ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)

ปริญญา

พืชไร่ | พืชไร่นา

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง ความดีเด่นของลูกผสมและสมรรถนะการผสมในลักษณะปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลและปริมาณน้ำมันในทานตะวัน

Heterosis and Combining Ability for Alpha-tocopherol and Oil Content in Sunflower

นามผู้วิจัย นางสาวจินตนา จั่นเจิม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(อาจารย์บุบผา คงสมัย, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์ชูศักดิ์ จอมพุก, Dr.sc.nat.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์นวรัตน์ อุดมประเสริฐ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ความดีเด่นของลูกผสมและสมรรถนะการผสมในลักษณะปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลและปริมาณน้ำมันในทานตะวัน

Heterosis and Combining Ability for Alpha–tocopherol and Oil Content in Sunflower

โดย

นางสาวจินตนา จั่นเจิม

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จินตนา จั่นเจิม 2555: ความดีเด่นของลูกผสมและสมรรถนะการผสมในลักษณะปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลและปริมาณน้ำมันในทานตะวัน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่) สาขาพืชไร่ ภาควิชาพืชไร่นา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์บุบผา คงสมัย, Ph.D. 57 หน้า

ประเมินความดีเด่นของลูกผสมและสมรรถนะการผสมในลักษณะปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล และปริมาณน้ำมันในเมล็ดของทานตะวัน โดยการสร้างทานตะวันลูกผสมจำนวน 26 คู่ผสมจากพันธุ์พ่อแม่ จำนวน 11 พันธุ์ ผสมแบบพบกันหมด (diallel mating design II) ปลูกทดสอบพันธุ์ลูกผสมที่ได้ร่วมกับพันธุ์พ่อแม่ และพันธุ์ลูกผสมทางการค้า 2 พันธุ์ ด้วยแผนการทดลอง Augmented RCB ณ แปลงทดลองภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ปี 2553-54 จากการวิเคราะห์ความดีเด่นของลูกผสมและสมรรถนะการผสมของปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลและปริมาณน้ำมัน พบว่า สมรรถนะการผสมแบบทั่วไปและการผสมแบบเฉพาะมีความสำคัญทั้งในลักษณะปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลและปริมาณน้ำมัน ลักษณะของปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลคู่ผสม HA292xPK101 มีความดีเด่นของลูกผสมเทียบกับค่าเฉลี่ยพ่อแม่ และความดีเด่นของลูกผสมเทียบกับพ่อหรือแม่ที่ดีที่สุดเท่ากับ 153 % และ 91.85 % ตามลำดับ ส่วนสมรรถนะการผสม พบว่า พันธุ์ PI 589886 มีสมรรถนะการผสมแบบทั่วไปสูงที่สุด และคู่ผสม #13xRHA 852 มีสมรรถนะการผสมแบบเฉพาะสูงที่สุด ลักษณะปริมาณน้ำมันคู่ผสม PI564517xPI589886 มีความดีเด่นของลูกผสมเทียบกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่สูงที่สุด เท่ากับ 16.53% และคู่ผสม HA208xPI539905 มีสมรรถนะการผสมแบบเฉพาะสูงสุด และมีความดีเด่นของลูกผสมเมื่อเทียบกับพ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด เท่ากับ 12.64% ส่วนพันธุ์ HA208 มีสมรรถนะการผสมแบบทั่วไปที่สูงที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะปริมาณน้ำมันในเมล็ด (r= 0.49) แต่มีสหสัมพันธ์ทางลบกับน้ำหนัก 100 เมล็ด น้ำหนักผลผลิต ความสูงเส้นผ่านศูนย์กลางจานดอก อายุการออกดอก และอายุการเก็บเกี่ยว ทำนองเดียวกันปริมาณน้ำมันมีสหสัมพันธ์ทางลบกับน้ำหนักผลผลิต และอายุการออกดอก แสดงให้เห็นว่า การปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันเพื่อเพิ่มปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล และปริมาณน้ำมันอาจส่งผลต่อการลดลงของผลผลิตเมล็ด

/ /

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Jintana Junjerm 2012: Heterosis and Combining Ability for Alpha - tocopherol and Oil Content in Sunflower. Master of Science (Agronomy), Major Field: Agronomy, Department of Agronomy. Thesis Advisor: Miss Buppa Kongsamai, Ph.D. 57 pages.

Hybrid vigor and combining ability for alpha-tocopherol and seed-oil content in sunflower were determined. The 26 hybrid combinations were constructed from 11 parental lines in a diallel mating design II manner. The resultant hybrids were evaluated along with their parents and two standard checks with augmented RCB design at the experimental field of department of Agronomy, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom in 2010-2011 growing season. It showed that the general combining ability and specific combining ability effects were significant for both alpha-tocopherol and oil content. The cross HA292xPK101 had the highest inmid-parent heterosis and higher parent heterosis of 153 and 91.85%, respectively. PI589886 had the highest general combining ability (GCA) and the cross#13xRHA852 had the highest specific combining ability (SCA). For oil content, it was found that the cross PI564xPI589886 had the highest mid-parent heterosis of 16.53% and the cross HA208xPI539905 had the best SCA and higher parent heterosis (12.64%). The highest GCA for oil content had obtained from the HA208. Moreover, it was also found that alpha-tocopherol content had positive correlation with seed-oil content (r=0.49) but it had negative correlation with 100-seed weight, seed yield, plant height, disc diameter, flowering date and harvesting date. In the same manner, seed-oil content was negatively correlated to seed yield and flowering date. It indicates that sunflower breeding for increasing alpha-tocopherol and oil content might affect on the decrease of seed yield.

/ /

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร. บุบผา คงสมัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ รศ.ดร. ชูศักดิ์ จอมพุก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ประธานการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้ายและผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา แนะนำตลอดมา รวมถึงตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของวิทยานิพนธ์เล่มที่ให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นาทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ คุณสมนึก พรหมแดง คุณสายน้ำอ้อย สว่างเมฆ หน่วยพฤกษเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้คำแนะนำในงานวิจัยและใช้ห้องปฏิบัติการรวมทั้งอบรมสั่งสอนให้มีศีลธรรมจรรยา และให้กำลังใจที่ดีตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และน้องชายของข้าพเจ้าที่คอยช่วยเหลือสนับสนุนและให้โอกาสแก่ข้าพเจ้าจนมีโอกาสศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สุดท้ายนี้ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ข้าพเจ้าขอมอบแด่ครอบครัวและอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และจริยธรรมแก่ข้าพเจ้า หากมีข้อผิดพลาดประการใดในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ข้าพเจ้าขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

จินตนา จั่นเจิม

มีนาคม 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	17
ผลและวิจารณ์	25
สรุปและข้อเสนอแนะ	45
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	46
ภาคผนวก	53
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	57

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การปรับค่าผลผลิตของพันธุ์ทดสอบ	21
2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองแบบสุ่มในบลอคสมบูรณ์	22
3	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมรรถนะการผสม	23
4	การประเมินสมรรถนะการผสมแบบทั่วไป (แนวเส้นทแยงมุม) สมรรถนะการผสมแบบเฉพาะ (เหนือเส้นทแยงมุม) เป็นค่าของอัลฟาโทโคฟีรอลในทานตะวันลูกผสม	28
5	การประเมินสมรรถนะการผสมแบบทั่วไป (แนวเส้นทแยงมุม) สมรรถนะการผสมแบบเฉพาะ (เหนือเส้นทแยงมุม) เป็นค่าปริมาณน้ำมันในทานตะวันลูกผสม	29
6	ความดีเด่นของลูกผสมเทียบกับค่าเฉลี่ยพ่อแม่ (mid parent) และความดีเด่นของลูกผสมเทียบกับพ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด (higher parent) ในลักษณะปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล	32
7	ความดีเด่นของลูกผสมเทียบกับค่าเฉลี่ยพ่อแม่ (mid parent) และความดีเด่นของลูกผสมเทียบกับพ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด (higher parent) ในลักษณะปริมาณน้ำมัน	35
8	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล ปริมาณน้ำมัน น้ำหนัก 100 เมล็ด น้ำหนักผลผลิต ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลาง อายุการออกดอก และอายุการเก็บเกี่ยว	38
9	ลักษณะทางการเกษตรบางประการของทานตะวันของพันธุ์พ่อแม่และลูกผสม จำนวน 26 คู่ผสม	39

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	การวิเคราะห์ความแปรปรวนสมรรถนะการผสมของปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล	56
2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนสมรรถนะการผสมของปริมาณน้ำมัน	56

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะของทานตะวัน (ก) และองค์ประกอบของดอกย่อยทานตะวัน (disc floret) (ข)	5
2	สูตรโครงสร้างของอัลฟาโทโคฟีรอล	6

ภาพผนวกที่		หน้า
1	แสดงโครมาโตแกรม (ก) กราฟมาตรฐานของอัลฟาโทโคฟีรอล (ข) โครมาโตแกรมของปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลของคู่ผสมทานตะวัน	56
2	กราฟสารละลายมาตรฐานจากความเข้มข้นของสารละลายอัลฟาโทโคฟีรอลที่ความเข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 ppm	56

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความดีเด่นของลูกผสมและสมรรถนะการผสมในลักษณะปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล และปริมาณน้ำมันในทานตะวัน

Heterosis and Combining Ability for Alpha-tocopherol and Oil Content in Sunflower

คำนำ

ทานตะวัน (*Helianthus annuus* L.) เป็นพืชน้ำมันที่มีความสำคัญเป็นอันดับสามของโลก รองจากถั่วเหลืองและปาล์มน้ำมัน โดยมีแหล่งผลิตที่สำคัญในเขตอบอุ่นของทวีปยุโรป อเมริกาและเอเชีย น้ำมันทานตะวันเป็นน้ำมันที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะกรดโอเลอิกและลิโนเลอิก นอกจากมีประโยชน์โดยตรงต่อร่างกายแล้วยังมีผลต่อระดับโคเรสเตอรอล (cholesterol) ของร่างกาย เนื่องจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวเหล่านี้จะดึงโคเรสเตอรอลจากร่างกายมาใช้ประโยชน์ทำให้โคเรสเตอรอลไม่สะสมในร่างกาย นอกจากนี้ในน้ำมันทานตะวันยังประกอบไปด้วยวิตามินเอ ดี อี และเค (ชูศักดิ์, 2542) ซึ่งปริมาณวิตามินอีในน้ำมันทานตะวันจะสูงกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น ๆ ดังนั้นทานตะวันจึงเป็นที่ต้องการของตลาดโลกเพื่อการบริโภคและใช้ในอุตสาหกรรม เช่น เนยเทียม น้ำมันพืช เครื่องสำอาง น้ำมันชักเงาสีทาบ้าน เป็นต้น ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกทานตะวันปี 2552/2553 ประมาณ 186,000 ไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2553)

โทโคฟีรอลเป็นสารที่ละลายในน้ำมันพบเฉพาะในพืชน้ำมัน เช่น คำฝอย ถั่วเหลือง ทานตะวัน และงา เป็นต้น จัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็นอนุพันธ์ของวิตามินอีพบมากในเมล็ดทานตะวัน ในร่างกายสิ่งมีชีวิตมีการออกฤทธิ์ของวิตามินอี ซึ่งมีความสามารถในการป้องกันเยื่อหุ้มเซลล์จากการถูกทำลาย (Muggli, 1994) เนื่องจากโทโคฟีรอลมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่นของน้ำมันและไขมันของอาหารและอาหารบรรจุภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี (Kamel-Eldin and Appelqvist, 1996) โทโคฟีรอลประกอบด้วย 4 รูปแบบ (forms) ได้แก่ อัลฟา (alpha) เบตา (beta) เดลตา (delta) และแกมมา (gamma) ซึ่งอัลฟาโทโคฟีรอล (alpha-tocopherol) เป็นรูปแบบที่พบมากที่สุด (Pongracz *et al*., 1995)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความดีเด่นของลูกผสมนั้นเป็นการแสดงออกของประชากรรุ่นลูก ที่มีความแข็งแรงหรือความสามารถในการให้ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตต่าง ๆ ที่ดีกว่าพันธุ์พ่อแม่ อีกทั้งมีการประเมินสมรรถนะการผสมของพันธุ์ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากต่อคัดเลือก และการปรับปรุงพันธุ์ลูกผสม การทดสอบสมรรถนะการผสมนั้นเป็นขั้นตอนในการทดสอบต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการเพื่อเปรียบเทียบลักษณะที่แสดงออกของพันธุ์นั้น ๆ (Griffing, 1956)

ในการวัดความดีเด่นและการประเมินสมรรถนะการผสมนั้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์อย่างมากในการปรับปรุงพันธุ์ โดยเฉพาะการเพิ่มปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลในทานตะวันให้สูงขึ้น เนื่องจากทานตะวันเป็นพืชที่มีศักยภาพในการให้น้ำมันพืชที่มีคุณภาพสูง เหมาะที่จะใช้ในการอุปโภค และบริโภค ปัจจุบันผู้บริโภคที่ให้ความสนใจในเรื่องสุขภาพนิยมนำมาบริโภค อีกทั้งตลาดมีแนวโน้มที่จะให้ความสำคัญเรื่องอาหารและสุขภาพมากขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความดีเด่นของลูกผสมและสมรรถนะในการผสมของปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลปริมาณน้ำมันในเมล็ดและผลผลิตของทานตะวัน

2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลและเปอร์เซ็นต์น้ำมันในเมล็ดทานตะวัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตรวจเอกสาร

ทานตะวัน (*Helianthus annuus* L.) เป็นพืชผสมข้าม (cross pollinated) มีถิ่นกำเนิดบริเวณทวีปอเมริกาเหนือ โดยเฉพาะเขตตะวันตกของสหรัฐอเมริกา เป็นพืชน้ำมันที่มีความสำคัญเป็นอันดับสามของโลก รองจากถั่วเหลืองและปาล์มน้ำมัน โดยมีแหล่งผลิตที่สำคัญในเขตอบอุ่นของทวีปยุโรป อเมริกาและเอเชีย พบว่า มีการกระจายตัวของทานตะวันหลายชนิด (species) สามารถแยกได้เป็น 2 ประเภท คือ ชนิดที่เป็นพืชล้มลุก และชนิดที่เป็นพืชยืนต้น ทานตะวันเป็นพืชที่สามารถปรับตัวได้ดีในเขตอบอุ่น และทนต่อในสภาพแห้งแล้ง ซึ่งน้ำมันทานตะวันเป็นน้ำมันที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงประมาณ 90 % โดยเฉพาะกรดโอเลอิกและลิโนเลอิก นอกจากนี้ในน้ำมันทานตะวันยังประกอบไปด้วยวิตามินเอ ดี อี และเค (ชูศักดิ์, 2542)

กลไกลในการผสมข้ามของทานตะวัน

ทานตะวันเป็นพืชที่มีความสามารถในการผสมข้ามสูง เนื่องจากตำแหน่งของยอดเกสรตัวเมีย (stigma) จะอยู่สูงกว่าอับละอองเกสรตัวผู้ (anther) (Putt, 1940) สังเกตพบว่า ละอองเกสรงอกเฉพาะบริเวณพื้นผิวด้านในของ stigma lobes โดยที่ละอองเกสรบางส่วนเริ่มงอกตั้งแต่ช่วง 19.00 น. ก่อนที่ stigma จะโผล่พ้นอับละอองเกสร 1 วัน การผสมเกสรและปฏิสนธิจะเกิดขึ้นในเวลา 8.00 น. ของวันต่อมา เมื่อมีปริมาณละอองเกสรเพียงพอ การปฏิสนธิเกิดขึ้นได้ดีและรวดเร็วเมื่ออยู่ในสภาพอากาศอบอุ่น แสงแดดจัด ขณะที่ในสภาพอากาศเย็นการงอกของท่อละอองเกสรจะเกิดขึ้นช้าลง

