การตอบสนองของถั่วเขียว ต่อการจัดระยะปลูกและปริมาณการให้น้ำ

Response of Mungbean to Plant Arrangements and Irrigation Amounts

วันชัย ถนอมทรัพย์[1] กนกพร เมาลานนท์[1] สมชาย บุญประดับ[1]
Wanchai Thanomsub[1] Kanokporn Maolanont[1] Somchai Boonpradub[1]

ABSTRACT

Water availability and planting method are major factors related to crop growth and yield, where other factors, such as fertility, disease etc., do not limit growth and yield. The effects of plant arrangements and irrigation amounts, and their interactions in yield and yield components of mungbean, cv. Chai Nat 36, were examined during 16 December 1994 and 28 February 1995 at Chai Nat Field Crops Research Centre. Responses in yield and yield components of plant arrangements to irrigation amounts were similar. Yield increased from 196 kg/rai at IW/E (ratio of irrigation water to cumulative evaporation) 0.1 to 293 kg/rai at IW/E 0.7. Square planting gave the highest yield (284 kg/rai), compared to other rectangularities, whereas the yield (225 kg/rai) was lowest with 10:1 rectangularity. The number of pods/plant was the most sensitive to irrigation amounts, and this increased with increasing irrigation levels. Pods/plant, seeds/pod and seed size were significantly affected by plant arrangement. These components were highest with square planting. Water use efficiency increased with decreasing irrigation amounts from IW/E 0.7 to 0.1. Square planting had highest water used efficiency (2.69 kg/rai/mm), followed by 5:1 and 10:1 rectangularities.

Keyword : mungbean, irrigation amount, evaporation, yield components

บทคัดย่อ

ความชื้นดิน และวิธีการปลูกเป็นปัจจัยหลักของการเพิ่มผลผลิตถั่วเขียว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้ง ได้ดำเนินการทดลองเพื่อตรวจสอบ การตอบสนองของถั่วเขียวต่อการจัดระยะปลูก, ปริมาณการให้น้ำ รวมถึงปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการให้น้ำและการจัดระยะปลูก พบว่าการตอบสนองทางด้านผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต ของปริมาณการให้น้ำ ต่อการจัดระยะปลูกเป็นไปในแนวเดียวกัน ผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มจาก 196 เป็น 293 กก./ไร่ เมื่อเพิ่มปริมาณการให้น้ำ จากอัตรา IW/E (อัตราส่วนของปริมาณน้ำที่ให้ต่อปริมาณการระเหยของน้ำจากถาดวัดการระเหย) 0.1 เป็น 0.7 ผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อจัดให้มีอัตราส่วนระหว่างแถวต่อระยะระหว่างต้น (rectangularity) ลดลง โดยการจัดให้อัตราระยะระหว่างต้นต่อระยะระหว่างแถวเท่ากัน (square planting) ให้ผลผลิตสูงสุด (284 กก./ไร่) ในขณะที่การจัดให้มีค่า rectangularity เท่ากับ 10:1 จะให้ผลผลิตต่ำสุด (225 กก./ไร่) จำนวนฝัก/ต้น เป็นองค์ประกอบผลผลิตที่เปลี่ยนแปลงมากที่สุดต่อปริมาณการให้น้ำ ในขณะที่การจัดระยะปลูกมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อ จำนวนฝัก/ต้น, เมล็ด/ฝัก และขนาดเมล็ด ประสิทธิภาพการใช้น้ำ

(1) ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท อ.เมือง จ.ชัยนาท 17000
Chai Nat Field Crop Research Centre, Chai Nat 17000

เพิ่มจาก 1.48 กก./ไร่/มม. เมื่อให้น้ำที่ IW/E 0.7 เป็น 3.62 กก./ไร่/มม. ที่ IW/E 0.1 square planting มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงสุด (2.69 กก./ไร่/มม.) ในขณะที่ 10:1 rectangularity ให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำต่ำสุด (2.07 กก./ไร่/มม.)

