

# การคัดเลือกและผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมบรอกโคลี เพื่อผลิตต้นอ่อนที่มีซัลโฟราเฟนสูง

## Selection and Hybrid Broccoli Seed Production for Producing High Sulforaphane Sprout

อัญศยา สุริยะวงศ์ตระกูล<sup>1/</sup> วีระพันธ์ กันแก้ว<sup>2/</sup> อัญชัญ ชมภูพวง<sup>2/</sup> ศิวาพร ธรรมดี<sup>1/</sup>  
และ นัฐา โพธาภรณ์<sup>1/</sup>

*Ansaya Suriyawongtrakarn<sup>1/</sup>, Weerapun Kunkaew<sup>2/</sup>, Anchan Chompupoung<sup>2/</sup>, Siwaporn Thumdee<sup>1/</sup>  
and Nuttha Potapohn<sup>1/</sup>*

**Abstract:** Sulforaphane from broccoli sprout is a good source of antioxidant that becomes popular among the health. Thus, this study was conducted to select broccoli hybrids that had great content of sulforaphane and used those in seed production. Study of flowering habit and seed set was done using four broccoli commercial varieties, Montop, Packman, Top Green and F29A, at Pang-Da Royal Station, Chiang Mai during October, 2009 to April, 2010. Completely randomized design (CRD) with 7 replications was used (using inflorescence as replication). It was found that Top Green and F29A could give 50% blooming faster than others, 64 days. Nine hybrids of these 4 varieties were made. Pod length, weight, number of seed per pod and seed weight were recorded when pods had reached 50% maturity. The result showed that F29A x Montop and F29A x Packman crosses gave the longest pod length, 5.157 and 5.057 cm, respectively, significantly different in pod from the other crosses. Whereas crosses of Top Green x Montop, Top Green x Packman, F29A x Montop and F29A x Packman yielded the greatest pod weight, 0.097, 0.103, 0.091 and 0.093 g/pod, respectively. Only 6 crosses, Top Green x Montop, Top Green x Packman, Top Green x F29A, F29A x Montop, F29A x Packman and F29A x Top Green, had seed setting. The greatest number of seeds per pod, 8 seeds/pod, was found in the crosses of Top Green x Packman. Top Green x Packman and F29A x Packman crosses caused the greatest seed weight, 0.026 and 0.028 g/pod, respectively. Sulforaphane analysis of broccoli sprouts at 5 days germination revealed that the hybrid of F29A x Packman had the greatest amount of sulforaphane, 4.34 mg/g dry weight.

**Keywords:** Broccoli, seed production, sulforaphane, seed set, sprout

<sup>1/</sup> ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

<sup>2/</sup> มูลนิธิโครงการหลวง ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

<sup>1/</sup> Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

<sup>2/</sup> Royal Project Foundation, Suthep, Muang, Chiangmai, 50200, Thailand

**บทคัดย่อ:** ต้นอ่อนบรอกโคลีเป็นแหล่งของซัลโฟราเฟนซึ่งเป็นสารแอนติออกซิแดนที่กำลังได้รับความนิยมในหมู่นักที่รักสุขภาพ ในการทดลองนี้ได้คัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงมาใช้ในการผสมพันธุ์ เพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมที่มีซัลโฟราเฟนสูง โดยได้มีการศึกษาการออกดอกและการติดเมล็ดของบรอกโคลีพันธุ์การค้าจำนวน 4 พันธุ์ คือ Montop, Packman, Top Green และ F29A ที่สถานีเกษตรหลวงปางดะ จ.เชียงใหม่ ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2553 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 7 ซ้ำ โดยใช้ช่อดอกเป็นซ้ำ พบว่าพันธุ์ Top Green และ F29A มีจำนวนวันหลังเพาะเมล็ดจนดอกบาน 50% เร็วที่สุด คือ 64 วัน ทำการผสมข้ามพันธุ์ จำนวน 9 คู่ผสม เมื่อฝักบรอกโคลีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล 50% เก็บฝักและนำไปวัดความยาว น้ำหนัก นับจำนวนเมล็ดต่อฝักและน้ำหนักเมล็ด พบว่าฝักของคู่ผสม F29A x Montop และ F29A x Packman มีความยาวฝักยาวที่สุดเท่ากับ 5.157 และ 5.057 เซนติเมตร ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับฝักที่ได้จากคู่ผสมอื่นๆ ฝักของคู่ผสม Top Green x Montop, Top Green x Packman, F29A x Montop และ F29A x Packman มีน้ำหนักฝักมากที่สุด คือ 0.097, 0.103, 0.091 และ 0.093 กรัมต่อฝัก ตามลำดับ เมื่อศึกษาการติดเมล็ดในฝักพบว่ามีคู่ผสมจำนวน 6 คู่ที่สามารถติดเมล็ดได้ คือคู่ผสม Top Green x Montop, Top Green x Packman, Top Green x F29A, F29A x Montop, F29A x Packman และ F29A x Top Green โดยคู่ผสม Top Green x Packman มีจำนวนเมล็ดต่อฝักมากที่สุด คือ 8.0 เมล็ดต่อฝัก และคู่ผสม Top Green x Packman และ F29A x Packman ให้น้ำหนักเมล็ดต่อฝักมากที่สุด คือ 0.026 และ 0.028 กรัมต่อฝัก ตามลำดับ เมื่อนำเมล็ดที่ได้มาเพาะและนำต้นอ่อนที่อายุ 5 วัน หลังงอก ไปวิเคราะห์ปริมาณซัลโฟราเฟน พบว่าลูกผสม F29A x Packman มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงที่สุดคือ 4.34 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