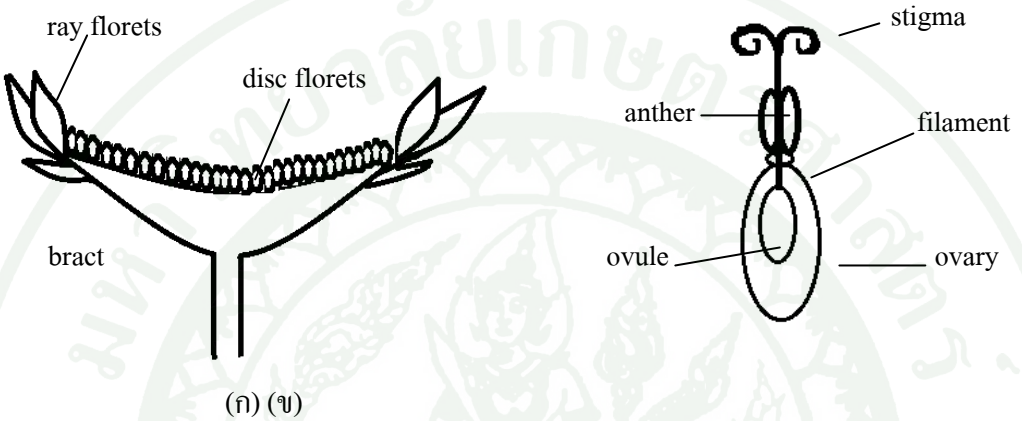
การผสมข้ามต้นหรือดอกของทานตะวันเกิดขึ้นโดยแมลงเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากพื้นผิวด้านนอก (exine) ของละอองเกสรเป็นแบบ spiny ดังนั้นการเคลื่อนย้ายโดยลมพบได้น้อยมาก

ลักษณะการผสมตัวเองไม่ติด (self incompatibility) เป็นลักษณะทางพันธุกรรมหลายระบบที่บังคับให้เกิดการผสมข้ามทั้งนี้เนื่องจากการที่ละอองเกสรไม่สามารถผสมกับไข่ได้ ลักษณะของการผสมไม่ติดดังกล่าวเป็นกระบวนการทางชีวเคมีซึ่งถูกควบคุมด้วยระบบทางพันธุกรรม อาจเกิดได้ในระยะผสมเกสร (pollination) ไปจนถึงระยะการรวมตัวของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมีย (fertilization) ในทานตะวันนั้นลักษณะการผสมตัวเองไม่ติดเกิดจากปฏิกิริยาของยีนในเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมีย แบบ sporophytic system (Jerry, 1939) ระหว่างเซลล์สืบพันธุ์ในต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เดียวกันและระหว่างพันธุ์ที่มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรม ซึ่งลักษณะการผสมตัวเองไม่ติดแบบสมบูรณ์อาจพบได้ในทานตะวันพันธุ์ป่า (wild sunflower)

มีรายงานว่า บริเวณที่เกิดปฏิกิริยาการผสมตัวเองไม่ติดของทานตะวันคือ stigma, style และ ovule (Seiler, 1997)



ภาพที่ 1 ลักษณะของทานตะวัน (ก) และองค์ประกอบของดอกย่อยทานตะวัน (disc floret) (ข)

การบานของดอกย่อยทานตะวัน มักเริ่มขึ้นหลังจาก ray flower เริ่มบาน โดยดอกย่อยจะทะยอยบาน จากวงดอกด้านนอกไปสู่กลางดอก ประมาณ 1 - 4 แถวต่อวัน ซึ่งโอกาสของดอกย่อยหนึ่งไปผสมกับดอกย่อยอื่น ๆ ในจานดอกเดียวกันโดยแมลง ลม แรงโน้มถ่วง และในการผสมเกสรของทานตะวันยังมีการผสมตัวเองบางส่วนอยู่ ดังนั้นในการสร้างลูกผสมจึงต้องมีการตอนดอก (emasculation) เพื่อลดการผสมตัวเองของทานตะวัน (Jack, 1978)

อัลฟาโทโคฟีรอลในทานตะวัน

วิตามินอี (vitamin E) เป็นวิตามินที่สังเคราะห์ได้เฉพาะในพืช พบมากในพืชน้ำมัน และพืชชั้นสูงทุกชนิด ส่วนอัลฟาโทโคฟีรอล (alpha-tocopherol) เป็นอนุพันธุ์ของวิตามินอี ซึ่งสามารถพบได้ในใบและส่วนอื่นๆ ที่มีสีเขียว เนื่องจากอัลฟาโทโคฟีรอลสังเคราะห์ได้จากกรดอะมิโนไทโรซีน (tryrosine) ที่อยู่ในคลอโรพลาสต์ (chloroplast) และมีการสะสมอัลฟาโทโคฟีรอลในส่วนต่าง ๆ ของเซลล์พืช โดยพบมากที่สุดในเมล็ด (Sheppard *et al*., 1993) โดยเฉพาะทานตะวัน คำฝอย ถั่วเหลือง และงา ซึ่งเป็นพืชน้ำมันจะพบปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลสูงในเมล็ด เนื่องมาจากอัลฟาโทโคฟีรอลสามารถละลายได้ดีในน้ำมัน (Gerald, 2008)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 2 สูตรโครงสร้างของอัลฟาโทโคฟีรอล (Gerald, 2008)

อัลฟาโทโคฟีรอลเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่อยู่ในลิพิดไบเลเยอร์ (lipid bilayers) ที่มีผลอย่างมากในการขัดขวางการรั่วไหลของไขมัน (lipid peroxidation) ในกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Michael, 1992) จากการทดสอบโทโคฟีรอลนั้นมีผลต่อการยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่นของน้ำมันและไขมันได้ทั้งในอาหารและอาหารบรรจุภัณฑ์ (Kamel-Eldin and Appelqvist, 1996) ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตนั้นโทโคฟีรอลจะช่วยป้องกันเยื่อหุ้มเซลล์ต่าง ๆ จากการถูกทำลาย (Muggli, 1994) และอันตรายที่เกิดจากปฏิกิริยาใช้แสงหรือในการสังเคราะห์แสงจาก oxidative stress ต่าง ๆ (Maeda *et al*., 2005) อัลฟาโทโคฟีรอลเป็นชนิดที่พบมากที่สุด และมีประสิทธิภาพต้านทานการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในร่างกายสูงกว่าโทโคฟีรอลรูปแบบอื่น ๆ ซึ่งโทโคฟีรอลประกอบไปด้วย 4 อนุพันธ์ ได้แก่ อัลฟา (alpha), เบตา (beta), เดลตา (delta) และแกมมา (gamma) (Pongracz *et al*., 1995)

Velasco *et al*. (2002) ศึกษาถึงอิทธิพลของพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อปริมาณโทโคฟีรอลของทานตะวันพันธุ์การค้า จำนวน 36 พันธุ์ ซึ่งปลูกทดสอบ 13 ท้องที่ พบว่า มีปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลในเมล็ด ระหว่าง 314.50 - 1024.50 mg/kg และปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลในน้ำมันระหว่าง 562.83 - 1872.8 mg/kg ซึ่งอัลฟาโทโคฟีรอลเป็นอนุพันธ์ที่พบมากที่สุด (88.4- 96.3 %) โดยสภาพแวดล้อมมีผลต่อปริมาณของอัลฟาโทโคฟีรอล, เบต้าโทโคฟีรอล และโทโคฟีรอลรวม น้อยกว่าอิทธิพลของพันธุกรรม และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมมีความสำคัญต่อปริมาณโทโคฟีรอลทำนองเดียวกับ canola นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณโทโคฟีรอลไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำมันในเมล็ด และน้ำหนักผลผลิต แสดงให้เห็นว่า การคัดเลือกพันธุ์ทานตะวันที่มีโทโคฟีรอลนั้นจะเกี่ยวข้องกับพันธุกรรมมากกว่าอิทธิพลของสภาพแวดล้อม

Marwede *et al.* (2004) ได้ศึกษาปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม และอัตราพันธุกรรมในลักษณะปริมาณโทโคฟีรอลของ canola ในประชากร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

double haploid พบว่า น้ำมัน canola ประกอบไปด้วย อัลฟาโทโคฟีรอลและแกมมาโทโคฟีรอลเป็นส่วนใหญ่ โดยมีอัตราส่วนของ α-tocopherol :γ–tocopherol ประมาณ 0.5 และพบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อมมีความสำคัญมากต่อปริมาณโทโคฟีรอล ทำให้ค่าอัตราพันธุกรรมในลักษณะปริมาณโทโคฟีรอลของทุกประชากรมีค่าต่ำ โดยที่อัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลอยู่ในช่วง 0.23 - 0.44 และ ลักษณะปริมาณแกมมาโทโคฟีรอลมีอัตราพันธุกรรมอยู่ในช่วง 0.33 - 0.5

Velasco *et al.* (2004) ได้ประเมินปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลของเชื้อพันธุกรรมทานตะวันพันธุ์ป่า จำนวน 257 พันธุ์ โดยใช้เทคนิค HPLC พบว่า ทานตะวันพันธุ์ป่ามีปริมาณโทโคฟีรอลรวมเฉลี่ย 328 mg/kg ประกอบด้วย อัลฟาโทโคฟีรอล 99.0 % เบต้าโทโคฟีรอล 0.7 % และแกมมาโทโคฟีรอล 0.3 % ขณะที่พันธุ์ปลูกทั่วไป มีปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลรวมเฉลี่ย 669.1 mg/kg ประกอบด้วย อัลฟาโทโคฟีรอล 92.4 % เบต้าโทโคฟีรอล 5.6 % และแกมมาโทโคฟีรอล 2.0 % แสดงให้เห็นว่าเชื้อพันธุกรรมทานตะวันพันธุ์ป่ามีปริมาณโทโคฟีรอลรวมน้อยกว่าพันธุ์ปลูก เนื่องจากปริมาณเบต้าโทโคฟีรอลและแกมมาโทโคฟีรอลต่ำกว่าพันธุ์ปลูกอย่างชัดเจน

Garcia-Moreno *et al.* (2006) ได้วิเคราะห์การถ่ายทอดทางพันธุกรรมและใช้เครื่องหมายโมเลกุล SSR (simple sequence repeat) เพื่อศึกษาลักษณะปริมาณแกมมาโทโคฟีรอลในทานตะวัน สำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนาพันธุ์เพื่อเพิ่มปริมาณของแกมมาโทโคฟีรอล พบว่า ไม่สามารถค้นหาพันธุ์ทานตะวันที่มีปริมาณแกมมาโทโคฟีรอลสูงทั้งในประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 2 เนื่องจากปริมาณแกมมาโทโคฟีรอลสูงควบคุมโดยยีน *Tph2* แต่พันธุ์ทานตะวันที่ศึกษามีเฉพาะ *tph*2 alleles เท่านั้น จากการศึกษาตำแหน่งยีน Tph2 โดยเทคนิค genetic mapping ในประชากรลูกผสมชั่วที่ 2 ของคู่ผสมระหว่าง CAS-12 กับ IAST-540 ได้ลูกผสมชั่วที่ 2 ที่กระจายตัวในลักษณะปริมาณแกมมาโทโคฟีรอลต่ำต่อปริมาณแกมมาโทโคฟีรอลสูงในอัตราส่วน 3:1

Moral *et al*. (2011) ได้ศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลที่สะสมในเมล็ดทานตะวันพันธุ์ IAST-522 พบว่า ควบคุมด้วยยีนน้อยคู่ โดยมีอัตราพันธุกรรมระดับปานกลางถึงสูง และการทำงานของยีนเป็นแบบผลบวก (additive gene action) ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันให้มีปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลในเมล็ดทานตะวันสูงขึ้นจึงสามารถทำได้ แต่อัตราเพิ่มขึ้นของปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนยีนที่สะสมในพันธุ์ทานตะวันที่คัดเลือกไว้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำมันในเมล็ดทานตะวัน

เมล็ดพืชมีการสะสมอาหาร (food reserve accumulation) และสารควบคุมการเจริญเติบโต (growth regulators) ที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ด ในขณะที่เมล็ดงอกอาหารสะสมจะช่วยให้ต้นอ่อนเจริญเติบโตได้ จนกระทั่งต้นกล้าสามารถสังเคราะห์แสงสร้างอาหารเองได้ องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดจึงมีผลโดยตรงต่อการงอกของเมล็ดและต่อความแข็งแรงของต้นพืช เมล็ดพืชมีองค์ประกอบทางเคมีอยู่หลายชนิด ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน แป้ง และน้ำตาล เป็นต้น (วันชัย, 2538) ส่วนเมล็ดทานตะวันซึ่งเป็นพืชน้ำมัน มีน้ำมันประมาณ 40 – 50 % ของน้ำหนักทั้งเมล็ด ขณะที่ เนื้อในเมล็ด (seed kernel) มีน้ำมันประมาณประมาณ 50 – 60 % (Anonymous, 2003)

Mijic *et al.* (2009) รายงานว่า การเพิ่มขึ้นของผลผลิตน้ำมันเป็นลักษณะที่สำคัญของการปรับปรุงพันธุ์ทานตะวัน โดยศึกษาความสัมพันธ์กันระหว่างปริมาณน้ำมันกับองค์ประกอบผลผลิตของทานตะวันลูกผสม 14 สายพันธุ์ ซึ่งมีการทดสอบผลผลิตในปี 2002 – 2003 พบว่า ปริมาณน้ำมัน ความสูง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด มีค่าอัตราพันธุกรรมสูง ผลผลิตน้ำมันและน้ำหนักผลผลิตเพิ่มขึ้นตามความต้องการของวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงพันธุ์ จากการประเมินสหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักผลผลิตกับผลผลิตน้ำมันมีพบว่า มีสหสัมพันธ์แบบบวก (r = 0.99) แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักผลผลิตมีความสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำมันสูงมาก

ความดีเด่นของลูกผสม (Heterosis หรือ Hybrid vigor)

ความดีเด่นของลูกผสมหรือเฮเทอโรซีส (heterosis) เป็นความดีเด่นของลูกผสมเนื่องมาจากลูกผสมนั้นมีพันธุกรรมเป็น heterozygous เฮเทอโรซีสสามารถแสดงออกในรูปของความแข็งแรง ขนาด ผลผลิต และลักษณะต้านทานต่อโรคและแมลง ตลอดจนสิ่งแวดล้อม เฮเทอโรซีสจึงมีประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์พืชผสมข้าม โดยสร้างลูกผสมระหว่างพันธุ์แท้ พันธุ์ หรือ clone ลูกผสมที่ดีต้องมีลักษณะหรือผลผลิตดีกว่าพ่อแม่ หรือดีกว่าพันธุ์เดิม (สุทัศน์, 2539)

Shull (1952) ได้เสนอคำว่าเฮเทอโรซีส “heterosis” เป็นความแข็งแรงของลูกผสมที่เพิ่มขึ้นนั้น เป็นผลมาจากสิ่งที่ไม่น่าจะเป็นพันธุกรรมที่มีอยู่แล้วเดิมในเซลล์สืบพันธุ์พ่อและแม่ทั้งคู่ เพื่ออธิบายถึงเฮเทอโรซีสของลูกผสมอันเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของความไม่คงตัวทางพันธุกรรม (heterozygosity) เฮเทอโรซีสของลูกผสมนั้นเป็นปรากฏการณ์ที่ตรงข้ามกับความเสื่อมถอยของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พันธุกรรม (inbreeding depression) ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของยีนที่เหมือนกัน (homozygosity) ดังนั้นในการสร้างลูกผสมจากพันธุ์แท้ ลูกผสมที่ได้จะมีลักษณะหรือผลผลิตที่ดีกว่าพ่อแม่หรือพันธุ์ดั้งเดิม ในการเพิ่มขึ้นของผลผลิตหรือลักษณะต่างๆ สามารถใช้ทฤษฎีที่มาอธิบายหลักของเฮเทอโรซีส ได้ดังนี้

1. ทฤษฎีข่มเกิน (overdominance) (Shull, 1908) และ (East, 1908) ยีนที่อยู่ในสภาพ heterozygous จะสามารถแสดงลักษณะที่ดีเด่นเหนือพันธุ์พ่อแม่ได้ ซึ่งทฤษฎีนี้จะเกี่ยวข้องกับการควบคุมของยีนเพียง 1 ตำแหน่ง เมื่อยีนหลายตัวที่ตำแหน่งเดียวกัน ซึ่งจะมีผลต่อเฮเทอโรซีส

2. ทฤษฎีข่มสมบูรณ์ (dominance theory) (Davenport, 1908), (Bruce, 1910) และ (Keeble and Pellew, 1910) เป็นทฤษฎีที่แสดงออกว่าเฮเทอโรซีส เป็นผลมาจากการไม่แสดงออกของยีนด้อย (recessive allel) จึงทำให้ยีนเด่น (dominant allele) สามารถแสดงออกได้ดี

