B20163

รายงานวิจัยประจำปี 2553

โครงการวิจัยที่ 3011-3754

เรื่อง การคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์บรอกโคลีเพื่อผลิตต้นอ่อนที่มีซัลโฟราเฟนสูง

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

มูลนิธิ โครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

หัวหน้าโครงการวิจัย

รศ.ดร. ณัฐา โพธาภรณ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ได้รับทุนวิจัยสนับสนุนจากมูลนิธิโครงการหลวง

เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2553

รายงานวิจัยประจำปี 2553

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 ธันวาคม พ.ศ. 2553

กิตติกรรมประกาศ

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

ทั้งนี้คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลการการวิจัยที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนเพื่อการปรับปรุงพันธุ์บรอกโคลีเพื่อให้ได้พันธุ์ใหม่ที่มีซัลโฟราเฟนที่สูงขึ้นต่อไป

คณะผู้วิจัย

ธันวาคม พ.ศ. 2553

มูลนิธิโครงการหลวง
ROYAL PROJECT FOUNDATION

บทคัดย่อ

การคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์บรอกโคลีเพื่อผลิตต้นอ่อนที่มีซัลโฟราเฟนสูง ดำเนินการทดลองระหว่าง เดือนตุลาคม ปี 2552 ถึง เดือนธันวาคม ปี 2553 ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวง-อินทนนท์ สถานีเกษตรหลวงปางดะ และ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง จ. เชียงใหม่ สามารถคัดเลือกลูกผสม F_1 ได้จำนวน 9 คู่ และพบว่า ลูกผสมดังกล่าวมีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงกว่าพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ จึงนำลูกผสมดังกล่าวไปปลูกแล้วปล่อยให้ผสมแบบเปิด สามารถคัดเลือก ได้จำนวน 4 คู่ผสม ที่มีแนวโน้มติดเมล็ดสูงกว่าพันธุ์อื่น ได้แก่ ลูกผสม Top Green × Montop, Top Green × Packman, Top Green × F29A และ F29A × Top Green เก็บเมล็ดลูกผสมดังกล่าวเพื่อนำไปผสมแบบเปิดโดยใช้ผึ้งต่อไป

มูลนิธิ โครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

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. Selected 9 crosses from F_1 and these hybrids were Sulforaphane higher than parents. The studies of open pollinated F_1 can be selected 4 crosses have the greatest number of seeds, were hybrids Top Green × Montop, Top Green × Packman, Top Green × F29A and F29A × Top Green. Selection those hybrids for open pollinated using the bees.

มูลนิธิ โครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
สารบาญตาราง	ง
สารบาญภาพ	ฉ
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	25
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ	44
เอกสารอ้างอิง	46
ภาคผนวก	51

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ปริมาณสารอาหารในบรอกโคลี100 กรัม	5
2	แสดงการผสมพันธุ์ของพืชเมื่อมียีนควบคุมการผสมตัวเองไม่ติดในระบบ gametophytic และ sporophytic	14
3	รายชื่อพันธุ์บรอกโคลีและรายชื่อบริษัทที่มาของเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการทดลอง	17
4	จำนวนวันตั้งแต่วันเพาะเมล็ดถึงวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ วันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ และวันเก็บฝัก ของบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2552	26
5	ความสูงของต้นและความกว้างของทรงพุ่มในระยะรับประทานดอก ของบรอกโคลีพันธุ์การค้า ที่ปลูก ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2552	28
6	จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น ของบรอกโคลีพันธุ์การค้า ที่ปลูก ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2552	30
7	จำนวนเมล็ดต่อฝัก ที่ได้จากคู่ผสมของบรอกโคลีต่างๆ ที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2553	32
8	เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดบรอกโคลีลูกผสมที่อายุ 5 วัน หลังเพาะเมล็ดที่ได้จากการปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ	34
9	ปริมาณซัลโฟราเฟนของต้นอ่อนบรอกโคลีลูกผสม F_1 ที่อายุ 5 วัน หลังงอก	35
10	ความสูงของต้นและความกว้างของทรงพุ่มเมื่อระยะรับประทานดอก ของบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์และลูกผสม ที่ปลูกทดสอบพันธุ์ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระหว่างเดือนกันยายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2553	38
11	ความยาวของใบ ความกว้างของใบ และจำนวนใบต่อต้นของบรอกโคลี พันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์และลูกผสม ที่ปลูกทดสอบพันธุ์ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระหว่างเดือนกันยายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2553	39

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
12	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางของช่อดอก ความสูงของช่อดอก และน้ำหนักของช่อดอก ของบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ และลูกผสมที่ปลูกทดสอบพันธุ์ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระหว่างเดือนกันยายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2553	41
13	ปริมาณซัลโฟราเฟนในใบและดอกบรอกโคลีระยะรับประทานดอกของลูกผสมบรอกโคลี F_1 และพันธุ์การค้า	42
14	จำนวนเมล็ด/ฝัก และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น ของบรอกโคลีลูกผสม ที่ปลูก ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555	43

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของบรอกโคลี	3
2	ลักษณะการติดเมล็ดพันธุ์ในดอกระยะต่างๆ ของพืชตระกูลกะหล่ำ	15
3	ต้นกล้าบรอกโคลีที่พร้อมย้ายปลูกลงแปลง	18
4	ต้นบรอกโคลีหลังปลูกลงแปลง 1 สัปดาห์ ที่ปลูก ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์	19
5	ดอกบรอกโคลีระยะรับประทานดอก	19
6	การถ่ายเรณูตามธรรมชาติโดยแมลง	19
7	การตัดแต่งช่อดอกบรอกโคลี	21
8	การใช้มุ้งตาข่ายคลุมต้นบรอกโคลีแยกเป็นพันธุ์	2
9	การผสมเกสรดอกบรอกโคลี	21
10	ต้นบรอกโคลีที่มีฝักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล 50 เปอร์เซ็นต์	22
11	ต้นอ่อนบรอกโคลีอายุ 5 วัน หลังงอก	23
12	ต้นบรอกโคลีพันธุ์การค้าเมื่ออายุ 98 วัน หลังเพาะเมล็ดที่ปลูก ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์	26
13	ดอกบรอกโคลีพันธุ์ต่างๆ เมื่ออายุ 98 วัน หลังเพาะเมล็ดที่ปลูก ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์	27
14	ดอกและต้นบรอกโคลีที่เป็นโรคแสดงอาการเน่าที่ปลูก ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์	29
15	ฝักบรอกโคลีพันธุ์ต่างๆ เมื่ออายุ 105 วัน หลังเพาะเมล็ดที่ปลูก ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์	29
16	ต้นบรอกโคลีพันธุ์การค้าเมื่ออายุ 48 วัน หลังเพาะเมล็ด ที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ	31
17	ต้นอ่อนของบรอกโคลีลูกผสมที่อายุ 5 วันหลังเพาะเมล็ด ที่ได้จากการปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ	33
18	ต้นบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์และลูกผสมเมื่ออายุ 89 วัน หลังเพาะเมล็ด ที่ปลูกทดสอบพันธุ์ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ	35

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
19	ลักษณะช่อดอกบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์และลูกผสมในระยะรับประทานดอก	37

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบัน มนุษย์มีความใส่ใจในสุขภาพมากขึ้น จึงบริโภคอาหาร โดยเฉพาะผักและผลไม้ที่มีประโยชน์ 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

จากผลการดำเนินงานในปีที่ 1 (ตุลาคม 2551-กันยายน 2552) พบว่าต้นอ่อนของบรอกโคลีมีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงกว่าต้นอ่อนของคะน้า และเมื่อนำต้นอ่อนของบรอกโคลีมาเปรียบเทียบปริมาณซัลโฟราเฟนหลังงอกที่อายุ 3, 5 และ 7 วัน พบว่า ที่อายุ 5 วัน หลังงอก เป็นช่วงที่มีซัลโฟราเฟนสูงสุด จากนั้นจึงได้นำบรอกโคลีพันธุ์การค้าทั้ง 6 พันธุ์ได้แก่ Big Green, Top Green, Montop, Packman, 05-39 และ 20-34 มาศึกษาหาปริมาณซัลโฟราเฟน พบว่า พันธุ์ Top Green มีปริมาณซัลโฟราเฟน สูงที่สุด คือ 57.47 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง หลังจากนั้นได้นำบรอกโคลีจำนวน 10 พันธุ์ ได้แก่ Big Green, Green King, Green Queen, Montop, Top Green, F29A, 05-39, 05-40, 20-34 และ 1955 มาปลูกระหว่างเดือนพฤษภาคม - ตุลาคม พ.ศ. 2552 ที่สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ จ.เชียงใหม่ เพื่อศึกษาการออกดอกและการติดเมล็ด และคัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูง แล้วนำมาผสมข้ามเพื่อศึกษาการติดเมล็ดและปริมาณซัลโฟราเฟนในต้นอ่อนของลูกผสม ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ และทำการคัดเลือกพันธุ์ที่ติดเมล็ดดีและมีซัลโฟราเฟนสูง เพื่อนำไปปลูกปล่อยให้ผสมเปิดในพื้นที่ของโครงการหลวงต่อไป

วัตถุประสงค์ปี 2552-2553

1. คัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์บรอกโคลี เพื่อผลิตต้นอ่อนที่มีปริมาณซัลโฟราเฟนในปริมาณที่สูง โดยใช้วิธีแบบมาตรฐาน (Conventional breeding)
2. ทำการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมบรอกโคลี ที่มีปริมาณซัลโฟราเฟนในปริมาณที่สูง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถคัดเลือกและพัฒนาพันธุ์บรอกโคลีเพื่อผลิตต้นอ่อนที่ซัลโฟราเฟนในปริมาณที่สูง และเหมาะสมต่อการผลิตเพื่อจำหน่ายเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ของมูลนิธิโครงการหลวง

มูลนิธิ โครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

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) ส่วนที่นิยมบริโภคคือดอกที่พัฒนาเป็นดอกอ่อนก่อนที่ดอกบาน (มณีฉัตร, 2545)

