การตอบสนองของถั่วเหลืองฝักสดต่อความถี่การให้น้ำและอัตราปลูก

Responses of Vegetable Soybean to Irrigation Frequency and Plant Density

นิรันดร์ สุขจันทร์[1] วันชัย ถนอมทรัพย์[2] พรศักดิ์ ดวงพุดตาน[3]

Nirun Sukchun[1] Wanchai Thanomsub[2] Pornsak Duangpudtan[3]

ABSTRACT

Water availability and plant density are major factors related to crop growth and yield. The experiment was conducted to examine the response of the vegetable soybean variety, Chiang Mai 1, to irrigation frequency and planting density on the sandy loam soil at Phitsanulok Field Crops Experiment Station in 1999/2000 growing season. A split plot design with 3 replication was used. Three irrigation frequencies, irrigation applied after every 30 (E30), 60 (E60) and 120 (E120) mm. were deployed as main plots. Sub-plots were plant densities of 32,000, 64,000 and 96,000 plants/rai. There were no interactions between irrigation frequency and plant density in growth , yield and yield components. E30 and E60 showed no significant differences in leaf area index (LAI), crop growth rate (CGR) and leaf area duration (LAD), whereas, E120 gave smaller LAI, CGR and LAD. LAI, CGR and LAD significantly increased with increasing plant densities from 32,000 to 64,000 plants/rai.

E30 produced yield (pods + stem) and pod fresh weight similarly to E60 but had 34% greater yield and pod fresh weight than E120. Increases by yield and pod fresh weight of high irrigation frequencies resulted from increasing seed fresh weight and pods/plant. A significant yield (15 and 28%) and pod fresh weight (14 and 28%) reduction was associated with reducing plant densities from 96,000 to 65,000 and 32,000 plants/rai, respectively. The number of plant harvested was a major factor determining a greater yield and pod fresh weight of high densities, although seed fresh weight and pods/plant reduced with increasing plant densities.

Keywords : vegetable soybean, irrigation frequency, plant density

1 สถานีทดลองพืชไร่พิษณุโลก อ.วังทอง จ.พิษณุโลก 65130
Phitsanulok Field Crop Experiment Station, Amphoe Wang Thong, Phitsanulok

2 ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท อ.สรรพยา จ.ชัยนาท 17150
Chainat Field Crop Research Center, Amphoe Sunphaya, Chainat 17150

3 สถานีทดลองพืชไร่พิษณุโลก อ.วังทอง จ.พิษณุโลก 65130
Phitsanulok Field Crop Experiment Station, Amphoe Wang Thong, Phitsanulok

บทคัดย่อ

จากการศึกษาการตอบสนองของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์เชียงใหม่ 1 ต่อความถี่การให้น้ำและอัตราปลูก ในดินชนิด sandy loam ที่สถานีทดลองพืชไร่พิษณุโลก ในปี 2542 พบว่า การให้น้ำทุกครั้ง เมื่อค่าการระเหยสะสมครบ 30 (E30), 60 (E60) และ 120 มม. (E120) มีการให้น้ำ 12, 6 และ 3 ครั้ง ตามลำดับ ไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างความถี่การให้น้ำและอัตราปลูก ในส่วนของการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต การให้น้ำที่ E30 ให้ค่า leaf area index, crop growth rate และ leaf area duration ไม่แตกต่างทางสถิติกับ E60 แต่สูงกว่า E120 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ ค่าดังกล่าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเพิ่มอัตราปลูกจาก 32,000 เป็น 64,000 และ 96,000 ต้น/ไร่ อย่างไรก็ตาม net assimilation rate ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญกับการเปลี่ยนแปลงความถี่การให้น้ำและอัตราปลูก

E30 ให้ผลผลิต (ฝัก+ต้น) 1,645 กก./ไร่ ไม่แตกต่างทางสถิติกับ E60 แต่สูงกว่า E120 ประมาณ 34% และเมื่อลดอัตราปลูกจาก 96,000 ต้น/ไร่ เป็น 64,000 และ 32,000 ต้น/ไร่ มีผลให้ผลผลิตลดลง 15 และ 28% ตามลำดับ ในทำนองเดียวกัน E30 ให้น้ำหนักฝักสด ไม่แตกต่างทางสถิติกับ E60 แต่สูงกว่า E120 ประมาณ 34% และเมื่อลดอัตราปลูกจาก 96,000 ต้น/ไร่ เป็น 64,000 และ 32,000 ต้น/ไร่ น้ำหนักฝักลดลง 14 และ 28% ตามลำดับ การลดลงของผลผลิตเมื่อลดความถี่การให้น้ำมีผลมาจากน้ำหนักสด 100เมล็ด และจำนวนฝัก/ต้น ลดลง ในทางตรงกันข้าม เมื่อเพิ่มอัตราปลูกมีผลให้น้ำหนักสด 100 เมล็ด และจำนวนฝัก/ต้น ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของน้ำหนัก 100 เมล็ด และจำนวนฝัก/ต้น ไม่เพียงพอที่จะชดเชยจำนวนต้น/ไร่ ที่น้อยกว่าของการใช้อัตราปลูกต่ำ ผลที่ตามมาคือ ผลผลิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

