รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์/ประจำปี 2554

โครงการวิจัยที่ 3011-3754

เรื่อง การคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์บรอกโคลีเพื่อผลิตต้นอ่อนที่มีซัลโฟราเฟนสูง

(Selection and Improvement of Broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck) for High Sulforaphane Sprout Production)

หัวหน้าโครงการวิจัย

รศ.ดร. ณัฐา โพธาภรณ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ได้รับทุนวิจัยสนับสนุนจากมูลนิธิโครงการหลวง

เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2555

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่และคนงาน สถานีเกษตรหลวงปางดะ และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ที่ได้ให้ความช่วยเหลือตลอดจนอำนวยความสะดวก ตลอดระยะเวลาที่ได้ทำการทดลอง และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านการวิเคราะห์หาปริมาณซัลโฟราเฟน ตลอดจนให้คำแนะนำในการเตรียมตัวอย่างพืช และขอขอบคุณ คุณลิขิต มณีสินธุ์ ที่เอื้อเฟื้อเมล็ดพันธุ์บรอกโคลี สำหรับใช้ในโครงการวิจัย

ทั้งนี้คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลการการวิจัยที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการปรับปรุงพันธุ์ และสามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ของมูลนิธิโครงการหลวงต่อไป

คณะผู้วิจัย

พฤษภาคม พ.ศ. 2555

บทคัดย่อ

การคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์บรอกโคลีเพื่อผลิตต้นอ่อนที่มีซัลโฟราเฟนสูง ดำเนินการทดลองระหว่างเดือนตุลาคม ปี 2551 ถึง เดือนธันวาคม ปี 2554 ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ สถานีเกษตรหลวงปางดะ และ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง จ. เชียงใหม่ โดยการนำบรอกโคลีพันธุ์การค้าไปวิเคราะห์ปริมาณซัลโฟราเฟนและทำการผสมข้าม เพื่อคัดเลือกลูกผสมที่มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงและมีการติดเมล็ดมาก จากการผสมข้ามพันธุ์ ในปี 2552 สามารถคัดเลือกลูกผสม F_1 ได้ 9 คู่ นำไปผสมแบบเปิดจำนวน 2 ครั้ง คือ ปี 2553 และ ปี 2554 สามารถคัดเลือกลูกผสม F_3 ได้ 2 คู่ ที่มีการติดเมล็ดมากกว่าพันธุ์อื่นๆ ได้แก่ ลูกผสม Top Green × Packman และ F29A × Top Green เมื่อนำต้นอ่อนลูกผสมดังกล่าวและพันธุ์การค้าไปวิเคราะห์ปริมาณซัลโฟราเฟน พบว่า ลูกผสม Top Green × Packman มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงที่สุด และผลการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค พบว่า ส่วนใหญ่สนใจซื้อ หากมีผลิตภัณฑ์ของต้นอ่อนบรอกโคลีออกวางจำหน่าย และมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับชอบมากทั้งกลิ่นและรสชาติ

ABSTRACT

Selection and improvement of broccoli for high sulforaphane sprout production were conducted at Inthanon Royal Research Station, Pang-Da Royal Staton, and Khun Wang Royal Development Centre, Chiang Mai, during October 2008 to December 2011. Amount of sulforaphane from progenies hybrids derived from high sulforaphane parental lines were analyzed and amount of seed set were recorded. It was found that F_1 progenies of all crosses gave good result. Seeds of those were sown and allowed for open pollinated twice, in year 2010 and 2011. Progenies of F_3 generation derived from Top Green × Packman gave high seed set and the greatest amount of sulforaphane. Broccoli sprouts were tested. It was found that consumer preference was at like very much level and they were interested in purchasing this product.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
สารบาญตาราง	ง
สารบาญภาพ	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ถิ่นกำเนิดและลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของบรอกโคลี	1
2.2 ความสำคัญของบรอกโคลี	4
2.3 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของบรอกโคลี	6
2.4 การออกดอกและปัจจัยที่มีผลต่อการออกดอกของพืช	7
2.5 การติดเมล็ดและปัจจัยที่มีผลต่อการติดเมล็ดของพืช	9
2.6 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแสดงออกของลักษณะการผสมตัวเองไม่ติด	14
2.7 ความดีเด่นของลูกผสม	15
2.8 การผลิตเมล็ดพันธุ์พืชตระกูลกะหล่ำ	16
บทที่ 3 กรรมวิธีการทดลอง (อุปกรณ์ และวิธีการ)	17
บทที่ 4 ผลการวิจัย	22
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ	32
เอกสารอ้างอิง	33
ภาคผนวก	38

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ปริมาณสารอาหารในบรอกโคลี100 กรัม	5
2	แสดงการผสมพันธุ์ของพืชเมื่อมียีนควบคุมการผสมตัวเองไม่ติดในระบบ gametophytic และ sporophytic	14
3	ค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ด/ฝัก และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น ของบรอกโคลีลูกผสม ที่ปลูก ณ ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือน กันยายนพ.ศ. 2554	27
4	ปริมาณซัลโฟราเฟนในต้นอ่อนของบรอกโคลีพันธุ์ต่างๆ หลังงอก 5 วัน	27
5	ข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม	29
6	ทัศนคติและความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถาม	30
7	ทัศนคติและความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถาม	31

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของบรอกโคลี	3
2	ลักษณะการติดเมล็ดพันธุ์ในดอกระยะต่างๆ ของพืชตระกูลกะหล่ำ	15
3	การผสมเกสรบรอกโคลีโดยใช้ผึ้ง	25
4	ลักษณะการติดฝักของบรอกโคลีลูกผสมเมื่อใช้ผึ้งช่วยผสมเกสร	26
5	แซนวิซที่มีส่วนประกอบของต้นอ่อนบรอกโคลี	28

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบัน มนุษย์มีความใส่ใจในสุขภาพมากขึ้น จึงบริโภคอาหารโดยเฉพาะผักและผลไม้ที่มีประโยชน์ และคำนึงถึงสารอาหารในอาหารเป็นสำคัญ พืชผักที่มีศักยภาพในการเสริมสร้างสุขภาพชนิดหนึ่ง คือ บรอกโคลี (broccoli) ซึ่งเป็นพืชผักที่อยู่ในตระกูลกะหล่ำ (Cruciferae) โดยเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าเป็นแหล่งของวิตามินซี วิตามินเอ ใยอาหาร และสารอาหารอื่นๆ ที่มีประโยชน์มากกว่า 10 ชนิด แล้วนักวิทยาศาสตร์ยังพบว่า ต้นอ่อนของบรอกโคลี (broccoli sprouts) ยังเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ที่เรียกว่าซัลโฟราเฟน (sulforaphane) ในปริมาณที่สูงมาก (Cunningham, 2007)

ซัลโฟราเฟนเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่พบมากในพืชตระกูลกะหล่ำ เป็นสารที่เกิดจากปฏิกิริยา Hydrolysis โดยเอนไซม์ myrosinase ของกลูโคราฟานิน (glucoraphanin) (Nakagawa *et al.*, 2006) ซึ่งเอนไซม์ myrosinase สามารถเกิดขึ้นได้ในระหว่างการเคี้ยว หรือ การถูกทำลายของเนื้อเยื่อพืชส่วนดังกล่าว (Fahey, 2005) โดยซัลโฟราเฟนในต้นอ่อนของบรอกโคลีนี้ ถูกค้นพบครั้งแรกมากว่า 15 ปีแล้ว โดย Talalay และคณะ ซึ่งได้พบว่าซัลโฟราเฟน สามารถป้องกันการเจริญของเซลล์เนื้องอกในสัตว์ที่ได้รับสารก่อมะเร็งได้ นอกจากนี้ Warner (2007) ได้รายงานว่า ในต้นอ่อนบรอกโคลี (broccoli sprouts) ยังพบสารต้านอนุมูลอิสระอีกชนิดหนึ่ง คือกลูโคราฟานิน หรือ ซัลโฟราเฟน กลูโคซิโนเลต (sulforaphane glucosinolate) ซึ่งมีคุณสมบัติในการลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดที่เกิดจากภาวะความดันโลหิตสูง

ถึงแม้ว่าประเทศไทยเป็นผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ทั้งพันธุ์ผสมเปิดและลูกผสม แต่ประเทศไทยเป็นผู้นำเข้าเมล็ดพันธุ์ผักเพื่อใช้ในประเทศ พ.ศ. 2547 มีมูลค่า 533 ล้านบาท เป็นเมล็ดพันธุ์ผักปริมาณ 6 ล้านกิโลกรัม ซึ่งเมล็ดพันธุ์ผักตระกูลกะหล่ำ เป็นเมล็ดพันธุ์กลุ่มใหญ่ที่นำเข้า มีมูลค่า 155 ล้านบาท มีปริมาณ 1 ล้านกิโลกรัม (มณีฉัตร, 2548) โดยมูลนิธิโครงการหลวงได้ใช้เมล็ดพันธุ์บรอกโคลี ที่นำเข้ามาจากบริษัท Syngenta ราคากิโลกรัมละ 30,000 บาท ซึ่งยังคงมีราคาแพง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาแนวทางการปรับปรุงพันธุ์บรอกโคลี และพืชผักตระกูลกะหล่ำอื่นๆ เพื่อให้ได้เมล็ดพันธุ์ผสมเปิด (open pollinated variety) ซึ่งมีราคาถูกกว่าพันธุ์ลูกผสม (hybrid variety) และเป็นพันธุ์ที่สามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ได้ในประเทศไทย เพื่อลดมูลค่าการนำเข้าเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากในการผลิตต้นอ่อนต้องใช้เมล็ดพันธุ์ในปริมาณมาก

ประเทศไทยสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์พืชตระกูลกะหล่ำ ที่ต้องการอุณหภูมิเฉลี่ย 18-20 องศาเซลเซียส ได้แก่ คะน้า ผักกาดเขียวกวางตุ้ง ผักกาดเขียวปลี และผักกาดหัว โดยพื้นที่ที่สามารถ

ผลิตเมล็ดพันธุ์พืชตระกูลกะหล่ำดังกล่าวอยู่ในภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน โดยทำการผลิตในช่วงฤดูหนาว ส่วนพืชตระกูลกะหล่ำชนิดอื่น ๆ ยังไม่คุ้มค่าในทางเศรษฐกิจ เนื่องจากต้องการอุณหภูมิต่ำอย่างสม่ำเสมอเป็นระยะเวลานาน เพื่อกระตุ้นให้เกิดตาดอก (vernalization) (จานุลักษณ์, 2541)

ดังนั้น ในการทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์บรอกโคลี เพื่อผลิตต้นอ่อนที่มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระชนิดซัลโฟราเฟนในปริมาณสูง โดยใช้วิธีแบบมาตรฐาน (Conventional breeding) เพื่อนำไปสู่การผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมบรอกโคลี ในพื้นที่ของโครงการหลวงต่อไป

วัตถุประสงค์ปี 2552-2553

1. ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์จากต้นอ่อนของบรอกโคลีในผู้บริโภค
2. ผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมบรอกโคลีมีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงในต้นอ่อน โดยใช้วิธีผสมแบบเปิดในพื้นที่โครงการหลวง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

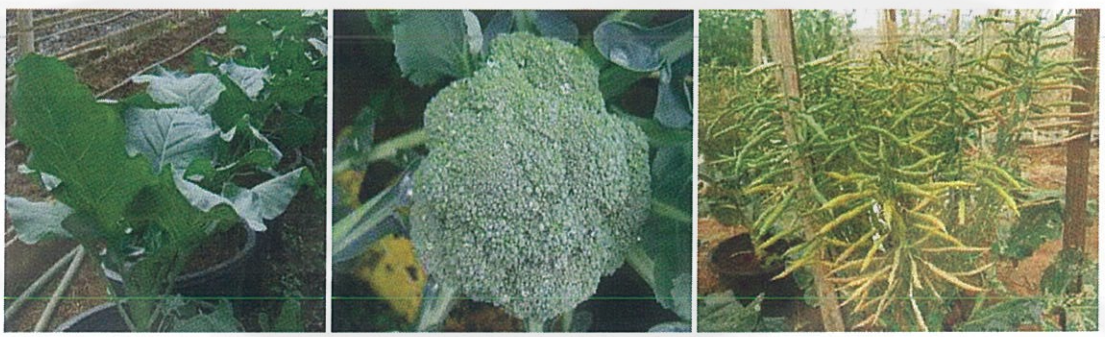
สามารถคัดเลือกและพัฒนาพันธุ์บรอกโคลีเพื่อผลิตต้นอ่อนที่ซัลโฟราเฟนในปริมาณที่สูง และเหมาะสมต่อการผลิตเพื่อจำหน่ายเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ของมูลนิธิโครงการหลวง

บทที่ 2
ทฤษฎี และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

2.1 ถิ่นกำเนิดและลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของบรอกโคลี

กะหล่ำดอกอิตาเลียนหรือที่ปัจจุบันเรียกว่าบรอกโคลี(broccoli) ถูกจัดอยู่ในพืชตระกูลกะหล่ำ (Cruciferae) (จานุลักษณ์, 2541; มณีฉัตร, 2545) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck (ไฉน, 2542) แหล่งกำเนิดอยู่แถบตะวันออกของเมดิเตอร์เรเนียน (ไฉน, 2542; Singh *et al.*, 2004) มีจำนวนโครโมโซม 2n = 18 (Bassett, 1986) ลักษณะทั่วไปมีใบกว้างสีเขียวออกเทา ริมขอบใบเป็นหยัก ทรงพุ่มใหญ่ ลำต้นอวบใหญ่ ดอกมีสีเขียวจำนวนมาก รวมตัวกันเป็นกลุ่มใหญ่ แต่เกาะตัวกันหลวมกว่าดอกกะหล่ำ (ภาพที่ 1) (ไฉน, 2542) ดอกประกอบด้วยกลีบดอกสีเหลือง 4 กลีบ เกสรเพศผู้ 6 อัน รังไข่มี 2 เซลล์ ฝักกว้าง 3-5 มิลลิเมตร ยาว 50-100 มิลลิเมตร ฝักแก่ภายในเวลา 50-90 วัน หลังจากผสมเกสร (นิพนธ์, 2546) มีลักษณะเป็นทั้งพืชฤดูเดียวและสองฤดู บรอกโคลีที่ปลูกในประเทศไทยเป็นบรอกโคลีที่เป็นพวกฤดูเดียว มีการเรียกชื่อทั่วไปในระยะแรกว่า Green sprout broccoli หรือ Carabrese ซึ่งต่อมาใช้เรียกทั่วไปว่าบรอกโคลี

บรอกโคลีเป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจทางตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชียและอเมริกาเหนือในศตวรรษที่ 19 (ไฉน, 2542) ส่วนที่นิยมบริโภคคือดอกที่พัฒนาเป็นดอกอ่อนก่อนที่จะบาน (มณีฉัตร, 2545)



ก ข ค

ภาพที่ 1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของบรอกโคลี ก) ลำต้นและใบ ข) ดอกอ่อน และ ค) ฝัก

2.2 ความสำคัญของบรอกโคลี

บรอกโคลีเป็นผักที่ถูกนำเข้ามาปลูกในประเทศไทยกว่า 30 ปีแล้ว ซึ่งในอดีตผู้บริโภคยังไม่นิยมบริโภค แต่ปัจจุบันผักชนิดนี้กลับมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้น เพราะมีการสั่งซื้อมาจากตลาดต่างประเทศทั้งจำหน่ายสดและอุตสาหกรรมแช่แข็ง และคนไทยนิยมบริโภคบรอกโคลีเพิ่มมากขึ้น (ไฉน, 2542) นอกจากนี้บรอกโคลียังเป็นแหล่งสารต้านอนุมูลอิสระ มีวิตามินและแร่ธาตุ (Mukherjee and Das, 2009) โดยเป็นแหล่งของวิตามินซี วิตามินเอ ใยอาหาร และสารอาหารอื่นๆ ที่มีประโยชน์มากกว่า 10 ชนิด (ตารางที่ 1) และเป็นผักที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ที่เรียกว่าซัลโฟราเฟน (sulforaphane) (Cunningham, 2007) โดยสารดังกล่าวเกิดจากกลูโคซิโนเลต (glucosinolate) ชนิดกลูโคราฟานิน (glucorafanin) (บุษบัน, 2548) โดยเอนไซม์ myrosinase ที่เกิดขึ้นระหว่างการเคี้ยว หรือการถูกทำลายของเนื้อเยื่อ (Fahey, 2005) โดยสามารถพบสารชนิดนี้ได้ทุกส่วนของบรอกโคลีแต่ปริมาณซัลโฟราเฟนที่พบไม่เท่ากัน โดยพบในดอกสูงกว่าใบ (Liang *et al*., 2006) และพบในเมล็ดสูงกว่าดอก (Trenerry *et al* , 2006) อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยหลายฉบับพบว่าส่วนที่พบซัลโฟราเฟนสูงที่สุดคือต้นอ่อน (sprouts) (Cunningham, 2007) และในรายงานของ Bellostas *et al.* (2007) พบว่า ชนิดและความเข้มข้นของสาร glucosinolate แต่ละตัวมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของ *B. oleracea* ทั้งในส่วนของพืชและอายุของต้นอ่อน โดยความเข้มข้นของ alkyl glucosinolates ลดลง ในขณะที่ indol-3-ylmethylglucosinolates เพิ่มขึ้นตามอายุของต้นอ่อน และในรากของต้นอ่อนที่มีอายุ 4 และ 7 วัน พบความเข้มข้นของ glucosinolate สูงที่สุด ในขณะที่ cotyledon ของต้นอ่อนในช่วงเดียวกันมีความเข้มข้นของ alkylthio- และ alkylsulphinylglucosinolates สูงที่สุด

Verhoeven *et al.* (1977) กล่าวว่าการได้รับกลูโคซิโนเลตที่สูงเพียงพออาจต่อต้านสาเหตุการเกิดโรคมะเร็งได้ โดยการบริโภคประมาณ 1 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ สามารถลดอัตราการเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็งได้ 50 เปอร์เซ็นต์ (นิพนธ์, 2546) โดยซัลโฟราเฟนสามารถทำลายแบคทีเรีย *Helicobacter pylori* ที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็งในกระเพาะอาหารได้ (Yanaka *et al.*, 2005) และ Lawson (2005) ได้รายงานผลการวิจัยของ American Association for Cancer Research ว่าซัลโฟราเฟนสามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งต่อมลูกหมาก และ มะเร็งลำไส้ใหญ่ และยังสามารถป้องกัน retina จากการเข้าทำลายของรังสี UV ได้ และเมื่อนำซัลโฟราเฟนที่สกัดได้จากต้นอ่อนของบรอกโคลีมาทาที่ผิวของอาสาสมัครจำนวน 6 คน แล้วให้ผิวส่วนนั้นได้รับรังสี UV ในปริมาณที่สูงพอที่ชักนำการเกิดมะเร็งที่ผิวหนังได้ หลังการทดลองพบว่าผิวบริเวณที่ทาซัลโฟราเฟนพบอาการผื่นแดงและไหม้เพียง 37 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น (Berman, 2007) นอกจากนี้ Juurlink (2006) ยังพบว่าการรับประทานต้นอ่อนของบรอกโคลีในระหว่างการตั้งครรภ์ทำให้แม่มีสุขภาพที่แข็งแรง

ช่วยป้องกันการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดของทารกในครรภ์ และทำให้ทารกที่คลอดแล้วมีสุขภาพที่แข็งแรง

ตารางที่ 1 ปริมาณสารอาหารในบรอกโคลี100 กรัม

		Units	Content ต่อ100 g
Energy		Kcal	32.45
Proteins		g	4.40
Fat		g	0.90
Carbohydrates		g	1.80
Colesterol		mg	na
Fibre		g	2.60
Vitamins	B1	mg	0.10
	B2	mg	0.06
	B3	mg	1.70
	B6	mg	0.14
	B9	mg	90.00
	B12	mg	0.00
	C	mg	87.00
	A	mg	69.00
	D	mg	0.00
	E	mg	1.30
Minerals	Ca	mg	56.00
	Fe	mg	1.70
	I	mg	2.00
	Mg	mg	22.00
	Zn	mg	0.60
	Na	mg	8.00
	K	mg	370.00
	P	mg	87.00

หมายเหตุ : na = No data available

(Ferre, 2002)

2.3 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของบรอกโคลี

การเจริญเติบโตของบรอกโคลีมีความต้องการสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันออกไป โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของต้นกล้าบรอกโคลีประมาณ 15.60-18.30 องศาเซลเซียส ถ้าได้รับอุณหภูมิต่ำกว่านี้ มีผลทำให้ออกดอกเร็วกว่าปกติ เมื่อย้ายกล้าไปปลูกทำให้ออกดอกเร็ว เนื่องจากกล้าได้รับอุณหภูมิต่ำ ได้ดอกขนาดเล็ก คุณภาพไม่ดี การย้ายกล้าที่มีอายุมากและได้รับความกระทบกระเทือนมาก มีผลทำให้ออกดอกเร็วเช่นกัน อายุกล้าที่เหมาะสมต่อการย้ายปลูกคือ 28 วันหลังจากเมล็ดงอก และมีใบจริง 4-5 ใบ ในระยะแรกบรอกโคลีเจริญเติบโตเร็วมาก ดังนั้นจึงต้องการความอุดมสมบูรณ์ของดินสูง ในสภาพดินเลวจึงต้องใส่ปุ๋ยอย่างเพียงพอ pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตคือ 6.0-6.5 และต้องให้น้ำอย่างสม่ำเสมอและเพียงพอ ในสภาพแห้งแล้งและความชื้นในดินไม่พอ ทำให้บรอกโคลีชะงักการเจริญเติบโต ออกดอกเร็ว ดอกกระด้างมีเส้นใยมาก

เนื่องจากบรอกโคลีเป็นผักเมืองหนาว ดังนั้นช่วงเวลาที่เหมาะสมแก่การปลูกในประเทศไทย คือ เดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ช่วง 18-27 องศาเซลเซียส จึงนิยมปลูกในบริเวณที่มีอากาศหนาวเย็นหรือแถบบริเวณภาคเหนือหรือภาคอีสานตอนบน ในสภาพอากาศร้อน แม้บรอกโคลีสามารถเจริญเติบโตได้ดี แต่ให้ปริมาณผลผลิตและคุณภาพด้อยกว่าสภาพอากาศเย็น เช่นการปลูกนอกฤดูบริเวณชานเมืองกรุงเทพฯ ได้ดอกบรอกโคลีขนาดเล็ก ดอกบานก่อนอายุ ดอกมีสีเหลือง เมื่อเก็บเกี่ยวแล้วดอกเสื่อมคุณภาพเร็ว (ไฉน, 2542) วราวุธและคณะ (2543) ทดสอบการปลูกบรอกโคลีและกะหล่ำปลีในช่วงฤดูฝนที่จังหวัดสงขลา โดยปลูกบรอกโคลีพันธุ์ท็อปกรีนและกะหล่ำปลีพันธุ์ 60 วัน ในโรงเรือนตาข่ายและนอกโรงเรือนตาข่าย ระหว่างเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม 2541 ผลการทดสอบพบว่าการปลูกบรอกโคลีในโรงเรือนตาข่ายช่วงฤดูฝนได้ผลผลิตเฉลี่ย 1,602 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการปลูกนอกโรงเรือน ซึ่งได้ผลผลิตเฉลี่ยเพียง 1,192 กิโลกรัมต่อไร่ และการปลูกในโรงเรือนมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากดอกเน่าที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย 14-26 เปอร์เซ็นต์ น้อยกว่าการปลูกนอกโรงเรือนที่มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากดอกเน่าสูงถึง 41 เปอร์เซ็นต์ นิสา (2510) ปลูกเปรียบเทียบพันธุ์บรอกโคลีจำนวน 3 พันธุ์ คือ Waltham 29, De Cicco และ Burpee's Green Bud เพื่อดูความเหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมและการให้ผลผลิต โดยทำการทดลองในฤดูหนาวที่แผนกวิชาพืชศาสตร์ สาขาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พบว่าพันธุ์ De Cicco และ Burpee's Green Bud เจริญเติบโตดีที่สุด ในขณะที่พันธุ์ Waltham 29 มีอัตราการเจริญเติบโตช้ากว่าอีก 2 พันธุ์ และพันธุ์ De Cicco ให้ผลผลิตต่อไร่สูงที่สุด คือ 682 กิโลกรัมต่อไร่

2.4 การออกดอกและปัจจัยที่มีผลต่อการออกดอกของพืช

ดอกเป็นส่วนของลำต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อทำหน้าที่สืบพันธุ์ โดยดอกเกิดจากตาดอก (floral bud) หรือตาผสม (mixed bud) บริเวณเนื้อเยื่อเจริญ (apical meristem) โดยเกิดการเปลี่ยนแปลงจาก vegetative meristem เป็น reproductive meristem เนื่องจากปัจจัยทางสรีรวิทยาต่างๆ เช่น ช่วงความยาววัน (photoperiod) อุณหภูมิต่ำ หรือระดับสมดุลของฮอร์โมนเป็นต้น ซึ่งขั้นตอนและปัจจัยหลายอย่างที่เข้ามาเกี่ยวข้องนั้นแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช เมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่พร้อมออกดอกมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น เช่น ความหนาของใบ รูปร่างใบ การเวียนของใบ ปริมาณเม็ดสี ความสามารถของราก ลักษณะเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด เป็นต้น ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนการออกดอกของพืชได้ดังนี้ (โสระยา, 2547)

1. Floral induction : ระยะการชักนำ
2. Floral initiation : ระยะเปลี่ยนจาก vegetative เป็น reproductive merristem
3. Floral differentiation or organogenesis : ระยะการสร้างส่วนต่างๆ ของดอก
4. Floral development : ระยะการพัฒนาการดอกอ่อน
5. Floral anthesis and senescence : ระยะการบานดอกและดอกเหี่ยว

เมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่พร้อมให้ดอก มีปัจจัยต่างๆ ทั้งพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมมากระตุ้นให้เกิดการสร้างตาดอกขึ้นบริเวณเนื้อเยื่อเจริญ โดยชักนำให้มีการเปลี่ยนแปลงจากสภาพตาใบเป็นตาดอก (โสระยา, 2547) โดยปัจจัยต่างๆ ดังนี้

2.4.1 อายุของพืช

อายุของพืชเป็นปัจจัยภายในอย่างหนึ่งที่มีผลต่อการสร้างดอก โดยพบว่าหลังจากที่พืชมีการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งก้านสาขาจนถึงอายุที่มีความพร้อมออกดอก เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ใบพืช ซึ่งส่งผลให้เกิดการออกดอกได้ (ดนัย, 2539)

2.4.2 ความยาววัน (Photoperiod)

