

# การตอบสนองของถั่วเหลืองที่มีอายุแตกต่างกัน ต่อการเริ่มต้นให้น้ำในช่วงการเจริญเติบโตระยะต่างๆ

## Responses of Different Maturing Soybeans to Irrigation Initiation at Different Growth Stages

วันชัย ถนอมทรัพย์<sup>1</sup> กนกพร เมลาณนท์<sup>2</sup> อาณัติ วัฒนสิทธิ์<sup>1</sup> สมชาย บุญประดับ<sup>3</sup>  
Wanchai Thanomsub<sup>1</sup> Kanokporn Maolanont<sup>2</sup> Anat Watanasit<sup>1</sup> Somchai Boonpradub<sup>3</sup>

### ABSTRACT

Irrigation frequency directly influence variable costs of soybean production. Reduction in the number of irrigation can be done by delaying irrigation during growth stages. The experiments were carried out in 2 consecutive years to investigate responses of 3 maturing soybean cultivars to irrigation initiation on a silty clay loam soil at Chai Nat Field Crops Research Centre. The number of irrigation throughout the season was 3-6 for 1995/96 experiment (Expt. I) and 4-7 for 1997 experiments (Expt. II). Total amounts of water applied throughout the season for Expt. I and II were 124-237 and 141-282 mm respectively, depending up on initiation of irrigation and cultivars used. Three soybean cultivars responded similarly to initiation of irrigation in both seasons. Leaf area index, leaf area duration and crop growth rate reduced significantly with delaying irrigation from V4 to R3. Full irrigation (FI) produced the highest yield (342 and 231 kg/rai for Expt I and II, respectively), whereas initiation of irrigation at V4, R1 and R3 stages reduced yields around 12-17, 26-33 and 29-44% respectively. Reduction in the number of pods/plant was the main factor causing a smaller yield of beginning irrigation at V4, R1 and R3. Three soybean cultivars showed no significant differences in yield for Expt. I, whereas SJ. 5 gave 6 and 12% yield higher than Sukhothai 2 and Nakhonsawan 1 respectively in Expt. II. Nakhon Sawan 1 produced the greatest seed size, and SJ. 5 and Sukhothai 2 had the highest number of pods/plant and seeds/pod, respectively.

**Key words** : soybeans, irrigation initiation, growth stages, yield components

### บทคัดย่อ

ได้ดำเนินการทดลองเพื่อตรวจสอบ การตอบสนองของถั่วเหลืองที่มีอายุการสุกแก่แตกต่างกัน 3 พันธุ์ ต่อการเริ่มต้นให้น้ำในช่วงการเจริญเติบโตระยะต่างๆ 4 ระยะ บนดินชนิด silty clay loam ที่ศูนย์วิจัย

พืชไร่ชัยนาท ระหว่าง ธันวาคม 2538-มีนาคม 2539 และทำการทดลองซ้ำบนพื้นที่เดียวกัน ระหว่าง 8 มกราคม-20 เมษายน 2540 ผลการทดลองของทั้งสองฤดูเป็นไปในแนวเดียวกัน จำนวนครั้งการให้น้ำตลอดฤดูปลูกสำหรับการทดลองปี 2538/39 มีค่า

<sup>1</sup> ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท อ. เมือง จ. ชัยนาท 17000  
Chai Nat Field Crops Research Centre, Chai Nat 17000

<sup>2</sup> สถาบันวิจัยพืชไร่ กรุงเทพมหานคร 10900  
Field Crops Research Institute, Bangkok 10900

<sup>3</sup> สถานีทดลองพืชไร่พิษณุโลก จ. พิษณุโลก 65130  
Phitsanulok Field Crop Experiment Station, Amphoe Wang Thong, Phitsanulok 65130

3-6 ครั้ง และการทดลองปี 2540 มีค่า 3-7 ครั้ง ปริมาณน้ำที่ให้ตลอดฤดูปลูก มีค่า 124-237 และ 124-282 มม. สำหรับการทดลองปี 2538/39 และ 2540 ตามลำดับ ถั่วเหลืองทั้ง 3 พันธุ์ ตอบสนองต่อระยะเวลาการเริ่มต้นให้น้ำในแนวเดียวกัน leaf area index, leaf area duration และ crop growth rate ลดลงอย่างมีนัยสำคัญในทุกระดับของระยะเวลาการเริ่มต้นให้น้ำ โดยค่าดังกล่าวลดลงเมื่อการให้น้ำเริ่มต้นช้า การเริ่มต้นให้น้ำที่ระยะ V4, R1 และ R3 ให้ผลผลิตลดลงโดยเฉลี่ย 12-17, 26-33 และ 29-44% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำเต็มที่ โดยจำนวนฝักต่อต้น เป็นองค์ประกอบผลผลิตหลักที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงผลผลิต การเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญของขนาดเมล็ดต่อระยะเวลาการเริ่มต้นให้น้ำ พบเฉพาะการทดลองปี 2538/39 ขณะที่จำนวนเมล็ดต่อฝัก ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งสองการทดลอง

ถั่วเหลืองทั้ง 3 พันธุ์ ให้ผลผลิตแตกต่างกันทางสถิติเฉพาะการทดลองปี 2540 โดยพันธุ์สจ. 5 ให้ผลผลิตสูงกว่าสุโขทัย 2 และนครสวรรค์ 1 โดยเฉลี่ย 6 และ 18% ตามลำดับ ในส่วนขององค์ประกอบผลผลิตพบว่า นครสวรรค์ 1 มีขนาดเมล็ดใหญ่สุด ขณะที่ สจ. 4 และสุโขทัย 2 มีจำนวนฝัก ต่อต้น และเมล็ดต่อฝัก สูงสุด ตามลำดับ

คำหลัก : ถั่วเหลือง ระยะเวลาการเริ่มต้นให้น้ำ ระยะการเจริญเติบโต ผลผลิต

## คำนำ

ปริมาณน้ำที่ถั่วเหลืองได้รับมีผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญเติบโต และผลผลิต (Garside *et al.*, 1992 และ Doorenbos and Pruitt, 1977) ดังนั้นการลดการให้น้ำเพื่อลดต้นทุนการผลิตอาจมีผลให้รายได้สุทธิลดลง ถ้าการลดการให้น้ำเป็นผลให้ผลผลิตลดลงอย่างมาก Begg and Turner (1976) และ Sionit and Kramer (1977) รายงานว่า การขาดน้ำในทุกช่วงการเติบโตจะทำให้ผลผลิตลดลง แต่ผลผลิตจะลดลงเล็กน้อยแค่ไหนขึ้นกับ ระดับความรุนแรง ช่วง