มูลนิธิ

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 ชนิดและความเข้มข้นของกลูโคซิโนเลต (glucosinolate) แต่ละตัวมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของ *B. oleracea* ทั้งในส่วนของพืชและอายุของต้นอ่อน โดยความเข้มข้นของ แอลคาไลกลูโคซิโนเลต (alkyl glucosinolates) ลดลง ในขณะที่ indol-3-ylmethylglucosinolates เพิ่มขึ้นตามอายุของต้นอ่อน และในรากของต้นอ่อนที่มีอายุ 4 และ 7 วัน พบความเข้มข้นของกลูโคซิโนเลตสูงที่สุด ในขณะที่ cotyledon ของต้นอ่อนในช่วงเดียวกันมีความเข้มข้นของ alkylthio- และ alkylsulphinylglucosinolates สูงที่สุด

Verhoeven *et al.* (1977) กล่าวว่าการได้รับกลูโคซิโนเลตที่สูงเพียงพอ อาจต่อต้านสาเหตุการเกิดโรคมะเร็งได้ 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)

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

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 ดอกบานก่อนอายุดอกมีสีเหลือง 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 และ 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

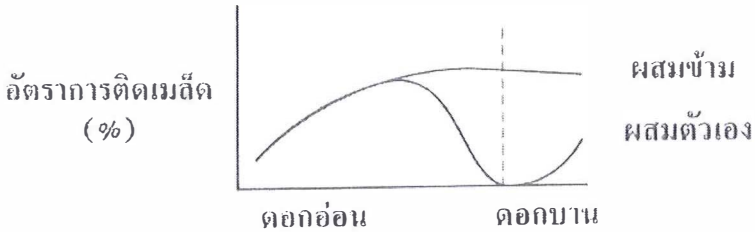
[1/] ลักษณะข่มในละอองเกสรเป็นไปตามลำดับ $S_1 > S_2 > S_3 \ldots > S_n$ แต่ไม่มีลักษณะข่มในเกสรตัวเมีย (Briggs and Knowles, 1967 อ้างโดย คมสัน, 2539)

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 ดังนั้น โอกาสที่เกสรเพศผู้งอกผ่านยอดเกสรเพศเมียจึงเพิ่มขึ้น

2.6.4 สภาวะของก๊าซในบรรยากาศ

การให้คาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ในระยะหลังผสมเกสร 2 ชั่วโมง สามารถลดการผสมตัวเองไม่ติด แต่อัตราการผสมติดเมล็ดยังไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับพันธุกรรม

Self-incompatibility เป็นอุปสรรคในการผลิตเมล็ดพันธุ์แท้ แต่มีประโยชน์ในการนำมาใช้ผลิตเมล็ดลูกผสมทางการค้า เพราะว่าไม่ต้องทำลายเกสรเพศผู้ ทำให้ไม่เสียเวลาและประหยัดค่าใช้จ่าย

ROYAL PROJECT FOUNDATION

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)

ทำการทดลอง ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ สถานีเกษตรหลวงปางดะ และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือน กันยายน พ.ศ. 2553

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

รวบรวมบรอกโคลีพันธุ์การค้าในประเทศไทยและต่างประเทศทั้งหมด 11 พันธุ์ ได้แก่ Big Green, Green King, Green Queen, Montop, Packman, Top Green, F29A, 05-39, 05-40, 20-34 และ 1955 (ตารางที่ 3) ไปปลูกทดสอบพันธุ์ในฤดูฝน เพื่อศึกษาระยะเวลาในการออกดอกและการติดเมล็ด โดยการผสมเปิดตามธรรมชาติ และผสมข้ามพันธุ์ ดังนี้

ตารางที่ 3 รายชื่อพันธุ์บรอกโคลีและรายชื่อบริษัทที่มาของเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการทดลอง

ลำดับ	รายชื่อพันธุ์	บริษัท
1	Big Green	ฉั่วย่งเซ้งพันธุ์พืช จำกัด
2	Green King	เพื่อนเกษตรกร จำกัด (KNOWN-YOU SEED (THAILAND) CO.,LTD.)
3	Green Queen	เพื่อนเกษตรกร จำกัด (KNOWN-YOU SEED (THAILAND) CO.,LTD.)
4	Montop	ซินเจนทา ซีดส์ จำกัด (Syngenta Seeds Ltd.)
5	Packman	Jonhnyseeds
6	Top Green	เจียไต๋ จำกัด
7	F29A	เจียไต๋ จำกัด
8	05-39	เรียลซีดส์ จำกัด
9	05-40	เรียลซีดส์ จำกัด
10	20-34	เพื่อนเกษตรกร จำกัด (KNOWN-YOU SEED (THAILAND) CO.,LTD.)
11	1955	เจียไต๋ จำกัด

1. ศึกษาการติดเมล็ดโดยการผสมเปิดตามธรรมชาติ

นำบรอกโคลีพันธุ์การค้าในประเทศไทยและต่างประเทศทั้งหมด 10 พันธุ์ ได้แก่ Big Green, Green King, Green Queen, Montop, Top Green, F29A, 05-39, 05-40, 20-34 และ 1955 ไปปลูกทดสอบพันธุ์ในฤดูฝน เพื่อศึกษาระยะเวลาในการออกดอกและการติดเมล็ด ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2552 ที่สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ จ.เชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (RCBD; Randomized Complete Block Design) กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 6 ต้น โดยใช้พันธุ์เป็นกรรมวิธีทดลอง (treatment) เพาะเมล็ดลงถาดหลุมวันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2552 หลังเพาะเมล็ด 25 วัน เมื่อต้นกล้ามีใบจริง 2-3 ใบ (ภาพที่ 3) ย้ายปลูกลงแปลงที่รองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอกและปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15 (ภาพที่ 4) หลังย้ายปลูกลงแปลงทำการพ่นสารละลายแคลเซียม-โบรอนทุก 1-2 สัปดาห์ พร้อมกับให้ปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15 และปุ๋ยยูเรีย พ่นสารเคมีควบคุมแมลง และสารเคมีควบคุมเชื้อราทุก 1 สัปดาห์ เมื่อเริ่มเห็นดอกบรอกโคลีบันทึกวันออกดอก และวันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ (คำนวณจาก 50 เปอร์เซ็นต์ ของต้นที่ปลูกทั้งหมดของแต่ละพันธุ์) วัดความสูงของต้นและความกว้างของทรงพุ่มเมื่อถึงระยะรับประทานดอก (ภาพที่ 5) เมื่อดอกบรอกโคลีบานปล่อยให้ผสมตามธรรมชาติ โดยอาจเป็นลมหรือแมลงชนิดต่างๆ ที่มีอยู่ในสภาพแวดล้อม เช่น ผึ้ง เป็นต้น (ภาพที่ 6) เมื่อฝักบรอกโคลีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล 50 เปอร์เซ็นต์ เก็บฝักโดยตัดทั้งต้น นำไปผึ่งในที่ร่มจนแห้ง แล้วกะเทาะเปลือกฝักออกเก็บเฉพาะเมล็ด และบันทึกข้อมูลดังนี้ อายุเก็บเกี่ยวฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น นำข้อมูลที่บันทึกได้ไปวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistic version 8

ภาพที่ 3 ต้นกล้าบรอกโคลีที่พร้อมย้ายปลูกลงแปลง

ภาพที่ 4 ต้นบรอกโคลีหลังปลูกลงแปลง 1 สัปดาห์ ที่ปลูก ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์

ภาพที่ 5 ดอกบรอกโคลีระยะรับประทานดอก

ภาพที่ 6 การถ่ายเรณูตามธรรมชาติโดยแมลง

2. ศึกษาการออกดอกและติดเมล็ดโดยการผสมข้าม

จากการนำพันธุ์บรอกโคลีที่ผ่านการวิเคราะห์ปริมาณซัลโฟราเฟนจำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่ Big Green, Top Green, F29A และ 20-34 นำไปปลูกในตู้ควบคุมอุณหภูมิ เพื่อทำการผสมข้าม พบว่า ต้นบรอกโคลีไม่สามารถออกดอกได้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ จึงได้ทำการทดลองใหม่ โดยคัดเลือกบรอกโคลีที่ผ่านการวิเคราะห์ปริมาณซัลโฟราเฟนจำนวน 6 พันธุ์ ที่มีซัลโฟราเฟนในปริมาณสูง คือ Big Green, Montop, Packman, Top Green, F29A และ 05-39 นำไปปลูกที่สถานีเกษตรหลวงปางดะ จ.เชียงใหม่ ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2553 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD; Completely Randomiged Design) โดยให้พันธุ์เป็นกรรมวิธีการทดลอง กรรมวิธีทดลองละ 7 ซ้ำ โดยใช้ช่อดอกเป็นซ้ำ เพาะเมล็ดวันที่ 22 ตุลาคม พ.ศ. 2552 ในถาดหลุม เมื่อต้นกล้ามีใบจริง 2-3 ใบ ย้ายปลูกลงกระถางขนาด 12 นิ้ว ที่ผสมวัสดุปลูกคือ ปุ๋ยคอก ดิน และกาบมะพร้าวสับ อัตราส่วน 1 : 1 : 2 หลังย้ายปลูกลงกระถางพ่นสารละลายแคลเซียม-โบรอนทุก 1-2 สัปดาห์ พร้อมกับให้ปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15 และปุ๋ยยูเรีย พ่นสารเคมีควบคุมแมลง และสารเคมีควบคุมยาเชื้อราทุก 1 สัปดาห์ เมื่อบรอกโคลีออกดอกตัดแต่งช่อดอก 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 เมื่อดอกมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1-1.5 เซนติเมตร ครั้งที่ 2 เมื่อช่อดอกยืด (ภาพที่ 7) เมื่อดอกบรอกโคลีใกล้บานนำมุ้งตาข่ายคลุมต้นบรอกโคลีแยกเป็นพันธุ์ (ภาพที่ 8) เมื่อดอกบรอกโคลีพร้อมผสม 1 วัน ตอนเกสรเพศผู้ออก (ภาพที่ 9) ช่วงเวลาในการผสมเกสรแบ่งออกเป็นเวลาเช้าในช่วง 7.00-10.00 น. เวลาเย็นในช่วง 16.00-18.00 น. ทำการผสมข้าม 24 คู่ คือคู่ผสม Big Green × F29A, Big Green × Montop, Big Green × Top Green, Big Green × 05-39, Montop × Big Green, Montop × F29A, Montop × Top Green, Montop × 05-39, Packman × F29A, Top Green × Big Green, Top Green × F29A, Top Green × Montop, Top Green × Packman, Top Green × 05-39, F29A × Big Green, F29A × Montop, F29A × Packman, F29A × Top Green, F29A × 05-39, 05-39 × Big Green, 05-39 × F29A, 05-39 × Montop, 05-39 × Packman และ 05-39 × Top Green เมื่อฝักบรอกโคลีเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล 50 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 10) เก็บเกี่ยวฝักแล้วนำไปผึ่งในที่ร่มให้แห้ง จากนั้นบันทึกข้อมูล จำนวนเมล็ดต่อฝัก นำข้อมูลที่บันทึกไปวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistic version 8