คำหลัก : ถั่วเขียว ปริมาณน้ำที่ให้ ค่าการระเหย องค์ประกอบผลผลิต

คำนำ

การเติบโตและผลผลิตของการปลูกในฤดูแล้งเกี่ยวข้องโดยตรงกับปริมาณน้ำที่พืชได้รับและวิธีการปลูก ถ้าปัจจัยต่างๆ เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของดิน, โรค และแมลงไม่เป็นปัจจัยจำกัด แม้ว่าถั่วเขียวเป็นพืชอายุสั้น และต้องการน้ำน้อย แต่จากการวิจัยที่ผ่านมาทั้งในประเทศ (เทวา และคณะ 2536, สมชาย 2535) และต่างประเทศ (Agrawal *et al.* 1976, Singh and Bhardway 1975, Pandey *et. al.* 1984) แสดงให้เห็นว่าผลผลิตถั่วเขียวสูงขึ้น เมื่อมีการเพิ่มปริมาณการให้น้ำ โดยจำนวนฝัก/ต้น เป็นองค์ประกอบผลผลิต จะได้ผลกระทบมากที่สุดต่อปริมาณการให้น้ำ

ปริมาณการให้น้ำที่เหมาะสมนอกจากจะขึ้นอยู่กับ ชนิดของดิน, ความอุดมสมบูรณ์ของดินและสภาพแวดล้อมต่างๆ แล้ว ยังเกี่ยวกับวิธีการปลูกโดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดระยะปลูก ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการสูญเสียความชื้นดินโดยขบวนการระเหยน้ำจากผิวดิน (evaporation) การจัดให้มีระยะระหว่างแถวต่อระยะระหว่างต้นเท่ากัน (square planting) มีผลให้การคลุมดินของใบในอัตราสูงเกิดขึ้นเร็ว และมีเปอร์เซ็นต์สูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดให้มีอัตราระยะระหว่างต้นต่อระยะระหว่างแถว (rectangularity) ที่แตกต่างกัน (Thanomsub 1994) Hanks *et al.* (1969) รายงานว่าปริมาณ evaporation จะมีค่าประมาณ 15-37% ของค่าการใช้น้ำ (evapotranspiration) และบุญมี (2526) พบว่า ปริมาณการใช้น้ำของถั่วเขียวมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับค่า leaf area index (LAI) Reicosky *et al.* (1982) พบว่าผลของระยะระหว่างแถวต่อปริมาณการใช้น้ำในถั่วเหลือง ในช่วงต้นฤดูปลูกมีความสัมพันธ์ทางบวกกับ LAI แต่เมื่อถึงจุดสูงสุดของค่า LAI ของแต่ละวิธีการแล้ว ระยะระหว่างแถวไม่มีผลต่อปริมาณการใช้น้ำ

นอกเหนือจากมีผลต่อ LAI แล้วนักวิจัยหลายท่านยังพบว่าพืชในตระกูลถั่ว โดยทั่วๆ ไปการปลูกแบบ square planting จะให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกโดยใช้ rectangularity อื่นๆ (Kueneman *et al.* 1979, Mack and Hatch 1968) อย่างไรก็ตามไม่มีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับการจัดระยะปลูก รวมถึงการตรวจสอบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างการจัดระยะปลูก และปริมาณการให้น้ำในถั่วเขียว ดังนั้นการทดลอง ครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดระยะปลูก, ปริมาณการให้น้ำ, ประสิทธิภาพการใช้น้ำ รวมถึงตรวจสอบการตอบสนองของการจัดระยะปลูก ต่อปริมาณการให้น้ำในถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 36