เวลาการขาดน้ำ และความยาวนานของการขาดน้ำ โดยการขาดน้ำในช่วงสร้างฝักอ่อน และสร้างเมล็ด มีผลเสียหายต่อผลผลิต มากกว่าการขาดน้ำในช่วงก่อนออกดอก หรือช่วงออกดอก อย่างไรก็ตาม การขาดน้ำในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น และใบ ผลผลิตจะลดลงน้อยกว่าการขาดน้ำในช่วงออกดอก และหลังออกดอก (ธวัชชัย, 2526) Stegman (1989) พบว่าการขาดน้ำที่ไม่รุนแรงของถั่วเหลือง indeterminate type ที่ปลูกบนดินชนิด loamy sand ในช่วงการเติบโตระยะ R6.5 ถึง R7 ผลผลิตลดลงเพียง 7-10% ในขณะที่การขาดน้ำอย่างรุนแรงผลผลิตจะลดลง 12-27% Heatherly and Russell (1979) และ Heatherly (1983) แสดงให้เห็นว่า การเจริญเติบโตของถั่วเหลืองบนดินชนิด silt loam soil และ clay soil มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน แต่การตอบสนองของผลผลิตบนดินทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม Grissom and Elmore (1983) และ Scott and Batchelor (1979) พบว่าถั่วเหลืองพันธุ์เดียวกันที่ปลูกบนดินชนิด clay soil ให้ผลผลิตต่ำกว่าถั่วเหลืองที่ปลูกบนดินชนิด coarser-textured soil

จากการศึกษาของ วันชัย และคณะ (2539) พบว่าการปลูกถั่วเหลืองบนดินชนิด silty clay loam ผลผลิตจะเพิ่มขึ้น 28% เมื่อเพิ่มความถี่การให้น้ำจากการให้น้ำเมื่อค่าการระเหยสะสม 120 มม. เป็น 60 มม. อย่างไรก็ตามการลดปริมาณการให้น้ำจากอัตรา 90% ของค่าการระเหยเป็น 70% ของค่าการระเหยผลผลิตของถั่วเหลืองจะไม่แตกต่างกันในทุกอัตราปลูก (วันชัย และคณะ, 2538a) และทุกการจัดระยะปลูก (วันชัย และคณะ, 2540)

แม้ว่าได้มีผู้ทำการศึกษาค้นคว้าการตอบสนองของถั่วเหลืองต่อการให้น้ำบนดินชนิดต่างๆ มากมาย แต่มีรายงานน้อยมากที่ทำการตรวจสอบการตอบสนองของถั่วเหลืองต่อการเริ่มต้นให้น้ำในระยะการเจริญเติบโตต่างๆ บนดินชนิด silty clay loam ในสภาพแวดล้อมเขตชลประทานภาคกลาง ดังนั้นการทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ตรวจสอบผลของการหยุดให้น้ำในช่วงการเจริญเติบโตระยะต่างๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิต ของถั่วเหลืองที่มีอายุ

เก็บเกี่ยวแตกต่างกัน บนดินชนิด silty clay loam

## อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองที่ ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ปี 2538/39 โดยปลูกวันที่ 15 ธันวาคม 2538 และเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้าย 15 มีนาคม 2539 และทำการทดลองซ้ำบนพื้นที่เดียวกันในปี 2540 โดยปลูกวันที่ 8 มกราคม และเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้าย 16 เมษายน 2540 ดินที่ใช้ทำการทดลองเป็นดินชนิด silty clay loam ค่าวิเคราะห์ดินก่อนทำการทดลองปี 2538/39 มีค่า pH 5.9 O.M 2.3% P 28.6 ppm และ K 173.8 ppm ความชื้นที่จุด field capacity (0.33 บาร์) และ permanent wilting point (15 บาร์) มีค่า 24.1 และ 16.9% ตามลำดับ ระหว่างดำเนินการทดลองทั้งสองฤดู ไม่มีฝนตก ดังนั้นปริมาณน้ำที่ถั่วเหลืองได้รับจึงเป็นน้ำที่ได้จากการให้น้ำเพียงอย่างเดียว

วางแผนการทดลองแบบ split plot design จำนวน 3 ซ้ำ main plots ประกอบด้วย การเริ่มต้นให้น้ำ 4 ระยะ โดยใช้ระยะเวลาเจริญเติบโตของถั่วเหลืองตามข้อเสนอของ Fehr and Caviness (1979) เป็นตัวกำหนด ได้แก่ เริ่มต้นให้น้ำที่ระยะ V4 (ข้อที่ 4 ของต้นถั่วเหลืองมีใบขยายตัวเต็มที่), R1 (beginning bloom), R3 (beginning pod) เป็นต้นไป และการให้น้ำเต็มที่ (full irrigation, FI)

ในการทดลองครั้งนี้ ใช้ค่าการระเหยน้ำจากภาควัดการระเหยชนิด U.S. Class A pan ที่รวบรวมจากสถานีตรวจอากาศเกษตรชัยนาท ซึ่งตั้งอยู่ห่างจากแปลงทดลองประมาณ 100 เมตร เป็นตัวกำหนดปริมาณ และระยะเวลาการให้น้ำแต่ละครั้ง เมื่อถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์เจริญเติบโตถึงระยะต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ใน main plots จะเริ่มต้นทำการให้น้ำสำหรับวิธีการ FI จะเริ่มต้นให้น้ำหลังจากปลูกเป็นต้นไป ภายหลังจากให้น้ำครั้งแรกทุกวิธีการจะได้รับน้ำอย่างต่อเนื่องโดยจะให้น้ำทุกครั้งเมื่อค่าการระเหยสะสมจากภาควัดการระเหยครบ 60 มม. หรือใกล้เคียงปริมาณน้ำที่ให้แต่ละครั้งมีค่าเท่ากับ 70% ของค่าการระเหยสะสม และทุกวิธีการจะได้รับน้ำครั้งสุดท้าย

ท้ายเมื่อฝักแรกเริ่มเปลี่ยนสี

Sub-plots ได้แก่ ถั่วเหลืองพันธุ์นครสวรรค์ 1 (อายุสั้น) สุโขทัย 2 (อายุปานกลาง) และ สจ. 5 (อายุยาว)

ขนาดแปลงย่อยเท่ากับ 3x6 ม. และเพื่อป้องกันการไหลซึมของน้ำระหว่าง main plots จึงทำการทดลองในแปลง concrete block ที่มีผนัง concrete หนา 5 ซม. ฝังลึก 120 ซม. กั้นระหว่าง main plots และระหว่าง sub plots มีคันทินกว้างประมาณ 150 ซม.

