การตอบสนองของทานตะวันต่อสภาพแวดล้อมและธาตุอาหารบางชนิด

นางสาวจุฑามาศ เพียซ้าย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2552

RESPONSES OF SUNFLOWER TO ENVIRONMENTS AND CERTAIN PLANT NUTRIENTS

Chuthamard Piasai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of

Doctor of Philosophy in Crop Production Technology

Suranaree University of Technology

Academic Year 2009

การตอบสนองของทานตะวันต่อสภาพแวดล้อมและธาตุอาหารบางชนิด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____

(อ. ดร.สุดชล วุ้นประเสริฐ)
ประธานกรรมการ

_____

(ศ. ดร.ไพศาล เหล่าสุวรรณ)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

_____

(อ. ดร.อัศจรรย์ สุขธำรง)
กรรมการ

_____

(รศ. ดร.ปิยะดา ตันตสวัสดิ์)
กรรมการ

_____

(อ. ดร.ฐิติพร มะชิโกวา)
กรรมการ

_____

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปีจำนงค์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

_____

(ผศ. ดร.สุเวทย์ นิงสานนท์)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

จุฑามาศ เพียซ้าย : การตอบสนองของทานตะวันต่อสภาพแวดล้อมและธาตุอาหารบางชนิด (RESPONSES OF SUNFLOWER TO ENVIRONMENTS AND CERTAIN PLANT NUTRIENTS) อาจารย์ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 102 หน้า.

การตอบสนองของทานตะวันต่อสภาพแวดล้อมและธาตุอาหารพืชได้ศึกษาจาก 2 การทดลอง การทดลองแรกศึกษาความเสถียรของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์และพันธุ์ลูกผสม โดยทำการทดสอบทานตะวัน 12 พันธุ์ประกอบด้วยพันธุ์สังเคราะห์ 10 พันธุ์ และพันธุ์ลูกผสม 2 พันธุ์ ใน 7 สภาพแวดล้อม ที่จังหวัดนครราชสีมา วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design และวิเคราะห์ความเสถียรของพันธุ์ 3 วิธี วิธีแรกใช้ค่าเฉลี่ยของแต่ละพันธุ์ในแต่ละสภาพแวดล้อม และค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปร (CV) พบว่า ทานตะวันพันธุ์ลูกผสมแปซิฟิก 44 และพันธุ์สังเคราะห์ LOC (Low Oil Cross) เป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรในลักษณะผลผลิต วิธีที่สองใช้วิธีรีเกรสชันของค่าเฉลี่ยแต่ละพันธุ์บนค่าเฉลี่ยสภาพแวดล้อม พบว่า ทานตะวันพันธุ์ LOC มีความเสถียรในลักษณะผลผลิต และสำหรับวิธีที่สามใช้วิธีรีเกรสชันของค่าเฉลี่ยแต่ละพันธุ์บนดัชนีสภาพแวดล้อมและส่วนเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปร พบว่า ทานตะวันพันธุ์ LOC เป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรในลักษณะผลผลิต การวิเคราะห์ความเสถียรโดยใช้วิธีที่สองและสามให้ผลการวิเคราะห์เหมือนกัน และจากผลการทดลองที่ได้สามารถคัดเลือกพันธุ์ที่สามารถปลูกในสภาพแวดล้อมที่ต่ำได้ คือ พันธุ์ MOC (Medium Oil Cross) ที่มีค่าความเสถียรต่ำ (b<1.00)

การทดลองที่สองทำการศึกษาการตอบสนองของทานตะวันต่อธาตุอาหารพืช โดยทำการศึกษาการขาดธาตุอาหารพืช 8 ธาตุ ประกอบด้วย ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน สังกะสี และโบรอน เพื่อดูการตอบสนองของทานตะวันต่อธาตุอาหารแต่ละธาตุ จากการศึกษาโดยปลูกทดสอบในดินจากแปลงเกษตรกร อำเภอวังม่วง จังหวัดสระบุรี พบว่า ดินปลูกจากแปลงเกษตรกรมีคุณสมบัติ และธาตุอาหารที่ทานตะวันสามารถเจริญเติบโตได้ แต่มีอัตราการเจริญเติบโตช้า ส่วนการศึกษาจากการปลูกทดสอบในทราย พบว่าธาตุอาหารพืชแต่ละธาตุมีผลต่อการเจริญเติบโตของทานตะวัน ถ้าขาดธาตุใดธาตุหนึ่งจะทำให้ทานตะวันเจริญเติบโตช้าลง และมีลักษณะผิดปกติ

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2552 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

CHUTHAMARD PIASAI : RESPONSES OF SUNFLOWER TO ENVIRONMENTS AND CERTAIN PLANT NUTRIENTS. THESIS ADVISOR : PROF. PAISAN LAOSUWAN, Ph.D., 102 PP.

SUNFLOWER/ *Helianthus annuus* L./ STABILITY/PLANT NUTRIENTS

Two experiments were conducted to evaluate the responses of sunflowers to environments and plant nutrients. The first experiment was the study on the stability of synthetic and hybrid varieties. Twelve entries of sunflower including 10 synthetic and two hybrid varieties were tested in seven environments at Nakhon Ratchasima using a randomized complete block design. Three methods were used to analyse for stability. The first method which used the means of each entry at the individual environment and respective coefficient variations (CV) showed that hybrid variety Pacific 44 and a synthetic variety, LOC (Low Oil Cross) gave high stability for seed yield. The second method which used the regression of means of an individual entry on the means of environments showed that LOC gave high stability for seed yield. The third method which used the regression of an individual entry on environmental index and deviation of error from environmental linear showed that LOC was stable for seed yield. Therefore, the second and third methods produced similar results. The experiment suggested that in the low environments, varieties with low stability ($b<1.00$), such as MOC (Medium Oil Cross) may be useful.

The second experiment was the study on the responses of sunflowers to nutrients. The experiment involved the omissions of eight plant nutrients including nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur, zinc, and boron; and the symptoms due to deficiencies of each nutrient were observed. The experiment

using soil collected from the farmer's field at Wang Muang, Saraburi showed that the soil was suitable for sunflowers. The only response due to the omissions of nutrients was the slow rate of growth. Another experiment using sand and the omission of one nutrient at a time showed that nutrients affected the sunflowers differently. Without any kind of nutrients, the growth and development of sunflowers would slow down and become abnormal.

School of Crop Production Technology Student's Signature_____

Academic Year 2009 Advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บุคคล และกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ อย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัย อาทิเช่น

ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล เหล่าสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ และเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ทั้งด้านการเรียน งานวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

อาจารย์ ดร. สุดชล วุ้นประเสริฐ หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช อาจารย์ ดร. อัศจรรย์ สุขธำรง รองศาสตราจารย์ ดร. ปิยะดา ตันตสวัสดิ์ และ อาจารย์ ดร. ฐิติพร มะชิโกวา คณะกรรมการสอบ ที่ให้คำปรึกษา ตลอดจนช่วยตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

คุณเอกวัฒน์ ธาราพฤกษพงศ์ คุณอรทัย นาชิน คุณกีรติ กีรติเลขา คุณนวลปรางค์ อุทัยดา คุณสมยง พิมพ์พรม เจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่กรุณาอำนวยความสะดวก และให้คำปรึกษาในการใช้เครื่องมือที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อน พี่ น้อง ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจอย่างดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัย

ท้ายที่สุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่อบรมเลี้ยงดู เอาใจใส่ เป็นกำลังใจ ส่งเสริมและสนับสนุนด้านการศึกษาเป็นอย่างดีตลอดมา

จุฑามาศ เพียซ้าย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ง

สารบัญ ..... จ

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญรูป ..... ญ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 คำนำ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 รายการอ้างอิง 3

2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ความสำคัญและพฤกษศาสตร์ทั่วไป 4

2.2 ระยะการเจริญเติบโตของทานตะวัน 5

2.3 ทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ 7

2.4 ปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม 8

2.5 การวิเคราะห์ความเสถียรของพันธุ์พืช 10

2.6 ปริมาณและบทบาทของธาตุอาหารที่พืชต้องการ 12

2.7 รายการอ้างอิง 16

3 การตอบสนองของทานตะวันต่อสภาพแวดล้อม 22

3.1 บทคัดย่อ 22

3.2 บทนำ 23

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย 25

3.4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 31

3.5 สรุปผลการวิจัย 66

3.6 รายการอ้างอิง 67

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4. การตอบสนองของทานตะวันต่อธาตุอาหารบางชนิด 71

4.1 บทคัดย่อ 71

4.2 บทนำ 72

4.3 วิธีดำเนินการวิจัย 73

4.4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 75

4.5 สรุปผลการวิจัย 80

4.6 รายการอ้างอิง 88

5. บทสรุป และข้อเสนอแนะ 91

ภาคผนวก 92

ประวัติผู้เขียน 102

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของทานตะวัน 6

3.1 แสดงรายละเอียดของพันธุ์ทานตะวัน 12 พันธุ์ 25

3.2 แสดงสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดสอบพันธุ์ทานตะวัน 27

3.3 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ร่วม (combined analysis) ของลักษณะผลผลิตความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของดอกของทานตะวัน 12 พันธุ์ ภายใต้ 7 สภาพแวดล้อม 32

3.4 ค่าเฉลี่ยลักษณะผลผลิต ความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของดอกของทานตะวัน 12 พันธุ์ ภายใต้ 7 สภาพแวดล้อม 33

3.5 ค่าเฉลี่ยและค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรของลักษณะผลผลิต ความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของคอดอกของทานตะวัน 12 พันธุ์ภายใต้ 7 สภาพแวดล้อม 37

3.6 ค่าเฉลี่ยและค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (b_i) ของลักษณะผลผลิต ความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของคอดอก คำนวณจากวิธีของ Finlay และ Wilkinson (1963) ของทานตะวัน 12 พันธุ์ภายใต้ 7 สภาพแวดล้อม 49

3.7 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์เพื่อศึกษาความเสถียรของลักษณะผลผลิต ความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของคอดอกของทานตะวัน 12 พันธุ์ภายใต้ 7 สภาพแวดล้อม 62

3.8 ค่าเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (b_i) และค่าเบี่ยงเบนของความปรวนแปร (Dev. MS) ในลักษณะผลผลิต ความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของคอดอก คำนวณจากวิธีของ Eberhart และ Russell (1966) ของทานตะวัน 12 พันธุ์ภายใต้ 7 สภาพแวดล้อม .....

4.1 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะความสูง และขนาดดอกของทานตะวัน พันธุ์ไพโอเนียร์ และพันธุ์ LOC จากการทดลองการขาดธาตุอาหารในดินจากแปลงเกษตรกร

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

จำนวน 7 กรรมวิธี 81
4.2 ค่าเฉลี่ยลักษณะความสูง ขนาดดอก และขนาดเมล็ดของทานตะวันพันธุ์ไพโอเนียร์ และพันธุ์ LOC จากการทดลองการขาดธาตุอาหารในดินจากแปลงเกษตรกร จำนวน 7 กรรมวิธี 81
4.3 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะความสูง และขนาดดอกของทานตะวันพันธุ์ไพโอเนียร์ และพันธุ์ LOC จากการทดลองการขาดธาตุอาหารในดินจากแปลงเกษตรกร จำนวน 10 กรรมวิธี 82
4.4 ค่าเฉลี่ยลักษณะความสูงขนาดดอก และขนาดเมล็ดของทานตะวันพันธุ์ไพโอเนียร์ และพันธุ์ LOC จากการทดลองการขาดธาตุอาหารในดินจากแปลงเกษตรกร จำนวน 10 กรรมวิธี 82

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและค่าสภาพแวดล้อมของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และลูกผสมตามวิธีการของ Finlay และ Wilkinson (1963) 50

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและค่าสภาพแวดล้อมของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และลูกผสมตามวิธีการของ Finlay และ Wilkinson (1963) 51

3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดดอกและค่าสภาพแวดล้อมของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และลูกผสมตามวิธีการของ Finlay และ Wilkinson (1963) 52

3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเมล็ดและค่าสภาพแวดล้อมของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และลูกผสมตามวิธีการของ Finlay และ Wilkinson (1963) 53

3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความสม่ำเสมอของทานตะวันและค่าสภาพแวดล้อมของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และลูกผสมตามวิธีการของ Finlay และ Wilkinson (1963) 54

3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความอ่อนแอต่อโรคและค่าสภาพแวดล้อมของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และลูกผสมตามวิธีการของ Finlay และ Wilkinson (1963) 55

3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของคอดอกและค่าสภาพแวดล้อมของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และลูกผสมตามวิธีการของ Finlay และ Wilkinson (1963) 56

3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและค่าสภาพแวดล้อมของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และลูกผสมตามวิธีการของ Eberhart และ Russell (1966) 65

4.1 แสดงการเจริญเติบโตของทานตะวันเมื่อขาดธาตุอาหารต่าง ๆ ในดินจากแปลงเกษตรกรของทานตะวันพันธุ์ไพโอเนียร์ และพันธุ์ LOC เมื่ออายุ 30 วัน 83

4.2 แสดงอาการผิดปกติที่เกิดจากการขาดธาตุไนโตรเจนในทานตะวัน 82

4.3 แสดงอาการผิดปกติที่เกิดจากการขาดธาตุฟอสฟอรัสในทานตะวัน 82

4.4 แสดงอาการผิดปกติที่เกิดจากการขาดธาตุโพแทสเซียมในทานตะวัน 83

4.5 แสดงอาการผิดปกติที่เกิดจากการขาดธาตุแคลเซียมในทานตะวัน 83

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.6 แสดงอาการผิดปกติที่เกิดจากการขาดธาตุแมกนีเซียมในทานตะวัน 84

4.7 แสดงอาการผิดปกติที่เกิดจากการขาดธาตุกำมะถันในทานตะวัน 84

4.8 แสดงอาการผิดปกติที่เกิดจากการขาดธาตุสังกะสีในทานตะวัน 85

4.9 แสดงอาการผิดปกติที่เกิดจากการขาดธาตุโบรอนในทานตะวัน 85

บทที่ 1
บทนำ

1.1 คำนำ

ทานตะวัน (*Helianthus annuus* L.) เป็นพืชน้ำมันที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก น้ำมันทานตะวันเป็นน้ำมันที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ปริมาณการใช้มากเป็นอันดับ4 ของโลก รองจากถั่วเหลือง ปาล์มน้ำมัน และคาโนลา (Putnam et al., 2002) ในประเทศไทยทานตะวันเป็นพืชที่กำลังได้รับความสนใจในแง่ที่จะเป็นพืชเศรษฐกิจในอนาคต ทั้งจากหน่วยงานราชการและภาคเอกชน เนื่องจากเมล็ดทานตะวันมีคุณค่าทางโภชนาการสูง น้ำมันทานตะวันใช้ในการบริโภค ส่วนกากเมล็ดทานตะวันนั้นใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ (วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2542; สุพจน์ แสงประทุม, 2542; Croissant and Follett, 2003) น้ำมันทานตะวันประกอบด้วยกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง ได้แก่ oleic acid, linoleic acid และ linolenic acid ซึ่งมีประโยชน์โดยตรงต่อร่างกาย และยังมีผลต่อระดับคลอเรสเตอรอลในร่างกายด้วย เนื่องจากกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวเหล่านี้จะดึงคลอเรสเตอรอลมาใช้ประโยชน์จึงไม่สะสมในร่างกาย ถ้ามีมากเกินไปจะขับเป็นของเสีย นอกจากนี้ยังประกอบด้วยวิตามิน เอ ดี อี และเค โดยมีปริมาณน้ำมันในเมล็ดประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณโปรตีนประมาณ 24 เปอร์เซ็นต์ (ไพจิตร จันทรวงค์, 2538) ประโยชน์ของน้ำมันทานตะวันนอกจากนำมาใช้ในการปรุงอาหารแล้วยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ หลายชนิด เช่น เครื่องสำอาง สี น้ำมันหล่อลื่น สารกำจัดแมลง น้ำมันชักเงา (เสาวรี ตังสกุล และคณะ, 2544) และยังสามารถใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงในรถแทรกเตอร์แทนน้ำมันดีเซล (Cooper, 1997) ประโยชน์ของทานตะวันที่โดดเด่นเหนือพืชไร่อื่นคือ ความสวยงามของดอก ทั้งรูปร่างและสีสัน จนทำให้เกิดอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว ทำรายได้ให้กับเกษตรกรอีกทางหนึ่งด้วย

ในปี 2549 พื้นที่ปลูกทานตะวันของประเทศผู้ผลิตที่สำคัญของโลกมีประมาณ 148.898 ล้านไร่ ผลผลิตประมาณ 31.733 ล้านตัน และผลผลิตเฉลี่ย 213 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) แหล่งปลูกที่สำคัญ คือ ประเทศรัสเซีย อาร์เจนตินา อินเดีย สหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส โรมาเนีย จีน และออสเตรเลีย (เสาวรี ตังสกุล และคณะ, 2544) สำหรับประเทศไทยได้มีความร่วมมือระหว่างหน่วยงานราชการและภาคเอกชน เพื่อส่งเสริมให้มีการเพาะปลูกทานตะวันในเขตจังหวัดลพบุรี และสระบุรี ตั้งแต่ปี 2527 เป็นต้นมา ในปี 2531/2532 มีพื้นที่ปลูกเพียง 759 ไร่ ปี 2537/2538 เพิ่มขึ้นเป็น 140,000 ไร่ ในปี 2538/2539 มีพื้นที่ปลูกประมาณ 180,000 ไร่ และในปี 2540/2541 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกทานตะวันทั้งสิ้น 225,000 ไร่ สามารถผลิตทานตะวันได้

ประมาณ 40,500 ตัน (กรมวิชาการเกษตร, 2541) ปัจจุบันมีการขยายพื้นที่เพาะปลูกทานตะวันเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตจังหวัดลพบุรี สระบุรี เพชรบูรณ์ นครราชสีมา นครสวรรค์ และมีพื้นที่ใหม่ ๆ ในภาคเหนือ เช่น จังหวัดเชียงราย และในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดศรีษะเกษ เป็นต้น โดยมีอัตราการเพิ่มมากขึ้นของพื้นที่เพาะปลูกทานตะวันในปี 2549 มีพื้นที่ปลูกรวมทั้งสิ้นประมาณ 221,000 ไร่ ได้ผลผลิตประมาณ 24,000 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 8.96 บาท/กิโลกรัม มูลค่าตามที่เกษตรกรขายได้ 217 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550)

ทานตะวันเป็นพืชไม่ไวแสง มีการปรับตัวกว้าง และทนแล้ง สามารถปลูกได้ดีทั้งในพื้นที่ชลประทานและพื้นที่นาที่อยู่ในเขตอาศัยน้ำฝน (สมชาย บุญประดับ และวันชัย ถนอมทรัพย์, 2544) จึงเหมาะต่อการปลูกในทุกภาคของประเทศ แหล่งปลูกที่สำคัญของประเทศ คือ จังหวัดลพบุรี สระบุรี เพชรบูรณ์ นครราชสีมา ปัจจุบันประเทศไทยปลูกทานตะวันประมาณสองแสนไร่ ให้ผลผลิตประมาณสองหมื่นตัน ไม่เพียงพอต่อการบริโภคภายในประเทศ ซึ่งต้องการผลผลิตประมาณ 1 แสนตัน การเพิ่มผลผลิตต่อไร่เป็นแนวทางหนึ่งที่จะเพิ่มปริมาณผลผลิตทานตะวันในประเทศให้สูงขึ้น ทั้งจากการปรับปรุงพันธุ์ที่ใช้ปลูก และการใช้เทคโนโลยีการผลิตใหม่ ๆ ในด้านการเขตกรรม ในส่วนของการปรับปรุงพันธุ์นั้น ทานตะวันพันธุ์ใหม่ควรมีลักษณะเด่นหลายประการ เช่น ให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง อายุการเก็บเกี่ยวสั้น ต้านทานโรค และมีความสามารถในการปรับตัวกับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้กว้าง เป็นต้น จากข้อมูลในพืชทั่วไปจะพบว่าลำดับการให้ผลผลิตของพันธุ์พืชแต่ละพันธุ์แตกต่างกันไปในแต่ละสภาพแวดล้อม อันเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมพืชกับสภาพแวดล้อม (genotype x environment interactions) พันธุ์ทานตะวันที่ผ่านการคัดเลือกโดยการปรับปรุงพันธุ์ จึงจำเป็นต้องทำการทดสอบในหลายสถานที่ หลายฤดูกาล และหลายปี เพื่อให้ได้พันธุ์ที่ปรับตัวได้กว้างขวางเมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนไป เป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพด้านผลผลิต และมีผลผลิตสูงอย่างแท้จริง

ในการปลูกทานตะวันเพื่อให้ได้ผลผลิตสูง และมีคุณภาพที่ดีนั้น ธาตุอาหารพืชก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของทานตะวันมาก ปัจจุบันข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมในทานตะวันมีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้ประโยชน์ในการจัดการเกี่ยวกับธาตุอาหารพืชที่เหมาะสม ซึ่งคาดว่าผลที่ได้รับจากการศึกษาครั้งนี้จะสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตของทานตะวัน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาความเสถียรของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์และพันธุ์ลูกผสม

1.2.2 เพื่อศึกษาถึงผลกระทบของธาตุอาหารบางชนิดที่มีผลต่อผลผลิต ลักษณะทางการเกษตร

1.3 รายการอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2541). **ฐานความรู้เรื่องพืช กรมวิชาการเกษตร**. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.doa-agi/SUNFLW/3var01.html

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. (2542). **เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืช**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 276 หน้า.

ไพจิตร จันทรวงศ์. (2538). **เทคโนโลยีการสกัดน้ำมัน**. งานวิจัยพืชน้ำมัน. กองเกษตรเคมี. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

สมชาย บุญประดับ และวันชัย ถนอมทรัพย์. (2544). การตอบสนองของพันธุ์ทานตะวันต่อการให้น้ำต่างระดับ. ใน **การประชุมวิชาการ งา ทานตะวัน ละหุ่ง และคำฝอย แห่งชาติครั้งที่ 2** (หน้า 118-121). ณ วังรี รีสอร์ท จังหวัดนครนายก.วันที่ 16-17 สิงหาคม.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2550). ทานตะวัน.[ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.oae.go.th/statistic/impor/im

สุพจน์ แสงประทุม. (2542). การผลิตและงานวิจัยทานตะวันในประเทศไทย. ใน **การประชุมวิชาการ งา ทานตะวัน ละหุ่ง และคำฝอยแห่งชาติ ครั้งที่ 1** (หน้า 128-141). ณ โรงแรมรามาการ์เดนส์ กรุงเทพฯ วันที่ 7-8 กันยายน.

เสาวรี ตังสกุล, ศุภชัย แก้วมีชัย, สมยศ พิชิตพร, เพิ่มศักดิ์ สุภาพรเหมินทร์, สมศักดิ์ ศรีสมบุญ และเสน่ห์ เครือแก้ว. (2544). ความก้าวหน้าของการปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์เบอร์ 1. ใน **การประชุมวิชาการ งา ทานตะวัน ละหุ่ง และคำฝอยแห่งชาติ ครั้งที่ 2** (หน้า 148-155). ณ วังรี รีสอร์ท จังหวัดนครนายก วันที่ 16-17 สิงหาคม 2544

Croissant, R. L. and Follett, R. H. (2003). **Sunflower product**. [On-line]. Available: http://www.colostate.edu/Depts/IPM/pdf/00102.pdf.

Cooper, E. L. 1997. **Agriscience fundamentals and application 2nd edition**. America: International Thomson Publishing Inc. 279 p.

Putnam, D. H., Oplinger, E. S., Hicks, D. R., Durgan, D. R., Noetzel, D. M., Meronuck, R. A., Doll, J. D. and Schulte, E. E. (2002). **Sunflower**. [On-line]. Available:http://www.hort.purdue.edu/newcrop/atcm.html

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสำคัญและพฤกษศาสตร์ทั่วไป

ทานตะวันที่ปลูกกันทั่วไปมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Helianthus annuus* L. อยู่ในวงศ์ Compositae (Knowles, 1978) เป็นพืชล้มลุก (annual herbaceous) มีอายุประมาณ 100-120 วัน ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของทานตะวันสรุปไว้ในตารางที่ 2.1

พันธุ์ พืชในสกุล Helianthus มีมากกว่า 100 ชนิด ประมาณ 50 ชนิดพบในอเมริกาเหนือ มีโครโมโซมพื้นฐาน (n) =17 ประกอบด้วยพืชที่เป็น ดิพลอยด์ เตตราพลอยด์ และเฮกซาพลอยด์ ซึ่งสามารถแยกได้ 2 ประเภท คือ ชนิดที่เป็นพืชล้มลุก และชนิดที่เป็นพืชยืนต้นซึ่งส่วนใหญ่เป็นไม้ประดับ มีเพียง 2 ชนิดเท่านั้นที่เป็นพันธุ์ปลูก คือ *H. annuus* (2n=2x=34) และ *H. tuberosus* (2n=2x=102) เป็นพืชคาบปีและปลูกเป็นพืชหัว การผสมข้ามระหว่าง *H. annuus* กับ *H. tuberosus* ทำกันมากในประเทศรัสเซีย เพื่อพัฒนาพันธุ์ปลูกให้มีลักษณะต้านทานโรค และผสมข้ามระหว่าง *H. annuus* กับ *H. petiolaris* (2n=2x=34) ซึ่งเป็นพืชล้มลุก เพื่อพัฒนาพันธุ์ทานตะวันให้มีไซโตพลาสซึมเป็นหมัน ใช้ในการผลิตเมล็ดทานตะวันลูกผสมเป็นการค้า (Schneiter, 1997)

พื้นที่ปลูกทานตะวันประมาณร้อยละ 55 อยู่ในประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น ฝรั่งเศส ยูโกสลาเวีย และฮังการี ซึ่งให้ผลผลิต 380, 334 และ 314 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนประเทศในเอเชียได้ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 200 กิโลกรัมต่อไร่ ปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดผลผลิตที่สำคัญ คือพันธุ์ การจัดการ และสภาพแวดล้อม ทานตะวันมีทั้งพันธุ์ผสมเปิดและพันธุ์ลูกผสม โดยพันธุ์ลูกผสมเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกมากที่สุดในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามพันธุ์ผสมเปิดยังมีความสำคัญต่อเกษตรกร เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ลูกผสมมีราคาค่อนข้างแพง

การปลูกทานตะวันในเชิงการค้าของสหรัฐอเมริกาใช้พันธุ์ลูกผสมตั้งแต่ พ.ศ. 2515 ปัจจุบันประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกหันมาปลูกทานตะวันลูกผสมแทนพันธุ์ผสมเปิด ทั้งนี้เพราะพันธุ์ลูกผสมมีความสม่ำเสมอ ให้ผลผลิตสูง มีความต้านทานโรคที่สำคัญคือ โรคราสนิม โรคเหี่ยว และโรคราน้ำค้าง สูงกว่าพันธุ์ผสมเปิด พันธุ์ลูกผสมบางพันธุ์สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในเขตกึ่งร้อนหรือร้อน เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ และมีเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดสูง

ในประเทศไทย บริษัทเอกชนได้นำทานตะวันพันธุ์ลูกผสมจากต่างประเทศมาปลูกศึกษาร่วมกับภาครัฐ ซึ่งพบว่ามีบางพันธุ์ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยได้ดี เช่น ไฮซัน 33

และ S 101 ปัจจุบันพันธุ์เหล่านี้นิยมปลูกเป็นการค้า โดยเฉพาะไฮซัน 33 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 236 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้บริษัทเอกชนยังได้นำพันธุ์ทานตะวันลูกผสมมาแนะนำให้เกษตรกรปลูก เช่น แปซิฟิก 44 และไพโอเนียร์ (ไพศาล เหล่าสุวรรณและคณะ, 2548)

2.2 ระยะการเจริญเติบโตของทานตะวัน

การจำแนกระยะการเจริญเติบโตของทานตะวันที่เป็นพืชปลูกได้มีผู้จำแนกไว้หลายวิธี (Vrebalov, 1979; Rodrigues, 1978) แต่เพื่อความสะดวกในทางปฏิบัติจะใช้วิธีของ Schneiter และ Miller (1981) ซึ่งได้แบ่งเป็น 2 ระยะใหญ่ ๆ คือ

2.2.1 ระยะการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบ (vegetative, V)

ระยะนี้เริ่มจากการงอกของต้นกล้าและสิ้นสุดเมื่อเริ่มมองเห็นดอกเกิดขึ้น โดยอาศัยการนับจำนวนใบเป็นเกณฑ์ ระยะการเจริญเติบโตของต้นและใบนี้จะมีจำนวนวันแตกต่างกันไปตามพันธุ์และปัจจัยทางสภาพแวดล้อม ซึ่งแบ่งย่อยได้ดังนี้

ระยะ vegetative emergence (VE) เริ่มจากต้นกล้าชูใบเลี้ยงโผล่พ้นผิวดิน และมีความยาวของใบจริงใบแรกยาวน้อยกว่า 4 เซนติเมตร

ระยะ V(n) โดยที่ V คือ การเจริญเติบโตของต้นและใบ (vegetative growth) n หมายถึงจำนวนใบจริง (number of leaf) ที่มีความยาวตั้งแต่ 4 เซนติเมตรขึ้นไป เช่น V_1, V_2, V_3 และ V_4 จะหมายถึงการเจริญเติบโตทางลำต้น ใบที่มีใบจริงที่มีความยาวตั้งแต่ฐานใบที่ติดกับก้านไปจนถึงปลายสุดของยอดใบยาวมากกว่า 4 เซนติเมตร จำนวน 1 ใบ 2 ใบ 3 ใบ และ 4 ใบ ที่ระยะ V ใด ๆ (V(n)) ตามลำดับ การเรียงตัวของใบในช่วงแรกจะอยู่แบบตรงกันข้าม ต่อมาจะมีการเวียนแบบสลับ เมื่ออายุการเจริญเติบโตมากขึ้น ใบล่าง ๆ จะเริ่มแก่ ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากความแห้งแล้ง โรค หรือปัจจัยอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เมื่อใบแก่ร่วงไปจะเกิดรอยแผลบนลำต้น (แต่ทั้งนี้จะไม่นับรอยแผลที่เกิดจากการร่วงของใบเลี้ยง) เพิ่มมากขึ้นทำให้สามารถใช้เป็นเครื่องหมายกำหนดระยะการเจริญเติบโตของพืชได้ดังที่ Siddiqui et al. (1975) ได้ใช้การแก่ของใบล่าง (leaf senescence) เป็นสิ่งบอกอายุการแก่ (physiological maturity) ของทานตะวัน แต่ทั้งนี้อาจจะมีความผันแปรการแก่ของใบล่างตั้งแต่ระยะแรกของการเจริญเติบโต ตั้งแต่ระยะการเจริญเติบโตทางต้นและใบจนถึงระยะการถ่ายละอองเกสร

2.2.2 ระยะเจริญพันธุ์ (reproductive, R)

ระยะเจริญพันธุ์ (R) จะเริ่มเมื่อทานตะวันเริ่มมีดอกเล็ก ๆ เกิดขึ้น (floral initiation) จนถึงระยะต้นแก่เต็มที่ทางสรีรวิทยา (physiology maturity) ระยะนี้ (R) จะแตกต่างจากระยะ vegetative ดังนี้ คือ

ระยะ R1 เป็นระยะที่สามารถมองเห็นดอก (head) ที่หุ้มด้วยใบประดับอ่อน ๆ (young bract)

ตารางที่ 2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของทานตะวัน (Weiss, 2000)

ลักษณะ	รายละเอียด
ราก	งอกแบบ epigeal germination มีระบบรากแก้ว (tap root system) ในระยะแรกของการงอก แรดิเคิล จะแทงทะลุออกจากเมล็ดและเจริญเป็นรากแก้ว ต่อมามีรากแขนงแตกจากรากแก้ว
ลำต้น	ลำต้นตั้งตรง เป็นไม้เนื้ออ่อน มีขนอ่อนปกคลุมอยู่ทั่วไป ในระยะแรกลำต้นจะอวบน้ำเปราะและหักง่าย เมื่ออายุมากขึ้นลำต้นจะแข็งแรงขึ้นตามลำดับ ลำต้นส่วนใหญ่ไม่แตกกิ่ง แต่บางพันธุ์อาจแตกกิ่งได้โดยเฉพาะพันธุ์ป่า
ใบ	เมื่อทานตะวันงอกโผล่พ้นผิวดินจะเห็นใบเลี้ยงซึ่งมีรูปร่างกลมยาว เมื่อใบเลี้ยงเติบโตเต็มที่จะขยายแผ่กว้างออก ระยะนั้นจะเห็นใบจริงคู่แรกอยู่ตรงส่วนยอดซึ่งเมื่อแผ่ขยายเต็มที่ มีรูปร่างเรียวยาว และมีขนปกคลุมใบจริง 5 คู่ แรกจะเกิดตรงกันข้าม โดยคู่ที่อยู่ถัดขึ้นมาจะทำมุม 90 องศากับคู่ที่เกิดก่อน เรียกการจัดเรียงใบแบบนี้ว่า opposite alternate pair ส่วนใบที่เกิดต่อจากนั้นเกิดเรียงเป็นใบเดี่ยวเวียนรอบลำต้น
ดอก	ช่อดอกเป็นแบบ head หรือ capitulum มีรูปร่างต่าง ๆ เช่น เรียบโค้งแบบ concave หรือ convex ทานตะวันพันธุ์ที่ใช้สกัดน้ำมันช่อดอกมี ray flower และ disk flower รวม 600-1,200 ดอกย่อย อยู่บนฐานรองดอก ด้านนอกของฐานรองดอกมี bract ขนาดใหญ่และปลายแหลม 2 ชั้น ซึ่งเรียกรวมกันว่า involucral bract หรือ phyllaris
ผลและเมล็ด	ผลเป็นแบบ achene แต่ละผลมี 1 เมล็ด ซึ่งประกอบด้วยเปลือกเมล็ด เอ็นโดสเปริ์มและคัพภะ ผลมีสีแตกต่างกัน เช่น ดำ ดำแถบเทา ดำแถบขาว ขาวแถบเทา และขาว

ซึ่งหากมองตรงจากด้านบน (top view) ลงมาบนยอดจะเห็นกลีบเลี้ยงอ่อน ๆ มากมายเป็นจุดคล้ายดาว (star like) ปรากฏขึ้นมา ระยะนี้จะมีความสัมพันธ์กับจำนวนใบซึ่งจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์

ระยะ R2 จะมีช่วงความยาวของข้อบริเวณใต้ฐานรองดอก (receptacle) ยาวถึง 0.5 ถึง 2 เซนติเมตร ซึ่งข้อดังกล่าวจะอยู่ระหว่างใบสุดท้ายกับฐานรองดอก (receptacle) ในบางครั้งอาจจะพบใบประดับพิเศษ (adventitious bracts) ตรงระหว่างช่วงข้อดังกล่าวแต่จะไม่นำมาพิจารณา

ระยะ R3 ความยาวข้อตรงใต้ฐานรองดอกกับใบสุดท้ายจะยืดตัวอย่างรวดเร็วยกจานดอกให้สูงขึ้น ทำให้ข้อตรงช่วงดังกล่าวยาวมากกว่า 2 เซนติเมตร

ระยะ R4 ดอกเริ่มบานกลีบดอก (ray flower) เล็ก ๆ คลี่ตัวออกมา

ระยะ R5 ระยะนี้เริ่มมีการถ่ายเกสร (anthesis) เกิดขึ้น กลีบดอกบานเต็มที่ และสามารถมองเห็นดอกย่อย (disk flower) ระยะ R5 สามารถแบ่งย่อยได้อีกโดยอาศัยเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ดอกย่อยละอองเกสรแล้ว การถ่ายละอองเกสรจะเริ่มจากดอกย่อย ที่อยู่วงรอบนอกเข้ามาสู่ใจกลางดอก เช่น หากเกิดการถ่ายละอองเกสรเกิดขึ้นแล้วร้อยละ 50 ระยะนี้จะเป็นระยะ R5.5 หากผสมแล้วร้อยละ 80 จะเท่ากับระยะ R5.8 การกำหนดระยะดังกล่าวอาศัยการประมาณจากพื้นที่ที่มีดอกย่อยเท่านั้น (ไม่ได้รวมจากส่วนของกลีบดอก ในการประมาณพื้นที่) และดอกย่อยดังกล่าวต้องบานแล้ว

ระยะ R6 การถ่ายละอองเกสรเกิดขึ้นสมบูรณ์ และกลีบดอก (ray flower) สูญเสียความเต่งและเริ่มแสดงอาการเหี่ยว แต่ทั้งนี้การเหี่ยวและการร่วงของกลีบดอก อาจจะเกิดขึ้นหรือไม่เกิดก็ได้

ระยะ R7 ด้านหลังจานดอกจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเรื่อ ๆ การเหลืองจะเริ่มเกิดตรงบริเวณส่วนกลางของจานดอกใกล้กับฐานของจานดอก และรอยต่อของก้านชูดอก (penduncle)

ระยะ R8 ด้านหลังของจานดอกมีสีเหลือง แต่ส่วนของใบประดับ (bract) ยังมีสีเขียวอยู่ บางครั้งจะพบหรือไม่พบจุดสีน้ำตาลบนหลังจานดอก

ระยะ R9 ส่วนของใบประดับ กลายเป็นสีเหลืองและสีน้ำตาลจุดสีน้ำตาลหลังจานดอกขยายใหญ่ขึ้นเป็นสีน้ำตาลเกือบทั้งหมด ระยะนี้เป็นระยะที่มีการแก่ทางสรีรวิทยา การประมาณระยะการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะ R7 ถึง R8 จะต้องพิจารณาเฉพาะจานดอกที่สมบูรณ์ปราศจากโรคเท่านั้น แต่ทั้งนี้จำนวนระยะการเจริญเติบโตและช่วงระยะ (stage) จะขึ้นกับสายพันธุ์และสภาพแวดล้อม

2.3 ทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์

พันธุ์สังเคราะห์ คือ พันธุ์ที่เกิดจากการที่นำกลุ่มพันธุ์ของพืชผสมข้ามหลายกลุ่มพันธุ์มาผสมกันอย่างสุ่มอย่างเป็นระบบ ผลการผสมเช่นนี้ทำให้ได้พันธุ์ที่เรียกว่า พันธุ์สังเคราะห์ ซึ่งได้ลักษณะและผลผลิตคงที่ตามกฎของ Hardy-Weinberg (Hayes and Garber, 1919) ในประเทศไทยการพัฒนาพันธุ์สังเคราะห์ของทานตะวันเริ่มต้นที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ในปี พ.ศ. 2529 ซึ่งเป็นการพัฒนาพันธุ์สังเคราะห์โดยการทดสอบการรวมตัวทั่วไป (general combining ability) ของกลุ่ม

พันธุ์ โดยวิธีการทดสอบกับพันธุ์ไฮซัน 33 สามารถคัดเลือกได้ 18 กลุ่มพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงและมีลักษณะทางเศรษฐกิจดี สำหรับใช้ในการผลิตพันธุ์สังเคราะห์ต่อไป (Kaewmeechai et al., 1992) และในปี พ.ศ. 2530-2533 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้มีการคัดเลือกกลุ่มพันธุ์ทานตะวัน 36 กลุ่มพันธุ์ จากการผสมข้ามของทานตะวัน 67 พันธุ์ แล้วปล่อยให้ผสมเปิด 5 รอบ เพื่อพัฒนาเป็นทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ ได้ประชากรทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ที่ให้ผลผลิตสูง และปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าลูกผสมในชั่วที่ 1 ที่เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ (Yothasiri, 1992) ต่อมาในปี 2532 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ได้นำกลุ่มพันธุ์ทานตะวันมาพัฒนาเป็นพันธุ์ผสมเปิด พบกลุ่มพันธุ์ที่น่าสนใจ 4 กลุ่มพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ไฮซัน 33 ที่เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ (เพิ่มศักดิ์ สุภาพรเหมินทร์ และศุภชัย แก้วมีชัย, 2540) แต่ทั้งนี้ในประเทศไทยยังไม่มีการผลิตเมล็ดทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์เป็นการค้าเลย เนื่องจากขาดการสนับสนุนในระยะยาว (Laosuwan, 1997) ผลงานที่นับว่าประสบความสำเร็จ คือ การปรับปรุงพันธุ์สังเคราะห์ของสถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร ซึ่งได้พันธุ์ Synthetic 1 ในปี พ.ศ. 2537 สำหรับโครงการการปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันของสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้รวบรวมกลุ่มพันธุ์จากแหล่งต่าง ๆ จำนวน 18 พันธุ์ มาพัฒนาเป็นทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ และในปี พ.ศ. 2547 ได้ขอรับรองทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ในระดับสถาบัน 2 พันธุ์ คือ พันธุ์สุรนารี 471 และพันธุ์สุรนารี 473 ซึ่งทั้งสองพันธุ์ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันและผลผลิตใกล้เคียงกับพันธุ์ลูกผสม (แปซิฟิก 33) (ภาคภูมิ ศรีหมื่นไวย และไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2548)

2.4 ปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม

การแสดงลักษณะของพืช (phenotype) เกิดจากผลของยีน (genotype, G) และสภาพแวดล้อม (environment, E) สำหรับลักษณะบางลักษณะ เช่น ผลผลิต ผลของยีนจะปรวนแปรไปตามสภาพแวดล้อม เรียกว่า ปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม (genotype by environment interaction, GxE) (Byth et al., 1976) ปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม ทำให้การปรับปรุงพันธุ์ซับซ้อนยิ่งขึ้น ทำให้ข้อมูลที่ได้จากสถานที่หนึ่งไม่สามารถที่จะนำไปใช้ยังอีกสถานที่หนึ่ง ปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรม และสภาพแวดล้อมเป็นสิ่งสำคัญมากต่อนักปรับปรุงพันธุ์พืชในการที่จะสร้างพันธุ์ใหม่ (พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ และ ประเสริฐ ฉัตรวชิระวงษ์, 2548; Allard and Bradshaw, 1964) ซึ่งเมื่อนำสายพันธุ์ที่ได้มาใหม่จากการผสมและคัดเลือก มาทำการเปรียบเทียบภายใต้สภาพแวดล้อมต่าง ๆ กัน อันดับของความสามารถในการให้ผลผลิตมักแตกต่างกันไป ทำให้เกิดความลำบากในการที่จะบ่งบอก ว่าพืชพันธุ์ไหนมีความสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม (adaptability) ดีกว่ากัน นอกจากนี้ถ้ามี GxE จะทำให้ความก้าวหน้าจากการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงพันธุ์ลดน้อยลง (พิมพร โชติญาณวงษ์, 2534)

วิธีการหนึ่งที่ใช้ลด GxE ให้น้อยลงคือ การแบ่งเขตของสภาพแวดล้อมโดยพิจารณาปัจจัยที่แตกต่างกัน เช่นอุณหภูมิที่แตกต่างกัน การกระจายของฝน และชนิดดิน ฯลฯ โดยให้สภาพแวดล้อมในแต่ละเขตย่อยมีความคล้ายคลึงกันมากที่สุด Abou-E-Fittouh et al., (1969) ได้เสนอวิธีการเพื่อใช้ในการแบ่งพื้นที่ปลูกฝ้ายของสหรัฐอเมริกาออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ เพื่อให้ภายในแต่ละกลุ่มมีปฏิกิริยาระหว่าง genotype x location ต่ำสุด จะทำให้การประเมินพันธุ์ฝ้ายทำได้ดีขึ้น อย่างไรก็ดี แม้ว่าจะมีการแบ่งเขตของสภาพแวดล้อม เพื่อใช้ในการทดสอบพันธุ์แล้วก็ตาม แต่ปฏิกิริยาร่วมระหว่าง genotype x location ในแต่ละเขตย่อยและปฏิกิริยาร่วมระหว่าง genotype x year ในท้องที่เดียวกัน ก็ยังมีค่าสูงอยู่ อีกวิธีหนึ่งที่มีผู้แนะนำให้ใช้ในการลด G x E คือการใช้พืชหลาย genotype มาปนกันปลูกจะดีกว่าการใช้ genotype เดียวหรือพันธุ์บริสุทธิ์เพียงพันธุ์เดียว มีรายงานที่แสดงให้เห็นว่า เมื่อความแปรปรวนทางพันธุกรรมของประชากรมากขึ้น จะทำให้ลักษณะต่าง ๆ มีเสถียรภาพเพิ่มขึ้นภายใต้สภาพแวดล้อมที่ผันแปร (ดำเนิน กาละดี, 2541)

เนื่องจากลักษณะพันธุกรรมเป็นตัวแสดงความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่มีขอบเขตกว้างมาก ซึ่งการกระทำร่วมกันที่ดีระหว่างลักษณะพันธุกรรมของพืชและสิ่งแวดล้อมจะทำให้เกิดความเสถียร (yield stability) และให้ผลผลิตสูง (สุทัศน์ จุลศรีไกวัล, 2536)

ความเสถียร (stability) หมายถึง ความสามารถของพันธุ์พืชที่จะรักษาระดับการแสดงออกในลักษณะใดลักษณะหนึ่งให้คงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะเป็นสถานที่หรือเวลาซึ่งแสดงว่าเกิดปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมต่ำในลักษณะนั้น ๆ แต่อาจไม่มีความเสถียรในลักษณะอื่น Lerner (1954) เรียกความสามารถในการที่พันธุ์เหล่านั้นปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปได้ว่า homeostasis ซึ่งเป็นความสามารถของสิ่งมีชีวิตที่จะมีชีวิตรอดและใช้ประโยชน์ของสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปได้อย่างดี พันธุ์พืชที่มี genetic homeostasis มาก ได้แก่ พันธุ์พืชผสมข้าม เช่น ข้าวโพด และทานตะวัน เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งพันธุ์ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อให้มีฐานทางพันธุกรรมกว้าง (genetic base) ได้แก่ พันธุ์สังเคราะห์ พันธุ์ผสมเปิด ลูกผสมคู่ จะมี genetic homeostasis สูงกว่าลูกผสมเดี่ยว เพราะว่าลูกผสมข้ามมี genetic homeostasis สูง ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผล 3 ประการคือ ประการแรก พืชแต่ละต้นของประชากรมีลักษณะพันธุกรรมเป็นพันธุ์ทาง (heterozygous) ซึ่งจะแสดงความสามารถออกมารวมกัน เหมือนกับว่าเป็นพันธุ์เดียวกัน ประการที่สอง เนื่องจากมีหลาย genotype ปนกัน ดังนั้นบาง genotype อาจแสดงความสามารถได้ดีในสภาพแวดล้อมหนึ่ง และสามารถชดเชย genotype ที่ไม่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมนั้นได้ และประการที่สาม genotype ชนิดต่าง ๆ ภายในประชากร จะมีความต้องการปัจจัยของสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน จึงทำให้ผลรวมของความสามารถที่แสดงออกต่อสภาพแวดล้อมของประชากรทั้งหมดมีความสม่ำเสมอ และคงที่ จากสภาพแวดล้อมหนึ่ง ไปยังอีกสภาพแวดล้อมหนึ่ง Simmond (1962) ใช้คำว่า adaptation เพื่ออธิบายการตอบสนองของ

homeostasis ต่อสภาพแวดล้อม ออกเป็น 4 ชนิดคือ specific-genotypic adaptation หมายถึง ความสามารถของลักษณะพันธุกรรมใด ๆ ที่สามารถปรับตัวได้ภายใต้สภาพแวดล้อมที่จำกัด general-genotypic adaptation หมายถึงความสามารถของลักษณะพันธุกรรมใด ๆ ที่สามารถปรับตัวได้ภายใต้สภาพแวดล้อมที่ผันแปรไปอย่างกว้างขวาง specific-population adaptation หมายถึง ความสามารถในการปรับตัวของประชากรซึ่งประกอบด้วยลักษณะทางพันธุกรรมหลายชนิดปนอยู่ในประชากรต่อสภาพแวดล้อมที่จำกัด และ general-population adaptation หมายถึงความสามารถในการปรับตัวของประชากรใด ๆ ต่อสภาพแวดล้อมที่มีความผันแปรอย่างกว้างขวาง

คำว่า individual buffering และ population buffering ซึ่ง individual buffering เป็นคุณสมบัติของแต่ละลักษณะพันธุกรรมในประชากรหนึ่ง ที่จะปรับตัวในช่วงหนึ่งของสภาพแวดล้อม โดยที่ลักษณะพันธุกรรมในประชากรจะเป็นแบบพันธุ์แท้ (homozygous) และพันธุ์ทาง (heterozygous) และลักษณะพันธุกรรมแบบพันธุ์ทางจะมีเสถียรภาพสูงกว่าพันธุ์แท้ ส่วนคำว่า population buffering เป็นคุณสมบัติของประชากรซึ่งประกอบด้วยพันธุกรรมหลายแบบ โดยแต่ละลักษณะพันธุกรรมจะมีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้แตกต่างกัน จึงทำให้ประชากรแสดงการปรับตัวได้ดีกับสภาพแวดล้อมในช่วงที่กว้าง

นอกจากวิธีที่กล่าวมาแล้ว การลดปฏิกิริยาระหว่างพันธุ์และสภาพแวดล้อมอีกวิธีหนึ่งคือการคัดเลือกพันธุ์ที่มี genotype คงที่หรือมีความเสถียรของลักษณะที่แสดงออก นักปรับปรุงพันธุ์พืชบางคนสังเกตว่า “ความสัมพันธ์” ระหว่างการแสดงออกของพืชกลุ่มหนึ่งภายใต้หลาย ๆ สภาพแวดล้อมกับค่าที่แสดงสภาพแวดล้อมมักเป็น “เส้นตรง” หรือเกือบเป็นเส้นตรง และพบว่ามีพันธุ์พืชหลายพันธุ์ที่แสดงสหสัมพันธ์ในทางบวกกับสภาพแวดล้อม จึงสามารถใช้วิธีรีเกรสชันเส้นตรง (linear regression) อธิบายการตอบสนองของ genotype ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันได้ ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง หลักการ คือ การกำหนดจุดจากข้อมูลของลักษณะการแสดงออกของพันธุ์หรือ GxE กับดัชนีสภาพแวดล้อม (Finlay and Wilkinson, 1963; Eberhart and Russell, 1966; Perkins and Jinks, 1968; Freeman and Perkins, 1971)

2.5 การวิเคราะห์ความเสถียรของพันธุ์พืช

2.5.1 การวิเคราะห์ความเสถียรโดยวิธีรีเกรสชันเส้นตรง

การตอบสนองของพันธุ์พืชต่อสภาพแวดล้อมมีรูปแบบที่แตกต่างกัน นักปรับปรุงพันธุ์พืชมักพยายามที่จะพัฒนาโมเดลทางสถิติ ที่สามารถอธิบายข้อมูล (ที่มีรูปแบบ เช่น เส้นตรง ฯลฯ) ให้ได้มากที่สุด โดยมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด (Kempton, 1984; Crossa et al., 1990) จากการวิเคราะห์ความปรวนแปร ที่แยกเป็นอิทธิพลที่เกิดจากพันธุ์ (G) สภาพแวดล้อม (E) และปฏิกิริยาระหว่างพันธุ์และสภาพแวดล้อม (GxE) ซึ่งนักปรับปรุงพันธุ์พืชมักจะให้ความสำคัญกับอิทธิพลของ GxE มาก

การคำนวณหาอิทธิพลของ GxE สามารถทำได้โดยการแยกองค์ประกอบของความปรวนแปรตาม Expected Mean Square (EMS) แต่วิธีวิเคราะห์ความปรวนแปรนี้ ก็มักจะอธิบายข้อมูลในรูปของโมเดลได้ไม่ดีเท่าใดนัก จึงมีความพยายามที่จะใช้วิธีการทางสถิติอื่น ๆ ที่สามารถจะศึกษาอิทธิพลของ GxE และโมเดลที่สามารถอธิบายข้อมูลได้ดีกว่า การวิเคราะห์รีเกรสชันเส้นตรงเป็นวิธีการทางสถิติวิธีหนึ่ง ที่สามารถใช้ได้ดีกับข้อมูลที่เกิดจากอิทธิพลหลัก (main effects) และอิทธิพลที่ไม่เป็นผลบวก (non-additive effect) การวิเคราะห์รีเกรสชันเส้นตรงนี้ มีผู้นำเสนออยู่หลายแบบ แต่ที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ วิธีของ Finlay and Wilkinson (1963), Eberhart and Russell (1966), Perkins and Jinks (1968) เป็นต้น วิธีหาความเสถียรของพันธุ์พืชที่ใช้โดยทั่วไป มักจะคำนวณจากค่าเฉลี่ยของพันธุ์ที่ปลูกในแต่ละสภาพแวดล้อม

2.5.1.1 วิธีของ Finlay และ Wilkinson (1963)

Finlay และ Wilkinson (1963) ได้เสนอการใช้ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (b_i) ของผลผลิตเฉลี่ยของแต่ละพันธุ์บนผลผลิตเฉลี่ยของทุกพันธุ์ในสภาพแวดล้อมที่ใช้ทดสอบ พันธุ์พืชที่มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันใกล้เคียง 1 จะเป็นพันธุ์ที่ความเสถียรในทุกสภาพแวดล้อม พันธุ์พืชที่มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันมากกว่า 1 จะเป็นพันธุ์ที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมมาก และพันธุ์พืชที่มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันต่ำกว่า 1 จะเป็นพันธุ์ที่ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม จุฑารัตน์ สอนเนย (2536) ได้ใช้วิธีของ Finlay และ Wilkinson (1963) ทดสอบทานตะวันพันธุ์ผสมเปิดและพันธุ์ลูกผสมจำนวน 7 พันธุ์ โดยทำการศึกษา 11 ลักษณะใน 5 สภาพแวดล้อม พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มของสภาพแวดล้อมได้ 2 กลุ่ม ตามความสำคัญของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม

2.5.1.2 วิธีของ Eberhart และ Russell (1966)

Eberhart และ Russell (1966) เสนอการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของผลผลิตเฉลี่ยของแต่ละพันธุ์บนดัชนีของสภาพแวดล้อม ค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยจากเส้นรีเกรสชัน (residual mean square) และผลผลิตพืชเฉลี่ยแต่ละพันธุ์เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกพันธุ์พืชที่มีความเสถียร พันธุ์พืชที่มีความเสถียรจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันใกล้เคียง 1 และมีค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยจากเส้นรีเกรสชันต่ำ พันธุ์พืชที่ไม่มีความเสถียร จะให้ค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยจากเส้นรีเกรสชันสูง ดังนั้นการพิจารณาความเสถียรของพันธุ์พืชจะต้องคำนึงถึงค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน ค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยจากเส้นรีเกรสชัน และผลผลิตเฉลี่ยเป็นเกณฑ์ในการตัดสินความเสถียรของพันธุ์พืช การใช้เทคนิคของการวิเคราะห์รีเกรสชัน โดยเฉพาะวิธีการที่เสนอโดย Eberhart และ Rusell (1966) ได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการวิเคราะห์ปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม และในการศึกษาความเสถียรและการปรับตัวของพืชพันธุ์ต่าง ๆ ที่ปลูกต่างสภาพแวดล้อม ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยจากเส้นรีเกรสชัน ซึ่งได้จากการวิเคราะห์รีเกรสชันนั้น ได้มีผู้รายงานไว้ในพืช

หลายชนิดด้วยกัน เช่น ทานตะวัน ข้าวสาลี และฝ้าย เป็นต้น (จุฑารัตน์ สอนเนย, 2536; Miller et al., 1962; Joppa et al., 1971)

2.6 ปริมาณและบทบาทของธาตุอาหารที่พืชต้องการ

ในกระบวนการเสริมสร้างการเจริญเติบโต วัฏจักรการดำรงชีพ และกิจกรรมต่าง ๆ ของพืช มีความต้องการธาตุอาหารที่จำเป็นจำนวน 16 ธาตุ เพื่อเป็นองค์ประกอบ วัตถุดิบ และเป็นสารเร่งในกระบวนการต่าง ๆ เช่น กระบวนการหายใจ กระบวนการสังเคราะห์แสง และการทำงานของเอนไซม์ เป็นต้น (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544; Havlin et al., 1999) พืชได้รับธาตุอาหาร (nutrients) หลายชนิดจากดินโดยธาตุอาหารที่ได้จากดินเหล่านี้มีลักษณะเฉพาะอยู่หลายประการ ได้แก่ (1) เป็นสารอนินทรีย์ (inorganic substances) ที่มีธาตุ (elements) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ (2) สารเหล่านี้ได้มาจากการสลายตัวของแร่ (minerals) และอินทรียวัตถุในดิน ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงเรียกสารอาหารเหล่านี้ว่า “ธาตุอาหารพืช” หรือ “mineral plant nutrition” ธาตุอาหารเหล่านี้เข้าสู่พืชทางส่วนราก พืชส่งธาตุอาหารเหล่านี้ไปสู่ส่วนต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการและหน้าที่สำคัญทางชีววิทยา (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543)

พืชต้องการธาตุที่พบในโลกนี้เพียงไม่กี่ชนิดเพื่อดำรงชีวิตอยู่ได้ นักวิทยาศาสตร์ให้คำจำกัดความของ “ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช” (essential elements) ว่าเป็นธาตุอาหารที่มีบทบาททางสรีรวิทยาของพืชอย่างชัดเจน และเมื่อขาดธาตุอาหารชนิดนี้พืชจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้จนครบวงจรชีวิต (Arnon and Stout, 1939) โดยธาตุอาหารอื่นไม่อาจทดแทนความต้องการนี้ได้ ธาตุอาหารจำเป็นของพืชจัดเป็นกลุ่มตามปริมาณที่พบในพืชได้เป็นสองกลุ่มใหญ่คือ ธาตุอาหารมหธาตุ (macronutrient elements) และธาตุอาหารจุลธาตุ (micronutrient elements) ธาตุอาหารมหัพภาคจำนวน 6 ธาตุยังแบ่งได้เป็นสองกลุ่มย่อย ได้แก่ ธาตุอาหารหลัก (primary nutrient elements) คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม และธาตุอาหารรอง (secondary nutrient elements) คือ แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543) ธาตุอาหารที่จำเป็นทุกธาตุมีความสำคัญเท่าเทียมกัน แม้ว่าพืชต้องการธาตุบางธาตุในปริมาณเพียงเล็กน้อยแต่ก็ขาดไม่ได้ (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544) พืชต้องได้รับธาตุอาหารเหล่านี้ครบทุกชนิดในปริมาณที่เพียงพอจึงเจริญเติบโตได้ดี (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2544)

2.6.1 ธาตุอาหารหลัก

ไนโตรเจน (N) พืชมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 2-5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมากเป็นอันดับสี่รองจาก คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน (ศุภลักษณ์ สิงหบุตร, 2549) ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของสาระสำคัญต่าง ๆ ในเซลล์ เช่น กรดอะมิโน และกรดนิวคลิอิก ดังนั้นการขาดธาตุไนโตรเจนจึง

ยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างรวดเร็ว พืชที่ขาดไนโตรเจนเป็นระยะเวลานานจะแสดงอาการคลอโรซิส (chlorosis) ซึ่งเป็นภาวะพร่องคลอโรฟิลล์ ทำให้ส่วนของพืชที่เคยเป็นสีเขียวเข้มมีสีจางลงหรือเปลี่ยนเป็นสีเหลือง โดยจะพบอาการในใบแก่บริเวณโคนต้นก่อน พืชที่ขาดธาตุไนโตรเจนอย่างรุนแรงใบจะมีสีเหลืองและร่วงหล่น ใบอ่อนอาจไม่แสดงอาการในระยะแรกเนื่องจากอาจมีการเคลื่อนย้ายไนโตรเจนมาจากใบแก่ ในกรณีที่การขาดธาตุไนโตรเจนเกิดขึ้นช้า ๆ พืชอาจมีลำต้นลักษณะผอมและมีเนื้อไม้ เพราะมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตที่ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโนหรือสารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ ได้ (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543; พูนภิภพ เกษมทรัพย์, 2549)

ในทานตะวันพบว่า การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนสามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเมล็ดของทานตะวันได้ (Cheng and Zubriski, 1978; Robinson, 1978; Blamey and Chapman, 1982) และเมื่อขาดไนโตรเจนจะทำให้ทานตะวันเกิดอาการคลอโรซิสที่ใบแก่และลำต้นแคระแกร็น (Blamey et al., 1987) Steer และ Hocking (1983) พบว่า ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อการเจริญเติบโตในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative stage) และระยะเริ่มต้นของระยะเจริญพันธุ์ (reproductive stage) โดยการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนทำให้จำนวนใบ และ ดอกย่อย (floret) มีจำนวนมากขึ้น ซึ่งทำให้การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนมีผลทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตเพิ่มขึ้น (Abbadi et al., 2008; Massignam et al., 2009)

ฟอสฟอรัส (P) พืชทั่วไปต้องการฟอสฟอรัสประมาณ 0.3-0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ฟอสฟอรัสในรูปฟอสเฟต (PO_4^{3-}) เป็นส่วนสำคัญในสารประกอบหลายชนิดในเซลพืช รวมถึงสารประกอบน้ำตาลฟอสเฟตที่พบในกระบวนการหายใจและกระบวนการสังเคราะห์แสง และอยู่ใน phospholipids ที่ประกอบขึ้นเป็นเยื่อหุ้มเซลล์พืช พืชที่ขาดธาตุฟอสฟอรัสแสดงอาการยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นพืชอายุน้อย ใบมีสีเขียวเข้มและอาจมีรูปร่างผิดปกติ ใบอาจมีเซลล์ตายเป็นจุดที่เรียกว่า เนโครซิส (necrosis) และอาจแสดงอาการคล้ายการขาดไนโตรเจน คืออาจมีแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นทำให้ใบมีสีม่วงแต่จะไม่เกิดร่วมกับอาการพร่องคลอโรฟิลล์ซึ่งแตกต่างจากอาการขาดไนโตรเจน โดยใบอาจมีสีเขียวเข้มและมีสีม่วงปนกัน นอกจากนี้ พืชที่ขาดฟอสฟอรัสอาจมีลักษณะต้นผอมสูงแต่ไม่มีเนื้อไม้มาก และใบแก่จะตาย ต้นพืชที่ขาดฟอสฟอรัสอาจแก่ช้าลงได้ (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543; พูนภิภพ เกษมทรัพย์, 2549)

สำหรับทานตะวันพบว่าเมื่อขาดฟอสฟอรัสจะทำให้เกิดอาการเนโครซิสในใบที่อยู่บริเวณส่วนล่างของลำต้น (Asher and Cowie, 1987; Blamey et al., 1987) และมีผลทำให้พื้นที่ใบ และ การเจริญเติบโตลดลง (Rodriguez et al., 1998) ส่วนการเพิ่มปุ๋ยฟอสฟอรัสสามารถทำให้การเจริญเติบโตและ ผลผลิตของทานตะวันเพิ่มขึ้น (Malik et al., 2004; Iqbal et al., 2008)

โพแทสเซียม (K) พืชต้องการธาตุโพแทสเซียมในปริมาณมากเป็นอันดับสองรองจากธาตุไนโตรเจน หรือมากเป็นอันดับห้ารองจากคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจน ในบรรดา

ธาตุทั้ง 3 ธาตุ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมนั้น มีโพแทสเซียมเพียงธาตุเดียวที่ไม่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ในพืช (ศุภลักษณ์ สิงหบุตร, 2549) จึงอยู่ในพืชในรูป K^+ มีบทบาทสำคัญในการควบคุม osmotic potential ของเซลล์ ทำหน้าที่กระตุ้นเอนไซม์หลายชนิดในกระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ อาการแรกที่แสดงออกเมื่อพืชขาดธาตุโพแทสเซียม คือ ภาวะพร่องคลอโรฟิลล์เป็นจุด ซึ่งจะขยายบริเวณออกเป็นอาการเนโครซิส ซึ่งเป็นภาวะเซลล์ตายโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ปลายใบ ขอบใบ และแผ่นใบระหว่างเส้นใบ ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวหลายชนิดอาการเนโครซิสอาจเริ่มจากปลายใบและขอบใบ จากนั้นจึงขยายสู่โคนใบ เนื่องจากโพแทสเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายใหม่ไปยังใบอ่อนได้ ดังนั้นอาการเนโครซิสจึงพบที่ใบแก่บริเวณโคนต้นก่อน ใบอาจม้วนตัวและย่น ลำต้นของพืชที่ขาดธาตุโพแทสเซียมอาจผอมและอ่อนแอโดยมีปล้องสั้นผิดปกติ (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543; พูนภิภพ เกษมทรัพย์, 2549)

สำหรับอาการขาดของธาตุโพแทสเซียมในทานตะวันจะพบอาการเนโครซิสที่ใบแก่ (Blamey et al., 1987) และการเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมในปริมาณที่เหมาะสมสามารถเพิ่มผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมันของทานตะวันได้ (Nawaz et al., 2003; Malik et al., 2004)

2.6.2 ธาตุอาหารรอง

กำมะถัน (S) พืชดูดธาตุกำมะถันจากดินในรูปของซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) แล้วลำเลียงขึ้นสู่ส่วนบนของพืชเป็นส่วนใหญ่ อาการขาดธาตุกำมะถันมีส่วนคล้ายคลึงกับอาการขาดธาตุไนโตรเจน ซึ่งรวมถึงอาการพร่องคลอโรฟิลล์ การยับยั้งการเจริญเติบโต และการสะสมแอนโทไซยานิน ซึ่งอาจมีสาเหตุเพราะทั้งไนโตรเจนและกำมะถันเป็นองค์ประกอบของโปรตีน แต่อาการพร่องคลอโรฟิลล์ที่มีสาเหตุจากการขาดธาตุกำมะถันจะเกิดที่ใบอ่อนซึ่งแตกต่างจากการขาดธาตุไนโตรเจนที่เกิดที่ใบแก่ เพราะธาตุกำมะถันไม่สามารถเคลื่อนย้ายใหม่ไปยังใบอ่อน อย่างไรก็ตาม อาการพร่องคลอโรฟิลล์อาจเกิดขึ้นพร้อมกันทั้งลำต้นทั้งใบอ่อนและใบแก่ก็ได้ (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543; พูนภิภพ เกษมทรัพย์, 2549)

ในทานตะวันเมื่อขาดกำมะถันจะพบอาการคลอโรซิสที่ใบอ่อนในขณะที่ใบแก่ยังคงมีสีเขียว (McLachlan, 1978; Platou and Irish, 1982) และการใส่กำมะถันสามารถเพิ่มผลผลิต น้ำหนักแห้งของทานตะวัน (Gangardhara et al., 1990; Nabi et al., 1995) โดยทำให้มีจำนวนเมล็ดในจานดอก ขนาดของต้น ขนาดเมล็ดเพิ่มขึ้น (Eaton, 1942)

แมกนีเซียม (Mg) ธาตุแมกนีเซียมเป็นส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์ในพืช โดยธาตุแมกนีเซียมมีตำแหน่งอยู่ตรงกลางของโมเลกุล พืชจะดูดเอาแมกนีเซียมจากดินในรูปของแมกนีเซียมอิออน (Mg^{2+}) มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในกระบวนการหายใจ การสังเคราะห์แสง และการสร้าง DNA และ RNA เนื่องจากแมกนีเซียมเป็นส่วนประกอบ

สำคัญของคลอโรฟิลล์ พืชที่ขาดธาตุแมกนีเซียมแสดงอาการพร่องคลอโรฟิลล์ระหว่างเส้นใบ และอาการเกิดขึ้นที่ใบแก่ก่อนเพราะแมกนีเซียมเป็นธาตุที่มีการเคลื่อนย้ายใหม่ได้ ถ้าพืชขาดแมกนีเซียมอย่างมาก ใบอาจมีสีเหลืองหรือขาว นอกจากนี้ การขาดธาตุแมกนีเซียมอาจทำให้ใบพืชหลุดร่วงก่อนเวลาอันควร (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543; พูนภิภพ เกษมทรัพย์, 2549; ดิเรก ทองอร่าม, 2550)

ในทานตะวัน พบว่า การเพิ่มแมกนีเซียมสามารถทำให้อัตราการสังเคราะห์แสง และการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น (Lasa et al., 2000) ซึ่งมีผลทำให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้น (Madhok and Walker, 1969)

แคลเซียม (Ca) พืชใช้แคลเซียมอิออน (Ca^{2+}) ในการสร้างผนังเซลล์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วน middle lamellae ที่แบ่งกั้นระหว่างเซลล์เกิดใหม่จากการแบ่งตัว แคลเซียมมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่ของเยื่อหุ้มเซลล์และมีส่วนเกี่ยวข้องในการส่งสัญญาณขั้นที่สองในการตอบสนองของพืชตามสัญญาณสิ่งแวดล้อมและฮอร์โมน ในการส่งสัญญาณขั้นที่สองแคลเซียมอาจจับกับ calmodulin ซึ่งเป็นโปรตีนที่พบในไซโตซอล และ calcium-calmodulin complex ทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการหลายชนิดในเมตาบอลิซึม พืชที่ขาดธาตุแคลเซียมจะแสดงอาการเนโครซิสที่บริเวณเนื้อเยื่อเจริญและใบอ่อนที่มีการแบ่งเซลล์และการสร้างผนังเซลล์ใหม่มาก การเกิดเนโครซิสในพืชที่เจริญเติบโตช้าอาจเริ่มจากคลอโรซิสก่อนแล้วทำให้ใบอ่อนเปลี่ยนรูปเป็นตะขอในขณะที่รากอาจมีสีน้ำตาล สั้น และแตกแขนงมากกว่าปกติ และถ้าเนื้อเยื่อเจริญตายไปมากอาจทำให้ต้นพืชแคระแกร็น (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543; พูนภิภพ เกษมทรัพย์, 2549)

Blamey et al. (1987) รายงานว่าเมื่อทานตะวันขาดธาตุแคลเซียมจะมีผลทำให้ทานตะวันมีการเจริญเติบโตลดลง เกิดอาการคลอโรซิส และยอดอ่อนมีอาการบิดงอ และยังมีผลทำให้การเคลื่อนย้ายออกซินในต้นอ่อนลดลง (Tang and Fuente, 1986)

2.6.3 ธาตุอาหารจุลภาค

สังกะสี (Zn) เอนไซม์หลายชนิดต้องการอิออนของสังกะสี สำหรับกิจกรรมทางชีวเคมี และพืชอาจต้องการสังกะสีในกระบวนการสร้างคลอโรฟิลล์ การขาดธาตุสังกะสีทำให้การเจริญเติบโตของปล้องของพืชน้อยกว่าปกติจึงแสดงอาการเติบโตเป็นพุ่มแจ้ โดยใบอยู่เป็นกลุ่มใกล้พื้นดิน ใบอาจมีขนาดเล็กและบิดเบี้ยว โดยอาการเหล่านี้อาจมีสาเหตุจากพืชสร้างออกซินได้น้อยลง (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543; พูนภิภพ เกษมทรัพย์, 2549)

สำหรับทานตะวันพบว่าการขาดธาตุสังกะสีจะทำให้เกิดอาการเนโครซิส และใบอ่อนจะมีขนาดเล็กและบิดเบี้ยว (Blamey et al., 1987) ส่วนการเพิ่มสังกะสีสามารถทำให้มีจำนวนใบ และพื้นที่ใบเพิ่มมากขึ้น (El-Fouly et al., 2001)

โบรอน (B) โบรอนมีบทบาทในการขยายขนาดของเซลล์ การสร้างกรดนิวคลีอิก การตอบสนองต่อฮอร์โมน และการทำงานของเยื่อเมมเบรน พืชที่ขาดโบรอนจะแสดงอาการต่าง ๆ หลากหลายขึ้นกับชนิดพืชและอายุ อาการจำเพาะ ได้แก่ เนโครซิสสีดำที่ใบอ่อนและตายอด ส่วน

ใหญ่เนโครซิสที่ใบอ่อนเกิดที่โคนใบ ลำต้นอาจแข็งและเปราะผิดปกติ พืชอาจสูญเสียความสามารถของตายอดในการควบคุมการพัฒนาของตาข้าง ทำให้ลำต้นมีกิ่งก้านมากผิดปกติ แต่บริเวณปลายยอดของกิ่งก้านนั้นจะตายและเปลี่ยนเป็นสีดำในระยะเวลาไม่นานนัก ส่วนอื่น ๆ ของพืช เช่น ผล รากอ่อน และหัวสะสมอาหาร อาจแสดงอาการเนโครซิสหรือมีลักษณะผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับการสลายของเนื้อเยื่อภายใน รวมทั้งมีการพัฒนาของดอกผิดรูปแบบ หรือไม่ปฏิสนธิและเมล็ดฝ่อ (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543; พูนภิภพ เกษมทรัพย์, 2549)

สำหรับในทานตะวัน Rerkasem (1986) ได้อธิบายลักษณะอาการขาดโบรอนที่ปรากฏในทานตะวันอาการจะเริ่มต้นในใบที่มีอายุน้อย และเกิดอาการเนโครซิส และทำให้การสร้างดอกผิดปกติไปจนไม่สามารถจะผสมเกสรได้ (Blamey et al., 1978; Cakmak et al., 1995) นอกจากนี้การฉีดพ่นโบรอนให้กับทานตะวันที่ขาดโบรอนในระยะที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้น และใบ สามารถทำให้น้ำหนักแห้งของทานตะวันเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีการพัฒนาของ capitulum ในระยะเจริญพันธุ์ (Asad et al., 2002; Asad et al., 2003)

2.7 รายการอ้างอิง

จุฑารัตน์ สอนเนย. (2536). **การเปรียบเทียบพันธุ์ทานตะวันโดยการวิเคราะห์เสถียรภาพ 3 วิธี**. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดิเรก ทองอร่าม. (2550). **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน**. กรุงเทพฯ: พิมพ์ดีการพิมพ์. 816 หน้า.

ดำเนิน กาละดี. (2541). **เทคโนโลยีการปรับปรุงพันธุ์พืช.** คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 256 หน้า.

พิมพร โชติญาณวงษ์. (2534). **การปรับตัวของถั่วเหลืองพันธุ์พื้นเมืองภายใต้สภาพแวดล้อมต่าง ๆ.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ และประเสริฐ ฉัตรวชิระวงษ์. (2548). **พันธุศาสตร์ปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช.** ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. กรุงเทพฯ.

พูนภิภพ เกษมทรัพย์. (2549). **ชีววิทยา 2**. กรุงเทพฯ: มูลนิธิ สอวน. โครงการตำราวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สอวน. 440 หน้า.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ กิตติ สัจจาวัฒนา มนตรี แหนงใหม่ ยศศักดิ์ แก้มค้างพลู ยุพยงค์ จันทร์ขำ จุฑามาศ เพียซ้าย และภาคภูมิ ศรีหมื่นไวย. (2548**). การปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง**. หน้า 1-14. ใน : รายงานการวิจัยโครงการพัฒนาการผลิตทานตะวัน ระยะที่ 2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

เพิ่มศักดิ์ สุภาพรเหมินทร์ และศุภชัย แก้วมีชัย. (2540). โครงการวิจัยพัฒนาทานตะวัน. ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่.

ภาคภูมิ ศรีหมื่นไวย และไพศาล เหล่าสุวรรณ. (2548). การปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี : การปรับปรุงเปอร์เซ็นต์น้ำมัน และลดความปรวนแปรของพันธุ์เชียงใหม่ 1. ใน **การประชุมวิชาการ งา ทานตะวัน ละหุ่ง และคำฝอยแห่งชาติ ครั้งที่ 4** (หน้า 111-121)**.** ณ โรงแรมเนวาด้าแกรนด์ จ.อุบลราชธานี วันที่ 16-18 พฤศจิกายน.

มุกดา สุขสวัสดิ์. (2544). **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. กรุงเทพฯ: โอ.เอส พริ้นติ้ง เฮาส์.

ยงยุทธ โอสถสภา. (2543). **ธาตุอาหารพืช**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภลักษณ์ สิงหบุตร. (2549). **โรคขาดธาตุอาหารพืช**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. (2544). **สรีรวิทยาของพืช**. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์รั้วเขียว.

สุทัศน์ จุลศรีไกวัล. (2536). การปรับตัวของพืช**. เอกสารประกอบคำสอนรายวิชา ก.พร. 751.** ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. หน้า 666-717.

Abbadi, J., Gerendas, J. and Sattelmacher, B. (2008). Effects of nitrogen supply on growth, yield and yield components of safflower and sunflower. **Plant Soil**. 306: 167-180.

Abou-El-Fittouth, A.H., Pawlings, J.O. and Miller, P.A. (1969). Classification of environments to control genotype by environment interaction with application to cotton. **Crop Sci**. 99: 135-140.

Allard, R.W. and Bradshaw, A.D. (1964). Implications of genotype-environmental interactions I applied plant breeding. **Crop Sci**. 4: 503-508.

Arnon, D.I. and Stout, P.R. (1939). The essentiality of centain elements in minute quatity for plant with special reference to copper. **Plant Physiol**. 14:371-375.

Asad, A., Blamey, F.P.C. and Edwards, D.G. (2002). Dry matter production and boron concentrations of vegetative and reproductive tissues canola and sunflower plants grown in nutrient solution. **Plant Soil**. 243: 243-252.

Asad, A., Blamey, F.P.C. and Edwards, D.G. (2003). Effects of boron foliar applications on vegetative and reproductive growth of sunflower. **Ann. Bot**. 92: 565-570.

Asher, C.J. and Cowie, A.M. (1987). Experimental control of plant nutrient status using programmed nutrient addition. **J. Plant Nutr.** 11: 122-124.

Blamey, F.P.C., Diana, M. and Chapman, J. (1978). Relationships between B deficiency symptoms in sunflower and the B and Ca/B status of plant tissue. **Agron. J**. 70: 376-380.

Blamey, F.P.C. and Chapman, J. (1982). Protein, oil and energy yields of sunflower as affected by N and P fertilization. **Agron. J.** 74: 583-587.

Blamey, F.P.C., Edwards, D.G. and Asher, C.J. (1987). **Nutritional disorder of sunflower**. Department of Agriculture, University of Queensland St Lucia. Queensland.

Byth, D.E., Eiseman, R.E. and Delacy, I.H. (1976). Two-way pattern analysis of large data set to evaluate genotypic adaptation. **Heredity**. 37: 215-230.

Cakmak, I., Kurz, H. and Marschner, H. (1995). Short-term effects of boron, germanium and high light intensity on membrane permeability in boron deficient leaves of sunflower. **Physiol. Plant**. 95: 11-18.

Cheng, S.F. and Zubriski, J.S. (1978). Effects of nitrogen fertilizer on production of irrigated sunflower, plant uptake to nitrogen, and on water use**.** In **Proceeding of 8th International Sunflower Conference, Minneapolis** (pp. 400-409). Paris, France: International Sunflower Association.

Crossa, J., Gauch, J.H.G. and Zobel, R.W. (1990). Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two iteractional maize cultivar trials. **Crop Sci. 30**: 493-500.

Eaton, S.V. (1942). Sulphur content of seeds and seed weight in relation to effects of sulphur deficiency on growth of sunflower plants. **Plant Physiol**. 67: 422-434.

Eberhart, S.A. and Russell, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. **Crop Sci**. 6: 36-40.

El-Fouly, M.M., Nofal, O.A. and Mobarak, Z.M. (2001). Effects of soil treatment with iron, manganese and zinc on growth and micronutrient uptake of sunflower plants grow in high-pH soil. **J. Agron. Crop Sci**. 186: 245-251.

Freeman, G.H. and Perkins, J.M. (1971). Environmental and genotype-environmental components variability. VIII. Relations between genotypes grown in different environments and measures of these environments. **Heredity**. 27: 15-23.

Finlay, K.W. and Wilkinson, G.N. (1963). The analysis of adaption in a plant-breeding programme. **Aust. J. Agri. Res**. 14:742-754.

Gangardhara, G.A., Manju, H.M. and Satyanarayana, T. (1990). Effect of sulphur on yield, oil content of sunflower and uptake of micronutrients by plants. **J. Ind. Soil. Sci**. 38: 692-695.

Havlin, J.L., Benton, J.D., Tisdale, S.L. and Nelson, W.L. (1999). **Soil fertility and fertilizers**. New Jersey: Prentice-Hall.

Hayes, H.K. and Garber, R.J. (1919). Synthetic production of high protein corn in relation to breeding. **J. Amer. Soc. Agron**. 11: 309-319.

Iqbal, J., Hussain, B., Saleem, M.F., Munir, M.A. and Aslam, M. (2008). bBio-economics of autumn planted sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids under different NPK applications. **Pak. J. Agri. Sci**. 45: 19-24.

Joppa, L.R., Lebsock, K.L. and Bushch, R.H. (1971). Yield stability of selected spring wheat cultivars (*Triticum aestivum* L. emthell). In the uniform reginal nurseries, 1959 to 1968. **Crop Sci**. 11: 238-241.

Kaewmeechai, S., Pudhanon, P. and Daengpradub. (1992). Sunflower breeding: Line performance testing. **OCDP Research Report for 1989**. pp. 79-80.

Kempton, R.A. (1984). The use of bi-plots in interpreting variety by environment interactions. **J. of Agric. Sci** 103: 123-135.

Knowles, P.F. (1978). **Morphology and Anatomy**, pp. 55-58. In J.F. Carter (ed.). Sunflower Science and Technology. Agronomy 19. Am. Soc. Of Aron., Madison, Wisconsin.

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

Lasa, B., Frechilla, S., Alue, M., Gonzalez-Moro, B., Lamsfus, C. and Aparicio-Tejo, P.M. (2000). Effects of low and high levels of magnesium on the response of sunflower plants grow with ammonium and nitrate. **Plant Soil**. 225: 167-174.

Lerner, I.M. (1954). **Genetic Homeostasis**. Edinburg: Oliver and Boyd, Ltd.

Madhok, O.P. and Walker, R.B. (1969). Magnesium nutrient of two species of sunflower. **Plant physiol**. 44: 1016-1022.

Malik, M.A., Saleem, M.F., Sana, M. and Rehman, A. (2004). Suitable level of N, P and K for Harvesting the Maximum economic returns of sunflower (*Helianthus annuus* L.) **Int. J. Agri. Biol.** 6: 240-242.

Massignam, A.M., Chapman, S.C., Hammer, G.L. and Fukai, S. (2009). Physiological determinants of maize and sunflower grain yield as affected by nitrogen supply. **Field Crops Res**. 113: 256-267.

McLachlan, K.D. (1978). **An atlas of sulphur deficiency in commercial plants**. Melbourne: CSIRO.

Miller, P.A., Robinson, H.F. and Pope, O.A. (1962). Cotton variety testing : Additional information on variety x environment interactions. **Crop Sci**. 2: 349-352.

Nabi, G., Rahmatullah, Salim, M. and Gill, M.A. (1995). Partitioning of biomass, N and S in sunflower (Helianthus anuus L.) by nitrogen and sulphur nutrition. **J. of Agron and Crop Sci**. 174: 27-32.

Nawaz, N., Sarwar, G.., Yousaf, M., Naseeb, T., Ahmad, A. and Shab, M.J. (2003). Yield and yield components of sunflower as affected by various NPK levels. **Asian J. Plant Sci**. 2: 561-562.

Perkins, J.K. and Jinks, J.L. (1968). Environmental and genotype-environmental components of variability. III Multiple lines and crosses. **Heredity**. 23: 339-356.

Platou, J.S. and Irish, R. (1982). **The fourth major nutrient**. Washington, D.C.: The Sulphur Inst.

Rerkasem, B. (1986). Boron deficiency in sunflower and green gram at chiang Mai. **J. of Agri.** 2(2): 163-172.

Rodrigues, P.A.S. (1978). Effect of leaf removal on yield components in sunflower. **Neth.J.Agr.Sci** 26: 133-144.

Rodriguez, D., Zubillaga, M.M., Ploschuk, E.L., Keltjens, W.G., Goudriaan, J and Lavado, R.S. (1998). Leaf area expansion and assimilate production in sunlower (*Helianthus annus* L.) growing under low phosphorus conditions. **Plant Soil**. 202: 133-147.

Robinson, R.G. (1978). **Production and Culture**. pp 595-670. In J.F. Carter (ed.). Sunflower Science and Technology. Agronomy 19. Am. Soc. Of Aron., Madison, Wisconsin.

Schneiter, A.A. (1997). **Sunflower technology and production**. Wisconsin: the Soil Science Society of America, Inc.

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

Siddiqui, M.Q., Brown, J.F. and Allen, S.J. (1975). Growth stages of sunflower and intensity for while blister and rust. **Plant Dis. Reptr**. 59: 7-11.

Simmonds, M.W. (1962). Variability in crop plants, its use and conservation. **Biological Rev**. 37: 422-465.

Steer, B.T. and Hocking, P.J. (1983). Leaf and floret production in sunflower (*Helianthus anuus* L.) as affected by nitrogen supply. **Ann Bot**. 52: 267-277.

Tang, P.M. and Fuente, R.K.D. (1986). The transport of indole-3-acetic acid in boron and calcium deficient sunflower hypocotyls segments. **Plant Physiol**. 81: 646-650.

Vrebalov, T. (1979). **Sunflower biology and technology of production faculty of agriculture**. Novi Sad: Institute of field and vegetable crops.

Yothasiri, A. (1992). Sunflower breeding. **OCDP Research Report for 1991**. pp. 774-781.

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

บทที่ 3
การตอบสนองของทานตะวันต่อสภาพแวดล้อม

3.1 บทคัดย่อ

ศึกษาการตอบสนองของทานตะวัน 12 พันธุ์ ใน 7 สภาพแวดล้อม โดยการวิเคราะห์ความเสถียรของลักษณะผลผลิต ความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของคอดอก ในแต่ละสภาพแวดล้อมวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบลอก (Randomized complete block design, RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ทำการวิเคราะห์ความเสถียร 3 วิธี คือ 1) พิจารณาจากค่าเฉลี่ย และค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปร (CV) 2) พิจารณาจากค่าเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (b_i) และ 3) พิจารณาจากค่าเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปร (Dev. MS หรือ S^2_{di})

ผลการทดลองพบว่า พันธุ์แปซิฟิก 44 ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม และพันธุ์ LOC ซึ่งเป็นพันธุ์สังเคราะห์มีความเสถียรที่สุดในลักษณะผลผลิตจากการวิเคราะห์ความเสถียรในวิธีที่ 1 ส่วนการวิเคราะห์ความเสถียรในวิธีที่ 2 และ 3 พบว่า พันธุ์ LOC เป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรที่สุด โดยพันธุ์แปซิฟิก 44 มีค่าเฉลี่ยผลผลิต 371 กิโลกรัมต่อไร่ ความสูง 175 เซนติเมตร ขนาดดอก 16.31 เซนติเมตร และ ขนาดเมล็ด 5.22 กรัมต่อ 100 เมล็ด และมีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันของผลผลิต ความสูง ขนาดดอก และขนาดเมล็ด เท่ากับ 0.907, 1.254, 0.953 และ 0.806 ตามลำดับ ส่วนค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรของผลผลิต มีค่าเท่ากับ 73.95 สำหรับพันธุ์ LOC มีค่าเฉลี่ยผลผลิต 372 กิโลกรัมต่อไร่ ความสูง 174 เซนติเมตร ขนาดดอก 15.83 เซนติเมตร และขนาดเมล็ด 5.33 กรัมต่อ 100 เมล็ด และมีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันของผลผลิต ความสูง ขนาดดอก และขนาดเมล็ด เท่ากับ 1.097, 1.145, 0.906 และ 0.992 ตามลำดับ ส่วนค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรของผลผลิต และความสูง มีค่าเท่ากับ -112.99 และ 6.62 ตามลำดับ

คำสำคัญ : ทานตะวัน, ความเสถียรของพันธุ์พืช, ปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม

3.2 บทนำ

ทานตะวัน (*Helianthus annuus* L.) เป็นพืชน้ำมันที่สำคัญ โดยที่มีน้ำมันในเมล็ดถึงประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และมีโปรตีนสูงประมาณ 24 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันทานตะวันเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพสูง เหมาะสำหรับใช้ในการบริโภค มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรด linoleic และ oleic นอกจากนั้นยังมีวิตามิน เอ ดี อี และเค (Carter, 1978) ในปัจจุบันนี้มีการปลูกทานตะวันในประเทศไทยประมาณ 320,000 ไร่ ให้ผลผลิตประมาณ 51,000 ตัน โดยมีแหล่งปลูกที่สำคัญในเขตจังหวัดลพบุรี และสระบุรี ซึ่งการผลิตทานตะวันยังไม่เพียงพอกับความต้องการใช้ภายในประเทศ ต้องมีการนำเข้าเมล็ดพันธุ์ และผลิตภัณฑ์ทานตะวันปีละไม่ต่ำกว่า 700 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551)

ทานตะวันเป็นพืชผสมเปิด (open-pollinated) มีอัตราการผสมข้ามสูง ดังนั้นพันธุ์ที่เหมาะสมในการปลูกเพื่อการค้าคือพันธุ์ลูกผสม และพันธุ์สังเคราะห์ ปัญหาและข้อจำกัดในการผลิตทานตะวันในประเทศไทย คือ เมล็ดมีราคาแพง เนื่องจากพันธุ์ทานตะวันที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ลูกผสม ซึ่งเมล็ดพันธุ์เหล่านี้ต้องสั่งเข้ามาจากต่างประเทศทั้งหมด ทั้งนี้เพราะยังไม่มีการผลิตเมล็ดพันธุ์ทานตะวันในประเทศไทย โดยเมล็ดพันธุ์ลูกผสมที่สั่งเข้ามามีราคาสูงประมาณ 200-300 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งในแต่ละปีประเทศไทยต้องเสียค่าใช้จ่ายการซื้อเมล็ดพันธุ์ค่อนข้างสูง (ฐิติพร มะชิโกวา, 2550)

ในสภาพการผลิตทานตะวันในประเทศไทย มักปลูกในปลายฤดูฝนหลังพืชหลัก ซึ่งใช้ปัจจัยการผลิตระดับปานกลาง และคาดหวังผลผลิตปานกลาง จึงควรใช้พันธุ์สังเคราะห์ซึ่งเมล็ดพันธุ์มีราคาถูกกว่าพันธ์ลูกผสม (ฐิติพร มะชิโกวา, 2550) โดยพันธุ์สังเคราะห์จะดำรงความดีเด่นของพันธุ์ได้ตามหลักพันธุศาสตร์ประชากร เมื่อผลิตได้แล้วใช้ได้อย่างต่อเนื่อง เกษตรกรสามารถผลิตเมล็ดเองได้ ไม่ต้องซื้อเมล็ดพันธุ์ หรือถ้ามีการผลิตจำหน่ายก็จะมีราคาถูกกว่าพันธุ์ลูกผสม แต่พันธุ์ชนิดนี้มีข้อเสีย คือ ความสม่ำเสมอของลักษณะต่าง ๆ เช่น ความสูง ขนาดเมล็ด ขนาดดอก และผลผลิตอาจต่ำกว่าพันธุ์ลูกผสม (จุฑามาศ เพียซ้าย และคณะ, 2550)

ทานตะวัน เป็นพืชน้ำมันที่ปลูกกันแพร่หลายทั้งในเขตอบอุ่นและเขตร้อน จึงจัดได้ว่าเป็นพืชที่มีการปรับตัวกว้าง ในปัจจุบันพันธุ์ทานตะวันแทบทุกพันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทยไม่เคยได้รับการทดสอบการปรับตัวภายในประเทศที่กว้างขวางเหมือนพืชอื่น ๆ เช่น ข้าวโพด หรือถั่วเหลือง การปรับตัวของพืช หมายถึงความสามารถของพันธุ์พืชในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตในสภาพแวดล้อมที่พันธุ์พืชนั้นขึ้นอยู่ ขนาดของการปรับตัวแสดงโดยปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม ปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม เป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งสำหรับนักปรับปรุงพันธุ์พืชที่จะใช้ในการพิจารณา เพื่อพัฒนาปรับปรุงให้ได้พืชพันธุ์ใหม่ออกมาใช้

ความสำคัญของปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมนั้น ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของนักปรับปรุงพันธุ์พืช กล่าวคือ ถ้าต้องการพันธุ์ที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้กว้างขวาง ควรหาพันธุ์ที่ให้ค่าปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมต่ำ แต่ถ้าต้องการพันธุ์ที่ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจง ควรคัดเลือกพันธุ์ที่มีปฏิกิริยาสูงกับสภาพแวดล้อม (พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์, 2525) แนวทางหนึ่งในการลดขนาดของปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม คือการคัดเลือกพันธุ์พืชที่มีความเสถียร (stability) ซึ่งสามารถประเมินความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้

การวิเคราะห์ความเสถียรของพันธุ์พืชเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถใช้ในการศึกษาปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม ได้มีการศึกษาวิธีการประเมินปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมเพื่อหาพันธุ์ที่มีความเสถียรไว้หลายวิธี Francis และ Kannenberg (1978) สามารถแบ่งกลุ่มของพันธุกรรมตามผลผลิตโดยเฉลี่ย และค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปร (coefficient of variation, CV) นอกจากวิธีการดังกล่าวแล้วได้มีการใช้วิธีการ linear regression ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในการศึกษาความเสถียรของพันธุ์พืช (Finlay and Wilkinson, 1963; Eberhart and Russell, 1966; Perkins and Jinks, 1968; Freeman and Perkins, 1971)

Finlay และ Wilkinson (1963) วิเคราะห์การปรับตัวหรือหาความเสถียรโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (b_i) ของสมการรีเกรสชันระหว่างผลผลิตเฉลี่ยของแต่ละพันธุ์บนผลผลิตเฉลี่ยของทุกพันธุ์ในสภาพแวดล้อมที่ใช้ทดสอบ พันธุ์พืชที่มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันใกล้เคียง 1 จะเป็นพันธุ์ที่ความเสถียรในทุกสภาพแวดล้อม พันธุ์พืชที่มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันมากกว่า 1 จะเป็นพันธุ์ที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมมาก และพันธุ์พืชที่มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันต่ำกว่า 1 จะเป็นพันธุ์ที่ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม โดยจะต้องพิจารณาค่าผลผลิตเฉลี่ยด้วย

Eberhart และ Russell (1966) เสนอวิธีวิเคราะห์ความเสถียรโดยพิจารณาจาก 2 พารามิเตอร์คือ ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (b_i) ของสมการรีเกรสชันระหว่างผลผลิตเฉลี่ยของแต่ละพันธุ์บนดัชนีของสภาพแวดล้อม และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปร (Dev. Ms หรือ S^2_{di}) รวมทั้งค่าผลผลิตเฉลี่ยแต่ละพันธุ์เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกพันธุ์พืชที่มีความเสถียร พันธุ์พืชที่มีความเสถียรจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันใกล้เคียง 1 และมีค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยจากเส้นรีเกรสชันต่ำ พันธุ์พืชที่ไม่มีความเสถียร จะให้ค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยจากเส้นรีเกรสชันสูง ดังนั้นการพิจารณาความเสถียรของพันธุ์พืชจะต้องคำนึงถึงค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน ค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปร และผลผลิตเฉลี่ยเป็นเกณฑ์ในการตัดสินความเสถียรของพันธุ์พืช (Lin et al., 1986; Akcura et al., 2005a; Rasul et al., 2005; Barnett et al, 2006)

วัตถุประสงค์ของการทดลองครั้งนี้ เพื่อศึกษาปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมของทานตะวัน 12 พันธุ์ เพื่อคัดเลือกพันธุ์ทานตะวันที่มีความเสถียร

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.3.1 พันธุ์ทานตะวันที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วยพันธุ์สังเคราะห์ 10 พันธุ์ และพันธุ์ลูกผสม 2 พันธุ์ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของทานตะวัน 12 พันธุ์

พันธุ์	แหล่งที่มา/วิธีการปรับปรุง
1. High Oil Cross (HOC)	ประกอบด้วยสายพันธุ์ 014A, 018A, 022A, 023A, 027A และ 028A ผลิตโดยวิธีการควบคุมการผสมเกสร
2. High Oil Open (HOO)	ประกอบด้วยสายพันธุ์ 014A, 018A, 022A, 023A, 027A และ 028A ผลิตโดยการผสมเปิด
3. Medium Oil Cross (MOC)	ประกอบด้วยสายพันธุ์ 004A, 014A, 017A, 018A, 021A และ 022A ผลิตโดยวิธีการควบคุมการผสมเกสร
4. Medium Oil Open (MOO)	ประกอบด้วยสายพันธุ์ 004A, 014A, 017A, 018A, 021A และ 022A ผลิตโดยการผสมเปิด
5. Low Oil Cross (LOC)	ประกอบด้วยสายพันธุ์ 004A, 008A, 012A, 013A และ 017A ผลิตโดยวิธีการควบคุมการผสมเกสร
6. Low Oil Open (LOO)	ประกอบด้วยสายพันธุ์ 004A, 008A, 012A, 013A และ 017A ผลิตโดยการผสมเปิด
7. Diallel 1	ผลิตโดยแยก 12 สายพันธุ์ที่ใช้ผลิตพันธุ์ที่ 1-6 ออกเป็น 3 ชุด ๆ ละ 4 สายพันธุ์ แล้วผสมแบบ diallel ในแต่ละชุด เพื่อผลิต Syn-1 แล้ว bulk ผลผลิตทั้งหมดเพื่อผลิต Syn-2
8. สุรนารี 471	พันธุ์สังเคราะห์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
9. สุรนารี 473	พันธุ์สังเคราะห์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
10. เชียงใหม่ 1	พันธุ์สังเคราะห์ของกรมวิชาการเกษตร
11. ไพโอเนียร์	ลูกผสมของบริษัทไพโอเนียร์
12. แปซิฟิก 44	ลูกผสมของบริษัทแปซิฟิกซีด

3.3.2 สถานที่ทำการวิจัย

1) ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมืองนครราชสีมา จำนวน 4 การทดลอง โดยปลูกในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน 4 ครั้ง (ตารางที่ 3.2)

2) ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอปากช่อง จำนวน 3 การทดลอง โดยปลูกในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน 3 ครั้ง (ตารางที่ 3.2)

3.3.3 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1) ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15

2) สารป้องกันกำจัดโรคและแมลง

3) ระบบให้น้ำแบบมินิสปริงเกอร์

4) ป้ายบันทึกข้อมูล

3.3.4 แผนการทดลอง

การทดสอบพันธุ์ทานตะวันใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบลอก (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ โดยปลูก 4 แถว แถวยาว 5 เมตร

3.3.5 การปลูกและดูแลรักษา

เตรียมแปลงทดลองโดยไถพรวนด้วยผาล 3 ตากดินไว้ 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นไถแปรด้วยผาน 7 ตากดินไว้ 1 สัปดาห์ และย่อยดินให้ละเอียดด้วยเครื่องย่อยดินแบบละเอียด (rotary) กาแถวปลูกลึกประมาณ 5-7 เซนติเมตร ปลูกโดยใช้ระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร ก่อนปลูกรองพื้นด้วยปุ๋ย N-P-K สูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และโรยคาร์โบฟูรานเพื่อป้องกันแมลง การปลูกหยอดเมล็ดทานตะวัน 3-4 เมล็ดต่อหลุม แล้วพ่นสารเคมีอะลาคอร์ (alachlor) 500-600 มิลลิลิตรต่อน้ำ 60 ลิตร ต่อพื้นที่ 1 ไร่ เพื่อควบคุมวัชพืช เมื่อทานตะวันงอกได้ 10-12 วัน ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม เมื่อทานตะวันมีอายุได้ 14 วัน กำจัดวัชพืชโดยใช้จอบดาย เมื่อทานตะวันอายุได้ 30 วัน โรยปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ จากนั้นกลบโคนต้นทานตะวัน พ่นยาป้องกันกำจัดโรคและแมลงตามระยะเวลาที่เหมาะสม ให้น้ำโดยระบบมินิสปริงเกอร์สัปดาห์ละ 1 ครั้งจนกระทั่งเก็บเกี่ยว

3.3.6 การบันทึกข้อมูล

1) **ความสูง** บันทึกความสูงโดยใช้ไม้วัดความสูงจากระดับดินถึงคอดอก สุ่มวัดต้นทานตะวันที่เจริญเติบโตถึงระยะ R6 จำนวน 3 แถว ในแต่ละแถววัด 10 ต้น หาค่าเฉลี่ยความสูง

2) **ขนาดดอก** บันทึกขนาดดอก โดยสุ่มวัดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกตามความโค้ง บันทึกข้อมูลหลังตากแห้งแล้ว แปลงละจำนวน 30 ดอก

3) **ขนาดเมล็ด** บันทึกขนาดเมล็ดโดยสุ่มนับเมล็ดทานตะวันจำนวน 100 เมล็ด จำนวน 3 ซ้ำ มาชั่งน้ำหนักเป็นกรัมต่อ 100 เมล็ด แล้วหาค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 3.2 แสดงสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดสอบพันธุ์ทานตะวัน

	สถานที่ปลูก	วันปลูก
สภาพแวดล้อมที่ 1	ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมืองนครราชสีมา	3 กันยายน 2546
สภาพแวดล้อมที่ 2	ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอปากช่อง	29 สิงหาคม 2546
สภาพแวดล้อมที่ 3	ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมืองนครราชสีมา	2 เมษายน 2547
สภาพแวดล้อมที่ 4	ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอปากช่อง	26 เมษายน 2547
สภาพแวดล้อมที่ 5	ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมืองนครราชสีมา	5 ตุลาคม 2547
สภาพแวดล้อมที่ 6	ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอปากช่อง	16 กันยายน 2547
สภาพแวดล้อมที่ 7	ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมืองนครราชสีมา	22 มกราคม 2548

4) **บันทึกความสม่ำเสมอของพันธุ์** โดยการให้คะแนน 1-5 ที่ระยะ R5 ซึ่งดูจากความสม่ำเสมอของความสูง และการออกดอก, 1 หมายถึง ลักษณะของทานตะวันที่มีความสูงและการออกดอกไม่สม่ำเสมอมาก, 5 หมายถึง ลักษณะของทานตะวันที่มีความสูงและการออกดอกสม่ำเสมอมาก

5) **บันทึกความแข็งแรงของคอดอก** โดยการให้คะแนน 1-5 ที่ระยะ R5, 1 หมายถึง ลักษณะของคอดอกทานตะวันที่หัก ลีบ ไม่สามารถรับน้ำหนักของดอกได้, 5 หมายถึง ลักษณะของคอดอกทานตะวันที่มีขนาดใหญ่มาก แข็งแรง ต้านทานต่อการหักล้ม

6) **บันทึกความอ่อนแอต่อโรค** โดยการให้คะแนน 1-5 ที่ระยะ R5, 1 หมายถึง ทานตะวันมีการเข้าทำลายของโรคน้อย, 5 หมายถึง ทานตะวันมีการเข้าทำลายของโรคมาก

7) **ผลผลิต** โดยเก็บเกี่ยวดอกทานตะวัน 2 แถวกลาง ก่อนเก็บเกี่ยวตัดต้นหัวแถวและท้ายแถวออกจากแถวทุกแถว จากนั้นคำนวณพื้นที่เก็บเกี่ยว โดยใช้ตลับเมตรวัดความยาวแถว จากต้นแรกที่เก็บเกี่ยวจนถึงต้นสุดท้าย ทั้ง 2 แถว แล้วบวกความยาวเพิ่มอีก 25 เซนติเมตร สำหรับความกว้างใช้ 75 เซนติเมตร ตากดอกให้แห้ง ทำการนวด วัดความชื้น แล้วปรับความชื้นเป็น 12 เปอร์เซ็นต์

และชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณผลผลิต หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อไร่

$$\text{ผลผลิต (กก./ไร่)} = \frac{\text{ผลผลิตต่อแปลง (กรัม)}}{} \times \frac{1{,}600 \text{ ม}^2}{\text{พื้นที่เก็บเกี่ยว (ม}^2\text{)}} \times \frac{100 - X}{100 - 12}$$

โดยที่ X = ความชื้นของเมล็ดก่อนชั่งน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)

3.3.7 วิธีการทางสถิติ

1) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยการวิเคราะห์แบบ RCBD และวิธีการวิเคราะห์ร่วม (combined analysis) การทดลองมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2545) โดยมีสภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยสุ่ม และพันธุ์เป็นปัจจัยคงที่ ดังนี้

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีแผนการทดลองแบบ RCBD

$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ji}$

เมื่อให้ i = 1, 2,……., t (t = จำนวนทรีตเมนต์)

j = 1, 2,……., n (n= จำนวนซ้ำ)

Y_{ij} = ค่าสังเกตที่ได้จากสิ่งทดลอง i ในซ้ำ j

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง

α = ผลของทรีตเมนต์

β = ผลของซ้ำ

ε = ความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง

และทำการวิเคราะห์ร่วม (combined analysis) โดยมีแบบจำลองการทดลองทางคณิตศาสตร์แผนการทดลองแบบสำหรับการวิเคราะห์ร่วม (ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2545)

$Y_{ijk} = \mu + E_k + B_j + T_i + (ET)_j + \varepsilon_{ij}$

เมื่อให้ i = 1, 2,……., t (t = จำนวนทรีตเมนต์)

j = 1, 2,……., n (n= จำนวนซ้ำ)

k = 1, 2,……., e (n= จำนวนสภาพแวดล้อม)

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง

E = ผลของสภาพแวดล้อม

B = ผลของซ้ำ/ภายในสภาพแวดล้อม

T = ผลของทรีตเมนต์

(ET) = ปฏิกิริยาระหว่างสภาพแวดล้อมกับทรีตเมนต์

ε = ความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง

2) วิเคราะห์ความเสถียรโดยใช้วิธีของ Francis และ Kannenberg (1978) โดยการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของความปรวนแปร (CV)

$$CV_i = S_i / \overline{X}_i \times 100$$

เมื่อให้ i = 1, 2,……., t (t = จำนวนพันธุ์)

CV_i = ค่าสัมประสิทธิ์ของความปรวนแปรของพันธุ์ที่ i

$\overline{X}_i$ = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์ที่ i

และ $S^2_i = \sum (X_{ij} - \overline{X}_{i.}) / (n-1)$

j = 1, 2,……., n (n= จำนวนสภาพแวดล้อม)

X_{ij} = ค่าสังเกตของพันธุ์ที่ i ในสภาพแวดล้อมที่ j

$\overline{X}_{i.}$ = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์ที่ j ในทุกสภาพแวดล้อม

การวิเคราะห์ความเสถียรตามวิธีของ Francis และ Kannenberg (1978) ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของความปรวนแปร พิจารณาร่วมกับค่าเฉลี่ยของลักษณะที่ทำการศึกษาเป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ให้ค่าเฉลี่ยสูง และมีความปรวนแปรต่ำ, กลุ่มที่ 2 ให้ค่าเฉลี่ยสูง และมีความปรวนแปรสูง, กลุ่มที่ 3 ให้ค่าเฉลี่ยต่ำ และมีความปรวนแปรต่ำ และกลุ่มที่ 4 ให้ค่าเฉลี่ยต่ำ และมีความปรวนแปรสูง โดยพันธุ์ที่มีความเสถียร คือพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยของลักษณะสูง และมีความปรวนแปรต่ำ

3) วิเคราะห์ความเสถียรโดยวิธีรีเกรสชันเส้นตรงโดยใช้วิธีของ Finlay และ Wilkinson (1963) การหาพันธุ์พืชที่มีความเสถียรวิธีนี้ ได้พิจารณาสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (b_i) และค่าเฉลี่ยผลผลิตพืช เป็นเกณฑ์ตัดสินพันธุ์พืชที่มีความเสถียร การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันมีสมการดังนี้ (พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ และประเสริฐ ฉัตรวชิระวงษ์, 2548)

$$b_i = \frac{Cov (Y_{ij} . \overline{Y}_{.j})}{Var (\overline{Y}_{.j})}$$

$$= \frac{n\sum_j Y_{ij}.\overline{Y}_{.j} - \sum_j Y_{ij}\sum_j \overline{Y}_{.j}}{n\sum_j \overline{Y}^2_{.j} - (\sum_j \overline{Y}_{.j})^2}$$

เมื่อให้ i = 1, 2,……., t (t = จำนวนทรีตเมนต์)

j = 1, 2,……., n (n= จำนวนซ้ำ)

Y_{ij} = ค่าสังเกตของพันธุ์ที่ i สภาพแวดล้อมที่ j

$\overline{Y}_j$ = ค่าเฉลี่ยของทุกพันธุ์ ในสภาพแวดล้อมที่ j

b_i = สัมประสิทธิ์รีเกรชชันเส้นตรงของพันธุ์ที่ i

4) วิเคราะห์ความเสถียรโดยวิธีรีเกรสชันเส้นตรงโดยใช้วิธีของ Eberhart และ Russell (1966) ทำได้โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนกับสัมประสิทธิ์รีเกรสชันผลผลิตของพืชแต่ละพันธุ์บนดัชนีสภาพแวดล้อม สามารถแสดงให้อยู่ในโมเดลทางสถิติ ได้ดังนี้ (พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ และประเสริฐ ฉัตรวชิระวงษ์, 2548)

$$Y_{ij} = \mu + b_i I_j + d_{ij}$$

เมื่อให้

i = 1, 2,……., t (t = จำนวนทรีตเมนต์)

j = 1, 2,……., n (n= จำนวนซ้ำ)

Y_{ij} = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์ที่ i สภาพแวดล้อม j

b_i = ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันเส้นตรงของพันธุ์ที่ i เมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป

d_{ij} = ค่าเบี่ยงเบนเนื่องจากสัมประสิทธิ์รีเกรสชันเส้นตรงของพันธุ์ที่ i ในสภาพแวดล้อมที่ j

I_j = ดัชนีสภาพแวดล้อมที่ j

ดัชนีสภาพแวดล้อม คำนวณได้จากค่าเฉลี่ยในลักษณะนั้นของพันธุ์พืชทุกพันธุ์ในสภาพแวดล้อม j ลบด้วยค่าเฉลี่ยของการทดลอง (หรือค่าเฉลี่ยของพันธุ์พืชทุกพันธุ์ในทุกสภาพแวดล้อม) แสดงเป็นสูตรได้ดังนี้

$$I_j = (1/g)\Sigma_i Y_{ij} - (1/ge)\Sigma_i\Sigma_j Y_{ij} \text{ ; โดยที่ } \Sigma_j I_j = 0$$

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (b_i) ตามวิธีการนี้ จะเห็นได้ว่า มีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมปะปนอยู่กับปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม มีสูตรคำนวณ ดังนี้

$$b_i = \Sigma_j Y_{ij} I_j / \Sigma_j I^2_j$$

สำหรับพารามิเตอร์อีก 1 ตัว ที่ใช้เป็นตัวพิจารณาความเสถียรของพันธุ์พืชคือ ส่วนเบี่ยงเบนจากรีเกรสชันส้นตรง (S^2_{di}) ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$(S^2_{di}) = [1/(e-2)] \sum_j \hat{\delta}^2_{ij} - S^2_e/r$$

เมื่อให้

S^2_e/r = ค่าประเมินของความคลาดเคลื่อนรวม (pooled error)

$$\sum_j \hat{\delta}^2_{ij} = \Sigma_j Y^2_{ij} - (Y_{i.})^2/ge - (\Sigma_j Y_{ij} I_j)^2/\Sigma_j I^2_j$$

$$= \Sigma_j Y^2_{ij} - (Y_{i.})^2/ge - b_i \Sigma_j Y_{ij} I_j$$

3.4 ผลการทดลองและวิจารณ์

3.4.1 การวิเคราะห์ความปรวนแปร และค่าเฉลี่ยการทดลอง

3.4.1.1 การวิเคราะห์ความปรวนแปร

ผลการวิเคราะห์ความปรวนแปรและค่าเฉลี่ยของแต่ละสภาพแวดล้อมแสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1-7 ผลการวิเคราะห์ความปรวนแปรทุกสภาพแวดล้อมร่วมกัน (combined analysis) ของลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ผลผลิต ความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรคและความแข็งแรงของคอดอกของทานตะวันที่ปลูกใน 7 สภาพแวดล้อมแสดงไว้ในตารางที่ 3.3 จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่า สภาพแวดล้อมอันเป็นผลของวันปลูก ปีที่ปลูก และสถานที่ปลูก ทำให้ผลผลิตและลักษณะอื่น ๆ ของทานตะวันโดยรวม ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) แทบทุกลักษณะ ยกเว้นลักษณะความแข็งแรงของคอดอก ซึ่งแตกต่างในระดับนัยสำคัญ ($P<0.05$) อันแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของความปรวนแปรของสภาพแวดล้อม (Gross and Hanzel, 1991; Vega et al., 2001)

ผลการวิเคราะห์ความปรวนแปรเนื่องจากพันธุ์ปรากฏว่าพันธุ์ที่เปรียบเทียบให้ลักษณะผลผลิตและลักษณะอื่น ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ทุกลักษณะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแสดงให้เห็นว่าพันธุ์ทานตะวันมีศักยภาพในการให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน นอกจากนั้นยังพบว่ามีปฏิกิริยาระหว่างผลผลิตและลักษณะต่าง ๆ กับสภาพแวดล้อมในระดับนัยสำคัญยิ่ง และนัยสำคัญ ($P<0.01$ และ $P<0.05$) ทุกลักษณะยกเว้นการเกิดโรค

เมื่อแยกอิทธิพลของความปรวนแปรเนื่องจากพันธุ์ออกเป็นส่วนย่อย คือความปรวนแปรระหว่างพันธุ์สังเคราะห์กับลูกผสม ระหว่างพันธุ์สังเคราะห์ด้วยกัน และระหว่างพันธุ์ลูกผสมด้วยกันปรากฏว่า พันธุ์สังเคราะห์และพันธุ์ลูกผสมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในแทบทุกลักษณะ ยกเว้นขนาดเมล็ดที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และความปรวนแปรระหว่างพันธุ์สังเคราะห์ด้วยกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทุกลักษณะ ส่วนในความปรวนแปรระหว่างพันธุ์ลูกผสมด้วยกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$)ในลักษณะผลผลิต ความสูง ความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของคอดอก แต่ไม่มีความแตกต่างกันในลักษณะขนาดดอก และน้ำหนักเมล็ด

สำหรับการแยกอิทธิพลของความปรวนแปรเนื่องจากปฏิกิริยาของพันธุ์กับสภาพแวดล้อมออกเป็น ความปรวนแปรจากปฏิกิริยาของพันธุ์สังเคราะห์กับสภาพแวดล้อม ความปรวนแปรจากปฏิกิริยาของพันธุ์ลูกผสมกับสภาพแวดล้อม และความปรวนแปรจากปฏิกิริยาระหว่างพันธุ์สังเคราะห์และพันธุ์ลูกผสมกับสภาพแวดล้อม พบว่า ปฏิกิริยาของพันธุ์สังเคราะห์กับสภาพแวดล้อม มีความแตกต่างในทางสถิติในระดับนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$)ในทุกลักษณะ ส่วนปฏิกิริยาของพันธุ์ลูกผสมกับสภาพแวดล้อมไม่พบความแตกต่างทางสถิติในลักษณะผลผลิต ขนาด

ตารางที่ 3.3 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ร่วม (combined analysis) ของลักษณะผลผลิต ความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของคอดอกของทานตะวัน 12 พันธุ์ ภายใต้ 7 สภาพแวดล้อม

Sources	df	MS						
		ผลผลิต	ความสูง	ขนาดดอก	ขนาดเมล็ด	ความสม่ำเสมอ	โรค	คอดอก
Environments(E)	6	536,134**	15,757**	74.86**	78.16**	3.08**	24.20**	2.07*
Rep./Env.	21	21,729	476	4.08	1.70	0.31	0.76	0.66
Genotypes(G)	11	33,407**	2,101**	8.87**	1.93**	4.74**	3.89**	4.67**
Synthetics(S)	9	11,180**	960**	5.50**	2.35**	0.62**	2.79**	5.11**
Hybrids(H)	1	61,121**	4,719**	0.13ns	0.43ns	3.25**	2.79**	1.14**
S vs. H	1	205,739**	9,755**	47.92**	0.10ns	43.28**	14.86**	4.25**
G x E	66	8,499**	282**	1.60*	0.67**	0.40**	0.24	0.26*
S x E	54	8,790**	251**	1.77**	0.64**	0.37**	0.17ns	0.25*
H x E	6	4,435ns	534**	1.05ns	1.06**	0.12ns	0.52**	0.11ns
S vs. H x E	6	9,941**	311**	0.67ns	0.52ns	0.90**	0.53**	0.49**
Pooled error	231	3,289	79	1.07	0.29	0.13	0.24	0.15
Total	335							

*,** แตกต่างในทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.4 ค่าเฉลี่ยลักษณะผลผลิต ความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของคอดอก ของทานตะวัน 12 พันธุ์ภายใต้ 7 สภาพแวดล้อม

พันธุ์	ค่าเฉลี่ย						
	ผลผลิต	ความสูง	ขนาดดอก	ขนาดเมล็ด	ความสม่ำเสมอ	โรค	คอดอก
	(กก./ไร่)	(ซม.)	(ซม.)	(กรัม/100 เมล็ด)	(คะแนน)	(คะแนน)	(คะแนน)
1. HOC	339bcde	173cd	15.93ab	5.47bc	3.44c	2.63d	3.84cd
2. HOO	344bcde	166e	15.47bcd	5.53b	3.14d	2.64d	3.55ef
3. MOC	312e	168de	15.41bcd	5.21bcd	3.48c	2.98bc	3.55ef
4. MOO	330cde	167e	15.11de	5.22bcd	3.59c	2.75cd	3.50f
5. LOC	372b	174cd	15.83abc	5.33bc	3.49c	2.50d	4.39a
6. LOO	351bcd	176bc	15.87ab	5.33bc	3.46c	2.61d	4.18b
7. Diallel 1	324de	170de	15.25cd	5.15cd	3.61c	3.05b	3.43fg
8. สุรนารี 471	333cde	167e	14.91de	4.99de	3.39c	3.20b	3.18h
9. สุรนารี 473	312e	159f	14.59e	4.85e	3.20d	3.46a	3.07h
10. เชียงใหม่ 1	362bc	180b	15.06de	5.88a	3.41c	3.13b	3.25gh
11. ไพโอเนียร์	438a	194a	16.40a	5.28bcd	4.63a	2.11e	4.04b
12. แปซิฟิก 44	371b	175bc	16.31a	5.22bcd	4.14b	2.55d	3.75de

ดอก ความสม่ำเสมอของพันธุ์ และความแข็งแรงของคอดอก แต่ปฏิกิริยาระหว่างพันธุ์สังเคราะห์และพันธุ์ลูกผสมกับสภาพแวดล้อม มีความแตกต่างในระดับนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) แทบทุกลักษณะยกเว้นลักษณะขนาดดอกและน้ำหนักเมล็ด

3.4.1.2 ค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ

ค่าเฉลี่ยของผลผลิตและลักษณะต่าง ๆ ของทานตะวันแสดงไว้ในตารางที่ 3.4 พันธุ์ไพโอเนียร์ ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสมให้ผลผลิตเฉลี่ยจากทุกสภาพแวดล้อม 438 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ LOC ให้ผลผลิต 372 กิโลกรัมต่อ ไร่ และพันธุ์แปซิฟิก 44 ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสมให้ผลผลิต 371 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อยกเว้นพันธุ์ไพโอเนียร์แล้ว พันธุ์อื่น ๆ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งพันธุ์แปซิฟิก 44 ให้ผลผลิตอยู่ในระดับเดียวกับพันธุ์สังเคราะห์ (จุฑามาศ เพียซ้าย และคณะ, 2550)

ค่าเฉลี่ยของลักษณะอื่น ๆ มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 3.4) พันธุ์ไพโอเนียร์ให้ลำต้นสูงสุด คือ 194 เซนติเมตร รองลงมาคือพันธุ์เชียงใหม่ 1 ซึ่งสูง 180 เซนติเมตร พันธุ์นอกจากนั้นมีลำต้นค่อนข้างเตี้ยในระดับ 159-176 เซนติเมตร เมื่อพิจารณาขนาดของดอกเมื่อสุกแก่ พบว่าพันธุ์พันธุ์ลูกผสมและพันธุ์สังเคราะห์ 3 พันธุ์ให้ขนาดดอกโตกว่าพันธุ์อื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ส่วนขนาดเมล็ดพบว่าพันธุ์เชียงใหม่ 1 มีขนาดเมล็ดโตกว่าพันธุ์อื่น ๆ พันธุ์สุรนารี 473 มีขนาดเมล็ดเล็กที่สุด คือ 4.85 กรัมต่อ 100 เมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์หมายถึงความสม่ำเสมอของความสูงและการออกดอก ปรากฏว่าพันธุ์ไพโอเนียร์ให้ความสม่ำเสมอสูงที่สุด (4.63) รองลงมา คือพันธุ์แปซิฟิก 44 ซึ่งเป็นธรรมชาติของลูกผสม ส่วนพันธุ์สังเคราะห์ขาดความสม่ำเสมอทั้งสองลักษณะ ทานตะวันแทบทุกพันธุ์มีอัตราการเกิดโรคใกล้เคียงกัน พันธุ์ที่มีอัตราการเกิดโรคสูงสุด คือ สุรนารี 473 ซึ่งให้อัตราการเกิดโรค 3.46 ในด้านความแข็งแรงของคอดอกพบว่าพันธุ์ LOC ให้ความแข็งแรงสูงสุด คือให้คะแนน 4.39

3.4.1.3 การปรับตัวแต่ละสภาพแวดล้อม

ค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ในแต่ละสภาพแวดล้อมได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.5 จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของผลผลิต ความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ และความอ่อนแอต่อโรค มีความแตกต่างกันมากในแต่ละสภาพแวดล้อม คือผลผลิตมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 217 ถึง 497 กิโลกรัมต่อไร่ ความสูง มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 143 ถึง 190 เซนติเมตร ขนาดดอก มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 13.40 ถึง 16.57 เซนติเมตร ขนาดเมล็ด มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.35 ถึง 6.76 กรัมต่อ 100 เมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ มีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 3.17 ถึง 4.14 และคะแนนความอ่อนแอต่อโรค มีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 1.81 ถึง 3.38 ส่วนในลักษณะความแข็งแรงของคอดอก มีความแตกต่างกันน้อยกว่าในลักษณะอื่น คือมีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 3.29 ถึง 3.88

3.4.2 การวิเคราะห์ความเสถียรของทานตะวัน

3.4.2.1 การวิเคราะห์ความเสถียรของทานตะวันตามวิธีของ Francis และ Kennenberg (1978)

ผลผลิต

จากค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปร และค่าเฉลี่ยของผลผลิต และลักษณะต่าง ๆ ที่ทำการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 3.5 โดยพบว่า ค่าเฉลี่ยของผลผลิตของแต่ละพันธุ์ในทุกสภาพแวดล้อมมีค่าตั้งแต่ 312 ถึง 438 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งพันธุ์ไพโอเนียร์ให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตมากที่สุด และพันธุ์ MOC และพันธุ์สุรนารี 473 มีค่าเฉลี่ยผลผลิตน้อยที่สุด ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรมีค่าตั้งแต่ 20.80 ถึง 38.93 พันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรมากที่สุด คือ พันธุ์สุรนารี 473 และพันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรน้อยที่สุด คือ พันธุ์ MOC เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรร่วมกับค่าเฉลี่ยผลผลิต พันธุ์ที่มีความเสถียรของผลผลิต คือ พันธุ์แปซิฟิก 44 โดยมีค่าเฉลี่ยผลผลิต เท่ากับ 371 กิโลกรัมต่อไร่ และค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรเท่ากับ 27.36 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยผลผลิตสูง และค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรต่ำ

พันธุ์ไพโอเนียร์แม้ว่าจะมีค่าเฉลี่ยผลผลิตสูงที่สุด แต่มีค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรสูง ในขณะที่พันธุ์ MOC ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรต่ำที่สุด แต่ก็มีค่าเฉลี่ยผลผลิตต่ำที่สุด ส่วนพันธุ์สุรนารี 473 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยผลผลิตต่ำ และค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรสูง จัดว่าเป็นพันธุ์ที่ไม่มีความเสถียรในลักษณะผลผลิต

ความสูง

ค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรของความสูงในแต่ละพันธุ์ในทุกสภาพแวดล้อมมีค่าตั้งแต่ 7.41 ถึง 13.99 (ตารางที่ 3.5) โดยพันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรต่ำที่สุด คือ พันธุ์ไพโอเนียร์ และพันธุ์ที่สัมประสิทธิ์ความปรวนแปรสูงที่สุด คือ พันธุ์แปซิฟิก 44 ส่วนพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยความสูงมากที่สุด เท่ากับ 194 เซนติเมตร คือ พันธุ์ไพโอเนียร์ และพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยความสูงน้อยที่สุด เท่ากับ 159 เซนติเมตร คือ พันธุ์สุรนารี 473 ดังนั้นพันธุ์ที่มีความเสถียรในลักษณะความสูง คือ พันธุ์ไพโอเนียร์

ขนาดดอก

จากค่าเฉลี่ยขนาดดอกในแต่ละสภาพแวดล้อม และค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปร (ตารางที่ 3.5) ปรากฏว่า พันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยขนาดดอกมากที่สุด คือ พันธุ์ไพโอเนียร์ เท่ากับ 16.40 เซนติเมตร ส่วนพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยขนาดดอกน้อยที่สุด คือ พันธุ์สุรนารี 473 เท่ากับ 14.59 เซนติเมตร สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรมีค่าตั้งแต่ 7.62 ถึง 11.15 ซึ่งพันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรต่ำที่สุด คือ พันธุ์ไพโอเนียร์ และพันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรสูงที่สุด คือ พันธุ์ HOC ดังนั้นพันธุ์ที่มีความเสถียรในลักษณะนี้ คือ พันธุ์ไพโอเนียร์

ขนาดเมล็ด

จากค่าเฉลี่ยขนาดเมล็ดของพันธุ์ทานตะวันในแต่ละสภาพแวดล้อม และค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปร (ตารางที่ 3.5) พบว่า พันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยขนาดเมล็ดมากที่สุด คือ พันธุ์เชียงใหม่ 1 เท่ากับ 5.88 กรัมต่อ 100 เมล็ด ส่วนพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยขนาดเมล็ดน้อยที่สุด คือ พันธุ์ Diallel 1 เท่ากับ 5.15 กรัมต่อ 100 เมล็ด และสำหรับค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปร พบว่า พันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรมากที่สุด คือ พันธุ์สุรนารี 473 เท่ากับ 28.99 ส่วนพันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรต่ำที่สุด คือ พันธุ์ MOC เท่ากับ 20.43 เมื่อพิจารณาทั้งสองค่าร่วมกัน พันธุ์ที่มีความเสถียร คือ พันธุ์ MOC ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรต่ำ และค่าเฉลี่ยขนาดเมล็ดใกล้เคียงกับพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยขนาดเมล็ดมากที่สุด

จากการที่ค่าเฉลี่ย และค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรของลักษณะขนาดเมล็ดมีค่าใกล้เคียงกันมากในแต่ละพันธุ์ ดังนั้นการพิจารณาความเสถียรของพันธุ์โดยใช้ลักษณะนี้ในการตัดสินใจจึงทำได้ยาก

ความสม่ำเสมอของพันธุ์

เมื่อพิจารณาความเสถียรของความสม่ำเสมอของพันธุ์ โดยใช้ค่าเฉลี่ยร่วมกับค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปร พบว่าพันธุ์ที่มีความเสถียรของลักษณะนี้ คือ พันธุ์ไพโอเนียร์ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยความสม่ำเสมอของพันธุ์สูงที่สุด เท่ากับ 4.63 และมีค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรต่ำที่สุด คือ 2.21 (ตารางที่ 3.5)

ความอ่อนแอต่อโรค

จากค่าเฉลี่ย และสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรของลักษณะความอ่อนแอต่อการเกิดโรค (ตารางที่ 3.5) พบว่า ค่าเฉลี่ยของพันธุ์ที่มีความอ่อนแอต่อการเกิดโรคต่ำที่สุด คือ พันธุ์ไพโอเนียร์ แต่มีค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรสูงที่สุด คือ 36.48 แสดงว่าพันธุ์ไพโอเนียร์มีการเข้าทำลายของโรคน้อย แต่มีความปรวนแปรไปตามสภาพแวดล้อม ส่วนพันธุ์ที่ค่าเฉลี่ยความอ่อนแอต่อการเกิดโรคมากที่สุด คือ พันธุ์สุรนารี 473 แต่มีค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรต่ำที่สุด แสดงว่าพันธุ์สุรนารี 473 เป็นพันธุ์ที่มีการเข้าทำลายของโรคมากในทุกสภาพแวดล้อม จัดว่าเป็นพันธุ์ที่มีความอ่อนแอต่อการเกิดโรค

เมื่อวิเคราะห์ความเสถียรของพันธุ์โดยใช้ค่าทั้งสองค่า พบว่า พันธุ์ที่มีความเสถียรในลักษณะความอ่อนแอต่อโรค คือ พันธุ์ HOO ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีการเข้าทำลายของโลกอยู่ในระดับปานกลาง และมีค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรต่ำ

ความแข็งแรงของคอดอก

จากการวิเคราะห์ความเสถียรของลักษณะความแข็งแรงของคอดอก โดยใช้ค่าเฉลี่ยและค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปร(ตารางที่ 3.5) พบว่า พันธุ์ที่มีความเสถียร คือ พันธุ์ไพโอเนียร์

ตารางที่ 3.5 ค่าเฉลี่ยและค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปร (CV) ของลักษณะผลผลิตทานตะวัน 12 พันธุ์ ภายใต้ 7 สภาพแวดล้อม

พันธุ์	สภาพแวดล้อม								
	1	2	3	4	5	6	7	เฉลี่ย	CV
	---------- (กก./ไร่) ----------								(%)
1. HOC	345	331	269	229	478	434	288	339	26.41
2. HOO	340	524	224	238	398	405	283	344	31.00
3. MOC	304	322	221	250	390	394	301	312	20.80
4. MOO	416	493	215	227	328	362	269	330	30.95
5. LOC	447	545	259	239	451	407	256	372	32.35
6. LOO	395	519	221	201	466	391	262	351	35.35
7. Diallel 1	313	516	162	204	403	413	260	324	38.96
8. สุรนารี 471	362	514	170	206	378	416	285	333	36.25
9. สุรนารี 473	286	464	155	211	409	430	229	312	38.93
10. เชียงใหม่ 1	457	507	172	250	489	417	239	362	37.94
11. ไพโอเนียร์	499	670	266	312	509	458	349	438	31.82
12. แปซิฟิก 44	369	563	269	289	418	394	298	371	27.36
เฉลี่ย	378	497	217	238	426	410	277	349	

ตารางที่ 3.5 (ต่อ) ค่าเฉลี่ยและค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปร (CV) ของลักษณะความสูงทานตะวัน 12 พันธุ์ ภายใต้ 7 สภาพแวดล้อม

พันธุ์	สภาพแวดล้อม								
	1	2	3	4	5	6	7	เฉลี่ย	CV
	---------- (ซม.) ----------								(%)
1. HOC	150	170	164	190	201	192	142	173	13.02
2. HOO	150	163	166	185	180	177	139	166	10.12
3. MOC	156	188	163	173	184	188	129	168	12.78
4. MOO	153	184	161	178	174	189	132	167	11.88
5. LOC	147	190	171	178	200	185	143	174	12.35
6. LOO	146	190	168	193	200	188	144	176	13.15
7. Diallel 1	149	182	163	193	190	179	134	170	12.97
8. สุรนารี 471	152	191	160	163	183	177	142	167	10.54
9. สุรนารี 473	143	185	157	152	166	172	139	159	10.22
10. เชียงใหม่ 1	165	201	171	181	194	187	162	180	8.07
11. ไพโอเนียร์	181	210	174	205	205	199	181	194	7.41
12. แปซิฟิก 44	168	198	167	188	200	177	128	175	13.99
เฉลี่ย	155	188	165	182	190	184	143	172	

ตารางที่ 3.5 (ต่อ) ค่าเฉลี่ยและค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปร (CV) ของลักษณะขนาดดอกทานตะวัน 12 พันธุ์ ภายใต้ 7 สภาพแวดล้อม

พันธุ์	สภาพแวดล้อม								
	1	2	3	4	5	6	7	เฉลี่ย	CV
	---------- (ซม.) ----------								(%)
1. HOC	15.15	16.58	14.18	17.78	17.65	16.96	13.22	15.93	11.15
2. HOO	14.99	16.14	13.98	17.26	16.25	16.30	13.35	15.47	9.10
3. MOC	15.13	15.80	15.48	17.44	15.31	15.98	12.76	15.41	9.05
4. MOO	14.74	15.46	14.50	16.60	15.61	16.03	12.81	15.11	8.22
5. LOC	15.10	17.01	15.55	16.95	17.06	15.53	13.59	15.83	8.11
6. LOO	15.24	16.90	15.15	16.05	17.64	16.29	13.80	15.87	7.97
7. Diallel 1	14.73	16.16	13.85	15.70	16.74	16.58	13.01	15.25	9.37
8. สุรนารี 471	14.19	14.72	14.30	14.58	15.76	17.13	13.70	14.91	7.81
9. สุรนารี 473	13.81	14.66	13.25	14.73	16.39	16.60	12.70	14.59	10.19
10. เชียงใหม่ 1	13.78	16.46	12.95	16.28	16.28	16.06	13.61	15.06	10.19
11. ไพโอเนียร์	15.89	17.19	15.80	17.05	17.16	17.68	14.06	16.40	7.62
12. แปซิฟิก 44	15.69	17.37	15.60	18.08	17.03	16.25	14.15	16.31	8.04
เฉลี่ย	14.87	16.20	14.55	16.54	16.57	16.45	13.40	15.51	

ตารางที่ 3.5 (ต่อ) ค่าเฉลี่ยและค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปร (CV) ของลักษณะขนาดเมล็ดทานตะวัน 12 พันธุ์ ภายใต้ 7 สภาพแวดล้อม

พันธุ์	สภาพแวดล้อม								
	1	2	3	4	5	6	7	เฉลี่ย	CV
	---------- (กรัม/100 เมล็ด) ----------								(%)
1. HOC	5.38	6.81	5.73	4.06	7.15	5.58	3.61	5.47	23.77
2. HOO	5.49	6.62	5.49	3.98	7.22	6.15	3.75	5.53	23.35
3. MOC	5.26	6.17	5.44	3.64	6.44	5.63	3.91	5.21	20.43
4. MOO	5.09	7.09	5.40	4.06	5.67	5.78	3.48	5.22	22.68
5. LOC	5.48	7.60	5.60	4.00	5.57	5.84	3.24	5.33	26.20
6. LOO	4.91	6.99	5.04	4.19	7.20	5.92	3.11	5.33	27.72
7. Diallel 1	4.82	6.45	5.19	3.90	6.44	5.84	3.38	5.15	23.32
8. สุรนารี 471	5.03	6.58	4.35	3.35	6.97	5.32	3.32	4.99	28.91
9. สุรนารี 473	4.76	6.02	4.59	3.41	6.97	5.44	2.77	4.85	29.99
10. เชียงใหม่ 1	5.60	7.50	6.01	4.75	7.67	6.72	2.88	5.88	28.60
11. ไพโอเนียร์	5.44	6.47	5.04	4.48	6.80	5.70	3.01	5.28	24.18
12. แปซิฟิก 44	4.87	6.81	6.05	4.02	6.01	5.08	3.73	5.22	21.58
เฉลี่ย	5.18	6.76	5.33	3.99	6.68	5.75	3.35	5.29	

ตารางที่ 3.4 (ต่อ) ค่าเฉลี่ยและค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปร (CV) ของลักษณะความสม่ำเสมอของพันธุ์ทานตะวัน 12 พันธุ์ ภายใต้ 7 สภาพแวดล้อม

พันธุ์	สภาพแวดล้อม								
	1	2	3	4	5	6	7	เฉลี่ย	CV
	---------- (คะแนน) ----------								(%)
1. HOC	2.88	2.50	3.50	3.75	4.03	4.03	3.38	3.44	16.77
2. HOO	2.75	2.25	3.38	3.25	3.63	3.63	3.13	3.14	15.81
3. MOC	3.63	3.25	3.63	3.25	3.88	3.88	2.88	3.48	10.66
4. MOO	3.50	3.25	3.75	3.25	3.88	3.88	3.63	3.59	7.45
5. LOC	2.88	2.25	3.50	4.13	4.13	4.03	3.50	3.49	20.32
6. LOO	3.25	2.50	3.38	3.88	4.13	3.75	3.38	3.46	15.27
7. Diallel 1	3.63	3.50	3.63	3.88	3.75	3.75	3.13	3.61	6.76
8. สุรนารี 471	3.25	3.50	3.63	3.38	3.63	3.63	2.75	3.39	9.38
9. สุรนารี 473	3.14	3.00	3.50	2.88	3.25	3.25	3.38	3.20	6.70
10. เชียงใหม่ 1	3.25	3.25	3.50	3.38	3.63	3.63	3.25	3.41	5.06
11. ไพโอเนียร์	4.50	4.50	4.75	4.75	4.63	4.63	4.63	4.63	2.21
12. แปซิฟิก 44	4.38	4.25	4.13	4.38	3.88	3.88	4.13	4.14	5.06
เฉลี่ย	3.42	3.17	3.69	3.68	3.87	3.83	3.43	4.14	

ตารางที่ 3.5 (ต่อ) ค่าเฉลี่ยและค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปร (CV) ของลักษณะความอ่อนแอต่อโรคของทานตะวัน 12 พันธุ์ ภายใต้ 7 สภาพแวดล้อม

พันธุ์	สภาพแวดล้อม								
	1	2	3	4	5	6	7	เฉลี่ย	CV
	---------- (คะแนน) ----------								(%)
1. HOC	2.88	3.00	2.75	3.38	1.88	1.75	2.75	2.63	22.67
2. HOO	2.88	2.88	2.75	3.25	1.88	1.88	3.00	2.64	20.69
3. MOC	3.50	3.25	3.13	3.63	2.13	2.00	3.25	2.98	21.84
4. MOO	3.25	3.13	2.38	3.38	1.75	1.75	3.63	2.75	28.51
5. LOC	2.88	3.38	2.38	3.25	1.38	1.38	2.88	2.50	33.29
6. LOO	3.13	3.50	2.38	3.38	1.50	1.50	2.88	2.61	32.21
7. Diallel 1	3.38	3.63	3.13	3.63	2.13	2.13	3.38	3.05	21.51
8. สุรนารี 471	3.63	3.63	3.50	4.13	1.88	1.88	3.75	3.20	28.90
9. สุรนารี 473	4.00	4.00	3.50	4.13	2.50	2.50	3.63	3.46	20.06
10. เชียงใหม่ 1	3.25	3.63	3.13	4.25	2.25	2.25	3.13	3.13	22.86
11. ไพโอเนียร์	2.88	3.25	1.50	2.50	1.38	1.38	1.88	2.11	36.48
12. แปซิฟิก 44	3.13	3.25	2.38	3.25	1.38	1.38	3.13	2.55	33.66
เฉลี่ย	3.23	3.38	2.74	3.51	1.83	1.81	3.10	2.80	

ตารางที่ 3.5 (ต่อ) ค่าเฉลี่ยและค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปร (CV) ของลักษณะความแข็งแรงของคอดอกทานตะวัน 12 พันธุ์ ภายใต้ 7 สภาพแวดล้อม

พันธุ์	สภาพแวดล้อม								
	1	2	3	4	5	6	7	เฉลี่ย	CV
	---------- (คะแนน) ----------								(%)
1. HOC	3.38	4.00	3.88	3.63	4.00	4.00	4.00	3.84	6.43
2. HOO	3.38	3.75	3.75	3.50	3.63	3.63	3.25	3.55	5.32
3. MOC	3.63	4.13	3.75	3.25	3.75	3.63	2.75	3.55	12.33
4. MOO	3.38	4.00	3.88	3.38	3.63	3.63	2.63	3.50	12.88
5. LOC	4.50	4.75	4.50	4.13	4.56	4.56	3.75	4.39	7.74
6. LOO	4.50	4.25	4.25	3.88	4.38	4.38	3.63	4.18	7.50
7. Diallel 1	3.25	3.25	3.63	3.25	3.88	3.88	2.88	3.43	10.91
8. สุรนารี 471	3.38	2.75	3.50	3.13	3.38	3.38	2.75	3.18	9.86
9. สุรนารี 473	3.25	2.50	3.50	2.88	3.25	3.25	2.88	3.07	10.99
10. เชียงใหม่ 1	3.13	3.00	3.50	3.25	3.38	3.25	3.25	3.25	4.97
11. ไพโอเนียร์	4.13	3.50	4.25	4.00	4.13	4.03	4.25	4.04	6.36
12. แปซิฟิก 44	3.75	3.38	4.13	3.63	4.03	3.88	3.50	3.75	7.30
เฉลี่ย	3.64	3.60	3.88	3.49	3.83	3.79	3.29	3.65	

LOC และ LOO ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของคอดอกสูง เท่ากับ 4.04, 4.39 และ 4.18 ตามลำดับ และมีค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรต่ำ เท่ากับ 6.36, 7.74 และ 7.50 ตามลำดับ

การวิเคราะห์ความเสถียรของทานตะวันในลักษณะต่าง ๆ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ และค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปร ตามวิธีการของ Francis และ Kennenberg (1978) เป็นวิธีการที่ให้ผลไม่ชัดเจน เนื่องจากค่าเฉลี่ย และค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรในบางลักษณะของแต่ละพันธุ์มีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในลักษณะผลผลิต และขนาดเมล็ด ซึ่งเป็นลักษณะที่มีความสำคัญในการวิเคราะห์ความเสถียรของพันธุ์ และจากการวิเคราะห์ความเสถียรของลักษณะต่าง ๆ โดยส่วนใหญ่แล้ว พันธุ์ไพโอเนียร์เป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรที่สุด แต่ลักษณะที่สำคัญที่สุด คือลักษณะผลผลิตที่มีค่าเฉลี่ยผลผลิตสูง แต่ก็มีค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรสูงด้วยเช่นกัน จึงทำให้คัดเลือกพันธุ์ที่มีความเสถียรได้ยาก (จุฑารัตน์ สอนเนย, 2536; Lin et al., 1986; Rasul et al., 2005) ถึงแม้ว่าพันธุ์ไพโอเนียร์จะมีความเสถียรในลักษณะของความสูงและขนาดดอกซึ่งเป็นลักษณะที่มีความสัมพันธ์กับผลผลิต (Goksoy and Turan, 2007; Kaya et al., 2007) แต่อย่างไรก็พิจารณาความเสถียรของพันธุ์พืชใช้ลักษณะผลผลิตเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ ดังนั้น พันธุ์แปซิฟิก 44 ที่เป็นพันธุ์ลูกผสม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยผลผลิตสูง และมีสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรต่ำเป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรมากที่สุด ในส่วนของพันธุ์สังเคราะห์พันธุ์ LOC เป็นพันธุ์สังเคราะห์ที่มีความเสถียรมากที่สุด โดยจัดอยู่ในกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยผลผลิตสูง และสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรสูง ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความเสถียรรองจากกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยผลผลิตสูง และสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรต่ำ

3.4.2.2 การวิเคราะห์ความเสถียรของทานตะวันตามวิธีของ Finlay และ Wilkinson (1963)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลชุดเดียวกัน ตามวิธีของ Finlay และ Wilkinson (1963) ซึ่งคำนวณค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (b_i) ระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละพันธุ์กับค่าเฉลี่ยของทุกพันธุ์ในสภาพแวดล้อมนั้น ตารางที่ 3.6 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันของพันธุ์ต่าง ๆ สำหรับทุกลักษณะ โดยที่พันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน เท่ากับ 1.00 ถือว่าเป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรสูง และถ้ามีค่าเฉลี่ยของลักษณะที่ต้องการสูง แสดงว่าพันธุ์นั้นสามารถปรับตัวในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี (Lin et al., 1986; Rasul et al., 2005)

ผลผลิต

ในการพิจารณาความเสถียรของพันธุ์นั้น จะพิจารณาพันธุ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันใกล้เคียงหรือเท่ากับ 1.00 และพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง จากค่าเฉลี่ยและสัมประสิทธิ์รีเกรสชันเส้นตรงของผลผลิตทานตะวัน (ตารางที่ 3.6) พันธุ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันใกล้เคียง 1.00 มาก คือ พันธุ์ HOO, LOC และ แปซิฟิก 44 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.984, 1.097 และ 0.907 ตามลำดับ แสดงว่าพันธุ์เหล่านี้มีความสามารถในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดี และพันธุ์

ที่ให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตดีที่สุดคือ พันธุ์ไพโอเนียร์ ที่เป็นพันธุ์ลูกผสม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 438 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่พันธุ์ LOC ซึ่งเป็นพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์แปซิฟิก 44 ที่เป็นพันธุ์ลูกผสม มีค่าเฉลี่ยผลผลิตสูงเช่นกันเท่ากับ 372 และ 371 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาทั้งค่าเฉลี่ยและค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน พบว่าพันธุ์ HOO ซึ่งเป็นพันธุ์สังเคราะห์มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันดีที่สุด แต่มีค่าเฉลี่ยผลผลิตต่ำ คือ 344 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนพันธุ์ไพโอเนียร์มีค่าเฉลี่ยผลผลิตสูงที่สุด แต่มีสัมประสิทธิ์รีเกรสชันเท่ากับ 1.274 ซึ่งมากกว่า 1.00 แสดงว่าทานตะวันพันธุ์ไพโอเนียร์ปรับตัวได้เฉพาะเจาะจงในสภาพแวดล้อมที่ให้ผลผลิตสูง ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยและสัมประสิทธิ์รีเกรสชันของผลผลิตทานตะวัน ดังนั้นพันธุ์ LOC และแปซิฟิก 44 จึงเป็นพันธุ์ที่มีความสามารถในการปรับตัวได้ดีที่สุด

ความสูง

จากค่าเฉลี่ยและสัมประสิทธิ์รีเกรสชันของความสูงทานตะวัน (ตารางที่ 3.6) พันธุ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันใกล้เคียง 1.00 มากคือ พันธุ์ MOO และสุรนารี471 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.039 และ 0.903 ตามลำดับ แสดงว่าพันธุ์เหล่านี้มีความสามารถในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดี และพันธุ์ที่ให้ค่าเฉลี่ยความสูงดีที่สุดคือ พันธุ์ไพโอเนียร์ ที่เป็นพันธุ์ลูกผสม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 194 เซนติเมตร ในขณะที่พันธุ์ เชียงใหม่ 1 ซึ่งเป็นพันธุ์สังเคราะห์ พันธุ์ LOO ที่เป็นพันธุ์สังเคราะห์และพันธุ์แปซิฟิก 44 ที่เป็นพันธุ์ลูกผสม มีค่าเฉลี่ยความสูงเท่ากับ 180, 176 และ 175 เซนติเมตร ตามลำดับ และมีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันเท่ากับ 0.750, 1.241 และ 1.254 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาทั้งค่าเฉลี่ยและสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน พบว่าพันธุ์ MOO ซึ่งเป็นพันธุ์สังเคราะห์มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันดีที่สุด แต่มีค่าเฉลี่ยความสูงต่ำ คือ 167 เซนติเมตร ส่วนพันธุ์ไพโอเนียร์มีค่าเฉลี่ยความสูงดีที่สุด แต่มีสัมประสิทธิ์รีเกรสชันเท่ากับ 0.672 ซึ่งน้อยกว่า 1.00 แสดงว่าพันธุ์ไพโอเนียร์เป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพของลักษณะสูงกว่าเสถียรภาพเฉลี่ย (Rao et al., 2004)

ขนาดดอก

ค่าเฉลี่ยและสัมประสิทธิ์รีเกรสชันของขนาดดอกทานตะวัน ดังแสดงในตารางที่ 3.6 พบว่า พันธุ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันใกล้เคียง 1.00 มากคือ พันธุ์ไพโอเนียร์และพันธุ์แปซิฟิก 44 ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสมมีค่าเท่ากับ 0.972 และ 0.953 ตามลำดับ และพันธุ์ที่ให้ค่าเฉลี่ยขนาดดอกดีที่สุดคือ พันธุ์ไพโอเนียร์ และพันธุ์แปซิฟิก 44 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 16.40 และ 16.31 เซนติเมตร ดังนั้น พันธุ์ไพโอเนียร์ และพันธุ์แปซิฟิก 44 จึง เป็นพันธุ์ที่มีความสามารถในการปรับตัวได้ดีที่สุด

ขนาดเมล็ด

ค่าเฉลี่ยและสัมประสิทธิ์รีเกรสชันของขนาดเมล็ดทานตะวัน (ตารางที่ 3.6) พบว่าพันธุ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันใกล้เคียง 1.00 มากคือ พันธุ์ HOO, ไพโอเนียร์ และ Diallel 1 ซึ่ง

มีค่าเท่ากับ 0.993, 0.968 และ 0.933 ตามลำดับ แสดงว่าพันธุ์เหล่านี้มีความสามารถในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดี และพันธุ์ที่ให้ค่าเฉลี่ยขนาดเมล็ดดีที่สุดคือ พันธุ์เชียงใหม่ 1 ที่เป็นพันธุ์สังเคราะห์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.88 กรัมต่อ 100 เมล็ด ในขณะที่พันธุ์ HOO, HOC, LOO และ LOC ซึ่งเป็นพันธุ์สังเคราะห์ มีค่าเฉลี่ยขนาดเมล็ดสูงเช่นกันเท่ากับ 5.53, 5.47, 5.33 และ 5.33 กรัมต่อ 100 เมล็ด เมื่อพิจารณาทั้งค่าเฉลี่ยและสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน พบว่าพันธุ์ HOO ซึ่งเป็นพันธุ์สังเคราะห์เป็นพันธุ์ที่มีความสามารถในการปรับตัวได้ดีในลักษณะของขนาดเมล็ด

ความสม่ำเสมอของพันธุ์

จากค่าเฉลี่ยและสัมประสิทธิ์รีเกรสชันเส้นตรงของความสม่ำเสมอของพันธุ์ทานตะวัน (ตารางที่ 3.6) พบว่าพันธุ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันใกล้เคียง 1.00 มากคือ พันธุ์ MOC ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.957 แสดงว่าพันธุ์เหล่านี้มีความสามารถในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดี และพันธุ์ที่ให้ค่าเฉลี่ยความสม่ำเสมอดีที่สุดคือ พันธุ์ไพโอเนียร์ และแปซิฟิก 44 ที่เป็นพันธุ์ลูกผสม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.63 และ 4.14 ในขณะที่พันธุ์สังเคราะห์ มีค่าเฉลี่ยความสม่ำเสมอใกล้เคียงกัน

ความอ่อนแอต่อโรค

ค่าเฉลี่ยและสัมประสิทธิ์รีเกรสชันเส้นตรงของความอ่อนแอต่อการเกิดโรคในทานตะวัน (ตารางที่ 3.6) พบว่าพันธุ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันใกล้เคียง 1.00 มากคือ พันธุ์สุรนารี 473 และ MOO ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.971 และ 1.030 ตามลำดับ และพันธุ์ที่ให้ค่าเฉลี่ยความอ่อนแอต่อโรคน้อยที่สุดคือ พันธุ์ไพโอเนียร์ ที่เป็นพันธุ์ลูกผสม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.11 เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยและสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน พบว่าพันธุ์ที่มีความเสถียรในการเกิดโรคได้น้อยที่สุด คือ พันธุ์ไพโอเนียร์ ที่เป็นพันธุ์ลูกผสม

ความแข็งแรงของคอดอก

จากค่าเฉลี่ยและสัมประสิทธิ์รีเกรสชันเส้นตรงของความแข็งแรงของคอดอกของทานตะวัน ดังแสดงในตารางที่ 3.6 พบว่าพันธุ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันใกล้เคียง 1.00 มากคือ พันธุ์แปซิฟิก 44 และ สุรนารี 473 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.074 และ 1.077 ตามลำดับ แสดงว่าพันธุ์เหล่านี้มีความสามารถในการปรับตัวได้กว้างในหลายสภาพแวดล้อมในลักษณะความแข็งแรงของคอดอก และพันธุ์ที่ให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของคอดอกดีที่สุดคือ พันธุ์ LOC ที่เป็นพันธุ์สังเคราะห์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.39 ในขณะที่พันธุ์ LOO และ ไพโอเนียร์ มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของคอดอกสูงเช่นกันเท่ากับ 4.18 และ 4.04 และเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยและสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน พบว่าพันธุ์ที่มีความสามารถในการปรับตัวของลักษณะความแข็งแรงของคอดอก คือ พันธุ์ LOC ซึ่งเป็นพันธุ์สังเคราะห์ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันเท่ากับ 1.288

เมื่อพิจารณาถึงความสามารถในการปรับตัวและผลผลิตแล้ว พันธุ์ที่ควรเลือกไว้เพื่อทดสอบต่อไป คือ พันธุ์ LOC และ LOO ผลผลิตอยู่ในระดับดี ไม่แตกต่างจากพันธุ์แปซิฟิก 44 เพราะพันธุ์เหล่านี้มีความสามารถในการปรับตัวดี ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันเทียบเท่าค่าเฉลี่ย (b_i = 1.00) การใช้พันธุ์เหล่านี้สามารถคาดหมายถึงการเพิ่มของผลผลิตในสภาวะต่าง ๆ ได้แม่นยำ (Goksoy et al., 2002) ส่วนพันธุ์เชียงใหม่ 1 และไพโอเนียร์เป็นพันธุ์ที่ปรับตัวไม่ดี ในสภาพแวดล้อมไม่ดีให้ผลผลิตต่ำมาก และในสภาพแวดล้อมที่ดีให้ผลผลิตเพิ่มสูงได้รวดเร็ว พันธุ์อื่น ๆ เช่น HOO, HOC และ MOO เป็นพันธุ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันต่ำ แสดงว่าพันธุ์พวกนี้ปรับตัวได้ดี เรียกว่าเป็นพวกที่มีความเสถียรสูงกว่าค่าเฉลี่ย คือในสภาพแวดล้อมไม่ดี ผลผลิตจะสูงกว่าค่าเฉลี่ย แต่ถ้าสภาพแวดล้อมดีผลผลิตจะต่ำกว่าค่าเฉลี่ย

ในการปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อให้มีทางเลือก ควรเลือกพันธุ์ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม ดังนั้นควรมีพันธุ์ไว้ปลูกสำหรับแต่ละสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะ ในสภาพแวดล้อมไม่ดี ควรเลือกใช้พันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันต่ำ (b_i<1.0) แต่ในสภาพแวดล้อมที่ดีควรเลือกพันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันสูง (b_i >1.0)

เมื่อพิจารณาจากเส้นรีเกรสชันของผลผลิต (รูปที่ 3.1) เห็นได้ว่า พันธุ์ไพโอเนียร์มีความดีเด่นกว่าพันธุ์อื่น ให้ผลผลิตสูงในสภาพแวดล้อมที่ดี ในสภาพแวดล้อมที่ไม่ดีให้ผลผลิตต่ำกว่าค่าเฉลี่ย การที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน มากกว่า 1.0 แสดงให้เห็นว่าพันธุ์นี้ได้รับการพัฒนาในสภาพแวดล้อมที่ดี จึงไม่สามารถปรับตัวในสภาพแวดล้อมที่ไม่ดี พันธุ์ HOC และ MOO เป็นพันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันน้อยกว่า 1.0 ทั้งสองพันธุ์นี้ให้ผลผลิตสูงกว่าค่าเฉลี่ยในสภาพแวดล้อมต่ำ แต่ให้ผลผลิตต่ำในสภาพแวดล้อมที่ดี ในการทดลองนี้ในทุกการทดลองได้ใช้ปัจจัยการผลิตเพียงพอ มีการกำจัดวัชพืช แต่พันธุ์ทานตะวันยังให้ผลผลิตต่ำ ในสภาพการปลูกที่เป็นจริงของเกษตรกร ยังมีสภาพแวดล้อมต่ำกว่านี้ ชี้ให้เห็นว่าการใช้พันธุ์ที่ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันต่ำกว่า 1.0 แต่ให้ผลผลิตในสภาพแวดล้อมไม่ดีสูงกว่าค่าเฉลี่ยผลผลิตในแต่ละสภาพแวดล้อมน่าจะเหมาะสม ทั้งนี้เพราะมีแนวโน้มที่จะแสดงให้เห็นว่าในสภาพแวดล้อมที่ต่ำลงไปกว่านี้ผลผลิตของพันธุ์ไพโอเนียร์จะต่ำกว่าพันธุ์สังเคราะห์บางพันธุ์ ซึ่งอาจเกิดขึ้นจริงในแปลงเกษตรกร

รูปที่ 3.2-3.7 แสดงการปรับตัวของลักษณะความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของคอดอก พบว่าในลักษณะความสูงนั้นในสภาพแวดล้อมที่ไม่ดี พันธุ์แปซิฟิก 44 ให้ลำต้นเตี้ยกว่าค่าเฉลี่ย แต่ในสภาพแวดล้อมที่ดีความสูงของต้นใกล้เคียงกับพันธุ์ไพโอเนียร์ (รูปที่ 3.2) พันธุ์ที่มีขนาดของดอกค่อนข้างคงที่มากที่สุด คือพันธุ์สุรนารี 471 (b_i = 0.651) ส่วนพันธุ์ที่สนองตอบต่อสภาพแวดล้อมสูง คือพันธุ์ HOC (b_i = 1.391) ดังแสดงในรูปที่ 3.3 และจากรูปที่ 3.4 ซึ่งแสดงการปรับตัวของลักษณะขนาดเมล็ด พบว่าทุกพันธุ์มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันของขนาดเมล็ดใกล้เคียง 1.00 พันธุ์ที่มีค่าใกล้เคียง 1.00 มากที่สุด

คือ HOC (b_i = 1.005), HOO (b_i = 0.993) และ LOC (b_i = 0.992) ส่วนรูปที่ 3.5 แสดงพันธุ์ที่มีความสม่ำเสมอของพันธุ์ดีที่สุด คือ พันธุ์ MOC (b_i = 0.957) พันธุ์ที่มีความสามารถในการปรับตัวในการเกิดโรคต่ำที่สุดต่ำ คือ พันธุ์ไพโอเนียร์ (b_i = 0.880) ซึ่งมีคะแนนการเกิดโรคเฉลี่ย เท่ากับ 2.11 (รูปที่ 3.6) และพันธุ์ LOC (b_i = 1.288) เป็นพันธุ์ที่มีความแข็งแรงของคอดอกดีในสภาพแวดล้อมที่ดี แต่ในสภาพแวดล้อมไม่ดีจะให้คะแนนความแข็งแรงของคอดอกต่ำกว่าค่าเฉลี่ย (รูปที่ 3.7)

เมื่อพิจารณาการปลูกในสภาพแวดล้อมที่ไม่ดี และมีปัจจัยการผลิตต่ำ พันธุ์สังเคราะห์บางพันธุ์กับพันธุ์ลูกผสมให้ผลผลิตใกล้เคียงกัน โดยพิจารณาจากแนวโน้มของเส้นรีเกรสชันพันธุ์ไพโอเนียร์ซึ่งมีสัมประสิทธิ์รีเกรสชันในลักษณะผลผลิตสูงกว่า 1.00 จัดเป็นพันธุ์ที่มีการปรับตัวไม่ดี เหมาะที่จะปลูกในสภาพแวดล้อมและการจัดการที่ดี ส่วนสภาพแวดล้อมที่ไม่ดีให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากพันธุ์สังเคราะห์ (รูปที่ 3.1) สำหรับพันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันต่ำ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพันธุ์สังเคราะห์ เหมาะสมที่จะปลูกในสภาพแวดล้อมที่ไม่ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งพันธุ์ MOC

โดยสรุปจากการวิเคราะห์เสถียรภาพของทานตะวัน 12 พันธุ์ใน 7 สภาพแวดล้อม โดยวิธีของ Finlay และ Wilkinson (1963) ซึ่งจะให้ความสำคัญกับลักษณะผลผลิตมากกว่าลักษณะอื่น ๆ พบว่าพันธุ์ทานตะวันที่มีความเสถียรสามารถปรับตัวได้ดีที่สุด คือ พันธุ์แปซิฟิก 44 ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม และพันธุ์ LOC ที่เป็นพันธุ์สังเคราะห์ ซึ่งพิจารณาจากค่าเฉลี่ยผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต คือ ความสูง ขนาดดอก และขนาดเมล็ด ร่วมกับค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน พบว่าทั้งสองพันธุ์มีค่าเฉลี่ยผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตสูง อีกทั้งยังมีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันของลักษณะดังกล่าวใกล้เคียง 1.00 โดยพันธุ์แปซิฟิก 44 มีค่าเฉลี่ยผลผลิต 371 กิโลกรัมต่อไร่ ความสูง 175 เซนติเมตร ขนาดดอก 16.31 เซนติเมตร และ ขนาดเมล็ด 5.22 กรัมต่อ 100 เมล็ด และมีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันของผลผลิต, ความสูง, ขนาดดอก และขนาดเมล็ด เท่ากับ 0.907, 1.254, 0.953 และ 0.806 ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ LOC มีค่าเฉลี่ยผลผลิต 372 กิโลกรัมต่อไร่ ความสูง 174 เซนติเมตร ขนาดดอก 15.83 เซนติเมตร และขนาดเมล็ด 5.33 กรัมต่อ 100 เมล็ด และมีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันของผลผลิต ความสูง ขนาดดอก และขนาดเมล็ด เท่ากับ 1.097, 1.145, 0.906 และ 0.992 ตามลำดับ นอกจากนี้พันธุ์ LOC ยังให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตใกล้เคียงค่าเฉลี่ยผลผลิตของพันธุ์แปซิฟิก 44 ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม (จุฑามาศ เพียซ้าย และคณะ, 2550)

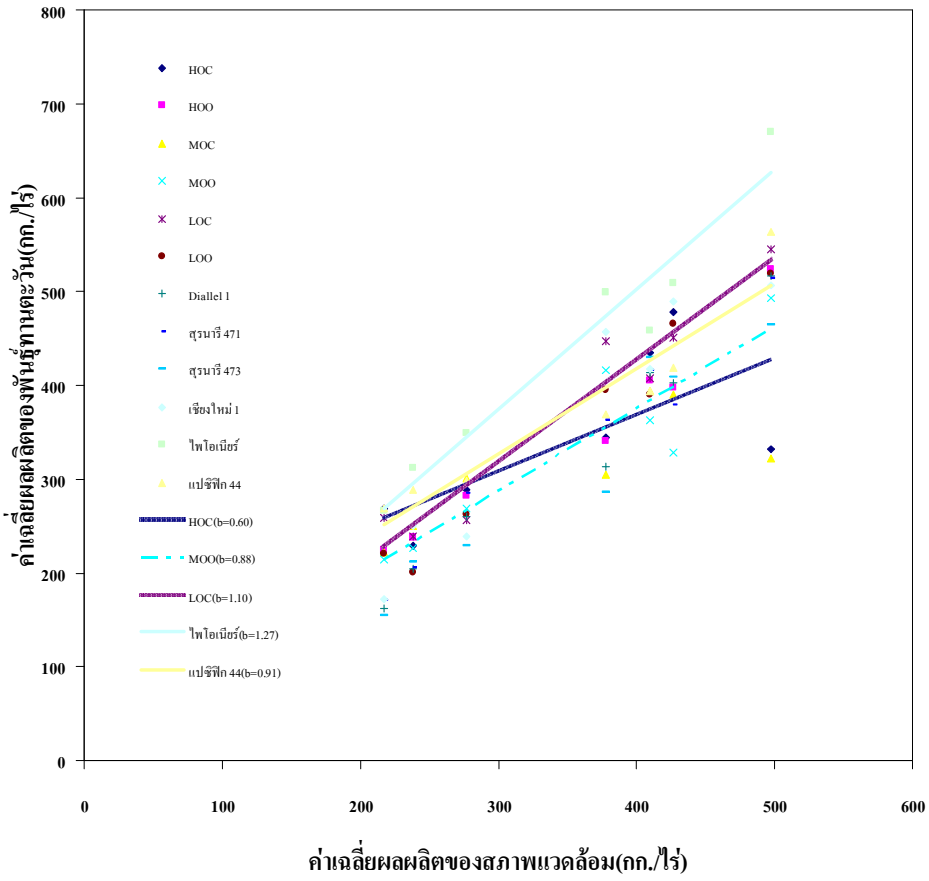
3.4.2.3 วิเคราะห์ความเสถียรตามวิธีของ Eberhart และ Russell (1966)

1) การวิเคราะห์ความปรวนแปร

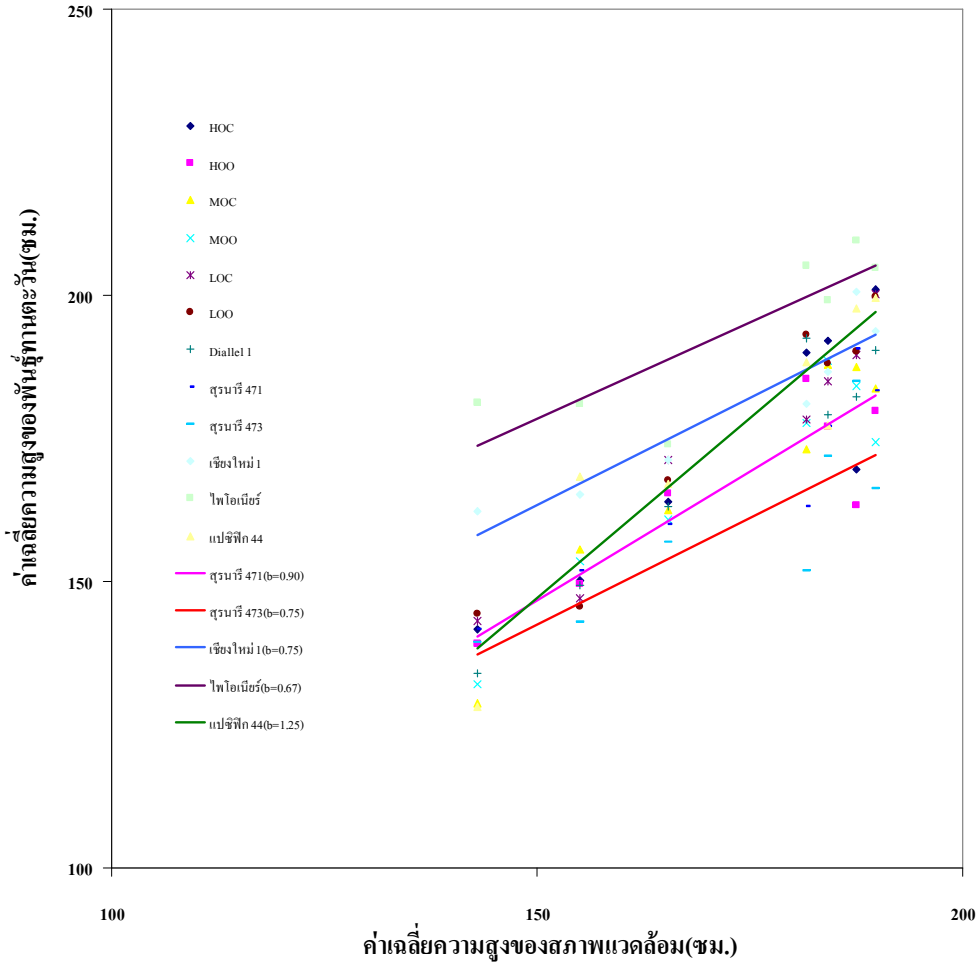
เนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการแสดงออกของผลผลิตและลักษณะต่าง ๆ ยกเว้นความอ่อนแอต่อโรค จึงนำค่าเฉลี่ยแต่ละลักษณะมาทำการวิเคราะห์ความปรวนแปรตามวิธีการของ Eberhart and Russell (1966) ผลการวิเคราะห์ความ

ตารางที่ 3.6 ค่าเฉลี่ยและสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (b_i) ในลักษณะผลผลิต ความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของคอดอก คำนวณจากวิธีการของ Finlay และ Wilkinson (1963) ของทานตะวัน 12 พันธุ์ ภายใต้ 7 สภาพแวดล้อม

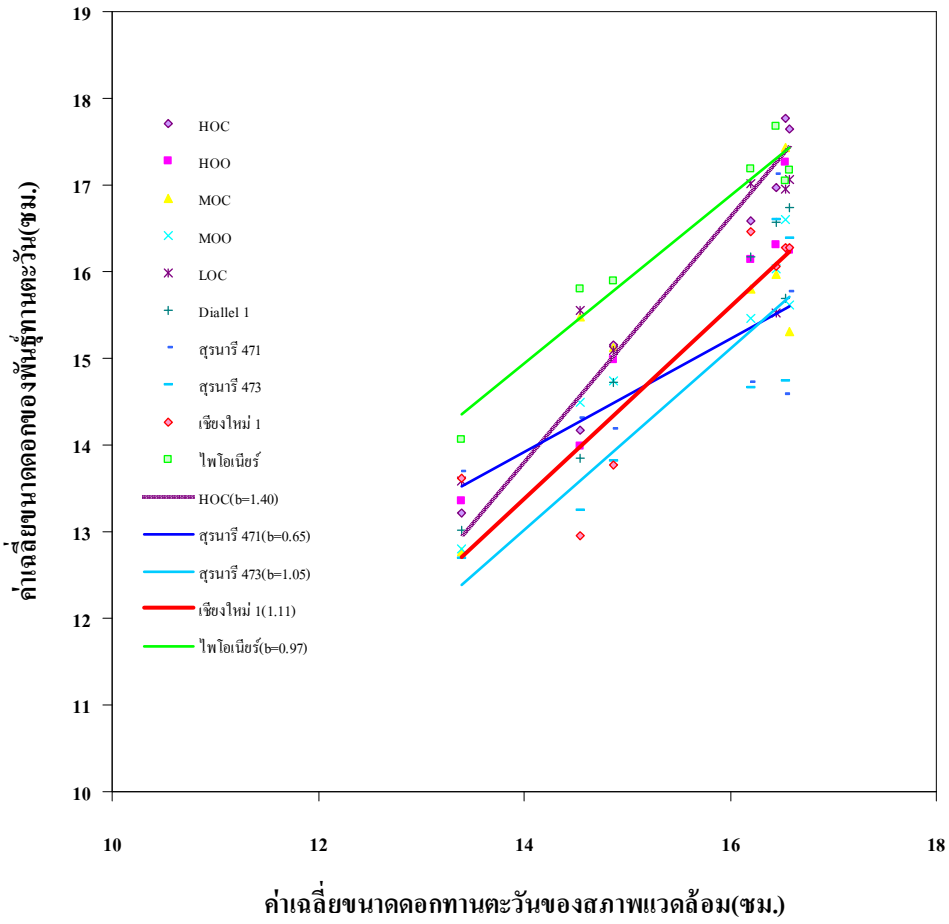
	ผลผลิต		ความสูง		ขนาดดอก		ขนาดเมล็ด		ความสม่ำเสมอ		โรค		คอดอก	
พันธุ์	ค่าเฉลี่ย	b_i	ค่าเฉลี่ย	b_i	ค่าเฉลี่ย	b_i	ค่าเฉลี่ย	b_i	ค่าเฉลี่ย	b_i	ค่าเฉลี่ย	b_i	ค่าเฉลี่ย	b_i
1. HOC	339	0.604	173	1.117	15.93	1.399	5.47	1.005	3.44	2.181	2.63	0.818	3.84	0.137
2. HOO	344	0.984	166	0.806	15.47	1.084	5.53	0.993	3.14	1.893	2.64	0.749	3.55	0.687
3. MOC	312	0.473	168	1.147	15.41	0.909	5.21	0.806	3.48	0.957	2.98	0.894	3.55	1.540
4. MOO	330	0.881	167	1.039	15.11	0.948	5.22	0.873	3.59	0.744	2.75	1.030	3.50	1.686
5. LOC	372	1.097	174	1.145	15.83	0.906	5.33	0.992	3.49	2.567	2.50	1.163	4.39	1.288
6. LOO	351	1.151	176	1.241	15.87	0.924	5.33	1.141	3.46	1.916	2.61	1.170	4.18	1.227
7. Diallel 1	324	1.170	170	1.178	15.25	1.105	5.15	0.933	3.61	0.570	3.05	0.919	3.43	1.638
8. สุรนารี 471	333	1.115	167	0.903	14.91	0.654	4.99	1.084	3.39	0.583	3.20	1.263	3.18	1.212
9. สุรนารี 473	312	1.100	159	0.749	14.59	1.045	4.85	1.110	3.20	0.242	3.46	0.971	3.07	1.077
10. เชียงใหม่ 1	362	1.241	180	0.750	15.06	1.110	5.88	1.289	3.41	0.618	3.13	0.942	3.25	0.355
11. ไพโอเนียร์	438	1.274	194	0.672	16.40	0.972	5.28	0.968	4.63	0.253	2.11	0.880	4.04	0.058
12. แปซิฟิก 44	371	0.907	175	1.254	16.31	0.953	5.22	0.806	4.14	-0.523	2.55	1.199	3.75	1.074



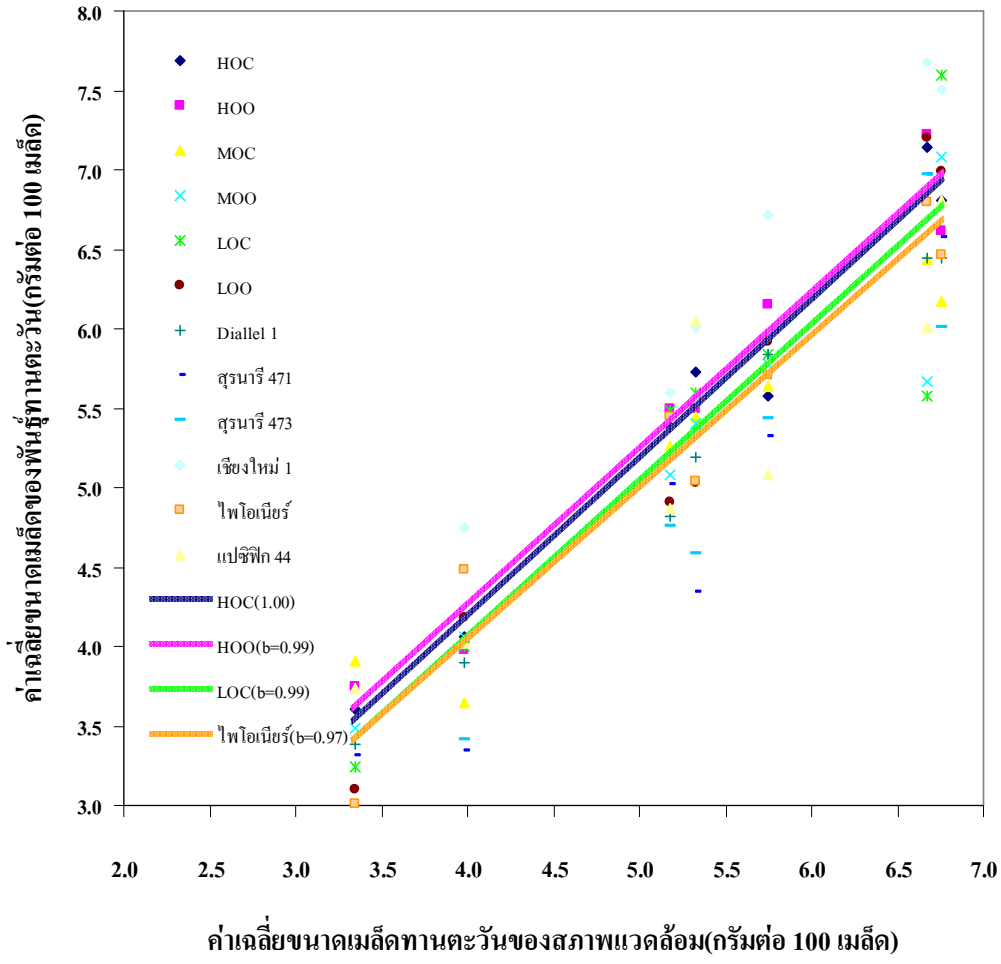
รูปที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและค่าสภาพแวดล้อมของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์และลูกผสมตามวิธีของ Finlay และ Wilkinson (1963)



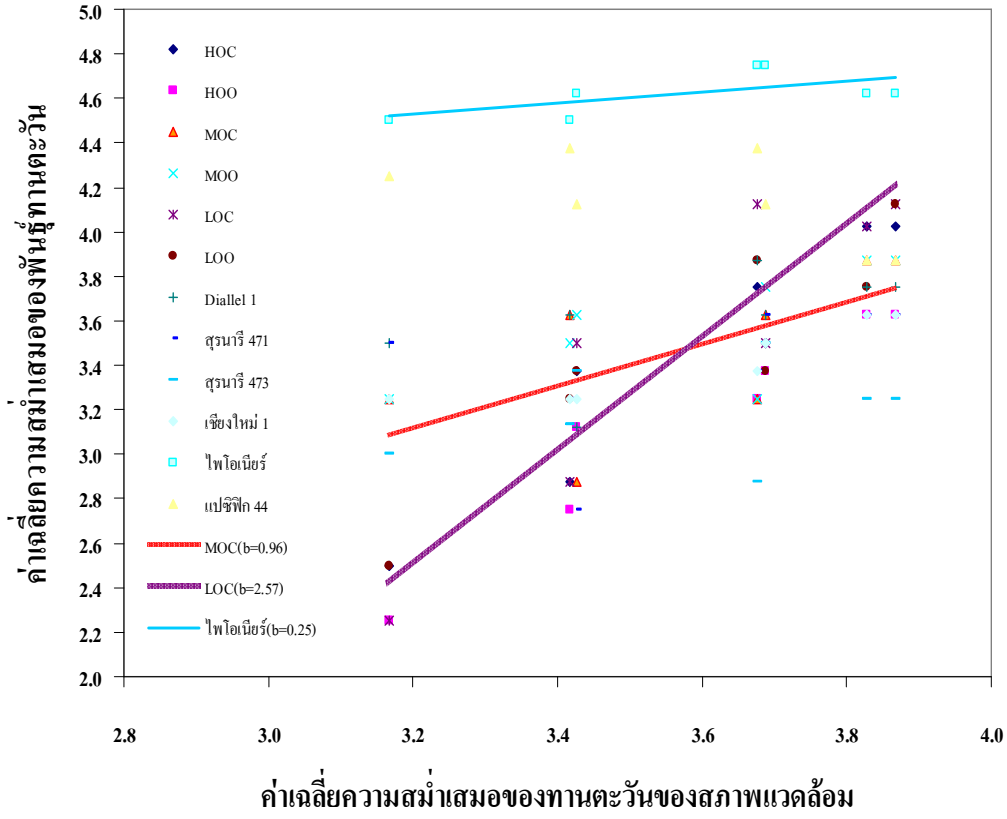
รูปที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและค่าสภาพแวดล้อมของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์และลูกผสมตามวิธีของ Finlay และ Wilkinson (1963)



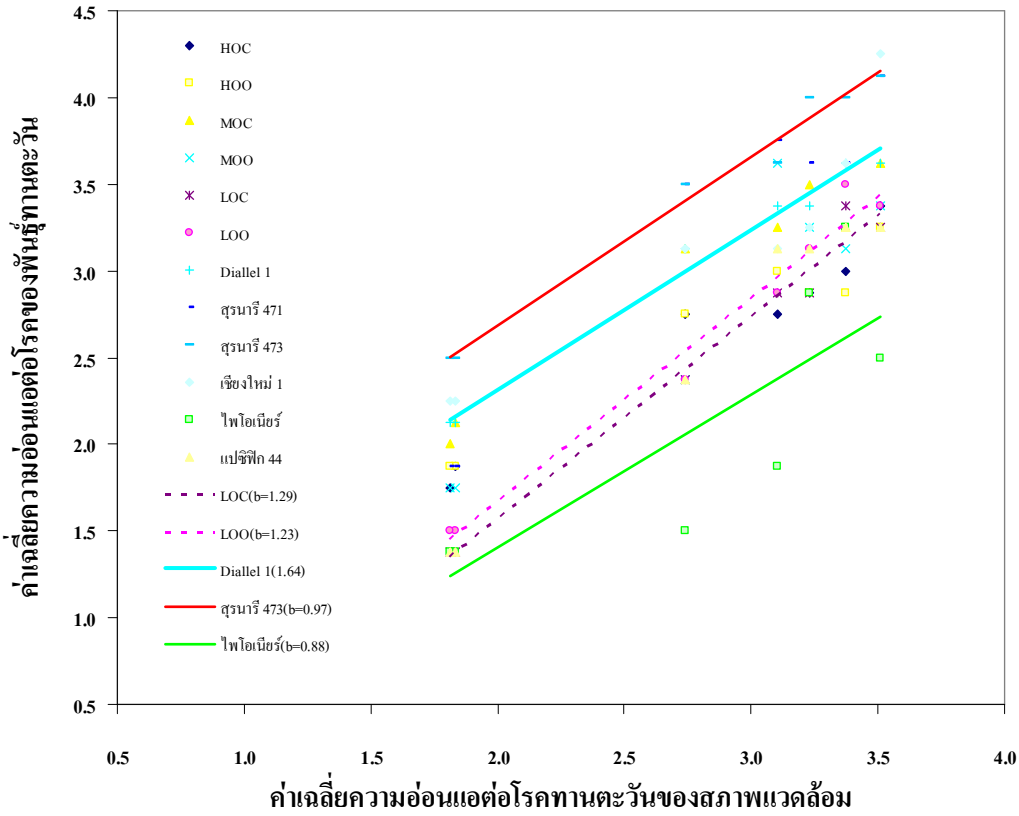
รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดดอกและค่าสภาพแวดล้อมของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์และลูกผสมตามวิธีของ Finlay และ Wilkinson (1963)



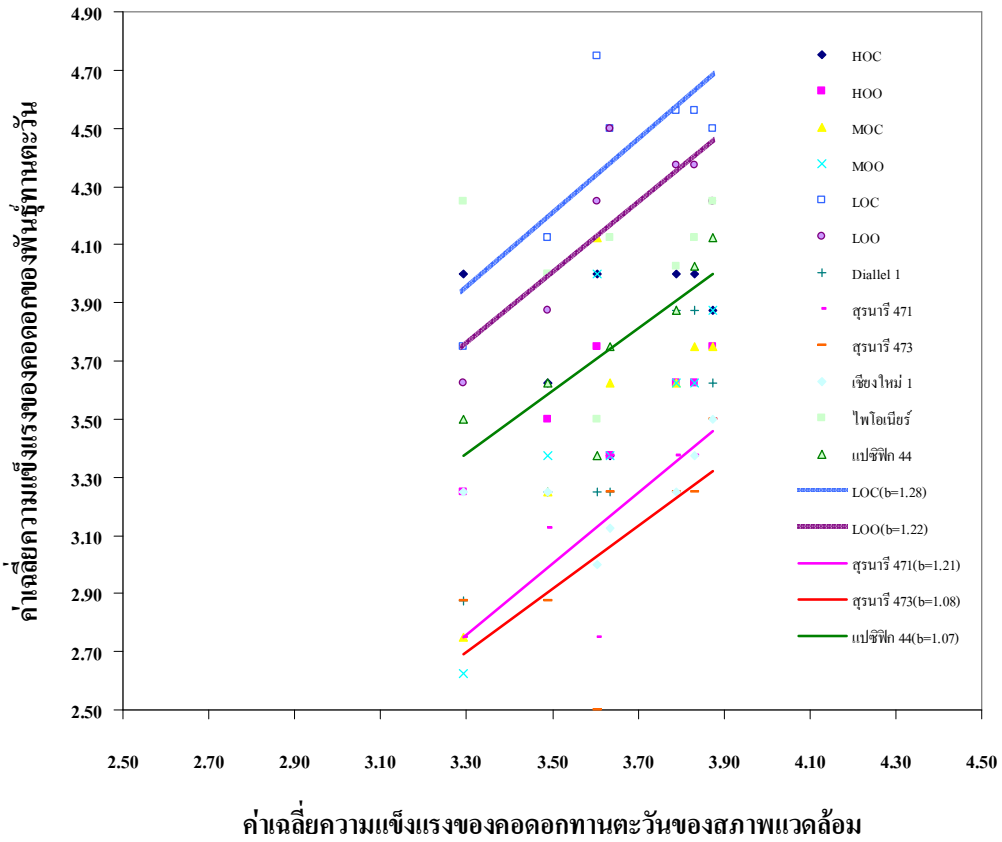
รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเมล็ดและค่าสภาพแวดล้อมของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์และลูกผสมตามวิธีของ Finlay และ Wilkinson (1963)



รูปที่ 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความสม่ำเสมอของทานตะวันและค่าสภาพแวดล้อมของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์และลูกผสมตามวิธีของ Finlay และ Wilkinson (1963)



รูปที่ 3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความอ่อนแอต่อโรคและค่าสภาพแวดล้อมของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์และลูกผสมตามวิธีของ Finlay และ Wilkinson (1963)



รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของคอดอกและค่าสภาพแวดล้อมของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์และลูกผสมตามวิธีของ Finlay และ Wilkinson (1963)

ปรวนแปร (ตารางที่ 3.7) ปรากฏว่าลักษณะความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของคอดอก มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ส่วนลักษณะผลผลิตมีความแตกต่างในระดับนัยสำคัญ ($P<0.05$) แสดงว่าทานตะวันแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันในลักษณะดังกล่าว เมื่อแบ่งแยกอิทธิพลของ (GxE) + E ออกเป็น E (linear), G x E (linear) และ Pooled deviation ปรากฏว่าพบความแตกต่างในระดับนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ของลักษณะผลผลิต ความสูง และความสม่ำเสมอของพันธุ์ แสดงว่าทานตะวันพันธุ์ต่าง ๆ ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน หรือไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกันเมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป ส่วนลักษณะขนาดดอก น้ำหนักเมล็ด ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของคอดอก ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แสดงว่าพันธุ์ทานตะวันมีการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมไม่แตกต่างกันในลักษณะดังกล่าว

2) ความเสถียรของลักษณะต่าง ๆ

ค่าเฉลี่ยของแต่ละลักษณะของพันธุ์ต่าง ๆ พร้อมกับค่าพารามิเตอร์แสดงความเสถียรแสดงไว้ในตารางที่ 3.6 สัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (b_i) ตามวิธีของ Finlay และ Wilkinson (1963) และวิธีของ Eberhart และ Russell (1966) มีค่าเท่ากัน แต่วิธีของ Eberhart และ Russell (1966) ได้เพิ่มพารามิเตอร์ค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปร (Dev. Ms หรือ S^2_{di}) (Lin et al., 1986; Akcura et al., 2005a; Rasul et al., 2005; Barnett et al., 2006)

ผลผลิต

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันเส้นตรง และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรของผลผลิตทานตะวัน (ตารางที่ 3.7) พันธุ์ที่ให้ค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรต่ำและไม่แตกต่างจาก 0 คือ พันธุ์แปซิฟิก 44 และLOC ที่มีค่าเท่ากับ 73.95 และ -112.99 ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันใกล้เคียง 1.00 มากคือ พันธุ์ HOO, LOC และแปซิฟิก 44 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.985, 1.098 และ 0.907 ตามลำดับ แสดงว่าพันธุ์เหล่านี้มีความสามารถในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดี และพันธุ์ที่ให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตดีที่สุด คือ พันธุ์ไพโอเนียร์ ที่เป็นพันธุ์ลูกผสม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 438 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่พันธุ์ LOC ซึ่งเป็นพันธุ์สังเคราะห์ และพันธุ์แปซิฟิก 44 ที่เป็นพันธุ์ลูกผสม มีค่าเฉลี่ยผลผลิตสูงเช่นกัน เท่ากับ 372 และ 371 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

พันธุ์ที่มีผลผลิตเฉลี่ยสูง และค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันไม่แตกต่างจาก 1.00 และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรไม่แตกต่างจาก 0 จัดว่าเป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรในการให้ผลผลิตและตอบสนองได้ดีต่อสภาพแวดล้อมที่ดี และสามารถคาดคะเนผลผลิตในแต่ละสภาพแวดล้อมได้แม่นยำใกล้เคียงกับความเป็นจริง (Eberhart and Russell, 1966; Asif et al., 2003; Amin et al., 2005; Banterng et al., 2006; Soliman, 2006; Suinaga et al., 2006) ซึ่งเมื่อนำค่าเฉลี่ย และ

ค่าพารามิเตอร์ความเสถียรทั้งสองค่ามาพิจารณาร่วมกัน พบว่าพันธุ์ LOC และพันธุ์แปซิฟิก 44 เป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรในลักษณะผลผลิตดีที่สุด โดยพันธุ์ LOC ซึ่งเป็นพันธุ์สังเคราะห์มีค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรเท่ากับ -112.99 ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน เท่ากับ 1.098 และค่าเฉลี่ยผลผลิต คือ 372 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนพันธุ์แปซิฟิก 44 มีค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความแปรปรวน เท่ากับ 73.95 ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน เท่ากับ 0.907 และค่าเฉลี่ยผลผลิต คือ 371 กิโลกรัมต่อไร่ จากการที่มีค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรต่ำ ทำให้เส้นรีเกรสชันแน่นอนกว่า และสามารถปลูกทานตะวันทั้งสองพันธุ์นี้ได้กว้างขวาง โดยผลผลิตจะไม่สูงเท่ากับพันธุ์ที่ตอบสนองต่อ การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมสูง เมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมที่ดี แต่จะไม่ทำให้ผลผลิตลดลงมาก เมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมที่ไม่ดี (Akcura et al., 2005b; Naveed et al., 2006)

จากรูปที่ 3.8 แสดงการปรับตัวของผลผลิตทานตะวันตามวิธีการของ Eberhart and Russell (1966) พบว่าพันธุ์ไพโอเนียร์ ให้ผลผลิตเฉลี่ยเกือบทุกสภาพแวดล้อมสูงกว่าพันธุ์ LOC และแปซิฟิก 44 ดังนั้นพันธุ์ไพโอเนียร์ จึงเหมาะกับการปลูกในสภาพแวดล้อมส่วนใหญ่ของการทดลองนี้ แต่พันธุ์ LOC และแปซิฟิก 44 เป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรในการให้ผลผลิตสูงกว่า สำหรับพันธุ์ MOO เป็นพันธุ์ที่มีผลผลิตเฉลี่ยและค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันต่ำ รวมทั้งมีค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรสูง เป็นพันธุ์ที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมต่ำ เป็นพันธุ์ที่แม้จะทำให้สภาพแวดล้อมดีขึ้น มักไม่ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมนั้น ๆ เหมาะที่จะปลูกในสภาพแวดล้อมที่ไม่ดี

ความสูง

จากค่าเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันเส้นตรง และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรของความสูงทานตะวัน (ตารางที่ 3.7) พันธุ์ที่ให้ค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรต่ำ และไม่แตกต่างจาก 0 คือ พันธุ์เชียงใหม่ 1 ที่มีค่าเท่ากับ 3.98 ส่วนพันธุ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันใกล้เคียง 1.00 มาก คือ พันธุ์ MOO และ สุรนารี 471 ซึ่งเป็นพันธุ์สังเคราะห์มีค่าเท่ากับ 1.039 และ0.903 ตามลำดับ และพันธุ์ที่ให้ค่าเฉลี่ยความสูงดีที่สุดคือ พันธุ์ไพโอเนียร์ ที่เป็นพันธุ์ลูกผสม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 194 เซนติเมตร แต่เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปร เพื่อศึกษาความเสถียรของความสูง พบว่าพันธุ์เชียงใหม่ 1, LOC และLOO เป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรในความสูงดีที่สุด โดยทั้งสามพันธุ์เป็นพันธุ์สังเคราะห์ (Ivanova and Naidenova, 2006) พันธุ์เชียงใหม่ 1 มีค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปร เท่ากับ 3.98 ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน เท่ากับ 0.750 และค่าเฉลี่ยความสูง คือ 180 เซนติเมตร ส่วนพันธุ์ LOC มีค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปร เท่ากับ 6.62 ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน เท่ากับ 1.145 และค่าเฉลี่ยความสูง คือ 174 เซนติเมตร และพันธุ์ LOO มีค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความ

ปรวนแปร เท่ากับ 5.52 ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน เท่ากับ 1.241 และค่าเฉลี่ยความสูง คือ 176 เซนติเมตร

จากการพิจารณาค่าเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรของความสูงของพันธุ์แปซิฟิก 44 พบว่ามีสัมประสิทธิ์รีเกรสชันสูง รวมทั้งมีค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรสูงแตกต่างจาก 0 จึงเป็นพันธุ์ที่คาดคะเนความสูงในแต่ละสภาพแวดล้อมได้ยาก

ขนาดดอก

จากค่าเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรของขนาดดอกทานตะวัน (ตารางที่ 3.7) เมื่อพิจารณาค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปร พบว่า ทุกพันธุ์มีค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรแตกต่างจาก 0 ที่ระดับนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ส่วนพันธุ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันใกล้เคียง 1.00 มาก คือ พันธุ์ไพโอเนียร์ และพันธุ์สุรนารี 473 ซึ่งเป็นพันธุ์สังเคราะห์มีค่าเท่ากับ 0.967 และ1.040 ตามลำดับ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันไม่แตกต่างจาก 1.00 และพันธุ์ที่ให้ค่าเฉลี่ยของขนาดดอกดีที่สุดคือ พันธุ์ไพโอเนียร์ ที่เป็นพันธุ์ลูกผสม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 16.40 เซนติเมตร ซึ่งจากการพิจารณาทั้งค่าเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปร พันธุ์ไพโอเนียร์จึงเป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรในลักษณะของขนาดดอกดีที่สุด

ขนาดเมล็ด

จากค่าเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรของขนาดเมล็ดทานตะวัน (ตารางที่ 3.6) พบว่าพันธุ์ที่ให้ค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรต่ำและไม่แตกต่างจาก 0 คือ พันธุ์ไพโอเนียร์ และ MOC ที่มีค่าเท่ากับ 0.018 และ -0.010 ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันใกล้เคียง 1.00 มาก คือ พันธุ์ HOC, HOO และ LOC ซึ่งเป็นพันธุ์สังเคราะห์มีค่าเท่ากับ 1.005, 0.993 และ0.992 ตามลำดับ และพันธุ์ที่ให้ค่าเฉลี่ยของขนาดเมล็ดสูงที่สุดคือ พันธุ์เชียงใหม่ 1 ที่เป็นสังเคราะห์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.88 กรัมต่อ 100 เมล็ด

เมื่อพิจารณาทั้งค่าเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปร พบว่า พันธุ์ LOC เป็นพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยขนาดเมล็ดอยู่ในระดับปานกลาง ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันไม่แตกต่างจาก 1.00 แต่มีค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรสูงแตกต่างจาก 0 จึงทำให้เป็นพันธุ์ที่คาดคะเนขนาดเมล็ดในแต่ละสภาพแวดล้อมได้ใกล้เคียงความจริงได้ยาก ส่วนพันธุ์เชียงใหม่1 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยขนาดเมล็ดสูงที่สุด และมีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันสูง แต่มีค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรต่ำ จัดว่าเป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรในลักษณะของขนาดเมล็ดดีและตอบสนองได้ดีต่อสภาพแวดล้อมที่ดี และสามารถคาดคะเนขนาดเมล็ดในแต่ละสภาพแวดล้อมได้แม่นยำใกล้เคียงกับความจริง (Dijanovic et al., 2004)

ความสม่ำเสมอของพันธุ์

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรของความสม่ำเสมอของทานตะวัน (ตารางที่ 3.7) พันธุ์ที่ให้ค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรต่ำ และไม่แตกต่างจาก 0 คือ พันธุ์ HOC และพันธุ์แปซิฟิก 44 ที่มีค่าเท่ากับ -0.003 และ -0.004 ส่วนพันธุ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันใกล้เคียง 1.00 มาก คือ พันธุ์ MOC ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.957 และพันธุ์ที่ให้ค่าเฉลี่ยของความสม่ำเสมอดีที่สุดคือ พันธุ์ไพโอเนียร์ที่เป็นลูกผสม มีค่าเท่ากับ 4.63

เมื่อพิจารณาทั้งค่าเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปร พบว่าพันธุ์ MOC ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความสม่ำเสมอของพันธุ์อยู่ในระดับปานกลาง ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันไม่แตกต่างจาก 1.00 และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรไม่แตกต่างจาก 0 จึงเป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรในลักษณะของความสม่ำเสมอของพันธุ์ ส่วนพันธุ์ไพโอเนียร์ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด แต่มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันต่ำแตกต่างจาก 1.00 และมีค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรต่ำไม่แตกต่างจาก 0 แสดงว่าพันธุ์ไพโอเนียร์เป็นพันธุ์ที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมต่ำ เป็นพันธุ์ที่แม้สภาพแวดล้อมดีขึ้นก็ไม่ทำให้มีความสม่ำเสมอของพันธุ์ดีขึ้น

ความอ่อนแอต่อโรค

ค่าเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันเส้นตรง และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรของความอ่อนแอต่อโรคของทานตะวันที่แสดงในตารางที่ 3.7 พบว่า พันธุ์ที่ให้ค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรต่ำและไม่แตกต่างจาก 0 คือ พันธุ์เชียงใหม่1 ที่มีค่าเท่ากับ 0.004 และพันธุ์ที่มีค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรแตกต่างจาก 0 คือพันธุ์ไพโอเนียร์ ซึ่งมีค่า 0.169 ส่วนพันธุ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันใกล้เคียง 1.00 มาก คือ พันธุ์สุรนารี 473 และพันธุ์ MOO ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.971 และ 1.030 และพันธุ์ที่ให้ค่าเฉลี่ยของความอ่อนแอต่อโรคต่ำที่สุดคือพันธุ์ไพโอเนียร์ที่เป็นลูกผสม มีค่าเท่ากับ 2.11

จากการพิจารณาทั้งค่าเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปร พบว่า พันธุ์ ไพโอเนียร์มีค่าเฉลี่ยความอ่อนแอต่อโรคต่ำที่สุด ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันไม่แตกต่างจาก 1.00 จัดเป็นพันธุ์ที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดี แต่ค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรมีค่าแตกต่างจาก 0 จึงทำให้คาดคะเนอัตราการเกิดโรคในแต่ละสภาพแวดล้อมได้ใกล้เคียงความจริงได้ยาก ส่วนพันธุ์ LOC มีค่าเฉลี่ยความอ่อนแอต่อโรคอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันไม่แตกต่างจาก 1.00 รวมทั้งมีค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรต่ำไม่แตกต่างจาก 0 จัดว่าเป็นพันธุ์ที่ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมได้ดี และสามารถคาดคะเนอัตราการเกิดโรคในแต่ละสภาพแวดล้อมได้แม่นยำ (Utkhede et al., 1982)

ความแข็งแรงของคอดอก

จากค่าเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรของความแข็งแรงของคอดอกทานตะวัน (ตารางที่ 3.7) พันธุ์ที่ให้ค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรต่ำ และไม่แตกต่างจาก 0 คือ พันธุ์ LOC ที่มีค่าเท่ากับ 0.004 ส่วนพันธุ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันใกล้เคียง 1.00 มาก คือ พันธุ์แปซิฟิก 44 และสุรนารี 473 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.074 และ 1.077 ตามลำดับ และพันธุ์ที่ให้ค่าเฉลี่ยของขนาดคอดอกดีที่สุดคือ พันธุ์ LOC ที่เป็นสังเคราะห์ มีค่าเท่ากับ 4.39

แต่เมื่อพิจารณาทั้งค่าเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปร พบว่าพันธุ์ LOC จึงเป็นพันธุ์ที่มีการปรับตัวในลักษณะของความแข็งแรงของคอดอกดีที่สุด เนื่องจากพันธุ์ LOC เป็นพันธุ์ที่ให้ค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันไม่แตกต่างจาก 1.00 และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรต่ำ

จากการวิเคราะห์ความเสถียรของทานตะวัน 12 พันธุ์ ใน 7 สภาพแวดล้อมโดยวิธีการของ Eberhart และ Russell (1966) พบว่า พันธุ์ที่มีการความเสถียรเมื่อพิจารณาจากทุกลักษณะ แต่จะให้ความสำคัญในลักษณะผลผลิตมากที่สุด คือ พันธุ์แปซิฟิก 44 และ LOC จากการพิจารณาจากค่าเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรของลักษณะต่างๆ พบว่าทั้งสองพันธุ์มีค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ โดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่ดี ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันของลักษณะดังกล่าวใกล้เคียง 1.00 และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรไม่แตกต่างจาก 0 โดยพันธุ์แปซิฟิก 44 มีค่าเฉลี่ยผลผลิต 371 กิโลกรัมต่อไร่ ความสูง 175 เซนติเมตร ขนาดดอก 16.31 เซนติเมตร และ ขนาดเมล็ด 5.22 กรัมต่อ 100 เมล็ด และมีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันของผลผลิต ความสูง ขนาดดอก และขนาดเมล็ด เท่ากับ 0.907, 1.254, 0.948 และ 0.806 ตามลำดับ ส่วนค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรของผลผลิต เท่ากับ 73.95 สำหรับพันธุ์ LOC มีค่าเฉลี่ยผลผลิต 372 กิโลกรัมต่อไร่ ความสูง 174 เซนติเมตร ขนาดดอก 15.83 เซนติเมตร และขนาดเมล็ด 5.33 กรัมต่อ 100 เมล็ด และมีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันของผลผลิต, ความสูง, ขนาดดอก และขนาดเมล็ด เท่ากับ 1.097, 1.145, 0.906 และ 0.992 ตามลำดับ รวมทั้งมีค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรของผลผลิต และความสูง เท่ากับ -112.99 และ 6.62 ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ความเสถียรตามวิธีการของ Eberhart และ Russell (1966) เพื่อพิจารณาความเสถียรของพันธุ์พืชในลักษณะต่าง ๆ ควรให้ความสำคัญกับค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรมากกว่าค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน เนื่องจากผลบวกของกำลังสอง (sum of square) ของ G x E (linear) มีสัดส่วนใน G x E ไม่มาก (Byth et al., 1976; Eberhart and Russell, 1966; Abd-El et al., 1990) อย่างไรก็ตามเมื่อมีการพิจารณาถึงความเสถียรของพันธุ์พืชในลักษณะต่าง ๆ

ตารางที่ 3.7 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์เพื่อศึกษาความเสถียรของลักษณะผลผลิต ความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของคอดอกของทานตะวัน 12 พันธุ์ ภายใต้ 7 สภาพแวดล้อม

Sources	df	MS						
		ผลผลิต	ความสูง	ขนาดดอก	ขนาดเมล็ด	ความสม่ำเสมอ	โรค	คอดอก
Environments(E)	6	135,071	3,939	18.71	19.54	0.77	6.05	0.52
Genotypes(G)	11	8,354*	525**	2.22**	0.44**	1.19**	0.97**	1.17**
G x E	66	3,453	71	0.40	0.17	0.10	0.06	0.06
(G x E) + E	72	13,144	393	1.93	1.78	0.15	0.56	0.10
E (Linear)	1	810,431	23,636	112.28	117.24	4.62	36.30	3.10
G x E (Linear)	11	4,143**	88**	0.24ns	0.19ns	0.33**	0.08ns	0.08ns
Pooled deviation	60	1,507ns	61**	0.40**	0.14ns	0.05ns	0.05ns	0.06ns
Pooled error	252	1,206	28	0.04	0.10	0.04	0.07	0.05
Total	335							

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

*,** แตกต่างในทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.8 ค่าเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (b_i) และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปร (Dev. MS) ในลักษณะผลผลิต ความสูง ขนาดดอก และขนาดเมล็ด คำนวณจากวิธีการของ Eberhart และ Russell (1966) ของทานตะวัน 12 พันธุ์ ภายใต้ 7 สภาพแวดล้อม

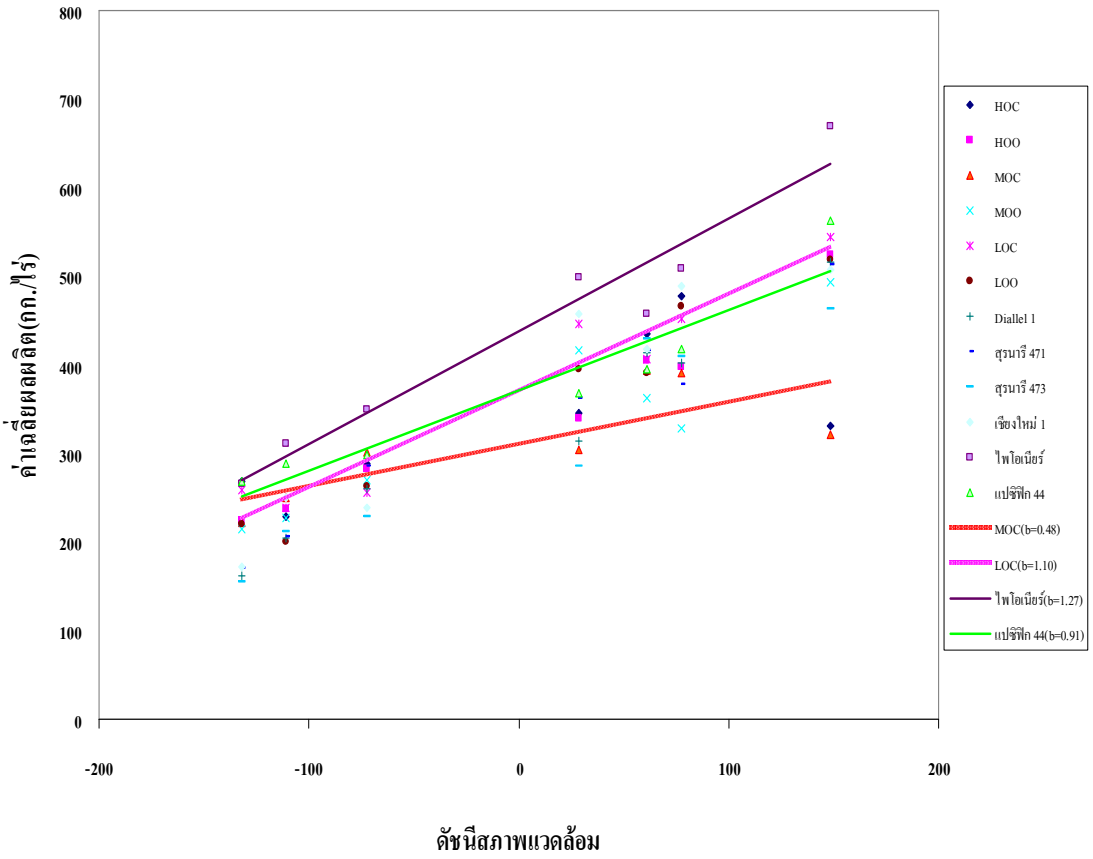
	ผลผลิต			ความสูง			ขนาดดอก			ขนาดเมล็ด		
พันธุ์	ค่าเฉลี่ย	b_i	Dev. MS	ค่าเฉลี่ย	b_i	Dev. MS	ค่าเฉลี่ย	b_i	Dev. MS	ค่าเฉลี่ย	b_i	Dev. MS
1. HOC	339	0.604	3486.29**	173	1.117	87.64**	15.93	1.391*	-0.184**	5.47	1.005	-0.044
2. HOO	344	0.985	- 619.85	166	0.806	53.77**	15.47	1.078	-0.137**	5.53	0.993	-0.029
3. MOC	312	0.473*	814.07	168	1.148	9.07	15.41	0.904	0.469**	5.21	0.806	-0.010
4. MOO	330	0.881	830.56	167	1.039	20.47	15.11	0.943	-0.151**	5.22	0.873	0.091
5. LOC	372	1.098	-112.99	174	1.145	6.62	15.83	0.901	0.119**	5.33	0.992	0.317**
6. LOO	351	1.151	-660.62	176	1.241	5.52	15.87	0.919	-0.001**	5.33	1.141	-0.022
7. Diallel 1	324	1.170	-541.92	170	1.178	10.21	15.25	1.099	-0.152**	5.15	0.933	-0.077
8. สุรนารี 471	333	1.115	-517.52	167	0.903	21.73	14.91	0.651	0.502**	4.99	1.084	0.093
9. สุรนารี 473	312	1.100	145.76	159	0.749	69.03**	14.59	1.040	0.293**	4.85	1.110	0.028
10. เชียงใหม่ 1	362	1.241	562.64	180	0.750	3.98	15.06	1.104	0.207**	5.88	1.289	0.038
11. ไพโอเนียร์	438	1.274	147.16	194	0.672	41.03**	16.40	0.967	-0.211**	5.28	0.968	0.018
12. แปซิฟิก 44	371	0.907	73.95	175	1.254	73.29**	16.31	0.948	0.045**	5.22	0.806	0.151**

*,** แตกต่างในทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.8 (ต่อ) ค่าเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (b_i) และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปร (Dev. MS) ในลักษณะความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของคอดอก คำนวณจากวิธีการของ Eberhart และ Russell (1966) ของทานตะวัน 12 พันธุ์ ภายใต้ 7 สภาพแวดล้อม

	ความสม่ำเสมอ			โรค			คอดอก		
พันธุ์	ค่าเฉลี่ย	b_i	Dev. MS	ค่าเฉลี่ย	b_i	Dev. MS	ค่าเฉลี่ย	b_i	Dev. MS
1. HOC	3.44	2.181**	-0.003	2.63	0.818	-0.051	3.84	0.137	0.023
2. HOO	3.14	1.893*	-0.014	2.64	0.749	-0.052	3.55	0.687	-0.031
3. MOC	3.48	0.957	0.059**	2.98	0.894	-0.046	3.55	1.540	0.058
4. MOO	3.59	0.744	0.008	2.75	1.030	0.024	3.50	1.686	0.047
5. LOC	3.49	2.567*	0.059**	2.50	1.163	-0.058	4.39	1.288	0.004
6. LOO	3.46	1.916	0.018	2.61	1.170	-0.053	4.18	1.227	-0.009
7. Diallel 1	3.61	0.570	0.011	3.05	0.919	-0.064	3.43	1.638	-0.020
8. สุรนารี 471	3.39	0.583	0.060**	3.20	1.264	-0.013	3.18	1.212	-0.007
9. สุรนารี 473	3.20	0.242	0.015	3.46	0.971	-0.062	3.07	1.077	0.027
10. เชียงใหม่ 1	3.41	0.618*	-0.029	3.13	0.942	0.004	3.25	0.355	-0.024
11. ไพโอเนียร์	4.63	0.253**	-0.028	2.11	0.880	0.169**	4.04	0.058	0.030
12. แปซิฟิก 44	4.14	-0.523**	-0.004	2.55	1.199*	-0.055	3.75	1.074	-0.019

*,** แตกต่างในทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ



รูปที่ 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของทานตะวันและค่าสภาพแวดล้อมของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์และลูกผสมตามวิธีการของ Eberhart และ Russell (1966)

นอกจากจะพิจารณาจากพันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันเท่ากับ 1.00 หรือใกล้เคียง และมีค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรเท่ากับ 0 หรือมีค่าต่ำแล้ว ยังต้องพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ด้วย ซึ่งพันธุ์ที่ให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ดีอาจจะมีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันสูง หรือค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรสูง ดังนั้นจึงควรพิจารณาความเสถียรของพันธุ์พืชโดยใช้ค่าเฉลี่ยทั้ง 3 พารามิเตอร์ (ดนัย ศุภาหาร, 2530; งามชื่น รัตนดิรก, 2534; Eberhart and Russell, 1966; Eberhart and Russell, 1969; Langer et al., 1979 ; Bacusmo et al., 1988)

จากการวิเคราะห์ความเสถียร 3 วิธี ให้ผลสอดคล้องกันคือ คือ พันธุ์แปซิฟิก 44 เป็นพันธุ์ลูกผสมพันธุ์ที่มีความเสถียรที่สุด ถึงแม้ว่าจากผลการวิเคราะห์ความเสถียรทุกลักษณะแล้ว พันธุ์ไพโอเนียร์จะเป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรในเกือบทุกลักษณะแต่ในลักษณะผลผลิตกลับมีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันสูงกว่า 1.00 มาก ในขณะที่พันธุ์แปซิฟิก 44 มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันใกล้เคียง 1.00 มากกว่า รวมทั้งมีค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรในลักษณะผลผลิตดีที่สุด ในขณะที่พันธุ์ LOC เป็นพันธุ์สังเคราะห์พันธุ์ที่มีความเสถียรที่สุด โดยเป็นพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยผลผลิตใกล้เคียงกับพันธุ์แปซิฟิกมาก นอกจากนั้นยังมีความเสถียรในบางลักษณะดีกว่าพันธุ์แปซิฟิก และจากผลการวิเคราะห์ความเสถียรดังกล่าว พบว่า พันธุ์สังเคราะห์โดยส่วนใหญ่ต่างมีความเสถียรในลักษณะต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์ที่ใกล้เคียงกับพันธุ์แปซิฟิกซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งพันธุ์ LOC และ LOO ดังนั้นพันธุ์ LOC และ LOO จึงเป็นพันธุ์ที่สมควรจะทำการปรับปรุงเพื่อใช้ในการส่งเสริมให้กับเกษตรกรต่อไป

3.5 สรุปผลการวิจัย

การทดลองเพื่อศึกษาการตอบสนองของพันธุ์ทานตะวัน 12 พันธุ์ ภายใต้ 7 สภาพแวดล้อม จากลักษณะผลผลิต ความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของคอดอก ในการวิเคราะห์ความปรวนแปรรวม พบว่าปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมมีผลต่อการแสดงออกของลักษณะที่ทำการศึกษา ยกเว้นลักษณะของความอ่อนแอต่อโรค และความปรวนแปรที่เกิดจากสภาพแวดล้อมมีค่าสูงมากในทุกลักษณะ แสดงว่าสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการศึกษามีความแตกต่างกันมาก

การศึกษาความเสถียรในลักษณะต่าง ๆ โดยการวิเคราะห์ความเสถียร 3 วิธี คือ

1)วิธีของ Francis และ Kennenberg (1978) ซึ่งใช้ค่าเฉลี่ย และค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรของลักษณะต่าง ๆ เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา พบว่า พันธุ์ไพโอเนียร์ เป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรเกือบทุกลักษณะ ยกเว้นลักษณะผลผลิต และความอ่อนแอต่อโรค และเมื่อพิจารณาจากลักษณะผลผลิตแล้ว พันธุ์แปซิฟิก 44 เป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรมากที่สุด เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยผลผลิตสูง และค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรต่ำ แต่การวิเคราะห์ความเสถียรโดยวิธีนี้ไม่เหมาะที่ใช้ใน

การพิจารณาความเสถียรของพันธุ์ทานตะวัน เนื่องจากสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรของลักษณะผลผลิตและขนาดเมล็ดมีค่าใกล้เคียงกันมากทำให้การแบ่งกลุ่มเพื่อแยกความแตกต่างของแต่ละพันธุ์ทำได้ยาก

2) วิธีของ Finlay และ Wilkinson (1963) ที่ใช้ค่าเฉลี่ย และค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันของลักษณะต่าง ๆ เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา พบว่า พันธุ์แปซิฟิก 44 และพันธุ์ LOC เป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรมากที่สุด

3) วิธีของ Eberhart และ Russell (1966) ซึ่งใช้ค่าเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน และค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา พบว่า พันธุ์แปซิฟิก 44 และพันธุ์ LOC เป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรมากที่สุด

และเมื่อพิจารณาทั้ง 3 วิธี ซึ่งให้ผลสอดคล้องกัน คือ พันธุ์แปซิฟิก 44 ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสมเป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรมากที่สุด แต่พันธุ์ LOC ซึ่งเป็นพันธุ์สังเคราะห์ก็เป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรเช่นเดียวกัน จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวช่วยในการตัดสินใจในการเลือกใช้พันธุ์ทานตะวันที่เหมาะสมกับแปลงเกษตรกรที่มีปัจจัยการผลิตต่ำ ซึ่งพันธุ์ LOC ที่เป็นพันธุ์สังเคราะห์ที่มีความเหมาะสมใช้ในการส่งเสริมให้กับเกษตรกร หรือคัดเลือกไว้เพื่อทดสอบต่อไป

3.6 เอกสารอ้างอิง

งามชื่น รัตนดิลก. (2534). การวิเคราะห์เสถียรภาพผลผลิตฝ้าย.ใน **การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 29** (หน้า 193-198). ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 4-7 กุมภาพันธ์.

ดนัย ศุภาหาร. (2530). **การศึกษาปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมในบางลักษณะของถั่วพุ่ม**. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. สาขาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จุฑามาศ เพียซ้าย, ฐิติพร มะชิโกวา และไพศาล เหล่าสุวรรณ. (2550). การพัฒนาและศักยภาพของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์.ใน **การประชุมวิชาการ งา ทานตะวัน ละหุ่ง และคำฝอยแห่งชาติครั้งที่ 5** (หน้า 84-97). ณ โรงแรมเทวราช จังหวัด น่าน วันที่ 23-25 พฤษภาคม.

จุฑารัตน์ สอนเนย. (2536). **การเปรียบเทียบพันธุ์ทานตะวันโดยการวิเคราะห์เสถียรภาพ 3 วิธี.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. สาขาพืชไร่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฐิติพร มะชิโกวา. (2550). รายงานการวิจัยโครงการปรับปรุงทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 32 หน้า.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. (2525). **พันธุศาสตร์ปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช**. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ และประเสริฐ ฉัตรวชิระวงษ์. (2548). **พันธุศาสตร์เชิงปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช**. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. (2545). **สถิติเพื่อการวิจัยและวางแผนการทดลอง**. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2551). สถิตินำเข้า-ส่งออกสินค้าเกษตร (ทานตะวัน) [ออนไลน์]. ได้จาก http://www.oae.go.th/

Abd-El, M., Cocks, P.S. and Mawlawy, B. (1990). Genotype-environment interactions and stability analysis for herbage and seed yields of forage peas under rainfed conditions. **Plant Breeding**. 104-231-240.

Akcura, M., Ceri, S., Taner, S., Kaya, Y., Ozer, E. and Ayranci, R. (2005a). Grain yield stability of winter oat (*Avena sativa* L.) cultivars in the central anatolain region of Turkey. **J. Cent. Eur. Agric**. 6: 203-210.

Akcura, M., Kaya, Y. and Taner, S. (2005b). Genotype-environment interaction and phenotypic stability analysis for grain yield of durum wheat in central Anatolian region. **Turk. J. Agric. For.** 29: 369-375.

Amin, M., Mohammad, T., Khan, A.J., Irfaq, M., Ali, A. and Tahir, G.R. (2005). Yield stability of spring wheat (*Triticum sativum* L.) in the north west frontier province, Pakistan. **Songklanakarin. J. Sci. Technol**. 26: 1147-1150.

Asif, M., Asim, M.,Mujahid, M.Y., Mustafa, S.Z., Kisana, N.S., Ahmed, Z., Ahmad, I. and Sohail, M. (2003). Analysis of wheat genotypes for yield stability in rainfed environment. **Pak. J. Biol. Sci.** 6: 1509-1511.

Bacusmo, J.L., Collins, W.W. and Jones, A. (1988). Comparison of methods of determining stability and adaptation of sweet potato. **Theor. Appl Genet**. 75: 492-497.

Banterng, P., Patanothai, A., Pannangpetch, K., Jogloy, S. and Hoogenboom, G. (2006). Yield stability evaluation of peanut lines: A comparison of an experimental versus a simulation approach. **Fleld Crop Res**. 39: 168-175.

Barnett, R.D., Blount, A.R., Pfahler, P.L., Bruckner, P.L., Wesenberg, D.M. and Johnson, J.W. (2006). Environmental stability and heritability estimates for grain yield and test weight in triticale. **J. Appl. Genet**: 47: 207-213.

Byth, D.E., Eiseman, R.E. and Delacy, I.H. (1976). Two-way pattern analysis of a large data set to evaluate genotypic adaptation. **Heredity**. 37: 215-230.

Carter, J.F. (1978). **Sunflower Science and Technology**. American Society of Agronomy, Inc.:Wisconsin.

Dijanovic, D., Balalic, M.B., Stankovic, V. and Mihajlovic, I. (2004). Phenotypic stability of yield components in protein sunflower. **GENETIKA**. 36: 213-220.

Eberhart, S.A. and Russell, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. **Crop Sci**. 6: 36-40.

Eberhart, S.A. and Russell, W.A. (1969). Yield and stability for a 10-line diallel of single-cross and double-cross maize hybrids **Crop Sci**. 9: 357-361.

Finlay, K.W. and Wilkinson, G.N. (1963). The analysis of adaption in a plant-breeding programme. **Aust. J.Agri. Res**. 14:742-754.

Francis, T.R. and Kannenberg, L.W. (1978). Yield stability studies in short-season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. **Can. J. Plant Sci**. 38: 1029-1034.

Freeman, G.H. and Perkins, J.M. (1971). Environmental and genotype-environmental components variability. VIII. Relations between genotypes grown in different environments and measures of these environments. **Heredity**. 27: 15-23.

Goksoy, 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: 119-130.

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

Gross, P.L. and Hanzel, J.J. (1991). Stability of morphological traits conferring bird resistance to sunflower across different environments. **Crop Sci**. 31: 997-1000.

Ivanova, R.V. and Naidenova, N. (2006). Assessment of the stability and adaptability of waxbloom and waxless pea (*Pisum sativum* L.) mutant lines. **Scientia Hort**. 109: 15-20.

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.

Langer, S., Frey, K.J. and Daily, T. (1979). Associations among productivity, production response and stability indexes in oat varieties. **Euphytica 28**: 17-24.

Lin, C.S., Bin, M.R. and Lefkovitch, L.P. (1986). Stability analysis: where do we stand? **Crop Sci**. 26: 894-900.

Naveed, M., Mukhtar, N., Farooq, J., Yas, M. I and Islam, N.U. (2006). Evaluation of some new strains of *Gossypium hirsutum* L. for yield stability across environments. **J. Agri. Soc. Sci.** 1,813-2,235.

Perkins, J.K. and Jinks, J.L. (1968). Environmental and genotype-environmental components of variability. III Multiple lines and crosses. **Heredity**. 23: 339-356.

Rasul, S., Khan, M.I., Javed, M.M. and Haq, I.U. (2005). Stability and adaptability of maize genotype in Pakistan. **J. App. Res.** 1: 307-312.

Rao, M., Reddy, G.L., Kulkarni, R.S., Reddy, S.S.L. and Ramesh, S. (2004). Stability analysis of sunflower hybrids through non-parametric model. **Helia**. 27: 59-66.

Soliman, M.S.M. (2006). Stabilityand environmental interaction of some promising yellow maize genotypes. **Res. J. Agric. & Biol. Sci**. 2: 249-255.

Suinaga, F.A., Bastos, C.S. and Rangel, L.E.P. (2006). Phenotypic adaptability and stability of cotton cultivars in mato grosso state, Brazil. **Pesq. Agropec. Trop**. 36: 145-150.

Utkhede, R.S., Rahe, J.E., Coley-Smith, J.R., Van der Meer, Q.P., Brewer, J.G. and Criscola, V. (1982). Genotype-environment interactions for resistance to onion white rot. **Can. J. Plant Pathol**. 4: 269-271.

Vega, A.J.D.L., Chapman, S.C. and Hall, A.J. (2001). Genotype by environment interaction and indirect selection for yield in sunflower. I. two-mode pattern analysis of oil and biomass yield across environments in Argentina. **Field Crops Res.** 72: 17-38.

บทที่ 4
การตอบสนองของทานตะวันต่อธาตุอาหารบางชนิด

4.1 บทคัดย่อ

การศึกษาการตอบสนองของทานตะวันต่อธาตุอาหารพืชที่ปลูกทดสอบในดินจากแปลงเกษตรกรจากอำเภอวังม่วง จังหวัดสระบุรี ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือ 1) ศึกษาการขาดธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และ ธาตุอาหารจุลธาตุ ของทานตะวัน 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ไพโอเนียร์ และ LOC และ 2) ศึกษาการขาดธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน สังกะสี และโบรอนของทานตะวัน 2 พันธุ์ ทั้งสองการทดลองวางแผนการทดลองแบบ Factorial ใน Completely randomized design (CRD) โดยให้พืชได้รับสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธี วิเคราะห์ความปรวนแปรจากลักษณะความสูง และขนาดดอก พบว่า ในแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างทางสถิติในระดับนัยสำคัญยิ่ง และจากค่าเฉลี่ยความสูง ขนาดดอก และขนาดเมล็ด พบว่ากรรมวิธีที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารครบทั้ง 8 ธาตุ มีค่าเฉลี่ยความสูง ขนาดดอก และขนาดเมล็ดดีที่สุด ส่วนกรรมวิธีที่ไม่ได้รับสารละลายธาตุอาหารมีค่าเฉลี่ยความสูง ขนาดดอก และขนาดเมล็ดต่ำที่สุด แสดงว่าธาตุอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของทานตะวัน และดินจากแปลงเกษตรสามารถใช้ปลูกทานตะวันได้ เนื่องจากสามารถเจริญเติบโตได้ ถึงแม้ว่าจะไม่ได้รับสารละลายธาตุอาหาร

จากการทดลองการขาดธาตุอาหารในทรายโดยศึกษาการขาดธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน สังกะสี และโบรอน พบว่า เมื่อทานตะวันขาดธาตุอาหารธาตุใดธาตุหนึ่งจะแสดงอาการผิดปกติอันเป็นลักษณะเฉพาะเจาะจง ทานตะวันที่ขาดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียม จะแสดงอาการที่ใบแก่ก่อน แต่มีลักษณะอาการผิดปกติที่แตกต่างกัน ส่วนการขาดสังกะสีจะพบอาการที่ใบอ่อน และมีข้อสั้น สำหรับการขาดกำมะถันมีลักษณะคล้ายกับการขาดไนโตรเจน คือ ใบมีสีเหลือง แต่จะมีการแสดงออกอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งต้น และการขาดแคลเซียม และโบรอน จะแสดงอาการที่ยอดอ่อน จากลักษณะของอาการผิดปกติที่พบ สามารถใช้เป็นแนวทางในการตรวจวินิจฉัยว่าพืชมีปัญหาเกี่ยวกับธาตุชนิดใด

คำสำคัญ : ทานตะวัน, ธาตุอาหารพืช, การขาดธาตุอาหาร

4.2 บทนำ

ทานตะวันเป็นพืชที่ให้น้ำมันสูง มีวิตามินอี และกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ซึ่งเมื่อนำไปบริโภคแล้วจะไม่มีผลต่อการเพิ่มคลอเรสเตอรอลในเลือด เมล็ดทานตะวันนอกจากจะมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงแล้วก็ยังมีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูงอีกด้วย ทานตะวันเป็นพืชที่ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีพอสมควร ไม่ไวต่อช่วงแสง สามารถออกดอกให้ผลได้ทุกสภาพช่วงแสง และปรับตัวได้ดีในดินประเภทดินร่วนทราย จนถึงดินร่วนเหนียว แต่ไม่ชอบดินทรายจัดหรือเหนียวจัด ต้องการความเป็นกรด-ด่างของดินในช่วง 6.5-7.5 (ณัฏฐินี รัตนพาณิชย์, 2534; ประศาสตร์ ล้อมลาย, 2534)

ธาตุอาหารพืช หรือธาตุอาหารจำเป็น (Plant nutrients หรือ Essential nutrient elements) หมายถึงธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญและพัฒนาของพืชหรือธาตุที่พืชต้องการเพื่อดำรงชีพ ธาตุเหล่านั้นมีบทบาทในกระบวนการเมตาบอลิซึม (Metabolism) อย่างเฉพาะเจาะจง ไม่มีธาตุอื่นใดทำหน้าที่แทนได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อพืชขาดธาตุอาหารธาตุใดธาตุหนึ่งจึงชะงักการเจริญเติบโต มีอาการผิดปกติอันเป็นลักษณะเฉพาะเจาะจง

โดยทั่ว ๆ ไปในดินประกอบด้วยธาตุอาหารต่างชนิดกันอยู่มากมาย แต่ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชมีอยู่ 16 ชนิด ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีความต้องการธาตุอาหารแตกต่างกันไปทั้งชนิดและปริมาณของธาตุอาหารนั้นด้วย ธาตุอาหารทั้ง 16 ชนิดที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ตามปริมาณของธาตุอาหารแต่ละธาตุที่พืชต้องการคือ

1) มหธาตุ (Macronutrient) คือธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณมากในการเจริญเติบโต คือ มากกว่า 500 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้งของพืช 1 กิโลกรัม มี 9 ธาตุ ได้แก่ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) จะเห็นได้ว่าธาตุออกซิเจน ไฮโดรเจน และคาร์บอน เป็นธาตุที่มีอยู่มากอย่างเพียงพอตามธรรมชาติ โดยพืชได้รับจากน้ำและอากาศ ธาตุอาหารประเภทนี้จำแนกออกได้เป็น 2 กลุ่มย่อย

(1) กลุ่มธาตุอาหารหลัก (Primary nutrient elements) คือธาตุอาหารที่พืชต้องการมาก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

(2) กลุ่มธาตุอาหารรอง (Secondary nutrient elements) คือธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณลดน้อยลงมา ได้แก่แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน

2) จุลธาตุ (Micronutrient) คือธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณเพียงเล็กน้อย ก็เพียงพอต่อการดำรงชีพ มี 7 ธาตุ ได้แก่ โบรอน (B) เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) แมงกานีส (Mn) โมลิบดินัม (Mo) และคลอรีน (Cl) ส่วนใหญ่พืชต้องการในปริมาณน้อยกว่า 100 มิลลิกรัมกรัมต่อน้ำหนักแห้งของพืช 1 กิโลกรัม (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543; พูนภิภพ เกษมทรัพย์, 2549; ดิเรก ทองอร่าม, 2550)

ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชเหล่านี้ แม้ว่าพืชต้องการมหธาตุในปริมาณมากในขณะที่ต้องการจุลธาตุในปริมาณน้อย แต่พืชต้องการทั้งมหธาตุและจุลธาตุอาหารเหล่านี้ครบทุกชนิดในปริมาณที่เพียงพอจึงเจริญเติบโตได้ดี (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543)

ทานตะวันเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารเหมือนกับพืชอื่น ๆ โดยเฉพาะธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (Suksri, 1996; Nawaz et al., 2003; Shehata and El-Khawas, 2003) นอกจากนี้ทานตะวันยังต้องการธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอาทิ เช่น แมกนีเซียม สังกะสี และโบรอน ซึ่งธาตุอาหารดังกล่าวมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตของทานตะวันมาก (Blamey et al., 1978; El-Fouly et al., 2001; Zubillaga et al., 2002)

วัสดุปลูกพืชอาจมีธาตุอาหารธาตุหนึ่งต่ำมากในขณะที่มีธาตุอื่นเพียงพอ การเพิ่มธาตุอาหารที่ขาดแคลนลงไป พืชจะตอบสนองด้านการเจริญเติบโต เช่น น้ำหนักแห้ง โดยแสดงเป็นกราฟสามส่วน คือ ส่วนแรก อัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้นเมื่อเพิ่มธาตุอาหาร เรียกว่า พิสัยขาดแคลน (deficiency range) ส่วนที่สอง การเจริญเติบโตถึงจุดสูงสุดแล้วและคงระดับนี้ต่อไปแม้จะเพิ่มธาตุอาหารก็ตาม เรียกว่า พิสัยเพียงพอ (adequate range) และส่วนที่สาม อัตราการเจริญเติบโตลดลงเมื่อเพิ่มธาตุอาหารลงไปอีก เรียกว่า พิสัยเป็นพิษ (toxic range)

เนื่องจากดินที่ใช้ปลูกพืชไม่ได้มีความอุดมสมบูรณ์สูงเสมอไป ดินบางแห่งขาดธาตุอาหาร แต่ในบางแห่งมีธาตุอาหารมากเกินไป ทั้งสองกรณีทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตพืชต่ำกว่าปกติ เพื่อให้การแก้ไขตรงกับสาเหตุ จึงจำเป็นต้องมีการตรวจวินิจฉัย (diagnosis) เพื่อให้ทราบสาเหตุที่แท้จริงที่พืชไม่เจริญเติบโต (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543)

วัตถุประสงค์ของการทดลองครั้งนี้ เพื่อศึกษาการตอบสนองของทานตะวันต่อธาตุอาหารพืช โดยพิจารณาจากการเจริญเติบโต และลักษณะผิดปกติที่เกิดขึ้น

4.3 วิธีดำเนินการวิจัย

4.3.1 พันธุ์พืช

ทานตะวันพันธุ์ลูกผสม ไพโอเนียร์

ทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ LOC

4.3.2 วัสดุปลูก และสารเคมีในการทดลอง

1) ดินจากแปลงเกษตรกร ที่อำเภอวังม่วง จังหวัดสระบุรี เพื่อใช้ในการทดลองที่ 1 และ 2 (คุณสมบัติของดินแสดงในตารางภาคผนวกที่ 8)

2) ทราย เพื่อใช้ในการทดลองที่ 3

3) กระถางขนาด 12 นิ้ว

4) ป้ายชื่อ

3) สารเคมีสำหรับเตรียมสารละลายในการทดลองที่ 1 (ตารางภาคผนวกที่ 9) และ Hoaglands's nutrient solution ในการทดลองที่ 2 และ 3 (ตารางภาคผนวกที่ 10) (Hoagland and Arnon, 1950)

4.3.3 วิธีการทดลอง

1) การทดลองที่ 1 ศึกษาการขาดธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) ธาตุอาหารรอง (แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน) และ ธาตุอาหารจุลธาตุ (สังกะสี และโบรอน) ของทานตะวันในดินจากแปลงเกษตรกร

ปลูกทานตะวันพันธุ์ไพโอเนียร์ และพันธุ์ LOC ในกระถาง ขนาด 12 นิ้ว โดยใช้ดินจากแปลงเกษตรกรเป็นวัสดุปลูก ชั่งน้ำหนักให้ได้กระถางละ 7 กิโลกรัม เมื่อต้นทานตะวันมีใบจริง จึงเริ่มให้สารละลายธาตุอาหารตามกรรมวิธีต่าง ๆ กัน (ตารางภาคผนวกที่ 9) ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ให้น้ำแทนสารละลายธาตุอาหาร

กรรมวิธีที่ 2 ให้สารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุอาหารหลัก

กรรมวิธีที่ 3 ให้สารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรอง

กรรมวิธีที่ 4 ให้สารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุจุลธาตุ จำนวน 7 ธาตุ โดยขาดธาตุอาหารรอง คือ แมกนีเซียม

กรรมวิธีที่ 5 ให้สารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุจุลธาตุ จำนวน 7 ธาตุ โดยขาดธาตุจุลธาตุ คือ โบรอน

กรรมวิธีที่ 6 ให้สารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุจุลธาตุ จำนวน 7 ธาตุ โดยขาดธาตุจุลธาตุ คือ สังกะสี

กรรมวิธีที่ 7 ให้สารละลายธาตุอาหารครบทั้ง 8 ธาตุ

โดยให้พืชได้รับสารละลายธาตุอาหารต้นละ 50 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ วางแผนการทดลองแบบ Factorial ใน CRD จำนวน 4 ซ้ำต่อกรรมวิธี

การบันทึกผลการทดลอง

(1) บันทึกความสูง ขนาดดอก และขนาดเมล็ดของแต่ละกรรมวิธี แล้ววิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยทำการวัดความสูงเมื่อทานตะวันอยู่ในระยะ R6

(2) บันทึกลักษณะอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นในแต่ละกรรมวิธี

2) การทดลองที่ 2 ศึกษาการขาดธาตุอาหารของทานตะวันในดินจากแปลงเกษตรกร โดยศึกษาการเจริญเติบโต และอาการผิดปกติจากการขาดธาตุอาหารในแต่ละธาตุ

ปลูกทานตะวันพันธุ์ไพโอเนียร์ และพันธุ์ LOC ในกระถางขนาด 12 นิ้ว โดยใช้ดินเป็นวัสดุปลูก ชั่งน้ำหนักให้ได้กระถางละ 7 กิโลกรัม เมื่อต้นทานตะวันมีใบจริงจึงเริ่มให้สารละลายธาตุอาหารตามกรรมวิธีต่าง ๆ กัน (ตารางภาคผนวกที่ 10) ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ให้น้ำแทนสารละลายธาตุอาหาร (None)
กรรมวิธีที่ 2 ให้สารละลายธาตุอาหารครบทุกธาตุ (All)
กรรมวิธีที่ 3 ให้สารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุอื่นครบยกเว้นไนโตรเจน (-N)
กรรมวิธีที่ 4 ให้สารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุอื่นครบยกเว้นฟอสฟอรัส (-P)
กรรมวิธีที่ 5 ให้สารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุอื่นครบยกเว้นโพแทสเซียม (-K)
กรรมวิธีที่ 6 ให้สารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุอื่นครบยกเว้นแคลเซียม (-Ca)
กรรมวิธีที่ 7 ให้สารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุอื่นครบยกเว้นแมกนีเซียม (-Mg)
กรรมวิธีที่ 8 ให้สารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุอื่นครบยกเว้นกำมะถัน (-S)
กรรมวิธีที่ 9 ให้สารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุอื่นครบยกเว้นสังกะสี (-Zn)
กรรมวิธีที่ 10 ให้สารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุอื่นครบยกเว้นโบรอน (-B)

โดยให้พืชได้รับสารละลายธาตุอาหารต้นละ 50 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ วางแผนการทดลองแบบ Factorial ใน CRD จำนวน 4 ซ้ำต่อกรรมวิธี

การบันทึกผลการทดลอง

(1) บันทึกความสูง ขนาดดอก และขนาดเมล็ดของแต่ละกรรมวิธี แล้ววิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยทำการวัดความสูงเมื่อทานตะวันอยู่ในระยะ R6

(2) บันทึกลักษณะอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นในแต่ละกรรมวิธี

3) การทดลองที่ 3 ศึกษาการขาดธาตุอาหารของทานตะวันในทราย

ปลูกทานตะวันพันธุ์ไพโอเนียร์ในกระถาง โดยใช้ทรายเป็นวัสดุปลูก ชั่งน้ำหนักให้ได้กระถางละ 7 กิโลกรัม เริ่มให้สารละลายธาตุอาหารตั้งแต่ทานตะวันเริ่มงอกตามกรรมวิธีต่าง ๆ กัน เหมือนการทดลองที่ 2

การบันทึกผลการทดลอง

(1) บันทึกลักษณะอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นในแต่ละกรรมวิธี

4.4 ผลการทดลองและวิจารณ์

4.4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาการขาดธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) ธาตุอาหารรอง (แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน) และ ธาตุอาหารจุลธาตุ (สังกะสี และโบรอน) ของทานตะวันในดินจากแปลงเกษตรกร

1) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในลักษณะความสูง ขนาดดอก และขนาดเมล็ด

จากการวิเคราะห์ความปรวนแปรของลักษณะความสูง และขนาดดอก (ตารางที่ 4.1) พบว่ากรรมวิธีต่าง ๆให้ความสูงและขนาดดอกแตกต่างทางสถิติในระดับนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ทั้งสองลักษณะ และจากค่าเฉลี่ยของความสูง และขนาดดอกในแต่ละ

กรรมวิธี พบว่า ในกรรมวิธีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยความสูง และขนาดดอกต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างชัดเจน ส่วนในกรรมวิธีอื่น ๆ ให้ผลไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.2)

จากค่าเฉลี่ยความสูงของทานตะวันสองพันธุ์ ในกรรมวิธีต่าง ๆ พบว่า ค่าเฉลี่ยความสูงในกรรมวิธีที่ 1 ซึ่งรดน้ำแทนสารละลายธาตุอาหาร มีค่าเฉลี่ยความสูงต่ำที่สุด คือ 103 เซนติเมตร ส่วนค่าเฉลี่ยความสูงในกรรมวิธีที่ 3-7 มีค่าใกล้เคียงกัน สำหรับค่าเฉลี่ยในกรรมวิธีที่ 2 ซึ่งรดสารละลายที่มีเฉพาะธาตุอาหารหลัก พบว่ามีค่าเฉลี่ยความสูงต่ำกว่ากรรมวิธีที่มีธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารจุลธาตุอย่างชัดเจน (ตารางที่ 4.2)

จากค่าเฉลี่ยขนาดดอกของทานตะวันสองพันธุ์ในกรรมวิธีต่าง ๆ พบว่า ค่าเฉลี่ยขนาดดอกในกรรมวิธีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 7.00 เซนติเมตร ส่วนค่าเฉลี่ยขนาดดอกในกรรมวิธีอื่นไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 4.2) การเก็บข้อมูลในลักษณะขนาดเมล็ดนั้น เนื่องจากดอกทานตะวันจากการทดลองมีขนาดเล็ก และมีเมล็ดจำนวนน้อย จึงต้องนำเมล็ดในแต่ละซ้ำมารวมกันเพื่อบันทึกข้อมูลในลักษณะขนาดเมล็ด (ตารางที่ 4.2) ซึ่งพบว่า ขนาดเมล็ดของกรรมวิธีที่ 1 มีค่าน้อยที่สุด คือ 1.48 กรัมต่อ 100 เมล็ด รองลงมาคือ ค่าเฉลี่ยจากกรรมวิธีที่ 2 (2.77 กรัมต่อ 100 เมล็ด) ส่วนกรรมวิธีที่ 7 มีน้ำหนักเมล็ดมากที่สุด คือ 3.03 กรัมต่อ 100 เมล็ด สำหรับกรรมวิธีอื่น ๆ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน

จากค่าเฉลี่ยของความสูง ขนาดดอก และขนาดเมล็ด แสดงว่าดินจากแปลงเกษตรกรมีคุณสมบัติที่สามารถปลูกทานตะวันได้ แต่จำเป็นต้องมีการใส่ปุ๋ยเพื่อให้มีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ดีขึ้น และสามารถเพิ่มผลผลิตได้ นอกจากนั้นยังพบว่าการรดสารละลายที่มีเฉพาะธาตุอาหารหลักมีความสูง และขนาดเมล็ดต่ำกว่าการรดสารละลายที่เพิ่มธาตุอาหารรอง แสดงให้เห็นว่าการธาตุอาหารรอง และจุลธาตุมีส่วนช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต และการพัฒนาการของการสร้างเมล็ดของทานตะวัน (ดิเรก ทองอร่าม, 2550; วิจิตร วังใน, 2550; ยงยุทธ โอสถสภา, 2543)

2) อาการผิดปกติเมื่อเกิดการขาดธาตุอาหาร

จากการสังเกตลักษณะอาการผิดปกติที่เกิดจากการขาดธาตุอาหารในกรรมวิธีต่าง ๆ พบว่าทุกกรรมวิธีทานตะวันทั้งสองพันธุ์สามารถงอก และเจริญเติบโตทางลำต้นได้ แต่กรรมวิธีที่ 1 ซึ่งรดน้ำแทนสารละลายธาตุอาหาร มีการเจริญเติบโตแตกต่างกันจากกรรมวิธีอื่นๆ โดยมีความสูงน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างชัดเจน ส่วนในกรรมวิธีอื่น ๆ มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน (กรรมวิธีที่ 2 – 7)

4.4.2. การทดลองที่ 2 ศึกษาการขาดธาตุอาหารของทานตะวันในดินจากแปลงเกษตรกร

1) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในลักษณะความสูง ขนาดดอก และขนาดเมล็ด

จากการวิเคราะห์ความปรวนแปรของลักษณะความสูง และขนาดดอก (ตารางที่ 4.3) พบว่าในแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างทางสถิติในระดับนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ส่วนค่าเฉลี่ยของความสูงและขนาดดอกในแต่ละกรรมวิธี พบว่า ในกรรมวิธีที่ 1 (None) ไม่รดสารละลายธาตุอาหารมีค่าเฉลี่ย

ความสูงและขนาดดอกต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างชัดเจน ส่วนในกรรมวิธีอื่น ๆ ให้ผลไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.4)

ในทานตะวันพันธุ์ไพโอเนียร์ และพันธุ์ LOC กรรมวิธีที่ 2 (All) เป็นกรรมวิธีที่ให้ค่าเฉลี่ยความสูงดีที่สุด เท่ากับ 144 และ 142 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ 1 (None) ให้ค่าเฉลี่ยความสูงต่ำที่สุด เท่ากับ 108 และ 99 เซนติเมตรตามลำดับ (ตารางที่ 4.4) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสูงของกรรมวิธีที่ 2 (All) และกรรมวิธีอื่น ๆ ยกเว้นในกรรมวิธีที่ 1 (None) ของพันธุ์ไพโอเนียร์พบว่าค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติ ส่วนในพันธุ์ LOC มีความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งเป็นข้อดีเด่นของพันธุ์ลูกผสมที่มีความเสถียรในลักษณะของความสูงที่ดีกว่าพันธุ์สังเคราะห์

จากค่าเฉลี่ยขนาดดอกของทานตะวันสองพันธุ์ในกรรมวิธีต่าง ๆ พบว่า ค่าเฉลี่ยขนาดดอกในกรรมวิธีที่ 1 (None) มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ7.94 เซนติเมตร ส่วนค่าเฉลี่ยขนาดดอกในกรรมวิธีอื่นไม่แตกต่างกันในทางสถิติ และจากค่าเฉลี่ยขนาดเมล็ด (ตารางที่ 4.4) พบว่า ขนาดเมล็ดของกรรมวิธีที่ 1 (None) มีค่าน้อยที่สุด คือ 1.59 กรัมต่อ 100 เมล็ด ส่วนกรรมวิธีที่ 2 (All) มีน้ำหนักเมล็ดมากที่สุด คือ 3.55 กรัมต่อ 100 เมล็ด สำหรับกรรมวิธีอื่น ๆ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน

คุณสมบัติของดินจากแปลงเกษตรกร (ตารางภาคผนวกที่ 8) เป็นดินที่มีอินทรียวัตถุอยู่มาก อินทรียวัตถุในดินเป็นแหล่งสำรองธาตุอาหารขนาดใหญ่ ประกอบไปด้วยธาตุอาหารเกือบทุกชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุไนโตรเจน หลังจากถูกย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์แล้ว จะปลดปล่อยธาตุอาหารเหล่านั้นออกมาสะสมอยู่ในดิน นอกจากนี้ธาตุอาหารพืชที่มีประจุบวกและอินทรียวัตถุดูดซับไว้ ยังเป็นประโยชน์ต่อพืชได้เช่นกัน (วิจิตร วังใน, 2550) และจากการที่ค่า pH ของดินเท่ากับ 6.1 ซึ่งเป็นช่วง pH ที่พืชสามารถนำธาตุอาหารไปใช้ประโยชน์ได้ดี จากคุณสมบัติดังกล่าวของดินจึงทำให้ทานตะวันสามารถเจริญเติบโตได้แม้ว่าจะรดด้วยน้ำเพียงอย่างเดียว แสดงว่าดินจากแปลงเกษตรกรเป็นดินที่สามารถปลูกทานตะวันได้

2) อาการผิดปกติเมื่อเกิดการขาดธาตุอาหาร

จากการสังเกตลักษณะอาการผิดปกติที่เกิดจากการขาดธาตุอาหารต่าง ๆ ในการทดลอง พบว่า ทานตะวันแสดงอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นได้ไม่ชัดเจน แต่มีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน โดยในกรรมวิธีที่ 1 ซึ่งรดน้ำแทนสารละลายธาตุอาหารจะมีการเจริญเติบโตทางลำต้นช้ากว่าในกรรมวิธีอื่น ๆ อย่างชัดเจน ส่วนในกรรมวิธีอื่น ๆ มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน (กรรมวิธีที่ 2 – 10) จากรูปที่ 4.1 แสดงการเจริญเติบโตของทานตะวันเมื่อขาดธาตุอาหารแต่ละชนิด พบว่า ทั้งสองพันธุ์มีการตอบสนองต่อธาตุอาหารที่คล้ายกัน คือ เมื่อขาดธาตุอาหารธาตุใดธาตุหนึ่งทานตะวันมีต้นที่เล็กกว่าเมื่อให้ธาตุอาหารครบทุกธาตุ

4.4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาการขาดธาตุอาหารของทานตะวันโดยใช้ทรายเป็นวัสดุปลูก

1) ลักษณะอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นจาการขาดธาตุอาหารในกรรมวิธีต่าง ๆ

อาการขาดไนโตรเจน

ทานตะวันที่ขาดไนโตรเจน ต้นจะมีลักษณะแคระแกร็น ใบสีเหลืองอมเขียว และจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองในที่สุด เริ่มแสดงอาการใบแก่บริเวณด้านล่างของต้นก่อน ใบใหม่ที่เกิดมีขนาดเล็กและแคบ (รูปที่ 4.2)

อาการขาดไนโตรเจนในทานตะวัน ปรากฏชัดเจนที่ใบแก่เนื่องจากไนโตรเจนเคลื่อนย้ายจากใบแก่ไปเลี้ยงเนื้อเยื่อที่กำลังพัฒนา และมีการยับยั้งการสังเคราะห์คลอโรพลาสต์และคลอโรฟิลล์ ทำให้พืชมีสีซีดจนถึงเขียวอมเหลือง เมื่ออาการขาดรุนแรงขึ้นจะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีเหลือง ใบจะเริ่มเหี่ยวโดยเริ่มต้นที่ปลายใบและขอบใบ แล้วแห้งตายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอมเหลืองจนถึงสีน้ำตาล (วิจิตร วังใน, 2543; ยงยุทธ โอสถสภา, 2543; Robinson, 1973; Steer and Hocking,1983; Blamey et al., 1987)

อาการขาดธาตุฟอสฟอรัส

ทานตะวันที่ขาดฟอสฟอรัส ต้นจะมีลักษณะไม่สมบูรณ์ ใบมีขนาดเล็ก และมีการตายของเนื่อเยื่อ หรืออาการที่เรียกว่า เนโครซิส (necrosis) (รูปที่ 4.3)

ทานตะวันที่ขาดฟอสฟอรัส มีผลทำให้ใบขยายขนาดช้าจึงเล็ก และใบมีจำนวนน้อย ถึงแม้ว่าการขยายขนาดใบจะลดลงอย่างมาก แต่ปริมาณโปรตีนและคลอโรฟิลล์ต่อหน่วยพื้นที่ใบลดลงเพียงเล็กน้อย ทำให้ใบพืชที่ขาดฟอสฟอรัสในระยะแรกมีสีเขียวเข้มขึ้น และอัตราการสังเคราะห์แสงต่อหน่วยของคลอโรฟิลล์มีค่าลดลง (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543; Asher and Cowie, 1987; Blamey et al., 1987; Rodriguez et al., 1998)

อาการขาดธาตุโพแทสเซียม

ทานตะวันที่ขาดโพแทสเซียมใบจะมีสีเหลืองจากขอบใบสู่กลางใบ ลำต้นแคระแกร็น (รูปที่ 4.4)

ทานตะวันที่ขาดโพแทสเซียมจะทำให้การเจริญเติบโตลดลง โดยโพแทสเซียมส่วนที่เคยสะสมอยู่ในใบแก่และอวัยวะอื่น ๆ เคลื่อนย้ายทางโฟลเอ็มไปเลี้ยงเนื้อเยื่อที่กำลังเจริญ อวัยวะดังกล่าวจึงมีอาการผิดปกติ เช่นคลอโรซิส (chlorosis) หรือ เนโครซิส นอกจากนั้นพืชอาจล้มง่าย เนื่องจากการสะสมลิกนินในกลุ่มท่อลำเลียงน้อยกว่าปกติลำต้นไม่แข็งแรง (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543; Blamey et al., 1987)

อาการขาดธาตุแคลเซียม

ทานตะวันที่ขาดแคลเซียมจะแสดงอาการผิดปกติให้เห็นที่ใบอ่อนและยอด โดยใบมีสีเหลือง และกลายเป็นสีน้ำตาล รวมทั้งมีการม้วนงอของใบ (รูปที่ 4.5)

เมื่อทานตะวันขาดแคลเซียมจะแสดงอาการที่เนื้อเยื่อที่อายุน้อย ใบอ่อนจะมีขนาดเล็ก ปลายและขอบใบม้วนขึ้น เกิดจุดคลอโรซิส พร้อมกับแผลเนโครซิสตามแนวขอบใบ และโดยเฉพาะอย่าง

ยิ่งที่ปลายใบ ขยายเข้าสู่พื้นที่ระหว่างเส้นใบ และต่อมาเชื่อมติดกัน (วิจิตร วังใน, 2550; Blamey et al., 1987)

อาการขาดธาตุแมกนีเซียม

ทานตะวันที่ขาดแมกนีเซียมจะแสดงอาการผิดปกติที่ใบแก่ก่อน ใบจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง โดยจะเริ่มจากปลายใบและขอบใบก่อน และมีลักษณะแคระแกร็น (รูปที่ 4.6)

เมื่อทานตะวันขาดธาตุนี้จะมีใบเหลืองซีดในใบซึ่งขยายตัวเต็มที่แล้ว เนื่องจากมีบทบาทของการสังเคราะห์โปรตีน ในภาวะขาดแคลนพืชจะสังเคราะห์โปรตีนได้น้อยลง อัตราการสังเคราะห์แสง(ต่อหน่วยพื้นที่ใบหรือหน่วยน้ำหนักคลอโรฟิลล์)ลดลง อัตราการหายใจต่ำกว่าพืชปกติ (ดิเรก ทองอร่าม, 2550; พูนภิภพ เกษมทรัพย์, 2549; ยงยุทธ โอสถสภา, 2543; Blamey et al.,1987; Lasa et al., 2000)

อาการขาดธาตุกำมะถัน

ทานตะวันที่ขาดกำมะถันจะแสดงอาการผิดปกติที่บริเวณยอดและใบอ่อนของพืช โดยจะเปลี่ยนจากสีเขียวปกติไปเป็นสีเขียวอ่อนและสีเหลือง โดยอาการดังกล่าวจะเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งยอดอ่อน (รูปที่ 4.7)

การขาดกำมะถันทำให้พืชสังเคราะห์โปรตีนได้น้อยลงใบจึงมีภาวะพร่องคลอโรฟิลล์ (chlorosis) แต่อาการที่ปรากฏแตกต่างจากการขาดไนโตรเจน คือเมื่อขาดกำมะถันทั้งใบแก่ และใบอ่อนจะเหลืองเหมือนกัน และความเข้มข้นของธาตุนี้ในใบทั้งสองประเภทก็ต่ำคล้ายกัน (Freney et al., 1978) อาการขาดกำมะถันจะเกิดที่ใบอ่อนในกรณีที่ไนโตรเจนเพียงพอ หรือเกิดที่ใบแก่ในกรณีที่ไนโตรเจนต่ำ แสดงให้เห็นว่าการเคลื่อนย้ายของกำมะถันจากใบแก่จะเกิดมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของการขาดไนโตรเจนด้วย (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543; McLachlan, 1978; Platou and Irish, 1982)

อาการขาดธาตุสังกะสี

ทานตะวันที่ขาดสังกะสีใบจะมีสีเหลือง และข้อของลำต้นจะมีลักษณะสั้นกว่าปกติทำให้มีใบถี่กว่าปกติ (รูปที่ 4.8)

สังกะสีมีผลต่อการสังเคราะห์ออกซิน ซึ่งจำเป็นต่อการพัฒนาดอก และผล เมื่อทานตะวันขาดสังกะสี ใบจะชะงักการเจริญเติบโต และมีใบเกิดซ้อนรวมเป็นกลุ่มของใบ หรือที่เรียกว่า resetting เนื่องมาจากการยืดตัวของปล้องหยุดชะงัก (วิจิตร วังใน, 2550; Blamey et al., 1987, El-Fouly et al., 2001)

8) อาการขาดโบรอน

ทานตะวันที่ขาดโบรอนจะมีรูปร่างของใบบริเวณยอดผิดปกติและเปราะหักง่าย การเจริญของดอกผิดปกติ (รูปที่ 4.9)

โบรอนเกี่ยวข้องกับการสร้างผนังเซลล์ การขนย้ายน้ำตาลในพืช การคงอยู่ของดอก การสร้างและการงอกของเรณู เมื่อทานตะวันขาดโบรอน การเจริญเติบโตของทานตะวันจะกระทบกระเทือน ถ้ามีอาการขาดเพียงเล็กน้อย ใบจะหนาขึ้น ปล้องสั้นลง เมื่อการขาดรุนแรงมากขึ้นจะมีสีเหลืองปรากฏที่ฐานของใบอ่อน และต่อมาจะกระจายจนครอบคลุมทั้งใบ ใบมีขนาดเล็กผิดปกติ เปราะ บางทีหดย่น การเจริญของยอดถูกยับยั้ง ดอกมีลักษณะผิดรูปแบบ ให้เมล็ดน้อยหรือมีเมล็ดลีบมาก ในกรณีที่ขาดอย่างรุนแรง จุดเจริญจะตายก่อนออกดอก (วิจิตร วังใน, 2550; Blamey et al., 1978; Rerkasem, 1986; El-Shintinawy, 1999)

การแสดงลักษณะผิดปกติของทานตะวันเมื่อรดด้วยสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน แสดงว่าธาตุอาหารพืชทั้ง 8 ธาตุมีผลต่อการเจริญเติบโตของทานตะวัน เมื่อขาดธาตุใดธาตุหนึ่งจะทำให้มีการเจริญเติบโตที่ผิดปกติ เนื่องจากธาตุเหล่านั้นมีบทบาทในกระบวนการเมตาบอลิซึมอย่างเฉพาะเจาะจง ไม่มีธาตุอื่นใดทำหน้าที่แทนได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อพืชขาดธาตุอาหารธาตุใดธาตุหนึ่งจึงชะงักการเจริญเติบโต มีอาการผิดปกติอันเป็นลักษณะเฉพาะเจาะจง ซึ่งสามารถตรวจลักษณะความผิดปกติต่าง ๆ ที่เห็นได้ด้วยตา (visible symptoms) อาการขาดธาตุอาหารที่ปรากฏจนมองเห็นได้อย่างชัดเจน เช่น ต้นแคระแกร็น ใบเหลืองเรียวเล็ก ดอก และใบบิดเบี้ยวผิดส่วน แสดงถึงความเสียหายของเมตาบอลิซึมในเซลล์พืช เช่น เมื่อพืชขาดไนโตรเจนหรือแมกนีเซียม ใบพืชจะมีสีซีดลงหรือสีเหลืองเนื่องจากสองธาตุนี้เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ แสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างธาตุอาหารในทางสรีระของพืชกับอาการขาดนั้น จึงสามารถใช้ลักษณะของอาการผิดปกติที่พบ เป็นแนวทางในการพิสูจน์ทราบว่าพืชมีปัญหาเกี่ยวกับธาตุใด แม้ว่าอาการขาดธาตุอาหารจะเป็นประโยชน์ และช่วยในการวินิจฉัย แต่มีข้อจำกัด คือ อาการขาดธาตุอาหารระยะแรกจะไม่ค่อยชัดเจน แต่จะมีลักษณะชัดเจนเมื่อการขาดแคลนรุนแรง และลักษณะอาการผิดปกติของพืชที่เกิดจากปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความแห้งแล้ง โรค หรือสารเคมี อาจมีความคล้ายคลึงกัน ดังนั้นการวินิจฉัยอาการขาดธาตุอาหารจึงต้องการความรู้ความชำนาญเป็นอย่างมาก จึงจะสามารถวินิจฉัยอาการผิดปกติได้อย่างถูกต้องหรือเชื่อถือได้ อย่างไรก็ตามการตรวจวินิจฉัยการขาดของธาตุอาหารจากอาการผิดปกติของพืชที่มองเห็นจะเป็นประโยชน์มากสำหรับการปฏิบัติในภาคสนาม เช่น เมื่อพบอาการขาดโบรอนหรือแมกนีเซียม สามารถทำการฉีดพ่นด้วยปุ๋ยทางใบที่มีธาตุโบรอน หรือ แมกนีเซียมได้ทันที (ดิเรก ทองอร่าม, 2550; วิจิตร วังใน, 2550; ยงยุทธ โอสถสภา, 2543)

4.5 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการขาดธาตุอาหารของทานตะวันในดินจากแปลงเกษตรกรจากอำเภอวังม่วง จังหวัดสระบุรี โดยทำการศึกษาการขาดธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน สังกะสี และโบรอน โดยให้พืชได้รับสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะความสูง และขนาดดอกของทานตะวันพันธุ์ไพโอเนียร์ และพันธุ์ LOC จากการทดลองการขาดธาตุอาหารในดินจากแปลงเกษตรกร จำนวน 7 กรรมวิธี

Source	df	MS	
		ความสูง	ขนาดดอก
Treatments (Trt)	6	1125.16**	24.61**
Varieties (V)	1	70.20	0.09
Trt x V	6	9.51	0.14
Error	42	33.84	0.40
Total	55		

** แตกต่างในทางสถิติในระดับ 0.01

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยความสูง ขนาดดอก และขนาดเมล็ดของทานตะวันพันธุ์ไพโอเนียร์ และพันธุ์ LOC จากการทดลองการขาดธาตุอาหารในดินจากแปลงเกษตรกร จำนวน 7 กรรมวิธี

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ย								
	ความสูง			ขนาดดอก			ขนาดเมล็ด		
	ไพโอเนียร์	LOC	เฉลี่ย	ไพโอเนียร์	LOC	เฉลี่ย	ไพโอเนียร์	LOC	เฉลี่ย
	---------- (ซม.) ----------						------ กรัม/100 เมล็ด ------		
1	106b	100b	103c	7.06b	6.94c	7.00b	1.45	1.51	1.48
2	131a	126b	129b	11.35a	10.85b	11.10a	2.70	2.83	2.77
3	134a	132b	133ab	11.38a	11.31ab	11.34a	3.02	3.02	3.02
4	136a	135b	135a	11.81a	11.81a	11.81a	3.01	3.00	3.01
5	135a	134b	135a	11.88a	11.56ab	11.72a	3.04	2.87	2.96
6	135a	135b	136a	11.63a	11.82a	11.73a	2.98	3.04	3.01
7	136a	135b	136a	11.69a	11.94a	11.81a	3.05	3.00	3.03

