ผลของการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและปริมาณน้ำมันในเมล็ดทานตะวัน

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

ภาวินี คามวุฒิ[1/] นวรัตน์ อุดมประเสริฐ[1/] ทศพล พรพรหม[1/] พรศิริ หลีวานิช[1/]

Pawinee Kamwut[1/] Nawarat Udomprasert[1/] Tosapon Pornprom[1/] Pornsiri Leewanich[1/]

ABSTRACT

Studies on the effects of water deficit on growth, yield and seed oil content of sunflower, was carried out by using a Stripplot design in RCB with 3 replications. The vertical plot consisted of two sunflower cultivars: Pacific 33 and Pacific 55. The horizontal plot consisted of three water stress treatments namely 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 oleic acid level under water stress conditions.

Key words: sunflower, water deficit, growth, oil content, fatty acid level

[1/] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ต.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[1/] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen district, Nakhon Pathom province 73140

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและปริมาณน้ำมันในเมล็ดทานตะวัน โดยวางแผนการทดลองแบบ Stripplot design in RCB ประกอบด้วย 3 ซ้ำ มี 2 ปัจจัยที่ศึกษา คือปัจจัยที่ 1 (vertical plot) เป็นเมล็ดพันธุ์ทานตะวัน 2 พันธุ์คือ พันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 ส่วนปัจจัยที่ 2 (horizontal plot) เป็นวิธีการให้น้ำ 3 วิธีคือ ให้น้ำปกติ (T_1) โดยให้น้ำเท่ากันทุกแปลงจนถึงระดับความชื้นสนามตลอดฤดูปลูก ให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก (T_2) โดยทำการงดให้น้ำเมื่อพืชเริ่มให้กำเนิดตุ่มดอก จนกระทั่งพืชแสดงอาการเหี่ยว หลังจากนั้นจึงเริ่มให้น้ำใหม่ และให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน (T_3) โดยทำการงดให้น้ำเมื่อดอกเริ่มบานจนกระทั่งพืชแสดงอาการเหี่ยวจึงเริ่มให้น้ำใหม่อีกครั้ง ดำเนินการทดลองที่แปลงทดลองภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2550 - มีนาคม พ.ศ. 2551 พบว่าการขาดน้ำส่งผลให้ขนาดของลำต้นทานตะวันลดลงอย่างชัดเจน โดยเฉพาะการขาดน้ำในระยะดอกบาน (T_3) ส่งผลให้ขนาดของลำต้นลดลงมากที่สุด ในขณะที่ความสูงของต้น ขนาดจานดอก การสะสมน้ำหนักแห้งและผลผลิต ไม่ได้รับผลกระทบจากการขาดน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าการขาดน้ำทั้งในระยะกำเนิดตุ่มดอกและระยะดอกบาน ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำมันในเมล็ดทานตะวัน แต่มีผลให้ปริมาณกรดไขมันเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสายพันธุ์แปซิฟิค 33 ซึ่งมีปริมาณกรดไขมัน oleic เพิ่มขึ้นเมื่อได้รับการขาดน้ำ

คำหลัก: ทานตะวัน การขาดน้ำ การเจริญเติบโต ปริมาณน้ำมัน ปริมาณกรดไขมัน

คำนำ

ทานตะวันเป็นพืชน้ำมันที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของโลก เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประชาชนจึงนิยมบริโภคน้ำมันทานตะวันเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น เมล็ดทานตะวันมีปริมาณน้ำมันสูงถึง 35-48% และปริมาณโปรตีน 18-25% ดังนั้นเมล็ดทานตะวันสามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งส่วนของน้ำมันเพื่อการบริโภค และกากเมล็ดทานตะวัน (sunflower cake) ยังเหลือใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ได้อีกด้วย (วันชัย, 2542; สุพจน์, 2542; Croissant and Follett, 2003) ในด้านคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ด พบว่าเนื้อในเมล็ดทานตะวันมีปริมาณโฟเลต วิตามินอีและซีลีเนียมสูงกว่าเมล็ดงาและพืชชนิดต่างๆ อีกทั้งเป็นแหล่งของเยื่อใยอาหารและไขมันดี (polyunsaturated fat) ที่เหมาะสำหรับสุขภาพ (Anon, 2002) น้ำมันทานตะวันประกอบด้วยกรดไขมันชนิดที่ไม่อิ่มตัวสูง โดยเฉพาะ oleic และ linoleic ซึ่งกรดไขมัน linoleic มีประโยชน์โดยตรงต่อร่างกาย และยังมีผลต่อระดับโคเลสเตอรอลด้วย เนื่องจากกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวเหล่านี้จะดึงโคเลสเตอรอลมาใช้ประโยชน์ มีผลให้ไม่สะสมในร่างกาย แต่ถ้ามีมากเกินไปจะถูกขับออกเป็นของเสียนอกจากนี้ยัง