**คำสำคัญ:** บรอกโคลี การผลิตเมล็ดพันธุ์ ซัลโฟราเฟน การติดเมล็ด ต้นอ่อน

## คำนำ

บรอกโคลีเป็นผักในวงศ์กะหล่ำ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck ถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบตะวันออกเฉียงเหนือ (ไฉน, 2542) มีจำนวนโครโมโซม  $2n = 18$  (Bassett, 1986) ลักษณะดอกมีสีเขียวจำนวนมาก รวมตัวกันเป็นกลุ่มใหญ่ เกาะตัวกันหลวมกว่าดอกกะหล่ำ ดอกประกอบด้วยกลีบดอกสีเหลือง 4 กลีบ เกสรเพศผู้ 6 อัน รังไข่มี 2 เซลล์ ฝักกว้าง 3-5 มิลลิเมตร ยาว 50-100 มิลลิเมตร (นิพนธ์, 2546) เป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูง เป็นแหล่งของวิตามินซี วิตามินเอ โยอาหาร และสารอาหารอื่นๆ ที่มีประโยชน์มากกว่า 10 ชนิดและมีสารสำคัญชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ คือ กลูโคซิโนเลต (glucosinolate) ชนิดกลูโคราฟานิน (glucorafanin) ในปริมาณสูงและสามารถเปลี่ยนเป็นซัลโฟราเฟน (sulforaphane) ซึ่งเป็นสารในกลุ่มไอโซไทโอไซยาเนตที่มีศักยภาพในการต้านมะเร็งที่สำคัญ (บุษบัน และสร้อยญา, 2548) พบได้ทุกส่วนของพืช แต่ปริมาณสารที่พบไม่เท่ากัน โดยพบในดอก

สูงกว่าใบ (Liang et al., 2006) และในเมล็ดสูงกว่าดอก (Trenery et al., 2006) อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยหลายฉบับกล่าวไว้ว่าส่วนที่พบซัลโฟราเฟนสูงที่สุดคือ ต้นอ่อน (sprout) (Cunningham, 2007) การได้รับกลูโคซิโนเลตที่สูงเพียงพออาจช่วยต่อต้านสาเหตุการเกิดโรคมะเร็งได้ (Verhoeven et al., 1977) มีผลต่อการทำลายแบคทีเรีย *Helicobacter pylori* ที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็งในกระเพาะอาหารได้ (Yanaka et al., 2005) นอกจากนี้การรับประทานต้นอ่อนของบรอกโคลีในระหว่างการตั้งครรภ์ทำให้แม่มีสุขภาพที่แข็งแรง ช่วยป้องกันการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดของทารกในครรภ์ และทำให้ทารกที่คลอดแล้วมีสุขภาพที่แข็งแรง (Juurink, 2006)

เนื่องจากบรอกโคลีเป็นผักเขตหนาวสามารถเจริญเติบโตและติดเมล็ดได้ดีในสภาพอากาศหนาวเย็นในประเทศไทย สามารถปลูกได้ดีทางภาคเหนือ (ธนพันธ์, 2544) ซึ่งการผลิตเมล็ดพันธุ์บรอกโคลีนั้นส่วนใหญ่ทำในประเทศที่มีอากาศหนาวเย็น โดยในประเทศไทยยังไม่มีการผลิตเมล็ดพันธุ์บรอกโคลีเป็นการค้า ดังนั้นเมล็ดพันธุ์บรอกโคลีที่ใช้ปลูกในประเทศไทยจึงต้องนำเข้าจาก

