

การคัดเลือกพันธุ์ลูกผสมระหว่างคะน้าและ บรอกโคลีที่มีซัลโฟราเฟนสูง

Selection for High Sulforaphane Content in Progenies Derived from Chinese Kale × Broccoli

ญาณี ปอธาดี^{1/}, ศิวพร ธรรมดี^{1/} และ ณัฐา โพธาภรณ์^{1/}
Yanee Potadee^{1/}, Siwaporn Thumdee^{1/} and Nuttha Potapohn^{1/}

Abstract: Sulforaphane is an antioxidant that is present naturally in cruciferous vegetables such as Chinese kale and broccoli. Thus, hybridization between Chinese kale × broccoli were made for high sulforaphane content. Three varieties of Chinese kale, Round Leave, Yod Big 456 and Hong Kong Kuan Au, and 2 varieties of broccoli, Big Green and Top Green, were employed as parental plants. Reciprocal crosses among those varieties were made. Seeds of each cross were grown and the sprouts at 5-day-old were harvested for sulforaphane content analysis using HPLC. It was found that Top Green × Yod Big 456 hybrid gave the highest sulforaphane content, 3.34 mg/g dw, which was greater than those of other hybrids. Other characteristics such as plant height, canopy diameter, flowering date and number of seed/pod were also evaluated.

Keywords: Chinese kale × broccoli hybrids, sprout, sulforaphane

บทคัดย่อ: คะน้าและบรอกโคลี เป็นผักที่พบซัลโฟราเฟนที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จึงได้มีการศึกษาการผสมพันธุ์ข้ามระหว่างคะน้าและบรอกโคลี เพื่อผลิตลูกผสมที่มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูง โดยนำคะน้า 3 พันธุ์ได้แก่ Round Leave, Yod Big 456 และ Hong Kong Kuan Au ผสมพันธุ์กับบรอกโคลี 2 พันธุ์ได้แก่ Big Green และ Top Green โดยทำการผสมแบบพบกันหมดและสลัฟพ่อแม่ พบว่า เมื่อนำเมล็ดลูกผสมที่ได้จากการผสมข้ามระหว่างคะน้าและบรอกโคลีไปเพาะและนำต้นอ่อนที่อายุ 5 วัน มาวิเคราะห์หาปริมาณซัลโฟราเฟนโดย HPLC พบว่าลูกผสม Top Green × Yod Big 456 มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงที่สุดคือ 3.34 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาลักษณะอื่นๆ เช่น ความสูงของต้น ความกว้างของทรงพุ่ม วันออกดอก และจำนวนเมล็ดต่อฝักอีกด้วย

คำสำคัญ: ลูกผสมระหว่างคะน้าและบรอกโคลี ต้นอ่อน ซัลโฟราเฟน

^{1/} ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200, Thailand

คำนำ

คะน้าจีน (Chinese kale) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* var. *alboglaba* Bailey วงศ์ Brassicaceae (กรมวิชาการเกษตร, 2552) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชีย สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี ช่วงเวลาที่ปลูกได้ผลดีที่สุดคืออยู่ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเมษายน (สุนทร, 2539)

บรอกโคลีหรือกะหล่ำดอกอิตาเลียน (broccoli) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck อยู่ในวงศ์ Brassicaceae เป็นผักเมืองหนาว มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตอนใต้ของยุโรปหรือแถบประเทศอิตาลี นำเข้ามาในประเทศไทย สามารถปลูกบนที่สูงทางภาคเหนือในช่วงฤดูหนาวเท่านั้น ต่อมามีการปรับปรุงพันธุ์บรอกโคลีให้ทนร้อนได้มากขึ้น จึงสามารถปลูกบรอกโคลีในฤดูหนาวของภาคอื่น ๆ ได้ แต่คุณภาพและผลผลิตอาจไม่ดีเท่ากับการผลิตในที่ที่มีอากาศเย็น (วสันต์, 2544)

