.00 และ 12.00 นาฬิกา มองเห็นโครโมโซมระยะ anaphase และ telophase เป็นส่วนใหญ่ การศึกษาลักษณะ และจำนวนโครโมโซม ในครั้งนี้สามารถนับจำนวนโครโมโซมได้ และมีจำนวนโครโมโซมครบ เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่



**ภาพที่ 5** ลักษณะ และจำนวนโครโมโซม  $2n = 24$  ของคำฝอยพันธุ์กลายรุ่นที่ 5 และสายพันธุ์ที่ไม่ผ่านการฉายรังสี

## สรุปและข้อเสนอแนะ

การปรับปรุงพันธุ์คำฝอยโดยใช้รังสีแกมมาครั้งนี้ เน้นการคัดเลือกสายพันธุ์คำฝอยที่มีผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ดี มีช่วงออกดอกสั้น และอายุเก็บเกี่ยวเร็ว เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง สรุปผลได้ดังนี้

1. การทดสอบผลผลิตของสายพันธุ์ รุ่นที่ 4 จำนวน 43 สายพันธุ์ เป็นสายพันธุ์ที่มาจากสายพันธุ์ไร้หนาม 33 สายพันธุ์ และสายพันธุ์มีหนาม 10 สายพันธุ์ สายพันธุ์รุ่นที่ 4 ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์พานทอง เป็นสายพันธุ์ไร้หนาม 4 สายพันธุ์คือ M4025, M 4022, M4018 และ M4070 ให้ผลผลิตระหว่าง 203-310 กิโลกรัมต่อไร่ ช่วงออกดอก 24-34 วัน และอายุเก็บเกี่ยว 121-127 วัน สายพันธุ์ M4070 มีกลีบดอกสีส้มเหลือง ที่เหลือ 3 สายพันธุ์มีกลีบดอกสีส้มแดง

2. น้ำหนัก 1,000 เมล็ด เป็นลักษณะที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นจากการฉายรังสีในครั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์พานทอง (40.50 กรัม) สายพันธุ์ที่มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูง จำนวน 16 สายพันธุ์ ได้แก่ M4025, M4022, M4018, M4065, M4069, M4005, M4068, M4017, M4062, M4067, M4052, M4007, M4020, M4063, M4019 และ M4024 มีค่าระหว่าง 41-46 กรัม นอกจากนี้ ลักษณะเปลือกหุ้มเมล็ด มีค่าน้อยกว่าพันธุ์พานทองซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ (0.35 มิลลิเมตร) มีจำนวน 6 สายพันธุ์ ได้แก่ M4028, M4037, M4068, M4027, M4004 และ M4018 มีค่าระหว่าง 0.36-0.51 มิลลิเมตร

3. สายพันธุ์ที่มีมุมกิ่งแคบ ก้านช่อดอกยาวเสมอกัน ทำให้ช่อดอกสูงใกล้เคียงกัน คือสายพันธุ์ M4015, M4016 และ M4060 ทั้ง 3 สายพันธุ์มีแนวโน้มที่จะนำมาพัฒนาเป็นไม้ตัดดอก และไม่ประดับได้

4. การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์น้ำมัน โดยคัดเลือกสายพันธุ์ที่มี น้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูง และมีความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดบาง จำนวน 19 สายพันธุ์ มีค่าระหว่าง 16.83-26.76 เปอร์เซ็นต์ มีเพียงสายพันธุ์ M4020 มีปริมาณน้ำมัน 26.76 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าพันธุ์พานทองซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ มีปริมาณน้ำมันเท่ากับ 26.30 เปอร์เซ็นต์

5. ค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะ จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก น้ำหนักเมล็ดต่อต้น น้ำหนัก 1,000 เมล็ด จำนวนกิ่งต่อต้น ความสูงต้น ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด และเปอร์เซ็นต์น้ำมันมีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิต

6. การศึกษาลักษณะ และจำนวน โครโมโซมในสายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 5 จำนวน 4 สายพันธุ์ สามารถนับจำนวนโครโมโซมได้ ทั้ง 4 สายพันธุ์ ซึ่งมีจำนวนของโครโมโซม  $2n$  เท่ากับ 24 ขนาด และจำนวนโครโมโซม ไม่แตกต่างจากสายพันธุ์ที่ไม่ผ่านการฉายรังสี

7. การวิเคราะห์แพทโคเอฟฟีเซียนท์ พบว่า จำนวนช่อดอกต่อต้น น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และจำนวนเมล็ดต่อช่อดอก มีอิทธิพลทางตรง และเป็นผลบวกต่อผลผลิต มีค่าเท่ากับ 4.5335, 0.5509 และ 0.2403 ตามลำดับ ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด และ จำนวนกิ่งต่อต้นมีอิทธิพลทางลบต่อผลผลิต มีค่าเท่ากับ -2.9723 และ -3.0260 ตามลำดับ