อิทธิพลของแสงที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชในการชักนำการเกิดดอกที่สำคัญได้แก่ความยาววัน ซึ่งสามารถแบ่งพืชที่ตอบสนองต่อช่วงแสงออกกว้างๆได้ 3 ประเภท ได้แก่ พืชวันสั้น (short day plant) พืชวันยาว (long day plant) และพืชที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง (day neutral plant) พืชวันสั้นได้แก่พืชที่สามารถออกดอกได้เมื่อได้รับความยาวของช่วงแสงในแต่ละวันสั้นกว่าช่วงวันวิกฤติ (critical day length) ในขณะที่พืชวันยาวสามารถออกดอกได้เมื่อได้รับความยาวของช่วงแสงในแต่ละวันยาวกว่าช่วงวันวิกฤต ส่วนพืชพวก day neutral plant ไม่ตอบสนองต่อช่วงวันในการออกดอก ช่วงวันวิกฤตเป็นค่าเฉพาะในพืชแต่ละชนิดและสามารถหาค่าได้จากการทดลองจริง กับพืชนั้นๆ (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2545) โดยพบว่าแสงโดยเฉพาะอย่างยิ่งความ

ยาววันมีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงจากตาใบเป็นตาดอก โดยส่วนของใบเป็นอวัยวะสำคัญในการรับสัญญาณจากความยาววันและถ่ายทอดต่อไปยังเนื้อเยื่อเจริญก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากตาใบเป็นตาดอก (โสระยา, 2547) ซึ่งสันนิษฐานว่า ช่วงความยาววันมีผลต่อการสร้างสารหรือฮอร์โมนในเซลล์ และถูกส่งไปยังส่วนอื่นของพืช เพื่อกระตุ้นการออกดอก เรียกสารนี้ว่า ฟลอริเจน (Chailakhyan, 1936 อ้างโดย โสระยา, 2547) ซึ่งพบว่าผักในตระกูลกะหล่ำต้องการช่วงแสงวันยาวสำหรับกระตุ้นให้เกิดตาดอกเช่นเดียวกัน (จานุลักษณ์, 2541)

2.4.3 สารควบคุมการเจริญเติบโต

ระดับฮอร์โมนในต้นพืช สภาพแวดล้อมมีบทบาทที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยทั่วไปนั้นปัจจัยแวดล้อมต่างๆ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนภายในต้นพืช โดยฮอร์โมนทำหน้าที่เป็นตัวถ่ายทอดสัญญาณกระตุ้นจากปัจจัยแวดล้อม เช่น แสง อุณหภูมิ แรงดึงดูดของโลกเป็นต้น ซึ่งไปมีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช และทำให้พืชออกดอก (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2545) ซึ่งพบว่าการออกดอกอาจเกี่ยวข้องกับฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน เพราะมีหลายกรณีที่จิบเบอเรลลินสามารถชักนำการออกดอกได้ จากการทดลองของ อนุชา และคณะ (2539) ศึกษาอิทธิพลของจิบเบอเรลลิคแอซิคต่อผลผลิตเมล็ดพันธุ์สลัดปลี พบว่าการให้สารจิบเบอเรลลิคแอซิคสามารถชักนำให้เกิดการเจริญของดอกได้เร็วกว่าปกติ โดยความเข้มข้น 0, 25, 50 และ 75 ppm ให้ดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออายุ 120, 101, 95 แล ะ 88 วันหลังย้ายปลูกตามลำดับ

2.4.4 อุณหภูมิ (Temperature)

พืชหลายชนิดเมื่อได้รับอุณหภูมิต่ำในช่วงระยะเวลาหนึ่งสามารถชักนำให้เกิดดอกได้ เรียกปรากฏการณ์การออกดอกของพืชเมื่อได้รับการชักนำด้วยอุณหภูมิต่ำนี้ว่า เวอร์นาไลเซชั่น (vernalization) (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2545) และพบว่า หากพืชได้รับความเย็นและตามด้วยอุณหภูมิสูงทันที ผลของเวอร์นาไลเซชั่นสามารถถูกทำลายได้เรียกว่า devernalisation ซึ่งส่งผลให้พืชไม่ออกดอก หรือหากพืชได้รับอุณหภูมิต่ำเกินไปทำให้เกิด over vernalisation อาจทำให้การออกดอกไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งส่วนของพืชที่ตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำได้แก่ ส่วนของปลายยอด ซึ่งเป็นบริเวณที่เนื้อเยื่อเจริญกำลังมีการแบ่งเซลล์เกิดขึ้น ระดับการตอบสนองขึ้นอยู่กับอายุของพืช และชนิดของพืช (โสระยา, 2547) ในบรอกโคลีการให้เมล็ดได้รับอุณหภูมิต่ำสามารถชักนำการออกดอกได้ในพันธุ์หนัก แต่ไม่สามารถชักนำการออกดอกได้ในพันธุ์เบา (Rubatzky and Yamaguchi, 1983) Yulian (2001) ทำการทดลองโดยการให้เมล็ดบรอกโคลีได้รับอุณหภูมิต่ำ 2-3 องศาเซลเซียส ขณะงอก เป็นเวลา 0, 1 และ 3 สัปดาห์ พบว่าการให้อุณหภูมิต่ำ 2-3 องศาเซลเซียส สามารถชักนำให้ออกดอกได้เร็วกว่าที่ไม่ได้รับอุณหภูมิต่ำ และการได้รับอุณหภูมิต่ำที่ระยะเวลานานขึ้นสามารถ

ชักนำให้ออกดอกได้เร็วกว่าการได้รับอุณหภูมิต่ำที่ระยะเวลาสั้น Jiang and Yu (2004) ทำการทดลองโดยให้อุณหภูมิต่ำ พบว่าการให้อุณหภูมิต่ำมีผลต่อการงอกของเมล็ดและการเกิดตาดอกของบรอกโคลีที่แตกต่างกัน Wiebe (1975) ทำการทดลองโดยปลูกบรอกโคลีและกะหล่ำปลีในตู้ควบคุมอุณหภูมิ เมื่อมีใบ 12-14 ใบ ให้อุณหภูมิต่ำ 12-17 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถชักนำตายอดเป็นตาดอกและเจริญเป็นดอกที่สมบูรณ์ได้ ในขณะที่ให้อุณหภูมิสูง 22-27 องศาเซลเซียส พบการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักใบ มีตายอดบางส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นตาดอก และไม่พบการเกิดตาดอกในกะหล่ำปลี Bjorkman and Pearson (1998) ได้ทดลองปลูกบรอกโคลีในสภาพอุณหภูมิสูง 35 องศาเซลเซียส เพื่อดูการพัฒนาของช่อดอก พบว่าอุณหภูมิสูงมีผลทำให้การออกดอกของบรอกโคลีช้ากว่าปกติ อัญชัญและคณะ (2539) ทดลองใช้อุณหภูมิต่ำ 5 องศาเซลเซียส ระยะเมล็ดงอกเป็นเวลา 10-15 วัน พบว่า ผักขี้หูด ผักกาดหัว ผักกาดกวางตุ้ง ผักกาดฮ่องเต้ คะน้า สามารถชักนำให้เกิดการเจริญของดอกได้ ส่วนผักกาดขาวปลีใช้ระยะเวลา 15-25 วัน ในขณะที่กะหล่ำปลี บรอกโคลี กะหล่ำดอก ตอบสนองในระยะต้นกล้าใช้เวลา 1-2 เดือน

2.4.5 พันธุกรรม (genetics)

Bouwkamp and Honma (1969) สังเกตความแตกต่างในการออกดอกของลูกผสมระหว่างบรอกโคลี× (กะหล่ำปลี × คะน้า)ในลูกชั่วที่ 2 พบว่าการออกดอกถูกควบคุมด้วยยีนหลายตัว Baggett and Kean (1986) ผสมบรอกโคลีสายพันธุ์ออกดอกเร็ว คือ HS140 และสายพันธุ์บรอกโคลีออกดอกช้า 4 สายพันธุ์ คือ s301, s310, s318 และ s258 เพื่อศึกษาการถ่ายทอดลักษณะการออกดอกเร็วในลูกชั่วที่ 1 และ 2 โดยดูวันที่ดอกแรกบาน พบว่ามีลักษณะการถ่ายทอดเป็นแบบยีนบวกสะสม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Baggett and Kean (1989) ทำการทดลองโดยนำบรอกโคลีพันธุ์ออกดอกเร็วผสมกับกะหล่ำปม (*Brassica oleacea* var. *gongylodes*) จากนั้นปลูกลูกผสมชั่วที่ 1 และ 2 เพื่อศึกษาการออกดอก พบว่าการออกดอกเป็นลักษณะเชิงปริมาณ ที่มียีนเป็นแบบยีนบวกสะสมและถ่ายทอดได้ และ อัญชัญ และคณะ (2539) ทดลองผสมข้ามชนิดในผักตระกูล Brassica พบว่าลูกผสมมีลักษณะการแทงช่อดอกเร็วเป็นลักษณะเด่น และสามารถถ่ายทอดไปสู่พันธุ์ใหม่ได้เช่นกัน

2.5 การติดเมล็ดและปัจจัยที่มีผลต่อการติดเมล็ดของพืช

ยอดเกสรเพศเมีย เป็นส่วนที่รองรับละอองเกสร มีลักษณะที่แตกต่างกันตามแต่ชนิดของพืช ส่วนใหญ่มีลักษณะคล้ายฟองน้ำ มีน้ำหวานหรือสารข้นเหนียว เพื่อล่อแมลงและจับละอองเกสร เมื่อละอองเกสรตกลงบนยอดเกสรเพศเมีย เกสรเพศผู้สร้างหลอดละอองเกสร (pollen tube) แทงผ่านก้านเกสรเพศเมียเข้าสู่ช่องเปิดรังไข่ เข้าผสมกับไข่และโพลาร์นิวคลีไอ (polar nuclei) เมื่อเข้าผสมกับไข่ได้เป็นไซโกต เป็นเซลล์ที่มีจำนวนโครโมโซมสองชุด (2n) เมื่อผสมกับโพลาร์นิวคลีไอ

ได้เซลล์ต้นกำเนิดเป็นเอนโดสเปอร์มที่มีโครโมโซม 3 ชุด (3n) (กฤษฎา, 2546) ซึ่งนำไปสู่การเจริญเป็นผลและเมล็ดต่อไป แต่ทั้งนี้ก็มีหลายปัจจัยเช่นกันที่มีผลต่อการติดเมล็ดดังนี้

2.5.1 อายุของพืช

ในพืชผลสำเร็จของการสร้างส่วนเจริญพันธุ์และตามด้วยการพัฒนาการของเมล็ดและผลขึ้นอยู่กับการออกดอกในเวลาที่เหมาะสม (Putterill, 2004) จากการทดลองของ Hodgkin (1975) พบว่าความแตกต่างของช่วงเวลาการออกดอกของลูกผสม *Brassica oleracea* ที่มาจากพ่อแม่สองสายพันธุ์ มีผลต่อผลผลิตเมล็ดรวม Martin (1962) ได้ทำการทดลองปัจจัยที่มีผลต่อการผสมข้ามพันธุ์ในบรอกโคลีโดยการใช้มือ พบว่าอายุของดอกเป็นปัจจัยที่มีผลเพียงเล็กน้อย Yin *et al.* (1981) พบว่าการผลิตเมล็ดพันธุ์บรอกโคลีในสภาพเรือนกระจก (greenhouse) โดยการผสมตัวเองขณะที่ดอกยังอ่อนอยู่ให้เมล็ดมากกว่าการผสมขณะดอกบาน และการผสมขณะดอกบานร่วมกับการให้ ether และการผสมข้ามสายพันธุ์ให้เมล็ดมากกว่าการผสมตัวเองขณะดอกอ่อน

2.5.2 อุณหภูมิ

ระดับของอุณหภูมิมีผลต่อการติดเมล็ดโดยส่วนใหญ่ในพืชหลายชนิด พบว่าอุณหภูมิต่ำช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการติดเมล็ด ในขณะที่อุณหภูมิสูงลดประสิทธิภาพในการติดเมล็ด ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมช่วงการผสมเกสร อยู่ระหว่าง 18-25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ทำให้การเจริญเติบโตชะงัก และผึ้งไม่มีประสิทธิภาพในการทำงาน (จานุลักษณ์, 2541) Young *et al.* (2004) ศึกษาผลของอุณหภูมิสูงต่อการออกดอก การติดผลและการติดเมล็ดใน *Brassica napus* โดยหลังออกดอกให้อุณหภูมิที่ 18 องศาเซลเซียส เวลากลางคืน 8 ชั่วโมง และอุณหภูมิที่ 35 องศาเซลเซียส เวลากลางวัน 16 ชั่วโมง เป็นเวลา 1-2 สัปดาห์ พบว่ามีการพัฒนาเป็นฝักแบบ parthenocarpic และมีเมล็ดเพียงเล็กน้อย

2.5.3 ความชื้น

สุชีลา (2539) ศึกษาเทคนิคการให้ความชื้นหลังการผสมเกสรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการติดเมล็ดพันธุ์ของคะน้ายอดจำนวน 3 พันธุ์ โดยให้ความชื้นหลังการผสมเกสรทันที หลังการผสมเกสร 3 และ 6 ชั่วโมง พบว่าการให้ความชื้นหลังการผสมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเมล็ดพันธุ์ และมีแนวโน้มที่พบว่าการให้ความชื้นหลังการผสม 3 และ 6 ชั่วโมง ให้น้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยต่อต้นสูงกว่าการให้ความชื้นหลังการผสมทันที และสภาพความชื้นสัมพันธ์ในอากาศต่ำทำให้เกิดการติดเมล็ดพันธุ์ดี และการระบาดของโรคน้อย (จานุลักษณ์, 2541)