ต่างประเทศและมีราคาแพง ในการผลิตต้นอ่อนบรอกโคลี จำเป็นต้องใช้เมล็ดจำนวนมากและปราศจากสารเคมี จึงมีแนวคิดที่จะผลิตเมล็ดบรอกโคลีในประเทศไทย การศึกษาครั้งนี้ จึงมุ่งเน้นศึกษาระยะเวลาการออกดอก ความสามารถในการติดเมล็ดและปริมาณซัลโฟราเฟนในต้นอ่อนของบรอกโคลี เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ต่อไปในอนาคต

### อุปกรณ์และวิธีการ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณซัลโฟราเฟนในบรอกโคลีพันธุ์การค้าของมูลนิธิโครงการหลวงจำนวน 6 พันธุ์ ในแต่ละพันธุ์มีปริมาณซัลโฟราเฟนที่แตกต่างกัน (ณัฐรา และคณะ, 2553) จึงคัดเลือกบรอกโคลีพันธุ์การค้าจำนวน 4 พันธุ์ ที่มีปริมาณซัลโฟราเฟน 18-63 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ได้แก่ พันธุ์ Montop, Packman, Top Green และ F29A นำไปปลูกที่สถานีเกษตรหลวงปางดะ จ.เชียงใหม่ ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2553 โดยเพาะเมล็ดและย้ายลงปลูกในกระถาง 12 นิ้ว ที่มีดินผสมกาบมะพร้าวสับเป็นวัสดุปลูก เมื่อต้นออกดอกตัดแต่งช่อดอก 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ในระยะช่อดอกมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 1.0-1.5 เซนติเมตร และครั้งที่ 2 เมื่อช่อดอกยี่ด (ภาพที่ 1) บันทึกรับน้ำหนักช่อดอก 50% (คำนวณจาก 50% ของต้นที่ปลูกทั้งหมดของแต่ละพันธุ์) เมื่อดอกใกล้บาน นำมุ้งตาข่ายคลุมต้นบรอกโคลีแยกแต่

ละพันธุ์ และเมื่อดอกพร้อมผสม จึงตอนเกสรเพศผู้ออกก่อนการผสมเกสรเป็นเวลาหนึ่งวัน (ภาพที่ 2) ทำการผสมข้ามแบบพบกันหมด วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) จำนวน 7 ซ้ำ โดยใช้ช่อดอกเป็นซ้ำ ใช้คู่ผสมเป็นกรรมวิธีการทดลองกรรมวิธีละ 1 ต้น

เมื่อฝักบรอกโคลีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล 50% (ภาพที่ 3) เก็บเกี่ยวฝัก แล้วนำไปผึ่งในที่ร่มให้แห้ง จากนั้นสุ่มช่อดอกจำนวน 7 ช่อต่อต้น และสุ่มจำนวนฝัก 5 ฝักต่อช่อ นำมาบันทึกข้อมูล ความยาวฝัก น้ำหนักฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนักเมล็ดต่อฝัก หลังจากนั้นนำเมล็ดไปเพาะในกล่องพลาสติกที่รองด้วยกระดาษเพาะเมล็ด หลังเมล็ดงอก 5 วัน (ภาพที่ 4) นำต้นอ่อนของบรอกโคลีไปวิเคราะห์หาปริมาณซัลโฟราเฟนโดยเครื่อง HPLC (high performance liquid chromatography) ตามวิธีของ Sivakumar *et al.* (2007) ดังนี้ นำต้นอ่อนบรอกโคลีไป freeze dry เมื่อแห้งนำไปบดให้ละเอียด ชั่งต้นอ่อนที่บดแล้ว 0.25 กรัม นำไปเติม HCl ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร นำไปบดที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง และเขย่าเป็นครั้งคราว จากนั้นนำไปสกัดด้วย dichloromethane นำไปกลั่นด้วยเครื่อง evaporator ให้แห้ง นำไปละลายด้วยเมทานอล ความเข้มข้น 100% ปริมาตร 2 มิลลิลิตร นำไปกรองด้วยกระดาษกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร และนำไปฉีดเข้าเครื่อง HPLC



Figure 1 Inflorescence thinning of broccoli; a) first thinning and (b) second thinning

