บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

2.1 พืชตระกูลกะหล่ำ (*Brassicae*)

พืชตระกูลกะหล่ำ มีประมาณ 300 สกุล 3,000 ชนิด มีถิ่นกำเนิดในแถบเมดิเตอร์เรเนียน ประมาณ 40 ชนิด บางชนิดมีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน เช่น ผักกาดขาวปลี ผักกาดกวางตุ้ง ผักกาดฮ่องเต้ และผักกาดหางหงษ์ พืชตระกูลกะหล่ำมีทั้งพืชฤดูเดียว สองฤดู และมากกว่า 2 ฤดู

กะหล่ำปลีและกะหล่ำปลีหัวใจ (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) เป็นพืชสองฤดู เป็นพืชผักที่นิยมบริโภคอย่างแพร่หลายทั่วโลก ใช้ส่วนของหัวที่มีใบห่อหุ้มอัดแน่นเป็นวงกลมและหัวแหลม ใบมีลักษณะเรียบและหยัก มีทั้งสีเขียวและม่วง ในประเทศไทยนิยมรับประทานแบบสด (มณีฉัตร, 2545)

ผักกาดขาวปลี (*Brassica campestris* subsp. *pekinensis*) มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน พันธุ์ดั้งเดิมของผักกาดขาวปลีนั้นไม่ห่อหัว ชื่อ var.*dissoluta* ซึ่งคาดว่าเป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมระหว่างผักกาดกวางตุ้งและเทอร์นิป (มณีฉัตร, 2545)

ผักกาดหัว (*Raphanus sativus* var. *longipinnatus* L.) เป็นพืชล้มลุกอายุฤดูเดียว มีความสูงประมาณ 20-100 เซนติเมตร รากแก้วมีการขยายตัวเพื่อสะสมอาหาร นิยมนำมาบริโภคทั้งแบบสดและแปรรูป รูปร่างรากทรงกระบอกหรือกลม ผิวด้านนอกและภายในรากมีสีขาว ใบหยัก ดอกมีสีขาวจนถึงม่วง ดอกมีขนาดเล็ก 1.5 เซนติเมตร ฝักเป็นแบบ silique มีเมล็ด 2-5 เมล็ด ความยาวฝักสั้นกว่าผักขี้หูด เมื่อแก่ฝักไม่แตก (indehiscent) (มณีฉัตร, 2545)

2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพืชตระกูลกะหล่ำ (Brassica sp.) (จานุลักษณ์, 2541)

พืชตระกูลกะหล่ำมีดอกแบบ raceme ช่อดอกเกิดตรงปลายสุดของลำต้นและกิ่งแขนง มีช่อดอก 5-30 ช่อต่อต้น แต่ละช่อดอกมีดอกย่อยมากกว่า 20 ดอกขึ้นไป ดอกย่อยเป็นดอกสมบูรณ์เพศ โครงสร้างดอก ประกอบด้วย กลีบเลี้ยงสีเขียว 4 กลีบ กลีบดอกมีสีเหลือง ขาว ม่วง หรือขาวสลับม่วง 4 กลีบ อับละอองเกสรตัวผู้มี 6 อับ ดอกมีก้านชูเกสรตัวเมีย รังไข่มี 2 ห้อง

ในด้านการเจริญเติบโต ในระยะแรกเป็นการเจริญเติบโตทางลำต้น (Vegetative growth) ส่วนในระยะที่ 2 เป็นการเจริญเติบโตที่เกี่ยวข้องกับระบบสืบพันธุ์ (Reproductive growth) โดยในระยะที่ 2 ต้องการอุณหภูมิต่ำ (Vernalization) 5-10 องศาเซลเซียส และช่วงแสงวันยาว ในการกระตุ้นการพัฒนาของตาดอก แต่มีพืชตระกูลกะหล่ำบางชนิด เช่น คะน้า ผักกาดหัว ผักกาดขาวปลีชนิดไม่ห่อหัว ผักกาดเขียวปลี และผักกาดเขียวกวางตุ้ง ต้องการอุณหภูมิในช่วง 15-20 องศาเซลเซียส ในการกระตุ้นตาดอก

2.3 การออกดอกของพืช (ดนัย, 2546)

การออกดอก (Flowering) คือการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น (Vegetative Growth) สู่การเจริญทางด้านการสืบพันธุ์ (Reproductive Growth) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้เกิดจากที่พืชมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นจนถึงอายุที่มีความพร้อมที่จะออกดอก (Ripeness to Flower) ก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นที่ใบพืช ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการออกดอกได้ การเปลี่ยนแปลงของใบจะ

ได้รับการกระตุ้นจากสภาพแวดล้อม คือ ความยาวของวัน อุณหภูมิ ความชื้น อาหาร และสารควบคุมการเจริญเติบโต (Growth Regulators) ด้วยฆ

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการชักนำการออกดอก (ดนัย, 2546)

(1) แสง : โดยแสงมีผลต่อการออกดอกในด้านของความยาววัน (Photoperiod) ความยาวคลื่นแสง (Wave length) และความเข้มแสง

(2) อุณหภูมิ : ในพืชเขตหนาวมักต้องการอุณหภูมิเย็นในการกระตุ้นการออกดอก ซึ่งในแต่ละชนิดพืชมีความต้องการอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ความต้องการอุณหภูมิต่ำในการกระตุ้นการออกดอกของพืชเรียกว่า Vernalization ซึ่งทำให้บริเวณเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดของพืช (apical meristem) เปลี่ยนจากระยะเจริญทางลำต้น (vegetative phase) เป็นระยะเจริญทางด้านสืบพันธุ์ (reproductive phase) นอกจากนี้ Vernalization ยังเป็นปัจจัยหลักที่เปลี่ยนแปลงความยาวของช่วง vegetative phase ได้ด้วย (González et al., 2002) (Kenton Porker, et al, 2016) และยังพบว่าการให้ Vernalization กับต้นกล้าสามารถเพิ่ม floral differentiation และเพิ่มผลผลิตได้ (Roberto P de Oliveira, et al., 2009)