การอธิบายปรากฏการณ์เฮเทอโรซีส โดยใช้เฉพาะทฤษฎีใดทฤษฎีหนึ่งนั้น ยังอธิบายได้ไม่ครอบคลุมเพียงพอต้องอาศัยทั้งสองทฤษฎีเสริมกัน โดยทฤษฎีการข่มเกินใช้อธิบายความดีเด่นของลูกผสมที่เหนือกว่าพ่อหรือแม่ที่ดี ส่วนทฤษฎีการข่มปกตินั้นใช้อธิบายความดีเด่นของลูกผสมที่เหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ อย่างไรก็ตาม ยังมีผู้เสนอความเห็นโต้แย้งในการใช้ทฤษฎีนี้ในหลายประเด็น จนถึงปัจจุบันนักพันธุศาสตร์และนักปรับปรุงพันธุ์พืชก็ยังพยายามหาคำอธิบายถึงการเกิดเฮเทอโรซีส ที่ชัดเจนยิ่งขึ้น แต่เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่า ค่าเฮเทอโรซีสหรือค่าความดีเด่นของลูกผสมส่วนใหญ่มาจากปฏิกิริยาการข่มปกติ จึงสรุปได้ว่า เฮเทอโรซีสหรือค่าความเหนือระดับของลูกผสมเป็นผลมาจากผลบวกสะสม (cumulative effects) ของยีนข่มแต่ละตัวจากยีนแต่ละชุด ที่ต่างก็มีระดับการข่มไม่เท่ากัน ทำให้ทฤษฎีการข่มปกติเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวาง โดยให้เหตุผลว่ายีนแฝงเป็นยีนที่มีประสิทธิภาพต่ำ และจะถูกบดบังด้วยยีนข่ม ความดีเด่นของลูกผสมจึงขึ้นอยู่กับจำนวนยีนข่มที่ไปบดบังลักษณะของยีนแฝงไว้ (กฤษฎา, 2546)

Kaya (2005) ศึกษาความดีเด่นของลูกผสมในลักษณะผลิตเมล็ดและผลผลิตน้ำมัน ของทานตะวันลูกผสมเดี่ยว จำนวน คู่ผสม ปี 2000 และ 2001 ประเทศตุรกี พบว่าลูกผสมให้ผลผลิตเมล็ด 37 - 245 kg/ha ผลผลิตน้ำมัน 17.6 - 118.8 kg/ha และปริมาณน้ำมัน 38.0 - 50.8% โดยที่ผลผลิตน้ำมันและผลผลิตเมล็ดมีค่าความดีเด่นของลูกผสมค่อนข้างสูง ผลผลิตน้ำมันมีค่าความดีเด่นของลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่เท่ากับ 288.3 % และค่าความดีเด่นของลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับพ่อหรือแม่ที่ดีที่สุดเท่ากับ 98% และผลผลิตเมล็ดมีค่าความดีเด่นของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลูกผสมเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่เท่ากับ 21.2% แต่ความดีเด่นของลูกผสมในลักษณะปริมาณน้ำมันในเมล็ดค่อนข้างต่ำ (-6.2 - 9.4%)

Ahmad *et al.* (2005) ศึกษาความดีเด่นและความเสื่อมถอยของทานตะวันที่มีการผสมแบบพบกันหมด 7x7 ซึ่งประกอบไปด้วยสายพันธุ์แท้ของพ่อแม่ ลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 2 ในลักษณะผลผลิตและลักษณะที่สำคัญอื่น ๆ ทางพืชไร่ พบว่า ความดีเด่นของลูกผสมชั่วที่ 1 ให้ผลผลิต พื้นที่ใบ และจำนวนใบต่อต้น ในช่วง 102 - 309 %, 46.3 - 163.9 % และ -0.9 - 37.9% ตามลำดับ ส่วนประชากรลูกผสมชั่วที่ 2 พบว่า เกิดความเสื่อมถอยในลักษณะผลผลิต พื้นที่ใบ และจำนวนใบต่อต้นในช่วง 17 - 71 % , -9.7 - 43 % และ 1.1 - 22 % ตามลำดับ

Furhutullah *et al.* (2005) ประเมินความดีเด่นของผลผลิตเมล็ดและปริมาณน้ำมันในทานตะวัน จากการผสมแบบพบกันหมด (diallel cross) พบว่า ในลูกผสมชั่วที่ 1 ให้ผลผลิตเมล็ดมากกว่าค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่ 1.29 % และ ส่วนพันธุ์ผสมสลับ (reciprocal cross) 3.73 % ขณะที่ปริมาณน้ำมันมีค่า 31.19 % และ 5.71 % ในพันธุ์ผสมตรงและผสมสลับ ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการผสมตรงและผสมสลับมีความดีเด่นในลักษณะที่ทำการศึกษาแตกต่างกัน อาจเนื่องจากมีอิทธิพลของฝ่ายแม่เข้ามาเกี่ยวข้อง (maternal effect)

การวัดค่าความดีเด่นของลูกผสม

ความดีเด่นของลูกผสมเป็นปรากฏการณ์ที่เป็นผลมาจากการแสดงออกของลักษณะใดลักษณะหนึ่งในประชากรรุ่นลูก ที่เกิดจากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างพ่อแม่ แล้วลูกผสมที่ได้แสดงความดีเด่นเหนือกว่าพ่อแม่ หรือแสดงส่วนเกินเหนือค่าเฉลี่ยหรือค่ากึ่งกลางระหว่างพ่อแม่ (mid parent value) (รังสฤษดิ์, 2539)

การวัดค่าความดีเด่นของลูกผสมซึ่งนิยมวัดเป็นเปอร์เซ็นต์สามารถวัดได้ 3 วิธี (Sharma and Singh, 1978; Ahmed *et al*., 2005; Kaya, 2005) ดังนี้

1. การวัดค่าความดีเด่นของลูกผสม เพื่อวัดค่าเฉลี่ยของลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1 hybrid) โดยเปรียบเทียบกับประชากรพ่อแม่ (mid parent heterosis)

$$\% \text{ Mid parent heterosis} = 100 \times [(F_1 - MP)/MP]$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

F_1 = ค่าเฉลี่ยของลักษณะที่ทำการวัดในลูกผสม

MP = ค่าเฉลี่ยของลักษณะเดียวกันในพันธุ์พ่อแม่

2. การวัดค่าความดีเด่นของลูกผสมเพื่อวัดค่าเฉลี่ยของลูกผสมชั่วที่ 1 โดยเปรียบเทียบพ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด (high parent heterosis)

$$\% \text{ High parent heterosis} = 100 \times [(F_1 - HP)/HP]$$

HP = ค่าเฉลี่ยของลักษณะเดียวกันในพันธุ์พ่อแม่ที่ดีที่สุด

3. การวัดค่าความดีเด่นของลูกผสมเพื่อวัดค่าเฉลี่ยของลูกผสมชั่วที่ 1 โดยเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์ลูกผสมทางการค้า (standard heterosis)

$$\%\text{Standard heterosis} = 100 \times [(F_1 - SV)/SV]$$

SV = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์ลูกผสมทางการค้า

การวัดค่าความดีเด่นของลูกผสมในพืชผสมข้ามมักเปรียบเทียบระหว่างลูกผสมกับพ่อหรือแม่ที่แสดงลักษณะได้ดีกว่า ส่วนในพืชผสมข้ามมักเปรียบเทียบระหว่างลูกผสมกับค่าเฉลี่ยของพ่อและแม่ เนื่องจากในการคัดเลือกพืชผสมข้ามจะมีโอกาสปรับค่าเฉลี่ยให้สูงขึ้นได้เรื่อย ๆ ในขณะที่ในพืชผสมตัวเองทำให้ค่าเฉลี่ยในรุ่นหลัง ๆ ลดลงหรือคงที่ จึงควรเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลูกผสมของพืชผสมตัวเองกับพ่อหรือแม่ที่ดีดังกล่าว

สมรรถนะการผสม (Combining ability)

สมรรถนะการผสมพันธุ์ หมายถึง ความสามารถของพันธุ์พ่อแม่ที่จะให้รุ่นลูกที่ดีเมื่อนำไปผสมกับพันธุ์อื่น ๆ จึงนำการทดสอบพันธุ์มาเป็นขั้นตอนในการคัดเลือกพันธุ์ โดยพันธุ์นั้นมีความหลากหลายลักษณะทั้งดีและไม่ดีอยู่ด้วยกัน จึงมีความจำเป็นในการทดสอบเพื่อคัดเลือกพันธุ์ที่ดีไว้เพื่อให้ง่ายและสามารถช่วยลดต้นทุนในการคัดเลือก ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ (กฤษฎา, 2546)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมรรถนะการผสมแบบทั่วไป (General combining ability, GCA)

สมรรถนะการผสมทั่วไป หมายถึง การที่พันธุ์พืชหนึ่งสามารถผสมกับพันธุ์อื่น ๆ หลายพันธุ์แล้วให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมชั่วที่ 1 อยู่ในเกณฑ์ที่ดี หรือให้ค่า average value ของพันธุ์สูง แสดงถึงความสำคัญของยีนแบบผลบวกในการควบคุมลักษณะที่สนใจ การประเมินค่าสมรรถนะการผสมแบบทั่วไปจึงเป็นการวัดอัตราของยีนแบบผลบวก (additive gene action) ที่ควบคุมลักษณะนั้น ๆ โดยได้จากการแสดงออกของลูกผสมทั้งหมดเมื่อผสมกับพันธุ์หรือพันธุ์อื่น ๆ คือการนำพันธุ์ที่ต้องการทดสอบความสามารถในการรวมตัวแบบทั่วไป มาผสมแบบพบกันหมด (diallel cross) ซึ่งจะทำให้ได้คู่ผสมจำนวนมากในการทดสอบ (ไพศาล, 2525)

สมรรถนะการผสมแบบเฉพาะ (Specific combining ability, SCA)

สมรรถนะการผสมเฉพาะ หมายถึง การที่พันธุ์พืชหนึ่งผสมกับอีกพันธุ์หนึ่งแล้ว ให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่ดีเท่านั้น หรือจะให้ค่า average value ที่เกิดขึ้นจากการรวมตัวทางพันธุกรรมที่เฉพาะเจาะจงซึ่งกันและกัน (รังสฤษดิ์, 2539) ความสามารถในการผสมเฉพาะนั้น ใช้บ่งบอกถึงการแสดงออกของยีนแบบไม่เป็นผลบวก (non-additive gene action) ซึ่งเป็นการวัดความสามารถของพันธุ์นั้น ๆ เพื่อใช้ในการผลิตลูกผสม (ไพศาล, 2525) สมรรถนะการผสมแบบเฉพาะนั้นไม่สามารถถ่ายทอดไปชั่วอื่นได้จึงเป็นประโยชน์ได้แต่เฉพาะลูกผสม ส่วนใหญ่ใช้ในพืชผสมข้าม ลูกผสมที่ดีมักได้จากพ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั้งสองแบบสูง พันธุ์ที่มีความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูง เมื่อผสมกับคู่ผสมที่เหมาะสมก็จะให้ลูกผสมที่ดีด้วย (Griffing, 1956)

สำหรับกรณีที่ทั้งสมรรถนะการผสมพันธุ์แบบทั่วไปและแบบเฉพาะไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ แสดงว่า ปฏิกิริยาของยีนระหว่างตำแหน่ง (epistasis gene effects) ควบคุมลักษณะที่สนใจ (Fehr, 1993)

แผนการทดสอบการผสมพันธุ์แบบพบกันหมด (Diallel cross mating design)

การทดสอบการผสมพันธุ์แบบพบกันหมด (Diallel cross mating design) หมายถึง การผสมพันธุ์แบบพบกันหมดระหว่างพันธุ์ที่ใช้เป็นพ่อแม่ จึงสามารถแบ่งการผสมพันธุ์แบบพบกันหมด ได้เป็น 2 แบบ คือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. กลุ่มของพันธุ์พ่อกับพันธุ์แม่เป็นคนละพันธุ์กัน และจำนวนพันธุ์ ในทั้ง 2 กลุ่มไม่จำเป็นต้องเท่ากันด้วย

2. กลุ่มที่พันธุ์พ่อและแม่เป็นพันธุ์เดียวกัน

วิธีการทดสอบสมรรถนะการรวมตัวทำได้หลายวิธี แต่มีอยู่ 3 วิธีที่มีการใช้อยู่อย่างกว้างขวาง คือ การใช้พันธุ์ทดสอบ (topcross) การผสมแบบพบกันหมด และการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม แต่วิธีการที่นิยมมากและมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการหาสมรรถนะการรวมตัวคือ การผสมแบบพบกันหมด (diallel cross) (กฤษฎา, 2546) ซึ่งมีรายงานเกี่ยวกับทฤษฎีและวิธีวิเคราะห์ไว้ โดย (Hayman, 1954), (Griffing, 1956) และ (Kempthorne, 1956) เป็นต้น

การวิเคราะห์แผนการผสมแบบพบกันหมดตามวิธีของ Griffing (1956)

การวิเคราะห์การผสมพันธุ์แบบพบกันหมดนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในที่นี้ยกวิธีการของ Griffing (1956) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด สามารถสร้างลูกผสมเกิดขึ้น 3 แบบ คือ (1) พันธุ์ของพ่อแม่ที่ผสมตัวเอง (2) ลูกผสมชั่วที่ 1 และ (3) ลูกผสมที่เกิดจาการผสมสลับพ่อแม่ (reciprocal cross) ในการนำลูกผสมมาปลูกทดสอบนั้น อาจเลือกใช้แบบต่าง ๆ ได้ดังนี้ (พีระศักดิ์ และ ประเสริฐ, 2548)

วิธีการที่ 1 (Method I) กลุ่มที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วย พันธุ์พ่อแม่ (parent) ที่ผสมตัวเอง ลูกผสมชั่วที่ 1(F_1) และลูกผสมที่เกิดจากการสลับพ่อแม่ (reciprocal F_1) มาปลูกในแผนการทดลอง ซึ่งสามารถใช้ในการประเมินความสามารถในการรวมตัวแบบทั่วไป ความสามารถในการรวมตัวแบบจำเพาะ และความสามารถในการผสมแบบสลับ

วิธีการที่ 2 (Method II) กลุ่มที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วยพันธุ์พ่อแม่ที่ผสมตัวเองกับลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) หรือพันธุ์พ่อแม่ (parent) ที่ผสมตัวเอง และลูกผสมที่เกิดจากการสลับพ่อแม่ (reciprocal F_1) มาปลูกในแผนการทดลอง ซึ่งสามารถใช้ในการประเมินความสามารถในการรวมตัวแบบทั่วไป ความสามารถในการรวมตัวแบบจำเพาะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการที่ 3 (Method III) กลุ่มที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วยลูกผสมชั่วที่ 1 กับลูกผสมที่เกิดจากการสลับพ่อแม่ (reciprocal F_1) มาปลูกในแผนการทดลอง ซึ่งสามารถใช้ในการประเมินความสามารถในการผสมแบบสลับ

วิธีการที่ 4 (Method IV) กลุ่มที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วยลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) หรือลูกผสมที่เกิดจากการสลับพ่อแม่ (reciprocal F_1) มาปลูกในแผนการทดลอง เป็นวิธีการที่นิยมเมื่อมีพันธุ์ค่อนข้างมาก ซึ่งสามารถใช้ในการประเมินความสามารถในการรวมตัวแบบทั่วไป ความสามารถในการรวมตัวแบบจำเพาะ

Ashoka *et al.* (2000) รายงานถึงการแสดงออกของยีนแบบผลบวกที่มีผลต่อการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของทุกลักษณะที่ทำการศึกษาอันได้แก่ น้ำหนัก 100 เมล็ด และปริมาณน้ำมัน พบว่าสมรรถนะการรวมตัวแบบทั่วไปสายพันธุ์พ่อแม่ 338A, 62A, RHA855, RHA273 และ RHA299 เป็นพันธุ์ที่ดีเมื่อพิจารณาถึงการรวมตัวแบบทั่วไปในทุกลักษณะ ส่วนสมรรถนะการผสมแบบเฉพาะ และความดีเด่นของลูกผสม ซึ่งคู่ผสม 338AxRHA296 และ 338AxRHA855 เป็นพันธุ์ลูกผสมที่มีการรวมตัวแบบเฉพาะที่ดีที่สุด

Sharma *et al.* (2003) ศึกษาสมรรถนะการผสมของลูกผสมจำนวน 60 คู่ผสม ซึ่งมาจากแม่ที่มีเกสรตัวผู้เป็นหมัน 3 สายพันธุ์ และสายพันธุ์ทดสอบ (tester) 20 สายพันธุ์ ทำการทดลองใน 2 สภาพแวดล้อม แสดงให้ว่า การทำงานของยีนแบบผลบวกมีบทบาทสำคัญต่อการถ่ายทอดลักษณะของขนาดดอก ผลผลิตต่อต้น และปริมาณน้ำมัน ซึ่งอิทธิพลของพ่อแม่กับปฏิสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมมีต่อสมรรถนะการผสมของทุกลักษณะ สายพันธุ์แม่ CMS-44B และ CMS10B สายพันธุ์พ่อ ILIP234 IL-IP-238 และ IL-M-197 เป็นพันธุ์ที่มีสมรรถนะการผสมแบบทั่วไปดีที่สุด ส่วนคู่ผสมที่มีการรวมตัวที่ดีที่สุดของผลผลิตเมล็ดต่อต้น และปริมาณน้ำมัน ซึ่งเกี่ยวข้องกับสายพันธุ์พ่อแม่ที่ค่าสูงและค่าเฉลี่ยสมรรถนะการผสมสูง