ก่อนปลูกทุกแปลงจะได้รับปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 25 กก./ไร่ หว่าน ไถกลบ แล้วปลูกถั่วเหลือง โดยใช้ระยะระหว่างแถว 50 ซม. ระยะระหว่างหลุม 10 ซม. หลังปลูกให้น้ำอย่างเพียงพอสำหรับการงอก (ประมาณ 30 มม.) ภายหลังจากถั่วเหลืองงอกประมาณ 7 วัน ถอนแยกให้เหลือ หลุมละ 2 ต้น ซึ่งอัตราดังกล่าวจะได้อัตราปลูก 64,000 ต้น/ไร่

ระหว่างการทดลองมีการเก็บตัวอย่างพืช 2 ครั้ง โดยครั้งแรกเก็บเมื่อถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์ เริ่มออกดอก (R1) สำหรับการทดลองปี 2538/39 และที่ 47 วันหลังปลูก สำหรับการทดลองปี 2540 ครั้งที่ 2 เก็บเมื่ออายุ 60 และ 57 วัน สำหรับการทดลองปี 2538/39 และ 2540 ตามลำดับ ในการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งจะทำการสุ่มโดยใช้ตัวอย่างพืชจำนวน 10 ต้น (พื้นที่เก็บ 0.25 ตารางเมตร) แล้วนำพืชตัวอย่างทั้งหมดมาวิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ใบ และน้ำหนักทั้งหมดส่วนเหนือดิน ในการวิเคราะห์พื้นที่ใบ จะทำโดยใช้เครื่องมือวัดพื้นที่ใบชนิด Automatic Area Meter Model AAM 7 ของ Hayashi Denkon CO., LTD หลังจากนั้นนำส่วนต่างๆ ของพืช ได้แก่ ใบ, ต้น และฝัก ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลาประมาณ 72 ชม. หรือจนกระทั่งน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลง แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ เพื่อคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้งของแต่ละวิธีการ

ในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตจะใช้พื้นที่เก็บเกี่ยว 6 ตารางเมตร หลังจากนั้นสุ่มตัวอย่างพืชจากต้นที่เก็บเกี่ยวทั้งหมด จำนวน 10 ต้น เพื่อวิเคราะห์หา จำนวนฝัก/ต้น และ จำนวนเมล็ด/ฝัก สำหรับผลผลิตจะวิ-

เคราะห์หาน้ำหนักเมล็ดจากต้นเก็บเกี่ยวทั้งหมดแล้ว คำนวณเป็นน้ำหนัก กก./ไร่ จำนวนเมล็ด/ฝัก คำนวณโดยนับจำนวนเมล็ดทั้งหมดจากพืชตัวอย่างแล้วหารด้วยจำนวนฝักทั้งหมด สำหรับขนาดเมล็ด จะทำการสุ่มเมล็ดจากผลผลิตทั้งหมด จำนวน 500 เมล็ด แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักเมล็ด

การคำนวณหาค่า leaf area index (LAI), leaf area duration (LAD) และ crop growth rate (CGR) ทำโดยใช้วิธีการ ที่เสนอโดย Hunt (1978) ได้แก่

$$LAI = AL/AG$$

เมื่อ AL = พื้นที่ใบทั้งหมด (total leaf area)

AG = พื้นที่ดิน (ground area which supports AL)

$$LAD = (LAI_1 + LAI_2) (T_2 - T_1) / 2$$

เมื่อ LAI1 และ LAI2 = พื้นที่ใบของการวัดครั้งที่ 1 และ 2

T1 และ T2 = ระยะเวลาในการวัดพื้นที่ใบครั้งที่ 1 และ 2

$$CGR = \frac{1}{AG} \times \frac{(W_2 - W_1)}{(T_2 - T_1)}$$

W1 และ W2 = น้ำหนักแห้งทั้งหมดที่ ระยะเวลา T1 และ T2

## ผลการทดลอง

### สภาพภูมิอากาศ

อุณหภูมิและค่าการระเหยน้ำจากภาควัดการระเหยระหว่างดำเนินการทดลอง รวบรวมไว้ใน ตารางที่ 1 อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน มีค่าระหว่าง 24.4-29.5 และ 24.8-29.9 °C สำหรับการทดลองปี 2538/39 และ 2540 ช่วงแรกของการทดลองเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำ หลังจากนั้นอุณหภูมิจะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และสูงสุดในช่วงสุกแก่และเก็บเกี่ยว ปริมาณการระเหยน้ำจากภาควัดการระเหย มีค่าระหว่าง 3.9-5.6 และ 4.0-6.5 มม./วัน สำหรับการทดลองปี 2538/39 และ 2540 ตามลำดับ โดยมีนาคมมีค่าการระเหยสูงสุด และมกราคมที่ค่าการระเหยต่ำสุด สำหรับการทดลองปี 2538/39 และค่าการระเหยต่ำสุดและสูงสุดของการทดลองปี 2540 พบในเดือนมกราคม และเมษายน ตามลำดับ ระยะเวลาที่ใช้สำหรับการระเหยสะสมครบ 60 มม. มีค่าระหว่าง 9-14 วัน ดังนั้นการให้น้ำแต่ละครั้งจึงอยู่ในช่วงระยะเวลาดังกล่าว

ระยะเวลาที่ใช้สำหรับการเติบโตระยะต่าง ๆ ระยะเวลาที่ใช้สำหรับการเจริญเติบโตจนถึงระยะ V4, R1 และ R3 ของต้นเหลืองทั้ง 3 พันธุ์ แสดง

Table 1. Maximum, minimum and mean temperatures and evaporation from U.S. Class A pan (at Chai Nat Field Crops Research Center) during conducting the 1995/96 and 1997 experiments.