2.5.4 การตัดแต่งช่อดอก

เนื่องจากดอกบรอกโคลีมีจำนวนมาก และรวมตัวกันเป็นกลุ่ม (ไฉน, 2542) จึงทำให้ยากต่อการผสมเกสรด้วยมือ ดังนั้นการตัดแต่งช่อดอกช่วยให้ง่ายต่อการผสมเกสรและเพิ่มคุณภาพของ

เมล็ดพันธุ์ ซึ่งจากการทดลองของ สุชีลาและคณะ (2539) ได้ศึกษาเทคนิคการตัดแต่งช่อดอก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการติดเมล็ดในลูกผสมบรอกโคลี-คะน้า 9 สายพันธุ์ และพันธุ์คะน้ายอด 3 พันธุ์ โดยตัดแต่งช่อดอกในระยะออกดอกให้เหลือ 5, 15, 25 ช่อต่อต้น และไม่ตัดแต่งช่อดอก จากผลการทดลองพบว่าการตัดแต่งช่อดอกช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการติดเมล็ดพันธุ์ โดยพบว่าคะน้าเจียไต๋, คะน้าซินฮั้วขาว, F_1K_3B, $F_1BK_{3-1}BC_1$, $F_2BK_{2-4-2}BC$, $F_2BK_{5-1-1}BC$, $F_2Bk_{4-3-1}BC_1$ และ F_4BK_{3-1} เมื่อการตัดแต่งช่อดอกให้เหลือ 15 ช่อต่อต้น มีแนวโน้มน้ำหนักเมล็ดต่อต้นสูงกว่าการตัดแต่งช่อดอกระดับอื่น ส่วนในพันธุ์/สายพันธุ์ คะน้าซิวหัวเขียว, $F_2BK_{2-4-1}BC_1$, $F_2Bk_{4-3-1}BC$ และ F_4BK_{5-1} การตัดแต่งช่อดอกไม่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการติดเมล็ด สราวุฒิ (2530) ศึกษาการตัดแต่งช่อดอกในบรอกโคลี พบว่าการไว้กิ่งมากเกินไปส่งผลต่อขนาดและการลีบของเมล็ด ถ้าปล่อยไว้โดยไม่ตัดแต่งช่อดอกปรากฏว่าไม่สามารถติดเมล็ดได้หรือติดเมล็ดที่ลีบจนใช้การไม่ได้

2.5.5 การใช้แมลงหรือลม

ในกระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์ พืชที่มีดอกขนาดเล็กและจำนวนมากมักใช้แมลงหรือลมช่วยในการผสมเกสร เพื่อช่วยลดแรงงาน ซึ่งจากการทดลองของ Devkota *et al.* (2003) ทำการทดลองผลิตเมล็ดพันธุ์บรอกโคลีโดยใช้ผึ้งช่วยในการผสม โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD ใช้วิธีการผสม 4 วิธี คือใช้ ผึ้ง *Apis cerana* ผึ้ง *A. mellifera* การผสมตามธรรมชาติ และวิธีควบคุม (ไม่ใช้แมลงหรือผึ้งช่วยในการผสม) จากผลการทดลองพบว่าการใช้ผึ้ง *A. cerana* ช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดมากกว่าวิธีผสมตามธรรมชาติและวิธีควบคุม การใช้ผึ้ง *A. mellifera* ผสมช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดต่อฝักมากกว่าวิธีผสมตามธรรมชาติและวิธีควบคุม ผลการติดเมล็ดพบว่าการใช้ผึ้ง *A. mellifera* ให้น้ำหนักเมล็ดสูงสุดคือ 425.88 กรัมต่อแปลง รองลงมาคือการใช้ผึ้ง *A. cerana* ให้น้ำหนักเมล็ด 417.50 กรัมต่อแปลง และการผสมตามธรรมชาติ ให้น้ำหนักเมล็ด 332.75 กรัมต่อแปลง ส่วนวิธีควบคุมให้น้ำหนักเมล็ดต่ำสุดคือ 13.35 กรัมต่อแปลง ในส่วนของความยาวฝัก พบว่าวิธีการใช้ผึ้งทั้งสองชนิดและการผสมตามธรรมชาติให้ความยาวฝักมากกว่าวิธีควบคุม เมื่อนำเมล็ด 1,000 เมล็ดไปชั่งพบว่าการใช้ผึ้ง *A. cerana* และ *A. mellifera* ให้น้ำหนักเมล็ดสูงสุด คือ 3.75 และ 3.63 กรัม ตามลำดับ

2.5.6 สารควบคุมการเจริญเติบโต

หลังจากที่มีการผสมเกสรเกิดขึ้นแล้วมีผลทำให้เกิดการติดผลและมีการพัฒนาของผล ในบางพืชพบว่ามีการถ่ายละอองเกสรแต่ไม่มีการผสมเกสรทำให้เกิดการเจริญและพัฒนาของผลแบบ parthenocarpic fruit ซึ่งพบว่าฮอร์โมนจิบเบอเรลลินสามารถกระตุ้นให้เกิดผลแบบ parthenocarpic ได้ (ดนัย, 2537) ในขณะที่ อนุชา และคณะ (2539) ศึกษาอิทธิพลของจิบเบอเรลลิคแอซิคต่อผลผลิตเมล็ดพันธุ์สลัดปลี พบว่าจิบเบอเรลลิคแอซิคที่ความเข้มข้น 100 ppm ให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์สูงที่สุด

คือ 11.84 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ระดับความเข้มข้น 0, 25, 50 และ 75 ppm โดยให้น้ำหนักเมล็ดเฉลี่ย 0, 7.55, 8.08 และ 10.44 กรัมต่อต้น ตามลำดับ

2.5.7 พันธุกรรม

เนื่องจากพืชผสมข้ามมีกลไกป้องกันไม่ให้เกิดการผสมตัวเองเพื่อช่วยป้องกันความถดถอยทางพันธุกรรม แต่ต้องผสมข้ามเท่านั้น ซึ่งกลไกหนึ่งที่พืชสร้างขึ้นมาคือ ลักษณะการผสมตัวเองไม่ติด (self-incompatibility) หมายถึง การที่ละอองเกสรเพศผู้ไม่สามารถเข้าผสมกับไข่ในดอกเดียวกันหรือต้นที่มีจีโนไทป์ (genotype) เหมือนกัน เนื่องจากละอองเกสรเพศผู้ไม่เจริญ ไม่สามารถส่งท่อละอองเกสรผ่านยอดเกสรเพศเมีย (stigma) หรือก้านชูเกสรเพศเมีย (style) ลงไปได้ กลไกนี้เป็นการป้องกันการถดถอยทางพันธุกรรม (inbreeding depression) และทำให้พืชต้องมีการผสมข้าม ทำให้ยีนมีการจัดกลุ่ม (gene recombination) ตลอดเวลา (จานุลักษณ์, 2541) ซึ่งเราสมารถพบกลไกนี้ได้ในพืชหลายตระกูล เช่น Leguminosae, Rosaceae, Solanaceae, Compositae, Cruciferae, Papaveraceae และ Gramineae เป็นต้น ลักษณะพันธุกรรมที่ป้องกันการผสมตัวเองไม่ติด แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ (คมสัน, 2539)

1. heteromorphic incompatibility เป็นการผสมไม่ติดเนื่องจากตำแหน่งของดอกเพศผู้และดอกเพศเมียภายในดอกเดียวไม่ได้สัดส่วน เช่น การที่เกสรเพศเมียอยู่สูงหรือต่ำกว่าเกสรเพศผู้ ซึ่งจากการทดลองของ Syafaddin *et al.* (2006) รายงานว่าตำแหน่งของเกสรเพศผู้และเพศเมียมีผลต่อการผสมเกสร ซึ่งส่งผลต่อศักยภาพในการเพิ่มหรือลดเมล็ดในการผลิตเมล็ดพันธุ์ของ *Brassica rapa* L.

2. homomorphic incompatibility เป็นการผสมตัวเองไม่ติดเนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างยีนในละอองเกสรและในท่อนำไข่ซึ่งแยกออกเป็น

- gametophytic incompatibility เป็นลักษณะที่ถูกควบคุมด้วย multiple alleles เป็นผลทำให้เกสรเพศผู้ไม่สามารถทะลุผ่านก้านเกสรเพศเมียลงไปได้

- sporophytic incompatibility เป็นการผสมไม่ติดเนื่องจากอิทธิพลของพันธุ์พ่อเป็นลักษณะ multiple alleles เช่นกัน โดยในบรอกโคลีนั้นพบ 4 อัลลีล (Sampson, 1957) ซึ่งลักษณะการผสมตัวเองไม่ติดในผักตระกูลกะหล่ำแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม โดยพบลักษณะการทำงานของยีนที่ทำงานข่มกันด้วย ดังรายงานของ Haruta ปี 1962 (อ้างโดยมณีฉัตร, 2545) รายงานว่าได้ทดสอบการผสมตัวเองไม่ติดของผักหลายชนิด ได้แก่ กะหล่ำดาว กะหล่ำปลี บรอกโคลีผักกาดขาวปลี เทอร์นิป และผักกาดหัว ซึ่งสามารถอธิบายปฏิกิริยาของกลุ่มต่างๆ ได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ในเกสรเพศผู้และเพศเมียมียีน *Sb* ที่มีลักษณะเด่นข่มยีน *Sa* (*Sa*<*Sb*) ซึ่งปฏิกิริยา sporophytic นี้มีทั้งในเพศผู้และเพศเมีย การผสมพันธุ์เกิดขึ้นในกลุ่มนี้ในกรณีที่มียีนที่ต่างกันเท่านั้น

กลุ่มที่ 2 เกสรเพศผู้มีการแสดงออกของยีน *Sb* ข่ม *Sa* ส่วนเกสรเพศเมียมีการแสดงออกของยีน *Sa* และ *Sb* เท่าๆ กัน ดังนั้นต้นที่มียีน *SaSa* สามารถผสมกับต้นที่มียีน *SbSb* ได้ไม่ว่าเป็นเพศผู้หรือเพศเมีย แต่ไม่สามารถผสมกับเพศเมียที่มียีน *SaSb* เพราะยีน Sa แสดงออกในเพศเมีย แต่ถ้า *SaSb* เป็นเพศผู้สามารถผสมกับเพศเมีย *SaSa* ได้ เพราะยีน *Sb* ในเพศผู้ข่มยีน *Sa* ส่วน *SbSb* ไม่สามารถผสมกับ *SaSb* ได้ไม่ว่า *SbSb* เป็นเพศผู้หรือเพศเมีย

กลุ่มที่ 3 เกสรเพศผู้มีการแสดงออกของยีน *Sa* และ *Sb* ส่วนเพศเมียมีการแสดงออกของ *Sb* ข่ม *Sa* ดังนั้นต้นที่มียีน *SaSa* สามารถผสมกับต้นที่มียีน *SbSb* ไม่ว่าเป็นเพศผู้หรือเพศเมีย และสามารถผสมกับ *SaSb* กรณีที่ *SaSb* เป็นเพศเมียเท่านั้นเพราะ *Sb* ข่ม *Sa* ในเพศเมีย ส่วนต้นที่มียีน *SbSb* และ *SaSb* ไม่สามารถผสมพันธุ์กันได้ ไม่ว่าเป็นเพศผู้หรือเพศเมีย

กลุ่มที่ 4 เกสรเพศผู้มีการแสดงออกของยีน *Sa* และ *Sb* เท่าๆ กัน และเกสรเพศเมียมีการแสดงออกของยีน *Sa* และ *Sb* เท่าๆ กัน เช่นกัน ดังนั้นต้น *SaSa* สามารถผสมกับต้น *SbSb* ได้ไม่ว่าเป็นเพศผู้หรือเพศเมีย และ *SaSa* ไม่สามารถผสมกับต้น *SaSb* ได้ไม่ ว่าเป็นเพศผู้หรือเพศเมีย เพราะยีน *Sa* แสดงออก ส่วนต้น *SbSb* ไม่สามารถผสมกับต้น *SaSb* ได้ไม่ว่าเป็นเพศผู้หรือเพศเมีย ทั้งนี้เพราะเหตุมี *Sb* แสดงออกทั้งในต้นเพศผู้และเพศเมีย

และเมื่อได้มีการศึกษาการผสมตัวเองไม่ติดของ กะหล่ำดาว กะหล่ำปลี บรอกโคลี ผักกาดขาวปลี เทอร์นิป ผักกาดหัว พบว่ากะหล่ำดาวจัดอยู่ในกลุ่มที่ 1 กะหล่ำปลีกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 บรอกโคลีกลุ่มที่ 2 ผักกาดขาวปลีกลุ่มที่ 2 เทอร์นิปกลุ่มที่ 2 และ 4 และผักกาดหัวกลุ่มที่ 2 และ 4

ตารางที่ 2 แสดงการผสมพันธุ์ของพืชเมื่อมียีนควบคุมการผสมตัวเองไม่ติดในระบบ gametophytic และ sporophytic

ระบบ	พันธุกรรมของคู่ผสม	เชื้อสืบพันธุ์เพศผู้		พันธุกรรมของลูก
		ผสมได้	ผสมไม่ได้	
gametophytic	$S_1S_2 \times S_1S_2$	None	All	None
	$S_1S_2 \times S_1S_3$	S_3	S_1	S_1S_3, S_2S_3
	$S_1S_3 \times S_1S_2$	S_2	S_1	S_1S_2, S_2S_3
	$S_1S_2 \times S_3S_4$	S_3, S_4	None	S_1S_3, S_2S_3 S_1S_4, S_2S_4
	$S_3S_4 \times S_1S_2$	S_1, S_2	None	S_1S_3, S_2S_3 S_1S_4, S_2S_4
sporophytic[1/]	$S_1S_2 \times S_1S_2$	None	All	None
	$S_1S_2 \times S_2S_3$	None	All	None
	$S_2S_3 \times S_1S_2$	S_1, S_2	None	S_1S_2, S_1S_3 S_2S_2, S_2S_3
	$S_1S_2 \times S_3S_4$	S_3, S_4	None	S_1S_3, S_2S_3 S_1S_4, S_2S_4
	$S_3S_4 \times S_1S_2$	S_1, S_2	None	S_1S_3, S_2S_3 S_1S_4, S_2S_4