บรอกโคลีมีสารสำคัญที่มีฤทธิ์ต้านมะเร็งคือ ไอโซไธโอไซยาเนต (isothiocyanate) ซึ่งเป็นสารที่สามารถยับยั้งการเปลี่ยนแปลงดีเอ็นเอ และกระตุ้นการทำงานของหน่วยพันธุกรรม (genes) ที่ทำหน้าที่ในการต่อสู้กับเซลล์มะเร็ง และขัดขวางการแสดงออกของยีนที่สนับสนุนการเกิดมะเร็งด้วย (ประไพภัทร, 2552; Herr and Buchler, 2010) นอกจากนี้ Fahey *et al.* (1997) ยังได้รายงานว่ บรอกโคลีมีกลูโคราฟานิน (glucoraphanin) ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านมะเร็งและเมื่อเข้าสู่ร่างกายถูกเปลี่ยนเป็นซัลโฟราเฟน (sulforaphane) ที่มีฤทธิ์กระตุ้นการสร้างเอนไซม์ที่ใช้ในการกำจัดเซลล์มะเร็งที่เกิดจากสารพิษต่าง ๆ จึงช่วยควบคุมการกลายพันธุ์ของเซลล์ที่อาจนำไปสู่การเกิดเป็นเนื้อร้ายหรือมะเร็งในร่างกายได้โดยซัลโฟราเฟนนี้พบมากในต้นอ่อน (sprouts) (Cunningham, 2007) ซึ่งจากการเปรียบเทียบปริมาณซัลโฟราเฟน ในต้นอ่อนของบรอกโคลีพันธุ์ Top Green และ Big Green ที่มีอายุ 3, 5 และ 7 วันหลังออก พบว่าต้นอ่อนที่มีอายุ 5 วัน ของบรอกโคลีทั้งสองพันธุ์ มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงที่สุดคือ 57 และ 30 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ณัฐา และคณะ, 2552) ซึ่ง

การบริโภคต้นอ่อนของบรอกโคลีที่มีปริมาณซัลโฟราเฟน 200-400 ไมโครกรัมต่อวัน สามารถช่วยป้องกันการเกิดมะเร็งได้ (Health, 2008)

สุชีลา และคณะ (2538) ได้ศึกษาการปรับปรุงพันธุ์ลูกผสมบรอกโคลีและคะน้าสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีจุดมุ่งหมายให้ได้บรอกโคลีและ/หรือคะน้าสายพันธุ์ใหม่ที่มีคุณภาพดีบริโภคได้ทั้งลำต้น ใบ และดอก รวมทั้งสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ได้ดี โดยคัดเลือกและแบ่งลูกผสมออกเป็น 2 ลักษณะคือ ลูกผสมที่มีลักษณะดีเด่นค่อนข้างไปทางบรอกโคลี โดยมีลักษณะลำต้นสูงใหญ่ น้ำหนักสดและน้ำหนักตัดแต่งสูงและมีจำนวนแขนงน้อย และลูกผสมที่มีลักษณะดีเด่นค่อนข้างไปทางคะน้า มีลักษณะลำต้นขนาดใหญ่ จำนวนใบมากและมีจำนวนแขนงน้อย แต่ยังไม่ได้มีการวิเคราะห์หาซัลโฟราเฟน เมื่อวิเคราะห์ปริมาณซัลโฟราเฟนเบื้องต้น ในคะน้าจีนและบรอกโคลีพบว่า ในคะน้าจีนมีซัลโฟราเฟนอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าบรอกโคลีมาก แต่การผลิตคะน้าในประเทศไทยสามารถทำได้ง่ายกว่าการผลิตบรอกโคลีซึ่งการผลิตเมล็ดพันธุ์บรอกโคลีในประเทศไทยยังไม่ประสบความสำเร็จ จึงมีแนวคิดในการผลิตเมล็ดลูกผสมระหว่างคะน้าและบรอกโคลีที่มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูง เพื่อใช้ในการผลิตต้นอ่อนสำหรับการบริโภค ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้ จึงมุ่งเน้นศึกษาการคัดเลือกพันธุ์และผลิตเมล็ดลูกผสมระหว่างคะน้าและบรอกโคลีที่มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูง และนำเมล็ดที่ได้ไปผลิตเป็นต้นอ่อนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำคะน้าและบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงได้แก่ คะน้า 3 พันธุ์ คือ Round Leave, Yod Big 456 และ Hong Kong Kuan Au ซึ่งมีปริมาณซัลโฟราเฟนในต้นอ่อน 0.324, 0.365 และ 0.402 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และบรอกโคลี 2 พันธุ์ คือ Big Green และ Top Green มีปริมาณซัลโฟราเฟนในต้นอ่อน 30 และ 57 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ณัฐา และคณะ, 2552) นำไปปลูกเพื่อผลิตลูกผสมชั่วที่ 1 ระหว่างคะน้าและบรอกโคลี แบบสลับพ่อแม่ (reciprocal cross) ที่สถานีเกษตรหลวงปางดะ

