บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 ความหมายของเกษตรอินทรีย์

เกษตรอินทรีย์ (organic) หมายถึง ระบบการจัดการผลิตด้านเกษตรแบบองค์รวมที่เกื้อหนุนต่อระบบนิเวศน์ รวมทั้งความหลากหลายทางชีวภาพ โดยเน้นการใช้วัสดุธรรมชาติ หลีกเลี่ยงการใช้วัตถุดิบจากการสังเคราะห์และไม่ใช้ พืช สัตว์หรือจุลินทรีย์ที่ได้มาจากเทคนิคการดัดแปรพันธุกรรม Genetic Modification หรือ Genetic Engineering เน้นการจัดการแบบองค์รวมเพื่อดูแลรักษาดิน รักษาสภาพแวดล้อมในระยะยาว ใช้วิธีผสมผสานในการจัดการดิน ป้องกันกำจัดโรคและแมลง มีการคำนึงถึงการหมุนเวียนธาตุอาหารในฟาร์ม ซึ่งแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาเกษตรอินทรีย์แห่งชาติ ฉบับที่ 1 พ.ศ.2551-2554 ได้ให้ความสำคัญของเกษตรอินทรีย์ทั้งเกษตรอินทรีย์ตามวิถีพื้นบ้านและเกษตรอินทรีย์เชิงพาณิชย์ โดยเกษตรอินทรีย์ตามวิถีพื้นบ้าน สามารถต่อยอดการผลิตเข้าสู่มาตรฐานเป็นเกษตรอินทรีย์เชิงพาณิชย์ได้ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2561)

2.2 สถานการณ์การผลิตสินค้าอินทรีย์

ปัจจุบันทั่วโลกมีประเทศผู้ผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์ มากกว่า 130 ประเทศ พื้นที่รวม 143.75 ล้านไร่ ส่วนใหญ่อยู่ในออสเตรเลีย สหภาพยุโรป และลาตินอเมริกา ศูนย์การค้าระหว่างประเทศ (International Trade Center : ITC /UBCTAD / WTO) รายงานว่าในปี พ.ศ. 2546 สินค้าเกษตรอินทรีย์ในตลาดโลกมีมูลค่าประมาณ 23,000 - 25,000 ล้านเหรียญสหรัฐ มีอัตราการขยายตัวร้อยละ 10 - 20 ต่อปี โดยตลาดผู้บริโภคที่สำคัญ คือ สหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่น

สำหรับประเทศไทยพื้นที่ผลิตพืชอินทรีย์ที่ได้รับรองโดยกรมวิชาการเกษตรมีประมาณ 53,810 ไร่ ส่วนใหญ่เป็นพืชที่ผลิตสำหรับส่งออก ได้แก่ ข้าว ข้าวโพดฝักอ่อน ข้าวโพดหวาน หน่อไม้ฝรั่ง ชา ผลไม้ และสมุนไพร โดยในปี พ.ศ. 2548 กระทรวงพาณิชย์ ได้รายงานการส่งออกสินค้าเกษตรอินทรีย์ของไทยมีมูลค่าประมาณ 426 ล้านบาท ซึ่งยังนับว่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับมูลค่ารวมของตลาดโลก ซึ่งประเทศไทยมีศักยภาพสูงในการผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์เพื่อส่งออก เนื่องจากมีความได้เปรียบในด้านความหลากหลายของชนิดพืช และสภาพแวดล้อม (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

มูลนิธิโครงการหลวงส่งเสริมเกษตรกรบนพื้นที่สูงปลูกผักอินทรีย์มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 กลุ่มพืชผักที่ส่งเสริมส่วนใหญ่เป็นผักเมืองหนาว เช่น พืชตระกูลสลัด ตระกูลกะหล่ำ และตระกูลถั่ว โดยในปี 2560 มีจำนวนเกษตรกรที่ปลูกผักอินทรีย์รวม 861 คน พื้นที่ปลูก 1,933.77 ไร่ มูลค่าผักอินทรีย์ที่ส่งจำหน่ายให้แก่มูลนิธิฯ รวม 55,947,252 บาท อัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 16.47 ต่อปี (รายงานฝ่ายพัฒนามูลนิธิโครงการหลวง, 2560) โดยมูลนิธิฯ ทำหน้าที่ควบคุมระบบการเพาะปลูกผักอินทรีย์ของเกษตรกร ตั้งแต่การเตรียมปัจจัยการผลิต เช่น เมล็ดพันธุ์ ปุ๋ยอินทรีย์ และสารชีวภัณฑ์ควบคุมโรคและแมลง รวมถึงการเก็บเกี่ยว และการจัดการหลังเก็บเกี่ยวให้เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ต่าง ๆ

2.3 ข้อกำหนดด้านเมล็ดพันธุ์ของมาตรฐานเกษตรอินทรีย์

ข้อกำหนดการผลิตผักอินทรีย์ ทั้งในมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของไทยและของหน่วยงานต่าง ๆ ทั่วโลก และมาตรฐานสากลกำหนดว่าในปี ค.ศ. 2005 ให้ใช้เมล็ดพันธุ์ที่ผลิตภายใต้ในระบบเกษตรอินทรีย์ (สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์, 2561) ดังนั้นผู้ผลิตผักอินทรีย์หรือเกษตรกรจำเป็นต้องจัดหาหรือพัฒนาการผลิตเมล็ดพันธุ์อินทรีย์อย่างเร่งด่วน เพื่อให้ทันกับการประกาศใช้ข้อกำหนดดังกล่าวอย่างเต็มรูปแบบ ปัจจุบันการปลูกผักอินทรีย์ในกลุ่มผักบางชนิด มูลนิธิฯ ยังไม่สามารถจัดซื้อเมล็ดพันธุ์อินทรีย์ในประเทศได้ ประกอบกับเมล็ดพันธุ์ที่จำหน่ายทั่วไปส่วนใหญ่คลุกด้วยสารเคมี ดังนั้นจึงเป็นอุปสรรคที่สำคัญของการส่งเสริมการปลูกผักในระบบเกษตรอินทรีย์ในอนาคต การวิจัยและพัฒนาการผลิตเมล็ดพันธุ์ผักอินทรีย์จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องดำเนินการอย่างเร่งด่วน (มาตรฐานเกษตรอินทรีย์, 2560)

2.4 การปรับปรุงพันธุ์ผักในระบบเกษตรอินทรีย์

2.4.1 หลักการปรับปรุงพันธุ์ผักอินทรีย์

ปัจจุบันการพัฒนาพันธุ์พืชในระบบเกษตรอินทรีย์ของประเทศไทยยังมีน้อยมาก เกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ส่วนใหญ่ยังต้องใช้พันธุ์พืชที่พัฒนาในระบบเกษตรเคมี พื้นฐานความสำเร็จของระบบการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์ ต้องใช้พันธุ์ที่มีความเหมาะสมที่สุด ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการปรับปรุงพันธุ์เพื่อระบบเกษตรอินทรีย์ คือมีความทนทานต่อโรค แมลง และวัชพืชต่าง ๆ มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพการปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ ให้ผลผลิตสูง (มูลนิธิเกษตรกรรมยั่งยืนประเทศไทย, 2561)

พันธุ์พืชที่ใช้เพาะปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์มีลักษณะไม่แตกต่างจากการปลูกแบบทั่วไปมากนัก แต่คุณสมบัติเด่นที่ควรมี คือ ต้องเป็นพันธุ์พืชที่หาอาหารเก่ง ปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง ต้านทานโรค/แมลง มากกว่าพันธุ์พืชปกติทั่วไป การได้มาซึ่งพันธุ์พืชที่มีลักษณะดังกล่าว ขั้นตอนของการ

ปรับปรุงพันธุ์ อาจต้องใช้เวลานาน ใช้งบประมาณสูง อีกทั้งต้องใช้บุคลากรที่มีความรู้หลายด้านร่วมกันทำงาน อย่างไรก็ตามวิธีการที่สามารถดำเนินการเพื่อให้ได้พันธุ์ทันกับความต้องการ คือ ใช้พันธุ์พืชพื้นถิ่นที่เกษตรกรใช้อยู่เดิม ซึ่งเป็นการคัดเลือกโดยธรรมชาติและบรรพบุรุษได้ทำการคัดเลือกไว้ในระดับหนึ่งแล้วมาพัฒนาต่อยอดให้มีความคงที่ทางพันธุกรรม รวมถึงการผลิตเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพสำหรับระบบเกษตรอินทรีย์ในปัจจุบัน (ฉันทนา, 2558)

การปรับปรุงพันธุ์ผักในระบบเกษตรอินทรีย์ จำเป็นต้องดำเนินการภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ เนื่องจากการแสดงออกของพืชนอกจากถูกควบคุมด้วยพันธุกรรม (Genetic) สภาพแวดล้อม และผลร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมยังมีผลต่อการแสดงออกของพืชด้วย ซึ่งสภาพแวดล้อมของการปลูกผักอินทรีย์และผักทั่วไปมีความแตกต่างกันมาก โดยเฉพาะที่มาของแหล่งธาตุอาหารและปริมาณธาตุอาหารพืช ซึ่งมีน้อยกว่าการปลูกแบบใส่ปุ๋ยเคมี (กรมวิชาการเกษตร, 2556)