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองครั้งนี้ดำเนินการระหว่าง 16 ธันวาคม 2537 ถึง 28 กุมภาพันธ์ 2538 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท จ.ชัยนาท ดินที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ เป็นชนิด Clay Loam มีค่า pH 5.8, OM. 3.1%, P 14 ppm และ K 100 ppm วางแผนการทดลองแบบ split plot design จำนวน 3 ซ้ำ

main plots ได้แก่ปริมาณการให้น้ำชลประทาน 4 ระดับ โดยใช้อัตราส่วนของปริมาณน้ำที่ให้ (irrigation water, IW) ต่อค่าการระเหยของน้ำ (evaporation, E), IW/E เท่ากับ 0.1, 0.3, 0,5 และ 0.7 การให้น้ำแต่ครั้งจะทำเมื่อค่าการระเหยสะสมจากถาดวัดการระเหยแบบ U.S. Class A pan มีค่า 60 มม. ดังนั้นปริมาณการให้น้ำแต่ละครั้งจะเท่ากับ 6, 18, 30 และ 42 มม. ตามลำดับ sub plots ได้แก่ การปลูกถั่วเขียว ในอัตราความหนาแน่น 40 ต้น/$ม^2$ (64,000 ต้น/ไร่) จัดระยะการปลูกให้มีอัตราส่วนระหว่างแถวต่อระหว่างต้น (rectanglarity) 3 อัตราคือ 1:1, 5:1 และ 10:1 ขนาดแปลงย่อย, ระยะระหว่างต้นและระยะระหว่างแถวจำนวนแถว และพื้นที่เก็บเกี่ยวแสดงไว้ใน Table 1 จำนวนแถวปลูกต่อแปลง

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

Seed Spacing (cm)	Sub - plot (cm)	Density (plants/m^2)	Rectangularity	Final Harvest area (cm x cm)
15.8 x 15.8	253 x 695	40	1 : 1	158.0 x 395
35.5 x 7.07	249 x 700	40	5 : 1	177.5 x 355
50.0 x 5	250 x 700	40	10 : 1	150.0 x 400

ย่อยสำหรับ 1:1, 5:1 และ 10:1 rectangularities เท่ากับ 16, 7 และ 5 แถว ตามลำดับ ระหว่าง main plots จะมี concrete หนาประมาณ 2 นิ้ว ลึก 1.20 ม. และระหว่าง sub plots จะมีคันดินขนาด 70 ซม. กันเพื่อป้องกันการไหลซึมของน้ำ

หลังปลูก ทุกแปลงย่อยจะได้รับน้ำ 30 มม. โดยก่อนปลูกถั่วเขียวจะได้รับปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 25 กก./ไร่ หลังงอก 7 วัน ถอนแยกให้เหลือหลุมละ 1 ต้น ภายหลังการปลูกจะบันทึกค่าการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยที่ติดตั้งไว้ในสถานีตรวจอากาศเกษตรชัยนาท ซึ่งอยู่ห่างจากแปลงทดลองประมาณ 50 เมตร เมื่อค่าการระเหยสะสมครบ 60 มม. จะเริ่มให้น้ำตามอัตราที่กำหนดไว้ใน main plots และให้น้ำครั้งสุดท้ายเมื่อถั่วเขียวอายุได้ 55 วัน ซึ่งช่วงวันดังกล่าว ใบบางส่วนเริ่มมีสีเหลืองและฝักบางส่วนเริ่มเปลี่ยนเป็นสีดำ

ระหว่างดำเนินการทดลองมีการเก็บตัวอย่างพืช โดยใช้จำนวนต้นเก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อย 10 ต้น เพื่อหาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ใบและ นน. แห้งทั้งหมด สำหรับช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต จำนวนแถวเก็บเกี่ยวจะเท่ากับ 10, 5 และ 3 แถว สำหรับ 1 : 1, 5 : 1 และ 10 : 1 rectangularities ตามลำดับ จำนวนฝัก/ต้น, และ เมล็ด/ฝัก จะสุ่มจากต้นเก็บเกี่ยวจำนวน 10 ต้น สำหรับขนาดเมล็ด ตรวจสอบโดยสุ่มเมล็ดจำนวน 500 เมล็ดจากผลผลิตทั้งหมดในแต่ละแปลงย่อย

ในการวิเคราะห์พื้นที่ใบทำโดยใช้เครื่องมือวัดพื้นที่ใบชนิด automatic area meter model AAM 7 ของ Hayashi Denkon Co., Ltd. แล้วนำส่วนต่างๆ ของพืชมาอบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 72 ซม. แล้วนำมาหา นน. แห้งทั้งหมด