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะความสูง และขนาดดอกของทานตะวันพันธุ์ไพโอเนียร์ และพันธุ์ LOC จากการทดลองการขาดธาตุอาหารในดินจากแปลงเกษตรกร จำนวน 10 กรรมวิธี

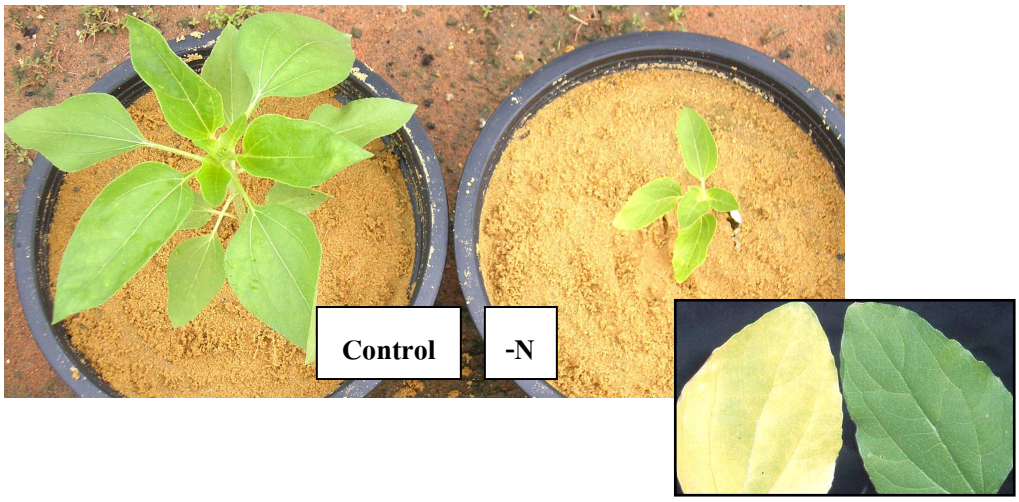
Source	df	MS	
		ความสูง	ขนาดดอก
Treatments (Trt)	9	885**	22.00**
Varieties (V)	1	135	0.46
Trt x V	9	18	0.24
Error	60	83	0.64
Total	79		

** แตกต่างในทางสถิติในระดับ 0.01

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยความสูง ขนาดดอก และขนาดเมล็ดของทานตะวันพันธุ์ไพโอเนียร์ และพันธุ์ LOC จากการทดลองการขาดธาตุอาหารในดินจากแปลงเกษตรกร จำนวน 10 กรรมวิธี

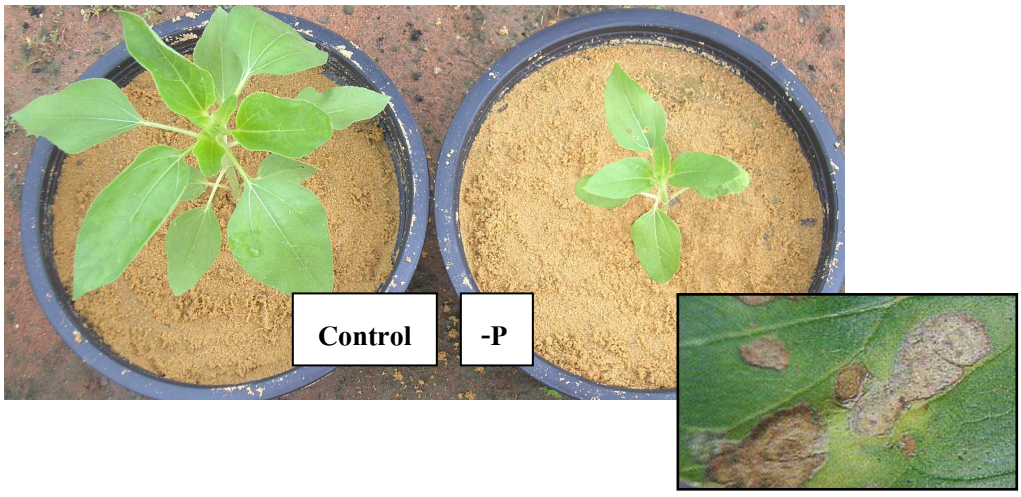
กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ย								
	ความสูง			ขนาดดอก			ขนาดเมล็ด		
	ไพโอเนียร์	LOC	เฉลี่ย	ไพโอเนียร์	LOC	เฉลี่ย	ไพโอเนียร์	LOC	เฉลี่ย
	----------			(ซม.)	----------		------ กรัม/100 เมล็ด		-------
1	108b	99c	104c	7.81b	8.06b	7.94b	1.50	1.67	1.59
2	144a	142a	143a	13.38a	13.35a	13.37a	3.67	3.42	3.55
3	129a	124b	126b	12.74a	12.76a	12.75a	3.35	3.09	3.22
4	132a	132bc	132b	12.35a	12.81a	12.58a	2.97	3.11	3.04
5	134a	134bc	134c	12.94a	13.59a	13.26a	3.43	2.98	3.21
6	139a	133bc	136c	13.26a	13.30a	13.28a	3.07	3.04	3.06
7	134a	132bc	133c	13.11a	13.01a	13.06a	3.12	3.12	3.12
8	135a	135bc	135c	13.44a	13.45a	13.44a	3.06	3.14	3.10
9	136a	134bc	135c	12.96a	13.61a	13.29a	3.35	3.01	3.18
10	131a	131bc	131b	13.14a	12.70a	12.92a	3.03	3.00	3.02

รูปที่ 4.1 แสดงการเจริญเติบโตของทานตะวันเมื่อขาดธาตุอาหารต่าง ๆ ในดินจากแปลงเกษตรกร ของทานตะวัน พันธุ์ไพโอเนียร์ (A) และ พันธุ์ LOC (B) เมื่ออายุ 30 วัน



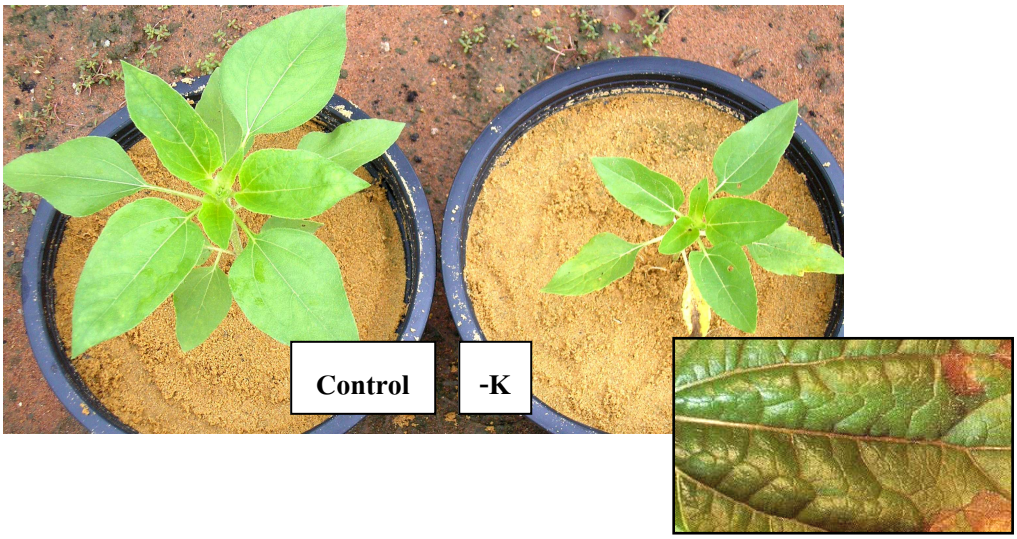
อาการขาดไนโตรเจน

รูปที่ 4.2 แสดงอาการผิดปกติที่เกิดจากการขาดธาตุไนโตรเจนในทานตะวัน



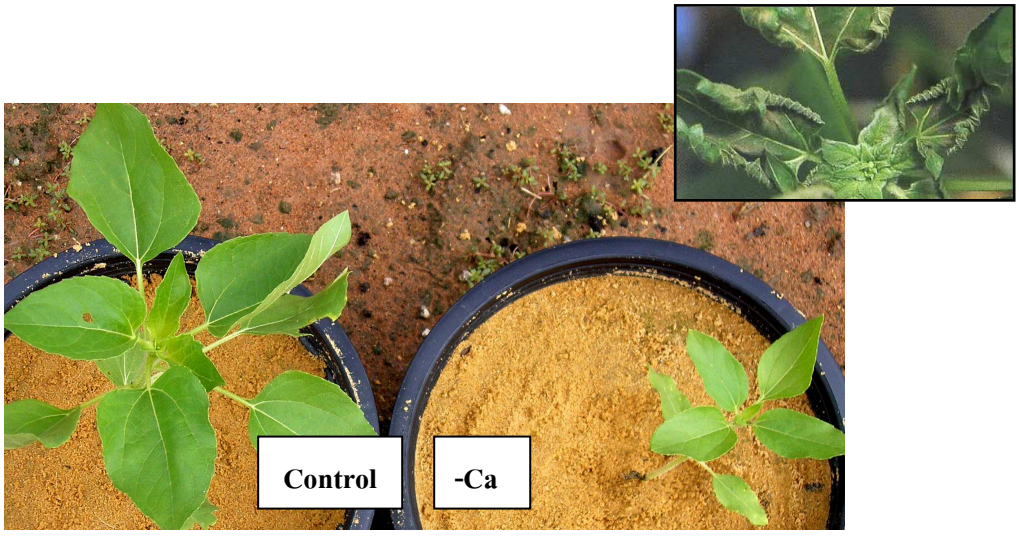
อาการขาดฟอสฟอรัส

รูปที่ 4.3 แสดงอาการผิดปกติที่เกิดจากการขาดธาตุฟอสฟอรัสในทานตะวัน



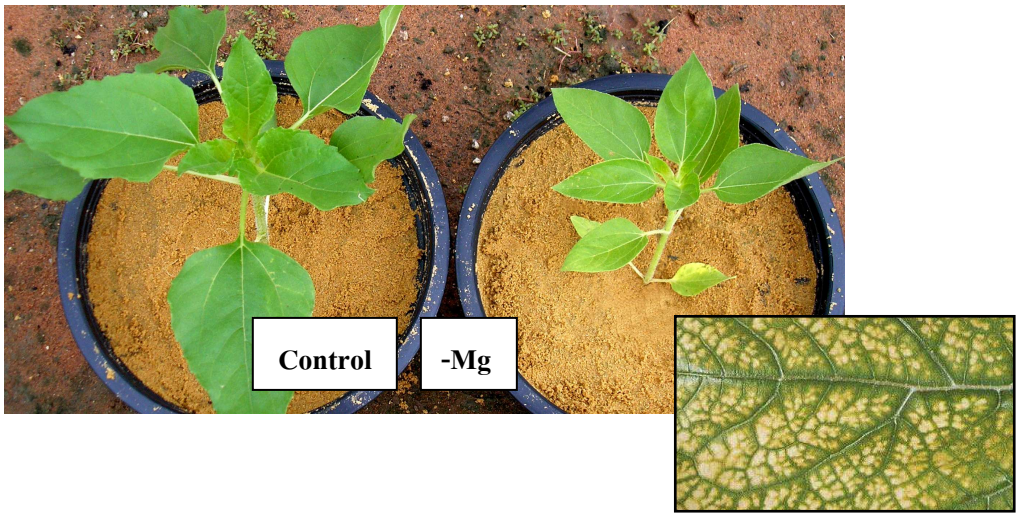
อาการขาดโพแทสเซียม

รูปที่ 4.4 แสดงอาการผิดปกติที่เกิดจากการขาดธาตุโพแทสเซียมในทานตะวัน



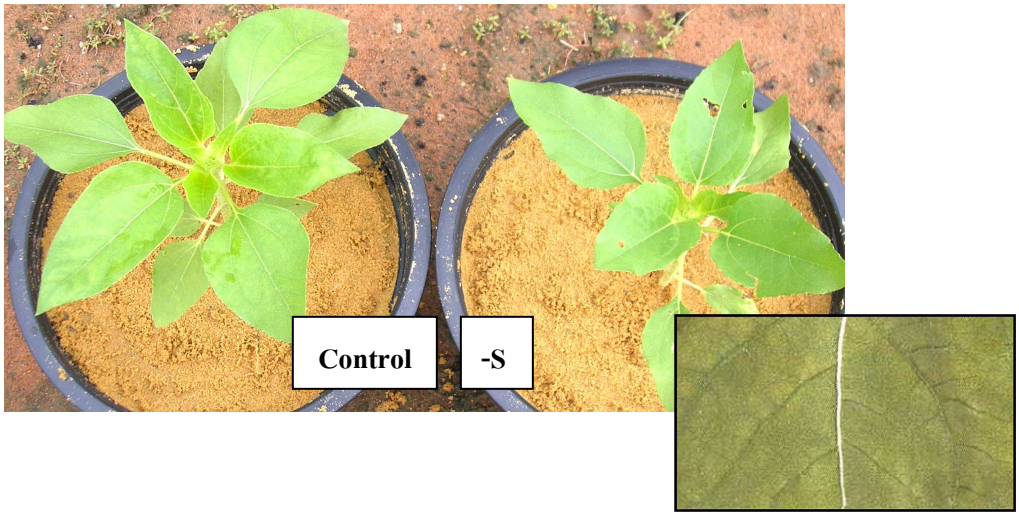
อาการขาดแคลเซียม

รูปที่ 4.5 แสดงอาการผิดปกติที่เกิดจากการขาดธาตุแคลเซียมในทานตะวัน



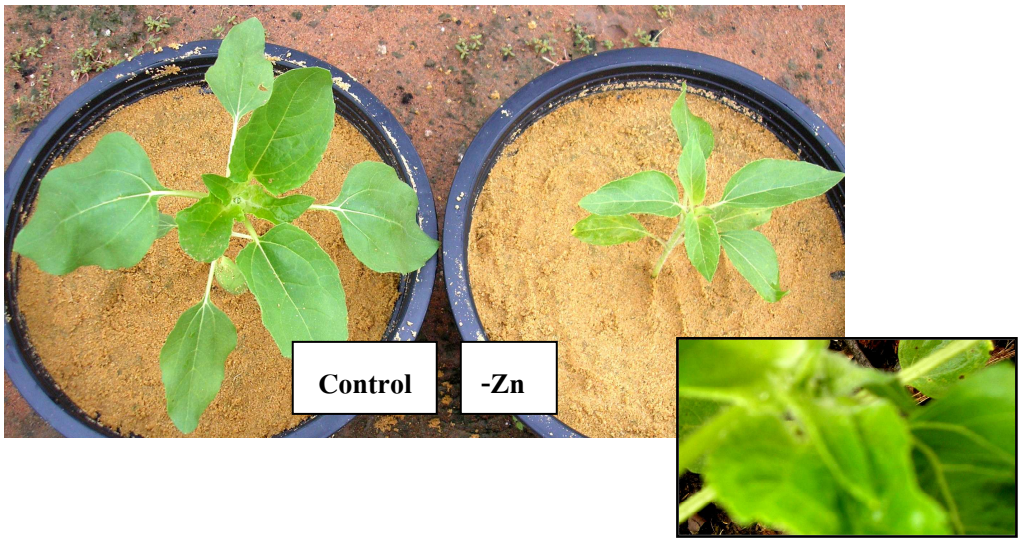
อาการขาดแมกนีเซียม

รูปที่ 4.6 แสดงอาการผิดปกติที่เกิดจากการขาดธาตุแมกนีเซียมในทานตะวัน



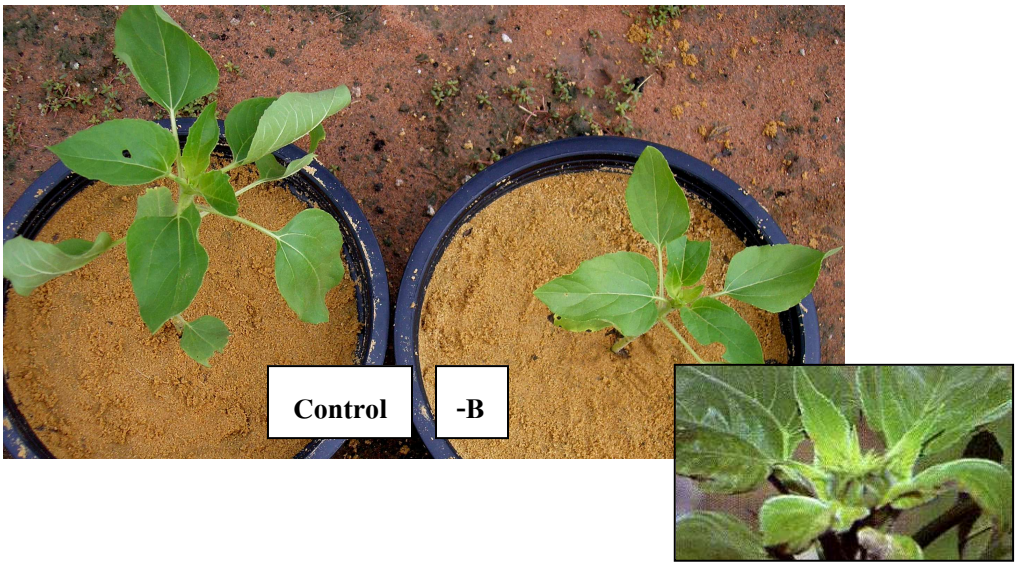
อาการขาดกำมะถัน

รูปที่ 4.7 แสดงอาการผิดปกติที่เกิดจากการขาดธาตุกำมะถันในทานตะวัน



อาการขาดสังกะสี

รูปที่ 4.8 แสดงอาการผิดปกติที่เกิดจากการขาดธาตุสังกะสีในทานตะวัน



อาการขาดโบรอน

รูปที่ 4.9 แสดงอาการผิดปกติที่เกิดจากการขาดธาตุโบรอนในทานตะวัน

ในแต่ละกรรมวิธี จากการวิเคราะห์ความปรวนแปรของลักษณะความสูง และขนาดดอก พบว่า ในแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างทางสถิติในระดับนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) และจากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยความสูง และขนาดดอก พบว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้รับสารละลายธาตุอาหารมีค่าเฉลี่ยความสูง และขนาดดอกต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ค่าเฉลี่ยความสูง และขนาดดอกจากกรรมวิธีต่าง ๆ ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และจากค่าเฉลี่ยความสูง และขนาดดอก และขนาดเมล็ด พบว่ากรรมวิธี ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารครบทั้ง 8 ธาตุ มีค่าเฉลี่ยความสูง ขนาดดอก และขนาดเมล็ดดีที่สุด แสดงว่าดินจากแปลงเกษตรกรมีธาตุอาหารที่สามารถทำให้ทานตะวันเจริญเติบโตได้

จากการทดลองการขาดธาตุอาหารในทราย ทานตะวันแสดงอาการผิดปกติที่เกิดจากการขาดธาตุ แสดงว่าธาตุอาหารพืชทั้ง 8 ธาตุมีผลต่อการเจริญเติบโตของทานตะวัน เมื่อขาดธาตุใดธาตุหนึ่งจะทำให้มีการเจริญเติบโตที่ผิดปกติ เนื่องจากธาตุเหล่านั้นมีบทบาทในกระบวนการเมตาบอลิซึมอย่างเฉพาะเจาะจง ไม่มีธาตุอื่นใดทำหน้าที่แทนได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งสามารถตรวจลักษณะความผิดปกติต่าง ๆ ที่เห็นได้ด้วยตา อาการขาดธาตุอาหารที่ปรากฏจนมองเห็นได้อย่างชัดเจน แสดงถึงความเสียหายของเมตาบอลิซึมในเซลล์พืช เช่น เมื่อพืชขาดไนโตรเจนหรือแมกนีเซียม ใบพืชจะมีสีซีดลงหรือสีเหลืองเนื่องจากสองธาตุนี้เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ แสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างธาตุอาหารในทางสรีระของพืชกับอาการขาดนั้น และอาการที่เกิดจากการขาดธาตุจะแสดงอาการในส่วนที่แตกต่างกัน โดยทานตะวันที่ขาดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียม จะแสดงอาการที่ใบแก่ก่อน แต่มีลักษณะอาการผิดปกติที่แตกต่างกัน สำหรับการขาดสังกะสีจะพบอาการที่ใบอ่อน และมีข้อสั้น ส่วนการขาดกำมะถันมีลักษณะคล้ายกับการขาดไนโตรเจน คือ ใบมีสีเหลือง แต่จะมีการแสดงออกอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งต้น และการขาดแคลเซียมและโบรอน จะแสดงอาการที่ยอดอ่อน จากลักษณะของอาการผิดปกติที่พบ จึงสามารถใช้เป็นแนวทางในการพิสูจน์ทราบว่าพืชมีปัญหาเกี่ยวกับธาตุใด

จากการทดลองทั้งสองการทดลอง พบว่า ธาตุอาหารต่าง ๆ จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของทานตะวัน ถ้าขาดหรือได้รับไม่เพียงพอต่อความต้องการจะทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตลดลง และอาจตายได้ และดินที่ใช้ในการเพาะปลูกถึงแม้ว่าจะมีธาตุอาหารอยู่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโต แต่การใส่ปุ๋ยก็สามารถทำให้พืชหรือทานตะวันมีการเจริญเติบโตดีขึ้น และสามารถทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นด้วย

4.6 รายการอ้างอิง

ณัฏฐินี รัตนพาณิชย์. (2534). **อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณน้ำมันของทานตะวัน.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ดิเรก ทองอร่าม. (2550). **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน**. กรุงเทพฯ: พิมพ์ดีการพิมพ์.

ประศาสตร์ ล้อมลาย. (2534). **ความต้องการโบรอนของทานตะวันที่ปลูกบนที่ดอนในจังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พูนภิภพ เกษมทรัพย์. (2549). **ชีววิทยา 2**. กรุงเทพฯ: มูลนิธิ สอวน. โครงการตำราวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สอวน.

วิจิตร วังใน. (2550). **ธาตุอาหารกับการผลิตพืชผล**. กรุงเทพฯ: วี.บี.บุ๊คเซ็นเตอร์.

ยงยุทธ โอสถสภา. (2543). **ธาตุอาหารพืช**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Asher, C.J. and Cowie, A.M. (1987). Experimental control of plant nutrient status using programmed nutrient addition. **J. Plant Nutr.** 11: 122-124.

Blamey, F.P.C., Diana, M. and Chapman, J. (1978). Relationships between B deficiency symptoms in sunflower and the B and Ca/B status of plant tissue. **Agron. J**. 70: 376-380.

Blamey, F.P.C., Edwards, D.G. and Asher, C.J. (1987). **Nutritional disorder of sunflower**. Department of Agriculture, University of Queensland St Lucia. Queensland.

El-Fouly, M.M., Nofal, O.A and Mobarak, Z.M. (2001). Effects of soil treatment with Iron, Manganese and Zinc on growth and micronutrient uptake of sunflower plants grown in high-pH soil. **J. Agron. Crop Sci.** 186: 245-251.

El-Shintinawy, F. (1999). Structural and functional damage caused by boron deficiency in sunflower leaves**. Photosynthetica** 36: 565-573.

Freney, J.R., Spencer, R.K. and Jones, M.B. (1978). The diagnosis of sulfur deficiency in wheat. **Aust. J. Agric. Res**. 29: 727-738.

Hoagland, D.R. and Arnon, D.I. (1950). **The water culture method for growing plants without soil**. California University: Berkely.

Lasa, B., Frechilla, S., Alue, M., Gonzalez-Moro, B., Lamsfus, C. and Aparicio-Tejo, P.M. (2000). Effects of low and high levels of magnesium on the response of sunflower plants grow with ammonium and nitrate. **Plant Soil**. 225: 167-174.

McLachlan, K.D. (1978). **An atlas of sulphur deficiency in commercial plants**. Melbourne: CSIRO.

Nawaz, N., Sarwar, G., Yousaf, M., Naseeb, T., Ahmad, A. and Shah, M.J. (2003). Yield and yield component s of sunflower as affected by various NPK levels. **Asian J. Plant Sci.**: 561-562.

Platou, J.S. and Irish, R. (1982). **The fourth major nutrient**. Washington, D.C.: The Sulphur Inst.

Rerkasem, B. (1986). Boron deficiency in sunflower and green gram at chiang Mai. **J. of Agri.** 2(2): 163-172.

Robinson, R.G. (1973). Elemental composition and respose to nitrogen of sunflower and corn. **Agron. J**. 65: 318-320.

Rodriguez, D., Zubillaga, M.M., Ploschuk, E.L., Keltjens, W.G., Goudriaan, J and Lavado, R.S. (1998). Leaf area expansion and assimilate production in sunlower (*Helianthus annus* L.) growing under low phosphorus conditions. **Plant Soil**. 202: 133-147.

Shehata, M.M. and El-Khawas, S.A. (2003). Effect of two biofertilizers on growth parameters, yield characters, nitrogenous components, nucleicacids content, minerals, oil content, protein profiles and DNA banding pattern of sunflower (*Helianthus annuus* L. cv. Vedock) yield. **Pak. J. Biol. Sci. 6**: 1257-1268.

Steer, B.T. and Hocking, P.J. (1983). Leaf and floret production in sunflower (*Helianthus anuus* L.) as affected by nitrogen supply. **Ann Bot**. 52: 267-277.

Suksri, A. (1996). Effects of organic manures, chemical fertilizer on growth, seed yield and oil content of sunflower Hysun 33 variety. **Thai J. Agric. Sci.** 29: 149-155.

Zubillaga, M.M. (2002). Effect of Phosphorus and nitrogen fertilizer on sunflower (*Helianthus annuus* L.) nitrogen uptake and yield. **J. Agron. Crop Sci.** 188: 267-274.

.

บทที่ 5
บทสรุป และข้อเสนอแนะ

การศึกษาการตอบสนองของทานตะวันต่อสภาพแวดล้อมและธาตุอาหารบางชนิด ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือ การวิเคราะห์ความเสถียรของพันธุ์ทานตะวันต่อสภาพแวดล้อม และการศึกษาการขาดธาตุอาหารบางชนิดในทานตะวัน

การวิเคราะห์ความเสถียรของพันธุ์ทานตะวันต่อสภาพแวดล้อม เพื่อศึกษาปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม และคัดเลือกพันธุ์ที่มีความเสถียร โดยใช้ลักษณะผลผลิต ความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของคอดอก ในการวิเคราะห์ความเสถียร 3 วิธี คือ 1) วิธีของ Francis และ Kannenberg (1978) 2) วิธีของ Finlay และ Wilkinson (1963) และ 3) วิธีของ Eberhart และ Russell (1966) จากการวิเคราะห์พบว่า พันธุ์แปซิฟิก 44 ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม และพันธุ์ LOC ที่เป็นพันธุ์สังเคราะห์ซึ่งได้จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรมากที่สุด โดยที่พันธุ์แปซิฟิก 44 มีค่าเฉลี่ยผลผลิต 371 กิโลกรัมต่อไร่ ความสูง 175 เซนติเมตร ขนาดดอก 16.31 เซนติเมตร และ ขนาดเมล็ด 5.22 กรัมต่อ 100 เมล็ด ส่วนพันธุ์ LOC มีค่าเฉลี่ยผลผลิต 372 กิโลกรัมต่อไร่ ความสูง 174 เซนติเมตร ขนาดดอก 15.83 เซนติเมตร และขนาดเมล็ด 5.33 กรัมต่อ 100 เมล็ด และทั้งสองพันธุ์มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันของลักษณะต่าง ๆ โดยรวมแล้วใกล้เคียง 1.00 ส่วนค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความปรวนแปรในลักษณะต่าง ๆ มีค่าไม่แตกต่างจาก 0 ในหลายลักษณะที่มีผลกับผลผลิต จากผลการทดลองดังกล่าวเห็นได้ว่า พันธุ์ LOC มีคุณสมบัติที่ดีใกล้เคียงกับพันธุ์ลูกผสม ดังนั้นพันธุ์ LOC ซึ่งเป็นพันธุ์สังเคราะห์ จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นพันธุ์เพื่อส่งเสริมการปลูกให้กับเกษตรกรที่มีปัจจัยการผลิตต่ำ

การศึกษาการขาดธาตุอาหารบางชนิดในทานตะวัน โดยทำการศึกษาจากลักษณะของการขาดธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน สังกะสี และโบรอน จากการทดลองในดินจากแปลงเกษตรกรจากอำเภอวังม่วง จังหวัดสระบุรี พบว่า ทานตะวันมีการเจริญเติบโตได้แม้จะไม่มีการให้สารละลายธาตุอาหาร แต่มีการเจริญเติบโตไม่ดีเท่ากับการทดลองที่ได้รับสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งทำให้มีความสูง ขนาดดอก และขนาดเมล็ดต่ำ แสดงว่าดินจากแปลงเกษตรกรสามารถใช้ปลูกทานตะวันได้ ส่วนการทดลองในทราย พบว่ามีการแสดงออกของทานตะวันที่ขาดธาตุอาหารชนิดต่าง ๆ ทำให้ทานตะวันมีการเจริญเติบโตลดลง และแสดงลักษณะอาการผิดปกติตามลักษณะสอดคล้องกับลักษณะการขาดธาตุอาหารของพืช

แสดงให้เห็นว่าธาตุอาหารมีผลและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของทานตะวัน การขาดธาตุอาหารเพียง 1 ธาตุแม้จะมีความต้องการในปริมาณน้อย แต่ก็มีบทบาทสำคัญที่จะช่วยให้ทานตะวันมีการเจริญเติบโตได้เป็นปกติ

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะผลผลิต ความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของคอดอกของทานตะวัน 12 พันธุ์ ในสภาพแวดล้อมที่ 1

Sources	df	MS						
		ผลผลิต	ความสูง	ขนาดดอก	ขนาดเมล็ด	ความสม่ำเสมอ	โรค	คอดอก
Blocks(B)	3	31,384*	372**	12.27**	0.15	0.47*	1.70**	1.74**
Varieties(V)	11	17,563*	494**	1.77*	0.36	1.23**	0.50	0.94**
Error	33	7,542	70	0.68	0.27	0.11	0.33	0.18
Total	47							

*,** แตกต่างในทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ตารางภาคผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะผลผลิต ความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของคอดอกของ ทานตะวัน 12 พันธุ์ ในสภาพแวดล้อมที่ 2

Sources	df	MS						
		ผลผลิต	ความสูง	ขนาดดอก	ขนาดเมล็ด	ความสม่ำเสมอ	โรค	คอดอก
Blocks(B)	3	5,554	89	1.69	0.59	0.67*	0.60	1.45*
Varieties(V)	11	35,534**	630**	3.26**	0.93	2.11**	0.40	1.76**
Error	33	4,373	64	1.06	0.67	0.23	0.32	0.39
Total	47							

*,** แตกต่างในทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ตารางภาคผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะผลผลิต ความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของคอดอกของทานตะวัน 12 พันธุ์ ในสภาพแวดล้อมที่ 3

Sources	df	MS						
		ผลผลิต	ความสูง	ขนาดดอก	ขนาดเมล็ด	ความสม่ำเสมอ	โรค	คอดอก
Blocks(B)	3	4,551*	129**	1.42	7.78**	0.02	0.66	0.14
Varieties(V)	11	7,520**	106**	3.69*	1.07	0.61**	1.33**	0.45**
Error	33	1,162	20	1.51	0.54	0.06	0.39	0.06
Total	47							

*,** แตกต่างในทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ตารางภาคผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะผลผลิต ความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของคอดอกของทานตะวัน 12 พันธุ์ ในสภาพแวดล้อมที่ 4

Sources	df	MS						
		ผลผลิต	ความสูง	ขนาดดอก	ขนาดเมล็ด	ความสม่ำเสมอ	โรค	คอดอก
Blocks(B)	3	3,761*	426*	3.69*	0.26	0.38**	0.23	0.20
Varieties(V)	11	4,652**	819**	5.00**	0.63**	1.20**	0.95**	0.56**
Error	33	928	114	1.22	0.13	0.58	0.20	0.14
Total	47							

*,** แตกต่างในทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ตารางภาคผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะผลผลิต ความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของคอดอกของทานตะวัน 12 พันธุ์ ในสภาพแวดล้อมที่ 5

Sources	df	MS						
		ผลผลิต	ความสูง	ขนาดดอก	ขนาดเมล็ด	ความสม่ำเสมอ	โรค	คอดอก
Blocks(B)	3	100,519**	669**	5.66*	2.39**	0.15	0.26	0.20
Varieties(V)	11	11,141	598**	2.36	1.73**	0.47**	0.56**	0.67**
Error	33	6,046	99	1.47	0.20	0.68	0.14	0.09
Total	47							

*,** แตกต่างในทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ตารางภาคผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะผลผลิต ความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของคอดอกของทานตะวัน 12 พันธุ์ ในสภาพแวดล้อมที่ 6

Sources	df	MS						
		ผลผลิต	ความสูง	ขนาดดอก	ขนาดเมล็ด	ความสม่ำเสมอ	โรค	คอดอก
Blocks(B)	3	4,422	1,327**	1.12	0.25	0.07	0.95**	0.22
Varieties(V)	11	2,397	242**	1.37	0.70**	0.43**	0.54**	0.69**
Error	33	1,905	47	0.96	0.14	0.06	0.12	0.08
Total	47							

*,** แตกต่างในทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ตารางภาคผนวกที่ 7 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของลักษณะผลผลิต ความสูง ขนาดดอก ขนาดเมล็ด ความสม่ำเสมอของพันธุ์ ความอ่อนแอต่อโรค และความแข็งแรงของคอดอกของทานตะวัน 12 พันธุ์ ในสภาพแวดล้อมที่ 7

Sources	df	MS						
		ผลผลิต	ความสูง	ขนาดดอก	ขนาดเมล็ด	ความสม่ำเสมอ	โรค	คอดอก
Blocks(B)	3	3,021*	321	2.74**	0.49**	0.42	0.90**	0.65**
Varieties(V)	11	4,063**	907**	1.00	0.53**	1.07**	1.02**	1.15**
Error	33	1,012	137	0.55	0.10	0.30	0.18	0.15
Total	47							

*,** แตกต่างในทางสถิติในระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ตารางภาคผนวกที่ 8 แสดงคุณสมบัติของดินจากแปลงเกษตรกรจากอำเภอวังม่วง จังหวัดสระบุรี

คุณสมบัติ	
pH	6.1
OM (%)	3.2
Phosporus (ppm)	43
Potassium (ppm)	300
Calcium(ppm)	2400
Magnesium (ppm)	1160
Texture	Clay loam
Sand (%)	45.07
Silt (%)	22.20
Clay (%)	32.73

ตารางภาคผนวกที่ 9 แสดงสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้ในการทดสอบความขาดธาตุอาหารของทานตะวันในการทดลองที่ 1

สารเคมี	ความเข้มข้น (M)	น้ำหนัก (g/L)	1	2	3	4	5	6	7
KNO_3	0.75 M	76	-	5*	5	5	5	5	5
KH_2PO_4	0.15 M	20.4	-	5	5	5	5	5	5
$NaNO_3$	0.75 M	81	-	5	5	5	5	5	5
$CaCl_2$	0.75 M	83.2	-	-	5	5	5	5	5
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.30 M	74	-	-	5	5	5	5	5
H_3BO_3	7.00 mM	0.430	-	-	-	5	5	5	5
$NaSO_4$	0.30 M	42.6	-	-	5	-	-	5	-
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.12 mM	0.033	-	-	-	5	5	-	5

หมายเหตุ : 5* หมายถึง 5 มิลลิลิตร, สารละลายแต่ละกรรมวิธีเติมน้ำให้ครบ 1.5 ลิตร

ตารางภาคผนวกที่ 10 แสดงสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้ในการทดสอบความขาดธาตุอาหารของทานตะวัน (Hoaglands's nutrient solution) ในการทดลองที่ 2 และ 3

สารเคมี	ความเข้มข้น	น้ำหนัก	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	(M)	(g/L)	none	All	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-Zn	-B
$(CaNO_3)_2 \cdot 4H_2O$	0.75 M	177	-	5*	-	5	5	-	5	5	5	5
KNO_3	0.75 M	76	-	5	-	5	-	5	5	5	5	5
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.30 M	74	-	5	5	5	5	5	-	-	5	5
KH_2PO_4	0.15 M	20.4	-	5	5	-	-	5	5	5	5	5
NaFeEDTA	2.30 mM	0.840	-	5	5	5	5	5	5	5	5	5
H_3BO_3	7.00 mM	0.430	-	5	5	5	5	5	5	5	5	-
$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	1.37 mM	0.272	-	5	5	5	5	5	5	5	5	5
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.12 mM	0.033	-	5	5	5	5	5	5	5	-	5
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	22 µM	0.012	-	5	5	5	5	5	5	5	5	5
$H_2Mo_7O_4 \cdot H_2O$	16 µM	0.003	-	5	5	5	5	5	5	5	5	5
$NaNO_3$	0.75 M	81	-	-	-	-	5	10	-	-	-	-
MgCl	0.30 M	28.6	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-
$NaSO_4$	0.30 M	42.6	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-
NaH_2PO_4	0.15 M	18.0	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-
$CaCl_2$	0.75 M	83.2	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-
KCl	0.75 M	55.9	-	-	5	1	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : 5* หมายถึง 5 มิลลิลิตร, สารละลายแต่ละกรรมวิธีเติมน้ำให้ครบ 1.5 ลิตร

ประวัติผู้เขียน

นางสาวจุฑามาศ เพียซ้าย เกิดเมื่อวันที่ 27 กรกฎาคม พ.ศ. 2518 ที่ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2536 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนสุรนารีวิทยา ที่อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2540 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และในปี พ.ศ. 2546 สำเร็จการศึกษาระดับระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี หลังจากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาดุษฎีบัณฑิตในปี พ.ศ. 2547