มูลนิธิเกษตรกรรมยั่งยืนประเทศไทย (2561) รายงานว่าเมล็ดพันธุ์เป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตพืชอินทรีย์ หากต้องการผลผลิตที่มีคุณภาพจำเป็นต้องใช้พันธุ์ที่ดี ซึ่งลักษณะสำคัญที่มี คือ สามารถเจริญเติบโตได้ดีในทุกสภาพแวดล้อม ให้ผลผลิตสูง (ดก) ต้านทานโรคและแมลง รสชาติดี อร่อย ทนทานต่อการขนส่ง รูปลักษณ์สวยงาม ทนทานต่อสภาพแวดล้อม เก็บรักษาได้นาน มีคุณค่า มีความสามารถในการหาอาหารเก่ง เป็นต้น โดยผลผลิตที่ดีมาจาก

พันธุกรรมที่ดี + สภาพแวดล้อมที่ดี = พันธุ์ดีมีคุณภาพ

ฉันทนา และคณะ (2557) ได้ปรับปรุงพันธุ์ผักเพื่อระบบเกษตรอินทรีย์โดยศึกษาในพืชผัก 3 ชนิด ได้แก่ คอส ถั่วแขก และมะเขือเทศ โดยการปรับปรุงพันธุ์ถั่วแขกลักษณะที่ต้องการ คือ ฝักมีสีเขียวอ่อน และไม่เกิดฝักสีม่วงในฤดูฝน สำหรับผักกาดหวาน มีลักษณะที่ต้องการ คือ ใบไม่บิด ทนทานต่อโรคและแมลง เจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีในฤดูร้อนและฝน ส่วนมะเขือเทศมุ่งสร้างพันธุ์ใหม่ที่เหมาะสมกับการปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์

2.4.2 การปรับปรุงพันธุ์ผักอินทรีย์ในพืชตระกูล Brassica

พืชผักในกลุ่ม Brassica เป็นพืชท้องถิ่นของประเทศในเขตหนาว การปรับปรุงพันธุ์ต้องมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 10 - 25 ^{o}C ซึ่งหากอุณหภูมิสูงกว่า 27 ^{o}C จะทำให้การเจริญเติบโตช้าลง สำหรับการปรับปรุงพันธุ์เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ในพืชกลุ่มนี้จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิที่

ต่ำเพื่อชักนำการออกดอก โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 0-15°C (มูลนิธิเกษตรกรรมยั่งยืนประเทศไทย, 2561) หรืออยู่ในช่วง 4-10°C แต่ที่เหมาะสม คือ 5 °C โดยใช้เวลากระตุ้น เป็นระยะเวลา 4 - 6 สัปดาห์ และนำไปปลูกในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิเย็นประมาณ 15 °C และเนื่องจากพืชในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่เป็นพืชผสมข้ามไม่สามารถผสมตัวเองได้ จึงจำเป็นต้องช่วยผสมเกสร หรืออาศัยผึ้งช่วยในการผสมเกสร โดยเฉพาะผึ้งพันธุ์ท้องถิ่นที่มีความทนทานต่ออากาศที่หนาวเย็น โดยลักษณะโครงสร้างของดอกประกอบไปด้วยกลีบดอกสีเหลืองอ่อน จำนวน 4 กลีบ มี stamen อยู่ 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)

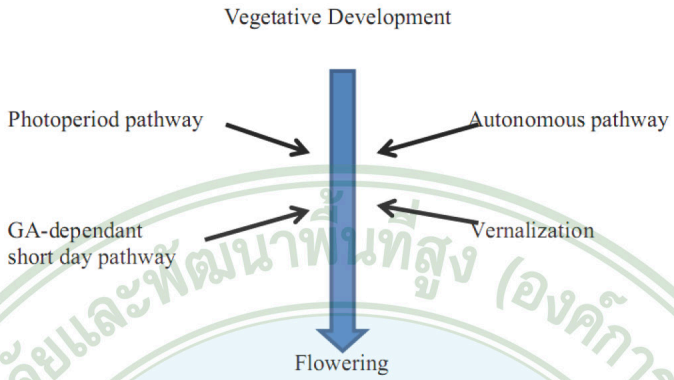
Linwattana et *al.* (1997) รายงานว่าการชักนำการออกดอกของกะหล่ำปลีโดยนำเมล็ดไปแช่ที่อุณหภูมิเย็น (Vernalization) จะทำให้อายุการออกดอกเร็วขึ้น แต่จะทำให้ความสูงดอก ความกว้างใบ ความยาวใบ และน้ำหนักต้นลดลง ส่วนการชักนำโดยใช้อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 8 วัน มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์กะหล่ำปลีมากที่สุด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

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

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการออกดอก คือ แสงและ ความเย็น โดยที่แสงมีผลต่อการออกดอกทั้งในแง่ของช่วงเวลาที่ได้รับแสง (Photoperiod) คุณภาพของแสง (Wave length) และ Irradiance หรือ Radiant energy ทั้ง 3 ส่วนของแสงมักจะมีผลกระทบต่อการออกดอกอย่างมีปฏิสัมพันธ์กัน (Interaction) Vernalization หมายถึง การกระตุ้นการออกดอกในธัญพืชฤดูหนาวด้วยการได้รับอุณหภูมิต่ำของต้นกล้าเมล็ดชื้นหรือเมล็ดที่กำลังงอก แต่ความหมายในปัจจุบันได้เปลี่ยนไปเป็นการกระตุ้นให้พืชออกดอกโดยการได้รับอุณหภูมิต่ำมาก่อน อายุของพืชซึ่งเหมาะสมต่อการได้รับอุณหภูมิต่ำ พืชบางชนิดจะตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำได้ดีในระยะที่เป็นเมล็ด เช่น ในกรณีของ Winter grain ต่าง ๆ พืชบางชนิดจะตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำได้เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว เช่น บีท และบางชนิดตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำได้ในทุกระยะของการเจริญเติบโตโดยที่อายุจะมีระยะที่ตอบสนองดีที่สุดอยู่ระยะหนึ่ง (ดนัย, 2561)

2.5 ปัจจัยที่สำคัญในการกระตุ้นการออกดอกของพืช

Michaels &Amasino (2000) รายงานว่ามีปัจจัยอย่างน้อย 4 ปัจจัยที่ส่งเสริมการออกดอกใน Arabidopsis ได้แก่ 1.ช่วงแสง 2. การชักนำด้วยความเย็น 3. การเจริญเติบโตตามวงจรของพืช และ (Vernalization) 4.ฮอร์โมน (GA) (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 1 การเจริญเติบโตของพืช มี 4 ปัจจัย ที่ส่งเสริมให้พืชออกดอก (Michaels&Amasino, 2000)

2.5.1 แสง มีผลต่อการออกดอกทั้งในแง่ของช่วงเวลาที่ได้รับแสง (Photoperiod) คุณภาพของแสง (Wave length) และ Irradiance หรือ Radiant energy ทั้ง 3 ส่วนของแสงมักจะมีผลกระทบต่อการออกดอกอย่างมีปฏิสัมพันธ์กัน (Interaction)

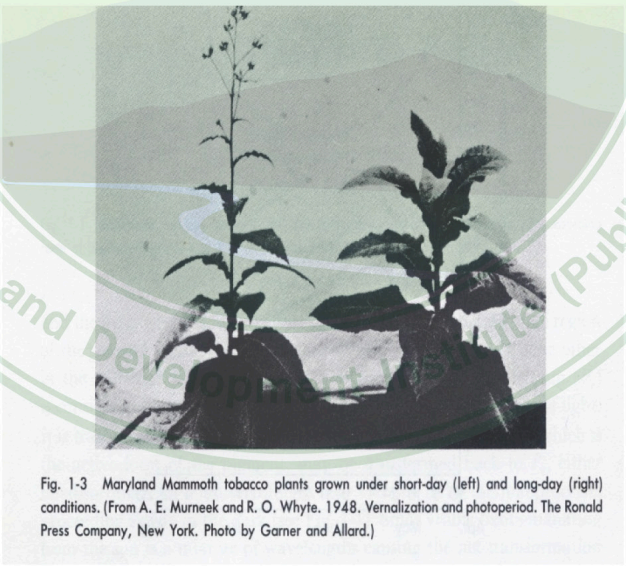
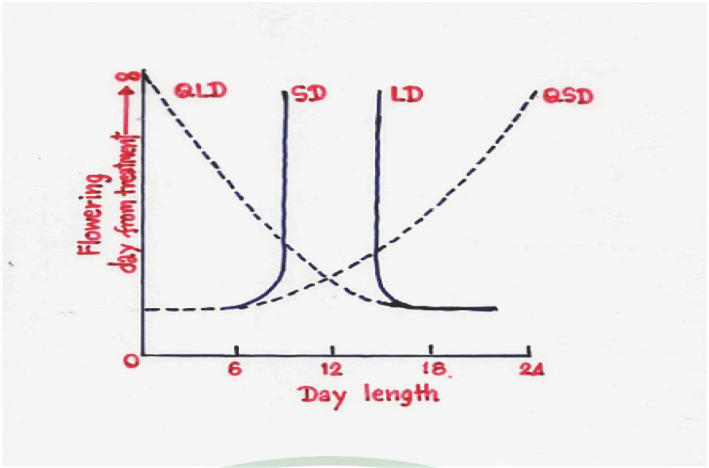


Fig. 1-3 Maryland Mammoth tobacco plants grown under short-day (left) and long-day (right) conditions. (From A. E. Murneek and R. O. Whyte. 1948. Vernalization and photoperiod. The Ronald Press Company, New York. Photo by Garner and Allard.)