จ.เชียงใหม่ ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือน
เมษายน พ.ศ. 2553 โดยเพาะเมล็ดพ่อแม่พันธุ์และย้าย
ปลูกลงในกระถางขนาด 12 นิ้ว ที่มีดินผสมกบมะพร้าว
สับเป็นวัสดุปลูก และเมื่อดอกใกล้บานนำมุ้งตาข่ายคลุม
ต้นโดยแยกแต่ละพันธุ์ ก่อนดอกพร้อมผสม 1 วัน ตอน
เกสรเพศผู้ออก และเมื่อดอกพร้อมผสมจึงถ่ายละออง
เกสรข้ามพันธุ์ระหว่างคะน้าและบรอกโคลีแล้วคลุมดอก
(ภาพที่ 1) ฝักอายุได้ประมาณ 8 สัปดาห์ เริ่มเปลี่ยนสีจาก
สีเขียวเป็นสีน้ำตาล เมื่อฝักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล 50%
ของฝักทั้งหมด จึงเก็บฝัก แล้วนำไปผึ่งในที่ร่มให้แห้ง

จากนั้นทำการเปิดฝัก บันทึกจำนวนเมล็ดต่อฝัก
เมล็ดที่ได้แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นำไปปลูกในแปลงโดย
วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์
(randomized complete block design: RCBD) จำนวน
3 ซ้ำ ซ้ำละ 6 ต้นต่อพันธุ์ เพื่อศึกษาลักษณะของลูกผสม
ได้แก่ ความสูงของต้น ความกว้างของทรงพุ่ม และผสม
ตัวเอง (selfed-pollination) ให้ได้เมล็ดพันธุ์ลูกชั่วที่ 2

เพื่อนำไปศึกษาการกระจายตัว (segregation) ของ
ลูกผสม เมล็ดส่วนที่ 2 นำไปศึกษาปริมาณซัลโฟราเฟน
เปรียบเทียบกับพ่อแม่พันธุ์ โดยเพาะในกล่องพลาสติก
เป็นเวลา 5 วัน (ภาพที่ 2) นำต้นอ่อนไป freeze dry เมื่อ
แห้งจึงบดให้ละเอียด ชั่งต้นอ่อนที่บดแล้ว 0.25 กรัม เติม
HCl ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร บ่มที่
อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมงและเขย่าเป็น
ครั้งคราว สกัดด้วย dichloromethane กลั่นด้วยเครื่อง
evaporator ให้แห้ง นำไปละลายด้วยเมทานอล 100
เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร กรองผ่านกระดาษกรอง
ขนาด 0.45 ไมโครเมตร และฉีดเข้าเครื่อง HPLC (high-
performance liquid chromatography) (Sivakumar *et al.*, 2007) และศึกษาลักษณะความดีเด่นของลูกผสมที่มี
ปริมาณซัลโฟราเฟนเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อและแม่
(heterosis) โดยคำนวณจาก

$$\% \text{ heterosis} = F_1 - \left(\frac{\bar{P}_1 + \bar{P}_2}{2} \right) \times 100$$