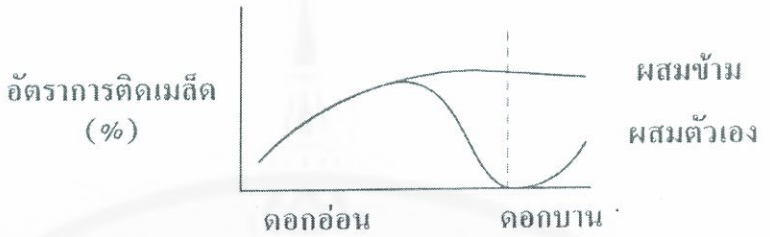
[1/] ลักษณะข่มในละอองเกสรเป็นไปตามลำดับ $S_1 > S_2 > S_3 \ldots > S_n$ แต่ไม่มีลักษณะข่มในเกสรตัวเมีย (Briggs and Knowles, 1967 อ้างโดย คมสัน, 2539)

2.6 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแสดงออกของลักษณะการผสมตัวเองไม่ติด

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามีหลายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแสดงออกของลักษณะการผสมตัวเองไม่ติดดังนี้ (จานุลักษณ์, 2541)

2.6.1 อายุดอก

การทำงานของ S-gene เกิดในระยะดอกบาน โดยการติดเมล็ดจากการผสมตัวเองสูงสุดในระยะดอกอ่อนและเท่ากับศูนย์เมื่อดอกบาน ส่วนการผสมข้ามให้จำนวนเมล็ดสูงสุดในระยะดอกบาน และเกสรเพศเมียยังสามารถรับการผสมและติดเมล็ดได้เล็กน้อยหลังดอกบาน 1 วัน (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ลักษณะการติดเมล็ดพันธุ์ในดอกระยะต่างๆ ของพืชตระกูลกะหล่ำ (จานุลักษณ์, 2541)

2.6.2 อุณหภูมิ

ถ้าอุณหภูมิสูงในระยะผสมเกสรทำให้ดอกที่ผสมตัวเองสามารถติดเมล็ดได้ เนื่องจากอุณหภูมิรบกวนการสังเคราะห์โปรตีนที่เจาะจงกับ S-gene ของ papilla cell

2.6.3 ความชื้น

ความชื้นสูงทำให้ละอองเกสรเพศผู้งอกในปริมาณเพิ่มขึ้น ดังนั้นโอกาสที่เกสรเพศผู้งอกผ่านยอดเกสรเพศเมียจึงเพิ่มขึ้น

2.6.4 สภาวะของก๊าซในบรรยากาศ

การให้คาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ในระยะหลังผสมเกสร 2 ชั่วโมง สามารถลดการผสมตัวเองไม่ติด แต่อัตราการผสมติดเมล็ดยังไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับพันธุกรรม

Self-incompatibility เป็นอุปสรรคในการผลิตเมล็ดพันธุ์แท้ แต่มีประโยชน์ในการนำมาใช้ผลิตเมล็ดลูกผสมทางการค้า เพราะว่าไม่ต้องทำลายเกสรเพศผู้ ทำให้ไม่เสียเวลาและประหยัดค่าใช้จ่าย

2.7 ความดีเด่นของลูกผสม

พันธุ์ลูกผสม (hybrid variety) หมายถึง ลูกผสมรุ่นแรก (F_1) จากการผสมระหว่างสองประชากรที่มีพันธุกรรมแตกต่างกัน ประชากรเหล่านี้อาจเป็นพันธุ์แท้ พันธุ์ลูกผสม พันธุ์ผสมเปิด พันธุ์สังเคราะห์ หรืออื่น ๆ ถ้ายังมีการควบคุมการผสมเกสรเพื่อป้องกันการผสมตัวเอง โดยมีต้นแม่และต้นพ่อเพียง 2 กลุ่ม และเก็บเมล็ดพันธุ์จากแถวต้นแม่เท่านั้น ถือว่าเมล็ดพันธุ์ที่ได้เป็นพันธุ์ลูกผสม ดังนั้นพันธุ์ลูกผสมอาจมาจากพ่อแม่ในรุ่น F_n ของพันธุ์ลูกผสมแบบต่างๆ เช่นลูกผสมอาจเป็นพันธุ์ลูกผสมระหว่างพันธุ์ (variety hybrid) ได้มาจากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ 2 พันธุ์ ซึ่งอาจเป็นพันธุ์ผสมเปิดหรือพันธุ์สังเคราะห์ พันธุ์ลูกผสมเดี่ยว (single cross hybrid) ได้มาจากการผสม

สายพันธ์อินเบรด (inbred) 2 สายพันธุ์ เช่น A × B พันธุ์ลูกผสมสามทาง (three-way cross hybrid) ได้มาจากการผสมระหว่างพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวกับสายพันธุ์อินเบรดอีก 1 พันธุ์ เช่น (A × B) × C พันธุ์ลูกผสมคู่ (double cross hybrid) ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวกับพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว เช่น (A × B) × (C × D) พันธุ์ลูกผสมหลายทาง (multiple cross hybrid) เป็นลูกผสมที่มีสายพันธุ์อินเบรดเกี่ยวข้องมากกว่า 4 สายพันธุ์ เช่น (A × B) × (C × D) × E (กฤษฎา, 2546)

ความดีเด่นของลูกผสม หมายถึง ปรากฏการณ์ของลักษณะอันใดอันหนึ่ง เมื่อลูกผสม F_1 แสดงความสามารถเหนือกว่าความสามารถของพ่อแม่ที่แสดงออกในลักษณะดังกล่าว เช่น การเจริญเติบโต ความแข็งแรง ผลผลิต ความต้านทานต่อโรคและแมลงและอื่นๆ เมื่อปลูกในสภาพที่เปรียบเทียบกันได้ ซึ่งปรากฏการณ์ของความดีเด่นของลูกผสมที่แสดงผลผลิตสูงถูกใช้ในการประเมินเพื่อการสร้างพันธุ์ลูกผสม (ดำเนิน, 2545) ซึ่ง กฤษฎา (2546) กล่าวว่าความเหนือระดับของลูกผสมส่วนใหญ่ มาจากปฏิกิริยายีนข่มและส่วนน้อยมาจาก epistasis และ pleiotropism แต่เนื่องจากพืชมีผลกระทบทางลบจากปฏิสัมพันธ์ทั้งสองแบบ จึงถูกคัดทิ้งไปโดยธรรมชาติ สรุปแล้วค่าเหนือระดับหรือความดีเด่นของลูกผสมเป็นผลมาจากผลบวกสะสมของยีนข่มแต่ละตัวจากยีนแต่ละชุด ที่ต่างก็มีระดับการข่มไม่เท่ากัน

2.8 การผลิตเมล็ดพันธุ์พืชตระกูลกะหล่ำ

ประเทศไทยสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์พืชตระกูลกะหล่ำที่ต้องการอุณหภูมิในการกระตุ้นตาดอกเฉลี่ย 18-20 องศาเซลเซียส ได้แก่ คะน้า ผักกาดเขียวกวางตุ้ง ผักกาดเขียวปลี และผักกาดหัว ส่วนพืชตระกูลกะหล่ำชนิดอื่นๆ ยังไม่คุ้มค่าในทางเศรษฐกิจ พื้นที่ที่สามารถผลิตเมล็ดพันธุ์พืชตระกูลกะหล่ำได้อยู่ทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน โดยผลิตในฤดูหนาว แต่อุณหภูมิต่ำไม่สม่ำเสมอในระยะเวลานาน ผลผลิตเมล็ดพันธุ์จึงต่ำ หรืออยู่ในระดับปานกลาง

ในปัจจุบันแหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์พืชตระกูลกะหล่ำที่สำคัญของโลก ได้แก่ อิตาลี รัฐวอชิงตัน และทางแถบฝั่งตะวันตกของประเทศสหรัฐอเมริกา จีน ภาคใต้ของทวีปแอฟริกา และออสเตรเลีย (จานุลักษณ์, 2541)

บทที่ 3
กรรมวิธีการทดลอง (อุปกรณ์ และวิธีการ)

ปีที่ 1 เริ่มดำเนินการเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือน กันยายน พ.ศ. 2553 ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ และ ฝ่ายงานพัฒนาและส่งเสริมผัก มูลนิธิโครงการหลวง จ. เชียงใหม่

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. การเปรียบเทียบปริมาณซัลโฟราเฟน ในต้นอ่อนของบรอกโคลีและคะน้า

นำเมล็ดพันธุ์บรอกโคลี Top Green และเมล็ดพันธุ์คะน้า พันธุ์สีหะราช มาเพาะในกล่องพลาสติกใสที่รองด้วยกระดาษเพาะเมล็ดที่ชุบน้ำจนเปียกชุ่มจำนวน 4 ชั้น โรยเมล็ดลงบนกระดาษให้ทั่ว จากนั้นปิดทับด้วยกระดาษเพาะเมล็ดที่ชุบน้ำจนเปียกชุ่มจำนวน 2 ชั้น เมื่อต้นอ่อนมีอายุ 3 และ 5 วันหลังงอก ทำการชั่งน้ำหนักต้นอ่อนให้ได้ 20 กรัมต่อตัวอย่าง นำไปหาปริมาณซัลโฟราเฟน โดยใช้เครื่อง HPLC ตามวิธีการของ Sivakumar *et al.* (2007) ที่ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ดังนี้ นำต้นอ่อนบรอกโคลีไป freeze dry เมื่อแห้งนำไปบดให้ละเอียด ชั่งต้นอ่อนที่บดแล้ว 0.25 กรัม นำไปเติม HCl ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง และเขย่าเป็นครั้งคราว จากนั้นนำไปสกัดด้วย dichoromethane นำไปกลั่นด้วยเครื่อง evaporator ให้แห้ง นำไปละลายด้วย methanol ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร นำไปกรองด้วยกระดาษกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร และนำไปฉีดเข้าเครื่อง HPLC

2. การเปรียบเทียบปริมาณซัลโฟราเฟน ในต้นอ่อนบรอกโคลีที่มีอายุต่างกัน เพื่อหาระยะที่มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูง

นำเมล็ดพันธุ์บรอกโคลี Top Green และ Big Green ไปหาปริมาณซัลโฟราเฟน ตามวิธีการข้อ 1

3. การเปรียบเทียบปริมาณซัลโฟราเฟนในต้นอ่อนบรอกโคลีจำนวน 6 พันธุ์

นำเมล็ดบรอกโคลีจำนวน 6 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ Big Green, Top Green, Montop, Packman, 05-39 และ 20-34 มาเพาะและหาปริมาณซัลโฟราเฟนตามวิธีในข้อ 1

4. ศึกษาการติดเมล็ดโดยการผสมเปิดตามธรรมชาติ

นำเมล็ดบรอกโคลีจำนวน 5 พันธุ์ คือ Top Green, F29A, 05-40, 05-39 และ 20-34 มาปลูกระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ที่สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ จ.เชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (RCBD; Randomized Complete Block Design) กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 6 ต้น โดยใช้พันธุ์เป็นกรรมวิธีทดลอง เมื่อดอกบานปล่อยให้ผสมเปิดตามธรรมชาติ เมื่อติดฝักและฝักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล 50% เก็บเกี่ยวฝัก แล้วนำไปผึ่งในที่ร่มให้แห้ง จากนั้นสุ่มต้นละ 20 ฝักนำมาบันทึกข้อมูล จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น นำข้อมูลที่บันทึกไปวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistic version 8

ปีที่ 2 เริ่มดำเนินการเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือน กันยายน พ.ศ. 2553 ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง และ สถานีเกษตรหลวงปางดะ จ. เชียงใหม่

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. ศึกษาการติดเมล็ดโดยการผสมข้าม

จากการวิเคราะห์ปริมาณซัลโฟราเฟนในบรอกโคลีพันธุ์การค้า พบว่ามี 6 พันธุ์ คือ Big Green, Montop, Packman, Top Green, F29A และ 05-39 ที่มีซัลโฟราเฟนในปริมาณสูง จึงนำบรอกโคลีทั้ง 6 พันธุ์นี้ ไปปลูกที่สถานีเกษตรหลวงปางดะ จ.เชียงใหม่ ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 - เดือนเมษายน พ.ศ. 2553 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD; Completely Randomiged Design) กรรมวิธีทดลองละ 7 ซ้ำ โดยใช้ช่อดอกเป็นซ้ำเมื่อดอกพร้อมผสม ตอนเกสรเพศผู้ออกก่อนผสมข้าม 1 วัน เมื่อฝักบรอกโคลีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล 50% เก็บเกี่ยวฝักแล้วนำไปผึ่งในที่ร่มให้แห้ง จากนั้นสุ่มต้นละ 7 ช่อ และสุ่ม 5 ฝักต่อช่อ บันทึกข้อมูล จำนวนเมล็ดต่อฝัก นำข้อมูลที่บันทึกไปวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistic version 8