คำหลัก : *ถั่วเหลืองฝักสด ความถี่การให้น้ำ อัตราปลูก*

คำนำ

การปลูกถั่วเหลืองฝักสดเพื่อให้ได้ผลผลิตและคุณภาพสูง ต้องมีการใช้ปัจจัยการผลิตและการดูแลรักษาที่เหมาะสม ปริมาณการให้น้ำและอัตราปลูกเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสด การเพิ่มรายได้สุทธิในการผลิตถั่วเหลืองฝักสด อาจทำได้โดย มีการใช้ความถี่ การให้น้ำและอัตราปลูกที่เหมาะสม ปริมาณการให้น้ำที่เหมาะสมเกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย เช่นสภาพภูมิอากาศ ชนิดและความอุดมสมบูรณ์ของดิน และระยะการเจริญเติบโต ซึ่ง Johnson and Smith (1975) แสดงให้เห็นว่า โดยทั่วๆ ไป ดินร่วนจะมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุด ตามด้วยดินเหนียว และดินทราย Mason *et al.* (1980) เสนอว่า การเจริญเติบโตในช่วง ระยะเจริญพันธุ์ (reproductive) ถั่วเหลืองมีความต้องการน้ำในอัตราสูงกว่าช่วงระยะเวลาเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative) อย่างไรก็ตาม ความเสียหายของผลผลิตเนื่องจากการขาดน้ำจะแตกต่างกัน ขึ้นกับความรุนแรง และความยาวนานของการขาดน้ำ นอกจากนี้ยังเกี่ยวกับช่วงการเจริญเติบโตของพืช ถ้าพืชมีการขาดน้ำที่รุนแรง และยาวนานผลผลิตจะลดลงอย่างมาก (Begg and Turner, 1976) Sionit and Kramer (1977) และ Doorenbos and Pruitt (1977) เสนอว่า ปริมาณน้ำที่พืชใช้สัมพันธ์กับการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหย และ Garside *et al.* (1992) พบว่าผลผลิตถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความถี่การให้น้ำโดยการให้น้ำทุกครั้งเมื่อค่าการระเหยสะสม 30 มม. จะให้ผลผลิตสูงสุดและความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและความถี่ของการให้น้ำมีลักษณะเป็นเชิงเส้นตรง (linear) การเพิ่มขึ้นของผลผลิตถั่วเหลือง นอกจากจะทำได้โดยการเพิ่มความถี่การให้น้ำแล้ว วันชัย และคณะ (2538) ยังแสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มอัตราการให้น้ำจาก 30% ของค่าการระเหย เป็น 90% ของค่าการระเหย ผลผลิตถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น 13-16% และเพิ่มอัตราปลูกจาก 32,000 ต้น/ไร่ เป็น 96,000 ต้น/ไร่ ผลผลิตเพิ่มขึ้น 25% นอกจากนี้ วันชัย และคณะ (2540)

ชี้ให้เห็นว่า การปลูกโดยการจัดให้มีระยะระหว่างแถวและระยะระหว่างต้นเท่ากัน (square planting) ถั่วเหลืองจะให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกโดยใช้ระยะระหว่างแถวและระยะระหว่างต้นแตกต่างกัน 8-14%

อย่างไรก็ตาม ความถี่การให้น้ำ และอัตราปลูกที่เหมาะสม อาจแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์ถั่วเหลืองที่ปลูก ชนิดและความอุดมสมบูรณ์ของดิน และสภาพแวดล้อม ดังนั้นการนำผลการทดลองดังกล่าวมาใช้อาจไม่ถูกต้องเหมาะสม เพราะงานทดลองดังกล่าวทำการทดลองโดยใช้ชนิดและพันธุ์ถั่วเหลือง ชนิดและความอุดมสมบูรณ์ รวมถึงสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการตอบสนองของถั่วเหลืองฝักสดต่อความถี่การให้น้ำและอัตราปลูกที่แตกต่างกัน บนดินร่วนปนทรายชุดบุณฑริก ในเขตจังหวัดพิษณุโลก

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองที่สถานีทดลองพืชไร่พิษณุโลก ในปี 2542 โดยเริ่มปลูกถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์เชียงใหม่ 1 เมื่อวันที่ 19 มกราคม 2542 และเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้ายวันที่ 26 มีนาคม 2542 หรือ 67 วันหลังปลูก ดินที่ใช้ทำการทดลองเป็นดินร่วนปนทรายชุดบุณฑริก มีค่า pH 4.8, OM = 0.9%, P2O5 = 41.3 ppm, K2O = 19.8 ppm ในการทดลองครั้งนี้ใช้ค่าการระเหยจากถาดวัดการระเหยชนิด US Class A pan ที่รวบรวมจากสถานีตรวจอากาศของสถานีทดลองพืชไร่พิษณุโลก ที่อยู่ห่างจากแปลงทดลองประมาณ 30 เมตร เป็นตัวกำหนดระยะเวลาการให้น้ำ

วางแผนการทดลองแบบ Split plot design จำนวน 3 ซ้ำ

main plots ได้แก่ ความถี่การให้น้ำ 3 ระดับ ประกอบด้วยการให้น้ำทุกครั้งเมื่อค่าการระเหยจากถาดวัดการระเหยสะสมครบ 30 (E30), 60 (E60) และ 120 (E120) มม. การให้น้ำแต่ละครั้งให้โดยวิธี furrow

sub-plots ได้แก่ การปลูกโดยใช้อัตราปลูก 3 อัตรา คือ 20, 40 และ 60 ต้น/ตารางเมตรหรือ 32,000, 64,000 และ 96,000 ต้น/ไร่ ปลูกโดยจัดระยะปลูกแบบ square

เพื่อป้องกันการไหลซึมของน้ำระหว่าง main plots จะมีคันดินขนาด 200 ซม. สำหรับขนาดแปลงย่อย ระยะระหว่างต้น ระยะระหว่างแถว จำนวนแถวต่อแปลงย่อย และพื้นที่เก็บเกี่ยวของอัตราปลูกต่างๆ มีดังนี้