Figure 1 Emasculation and cross pollination of broccoli and Chinese kale flowers; (a) Chinese kale flowers before emasculation (b) Chinese kale flowers after emasculation, (c) hand pollination and (d) covered flowers after pollination

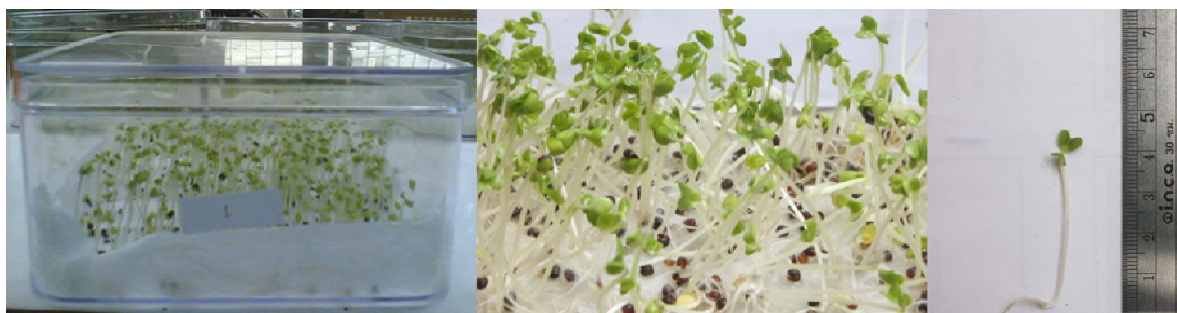


Figure 2 Chinese kale × broccoli sprouts at 5-day-old for sulforaphane analysis

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการผสมพันธุ์คะน้า 3 พันธุ์ คือ Round Leave, Yod Big 456 และ Hong Kong Kuan Au กับ บรอกโคลี 2 พันธุ์ คือ Big Green และ Top Green มี คู่ผสมที่สามารถติดเมล็ดได้ทั้งหมด 9 คู่ ได้แก่ Round Leave × Big Green, Round Leave × Top Green, Hong Kong Kuan Au × Big Green, Hong Kong Kuan Au × Top Green, Yod Big 456 × Big Green, Yod Big 456 × Top Green, Big Green × Hong Kong Kuan Au, Big Green × Yod Big 456 และ Top Green × Yod Big 456 โดยแต่ละคู่ผสมมีลักษณะที่ศึกษา ดังนี้

การติดเมล็ดของลูกผสมชั่วที่ 1

คู่ผสมระหว่างคะน้า × บรอกโคลี และบรอกโคลี × คะน้า ให้จำนวนเมล็ดต่อฝักอยู่ระหว่าง 2.0-9.8 เมล็ดต่อฝัก (ตารางที่ 1) จากการผสมเกสรระหว่างคะน้าและบรอกโคลี มีทั้งที่ผสมติดเมล็ดและไม่ติดเมล็ด อาจเกิดจากคะน้าและบรอกโคลีมียีนที่ทำให้ผสมตัวเองไม่ติด (self incompatibility) เนื่องจาก s ยีนของพืชวงศ์นี้มีปฏิกริยา sporophytical โดยเกสรเพศผู้ไม่สามารถงอกบนยอดเกสรเพศเมีย จากสารยับยั้งที่สังเคราะห์ขึ้นในยอด

เกสรเพศเมีย (มณีจันทร์, 2545) นอกจากนั้นอาจเป็นผลมาจากลักษณะทางพันธุกรรมของแต่ละพันธุ์ที่ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในขณะที่ทำกาการทดลอง ในพันธุ์ที่ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ สามารถเจริญเติบโตได้ดี มีจำนวนช่อดอกต่อต้นมาก โอกาสติดเมล็ดสูงกว่าพันธุ์ที่ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมไม่ดี ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ลูกผสมที่ได้มีจำนวนแตกต่างกัน (Falconer, 1981)