ภาพที่ 2 ลักษณะการออกดอกเมื่อได้รับผลกระทบจากแสง อ้างอิงภาพจากดนัย (2561)



ภาพที่ 3 การออกดอกของพืชวันสั้นตามด้วยวันยาว (Short-Long Day Plant)

อ้างอิงภาพจากดนัย (2561)

พืชที่ต้องการอุณหภูมิต่ำแล้วตามด้วยวันยาว คือ พืชในกลุ่ม Biennial เช่น ส่วนพืชตระกูลกะหล่ำ หัวบีท จะเกิดขึ้นภายใต้สภาพวันยาว โดยเป็นช่วงที่เหมาะสมทางด้านอุณหภูมิต่ำในการทดลองที่หาวิธีการออกดอกของพืชตระกูลกะหล่ำในการชักนำให้เกิดการออกดอก แต่เนื่องจากในฤดูหนาวแสงน้อย พืชจำเป็นต้องตามด้วยแสงวันยาวจึงจะสามารถทำให้พืชออกดอกได้ (W.W.Garner และ H.A.Allard, 1923)

มีผลต่อการออกดอกทั้งในแง่ของช่วงเวลาที่ได้รับแสง (Photoperiod) คุณภาพของแสง (Wave length) และ Irradiance หรือ Radiant energy ทั้ง 3 ส่วนของแสงมักจะมีผลกระทบต่อการออกดอกอย่างมีปฏิสัมพันธ์กัน (Interaction) Lange *et al.* (1981) ระบุว่าช่วงแสงมีอิทธิพลต่อต้นพืช เช่น การงอก คลอโรฟิล เนื้อเยื่อ การเปลี่ยนแปลงในระดับทุติยภูมิของสารประกอบ การเกิดตา การยืดตัวของใบ และการออกดอก โดยช่วงแสง อุณหภูมิ และความยาวของวัน ยังมีอิทธิพลต่อหัวของพืช การก่อตัวความเข้มข้นของสารและการควบคุมการเจริญเติบโต Yui&Yoshikawa (1991) อย่างไรก็ตามผักกาดขาว (*Brassica rapa* L. Subs. *Chinensis*) อาจออกดอกได้โดยไม่ต้องผ่านความเย็นต่ำ ซึ่งเป็นการเจริญเติบโตตามวงจรของพืชตลอดจนการสืบพันธุ์ Wien (1997) โดยสภาพแวดล้อมที่ความยาวของวันยาวกว่าวิกฤตช่วงแสง ช่วงแสงเฉพาะสำหรับพืชชนิดใดชนิดหนึ่งจะชะลอการออกดอก แต่หากช่วงแสงเพิ่มขึ้นอย่างเพียงพอในพืชวันสั้นจะทำให้พืชออกดอก เช่นเดียวกันกับพืชวันยาวหากวันยาวลดแสงพอดีกับจุดที่พืชต้องการก็จะทำให้พืชออกดอก ซึ่งเรียกว่า ช่วงแสงวิกฤตเกินขีดจำกัด โดยการตอบสนองต่อแสงในพืชบางชนิดอธิบายว่าตั้งแต่ช่วงแสงน้อยกว่าช่วงแสงในเวลากลางวัน หรือสูงกว่าค่าวิกฤตช่วงแสงยาวมีความจำเป็นในพืชที่มีระยะเวลาการเจริญเติบโตยาวนาน Clark&Wittwer (1949) รายงานว่าช่วงแสงเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการออกดอก (Fife&Price, 1953) ซึ่งถูกชักนำในระหว่างการงอกของเมล็ดเป็นส่วนใหญ่ Burn *et al.* (1993) กล่าวว่าพืชบางชนิดต้องใช้เวลาสั้น ๆ ในขณะที่พืชบางชนิดต้องใช้เวลานานในการเริ่มออกดอก การได้รับความยาว

แสงในเวลากลางวัน ใบพืชจะได้รับสัญญาณและส่งต่อเปลี่ยนเป็นตายอด ซึ่งรูปแบบของการแบ่งเซลล์ก่อให้เกิดการออกดอก โดยเนื้อเยื่อเจริญจะผลิตช่อดอกในเวลาต่อมา Pressman&Aviram (1986) นอกจากนี้ช่วงแสงยังเพิ่มประสิทธิภาพของการ vernalization และเพิ่มอัตราการออกดอกหลังจากการ vernalization โดยพืชที่ต้องการอุณหภูมิต่ำแล้วตามด้วยวันยาว คือ พืชในกลุ่ม Biennial เช่น ส่วนพืชตระกูลกะหล่ำ หัวบีท จะเกิดขึ้นภายใต้สภาพวันยาว โดยเป็นช่วงที่เหมาะสมทางด้านอุณหภูมิต่ำในการทดลองที่หาวิธีการออกดอกของพืชตระกูลกะหล่ำในการชักนำให้เกิดการออกดอก แต่เนื่องจากในฤดูหนาวแสงน้อย พืชจำเป็นต้องตามด้วยแสงวันยาวจึงจะสามารถทำให้พืชออกดอกได้ (W.W.Garner และ H.A.Allard, 1923)

2.5.2 การตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำ (Vernalization)

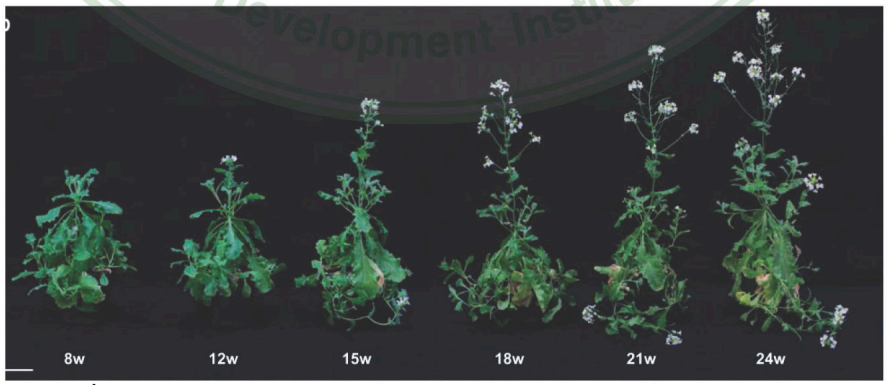
Vernalization คือ การกระตุ้นให้พืชออกดอกโดยการใช้อุณหภูมิต่ำประมาณ 1-7 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะกับพืช Bienial และ Perennial พืชพวกนี้ เช่น กะหล่ำปลี เซเลอรี่ หัวบีท และหอมหัวใหญ่ เป็นการกระตุ้นให้ออกดอกเร็วขึ้น โดยได้รับอุณหภูมิต่ำ เช่น ธัญพืชฤดูหนาว (Winter Grain) ผักสลัด และแรดิช เป็นต้น การตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำได้ในทุกระยะของการเจริญเติบโต โดยอายุในระยะที่ตอบสนองดีที่สุดอยู่ระยะหนึ่ง (ดนัย, 2561) พืชที่ได้รับอุณหภูมิต่ำแล้วสามารถออกดอกได้นั้นยังแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ต้องการอุณหภูมิต่ำเพื่อการออกดอก โดยถ้าเมล็ดพืชไม่ได้รับอุณหภูมิต่ำจะไม่สามารถออกดอกได้ จัดเป็น Obligate requirement for vernalization เช่น กะหล่ำปลี เซเลอรี่ และ Foxglove เป็นต้น กลุ่มที่ไม่ได้รับอุณหภูมิต่ำก็ออกดอกได้ โดยใช้เวลานานออกไป แต่พืชบางชนิดหากได้รับอุณหภูมิต่ำจะออกดอกเร็ว จัดเป็นกลุ่ม Facultative cold requirement เช่น ผักสลัด และ *Pisum sativum* บางสายพันธุ์ (Linwattana, G., C.M. Protacio and R.C. Mabesa, 1997.)