Details of irrigation amounts X plant density experiment

Density (pls/rai)	Seed spacing (cm)	Sub-plot (cm)	No.of rows	Final harvest Area (cm)
32,000	22.4 x 22.4	268 x 672	12	179.2 x 358.4
64,000	15.8 x 15.8	253 x 695	16	158.0 x 395.0
96,000	12.9 x 12.9	258 x 683	20	154.8 x 399.9

ก่อนปลูกทุกแปลงปลูกจะได้รับปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ และปุ๋ยคอก อัตรา 1 ตัน/ไร่ (ตามคำแนะนำของศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่) หว่านแล้วไถกลบแล้วปลูกถั่วเหลืองฝักสดภายหลังงอกประมาณ 7 วัน ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้น/หลุม และก่อนการให้น้ำครั้งที่ 2 ของ E120 (ค่าการระเหยสะสมหลังปลูก 240 มม.) ซึ่งระยะดังกล่าวใกล้เคียงกับระยะ R5 (เมล็ดของฝักใดฝักหนึ่งที่อยู่บนข้อที่ 1-4 ของส่วนบนสุดลำต้น มีความยาว 3 มม. beginning seed, R5) จะใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 25 กก./ไร่ โดยวิธีหว่าน หลังจากนั้นจะทำการให้น้ำสำหรับทุกวิธีการ

หลังปลูกทุกวิธีการจะได้รับน้ำเพียงพอสำหรับความงอก หลังจากนั้นจะเริ่มบันทึกค่าการระเหยน้ำจากถาดการระเหยชนิด U.S. Class A pan และเมื่อค่าการระเหยสะสมครบ 30, 60 และ 120 มม. จะเริ่มให้น้ำ ตามที่กำหนดไว้ใน main plot

ระหว่างดำเนินการทดลองมีการเก็บตัวอย่างพืช 2 ครั้ง ที่อายุ 35 และ 55 วันหลังงอกในการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งจะสุ่มเก็บ โดยใช้จำนวนต้นในแต่ละแปลงย่อย 5, 10 และ 15 ต้น สำหรับอัตราปลูก 32,000, 64,000 และ 96,000 ต้น/ไร่ ตามลำดับ แล้วนำมาหาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งทั้งหมดของส่วนต่างๆ

การวิเคราะห์พื้นที่ใบทำโดยใช้เครื่องมือ วัดพื้นที่ใบชนิด Automatic Area Meter Model AAM 7 ของ Hayashi Dendon Co., LTD. หลังจากนั้นนำส่วนต่างๆ ของพืชมาอบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 72 ชม. แล้วนำมาหาค่าน้ำหนักแห้งทั้งหมด leaf area index (LAI), leaf area duration (LAD), crop growth rate (CGR) และ Net assimilation rate (NAR)

การคำนวณหาค่า leaf area index (LAI), leaf area duration (LAD), crop growth rate (CGR) และ net assimilation rate (NAR) ทำโดยใช้วิธีการที่เสนอโดย Hunt (1978) ได้แก่

LAI = AL/AG

เมื่อ AL = พื้นที่ใบทั้งหมด (total leaf area)

AG = พื้นที่ดิน (ground area which supports AL)

LAD = (LAI 1 + LAI 2) (T2-T1)/2

เมื่อ LAI 1 และ LAI 2 = พื้นที่ใบของการวัดครั้งที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

T1 และ T2 = ระยะเวลาในการวัดพื้นที่ใบครั้งที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

$$CGR = \frac{1}{AG} \times \frac{(W2-W1)}{(T2-T1)}$$

เมื่อ W1 และ W2 = น้ำหนักแห้งทั้งหมดที่ระยะเวลา T1 และ T2 ตามลำดับ

NAR = CGR x (In LAI 2 - In LAI 1)/ (LAI 2 - LAI 1)

เมื่อ In LAI 1 และ In LAI 2 = natural logarithm ของ LAI 1 และ LAI 2 ตามลำดับ

ในช่วงเก็บเกี่ยวมีการบันทึก ผลผลิต (น้ำหนักฝัก+ต้น) น้ำหนักฝักสด น้ำหนักเมล็ดสด/น้ำหนักฝักสด 1 กก. น้ำหนักสด 100 เมล็ด ความสูง จำนวนกิ่งและข้อ/ต้น

ผลการทดลอง

สภาพภูมิอากาศ

อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และค่าการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหย ระหว่างการดำเนินการทดลอง (มกราคม-มีนาคม 2542) รวบรวมไว้ใน (Table 1) อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยมีค่าระหว่าง 31.7-37.2 และ 19.1-25.1 °C ตามลำดับ โดยที่อุณหภูมิเฉลี่ย มีค่าระหว่าง 25.4-31.1 °C ในช่วงแรกของการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าในช่วงท้ายของการเจริญเติบโต โดยอุณหภูมิเฉลี่ยจะเพิ่มมาก 25.4 °C ในเดือนแรกของการเจริญเติบโต เป็น 31.1 °C ในเดือนสุดท้ายของการเจริญเติบโต

ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างดำเนินการทดลองมีค่าระหว่าง 71-77% โดยความชื้นสัมพัทธ์ มีค่าต่ำสุดและสูงสุดในเดือนมกราคมและมีนาคมตามลำดับ การระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยมีค่าเฉลี่ย 5.8-6.5 มม./วัน โดยเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์มีค่าเฉลี่ยการระเหยเท่ากันคือ 5.8 มม./วัน ขณะที่เดือนมีนาคม มีค่าการระเหยเฉลี่ย 6.5 มม./วัน

จำนวนครั้ง และปริมาณการให้น้ำ

จำนวนครั้งและวันให้น้ำ ของการให้น้ำทุกครั้งเมื่อค่าการระเหยสะสม 30 (E30), 60 (E60) และ 120 มม.