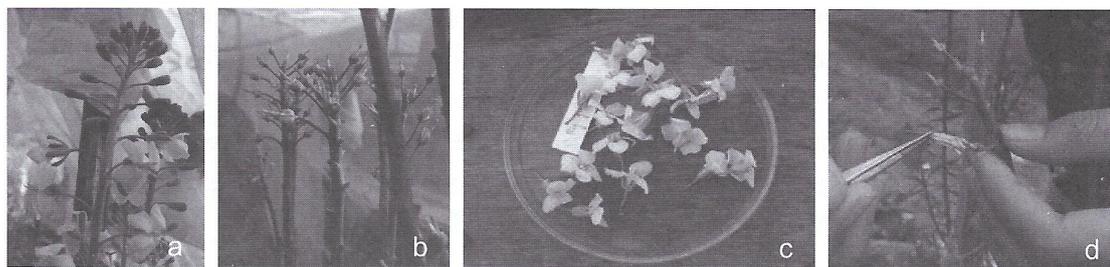


Figure 2 Emasculating and pollinating of broccoli inflorescences: (a) before emasculating, (b) after emasculating, (c) pollen collection, and (d) hand pollination



Figure 3 Broccoli pods at 50% maturity



Figure 4 Broccoli sprouts at 5 days after germination for sulforaphane analysis

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 1. ลักษณะการออกดอก

พันธุ์ Top Green และ F29A ใช้จำนวนวันนับจากวันเพาะเมล็ดถึงดอกบาน 50% เร็วที่สุดคือ 64 วัน รองลงมาคือพันธุ์ Packman โดยใช้จำนวนวันจากเพาะเมล็ดถึงดอกบาน 50% คือ 77 วัน ส่วนพันธุ์ที่ใช้เวลานานที่สุดคือพันธุ์ Montop มีจำนวนวันดอกบาน 50% คือ 98 วัน (ภาพที่ 5) ระยะเวลาการออกดอกของพืชแตกต่างกัน

ได้ตามพันธุกรรมของพืช และปัจจัยสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิสูงมีผลทำให้การออกดอกช้ากว่าปกติ (Bjorkman and Pearson, 1998) ในขณะที่สภาพแห้งแล้ง ความชื้นในดินไม่พอ ทำให้ต้นชะงักการเจริญเติบโต และออกดอกเร็ว (ไฉน, 2542) ทั้งนี้การศึกษาจำนวนวันที่ดอกบาน 50% เป็นข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการวางแผนการผลิต โดยการเพาะเมล็ดในช่วงเวลาที่ต่างกันเพื่อกำหนดให้ดอกบานพร้อมกัน และทำให้การผสมข้ามเกิดได้ดีขึ้น

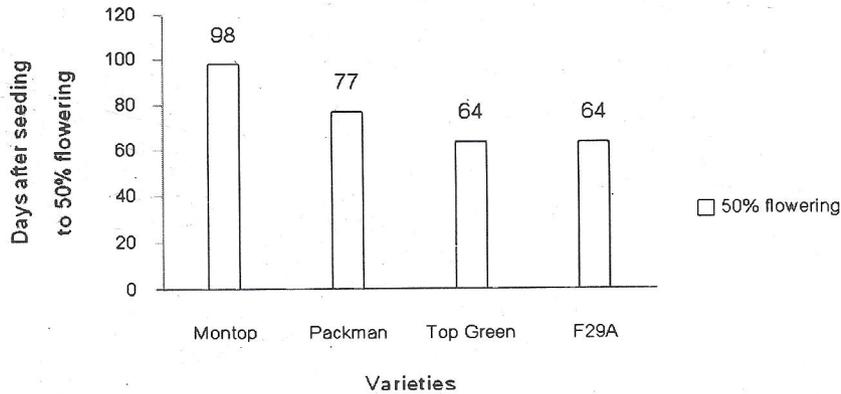


Figure 5 Days after seeding to 50% flowering of each broccoli variety

## 2. การติดเมล็ด

บรอกโคลีจำนวน 4 พันธุ์ ที่นำมาผสมแบบพบกันหมดสามารถผสมได้ 9 คู่ผสม (ตารางที่ 1) เนื่องจากพันธุ์ Montop และ Packman ดอกบานก่อนพันธุ์อื่นจึงไม่สามารถใช้เป็นแม่พันธุ์ได้ เมื่อฝักของบรอกโคลีแต่ละคู่ผสมเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล 50% จึงเก็บฝักและวัดขนาดของฝัก พบว่าฝักของคู่ผสม F29A × Montop และ F29A × Packman มีความยาวเท่ากับ 5.157 และ 5.057 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีความยาวมากที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับฝักที่ได้จากคู่ผสมอื่นๆ รองลงมาคือ ฝักของคู่ผสม Top Green × Packman โดยมีความยาวเท่ากับ 4.243 เซนติเมตร ส่วนคู่ผสมที่มีความยาวฝักน้อยที่สุดคือ Montop × F29A โดยมีความยาวฝักเท่ากับ 2.957 เซนติเมตร (ตารางที่ 1)