ภายหลังการปลูก จะมีการบันทึกปริมาณน้ำที่ให้แต่ละครั้งตลอดฤดูปลูก สำหรับประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) คำนวณได้จาก

WUE = น้ำหนักแห้งเมล็ด/ปริมาณน้ำที่ให้

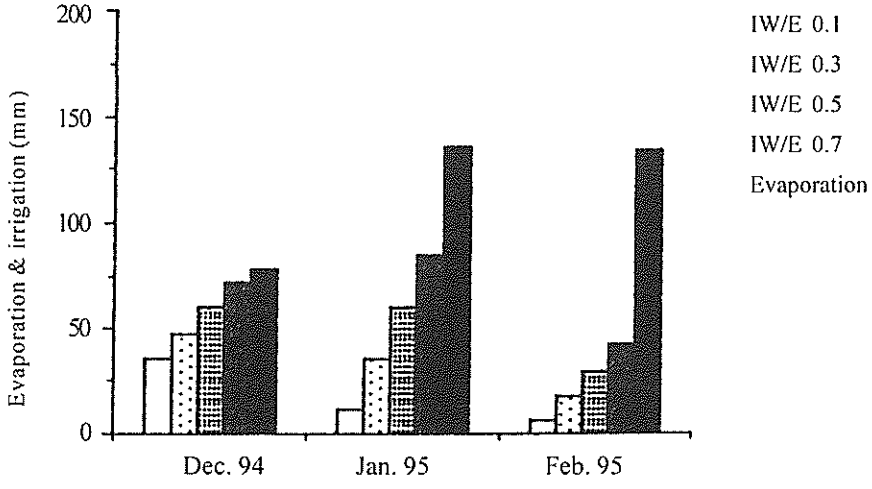

Figure 1. Irrigation amounts and evaporation during 16 December, 1994 and 28 February, 1995 at Chai Nat Fields Crop Research Centre. IW/E indicate the ratio of irrigation amount to cumulative evaporation.

ผลการทดลองและวิจารณ์

ปริมาณการให้น้ำของแต่ละวิธีการ และค่าการระเหยในช่วงฤดูปลูกแสดงใน Fig.1 ความถี่ของการให้น้ำโดยเฉลี่ยประมาณ 13 วัน/ครั้ง ตลอดฤดูปลูกให้น้ำ 5 ครั้ง ดังนั้นปริมาณน้ำที่พืชได้รับทั้งหมดตลอดฤดู เท่ากับ 54, 102, 150 และ 198 มม. (หลังปลูกทุกวิธีการได้รับน้ำ 30 มม.) สำหรับ IW/E 0.1, 0.3, 0.5 และ 0.7 ตามลำดับ ค่าการระเหยตลอดฤดูปลูกมีค่าเท่ากับ 349 มม. ค่าการระเหยน้ำในช่วงฤดูปลูกอยู่ระหว่าง 2.8-6.7 มม./วัน โดยมีค่าเฉลี่ยตลอดฤดูปลูก 4.6 มม./วัน ในช่วงฤดูปลูกไม่มีฝนตกเลย ดังนั้นปริมาณน้ำที่พืชได้รับจึงเป็นปริมาณน้ำชลประทานอย่างเดียว Fig. 1 แสดงให้เห็นว่าการให้น้ำในอัตรา IW/E 0.1 และ 0.3 พืชจะขาดน้ำมากในทุกช่วงของการเติบโต โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หลังอายุ 15 วัน เป็นต้นไป (มกราคม- กุมภาพันธ์)

จากการทดลองพบว่า ปริมาณการให้น้ำมีผลต่ออายุเก็บเกี่ยว ในขณะที่การจัดระยะปลูก (plant arrangement) ไม่มีผล การให้น้ำที่ IW/E 0.1 และ 0.3 ใช้ระยะเวลาจากปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว 67 วัน ซึ่งน้อยกว่าการให้น้ำ IW/E 0.5 และ 0.7 เป็นเวลา 4 วัน

ดัชนีพื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งทั้งหมดเหนือดิน (Leaf area index, LAI และ Top dry matter, TDM)