ก ข

ภาพที่ 7 การตัดแต่งช่อดอกบรอกโคลี ก) การตัดแต่งช่อดอกครั้งที่ 1 เมื่อช่อดอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-1.5 เซนติเมตร และ ข) การตัดแต่งช่อดอกครั้งที่ 2 เมื่อช่อดอกยืด

ภาพที่ 8 การใช้มุ้งตาข่ายคลุมต้นบรอกโคลีแยกเป็นพันธุ์

ก ข ค ง

ภาพที่ 9 การผสมเกสรดอกบรอกโคลี ก) ดอกที่ยังไม่ได้ตอนเกสรเพศผู้ ข) ดอกที่ผ่านการตอนเกสรเพศผู้ ค) การเตรียมเกสรเพศผู้ และ ง) การผสมเกสร

ภาพที่ 10 ต้นบรอกโคลีที่มีฝักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล 50 เปอร์เซ็นต์

3. ศึกษาความงอกของเมล็ดลูกผสม F_1

คัดเลือกเมล็ดลูกผสมจากการข้อ 2 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

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

4. ศึกษาปริมาณซัลโฟราเฟนในต้นอ่อนของบรอกโคลีลูกผสม F_1

คัดเลือกเมล็ดลูกผสมจำนวน 3 คู่ ที่มีปริมาณเมล็ดเพียงพอต่อการนำไปวิเคราะห์ซัลโฟราเฟน คือ ลูกผสม Top Green × Packman, F29A × Montop และ F29A × Packman ไปเพาะในกล่องพลาสติกที่รองด้วยกระดาษเพาะเมล็ด หลังเมล็ดงอก 5 วัน (ภาพที่ 11) นำต้นอ่อนของบรอกโคลีไปวิเคราะห์หาปริมาณซัลโฟราเฟนโดยเครื่อง HPLC (high performance liquid chromatography) ที่ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตามวิธีของ Sivakumar *et al.* (2007) 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 นำไปละลายด้วยเมทานอล ความเข้มข้น 100% ปริมาตร 2 มิลลิลิตร นำไปกรองด้วยกระดาษกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร และนำไปฉีดเข้าเครื่อง HPLC

ภาพที่ 11 ต้นอ่อนบรอกโคลีอายุ 5 วัน หลังงอก

5. 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) นำเมล็ดไปเพาะในถาดหลุม เมื่อเมล็ดงอกและมีใบจริง 2-3 ใบ ย้ายปลูกลงแปลงที่รองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอกและปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15 หลังปลูกลงแปลงทำการพ่นสารละลายแคลเซียม-โบรอน ทุก 1-2 สัปดาห์ พร้อมกับให้ปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15 และปุ๋ยยูเรีย พ่นสารเคมีควบคุมแมลง และสารเคมีควบคุมเชื้อราทุก 1 สัปดาห์ เมื่อต้นบรอกโคลีออกดอกและเจริญเติบโตถึงระยะรับประทานดอก บันทึกความสูงของต้น ความกว้างของทรงพุ่ม ความยาวของใบ ความกว้างของใบ จำนวนใบต่อต้น หลังการบันทึกข้อมูลด้านการเจริญเติบโต ตัดช่อดอกบรอกโคลีโดยไว้ก้านช่อดอกยาวประมาณ 7 เซนติเมตร จากก้านช่อดอกย่อยลงมา บันทึกเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางของช่อดอก ความสูงของช่อดอก จากจุดแตกแขนงของก้านช่อดอกย่อยขึ้นไป และน้ำหนักของช่อดอก นำข้อมูลที่บันทึกไปวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistic version 8

6. ศึกษาปริมาณซัลโฟราเฟนของลูกผสมบรอกโคลี F_1 ใน ใบ และดอก

ตัดใบ และดอกบรอกโคลีระยะรับประทานดอก จากข้อที่ 5 โดยเป็นลูกผสม 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 ตัวอย่างละประมาณ ½ กิโลกรัม นำไปวิเคราะห์หาปริมาณซัลโฟราเฟนตามวิธีการในข้อที่ 1

7. ศึกษาการติดเมล็ดของลูกผสมบรอกโคลี 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 ไปปลูก ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึง เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2555 นำเมล็ดไปเพาะในถาดหลุม เมื่อเมล็ดงอกและมีใบจริง 2-3 ใบ ย้ายปลูกลงแปลงที่รองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอกและปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15 จำนวน 20 ต้นต่อสายพันธุ์ หลังปลูกลงแปลงทำการพ่นสารละลายแคลเซียม-โบรอน ทุก 1-2 สัปดาห์ พร้อมกับให้ปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15 และปุ๋ยยูเรีย พ่นสารเคมีควบคุมแมลง และสารเคมีควบคุมเชื้อราทุก 1 สัปดาห์ เมื่อเริ่มออกดอก ทำการตัดแต่งช่อดอกเหมือนข้อที่ 1 เมื่อดอกใกล้บาน นำมุ้งตาข่ายคุมเพื่อป้องกันการผสมข้ามสายพันธุ์ เมื่อดอกบาน สุ่มเคาะเกสรในสายพันธุ์เดียวกันลงในจานเพาะเชื้อ (Petri Dish) เมื่อได้ปริมาณเพียงพอ ใช้พู่กันแตะเกสรตัวผู้ นำไปแตะบนยอดเกสรตัวเมีย ในสายพันธุ์เดียวกันจนกระทั่งดอกบานหมด เมื่อฝักแก่และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล 50% เก็บฝักโดยตัดทั้งช่อดอก นำไปผึ่งในร่มให้แห้ง บันทึกข้อมูล จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น นำข้อมูลที่บันทึกไปวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistic version 8

บทที่ 4
ผลการวิจัย

รวบรวมบรอกโคลีพันธุ์การค้าในประเทศไทยและต่างประเทศทั้งหมด 11 พันธุ์ ได้แก่ Big Green, Green King, Green Queen, Montop, Packman, Top Green, F29A, 05-39, 05-40, 20-34 และ 1955 ไปปลูกทดสอบพันธุ์ในฤดูฝน เพื่อศึกษาระยะเวลาในการออกดอกและการติดเมล็ด โดยการผสมเปิดตามธรรมชาติ และผสมข้าม ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ และ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ดังนี้

1. ศึกษาการติดเมล็ดโดยการผสมเปิดตามธรรมชาติ

เมื่อนำพันธุ์บรอกโคลีจำนวน 10 พันธุ์ คือพันธุ์ Big Green, Green King, Green Queen, Montop, Top Green, F29A, 05-39, 05-40, 20-34 และ 1955 ไปปลูกในฤดูฝนที่สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ จ. เชียงใหม่ ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 พบว่าหลังการเพาะเมล็ดมีเมล็ดบรอกโคลีงอกเพียง 8 พันธุ์ คือพันธุ์ Big Green, Green King, Montop, Top Green, F29A, 05-39, 05-40 และ 20-34 เมื่อย้ายลงแปลงปลูก พบว่ามีลักษณะทางพืชสวนดังต่อไปนี้

1.1 การเจริญเติบโต

การเปรียบเทียบจำนวนวันจากวันเพาะเมล็ดถึงวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ และวันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่า พันธุ์ 20-34 ออกดอกเร็วที่สุด คือ 63 วัน หลังวันเพาะเมล็ด พันธุ์ Green King ใช้จำนวนวันในการออกดอกนานที่สุด คือ 84 วัน หลังวันเพาะเมล็ด พันธุ์ 05-40 ใช้จำนวนวันจากวันเพาะเมล็ดถึงวันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์เร็วที่สุด คือ 84 วัน ในขณะที่พันธุ์ Big Green และ Green King ใช้จำนวนวันจากวันเพาะเมล็ดถึงวันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์นานที่สุด คือ 105 วัน (ตารางที่ 4, ภาพที่ 12-13)

ตารางที่ 4 จำนวนวันตั้งแต่วันเพาะเมล็ดถึงวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ วันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ และวันเก็บฝัก ของบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2552

พันธุ์	จำนวนวันจากวันเพาะเมล็ด		
	วันออกดอก 50% (วัน)	วันดอกบาน 50% (วัน)	วันเก็บฝัก (วัน)
Big Green	77	105	N
Green King	84	105	N
Montop	70	98	N
Top Green	77	91	132
F29A	70	91	153
05-39	70	91	155
05-40	70	84	174
20-34	63	91	174

หมายเหตุ : N = ไม่มีข้อมูลเนื่องจากต้นตายทั้งหมด

ภาพที่ 12 ต้นบรอกโคลีพันธุ์การค้าเมื่ออายุ 98 วัน หลังเพาะเมล็ดที่ปลูก ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์

ภาพที่ 13 ดอกบรอกโคลีพันธุ์ต่างๆ เมื่ออายุ 98 วัน หลังเพาะเมล็ดที่ปลูก ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ ก) พันธุ์ Big Green ข) พันธุ์ Green King ค) พันธุ์ Montop ง) พันธุ์ Top Green จ) พันธุ์ F29A ฉ) พันธุ์ 05-39 ช) พันธุ์ 05-40 และ ซ) พันธุ์ 20-34

