การทดสอบสมรรถนะของสายพันธุ์และลักษณะที่เกี่ยวข้องกับศักยภาพการให้ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมันของทานตะวัน

ว่าที่ ร.ต. เกียรติศักดิ์ ฟั่นเพ็ง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2553

PERFORMANCE EVALUATION OF LINES AND CHARACTERS ASSOCIATED WITH YIELD POTENTIAL AND OIL CONTENT OF SUNFLOWER

Kiattisak Funpeng

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Crop Production Technology

Suranaree University of Technology

Academic Year 2010

การทดสอบสมรรถนะของสายพันธุ์และลักษณะที่เกี่ยวข้องกับศักยภาพการให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์น้ำมันของทานตะวัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____

(อ. ดร.สุดชล วุ้นประเสริฐ)
ประธานกรรมการ

_____

(ผศ. ดร.ฐิติพร มะชิโกวา)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

_____

(รศ. ดร.ปิยะดา ตันตสวัสดิ์)
กรรมการ

_____

(ผศ. ดร.อารักษ์ ธีรอำพน)
กรรมการ

_____

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปีจำนงค์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

_____

(ผศ. ดร.สุเวทย์ นิงสานนท์)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

เกียรติศักดิ์ ฟั่นเฟ็ง : การทดสอบสมรรถนะของสายพันธุ์และลักษณะที่เกี่ยวข้องกับศักยภาพการให้ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมันของทานตะวัน (PERFORMANCE EVALUATION OF LINES AND CHARACTERS ASSOCIATED WITH YIELD POTENTIAL AND OIL CONTENT OF SUNFLOWER) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติพร มะชิโกวา, 151 หน้า.

ข้อมูลสำคัญที่ควรทราบในการปรับปรุงพันธุ์ทานตะวัน (*Helianthus annuus* L.) ได้แก่ อัตราพันธุกรรม ความแปรปรวนของลักษณะทางการเกษตร ค่าสมรรถนะการรวมตัว และความดีเด่นของลักษณะต่าง ๆ ดังนั้นการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาความแปรปรวน และอัตราพันธุกรรม ของลักษณะองค์ประกอบผลผลิตในทานตะวัน 2) เพื่อศึกษาสหสัมพันธ์และอิทธิพลทางตรงและทางอ้อม (สัมประสิทธิ์เส้นทาง) ของลักษณะองค์ประกอบผลผลิตในทานตะวัน 3) เพื่อทดสอบสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปของสายพันธุ์ สมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ และ heterosis ของลูกผสมทานตะวัน 4) เพื่อเปรียบเทียบศักยภาพการให้ผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และลักษณะอื่น ๆ ของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสม การทดลองที่ 1 การทดสอบความแปรปรวน อัตราพันธุกรรม สหสัมพันธ์ และสัมประสิทธิ์เส้นทางของลักษณะต่าง ๆ ในทานตะวัน 11 พันธุ์ ผลการทดลองพบว่าทุกลักษณะมีค่า phenotypic coefficient of variation (PCV) สูงกว่าค่า genotypic coefficient of variation (GCV) และลักษณะที่มีความแตกต่างสูงระหว่างค่า PCV และ GCV ได้แก่ ลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม ส่วนลักษณะอายุเก็บเกี่ยว และอายุออกดอก มีความแตกต่างระหว่างค่า PCV และ GCV ต่ำ ซึ่งบ่งชี้ว่าพันธุกรรมมีอิทธิพลมากกว่าสภาพแวดล้อมต่อการแสดงออกทั้งสองลักษณะนี้ นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างสูง ได้แก่ ลักษณะอายุเก็บเกี่ยว (89.04%) และอายุออกดอก (70.21%) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทพ์และยีโนไทพ์ พบว่าผลผลิตมีสหสัมพันธ์แบบบวกสูงกับขนาดดอกและผลผลิตน้ำมัน และพบว่าผลผลิตน้ำมันมีสหสัมพันธ์แบบบวกสูงกับขนาดดอก อย่างไรก็ตามขนาดดอกมีสหสัมพันธ์แบบลบกับเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางพบว่าขนาดดอกมีอิทธิพลทางตรงแบบบวกสูงสุดต่อผลผลิต ดังนั้นสามารถใช้ขนาดดอกในการคัดเลือกเพื่อเพิ่มผลผลิตในทานตะวัน การทดลองที่ 2 นำทานตะวัน 7 สายพันธุ์ มาผสมแบบพบกันหมดเพื่อทดสอบสมรรถนะการรวมตัวทั่วไป (gca) ของสายพันธุ์ สมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ (sca) และความดีเด่นในทานตะวัน 21 คู่ผสม ผลการทดลองพบว่าสายพันธุ์ที่ให้ค่า gca ของลักษณะผลผลิตมีค่าเป็นบวก คือ 6A, 9A และ 8A สายพันธุ์ที่ให้ค่า gca ของลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมันเป็นบวก คือ 9A, 6A, 8A และ 11A การวิเคราะห์ sca ของลักษณะผลผลิต พบว่าลูกผสมที่มีค่า sca สูง ได้แก่ ลูกผสม 10A×6A, 9A×2A และ 11A×5A สำหรับเปอร์เซ็นต์น้ำมัน พบว่าลูกผสมที่

มีค่า sca สูง ได้แก่ ลูกผสม 5A×2A, 11A×2A และ 11A×8A นอกจากนี้ยังพบว่าลูกผสมที่มีค่า heterosis สูงที่สุดของลักษณะผลผลิต คือ 11A×10A รองลงมา คือ ลูกผสม 9A×2A และ 11A×5A สำหรับค่า heterobeltiosis สำหรับผลผลิต พบว่าลูกผสม 11A×5A มีค่าสูงที่สุด รองลงมา คือ ลูกผสม11A×10A และ 10A×5A ส่วนเปอร์เซ็นต์น้ำมัน พบว่าลูกผสม 5A×2A มีค่า heterosis และ heterobeltiosis สูงที่สุด การทดลองที่ 3 ทดสอบศักยภาพในการให้ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมันของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสม ผลการทดลองพบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์ลูกผสมให้ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงกว่าพันธุ์สังเคราะห์ โดยลูกผสม 5A×2A ให้ผลผลิตสูงที่สุด รองลงมา คือ ลูกผสม 10A×5A และ 11A×10A และลูกผสมที่ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง ได้แก่ ลูกผสม 10A×5A และ 10A×2A

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2553 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

KIATTISAK FUNPENG : PERFORMANCE EVALUATION OF LINES AND CHARACTERS ASSOCIATED WITH YIELD POTENTIAL AND OIL CONTENT OF SUNFLOWER. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. THITIPORN MACHIKOWA, Ph.D., 151 PP.

SUNFLOWER/PATH COEFFICIENT ANALYSIS/HETEROSIS/GCA/SCA

The important information for sunflower breeding program includes heritability, variability of agronomic characters, combining ability and heterosis of various characters. The objectives of this study were to 1) study genetic variability and heritability of agronomic characters in sunflower, 2) study correlation and path coefficient analysis of agronomic characters in sunflower, 3) determine general combining ability of inbred lines, specific combining ability and heterosis of hybrids, and 4) evaluate yield potential, oil content and other characters of synthetic and hybrid varieties. The first experiment was conducted to estimate genetic variability, heritability, correlation, and path coefficients of agronomic characters in 11 varieties. The results revealed that the phenotypic coefficients of variation (PCV) were higher than the genotypic coefficients of variation (GCV) for all traits. Large differences between PCV and GCV estimates were observed for oil yield followed by seed yield, oil content, and filled seed percentage. In contrast, days to maturity and days to flowering exhibited small differences between PCV and GCV, indicating more influence of genetic factors than environment in determining variability. In addition, heritability in broad sense was maximum for days to maturity (89.04%) followed by days to flowering (70.21%). The phenotypic and genotypic correlations showed that seed yield was highly and positively correlated with head diameter and

oil yield. Oil yield was also positively correlated with head diameter. However, head diameter was negatively correlated with shelling percentage. The path coefficient analysis found that head diameter had the highest direct effect on seed yield. These results demonstrated that head diameter can be efficiently used as a selection criterion for yield improvement in sunflower. In the second experiment, 7 inbred lines were crossed using half diallel cross to evaluate general combining ability (gca), specific combining ability (sca), and heterosis in 21 hybrids. The results showed that lines 6A, 9A, and 8A had positive significant gca for seed yield. Lines 9A, 6A, 8A, and 11A had highly significant gca for oil content. The crosses 10A×6A, 9A×2A, and 11A×5A gave highly significant sca for seed yield. The crosses 5A×2A, 11A×2A, and 11A×8A had highly significant sca for oil content. The highest heterosis for seed yield was found in the cross 11A×10A, followed by 9A×2A and 11A×5A. The highest heterobeltiosis for seed yield was expressed by the cross of lines 11A×5A, followed by 11A×10A and 10A×5A. The highest heterosis and heterobeltiosis for oil content were found in the cross 5A×2A. The third experiment was conducted to evaluate yield potential and oil content of synthetic and hybrid varieties. The results showed that the average of seed yield and oil content of hybrids were higher than that of synthetic varieties. The highest seed yield of hybrids was recorded in the cross 5A×2A, followed by 10A×5A and 11A×10A. The highest oil content of hybrids was found in the cross 10A×5A, followed by the cross 10A×2A.

School of Crop Production Technology Student's Signature _____

Academic Year 2010 Advisor's Signature _____

Co-advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบคุณ บุคคลต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ อย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัย ดังต่อไปนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติพร มะชิโกวา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา ความช่วยเหลือ และความเอาใจใส่ทั้งด้านการเรียน งานวิจัยอย่างดียิ่ง ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้จนเสร็จสมบูรณ์ เป็นแบบอย่างอาจารย์ และนักวิจัยที่ดี มีคุณธรรม และให้ความช่วยเหลือแก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยะดา ตันตสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม อาจารย์ ดร. สุดชล วุ้นประเสริฐ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อารักษ์ ธีรอำพน ผู้ให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย และขอขอบพระคุณโครงการปรับปรุงพันธุ์ทานตะวัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และศูนย์วิจัยพืชไร่ นครราชสีมา ที่เอื้อเฟื้อเมล็ดพันธุ์ทานตะวันที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้จนแล้วเสร็จ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ประจำอาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำวิธีการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับอุปกรณ์สำหรับห้องปฏิบัติการ และขอขอบพระคุณพนักงานฟาร์ม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในส่วนของแปลงทดลอง รวมถึงเพื่อน พี่น้องนักศึกษาปริญญาโท และปริญญาเอกทุกท่าน ที่มีส่วนให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้จนแล้วเสร็จ

ท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การเลี้ยงดูอบรมและส่งเสริมการศึกษาเป็นอย่างดีตลอดมาในอดีต จนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิตตลอดมา และขอขอบพระคุณญาติทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

เกียรติศักดิ์ ฟั่นเพ็ง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ(ภาษาไทย).....ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....ค
กิตติกรรมประกาศ.....จ
สารบัญ.....ฉ
สารบัญตาราง.....ญ
สารบัญภาคผนวกตาราง.....ฏ
สารบัญภาคผนวกภาพ.....ฐ
คำอธิบายสัญลักษณ์ และคำย่อ.....ฑ

บทที่

1. บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....3
1.3 สมมติฐานการวิจัย.....3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....5
2. ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....6
2.1 ทานตะวัน.....6
2.1.1 ความสำคัญของทานตะวัน.....6
2.1.2 การใช้ประโยชน์จากทานตะวัน.....9
2.1.3 ลักษณะทางพฤกศาสตร์ของทานตะวัน.....10
2.1.4 การเจริญเติบโตของทานตะวัน.....11
2.1.5 ประเภทของทานตะวัน.....11
2.1.6 พันธุ์ของทานตะวัน.....12
2.1.7 การปรับปรุงพันธุ์ทานตะวัน.....13
2.1.7.1 การปรับปรุงทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์.....14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.1.7.2 การปรับปรุงทานตะวันพันธุ์ลูกผสม....16
2.2 สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของลักษณะต่าง ๆ ในทานตะวัน....17
2.3 อัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของลักษณะต่าง ๆ ในทานตะวัน....20
2.4 สหสัมพันธ์ของลักษณะต่าง ๆ ในทานตะวัน....22
2.5 สัมประสิทธิ์เส้นทางของลักษณะต่าง ๆ ต่อผลผลิตในทานตะวัน....24
2.6 ความดีเด่นของลักษณะต่าง ๆ ในลูกผสม....26
2.7 สมรรถนะการรวมตัวทั่วไป และสมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ....29
3. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย....34
3.1 การทดสอบสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน อัตราพันธุกรรม สหสัมพันธ์ และสัมประสิทธิ์เส้นทางของลักษณะต่าง ๆ ในทานตะวัน....34
3.1.1 ข้อมูลลักษณะสภาพภูมิอากาศโดยทั่วไป....34
3.1.2 วัสดุ อุปกรณ์....34
3.1.3 สถานที่ทำการทดลอง....35
3.1.4 ระยะเวลาทำการทดลอง....36
3.1.5 การปลูกทดสอบทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์....36
3.1.5.1 วิธีการทดลอง....36
3.1.5.2 การบันทึกข้อมูล....36
3.1.5.3 การวิเคราะห์ข้อมูล....40
3.2 การทดสอบสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปของสายพันธุ์ สมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ และความดีเด่นของลูกผสมทานตะวัน....43
3.2.1 ข้อมูลลักษณะสภาพภูมิอากาศโดยทั่วไป....43
3.2.2 วัสดุ อุปกรณ์....43
3.2.3 สถานที่ทำการทดลอง....44
3.2.4 ระยะเวลาทำการทดลอง....44
3.2.5 การปลูกทดสอบทานตะวันพันธุ์ลูกผสม....45
3.2.5.1 วิธีการทดลอง....45

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.5.2 การบันทึกข้อมูล....46
3.2.5.3 การวิเคราะห์ข้อมูล....46
3.3 การทดสอบศักยภาพในการให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์น้ำมัน ของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์และพันธุ์ลูกผสม....50
3.3.1 ข้อมูลลักษณะสภาพภูมิอากาศโดยทั่วไป....50
3.3.2 วัสดุ อุปกรณ์....50
3.3.3 สถานที่ทำการทดลอง....50
3.3.4 ระยะเวลาทำการทดลอง....51
3.3.5 การปลูกทดสอบทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์และพันธุ์ลูกผสม....51
3.3.5.1 วิธีการทดลอง....51
3.3.5.2 การบันทึกข้อมูล....51
3.3.5.3 การวิเคราะห์ข้อมูล....53
4. ผลการทดลองและวิจารณ์....54
4.1 สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน อัตราพันธุกรรม สหสัมพันธ์ และ สัมประสิทธิ์เส้นทางของลักษณะต่าง ๆ ในทานตะวัน....54
4.1.1 วาเรียนซ์ สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของลักษณะต่าง ๆ ในทานตะวัน....54
4.1.2 อัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของลักษณะต่าง ๆ ในทานตะวัน....56
4.1.3 ค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ในทานตะวัน....57
4.1.4 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ กับผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมันในทานตะวัน....62
4.1.5 สัมประสิทธิ์เส้นทางของลักษณะต่าง ๆ ต่อผลผลิตในทานตะวัน....66
4.2 สมรรถนะการรวมตัวทั่วไปของสายพันธุ์ สมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ และความดีเด่นของลูกผสมทานตะวัน....75
4.2.1 สมรรถนะการรวมตัวทั่วไป และสมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ....75
4.2.1.1 สมรรถนะการรวมตัวทั่วไป....75
4.2.1.2 สมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ....77

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.2 ความดีเด่นของลูกผสม 80
4.3 ศักยภาพในการให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์น้ำมัน ของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์และพันธุ์ลูกผสม 97
5. สรุปผลการทดลอง 109
รายการอ้างอิง 112
ภาคผนวกตาราง 125
ภาคผนวกภาพ 144
ประวัติผู้เขียน 151

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 แหล่งพันธุ์และสายพันธุ์/พันธุ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้....4
2.1 ปริมาณวิตามินอี และชนิดของกรดไขมันในน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ....8
2.2 เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ และมูลค่าของผลผลิตทานตะวัน ตามราคาที่เกษตรกรขายได้ ปี พ.ศ. 2543-2551....8
2.3 ปริมาณและมูลค่าการนำเข้า เมล็ดทานตะวัน น้ำมันเมล็ดทานตะวัน กากน้ำมันและ กากแข็งได้จากการสกัดเมล็ดทานตะวัน ปี พ.ศ. 2550-2551....9
2.4 ระยะการเจริญเติบโตของทานตะวันในช่วง vegetative stage (V) และช่วง reproductive stage (R)....12
3.1 ค่าเฉลี่ยของผลผลิต ความสูง ขนาดเมล็ด เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และผลผลิตน้ำมัน ของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ 9 พันธุ์ และพันธุ์ลูกผสม 2 พันธุ์....35
3.2 เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะความสม่ำเสมอของอายุออกดอก....37
3.3 เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะความสม่ำเสมอของความสูง....38
3.4 เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะความแข็งแรงของคอดอก....38
3.5 เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะรูปทรงของดอก....39
3.6 เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะความสม่ำเสมอของขนาดดอก....39
3.7 ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมันของทานตะวัน 7 สายพันธุ์....45
3.8 การผสมพันธุ์ระหว่างทานตะวัน 7 สายพันธุ์ที่เป็นแบบการผสมตรง (cross)....46
3.9 ค่าคาดหมาย mean square (EMS) ของ gca และ sca โดยใช้วิธีของ Griffing (1956) วิธีที่ 4....49
3.10 เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะความสม่ำเสมอของอายุเก็บเกี่ยว....52
3.11 เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะ Root lodging....52
3.12 เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะ Stalk lodging....53
4.1 ค่ามีนสแควร์ ช่วงข้อมูล วาเรียนซ์ สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และ อัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง ของลักษณะทางการเกษตรในทานตะวัน11 พันธุ์....69
4.2 ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตร 18 ลักษณะในทานตะวัน 11 พันธุ์....70

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทพ์ (r_{ph}) และยีโนไทพ์ (r_g) ของลักษณะทางการเกษตร 11 ลักษณะในทานตะวัน 11 พันธุ์ 73
4.4 อิทธิพลทางตรง (ตามแนวทแยง) และทางอ้อมของลักษณะทางการเกษตร 8 ลักษณะต่อผลผลิตในทานตะวัน 11 พันธุ์ 74
4.5 ค่ามีนสแควร์ของสมรรถนะการรวมตัวทั่วไป (gca) และสมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ (sca) ของลักษณะทางการเกษตร ในทานตะวันลูกผสม 87
4.6 สมรรถนะการรวมตัวทั่วไป (gca) ของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะ ของทานตะวัน 7 สายพันธุ์ 89
4.7 สมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ (sca) ของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะในทานตะวัน 21 คู่ผสม 91
4.8 ค่าเฉลี่ย และความดีเด่นของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะในทานตะวัน 21 คู่ผสม 93
4.9 ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตร 22 ลักษณะในทานตะวัน 14 พันธุ์ 106

สารบัญภาคผนวกตาราง

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

1 เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ของประเทศผู้ผลิตที่สำคัญ ปี พ.ศ. 2548-2550...126
2 เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ เป็นรายภาค ปี พ.ศ. 2548-2550.....127
3 ลักษณะของชุดดินลพบุรี (Lop Buri Series: Lb) 128
4 คุณสมบัติของชุดดินลพบุรี (Lop Buri Series: Lb) 129
5 ลักษณะของชุดดินจัตุรัส (Chatturat series: Ct) 130
6 คุณสมบัติของชุดดินจัตุรัส (Chatturat series: Ct) 131
7 ลักษณะของชุดดินปากช่อง (Pak Chong series: PC) 132
8 คุณสมบัติของชุดดินปากช่อง (Pak Chong series: PC) 133
9 ค่ามีนสแควร์ จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะทาง 18 ลักษณะ
ในทานตะวัน 11 พันธุ์ 134
10 ค่ามีนสแควร์ จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะ
ในทานตะวันสายพันธุ์พ่อแม่ 7 สายพันธุ์.....135
11 ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะในทานตะวันสายพันธุ์พ่อแม่ 7 สายพันธุ์ 137
12 ค่ามีนสแควร์ จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะ
ในทานตะวันลูกผสม.....139
13 ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะ ในทานตะวันลูกผสม.....140
14 ค่ามีนสแควร์ จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะทางการเกษตร 22 ลักษณะ
ในทานตะวัน 14 พันธุ์ 142

สารบัญภาคผนวกภาพ

ภาพภาคผนวกที่ **หน้า**

1 ภาพตัดขวางแสดงโครงสร้างดอกทานตะวัน (Weiss, 2000) 145

2 อุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุดของแต่ละเดือน ในช่วง ปี พ.ศ. 2551-2553 ในเขต อ.เมือง จ.นครราชสีมา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553)..... 146

3 อุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละเดือน ในช่วง ปี พ.ศ. 2551-2553 ในเขต อ.เมือง จ.นครราชสีมา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553)..... 146

4 จำนวนวันฝนตกของแต่ละเดือน ในช่วง ปี พ.ศ. 2551-2553 ในเขต อ.เมือง จ.นครราชสีมา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553 147

5 ปริมาณฝนสูงสุดใน 24 ชั่วโมงของแต่ละเดือน ในช่วง ปี พ.ศ. 2551-2553 ในเขต อ.เมือง จ.นครราชสีมา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553)..... 147

6 ปริมาณฝนทั้งหมดของแต่ละเดือน ในช่วง ปี พ.ศ. 2551-2553 ในเขต อ.เมือง จ.นครราชสีมา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553)..... 148

7 อุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุดของแต่ละเดือน ในช่วง ปี พ.ศ. 2553 ในเขต อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553)..... 148

8 อุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละเดือน ในช่วง ปี พ.ศ. 2553 ในเขต อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553)..... 149

9 จำนวนวันฝนตกของแต่ละเดือน ในช่วง ปี พ.ศ. 2553 ในเขต อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553)..... 149

10 ปริมาณฝนสูงสุดใน 24 ชั่วโมงของแต่ละเดือน ในช่วง ปี พ.ศ. 2553 ในเขต อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553)..... 150

11 ปริมาณฝนทั้งหมดของแต่ละเดือน ในช่วง ปี พ.ศ. 2553 ในเขต อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553)..... 150

คำอธิบายสัญลักษณ์ และคำย่อ

AOAC	=	Association of Official Analytical Chemist
C.D.	=	Critical Difference
cms	=	cytoplasmic male sterility
CV	=	Coefficient of Variation
DMRT	=	Duncan's new Multiple Range Test
ECV	=	Environmental Coefficient of Variation
EMS	=	Expected Mean Square
F_1	=	F_1 hybrid
F-test	=	One-way ANOVA
gca	=	general combining ability
GCV	=	Genotypic Coefficient of Variation
gms	=	genetic male sterility
H	=	Heterosis
HB	=	Heterobeltiosis
h_b^2	=	broad sense heritability
h_n^2	=	narrow sense heritability
PCV	=	Phenotypic Coefficient of Variation
r	=	correlation
r_g	=	Genotypic correlation
r_{ph}	=	Phenotypic correlation
sca	=	specific combining ability
S.E.	=	Standard Error
t-test	=	Student's t-test
V_e	=	error variance
V_g	=	genetic variance
V_{ph}	=	phenotypic variance
σ^2	=	variance

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ทานตะวัน (Sunflower, *Helianthus annuus* L.) เป็นพืชน้ำมันที่สำคัญทางเศรษฐกิจของโลก รองจาก ถั่วเหลือง (*Glycine max*) ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis*) และคาโนลาหรือเรปซีด (*Brassica napus* L.) เป็นพืชที่ค่อนข้างทนแล้งได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับพืชไร่ชนิดอื่น เช่น ข้าวโพด ถั่วเหลือง และถั่วเขียว เมล็ดและน้ำมันทานตะวันมีคุณค่าทางโภชนาการสูงเนื่องจากประกอบไปด้วยโปรตีน เหล็ก แคลเซียม ฟอสฟอรัส วิตามินเอ บี ดี อี และเค นอกจากนี้น้ำมันเมล็ดทานตะวันเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพสูงเนื่องจากมีกรดไขมันอิ่มตัวเพียง 10.1% และมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว 90% โดยมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว 45.4% และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน 40.1% รวมกันสูงกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น และมีวิตามินอีสูงสุด 41.1% (ฐิติพร มะชิโกวา, 2551) และยังมีสาร antioxidants กันหืนได้ดีสามารถเก็บไว้ได้นานกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น จึงเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศเพื่อการบริโภค นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง เช่น น้ำมันชักเงา น้ำมันหล่อลื่น และสีทาบ้าน เป็นต้น ส่วนกากที่ได้หลังจากสกัดน้ำมันจะใช้เป็นอาหารสัตว์เพราะมีโปรตีนสูงถึง 40-50% และลำต้นสามารถนำไปผลิตเป็นกระดาษคุณภาพดี (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

ทานตะวันมีถิ่นกำเนิดอยู่แถบทางใต้และตะวันตกของประเทศสหรัฐอเมริกา และเม็กซิโก (สุพจน์ แสงประทุม, 2543) ปี พ.ศ. 2548/2549 ปริมาณการผลิตเมล็ดทานตะวันทั่วโลกประมาณ 31.24 ล้านตัน และลดลงอีกประมาณ 4.29 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2549/2550 แหล่งปลูกที่สำคัญ คือ ประเทศรัสเซีย ยูเครน อาร์เจนตินา จีน อินเดีย ฝรั่งเศส สหรัฐอเมริกา ฮังการี ตุรกี และสเปน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) ทานตะวันจัดเป็นพืชส่งเสริมของประเทศไทย เนื่องจากมีพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากสถิติการเพาะปลูกพบว่า ในปี พ.ศ. 2531/2532 มีพื้นที่ปลูกเพียง 759 ไร่ ในปี พ.ศ. 2540/2541 มีพื้นที่ปลูกสูงถึง 225,000 ไร่ ได้ผลผลิต 40,500 ตัน (กรมวิชาการเกษตร, 2541) ในปี พ.ศ. 2542/2543 พื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นเป็น 444,113 ไร่ และให้ผลผลิต 50,568 ตัน อย่างไรก็ตามเนื่องจาก ในปี พ.ศ. 2544 รัฐบาลไม่ได้มีการสนับสนุนเมล็ดพันธุ์ทำให้พื้นที่ปลูกลดลงเหลือ 231,646 ไร่ ในปี พ.ศ. 2544/2545-2545/2546 มีพื้นที่ปลูกทานตะวันเพิ่มขึ้นเป็น 253,595 และ 291,241 ไร่ ได้ผลผลิต 29,175 และ 32,324 ตัน แต่ในปี พ.ศ. 2547/2548-2549/2550 มีพื้นที่ปลูกทานตะวันลดลงเป็น 274,436, 220,523 และ 197,761 ไร่ ตามลำดับ และได้ผลผลิต 38,176, 24,229

และ 22,999 ตัน ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) กรมส่งเสริมการเกษตร (2550) รายงานว่าประเทศไทยสามารถเพิ่มพื้นที่ปลูกทานตะวันได้อีกถึง 1 ล้านไร่ ในปัจจุบันมีความต้องการใช้เมล็ดทานตะวันเพื่อสกัดน้ำมันมากกว่าปีละ 100,000 ตัน แต่สามารถผลิตได้ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของความต้องการ จึงมีการนำเข้าเมล็ดทานตะวัน น้ำมันเมล็ดทานตะวัน กากน้ำมัน และกากแข็งได้จากการสกัดเมล็ดทานตะวันรวมมูลค่ามากกว่า 800 ล้านบาทต่อปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) ดังนั้นทานตะวันจึงเป็นพืชที่มีอนาคตดีเมื่อเปรียบเทียบกับพืชไร่ชนิดอื่น การปลูกทานตะวันมีปัญหาหลายประการ เช่น การขาดเมล็ดพันธุ์คุณภาพดี แม้ว่าหลายหน่วยงานได้ทำการวิจัยทานตะวันมานานกว่า 30 ปี แต่ยังไม่มีพันธุ์ทานตะวันที่จะส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก ราคาจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ค่อนข้างสูงประมาณ 180-240 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 20-25 ของต้นทุนการผลิต เกษตรกรปลูกทานตะวันโดยใช้ปัจจัยการผลิตต่ำ ปลูกในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น ประสบภาวะขาดน้ำตลอดช่วงการเจริญเติบโต และช่วงติดเมล็ดส่งผลให้ผลผลิตต่อไร่ค่อนข้างต่ำ (กรมวิชาการเกษตร, 2552) ดังนั้นการลดต้นทุนค่าเมล็ดพันธุ์จึงเป็นแนวทางที่ช่วยลดต้นทุนการผลิต การปลูกทานตะวันของเกษตรกรในประเทศไทย ส่วนใหญ่ใช้เมล็ดพันธุ์ทานตะวันลูกผสมที่นำเข้าจากต่างประเทศซึ่งเกษตรกรต้องซื้อจากบริษัททุกปีในราคาที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นการผลิตทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมขึ้นใช้เองภายในประเทศเป็นแนวทางหนึ่งที่ทำให้ราคาเมล็ดพันธุ์ถูกลง เพราะไม่มีค่าขนส่งจากต่างประเทศ และลดการนำเข้าเมล็ดพันธุ์ทานตะวันจากต่างประเทศ แต่จากการสำรวจพื้นที่ปลูกทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ในประเทศมีน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ปลูกทานตะวันพันธุ์ลูกผสม การใช้พันธุ์สังเคราะห์ในบางท้องที่อาจมีความเหมาะสมกว่าการใช้พันธุ์ลูกผสม เพราะพันธุ์สังเคราะห์สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี เมล็ดพันธุ์มีราคาถูก และสามารถเก็บเมล็ดไว้ปลูกในปีต่อไปได้ แต่ทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์มีข้อจำกัดเช่นกัน คือ ลักษณะต่าง ๆ มีความแปรปรวนสูงมากกว่าพันธุ์ลูกผสม เช่น ความสูง อายุออกดอก ขนาดของดอก และการสุกแก่ไม่สม่ำเสมอเหมือนพันธุ์ลูกผสม และสีเมล็ดอาจแตกต่างกัน แม้เป็นพันธุ์เดียวกันก็ตาม (ไพศาล เหล่าสุวรรณ และคณะ, 2548) นอกจากนี้พันธุ์สังเคราะห์บางพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่ำ จึงทำให้เกษตรกรไม่นิยมปลูกทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ เพราะฉะนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการวิจัย และพัฒนาการปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์และพันธุ์ลูกผสมเพื่อให้ลักษณะต่าง ๆ ที่มีศักยภาพดีกว่าเดิมขึ้นใช้เองภายในประเทศ ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยเกษตรกรลดต้นทุนการผลิต และได้พันธุ์ทานตะวันที่มีผลผลิตและเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก ทำให้เกษตรกรมีผลกำไรมากขึ้น

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานสำหรับใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันให้ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงขึ้น แต่ทั้งสองลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะทางปริมาณ ที่ถูกควบคุมโดยยีนหลายคู่ มีอัตราพันธุกรรมต่ำ และลักษณะแปรปรวนไปตามสภาพแวดล้อม

(Schneiter, 1997) ทำให้การคัดเลือกโดยตรงทำได้ยาก การคัดเลือกอาจทำได้โดยการคัดเลือกทางอ้อม (indirect selection) ผ่านลักษณะองค์ประกอบผลผลิต โดยศึกษาสหสัมพันธ์และอิทธิพลทางตรงและทางอ้อม (สัมประสิทธิ์เส้นทาง) ระหว่างลักษณะองค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรที่ให้ค่าสหสัมพันธ์สูงกับผลผลิต เพื่อเพิ่มศักยภาพของพันธุ์สังเคราะห์ จากหลายงานทดลองได้ใช้ลักษณะที่มีอิทธิพลทางตรงสูงในการคัดเลือกเพื่อเพิ่มผลผลิตในพืชหลายชนิด เช่น ในข้าวโพด (Saleem et al., 2007) ทานตะวัน (Machikowa and Saetang, 2008) ปาล์มน้ำมัน (Oboh and Fakorede, 1990) คำฝอย (Arslan, 2007) เป็นต้น สำหรับการเพิ่มศักยภาพของพันธุ์ลูกผสมสามารถทำได้โดยการเพิ่มความดีเด่นของลักษณะ รวมไปถึงศึกษาสมรรถนะการรวมตัวทั่วไป และสมรรถนะการรวมตัวจำเพาะเพื่อการแสดงออกของยีน ซึ่งจะทำให้สามารถเลือกวิธีการปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ดังนั้นการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับศักยภาพการให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์น้ำมันของทานตะวัน ซึ่งนำไปสู่การปรับปรุงลักษณะองค์ประกอบผลผลิตและลักษณะทางการเกษตร ซึ่งจะส่งผลให้ได้พันธุ์ทานตะวันที่มีผลผลิตและมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงขึ้นในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาความแปรปรวน และอัตราพันธุกรรม ของลักษณะองค์ประกอบผลผลิต ในทานตะวัน

1.2.2 เพื่อศึกษาสหสัมพันธ์และอิทธิพลทางตรงและทางอ้อม (สัมประสิทธิ์เส้นทาง) ของลักษณะองค์ประกอบผลผลิตในทานตะวัน

1.2.3 เพื่อศึกษาลักษณะความดีเด่นของผลผลิต และลักษณะต่าง ๆ ของพันธุ์ลูกผสม

1.2.4 เพื่อหาสมรรถนะการรวมตัวทั่วไป และสมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ ของสายพันธุ์ทานตะวัน

1.2.5 เพื่อเปรียบเทียบศักยภาพการให้ผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และลักษณะอื่น ๆ ของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสม

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 หากทราบความแปรปรวน และอัตราพันธุกรรม ของลักษณะองค์ประกอบผลผลิตจะทำให้สามารถเลือกใช้วิธีการปรับปรุงพันธุ์ที่เหมาะสม

1.3.2 การศึกษาลักษณะองค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรที่ให้ค่าสหสัมพันธ์สูงกับผลผลิตและเปอร์เซ็นต์น้ำมัน จะสามารถใช้ลักษณะเหล่านั้นช่วยในการคัดเลือกสายพันธุ์ทานตะวันเพื่อนำไปใช้ปรับปรุงพันธุ์ให้มีระดับผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงขึ้นได้

1.3.3 อิทธิพลทางตรงและทางอ้อม (สัมประสิทธิ์เส้นทาง) ของลักษณะต่าง ๆ ที่มีผลต่อผลผลิต ทำให้สามารถใช้ลักษณะทางอ้อมช่วยในการคัดเลือกลักษณะผลผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.3.4 ลูกผสมทานตะวันมีความดีเด่นแตกต่างกัน สามารถใช้ประโยชน์จากลักษณะดีเด่นเพื่อผลิตลูกผสม F_1 ที่ให้ผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และลักษณะอื่น ๆ ที่ดีกว่า

1.3.5 สายพันธุ์ที่มีสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปของสายพันธุ์ และการรวมตัวจำเพาะของคู่ผสมทานตะวันสูง เป็นสายพันธุ์ที่มีศักยภาพสูงที่สามารถนำไปเพื่อผลิตลูกผสม F_1 ที่ให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง

1.3.6 ทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสม มีศักยภาพการให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์น้ำมันแตกต่างกัน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 สายพันธุ์ทานตะวัน ที่ใช้ในการศึกษามีทั้งหมด 18 สายพันธุ์ โดยได้รับความอนุเคราะห์จากหน่วยงานปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันของรัฐและเอกชน ตามรายละเอียดดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แหล่งพันธุ์และสายพันธุ์/พันธุ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

แหล่งพันธุ์	สายพันธุ์/พันธุ์
โครงการปรับปรุงพันธุ์ทานตะวัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	2A, 5A, 6A, 8A, 9A, 10A, 11A, S471, S473, S475, HOC, HOO, HOO, MOC, MOO, CM1-TL
กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์	เชียงใหม่ 1
บริษัท แปซิฟิคเมล็ดพันธุ์ จำกัด	แปซิฟิค 77
บริษัท ไพโอเนีย-ไฮ-เบรด (ไทยแลนด์) จำกัด	ไพโอเนียร์ จัมโบ้

1.4.2 ลักษณะพื้นที่ในการศึกษา ได้แก่ ลักษณะและคุณสมบัติของดิน อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย จำนวนวันฝนตก ปริมาณฝนสูงสุดใน 24 ชั่วโมง และปริมาณฝนทั้งหมด ในจังหวัดนครราชสีมา ดังนี้

1.4.2.1 ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา

1.4.2.2 ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ต.กลางดง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา

1.4.3 การศึกษา การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษาลักษณะที่มีผลต่อการให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์น้ำมันของทานตะวัน งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 การทดลอง

1.4.3.1 การทดสอบความแปรปรวน อัตราพันธุกรรม สหสัมพันธ์ และสัมประสิทธิ์เส้นทางของลักษณะต่าง ๆ ในทานตะวัน

1.4.3.2 การทดสอบสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปของสายพันธุ์ สมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ และความดีเด่นของลูกผสมทานตะวัน

1.4.3.3 การทดสอบศักยภาพในการให้ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมัน ของพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสม

1.4.4 ระยะเวลาในการทำวิจัย ตั้งแต่เดือน เมษายน พ.ศ. 2551 ถึง เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2553

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงความแปรปรวน และอัตราพันธุกรรม ของลักษณะองค์ประกอบผลผลิต เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้วิธีการปรับปรุงพันธุ์ที่เหมาะสม

1.5.2 ทราบถึงสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ กับผลผลิตและเปอร์เซ็นต์น้ำมัน

1.5.3 ทราบถึงอิทธิพลทางตรงและทางอ้อม (สัมประสิทธิ์เส้นทาง) ของลักษณะต่าง ๆ ที่มีผลต่อผลผลิต เพื่อใช้ลักษณะนั้นในการคัดเลือกทางอ้อมเพื่อเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น

1.5.4 ทราบถึงลักษณะความดีเด่นของผลผลิต และลักษณะต่าง ๆ ของลูกผสม

1.5.5 ทราบถึงสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปของสายพันธุ์ และการรวมตัวจำเพาะของคู่ผสมในการให้ผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง และได้สายพันธุ์ที่มีศักยภาพสูงเพื่อนำไปผลิตลูกผสมทานตะวัน

1.5.6 ทราบถึงศักยภาพการให้ผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และลักษณะอื่น ๆ ในทานตะวัน พันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสม ที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทานตะวัน

ทานตะวัน (sunflower) เป็นพืชน้ำมันที่มีความสำคัญพืชหนึ่งของโลก มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Helianthus annuus* L. อยู่ในวงศ์ Compositae ซึ่งเป็นชนิดปลูก และมีชนิดใกล้เคียงอีกหลายชนิด พืชในสกุลนี้ มีโครโมโซม 2n = 34, 68 และ 102 และสามารถผสมข้ามพันธุ์กันได้ การปลูกทานตะวันมีมานานกว่า 250 ปี โดยทานตะวันเป็นพืชพื้นเมืองแถบทางใต้ และตะวันตกของประเทศสหรัฐอเมริกา และเม็กซิโก อย่างไรก็ตาม สำหรับแหล่งกำเนิดของพันธุ์ปลูกนั้น อาจอยู่ในแถบแม่น้ำมิสซิสซิปปี ชาวอเมริกันอินเดียนใช้ทานตะวันเป็นอาหารมาก่อนมีการปลูกข้าวโพด (สุพจน์ แสงประทุม, 2543) เริ่มมีการปลูกทานตะวันเป็นพืชน้ำมันครั้งแรกในประเทศบาวาเรีย ในปี 1725 และประเทศฝรั่งเศส ในปี 1787 เช่นกัน หลังจากนั้นประมาณปี 1800 ทานตะวันได้แพร่เข้าสู่ประเทศรัสเซีย ซึ่งเป็นประเทศแรกที่ได้นำไปพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันเพื่อใช้เป็นพืชน้ำมันได้สำเร็จ และเป็นประเทศแรกที่ได้นำทานตะวันมาปลูกเป็นพืชไร่ จนในปี 1830-1840 มีการผลิตน้ำมันทานตะวันเป็นการค้าครั้งแรก หลังจากนั้น ในปี 1880 ทานตะวันได้ถูกนำกลับเข้าไปปลูกในทวีปอเมริกาอีกครั้ง และปัจจุบันได้มีการปลูกทานตะวันอย่างแพร่หลายในประเทศต่าง ๆ จนเป็นพืชน้ำมันที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของโลก ทานตะวันเป็นพืชอายุสั้นที่มีระบบรากลึกและเป็นระบบรากแก้ว อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 100-120 วัน ค่อนข้างทนแล้ง เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนและกึ่งร้อน นอกจากนี้ยังปลูกได้ดีในดินเกือบทุกสภาพ ยกเว้นดินที่มีสภาพเป็นกรดจัดและมีน้ำท่วมขัง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2553) แหล่งปลูกทานตะวันที่สำคัญของโลก ได้แก่ ประเทศรัสเซีย ยูเครน อาร์เจนตินา จีน และอินเดีย เป็นต้น โดยประเทศไทยมีผลผลิตอยู่ลำดับที่ 35 ของโลก ดังแสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551)

2.1.1 ความสำคัญของทานตะวัน

ทานตะวัน (Sunflower, *Helianthus annuus* L.) เป็นพืชที่มีดอกสวยงาม เป็นพืชที่ทนต่อสภาพแห้งแล้ง ทานตะวันเป็นพืชน้ำมันที่มีบทบาทสำคัญในตลาดโลกรองจากถั่วเหลือง (*Glycin max*) ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis*) และคาโนลาหรือเรปซีด (*Brassica napus* L.) แหล่งผลิตที่สำคัญของโลก ได้แก่ ประเทศรัสเซีย ยูเครน อาร์เจนตินา จีน และอินเดีย เป็นต้น ประเทศไทยได้มีการส่งเสริมให้มีการปลูกทานตะวันมากขึ้น โดยมีแหล่งปลูกที่สำคัญ คือ จังหวัดลพบุรี สระบุรี เพชรบูรณ์ และนครสวรรค์ ดังแสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 2 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) ทานตะวันสามารถนำมา

ใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น การบริโภคโดยตรง นำมาสกัดเป็นน้ำมัน ซึ่งเป็นน้ำมันพืชที่มีคุณภาพสูง และยังสามารถนำน้ำมันมาเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่องหลายประเภท เช่น เนยเทียม น้ำมันสลัด เครื่องสำอาง เป็นต้น กากเมล็ดสามารถใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ นอกจากนี้ยังสามารถปลูกเพื่อเป็นแหล่งท่องเที่ยวได้ด้วย เมล็ดทานตะวันมีคุณค่าทางอาหารสูง เนื่องจากประกอบไปด้วยโปรตีน เหล็ก แคลเซียม ฟอสฟอรัส วิตามินเอ บี ดี อี และ เค โดยปริมาณของวิตามินอีในเมล็ดทานตะวันมีสูงกว่าในพืชชนิดอื่น ๆ ซึ่งวิตามินอีมีความสำคัญต่อร่างกาย คือ ช่วยชะลอความแก่ของผิวหนัง บำรุงสายตา ป้องกันต้อกระจก ลดไขมันในเส้นเลือด เป็นต้น ร่างกายมนุษย์ต้องการวิตามินอี 15-30 IU ต่อวัน เนื้อเมล็ดทานตะวัน 100 กรัม จะให้พลังงานแก่ร่างกาย 570 กิโลแคลอรี่ โดยองค์ประกอบอาหารที่สำคัญดังนี้ โปรตีน 23 กรัม คาร์โบไฮเดรต 19 กรัม ไขมัน 50 กรัม ใยอาหาร 14.3 กรัม เหล็ก 7 มก. แคลเซียม 120 มก. โปแตสเซียม 690 มก. สังกะสี 5 มก. และโซเดียม 3 มก. (ฐิติพร มะชิโกวา, 2551)

น้ำมันเมล็ดทานตะวัน มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว 90% กรดไขมันอิ่มตัว 10.1% มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว 45.4% และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน 40.1% รวมกันสูงกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่น (ตารางที่ 2.1) และยังมีวิตามินอีสูงสุด 41.1% นอกจากนี้ในน้ำมันทานตะวันยังอุดมด้วยวิตามินต่าง ๆ ดังนี้ วิตามิน เอ 50 IU วิตามินอี 50 มก. วิตามินบี 20.2 มก. และไนอะซิน 4 มก. (ฐิติพร มะชิโกวา, 2551) จากสถิติการเพาะปลูกพบว่า ในปี พ.ศ. 2550/2551 ประเทศไทยมีเนื้อที่เก็บเกี่ยว 162,679 ไร่ ได้ผลผลิต 19,346 ตัน (ตารางที่ 2.2) โดยจังหวัดที่มีการปลูกทานตะวันมาก ได้แก่ จังหวัดลพบุรี สระบุรี เพชรบูรณ์ และนครสวรรค์ ซึ่งพบว่าผลผลิตที่ได้มีแนวโน้มลดลงจากปีก่อน ๆ สาเหตุที่ทำให้การผลิตลดลงเนื่องมาจากต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าแรงงานกับค่าเมล็ดพันธุ์ และผลผลิตต่อไร่ต่ำ (119 กก./ไร่ ในปี พ.ศ. 2550/2551) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) แต่ในปัจจุบันมีความต้องการใช้เมล็ดทานตะวันเพื่อสกัดน้ำมันมากกว่าปีละ 100,000 ตัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2550) แต่สามารถผลิตได้ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของความต้องการ จึงมีการนำเข้าเมล็ดทานตะวัน น้ำมันเมล็ดทานตะวัน กากน้ำมันและกากแข็งได้จากการสกัดเมล็ดทานตะวันรวมมูลค่ามากกว่า 800 ล้านบาทต่อปี (ตารางที่ 2.3) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) ดังนั้นทานตะวันจึงเป็นพืชที่มีอนาคตดีเมื่อเปรียบเทียบกับพืชไร่ชนิดอื่น

ตารางที่ 2.1 ปริมาณวิตามินอี และชนิดของกรดไขมันในน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ

ชนิดพืช	วิตามินอี	กรดไขมันอิ่มตัว	กรดไขมันไม่อิ่มตัว (%)	
	(%)	(%)	เชิงเดี่ยว	เชิงซ้อน
ทานตะวัน	41.1	10.1	45.4	40.1
รำข้าว	32.3	19.7	39.3	35.0
ปาล์ม	15.9	49.3	37.0	9.3
ถั่วลิสง	15.7	16.9	46.2	32.0
มะกอก	14.4	13.8	72.9	10.5
ถั่วเหลือง	9.2	14.4	23.3	57.9
งา	7.4	14.2	39.7	41.7

ที่มา: USDA, Nutrient database for standard Reference (2005)

ตารางที่ 2.2 เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ และมูลค่าของผลผลิตทานตะวันตามราคาที่เกษตรกรขายได้ ปี พ.ศ. 2543-2551

ปี	เนื้อที่เก็บเกี่ยว	ผลผลิต	ผลผลิต	มูลค่าของผลผลิตตามราคาที่เกษตรกรขายได้
	(ไร่)	(ตัน)	(กก./ไร่)	(ล้านบาท)
2543	427,814	50,568	118	322,118
2544	228,542	32,361	142	309,695
2545	236,587	29,175	123	306,338
2546	285,966	32,324	113	319,684
2547	179,106	22,090	123	234,596
2548	262,625	38,176	145	450,095
2549	207,632	24,229	117	217,092
2550	191,042	22,999	120	265,408
2551	162,679	19,346	119	299,863

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2551)

ตารางที่ 2.3 ปริมาณและมูลค่าการนำเข้า เมล็ดทานตะวัน น้ำมันเมล็ดทานตะวัน กากน้ำมันและกากแข็งได้จากการสกัดเมล็ดทานตะวัน ปี พ.ศ. 2550-2551

ปริมาณ : เมตริกตัน
มูลค่า : 1,000 บาท

รายการสินค้า	2550		2551	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
เมล็ดทานตะวัน	5,500	137,053	6,825	100,184
น้ำมันเมล็ดทานตะวัน	10,435	341,178	9,943	690,458
กากน้ำมันและกากแข็งได้จากการสกัดเมล็ดทานตะวัน	16,446	79,106	10,356	83,959
รวม	32,381	557,337	27,124	874,601

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2552)

2.1.2 การใช้ประโยชน์จากทานตะวัน

ทานตะวันสามารถนำมาใช้ประโยชน์จากทุกส่วนดังนี้ (ฐิติพร มะชิโกวา, 2551)

1) ปลูกเพื่อความสวยงาม เป็นแหล่งท่องเที่ยว ซึ่งสามารถเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรได้

2) ใช้บริโภคโดยตรง เพื่อเป็นแหล่งโปรตีนแทนเนื้อสัตว์ได้ เพราะในเมล็ดทานตะวันมีธาตุเหล็กสูงใกล้เคียงกับไข่แดงและตับ และสามารถดัดแปลงเป็นอาหารได้หลายชนิด เช่น คุกกี้ทานตะวัน ทานตะวันแผ่น เป็นต้น

3) เมล็ดนำมาบดเพื่อทำแป้ง จะได้แป้งสีขาวที่มีโปรตีนมากกว่า 50% ของปริมาณแป้ง

4) ใช้สกัดเป็นน้ำมันพืช ซึ่งน้ำมันทานตะวันเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพสูง มีวิตามินหลายชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย และมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง เมื่อเก็บไว้เป็นเวลานานจะไม่เกิดกลิ่นหืน รวมทั้งสี กลิ่น และรสไม่เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้น้ำมันยังสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องหลายชนิด เช่น อุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง เนยเทียม สีทาบ้าน น้ำมันชักเงา สบู่ น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ ฯลฯ

5) จานดอกที่กะเทาะเมล็ดแล้ว สามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ โดยประกอบด้วยโปรตีน 7% น้ำมัน 4% และมีเยื่อใยน้อยกว่าพืชบางชนิด และใช้ทำเชื้อเพลิงได้

6) ต้น ใช้ทำเชื้อเพลิงได้ และเมื่อไถกลบจะเป็นปุ๋ยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ดินได้ดี

7) เปลือกของลำต้น มีลักษณะเหมือนเยื่อไม้ นำมาทำกระดาษสีขาวได้คุณภาพดี

8) ราก ใช้ทำแป้งเค้ก สปาเก็ตตี้ ในรากมีวิตามินบี 1 และธาตุอาหารหลายชนิด

9) กาก ที่ได้จากสกัดน้ำมันแล้ว มีโปรตีน 42% และมีแคลเซียมสูง สามารถนำใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ได้

2.1.3 ลักษณะทางพฤกศาสตร์ของทานตะวัน

พืชในสกุล *Helianthus* มีทั้งเป็นพืชปีเดียว (annual plant) และพืชยืนต้น (perennial plant) รวมกันได้ประมาณ 68 ชนิด (species) แต่มีเพียง 2 ชนิดเท่านั้นที่ใช้ปลูกเป็นอาหาร คือ *Helianthus tuberosis* เป็นพืชยืนต้น ใช้ประโยชน์จากหัว และทานตะวัน *Helianthus annuus* เป็นพืชปีเดียว บางพันธุ์ใช้ประโยชน์จากเมล็ดเพื่อสกัดน้ำมัน และบางพันธุ์ใช้บริโภคเมล็ดเป็นของขบเคี้ยว ทานตะวันเป็นพืชวันสั้น จะออกดอกเร็วเมื่อปลูกในช่วงวันสั้น

ใบ (leaf) มีความแตกต่างกันมากทั้งขนาดและรูปร่างของใบ ตรงกลางลำต้นใบจะมีความกว้างมากที่สุด ใบมีความยาวต่างกัน 5-50 ซม. มีขนมากทั้งสองด้านของใบ ใบจริงคู่แรกจะอยู่ตรงข้ามกัน ส่วนใบจริงถัดไปจะเรียงสลับกัน แต่ละต้นมีจำนวนใบ 12-40 ใบ ขึ้นอยู่กับพันธุ์ ใบที่อยู่ส่วนบนจะมีบทบาทสำคัญมากต่อการสะสมน้ำหนักเมล็ด และน้ำมัน

ลำต้น (stem) โดยทั่วไปมีลักษณะหนาแข็ง และมีขนหยาบ มีความสูง 50-500 ซม. แต่พันธุ์น้ำมันจะมีความสูง 80-220 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น 1-10 ซม. โดยทั่วไปลำต้นจะตั้งตรง แต่ถ้าดอกใหญ่หรือมีน้ำหนักมากลำต้นจะโค้งงอได้ในลักษณะต่าง ๆ

ราก (root) ทานตะวันเป็นพืชที่มีรากแก้วหยั่งลึกได้ถึง 3 เมตร รากแก้วนี้จะเจริญเร็วกว่ารากอื่น อาจมีความยาวถึง 60-70 ซม. รากแก้วนี้มีประสิทธิภาพในการดูดน้ำสูง ในระยะแรกของการเจริญรากจะมีการเจริญมากกว่าทางลำต้น รากแขนงที่เจริญจากรากแก้วจะเจริญอยู่บริเวณลึกจากผิวดินประมาณ 30 ซม. รากนี้จะมีความยาว 60-150 ซม. สามารถช่วยยึดลำต้นไม่ให้ล้มได้เป็นอย่างดี

ดอก (inflorescence) ดอกทานตะวันเป็นดอกรวม ประกอบด้วยดอกย่อยจำนวนมากที่ขึ้นอยู่บนฐานรองดอกหรือจานดอก แต่ละจานดอก ประกอบด้วยดอกย่อย 1,000-2,000 ดอก สำหรับชนิดที่ปลูกเอาน้ำมัน ในแต่ละจานดอกมีดอก 2 ประเภท คือ ดอกกลีบ (ray flowers) และดอกฐาน (disk flowers) ดอกรอบนอกประกอบด้วยกลีบดอกและมีเฉพาะเกสรเพศเมียเรียกว่า ray flowers ดอกด้านในเป็นดอกสมบูรณ์เพศเรียกว่า disk flowers ซึ่งทานตะวันเป็นพืชผสมข้าม (cross-pollinated) ดอกฐานจะบานตอนเช้าประมาณ 07.00 น. ละอองเกสรจะถูกปลดปล่อยออกมา พร้อมกันนั้นเกสรเพศเมียก็ยื่นยาว ทำให้ stigma สัมผัสกับละอองเกสรที่ตกหล่นอยู่ในกรวยกลีบดอก การผสมพันธุ์จะเกิดขึ้นในวันที่ 2 นับจากละอองเกสรในดอกนั้นถูกปล่อยออกมา ดอกฐาน (disk flowers) ที่อยู่วงนอกจะบานก่อน พร้อม ๆ กับการคลี่ตัวของดอกกลีบ (ray flowers) หลังจากดอกฐานบานหมดแล้ว ดอกกลีบจะเริ่มร่วงหลังจากนั้น 1 วัน (ภาพภาคผนวกที่ 1)

เมล็ด (seed) เมล็ดของทานตะวันเป็นแบบ achene ประกอบด้วยส่วนที่เป็นเนื้อของเมล็ดเรียกว่า kernel และส่วนที่เป็นเปลือกเรียกว่า pericarp เมล็ดยาวตั้งแต่ 7-25 มม. กว้าง 4-13 มม. มีน้ำหนักผันแปรตั้งแต่ 4-20 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด รูปร่างลักษณะของเมล็ดอาจเป็นเหลี่ยมหรือรูปไข่ สีของเมล็ดมีทั้งเป็นแบบแถบขาวสลับดำหรือเทาหรือสีดำล้วน ๆ ขนาดของเมล็ดส่วนที่อยู่ใกล้กับ

ขอบของจานดอกจะใหญ่กว่าเมล็ดที่อยู่กลางของจานดอก และขนาดของเมล็ดที่เล็กที่สุดจะอยู่ตรงกลางจานดอก ส่วนเมล็ดที่อยู่ตรงใจกลางของจานดอกมักจะลีบอยู่เสมอ

2.1.4 การเจริญเติบโตของทานตะวัน

ทานตะวันแต่ละพันธุ์จะมีการเจริญเติบโตแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากทานตะวันจะมีความต้องการปัจจัยในการเจริญเติบโตแตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อให้ทานตะวันได้แสดงความสามารถให้ผลผลิตออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด จึงมีความจำเป็นที่จะต้องรู้ว่าทานตะวันมีการเจริญเติบโตมากน้อยเพียงไร ซึ่งเมื่อรู้จักดีแล้วจึงจะทำให้สามารถให้หรือเพิ่มปัจจัยตามที่พืชต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (ภัทรสุดา มาศะวิสุทธิ์, 2548) Schneiter and Miller (1981) แบ่งระยะการเจริญเติบโตของทานตะวันเป็น 2 ระยะ คือ

1) Vegetative Stage (V) เริ่มจากต้นอ่อนโผล่พ้นดินและสิ้นสุดระยะนี้เมื่อเริ่มมีดอกเกิดขึ้นแบ่งเป็นระยะต่าง ๆ ตามจำนวนใบ

2) Reproductive Stages (R) ถึงระยะนี้เมื่อเห็นดอกและสิ้นสุดเมื่อถึงระยะแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity)

ในทานตะวันได้มีการกำหนดระยะการเจริญเติบโต (Growth stages) เป็นตัวอักษรตามการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา ซึ่ง Schneiter and Miller (1981) ได้แสดงถึงระยะการเจริญเติบโตของทานตะวันทางด้าน Vegetative Stage (V) และทางด้าน Reproductive Stages (R) ดังตารางที่ 2.4

2.1.5 ประเภทของทานตะวัน ทานตะวันแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) ประเภทให้น้ำมัน (oil seed) เมล็ดจะมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง ปลูกเพื่อสกัดเอาน้ำมัน เมล็ดจะมีขนาดเล็ก สีดำ เปลือกเมล็ดบางให้น้ำมันมาก เมล็ดจะมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันประมาณ 38-50 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีนประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกากที่ได้จากการสกัดน้ำมันแล้ว มีโปรตีน 40-50 เปอร์เซ็นต์ และมีแคลเซียมสูง สามารถนำใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ได้

2) ประเภทใช้เป็นอาหารว่าง หรือทำขนมหวาน (non-oilseed) เมล็ดจะมีน้ำมันต่ำมาก ปลูกเพื่อใช้เมล็ดรับประทานเป็นของขบเคี้ยว (confectionery) หรือใช้เป็นอาหารนก เมล็ดจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่ เปลือกเมล็ดจะหนา และมีลักษณะลาย (ดำ-ขาว) ไม่ติดกับเนื้อในเมล็ด เพื่อสะดวกในการกะเทาะแล้วใช้เนื้อในรับประทานเป็นอาหารว่าง

ตารางที่ 2.4 ระยะการเจริญเติบโตของทานตะวันในช่วง vegetative stage (V) และช่วง reproductive stage (R)

ระยะการเจริญเติบโต	ความหมาย
VE (Vegetative Emergence)	เริ่มจากต้นกล้ามีใบเลี้ยงโผล่พ้นผิวดิน และมีใบจริงคู่แรกที่มีความยาวน้อยกว่า 4 ซม.
V1	การเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ โดยการนับจำนวนใบจริงที่มีความยาวไม่น้อยกว่า 4 ซม. (V1 = ใบที่ 1)
V2	การเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ โดยการนับจำนวนใบจริงที่มีความยาวไม่น้อยกว่า 4 ซม. (V2 = ใบที่ 2)
Vn	การเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ โดยการนับจำนวนใบจริงที่มีความยาวไม่น้อยกว่า 4 ซม. (Vn = ใบที่ n)
R1	เริ่มมองเห็นตาดอก ถ้ามองที่ปลายยอดจะเห็นใบประดับเป็นแฉกคล้ายรูปดาวปรากฏขึ้นมา
R2	ตาดอกเริ่มยืดตัวห่างจากใบ 0.5-2.0 ซม.
R3	ตาดอกยืดตัวมากขึ้นและห่างจากใบมากกว่า 2.0 ซม.
R4	ดอกเริ่มบาน จะเห็นกลีบดอก (ray flower) เป็นครั้งแรก
R5 (ระยะดอกบาน)	ตัวเลขหลังจุดทศนิยมเป็นเปอร์เซ็นต์การบานของดอก
R5.1	เกิดการถ่ายละอองเกสรเกิดขึ้นของดอกย่อย 10%
R5.2	เกิดการถ่ายละอองเกสรเกิดขึ้นของดอกย่อย 20%
R6	ดอกบานเต็มที่กลีบดอก (ray flowers) เริ่มเหี่ยว
R7	ด้านหลังของจานดอกเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองอ่อน
R8	ด้านหลังของจานดอกเป็นสีเหลืองเต็มที่ แต่ใบประดับยังมีสีเขียวอยู่ และอาจพบจุดสีน้ำตาลหลังจานดอก
R9	ใบประดับเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและสีน้ำตาล มีจุดสีน้ำตาลหลังจานดอก แสดงถึงระยะที่มีการสุกแก่ทางสรีรวิทยา