โดยหลินและคณะ (2005) ได้ระบุว่าพืชล้มลุกที่ปลูกในปีแรกและออกดอกในปีถัดไปหลังจากฤดูหนาวมักเป็นพืชที่ผ่านการ vernalization คือ ได้รับอุณหภูมิที่เย็นจัดระหว่างการงอกของเมล็ด และได้รับอุณหภูมิที่เย็นช่วงการเจริญเติบโต เช่นเดียวกับWilkins (1984) และ Leopold (1964) รายงานว่า การ vernalization เป็นการทำให้เกิดการออกดอก และ Michaels&Amasino (2000) ได้อ้างตาม Chouard (1960) ที่กล่าวว่า vernalization คือ “การเร่งความสามารถในการออกดอกด้วยความเย็น”โดยการออกดอกเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิต่ำ พืชล้มลุกและไม้ยืนต้นหลายชนิดการปลูกพืชในปลายฤดูร้อนจะไม่ทำให้พืชออกดอกหรือดอกบานในทันทีโดย photoperiods และ vernalization กลายเป็นปัจจัยการจำลองสถานการณ์ให้พืชผ่านฤดูหนาวเพื่อกระตุ้นให้พืชออกดอกก่อนเริ่มมีการสืบพันธุ์ (Wilkins, 1984) การกระตุ้นพืชด้วยการใช้ vernalization นั้นมักจะกระตุ้นไปที่เนื้อเยื่อปลายยอด Michaels&Amasino (2000) รายงานว่าการออกดอกในพืชล้มลุกจะถูกชักนำอย่างรวดเร็วหลังจากการได้รับอุณหภูมิต่ำและสอดคล้องกับการศึกษาการชักนำการ

ออกดอกของกะหล่ำของอัญชัญ และคณะ (2561) ทำการทดลองในฤดูหนาวเดือนพฤศจิกายน-เดือนพฤษภาคม เพื่อหาแนวทางการชักนำให้พืชออกดอกโดยทำการ Vernalization ด้วยความเย็นเป็นระยะเวลา 0 10 20 30 40 และ 50 วันในระยะเมล็ด ในพืช 4 ชนิด ได้แก่ กะหล่ำปลี กะหล่ำปลีหัวใจ ผักกาดขาวปลี และผักกาดหัว เพื่อหาจำนวนวันที่เหมาะสมในการชักนำการออกดอกของพืช และศึกษาภาพการติดเมล็ดเองได้เพื่อนำเมล็ดที่ได้ไปใช้ในปรับปรุงพันธุ์โดยผลการทดลอง พบว่าต้นกล้าที่ผ่านการชักนำด้วยความเย็นเป็นระยะเวลา 10 20 และ 30 วัน ด้วยการแช่เมล็ดด้วยอุณหภูมิต่ำที่ 4 °C สามารถกระตุ้นการออกดอกของกะหล่ำปลีพันธุ์ Tropic ace ให้ออกดอกได้ทั้ง 3 กรรมวิธี ส่วนพันธุ์ส่วนพันธุ์ช้างเบอร์ 4 และ พันธุ์ลูกโลกไม่ออกดอก ส่วนกะหล่ำปลีหัวใจพันธุ์ New Jersey พันธุ์ JD และ พันธุ์ Caraflex F_1 พืชไม่ออกดอก ส่วนผักกาดขาวปลีพันธุ์บิ๊กบอส และพันธุ์สุกี้ 60 พืชออกดอกทุกกรรมวิธีแม้แต่กรรมวิธีควบคุม ยกเว้นพันธุ์ Rubicon และผักกาดหัวพันธุ์ Sobutori พันธุ์ Sweet Salender ออกดอกทั้ง 5 กรรมวิธี และพันธุ์ Everest ออกดอกทุกกรรมวิธีแม้แต่กรรมวิธีควบคุม

S.M. NGWENYA ซึ่งการปรับปรุงพันธุ์กะหล่ำปลีเกิดขึ้นจากการพืชสัมผัสถึงอุณหภูมิที่เย็นจัด อย่างไรก็ตามการสัมผัสอุณหภูมิต่ำไม่ใช่การเริ่มต้นการชักนำการออกดอกกะหล่ำปลีแต่เป็นการเริ่มต้นการเจริญเติบโตของระบบสืบพันธุ์หลังจากสัมผัสกับอุณหภูมิต่ำประมาณ 5 ° C เป็นเวลาอย่างน้อยหกสัปดาห์ในช่วงแสงเฉพาะ กะหล่ำปลีตอบสนองต่อการ vernalizing อุณหภูมิหลังจากระยะการเจริญเติบโตที่หลังจากชักนำด้วยความเย็น และตาดอกอาจพัฒนาหลังจากการพัฒนาหัวเสร็จสิ้น

Ana Lazoro และคณะ ทำการทดลองในพืช Arabis alpina เป็นพืชตะกูลกะหล่ำชนิดหนึ่งทางยุโรป, แอฟริกาเหนือและตะวันออก, เอเชียกลางและเอเชียตะวันออก โดยทำการปลูกพืชเจริญเติบโต เมื่ออายุ 8 สัปดาห์ นำไป Vernalization เป็นระยะเวลา 8, 12, 15, 18, 21 และ 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4 °C ตามลำดับ พบว่าทำให้พืชสามารถออกได้ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 12 เป็นต้นไป หลังจากนั้นภายใน 2 อาทิตย์ต้องทำการย้ายออกมาไว้ในโรงเรือนที่มีอุณหภูมิ 18-20 °C และตามด้วยแสงวันยาว (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 4 ผลของ Arabis alpina ที่ผ่านการ Vernalization ที่ทำให้พืชออกดอก

อ้างอิงจาก Ana Lazoro และคณะ (2018)

2.6.3 เวลาและอายุพืช

หลินและคณะ (2005) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงจากระยะสืบพันธุ์ของพืชเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับวงจรชีวิตของพืชดอก ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมจำเป็นต่อการเปลี่ยนแปลงกระบวนการสืบพันธุ์แม้ว่าพืชบางชนิดจะมีกลไกในการควบคุมเวลาการออกดอกในช่วงฤดูกาลที่แตกต่างกัน ส่วนช่วงเวลาของการเปลี่ยนแปลงระบบสืบพันธุ์ขึ้นอยู่กับระยะการพัฒนาของพืชและสภาพแวดล้อม การรวมกันของสองปัจจัยที่ช่วยให้การออกดอกเกิดขึ้นในเวลาที่เหมาะสมพร้อมการสะสมสารอาหารที่เพียงพอ และสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวย จากการวิเคราะห์ทางพันธุกรรมพบว่า ช่วงแสงมีส่วนร่วมในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงการนำไปสู่การออกดอก และสามารถแบ่งออกเป็นสองกระบวนการ คือการชักนำ และการชักนำการออกดอกเป็นสัญญาณที่ส่งไปยังเนื้อเยื่อปลายยอดที่จะเริ่มต้นการผลิตดอก แม้ว่าจะยังไม่มีการผลิตดอก พืชที่ชักนำแล้วจะกระตุ้นการผลิตดอกโดยกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงการแสดงออกของยีนในเนื้อเยื่อปลายยอด โดยจะส่งสัญญาณไปยังเนื้อเยื่อปลายยอดและเปิดการผลิตดอก (Glover, 2007) Glover (2007) และ Lin et al. (2005) ระบุว่าตัวแปรที่มีผลต่อชักนำให้พืชออกดอกสามารถรวมถึงสิ่งเร้าด้านพัฒนาการของพืชและสิ่งเร้าด้านสิ่งแวดล้อม ปัจจัยการพัฒนาที่มีผลต่อการออกดอก คือ อายุและความแข็งแรงของพืช ตลอดจนการเปลี่ยนไปสู่ขั้นตอนการสืบพันธุ์ทำให้เกิดความสมบูรณ์ของพืชหรือวงจรการเจริญเติบโต (Glover, 2007) โดยกะหล่ำปลีต้องผ่านการห่อหัวก่อน คือเจริญเติบโตเต็มที่เพื่อให้ต้นเข็งแรงสมบูรณ์ก่อนการออกดอกและติดเมล็ด (Sandili M.N., 2016) โดยช่วงเวลาการออกดอก จะไม่เหมาะสมหากพืชจะเกิดการออกดอกก่อนที่จะมีพัฒนาทางใบและรากให้เพียงพอเพื่อสนับสนุนการพัฒนาเมล็ด (Bidwell, 1979) เมื่อพืชแต่ละชนิดมีอายุมากขึ้นเรื่อย ๆ แนวโน้มที่จะเกิดการสะสมอาหารและพลังมากขึ้น (Leppold, 1964) พืชจะไม่แสดงออกจนกว่า “ เวลาที่เหมาะสม” ตามอายุของพืช (Bidwell, 1979) Shoemaker (1947)

2.6.4 ฮอร์โมนพืช

คือ สารประกอบอินทรีย์ ซึ่งสามารถมีผลต่อพืช แม้พืชได้รับในปริมาณที่น้อยมาก โดยพืชจะสังเคราะห์ฮอร์โมนที่ส่วนหนึ่ง แล้วเคลื่อนย้ายไปยังอีกส่วนหนึ่ง และมีผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาที่ค่อนข้างเฉพาะเจาะจง