Kaya *et al*. (2004) วิเคราะห์สมรรถนะการผสมของลักษณะผลผลิตของทานตะวัน โดยศึกษาทานตะวันพันธุ์ลูกผสมทั้งหมด 25 คู่ผสม ซึ่งมีการประเมินสมรรถนะการผสมขององค์ประกอบผลผลิตที่สำคัญอยู่ 6 ลักษณะ ได้แก่ อายุการออกดอก อายุการเจริญเติบโต น้ำหนัก 1000 เมล็ด ความสูงต้น และขนาดจานดอก พันธุ์ที่ 2453-AxR1001 มีสมรรถนะการผสมที่ดีที่สุดจากการวิจัยในครั้งนี้ เป็นพันธุ์ที่ให้ลูกผสมที่ดี และพันธุ์ที่เหมาะสมที่จะเป็นพันธุ์แม่ที่สุด คือพันธุ์ HA89-A พันธุ์ที่เป็นพันธุ์พ่อที่ดีที่สุด คือ 2644-R

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Mijic *et al.* (2008) ศึกษาสมรรถนะการผสมและอิทธิพลของยีนในลักษณะน้ำหนักผลผลิตปริมาณน้ำมัน และผลผลิตน้ำมันในทานตะวัน พบว่า คู่ผสม OS-1AxOS-6B มีค่า SCA ในลักษณะปริมาณน้ำมันสูงที่สุด และสายพันธุ์ OS-1 เป็นพันธุ์ที่มีค่า GCA สูงสุด ส่วนลักษณะผลผลิตน้ำมัน พบว่า คู่ผสม OS-1AxOS-6B 6B และสายพันธุ์ OS-1 มีค่า SCA และ GCA สูงสุด ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า บางคู่ผสมมีค่า SCA เป็นบวกสูง เช่น คู่ผสม OS-3AxOS-6B, OS-2AxOS-4B และ OS-1AxOS-5B เป็นต้น

Karasu *et al.* (2010) ประเมินสมรรถนะการผสมแบบทั่วไปและแบบเฉพาะในทานตะวัน ลูกผสม รวมถึงการประเมินความดีเด่นของลูกผสมจำนวน 6 คู่ผสม ที่ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์แม่ที่มีเกสรตัวผู้เป็นหมันเนื่องจากยีนในไซโตพลาสซึม 3 พันธุ์ และพันธุ์พ่อที่มียีนแก้การเป็นหมัน 2 พันธุ์ พบว่า ลักษณะความสูงต้น และขนาดจานดอกมีสัดส่วนระหว่างความแปรปรวนของ GCA ต่อ SCA ต่ำกว่า 1 จากการทดสอบในปี 2006 และ 2007 ส่วนลักษณะจำนวนเมล็ดต่อดอก น้ำหนัก 1000 เมล็ด และ ผลผลิตเมล็ด มีสัดส่วน GCA:SCA ต่ำกว่า 1 ในปี 2006 หรือ 2007 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของยีนแบบผลบวกมีความสำคัญต่อลักษณะดังกล่าวมากกว่าลักษณะปริมาณอื่นๆ นอกจากนี้ยังพบว่า ลักษณะน้ำหนัก 1000 เมล็ด ผลผลิตเมล็ด ความสูงต้น และจำนวนเมล็ดต่อดอก อาจมีสัดส่วน GCA:SCA สูงกว่า 1 ในบางสภาพแวดล้อม ความดีเด่นของลูกผสมเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของประชากรพ่อแม่ และเปรียบเทียบกับพ่อแม่ที่ดีที่สุดมีค่าระหว่าง 109.8 ถึง 218.3 %ในลักษณะผลผลิตเมล็ด โดยที่ทุกคู่ผสมมีค่าความดีเด่นของลูกผสมเป็นบวก

การผสมพันธุ์แบบพบกันหมดแบบไม่สมบูรณ์ (Incomplete dialles)

การผสมแบบพบกันหมด (complete diallels) นั้นเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงพันธุกรรมและพัฒนาศักยภาพของพันธุ์พ่อแม่ ซึ่งวิธีของ Griffing (1956) เป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ทำให้เห็นถึงสมรรถนะการผสมแบบทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมแบบเฉพาะ (SCA) โดยมีการประเมินเพื่อหาพันธุ์พ่อแม่ที่ดีที่สุด และการรวมตัวกันของลูกผสม วิธีการวิเคราะห์นั้นเป็นขั้นแรกในการพัฒนาพันธุ์แบบพบกันหมด ซึ่งในทุก ๆ คู่ผสมนั้นจะสามารถชี้ให้เห็นถึงการแสดงออกของพันธุ์พ่อแม่ได้ แต่ในทางปฏิบัติแล้วมักจะไม่ครบทุกคู่ผสม (incomplete dialles) อาจเนื่องมาจากความแปรปรวนของปัจจัยต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของดิน เมล็ดพันธุ์มีน้อย ปัญหาในการผสมเกสร การปรับตัว การสูญเสียเมล็ดในระหว่างการงอกที่เป็นผลมาจากอุณหภูมิ โรคและแมลง (Assis *et al*., 2004)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Johnson and King (1999) รายงานถึงความไม่สมบูรณ์ของจำนวนคู่ผสมต่อสายพันธุ์พ่อแม่ หรือการสูญหายของคู่ผสมทำให้ค่า degree of freedom (df) ที่ใช้ประเมินองค์ประกอบของ SCA ลดลง โดยที่การลดลงของ df มีผลทำให้ความแม่นยำในการประเมินค่า SCA หรือ GCA ลดลงด้วย และยังพบว่า ความแปรปรวนแปรผกผันกับ df ขณะที่ Assis et al. (2004) พบว่า ระดับการข่มของยีน (degree of dominance) มีผลต่อค่าประเมิน GCA โดยที่ลำดับของพันธุ์พ่อแม่ไม่เปลี่ยนแปลง หากระดับการข่มของยีนเท่ากับศูนย์หรือไม่มีการข่มของยีน หากระดับการข่มของยีนเป็นแบบข่มเกิน การสูญหายของข้อมูลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลำดับของพ่อแม่หรือค่าประเมิน GCA ของพ่อแม่เปลี่ยนแปลงนั่นเอง

Masdy *et al.* (2005) ศึกษาสมรรถนะการผสมของผลผลิตและคุณภาพผลผลิตในสตอเบอรี่โดยใช้แผนการผสมพันธุ์แบบ Griffing method II จากการผสมระหว่างพ่อแม่ 8 สายพันธุ์ ได้ลูกผสมจำนวน 32 คู่ผสม และวิเคราะห์ค่า SCA และ GCA โดยใช้ incomplete diallels ในการวิเคราะห์สมรรถนะการผสมโดยดัดแปลงจาก algorithms ของ Garretsen and Keuls (1978)

$$\sum_{i=1}^{p} N_i g_i$$
$$\sum_{j=1}^{p} S_{ij} + S_{ii}$$

เมื่อ N_i เท่ากับจำนวนลูกผสม
gi (gj) เป็นอิทธิพลของGCA จากพ่อที่ i และแม่ที่ j
sij เป็นอิทธิพลของ SCA เปรียบเทียบกับพ่อที่ i แม่ที่ j

พบว่า SCA และ GCA ขององค์ประกอบผลผลิตมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า อิทธิพลของยีนแบบผลบวกและไม่เป็นผลบวกมีบทบาทสำคัญต่อลักษณะผลผลิต

Ruiz de Galaretta *et al*. (2005) ได้สร้างลูกผสมมันฝรั่งจากสายพันธุ์พ่อแม่ 14 สายพันธุ์ ได้ลูกผสมจำนวน 34 คู่ผสม ซึ่งเป็นลูกผสมแบบ incomplete diallels ได้ทดสอบจำนวนหัว น้ำหนักเฉลี่ยของหัว และน้ำหนักผลผลิต พบว่าลูกผสมที่มีอยู่อย่างจำกัดสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ GCA และ SCA โดยทดสอบการผสมพันธุ์แบบพบกันหมดในแผนการปรับปรุงพันธุ์มันฝรั่งได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์ทานตะวันพันธุ์แท้ที่ใช้ในการสร้างคู่ผสม จำนวน 11 พันธุ์ คือ HA292, HA208, HA851, #13, PK101, PI589886, PI564517, PI539905, RHA331, RHA333, RHA852 และพันธุ์ทดสอบ 3 พันธุ์ คือ #13, โอลิซัน, และอะควา 4

2. อุปกรณ์การเก็บบันทึกข้อมูลได้แก่ ไม้บรรทัด ตลับเมตร สมุดจดบันทึก และ เครื่องคอมพิวเตอร์

3. เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ ได้แก่
   - 3.1 เครื่องแก้ว
   - 3.2 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (บริษัท SARTOROUS รุ่น CP 224 S)
   - 3.3 เครื่อง centrifuge (บริษัท Hettich รุ่น P-7200)
   - 3.4 เครื่อง vortex mixer (บริษัท SCIENTIFIC รุ่น VORTEX-GINIE 2)
   - 3.5 เครื่อง HPLC (high performance liquid chromatography), (บริษัท Water รุ่น 9001)

4. อุปกรณ์ที่ใช้ในการผสมเกสร ได้แก่ ถุงคลุมดอก ปากคีบ ปลายแหลม แอลกอฮอล์ 70% และ tag เป็นต้น

วิธีการ

1. การสร้างประชากรลูกผสมและการทดสอบผลผลิต

การสร้างประชากรโดยผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์พ่อแม่ 11 พันธุ์ ผสมพันธุ์แบบพบกันหมดตามแผนการผสมพันธุ์ใน Method II (Griffing, 1956) ประกอบด้วย พันธุ์พ่อแม่ที่ผสมตัวเองและลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) ซึ่งสร้างคู่ผสมได้เพียง 26 คู่ผสมจากจำนวน 55 คู่ผสม ในการทดสอบผลผลิต (yield trial) นำเมล็ดลูกผสมจำนวน 26 คู่ผสมและพ่อแม่ 11 พันธุ์ ปลูกร่วมกับพันธุ์ทดสอบจำนวน 3 พันธุ์ ด้วยแผนการทดลองแบบ Augmented design in RCB

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การเตรียมแปลงทดลอง

เตรียมแปลงทดลอง ณ แปลงทดลองงานเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืช ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและโรงเรือนปลูกพืชทดลองมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม โดยไถตากดินเป็นเวลา 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นไถแปรแล้วแบ่งเป็นแปลงย่อยยกร่องลูกฟูก ยาว 5 เมตร แบ่งเป็น 48 แปลงย่อยโดยหยอดเมล็ด 2 เมล็ดต่อหลุม ระยะระหว่างต้น 50 เซนติเมตร ระยะระหว่างแถว 80 เซนติเมตร ฉีดพ่นสารเคมีควบคุมวัชพืช โดยใช้อะลาคลอร์ฉีดพ่นทันทีหลังปลูก อัตรา 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตราส่วนที่ใช้ 10 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อทานตะวันอายุ 2 สัปดาห์ และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อทานตะวันอายุ 4 สัปดาห์

3. ลักษณะที่ทำการศึกษาและบันทึกข้อมูล

3.1 ความสูงต้น (ซม.) วัดความสูงตั้งแต่ระดับพื้นดินจนถึงฐานรองจานดอกเมื่อดอกบานเต็มที่ จำนวน 5 ต้นต่อคู่ผสม

3.2 เส้นผ่านศูนย์จานดอก (ซม.) วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของจานดอก จำนวน 5 ดอกต่อคู่ผสม

3.3 อายุออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ นับจำนวนวันตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงวันที่จำนวนต้น 50 เปอร์เซ็นต์ ที่มีดอกบาน (เริ่มสังเกตเห็นกลีบดอกของ ray flower)

3.4 น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม) สุ่มตัวอย่างเมล็ดมา 100 เมล็ด จำนวน 3 ซ้ำ ชั่งน้ำหนักเป็นกรัมเฉลี่ยจากตัวอย่างที่มีสุ่มตัวอย่าง

3.5 อายุเก็บเกี่ยว (วัน) จำนวนวันหลังปลูกจนถึงวันที่จานดอกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

3.6 ผลผลิตน้ำหนัก ผลผลิตต่อแปลงย่อยของแต่ละคู่ผสม ปรับค่าเฉลี่ยเป็นกิโลกรัมต่อไร่ โดยคิดจากสูตร

$$\text{ผลผลิต (กก./ไร่)} = \frac{\text{น้ำหนักผลผลิตแปลงย่อย} \times 1600}{\text{พื้นที่เก็บเกี่ยว (5 ตารางเมตร)}}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.7 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันในทานตะวัน

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันในทานตะวันดัดแปลงจาก AOAC ตามวิธีของ Proctor and Bowen (1996) กะเทาะเมล็ดทานตะวันจำนวน 50 เมล็ด นำตัวอย่างที่ได้ไปบดให้ละเอียดและอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างชั่งน้ำหนักให้ได้ 0.2 กรัม ใส่ในหลอดทดลองขนาด 20 มิลลิลิตร แบบมีฝาปิดเติมด้วยสารละลาย hexane 2 มิลลิลิตร แล้วเขย่าด้วยเครื่อง vortex เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นปล่อยให้ตกตะกอนเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วดูดส่วนใสไปใส่หลอดทดลองใหม่ ทำซ้ำ 4 ครั้ง นำหลอดทดลองที่เก็บตัวอย่างส่วนใสที่ได้นำไปเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็ว 10,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำไปทำให้แห้งด้วยก๊าชไนโตรเจน แล้วคำนวณปริมาณน้ำมันดังสูตร

$$\text{ปริมาณน้ำมัน} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำมันที่สกัดได้ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)}}$$

3.8 การวิเคราะห์ปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล

วิธีการวิเคราะห์ปริมาณโทโคฟีรอลโดยใช้เครื่อง HPLC (high performance liquid chromatography) ดัดแปลงวิธีของ Goffman *et al*. (1999) เตรียมตัวอย่างทานตะวันเพื่อสกัดอัลฟาโทโคฟีรอล โดยทำการสุ่มตัวอย่างเมล็ดทานตะวันมาจำนวน 50 เมล็ด จากนั้นกะเทาะเมล็ดแล้วนำส่วนของเมล็ด (seed kernel) ทานตะวันมาบดให้ละเอียดแล้วชั่งน้ำหนักประมาณ 3 มิลลิกรัม นำตัวอย่างที่ได้ใส่ขวดสีชาปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วเติม iso-octane ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เพื่อใช้ในการสกัดอัลฟาโทโคฟีรอลจากตัวอย่างทานตะวัน เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex แล้วเก็บตัวอย่างไว้ในที่มืดเป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายที่ได้จากการสกัดกรองด้วย syringe filter membrane ขนาด 0.20 ไมโครเมตร แล้วใส่ HPLC vial ที่เตรียมไว้ เพื่อฉีดเข้าเครื่อง HPLC ใช้ fluorescence detector ที่ความยาวคลื่น (wavelength) 295 นาโนเมตร โดยใช้คอลัมน์ (Luna C18 100 A° บรรจุ silica ขนาด 5 ไมโครเมตร) ยาว 250 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.6 มิลลิเมตร (Phenomenex, Germany) โดยฉีดตัวอย่างปริมาตร 20 ไมโครลิตร และมีเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) เป็นเมทานอล (methanol) 99 % และมีอัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตร/นาที ในการเตรียมตัวอย่างเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล ทำการสร้างกราฟมาตรฐาน (calibration curve) ของสารละลายอัลฟาโทโคฟีรอล (Sigma-Aldrich, Germany) ที่ความเข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3,

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

0.4 และ 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร เพื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของอัลฟาโทโคฟีรอลในตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์

สภาวะการวิเคราะห์ของ high performance liquid chromatography

เทคนิค	: High performance liquid chromatography (Water, 9001)
คอลัมน์	: Luna C18 100A 250mm x 4.6 mm (Phenomenex, Germany)
Detector	: Fluorescence
เฟสเคลื่อนที่	: methanol 99% (HPLC, grade)
อุณหภูมิ	: 30 องศาเซลเซียส
ปริมาตรเข้าเครื่อง	: 20 ไมโครลิตร