2.1.6 พันธุ์ของทานตะวัน

1) พันธุ์ผสมเปิด ซึ่งเป็นพันธุ์เดิมที่ใช้ปลูก ซึ่งในดอกจะมีจำนวนเรณูที่ติดอยู่ที่ก้านชูเกสรตัวเมียน้อย ทำให้การติดเมล็ดด้วยการผสมตัวเองต่ำ ต้องอาศัยแมลงช่วยในการผสมเกสร

จึงจะทำให้ติดเมล็ด การปลูกจึงไม่ประสบผลสำเร็จเพราะได้เมล็ดลีบ ผลผลิตต่ำเนื่องจากไม่ค่อยมีแมลงช่วยผสมเกสร (สุพจน์ แสงประทุม, 2543) ได้แก่ พันธุ์หันตรา

2) พันธุ์ลูกผสม ปัจจุบันมีพันธุ์ลูกผสมที่สามารถติดเมล็ดได้ดี เพราะในดอกมีละอองเรณูที่ก้านชูเกสรตัวเมียมากกว่าพันธุ์ผสมเปิด 3-4 เท่า จึงทำให้การติดเมล็ดด้วยการผสมตัวเองดีกว่าพันธุ์ผสมเปิด (สุพจน์ แสงประทุม, 2543) มีลักษณะเด่นหลายอย่าง เช่น การเจริญเติบโตของพันธุ์มีความสม่ำเสมอ ค่อนข้างดี จานดอกใหญ่ เมล็ดติดเต็มจานดอก ให้ผลผลิตสูง เปอร์เซ็นต์น้ำมันในเมล็ดสูง ได้แก่ พันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้, โอลิซัน 2, แปซิฟิค 77, อะควอร่า 4, วี 487, โกลเด้น-วัน และเหรียญทอง เป็นต้น

3) พันธุ์สังเคราะห์ เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ผสมเปิดแต่ไม่เทียบเท่าพันธุ์ลูกผสม ข้อจำกัดของพันธุ์สังเคราะห์ คือ ความสูงลำต้น อายุออกดอก ขนาดดอก และการสุกแก่ไม่สม่ำเสมอเหมือนพันธุ์ลูกผสม และสีเมล็ดอาจแตกต่างกัน แม้เป็นพันธุ์เดียวกันก็ตาม (ไพศาล เหล่าสุวรรณ และคณะ, 2548) ได้แก่ พันธุ์เชียงใหม่ 1, สุรนารี 471 และสุรนารี 473 เป็นต้น

2.1.7 การปรับปรุงพันธุ์ทานตะวัน

การปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันเริ่มต้น ณ สถานีทดลอง Kharkhov และสถานีทดลอง Kruglik ในประเทศสหภาพโซเวียต ในปี 1912 และ 1913 ตามลำดับ ในระยะแรกของการทดลองเป็นการศึกษาเกี่ยวกับทางชีววิทยา และพันธุศาสตร์ เพื่อค้นหาวิธีการปรับปรุงพันธุ์ การคัดเลือกและการผลิตเมล็ดพันธุ์ งานวิจัยที่มีชื่อเสียง เช่น งานวิจัยของ Pustuvoit ในปี 1920 ซึ่งได้ค้นพบวิธีการปรับปรุงพันธุ์ที่ประสบความสำเร็จสูง และใช้อย่างแพร่หลาย โดยดัดแปลงมาจากวิธีการปรับปรุงพันธุ์แบบการคัดเลือกแบบวงจร (recurrent selection) ร่วมกับการทดสอบรุ่นลูก (progeny test) การปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันในระยะต่อมาเกิดขึ้นในปี 1937 ในประเทศแคนาดา และสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาแหล่งพันธุกรรม (germplasm) ของทานตะวันพันธุ์ป่า (wild sunflowers) เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ที่สถานีทดลองเกษตรของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA) (Fick and Miller, 1997)

งานวิจัยด้านปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันในประเทศไทย ได้มีการเริ่มดำเนินงานมาเกือบ 30 ปี โดยในปี พ.ศ. 2513 ได้มีการทดลองปลูกศึกษาพันธุ์ทานตะวันผสมเปิด จำนวน 4 พันธุ์ เป็นพันธุ์ท้องถิ่น 1 พันธุ์ และพันธุ์จากต่างประเทศ 3 พันธุ์ โดยศึกษาลักษณะต่าง ๆ และผลผลิต พบว่าพันธุ์ที่ศึกษามีเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดประมาณ 70% และให้ผลผลิตประมาณ 175 กก./ไร่ ช่วงเวลาใกล้เคียงกัน มีรายงานว่า สถาบันวิทยาศาสตร์ประยุกต์ได้นำพันธุ์ทานตะวันจากต่างประเทศเข้ามาปลูกศึกษาและพบว่าพันธุ์ SARATROSKIJ เจริญเติบโตและปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยได้ดี ต่อมาจึงใช้เป็นพันธุ์ส่งเสริม มีชื่อว่าทานตะวันพันธุ์ “สว.1” ให้ผลผลิต 200-300 กก./ไร่ แต่มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันค่อนข้างต่ำเพียง 27.1% เท่านั้น นอกจากนี้แล้วนักวิจัย สาขาพืชน้ำมัน

กองพืชไร่ (ปัจจุบัน สถาบันวิจัยพืชไร่) กรมวิชาการเกษตร ได้นำเข้าพันธุ์ทานตะวันจากต่างประเทศมากกว่า 60 พันธุ์ (รวมทั้งพันธุ์ SARATROSKIJ) และได้ปลูกศึกษา รวบรวมพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์ที่สถานีทดลองพืชไร่กาฬสินธุ์ พบว่าพันธุ์ SARATROSKIJ มีการผสมติดดี และน่าจะเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้พันธุ์ดังกล่าวสามารถให้ผลผลิตดีกว่าพันธุ์อื่น ๆ อย่างไรก็ตามในระยะเริ่มแรกนั้น ตลาดรับซื้อผลผลิตทานตะวันมีจำกัด ทำให้การปลูกทานตะวันไม่ได้รับความสนใจจากเกษตรกรเท่าที่ควรและงานวิจัยปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันก็ขาดการมุ่งเน้นอย่างต่อเนื่อง (กองแผนงานและวิชาการ, 2551) ในปี พ.ศ. 2516 มีการนำพันธุ์เข้ามาจากต่างประเทศ จำนวน 18 สายพันธุ์ มาทดสอบที่จังหวัดมหาสารคาม และจังหวัดเชียงใหม่ พันธุ์ที่ทดสอบเป็นพันธุ์ผสมเปิดทั้งสิ้น แต่จากการทดสอบ พบว่าระดับผลผลิตไม่เป็นที่น่าพอใจ (Laosuwan, 1997)

2.1.7.1 การปรับปรุงทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์

กรมวิชาการเกษตร ได้เริ่มวิจัยและพัฒนาพันธุ์ทานตะวันมาตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2529 โดยนำพันธุ์ที่มีลักษณะดีเด่นมาทำการคัดเลือกและสกัดสายพันธุ์แท้ ได้สายพันธุ์แท้ผสมตัวเองชั่วที่ 4 (S_4-lines) จำนวน 62 สายพันธุ์ นำมาทดสอบสมรรถนะการรวมตัว (combining ability) พบว่ามีจำนวน 8 สายพันธุ์ ที่มีสมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ (specific combining ability) สูงและมีลักษณะอื่น ๆ ดี จึงนำทานตะวันสายพันธุ์แท้ 8 สายพันธุ์ดังกล่าวมาทำการสร้างพันธุ์ทานตะวันได้ทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ 1 พันธุ์ คือ พันธุ์สังเคราะห์ #1 โดยพบว่าทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์#1 ให้ผลผลิตจากแปลงทดลองเปรียบเทียบเบื้องต้น และการเปรียบเทียบมาตรฐานเฉลี่ย 230 กิโลกรัม/ไร่ จานดอกมีขนาดใหญ่ ความสูง 175 ซม. น้ำหนัก 100 เมล็ด 4.9 กรัม อายุเก็บเกี่ยว 100 วัน และเปอร์เซ็นต์น้ำมัน 35% ซึ่งในปี 2547 กรมวิชาการเกษตร ได้รับรองพันธุ์ทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ #1 และให้ชื่อว่าพันธุ์เชียงใหม่ 1 ซึ่งข้อดีของทานตะวันพันธุ์เชียงใหม่ 1 คือ ให้ผลผลิตใกล้เคียงกับพันธุ์ลูกผสม ลำต้นแข็งแรง เมล็ดพันธุ์มีราคาถูก และเกษตรกรสามารถเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้เองได้ในปีต่อ ๆ ไป แต่ว่าพันธุ์เชียงใหม่ 1 มีข้อจำกัด คือ เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่ำกว่าพันธุ์ลูกผสม โดยพันธุ์เชียงใหม่ 1 มีน้ำมันในเมล็ดเฉลี่ย 35% ในขณะที่พันธุ์ลูกผสมมีน้ำมันในเมล็ดเฉลี่ย 38-43% (กองแผนงานและวิชาการ, 2551)

ในปี พ.ศ. 2530-2533 โครงการปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้คัดเลือกสายพันธุ์ทานตะวันไว้ 36 สายพันธุ์ จากการผสมข้ามของทานตะวัน 67 พันธุ์ ซึ่งปล่อยให้ผสมเปิด 5 รอบ เพื่อพัฒนาเป็นทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ ได้ประชากรทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ที่ให้ผลผลิตสูง และปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าลูกผสมในชั่วที่ 1 ที่เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ (Yothasiri, 1992) ในระยะเวลาเดียวกัน ปี พ.ศ. 2532 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้นำสายพันธุ์ทานตะวันมาพัฒนาเป็นพันธุ์ผสมเปิด เช่น พันธุ์ลูกผสมรวม หรือพันธุ์สังเคราะห์ โดยทำการทดสอบผลผลิตกับพันธุ์ไฮซัน 33 ได้พันธุ์ Chiangmai composite-1 (CMU-1) (Julsrigival and

Gypmantasiri, 1991) ในปี พ.ศ. 2533-2540 ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ได้มีการสกัดสายพันธุ์ทานตะวันเพื่อสร้างทานตะวันพันธุ์ผสมเปิด พบว่าสายพันธุ์ที่น่าสนใจ 4 สายพันธุ์ ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ไฮซัน 33 ที่เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ (เพิ่มศักดิ์ สุภาพรเหมินทร์ และ ศุภชัย แก้วมีชัย, 2540)

ในปี พ.ศ. 2544-2546 กรมวิชาการเกษตร โดยสถาบันวิจัยพืชไร่ ได้จัดทำโครงการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ทานตะวัน ภายใต้ชุดโครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการผลิตทานตะวัน เสนอต่อคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ โดยได้ศึกษาและรวบรวมพันธุ์ทานตะวันชนิดสกัดน้ำมัน จำนวน 36 สายพันธุ์ ไว้สำหรับเป็นฐานพันธุกรรมที่จะใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ และได้ทำการทดสอบพันธุ์เชียงใหม่ 1 เปรียบเทียบกับพันธุ์แปซิฟิค 33 ในไร่เกษตรกร จำนวน 5 แห่ง คือ ลพบุรี 2 แห่ง ส่วนนครสวรรค์ เพชรบูรณ์ และนครราชสีมา จังหวัดละ 1 แห่ง พบว่าพันธุ์ทั้ง 2 ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันมากนัก โดยพันธุ์เชียงใหม่ 1 ให้ผลผลิตต่ำกว่าแปซิฟิค 33 เล็กน้อย โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 100 และ 119 กก./ไร่ ตามลำดับ นอกจากนี้ในโครงการวิจัยชุดนี้ยังได้สร้างประชากรพันธุ์ทานตะวันชนิดสกัดน้ำมัน ซึ่งประชากรชุดนี้สร้างมาจากพันธุ์ลูกผสมทางการค้า จำนวน 10 พันธุ์ โดยนำเมล็ดพันธุ์ทั้ง 10 พันธุ์ มาคลุกรวมกันแล้วนำไปปลูกในพื้นที่ประมาณ 3 ไร่ ปล่อยให้มีการผสมข้ามกันอย่างอิสระ (bulk) และทำการ bulk ไปจนถึงชั่วที่ 4 จึงจะคัดเลือกกลุ่ม และสกัดสายพันธุ์แท้ โครงการวิจัยชุดนี้ ในระยะปี พ.ศ. 2544-2546 ได้ดำเนินการถึงขั้นตอนที่ bulk ถึงชั่วที่ 4 และคัดเลือกกลุ่ม แต่ในปี พ.ศ. 2547-2548 โครงการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ทานตะวัน ได้หยุดการดำเนินการวิจัยไปช่วงหนึ่ง แต่ว่าในขบวนการสร้างพันธุ์สังเคราะห์ยังต้องดำเนินการสกัดสายพันธุ์แท้ คัดเลือก และสร้างพันธุ์ ดังนั้นงานวิจัยในระยะที่ 2 คือ ปี พ.ศ. 2549-2553 ยังต้องทำงานวิจัยที่ต่อเนื่องมาจากระยะที่ 1 คือ การสกัดสายพันธุ์แท้ การคัดเลือก และการสร้างพันธุ์สังเคราะห์ใหม่ ๆ ขึ้นมา นอกจากนี้ต้องมีการสร้างประชากรใหม่ ๆ ขึ้นมา และการปรับปรุงประชากรของทานตะวันพันธุ์เชียงใหม่ 1 เพื่อยกระดับเปอร์เซ็นต์น้ำมันให้สูงขึ้นใกล้เคียงพันธุ์ลูกผสม และหาแนวทางการวิจัยที่สร้างพันธุ์ลูกผสมทานตะวันภายในประเทศ (กองแผนงานและวิชาการ, 2551)

ในปี พ.ศ. 2537 ไพศาล เหล่าสุวรรณ และคณะ (2544) ได้ทำการพัฒนาทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์โดยสกัดสายพันธุ์จากทานตะวันที่ปลูกในประเทศไทย ทดสอบสมรรถนะการรวมตัวทั่วไป (general combining ability) และคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงได้ 12 สายพันธุ์ แบ่งสายพันธุ์เหล่านี้ออกเป็นกลุ่ม ๆ ตามเปอร์เซ็นต์น้ำมัน แล้วทำการผสมภายในกลุ่มสามารถพัฒนาพันธุ์สังเคราะห์ได้ 6 พันธุ์ จากการทดสอบผลผลิต พบว่าผลผลิตอยู่ในระดับที่น่าพอใจ และมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันใกล้เคียงกับพันธุ์แปซิฟิค 33 โดยเฉพาะพันธุ์สังเคราะห์ High Oil Open และ Medium Oil Cross ซึ่งได้ขอรับรองพันธุ์จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และให้ชื่อพันธุ์ สุรนารี 471 และสุรนารี 473 ตามลำดับ (ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2547) การปรับปรุง

พันธุ์สังเคราะห์ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารียังดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง ในช่วงปี พ.ศ. 2546-2548 ได้ดำเนินการวิจัยเพื่อปรับปรุงความสม่ำเสมอของพันธุ์สังเคราะห์ และพัฒนาพันธุ์สังเคราะห์ใหม่ ๆ ที่ให้ผลผลิตใกล้เคียงลูกผสม (ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2550)

2.1.7.2 การปรับปรุงทานตะวันพันธุ์ลูกผสม

การผลิตเมล็ดพันธุ์ทานตะวันลูกผสม เริ่มต้นในปี 1934 จากการค้นพบการควบคุมการเป็นหมันในไซโตพลาสซึม (cytoplasmic male sterility) ในประเทศสหภาพโซเวียต และได้นำมาทดลองในการผลิตลูกผสม ต่อมาในปี 1937 มีการศึกษา และพัฒนาการผลิตทานตะวันลูกผสมในประเทศแคนาดา และในปี 1943 สามารถผลิตลูกผสมพันธุ์ Sunrise ได้ (สุภชัย แก้วมีชัย และคณะ, 2532) และในปี 1970 ที่รัฐมินนิโซตาและรัฐดาโกตาเหนือ ประเทศสหรัฐอเมริกา สามารถผลิตลูกผสมที่มีผลผลิตสูง ได้แก่ ลูกผสมดี 639 และ ดี 694 ซึ่งเป็นลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ผสมเปิดโดยใช้เทคนิคการคัดเลือกต้นแม่ที่มีอัตราการผสมตัวเองไม่ติด (self incompatibility) สูง และต้นพ่อที่สามารถผลิตละอองเกสรได้ดีมาผลิตสายพันธุ์ ในเวลาเดียวกันมีการผลิตลูกผสมโดยการใช้การเป็นหมันที่ควบคุมโดยยีน (genetic male sterility, gms) ในประเทศแถบยุโรป ลูกผสมที่ใช้วิธีนี้มีผลผลิตสูงกว่าทานตะวันพันธุ์ผสมเปิด 24% เช่น พันธุ์ IRNA 6501 ในประเทศฝรั่งเศส พันธุ์ Romsun 52 และ Romsun 54 ในประเทศโรมาเนีย เป็นต้น (Vranceanu and Stoenescu, 1980) วิธีการนี้ได้ล้มเลิกไปเมื่อมีการค้นพบการเป็นหมันที่ควบคุมโดยไซโตพลาสซึม (cytoplasmic male sterility, cms) ที่เสถียรในปี 1968 (Fick, 1978) ลูกผสมที่ได้รับความนิยมมาก ได้แก่ Hybrid 894 ที่มีผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ผสมเปิด 20% มีเปอร์เซ็นต์การผสมติดสูงต้านทานโรคราสนิมและราน้ำค้าง มีความสม่ำเสมอในลักษณะความสูง อายุออกดอก และอายุเก็บเกี่ยว (Fick and Miller, 1997) แต่แหล่งพันธุกรรมที่มีลักษณะ (traits) ข้างต้นมักจะพบเฉพาะในทานตะวันพันธุ์ป่า (wild sunflowers) เท่านั้น การใช้ประโยชน์จากแหล่งพันธุกรรมดังกล่าวจึงมีข้อจำกัด ปัจจุบันการปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันในต่างประเทศ เน้นปรับปรุงพันธุ์ลูกผสม เนื่องจากข้อดีของการใช้พันธุ์ลูกผสม คือ ผลผลิตสูงขึ้น ต้านทานต่อโรคดีขึ้น ผสมตัวเองติดสูงขึ้น (high self-compatibility) โดยไม่ต้องพึ่งพาแมลงผสมเกสร และมีความสม่ำเสมอทั้งความสูงและอายุเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะหลังจากการค้นพบปรากฏการณ์การเป็นหมันที่ควบคุมโดยยีนในไซโตพลาสซึม (cytoplasmic male sterility, cms) และยีนแก้การเป็นหมัน (nuclear restorer genes) ทำให้การสร้างทานตะวันพันธุ์ลูกผสมเป็นที่แพร่หลาย ในปัจจุบันการผลิตพันธุ์ทานตะวันเพื่อการค้า และพันธุ์ปลูกที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เป็นพันธุ์ลูกผสมทั้งหมด (กองแผนงานและวิชาการ, 2551) การผลิตทานตะวันพันธุ์ลูกผสมโดยอาศัยลักษณะการเป็นหมันที่ควบคุมโดยยีนในไซโตพลาสซึม เช่น แปซิฟิค 33 และ แปซิฟิค 44 ทำได้โดยถ่ายทอดลักษณะการมีไซโตพลาสซึมเป็นหมันให้กับพันธุ์แม่ ซึ่งจะทำให้พันธุ์แม่ไม่สามารถผลิตละอองเกสรได้ หลังจากนั้นปลูกพันธุ์พ่อและแม่สลับแถวในอัตราส่วนที่

ต้องการ แล้วปล่อยให้มีการผสมพันธุ์อย่างอิสระ โดยอาศัยผึ้งช่วยในการผสมพันธุ์ติดดีขึ้น (กองแผนงานและวิชาการ, 2551; Food Market Exchange, 2003)

ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2529-2533 โครงการพัฒนาพืชน้ำมัน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ได้ทำการทดสอบลูกผสมเดี่ยวจากต่างประเทศ และพบว่าทานตะวันพันธุ์ไฮซัน 33 เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิต และมีการปรับตัวดีที่สุด (Laosuwan, 1997) และได้ส่งเสริมให้ปลูกกันแพร่หลายในเวลาต่อมา โดยใช้ชื่อพันธุ์ว่า พันธุ์แปซิฟิก 33 อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันโดยการผลิตพันธุ์ลูกผสมยังไม่พบในประเทศไทยมีแต่เพียงการนำพันธุ์ลูกผสมทางการค้ามาปลูกทดสอบพันธุ์เท่านั้น เนื่องจากขาดเชื้อพันธุกรรมที่มีลักษณะไซโต-พลาสซึมที่เป็นหมัน (กองแผนงานและวิชาการ, 2551) แต่ในปัจจุบัน โครงการวิจัยทานตะวันที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้ดำเนินการวิจัยเพื่อผลิตสายพันธุ์ทานตะวันลูกผสมมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537 โดยการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงไว้ 12 สายพันธุ์ ได้ทำการทดสอบลูกผสมระหว่างสายพันธุ์เหล่านี้ และพบว่าให้ผลผลิตสูงกว่าลูกผสมจากต่างประเทศจำนวนหลายคู่ ได้ทำการคัดเลือกแหล่งเป็นหมันที่ควบคุมโดยยีนไว้แล้ว และกำลังดำเนินการพัฒนาการเป็นหมันที่ควบคุมโดยยีนในไซโตพลาสซึม (ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2550) ซึ่งนอกจากจะมีแหล่งพันธุกรรมลักษณะไซโตพลาสซึมที่เป็นหมันแล้ว ขณะนี้ยังสามารถพัฒนาสายพันธุ์เอ (A-line) และอาร์ (R-line) ได้แล้วบางส่วน และอยู่ในขั้นตอนการพัฒนาสายพันธุ์บี (B-line) (ไพศาล เหล่าสุวรรณ และ ฐิติพร มะชิโกวา, ติดต่อส่วนบุคคล) ซึ่งสามารถทำได้โดยการผสมพันธุ์ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปสู่การผลิตทานตะวันพันธุ์ลูกผสมขึ้นใช้เองภายในประเทศได้ในอนาคต

ในปี พ.ศ. 2544-2546 กรมวิชาการเกษตร โดยสถาบันวิจัยพืชไร่ ได้จัดทำโครงการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ทานตะวัน ภายใต้ชุดโครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการผลิตทานตะวัน โดยได้ศึกษาเปรียบเทียบพันธุ์ลูกผสมทางการค้าในแหล่งปลูกที่สำคัญในสภาพไร่และสภาพนา พบว่าการปลูกในสภาพไร่เขตดินเหนียวสีแดง จังหวัดลพบุรี พบว่าพันธุ์แปซิฟิค 44 ให้ผลผลิตสูงสุด 320 กก./ไร่ ส่วนการปลูกในสภาพไร่เขตดินเหนียวสีดำ จังหวัดนครสวรรค์ พบว่าพันธุ์มายเทนให้ผลผลิตสูงสุด 176 กก./ไร่ และการปลูกในสภาพนาในเขตจังหวัดนครราชสีมา ทั้งในสภาพก่อนนาและหลังนา พบว่าพันธุ์มายเทนให้ผลผลิตสูงสุด 331 และ 258 กก./ไร่ ตามลำดับ (กองแผนงานและวิชาการ, 2551)

2.2 สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของลักษณะต่าง ๆ ในทานตะวัน

ลักษณะหนึ่ง ๆ ของพืชที่วัดได้ เช่น ความสูง ผลผลิต อายุเก็บเกี่ยว ขนาดผล ขนาดเมล็ด ฯลฯ จะมีความแตกต่างกันระหว่างต้น ระหว่างแปลงปลูก ระหว่างพันธุ์ ฯลฯ ซึ่งจัดว่าเป็นธรรมชาติของลักษณะปริมาณ ที่มีความแปรปรวนมากน้อยแตกต่างกัน (ไพศาล เหล่าสุวรรณ และ ปิยะดา

ทิพยผ่อง, 2550) ส่วนความสำเร็จของการปรับปรุงลักษณะปริมาณ ขึ้นอยู่กับความสามารถในการคัดเลือกพันธุ์ให้ได้เฉพาะต้นที่มีลักษณะดีสำหรับใช้ขยายพันธุ์ต่อไป ซึ่งต้องทำการคัดเลือกต้นที่มีค่ายีโนไทพ์ (genotypic value) สูง ๆ จากกลุ่มของพืชที่มีค่ายีโนไทพ์ที่แตกต่างกัน ความแตกต่างระหว่างค่ายีโนไทพ์ของลักษณะใดลักษณะหนึ่ง แสดงให้เห็นถึงความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genetic variability) ของลักษณะดังกล่าวในประชากรของพืชที่ใช้คัดเลือกพันธุ์ ชนิด และปริมาณความแปรปรวนทางพันธุกรรม ที่วัดในรูปของค่าวาเรียนซ์ทางพันธุกรรม (genetic variance) ของลักษณะต่าง ๆ ที่ประชากรนั้นมีอยู่ เป็นตัวบอกคุณสมบัติของประชากรที่ศึกษาว่าเป็นอย่างไร สำหรับชนิดของวาเรียนซ์จะจำแนกตามค่าต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของค่ายีโนไทพ์ของพืชแต่ละต้นในประชากร ลักษณะของพืชที่แสดงออกมาให้เห็น ตลอดจนความแปรปรวนของพืชแต่ละต้นภายในประชากรจะสามารถเกิดขึ้นได้ โดยสาเหตุ 2 ประการ คือ 1) ความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genetic variation) เกิดจากการแสดงออกของยีนในลักษณะต่าง ๆ 2) ความแปรปรวนทางสภาพแวดล้อม (environmental variation) ซึ่งมีความสำคัญเท่า ๆ กับความแปรปรวนทางพันธุกรรม บางลักษณะมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมมากกว่าความแปรปรวนทางสภาพแวดล้อม แต่บางลักษณะมีคุณสมบัติที่ตรงกันข้าม และข้อแตกต่างที่สำคัญของความแปรปรวนทั้ง 2 แบบ คือ ความแปรปรวนทางพันธุกรรมเป็นสิ่งที่มีประโยชน์ และสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกหลานได้ ส่วนความแปรปรวนทางสภาพแวดล้อมนั้น ไม่สามารถที่จะถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกหลานได้ และยังเป็นอุปสรรคที่สำคัญในการคัดเลือกพืชอีกด้วย การศึกษาเกี่ยวกับความแปรปรวนเหล่านี้ ไม่ว่าศึกษาเรื่องขนาดองค์ประกอบ และการถ่ายทอดลักษณะ กระทำในรูปของวาเรียนซ์ ทั้งนี้วาเรียนซ์ คือ ค่าที่บอกขนาดความแปรปรวนจากค่าเฉลี่ยของลักษณะนั้น ๆ ในทางพันธุศาสตร์อาจแยกวาเรียนซ์ของลักษณะปริมาณออกเป็นส่วนย่อย ๆ ได้หลายชนิด ประชากรต่าง ๆ และวิธีการผสมแบบต่าง ๆ ให้ชนิดและขนาดของวาเรียนซ์ทางพันธุกรรมแตกต่างกัน และมีการนำวาเรียนซ์เหล่านี้ไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง นอกจากความแปรปรวนทั้งสองดังกล่าวแล้ว ยังมีความแปรปรวนอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม ซึ่งจะทำให้การปรับปรุงพันธุ์พืชซับซ้อนมากยิ่งขึ้น โดยทำให้ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองในสถานที่แห่งหนึ่ง ไม่สามารถที่จะนำไปใช้ยังสถานที่อีกแห่งหนึ่งได้ อาจจะสรุปได้อย่างย่อ ๆ ว่าลักษณะที่พืชแสดงออกมานั้น จะเป็นผลที่เนื่องมาจากการแสดงออกของยีน สภาพแวดล้อม และปฏิกิริยาระหว่างยีนกับสภาพแวดล้อมทั้ง 2 ปัจจัยนั้นด้วย การปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันเพื่อเพิ่มผลผลิต นับว่าเป็นการคัดเลือกที่ยุ่งยาก และไม่สามารถคัดเลือกได้โดยตรง เนื่องจากลักษณะนี้มีอัตราพันธุกรรมต่ำ มีความแปรปรวนตามสภาพแวดล้อมสูง ถ้าสามารถลดความแปรปรวนทางสภาพแวดล้อมลงได้ อาจช่วยให้การคัดเลือกผลผลิตโดยตรงประสบความสำเร็จได้ ดังนั้นการคัดเลือกทางอ้อมโดยดูลักษณะอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิตน่าจะเป็นวิธีการที่สะดวก และประสบความสำเร็จได้ง่ายกว่าการคัดเลือกผลผลิต

โดยตรง ทั้งนี้เพราะลักษณะเหล่านี้มีอัตราพันธุกรรมสูง และสามารถแสดงออกได้ชัดเจนในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในทานตะวันได้มีการศึกษาสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) ในลักษณะที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตเช่นกัน Khan (2001) ศึกษาสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางยีโนไทพ์ (GCV) ของลักษณะอายุออกดอก อายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ อายุเก็บเกี่ยว ความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และผลผลิต ในทานตะวัน 20 สายพันธุ์ พบว่ามีค่า GCV ของลักษณะต่าง ๆ 8.03, 7.36, 3.23, 10.54, 11.21, 11.96, 5.74 และ 17.30% ตามลำดับ ต่อมา Seneviratne et al. (2004) ศึกษาสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางฟีโนไทพ์ (phenotypic coefficient of variation; PCV) และยีโนไทพ์ (genotypic coefficient of variation; GCV) ของลักษณะต่าง ๆ 8 ลักษณะ ได้แก่ อายุ ดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ อายุเก็บเกี่ยว ความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ผลผลิตต่อต้น เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และผลผลิตน้ำมันต่อต้น ผลการทดลองพบว่าทุกลักษณะมีค่า PCV สูงกว่าค่า GCV และลักษณะที่มีความแตกต่างปานกลางระหว่างค่า PCV และ GCV ได้แก่ ลักษณะผลผลิตต่อต้น (3.79) ผลผลิตน้ำมันต่อต้น (3.64) และขนาดเมล็ด (2.77) ซึ่งแสดงว่าสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการแสดงออกของลักษณะมากกว่าพันธุกรรม ส่วนลักษณะที่มีความแตกต่างระหว่างค่า PCV และ GCV ต่ำ ได้แก่ ลักษณะความสูง (0.20) เปอร์เซ็นต์น้ำมัน (0.35) อายุเก็บเกี่ยว (0.43) ขนาดดอก (0.59) และอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ (0.73) ซึ่งบ่งชี้ว่าพันธุกรรมมีอิทธิพลมากกว่าสภาพแวดล้อมต่อการแสดงออกลักษณะเหล่านี้ Mijić et al. (2009) ได้ทดลองหาค่า PCV และ GCV ของลักษณะความสูง ขนาดเมล็ด น้ำหนักแห้ง ผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และผลผลิตน้ำมัน ผลการทดลองพบว่าทุกลักษณะมีค่า PCV สูงกว่าค่า GCV และลักษณะที่มีความแตกต่างปานกลางระหว่างค่า PCV และ GCV ได้แก่ ลักษณะผลผลิตน้ำมัน (5.63) ผลผลิต (4.89) และขนาดเมล็ด (2.72) ซึ่งแสดงว่าสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการแสดงออกของลักษณะมากกว่าพันธุกรรม ส่วนลักษณะที่มีความแตกต่างระหว่างค่า PCV และ GCV ต่ำ ได้แก่ ลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมัน (0.67) น้ำหนักแห้ง (1.39) และความสูง (1.56) ซึ่งบ่งชี้ว่าพันธุกรรมมีอิทธิพลมากกว่าสภาพแวดล้อมต่อการแสดงออกลักษณะเหล่านี้ นอกจากนี้ Iqbal et al. (2009) ได้หา PCV และ GCV ของลักษณะต่าง ๆ 10 ลักษณะ ได้แก่ ความสูง จำนวนใบ พื้นที่ใบ ขนาดลำต้น ขนาดดอก จำนวนเมล็ดลีบต่อต้น จำนวนเมล็ดเต็มต่อต้น ขนาดเมล็ด เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อต้น และผลผลิตต่อต้น ผลการทดลองพบว่าลักษณะที่มีความแตกต่างระหว่างค่า PCV และ GCV สูง ได้แก่ ลักษณะจำนวนใบ (62.1) พื้นที่ใบ (13.4) และผลผลิตต่อต้น (10.6) ส่วนลักษณะที่มีความแตกต่างปานกลางระหว่างค่า PCV และ GCV ได้แก่ ลักษณะขนาดเมล็ด (4.6) ความสูง (3.7) ขนาดลำต้น (3.6) ขนาดดอก (3.3) เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อต้น (2.9) และจำนวนเมล็ดเต็มต่อต้น (2.7) ซึ่งแสดงว่าลักษณะเหล่านี้ถูกสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการแสดงออกของลักษณะมากกว่าพันธุกรรม แต่ลักษณะจำนวนเมล็ดลีบต่อต้นมีค่า GCV 53.0% และ PCV 8.5% และมีความแตกต่างสูงระหว่างค่า GCV และ PCV เท่ากับ 44.5% ซึ่งบ่งชี้ว่าพันธุกรรมมี

อิทธิพลมากกว่าสภาพแวดล้อมต่อการแสดงออกของลักษณะนี้ ดังนั้นความสำเร็จของการปรับปรุงลักษณะเหล่านี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการคัดเลือกพันธุ์ให้ได้ต้นที่มีลักษณะดีจากกลุ่มของพืชที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของลักษณะเป็นข้อมูลสำคัญที่บอกความยากง่ายในการปรับปรุงพันธุ์ โดยลักษณะที่มีสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนต่ำ แสดงว่ามีผลของยีนมากกว่าสภาพแวดล้อมในการแสดงออกของลักษณะนั้น ดังนั้นการคัดเลือกจะทำได้ง่ายกว่า และสามารถเลือกใช้วิธีการปรับปรุงพันธุ์ได้อย่างเหมาะสม

2.3 อัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของลักษณะต่าง ๆ ในทานตะวัน

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ลักษณะปริมาณเกิดจากผลรวมของยีนและสภาพแวดล้อม Lush (1943) ได้เสนอสมการเพื่อแสดงความสำคัญของผลของยีน โดยใช้อัตราส่วนของวาเรียนซ์เนื่องจากผลของยีนและผลของยีนบวกสภาพแวดล้อม ในระยะต่อมาเรียกอัตราส่วนนี้ว่า อัตราพันธุกรรม (heritability) ซึ่งใช้สัญลักษณ์ว่า "h^2" ในการศึกษาลักษณะปริมาณเมื่อประเมินค่าวาเรียนซ์ทางพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ ได้แล้ว หลังจากนั้นสามารถนำค่าดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในการคำนวณหาค่าอัตราพันธุกรรม อัตราพันธุกรรมของลักษณะใดลักษณะหนึ่งของพืช คือ อัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนอันเนื่องมาจากพันธุกรรมกับความแปรปรวนทั้งหมดของลักษณะที่ศึกษาในประชากรของพืชดังกล่าว เป็นค่าที่บอกถึงความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะจากพ่อแม่ไปยังลูกหลาน แบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ อัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง (broad sense heritability, h_b^2) และอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ (narrow sense heritability, h_n^2) โดยอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างหมายถึงอัตราส่วนของความแปรปรวนระหว่างความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genotypic variance = V_g) ที่เกิดจากการแสดงผลของยีนทุกรูปแบบกับความแปรปรวนทั้งหมดในประชากร (phenotypic variance = V_{ph}) ค่าอัตราพันธุกรรมชนิดนี้ ถ้ามีค่าสูงเช่น 100% หมายความว่าค่าของความแปรปรวนทั้งหมดเกิดขึ้นเนื่องมาจากผลของยีนเพียงอย่างเดียว ในกรณีที่มีค่าต่ำ เช่น 0% แสดงว่าการแสดงออกของลักษณะดังกล่าว เป็นผลเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมทั้งหมด อัตราพันธุกรรมของลักษณะใดลักษณะหนึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่บอกความยากง่ายในการคัดเลือกและปรับปรุงลักษณะดังกล่าว ลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมสูง แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของลักษณะดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องมาจากผลของยีนมากกว่าสภาพแวดล้อม ดังนั้นการคัดเลือกพันธุ์จะทำได้ง่ายกว่า และสามารถเลือกใช้วิธีการปรับปรุงพันธุ์วิธีที่ง่ายในการปรับปรุงลักษณะดังกล่าวได้ สิ่งที่ต้องทำความเข้าใจในเรื่องค่าอัตราพันธุกรรม คือ ค่านี้เป็นค่าเฉพาะของลักษณะ พันธุ์ ชั่ว ประชากร วิธีการ และสถานที่ที่ใช้ทำการศึกษา การใช้ปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าว ที่แตกต่างกันจะทำให้ค่าอัตราทางพันธุกรรมที่คำนวณได้นี้แตกต่างกันด้วย โดยทั่วไปแล้ว ลักษณะปริมาณ เช่น ผลผลิต คุณภาพ และคุณค่าทางอาหาร จะมีค่าอัตราพันธุกรรมต่ำ ในขณะที่ผลผลิตของพืชเป็นลักษณะที่สลับซับซ้อน ควบคุมโดย

ยีนหลายคู่ แปรปรวนไปตามสภาพแวดล้อม และมีอัตราพันธุกรรมต่ำ (Schneiter, 1997) นอกจากนี้ยังไม่มีรายงานว่าผลผลิตถูกควบคุมด้วยยีนกี่คู่ ทั้งนี้เพราะผลผลิตของพืชเกิดจากผลรวมของทุก ๆ ลักษณะ เช่น การเจริญเติบโตดี ไม่มีโรคแมลง ผลดก ฝักมาก รวงมาก เมล็ดใหญ่ เป็นต้น (ไพศาล เหล่าสุวรรณ และ ปิยะดา ทิพยผ่อง, 2550) การคัดเลือกผลผลิตโดยตรงประสบความสำเร็จได้ยาก เนื่องมาจากผลผลิตของพืชมีอัตราพันธุกรรมต่ำ มีการศึกษาอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างในพืชหลายชนิด เช่น ในปาล์มน้ำมัน น้ำอ้อย ศรีประสม และ ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ (2551) ได้ศึกษาอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของลักษณะทางลำต้น ได้แก่ จำนวนใบรูปขนนก ความยาวใบ พื้นที่ใบ ขนาดโคนต้น และความสูง ในระยะกล้าปาล์มน้ำมัน ผลการทดลองพบว่าการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของทุกลักษณะมีค่าอยู่ระหว่าง 52-74% ส่วนการศึกษาอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของลักษณะองค์ประกอบผลผลิตของเรปซีด พบว่าลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างสูง ได้แก่ ลักษณะอายุเก็บเกี่ยว (90.3%) และอายุออกดอก (66.2%) ขนาดเมล็ด (54.8%) และผลผลิต (47.7%) (Ali et al., 2003) และเมื่อไม่นานมานี้มีรายงานว่าลักษณะทางการเกษตรของข้าวโพดมีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างอยู่ในช่วงตั้งแต่ 31.04-84.02% (Asghar and Mehdi, 2010)

การศึกษาอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของผลผลิตทานตะวันโดย Khan (2001) พบว่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของผลผลิต (24.62%) ต่ำกว่าลักษณะทางการเกษตรอื่น ๆ และการทดลองของ Mijić et al. (2009) ให้ผลการทดลองเหมือนกัน คือ ลักษณะทางการเกษตรมีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างสูงกว่าผลผลิต นอกจากนี้จากการศึกษาของ Seneviratne et al. (2004) พบว่าความสูง ขนาดดอก อายุเก็บเกี่ยว และอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างสูงถึง 96.12, 91.23, 79.94 และ 78.25% ตามลำดับ ในขณะที่ผลผลิตมีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง 74.59% ต่อมา Khan, H. et al. (2008) ได้ศึกษาอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของลักษณะทางการเกษตรในทานตะวันลูกผสม จำนวน 25 คู่ผสม เมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมต่างกัน 2 สถานที่ (Peshawar and Mansehra) จำนวน 2 ฤดูกาลติดต่อกัน พบว่าขนาดเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อต้น เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และผลผลิต มีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างสูง ทั้ง 2 สถานที่ Iqbal et al. (2009) ได้ศึกษาอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของลักษณะต่าง ๆ 9 ลักษณะ พบว่าลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างสูง ได้แก่ ลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมัน (71.5±34.6%) และผลผลิตต่อต้น (49.9±28.9%) แสดงว่ายีนที่แสดงผลแบบบวกมีผลในการควบคุมการแสดงออกของทั้งสองลักษณะนี้ ในปีเดียวกัน Mijić et al. (2009) ทำการศึกษาอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของลักษณะต่าง ๆ 6 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะความสูง ขนาดเมล็ด น้ำหนักแห้ง ผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และผลผลิตน้ำมันผลการทดลองพบว่ามีค่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง คือ 60, 46, 52, 33, 73 และ 25% ตามลำดับ

ดังนั้นอัตราพันธุกรรมจะเป็นตัวบอกปริมาณความแปรปรวนทางพันธุกรรมเทียบกับความแปรปรวนทั้งหมดที่เกิดขึ้น ซึ่งใช้เป็นข้อมูลในการคัดเลือก และปรับปรุงพันธุ์ รวมถึงการทำนาย

ความก้าวหน้าในการคัดเลือกลักษณะ หรือการตอบสนองต่อการคัดเลือก (response from selection) ว่าจะปรับปรุงไปได้แค่ไหน ในเวลาและวิธีการคัดเลือกที่ใช้ และจะได้นำไปเป็นหลักการในการเลือกใช้วิธีการปรับปรุงพันธุ์พืชให้เหมาะสมต่อไป

2.4 สหสัมพันธ์ของลักษณะต่าง ๆ ในทานตะวัน

การปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันเพื่อให้ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงขึ้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การคัดเลือกโดยวิธีการต่าง ๆ และการใช้ประโยชน์จากความดีเด่นของลูกผสม แต่เนื่องจากทั้งลักษณะผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมัน เป็นลักษณะปริมาณ ควบคุมโดยยีนหลายคู่ ลักษณะแปรปรวนไปตามสภาพแวดล้อม และมีอัตราพันธุกรรมต่ำ (Schneiter, 1997) จะทำให้การคัดเลือกทั้งสองลักษณะนี้โดยตรงทำได้ยาก Grafius (1956) รายงานว่าผลผลิตเกิดจากการแสดงออกร่วมกันของลักษณะองค์ประกอบผลผลิต หรือผลผลิตเกิดจากผลรวมของทุก ๆ ลักษณะ เช่น การเจริญเติบโตดี ไม่มีโรคแมลง ผลดก ฝักมาก รวงมาก เมล็ดใหญ่ เป็นต้น ซึ่งการคัดเลือกจากลักษณะเหล่านี้อาจช่วยเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้นได้ เนื่องจากลักษณะต่าง ๆ ของพืชมีความสัมพันธ์กัน ความมากน้อยของลักษณะหนึ่งขึ้นอยู่กับความมากน้อยของอีกลักษณะหนึ่ง เช่น ผลผลิตของพืชสัมพันธ์กับจำนวนเมล็ดต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้นสัมพันธ์กับจำนวนข้อต่อต้น ฯลฯ ความสัมพันธ์อาจเป็นไปในทางบวกหรือลบ คือ ลักษณะที่สัมพันธ์แบบเพิ่มหรือลดด้วยกัน หรือลักษณะหนึ่งเพิ่มอีกลักษณะหนึ่งลด ความสัมพันธ์นี้อาจเกิดจากการที่ลักษณะเหล่านี้ควบคุมโดยยีนกลุ่มเดียวกัน หรือการพัฒนาของลักษณะหนึ่งขึ้นอยู่กับการพัฒนาของอีกลักษณะหนึ่ง อาจใช้ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะมาช่วยในการปรับปรุงพันธุ์พืช คือ สามารถคัดเลือกทางอ้อม เช่น ถ้าผลผลิตสัมพันธ์กับจำนวนเมล็ดต่อต้น ดังนั้นทำการคัดเลือกต้นที่มีเมล็ดมาก ๆ เพราะการคัดเลือกผลผลิตโดยตรงกระทำได้ยาก เนื่องจากผลผลิตเป็นลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมต่ำ และมีปฏิกิริยากับสภาพแวดล้อมสูง ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพืชวัดได้โดยใช้ค่าที่เรียกว่า สหสัมพันธ์ (correlation) ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ สหสัมพันธ์ทางลักษณะภายนอก สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ทางสภาพแวดล้อม (ไพศาล เหล่าสุวรรณ และ ปิยะดา ทิพยผ่อง, 2550)

มีการคัดเลือกโดยใช้ลักษณะทางการเกษตรในพืชหลายชนิด เช่น ข้าวโพด พบว่าในพืชเหล่านี้มีลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญ ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก ความยาวฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก และขนาดเมล็ด (Bahoush and Abbasdokht, 2008; Oktem, 2008) ในข้าวฟ่าง พบว่าลักษณะน้ำหนักช่อ จำนวนช่อ ขนาดเมล็ด เป็นลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญ (Ezeaku and Mohammed, 2006) และในข้าว พบว่าลักษณะน้ำหนักรวง จำนวนรวง และจำนวนเมล็ดต่อรวง เป็นลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญเช่นกัน (Samonte et al., 1998; Sürek and Beşer, 2003) จากการศึกษาสหสัมพันธ์ในทานตะวัน พบว่าขนาดดอก ขนาดเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อต้น และความสูง เป็นองค์ประกอบที่

สำคัญต่อผลผลิต (Tahir et al., 2002; Machikowa and Saetang, 2008; Yasin and Singh, 2010) การศึกษาสหสัมพันธ์ในแต่ละประชากรที่ใช้ศึกษานั้น อาจให้ค่าสหสัมพันธ์ในแต่ละลักษณะแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประชากรที่ใช้ศึกษา เช่น ลักษณะขนาดดอก ขนาดเมล็ด และความสูง มีทั้งที่พบว่ามีสหสัมพันธ์แบบบวก (Marinković, 1992; Khan et al., 2001; Chikkadevaiah et al., 2002; Tahir et al., 2002; Farhatullah et al., 2006; Habib et al., 2007; Machikowa and Saetang, 2008; Kaya et al., 2009; Yesilova et al., 2009; Yasin and Singh, 2010) และที่พบว่ามีสหสัมพันธ์แบบลบกับผลผลิต (ภาคภูมิ ศรีหมื่นไวย และ ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2551; Arshad et al., 2007; Kothai et al., 2007) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าผลผลิตมีสหสัมพันธ์แบบลบกับความกว้างใบ ความยาวใบ ความหนาแน่นเมล็ด อายุออกดอก อายุเก็บเกี่ยว และเปอร์เซ็นต์น้ำมัน (Chikkadevaiah et al., 2002; Arshad et al., 2007; Machikowa and Saetang, 2008; Kaya et al., 2009; Yasin and Singh, 2010) Marinković (1992) พบว่าผลผลิตมีสหสัมพันธ์กับลักษณะขนาดเมล็ด (r = 0.823**) จำนวนเมล็ดต่อต้น (0.763**) และขนาดดอก (0.506**) Yasin and Singh (2010) ได้ศึกษาลักษณะทางการเกษตร 9 ลักษณะ ในทานตะวัน 24 ยีโนไทพ์ พบว่าขนาดดอก ขนาดเมล็ด และจำนวนเมล็ดต่อต้นมีสหสัมพันธ์แบบบวกกับผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และพบว่าความกว้างใบ และความยาวใบมีสหสัมพันธ์แบบลบกับผลผลิต

ในทานตะวัน พบว่าผลผลิตมีสหสัมพันธ์แบบบวกกับขนาดเมล็ด ขนาดดอก ความสูง และมีสหสัมพันธ์แบบลบกับเปอร์เซ็นต์น้ำมัน (กิตติ สัจจาวัฒนา, 2548) และจากการศึกษาสหสัมพันธ์ในทานตะวัน พบว่าสหสัมพันธ์ทางยีโนไทพ์และฟีโนไทพ์ของผลผลิตมีสหสัมพันธ์แบบบวกกับขนาดดอก ในขณะที่ผลผลิตมีสหสัมพันธ์ทางยีโนไทพ์และฟีโนไทพ์แบบลบกับเปอร์เซ็นต์น้ำมัน และขนาดเมล็ดมีสหสัมพันธ์ทางยีโนไทพ์และฟีโนไทพ์แบบลบกับเปอร์เซ็นต์น้ำมัน (ภาคภูมิ ศรีหมื่นไวย, 2549) นอกจากนี้ Mijić et al. (2006) พบว่าผลผลิตมีสหสัมพันธ์แบบบวกสูงกับขนาดเมล็ด ขนาดดอก ความสูง และผลผลิตน้ำมัน ในข้าวโพดพบเช่นเดียวกัน คือ ผลผลิตมีสหสัมพันธ์แบบบวกกับความสูง ความสูงฝัก จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อแถว ขนาดเมล็ด ดัชนีพื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งฝักต่อต้น (Sadek et al., 2006) นอกจากนี้ยังพบว่าผลผลิตมีสหสัมพันธ์แบบบวกสูงกับความสูง จำนวนใบต่อต้น ขนาดดอก จำนวนเมล็ดต่อต้น จำนวนเมล็ดเต็มต่อต้น และขนาดเมล็ด แต่ทุกลักษณะมีสหสัมพันธ์แบบลบกับเปอร์เซ็นต์น้ำมัน (นิภาพร บัวอิ่น และ บุบผา คงสมัย, 2552) ในพืชน้ำมันชนิดอื่น เช่น ในปาล์มน้ำมัน ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และคณะ (2544) พบว่าผลผลิตน้ำมันมีสหสัมพันธ์แบบบวกกับน้ำหนักทะลายทั้งหมด จำนวนทะลาย และเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย ในพืชอื่น ๆ เช่น คำฝอย อัญชุลี คชชา และคณะ (2550) พบว่าผลผลิตมีสหสัมพันธ์แบบบวกกับจำนวนกิ่งต่อต้นและขนาดเมล็ด และในคาโนลาหรือเรปซีด Başalma (2008) พบว่า ผลผลิตมีสหสัมพันธ์แบบบวกกับผลผลิตน้ำมัน

ดังนั้นในการปรับปรุงพันธุ์พืช การคัดเลือกลักษณะบางลักษณะที่กระทำได้ยาก เช่น การคัดเลือกผลผลิต เพราะเป็นลักษณะที่ถูกกระทบจากสภาพแวดล้อมได้ง่าย อาจทำการคัดเลือกทางอ้อมโดยใช้ลักษณะอื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับผลผลิต เป็นลักษณะที่สามารถคัดเลือกได้ง่ายกว่า นำมาช่วยให้การคัดเลือกผลผลิตโดยตรงประสบความสำเร็จได้ ดังนั้นการคัดเลือกทางอ้อมโดยดูลักษณะอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิต ซึ่งเป็นวิธีการที่ทำได้ง่าย และมีโอกาสประสบความสำเร็จสูงกว่าการคัดเลือกผลผลิตโดยตรง (ไพศาล เหล่าสุวรรณ และ ปิยะดา ทิพยผ่อง, 2550)

2.5 สัมประสิทธิ์เส้นทางของลักษณะต่าง ๆ ต่อผลผลิตในทานตะวัน

การศึกษาสัมประสิทธิ์เส้นทางเป็นการศึกษาอิทธิพลระหว่างตัวแปรต่าง ๆ (ลักษณะต่าง ๆ) เพื่อแยกผลของสหสัมพันธ์ออกเป็นอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมที่มีผลต่อผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Dewey and Lu, 1959) มีการนำการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางไปใช้ในการคัดเลือกหาลักษณะทางการเกษตรที่มีผลต่อผลผลิตในพืชหลายชนิด เช่น ถั่วฝักยาว (Vidya and Oommen, 2002) ถั่วเหลือง (Iqbal et al., 2003) ฝ้าย (Iqbal et al., 2006) ถั่วเขียว (Hakim, 2008) ข้าวโพด (Saleem et al., 2007) ข้าวฟ่าง (Ezeaku and Mohammed, 2006) ข้าวสาลี (Mohsin et al. 2009) ข้าว (Samonte et al., 1998) ปาล์มน้ำมัน (Oboh and Fakorede, 1990) งา (Azeez and Morakinyo, 2009) ละหุ่ง (Salih and Khidir, 1975) คำฝอย (Arslan, 2007) คาโนลาหรือเรปซีด (Başalma, 2008) และทานตะวัน (Machikowa and Saetang, 2008) เพื่อใช้เป็นดัชนีสำหรับคัดเลือกสายพันธุ์ในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิต

ผลผลิตของทานตะวัน เป็นลักษณะทางปริมาณ ที่ถูกควบคุมโดยยีนหลายคู่ มีอัตราพันธุกรรมต่ำ และลักษณะแปรปรวนไปตามสภาพแวดล้อม (Schneiter, 1997) ผลผลิตยังขึ้นอยู่กับลักษณะอื่น ๆ เช่น ความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อต้น เพราะฉะนั้นการปรับปรุงให้ทานตะวันมีผลผลิตเพิ่มขึ้นจึงต้องคัดเลือกในทุกลักษณะที่เกี่ยวข้อง ในการคัดเลือกพันธุ์ทานตะวันโดยเลือกผลผลิตโดยตรงประสบความสำเร็จได้ยาก เพราะลักษณะผลผลิตแปรปรวนขึ้นลงตามพื้นที่ปลูก คือ พันธุ์ที่ดีเมื่อปลูกในดินเลวให้ผลผลิตต่ำ ส่วนพันธุ์ที่เลวเมื่อปลูกในดินดีให้ผลผลิตสูง (ภาคภูมิ ศรีหมื่นไวย และ ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2551) ทำให้การคัดเลือกโดยตรงทำได้ยาก ดังนั้นการคัดเลือกอาจทำได้โดยการคัดเลือกทางอ้อมผ่านลักษณะองค์ประกอบผลผลิต เนื่องจากผลผลิตมีสหสัมพันธ์แบบบวกกับจำนวนเมล็ดต่อต้น ผลผลิตน้ำมัน ขนาดเมล็ด ความสูง และขนาดดอก (Chikkadevaiah et al., 2002) จึงประสบความสำเร็จได้ดี เพราะลักษณะเหล่านี้ไม่ค่อยแปรปรวนไปตามสภาพแวดล้อม แต่ผลผลิตมีสหสัมพันธ์แบบลบกับเปอร์เซ็นต์น้ำมัน การวิจัยในข้าวโอ๊ตเป็นการทดลองแรก ๆ ที่คัดเลือกพันธุ์พืชโดยใช้องค์ประกอบของผลผลิต คือ จำนวนต้นต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง และขนาดเมล็ด (Stoskopf and Reinbergs, 1966) การคัดเลือกข้าวบาร์เลย์โดยใช้

ขนาดเมล็ดเป็นตัวบ่งชี้ปรากฏว่าทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (Rasmussion and Cannell, 1970) อย่างไรก็ตาม การคัดเลือกโดยใช้องค์ประกอบผลผลิตอาจกระทำได้ยาก ในกรณีที่การคัดเลือกองค์ประกอบผลผลิตที่สัมพันธ์กันในทางลบ เช่น เมื่อเลือกขนาดเมล็ดจะทำให้จำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าวบาร์เลย์ลดลง (Grafius and Okoli, 1974)

ที่ผ่านมาจะเห็นว่าผลผลิตมีความสัมพันธ์กับลักษณะอื่น ๆ เช่น ขนาดเมล็ด ความสูง ขนาดดอก เป็นต้น ในทำนองเดียวกันลักษณะเหล่านี้ก็มีความสัมพันธ์ในระหว่างกันเองด้วย ซึ่งสามารถนำความสัมพันธ์เหล่านี้มาวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง (path coefficient analysis) ซึ่งการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางนี้มีประโยชน์ต่อการปรับปรุงพันธุ์พืช โดยสามารถแยกผลของสหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและลักษณะต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ คือ แยกเป็นอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อม ถ้าพบว่าสหสัมพันธ์มีค่าใกล้เคียงอิทธิพลทางตรง แสดงว่าเป็นความสัมพันธ์ที่แท้จริง ดังนั้นอาจคัดเลือกผลผลิตโดยใช้ลักษณะนี้โดยตรง ถ้าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะกับผลผลิตเป็นบวก แต่อิทธิพลทางตรงเป็นแบบลบหรือต่ำมาก ในกรณีเช่นนี้การคัดเลือกกระทำโดยใช้ผลของความสัมพันธ์ทางอ้อม การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางสามารถทำได้ 2 ระดับ คือ ระดับฟีโนไทพ์ และยีโนไทพ์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าสหสัมพันธ์ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ สำหรับในทานตะวันมีการใช้การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางอย่างแพร่หลาย เพื่อใช้หาดัชนีสำหรับคัดเลือกสายพันธุ์ในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิต Machikowa and Saetang (2008) ได้ศึกษาลักษณะทางการเกษตร 8 ลักษณะ ในทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ 12 พันธุ์ พบว่าขนาดดอกและความสูง มีอิทธิพลทางตรงแบบบวกต่อผลผลิตสูง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ กิตติ สัจจาวัฒนา, 2548; Ahmad et al., 1991; Hladni et al., 2006; Arshad et al., 2007; Kaya et al., 2007; Kaya et al., 2008 และ Kaya et al., 2009 นอกจากนี้ Machikowa and Saetang (2008) ยังพบว่าอายุออกดอกมีอิทธิพลทางตรงแบบลบต่อผลผลิต ซึ่งคล้ายกับผลการทดลองของ Tahir et al. (2002), Farhatullah et al. (2006) และ Kaya et al. (2009) นอกจากนี้มีรายงานว่าลักษณะความสูง และขนาดดอก มีอิทธิพลทางอ้อมแบบลบผ่านทางลักษณะขนาดเมล็ดต่อผลผลิต (ภาคภูมิ ศรีหมื่นไวย และ ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2551) ซึ่งคล้ายกับผลการทดลองของนักวิจัยหลายกลุ่ม (Farhatullah et al., 2006; Arshad et al., 2007; Yesilova et al., 2009) ในขณะที่ Marinković (1992) พบว่าลักษณะขนาดเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อต้น และเปอร์เซ็นต์น้ำมัน มีอิทธิพลทางตรงแบบบวกต่อผลผลิต ส่วนขนาดดอกมีอิทธิพลทางตรงแบบลบต่อผลผลิต และ Mijić et al. (2006) ยังพบว่าผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมัน มีอิทธิพลทางตรงแบบบวกสูงต่อผลผลิตน้ำมัน ดังนั้นอาจใช้ขนาดเมล็ด ขนาดดอก จำนวนเมล็ดต่อต้น และความสูง เพื่อเพิ่มศักยภาพของสายพันธุ์ให้มีผลผลิตที่สูงขึ้น (Farhatullah et al., 2006; Göksoy and Turan, 2007; Machikowa and Saetang, 2008) สำหรับการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางในข้าวโพด Nemati et al. (2009) พบว่าลักษณะจำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อแถว และ

ความยาวเมล็ด มีอิทธิพลทางตรงสูงต่อผลผลิต ในขณะที่ขนาดเมล็ดมีอิทธิพลทางอ้อมแบบบวกสูงผ่านทางความยาวฝักต่อผลผลิต ในข้าวโพดฝักอ่อน พบว่าน้ำหนักฝักหลังปอกเปลือกมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตน้ำหนักฝักดีมากที่สุด รองลงมา คือ จำนวนฝักที่เก็บเกี่ยว (ประสาทพร กออวยชัย และคณะ, 2544) การศึกษาสัมประสิทธิ์เส้นทาง ในคำฝอย พบว่าจำนวนช่อดอกต่อต้น ขนาดเมล็ด และจำนวนเมล็ดต่อช่อดอก มีอิทธิพลทางตรงแบบบวกต่อผลผลิต ส่วนจำนวนกิ่งต่อต้น และความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด มีอิทธิพลทางตรงแบบลบต่อผลผลิต (อัญชุลี คชชา และคณะ, 2550) ซึ่งอาจใช้ลักษณะที่มีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตเพื่อช่วยในการคัดเลือก ถ้าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะกับผลผลิตเป็นบวก แต่ถ้าอิทธิพลทางตรงเป็นลบหรือต่ำมาก ในกรณีเช่นนี้การคัดเลือกเพื่อเพิ่มผลผลิตกระทำโดยใช้ผลของความสัมพันธ์ทางอ้อมแทนได้

