การตอบสนองของถั่วเหลืองต่อปริมาณการให้น้ำและการจัดระยะปลูก

Responses of Soybean to Irrigation Amounts and Plant Arrangements

วันชัย ถนอมทรัพย์[1] กนกพร เมาลานนท์[2] เทวา เมาลานนท์[3]
Wanchai Thanomsub[1] Kanokporn Maolanont[2] Thewa Maolanont[3]

ABSTRACT

Major factors related to crop growth and yield, particularly in the dry season, are water availability and planting method, when other factors such as fertility, diseases etc., do not limit growth and yield. The effects of irrigation amounts and plant arrangements on soybean, CV. Nakhon Sawan 1, were investigated at Chai Nat Field Crop Research Centre in the 1994/95 and 1995/96 growing seasons. The responses of soybean to irrigation amounts and plant arrangements between the two seasons were similar. There were no interactions in growth and yield between irrigation levels and plant arrangements. Leaf area index, leaf area duration and crop growth rate significantly increased with increasing irrigation amounts from IW/E (ratio of irrigation water to evaporation) 0.3 to 0.7. Similarly, seed yield favoured higher ratios of IW/E (up to 62%). Pods/plant and seed weight were major factors determining yield differences among irrigation levels. However, there was not significant differences in seed yields and yield components between IW/E 0.7 and 0.9. Square planting gave the highest yield (up to 14%), whereas 5:1 and 10:1 rectangularity produced no significant difference in seed yield. Higher yield of square planting was mainly due to higher number of pods/plant.

Key words: soybean, irrigation amount, plant arrangement and water use efficiency.

บทคัดย่อ

การให้น้ำ และวิธีการปลูกที่เหมาะสม เป็นปัจจัยหลักการเพิ่มผลผลิตถั่วเหลือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปลูกในฤดูแล้ง ได้ดำเนินการทดลองเพื่อตรวจสอบผลของการจัดระยะปลูก และปริมาณการให้น้ำที่มีต่อถั่วเหลืองพันธุ์นครสวรรค์ 1 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ปี 2537/38 และ 2538/39 ปริมาณน้ำที่ให้กำหนดโดยใช้อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ให้ต่อค่าการระเหยสะสม (IW/E) 4 อัตรา คือ 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 จะให้น้ำทุกครั้งเมื่อค่าการระเหยสะสมครบ 60 มม. ปลูกโดยใช้อัตราปลูก 64,000 ต้น/ไร่ มีการจัดอัตราส่วนระยะระหว่างแถวระยะหว่างต้น (rectangularity) 3 อัตราคือ 1:1, 5:1 และ 10:1 พบว่าไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการให้น้ำ และการจัดระยะปลูก ในทุกส่วนที่ตรวจสอบตลอดฤดูปลูก มีการให้น้ำ 5 ครั้ง แต่ละครั้ง

(1) ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท อ.สรรพยา จ.ชัยนาท 17150
Chai Nat Field Crops Research Centre, Amphoe Sapphaya, Chai Nat 17150
(2) สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพ 10900
Field Crops Research Institute, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900
(3) สถานีทดลองพืชไร่ศรีสำโรง อ.ศรีสำโรง จ.สุโขทัย 64120
Si Samrong Field Crop Experiment Station, Amphoe Si Samrong, Sukhothai 64120

ห่างกัน 11-14 วัน รวมเป็นปริมาณน้ำที่ให้ 90-270 มม. LAI, LAD และ CGR เพิ่มขึ้นกับการเพิ่มอัตราการให้น้ำ และถึงจุดสูงสุดที่ IW/E 0.7 และการปลูกโดยใช้ 1:1 rectangularity หรือ square การให้น้ำที่ IW/E 0.3 ให้ผลผลิตต่ำสุด และเมื่อเพิ่มอัตราการให้น้ำเป็น IW/E 0.5, 0.7 และ 0.9 ผลผลิตเพิ่มขึ้น 16-29, 36-51 และ 41-62% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างการให้น้ำที่ IW/E 0.7 และ 0.9 การปลูกแบบ square ให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกโดยใช้ 5:1 และ 10:1 rectangularity ที่ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ 8-14% การเปลี่ยนแปลงผลผลิตของปัจจัยการให้น้ำเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลง จำนวนฝัก/ต้น และขนาดเมล็ด ขณะที่จำนวนฝัก/ต้น เป็นองค์ประกอบผลผลิตหลักของการเปลี่ยนแปลงผลผลิตของการจัดระยะปลูก

คำนำ

ปริมาณน้ำที่พืชได้รับ และวิธีการปลูก เป็นปัจจัยหลักที่มีผลโดยตรงต่อการเติบโต และผลผลิต ถ้าความอุดมสมบูรณ์ของดิน, โรค และแมลงไม่เป็นปัจจัยจำกัด จากการวิจัยที่ผ่านๆ มาทั้งในประเทศ (วันชัย และคณะ 2538 ก และ 2539) และต่างประเทศ (Heatherly and Spurlock 1992; Garside *et al.* 1992 และ Heatherly 1983) แสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโต และผลผลิตของถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น เมื่อพบปริมาณการให้น้ำ โดยจำนวนฝัก/ต้น เป็นองค์ประกอบผลผลิตหลักที่ได้รับผลกระทบต่อปริมาณการให้น้ำมากที่สุด