(E120) แสดงไว้ใน Table 2 การให้น้ำครั้งแรกหลังปลูกของ E30, E60 และ E120 ทำเมื่อ 5,10 และ 20 วันหลังปลูก และการให้น้ำครั้งสุดท้ายของวิธีการทำเมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2542 หรือ 61 วันหลังปลูก โดยการให้น้ำแต่ละครั้งของ E30, E60 และ E120 ใช้ระยะเวลา 4-6,9-11 และ 19-20 วัน ตามลำดับ และตลอดฤดูปลูกมีการให้น้ำ 12,6 และ 3 ครั้ง ตามลำดับ

Leaf area index (LAI), Top dry matter, (TDM), crop growth rate (CGR), net assimilation rate (NAR) และ leaf area duration (LAD)

ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความถี่การให้น้ำและอัตราปลูก ในส่วนของ LAI, CGR, NAR และ LAD และค่าดังกล่าวเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญกับความถี่การให้น้ำและอัตราปลูก Table 3

LAI ที่อายุ 35 และ 55 วันหลังงอก (ระยะเวลาจากปลูกจนถึงงอก 5 วัน) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเพิ่มความถี่การให้น้ำ โดยเมื่อเพิ่มความถี่การให้น้ำจากให้น้ำทุกครั้งเมื่อค่าการระเหยสะสมครบ 120 มม. (E120) เป็นให้น้ำทุกครั้งเมื่อค่าการระเหยสะสมครบ 60 มม. (E60) และ 30 มม. (E30) มีผลให้ค่า LAI ที่อายุ 35 วันหลังงอกเพิ่มขึ้น 28 และ 30% ตามลำดับ และ LAI ที่อายุ 55 วันหลังงอก เพิ่มขึ้น 20 และ 22% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม E30 และ E60 ให้ค่า LAI ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งอายุ 35 และ 55 วันหลังงอก

ในทำนองเดียวกัน LAI เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเพิ่มอัตราปลูก โดยเมื่อเพิ่มอัตราปลูกจาก 32,000 เป็น 64,000 และ 96,000 ต้น/ไร่ มีผลให้ LAI ที่อายุ 35 วันหลังงอก เพิ่มขึ้น 9 และ 24% ตามลำดับ และ LAI ที่อายุ 55 วันหลังปลูก เพิ่มขึ้น 8 และ 15% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม NAR ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญกับการเปลี่ยนแปลงความถี่การให้น้ำและอัตราปลูก

ในทำนองเดียวกันการเปลี่ยนแปลง LAD ต่อความถี่การให้น้ำและอัตราปลูกเป็นไปในแนวเดียวกับการเปลี่ยนแปลง TDM และ CGR กล่าวคือ E30 มีค่า LAD ช่วง 35-55 วันหลังงอก ไม่แตกต่างทางสถิติกับ E60 แต่สูงกว่า E120 เท่ากับ 20% และอัตราปลูก 96,000 มีค่า LAD สูงกว่าอัตราปลูก 64,000 และ 32,000 เท่ากับ 8 และ 15% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม NAR ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญกับการเปลี่ยนแปลงความถี่การให้น้ำและอัตราปลูก

ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต ความสูง กิ่ง/ต้น และข้อ/ต้น

ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความถี่การให้น้ำและอัตราปลูกในส่วนของผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร และค่าดังกล่าวเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญกับความถี่การให้น้ำและอัตราปลูก และค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวรวบรวมไว้ใน Table 4

E30 ให้ผลผลิต (ฝัก + ต้น) 1,645 กก./ไร่ ไม่แตกต่างทางสถิติกับ E60 ที่ให้ผลผลิต 1,558 กก./ไร่ แต่เมื่อลดความถี่การให้น้ำเป็น E120 ผลผลิตลดลง 34% เมื่อลดอัตราปลูกจาก 96,000 ต้น/ไร่ เป็น 64,000 และ 32,000 ต้น/ไร่ มีผลให้ผลผลิตลดลง 15 และ 28% ตามลำดับ

ในทำนองเดียวกัน E30 ให้น้ำหนักฝักสด ไม่แตกต่างทางสถิติกับ E60 แต่สูงกว่า E120 ประมาณ 34% และเมื่อลดอัตราปลูกจาก 96,000 ต้น/ไร่ เป็น 64,000 และ 32,000 ต้น/ไร่ น้ำหนักฝักสดลดลง 14 และ 28%

E120 ให้น้ำหนักเมล็ดสด/น้ำหนักฝักสด 1 กก. เท่ากับ 534 กรัม ซึ่งค่าดังกล่าวสูงกว่า E30 ประมาณ 9% อย่างไรก็ตาม E60 ให้น้ำหนักเมล็ดสด/น้ำหนักฝักสด 1 กก. ไม่แตกต่างทางสถิติกับ E120 แต่สูงกว่า E30 ประมาณ 6%

น้ำหนักสด 100 เมล็ด ลดลง 2 และ 8% เมื่อลดความถี่การให้น้ำจาก E30 เป็น E60 และ E120 ตามลำดับ ในทางตรงกันข้ามเมื่อเพิ่มอัตราปลูกจาก 32,000 เป็น 64,000 และ 96,000 ต้น/ไร่ มีผลให้น้ำหนักสด 100 เมล็ดลดลง 6 และ 7% ตามลำดับ