ฝักของคู่ผสม Top Green × Montop, Top Green × Packman, F29A × Montop และ F29A × Packman มีน้ำหนักมากที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับฝักที่ได้จากคู่ผสมอื่นๆ โดยมีน้ำหนักฝักเท่ากับ 0.097, 0.103, 0.091 และ 0.093 กรัมต่อฝัก ตามลำดับ รองลงมาคือฝักของคู่ผสม Top Green × F29A โดยมีน้ำหนักเท่ากับ 0.072 กรัมต่อฝัก คู่ผสมที่มีน้ำหนักต่อฝักน้อยที่สุดคือ Montop × Top Green, Montop × F29A และ Packman × F29A โดยมีน้ำหนักฝักเท่ากับ 0.045, 0.041 และ 0.045 กรัมต่อฝัก ตามลำดับ (ตารางที่ 1) จากผลการศึกษานี้ ในคู่ผสมที่มีความยาวฝักมาก ไม่ได้มีน้ำหนักฝักมากด้วย เนื่องจาก

บางคู่ผสมมีฝักยาว แต่ไม่ติดเมล็ด หรือติดเมล็ดน้อย เมล็ดมีขนาดเล็กและไม่สมบูรณ์

เมื่อเปิดฝักและนับจำนวนเมล็ดต่อฝัก พบว่ามีคู่ผสมจำนวน 6 คู่ที่ติดเมล็ด คือ คู่ผสม Top Green × Montop, Top Green × Packman, Top Green × F29A, F29A × Montop, F29A × Packman และ F29A × Top Green ฝักของคู่ผสม Top Green × Packman มีจำนวนเมล็ดต่อฝักมากที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับฝักที่ได้จากคู่ผสมอื่นๆ โดยมีจำนวนเมล็ดเท่ากับ 8.0 เมล็ดต่อฝัก รองลงมาคือฝักของคู่ผสม F29A × Packman โดยมีจำนวนเมล็ดเท่ากับ 6.9 เมล็ดต่อฝัก และฝักของคู่ผสม F29A × Top Green มีจำนวนเมล็ดน้อยที่สุดคือ 1.3 เมล็ดต่อฝัก ในขณะที่คู่ผสม Montop × Top Green, Montop × F29A และ Packman × F29A ไม่ติดเมล็ด พืชในกลุ่ม Brassica มักมีปัญหานในการผสมตัวเองไม่ติด อาจมีกลไกควบคุมการผสมตัวเองคล้ายกับที่พบในพืชสกุล Brassica ชนิดอื่นๆ เช่น ฝักกาดขาวปลี (จุจิเรศน์, 2543) และฝักกาดหัว (ลิขิต และคณะ, 2532; มณฑิรา, 2541) สอดคล้องกับรายงานของ Sampson (1957) ที่รายงานว่าลักษณะที่ไม่สามารถผสมตัวเองและผสมข้ามได้ของบรอกโคลี อาจเนื่องมาจากกลไกการผสมตัวเองและผสมข้ามไม่ติด (self- and cross-incompatibility) (ตารางที่ 1)

เมื่อนำเมล็ดไปชั่งน้ำหนักพบว่าฝักของคู่ผสม Top Green × Packman และ F29A × Packman มีน้ำหนักเมล็ดต่อฝักมากที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

Table 1 Average pod length, weight per pod, number of seeds per pod and seed weight per pod of pods from each cross

Crosses	Pod length <sup>1/</sup> (cm)	Weight/pod <sup>1/</sup> (g)	Number of seeds/pod <sup>1/</sup>	Seed weight/pod <sup>1/</sup> (g)
Montop × Top Green	3.257 de	0.045 c	N	N
Montop × F29A	2.957 e	0.041 c	N	N
Packman × F29A	4.120 bc	0.045 c	N	N
Top Green × Montop	3.929 bc	0.097 a	5.1 bc	0.018 bc
Top Green × Packman	4.243 b	0.103 a	8.0 a	0.026 a
Top Green × F29A	3.329 d	0.072 b	3.5 c	0.013 c
F29A × Montop	5.157 a	0.091 a	5.5 b	0.022 ab
F29A × Packman	5.057 a	0.093 a	6.9 ab	0.028 a
F29A × Top Green	3.843 c	0.055 c	1.3 d	0.005 d
LSD <sub>0.05</sub>	0.347	0.016	1.885	0.007
CV (%)	8.11	20.46	34.59	34.76

<sup>1/</sup> Means within the same column followed by different letters were significantly different at  $P \leq 0.05$  by LSD.