ในการศึกษาของ Göksoy and Turan (2007) พบความสัมพันธ์ทางบวกในระดับสูงระหว่างผลผลิตกับลักษณะจำนวนเมล็ดต่อต้น ขนาดดอก และขนาดเมล็ด ในขณะที่ Habib et al. (2007) บ่งชี้ว่าจำนวนเมล็ดต่อต้นเป็นองค์ประกอบหลักของผลผลิตในทานตะวัน ส่วน Yasin and Singh (2010) พบว่าจำนวนเมล็ดต่อต้น ขนาดดอก และขนาดเมล็ด เป็นดัชนีที่ดีที่สุดที่ใช้ในการคัดเลือกทานตะวันให้มีผลผลิตสูงขึ้น

2.6 ความดีเด่นของลักษณะต่าง ๆ ในลูกผสม

ในปัจจุบันนี้การใช้พันธุ์ลูกผสมนับว่าเป็นวิธีการเพิ่มผลผลิตของพืชวิธีหนึ่ง จัดเป็นวิธีการใช้ประโยชน์จากความดีเด่น (heterosis) ของลูกผสมในพืชผสมข้าม และในพืชผสมตัวเองบางชนิด ความดีเด่นของลูกผสมมีคุณค่าอย่างมากต่อการเพิ่มผลผลิตของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ๆ ในพืชหลายชนิด เช่น ถั่วฝักยาว (Aremu and Adewale, 2010) ถั่วเหลือง (Pandini et al., 2002) ฝ้าย (Abro et al., 2009) ถั่วเขียว (Khattak et al., 2000) ข้าวโพด (Ojo et al., 2007) ข้าวฟ่าง (Kenga et al., 2005) ข้าวสาลี (Kindred and Gooding, 2005) ข้าว (Malini et al., 2006) งา (Banerjee and Kole, 2010) ละหุ่ง (Hooks et al., 1971) คำฝอย (Singh et al., 2008) คาโนลา หรือเรปซีด (Akbar et al., 2007) และทานตะวัน (Jan et al., 2009) ซึ่งได้มีการศึกษาความดีเด่นต่อการเพิ่มผลผลิตของลูกผสมกันอย่างแพร่หลาย

ความดีเด่น (heterosis) ของลักษณะในลูกผสมหรือเฮตเทอโรซิส คือ ปรากฏการณ์ซึ่งลูกผสมมีความแข็งแรง เจริญเติบโต ให้ผลผลิต ต้านทานโรค-แมลง ทนแล้ง และให้ลักษณะอื่น ๆ ดีกว่า หรือสูงกว่าลักษณะนั้น ๆ ในพันธุ์พ่อหรือแม่ โดยทั่วไปเราสนใจกันเฉพาะความดีเด่นในเรื่องผลผลิตเท่านั้น แต่ความจริงแล้วความดีเด่นยังรวมถึงลักษณะอื่น ๆ อีกมากมาย เช่น ในสภาพเครียด (stress) ความดีเด่นทำให้พืชต้านทานต่อสภาพแวดล้อม และสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดี ความดีเด่นของลักษณะเกิดจากการที่พืชอยู่ในสภาพพันทาง หรือเฮตเทอโรไซกัส (heterozygous)

ดังนั้นจึงพบความดีเด่นระดับสูงในลูกผสม F_1 ของลูกผสมระหว่างสายพันธุ์ของพืชผสมข้าม เช่น ทานตะวัน ยิ่งลูกผสมระหว่างสายพันธุ์ที่ไม่เกี่ยวข้องเป็นเครือญาติกัน จะให้อัตราความดีเด่นกว่าการผสมระหว่างพวกที่มีสายเลือดชิด ความดีเด่นของลักษณะเราอาจเรียกว่าความแข็งแรงของลูกผสม (hybrid vigor) การใช้พันธุ์ลูกผสมนับว่าเป็นวิธีการเพิ่มผลผลิตของพืชวิธีหนึ่ง จัดเป็นวิธีการใช้ประโยชน์จากความดีเด่นของลูกผสมในพืชผสมข้าม และในพืชผสมตัวเองบางชนิด ต่อไปนี้คำว่าพันธุ์ลูกผสม มีความหมายว่าเป็นลูกผสมชั่วแรก (F_1) ซึ่งมักเกิดจากการผสมระหว่างสายพันธุ์ ระหว่างพันธุ์ผสมเปิด และระหว่างประชากรชนิดอื่น ๆ พันธุ์ลูกผสมมีข้อดีหลายอย่าง เช่น ให้ผลผลิตสูง มีบางลักษณะดีเด่น ลักษณะมีความสม่ำเสมอ และมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม การผลิตลูกผสมจึงมักเป็นเป้าหมายอันสำคัญของการปรับปรุงพันธุ์พืช

การใช้ประโยชน์ความดีเด่นของลักษณะในการผลิตลูกผสม เช่น ข้าวโพดในสหรัฐอเมริกาในปี 1932 ให้ผลผลิตเพียง 200 กก./ไร่ แต่ในปี 1972 ให้ผลผลิตสูง 770 กก./ไร่ และผลผลิตยังคงเพิ่มต่อไปอีก (ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2545) ดังนั้นความสำเร็จในการปรับปรุงพันธุ์พืชผสมข้ามขึ้นอยู่กับความสามารถในการใช้ประโยชน์ของความดีเด่นของลูกผสมหรือเฮตเทอโรซิส ในปี 1937 มีการศึกษาและพัฒนาการผลิตทานตะวันลูกผสมในประเทศแคนาดา และสามารถผลิตลูกผสมพันธุ์ Sunrise ขึ้นในปี 1942 (ศุภชัย แก้วมีชัย และคณะ, 2532) การผลิตทานตะวันลูกผสมในเชิงอุตสาหกรรมในประเทศสหรัฐอเมริกาเริ่มตั้งแต่ปี 1972 และใช้ปลูกทั่วไปในประเทศอาร์เจนตินา ปัจจุบันทุกประเทศทั่วโลกส่วนใหญ่ปลูกพันธุ์ลูกผสมทดแทนพันธุ์ผสมเปิด เพราะพันธุ์ลูกผสมให้ผลผลิตสูง มีการเจริญเติบโตสม่ำเสมอ อายุเก็บเกี่ยวพร้อมกัน และมีความต้านทานโรคสูง เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดสูงด้วย (ธวัชชัย วรศานต์, 2539) การผลิตลูกผสมจึงเป็นเป้าหมายสำคัญในระดับสูงของการปรับปรุงพันธุ์พืชหลายชนิด (ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2545)

ข้าวโพดเป็นพืชชนิดแรกที่มีการศึกษาเกี่ยวกับพันธุกรรมและความดีเด่นของลูกผสมอย่างกว้างขวาง อย่างไรก็ตามความสำเร็จของพันธุ์ลูกผสมในเชิงพาณิชย์ไม่ได้ขึ้นอยู่กับผลผลิตที่เหนือกว่าพันธุ์ทั่วไปเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับลักษณะที่สำคัญ ๆ ที่จำเป็นสำหรับแต่ละพืช ข้าวโพดลูกผสมรุ่นแรก ๆ ของประเทศสหรัฐอเมริกามีผลผลิตดีกว่าพันธุ์ผสมเปิดในขณะนั้นเพียง 15% แต่พันธุ์ลูกผสมมีรากและลำต้นที่แข็งแรงกว่า มีความต้านทานต่อการหักล้ม ทำให้เหมาะกับการใช้เครื่องจักรเก็บเกี่ยว ซึ่งพัฒนาขึ้นมาในช่วงเวลาเดียวกัน ในทศวรรษ 1930s การต้านทานต่อสภาพแห้งแล้งช่วยเป็นตัวเร่งให้การยอมรับพันธุ์ลูกผสมข้าวโพดในประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นไปอย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น นอกจากนี้ความสม่ำเสมอของพันธุ์ลูกผสมเป็นสิ่งที่ได้การยอมรับมากกับการเกษตรสมัยใหม่ ได้มีการใช้ลูกผสมในประเทศสหรัฐอเมริกาประมาณ 16.60 ล้านเฮกเตอร์ และในปี 1950 เกือบ 100% ของพื้นที่ปลูกข้าวโพดในประเทศสหรัฐอเมริกามีการปลูกลูกผสมคู่ และหลังจากนั้นประมาณ 10 ปี ลูกผสมที่ใช้เริ่มเปลี่ยนเป็นลูกผสมเดี่ยว ในปัจจุบันอาจกล่าวได้ว่า 100%

ของลูกผสมข้าวโพดในประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นลูกผสมเดี่ยว หรือลูกผสมเดี่ยวประยุกต์ ผลผลิตของข้าวโพดเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า เมื่อเปลี่ยนจากพันธุ์ผสมเปิดมาเป็นลูกผสมคู่ และเพิ่มขึ้นอีก 2 เท่า เมื่อเปลี่ยนมาใช้ลูกผสมเดี่ยว (Hallauer, 1999) เทคนิคการพัฒนาพันธุ์และการใช้พันธุ์ข้าวโพดลูกผสมกระจายเข้าสู่ประเทศในเขตร้อน (tropical countries) ในทศวรรษที่ 1940s โดยมูลนิธิร้อกกี้เฟลเล่อร์ (Rockefeller Foundation) เช่น ประเทศเม็กซิโก โคลัมเบีย อินเดีย และหลายประเทศในทวีปอเมริกากลาง หลังจากนั้นหลาย ๆ ประเทศทั่วโลกเริ่มมีการปรับปรุงข้าวโพดลูกผสมอย่างแพร่หลาย (Vasal et al., 1999) ประเทศไทยเริ่มมีโครงการข้าวโพดลูกผสมโดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และปล่อยพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว มก. 2301 และลูกผสมสามทาง มก. 2602 ออกให้เกษตรกรใช้ ซึ่งได้รับการตอบรับอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีความสม่ำเสมอและมีความต้านทานต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้บริษัทเอกชนมาสนใจวิจัยพันธุ์ลูกผสมของข้าวโพดอย่างจริงจัง ในปัจจุบันข้าวโพดลูกผสมเดี่ยวของบริษัทเมล็ดพันธุ์ต่าง ๆ ครอบคลุมพื้นที่ปลูกข้าวโพดของประเทศไทยมากกว่า 90%

ข้าวฟ่างเป็นอีกพืชหนึ่งที่ประสบความสำเร็จ ในเชิงพาณิชย์อย่างรวดเร็ว หลังจากพบระบบความเป็นหมันในเพศผู้ของสายพันธุ์ Day Milo และพัฒนาต่อมาจนได้สายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน Combine kafir-60 (Stephen, 1952) พื้นที่ปลูกข้าวฟ่างลูกผสมในประเทศสหรัฐอเมริกาเพิ่มขึ้นจากประมาณ 1.00% ในปี 1956 เป็น 10-15% ในปี 1957 เพิ่มขึ้นเป็น 75.00% ในปี 1959 และมากกว่า 95% ในปี 1960s ผลผลิตของข้าวฟ่างลูกผสมเพิ่มจากพันธุ์แท้ที่ให้ผลผลิตน้อยกว่า 20 บุชเชล/เอเคอร์ เพิ่มขึ้นเป็นมากกว่า 50 บุชเชล/เอเคอร์ นอกจากนี้ข้าวฟ่างลูกผสมประสบความสำเร็จอย่างมากในประเทศออสเตรเลีย แต่ไม่ประสบความสำเร็จในประเทศอินเดีย เพราะประเทศอินเดียต้องการข้าวฟ่างต้นสูงสำหรับเป็นอาหารของปศุสัตว์ สำหรับพืชน้ำมัน เช่น ทานตะวัน คาโนลา หรือเรปซีด และถั่วเหลือง การผสมข้ามระหว่างเขตภูมิศาสตร์จะให้ผลดีกว่าการผสมระหว่างสายพันธุ์ที่มาจากเขตภูมิศาสตร์เดียวกัน (Miller, 1999) ในเรปซีด พบว่าให้ค่าความเหนือกว่าของลูกผสมเหนือค่าเฉลี่ยพ่อแม่ประมาณ 30-60% เป็นสิ่งจูงใจให้มีการพัฒนาพันธุ์ลูกผสม ลูกผสมระหว่างเชื้อพันธุกรรมจากยุโรป และประเทศแคนาดา จะให้ผลดีกว่าการผสมภายในกลุ่ม อย่างไรก็ตามไม่พบความเหนือกว่าของลูกผสมในลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมัน ลูกผสมระหว่างสายพันธุ์ของยุโรปและเอเชียให้ผลดีกว่าการผสมภายในกลุ่ม ในถั่วเหลือง พบว่าค่าความเหนือกว่าของลูกผสมเหนือพ่อแม่มีช่วงกว้าง ตั้งแต่ 3-26% อุปสรรคที่สำคัญในการผลิตลูกผสมถั่วเหลือง คือ การผลิตเมล็ดพันธุ์ และฐานทางพันธุกรรมที่ค่อนข้างแคบ และในทานตะวัน พบว่ามีกลุ่มของเชื้อพันธุกรรมที่ใช้ในการพัฒนาลูกผสมอย่างกว้างขวาง 4 กลุ่ม คือ 1) พันธุ์ผสมเปิดที่พัฒนาในประเทศรัสเซีย ซึ่งใช้เป็นแหล่งของ B-line 2) สายพันธุ์ของประเทศสหรัฐอเมริกาที่คัดเลือกได้มาจากการผสมระหว่างพันธุ์ป่ากับพันธุ์ปลูก ซึ่งใช้เป็นแหล่งของ R-line 3) สายพันธุ์จากประเทศโรมาเนีย และแอฟริกาใต้

ซึ่งใช้เป็นแหล่งสายพันธุ์เพศเมีย 4) สายพันธุ์จากประเทศอาร์เจนตินา ซึ่งใช้เป็นแหล่งสายพันธุ์เพศเมียเช่นเดียวกัน ลูกผสมทานตะวันจำนวน 26 พันธุ์ จากประเทศต่าง ๆ ให้ค่าเฉลี่ยของผลผลิตเท่ากับ 2,472 กก./เฮกเตอร์ เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ผสมเปิดที่ดีที่สุดของประเทศรัสเซีย ซึ่งให้ผลผลิตเพียง 1,591 กก./เฮกเตอร์ คือ ลูกผสมให้ผลผลิตเหนือกว่าพันธุ์ผสมเปิด 34% อย่างไรก็ตาม ลูกผสมและพันธุ์ผสมเปิดให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันที่ใกล้เคียงกัน 50 และ 52% ตามลำดับ

ความดีเด่นของลักษณะต่าง ๆ ที่พบในทานตะวัน เช่น จากรายงานของ Göksoy et al. (2002) พบว่าความดีเด่นเมื่อเทียบกับพ่อแม่ที่ดีกว่าของลักษณะความสูงมีค่า 11.2% ขนาดดอก 14.7% จำนวนเมล็ดต่อต้น 35.8% ขนาดเมล็ด 15.7% น้ำหนักเมล็ดต่อต้น 59.4% และผลผลิต 65.7% และยังพบว่าผลผลิตเมื่อเปรียบเทียบกับพ่อแม่ที่ดีกว่ามีความดีเด่นสูงถึง 98.0% นอกจากนี้ความดีเด่นของลักษณะเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่พบว่าจำนวนใบต่อต้นมีค่า 43.9% จำนวนเมล็ดต่อต้น 197.3% ผลผลิต 102.0-322.3% ความสูง 44.3% ขนาดดอก 59.5% และเปอร์เซ็นต์น้ำมัน 45.1% พื้นที่ใบ 46.3-263.9% (Khan et al., 2003; Ahmad et al., 2005; Kaya, 2005b) ในข้าวโพดพบเช่นเดียวกัน คือ ลักษณะผลผลิตต่อไร่เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่มีค่าความดีเด่น 2.0-231.0% และลักษณะปริมาณน้ำมันมีค่าความดีเด่น -20 ถึง 30% (ศฎาวุฒิ กุลมณี, 2540) นอกจากนี้การนำสายพันธุ์ที่มีความห่างไกลกันมาผสมพันธุ์กันจะทำให้มีความดีเด่นในลูกผสมสูงขึ้น เช่น Santos et al. (2001) ได้ศึกษาความดีเด่นโดยนำสายพันธุ์จากประเทศเขตลาตินอเมริกาผสมกับสายพันธุ์จากบราซิล พบว่ามีความดีเด่นของผลผลิตเมื่อเทียบกับพ่อแม่ที่ดีกว่าเท่ากับ -28 ถึง 26% และ -35 ถึง 17% จะเห็นว่าลักษณะผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และลักษณะทางการเกษตรต่าง ๆ มีความดีเด่นค่อนข้างสูง ดังนั้นการผลิตทานตะวันลูกผสมโดยใช้ประโยชน์จากความดีเด่นของผลผลิต และลักษณะต่าง ๆ จะทำให้ผลผลิตสูงขึ้นได้

2.7 สมรรถนะการรวมตัวทั่วไป และสมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ

การเลือกพ่อแม่เป็นสิ่งแรกที่นักปรับปรุงพันธุ์ต้องตัดสินใจ การเลือกพ่อแม่พันธุ์ที่ผิดพลาดทำให้สิ้นเปลืองทั้งแรงงาน งบประมาณ และเวลา สายพันธุ์พ่อแม่ที่ใช้เริ่มต้นในการปรับปรุงพันธุ์มีอยู่หลากหลาย ตั้งแต่สายพันธุ์แท้ อินเบรด พันธุ์ผสมเปิด พันธุ์ป่า ไปจนถึงพืชต่างชนิด การเลือกใช้สายพันธุ์ชนิดใดเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ ย่อมขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการปรับปรุงพันธุ์ วัตถุประสงค์ในการปรับปรุงพันธุ์ขั้นสุดท้าย คือ ต้องการได้สายพันธุ์แท้ที่ดีสำหรับพืชผสมตัวเอง และสร้างพันธุ์ลูกผสมในพืชผสมข้าม รวมทั้งพืชผสมตัวเองที่มีระบบการสืบพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างลูกผสม ขั้นตอนที่สำคัญ คือ การผลิตสายพันธุ์ที่มีศักยภาพสูง สำหรับนำไปผลิตลูกผสม ซึ่งอาจได้อินเบรดหรือสายพันธุ์แท้ที่ดีพร้อม เพื่อนำไปใช้โดยตรง หรือเพื่อสร้างลูกผสมเพียงไม่กี่สายพันธุ์ หรือล้มเหลวโดยสิ้นเชิง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการเลือกสายพันธุ์พ่อแม่และวิธีการผสม

พันธุ์ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของโครงการปรับปรุงพันธุ์ที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งในการผลิตลูกผสมนั้น สายพันธุ์พ่อแม่ที่ดีต้องมีสมรรถนะการรวมตัวของสายพันธุ์ที่ดี เพื่อให้ได้ลูกผสมที่มีผลผลิตสูง โดยพ่อแม่พันธุ์ต้องมีความแตกต่างทางพันธุกรรม ซึ่งจะส่งผลให้ได้ลูกผสมที่มีผลผลิตสูง และมีความแปรปรวนของลักษณะพันธุกรรมของลูกในรุ่นหลัง ๆ สูง ตรงกันข้ามหากพ่อแม่พันธุ์มีลักษณะพันธุกรรมใกล้เคียงกัน ลูกผสมที่ได้ก็จะคล้าย ๆ พ่อแม่เดิม ลูกในรุ่นหลัง ๆ มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมต่ำ ไม่มีความก้าวหน้าในการคัดเลือกสายพันธุ์ใหม่ ๆ อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างทางพันธุกรรมของพ่อแม่ย่อมมีขีดจำกัด ถ้าความแตกต่างทางพันธุกรรมสูงจนเกินขีดจำกัด สมรรถนะการรวมตัวของสายพันธุ์จะลดลง ทำให้รุ่นลูกมีการปรับตัวที่เลวลง ดังนั้นพ่อแม่ที่ดีก็ควรเป็นสายพันธุ์ที่มีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี และให้ผลผลิตสูง

ดังนั้นหากสามารถเพิ่มศักยภาพของสายพันธุ์สามารถเพิ่มผลผลิตลูกผสมได้ ซึ่งขั้นตอนที่จำเป็นในการทดสอบสายพันธุ์ คือ การทดสอบสมรรถนะการรวมตัวของสายพันธุ์เพื่อคัดเลือกเฉพาะสายพันธุ์ที่ดี มีศักยภาพสูงในการนำไปผลิตเป็นลูกผสม โดยสมรรถนะการรวมตัวของสายพันธุ์จึงขึ้นอยู่กับสมดุลระหว่างค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ และความเหนือกว่าของลูกผสมนั้น ๆ ค่าความเหนือกว่าของลูกผสมมีค่าตั้งแต่ติดลบจนถึงบวกในระดับต่าง ๆ กัน ค่าความเหนือกว่าของลูกผสมยังอาจใช้เป็นดัชนีแสดงความแตกต่างทางพันธุกรรมของพ่อแม่ และบ่งบอกถึงความถี่ของยีนที่มีประสิทธิภาพของพ่อแม่ ซึ่งการทดสอบสมรรถนะของสายพันธุ์มี 2 แบบ คือ การทดสอบสมรรถนะการรวมตัวทั่วไป (general combining ability, gca) และสมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ (specific combining ability, sca) สมรรถนะการรวมตัวทั่วไป หมายถึง ความสามารถของสายพันธุ์ใดสายพันธุ์หนึ่ง เมื่อผสมกับอีกหลาย ๆ สายพันธุ์แล้ว ให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมสูง เป็นขีดความสามารถทั่วไปของสายพันธุ์นั้น ๆ สมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ หมายถึง ความสามารถของสายพันธุ์ใดสายพันธุ์หนึ่ง เมื่อผสมกับอีกสายพันธุ์หนึ่งแล้ว ให้ลูกผสมที่ดี เป็นขีดความสามารถเฉพาะของคู่ผสมนั้น ๆ วาเรียนซ์ของ gca เป็นผลเนื่องมาจากยีนแบบบวก หรือปฏิกิริยาแบบบวก ส่วนวาเรียนซ์ของ sca อาจเป็นผลเนื่องมาจากยีนแบบข่ม หรือข่มข้ามคู่ ซึ่งผลของ gca และ sca เป็นข้อมูลที่สำคัญในการเลือกพันธุ์พ่อแม่ที่ดีที่สุด การทดสอบสายพันธุ์เป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างยิ่งในการผลิตพันธุ์ลูกผสมเป็นกระบวนการเพื่อทดสอบว่าสายพันธุ์ใดบ้างที่ให้ลูกผสมที่ดีและให้ผลผลิตสูง ดังนั้นการที่จะพัฒนาลูกผสมให้มีผลผลิตสูงต้องผ่านขั้นตอนการทดสอบสายพันธุ์ที่มี gca และ sca สูง การทดสอบสมรรถนะการรวมตัวของสายพันธุ์ที่ใช้กันอย่างกว้างขวางมีอยู่ 3 วิธี แต่ละวิธีมีประสิทธิภาพ และข้อจำกัดแตกต่างกัน การเลือกใช้วิธีการให้เหมาะกับสภาพของงานจะช่วยทำให้ประหยัดแรงงาน งบประมาณ และเวลา และยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการปรับปรุงพันธุ์อีกด้วย มีดังนี้ 1) การใช้สายพันธุ์ทดสอบ (topcross) 2) การผสมแบบพบกันหมดภายในกลุ่ม (diallel cross) 3) การผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross)

ลักษณะที่สำคัญที่ควรประเมินการรวมตัวก่อนที่นำสายพันธุ์มาใช้ในการผลิตลูกผสม ได้แก่ ผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และองค์ประกอบผลผลิต จากหลายงานวิจัยพบว่า gca และ sca มีความสำคัญต่อผลผลิต แต่จะมีอัตราส่วนระหว่าง gca กับ sca มากน้อยแตกต่างกันไปในแต่ละการทดลอง ทั้งนี้อาจเนื่องจากพันธุ์/สายพันธุ์ (ยีโนไทพ์) ของทานตะวัน และสภาพแวดล้อมที่ใช้ในแต่ละการทดลองมีความแตกต่างกันออกไป เช่น Putt (1966) ศึกษาทานตะวันสายพันธุ์แท้ 10 สายพันธุ์ โดยผสมพันธุ์แบบพบกันหมด พบว่าในกลุ่มสายพันธุ์ที่ศึกษานั้น sca มีความสำคัญกว่า gca แสดงว่าการแสดงออกของยีนในแบบข่มมีความสำคัญต่อผลผลิต ต่อมา Skorić et al. (2000) ศึกษาการทดสอบสมรรถนะการรวมตัวในทานตะวัน 20 สายพันธุ์ โดยใช้สายพันธุ์แท้เป็นตัวทดสอบ พบว่าอัตราส่วนของ gca ต่อ sca ต่ำกว่า 1 แสดงว่าอิทธิพลของยีนแบบข่มมีความสำคัญต่อลักษณะผลผลิต ในปีเดียวกัน Marinković et al. (2000) ศึกษาการทดสอบสายพันธุ์ทานตะวัน 10 สายพันธุ์ โดยใช้สายพันธุ์แท้เป็นตัวทดสอบ พบปฏิกิริยาระหว่างสายพันธุ์และพันธุ์ทดสอบ แสดงว่า sca มีความสำคัญต่อลักษณะผลผลิต การศึกษาสมรรถนะการรวมตัวของลักษณะองค์ประกอบผลผลิตมีหลายงานวิจัย เช่น Rao and Singh (1978) ศึกษาการทดสอบสายพันธุ์ทานตะวันโดยวิธีผสมแบบพบกันหมด พบว่าอิทธิพลของยีนแบบบวกมีความสำคัญต่อลักษณะขนาดดอก และขนาดเมล็ด ต่อมา Marinković et al. (2000) พบเช่นเดียวกันว่าลักษณะเหล่านี้มีการแสดงออกของอิทธิพลของยีนแบบบวก Fick (1975) และ Skorić (1978) พบว่าอิทธิพลของยีนแบบบวกมีความสำคัญต่อลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมันของทานตะวัน เช่นเดียวกับการทดลองของ Rojas et al. (2000) ได้นำสายพันธุ์ทานตะวันที่ผ่านการคัดเลือกว่ามีเปอร์เซ็นต์น้ำมัน และโปรตีนสูงมาผสมแบบพบกันหมด แล้วนำไปปลูกใน 2 สภาพแวดล้อม ผลการทดลองพบว่าทั้ง gca และ sca มีความสำคัญต่อลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมัน และโปรตีน แต่ผลของ gca จะมีความสำคัญมากกว่าผลของ sca นอกจากนี้มีหลายงานวิจัยที่สนับสนุนว่าลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมันมีการแสดงออกของยีนแบบบวก (Putt, 1966; Marinković et al., 2000; Skorić et al., 2000)

จากหลายงานวิจัยพบว่าสายพันธุ์ที่มี gca และ sca สูงจะนำไปสู่การผลิตลูกผสมที่มีผลผลิตสูง เช่น กิตติ สัจจาวัฒนา และ ไพศาล เหล่าสุวรรณ (2548) ได้นำทานตะวัน 7 สายพันธุ์ มาทดสอบ gca และ sca โดยการผสมแบบพบกันหมด ได้สายพันธุ์ที่มี gca และ sca สูง มาทดลองผลิตเป็นลูกผสม จากนั้นเมื่อนำมาปลูกเปรียบเทียบกับพันธุ์ลูกผสมทางการค้า (แปซิฟิค 33) พบว่ามีลูกผสม 3 คู่ มีลักษณะผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ และ 5 คู่ผสม มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันเท่ากับพันธุ์แปซิฟิค 33 และยังพบว่าลูกผสมมีขนาดเมล็ด และขนาดดอกไม่แตกต่างจากพันธุ์เปรียบเทียบ (กิตติ สัจจาวัฒนา, 2548) Khan (2004) ศึกษาสมรรถนะการรวมตัวในทานตะวัน 25 คู่ผสม โดยการปลูกทดสอบหลายสภาพแวดล้อม ผลการทดลองพบว่า CMS lines TS-4, CMS line TS-335, restorer TR-5 และ restorer TR-6023 มี gca สูงในลักษณะอายุการงอก อายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ อายุเก็บเกี่ยว

ความสูง พื้นที่ใบ ขนาดลำต้น ขนาดดอก น้ำหนัก 1,000 เมล็ด จำนวนเมล็ดต่อต้น เปอร์เซ็นต์น้ำมัน ผลผลิต และผลผลิตน้ำมัน ของการปลูกทดสอบ 2 สถานที่ ส่วนลูกผสม TS-17×TR-3, TS-335×TR-13, TS-335×TR-3 และ TS-18×TR-5 มี sca สูงในลักษณะผลผลิตน้ำมันของการปลูกทดสอบที่อำเภอ Peshawar จังหวัด Khyber Pakhtunkhwa ประเทศปากีสถาน และลูกผสม TS-335×TR-5, TS-17×TR-6, TS-4×TR-3 และ TS-18×TR-5 มี sca สูงในลักษณะผลผลิตน้ำมันของการปลูกทดสอบที่อำเภอ Mansehra จังหวัด Khyber Pakhtunkhwa ประเทศปากีสถาน ต่อมา Göksoy and Turan (2004) ศึกษาสมรรถนะการรวมตัวของลักษณะต่าง ๆ ในทานตะวัน ผลการทดลองพบว่าสายพันธุ์ CMS381, CMS461, RHA684 และ RHA892 มี gca สูงในลักษณะผลผลิต และลักษณะองค์ประกอบผลผลิต ส่วนลูกผสม CMS191×RHA723, CMS191×RHA892, CMS381×RHA684 และ CMS461×RHA684 มี sca สูงในลักษณะผลผลิต และลักษณะองค์ประกอบผลผลิต Jan et al. (2005) ได้นำทานตะวัน 8 สายพันธุ์ มาทดสอบ gca และ sca โดยการผสมแบบพบกันหมด ผลการทดลองพบว่าสายพันธุ์ TF-11, ARI และ TF-4 มี gca สูงในลักษณะอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ อายุเก็บเกี่ยว ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมัน แต่สายพันธุ์ ARI และ GUL มี gca สูงที่สุดในลักษณะผลผลิต ส่วนลูกผสม TF-335×ARI มี sca ต่ำสุดในลักษณะอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ และอายุเก็บเกี่ยว แสดงว่าลูกผสม TF-335×ARI มีการสุกแก่เร็วที่สุดกว่าลูกผสมคู่อื่น ๆ ลูกผสม TF-335×PESH และ TF-4×TF-11 มี sca สูงสุดในลักษณะผลผลิต และ TF-11×GUL มี sca สูงสุดในลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมัน ในปีเดียวกัน Kaya (2005a) ยังพบว่าจากการทดสอบ gca และ sca ในทานตะวัน 25 คู่ผสม พบว่า ลูกผสม 2453-A×2644-R เป็นลูกผสมที่ดีที่สุดในการทดลองนี้ เนื่องจากสายพันธุ์แม่ 2453-A และสายพันธุ์พ่อ 2644-R มี gca สูง ใน 4 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะผลผลิต ผลผลิตน้ำมัน เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด นอกจากนี้สายพันธุ์แม่ 2453-A, 0704-A และสายพันธุ์พ่อ R-1001 และ 2644-R มีลักษณะผลผลิตและผลผลิตน้ำมันสูงในการทดลองนี้ อย่างไรก็ตาม restorer 2644-R, restorer 2280-R, สายพันธุ์แม่ HA89-A และสายพันธุ์แม่ BAH-8-A มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงสุด ต่อมา Binodh et al. (2008) ศึกษาสมรรถนะการรวมตัวของลักษณะผลผลิต และลักษณะต่าง ๆ ในทานตะวัน 30 คู่ผสม ผลการทดลองพบว่า CMS line 234 A, testers CSFI 5014 และ CSFI 5414 มี gca สูงในลักษณะผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และผลผลิตน้ำมัน ส่วนลูกผสม CSFH 6009 มี sca สูงในลักษณะผลผลิต ผลผลิตน้ำมัน น้ำหนัก 100 เมล็ด น้ำหนักแห้งขนาดดอก และอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ Mijić et al. (2008) ศึกษาสมรรถนะการรวมตัวของลักษณะผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และผลผลิตน้ำมัน ผลการทดลองพบว่าสายพันธุ์ OS-1 มี gca สูงสุดในลักษณะผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และผลผลิตน้ำมัน ส่วนลูกผสม OS-1 A×OS-6 B มี sca สูงสุดในลักษณะผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และผลผลิตน้ำมัน Sawargaonkar and Ghodke (2008) ศึกษาสมรรถนะการรวมตัวในทานตะวัน 28 คู่ผสม ผลการทดลองพบว่าลูกผสม J/6×NDR-1 มี sca

สูงสุดในลักษณะผลผลิต และเมื่อไม่นานมานี้ Karasu et al. (2010) ศึกษาสมรรถนะการรวมตัวของลักษณะองค์ประกอบผลผลิตในทานตะวัน ผลการทดลองพบว่าสายพันธุ์ CMS 10 และ RHA 10 มี gca สูงสุดในลักษณะผลผลิต และลักษณะองค์ประกอบผลผลิตบางลักษณะ ส่วนลูกผสม CMS 10×RHA 03, CMS 01×RHA 10, CMS 10×RHA 10 และ CMS 23×RHA 10 มี sca สูงในลักษณะผลผลิต สำหรับการศึกษาสมรรถนะการรวมตัวในข้าวโพดฝักอ่อน พบเช่นเดียวกันว่าสายพันธุ์ที่มี gca สูง และคู่ผสมที่มี sca สูง เมื่อนำมาผลิตเป็นลูกผสมแล้วจะมีผลผลิตสูง (สกล ฉายศรี, 2540) สำหรับข้าวโพดน้ำมันก็พบเช่นกันว่าสายพันธุ์ที่มี gca สูง และมี sca สูง เมื่อนำมาผลิตเป็นลูกผสมจะทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงด้วย ลักษณะอื่น ๆ ก็สามารถนำมาปรับปรุงให้มีลักษณะต่าง ๆ ดีขึ้นได้ เช่น อายุเก็บเกี่ยว อายุออกดอก เป็นต้น (วินัย เมฆดำ, 2543; ฉัตรพงศ์ บาลลา, 2548)

บทที่ 3
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษาสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน อัตราพันธุกรรม สหสัมพันธ์ และสัมประสิทธิ์เส้นทาง ของลักษณะต่าง ๆ ในทานตะวัน ศึกษาสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปของสายพันธุ์ สมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ และความดีเด่นของลูกผสมทานตะวัน และศึกษาศักยภาพในการให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์น้ำมัน ของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์และพันธุ์ลูกผสม งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 การทดลอง

3.1 การทดสอบสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน อัตราพันธุกรรม สหสัมพันธ์ และสัมประสิทธิ์เส้นทางของลักษณะต่าง ๆ ในทานตะวัน

3.1.1 ข้อมูลลักษณะสภาพภูมิอากาศโดยทั่วไป

ทำการรวบรวมข้อมูลลักษณะทางภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย จำนวนวันฝนตก ปริมาณฝนสูงสุดใน 24 ชั่วโมง และปริมาณฝนทั้งหมดจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครราชสีมา (ภาพภาคผนวกที่ 2-6)

3.1.2 วัสดุ อุปกรณ์

1) เมล็ดพันธุ์ทานตะวัน พันธุ์สังเคราะห์ต่าง ๆ จำนวน 9 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ S471, S473, S475, HOC, HOO, MOC, MOO, CM1-TL ซึ่งพันธุ์เหล่านี้ที่ได้รับการปรับปรุงโดยโครงการปรับปรุงพันธุ์ทานตะวัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง และมีลักษณะต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.1 (ไพศาล เหล่าสุวรรณ และ กิตติ สัจจาวัฒนา, 2544; ไพศาล เหล่าสุวรรณ และคณะ, 2548) และพันธุ์เชียงใหม่ 1 ซึ่งพันธุ์นี้ได้รับการปรับปรุงโดยโครงการพัฒนาพืชน้ำมัน สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และพันธุ์ลูกผสม จำนวน 2 พันธุ์ คือ พันธุ์แปซิฟิค 77 ของบริษัทแปซิฟิคเมล็ดพันธุ์ จำกัด และพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ ของบริษัทไพโอเนีย-ไฮ- เบรด (ไทยแลนด์) จำกัด ซึ่งแต่ละพันธุ์มีลักษณะที่สำคัญ ดังตารางที่ 3.1

2) ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 และสารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ได้แก่ สารกำจัดโรคพืชเบโนมิล (benomyl) [Active Ingredient : methyl 1-(butylcarbamoyl)-benzimidozol-2-yl carbamate 50% WP] สารกำจัดแมลงคาร์โบฟูราน (carbofuran) [Active Ingredient : 2, 3-dihydro 2, 2- dimethylbenzofuran-7-yl methylcarbamate 3% GR] สารกำจัดแมลงไดเมโทเอต (dimethoate) [Active Ingredient : O, O-dimethyl S-methylcarbamoylmethyl phosphorodithioate 40% W/V EC]

และสารป้องกันกำจัดวัชพืชก่อนงอกอะลาคลอร์ (alachlor) [Active Ingrediant : 2-chloro-2', 6'-diethyl-N-methoxymethylacetanilide 48% W/V EC]

ตารางที่ 3.1 ค่าเฉลี่ยของผลผลิต ความสูง ขนาดเมล็ด เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และผลผลิตน้ำมันของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ 9 พันธุ์ และพันธุ์ลูกผสม 2 พันธุ์

เลขที่	พันธุ์	ผลผลิต (กก./ไร่)	ความสูง (ซม.)	ขนาดเมล็ด (กรัม/100เมล็ด)	เปอร์เซ็นต์น้ำมัน (%)
1	S471	333	167	4.99	39.08
2	S473	312	159	4.85	37.85
3	S475	324	170	5.15	37.64
4	HOC	400	178	4.99	42.80
5	HOO	338	176	4.85	40.30
6	MOC	307	167	4.60	37.12
7	MOO	330	167	5.22	37.58
8	CM1-TL	412	212	6.18	37.79
9	เชียงใหม่ 1	362	180	5.88	33.86
10	แปซิฟิค 77	337-400	140-170	-	40-42
11	ไพโอเนียร์ จัมโบ้	467.24	193.30	5.72	42.10

3) ป้าย (Tag) สำหรับเขียนชื่อพันธุ์

4) ถุงไนลอนสำหรับการเก็บเกี่ยวทานตะวัน

5) ระบบการให้น้ำแบบพ่นฝอย (Sprinkler Irrigation)

6) เครื่องมือการเกษตรอื่น ๆ ได้แก่ ไม้วัดระยะปลูก 75×30 เซนติเมตร จอบ กรรไกรตัดแต่งกิ่ง ถังพ่นสารเคมี ฯลฯ

7) วัสดุอื่น ๆ ได้แก่ ถุงกระดาษสีน้ำตาล เบอร์ 2, 12 และ 20 กระดาษกรอง เบอร์ 4 ถุงมือยาง ตัวทำละลาย petroleum ether boiling point 60 : 40 ปากคีบ กระบอกตวง 150 มล. บีกเกอร์ 150 มล. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 3 ตำแหน่ง เครื่องบด ตู้อบความร้อน ตู้ดูดความชื้น เครื่องวิเคราะห์ไขมันแบบอัตโนมัติ (Auto Fat Extraction System) ยี่ห้อ FOSS รุ่น Soxtec™ 2050 ชุดสกัดไขมัน (Fat Extraction Unit)

3.1.3 สถานที่ทำการทดลอง

ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา

ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาพืช ห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์อาหาร อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา

3.1.4 ระยะเวลาทำการทดลอง

เริ่มต้นทำการทดลองในเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2551 ถึง เดือน เมษายน พ.ศ. 2552

3.1.5 การปลูกทดสอบทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์

3.1.5.1 วิธีการทดลอง

ปลูกทดสอบทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ต่าง ๆ จำนวน 9 พันธุ์ ร่วมกับพันธุ์ลูกผสม จำนวน 2 พันธุ์ คือ พันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ (ข้อ 3.1.2) ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งมีลักษณะและคุณสมบัติของดินเป็นชุดดินลพบุรี (ตารางภาคผนวกที่ 3 และ 4) ในเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2551 ถึง เดือน เมษายน พ.ศ. 2552 โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (randomized complete block design, RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำมีแปลงย่อยจำนวน 5 แถว ความยาวแถว 6 เมตร

เตรียมแปลงทดลองโดยการไถดะด้วยผาน 3 ตากดินไว้ประมาณ 7 วัน แล้วไถย่อยดินโดยใช้ผาน 7 เพื่อให้ก้อนดินมีขนาดเล็กลงรวมทั้งเป็นการกำจัดวัชพืช ตากดินไว้ประมาณ 7 วัน และย่อยดินให้ละเอียดด้วยเครื่องย่อยดินแบบละเอียด กาแถวปลูกลึกประมาณ 5-7 เซนติเมตร ก่อนปลูกใส่ปุ๋ยรองพื้นด้วยปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และโรยคาร์โบฟูรานเพื่อป้องกันแมลง ทำการปลูกแต่ละแปลงย่อย จำนวน 5 แถว ระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 30 เซนติเมตร โดยหยอดเมล็ดทานตะวันหลุมละ 3-4 เมล็ด หลังปลูกทำการกลบหลุมลึกประมาณ 3-7 เซนติเมตร หลังจากกลบหลุมแล้วให้น้ำทันที จากนั้นพ่นสารเคมีอะลาคลอร์ (alachlor) 500-600 ซีซีต่อน้ำ 60 ลิตร ต่อพื้นที่ 1 ไร่ เพื่อกำจัดวัชพืชก่อนงอก เมื่อทานตะวันอายุ 15 วัน ทำการถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม และเมื่อทานตะวันอายุ 25-30 วัน ทำการกำจัดวัชพืช และใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อีกครั้ง อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ พร้อมกับพูนโคน ทำการฉีดพ่นสารเคมีป้องกันและกำจัดโรค และแมลงตามความจำเป็น การให้น้ำมีการให้น้ำแบบพ่นฝอย (sprinkler irrigation) สัปดาห์ละ 1 ครั้งจนกระทั่งเก็บเกี่ยว

3.1.5.2 การบันทึกข้อมูล

ทำการบันทึกข้อมูลของลักษณะต่าง ๆ ของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ จำนวน 9 พันธุ์ และพันธุ์ลูกผสม จำนวน 2 พันธุ์ ข้อมูลที่ทำการบันทึกมีดังนี้

1) อายุออกดอก บันทึกอายุออกดอก นับจากวันปลูกถึงวันที่ดอกแรกบานที่ระยะ R5.2 (Schneiter and Miller, 1981) ซึ่งสังเกตจากการที่ดอกภายในจานดอกทานตะวัน (disc flower) เริ่มบาน และมีก้านชูละอองเกสรโผล่ออกมาประมาณ 2 แถววงนอกของดอก หรือดอกบานแล้ว 20

เปอร์เซ็นต์ โดยดูทั้งแถว ในแต่ละแปลงย่อย แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย 10 ดอกแรก

2) อายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ บันทึกอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ นับจากวันปลูกถึงวันที่ดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นทั้งหมดในแต่ละแปลงย่อย โดยดูทั้ง แปลงย่อย ในแต่ละแปลงย่อย แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยครึ่งแปลงย่อยแรก

3) อายุเก็บเกี่ยว บันทึกอายุเก็บเกี่ยว นับจากวันปลูกถึงวันเก็บเกี่ยวที่ระยะ R9 ซึ่งสังเกตจากการที่ด้านหลังของจานดอกทานตะวันเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง-น้ำตาล โดยดูทั้งแถว ในแต่ละแปลงย่อย แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย 10 ดอกแรก

4) ความสม่ำเสมอของอายุออกดอก บันทึกความสม่ำเสมอของอายุ ออกดอก ให้คะแนน 1-5 ที่ระยะ R5 โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ โดยดูทั้งแปลงย่อย ในแต่ละแปลงย่อย ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะความสม่ำเสมอของอายุออกดอก

คะแนน	ลักษณะของอายุออกดอก
1	ลักษณะของต้นที่มีอายุออกดอกสม่ำเสมอไม่เกิน 45%
2	ลักษณะของต้นที่มีอายุออกดอกสม่ำเสมอมากกว่า 45% แต่ไม่เกิน 60%
3	ลักษณะของต้นที่มีอายุออกดอกสม่ำเสมอมากกว่า 60% แต่ไม่เกิน 75%
4	ลักษณะของต้นที่มีอายุออกดอกสม่ำเสมอมากกว่า 75% แต่ไม่เกิน 90%
5	ลักษณะของต้นที่มีอายุออกดอกสม่ำเสมอมากกว่า 90% ขึ้นไป

5) เปอร์เซ็นต์การแตกกิ่ง บันทึกการแตกกิ่ง โดยนับจำนวนต้นที่มีการ แตกกิ่งทุกแถวในแต่ละแปลงย่อย หลังจากนั้นนำมาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การแตกกิ่ง

6) ความสูงลำต้น บันทึกความสูง โดยวัดความสูงลำต้นเป็นเซนติเมตรจากพื้นดินถึงคอดอกของทานตะวันที่ระยะ R8 ทำการสุ่มทั้งหมดจำนวน 30 ต้น ในแต่ละแปลงย่อย แล้วหาค่าเฉลี่ย

7) ความสม่ำเสมอของความสูง บันทึกความสม่ำเสมอของความสูง โดยมีการบันทึกเพื่อให้คะแนน 1-5 ที่ระยะ R5 โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ โดยดูทั้งแปลงย่อย ในแต่ละแปลงย่อย ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังตารางที่ 3.3

8) ความแข็งแรงของคอดอก บันทึกความแข็งแรงของคอดอก ให้คะแนน 1-5 ที่ระยะ R7 โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ ทำการสุ่มทั้งหมดจำนวน 30 ต้น ในแต่ละแปลงย่อย แล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.3 เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะความสม่ำเสมอของความสูง

คะแนน	ลักษณะของความสูงลำต้น
1	ลักษณะของต้นที่มีความสูงสม่ำเสมอไม่เกิน 45%
2	ลักษณะของต้นที่มีความสูงสม่ำเสมอมากกว่า 45% แต่ไม่เกิน 60 %
3	ลักษณะของต้นที่มีความสูงสม่ำเสมอมากกว่า 60% แต่ไม่เกิน 75%
4	ลักษณะของต้นที่มีความสูงสม่ำเสมอมากกว่า 75% แต่ไม่เกิน 90%
5	ลักษณะของต้นที่มีความสูงสม่ำเสมอมากกว่า 90% ขึ้นไป

ตารางที่ 3.4 เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะความแข็งแรงของคอดอก

คะแนน	ลักษณะของคอดอก
1	ลักษณะของคอดอกที่หักลีบ โค้งงอหัก โค้งมากกว่า 85% ขึ้นไป ของความยาวลำต้น ไม่สามารถรับน้ำหนักของดอกได้
2	ลักษณะของคอดอกที่ลีบ โค้งงอใกล้จะหัก โค้งมากกว่า 60% แต่ไม่เกิน 85% ของความยาวลำต้น รับน้ำหนักของดอกได้ไม่ดี
3	ลักษณะของคอดอกที่ดี โค้งงอพอควร โค้งมากกว่า 35% แต่ไม่เกิน 60% ของความยาวลำต้น แต่สามารถรับน้ำหนักดอกได้โดยไม่หัก
4	ลักษณะของคอดอกที่มีขนาดใหญ่ แข็งแรง โค้งประมาณ 15-35% ของความยาวลำต้น รับน้ำหนักดอกขนาดใหญ่ได้โดยไม่หัก
5	ลักษณะของคอดอกที่มีขนาดใหญ่มาก แข็งแรง ตั้งตรงกับลำต้น หรือโค้งไม่เกิน 15% ของความยาวลำต้น ต้านทานต่อการหักล้ม

9) รูปทรงของดอก บันทึกรูปทรงของดอก ให้คะแนน 1-5 โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ ทำการสุ่มทั้งหมดจำนวน 30 ดอก ในแต่ละแปลงย่อย แล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังตารางที่ 3.5

10) ขนาดดอก บันทึกขนาดดอก ทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางตามรูปทรง ของดอกด้านที่กว้างที่สุดเป็นเซนติเมตร ทำการสุ่มทั้งหมดจำนวน 30 ดอก ในแต่ละแปลงย่อย แล้วหาค่าเฉลี่ย

11) ความสม่ำเสมอของขนาดดอก บันทึกความสม่ำเสมอของขนาดดอกให้คะแนน 1-5 โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ ทำการสุ่มทั้งหมดจำนวน 30 ดอก ในแต่ละแปลงย่อย แล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.5 เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะรูปทรงของดอก

คะแนน	ลักษณะของรูปทรงดอก
1	ลักษณะของดอกบิดเบี้ยวไม่ได้รูปทรง หรือมีรูปทรงที่ดีไม่เกิน 45% และมีขนาดดอกเล็ก
2	ลักษณะของดอกที่ค่อนข้างบิดเบี้ยว หรือมีรูปทรงที่ดีประมาณ 45-60% และมีขนาดดอกเล็ก
3	ลักษณะของดอกที่มีรูปทรงที่ดีมากกว่า 60% แต่ไม่เกิน 75% คือ ไม่บิดเบี้ยว ด้านหลังไม่โค้งงอ ขนาดดอกปานกลาง
4	ลักษณะของดอกที่มีรูปทรงที่ดีมากกว่า 75% แต่ไม่เกิน 90% คือ ไม่บิดเบี้ยว ด้านหลังไม่โค้งงอ ขนาดดอกค่อนข้างโต
5	ลักษณะของดอกที่มีรูปทรงที่ดีตรงตามต้องการมากกว่า 90% ขึ้นไป คือ ไม่บิดเบี้ยว ด้านหลังไม่โค้งงอ และมีขนาดใหญ่

ตารางที่ 3.6 เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะความสม่ำเสมอของขนาดดอก

คะแนน	ลักษณะของขนาดดอก
1	ลักษณะของต้นที่มีขนาดดอกสม่ำเสมอไม่เกิน 45%
2	ลักษณะของต้นที่มีขนาดดอกสม่ำเสมอมากกว่า 45% แต่ไม่เกิน 60 %
3	ลักษณะของต้นที่มีขนาดดอกสม่ำเสมอมากกว่า 60% แต่ไม่เกิน 75%
4	ลักษณะของต้นที่มีขนาดดอกสม่ำเสมอมากกว่า 75% แต่ไม่เกิน 90%
5	ลักษณะของต้นที่มีขนาดดอกสม่ำเสมอมากกว่า 90% ขึ้นไป

12) เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม บันทึกการผสมติดของดอก วัดเป็นเซนติเมตร โดยวัดส่วนที่เมล็ดเต็มผสมติด ซึ่งจะอยู่วงด้านนอกของดอก และหารด้วยขนาดดอกคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ทำการสุ่มทั้งหมดจำนวน 20 ดอก ในแต่ละแปลงย่อย แล้วหาค่าเฉลี่ย

13) เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ บันทึกการผสมไม่ติดของดอก วัดเป็นเซนติเมตร โดยวัดส่วนที่เมล็ดลีบผสมไม่ติดซึ่งจะอยู่วงด้านในของดอก และหารด้วยขนาดดอกคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ทำการสุ่มทั้งหมดจำนวน 20 ดอก ในแต่ละแปลงย่อย แล้วหาค่าเฉลี่ย

14) เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด นำผลผลิตต่อพื้นที่มาหาเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด (ดัดแปลงจาก อารีย์ ทิมินกุล, 2547) ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด} = \frac{\text{ผลผลิต(กก./ไร่)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด(กก./ไร่)}} \times 100$$

15) ขนาดเมล็ด บันทึกขนาดเมล็ด ทำการสุ่มทั้งหมด จำนวน 1,000 เมล็ด ในแต่ละแปลงย่อย แล้วชั่งน้ำหนักเป็นกรัม จำนวน 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

16) ผลผลิต (กก./ไร่) เก็บเกี่ยวทานตะวันจาก 3 แถวกลาง ตัดต้นหัวแปลง และท้ายแปลงทิ้งด้านละ 1 ต้น วัดขนาดแปลง นับจำนวนดอก เก็บเกี่ยวดอกรวบรวมแต่ละแปลงย่อยใส่ถุงไนลอน นำมาตากให้แห้ง แต่ละแปลงนวดแยกกัน เมื่อนวดแล้วทำการชั่ง น้ำหนักเมล็ดของแต่ละแปลงย่อย และทำการวัดความชื้นของเมล็ดโดยใช้เครื่อง Dole Model 400B Moisture Tester แล้วปรับความชื้นเป็น 12 เปอร์เซ็นต์ และคำนวณผลผลิตเป็นกิโลกรัมต่อไร่ (ภาคภูมิ ศรีหมื่นไวย, 2549) ดังนี้

$$\text{ผลผลิต (กก./ไร่)} = \frac{A}{1,000} \times \frac{1,600}{B} \times \frac{100 - C}{88}$$

เมื่อให้ A = ผลผลิตที่ชั่งได้ (กรัม/แปลง)
B = พื้นที่เก็บเกี่ยวเป็นตารางเมตร
C = ความชื้นที่วัดได้ (เปอร์เซ็นต์)

17) เปอร์เซ็นต์น้ำมัน สกัดน้ำมันทานตะวัน และวิเคราะห์ตามวิธีการของ AOAC (2000) แล้วนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำมัน

18) ผลผลิตน้ำมัน ทำการคำนวณหาผลผลิตน้ำมัน (กก./ไร่) โดยการนำผลผลิต (กก./ไร่) มาคำนวณหาผลผลิตน้ำมันได้ดังนี้

$$\text{ผลผลิตน้ำมัน (กก./ไร่)} = \text{ผลผลิตเมล็ด (กก./ไร่)} \times \text{เปอร์เซ็นต์น้ำมัน (\%)}$$

3.1.5.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์วาเรียนซ์ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ DMRT นำข้อมูลลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมัน องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร ทั้ง 18 ลักษณะ จากทั้ง 4 ซ้ำ มาหาค่าเฉลี่ย แล้วทำการวิเคราะห์วาเรียนซ์ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ DMRT โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows Version 14.0 (Levesque and SPSS Inc., 2006) ซึ่งลักษณะต่าง ๆ ของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ อายุออกดอก อายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ อายุเก็บเกี่ยว

ความสม่ำเสมอของอายุออกดอก เปอร์เซ็นต์การแตกกิ่ง ความสูงลำต้น ความสม่ำเสมอของความสูง ความแข็งแรงของคอดอก รูปทรงของดอก ขนาดดอก ความสม่ำเสมอของขนาดดอก เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด ขนาดเมล็ด ผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และผลผลิตน้ำมัน ส่วนลักษณะเปอร์เซ็นต์การแตกกิ่ง เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ และเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด ทำการแปลงข้อมูลโดยวิธีอาร์คไซน์หรือแองกูลาร์ เนื่องจากข้อมูลลักษณะนี้วัดเป็นเปอร์เซ็นต์

2) การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) ทำการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางยีโนไทพ์ (genotypic coefficient of variation; GCV), สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางฟีโนไทพ์ (phenotypic coefficient of variation; PCV), สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางสภาพแวดล้อม (environmental coefficient of variation; ECV) โดยมีสมการดังต่อไปนี้

$$\text{สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางยีโนไทพ์} = \frac{\sqrt{V_g}}{\bar{X}..}$$

$$\text{สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางฟีโนไทพ์} = \frac{\sqrt{V_g + V_e}}{\bar{X}..}$$

$$\text{สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางสภาพแวดล้อม} = \frac{\sqrt{V_e}}{\bar{X}..}$$

เมื่อให้ V_g = วาเรียนซ์เนื่องจากผลของยีน

V_e = วาเรียนซ์เนื่องจากผลของสภาพแวดล้อม

$\bar{X}..$ = ค่าเฉลี่ย

3) การวิเคราะห์อัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง ทำการคำนวณตามวิธีการของ Warner (1952) โดยมีสมการดังต่อไปนี้

$$\text{อัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง } (h_b^2) = \frac{V_g}{V_{ph}}$$

เมื่อให้ V_g = วาเรียนซ์เนื่องจากผลของยีน

V_{ph} = วาเรียนซ์เนื่องจากฟีโนไทพ์

4) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ กับผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมัน ทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ กับผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมัน (Falconer, 1960) ซึ่งลักษณะต่าง ๆ ของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ อายุออกดอก อายุเก็บเกี่ยว ความสูงลำต้น ความแข็งแรงของคอดอก ขนาดดอก ขนาดเมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด เปอร์เซ็นต์น้ำมัน ผลผลิตน้ำมัน และผลผลิต ดังนี้

1) สหสัมพันธ์ลักษณะภายนอกระหว่างลักษณะ x และ y

$$r_{ph(xy)} = \frac{\sigma_{ph(xy)}}{\sqrt{(\sigma^2_{ph(x)})(\sigma^2_{ph(y)})}}$$

2) สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะ x และ y

$$r_{g(xy)} = \frac{\sigma_{g(xy)}}{\sqrt{(\sigma^2_{g(x)})(\sigma^2_{g(y)})}}$$

เมื่อให้ $\sigma_{ph(xy)}$ = โควาเรียนซ์ของลักษณะภายนอกของลักษณะ x และ y

$\sigma_{g(xy)}$ = โควาเรียนซ์ของพันธุกรรมของลักษณะ x และ y

$\sigma^2_{ph(x)}$ = วาเรียนซ์ของลักษณะภายนอกของลักษณะ x

$\sigma^2_{ph(y)}$ = วาเรียนซ์ของลักษณะภายนอกของลักษณะ y

$\sigma^2_{g(x)}$ = วาเรียนซ์ของพันธุกรรมของลักษณะ x

$\sigma^2_{g(y)}$ = วาเรียนซ์ของพันธุกรรมของลักษณะ y

5) การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง ทำการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางของลักษณะทางเกษตรที่สำคัญต่อผลผลิต (Singh and Chaudhary, 1979) ดังนี้

1) ความสัมพันธ์ของลักษณะทางเกษตรต่อผลผลิต

$$y_1 = x_1 + x_2 + x_3 + \ldots + x_n$$

เมื่อให้ y_1 = ผลผลิต

2) สัมประสิทธิ์เส้นทาง

นำค่าสหสัมพันธ์มาวิเคราะห์หาขนาดของอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมของลักษณะทางเกษตรต่อผลผลิต ดังนี้

$$r(x_1, y_1) = P + r(x_1, x_2)Q + r(x_1, x_3)R$$

$$r(x_2, y_1 = r(x_2, x_1)P + Q + r(x_2, x_3)R$$

$$r(x_3, y_1) = r(x_3, x_1)P + r(x_3, x_2)Q + R$$

เมื่อให้ y_1 = ลักษณะผลผลิต

x_1 = ลักษณะทางเกษตรที่ 1

x_2 = ลักษณะทางเกษตรที่ 2

x_3 = กษณะทางเกษตรที่ 3

P = อิทธิพลทางตรงของลักษณะที่ 1 ต่อผลผลิต

Q = อิทธิพลทางตรงของลักษณะที่ 2 ต่อผลผลิต

R = อิทธิพลทางตรงของลักษณะที่ 3 ต่อผลผลิต

3.2 การทดสอบสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปของสายพันธุ์ สมรรถนะการรวมตัวจำเพาะและความดีเด่นของลูกผสมทานตะวัน

3.2.1 ข้อมูลลักษณะสภาพภูมิอากาศโดยทั่วไป

ทำการรวบรวมข้อมูลลักษณะทางภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย จำนวนวันฝนตก ปริมาณฝนสูงสุดใน 24 ชั่วโมง และปริมาณฝนทั้งหมดจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครราชสีมา (ภาพภาคผนวกที่ 2-6)

3.2.2 วัสดุ อุปกรณ์

1) เมล็ดทานตะวัน จำนวน 7 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ 008A, 014A, 017A, 021A, 022A, 023A และ 027A ซึ่งสายพันธุ์เหล่านี้ที่ได้รับการปรับปรุงโดยโครงการปรับปรุงพันธุ์ทานตะวัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งมีสมรรถนะการรวมตัวสูง (ไพศาล เหล่าสุวรรณ และคณะ, 2548) และพันธุ์เปรียบเทียบ จำนวน 2 พันธุ์ คือ พันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ ซึ่งแต่ละสายพันธุ์มีลักษณะที่สำคัญ ดังตารางที่ 3.7

2) ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 และสารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ได้แก่ สารกำจัดโรคพืชเบโนมิล (benomyl) [Active Ingredient : methyl 1-(butylcarbamoyl)-benzimidozol-2-yl carbamate 50% WP] สารกำจัดแมลงคาร์โบฟูราน (carbofuran) [Active Ingredient : 2, 3-dihydro-2,