สารควบคุมการเจริญเติบโต (Plant Growth Regulator) เป็นสารเคมีที่สำคัญในการเกษตรเป็นสารอินทรีย์ซึ่งมนุษย์สังเคราะห์ขึ้นมาได้ ซึ่งบางชนิดมีคุณสมบัติเหมือนฮอร์โมนพืช ในบางกรณีนี้ฮอร์โมนจะทดแทนสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมได้ เช่น พบว่าจิบเบอเรลลิน (Gibberellins) คือ กรดจิบเบอเรลลิค คือ GA3 มีบทบาทต่อพืชโดยสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชทั้งต้น กระตุ้นการงอกของเมล็ดที่พักตัวและตาที่พักตัว และการแทงช่อดอก ซึ่งจิบเบอเรลลินสามารถแทนความต้องการวันยาวในพืชบางชนิดได้และยังสามารถทดแทนความต้องการอุณหภูมิต่ำ (Vernalization) ในพืชพวกกะหล่ำปลี และแครอท (นพดล, 2537)

2.6 การปรับปรุงพันธุ์ผักในระบบเกษตรอินทรีย์

2.6.1 การปรับปรุงพันธุ์พืชอินทรีย์ (Breeding of organic varieties)

1) ผู้ปรับปรุงพันธุ์ต้องเลือกใช้พันธุ์ที่เพาะปลูกตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ มกท. หรือเทียบเท่า และวิธีการขยายพันธุ์ต้องได้รับการตรวจรับรองจาก มกท. ยกเว้นการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ไม่ต้องทำในระบบเกษตรอินทรีย์

2) ผู้ปรับปรุงพันธุ์ต้องใช้พันธุ์พืชที่พันธุกรรมไม่ปนเปื้อนจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุ์

3) ผู้ปรับปรุงพันธุ์ต้องสามารถเปิดเผยวิธีการที่ตนใช้ในการปรับปรุงพันธุให้สาธารณะได้รับทราบโดยจะต้องเริ่มเปิดเผยข้อมูดังกล่าวอย่างช้าสุดเมื่อเริ่มทำการขายเมล็ดพันธุ์

4) ไม่อนุญาตให้ใช้เทคนิคการแทรกแซงจีโนมของพืช (เช่น การฉายรังสีเพื่อให้อิออนแตกตัว หรือ การย้ายฝาก DNA, RNA, โปรตีน เป็นต้น)

5) ไม่อนุญาตให้ใช้เทคนิคในการแทรกแซงเซลล์ที่คัดแยกมาเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อสังเคราะห์ (เช่น เทคนิคการดัดแปรพันธุ์ทำลายผนังเซลล์เพื่อแยกนิวเคลียสของเซลล์ด้วยวิธี cytoplast fusion)

6) ผู้ประกอบการต้องใช้วิธีการผสมพันธุ์พืชแบบที่เป็นธรรมชาติ ทั้งนี้ มกท. อนุโลมให้ใช้เทคนิคในการลดหรือการห้ามการงอกได้เช่น ทำให้เมล็ดเป็นหมัน เป็นต้น (มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ มกท, 2560)

2.7 ผักตระกูลกะหล่ำ (Family Cruciferae)

พืชตระกูลนี้เป็นพืชตระกูลใหญ่มีประมาณ 300 สกุล (Genera) แบ่งย่อยได้ประมาณ 3,000 ชนิด (Species) เป็นพืชฤดูเดียว สองฤดู และมากกว่าสองฤดู มีถิ่นกำเนิดในประเทศอบอุ่น เช่น แถบเมดิเตอร์เรเนียน มีประมาณ 40 ชนิด และบางชนิดมีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน เช่น ผักกาดขาวปลี ผักกาดกวางตุ้ง ผักฮ่องเต้ และผักกาดหางหงส์ ส่วนผักที่มีถิ่นกำเนิดในยุโรปและสามารถปลูกได้ดีในเขตร้อน และเป็นที่นิยมบริโภค ได้แก่ ผักกาดหัว ผักกาดเขียวปลี กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก และบร็อคโคลี่ เป็นต้น (มณีฉัตร, 2557)

2.7.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพืชตระกูลกะหล่ำ

ใบ เป็นแบบไม่มีหูใบ (exstipulate) เป็นใบเดี่ยวเรียงตัวแบบสลับ (alternate) ดอกมีทั้งสองเพศในดอกเดียวกัน และมีความสมดุลของส่วนประกอบของดอก กลีบเลี้ยงมี 4 กลีบ กลีบดอกมี 4 กลีบ เกสรตัวผู้มี 6 อัน เรียงตัวรวมกัน 4 อัน (tetradynamous) อยู่วงในมีก้านเกสรตัวผู้ยาวกว่าอีก 2 ก้านที่อยู่วงนอก เกสรตัวผู้มี 2 ช่อง และแตกตามยาวซึ่งอยู่ด้านใน (Introrse longitudinal dehiscence) รังไข่อยู่สูงกว่า

ฐานรองดอก (Superior) มีรังไข่ 2 อัน ประกบกันและแยกแต่ละช่องออกจากกันโดยมีเยื่อบาง ๆ กั้น ก้านเกสรตัวเมียสั้นที่ปลายมีลักษณะเป็น 2 หยัก ผลเป็นฝัก ถ้ามีความยาวมากกว่าความกว้างเป็นผลชนิด siliqua หรือ silique เช่น ผลของผักกาดกวางตุ้ง ผักกาดหัว และผักกาดขาวปลี แต่ถ้าผลมีความยาวพอ ๆ กับความกว้าง เรียกว่า silicula ผลส่วนใหญ่แตกเมื่อแก่ โดยแตกจากส่วนล่างของฝักไปยังส่วนบน มีผลของผักตระกูลนี้ที่ผลไม่แตกเมื่อฝักแก่ เช่น ผักกาดหัว โดยเมล็ดผักตระกูลนี้ไม่มีอาหารสำรอง (endosperm) (Purseglove, 1968)

พืชในตระกูล Brassica นี้มีหลากหลายพันธุ์มีรูปร่างและการใช้งานที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างพืชในตระกูลกะหล่ำ 3 ชนิด ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่

1) กะหล่ำปลี (*Brassica oleracea*var. *capitate*L.) (Basett, 1986)

เป็นผักที่ใช้บริโภคมาตั้งแต่โบราณอย่างน้อย 2,500 ปี ก่อนคริสตวรรษ (Purseglove, 1968) ชาวโรมันเป็นผู้นำไปยังประเทศอังกฤษ เป็นพืชสองฤดู และปัจจุบันเป็นที่รู้จักทั่วโลกและนิยมบริโภค ใช้ส่วนของหัวซึ่งประกอบด้วยใบห่อหุ้มกันแน่นมีทั้งหัวรูปกลม และแหลม มีใบเรียบ (Smooth) และใบเป็นหยัก (savoy) สีของใบมีทั้งสีเขียวและสีม่วง การบริโภคทั้งในรูปผักสด ผักดอง (Sauerkraut) สำหรับประเทศไทยนิยมบริโภคสด พันธุ์ที่ใช้ในประเทศไทยและประเทศในเขตร้อนต้องเป็นพันธุ์ที่มีคุณสมบัติทนร้อน ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ลูกผสมจากประเทศญี่ปุ่น ส่วนพันธุ์จากประเทศยุโรปได้รับความนิยมน้อยกว่ามาก เพราะมักพบปัญหาเกี่ยวกับการไม่ห่อหัวในสภาพอากาศร้อน

กะหล่ำปลี มีความสัมพันธ์กับผักในกลุ่ม Brassica ด้วยกัน เช่น ผักกาดหัว ผักกาดเขียวปลี มัสตาร์ด ผักกาดขาวปลี รูทาบาก้า และเรป **ลักษณะดอก** เป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีกลีบเลี้ยง 4 กลีบดอก 4 กลีบเกสรตัวผู้ 6 อัน (2 อันสั้น และ 4 อันยาว) รังไข่มี 2 ช่อง (carpel) และไข่อยู่เหนือกลีบดอก (superior ovary) ดอกบานในตอนบ่าย และบานเต็มที่ตอนเช้าอีกวันหนึ่ง กลีบดอกมีสีเหลืองสด มีความกว้างยาวประมาณ 10x15-25 มม. กลีบเลี้ยงตั้งตรง เกสรตัวผู้เปิดหลังดอกบานไม่กี่ชั่วโมง การผสมพันธุ์อาศัยแมลง มีต่อมน้ำหวาน (nectar) 2 ต่อมอยู่ระหว่างเกสรตัวผู้กั้นกับรังไข่ และอีก 2 ต่อมอยู่ที่ฐานของเกสรผู้ที่ยาว แต่ 2 ต่อมนี้ไม่มีน้ำหวาน ช่อดอกออกแบบเป็นช่อ (raceme) **ลักษณะผล** เรียกว่าฝัก (silique) ขนาด (กว้างยาว) 4.5x10 ซม. มีเมล็ดเรียงกัน 2 แถว มีเมล็ดประมาณ 10-30 เมล็ด เริ่มแรกเมล็ดติดอยู่กับผนังที่กั้น (false septum) แต่เมื่อเมล็ดแก่ เมล็ดติดอยู่กับรก (placenta)