3) สารกระตุ้นการออกดอก (flowering stimulus) เนื่องจากมีการพบว่าการตอบสนองของพืชต่อช่วงแสงเป็นผลมาจากการกระตุ้นของสารที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณให้พืชมีการเปลี่ยนแปลงจากการเจริญทางต้นไปสู่การออกดอก และมีการเรียกสารนี้ว่า florigen ซึ่งมีการเคลื่อนย้ายในส่วนของ phloem

2.5 การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในการชักนำการออกดอกของพืช

2.5.1 จิบเบอเรลลิน (Gibberellins) GAs เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช โดยทั่วไป GAs ทุกชนิดจะมีโครงสร้างพื้นฐานของโมเลกุลเป็น Gibberellane Carbon Skeleton ซึ่งจะเหมือนกับกรดจิบเบอเรลลิค จะแตกต่างกันตรงจำนวนและตำแหน่งของกลุ่มที่เข้าแทนที่ในวงแหวนและระดับของความอิ่มตัวของวงแหวน AGA ประกอบด้วยคาร์บอนประมาณ 19-20 อะตอม ซึ่งจะรวมกันเป็นวงแหวน 4 หรือ 5 วงและจะต้องมีกลุ่มคาร์บอกซิลอย่างน้อย 1 กลุ่มโดยใช้ชื่อย่อว่า GAs ซึ่ง GA_3 เป็นชนิดที่พบมากและได้รับความสนใจศึกษามากกว่าชนิดอื่นๆ GAs เป็นฮอร์โมนที่พบในพืชชั้นสูงทุกชนิด นอกจากนั้นยังพบในเฟิร์น สาหร่าย และเชื้อราบางชนิด แต่ไม่พบในแบคทีเรีย

บทบาทของจิบเบอเรลลินที่มีต่อพืช

(1) กระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชทั้งต้น จิบเบอเรลลินมีคุณสมบัติพิเศษ ที่สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชทั้งต้นได้ โดยทำให้เกิดการยืดตัวของเซลล์ พืชบางชนิดอาจจะไม่ตอบสนองต่อจิบเบอเรลลิน อาจจะเป็นเพราะว่าในพืชชนิดนั้นมีปริมาณจิบเบอเรลลินเพียงพอแล้ว จิบเบอเรลลินสามารถกระตุ้นการยืดยาวของช่อดอกไม้บางชนิดและทำให้ผลไม้มีรูปร่างยาวออกมา เช่น องุ่นและแอปเปิล

(2) กระตุ้นการงอกของเมล็ดที่พักตัวและตาที่พักตัว

(3) การแทงช่อดอก การออกดอกของพืชเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น อายุและสภาพแวดล้อม จิบเบอเรลลินสามารถแทนความต้องการวันยาวในพืชบางชนิดได้ และยังสามารถทดแทนความต้องการอุณหภูมิต่ำ (Vernalization) ในพืชพวกกะหล่ำปลีและแครอท

(4) จิบเบอเรลลินสามารถกระตุ้นการเคลื่อนที่ของอาหารในเซลล์สะสมอาหาร หลังจากที่เมล็ดงอกแล้ว เพราะรากและยอดที่ยังอ่อนตัวเริ่มใช้อาหาร เช่น ไขมัน แป้ง และโปรตีน จากเซลล์สะสมอาหาร จิบเบอเรลลินจะกระตุ้นให้มีการย่อยสลายสารโมเลกุลใหญ่ให้เป็นโมเลกุลเล็ก เช่น ซูโครสและกรดอะมิโน ซึ่งเกี่ยวพันกับการสังเคราะห์เอนไซม์หลายชนิดดังกล่าวข้างต้น

(5) กระตุ้นให้เกิดผลแบบ Parthenocarpic ในพืชบางชนิด เปลี่ยนรูปร่างของใบพืชบางชนิด เช่น English Ivy และทำให้พืชพัฒนาการเพื่อทนความเย็นได้

(6) พืชที่มีดอกตัวผู้และตัวเมียแยกกันไม่ว่าจะต้นเดียวกันหรือแยกต้นก็ตาม จิบเบอเรลลิน สามารถเปลี่ยนเพศของดอกได้ จิบเบอเรลลินมักเร่งให้เกิดดอกตัวผู้ (คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2563)

2.5.2 CPPU หรือ Forchlorfenuron หรือ N-(2-chloro-4-pyridyl)-N'-phenylurea

เป็นสารไซโตไคนินสังเคราะห์ที่มีความคงทนสูง CPPU สามารถดูดซึมเข้าราก ลำต้น ใบ ดอก และผล สามารถเคลื่อนย้ายไปเนื้อเยื่ออื่นๆ เป็นกลุ่มสารที่มีความสามารถกระตุ้นการแบ่งตัวของเซลล์ได้ (cell division) ขยายขนาดของเซลล์ (cell enlargement) และเพิ่มจำนวนเซลล์ (Kim et al., 2006) CPPU เป็นสารในกลุ่มที่ช่วยเคลื่อนย้ายสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโน และสารอนินทรีย์ต่างๆ จากบริเวณที่ไม่ได้รับสารมายังบริเวณที่ได้รับสาร นอกจากนี้ยังกระตุ้นการพัฒนาของคลอโรพลาสต์ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของพืช (Zabadal and Bukovac, 2006)

รวี และคณะ (2558) ศึกษาการชักนำการออกดอกของแก้วมังกรนอกฤดูด้วยสาร CPPU โดยใช้ CPPU ความเข้มข้น 0, 2000, 3000, 4000 ppm พบว่า CPPU ความเข้มข้น 2,000 3,000 และ 4,000 ppm สามารถช่วยพัฒนาตาดอกได้ที่ 50, 62 และ 56 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนตาที่ได้รับสาร ตามลำดับ หลังพ่น CPPU 21 วันพบว่าดอกมีการพัฒนาขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งในกรรมวิธีที่พ่น CPPU ความเข้มข้น 3,000 และ 4,000 ppm ให้ขนาดดอกที่ใหญ่ โดยมีขนาด 9.8 และ 8.1 mm. ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า CPPU ความเข้มข้นในช่วง 3,000-4,000 ppm สามารถชักนำตาดอกแก้วมังกรให้พัฒนาในช่วงนอกฤดูได้