2-dimethylbenzofuran-7-yl methylcarbamate 3% GR] สารกำจัดแมลงไดเมโทเอต (dimethoate) [Active Ingredient : O, O-dimethyl S-methylcarbamoylmethyl phosphorodithioate 40% W/V EC] และสารป้องกันกำจัดวัชพืชก่อนงอกอะลาคลอร์ (alachlor) [Active Ingrediant : 2-chloro-2', 6'-diethyl-N-methoxymethylacetanilide 48% W/V EC]

3) ป้าย (Tag) สำหรับเขียนชื่อพันธุ์

4) ถุงไนลอนสำหรับการเก็บเกี่ยวทานตะวัน

5) ระบบการให้น้ำแบบหยด (Trickle Irrigation)

6) เครื่องมือการเกษตรอื่น ๆ ได้แก่ ไม้วัดระยะปลูก 75×30 เซนติเมตร จอบ กรรไกรตัดแต่งกิ่ง ถังพ่นสารเคมี ฯลฯ

7) วัสดุอื่น ๆ ได้แก่ ถุงกระดาษสีน้ำตาล เบอร์ 2, 12 และ 20 กระดาษกรอง เบอร์ 4 ถุงมือยาง ตัวทำละลาย petroleum ether boiling point 60 : 40 ปากคีบ กระบอกตวง 150 มล. บีกเกอร์ 150 มล. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 3 ตำแหน่ง เครื่องบด ตู้อบความร้อน ตู้ดูดความชื้น เครื่องวิเคราะห์ไขมันแบบอัตโนมัติ (Auto Fat Extraction System) ยี่ห้อ FOSS รุ่น Soxtec™ 2050 ชุดสกัดไขมัน (Fat Extraction Unit)

3.2.3 สถานที่ทำการทดลอง

1) ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ต.สุรนารี อ.เมืองจ.นครราชสีมา

2) ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาพืช และห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์อาหาร อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา

3.2.4 ระยะเวลาทำการทดลอง

เริ่มต้นทำการผสมพันธุ์ในเดือน เมษายน พ.ศ. 2551 ถึง เดือน เมษายน พ.ศ. 2552 และเริ่มต้นทำการปลูกทดสอบในเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2552 ถึง เดือน เมษายน พ.ศ. 2553

ตารางที่ 3.7 ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมันของทานตะวัน 7 สายพันธุ์

หมายเลขสายพันธุ์เดิม	สายพันธุ์ใหม่	ผลผลิต (กก./ไร่)	เปอร์เซ็นต์น้ำมัน (%)
008A	2A	352	36.26
014A	5A	308	39.02
017A	6A	171	37.39
021A	8A	297	36.86
022A	9A	265	38.34
023A	10A	293	41.40
027A	11A	356	40.73

ดัดแปลงจาก ไพศาล เหล่าสุวรรณ และคณะ, 2548

3.2.5 การปลูกทดสอบทานตะวันพันธุ์ลูกผสม

3.2.5.1 วิธีการทดลอง

1) นำทานตะวันทั้ง 7 สายพันธุ์มาผสมพันธุ์แบบพบกันหมด (diallel cross) แบบที่มีเฉพาะการผสมตรงได้จำนวน 21 คู่ผสม (ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.8) ในเดือน เมษายน พ.ศ. 2551 ถึง เดือน เมษายน พ.ศ. 2552 หลังจากนั้นทำการปลูกทดสอบทานตะวันพันธุ์ลูกผสมทั้ง 21 คู่ผสม ร่วมกับพันธุ์พ่อแม่ของคู่ผสม จำนวน 7 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ 2A, 5A, 6A, 8A, 9A, 10A และ 11A และพันธุ์เปรียบเทียบ จำนวน 2 พันธุ์ คือ พันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ ณ ฟาร์ม มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งมีลักษณะและคุณสมบัติของดินเป็นชุดดินจัตุรัส (ตารางภาคผนวกที่ 5 และ 6) ในเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2552 ถึง เดือน เมษายน พ.ศ. 2553 โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (randomized complete block design, RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำมีแปลงย่อย จำนวน 4 แถว ความยาวแถว 6 เมตร

เตรียมแปลงทดลองโดยการไถดะด้วยผาน 3 ตากดินไว้ประมาณ 7 วัน แล้วไถย่อยดินโดยใช้ผาน 7 เพื่อให้ก้อนดินมีขนาดเล็กลงรวมทั้งเป็นการกำจัดวัชพืช ตากดินไว้ประมาณ 7 วัน และย่อยดินให้ละเอียดด้วยเครื่องย่อยดินแบบละเอียด กาแถวปลูกลึกประมาณ 5-7 เซนติเมตร ก่อนปลูกใส่ปุ๋ยรองพื้นด้วยปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และโรยคาร์โบฟูรานเพื่อป้องกันแมลง ทำการปลูกแต่ละแปลงย่อย จำนวน 5 แถว ระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 30 เซนติเมตร โดยหยอดเมล็ดทานตะวันหลุมละ 3-4 เมล็ด หลังปลูกทำการกลบหลุมลึกประมาณ 3-7 เซนติเมตร หลังจากกลบหลุมแล้วให้น้ำทันที จากนั้นพ่นสารเคมีอะลาคลอร์ (alachlor) 500-600 ซีซีต่อน้ำ 60 ลิตร ต่อพื้นที่ 1 ไร่ เพื่อกำจัดวัชพืชก่อนงอก เมื่อทานตะวันอายุ 15

วัน ทำการถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม และเมื่อทานตะวันอายุ 25-30 วัน ทำการกำจัดวัชพืช และใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อีกครั้ง อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ พร้อมกับพูนโคน ทำการฉีดพ่นสารเคมีป้องกันและกำจัดโรค และแมลงตามความจำเป็น การให้น้ำมีการให้น้ำแบบหยด (trickle irrigation) สัปดาห์ละ 1 ครั้งจนกระทั่งเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 3.8 การผสมพันธุ์ระหว่างทานตะวัน 7 สายพันธุ์ที่เป็นแบบการผสมตรง (cross)

สายพันธุ์	2A	5A	6A	8A	9A	10A	11A
2A		×	×	×	×	×	×
5A			×	×	×	×	×
6A				×	×	×	×
8A					×	×	×
9A						×	×
10A							×

× = ผสมข้าม

3.2.5.2 การบันทึกข้อมูล

ทำการบันทึกข้อมูลของลักษณะต่าง ๆ ของทานตะวันพันธุ์ลูกผสม จำนวน 21 คู่ผสม และพันธุ์เปรียบเทียบ จำนวน 2 พันธุ์ ข้อมูลลักษณะที่ทำการบันทึกเหมือนกับการทดลองที่ 1 มีดังนี้ ความสูงลำต้น ความสม่ำเสมอของความสูง ความแข็งแรงของคอดอก ขนาดดอก ความสม่ำเสมอของขนาดดอก เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด ขนาดเมล็ด ผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และผลผลิตน้ำมัน ส่วนข้อมูลลักษณะที่ทำการบันทึกเพิ่มเติมจากการทดลองที่ 1 คือ จำนวนเมล็ดต่อต้น บันทึกจำนวนเมล็ดต่อต้น โดยทำการสุ่มทั้งหมด จำนวน 3 ต้น ในแต่ละแปลงย่อย หลังจากนั้นนับจำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อต้น แล้วหาค่าเฉลี่ย

3.2.5.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์วาเรียนซ์ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ DMRT นำข้อมูลลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมัน องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร ทั้ง 12 ลักษณะ จากทั้ง 4 ซ้ำ มาหาค่าเฉลี่ย แล้วทำการวิเคราะห์วาเรียนซ์ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ DMRT โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows Version 14.0 (Levesque and SPSS Inc., 2006) ซึ่งลักษณะต่าง ๆ ของทานตะวันพันธุ์ลูกผสมที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ความสูงลำต้น ความสม่ำเสมอของความสูง ความแข็งแรงของคอดอก ขนาดดอก ความสม่ำเสมอของขนาดดอก เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อต้น ขนาดเมล็ด ผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และผลผลิตน้ำมัน ส่วนลักษณะ

เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม และเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด ทำการแปลงข้อมูลโดยวิธีอาร์คไซน์หรือแองกูลาร์ เนื่องจากข้อมูลลักษณะนี้วัดเป็นเปอร์เซ็นต์

2) การวัดความดีเด่นของลูกผสม ทำการวัดความดีเด่นของลูกผสมทั้ง 21 คู่ผสม ซึ่งทำโดย 2 วิธีการ คือ

1) วัดโดยเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่ การวัดวิธีนี้เป็นการวัดความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยของพ่อแม่นี้ ซึ่งเรียกว่า เฮตเทอโรซิส (heterosis) (Burton, 1983) สามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

$$\text{Heterosis (\%)} = \frac{\bar{F}_1 - MP}{MP} \times 100$$

ทั้งนี้ให้ $\bar{F}_1$ = ค่าเฉลี่ยของลูกผสม F_1

MP = ค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ = $(\bar{P}_1 + \bar{P}_2)/2$

$\bar{P}_1$ = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์แม่

$\bar{P}_2$ = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อ

ทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติของเฮตเทอโรซิสโดยใช้ t-test (Wynne et al., 1970) ซึ่งหาได้จากสมการ ดังนี้

$$t = (\bar{F}_1 ij - MPij) / \sqrt{3/8\,\sigma_E^2}$$

ทั้งนี้ให้ $\bar{F}_1 ij$ = ค่าเฉลี่ยของลูกผสม F_1 ที่ ij

$MPij$ = ค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ที่ ij

σ_E^2 = วาเรียนซ์ที่เกิดจากการทดลอง

2) วัดโดยเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่ที่ดีกว่า การวัดวิธีนี้เป็นการวัดคุณสมบัติในด้านการใช้ประโยชน์ คือ นำค่าเฉลี่ยของลูกไปเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่ที่ให้ลักษณะที่ดี อาจเรียกการวัดแบบนี้ว่า เฮตเทอโรเบลไทโอซิส (heterobeltiosis) (Burton, 1983) ซึ่งหาได้จากสมการ ดังนี้

$$\text{Heterobeltiosis (\%)} = \frac{\bar{F}_1 - HP}{HP} \times 100$$

ทั้งนี้ให้ $\bar{F}_1$ = ค่าเฉลี่ยของลูก F_1

HP = ค่าเฉลี่ยของพ่อหรือแม่ที่มีลักษณะดีกว่าของคู่ผสม

ทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติของเฮตเทอโรเบลไตโอซิสโดยใช้ t-test (Wynne et al., 1970) ซึ่งหาได้จากสมการ ดังนี้

$$t = (\bar{F}_1 ij - HPij) / \sqrt{1/2\,\sigma_E^2}$$

ทั้งนี้ให้ $\bar{F}_1 ij$ = ค่าเฉลี่ยของลูก F_1 ที่ ij

HPij = ค่าเฉลี่ยของพ่อหรือแม่ที่มีลักษณะดีกว่าของคู่ผสมที่ ij

σ_E^2 = วาเรียนซ์ที่เกิดจากการทดลอง

3) การวิเคราะห์สมรรถนะการรวมตัวทั่วไป (gca) และสมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ (sca) โดยใช้วิธีการของ Griffing (1956) วิธีที่ 4 นำข้อมูลของลักษณะต่าง ๆ มาคำนวณ gca และ sca ซึ่งถ้าพบว่า gca, sca มีความสำคัญทางสถิติคำนวณหา gca (g_i) ของแต่ละสายพันธุ์ และ sca (s_{ij}) ของแต่ละคู่ผสมต่อไป ดังนี้

$$g_i = \frac{1}{p(p-1)}[pX_i. - 2X..]$$

$$s_{ij} = X_{ij} - \frac{1}{p-2}(X_i. + X._j) + \frac{2}{(p-1)(p-2)}X..$$

ทั้งนี้ให้ $X_i.$ = ผลรวมของแถวที่ i

$X._j$ = ผลรวมของสดมภ์ที่ j

$X..$ = ผลรวมทั้งหมด

X_{ij} = ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่ ij

p = จำนวนสายพันธุ์ที่ใช้ในการผสม

การทดสอบความสำคัญของ gca และ sca แต่ละค่ากระทำโดยการเปรียบ เทียบกับค่า C.D. (critical difference) (ไพศาล เหล่าสุวรรณ และ ปิยะดา ทิพยผ่อง, 2550) ซึ่งคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

C.D. = S.E. × t (จากตารางที่ df ของ error)

ทั้งนี้ให้ S.E. ของ gca

$$\text{Var}(g_i) = \sqrt{\frac{p-1}{p(p-2)}\sigma_E^2}$$

เมื่อให้ p = จำนวนพ่อแม่

σ_E^2 = วาเรียนซ์ที่เกิดจากการทดลอง

ทั้งนี้ให้ S.E. ของ sca

$$\text{Var}(s_{ij}) = \sqrt{\frac{p-3}{p-1}\sigma^2 E}$$

เมื่อให้ p = จำนวนพ่อแม่

σ_E^2 = วาเรียนซ์ที่เกิดจากการทดลอง

ถ้าหากว่า gca และ sca มีค่าสูงกว่า C.D. ที่คำนวณได้ แสดงว่าแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 3.9 ค่าคาดหมาย mean square (EMS) ของ gca และ sca โดยใช้วิธีของ Griffing (1956) วิธีที่ 4

Sources	**df**	**EMS (Model II)**
gca	p - 1	$\sigma^2 + \sigma_s^2 + (p-2)\sigma_g^2$
sca	p(p - 3)/2	$\sigma^2 + \sigma_s^2$
Error	(n-1)(t-1)	σ^2

ทั้งนี้ t = จำนวนสายพันธุ์ที่ใช้ในการผสม

3.3 การทดสอบศักยภาพในการให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์น้ำมัน ของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์และพันธุ์ลูกผสม

3.3.1 ข้อมูลลักษณะสภาพภูมิอากาศโดยทั่วไป

ทำการรวบรวมข้อมูลลักษณะทางภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย จำนวนวันฝนตก ปริมาณฝนสูงสุดใน 24 ชั่วโมง และปริมาณฝนทั้งหมดจากสถานีอากาศเกษตรปากช่อง (ภาพภาคผนวกที่ 7-11)

3.3.2 วัสดุ อุปกรณ์

1) เมล็ดพันธุ์ทานตะวัน พันธุ์สังเคราะห์ต่าง ๆ จำนวน 6 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ S473, S475, HOC, HOO, MOO, CM1-TL ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงที่ให้ผลการทดสอบที่ดีจากการทดลองที่ 1 และพันธุ์ลูกผสมต่าง ๆ จำนวน 6 คู่ผสม ได้แก่ 5A×2A, 10A×2A, 10A×5A, 11A×2A, 11A×5A, 11A×10A ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงที่ให้ผลการทดสอบที่ดีจากการทดลองที่ 2 และพันธุ์เปรียบเทียบ จำนวน 2 พันธุ์ คือ พันธุ์เชียงใหม่ 1 และพันธุ์แปซิฟิค 77

2) ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 และสารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ได้แก่ สารกำจัดโรคพืชเบโนมิล (benomyl) [Active Ingredient : methyl 1-(butylcarbamoyl)-benzimidozol-2-yl carbamate 50% WP] สารกำจัดแมลงคาร์โบฟูราน (carbofuran) [Active Ingredient : 2, 3-dihydro-2, 2-dimethylbenzofuran-7-yl methylcarbamate 3% GR] สารกำจัดแมลงไดเมโทเอต (dimethoate) [Active Ingredient : O, O-dimethyl S-methylcarbamoylmethyl phosphorodithioate 40% W/V EC] และสารป้องกันกำจัดวัชพืชก่อนงอกอะลาคลอร์ (alachlor) [Active Ingrediant : 2-chloro-2', 6'-diethyl-N-methoxymethylacetanilide 48% W/V EC]

3) ป้าย (Tag) สำหรับเขียนชื่อพันธุ์

4) ถุงไนลอนสำหรับการเก็บเกี่ยวทานตะวัน

5) ระบบการให้น้ำแบบพ่นฝอย

6) เครื่องมือการเกษตรอื่น ๆ ได้แก่ ไม้วัดระยะปลูก 75×30 เซนติเมตร จอบ กรรไกรตัดแต่งกิ่ง ถังพ่นสารเคมี ฯลฯ

7) วัสดุอื่น ๆ ได้แก่ ถุงกระดาษสีน้ำตาล เบอร์ 2, 12 และ 20 กระดาษกรอง เบอร์ 4 ถุงมือยาง ตัวทำละลาย petroleum ether boiling point 60 : 40 ปากคีบ กระบอกตวง 150 มล. บีกเกอร์ 150 มล. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 3 ตำแหน่ง เครื่องบด ตู้อบความร้อน ตู้ดูดความชื้น เครื่องวิเคราะห์ไขมันแบบอัตโนมัติ (Auto Fat Extraction System) ยี่ห้อ FOSS รุ่น Soxtec™ 2050 ชุดสกัดไขมัน (Fat Extraction Unit)

3.3.3 สถานที่ทำการทดลอง

1) ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ต.กลางดง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา

2) ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาพืช และห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์อาหาร อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา

3.3.4 ระยะเวลาทำการทดลอง

เริ่มต้นทำการทดลองในเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2553 ถึง เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2553

3.3.5 การปลูกทดสอบทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์และพันธุ์ลูกผสม

3.3.5.1 วิธีการทดลอง

ปลูกทดสอบเปรียบเทียบศักยภาพในการให้ผลผลิตของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ต่าง ๆ จำนวน 6 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ S473, S475, HOC, HOO, MOO, CM1-TL ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงที่ให้ผลการทดสอบที่ดีจากการทดลองที่ 1 และทานตะวันพันธุ์ลูกผสมต่าง ๆ จำนวน 6 คู่ผสม ได้แก่ 5A×2A, 10A×2A, 10A×5A, 11A×2A, 11A×5A, 11A×10A ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงที่ให้ผลการทดสอบที่ดีจากการทดลองที่ 2 ร่วมกับพันธุ์เปรียบเทียบ 2 พันธุ์ คือ พันธุ์เชียงใหม่ 1 และพันธุ์แปซิฟิค 77 ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ซึ่งมีลักษณะและคุณสมบัติของดินเป็นชุดดินปากช่อง (ตารางภาคผนวกที่ 7 และ 8) ในเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2553 ถึง เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2553 โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (randomized complete block design, RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำมีแปลงย่อยจำนวน 4 แถว ความยาวแถว 6 เมตร

เตรียมแปลงทดลองโดยการไถดะด้วยผาน 3 ตากดินไว้ประมาณ 7 วัน แล้วไถย่อยดินโดยใช้ผาน 7 และย่อยดินให้ละเอียดด้วยเครื่องย่อยดินแบบละเอียด กาแถวปลูกลึกประมาณ 5-7 เซนติเมตร ก่อนปลูกใส่ปุ๋ยรองพื้นด้วยปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ทำการปลูกแต่ละแปลงย่อยจำนวน 5 แถว ระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 30 เซนติเมตร หยอดเมล็ดหลุมละ 3-4 เมล็ด หลังจากกลบหลุมแล้วให้น้ำทันที จากนั้นพ่นสารเคมี อะลาคลอร์ (alachlor) 500-600 ซีซีต่อน้ำ 60 ลิตร ต่อพื้นที่ 1 ไร่ เพื่อกำจัดวัชพืชก่อนงอก เมื่อทานตะวันอายุ 15 วัน ทำการถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม และเมื่อทานตะวันอายุ 25-30 วัน กำจัดวัชพืช และใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อีกครั้ง อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ พร้อมกับพูนโคน ทำกา ฉีดพ่นสารเคมีป้องกันและกำจัดโรค และแมลงตามความจำเป็น ให้น้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้งจนกระทั่งเก็บเกี่ยว

3.3.5.2 การบันทึกข้อมูล

ทำการบันทึกข้อมูลของลักษณะต่าง ๆ ของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ จำนวน 6 พันธุ์ พันธุ์ลูกผสม จำนวน 6 คู่ผสม และพันธุ์เปรียบเทียบ จำนวน 2 พันธุ์ ข้อมูลลักษณะที่ทำการบันทึกเหมือนกับการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2 มีดังนี้ อายุออกดอก อายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ อายุเก็บเกี่ยว ความสม่ำเสมอของอายุออกดอก เปอร์เซ็นต์การแตกกิ่ง ความสูงลำต้น

ความสม่ำเสมอของความสูง ความแข็งแรงของคอดอก รูปทรงของดอก ขนาดดอก ความสม่ำเสมอของขนาดดอก เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อต้น ขนาดเมล็ด ผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และผลผลิตน้ำมัน ส่วนข้อมูลลักษณะที่ทำการบันทึกเพิ่มเติมจากการทดลองที่ 1 มีดังนี้

ความสม่ำเสมอของอายุเก็บเกี่ยว บันทึกความสม่ำเสมอของอายุเก็บเกี่ยวให้คะแนน 1-5 ที่ระยะ R9 โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์เชียงใหม่ 1 และพันธุ์แปซิฟิค 77 โดยดูทั้งแปลงย่อย ในแต่ละแปลงย่อย ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะความสม่ำเสมอของอายุเก็บเกี่ยว

คะแนน	ลักษณะของอายุเก็บเกี่ยว
1	ลักษณะของต้นที่มีอายุเก็บเกี่ยวสม่ำเสมอไม่เกิน 45%
2	ลักษณะของต้นที่มีอายุเก็บเกี่ยวสม่ำเสมอมากกว่า 45% แต่ไม่เกิน 60%
3	ลักษณะของต้นที่มีอายุเก็บเกี่ยวสม่ำเสมอมากกว่า 60% แต่ไม่เกิน 75%
4	ลักษณะของต้นที่มีอายุเก็บเกี่ยวสม่ำเสมอมากกว่า 75% แต่ไม่เกิน 90%
5	ลักษณะของต้นที่มีอายุเก็บเกี่ยวสม่ำเสมอมากกว่า 90% ขึ้นไป

Root lodging บันทึกการหักล้มจำนวนต้นที่มีการหักล้มของทานตะวันแบบ Root lodging ซึ่งการสังเกตจากลำต้นเอียงมากกว่า 30 องศา จากแนวตั้งที่ฐานของพืชเริ่มต้นบริเวณโซนราก (Sutter et al., 1990) โดยดูทั้งแถว ในแต่ละแปลงย่อย หลังจากนั้นนำมาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การหักล้มของทานตะวันแบบ Root lodging ให้คะแนน 1-5 ที่ระยะ R8 โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะ Root lodging

คะแนน	ลักษณะของ Root lodging
1	ลักษณะของต้นที่ไม่มีการหักล้ม หรือหักล้มไม่เกิน 10%
2	ลักษณะของต้นที่มีการหักล้มมากกว่า 10% แต่ไม่เกิน 25%
3	ลักษณะของต้นที่มีการหักล้มมากกว่า 25% แต่ไม่เกิน 50%
4	ลักษณะของต้นที่มีการหักล้มมากกว่า 50% แต่ไม่เกิน 75%
5	ลักษณะของต้นที่มีการหักล้มมากกว่า 75% ขึ้นไป

Stalk lodging บันทึกการหักล้มจำนวนต้นที่มีการหักล้มของทานตะวันแบบ Stalk lodging ซึ่งสังเกตจากลำต้นหักตั้งแต่ส่วนของลำต้นที่ต่ำกว่าคอดอกจนถึงบริเวณโคนต้น (Echezona, 2007) โดยดูทั้งแถว ในแต่ละแปลงย่อย หลังจากนั้นนำมาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การหักล้มของทานตะวันแบบ Stalk lodging ให้คะแนน 1-5 ที่ระยะ R8 โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.12 เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะ Stalk lodging

คะแนน	ลักษณะของ Stalk lodging
1	ลักษณะของต้นที่ไม่มีการหักล้ม หรือหักล้มไม่เกิน 10%
2	ลักษณะของต้นที่มีการหักล้มมากกว่า 10% แต่ไม่เกิน 25%
3	ลักษณะของต้นที่มีการหักล้มมากกว่า 25% แต่ไม่เกิน 50%
4	ลักษณะของต้นที่มีการหักล้มมากกว่า 50% แต่ไม่เกิน 75%
5	ลักษณะของต้นที่มีการหักล้มมากกว่า 75% ขึ้นไป

3.3.5.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมัน องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทาง การเกษตรทั้ง 22 ลักษณะ จากทั้ง 4 ซ้ำ มาหาค่าเฉลี่ย แล้วทำการวิเคราะห์วาเรียนซ์ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ DMRT โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows Version 14.0 (Levesque and SPSS Inc., 2006) ซึ่งลักษณะต่าง ๆ ของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และทานตะวันพันธุ์ลูกผสมที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ อายุออกดอก อายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ อายุเก็บเกี่ยว ความสม่ำเสมอของอายุ ออกดอก ความสม่ำเสมอของอายุเก็บเกี่ยว เปอร์เซ็นต์การแตกกิ่ง Root lodging, Stalk lodging ความสูงลำต้น ความสม่ำเสมอของความสูง ความแข็งแรงของคอดอก รูปทรงของดอก ขนาดดอก ความสม่ำเสมอของขนาดดอก เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อต้น ขนาดเมล็ด ผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และผลผลิตน้ำมัน ส่วนลักษณะเปอร์เซ็นต์การแตกกิ่ง เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ และเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด ทำการแปลงข้อมูลโดยวิธีอาร์คไซน์หรือแองกูลาร์ เนื่องจากข้อมูลลักษณะนี้วัดเป็นเปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการเปรียบเทียบศักยภาพในการให้ผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และลักษณะอื่น ๆ ระหว่างพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสม

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน อัตราพันธุกรรม สหสัมพันธ์ และสัมประสิทธิ์เส้นทางของลักษณะต่าง ๆ ในทานตะวัน

4.1.1 วาเรียนซ์ สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของลักษณะต่าง ๆ ในทานตะวัน

จากการวิเคราะห์ค่าวาเรียนซ์ของลักษณะทางการเกษตรทั้ง 11 ลักษณะ แสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าทานตะวันทั้ง 11 พันธุ์มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญในเกือบทุกลักษณะ ยกเว้นผลผลิตน้ำมัน และเปอร์เซ็นต์น้ำมัน จากผลการทดลองนี้ พบว่าความแปรปรวนเนื่องจากผลของสภาพแวดล้อมมีผลต่อการแสดงออกในทุกลักษณะ ได้แก่ ผลผลิต ผลผลิตน้ำมัน เปอร์เซ็นต์น้ำมัน อายุออกดอก อายุเก็บเกี่ยว ความสูงลำต้น ความแข็งแรงของคอดอก ขนาดดอก น้ำหนัก 1,000 เมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม และเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด จากผลการทดลองพบว่าลักษณะผลผลิตน้ำมัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 79.64-114.10 กิโลกรัมต่อไร่ มีอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนเนื่องจากยีโนไทพ์ (V_g) กับความแปรปรวนเนื่องจากสภาพแวดล้อม (V_e) สูงสุด โดยมีอัตราส่วนเท่ากับ 1 : 4.39 รองลงมา คือ ลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมัน (34.25-41.93%) ซึ่งมีอัตราส่วนระหว่าง V_g กับ V_e เท่ากับ 1 : 4.16 น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (39.28-49.17 กรัม) มีอัตราส่วนเท่ากับ 1 : 2.56 ผลผลิต (209.69-308.12 กิโลกรัมต่อไร่) ซึ่งมีอัตราส่วนเท่ากับ 1 : 2.12 ความแข็งแรงของคอดอก (3.53-4.01 คะแนน) ซึ่งมีอัตราส่วนเท่ากับ 1 : 2.00 ขนาดดอก (13.09-16.90 เซนติเมตร) ซึ่งมีอัตราส่วนเท่ากับ 1 : 1.42 เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม (68.44-82.68%) ซึ่งมีอัตราส่วนเท่ากับ 1 : 1.42 ส่วนลักษณะเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด (53.30-65.18%) มีอัตราส่วนระหว่าง V_g กับ V_e ต่ำสุด (1: 1.23) จากข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนเนื่องจากสภาพแวดล้อมของลักษณะผลผลิตน้ำมัน เปอร์เซ็นต์น้ำมัน น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ผลผลิต ความแข็งแรงของคอดอก ขนาดดอก เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม และเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด มีค่ามากกว่าความแปรปรวนเนื่องจากยีโนไทพ์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวาเรียนซ์ พบว่าลักษณะอายุออกดอก อายุเก็บเกี่ยว และความสูงลำต้น มีขนาดวาเรียนซ์ทางยีโนไทพ์สูงกว่าวาเรียนซ์เนื่องจากสภาพแวดล้อม ซึ่งบ่งชี้ว่าทั้งสามลักษณะมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมมากกว่าสภาพแวดล้อม แสดงว่าพันธุกรรมมีอิทธิพลมากกว่าสภาพแวดล้อมต่อการแสดงออกทั้งลักษณะอายุออกดอก อายุเก็บเกี่ยว และความสูงลำต้น ในขณะที่ลักษณะผลผลิต ผลผลิตน้ำมัน เปอร์เซ็นต์น้ำมัน ความแข็งแรงของคอดอก ขนาดดอก น้ำหนัก 1,000 เมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม และเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด มีขนาดวาเรียนซ์เนื่องจากสภาพแวดล้อม

สูงกว่าวาเรียนซ์ทางยีโนไทพ์ แสดงว่าสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลมากกว่าพันธุกรรมต่อการแสดงออกของลักษณะเหล่านี้ นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะที่มีวาเรียนซ์ทางฟีโนไทพ์ (V_{ph}) สูงสุด คือ ผลผลิต รองลงมา ได้แก่ ผลผลิตน้ำมัน และความสูงลำต้น ส่วนลักษณะที่มีวาเรียนซ์ทางฟีโนไทพ์ (V_{ph}) ต่ำสุด ได้แก่ ความแข็งแรงของคอดอก

เมื่อนำค่าวาเรียนซ์เนื่องจากผลของยีนและค่าวาเรียนซ์เนื่องจากผลของสภาพแวดล้อมของลักษณะทางการเกษตรทั้ง 11 ลักษณะ มาวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางฟีโนไทพ์ (phenotypic coefficient of variation; PCV) (ตารางที่ 4.1) พบว่าลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมัน มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางฟีโนไทพ์สูง (17.72, 16.53 และ 11.34% ตามลำดับ) และเมื่อนำค่าวาเรียนซ์เนื่องจากผลของยีนของลักษณะทางการเกษตรทั้ง 11 ลักษณะ มาวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางยีโนไทพ์ (genotypic coefficient of variation; GCV) พบว่าลักษณะที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางยีโนไทพ์สูง ได้แก่ ผลผลิต ความสูงลำต้น และผลผลิตน้ำมัน (9.36, 8.01 และ 7.63% ตามลำดับ) เมื่อทำการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนระหว่างลักษณะทางการเกษตรทั้ง 11 ลักษณะ พบว่า ทุกลักษณะมีค่า PCV สูงกว่าค่า GCV และลักษณะที่มีความแตกต่างสูงระหว่าง PCV และ GCV ได้แก่ ลักษณะผลผลิตน้ำมัน (10.09) ผลผลิต (7.17) เปอร์เซ็นต์น้ำมัน (6.35) เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม (5.90) น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (4.59) และขนาดดอก (3.23) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Seneviratne et al. (2004) พบว่าลักษณะที่มีความแตกต่างสูงระหว่าง PCV และ GCV ได้แก่ ผลผลิตน้ำมัน (3.64) และผลผลิต (3.79) และยังสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ที่พบว่าลักษณะผลผลิตและผลผลิตน้ำมันมีวาเรียนซ์เนื่องจากสภาพแวดล้อมมากกว่าวาเรียนซ์เนื่องจากพันธุกรรม แสดงว่าสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลมากกว่าพันธุกรรมในการแสดงออกของลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมัน เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และขนาดดอก ส่วนลักษณะที่มีความแตกต่างระหว่างค่า PCV และ GCV ต่ำ ได้แก่ อายุเก็บเกี่ยว (0.20) อายุออกดอก (1.02) ความแข็งแรงของคอดอก (1.66) ความสูงลำต้น (2.09) และเปอร์เซ็นต์ การกะเทาะเมล็ด (2.64) ซึ่งบ่งชี้ว่าพันธุกรรมมีอิทธิพลมากกว่าสภาพแวดล้อมในการแสดงออกของลักษณะอายุเก็บเกี่ยว อายุออกดอก ความแข็งแรงของคอดอก ความสูงลำต้น และเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Seneviratne et al. (2004) ซึ่งพบว่าลักษณะต่าง ๆ ในทานตะวันที่มีความแตกต่างระหว่างค่า PCV และ GCV ต่ำ ได้แก่ ลักษณะอายุเก็บเกี่ยว (0.43) และความสูงลำต้น (0.20) นอกจากนี้ Mijić et al. (2009) ศึกษาสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในลักษณะที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตในทานตะวันลูกผสม 14 คู่ผสม พบว่าให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ คือ ลักษณะความสูงลำต้นมีความแตกต่างระหว่างค่า PCV และ GCV ต่ำ (1.56) ในขณะที่ลักษณะอื่น ๆ มีความแตกต่างสูงระหว่าง PCV และ GCV แสดงให้เห็นว่าสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการแสดงออกในลักษณะนั้น ๆ มาก

4.1.2 อัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของลักษณะต่าง ๆ ในทานตะวัน

ค่าอัตราพันธุกรรมเป็นค่าเฉพาะของ ลักษณะ พันธุ์ ชั่ว ประชากร วิธีการ และสถานที่ที่ใช้ทำการศึกษา การใช้ปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวที่แตกต่างกันจะทำให้ค่าอัตราทางพันธุกรรมที่คำนวณได้นี้แตกต่างกันด้วย โดยทั่วไปแล้ว ลักษณะปริมาณ เช่น ผลผลิต คุณภาพ และคุณค่าทางอาหาร จะมีค่าอัตราพันธุกรรมต่ำ อัตราพันธุกรรมของลักษณะใดลักษณะหนึ่งนั้นเป็นข้อมูลสำคัญที่บอกความยากง่ายในการคัดเลือกและปรับปรุงลักษณะดังกล่าว ลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมสูง แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของลักษณะดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องมาจากผลของยีนมากกว่าสภาพแวดล้อม ดังนั้นการคัดเลือกพันธุ์จะทำได้ง่ายกว่า และสามารถเลือกใช้วิธีการปรับปรุงพันธุ์วิธีที่ง่ายในการปรับปรุงลักษณะดังกล่าวได้ ในปัจจุบันการศึกษาอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของลักษณะทางการเกษตรในทานตะวันมีจำกัด ดังนั้นการศึกษาอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของลักษณะทางการเกษตรในประชากรศึกษากลุ่มนี้ จึงสามารถใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันในอนาคตได้ ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างเป็นอัตราส่วนของความแปรปรวนระหว่างความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genotypic variance = V_g) ที่เกิดจากการแสดงผลของยีนทุกรูปแบบกับความแปรปรวนทั้งหมดในประชากร (phenotypic variance = V_{ph}) เมื่อนำค่าวาเรียนซ์เนื่องจากผลของยีนและค่าวาเรียนซ์เนื่องจากฟีโนไทพ์ของลักษณะทางการเกษตรทั้ง 11 ลักษณะมาวิเคราะห์อัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง (ตารางที่ 4.1) พบว่าลักษณะที่ให้อัตราพันธุกรรมอย่างกว้างมากกว่า 50% ได้แก่ อายุเก็บเกี่ยว (89.04%) อายุออกดอก (70.21 %) และความสูงลำต้น (62.88%) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Khan (2001) ซึ่งพบว่าลักษณะอายุเก็บเกี่ยว (96.03%) อายุออกดอก (98.56%) และความสูงลำต้น (71.00%) มีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างสูง นอกจากนี้ Seneviratne et al. (2004) ศึกษาอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างในลักษณะที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตในทานตะวัน 202 สายพันธุ์ พบว่าให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ คือ ลักษณะที่ให้อัตราพันธุกรรมอย่างกว้างสูง ได้แก่ ความสูงลำต้น (96.12%) และอายุเก็บเกี่ยว (79.94%) Mijić et al. (2009) ก็พบเช่นเดียวกันว่าความสูงลำต้นให้อัตราพันธุกรรมอย่างกว้างสูง (60.00%) แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของลักษณะอายุเก็บเกี่ยว อายุออกดอก และความสูงลำต้น เกิดขึ้นเนื่องจากผลของยีนมากกว่าสภาพแวดล้อม การทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่ายีนที่แสดงผลแบบบวกมีผลในการควบคุมการแสดงออกของทั้งสามลักษณะนี้ ดังนั้นการคัดเลือกลักษณะดังกล่าวแต่ละพันธุ์จะทำได้ง่ายกว่า และสามารถเลือกใช้วิธีการปรับปรุงพันธุ์วิธีที่ง่ายในการปรับปรุงลักษณะดังกล่าวได้ การวิเคราะห์อัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของลักษณะทางการเกษตรอื่น ๆ ทั้ง 8 ลักษณะของการทดลองนี้ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม (10.27%) ผลผลิตน้ำมัน (18.54%) เปอร์เซ็นต์น้ำมัน (19.35%) น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (28.06%) ผลผลิต (32.05%) ความแข็งแรงของคอดอก (40.00%) ขนาดดอก (41.24%) และเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด (44.76%) มีค่าต่ำกว่า 50% ซึ่งบ่งชี้ว่าลักษณะเหล่านี้ได้รับอิทธิพลจาก

ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้องกับการแสดงออก ดังนั้นลักษณะเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม ผลผลิตน้ำมัน เปอร์เซ็นต์น้ำมัน น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ผลผลิต ความแข็งแรงของคอดอก ขนาดดอก และเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด เป็นลักษณะที่ทำการคัดเลือกได้ยาก เนื่องจากลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมต่ำ การคัดเลือกต้องใช้วิธีการคัดเลือกทางอ้อม (indirect selection) ผ่านลักษณะองค์ประกอบผลผลิต

4.1.3 ค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ในทานตะวัน

ผลผลิต จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ (ตารางที่ 4.2) พบว่าผลผลิตของพันธุ์ทานตะวันมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05 และพบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์สังเคราะห์ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ลูกผสม โดยพันธุ์สังเคราะห์ให้ผลผลิตเฉลี่ยตั้งแต่ 225-308 กิโลกรัมต่อไร่ โดยพันธุ์ MOO ให้ผลผลิตสูงที่สุด คือ 308 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ พันธุ์ S475 และ S471 ซึ่งมีผลผลิตเท่ากับ 293 และ 272 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม ให้ผลผลิต 259 และ 210 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ จะเห็นว่าผลผลิตของพันธุ์สังเคราะห์ทุกพันธุ์จะให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ลูกผสม (ไพโอเนียร์ จัมโบ้)

ผลผลิตน้ำมัน จากผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของการทดลองนี้ พบว่าผลผลิตน้ำมันของพันธุ์ทานตะวันไม่แตกต่างกันทางสถิติ พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์สังเคราะห์ให้ผลผลิตน้ำมันไม่แตกต่างกับพันธุ์ลูกผสม (ตารางที่ 4.2) โดยพันธุ์สังเคราะห์ให้ผลผลิตน้ำมันเฉลี่ยตั้งแต่ 80-114 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนพันธุ์ลูกผสมแปซิฟิค 77 และพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม ให้ผลผลิตน้ำมัน 106 และ 84 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์น้ำมัน เปอร์เซ็นต์น้ำมันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของทานตะวัน จัดเป็นเป้าหมายการปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันรองจากผลผลิต (Fick and Miller, 1997) ในการทดลองครั้งนี้สกัดน้ำมันทานตะวัน และวิเคราะห์ตามวิธีการของ AOAC (2000) เมื่อนำมาวิเคราะห์วาเรียนซ์ พบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันของพันธุ์ทานตะวันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำมันของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสม พบว่าพันธุ์สังเคราะห์ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันเฉลี่ยตั้งแต่ 34.25-41.93% โดยพันธุ์ HOC ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมัน 41.93% (ตารางที่ 4.2) พันธุ์ S473 และ S475 มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันเท่ากับ 39.28 และ 39.15% ตามลำดับ ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมัน 40.81 และ 39.64% ตามลำดับ

ขนาดดอก จากผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของการทดลองนี้ แสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าขนาดดอกมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 โดยพบว่าพันธุ์สังเคราะห์ให้ขนาดดอกเฉลี่ยตั้งแต่ 13.09-16.90 เซนติเมตร โดยพันธุ์ S471 ให้ขนาดดอกใหญ่ที่สุด คือ 16.90 เซนติเมตร รองลงมา คือ พันธุ์ S475 และ MOO ซึ่งมีขนาดดอกใหญ่ 16.81 และ 16.46 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม ให้ขนาดดอก 15.50 และ

15.48 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งพันธุ์ S471, S475 และ MOO จะมีขนาดดอกใหญ่กว่าพันธุ์ลูกผสมทั้งสองพันธุ์

ความสม่ำเสมอของขนาดดอก การมีขนาดดอกเท่า ๆ กัน จัดเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่เกษตรกรต้องการ จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ พบว่าความสม่ำเสมอของขนาดดอกมีความแตกต่างกันทางสถิติ ในระดับ 0.01 พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์สังเคราะห์ให้ความสม่ำเสมอของขนาดดอกต่ำกว่าพันธุ์ลูกผสม (ตารางที่ 4.2) ซึ่งพันธุ์สังเคราะห์ให้ความสม่ำเสมอของขนาดดอกเฉลี่ยตั้งแต่ 1.75-3.25 คะแนน โดยพันธุ์ HOC ให้ความสม่ำเสมอของขนาดดอกสูงที่สุด คือ 3.25 คะแนน รองลงมา คือ พันธุ์ S473, MOC และ เชียงใหม่ 1 ซึ่งมีความสม่ำเสมอของขนาดดอก 3.00 คะแนน ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม มีความสม่ำเสมอของขนาดดอก 3.50 และ 3.25 คะแนน ตามลำดับ จะเห็นว่าความสม่ำเสมอของขนาดดอกของพันธุ์สังเคราะห์ทุกพันธุ์จะให้ความสม่ำเสมอของขนาดดอกต่ำกว่าพันธุ์ลูกผสม (แปซิฟิค 77)

ขนาดเมล็ด จากผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของการทดลองนี้ พบว่าขนาดเมล็ดมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05 พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์สังเคราะห์มีน้ำหนักเมล็ดมากกว่าพันธุ์ลูกผสม ซึ่งพันธุ์สังเคราะห์มีน้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยตั้งแต่ 41.95-49.17 กรัม/1,000 เมล็ด โดยพันธุ์ CM1-TL ให้ขนาดเมล็ดมากที่สุด คือ 49.17 กรัม/1,000 เมล็ด (ตารางที่ 4.2) รองลงมา คือ พันธุ์ MOO และ S475 ซึ่งมีขนาดเมล็ด 48.21 และ 47.38 กรัม/1,000 เมล็ด ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ และพันธุ์แปซิฟิค 77 ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม ให้ขนาดเมล็ด 45.73 และ 39.28 กรัม/1,000 เมล็ด ตามลำดับ จะเห็นว่าขนาดเมล็ดของพันธุ์สังเคราะห์ทุกพันธุ์จะมีขนาดเมล็ดมากกว่าพันธุ์ลูกผสม (แปซิฟิค 77)

เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มเป็นลักษณะที่แสดงให้เห็นว่าพันธุ์เหล่านั้นเป็นพันธุ์ที่มีความสามารถในการผสมติด ทำให้มีเมล็ดติดทั้งดอก หากมีเปอร์เซ็นต์การผสมติดสูง แสดงว่าพันธุ์นั้น ๆ มีเมล็ดเต็มอยู่มากซึ่งจะทำให้ผลผลิตมากขึ้นไปด้วย จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์แสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์สังเคราะห์ให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มสูงกว่าพันธุ์ลูกผสม ซึ่งพันธุ์สังเคราะห์ให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มเฉลี่ยตั้งแต่ 73.69-82.68% โดยพันธุ์ CM1-TL ให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มสูงที่สุด คือ 82.68% รองลงมา คือ พันธุ์ MOC และ MOO ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม 81.13 และ 80.11% ตามลำดับ ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม ให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม 71.81 และ 68.44% ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเป็นลักษณะที่แสดงให้เห็นว่าพันธุ์เหล่านั้นเป็นพันธุ์ที่มีความสามารถในการผสมติดต่ำ ทำให้มีเมล็ดติดทั้งดอกต่ำ หากมีเปอร์เซ็นต์การผสมไม่ติดสูง แสดงว่าพันธุ์นั้น ๆ มีเมล็ดลีบอยู่มากซึ่งจะทำให้ผลผลิตน้อยลงไปด้วย จากผลการ

วิเคราะห์วาเรียนซ์ของการทดลองนี้ พบว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์สังเคราะห์มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่ำกว่าพันธุ์ลูกผสม (ตารางที่ 4.2) ซึ่งพันธุ์สังเคราะห์มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเฉลี่ยตั้งแต่ 17.33-26.31% โดยพันธุ์ HOC มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูงที่สุด คือ 26.31% รองลงมา คือ พันธุ์ S475 และ S473 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ 26.13 และ 24.13% ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ และพันธุ์แปซิฟิค 77 ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูง คือ 31.56 และ 28.19% ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ พบว่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 พบว่าพันธุ์สังเคราะห์ให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดเฉลี่ยตั้งแต่ 53.30-65.18% โดยพันธุ์เชียงใหม่ 1 ให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดสูงที่สุด คือ 65.18% (ตารางที่ 4.2) รองลงมา คือ พันธุ์ S473 และ CM1-TL ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด 61.58 และ 58.80% ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ และพันธุ์แปซิฟิค 77 ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม ให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด 59.05 และ 57.22% ตามลำดับ ซึ่งเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดของพันธุ์เชียงใหม่ 1 และ S473 จะให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดสูงกว่าพันธุ์ลูกผสมทั้งสองพันธุ์

อายุออกดอก ในพืชหลายชนิดใช้อายุออกดอกเป็นตัวชี้การเป็นพันธุ์หนักหรือพันธุ์เบา ซึ่งการทดลองครั้งนี้ทำการนับจากวันปลูกถึงวันที่ดอกแรกบานที่ระยะ R5.2 (Schneiter and Miller, 1981) พบว่าอายุออกดอกมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 ค่าเฉลี่ยอายุออกดอกของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสม แสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์สังเคราะห์มีอายุออกดอกเร็วกว่าพันธุ์ลูกผสม ซึ่งพันธุ์สังเคราะห์มีอายุออกดอกเฉลี่ยตั้งแต่ 61-73 วัน โดยพันธุ์ S473 และ MOO มีอายุออกดอกเร็วที่สุด คือ 61 วัน รองลงมา คือ พันธุ์ S471, HOO และ MOC ซึ่งมีอายุออกดอก 62 วัน ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม มีอายุออกดอก 66 และ 68 วัน ตามลำดับ จะเห็นว่าอายุออกดอกของพันธุ์ CM1-TL จะมีอายุออกดอกช้ากว่าพันธุ์ลูกผสมทั้งสองพันธุ์

อายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ การทดลองครั้งนี้ทำการนับจากวันปลูกถึงวันที่ดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นทั้งหมดในแต่ละแปลงย่อย จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ พบว่าอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 ค่าเฉลี่ยอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสม (ตารางที่ 4.2) พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์สังเคราะห์มีอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์สอดคล้องกับอายุออกดอก ซึ่งพันธุ์สังเคราะห์มีอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยตั้งแต่ 65-79 วัน โดยพันธุ์ S473 มีอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์เร็วที่สุด คือ 65 วัน รองลงมา คือ พันธุ์เชียงใหม่ 1 ซึ่งมีอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ 67 วัน และพันธุ์ S471, S475, HOO และ MOO ซึ่งมีอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ 68 วัน ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม มีอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ 68 และ 71 วัน ตามลำดับ

จะเห็นว่าอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ ของพันธุ์ S473 และ เชียงใหม่ 1 จะมีอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์เร็วกว่าพันธุ์ลูกผสมทั้งสองพันธุ์

อายุเก็บเกี่ยว การทดลองครั้งนี้ทำการนับจากวันปลูกถึงวันเก็บเกี่ยวที่ระยะ R9 จากผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของการทดลองนี้ พบว่าอายุเก็บเกี่ยวมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 โดยค่าเฉลี่ยอายุเก็บเกี่ยวของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสม พบว่าพันธุ์สังเคราะห์มีอายุเก็บเกี่ยวเฉลี่ยตั้งแต่ 107-121 วัน โดยพันธุ์เชียงใหม่ 1 มีอายุเก็บเกี่ยวเร็วที่สุด คือ 107 วัน (ตารางที่ 4.2) รองลงมา คือ พันธุ์ S473 ซึ่งมีอายุเก็บเกี่ยว 118 วัน และพันธุ์ S471, HOC, HOO และ MOC ซึ่งมีอายุเก็บเกี่ยว 119 วัน ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม มีอายุเก็บเกี่ยว 117 และ 120 วัน ตามลำดับ จะเห็นว่าอายุเก็บเกี่ยวของพันธุ์เชียงใหม่ 1 จะมีอายุเก็บเกี่ยวเร็วกว่าพันธุ์ลูกผสมทั้งสองพันธุ์

ความสม่ำเสมอของอายุออกดอก การออกดอกพร้อมกัน นอกจากจะทำให้มีความสวยงามแล้ว ยังทำให้เก็บเกี่ยวได้ง่าย เพราะทานตะวันจะสุกแก่พร้อมกัน ซึ่งจัดเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่เกษตรกรต้องการ จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ พบว่าความสม่ำเสมอของอายุออกดอกมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 ค่าเฉลี่ยความสม่ำเสมอของอายุออกดอกของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสม แสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์สังเคราะห์มีความสม่ำเสมอของอายุออกดอกต่ำกว่าพันธุ์ลูกผสม ซึ่งพันธุ์สังเคราะห์ให้ความสม่ำเสมอของอายุออกดอกเฉลี่ยตั้งแต่ 1.50-3.00 คะแนน โดยพันธุ์ S473, S475, HOC และเชียงใหม่ 1 ให้ความสม่ำเสมอของอายุออกดอกสูงที่สุด คือ 3.00 คะแนน รองลงมา คือ พันธุ์ HOO และ S471 ซึ่งมีความสม่ำเสมอของอายุออกดอก 2.75 และ 2.50 คะแนน ตามลำดับ ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม ให้ความสม่ำเสมอของอายุออกดอก 4.00 คะแนน

ความแข็งแรงของคอดอก ความแข็งแรงของคอดอกเป็นลักษณะที่แสดงให้เห็นถึงความแข็งแรงของลำต้นบริเวณส่วนคอดอก จัดว่าเป็นลักษณะที่ต้านทานการหักล้ม หากมีคะแนนสูงหมายถึงพันธุ์เหล่านี้มีลักษณะต้านทานการหักล้ม ซึ่งความแข็งแรงของคอดอกเป็นลักษณะที่จะส่งเสริมให้ผลผลิตสูง จากผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของการทดลองนี้ พบว่าความแข็งแรงของคอดอกมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของคอดอกของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสม (ตารางที่ 4.2) พบว่าพันธุ์สังเคราะห์ให้ความแข็งแรงของคอดอกเฉลี่ยตั้งแต่ 3.53-4.01 คะแนน โดยพันธุ์ MOO ให้ความแข็งแรงของคอดอกสูงที่สุด คือ 4.01 คะแนน รองลงมา คือ พันธุ์ CM1-TL และ HOO ซึ่งมีความแข็งแรงของคอดอก 3.98 และ 3.90 คะแนน ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ และพันธุ์แปซิฟิค 77 ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม ให้ความแข็งแรงของคอดอก 3.87 และ 3.76 คะแนน ตามลำดับ จะเห็นว่าความแข็งแรงของคอดอกของพันธุ์ MOO, CM1-TL, HOO และ HOC จะให้ความแข็งแรงของคอดอกสูงกว่าพันธุ์ลูกผสมทั้งสองพันธุ์

รูปทรงของดอก รูปทรงของดอกเป็นลักษณะที่แสดงให้เห็นถึงรูปทรงดอกที่ดี มีขนาดโต และมีอัตราการติดเมล็ดสูง จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ พบว่ารูปทรงของดอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์สังเคราะห์ให้รูปทรงของดอกไม่แตกต่างกับพันธุ์ลูกผสม โดยพันธุ์สังเคราะห์ให้รูปทรงของดอกเฉลี่ยตั้งแต่ 3.13-3.66 คะแนน ซึ่งพันธุ์เชียงใหม่ 1, S471 และ CM1-TL ให้รูปทรงของดอก 3.66, 3.58 และ 3.48 คะแนน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 และไพโอเนียร์ จัมโบ้ ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม ให้รูปทรงของดอก 3.23 และ 2.85 คะแนน ตามลำดับ

ความสูงลำต้น การปรับปรุงพันธุ์ในครั้งนี้มีเป้าหมายให้ได้พันธุ์ทานตะวันที่มีลักษณะลำต้นเตี้ยกว่าพันธุ์แปซิฟิค 77 และไพโอเนียร์ จัมโบ้ เนื่องจากในประเทศไทยใช้การเก็บเกี่ยวด้วยมือ (กิตติ สัจจาวัฒนา, 2544) ในการปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันในประเทศสหรัฐอเมริกา และแถบประเทศในทวีปยุโรป จะคัดเลือกพันธุ์ทานตะวันที่มีความสูงประมาณ 150-200 เซนติเมตร (Skorić, 1978) นอกจากนี้พันธุ์ทานตะวันที่มีลักษณะลำต้นเตี้ยยังมีความต้านทานจากการหักล้มได้ด้วย (Fick et al., 1985) จากผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ พบว่าความสูงลำต้นมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 ค่าเฉลี่ยความสูงลำต้นของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสม แสดงในตารางที่ 4.2 โดยพันธุ์สังเคราะห์ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยตั้งแต่ 127-176 เซนติเมตร ซึ่งพันธุ์ S473 ให้ความสูงลำต้นเตี้ยที่สุด คือ 127 เซนติเมตร รองลงมา คือ พันธุ์ S475 ซึ่งมีความสูงลำต้น 135 เซนติเมตร และพันธุ์ S471, HOO ซึ่งมีความสูงลำต้น 147 เซนติเมตร ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 และไพโอเนียร์ จัมโบ้ ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม ให้ความสูงลำต้น 148 และ 144 เซนติเมตร ตามลำดับ จะเห็นว่าความสูงลำต้นของพันธุ์ S473 และ S475 จะให้ความสูงลำต้นเตี้ยกว่าพันธุ์ลูกผสมทั้งสองพันธุ์

ความสม่ำเสมอของความสูง การมีความสูงเท่า ๆ กัน นอกจากจะทำให้มีความสวยงามแล้ว ยังทำให้เก็บเกี่ยวได้ง่าย ซึ่งเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่เกษตรกรต้องการ จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ พบว่าความสม่ำเสมอของความสูงมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 ค่าเฉลี่ยความสม่ำเสมอของความสูงของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสม (ตารางที่ 4.2) พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์สังเคราะห์ให้ความสม่ำเสมอของความสูงน้อยกว่าพันธุ์ลูกผสม ซึ่งพันธุ์สังเคราะห์ ให้ความสม่ำเสมอของความสูงเฉลี่ยตั้งแต่ 1.50-2.50 คะแนน โดยพันธุ์ S473 และ MOC ให้ความสม่ำเสมอของความสูงมากที่สุด คือ 2.50 คะแนน รองลงมา คือ พันธุ์ S471, HOC, HOO และ MOO ซึ่งมีความสม่ำเสมอของความสูง 2.00 คะแนน ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 และไพโอเนียร์ จัมโบ้ ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสมให้ความสม่ำเสมอของความสูง 4.00 และ 3.25 คะแนน ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์การแตกกิ่ง การมีการแตกกิ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อการให้ผลผลิต จากผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของการทดลองนี้ พบว่าเปอร์เซ็นต์การแตกกิ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การแตกกิ่งของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์

และพันธุ์ลูกผสม พบว่าพันธุ์สังเคราะห์มีเปอร์เซ็นต์การแตกกิ่งเฉลี่ยตั้งแต่ 0.25-4.63% โดยพันธุ์ S473 มีเปอร์เซ็นต์การแตกกิ่งต่ำที่สุด คือ 0.25% (ตารางที่ 4.2) รองลงมา คือ พันธุ์ HOC และ MOC ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การแตกกิ่ง 0.74 และ 0.75% ตามลำดับ ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม ไม่มีเปอร์เซ็นต์การแตกกิ่ง แต่พันธุ์ไพโอเนียร์ จัมโบ้ มีเปอร์เซ็นต์การแตกกิ่ง 1.95% ตามลำดับ จะเห็นว่าพันธุ์สังเคราะห์ทุกพันธุ์จะมีการแตกกิ่งสูงกว่าพันธุ์ลูกผสม (แปซิฟิค 77) แต่พันธุ์สังเคราะห์บางพันธุ์มีการแตกกิ่งน้อยกว่าพันธุ์ลูกผสม (ไพโอเนียร์ จัมโบ้)

โดยสรุปจากผลการปลูกทดสอบศักยภาพของพันธุ์สังเคราะห์เปรียบเทียบกับพันธุ์ลูกผสมทางการค้าในพื้นที่ที่มีชนิดของดิน วันปลูก ระยะปลูก อัตราปลูก วิธีการเก็บเกี่ยว การกระจายของฝน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ปริมาณแสง ความชื้น เหมือนกัน และมีการให้น้ำ ให้ปุ๋ย ตามอัตราแนะนำเหมือนกัน พบว่าพันธุ์สังเคราะห์เป็นพันธุ์ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิต ผลผลิตน้ำมัน และเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง ไม่แตกต่างกับพันธุ์ลูกผสม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พันธุ์ MOO จากการทดลองที่ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ให้ผลผลิตเฉลี่ย 308 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ พันธุ์ S475 และ S471 ซึ่งมีผลผลิตเท่ากับ 293 และ 272 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ในการทดลองนี้ นอกจากนี้ยังพบว่าพันธุ์ HOC ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันไม่แตกต่างกับพันธุ์ลูกผสมทางการค้า โดยพบว่าให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงเท่ากับ 41.93 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามการทดลองนี้ควรมีการทดลองซ้ำ เนื่องจากสภาพการปลูกมีฝนตกหนักทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วม นอกจากนี้ค่าเฉลี่ยของลักษณะผลผลิตของพันธุ์ลูกผสม แปซิฟิค 77 และไพโอเนียร์ จัมโบ้ ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ มีค่าเฉลี่ยของลักษณะผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์สังเคราะห์ต่าง ๆ มีสาเหตุเนื่องมาจากในระยะการเจริญเติบโตในช่วง R9 ที่มีการสุกแก่ทางสรีรวิทยามีการเข้าทำลายของนกพิราบทำให้ผลผลิตเสียหายมาก ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะผลผลิตของพันธุ์ลูกผสม แปซิฟิค 77 และไพโอเนียร์ จัมโบ้ ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ มีค่าเฉลี่ยของลักษณะผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์สังเคราะห์ต่าง ๆ

4.1.4 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ กับผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมัน ในทานตะวัน

จากการศึกษาสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทพ์และยีโนไทพ์ระหว่างผลผลิตและลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตทั้ง 11 ลักษณะ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางยีโนไทพ์มักมีค่าสูงกว่าสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทพ์

ผลผลิต จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าผลผลิตมีสหสัมพันธ์แบบบวกสูงกับขนาดดอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r_{ph} = 0.621*; r_g = 0.722) และมีสหสัมพันธ์แบบบวกสูงกับผลผลิตน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (r_{ph} = 0.806**; r_g = 0.767) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการมีขนาดดอกใหญ่ทำให้ทานตะวันมีผลผลิตสูงขึ้น ซึ่งพันธุ์ที่ให้ขนาดดอกสูงที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ S471, S475, MOO ให้ขนาดดอก 16.90, 16.81, 16.46 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) และพันธุ์ที่ให้