Month	Temperature (°C)			Evaporation (mm)	
	Maximum	Minimum	Mean	Total	Mean daily
<b>1995/96 Expt.</b>					
December	30.3	18.6	24.4	137	4.4
January	32.1	19.0	25.5	121	3.9
February	32.2	20.3	26.2	148	5.1
March	34.9	24.1	29.5	174	5.6
<b>1997 Expt.</b>					
January	31.4	18.1	24.8	125	4.0
February	33.6	21.3	27.5	133	4.8
March	34.9	23.7	29.3	154	5.0
April	35.5	24.3	29.9	195	6.5

**Table 2. The number of days from planting to reach V4, R1 and R3 growth stages for three soybeans cultivars sown at Chai Nat FCRC in the 1995/96 and 1997 growing seasons.**

Cultivars	1995/96			1997		
	V4	R1	R3	V4	R1	R3
Nakhon Sawan 1	25	33	42	24	32	38
Sukhothai 2	25	33	42	25	33	40
SJ.5	25	37	47	27	38	45

ไว้ในตารางที่ 2 ถั่วเหลืองทั้ง 3 พันธุ์ใช้ระยะเวลาจากปลูกจนถึงระยะ V4 ไม่แตกต่างกันมากนัก ระยะเวลาที่ใช้ระหว่าง 24-27 วัน อย่างไรก็ตามพันธุ์ สจ. 5 ใช้ระยะเวลาจนถึงระยะ R1 และ R3 มากกว่า นครสวรรค์ 1 และ สุโขทัย 2 โดยเฉลี่ย 4-7 วัน ขณะที่พันธุ์นครสวรรค์ 1 และ สุโขทัย 2 ใช้ระยะเวลาการเจริญเติบโตจากปลูกจนถึงระยะต่างๆ ไม่แตกต่างกันมากนัก

### จำนวนครั้ง และปริมาณน้ำที่ให้

จำนวนครั้ง และปริมาณการให้น้ำตลอดฤดูปลูกของถั่วเหลืองทั้ง 3 พันธุ์ ในทุกระยะเวลาการเริ่มต้นให้น้ำ ของการทดลองปี 2538/39 และ 2540 รวบรวมไว้ในตารางที่ 3

วิธีการ FI มีการให้น้ำตลอดฤดูปลูกระหว่าง 5-6 ครั้ง สำหรับการทดลองปี 2538/39 และ 5-7 ครั้ง สำหรับการทดลองปี 2540 โดยทั่วไป จำนวนการให้น้ำของแต่ละพันธุ์ลดลงประมาณ 1 ครั้ง เมื่อเริ่มต้นให้น้ำที่ระยะ V4 และ 1-2 ครั้ง เมื่อเริ่มต้นให้น้ำที่ระยะ R1 และ R3 และจำนวนครั้งการให้น้ำสำหรับพันธุ์ สจ. 5 มากกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 1 ประมาณ 1-2 ครั้ง ขณะที่จำนวนการให้น้ำของพันธุ์นครสวรรค์ 1 และสุโขทัย 2 ไม่แตกต่างกัน ในการทดลองปี 2538/39 ขณะที่การทดลองปี 2540 พบว่าโดยทั่วไปพันธุ์นครสวรรค์ 1 มีการให้น้ำน้อยกว่าสุโขทัย 2 ประมาณ 1 ครั้ง

ผลการทดลองทั้ง 2 ฤดูแสดงให้เห็นว่า เมื่อเปรียบเทียบกับ FI ปริมาณการให้น้ำลดลงระหว่าง 10-16% เมื่อเริ่มต้นให้น้ำที่ระยะ V4 และ 20-29% เมื่อเริ่มต้นให้น้ำที่ระยะ R1 และ 30-41% เมื่อเริ่ม

ต้นให้น้ำที่ระยะ R3

ในการทดลองปี 2538/39 พบว่าปริมาณการให้น้ำสำหรับพันธุ์นครสวรรค์ 1 และ สุโขทัย 2 ไม่แตกต่างกัน แต่การทดลองปี 2540 พบว่าปริมาณการให้น้ำของพันธุ์นครสวรรค์ 1 น้อยกว่า สุโขทัย 2 โดยเฉลี่ย 20% ขณะที่ปริมาณการให้น้ำสำหรับพันธุ์นครสวรรค์น้อยกว่า พันธุ์ สจ. 5 โดยเฉลี่ย 13 และ 33% สำหรับการทดลองปี 2538/39 และ 2540 ตามลำดับ

### Leaf area index (LAI), Leaf area duration (LAD) และ Crop growth rate (CGR)

ไม่มีปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ถั่วเหลืองและระยะเวลาการเริ่มต้นให้น้ำ ในส่วนของ LAI, LAD และ CGR ทั้งสองการทดลอง ดังนั้นจึงนำเสนอเฉพาะค่าเฉลี่ยของผลของปัจจัยดังกล่าว (ตารางที่ 4) ระยะเวลาการเริ่มต้นให้น้ำมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลง LAI, LAD และ CGR ทั้งสองฤดูปลูก โดยค่าดังกล่าวมีค่าสูงสุดเมื่อมีการให้น้ำเต็มที่ และจะลดลงอย่างต่อเนื่องถ้าการให้น้ำเริ่มต้นช้า และมีค่าต่ำสุดเมื่อเริ่มให้น้ำที่ระยะ R3

พันธุ์ สจ. 5 มีค่า LAI สูงกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 1 และ สุโขทัย 2 อย่างมีนัยสำคัญ ในทุกระยะเวลาที่ตรวจสอบ ในทางตรงกันข้ามพันธุ์ สจ. 5 มีอัตราการเติบโต (CGR) ต่ำกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 1 และ สุโขทัย 2 อย่างมีนัยสำคัญ โดยทั่วไป พันธุ์สุโขทัย 2 มีค่า LAI สูงกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 1 อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามค่า LAD และ CGR ของทั้งสองพันธุ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

### ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต

การตอบสนองทางด้านผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต ของถั่วเหลืองที่มีอายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน ต่อระยะเวลาการเริ่มต้นให้น้ำเป็นไปในแนวเดียวกัน ดังนั้นจึงนำเสนอเฉพาะค่าเฉลี่ยของผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต (ตารางที่ 5) การเริ่มต้นให้น้ำในทุกระยะการเจริญเติบโต มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต การให้น้ำที่ FI ให้ผลผลิตสูงกว่าการเริ่มต้นให้น้ำที่ระยะ

**Table 3. Irrigation dates and amounts (mm, in bracket) for full irrigation (FI) and irrigation initiated at V4, R1, R3 growth stages for 3 maturing soybean cultivars sown at Chai Nat FCRC in the 1995/96 and 1997 growing seasons.**