ปริมาณการให้น้ำ และการจัดระยะปลูก มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งของ

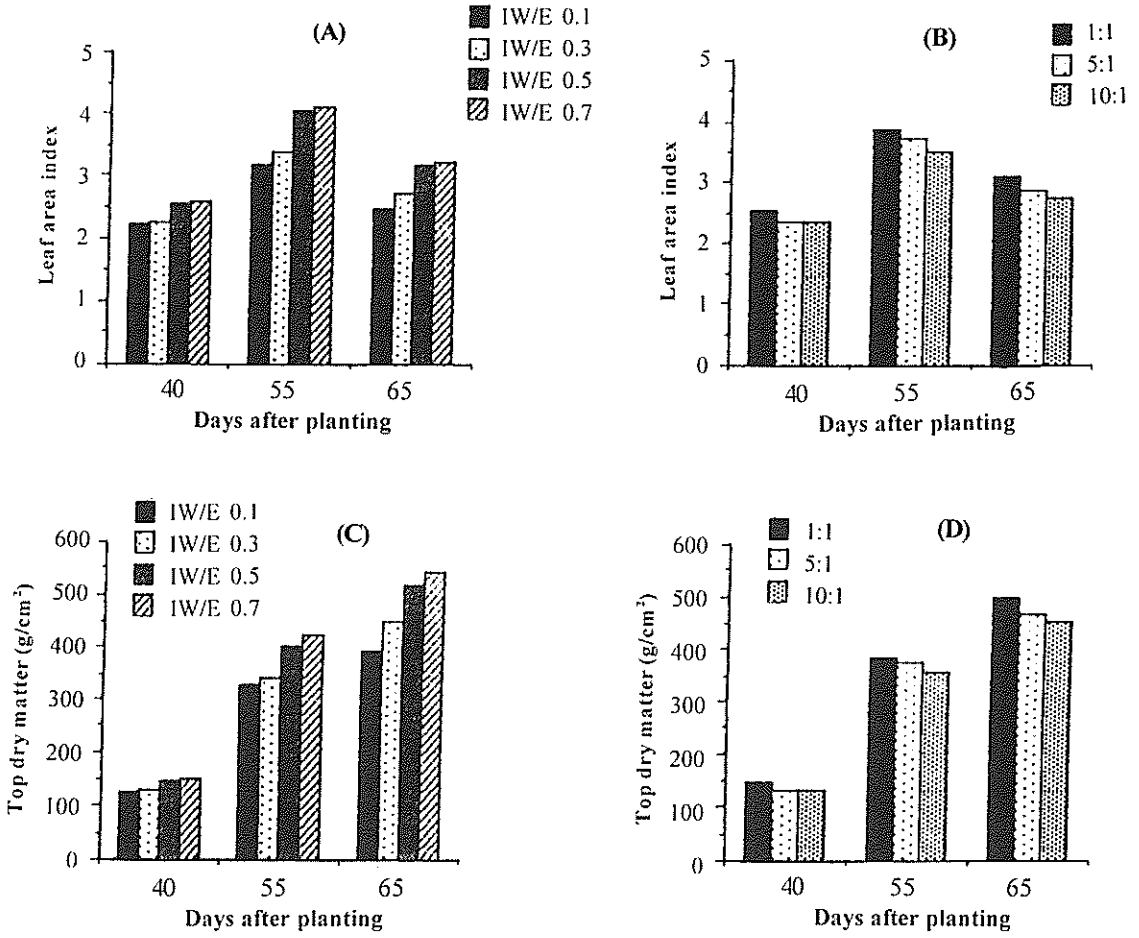

Figure 2. Changes with time in leaf area index (A & B) and top dry matter (C & D) of mungbean for irrigation levels averaged over all plant arrangements and plant arrangements averaged over all irrigation levels. IW/W indicates the ratio of irrigation amount to cumulative evaporation. 1 : 1, 5 : 1 and 10 : 1 represent the rations of inter row spacings to intra-row spacing.