2. ศึกษาความงอกของเมล็ดลูกผสม F_1

คัดเลือกเมล็ดลูกผสมจากข้อที่ 1 จำนวน 10 คู่ คือ Big Green × F29A, Big Green × Top Green, Top Green × Montop, Top Green × Packman, Top Green × F29A, Top Green × 05-39FA, F29A × Big Green, F29A × Montop, F29A × Packman และ 05-39 × Packman นำเมล็ดไปเพาะในจานเพาะเชื้อ (Petri Dish) ที่รองด้วยกระดาษเพาะเมล็ด โดยเพาะพันธุ์ละ 80 เมล็ด แบ่งเป็นจาน จานละ 20 เมล็ด หลังจากเพาะเมล็ดเป็นเวลา 5 วัน นับจำนวนต้นที่งอกและคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอกดังนี้

เปอร์เซ็นต์ความงอก = $\frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$

3. ศึกษาปริมาณซัลโฟราเฟนในต้นอ่อนของลูกผสมบรอกโคลี F_1

คัดเลือกเมล็ดลูกผสมจากข้อที่ 1 ที่มีปริมาณเมล็ดเพียงพอต่อการนำไปวิเคราะห์หาปริมาณซัลโฟราเฟน จำนวน 3 คู่ คือ ลูกผสม Top Green × Packman, F29A × Montop และ F29A × Packman ไปเพาะในกล่องพลาสติกที่รองด้วยกระดาษเพาะเมล็ด หลังเมล็ดงอก 5 วัน นำต้นอ่อนของบรอกโคลีไปวิเคราะห์หาปริมาณซัลโฟราเฟน ตามวิธีการในปีที่ 1

4. การปลูกทดสอบพันธุ์ลูกผสมบรอกโคลี F_1

คัดเลือกลูกผสมบรอกโคลีที่ได้จากข้อที่ 1 จำนวน 9 คู่ คือลูกผสม Big Green × F29A, Top Green × Montop, Top Green × Packman, Top Green × F29A, Top Green × 05-39, F29A × Montop, F29A × Packman, F29A × Top Green และ 05-39 × Packman และพันธุ์การค้าที่เป็นพ่อแม่พันธุ์ จำนวน 6 พันธุ์ คือ Big Green, Montop, Packman, Top Green, F29A และ 05-39 ไปปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ที่สถานีเกษตรหลวงปางดะ จ.เชียงใหม่ ระหว่างเดือนกันยายน ถึง เดือน ธันวาคม พ.ศ.2553 วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (RCBD; Randomized Complete Block Design) จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 6 ต้น โดยใช้พันธุ์เป็นกรรมวิธีทดลอง (treatment) มื่อต้นบรอกโคลีออกดอกและเจริญเติบโตถึงระยะรับประทานดอก บันทึกความสูงของต้น ความกว้างของทรงพุ่ม ความยาวของใบ ความกว้างของใบ จำนวนใบต่อต้น หลังการบันทึกข้อมูลด้านการเจริญเติบโต ตัดช่อดอกบรอกโคลีโดยไว้ก้านช่อดอกยาวประมาณ 7 เซนติเมตร จากก้านช่อดอกย่อยลงมา บันทึกเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางของช่อดอก ความสูงของช่อดอก จากจุดแตกแขนงของก้านช่อดอกย่อยขึ้นไป และน้ำหนักของช่อดอก นำข้อมูลที่บันทึกไปวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistic version 8

5. ศึกษาปริมาณซัลโฟราเฟนของลูกผสมบรอกโคลี F_1 ใน ใบ และดอก

ตัดใบ และดอกบรอกโคลีระยะรับประทานดอก ตัวอย่างละประมาณ ½ กิโลกรัม จากข้อที่ 4 นำไปวิเคราะห์หาปริมาณซัลโฟราเฟน ตามวิธีการในปีที่ 1

6. ศึกษาการติดเมล็ดของลูกผสมบรอกโคลี F_1

คัดเลือกเมล็ดลูกผสมบรอกโคลีจากข้อที่ 1 จำนวน 9 คู่ คือลูกผสม Big Green × F29A, Top Green × Montop, Top Green × Packman, Top Green × F29A, Top Green × 05-39, F29A ×

Montop, F29A × Packman, F29A × Top Green และ 05-39 × Packman ไปปลูก ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึง เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2555 เมื่อเริ่มออกดอก ทำการตัดแต่งช่อดอก เมื่อดอกใกล้บานนำมุ้งตาข่ายคุมเพื่อป้องกันการผสมข้ามสายพันธุ์ เมื่อดอกบาน สุ่มเคาะเกสรในสายพันธุ์เดียวกันลงในจานเพาะเชื้อ (Petri Dish) เมื่อได้ปริมาณเพียงพอ ใช้พู่กันแตะเกสรตัวผู้ นำไปแตะบนยอดเกสรตัวเมีย ในสายพันธุ์เดียวกันจนกระทั่งดอกบานหมด เมื่อฝักแก่และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล 50% เก็บฝัก โดยตัดทั้งช่อดอก นำไปผึ่งในร่มให้แห้ง บันทึกข้อมูลจำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น นำข้อมูลที่บันทึกไปวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistic version 8

ปีที่ 3 เริ่มดำเนินการเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2553 ถึง เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2554 ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง และ ร้านดอยคำ จ. เชียงใหม่

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. ศึกษาการติดเมล็ดของลูกผสมบรอกโคลี F_2

คัดเลือกเมล็ดลูกผสมบรอกโคลี F_2 ที่ได้จากการผสมแบบเปิดจำนวน 4 คู่ ได้แก่ Top Green × Montop, Top Green × Packman, Top Green × F29A และ F29A × Top Green นำไปปลูก ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือน กันยายน พ.ศ. 2554 โดยปลูกสายพันธุ์ละ 1 โรงเรือน (โรงเรือนขนาด 6 × 24 เมตร) เมื่อเริ่มออกดอก ทำการตัดแต่งช่อดอก เมื่อดอกเริ่มบาน นำผึ้งไปปล่อยในโรงเรือน โรงเรือนละ 1 รัง เพื่อช่วยในการผสมเกสร เมื่อฝักแก่และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล 50% เก็บฝัก โดยตัดทั้งช่อดอก นำไปผึ่งในร่มให้แห้ง บันทึกข้อมูลจำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น นำข้อมูลที่บันทึกไปวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistic version 8

2. ศึกษาปริมาณซัลโฟราเฟนของลูกผสมบรอกโคลี F_3

ผลการผสมเกสรโดยใช้ผึ้งในข้อที่ 1 พบว่ามี 2 คู่ผสมที่มีการติดเมล็ดมาก จึงนำเมล็ดทั้งสองคู่ผสม คือ Top Green × Packman, และ F29A × Top Green และพันธุ์การค้าที่เป็นพ่อแม่พันธุ์จำนวน 2 พันธุ์ คือ Packman และ Top Green นำไปวิเคราะห์หาปริมาณซัลโฟราเฟนตามวิธีการในปีที่ 1

3. การทดสอบการยอมรับได้ของผู้บริโภค

นำเมล็ดบรอกโคลีจากข้อที่ 1 นำไปเพาะตามวิธีการในปีที่ 1 จากนั้นนำไปเป็นส่วนประกอบในการทำแซนวิช แล้วนำไปทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค พร้อมกับตอบแบบสอบถาม ณ ร้านดอยคำ และ งานโครงการหลวง ปี 2554

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ปีที่ 1 เริ่มดำเนินการเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือน กันยายน พ.ศ. 2553 ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ และ ฝ่ายงานพัฒนาและส่งเสริมผัก มูลนิธิโครงการหลวง จ. เชียงใหม่

1. การเปรียบเทียบปริมาณซัลโฟราเฟน ในต้นอ่อนของบรอกโคลีและคะน้า

ผลการวิเคราะห์ปริมาณซัลโฟราเฟน ในต้นอ่อนของบรอกโคลี Top Green และคะน้าพันธุ์สีหะราช ที่มีอายุ 3 และ 5 วันหลังงอก พบว่า ต้นอ่อนทั้ง 2 ระยะของบรอกโคลีมีปริมาณซัลโฟราเฟน สูงกว่าในต้นอ่อนของคะน้า

2. การเปรียบเทียบปริมาณซัลโฟราเฟน ในต้นอ่อนบรอกโคลีที่มีอายุต่างกัน เพื่อหาระยะที่มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูง

ผลการเปรียบเทียบปริมาณซัลโฟราเฟนในต้นอ่อนบรอกโคลีพันธุ์ Top Green และ Big Green ที่มีอายุ 3, 5 และ 7 วันหลังงอก พบว่า ต้นอ่อนของบรอกโคลีทั้ง 2 พันธุ์ ที่มีอายุ 5 วัน หลังงอก มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงที่สุด รองลงมาคือต้นอ่อนที่มีอายุ 3 และ 7 วัน หลังงอก ตามลำดับ

3. การเปรียบเทียบปริมาณซัลโฟราเฟนในต้นอ่อนบรอกโคลีจำนวน 6 พันธุ์

ผลการเปรียบเทียบปริมาณซัลโฟราเฟนในต้นอ่อนบรอกโคลีที่อายุ 5 วันหลังงอก จำนวน 6 พันธุ์ คือ พันธุ์ Big Green, Top Green, Montop, Packman 05-39 และ 20-34 พบว่าพันธุ์ Top Green มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงที่สุด 57.47 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

4. ศึกษาการติดเมล็ดโดยการผสมเปิดตามธรรมชาติ

การปล่อยให้ผสมเปิดตามธรรมชาติ พบว่า พันธุ์ที่มีแนวโน้มมีการติดเมล็ดสูง คือ พันธุ์ Top Green, F29A และพันธุ์ 05-40 โดยมีจำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ย 5.8, 3.3 และ 5.9 เมล็ดต่อฝัก ตามลำดับ และมีน้ำหนักเมล็ดต่อต้นเฉลี่ย 2.92, 1.92 และ 3.02 กรัมต่อต้น ตามลำดับ

ปีที่ 2 เริ่มดำเนินการเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือน กันยายน พ.ศ. 2553 ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง และ สถานีเกษตรหลวงปางดะ จ. เชียงใหม่

1. ศึกษาการติดเมล็ดโดยการผสมข้าม

ผลการผสมข้ามของบรอกโคลีพันธุ์การค้า 6 พันธุ์ พบว่าสามารถติดฝักได้ 24 คู่ผสม เมื่อเปิดฝักบรอกโคลี พบว่ามี 11 คู่ผสม ที่ติดเมล็ด ได้แก่ คู่ผสมระหว่าง Big Green × F29A, Big Green × Top Green, Top Green × F29A, Top Green × Montop, Top Green × Packman, Top Green × 05-39, F29A × Big Green, F29A × Montop, F29A × Packman, F29A × Top Green และ 05-39 × Packman โดยคู่ผสมระหว่าง Top Green × Packman มีจำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ยมากที่สุด คือ 8.0 เมล็ดต่อฝัก ในขณะที่คู่ผสม F29A × Big Green, F29A × Top Green และ 05-39 × Packman มีแนวโน้มให้เมล็ดต่ำ

2. ศึกษาความงอกของเมล็ดลูกผสม F_1

ผลการศึกษาความงอกของเมล็ดลูกผสมจำนวน 10 คู่ผสม ได้แก่ ลูกผสม Big Green × F29A, Big Green × Top Green, Top Green × Montop, Top Green × Packman, Top Green × F29A, Top Green × 05-39, F29A × Big Green, F29A × Montop, F29A × Packman และ 05-39 × พบว่าเมล็ดลูกผสมส่วนใหญ่มีเปอร์เซ็นต์ความงอก 90 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ยกเว้นลูกผสม Big Green × Top Green มีเปอร์เซ็นต์ความงอกเพียง 42.50 เปอร์เซ็นต์

3. ศึกษาปริมาณซัลโฟราเฟนในต้นอ่อนของลูกผสมบรอกโคลี F_1

เนื่องจากคู่ผสมที่ติดเมล็ดและมีเมล็ดปริมาณเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ซัลโฟราเฟนมีจำนวน 3 คู่ คือลูกผสม Top Green × Packman, F29A × Montop และ F29 A × Packman จึงนำต้นอ่อนบรอกโคลีมาวิเคราะห์หาปริมาณซัลโฟราเฟนเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ พบว่าต้นอ่อนลูกผสมทั้งสามพันธุ์มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงกว่าพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ โดยต้นอ่อนลูกผสม F29A × Packman มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงสุดคือ 4.34 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง รองลงมาคือลูกผสม Top Green × Packman, ลูกผสม F29A × Montop โดยมีปริมาณซัลโฟราเฟนเท่ากับ 3.45 และ 3.34 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

4. การปลูกทดสอบพันธุ์ลูกผสมบรอกโคลี F_1

ผลการปลูกทดสอบพันธุ์ลูกผสมบรอกโคลีเปรียบเทียบกับพันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ พบว่าลูกผสมที่ได้มีความสูงของต้นน้อยกว่าพันธุ์ Big Green และความยาวของใบน้อยกว่าพันธุ์ F29A แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติในส่วนความกว้างของทรงพุ่ม ความกว้างของใบ และจำนวนใบต่อต้น ส่วนของผลผลิตที่ได้ พบว่าลูกผสม Top Green × F29A มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากที่สุด และลูกผสม F29A × Packman มีความสูงของช่อดอกมากที่สุด ในขณะที่พันธุ์การค้าได้แก่พันธุ์ F29A และพันธุ์ Montop ให้ผลผลิตดีที่สุด ส่วนผลผลิตของลูกผสมมีความใกล้เคียงกับพันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ แต่ไม่ได้ให้ผลผลิตที่มีปริมาณที่ดีกว่า โดยพันธุ์ Montop, Top Green, และ F29A มีแนวโน้มให้ลูกผสมร่วมกันได้ดี