ประกอบด้วยวิตามินเอ ดี อีและเค (ชูศักดิ์, 2542) และเมล็ดมีสาร antioxidants ป้องกันกลิ่นหืนได้ดี สามารถเก็บไว้ได้นานกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น เนื่องจากน้ำมันทานตะวันมีคุณค่าสูง ที่ใช้เพื่อการบริโภคและในอุตสาหกรรมเมล็ด จึงเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ (เสาวนีย์, 2526) ประโยชน์ของน้ำมันทานตะวันนอกจากใช้ปรุงอาหารแล้ว ยังใช้เป็นตัวพาในสารกำจัดศัตรูพืช (สุพจน์, 2542) และใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลของรถแทรกเตอร์ได้ด้วย (Cooper, 1997) เกษตรกรส่วนมากนิยมปลูกทานตะวันปลายฤดูฝน โดยปลูกหลังการปลูกข้าวโพด หรือพืชวงศ์ถั่วในพื้นที่ที่เป็นดินร่วนหรือดินเหนียว เพราะทานตะวันเป็นพืชที่มีรากลึก ช่วยให้สามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ค่อนข้างแห้งแล้ง จึงนับว่าเป็นพืชที่น่าสนใจ และเป็นพืชค่อนข้างใหม่สำหรับเกษตรกรเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกข้าวโพด ดังนั้นจึงควรมีการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกทานตะวันเพื่อเป็นพืชอุตสาหกรรมและเพิ่มผลผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศทดแทนการนำเข้า

น้ำเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช นอกเหนือจากเป็นตัวนำสารละลายธาตุอาหารอย่างเหมาะสมแล้ว แต่ถ้าปริมาณน้ำที่ให้แก่พืชไม่เพียงพอ การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชจะลดลงหรือไม่มีผลผลิตตามที่ต้องการ (Kramer, 1963; Shao *et al.*, 2008) Claassen และ Shaw (1970) พบว่าเมื่อต้นข้าวโพดขาดน้ำจะทำให้ปริมาณเมล็ดลดลง และค่าดัชนีเก็บเกี่ยวต่ำกว่าข้าวโพดที่ให้น้ำปกติ Muchow (1985) ได้ศึกษาผลของสภาวะขาดน้ำที่มีต่อถั่วหลายชนิด พบว่าสภาวะขาดน้ำมีผลให้ความสูงของต้น และน้ำหนักแห้งของต้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในการสร้างผลผลิตของพืชมีอยู่หลายปัจจัยที่สำคัญด้วยกัน เช่น น้ำ แสงแดด อุณหภูมิ อากาศ ธาตุอาหาร และการจัดการศัตรูพืช เป็นต้น การจัดการปัจจัยดังกล่าวให้เหมาะสมกับความต้องการ หรือความสามารถในการใช้ปัจจัยสำหรับพืชชนิดหนึ่งๆ ย่อมมีผลในการช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต และการสร้างผลผลิตของพืชนั้นๆ ในทางตรงข้าม ถ้าปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งไม่เหมาะสม คือ มีจำกัดหรือมีมากเกินความต้องการหรือน้อยไป ก็ย่อมส่งผลให้พืชนั้นเจริญเติบโตไม่เต็มที่และมีผลกระทบต่อการสร้างผลผลิตของพืชได้ ปัจจุบันทานตะวันมีการปลูกอยู่หลายพันธุ์แต่มีพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกมีไม่กี่พันธุ์ นิพนธ์ (2546) พบว่าปริมาณน้ำที่ให้แก่ต้นทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 ที่เหมาะสม และทำให้มีผลผลิตเมล็ดแห้งที่สูงสุด 1.0 Ep (ปริมาณน้ำที่ให้ 417.0 มม.) ซึ่งให้ผลผลิต 212.6 กก./ไร่ และที่สัดส่วนของปริมาณน้ำที่ให้เท่ากับ 1.4 Ep ค่าความสูงเฉลี่ยมีค่าสูงสุด 185.8 ซม. ที่สัดส่วนของปริมาณน้ำที่ให้ 1.0 Ep มีค่าเส้นผ่าศูนย์กลางจานดอกเฉลี่ยมีค่าสูงสุด 16.1 ซม. นอกจากนี้หนึ่งนุช (2546) ยังพบว่าการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของต้นทานตะวันต่อพื้นที่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันมีแนวโน้มลดลง โดยมีการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบกรดไขมันชนิดต่างๆ แตกต่างกันคือ กรดไขมัน oleic และ

linolenic มีแนวโน้มลดลง ขณะที่กรดไขมัน linoleic, palmitic, arachidic และ behenic มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สำหรับเปอร์เซ็นต์โปรตีนและกรดไขมัน stearic ไม่ตอบสนองต่อความหนาแน่นพืช ดังนั้นถ้าสามารถทราบความต้องการและลักษณะความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ กับการสนองตอบในด้านการเจริญเติบโต และการสร้างผลผลิตสำหรับพืชชนิดหนึ่งๆ ย่อมทำให้สามารถวางแผนและจัดการปัจจัยนั้นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลกระทบของการขาดน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของทานตะวัน รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำมัน และกรดไขมันที่เป็นประโยชน์ในเมล็ดของทานตะวัน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การปลูกทานตะวัน