ในการทดลองครั้งนี้มีข้อจำกัดในเรื่อง เงินทุนในการทำวิจัย ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันในสายพันธุ์คำฝอยที่คัดเลือกได้ทั้งหมด

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- จินารัตน์ สายแก้ว. 2544. การปรับปรุงพันธุ์คำฝอยไร้หนาม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ประภา ศรีพิจิตต์. 2548. เทคนิคการศึกษาโครโมโซมพืช. เอกสารประกอบการสอนวิชาเซลล์พันธุศาสตร์ที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 21 น.
- วาสนา วงษ์ใหญ่. 2542. คำฝอย, น. 225-235 ใน พืชเศรษฐกิจ. ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- . 2546. การประเมินผลผลิต และลักษณะทางเกษตร ของสายพันธุ์คำฝอยไร้หนาม, น. 184-189. ใน การประชุมวิชาการ งาน ทานตะวัน ละหุ่ง และคำฝอยแห่งชาติครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.
- วาสนา วงษ์ใหญ่, วิทยา แสงแก้วสุข และ วชิร เลิศมงคล. 2538. การปรับปรุงพันธุ์งา และคำฝอย, รายงานผลการวิจัยประจำปี 2538. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 12 น.
- วาสนา วงษ์ใหญ่, วิทยา แสงแก้วสุข และสุรพล เข้าน้อง. 2541. พืชที่มีศักยภาพในอนาคต : คำฝอยพันธุ์ไร้หนาม, น. 3-4 ใน มหกรรมเทคโนโลยีรู้เพื่อรวย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วาสนา วงษ์ใหญ่, วชิร เลิศมงคล และ สุรพล เข้าน้อง. 2544. การปรับปรุงพันธุ์งา และคำฝอย, รายงานผลการวิจัยประจำปี 2544. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 16 น.

- วิทยา แสงแก้วสุข. 2541. คำฝอย, น. 107-109. ใน วาสนา วงษ์ใหญ่, อุดม พูลเกษ, รังสฤษฎี กาวีดี๊ะ และวิทยา แสงแก้วสุข, บรรณาธิการ. **พฤกษศาสตร์พืชเศรษฐกิจ**. ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วันดี กฤษณพันธ์. 2541. **สมุนไพรน้ำรู้**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- สุนทรี่ สิงหนุตตรา. 2535. **สรรพคุณสมุนไพร 200 ชนิด**. โครงการสมุนไพรชาติ กรมอนามัย, กรุงเทพฯ.
- สุรพล อุปดิศสกุล. 2528. **สถิติการวางแผนการทดลองเบื้องต้น**. ศูนย์ส่งเสริม และฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุรพล อุปดิศสกุล. 2536. **สถิติการวางแผนการทดลองเล่ม 1**. สำนักพิมพ์สหมิตรออฟเซต, กรุงเทพฯ.
- สิรินุช ลามศรีจันทร์. 2540. **การกลายพันธุ์ของพืช**. ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อรุณี วงศ์ปิยะสกลิตย์. 2539. **เอกสารคำสอนวิชาการใช้รังสีและไอโซโทปในการเกษตร**. ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Abel, G.H. 1975. Inheritance of a completely branched mutant in safflower. **Crop Sci.** 15 : 441 - 443.
- Abo-Hegazi, A.M.T. and A.R. Shalaby. 1993. Characteristics of some mutants of safflower, *Carthamus tinctorius*, pp. 102-111. In **Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Safflower Conference**. Beijing, China.
- Anwar, S.Y., G. Tejavathi, M.A. Khadeer, P. Seeta and B. Rajendra Prasad. 1993. Tissue culture and mutation studies in safflower (*Carthamus tinctorius L.*), pp. 124-136. In **Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Safflower Conference**. Beijing, China.