ผลผลิตสูงที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ MOO, S475, S471 ซึ่งให้ผลผลิต 308, 293, 272 กก./ไร่ ตามลำดับ เมื่อพันธุ์ใดมีผลผลิตสูงจะส่งผลให้มีผลผลิตน้ำมันสูงขึ้นด้วย และพันธุ์ที่ให้ผลผลิตน้ำมันสูงที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ S475, MOO, แปซิฟิค 77 ให้ผลผลิตน้ำมัน 114, 109, 106 กก./ไร่ ตามลำดับ ซึ่งจากการศึกษาของ Chikkadevaiah et al. (2002) และ Yesilova et al. (2009) พบเช่นเดียวกันว่าผลผลิตมีสหสัมพันธ์แบบบวกสูงกับขนาดดอก และผลผลิตน้ำมัน นอกจากนี้ผลการศึกษาของ Machikowa and Saetang (2008) ก็พบเช่นเดียวกันว่าผลผลิตมีสหสัมพันธ์แบบบวกสูงกับขนาดดอก (r_{ph} = 0.641**) อย่างไรก็ตาม ผลผลิตไม่มีสหสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ความแข็งแรงของคอดอก และอายุเก็บเกี่ยว แต่มีสหสัมพันธ์แบบลบกับเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด (r_{ph} = -0.388; r_g = -0.701) เปอร์เซ็นต์น้ำมัน (r_{ph} = -0.372; r_g = -0.553) อายุออกดอก (r_{ph} = -0.281; r_g = -0.300) และความสูงลำต้น (r_{ph} = -0.117; r_g = -0.154)

โดยสรุปจากการทดลองนี้ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางยีโนไทพ์ส่วนมากจะสูงกว่าค่าสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทพ์ เนื่องจากตัดอิทธิพลของสภาพแวดล้อมออก จากผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทพ์ต่อผลผลิต พบว่าลักษณะที่ให้ค่าสูงสุด 6 อันดับแรก ได้แก่ ผลผลิตน้ำมัน (r_{ph} = 0.806**) ขนาดดอก (r_{ph} = 0.621*) เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม (r_{ph} = 0.467) น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (r_{ph} = 0.463) ความแข็งแรงของคอดอก (r_{ph} = 0.330) และอายุเก็บเกี่ยว (r_{ph} = 0.288) ตามลำดับ ซึ่งค่าสหสัมพันธ์เหล่านี้จะมีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ถ้าตัดอิทธิพลของสภาพแวดล้อมออก จะพบว่าลักษณะดังกล่าวยังคงมีค่าสหสัมพันธ์ทางยีโนไทพ์ต่อผลผลิตสูงที่สุด 6 อันดับแรก แต่มีการเรียงลำดับต่างไปจากเดิม คือ ผลผลิตน้ำมัน (r_g = 0.767) ขนาดดอก (r_g = 0.722) เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม (r_g = 0.516) น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (r_g = 0.439) อายุเก็บเกี่ยว (r_g = 0.374) และความแข็งแรงของคอดอก (r_g = 0.361)

จากงานวิจัยที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด โดยสรุปพบว่ามีสหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับขนาดดอก และผลผลิตน้ำมัน ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับลักษณะอายุออกดอก อายุเก็บเกี่ยว ความสูงลำต้น ความแข็งแรงของคอดอก น้ำหนัก 1,000 เมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด และเปอร์เซ็นต์น้ำมันจะให้ผลที่แตกต่างกันไปในแต่ละการทดลอง ทั้งนี้อาจเนื่องจากพันธุ์/สายพันธุ์ (ยีโนไทพ์) ของทานตะวัน และสภาพแวดล้อมที่ใช้ในแต่ละการทดลองมีความแตกต่างกันออกไป (กิตติ สัจจาวัฒนา, 2548; ภาคภูมิ ศรีหมื่นไวย และ ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2551; Marinković, 1992; Khan et al., 2001; Chikkadevaiah et al., 2002; Tahir et al., 2002; Farhatullah et al., 2006; Arshad et al., 2007; Kothai et al., 2007; Kaya et al., 2008; Machikowa and Saetang, 2008; Kaya et al., 2009; Yesilova et al., 2009; Yasin and Singh, 2010)

เปอร์เซ็นต์น้ำมัน จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4.3 พบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันมีสหสัมพันธ์แบบบวกต่ำกับอายุเก็บเกี่ยว (r_{ph} = 0.295; r_g = 0.342) ขนาดดอก (r_{ph} = 0.194;

r_g = 0.367) และอายุออกดอก (r_{ph} = 0.129; r_g= 0.110) โดยพันธุ์ที่ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงที่สุด 3 อันดับแรกได้แก่ HOC, แปซิฟิค 77, ไพโอเนียร์ จัมโบ้ ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมัน 41.93, 40.81, 39.64 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) อย่างไรก็ตาม เปอร์เซ็นต์น้ำมันมีสหสัมพันธ์แบบลบสูงกับเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (r_{ph} = -0.806**; r_g = -0.015 และ r_{ph} = -0.701**; r_g = -0.078 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

อายุออกดอก ผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.3 ยังพบว่าอายุออกดอกมีสหสัมพันธ์แบบบวกกับความแข็งแรงของคอดอก (r_{ph} = 0.418; r_g = 0.541) อายุออกดอกมีสหสัมพันธ์แบบบวกกับความสูงลำต้น (r_{ph} = 0.260; r_g = 0.281) อายุออกดอกมีสหสัมพันธ์แบบบวกกับอายุเก็บเกี่ยว (r_{ph} = 0.251; r_g = 0.233) อายุออกดอกมีสหสัมพันธ์แบบบวกกับน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (r_{ph} = 0.145; r_g = 0.282) อายุออกดอกมีสหสัมพันธ์แบบบวกกับเปอร์เซ็นต์น้ำมัน (r_{ph} = 0.129; r_g = 0.110) และอายุออกดอกมีสหสัมพันธ์แบบบวกกับเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด (r_{ph} = 0.043; r_g = 0.066) อย่างไรก็ตาม อายุออกดอกมีสหสัมพันธ์แบบลบกับผลผลิต (r_{ph} = -0.281; r_g = -0.300) ผลผลิตน้ำมัน (r_{ph} = -0.208; r_g = -0.297) เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม (r_{ph} = -0.118; r_g = -0.107) และขนาดดอก (r_{ph} = -0.028; r_g = -0.005)

อายุเก็บเกี่ยว อายุเก็บเกี่ยวมีสหสัมพันธ์แบบบวกสูงกับขนาดดอกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (r_{ph} = 0.789**; r_g = 0.863) บ่งชี้ว่าการเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ ที่มีอายุเก็บเกี่ยวช้า อาจทำให้มีขนาดดอกใหญ่ขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับหลายงานทดลอง (Khan et al., 2001; Arshad et al., 2007; Kaya et al., 2008) ซึ่งพบว่าอายุเก็บเกี่ยวมีสหสัมพันธ์แบบบวกสูงกับขนาดดอก แต่อายุเก็บเกี่ยวมีสหสัมพันธ์แบบลบสูงกับเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (r_{ph} = -0.719**; r_g = -0.726) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการมีอายุเก็บเกี่ยวเร็วขึ้นทำให้ทานตะวันมีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดต่ำลง และอายุเก็บเกี่ยวมีสหสัมพันธ์แบบลบสูงกับความสูงลำต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r_{ph} = -0.590*; r_g = -0.575) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการมีอายุเก็บเกี่ยวเร็วขึ้นทำให้ทานตะวันมีความสูงลำต้นลดลง ซึ่งคล้ายกับผลการทดลองของ Kaya et al. (2009) ซึ่งพบว่าอายุเก็บเกี่ยวมีสหสัมพันธ์แบบลบสูงกับความสูงลำต้น ส่วนลักษณะอื่น ๆ มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบบวกต่ำ

ความสูงลำต้น ความสูงลำต้นมีสหสัมพันธ์แบบลบสูงกับขนาดดอกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (r_{ph} = -0.599**; r_g = -0.735) บ่งชี้ว่าการเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ ที่มีความสูงลำต้นต่ำ อาจทำให้มีขนาดดอกลดลง ความสูงลำต้นมีสหสัมพันธ์แบบลบสูงกับอายุเก็บเกี่ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r_{ph} = -0.590*; r_g = -0.575) บ่งชี้ว่าการเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ ที่มีความสูงลำต้นน้อย อาจทำให้มีอายุเก็บเกี่ยวลดลง และความสูงลำต้นมีสหสัมพันธ์แบบลบกับเปอร์เซ็นต์น้ำมัน (r_{ph} = -0.507; r_g = -0.623) ผลผลิตน้ำมัน (r_{ph} = -0.435; r_g = -0.577) และผลผลิต (r_{ph} = -0.117; r_g = -0.154) ส่วนลักษณะอื่น ๆ มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบบวกต่ำ

ความแข็งแรงของคอดอก ความแข็งแรงของคอดอกมีสหสัมพันธ์แบบบวกสูงกับน้ำหนัก 1,000 เมล็ด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r_{ph} = 0.544*; r_g = 0.578) บ่งชี้ว่าการเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ที่มีความแข็งแรงของคอดอกมาก อาจทำให้มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดเพิ่มขึ้น ส่วนลักษณะอื่น ๆ มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบบวกต่ำ แต่ความแข็งแรงของคอดอกมีสหสัมพันธ์แบบลบกับเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด (r_{ph} = -0.354; r_g = -0.442) และเปอร์เซ็นต์น้ำมัน (r_{ph} = -0.229;r_g = -0.307)

ขนาดดอก ขนาดดอกมีสหสัมพันธ์แบบบวกสูงกับอายุเก็บเกี่ยวอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (r_{ph} = 0.789**; r_g = 0.863) บ่งชี้ว่าการเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ ที่มีขนาดดอกใหญ่ขึ้น อาจทำให้มีอายุเก็บเกี่ยวช้าลง ขนาดดอกมีสหสัมพันธ์แบบบวกสูงกับผลผลิตน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (r_{ph} = 0.742**; r_g = 0.998) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการมีขนาดดอกใหญ่ขึ้นทำให้ทานตะวันมีผลผลิตน้ำมันสูงขึ้น ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้คล้ายกับผลการศึกษาของ Chikkadevaiah et al. (2002) ซึ่งพบว่าขนาดดอกมีสหสัมพันธ์แบบบวกสูงกับผลผลิตน้ำมัน และขนาดดอกมีสหสัมพันธ์แบบบวกสูงกับผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r_{ph} = 0.621*; r_g = 0.722) แสดงให้เห็นว่าการมีขนาดดอกใหญ่ขึ้นทำให้ทานตะวันมีผลผลิตสูงขึ้นเช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับหลายงานทดลอง (กิตติ สัจจาวัฒนา, 2548; ภาคภูมิ ศรีหมื่นไวย และ ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2551; Marinković, 1992; Khan et al., 2001; Chikkadevaiah et al., 2002; Tahir et al., 2002; Farhatullah et al., 2006; Göksoy and Turan, 2007; Habib et al., 2007; Kaya et al., 2008; Machikowa and Saetang, 2008; Kaya et al., 2009; Yesilova et al., 2009; Yasin and Singh, 2010) ซึ่งพบว่าขนาดดอกมีสหสัมพันธ์แบบบวกสูงกับผลผลิต นอกจากนี้ขนาดดอกมีสหสัมพันธ์แบบลบสูงกับอายุเก็บเกี่ยวอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (r_{ph} = -0.789**; r_g = 0.863) บ่งชี้ว่าการเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ ที่มีขนาดดอกเล็กลง อาจทำให้มีอายุเก็บเกี่ยวเร็วขึ้น ขนาดดอกมีสหสัมพันธ์แบบลบสูงกับเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (r_{ph} = -0.762**; r_g = -0.918) บ่งชี้ว่าการเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ ที่มีขนาดดอกเล็กลง อาจทำให้มีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดลดลง และขนาดดอกมีสหสัมพันธ์แบบลบสูงกับความสูงลำต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r_{ph} = -0.599**; r_g = -0.735) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการมีขนาดดอกเล็กลงทำให้ทานตะวันมีความสูงลำต้นลดลง ส่วนลักษณะอื่น ๆ มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบบวกต่ำ

น้ำหนัก 1,000 เมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด มีสหสัมพันธ์แบบบวกสูงกับเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r_{ph} = 0.598*; r_g = 0.725) บ่งชี้ว่าการเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ ที่มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูง อาจทำให้มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มเพิ่มขึ้น ซึ่งคล้ายกับผลการทดลองของ Yesilova et al. (2009) ซึ่งพบว่าน้ำหนัก 1,000 เมล็ดมีสหสัมพันธ์แบบบวกสูงกับจำนวนเมล็ดเต็มต่อดอก และลักษณะน้ำหนัก 1,000 เมล็ด มีสหสัมพันธ์แบบบวกสูงกับความแข็งแรงของคอดอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r_{ph} = 0.544*; r_g = 0.578) บ่งชี้ว่าการเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ ที่มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูง อาจทำให้มีความแข็งแรงของคอดอกมากขึ้น อย่างไรก็ตาม น้ำหนัก 1,000 เมล็ด

มีสหสัมพันธ์แบบลบสูงกับเปอร์เซ็นต์น้ำมันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (r_{ph} = -0.701**; r_g = -0.078) บ่งชี้การเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ ที่มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูง อาจทำให้มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันลดลง ส่วนลักษณะอื่น ๆ มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่ำ

เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม มีสหสัมพันธ์แบบบวกสูงกับน้ำหนัก 1,000 เมล็ด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r_{ph} = 0.598*; r_g = 0.725) บ่งชี้ว่าการเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ ที่มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มสูง อาจทำให้มีขนาดเมล็ดเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มมีสหสัมพันธ์แบบลบสูงกับเปอร์เซ็นต์น้ำมันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (r_{ph} = -0.806**; r_g = -0.015) บ่งชี้ว่าการเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ ที่มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มต่ำ อาจทำให้มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันลดลง ส่วนลักษณะอื่น ๆ มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่ำ

เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดมีสหสัมพันธ์แบบลบสูงกับขนาดดอกมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (r_{ph} = -0.762**; r_g = -0.918) บ่งชี้ว่าการเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ ที่มีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดต่ำ อาจทำให้มีขนาดดอกลดลง ส่วนเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดมีสหสัมพันธ์แบบลบสูงกับอายุเก็บเกี่ยวอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (r_{ph} = -0.719**; r_g = -0.726) บ่งชี้ว่าการเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ ที่มีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดต่ำ อาจทำให้มีอายุเก็บเกี่ยวเร็วขึ้น และมีสหสัมพันธ์แบบลบสูงกับผลผลิตน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r_{ph} = -0.606*; r_g = -0.040) บ่งชี้ว่าการเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ ที่มีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดต่ำ อาจทำให้มีผลผลิตน้ำมันลดลง นอกจากนี้ยังพบลักษณะอื่น ๆ มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่ำ

4.1.5 สัมประสิทธิ์เส้นทางของลักษณะต่าง ๆ ต่อผลผลิตในทานตะวัน

การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางเพื่อให้ทราบถึงอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมของลักษณะต่าง ๆ ต่อผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมัน โดยใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางยีโนไทพ์ (ตารางที่ 4.3) ทั้ง 8 ลักษณะ มาวิเคราะห์เพื่อแยกเป็นอิทธิพลทางตรง และทางอ้อมต่อผลผลิต ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งพบว่าขนาดดอกมีอิทธิพลทางตรงแบบบวกสูงสุดต่อผลผลิต (2.250) รองลงมา ได้แก่ ความสูงลำต้น (2.244) เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม (0.675) และอายุเก็บเกี่ยว (0.495) ซึ่งสอดคล้องกับหลายงานทดลองที่พบลักษณะที่มีอิทธิพลทางตรงแบบบวกต่อผลผลิตเหล่านี้เช่นกัน (กิตติ สัจจาวัฒนา, 2548; ภาคภูมิ ศรีหมื่นไวย และ ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2551; Khan et al., 2001; Tahir et al., 2002; Farhatullah et al., 2006; Arshad et al., 2007; Göksoy and Turan, 2007; Machikowa and Saetang, 2008; Kaya et al., 2009; Yesilova et al., 2009; Yasin and Singh, 2010) และจากการศึกษาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ผ่านมานั้น พบว่าผลผลิตมีสหสัมพันธ์แบบบวกกับขนาดดอก เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม และอายุเก็บเกี่ยว ซึ่งลักษณะเหล่านี้ให้ค่าอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตเท่ากับ 2.250, 0.675 และ 0.495 ตามลำดับ ผลการศึกษาเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าสายพันธุ์ทานตะวันที่ให้ผลผลิตสูงควรจะมีลักษณะอายุเก็บเกี่ยวช้า มีขนาดดอกใหญ่ และเปอร์เซ็นต์เมล็ด

เต็มสูง ดังนั้นการคัดเลือกผ่านลักษณะเหล่านี้จะมีประสิทธิภาพสูง อย่างไรก็ตามหากพิจารณาแล้วพบว่าลักษณะความสูงลำต้นมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตเช่นกัน (2.244) แต่ลักษณะนี้ถูกหักล้างโดยอิทธิพลทางอ้อมแบบลบจากลักษณะขนาดดอก และอายุเก็บเกี่ยว ซึ่งลักษณะเหล่านี้มีอิทธิพลทางตรงกับผลผลิตสูงที่สุด 1 และ 4 อันดับแรก ตามลำดับ จึงทำให้ความสูงลำต้นมีสหสัมพันธ์แบบลบกับผลผลิต (r_g = -0.154) ในกรณีเช่นนี้ การคัดเลือกต้นที่มีความสูงลำต้นสูงร่วมกับต้นที่มีอายุเก็บเกี่ยวช้า ขนาดดอก และเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม อาจทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นได้เช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่าผลผลิตมีสหสัมพันธ์แบบบวกกับน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (r_{ph} = 0.463, r_g = 0.439) แต่ลักษณะนี้มีอิทธิพลทางตรงแบบลบต่อผลผลิต (-0.027) และผลผลิตมีสหสัมพันธ์แบบบวกกับความแข็งแรงของคอดอก (r_{ph} = 0.330, r_g = 0.361) ดังนั้นการคัดเลือกทางตรงผ่านลักษณะน้ำหนัก 1,000 เมล็ด และความแข็งแรงของคอดอก จึงไม่มีประสิทธิภาพในการคัดเลือกพันธุ์เพื่อให้มีผลผลิตสูงขึ้น โดยสรุปการคัดเลือกพันธุ์เพื่อให้มีผลผลิตสูงขึ้น ควรคัดเลือกจากลักษณะที่มีอิทธิพลทางตรงกับผลผลิตสูง ได้แก่ ขนาดดอก เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม และอายุเก็บเกี่ยว โดยคัดเลือกลักษณะต้นที่มีอายุเก็บเกี่ยวช้า มีขนาดดอกใหญ่ และเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มสูง ซึ่งคล้ายกับการศึกษาของ Tahir et al. (2002) ที่บ่งชี้ว่าขนาดดอกใหญ่ และเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มสูงเป็นองค์ประกอบหลักของผลผลิตทานตะวัน

ในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และสัมประสิทธิ์เส้นทางในทานตะวันของ Yesilova et al. (2009) พบความสัมพันธ์ในระดับสูงระหว่างผลผลิตกับขนาดดอก และระหว่างผลผลิตกับจำนวนเมล็ดเต็มต่อดอก โดยทั้งสองลักษณะนี้มีอิทธิพลทางตรงแบบบวกสูงต่อผลผลิต และการศึกษาของ Habib et al. (2007) ในทานตะวัน 104 ยีโนไทพ์ พบว่าขนาดดอกมีอิทธิพลทางตรงแบบลบต่อผลผลิต แต่จำนวนเมล็ดต่อดอก และน้ำหนัก 100 เมล็ด เป็นดัชนีที่ดีที่สุดที่ใช้ในการคัดเลือกทานตะวันให้มีผลผลิตสูง ถึงแม้ว่าการศึกษาครั้งนี้พบว่าลักษณะความสูงลำต้นมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิต แต่ผลของลักษณะนี้ถูกหักล้างด้วยอิทธิพลทางอ้อมแบบลบจากลักษณะอายุเก็บเกี่ยว ขนาดดอก และเปอร์เซ็นต์น้ำมัน การส่งผลหักล้างกันระหว่างความสูงลำต้นกับเปอร์เซ็นต์น้ำมันนี้พบในการศึกษาของนักวิจัยหลายกลุ่มเช่นกัน (Arshad et al., 2007; Machikowa and Saetang, 2008; Kaya et al., 2009)

การนำค่าสหสัมพันธ์ทางยีโนไทพ์มาใช้ในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางจะทำให้ได้ผลการทดลองที่แม่นยำ เนื่องจากเป็นค่าสหสัมพันธ์ที่เกิดจากผลของยีนเท่านั้น เมื่อนำค่าสหสัมพันธ์ทางยีโนไทพ์ทั้ง 8 ลักษณะ มาวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางเพื่อแยกผลของสหสัมพันธ์ออกเป็นอิทธิพลทางตรง และทางอ้อมต่อผลผลิต (ตารางที่ 4.4) พบว่าลักษณะที่มีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตสูง ได้แก่ ขนาดดอก (2.250) ความสูงลำต้น (2.244) เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม (0.675) และอายุเก็บเกี่ยว (0.495) ซึ่งทั้ง 4 ลักษณะนี้มีค่าสหสัมพันธ์ทางยีโนไทพ์เท่ากับ 0.722, -0.154, 0.516 และ 0.374 ตามลำดับ โดยลักษณะเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม และอายุเก็บเกี่ยว ซึ่งมีค่าสูง

ใกล้เคียงกับค่าอิทธิพลทางตรง แสดงให้เห็นว่าลักษณะทั้ง 2 นี้มีสหสัมพันธ์ที่แท้จริงกับผลผลิต และสามารถใช้เป็นดัชนีในการคัดเลือกทานตะวันเพื่อให้มีผลผลิตสูงขึ้นได้ โดยลักษณะขนาดดอกเป็นลักษณะที่มีสหสัมพันธ์แบบบวกสูง และมีอิทธิพลทางตรงแบบบวกสูงสุดต่อผลผลิต จึงสามารถใช้ลักษณะนี้เป็นดัชนีในการคัดเลือกทานตะวันเพื่อให้มีผลผลิตสูงขึ้นได้ด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและลักษณะที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตที่แตกต่างกันของนักวิจัยเหล่านั้น อาจเนื่องมาจากผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางผันแปรไปตามพันธุกรรมของประชากรพืช และปัจจัยของสภาพแวดล้อมที่ใช้ศึกษา ซึ่งส่งผลทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นแตกต่างกันออกไปแต่ละการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ค่ามีนสแควร์ ช่วงข้อมูล วาเรียนซ์ สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง ของลักษณะทางการเกษตรในทานตะวัน 11 พันธุ์

ลักษณะ	Mean square		Range	Variance			Coefficient of variation (%)			h^2_b
	Treatment	Error	Min-Max	V_p	V_g	V_e	PCV	GCV	ECV	(%)
ผลผลิต (กก./ไร่)	3,473.30*	1,203.16	209.69-308.12	1,770.69	567.53	1,203.16	16.53	9.36	13.60	32.05
ผลผลิตน้ำมัน (กก./ไร่)	445.16	233.06	79.64-114.10	286.08	53.03	233.06	17.72	7.63	16.00	18.54
เปอร์เซ็นต์น้ำมัน (%)	28.73	14.66	34.25-41.93	18.18	3.52	14.66	11.34	4.99	10.10	19.35
อายุออกดอก (วัน)	50.46**	4.84	61-73	16.24	11.41	4.84	6.27	5.25	3.42	70.21
อายุเก็บเกี่ยว (วัน)	62.01**	1.85	107-121	16.89	15.04	1.85	3.48	3.28	1.15	89.04
ความสูงลำต้น (ซม.)	657.95**	84.62	127-176	227.95	143.34	84.62	10.10	8.01	6.15	62.88
ความแข็งแรงของคอดอก	0.07**	0.02	3.53-4.01	0.03	0.01	0.02	4.53	2.87	3.51	40.00
ขนาดดอก (ซม.)	4.38**	1.15	13.09-16.90	1.96	0.81	1.15	9.03	5.80	6.92	41.24
น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	35.92*	14.03	39.28-49.17	19.50	5.47	14.03	9.75	5.16	8.27	28.06
เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม (%)	73.04**	19.09	68.44-82.68	32.58	13.49	19.09	7.46	4.80	5.71	41.39
เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด (%)	49.45**	11.66	53.30-65.18	21.11	9.45	11.66	7.98	5.34	5.93	44.76

*, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

V_{ph} = phenotypic variance, V_g = genetic variance, V_e = error variance, PCV = Phenotypic coefficient of variation, GCV = Genotypic coefficient of variation, ECV = Environmental coefficient of variation, h^2_b = broad sense heritability

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตร 18 ลักษณะในทานตะวัน 11 พันธุ์

ลักษณะพันธุ์	ผลผลิต[1]	ผลผลิตน้ำมัน	เปอร์เซ็นต์น้ำมัน	ขนาดดอก	ความสม่ำเสมอของขนาดดอก	ขนาดเมล็ด
	(กก./ไร่)	(กก./ไร่)	(%)	(ซม.)	(คะแนน[2])	(กรัม)
S471	272 ab	96	35.92	16.90 a	2.75 abc	46.20 ab
S473	230 bc	90	39.28	15.10 bc	3.00 abc	42.29 bc
S475	293 a	114	39.15	16.81 ab	2.50 bcd	47.38 ab
HOC	225 bc	94	41.93	15.25 abc	3.25 ab	41.95 bc
HOO	252 abc	95	37.50	15.42 abc	2.75 abc	45.85 ab
MOC	263 abc	91	34.55	14.98 c	3.00 abc	47.33 ab
MOO	308 a	109	35.36	16.46 abc	2.25 cd	48.21 ab
CM1-TL	257 abc	90	35.36	15.48 abc	1.75 d	49.17 a
เชียงใหม่ 1	233 bc	80	34.25	13.09 d	3.00 abc	44.87 abc
แปซิฟิค 77	259 abc	106	40.81	15.50 abc	3.50 a	39.28 c
ไพโอเนียร์ จัมโบ้	210 c	84	39.64	15.48 abc	3.25 ab	45.73 ab
ค่าเฉลี่ยพันธุ์สังเคราะห์	259	96	37.03	15.50	2.69	45.92
ค่าเฉลี่ยพันธุ์เปรียบเทียบ	235	95	40.23	15.49	3.38	42.51
ค่าเฉลี่ยทุกพันธุ์	255	95	37.61	15.50	2.82	45.30
F-test	*	ns	ns	**	**	*

ns, *, ** ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

[1]ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05, [2]คะแนน 1 = สม่ำเสมอน้อย, 5 = สม่ำเสมอมาก

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตร 18 ลักษณะในทานตะวัน 11 พันธุ์ (ต่อ)

ลักษณะพันธุ์	เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม[1]	เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ	เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด	อายุออกดอก	อายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์	อายุเก็บเกี่ยว
	(%)	(%)	(%)	(วัน)	(วัน)	(วัน)
S471	78.55 abc	21.45 bcd	53.78 cd	62 de	68 cd	119 a-d
S473	75.88 abc	24.13 bcd	61.58 ab	61 e	65 d	118 cd
S475	73.88 bcd	26.13 abc	54.42 cd	64 cde	68 cd	120 abc
HOC	73.69 bcd	26.31 abc	53.30 d	65 cd	70 bc	119 a-d
HOO	78.00 abc	22.00 bcd	56.08 bcd	62 de	68 cd	119 a-d
MOC	81.13 a	18.88 d	56.58 bcd	62 de	69 bc	119 a-d
MOO	80.11 ab	19.89 cd	57.34 bcd	61 e	68 cd	120 abc
CM1-TL	82.68 a	17.33 d	58.80 bcd	73 a	79 a	121 a
เชียงใหม่ 1	77.69 abc	22.31 bcd	65.18 a	63 cde	67 cd	107 e
แปซิฟิค 77	71.81 cd	28.19 ab	57.22 bcd	66 bc	68 cd	117 d
ไพโอเนียร์ จัมโบ้	68.44 d	31.56 a	59.05 bc	68 b	71 b	120 abc
ค่าเฉลี่ยพันธุ์สังเคราะห์	77.96	22.05	57.45	64	69	118
ค่าเฉลี่ยพันธุ์เปรียบเทียบ	70.13	29.88	58.14	67	70	118
ค่าเฉลี่ยทุกพันธุ์	76.53	23.47	57.58	64	69	118
F-test	**	**	**	**	**	**

** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01

[1]ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตร 18 ลักษณะในทานตะวัน 11 พันธุ์ (ต่อ)

ลักษณะพันธุ์	ความสม่ำเสมอของอายุออกดอก (คะแนน[2])	ความแข็งแรงของคอดอก (คะแนน[3])	รูปทรงของดอก (คะแนน[4])	ความสูงลำต้น[1] (ซม.)	ความสม่ำเสมอของความสูง (คะแนน[5])	เปอร์เซ็นต์การแตกกิ่ง (%)
S471	2.50 b	3.81 abc	3.58	147 bcd	2.00 cd	1.53 cd
S473	3.00 ab	3.53 d	3.37	127 e	2.50 c	0.25 cd
S475	3.00 ab	3.78 bc	3.29	135 de	1.75 cd	3.87 ab
HOC	3.00 ab	3.88 abc	3.40	156 bc	2.00 cd	0.74 cd
HOO	2.75 b	3.90 abc	3.13	147 bcd	2.00 cd	2.02 bc
MOC	2.00 bc	3.78 bc	3.25	153 bc	2.50 c	0.75 cd
MOO	2.00 bc	4.01 a	3.13	150 bc	2.00 cd	2.04 bc
CM1-TL	1.50 c	3.98 ab	3.48	160 b	1.75 cd	4.63 a
เชียงใหม่ 1	3.00 ab	3.75 c	3.66	176 a	1.50 d	1.28 cd
แปซิฟิค 77	4.00 a	3.76 bc	3.23	148 bcd	4.00 a	0.00 d
ไพโอเนียร์ จัมโบ้	4.00 a	3.87 abc	2.85	144 cd	3.25 b	1.95 bcd
ค่าเฉลี่ยพันธุ์สังเคราะห์	2.53	3.82	3.37	150	2.00	1.90
ค่าเฉลี่ยพันธุ์เปรียบเทียบ	4.00	3.82	3.04	146	3.63	0.98
ค่าเฉลี่ยทุกพันธุ์	2.80	3.82	3.31	150	2.30	1.73
F-test	**	**	ns	**	**	**

ns, ** ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 ตามลำดับ, [1]ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05

[2,5]คะแนน 1 = สม่ำเสมอน้อย, 5 = สม่ำเสมอมาก, [3]คะแนน 1 = หักลีบ, 5 = ขนาดใหญ่มาก แข็งแรง, [4]คะแนน 1 = ดอกบิดเบี้ยวไม่ได้รูปทรง, 5 = รูปทรงที่ดีตรงตามต้องการ

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทพ์ (r_{ph}) และยีโนไทพ์ (r_g) ของลักษณะทางการเกษตร 11 ลักษณะในทานตะวัน 11 พันธุ์

ลักษณะ		อายุเก็บเกี่ยว	ความสูงลำต้น	ความแข็งแรงของคอดอก	ขนาดดอก	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด	เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม	เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด	เปอร์เซ็นต์น้ำมัน	ผลผลิตน้ำมัน	ผลผลิต
อายุออกดอก	r_{ph}	0.251	0.260	0.418	-0.028	0.145	-0.118	0.043	0.129	-0.208	-0.281
	r_g	**0.233**	**0.281**	**0.541**	**-0.005**	**0.282**	**-0.107**	**0.066**	**0.110**	**-0.297**	**-0.300**
อายุเก็บเกี่ยว	r_{ph}		-0.590*	0.345	0.789**	0.270	0.012	-0.719**	0.295	0.468	0.288
	r_g		**-0.575**	**0.384**	**0.863**	**0.333**	**0.018**	**-0.726**	**0.342**	**0.646**	**0.374**
ความสูงลำต้น	r_{ph}			0.420	-0.599*	0.168	0.358	0.328	-0.507	-0.435	-0.117
	r_g			**0.477**	**-0.735**	**0.329**	**0.434**	**0.325**	**-0.623**	**-0.577**	**-0.154**
ความแข็งแรงของคอดอก	r_{ph}				0.293	0.544*	0.269	-0.354	-0.229	0.191	0.330
	r_g				**0.306**	**0.578**	**0.386**	**-0.442**	**-0.307**	**0.254**	**0.361**
ขนาดดอก	r_{ph}					0.278	-0.034	-0.762**	0.194	0.742**	0.621*
	r_g					**0.266**	**0.030**	**-0.918**	**0.367**	**0.998**	**0.722**
น้ำหนัก 1,000 เมล็ด	r_{ph}						0.598*	-0.066	-0.701**	0.032	0.463
	r_g						**0.725**	**-0.054**	**-0.078**	**-0.215**	**0.439**
เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม	r_{ph}							0.058	-0.806**	-0.033	0.467
	r_g							**0.038**	**-0.015**	**-0.238**	**0.516**
เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด	r_{ph}								-0.350	-0.606*	-0.388
	r_g								**-0.559**	**-0.040**	**-0.701**
เปอร์เซ็นต์น้ำมัน	r_{ph}									0.245	-0.372
	r_g									**-0.075**	**-0.553**
ผลผลิตน้ำมัน	r_{ph}										0.806**
	r_g										**0.767**

*, ** มีความสำคัญกันทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 อิทธิพลทางตรง (ตามแนวทแยง) และทางอ้อมของลักษณะทางการเกษตร 8 ลักษณะต่อผลผลิตในทานตะวัน 11 พันธุ์

ลักษณะ	อายุเก็บเกี่ยว	ความสูงลำต้น	ความแข็งแรงของคอดอก	ขนาดดอก	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด	เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม	เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด	เปอร์เซ็นต์น้ำมัน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
อายุเก็บเกี่ยว	**0.495**	-1.290	-1.159	1.942	-0.009	0.012	1.015	-0.632	0.374
ความสูงลำต้น	-0.285	**2.244**	-1.440	-1.654	-0.009	0.293	-0.455	1.152	-0.154
ความแข็งแรงของคอดอก	0.190	1.070	**-3.019**	0.689	-0.016	0.260	0.618	0.568	0.361
ขนาดดอก	0.427	-1.649	-0.924	**2.250**	-0.007	0.020	1.284	-0.678	0.722
น้ำหนัก 1,000 เมล็ด	0.165	0.738	-1.745	0.599	**-0.027**	0.489	0.076	0.144	0.439
เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม	0.009	0.974	-1.165	0.068	-0.020	**0.675**	-0.053	0.028	0.516
เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด	-0.359	0.729	1.334	-2.066	0.001	0.026	**-1.399**	1.033	-0.701
เปอร์เซ็นต์น้ำมัน	0.169	-1.398	0.927	0.826	0.002	-0.010	0.782	**-1.849**	-0.553

4.2 สมรรถนะการรวมตัวทั่วไปของสายพันธุ์ สมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ และความดีเด่นของลูกผสมทานตะวัน

4.2.1 สมรรถนะการรวมตัวทั่วไป และสมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ

4.2.1.1 สมรรถนะการรวมตัวทั่วไป

จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์สมรรถนะการรวมตัวทั่วไป (gca) ของลักษณะต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 4.5 พบว่าทุกลักษณะมีความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 gca ของลักษณะผลผลิต ผลผลิตน้ำมัน เปอร์เซ็นต์น้ำมัน ขนาดดอก ความสม่ำเสมอของขนาดดอก ขนาดเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อต้น เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด ความแข็งแรงของคอดอก ความสูงลำต้น และความสม่ำเสมอของความสูง แสดงไว้ในตารางที่ 4.5

ผลผลิต จากการศึกษาลักษณะผลผลิต พบว่าผลผลิตมีค่า gca แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 3 สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ที่ให้ gca มีค่าเป็นบวก คือ 6A, 9A และ 8A ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,970.33, 760.27 และ 506.35 ตามลำดับ แสดงว่าสายพันธุ์เหล่านี้เป็นสายพันธุ์ที่มี gca สูง มีแนวโน้มที่จะให้ลูกผสมที่มีผลผลิตสูง สายพันธุ์ที่มี gca ของผลผลิตต่ำ คือ 2A, 11A, 10A และ 5A ซึ่งมีค่าเท่ากับ -1,478.30, -665.74, -622.01 และ -470.73 ตามลำดับ

ผลผลิตน้ำมัน จากการศึกษาลักษณะผลผลิตน้ำมัน พบว่าผลผลิตน้ำมันมีค่า gca แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 3 สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ที่ให้ gca มีค่าเป็นบวก คือ 6A, 9A และ 8A ซึ่งมีค่าเท่ากับ 780.93, 400.78 และ 234.05 ตามลำดับ แสดงว่าสายพันธุ์เหล่านี้เป็นสายพันธุ์ที่มี gca สูง มีแนวโน้มที่จะให้ลูกผสมที่มีผลผลิตน้ำมันสูง อย่างไรก็ตามสายพันธุ์ที่มี gca ของผลผลิตน้ำมันต่ำ คือ 2A, 10A, 5A และ 11A ซึ่งมีค่าเท่ากับ -652.37, -289.29, -278.12 และ -195.81 ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์น้ำมัน จากการศึกษาลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมัน พบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันมีค่า gca แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 4 สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ที่ gca มีค่าเป็นบวก คือ 9A, 6A, 8A และ 11A ซึ่งมีค่าเท่ากับ 267.21, 142.84, 84.99 และ 83.38 ตามลำดับ แสดงว่า สายพันธุ์เหล่านี้เป็นสายพันธุ์ที่มี gca สูง มีแนวโน้มที่จะให้ลูกผสมที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง สายพันธุ์ที่มี gca ของเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่ำ คือ 5A, 2A และ 10A ซึ่งมีค่าเท่ากับ -237.52, -219.12 และ -121.61 ตามลำดับ

ขนาดดอก จากการศึกษาลักษณะขนาดดอก พบว่าขนาดดอกมีค่า gca แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 3 สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ที่มีอิทธิพลของ gca ของขนาดดอกเป็นบวก คือ 9A, 6A และ 8A ซึ่งมีค่าเท่ากับ 115.61, 100.21 และ 42.06 ตามลำดับ แสดงว่าโดยทั่วไปสายพันธุ์เหล่านี้มีแนวโน้มที่จะให้ลูกผสมที่มีดอกขนาดใหญ่ สายพันธุ์ที่มีแนวโน้มที่จะให้ลูกผสมที่มีขนาด

ดอกเล็ก คือ 2A, 11A, 10A และ 5A ซึ่งมีค่าอิทธิพลของ gca ของขนาดดอกเป็นลบ มีค่าเท่ากับ -151.28, -47.24, -31.42 และ -27.78 ตามลำดับ

ความสม่ำเสมอของขนาดดอก จากการศึกษาลักษณะความสม่ำเสมอของขนาดดอก พบว่าความสม่ำเสมอของขนาดดอกมีค่า gca แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 4 สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ที่มีอิทธิพลของ gca ของความสม่ำเสมอของขนาดดอกเป็นบวก คือ 2A ซึ่งมีค่าเท่ากับ 13.52 และ 5A, 6A และ 8A ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.02 แสดงว่าโดยทั่วไปสายพันธุ์เหล่านี้มีแนวโน้มที่จะให้ลูกผสมที่มีความสม่ำเสมอของขนาดดอกมาก สายพันธุ์ที่มีแนวโน้มที่จะให้ลูกผสมที่มีความสม่ำเสมอของขนาดดอกน้อย คือ 10A และ 11A ซึ่งมีค่าอิทธิพลของ gca ของความสม่ำเสมอของขนาดดอกเป็นลบ มีค่าเท่ากับ -10.98 ส่วน 9A มีค่าอิทธิพล gca ของความสม่ำเสมอของขนาดดอกเป็นลบเช่นเดียวกัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ -0.48

ขนาดเมล็ด จากการศึกษาลักษณะขนาดเมล็ด พบว่าขนาดเมล็ดมีค่า gca แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 4 สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ที่มีอิทธิพลของ gca ของขนาดเมล็ดสูงที่สุด คือ 11A มีค่าเท่ากับ 229.72 รองลงมา คือ 8A, 9A และ 6A ซึ่งมีค่าเท่ากับ 198.92, 113.59 และ 22.30 ตามลำดับ แสดงว่าโดยทั่วไปสายพันธุ์เหล่านี้มีแนวโน้มที่จะให้ลูกผสมที่มีเมล็ดขนาดใหญ่ สายพันธุ์ที่มีแนวโน้มที่จะให้ลูกผสมที่มีเมล็ดขนาดเล็ก คือ 5A, 2A และ 10A ซึ่งมีค่าอิทธิพลของ gca ของน้ำหนักขนาดเมล็ดเป็นลบ มีค่าเท่ากับ -209.16, -179.12 และ -176.09 ตามลำดับ

จำนวนเมล็ดต่อต้น จากการศึกษาลักษณะจำนวนเมล็ดต่อต้น พบว่าจำนวนเมล็ดต่อต้นมีค่า gca แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 3 สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ที่ gca มีค่าเป็นบวก คือ 6A, 9A และ 8A ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4,639.11, 3,076.36 และ 2,623.11 ตามลำดับ แสดงว่าสายพันธุ์เหล่านี้เป็นสายพันธุ์ที่มี gca สูง มีแนวโน้มที่จะให้ลูกผสมที่มีจำนวนเมล็ดต่อต้นสูงสายพันธุ์ที่มี gca ของจำนวนเมล็ดต่อต้นต่ำ คือ 2A, 11A และ 5A ซึ่งมีค่าเท่ากับ -5,244.31, -3,824.48 และ -1,123.64 ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม จากการศึกษาลักษณะเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม พบว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มมีค่า gca แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 2 สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ที่ให้ gca มีค่าเป็นบวก คือ 9A และ 8A ซึ่งมีค่าเท่ากับ 56.19 และ 30.52 ตามลำดับ แสดงว่าสายพันธุ์เหล่านี้เป็นสายพันธุ์ที่มี gca สูง มีแนวโน้มที่จะให้ลูกผสมที่มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มสูง สายพันธุ์ที่มี gca ของเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มต่ำ คือ 5A, 2A, 6A, 10A และ 11A ซึ่งมีค่าเท่ากับ -45.89, -30.73, -5.64, -3.89 และ -0.39 ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด จากการศึกษาลักษณะเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด พบว่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดมีค่า gca แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 4 สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ที่มีอิทธิพลของ gca ของเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดเป็นบวก คือ 6A, 8A, 9A และ 11A ซึ่ง

มีค่าเท่ากับ 417.68, 240.66, 86.69 และ 45.95 ตามลำดับ แสดงว่าโดยทั่วไปสายพันธุ์เหล่านี้มีแนวโน้มที่จะให้ลูกผสมที่มีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดสูง สายพันธุ์ที่มีแนวโน้มที่จะให้ลูกผสมที่มีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดต่ำ คือ 2A, 10A และ 5A ซึ่งมีค่าอิทธิพลของ gca ของเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดเป็นลบ มีค่าเท่ากับ -364.54, -256.96 และ -169.31 ตามลำดับ

ความแข็งแรงของคอดอก จากการศึกษาลักษณะความแข็งแรงของคอดอก พบว่าความแข็งแรงของคอดอกมีค่า gca แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 2 สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ที่มีอิทธิพลของ gca ของความแข็งแรงของคอดอกสูงที่สุด คือ 11A มีค่าเท่ากับ 10.89 รองลงมา คือ 5A ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.64 แสดงว่าโดยทั่วไปสายพันธุ์เหล่านี้มีแนวโน้มที่จะให้ความแข็งแรงของคอดอกสูง สายพันธุ์ที่มีแนวโน้มที่จะให้ลูกผสมที่มีความแข็งแรงของคอดอกต่ำ คือ 2A, 6A, 9A, 10A และ 8A ซึ่งมีค่าอิทธิพลของ gca ของความแข็งแรงของคอดอกเป็นลบ มีค่าเท่ากับ -5.73, -2.71, -2.25, -0.47 และ -0.20 ตามลำดับ

ความสูงลำต้น จากการศึกษาลักษณะความสูงลำต้น พบว่าความสูงลำต้นมีค่า gca แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 4 สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ที่ให้ gca มีค่าเป็นบวก คือ 6A, 9A, 8A และ 5A ซึ่งมีค่าเท่ากับ 929.67, 812.34, 630.77 และ 118.46 ตามลำดับ แสดงว่าสายพันธุ์เหล่านี้เป็นสายพันธุ์ที่มี gca สูง สายพันธุ์ที่มี gca ของความสูงลำต้นต่ำ คือ 2A, 11A และ 10A ซึ่งมีค่าเท่ากับ -1603.10, -838.09 และ -49.89 ตามลำดับ มีแนวโน้มที่จะให้ลูกผสมที่มีความสูงลำต้นเตี้ย

ความสม่ำเสมอของความสูง จากการศึกษาลักษณะความสม่ำเสมอของความสูง พบว่าความสม่ำเสมอของความสูงมีค่า gca แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 3 สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ที่มีอิทธิพลของ gca ของความสม่ำเสมอของความสูงเป็นบวก คือ 2A, 9A และ 11A ซึ่งมีค่าเท่ากับ 23.02, 3.77 และ 2.02 แสดงว่าโดยทั่วไปสายพันธุ์เหล่านี้มีแนวโน้มที่จะให้ลูกผสมที่มีความสม่ำเสมอของความสูงมาก สายพันธุ์ที่มีแนวโน้มที่จะให้ลูกผสมที่มีความสม่ำเสมอของความสูงน้อย คือ 5A และ 6A ซึ่งมีค่าอิทธิพลของ gca ของความสม่ำเสมอของความสูงเป็นลบ มีค่าเท่ากับ -11.98 ส่วน 10A มีค่าอิทธิพล gca ของความสม่ำเสมอของความสูงเป็นลบเช่นเดียวกัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ -3.23

4.2.1.2 สมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ

จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์สมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ (sca) ของลักษณะต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 4.5 พบว่าลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมัน ขนาดดอก ความสม่ำเสมอของขนาดดอก ขนาดเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อต้น เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด ความแข็งแรงของคอดอก ความสูงลำต้น และความสม่ำเสมอของความสูง มีความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 สำหรับผลผลิต มีความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 ส่วนผลผลิตน้ำมันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ สมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ (sca) ของลักษณะผลผลิต ผลผลิตน้ำมัน เปอร์เซ็นต์น้ำมัน ขนาดดอก

ความสม่ำเสมอของขนาดดอก ขนาดเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อต้น เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด ความแข็งแรงของคอดอก ความสูงลำต้น และความสม่ำเสมอของ ความสูง แสดงไว้ในตารางที่ 4.6

ผลผลิต จากการวิเคราะห์อิทธิพลของ sca ของผลผลิต พบว่าผลผลิตมีค่า sca แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 3 คู่ผสม โดยลูกผสมที่มีค่า sca สูงที่สุด คือ ลูกผสม 10A×6A มีแนวโน้มที่จะนำไปผลิตลูกผสมแล้วให้ผลผลิตสูง เพราะมี sca สูง ซึ่งมีค่า sca เท่ากับ 58.19 รองลงมา คือ ลูกผสม 9A×2A และ 11A×5A ซึ่งมีค่า sca เท่ากับ 52.39 และ 51.42 ตามลำดับ

ผลผลิตน้ำมัน จากผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ sca ของผลผลิตน้ำมัน พบว่าผลผลิตน้ำมันมีค่า sca แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 และ 0.05 อย่างละ 1 คู่ผสม โดยลูกผสมที่มีค่า sca สูงที่สุด คือ ลูกผสม 10A×6A มีแนวโน้มที่จะนำไปผลิตลูกผสมแล้วให้ผลผลิตน้ำมันสูง เพราะมี sca สูง ซึ่งมีค่า sca เท่ากับ 17.05 รองลงมา คือ ลูกผสม 8A×6A และ 9A×8A ซึ่งมีค่า sca เท่ากับ 13.46 และ 12.26 ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์น้ำมัน จากการวิเคราะห์อิทธิพลของ sca ของเปอร์เซ็นต์น้ำมัน พบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันมีค่า sca แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 17 คู่ผสม โดยลูกผสมที่มีค่า sca สูงที่สุด คือ ลูกผสม 5A×2A มีแนวโน้มที่จะนำไปผลิตลูกผสมแล้วให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง เพราะมี sca สูง ซึ่งมีค่า sca เท่ากับ 19.13 รองลงมา คือ ลูกผสม 11A×2A และ 11A×8A ซึ่งมีค่า sca เท่ากับ 16.59 และ 14.15 ตามลำดับ

ขนาดดอก จากผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ sca ของขนาดดอก พบว่า ขนาดดอกมีค่า sca แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 17 คู่ผสม และแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จำนวน 2 คู่ผสม โดยลูกผสมที่มีค่า sca สูงที่สุด คือ ลูกผสม 9A×2A ซึ่งมีค่า sca เท่ากับ 8.78 รองลงมา คือ ลูกผสม 5A×2A และ 11A×6A ซึ่งมีค่า sca เท่ากับ 7.97 และ 7.60 ตามลำดับ

ความสม่ำเสมอของขนาดดอก จากผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ sca ของความสม่ำเสมอของขนาดดอก พบว่าความสม่ำเสมอของขนาดดอกมีค่า sca แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 5 คู่ผสม และแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จำนวน 2 คู่ผสม โดยลูกผสมที่มีค่า sca สูงที่สุด คือ ลูกผสม 6A×2A และ 8A×2A ซึ่งมีค่า sca เท่ากับ 0.98 รองลงมา คือ ลูกผสม 11A×2A และ 9A×6A ซึ่งมีค่า sca เท่ากับ 0.84

ขนาดเมล็ด จากการวิเคราะห์อิทธิพลของ sca ของขนาดเมล็ด พบว่าขนาดเมล็ดมีค่า sca แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 7 คู่ผสม และแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 เพียง 1 คู่ผสม โดยลูกผสมที่มีค่า sca สูงที่สุด คือ ลูกผสม 9A×8A ซึ่งมีค่า sca เท่ากับ 15.42 รองลงมา คือ ลูกผสม 10A×5A และ 11A×5A ซึ่งมีค่า sca เท่ากับ 12.35 และ 9.97 ตามลำดับ

จำนวนเมล็ดต่อต้น จากผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ sca ของจำนวนเมล็ด ต่อต้น พบว่าจำนวนเมล็ดต่อต้นมีค่า sca แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 3 คู่ผสม และแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จำนวน 2 คู่ผสม โดยลูกผสมที่มีค่า sca สูงที่สุด คือ ลูกผสม 11A×6A ซึ่งมีค่า sca เท่ากับ 270.65 รองลงมา คือ ลูกผสม 9A×2A และ 10A×2A ซึ่งมีค่า sca เท่ากับ 206.02 และ 203.45 ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม จากการวิเคราะห์อิทธิพลของ sca ของเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม พบว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มมีค่า sca แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 ทุกคู่ผสม โดยลูกผสมที่มีค่า sca สูงที่สุด คือ ลูกผสม 5A×2A ซึ่งมีค่า sca เท่ากับ 10.59 รองลงมา คือ ลูกผสม 9A×8A และ 11A×9A ซึ่งมีค่า sca เท่ากับ 9.17 และ 8.04 ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด จากผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ sca ของเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด พบว่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดมีค่า sca แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 4 คู่ผสม และแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 เพียง 1 คู่ผสม โดยลูกผสมที่มีค่า sca สูงที่สุด คือ ลูกผสม 9A×2A ซึ่งมีค่า sca เท่ากับ 26.92 รองลงมา คือ ลูกผสม 10A×6A และ 9A×8A ซึ่งมีค่า sca เท่ากับ 20.49 และ 19.42 ตามลำดับ

ความแข็งแรงของคอดอก จากการวิเคราะห์อิทธิพลของ sca ของความแข็งแรงของคอดอก พบว่าความแข็งแรงของคอดอกมีค่า sca แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 12 คู่ผสม และแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จำนวน 2 คู่ผสม โดยลูกผสมที่มีค่า sca สูงที่สุด คือ ลูกผสม 11A×2A ซึ่งมีค่า sca เท่ากับ 0.75 รองลงมา คือ ลูกผสม 9A×6A และ 8A×6A ซึ่งมีค่า sca เท่ากับ 0.56 และ 0.54 ตามลำดับ

ความสูงลำต้น จากผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ sca ของความสูงลำต้น พบว่าความสูงลำต้นมีค่า sca แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 8 คู่ผสม และแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จำนวน 3 คู่ผสม โดยลูกผสมที่มีค่า sca สูงที่สุด คือ ลูกผสม 10A×8A ซึ่งมีค่า sca เท่ากับ 47.34 รองลงมา คือ ลูกผสม 5A×2A และ 9A×2A ซึ่งมีค่า sca เท่ากับ 33.15 และ 28.88 ตามลำดับ

ความสม่ำเสมอของความสูง จากผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ sca ของความสม่ำเสมอของความสูง พบว่าความสม่ำเสมอของความสูงมีค่า sca แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 6 คู่ผสม และแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 เพียง 1 คู่ผสม โดยลูกผสมที่มีค่า sca สูงที่สุด คือ ลูกผสม 8A×2A ซึ่งมีค่า sca เท่ากับ 1.39 รองลงมา คือ ลูกผสม 10A×9A และ 5A×2A ซึ่งมีค่า sca เท่ากับ 1.04 และ 0.84 ตามลำดับ

โดยสรุปจากผลการวิเคราะห์สมรรถนะการรวมตัวทั่วไปของสายพันธุ์ และสมรรถนะการรวมตัวจำเพาะของคู่ผสม พบว่าการแสดงออกของยีนในลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิต ความสูงลำต้น เปอร์เซ็นต์น้ำมัน จำนวนเมล็ดต่อต้น ขนาดดอก ขนาดเมล็ด เปอร์เซ็นต์

การกะเทาะเมล็ด ความแข็งแรงของคอดอก ความสม่ำเสมอของความสูง และเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม เป็นแบบบวก เพราะเมื่อพิจารณาอัตราส่วนระหว่าง gca กับ sca ซึ่งมีค่าเท่ากับ 12.69:1, 6.93:1, 6.75:1, 3.27:1, 2.98:1, 2.63:1, 2.39:1, 1.86:1, 1.57:1, 1.35:1 และ 1.03:1 ตามลำดับ โดยลักษณะเหล่านี้มีขนาดของวาเรียนซ์ gca มากกว่า sca ส่วนการแสดงออกของยีนในลักษณะความสม่ำเสมอของขนาดดอก เป็นแบบข่ม เพราะเมื่อพิจารณาอัตราส่วนระหว่าง gca กับ sca ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1:1.45 โดยลักษณะนี้มีขนาดของวาเรียนซ์ sca มากกว่า gca

4.2.2 ความดีเด่นของลูกผสม

การวัดความดีเด่นของลูกผสมทำได้ 2 วิธี คือ วัดโดยเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่ (heterosis) และวัดโดยเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่ที่ดีกว่า (heterobeltiosis) จากการศึกษาความดีเด่นของลักษณะต่าง ๆ ทั้ง 12 ลักษณะ ในทานตะวันพันธุ์ลูกผสม 21 คู่ผสม ดังแสดงในตารางที่ 4.7 พบว่าแต่ละลักษณะมีค่า heterosis และ heterobeltiosis ดังนี้

ผลผลิต จากการวิเคราะห์ความดีเด่นของลูกผสม พบว่าผลผลิตของพันธุ์ทานตะวันมีค่า heterosis แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 3 คู่ผสม แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จำนวน 4 คู่ผสม และมีค่า heterobeltiosis แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 และ 0.05 อย่างละ 1 คู่ผสม ผลผลิตมีค่า heterosis -18.76 ถึง 139.71% ให้ผลผลิตเฉลี่ยตั้งแต่ 110-254 กิโลกรัมต่อไร่ โดยลูกผสม 11A×10A มีค่า heterosis สูงที่สุด คือ 139.71% ให้ผลผลิต 235 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ ลูกผสม 9A×2A และ 11A×5A มีค่า heterosis เท่ากับ 77.36 และ 64.78% ให้ผลผลิต 243 และ 254 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการที่ผลผลิตมีความดีเด่นสูงทำให้ทานตะวันมีผลผลิตสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าผลผลิตมีค่า heterobeltiosis -25.00 ถึง 57.57% โดยลูกผสม 11A×5A มีค่า heterobeltiosis สูงที่สุด คือ 57.57% รองลงมา คือ ลูกผสม 11A×10A มีค่า heterobeltiosis เท่ากับ 41.69% ซึ่งจากการศึกษาของ Ahmad et al. (2005) พบเช่นเดียวกันว่าผลผลิตมีค่า heterosis 102 ถึง 309% นอกจากนี้ผลการศึกษาของ Khan et al. (2003) ก็พบเช่นเดียวกันว่าผลผลิตมีค่า heterosis 10.7 ถึง 322.3% จะเห็นว่า heterosis กับ heterobeltiosis มีค่าไปในทิศทางเดียวกัน และถ้าคู่ผสมคู่ใดมีความดีเด่นสูงแล้ว คู่ผสมคู่นั้นจะให้ผลผลิตสูงขึ้นตามไปด้วย

ผลผลิตน้ำมัน จากผลการวิเคราะห์ความดีเด่นของการทดลองนี้ พบว่าผลผลิตน้ำมันของพันธุ์ทานตะวันมีค่า heterosis แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 7 คู่ผสม แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จำนวน 3 คู่ผสม และมีค่า heterobeltiosis แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 6 คู่ผสม แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 เพียง 1 คู่ผสม ผลผลิตน้ำมันมีค่า heterosis 2.51 ถึง 114.25% ให้ผลผลิตน้ำมันเฉลี่ยตั้งแต่ 38-98 กิโลกรัมต่อไร่ โดยลูกผสม 11A×10A มีค่า heterosis สูงที่สุด คือ 114.25% ให้ผลผลิตน้ำมัน 86 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ ลูกผสม 9A×2A และ 5A×2A มีค่า heterosis เท่ากับ 100.69 และ 93.72% ให้ผลผลิตน้ำมัน 81 และ 98 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่ง

แสดงให้เห็นว่าการที่ผลผลิตน้ำมันมีความดีเด่นสูงทำให้ทานตะวันมีผลผลิตน้ำมันสูงขึ้น นอกจากนี้ผลผลิตน้ำมันมีค่า heterobeltiosis เท่ากับ -13.53 ถึง 81.30% โดยลูกผสม 11A×5A มีค่า heterobeltiosis สูงที่สุด คือ 81.30% รองลงมา คือ ลูกผสม 5A×2A และ 11A×10A มีค่า heterobeltiosis เท่ากับ 75.99 และ 71.41% ซึ่งจากการศึกษาของ Gvozdenović et al. (2009) พบเช่นเดียวกันว่าผลผลิตน้ำมันมีค่า heterosis 55.77 ถึง 247.24% และมีค่า heterobeltiosis 34.72 ถึง 125.32% จะเห็นว่า heterosis กับ heterobeltiosis มีค่าไปในทิศทางเดียวกัน และถ้าคู่ผสมคู่ใดมีความดีเด่นสูงแล้ว คู่ผสมคู่นั้นจะให้ผลผลิตน้ำมันสูงขึ้นตามไปด้วย

เปอร์เซ็นต์น้ำมัน จากการวิเคราะห์ความดีเด่น พบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันของพันธุ์ทานตะวันมีค่า heterosis แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 ทุกคู่ผสม และมีค่า heterobeltiosis แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 15 คู่ผสม แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จำนวน 4 คู่ผสม เปอร์เซ็นต์น้ำมันมีค่า heterosis 11.22 ถึง 39.01% ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันเฉลี่ยตั้งแต่ 33.23-41.69% โดยลูกผสม 5A×2A มีค่า heterosis สูงที่สุด คือ 39.01% ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมัน 41.69% รองลงมา คือ ลูกผสม 10A×2A และ 11A×2A มีค่า heterosis เท่ากับ 31.29 และ 30.62% ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมัน 38.99 และ 38.77% ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการที่เปอร์เซ็นต์น้ำมันมีความดีเด่นสูงทำให้ทานตะวันมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงขึ้น นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์น้ำมันมีค่า heterobeltiosis เท่ากับ 8.54 ถึง 35.28% โดยลูกผสม 5A×2A มีค่า heterobeltiosis สูงที่สุด คือ 35.28% รองลงมา คือ ลูกผสม 10A×2A และ 6A×2A มีค่า heterobeltiosis เท่ากับ 29.00 และ 28.45% ซึ่งจากการศึกษาของ Khan, S. A. et al. (2008) พบเช่นเดียวกันว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันมีค่า heterosis -4.78 ถึง 52.85% และมีค่า heterobeltiosis -18.39 ถึง 42.50% นอกจากนี้ผลการศึกษาของ Gvozdenović et al. (2009) ก็พบเช่นเดียวกันว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันมีค่า heterosis -7.12 ถึง 9.72% และมีค่า heterobeltiosis -9.98 ถึง 6.98% จะเห็นว่า heterosis กับ heterobeltiosis มีค่าไปในทิศทางเดียวกัน และถ้าคู่ผสมคู่ใดมีความดีเด่นสูงแล้ว คู่ผสมคู่นั้นจะให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงขึ้นตามไปด้วย