ถั่วเขียว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วง 55 และ 65 วัน หลังปลูก (Fig. 2) แต่การจัดระยะปลูกมีผลน้อยกว่าการให้น้ำ โดยทั่วๆ ไป การให้น้ำในอัตรา IW/E 0.5 และ 0.7 และการปลูกแบบ square มีแนวโน้มว่าจะให้ค่า LAI สูงกว่าวิธีการอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงหลังจาก 55 วัน เป็นต้นไป สำหรับการตอบสนองทางด้านน้ำหนักแห้งของถั่วเขียวต่อปริมาณการให้น้ำและการจัดระยะปลูก เป็นไปในแนวเดียวกับการตอบสนองของ LAI โดยน้ำหนักแห้งจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มปริมาณการให้น้ำ และการจัดระยะปลูกแบบ square

การทดลองครั้งนี้พบว่า LAI เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณการให้น้ำ สอดคล้องกับรายงานของ Sivakumar and Shaw (1978) ที่พบว่าการขาดน้ำจะมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ใบ โดยเมื่อเกิดการขาดน้ำพืชจะลดพื้นที่ใบลง เพื่อช่วยลดการสูญเสียน้ำจากกระบวนการคายน้ำ ซึ่งวิธีการนี้เป็นกลไกอย่างหนึ่งของพืชเพื่อหลีกเลี่ยงการขาดน้ำ Boyer (1970) พบว่าการขยายตัวของใบจะได้รับผลกระทบต่อการขาดน้ำมากกว่า กระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ นอกจากนี้ McKenzie and Hill (1991) รายงานว่าเมื่อเกิดการขาดน้ำความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงแดดมาเป็นน้ำหนักแห้งของพืช (growth efficiency) จะลดลง จากเหตุผลดังกล่าวสามารถนำมาอธิบายสาเหตุของการลดลงของ TDM เมื่อลดปริมาณการให้น้ำ ที่พบในการทดลองครั้งนี้

จากการที่ square planting ให้ค่า TDM สูงกว่าการปลูกแบบ rectangularity อื่นๆ นอกเหนือจากเป็นเพราะว่าการปลูกวิธีดังกล่าว มีค่า LAI สูงกว่าแล้วยังอาจจะเป็นเพราะว่าการจัดเรียงตัวของใบ สามารถที่จะรับแสงได้ในปริมาณมากกว่า ซึ่ง Thanomsub (1994) ได้แสดงให้เห็นว่าการปลูกแบบ square มีค่า extinction coefficient (K) สูงกว่าการปลูกโดยใช้ rectangularity อื่นๆ เป็นผลให้มีเปอร์เซ็นต์การรับแสงต่อหน่วยพื้นที่ใบมากกว่าน้ำ

ผลผลิต, องค์ประกอบ และประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Yield, Yield Components and Water Use Efficiency, WUE)

การทดลองครั้งนี้ พบว่าไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่าง การจัดระยะปลูก และปริมาณการให้น้ำในส่วนของผลผลิต, องค์ประกอบผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้น้ำ ดังนั้นค่าเฉลี่ยของผลผลิต, องค์ประกอบผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้น้ำ ของ

Table 2. Effects of irrigation amounts and plant arrangements on yield, yield components and water use efficiency (WUE) for yield of mungbean, cv. Chai Nat 36, sown in dry season, 1994/95 at Chai Nat Field Crops Research Centre.

Irrigation amount & plant arrangement	Yield (kg/rai)	Pods/plant	Seeds/pod	Seed weight (mg)	WUE (kg/rai/mm)
Irrigation water/evaporation (IW/E)					
0.7	293 a	8.8 a	11.6	66.6	1.48 d
0.5	273 a	8.6 a	11.3	66.4	1.82 c
0.3	245 b	8.5 a	11.3	66.1	2.40 b
0.1	196 c	7.8 b	11.2	66.0	3.62 a
CV (%)	8.0	4.7	4.0	1.1	6.7
Plant arrangement (the ratios of inter-row spacings to intra-row spacings)					
1:1	284 a	8.8 a	11.7 a	67.3 a	2.69 a
5:1	247 b	8.4 b	11.3 ab	66.6 a	2.23 b
10:1	225 c	8.1 b	11.2 b	65.1 b	2.07 b
CV (%)	10.0	5.0	3.8	1.5	10.0