2) ผักกาดขาวปลี (*Brassica campestris* subsp. *Pekinensis*)

เป็นผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย และนิยมปลูกกันมากในประเทศจีนตอนใต้ (Li, 1981) ไต้หวันและไทย ส่วนที่ใช้บริโภค ได้แก่ ใบ รับประทานเป็นผักสด หรือใช้ประกอบอาหารอื่น ๆ ผักกาดขาวปลีเป็นผักที่ได้รับความนิยมภายในประเทศแล้วยังเป็นผักที่สามารถส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ โดยเฉพาะมาเลเซีย

ผักกาดขาวปลีพันธุ์ดั้งเดิมนั้นไม่ห่อหัว พันธุ์ Var. *dissolute* ถูกบันทึกไว้ในศตวรรษที่ 5 พันธุ์นี้อาจมาจากการผสมข้ามระหว่าง ผักกาดกวางตุ้ง (subsp. *chinensis*) และเทอร์นิพ (Sub sp. *rapifera*) จากนั้นได้พัฒนามีการห่อหัวบ้างไปเป็น Var. *infarcta* จากการปรับตัวและพัฒนาตามภูมิอากาศจึงได้พันธุ์ซึ่งมีหัวรูปร่างต่าง ๆ กัน ได้แก่ หัวรูปไข่ (f. *ovata*) และพันธุ์หัวป้าน (f. *depressa*) คล้ายพันธุ์ผักกาดขาวปลีที่ใช้ในปัจจุบัน และหัวทรงยาว (f. *cylindrica*) คล้ายผักกาดหางหงส์ จากการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์เหล่านี้ทำให้ได้ลูกผสม 5 แบบด้วยกันที่ใช้ในปัจจุบัน

แหล่งปลูกผักกาดขาวปลีที่สำคัญอยู่ในพื้นที่ราบ และพื้นที่ภูเขาแถบภาคเหนือของประเทศ โดยเกษตรกรนิยมใช้พันธุ์ผักกาดขาวปลีที่เป็นพันธุ์แท้และพันธุ์ลูกผสมซึ่งเป็นเมล็ดพันธุ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ เช่น ประเทศญี่ปุ่น ไต้หวันและเกาหลี (ตระกูลและคณะ, 2540)

3) ผักกาดหัว (*Raphanus sativus*)

มีแหล่งกำเนิดในแถบเมดิเตอร์เรเนียน แต่นิยมปลูกทั่วไปในทวีปเอเชียมากกว่าในยุโรป จนได้ชื่อว่าเป็นผักคนจน (poor man's vegetable) ปัจจุบันมีแหล่งพันธุกรรมในทวีปเอเชีย ซึ่งมีมากกว่าในยุโรป (IBPGR, 1981) มีหลากหลายพันธุ์ และใช้บริโภคในลักษณะต่าง ๆ กัน เช่น บริโภคหัว ใบ ฝักอ่อน และสกัดน้ำมัน บางพันธุ์ใช้เป็นอาหารสัตว์ ในประเทศไทยมีปลูก 2 พันธุ์ ได้แก่ Ver.*Longipinnatus* เรียกชื่อภาษาไทยว่า ผักกาดหัว ชื่อภาษาอังกฤษ Chinese radish และพันธุ์ var. *Caudatus* เรียกชื่อว่า ผักขี้หูด หรือ rat tail radish นิยมบริโภคในภาคเหนือของประเทศ (มณีฉัตร, 2545)

2.7.2 การปรับปรุงพันธุ์ผักตระกูลกะหล่ำ

พืชตระกูลกะหล่ำ ส่วนใหญ่เป็นพืชผสมข้าม (Cross. Pollinated crop) มีบางชนิดที่สามารถผสมตัวเองได้ (Self pollinated crop) เช่น ผักกาดเขียวปลี และผักขี้หูด เป็นต้น ผักที่ผสมข้ามในตระกูลนี้มีคุณสมบัติพิเศษบางอย่างที่ช่วยให้การผสมข้ามเกิดได้มากขึ้น จึงมีการนำเอาคุณสมบัติพิเศษอันเนื่องจาก

พันธุกรรมนี้มาใช้ประโยชน์ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสม ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลาย และได้รับความนิยมมาก เนื่องจากลูกผสมมีคุณภาพดีกว่าพันธุ์แท้มาก

การผสมตัวเองไม่ติดของผักตระกูลกะหล่ำ เนื่องจากเกสรตัวผู้ไม่สามารถงอกบนเกสรตัวเมียได้ มีรายงานจาก Hadj-Arab (1988) และ Nasrallah *et al.*(1993) ได้พบว่าเกสรตัวผู้ไม่สามารถงอกบนเกสรตัวเมียของต้นเดียวกันหรือเรียกว่าผสมตัวเองไม่ติดเนื่องจากจุดที่เกสรตัวผู้ติดกับเซลล์ผิว (papilla) ของเกสรตัวเมียมีสารแคลโรส (Callose) เกิดที่จุดสัมผัสนั้นทำให้ท่อเกสรตัวผู้ไม่สามารถงอกได้ และเกิดจากการควบคุมของยีน เช่น กรณีการผสมตัวเองไม่ติดของผักกาดหัวชนิด sporophytic system ซึ่งมี S-gene ควบคุมอยู่ 1 ตำแหน่งและหลายอัลลีล (Haruta,1962)

การผสมตัวเองไม่ติดไม่ใช่ปัญหาเดียวของกะหล่ำปลีในประเทศไทย แต่การที่อุณหภูมิต่ำไม่พอทำให้การออกดอกมีปัญหา ซึ่งกะหล่ำปลีต้องการอากาศเย็น (vernalization) และวันยาว เพื่อกระตุ้นตาดอกโดยอุณหภูมิประมาณ 10-15 °C ในระยะต้นกล้าที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-3 มิลลิเมตร เป็นเวลา 1 เดือน และหลังการย้ายปลูกแล้วควรมีอุณหภูมิต่ำประมาณ 20 -25 °C ต่อเนื่องเพื่อพัฒนาตาดอกและออกดอก ซึ่งสภาพดังกล่าวนี้ไม่สามารถหาได้ในประเทศไทย สอดคล้องกับการทดลองการปลูกกะหล่ำปลีบนดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ ที่ระดับความสูง 1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล โดยไม่ได้กระตุ้นด้วยอุณหภูมิต่ำ พบว่ากะหล่ำปลีสามารถแทงช่อดอกได้บ้าง แต่ไม่มากนัก ดอกดังกล่าวเจริญเป็นปกติ แต่มีจำนวนน้อยและไม่พัฒนาจนเป็นเมล็ด (มณีฉัตร, 2545)

1) กะหล่ำปลี เป็นพืชล้มลุก (Pelofske& Baggett, 1978) ในช่วงต้นการพัฒนา ต้นกะหล่ำปลีจะค่อย ๆ เจริญเติบโต และเร็วมากขึ้นในช่วงกลางของการเจริญเติบโตจนถึงระยะเข้าหัวในช่วงปลาย (Pierce, 1987)ระยะเวลาการห่อหัวของกะหล่ำปลีจะสิ้นสุดลงเมื่อหัวเข้าปลีแน่นในระยะเก็บเกี่ยว แต่ถ้ายังไม่เก็บเกี่ยวตามเวลาที่กำหนด ต้นพืชจะเริ่มยืดลำต้นขึ้นส่งผลให้เกิดการแยกของหัว โดย Daly&Tomkins (1995) รายงานว่า การห่อหัวของกะหล่ำปลีเป็นการเริ่มต้นการพัฒนาของดอก ก้านดอกอาจเกิดการขยายขนาดขึ้น แม้ว่าจะไม่ได้รับอุณหภูมิต่ำที่เพียงพอ แต่หากกะหล่ำปลีเจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยความเย็นการออกดอกจะแสดงออกเพียงแค่การขยายลำต้น และตามด้วยระยะการก่อหัว (ภาพที่)

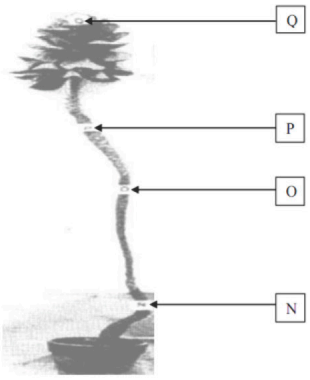


FIG 1.1 'Danish Ballhead' cabbage after two years' growth in a greenhouse at 19°C. During this time, the plant produced four heads at growing points N, O, P and Q (Wien, 1997)

ภาพที่ 5 การยืดขยายของต้นกะหล่ำปลี อ้างอิงจาก S.M. NGWENYA (2013)