N = no seed and not used analysis

ทางสถิติกับฝักที่ได้จากคู่ผสมอื่นๆ โดยมีน้ำหนักเท่ากับ 0.026 และ 0.028 กรัมต่อฝัก ตามลำดับ รองลงมาคือฝักของคู่ผสม F29A × Montop โดยมีน้ำหนักเมล็ดเท่ากับ 0.022 กรัมต่อฝัก และฝักของคู่ผสม F29A × Top Green มีน้ำหนักเมล็ดต่อฝักน้อยที่สุดคือ 0.005 กรัมต่อฝัก (ตารางที่ 1) คู่ผสมที่มีน้ำหนักเมล็ดมาก ส่วนใหญ่เป็นคู่ผสมที่มีจำนวนเมล็ดต่อฝักมากเช่นกัน ดังนั้นการคัดเลือกคู่ผสมที่จะใช้ในการผลิตเมล็ด ควรเลือกคู่ผสมที่มีจำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนักเมล็ดต่อฝักมาก และเมล็ดมีความสมบูรณ์ เนื่องจากในการผลิตต้นอ่อนบรอกโคลี จำเป็นต้องใช้เมล็ดเป็นจำนวนมาก และมีความงอกดี ซึ่งคู่ผสมจำนวน 6 คู่ ที่ติดเมล็ดได้คัดเลือกมา 3 คู่ คือลูกผสม Top Green × Packman, F29A × Montop และ F29 A × Packman ที่มีจำนวนเมล็ดมาก และเมล็ดมีความสมบูรณ์

### 3. การวิเคราะห์ปริมาณซัลโฟราเฟน

นำต้นอ่อนลูกผสมจำนวน 3 คู่ คือลูกผสม Top Green × Packman, F29A × Montop และ F29 A × 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 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ (ภาพที่ 6) ซึ่งปริมาณซัลโฟราเฟนของลูกผสมที่ได้สูงกว่าพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ อาจเนื่องมาจากการแสดงออกแบบ heterosis ทำให้ลูกผสมที่ได้มีลักษณะที่ดีกว่าพ่อและแม่ แสดงให้เห็นถึงแนวทางในการผลิตเมล็ด