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ของผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตทานตะวันลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1 hybrid) ที่ทำการทดสอบ ตามแผนการทดลองแบบ augmented design โดยความคลาดเคลื่อนของการทดลองจะวิเคราะห์จากพันธุ์ทดสอบเท่านั้น ซึ่งพันธุ์ทดสอบเป็นทรีทเมนต์ที่ใช้ในแผนการทดลองแบบสุ่มในบลอคสมบูรณ์ (RCBD) จะใช้ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง (error mean square) สำหรับสร้างค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลผลิต การปรับค่าบลอคจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพันธุ์ทดสอบพบที่อยู่ในแต่ละบลอค (ชูศักดิ์, 2552) ด้วยโปรแกรมสถิติ R

1.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของพันธุ์ทดสอบ

$$Y_{ij} = \mu + T_i + R_j + E_{ij}$$

เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตจากบลอค j ที่ได้รับจากพันธุ์ทดสอบ i

μ = ค่าเฉลี่ยของการทดลอง

T_i = อิทธิพลของพันธุ์ทดสอบ

R_j = อิทธิพลของบลอค j

E_{ij} = ค่าความคลาดเคลื่อนที่สุ่มจากบลอค j ที่ได้รับจากพันธุ์ทดสอบ i

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การปรับผลผลิตของพันธุ์ทดสอบคำนวณตามสูตรคำนวณค่า r เพื่อใช้ปรับข้อมูลพันธุ์ทดสอบของแต่ละบลอคโดยใช้ค่าพันธุ์มาตรฐานของบลอคนั้น ๆ ดังนี้

$$rj = (1 / Ci) (Bj - M)$$

เมื่อ Bj = ผลรวมของพันธุ์ทดสอบในบลอคที่ j

M = ผลรวมค่าเฉลี่ยของพันธุ์ทดสอบที่ i

Xij = ข้อมูลของพันธุ์ทดสอบที่ i ของบลอคที่ j

Bj = ผลรวมของพันธุ์ทดสอบทุกพันธุ์ในบลอคที่ j = $\sum$xij

Ci = ผลรวมทุกบลอคของพันธุ์ทดสอบที่ j = $\sum$xij

Xi = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์มาตรฐานที่ i = Ci

M = ผลรวมค่าเฉลี่ยของพันธุ์ทดสอบที่ i = $\sum$xi = G ซึ่งผลรวมของค่า rj จะเท่ากับ O; $\sum$ rj = 0

ปรับผลผลิตของพันธุ์ทดสอบ ($\hat{y}$) โดยใช้ค่า rj ที่คำนวณได้ไปหักลบจากค่าผลผลิตในแต่ละบลอค ดังนี้

$$\hat{y} = yij - rj$$

ตารางที่ 1 การปรับค่าผลผลิตของพันธุ์ทดสอบ

พันธุ์ทดสอบ	ผลผลิต	ผลผลิตที่ปรับค่า
1	X1j	X^1j
2	X2j	X^2j
.	.	.
.	.	.
V	Xvj	X^vj

เมื่อ Xij = ผลผลิตของพันธุ์ทดสอบที่ i ในบลอคที่ j

aj = ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลองในบลอคที่ j

X^ij = Xij - aj (ผลผลิตที่ได้มีการปรับค่าแล้วของพันธุ์ทดสอบ i)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนของพันธุ์ทดสอบของแผนการทดลองแบบออกเมนท์ ทำเหมือนกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนความแปรปรวนของการทดลองแบบสุ่มในบลอคสมบูรณ์ โดยมีดังนี้

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองแบบสุ่มในบลอคสมบูรณ์

Source of Variation	Degree of freedom (df)	Sum of square (SS)	Mean of square (MS)	F
(1)Block	r-1	$\frac{\sum_j Y_{.j}^2 - CT}{C}$	$\frac{\text{Block.SS}}{r-1} = M3$	M3/M1
(2)Treatment	c-1	$\frac{\sum_i Y_{i.}^2 - CT}{R}$	$\frac{\text{Trt.SS}}{c-1} = M2$	M2/M1
(3)Error	(r-1)(c-1)	(4)-(1)-(2)	$\frac{\text{Error.SS}}{(r-1)(c-1)} = M1$	
(4)Total	cr-1	$\sum_{ij} Y_{ij}^2 - CT$		

เมื่อ r = จำนวนพันธุ์ที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด
c = จำนวนพันธุ์ทดสอบในบลอค

การวิเคราะห์ข้อมูลทางพันธุกรรมในลักษณะปริมาณโทโคฟีรอล และปริมาณน้ำมัน

1. การวัดค่าความดีเด่นของลูกผสม เพื่อวัดค่าเฉลี่ยของลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1 hybrid) โดยเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ (mid parent heterosis)

$$\left[\frac{(\text{ค่าเฉลี่ยของลูกผสมชั่วที่ 1} - \text{ผลรวมของพันธุ์แม่และพันธุ์พ่อหารสอง})}{\text{ผลรวมของพันธุ์แม่และพันธุ์พ่อหารสอง}} \right] \text{ x } 100$$

2. การวัดค่าความดีเด่นของลูกผสมเพื่อวัดค่าเฉลี่ยของลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1 hybrid) โดยเปรียบเทียบพ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด (high parent heterosis, Heterobeltiosis)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$\left[\frac{\text{ค่าเฉลี่ยของลูกผสมชั่วที่ 1 – ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด)}}{\text{ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด}}\right] \times 100$$

3. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมรรถนะการผสม (combining ability)

วิเคราะห์ความแปรปรวนของสมรรถนะการผสมแบบ incomplete diallel เนื่องจากมีคู่ผสมไม่ครบตามจำนวนในแผนการผสมแบบพบกับหมด (Sharma, 1998) ดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + r_k + g_i + g_j + s_{ij} + E_{ijk}$$

เมื่อ μ = ค่าเฉลี่ย

r_k = อิทธิพลของซ้ำที่ k

g_i = สมรรถนะการผสมทั่วไป แม่(พ่อ) ที่ i

g_j = สมรรถนะการผสมทั่วไป แม่(พ่อ) ที่ j

s_{ij} = สมรรถนะการผสมเฉพาะของแม่ที่ i พ่อที่ j

E_{ijk} = ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าสังเกตที่ ijk

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมรรถนะการผสม

Source of Variation	Degree of freedom (df)	Sum of square (SS)	Mean of square(MS)	F
GCA	n-1	SS_g	M_g	$\sigma^2_e + r\sigma^2_s + \frac{rs(n-2)}{(n-1)}\sigma^2_g$
SCA	c-n	SS_s	M_s	$\sigma^2_e + r\sigma^2_s$
Error	c-1	SS_e	M_e	σ^2_e
Total	cr-1	TSS		

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล ปริมาณน้ำมัน และลักษณะทางการเกษตรในทานตะวัน

การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient; r)

$$r = \frac{\Sigma XY-(\Sigma X\Sigma Y)/n}{\sqrt{(\Sigma X^2-(\Sigma X)^2/n)(\Sigma Y^2-(\Sigma Y)^2/n)}}$$

เมื่อ X = ตัวแปรอิสระ

Y = ตัวแปรตาม

n = จำนวนข้อมูล

สถานที่ทำการทดลอง

1. ห้องปฏิบัติการของหน่วยพฤกษเคมี ฝ่ายปฏิบัติการและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

2. แปลงทดลองของหน่วยงานผลิตเมล็ดพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์พืช ฝ่ายปฏิบัติการและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

3. แปลงทดลองของภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศา-สตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

เดือนพฤศจิกายน 2551 – เดือนธันวาคม 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ความแปรปรวนของสมรรถนะการผสมทั่วไปและสมรรถนะการผสมแบบเฉพาะ

ปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมรรถนะการผสมทั่วไป และสมรรถนะการผสมแบบเฉพาะของปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล ในทานตะวันพันธุ์แท้จำนวน 11 พันธุ์ และลูกผสมจำนวน 26 คู่ผสม (ตารางภาคผนวกที่ 1) พบว่า ปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลของสมรรถนะการผสมแบบทั่วไปและสมรรถนะการผสมเฉพาะมีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.01$) ทำให้ทราบว่าลักษณะดังกล่าว เป็นผลมาจากยีนผลบวก (additive) และยีนแบบไม่เป็นผลบวก(non additive) และเมื่อพิจารณาค่า mean square ของสมรรถนะการผสมทั้งสอง (ตารางภาคผนวกที่ 1) จะเห็นได้ว่า mean square ของสมรรถนะการผสมทั่วไปสูงกว่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ แสดงว่า ปฏิกิริยาของยีนแบบบวกผลบวกมีการทำงานมากกว่ายีนแบบไม่เป็นผลบวก ดังนั้นจึงเป็นส่วนสำคัญในการควบคุมลักษณะปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล เช่นเดียวกับใน rapeseed (Goffman and Becker, 2001) ขณะที่ผลการศึกษาในข้าวโพดพบว่า สมรรถนะการผสมแบบทั่วไปเท่านั้นที่มีความแตกต่างทางสถิติ (Egesel *et al*., 2003) ซึ่งยืนยันได้ว่า อิทธิพลของยีนแบบผลบวกมีความสำคัญต่อการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณโทโคฟีรอลของพืชหลายชนิด

ปริมาณน้ำมันในเมล็ด

การวิเคราะห์ความแปรปรวนสมรรถนะการผสมทั่วไป และสมรรถนะการผสมแบบเฉพาะของปริมาณน้ำมันทานตะวันพันธุ์แท้จำนวน 11 พันธุ์ และลูกผสมจำนวน 26 คู่ผสม (ตารางภาคผนวกที่ 2) พบว่า ทั้งสมรรถนะการผสมแบบทั่วไปและสมรรถนะการผสมเฉพาะในลักษณะปริมาณน้ำมัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยที่ mean square ของสมรรถนะการผสมทั่วไปสูงกว่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ แสดงว่าปฏิกิริยาของยีนแบบบวกมีบทบาทสำคัญมากกว่ายีนแบบไม่เป็นผลบวก ทำนองเดียวกับรายงานของ Bedov (1985) และ Goffman and Becker (2001) ซึ่งพบว่า อิทธิพลของยีนแบบผลบวกมีความสำคัญต่อลักษณะปริมาณน้ำมันของทานตะวัน และ เรฟซีด ขณะที่ El-Hity (1992) และ Fick (1975) พบว่า อิทธิพลของยีนแบบผลบวกและยีนแบบไม่เป็นผลบวกมีบทบาทเท่า ๆ กันต่อการควบคุมลักษณะปริมาณน้ำมัน แต่ Andarkhor (2012) รายงานว่าเฉพาะอิทธิพลของยีนแบบไม่เป็นผลบวกมีบทบาทสำคัญต่อลักษณะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณน้ำมันของทานตะวัน เนื่องจากสัดส่วนของ GCA:SCA ต่ำกว่า 1 และอัตราพันธุกรรมแนวแคบมีค่าต่ำ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมรรถนะการผสมแบบทั่วไป และสมรรถนะการผสมแบบเฉพาะของทั้งปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลและปริมาณน้ำมัน พบว่า สัดส่วน GCA:SCA มีค่ามากกว่า 1 หรือกล่าวได้ว่าการทำงานของยีนแบบผลบวกมีบทบาทมากกว่ายีนแบบไม่เป็นผลบวก

การประเมินสมรรถนะการผสมแบบทั่วไปและสมรรถนะผสมแบบเฉพาะ

ปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล

จากการประเมินสมรรถนะการผสมแบบทั่วไปของคู่ผสมต่าง ๆ ในลักษณะปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล (ตารางที่ 4) พบว่า พันธุ์ PI859886 มีสมรรถนะการผสมแบบทั่วไปสูงที่สุด เท่ากับ 7.75 รองลงมาคือ พันธุ์ PK101 (5.91) ส่วนสมรรถนะการผสมแบบเฉพาะของพันธุ์ ซึ่งแสดงถึงความสำคัญของปฏิกิริยาของยีนข่ม (dominance gene effect) และปฏิกิริยาระหว่างยีนต่างตำแหน่ง (epistatic effect) นั้น พบว่า คู่ผสม #13xHA852 นั้นมีสมรรถนะการผสมแบบเฉพาะสูงสุดเท่ากับ 4.43

ปริมาณน้ำมันในเมล็ด

การประเมินสมรรถนะการผสมของปริมาณน้ำมันในตารางที่ 5 พบว่า พันธุ์ HA208 มีสมรรถนะการผสมแบบทั่วไปดีที่สุด เท่ากับ 16.36 รองลงมาจะเป็นพันธุ์ PK101 (13.01), PI539905 (2.13) และ RHA852 (1.95) ส่วนสมรรถนะการผสมแบบเฉพาะนั้น พบว่าคู่ผสม HA208 x PI539905 มีสมรรถนะการผสมแบบเฉพาะสูงที่สุดเท่ากับ 15.45 (ตารางที่ 5) รองลงมาคือคู่ผสม #13xRHA852 ซึ่งมีสมรรถนะการผสมแบบเฉพาะเท่ากับ 9.79

จากการประเมินลักษณะพันธุ์พ่อแม่เบื้องต้นเพื่อหาสมรรถนะการผสมของปริมาณอัลฟา-โทโคฟีรอลและปริมาณน้ำมันในทานตะวัน เมื่อพิจารณาพันธุ์พ่อแม่ที่มีสมรรถนะการผสมแบบทั่วไปสูง คาดว่าให้ลูกผสมที่มีลักษณะที่ดี ส่วนพันธุ์พ่อแม่ที่ให้สมรรถนะการผสมแบบทั่วไปต่ำจะมีแนวโน้มในการให้ลักษณะที่ต้องการที่ต่ำเช่นกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าพันธุ์ที่มีสมรรถนะการผสมแบบทั่วไปสูงในลักษณะปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล คือ PI859886 และ PK101 ขณะที่พันธุ์ HA208,

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

PK101, PI539905 และ RHA852 มีสมรรถนะการผสมแบบทั่วไปสูงในลักษณะปริมาณน้ำมัน ซึ่งพันธุ์เหล่านี้เหมาะสำหรับใช้เป็นพันธุ์พ่อแม่ในการพัฒนาประชากรหรือพันธุ์ลูกผสมในอนาคต

เมื่อพิจารณาถึงสมรรถนะการผสมแบบเฉพาะซึ่งบ่งบอกถึงความสามารถของคู่ผสมใดคู่ผสมหนึ่งที่ผสมพันธุ์กันแล้วให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมอยู่ในเกณฑ์ที่ดีกว่าพ่อแม่ จะเห็นได้ว่าในลักษณะปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลนั้นคู่ผสม #13xRHA852 , HA292xPK101, HA208xPI539905 และ PI564517xPI589886 มีสมรรถนะการผสมแบบเฉพาะเป็นแบบผลบวก และลักษณะของปริมาณน้ำมันคู่ผสม HA208xPI539905, HA208x PK101, #13xRHA852, PI564517 xPI589886 และ HA292xRHA852 มีสมรรถนะการผสมแบบเฉพาะแบบผลบวก ซึ่งในทุกคู่ผสมนั้นมีอิทธิพลจากการทำงานของยีนแบบไม่เป็นผลบวก จึงทำให้ลักษณะดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าสายพันธุ์พ่อแม่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 การประเมินสมรรถนะการผสมแบบทั่วไป (แนวเส้นทแยงมุม) สมรรถนะการผสมแบบเฉพาะ (เหนือเส้นทแยงมุม) ของปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลในทานตะวัน

	HA292	HA208	HA851	#13	PK101	PI589886	PI564517	PI539905	RHA331	RHA333	RHA852
HA292	**-5.20**	-	-2.80	-	4.24	-	-1.34	-	-1.10	-	-2.67
HA208		**2.15**	-	-	2.03	0.15	-1.59	3.16	-0.11	0.04	-
HA851			**-6.85**	-1.46	-1.10	1.71	-	-	-2.13	0.45	-
#13				**0.93**	-1.72	1.26	-	-0.04	-	-	4.43
PK101					**5.91**	1.77	-	0.55	-	-	1.66
PI589886						**7.75**	2.98	-	-	-	1.41
PI564517							**-2.84**	-	-	-	-1.35
PI539905								**2.13**	-	-	-
RHA331									**-4.88**	-	-
RHA333										**-1.04**	-
RHA852											**1.95**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 การประเมินสมรรถนะการผสมแบบทั่วไป (แนวเส้นทแยงมุม) สมรรถนะการผสมแบบเฉพาะ (เหนือเส้นทแยงมุม) ของลักษณะปริมาณน้ำมันในทานตะวัน