Jeffrey et al. (2007) ศึกษาผลของ CPPU ใน Highbush Blueberries พบว่า การทดลองในปี ค.ศ. 2001 การฉีดพ่น CPPU 5 mg/l หลังดอกบาน 14 วัน ช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การติดผลของงุ่น พันธุ์ Reveile 96.1 % และทำให้มีน้ำหนักผลสด 2.01 g ซึ่งถือว่าให้ผลดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นและแตกต่างกับกรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยยะสำคัญ ในขณะที่พันธุ์ Magnolia พบว่าการพ่น CPPU 10 mg/l หลังดอกบาน 14 วันช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การติดผลและน้ำหนักผลได้ดี มีเปอร์เซ็นต์การติดผล 73.6 % และน้ำหนักต่อผล 2 g. นอกจากนี้ยังพบว่า CPPU 10 mg/l ช่วยเพิ่มขนาดผลในขณะที่ ความเข้มข้น 5 mg/l ไม่มีผลในการเพิ่มขนาด

2.5.3 NAA (1-naphthylacetic acid) เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มออกซิน ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ โดยมีคุณสมบัติเป็นสารเร่งการเจริญเติบโต มีผลกระตุ้นการขยายขนาดของเซลล์ การยืด ตัวของเซลล์ กระตุ้นการเกิดราก รวมถึงมีคุณสมบัติในการส่งเสริมการเจริญเติบโตในส่วนต่างๆ ของพืช (คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2563)

Khatoon et al. (2019) จากศึกษาผลของ GA3 และ NAA ต่อการแสดงออกของเพศดอกและผลผลิตของมะระ ในแต่ละกรรมวิธีประกอบด้วยความเข้มข้น 5 ระดับ คือ GA3 ความเข้มข้น 50 100 150 200 และ 300 ppm NAA ความเข้มข้น 50 100 150 200 และ 300 ppm โดยใช้น้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม วางแผนการทดลองแบบ RCBD ผลการทดลองพบว่า การพ่น NAA ที่ระดับความเข้มข้น 150 ppm มีจำนวนดอกเพศผู้ต่ำ แต่มีจำนวนดอกเพศเมียสูง ในขณะที่จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผล และผลผลิตต่อต้นสูงที่สุด

2.6 การปรับปรุงพันธุ์ผักอินทรีย์ในพืชตระกูลกะหล่ำ (*Brassica* sp.)

พืชผักในกลุ่ม Brassica เป็นพืชท้องถิ่นของประเทศในเขตหนาว การปรับปรุงพันธุ์ต้องมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 10-25 องศาเซลเซียส ซึ่งหากอุณหภูมิสูงกว่า 27 องศาเซลเซียส จะทำให้การเจริญเติบโตช้าลง สำหรับการปรับปรุงพันธุ์เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ในพืชกลุ่มนี้จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิต่ำเพื่อชักนำการออกดอก โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 0-15 องศาเซลเซียส (มูลนิธิเกษตรกรรมยั่งยืนประเทศไทย, 2561) หรืออยู่ในช่วง 4-10 องศาเซลเซียส แต่ที่เหมาะสม คือ 5 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลากระตุ้นเป็นระยะเวลา 4-6 สัปดาห์ และนำไปปลูกในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิเย็นประมาณ 15 องศาเซลเซียส และเนื่องจากพืชในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่เป็นพืชผสมข้ามไม่สามารถผสมตัวเองได้ จึงจำเป็นต้องช่วยผสมเกสรหรืออาศัยผึ้งช่วยในการผสมเกสร โดยเฉพาะผึ้งพันธุ์ท้องถิ่นที่มีความทนทานต่ออากาศที่หนาวเย็น โดยลักษณะโครงสร้างของดอกประกอบไปด้วยกลีบดอกสีเหลืองอ่อน จำนวน 4 กลีบ มี stamen 6 อัน ภายหลังการผสมเกสร ดอกพัฒนาไปเป็นฝักที่มีความยาวอยู่ระหว่าง 1-4 นิ้ว (2.5-10 เซนติเมตร) โดยในหนึ่งฝักจะมีเมล็ดประมาณ 12-20 เมล็ด และเมล็ดมีขนาดเล็ก มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1/16 นิ้ว (1.6 มิลลิเมตร) และแตกต่างกันไปแต่ละชนิด (McCormack, 2005)

Linwattana et al. (1997) รายงานว่าการชักนำการออกดอกของกะหล่ำปลีโดยนำเมล็ดไปแช่ที่อุณหภูมิเย็น (Vernalization) จะทำให้อายุการออกดอกเร็วขึ้น แต่จะทำให้ความสูงดอก ความกว้างใบ ความยาวใบ และน้ำหนักต้นลดลง ส่วนการชักนำโดยใช้อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์กะหล่ำปลีมากที่สุด ซึ่ง Kalisz and Siwek (2006) ได้รายงานว่าการปลูกกะหล่ำปลีในพื้นที่อุณหภูมิเย็นจะทำให้ได้เมล็ดพันธุ์เพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 1.2-5.2

Yang Zheng et al. (2018) ได้ศึกษาผลของการชักนำการออกดอกด้วยอุณหภูมิเย็นในเทอร์นิพ โดยนำเมล็ดทำการชักนำการออกดอกด้วยอุณหภูมิเย็น 5 องศาเซลเซียส จำนวน 7 ระยะ คือ 0 10 20 30 40 50 และ 60 วัน ได้กล่าวว่ายิ่งใช้เวลานานยิ่งทำให้การออกดอกเร็วขึ้นเท่านั้น