การเจริญเติบโตทางลำต้นของลูกผสมชั่วที่ 1

เมื่อระยะออกดอก ลูกผสม Top Green × Yod Big 456 มีความสูงของต้นสูงที่สุดคือ 62.0 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างจากลูกผสม Yod Big 456 × Big Green และ Yod Big 456 × Top Green ที่มีความสูง 61.4 และ 59.1 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนความกว้างของทรงพุ่ม ลูกผสม Hong Kong Kuan Au × Big Green มีความกว้างของทรงพุ่มสูงที่สุด คือ 87.8 เซนติเมตร (ตารางที่ 1) ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับลูกผสมอื่น ๆ จะเห็นได้ว่า ลูกผสมที่เกิดจาก Yod Big 456 มีความสูงของต้นมากที่สุด เนื่องจากลักษณะทางพันธุกรรมของ Yod Big 456 ที่มีลำต้นอวบและปล้องยาว จึงมีลักษณะเด่นในด้านความสูง ส่วนความกว้างของทรงพุ่ม ลูกผสมจากทุกคู่ผสมมีลักษณะใบเหมือนกับบรอกโคลีและมีทรงพุ่มแผ่กว้าง

Table 1 Plant height, canopy diameter and number of seed per pod of progenies derived from Chinese kale × broccoli

Crosses	Plant height (cm) ^{1/}	Canopy diameter (cm)	Number of seed/pod
Round Leave × Big Green	50.8 c	73.7	9.8
Round Leave × Top Green	52.7 c	76.9	5.2
Hong Kong Kuan Au × Big Green	52.8 c	87.8	8.3
Hong Kong Kuan Au × Top Green	52.3 c	74.7	9.0
Yod Big 456 × Big Green	61.4 a	80.3	6.6
Yod Big 456 × Top Green	59.1 ab	77.1	4.4
Big Green × Hong Kong Kuan Au	54.8 bc	80.5	2.0
Big Green × Yod Big 456	52.7 c	78.2	6.3
Top Green × Yod Big 456	62.0 a	81.4	8.6
LSD _{0.05}	5.3	ns	ns

^{1/} Means within the same column followed by different letters were significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD.

ns = not significantly different

ทำให้ลักษณะความกว้างของทรงพุ่มไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ลูกผสมยังมีลักษณะดอกสีขาวเหมือนกับคะน้า การศึกษาครั้งนี้ต้องการต้นอ่อนลูกผสมที่มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูง และถ้าต้องการต้นที่สามารถบริโภคได้ทั้งลำต้น ใบ และดอกด้วย ต้องมีการคัดเลือกพันธุ์ลูกผสมต่อไป

ลักษณะการออกดอก

การนับจำนวนวันหลังจากเพาะเมล็ดจนถึงระยะออกดอก ลูกผสม Round Leave × Top Green ออกดอกเร็วที่สุดคือ 69 วัน รองลงมาคือลูกผสม Hong Kong Kuan Au × Top Green โดยใช้จำนวนวันในการออกดอกเท่ากับ 71 วัน และ ลูกผสม Round Leave × Big Green, Yod Big 456 × Top Green และ Top Green × Yod Big 456 ใช้เวลาในการออกดอกเท่ากับ 72 วันเท่ากัน ส่วนลูกผสมที่ออกดอกช้าที่สุดคือ Yod Big 456 × Big Green โดยใช้เวลาในการออกดอก 82 วัน (ภาพที่ 3) เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ ลูกผสมส่วนใหญ่ใช้เวลาในการออกดอกสอดคล้องกับลักษณะการออกดอก

ของพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ที่มีทั้งพันธุ์หนักและพันธุ์เบา โดยลูกผสมส่วนใหญ่ใช้เวลาในการออกดอกค่อนข้างเร็วกว่าพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ ซึ่งอาจเกิดจากลักษณะพันธุกรรมของลูกผสมที่สามารถตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมได้ดีกว่าพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ (กฤษฎา, 2551)