ประเทศญี่ปุ่นเป็นประเทศที่มีการศึกษาเกี่ยวกับพันธุกรรมการผสมตัวเองไม่ได้ (self incompatibility) ในกะหล่ำปลีตั้งแต่ พ.ศ. 2473 (Kakizaki, 1930) ต่อมาใน พ.ศ.2477 Dr. S. Shinohara ได้เริ่มผลิตลูกผสมกะหล่ำปลีเป็นการค้า โดยเริ่มต้นที่บริษัทซากาต้า (Shinohara, 1942; 1953 และ 1981) การทำครั้งแรกทำแบบง่าย ๆ โดยหาต้นกะหล่ำปลีที่ผสมตัวเองไม่ได้จำนวนสองสายพันธุ์มาปลูกสลับกันโดยอาศัยการผสมข้ามตามธรรมชาติจนได้เมล็ดพันธุ์ลูกผสมชั่วที่หนึ่ง ครั้งแรกของโลกได้ชื่อว่า Suteki cabbage ต่อมา Dr. N.U. ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับพันธุกรรมการผสมตัวเองไม่ได้และขยายพันธุ์ของพ่อและแม่โดยใช้เมล็ด และได้ลูกผสมกะหล่ำปลีพันธุ์ O-S Cross ซึ่งเป็นลูกผสมที่เกิดจากสายพันธุ์แท้ 2 สายพันธุ์ซึ่งทั้ง 2 สายพันธุ์นี้มาจากพันธุ์เดียวกัน ชื่อ Succession

ต่อมา Ito (1954) และ Haruta (1962) จากบริษัทตากิอิ ประเทศญี่ปุ่นได้ศึกษาการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมชั่วที่หนึ่งของกะหล่ำปลีโดยใช้สายพันธุ์ที่ต่างกัน และได้พันธุ์ลูกผสมกะหล่ำปลีที่ชื่อ Nagaoka hybrid Shikidori Cabbage ซึ่งพันธุ์นี้มีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศ และดิน จึงปลูกทั่วไปในประเทศญี่ปุ่น เมื่อได้รับความสำเร็จในการผลิตลูกผสมชั่วที่ 1 นี้ จึงได้ศึกษาและวิธีการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 ในผักตระกูลกะหล่ำชนิดอื่นต่อไป ได้แก่ ผักกาดขาวปลี กะหล่ำดาว บล็อกโคลี่ เทอร์นิพ และผักกาดหัว เช่นเดียวกันกับประเทศไทยมณีฉัตร (2537) ได้ศึกษาการปรับปรุงพันธุ์และผลิตเมล็ดพันธุ์ผักกาดขาวปลี ผักกาดเขียวปลี และผักกาดหัว บนพื้นที่สูงในภาคเหนือ โดยเมล็ดพันธุ์ผักเหล่านี้สามารถติดเมล็ดคุณภาพดีเท่าเทียมกับเมล็ดพันธุ์จำหน่าย (Wivutvongvana et *al*., 1987; Nikornpun*et al*., 1985-1988 และ Nikornpun, 1988-1992)

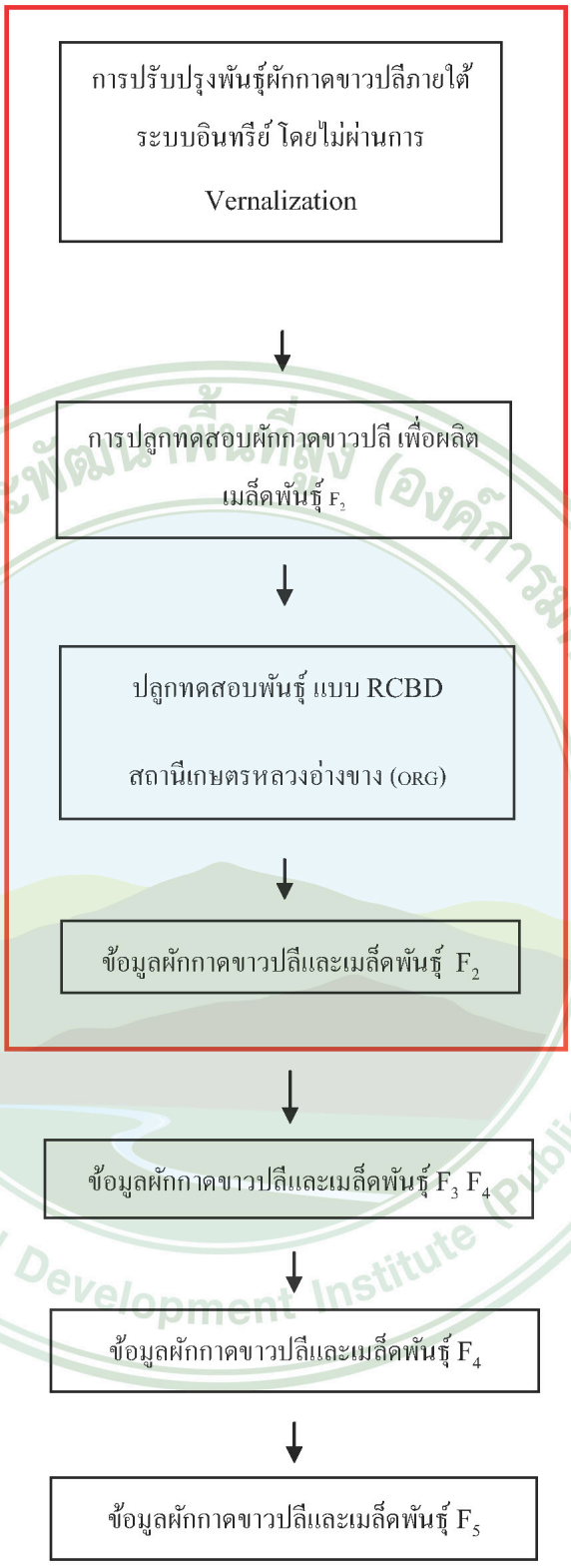
2) ผักกาดขาวปลี กรมวิชาการเกษตร (2559)ได้ดำเนินโครงการปรับปรุงพันธุ์ผักกาดขาวปลีตั้งแต่ปี 2554-2556 โดยผลจากการศึกษาการรักษาสายพันธุ์พ่อและแม่ผักกาดขาวปลีลูกผสมที่ได้จาก AVRDC- The world Vegetable Center ด้วยการผสมดอกอ่อนหลังจากการ Vernalization เป็นเวลา 4 สัปดาห์ แล้วนำไปปลูกในภาชนะ พบว่ามีการพัฒนาของฝักและติดเมล็ด 70-80 % และการศึกษาการผลิตลูกผสมสลับพ่อแม่พบว่ามีการพัฒนาของฝักและติดเมล็ดสูง ลักษณะผลผลิตสูงเข้าปลีแน่น มีลักษณะปลีกลมรี

3) ผักกาดหัว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ร่วมกับ International Development Research Centre (IDRC) (2545) ได้มีการปรับปรุงพันธุ์ผักกาดหัวโดยนำพันธุ์ลูกผสมที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น ไต้หวัน เกาหลี และพันธุ์ผสมเปิดของไทย โดยนำพันธุ์ที่ดีเหล่านี้มาผสมตัวเองเพื่อให้ได้พันธุ์แท้ (Wivutvongwana, 1987) และในปี พ.ศ. 2533 มีการทดสอบระดับการผสมตัวเองไม่ติดของพันธุ์แท้โดยวิธีตรวจสอบหลอดเกสรตัวผู้ในก้านชูเกสรตัวเมีย เนื่องจากพันธุ์เหล่านี้จะถูกนำไปใช้ในการผลิตพันธุ์ผักกาดหัวลูกผสม จึงต้องคัดเลือกเฉพาะสายพันธุ์ที่มีการผสมตัวเองไม่ติดเพื่อป้องกันการผสมตัวเองติดที่จะทำให้ได้เมล็ดพันธุ์แท้ปนกับเมล็ดพันธุ์ลูกผสมในขบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสม เช่นเดียวกับมณฑิรา และคณะ (2535) ได้ศึกษาการตรวจระดับการผสมตัวเองไม่ติดของพ่อแม่พันธุ์ผักกาดหัวเพื่อผลิตลูกผสมชั่วที่ 1 (*Raphanus sativus var.* longipinnatus Linn.) จำนวน 11 พันธุ์ ด้วยวิธีผสมดอกตูมและดอกบานในช่อเดียวกัน (seed set analysis) และวิธีตรวจสอบหลอดเกสรตัวผู้ในก้านชูเกสรตัวเมีย (fluorescent microscope technique) พบว่าทุกพันธุ์มีลักษณะการผสมตัวเองไม่ติดในระดับต่างกัน และเมื่อนำพ่อแม่พันธุ์ทำการผสมข้ามระหว่างพ่อแม่พันธุ์ เพื่อคัดเลือกคู่ผสมที่ดี โดยดูจากจำนวนเมล็ดที่ผลิตได้และลักษณะดีทางพืชสวน พบว่า ผักกาดหัวลูกผสมชั่วที่ 1 จากงานวิจัยเป็นพันธุ์ที่ยอมรับของตลาด