การให้น้ำที่เหมาะสมนอกจากจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืช, ดิน, ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และสภาพแวดล้อมต่างๆ แล้วยังเกี่ยวข้องกับวิธีการปลูก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การจัดระยะปลูก ทั้งนี้เพราะการจัดระยะปลูกมีผลต่อการกระจายตัวของใบ อัตราและระยะเวลาการคลุมดินของใบ ดังนั้นจึงเกี่ยวข้องกับการสูญเสียความชื้นของดินโดยขบวนการระเหยน้ำจากผิวดินบริเวณปลูกพืช (evaporation) และขบวนการการคายน้ำ (transpiration) Hanks *et al.* (1969) รายงานว่าปริมาณ evaporation จะมีค่าประมาณ 15-37% ของปริมาณการใช้น้ำทั้งหมดของพืช (evapotranspiration) โดยทั่วๆ ไปการจัดให้มีระยะระหว่างแถวต่อระยะระหว่างต้นเท่ากัน (square planting) มีผลให้การคลุมดินของใบเกิดขึ้นเร็วและมีเปอร์เซ็นต์การคลุมดินสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดให้มีอัตราระยะระหว่างต้นต่อระยะระหว่างแถว (rectangularity) ที่แตกต่างกัน ดังนั้นการระเหยน้ำจากผิวดินบริเวณปลูกพืชจึงมีค่าน้อยกว่าการจัดระยะปลูกวิธีอื่นๆ นอกจากมีผลต่อการคลุมดินที่แตกต่างกันแล้ว การจัดระยะปลูกยังมีผลต่อการเรียงตัวของใบ มุมใบ และการกระจายตัวของใบ ซึ่งผลที่ตามมาคือ ปริมาณแสงที่พืชได้รับจะไม่เท่ากันในแต่ละ ระยะปลูก แม้ว่าพื้นที่ใบจะเท่ากัน (Wien and Wallace 1973)

Reicosky *et al.* (1982) ได้ศึกษาผลของระยะระหว่างแถวที่มีต่อปริมาณการใช้น้ำในถั่วเหลือง พบว่าปริมาณการใช้น้ำมีความสัมพันธ์ทางบวกกับ leaf area index ในช่วงต้นฤดูปลูก แต่เมื่อถึงจุดสุดของค่า leaf area index แล้ว นักวิจัยหลายท่านยังพบว่าการปลูกแบบ square planting ในพืชตระกูลถั่วจะให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกโดยใช้ rectangularity อื่นๆ (Kueneman *et al.* 1979 และ Mack and Hatch 1968) อย่างไรก็ตามไม่มีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับการจัดระยะปลูก รวมถึงปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างการจัดระยะปลูก และปริมาณการให้น้ำในถั่วเหลือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับพันธุ์ที่มีอายุสั้น

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบผลของปริมาณการให้น้ำ และการจัดระยะปลูก ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองพันธุ์นครสวรรค์ 1

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท จ.ชัยนาท ในฤดูแล้ง 2537/38 ระหว่าง 9 พฤศจิกายน 2537 ถึง 26 มกราคม 2538 และทำการทดลองซ้ำในปี 2538-39 โดยเริ่มปลูก 20 ธันวาคม 2538 และเก็บเกี่ยว 7 มีนาคม 2539 ทั้งสองการทดลองดำเนิน

การบนพื้นที่เดียวกัน ดินที่ใช้เป็นชนิด silty clay loam มีค่า pH 6.2, OM. 3.1%, P 24 ppm และ K 108 ppm ความชื้นที่ 0.33 และ 15 บาร์ มีค่า 23.7 และ 17.5% ตามลำดับ ในการทดลองครั้งนี้ ใช้ค่าการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยชนิด U.S. Class A pan ที่รวบรวมจากสถานีตรวจอากาศเกษตรชัยนาท ที่ตั้งอยู่ห่างจากแปลงทดลองประมาณ 100 เมตร เป็นตัวกำหนด ปริมาณ และระยะเวลาการให้น้ำ ทั้งนี้เนื่องจากว่าปัจจัยสภาพภูมิอากาศทุกอย่างที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำของพืชเกี่ยวข้องโดยตรงกับการระเหยของน้ำจากถาดวัดการระเหย (Doorenbos and Pruitt 1977)

วางแผนการทดลองแบบ split plot design จำนวน 3 ซ้ำ โดยจัดให้อัตราการให้น้ำเป็น main plots ได้แก่ให้น้ำในอัตราส่วนของปริมาณน้ำที่ให้ (irrigation water, IW) ต่อค่าการระเหยของน้ำ (evaporation, E) มีค่าเท่ากับ 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 การให้น้ำแต่ละครั้งทำเมื่อค่าการระเหยสะสมจากถาดวัดการระเหยแบบ U.S. Class A pan มีค่า 60 มม. ดังนั้นปริมาณการให้น้ำแต่ละครั้งจะเท่ากับ 18, 30, 42 และ 54 มม. ตามลำดับ sub-plots ได้แก่การปลูกถั่วเหลืองในอัตรา 40 ต้น/ตร.ม. (64,000 ต้น/ไร่) โดยจัดระยะปลูกให้มีอัตราส่วนระหว่างแถวต่อระหว่างต้น (rectangularity) 3 อัตราคือ 1:1, 5:1 และ 10:1 เพื่อป้องกันการไหลซึมของน้ำจะมี concrete หนาประมาณ 5 ซม. ฝังลึก 1.20 ม. กั้นระหว่าง main plots และมีคันดินขนาด 150 ซม. กั้นระหว่าง sub-plots