E30 ให้จำนวนฝัก/ต้น ไม่แตกต่างทางสถิติกับ E60 แต่สูงกว่า E120 จำนวน 3.2 ฝัก/ต้น และเมื่อเพิ่ม

อัตราปลูกจาก 32,000 เป็น 64,000 และ 96,000 ต้น/ไร่ มีผลให้จำนวนฝัก/ต้น ลดลง 33 และ 43% ตามลำดับ

E30 และ E60 ให้ความสูงต้น จำนวนกิ่ง/ต้น และจำนวนข้อ/ต้น ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม การให้น้ำทั้งสองความถี่มีค่าดังกล่าวสูงกว่า E120 อย่างมีนัยสำคัญ การปลูกที่อัตรา 32,000 ต้น/ไร่ มีความสูงต้นต่ำกว่าอัตราปลูก 64,000 และ 96,000 ต้น/ไร่ อย่างมีนัยสำคัญ แต่มีจำนวนกิ่ง/ต้น มากกว่า อย่างไรก็ตาม ทั้งสามอัตราปลูกมีจำนวนข้อ/ต้น ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองครั้งนี้ ที่พบว่า E30 และ E60 ให้ค่า LAI, CGR และ LAD ไม่แตกต่างกันแต่การให้น้ำทั้งสองความถี่มีค่าดังกล่าวสูงกว่า E120 อย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่า การให้น้ำที่ E60 จะมีการให้น้ำทุก 9-11 วัน ซึ่งช่วงความถี่การให้น้ำดังกล่าว ดินอาจจะเก็บความชื้นไว้ให้พืชใช้ได้เพียงพอหรือขาดน้ำในช่วงสั้นๆ และไม่รุนแรงจนมีผลกระทบต่อการการเจริญเติบโตและผลผลิตมากนัก ขณะที่ E120 มีการให้น้ำทุก 19-20 วัน ดินไม่สามารถที่จะเก็บน้ำไว้ได้นานเพียงพอเพราะดินที่ใช้ทำการทดลองเป็นดินชนิด sandy loam ดังนั้นถั่วเหลืองอาจขาดน้ำ และการขาดน้ำรุนแรงจนมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต ซึ่งการขาดน้ำจะรุนแรงมากขึ้นในช่วงออกดอกและติดฝัก เพราะช่วงดังกล่าวถั่วเหลืองมีปริมาณการใช้น้ำสูง (Doorenbos and Kassam, 1979 และ Doorenbos and Pruitt, 1977) ซึ่งสมมุติฐานดังกล่าว ได้รับการสนับสนุนจากรายงานของ Boyer (1970) , Bunce (1978) และ Turk and Hall (1980) ที่ว่า การขาดน้ำเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการพัฒนาพื้นที่ใบและจำนวนใบย่อย ทำให้พื้นที่ใบลดลง แต่อัตราการลดลงของพื้นที่ใบจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความรุนแรงและความยาวนานของการขาดน้ำ ขณะที่ May and Milthrope (1962) รายงานว่า โดยทั่วๆ ไปเมื่อเกิดการขาดน้ำ ส่วนของใบจะได้รับผลกระทบรุนแรงที่สุด ตามด้วยส่วนลำต้น และราก ตามลำดับ โดยการขาดน้ำจะไปขัดขวางการแบ่งเซลล์และการขยายตัวของเซลล์ ทำให้ขนาดของเซลล์เล็กลง (Kramer, 1969)

การลดลงของผลผลิตของ E120 เป็นไปได้ว่ามีสาเหตุมาจากการลดลงของ LAI และ LAD ทำให้ปริมาณแสงที่พืชได้รับลดลง นอกจากนี้ ยังเป็นไปได้ว่าประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงลดลงเพราะเกิดการขาดน้ำ ซึ่ง Monotojos and Magalhaes (1971) และ Aguilar-M *et al.* (1977) แสดงให้เห็นว่า ผลผลิตของพืชมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่า leaf area duration หลังออกดอก ขณะที่ Boyer (1970) แสดงให้เห็นว่า เมื่อพืชขาดน้ำ กระบวนการสังเคราะห์แสงจะถูกยับยั้ง นอกจากนี้ Monteith (1977) เสนอว่า น้ำหนักแห้งของพืชเกี่ยวข้องโดยตรงกับปริมาณแสงอาทิตย์ที่พืชได้รับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงแรกของการเติบโต

Sionit และ Kramer (1977) และ Begg and Turner (1976) รายงานว่า เมื่อถั่วเหลืองเกิดการขาดน้ำในทุกช่วงของการเจริญเติบโตจะทำให้ผลผลิตลดลงแต่การลดลงของผลผลิตจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับระยะการเจริญเติบโต ความรุนแรง ช่วงเวลาการขาดน้ำ และความยาวนานของการขาดน้ำ Stegman (1989) รายงานว่า ถ้าถั่วเหลืองขาดน้ำที่ไม่รุนแรงหลังระยะ R6 ผลผลิตจะลดลงประมาณ 10% แต่ถ้าขาดน้ำรุนแรงผลผลิตลดลงถึง 27% จากรายงาน IRISAT, India (Un-published) ที่นำเสนอโดย ธวัชชัย (2526) พบว่า เมื่อถั่วเหลืองขาดน้ำในช่วงการเจริญทางลำต้น และใบ ผลผลิต ลดลง 12% การขาดน้ำในช่วงเริ่มออกดอก-ออกดอกเต็มที่ ผลผลิตลดลง 24% ถ้าเกิดการขาดน้ำที่ระยะช่วงหลังๆ ของการออกดอก-เริ่มติดฝัก ผลผลิตลดลง 35% ในขณะที่การขาดน้ำในช่วงหลังๆ ของการติดฝัก ถึงฝักแก่เต็มที่ ผลผลิตจะลดลง 13% จากรายงานดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า การให้น้ำที่ E120 ที่ให้ผลผลิตต่ำกว่า E30 ถึง 34% ถั่วเหลืองมีการขาดน้ำรุนแรงและยาวนาน และอาจจะขาดน้ำในทุกช่วงของการเจริญเติบโต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงออกดอกถึงเริ่มติดฝัก ซึ่งเป็นช่วงวิกฤติที่สุดของถั่วเหลืองต่อการขาดน้ำ