- Ashri, A., D. E. Zimmer, A. Urie, A. Cahaner, A. Marani. 1974. Evaluation of the world collection of safflower (*Carthamus tinctorius L.*). IV. Yield and yield components and their relationships. **Crop Sci.** 14 :799-802.
- Bergman, J.W. and C.R. Flynn. 2001. High oleic safflower as a diesel fuel extender - a potential new market for Montana safflower, pp. 289-293. *In Proc. 5<sup>th</sup> Int. Safflower Conference.* Williston, North Dakota Sidney, Montana, USA.
- Betchart, A. A. 1975. Factors influencing the extractability of safflower proteins. **J. Food Sci.** 40 : 1010-1013.
- Briggs, R.W. and C.F. Konzak. 1977. Mutation radiation, pp. 33-40. *In Manual on Mutation Breeding.* International Atomic Energy Agency, Vienna : IAEA.
- Brunner, H. 1977. Radiosensitivity of number of crop species to gamma and fast neutron irradiation. pp. 44-45. *In Manual on Mutation Breeding.* International Atomic Energy Agency. Vienna : IAEA.
- Claassen, C.E., W.G. Paramesh and K. S. Warappa. 1950. The estimation of oil percentage in safflower seed and the association of spineless of plant. **Agron. J.** 42 : 478-482.
- Conger, B.V., R.A. Nilan and C.F. Konak. 1968. Post-irradiation oxygen sensitivity of barley seeds varying slightly in water content. **Radia. Bot.** 8 : 31-36.
- Dajue, L., Zhou Mingde and V. Ramanatha Rao. 1993. **Characterization and Evaluation of Safflower Germplasm.** Geological publishing House, Beijing, China.
- Dajue, L. and Han Yunzhou. 1993. The development and exploitation of safflower tea, pp. 837-843. *In Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Safflower Conference.* Beijing, China.

- El-Gayar, M.A. and M.T. Hagab. 1996. Induced variability in local safflower cultivar Giza 1 under sinai conditions by gamma rays. **Sesame and Safflower Newsletter** 2 : 95.
- Fernandez - Matinez, J. and P.F. Knowles. 1978. Combined effects of genes for appressed and decumbeny branching in safflower. **Crop Sci.** 18 : 516-517.
- Fick, G.N. 1975. Heritability of oil content in sunflower. **Crop Sci.** 15 : 77-78.
- Hill, A. B. and P.F. Knowles. 1968. Fatty acid composition of the oil content of developing seeds of different varieties of safflower. **Crop Sci.** 8 : 275-277.
- Johnson, H.W. and R.L. Bernard. 1962. Soybean genetics and breeding. **Adv. Agron.** 14 : 209-213.
- Johnson, R.C., P.B. Ghorpade and V.L. Bradley. 2001. Evaluation of the USDA core safflower collection for seven quantitative traits, pp. 149-152. *In Proc. 5<sup>th</sup> Int. Safflower Conference.* Williston, North Dakota Sidney, Montana, USA.
- Kawai, T. 1977. Soybean cultivar “Raiden”, pp. 155-156. *In Manual on Mutation Breeding.* International Atomic Energy Agency, Vienna : IAEA.
- Kechagia, U. E., F. P. Xanthopoulos and M. Sarropoulou. 1994. Development of improved cotton cultivars by induced mutations, pp. 159-162. *In Mutation Breeding of Oil Seed Crops.* International Atomic Energy Agency, Vienna. IAEA.
- Knowles, P. F. 1965. Variability in oleic and linoleic acid content of safflower oil. **Econ Bot.** 19 : 53-62.

- Knowles, P. F. 1972. The plant genetics contribution toward changing lipid and amino acid composition of safflower. **J. Amer. Oil Chem. Soc.** 49 : 27-29.
- Kotecha, A. 1979. Inheritance and association of six traits in safflower. **Crop Sci.** 19 : 523-527.
- Kumar, H. 1997. Induced genetic variability in colchiploid of safflower (*Carthamus tinctorius L.*). **Sesame and Safflower Newsletter** 12 : 106-108.
- Medhat, A., M. Al-Naggar, N.M. Abo-Hegaza and M.M. Salem. 1989. Induced variation in some economic characters of safflower after seed irradiation. **Sesame and Safflower Newsletter** 4 : 65-82.
- Mundel, H.H., H.C. Huang and J.P. Braun. 1999. Registration of Lesaf 414 on early-maturing safflower germplasm line. **Crop Sci.** 39 : 301.
- Mundel, H.H. and J.P. Braun. 1999. Registration of two early-maturing safflower germplasm lines with high oleic acid and high oil content. **Crop Sci.** 39 : 299.
- Nagaraj, G. 1993. Safflower seed composition and oil quality-a review, pp. 1-17. *In Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Safflower Conference.* Beijing, China.
- . 1994. Seed and oil quality of safflower genotype. **J. Oil seeds. Res.** 11 : 242- 244.
- Nagaraj, G., G. Nirmmla and C.V.S. Srinivas. 2001. Safflower petals and their chemical composition, pp. 301-302 . *In Proc. 5<sup>th</sup> Int. Safflower Conference.* Williston, North Dakota Sidney, Montana, USA.