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

การจัดระยะปลูก และปริมาณการให้น้ำ จึงรวบรวมเสนอใน Table 2

ผลผลิตของถั่วเขียวเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณการให้น้ำ โดยผลผลิตเพิ่มจาก 196 กก./ไร่ เมื่อให้น้ำอัตรา IW/E 0.1 เป็น 293 กก./ไร่ ที่ IW/E 0.7 การเพิ่มขึ้นของผลผลิตเป็นผลมาจากการเพิ่มจำนวน ฝัก/ต้น (จำนวนฝัก/ต้น เพิ่มจาก 7.8 ที่การให้น้ำ IW/E 0.1 เป็น 8.8 ที่ IW/E 0.7) ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงจำนวนเมล็ด/ฝัก และขนาดเมล็ด มีน้อยมาก อย่างไรก็ตามผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ถ้ามีน้ำจำกัดการให้น้ำในอัตรา IW/E 0.5 ก็ไม่ทำให้ผลผลิตลดลงมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำอัตรา IW/E 0.7 เนื่องจากการเปลี่ยนแปลง องค์ประกอบผลผลิตระหว่าง 2 อัตราการให้น้ำดังกล่าวมีเพียงเล็กน้อย

ผลผลิตของถั่วเขียวจะลดลง เมื่อมีการจัดระยะปลูกให้มีค่า rectangularity เพิ่มขึ้น โดยการปลูกแบบ square ให้ผลผลิตสูงสุด (284 กก./ไร่) ซึ่งสูงกว่าการจัดให้ rectangularity มีค่า 5:1 และ 10:1 เท่ากับ 13 และ 21% ตามลำดับ ในขณะที่ 5:1 rectangularity จะให้ผลผลิตสูงกว่า 10:1 rectangularity ประมาณ 10% ความแตกต่างของผลผลิตระหว่างการจัดระยะปลูกเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนฝัก/ต้น, เมล็ด/ฝัก และขนาดเมล็ด โดยการปลูกแบบ square จะเป็นผลให้องค์ประกอบผลผลิตดังกล่าวสูงสุด ในขณะที่ 10:1 rectangularity จะมีจำนวนฝัก/ต้น, เมล็ด/ฝัก และขนาดเมล็ดต่ำสุด

WUE ลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณการให้น้ำ โดย WUE ของผลผลิตจะเพิ่มจาก 1.48 กก./ไร่/มม. เมื่อให้น้ำในอัตรา IW/E 0.7 เป็น 3.62 กก./ไร่/มม. เมื่อให้น้ำในอัตรา IW/E 0.1 นอกจากนี้ยังพบว่า WUE เปลี่ยนแปลงไปกับการจัดระยะปลูก โดย WUE เพิ่มขึ้นเมื่อมีการลดค่า rectangularity ลงให้เป็น square หรือใกล้เคียงกับ square การปลูกแบบ square ให้ค่า WUE สูงสุด (2.69 กก./ไร่/มม.) ในขณะที่การจัดให้มี rectangularity มีค่า 10:1 จะให้ค่า WUE 2.07 กก./ไร่/มม.