Irrigation Initiation	1995/96 Experiment			1997 Experiment		
	Cultivar			Cultivar		
	Nakhonsawan 1	Sukhothai 2	SJ. 5	Nakhonsawan 1	Sukhothai 2	SJ. 5
<b>Full irrigation</b>						
1.	25/12/95 (42)	25/12/95 (42)	25/12/95 (42)	23/1/97 (42)	23/1/97 (42)	23/1/97 (42)
2.	12/1/96 (42)	12/1/96 (42)	12/1/96 (42)	6/2/97 (42)	6/2/97 (42)	6/2/97 (42)
3.	28/1/96 (42)	28/1/96 (42)	28/1/96 (42)	19/2/97 (42)	19/2/97 (42)	19/2/97 (42)
4.	9/2/96 (42)	9/2/96 (42)	9/2/96 (42)	3/3/97 (42)	3/3/97 (42)	3/3/97 (42)
5.	19/2/96 (37)	19/2/96 (42)	19/2/96 (42)	15/3/97 (42)	15/3/97 (42)	15/3/97 (42)
6.			28/2/96 (27)		26/3/97 (42)	26/3/97 (42)
7.						4/4/97 (30)
<b>Total</b>	<b>205</b>	<b>205</b>	<b>237</b>	<b>210</b>	<b>252</b>	<b>282</b>
<b>V4 stage</b>						
1.	9/1/96 (42)	9/1/96 (42)	9/1/96 (42)	30/1/97 (42)	1/2/97 (42)	3/2/97 (42)
2.	25/1/96 (42)	25/1/96 (42)	25/1/96 (42)	12/2/97 (42)	13/2/97 (42)	16/2/97 (42)
3.	7/2/96 (42)	7/2/96 (42)	7/2/96 (42)	25/2/97 (42)	26/2/97 (42)	28/2/97 (42)
4.	19/2/96 (42)	19/2/96 (42)	19/2/96 (42)	9/3/97 (42)	11/3/97 (42)	12/3/97 (42)
5.			28/2/96 (32)	15/3/97 (22)	22/3/97 (42)	23/3/97 (42)
					26/3/97 (16)	4/4/97 (42)
<b>Total</b>	<b>168</b>	<b>168</b>	<b>200</b>	<b>190</b>	<b>226</b>	<b>252</b>
<b>R1 stage</b>						
1.	17/1/96 (42)	17/1/96 (42)	21/1/96 (42)	8/2/97 (42)	9/2/97 (42)	14/2/97 (42)
2.	2/2/96 (42)	2/2/96 (42)	4/2/96 (42)	18/2/97 (42)	22/2/97 (42)	26/2/97 (42)
3.	13/2/96 (42)	13/2/96 (42)	16/2/96 (42)	2/3/97 (42)	6/3/97 (42)	11/3/97 (42)
4.	19/2/96 (42)	19/2/96 (19)	28/2/96 (42)	15/3/97 (42)	18/3/97 (42)	22/3/97 (42)
5.					26/3/97 (30)	4/4/97 (47)
<b>Total</b>	<b>145</b>	<b>145</b>	<b>168</b>	<b>168</b>	<b>198</b>	<b>215</b>
<b>R3 stage</b>						
1.	26/1/96 (42)	26/1/96 (42)	31/1/96 (42)	14/2/97 (42)	16/2/97 (42)	21/2/97 (42)
2.	8/2/96 (42)	8/2/96 (42)	11/2/96 (42)	26/2/97 (42)	28/2/97 (42)	5/3/97 (42)
3.	19/2/96 (40)	19/2/96 (20)	24/2/96 (42)	11/3/97 (42)	12/3/97 (42)	17/3/97 (42)
4.			28/2/96 (15)	15/3/97 (15)	26/3/97 (50)	29/3/97 (42)
						4/4/97 (23)
<b>Total</b>	<b>124</b>	<b>124</b>	<b>141</b>	<b>141</b>	<b>176</b>	<b>191</b>

**Table 4. Effects of irrigation initiated at V4, R1 and R3 growth stages and full irrigation (FI) on leaf area index (LAI) at flowering (LAI at F) and 60 days after planting (DAP) for 1995/96 season and at 47 and 57 DAP for 1997 season, leaf area duration (LAD, day) and crop growth rate (CGR, g/sq.m./day) (flowering-60 DAP and 47-57 DAP in the 1995/96 and 1997 growing seasons respectively) for three soybean cultivars.**

	1995/96				1997			
	LAI at F	LAI 60	LAD	CGR	LAI 47	LAI 57	LAD	CGR
<b>Irrigation Termination</b>								
FI	1.59 a	3.1 a	59.6 a	11.72 a	3.1 a	3.2 a	19.3 a	11.4 a
V4	1.37 b	2.8 b	52.8 b	9.7 b	2.8 b	3.0 ab	17.7 ab	10.0 ab
R1	1.10 c	2.5 c	45.3 c	7.54 c	2.6 c	2.7 bc	16.1 bc	9.1 b
R3	1.08 c	2.1 d	40.6 d	5.55 d	2.3 d	2.4 c	14.5 c	8.2 b
CV.(%)	5.2	5.6	5.1	6.1	7.0	13.9	11.9	17.5
<b>Cultivars</b>								
Nakhon Sawan 1	1.16 c	2.3 c	47.9 b	9.7 a	2.7 b	2.8 b	16.6 b	10.4 a
Sukhothai 2	1.29 b	2.5 b	49.2 b	9.1 a	2.5 c	2.7 b	15.7 b	9.9 a
SJ. 5	1.41 a	3.1 a	51.6 a	7.1 b	2.9 a	3.1 a	18.3 a	9.2 b
CV.(%)	10.5	6.2	4.2	5.6	5.8	7.1	5.9	10.9

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

**Table 5. Effects of irrigation initiated at V4, R1 and R3 growth stages and full irrigation on yield and yield components of three soybean cultivars sown at Chai Nat Field Crop Research Center in the 1995/96 and 1997 growing seasons.**