ผลการเปรียบเทียบความสูงของต้นและความกว้างของทรงพุ่มในระยะรับประทานดอก พบว่า พันธุ์ 05-40 มีความสูงของต้นเฉลี่ยมากที่สุด คือ 75.17 เซนติเมตร ส่วนพันธุ์ Big Green, Green King และ Montop มีความสูงของต้นเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 41.42, 35.92 และ 41.39 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติในด้านความกว้างของทรงพุ่มระหว่างบรอกโคลี 8 พันธุ์ คือมีความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 80.52-91.56 เซนติเมตร (ตารางที่ 5)

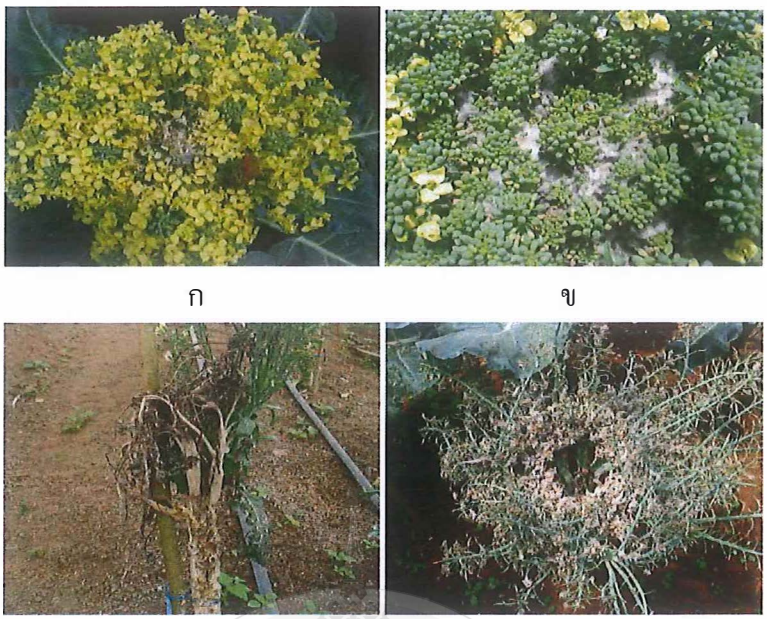
ตารางที่ 5 ความสูงของต้นและความกว้างของทรงพุ่มในระยะรับประทานดอกของบรอกโคลี พันธุ์การค้า ที่ปลูก ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2552

พันธุ์	ความสูงของต้น (เซนติเมตร) [1/]	ความกว้างของทรงพุ่ม (เซนติเมตร) [ns]
Big Green	41.42 [c]	86.12
Green King	35.92 [c]	81.25
Montop	41.39 [c]	91.56
Top Green	49.92 [b]	80.52
F29A	48.83 [b]	87.40
05-39	52.78 [b]	83.52
05-40	75.17 [a]	89.00
20-34	53.50 [b]	78.85
$LSD_{0.05}$	6.40	14.00

[1/]ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยการเปรียบเทียบแบบ Least Significant Difference (n = 3)

[ns]ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยการวิเคราะห์ ANOVA (n = 3)

หลังดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ พบการเน่าของช่อดอกและลำต้นในพันธุ์ Big Green, Green King และ Montop (ภาพที่ 14) จึงสามารถเก็บฝักได้เพียง 5 พันธุ์ คือพันธุ์ Top Green, F29A, 05-39, 05-40 และ 20-34 (ภาพที่ 15) ซึ่งผลการนับจำนวนวันตั้งแต่วันเพาะเมล็ดถึงวันเก็บฝักของ 5 พันธุ์ ดังกล่าว พบว่า พันธุ์ Top Green สามารถเก็บฝักได้เร็วที่สุดคือ 132 วัน หลังวันเพาะเมล็ด ในขณะที่พันธุ์ 05-40 และ 20-34 ใช้ระยะเวลาจนถึงวันเก็บฝักนานที่สุด คือ 174 วัน หลังวันเพาะเมล็ด (ตารางที่ 4)



ก ข

ค ง

ภาพที่ 14 ดอกและต้นบรอกโคลีที่เป็นโรคแสดงอาการเน่าที่ปลูก ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ ก และ ข) ดอก ค และ ง) ลำต้น

ก ข ค

ง จ

ภาพที่ 15 ฝักบรอกโคลีพันธุ์ต่างๆ เมื่ออายุ 105 วัน หลังเพาะเมล็ดที่ปลูก ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ ก) Top Green ข) F24A ค) 05-40 ง) 05-39 และ จ) 20-34

1.2 การติดเมล็ด

เมื่อนำฝักบรอกโคลีที่เก็บได้ไปผึ่งในร่มจนกระทั่งฝักแห้ง เปิดฝักนับจำนวนเมล็ดต่อฝัก และชั่งน้ำหนักเมล็ดต่อต้น พบว่าพันธุ์ พันธุ์ Top Green และพันธุ์ 05-40 มีจำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ยมากที่สุด คือ 5.8 และ 5.9 เมล็ดต่อฝัก ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติจากพันธุ์ 05-39 และพันธุ์ 20-34 ซึ่งพันธุ์ 05-39 และพันธุ์ 20-34 มีจำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ยน้อยสุดคือ 1.0 และ 0.5 เมล็ดต่อฝัก ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

พันธุ์ Top Green และพันธุ์ 05-40 มีน้ำหนักเมล็ดต่อต้นเฉลี่ยมากที่สุด คือ 2.92 และ 3.02 กรัมต่อต้น ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติจากพันธุ์ 05-39 และพันธุ์ 20-34 ซึ่งมีน้ำหนักเมล็ดต่อต้นเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 0.09 และ 0.07 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น ของบรอกโคลีพันธุ์การค้า ที่ปลูก ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2552

พันธุ์	จำนวนเมล็ดต่อฝัก[1/]	น้ำหนักเมล็ดต่อต้น(กรัม)[1/]
Top Green	5.8[a]	2.92[a]
F29A	3.3[ab]	1.92[ab]
05-40	5.9[a]	3.02[a]
05-39	1.0[b]	0.09[b]
20-34	0.5[b]	0.07[b]
$LSD_{0.05}$	4.2	2.30

[1/]ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยการเปรียบเทียบแบบ Least Significant Difference (n = 3)

2. ศึกษาการออกดอกและติดเมล็ดโดยการผสมข้าม

คัดเลือกบรอกโคลีพันธุ์การค้า ที่ผ่านการวิเคราะห์ปริมาณซัลโฟราเฟนจำนวน 6 พันธุ์ ที่มีซัลโฟราเฟนในปริมาณสูง คือ Big Green, Montop, Packman, Top Green, F29A และ 05-39 ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ จ.เชียงใหม่ ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2553 (ภาพที่ 16) ทำการผสมข้ามแบบพบกันหมดของบรอกโคลีพันธุ์การค้า 6 พันธุ์ พบว่าสามารถติดฝักได้ 24 คู่ผสม คือคู่ผสมระหว่าง Big Green × F29A, Big Green × Montop, Big Green × Top Green, Big Green × 05-39, Montop × Big Green, Montop × F29A, Montop × Top Green,

Montop × 05-39, Packman × F29A, Top Green × Big Green, Top Green × F29A, Top Green × Montop, Top Green × Packman, Top Green × 05-39, F29A × Big Green, F29A × Montop, F29A × Packman, F29A × Top Green, F29A × 05-39, 05-39 × Big Green, 05-39 × F29A, 05-39 × Montop, 05-39 × Packman และ 05-39 × Top Green เมื่อเปิดฝักบรอกโคลีพบว่ามี 11 คู่ผสมที่สามารถติดเมล็ดได้คือคู่ผสมระหว่าง 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 และพบว่าคู่ผสมระหว่าง Top Green × Packman มีจำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ยมากที่สุด คือ 8.0 เมล็ดต่อฝัก แตกต่างทางสถิติจากคู่ผสมอื่นๆ ในขณะที่คู่ผสมระหว่าง F29A × Big Green มีจำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 0.4 เมล็ดต่อฝัก แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติของน้ำหนักเมล็ดต่อฝักระหว่างคู่ผสมต่างๆ โดยน้ำหนักเมล็ดต่อฝักเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.005-0.029 กรัมต่อฝัก (ตารางที่ 7)

ภาพที่ 16 ต้นบรอกโคลีพันธุ์การค้าเมื่ออายุ 48 วัน หลังเพาะเมล็ด ที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ

ตารางที่ 7 จำนวนเมล็ดต่อฝัก ที่ได้จากคู่ผสมของบรอกโคลีต่างๆ ที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2553

คู่ผสม	จำนวนเมล็ดต่อฝัก[1/]
Big Green × F29A	1.2[ef]
Big Green × Montop	N
Big Green × Top Green	6.7[ab]
Big Green × 05-39	N
Montop × Big Green	N
Montop × F29A	N
Montop × Top Green	N
Montop × 05-39	N
Packman × F29A	N
Top Green × Big Green	N
Top Green × F29A	3.5[cde]
Top Green × Montop	5.1[bcd]
Top Green × Packman	8.0[a]
Top Green × 05-39	2.5[def]
F29A × Big Green	0.4[f]
F29A × Montop	5.5[abc]
F29A × Packman	6.9[ab]
F29A × Top Green	1.2[ef]
F29A × 05-39	N
05-39 × Big Green	N
05-39 × F29A	N
05-39 × Montop	N
05-39 × Packman	1.1[ef]
05-39 × Top Green	N
$HSD_{0.05}$	2.66

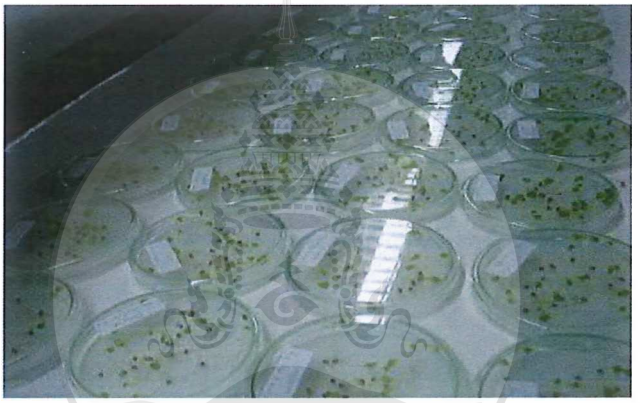
[1/]ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยการเปรียบเทียบแบบ Honestly Significant Difference (n = 7)