วันเพ็ญ และคณะ (2562) การศึกษาการชักนำการออกดอกด้วยความเย็น (Vernalization) ในระยะต้นพืชเจริญเติบโตเต็มที่ (พืชอายุ 45 วัน) ดำเนินการทดลอง ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวง สรุปผลการทดลองแยกตามชนิดพืช โดยพบว่า กะหล่ำปลีพันธุ์ 101 จากการทดลองการชักนำการออกดอกด้วยความเย็นในระยะต้นพืชเจริญเติบโต กรรมวิธีที่ไม่แช่เมล็ดด้วยความเย็นร่วมกับนำพืชอายุ 45 วัน หลังจากปลูกและชักนำด้วยความเย็น 5 องศาเซลเซียส นาน 20 30 และ 40 วัน สามารถช่วยการให้พืชออกดอกได้ หลังย้ายปลูก 92 91 และ 95 วัน แต่พืชไม่ติดเมล็ดและกะหล่ำปลีหัวใจพันธุ์ 201 จากการทดลอง พบว่ากรรมวิธีที่ไม่แช่เมล็ดด้วยความเย็นร่วมกับนำพืชอายุ 45 วัน ปลูกและชักนำด้วยความเย็น 5 องศาเซลเซียส นาน 20 30 และ 40 วัน สามารถช่วยการให้พืชออกดอกได้ หลังย้ายปลูก 95 94 และ 97 วัน แต่พืชไม่ติดเมล็ด และพบว่าหลังจากพืชออกดอก 2-3 สัปดาห์ พืชชะงักการออกดอก ต้นพืชยืดขึ้น ตั้งฉัตร และตาดอกไม่พัฒนาต่อ

De-Ping Guo et al. (2004) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสารควบคุมการเจริญเติบโตร่วมกับการใช้อุณหภูมิต่ำต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของกะหล่ำดอก พบว่าการใช้ Paclobutrazol ฉีดพ่นในระยะต้นมีใบ 8-9 ใบ ทำให้การออกดอกช้าลง และการฉีดพ่น GA3 ส่งผลในระดับของ GA1 ภายในเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการ Varnalization นอกจากนี้การให้ GA3 ส่งผลมีการ

ออกดอกเช่นเดียวกันการ Vernalization โดยมีเปอร์เซ็นต์การออกดอก 95.5 เปอร์เซ็นต์ และการให้ GA3 ร่วมกับการ Vernalization ส่งผลให้ออกดอกเร็วขึ้น

M. Hamana et al. (2002) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนในตายอดของกะหล่ำปลีในช่วงระหว่างการเปลี่ยนแปลงจากการเจริญเติบโตทางลำต้น (Vegetative phase) ไปเป็นการเจริญเติบโตทางด้านสืบพันธุ์ (Reproductive phase) พบการสังเคราะห์ฮอร์โมน Gibberllic acid 9 ชนิด ดังนี้ GA1, GA19, GA20, GA44, GA12, GA4, GA15, GA24 และ GA25 นอกจากนี้เมื่อให้ GA1 และ GA4 ส่งผลให้ก้านดอกยืดยาวขึ้นและส่งเสริมการพัฒนาของตาดอก แต่ในระยะการกระตุ้นยังไม่ส่งผลมากนัก

2.7 ลักษณะการผสมตัวเองไม่ติด (Self-incompatibility) ของพืชตะกูลกะหล่ำ (*Brassica* sp.)

พืชตระกูลกะหล่ำเป็นพืชผสมข้ามตามธรรมชาติ ยกเว้น ผักกาดขาวปลีและผักกาดเขียวกวางตุ้ง มีอัตราการผสมตัวเองสูง 50-80 เปอร์เซ็นต์ (จานุลักษณ์, 2541) ลักษณะการผสมตัวเองไม่ติดของพืชในตระกูลกะหล่ำ ถูกควบคุมโดยเกสรเพศเมียและเกสรเพศผู้ เมื่อเกสรเพศเมียและละอองเกสรเพศผู้ที่มี S-allele พืชจะมีกลไกการป้องกันการผสมตัวเองโดย stigma ของเกสรเพศเมียจะยังยั้งการงอกของ pollen (Basset, 1986) เมื่อมีการถ่ายละอองเกสร ถ้า genotype ของ S-gene ในเกสรเพศเมียและเกสรเพศผู้เหมือนกันจะเกิดการยับยั้งการผสม (จานุลักษณ์, 2541) ลักษณะการผสมตัวเองไม่ติดของพืชตระกูลกะหล่ำแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ (มณีฉัตร, 2545 และ Shinahara, 1981)

กลุ่มที่ 1 ในเกสรเพศเมียและเพศผู้มียีนควบคุม ได้แก่ Sb และ Sa โดย Sb มีลักษณะเด่น ปฏิกิริยา Sporophytic มีทั้งในเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมีย การผสมพันธุ์จะเกิดขึ้นในกรณีที่มียีนต่างกันเท่านั้น กะหล่ำปลีและกะหล่ำดาวหลายสายพันธุ์จัดอยู่ในกลุ่มนี้

กลุ่มที่ 2 เกสรเพศผู้มีการแสดงออกของยีน Sb ข่ม Sa แต่ในเกสรเพศเมียมีการแสดงออกของยีนทั้งสองเท่ากัน ในกรณีนี้หากเกสรเพศเมียมียีน Sa Sb จะไม่สามารถผสมได้เลย ผักในกลุ่มนี้ ได้แก่ กะหล่ำปลี ผักกาดขาว ผักกาดหัว บร็อคโคลี่ และเทอร์นิพ กลุ่มนี้เป็นกลุ่มใหญ่ที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น

กลุ่มที่ 3 เกสรเพศผู้มีการแสดงออกของยีน Sa และ Sb เท่ากัน ในขณะที่เกสรเพศเมีย Sb ข่ม Sa ดังนั้น ต้นที่มียีน Sa Sa สามารถผสมกับต้นที่มียีน Sb Sb ได้ไม่ว่ากรณีใด และสามารถผสมกับ Sa Sb ได้ในกรณีที่เป็นเกสรเพศเมีย ผักในกลุ่มนี้มีน้อยมาก พบกะหล่ำปลีเพียง 2 พันธุ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้