ขนาดแปลงย่อย, ระยะระหว่างต้น ระยะหว่างแถว จำนวนแถวต่อแปลงย่อย และพื้นที่เก็บเกี่ยว ของการจัดระยะปลูกต่างๆ รวบรวมไว้ใน Table 1 ก่อนปลูกทุกวิธีการจะได้รับปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 25 กก./ไร่ และให้น้ำปริมาณ 30 มม. ทันทีหลังปลูก ภายหลังงอกประมาณ 7 วัน ถอนแยกให้เหลือหลุมละ 1 ต้น หลังการให้น้ำจะเริ่มบันทึกค่าการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหย และเมื่อค่าการระเหยสะสมครบ 60 มม. จะเริ่มให้น้ำ ตามอัตราที่กำหนดไว้ใน main plots การให้น้ำครั้งสุดท้ายทำเมื่อถั่วเหลืองเริ่มมีฝักแรกแก่ และมีใบเหลืองประมาณ 50% (ระยะระหว่าง R7-R8)

ระหว่างดำเนินการทดลองมีการเก็บตัวอย่างพืช 2 ครั้ง ครั้งแรกเมื่อเริ่มออกดอก และครั้งที่สองเมื่อ 60 วันหลังปลูก ในการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งจะสุ่มเก็บ โดยใช้จำนวนต้นในแต่ละแปลงย่อย 10 ต้น แล้วนำมาหาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ใบ และ นน. แห้งทั้งหมดของส่วนต่างๆ สำหรับช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต จะใช้พื้นที่เก็บเกี่ยวตามที่เสนอไว้ใน Table 1 จำนวนแถวเก็บเกี่ยวจะเท่ากับ 10, 5 และ 3 แถว สำหรับ 1:1, 5:1 และ 10:1 rectangularity ตามลำดับ หลังจากนั้นจะสุ่มจากต้นเก็บเกี่ยวจำนวน 10 ต้น เพื่อวิเคราะห์หาความสูง จำนวนฝัก/ต้น และจำนวนเมล็ด/ฝัก สำหรับการวิเคราะห์ผลผลิต จะชั่งน้ำหนักเมล็ดจากต้นเก็บเกี่ยวทั้งหมด แล้วคำนวณเป็นน้ำหนัก กก./ไร่ จำนวนเมล็ด/ฝัก คำนวณโดยนับจำนวนเมล็ดทั้งจากพืชตัวอย่างแล้วหารด้วยจำนวนฝักทั้งหมด สำหรับขนาดเมล็ดจะทำการสุ่มเมล็ดจากผลผลิตทั้งหมด จำนวน 500 เมล็ด แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักเมล็ด

การวิเคราะห์พื้นที่ใบทำโดยใช้เครื่องมือ วัดพื้นที่ใบชนิด Automatic Area Meter Model AAM 7 ของ Hayashi Denkon Co.,Ltd. หลังจากนั้นนำส่วนต่างๆ ของพืชมาอบที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 72 ซม. แล้วนำมาหา นน. แห้งทั้งหมด

การคำนวณหาค่า leaf area index (LAI), leaf area

Table 1. Details of irrigation amounts x plant arrangements experiment.

Seed Spacing (cm)	Sub-plot (cm)	Density (pls/m²)	Rectangularity[1*]	Number of row	Final Harvest area (cm)
15.8 x 15.8	253 x 695	40	1 : 1	16	158.0 x 395.0
35.5 x 7.07	249 x 700	40	5 : 1	7	177.5 x 355.0
50.0 x 5	250 x 700	40	10 : 1	5	150.0 x 400.0

[1*] the ratio of inter row spacing to intra-row spacing

duration (LAD) และ crop growth rate (CGR) ทำโดยใช้วิธีการที่เสนอโดย Hunt (1978) ได้แก่

$$LAI = AL/AG$$

เมื่อ AL = พื้นที่ใบทั้งหมด (total leaf area)
AG = พื้นที่ดิน (ground area which supports AL)

$$LAD = (LAI1 + LAI2)(T2 - T1)/2$$

เมื่อ LAI1 = พื้นที่ใบของการวัดครั้งที่ 1
LAI2 = พื้นที่ใบของการวัดครั้งที่ 2
T1 = ระยะเวลาในการวัดพื้นที่ใบครั้งที่ 1
T2 = ระยะเวลาในการวัดพื้นที่ใบครั้งที่ 2

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

เมื่อ W1 = น้ำหนักแห้งทั้งหมดที่ระยะเวลา T1
W2 = น้ำหนักแห้งทั้งหมดที่ระยะเวลา T2

ผลการทดลอง

สภาพภูมิอากาศ

ระหว่างดำเนินการทดลองทั้งสองฤดูไม่มีฝนตก ดังนั้นปริมาณน้ำที่ถั่วเหลืองได้รับจึงได้จากการให้น้ำเพียงอย่างเดียว อุณหภูมิ และค่าการระเหยน้ำ จากถาดวัดการระเหย ที่รวบรวมจากสถานีอากาศเกษตรชัยนาท ระหว่างดำเนินการทดลองแสดงไว้ใน Table 2 อุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงดำเนินการทดลองปีการทดลอง 2537/38 (9 พฤศจิกายน 2537 ถึง 26 มกราคม 2538) มีค่าระหว่าง 26.4 - 27.4°C ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างดำเนินการทดลองมีน้อยมาก สำหรับการทดลองปี 2538/39 (20 ธันวาคม 2538 ถึง 7 มีนาคม 2539) อุณหภูมิเฉลี่ยค่าระหว่าง 24.4 - 29.5°C ในช่วงแรกถั่วเหลืองเติบโตในสภาพอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ หลังจากนั้นอุณหภูมิจะสูงขึ้นเรื่อยๆ และสูงสุดในช่วงระยะการสุกแก่ คือ เดือนมีนาคม

จากการเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างสองการทดลอง พบว่าโดยทั่วๆ ไป การทดลองปี 2537/38 ถั่วเหลืองเจริญเติบโตในสภาพอุณหภูมิที่สูงกว่า ยกเว้นในช่วงสุกแก่ที่อุณหภูมิของการทดลองปี 2537/38 มีค่าต่ำกว่าการทดลองปี 2538/39 ทั้งนี้เพราะระยะเวลาเก็บเกี่ยวของการทดลองปี 2537/38 อยู่ในช่วงปลายมกราคม 2538 ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนมีค่า 26.4°C ในขณะที่การเก็บเกี่ยวของการทดลองปี 2538/39 ทำในช่วงต้นมีนาคมที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดเดือน 29.5°C อย่างไรก็ตาม ปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยในช่วงทำการทดลองของทั้งสองการทดลองไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.3 - 4.6 มม./วัน สำหรับการทดลองปี 2537/38 และ 3.9 - 5.6 มม. สำหรับการทดลองปี 2538/39

จำนวนครั้งการให้น้ำ และปริมาณน้ำที่พืชได้รับ

วันให้น้ำและปริมาณน้ำที่พืชได้รับของแต่ละวิธีการ สำหรับการทดลองปี 2537/38 และ

Table 2. Maximum, minimum and mean temperatures, and mean daily evaporation from U.S. Class A pan between November and March, 1994/95 and 1995/96 in Chai Nat.

Month	Temperature (°C)						Evaporation (mm)	
	Maximum		Minimum		Mean		Mean daily	
	94/95	95/96	94/95	95/96	94/95	95/96	94/95	95/96
November	33.0	31.2	21.7	22.6	27.4	26.6	4.6	4.7
December	32.2	30.3	20.4	18.6	26.8	24.4	4.6	4.4
January	33.1	32.1	19.6	19.0	26.4	25.5	4.3	3.9
February	33.9	32.2	21.0	20.3	27.5	26.2	4.9	5.1
March	36.5	34.9	24.5	24.1	30.5	29.5	5.9	5.6

2538/39 แสดงใน Table 3 ทั้งสองฤดูปลูกมีจำนวนครั้งการให้น้ำ และประมาณน้ำที่ให้ เท่ากันคือ มีการให้น้ำทั้งหมด 5 ครั้ง รวมเป็นปริมาณน้ำที่พืชได้รับตลอดฤดูปลูก 90, 150, 210 และ 270 มม. สำหรับ IW/E 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 ตามลำดับ ระยะเวลาที่ใช้สำหรับการระเหยสะสมครบ 60 มม. ในการทดลองปี 2537/38 มีค่าระหว่าง 12-14 วัน และการทดลองปี 2538/39 มีค่า 11 - 15 วัน ดังนั้น ระยะเวลาการให้น้ำแต่ละครั้งของแต่ละการทดลองจึงอยู่ในช่วงดังกล่าว การให้น้ำครั้งสุดท้ายของการทดลองปี 2537/38 และ 2538/39 ทำเมื่อวันถั่วเหลืองอายุ 67 และ 68 วันหลังปลูก ตามลำดับ ซึ่งช่วงดังกล่าวอยู่ในช่วงการเจริญเติบโตระยะระหว่าง R7-R8

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

ไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการให้น้ำและการจัดระยะปลูก ในส่วนของ LAI ช่วงออกดอก และ 60 วันหลังปลูก LAD และ CGR ในช่วงออกดอก และ 60 วันหลังปลูก โดยค่าดังกล่าวเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณการให้น้ำ และการจัดระยะปลูก (Table 4) ผลการทดลองของทั้งสองฤดูเป็นไปในแนวเดียวกัน โดยทั่วๆ ไป การทดลองปี 2537/38 มีค่า LAI, LAD และ CGR สูงกว่าการทดลองปี 2538/39

LAI, LAD และ CGR เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเพิ่มอัตราการให้น้ำ โดยค่าดังกล่าวสูงสุดเมื่อให้น้ำที่ IW/E 0.9 และต่ำสุดเมื่อให้น้ำที่ IW/E 0.3 อย่างไรก็ตามการให้น้ำที่ IW/E 0.7 และ 0.9 ให้ค่า LAI, LAD และ CGR ไม่แตกต่างกันทางสถิติ การปลูกแบบ square ให้ค่า LAI, LAD และ CGR สูงสุด ตามด้วย 5:1 และ 10:1 rectangularity ตามลำดับ

ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต

การตอบสนองของปริมาณการให้น้ำและการจัดระยะปลูกเป็นไปในแนวเดียวกัน ในทุกฤดูปลูก ดังนั้นจึงเสนอเฉพาะค่าเฉลี่ยของผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของแต่ละการทดลอง (Table 5) ผลผลิตของถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องกับการเพิ่มปริมาณการให้น้ำ และจะถึงจุดสูงสุดเมื่อให้น้ำที่ IW/E 0.7 ทั้งสองการทดลอง การให้น้ำที่ IW/E 0.3 ให้ผลผลิต

Table 3. Irrigation schedule and total irrigation amounts (mm) of 4 irrigation levels for soybean sown at 3 plant arrangements in the 1994/95 and 1995/96 growing seasons.