ในทำนองเดียวกัน การเพิ่มขึ้นของผลผลิตของ

การเพิ่มอัตราปลูก มีสาเหตุจากการเพิ่มขึ้นของ LAI และ LAD มีผลให้ปริมาณแสงที่ได้รับเพิ่มขึ้น ประกอบกับค่า LAI ของการปลูกในอัตราสูงมีค่าไม่สูงนัก ดังนั้นการบังแสงกันระหว่างใบจึงมีค่าน้อย นอกจากนี้การปลูกในอัตราสูงมีการคลุมดินของใบสูงกว่าการปลูกอัตราต่ำ ทำให้การระเหยน้ำจากผิวดินบริเวณปลูกมีน้อยกว่า ดังนั้นถั่วเหลืองจึงมีการเจริญเติบโตในสภาพความชื้นดินที่สูงกว่า สมมุติฐานดังกล่าวได้รับการสนับสนุนโดยรายงานของ Coleville (1968) ที่แสดงให้เห็นว่า อัตราปลูกมีผลต่อ การคายน้ำ และการระเหยน้ำจากผิวดินโดยการเพิ่มอัตราปลูกมีผลให้ความชื้นสัมพัทธ์ในทรงพุ่ม (plant canopy) เพิ่มขึ้นเป็นผลให้การระเหยน้ำจากผิวดินลดลง

การเพิ่มขึ้นของผลผลิตเมื่อเพิ่มความถี่การให้น้ำที่พบจากการทดลองที่นำเสนอครั้งนี้ บางส่วนสอดคล้องกับรายงานของ Garside *et al.* (1992) ที่พบว่า ผลผลิตถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความถี่การให้น้ำ โดยการให้น้ำที่ E30 ให้ผลผลิตสูงสุด ตามด้วย E60 ขณะที่ E120 มม. ให้ผลผลิตต่ำสุด โดยความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและความถี่การให้น้ำเป็นลักษณะ linear อย่างไรก็ตาม รายงานดังกล่าวที่พบว่า การให้น้ำที่ E30 ให้ผลผลิตสูงกว่า E60 อย่างมีนัยสำคัญ แตกต่างจากผลการทดลองที่นำเสนอครั้งนี้ที่พบว่า E30 และ E60 ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน ซึ่งความแตกต่างดังกล่าวอาจมีสาเหตุมาจาก ความแตกต่างของชนิดและพันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้ ซึ่งพันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้ครั้งนี้เป็นพันธุ์เชียงใหม่ 1 และเป็นถั่วเหลืองรับประทานฝักสด มีการดูแลและรักษาและใส่ปุ๋ยหมักและไนโตรเจนในอัตราสูง ดังนั้นการเก็บความชื้นของดินอาจจะดีกว่า ขณะที่ Garside *et al.* (1992) ทำการทดลองกับถั่วเหลืองที่ผลิตเมล็ด นอกจากนี้ ความแตกต่างดังกล่าว ยังอาจมีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการใช้น้ำของพืช นอกจากนี้ การเพิ่มขึ้นของผลผลิตถั่วเหลือง เมื่อเพิ่มอัตราปลูก 32,000 ต้น/ไร่ เป็น 96,000 ต้น/ไร่ เป็นไปในแนวเดียวกับรายงานของ วันชัย และคณะ (2538) ที่ทำการทดลองกับถั่วเหลืองพันธุ์นครสวรรค์ 1 ที่จังหวัดชัยนาท และพบว่า เมื่อเพิ่มอัตราปลูกจาก 32,000 ต้น/ไร่ เป็น 96,000 ต้น/ไร่ ผลผลิตเพิ่มขึ้น 25%

ผลการทดลองอาจจะแตกต่างไปจากที่นำเสนอครั้งนี้ ถ้าชนิดและพันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้ ชนิดและความอุดมสมบูรณ์ของดิน หรือสภาพภูมิอากาศ แตกต่างไปจากการทดลองครั้งนี้ เพราะปัจจัยดังกล่าวเกี่ยวข้องโดยตรงกับปริมาณการใช้น้ำของพืช ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ และอัตราปลูก ทั้งนี้เพราะถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์อาจจะตอบสนองต่อการให้น้ำ ความทนทานต่อการขาดน้ำ และอัตราปลูกแตกต่างกัน Johnson and Smith (1975) เสนอว่าโดยทั่วๆ ไป ดินร่วนจะมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุด ตามด้วยดินเหนียว และดินทราย

อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองทั้งหมด ชี้ให้เห็นว่าในการปลูกถั่วเหลืองฝักสด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง บนดินร่วนปนทรายชุดบุณฑริก ในเขตจังหวัดพิษณุโลก ควรมีการให้น้ำทุกครั้งเมื่อค่าการระเหยสะสมครบ 60 มม. (ใช้ระยะเวลาระหว่าง 9-11 วัน) แต่ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องให้น้ำทุกครั้งเมื่อค่าการระเหยสะสมครบ 30 มม. เพราะไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามไม่ควรรอให้น้ำเมื่อค่าการระเหยสะสมครบ 120 มม. เพราะผลผลิตจะลดลงถึง 34% นอกจากนี้ควรปลูกโดยใช้อัตราปลูก 96,000 ต้น/ไร่ เพราะให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกโดยใช้อัตราปลูก 32,000-64,000 ต้น/ไร่ 14-28%