	1995/96				1997			
	Yield (kg/rai)	Pods/pl	Seeds/pod	100 seed wt. (g)	Yield (kg/rai)	Pods/pl	Seeds/pod	100 seed wt. (g)
<b>Irrigation initiation</b>								
Full irrigation	342 a	20.2 a	2.2 a	16.09 a	231 a	21.2 a	2.10 a	9.46 a
V4	302 b	16.5 b	2.2 a	15.46 b	193 b	18.9 b	2.15 a	9.38 a
R1	228 c	13.9 c	2.3 a	14.07 c	171 c	18.1 bc	2.14 a	9.29 a
R3	191 d	13.0 c	2.3 a	13.69 c	163 c	17.6 c	2.08 a	9.18 a
CV(%)	3.8	7.6	4.7	2.7	7.7	5.9	5.1	3.0
<b>Cultivars</b>								
Nakhon Sawan 1	261 a	11.8 b	2.14 b	18.46 a	169 c	12.6 c	2.11 b	11.36 a
Sukhothai 2	264 a	12.6 b	2.63 a	13.37 b	194 b	19.1 b	2.41 a	8.55 b
SJ. 5	272 a	23.3 a	1.99 c	12.65 c	207 a	25.3 a	1.83 c	8.07 c
CV(%)	4.2	9.5	5.4	2.5	6.8	6.3	5.4	3.1

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

V4, R1 และ R3 โดยเฉลี่ยระหว่าง 12-17, 26-33 และ 29-44% ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของผลผลิตระหว่างถั่วเหลืองทั้ง 3 พันธุ์ ในการทดลองปี 2538/39 แต่การทดลองปี 2540 พบว่า พันธุ์สจ. 5 ให้ผลผลิตสูงกว่า สุโขทัย 2 และ นครสวรรค์ 1 โดยเฉลี่ย 6 และ 18% ตามลำดับ

การเพิ่มขึ้นของ จำนวนฝัก/ต้น และขนาดเมล็ด เป็นปัจจัยองค์ประกอบผลผลิตหลักที่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตของการให้น้ำที่ FI สำหรับการทดลองปี 2538/39 ขณะที่ผลการทดลองปี 2540 ชี้ว่า การเพิ่มผลผลิตของการให้น้ำที่ FI ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการเพิ่มจำนวนฝัก/ต้น ทั้งนี้เพราะขนาดเมล็ด และจำนวนเมล็ด/ฝัก ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญกับปัจจัยการให้น้ำ

ถั่วเหลืองทั้ง 3 พันธุ์ มีองค์ประกอบผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพันธุ์สจ. 5 มีจำนวนฝัก/ต้น สูงสุด แต่มีจำนวนเมล็ด/ฝัก และขนาดเมล็ด ต่ำสุด โดยที่ พันธุ์นครสวรรค์ 1 มีน้ำหนัก 100 เมล็ด สูงสุด ขณะที่ สุโขทัย 2 มีจำนวนเมล็ด/ฝัก สูงสุด

## วิจารณ์ผลการทดลอง

การลดลงของ LAI, LAD และ CGR ของการเริ่มต้นให้น้ำที่ระยะ V4, R1 และ R3 เมื่อเปรียบเทียบกับ FI ที่พบจากการทดลองที่นำเสนอครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่ามีการขาดน้ำเกิดขึ้น แต่ความรุนแรงและความยาวนานของการขาดน้ำแตกต่างกัน โดยการเริ่มต้นให้น้ำที่ระยะ R3 การขาดน้ำจะรุนแรงและยาวนานกว่า การเริ่มต้นให้น้ำที่ระยะ R1 และ V4 ซึ่งสมมุติฐานดังกล่าวได้รับการสนับสนุน โดยนักวิทยาศาสตร์หลายท่าน เช่น Boyer (1970) และ Bunce (1978) ที่รายงานว่าเมื่อถั่วเหลืองเกิดการขาดน้ำ การขยายตัวของใบจะถูกยับยั้งและการเพิ่มพื้นที่มีน้อย Begg (1976) และ Turk and Hall (1980) แสดงให้เห็นว่าเมื่อเกิดการขาดน้ำ นอกเหนือจากการลดพื้นที่ใบเพื่อลดการสูญเสียน้ำโดยกระบวนการคายน้ำแล้ว พืชยังสามารถปรับตัวเพื่อลดการขาดน้ำโดยการ

เร่งการร่วงหล่นของใบแก่ Senthong *et al.* (1986) รายงานว่าการร่วงหล่นของใบถั่วเหลืองเมื่อเกิดการขาดน้ำ จะพบมากในช่วงหลังออกดอก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะ R5 และ R6 อย่างไรก็ตาม ก่อนใบแก่จะร่วงจะมีการถ่ายเทสารอาหารบางส่วนจากใบสู่เมล็ด ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเติบโตในสภาพการขาดน้ำ (Hall *et al.* 1979) การลดลงอย่างต่อเนื่องของ CGR เมื่อการให้น้ำเริ่มต้นช้า อาจเป็นไปได้ว่าการเริ่มต้นให้น้ำช้ามีผลให้ LAI และ LAD ลดลง ดังนั้นปริมาณแสงอาทิตย์ที่ได้รับเพื่อนำมาสร้างน้ำหนักแห้ง จึงมีปริมาณน้อย นอกจากนี้ยังอาจเป็นไปได้ว่ามีประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงต่ำ เนื่องจากมีการขาดน้ำ จากการศึกษาของ Monteith (1977) และ Magalhaes *et al.* (1971) พบว่าน้ำหนักแห้งของพืชเกี่ยวข้องกับโดยตรงกับปริมาณแสงอาทิตย์ที่พืชได้รับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงแรกของการเติบโต และ CGR มีความสัมพันธ์ทางบวกกับ LAI Boyer (1970) แสดงให้เห็นว่าเมื่อพืชขาดน้ำกระบวนการสังเคราะห์แสงจะถูกยับยั้ง จากการทดลองที่นำเสนอครั้งนี้ที่พบว่าถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์มี CGR แตกต่างกัน สอดคล้องกับรายงานของ Hanway and Weber (1971) นอกจากนี้ Senthong *et al.* (1986) รายงานว่า ถั่วเหลืองที่มีค่า CGR สูง มีแนวโน้มจะให้ผลผลิตสูง และมีประสิทธิภาพในการถ่ายเทสารอาหารเข้าสู่เมล็ดในอัตราที่มากกว่า

ดินที่ใช้ในการทดลองที่นำเสนอครั้งนี้เป็นดินชนิด silty clay loam มีความชื้นที่จุด field capacity (0.33 บาร์) และ permanent wilting point (15 บาร์) มีค่า 24.1 และ 16.9% ตามลำดับ ดังนั้นปริมาณความชื้นที่เก็บไว้ให้พืชใช้ (available water) จึงมีค่าไม่สูงนัก จึงเป็นไปได้ว่าการเริ่มต้นให้น้ำที่ระยะ V4 ถั่วเหลืองจะขาดน้ำในช่วงแรกของการเจริญเติบโตทางลำต้น และใบ ขณะที่การเริ่มต้นให้น้ำที่ระยะ R1 ถั่วเหลืองจะขาดน้ำตลอดระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น และใบ จนถึงออกดอก สำหรับการเริ่มต้นให้น้ำที่ระยะ R3 ถั่วเหลืองจะขาดน้ำภายหลังปลูกจนกระทั่งเริ่มติดฝัก ดังนั้นความรุนแรง และความยาวนานของการขาดน้ำจึงมีค่าสูงสุด เมื่อการเริ่มต้นให้น้ำที่