Irrigation No	Irrigation date	Irrigation amount (mm)			
		IW/E 0.3	IW/E 0.5	IW/E 0.7	IW/E 0.9
1994/95 Experiment					
1	22/11/37	18	30	42	54
2	6/12/37	18	30	42	54
3	18/12/37	18	30	42	54
4	31/12/37	18	30	42	54
5	14/1/38	18	30	42	54
Total irrigation amounts		90	150	210	270
1994/95 Experiment					
1	4/1/39	18	30	42	54
2	17/1/39	18	30	42	54
3	2/2/39	18	30	42	54
4	13/2/39	18	30	42	54
5	25/2/39	18	30	42	54
Total irrigation amounts		90	150	210	270

IW/E = the ratio of irrigation water to cumulative evaporation

Table 4. Effects of irrigation amounts and plant arrangements on leaf area index (LAI) at 50% flowering and 60 days after planting and leaf area duration (LAD) and crop growth rate (CGR) between 50% flowering and 60 days after planting for soybean in 1994/95 and 1995/96.

Irrigation & Arrangement	LAI 50% F		LAI 60 DAP		LAD (day)		CGR (g/sq.m/day)	
	94/95	95/96	94/95	95/96	94/95	95/96	94/95	95/96
IW/E								
0.3	1.44 b	1.12 c	2.47 c	2.18 c	50.89 c	44.64 c	12.31 c	10.86 b
0.5	1.51 b	1.24 b	2.65 b	2.49 b	54.02 b	50.28 b	13.58 b	11.30 b
0.7	1.66 a	1.39 a	2.87 a	2.81 a	58.93 a	56.64 a	15.34 a	13.14 a
0.9	1.71 a	1.43 a	2.90 a	2.91 a	60.03 a	58.53 a	15.82 a	13.59 a
CV (%)	6.2	6.8	5.8	4.7	4.7	3.8	5.6	4.2
Plant Arrangement								
1:1	1.65 a	1.34 a	2.88 a	2.82 a	58.76 a	56.14 a	14.80 a	12.90 a
5:1	1.57 b	1.28 b	2.71 b	2.55 b	55.64 b	51.82 b	14.13 b	12.20 b
10:1	1.53 b	1.26 b	2.59 b	2.43 b	53.51 c	49.62 c	18.87 c	11.57 c
CV.(%)	5.8	6.4	6.9	6.1	4.7	3.5	3.5	5.4

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

IW/E indicates the ratios of irrigation water to cumulative pan evaporation

1: 1, 5 : 1 and 10 : 1 are the ratios of inter-row spacings to intra-row spacings at a plant population of 64,000 pls/rai.

Table 5. Irrigation amounts and plant arrangement affecting yield, pods per plant, 100 seed weight of soybean (cv. Nakhonsawan 1) at Chai Nat FCRC in the 1994/95 and 1995/96 growing seasons.

Irrigation Amount & Arrangement	Yield (kg/rai)		Pods/P1		Seeds/pod		100 seed wt. (g)	
	94/95	95/96	94/95	95/96	94/95	95/96	94/95	95/96
Irrigation Amounts (IW/E)								
0.3	217 c	239 c	14.7 c	10.9 b	2.30	2.17	15.48 c	15.37 c
0.5	349 b	227 b	16.5 b	11.5 b	2.34	2.21	17.69 b	18.23 b
0.7	410 a	324 a	18.0 a	12.9 a	2.38	2.24	20.16 a	20.43 a
0.9	440 a	338 a	18.0 a	13.0 a	2.37	2.19	20.72 a	21.10 a
CV (%)	9.8	6.4	7.3	6.9	4.3	3.2	5.7	2.9
Plant Arrangement								
1:1	398 a	317 a	17.5 a	13.1 a	2.37	2.22	18.37	18.54
5:1	355 b	292 b	16.8 b	11.7 b	2.35	2.19	18.68	18.84
10:1	350 b	274 b	16.1 b	11.4 b	2.33	2.20	18.72	18.96
CV.(%)	7.1	5.1	5.6	4.1	4.1	3.0	3.4	2.4

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

IW/E = The ratios of irrigation water to cumulative pan evaporation

1 : 1, 5 : 1 and 10 : 1 are the ratios of inter - row spacings to intra-row spacings at a plant population of 640,000 pls/rai.

ต่ำสุด แต่เมื่อเพิ่มการให้น้ำเป็น IW/E 0.5, 0.7 และ 0.9 ผลผลิตเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 29, 51 และ 62% ตามลำดับ สำหรับการทดลองปี 2537/38 และ 16, 36 และ 41% สำหรับการทดลองปี 2538/39 อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของผลิตระหว่างการให้น้ำ IW/E 0.7 และ 0.9 มีเพียงเล็กน้อย และไม่มีผลทางสถิติ

การจัดระยะปลูกแบบ square ให้ผลผลิตสูงกว่า 5:1 และ 10:1 rectangularity ที่ให้ ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยเฉลี่ย 11 - 12% สำหรับการทดลองปี 2537/38 และ 8 - 14% สำหรับการทดลองปี 2538/39