- Nagaraj, G. 2001. Nutritional characteristics of three Indian safflower cultivars, pp 303-305. *In Proc. 5<sup>th</sup> Int. Safflower Conference*. Williston, North Dakota Sidney, Montana, USA.
- Narkhede, B. N. and A. B. Deokar. 1986. Inheritance of corolla color in safflower. **J. Maharashtra. Agr. Univ.** 11 : 278-281.
- Obada. H. and J.I. Onodera . 1979. Structure of carthamin. **Chem. Lett.** 201-204.
- Pahlavani, M. H., A. F. Mirlohi and G. Saeidi. 2004. Inheritance of flower color and spininess in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **J. Hered.** 95(3) : 265-267.
- Patil, H.S. (1998). Genetic variability, association and path analysis in safflower. **Indian J. Agr. Res.** 32 : 46-50.
- Patil, S. A., R. L. Ravikuma., T. G. Prabhu and K. G. Parameshwarappa. 2001. Gamma radiation induced poly variation in homozygous and heterozygous genotypes of safflower, pp. 99-101 . *In Proc. 5<sup>th</sup> Int. Safflower Conference*. Williston, North Dakota Sidney, Montana, USA.
- Rangasamy Sree, S.R., G. Oblisami and S. Krishnaswami. 1975. Nodulation and productivity in induced mutants of green gram by  $\alpha$  -rays. **Plant Breeding Abst.** 45(2) : 167-132.
- Rajput, M.A. 1974. Increased variability in the  $M_2$  of gamma-irradiated mungbeans. **Radia. Bot.** 14 : 85-89.
- Ramachandram, M. 1985. Genetic improvement of oil yield in safflower : problems and prospects. **J. Oil seeds. Res.** 2: 1-9.

- Ranga Rao, V. and M. Ramachandram. 1977. An association of components of yield and oil in safflower. **Theor. Appl. Genet.** 50 : 185-191.
- Rawling, J.O., C.O. Gardner and D.G. Hanway. 1958. Variation in quantitative characters of soybeans after irradiation. **Agron. J.** 50 : 524-528.
- Rubis, D. D. 1967. **Safflower Utilization Research Conference.** Albany, California, USDA, ARS Publication. 74-93.
- Rudometova, N.V., A.P. Pasovskij and E.A. Blohina. 2001. Method of isolation identification of carthamin in safflower application 's perspectives in Russian food products, pp. 309-313. **In Proc. 5<sup>th</sup> Int. Safflower Conference.** Williston, North Dakota Sidney, Montana, USA.
- Sangale, P. B., S. D. Pagar and S. Y. Daftardar. 1982. Note on the association of seed oil content with hull and kernel and seed size of safflower. **Indian J. Agr. Sci.** 52 : 613-614.
- Shakoor, A. and M.A. Haq. 1980. Improvement of plant architecture in chickpea and mungbean. pp. 59-62. **In Mutation Breeding of Oil Seed Crops.** International Atomic Energy Agency, Vienna. IAEA.
- Singh, B. B. 1974. Radiation induced changes in catalase, lipase and ascorbic acid of safflower seeds during germination. **Radia. Bot.** 14 : 195-199.
- Singh, V., M.B. Deshpande, S.V. Choudhari and N. Nimbkar. 2004. Correlation and path coefficient analysis in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **Sesame and Safflower Newsletter** 19 : 77-81.
- Sutpute, R.A. and V.S. Kothekar. 1995. Induced alteration in safflower with reference to leaf and seed protein content. **Sesame and Safflower Newsletter** 10 : 106-110.

- Tejovathi, G. 2001. Radiation - Induced somaclonal variation in safflower, pp. 55-57. *In Proc. 5<sup>th</sup> Int. Safflower Conference.* Williston, North Dakota Sidney, Montana, USA.
- Tuncturk, M. and V. Ciftci. 2004. Relationships among traits using correlation and path coefficient analysis in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) sown different fertilization levels and row spacing. *J. Plant. Sci.* 3 (6) : 683-686.
- Urie, A. L., W. F. Peterson and P. F. Knowles. 1979. Registration of oleic leed safflower. *Crop Sci.* 19 : 747.
- Urie, A. L. 1981. Continued studies on inheritance of partial hull in safflower (*Carthamus tinctorius* L.), pp. 264-271. *In Proc. 1<sup>st</sup> Int. Safflower Conference.* University of California, Davis, California USA.
- Williams, J.H. and D.G. Hanway. 1961. Genetic variation in oil and protien of soybean induced by seed irradiation. *Crop Sci.* 1 : 35-36.
- Yadav, B. and H. Kumar. 1989. Studies on induced autotetraploids in diverse genotypes of safflower. *Sesame and Safflower Newsletter* 4 : 65-74.
- Yates, F. 1936. A new method of arranging variety trails involving a large number of varieties. *อ้างโดย อารีรัตน์ แซ่โจ้ว. การประเมินวิธีการคัดเลือกในชั่วแรกของลักษณะผลผลิตของ งา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.*
- Yingquan, L. 1989. Safflower germplasm and its exploitation and utilization, p. 839. *In Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Safflower Conference.* Beijing, China.
- Yuehua, C. and W. Zhaomu. 1993. Germination of safflower seed radiated with different doses, pp. 144-150. *In Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Safflower Conference.* Beijing, China.