ขนาดดอก จากผลการวิเคราะห์ความดีเด่นของการทดลองนี้ พบว่าขนาดดอกมีค่า heterosis แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 2 คู่ผสม แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จำนวน 1 คู่ผสม และมีค่า heterobeltiosis แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 เพียง 1 คู่ผสม ขนาดดอกมีค่า heterosis -39.99 ถึง 15.18% ให้ขนาดดอกเฉลี่ยตั้งแต่ 12.77-16.92 เซนติเมตร โดยลูกผสม 9A×2A มีค่า heterosis สูงที่สุด คือ 15.18% ซึ่งมีขนาดดอกใหญ่ 16.10 เซนติเมตร รองลงมา คือ ลูกผสม 5A×2A และ 11A×6A มีค่า heterosis เท่ากับ 14.66 และ 12.58% ซึ่งมีขนาดดอกใหญ่ 16.92 และ 15.17 เซนติเมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการที่ขนาดดอกมีความดีเด่นสูงทำให้ทานตะวันมีขนาดดอกใหญ่ขึ้นเช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับหลายงานทดลอง (Khan et al., 2003; Göksoy and Turan, 2004; Ahmad et al., 2005; Sawargaonkar and Ghodke, 2008; Gvozdenović et al., 2009; Jan

et al., 2009) ซึ่งพบว่าลักษณะขนาดดอกมี heterosis นอกจากนี้ขนาดดอกมีค่า heterobeltiosis -27.50 ถึง 14.53% โดยลูกผสม 5A×2A มีค่า heterobeltiosis สูงที่สุด คือ 14.53% รองลงมา คือ ลูกผสม 9A×2A และ 9A×8A มีค่า heterobeltiosis เท่ากับ 8.98 และ 7.13% ซึ่งจากการศึกษาของ Haq et al. (2006) พบเช่นเดียวกันว่าขนาดดอกมีค่า heterobeltiosis -12.56 ถึง 52.94% นอกจากนี้ผลการศึกษาของ Gvozdenović et al. (2009) ก็พบเช่นเดียวกันว่าขนาดดอกมีค่า heterobeltiosis 0.74 ถึง 47.81%

ความสม่ำเสมอของขนาดดอก จากผลการวิเคราะห์ความดีเด่นของการทดลองนี้ พบว่าความสม่ำเสมอของขนาดดอกมีค่า heterosis แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 เพียง 1 คู่ผสม ความสม่ำเสมอของขนาดดอกมีค่า heterosis -81.22 ถึง 44.44% ให้ความสม่ำเสมอของขนาดดอกเฉลี่ยตั้งแต่ 1.00-3.25 คะแนน โดยลูกผสม 10A×9A มีค่า heterosis สูงที่สุด คือ 44.44% ให้ความสม่ำเสมอของขนาดดอก 3.25 คะแนน รองลงมา คือ ลูกผสม 10A×6A และ 10A×5A มีค่า heterosis เท่ากับ 26.32 และ 22.22% ให้ความสม่ำเสมอของขนาดดอก 3.00 และ 2.75 คะแนน ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการที่ความสม่ำเสมอของขนาดดอกมีความดีเด่นสูงทำให้ทานตะวันมีความสม่ำเสมอของขนาดดอกมากขึ้น นอกจากนี้ความสม่ำเสมอของขนาดดอกมีค่า heterobeltiosis -63.64 ถึง 33.33% โดยลูกผสม 11A×10A มีค่า heterobeltiosis สูงที่สุด คือ 33.33% รองลงมา คือ ลูกผสม 10A×9A มีค่า heterobeltiosis เท่ากับ 18.18

ขนาดเมล็ด จากการวิเคราะห์ความดีเด่น พบว่าขนาดเมล็ดมีค่า heterosis แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 6 คู่ผสม แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จำนวน 2 คู่ผสม และมีค่า heterobeltiosis แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 3 คู่ผสม แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 เพียง 1 คู่ผสม ขนาดเมล็ดมีค่า heterosis -26.37 ถึง 72.83% มีน้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยตั้งแต่ 25.38-61.55 กรัม/1,000 เมล็ด โดยลูกผสม 10A×5A มีค่า heterosis สูงที่สุด คือ 72.83% ให้ขนาดเมล็ด 61.55 กรัม/1,000 เมล็ด รองลงมา คือ ลูกผสม 10A×9A และ 11A×5A มีค่า heterosis เท่ากับ 45.59 และ 33.40% ซึ่งขนาดเมล็ด 46.33 และ 47.59 กรัม/1,000 เมล็ด ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการที่ขนาดเมล็ดมีความดีเด่นสูงทำให้ทานตะวันมีขนาดเมล็ดมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับหลายงานทดลอง (Göksoy and Turan, 2004; Ahmad et al., 2005; Khan, S. A. et al., 2008; Sawargaonkar and Ghodke, 2008; Gvozdenović et al., 2009; Jan et al., 2009) ซึ่งพบว่าลักษณะขนาดเมล็ดมี heterosis นอกจากนี้ขนาดเมล็ดมีค่า heterobeltiosis เท่ากับ -30.26 ถึง 63.01% โดยลูกผสม 10A×5A มีค่า heterobeltiosis สูงที่สุด คือ 63.01% รองลงมา คือ ลูกผสม 10A×9A และ 6A×5A มีค่า heterobeltiosis 38.45 และ 30.77% นอกจากนี้ผลการศึกษาของ Göksoy and Turan (2004) ก็พบเช่นเดียวกันว่าขนาดเมล็ดมีค่า heterobeltiosis -19.0 ถึง 21.0% นอกจากนี้ผลการศึกษาของ Haq et al. (2006) ก็พบเช่นเดียวกันว่าขนาดเมล็ดมีค่า heterobeltiosis -37.89 ถึง 78.70%

จำนวนเมล็ดต่อต้น จากผลการวิเคราะห์ความดีเด่นของการทดลองนี้ พบว่าจำนวนเมล็ดต่อต้นมีค่า heterosis แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 4 คู่ผสม และมีค่า heterobeltiosis แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 เพียง 1 คู่ผสม จำนวนเมล็ดต่อต้นมีค่า heterosis -35.75 ถึง 149.77% ให้จำนวนเมล็ดต่อต้นเฉลี่ยตั้งแต่ 274-920 เมล็ด โดยลูกผสม 11A×10A มีค่า heterosis สูงที่สุด คือ 149.77% ให้จำนวนเมล็ดต่อต้น 777 เมล็ด รองลงมา คือ ลูกผสม 11A×6A และ 10A×2A มีค่า heterosis เท่ากับ 69.08 และ 55.71% ซึ่งมีจำนวนเมล็ดต่อต้น 810 และ 920 เมล็ด ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการที่จำนวนเมล็ดต่อต้นมีความดีเด่นสูงทำให้ทานตะวันมีจำนวนเมล็ดต่อต้นมากขึ้น ซึ่งคล้ายกับผลการทดลองของ (Khan et al., 2003; Göksoy and Turan, 2004; Jan et al., 2009) ซึ่งพบว่าลักษณะจำนวนเมล็ดต่อต้นมี heterosis นอกจากนี้จำนวนเมล็ดต่อต้นมีค่า heterobeltiosis -43.28 ถึง 55.41% โดยลูกผสม 10A×2A มีค่า heterobeltiosis สูงที่สุด คือ 55.41% รองลงมา คือ ลูกผสม 9A×2A และ 11A×6A มีค่า heterobeltiosis เท่ากับ 40.83 และ 37.62% ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้คล้ายกับผลการศึกษาของ Göksoy and Turan (2004) ซึ่งพบว่าจำนวนเมล็ดต่อต้นมีค่า heterobeltiosis -16.5 ถึง 46.9%

เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม จากการวิเคราะห์ความดีเด่น พบว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มมีค่า heterosis แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 3 คู่ผสม แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จำนวน 2 คู่ผสม และมีค่า heterobeltiosis แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 เพียง 1 คู่ผสม เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มมีค่า heterosis -4.21 ถึง 50.31% ให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มเฉลี่ยตั้งแต่ 86.25-97.75% โดยลูกผสม 11A×10A มีค่า heterosis สูงที่สุด คือ 50.31% ให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม 91.58% รองลงมา คือ ลูกผสม 5A×2A และ 11A×5A มีค่า heterosis เท่ากับ 8.86 และ 4.74% ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม 97.75 และ 93.09% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการที่เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มมีความดีเด่นสูงทำให้ทานตะวันมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มสูงขึ้น นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มมีค่า heterobeltiosis เท่ากับ -3.54 ถึง 8.71% โดยลูกผสม 5A×2A มีค่า heterobeltiosis สูงที่สุด คือ 8.71% รองลงมา คือ ลูกผสม 6A×2A และ 11A×5A มีค่า heterobeltiosis เท่ากับ 3.31 และ 2.67%

เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด จากผลการวิเคราะห์ความดีเด่นของการทดลองนี้ พบว่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดมีค่า heterosis แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 2 คู่ผสม แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จำนวน 4 คู่ผสม และมีค่า heterobeltiosis แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 และ 0.05 อย่างละ 1 คู่ ผสม เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดมีค่า heterosis -37.88 ถึง 142.11% ให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดเฉลี่ยตั้งแต่ 23.27-74.37% โดยลูกผสม 9A×2A มีค่า heterosis สูงที่สุด คือ 142.11% ให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด 74.37% รองลงมา คือ ลูกผสม 10A×5A และ 9A×8A มีค่า heterosis เท่ากับ 72.58 และ 64.35% ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด 66.16 และ 49.58% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการที่เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดมีความดีเด่นสูงทำให้ทานตะวันมี

เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดสูงขึ้น นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดมีค่า heterobeltiosis -39.76 ถึง 69.44% โดยลูกผสม 9A×2A มีค่า heterobeltiosis สูงที่สุด คือ 69.44% รองลงมา คือ ลูกผสม 11A×5A และ 10A×5A มีค่า heterobeltiosis เท่ากับ 47.75 และ 45.26%

ความแข็งแรงของคอดอก จากการวิเคราะห์ความดีเด่น พบว่าความแข็งแรงของคอดอกมีค่า heterosis แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 3 คู่ผสม แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จำนวน 2 คู่ผสม และมีค่า heterobeltiosis แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 และ 0.05 อย่างละ 1 คู่ผสม ความแข็งแรงของคอดอกมีค่า heterosis -75.35 ถึง 20.63% ให้ความแข็งแรงของคอดอกเฉลี่ยตั้งแต่ 3.90-4.83 คะแนน โดยลูกผสม 9A×6A มีค่า heterosis สูงที่สุด คือ 20.63% ให้ความแข็งแรงของคอดอก 4.83 คะแนน รองลงมา คือ ลูกผสม 8A×6A และ 9A×2A มีค่า heterosis เท่ากับ 15.29 และ 12.63% ซึ่งมีความแข็งแรงของคอดอก 4.75 และ 4.78 คะแนน ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการที่ความแข็งแรงของคอดอกมีความดีเด่นสูงทำให้ทานตะวันมีความแข็งแรงของคอดอกมากขึ้น นอกจากนี้ความแข็งแรงของคอดอกมีค่า heterobeltiosis เท่ากับ -11.61 ถึง 18.62% โดยลูกผสม 9A×6A มีค่า heterobeltiosis สูงที่สุด คือ 18.62% รองลงมา คือ ลูกผสม 8A×6A และ 9A×8A มีค่า heterobeltiosis เท่ากับ 10.27 และ 8.42%

ความสูงลำต้น จากผลการวิเคราะห์ความดีเด่นของการทดลองนี้ พบว่าความสูงลำต้นมีค่า heterosis แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 7 คู่ผสม แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จำนวน 3 คู่ผสม และมีค่า heterobeltiosis แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 2 คู่ผสม แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จำนวน 3 คู่ผสม ความสูงลำต้นมีค่า heterosis -39.60 ถึง 75.89% ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยตั้งแต่ 94-226 เซนติเมตร โดยลูกผสม 11A×10A มีค่า heterosis สูงที่สุด คือ 75.89% ให้ความสูงลำต้น 152 เซนติเมตร รองลงมา คือ ลูกผสม 11A×2A และ 11A×8A มีค่า heterosis เท่ากับ 50.25 และ 31.73% ซึ่งมีความสูงลำต้น 226 และ 163 เซนติเมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการที่ความสูงลำต้นมีความดีเด่นสูงทำให้ทานตะวันมีความสูงลำต้นมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับหลายงานทดลอง (Khan et al., 2003; Göksoy and Turan, 2004; Sawargaonkar and Ghodke, 2008; Gvozdenović et al., 2009) ซึ่งพบว่าลักษณะความสูงลำต้นมี heterosis นอกจากนี้ความสูงลำต้นมีค่า heterobeltiosis เท่ากับ -40.99 ถึง 24.12% โดยลูกผสม 11A×8A มีค่า heterobeltiosis สูงที่สุด คือ 24.12% รองลงมา คือ ลูกผสม 11A×2A และ 10A×8A มีค่า heterobeltiosis เท่ากับ 22.50 และ 20.69% ซึ่งสอดคล้องกับหลายงานทดลองเช่นเดียวกัน (Göksoy and Turan, 2004; Haq et al., 2006; Gvozdenović et al., 2009) ซึ่งพบว่าลักษณะความสูงลำต้นมี heterobeltiosis

ความสม่ำเสมอของความสูง จากผลการวิเคราะห์ความดีเด่นของการทดลองนี้ พบว่าความสม่ำเสมอของความสูงมีค่า heterosis แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 จำนวน 3 คู่ผสม แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จำนวน 2 คู่ผสม และมีค่า heterobeltiosis แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01

จำนวน 2 คู่ผสม ความสม่ำเสมอของความสูงมีค่า heterosis -75.90 ถึง 36.36% ให้ความสม่ำเสมอของความสูงเฉลี่ยตั้งแต่ 1.75-4.25 คะแนน โดยลูกผสม 5A×2A มีค่า heterosis สูงที่สุด คือ 36.36% ให้ความสม่ำเสมอของความสูง 3.75 คะแนน รองลงมา คือ ลูกผสม 10A×6A และ 10A×5A มีค่า heterosis เท่ากับ 36.00 และ 33.33% ซึ่งมีความสม่ำเสมอของความสูง 4.25 และ 4.00 คะแนน ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการที่ความสม่ำเสมอของความสูงมีความดีเด่นสูงทำให้ทานตะวันมีความสม่ำเสมอของความสูงมากขึ้น นอกจากนี้ความสม่ำเสมอของความสูงมีค่า heterobeltiosis -56.25 ถึง 33.33% โดยลูกผสม 10A×5A มีค่า heterobeltiosis สูงที่สุด คือ 33.33% รองลงมา คือ ลูกผสม 10A×6A และ 5A×2A มีค่า heterobeltiosis เท่ากับ 30.77 และ 25.00%

จากการหาสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปของสายพันธุ์ และสมรรถนะการรวมตัวจำเพาะของสายพันธุ์ ซึ่งผลของ gca และ sca เป็นข้อมูลที่สำคัญในการคัดเลือกเฉพาะสายพันธุ์พ่อแม่ที่ดี มีศักยภาพสูงในการนำไปผลิตเป็นลูกผสม และยังสามารถบอกได้ถึงการแสดงออกของยีนว่าเป็นแบบใด ซึ่งพบว่าทั้ง gca และ sca มีอิทธิพลต่อทุกลักษณะ แต่เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่าง gca กับ sca พบว่า gca มีอิทธิพลต่อทุกลักษณะมากกว่า sca ยกเว้นลักษณะความสม่ำเสมอของขนาดดอกที่พบว่า sca มีอิทธิพลต่อลักษณะมากกว่า gca และสายพันธุ์ที่ให้ค่า gca ของลักษณะผลผลิตมีค่าสูง และเป็นบวก ได้แก่ สายพันธุ์ 6A, 9A และ 8A สายพันธุ์ที่ให้ค่า gca ของลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมันมีค่าเป็นบวก คือ 9A, 6A, 8A และ 11A แสดงว่าสายพันธุ์เหล่านี้เป็นสายพันธุ์ที่มี gca สูง พบว่าเมื่อนำไปผสมกับสายพันธุ์อื่น ๆ หลายสายพันธุ์มีแนวโน้มจะให้ลักษณะต่าง ๆ มีลักษณะดี และจากการวิเคราะห์ sca ของลักษณะผลผลิต พบว่าลูกผสมที่มีค่า sca สูงที่สุด ได้แก่ ลูกผสม 10A×6A รองลงมา คือ ลูกผสม 9A×2A และ 11A×5A ส่วนการวิเคราะห์ sca ของเปอร์เซ็นต์น้ำมัน พบว่าลูกผสมที่มีค่า sca สูงที่สุด คือ ลูกผสม 5A×2A รองลงมา คือ ลูกผสม 11A×2A และ 11A×8A

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลูกผสม พบว่าลูกผสม 11A×5A ให้ผลผลิตเฉลี่ย 254 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ ลูกผสม 11A×2A และ 9A×2A ซึ่งมีผลผลิตเท่ากับ 245 และ 243 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าลูกผสม 5A×2A ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงที่สุดคือ 41.69 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ลูกผสม 10A×2A และ 10A×5A ซึ่งให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันเท่ากับ 38.99 และ 38.97% ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นผลผลิตน้ำมันแล้วลูกผสม 5A×2A ให้ผลผลิตน้ำมันถึง 98 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ลูกผสม 11A×2A, 10A×2A และ 11A×5A ให้ผลผลิตน้ำมันต่ำกว่า คือ ให้ผลผลิตน้ำมันเท่ากับ 95, 93 และ 87 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

จากการวัดค่าความดีเด่นของลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่ และเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่ที่ดีกว่า ซึ่งการวัดค่าความดีเด่นของลูกผสมทั้งสองเป็นการวัดการแสดงออกของยีนในแบบข่ม พบว่าผลผลิตมีค่า heterosis -18.76 ถึง 139.71% โดย

ลูกผสม 11A×10A มีค่า heterosis สูงที่สุด ให้ผลผลิต 235 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ ลูกผสม 9A×2A และ 11A×5A ให้ผลผลิต 243 และ 254 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ผลผลิตมีค่า heterobeltiosis เท่ากับ -25.00 ถึง 57.57% โดยลูกผสม 11A×5A มีค่า heterobeltiosis สูงที่สุด รองลงมา คือ ลูกผสม 11A×10A และ 10A×5A ส่วนเปอร์เซ็นต์น้ำมันมีค่า heterosis 11.22 ถึง 39.01% โดยลูกผสม 5A×2A มีค่า heterosis สูงที่สุด ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมัน 41.69% รองลงมา คือ ลูกผสม 10A×2A และ 11A×2A ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมัน 38.99 และ 38.77% ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์น้ำมันมีค่า heterobeltiosis เท่ากับ 8.54 ถึง 35.28% โดยลูกผสม 5A×2A มีค่า heterobeltiosis สูงที่สุด รองลงมา คือ ลูกผสม 10A×2A และ 6A×2A

จากการนำทานตะวัน 7 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ 2A, 5A, 6A, 8A, 9A, 10A และ 11A มาผสมพันธุ์ที่เป็นแบบการผสมตรง (cross) เพื่อทดสอบผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และลักษณะต่าง ๆ ของลูกผสม และศึกษาสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปของสายพันธุ์ สมรรถนะการรวมตัวจำเพาะของคู่ผสม และความดีเด่นของลูกผสมทานตะวัน พบว่าลูกผสม 5A×2A, 10A×2A, 11A×2A, 10A×5A, 11A×5A และ 11A×10A เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการผลิตลูกผสมเพื่อทำการปลูกทดสอบต่อไป เนื่องจากลูกผสมเหล่านี้มีคุณสมบัติต่าง ๆ คือ 1) ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูง 2) ลูกผสมที่ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง 3) ลูกผสมที่ให้ sca ของผลผลิตสูง 4) ลูกผสมที่ให้ sca ของเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง 5) ลูกผสมที่ให้ความดีเด่นของผลผลิตสูง 6) ลูกผสมที่ให้ความดีเด่นของเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง

ตารางที่ 4.5 ค่ามีนสแควร์ของสมรรถนะการรวมตัวทั่วไป (gca) และสมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ (sca) ของลักษณะทางการเกษตร ในทานตะวันลูกผสม

Sources of Variation	df	ผลผลิต	ผลผลิตน้ำมัน	เปอร์เซ็นต์น้ำมัน	ขนาดดอก	ความสม่ำเสมอของขนาดดอก	ขนาดเมล็ด
Block	3	541.08	25.29	6.78	7.30**	0.56	150.37**
TRT	20	8,679.57**	1,401.45**	19.68**	5.01**	1.64**	343.11**
gca	6	5,410.64**	986.55**	153.19**	35.41**	0.31**	144.62**
sca	14	781.02*	77.73	46.81**	13.44**	0.45**	60.54**
Error	60	1,707.49	239.20	3.51	1.19	0.33	27.65
gca:sca		6.93:1	12.69:1	3.27:1	2.63:1	1:1.45	2.39:1
CV (%)		22.56	23.26	5.18	7.43	23.94	12.80

*, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 ค่ามีนสแควร์ของสมรรถนะการรวมตัวทั่วไป (gca) และสมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ (sca) ของลักษณะทางการเกษตร ในทานตะวันลูกผสม (ต่อ)

Sources of Variation	df	จำนวนเมล็ดต่อต้น	เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม	เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด	ความแข็งแรงของคอดอก	ความสูงลำต้น	ความสม่ำเสมอของความสูง
Block	3	10,706.29	6.78	207.44	1.04**	100.07	1.41**
TRT	20	118,240.58**	19.17**	865.13**	0.33**	5,723.51**	1.91**
gca	6	55,292.02**	4.89**	319.45**	0.11**	3,544.83**	0.58**
sca	14	18,532.42**	4.75**	172.09**	0.07**	524.90**	0.43**
Error	60	27,517.83	5.54	156.15	0.09	254.55	0.28
gca:sca		2.98:1	1.03:1	1.86:1	1.57:1	6.75:1	1.35:1
CV (%)		27.40	2.58	29.42	6.76	10.48	15.29

** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01

ตารางที่ 4.6 สมรรถนะการรวมตัวทั่วไป (gca) ของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะ ของทานตะวัน 7 สายพันธุ์

สายพันธุ์	ผลผลิต	ผลผลิตน้ำมัน	เปอร์เซ็นต์น้ำมัน	ขนาดดอก	ความสม่ำเสมอของขนาดดอก	ขนาดเมล็ด
2A	-1,478.30	-652.37	-219.12	-151.28	13.52**	-179.12
5A	-470.73	-278.12	-237.52	-27.78	3.02**	-209.16
6A	1,970.33**	780.93**	142.84**	100.21**	3.02**	22.30**
8A	506.35**	234.05**	84.99**	42.06**	3.02**	198.92**
9A	760.27**	400.78**	267.21**	115.61**	-0.48	113.59**
10A	-622.01	-289.29	-121.61	-31.42	-10.98	-176.09
11A	-665.74	-195.81	83.38**	-47.24	-10.98	229.72**
S.E.	8.55	3.20	0.39	0.23	0.12	1.09

** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01

ตารางที่ 4.6 สมรรถนะการรวมตัวทั่วไป (gca) ของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะ ของทานตะวัน 7 สายพันธุ์ (ต่อ)

สายพันธุ์	จำนวนเมล็ดต่อต้น	เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม	เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด	ความแข็งแรงของคอดอก	ความสูงลำต้น	ความสม่ำเสมอของความสูง
2A	-5,244.31	-30.73	-364.54	-5.73	-1,603.10	23.02**
5A	-1,123.64	-45.89	-169.31	0.64**	118.46**	-11.98
6A	4,639.11**	-5.64	417.68**	-2.71	929.67**	-11.98
8A	2,623.11**	30.52**	240.66**	-0.20	630.77**	-1.48
9A	3,076.36**	56.19**	86.69**	-2.25	812.34**	3.77**
10A	-145.98	-3.89	-256.96	-0.47	-49.89	-3.23
11A	-3,824.48	-0.39	45.95**	10.89**	-838.09	2.02**
S.E.	34.34	0.49	2.59	0.06	3.30	0.11

** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01

ตารางที่ 4.7 สมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ (sca) ของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะ ในทานตะวัน 21 คู่ผสม

คู่ผสม	ผลผลิต	ผลผลิตน้ำมัน	เปอร์เซ็นต์น้ำมัน	ขนาดดอก	ความสม่ำเสมอของขนาดดอก	ขนาดเมล็ด
5A×2A	7.80	9.29	19.13**	7.97**	-0.02	-1.17
6A×2A	-12.35	-4.78	13.08**	1.40**	0.98**	2.20
8A×2A	7.54	-1.87	0.63	-2.17	0.98**	0.37
9A×2A	52.39**	12.15	-0.25	8.78**	-0.87	4.28
10A×2A	7.79	4.14	11.61**	7.17**	-0.92	2.50
11A×2A	13.77	8.99	16.59**	1.50**	0.84**	9.07**
6A×5A	-17.09	-5.70	13.96**	5.49**	-0.32	5.84**
8A×5A	29.15	8.95	6.16**	4.25**	0.19	1.39
9A×5A	-6.26	-1.39	12.53**	1.12*	0.34	-11.13
10A×5A	11.92	4.99	11.02**	2.72**	0.29	12.35**
11A×5A	51.42**	11.78	-2.01	3.12**	0.54*	9.97**
8A×6A	31.13	13.46*	13.55**	1.56**	-0.57	7.01**
9A×6A	23.30	10.05	10.03**	2.64**	0.84**	5.34*
10A×6A	58.19**	17.05**	1.26	5.97**	0.54*	1.68
11A×6A	-6.23	-2.14	8.89**	7.60**	-0.47	-4.80
9A×8A	27.43	12.26	13.58**	7.04**	0.09	15.42**
10A×8A	-21.76	-7.01	12.72**	7.49**	0.29	-9.29
11A×8A	3.44	2.14	14.15**	6.49**	0.04	2.35
10A×9A	-6.83	-1.78	12.96**	0.22	0.69**	6.35**
11A×9A	-13.09	-3.37	11.94**	4.86**	-0.07	-3.01
11A×10A	27.63	10.54	11.22**	1.08*	0.14	3.67
S.E.	16.87	6.31	0.77	0.45	0.23	2.15

*, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 สมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ (sca) ของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะ ในทานตะวัน 21 คู่ผสม (ต่อ)

คู่ผสม	จำนวนเมล็ดต่อต้น	เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม	เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด	ความแข็งแรงของคอดอก	ความสูงลำต้น	ความสม่ำเสมอของความสูง
5A×2A	88.27	10.59**	4.50	0.44**	33.15**	0.84**
6A×2A	-141.92	7.66**	-6.78	-0.12	-2.20	0.59**
8A×2A	-20.35	5.19**	-1.28	-0.03	35.49	1.39**
9A×2A	206.02**	6.17**	26.92**	0.43**	28.88**	-0.71
10A×2A	203.45**	4.21**	-1.66	0.39**	24.97**	-0.66
11A×2A	-81.23	4.56**	-3.86	0.75**	14.65*	-0.01
6A×5A	136.23*	6.47**	-6.05	0.45**	-2.78	-0.41
8A×5A	149.97*	4.59**	6.54	0.46**	15.04*	0.39
9A×5A	93.75	4.49**	-12.10	0.01	20.74**	0.29
10A×5A	-157.73	5.44**	14.47**	0.34**	-4.80	0.34
11A×5A	-56.25	6.79**	10.48*	0.16	2.61	-0.01
8A×6A	9.53	6.99**	5.83	0.54**	12.50	-0.11
9A×6A	-68.68	2.72**	-1.83	0.56**	2.44	0.54*
10A×6A	48.42	7.26**	20.49**	0.17	26.98**	0.59**
11A×6A	270.65**	7.27**	6.17	0.27*	27.01**	0.24
9A×8A	29.47	9.17**	19.42**	0.47**	8.81	0.09
10A×8A	87.82	7.21**	-12.53	0.17	47.34**	-0.61
11A×8A	-2.20	5.22**	-0.14	0.24*	15.75*	0.29
10A×9A	-28.65	7.77**	-11.35	0.37**	15.70	1.04**
11A×9A	22.33	8.04**	-3.22	0.02	18.78**	0.19
11A×10A	100.93	6.49**	8.42	0.42**	14.84	0.74**
S.E.	67.72	0.96	5.10	0.12	6.51	0.22

*, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยและความดีเด่นของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะ ในทานตะวัน 21 คู่ผสม

คู่ผสม	ผลผลิต			ผลผลิตน้ำมัน			เปอร์เซ็นต์น้ำมัน		
	F_1[1]	H[2]	HB[3]	F_1	H	HB	F_1	H	HB
5A×2A	234 ab	38.14*	22.21	98 a	93.72**	75.99**	41.69 a	39.01**	35.28**
6A×2A	144 d-g	-8.88	-24.77	53 efg	16.96	-3.85	37.46 bcd	29.23**	28.45**
8A×2A	206 a-d	12.54	7.49	72 b-e	31.89	29.53	34.76 c-g	15.88**	12.76**
9A×2A	243 ab	77.36**	27.14	81 a-d	100.69**	46.20*	33.24 g	11.22**	8.59
10A×2A	238 ab	33.41*	24.47	93 ab	75.52**	67.28**	38.99 ab	31.29**	29.00**
11A×2A	245 ab	39.15*	28.25	95 ab	83.51**	71.20**	38.77 b	30.62**	28.40**
6A×5A	110 g	-18.76	-25.00	42 fg	2.98	-7.91	37.82 bc	26.83**	22.71**
8A×5A	198 a-e	23.52	13.96	72 b-e	45.70*	34.58	36.28 b-g	17.69**	17.67**
9A×5A	156 c-g	35.39	5.84	57 d-g	61.01*	25.53	36.57 b-f	19.06**	18.66**
10A×5A	214 abc	36.46*	28.85	83 abc	73.59**	65.05**	38.97 ab	27.68**	26.45**
11A×5A	254 a	64.78**	57.57**	87 abc	86.56**	81.30**	34.25 efg	12.27**	11.13*
8A×6A	131 efg	-12.50	-24.94	46 efg	3.68	-13.53	35.41 c-g	18.74**	14.85**
9A×6A	116 g	11.41	-7.21	38 g	24.71	6.58	33.23 g	11.83**	8.54
10A×6A	190 a-f	30.90	14.68	65 c-f	50.64*	28.87	33.81 fg	14.55**	11.88*
11A×6A	127 fg	-11.29	-21.38	43 fg	2.51	-10.61	34.26 efg	16.11**	13.46**
9A×8A	162 c-g	25.69	-7.22	56 d-g	41.84	4.53	34.53 d-g	12.39**	11.99*
10A×8A	152 c-g	-10.61	-12.79	56 d-g	8.63	5.36	37.09 b-e	21.50**	20.30**
11A×8A	178 b-g	6.31	2.40	63 c-g	23.77	17.45	35.98 b-g	17.94**	16.72**
10A×9A	160 c-g	28.35	-3.69	57 d-g	50.31	13.05	35.85 b-g	17.86**	17.11**
11A×9A	155 c-g	26.53	-4.21	53 efg	43.27	9.44	34.13 efg	12.27**	11.50*
11A×10A	235 ab	139.71**	41.69*	86 abc	114.25**	71.41**	36.73 b-f	21.59**	21.53**
F-test	**	-	-	**	-	-	**	-	-

*, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

[1]ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05

[2]Heterosis (%), [3]Heterobeltiosis (%)

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ย และความดีเด่นของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะ ในทานตะวัน 21 คู่ผสม (ต่อ)

คู่ผสม	ขนาดดอก			ความสม่ำเสมอของขนาดดอก			ขนาดเมล็ด		
	F_1[1]	H[2]	HB[3]	F_1	H	HB	F_1	H	HB
5A×2A	16.92 a	14.66**	14.53*	1.75 d-g	-36.36	-36.36	48.12 bc	12.12	0.09
6A×2A	14.36 b-f	8.42	-2.78	2.75 abc	-4.35	-8.33	44.88 b-e	4.81	-6.66
8A×2A	13.89 c-f	-1.17	-5.99	2.75 abc	-4.35	-8.33	38.00 e	-13.51	-20.96
9A×2A	16.10 ab	15.18**	8.98	1.00 g	-63.64	-63.64	44.35 b-e	13.34	-7.75
10A×2A	16.75 a	1.97	-7.34	1.25 fg	-44.44	-54.55	50.85 b	24.72**	5.77
11A×2A	15.44 abc	2.95	1.41	3.00 ab	20.00	9.09	45.83 b-e	12.24	-4.68
6A×5A	14.50 b-f	9.62	-1.59	1.75 d-g	-39.13	-41.67	49.38 b	31.11**	30.77**
8A×5A	14.61 b-e	4.08	-0.88	2.25 b-e	-21.74	-25.00	39.88 cde	2.85	0.21
9A×5A	13.30 def	-4.72	-9.75	2.50 a-d	-9.09	-9.09	29.80 f	-12.28	-21.08
10A×5A	14.75 b-e	-10.09	-18.38	2.75 abc	22.22	0.00	61.55 a	72.83**	63.01**
11A×5A	14.97 bcd	-0.13	-1.73	3.00 ab	20.00	9.09	47.59 bcd	33.40**	26.02*
8A×6A	13.02 ef	3.96	-2.32	1.50 efg	-50.00	-50.00	38.88 de	0.53	-2.30
9A×6A	12.77 f	2.53	-3.15	3.00 ab	4.35	0.00	39.65 cde	17.06	5.57
10A×6A	14.65 b-e	-1.66	-18.94	3.00 ab	26.32	0.00	44.27 b-e	24.65*	17.86
11A×6A	15.17 abc	12.58*	-0.38	2.00 c-f	-23.81	-33.33	26.19 f	-26.37	-30.26
9A×8A	14.28 b-f	7.73	7.13	2.25 b-e	-21.74	-25.00	44.69 b-e	27.72**	12.29
10A×8A	15.45 abc	-1.65	-14.55	2.75 abc	15.79	-8.33	28.25 f	-22.88	-29.02
11A×8A	15.31 abc	7.20	0.53	2.50 a-d	-4.76	-16.67	28.30 f	-22.87	-28.89
10A×9A	13.11 ef	-16.16	-27.50	3.25 a	44.44*	18.18	46.33 b-e	45.59**	38.45**
11A×9A	14.38 b-f	1.19	-5.60	2.50 a-d	0.00	-9.09	25.38 f	-20.41	-24.44
11A×10A	14.48 b-f	-39.99	-19.87	3.00 ab	-81.22	33.33	40.33 cde	26.72*	20.10
F-test	**	-	-	**	-	-	**	-	-

*, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

[1]ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05

[2]Heterosis (%), [3]Heterobeltiosis (%)

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ย และความดีเด่นของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะ ในทานตะวัน 21 คู่ผสม (ต่อ)

คู่ผสม	จำนวนเมล็ดต่อต้น			เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม			เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด		
	F_1[1]	H[2]	HB[3]	F_1	H	HB	F_1	H	HB
5A×2A	833 ab	31.60	23.20	97.75 a	8.86**	8.71**	59.26 abc	57.99*	35.02
6A×2A	438 def	-8.65	-25.71	93.67 b	3.74*	3.31	31.21 def	-23.39	-28.89
8A×2A	618 b-e	7.16	4.66	90.17 bc	1.03	0.28	41.77 c-f	-3.62	-4.83
9A×2A	831 ab	54.91**	40.83	90.42 bc	0.84	0.56	74.37 a	142.11**	69.44**
10A×2A	920 a	55.71**	55.41*	90.17 bc	-0.69	-1.64	55.60 abc	24.34	22.08
11A×2A	741 abc	25.69	25.56	90.42 bc	1.59	0.56	44.74 cde	11.71	1.95
6A×5A	599 b-e	14.49	-11.46	92.92 bc	3.05	2.48	26.37 ef	-23.28	-29.88
8A×5A	670 a-d	8.19	-0.91	90.00 bc	0.98	-0.74	44.01 c-f	19.08	2.86
9A×5A	601 b-e	3.70	-11.14	89.17 cd	-0.42	-1.65	29.76 def	22.31	-4.38
10A×5A	442 def	-30.39	-34.71	91.83 bc	1.29	0.18	66.16 ab	72.58**	45.26*
11A×5A	648 bcd	2.46	-4.17	93.09 bc	4.74**	2.67	53.51 bc	58.92*	47.75
8A×6A	365 ef	-21.69	-35.11	91.25 bc	1.81	0.64	26.53 ef	-33.99	-38.00
9A×6A	274 f	-35.75	-43.28	86.25 d	-4.21	-3.54	23.27 f	-15.59	-38.10
10A×6A	483 c-f	0.42	-18.45	92.50 bc	1.46	0.91	55.40 abc	33.28	21.64
11A×6A	810 ab	69.08**	37.62	92.42 bc	3.40*	1.93	32.43 def	-12.13	-13.74
9A×8A	430 def	-17.80	-23.63	91.67 bc	3.00	2.52	49.58 bcd	64.35*	15.86
10A×8A	580 b-e	0.45	-2.07	91.42 bc	1.43	-0.27	27.44 ef	-37.88	-39.76
11A×8A	595 b-e	3.37	1.06	89.33 cd	1.13	0.85	31.17 def	-21.08	-27.14
10A×9A	451 def	-16.17	-23.92	91.25 bc	0.78	-0.45	33.02 def	4.69	-27.50
11A×9A	607 b-e	13.23	3.03	91.42 bc	3.00	2.24	32.50 def	20.89	-10.28
11A×10A	777 ab	149.77**	31.25	91.58 bc	50.31**	-0.09	53.95 bc	42.48*	18.47
F-test	**	-	-	**	-	-	**	-	-

*, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

[1]ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05

[2]Heterosis (%), [3]Heterobeltiosis (%)

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ย และความดีเด่นของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะ ในทานตะวัน 21 คู่ผสม (ต่อ)

คู่ผสม	ความแข็งแรงของคอดอก			ความสูงลำต้น			ความสม่ำเสมอของความสูง		
	F_1[1]	H[2]	HB[3]	F_1	H	HB	F_1	H	HB
5A×2A	4.72 abc	5.93	5.30	217 a	22.78**	17.72**	3.75 ab	36.36**	25.00
6A×2A	4.25 c-g	1.71	-3.95	159 def	-7.23	-14.01	3.50 abc	21.74	7.69
8A×2A	4.27 c-g	-2.26	-3.56	134 f	-15.26	-27.42	4.00 ab	23.08*	0.00
9A×2A	4.78 ab	12.63**	8.08	193 bc	13.87*	4.65	1.75 f	-46.15	-56.25
10A×2A	4.69 abc	7.35	6.05	214 ab	30.65**	15.89*	2.00 ef	-27.27	-33.33
11A×2A	4.73 abc	7.48	6.78	226 a	50.25**	22.50**	2.50 def	-16.67	-28.57
6A×5A	4.63 a-e	10.17*	3.46	109 g	-33.37	-40.99	3.50 abc	12.00	7.69
8A×5A	4.58 a-e	4.15	2.18	135 f	-10.09	-20.10	4.00 ab	14.29	0.00
9A×5A	4.18 d-g	-2.11	-6.59	136 f	-16.17	-19.80	3.75 ab	7.14	-6.25
10A×5A	4.46 a-f	1.42	-0.39	135 f	-13.58	-20.33	4.00 ab	33.33**	33.33*
11A×5A	3.96 g	-10.51	-11.61	165 de	15.39*	-2.65	3.50 abc	7.69	0.00
8A×6A	4.75 abc	15.29**	10.27*	110 g	-24.23	-30.48	3.50 abc	-3.45	-12.50
9A×6A	4.83 a	20.63**	18.62**	94 g	-39.60	-40.16	4.00 ab	10.34	0.00
10A×6A	4.39 a-g	6.30	1.56	143 ef	-4.48	-8.95	4.25 a	36.00**	30.77*
11A×6A	4.16 efg	0.18	-4.81	166 de	21.22**	5.36	3.75 ab	11.11	7.14
9A×8A	4.67 a-d	11.52*	8.42	109 g	-23.69	-29.39	3.25 bcd	-18.75	-18.75
10A×8A	4.32 b-g	0.06	-0.06	172 cd	25.64**	20.69*	2.75 cde	-21.43	-31.25
11A×8A	4.07 fg	-6.28	-6.93	163 de	31.73**	24.12*	3.50 abc	-6.67	-12.50
10A×9A	4.58 a-e	9.12	5.96	104 g	-29.98	-32.66	4.25 a	21.43*	6.25
11A×9A	3.90 g	-7.53	-10.70	161 de	18.93*	4.20	3.25 bcd	-13.33	-18.75
11A×10A	4.25 c-g	-75.35	-2.63	152 def	75.89**	6.54	4.00 ab	-75.90	14.29
F-test	**	-	-	**	-	-	**	-	-

*, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

[1]ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05

[2]Heterosis (%), [3]Heterobeltiosis (%)

4.3 ศักยภาพในการให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์น้ำมัน ของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์และพันธุ์ลูกผสม

ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะต่าง ๆ ในการปลูกทดสอบศักยภาพของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสม แสดงในตารางที่ 4.9 พบว่า ผลผลิต ผลผลิตน้ำมัน เปอร์เซ็นต์น้ำมัน ขนาดดอก ขนาดเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อต้น เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด อายุออกดอก อายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ อายุเก็บเกี่ยว ความแข็งแรงของคอดอก รูปทรงของดอก ความสูงลำต้น ความสม่ำเสมอของความสูง เปอร์เซ็นต์การแตกกิ่ง Root Lodging และ Stalk Lodging มีความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 สำหรับความสม่ำเสมอของอายุออกดอก และความสม่ำเสมอของอายุเก็บเกี่ยว มีความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 ส่วนความสม่ำเสมอของขนาดดอกไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ผลผลิต จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ (ตารางที่ 4.9) พบว่าผลผลิตของพันธุ์ทานตะวันมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 และพบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์ลูกผสมให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์สังเคราะห์ โดยพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมให้ผลผลิตเฉลี่ยตั้งแต่ 198-326 กิโลกรัมต่อไร่ โดยลูกผสม 5A×2A ให้ผลผลิตสูงที่สุด คือ 326 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ ลูกผสม 10A×5A และ 11A×10A ซึ่งมีผลผลิตเท่ากับ 315 และ 308 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์เชียงใหม่ 1 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ให้ผลผลิต 342 และ 239 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ จะเห็นว่าผลผลิตของพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมทุกพันธุ์จะให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์ลูกผสม (แปซิฟิค 77)

ผลผลิตน้ำมัน จากผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของการทดลองนี้ พบว่าผลผลิตน้ำมันของพันธุ์ทานตะวันมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 และค่าเฉลี่ยผลผลิตน้ำมันของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ พันธุ์ลูกผสม และพันธุ์เปรียบเทียบ (ตารางที่ 4.9) พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์ลูกผสมให้ผลผลิตน้ำมันสูงกว่าพันธุ์สังเคราะห์ อย่างไรก็ตามพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมให้ผลผลิตน้ำมันเฉลี่ยตั้งแต่ 62-133 กิโลกรัมต่อไร่ โดยลูกผสม 5A×2A ให้ผลผลิตน้ำมันสูงที่สุด คือ 133 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ ลูกผสม 10A×5A และ 10A×2A ซึ่งมีผลผลิตน้ำมันเท่ากับ 132 และ 124 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ลูกผสมแปซิฟิค 77 และพันธุ์เชียงใหม่ 1 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ให้ผลผลิตน้ำมัน 147 และ 84 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ จะเห็นว่าผลผลิตน้ำมันของพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมทุกพันธุ์จะให้ผลผลิตน้ำมันต่ำกว่าพันธุ์ลูกผสม (แปซิฟิค 77)

เปอร์เซ็นต์น้ำมัน เปอร์เซ็นต์น้ำมันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของทานตะวัน จัดเป็นเป้าหมายการปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันที่สุดรองจากผลผลิต (Fick and Miller, 1997) ในการทดลองครั้งนี้สกัดน้ำมันทานตะวัน และวิเคราะห์ตามวิธีการของ AOAC (2000) เมื่อนำมาวิเคราะห์วาเรียนซ์ พบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันของพันธุ์ทานตะวันมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01

ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำมันของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ พันธุ์ลูกผสม และพันธุ์เปรียบเทียบ พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์ลูกผสมให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงกว่าพันธุ์สังเคราะห์ โดยพันธุ์สังเคราะห์ และ พันธุ์ลูกผสมให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันเฉลี่ยตั้งแต่ 29.99-42.02% โดยลูกผสม 10A×5A ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงที่สุด คือ 42.02% (ตารางที่ 4.9) รองลงมา คือ ลูกผสม 10A×2A และพันธุ์ HOC ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันเท่ากับ 41.88 และ 41.40 ตามลำดับ ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์เชียงใหม่ 1 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมัน 43.00 และ 35.09% ตามลำดับ จะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันของพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมทุกพันธุ์จะให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่ำกว่าพันธุ์ลูกผสม (แปซิฟิค 77)

ขนาดดอก จากผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของการทดลองนี้ แสดงในตารางที่ 4.9 พบว่าขนาดดอกมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 โดยพบว่าพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสม ให้ขนาดดอกเฉลี่ยตั้งแต่ 10.98-15.75 เซนติเมตร โดยพันธุ์ CM1-TL ให้ขนาดดอกใหญ่ที่สุด คือ 15.75 เซนติเมตร รองลงมา คือ ลูกผสม 11A×10A และ 11A×5A ซึ่งมีขนาดดอกใหญ่ 15.30 และ 14.91 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์เชียงใหม่ 1 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ให้ขนาดดอก 14.57 และ 11.74 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งพันธุ์ CM1-TL, ลูกผสม 11A×10A และ 11A×5A จะมีขนาดดอกใหญ่กว่าพันธุ์เปรียบเทียบทั้งสองพันธุ์

ความสม่ำเสมอของขนาดดอก จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ พบว่าความสม่ำเสมอของขนาดดอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์สังเคราะห์ให้ความสม่ำเสมอของขนาดดอกไม่แตกต่างกับพันธุ์ลูกผสม (ตารางที่ 4.9) ซึ่งพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมให้ความสม่ำเสมอของขนาดดอกเฉลี่ยตั้งแต่ 2.00-3.75 คะแนน โดยพันธุ์ MOO ให้ความสม่ำเสมอของขนาดดอก 3.75 คะแนน พันธุ์ S473, HOC, HOO, ลูกผสม 5A×2A, 10A×5A และ 11A×2A มีความสม่ำเสมอของขนาดดอก 3.00 คะแนน ส่วนพันธุ์เชียงใหม่ 1 และพันธุ์แปซิฟิค 77 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ มีความสม่ำเสมอของขนาดดอก 3.75 และ 3.50 คะแนน ตามลำดับ

ขนาดเมล็ด จากผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของการทดลองนี้ พบว่าขนาดเมล็ดมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์ลูกผสมมีน้ำหนักเมล็ดมากกว่าพันธุ์สังเคราะห์ ซึ่งพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมมีน้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยตั้งแต่ 44.30-54.55 กรัม/1,000 เมล็ด โดยลูกผสม 10A×5A ให้ขนาดเมล็ดมากที่สุด คือ 54.55 กรัม/1,000 เมล็ด (ตารางที่ 4.9) รองลงมา คือ ลูกผสม 11A×2A และ 5A×2A ซึ่งมีขนาดเมล็ด 52.44 และ 52.34 กรัม/1,000 เมล็ด ตามลำดับ ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์เชียงใหม่ 1 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ให้ขนาดเมล็ด 62.04 และ 52.26 กรัม/1,000 เมล็ด ตามลำดับ จะเห็นว่าขนาดเมล็ดของพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมทุกพันธุ์จะมีขนาดเมล็ดมากกว่าพันธุ์ลูกผสม (แปซิฟิค 77)

จำนวนเมล็ดต่อต้น จากผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของการทดลองนี้ พบว่าจำนวนเมล็ดต่อต้นมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 ค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดต่อต้นของทานตะวัน

พันธุ์สังเคราะห์ พันธุ์ลูกผสม และพันธุ์เปรียบเทียบ แสดงในตารางที่ 4.9 พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์สังเคราะห์ให้จำนวนเมล็ดต่อต้นสูงกว่าพันธุ์ลูกผสม โดยพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมให้จำนวนเมล็ดต่อต้นเฉลี่ยตั้งแต่ 991-1,424 เมล็ด พันธุ์ S475 ให้จำนวนเมล็ดต่อต้นสูงที่สุด คือ 1,424 เมล็ด รองลงมา คือ พันธุ์ S473 และ MOO ซึ่งมีจำนวนเมล็ดต่อต้น 1,281 และ 1,240 เมล็ด ตามลำดับ ส่วนพันธุ์เชียงใหม่ 1 และพันธุ์แปซิฟิค 77 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ให้จำนวนเมล็ดต่อต้น 1,197 และ 982 เมล็ด ตามลำดับ จะเห็นว่าจำนวนเมล็ดต่อต้นของพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมทุกพันธุ์จะให้จำนวนเมล็ดต่อต้นสูงกว่าพันธุ์ลูกผสม (แปซิฟิค 77)

เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มเป็นลักษณะที่แสดงให้เห็นว่าพันธุ์เหล่านั้นเป็นพันธุ์ที่มีความสามารถในการผสมติด ทำให้มีเมล็ดติดทั้งดอก หากมีเปอร์เซ็นต์การผสมติดสูง แสดงว่าพันธุ์นั้น ๆ มีเมล็ดเต็มอยู่มากซึ่งจะทำให้ผลผลิตมากขึ้นไปด้วย จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ แสดงในตารางที่ 4.9 พบว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 พบว่า โดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์ลูกผสมให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มสูงกว่าพันธุ์สังเคราะห์ ซึ่งพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มเฉลี่ยตั้งแต่ 61.56-82.49% โดยพันธุ์ CM1-TL ให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มสูงที่สุด คือ 82.49% รองลงมา คือ ลูกผสม 5A×2A และ 10A×5A ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม 79.62 และ 78.27% ตามลำดับ ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์เชียงใหม่ 1 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม 90.63 และ 76.95% ตามลำดับ จะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มของพันธุ์สังเคราะห์และพันธุ์ลูกผสมทุกพันธุ์จะให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มต่ำกว่าพันธุ์ลูกผสม (แปซิฟิค 77)

เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเป็นลักษณะที่แสดงให้เห็นว่าพันธุ์เหล่านั้นเป็นพันธุ์ที่มีความสามารถในการผสมติดต่ำ ทำให้มีเมล็ดติดทั้งดอกต่ำ หากมีเปอร์เซ็นต์การผสมไม่ติดสูง แสดงว่าพันธุ์นั้น ๆ มีเมล็ดลีบอยู่มากซึ่งจะทำให้ผลผลิตน้อยลงไปด้วย จากผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของการทดลองนี้ พบว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์สังเคราะห์มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูงกว่าพันธุ์ลูกผสม ซึ่งพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเฉลี่ยตั้งแต่ 17.51-38.44% โดยพันธุ์ MOO มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูงที่สุด คือ 38.44% (ตารางที่ 4.9) รองลงมา คือ พันธุ์ S475 และ HOC ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ 33.95 และ 31.36% ตามลำดับ ส่วนพันธุ์เชียงใหม่ 1 และพันธุ์แปซิฟิค 77 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ 23.06 และ 9.38% ตามลำดับ จะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบของพันธุ์สังเคราะห์และพันธุ์ลูกผสมทุกพันธุ์จะมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูงกว่าพันธุ์ลูกผสม (แปซิฟิค 77)

เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ พบว่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์ลูกผสมให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดสูงกว่าพันธุ์สังเคราะห์ ซึ่งพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดเฉลี่ยตั้งแต่ 60.83-81.85% โดยลูกผสม 11A×10A ให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดสูง

ที่สุด คือ 81.85% (ตารางที่ 4.9) รองลงมา คือ ลูกผสม 10A×5A และ 10A2×A ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด 81.74 และ 80.21% ตามลำดับ ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์เชียงใหม่ 1 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด 88.30 และ 77.62% ตามลำดับ ซึ่งเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดของพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมทุกพันธุ์จะให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดต่ำกว่าพันธุ์ลูกผสม (แปซิฟิค 77)

อายุออกดอก ในพืชหลายชนิดใช้อายุออกดอกเป็นตัวชี้การเป็นพันธุ์หนักหรือพันธุ์เบา ซึ่งการทดลองครั้งนี้ทำการนับจากวันปลูกถึงวันที่ดอกแรกบานที่ระยะ R5.2 (Schneiter and Miller, 1981) พบว่าอายุออกดอกมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 ค่าเฉลี่ยอายุออกดอกของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ พันธุ์ลูกผสม และพันธุ์เปรียบเทียบ (ตารางที่ 4.9) พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์สังเคราะห์มีอายุออกดอกเร็วกว่าพันธุ์ลูกผสม ซึ่งพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมมีอายุออกดอกเฉลี่ยตั้งแต่ 51-58 วัน โดยพันธุ์ S473, HOC และ CM1-TL มีอายุออกดอกเร็วที่สุด คือ 51 วัน รองลงมา คือ พันธุ์ S475 และ HOO ซึ่งมีอายุออกดอก 52 วัน และพันธุ์ MOO ซึ่งมีอายุออกดอก 53 วัน ส่วนพันธุ์เชียงใหม่ 1 และพันธุ์แปซิฟิค 77 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ มีอายุออกดอก 52 และ 55 วัน ตามลำดับ จะเห็นว่าอายุออกดอกของพันธุ์ S473, HOC, CM1-TL, S475, HOO, MOO, ลูกผสม 10A×5A และ 11A×10A จะมีอายุออกดอกเร็วกว่าพันธุ์ลูกผสม (แปซิฟิค 77)

อายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ การทดลองครั้งนี้ทำการนับจากวันปลูกถึงวันที่ดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นทั้งหมดในแต่ละแปลงย่อย จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ พบว่าอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 ค่าเฉลี่ยอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ พันธุ์ลูกผสม และพันธุ์เปรียบเทียบ พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์สังเคราะห์มีอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์สอดคล้องกับอายุออกดอก ซึ่งพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมมีอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยตั้งแต่ 54-61 วัน โดยพันธุ์ S473, HOC และ CM1-TL มีอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์เร็วที่สุด คือ 54 วัน (ตารางที่ 4.9) รองลงมา คือ พันธุ์ HOO ซึ่งมีอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ 55 วัน และพันธุ์ S475, ลูกผสม 10A×5A และ 11A×10A ซึ่งมีอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ 56 วัน ส่วนพันธุ์เชียงใหม่ 1 และพันธุ์แปซิฟิค 77 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ มีอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ 55 วัน จะเห็นว่าอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ของพันธุ์ S473, HOC และ CM1-TL จะมีอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์เร็วกว่าพันธุ์เปรียบเทียบทั้งสองพันธุ์

อายุเก็บเกี่ยว การทดลองครั้งนี้ทำการนับจากวันปลูกถึงวันเก็บเกี่ยวที่ระยะ R9 จากผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของการทดลองนี้ พบว่าอายุเก็บเกี่ยวมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 ค่าเฉลี่ยอายุเก็บเกี่ยวของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ พันธุ์ลูกผสม และพันธุ์เปรียบเทียบแสดงในตารางที่ 4.9 พบว่าพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมมีอายุเก็บเกี่ยวเฉลี่ยตั้งแต่ 98-105 วัน โดยพันธุ์ S473, HOC และ CM1-TL มีอายุเก็บเกี่ยวเร็วที่สุด คือ 98 วัน รองลงมา คือ พันธุ์ S475 และ HOO

ซึ่งมีอายุเก็บเกี่ยว 99 วัน และพันธุ์ MOO, ลูกผสม 10A×5A ซึ่งมีอายุเก็บเกี่ยว 100 วัน ส่วนพันธุ์เชียงใหม่ 1 และพันธุ์แปซิฟิค 77 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ มีอายุเก็บเกี่ยว 99 และ 101 วัน ตามลำดับ จะเห็นว่าอายุเก็บเกี่ยวของพันธุ์ S473, S475, HOC, HOO, MOO, CM1-TL และลูกผสม 10A×5A จะมีอายุเก็บเกี่ยวเร็วกว่าพันธุ์ลูกผสม (แปซิฟิค 77)

ความสม่ำเสมอของอายุออกดอก การออกดอกพร้อมกัน นอกจากจะทำให้มีความสวยงามแล้ว ยังทำให้เก็บเกี่ยวได้ง่าย เพราะทานตะวันจะสุกแก่พร้อมกัน ซึ่งจัดเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่เกษตรกรต้องการ จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ พบว่าความสม่ำเสมอของอายุออกดอก มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05 ค่าเฉลี่ยความสม่ำเสมอของอายุออกดอกของทานตะวัน พันธุ์สังเคราะห์ พันธุ์ลูกผสม และพันธุ์เปรียบเทียบ (ตารางที่ 4.9) พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์ลูกผสม มีความสม่ำเสมอของอายุออกดอกสูงกว่าพันธุ์สังเคราะห์ ซึ่งพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมให้ความสม่ำเสมอของอายุออกดอกเฉลี่ยตั้งแต่ 2.25-4.00 คะแนน โดยลูกผสม 10A×5A ให้ความสม่ำเสมอของอายุออกดอกสูงที่สุด คือ 4.00 คะแนน รองลงมา คือ ลูกผสม 11A×5A, 11A×10A ซึ่งมีความสม่ำเสมอของอายุออกดอก 3.75 คะแนน และลูกผสม 5A×2A ซึ่งมีความสม่ำเสมอของอายุออกดอก 3.50 คะแนน ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์เชียงใหม่ 1 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ให้ความสม่ำเสมอของอายุออกดอก 5.00 และ 2.50 คะแนน ตามลำดับ จะเห็นว่าความสม่ำเสมอของอายุออกดอกของพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมทุกพันธุ์จะให้ความสม่ำเสมอของอายุออกดอกต่ำกว่าพันธุ์ลูกผสม (แปซิฟิค 77)

ความสม่ำเสมอของอายุเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยวพร้อมกันจะทำให้เก็บเกี่ยวได้ง่ายเพราะทานตะวันจะสุกแก่พร้อมกัน ซึ่งจัดเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่เกษตรกรต้องการ จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ พบว่าความสม่ำเสมอของอายุเก็บเกี่ยวมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05 ค่าเฉลี่ยความสม่ำเสมอของอายุเก็บเกี่ยวของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ พันธุ์ลูกผสม และพันธุ์เปรียบเทียบ พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์ลูกผสมมีความสม่ำเสมอของอายุเก็บเกี่ยวสูงกว่าพันธุ์สังเคราะห์ ซึ่งพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมให้ความสม่ำเสมอของอายุเก็บเกี่ยวเฉลี่ยตั้งแต่ 2.50-4.00 คะแนน โดยลูกผสม 10A×5A ให้ความสม่ำเสมอของอายุเก็บเกี่ยวสูงที่สุด คือ 4.00 คะแนน (ตารางที่ 4.9) รองลงมา คือ ลูกผสม 11A×5A, 11A×10A ซึ่งมีความสม่ำเสมอของอายุเก็บเกี่ยว 3.75 คะแนน และพันธุ์ S473, ลูกผสม 5A×2A ซึ่งมีความสม่ำเสมอของอายุเก็บเกี่ยว 3.50 คะแนน ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์เชียงใหม่ 1 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ให้ความสม่ำเสมอของอายุเก็บเกี่ยว 5.00 และ 2.50 คะแนน ตามลำดับ จะเห็นว่าความสม่ำเสมอของอายุเก็บเกี่ยวของพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมทุกพันธุ์จะให้ความสม่ำเสมอของอายุเก็บเกี่ยวต่ำกว่าพันธุ์ลูกผสม (แปซิฟิค 77)

ความแข็งแรงของคอดอก ความแข็งแรงของคอดอกเป็นลักษณะที่แสดงให้เห็นถึงความแข็งแรงของลำต้นบริเวณส่วนคอดอก จัดว่าเป็นลักษณะที่ต้านทานการหักล้ม หากมีคะแนน