ผลการทดลองทั้งสองฤดู ชี้ให้เห็นว่าจำนวนฝัก/ต้น และขนาดเมล็ด เป็นองค์ประกอบผลผลิตหลักที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงผลผลิตของปัจจัยการให้น้ำ ในขณะที่จำนวนฝัก/ต้น เป็นองค์ประกอบผลผลิตหลักที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงผลผลิตของปัจจัยการจัดระยะปลูก จำนวนฝัก/ต้น เพิ่มจาก 14.7 และ 10.9 เมื่อให้น้ำอัตรา IW/E 0.3 เป็น 18.0 และ 13.0 เมื่อให้น้ำอัตรา IW/E 0.9 สำหรับการทดลองปี 2538/38 และ 2538/39 ตามลำดับ ในทำนองเดียวกัน ขนาดเมล็ดเพิ่มจาก 15.48 และ 15.37 กรัม/100 เมื่อให้น้ำอัตรา IW/E 0.3 เป็น 20.72 และ 21.10 กรัม/100 เมล็ด เมื่อให้น้ำที่ IW/E 0.9 สำหรับการทดลองปี 2537/38 และ 2538/39 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามความแตกต่างขององค์ประกอบผลผลิตระหว่าง IW/E 0.7 และ 0.9 ไม่มีนัยสำคัญ

จำนวนเมล็ด/ฝัก และขนาดเมล็ด ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญกับการจัดระยะปลูก ในขณะที่การปลูกแบบ square ให้จำนวนฝัก/ต้น สูงกว่า 5:1 และ 10:1 rectangularity ทั้งสองการทดลอง

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองที่พบว่า การให้น้ำที่ IW/E 0.3 และ 0.5 มีค่า LAI และ LAD ต่ำกว่า IW/E 0.7 และ 0.9 แสดงให้เห็นว่า การให้น้ำที่ IW/E 0.3 และ 0.5 ไม่เพียงพอสำหรับถั่วเหลือง ทั้งนี้เพราะจากการทดลองของ Boyer (1970) และ Bunce (1978) พบว่า เมื่อถั่วเหลืองได้รับน้ำไม่เพียงพอ การขาดน้ำจะมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ใบ โดยเมื่อเกิดการขาดน้ำ พืชจะลดพื้นที่ใบลง เพื่อช่วยลดการสูญเสียน้ำจากกระบวนการคายน้ำ ซึ่งวิธีการนี้เป็นกลไกอย่างหนึ่งของพืชเพื่อหลีกเลี่ยงการขาดน้ำ

จากการให้น้ำที่ IW/E 0.3 และ 0.5 มีค่า LAI และ LAD ต่ำ ดังนั้นปริมาณแสงที่ได้รับจึงมีค่าน้อย ผลที่ตามมาคือ CGR ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำในอัตราสูง สมมุติฐานดังกล่าว ได้รับการสนับสนุนจากรายงานของ Monteith (1977) ที่ว่าน้ำหนักแห้งของพืชเกี่ยวข้องโดยตรงกับปริมาณแสงอาทิตย์ที่พืชได้รับ และ CGR มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่า LAI (Magalhaes *et al.* 1971) นอกจากนี้ เมื่อเกิดการขาดน้ำ ความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงแดดมาเป็นน้ำหนักแห้ง (McKenzie and Hill 1991) และประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง (Boyer 1970) จะลดลง

ในทำนองเดียวกัน การที่ square planting ให้ค่า CGR สูงกว่าการปลูกแบบ rectangularity อื่นๆ เป็นผลมาจากการปลูกวิธีดังกล่าว มีค่า LAI และ LAD สูงกว่า นอกเหนือจากนี้ยังอาจเป็นเพราะว่าการปลูกแบบ square มีการกระจายตัว และการเรียงตัวของใบดีกว่า เป็นผลให้ปริมาณแสงที่ได้รับต่อหน่วยพื้นที่ใบสูงกว่าการปลูกแบบ rectangularity อื่นๆ Flenet *et al.* (1996) แสดงให้เห็นว่าการปลูกโดยใช้ระยะระหว่างแถวแคบพืชจะได้รับแสงมากกว่าการปลูกโดยใช้ระยะระหว่างแถวกว้าง (ค่า extrinction coefficient, k, ลดลง เมื่อเพิ่มระยะระหว่างแถว)

ผลการทดลองครั้งนี้ ที่พบว่าการเพิ่มการให้น้ำจาก IW/E 0.3 เป็น IW/E 0.5, 0.7 และ 0.9 เป็นผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 16 - 29, 36 - 51 และ 41 - 62% ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของผลผลิตของการให้น้ำในอัตราสูง น่าจะมีสาเหตุหลักมาจากการเพิ่มขึ้นของ LAI และ LAD ในช่วงหลังออกดอก ผลที่ตามมาคือพืชได้รับปริมาณแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังอาจเป็นได้ว่าประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงยังเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากไม่มีการขาดน้ำ หรือถ้ามีการขาดน้ำ