กลุ่มที่ 4 เกสรเพศผู้และเพศเมียมีการแสดงออกของยีน Sa ละ Sb เท่าๆ กัน ดังนั้นในกลุ่มนี้จะสามารถผสมได้ในกรณีเดียว คือ Sa Sa ผสมกับ Sb Sb ผักในกลุ่มนี้ ได้แก่ ผักกาดขาวปลี เทอร์นิพ และผักกาดหัว

2.8 มันเทศ (Sweet Potato)

มันเทศ มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Ipomoea babatus* (L.) Lam. อยู่ในวงศ์ Convolvulaceae พืชตระกูลผักบุ้ง เป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญเป็นอันดับ 7 ของโลก รองจาก ข้าวโพด ข้าว ข้าวสาลี มันฝรั่ง มันสำปะหลัง และถั่วเหลือง (Yooyongwech et al., 2013) ประเทศไทยสามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคและทุกฤดูกาลตลอดปี โดยพื้นที่ระดับสูง (มากกว่า 1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล) สามารถปลูกได้ในเดือนมีนาคม - พฤษภาคม พื้นที่ระดับปานกลาง (500-700 เมตรจากระดับน้ำทะเล) ปลูกได้ตลอดทั้งปี พื้นที่ระดับต่ำ (250-500 เมตรจากระดับน้ำทะเล) สามารถปลูกได้ในเดือนพฤษภาคม - ธันวาคม (นิตยา และคณะ, 2563) มันเทศเป็นพืชที่ปลูกง่าย สามารถทนแล้งได้ดี ใช้น้ำน้อย และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินร่วนปนทราย มันเทศที่ปลูกในดินร่วนปนทรายจะลงหัวได้ดีกว่าดินชนิดอื่น หัวจะมีขนาดใหญ่และยาว (จุฑามาศ, 2540) ช่วง pH ของดินที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 5.6 - 6.6 อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมันเทศอยู่ระหว่าง 20 - 30 องศาเซลเซียส และถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ต้นมันเทศจะชะงักการเจริญเติบโต ใบหด ส่งผลให้ผลผลิตไม่เจริญเติบโต มันเทศต้องการแสงที่มีความเข้มสูง ช่วงวันสั้นจะทำให้มันเทศมีการเจริญลงหัวดีกว่าและจะกระตุ้นการออกดอก ส่วนช่วงวันยาวจะทำให้มีการพัฒนาทางด้านใบและเถามากกว่าการลงหัวและดอกจะไม่บาน (Salunkhe and Kadam, 1998) การเก็บรักษามันเทศ สามารถเก็บได้ดีที่อุณหภูมิ 10 - 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 - 90 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บหัวมันเทศได้นาน 13 - 20 สัปดาห์ (Salunkhe and Kadam, 1998)

2.9 ด้วงงวงมันเทศ (Cylasformicarius)

ด้วงงวงมันเทศเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญที่สุดของมันเทศ ในประเทศไทยพบการระบาดของด้วงงวงมันเทศอย่างรุนแรงในแปลงที่ปลูกมันเทศหลายครั้งต่อปี และระบาดน้อยในมันเทศที่ปลูกหลังฤดูทำนา (ปลูกปีละครั้ง) ด้วงงวงมันเทศเข้าทำลายมันเทศทุกระยะการเจริญเติบโต โดยเฉพาะหัวและเถา ทำให้เกิดอาการบวมโป่ง แห้งเหี่ยว และเน่า ทำให้ผลผลิตเสียหายและลดลงตั้งแต่ 5 – 97 เปอร์เซ็นต์ด้วงงวงมันเทศจะมี enzyme ในการกิน pectolytic enzyme ซึ่งภายในเวลา 24 ชั่วโมง หัวมันเทศจะตอบสนองต่อการทำลายโดยผลิตสาร terpene phytoalexin หรือ ipomeamarone ซึ่งเป็นสารที่มีรสขมและมีกลิ่นเหม็น ทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด (ปิยรัตน์ และอนันต์, 2538) ด้วงงวงมันเทศเป็นแมลงปีกแข็งขนาดเล็ก ปีกสีน้ำเงินดำ คอสีน้ำตาลแดง ส่วนหัวยาวยื่นออกคล้ายงวง ชอบเล่นไฟในเวลากลางคืน วางไข่ตามโคนต้นมันเทศ ไข่เจริญเป็นตัวหนอนสีขาว หัวสีน้ำตาล เจาะเข้าไปในเถาและหัวมันเทศแล้วเจริญเติบโตเป็นดักแด้และตัวเต็มวัย ตัวเต็มวัยชอบออกบินในเวลา 20.00 – 21.00 น. ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเพศผู้ และออกบินช่วงเช้า 8.00 – 9.00 น. และกลางวัน 12.00 – 13.00 น. ตัวเต็มวัยจะกัดกินเถามันเทศ ส่วนตัวอ่อนอยู่ภายในหัวมัน ทำให้มันเทศชะงักการเจริญเติบโต ลงหัวน้อย หัวมีกลิ่นเหม็น และรสขม ตลอดจนยังเป็นช่องทางให้เชื้อจุลินทรีย์ในดินเข้าทำลายรอยแผล และทำให้หัวมันเทศเน่า ด้วงงวงมันเทศมีการแพร่กระจายเป็นกลุ่มก้อน (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2559)

การป้องกันกำจัดด้วงงวงมันเทศมีหลายวิธี เช่น การใช้เชื้อรา Beauveria bassiana และ Metarrhiziumanisopliae และเชื้อแบคทีเรีย Bacillus thuringiensis โดยเชื้อราเข้าทำลายด้วงงวงมันเทศในระยะตัวเต็มวัย ส่วนเชื้อแบคทีเรียเข้าทำลายในระยะตัวหนอน (Bhagsari and Dhir, 2000)