สรุปผลการทดลองและคำแนะนำ

จากการตรวจสอบการตอบสนองของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์เชียงใหม่ 1 ต่อความถี่การให้น้ำและอัตราปลูก บนดินร่วนปนทรายชุดบุณฑริก ที่สถานีทดลองพืชไร่พิษณุโลก พบว่า ไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างความถี่การให้น้ำและอัตราปลูก ในส่วนของการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

1. การให้น้ำทุกครั้งเมื่อค่าการระเหยสะสมครบ 30 (E30), 60 (E60) และ 120 มม. (E120) มีการให้น้ำ 12, 6 และ 3 ครั้ง ตามลำดับ

2. E30 ให้ค่า leaf area index,crop growth rate และ leaf area duration ไม่แตกต่างทางสถิติกับ E60 แต่สูงกว่า E120 อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ค่าดังกล่าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเพิ่มอัตราปลูกจาก 32,000 เป็น 64,000 และ 96,000 ต้น/ไร่ อย่างไรก็ตาม net assimilation rate ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญกับการเปลี่ยนแปลงความถี่การให้น้ำและอัตราปลูก

3. E30 ให้ผลผลิต (ฝัก+ต้น) 1,645 กก./ไร่ ไม่แตกต่างทางสถิติกับ E60 แต่สูงกว่า E120 ประมาณ 34% และเมื่อลดอัตราปลูกจาก 96,000 ต้น/ไร่ เป็น 64,000 และ 32,000 ต้น/ไร่ มีผลให้ผลผลิตลดลง 15 และ 28% ตามลำดับ

4. ในทำนองเดียวกัน E30 ให้น้ำหนักฝักสด ไม่แตกต่างทางสถิติกับ E60 แต่สูงกว่า E120 ประมาณ 34% และเมื่อลดอัตราปลูกจาก 96,000 ต้น/ไร่ เป็น 64,000 และ 32,000 ต้น/ไร่ น้ำหนักฝักสดลดลง 14 และ 28% ตามลำดับ

5. การลดลงของผลผลิตเมื่อลดความถี่การให้น้ำมีผลมาจากน้ำหนักสด 100 เมล็ด และ จำนวนฝัก/ต้น ลดลงในทางตรงกันข้าม เมื่อเพิ่มอัตราปลูกมีผลให้น้ำหนัก 100 เมล็ด และจำนวนฝัก/ต้น ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของน้ำหนัก 100 เมล็ด และจำนวนฝัก/ต้นไม่เพียงพอที่จะชดเชยจำนวนต้น/ไร่ ที่น้อยกว่าของการใช้อัตราปลูกต่ำ ผลที่ตามมาคือ ผลผลิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

6. ผลการทดลองทั้งหมดเสนอแนะว่า ในการปลูกถั่วเหลืองฝักสดในดินร่วนปนทรายชุดบุณฑริกในเขตจังหวัดพิษณุโลก ควรมีการให้น้ำทุกครั้งเมื่อค่าการระเหยสะสมครบ 60 มม. (ใช้ระยะเวลาระหว่าง 9-11 วัน) แต่ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องให้น้ำทุกครั้งเมื่อค่าการระเหยสะสมครบ 30 มม. เพราะไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ไม่ควรรอให้น้ำเมื่อค่าการระเหยสะสมครบ 120 มม. เพราะผลผลิตจะลดลงถึง 34% นอกจากนี้ ควรปลูกโดยใช้อัตราปลูก 96,000 ต้น/ไร่ เพราะให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกโดยใช้อัตราปลูก 32,000 และ 64,000 ต้น/ไร่ คิดเป็น 15% และ 28% ตามลำดับ

Table 1 Maximum, minimum and mean temperatures, mean relative huminity (R.H) and mean daily evaporation from U.S. Class. A pan between January and March 1999 at Phitsanulok Field Crop Experiment Station.

Month	Temperature (°C)			R.H (%)	Evaporation (mm)	
	Maximum	Minimum	Mean		Mean daily	total
January	31.7	19.1	25.4	71	5.8	179.4
February	33.6	20.8	27.2	74	5.8	163.4
March	37.2	25.1	31.1	77	6.5	200.8

Table 2 Irrigation schedules for 3 irrigation frequencies

Irri. Frequency	Irrigation date		
Irri. No.	**E30**	**E60**	**E120**
1	24/1/99	29/1/99	9/2/99
2	29/1/99	9/2/99	1/3/99
3	4/2/99	19/2/99	20/3/99
4	9/2/99	1/3/99	
5	14/2/99	11/3/99	
6	19/2/99	20/3/99	
7	24/2/99		
8	1/3/99		
9	6/3/99		
10	11/3/99		
11	16/3/99		
12	20/3/99		

E30, E60 and E120 indicate irrigation application at 30, 60 and 120 mm cumulatives evaporation, respectively.

Table 3 Effect of irrigation frequency and plant density on leaf area index (LAI) and top dry matter (TDM) at 35 and 55 days after emergence (DAE), crop growth rate (CGR) between 1-35 and 35-55 DAE, leaf area duration (LAD) and net assimilation rate (NAR) between 35-55 DAE of vegetable soybean at Phitsanuloke Field Crop Experiment Station in 1999.