Zhaomu Wang and D. Lijie. 2001. Current situation and prospects of safflower products development in china, pp. 315-319. *In Proc. 5<sup>th</sup> Int. Safflower Conference*. Williston, North Dakota Sidney, Montana, USA.

**ภาคผนวก**

**ตารางผนวกที่ 1** ลักษณะของสายพันธุ์กล้วย 4 สายพันธุ์ และสายพันธุ์พ่อแม่ ที่นำไปศึกษาลักษณะ และจำนวนโครโมโซม

สายพันธุ์	ปริมาณรังสี (เกรย์)	ลักษณะของสายพันธุ์คำฝอย
M4024	300	มีจำนวนกิ่งต่อต้นเพิ่มขึ้น มุมกิ่งแคบ จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก และ ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดลดลง
M4025	300	มีจำนวนกิ่งต่อต้นเพิ่มขึ้น ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดลดลง
KUsaf 5046	ไม่ฉายรังสี	จำนวนกิ่งต่อต้น 8 กิ่ง จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก 22 เมล็ด ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด 0.35 มิลลิเมตร และมุมกิ่ง 26 องศา
M4060	300	มีจำนวนกิ่งต่อต้นลดลง จำนวนช่อดอกต่อต้นลดลง ก้านช่อดอกสั้น มุมกิ่งแคบ ความยาวกิ่งใกล้เคียงกัน มีใบมาก ทำให้ทรงต้นมีลักษณะเป็นพุ่ม และผลผลิตต่ำ (ภาพที่ 3)
KUsaf 5058	ไม่ฉายรังสี	จำนวนกิ่งต่อต้น 9 กิ่ง จำนวนช่อดอกต่อต้น 24 ช่อดอก และ มุมกิ่ง 29 องศา
M4063	300	จำนวนช่อดอกต่อต้นเพิ่มมากขึ้น จำนวนเมล็ดต่อช่อดอกลดลง มุมกิ่งกว้าง และมีลักษณะใบต่างชาวปรากฏอยู่
KUsaf 5059	ไม่ฉายรังสี	จำนวนช่อดอกต่อต้น 17 ช่อดอก จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก 21 เมล็ด และ มุมกิ่ง 24 องศา

**ตารางผนวกที่ 2** ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของสายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 4 (M<sub>4</sub>) จำนวน 43 สายพันธุ์

ลำดับ	สายพันธุ์	ประวัติสายพันธุ์	ผลผลิต (กก./ไร่)	น้ำหนักเมล็ด /ต้น (กรัม)	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	จำนวน ช่อดอก/ต้น	จำนวนเมล็ด /ช่อดอก	ความหนาเปลือก หุ้มเมล็ด (มม.)	ระดับ <sup>1/</sup> หนาม
1	M 4025	KUsaf 5046-7	310.20	6.40	46.00	24	23	0.34	0
2	M 4022	KUsaf 5046-16	253.70	6.90	43.00	22	20	0.29	0
3	M 4018	KUsaf 5046-12	203.07	6.60	43.00	23	20	0.27	0
4	M 4070	KUsaf 5059-4	203.07	7.20	30.50	16	17	0.30	0
5	M 4021	KUsaf 5046-6	189.74	5.50	34.50	23	19	0.24	0
6	M 4028	KUsaf 5046-2	186.55	5.90	39.00	21	20	0.36	0
7	M 4065	KUsaf 5059-10	184.41	7.20	43.50	23	17	0.27	0
8	M 4069	KUsaf 5059-4	175.89	6.30	41.50	24	20	0.31	0
9	M 4055	KUsaf 5049-17	175.35	5.20	37.00	27	17	0.26	0
10	M 4023	KUsaf 5046-7	170.56	6.00	40.00	20	19	0.37	0
11	M 4056	KUsaf 5049-10	159.90	6.60	40.50	21	18	0.26	0
12	M 4005	KUsaf 4038-12	159.36	7.50	45.50	23	19	0.23	0
13	M 4068	KUsaf 5059-10	158.30	6.60	44.00	18	20	0.45	0
14	M 4017	KUsaf 5046-16	155.63	5.95	46.00	19	22	0.34	0
15	M 4062	KUsaf 5059-5	154.57	7.40	45.50	20	21	0.28	0
16	M 4067	KUsaf 5059-1	147.64	5.80	43.50	24	19	0.24	0
17	M 4006	KUsaf 4038-3	141.24	7.40	40.50	17	16	0.27	0
18	M 4014	KUsaf 5046-10	139.64	5.00	36.50	20	22	0.31	0
19	M 4013	KUsaf 5046-7	131.65	5.50	37.00	20	18	0.33	0
20	M 4008	KUsaf 4038-9	129.51	6.00	38.50	18	20	0.35	0