ปลูกทานตะวันพันธุ์ลูกผสมแปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 ในสภาพแปลงทดลองของภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม ซึ่งลักษณะดินเป็นดินร่วนปนทราย มีปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างต่ำ ดินไม่เค็ม เป็นกรดด่างเล็กน้อย มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 7.75 (นิรนาม, 2551ก.) หลังจากการไถเตรียมดินและใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 15-15-15 ($N-P_2O_5-K_2O$) อัตรา 25 กก./ไร่ ขนาดแปลง 13.5x3.75 ม. ยกร่องสำหรับหยอดเมล็ด โดยให้แต่ละร่อง 75 ซม. และระยะปลูก 45 ซม. ทำการหยอดเมล็ด 2 เมล็ด/หลุมแล้วกลบดินโดยให้เมล็ดอยู่ลึก 3 ซม. และเมื่อต้นทานตะวันงอกได้ 10 วัน หรือมีใบจริง 4-8 ใบ ถอนแยกเหลือไว้เฉพาะต้นที่แข็งแรงเพียงหลุมละ 1 ต้น ให้น้ำทุกแปลงโดยการปล่อยน้ำไปตามร่องแปลงปลูก และพ่นสารกำจัดวัชพืชประเภทก่อนงอกโดยใช้อะลาคลอร์ (alachlor) อัตรา 350 ก.ของสารออกฤทธิ์(a.i.)/ไร่ พ่นคลุมดินทันทีหลังหยอดเมล็ดในขณะที่ดินมีความชื้นพอเหมาะ เมื่อทานตะวันอายุได้ 30 วัน หรือมีใบจริง 12-14 ใบ ซึ่งเป็นระยะกำลังจะออกดอก ทำการกำจัดวัชพืชโดยใช้แรงงานคน และใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ($N-P_2O_5-K_2O$) อัตรา 25 กก./ไร่และปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0 ($N-P_2O_5-K_2O$) อัตรา 20 กก./ไร่ (นิรนาม, 2541) มีพื้นที่เก็บเกี่ยวทานตะวัน 810 ตร.ม.

2. การศึกษาผลของการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของทานตะวัน

ศึกษาในสภาพแปลงทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบ Stripplot design in RCB ประกอบด้วย 3 ซ้ำ มี 2 ปัจจัยที่ศึกษาคือ ปัจจัยที่ 1 (vertical plot) เป็นเมล็ดพันธุ์ทานตะวัน 2 พันธุ์คือ พันธุ์แปซิฟิค 33 และแปซิฟิค 55 ส่วนปัจจัยที่ 2 (horizontal plot) เป็นวิธีการให้น้ำ 3 วิธีคือ ให้น้ำปกติ (control) โดยให้น้ำเท่ากันทุกแปลงจนถึงระดับความชื้นสนาม (field capacity) ตลอดฤดูปลูก (T_1) ให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก (flower initiation, R1) โดยทำการงดให้น้ำเมื่อต้นทานตะวันเริ่มให้กำเนิดตุ่มดอก จนกระทั่งพืชแสดงอาการเหี่ยว

หลังจากนั้นจึงเริ่มให้น้ำใหม่ (T_2) และให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน (anthesis, R5) โดยทำการงดให้น้ำเมื่อดอกเริ่มบานจนกระทั่งต้นทานตะวันแสดงอาการเหี่ยว จากนั้นจึงเริ่มให้น้ำใหม่อีกครั้ง (T_3) การทดลองดำเนินการช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2550 - มีนาคม พ.ศ. 2551 มีการบันทึกการเจริญเติบโต โดยสุ่มวัดความสูงจากโคนต้นถึงยอดของลำต้นหลักของทานตะวัน จำนวน 10 ต้น ที่อายุ 15 45 และ 75 วันหลังปลูก และสุ่มวัดจากต้นทานตะวันจำนวน 10 ต้น วัดเส้นผ่าศูนย์กลางโคนต้น ใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์วัดเส้นผ่าศูนย์กลางโคนต้นทานตะวันที่ระยะ 70 วันหลังงอก โดยทำการวัดบริเวณโคนต้นที่สูงจากผิวดินประมาณ 10 ซม. ส่วนผลผลิตมีการบันทึกขนาดจานดอก โดยสุ่มวัดจากต้นทานตะวันจำนวน 10 ต้น วัดจากขอบจานดอกถึงขอบจานดอกอีกด้านที่มีความยาวมากที่สุดเป็นแนวตรง (ในขณะเก็บเกี่ยว) น้ำหนัก 100 เมล็ด สุ่มเมล็ดที่เก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงทดลองประมาณ 50 ก. แล้วแยกเมล็ดดีออกจากเมล็ดลีบโดยใช้มือ ชั่งน้ำหนักเมล็ดดี 100 เมล็ด สำหรับน้ำหนักแห้งของทั้งต้นทานตะวัน สุ่มตัดทานตะวันจำนวน 10 ต้น เช่นเดียวกัน จากทั้ง 2 พันธุ์แยกส่วนต่างๆ ได้แก่ ใบ ลำต้น จานดอกและเมล็ด จากนั้นนำไปอบจนแห้งที่อุณหภูมิ 60 °ซ. นาน 1 สัปดาห์ แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง

3. การศึกษาผลของการขาดน้ำต่อปริมาณน้ำมันจากเมล็ดทานตะวัน

นำจานดอกทานตะวันหลังจากเก็บเกี่ยวจากแปลงทดลองภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม ตากแดดให้แห้งและกะเทาะเมล็ดด้วยมือ เพื่อเตรียมตัวอย่างสำหรับการสกัดน้ำมัน ซึ่งประยุกต์จากวิธีการของหนึ่งนุช (2546) สกัดน้ำมันจากเมล็ดทานตะวันด้วยวิธี Soxhlet Standard โดยใช้เครื่องมือ Extraction Unit B-811 ของบริษัท BUCHI นำเมล็ดทานตะวันไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 60 °ซ. เป็นเวลา 24 ชม. ปล่อยให้เย็นในตู้ดูดความชื้น บดตัวอย่างเมล็ดทานตะวันด้วยเครื่อง 150 G High Speed Grinder นำตัวอย่างเมล็ดที่ได้ตัวอย่างละ 5 ก. ห่อด้วยกระดาษกรอง (Whatman number 1) เพื่อสกัดน้ำมันโดยใส่สารละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ในบีกเกอร์ปริมาณ 120 มล. เชื่อมต่อเข้ากับตัวเครื่อง นำตัวอย่างที่ได้ห่อด้วยกระดาษกรองหนัก 5 ก. ใส่ใน timble ที่เชื่อมต่ออยู่กับ adapter แล้วเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องสกัดน้ำมัน จากนั้นเลือกโปรแกรม Soxhlet Standard โดยนำน้ำมันที่สกัดได้ไปอบจนได้น้ำหนักคงที่ที่อุณหภูมิ 60 °ซ. นาน 40 นาที ปล่อยให้เย็นในตู้ดูดความชื้น 1 ชม. นำไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง แล้วเก็บน้ำมันไว้ในขวดสีชา จดบันทึกน้ำหนักที่ได้ โดยทำการคำนวณจากวิธีการของ Kangsadalampai และ Sungpaug (1984) ดังสมการ

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

4. การศึกษาผลของการขาดน้ำต่อปริมาณกรดไขมันจากเมล็ดทานตะวัน

แยกองค์ประกอบของกรดไขมันในรูปเมทิลเอสเทอร์ จากน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดทานตะวัน โดยชั่งน้ำมัน 100 มก. เพื่อเตรียมสำหรับหาองค์ประกอบของกรดไขมันในรูปเมทิลเอสเทอร์ ซึ่งประยุกต์จากวิธีการของหนึ่งนุช (2546) จากนั้นนำเมทิลเอสเทอร์ที่ได้ฉีดเข้าเครื่อง gas chromatography เพื่อหาองค์ประกอบกรดไขมัน แล้วนำมาคำนวณโดยใช้วิธีการของคณิต (2541) ตามสมการ

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

โดยที่ Ai = พื้นที่พีค(peak)ของ fatty acid

ΣAi = พื้นที่พีครวมทั้งหมด

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเจริญเติบโต

1.1 ความสูง

ผลของการขาดน้ำต่อความสูงของต้นทานตะวัน 2 พันธุ์ พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างการให้น้ำเมื่อทานตะวันมีอายุ 45 วัน (Table 1) โดยพบว่าต้นทานตะวันที่ได้รับการขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอกและระยะดอกบาน มีความสูงของต้นลดลงตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างเมื่อวัดความสูงที่อายุทานตะวัน 15 และ 75 วัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Talha และ Osman (1975) ที่ระบุว่าทานตะวันเป็นพืชที่ทนต่อสภาวะขาดน้ำน้อยที่สุดในช่วง 25 วันหลังจากการปลูก ซึ่งเป็นช่วงที่มีการยืดยาวของลำต้นอย่างช้าๆ แต่ในช่วงออกดอกทานตะวันทนต่อการขาดน้ำได้ดีกว่าช่วงอื่นๆ ของการเจริญเติบโต และในการทดลองครั้งนี้ให้ทานตะวันขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอกและระยะดอกบานจึงเป็นช่วงที่ทานตะวันทนต่อการขาดน้ำได้ดีกว่า ช่วงอื่นๆ ของการเจริญเติบโต จึงทำให้ผลของการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโตของทานตะวันไม่เด่นชัด

1.2 เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น

เมื่อพิจารณาเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างการให้น้ำปกติและการขาดน้ำ แสดงว่าการขาดน้ำมีผลให้เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นลดลง (Table 1) โดยต้นทานตะวันที่มีการให้น้ำปกติ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นกว้างที่สุดคือ 29.24 ซม. ในขณะที่ต้นทานตะวันที่ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอกและระยะดอกบาน มีเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นน้อยกว่าคือ 26.36 และ 26.00 ซม. ตามลำดับ เนื่องจากน้ำเป็นตัวควบคุมกระบวนการทางสรีรวิทยาที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และน้ำเป็นส่วนประกอบหลักของเนื้อเยื่อที่กำลังเติบโต และเป็นส่วนสำคัญในการเต่งของเซลล์ ซึ่งมีผลต่อการยืดตัวของเซลล์ทำให้พืชมีขนาดเพิ่มขึ้น (Kramer, 1963) การขาดน้ำจึงทำให้ลดการขยายขนาดของเซลล์ ส่งผลให้ขนาดของลำต้นลดลงด้วย นอกจากนี้เมื่อพิจารณาปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ทานตะวันและวิธีการให้น้ำ