ก็ไม่รุนแรงเหมือนการให้น้ำในอัตราต่ำ

สำหรับการลดลงในเปอร์เซ็นต์ที่แตกต่างกันของผลผลิตระหว่าง IW/E 0.3 และ 0.5 เมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำที่ IW/E 0.7 และ 0.9 น่าจะมีสาเหตุมาจาก การให้น้ำที่ IW/E 0.3 และ 0.5 ซึ่งการให้น้ำแต่ละครั้งมีค่า 18 และ 30 มม. ตามลำดับ เมื่อค่าการระเหยสะสมครบ 60 มม. ซึ่งค่าดังกล่าวจะใช้เวลา 11 - 15 วัน ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าถั่วเหลืองมีการขาดน้ำแทบทุกช่วงของการเจริญเติบโต และจะรุนแรงในช่วงหลังออกดอก เป็นต้นไป เพราะช่วงดังกล่าวถั่วเหลืองมีความต้องการน้ำในปริมาณสูง (Doorenbos and Pruitt 1997) อย่างไรก็ตามการให้น้ำที่ IW/E 0.3 ความรุนแรงของการขาดน้ำจะมากกว่า IW/E 0.5 ดังนั้นผลผลิตจึงลดลงมากกว่า สมมุติฐานดังกล่าวได้รับการสนับสนุนโดย Montojos และ Magalhaes (1971) และ Aguilar-M *et al.* (1977) ที่รายงานว่า ผลผลิตของพืชมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่า LAD หลังออกดอก Begg and Turner (1976) เสนอว่าผลผลิตของพืชจะลดลงมากน้อยแค่ไหน ขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรง ช่วงเวลาการขาดน้ำ และความยาวนานของการขาดน้ำ นอกจากนี้ Stegman (1989) พบว่าถ้าถั่วเหลืองขาดน้ำที่ไม่รุนแรงหลังระยะ R6 ผลผลิตจะลดประมาณ 10% แต่ถ้าขาดน้ำรุนแรงผลผลิตจะลดลงถึง 27%

การเพิ่มผลผลิตของการปลูกแบบ square นอกเหนือจากสาเหตุที่มีค่า LAI และ LAD สูง ทำให้ได้รับปริมาณแสงอาทิตย์มากกว่าการปลูกแบบ rectangularity อื่นๆ ตามที่กล่าวมาแล้ว ยังอาจเกี่ยวข้องกับการปลูกแบบ square มีการกระจายตัวของใบที่ดีกว่า ดังนั้นการคลุมดินในอัตราสูงจึงเกิดขึ้นเร็ว นอกจากนี้ยังมีเปอร์เซ็นต์การคลุมดินสูงกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ 10:1 rectangularity ผลที่ตามมาคือการระเหยน้ำจากผิวดินบริเวณปลูกพืชของการปลูกแบบ square จึงมีค่าต่ำกว่า rectangularity อื่นๆ ดังนั้นถั่วเหลืองจึงมีการเจริญเติบโตในสภาพความชื้นดินที่สูงกว่า Loomis and Williams (1963) แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยหลักที่เป็นตัวจำกัดผลผลิตของพืชได้แก่ พื้นที่ใบ, การเรียงตัวของใบ และปริมาณ CO_2 ดังนั้นถ้าธาตุอาหาร และน้ำไม่จำกัด ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่พืชได้รับจะเป็นปัจจัยเดียวที่มีต่อผลผลิต

จากทั้งหมดที่กล่าวมา แสดงให้เห็นว่าการปลูกแบบ square จะได้เปรียบกว่าปลูกโดยใช้ระยะปลูกอื่นๆ เมื่อมองในแง่ของผลผลิต ผลการทดลองที่นำเสนอครั้งนี้ที่พบว่า square planting ให้ผลผลิตสูงกว่า rectangularity อื่นๆ สอดคล้องกับงานทดลองที่ทำกับพืชตระกูลถั่วชนิดอื่นๆ เช่น ถั่วเขียว (วันชัย และคณะ 2538ข) ถั่ว *Phaseolus vulgaris* ซึ่งได้รายงานโดย Kueneman *et al.* (1979) และ Mack and Hatch (1968)

การเพิ่มจำนวน ฝัก/ต้น และขนาดเมล็ด เมื่อเพิ่มปริมาณการให้น้ำ ที่พบจากการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับ รายงานของ วันชัย และคณะ (2538ก และ 2539) นอกจากนี้ผลการทดลองยังสนับสนุนรายงานของ สมชาย (2535), Pannu and Singh (1988) และ Pandey *et al.* (1984) ที่ว่าทำการทดลองกับถั่วเขียว และพบว่า จำนวนฝัก/ต้น เป็นองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเขียว ที่จะได้รับผลกระทบมากที่สุด เมื่อมีการขาดน้ำ ตามด้วยขนาดเมล็ด

สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มผลผลิตถั่วเหลือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งพันธุ์นครสวรรค์ 1 ที่ปลูกบนดินชนิด silty clay loam สามารถที่จะทำได้โดยให้น้ำในอัตรา IW/E 0.7 หรือให้น้ำ 42 มม. เมื่อค่าการระเหยสะสมครบ 60 มม. (ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 10-15 วัน) ก็เพียงพอ โดยไม่มีความจำเป็นที่จะต้องให้น้ำในอัตรา IW/E 0.9 หรือ 52 มม. เมื่อค่าการระเหยสะสมครบ 60 มม. เพราะนอกจากไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ยังใช้น้ำในปริมาณสูงกว่าด้วย นอกจากนี้ผลการทดลองยังชี้ให้เห็นว่านอกจากมีการให้น้ำที่เหมาะสมแล้ว การเพิ่มผลผลิตยังสามารถทำได้โดยการจัดระยะปลูกแบบ square ซึ่งการกระทำดังกล่าวผลผลิตจะเพิ่มขึ้น 12-14% เมื่อเปรียบเทียบกับ 10:1 rectangularity ที่ใช้ระยะ