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ	สายพันธุ์	ประวัติสายพันธุ์	ผลผลิต (กก./ไร่)	น้ำหนักเมล็ด /ต้น (กรัม)	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	จำนวน ช่อดอก/ต้น	จำนวนเมล็ด /ช่อดอก	ความหนาเปลือก หุ้มเมล็ด (มม.)	ระดับ <sup>1/</sup> หนาม
21	M 4050	KUsaf 5049-10	129.51	7.25	39.50	20	16	0.29	0
22	M 4048	KUsaf 5049-14	128.45	6.55	32.50	18	20	0.24	0
23	M 4026	KUsaf 5046-8	127.92	5.95	33.00	22	19	0.28	0
24	M 4049	KUsaf 5049-2	127.92	7.25	40.50	19	20	0.28	0
25	M4054	KUsaf 5049-1	126.85	5.35	36.50	19	20	0.23	0
26	M 4027	KUsaf 5046-6	124.18	5.20	35.00	22	19	0.36	0
27	M 4052	KUsaf 5049-8	120.45	8.05	45.00	21	15	0.29	0
28	M 4007	KUsaf 4038-8	118.85	6.25	43.00	24	13	0.30	0
29	M 4047	KUsaf 5049-12	118.85	7.05	38.00	20	19	0.27	0
30	M4066	KUsaf 5059-11	113.52	5.00	38.50	18	20	0.30	0
31	M 4020	KUsaf 5046-18	108.73	6.00	41.00	23	15	0.24	0
32	M 4012	KUsaf 5046-2	106.60	5.50	36.00	21	17	0.3	0
33	M 4064	KUsaf 5059-10	103.93	6.20	40.00	22	19	0.26	0
34	M 4063	KUsaf 5059-4	100.73	6.95	41.00	24	18	0.33	0
35	M 4051	KUsaf 5049-6	96.47	7.05	38.00	20	16	0.22	0
36	M 4019	KUsaf 5046-8	94.87	6.40	45.00	20	15	0.29	0
37	M 4004	KUsaf 4038-9	88.47	7.10	36.50	24	13	0.51	0
38	M 4053	KUsaf 5049-4	86.34	6.00	36.00	17	12	0.28	0
39	M 4024	KUsaf 5046-3	83.68	7.25	42.50	21	14	0.32	0
40	M 4016	KUsaf 5046-16	81.51	5.80	33.00	22	16	0.38	0

**ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)**

ลำดับ	สายพันธุ์	ประวัติสายพันธุ์	ผลผลิต (กก./ไร่)	น้ำหนักเมล็ด /ต้น (กรัม)	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	จำนวน ช่อดอก/ต้น	จำนวนเมล็ด /ช่อดอก	ความหนาเปลือก หุ้มเมล็ด (มม.)	ระดับ <sup>1/</sup> หนาม
41	M 4015	KUsaf 5046-13	78.88	4.80	31.50	17	20	0.30	0
42	M 4057	KUsaf 5049-1	61.29	8.15	40.00	18	18	0.31	0
43	M 4060	KUsaf 5058-6	54.89	6.20	37.50	17	10	0.25	0
		CV (%)	39.13	7.55	3.79	29.12	16.16	4.56	
		LSD 0.01	145.04	1.29	0.40	17.81	9.19	0.02	
	Phantong		195.00	7.22	40.50	32	22	0.35	0
	KUsaf 4038		139.28	6.90	37.33	24	22	0.35	0
	KUsaf 5046		148.38	6.45	40.00	26	22	0.32	0
	KUsaf 5048		104.15	5.31	36.00	21	19	0.26	0
	KUsaf 5049		165.98	5.75	36.00	24	21	0.25	0
	KUsaf 5058 <sup>2/</sup>		150.30	6.00	43.00	24	21	0.29	0
	KUsaf 5059 <sup>2/</sup>		151.37	6.30	42.50	17	21	0.25	0