ปริมาณซัลโฟราเฟนในต้นอ่อนของลูกผสมชั่วที่ 1

จากการติดตามผลของคู่ผสมระหว่างคะน้าและบรอกโคลี คู่ผสมที่ติดตามและมีปริมาณเมล็ดเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์หาซัลโฟราเฟนมีจำนวน 4 คู่ คือ คู่ผสมระหว่าง Round Leave × Big Green, Hong Kong Kuan Au × Big Green, Hong Kong Kuan Au × Top Green และ Top Green × Yod Big 456 เมื่อวิเคราะห์หาปริมาณซัลโฟราเฟนในต้นอ่อนลูกผสมดังกล่าวเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ พบว่าต้นอ่อนลูกผสม Top Green × Yod Big 456 มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงสุดคือ 3.34 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง รองลงมาคือลูกผสม Hong Kong Kuan Au × Big Green

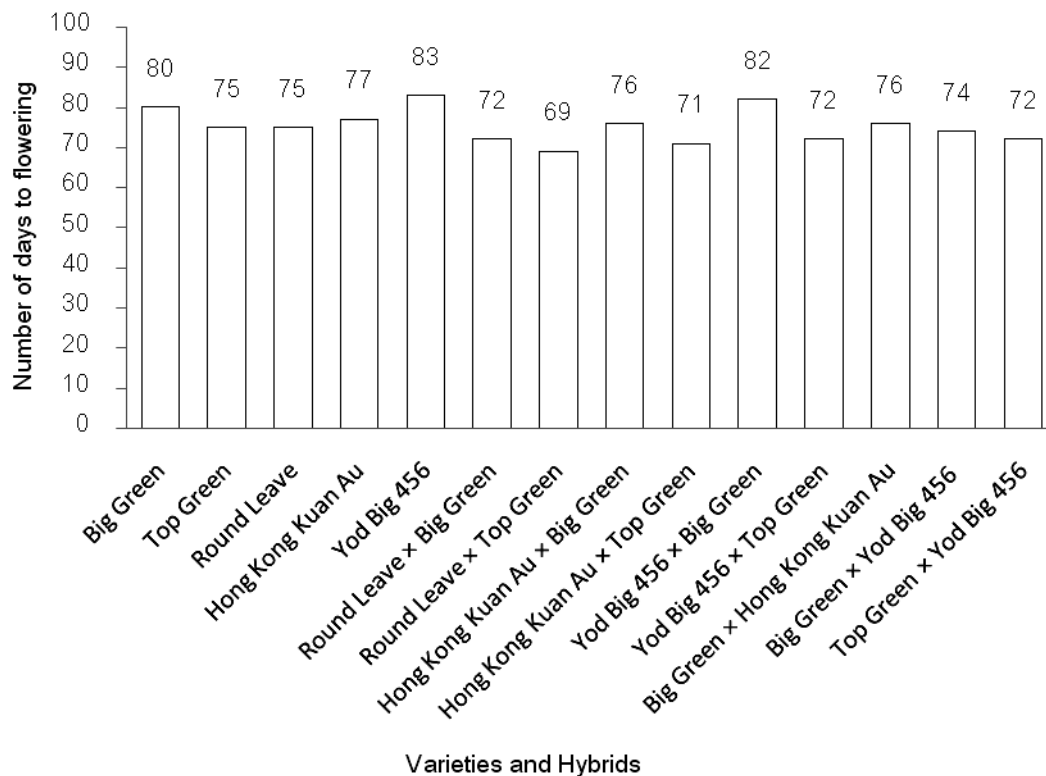


Figure 3 Number of days from seeding to flowering of parental plant varieties and hybrids derived from crosses between Chinese kale and broccoli

และ Hong Kong Kuan Au × Top Green โดยมีปริมาณซัลโฟราเฟนเท่ากับ 2.61 และ 2.19 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ภาพที่ 4) ซึ่งเห็นได้ว่า ลูกผสมระหว่างคะน้าและบรอกโคลีมีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงกว่าพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ (ตารางที่ 2) โดยอาจเกิดจากการแสดงออกแบบ heterosis ของยีนที่ควบคุมการผลิตซัลโฟราเฟน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Jason *et al.* (2005) ที่กล่าวว่า พันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับกลูโคซิโนเลตการแสดงออกของยีนอาจเป็นแบบยีนบวกสะสม (additive gene action) จึงทำให้ลูกผสมมีความดีเด่นเหนือพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ จากการศึกษานี้ เมล็ดที่ได้จำนวน