สูงหมายถึงพันธุ์เหล่านี้มีลักษณะต้านทานการหักล้ม ถึงแม้จะมีดอกขนาดใหญ่ก็ตาม ซึ่งความแข็งแรงของคอดอกเป็นลักษณะที่จะส่งเสริมให้ผลผลิตสูง จากผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของการทดลองนี้ พบว่าความแข็งแรงของคอดอกมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของคอดอกของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ พันธุ์ลูกผสม และพันธุ์เปรียบเทียบ แสดงในตารางที่ 4.9 พบว่าพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมให้ความแข็งแรงของคอดอกเฉลี่ยตั้งแต่ 4.70-5.00 คะแนน โดยลูกผสม 5A×2A และ 10A×5A ให้ความแข็งแรงของคอดอกสูงที่สุด คือ 5.00 คะแนน รองลงมาคือ พันธุ์ S473 ซึ่งมีความแข็งแรงของคอดอก 4.98 คะแนน และพันธุ์ HOC, HOO, CM1-TL, ลูกผสม 11A×10A ซึ่งมีความแข็งแรงของคอดอก 4.97 คะแนน ส่วนพันธุ์เชียงใหม่ 1 และพันธุ์ แปซิฟิค 77 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ให้ความแข็งแรงของคอดอก 4.99 และ 1.90 คะแนน ตามลำดับ จะเห็นว่าความแข็งแรงของคอดอกของพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมทุกพันธุ์จะให้ความแข็งแรงของคอดอกสูงกว่าพันธุ์ลูกผสม (แปซิฟิค 77)

รูปทรงของดอก รูปทรงของดอกเป็นลักษณะที่แสดงให้เห็นถึงรูปทรงดอกที่ดี มีขนาดโตและมีอัตราการติดเมล็ดสูง จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ พบว่ารูปทรงของดอกมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 ค่าเฉลี่ยรูปทรงของดอกของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ พันธุ์ลูกผสม และพันธุ์เปรียบเทียบ (ตารางที่ 4.9) พบว่าพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมให้รูปทรงของดอกเฉลี่ยตั้งแต่ 2.50-4.00 คะแนน โดยลูกผสม 10A×5A ให้รูปทรงของดอกดีที่สุด คือ 4.00 คะแนน รองลงมา คือ พันธุ์ CM1-TL และ ลูกผสม 5A×2A ซึ่งมีรูปทรงของดอก 3.88 และ 3.63 คะแนน ตามลำดับ ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์เชียงใหม่ 1 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ให้รูปทรงของดอก 4.18 และ 2.83 คะแนน ตามลำดับ จะเห็นว่ารูปทรงของดอกดอกของพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมทุกพันธุ์จะให้คะแนนรูปทรงของดอกต่ำกว่าพันธุ์ลูกผสม (แปซิฟิค 77)

ความสูงลำต้น การปรับปรุงพันธุ์ในครั้งนี้มีเป้าหมายให้ได้พันธุ์ทานตะวันที่มีลักษณะลำต้นเตี้ยกว่าพันธุ์เชียงใหม่ 1 และพันธุ์แปซิฟิค 77 เนื่องจากในประเทศไทยใช้การเก็บเกี่ยวด้วยมือ (กิตติ สัจจาวัฒนา, 2544) ในการปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันในประเทศสหรัฐอเมริกา และแถบประเทศในทวีปยุโรป จะคัดเลือกพันธุ์ทานตะวันที่มีความสูงประมาณ 150-200 เซนติเมตร (Skorić, 1978) นอกจากนี้พันธุ์ทานตะวันที่มีลักษณะลำต้นเตี้ยยังมีความต้านทานจากการหักล้มได้ด้วย (Fick et al., 1985) จากผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ พบว่าความสูงลำต้นมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 ค่าเฉลี่ยความสูงลำต้นของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ พันธุ์ลูกผสม และพันธุ์เปรียบเทียบ พบว่าพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยตั้งแต่ 156-236 เซนติเมตร ซึ่งลูกผสม 10A×5A ให้ความสูงลำต้นเตี้ยที่สุด คือ 156 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.9) รองลงมา คือ ลูกผสม 11A×10A และ 11A×5A ซึ่งมีความสูงลำต้น 157 และ 161 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนพันธุ์เชียงใหม่ 1 และพันธุ์ แปซิฟิค 77 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ให้ความสูงลำต้น 204 และ186 เซนติเมตร

ตามลำดับ จะเห็นว่าความสูงลำต้นของลูกผสม 10A×5A, 11A×10A และ 11A×5A จะให้ความสูงลำต้นเตี้ยกว่าพันธุ์เปรียบเทียบทั้งสองพันธุ์

ความสม่ำเสมอของความสูง การมีความสูงเท่า ๆ กัน นอกจากจะทำให้มีความสวยงามแล้ว ยังทำให้เก็บเกี่ยวได้ง่าย ซึ่งเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่เกษตรกรต้องการ จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ พบว่าความสม่ำเสมอของความสูงมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 ค่าเฉลี่ยความสม่ำเสมอของความสูงของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ พันธุ์ลูกผสม และพันธุ์เปรียบเทียบ แสดงในตารางที่ 4.9 พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์ลูกผสมให้ความสม่ำเสมอของความสูงมากกว่าพันธุ์สังเคราะห์ ซึ่งพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมให้ความสม่ำเสมอของความสูงเฉลี่ยตั้งแต่ 1.00-3.75 คะแนน โดยลูกผสม 11A×10A ให้ความสม่ำเสมอของความสูงมากที่สุด คือ 3.75 คะแนน รองลงมา คือ ลูกผสม 10A×5A และ 5A×2A ซึ่งมีความสม่ำเสมอของความสูง 3.25 และ 3.00 คะแนน ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์เชียงใหม่ 1 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ให้ความสม่ำเสมอของความสูง 4.75 และ 2.00 คะแนน ตามลำดับ จะเห็นว่าความสม่ำเสมอของความสูงของพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมทุกพันธุ์จะให้ความสม่ำเสมอของความสูงต่ำกว่าพันธุ์ลูกผสม (แปซิฟิค 77)

เปอร์เซ็นต์การแตกกิ่ง การมีการแตกกิ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อการให้ผลผลิต จากผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของการทดลองนี้ พบว่าเปอร์เซ็นต์การแตกกิ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การแตกกิ่งของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ พันธุ์ลูกผสม และพันธุ์เปรียบเทียบ (ตารางที่ 4.9) พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์ลูกผสมมีเปอร์เซ็นต์การแตกกิ่งสูงกว่าพันธุ์สังเคราะห์ ซึ่งพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมมีเปอร์เซ็นต์การแตกกิ่งเฉลี่ยตั้งแต่ 0.71-24.53% โดยลูกผสม 11A×5A มีเปอร์เซ็นต์การแตกกิ่งต่ำที่สุด คือ 0.71% รองลงมา คือ พันธุ์ HOO และลูกผสม 11A×10A ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การแตกกิ่ง 1.80 และ 1.96% ตามลำดับ ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสมเปรียบเทียบ ไม่มีเปอร์เซ็นต์การแตกกิ่ง แต่พันธุ์เชียงใหม่ 1 มีเปอร์เซ็นต์การแตกกิ่ง 4.00% ตามลำดับ จะเห็นว่าพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมทุกพันธุ์จะมีการแตกกิ่งสูงกว่าพันธุ์ลูกผสม (แปซิฟิค 77)

Root Lodging จากผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของการทดลองนี้ พบว่า Root lodging มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 ค่าเฉลี่ย Root lodging ของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์พันธุ์ลูกผสม และพันธุ์เปรียบเทียบ พบว่าพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมมี Root lodging ตั้งแต่ 1.00-2.25 คะแนน โดยลูกผสม 10A×5A, 11A×5A และ 11A×10A มี Root lodging ต่ำที่สุด คือ 1.00 คะแนน (ตารางที่ 4.9) รองลงมา คือ พันธุ์ S473 และ MOO ซึ่งมี Root lodging 1.25 คะแนน ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์เชียงใหม่ 1 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ มี Root lodging 1.00 และ 1.75 คะแนน ตามลำดับ จะเห็นว่า Root lodging ของพันธุ์ S473, HOC, MOO, ลูกผสม 5A×2A, 10A×5A, 11A×5A และ 11A×10A จะมี Stalk lodging ต่ำกว่าพันธุ์เชียงใหม่ 1

Stalk Lodging จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ พบว่า Stalk lodging มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 ค่าเฉลี่ย Stalk lodging ของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ พันธุ์ลูกผสม และพันธุ์เปรียบเทียบ แสดงในตารางที่ 4.9 พบว่าพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมมี Stalk lodging ตั้งแต่ 3.75-5.00 คะแนน โดยลูกผสม 10A×2A และ 11A×2A มี Stalk lodging ต่ำที่สุด คือ 3.75 คะแนน รองลงมา คือ ลูกผสม 5A×2A ซึ่งมี Stalk lodging 4.25 คะแนน ส่วนพันธุ์เชียงใหม่ 1 และพันธุ์แปซิฟิค 77 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ มี Stalk lodging 4.00 และ 5.00 คะแนน ตามลำดับ จะเห็นว่า Stalk lodging ของพันธุ์ S473, S475, HOO, MOO, CM1-TL, ลูกผสม 5A×2A, 10A×2A, 10A×5A, 11A×2A และ 11A×5A จะมี Stalk lodging ต่ำกว่าพันธุ์ลูกผสม (แปซิฟิค 77)

เมื่อทำการปลูกทดสอบศักยภาพของพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสม เปรียบเทียบกับพันธุ์แปซิฟิค 77 และพันธุ์เชียงใหม่ 1 ในพื้นที่ที่มีชนิดของดิน วันปลูก ระยะปลูก อัตราปลูก วิธีการเก็บเกี่ยว การกระจายของฝน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ปริมาณแสง ความชื้น เหมือนกัน และมีการให้น้ำ ให้ปุ๋ย ตามอัตราแนะนำเหมือนกัน พบว่าพันธุ์ลูกผสมมีความสามารถในการให้ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงกว่าพันธุ์สังเคราะห์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ลูกผสม 5A×2A ซึ่งพบว่าเมื่อปลูกทดสอบที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 326 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ ลูกผสม 10A×5A และ 11A×10A ซึ่งมีผลผลิตเท่ากับ 315 และ 308 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์แปซิฟิค 77 และเชียงใหม่ 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม และพันธุ์สังเคราะห์เปรียบเทียบ ให้ผลผลิต 342 และ 239 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า ลูกผสม 10A×5A มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงที่สุดเท่ากับ 42.02 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พันธุ์แปซิฟิค 77 และเชียงใหม่ 1 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมัน 43.00 และ 35.09% ตามลำดับ และยังพบว่า ลูกผสม 10A×2A และ 5A×2A ซึ่งให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันเท่ากับ 41.88 และ 40.88% ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นผลผลิตน้ำมันแล้วลูกผสม 5A×2A ให้ผลผลิตน้ำมันถึง 133 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ลูกผสม 10A×5A, 10A×2A และ 11A×10A ให้ผลผลิตน้ำมันต่ำกว่า คือ ให้ผลผลิตน้ำมันเท่ากับ 132, 124 และ 123 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าลูกผสม 5A×2A, 10A×2A, 10A×5A และ 11A×10A ให้ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมัน ค่อนข้างสูงหรือเทียบเท่า เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์แปซิฟิค 77 และน่าจะนำมาปรับปรุงเพื่อเป็นพันธุ์ส่งเสริมให้แก่เกษตรกรต่อไป

จากการทดลองนี้สรุปได้ว่า พันธุ์สังเคราะห์ S473, S475, HOC, HOO, MOO, CM1-TL และพันธุ์ลูกผสม 5A×2A, 10A×2A, 10A×5A, 11A×2A, 11A×5A และ 11A×10A มีศักยภาพสูงในการให้ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมัน เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดสูง รูปทรงของดอกดี และยังมีขนาดดอก ขนาดเมล็ด ค่อนข้างโต และที่สำคัญพบว่าพันธุ์เหล่านี้ให้ผลผลิต ผลผลิตน้ำมัน เปอร์เซ็นต์น้ำมัน ค่อนข้างสูง สำหรับพันธุ์สังเคราะห์ S473, S475, HOC, HOO, MOO และ CM1-TL ถึงแม้จะมีลักษณะต่าง ๆ ต่ำกว่าพันธุ์ลูกผสม แต่พบว่ามีความสามารถ

ในการให้ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงกว่า หรือเทียบเท่า เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์เชียงใหม่ 1 การปลูกทานตะวันของเกษตรกรในประเทศไทย ส่วนใหญ่ใช้เมล็ดพันธุ์ทานตะวันลูกผสมที่นำเข้าจากต่างประเทศซึ่งเกษตรกรต้องซื้อจากบริษัททุกปีในราคาที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นการผลิตทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมขึ้นใช้เองภายในประเทศเป็นแนวทางหนึ่งที่ทำให้ราคาเมล็ดพันธุ์ถูกลง เพราะไม่มีค่าขนส่งจากต่างประเทศ และลดการนำเข้าเมล็ดพันธุ์ทานตะวันจากต่างประเทศ นอกจากนี้ยังพบว่า พันธุ์สังเคราะห์ HOO ให้ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมัน ค่อนข้างสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์เชียงใหม่ 1 และน่าจะนำมาเป็นพันธุ์ส่งเสริมให้แก่เกษตรกรต่อไป เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งของเกษตรกร

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตร 22 ลักษณะในทานตะวัน 14 พันธุ์

ลักษณะพันธุ์	ผลผลิต[1] (กก./ไร่)	ผลผลิตน้ำมัน (กก./ไร่)	เปอร์เซ็นต์น้ำมัน (%)	ขนาดดอก (ซม.)	ความสม่ำเสมอของขนาดดอก (คะแนน[2])	ขนาดเมล็ด (กรัม)	จำนวนเมล็ดต่อต้น (เมล็ด)	เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม (%)
S473	264 cd	81 e	30.67 h	13.09 c-f	3.00	48.20 de	1,281 ab	70.32 fgh
S475	258 cd	77 e	29.99 h	12.36 efg	2.25	49.64 cde	1,424 a	66.05 hi
HOC	213 ef	88 de	41.40 bc	11.77 fg	3.00	45.17 f	1,216 abc	68.65 gh
HOO	240 de	95 d	39.80 de	12.81 d-g	3.00	46.50 ef	991 d	72.15 efg
MOO	198 f	62 f	31.39 h	10.98 g	3.75	44.30 f	1,240 abc	61.56 i
CM1-TL	230 def	77 e	33.53 g	15.75 a	2.75	50.93 cd	1,217 abc	82.49 b
5A×2A	326 ab	133 b	40.88 bcd	13.31 b-f	3.00	52.34 bc	1,051 cd	79.62 bc
10A×2A	296 bc	124 bc	41.88 ab	14.01 a-e	2.00	49.04 de	1,081 bcd	75.07 c-f
10A×5A	315 ab	132 b	42.02 ab	11.54 fg	3.00	54.55 b	1,077 bcd	78.27 bcd
11A×2A	286 bc	113 c	39.40 de	13.23 c-f	3.00	52.44 bc	1,143 bcd	73.53 d-g
11A×5A	293 bc	114 c	38.92 e	14.91 abc	2.75	48.54 de	1,140 bcd	72.86 d-g
11A×10A	308 ab	123 bc	40.01 cde	15.30 ab	2.75	49.85 cd	1,071 bcd	75.51 c-f
เชียงใหม่ 1	239 de	84 de	35.09 f	11.74 fg	3.75	52.26 bc	1,197 bcd	76.95 cde
แปซิฟิค 77	342 a	147 a	43.00 a	14.57 a-d	3.50	62.04 a	982 d	90.63 a
ค่าเฉลี่ยพันธุ์สังเคราะห์	234	80	34.46	12.79	2.96	47.46	1,228	70.20
ค่าเฉลี่ยพันธุ์ลูกผสม	304	123	40.52	13.72	2.75	51.13	1,094	75.81
ค่าเฉลี่ยทุกพันธุ์	272	104	37.71	13.24	2.96	50.41	1,151	74.55
F-test	**	**	**	**	ns	**	**	**

ns, ** ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 ตามลำดับ, [1]ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05, [2]คะแนน 1 = สม่ำเสมอน้อย, 5 = สม่ำเสมอมาก

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตร 22 ลักษณะในทานตะวัน 14 พันธุ์ (ต่อ)

ลักษณะพันธุ์	เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ[1]	เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด	อายุออกดอก	อายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์	อายุเก็บเกี่ยว	ความสม่ำเสมอของอายุออกดอก	ความสม่ำเสมอของอายุเก็บเกี่ยว
	(%)	(%)	(วัน)	(วัน)	(วัน)	(คะแนน[2])	(คะแนน[3])
S473	29.68 bcd	70.38 b-e	51 bc	54 c	98 c	3.00 bc	3.50 b
S475	33.95 ab	60.83 e	52 bc	56 c	99 c	2.50 bc	2.50 b
HOC	31.36 bc	63.52 de	51 bc	54 c	98 c	2.75 bc	2.75 b
HOO	27.85 cde	66.55 cde	52 bc	55 c	99 c	2.25 c	2.50 b
MOO	38.44 a	69.59 b-e	53 bc	57 c	100 c	2.25 bc	3.00 b
CM1-TL	17.51 h	71.79 b-e	51 bc	54 c	98 c	2.50 bc	3.00 b
5A×2A	20.39 gh	73.46 bcd	55 abc	57 c	101 c	3.50 abc	3.50 b
10A×2A	24.93 d-g	80.21 ab	55 abc	57 c	102 bc	3.00 bc	3.25 b
10A×5A	21.73 fgh	81.74 ab	54 bc	56 c	100 c	4.00 ab	4.00 ab
11A×2A	26.48 c-f	71.93 b-e	58 a	61 a	105 a	2.75 bc	3.25 b
11A×5A	27.14 c-f	78.46 abc	58 a	60 ab	105 a	3.75 abc	3.75 ab
11A×10A	24.49 d-g	81.85 ab	54 bc	56 c	101 c	3.75 abc	3.75 ab
เชียงใหม่ 1	23.06 efg	77.62 abc	52 bc	55 c	99 c	2.50 bc	2.50 b
แปซิฟิค 77	9.38 i	88.30 a	55 abc	55 c	101 c	5.00 a	5.00 a
ค่าเฉลี่ยพันธุ์สังเคราะห์	29.80	67.11	52	55	99	2.54	2.88
ค่าเฉลี่ยพันธุ์ลูกผสม	24.19	77.94	56	58	102	3.46	3.58
ค่าเฉลี่ยทุกพันธุ์	25.46	74.02	54	56	100	3.11	3.30
F-test	**	**	**	**	**	*	*

*, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ, [1]ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05, [2,3]คะแนน 1 = สม่ำเสมอน้อย, 5 = สม่ำเสมอมาก

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตร 22 ลักษณะในทานตะวัน 14 พันธุ์ (ต่อ)

ลักษณะพันธุ์	ความแข็งแรงของคอดอก (คะแนน[2])	รูปทรงของดอก (คะแนน[3])	ความสูงลำต้น[1] (ซม.)	ความสม่ำเสมอของความสูง (คะแนน[4])	เปอร์เซ็นต์การแตกกิ่ง (%)	Root Lodging (คะแนน[5])	Stalk Lodging (คะแนน[6])
S473	4.98 ab	3.18 de	187 c	1.50 ef	4.02 cd	1.25 bc	4.50 abc
S475	4.90 ab	3.23 cde	196 bc	2.00 c-f	6.19 bc	1.75 ab	4.50 abc
HOC	4.97 ab	2.58 fg	187 c	1.75 def	2.22 cde	1.50 abc	5.00 a
HOO	4.97 ab	2.58 fg	187 c	1.25 f	1.80 cde	1.75 ab	4.50 abc
MOO	4.91 ab	2.50 g	203 b	2.00 c-f	3.78 cd	1.25 bc	4.75 ab
CM1-TL	4.97 ab	3.88 ab	206 b	1.00 f	4.56 cd	2.00 ab	4.50 abc
5A×2A	5.00 a	3.63 bc	205 b	3.00 bcd	7.23 bc	1.50 abc	4.25 abc
10A×2A	4.83 ab	3.38 cd	225 a	2.00 c-f	24.53 a	2.00 a	3.75 c
10A×5A	5.00 a	4.00 ab	156 d	3.25 abc	2.65 cde	1.00 c	4.75 ab
11A×2A	4.70 b	3.00 def	236 a	1.50 ef	16.10 b	2.25 a	3.75 c
11A×5A	4.70 b	3.00 def	161 d	2.50 b-e	0.71 de	1.00 c	4.75 ab
11A×10A	4.97 ab	3.23 cde	157 d	3.75 ab	1.96 cde	1.00 c	5.00 a
เชียงใหม่ 1	4.99 ab	2.83 efg	204 b	2.00 c-f	4.00 cd	1.75 ab	4.00 bc
แปซิฟิค 77	1.90 c	4.18 a	186 c	4.75 a	0.00 e	1.00 c	5.00 a
ค่าเฉลี่ยพันธุ์สังเคราะห์	4.95	2.99	194	1.58	3.76	1.58	4.63
ค่าเฉลี่ยพันธุ์ลูกผสม	4.87	3.37	190	2.67	8.86	1.46	4.38
ค่าเฉลี่ยทุกพันธุ์	4.70	3.23	193	2.30	5.70	1.50	4.50
F-test	**	**	**	**	**	**	**

** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01, [1]ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05

[2]คะแนน 1 = หักลีบ, 5 = ขนาดใหญ่มาก แข็งแรง, [3]คะแนน 1 = ดอกบิดเบี้ยวไม่ได้รูปทรง, 5 = รูปทรงที่ดีตรงตามต้องการ, [4]คะแนน 1 = สม่ำเสมอน้อย, 5 = สม่ำเสมอมาก, [5,6]คะแนน 1 = ไม่มีการหักล้ม, 5 = หักล้มมาก

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองนี้ได้ทำการศึกษาความแปรปรวน อัตราพันธุกรรม สหสัมพันธ์ และสัมประสิทธิ์เส้นทางของลักษณะต่าง ๆ ในทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ ซึ่งพบว่าลักษณะที่มีความแปรปรวนเนื่องจากสภาพแวดล้อมมีค่ามากกว่าความแปรปรวนเนื่องจากยีโนไทพ์ ได้แก่ ผลผลิตน้ำมัน เปอร์เซ็นต์น้ำมัน น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ผลผลิต ความแข็งแรงของคอดอก เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม ขนาดดอก และเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด แสดงว่าสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลมากกว่าพันธุกรรมต่อการแสดงออกของลักษณะเหล่านี้ และพบว่าลักษณะที่มีความแปรปรวนเนื่องจากยีโนไทพ์มีค่ามากกว่าความแปรปรวนเนื่องจากสภาพแวดล้อม ได้แก่ อายุเก็บเกี่ยว อายุออกดอก และความสูงลำต้น ซึ่งบ่งชี้ว่าทั้งสามลักษณะมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมมากกว่าสภาพแวดล้อม แสดงว่าพันธุกรรมมีอิทธิพลมากกว่าสภาพแวดล้อมต่อการแสดงออกทั้งลักษณะอายุออกดอก อายุเก็บเกี่ยว และความสูงลำต้น นอกจากนี้ยังพบว่าทุกลักษณะมีค่า PCV สูงกว่าค่า GCV และลักษณะที่มีความแตกต่างสูงระหว่างค่า PCV และ GCV ได้แก่ ลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมัน เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และขนาดดอก ซึ่งแสดงว่าสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลมากต่อการแสดงออกของลักษณะเหล่านี้ ส่วนลักษณะที่มีความแตกต่างระหว่างค่า PCV และ GCV ต่ำ ได้แก่ ลักษณะอายุเก็บเกี่ยว อายุออกดอก ความแข็งแรงของคอดอก ความสูงลำต้น และเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด ซึ่งบ่งชี้ว่าพันธุกรรมมีอิทธิพลมากกว่าสภาพแวดล้อมต่อการแสดงออกทั้งห้าลักษณะนี้ นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างสูง ได้แก่ ลักษณะอายุเก็บเกี่ยว และอายุออกดอก ซึ่งสรุปได้ว่ายีนที่แสดงผลแบบบวกมีผลในการควบคุมการแสดงออกของทั้งสองลักษณะนี้

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทพ์ พบว่าผลผลิตมีสหสัมพันธ์แบบบวกสูงกับขนาดดอก และผลผลิตน้ำมัน และผลผลิตน้ำมันมีสหสัมพันธ์แบบบวกสูงกับขนาดดอก อย่างไรก็ตามขนาดดอกมีสหสัมพันธ์แบบลบกับเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด สำหรับสหสัมพันธ์ทางยีโนไทพ์ระหว่างลักษณะ พบว่าผลผลิตมีสหสัมพันธ์แบบบวกสูงกับขนาดดอก และผลผลิตน้ำมัน แต่มีสหสัมพันธ์แบบลบสูงกับเปอร์เซ็นต์น้ำมัน และเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง พบว่าขนาดดอกมีอิทธิพลทางตรงแบบบวกสูงสุดต่อผลผลิต รองลงมา คือ ความสูง เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม และอายุเก็บเกี่ยว ดังนั้นสามารถใช้ขนาดดอกในการคัดเลือกเพื่อเพิ่มผลผลิตในทานตะวัน ส่วนลักษณะความสูงที่มีอิทธิพลทางตรงแบบบวกสูงสุดรองจากลักษณะ

ขนาดดอกไม่สามารถใช้ในการคัดเลือกเพื่อเพิ่มผลผลิตในทานตะวันได้ เนื่องจากลักษณะความสูงมีวาเรียนซ์เนื่องจากผลของสภาพแวดล้อมค่อนข้างสูง และการปรับปรุงพันธุ์ในครั้งนี้มีเป้าหมายให้ได้พันธุ์ทานตะวันที่ไม่สูง เนื่องจากในประเทศไทยใช้การเก็บเกี่ยวด้วยมือ นอกจากนี้พันธุ์ทานตะวันที่มีลักษณะลำต้นเตี้ยยังมีความต้านทานจากการหักล้มได้ด้วย

จากการหาสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปของสายพันธุ์ คือ สมรรถนะเฉลี่ยเมื่อสายพันธุ์หนึ่งได้ผสมกับสายพันธุ์อื่น ๆ หลายสายพันธุ์ เป็นการวัดการแสดงออกของยีนในแบบบวก ส่วนสมรรถนะการรวมตัวจำเพาะของสายพันธุ์ คือ การที่พืชสายพันธุ์หนึ่ง เมื่อผสมกับอีกสายพันธุ์หนึ่งแล้วให้ผลผลิตสูง หรือให้ผลดีกว่าค่าเฉลี่ยเมื่อผสมกับสายพันธุ์อื่น ๆ หลายสายพันธุ์ สมรรถนะการรวมตัวจำเพาะวัดโดยใช้ค่าความแตกต่างระหว่างผลของการผสมระหว่างสายพันธุ์ต่าง ๆ และผลคาดหมายซึ่งประมาณได้จาก gca เป็นการวัดการแสดงออกของยีนในแบบข่ม ซึ่งใช้เป็นตัวบอกความสามารถของสายพันธุ์นั้น ๆ ในการรวมตัวเป็นลูกผสมเดี่ยว ลูกผสมสามทาง และลูกผสมคู่ ซึ่งผลของ gca และ sca เป็นข้อมูลที่สำคัญในการคัดเลือกเฉพาะสายพันธุ์พ่อแม่ที่ดี มีศักยภาพสูงในการนำไปผลิตเป็นลูกผสม และยังสามารถบอกได้ถึงการแสดงออกของยีนว่าเป็นแบบใด ซึ่งพบว่าทั้ง gca และ sca มีอิทธิพลต่อทุกลักษณะ แต่เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่าง gca กับ sca พบว่า gca มีอิทธิพลต่อทุกลักษณะมากกว่า sca ยกเว้นลักษณะความสม่ำเสมอของขนาดดอกที่พบว่า sca มีอิทธิพลต่อลักษณะมากกว่า gca และสายพันธุ์ที่ให้ค่า gca ของลักษณะผลผลิตมีค่าสูง และเป็นบวก ได้แก่ สายพันธุ์ 6A, 9A และ 8A สายพันธุ์ที่ให้ค่า gca ของลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมันมีค่าเป็นบวก คือ 9A, 6A, 8A และ 11A แสดงว่าสายพันธุ์เหล่านี้เป็นสายพันธุ์ที่มี gca สูง พบว่าเมื่อนำไปผสมกับสายพันธุ์อื่น ๆ หลายสายพันธุ์มีแนวโน้มจะให้ลักษณะต่าง ๆ มีลักษณะดี และจากการวิเคราะห์ sca ของลักษณะผลผลิต พบว่าลูกผสมที่มีค่า sca สูงที่สุด ได้แก่ ลูกผสม 10A×6A รองลงมา คือ ลูกผสม 9A×2A และ 11A×5A ส่วนการวิเคราะห์ sca ของเปอร์เซ็นต์น้ำมัน พบว่าลูกผสมที่มีค่า sca สูงที่สุด คือ ลูกผสม 5A×2A รองลงมา คือ ลูกผสม 11A×2A และ 11A×8A แสดงว่าสายพันธุ์เหล่านี้เป็นสายพันธุ์ที่มี sca สูง พบว่าเมื่อได้ผสมกับอีกสายพันธุ์หนึ่งแล้ว ให้ผลผลิตสูง หรือให้ผลดีกว่าค่าเฉลี่ยเมื่อผสมกับสายพันธุ์อื่น ๆ หลายสายพันธุ์มีแนวโน้มจะให้ลักษณะต่าง ๆ มีลักษณะดี

จากการวัดค่าความดีเด่นของลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่ คือ วัดเป็นเปอร์เซ็นต์ของลูกต่อค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ การวัดวิธีนี้เรียกว่าความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ และเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่ที่ดีกว่า การวัดวิธีนี้เป็นการวัดคุณสมบัติในด้านการใช้ประโยชน์ คือ นำค่าเฉลี่ยของลูกไปเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่ที่ให้ลักษณะดี ซึ่งการวัดค่าความดีเด่นของลูกผสมทั้งสองเป็นการวัดการแสดงออกของยีนในแบบข่ม พบว่าผลผลิตมีค่า heterosis -18.76 ถึง 139.71% โดยลูกผสม 11A×10A มีค่า heterosis สูงที่สุด ให้ผลผลิต 235 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ ลูกผสม 9A×2A และ 11A×5A ให้ผลผลิต 243 และ 254 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

ผลผลิตมีค่า heterobeltiosis เท่ากับ -25.00 ถึง 57.57% โดยลูกผสม 11A×5A มีค่า heterobeltiosis สูงที่สุด รองลงมา คือ ลูกผสม 11A×10A และ 10A×5A ส่วนเปอร์เซ็นต์น้ำมันมีค่า heterosis 11.22 ถึง 39.01% โดยลูกผสม 5A×2A มีค่า heterosis สูงที่สุด ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมัน 41.69% รองลงมา คือ ลูกผสม 10A×2A และ 11A×2A ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมัน 38.99 และ 38.77% ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์น้ำมันมีค่า heterobeltiosis เท่ากับ 8.54 ถึง 35.28% โดยลูกผสม 5A×2A มีค่า heterobeltiosis สูงที่สุด รองลงมา คือ ลูกผสม 10A×2A และ 6A×2A ดังนั้นลูกผสม 5A×2A, 10A×2A, 11A×2A, 10A×5A, 11A×5A และ 11A×10A เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการผลิตลูกผสมเพื่อทำการปลูกทดสอบต่อไป เนื่องจากลูกผสมเหล่านี้มีคุณสมบัติต่าง ๆ คือ 1) ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูง 2) ลูกผสมที่ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง 3) ลูกผสมที่ให้ sca ของผลผลิตสูง 4) ลูกผสมที่ให้ sca ของเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง 5) ลูกผสมที่ให้ความดีเด่นของผลผลิตสูง 6) ลูกผสมที่ให้ความดีเด่นของเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง

การทดสอบศักยภาพของพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมของทานตะวัน 12 พันธุ์ จะเห็นว่าเมื่อทำการทดสอบศักยภาพของพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสม โดยปลูกทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมในพื้นที่ที่มีชนิดของดิน วันปลูก ระยะปลูก อัตราปลูก วิธีการเก็บเกี่ยว การกระจายของฝน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ปริมาณแสง ความชื้น เหมือนกัน และมีการให้น้ำ ให้ปุ๋ย ตามอัตราแนะนำเหมือนกัน พบว่าพันธุ์ลูกผสมแสดงศักยภาพในการให้ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงกว่าพันธุ์สังเคราะห์ โดยพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์ลูกผสมให้ผลผลิตเฉลี่ยตั้งแต่ 198-326 กิโลกรัมต่อไร่ และลูกผสม 5A×2A ให้ผลผลิตสูงที่สุด รองลงมา คือ 10A×5A และ 11A×10A นอกจากนี้ยังพบว่าโดยเฉลี่ยแล้วพันธุ์ลูกผสมให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงกว่าพันธุ์สังเคราะห์ โดยลูกผสม 10A×5A ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงที่สุด รองลงมาคือ 10A×2A อย่างไรก็ตามการทดสอบศักยภาพในการให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์น้ำมัน ของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์และพันธุ์ลูกผสม พบว่าควรทำการปลูกทดสอบในหลาย ๆ สภาพแวดล้อม (หลายท้องที่ หลายปี แต่ละปีอาจปลูกทดสอบหลายฤดู) หลังจากนั้นเลือกสายพันธุ์ที่ดีที่สุดเพื่อขยายเมล็ดและเผยแพร่ต่อไป ในระหว่างการปลูกทดสอบอาจมีการปรับปรุงสายพันธุ์พ่อแม่โดยใช้วิธีการต่าง ๆ ในการคัดเลือกเพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่มีลักษณะต่าง ๆ ดีกว่าเดิม

รายการอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. (2553ก). **ชุดดินจัตุรัส-ชุดดินจัดตั้งของประเทศไทย** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.ldd.go.th/thaisoils_museum/pf_desc/northeast/Ct.htm

กรมพัฒนาที่ดิน. (2553ข). **ชุดดินปากช่อง-ชุดดินจัดตั้งของประเทศไทย** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.ldd.go.th/thaisoils_museum/pf_desc/northeast/Pc.htm

กรมพัฒนาที่ดิน. (2553ค). **ชุดดินลพบุรี-ชุดดินจัดตั้งของประเทศไทย** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.ldd.go.th/thaisoils_museum/pf_desc/central/Lb.htm

กรมวิชาการเกษตร. (2541). **รายงานผลการทดลองประจำปี 2541**. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.

กรมวิชาการเกษตร. (2552). **ทานตะวัน** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=30

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2550). **ข้อมูลพืชไร่: ทานตะวัน** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.doae.go.th/plant/sun.htm

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2553). **การเพิ่มผลผลิตทานตะวัน** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://agritech.doae.go.th/agri-media/book-file/book-rice/RB019.pdf

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2553). **งานบริการข้อมูล ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา**. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.tmd.go.th/service/service.php

กองแผนงานและวิชาการ. (2551). **แบบเสนอแผนปฏิบัติงานโครงการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2551** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://as.doa.go.th/

กิตติ สัจจาวัฒนา. (2544). การพัฒนาและการเปรียบเทียบพันธุ์ทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

กิตติ สัจจาวัฒนา. (2548). การพัฒนาทานตะวันลูกผสมเดี่ยวที่ให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

กิตติ สัจจาวัฒนา และ ไพศาล เหล่าสุวรรณ. (2548). การศึกษาสมรรถนะการรวมตัวของสายพันธุ์ทานตะวันโดยใช้วิธีผสมพันธุ์แบบพบกันหมด. **วารสารเทคโนโลยีสุรนารี** 13 (2): 189-196.

ฉัตรพงศ์ บาลลา. (2548). การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมเดี่ยวอายุเก็บเกี่ยวสั้นให้ผลผลิตสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ฐิติพร มะชิโกวา. (2551). ทานตะวัน. ใน **เกษตรสุรนารี' 51** (หน้า 17-22). นครราชสีมา: สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ธวัชชัย วรศานต์. (2539). **ทานตะวันและการผลิตทานตะวันในประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: กลุ่มพืชน้ำมัน กองส่งเสริมพืชไร่นา กรมส่งเสริมการเกษตร.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, นิทัศน์ สองศรี, ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ, ชัยรัตน์ นิลนนท์ และยงยุทธ เชื้อมงคล. (2544). สหสัมพันธ์ การวิเคราะห์เส้นทาง และอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรม สำหรับลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมัน. **ว. สงขลานครินทร์ วทท.** 23 (ฉบับพิเศษ): 691-704.

นิภาพร บัวอิ่น และ บุบผา คงสมัย. (2552). ศักยภาพในการให้ผลผลิตของทานตะวันชนิดน้ำมันพันธุ์ผสมเปิด. **วิทยาสารกำแพงแสน** 7 (3): 18-27.

น้ำอ้อย ศรีประสม และ ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. (2551). สหสัมพันธ์และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางลำต้นในระยะกล้าปาล์มน้ำมัน. **วารสารหาดใหญ่วิชาการ** 6 (2): 109-115.

ประสาทพร กออวยชัย, วินิจ เสรีประเสริฐ, วัชรินทร์ ซุ้นสุวรรณ และ ธีระ เอกสมทราเมษฐ. (2544). การวิเคราะห์เส้นทางของลักษณะผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อน. **ว. สงขลานครินทร์ วทท.** 23 (2).

เพิ่มศักดิ์ สุภาพรเหมินทร์ และ ศุภชัย แก้วมีชัย. (2540). **โครงการวิจัยและพัฒนาทานตะวัน**. ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. (2545). **หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช**. พิมพ์ครั้งที่ 8. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. (2547). **การพัฒนาทานตะวันเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง**. รายงานวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. (2550). โครงการปรับปรุงพันธุ์ทานตะวัน. **การปรับปรุงทานตะวันลูกผสมที่ให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ รายงานต่อ สกว.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ และ กิตติ สัจจาวัฒนา. (2544). **รายงานวิจัยโครงการพัฒนาการผลิตทานตะวัน ระยะที่ 1**. นครราชสีมา: สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ, ชัยยะ แสงอุ่น, มนตรี แหนงใหม่, ยศศักดิ์ แก้มค้างพลู, สุวัตชัย ชื่นชม, ฐิติพร มะชิโกวา และกิตติ สัจจาวัฒนา. (2544). การวิจัยทานตะวันโดย มทส. ใน **การประชุม**

วิชาการ งา ทานตะวัน ละหุ่ง และคำฝอยแห่งชาติ ครั้งที่ 2 วันที่ 16-17 สิงหาคม 2544 ณ วังรี รีสอร์ท จังหวัดนครนายก. หน้า 142-147.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ และ ปิยะดา ทิพยผ่อง. (2550). **หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช**. พิมพ์ครั้งที่ 8 ฉบับแก้ไขครั้งที่ 6. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 372 หน้า.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ, ปิยะดา ทิพยผ่อง, กิตติ สัจจาวัฒนา, มนตรี แหนงใหม่, ชัยยะ แสงอุ่น, ยศศักดิ์ แก้มค้างพลู, ยุพยงค์ จันทร์ขำ, จุฑามาศ เพียซ้าย, ภาคภูมิ ศรีหมื่นไวย และฐิติพร มะชิโกวา. (2548). **รายงานการวิจัยโครงการพัฒนาการผลิตทานตะวัน ระยะที่ 2**. นครราชสีมา: สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. หน้า 1-14.

ภัทรสุดา มาศะวิสุทธิ์. (2548). การยอมรับเทคโนโลยีการผลิตทานตะวันของเกษตรกรในโครงการส่งเสริมและพัฒนาการผลิตทานตะวัน จังหวัดลพบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาส่งเสริมการเกษตร ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาคภูมิ ศรีหมื่นไวย. (2549). การปรับปรุงลักษณะทางเกษตร เปอร์เซ็นต์น้ำมัน และผลผลิตของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ภาคภูมิ ศรีหมื่นไวย และ ไพศาล เหล่าสุวรรณ. (2551). การใช้สหสัมพันธ์และสัมประสิทธิ์เส้นทางในการคัดเลือก เพื่อปรับปรุงผลผลิตของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์. **วารสารหาดใหญ่วิชาการ** 6 (1): 1-8.

วินัย เมฆดำ. (2543). การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมอายุสั้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่นา ภาควิชาพืชไร่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศฎาวุฒิ กุลมณี. (2540). เฮทเทอโรซีสและสมรรถนะการผสมของข้าวโพดน้ำมันสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภชัย แก้วมีชัย, อาวุธ ณ ลำปาง, สิทธิ์ แดงประดับ และ วิจิตร ขจรมาลี. (2532). การสร้างทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ผลผลิตสูง. ใน **รายงานผลงานวิจัยประจำปี ข้าวโพด ทานตะวัน**. กรุงเทพฯ: ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.

สกล ฉายศรี. (2540). การพัฒนาสายพันธุ์ข้าวโพดฝักอ่อนเพื่อใช้ผลิตลูกผสม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุพจน์ แสงประทุม. (2543). **ทานตะวัน**. กองส่งเสริมพืชไร่นา กรมส่งเสริมการเกษตร. 22 หน้า. (จุลสาร).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2551). **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2550** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.oae.go.th/download/journal/yearbook50.pdf

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2552). **สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ ปี 2551** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.oae.go.th/download/journal/tradestat2008.pdf

อัญชุลี คชชา, วาสนา วงษ์ใหญ่, อรุณี วงศ์ปิยะสถิต และ ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ. (2550). ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และแพทโคเอฟฟิเชียนท์ในสายพันธุ์คำฝอยรุ่น M_4. ใน **การประชุมวิชาการ งานตะวัน ละหุ่ง และคำฝอยแห่งชาติ ครั้งที่ 5** วันที่ 23-25 พฤษภาคม 2550 ณ โรงแรมเทวราช จังหวัดน่าน. หน้า 106-113.

อารีย์ ทิมินกุล. (2547). การออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดทานตะวัน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Abro, S., Kandhro, M . M., Laghari, S., Arain, M. A., and Deho, Z. A. (2009). Combining ability and heterosis for yield contributing traits in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Pak J. Bot.** 41 (4): 1,769-1,774.

Ahmad, Q., Rana, M. A., and Siddiqui, S. U. H. (1991). Sunflower seed yield as influenced by some agronomic and seed characters. **Euphytica** 56 (2): 137-142.

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

Akbar, M., Tahira, and Hussain, M. (2007). Heterosis for seed yield and its components in rapeseed. **J. Agric. Res.** 45 (2): 95-104.

Ali, N., Javidfar, F., Elmira, J. Y., and Mirza, M. Y. (2003). Relationship among yield components and selection criteria for yield improvement in winter rapeseed (*Brassica napus* L.). **Pak. J. Bot.** 35 (2): 167-174.

AOAC International. (2000). **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17th ed. AOAC International, Gaithersburg. MD, USA.

Aremu, C. O., and Adewale, B. D. (2010). Heterosis and phenolic performance in a selected cross of cowpea *Vigna unguiculate* (L.) Walp for humid environment performance. **Agric. J.** 5 (5): 292-296.

Arshad, M., Kashif Ilyas, M., and Ayub Khan, M. (2007). Genetic divergence and path coefficient

analysis for seed yield traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids. **Pak. J. Bot.** 39 (6): 2,009-2,015.

Arslan, B. (2007). The path analysis of yield and its components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **J. Biol. Sci.** 7 (4): 668-672.

Asghar, M. J., and Mehdi, S. S. (2010). Selection indices for yield and quality traits in sweet corn. **Pak. J. Bot.** 42 (2): 775-789.

Azeez, M. A., and Morakinyo, J. A. (2009). Character association and path analysis of yield and its components in sesame (Genera *Sesamum* and *Ceratotheca*) seed. In **Proceedings of the 33rd Annual Conference of Genetics Society of Nigeria**, September 27-30, 2009 (pp. 118-122). Ilorin, Nigeria.

Bahoush, M., and Abbasdokht, H. (2008). Correlation coefficient analysis between grain yield and its components in corn (*Zea mays* L.) hybrids. In **International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology** (pp. 263-265). Turkey.

Banerjee, P. P., and Kole, P. C. (2010). Heterosis, Inbreeding depression and their relationship with genetic divergence in sesame (*Sesamum indicum* L.). **Acta Agron. Hung.** 58 (3): 313-321.

Başalma, D. (2008). The correlation and path analysis of yield and yield components of different winter rapeseed *(Brassica napus* ssp. *Oleifera* L.) cultivars. **Res. J. Agric. & Biol. SCI.** 4 (2): 120-125.

Binodh, A. K., Manivannan, N., and Varman, P. V. (2008). Combining ability analysis for yield and its contributing characters in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Madras Agric. J.** 95 (7-12): 295-300.

Burton, G. W. (1983). Utilization of hybrid vigor. In **Crop breeding (edited by D.R. Wood)** (pp. 89-107). Wisconsin: American Society of Agronomy.

Chikkadevaiah, Sujatha, H. L., and Nandini. (2002). Correlation and path analysis in sunflower. **Helia** 25 (37): 109-118.

Dewey, D. R., and Lu, K. H. (1959). Correlation and path coefficient analysis of crested wheat grass seed production. **Agron. J.** 51: 515-518.

Echezona, B. C. (2007). Corn-stalk lodging and borer damage as influenced by varying corn

densities and planting geometry with soybean (*Glycine max*. L. Merrill). **Int. Agrophysics** 21: 133-143.

Ezeaku, I. E., and Mohammed, S. G. (2006). Character association and path analysis in grain sorghum. **Afr. J. Biotechnol.** 5 (14): 1,337-1,340.

Falconer, D. S. (1960). **Introduction to quantitative genetics**. Edinburgh: Oliver and Boyd. 368 pp.

Farhatullah, Azam, F-E., and Khalil, H. (2006). Path analysis of the coefficients of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Int. J. Agri. Biol.** 8 (5): 621-625.

Fick, G. N. (1975). Heritability of seed oil content in sunflowers. **Crop Sci.** 15: 77-78.

Fick, G. N. (1978). Breeding and genetics. In Carter, J. F. (ed.) **Sunflower science and technology**. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Inc.

Fick, G. N., Caroline, J. J., Auwarter, G. E., and Duhigg, P. M. (1985). Agronomic characteristics and field performance of dwarf sunflower hybrids. In **Proc. 11th Int. Sunflower Conf.**, Mar del Plata, Argentina, Spain. 10-13 March. Paris, France: Int. Sunflower Assoc.

Fick, G. N., and Miller, J. F. (1997). Sunflower breeding. In Schneiter, A. A. (ed.). **Sunflower technology and production** (pp. 395-439). Madison, Wisconsin: Agron. Monogr. 35. ASA, CSSA, and SSSA.

Food Market Exchange. (2003). **Local news** [On-line]. Available: http://www.foodmarketexchange.com/datacenter/news/

Göksoy, A. T., and Turan, Z. M. (2004). Combining abilities of certain characters and estimation of hybrid vigour in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Acta Agron. Hung.** 52 (4): 361-368.

Göksoy, A. T., and Turan, Z. M. (2007). Correlation and path analysis of yield components in synthetic varieties of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Acta Agron. Hung.** 55 (3): 339-345.

Göksoy, A. T., Turkec, A., and Turan, Z. M. (2002). Determination of some agronomic characteristics and hybrid vigor of new improved synthetic varieties in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Helia** 25 (37): 119-130.

Grafius, J. E. (1956). Components of yield in oats: A geometric interaction. **Agron. J.** 48: 419-423.

Grafius, J. E., and Okoli, L. B. (1974). Dimensional balance among yield components and maximum yield in 8 × 8 diallel of barley. **Crop Sci.** 14: 353-355.

Griffing, B. (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. **Aust. J. Bio. Sci.** 9: 462-493.

Gvozdenović, S., Panković, D. S., Jocić, S., and Radić, V. (2009). Correlation between heterosis and genetic distance based on SSR markers in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **J. Agric. Sci.** 54 (1): 1-9.

Habib, H., Mehdi, S. S., Anjum, M. A., and Ehsan, M. (2007). Correlation and path analysis for seed yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under charcoal rot (*Macrophomina phaseolina*) stress conditions. **Int. J. Agri. Biol.** 9 (2): 362-364.

Hakim, L. (2008). Variability and correlation of agronomic characters of mungbean germplasm and their utilization for variety improvement program. **Indonesian J. Agric Sci.** 9 (1): 24-28.

Hallauer, A. R. (1999). Temperate maize and heterosis. In **The genetics and exploitation of heterosis in crops** (pp. 353-361). Madison, Wisconsin: The American of Agronomy, Inc. and Crop Science Society of America, Inc.

Haq, A-U., Rashid, A., Butt, M. A., Akhter, M. A., Aslam, M., and Saeed, A. (2006). Evaluation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids for yield and yield components in central Punjab. **J. Agric. Res.** 44 (4): 277-284.

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

Hooks, J. A., Williams, J. H., and Gardner, C. O. (1971). Estimates of heterosis from a diallel cross of castors, Ricinus communis L**. Crop Sci.** 11: 651-655.

Iqbal, M., Amjad Ali, M., Abbas, A., Zulkiffal, M., Zesshan, M., and Sadaqat, H. A. (2009). Genetic behavior and impact of various quantitative traits on oil contents in sunflower under waters stress conditions at productive phase. **Plant Omics J.** 2 (2): 70-77.

Iqbal, M., Hayat, K., Khan, R. S. A., Sadiq, A., and Islam, N. (2006). Correlation and path

coefficient analysis for earliness and yield traits in cotton (*G. hirsutum* L.). **Asian J. Plant Sci.** 5 (2): 341-344.

Iqbal, S., Mahmood, T., Ali, M., Anwar, M., and Sarwar, M. (2003). Path coefficient analysis in different genotypes of soybean (*Glycine max* (L) Merril). **Pak J. Biol. Sci.** 6 (12): 1,085-1,087.

Jan, M., Farhatullah, and Hassan, G. (2009). Heterosis estimates for yield and yield components in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Pak. J. Biol. Sci.** 8 (4): 553-557.

Jan, M., Farhatulla, Raziudin, and Hassan, G. (2005). Combining ability analysis in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Pak. J. Biol. Sci.** 8 (5): 710-713.

Julsrigival, S., and Gypmantasiri, P. (1991). Development of sunflower production technology : Improvement of Sunflower for Northern Thailand cropping system. In **OCDP Research Report for 1989**. pp. 170-179.

Karasu, A., Oz, M., Sincik, M., Göksoy, A. T., and Turan, Z. M. (2010). Combining ability and heterosis for yield and yield components in sunflower**. Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj** 38 (3): 259-264.

Kaya, Y. (2005a). Determining combining ability in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Turk. J. Agric. For.** 29: 243-250.

Kaya, Y. (2005b). Hybrid vigor in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Helia** 28 (43): 77-86.

Kaya, Y., Evci, G., Durak, S., Pekcan, V., and Gucer, T. (2007). Determining the relationships between yield and yield attributes in sunflower. **Turk. J. Agric For.** 31: 237-244.

Kaya, Y., Evci, G., Durak, S., Pekcan, V., and Gucer, T. (2009). Yield components affecting seed yield and their relationships in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Pak. J. Bot.** 41 (5): 2,261-2,269.

Kaya, Y., Evci, G., Pekcan, V., Gucer, T., Durak, S., and Yilmaz, M. I. (2008). The path analysis of yield traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Latvian Journal of Agronomy** 11: 72-77.

Kenga, R., Alabi, S. O., and Gupta, S. C. (2005). Heterosis and combining ability for grain yield and its components in induced sorghum mutants. **Afr. Crop Sci. J.** 13 (2): 143-152.

Khan, A. (2001). Yield performance, heritability and interrelationship in some quantitative traits in sunflower. **Helia** 24 (34): 35-40.

Khan, A., Malik, N. J., Khan, M. I., and Riaz, S. (2001). Growth performance, heritability and inter relationship in some quantitative traits in sunflower. **J. Biol. Sci.** 1 (10): 895-897.

Khan, H. (2004). Magnitude of heterosis and combining ability in sunflower over environments. Ph.D. Dissertation, NWFP Agriculture University, Peshawar.

Khan, H., Rahman, H-U., Ahmad, H., Ali, H., Inamullah, and Alam, M. (2008). Magnitude of heterosis and heritability in sunflower over environments. **Pak. J. Bot.** 40 (1): 301-308.

Khan, M. S., Swati, M. S., Khalil, I. H., and Iqbal, A. (2003). Heterotic studies for various characters in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Asian J. Plant Sci.** 2 (14): 1,010-1,014.

Khan, S. A., Qureshi, A. S., Ashraf, M., Khan, S. M., Ajmal, S., and Khalil, I. H. (2008). Estimates of heterosis for seed yield and oil contents in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Sarhad J. Agric.** 24 (1): 37-42.

Khattak, G. S. S., Haq, M. A., Ashraf, M., and Tahir, G. R. (2000). Heterosis for some morphological traits in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek. **Kasetsart J. (Nat. Sci.)** 34 (4): 439-442.

Kindred, D. R., and Gooding, M. J. (2005). Heterosis for yield and its physiological determinants in wheat. **Euphytica** 142: 149-159.

Kothai, K. S., Manivannan, N., and Vindhiyavarman, P. (2007). Correlation and path analysis in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Madras Agric. J.** 94 (1-6): 120-124.

Laosuwan, P. (1997). Sunflower production and research in thailand. **Suranaree J. Sci. Technol.** 4 (3): 159-167.

Levesque, R., and SPSS Inc. (2006). **SPSS Programming and Data Management, 3rd Edition. SPSS Institute**. United State of America.

Lush, J. L. (1943). **Animal Breeding Plans. 2nd Edition**. Collegiate Press, Ames, IA.

Machikowa, T., and Saetang, C. (2008). Correlation and path coefficient analysis on seed yield in sunflower. **Suranaree J. Sci. Technol.** 15 (3): 243-248.

Malini, N., Sundaram, T., Hari Ramakrishnan, S., and Saravanan, S. (2006). Prediction of hybrid vigour for yield attributes among synthesized hybrids in rice (*Oryza sativa* L.). **Res. J. Agric. & Biol. Sci.** 2 (4): 166-170.

Marinković, R. (1992). Path-coefficient analysis of some yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Euphytica** 60 (3): 201-205.

Marinković, R., Skorić, D., and Jovanović. (2000). Line × tester analysis of the combining ability in sunflower. In **Proc 15th Int. Sunflower Conf.** 12-15 June. Toulouse, France: Int. Sunflower Assoc.

Mijić, A., Kozumplik, V., Kovačević, J., Liović, I., Krizmanić, M., Duvnjak, T., Marić, S., Horvat, D., Šimić, G., and Gunjaća, J. (2008). Combining abilities and gene effects on sunflower grain yield, oil content and oil yield. **Periodicum biologorum** 110 (3): 277-284.

Mijić, A., Krizmanić, M., Guberac, V., and Marić, S. (2006). Path coefficient analysis of several components oil yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Agriculture Scientific and Professional Review** 12 (1): 11-16.

Mijić, A., Liović, I., Zdunić, Z., Marić, S., Jeromela, A. M., and Jankulovska, M. (2009). Quantitavie analysis of oil yield and its components in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Romanian Agricultural Research** 26: 41-46.

Miller, J. F. (1999). Oilseed and heterosis. In **The genetics and exploitation of heterosis in crops** (pp. 399-404). Madison, Wisconsin: The American Society of Agronomy, Inc. and Crop Science Society of America, Inc.

Mohsin, T., Khan, N., and Naqvi, N. (2009). Heritability, phenotypic correlation and path coefficient studies for some agronomic characters in synthetic elite lines of wheat. **J. Food Agric. Envi.** 7: 278-282.

Nemati, A., Sedghi, M., Sharifi, R. S., and Seiedi, M. N. (2009). Investigation of correlation between traits and path analysis of corn (*Zea mays* L.) grain yield at the climate of Ardabil Region (Northwest Iran). **Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj** 37 (1): 194-198.

Oboh, B. O., and Fakorede, M. A. B. (1990). Interrelations among vegetative, yield and bunch quality traits in short-stem oil palm progenies. **Euphytica** 46: 7-14.

Ojo, G. O. S., Adedzwa, D. K., and Bello, L. L. (2007). Combining ability estimates and heterosis for grain yield and yield components in maize (*Zea mays* L.). **J. of Sustainable Development in Agriculture & Environment** 3: 49-57.

Oktem, A. (2008). Determination of selection criterions for sweet corn using path coefficient analyses. **Cereal Research Communications** 36 (4): 561-570.

Pandini, F., Antonio Vello, N., and Almeida Lopes, A. C. D. (2002). Heterosis in soybeans for seed yield components and associated traits. **Braz. Arch. Biol. Technol.** 45 (4): 401-412.

Putt, E. D. (1966). Heterosis, combining ability, and predicted synthetics from a diallel cross in sunflowers (*Helianthus annuus* L.). **Can. J. Plant Sci.** 46: 59-67.

Rao, N. M., and Singh, B. (1978). Inheritance of some quantitative characters in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Pantnagar J. of Res.** 4 (5): 144-146.

Rasmussion, D. C., and Cannell, R. Q. (1970). Selection for grain yield and component of yield in barley. **Crop Sci.** 10: 51-54.

Rojas, P., Skorić, D., and Fernandaz-Martinez, J. M. (2000). Combining ability for oil and protein kernel contents of sunflower inbreds in two different environments. In **Proc 15th Int. Sunflower Conf.** 12-15 June. Toulouse, France: Int. Sunflower Assoc.

Sadek, S. E., Ahmed, M. A., and Abd El-Ghaney. (2006). Correlation and path coefficient analysis in five parents inbred lines and their six white maize (*Zea mays* L.) single crosses developed and grown in Egypt. **J. App. Sci. Res.** 2 (3): 159-167.

Saleem, A. R., Saleem, U., and Subhani, G. M. (2007). Correlation and path coefficient analysis in maize (*Zea mays* L.). **J. Agric. Res.** 45 (3): 177-183.

Salih, S. H., and Khidir, M. O. (1975). Correlation, Path Analyses and Selection Indices for Castorbean (*Ricinus communis* L.). **Exp. Agric.** 11: 145-154.

Samonte, S. O. P., Wilson, L. T., and McClung, A. M. (1998). Path analyses of yield and yield related traits of fifteen diverse rice genotypes. **Crop. Sci.** 38: 1,130-1,136.

Santos, M. X., Pollak, L. M., Carvalho, H. W. L., Pacheco, C. A. P., Gama, E. E. G., Guimaraes, P. E. O., and Andrade, R. V. (2001). Heterotic responses of tropical elite maize accessions from Latin America with brazilian testers. **Scientia Agricola** 58 (4): 767-775.

Sawargaonkar, S. L., and Ghodke, M. K. (2008). Heterosis in relation to combining ability in restorer lines of sunflower. **Helia** 31 (48): 95-100.

Schneiter, A. A. (1997). **Sunflower technology and production**. Madison, Wisconsin: Agron. Monogr. 35. ASA, CSSA, and SSSA. 834 pp.

Schneiter, A. A., and Miller, J. F. (1981). Description of sunflower growth stages. **Crop Sci.** 21: 901-903.

Seneviratne, K. G. S., Ganesh, M., Ranganatha, A. R. G., Nagaraj, G., and Rukmini Devi, K. (2004). Population improvement for seed yield and oil content in sunflower. **Helia** 27 (41): 123-128.

Singh, R. K., and Chaudhary, B. D. (1979). **Biometrical methods in quantitative genetic analysis**. New Delhi, Ludhiana: Kalyani Publishers. 304 pp.

Singh, V., Kolekar, N. M. and Nimbkar, N. (2008). Breeding strategy for improvement of flower and seed yields in safflower. In **Proceedings 7th International Safflower Conference**. Wagga Wagga, New South Wales, Australia.

Skorić, D. (1978). Mode of inheritance of oil content in sunflower seed of F_1 generation and components of genetic variability. In **Proc 7th Int. Sunflower Conf.** Krasnodar, USSR.

Skorić, D., Jocić, S., and Molnar, I. (2000). General (GCA) and specific (SCA) combining abilities in sunflower. In **Proc 15th Int. Sunflower Conf.** 12-15 June. Toulouse, France: Int. Sunflower Assoc.

Stephen, J. C., and Quinby, J. R. (1952). Yield of hand produced hybrid of sorghum. **Agron. J.** 44: 231-233.

Stoskopf, N. C., and Reinbergs, E. (1996). Breeding for yield in spring cereals. **Can. J. Pant Sci.** 46: 513-519.

Sürek, H., and Beşer, N. (2003). Correlation and path coefficient analysis for some yield-related traits in rice (*Oryza Sativa* L.) under thrace conditions. **Turk. J. Agric. For.** 27: 77-83.