Table 1. Effects of water deficit on growth of Pacific 33 and Pacific 55

Variety	Plant height (cm)			Disc size (cm)	Stem diameter (cm)
	15 days	45 days	75 days		
Pacic 33	11.21 a	153.77 a	168.44 a	16.65 a	27.69 a
Pacic 55	11.00 a	139.01 a	159.98 a	17.84 a	26.72 a
CV (%)	27.41	19.09	21.14	10.13	16.09
Treatment					
T_1	11.23 a	155.65 a	171.47 a	17.82 a	29.24 a
T_2	11.16 a	144.85 ab	161.68 a	17.03 ab	26.36 b
T_3	10.93 a	138.67 b	159.48 a	16.89 b	26.00 b
CV (%)	9.85	5.21	5.82	3.13	5.64
Variety x treatment					
Pacic 33 x T_1	11.11 a	165.17 a	177.57 a	17.08 abc	30.04 a
Pacic 33 x T_2	11.89 a	154.57 b	167.77 ab	16.18 c	27.12 bc
Pacic 33 x T_3	10.65 a	141.57 cd	160.00 b	16.68 bc	25.91 c
Pacic 55 x T_1	11.35 a	146.13 bc	165.37 ab	18.55 a	28.44 b
Pacic 55 x T_2	10.43 a	135.13 d	155.60 b	17.87 ab	25.60 c
Pacic 55 x T_3	11.22 a	135.77 d	158.97 b	17.11 abc	26.10 c
CV (%)	8.28	2.89	4.34	3.99	2.59

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by LSD.

T_1 = control

T_2 = water stress at flower initiation

T_3 = water stress at anthesis

พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

1.3 ขนาดจานดอก

วิธีการให้น้ำทั้ง 3 วิธีมีผลให้เกิดความแตกต่างของขนาดจานดอกทานตะวัน (Table 1) เมื่อพิจารณาจากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ทานตะวันและวิธีการให้น้ำ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นทานตะวันที่มีการให้น้ำตลอดฤดูปลูกจะมีขนาดของจานดอกทานตะวันกว้างที่สุดคือ 17.82 ซม. ในขณะที่ต้นทานตะวันที่ได้รับการขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก มีขนาดจานดอกเล็กกว่าคือ 17.03 ซม. และต้นทานตะวันได้รับการขาดน้ำในระยะดอกบานมีขนาดจานดอกเล็กที่สุด 16.89 ซม. แสดงว่าการขาดน้ำในการทดลองนี้อาจจะยังไม่รุนแรง เนื่องจากมีพื้นที่บางส่วนของแปลงเป็นพื้นที่ลุ่ม เมื่อมีการให้น้ำจึงทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมขัง อีกทั้งมีฝนตกในช่วงเดือนพฤศจิกายนปริมาณ 0.5 มม. และเดือนกุมภาพันธ์ปริมาณ 1.6 มม. (นิรนาม, 2551ข.) มีผลให้บางแปลงพืชไม่ได้รับการขาดน้ำ

ที่แท้จริง และประกอบกับทานตะวันก็เป็นพืชที่ค่อนข้างทนแล้ง (Childs,1948; Putt, 1963) จึงทำให้ผลของการขาดน้ำต่อขนาดของจานดอกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต

ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตระหว่างพันธุ์ และวิธีการให้น้ำไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก และการขาดน้ำในระยะดอกบาน ไม่มีผลต่อการสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนใบ ลำต้น จานดอก น้ำหนัก 100 เมล็ดและผลผลิต/ไร่ (Table 2) นอกจากนี้ยังพบว่าการขาดน้ำระยะกำเนิดตุ่มดอก และการขาดน้ำในระยะดอกบานไม่มีผลต่อน้ำหนัก 100 เมล็ด โดยต้นทานตะวันที่ให้ขาดน้ำระยะกำเนิดตุ่มดอกมีน้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ดคือ 4.79 ก. และการให้ขาดน้ำในระยะดอกบานมีน้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ด คือ 4.80 ก. (Table 3) ในส่วนของผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการให้น้ำทั้ง 3 วิธี โดยต้นทานตะวันที่ได้รับน้ำปกติให้ผลผลิต 208.24 กก./ไร่ ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอกคือ 190.07 กก./ไร่ และให้ขาดน้ำในระยะดอกบานคือ 190.43 กก./ไร่ (Table 3) ซึ่งการขาดน้ำไม่มีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตของทานตะวันในการทดลองนี้ อาจเป็นเพราะการขาดน้ำในการทดลองนี้ยังไม่มีความรุนแรงนัก เนื่องจากสภาพแปลงทดลองมีน้ำขังในบางส่วน อีกทั้งฝนตกในช่วงเดือนพฤศจิกายนและกุมภาพันธ์ 0.5 มม. และปริมาณ 1.6 มม. (นิรนาม, 2551) ทำให้บางแปลงพืชไม่ได้รับการขาดน้ำที่แท้จริง เป็นผลให้ผลการทดลองออกมาไม่ชัดเจน ประกอบกับทานตะวันเป็นพืชที่ค่อนข้างทนแล้ง สามารถปลูกและให้ผลผลิตได้ดีในบริเวณทั่วไป ทั้งบริเวณที่แห้งแล้ง อุณหภูมิต่ำและบริเวณที่มีสภาพดินเลว (Childs,1948; Putt, 1963)