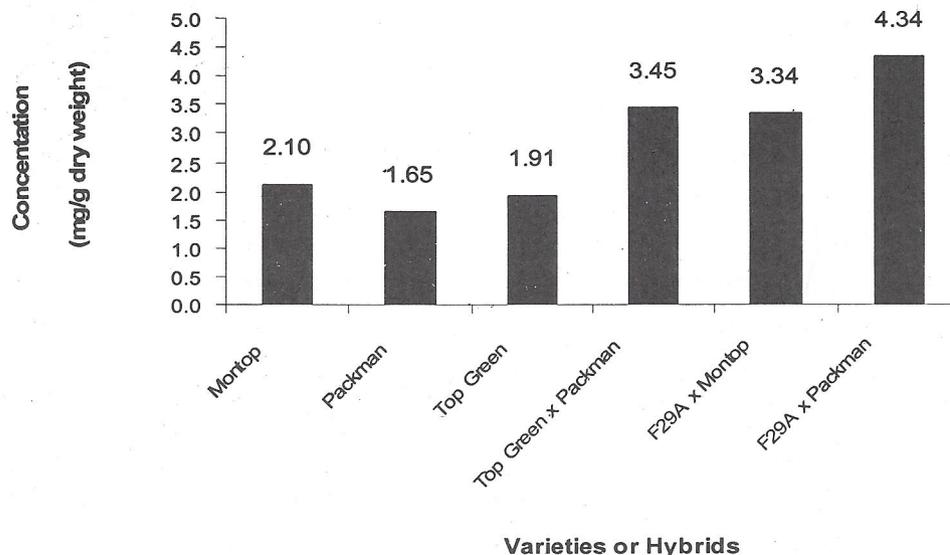


Figure 6 Sulforaphane concentration of broccoli sprout at 5 days germination

บรอกโคลีเพื่อใช้ผลิตต้นอ่อนที่มีซัลโฟราเฟนที่สูงได้ จาก รายงานของ Jason *et al.* (2005) กล่าวว่าความรู้เรื่อง พันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับกลูโคซิโนเลตมีเพียงเล็กน้อย ซึ่ง ลักษณะการแสดงออกของยีนอาจเป็นแบบยีนบวกละสม (additive gene) หรือ แบบยีนเด่น (dominance gene) Sodhi *et al.* (2002) นำ *Brassica juncea* พันธุ์ Valuna ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีกลูโคซิโนเลตสูงผสมกับพันธุ์ Heera ซึ่งมีกลูโคซิโนเลตต่ำ รายงานว่ากลูโคซิโนเลตถูกควบคุมด้วย ยีนทั้งหมด 7 ยีน และในการศึกษาลูกผสมบรอกโคลีจาก สายพันธุ์ทั้งจำนวน 9 สายพันธุ์ ผสมแบบพบกันหมดแล้ว นำลูกผสมที่ได้มาเปรียบเทียบกับสายพันธุ์พ่อและแม่เพื่อ วิเคราะห์หาปริมาณกลูโคราฟานินในดอก พบว่าเมื่อมีการ ผสมกับสายพันธุ์อื่นๆ ส่งผลให้ระดับกลูโคราฟานินสูงขึ้น (Jason *et al.*, 2005) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองนี้ได้ ลูกผสมที่มีซัลโฟราเฟนสูงกว่าพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ ดังนั้น การคัดเลือกหาพันธุ์บรอกโคลีเพื่อใช้ผลิตต้นอ่อนนั้นมีความสำคัญมาก โดยต้องใช้พันธุ์ที่มีปริมาณซัลโฟราเฟน ในระดับที่สูงพอ จึงทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้บริโภค ซึ่งการรับประทานซัลโฟราเฟนปริมาณ 200-400

ไมโครกรัมต่อวัน สามารถช่วยป้องกันการเกิดมะเร็งได้ (Health, 2008)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ลูกผสมที่มีซัลโฟราเฟนสูง คือ F29A × Packman, Top Green × Packman และ F29A × Montop นอกจากนี้ลูกผสมดังกล่าวยังมีความ งอกมากกว่า 90% และมีการติดเมล็ดดี หากเก็บเมล็ด จากคู่ผสมนี้ นำไปปลูกแล้วปล่อยให้ผสมแบบเปิด (open-pollination) เพื่อเก็บเมล็ดพันธุ์นำไปใช้ในการผลิตต้น อ่อนที่มีซัลโฟราเฟนสูง จะทำให้การผลิตเมล็ดพันธุ์ บรอกโคลีเพื่อผลิตต้นอ่อนน่าจะมีต้นทุนที่ต่ำกว่าการซื้อ เมล็ดจากต่างประเทศได้

## สรุป

การศึกษาพันธุ์บรอกโคลีพันธุ์การค้า 4 พันธุ์ ได้แก่ Montop, Packman, Top Green และ F29A พบว่าพันธุ์ Top Green และ F29A ดอกบาน 50% เร็วที่สุด และเมื่อนำบรอกโคลีทั้ง 4 พันธุ์มาผสมแบบ พบกันหมด พบว่าการผสมข้ามสามารถติดฝักได้

9 คู่ผสม เมื่อเปิดฝักนับเมล็ดมีคู่ผสมจำนวน 6 คู่ที่ติดเมล็ด คือ คู่ผสม Top Green X Montop, Top Green X Packman, Top Green X F29A, F29A X Montop, F29A X Packman และ F29A X Top Green โดยคู่ผสม Top Green X Packman มีจำนวนเมล็ดต่อฝักมากที่สุดคือ 8.0 เมล็ดต่อฝัก คู่ผสมที่ติดเมล็ดและมีเมล็ดปริมาณเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ซัลโฟราเฟนมีจำนวน 3 คู่ คือคู่ผสม Top Green X Packman, F29A X Montop และ F29A X Packman จึงนำต้นอ่อนอายุ 5 วัน หลังเพาะเมล็ดของทั้ง 3 คู่ผสม เปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่มาวิเคราะห์ปริมาณซัลโฟราเฟน พบว่าคู่ผสม F29A X Packman มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงที่สุดคือ 4.34 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมูลนิธิโครงการหลวงที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ และ คุณศิริลักษณ์ อินทะวงษ์ ที่ช่วยแนะนำและช่วยประสานงานกับเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง จนงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