	HA292	HA208	HA851	#13	PK101	PI589886	PI564517	PI539905	RHA331	RHA333	RHA852
HA292	**2.72**	-	2.60	-	8.24	-	1.560	-	-5.18	-	7.780
HA208		**16.36**	-	-	9.68	0.02	4.45	**15.45**	-2.79	1.83	-
HA851			**-10.31**	0.74	-1.85	-5.14	-	-	-2.26	7.56	-
#13				**-4.20**	-0.21	-4.01	-	1.77	-	-	9.79
PK101					**13.01**	1.80	-	2.41	-	-	5.22
PI589886						**-10.24**	7.93	-	-	-	1.44
PI564517							**0.38**	-	-	-	-1.28
PI539905								**7.35**	-	-	-
RHA331									**-22.51**	-	-
RHA333										**-2.89**	-
RHA852											**10.67**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความดีเด่นของลูกผสมในทานตะวัน

ปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล

การวิเคราะห์ปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล พันธุ์พ่อแม่จำนวน 11 พันธุ์ คู่ผสมจำนวน 26 คู่ผสม และพันธุ์ทดสอบจำนวน 3 พันธุ์ (ตารางที่ 6) พบว่า พันธุ์พ่อแม่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.57 g/kg ส่วนพันธุ์ลูกผสมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.00 g/kg นอกจากนี้พันธุ์ลูกผสม 2 คู่ คือ PI564517xPI589886 และ #13xRHA852 ให้ปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลสูงกว่าพันธุ์ลูกผสมทางการค้า (Aqua4 และ Olison)

คู่ผสม #13xRHA852 มีปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลสูงที่สุดเท่ากับ 10.07 g/kg ซึ่งให้ความดีเด่นของลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยพ่อและแม่เท่ากับ 26.82 % และความดีเด่นของลูกผสมเปรียบเทียบกับพ่อหรือแม่ที่ดีที่สุดเท่ากับ 10.31 % ส่วนในคู่ผสม HA292xPK101 มีปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลเท่ากับ 9.88 g/kg ให้ความดีเด่นของลูกผสมสูงทั้งความดีเด่นของลูกผสมเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยพ่อแม่ และความดีเด่นของลูกผสมเปรียบเทียบกับพ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด เท่ากับ 153 % และ 91.85 % ตามลำดับ (ตารางที่ 6) จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า ปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลในลูกผสมที่ดีจะมีปริมาณสูงกว่าพันธุ์พ่อแม่ที่มีปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลสูงที่สุด เช่น พันธุ์ #13 แสดงให้เห็นว่า การปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันเพื่อเพิ่มปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลนั้น สามารถดำเนินการได้ประสบความสำเร็จ จากการศึกษานี้ยังพบว่า ระดับของความดีเด่นลูกผสมสอดคล้องกับสมรรถนะการผสมแบบเฉพาะ และลักษณะของพ่อแม่ เช่น คู่ผสม HA292xPK101, HA208xPI539905, PI564517x PI589886 และ #13xRHA852 เป็นต้น ดังนั้นการคัดเลือกทานตะวันเพื่อสร้างลูกผสมที่ให้ปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลสูง ควรคัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลสูงเป็นพ่อแม่ อย่างไรก็ตาม Kamaluddin *et al.* (2007) ศึกษาสมรรถนะการผสมของข้าวสาลี (spring wheat) ในลักษณะผลผลิต พบว่า การผสมระหว่างพ่อแม่ที่มีสมรรถนะการผสมแบบทั่วไป แบบ ต่ำxสูง หรือ ต่ำxต่ำ อาจให้ลูกผสมที่มีสมรรถนะการผสมแบบเฉพาะสูงได้ เนื่องจากสภาพ heterozygotes ของคู่ผสมว่องไวต่อการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม อันเป็นผลของยีนแบบไม่เป็นผลบวกทั้งในรูปของ dominance และ epistiasis โดยได้ให้ข้อเสนอแนะว่า เพื่อใช้ประโยชน์จากความหลากหลายของการรวมตัวยีนที่ต้องการในโครงการปรับปรุงพันธุ์พืชมากขึ้น ควรใช้พ่อแม่ที่มีสมรรถนะการผสมแบบทั่วไปหลากหลายทั้งในการผสมแบบ ต่ำxสูง หรือ ต่ำxต่ำ นอกเหนือจากการผสมระหว่างพ่อแม่ที่มีสมรรถนะการผสมทั่วไปสูงเพียงอย่างเดียว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การประเมินปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลในเมล็ดทานตะวันที่ศึกษาครั้งนี้ พบว่า มีปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลอยู่ระหว่าง 2.0 - 10.0 g/kg ของเมล็ด แต่จากการตรวจเอกสารพบว่ามีรายงานที่ปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล แตกต่างจาการทดลองครั้งนี้ เช่น Lavesco *et al*. (2002) ได้ประเมินองค์ประกอบของโทโคฟีรอล และความแปรปรวนของปริมาณโทโคฟีรอลในเมล็ดทานตะวันลูกผสม จำนวน 33 คู่ผสม ใน 13 ท้องที่ ของประเทศสเปน พบว่า มีปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลในเมล็ด เท่ากับ 304.5 - 1024.5 mg/kg หรือมีค่าเฉลี่ยประมาณ 669.1 mg/kg เมื่อเทียบกับน้ำหนักเมล็ด และมีปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลในน้ำมันเท่ากับ 562.8 - 1872.8 mg/kg หรือคิดเป็นค่าเฉลี่ยประมาณ 1115.2 mg/kg และยังพบว่า พันธุกรรม พื้นที่ปลูก และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับพื้นที่ปลูก มีอิทธิพลต่อปริมาณโทโคฟีรอลในเมล็ดทานตะวัน นอกจากนี้ Dolde *et al* (1999) ได้ศึกษาองค์ประกอบของโทโคฟีรอล รูปแบบต่าง ๆ และความแปรปรวนของปริมาณโทโคฟีรอลรูปแบบต่างๆในเมล็ดพืชหลายชนิด ได้แก่ ข้าวสาลี ทานตะวัน คาโนล่า และถั่วเหลืองที่เป็นพันธุ์ลูกผสมต่างๆ ที่ปลูกในรัฐไอโอวา ประเทศสหรัฐเอมริกา โดยเฉพาะทานตะวัน พบว่า มีปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล อยู่ระหว่าง 534.1 - 1640.2 mg/kg (เฉลี่ย 981.2 mg/kg) ซึ่งปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลที่พบน้อยกว่าการทดลองในครั้งนี้มาก ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากพันธุกรรมพืชและพื้นที่ปลูก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 ความดีเด่นของลูกผสมเทียบกับค่าเฉลี่ยพ่อแม่ (mid parent) และความดีเด่นของลูกผสมเทียบกับพ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด (higher parent) ในลักษณะปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล

พันธุ์	ปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล (กรัม/กิโลกรัม)	Mid-parent Heterosis	Higher parent Heterosis
พันธุ์พ่อ-แม่			
HA292	2.66		
HA208	7.12		
HA851	4.21		
#13	9.13		
PK101	5.15		
PI589886	6.37		
PI564517	1.36		
PI539905	7.96		
RHA331	3.61		
RHA333	6.99		
RHA852	6.75		
ค่าเฉลี่ย	**5.57**		
คู่ผสม			
HA292xRHA852	2.97	-36.88	-56.00
HA292xRHA331	4.54	44.76	25.77
HA292xHA851	2.84	-17.32	-32.54
HA292xPK101	**9.88**	**153**	**91.85**
HA292xPI564517	4.30	-4.58	-32.32
HA208xRHA333	5.68	-19.57	-20.27
HA208xPI589886	5.79	-14.08	-18.68
HA208xRHA331	5.53	3.17	-22.29
HA208x PI564517	4.04	-4.58	-43.21
HA208xPI539905	8.80	16.67	10.51
HA208xPI539905	8.80	16.67	10.51

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 (ต่อ)

พันธุ์	ปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล (กรัม/กิโลกรัม)	Mid-parent Heterosis	Higher parent Heterosis
HA208x PK101	7.66	24.95	7.66
HA851xRHA333	6.09	8.66	-12.96
HA851xPI589886	7.35	**39.08**	-7.68
HA851xRHA331	3.51	-10.27	-16.71
#13xPI589886	6.90	-10.9	-24.42
#13xPK101	3.91	-45.17	-57.11
#13x PI539905	5.59	-34.51	-38.70
#13xHA851	4.18	-37.34	-54.21
#13xHA852	**10.07**	**26.28**	**10.31**
PI564517xRHA852	4.29	5.81	-36.48
PI589886xPK101	7.41	**28.78**	16.55
PI589886xRHA852	7.04	22.46	10.83
PI539905XPK101	6.18	-5.65	-22.30
PI564517xPI589886	**8.62**	**123.48**	**35.56**
PK101xRHA852	7.30	22.7	8.15
ค่าเฉลี่ย	**6.00**		
พันธุ์ทดสอบ			
#13	9.13		
Olisun	7.36		
Aqua 4	4.83		
ค่าเฉลี่ย	**7.11**		
F-test	**		
$LSD_{0.05}$	9.38		
C.V.	25.27		

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณน้ำมัน

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันในทานตะวัน พันธุ์พ่อแม่จำนวน 11 พันธุ์ คู่ผสมจำนวน 26 คู่ผสม และพันธุ์ทดสอบจำนวน 3 พันธุ์ (ตารางที่ 7) พบว่า พันธุ์พ่อแม่มีปริมาณน้ำมันเฉลี่ย 47.03 % ส่วนคู่ผสมมีปริมาณน้ำมันเฉลี่ย 47.55 % ซึ่งพันธุ์ HA208 ให้ปริมาณน้ำมันสูงสุด เท่ากับ 53.61 % และ พันธุ์ RHA331 มีปริมาณน้ำมันต่ำสุด (28.25 %) ขณะที่คู่ผสม HA208xPI539905 และ HA292xRHA331 ให้ปริมาณน้ำมันสูงสุดและต่ำสุด เท่ากับ 60.38 % และ 39.76 % ตามลำดับ

ความดีเด่นของลูกผสมเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อ-แม่ และเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุดในลักษณะของปริมาณน้ำมันจะอยู่ในช่วง -21.68 – 16.53% และ -24.21 – 12.64% ตามลำดับ และยังพบว่า คู่ผสม PI564517xPI589886, HA208xPI539905, HA208x PK101, #13xRHA852, HA292xRHA852 มีความดีเด่นเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อ-แม่ และความดีเด่นเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุดสูง ซึ่งคู่ผสมดังกล่าวมาจากพ่อแม่ที่มีสมรรถนะการผสมทั่วไปสูงทั้งสองฝ่ายหรือฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง (ตารางที่ 7) ซึ่งยืนยันได้ว่า การคัดเลือกทานตะวันเพื่อสร้างลูกผสมที่ให้ปริมาณน้ำมันในเมล็ดสูง ควรคัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณน้ำมันในเมล็ดสูงเป็นพ่อแม่ (Khan *et al.*, 2008) ทำนองเดียวกับลักษณะปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 ความดีเด่นของลูกผสมเทียบกับค่าเฉลี่ยพ่อแม่ (mid parent) และความดีเด่นของลูกผสมเทียบกับพ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด (higher parent) ในลักษณะปริมาณน้ำมัน

พันธุ์	ปริมาณน้ำมัน	Mid-parent Heterosis	Higher parent Heterosis
พันธุ์พ่อ-แม่			
HA292	49.69		
HA208	53.61		
HA851	49.10		
#13	49.50		
PK101	51.37		
PI589886	52.50		
PI564517	38.21		
PI539905	51.97		
RHA331	28.25		
RHA333	45.02		
RHA852	48.14		
ค่าเฉลี่ย	**47.03**		
คู่ผสม			
HA292xRHA852	52.71	7.75	6.07
HA292xRHA331	39.76	2.01	-19.99
HA292xHA851	47.53	-3.78	-4.35
HA292xPK101	51.11	1.15	-0.51
HA292xPI564517	46.81	-8.40	-5.80
HA208xRHA333	46.76	-5.18	-12.78
HA208xPI589886	44.95	-15.28	-16.15
HA208xRHA331	42.14	2.96	-21.39
HA208x PI564517	49.37	7.55	-7.89
HA208xPI539905	60.38	14.38	12.64

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 (ต่อ)

พันธุ์	ปริมาณน้ำมัน	Mid parent Heterosis	Higher parent Heterosis
HA208x PK101	54.60	4.03	1.86
HA851xPK101	43.07	-14.26	-17.95
HA851xPI589886	39.79	-21.68	-24.21
HA851xRHA331	42.68	10.34	-13.09
#13xPI589886	40.92	-19.76	-22.05
#13xPK101	44.71	-11.34	-12.96
#13x PI539905	46.70	-7.95	-10.14
#13xHA851	47.13	-4.41	-4.79
#13xRHA852	54.72	12.09	10.54
PI564517xRHA852	43.65	1.09	-9.33
PI589886xPK101	46.73	-10.02	-10.99
PI589886xRHA852	46.40	-7.78	-11.61
PI539905XPK101	47.34	-8.39	-8.92
PI564517xPI589886	52.85	16.53	0.68
PK101xRHA852	50.15	0.79	-2.38
ค่าเฉลี่ย	**47.55**		
พันธุ์ทดสอบ			
#13	49.50		
Olisun	49.19		
Aqua 4	50.82		
ค่าเฉลี่ย	49.84		
F-test	*		
LSD	4.29		
C.V.	10.57		

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล ปริมาณน้ำมัน และลักษณะทางการเกษตรในทานตะวัน

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล ปริมาณน้ำมัน และลักษณะทางการเกษตรบางประการในทานตะวัน (ตารางที่ 9) พบว่า อัลฟาโทโคฟีรอลมีสหสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับปริมาณน้ำมัน เท่ากับ 0.49 (P = 0.01) ทำนองเดียวกับจากรายงานของ Goffman and Becker (2001) ซึ่งศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโทโคฟีรอลกับปริมาณน้ำมันในเมล็ด rapeseed พบว่า แกมมาโทโคฟีรอลมีค่าสหสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณน้ำมันในเมล็ด เท่ากับ 0.34 ดังนั้นเมื่อปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มให้ปริมาณน้ำมันสูงขึ้นเล็กน้อย

ขณะที่ปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลมีสหสัมพันธ์ทางลบกับน้ำหนัก 100 เมล็ด น้ำหนักผลผลิต ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางจานดอก อายุการออกดอก และอายุการเก็บเกี่ยว ส่วนปริมาณน้ำมันมีสหสัมพันธ์ทางลบกับน้ำหนักผลผลิต และอายุการออกดอก แสดงให้เห็นว่า การปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันเพื่อเพิ่มปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล และปริมาณน้ำมันอาจมีข้อจำกัด เนื่องจากอาจส่งผลต่อการลดลงของผลผลิตเมล็ด

น้ำหนัก100 เมล็ด พบว่า มีสหสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำหนักผลผลิต ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางจานดอก อายุการออกดอก และอายุการเก็บเกี่ยว เท่ากับ 0.46, 0.43, 0.31, 0.24 และ 0.58 ตามลำดับ (P = 0.01, 0.02, 0.12, 0.23 และ 0.001 ตามลำดับ) นอกจากนี้ยังพบว่า น้ำหนักผลผลิตมีสหสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางจานดอก เท่ากับ 0.71 และ 0.86 (P< 0.01) และความสูงมีสหสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเส้นผ่าศูนย์กลางจานดอก เท่ากับ 0.69 (P< 0.01) จากรายงานของ Ahmad *et al.* (1991); Kaya *et al.* (2005) และ Hladni *et al.* (2006)พบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางจานดอก ความสูง และน้ำหนักผลผลิตมีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูง โดยน้ำหนักผลผลิตที่เพิ่มขึ้น จะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักเมล็ด ความสูงต้น และเส้นผ่านศูนย์กลางจานดอก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล, ปริมาณน้ำมัน, น้ำหนัก 100 เมล็ด, น้ำหนักผลผลิต, ความสูง, เส้นผ่านศูนย์กลางจานดอก, อายุการออกดอก และอายุการเก็บเกี่ยว

ลักษณะที่ศึกษา	อัลฟาโทโค-ฟีรอล	ปริมาณน้ำมัน	น้ำหนัก 100 เมล็ด	น้ำหนักผลผลิต	ความสูง	เส้นผ่านศูนย์กลางจานดอก	อายุการออกดอก	อายุการเก็บเกี่ยว
อัลฟาโทโคฟีรอล	-	0.49*	-0.43	-0.20	-0.01	0.06	-0.13	-0.37
ปริมาณน้ำมัน		-	0.03	-0.03	0.22	0.06	-0.11	0.05
น้ำหนัก 100 เมล็ด			-	0.46**	0.43*	0.31	0.24	0.58**
น้ำหนักผลผลิต				-	0.71**	0.86**	-0.10	0.17
ความสูง					-	0.69**	0.01	0.30
เส้นผ่านศูนย์กลางจานดอก						-	-0.26	0.02
อายุการออกดอก							-	0.62**
อายุการเก็บเกี่ยว								-

*, ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 ลักษณะทางการเกษตรบางประการของทานตะวันของพันธุ์พ่อแม่และลูกผสม จำนวน 26 คู่ผสม

พันธุ์	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	น้ำหนักผลผลิต (กก./ไร่)	ความสูง (ซม.)	เส้นผ่านศูนย์กลางจานดอก(ซม.)	อายุออกดอก (วัน)	อายุการเก็บเกี่ยว (วัน)
พันธุ์พ่อ-แม่						
HA292	4.04	261.65	125.03	12.65	63	106
HA208	3.29	275.68	139.63	11.75	51	99
HA851	5.06	451.43	149.41	21.27	51	102
#13	2.95	213.39	111.15	14.86	52	90
PK101	5.20	237.6	61.13	6.95	51	100
PI589886	2.70	211.5	68.32	10.62	54	98
PI564517	9.03	325.15	108.82	14.45	53	101
PI539905	3.74	256.67	117.8	14.29	49	96
RHA331	2.14	228.54	104.82	12.35	53	81
RHA333	2.81	235.9	70.6	6.66	50	86
RHA852	3.41	213.39	59.38	7.45	56	90
ค่าเฉลี่ย	**4.03**	**264.63**	**101.46**	**12.12**	**53**	**96**
คู่ผสม						
HA292xRHA852	7.76	421.55	152.48	15.7	59	110

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 (ต่อ)

พันธุ์	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	น้ำหนักผลผลิต (กก./ไร่)	ความสูง (ซม.)	เส้นผ่านศูนย์กลางจานดอก(ซม.)	อายุออกดอก (วัน)	อายุการเก็บเกี่ยว(วัน)
HA292xRHA331	5.24	274.56	117.16	8.3	70	110
HA292xHA851	8.89	385.34	154.16	21.3	53	112
HA292xPK101	5.10	255.54	132.78	14.35	61	107
HA292xPI564517	8.70	355.24	127.96	18.29	58	110
HA208xRHA333	3.46	367.22	120.07	28.83	49	99
HA208xPI589886	1.88	253.14	127.96	14.54	53	100
HA208xRHA331	4.71	293.17	130.15	16.99	50	97
HA208x PI564517	5.20	212.11	84.78	7.87	53	98
HA208xPI539905	4.39	247.86	111.88	16.2	53	96
HA208x PK101	5.51	330.48	163.79	18.62	52	99
HA851xPK101	8.59	401.13	130.15	20.58	56	102
HA851xRHA333	7.17	466.87	191.66	20.17	50	99
HA851xPI589886	2.84	215.5	100.03	11.12	51	96
HA851xRHA331	7.27	224.17	67.5	8.45	52	96
HA851xRHA331	7.27	224.17	67.5	8.45	52	96

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 (ต่อ)

พันธุ์	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	น้ำหนักผลผลิต (กก./ไร่)	ความสูง (ซม.)	เส้นผ่านศูนย์กลางจานดอก(ซม.)	อายุออกดอก (วัน)	อายุการเก็บเกี่ยว (วัน)
#13xPI589886	4.74	435.29	104.82	22.83	54	93
#13xPK101	8.27	418.73	158.16	22.35	53	102
#13x PI539905	1.90	313.78	113.16	14.6	53	98
#13xHA851	3.01	231.84	88.15	8.87	54	102
#13xRHA852	3.31	321.19	122.83	17.15	51	98
PI564517xRHA852	3.70	365.1	139.42	18.62	53	97
PI589886xPK101	7.32	452.5	185.07	28.28	53	101
PI589886xRHA852	2.08	283.14	103.76	12.2	51	87
PI539905XPK101	5.47	276.5	86.28	7.29	53	105
PI564517xPI589886	5.13	263.65	103.4	14.37	57	100
PK101xRHA852	3.99	229.87	96.4	12.19	50	98
ค่าเฉลี่ย	**5.22**	**323.12**	**123.61**	**16.16**	**54**	**100.5**
พันธุ์ทดสอบ						
#13	2.95	302.99	111.5	14.86	52	90
โอลิซัน	4.66	314.73	104.94	12.9	52.5	99

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 (ต่อ)

พันธุ์	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	น้ำหนักผลผลิต (กก./ไร่)	ความสูง (ซม.)	เส้นผ่านศูนย์กลางจานดอก(ซม.)	อายุออกดอก (วัน)	อายุการเก็บเกี่ยว (วัน)
อะควา 4	6.01	348.96	86.09	12.95	51.75	110
ค่าเฉลี่ย	**4.54**	**322.23**	**100.84**	**13.57**	**52.08**	**99.7**
F-test	*	*	*	*	**	**
LSD	1.66	54.01	25.15	4.22	3.6	4.96
C.V.	43.23	20.62	29.21	36.90	7.37	5.71

*, ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณะทางการเกษตรบางประการในทานตะวัน

น้ำหนัก 100 เมล็ด

น้ำหนัก 100 เมล็ด ของพันธุ์พ่อแม่จำนวน 11 พันธุ์ คู่ผสมจำนวน 26 คู่ผสม พันธุ์ทดสอบจำนวน 3 พันธุ์ พบว่า น้ำหนัก 100 เมล็ด ของพันธุ์พ่อแม่มีค่าเฉลี่ย 4.03 กรัม โดยที่ พันธุ์ PI564517 ที่มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก 100 เมล็ด สูงที่สุดเท่ากับ 9.06 กรัม พันธุ์ RHA331 น้ำหนัก100 เมล็ด ต่ำสุดเท่ากับ 2.14 กรัม ส่วนค่าเฉลี่ยของคู่ผสมเท่ากับ คู่ผสม HA292xHA851 เป็นคู่ผสมที่มีน้ำหนัก100 เมล็ด สูงที่สุดเท่ากับ 8.89 กรัม ส่วนคู่ผสม HA208xPI589886 เป็นคู่ผสมที่มีน้ำหนัก100 เมล็ด ต่ำที่สุดเท่ากับ 1.88 กรัม พันธุ์ทดสอบทั้ง 3 พันธุ์ มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก100 เมล็ดเท่ากับ 4.54 กรัม

น้ำหนักผลผลิต

น้ำหนักผลผลิตของทานตะวันพันธุ์พ่อแม่จำนวน 11 พันธุ์ คู่ผสมจำนวน 26 คู่ผสม พันธุ์ทดสอบจำนวน 3 พันธุ์ พบว่า น้ำหนักผลผลิตของพันธุ์พ่อ-แม่มีค่าเฉลี่ย 264.63 กิโลกรัมต่อไร่ พันธุ์ HA851 ที่มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 451.43 กิโลกรัมต่อไร่ พันธุ์ PI589886 น้ำหนักผลผลิตต่ำสุดเท่ากับ 211.50 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนค่าเฉลี่ยของคู่ผสมเท่ากับ 323.12 กิโลกรัมต่อไร่ คู่ผสม HA851xRHA333 เป็นคู่ผสมที่มีน้ำหนักผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 466.87 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนคู่ผสม HA208x PI564517 เป็นคู่ผสมที่มีน้ำหนักผลผลิตต่ำที่สุดเท่ากับ 212.11 กิโลกรัมต่อไร่ พันธุ์ทดสอบมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลผลิต 322.22 กิโลกรัมต่อไร่

ความสูง

ความสูงของทานตะวันพันธุ์พ่อแม่จำนวน 11 พันธุ์ คู่ผสมจำนวน 26 คู่ผสม และพันธุ์ทดสอบจำนวน 3 พันธุ์ พบว่าความสูงของพันธุ์พ่อ-แม่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 104.46 เซนติเมตร พันธุ์พ่อแม่ที่สูงที่สุด (พันธุ์ HA851) มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 149.41 เซนติเมตร พันธุ์พ่อแม่ที่เตี้ยที่สุด (พันธุ์ RHA331) เท่ากับ 59.38 เซนติเมตร คู่ผสมที่ได้จากการผสมมีค่าเฉลี่ยความสูงเท่ากับ 123.61 เซนติเมตร คู่ผสม HA851xRHA333 เป็นคู่ผสมที่มีความสูงสูงที่สุดเท่ากับ 191.66 เซนติเมตร ส่วนคู่ผสม HA851xRHA331 เป็นคู่ผสมที่มีความสูงต่ำที่สุดเท่ากับ 67.5 เซนติเมตร พันธุ์ทดสอบมีความสูงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100.84 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เส้นผ่านศูนย์กลางจานดอก

เส้นผ่านศูนย์กลางจานดอกของทานตะวันพันธุ์พ่อแม่จำนวน 11 พันธุ์ คู่ผสมจำนวน 26 คู่ผสม และพันธุ์ทดสอบจำนวน 3 พันธุ์ พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางดอกจานของพันธุ์พ่อ-แม่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.12 เซนติเมตร พันธุ์พ่อแม่ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางจานดอกมากที่สุด (พันธุ์ HA851) มีเส้นผ่านศูนย์กลางจานดอกเฉลี่ยเท่ากับ 21.27 เซนติเมตร พันธุ์พ่อแม่ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางจานดอกน้อยที่สุด (พันธุ์ RHA333) 6.66 เซนติเมตร คู่ผสมที่ได้จากการผสมมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางจานดอกเท่ากับ 16.16 เซนติเมตร คู่ผสม HA208xRHA333 เป็นคู่ผสมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางจานดอกสูงที่สุดเท่ากับ 28.83 เซนติเมตร ส่วนคู่ผสม PI539905xPK101 เป็นคู่ผสมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางจานดอกต่ำที่สุดเท่ากับ 7.29 เซนติเมตร พันธุ์ทดสอบมีเส้นผ่านศูนย์กลางจานดอกค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.57 เซนติเมตร

อายุการออกดอกและอายุการเก็บเกี่ยว

อายุการออกดอกของพันธุ์พ่อ-แม่จำนวน 11 พันธุ์ คู่ผสมจำนวน 26 คู่ผสม พันธุ์ทดสอบจำนวน 3 พันธุ์ พบว่าอายุการออกดอกของทานตะวันพันธุ์พ่อ-แม่มีอายุการออกดอกอยู่ในช่วง 49 – 63 วัน ส่วนคู่ผสม 26 คู่ผสม มีอายุการออกดอกอยู่ในช่วง 49 – 70 วัน และพันธุ์ทดสอบมีอายุการออกดอกอยู่ประมาณ 52 วัน ส่วนอายุการเก็บเกี่ยวของทานตะวันพันธุ์พ่อ-แม่อยู่ในช่วง 81-101 วัน คู่ผสมมีอายุการเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วง 87 -112 วัน และพันธุ์ทดสอบอยู่ในช่วง 90 – 110 วัน

จากการพิจารณาโดยรวม พบว่า ค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก 100 เมล็ด น้ำหนักผลผลิต ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางจานดอกอายุการออกดอก และอายุการเก็บเกี่ยว ของลูกผสมมีแนวโน้มสูงกว่าพ่อแม่ แสดงว่ามีความดีเด่นของลูกผสมเกิดขึ้นในทุกลักษณะที่ศึกษา เช่นเดียวกับรายงานของ Ahmad *et al.* (2005) , Kaya (2004) , Furhutullah *et al.* (2005) และ Karasu *et al.* (2010)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการผสมแบบไม่ครบทุกผสม (incomplete diallel) ระหว่างทานตะวันพันธุ์แท้จำนวน 11 พันธุ์ ได้คู่ผสมจำนวน 26 คู่ผสม พบว่าพันธุ์ HA292xPK101 เป็นพันธุ์ที่มีค่าความดีเด่นของลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่ และเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุดในลักษณะปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล ขณะที่คู่ผสม PI564517xPI589886, HA208xPI539905, HA208x PK101, #13xRHA852 และ HA292xRHA852 มีค่าความดีเด่นของลูกผสมเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่ และความดีเด่นเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุดสูง

จากการวิเคราะห์สมรรถนะการผสมแบบทั่วไปพบว่า พันธุ์ PI589886 และ พันธุ์ HA208 เป็นพันธุ์ที่มีสมรรถนะการผสมแบบทั่วไปสูงที่สุดในลักษณะปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลและปริมาณน้ำมัน ตามลำดับ คู่ผสมที่มีสมรรถนะการผสมแบบเฉพาะสูงในลักษณะปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลและปริมาณน้ำมันได้แก่ คู่ผสม #13xHA852 และ HA208xPI539905 ตามลำดับ

พบสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลและปริมาณน้ำมันในทางบวกและมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลมีสหสัมพันธ์ทางลบกับน้ำหนัก 100 เมล็ด น้ำหนักผลผลิต ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางจานดอก อายุการออกดอก และอายุการเก็บเกี่ยว ส่วนปริมาณน้ำมันมีสหสัมพันธ์ทางลบกับน้ำหนักผลผลิต และอายุการออกดอก แสดงให้เห็นว่า การปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันเพื่อเพิ่มปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล และปริมาณน้ำมันอาจมีข้อจำกัด เนื่องจากอาจส่งผลต่อการลดลงของผลผลิตเมล็ด

ลักษณะทางการเกษตรบางประการ เช่น น้ำหนัก 100 เมล็ด น้ำหนักผลผลิต ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางจานดอก อายุการออกดอก และอายุการเก็บเกี่ยว ของลูกผสมมีแนวโน้มสูงกว่าพ่อแม่ แสดงว่ามีความดีเด่นของลูกผสมเกิดขึ้นในทุกลักษณะที่ศึกษา

การปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันลูกผสมนั้นสามารถให้สารพฤกษเคมีพื้นฐานเพิ่มขึ้นน่าจะเป็นแนวทางสำหรับการปรับปรุงพันธุ์พืชต่อไป เพื่อการใช้ในการอุปโภคและบริโภค เนื่องจากอัลฟาโทโคฟีรอลในทานตะวันนั้นเป็นสารที่ให้ประโยชน์ต่อร่างกาย รวมทั้งปัจจุบันสุขภาพเป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจมากขึ้น แนวโน้มของตลาดจึงนิยมบริโภคน้ำมันพืชชนิดที่ให้ประโยชน์และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการได้อีกด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2553. **รายงานสถานการณ์ทานตะวัน**. แหล่งที่มา: http://www.agriman.doae.go.th, 11 พฤศจิกายน 2554.

_____. 2555. **ทานตะวัน**. แหล่งที่มา: http://www.agriman.doae.go.th, 7 มกราคม 2555.

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2519. **หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2546. **ปรับปรุงพันธุ์พืช: พื้นฐาน วิชาการ และแนวคิด**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชูศักดิ์ จอมพุก. 2542. ทานตะวัน, น.181-191. *ใน* **พืชเศรษฐกิจ**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2552. **สถิติ: การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืชด้วย R**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ และประเสริฐ ฉัตรวชิระวงษ์. 2548. **พันธุศาสตร์เชิงปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 250 น.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2525. **หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช**. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 303 น.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ, ปาริฉัตร สิงห์ศักดิ์ตระกูล และขนิษฐา ศิริรัตน์. 2551. **การผลิตทานตะวันเพื่อเป็นแหล่งน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อชุมชนชนบท**. มหาวิทยาลัยหาดใหญ่, สงขลา. 35 น.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2538. **สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 213 น.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รังสฤษดิ์ กาวีเต๊ะ. 2539. **การปรับปรุงพันธุ์พืชขั้นสูง I**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 182 น.

สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์. 2539. **การปรับปรุงพันธุ์พืช**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 210 น.

Ahmad, S., M.S. Khan, M.S. Swati, G.S. Shah and I.H. Khalil. 2005. A study on heterosis and inbreeding depression in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Songklanakarin J. Sci. Technol**. 27: 1-8.

Ahmad, Q., M.A. Rana and S.U H. Siddiqui. 1991. Sunflower seed yield as influenced by some agronomic and seed characters. **Euphytica.** 56: 137-142.

Andarkhor, S.A. 2012. Combining ability of agronomic traits in sunflowers (*Helianthus annuus* L.) using line x tester analysis. **International J. Boilo**. 4: 89-95.

Anonymous. 2003. **Sunflower**. (Online). Available Source: http://www.ienica.net/crops/sunflower.pdf. January 12, 2012.

Ashoka, S., N.M. Sheriff. And S.L. Narayanan. 2000. Combining ability studies in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Crop Res. Hissar**. 20: 457-462.

Assis, M.G., R. Fonseca, C.D. Cruz, J.M. Carniero Junior. 2004. Estimation variances of the effect of incomplete diallels using a matrix approach. **Genet. Mol. Biol**. 27: 409-417.