หมายเหตุ : N = ไม่ติดเมล็ด

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

3. ศึกษาความงอกของเมล็ดลูกผสม F_1

คัดเลือกเมล็ดลูกผสมจากข้อที่ 2 จำนวน 10 พันธุ์ คือลูกผสม 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 × Packman แล้วนำเมล็ดไปเพาะในจานเพาะเชื้อ (Petri Dish) ที่รองด้วยกระดาษเพาะเมล็ด หลังการเพาะเมล็ดเป็นเวลา 5 วัน (ภาพที่ 17) นับจำนวนเมล็ดที่งอก พบว่าเมล็ดลูกผสม Top Green × Montop และ F29A × Packman มีเปอร์เซ็นต์ความงอก 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ลูกผสม Big Green × Top Green มีเปอร์เซ็นต์ความงอกเพียง 42.50 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 8)



ภาพที่ 17 ต้นอ่อนของบรอกโคลีลูกผสมที่อายุ 5 วันหลังเพาะเมล็ด ที่ได้จากการปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

ตารางที่ 8 เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดบรอกโคลีลูกผสมที่อายุ 5 วัน หลังเพาะเมล็ด ที่ได้จากการปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ

ลูกผสม	เปอร์เซ็นต์ความงอก
Big Green × F29A	93.75
Big Green × Top Green	42.50
Top Green × Montop	100.00
Top Green × Packman	95.00
Top Green × F29A	92.50
Top Green × 05-39	98.75
F29A × Big Green	98.33
F29A × Montop	96.25
F29A × Packman	100.00
05-39 × Packman	98.33

หมายเหตุ : เพาะเมล็ดพันธุ์ละ 20 เมล็ดต่อซ้ำ จำนวน 3-4 ซ้ำ

4. ศึกษาปริมาณซัลโฟราเฟนในต้นอ่อนของบรอกโคลีลูกผสม F_1

คัดเลือกเมล็ดลูกผสมจากข้อที่ 2 จำนวน 3 คู่ ที่มีปริมาณเมล็ดเพียงพอต่อการนำไปวิเคราะห์ซัลโฟราเฟน คือ ลูกผสม Top Green × Packman, F29A × Montop และ F29A × Packman ไปวิเคราะห์หาปริมาณซัลโฟราเฟนเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ พบว่าต้นอ่อนลูกผสม F29A × Packman มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงสุดคือ 4.34 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง รองลงมาคือลูกผสม Top Green × Packman, ลูกผสม F29A × Montop, พันธุ์ Montop, พันธุ์ Top Green และพันธุ์ Packman โดยมีปริมาณซัลโฟราเฟนเท่ากับ 3.45, 3.34, 2.10, 1.91 และ 1.65 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ปริมาณซัลโฟราเฟนของต้นอ่อนบรอกโคลีลูกผสม F_1 ที่อายุ 5 วัน หลังงอก

พันธุ์/ลูกผสม	ปริมาณซัลโฟราเฟน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง)
Montop	2.10
Packman	1.65
Top Green	1.91
Top Green × Packman	3.45
F29A × Montop	3.34
F29A × Packman	4.34

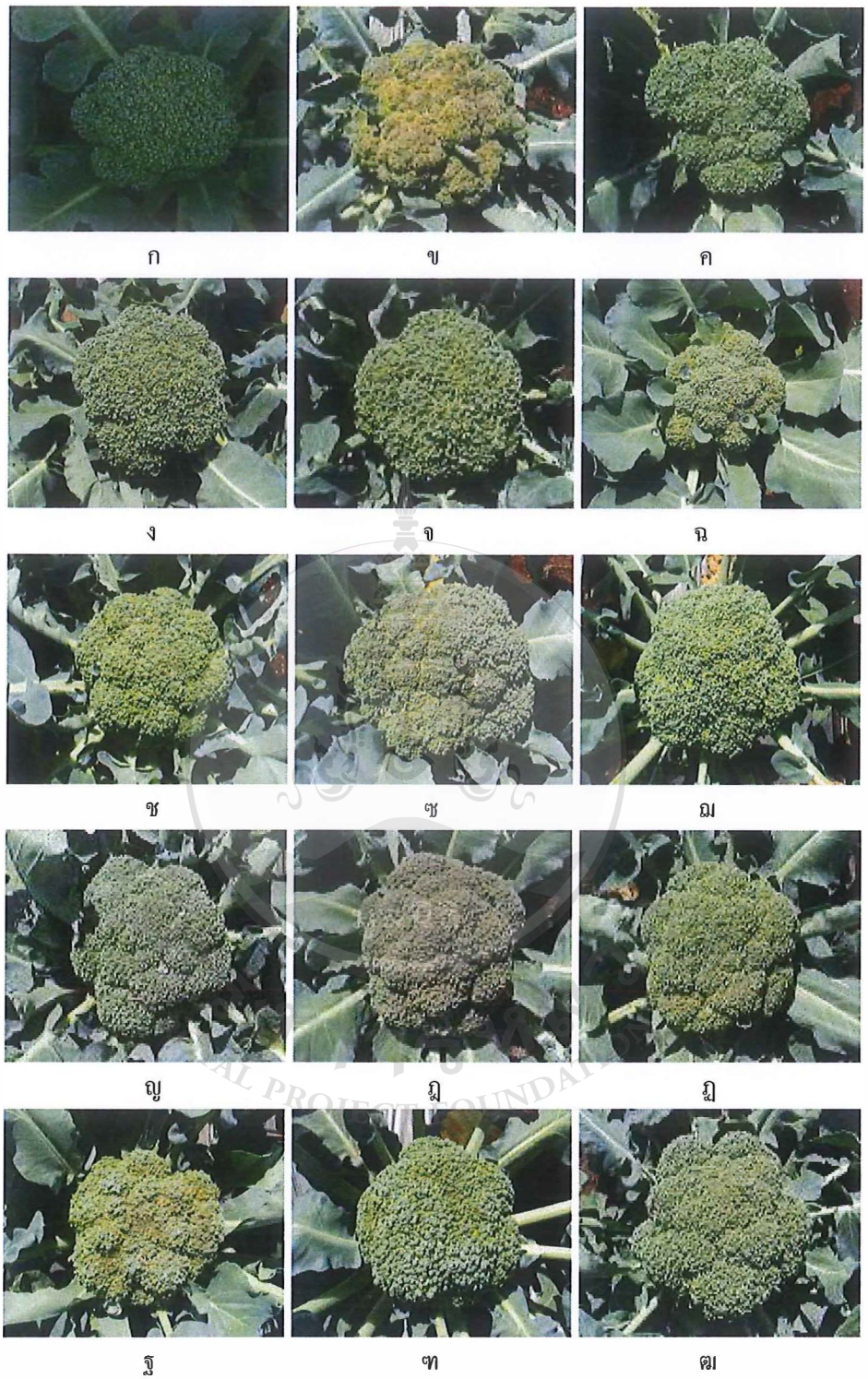
5. การปลูกทดสอบพันธุ์ลูกผสมบรอกโคลี F_1

คัดเลือกเมล็ดลูกผสมที่ได้จากข้อที่ 2 จำนวน 9 พันธุ์ คือลูกผสมของ 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 และพันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์จำนวน 6 พันธุ์ คือ Big Green, Montop, Packman, Top Green, F29A และ 05-39 แล้วนำไปปลูกทดสอบพันธุ์ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ จ.เชียงใหม่ ระหว่างเดือนกันยายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2553 (ภาพที่ 18) พบว่ามีลักษณะทางพืชสวนดังต่อไปนี้

ภาพที่ 18 ต้นบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์และลูกผสมเมื่ออายุ 89 วัน หลังเพาะเมล็ด ที่ปลูกทดสอบพันธุ์ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ

เมื่อระยะรับประทานดอก (ภาพที่ 19) พันธุ์ Big Green มีความสูงของต้นเฉลี่ยมากที่สุด คือ 29.97 เซนติเมตร แตกต่างทางสถิติจากลูกผสม Top Green × Packman และ Top Green × 05-39 ซึ่งมีความสูงของต้นเฉลี่ย 24.17 และ 24.20 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติด้านความกว้างของทรงพุ่มระหว่างพันธุ์การค้าและลูกผสม โดยบรอกโคลีทั้งหมดมีความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 74.63-89.33 เซนติเมตร (ตารางที่ 10)

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION



ภาพที่ 19 ลักษณะช่อดอกบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์และลูกผสม ในระยะรับประทานดอก ก) Big Green ข) Montop ค) Packman ง) Top Green จ) F29A ฉ) 05-39 ช) Big Green × F29A ซ) Top Green × Montop ฌ) Top Green × Packman ญ) Top Green × F29A ฎ) Top Green × 05-39 ฏ) F29A × Montop ฐ) F29A × Packman ฑ) F29A × Packman และ ฒ) 05-39 × Packman

ตารางที่ 10 ความสูงของต้นและความกว้างของทรงพุ่มเมื่อระยะรับประทานดอกของบรอกโคลี พันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์และลูกผสม ที่ปลูกทดสอบพันธุ์ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระหว่างเดือนกันยายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2553

พันธุ์/ลูกผสม	ความสูงของต้น(เซนติเมตร) [1/]	ความกว้างของทรงพุ่ม (เซนติเมตร) [ns]
Big Green	29.97[a]	75.25
Montop	28.22[ab]	81.22
Packman	27.72[ab]	83.69
Top Green	27.90[ab]	80.31
F29A	28.58[ab]	86.46
05-39	28.46[ab]	78.67
Big Green × F29A	25.93[ab]	74.63
Top Green × Montop	28.48[ab]	81.36
Top Green × Packman	24.17[b]	81.19
Top Green × F29A	29.25[ab]	88.13
Top Green × 05-39	24.20[b]	77.47
F29A × Montop	25.71[ab]	79.91
F29A × Packman	28.65[ab]	87.33
F29A × Top Green	29.00[ab]	82.07
05-39 × Packman	26.69[ab]	89.33
$HSD_{0.05}$	5.25	20.29