Sutter, G. R., Fisher, J. R., Elliott, N. C., and Branson, T. F. (1990). Effects of insecticide treatments on root lodging and yields of maize in controlled infestations of western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). **J. Econ. Entomol.** 83: 2,414–2,420.

Tahir, M. H. N., Sadaqat, H. A., and Bashir, S. (2002). Correlation and path coefficient analysis of morphological traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.) populations. **Int. J. Agri. Biol.** 4 (3): 341-343.

USDA, (2005). **Fats and Oils, Standard Reference Release 18** [On-line]. Available: http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/SR18/reports/sr18fg04.pdf

Vasal, S. K., Cordova, H., Pandey, S., and Srinivasan, G. (1999). In Tropical maize and heterosis. In **The genetics and exploitation of heterosis in crops** (pp. 363-373). Madison, Wisconsin: The American Society of Agronomy, Inc. and Crop Science Society of America, Inc.

Vidya, C., and Oommen, S. K. (2002). Correlation and path analysis in yard long bean. **J. Trop. Agric**. 40: 48-50.

Vranceanu, V., and Stoenescu, F. M. (1980). Genetic study of the occurrence of male sterile plants in cytoplasmic male sterile lines of sunflower. In **Proc. 9th Int. Sunflower Conf.** 8-13 June. Paris, France: Int. Sunflower Assoc.

Warner, J. N. (1952). A method for estimating heritability. **Agron. J.** 44: 427-430.

Weiss, E. A. (2000). **Oilseed Crop**. Australia: Blackwell Science Ltd. 374 pp.

Wynne, J. C., Emery, D. A., and Rice, P. H. (1970). Combining ability estimation in *Arachis hypogaea* L. 11. Field Performance of F_1 hybrids. **Crop Sci.** 10: 713-715.

Yasin, A. B., and Singh, S. (2010). Correlation and path coefficient analyses in sunflower. **J. Plant. Breed. Crop Sci.** 2 (5): 129-133.

Yesilova, A., Gorttapeh, A. H., Zardashty, M. R., and Talat, F. (2009). Evaluation correlated traits for seed and oil yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.) through path analysis in under condition relay cropping. **Research Journal of Biological Sciences** 4 (1): 82-85.

Yothasiri, A. (1992). Sunflower breeding. In **OCDP Research Report for 1990**. pp. 74-78.

ภาคผนวกตาราง

ตารางภาคผนวกที่ 1 เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ของประเทศผู้ผลิตที่สำคัญ ปี พ.ศ. 2548-2550

ประเทศ	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (1,000 ไร่)			ผลผลิต (1,000 ตัน)			ผลผลิตต่อไร่ (กก.)		
	2548	2549	2550	2548	2549	2550	2548	2549	2550
รัสเซีย	33,819	37,142	31,286	6,441	6,753	5,657	190	182	181
ยูเครน	23,056	24,448	21,321	4,706	5,324	4,174	204	218	196
อาร์เจนตินา	14,125	15,294	15,520	3,800	3,605	3,500	269	236	226
จีน	6,376	6,438	6,375	1,928	1,850	1,800	302	287	282
อินเดีย	14,623	13,238	14,688	1,439	1,178	1,420	98	89	97
ฝรั่งเศส	4,039	4,030	3,338	1,510	1,440	1,376	374	357	412
สหรัฐอเมริกา	6,602	4,477	5,083	1,823	972	1,318	276	217	259
ฮังการี	3,195	3,338	3,156	1,108	1,181	1,032	347	354	327
ตุรกี	3,538	3,659	3,125	975	1,118	1,031	276	306	330
สเปน	3,226	3,959	3,779	381	607	743	118	153	197
ไทย[1/]	263	208	191	38	24	23	145	117	120
อื่น ๆ	33,215	34,572	29,886	6,543	7,189	4,880	197	208	163
รวมทั้งโลก	146,077	150,803	137,748	30,692	31,241	26,954	210	207	196

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2551)

หมายเหตุ: [1/]ประเทศไทยลำดับที่ 35 ของโลก

ตารางภาคผนวกที่ 2 เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ เป็นรายภาค ปี พ.ศ. 2548-2550

จังหวัด/ภาค	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)			ผลผลิต (ตัน)			ผลผลิตต่อไร่ (กก.)		
	2548	**2549**	**2550**	**2548**	**2549**	**2550**	**2548**	**2549**	**2550**
เชียงราย	1,755	395	-	223	23	-	127	58	-
นครสวรรค์	23,177	20,775	17,813	3,245	2,602	2,292	140	125	129
เพชรบูรณ์	23,343	21,378	17,763	3,366	2,763	2,542	144	129	143
นครราชสีมา	982	-	-	197	-	-	201	-	-
สระบุรี	59,888	42,839	40,430	11,108	5,510	4,245	185	129	105
ลพบุรี	153,042	122,245	114,828	19,976	13,331	13,894	131	109	121
สระแก้ว	438	-	-	61	-	-	139	-	-
เหนือ	48,275	42,548	35,576	6,834	5,388	4,834	142	127	136
ตะวันออกเฉียงเหนือ	982	-	-	197	-	-	201	-	-
กลาง	213,368	165,084	155,258	31,145	18,841	18,139	146	114	117
รวมทั้งประเทศ	262,625	207,632	190,834	38,176	24,229	22,973	145	117	120

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2551)

ตารางภาคผนวกที่ 3 ลักษณะของชุดดินลพบุรี (Lop Buri Series: Lb)

ลักษณะ	รายละเอียด
กลุ่มชุดดิน	28
การจำแนกดิน	Very-fine, smectitic, isohyperthermic Typic Haplusterts
การกำเนิด	เกิดจากตะกอนน้ำพาที่มีแร่ดินเหนียวส่วนใหญ่เป็นพวกมอนต์มอริลโลไนต์ทับถมอยู่บนชั้นปูนมาร์ล หรือตะพักเขาหินปูน
สภาพพื้นที่	ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชัน 1-5%
การระบายน้ำ	ดี
การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน	ช้าถึงปานกลาง
การซึมผ่านได้ของน้ำ	ช้า
พืชพรรณธรรมชาติและการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ป่าเบญจพรรณ ปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วต่าง ๆ และข้าว
การแพร่กระจาย	พบส่วนใหญ่ทางด้านเหนือของที่ราบลุ่มภาคกลางหรือที่สูงตอนกลาง
การจัดเรียงชั้นดิน	Ap-Bss-BCk
ลักษณะและคุณสมบัติของดิน	เป็นดินลึก ดินบนเป็นดินเหนียว สีดำหรือสีเทาเข้ม ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงด่างปานกลาง (pH 6.5-8.0) ดินบนตอนล่างเป็นดินเหนียว สีดำหรือสีเทาเข้มมาก พบชั้นปูนมาร์ลในระดับลึก 80 ซม. ลงไป ในฤดูแล้งจะแตกระแหงเป็นร่องกว้างกว่า 1 ซม. หรือมากกว่า ที่ความลึก 50 ซม. และรอยแตกนี้จะคงอยู่นาน จะพบรอยไถลและหน้าตัดดินมีมวลก้อนกลมปูนสะสมอยู่ทั่วไป ปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลางถึงด่างจัด (pH 8.0-9.0) ดินล่างตอนล่างเป็นดินเหนียว สีดำหรือสีน้ำตาลปนเทา ปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง (pH 8.0)

ตารางภาคผนวกที่ 3 ลักษณะของชุดดินลพบุรี (Lop Buri Series: Lb) (ต่อ)

ลักษณะ	รายละเอียด
ชุดดินที่คล้ายคลึงกัน	ชุดดินตาคลี ชุดดินบุรีรัมย์ และชุดดินบ้านหมี่
ข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์	เป็นดินเหนียวจัด เมื่อแห้งแข็งมากแต่พอเปียกน้ำจะแฉะ ถ้าไถพรวนไม่ถูกวิธีจะทำให้การไถพรวนยากลำบากและทำให้โครงสร้างของดินเสีย
ข้อเสนอแนะในการใช้ประโยชน์	โดยทั่วไปเหมาะในการปลูกพืชไร่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งฝ้ายหรือข้าวโพด แต่ควรไถพรวนดินในขณะที่ดินมีความชื้นเหมาะสมและควรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี เพื่อเพิ่มผลผลิต

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2553ค)

ตารางภาคผนวกที่ 4 คุณสมบัติของชุดดินลพบุรี (Lop Buri Series: Lb)

ความลึก (ซม.)	อินทรียวัตถุ	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน	ความอิ่มตัวเบส	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน
0-25	สูง	สูง	สูง	สูง	สูง	สูง
25-50	สูง	สูง	สูง	ปานกลาง	สูง	สูง
50-100	สูง	สูง	สูง	สูง	สูง	สูง

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2553ค)

ตารางภาคผนวกที่ 5 ลักษณะของชุดดินจัตุรัส (Chatturat series: Ct)

ลักษณะ	รายละเอียด
กลุ่มชุดดิน	55
การจำแนกดิน	Fine, mixed, active isohyperthermic Typic Haplustalfs
การกำเนิด	เกิดจากการสลายตัวผุพังอยู่กับที่ของหินตะกอนเนื้อละเอียดที่มีเนื้อปูนปน เช่น หินดินดานและหินทรายแป้งที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบสูง
สภาพพื้นที่	ค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย มีความลาดชัน 1-5%
การระบายน้ำ	ดี
การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน	ช้าถึงปานกลาง
การซึมผ่านได้ของน้ำ	ปานกลาง
พืชพรรณธรรมชาติและการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ป่าเบญจพรรณ ปลูกพืชไร่ เช่น มันสำปะหลัง กล้วย ข้าวโพดหรือทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์
การแพร่กระจาย	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคกลาง
การจัดเรียงชั้นดิน	A-Bt-Cr
ลักษณะและคุณสมบัติของดิน	เป็นดินลึกปานกลางถึงชั้นหินพื้น ดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง สีน้ำตาลปนแดง ดินล่างเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีน้ำตาลปนแดงหรือสีแดง ในช่วงความลึก 50-100 ซม. จะพบชั้นหินผุ ถัดจากชั้นหินผุเป็นชั้นหินแข็งซึ่งเป็นหินพื้น ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 6.5-8.0) ในดินบนและเป็นกรดปานกลางถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 6.0-8.0) ในดินล่าง

ตารางภาคผนวกที่ 5 ลักษณะของชุดดินจัตุรัส (Chatturat series: Ct) (ต่อ)

ลักษณะ	รายละเอียด
ชุดดินที่คล้ายคลึงกัน	ชุดดินวังสะพุง
ข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์	สมบัติทางกายภาพของดินไม่ดี ดินค่อนข้างแน่นทึบ โครงสร้างไม่เหมาะสม น้ำซึมผ่านได้ช้า อาจขาดแคลนน้ำได้ในช่วงฤดูเพาะปลูก
ข้อเสนอแนะในการใช้ประโยชน์	ปลูกพืชไร่ ไม้ยืนต้น ควรปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น การปรับปรุงโครงสร้างของดิน โดยการไถพรวนที่เหมาะสม เพิ่มอินทรียวัตถุ เนื่องจากสภาพพื้นที่ที่พบดินนี้ส่วนใหญ่อยู่ในเขตแล้ง ดังนั้นการกำหนดระยะเวลาและชนิดของพืชที่ปลูก ควรทำอย่างรอบคอบ เพื่อหลีกเลี่ยงการขาดแคลนน้ำ ปลูกพืชคลุมดินเพื่อรักษาความชื้นในดินและป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน ปลูกพืชบำรุงดินและปลูกพืชหมุนเวียน

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2553ก)

ตารางภาคผนวกที่ 6 คุณสมบัติของชุดดินจัตุรัส (Chatturat series: Ct)

ความลึก (ซม.)	อินทรียวัตถุ	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน	ความอิ่มตัวเบส	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน
0-25	ต่ำ	สูง	สูง	ต่ำ	สูง	ปานกลาง
25-50	ต่ำ	สูง	สูง	ปานกลาง	สูง	ปานกลาง
50-100	ต่ำ	สูง	สูง	สูง	สูง	ต่ำ

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2553ก)

ตารางภาคผนวกที่ 7 ลักษณะของชุดดินปากช่อง (Pak Chong series: Pc)

ลักษณะ	รายละเอียด
กลุ่มชุดดิน	29
การจำแนกดิน	Very fine, kaolinitic, isohyperthermic Rhodic Kandiustox
การกำเนิด	เกิดจากการผุพังสลายตัวอยู่กับที่ และ/หรือ เศษหินเชิงเขาของหินดินดานที่แทรกกับหินปูนในสภาพภูมิประเทศแบบคาสต์
สภาพพื้นที่	ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชัน 2-8%
การระบายน้ำ	ดี
การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน	ปานกลาง
การซึมผ่านได้ของน้ำ	ปานกลาง
พืชพรรณธรรมชาติและการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ป่าเบญจพรรณ ปลูกพืชไร่ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง และถั่วต่าง ๆ
การแพร่กระจาย	ตอนล่างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
การจัดเรียงชั้นดิน	Ap-Bt
ลักษณะและคุณสมบัติของดิน	เป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีน้ำตาลปนแดงเข้ม ดินล่างเป็นดินเหนียว สีน้ำตาลปนแดงเข้ม สีแดง อาจพบก้อนเหล็กและแมงกานีสสะสมในดินล่าง ปฏิกิริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง (pH 6.0-7.0) ในดินบนและเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด (pH 4.5-5.5) ในดินล่าง

ตารางภาคผนวกที่ 7 ลักษณะของชุดดินปากช่อง (Pak Chong series: Pc) (ต่อ)

ลักษณะ	รายละเอียด
ชุดดินที่คล้ายคลึงกัน	ชุดดินบ้านจ้อง
ข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์	ความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ เสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำในฤดูเพาะปลูก
ข้อเสนอแนะในการใช้ประโยชน์	ควรใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมัก เพื่อทำให้ดินมีสมบัติทางกายภาพที่ดีขึ้นและเพิ่มแร่ธาตุที่มีประโยชน์ให้แก่พืช

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2553ข)

ตารางภาคผนวกที่ 8 คุณสมบัติของชุดดินปากช่อง (Pak Chong series: Pc)

ความลึก (ซม.)	อินทรียวัตถุ	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน	ความอิ่มตัวเบส	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน
0-25	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง
25-50	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง
50-100	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2553ข)

ตารางภาคผนวกที่ 9 ค่ามีนสแควร์ จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะทางการเกษตร 18 ลักษณะในทานตะวัน 11 พันธุ์

Sources of Variation	df	ผลผลิต	ผลผลิตน้ำมัน	เปอร์เซ็นต์น้ำมัน	ขนาดดอก	ความสม่ำเสมอของขนาดดอก	ขนาดเมล็ด
Block	3	2,984.62	375.75	4.87	2.35	0.55	14.85
TRT	10	3,473.30*	445.16	28.73	4.38**	1.01**	35.92*
Error	30	1,203.16	233.06	14.66	1.15	0.30	14.03
CV (%)		13.60	16.00	10.10	6.92	19.26	8.27

*, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ตารางภาคผนวกที่ 9 ค่ามีนสแควร์ จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะทางการเกษตร 18 ลักษณะในทานตะวัน 11 พันธุ์ (ต่อ)

Sources of Variation	df	เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม	เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ	เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด	อายุออกดอก	อายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์	อายุเก็บเกี่ยว
Block	3	25.78	25.78	32.11	6.27	1.20	4.56
TRT	10	73.04**	73.04**	49.45**	50.46**	52.95**	62.01**
Error	30	19.09	19.09	11.66	4.84	3.73	1.85
CV (%)		5.71	18.62	5.93	3.42	2.79	1.15

** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01

ตารางภาคผนวกที่ 9 ค่ามีนสแควร์ จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะทางการเกษตร 18 ลักษณะในทานตะวัน 11 พันธุ์ (ต่อ)

Sources of Variation	df	ความสม่ำเสมอของอายุออกดอก	ความแข็งแรงของคอดอก	รูปทรงของดอก	ความสูงลำต้น	ความสม่ำเสมอของความสูง	เปอร์เซ็นต์การแตกกิ่ง
Block	3	0.45	0.04	0.10	224.17	0.75*	0.01
TRT	10	2.44**	0.07**	0.21	657.95**	2.19**	0.03**
Error	30	0.38	0.02	0.22	84.62	0.23	0.01
CV (%)		22.02	3.51	14.14	6.15	20.99	9.56

** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01

ตารางภาคผนวกที่ 10 ค่ามีนสแควร์ จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะในทานตะวันสายพันธุ์พ่อแม่ 7 สายพันธุ์

Sources of Variation	df	ผลผลิต	ผลผลิตน้ำมัน	เปอร์เซ็นต์น้ำมัน	ขนาดดอก	ความสม่ำเสมอของขนาดดอก	ขนาดเมล็ด
Block	3	1.00	0.19	1.77	0.29	0.13	4.75
Line	6	9.41	2.76	2.58*	16.15**	0.82	134.49**
Error	18	4.39	1.23	0.79	2.65	0.41	33.24
CV (%)		17.39	16.69	2.95	11.27	24.50	15.50

*, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ตารางภาคผนวกที่ 10 ค่ามีนสแควร์ จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะในทานตะวันสายพันธุ์พ่อแม่ 7 สายพันธุ์ (ต่อ)

Sources of Variation	df	จำนวนเมล็ดต่อต้น	เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม	เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด	ความแข็งแรงของคอดอก	ความสูงลำต้น	ความสม่ำเสมอของความสูง
Block	3	17,327.96	4.10	0.35	0.69*	428.33	0.99
Line	6	38,672.56	5.86	2.94	0.16	2,105.32**	1.23*
Error	18	17,521.83	6.52	2.33	0.21	411.00	0.32
CV (%)		23.99	2.85	25.94	10.76	13.43	17.07

*, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ตารางภาคผนวกที่ 11 ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะในทานตะวันสายพันธุ์พ่อแม่ 7 สายพันธุ์

สายพันธุ์	ผลผลิต[1] (กก./ไร่)	ผลผลิตน้ำมัน (กก./ไร่)	เปอร์เซ็นต์น้ำมัน (%)	ขนาดดอก (ซม.)	ความสม่ำเสมอของขนาดดอก (คะแนน[2])	ขนาดเมล็ด (กรัม)
2A	191	56	29.17 b	14.77 b	2.75	48.08 a
5A	147	45	30.82 a	14.74 b	2.75	37.76 bc
6A	125	36	28.81 b	11.72 c	3.00	37.56 bc
8A	174	54	30.83 a	13.33 bc	3.00	39.80 ab
9A	83	25	30.61 a	13.19 bc	2.75	30.18 c
10A	166	50	30.22 ab	18.08 a	1.75	33.47 bc
11A	161	48	30.19 ab	15.23 b	2.25	33.58 bc
F-test	ns	ns	*	**	ns	**

ns, *, ** ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

[1]ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05

[2]คะแนน 1 = สม่ำเสมอน้อย, 5 = สม่ำเสมอมาก

ตารางภาคผนวกที่ 11 ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะในทานตะวันสายพันธุ์พ่อแม่ 7 สายพันธุ์ (ต่อ)

สายพันธุ์	จำนวนเมล็ดต่อต้น[1] (เมล็ด)	เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม (%)	เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด (%)	ความแข็งแรงของคอดอก (คะแนน[2])	ความสูงลำต้น (ซม.)	ความสม่ำเสมอของความสูง (คะแนน[3])
2A	590	89.92	43.89	4.43	184 a	2.50 c
5A	676	89.67	31.12	4.48	169 ab	3.00 bc
6A	370	90.67	37.59	3.93	158 abc	3.25 abc
8A	563	88.58	42.79	4.31	132 cd	4.00 a
9A	483	89.42	17.54	4.07	155 abc	4.00 a
10A	592	91.67	45.54	4.32	143 bcd	3.00 bc
11A	589	88.09	36.22	4.37	116 d	3.50 ab
F-test	ns	ns	ns	ns	**	*

ns, *, ** ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

[1]ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05

[2]คะแนน 1 = หักลีบ, 5 = ขนาดใหญ่มาก แข็งแรง

[3]คะแนน 1 = สม่ำเสมอน้อย, 5 = สม่ำเสมอมาก

ตารางภาคผนวกที่ 12 ค่ามีนสแควร์ จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะในทานตะวันลูกผสม

Sources of Variation	df	ผลผลิต	ผลผลิตน้ำมัน	เปอร์เซ็นต์น้ำมัน	ขนาดดอก	ความสม่ำเสมอของขนาดดอก	ขนาดเมล็ด
Block	3	265.82	10.66	3.62	6.21**	0.76	148.13**
TRT	23	8,784.51**	1,727.05**	38.15**	5.39**	1.63**	311.21**
Error	69	1,596.82	224.27	3.59	1.16	0.31	27.00
CV (%)		21.46	21.88	5.20	7.28	22.56	12.66

** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01

ตารางภาคผนวกที่ 12 ค่ามีนสแควร์ จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะในทานตะวันลูกผสม (ต่อ)

Sources of Variation	df	จำนวนเมล็ดต่อต้น	เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม	เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด	ความแข็งแรงของคอดอก	ความสูงลำต้น	ความสม่ำเสมอของความสูง
Block	3	26,628.83	6.74	174.56	0.76*	112.95	1.60**
TRT	23	161,644.14**	26.46**	761.97**	1.29**	5,324.29**	1.85**
Error	69	29,904.13	5.24	141.84	0.23	243.93	0.26
CV (%)		27.24	2.50	28.21	11.08	10.09	14.61

*, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ตารางภาคผนวกที่ 13 ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะในทานตะวันลูกผสม

คู่ผสม	ผลผลิต[1] (กก./ไร่)	ผลผลิตน้ำมัน (กก./ไร่)	เปอร์เซ็นต์น้ำมัน (%)	ขนาดดอก (ซม.)	ความสม่ำเสมอของขนาดดอก (คะแนน[2])	ขนาดเมล็ด (กรัม)
5A×2A	234 ab	98 ab	41.69 ab	16.92 a	1.75 e-h	48.12 bc
6A×2A	144 e-h	53 efg	37.46 cde	14.36 b-f	2.75 a-d	44.88 b-f
8A×2A	206 a-e	72 cde	34.76 d-h	13.89 c-f	2.75 a-d	38.00 ef
9A×2A	243 ab	81 bcd	33.24 h	16.10 ab	1.00 h	44.35 b-f
10A×2A	238 ab	93 abc	38.99 bc	16.75 a	1.25 gh	50.85 b
11A×2A	245 a	95 abc	38.77 bc	15.44 abc	3.00 abc	45.83 b-f
6A×5A	110 h	42 fg	37.82 cd	14.50 b-f	1.75 e-h	49.38 b
8A×5A	198 a-e	72 cde	36.28 c-h	14.61 b-e	2.25c-f	39.88 c-f
9A×5A	156 c-h	57 efg	36.57 c-g	13.30 def	2.50 b-e	29.80 g
10A×5A	214 a-d	83 bcd	38.97 bc	14.75 b-e	2.75 a-d	61.55 a
11A×5A	254 a	87 a-d	34.25 fgh	14.97 bcd	3.00 abc	47.59 bcd
8A×6A	131 fgh	46 fg	35.41 d-h	13.02 ef	1.50 fgh	38.88 def
9A×6A	116 gh	38 g	33.23 h	12.77 f	3.00 abc	39.65 c-f
10A×6A	190 a-f	65 def	33.81 gh	14.65 b-e	3.00 abc	44.27 b-f
11A×6A	127 fgh	43 fg	34.26 fgh	15.17 abc	2.00 d-g	26.19 g
9A×8A	162 c-h	56 efg	34.53 e-h	14.28 b-f	2.25 c-f	44.69 b-f
10A×8A	152 d-h	56 efg	37.09 c-f	15.45 abc	2.75 a-d	28.25 g
11A×8A	178 b-g	63 d-g	35.98 c-h	15.31 abc	2.50 b-e	28.30 g
10A×9A	160 c-h	57 efg	35.85 c-h	13.11 ef	3.25 ab	46.33 b-e
11A×9A	155 c-h	53 efg	34.13 fgh	14.38 b-f	2.50 b-e	25.38 g
11A×10A	235 ab	86 bcd	36.73 c-g	14.48 b-f	3.00 abc	40.33 c-f
ค่าเฉลี่ยของพ่อแม่	150 d-h	45 fg	30.09 i	14.44 b-f	2.61 a-e	37.20 f
แปซิฟิค 77	219 abc	91 abc	41.50 ab	16.92 a	3.50 a	37.63 ef
ไพโอเนียร์ จัมโบ้	253 a	111 a	43.77 a	15.81 ab	2.50 b-e	47.94 bc
F-test	**	**	**	**	**	**

** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 ตามลำดับ

[1]ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05

[2]คะแนน 1 = สม่ำเสมอน้อย, 5 = สม่ำเสมอมาก

ตารางภาคผนวกที่ 13 ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะในทานตะวันลูกผสม (ต่อ)

คู่ผสม	จำนวนเมล็ด[1] ต่อต้น (เมล็ด)	เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม (%)	เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด (%)	ความแข็งแรงของคอดอก (คะแนน[2])	ความสูงลำต้น (ซม.)	ความสม่ำเสมอของความสูง (คะแนน[3])
5A×2A	833 bc	97.75 a	59.26 abc	4.72 abc	217 ab	3.75 abc
6A×2A	438 efg	93.67 bc	31.21 efg	4.25 a-d	159 efg	3.50 bcd
8A×2A	618 c-f	90.17 cd	41.77 c-g	4.27 a-d	134 g	4.00 abc
9A×2A	831 bc	90.42 cd	74.37 a	4.78 a	193 cd	1.75 g
10A×2A	920 b	90.17 cd	55.60 bcd	4.69 abc	214 abc	2.00 fg
11A×2A	741 bcd	90.42 cd	44.74 c-f	4.73 ab	226 a	2.50 efg
6A×5A	599 c-f	92.92 bcd	26.37 fg	4.63 abc	109 h	3.50 bcd
8A×5A	670 b-e	90.00 cd	44.01 c-f	4.58 abc	135 g	4.00 abc
9A×5A	601 c-f	89.17 de	29.76 efg	4.18 a-d	136 g	3.75 abc
10A×5A	442 efg	91.83 cd	66.16 ab	4.46 abc	135 g	4.00 abc
11A×5A	648 b-f	93.09 bcd	53.51 bcd	3.96 bcd	165 ef	3.50 bcd
8A×6A	365 fg	91.25 cd	26.53 fg	4.75 ab	110 h	3.50 bcd
9A×6A	274 g	86.25 e	23.27 g	4.83 a	94 h	4.00 abc
10A×6A	483 d-g	92.50 bcd	55.40 bcd	4.39 abc	143 fg	4.25 ab
11A×6A	810 bc	92.42 cd	32.43 efg	4.16 a-d	166 ef	3.75 abc
9A×8A	430 efg	91.67 cd	49.58 b-e	4.67 abc	109 h	3.25 cde
10A×8A	580 c-f	91.42 cd	27.44 fg	4.32 a-d	172 de	2.75 def
11A×8A	595 c-f	89.33 de	31.17 efg	4.07 a-d	163 ef	3.50 bcd
10A×9A	451 d-g	91.25 cd	33.02 efg	4.58 abc	104 h	4.25 ab
11A×9A	607 c-f	91.42 cd	32.50 efg	3.90 cd	161 ef	3.25 cde
11A×10A	777 bc	91.58 cd	53.95 bcd	4.25 a-d	152 efg	4.00 abc
ค่าเฉลี่ยของพ่อแม่	552 c-g	89.72 de	36.38 d-g	4.27 a-d	151 efg	3.32 cd
แปซิฟิค 77	1,169 a	96.08 ab	39.29 d-g	2.10 e	172 de	4.50 a
ไพโอเนียร์ จัมโบ้	801 bc	97.25 a	45.63 c-f	3.55 d	194 bcd	3.75 abc
F-test	**	**	**	**	**	**

** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01 ตามลำดับ

[1]ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05

[2]คะแนน 1 = หักลีบ, 5 = ขนาดใหญ่มาก แข็งแรง

[3]คะแนน 1 = สม่ำเสมอน้อย, 5 = สม่ำเสมอมาก

ตารางภาคผนวกที่ 14 ค่ามีนสแควร์ จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะทางการเกษตร 22 ลักษณะในทานตะวัน 14 พันธุ์

Sources of Variation	df	ผลผลิต	ผลผลิตน้ำมัน	เปอร์เซ็นต์น้ำมัน	ขนาดดอก	ความสม่ำเสมอของขนาดดอก	ขนาดเมล็ด	จำนวนเมล็ดต่อต้น	เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม
Block	3	722.97	82.64	0.16	1.19	0.98	5.48	13,157.95	19.68
TRT	13	7,756.02**	2,743.98**	84.67**	8.95**	0.96	78.46**	58,821.95**	206.53**
Error	39	638.84	89.27	0.99	1.64	0.58	4.04	17,197.94	12.22
CV (%)		9.29	9.12	2.64	9.66	25.71	3.99	11.39	4.69

** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01

ตารางภาคผนวกที่ 14 ค่ามีนสแควร์ จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะทางการเกษตร 22 ลักษณะในทานตะวัน 14 พันธุ์ (ต่อ)

Sources of Variation	df	เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ	เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด	อายุออกดอก	อายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์	อายุเก็บเกี่ยว	ความสม่ำเสมอของอายุออกดอก	ความสม่ำเสมอของอายุเก็บเกี่ยว
Block	3	19.68	63.29	3.24	4.18	4.67	0.01	0.35
TRT	13	206.53**	239.53**	21.61**	17.16**	19.84**	0.21*	1.93*
Error	39	12.22	53.50	5.01	3.80	5.20	0.10	0.81
CV (%)		13.73	9.88	4.15	3.48	2.28	18.37	27.32

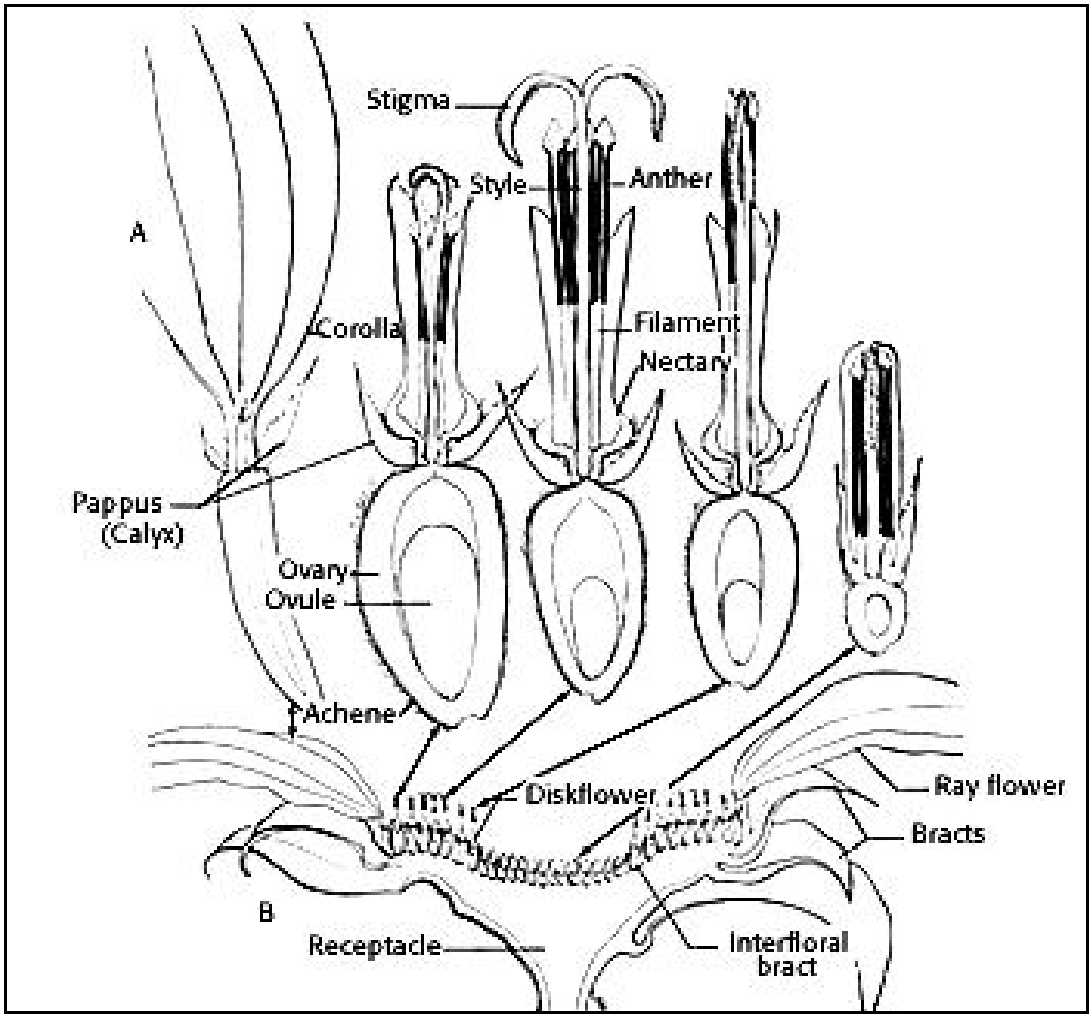
*, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ตารางภาคผนวกที่ 14 ค่ามีนสแควร์ จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะทางการเกษตร 22 ลักษณะในทานตะวัน 14 พันธุ์ (ต่อ)

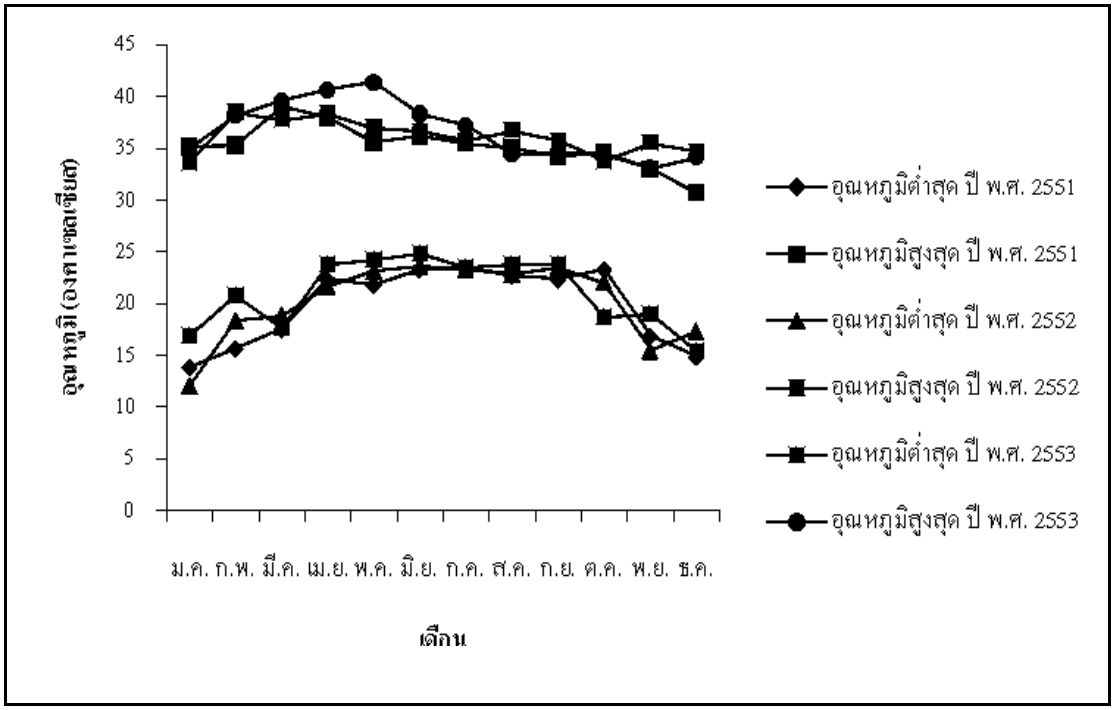
Sources of Variation	df	ความแข็งแรงของคอดอก	รูปทรงของดอก	ความสูงลำต้น	ความสม่ำเสมอของความสูง	เปอร์เซ็นต์การแตกกิ่ง	Root Lodging	Stalk Lodging
Block	3	0.01	0.13	217.98	0.05	0.04	0.01	0.05
TRT	13	2.64**	1.15**	2,252.44**	0.45**	0.15**	0.12**	0.73**
Error	39	0.03	0.08	85.43	0.07	0.02	0.03	0.21
CV (%)		3.69	8.65	4.80	18.63	14.73	15.37	10.28

** มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับ 0.01

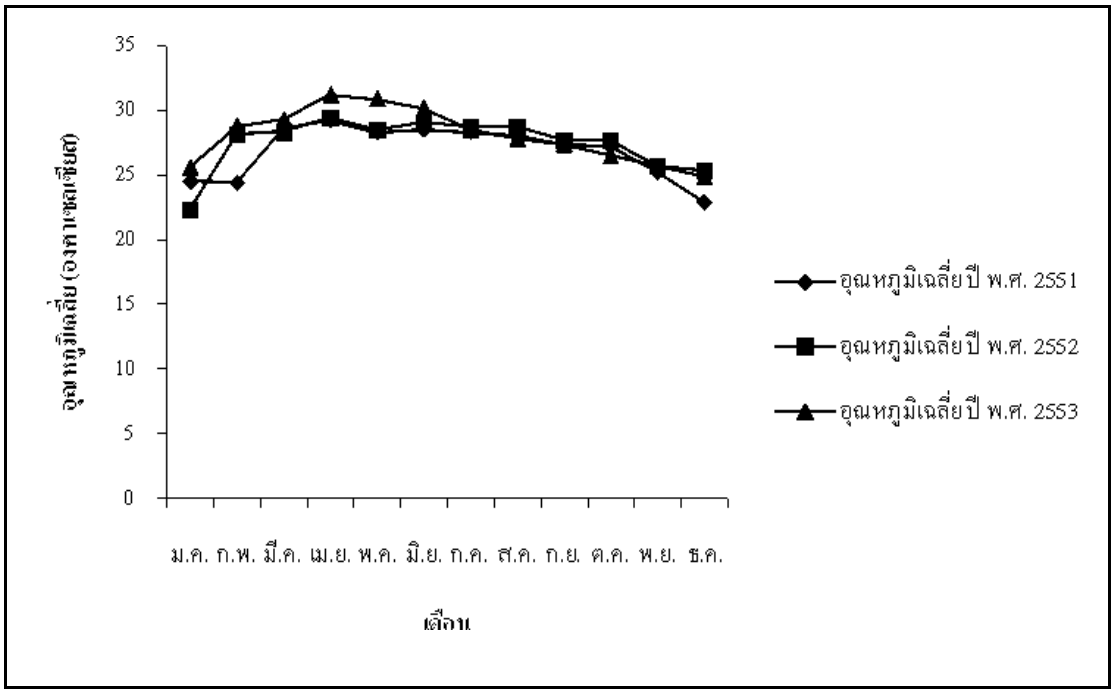
ภาคผนวกภาพ



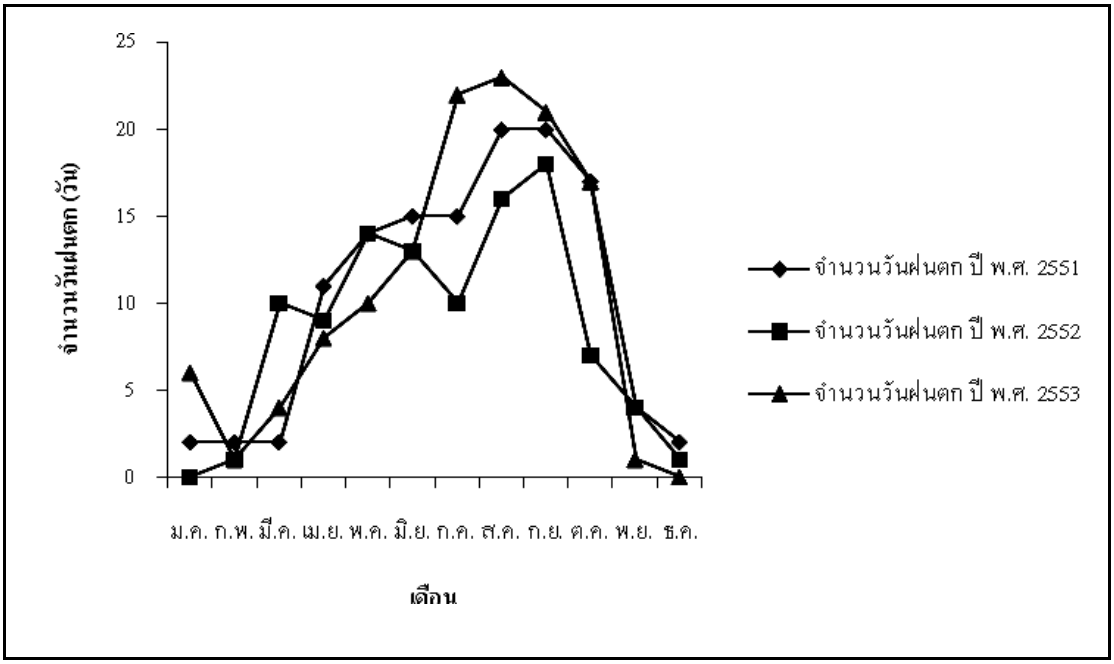
ภาพภาคผนวกที่ 1 ภาพตัดขวางแสดงโครงสร้างดอกทานตะวัน (Weiss, 2000)



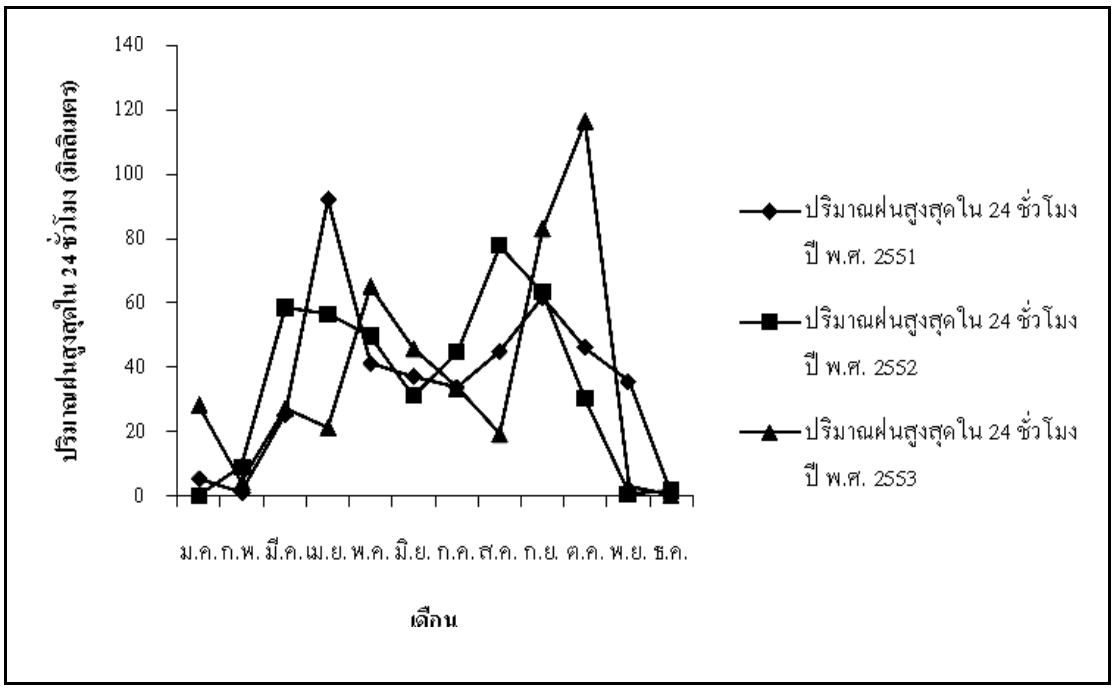
ภาพภาคผนวกที่ 2 อุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุดของแต่ละเดือน ในช่วง ปี พ.ศ. 2551-2553 ในเขต อ.เมือง จ.นครราชสีมา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553)



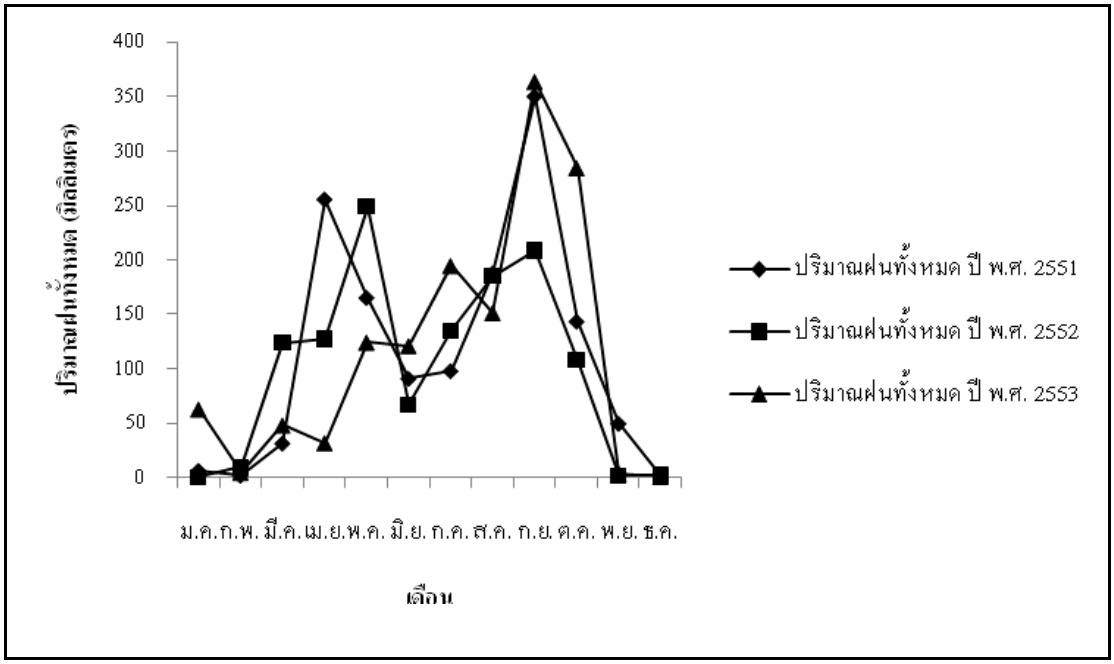
ภาพภาคผนวกที่ 3 อุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละเดือน ในช่วง ปี พ.ศ. 2551-2553 ในเขต อ.เมือง จ.นครราชสีมา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553)



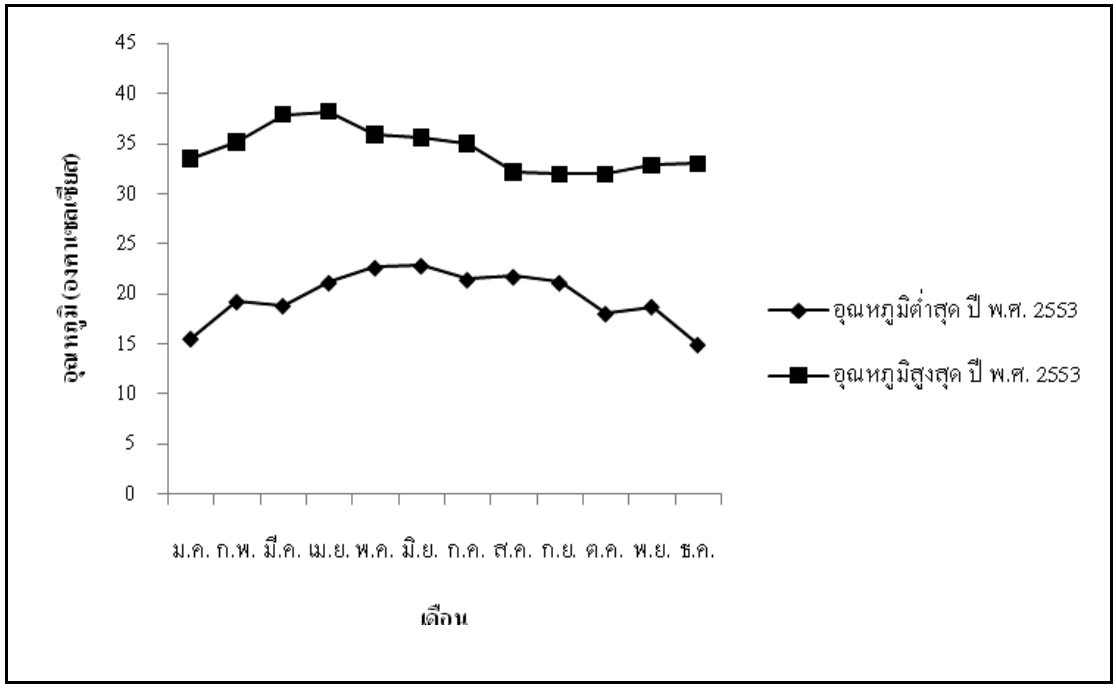
ภาพภาคผนวกที่ 4 จำนวนวันฝนตกของแต่ละเดือน ในช่วง ปี พ.ศ. 2551-2553 ในเขต อ.เมือง จ.นครราชสีมา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553)



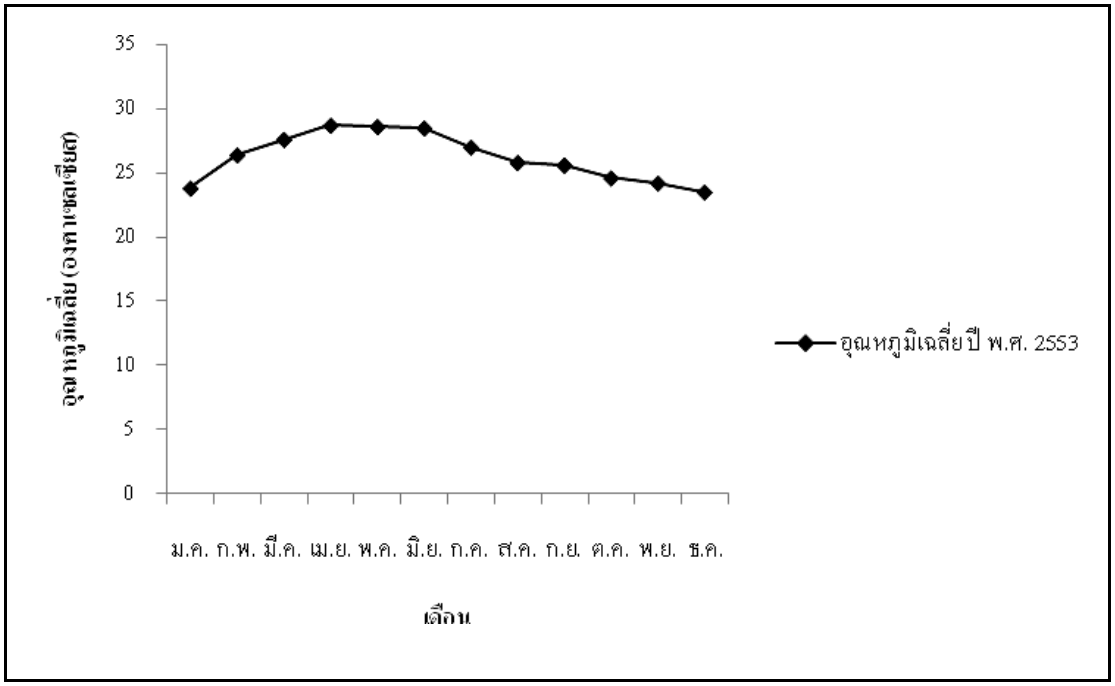
ภาพภาคผนวกที่ 5 ปริมาณฝนสูงสุดใน 24 ชั่วโมงของแต่ละเดือน ในช่วง ปี พ.ศ. 2551-2553 ในเขต อ.เมือง จ.นครราชสีมา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553)



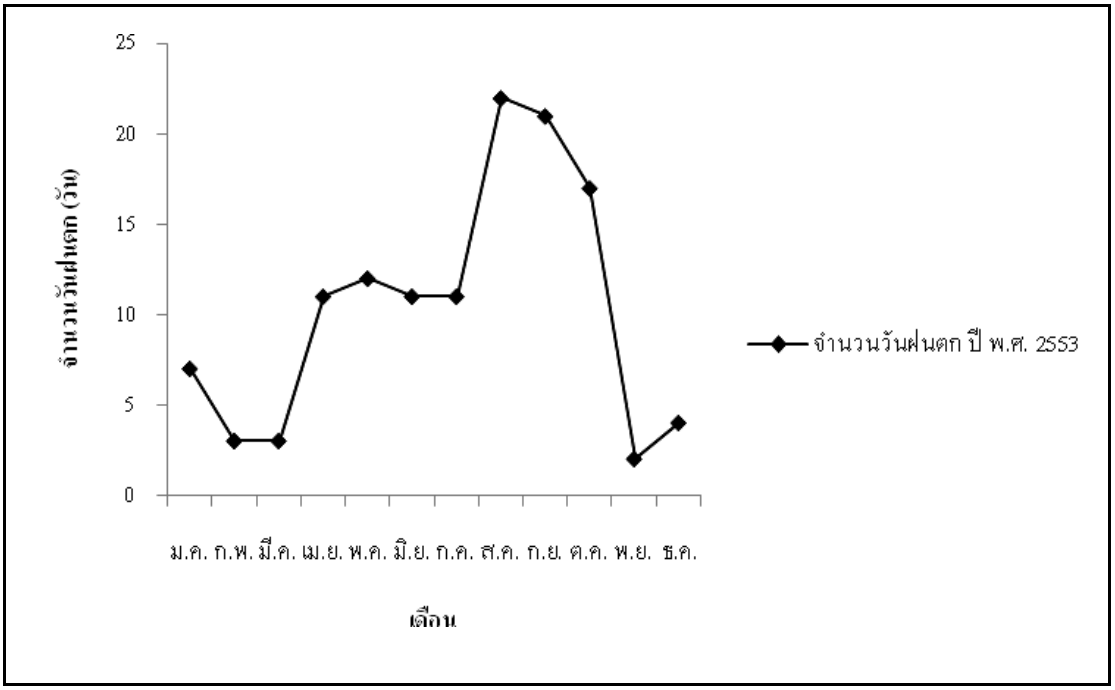
ภาพภาคผนวกที่ 6 ปริมาณฝนทั้งหมดของแต่ละเดือน ในช่วง ปี พ.ศ. 2551-2553 ในเขต อ.เมือง จ.นครราชสีมา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553)



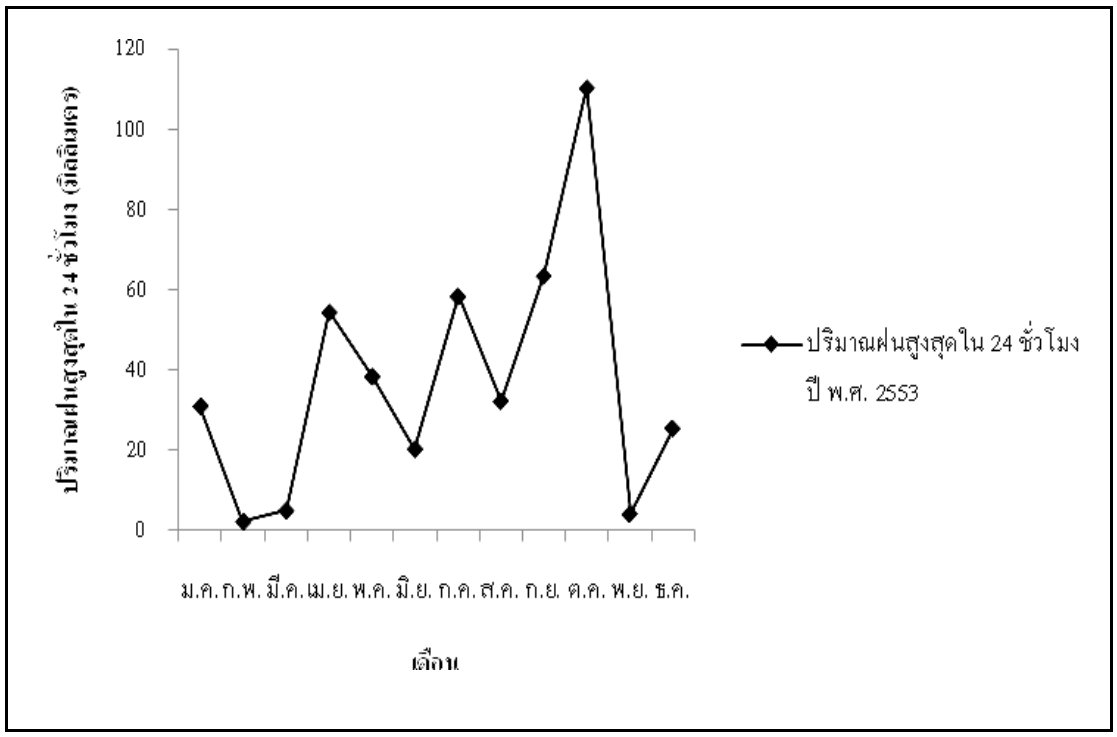
ภาพภาคผนวกที่ 7 อุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุดของแต่ละเดือน ในช่วง ปี พ.ศ. 2553 ในเขต อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553)



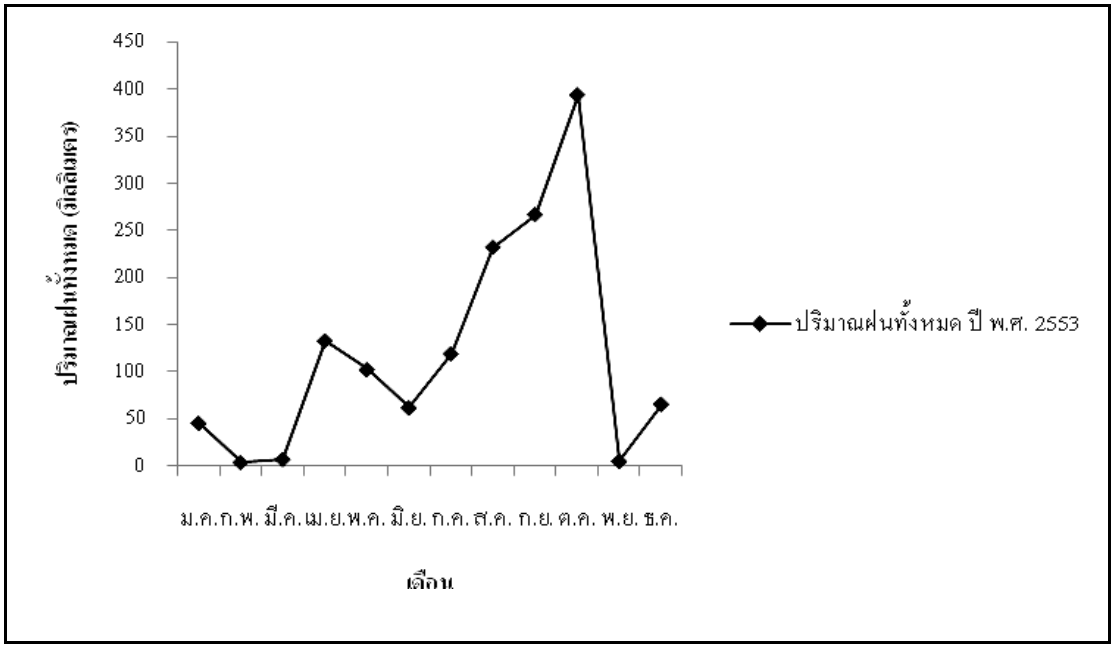
ภาพภาคผนวกที่ 8 อุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละเดือน ในช่วง ปี พ.ศ. 2553 ในเขต อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553)



ภาพภาคผนวกที่ 9 จำนวนวันฝนตกของแต่ละเดือน ในช่วง ปี พ.ศ. 2553 ในเขต อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553)



ภาพภาคผนวกที่ 10 ปริมาณฝนสูงสุดใน 24 ชั่วโมงของแต่ละเดือน ในช่วง ปี พ.ศ. 2553 ในเขต อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553)



ภาพภาคผนวกที่ 11 ปริมาณฝนทั้งหมดของแต่ละเดือน ในช่วง ปี พ.ศ. 2553 ในเขต อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553)

ประวัติผู้เขียน

ว่าที่ ร.ต. เกียรติศักดิ์ ฟั่นเพ็ง เกิดเมื่อวันที่ 19 กรกฎาคม พ.ศ. 2525 ณ อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา ระหว่างปีการศึกษา 2537-2542 ได้เข้าศึกษาและสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนอัสสัมชัญนครราชสีมา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ปีการศึกษา 2544 ได้เข้าศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำเร็จการศึกษาเมื่อ ปีการศึกษา 2547 และในปีการศึกษา 2548 ภายหลังสำเร็จการศึกษาได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี