# ใบรับรองวิทยานิพนธ์
## บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
**ปริญญา**

| พืชไร่นา | พืชไร่นา |
|---|---|
| **สาขา** | **ภาควิชา** |

**เรื่อง** ผลของการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณน้ำมันในเมล็ดทานตะวัน

Effects of Water Deficit on Growth, Yield and Seed Oil Content of Sunflower (*Helianthus annuus* L.)

**นามผู้วิจัย** นางสาวภาวินี คามวุฒิ

**ได้พิจารณาเห็นชอบโดย**

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก** ..............................
( รองศาสตราจารย์นวรัตน์ อุดมประเสริฐ, Ph.D. )

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม** ..............................
( รองศาสตราจารย์ทศพล พรพรหม, Ph.D. )

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม** ..............................
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยสิทธิ์ ทองจู, Ph.D. )

**หัวหน้าภาควิชา** ..............................
( รองศาสตราจารย์สนธิชัย จันทร์เปรม, Ph.D. )

**บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว**

..............................
( รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr. )
**คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย**

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณน้ำมันในเมล็ดทานตะวัน

Effects of Water Deficit on Growth, Yield and Seed Oil Content of Sunflower
(*Helianthus annuus* L.)

โดย

นางสาวภาวินี คามวุฒิ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาวินี คามวุฒิ 2553: ผลของการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณน้ำมันในเมล็ดทานตะวัน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่นา ภาควิชาพืชไร่นา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์นวรัตน์ อุดมประเสริฐ, Ph.D. 100 หน้า

ศึกษาผลของการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณน้ำมันในเมล็ดทานตะวัน โดยการจัดสิ่งทดลองแบบ Stripplot design in RCB ประกอบด้วย 3 ซ้ำ มี 2 ปัจจัยที่ศึกษา คือ ปัจจัยที่ 1 (vertical plot) เป็นพันธุ์ทานตะวัน 2 พันธุ์คือ พันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 ส่วนปัจจัยที่ 2 (horizontal plot) คือวิธีการให้น้ำ 3 วิธีได้แก่ ให้น้ำปกติ ($T_1$) โดยให้น้ำเท่ากันทุกแปลงจนถึงระดับความชื้นสนามตลอดฤดูปลูก ให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) โดยทำการงดให้น้ำเมื่อพืชเริ่มให้กำเนิดตุ่มดอก จนกระทั่งพืชแสดงอาการเหี่ยว หลังจากนั้นจึงเริ่มให้น้ำใหม่ และให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) โดยงดให้น้ำเมื่อดอกเริ่มบาน จนกระทั่งพืชแสดงอาการเหี่ยวจึงเริ่มให้น้ำใหม่อีกครั้ง ดำเนินการทดลองที่แปลงทดลองภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2550 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2551 พบว่า การขาดน้ำส่งผลให้ขนาดของลำต้นทานตะวันลดลงอย่างชัดเจน โดยเฉพาะการขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) ส่งผลให้ขนาดของลำต้นลดลงมากที่สุด ในขณะที่ความสูงของต้น ขนาดจานดอก การสะสมน้ำหนักแห้งและผลผลิต ไม่ได้รับผลกระทบจากการขาดน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่า การขาดน้ำทั้งในระยะกำเนิดตุ่มดอกและระยะดอกบาน ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำมันในเมล็ดทานตะวัน แต่มีผลทำให้ปริมาณกรดไขมันเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสายพันธุ์แปซิฟิค 33 ซึ่งมีปริมาณกรดไขมัน behenic ซึ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับการขาดน้ำ

____________________ ____________________ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Pawinee Kamwut 2010: Effects of Water Deficit on Growth, Yield and Seed Oil Content of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). Master of Science (Agriculture), Major Field: Agronomy, Department of Agronomy. Thesis Advisor: Associate Professor Nawarat Udomprasert, Ph.D. 100 pages.

The study on the effects of water deficit on growth, yield and seed oil content of sunflower was carried out using a Stripplot design in RCB with 3 replications. The vertical plot consisted of two sunflower cultivars namely Pacific 33 and Pacific 55. The horizontal plot consisted of three water stress treatments: control ($T_1$) : plants were watered to field capacity throughout the experiment; water stress during flower initiation ($T_2$) : water was withheld during flower initiation until wilting and plants were then rewatered, and water stress during anthesis ($T_3$) : water was withheld during anthesis until wilting and plants were then rewatered. The study was conducted in the experimental field of Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom province during November 2007 to March 2008. The results indicated that water deficit at anthesis ($T_3$) caused the greatest reduction in stem diameter of sunflower. However plant height, disc size, dry weight accumulation and seed yield were not affected by water deficit. The results also showed that water deficit at both flower initiation ($T_2$) and anthesis ($T_3$) had no effect on seed oil content of sunflowers but altered levels of some fatty acid, especially in Pacific 33 cultivar which had higher level of behenic acid, a saturated fatty acid, under water stress conditions.

____________________________ ____________________________ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. นวรัตน์ อุดมประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับงานทดลอง และเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ทศพล พรพรหม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยสิทธ์ ทองจู อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณ ดร. วิทิตร ใจอารีย์ ประธานในการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย และ ดร. ปาริชาติ เบิร์นส ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ และอบรมสั่งสอนจนสำเร็จการศึกษา ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง หน่วยงานชีวเคมีและห้องปฏิบัติการกลาง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และผู้ปฏิบัติงานของศูนย์วิจัยและพัฒนาอ้อยและน้ำตาล สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำต่าง ๆ ในช่วงระหว่างที่ทำการทดลอง รวมทั้ง ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ นิสิตภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม ทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และน้อง ๆ ทุกคนในครอบครัวที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนการศึกษาของข้าพเจ้าจนสำเร็จมาโดยตลอด

ประโยชน์อันเนื่องมาจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ จะพึงมีเพียงใด ขอมอบแด่ คุณพ่อ คุณแม่ และคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้เมตตาอบรมสั่งสอนให้มีความรู้จนถึงปัจจุบัน

ภาวินี คามวุฒิ
เมษายน 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญ

หน้า


| | |
|---|---|
| สารบัญ | (1) |
| สารบัญตาราง | (2) |
| สารบัญภาพ | (5) |
| คำนำ | 1 |
| วัตถุประสงค์ | 3 |
| การตรวจเอกสาร | 4 |
| อุปกรณ์และวิธีการ | 24 |
| อุปกรณ์ | 24 |
| วิธีการ | 28 |
| ผลและวิจารณ์ | 35 |
| สรุปและข้อเสนอแนะ | 68 |
| สรุป | 68 |
| ข้อเสนอแนะ | 69 |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง | 70 |
| ภาคผนวก | 81 |
| ประวัติการศึกษา และการทำงาน | 100 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | relative water content ของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 37 |
| 2 | ความสูงของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 41 |
| 3 | เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 44 |
| 4 | ขนาดจานดอกของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 46 |
| 5 | น้ำหนักแห้งของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 49 |
| 6 | น้ำหนัก 100 เมล็ดของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 52 |
| 7 | ผลผลิตต่อต้นของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 53 |
| 8 | ผลผลิตต่อไร่ของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 54 |
| 9 | การสะสมปริมาณโพรลีนของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 57 |
| 10 | น้ำมันในเมล็ดของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 60 |
| 11 | ปริมาณกรดไขมันในเมล็ดของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 66 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## สารบัญตาราง (ต่อ)


| ตารางผนวกที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ relative water content เวลา 05.00 AM ของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 82 |
| 2 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ relative water content เวลา 13.00 PM ของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 83 |
| 3 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ relative water content เวลา 19.00 PM ของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 84 |
| 4 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงที่อายุ 15 วันหลังปลูก ของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 85 |
| 5 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงที่อายุ 45 วันหลังปลูก ของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 86 |
| 6 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงที่อายุ 75 วันหลังปลูก ของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 87 |
| 7 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นทานตะวันพันธุ์ แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 88 |
| 8 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของขนาดจานดอกทานตะวันพันธุ์ แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 89 |
| 9 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักแห้งทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 90 |
| 10 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนัก 100 เมล็ดของทานตะวันพันธุ์ แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 91 |
| 11 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตต่อต้นของทานตะวันพันธุ์ แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 92 |
| 12 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตต่อไร่ของทานตะวันพันธุ์ แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 93 |
| 13 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสะสมปริมาณโพรลีนของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 94 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## สารบัญตาราง (ต่อ)

**ตารางผนวกที่** **หน้า**


| | | |
|---|---|---|
| 14 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำมันในเมล็ดทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 95 |
| 15 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเมล็ดทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 96 |
| 16 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวในเมล็ดทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี | 97 |
| 17 | การวิเคราะห์ดินก่อนปลูกทานตะวันในแปลงทดลองของภาควิชาพืชไร่นา | 98 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญภาพ

| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | แผนผังการปลูกทานตะวันในสภาพแปลงทดลองของภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม | 31 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# ผลของการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณน้ำมันในเมล็ดทานตะวัน

# Effects of Water Deficit on Growth, Yield and Seed Oil Content of Sunflower (*Helianthus annuus* L.)

## คำนำ

ทานตะวันเป็นพืชน้ำมันที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของโลก เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประชาชนจึงนิยมบริโภคน้ำมันทานตะวันเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น เมล็ดทานตะวันมีปริมาณน้ำมันสูงถึง 35-48 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณโปรตีน 18-25 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเมล็ดทานตะวันจึงสามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งส่วนของน้ำมันเพื่อการบริโภค และกากเมล็ดทานตะวัน (sunflower cake) ที่เหลือยังนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ได้อีกด้วย (วันชัย, 2542; สุพจน์, 2542; Croissant and Follett, 2003) ในด้านคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ด พบว่าเนื้อในเมล็ดทานตะวันมีปริมาณโฟเลต วิตามินอีและซีลีเนียมสูงกว่าเมล็ดงาและพืชชนิดอื่นๆ อีกหลายชนิด อีกทั้งเป็นแหล่งของเยื่อใยอาหารและไขมันดี (polyunsaturated fat) ที่เหมาะสำหรับสุขภาพ (Anon, 2002) น้ำมันทานตะวันประกอบด้วยกรดไขมันชนิดที่ไม่อิ่มตัวสูง โดยเฉพาะ oleic และ linoleic ซึ่งกรดไขมัน linoleic มีประโยชน์โดยตรงต่อร่างกาย และยังมีผลต่อระดับโคเลสเตอรอลด้วย เนื่องจากกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวเหล่านี้จะดึงโคเลสเตอรอลมาใช้ประโยชน์ มีผลให้ไม่สะสมในร่างกาย แต่ถ้ามีมากเกินไปจะถูกขับออกเป็นของเสีย นอกจากนี้เมล็ดทานตะวันยังประกอบด้วยวิตามินเอ ดี อี และเค (ชูศักดิ์, 2542) และมีสาร antioxidants ป้องกันกลิ่นหืนได้ดี สามารถเก็บไว้ได้นานกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น เนื่องจากน้ำมันทานตะวันมีคุณค่าสูงที่ใช้เพื่อการบริโภคและในอุตสาหกรรม เมล็ดทานตะวันจึงเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ (เสาวนีย์, 2526) ประโยชน์ของน้ำมันทานตะวันนอกจากใช้ปรุงอาหารแล้ว ยังใช้เป็นตัวพาในสารกำจัดศัตรูพืช (สุพจน์, 2542) และใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลของรถแทรกเตอร์ได้ด้วย (Cooper, 1997) เกษตรกรส่วนมากนิยมปลูกทานตะวันปลายฤดูฝน โดยปลูกหลังการปลูกข้าวโพด หรือพืชวงศ์ถั่วในพื้นที่ที่เป็นดินร่วน หรือดินเหนียว เพราะทานตะวันเป็นพืชที่มีรากลึก ช่วยให้สามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ค่อนข้างแห้งแล้ง จึงนับว่าเป็นพืชที่น่าสนใจ และเป็นพืชค่อนข้างใหม่สำหรับเกษตรกรเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกข้าวโพด ดังนั้นจึงควรมีการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกทานตะวันเพื่อเป็นพืชอุตสาหกรรม และเพิ่มผลผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศทดแทนการนำเข้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในการสร้างผลผลิตของพืชมีปัจจัยที่สำคัญอยู่หลายปัจจัยด้วยกัน เช่น น้ำ แสงแดด อุณหภูมิ อากาศ ธาตุอาหาร และการจัดการศัตรูพืช เป็นต้น การจัดการปัจจัยดังกล่าวให้เหมาะสมกับความต้องการหรือความสามารถในการใช้ปัจจัยสำหรับพืชชนิดหนึ่ง ๆ ย่อมมีผลในการช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของพืชนั้น ๆ ในทางตรงข้ามถ้าปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งไม่เหมาะสมคือ มีจำกัดหรือมีมากเกินความต้องการ ก็ย่อมส่งผลให้พืชนั้นเจริญเติบโตไม่เต็มที่ และมีผลกระทบต่อการสร้างผลผลิตของพืชได้ น้ำเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่ถ้าปริมาณน้ำที่ให้แก่พืชไม่เพียงพอ การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชจะลดลงหรือไม่มีผลผลิตตามที่ต้องการ (Kramer, 1963; Shao *et al*., 2008) Claassen and Shaw (1970) พบว่า เมื่อต้นข้าวโพดขาดน้ำจะทำให้ปริมาณเมล็ดลดลง และค่าดัชนีเก็บเกี่ยวต่ำกว่าข้าวโพดที่ให้น้ำปกติ นอกจากนี้ Muchow (1985) ได้ศึกษาผลของสภาวะขาดน้ำที่มีต่อถั่วหลายชนิด พบว่าสภาวะขาดน้ำมีผลให้ความสูงของต้น และน้ำหนักแห้งของต้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ปัจจุบันมีการปลูกทานตะวันอยู่หลายพันธุ์แต่มีไม่กี่พันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูก นิพนธ์ (2546) พบว่า ปริมาณน้ำที่ให้แก่ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 ที่เหมาะสม และทำให้มีผลผลิตเมล็ดแห้งที่สูงสุดคือ 1.0 Ep (ปริมาณน้ำที่ให้ 417.0 มิลลิเมตร) โดยให้ผลผลิต 212.6 กิโลกรัม/ไร่ และที่สัดส่วนของปริมาณน้ำที่ให้เท่ากับ 1.4 Ep ทำให้ความสูงเฉลี่ยมีค่าสูงสุดคือ 185.8 เซนติเมตร ที่สัดส่วนของปริมาณน้ำที่ให้เท่ากับ 1.0 Ep มีค่าเส้นผ่าศูนย์กลางจานดอกเฉลี่ยสูงสุดคือ 16.1 เซนติเมตร นอกจากนี้ หนึ่งนุช (2546) ยังพบว่า การเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของต้นทานตะวันต่อพื้นที่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันมีแนวโน้มลดลง โดยมีการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบกรดไขมันชนิดต่าง ๆ แตกต่างกันคือ กรดไขมัน oleic และ linolenic มีแนวโน้มลดลง ขณะที่กรดไขมัน linoleic, palmitic, arachidic และ behenic มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สำหรับเปอร์เซ็นต์โปรตีนและกรดไขมัน stearic ไม่ตอบสนองต่อความหนาแน่นพืช ดังนั้นถ้าทราบลักษณะความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ กับการสนองตอบในด้านการเจริญเติบโต และการสร้างผลผลิตสำหรับพืชชนิดหนึ่ง ๆ ย่อมทำให้สามารถวางแผนและจัดการปัจจัยนั้น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลกระทบของการขาดน้ำในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของทานตะวัน รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำมัน และกรดไขมันที่เป็นประโยชน์ในเมล็ดของทานตะวัน เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการจัดการน้ำที่เหมาะสมในการผลิตทานตะวัน เพื่อให้ได้ผลผลิตและคุณภาพเมล็ดที่ดีต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลกระทบของการขาดน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของทานตะวัน

2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำมันและกรดไขมันที่เป็นประโยชน์ในเมล็ดของทานตะวันเมื่อได้รับการขาดน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# การตรวจเอกสาร

## 1. ทานตะวัน (sunflower, *Helianthus annuus* L.)

### 1.1 ถิ่นกำเนิดและลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ทานตะวัน (sunflower, *Helianthus annuus* L.) เป็นพืชพื้นเมืองของอเมริกาตะวันตก ซึ่งปลูกกันอย่างกว้างขวางและเป็นพืชฤดูเดียว (Putt, 1963) เริ่มนำเข้ามาปลูกในยุโรปเมื่อศตวรรษที่ 16 โดยชาวสเปนและแพร่หลายเข้าไปในรัสเซียเมื่อศตวรรษที่ 18 เริ่มแรกด้วยการปลูกเพื่อใช้เมล็ดเป็นของขบเคี้ยวและเป็นไม้ประดับ ต่อมาได้ปลูกเป็นพืชไร่เพื่อใช้สกัดน้ำมันเป็นประเทศแรก (จุฑารัตน์, 2536) นอกจากนี้ ได้มีการใช้ประโยชน์จากน้ำมันทานตะวันอย่างกว้างขวางในประเทศชิลี อุรุกวัย อาร์เจนตินา ยูโกสลาเวีย และตุรกี (Vaughan, 1970) และมีการปรับปรุงพัฒนากันอย่างกว้างขวางจนกลายเป็นพืชหลักเมื่อศตวรรษที่ 20 พันธุ์ที่ปลูกกันโดยทั่วไปในขณะนั้นล้วนแต่เป็นพันธุ์ผสมปล่อย (open pollinated variety) สิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดการศึกษาและสร้างพันธุ์ลูกผสม (hybrid variety) เมื่อมีการค้นพบการเป็นหมันของเกสรตัวผู้ (cytoplastmic male sterility) ซึ่งการค้นพบดังกล่าวมีผลให้เกิดการวิจัยและพัฒนาในด้านการปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันเป็นไปอย่างรวดเร็ว (จุฑารัตน์, 2536)

ทานตะวันสามารถเจริญเติบโตได้ตั้งแต่บริเวณเขตศูนย์สูตรไปจนถึงบริเวณเส้นรุ้งที่ 55 องศาเหนือ เป็นพืชที่ไม่เหมาะที่จะปลูกในเขตร้อนที่มีฝนตกชุกโดยเฉพาะในระยะแรกของการเจริญเติบโต หรือมีอากาศหนาวเย็นและมีความชื้นสูงในขณะที่ทานตะวันกำลังติดเมล็ด เพราะจะทำให้เกิดการเข้าทำลายของเชื้อราที่จานดอก ทานตะวันสามารถปลูกได้แม้ในสภาพแห้งแล้งและดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำในขณะที่พืชชนิดอื่นไม่สามารถปลูกได้ ทั้งนี้เนื่องจากทานตะวันมีระบบรากลึก แต่สภาพดินที่เป็นกรดจัดและมีน้ำขังจะไม่เหมาะสำหรับการปลูกทานตะวันเช่นกัน (กนกพร และธนิต, 2523; อิทธิฤทธิ์, 2535)

ทานตะวันเป็นพืชในวงศ์ compositae สกุล Helianthus เช่นเดียวกันกับเบญจมาศ คำฝอย และดาวเรือง ทานตะวันมีโครโมโซม 2n = 24 เป็นพืชล้มลุก (annual herbaceous) และเป็นพืชผสมข้าม การผสมเกสรของทานตะวันในธรรมชาติส่วนใหญ่อาศัยแมลง (นิสา, 2533) การที่มีชื่อเรียกว่า “ทานตะวัน” เนื่องจากลักษณะที่มีการหันช่อดอกและใบตามดวงอาทิตย์ กล่าวคือ จะหันไปทางทิศตะวันออกในตอนเช้า และหันไปทางทิศตะวันตกในตอนบ่ายและเย็น โดยลักษณะการหันตามดวง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อาทิตย์จะหยุดภายหลังจากผสมเกสรแล้ว และช่อดอกมักจะหันไปทิศตะวันออกเสมอ ลักษณะการหันดอกดังกล่าวทำให้สะดวกในการเก็บเกี่ยวด้วยมือ ดังนั้นจึงควรทำการปลูกทานตะวันให้แถวปลูกอยู่ในแนวเหนือใต้ ซึ่งทำให้สะดวกในการตัดช่อดอกซึ่งเอนออกมาทางทิศตะวันออกทุก ๆ แถว (กฤษฎา, 2537)

ราก ทานตะวันมีการงอกแบบ epigeal germination มีระบบรากแบบรากแก้ว (tap root system) ในระยะแรกของการงอกปลายราก จะแทงทะลุออกจากเมล็ดและเจริญเป็นรากแก้ว ต่อมามีรากแขนงแตกจากรากแก้ว รากแก้วสามารถหยั่งลึกได้ถึง 150-270 เซนติเมตร ส่วนรากแขนงจะเจริญได้ดีในระดับผิวดินลึก 10-30 เซนติเมตร และแผ่ไปตามแนวนอนเป็นบริเวณกว้าง 60-150 เซนติเมตร เพื่อช่วยค้ำจุนลำต้น และสามารถใช้ความชื้นระดับผิวดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ลำต้น ทานตะวันมีลำต้นตั้งตรง เป็นไม้เนื้ออ่อน มีขนอ่อนปกคลุมอยู่ทั่วไป ในระยะแรกลำต้นจะอวบน้ำ เปราะและหักง่าย เมื่ออายุมากขึ้นลำต้นจะแข็งแรงขึ้นตามลำดับ มีความสูงระหว่าง 0.5-5.0 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นระหว่าง 1-10 เซนติเมตร พันธุ์ที่ใช้ปลูกเพื่อการค้าในปัจจุบันมีความสูงระหว่าง 1.5-2.5 เมตร เมื่อทานตะวันมีใบจริง 2-3 คู่ จะมีความสูง 10-15 เซนติเมตร ลำต้นส่วนใหญ่ไม่แตกกิ่ง แต่บางพันธุ์อาจแตกกิ่งได้โดยเฉพาะพันธุ์ป่า

ใบ เมื่อทานตะวันงอกโผล่พ้นดินจะเห็นใบเลี้ยงซึ่งมีรูปร่างกลมยาว เมื่อใบเลี้ยงเติบโตเต็มที่จะแผ่กว้างออก ระยะนั้นจะเห็นใบจริงคู่แรกอยู่ตรงส่วนยอด ซึ่งเมื่อแผ่ขยายเต็มที่จะมีรูปร่างเรียวยาว และมีขนปกคลุม ใบจริง 5 คู่แรก จะเกิดตรงกันข้าม โดยคู่ที่อยู่ถัดขึ้นมาจะทำมุม 90 องศากับคู่ที่เกิดก่อน เรียกการเรียงใบแบบนี้ว่า opposite alternate pair ส่วนใบที่เกิดต่อจากนั้นเกิดการเรียงเป็นใบเดี่ยววนรอบลำต้นมี phyllotaxy เท่ากับ 8/13 โดยทั่วไปใบมีขนาดกว้าง 10-15 เซนติเมตร มีขนหยาบปกคลุมทั่วไป จำนวนใบต่อต้น 8-70 ใบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม

ดอก ช่อดอกเป็นแบบ head หรือ capitulum มีรูปร่างต่าง ๆ เช่น เรียบโค้งแบบ concave หรือ convex ทานตะวันพันธุ์ที่ใช้สกัดน้ำมันช่อดอกจะมี ray flower และ disk flower รวม 600-1,200 ดอกย่อย อยู่บนฐานรองดอก ด้านนอกของฐานรองดอกมี bract ขนาดใหญ่และปลายแหลม 2 ชั้น ซึ่งเรียกรวมกันว่า involucral bract หรือ phyllaris โดยสังเกตได้ว่า ray flower หรือ ligulate flower จะเกิดเรียงบริเวณขอบนอกของช่อดอก มีกลีบดอกเชื่อมเป็นแผ่นเดียวกัน มีขนาดใหญ่และยาว มีสีต่าง ๆ เช่น เหลืองทอง หรือเหลืองส้ม และบางพันธุ์มีสีขาว ยอดเกสรตัวเมียเล็กลีบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และไม่มีอับเกสรตัวผู้จึงเป็นหมันส่วน disk flower มีจำนวนมากอยู่เป็นวงถัดจาก ray flower เข้าไปจนถึงกลางช่อดอก เป็นดอกสมบูรณ์เพศ แต่ละดอกย่อยรองรับด้วย flower bract 1 อัน รูปร่างคล้ายเรือ ถัดเข้าไปเป็นวงของกลีบเลี้ยง 2 กลีบ และกลีบดอกที่โคนเชื่อมติดกัน ส่วนปลายแยกเป็น 5 แฉก มีรังไข่แบบ inferior ovary ภายในมี 1 ออวุล (ovule) มีเกสรตัวผู้ 5 อัน ซึ่งอับเกสรตัวผู้จะเชื่อมติดกัน แต่ก้านแยกกันเรียกลักษณะเกสรตัวผู้แบบนี้ว่า syngenesious อับละอองเกสรตัวผู้ที่เชื่อมติดกันนั้นจะหุ้มก้านเกสรตัวเมียไว้ เมื่อเกสรตัวเมียพร้อมรับการผสม ยอดเกสรตัวเมียจะโผล่ออกมามีรูปร่างเป็น 2 แฉก โดยเกสรตัวผู้พร้อมจะผสมก่อนเกสรตัวเมีย เรียกลักษณะนี้ว่า protandry

ผลและเมล็ด ทานตะวันมีผลเป็นแบบ achene แต่ละผลมี 1 เมล็ด ซึ่งประกอบด้วยเปลือกเมล็ด เอ็นโดสเปิร์ม และคัพภะ ผลมีสีแตกต่างกัน เช่น ดำ ดำแถบเทา ดำแถบขาว ขาวแถบเทา และขาว ทั้งนี้ขึ้นกับพันธุ์ โดยมากแล้วเมล็ดมีความกว้าง 4-13 มิลลิเมตร ยาว 7-25 มิลลิเมตร และน้ำหนัก 1000 เมล็ดหนักประมาณ 40-60 กรัม (ชูศักดิ์, 2542)

1.2 ระยะการเจริญเติบโต

เป็นที่ทราบกันดีว่าทานตะวันเป็นพืชล้มลุก (annual herbaceous) มีอายุประมาณ 100-120 วัน การจำแนกระยะการเจริญเติบโตของทานตะวันที่เป็นพืชปลูกได้มีผู้จำแนกไว้หลายวิธี (Rodrigues, 1978 and Vrebalov, 1979) แต่เพื่อความสะดวกในทางปฏิบัติจะใช้วิธีของ Schneiter and Miller (1981) ซึ่งได้จำแนกระยะการเจริญเติบโตของทานตะวันเป็น 2 ระยะดังนี้ คือ

1. ระยะการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบ (vegetative stages, V)

ระยะนี้เริ่มจากการงอกของต้นกล้าและสิ้นสุดเมื่อเริ่มมองเห็นดอกเกิดขึ้น อาศัยการนับจำนวนใบเป็นเกณฑ์ ระยะการเจริญเติบโตของต้นและใบจะมีจำนวนวันที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นกับพันธุ์และปัจจัยทางสภาพแวดล้อม ซึ่งแบ่งย่อยได้ดังนี้ คือ

ระยะ vegetative emergence (VE) เริ่มจากต้นกล้าชูใบเลี้ยง (cotyledon) โผล่พ้นผิวดิน และมีความยาวของใบจริงใบแรกยาวน้อยกว่า 4 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระยะ V(n) โดยที่ V คือการเจริญเติบโตของต้นและใบ (vegetative growth) n หมายถึงจำนวนใบจริง (number of leaf) ที่มีความยาวตั้งแต่ 4 เซนติเมตรขึ้นไป ดังนั้น V1, V2, V3 และ V4 จึงหมายถึง การเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ เมื่อมีใบจริงที่มีความยาวตั้งแต่ฐานใบที่ติดกับก้านไปจนถึงปลายสุดของยอดใบยาวมากกว่า 4 เซนติเมตร จำนวน 1 ใบ, 2 ใบ, 3 ใบ และ 4 ใบ ที่ระยะ V ใด ๆ (V(n)) ตามลำดับ ส่วนการเรียงตัวของใบในช่วงแรกจะอยู่แบบตรงกันข้าม ต่อมาจะมีการเวียนแบบสลับเมื่ออายุการเจริญเติบโตมากขึ้น จากนั้นใบล่างจะเริ่มแก่ ซึ่งอาจเกิดจากความแห้งแล้ง โรคหรือปัจจัยอื่นๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เมื่อใบแก่ร่วงจะเกิดรอยแผลบนลำต้น (ไม่นับรอยแผลที่เกิดจากการร่วงของใบเลี้ยง) เพิ่มมากขึ้น ทำให้สามารถใช้เป็นเครื่องหมายกำหนดระยะการเจริญเติบโตของพืชได้

2. ระยะเจริญพันธุ์ (reproductive stages, R)

ระยะเจริญพันธุ์ (R) จะเริ่มเมื่อทานตะวันเริ่มมีดอกเล็ก ๆ เกิดขึ้น (floral initiation) จนถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity) ระยะนี้ (R) แตกต่างจากระยะ vegetative ดังนี้ คือ

ระยะ R1 เป็นระยะที่สามารถมองเห็นดอก (head) ที่หุ้มด้วยใบประดับอ่อน ๆ (young bract) ซึ่งหากมองตรงจากด้านบน (top view) ลงมาบนยอดจะเห็นกลีบเลี้ยงอ่อน ๆ มากมายเป็นจุดคล้ายดาว (star like) ปรากฏขึ้นมา ระยะนี้จะมีความสัมพันธ์กับจำนวนใบซึ่งจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์

ระยะ R2 เป็นระยะที่ช่วงความยาวของข้อบริเวณใต้ฐานรองดอก (receptacle) ยาวประมาณ 0.5-2.0 เซนติเมตร ซึ่งข้อดังกล่าวจะอยู่ระหว่างใบสุดท้ายกับฐานรองดอก (receptacle) ในบางครั้งอาจพบใบประดับพิเศษ (adventitious bracts) ตรงระหว่างช่วงข้อปล้องดังกล่าวแต่จะไม่นำมาพิจารณา

ระยะ R3 เป็นระยะที่ความยาวข้อตรงใต้ฐานรองดอกกับใบสุดท้ายยืดตัวอย่างรวดเร็วยกจานดอกให้สูงขึ้น ทำให้ข้อตรงช่วงดังกล่าวยาวมากกว่า 2 เซนติเมตร

ระยะ R4 เป็นระยะที่ดอกเริ่มบาน กลีบดอก (ray flower) เล็ก ๆ คลี่ตัวออกมา กระทั่งสามารถสังเกตเห็นได้จากด้านบน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระยะ R5 เป็นระยะที่เริ่มมีการถ่ายเกสร (anthesis) เกิดขึ้น กลีบดอกบานเต็มที่และสามารถมองเห็นดอกย่อย (disk flower) ระยะนี้สามารถแบ่งย่อยได้อีก โดยอาศัยเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ดอกย่อยที่ถ่ายละอองเกสรแล้ว การถ่ายละอองเกสรจะเริ่มจากดอกย่อย ที่อยู่วงรอบนอกเข้ามาสู่ใจกลางดอก เช่น หากเกิดการถ่ายละอองเกสรเกิดขึ้นแล้วร้อยละ 50 ระยะนี้จะเป็นระยะ R5.5 หากผสมแล้วร้อยละ 80 จะเท่ากับระยะ R5.8 การกำหนดระยะดังกล่าวอาศัยการประมาณจากพื้นที่ที่มีดอกย่อยเท่านั้น (ไม่ได้รวมจากส่วนของกลีบดอกในการประมาณพื้นที่) และดอกย่อยดังกล่าวต้องบานแล้ว โดยการบานของดอกจะบานจากวงรอบนอกเข้ามาหาจุดศูนย์กลางดอก

ระยะ R6 เป็นระยะที่การถ่ายละอองเกสรเกิดขึ้นสมบูรณ์ และกลีบดอก (ray flower) สูญเสียความเต่ง และเริ่มแสดงอาการเหี่ยว แต่ทั้งนี้การเหี่ยวและการร่วงของกลีบดอก อาจจะเกิดขึ้นหรือไม่เกิดก็ได้

ระยะ R7 เป็นระยะที่ด้านหลังจานดอกจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเรื่อ ๆ การเหลืองจะเริ่มเกิดตรงบริเวณส่วนกลางของจานดอกใกล้กับฐานของจานดอก และรอยต่อของก้านชูดอก (penduncle)

ระยะ R8 เป็นระยะที่ด้านหลังของจานดอกมีสีเหลือง แต่ส่วนของใบประดับ (bract) ยังมีสีเขียวอยู่ บางครั้งอาจจะพบหรือไม่พบจุดสีน้ำตาลบนหลังจานดอก

ระยะ R9 เป็นระยะที่ส่วนของใบประดับกลายเป็นสีเหลืองและสีน้ำตาล จุดสีน้ำตาลภายหลังจานดอกขยายใหญ่ขึ้นจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเกือบทั้งหมด ระยะนี้ถือเป็นระยะที่มีการแก่ทางสรีรวิทยา

การประมาณระยะการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะ R7-R8 จะต้องพิจารณาเฉพาะจานดอกที่สมบูรณ์ปราศจากโรคเท่านั้น แต่ทั้งนี้จำนวนระยะการเจริญเติบโต จะขึ้นกับสายพันธุ์และสภาพแวดล้อม

1.3 การปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม

ทานตะวันเป็นพืชที่มีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่าง ๆได้ดี เดิมทานตะวันสามารถปลูกและให้ผลผลิตได้ดีในบริเวณละติจูดที่ 49 องศาเหนือ ในมานิโตบา แคนาดา ซึ่งเป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บริเวณที่มีปริมาณน้ำฝน 20.5 นิ้วต่อปี ต่อมาพบว่าทานตะวันสามารถปลูกและให้ผลผลิตได้ดีในบริเวณทั่วไป อีกทั้งทานตะวันสามารถทนทานต่อน้ำค้างแข็ง (frosts) ได้ดีกว่าถั่วเหลืองและข้าวโพด นอกจากนี้ทานตะวันยังสามารถทนทานต่อความแห้งแล้ง อุณหภูมิต่ำ และสภาพดินเลวได้ดีกว่าข้าวโพด (Putt, 1963)

ทานตะวันปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมของสวันนา แต่อาจมีแมลงเข้าทำลายสูงถ้าปลูกในเขตที่มีฝนตกชุก เป็นพืชที่ปรับตัวเข้ากับสภาพของเขตร้อนได้พอสมควร ไม่ไวต่อช่วงแสง สามารถออกดอกให้ผลได้ทุกสภาพช่วงแสง และสามารถปลูกได้ในบริเวณที่มีการปลูกข้าวโพด ข้างฟ่างและมิลเลท เมื่อทานตะวันตั้งตัวได้แล้วจะสามารถทนต่อสภาพแห้งแล้งและร้อนได้พอสมควร และจะมีการเติบโตได้ทันทีเมื่อมีฝน นอกจากนี้ทานตะวันยังทนอากาศเย็นจัดได้ดีกว่าข้าวโพด ข้างฟ่างและมิลเลท โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะต้นกล้า ดังนั้นทานตะวันจึงสามารถปลูกในบริเวณอุณหภูมิต่ำที่มีผลเสียหายต่อพืชพวกข้าวโพด ข้าวฟ่าง และมิลเลทได้เป็นครั้งคราว และสามารถขึ้นได้ในดินหลายประเภท แต่จะขึ้นได้ดีในสภาพดินที่มีผิวดินหนาและอุ้มความชื้นได้ดี สามารถทนต่อสภาพความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ตลอดจนสภาพดินที่มีปัญหา เช่น ดินเค็มได้พอสมควร ซึ่งดินเหล่านี้จะมีอยู่เป็นจำนวนมากในเขตแห้งแล้งทั่ว ๆไป เนื่องจากทานตะวันเป็นพืชให้โปรตีนและแร่ธาตุสูง จึงสมควรที่จะใส่ปุ๋ยในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการของพืชตามสภาพของดินที่ปลูก (กฤษฎา, 2537)

ชูศักดิ์ (2542) กล่าวถึง สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการปลูกทานตะวันไว้ 3 แบบ ดังนี้

1. สภาพพื้นที่ดิน ทานตะวันสามารถเจริญเติบโตได้ในดินเกือบทุกชนิด แต่ที่เหมาะสมที่สุด คือ ดินร่วนปนทราย หรือดินเหนียวร่วน ซึ่งเป็นดินที่มีความสามารถในการระบายน้ำดี

2. สภาพอากาศ ทานตะวันเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศอบอุ่นในเวลากลางวันและอากาศเย็นในเวลากลางคืน อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 18-25 องศาเซลเซียส เป็นพืชที่ไม่ไวต่อช่วงแสง สามารถปลูกได้ในดินแทบทุกประเภท pH ที่เหมาะสมคือ 5.7-8.0 ไม่ชอบสภาพน้ำขังและไม่ต้องการน้ำมาก เพราะมีความสามารถในการดูดน้ำได้สูง แต่ถ้าความชื้นในดินต่ำกว่าร้อยละ 14 จะทำให้ต้นเริ่มเหี่ยว ในระยะเริ่มงอกและเริ่มสร้างตาดอกเป็นช่วงที่ทานตะวันต้องการน้ำหรือความชื้นในดินสูง หากขาดน้ำในระยะนี้จะทำให้ผลผลิตลดลงมาก ส่วนในระยะอื่น ๆ จะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทนต่อความแห้งแล้งได้ดีขึ้น ขณะที่จานดอกเริ่มเหลือง เมล็ดเริ่มสุกแก่ไม่ต้องการความชื้นสูง เพราะจะทำให้เกิดผลเสียต่อจานดอก และเกิดโรคเข้าทำลายเมล็ด ถึงขั้นผลผลิตเสียหายอย่างมาก

3. ฤดูปลูก ทานตะวันส่วนใหญ่จะปลูกเป็นพืชรองหรือพืชเสริมรายได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเกษตรอาศัยน้ำฝน โดยทำการปลูกหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพดแล้ว เช่น ในเขตจังหวัดสระบุรี ลพบุรี และเพชรบูรณ์ มักปลูกในช่วงเดือนสิงหาคม-เดือนตุลาคม ขณะที่สภาพดินยังมีความชุ่มชื้นเพียงพอสำหรับการเตรียมดินและการงอก การปลูกในสภาพพื้นที่นาหลังการเก็บเกี่ยวข้าว มักปลูกประมาณเดือนมกราคม-เดือนเมษายน ส่วนพื้นที่ในเขตชลประทานสามารถปลูกได้ทุกเดือน ตั้งแต่เดือนกันยายน-เดือนมกราคม แต่ที่เหมาะที่สุดคือเดือนพฤศจิกายน ซึ่งให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์น้ำมันในเมล็ดสูง

Childs (1948) , Clydesdale and Hart (1948) และ Elliott (1949) กล่าวว่า ทานตะวันเป็นพืชที่ทนแล้ง (drought resistance) ทนต่ออุณหภูมิต่ำ และเจริญเติบโตได้ดีในดินเลวมากกว่าที่ข้าวโพดต้องการ แต่การที่จะให้ได้ผลผลิตสูงนั้น จะต้องได้รับน้ำอย่างเพียงพอในขณะที่ตาดอกมีเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 15-20 มิลลิเมตร (Robelin, 1969)

โรคและแมลงที่สำคัญของทานตะวันคือ

โรคราสนิม (rust) เป็นโรคที่เกิดจากเชื้อรา *Puccinia helianthi* มีผลทำให้ผลผลิตของทานตะวันลดลงถึง 1/3 ถึง 1/2 เท่าของผลผลิตปกติ

โรค leaf mottle หรือ wilt เกิดจากเชื้อ *Verticillium alboatrum* ซึ่งทำความเสียหายต่อผลผลิตของทานตะวันเช่นเดียวกับ rust กล่าวคือทำให้เกิดอาการ chlorosis และ necrosis ทำให้ใบเกิดเป็นจุด (mottle) โรคนี้พบมากในประเทศรัสเซีย ไซบีเรีย อัฟริกาและอเมริกาใต้ เนื่องจากมีพืชอาศัยกว้างมาก

โรค downy mildew เกิดจากเชื้อ *Plasmopara halstedii* พบในประเทศชิลี และอาร์เจนตินา มีผลให้พืชแคระแกร็น ใบมีสีซีด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โรค pests negra ซึ่งทำความเสียหายรุนแรงในประเทศอาร์เจนตินา เกิดจากเชื้อ *Sclerotium bataticola* โดยมีอาการเริ่มแรก คือ จะทำให้ใบเหี่ยวตาย ต้นตาย ดอก (head) จะมีน้ำหนักลดลง ถ้าเชื้อเข้าทำลายในช่วงสุดท้ายของการเจริญเติบโต (Putt, 1963)

แมลงที่เป็นศัตรูสำคัญของทานตะวัน มีประมาณ 65 ชนิด ที่สำคัญ ได้แก่ Sunflower-Moth (*Homoeosoma ellectellum*) ในระยะตัวหนอน (larvae) *Phabnia hospes* ทำความเสียหายต่อต้นกล้า sunflower maggot (*Strauzia longipennis*) ดูดน้ำเลี้ยงลำต้น และ sunflower leaf beetle (*Zygogramma excalmatiomis*) สามารถเข้าทำลายทั้งในระยะตัวแก่ และระยะตัวหนอน เป็นต้น (Putt, 1963)

1.4 การเก็บเกี่ยวทานตะวัน

อายุเก็บเกี่ยวของทานตะวันประมาณ 90-100 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และพันธุ์ เมื่อเมล็ดทานตะวันสุกแก่ทางสรีรวิทยา ด้านหลังของจานดอกจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง เกษตรกรทั่วไปจึงเก็บเกี่ยวเมื่อจานดอกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ซึ่งเมล็ดจะมีความชื้นประมาณ 12-14 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้มีดหรือเคียวตัดก้านดอกแล้วนำมาผึ่งแดด 2-3 แดด ก่อนนำไปกะเทาะเมล็ด หากเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องจักรจะเก็บเกี่ยวก่อนในขณะที่ความชื้นสูงประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ เพื่อลดการสูญเสียเนื่องจากการร่วงของเมล็ดขณะเก็บเกี่ยว หากต้องการเก็บเมล็ดไว้ในโรงเก็บหรือถังเก็บเมล็ดต้องลดความชื้นให้เหลือประมาณ 9.5 เปอร์เซ็นต์ (ชูศักดิ์, 2542)

1.5 การใช้ประโยชน์จากทานตะวัน

1. เมล็ด ใช้บริโภคโดยตรง เป็นแหล่งของโปรตีนแทนเนื้อสัตว์ได้ ในเมล็ดมีธาตุเหล็กสูงใกล้เคียงกับไข่แดงและตับ เมื่อนำมาบดเป็นแป้งจะได้แป้งสีขาว มีไขมันสูง มีโปรตีนมากกว่าร้อยละ 50 ของปริมาณแป้ง

2. เปลือกของลำต้น มีลักษณะเหมือนเยื่อไม้ สามารถนำมาทำกระดาษสีขาวคุณภาพดีได้ ลำต้นใช้ทำเชื้อเพลิง หรือหากไถกลบจะเป็นปุ๋ยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ดินได้เป็นอย่างดี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ราก ใช้ทำแป้งเค้ก และสปาเกตตี โดยในรากมีวิตามินบี 1 และธาตุอาหารอื่น ๆ อีกหลายชนิด มีรายงานว่าแพทย์ได้แนะนำให้ใช้รากทานตะวันประกอบอาหารสำหรับผู้ป่วยเป็นโรคเบาหวาน

4. น้ำมัน น้ำมันที่สกัดจากเมล็ดมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 35 และเป็นน้ำมันคุณภาพสูง ประกอบด้วยกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว เช่น linoleic และ linolenic สูงถึงร้อยละ 60-70 กรดไขมันเหล่านี้เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ในแง่การช่วยลดโคเลสเตอรอลที่เป็นสาเหตุของโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด และยังประกอบไปด้วยวิตามิน เอ ดี อี และเค ซึ่งคุณภาพของวิตามินอีจะสูงกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น ๆ เมื่อเก็บน้ำมันทานตะวันไว้นาน ๆ จะไม่เกิดกลิ่นหืน อีกทั้งยังไม่ทำให้สีและรสชาติเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้น้ำมันทานตะวันยังนิยมใช้ในอุตสาหกรรมทำเนยเทียม สี น้ำมันชักเงา สบู่ และน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์อีกด้วย

5. กาก กากที่เหลือจากขั้นตอนการสกัดน้ำมัน สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ได้ ซึ่งในกากทานตะวันที่กะเทาะเปลือกและบีบน้ำมันออกแล้วจะมีโปรตีนร้อยละ 42 และยังสามารถใช้เป็นแหล่งแคลเซียมสำหรับปศุสัตว์ได้เป็นอย่างดีอีกด้วย กากทานตะวันมีปริมาณกรดอะมิโนอยู่เพียงเล็กน้อยและขาด lysine ฉะนั้นในการนำไปใช้ผสมอาหารสัตว์ที่ไม่ใช่สัตว์เคี้ยวเอื้อง จึงต้องใช้อย่างระมัดระวัง (ชูศักดิ์, 2542)

1.6 กรดไขมัน (fatty acid) ในเมล็ดทานตะวัน

กรดไขมันที่พบในไขมันของพืชและสัตว์ชั้นสูงมีจำนวน C อะตอมเป็นเลขคู่ อยู่ระหว่าง 14-22 อะตอม โดยเฉพาะ C16 และ C18 พบมากที่สุด โดยอาจเป็นโซ่ยาวที่อิ่มตัว (ไม่มีพันธะคู่) หรือไม่อิ่มตัว (มีพันธะคู่ 1 คู่ หรือมากกว่า) ซึ่งแต่ละชนิดมีความยาวของสายโซ่ ตำแหน่งและจำนวนของพันธะเดี่ยวหรือคู่แตกต่างกันจึงมีความอิ่มตัวไม่เท่ากัน ในเซลล์จะไม่พบอยู่ในรูปอิสระแต่จะอยู่รวมกันเป็นไขมันด้วยพันธะโควาเลนท์ ซึ่งสามารถถูกสลายด้วยเอนไซม์หรือทางเคมี กรดไขมัน แบ่งได้เป็น 2 ประเภทดังนี้

1. กรดไขมันไม่จำเป็น (nonessential fatty acid) คือ กรดไขมันที่ร่างกายสัตว์สังเคราะห์ขึ้นได้เอง เช่น กรดปาลมิโตเลอิก (palmitoleic acid) และกรดโอเลอิก (oleic acid) พบมากที่สุดในไขมันสัตว์ โดยสังเคราะห์จาก CoA เอสเตอร์ของกรดไขมันอิ่มตัวที่ตับ และเนื้อเยื่อไขมัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. กรดไขมันจำเป็น (essential fatty acid, EFA) คือ กรดไขมันที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นได้เอง แต่มีความสำคัญต่อเมแทบอลิซึมที่ปกติ ได้แก่ กรดไลโนเลอิก (linoleic acid) กรดไลโนเลนิก (linolenic acid) และกรดอะราคิโดนิก (arachidonic acid) (กลุ่มโอเมกา-3 หรือโอเมกา-6) พบมากในน้ำมันพืชยกเว้นน้ำมันมะพร้าวและในน้ำมันปลา

**2. น้ำและการผลิตพืช**

น้ำมีบทบาทสำคัญในการดำรงชีวิตของพืช เนื่องจากเป็นส่วนประกอบภายในที่มีมากที่สุดของต้นพืชซึ่งมากถึง 85-90 เปอร์เซ็นต์ การเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ต้องอาศัยน้ำทำหน้าที่เป็นตัวกลาง เป็นตัวทำละลายสารต่าง ๆ นอกจากนี้การดูดธาตุอาหารของราก การเคลื่อนที่ของอาหารภายในต้นล้วนแล้วแต่ต้องอาศัยน้ำเป็นตัวนำ ทำให้เกิดความเต่งของเซลล์สามารถตั้งตัวอยู่ได้ และยังช่วยควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้อีกด้วย นอกจากนั้นน้ำยังเป็นแหล่งของก๊าซออกซิเจนที่ใช้ในการหายใจ และไฮโดรเจนถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสง เป็นแหล่งที่ใช้ในการผลิต ATP จากกระบวนการสังเคราะห์แสง (คนัย, 2537) ปริมาณน้ำที่ให้มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ ค่าการนำไหลของปากใบ อัตราการคายน้ำ ประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสง และประสิทธิภาพการใช้น้ำ ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต (Palma and Novello, 1997) น้ำจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญสำหรับการปลูกพืชให้ประสบความสำเร็จที่มีผลทั้งทางสรีรวิทยาและกายภาพ ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต ระบบราก และการสังเคราะห์แสงของใบ การพัฒนาของดอก การติดผล และมีผลต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตด้วย (Michelakis *et al*., 1997)

น้ำเป็นตัวทำละลาย และนำสารต่าง ๆ มาสู่พืชรวมถึงนำสารสังเคราะห์ในต้นพืชจากแหล่งสร้างไปสู่ส่วนต่าง ๆ ภายในต้นพืชเอง การใช้น้ำของพืชหรือความต้องการน้ำของพืชจะต้องสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่พืชคายออกกับปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากพื้นดิน การให้น้ำที่น้อยเกินกว่าความต้องการของพืชจะมีผลทำให้รากพืชดูดน้ำจากดินได้ไม่สะดวกเพราะอนุภาคน้ำที่เกาะอยู่รอบ ๆ อนุภาคของดินจะยึดเกาะด้วยแรงที่สูงจนพืชอาจดูดไปใช้ไม่ได้และอาจแสดงอาการเหี่ยวเฉา (กองบริรักษ์ที่ดิน, 2525) การใช้น้ำของพืชเริ่มต้นจากการที่พืชดูดน้ำจากดินแล้วเคลื่อนไปตามท่อลำเลียงน้ำ (xylem) เข้าสู่อวัยวะต่าง ๆ และคายออกสู่บรรยากาศโดยผ่านปากใบ (stomata) และผนังชั้นนอกของเซล epidermis (Chang, 1986; Rosenberg, 1975; Blaine and Rosenberg, 1976; Federer, 1979) ปริมาณการใช้น้ำของพืช (consumptive use หรือ evapotranspiration) เป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียจากพื้นที่เพาะปลูกสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำ ซึ่งประกอบด้วยสองส่วน คือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณน้ำที่พืชดูดไปจากดิน เพื่อนำไปใช้ในการสร้างเซลลูโลสและเนื้อเยื่อ แล้วคายออกทางใบสู่บรรยากาศซึ่งเรียกว่าการคายน้ำ (transpiration) และปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินบริเวณรอบ ๆ ต้นพืชจากผิวน้ำในขณะให้น้ำหรือขณะที่มีน้ำขังอยู่ และจากน้ำที่เกาะอยู่ตามใบ เนื่องจากฝนตกหรือการให้น้ำซึ่งเรียกรวมกันว่า การคายระเหย (evapotranspiration)

พืชต่างชนิดกัน ช่วงอายุการเจริญเติบโตต่างกัน การใช้น้ำของพืชในช่วงรอบวันต่างกันย่อมส่งผลต่อการใช้น้ำของพืชที่แตกต่างกันไป กล่าวได้ว่า การใช้น้ำในพื้นที่เพาะปลูกหมายถึงปริมาณการคายน้ำของพืชรวมกับการระเหยจากผิวดิน ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งซึ่งมักแสดงในรูปปริมาณน้ำต่อหน่วยพื้นที่หรือความสูงของน้ำ (Jensen, 1974) ปริมาณการใช้น้ำสำหรับพืชจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 4 อย่างด้วยกัน (วิบูลย์, 2526; Lemon *et al*., 1957; Statyer, 1967) ดังนี้ คือ

1. สภาพภูมิอากาศรอบ ๆ ต้นพืชซึ่งได้แก่ พลังงานความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ หรือรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศและความเร็วลม เป็นต้น

2. ชนิดและอายุของพืช พืชแต่ละชนิดมีความต้องการน้ำที่แตกต่างกัน พันธุ์ลักษณะทางสรีระวิทยา และกายวิภาคของพืช รูปทรงโครงสร้าง ลำต้น ใบ ราก ความต้องการต่อการเคลื่อนที่ของน้ำ ความสามารถในการปรับค่าพลังงานของน้ำที่ใบและลำต้นล้วนแล้วแต่มีผลต่อปริมาณการใช้น้ำของพืช

3. ดิน ซึ่งได้แก่ จำนวนความชื้นในดิน เนื้อดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ให้พืชใช้ได้ ความเข้มข้นของเกลือในดินหรือสารที่เป็นพิษอย่างอื่น เป็นต้น

4. องค์ประกอบอื่น ๆ เช่น วิธีการให้น้ำแก่พืชและความลึกที่ให้แต่ละครั้ง ฤดูกาลเพาะปลูก การคลุมดิน และการไถพรวน เป็นต้น

การให้น้ำแก่พืชใด ๆ ก็ตาม ควรพิจารณาว่าเมื่อใดควรจะให้น้ำและให้ในปริมาณเท่าใด ทั้งนี้มักเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน เช่น ดินที่มีหน้าดินลึกและอุ้มน้ำดี การให้น้ำแต่ละครั้งก็ต้องให้ในปริมาณมาก และสามารถงดการให้น้ำได้หลายวันจึงจะให้น้ำอีกครั้งหนึ่ง สำหรับการให้น้ำน้อยเกินไปถึงแม้จะเป็นการประหยัดน้ำ แต่ถ้าจะให้ได้ผลผลิตดีก็จำเป็นต้องให้บ่อยครั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มากขึ้น ทำให้เสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายในการให้น้ำมากขึ้นเช่นกัน แต่ถ้าพืชขาดน้ำจะทำให้ผลผลิตลดลงทั้งปริมาณและคุณภาพ

พีระศักดิ์ (2531) พบว่า ปริมาณน้ำฝนที่ข้าวโพดใช้ตั้งแต่งอกจนถึงระยะเมล็ดแก่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยวอยู่ระหว่าง 400-800 มิลลิเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะดิน ฤดูปลูก และพันธุ์ข้าวโพด ถ้าดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง การสร้างน้ำหนักแห้งของข้าวโพด 1 กิโลกรัม จะต้องใช้น้ำประมาณ 235 ลิตร แต่ถ้าดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำอาจต้องใช้น้ำถึง 435 ลิตร หรือคิดโดยประมาณว่า ทุก ๆ 1 มิลลิเมตร ของปริมาณน้ำฝนจะผลิตเมล็ดข้าวโพดได้ 7 ถึง 10 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อข้าวโพดได้รับน้ำไม่พอเพียงจะมีผลให้ฝักที่ได้ไม่สมบูรณ์ ในทางตรงข้ามหากข้าวโพดได้รับน้ำมากเกินไป จะทำให้มีลำต้นสูงและอวบ การหักล้มมากขึ้นหรืออ่อนแอต่อโรค เป็นผลให้ผลผลิตลดลงได้เช่นกัน

Chang (1986) ได้อธิบายเกี่ยวกับลักษณะความสูงของพืชที่มีผลต่อการใช้น้ำว่า พืชต้นสูงจะดูดรับรังสีดวงอาทิตย์ไว้ได้มากกว่า และมีลักษณะทางแอโรไดนามิคที่ทำให้อากาศเกิดปั่นป่วน (turbulent) ได้มากกว่าพืชต้นเตี้ย และเขาได้พบว่า อัตราการสูญเสียน้ำของอ้อยมีมากกว่าหญ้าโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 10 ดังนั้นความสูงของพืชจึงมีความสัมพันธ์กับอัตราการใช้น้ำ และจากงานทดลองของ Sojka *et al.* (1977) และ Ali and Alam (1977) พบว่า การให้น้ำแก่ถั่วเขียวในปริมาณที่ต่ำ จะทำให้ความสูงของถั่วเขียวลดน้อยลง นอกจากนี้ Muchow (1985) ได้ศึกษาผลของสภาวะขาดน้ำที่มีต่อถั่วหลายชนิด พบว่า สภาวะขาดน้ำมีผลทำให้ความสูงของต้น และน้ำหนักแห้งของต้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available water) หมายถึง ปริมาณความชื้นของดินที่อยู่ในช่วงระหว่างความจุสนาม (field capacity, FC) และจุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point, PWP) โดยความชื้นที่ FC เป็นความชื้นในขณะที่ความเครียดของดินมีค่าประมาณ 1/3 บรรยากาศ ส่วนความชื้นที่ PWP จะมีความเครียดของดินประมาณ 15 บรรยากาศ ดินต่างชนิดกันจะมีระดับของน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ไม่เท่ากันแม้จะมีความเครียดเท่ากัน ซึ่ง Burch *et al.* (1978) ได้ศึกษาปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในแปลงข้าวฟ่างและแปลงถั่วเหลืองซึ่งอาศัยน้ำฝน พบว่าแปลงข้าวฟ่างจะมีปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์มากกว่าและจะยิ่งแตกต่างกันมากขึ้นเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น

การสูญเสียความชื้นจากผิวดินโดยการระเหย (evaporation) จะมีปริมาณน้อยกว่าการสูญเสียโดยการคายน้ำของพืช (transpiration) เพราะพื้นที่ส่วนที่เกิดการคายน้ำของใบมีมากกว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พื้นดินมาก (Burnett and Fisher, 1954) Kanemasu *et al*. (1976) ได้รายงานว่า การระเหยน้ำจากผิวดินในแต่ละฤดูจะมีประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์ของการคายระเหย แต่การระเหยน้ำจากผิวดินอาจเพิ่มขึ้นได้ถ้าอุณหภูมิของดินกับอุณหภูมิของอากาศเหนือผิวดินต่างกันมาก ๆ นอกจากนี้ Lemon (1956) พบว่า การสูญเสียความชื้นของดินโดยการระเหยจากผิวดินอาจแบ่งได้เป็น 3 ระยะคือ ระยะแรกเป็นการสูญเสียความชื้นในอัตราที่สูงและคงที่ ซึ่งจะมากน้อยเท่าใดขึ้นกับปัจจัยที่มีผลต่อการระเหยจากผิวดิน (evaporative demand) เช่น รังสีความร้อนจากแสงแดด (radiation) ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) และความเร็วของกระแสลม (wind velocity) ในระยะนี้การซึมน้ำจากส่วนล่างของชั้นหน้าตัดดิน (profile) ไปยังผิวหน้าดินจะเร็วเท่ากับอัตราการระเหยจากผิวดิน ระยะที่สอง อัตราการระเหยลดลงอย่างรวดเร็ว อัตราการซึมน้ำขึ้นสู่ผิวดินต่ำกว่าอัตราการระเหยจากผิวดินดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อการระเหยจากผิวดินในระยะนี้คือ ความสามารถของความชื้นในส่วนล่างของชั้นหน้าตัดดิน (profile) ที่ซึมขึ้นสู่ผิวดิน ระยะที่สาม อัตราการระเหยจากผิวดินน้อยมากและถูกควบคุมโดยแรงดูดซึม (adsorptive force) ที่ดินมีต่อความชื้นตรงผิวสัมผัสระหว่างความชื้นกับเม็ดดิน

สำหรับพืชที่ปลูกภายใต้สภาพไร่นาทั่วไป พบว่า อัตราการสังเคราะห์แสงจะลดลงมากในช่วงเวลาประมาณเที่ยงวัน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่พืชจะเกิดความเครียดน้ำมากที่สุด ดังนั้น ถ้าต้องการที่จะรักษาระดับการสังเคราะห์แสงไม่ให้ลดลงก็ต้องให้น้ำแก่พืช หรือรักษาระดับความชื้นในดินให้สูงอยู่เสมอ การสังเคราะห์แสงของพืชแต่ละชนิดมีความอ่อนไหวต่อความเครียดน้ำไม่เท่ากัน Boyer (1970) รายงานว่า การสังเคราะห์แสงของข้าวโพดที่ปลูกอยู่ภายใต้สภาพที่มีการควบคุมจะไม่ลดลงจนกว่าศักย์ของน้ำในใบจะลดลงต่ำกว่า –3 บาร์ ถึง –5 บาร์ ในขณะที่ของถั่วเหลืองจะไม่ลดลงจนกว่าศักย์ของน้ำในใบจะลดลงถึง –11 บาร์

Slatyer (1969) ได้สรุปจากผลการตรวจเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้ว่าการปิดหรือการลดขนาดของปากใบ เป็นกลไกอันดับแรก ที่จะทำให้การสังเคราะห์แสงลดลง และพฤติกรรมของปากใบนี้อยู่ภายใต้อิทธิพลของกระบวนการทางชีวเคมีของเซลล์เป็นสำคัญ ซึ่งกระบวนการทางชีวเคมีนั้นจะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยน้ำ ดังนั้นเมื่อความเครียดน้ำเกิดขึ้น กระบวนการชีวเคมีดังกล่าวย่อมได้รับผลกระทบตามไปด้วย และนอกจากนี้เมื่อปากใบปิดยังจะทำให้อุณหภูมิของใบสูงขึ้น ซึ่งจะมีผลกระทบไม่ทางตรงก็ทางอ้อมต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**3. ผลของสภาวะขาดน้ำที่มีต่อพืช**

ต้นพืชอยู่ภายใต้สิ่งแวดล้อมที่มีสภาวะเครียดมากมาย เช่น อุณหภูมิที่ต่างจากปกติ สภาพทางเคมีและฟิสิกส์ของดินที่ไม่เหมาะสม โรค และแมลงศัตรูพืช อย่างไรก็ตาม การเกิดความเครียดจากการขาดน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมากกว่าสภาวะเครียดอื่น ๆ รวมกัน เพราะว่าการขาดน้ำมักมีโอกาสพบเสมอ ๆ (Kramer, 1983) พืชเกิดความเครียดจากน้ำ (water stress) หมายถึง พืชมีน้ำในระบบลำต้นไม่พอเพียงกับการใช้ในกิจกรรมให้เป็นไปตามปกติ ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ 2 กรณี คือ จากการขาดน้ำ (water deficit) หรือจากการได้รับน้ำมากเกินไป (water excess) คือสภาพน้ำท่วมขัง ถ้าพืชเกิดความเครียดเนื่องมาจากการขาดน้ำหรือความแห้งแล้งในพื้นที่ที่เจริญอยู่ เรียกว่า water deficit stress เรียกสั้น ๆ ว่าความเครียดจากการขาดน้ำ (water stress หรือ drought stress) โดยไม่รวมถึงการเกิดความเครียดเนื่องจากพืชได้รับน้ำมากเกินไป (เฉลิมพล, 2535)

พืชแต่ละชนิดมีช่วงอายุ ขนาด และความต้องการใช้น้ำแตกต่างกันไป การใช้น้ำของพืชในช่วงวันก็แตกต่างกันไปพืชจึงอาจแสดงอาการขาดน้ำได้ เมื่อพิจารณาจากขบวนการรักษาสมดุลของน้ำในพืช สายัณห์ (2537) รายงานว่าความต่างศักย์ของน้ำมีความสำคัญมากในการทำให้น้ำถูกดึงขึ้นมาจากดินผ่านพืชสู่ชั้นบรรยากาศ ซึ่งความต่างศักย์นี้จะมากหรือน้อยขึ้นกับส่วนต่าง ๆ ของพืชที่มีความต้านทานแตกต่างกัน น้ำไม่เพียงแต่ไหลผ่านท่อน้ำ แต่จะถูกดึงไปใช้ในส่วนอื่น ๆ ของพืช เช่น ใบ ลำต้น ผล และราก เป็นต้น ความหนาของใบพืชในช่วงวันจะไม่เท่ากัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในช่วงกลางวันที่น้ำถูกดึงไปใช้จะมีการย่นของใบ และใบมีการขยายตัวในช่วงเย็นเมื่อพืชดึงน้ำไปแทนที่ ขณะที่น้ำถูกดึงจากดินจะมีผลให้ความชื้นในดินลดลง บริเวณรากพืชจะปรับตัวโดยลดศักย์ของน้ำลง ขณะเดียวกันศักย์ของน้ำในต้นพืชก็จะลดลงตามเพื่อทำให้เกิดความต่างศักย์จนทำให้น้ำถูกดึงขึ้นมาจนสมดุลกับปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากต้นพืช ถ้าหากว่าการคายน้ำของพืชมากกว่าการเคลื่อนที่ของน้ำมายังรากพืช พืชก็จะแสดงอาการขาดน้ำให้เห็นได้

ความเครียดจากการขาดน้ำของพืชจึงหมายถึง สภาพที่พืชมีพลังงานศักย์ของน้ำ (water potential) ในพืชและความเต่งของพืช (turgid) ลดลง ทำให้มีผลต่อการทำหน้าที่ตามปกติของพืช ผลที่เห็นได้ชัดเจนประการแรกของสภาวะขาดน้ำ คือ การปิดของปากใบ ใบและส่วนยอดอ่อนเหี่ยวกระทั่งหยุดการเจริญเติบโต (Kramer and Kozlowski, 1979; Kramer, 1983)

สภาวะความเครียดจากการขาดน้ำของพืชมี 2 ลักษณะคือ การเกิดความเครียดจากการขาดน้ำช่วงระยะเวลาสั้น ๆ และต่อเนื่องเป็นช่วงระยะเวลานาน พืชมีโอกาสเกิดความเครียดจากการขาด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำเป็นช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ในช่วงเวลาประมาณเที่ยงวัน โดยเฉพาะวันที่มีสภาพบรรยากาศที่เอื้ออำนวยต่อการคายน้ำ พืชก็จะแสดงอาการเหี่ยวปรากฏให้เห็น ถึงแม้ว่าจะมีการให้น้ำอย่างเต็มที่ในตอนเช้าแล้วก็ตาม ทั้งนี้เพราะว่าพืชไม่สามารถดูดน้ำได้ทันกับการคายน้ำ อาจเนื่องด้วยรากมีประสิทธิภาพในการหาน้ำและดึงดูดน้ำได้ไม่ดีพอ (เฉลิมพล, 2535; Kramer, 1983) ซึ่งความเครียดจากการขาดน้ำที่ต่อเนื่องเป็นระยะยาวนานในพืช เป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน การเริ่มต้นนั้นเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเหมือน ๆ กับการขาดน้ำในระยะเวลาสั้น ๆ ที่เกิดขึ้นในเวลาเที่ยงวันของรอบวันดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่มีการเปลี่ยนแปลงโดยที่พืชไม่สามารถจะได้รับน้ำจากดินมาชดเชยจนทำให้พืชมีปริมาณน้ำกลับสู่สภาพเดิมในช่วงกลางคืน เนื่องจากความชื้นในดินลดลงหรือดินแห้งมาก การเคลื่อนที่ของน้ำจากดินสู่ราก เริ่มมีอัตราที่ช้ากว่าการสูญเสียน้ำของพืชและเกิดการเหี่ยวเฉาขึ้น แต่เมื่อพลังงานศักย์ของน้ำในดินลดลงจนทำให้พลังงานศักย์ของน้ำในใบถึงจุดที่การเหี่ยวเฉาถาวรเกิดขึ้น เป็นสภาพที่ทำให้พืชนั้นไม่สามารถฟื้นความเต่งกลับคืนได้ในเวลากลางคืน (Kramer, 1983) นอกจากนี้ยังสามารถตรวจวัดการเกิดความเครียดจากการขาดน้ำในพืชโดยทำได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม คือ การสังเกตจากลักษณะภายนอกของพืชที่ปรากฏให้เห็น เช่น การแสดงอาการใบเหี่ยว สีของใบ การตรวจวัดปริมาณน้ำในใบหรือเนื้อเยื่อของพืชที่เวลาใดเวลาหนึ่งในเชิงเปรียบเทียบกับใบที่อิ่มด้วยน้ำ (relative water contents, RWC) และวิธีวัดพลังงานศักย์ของน้ำในใบทำได้ 2 วิธีคือ วัดโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า pressure bomb และ thermocouple hygrometer (เฉลิมพล, 2535; สายัณห์, 2537; Kramer, 1983)

Alessi and Zimmerman (1977) พบว่า ระยะเวลาการให้น้ำชลประทานที่เหมาะสมในทานตะวันนั้น ควรให้ในช่วงก่อนมีการออกดอกมากกว่าในช่วงที่มีการออกดอกแล้ว และปริมาณน้ำมีผลต่อความเข้มข้นของน้ำมัน มากกว่าผลจากอุณหภูมิ Prunty (1981) ทำการศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของทานตะวัน พบว่า ที่ระดับน้ำ –20 Cbar และ –40 Cbar ทำให้ผลผลิตทานตะวันสูงขึ้น ส่วน Ralph (1983) รายงานว่า ในประเทศออสเตรเลียการปลูกทานตะวันในบริเวณแห้งแล้งซึ่งไม่มีการชลประทานช่วย ต้องกำหนดระยะเวลาปลูกให้พอดี เช่น ควรปลูกในช่วงเริ่มต้นของปลายฤดูร้อน เพราะน้ำมีผลต่อประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงมากกว่าพันธุ์ ปริมาณน้ำที่เพียงพอทำให้การตรึง $CO_2$ ของทานตะวันสูงขึ้น และมีผลให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของทานตะวันซึ่งเป็นพืช $C_3$ ใกล้เคียงกับพืช $C_4$ เช่น ข้าวฟ่าง และข้าวโพดได้

Vrebalov (1979) แนะนำว่า การให้น้ำชลประทาน ร่วมกับวิธีการใส่ปุ๋ยในทานตะวันจะช่วยทำให้ได้ผลผลิตสูง การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครึ่งหนึ่งขณะไถพรวนและอีกครั้งหนึ่งใส่แต่งหน้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(topdressing) เมื่อทานตะวันมีใบจริง (ยาวกว่า 4 เซนติเมตร) 6-7 คู่ ส่วนในเขตที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 300 มิลลิเมตรต่อปี ควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 1/3 ขณะไถพรวน และ 2/3 เมื่อมีใบจริง 6-7 คู่ เช่นเดียวกับ Muirhead *et al.* (1982) ซึ่งพบว่า การที่ทานตะวันจะใช้ประโยชน์จากปุ๋ยไนโตรเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น ต้องกระทำโดยการแบ่งปุ๋ยใส่เป็นระยะตามความต้องการของทานตะวันร่วมกับการให้น้ำชลประทาน ส่วน Marcia (1985) แนะนำการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแต่งหน้าว่าควรใส่เป็นแถบข้างลำต้น (sidedressing)

ความต้องการน้ำของทานตะวันเริ่มตั้งแต่เมล็ดงอก และเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงระยะดอกบาน และจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อถึงระยะต้นแก่ การให้น้ำในช่วงตั้งแต่เมล็ดเริ่มงอกจนถึงเมื่อปลูกทานตะวันได้ 44 วัน จะทำให้ผลผลิตสูงขึ้นและทำให้อัตราการหักล้มลดลงด้วย

Smith and Griffiths (1992) กล่าวว่า ได้มีการยอมรับความก้าวหน้าด้านลักษณะทางพันธุกรรมมากขึ้น โดยใช้คุณสมบัติเฉพาะของยีนที่มีการตอบสนองจำเพาะต่อสภาวะเครียด นอกจากนี้ยังได้ดำเนินงานมาอย่างต่อเนื่อง โดยทำการศึกษาในส่วนเนื้อเยื่อระหว่างเซลล์และภายในเซลล์ สังเกตได้จากปริมาณกรดแอบซิสสิก ซึ่งสามารถแสดงถึงการขาดน้ำของพืชได้ นอกจากนี้ มีการใช้ขบวนการระดับโมเลกุล ดังที่ได้เขียนตีพิมพ์เอาไว้โดย Bray (2002) กล่าวถึงการจำแนกลักษณะการแสดงออกของกลุ่มยีนในการตอบสนองต่อสภาวะเครียดที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง เพื่อทำความเข้าใจให้มากขึ้นเกี่ยวกับเซลล์และเนื้อเยื่อที่ตอบสนองต่อการขาดน้ำ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะที่มีบทบาทซึ่งกันและกันระหว่างสัญลักษณ์ และผลของการสันดาป รวมถึงการควบคุมการสันดาปของกรดอะมิโน ซึ่งการขาดน้ำมีผลต่อเอนไซม์รูบิสโก้ (rubisco) การสังเคราะห์แสง และการหายใจแบบใช้แสง จากการทดลองพบว่า การควบคุมกลไกการทำงานของเอนไซม์รูบิสโก้อาจจะลดลงในช่วงที่แสงถูกจำกัด (Parry et al., 2002) เอนไซม์รูบิสโก้มีความสำคัญต่อความทนทานและการฟื้นตัวจากสภาวะเครียด

ในสภาพดินขาดน้ำพืชจะมีการเปลี่ยนแปลงสภาพภายในหลายอย่าง เช่น การลดกิจกรรมของเอนไซม์ nitrate reductase ซึ่งทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยารีดิวซ์ไนเตรต ($NO_3^-$) ไปเป็นไนไตรท์ ($NO_2^-$) จึงทำให้การเปลี่ยนแปลง $NO_3^-$ ไปเป็น $NH_4^+$ เพื่อนำไปสร้างสารประกอบไนโตรเจนในเซลล์พืชลดลง ทำให้การสร้างโปรตีนและการแบ่งเซลล์ของพืชลดลง และมีปริมาณกรดแอบซิสสิก (abscisic acid; ABA) เพิ่มขึ้น (Levitt, 1972)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่าพลังงานศักย์รวมของน้ำในใบพืช (leaf water potential) เป็นค่าที่บอกถึงสภาวะดุลของน้ำในใบว่าขณะนั้นพืชมีอัตราการนำน้ำเข้าทันกับอัตราการสูญเสียน้ำหรือไม่ โดยอัตรานำน้ำเข้าสะท้อนถึงสภาวะของน้ำในดินและความสามารถในการดูดน้ำของราก ในขณะที่อัตราการสูญเสียน้ำจะเกิดจากการคายน้ำของพืชสะท้อนถึงระดับการเปิดปิดปากใบ และแรงดูดรับไอน้ำ (vapor pressure deficit, VPD) จากใบขณะนั้น ค่าพลังงานที่ต่ำคือติดลบมากแสดงถึงการเสียน้ำมากกว่าการได้น้ำทดแทน (สุนทรี และคณะ, 2543)

3.1 ผลของสภาวะขาดน้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช

Angadi and Entz (2002) ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของน้ำในทานตะวันที่มีความสูงปกติกับทานตะวันที่มีลำต้นแคระ พบว่า ภายใต้สภาวะที่มีการให้น้ำอย่างเพียงพอ ทานตะวันมีความสูงมากที่สุด ถึงแม้ว่าจะมีความต่างศักย์ของน้ำในใบต่ำและมีการเปลี่ยนแปลงของการดูดซึม ข้อดีของลำต้นแคระจะมีความทนทานต่อการขาดน้ำได้ดีกว่า โดยอาจมีความสำคัญในการช่วยรักษาความสามารถของการผลิตในพืชภายใต้สภาวะที่มีน้ำในดินอยู่อย่างจำกัด Widodo *et al.* (2003) พบว่า ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นและการเปลี่ยนแปลงความถี่ของปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมานั้น จะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช และ Manivannan *et al.* (2007) ศึกษาเกี่ยวกับการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางชีวเคมี และการสันดาปโพรลีนในทานตะวันที่มีอิทธิพลมาจากการขาดน้ำ พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงแรกของการเจริญเติบโตในทานตะวันทั้ง 5 พันธุ์ โดยมีความยาวราก ความยาวยอด พื้นที่ใบทั้งหมด น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์ เอ, บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญภายใต้สภาวะขาดน้ำ ซึ่งการขาดน้ำจะทำให้โพรลีน กรดอะมิโน และ glycinebetaine กิจกรรมของเอนไซม์ $\gamma$-glutamyl kinase เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Iqbal *et al.* (2008) ศึกษาในทานตะวัน 2 สายพันธุ์ได้แก่พันธุ์ทานตะวันต้นแคระและต้นสูง โดยศึกษาเกี่ยวกับการขาดน้ำในระยะการเจริญเติบโตและระยะสืบพันธุ์ พบว่า การขาดน้ำชักนำให้ผลผลิตของเมล็ดทานตะวันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีการประยุกต์ใช้สาร glycinebetaine ด้วยวิธีฉีดพ่นทางใบ 100 mM และเป็นประโยชน์มากในการช่วยขัดขวาง ผลกระทบจากการขาดน้ำเมื่อเปรียบเทียบกับ 50 mM

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 การสะสมโพรลีนภายใต้สภาวะขาดน้ำของพืช

นอกจากนี้ภายใต้สภาวะขาดน้ำของพืช พบว่าพืชมีการสร้างสารโพรลีนเพิ่มขึ้น ซึ่งโพรลีนเป็นกรดอะมิโนชนิดหนึ่งที่เป็นสารประกอบไนโตรเจน สังเคราะห์ขึ้นจากสารตั้งต้น 2 ชนิด คือ glutamate และ orthinine เมื่อพืชได้รับสภาพแห้งแล้งหรือความเค็ม (Pessarakli, 1994) Hsiao (1973) กล่าวว่า โพรลีนอาจทำหน้าที่เป็นตัวเก็บรักษาคาร์บอนและไนโตรเจน ในระหว่างที่พืชขาดน้ำและนอกจากนี้ยังอาจทำหน้าที่เป็น osmoregulator ด้วย การเพิ่มปริมาณการสะสมโพรลีนในพืชบางชนิดจะมีส่วนช่วยให้พืชทนทานต่อสภาพแห้งแล้ง (Stewart and Hanson, 1980) แต่การสะสมโพรลีนในพืชบางชนิดอาจเป็นลักษณะที่แสดงถึงความไม่ทนทานต่อสภาพแห้งแล้งก็ได้ (Hanson *et al*, 1977) Hanson and Tully (1979) พบว่า สภาวะขาดน้ำจะทำให้กระบวนการสร้างโปรตีนช้าลง จึงเป็นสาเหตุให้เกิดการสะสมโพรลีนเพิ่มขึ้น การสะสมโพรลีนจะเกิดขึ้นก่อนที่พืชจะชงักการเจริญเติบโต กาญจนา (2525) ได้ศึกษาผลของการขาดน้ำที่มีผลต่อการสะสมโพรลีนของข้าวและ ฝ้าย ซึ่งข้าวภายใต้สภาวะของน้ำในดินต่ำจะมีการสะสมโพรลีนเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้นเช่นเดียวกับข้าวที่ได้รับน้ำปกติ แต่ต้นฝ้ายมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของโพรลีนน้อย เมื่ออายุมากขึ้นทั้งภายใต้สภาวะขาดน้ำและสภาวะปกติ และยังพบว่ามีการสะสมโพรลีนที่ใบอ่อนและใบกลางมากกว่าใบแก่และราก Ilahi and Dorffling (1982) พบว่าปริมาณการสะสมโพรลีนในข้าวโพด ที่ขาดน้ำแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ และเมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพรลีนกับความทนแล้งของข้าวโพด พบว่า มีความสัมพันธ์กันในทางลบ ข้าวโพดที่ทนแล้งจะสะสมโพรลีนในปริมาณที่ต่ำกว่าข้าวโพดที่ไม่ทนแล้ง และปริมาณการสะสมโพรลีนมีความสัมพันธ์ในทางลบกับผลผลิตในข้าวโพดเช่นกัน (ธวัช, 2535; นวรัตน์ และ ราเชนทร์, 2537; นวรัตน์ และคณะ, 2542) สอดคล้องกับการรายงานของ นวรัตน์ และ อมรรัตน์ (2537) ที่ศึกษาในข้าวบาร์เลย์ พบว่า ปริมาณการสะสมโพรลีนกับความทนแล้งและผลผลิตของข้าวบาร์เลย์มีความสัมพันธ์กันในทางลบ ซึ่งเป็นการชี้แนะว่า อาจจะใช้ปริมาณการสะสมโพรลีนเป็น negative index สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ให้ทนทานต่อสภาพแห้งแล้งได้

3.3 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำมันและกรดไขมันในเมล็ดพืชบางชนิดภายใต้สภาวะขาดน้ำ

Dwivedi *et al.* (1996) ศึกษาผลกระทบจากการขาดน้ำต่อปริมาณน้ำมัน กรดไขมัน และโปรตีนในเมล็ดถั่วลิสง พบว่า การขาดน้ำระยะสุดท้ายของการปลูก ทำให้ปริมาณน้ำมันในเมล็ด กรดไขมัน linoleic และbehenic ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ปริมาณโปรตีน กรดไขมัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

stearic และ oleic เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่อมา Petropoulos *et al.* (2008) ศึกษาการขาดน้ำที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และน้ำมันบริสุทธิ์ในผักชีฝรั่ง พบว่า การขาดน้ำส่งผลให้การเจริญเติบโต(ใบ น้ำหนักราก และจำนวนใบ) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ การขาดน้ำส่งผลให้ผลผลิตน้ำมันบริสุทธิ์ในใบพืชสดที่มีลักษณะแผ่นใบเรียบและใบที่คดงอเพิ่มขึ้น โดยน้ำมันบริสุทธิ์ในใบผักชีฝรั่งที่ใบลักษณะคดงอจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จะไม่เพิ่มขึ้นในส่วนของราก การขาดน้ำเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้กลิ่นหอมในน้ำมันเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละพันธุ์ โดยการขาดน้ำค่อนข้างจะมีอิทธิพลน้อยในรากจึงมีผลให้น้ำมันในส่วนรากมีน้อย อย่างไรก็ตามหากต้องการใช้การขาดน้ำในการผลิตน้ำมันบริสุทธิ์จะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมในการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบน้ำมันด้วย และ Bettaieb *et al*., (2009) ทดลองเกี่ยวกับการขาดน้ำใน *Salvia officinalis* ที่ส่งผลต่อกรดไขมัน และองค์ประกอบของน้ำมันบริสุทธิ์ พบว่า การขาดน้ำส่งผลให้ปริมาณกรดไขมัน และระดับพันธะคู่ระหว่างอะตอมในโมเลกุลลดลง จะเห็นได้จากการลดลงอย่างมากของกรดไขมัน linolenic และกรดไขมัน palmitoleic สูญหายไป นอกจากนี้ Laribi *et al*., (2009) ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของการขาดน้ำใน caraway (*Carum carvi* L.) ที่มีต่อการเจริญเติบโต น้ำมันบริสุทธิ์ และกรดไขมัน พบว่า เขตเมดิเตอร์เรเนียนเป็นพื้นที่แห้งแล้ง ซึ่งส่งผลต่อการตอบสนองทางชีวเคมีของพืช โดยการเจริญเติบโของพืช (ความสูง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง) ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อได้รับการขาดน้ำอย่างรุนแรง ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลผลิตเมล็ดและองค์ประกอบของผลผลิตลดลง การขาดน้ำทำให้เมล็ด กรดไขมัน และโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดไขมัน petroselinic ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการขาดน้ำทั้ง 3 ระดับของการทดลอง ได้แก่ ให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก 100%(control) ขาดน้ำระดับปานกลาง 50% และขาดน้ำระดับรุนแรง 25% นอกจากนี้ยังพบว่าการขาดน้ำในระดับปานกลางส่งผลให้น้ำมันบริสุทธิ์เพิ่มขึ้นอีกด้วย ดังนั้นถือได้ว่า การขาดน้ำชักนำให้การเจริญเติบโตและกรดไขมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่น้ำมันบริสุทธิ์เพิ่มขึ้น

Flagella *et al*., (2002) กล่าวว่า การให้น้ำชลประทานและการให้น้ำก่อนวันปลูก มีผลต่อผลผลิตในส่วนองค์ประกอบของกรดไขมัน โดยในการให้น้ำชลประทานพบว่ามีการลดลงของกรดโอเลอิกและกรดสเตียริก แต่มีการเพิ่มขึ้นของกรดลิโนเลอิกและกรดปามิติก สำหรับการให้น้ำก่อนปลูกพบว่ากรดโอเลอิกและกรดปามิติกลดลง ในทางตรงข้ามกรดไลโนเลอิกและกรดสเตียริกมีเพิ่มขึ้น ซึ่งในงานวิจัยของ Dorrell and Huang (1978) พบว่า ปริมาณน้ำมันในเมล็ดทานตะวันจะเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 32.7 เป็น 46.4 เมื่อพืชแสดงอาการเหี่ยว 2 ถึง 8 สัปดาห์หลังจากดอกบาน ในส่วนของขนาดเมล็ดและองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดทานตะวันนั้น โดยทั่วไปในพันธุ์ที่ใช้สกัดน้ำมัน มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด 40-60 กรัม ส่วนพันธุ์ที่ใช้เมล็ด มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดมากกว่า 100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรัม และมีปริมาณน้ำมันในผล 40-50 เปอร์เซ็นต์ ในเมล็ด (kernel) 50-60 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนในผล 15-22 เปอร์เซ็นต์ ในเมล็ด (kernel) 20-30 เปอร์เซ็นต์ (Anonymous, 2001) สำหรับช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของทานตะวันพันธุ์ Conti-Sol นั้น Munstock and Silva (1983) พบว่า การเก็บเกี่ยวหลังจากทานตะวันออกดอกแล้วประมาณ 39 วัน ช่วงนี้จะทำให้ผลผลิตเมล็ด (grain yield) สูงสุด ถ้าหลังจากนั้นจะทำให้ผลผลิตลดลง แต่ปริมาณน้ำมันจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึง 46 วัน อย่างไรก็ตาม ปริมาณความเข้มข้นของ wax ในเมล็ดทานตะวัน มีความสัมพันธ์ทางกลับกันกับเปลือกเมล็ด(hull) ของทานตะวัน (Morrison *et al*., 1981)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# อุปกรณ์และวิธีการ

## อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์ทานตะวันลูกผสม พันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55

| ลักษณะประจำพันธุ์ | แปซิฟิค 33 | แปซิฟิค 55 |
|---|---|---|
| ผลผลิตเฉลี่ย ( กก./ไร่) | 250 | 400 |
| ผลผลิตสูงสุด ( กก./ไร่) | 400 | 550 |
| อายุดอกบาน ( วัน) | 54 | 57 |
| อายุเก็บเกี่ยว (วัน) | 95-100 | 110-120 |
| ความสูงต้น (ซม.) | 150-176 | 150-185 |
| เส้นผ่าศูนย์กลางดอก (ซม.) | 16-18 | 18-20 |
| ลักษณะสีเมล็ด | ดำลายเทา | ดำลายเทา |
| เปอร์เซ็นต์น้ำมัน | 36-40 | 40-43 |
| การต้านทานโรค | ดีมาก | ดีมาก |
| การปรับตัวในสภาพไร่เกษตรกร | ดีมาก | ดีมาก |
| ลักษณะเด่น | เมล็ดติดเต็มจานดอก | จานดอกใหญ่<br>เมล็ดติดเต็มจานดอก<br>ดอกบานสวย<br>กลีบดอกแข็งแรง<br>ลำต้นแข็งแรง<br>ต้านทานการหักล้มได้ดี |

**ที่มา**: http://www.pacthai.co.th/

2. ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ($N$-$P_2O_5$-$K_2O$)และ ยูเรีย ($N$-$P_2O_5$-$K_2O$)
3. สารเคมีที่ใช้ป้องกันกำจัดวัชพืช ได้แก่ อะลาคลอร์ (alachlor) 48% W/V EC
4. ไม้วัดความสูง
5. ตลับเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. เวอร์เนียคาลิปเปอร์

7. อุปกรณ์ในการบำรุงรักษาและเก็บเกี่ยวผลผลิต ได้แก่ บัวรดน้ำ เครื่องชั่งน้ำหนัก ถุงกระดาษสำหรับเก็บตัวอย่างพืช ถุงไนลอนสำหรับเก็บผลผลิต และมีดสำหรับเก็บเกี่ยว

8. อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาค่าความจุความชื้นสัมพัทธ์ ได้แก่ ขวดพลาสติก แผ่นพาราฟิล์ม ตู้อบ เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง type summit ของบริษัท BECTHAI

9. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์โพรลีน

9.1 หลอดทดลองขนาดใหญ่ (จำนวนหลอดเท่ากับจำนวนตัวอย่าง)
9.2 หลอดทดลองแบบมีฝาปิด
9.3 หลอดหยด
9.4 โกร่งสำหรับบดใบพืช
9.5 กระดาษชั่งสาร
9.6 กระติกใส่ไนโตรเจนเหลว
9.7 กระดาษกรอง (filter paper) whatman number 2
9.8 บีกเกอร์
9.9 น้ำแข็ง
9.10 น้ำกลั่น
9.11 pasture pipette 10 ml.
9.12 pipetman 2 ml.
9.13 ตะแกรงวางหลอดทดลอง
9.14 ทิชชู่
9.15 ถุงมือยาง (latex glove, powerfree, medium, box of 100)
9.16 ปากกาเมจิแบบ permanent
9.17 เครื่อง magnetic hotplate
9.18 เครื่อง vortex mixer
9.19 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
9.20 เครื่อง centrifuge
9.21 ตู้แช่แข็ง -80 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

9.22 เครื่อง spectrophotometer แบบ spectronic 20

9.23 acid ninhydrin

9.24 3% aqueous sulfosalicylic acid

9.25 6 M phosphoric acid

9.26 glacial acetic acid

9.27 proline

9.28 toluene

9.29 alcohol 95%

10. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการสกัดน้ำมัน

10.1 เครื่องสกัดน้ำมัน extraction unit b-811 ของบริษัท BUCHI

10.2 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง type summit ของบริษัท BECTHAI

10.3 เครื่องบดตัวอย่าง type 150G high speed grinder

10.4 บีกเกอร์ขนาด 120 มิลลิลิตร

10.5 ตู้ดูดความชื้น (dessicator)

10.6 กระดาษกรอง (filter paper) whatman number 1

10.7 timble

10.8 ตู้อบ

10.9 ขวดสีชา

10.10 แผ่นพาราฟิล์ม

10.11 กระดาษสติ๊กเกอร์

10.12 สารละลายปิโตรเลียมอีเทอร์

10.13 น้ำกลั่น

11. อุปกรณ์และสารเคมีในการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมัน

11.1 บีกเกอร์ขนาด 80 มิลลิลิตร

11.2 หลอดแก้วขนาดยาว

11.3 ขวดสีชา

11.4 ตะแกรงวางหลอดทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

11.5 micropipette

11.6 tip

11.7 hood

11.8 นาฬิกาปลุกจับเวลา

11.9 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

11.10 เครื่อง vortex mixer

11.11 เครื่อง water bath shaker (GFL;1083)

11.12 เครื่อง gas chromatography (CHROMPACK CP 9001)

11.13 internal standard (C17:0)

11.14 heptane

11.15 boron trifluoride

11.16 saturated NaCl

11.17 NaOH 0.5 M in MeOH

11.18 methanal solution

12. อุปกรณ์การบันทึกข้อมูล ได้แก่ กล้องถ่ายรูป และคอมพิวเตอร์สำหรับบันทึกข้อมูล เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# วิธีการ

## 1. การศึกษาค่าความจุความชื้นสัมพัทธ์ (relative water content, RWC)

โดยนำชิ้นส่วนของใบทานตะวันที่สุ่มเก็บจากทั้ง 3 วิธีการให้น้ำ เมื่อทานตะวันมีอายุ 45 วัน พื้นที่ประมาณ 1 ตารางเซนติเมตร มาชั่งน้ำหนักสด จากนั้นแช่น้ำข้ามคืนเพื่อให้อิ่มน้ำแล้วชั่งน้ำหนักอิ่มน้ำ จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วชั่งน้ำหนักแห้ง (Smart and Bingham, 1974) นำค่าที่ได้มาคำนวณ จากสมการต่อไปนี้

$$RWC = \frac{(FW-DW)}{(TW-DW)} \times 100$$

เมื่อ

FW = น้ำหนักสดของพืช

DW = น้ำหนักแห้งของพืช

TW = น้ำหนักที่พืชอิ่มน้ำ

## 2. การศึกษาผลของสภาวะขาดน้ำต่อลักษณะทางสรีรวิทยา

### 2. 1 การปลูกทานตะวัน

ปลูกทานตะวันพันธุ์ลูกผสมแปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 ในสภาพแปลงทดลองของภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม ซึ่งลักษณะดินเป็นดินร่วนปนทราย มีปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างต่ำ ดินไม่เค็ม เป็นด่างเล็กน้อย มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 7.75 (ตารางผนวกที่ 14) หลังจากการไถเตรียมดินและใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 15-15-15 ($N$-$P_2O_5$-$K_2O$) อัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ ขนาดแปลง 13.5x3.75 เมตร ยกร่องสำหรับหยอดเมล็ด โดยให้แต่ละร่องกว้าง 75 เซนติเมตร และระยะปลูก 45 เซนติเมตร (ภาพที่ 1) ทำการหยอดเมล็ด 2 เมล็ด/หลุม แล้วกลบดินโดยให้เมล็ดอยู่ลึก 3 เซนติเมตร และมีการถอนแยกเมื่อต้นทานตะวันงอกได้ 10 วันหรือมีใบจริง 4-8 ใบ ถอนแยกเหลือไว้เฉพาะต้นที่แข็งแรงเพียงหลุมละ 1 ต้น ให้น้ำทุกแปลงโดยการปล่อยน้ำไปตามร่องแปลงปลูก และพ่นสารกำจัดวัชพืชประเภทก่อนงอกโดยใช้ อะลาคลอร์ (alachlor) อัตรา 350 กรัมของสารออกฤทธิ์ (a.i.)/ไร่ พ่นคลุมดินทันที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หลังหยอดเมล็ดในขณะที่ดินมีความชื้นพอเหมาะ เมื่อทานตะวันอายุได้ 30 วัน หรือมีใบจริง 12-14 ใบ ซึ่งเป็นระยะเริ่มออกดอก ทำการกำจัดวัชพืชโดยวิธีกลเป็นการใช้แรงงานคนและใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ($N$-$P_2O_5$-$K_2O$) อัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่และปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0 ($N$-$P_2O_5$-$K_2O$) อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่ (นิรนาม, 1998) มีพื้นที่เก็บเกี่ยวทานตะวัน 810 ตารางเมตร

2.2 การศึกษาผลของการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของทานตะวัน

ศึกษาในสภาพแปลงทดลอง โดยจัดสิ่งทดลองแบบ stripplot design in RCB ช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2550 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2551 ดำเนินการทดลอง 3 ซ้ำ มี 2 ปัจจัยที่ศึกษา คือ ปัจจัยที่ 1 (vertical plot) เป็นเมล็ดพันธุ์ทานตะวัน 2 พันธุ์คือ พันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 ส่วนปัจจัยที่ 2 (horizontal plot) เป็นวิธีการให้น้ำ 3 วิธีคือ

1. วิธีที่ 1 คือ กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ (control) โดยให้น้ำเท่ากันทุกแปลงจนถึงระดับความชื้นสนาม (field capacity) ตลอดฤดูปลูก ($T_1$)

2. วิธีที่ 2 คือ กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก (flower initiation, R1) โดยทำการงดให้น้ำเมื่อต้นทานตะวันเริ่มให้กำเนิดตุ่มดอก จนกระทั่งพืชแสดงอาการเหี่ยว หลังจากนั้นจึงเริ่มให้น้ำใหม่ ($T_2$)

3. วิธีที่ 3 คือ กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน (anthesis, R5) โดยทำการงดให้น้ำเมื่อดอกเริ่มบาน จนกระทั่งต้นทานตะวันแสดงอาการเหี่ยว หลังจากนั้นจึงเริ่มให้น้ำใหม่ ($T_3$)

**การบันทึกข้อมูล**

1. การเจริญเติบโต

1.1 ความสูง

โดยสุ่มวัดความสูงจากโคนต้นถึงยอดของลำต้นหลักของทานตะวันจำนวน 10 ต้น ที่อายุ 15 45 และ 75 วันหลังปลูก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 เส้นผ่าศูนย์กลางโคนต้น

สุ่มวัดเส้นผ่าศูนย์กลางโคนต้นจากต้นทานตะวันจำนวน 10 ต้น โดยใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์วัดเส้นผ่าศูนย์กลางโคนต้นทานตะวันสูงจากผิวดินประมาณ 10 เซนติเมตร ที่ระยะ 70 วันหลังงอก

1.3 การสะสมน้ำหนักแห้ง

น้ำหนักแห้งของต้นทานตะวัน โดยทำการสุ่มตัดทานตะวันจำนวน 10 ต้น แยกส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ใบ ลำต้น จานดอก และเมล็ด จากนั้นนำไปอบจนแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 1 สัปดาห์ แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง

1.4 ขนาดจานดอก

ขนาดจานดอก โดยสุ่มวัดจากต้นทานตะวันจำนวน 10 ต้นในขณะเก็บเกี่ยว วัดความกว้างจากขอบจานดอกด้านหนึ่งถึงขอบจานดอกอีกด้านหนึ่ง ที่มีความยาวมากที่สุดเป็นแนวตรง

2. ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต

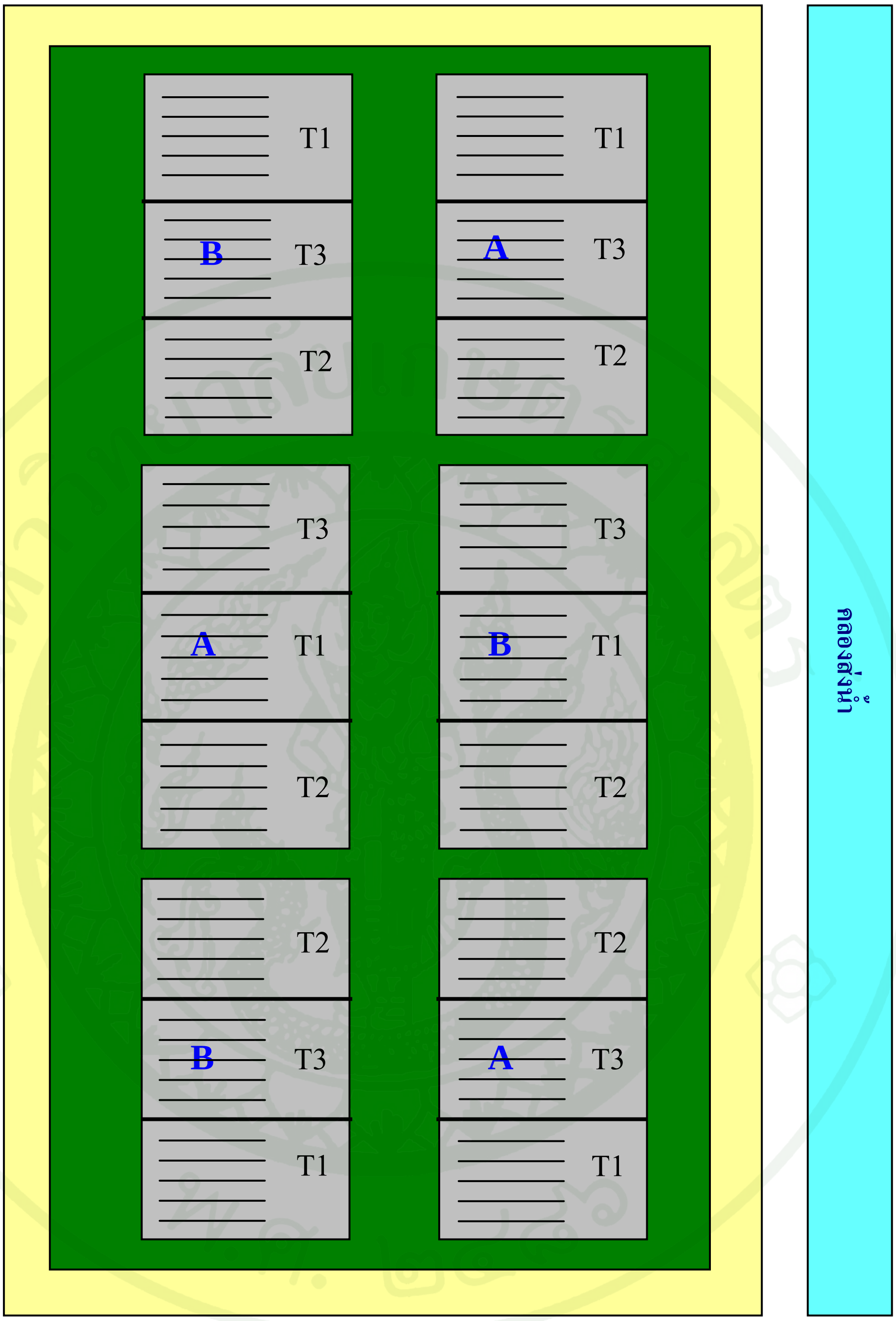
2.1 น้ำหนัก 100 เมล็ด

สุ่มเมล็ดที่เก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงทดลองประมาณ 50 กรัม แล้วแยกเมล็ดดีออกจากเมล็ดลีบโดยใช้มือ นับจำนวนแล้วชั่งน้ำหนักเมล็ดดี 100 เมล็ด

2.2 ผลผลิตต่อต้น

สุ่มเมล็ดที่เก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงทดลอง โดยชั่งน้ำหนักเมล็ดที่ได้ในแต่ละจานดอกต่อต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 1** แผนผังการปลูกทานตะวันในสภาพแปลงทดลองของภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

A = ทานตะวันลูกผสมพันธุ์แปซิฟิค 33 B = ทานตะวันลูกผสมพันธุ์แปซิฟิค 55

$T_1$ = Control $T_2$ = Water stress at R1 $T_3$ = Water stress at R5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**3. การศึกษาผลของสภาวะขาดน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี**

3.1 การศึกษาผลของการขาดน้ำต่อปริมาณโพรลีน

วิเคราะห์ปริมาณโพรลีนโดยใช้วิธีของ Bates *et al.* (1973) มีวิธีการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

เก็บตัวอย่างใบทานตะวันที่เจริญเติบโตเต็มที่อายุ 45 วันหลังปลูกที่มีการขาดน้ำ 1 สัปดาห์ จากแปลงทดลองภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม แช่ในไนโตรเจนเหลวหลังจากนั้นรวบรวมตัวอย่างไว้ในตู้ deep freezer (อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส) ทำการวิเคราะห์โพรลีนที่ศูนย์วิจัยอ้อยและน้ำตาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

วิเคราะห์หาปริมาณโพรลีนโดยใช้ใบทานตะวันประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในโกร่ง และทำการบดให้ละเอียดในไนโตรเจนเหลว สกัดโพรลีนโดยเติม 3% sulfosalicylic acid ปริมาณ 10 มิลลิลิตร เขย่าให้ทั่ว แล้วนำไปปั่นแยกสารที่สกัดได้ด้วยการ centrifuge ที่ความเร็ว 7,500 รอบ/นาที เป็นเวลา 3 นาที ดูดส่วนใส 2 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก เติมสารละลาย acid ninhydrin 4 มิลลิลิตร และนำไปต้มใน water bath ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำหลอดทดลองออกมาหยุดปฏิกิริยาในถังน้ำแข็งทันที แล้วเติม toluene 4 มิลลิลิตร เขย่า 15-20 นาที ได้สารละลายที่แยกตัวออกจากกัน ดูดสารละลายส่วนบนออกจากหลอดทดลอง แล้วใส่ลงใน tube ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที หลังจากนั้นนำไปวัดปริมาณโพรลีนด้วยเครื่อง spectrophotometer โดยวัดการดูดแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร โดยมี toluene เป็น blank

3.2 การศึกษาผลของการขาดน้ำต่อปริมาณน้ำมันจากเมล็ดทานตะวัน

วิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันที่ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยนำจานดอกทานตะวันที่เก็บเกี่ยวจากแปลงทดลองภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม ตากแดดให้แห้งและกะเทาะเมล็ดด้วยมือ เพื่อเตรียมตัวอย่างสำหรับการสกัดน้ำมัน ซึ่งประยุกต์จากวิธีการของหนึ่งนุช (2546) สกัดน้ำมันจากเมล็ดทานตะวันด้วยวิธี soxhlet standard โดยใช้เครื่องมือ extraction unit B-811 ของบริษัท BUCHI นำเมล็ดทานตะวันไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในตู้ดูดความชื้น บดตัวอย่างเมล็ดทานตะวันด้วยเครื่อง 150G high speed

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

grinder นำตัวอย่างเมล็ดที่ได้ตัวอย่างละ 5 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรอง (whatman number 1) เพื่อสกัดน้ำมันโดยใส่สารละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ในบีกเกอร์ปริมาณ 120 มิลลิลิตร เชื่อมต่อเข้ากับตัวเครื่อง นำตัวอย่างที่ได้ห่อด้วยกระดาษกรองหนัก 5 กรัม มาใส่ใน timble ที่เชื่อมต่ออยู่กับ adapter แล้วเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องสกัดน้ำมัน จากนั้นเลือกโปรแกรม soxhlet standard โดยนำน้ำมันที่สกัดได้ไปอบจนได้น้ำหนักคงที่ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที ปล่อยให้เย็นในตู้ดูดความชื้น 1 ชั่วโมง นำไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง แล้วเก็บน้ำมันไว้ในขวดสีชา จดบันทึกน้ำหนักที่ได้ โดยทำการคำนวณจากวิธีการของ Kangsadalampai and Sungpaug (1984) ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นน้ำมันต่อน้ำหนักแห้ง} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำมันที่ได้}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง}} \times 100$$

3.3 การศึกษาผลของการขาดน้ำต่อปริมาณกรดไขมันจากเมล็ดทานตะวัน

ทำการวิเคราะห์ที่ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง หน่วยงานชีวเคมีและห้องปฏิบัติการกลาง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยนำน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดทานตะวัน มาหาองค์ประกอบของกรดไขมันในรูปเมทิลเอสเทอร์ โดยชั่งน้ำมัน 100 มิลลิกรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติม NaOH 0.5 M in MeOH ตัวอย่างละ 5 มิลลิลิตร และเติม internal standard (17:0) ตัวอย่างละ 1 มิลลิลิตร นำไป reflux ใน water bath นาน 30 นาที จากนั้นนำขวดแก้วออกมาเติมโบรอนไตรฟลูออไรด์ 3 มิลลิลิตร ทำการ reflux ต่อไปอีกประมาณ 2 นาที นำขวดแก้วออกจาก water bath เติม saturated NaCl ปริมาณ 3 มิลลิลิตร และเติม heptane ปริมาณ 4 มิลลิลิตร นำไปเขย่าประมาณ 5 นาที วางทิ้งไว้จนสารละลายแยกชั้น ดูดเอาสารส่วนบนปริมาณ 2 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดสีชา เพื่อเตรียมสำหรับหาองค์ประกอบของกรดไขมันในรูปเมทิลเอสเทอร์ ซึ่งประยุกต์จากวิธีการของหนึ่งนุช (2546) จากนั้นนำเมทิลเอสเทอร์ที่ได้ ฉีดเข้าเครื่อง gas chromatography เพื่อหาองค์ประกอบกรดไขมัน แล้วนำมาคำนวณโดยใช้วิธีการของคณิต (2541) ดังสมการต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$\text{Fatty acid (\%)} = \frac{Ai}{\sum Ai} \times 100$$

เมื่อ

Ai = พื้นที่พีคของ Fatty Acid

$\sum$Ai = พื้นที่พีครวมทั้งหมด

**4. วิธีวิเคราะห์ข้อมูล**

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Program R version 2.6.1 (2007-11-26)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# ผลและวิจารณ์

## การศึกษาค่าความจุความชื้นสัมพัทธ์ (relative water content, RWC)

จากการศึกษาค่า RWC ของใบทานตะวันที่ได้รับการขาดน้ำด้วยวิธีการต่าง ๆ ในพื้นที่ปลูกแปลงภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน กำแพงแสน จ.นครปฐม โดยวัด RWC ที่เวลา 05.00 น., 13.00 น., และ 19.00 น. พบว่า ค่า RWC ที่เวลา 05.00 น. ไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์และระหว่างวิธีการให้น้ำ และเมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ยังพบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำต่อค่า RWC ของทานตะวัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ พบว่า RWC ของใบทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55 มีค่า 81.41 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์แปซิฟิค 33 มีค่า 77.65 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาถึงวิธีการให้น้ำ พบว่า กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) และกลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ ($T_1$) มีค่า RWC เฉลี่ย 89.26 75.63 และ 73.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

จากการวัดค่า RWC ที่เวลา 13.00 น. พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์และระหว่างวิธีการให้น้ำ และเมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ พบว่า RWC ของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55 มีค่า 61.96 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์แปซิฟิค 33 มีค่า 59.36 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาถึงวิธีการให้น้ำ พบว่า กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) และกลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ ($T_1$) มีค่า RWC เฉลี่ย 62.91 62.49 และ 56.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

จากการวัดค่า RWC ที่เวลา 19.00 น. พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์และระหว่างวิธีการให้น้ำ และพบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำต่อค่า RWC ของทานตะวัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์พบว่า RWC ใบทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55 มีค่า 79.50 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์แปซิฟิค 33 มีค่า 79.22 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาถึงวิธีการให้น้ำพบว่า กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ ($T_1$) และกลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) มีค่า RWC เฉลี่ย 81.43 80.18 และ 76.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) จากข้อมูลจะเห็นได้ว่า ในเวลากลางวัน RWC มีค่าต่ำกว่าในช่วงเช้าและช่วงเย็น ซึ่งเกิดจากอัตราการคายน้ำของพืชที่สูงที่สุดในเวลากลางวัน แต่การที่ค่า RWC ไม่มีความแตกต่างระหว่างวิธีการให้น้ำ แสดงให้เห็นว่าขณะที่เก็บตัวอย่างใบทานตะวันนั้น ทานตะวันยังไม่ได้อยู่ในสภาวะขาดน้ำ ซึ่งอาจเป็นเพราะระยะเวลาที่ให้ทานตะวันขาดน้ำยังไม่ยาวนานพอ และอีกสาเหตุหนึ่งคือพื้นที่ที่ใช้ทำการทดลองมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การระบายน้ำได้ไม่ดีนัก จึงทำให้มีการขังของน้ำ ทำให้เมื่องดให้น้ำแก่ทานตะวัน ต้นทานตะวันก็ยังคงได้รับน้ำเพียงพอจากน้ำที่ขังในดิน ทำให้ทานตะวันไม่ตกอยู่ในสภาวะขาดน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 1** relative water content ของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| **Variety** | **Time** | | |
|---|---|---|---|
| | **05.00 AM** | **13.00 PM** | **19.00 PM** |
| | | RWC (%) | |
| Pacific 33 | 77.65 | 59.36 | 79.22 |
| Pacific 55 | 81.41 | 61.96 | 79.50 |
| **F-test** | **ns** | **ns** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | **-** | **-** | **-** |
| **C.V. (%)** | **4.07** | **8.60** | **9.70** |
| **Treatment** | | | |
| $T_1$ | 73.71 | 56.58 | 80.18 |
| $T_2$ | 89.26 | 62.49 | 76.48 |
| $T_3$ | 75.63 | 62.91 | 81.43 |
| **F-test** | **ns** | **ns** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | **-** | **-** | **-** |

[1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD. test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns = ตัวอักษรที่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 1** (ต่อ)

| Variety | Time | | |
|---|---|---|---|
| | **05.00 AM** | **13.00 PM** | **19.00 PM** |
| | | RWC (%) | |
| **Variety x Treatment** | | | |
| Pacific 33 x $T_1$ | 70.59 | 53.30 | 80.00 |
| Pacific 33 x $T_2$ | 91.51 | 64.08 | 76.49 |
| Pacific 33 x $T_3$ | 70.85 | 60.70 | 81.17 |
| Pacific 55 x $T_1$ | 76.82 | 59.86 | 80.35 |
| Pacific 55 x $T_2$ | 87.01 | 60.90 | 76.47 |
| Pacific 55 x $T_3$ | 80.41 | 65.11 | 81.69 |
| **F-test** | **ns** | **ns** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | **-** | **-** | **-** |
| **C.V. (%)** | **20.15** | **17.92** | **8.48** |

[1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD. test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns = ตัวอักษรที่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ผลของสภาวะขาดน้ำต่อลักษณะทางสรีรวิทยา**

1. การเจริญเติบโต

1.1 ความสูง

ความสูงของทานตะวันเมื่อมีอายุ 15 วัน พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ พบว่า ความสูงของทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์แปซิฟิค 33 มีความสูงเฉลี่ย 11.21 เซนติเมตร ในขณะที่พันธุ์แปซิฟิค 55 ซึ่งมีความสูงเฉลี่ย 11.00 เซนติเมตร เมื่อพิจารณาถึงวิธีการให้น้ำ พบว่า ทุกวิธีการให้น้ำไม่ทำให้ความสูงของทานตะวันแตกต่างกันทางสถิติ กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ ($T_1$) กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) และกลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) มีความสูงเฉลี่ย 11.23 11.16 และ 10.93 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ความสูงของทานตะวันเมื่อมีอายุ 45 วัน พบว่า การขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) มีผลทำให้ความสูงของต้นทานตะวันลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับน้ำปกติ นอกจากนี้ยังพบว่า มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำ โดยพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) และกลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด คือ 165.17 และ 154.57 เซนติเมตร ตามลำดับ รองลงมาคือพันธุ์แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) พันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) ซึ่งมีความสูงเฉลี่ย 146.13 และ 141.57 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) และกลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) มีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 135.77 และ 135.13 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ความสูงของทานตะวันเมื่อมีอายุ 75 วัน พบว่า มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำ โดยพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด คือ 177.57 เซนติเมตร รองลงมาคือพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) ซึ่งมีความสูงเฉลี่ย 167.77 และ 165.37 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) และกลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) มีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 160.00 158.97 และ 155.60

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2) การขาดน้ำต่อความสูงของต้นทานตะวัน 2 พันธุ์ พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการให้น้ำ เมื่อทานตะวันมีอายุ 45 วัน โดยพบว่า ต้นทานตะวันที่ได้รับการขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอกและระยะดอกบาน มีความสูงของต้นลดลงตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่าง เมื่อวัดความสูงทานตะวันที่อายุ 15 และ 75 วัน พบว่า ในช่วงอายุ 15 วันนั้นเป็นช่วงการเจริญเติบโต ยังไม่ได้ทำการงดให้น้ำ และที่ช่วงอายุ 75 วันนั้นหลังจากการให้น้ำแล้ว มีพื้นที่บางส่วนของแปลงทดสอบ มีปัญหาสภาพน้ำท่วมขัง จึงทำให้ทานตะวันที่ต้องการงดให้น้ำ ไม่ได้รับการขาดน้ำที่รุนแรงมากนัก จึงทำให้ไม่เห็นถึงความแตกต่างระหว่างการงดให้น้ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Talha and Osman (1975) ที่ว่า ทานตะวันเป็นพืชที่ทนต่อสภาวะขาดน้ำน้อยที่สุดในช่วง 25 วันหลังจากการปลูก ซึ่งเป็นช่วงที่มีการยืดยาวของลำต้นอย่างช้า ๆ แต่ในช่วงออกดอกทานตะวันจะสามารถทนต่อการขาดน้ำได้ดีกว่า และในการทดลองครั้งนี้ให้ทานตะวันขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอกและระยะดอกบาน ซึ่งเป็นช่วงที่ทานตะวันทนต่อการขาดน้ำได้ดีกว่า จึงทำให้ไม่เห็นผลของการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโตของทานตะวัน Katerji *et al.* (1996) ได้ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของการขาดน้ำที่เกิดจากความเค็มต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตในข้าวโพดและทานตะวัน พบว่า ทานตะวันสามารถตอบสนองต่อสภาวะขาดน้ำได้ง่ายกว่าข้าวโพด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 2** ความสูงของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| **Variety** | **Plant height (cm)** | | |
|---|---|---|---|
| | **15 days** | **45 days** | **75 days** |
| Pacific 33 | 11.21 | 153.77 | 168.44 |
| Pacific 55 | 11.00 | 139.01 | 159.98 |
| **F-test** | **ns** | **ns** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | **-** | **-** | **-** |
| **C.V. (%)** | **27.41** | **19.09** | **21.14** |
| **Treatment** | | | |
| $T_1$ | 11.23 | 155.65 a [1/] | 171.47 |
| $T_2$ | 11.16 | 144.85 ab | 161.68 |
| $T_3$ | 10.93 | 138.67 b | 159.48 |
| **F-test** | **ns** | ***** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | **-** | **12.22** | **-** |

[1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD. test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 2** (ต่อ)

| Variety | Plant height (cm) | | |
|---|---|---|---|
| | **15 days** | **45 days** | **75 days** |
| **Variety x Treatment** | | | |
| Pacific 33 x $T_1$ | 11.11 | 165.17 | 177.57 |
| Pacific 33 x $T_2$ | 11.89 | 154.57 | 167.77 |
| Pacific 33 x $T_3$ | 10.65 | 141.57 | 160.00 |
| Pacific 55 x $T_1$ | 11.35 | 146.13 | 165.37 |
| Pacific 55 x $T_2$ | 10.43 | 135.13 | 155.60 |
| Pacific 55 x $T_3$ | 11.22 | 135.77 | 158.97 |
| **F-test** | **ns** | **ns** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | **-** | **-** | **-** |
| **C.V. (%)** | **9.85** | **5.21** | **5.82** |

[1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี LSD. test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น

เมื่อพิจารณาเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น พบว่าการขาดน้ำทั้งระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) และระยะดอกบาน ($T_3$) มีผลให้เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับน้ำปกติ (ตารางที่ 3) นอกจากนี้ยังพบว่า มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำ โดยพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) มีเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยมากที่สุด คือ 30.04 เซนติเมตร รองลงมาคือพันธุ์แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ย 28.44 และ 27.12 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) มีเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 26.10 25.91 และ 25.60 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 3) เนื่องจากน้ำเป็นตัวควบคุมกระบวนการทางสรีรวิทยาที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และน้ำเป็นส่วนประกอบหลักของเนื้อเยื่อที่กำลังเติบโต และเป็นส่วนสำคัญในการเต่งของเซลล์ ซึ่งมีผลต่อการยืดตัวของเซลล์ทำให้พืชมีขนาดเพิ่มขึ้น (Kramer, 1963) การขาดน้ำจึงทำให้ลดการขยายขนาดของเซลล์ ส่งผลให้ขนาดของลำต้นลดลงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Talha และ Osman (1975) ที่ว่าทานตะวันเป็นพืชที่ทนต่อสภาวะขาดน้ำน้อยที่สุดในช่วง 25 วันหลังจากการปลูก ซึ่งเป็นช่วงที่มีการยืดยาวของลำต้นอย่างช้า ๆ แต่ในช่วงออกดอกทานตะวันจะสามารถทนต่อการขาดน้ำได้ดีกว่า และในการทดลองครั้งนี้ให้ทานตะวันขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอกและระยะดอกบานจึงเป็นช่วงที่ทานตะวันทนต่อการขาดน้ำได้ดีกว่า จึงทำให้ไม่เห็นผลของการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโตของทานตะวัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 3** เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| **Variety** | **Stem diameter (mm)** |
|---|---|
| Pacific 33 | 27.69 |
| Pacific 55 | 26.72 |
| **F-test** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | **-** |
| **C.V. (%)** | **16.09** |
| Treatment | |
| $T_1$ | 29.24 a [1/] |
| $T_2$ | 26.36 b |
| $T_3$ | 26.00 b |
| **F-test** | * |
| **LSD $_{.05}$** | **2.46** |
| **Variety x Treatment** | |
| Pacific 33 x $T_1$ | 30.04 |
| Pacific 33 x $T_2$ | 27.12 |
| Pacific 33 x $T_3$ | 25.91 |
| Pacific 55 x $T_1$ | 28.44 |
| Pacific 55 x $T_2$ | 25.60 |
| Pacific 55 x $T_3$ | 26.10 |
| **F-test** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | **-** |
| **C.V.(%)** | **5.64** |

[1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี LSD. test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 ขนาดจานดอก

เมื่อพิจารณาขนาดจานดอก พบว่า การขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) มีผลให้ขนาดจานดอกเล็กลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับน้ำปกติ (ตารางที่ 4) นอกจากนี้ยังพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำ โดยพันธุ์แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก($T_1$) มีขนาดจานดอกเฉลี่ยมากที่สุด คือ 18.55 เซนติเมตร รองลงมาคือพันธุ์แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) ซึ่งมีขนาดจานดอกเฉลี่ย 17.87 17.11 และ 17.08 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) มีขนาดจานดอกเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 16.68 และ 16.18 เซนติเมตร ตามลำดับ แสดงว่าการขาดน้ำในการทดลองนี้อาจจะยังไม่รุนแรงนัก เนื่องจากมีพื้นที่บางส่วนของแปลงเป็นพื้นที่ลุ่ม เมื่อมีการให้น้ำจึงทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมขัง อีกทั้งมีฝนตกในช่วงเดือนพฤศจิกายนปริมาณ 0.5 มิลลิเมตรและเดือนกุมภาพันธ์ปริมาณ 1.6 มิลลิเมตร (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551) มีผลให้บางแปลงพืชไม่ได้รับการขาดน้ำที่แท้จริง และประกอบกับทานตะวันก็เป็นพืชที่ค่อนข้างทนแล้ง (Childs, 1948; Putt, 1963) จึงทำให้ผลของการขาดน้ำต่อขนาดของจานดอกไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 4** ขนาดจานดอกของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| **Variety** | **Disc size (cm)** |
|---|---|
| Pacific 33 | 16.65 |
| Pacific 55 | 17.84 |
| **F-test** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | **-** |
| **C.V. (%)** | **10.13** |
| **Treatment** | |
| $T_1$ | 17.82 |
| $T_2$ | 17.03 |
| $T_3$ | 16.89 |
| **F-test** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | **-** |
| **Variety x Treatment** | |
| Pacific 33 x $T_1$ | 17.08 |
| Pacific 33 x $T_2$ | 16.18 |
| Pacific 33 x $T_3$ | 16.68 |
| Pacific 55 x $T_1$ | 18.55 |
| Pacific 55 x $T_2$ | 17.87 |
| Pacific 55 x $T_3$ | 17.11 |
| **F-test** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | **-** |
| **C.V. (%)** | **3.13** |

[1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD. test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การสะสมน้ำหนักแห้ง

เมื่อพิจารณาการสะสมน้ำหนักแห้งของใบทานตะวัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์และระหว่างวิธีการให้น้ำ แต่พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำ โดยพันธุ์แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) มีการสะสมน้ำหนักแห้งเฉลี่ยมากที่สุด คือ 54.48 กรัม รองลงมาคือพันธุ์แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) ซึ่งมีการสะสมน้ำหนักแห้งของใบเฉลี่ย 50.74 44.07 และ 43.49 กรัม ตามลำดับ ส่วนทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) มีการสะสมน้ำหนักแห้งเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 39.93 และ 35.37 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

การสะสมน้ำหนักแห้งของลำต้นทานตะวัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์และระหว่างวิธีการให้น้ำ นอกจากนี้ยังพบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์พบว่า น้ำหนักแห้งของลำต้นทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์แปซิฟิค 55 มีการสะสมน้ำหนักแห้งของลำต้นเฉลี่ย 58.99 กรัม และพันธุ์แปซิฟิค 33 มีการสะสมน้ำหนักแห้งของลำต้นเฉลี่ย 52.93 กรัม เมื่อพิจารณาถึงวิธีการให้น้ำ พบว่าทุกวิธีการให้น้ำไม่ทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งของลำต้นทานตะวันแตกต่างกันทางสถิติ กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ ($T_1$) กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) และกลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) มีการสะสมน้ำหนักแห้งของลำต้นเฉลี่ย 59.00 56.59 และ 52.29 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

เมื่อพิจารณาการสะสมน้ำหนักแห้งของจานดอกทานตะวัน พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์และระหว่างวิธีการให้น้ำ แต่พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำ โดยพันธุ์แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) มีการสะสมน้ำหนักแห้งเฉลี่ยมากที่สุด คือ 29.43 กรัม รองลงมาคือพันธุ์แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) ทานตะวันพันธุ์แปฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) ซึ่งมีการสะสมน้ำหนักแห้งของจานดอกเฉลี่ย 27.02 25.16 20.66 และ 20.12 กรัม ตามลำดับ ส่วนทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) มีการสะสมน้ำหนักแห้งเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 18.45 กรัม (ตารางที่ 5)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อพิจารณาการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดทานตะวัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์และระหว่างวิธีการให้น้ำ แต่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำ โดยพันธุ์แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) มีการสะสมน้ำหนักแห้งเฉลี่ยมากที่สุด คือ 59.40 และ 58.83 กรัม ตามลำดับ รองลงมาคือพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) ซึ่งมีการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดเฉลี่ย 52.83 49.47 และ 45.35 กรัม ตามลำดับ ส่วนทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) มีการสะสมน้ำหนักแห้งเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 40.44 กรัม (ตารางที่ 5) ซึ่งการขาดน้ำไม่มีผลต่อการสะสมน้ำหนักแห้งของทานตะวันในการทดลองนี้ อาจเป็นเพราะการขาดน้ำในการทดลองนี้ยังไม่มีความรุนแรงนัก เนื่องจากสภาพแปลงทดลองมีน้ำขังในบางส่วน อีกทั้งมีฝนตกในช่วงเดือนพฤศจิกายนปริมาณ 0.5 มิลลิเมตรและเดือนกุมภาพันธ์ปริมาณ 1.6 มิลลิเมตร (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551) ทำให้บางแปลงพืชไม่ได้รับการขาดน้ำที่แท้จริง เป็นผลให้ผลการทดลองออกมาไม่ชัดเจน ประกอบกับทานตะวันเป็นพืชที่ค่อนข้างทนแล้ง สามารถปลูกและให้ผลผลิตได้ดีในบริเวณทั่วไป ทั้งบริเวณที่แห้งแล้ง อุณหภูมิต่ำและบริเวณที่มีสภาพดินเลว (Childs,1948; Putt, 1963) นอกจากนี้ Manivannan *et al.* 2007 ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับอิทธิพลของการขาดน้ำที่มีผลต่อการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางเคมี และขบวนการเปลี่ยนแปลงโพรลีนในทานตะวัน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของการสะสมน้ำหนักแห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 5** น้ำหนักแห้งของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| Variety | Dry weight (g/plant) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Leaf | Stem | Head | Seed |
| Pacific 33 | 39.79 | 52.93 | 19.74 | 46.21 |
| Pacific 55 | 49.57 | 58.99 | 27.20 | 55.9 |
| **F-test** | **ns** | **ns** | **ns** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | - | - | - | - |
| **C.V. (%)** | **39.68** | **39.72** | **19.91** | **29.66** |
| **Treatment** | | | | |
| $T_1$ | 47.41 | 59.00 | 24.77 | 56.12 |
| $T_2$ | 47.21 | 56.59 | 23.84 | 52.09 |
| $T_3$ | 39.43 | 52.29 | 21.80 | 44.96 |
| **F-test** | **ns** | **ns** | **ns** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | - | - | - | - |
| **Variety x Treatment** | | | | |
| Pacific 33 x $T_1$ | 44.07 | 58.48 | 20.12 | 52.83 |
| Pacific 33 x $T_2$ | 39.93 | 51.27 | 20.66 | 45.35 |
| Pacific 33 x $T_3$ | 35.37 | 49.05 | 18.45 | 40.44 |
| Pacific 55 x $T_1$ | 50.74 | 59.51 | 29.43 | 59.40 |
| Pacific 55 x $T_2$ | 54.48 | 61.92 | 27.02 | 58.83 |
| Pacific 55 x $T_3$ | 43.49 | 55.53 | 25.16 | 49.47 |
| **F-test** | **ns** | **ns** | **ns** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | - | - | - | - |
| **C.V. (%)** | **21.91** | **17.97** | **15.3** | **19.74** |

[1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี LSD. test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต

น้ำหนัก 100 เมล็ด พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์และระหว่างวิธีการให้น้ำ และเมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ ยังพบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดของทานตะวัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์พบว่า น้ำหนัก 100 เมล็ดของทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์แปซิฟิค 55 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ย 5.09 กรัม และพันธุ์ แปซิฟิค 33 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ย 4.74 กรัม เมื่อพิจารณาถึงวิธีการให้น้ำพบว่า ทุกวิธีการให้น้ำไม่ทำให้น้ำหนัก 100 เมล็ดของทานตะวันแตกต่างกันทางสถิติ กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ ($T_1$) กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) และกลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) มีน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ย 5.17 4.80 และ 4.79 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ผลผลิตต่อต้น พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ พบว่า ผลผลิตต่อต้นของทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์แปซิฟิค 55 มีผลผลิตต่อต้นเฉลี่ย 42.72 กรัม และพันธุ์แปซิฟิค 33 มีผลผลิตต่อต้นเฉลี่ย 40.15 กรัม เมื่อพิจารณาถึงวิธีการให้น้ำพบว่า ทุกวิธีการให้น้ำไม่ทำให้ผลผลิตต่อต้นของทานตะวันแตกต่างกันทางสถิติ กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ ($T_1$) กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) และกลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) มีผลผลิตต่อต้นเฉลี่ย 43.97 40.21 และ 40.13 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ผลผลิตต่อไร่ พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ พบว่า ผลผลิตต่อไร่ของทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์แปซิฟิค 55 มีผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 202.33 กิโลกรัม สูงกว่าพันธุ์แปซิฟิค 33 ซึ่งมีผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 190.17 กิโลกรัมกรัม เมื่อพิจารณาถึงวิธีการให้น้ำ พบว่า ทุกวิธีการให้น้ำไม่ทำให้ผลผลิตต่อไร่ของทานตะวันแตกต่างกันทางสถิติ กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ ($T_1$) กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) และกลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) มีน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ย 208.24 190.43 และ 190.07 กิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 8) ซึ่งการขาดน้ำไม่มีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตของทานตะวันในการทดลองนี้ อาจเป็นเพราะการขาดน้ำในการทดลองนี้ยังไม่มีความรุนแรงนัก เนื่องจากสภาพแปลงทดลองมีน้ำขังในบางส่วน อีกทั้งมีฝนตกในช่วงเดือนพฤศจิกายน ปริมาณ 0.5 มิลลิเมตรและเดือนกุมภาพันธ์ปริมาณ 1.6 มิลลิเมตร (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551) ทำให้บางแปลงพืชไม่ได้รับการขาดน้ำที่แท้จริง เป็นผลให้ผลการทดลองออกมาไม่ชัดเจน ประกอบกับทานตะวันเป็นพืชที่ค่อนข้างทนแล้ง สามารถปลูกและให้ผลผลิตได้ดีในบริเวณทั่วไป ทั้งบริเวณที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แห้งแล้ง อุณหภูมิต่ำและบริเวณที่มีสภาพดินเลว (Childs,1948; Putt, 1963) ขณะที่ Cyrus Mansouri-Far *et al*. (2010) ได้รายงานว่า การจำกัดการน้ำให้น้ำของข้าวโพดในช่วงระยะสืบพันธุ์มีผลให้ผลผลิตลดลงมากว่าในช่วงระยะเจริญเติบโต โดยเปรียบเทียบกับการให้น้ำปกติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 6** น้ำหนัก 100 เมล็ดของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| **Variety** | **100 seed weight (g)** |
|---|---|
| Pacific 33 | 4.74 |
| Pacific 55 | 5.09 |
| **F-test** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | **-** |
| **C.V. (%)** | **11.45** |
| **Treatment** | |
| $T_1$ | 5.17 |
| $T_2$ | 4.79 |
| $T_3$ | 4.80 |
| **F-test** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | **-** |
| **Variety x Treatment** | |
| Pacific 33 x $T_1$ | 4.77 |
| Pacific 33 x $T_2$ | 4.70 |
| Pacific 33 x $T_3$ | 4.76 |
| Pacific 55 x $T_1$ | 5.57 |
| Pacific 55 x $T_2$ | 4.87 |
| Pacific 55 x $T_3$ | 4.86 |
| **F-test** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | **-** |
| **C.V. (%)** | **6.58** |

[1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD. test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 7** ผลผลิตต่อต้นของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| **Variety** | **Yield/plant (g)** |
|---|---|
| Pacific 33 | 40.15 |
| Pacific 55 | 42.72 |
| **F-test** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | **-** |
| **C.V. (%)** | **25.07** |
| **Treatment** | |
| $T_1$ | 43.97 |
| $T_2$ | 40.13 |
| $T_3$ | 40.21 |
| **F-test** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | **-** |
| **Variety x Treatment** | |
| Pacific 33 x $T_1$ | 44.73 |
| Pacific 33 x $T_2$ | 36.29 |
| Pacific 33 x $T_3$ | 39.44 |
| Pacific 55 x $T_1$ | 43.21 |
| Pacific 55 x $T_2$ | 43.97 |
| Pacific 55 x $T_3$ | 40.98 |
| **F-test** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | **-** |
| **C.V. (%)** | **10.38** |

[1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD. test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 8** ผลผลิตต่อไร่ของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| **Variety** | **Yield (kg/rai)** |
|---|---|
| Pacific 33 | 190.17 |
| Pacific 55 | 202.33 |
| **F-test** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | **-** |
| **C.V. (%)** | **25.07** |
| **Treatment** | |
| $T_1$ | 208.24 |
| $T_2$ | 190.07 |
| $T_3$ | 190.43 |
| **F-test** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | **-** |
| **Variety x Treatment** | |
| Pacific 33 x $T_1$ | 211.86 |
| Pacific 33 x $T_2$ | 171.87 |
| Pacific 33 x $T_3$ | 186.77 |
| Pacific 55 x $T_1$ | 204.63 |
| Pacific 55 x $T_2$ | 208.26 |
| Pacific 55 x $T_3$ | 194.10 |
| **F-test** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | **-** |
| **C.V. (%)** | **10.38** |

[1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี LSD. test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ผลของสภาวะขาดน้ำต่อลักษณะทางชีวเคมี**

1. ผลของการขาดน้ำต่อปริมาณโพรลีน

จากการวิเคราะห์หาการสะสมปริมาณโพรลีน ในช่วงอายุ 45 วันหลังปลูก ซึ่งเป็นช่วงระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) ที่มีการขาดน้ำ 1 สัปดาห์ และในระยะดอกบาน ($T_3$) ยังไม่ได้รับการขาดน้ำ เมื่อพิจารณาระหว่างพันธุ์ พบว่า มีความแตกต่างระหว่างทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ โดยจะพบว่า พันธุ์แปซิฟิค 33 มีปริมาณโพรลีนเฉลี่ย 3.10 μmol/g fresh weight สูงกว่าพันธุ์แปซิฟิค 55 ซึ่งมีปริมาณโพรลีนเฉลี่ย 2.13 μmol/g fresh weight และจากวิธีการให้น้ำทั้ง 3 วิธี พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยกลุ่มที่ได้รับน้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) และกลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) มีการสะสมปริมาณโพรลีน 2.31 2.46 และ 3.08 μmol/g fresh weight ตามลำดับ เมื่อทานตะวันอยู่ในสภาวะขาดน้ำ พบว่า มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และวิธีการให้น้ำ โดยทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 มีการสะสมโพรลีนเพิ่มขึ้น เมื่อขาดน้ำระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) และในระยะดอกบาน ($T_3$) มีค่า 3.11 และ 3.99 μmol/g fresh weight ตามลำดับ ซึ่งในระยะดอกบาน ($T_3$) มีการสะสมโพรลีนสูงที่สุด ในขณะที่พันธุ์แปซิฟิค 55 มีการสะสมโพรลีนลดลง เมื่อขาดน้ำระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) และในระยะดอกบาน ($T_3$) มีค่า 1.81 และ 2.16 μmol/g fresh weight ตามลำดับ ซึ่งในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) มีการสะสมโพรลีนต่ำที่สุด (ตางรางที่ 9) จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55 มีการสะสมโพรลีนน้อยกว่าทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 แต่กลับมีความทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดีกว่าทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 นอกจากนี้ได้มีรายงานว่า ธวัช ( 2535) นวรัตน์ และ ราเชนทร์ (2537) นวรัตน์ และคณะ (2542) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพรลีนกับความทนแล้งของข้าวโพด พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทางลบ ข้าวโพดที่ทนแล้งจะสะสมโพรลีนในปริมาณที่ต่ำกว่าข้าวโพดที่ไม่ทนแล้ง และปริมาณการสะสมโพรลีนมีความสัมพันธ์ในทางลบกับผลผลิตในข้าวโพดเช่นกัน สอดคล้องกับรายงานของ นวรัตน์ และ อมรรัตน์ (2537) ที่ศึกษาในข้าวบาร์เลย์ พบว่า ปริมาณการสะสมโพรลีนกับความทนแล้งและผลผลิตของข้าวบาร์เลย์มีความสัมพันธ์กันในทางลบ ซึ่งเป็นการชี้แนะว่า อาจจะใช้ปริมาณการสะสมโพรลีนเป็น negative index สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ให้ทนทานต่อสภาพแห้งแล้งได้ Yancy *et al.* (1982) and Jaleel *et al.* (2007) ได้รายงานว่า การสะสมปริมาณโพรลีน เป็นปัจจัยที่กำหนดความทนทานต่อความแห้งแล้งของพืช สอดคล้องกับ Manivannan *et al.* (2007) ทำการทดลองเกี่ยวกับอิทธิพลของการขาดน้ำที่มีผลต่อการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางเคมี และขบวนการเปลี่ยนแปลงโพรลีนในทานตะวัน พบว่า การสะสมปริมาณโพรลีนเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับการขาดน้ำ สำหรับในการทดลองครั้งนี้ จะเห็นได้ว่า ในทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 มีการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สะสมโพรลีนเพิ่มขึ้นเมื่อพืชขาดน้ำ ในขณะที่พันธุ์แปซิฟิค 55 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ทนแล้งดีกว่า มีปริมาณลดลงเมื่อพืชได้รับการขาดน้ำ ซึ่งผลที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกับการทดลองในข้าวบาร์เลย์และข้าวโพด (นวรัตน์ และ อมรรัตน์, 2537; นวรัตน์ และ ราเชนทร์, 2537; นวรัตน์ และ คณะ, 2542) ผลการทดลองนี้จึงชี้แนะว่าอาจใช้ปริมาณการสะสมโพรลีนเป็น negative index สำหรับการคัดเลือกพันธุ์ทานตะวันให้ทนต่อสภาพแห้งแล้งได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 9** การสะสมปริมาณโพรลีนของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| **Variety** | **Proline content (μmol/g fresh weight)** |
|---|---|
| Pacific 33 | 3.10 a [1/] |
| Pacific 55 | 2.13 b |
| **F-test** | * |
| **LSD $_{.05}$** | **0.84** |
| **C.V. (%)** | **15.93** |
| **Treatment** | |
| $T_1$ | 2.31 |
| $T_2$ | 2.46 |
| $T_3$ | 3.08 |
| **F-test** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | **-** |

[1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD. test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 9** (ต่อ)

| Variety | Proline content (μmol/g fresh weight) |
|---|---|
| **Variety x Treatment** | |
| Pacific 33 x $T_1$ | 2.19 cd |
| Pacific 33 x $T_2$ | 3.11 b |
| Pacific 33 x $T_3$ | 3.99 a [1/] |
| Pacific 55 x $T_1$ | 2.42 c |
| Pacific 55 x $T_2$ | 1.81 d |
| Pacific 55 x $T_3$ | 2.16 cd |
| **F-test** | ** |
| **LSD $_{.05}$** | **0.54** |
| **C.V. (%)** | **33.18** |

[1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD. test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ผลของการขาดน้ำต่อปริมาณน้ำมันในเมล็ด

เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำมันในเมล็ดทานตะวัน พบว่า มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ โดยพันธุ์แปซิฟิค 33 มีปริมาณน้ำมันสูงกว่าพันธุ์แปซิฟิค 55 แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างวิธีการให้น้ำ (ตารางที่ 10) และพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำ โดยพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) มีปริมาณน้ำมันในเมล็ดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 46.61 และ 46.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) ซึ่งมีปริมาณน้ำมันในเมล็ดเฉลี่ย 45.93 และ 42.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) มีปริมาณน้ำมันในเมล็ดเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 42.13 และ 40.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 10) ทั้งนี้การที่ไม่พบความแตกต่างของปริมาณน้ำมันในเมล็ดระหว่างวิธีการให้น้ำ อาจเนื่องมาจากทานตะวันเป็นพืชที่สามารถทนต่อสภาพการขาดน้ำได้ค่อนข้างดี (Connor and Hall, 1997) สามารถทนต่อสภาพการขาดน้ำ ทั้งที่เกิดจากการขาดน้ำในระบบการปลูก และการนำน้ำไปใช้ประโยชน์ของพืชในการเพิ่มผลผลิต (Morizet and Merrien, 1990)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 10** น้ำมันในเมล็ดของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| **Variety** | **Oil composition (%)** |
|---|---|
| Pacific 33 | 46.37 a [1/] |
| Pacific 55 | 41.73 b |
| **F-test** | * |
| **LSD $_{.05}$** | **4.61** |
| **C.V. (%)** | **5.15** |
| **Treatment** | |
| $T_1$ | 43.43 |
| $T_2$ | 44.69 |
| $T_3$ | 44.03 |
| **F-test** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | **-** |
| **Variety x Treatment** | |
| Pacific 33 x $T_1$ | 46.61 |
| Pacific 33 x $T_2$ | 46.56 |
| Pacific 33 x $T_3$ | 45.93 |
| Pacific 55 x $T_1$ | 40.24 |
| Pacific 55 x $T_2$ | 42.82 |
| Pacific 55 x $T_3$ | 42.13 |
| **F-test** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | **-** |
| **C.V. (%)** | **1.81** |

[1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD. test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ผลของการขาดน้ำต่อปริมาณกรดไขมันในเมล็ด

จากการศึกษาผลของการขาดน้ำต่อปริมาณกรดไขมันในเมล็ดทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 ที่ได้รับการให้น้ำ 3 วิธี คือ ได้รับน้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) ได้รับการขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) และได้รับการขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) โดยศึกษากรดไขมันจำนวน 11 ชนิด สามารถสรุปผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันแต่ละกลุ่มและชนิดได้ดังต่อไปนี้

3.1 กรดไขมันไม่อิ่มตัว

ปริมาณกรดไขมัน palmitoleic (16:1) พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ พบว่า ปริมาณกรด palmitoleic ในเมล็ดของทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์แปซิฟิค 55 มีปริมาณกรดไขมัน palmitoleic เฉลี่ย 0.13 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์แปซิฟิค 33 มีปริมาณกรดไขมัน palmitoleic เฉลี่ย 0.11 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาถึงวิธีการให้น้ำ พบว่า ทุกวิธีการให้น้ำไม่ทำให้ปริมาณกรดไขมัน palmitoleic ในทานตะวันแตกต่างกันทางสถิติ กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) และกลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ ($T_1$) มีปริมาณกรดไขมัน palmitoleic เฉลี่ย 0.15 0.12 และ 0.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ปริมาณกรดไขมัน oleic (18:1) พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ พบว่า ปริมาณกรด oleic ในเมล็ดของทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์แปซิฟิค 33 มีปริมาณกรดไขมัน oleic เฉลี่ย 52.96 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์แปซิฟิค 55 มีปริมาณกรดไขมัน oleic เฉลี่ย 50.33 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาถึงวิธีการให้น้ำ พบว่า ทุกวิธีการให้น้ำไม่ทำให้ปริมาณกรดไขมัน oleic ในทานตะวันแตกต่างกันทางสถิติ กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ ($T_1$) และกลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) มีปริมาณกรดไขมัน oleic เฉลี่ย 53.74 51.01 และ 50.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ปริมาณกรดไขมัน linoleic (18:2) พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ พบว่า ปริมาณกรด linoleic ในเมล็ดของทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์แปซิฟิค 55 มีปริมาณกรดไขมัน linoleic เฉลี่ย 38.57 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์แปซิฟิค 33 มีปริมาณกรดไขมัน linoleic เฉลี่ย 33.67 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาถึงวิธีการให้น้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พบว่า ทุกวิธีการให้น้ำไม่ทำให้ปริมาณกรดไขมัน oleic ในทานตะวันแตกต่างกันทางสถิติ กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ ($T_1$) กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) มีปริมาณกรดไขมัน linoleic เฉลี่ย 38.16 37.31 และ 32.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ปริมาณกรดไขมัน linolenic (18:3) พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์และระหว่างวิธีการให้น้ำ แต่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำ โดยพันธุ์แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) มีปริมาณกรดไขมัน linolenic ในเมล็ดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.06 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) ซึ่งมีปริมาณกรดไขมัน linolenic เฉลี่ย 0.05 0.05 0.04 และ 0.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) มีปริมาณกรดไขมัน linolenic เฉลี่ยน้อยที่สุด 0.02 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11)