[1/]ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยการเปรียบเทียบแบบ Honestly Significant Difference (n = 3)

[ns]ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยการวิเคราะห์ ANOVA (n = 3)

พันธุ์ F29A มีความยาวของใบเฉลี่ยมากที่สุด คือ 47.77 เซนติเมตร แตกต่างทางสถิติจากพันธุ์ Big Green, ลูกผสม Big Green × F29A และ Big Green × 05-39 ลูกผสม Big Green × F29A มีความยาวของใบเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 35.13 เซนติเมตร ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติในด้านความกว้างของใบและจำนวนใบระหว่างพันธุ์การค้าและลูกผสมโดยมีความกว้างใบเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 16.90-24.46 เซนติเมตร และมีจำนวนใบเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 12.18-15.42 ใบ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ความยาวของใบ ความกว้างของใบ และจำนวนใบต่อต้นของบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์และลูกผสม ที่ปลูกทดสอบพันธุ์ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระหว่างเดือนกันยายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2553

พันธุ์/ลูกผสม	ความยาวของใบ (เซนติเมตร) [1/]	ความกว้างของใบ (เซนติเมตร)[ns]	จำนวนใบต่อต้น[ns]
Big Green	37.55[bcd]	16.90	12.47
Montop	42.17[abcd]	17.89	14.78
Packman	44.50[abc]	24.17	12.50
Top Green	42.39[abcd]	20.93	15.19
F29A	47.77[a]	24.46	15.19
05-39	41.58[abcd]	20.17	12.18
Big Green × F29A	35.13[d]	19.73	13.40
Top Green × Montop	40.50[abcd]	18.93	13.30
Top Green × Packman	39.64[abcd]	19.42	13.64
Top Green × F29A	44.92[abc]	19.75	15.42
Top Green × 05-39	36.02[cd]	18.36	13.16
F29A × Montop	42.02[abcd]	19.89	14.13
F29A × Packman	45.15[ab]	23.04	13.22
F29A × Top Green	42.09[abcd]	20.33	12.56
05-39 × Packman	44.94[abc]	23.42	12.56
$HSD_{0.05}$	9.08	8.13	3.83

[1/]ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยการเปรียบเทียบแบบ Honestly Significant Difference (n = 3)

[ns]ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยการวิเคราะห์ ANOVA (n = 3)

ลูกผสม Top Green × F29A มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยมากที่สุด คือ 4.71 เซนติเมตร แตกต่างทางสถิติจากพันธุ์ 05-39, ลูกผสม Big Green × F29A, Top Green × Packman, F29A × Montop และ F29A × Top Green ในขณะที่ลูกผสม Big Green × F29A มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 2.96 เซนติเมตร (ตารางที่ 12)

พันธุ์ F29A มีเส้นผ่านศูนย์กลางของช่อดอกเฉลี่ยกว้างที่สุด คือ 13.98 เซนติเมตร แตกต่างทางสถิติจากพันธุ์ Big Green, 05-39, ลูกผสม Big Green × F29A และ Top Green × 05-39 ในขณะที่ลูกผสม Big Green × F29A มีเส้นผ่านศูนย์กลางของช่อดอกเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 7.47 เซนติเมตร (ตารางที่ 12)

พันธุ์ F29A และลูกผสม F29A × Packman มีความสูงของช่อดอกเฉลี่ยมากที่สุด คือ 6.95 และ 6.91 เซนติเมตร ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติจากลูกผสม Big Green × F29A ในขณะที่ลูกผสม Big Green × F29A มีความสูงของช่อดอกเฉลี่ยเท่ากับ 4.03 เซนติเมตร (ตารางที่ 12)

พันธุ์ Montop มีน้ำหนักของช่อดอกเฉลี่ยมากที่สุด คือ 491.94 กรัม แตกต่างทางสถิติจากพันธุ์ Big Green, 05-39, ลูกผสม Big Green × F29A, Top Green × Packman, Top Green × 05-39, F29A × Montop และ 05-39 × Packman ในขณะที่พันธุ์ 05-39 และลูกผสม Big Green × F29A มีน้ำหนักของช่อดอกเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 228.89 และ 195.00 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

ตารางที่ 12 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางของช่อดอก ความสูงของช่อดอก และน้ำหนักของช่อดอก ของบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์และลูกผสมที่ปลูกทดสอบพันธุ์ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระหว่างเดือนกันยายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2553

พันธุ์/ลูกผสม	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร) [1/]	เส้นผ่านศูนย์กลางของช่อดอก (เซนติเมตร) [1/]	ความสูงของช่อดอก (เซนติเมตร) [1/]	น้ำหนักของช่อดอก (กรัม/ดอก) [1/]
Big Green	3.55^{abcd}	7.98^{de}	5.51^{ab}	208.33^{c}
Montop	4.66^{ab}	12.73^{abc}	5.73^{ab}	491.94^{a}
Packman	3.67^{abcd}	10.93^{abcde}	5.50^{ab}	287.50^{abc}
Top Green	3.99^{abcd}	10.88^{abcde}	6.37^{ab}	285.56^{abc}
F29A	4.39^{abc}	13.98^{a}	6.95^{a}	455.55^{ab}
05-39	3.35^{cd}	8.98^{cde}	4.76^{ab}	228.89^{c}
Big Green × F2A	2.96^{d}	7.47^{e}	4.03^{b}	195.00^{c}
Top Green × Montop	4.22^{abc}	11.87^{abcd}	5.98^{ab}	377.78^{abc}
Top Green × Packman	3.42^{cd}	10.78^{abcde}	5.66^{ab}	266.11^{bc}
Top Green × F29A	4.71^{a}	12.63^{abc}	6.21^{ab}	454.17^{ab}
Top Green × 05-39	3.72^{abcd}	9.50^{bcde}	5.08^{ab}	263.33^{bc}
F29A × Montop	3.45^{bcd}	11.14^{abcde}	5.70^{ab}	262.50^{bc}
F29A × Packman	3.93^{abcd}	13.23^{ab}	6.91^{a}	340.00^{abc}
F29A × Top Green	3.42^{bcd}	12.07^{abcd}	6.13^{ab}	336.67^{abc}
05-39 × Packman	4.18^{abcd}	10.75^{abcde}	5.25^{ab}	269.45^{bc}
HSD $_{0.05}$	1.24	4.19	2.55	217.58

[1/]ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยการเปรียบเทียบแบบ Honestly Significant Difference (n = 3)

มูลนิธิโครงการหลวง - ROYAL PROJECT FOUNDATION -

6. ศึกษาปริมาณซัลโฟราเฟนของลูกผสมบรอกโคลี F_1 ใน ใบ และดอก

ตัดใบ และดอกบรอกโคลีระยะรับประทานดอก จากข้อที่ 5 ตัวอย่างละประมาณ ½ กิโลกรัม นำไปวิเคราะห์หาปริมาณซัลโฟราเฟน พบว่าดอกมีปริมาณซัลฟราเฟนมากกว่าใบ (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ปริมาณซัลโฟราเฟนในใบและดอกบรอกโคลีระยะรับประทานดอกของลูกผสมบรอกโคลี F_1 และพันธุ์การค้า

พันธุ์/ลูกผสม	ปริมาณซัลโฟราเฟน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง)	
	ใบ	ดอก
Big Green	0.003	0.040
F29A	0.005	0.050
Top Green	0.001	0.150
Montop	0.002	0.098
Packman	0.001	0.092
05-39	0.009	0.138
Big Green × F29A	0.006	0.027
Top Green × Montop	0.015	0.031
Top Green × Packman	0.003	0.044
F29A × Montop	0.011	0.038
F29A × Packman	0.012	0.048
F29A × Top Green	0.018	0.028
Top Green × 05-39	0.005	0.016
Top Green × F29A	0.007	0.061
05-39 × Packman	0.007	0.080

โครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

7. ศึกษาการติดเมล็ดของลูกผสมบรอกโคลี 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 ไปปลูก ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึง เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2555 เพื่อศึกษาการติดเมล็ด พบว่า คู่ผสม Big Green × F29A และ F29A × Montop ไม่ติดเมล็ด มีเพียง 7 คู่ผสมที่ติดเมล็ด (ตารางที่ 14) โดยมี 5 คู่ผสมที่ติดเมล็ดต่อฝักสูง ได้แก่ คู่ผสม Top Green × Montop, Top Green × Packman, Top Green × F29A, F29A × Packman และ F29A × Top Green โดยมีจำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ย 1.1+0.06, 0.8+0.45, 1.0+0.06, 1.3+0.69 และ 1.0+0.40 เมล็ดต่อฝัก ตามลำดับ เมื่อพิจารณาน้ำหนักเมล็ดต่อต้น พบว่า มี 4 คู่ผสมที่มีน้ำหนักเมล็ดต่อต้นสูง ได้แก่ คู่ผสม Top Green × Montop, Top Green × Packman, Top Green × F29A และ F29A × Top Green โดยมีน้ำหนักเมล็ดต่อต้นเฉลี่ย 0.86+0.71, 0.28+0.37, 0.64+0.04 และ 0.20+0.11 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 จำนวนเมล็ด/ฝัก และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น ของบรอกโคลีลูกผสม ที่ปลูก ณ ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึง เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2555

ลูกผสม	จำนวนเมล็ด/ฝัก	น้ำหนักเมล็ดต่อต้น (กรัม)
Big Green × F29A	N	N
Top Green × Montop	1.1+0.06	0.86+0.71
Top Green × Packman	0.8+0.45	0.28+0.37
Top Green × F29A	1.0+0.06	0.64+0.04
Top Green × 05-39	0.4+0.40	0.03+0.03
F29A × Montop	N	N
F29A × Packman	1.3+0.69	0.05+0.03
F29A × Top Green	1.0+0.40	0.20+0.11
05-39 × Packman	0.1+0.19	0.02+0.03