Bedov, S. 1985. A study of combining ability for oil and protein content in seed of different sun-flower inbreds.*In* **Proc.of the 11th Inter.Sunfl.Conf**., Mar del Plata, 675-682.

Bruce, A.B. 1910. The mendelian theory of heredity and augmentation of vigor, pp. 627-628. *In* Gowen, J.W. **Heterosis**. Hefner Publ., New York.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Davenport, C.B. 1908. **Degeneration.** Albinism and inbreeding Science. 28: 454-455.

Dolde, D., C. Vlahakis and J. Hazebroek. 1999. Tocopherols in breeding lines and effects of plantinglocation, fatty acid composition and temperature during development. **J. Amer. Oil Chem. Soc.** 76: 349-355.

East, E.M. 1908. Inbreeding in corn. **Connecticut. Agri. Exp**. 1907: 419-428.

Egesel, C.O., J.C. Wong Lambert and R. T. Rocheford. 2003. Combining ability of maize inbred for carotenoids and tocopherols. **Crop Sci**. 43:818–823.

El-Hitty, M.A. 1992. Genetical analysis of some agronomic characters in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Proc. of the 13th Inter. Sunf. Conf**., vol. II, 1118-1128, 7-11 September 1992. Pisa, Italy

Fehr, W.R. 1993. **Principles of Cultivar Development Vol 1**. MacMillan Publication Co., New York, USA.

Fick, G.N. 1975. Heritability of oil content in sunflower. Crop Sci. 15: 77-78.

Garcia Moreno, J.M., E.M. Vera Ruiz, J.M. Fernandez Martinez, L. Velasco and B. P. Vich. 2006. Genetic and molecular analysis of high gamma-tocopherol content in sunflower. **Crop Sci**. 46: 2015-2021.

Garretsen, F. and Keuls M. 1978. A general method for the analysis of genetic variation in complete and incomplete diallels and North Carolina II (NCII) designs, Part II Procedures and general formulas for the fixed model. **Euphytica**. 27: 49-68.

Gerald, F. C. 2008. **The Vitamins: Fundamental Aspects in Nutrition and Health**. 3rd ed. Academic press, Amsterdam. 583 p.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Goffman, F.D., L. Velasco and W. Thies. 1999. Quantitative determination of tocopherol in single seeds of rapeseed (*Brassica napus* L.). **Fett/Lipid**. 101: 142-145.

_____. 2001. Genetic variation of tocopherol content in a germplasm collection of *Brassica napus* L. **Euphytica**. 125: 189-196.

Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallele crossing system. **Australian Journal of Biological Science**. 9: 463-493.

Hayman, B.I. 1954. The theory and analysis of diallel crosses. **Genet.** 39: 789-809.

Hladni, N., D. Skoric, K. Kraljevic-Balalic, Z. Sakac and D. Jovanovic. 2006. Combining ability for oil content and its correlation with other yield componentsin sunflower (*H. annuus* L.). **Helia J**. 29(44): 101-110.

Jack, F. Carter. 1978. **Sunflower science and technology**. Agron. 19: 132-134.

Jerry, F. Miller. 1939. Sunflower in principle of cultivar development. **Crop Sci**. 2: 626-668.

Johnson, G.R. and J.N. King. 1997. Analysis of half diallel mating design I-a practical analysis procedure for anova approximation. **Salvea Genet**. 47: 74-79.

Kamaluddin, R., M. Singh, L.C. Prasad, M.Z. Abdin and A.K. Joshi. 2007. Combining ability analysis for grain filling duration and yield traits in spring wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell.). **Genet.Mol. Bio**. 30(2): 411-416.

Kamel-Eldin, K. and L.A. Appelqvist. 1996. The chemistry and antioxidant properties of tocopherols and tocotrienols. **Lipid**. 31: 671-701.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Karasu, A., M.Oz, M. Sincik, A.T. Coksoy and Z.M. Turan. 2010. Combining ability and heterosis for yield and yield components in sunflower. **Not. Bot. Hort. Agrobot.** 38: 259-264.

Kaya, Y. 2004. Determining combining ability in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Turk. J. Agric**. 29: 243-250.

_____. 2005. Hybrid vigor in sunflower. **Helia J.** 43: 77-86.

_____ and I.K. Atakisi. 2004. Combining ability analysis of some yield character of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Helia J**. 41: 75-84.

Keeble, F. and C. Pellew. 1910. The mode of inheritance of stature and time of flowering in pea (*Pisum sativum* L.). **J. Genetics**. 1: 47-56.

Kempthorne, O. 1956. The theory of the diallel cross. **Genet.** 39: 789-809.

Khan, H., H-U-Rahman, H. Ahmad, H. Ali, I. Lah and M. Alam. 2008. Magnitude of heterosis and heritability in sunflower over environments. **Pak. J. Bot**. 40: 301-308.

Maeda, H., Y. Sakuragi, D.A. Bryant and D. Dellapenna. 2005. Tocopherols protect synechocystis sp.strain PCC6803 from lipid peroxidation. **Plant Physiol**. 138 : 1422-1435.

Marwede, V., A. Schierholt, C. Mollers and H.C. Becker. 2004. Genotype x environment interactions and heritability of tocopherol contents in Canola. **Crop Sci**. 44: 728-731.

Masny, A., W. Madry and E. Zuravicz. 2005. Combining ability analysis of fruit yield and fruit quality in ever – bearing strawberry cultivars using an incomplete diallel cross design. **J. Fruit Ornam. Plant Res**. 13: 5-17.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Michael, I.G. 1992. **Role of fat in food and nutrition**. 2nd ed. London Co Ltd., New York. 207.

Mijic, A., J. Kovacevic, I. Livic, M. Krizmanic, S. Maric, D. Horvat, G. Simic and J. Gunjaca. 2008. Combining abilities and gene effect on sunflower grain yield, oil content and oil yield. **Period. Biol.** 110(3):277-284.

_____, I. Liovic, Z. Zdunic, S. Maric, A.M. Jeromela and M. Jankulovska. 2009. Quantitative analysis of yield and its components in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Romania Agri. Res**. 26: 41-46.

Moral, D.L., J.M. Fernandez-Martinez, B. Perez-Vich and L. Velasco. 2011. Inheritance of deficient tocopherol accumulation in sunflower seeds. **J. Genet.** 90: 489-491.

Muggli, R. 1994. Physiological requirements of vitamin E as a function of the amount and type of polyunsaturated fatty acid. **World Rev. Nutr. Diet**. 75: 166-168.

Munne, B.S. and L. Aegre. 2002. The function of tocopherols and tocotrienols in plants. **Critical reviews in plant science**. 21: 31-57.

Proctor, A., D. J. Bowen. 1996. **Official Method of Analysis**. Assosiation of Official Analytical Chemists,Inc., Virginai.

Pongracz, G., H. Weiser and D. Matzinger. 1995. Tocopherole antioxidanten der Nat. **Fat Sci. Techol**. 97: 90-104.

Putt, E.D. 1940. Observations on morphological characters and flowering processes in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Sci. Agric. 21: 167-179. *Cited by* Seiler, G.J. 1997. Anatomy and morphology of sunflower, pp.67-112. In Schneiter, A.A, ed. **Sunflower Technology and Production**. Agronomy No.35, ASA,CSSA and SSSA. Wisconsin, USA.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Sharma, S., R.K. Bajaj, N. Kaur and S.K. Seghal. 2003. Combining ability studies in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Crop Improv**. 30(1): 69-73.

Sharma, J.R. 1998. **Statistical and biometric techniques in plant breeding**. New age international publisher. New Delhi.

Shull, G.H. 1908. The composition of field of maize. **Amm. Breed. Assn**. 4: 296-301.

_____. 1952. Beginnings of the heterosis concept. p. 14-48. *In*: **Heterosis J.** W. Gowen, (ed.). Iowa State College Press, Ames.

Seiler, G.J. 1997. Anatomy and morphology of sunflower, pp. 67-112. *In* Schneiter, A.A, ed. **Sunflower Technology and Production**. Agronomy No.35, ASA,CSSA and SSSA. Wisconsin, USA.

Sheppard, A.J., J.A.T. Pennington and J.L.Weihrauch. 1993. Analysis and distribution of vitamin E in vegetable oils and foods, .pp. 9–31. *In* Packer, L. and J. Funchs, eds. **Vitamin E in Health and Disease**. Marcel Dekker. New York, USA.

Singh, S.B., K.S. Labana and D.S. Virk. 1987. Detection of epistatic, additive and dominance variation in sunflower. **Indian J. Gen. Pl. Breed**. 47: 243-247.

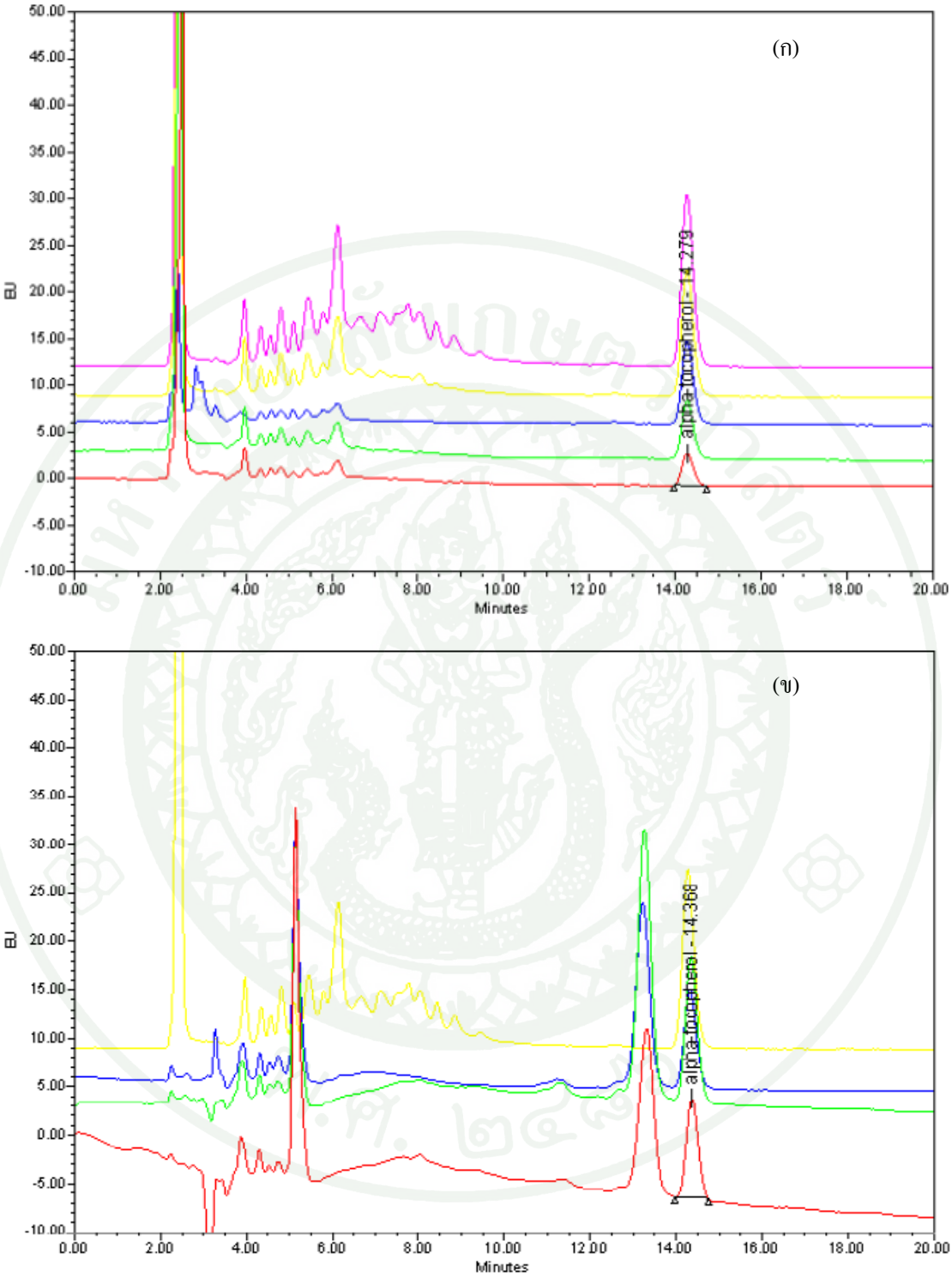
Velasco, L., J.M. Fernandez-Martinez. R. Garcia-Ruiz. and J. Dominguez. 2002. Genetic and environmental variation for tocopherol content and composition in sunflower commercial hybrids. **J. Agri. Sci**. 139: 425-429.

_____., B. Perez-Vich and J.M. Fernandez-Martinez. 2004. Evaluation of wild sunflower spicies for tocopherol content and composition. **Helia J**. 27: 107-112.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

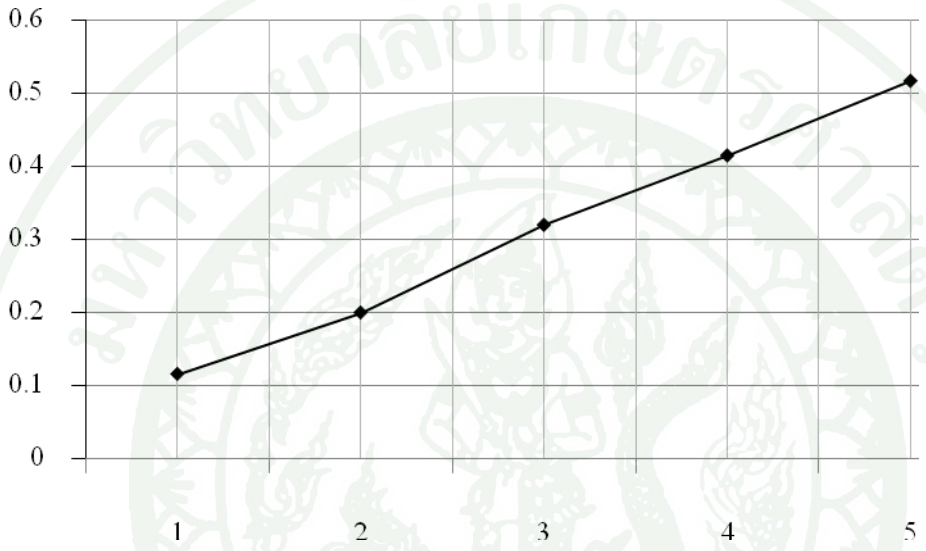
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 1 แสดงโครมาโตแกรม (ก) กราฟมาตรฐานของอัลฟาโทโคฟีรอล (ข) โครมาโตแกรมของปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลของคู่ผสมทานตะวัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์ปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลของทานตะวันโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน (calibration curve) ของสารละลายอัลฟาโทโคฟีรอล ที่ความเข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 ppm (ภาพผนวกที่ 1 ก) ซึ่งความเข้มข้นของปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล จากการวิเคราะห์อยู่ในช่วง 0.03 - 0.351 ppm (ภาพผนวกที่ 1 ข) เมื่อนำมาเทียบในน้ำหนัก 1 กิโลกรัมของเนื้อในเมล็ด (seed kernel) จะพบปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอลดังตารางที่ 6



ภาพผนวกที่ 2 กราฟสารละลายมาตรฐานจากความเข้มข้นของสารละลายอัลฟาโทโคฟีรอลที่ความเข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 ppm

สมการสหสัมพันธ์จากการสร้างกราฟมาตรฐาน $Y = 1.18x10^{7}x + 1.05x10^{4}$

จากการสร้างกราฟสารละลายมาตรฐานเทียบกับความเข้มข้นของสารละลายอัลฟาโทโคฟีรอลพบว่าค่าสหสัมพันธ์ของการวิเคราะห์เท่ากับ 0.998 (R^2)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสมรรถนะการผสมของปริมาณอัลฟาโทโคฟีรอล

Source of Variation	Df	SS	MS	F
Replication	1	0.12	0.12	0.14
Crosses	23	235.72	10.25	11.43 **
GCA	10	168.94	16.89	18.84 **
SCA	13	66.78	5.14	5.73 **
Error	27	24.21	0.90	

*, ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสมรรถนะการผสมของปริมาณน้ำมัน

Source of Variation	Df	SS	MS	F
Replication	1	0.08	0.08	0.02
Treatment	23	1316.63	57.24	14.68**
GCA	10	1269.67	126.97	32.57**
SCA	13	46.96	3.61	0.93
Error	27	105.27	3.90	

*, ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาวจินตนา จั่นเจิม
วัน เดือน ปี เกิด	26 มีนาคม พ.ศ. 2527
สถานที่เกิด	สระบุรี
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ตำแหน่งปัจจุบัน -

สถานที่ทำงานปัจจุบัน -

ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ -

ทุนการศึกษาที่ได้รับ -

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์