	LAI 35	**LAI 55**	**TDM35** g/m^2	**TDM55** g/m^2	**CGR 1-35** $g/m^2/day$	**CGR 35-55** $g/m^2/day$	**NAR 1-35** $g/m^2/day$	**LAD 35-55** day
Irritation frequency								
E30	1.57 a	2.54 a	211 a	366 a	6.00 a	7.77 a	3.90 a	41.1 a
E60	1.55 a	2.49 a	205 a	355 a	5.90 a	7.54 a	3.83 a	40.4 a
E120	1.21 b	2.08 b	145 b	248 b	4.12 b	5.14 b	3.20 a	32.9 b
CV. (%)	7.3	6.1	14.7	8.8	14.6	13.2	16.4	5.1
Plant density (pls/rai)								
32,000	1.30 c	2.20 c	166 c	290 b	4.74 c	5.19 b	3.63 a	35.0 b
64,000	1.42 b	2.37 b	187 b	320 b	5.32 b	7.10 b	3.82 a	37.9 b
96,000	1.61 a	2.53 a	209 a	360 a	5.97 a	8.17 a	3.48 a	41.4 a
CV. (%)	9.8	6.4	10.8	8.1	10.8	12.9	18.8	7.2

E30, E60 and E120 are irrigation application every after 30, 60 and 120 mm cumulative evaporation. In a column , means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 4 Effect of irrigation frequency and plant density on yield (stem+pod), pod fresh weight, seed fresh weight, 100 seed fresh weight, pods/plant, plant height, branches/plant and nodes/plant of vegetable soybean at Phitsanulok Field Crop Experiment Station in 1999.

	Yield Kg/rai	Pod Fresh wt. Kg/rai	Seed Fresh wt. g/kg pods	100 seed Fresh wt. g	Pods/ plant	Plant Height cm	Branches/ plant	Nodes/ plant
Irritation frequency								
E30	1645 a	1184 a	484 b	62.8 a	15.7 a	46.8 a	1.19 a	8.12 a
E60	1558 a	1136 a	517 a	61.5 b	15.2 a	46.1 a	1.18 a	8.07 a
E120	1087 b	777 b	534 a	57.5 c	12.5 b	35.2 b	0.60 b	7.59 b
CV. (%)	6.1	7.7	4.9	1.5	6.1	7.1	14.6	3.2
Plant density (pls/rai)								
32,000	1201 c	869 c	488 b	63.4 a	19.5 a	38.5 c	1.61 a	8.11 a
64,000	1420 b	1028 b	529 a	59.5 b	12.9 b	42.7 b	0.86 b	7.96 a
96,000	1668 a	1200 a	518 a	58.9 b	11.0 c	46.9 b	0.54 c	7.71 a
CV. (%)	4.2	6.2	5.7	2.7	7.8	8.0	13.8	5.0

E30, E60 and E120 are irrigation application every after 30, 60 and 120 mm cumulative evaporation. In a column , means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

เอกสารอ้างอิง

ธวัชชัย ณ นคร 2526. ความสัมพันธ์ระหว่างดิน น้ำ และพืช. *วารสารวิชาการเกษตร* 1 (3) : 185-195.

วันชัย ถนอมทรัพย์ กนกพร เมาลานนท์ และเทวา เมาลานนท์ 2538. อิทธพิลของอัตราปลูกและปริมาณการให้น้ำต่อผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้น้ำของถั่วเหลือง. *วารสารวิชาการเกษตร* 13 (1) : 64-71.

วันชัย ถนอมทรัพย์ กนกพร เมาลานนท์ และเทวา เมาลานนท์ 2540. การตอบสนองของถั่วเหลืองต่อปริมาณการให้น้ำและการจัดระยะปลูก. *วารสารวิชาการเกษตร* 15 (2) : 105-114.

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 Maxico. *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 rate in corn, soybean and sunflower at various leaf water potential. *Plant Physio.* 46 : 233-235.

Bunce, J.A. 1978. Effects of water stress on leaf expansion, net photosynthesis and vegetable growth of soybean and cotton. *Can. J. Bot.* 56 : 1492-1498.

Coleville, W.L. 1968. Influence of plant spacing and population on aspects of the microclimate within corn ecosystems. *Agron.J.* 60 : 65-67.

Doorenbos, J. and A.H. Kassem. 1979. Yield respones to water. Irrigation and drainage. Paper No. 24. Rome FAO.

Doorenbos, J. and W.O. Pruitt. 1977. Crop Water Requirements. Guide line for predicting irrigation and drainage paper. No. 24. Rome : FAO.

Garside, A. L.; R. J. Lawn and D.E. Byth. 1992. Irrigation management of soybean (Glygation frequency on growth, development and yield) *Aust.J.Agric. Res.*, 43 : 1003-17.

Hunt, R. 1978. Plant Growth Analysis. London : Edward Amold. 67 P.

Johnson, G.G. and J. Smith. 1975. Accuracy of soil water budgets based on a range of relationships for the influence of soil water availability on actual water use. *Aust.J. Agric.Res.*, 26:871-873.

Kramer, P. J. 1969. Plant and soil water relationships : a modern synthesis. McGraw-Hill, New York.

Mason , W.K.; G.A. Constable and R.C.G. Smith. 1980. Irrigation for crops in a sub-humid environment . 2. The water requirements of soybean. *Irri. Sci.* 2, 13-22.

May, L.H and F.L. Milthrops. 1962. Drought resistance of crop plants. *Field Crop Abstr.* 15(3) : 171-179.

Montojos, J.C. and A.C Magahaes. 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.

Monteith, J.L. 1977. Climate and efficiency of crop production in Britain. *Phil. Trans. R.Soc.Lond.*, B 281 : 277-294.

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 yield 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.