ระหว่างแถว 50 ซม. และระยะระหว่างต้น 5 ซม. ซึ่งระยะดังกล่าวใกล้เคียงกับระยะระหว่างแถว และระยะระหว่างต้น ที่แนะนำโดยกรมวิชาการเกษตร สำหรับการปลูกถั่วเหลือง อย่างไรก็ตามการปลูกแบบ square จะคล้ายคลึงกับการหว่านของเกษตรกรที่มีความชำนาญสูง ซึ่งเกษตรกรในภาคกลาง ส่วนใหญ่ หรือภาคเหนือบางจังหวัด เช่น พิษณุโลก นิยมปลูกถั่วเหลือง และถั่วเขียว โดยการหว่าน อย่างไรก็ตาม ความสำเร็จของการจัดระยะปลูกแบบ square นี้จะต้องควบคู่ไปกับการจัดการที่เหมาะสม และมีประสิทธิภาพของวิธีการ และปริมาณการให้น้ำ รวมถึงการใช้สารควบคุมและกำจัดวัชพืช, โรคและแมลง ซึ่งจากรายงานต่างๆ พบว่าปัจจุบัน มีสารป้องกัน และกำจัดวัชพืชที่มีประสิทธิภาพหลายชนิด นอกจากนี้ในปัจจุบันมีการออกแบบ และสร้างเครื่องมือปลูกที่สามารถจัดระยะปลูกได้ ตามต้องการ ดังนั้นการแนะนำโดยใช้การจัดระยะปลูกแบบ square จึงมีความเป็นไปได้สูง

เอกสารอ้างอิง

วันชัย ถนอมทรัพย์ กนกพร เมาลานนท์ และเทวา เมาลานนท์ 2538ก. อิทธิพลของอัตราปลูกและปริมาณการให้น้ำต่อผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้น้ำของถั่วเหลือง. วารสารวิชาการเกษตรปีที่ 13 ฉบับที่ 1. 64-71.

วันชัย ถนอมทรัพย์ กนกพร เมาลานนท์ และสมชาย บุญประดับ 2538ข. การตอบสนองของถั่วเขียวต่อการจัดระยะปลูกและปริมาณการให้น้ำ. วารสารวิชาการเกษตร ปีที่ 13 ฉบับที่ 3. 186-193.

วันชัย ถนอมทรัพย์ สมชาย บุญประดับ เทวา เมาลานนท์ กนกพร เมาลานนท์ และสมยศ พิชิตพร 2539. การตอบสนองของถั่วเหลืองบางพันธุ์ต่อการคลุมดินและปริมาณน้ำที่จำกัด. บทคัดย่องานวิจัยประจำปี 2538 ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท สถานีทดลองพืชไร่พิษณุโลก สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. 109-110.

สมชาย บุญประดับ 2535. ผลกระทบของการให้น้ำต่างระดับต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพันธุ์ถั่วเขียว วิทยานิพนธ์ปริญญาโท คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Aguilar-M., I., Fisher, R.A. 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. Guideline for predicting irrigation and drainage paper. No 24. Rome: FAO.

Flenet, F.,J.R.Kiniry, J.E. Board, M.E. Westgate, and D.C.Reicosky. 1996. Row spacing effects on light extrinction coefficients of corn, sorgham, soybean, and sunflower. *Agron.* J. 88: 185-190

Garside, A.L.,R.J. Lawn and D.E.Byth 1992. Irrigation management of soybean [*Glycine max*. (L.) Merrill] in a semi-yield. *Aust. J. Agric. Res.* 43: 1003-1017.

Hanks, R.J.,H.R. Gardner, and R.L.Florian. 1969. Plant growth-evaporation relations for several crops in Central Great Plains. *Agron. J.* 61: 30-34.

Heatherly, L.G. 1983. Response of soybean cultivars to irrigation of a clay soil. *Agron.J.* 75: 859-864.

Heatherly, L.G. and S.R.Spurlock. 1992. Timing of irrigation termination for determinate soybean on clay soil. *Agron. J.* 85: 1103-1108.

Hunt, R. 1978. *Plant Growth Analysis*. London : Edward Arnold. 67 p.

Kueneman, E.A.,R.F. Sandsted, D.H. and Wallace, H.C., Wien. 1979. Effect of plant arrangements and densities on yields of dry beans. Agron. J., 71: 419-424.

Loomis, R.S. and W.A., Williams. 1963. Maximum crop productivity; an estimate. *Crop Sci.*, 3: 67-72.

Mack, H.J., and D.L., Hatch. 1968. Effects of plant arrangements and population density on yield of bush snap beans. *Amer. Soc. Hort. Sci.*, 92 : 418-425.

Magalhaes, A.C., Montojos, J.C. and S. Miyasaka. 1971. Effect of dry organic matter on growth and yield of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Expl Agric.*, 7: 137-143.

McKenzie, B.A. and G.D., Hill. 1991. Intercepted radiation and yield of lentils (*Lens culinaric*) in Canterbury, New Zealand. *J.Agric. Sci., Camb.* 117 : 339-346.

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. III. Plant growth. *Agron. J.* 76: 557-560.

Pannu, R.K. and D.P. Singh. 1988. Influence of water deficit on morpho-physiological and yield behavior of mungbean. *In* Shanmugasundaram, *ed. Second Int. Mungbean Sym. Proc.* AVRDC, Shanhua, Taiwan. p. 252-259.

Reicosky, D.C.,H.R.Rowse, W.K.Mason, and H.M. Taylor. 1982. Effect of irrigation and row spacing on soybean water use. *Agron. J.* 74 : 958-694.

Sivakumar, M.V.K., and R.H. Shaw. 1978. Relative evaluation of water stress indicators for soybeans. *Agron. J.*, 70 : 619-623.

Stegman, E.C. 1989. Soybean yields as influenced by timing of ET deficits. *Trans. ASAE* 32 : 551-557.

Wien, H.C. and Wallace, D.H. 1973. Light-induced leaflet orientation in *Phaseolus vulgaris* L. *Crop Sci.* 13: 721-725.