3. ปริมาณน้ำมันในเมล็ด

การขาดน้ำต่อปริมาณน้ำมันในเมล็ด พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างการให้น้ำทั้ง 3 วิธี แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพันธุ์ แสดงว่าปริมาณน้ำมันในเมล็ดทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 สูงกว่าในพันธุ์แปซิฟิค 55 คือ 46.37 และ 41.73 % ตามลำดับ (Figure 1, Table 3) และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ทานตะวันและวิธีการให้น้ำ มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 3) การที่การขาดน้ำไม่มีผลต่อปริมาณน้ำมันในเมล็ดทานตะวันอาจเนื่องมาจากทานตะวันเป็นพืชที่สามารถทนต่อสภาพการขาดน้ำได้ค่อนข้างดี (Connor and Hall, 1997) สามารถทนต่อสภาพการขาดน้ำ ทั้งที่เกิดจากการขาดน้ำในระบบการปลูก และการนำน้ำไปใช้ประโยชน์ของพืชในการเพิ่มผลผลิต (Morizet and Merrien, 1990)

4. ปริมาณกรดไขมันในเมล็ด

กรดไขมันในเมล็ดทานตะวัน palmitic, stearic, oleic, linoleic, linolenic และ behenic พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัย

Table 2. Effects of water deficit on dry matter production of Pacific 33 and Pacific 55

Variety	Dry weight (g)			
	Leaf	Stem	Head	Seed
Pacic 33	39.79 a	52.93 a	19.74 a	46.21 a
Pacic 55	49.57 a	58.99 a	27.20 a	55.9 a
CV (%)	39.68	39.72	19.91	29.66
Treatment				
T_1	47.41 a	59.00 a	24.77 a	56.12 a
T_2	47.21 a	56.59 a	23.84 a	52.09 a
T_3	39.43 a	52.29 a	21.80 a	44.96 a
CV (%)	21.91	17.97	15.3	19.74
Variety x treatment				
Pacic 33 x T_1	44.07 abc	58.48 a	20.12 ab	52.83 ab
Pacic 33 x T_2	39.93 bc	51.27 a	20.66 ab	45.35 ab
Pacic 33 x T_3	35.37 c	49.05 a	18.45 b	40.44 b
Pacic 55 x T_1	50.74 ab	59.51 a	29.43 a	59.40 a
Pacic 55 x T_2	54.48 a	61.92 a	27.02 ab	58.83 a
Pacic 55 x T_3	43.49 abc	55.53 a	25.16 ab	49.47 ab
CV (%)	13.39	12.15	18.98	12.36

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by LSD.

T_1 = control

T_2 = water stress at flower initiation

T_3 = water stress at anthesis

สำคัญทางสถิติระหว่างพันธุ์ แต่ในกรดไขมัน arachidic มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงว่าทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 มีปริมาณของกรดไขมัน arachidic สูงกว่าทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55 คือ 0.31% ขณะที่ทานตะวันแปซิฟิค 55 มีปริมาณกรดไขมัน arachidic 0.22% ในส่วนของการให้น้ำทั้ง 3 วิธี ได้แก่ ให้น้ำปกติ ให้ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก และให้ขาดน้ำในระยะดอกบาน พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ทานตะวันและวิธีการให้น้ำ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงได้ว่าทานตะวันแปซิฟิค 33 ที่มีการขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก มีปริมาณกรดไขมัน stearic สูงที่สุด 3.78% และทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55 ที่มีการให้น้ำทั้ง 3 วิธี มีปริมาณของกรดไขมัน stearic ต่ำที่สุด ในกรดไขมัน linolenic พบว่า

Table 3. Effects of water deficit on yield and oil content of Pacific 33 and Pacific 55

Variety	100 seed weight (g)	Yield/plant (g)	Yield (kg/rai)	Oil content (%)
Pacic 33	4.74 a	40.15 a	190.17 a	46.37 a
Pacic 55	5.09 a	42.72 a	202.33 a	41.73 a
CV (%)	11.45	25.07	25.07	5.15
Treatment				
T_1	5.17 a	43.97 a	208.24 a	43.43 a
T_2	4.79 a	40.13 a	190.07 a	44.69 a
T_3	4.80 a	40.21 a	190.43 a	44.03 a
CV (%)	6.58	10.38	10.38	1.81
Variety x treatment				
Pacic 33 x T_1	4.77 a	44.73 a	211.86 a	46.61 a
Pacic 33 x T_2	4.70 a	36.29 a	171.87 a	46.56 a
Pacic 33 x T_3	4.76 a	39.44 a	186.77 a	49.53 ab
Pacic 55 x T_1	5.57 a	43.21 a	204.63 a	40.24 c
Pacic 55 x T_2	4.87 a	43.97 a	208.26 a	42.82 bc
Pacic 55 x T_3	4.86 a	40.98 a	194.10 a	42.13 c
CV (%)	8.41	12.60	12.60	3.24

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by LSD.