หมายเหตุ : คิดค่าเฉลี่ยจาก 5 ต้น

N หมายถึงไม่ติดเมล็ด

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

บทที่ 5
สรุปผล และข้อเสนอแนะ

1. การปล่อยให้ผสมเปิดตามธรรมชาติ พบว่า พันธุ์ Top Green สามารถเก็บฝักได้เร็วที่สุดคือ 132 วัน และพันธุ์ที่มีแนวโน้มให้เมล็ดได้ดี คือ พันธุ์ Top Green, F29A และ 05-40

2. การผสมข้ามพันธุ์ สามารถติดฝักได้ 24 คู่ แต่มี 11 คู่ ที่สามารถติดเมล็ดได้ คือ คู่ผสม 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 Big Green × Top Green, Top Green × Packman, F29A × Montop และ F29A × Packman มีแนวโน้มให้จำนวนเมล็ดต่อฝักสูง ในขณะที่คู่ผสมระหว่าง F29A × Big Green, F29A × Top Green และ 05-39 × Packman มีแนวโน้มให้เมล็ดต่ำ

3. การศึกษาความงอกของเมล็ดลูกผสม F_1 จำนวน 10 พันธุ์ พบว่าส่วนใหญ่มีความงอก 90 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ยกเว้นลูกผสม Big Green × Top Green ที่มีความงอก 42.50 เปอร์เซ็นต์

4. ศึกษาปริมาณซัลโฟราเฟนในต้นอ่อนของบรอกโคลีลูกผสม F_1 พบว่าต้นอ่อนลูกผสม F_1 ทั้งสามพันธุ์มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงกว่าพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ โดยต้นอ่อนลูกผสม F29A × Packman มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงสุดคือ 4.34 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

5. การปลูกทดสอบพันธุ์ลูกผสมบรอกโคลี F_1 เปรียบเทียบกับพันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ 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

มูลนิธิ
โครงการหลวง
ROYAL PROJECT FOUNDATION

6. การศึกษาปริมาณซัลโฟราเฟนของลูกผสมบรอกโคลี F_1 และพันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ พบว่าดอกมีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงกว่าใบ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณซัลโฟราเฟนในดอกและใบยังคงมีปริมาณที่น้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับต้นอ่อนที่อายุ 5 วัน หลังงอก

7. ศึกษาการติดเมล็ดของลูกผสมบรอกโคลี F_1 คัดเลือกเมล็ดลูกผสมบรอกโคลี F_1 ที่ได้จากการผสมข้าม จำนวน 9 คู่ นำไปผสมแบบเปิด พบว่า มีลูกผสมจำนวน 4 คู่ ที่มีแนวโน้มติดเมล็ดสูงกว่าพันธุ์อื่น ได้แก่ ลูกผสม Top Green × Montop, Top Green × Packman, Top Green × F29A และ F29A × Top Green จึงได้คัดเลือกคู่ผสมดังกล่าวไว้ เพื่อนำไปผสมแบบเปิดโดยใช้ผึ้งต่อไป

การศึกษาปีนี้ได้ลูกผสม F_1 ที่มีซัลโฟราเฟนสูงคือ F29A × Packman, Top Green × Packman และ F29A × Montop นอกจากนี้ลูกผสมดังกล่าวยังมีความงอกมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ หากเก็บเมล็ดจากคู่ผสมนี้ นำไปปลูกแล้วปล่อยให้ผสมแบบเปิด (open-pollination) คาดว่าต้นอ่อนจากการผสมแบบเปิดนี้จะยังคงมีปริมาณซัลโฟราเฟนสูง ซึ่งจะต้องมีการวิเคราะห์ปริมาณซัลโฟราเฟนในต้นอ่อนเพื่อยืนยันต่อไป

มูลนิธิ โครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

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).

มูลนิธิโครงการหลวง. อุตุนิยมวิทยาบนพื้นที่สูง. แหล่งที่มา http://www.royalprojectthailand.com/home/ (1 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. อิทธิพลของจิบเบอเรลลิคแอซิคต่อผลผลิตเมล็ดพันธุ์สลัดปลี. 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].

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.

มูลนิธิ ROYAL PROJECT FOUNDATION

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.

มูลนิธิ
โครงการหลวง
ROYAL PROJECT FOUNDATION

ภาคผนวก

มูลนิธิโครงการหลวง
ROYAL PROJECT FOUNDATION

ตารางภาคผนวกที่ 1 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงของต้น ของบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่ปลูก ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2552

Source of variance	df	SS	MS	F	P
Blocks	2	205.310	102.656		
Varieties	7	3001.900	428.842	32.120	0.000
Error	14	186.890	13.350		
Total	23	3394.100			

C.V. (%) = 7.33

ตารางภาคผนวกที่ 2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนความกว้างของทรงพุ่ม ของบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่ปลูก ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2552

Source of variance	df	SS	MS	F	P
Blocks	2	38.310	19.155		
Varieties	7	419.460	59.923	0.940	0.509
Error	14	894.670	63.905		
Total	23	1352.450			

C.V. (%) = 9.43

ตารางภาคผนวกที่ 3 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนเมล็ดต่อฝัก ของบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่ปลูก ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2552

Source of variance	df	SS	MS	F	P
Blocks	2	6.262	3.131		
Varieties	4	77.834	19.458	3.900	0.048
Error	8	39.957	4.995		
Total	14	124.053			

C.V. (%) = 67.42

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

ตารางภาคผนวกที่ 4 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักเมล็ดต่อต้น ของบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่ปลูก ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2552

Source of variance	df	SS	MS	F	P
Blocks	2	0.036	0.018		
Varieties	4	25.425	6.356	4.260	0.039
Error	8	11.938	1.492		
Total	14	37.399			

C.V. (%) = 76.19

ตารางภาคผนวกที่ 5 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนเมล็ดต่อฝัก ของบรอกโคลีพันธุ์ลูกผสมที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2553

Source of variance	df	SS	MS	F	P
Varieties	10	520.833	52.083	23.400	0.000
Error	66	146.902	2.226		
Total	76	667.735			

C.V. (%) = 39.16

ตารางภาคผนวกที่ 6 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงของต้น ของบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์และลูกผสมที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระหว่างเดือนกันยายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2553

Source of variance	df	SS	MS	F	P
Blocks	2	5.790	2.895		
Varieties	14	134.337	9.596	3.190	0.004
Error	28	84.251	3.009		
Total	44	224.378			

C.V. (%) = 6.30

ตารางภาคผนวกที่ 7ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนความกว้างของทรงพุ่มในระยะรับประทานดอก ของบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์และลูกผสมที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระหว่างเดือนกันยายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2553

Source of variance	df	SS	MS	F	P
Blocks	2	7.270	3.633		
Varieties	14	846.840	60.489	1.340	0.244
Error	28	1259.820	44.994		
Total	44	2113.930			

C.V. (%) = 8.20

ตารางภาคผนวกที่ 8 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวของใบ ของบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์และลูกผสมที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระหว่างเดือนกันยายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2553

Source of variance	df	SS	MS	F	P
Blocks	2	19.134	9.567		
Varieties	14	529.745	37.839	4.200	0.001
Error	28	252.248	9.009		
Total	44	801.127			

C.V. (%) = 7.19

ตารางภาคผนวกที่ 9 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนความกว้างของใบ ของบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์และลูกผสมที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระหว่างเดือนกันยายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2553

Source of variance	df	SS	MS	F	P
Blocks	2	43.980	21.990		
Varieties	14	221.650	15.832	2.190	0.038
Error	28	202.389	7.228		
Total	44	468.019			

C.V. (%) = 13.12

โครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

ตารางภาคผนวกที่ 10 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบต่อต้น ของบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์และลูกผสมที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระหว่างเดือนกันยายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2553

Source of variance	df	SS	MS	F	P
Blocks	2	0.174	0.087		
Varieties	14	51.537	3.681	2.300	0.030
Error	28	44.826	1.601		
Total	44	96.537			

C.V. (%) = 9.32

ตารางภาคผนวกที่ 11 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ของบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์และลูกผสมที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระหว่างเดือนกันยายนถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2553

Source of variance	df	SS	MS	F	P
Blocks	2	0.105	0.052		
Varieties	14	11.031	0.788	4.660	0.000
Error	28	4.738	0.169		
Total	44	15.874			

C.V. (%) = 10.71

ตารางภาคผนวกที่ 12 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนเส้นผ่านศูนย์กลางของช่อดอก ของบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์และลูกผสมที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวง-ปางดะระหว่างเดือนกันยายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2553

Source of variance	df	SS	MS	F	P
Blocks	2	1.444	0.722		
Varieties	14	148.487	10.606	5.530	0.000
Error	28	53.690	1.918		
Total	44	203.621			

C.V. (%) = 12.60

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

ตารางภาคผนวกที่ 13 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงของช่อดอก ของบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์และลูกผสมที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระหว่างเดือนกันยายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2553

Source of variance	df	SS	MS	F	P
Blocks	2	0.765	0.383		
Varieties	14	25.020	1.787	2.510	0.019
Error	28	19.945	0.712		
Total	44	45.730			

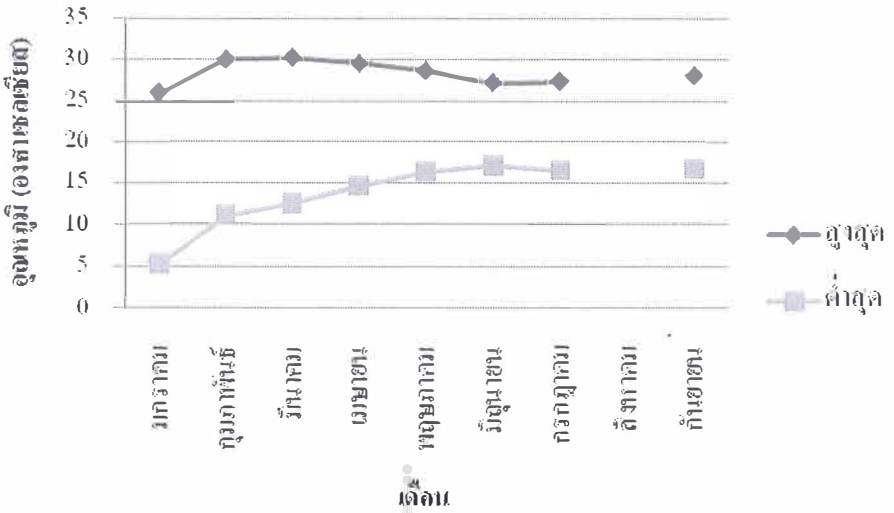
C.V. (%) = 14.76

ตารางภาคผนวกที่ 14 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักของช่อดอก ของบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์และลูกผสมที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระหว่างเดือนกันยายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2553