1 กรัม สามารถผลิตต้นอ่อนได้ 8 กรัม ซึ่งการบริโภคเพื่อให้ลดโอกาสการเกิดมะเร็ง ควรบริโภคต้นอ่อนที่มีปริมาณซัลโฟราเฟนอยู่ที่ 200-400 ไมโครกรัมต่อวัน (Health, 2008)

สรุป

การผสมพันธุ์ระหว่างคะน้า 3 พันธุ์และบรอกโคลี 2 พันธุ์ แบบพบกันหมด ได้ลูกผสมที่สามารถติดเมล็ดได้ 9 คู่ผสม และให้จำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.0-9.8 เมล็ดต่อฝัก คู่ผสมที่มีปริมาณเมล็ด

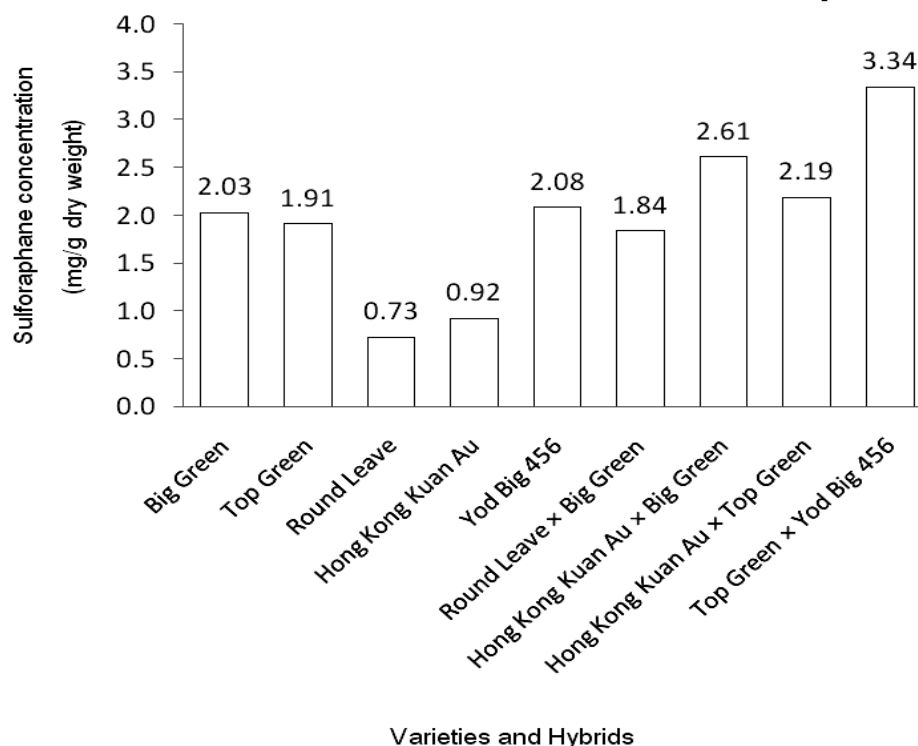


Figure 4 Sulforaphane concentration in 5-day-old sprouts of parental plant varieties and hybrids derived from Chinese kale × broccoli

Table 2 Heterosis (%) of hybrids derived from Chinese kale × broccoli

Crosses	Heterosis (%)
Round Leave × Big Green	46.0
Hong Kong Kuan Au × Big Green	113.5
Hong Kong Kuan Au × Top Green	77.5
Top Green × Yod Big 456	134.5