ระยะ R3 ตามด้วยเริ่มต้นให้น้ำที่ระยะ R1 และ V4 ตามลำดับ นอกจากนี้ พันธุ์ถั่วเหลืองที่นำมาทดสอบ ทั้ง 3 พันธุ์ เป็นพันธุ์ที่มีอายุสั้น สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ภายใน 90 วัน หรือประมาณ 40 วัน หลังระยะ R3 ดังนั้นระยะเวลาที่เหลือสำหรับการฟื้นตัวภายหลังการได้รับน้ำจึงอาจจะไม่เพียงพอที่จะลดความเสียหายของผลผลิต สาเหตุดังกล่าวอาจเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้การลดลงของผลผลิตแตกต่างกัน ซึ่งจะพบว่า การลดลงของผลผลิตของการเริ่มต้นให้น้ำที่ระยะ V4, R1 และ R3 มีค่าระหว่าง 12-44% ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสนับสนุนรายงานของ Sionit and Kramer (1977) ที่ว่าเมื่อถั่วเหลืองเกิดการขาดน้ำในทุกช่วงการเติบโตจะทำให้ผลผลิตลดลง แต่การลดลงของผลผลิตจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระยะการเติบโต นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับข้อเสนอของ Begg and Turner (1976) ที่ว่าผลผลิตของพืชจะลดลงเล็กน้อยแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงช่วงเวลาการขาดน้ำ และความยาวนานของการขาดน้ำ Stegman (1989) รายงานว่าถั่วเหลืองที่ปลูกบนดินชนิด loamy sand เป็นพันธุ์ที่มีอายุยาว และเป็น indeterminate type การขาดน้ำที่ไม่รุนแรงหลังระยะ R6 ผลผลิตจะลดลงประมาณ 10% แต่ถ้าขาดน้ำรุนแรงผลผลิตลดลงถึง 27% จากรายงานของ IRISAT (1977) ที่นำเสนอโดย ธวัชชัย (2526) พบว่า เมื่อถั่วเหลืองขาดน้ำในช่วง การเจริญทางลำต้น และใบ ผลผลิตลดลง 12% การขาดน้ำในช่วงเริ่มออกดอก-ออกดอกเต็มที่ ผลผลิตลดลง 24% ถ้าเกิดการขาดน้ำที่ระยะช่วงหลังๆ ของการออกดอก - เริ่มติดฝัก ผลผลิตลดลง 35% ในขณะที่การขาดน้ำในช่วงหลังๆ ของการติดฝัก ถึงฝักแก่เต็มที่ ผลผลิตจะลดลง 13%

จากการทดลองที่นำมาเสนอครั้งนี้ที่พบว่า ปัจจัยการให้น้ำมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อจำนวนฝักต่อต้น และขนาดเมล็ด สอดคล้องกับรายงานของ วันชัย และคณะ (2537, 2538a, 2539 และ 2540) ที่ทำการทดลองกับถั่วเหลือง และวันชัย และคณะ (2538b) ที่ทำการทดลองกับถั่วเขียว นอกจากนี้ยังสนับสนุนรายงานของ Pandey *et al.* (1984) ที่ว่าองค์ประกอบผลผลิตที่ไวต่อการขาดน้ำมากที่สุด

ได้แก่จำนวนฝักต่อต้น

ผลการทดลองทั้งหมดที่นำเสนอในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า การปลูกถั่วเหลืองในฤดูแล้งในเขตชลประทานภาคกลาง ไม่ว่าจะใช้พันธุ์อายุสั้น หรืออายุยาว ควรมีการให้น้ำหลังปลูกเป็นต้นไปจนถึงระยะ R7-R8 การลดจำนวนครั้งการให้น้ำเพื่อลดค่าใช้จ่าย โดยเริ่มต้นให้น้ำที่ระยะ V4, R1 หรือ R3 ไม่มีความเหมาะสมเพราะว่าผลผลิตลดลง 12-44% แม้ว่าการกระทำดังกล่าวจะลดปริมาณการให้น้ำลง 10-41% นอกเหนือจากการลดลงของผลผลิตแล้ว ยังพบว่าขนาดเมล็ดก็ลดลงด้วย ดังนั้นการลดลงของค่าใช้จ่ายการให้น้ำ คงไม่เพียงพอที่จะชดเชยผลผลิตที่เสียหายทางด้านปริมาณ และคุณภาพได้

อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองอาจจะแตกต่างไปจากการทดลองที่นำเสนอครั้งนี้ ถ้าพันธุ์ที่ใช้ชนิดและความอุดมสมบูรณ์ของดิน หรือสภาพแวดล้อมแตกต่างไปจากการทดลองครั้งนี้ เช่นใช้พันธุ์ที่มีอายุยาว หรือเป็น indeterminate ระยะเวลาจาก V4 หรือ R1 หรือ R6 จนถึงการสุกแก่อาจจะมีเวลานานพอที่ถั่วเหลืองจะสร้างใบ ดอก หรือฝัก เพิ่มเติมเพื่อลดความเสียหายของผลผลิต เพราะจากรายงานของ Montojos and Magalhaes (1971) และ Aguilar-M *et al.* (1977) ที่ว่าผลผลิตของพืชมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่า LAD หลังออกดอก นอกจากนี้ดินแต่ละชนิดมีปริมาณน้ำที่เป็น ประโยชน์ต่อพืชแตกต่างกัน ขึ้นกับ ชนิดของเนื้อดิน ความหนาแน่น และความสม่ำเสมอของเนื้อดิน ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไป ดินร่วนจะมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุด ตามด้วยดินเหนียว และดินทราย (Johnson and Smith, 1975) ดังนั้นถ้าดินที่ใช้ปลูกเป็นดินที่เก็บน้ำไว้ให้พืชใช้ได้มาก และพันธุ์ที่ใช้สามารถปรับตัวได้ดีกับการขาดน้ำ การเริ่มให้น้ำที่ระยะ V4 หรือ R1 หรือแม้กระทั่งที่ระยะ R3 ก็อาจเป็นไปได้