5. ศึกษาปริมาณซัลโฟราเฟนของลูกผสมบรอกโคลี F_1 ใน ใบ และดอก

ผลการนำ ใบและดอกในระยะรับประทานดอก พร้อมกับพันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ไปวิเคราะห์ปริมาณซัลโฟราเฟน พบว่าดอกมีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงกว่าใบ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณซัลโฟราเฟนในดอกและใบยังคงมีปริมาณที่น้อยมาก เมื่อเปรียบกับต้นอ่อนที่อายุ 5 วันหลังงอก

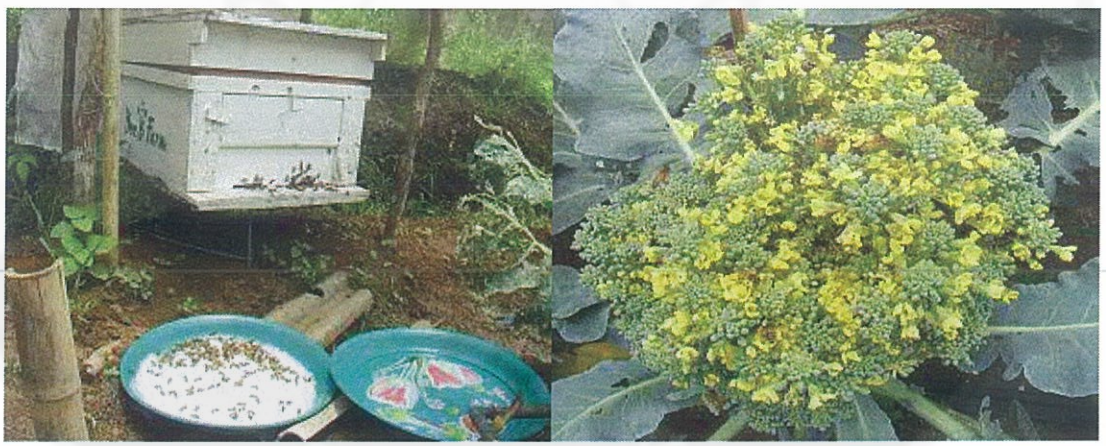
6. ศึกษาการติดเมล็ดของลูกผสมบรอกโคลี F_1

คัดเลือกเมล็ดลูกผสมบรอกโคลี F_1 ที่ได้จากการผสมข้าม จำนวน 9 คู่ ได้แก่ ลูกผสม Big Green × F29A, Top Green × Montop, Top Green × Packman, Top Green × F29A, Top Green × 05-39, F29A × Montop, F29A × Packman, F29A × Top Green และ 05-39 × Packman นำไปผสมแบบเปิด พบว่า มีลูกผสมจำนวน 4 คู่ ที่มีแนวโน้มติดเมล็ดสูงกว่าพันธุ์อื่น ได้แก่ ลูกผสม Top Green × Montop, Top Green × Packman, Top Green × F29A และ F29A × Top Green จึงได้คัดเลือกคู่ผสมดังกล่าวไว้ เพื่อนำไปผสมแบบเปิดโดยใช้ผึ้งต่อไป

ปีที่ 3 เริ่มดำเนินการเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2553 ถึง เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2554 ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ร้านดอยคำ และ งานโครงการหลวง ประจำปี 2554 จ. เชียงใหม่

1. ศึกษาการติดเมล็ดของลูกผสมบรอกโคลี F_2

คัดเลือกเมล็ดลูกผสมบรอกโคลี F_2 ที่ได้จากการผสมแบบเปิด จำนวน 4 คู่ ได้แก่ Top Green × Montop, Top Green × Packman, Top Green × F29A และ F29A × Top Green นำไปปลูก ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือน กันยายน พ.ศ. 2554 โดยปลูกสายพันธุ์ละ 1 โรงเรือน (โรงเรือนขนาด 6 × 24 เมตร) เมื่อเริ่มออกดอก ทำการตัดแต่งช่อดอก เมื่อดอกเริ่มบาน นำผึ้งไปปล่อยในโรงเรือน โรงเรือนละ 1 รัง (ภาพที่ 3) เพื่อช่วยในการผสมเกสร พบว่า ทั้ง 4 คู่ผสมมีการติดฝัก และสามารถติดเมล็ดได้ (ภาพที่ 4) แต่มีเพียง 2 คู่ผสมที่มีการติดเมล็ดสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ ได้แก่ ลูกผสม Top Green × Packman และ F29A × Top Green โดยมีจำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ยเท่ากับ 4.9±2.82 และ 2.9±1.95 เมล็ดต่อฝัก ตามลำดับ และมีน้ำหนักเมล็ดต่อต้นเฉลี่ยเท่ากับ 5.98±8.34 และ 0.77±0.73 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 3)



ภาพที่ 3 การผสมเกสรบรอกโคลีโดยใช้ผึ้ง

ก ข

ค ง

ภาพที่ 4 ลักษณะการติดฝักของบรอกโคลีลูกผสมเมื่อใช้ผึ้งช่วยผสมเกสร ก) Top Green × Montop ข) Top Green × Packman ค) Top Green × F29A และ ง) F29A × Top Green

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ด/ฝัก และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น ของบรอกโคลีลูกผสม ที่ปลูก ณ ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือน กันยายน พ.ศ. 2554

ลูกผสม	จำนวนเมล็ด/ฝัก	น้ำหนักเมล็ดต่อต้น (กรัม)
Top Green × Montop	N	N
Top Green × Packman	4.9±2.82	5.98±8.34
Top Green × F29A	1.3±0.51	0.53±0.34
F29A × Top Green	2.9±1.95	0.77±0.73

หมายเหตุ : คิดค่าเฉลี่ยจาก 10 ต้น

N หมายถึงไม่ติดเมล็ด

2. ศึกษาปริมาณซัลโฟราเฟนของลูกผสมบรอกโคลี F_3

ผลการผสมเกสรโดยใช้ผึ้งในข้อที่ 1 พบว่ามี 2 คู่ผสมที่มีการติดเมล็ดมาก จึงนำเมล็ดทั้งสองคู่ผสม ได้แก่ ลูกผสม Top Green × Packman และ F29A × Top Green และพันธุ์การค้าที่เป็นพ่อแม่พันธุ์ จำนวน 2 พันธุ์ คือ Packman และ Top Green นำไปวิเคราะห์หาปริมาณซัลโฟราเฟน พบว่า ลูกผสม Top Green× Packman มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงที่สุด คือ 3.0875 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ปริมาณซัลโฟราเฟนในต้นอ่อนของบรอกโคลีพันธุ์ต่างๆ หลังงอก 5 วัน

พันธุ์/ลูกผสม	ปริมาณซัลโฟราเฟน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง)
Top Green	0.512
Packman	1.632
Top Green× Packman	3.0875
F29A × Top Green	0.606

3. การทดสอบการยอมรับได้ของผู้บริโภค

นำเมล็ดบรอกโคลีจากข้อที่ 1 นำไปเพาะตามวิธีการในปีที่ 1 จากนั้นนำไปเป็นส่วนประกอบในการทำแซนวิช (ภาพที่ 5) นำไปทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค พร้อมกับตอบแบบสอบถาม ณ ร้านดอยคำ และ งานโครงการหลวง ปี 2554 พบว่า ผู้ที่ตอบแบบสอบถามในร้านดอยคำและงานโครงการหลวง ปี 2554 ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง 87.50 และ 84.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีอายุ 50 ปีขึ้นไป 45.83 และ 40.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ระดับการศึกษาปริญญาตรี 52.08 และ 52.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ประกอบอาชีพอื่นๆ 60.42 และ 69.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่รู้จักต้นอ่อนบรอกโคลี 83.33 และ 73.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่ทราบว่าในผักบรอกโคลีมีซัลโฟราเฟนที่ช่วยป้องกันการเกิดมะเร็ง 83.33 และ 71.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สนใจซื้อต้นอ่อนบรอกโคลี 97.92 และ 91.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ในร้านดอยคำและงานโครงการหลวง ปี 2554 ชอบแซนวิชที่มีส่วนประกอบของต้นอ่อนบรอกโคลี อยู่ในระดับชอบมากทั้งกลิ่นและรสชาติ โดยกลิ่นได้ 43.75 และ 47.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และรสชาติได้ 52.08 และ 45.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5-7)

ภาพที่ 5 แซนวิชที่มีส่วนประกอบของต้นอ่อนบรอกโคลี

ตารางที่ 5 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม

ลำดับ	ข้อมูลส่วนตัว	เปอร์เซ็นต์	
		ร้านดอยคำ	งานโครงการหลวง
1	เพศ		
	เพศชาย	12.50	15.22
	เพศหญิง	87.50	84.78
2	อายุ		
	ต่ำกว่า 15 ปี	0.00	0.00
	16-20 ปี	2.08	6.52
	21-30 ปี	20.83	20.65
	31-50 ปี	31.25	32.61
	50 ปีขึ้นไป	45.83	40.22
3	ระดับการศึกษา		
	ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนต้น	4.17	0.00
	มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	14.58	11.96
	อนุปริญญา/ปวส.	8.33	10.87
	ปริญญาตรี	52.08	52.17
	ปริญญาโท	14.58	19.57
	ปริญญาเอก	6.25	5.43
4	อาชีพ		
	ข้าราชการ	20.83	15.22
	รัฐวิสาหกิจ	0.00	2.17
	เอกชน	10.42	5.43
	รับจ้างทั่วไป	4.17	7.61
	เกษตรกร	2.08	0.00
	อื่นๆ	60.42	69.57

หมายเหตุ : ร้านดอยคำ = 48 คน, งานโครงการหลวง ปี 2554 = 92 คน

ตารางที่ 6 ทัศนคติและความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถาม

ลำดับ	ทัศนคติและความพึงพอใจของผู้บริโภค	เปอร์เซ็นต์	
		ร้านดอยคำ	งานโครงการหลวง
1	ท่านรู้จักต้นอ่อนบรอกโคลี (broccoli sprouts) หรือไม่		
	รู้จัก	29.17	26.09
	ไม่รู้จัก	83.33	73.91
2	ท่านทราบหรือไม่ว่าในผักบรอกโคลีมีซัลโฟราเฟน (Sulforaphane) ที่ช่วยป้องกันการเกิดมะเร็ง		
	ทราบ	29.17	28.26
	ไม่ทราบ	83.33	71.74
3	ถ้ามีผลิตภัณฑ์ต้นอ่อนบรอกโคลีจำหน่ายท่านสนใจซื้อหรือไม่		
	สนใจซื้อ	97.92	91.30
	ไม่สนใจซื้อ	2.08	8.70

หมายเหตุ : ร้านดอยคำ = 48 คน, งานโครงการหลวง ปี 2554 = 92 คน

ตารางที่ 7 ทัศนคติและความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถาม

ทัศนคติและความพึงพอใจ	ระดับความพึงพอใจ									
	ไม่ชอบ (%)		ชอบเล็กน้อย (%)		ชอบปานกลาง (%)		ชอบมาก (%)		ชอบมากที่สุด (%)	
	ร้านดอยคำ	งานโครงการหลวง	ร้านดอยคำ	งานโครงการหลวง	ร้านดอยคำ	งานโครงการหลวง	ร้านดอยคำ	งานโครงการหลวง	ร้านดอยคำ	งานโครงการหลวง
กลิ่น	0.00	5.43	2.08	4.35	43.75	27.17	43.75	47.83	10.42	15.22
รสชาติ	0.00	4.35	6.25	4.35	31.25	27.17	52.08	45.65	10.42	18.48

หมายเหตุ : ร้านดอยคำ = 48 คน, งานโครงการหลวง ปี 2554 = 92 คน

บทที่ 5
สรุปผล และข้อเสนอแนะ

การคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์บรอกโคลีเพื่อผลิตต้นอ่อนที่มีซัลโฟราเฟนสูง โดยการนำบรอกโคลีพันธุ์การค้าไปวิเคราะห์ปริมาณซัลโฟราเฟน และทำการผสมข้าม เพื่อคัดเลือกลูกผสมที่มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงและมีการติดเมล็ดมาก จากการผสมข้ามพันธุ์ ในปี 2552 สามารถติดฝักได้ 24 คู่ผสม แต่มีเพียง 11 คู่ผสม ที่ติดเมล็ด คัดเลือกลูกผสม F_1 ได้ 9 คู่ นำไปปลูกและปล่อยให้ผสมแบบเปิดได้ลูกผสม F_2 ในปี 2553 คัดเลือกลูกผสม F_2 ได้ 4 คู่ นำไปปลูกและใช้ผึ้งผสม ได้ลูกผสม F_3 ในปี 2554 สามารถคัดเลือกลูกผสม F_3 ได้ 2 คู่ ที่มีการติดเมล็ดมากกว่าพันธุ์อื่นๆ ได้แก่ ลูกผสม Top Green × Packman และ F29A × Top Green เมื่อนำลูกผสมดังกล่าวและพันธุ์การค้าไปวิเคราะห์ปริมาณซัลโฟราเฟน พบว่า ลูกผสม Top Green × Packman มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงที่สุด ทั้งนี้ปริมาณซัลโฟราเฟนลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับรุ่น F_1 ดังนั้นหากนำไปผสมแบบเปิดคาดว่าปริมาณซัลโฟราเฟนจะลดลงไม่มาก และยังคงเป็นปริมาณที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค ซึ่ง Health (2008) รายงานว่าการรับประทานซัลโฟราเฟนปริมาณ 200-400 ไมโครกรัมต่อวัน ก็สามารถช่วยป้องกันการเกิดมะเร็งได้ ซึ่งจากผลการทดลองของโครงการวิจัย พบว่าการรับประทานต้นอ่อนบรอกโคลีที่อายุ 5 วัน หลังงอก 2 กรัม มีซัลโฟราเฟนประมาณ 286 ไมโครกรัม ซึ่งเพียงต่อการป้องกันการเกิดมะเร็งได้ และผลการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่สนใจซื้อ หากมีผลิตภัณฑ์ของต้นอ่อนบรอกโคลีออกวางจำหน่าย ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับชอบมากทั้งกลิ่นและรสชาติ ทั้งนี้ควรมีการพัฒนารูปแบ การเพาะเมล็ดเพื่อให้สามารถเก็บต้นอ่อนบรอกโคลีได้ง่ายขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2546. ปรับปรุงพันธุ์พืช : พื้นฐาน วิธีการ และแนวคิด. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 237 น.