เพียงพอสำหรับวิเคราะห์ซัลโฟราเฟนมีจำนวน 4 คู่คือ
ลูกผสม Round Leaf × Big Green, Hong Kong Kuan
Au × Big Green, Hong Kong Kuan Au × Top Green
และ Top Green × Yod Big 456 ในต้นอ่อนของลูกผสม
อายุ 5 วัน หลังจากเพาะเมล็ด ทั้ง 4 คู่ มีปริมาณซัลโฟ
ราเฟนเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ พบว่าต้นอ่อน
ของลูกผสม Top Green × Yod Big 456 มีซัลโฟราเฟนสูง
ที่สุดคือ 3.34 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมูลนิธิโครงการหลวงที่เอื้อเฟื้อ
สถานที่และอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ตลอดการทำงาน
วิจัย ขอขอบคุณ คุณอัมมศยา สุริยวงษ์ตระกูล ที่ให้
คำแนะนำและประสานงานกับเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการ
หลวง และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่สนับสนุนทุนวิจัย
ในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2552. บรอกโคลี. (ระบบออนไลน์).
แ ห ล ง ขั อ มู ล : [http://as.doa.go.th/hort/
database/framehom_files/vegetable/broccoli
i.htm](http://as.doa.go.th/hort/database/framehom_files/vegetable/broccoli.htm) (1 กันยายน 2553).
- กฤษฎา สัมพันธ์รักษ์. 2551. ปรับปรุงพันธุ์พืช พื้นฐาน
วิธีการ และแนวคิด. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 465 หน้า.
- ณัฐา โพธารมณ์ อัญชลี ชมภูพวง ศิริลักษณ์ อินทวงศ์
และ วีรพันธ์ กันแก้ว. 2552. การคัดเลือกและ
ปรับปรุงพันธุ์บรอกโคลีเพื่อผลิตต้นอ่อนที่มีสาร
ซัลโฟราเฟนสูง. วารสารโครงการหลวง 14: 2-6.
- ประไพภัทร คลังทรัพย์. 2552. บรอกโคลีต้านมะเร็ง.
สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, ปทุมธานี. 12 หน้า.
- มณีรัตน์ นิกรพันธุ์. 2545. กะหล่ำ. ภาควิชาพืชสวน คณะ
เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 208 หน้า.
- วสันต์ กฤษฎารักษ์. 2544. การปลูกผัก. เกษตรสาส์น,
กรุงเทพฯ. 144 หน้า.
- สุชีลา เตชะวงศ์เสถียร กมล เลิศรัตน์ และ สราวุฒิ บุศรา
กุล. 2538. รายงานการวิจัย การปรับปรุงพันธุ์
ลูกผสมบรอกโคลี-คะน้าสำหรับภาค
ตะวันออกเฉียงเหนือ. คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 14 หน้า.
- สุนทร เรืองเกษม. 2539. คู่มือการปลูกผัก. เกษตรสยาม,
กรุงเทพฯ. 128 หน้า.
- Cunningham, J. 2007. Broccoli sprouts may help
prevent skin cancer. (Online). Available:
[http://www.indiaedunews.net/Science/Broc
coli_sprouts_may_help_prevent_skin_cance
r_2312](http://www.indiaedunews.net/Science/Broccoli_sprouts_may_help_prevent_skin_cancer_2312) (November 4, 2010).
- Fahey, J.W., Y. Zhang and P. Talalay. 1997.
Broccoli sprouts: An exceptionally rich
source of inducers of enzymes that protect
against chemical carcinogens. Proc. Natl.
Acad. Sci. 94: 10367–10372.
- Falconer, D.S. 1981. Introduction to quantitative
genetics. Longman, London. 340 p.
- Health. 2008. Healthcare information directory.
(Online). Available: [http://www.ihealthdirectory
.com/sulforaphane](http://www.ihealthdirectory.com/sulforaphane) (August 7, 2011).
- Herr, I. and M.W. Buchler. 2010. Dietary constituents
of broccoli and other cruciferous
vegetables: Implications for prevention and
therapy of cancer. Cancer Treat Rev. 36:
377-383.
- Jason, M.A., W.F. Mark and W.R. James. 2005.
Genetic combining ability of glucoraphanin
level and other horticultural traits of broccoli.
Euphytica 143: 145–151.
- Sivakumar, G., A. Aliboni and L. Bacchetta. 2007.
HPLC screening of anti-cancer
sulforaphane from important European
Brassica species. Food Chemistry 104:
1761–1764.