นอกจากนี้ยังมีการใช้สารกลิ่นเพศ (sex pheromone) ร่วมในการจัดการศัตรูพืช ซึ่งสามารถป้องกันกำจัดด้วงงวงมันเทศได้อย่างดี โดยให้ผลผลิตสูงถึง 3.3 ตันต่อไร่ (จุฑารัตน์, 2545) กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร ได้ผลิตไส้เดือนฝอยสไตเนอร์นีมา เพื่อใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช เป็นการลดใช้สารเคมีโดยใช้อัตรา 50 ล้านตัวต่อน้ำ 20 ลิตร พ่นหรือราดลงดินในแปลงปลูกมันตอนเย็น เมื่อมันเทศมีอายุ 60 วันหลังปลูก และใช้ติดต่อกันทุก 15-20 วัน รวม 3-4 ครั้ง (วิไลวรรณ, 2554) สำหรับสารเคมีที่ใช้กำจัดด้วงงวงมันเทศมีหลายชนิด ได้แก่ คาร์โบซัลแฟน (carbosulfan) คลอไพริฟอส (chlorpyrifos) ไตรอะโซฟอส (triazophos) และฟิโปรนิล (fipronil) ใช้จุ่มเถามันเทศก่อนปลูก 6 นาที และพ่นที่โคนต้นทุกๆ 10 วัน (กรมวิชาการเกษตร, 2543) นิตยา และคณะ (2562) ได้ดำเนินงานทดสอบวิธีการป้องกันกำจัดด้วงงวงมันเทศโดยใช้สารเคมีฟิโปรนิล เชื้อราเมทาไรเซียม และไส้เดือนฝอย พบว่า การฉีดพ่นสารฟิโปรนิลให้ผลดีที่สุดในการป้องกันกำจัดด้วงงวงมันเทศ นอกเหนือจากนี้ยังมีการใช้ระบบการปลูกพืชหมุนเวียน โดยการปลูกพืชชนิดอื่นสลับกับการปลูกมันเทศ เช่น พืชตระกูลถั่ว ข้าว ข้าวโพด หรือการใช้วิธีเขตกรรม เช่น การปล่อยน้ำท่วมแปลง ใช้ท่อนพันธุ์มันเทศที่สมบูรณ์ การเลือกปลูกพันธุ์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นเพื่อหลีกเลี่ยงการเข้าทำลายของด้วงงวงมันเทศ และการใช้พันธุ์ต้านทานการเข้าทำลายของด้วงงวงมันเทศ มีรายงานว่า น้ำยางของมันเทศทำหน้าที่ป้องกันแมลงและสัตว์ที่กินมันเทศเป็นอาหาร (defense mechanism) น้ำยางของมันเทศจะหลั่งออกมาอย่างรวดเร็วเมื่อถูกตัดหรือเกิดบาดแผล น้ำยางประกอบด้วย amino acids, fatty acids, tetracyclic triterpenoids, waxes, flavonoids, organic และ inorganic salts และพบว่ามันเทศแต่ละสายพันธุ์จะมีปริมาณของน้ำยางที่แตกต่างกัน โดยพันธุ์ที่มีน้ำยางมากจะมีการเข้าทำลายของด้วงงวงมันเทศน้อย (Data et al., 1996) ในประเทศไทยได้มีรายงานงานวิจัยความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำยางในมันเทศสายพันธุ์ต่างๆ กับการเข้าทำลายของด้วงงวงมันเทศ พบว่ามันเทศแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณน้ำยางที่แตกต่างกันในทุกช่วงอายุ และทุกระยะของเถา มันเทศพันธุ์ที่มีปริมาณน้ำยางสูงจะพบจำนวนรอยแผลทำลายน้อยกว่าพันธุ์ที่มีปริมาณน้ำยางต่ำ เมื่อมันเทศมีอายุมากขึ้นจะพบรอยทำลายมากขึ้น เนื่องจากปริมาณน้ำยางในเถามันเทศลดลง ถึงแม้ว่าจะพบรอยทำลายสูงขึ้นในช่วงสุดท้ายที่อายุเก็บเกี่ยว 4 เดือน พันธุ์ที่มีปริมาณน้ำยางสูงจะพบรอยแผลการเข้าทำลายน้อยกว่าพันธุ์ที่มีปริมาณน้ำยางต่ำ ดังนั้นปริมาณน้ำยางจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการป้องกันการเข้าทำลายของด้วงงวงมันเทศ (วิภาภรณ์ และจุฑารัตน์, 2546)

2.10 พันธุ์และการปรับปรุงพันธุ์มันเทศบนพื้นที่สูง

มันเทศญี่ปุ่นเป็นพืชที่โครงการหลวงส่งเสริมให้ปลูกในปี พ.ศ. 2559 ปัจจุบันมูลนิธิโครงการหลวงได้มีการส่งเสริมปลูกมันเทศญี่ปุ่น 3 พันธุ์ คือ พันธุ์เนื้อสีม่วง สีเหลือง และสีส้ม โดย ในปี พ.ศ. 2561 - 2564 สามารถผลิตได้รวมทั้งหมด 572,531.70 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 15.65 ล้านบาท สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ได้รับความอนุเคราะห์พันธุ์มันเทศญี่ปุ่นจำนวน 12 พันธุ์ จาก National Agriculture and Food Research Organization (NARO) ซึ่งเป็นสถานีวิจัยประเภทหน่วยงานราชการของประเทศญี่ปุ่นที่มีการวิจัยและพัฒนามันเทศญี่ปุ่นมากกว่า 20 ปี โดยพันธุ์ที่ได้แบ่งเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศอบอุ่นและเย็น รวมทั้งมีลักษณะเนื้อสีม่วง สีขาว และสีเหลือง นำมาเก็บรวบรวมพันธุ์ไว้ และได้ดำเนินงานทดสอบพันธุ์มันเทศญี่ปุ่นที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่สูงที่มีความสูงแตกต่างกัน 3 ระดับความสูง พบว่า พันธุ์ Sp 61 (เนื้อสีม่วง) Sp 49 Sp 59 (เนื้อสีเหลืองอ่อน) Sp 72 (เนื้อสีส้ม) และ Sp 74 (เนื้อสีเหลืองคัสตาร์ด) มีความเหมาะสมสำหรับ