คมสัน อำนวยสิทธิ์. 2539. เอกสารประกอบการสอนวิชาหลักการปรับปรุงพันธุ์พืช. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, เชียงใหม่. 198 น.

จานุลักษณ์ ขนบดี. 2541. การผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก. พิมพ์ครั้งที่ 2. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 132 น.

ไฉน ยอดเพชร. 2542. พืชผักในตระกูลครูซิเฟอร์. รั้วเขียว, กรุงเทพฯ. 195 น.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2537. สรีรวิทยาของพืชสวน. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 210 น.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2539. สรีรวิทยาของพืช. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 216 น.

ดำเนิน กาละดี. 2545. เทคโนโลยีการปรับปรุงพันธุ์พืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์มิ่งเมือง, เชียงใหม่. 256 น.

นิพนธ์ ไชยมงคล. 2546. ฐานข้อมูลพืชผัก : บรอกโคลี. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.agric-prod.mju.ac.th/vegetable/File_link/Broccoli.pdf (1 สิงหาคม 2553).

นิสา เคาวางกูล. 2510. การเปรียบเทียบพันธุ์กะหล่ำดอกอิตาเลียน. วิทยานิพนธ์กสิกรรมและสัตวบาลบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 39 น.

บุษบัน ศิริธัญญาลักษณ์ และ สรัญญา ชวนพงษ์พานิช. 2548. สารชีวภาพกลูโคซิโนเลตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดพันธุ์บรอคโคลีที่ปลูกในประเทศไทย. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 105 น.

มณีฉัตร นิกรพันธุ์. 2545. กะหล่ำ. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 224 น.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2545. Plant biology : การเจริญและการเติบโตของพืช. แหล่งที่มา http://158.108.17.142/learn/student.php?lesson=lesson9&lesson_id=9&action=story_2_2&step=1ย (15 มีนาคม 2554).

วราวุธ ชูธรรมธรัช ปฐม มณีนิตย์ จารุ ไชยแขวง และวิทยวัฒน์ กุญชร ณ อยุธยา. 2543. การทดสอบปลูกบรอกโคลีและกะหล่ำปลีเป็นผักอนามัยปลอดภัยสารพิษในช่วงฤดูฝน จังหวัดสงขลา. วารสารวิชาการเกษตร 18: 31-34.

สราวุฒิ บุศรากุล. 2530. การปรับปรุงพันธุ์บรอกโคลีสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. รายงานผลงานวิจัย. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 35 น.

โสระยา ร่วมรังษี. 2547. เอกสารคำสอนวิชาสรีรวิทยาไม้ดอกไม้ประดับ รหัสกระบวนวิชา 359713. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 127 น.

สุชีลา เตชะวงค์เสถียร กมล เลิศรัตน์ และสราวุฒิ บุศรากุล. 2537. การปรับปรุงพันธุ์ลูกผสมบรอกโคลี-คะน้า สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. รายงานผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 11 น.

สุชีลา เตชะวงค์เสถียร กมล เลิศรัตน์ และสราวุฒิ บุศรากุล. 2539. การปรับปรุงพันธุ์ลูกผสมบรอกโคลี-คะน้า สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ: เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมบรอกโคลี-คะน้า. รายงานผลงานวิจัย. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 10 น.

อนุชา ศรีมา อัญชัญ วิรัชลาภ ประสิทธิ์ โนรี เกษม พิลึก และนิพนธ์ ไชยมงคล. 2539. อิทธิพลของจิบเบอเรลลิคแอซิดต่อผลผลิตเมล็ดพันธุ์สลัดปลี. รายงานการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 2 สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ 3-4 มิถุนายน 2539, สำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 584 น.

อัญชัญ วิรัชลาภ อนุชา ศรีมา ปรีชา รัตนัง ฉันทนา สีผึ้ง ดำเกิง ป้องพาล นิรมิต กิจรุ่งเรือง สถิตย์ วิมล ประสิทธิ์ โนรี และนิพนธ์ ไชยมงคล. 2539. การผสมพันธุ์พืชผักข้ามชนิด. รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 2 สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ 3-4 มิถุนายน 2539, สำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 584 น.

Baggett, J. R. and D. Kean. 1986. Inheritance of day to flowering in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). Euphytica 35: 97-102.

Baggett, J. R. and D. Kean. 1989. Inheritance of annual flowering in *Brassica oleracea*. HortScience. 24: 662-664.

Bassett, M.J. 1986. Breeding Vegetable Crops. AVI Publishing Company. Inc, Connecticut. 584 p.

Bellostas, N., P. Kachlicki, J.C. Sorensen and H. Sorensen. 2007. Glucosinolate profiling of seed and sprouts of *B. oleracea* varieties used for food. Scientia Horticulturae 114 :234-242

Berman, J. 2007. Broccoli extract may help prevent skin cancer. Available from: http://www.voanews. com/enlish/archive/2007-10/2007-10-23-voa73.cfm?CFID=239428926&CFTOKEN=37894832 [2010 March 26].

Bjorkman, T. and K. Pearson. 1998. High temperature arrest of inflorescence development in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* L.). Journal of Experimental Botany 49: 101-106.

Bouwkamp, C. and S. Honma. 1969. The inheritance of frost resistance and flowering response in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). Euphytica 18: 395-397.

Cunningham, J. 2007. Broccoli sprouts may help prevent skin cancer. Available from: www.indiaedunews.net/Science/Broccoli_sprouts_may_help_prevent_skin_cancer_231 [2010 March 26].

Devkota, F.R., G. Upreti, R.B. Thapa, S.M. Shakya and U. Partap. 2003. Impact honeybee pollination on productivity and quality under Chiwan condition. Journal the Institute Agriculture and Animal Science 24: 85-89.

Fahey, J.W. 2005. Role of glucoraphanin from broccoli and broccoli sprouts in protection against cancer and other oxidative and degenerative diseases. Available from: http://www. sproutnet.com/ Nutrition/Research/role_of_glucoraphanin.htm [2010 March 26].

Health. 2008. Healthcare Information Directory. (Online). Available from: http //www.ihealthdirectory.com/sulforaphane/ (2011April 17).

Hodgkin, T. 1975. Variation of flowering time in inbred Brussels sprouts and cabbage (*Brassica oleracea* L.). Euphytica 24: 691-698.

Jiang, X.M. and X.H. Yu. 2004. Stimulatory effects of low temperature treatment of germinating seeds on flower-bud differentiation in broccoli. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology 30:421-7.

Juurlink, B. 2006. Broccoli sprouts eaten during pregnancy may provide children with life-long protection against heart disease. Available from: http://www.brassica.com/press/news001.htm [2010March 26].

Lawson, S. 2005. Diet and optimum health conference. Available from: lpi.oregonstate edu/f-w05/doh.html [2010 March 26].

Liang, H., Q. Yuan. and Q. Xiao. 2006. Purification of sulforaphane from *Brassica oleracea* seed meal using low-pressure column chromatography. Journal of Chromatography 828: 91-96.

Martin, F.W. 1962. Factors affecting seed set in cross-pollination of green-sprouting broccoli (*Brassica olerace* var.*Italica*). Euphytica 11: 81-86.

Mukherjee, S and D.K. Das. 2009. Health benafits of broccoli. acta Horticulturae 841: 181-186.

Nakagawa, K., T. Umeda, O. Higuchi, T. Tsuzuki, T. Suzuki and T. Miyazawa. 2006. Evaporative light-scattering analysis of sulforaphane in broccoli samples: Quality of broccoli products regarding sulforaphane contents. Journal of Agricultural and Food Chemistry 54: 2479-2483

Putterill, J., R. Laurie and R. Macknight. 2004. It's time to flower: the genetic control of flowering time. Bioessays 26: 367-373.

Rubatzky, V.E. and M. Yamaguchi. 1983. World vegetables: principles, production and nutritive values. Chapman & Hall, USA. 843 p.

Sampson, D R. 1957. The genetics of self-and cross-incompatibility in *Brassica oleracea*. Genetics 42: 253-263.

Syafaruddin, A. Horisaki, S. Niikura, Y. Yoshioka and R. Ohsawa. 2006. Effect of floral morphology on pollination in *Brassica napus* L. Euphytica 149: 267-272.

Trenerry, V. C., D. Caridi, A. Elkins, O. Donkor and R. Jones. 2006. The determination of glucoraphanin in broccoli seeds and florest by solid phase extraction and miceller electrokinetic capillary chromatography. Food Chemistry 98: 179-187.

Verhoeven, D.T.H., H. Verhagen, R.A. Goldbohm, P.A. vant and G.V. Poppel. 1977. A review of mechanisms underlying anticarcinogenicity by brassica vegetables. Chemico-Biological Interactions 103: 79-129.

Warner, J. 2007. Broccoli sprouts may protect heart : Compound in broccoli sprouts may fight heart disease. Available from: http://www.nova.edu/cwis/ia/pubaffairs/ebulletin/health-tips/broccoli.html [2010 March 26].

Wiebe, H.J. 1975. The morphological development of cauliflower and broccoli cultivars depending on temperature. Scientia Horticulturae 3: 95-101.

Yanaka, A., S. Zhang, M. Tauchi, H. Suzuki, T. Shibahara, H. Matsui, A. Nakahara, N. Tanaka and M. Yamamoto. 2005. Role of the *nrf-2* gene in protection and repair of gastric mucosa against oxidative stress. Inflammopharmacology 13: 83-90.

Yin, Y.F., J.R. Baggett and K.E. Rowe. 1981. The effects of bud self-pollination and open flower self-pollination on the field characteristics of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). Euphytica 30: 841-845.

Young, L.W., R.W. Wilen and P.C. Bonham-Smith. 2004. High temperature stress of *Brassica napus* during flowering reduces micro- and megagametophyte fertility, induces fruit abortion, and disrupts seed production. Journal of Experimental Botany 55: 485-495.

Yulian. 2001. Study on growth and development of *Brassica*: chilling treatment of seed promote the flower bud differentiation of broccoli in highland of Bengkulu. Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia 3: 62-65.

ภาคผนวก

ภาพที่ 1 ต้นกล้าบรอกโคลีที่พร้อมย้ายปลูกลงแปลง

ก ข

ภาพภนวกที่ 2 การตัดแต่งช่อดอกบรอกโคลี ก) การตัดแต่งช่อดอกครั้งที่ 1 เมื่อช่อดอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-1.5 เซนติเมตร และ ข) การตัดแต่งช่อดอกครั้งที่ 2 เมื่อช่อดอกยืด

ก ข ค ง

ภาพภนวกที่ 3 การผสมเกสรดอกบรอกโคลี ก) ดอกที่ยังไม่ได้ตอนเกสรเพศผู้ ข) ดอกที่ผ่านการตอนเกสรเพศผู้ ค) การเตรียมเกสรเพศผู้ และ ง) การผสมเกสร

ภาพผนวกที่ 4 ต้นอ่อนบรอกโคลีที่อายุ 5 วัน หลังงอก

ภาพผนวกที่ 5 การนำต้นอ่อนบรอกโคลีไปประกอบอาหาร

แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อต้นอ่อนบรอกโคลี (broccoli sprouts)

คำชี้แจง : ขอความกรุณาท่านตอบแบบสอบถามโดยทำเครื่องหมาย / ในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว

1.1 เพศ

☐ เพศชาย ☐ เพศหญิง

1.2 อายุ

☐ ต่ำกว่า 15 ปี ☐ 16-20 ปี ☐ 21-30 ปี ☐ 31-50 ปี

☐ 51 ปีขึ้นไป

1.3 ระดับการศึกษา

☐ ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนต้น ☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. ☐ อนุปริญญา/ปวส.

☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก

1.4 อาชีพ

☐ ข้าราชการ ☐ รัฐวิสาหกิจ ☐ เอกชน ☐ รับจ้างทั่วไป

☐ เกษตรกร ☐ อื่นๆ.....

ส่วนที่ 2 ทัศนคติและความพึงพอใจของผู้บริโภค

2.1 ท่านรู้จักต้นอ่อนบรอกโคลี (broccoli sprouts) หรือไม่

☐ รู้จัก ☐ ไม่รู้จัก

2.2 ท่านทราบหรือไม่ว่าในผักบรอกโคลีมีซัลโฟราเฟน (Sulforaphane) ที่ช่วยป้องกันการเกิดมะเร็ง

☐ ทราบ ☐ ไม่ทราบ

2.3 ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรต่อการบริโภคต้นอ่อนบรอกโคลี

ทัศนคติและความพึงพอใจ	ระดับความพึงพอใจ				
	ไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
1. กลิ่น					
2. รสชาติ					

2.4 ถ้ามีผลิตภัณฑ์จากต้นอ่อนบรอกโคลีจำหน่ายท่านสนใจซื้อหรือไม่

☐ สนใจซื้อ ☐ ไม่สนใจซื้อ

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

.....

.....

.....