## เอกสารอ้างอิง

- รัชชัย ฒ นคร 2526. ความสัมพันธ์ระหว่างดิน น้ำ และพืช. *วารสารวิชาการเกษตร* 1(3): 185-195.
- วันชัย ถนอมทรัพย์ กนกพร เมฆลานนท์ และเทวา เมฆลานนท์ 2537. การตอบสนองของถั่วเหลืองต่อระดับน้ำใต้ดินและอัตราปุ๋ยไนโตรเจน. หน้า 113-126 ใน การประชุมวิชาการถั่วเหลืองแห่งชาติครั้งที่ 5 ถั่วเหลืองสู่อินโดจีน ณ โรงแรมแม่น้ำโขงแกรนด์วิว จ. นครพนม 18-22 กันยายน 2537.
- วันชัย ถนอมทรัพย์ กนกพร เมฆลานนท์ และเทวา เมฆลานนท์ 2538a. อิทธิพลของอัตราปลูกและปริมาณการให้น้ำต่อผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้น้ำของถั่วเหลือง. *วารสารวิชาการเกษตร* 13(1): 64-71.
- วันชัย ถนอมทรัพย์ กนกพร เมฆลานนท์ และสมชาย บุญประดับ 2538b. การตอบสนองของถั่วเขียวต่อการจัดระยะปลูกและปริมาณการให้น้ำ. *วารสารวิชาการเกษตร* 13(3): 186-193.
- วันชัย ถนอมทรัพย์ เทวา เมฆลานนท์ กนกพร เมฆลานนท์ และสมชาย บุญประดับ 2540. การตอบสนองของถั่วเหลืองต่อการจัดระยะปลูกและปริมาณการให้น้ำ. *วารสารวิชาการเกษตร* 15(2): 105-114.
- วันชัย ถนอมทรัพย์ สมชาย บุญประดับ เทวา เมฆลานนท์ กนกพร เมฆลานนท์ และสมยศ พิษิตพร 2539. การตอบสนองของถั่วเหลืองบางพันธุ์ต่อการคลุมดินและปริมาณน้ำที่จำกัด. หน้า 109-110. ใน *บทความวิจัยประจำปี 2538 ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท สถานีทดลองพืชไร่พิษณุโลก สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร*.
- Aguilar-M.; I.R.A. Fisher and S. Joshue Kohashi. 1977. Effects of plant density and thinning on high-yielding dry beans (*Phaseolus vulgaris*) in Mexico. *Expl. Agric.* 13: 325-335.
- Begg, J. E. and N. C. Turner. 1976. Crop water deficits. *Adv. Agron.* 28: 160-207.
- Boyer, J. S. 1970. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybeans, and sunflower at various leaf water potentials. *Plant Physiol.* 46: 236-239.
- Bunce, J. A. 1978. Effects of water stress on leaf expansion, net photosynthesis and vegetative growth of soybeans and cotton. *Can. J. Bot.* 56: 1492-1498.
- Doorenbos, J. and W. O. Pruitt. 1977. *Crop Water Requirements*. Guide line for predicting irrigation and drainage paper. No. 24. Rome: FAO.
- Fehr W.R. and C.E. Caviness. 1979. Stages of soybean development. *Iowa Agric. Exp. Stn. Spec. Rep.* 80.
- Garside, A. L.; R. J. Lawn and D. E. Byth. 1992. Irrigation management of soybean [*Glycine max.* (L.) Merrill] in a semi-arid tropical environment. I. Effect of irrigation frequency on growth and yield. *Aust. J. Agric. Res.* 43: 1003-1017.
- Grissom, P. and C. D. Elmore. 1983. Response of soybean (*Glycine max.*) to planting in untilled, weedy seedbed on clay soil. *Weed Sci.* 31: 93-99.
- Hall, A. E.; K. W. Foster and J. G. Waines. 1979. Crop adaptation to semi-arid environments. Pages 148-178. in: *Ecol. Stud. Series* Vol. 34. A. E. Hall, G. H. Cannell, and H. Lawton, eds. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Hanway, J. J. and C. R. Weber. 1971. Dry matter accumulation in eight soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties. *Agron. J.* 63: 227-230.
- Heatherly, L.G. 1983. Response of soybean cultivars to irrigation of a clay soil. *Agron. J.* 75: 859-864.
- Heatherly, L. G. and W. J. Russell. 1979. Vegetative development of soybeans grown on different soil types. *Field Crops Res.* 2: 119-143.
- Hunt, R. 1978. *Plant Growth Analysis*. London : Edward Arnold. 67 p.
- Johnson, G. G. and R. C. G. Smith. 1975. Accuracy of soil water buggets based on a range of relationship for the influence of soil water availability on actual water use. *Aust. J. Agric. Res.* 26: 871-883.
- Magalhaes, A. C.; J.C. Montojos and S. Miyasaka. 1971. Effect of dry organic matter on growth and yield of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Expl Agric.*, 7: 137-143.
- Monteith, J. L. 1977. Climate and efficiency of crop production in Britain. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, B 281 : 277-294.
- Montojos, J. C. and A. C. Magalhaes. 1971. Growth analysis of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L. var. Pintado) under varying conditions of solar radiation and nitrogen application. *Plant and Soil*, 35 : 217-223.
- Pandey, R. K.; W. A. T. Herrera and J. W. Pendleton. 1984. Drought response of grain legumes under irrigation gradient. I. Yield and yield components. *Agron. J.*

- 76: 139-145.
- Scott, H. D. and J. T. Batchelor. 1979. Dry weight and leaf area production rates of irrigated determinate soybeans. *Agron. J.* 71: 776-782.
- Senthong, C.; K. Tedia; E. Barlaan and R. K. Pandey. 1986. Drought response of soybean genotypes during reproductive growth phase under irrigation gradient. *Paper presented at IRRI Saturday Seminar on Rice Farming Systems Program*. IRRI, Los Banos, Philippines. 38 p.
- Sionit, N. and P. J. Kramer 1977. Effect of water stress during different stages of growth of soybean. *Agron. J.* 69: 274-278.
- Stegman, E. C. 1989. Soybean yields as influenced by timing of ET deficits. *Trans. ASAE* 32 : 551-557.
- Turk, K. J. and A. E. Hall. 1980. Drought adaptation of cowpea. II. Influence of drought on plant water status and relations with seed yield. *Agron. J.* 72 : 421-427.
-