2.9 กรอบแนวความคิด

การปลูกผักอินทรีย์ เป็นระบบการปลูกผักที่ไม่มีการใช้สารเคมีตลอดการเพาะปลูก เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีความปลอดภัยต่อผู้ผลิต และผู้บริโภค ตลอดจนถึงเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ในการปลูกผักอินทรีย์ของมูลนิธิโครงการหลวงที่ผ่านมาพบว่าเมล็ดพันธุ์ผักในกลุ่ม Brassica ที่นำเข้าจากต่างประเทศเพื่อปลูกนั้นมีการคลุกเมล็ดด้วยสารเคมีทำให้ระบบการผลิตผักไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงได้ทำการประเมิน คัดเลือกพันธุ์ และศึกษาวิจัยวิธีการชักนำการออกดอกของพืชผัก 4 ชนิด คือกะหล่ำปลี กะหล่ำปลีหัวใจ ผักกาดขาวปลี และผักกาดหัว เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ในระบบอินทรีย์ต่อไป

การปรับปรุงพันธุ์ผักกาดขาวปลีภายใต้ระบบอินทรีย์ โดยไม่ผ่านการ Vernalization



การปรับปรุงพันธุ์ผักกาดหัวภายใต้ระบบอินทรีย์ โดยไม่ผ่านการ Vernalization

กิจกรรมที่ 1.2 ปี พ.ศ. 2562

การปรับปรุงพันธุ์ผักกาดหัวภายใต้ระบบอินทรีย์ โดยไม่ผ่านการ Vernalization

↓

การปลูกทดสอบผักกาดหัว F_2 เพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ F_3

↓

ปลูกทดสอบพันธุ์ แบบ RCBD สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (ORG)

↓

ข้อมูลผักกาดหัวและเมล็ดพันธุ์ F_3

↓

ปี พ.ศ. 2563

ข้อมูลผักกาดหัวและเมล็ดพันธุ์ F_4

↓

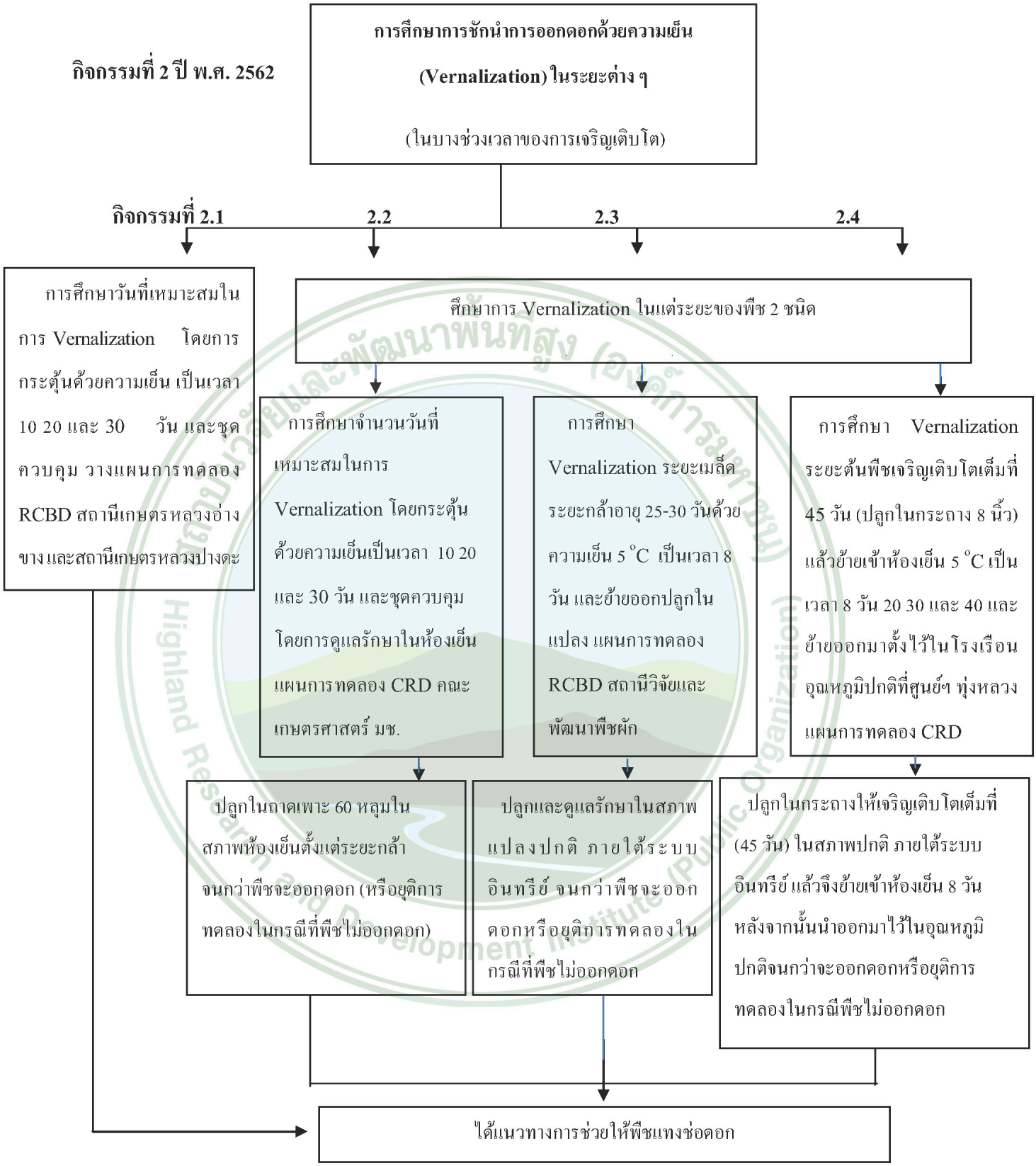
ปี พ.ศ. 2564

ข้อมูลผักกาดหัวและเมล็ดพันธุ์ F_5

↓

ได้พันธุ์ออกส่งเสริม

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) Highland Research and Development Institute (Public Organization)


กิจกรรมที่ 2 ปี พ.ศ. 2562
การศึกษาการชักนำการออกดอกด้วยความเย็น (Vernalization) ในระยะต่าง ๆ (ในบางช่วงเวลาของการเจริญเติบโต)
กิจกรรมที่ 2.1
2.2
2.3
2.4
การศึกษาวันที่เหมาะสมในการ Vernalization โดยการกระตุ้นด้วยความเย็น เป็นเวลา 10 20 และ 30 วัน และชุดควบคุม วางแผนการทดลอง RCBD สถานีเกษตรหลวงอ่างขางและสถานีเกษตรหลวงปางดะ
ศึกษาการ Vernalization ในแต่ระยะของพืช 2 ชนิด
การศึกษาจำนวนวันที่เหมาะสมในการ Vernalization โดยกระตุ้นด้วยความเย็นเป็นเวลา 10 20 และ 30 วัน และชุดควบคุม โดยการดูแลรักษาในห้องเย็น แผนการทดลอง CRD คณะเกษตรศาสตร์ มช.
การศึกษา Vernalization ระยะเมล็ด ระยะกล้าอายุ 25-30 วันด้วยความเย็น 5 °C เป็นเวลา 8 วัน และย้ายออกปลูกในแปลง แผนการทดลอง RCBD สถานีวิจัยและพัฒนาพืชผัก
การศึกษา Vernalization ระยะต้นพืชเจริญเติบโตเต็มที่ 45 วัน (ปลูกในกระถาง 8 นิ้ว) แล้วย้ายเข้าห้องเย็น 5 °C เป็นเวลา 8 วัน 20 30 และ 40 และย้ายออกมาตั้งไว้ในโรงเรือนอุณหภูมิปกติที่ศูนย์ฯ ทุ่งหลวง แผนการทดลอง CRD
ปลูกในถาดเพาะ 60 หลุมในสภาพห้องเย็นตั้งแต่ระยะกล้าจนกว่าพืชจะออกดอก (หรือยุติการทดลองในกรณีที่พืชไม่ออกดอก)
ปลูกและดูแลรักษาในสภาพแปลงปกติ ภายใต้ระบบอินทรีย์ จนกว่าพืชจะออกดอกหรือยุติการทดลองในกรณีที่พืชไม่ออกดอก
ปลูกในกระถางให้เจริญเติบโตเต็มที่ (45 วัน) ในสภาพปกติ ภายใต้ระบบอินทรีย์ แล้วจึงย้ายเข้าห้องเย็น 8 วัน หลังจากนั้นนำออกมาไว้ในอุณหภูมิปกติจนกว่าจะออกดอกหรือยุติการทดลองในกรณีพืชไม่ออกดอก
ได้แนวทางการช่วยให้พืชแทงช่อดอก

การศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการช่วยให้พืชแทงช่อดอก

กิจกรรมที่ 3 ปี พ.ศ. 2562