พื้นที่สูงทั้ง 3 ระดับความสูงเนื่องจากเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง เนื้อสัมผัสนุ่ม รสชาติหวาน คุณค่าทางโภชนาการสูง และรูปทรงหัวเป็นไปตามความต้องการของตลาด

การอนุรักษ์เชื้อพันธุ์มันเทศ สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ได้อนุรักษ์เชื้อพันธุ์มันเทศในวงบ่อซีเมนซ์ ณ โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงผาแตก อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งปัจจุบันมีพันธุ์มันเทศที่เป็นพันธุ์ต่างประเทศและพันธุ์ไทย ทั้งที่เป็นพันธุ์ที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์และพันธุ์ดั้งเดิมอยู่ทั้งหมด 22 พันธุ์ ซึ่งมีลักษณะประจำพันธุ์แตกต่างกันไป ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาพันธุ์มันเทศไม่ให้สูญหาย และเป็นแหล่งพันธุกรรมสำหรับแลกเปลี่ยนและสร้างความหลากหลายทางชีวภาพของมันเทศ

การปรับปรุงพันธุ์มันเทศ หน่วยงานวิจัยระหว่างประเทศที่มีการปรับปรุงพันธุ์มันเทศ เช่น National Agriculture Research Organization (NARO) ในประเทศญี่ปุ่น Asian Vegetable Research and Development Center (AVRDC) ในประเทศไต้หวัน International Potato Center (CIP) ในประเทศเปรู และ International Institute of Tropical Agriculture (IITA) ในประเทศไนจีเรีย มีแนวทางในการกำหนดวัตถุประสงค์ไว้ใกล้เคียงกัน ดังนี้ (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2559)

(1) คุณภาพในการบริโภคตรงตามความต้องการของตลาด เช่น หวานจัด เนื้อละเอียด เส้นใยน้อย รสชาติดี หัวมีขนาดใหญ่ ผิวเรียบ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง สุกง่าย เป็นต้น

(2) ผลผลิตสูง น้ำหนักแห้งสูง เปอร์เซ็นต์แป้งสูง และน้ำตาลต่ำ เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมมันเทศ

(3) ต้านทานต่อโรคและแมลงที่สำคัญในมันเทศ เพื่อลดภาระการจัดการศัตรูพืช

(4) ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น ทนแล้ง ทนน้ำท่วมขัง สภาพร่มเงา เป็นต้น

(5) อายุเก็บเกี่ยวสั้น เพื่อให้สามารถเพิ่มจำนวนครั้งในการปลูกต่อปี

(6) เจริญเติบโตเร็วและมีคุณค่าอาหารเหมาะสมสำหรับการใช้เลี้ยงสัตว์

2.11 กระบวนการปรับปรุงพันธุ์มันเทศ

ในการปรับปรุงพันธุ์มันเทศจะใช้เมล็ดพันธุ์ในการปรับปรุงพันธุ์ เนื่องจากในเมล็ดพันธุ์มันเทศจะมีจีโนไทป์ที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดประชากรที่หลากหลาย สำหรับการรวบรวมพันธุ์และสร้างประชากรสำหรับคัดเลือก ทางสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ได้รับความอนุเคราะห์และนำเข้าพันธุ์มันเทศจากหน่วยงานวิจัยมันเทศในประเทศญี่ปุ่น National Agriculture Research Organization (NARO) และรวบรวมมันเทศพันธุ์พื้นเมืองบนพื้นที่สูง

การสร้างประชากรสำหรับการคัดเลือก ดำเนินการโดยผสมข้ามพันธุ์ระหว่างพ่อแม่ที่ลักษณะดีจากในประเทศและต่างประเทศเพื่อสร้างลูกผสมที่ลักษณะตามที่ต้องการ ก่อนเข้าสู่กระบวนการคัดเลือก ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2559)

(1) การชักนำให้ออกดอก ต้นมันเทศจะออกดอกในช่วงของความยาววันสั้น (Gruneberg et al., 2015 ; Hall and Phatak, 1993) มันเทศส่วนใหญ่ในประเทศไทยจะออกดอกช่วงปลายปี ดังนั้นจึงควรปลูกมันเทศที่ต้องการผสมพันธุ์ในช่วงของปลายฤดูฝน เพื่อให้ต้นมีการเจริญเติบโตเต็มที่ก่อนออกดอก และทำการผสมพันธุ์ จึงทำให้ผสมพันธุ์ได้เพียง 1 ครั้งต่อปี หากต้องการผสมพันธุ์มันเทศในช่วงอื่นๆ สามารถทำได้โดยการคลุมแปลงผสมพันธุ์หรือต้นด้วยผ้าทึบที่ป้องกันแสงได้ให้มีความยาวแสงต่อวันน้อยกว่า 8 ชั่วโมง นอกจากนี้วิธีที่นิยมใช้ ได้แก่ การเสียบยอดมันเทศพ่อแม่พันธุ์กับต้นตอผักบุ้งฝรั่ง (morning glory) (Gruneberg et al., 2015 ; Jones, 1980 ; Kobayashi

and Nakanishi, 1979) ผักบุ้งฝรั่งเป็นไม้ดอกประดับที่ออกดอกง่าย เมื่อนำมาใช้เป็นต้นตอและเสียบยอดด้วยมันเทศ มันเทศพ่อแม่พันธุ์ที่เสียบยอดจะสามารถออกดอกได้นอกช่วงวันสั้น

(2) การเตรียมแปลงผสมพันธุ์และปลูกมันเทศ เตรียมแปลงขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 10 เมตร ระยะห่างระหว่างแปลง 1 เมตร ระยะห่างระหว่างต้น 1 เมตร สำหรับการปลูกใช้ยอดพันธุ์หรือต้นเสียบยอดในการปลูก หลังปลูก 20-30 วัน ทำค้างสำหรับเกาะเลื้อย จากนั้นจับยอดมันเทศให้พันขึ้นค้าง ควรปลูกพ่อแม่พันธุ์มันเทศแยกแปลง เพื่อความสะดวกในการผสมพันธุ์