### เอกสารอ้างอิง

- ไฉน ยอดเพชร. 2542. พืชผักในตระกูลครุฑซีเฟอร์. รั้วเขียว, กรุงเทพฯ. 195 หน้า.
- ณัฐา โพธารมณ์ อัญชัญ ชมภูพวง ศิริลักษณ์ อินทะวงษ์ และ วีรพันธ์ กันแก้ว. 2553. การคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์บรอกโคลีเพื่อผลิตต้นอ่อนที่มีซัลโฟราเฟนสูง. วารสารโครงการหลวง 14: 2-6.
- ธนพันธ์ เมธาพิทักษ์. 2544. เทคนิคการปลูกหน่อไม้ฝรั่งและบรอกโคลี ฉบับที่ 2. หอสมุดกลาง 09, กรุงเทพฯ. 160 หน้า.
- นิพนธ์ ไชยมงคล. 2546. ฐานข้อมูลพืชผัก : บรอกโคลี. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา : [http://www.agric-prod.mju.ac.th/vegetable/File\\_link/Broccoli.pdf](http://www.agric-prod.mju.ac.th/vegetable/File_link/Broccoli.pdf) (1 สิงหาคม 2553).

- บุษบัน ศิริธัญญาลักษณ์ และ ศรีัญญา ขวณพงษ์พานิช. 2548. สารชีวภาพกลูโคซิโนเลตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดพันธุ์บรอกโคลีที่ปลูกในประเทศไทย. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 105 หน้า.
- มณฑิรา ภูติวรรณ. 2541. การปรับปรุงพันธุ์ผักกาดหัวลูกผสมชั่วที่หนึ่ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 82 หน้า.
- จุริเรศน์ ชัยศรี. 2543. การใช้ลักษณะการผสมตัวเองไม่ติดเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 ของผักกาดขาวปลี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 88 หน้า.
- ลิขิต มณีสินธุ์ เกษม พิสิขัย ชาญฤกษ์ สงวนทรัพย์ากร และ เบญจมาศ ศิลาชัย. 2532. การศึกษาความสามารถในการติดเมล็ดจากการผสมพันธุ์ระหว่างผักกาดหัวสายพันธุ์ผสมตัวเองไม่ติด 5 สายพันธุ์. วารสารเกษตรศาสตร์ 23: 18-25.
- Bassett, M.J. 1986. Breeding Vegetable Crops. AVI Publishing Company, Inc., Connecticut. 584 p.
- Bjorkman, T. and K. Pearson. 1998. High temperature arrest of inflorescence development in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). Journal of Experimental Botany 49: 101-106.
- Cunningham, J. 2007. Broccoli sprouts may help prevent skin cancer. (Online). Available: [www.indiaedunews.net/Science/Broccoli\\_sprouts\\_may\\_help\\_prevent\\_skin\\_cancer\\_2312](http://www.indiaedunews.net/Science/Broccoli_sprouts_may_help_prevent_skin_cancer_2312) (March 26, 2010).
- Health. 2008. Healthcare Information Directory. (Online). Available: <http://www.lhealthdirectory.com/sulforaphane/> (April 17, 2011).
- 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.
- Juurink, B. 2006. Broccoli sprouts eaten during pregnancy may provide children with life-long protection against heart disease. (Online). Available: <http://www.brassica.com/press/news001.htm> (March 26, 2010).
- 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.
- Sampson, D.R. 1957. The genetics of self-and cross-incompatibility in *Brassica oleracea*. *Genetics* 42: 253-263.
- Sivakumar, G., A. Aliboni and L. Bacchetta. 2007. HPLC screening of anti-cancer sulforaphane from important European *Brassica* species. *Food Chemistry* 104: 1761-1764.
- Sodhi, Y.S., A. Mukhopadhyay, N. Arumugam, J.K. Verma, V. Gupta, D. Pentel and A.K. Pradhan. 2002. Genetic analysis of total glucosinolate in crosses involving a high glucosinolate Indian variety and a low glucosinolate line of *Brassica juncea*. *Plant Breeding* 121: 508-511.
- Trener, V.C., D. Caridi, A. Elkins, O. Donkor and R. Ones. 2006. The determination of glucoraphanin in broccoli seeds and floret by solid phase extraction and micellar 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.
- 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.
-