ปริมาณกรดไขมัน gadoleic (20:1) พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ พบว่า ปริมารกรด gadoleic ในเมล็ดของทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์แปซิฟิค 33 มีปริมาณกรดไขมัน gadoleic ในเมล็ดเท่ากับพันธุ์แปซิฟิค 55 คือ 0.18 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาถึงวิธีการให้น้ำพบว่า ทุกวิธีการให้น้ำไม่ทำให้ปริมาณกรดไขมัน gadoleic ในทานตะวันแตกต่างกันทางสถิติ โดยกลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ ($T_1$) กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) และกลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน($T_3$) มีปริมาณกรดไขมัน gadoleic เฉลี่ย 0.17 0.21 และ 0.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

3.2 กรดไขมันอิ่มตัว

ปริมาณกรดไขมัน myristic (14:0) พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ พบว่า ปริมาณกรด myristic ในเมล็ดของทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์แปซิฟิค 55 และแปซิฟิค 33 มีปริมาณกรดไขมัน myristic เฉลี่ยเท่ากันคือ 0.06 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาถึงวิธีการให้น้ำพบว่า ทุกวิธีการให้น้ำไม่ทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งของลำต้นทานตะวันแตกต่างกันทางสถิติ กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ ($T_1$) กลุ่มที่มีการให้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) และกลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) มีปริมาณกรดไขมัน myristic เฉลี่ย 0.06 เปอร์เซ็นต์ เท่ากัน (ตารางที่ 11)

ปริมาณกรดไขมัน palmitic (16:0) พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ พบว่า ปริมาณกรด palmitic ในเมล็ดของทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์แปซิฟิค 33 มีปริมาณกรดไขมัน palmitic เฉลี่ย 6.06 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์แปซิฟิค 55 มีปริมาณกรดไขมัน palmitic เฉลี่ย 5.18 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาถึงวิธีการให้น้ำพบว่า ทุกวิธีการให้น้ำไม่ทำให้ปริมาณกรดไขมัน palmitic ในทานตะวันแตกต่างกันทางสถิติ กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ ($T_1$) และกลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) มีปริมาณกรดไขมัน palmitic เฉลี่ย 6.24 5.49 และ 5.14 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ปริมาณกรดไขมัน margaric (17:0)พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ พบว่า ปริมาณกรด margaric ในเมล็ดของทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์แปซิฟิค 33 มีปริมาณกรดไขมัน margaric เฉลี่ย 2.53 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์แปซิฟิค 55 มีปริมาณกรดไขมัน margaric เฉลี่ย 2.30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาถึงวิธีการให้น้ำพบว่า ทุกวิธีการให้น้ำไม่ทำให้ปริมาณกรดไขมัน margaric ในทานตะวันแตกต่างกันทางสถิติ กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ ($T_1$) และกลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) มีปริมาณกรดไขมัน margaric เฉลี่ย 2.60 2.35 และ 2.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ปริมาณกรดไขมัน stearic (18:0) พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์และระหว่างวิธีการให้น้ำ แต่พบว่า มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำ โดยพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) มีปริมาณกรดไขมัน stearic ในเมล็ดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.78 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) ซึ่งมีปริมาณกรดไขมัน stearic เฉลี่ย 3.27 และ 2.82 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนทานตะวันพันธุ์ แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) และกลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) มีปริมาณกรดไขมัน stearic เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 2.46 2.34 และ 2.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณกรดไขมัน arachidic (20:0) พบว่า มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ โดยทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 มีปริมาณกรด arachidic ในเมล็ดสูงกว่าพันธุ์แปซิฟิค 55 โดยมีปริมาณกรด arachidic ในเมล็ด 0.31 และ 0.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 11) นอกจากนี้ยังพบว่า มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำ โดยพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) มีปริมาณกรดไขมัน arachidic ในเมล็ดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.36 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) ซึ่งมีปริมาณกรดไขมัน arachidic เฉลี่ย 0.30 0.26 0.23 และ0.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก($T_2$) มีปริมาณกรดไขมัน arachidic เฉลี่ยน้อยที่สุด 0.20 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11)

ปริมาณกรดไขมัน behenic (22:0) พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์และระหว่างวิธีการให้น้ำ แต่พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการให้น้ำ โดยพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) มีปริมาณกรดไขมัน behenic ในเมล็ดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 1.04 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือพันธุ์แปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน ($T_3$) ซึ่งมีปริมาณกรดไขมัน behenic เฉลี่ย 0.77 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55 กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก ($T_2$) ทานตะวันพันแปซิฟิค 33 กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติตลอดฤดูปลูก ($T_1$) มีปริมาณกรดไขมัน behenic เฉลี่ยน้อยที่สุด 0.64 0.57 และ 0.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ในขณะที่ Ayaz *et al.*(2001) ได้รายงานไว้ว่าในช่วงที่มีการขาดน้ำนั้น มีผลให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมัน palmitic, oleic และ linolenic ลดลง ในขณะที่กรดไขมัน linoleic เพิ่มขึ้น ซึ่งความแตกต่างของผลการทดลองที่กล่าวมานี้ นอกจากจะเกี่ยวข้องกับการใช้พันธุ์ทานตะวันที่ต่างกันแล้วยังอาจเกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันด้วย เนื่องจากความเข้มแสงและความยาวช่วงวันที่เปลี่ยนไป มีผลต่อการสังเคราะห์กรดไขมันได้แก่ ปริมาณกรดไขมัน oleic และกรดไขมัน linoleic ของน้ำมันในเมล็ด (Unger and Thompson, 1982) จากการทดลองนี้ พบว่า การขาดน้ำไม่มีผลต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งมีประโยชน์ในด้านโภชนาการคือกรด oleic และ linoleic แสดงว่าการขาดน้ำหากไม่รุนแรงจนทำให้ผลผลิตลดลง ก็จะไม่ทำให้คุณค่าทางโภชนาการของทานตะวันลดลง ซึ่งเป็นการสนับสนุนถึงความสามารถในการทนแล้งของทานตะวันที่ค่อนข้างดี นอกจากนี้ยังพบว่าการขาดน้ำทั้งในระยะกำเนิดตุ่มดอกและระยะดอกบาน มีผลทำให้ปริมาณกรดไขมันบางชนิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ทนแล้งน้อยกว่ามีปริมาณกรดไขมัน behenic ซึ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับการขาดน้ำ อาจเป็นแนวทางสำหรับการทดลองที่จะมีขึ้นต่อไปในการที่จะศึกษาว่าการขาดน้ำที่รุนแรงจะเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดทานตะวันหรือไม่ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการการให้น้ำในการผลิตทานตะวันต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 11** ปริมาณกรดไขมันในเมล็ดของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้ น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| Variety | Fatty acids composition (%) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Palmitoleic (16:1)** | **Oleic (18:1)** | **Linoleic (18:2)** | **Linolenic (18:3)** | **Gadoleic (20:1)** | **Myristic (14:0)** | **Palmitic (16:0)** | **Margaric (17:0)** | **Stearic (18:0)** | **Arachidic (20:0)** | **Behenic (22:0)** |
| Pacific 33 | 0.11 | 52.96 | 33.67 | 0.03 | 0.18 | 0.06 | 6.06 | 2.53 | 3.29 | 0.31 a [1/] | 0.80 |
| Pacific 55 | 0.13 | 50.33 | 38.57 | 0.05 | 0.18 | 0.06 | 5.18 | 2.30 | 2.33 | 0.22 b | 0.66 |
| **F-test** | **ns** | **ns** | **ns** | **ns** | **ns** | **ns** | **ns** | **ns** | **ns** | ***** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | - | - | - | - | - | - | - | - | - | **0.07** | - |
| **C.V. (%)** | **35.57** | **15.42** | **28.31** | **48.99** | **30.96** | **53.64** | **18.24** | **19.28** | **24.67** | **12.97** | **21.80** |
| **Treatment** | | | | | | | | | | | |
| $T_1$ | 0.10 | 51.01 | 37.31 | 0.04 | 0.17 | 0.06 | 5.49 | 2.35 | 2.64 | 0.24 | 0.61 |
| $T_2$ | 0.15 | 53.74 | 32.89 | 0.05 | 0.21 | 0.06 | 6.24 | 2.60 | 2.98 | 0.28 | 0.81 |
| $T_3$ | 0.12 | 50.17 | 38.16 | 0.04 | 0.17 | 0.06 | 5.14 | 2.32 | 2.80 | 0.27 | 0.76 |
| **F-test** | **ns** | **ns** | **ns** | **ns** | **ns** | **ns** | **ns** | **ns** | **ns** | **ns** | **ns** |
| **LSD $_{.05}$** | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

[1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD. test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 11** (ต่อ)

| Variety | Fatty acids composition (%) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Palmitoleic (16:1) | Oleic (18:1) | Linoleic (18:2) | Linolenic (18:3) | Gadoleic (20:1) | Myristic (14:0) | Palmitic (16:0) | Margaric (17:0) | Stearic (18:0) | Arachidic (20:0) | Behenic (22:0) |
| **Variety x Treatment** | | | | | | | | | | | |
| Pacific 33 x $T_1$ | 0.09 | 49.73 | 37.86 | 0.02 | 0.15 | 0.06 | 6.03 | 2.4 | 2.82 | 0.26 | 0.57 b |
| Pacific 33 x $T_2$ | 0.14 | 58.43 | 26.23 | 0.05 | 0.22 | 0.07 | 6.83 | 2.86 | 3.78 | 0.36 | 1.04 a [1/] |
| Pacific 33 x $T_3$ | 0.11 | 50.71 | 36.92 | 0.03 | 0.16 | 0.06 | 5.32 | 2.34 | 3.27 | 0.30 | 0.77 ab |
| Pacific 55 x $T_1$ | 0.11 | 52.28 | 36.75 | 0.06 | 0.18 | 0.06 | 4.94 | 2.29 | 2.46 | 0.22 | 0.64 b |
| Pacific 55 x $T_2$ | 0.15 | 49.06 | 39.55 | 0.04 | 0.20 | 0.06 | 5.65 | 2.33 | 2.19 | 0.20 | 0.57 b |
| Pacific 55 x $T_3$ | 0.12 | 49.64 | 39.40 | 0.05 | 0.17 | 0.06 | 4.96 | 2.29 | 2.34 | 0.23 | 0.75 ab |
| **F-test** | **ns** | **ns** | **ns** | **ns** | **ns** | **ns** | **ns** | **ns** | **ns** | **ns** | ***** |
| **LSD $_{.05}$** | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | **0.31** |
| **C.V. (%)** | **34.92** | **12.53** | **24.34** | **40.13** | **39.15** | **53.35** | **18.95** | **17.32** | **21.54** | **33.15** | **27.21** |

[1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD. test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สรุปและข้อเสนอแนะ

## สรุป

เนื่องจากในพื้นที่ปลูกได้เกิดปัญหาการระบายน้ำได้ไม่ดีนัก ส่งผลให้มีน้ำท่วมขังบริเวณพื้นที่บางส่วนของแปลงในระหว่างทำการทดลอง จึงทำให้การทดลองเรื่องการขาดน้ำของทานตะวันในครั้งนี้ไม่แสดงอาการขาดน้ำที่รุนแรงนัก เพราะต้นทานตะวันยังคงได้รับน้ำเพียงพอจากน้ำที่ขังในดิน ดังจะเห็นได้จากค่า relative water content ของทานตะวัน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันระหว่างพันธุ์และระหว่างวิธีการให้น้ำ แสดงให้เห็นว่า ขณะที่เก็บตัวอย่างใบทานตะวันนั้นทานตะวันยังไม่ได้อยู่ในสภาวะขาดน้ำ อาจเป็นเพราะระยะเวลาที่ให้ทานตะวันขาดน้ำยังไม่ยาวนานพอ โดยในช่วงเช้าและช่วงเย็นค่า relative water content จะมีค่าสูงกว่าในช่วงกลางวันเนื่องจากช่วงกลางวันพืชจะมีการคายน้ำที่สูงที่สุดจึงทำให้ค่า relative water content ลดลง ในขณะที่ช่วงเช้าพืชยังไม่เกิดการคายน้ำ และช่วงเย็นพืชมีกลไกการปิดปากใบเพื่อหยุดการคายน้ำ จากนั้นพืชจะดูดน้ำเพื่อปรับสมดุลระหว่างดินและพืช จึงทำให้ค่า relative water content สูงกว่าช่วงกลางวัน จากการทดลองครั้งนี้จะเห็นได้ว่า การขาดน้ำยังไม่รุนแรงพอที่จะส่งผลกระทบต่อผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต แต่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตบางลักษณะของทานตะวัน ทำให้มีความสูงของต้น ขนาดจานดอก และการสะสมน้ำหนักแห้งลดลงเล็กน้อย ในขณะที่ขนาดของลำต้นทานตะวันเล็กลงมากเมื่อได้รับการขาดน้ำ ทั้งในระยะกำเกิดตุ่มดอกและระยะดอกบาน นอกจากนี้ยังพบว่า ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 มีการสะสมปริมาณโพรลีนเพิ่มขึ้นเมื่อพืชขาดน้ำ ขณะที่พันธุ์แปซิฟิค 55 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ทนแล้งดีกว่า มีการสะสมโพรลีนลดลง จึงอาจใช้ปริมาณการสะสมโพรลีนเป็น negative index สำหรับการคัดเลือกพันธุ์ทานตะวันให้ทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ นอกจากนี้การขาดน้ำทั้งในระยะกำเนิดตุ่มดอกและระยะดอกบานไม่มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำมันในเมล็ดและกรดไขมันดี คือ oleic และ linoleic แต่การขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอกมีผลทำให้กรด behenic ซึ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มขึ้นในทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 ซึ่งทนแล้งน้อยกว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ข้อเสนอแนะ**

1. ควรมีการพิจารณาถึงพื้นที่ปลูก เพื่อให้เหมาะสมกับการทดลองเกี่ยวกับผลของการขาดน้ำ ตลอดจนการระบายน้ำในสภาพแปลงทดลอง เพื่อหลีกเลี่ยงจากปัญหาสภาพพื้นที่มีน้ำท่วมขัง

2. ควรมีการศึกษาถึงระยะการขาดน้ำตั้งแต่ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นจนถึงช่วงเจริญพันธุ์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการสำหรับการผลิตทานตะวัน และเป็นข้อควรระวังเรื่องการขาดน้ำของทานตะวันจะได้ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิต

3. สามารถใช้ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมัน เมื่อได้รับการขาดน้ำ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการทดลองที่จะมีขึ้นต่อไป ในการที่จะศึกษาว่าการขาดน้ำรุนแรงจะเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดทานตะวันหรือไม่ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการการให้น้ำในการผลิตทานตะวันต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# เอกสารและสิ่งอ้างอิง


กรมอุตุนิยมวิทยา. 2551. **ข้อมูลปริมาณฝน**. สถานีอากาศเกษตร กำแพงแสน, นครปฐม.

กาญจนา สาลีติ๊ด. 2525. **ผลของความเครียดของน้ำในดินที่มีต่ออัตราการคายน้ำการสะสมโพรลีนและคลอโรฟิลของข้าวและฝ้าย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กองบริรักษ์ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2525. **การวางแผนระบบการให้น้ำในไร่นา และความสัมพันธ์ระหว่างดินพืชและน้ำ**, กรุงเทพฯ.

คณิต กฤษณังกูร. 2541. **แก๊สโครมาโตกราฟี**. พิมพ์ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

กนกพร วิชิตการ และ ธนิต โสภโณดร. 2523. **ทานตะวัน**. กองพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2537. **พืชไร่**. ภาควิชาไร่นา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จุฑารัตน์ สอนเนย. 2536. **การเปรียบเทียบทานตะวันโดยวิธีการวิเคราะห์เสถียรภาพ 3 วิธี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เฉลิมพล แซมเพชร. 2535. **สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่**. โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์, กรุงเทพฯ.

ชูศักดิ์ จอมพุก. 2542. **ทานตะวัน พืชเศรษฐกิจ**. พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2537. **สรีรวิทยาของพืชสวน**. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2531. **เทคนิคการปลูกพืชไร่และข้าว**. เอกสารอบรมหลักสูตรการส่งเสริมการใช้น้ำและการเกษตร (เล่ม 2) โครงการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการใช้น้ำและการเกษตรโครงการพัฒนาน้ำใต้ดินเพื่อการชลประทาน จ.สุโขทัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

ธวัช เรืองโสภณ. 2535. **การประเมินความทนแล้งของข้าวโพดต่างพันธุกรรมโดยใช้การสะสมโพรลีนเป็นดัชนี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นวรัตน์ อุดมประเสริฐ และ อมรรัตน์ พรหมบุญ. 2537. การใช้ลักษณะการสะสมปริมาณโพรลีนเนื่องจากสภาวะขาดน้ำบ่งบอกถึงความทนแล้งในข้าวบาร์เลย์, น. 62-71. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 32 (สาขาพืช)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_______ และ ราเชนทร์ ถิรพร. 2537. ความสัมพันธ์ของการสะสมโพรลีนเนื่องจากสภาวะขาดน้ำและผลผลิตของข้าวโพด **วิทยาสารเกษตรศาสตร์** 28: 340-347.

_______, จันทร์จรี กิจจานนท์, ราเชนทร์ ถิรพร และ เอนกนันต์ มาช่วย. 2542. อิทธิพลของสภาวะขาดน้ำในระยะออกช่อดอกตัวผู้ต่อระดับของโพรลีนและกรดแอ็บซิสิค และผลผลิตของข้าวโพด. **วิทยาสารเกษตรศาสตร์** 33: 310-316.

นิพนธ์ สนั่นเรืองศักดิ์. 2546. **การศึกษาปริมาณการให้น้ำที่เหมาะสมสำหรับการปลูกทานตะวัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิรนาม. 2550. **แปซิฟิค**. แหล่งที่มา: http://www.pacthai.co.th, 12 พฤศจิกายน 2550.

นิรนาม. 2541. **การปลูกทานตะวัน**. แหล่งที่มา: http://www.doae.go.th/Library/html/detail/sunflower/index1.htm, 18 พฤศจิกายน 2551.

นิรนาม. 2551. **การวิเคราะห์ดินพื้นฐานของดินในพื้นที่ทดลองวิเคราะห์ตัวอย่างดินชั้นบน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นิสา สิทธิบุศ. 2533. **การประเมินความก้าวหน้าของการคัดเลือกแบบวงจรพื้นฐานในประชากรทานตะวัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วารีย์ เวรวรณ์. 2547. **รูปแบบไอโซไซม์ของอ้อยที่ได้รับสภาวะขาดน้ำในสภาพการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและในสภาพโรงเรือน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิบูลย์ บุญยธโลกุล. 2526. **หลักการชลประทาน**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2542. **เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืชไร่**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สายัณห์ สดุดี. 2537. **สภาวะขาดน้ำในการผลิตพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่, สงขลา.

สุพจน์ แสงประทุม. 2542. การผลิตและงานวิจัยทานตะวันในประเทศไทย. น. 103-115. *ใน* **การประชุมวิชาการ งา ทานตะวัน ละหุ่ง และดอกคำฝอยแห่งชาติ ครั้งที่ 1**. กรมส่งเสริมการเกษตร กรมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, กรุงเทพฯ.

สุนทรี ยิ่งชัชวาล, จินตณา บางจั่น และ ธาดา ชัยสีหา. 2543. พลังงานศักย์ของน้ำในใบมะม่วงภายใต้สภาพน้ำขัง, น. 95-105. *ใน* **รายงานโครงการวิจัยวิธีการให้อากาศเพื่อกู้ชีวิตต้นมะม่วงที่ประสบอุทกภัย**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์, นครปฐม.

เสาวนีย์ จักรพิทักษ์. 2526. **หลักโภชนาการปัจจุบัน**. แหล่งที่มา: http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=30, 9 กันยายน 2552.

หนึ่งนุช วันทอง. 2546. **คุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดพันธุ์ทานตะวันที่มีผลมาจากการปลูกในความหนาแน่นพืชที่ต่างกัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อิทธิฤทธิ์ อึ๊งวิเชียร. 2535. **อิทธิพลของสารเมพิควอทคลอไรด์และคลอมิควอทคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของทานตะวัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Alessi, J., J.F. Power and D.C. Zimmerman. 1977. Sunflower yield and water use as influence by planting date, population and row spacing. **Agron. J**. 69: 465-469.

Ali, A. and K. Alam. 1977. Effect of soil moisture on some growth characters of mung (*Phaseolus aureus*). **Field crop Abstr**. 30 : 255.

Angadi, C.V. and M.H. Entz. 2002. Water relations of standard height and dwarf sunflower cultivars. **Crop Sci**. 42: 152–159.

Anon. 2002. **Sunflower: 4 confection/ Non Oil**. Available Source: http://www.sunflowernsa.com/confection/detail, July 20,2009.

Anonymous. 2001. **Sunflower**. Available Source: http://www.csl.gov.uk/ienica/data/sunflowe.htm, September 27,2001.

Ayaz, F.A., A. Kadioglu and A. Dogru. 2001. Leaf rolling effects on lipid and fatty acid composition in *Ctenanthe setosa* (*Marantaceae*) subjected to water-deficit stress. **Acta Physiol. Plant**. 23: 43-47.

Bates, L.S., R.P. Waldren and L.D. Teare, 1973. Rapid determination of free proline for water-stress. **Plant and Soil** 39: 205-207.

Bettaieb, I., N. Zakhama, W.A. Wannes and B. Marzouk. 2009. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. **Sci. Hortic**. 120: 271–275.

Blaine, L.B. and N.J. Rosenberg. 1976. Evaluation of resistance and mass transport requiring evapotranspiration model requiring canopy temperature data. **Agron. J**. 68 : 764-769.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Laribi, B., I. Bettaieb, K. Kouki, A. Sahli, A. Mougou and B. Marzouk. 2009. Water deficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oil and fatty acid composition. **Ind. Crops Prod**. 30: 372–379.

Boyer, J.S. 1970. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sunflower at various leaf water potentials. **Aust. J. Agric. Res**. 14: 20-38.

Bray, E.A. 2002. Classification of genes differentially expressed during water-deficit stress in *Arabidopsis thaliana*: an analysis using microarray and differential expression data. **Ann Bot**. 89: 803–811.

Burch, G.J., R.C.G. Smith and W.K. Mason. 1978. Agronomic and physiological responses of soybean and sorghum crops to water deficits. II. Crop evaporation, soil water depletion and root distribution. **Aust. J. Plant Physiol**. 5: 169-177.

Burnett, E. and G.E. Fisher. 1954. Correlation of soil moisture and cotton yields. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc**. 18: 127-129.

Chang, J.H. 1986. **Climate and Agriculture**. An Ecological Survey. Chicago, Aidine Publishing Company.

Childs, A.H.B. 1948. Sunflower production in the Iringa District. **Biol. Abstr**. 24: 10390.