T_1 = control

T_2 = water stress at flower initiation

T_3 = water stress at anthesis

ทานตะวันแปซิฟิค 55 ที่มีการให้น้ำปกติ มีปริมาณกรดไขมัน linolenic สูงที่สุด 0.06% รองลงมาในทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 มีปริมาณกรดไขมัน linolenic 0.02% ในส่วนของกรดไขมัน arachidic พบว่าทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 ที่มีการขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก มีปริมาณกรดไขมัน arachidic สูงที่สุด 0.36% รองลงมาคือ ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55 มีปริมาณกรดไขมัน arachidic 0.20% ในส่วนของกรดไขมัน behenic พบว่าทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 ที่มีการขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก มีปริมาณกรดไขมัน behenic สูงที่สุด 1.04% รองลงมาคือ ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55 ที่มีการให้น้ำตลอดฤดูปลูก มีปริมาณกรดไขมัน behenic 0.64% ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 ที่มีการให้น้ำตลอดฤดูปลูก มีปริมาณกรดไขมัน behenic 0.57% และทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55 ที่ขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอก มีปริมาณกรดไขมัน behenic 0.57% ตามลำดับ แสดงว่าการขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอกและการขาดน้ำในระยะ

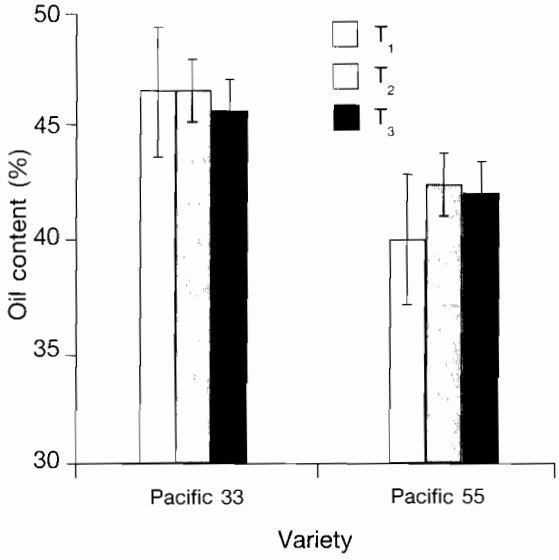

Figure 1. Effects of water deficit on oil content in two sunflower varieties; T_1 = control, T_2 = water stress at flower initiation and T_3 = water stress at anthesis, vertical bars represent standard errors of means

ดอกบาน มีแนวโน้มทำให้ปริมาณกรดไขมันชนิดต่างๆ เพิ่มขึ้น ในขณะที่ Ahmet และคณะ (2001) ได้รายงานไว้ว่าในช่วงที่มีการขาดน้ำนั้นมีผลให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมัน palmitic, oleic และ linolenic ลดลง ในขณะที่กรดไขมัน linoleic เพิ่มขึ้น (Table 4) ซึ่งความแตกต่างของผลการทดลองที่กล่าวมานี้ นอกจากจะเกี่ยวข้องกับการใช้พันธุ์ทานตะวันที่ต่างกันแล้ว ยังอาจเกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันด้วย เนื่องจากความเข้มแสงและความยาวช่วงวันที่เปลี่ยนไป มีผลต่อการสังเคราะห์กรดไขมันได้แก่ ปริมาณกรดไขมัน oleic และกรดไขมัน linoleic ของน้ำมันในเมล็ด (Unger and Thompson, 1982) จากการทดลองนี้พบว่าการขาดน้ำมีแนวโน้มทำให้กรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งมีประโยชน์ในด้านโภชนาการคือ กรด oleic และ linoleic มีปริมาณเพิ่มขึ้น แสดงว่าการขาดน้ำหากไม่รุนแรงจนทำให้ผลผลิตลดลง ก็จะไม่ทำให้คุณค่าทางโภชนาการของทานตะวันลดลง แต่กลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการสนับสนุนถึงความสามารถในการทนแล้งของทานตะวันที่ค่อนข้างดี และอาจเป็นแนวทางสำหรับการทดลองที่จะมีขึ้นต่อไป ในการที่จะศึกษาว่าการขาดน้ำแบบไม่รุนแรงจะสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดทานตะวันได้จริงหรือไม่ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการการให้น้ำในการผลิตทานตะวันต่อไป

สรุปผลการทดลอง

1. การขาดน้ำทั้งในระยะกำเนิดตุ่มดอกและระยะดอกบาน มีผลให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นและขนาดจานดอกทานตะวันลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

2. เมื่อทานตะวันมีอายุ 45 วัน ต้นทานตะวันที่ขาดน้ำในระยะดอกบาน มีความสูงลดลงเมื่อเปรียบเทียบจากชุดควบคุม

3. การขาดน้ำทั้งในระยะกำเนิดตุ่มดอกและระยะดอกบานไม่มีผลต่อผลผลิต การสะสมน้ำหนักแห้ง น้ำหนัก 100 เมล็ด แต่มีผลต่อปริมาณน้ำมันในเมล็ดของทานตะวันทั้ง 2 สายพันธุ์ที่ทำการทดลอง

Table 4. Effects of water deficit on percentage of fatty acids of Pacific 33 and Pacific 55