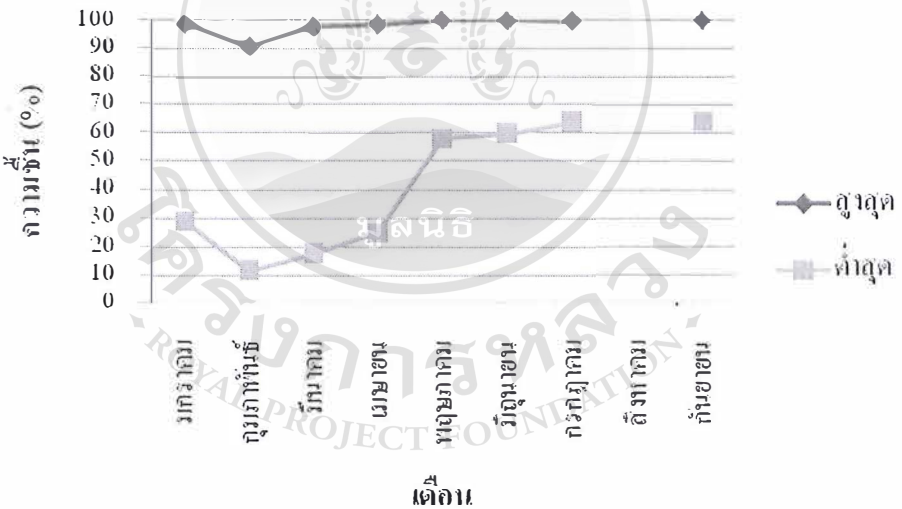
Source of variance	df	SS	MS	F	P
Blocks	2	7394.000	3696.900		
Varieties	14	360520.000	25751.500	4.980	0.000
Error	28	144875.000	5174.100		
Total	44	512789.000			

C.V. (%) = 22.85

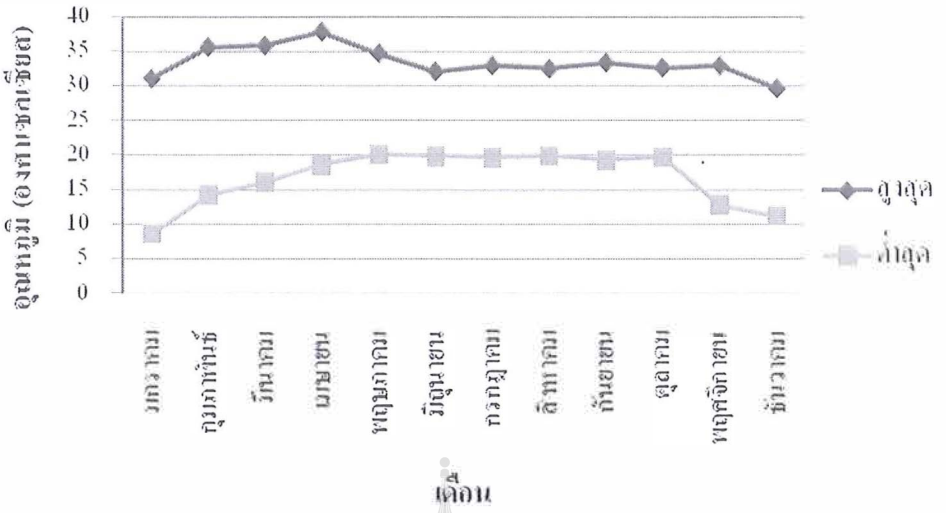
โครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION



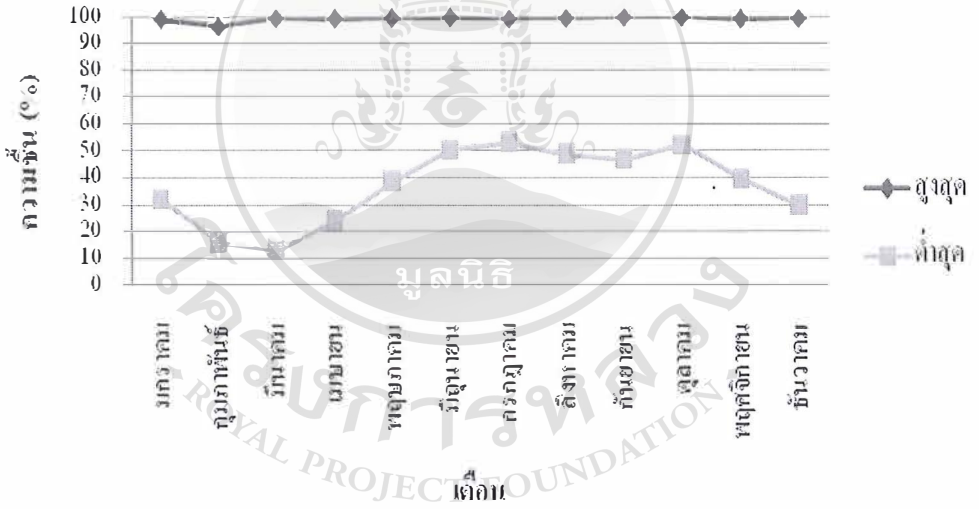
ภาพภาคผนวกที่ 1 อุณหภูมิอากาศที่สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ มูลนิธิโครงการหลวง พ.ศ. 2552



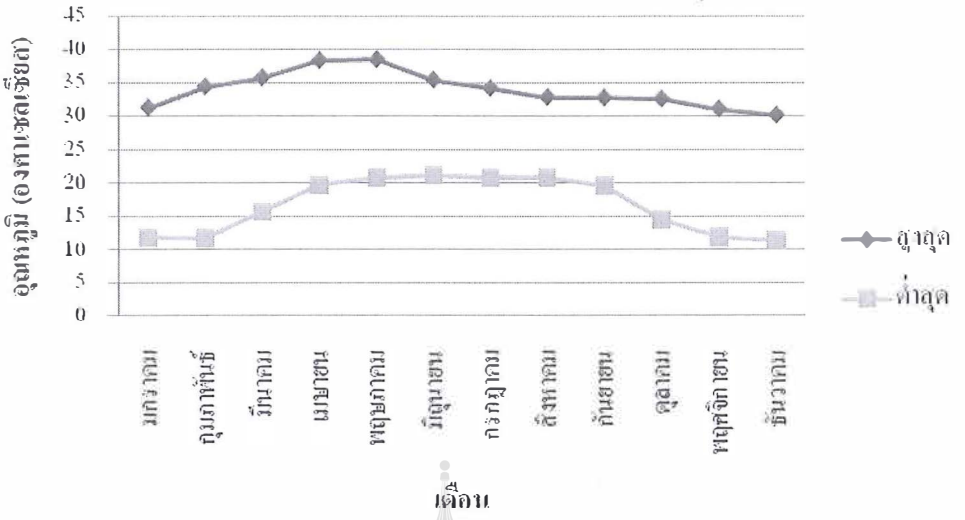
ภาพภาคผนวกที่ 2 ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ มูลนิธิโครงการหลวง พ.ศ. 2552



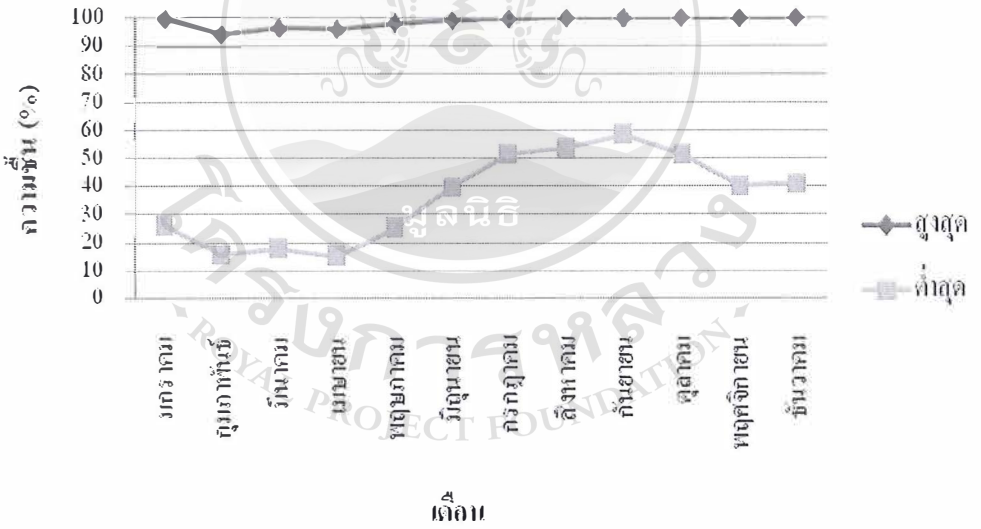
ภาพภาคผนวกที่ 3 อุณหภูมิอากาศที่สถานีเกษตรหลวงปางดะ มูลนิธิโครงการหลวง พ.ศ. 2552



ภาพภาคผนวกที่ 4 ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่สถานีเกษตรหลวงปางดะ มูลนิธิโครงการหลวง พ.ศ. 2552



ภาพภาคผนวกที่ 5 อุณหภูมิอากาศที่สถานีเกษตรหลวงปางดะ มูลนิธิโครงการหลวง พ.ศ. 2553



ภาพภาคผนวกที่ 6 ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่สถานีเกษตรหลวงปางดะ มูลนิธิโครงการหลวง พ.ศ. 2553

มูลนิธิ
โครงการหลวง
ROYAL PROJECT FOUNDATION