<sup>1/</sup> = ระดับหนาม : 0 = ไร้หนาม ; <sup>2/</sup> = มีหนาม

**ตารางผนวกที่ 3** ลักษณะทางเกษตรของสายพันธุ์คำฝอยรุ่นที่ 4 (M<sub>4</sub>) จำนวน 43 สายพันธุ์

ลำดับ	สายพันธุ์	ระยะพุ่มเจ้า (วัน)	อายุ (วัน)		FP (วัน)	จำนวน กิ่ง/ต้น	มุมกิ่ง กับลำต้น (องศา)	ความสูง (ซม.)		สีกลีบดอก	สีเปลือกหุ้ม เมล็ด
			ออกดอก	เก็บเกี่ยว				กิ่งแรก	ก่อนเก็บ เกี่ยว		
1	M 4025	47	83	123	41	12	26	33	112	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
2	M 4022	47	88	126	34	11	26	41	126	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
3	M 4018	47	83	121	39	10	31	30	114	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
4	M 4070	49	91	127	35	7	25	23	117	สีส้มเหลือง	สีน้ำตาลมีลาย
5	M 4021	51	87	126	41	12	24	18	96	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
6	M 4028	51	88	123	40	10	27	34	120	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
7	M 4065	43	88	127	32	8	25	33	110	สีส้มแดง	สีน้ำตาลผิวเรียบ
8	M 4069	53	91	127	33	9	23	26	118	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
9	M 4055	47	93	127	32	11	25	32	119	สีส้มเหลือง	สีขาวผิวเรียบ
10	M 4023	47	84	126	36	11	24	23	102	สีส้มเหลือง	สีขาวผิวเรียบ
11	M 4056	47	88	127	40	9	23	48	120	สีส้มเหลือง	สีน้ำตาลผิวเรียบ
12	M 4005	51	84	122	34	10	25	27	114	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
13	M 4068	49	91	127	33	7	27	50	125	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
14	M 4017	47	85	123	34	9	26	33	109	สีส้มเหลือง	สีน้ำตาลผิวเรียบ
15	M 4062	51	89	124	30	8	25	40	118	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
16	M 4067	47	91	127	34	8	26	27	117	สีส้มเหลือง	สีขาวผิวเรียบ
17	M 4006	47	88	125	37	9	27	29	118	สีส้มเหลือง	สีขาวผิวเรียบ
18	M 4014	47	86	124	37	9	24	24	108	สีส้มแดง	สีน้ำตาลผิวเรียบ
19	M 4013	47	86	124	34	8	24	26	106	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
20	M 4008	51	88	125	34	10	25	22	117	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

ลำดับ	สายพันธุ์	ระยะฟักไข่ (วัน)	อายุ (วัน)		FP (วัน)	จำนวน กิ่ง/ต้น	มุมกิ่ง กับลำต้น (องศา)	ความสูง (ซม.)		สีกลีบดอก	สีเปลือกหุ้ม เมล็ด
			ออกดอก	เก็บเกี่ยว				กิ่งแรก	ก่อนเก็บ เกี่ยว		
21	M 4050	47	91	125	37	11	26	40	118	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
22	M 4048	53	91	125	24	10	25	26	99	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
23	M 4026	51	87	125	32	10	22	28	96	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
24	M 4049	47	93	128	35	8	22	50	119	สีส้มแดง	สีน้ำตาลผิวเรียบ
25	M4054	53	88	125	33	10	28	33	104	สีส้มแดง	สีน้ำตาลมีลาย
26	M 4027	49	88	125	41	12	29	28	106	สีส้มแดง	สีน้ำตาลผิวเรียบ
27	M 4052	51	93	128	39	9	22	44	116	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
28	M 4007	53	86	124	39	10	27	31	115	สีส้มแดง	สีน้ำตาลมีลาย
29	M 4047	53	88	125	34	9	25	34	115	สีส้มเหลือง	สีขาวผิวเรียบ
30	M4066	47	88	124	36	6	28	39	113	สีส้มเหลือง	สีขาวผิวเรียบ
31	M 4020	47	88	126	36	8	29	34	113	สีส้มเหลือง	สีน้ำตาลมีลาย
32	M 4012	51	85	123	37	8	24	29	110	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
33	M 4064	47	91	125	37	8	30	38	125	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
34	M 4063	51	91	127	37	10	29	24	112	สีส้มแดง	สีน้ำตาลมีลาย
35	M 4051	47	91	125	36	8	21	28	108	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
36	M 4019	47	83	122	42	9	24	37	116	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
37	M 4004	51	83	124	33	13	31	19	121	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
38	M 4053	53	91	12	36	10	26	46	113	สีส้มแดง	สีน้ำตาลมีลาย
39	M 4024	47	83	123	37	12	22	21	102	สีส้มเหลือง	สีขาวผิวเรียบ
40	M 4016	51	90	126	40	8	25	30	106	สีส้มเหลือง	สีขาวผิวเรียบ

**ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)**

ลำดับ	สายพันธุ์	ระยะฟุ่มเ้า (วัน)	อายุ (วัน)		FP (วัน)	จำนวน กิ่ง/ต้น	มมกิ่ง กับลำต้น (องศา)	ความสูง (ซม.)		สีกลีบดอก	สีเปลือกหุ้ม เมล็ด
			ออกดอก	เก็บเกี่ยว				กิ่งแรก	ก่อนเก็บ เกี่ยว		
41	M 4015	53	99	126	40	7	25	24	104	สีส้มเหลือง	สีน้ำตาลมีลาย
42	M 4057	47	91	127	41	13	25	34	112	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
43	M 4060	54	91	125	40	7	24	18	89	สีส้ม	สีขาวผิวเรียบ
	CV (%)	3.19	8.39	1.70	4.33	19.07	5.59	24.63	6.53		
	LSD 0.01	11.15	8.16	5.74	4.23	4.68	3.85	20.94	19.71		
	Phantong	46	87	128	39	10	29	35	119	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
	KUsaf 4038	47	87	126	40	13	29	24	117.6	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
	KUsaf 5046	49	86	124	34	8	26	25	111.66	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
	KUsaf 5048	51	89	125	39	9	26	35	118	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
	KUsaf 5049	48	87	125	36	8	25	33	109	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
	KUsaf 5058 <sup>2/</sup>	51	91	127	34	9	29	30	112	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ
	KUsaf 5059 <sup>2/</sup>	49	88	127	30	10	24	36	111	สีส้มแดง	สีขาวผิวเรียบ

<sup>2/</sup> = มีหนาม ; FP = ช่วงออกดอก ( flowering period )

**ตารางผนวกที่ 4** อิทธิพลทางตรง และทางอ้อม ขององค์ประกอบผลผลิต และลักษณะผลผลิตต่อ  
ผลผลิตคำฝอย รุ่นที่ 4 ( $M_4$ ) จำนวน 43 สายพันธุ์

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก 1,000 เมล็ดกับผลผลิต

อิทธิพลทางตรงของน้ำหนัก 1,000 เมล็ด	$b' 1 = 0.5590$
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนช่อดอกต่อต้น	$r_{12} b' 2 = -0.006$
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนเมล็ดต่อช่อดอก	$r_{13} b' 3 = -0.057$
อิทธิพลทางอ้อมผ่านความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด	$r_{14} b' 4 = -0.110$
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนกิ่งต่อต้น	$r_{15} b' 5 = 0.333$
อิทธิพลรวม	$r_{1y} = 0.160$

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่อดอกต่อต้นกับผลผลิต

อิทธิพลทางตรงของจำนวนช่อดอกต่อต้น	$b' 1 = 4.5335$
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนเมล็ดต่อช่อดอก	$r_{12} b' 2 = 0.007$
อิทธิพลทางอ้อมผ่านความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด	$r_{23} b' 3 = 0.413$
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนกิ่งต่อต้น	$r_{24} b' 4 = -0.015$
อิทธิพลทางอ้อมผ่านน้ำหนัก 1,000 เมล็ด	$r_{25} b' 5 = -0.006$
อิทธิพลรวม	$r_{1y} = 0.329$

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเมล็ดต่อช่อดอกกับผลผลิต

อิทธิพลทางตรงของจำนวนเมล็ดต่อช่อดอก	$b' 1 = 0.2403$
อิทธิพลทางอ้อมผ่านความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด	$r_{13} b' 2 = 0.010$
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนกิ่งต่อต้น	$r_{23} b' 3 = 0.583$
อิทธิพลทางอ้อมผ่านน้ำหนัก 1,000 เมล็ด	$r_{34} b' 4 = -0.057$
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนช่อดอกต่อต้น	$r_{35} b' 5 = 0.007$
อิทธิพลรวม	$r_{1y} = 0.543$

#### ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดกับผลผลิต

อิทธิพลทางตรงของความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด	$b' 1 = -2.9723$
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนกิ่งต่อต้น	$r_{14} b' 2 = 0.032$
อิทธิพลทางอ้อมผ่านน้ำหนัก 1,000 เมล็ด	$r_{24} b' 3 = -0.111$
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนช่อดอกต่อต้น	$r_{34} b' 4 = 0.413$
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนเมล็ดต่อช่อดอก	$r_{45} b' 5 = 0.010$
อิทธิพลรวม	$r_{1y} = 0.344$

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกิ่งต่อต้นกับผลผลิต

อิทธิพลทางตรงของจำนวนกิ่งต่อต้น	$b' 1 = -3.260$
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนช่อดอกต่อต้น	$r_{15} b' 2 = 0.333$
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนเมล็ดต่อช่อดอก	$r_{25} b' 3 = -0.015$
อิทธิพลทางอ้อมผ่านความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด	$r_{35} b' 4 = -0.583$
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนกิ่งต่อต้น	$r_{45} b' 5 = 0.032$
อิทธิพลรวม	$r_{1y} = -0.233$

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวอัญชุลี คชชา
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 24 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2524
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลชลบุรี อำเภอเมืองชลบุรี
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (พืชไร่) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล คณะเกษตรศาสตร์ บางพระ
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-