(3) การผสมเกสร ใช้วิธีการผสมด้วยมือ โดยเลือกดอกที่จะบานในวันรุ่งขึ้น

- เตรียมดอกของต้นพ่อพันธุ์ โดยนำหลอดพลาสติกยาว 2-3 เซนติเมตร ไปสวมที่ดอก เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของเกสรจากต้นอื่นที่อาจเกิดขึ้นจากแมลง ซึ่งจะนำเกสรจากดอกที่เตรียมไว้นี้ไปใช้ผสมเกสร ในวันรุ่งขึ้นต่อไป

- เตรียมดอกของต้นแม่พันธุ์ ให้คัดเลือกดอกที่สมบูรณ์แข็งแรง ไม่มีโรคหรือแมลงทำลาย แล้วทำการตอนดอก โดยดึงอับเกสรเพศผู้ออกทั้งหมดแล้วคลุมด้วยซองกระดาษ ก่อนใช้คลิบเสียบกระดาษยึดซองกระดาษติดกับก้านช่อดอกให้แน่น ป้องกันไม่ให้ถูกแมลงผสมพันธุ์

- การผสมเกสรควรดำเนินการระหว่าง 07.00-10.00 น. โดยเปิดซองกระดาษของดอกเพศเมียที่เตรียมไว้แล้วออก นำละอองเกสรเพศผู้จากดอกที่เตรียมไว้มาป้ายหรือถ่ายลงยอดเกสรเพศเมีย อาจใช้พู่กันในการช่วยผสมเกสร หลังการผสมเกสรคลุมด้วยซองกระดาษแล้วยึดให้แน่นกับก้านช่อดอกติดป้ายบันทึก รายละเอียดการผสมพันธุ์ ได้แก่ ชื่อพ่อและแม่พันธุ์และวันที่ผสมพันธุ์ด้วย หลังผสมเกสร 3-4 วัน ดอกที่ผสมติดจะมีก้านดอกสีเขียวและพัฒนาต่อไปตามลำดับ ใช้เวลาประมาณ 4-6 สัปดาห์จึงเริ่มเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์

(4) การเพาะเมล็ดพันธุ์มันเทศ ทำให้เปลือกเมล็ดแตกหรือทำให้บางลงด้วยวิธีการขลิบ ขัดด้วยกระดาษทราย ก่อนนำมาเพาะให้ได้ต้นกล้าและขยายพันธุ์คัดเลือกต่อไป

(5) การคัดเลือกพันธุ์มันเทศ ส่วนใหญ่ใช้วิธีคัดเลือกสายต้น มีขั้นตอนดังนี้

- การทดสอบเบื้องต้น (preliminary observation) เพาะเมล็ดที่ได้จากการผสมพันธุ์ 2,500 - 5,000 เมล็ด และขยายพันธุ์ให้มีจำนวน 4 ต้นต่อสายต้น ก่อนนำไปปลูกลงแปลงคัดเลือก คัดเลือกไว้ 250-500 สายต้น

- ปลูกคัดเลือกครั้งที่หนึ่ง นำมันเทศลูกผสมที่ผ่านการทดสอบเบื้องต้น จำนวน 250-500 สายต้น มาปลูกเป็นแถว แถวละ 10-20 ต้น สายต้นละ 1-2 แถว คัดเลือกให้เหลือ 25-50 สายต้น

- ปลูกคัดเลือกครั้งที่สอง ปลูกสายต้นมันเทศที่ผ่านการคัดเลือกครั้งที่หนึ่ง จำนวน 25-50 สายต้น เป็นแถว แถวละ 10-20 ต้น สายต้นละ 4-8 แถว คัดเลือกให้เหลือ 10-20 สายต้น หรือคัดเลือกซ้ำจนกว่าจะได้พันธุ์ตามต้องการ

(6) การเปรียบเทียบสายต้นคัดเลือกเบื้องต้นหรือสายต้นดีเด่น

- ปลูกเปรียบเทียบสายต้นคัดเลือกเบื้องต้น วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ เปรียบเทียบระหว่างสายต้นที่คัดเลือก 10-20 สายต้น กับพันธุ์การค้าหรือพันธุ์ที่เกษตรกรปลูก 1-2 พันธุ์ ดำเนินการวิจัย 1-2 สถานที่ ปลูกเปรียบเทียบในฤดูแล้งและฤดูฝนอย่างน้อย 2 ปี ประเมินการเจริญเติบโต ปริมาณ และคุณภาพของผลผลิต การเกิดโรคและแมลง คัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีเด่น 5-10 สายต้น เพื่อไปทดสอบพันธุ์ในระดับท้องถิ่น

- การเปรียบเทียบสายต้นดีเด่น นำมันเทศที่ผ่านการคัดเลือก จำนวน 5-10 สายพันธุ์ ไปปลูกทดสอบ ในศูนย์วิจัยหรือสถานีทดลอง จำนวน 5-10 สถานที่ โดยมีพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกเป็นการค้าเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ 1 พันธุ์ ทดลองทั้งฤดูแล้งและฤดูฝน ประเมิน ผลผลิต คุณภาพของผลผลิต การปรับตัวเข้ากับสภาพแต่ละท้องถิ่น คัดเลือกสายต้นที่ดีเด่น ที่ให้ผลผลิตสูง หัวมีคุณภาพดี ทนทานต่อโรคแมลง และปรับตัวได้เหมาะกับสภาพการปลูกแต่ละท้องถิ่น เพื่อไปทดสอบพันธุ์ในไร่เกษตรกร 3-5 สายต้น

(7) การทดสอบพันธุ์และเผยแพร่

- การทดสอบพันธุ์ในไร่เกษตรกร นำมันเทศที่ผ่านการทดสอบพันธุ์ จำนวน 3-5 พันธุ์ ไปปลูกทดสอบในไร่เกษตรกร เปรียบเทียบกับพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูก 1 พันธุ์ ทั้งฤดูแล้งและฤดูฝน ประเมินผลผลิต คุณภาพผลผลิต การยอมรับพันธุ์ของเกษตรกรและผู้บริโภค คัดเลือกพันธุ์ที่ดีเด่น 1-3 พันธุ์