Claassen, M.M. and R.H. Shaw. 1970. Water deficit effects on corn. II. Grain components. **Agron. J**. 62: 652-655.

Clydesdale, C.S. and J. Hart. 1948. Field Crops. Sunflower for seed on the Darling Downs. **Biol. Abstr**. 23: 29-45.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Connor, D. and A. Hall, 1997. Sunflower physiology. *In* **Schneiter, A.A. (Ed.), Sunflower Technology and Production**, Agronomy Monograph 35. Madison (WI, USA), ASA-CSSA-SSSA.

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

Croissant, R.L. and R.H. Follett. 2003. **Sunflower production**. Available Source: http://www.colostate.edu/Depts/IPM/pdf/00102.pdf, July 22, 2003.

Cyrus, M.F., S. A. M. M. Sanavy and S. F. Saberali. 2010. Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions. **Agric. Water Manag**. 97: 12-22.

Dorrell, D.G. and M.J. Huang. 1978. Influence of sclerotinia wilt on seed yield and quality of sunflower wilted at different stages of development. **Crop Sci**. 18: 974-976.

Dwivedi, S.L., S.N. Nigam, R.C. Nageswara Rao, U. Singh and K.V.S. Rao. 1996. Effect of drought on oil, fatty acids and protein contents of groundnut ( *Arachis hypogaea* L.) seeds. **Field Crops Res**. 48: 125-133.

Elliott, H.G. 1949. The Sunflower (*Helianthus annus*). **Biol. Abstr**. 24: 27820.

Federer, C.A. 1979. A soil-plant-atmosphere model for transpiration and availability of soil water. **Water Resour. Res**. 15: 555-562.

Flagella, Z., T. Rotunno, E. Tarantino, R. Caterina Di and A. Caro De. 2002. Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the sowing date and the water regime. **Eur. J. Agron**. 17: 221-230.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Hanson, A.D., C.E. Nelsen and E.H. Everson. 1977. Evaluation of free proline accumulation as an index of drought resistance using two contrasting barley cultivars. **Crop Sci**. 17: 720-726.

_______ and R.E. Tully. 1979. Amino acid translocated from turgid and water-stresed barley. **Plant Physiol**. 64: 467-471.

Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stress. Annu. Rev. **Plant Physiol**. 24: 519-570.

Ilahi, I. and K. Dorffling . 1982. Changes in abscisic acid and proline levels in maize varieties of different drought resistance. **Plant Physiol.** 55: 129-135.

Iqbal, N., M. Ashraf and M.Y. Ashraf. 2008. Glycinebetaine, an osmolyte of interest to improve water stress tolerance in sunflower (*Helianthus annuus* L.): water relations and yield. **S. Afr. J. Sci**. 74: 274–281.

Jaleel, C.A., R. Gopi, B. Sankar, P. Manivannan, A. Kishorekumar, R. Sridharan and R. Panneerselvam. 2007. Studies on germination, seedling vigour, lipid peroxidation and proline metabolism in *Catharanthus roseus* seedlings under salt stress, **South Afr. J. Bot**. 73: 190–195.

Jensen, M.E. 1974. **Consumptive use of water and irrigation water Requirements**. ASCE., New York. 215 p.

Kanemasu, E.T., L.S. Stone and W.L. Powers. 1976. Evapotranspiration model tested for soybean and sorghum. **Agron. J**. 78 : 569-572.

Kangsadalampai, K. and P. Sungpuag. 1984. **Laboratory manual for food analysis**. Institute of Nutrition, Mahidol University Bangkok. 81 p.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Katerji, N., V. Hoorn, A. Hamdy, F. Karam and M. Mastrorilli. 1996. Effect of salinity on water stress, growth, and yield of maize and sunflower. **Agric. Water Manag**. 30: 237-249.

Kramer, P.J. 1963. Water stress and plant growth. **Agron. J**. 55: 31-66.

Kramer, P.J. 1983. **Water Relations of Plants**. Academic Press, Inc. California.

Kramer, P.J. and T.T. Kozlowski. 1979. **Physiology of Woody Plants**. Academic Press, Inc., Florida.

Lemon, E.R. 1956. The potentialities for decreasing soil moisture evaporation loss. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc**. 20 : 120-125.

Lemon, E.R., A.H. Glaser and L.E. Satterwgile. 1957. Some aspects of the relationship of soil plant and meteorological factors to evapotranspiration. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc**. 21 : 464-468.

Levitt, J. 1972. **Responses of Plant to Environmental Stress**. Academic Press, NewYork.

Manivannan P., J.C. Abdul, B. Sankar, A. Kishorekumar, R. Somasundaram, G.M.A. Lakshmanan and R. Panneerselvam. 2007. Growth, biochemical modifications and proline metabolism in *Helianthus annuus* L. as induced by drought stress. Colloids Surf. **B: Biointerfaces** 59: 141–149.

Marcia, P. 1985. Production Pratices, pp. 10-13. *In* **Extension Bulletin 25 (revised) sunflower production and pest management**. North Dakota State Unive., Fargo, North Dakota.

Michelakis, N., G. Klapaki, E. Vouyoukalou and E. Barbopulu. 1997. Effect of drip lines number on the water use, wetted soil volume and yield of avocado. **Acta Hort**. 449: 147-152.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Morrison, W.H., D.E. Akin and J.A. Robertson. 1981. Open Pollinated and Hybrid Sunflower Seed Structures that may Effect processing of Oil. **J. Am. Oil Chem. Soc**. 55: 969-972

Morizet, J. and A., Merrien. 1990. Principaux traits du comportement hydrique du tournesol, pp. 7-20. *In* **Le tournesol et l'eau**. Cetiom, Paris.

Muchow, R.C., 1985. Canopy development in grain legumes grown under different soil water regimes in a semi-arid tropical environment. **Field Crops Res. Abstr**. 11: 99-109.

Muirhead, W.A., A. Low and R.J.G. White. 1982. The response of irrigated sunflower cultivars to nitrogen fertilizer, pp. 79-82. *In* **J. K. Kochman (ed.). Proc. 10th International Sunflower Conference**. Surfers Paradise, Qld. Australian Sunflower Association, Toowoomba, QId.

Munstock, C.M. and P.R.F. Da Silva. 1983. Response of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) to harvest date, **Field Crop Res**. 36: 3920.

Palma, L. and V. Novello. 1997. First observations on physiological effects of irrigation in pistachio. **Acta Hort**. 449: 545-550.

Parry, M., P.J. Androlojc, S. Khan, P.J. Lea and A.J. Keys. 2002. Rubisco activity: effects of drought stress. **Ann Bot**. 89: 833–839.

Pessarakli, H. 1994. **Plant and Crop Stress**. Maccel Dekker Inc, New York.

Petropoulos, S.A., D. Dimitra, M.G. Polissiou and H.C. Passam. 2008. The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. **Sci. Hortic**. 115: 393–397.

Prunty, L. 1981. Sunflower Cultivar Performance as Influence by Soil Water and Plant Population. **Agron J**. 73: 257-260.


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Putt, I.D. 1963. Sunflowers. **Field Crop. Abstr**. 16: 1-5.

Ralph, Q. 1983. Towards Improved Sunflower Yields. **Rural Research**. 115: 4-9.

Robelin, M. 1969. Effects and after-effects of drought on the growth and yield of sunflower. **Field Crop Abstr**. 22: 632.

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

Rosenberg, N.J. 1975. **Microclimate : The Biological Environment**. John Wiley and sons Publishing. New YorK. 315 p.

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

Shao, H.B., L.Y. Chu, C.A. Jaleel and C.X. Zhao. 2008. Water-deficit stress induced anatomical changes in higher plants. **CR. Biol**. 331: 215-225.

Smart, R., and G.E. Bingham. 1974. Rapid estimates of realative water content. **Plant Physiol**. 53: 258 – 260.

Smith, J.A.C., and H. Griffiths. 1992. **Water deficits: plant responses from cell to community**. Oxford: Bios.

Sojka, R.E., H.D. Scott, J.A. Ferguson and E.M. Rutledge. 1977. Relation of plant water status to soybean growth. **Soil Sci**. 90: 182 – 187.

Statyer, R.O. 1967. **Plant Water Relationships**. Academic Press, New York. 452 p.

Stewart, C.R. and A.D. Hanson. 1980. Proline accumulation as metabolic response to water

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

stress, pp. 453-462. *In* **N.C. Turner and P.J. Kramer (eds.). Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress**. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York.

Talha, M. and F. Osman. 1975. Effect of soil water stress on water economy and oil composition in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Agric. Sci. J**. 84: 49–56.

Unger, P.W. and T.H.E. Thompson. 1982. Planting date effects on sunflower head and seed development. **Agron. J**. 74: 389-395.

Vaughan, J.G. 1970. **The structure and utization of oil seed**. Barnes & Noble Inc. America.

Vrebalov, T. 1979. **Sunflower Biology and Technology of Production**. Faculty of Agriculture, Novi Sad, Institute of Field and Vegetable Crops, Yugoslavia.

Widodo, W., C.V. Joseph, V. Kenneth, J. Boote, T. Jeffrey, H. Leon and J.R. Allen. 2003. Elevated growth $CO_2$ delays drought stress and accelerates recovery of rice leaf photosynthesis. **Environ. Exp. Bot**. 49: 259-272.

Yancy, P.H., M.E. Clark, S.C. Hand, R.D. Bowlus and G.N. Somero. 1982. Living with water stress: evolution of osmolyte systems. **Science** 217: 1214–1223.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ 1** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ relative water content เวลา 05.00 AM ของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| S.V. | d.f. | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 459.16 | 229.58 | |
| Treatment | 2 | 862.61 | 431.30 | 1.679 $^{ns}$ |
| Error (a) | 4 | 1027.50 | 256.87 | |
| Variety | 1 | 63.81 | 63.81 | 6.076* |
| Error (b) | 2 | 21.00 | 10.50 | |
| Treatment x Variety | 2 | 161.86 | 80.93 | 0.3853 $^{ns}$ |
| Error (c) | 4 | 840.27 | 210.07 | |
| Total | 18 | 3436.21 | | |

C.V. = 20.15 %

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

$^{ns}$ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.01)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ 2** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ relative water content เวลา 13.00 PM ของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| S.V. | d.f. | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 298.637 | 149.32 | |
| Treatment | 2 | 150.38 | 75.19 | 0.6366 $^{ns}$ |
| Error (a) | 4 | 472.43 | 118.11 | |
| Variety | 1 | 30.368 | 30.368 | 1.1162 $^{ns}$ |
| Error (b) | 2 | 54.412 | 27.206 | |
| Treatment x Variety | 2 | 78.47 | 39.23 | 0.3232 $^{ns}$ |
| Error (c) | 4 | 485.57 | 121.39 | |
| Total | 18 | 1570.267 | | |

C.V. = 17.91 %

$^{ns}$ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.01)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ 3** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ relative water content เวลา 19.00 PM ของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| S.V. | d.f. | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 64.930 | 32.465 | |
| Treatment | 2 | 79.535 | 39.768 | 0.8783 $^{ns}$ |
| Error (a) | 4 | 181.116 | 45.279 | |
| Variety | 1 | 0.361 | 0.361 | 0.0061 $^{ns}$ |
| Error (b) | 2 | 118.626 | 59.313 | |
| Treatment x Variety | 2 | 0.222 | 0.111 | 0.0023 $^{ns}$ |
| Error (c) | 4 | 193.417 | 48.354 | |
| Total | 18 | 638.207 | | |

C.V. = 8.48 %

$^{ns}$ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.01)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ 4** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงที่อายุ 15 วันหลังปลูกของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| S.V. | d.f. | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 6.7822 | 3.3911 | |
| Treatment | 2 | 0.2848 | 0.1424 | 0.1189 $^{ns}$ |
| Error (a) | 4 | 4.7894 | 1.1974 | |
| Variety | 1 | 0.2069 | 0.2069 | 0.0223 $^{ns}$ |
| Error (b) | 2 | 18.536 | 9.2683 | |
| Treatment x Variety | 2 | 3.5553 | 1.7777 | 2.1018 $^{ns}$ |
| Error (c) | 4 | 3.3831 | 0.8458 | |
| Total | 18 | 37.5377 | | |

C.V. = 9.85 %

$^{ns}$ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.01)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ 5** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงที่อายุ 45 วันหลังปลูกของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| S.V. | d.f. | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 433.43 | 216.72 | |
| Treatment | 2 | 886.61 | 443.31 | 7.6304* |
| Error (a) | 4 | 232.39 | 58.10 | |
| Variety | 1 | 979.77 | 979.77 | 1.2544 $^{ns}$ |
| Error (b) | 2 | 1562.18 | 781.09 | |
| Treatment x Variety | 2 | 180.574 | 90.287 | 5.0443 $^{ns}$ |
| Error (c) | 4 | 71.596 | 17.899 | |
| Total | 18 | 4346.55 | | |

C.V. = 5.21 %

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

$^{ns}$ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.01)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ 6** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงที่อายุ 75 วันหลังปลูกของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| S.V. | d.f. | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 71.90 | 35.95 | |
| Treatment | 2 | 488.31 | 244.15 | 2.6687 $^{ns}$ |
| Error (a) | 4 | 365.95 | 91.49 | |
| Variety | 1 | 322.58 | 322.58 | 0.2676 $^{ns}$ |
| Error (b) | 2 | 2411.08 | 1205.54 | |
| Treatment x Variety | 2 | 124.323 | 62.162 | 1.2254 $^{ns}$ |
| Error (c) | 4 | 202.917 | 50.729 | |
| Total | 18 | 3987.06 | | |

C.V. = 5.82 %

$^{ns}$ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.01)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ 7** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| S.V. | d.f. | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 14.047 | 7.024 | |
| Treatment | 2 | 37.754 | 18.877 | 8.0261* |
| Error (a) | 4 | 9.408 | 2.352 | |
| Variety | 1 | 4.292 | 4.292 | 0.2241 $^{ns}$ |
| Error (b) | 2 | 38.306 | 19.153 | |
| Treatment x Variety | 2 | 3.04943 | 1.52472 | 3.0754 $^{ns}$ |
| Error (c) | 4 | 1.98313 | 0.49578 | |
| Total | 18 | 108.8396 | | |

C.V. = 5.64 %

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

$^{ns}$ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.01)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ 8** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของขนาดจานดอกทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| S.V. | d.f. | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 4.9107 | 2.4553 | |
| Treatment | 2 | 2.98181 | 1.49091 | $5.1056^{ns}$ |
| Error (a) | 4 | 1.16806 | 0.29201 | |
| Variety | 1 | 6.4560 | 6.4560 | $2.1164^{ns}$ |
| Error (b) | 2 | 6.1008 | 3.0504 | |
| Treatment x Variety | 2 | 1.37641 | 0.68821 | $1.4537^{ns}$ |
| Error (c) | 4 | 1.89366 | 0.47341 | |
| Total | 18 | 24.88744 | | |

C.V. = 3.13 %

$^{ns}$ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.01)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ 9** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักแห้งทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| S.V. | d.f. | MS | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Leaf | Stem | Head | Seed |
| Block | 2 | 844.49 | 158.86 | 25.384 | 132.78 |
| Treatment | 2 | 124.09 | 69.27 | 13.844 | 191.55 |
| Error (a) | 4 | 95.87 | 101.17 | 12.906 | 101.62 |
| Variety | 1 | 430.71 | 164.77 | 250.507 | 422.63 |
| Error (b) | 2 | 314.32 | 493.97 | 21.847 | 229.29 |
| Treatment x Variety | 2 | 26.425 | 34.911 | 3.878 | 18.432 |
| Error (c) | 4 | 35.821 | 46.207 | 19.848 | 39.801 |
| Total | 18 | | | | |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ 10** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนัก 100 เมล็ดของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| S.V. | d.f. | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 2.79488 | 1.39744 | |
| Treatment | 2 | 0.55148 | 0.27574 | $2.6331^{ns}$ |
| Error (a) | 4 | 0.41889 | 0.10472 | |
| Variety | 1 | 0.57961 | 0.57961 | $1.8255^{ns}$ |
| Error (b) | 2 | 0.63501 | 0.31751 | |
| Treatment x Variety | 2 | 0.44221 | 0.22111 | $1.2922^{ns}$ |
| Error (c) | 4 | 0.68442 | 0.17111 | |
| Total | 18 | 6.1065 | | |

C.V. = 6.57 %

$^{ns}$ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.01)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ 11** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตต่อต้นของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| S.V. | d.f. | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 407.75 | 203.87 | |
| Treatment | 2 | 57.753 | 28.877 | $1.561^{ns}$ |
| Error (a) | 4 | 73.994 | 18.498 | |
| Variety | 1 | 29.67 | 29.67 | $0.2749^{ns}$ |
| Error (b) | 2 | 215.84 | 107.92 | |
| Treatment x Variety | 2 | 65.964 | 32.982 | $1.2098^{ns}$ |
| Error (c) | 4 | 109.048 | 27.262 | |
| Total | 18 | 906.019 | | |

C.V. = 10.37 %

$^{ns}$ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.01)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ 12** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตต่อไร่ของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| S.V. | d.f. | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 9145.0 | 4572.5 | |
| Treatment | 2 | 1295.33 | 647.66 | 1.561 $^{ns}$ |
| Error (a) | 4 | 1659.63 | 414.9 | |
| Variety | 1 | 665.6 | 665.6 | 0.2750 $^{ns}$ |
| Error (b) | 2 | 4840.9 | 2420.4 | |
| Treatment x Variety | 2 | 1479.64 | 739.82 | 1.2098 $^{ns}$ |
| Error (c) | 4 | 2446.02 | 611.50 | |
| Total | 18 | 21532.12 | | |

C.V. = 10.37 %

$^{ns}$ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.01)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ 13** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสะสมปริมาณโพรลีนของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| S.V. | d.f. | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 3.7256 | 1.8628 | |
| Treatment | 2 | 2.00263 | 1.00132 | 1.3315$^{ns}$ |
| Error (a) | 4 | 3.00813 | 0.75203 | |
| Variety | 1 | 4.2244 | 4.2244 | 24.380* |
| Error (b) | 2 | 0.3465 | 0.1733 | |
| Treatment x Variety | 2 | 3.4447 | 1.7223 | 30.589** |
| Error (c) | 4 | 0.2252 | 0.0563 | |
| Total | 18 | 16.97716 | | |

C.V. = 33.18 %

$^{ns}$ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.01)

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ 14** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำมันในเมล็ดของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| S.V. | d.f. | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 9.117 | 4.558 | |
| Treatment | 2 | 4.7925 | 2.3962 | 3.7817 $^{ns}$ |
| Error (a) | 4 | 2.5346 | 0.6336 | |
| Variety | 1 | 96.698 | 96.698 | 18.7657 * |
| Error (b) | 2 | 10.306 | 5.153 | |
| Treatment x Variety | 2 | 6.7717 | 3.3858 | 1.6657 $^{ns}$ |
| Error (c) | 4 | 8.1308 | 2.0327 | |
| Total | 18 | 138.3506 | | |

C.V. = 1.81 %

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

$^{ns}$ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.01)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ 15** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเมล็ดของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| S.V. | d.f. | MS | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Palmitoleic (16:1) | Oleic (18:1) | Linoleic (18:2) | Linolenic (18:3) | Gadoleic (20:1) |
| Block | 2 | 0.00267 | 64.817 | 103.85 | 0.000538 | 0.00035 |
| Treatment | 2 | 0.00310 | 20.922 | 48.017 | 0.000155 | 0.00321 |
| Error (a) | 4 | 0.00177 | 41.839 | 77.286 | 0.000272 | 0.00496 |
| Variety | 1 | 0.00093 | 31.126 | 107.95 | 0.001088 | 0.00035 |
| Error (b) | 2 | 0.00183 | 63.430 | 104.59 | 0.000405 | 0.00310 |
| Treatment x Variety | 2 | 0.00017 | 55.979 | 84.75 | 0.000822 | 0.00100 |
| Error (c) | 4 | 0.00107 | 44.407 | 81.90 | 0.000288 | 0.00215 |
| Total | 18 | | | | | |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ 16** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวในเมล็ดของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 จากการให้น้ำ 3 วิธี ($T_1$ = กลุ่มที่มีการให้น้ำปกติ, $T_2$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก, $T_3$ = กลุ่มที่มีการให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน)

| S.V. | d.f. | MS | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Myristic (14:0) | Palmitic (16:0) | Margaric (17:0) | Stearic (18:0) | Arachidic (20:0) | Behenic (22:0) |
| Block | 2 | 0.00043889 | 1.4059 | 0.19687 | 0.2156 | 0.002289 | 0.000972 |
| Treatment | 2 | 0.0000722 | 1.8915 | 0.14107 | 0.17527 | 0.0020056 | 0.066422 |
| Error (a) | 4 | 0.0010056 | 1.1343 | 0.17545 | 0.36576 | 0.0075556 | 0.038989 |
| Variety | 1 | 0.00005000 | 3.4760 | 0.23576 | 4.1664 | 0.035556* | 0.088200 |
| Error (b) | 2 | 0.00101667 | 1.0514 | 0.21744 | 0.4798 | 0.001156 | 0.025017 |
| Treatment x Variety | 2 | 0.00001667 | 0.2978 | 0.10321 | 0.56237 | 0.0061056 | 0.12826* |
| Error (c) | 4 | 0.00028333 | 1.6650 | 0.24196 | 0.30386 | 0.0040556 | 0.018283 |
| Total | 18 | | | | | | |

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ 17** การวิเคราะห์ดินก่อนปลูกทานตะวันในแปลงทดลองของภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

| รายการที่วิเคราะห์ | ค่าที่วิเคราะห์ได้ | ความหมาย |
|---|---|---|
| 1. Texture | Sandy Loam | เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย |
| Sand (%) | 68.76 | |
| Silt (%) | 17.48 | |
| Clay (%) | 13.76 | |
| 2. pH (ดิน:น้ำ = 1:1) | 7.75 | ด่างเล็กน้อย |
| 3. $EC_e$ (dS/m) | 0.429 | ดินไม่เค็ม |
| 4. Organic Matter (%) | 1.070 | ค่อนข้างต่ำ |
| 5. Available P (mg/kg) | 81.68 | สูงมาก |
| 6. Exch.K (mg/kg) | 110.4 | สูง |
| 7. Exch.Ca (mg/kg) | 1522.1 | สูง |
| 8. Exch.Mg (mg/kg) | 154.4 | สูง |
| 9. Exch.S (mg/kg) | 4.41 | ปานกลาง |
| 10. Exch.B (mg/kg) | 0.557 | ต่ำ |

การวิเคราะห์ดินพื้นฐาน (basic ferfility test) ของดินในพื้นที่ทดลองวิเคราะห์ตัวอย่างดินชั้นบน สถานที่วิเคราะห์ที่ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์โพรลีน**

วิธีการเตรียมสารเคมีต่างๆ ดัดแปลงจากวารีย์ (2547)

1. 6 M phosphoric acid

สารเคมีที่ใช้ คือ $H_3PO_4$ (Hypophosphate) MW = 98 density = 1.7 เนื้อกรด = 85 เปอร์เซ็นต์ ตวงกรดประมาณ 407 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่น 593 มิลลิลิตร จะได้ 6 M phosphoric acid จำนวน 1 ลิตร

2. acid ninhydrin

ชั่งสาร ninhydrin 1.25 กรัม ผสมกับ gracial acetic acid ปริมาตร 30 มิลลิลิตร และ 6 M phosphoric acid 20 มิลลิลิตร นำสารที่ผสมแล้วไปอุ่นบน hot plate และคนให้ละลาย (acid ninhydrin) จะต้องเตรียมก่อนทุกครั้งที่ทำการวิเคราะห์ และเก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส ได้เพียง 24 ชั่วโมง เท่านั้น

3. 3% sulfosalicylic acid

ชั่งสาร 5-sulfosalicylic acid 3 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ประวัติการศึกษา และการทำงาน**

| | |
|---|---|
| ชื่อ – นามสกุล | นางสาวภาวินี คามวุฒิ |
| วัน เดือน ปี ที่เกิด | วันที่ 5 กรกฎาคม 2525 |
| สถานที่เกิด | อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร |
| ประวัติการศึกษา | วท.บ. (พืชศาสตร์)<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย<br>พ.ศ. 2547 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์