Variety	Fatty acids composition (%)						
	Palmitic	Stearic	Oleic	Linoleic	Linolenic	Arachidic	Behenic
Pacic 33	6.06 a	3.29 a	52.96 a	33.67 a	0.03 a	0.31 a	0.80 a
Pacic 55	5.18 a	2.33 a	50.33 a	38.57 a	0.05 a	0.22 b	0.66 a
CV (%)	18.24	24.67	15.42	28.31	48.99	12.97	21.80
Treatment							
T_1	5.49 a	2.64 a	51.01 a	37.31 a	0.04 a	0.24 a	0.61 a
T_2	6.24 a	2.98 a	53.74 a	32.89 a	0.05 a	0.28 a	0.81 a
T_3	5.14 a	2.80 a	50.17 a	38.16 a	0.04 a	0.27 a	0.76 a
CV (%)	18.95	21.54	12.53	24.34	40.13	33.15	27.21
Variety x treatment							
Pacic 33 x T_1	6.03 a	2.82 ab	49.73 a	37.86 a	0.02 b	0.26 ab	0.57 b
Pacic 33 x T_2	6.83 a	3.78 a	58.43 a	26.23 a	0.05 ab	0.36 a	1.04 a
Pacic 33 x T_3	5.32 a	3.27 ab	50.71 a	36.92 a	0.03 ab	0.30 ab	0.77 ab
Pacic 55 x T_1	4.94 a	2.46 b	52.28 a	36.75 a	0.06 a	0.22 ab	0.64 b
Pacic 55 x T_2	5.65 a	2.19 b	49.06 a	39.55 a	0.04 ab	0.20 b	0.57 b
Pacic 55 x T_3	4.96 a	2.34 b	49.64 a	39.4 a	0.05 ab	0.23 ab	0.75 ab
CV (%)	22.95	19.63	12.90	25.06	41.34	24.29	18.64

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by LSD.

T_1 = control

T_2 = water stress at flower initiation

T_3 = water stress at anthesis

4. ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 มีปริมาณน้ำมันในเมล็ดสูงกว่าทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55

5. การขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอกและระยะดอกบาน ไม่มีผลให้ปริมาณน้ำมันในเมล็ดลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

6. การขาดน้ำในระยะกำเนิดตุ่มดอกมีแนวโน้มทำให้กรดไขมัน oleic เพิ่มขึ้นในทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 33 และกรดไขมัน linoleic เพิ่มขึ้นในทานตะวันพันธุ์แปซิฟิค 55

เอกสารอ้างอิง

คณิต กฤษณังกูร. 2541. *แก๊สโครมาโตกราฟี.* พิมพ์ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ. 211 หน้า.

ชูศักดิ์ จอมพุก. 2542. *ทานตะวัน พืชเศรษฐกิจ.* สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 471 หน้า.

นิพนธ์ สนั่นเรืองศักดิ์. 2546. *การศึกษาปริมาณการให้น้ำที่เหมาะสมสำหรับการปลูกทานตะวัน.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร

มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 102 หน้า.

นิรนาม. 2541. *การปลูกทานตะวัน.* http://www.doae.go.th/Library/html/detail/sunflower/index1.htm, 18/12/2008.

นิรนาม ก. 2551. *การวิเคราะห์ดินพื้นฐาน ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกทานตะวัน.* ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม. 1 หน้า.

นิรนาม. 2551 ข. *ข้อมูลปริมาณฝน.* สถานีอากาศเกษตร กรมอุตุนิยมวิทยา กำแพงแสน นครปฐม. (อัดสำเนา)

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2542. *เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืชไร่.* สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 276 หน้า.

สุพจน์ แสงประทุม. 2542. การผลิตและงานวิจัยทานตะวันในประเทศไทย.หน้า 103-115. *ใน : การประชุมวิชาการงา ทานตะวัน ละหุ่งและดอกคำฝอยแห่งชาติ ครั้งที่ 1.* จัดโดยกรมส่งเสริมการเกษตร กรมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น วันที่ 7-8 กันยายน 2542 ณ โรงแรมรามาการ์เดนส์ กรุงเทพฯ.

เสาวนีย์ จักรพิทักษ์. 2526. *หลักโภชนาการปัจจุบัน.* http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=30, 09/09/2009.

หนึ่งนุช วันทอง. 2546. *คุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดพันธุ์ทานตะวันที่มีผลมาจากการปลูกในความหนาแน่นพืชที่ต่างกัน.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 107 หน้า.

Ahmet A., F., 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.

Anon. 2002. *Sunflower: 4 confection/ Non Oil.* Web site: http://www.sunflowernsa.com/. confection/detail. Asp. Page 1 of 2, 20/07/2009.

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

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

Connor, D. and A. Hall. 1997. Sunflower physiology. Pages 67-113. *In: Sunflower Technology and Production, Agronomy Monograph 35.* Schneiter, Madison, A.A. (ed.), (WI, USA), ASA-CSSA-SSSA.

Cooper, E.L. 1997. *Agriscience: Fundamentals and Application, 2nd.* edition. International Thomson

Publishing Inc, America. 279 p.

Croissant, R.L. and R.H. Follett. 2003. *Sunflower Production.* Web site: http://www.colostate.edu/Depts/IPM/pdf/00102.pdf, 22/07/2003.

Kangsadalampai, K. and P. Sungpuag. 1984. *Laboratory Manual for Food Analysis.* Institute of Nutrition, Mahidol University, Bangkok. 81 p.

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

Morizet, J. and A., Merrien. 1990. Principaux traits du comportement hydrique du tournesol. Pages 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. Abstracts* 11:99-109.

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

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

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

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