จากการทดลองที่นำเสนอครั้งนี้ พบว่าผลผลิตของถั่วเขียวลดลงโดยเฉลี่ย 33% เมื่อลดปริมาณการให้น้ำจาก IW/E 0.7 (198 มม.) เป็น IW/E 0.1 (54 มม.) ผลการทดลองนี้ใกล้เคียงกับรายงานของ สมชาย (2535) ซึ่งทดลองการให้น้ำต่างระดับโดยวิธี Line-source sprinkler ในถั่วเขียว 4 พันธุ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวต่างกัน และพบว่าเมื่อลดปริมาณการให้น้ำเฉลี่ยจาก 194 มม. เป็น 100 มม. ผลผลิตเฉลี่ยของถั่วเขียว 4 พันธุ์ลดลง 55% ในทำนองเดียวกัน เทวา และคณะ (2536) แสดงให้เห็นว่า การให้น้ำทุกครั้งเมื่อค่าการระเหยสะสมครบ 60 มม. การให้น้ำในปริมาณ 152 มม. ตลอดฤดูปลูก ถั่วเขียวจะให้ผลผลิต 184 กก./ไร่ ในขณะที่การให้น้ำน้อยที่สุด (10 มม.) จะได้ผลผลิตเพียง 53 กก./ไร่ อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ลดลงเมื่อเกิดการขาดน้ำระหว่างงานทดลองที่กล่าวมา อาจจะเป็นผลมาจากความแตกต่างของพันธุ์ที่ใช้ ความรุนแรงของการขาดน้ำ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และแตกต่างของสภาพแวดล้อม นอกจากนี้ Chiang and Hubbell (1978) แสดงให้เห็นว่า การลดลงของผลผลิตถั่วเขียวเมื่อเกิดการขาดน้ำเป็นผลมาจากการสังเคราะห์แสงลดลง

การเพิ่มจำนวน ฝัก/ต้น ของถั่วเขียว เมื่อเพิ่มปริมาณการให้น้ำ ที่พบในการทดลองครั้งนี้ ยืนยันรายงานของ สมชาย (2535), Pannu and Singh (1988) และ Pandey *et al.* (1984) ที่เสนอว่าจำนวนฝัก/ต้น เป็นองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเขียว ที่จะได้รับผลกระทบมากที่สุด เมื่อมีการขาดน้ำตามด้วยขนาดเมล็ด และจำนวนเมล็ด/ฝัก Pandey *et al.* (1984) ยังรายงานว่า องค์ประกอบผลผลิตจะได้รับผลกระทบจากการขาดน้ำมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับช่วงเวลาการขาดน้ำ โดยเฉพาะในระยะเจริญพันธุ์ อย่างไรก็ตามการตอบสนองขององค์ประกอบผลผลิตต่อปริมาณการให้น้ำของถั่วเขียวแตกต่างกับถั่วเหลือง ซึ่ง วันชัย และคณะ (2537a และ b) แสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มการให้น้ำ ขนาดเมล็ดของถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ในขณะที่การเปลี่ยนแปลง จำนวนฝัก/ต้น มีเพียงเล็กน้อย

จากการทดลองครั้งนี้ที่พบว่า square planting ให้ผลผลิตสูงกว่า rectangularity เป็นไปในแนวเดียวกับ

งานทดลองในพืชตระกูลถั่วชนิดอื่นๆ ซึ่งได้รายงานโดย Kueneman *et al.* (1979) และ Mack and Hatch (1968) การที่ square planting ให้ผลผลิตสูง อาจจะมีสาเหตุมาจากการปลูกในวิธีการดังกล่าวส่งเสริมให้การคลุมดินในอัตราสูงเกิดขึ้นเร็ว และมีเปอร์-เซ็นต์การคลุมดินสูงกว่าการปลูกโดยใช้ rectangularity อื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ 10:1 rectangularity ดังนั้นการปลูกแบบ square จะได้รับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ตลอดฤดูปลูกสูงกว่า Loomis and Williams (1963) แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยหลักที่เป็นตัวจำกัดผลผลิตของพืชได้แก่ พื้นที่ใบ การเรียงตัวของใบและปริมาณ CO_2 ดังนั้นถ้าธาตุอาหารและน้ำไม่จำกัด ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่พืชได้รับจะเป็นปัจจัยเดียวที่มีต่อผลผลิต (Danald 1963) จากรายงานดังกล่าว และผลที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าการปลูกแบบ square จะได้เปรียบกว่าการปลูกโดยใช้ระยะปลูกอื่นๆ เมื่อมองในแง่ของผลผลิต

WUE ที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ สูงกว่ารายงานของ สมชาย (2535) และ Lawn and Ahn (1985) ที่ทำการทดลองโดยใช้ถั่วเขียวพันธุ์อื่นๆ นอกจากนี้ยังพบว่า ค่า WUE ดังกล่าว ยังสูงกว่าถั่วเหลือง ซึ่งรายงานโดย วันชัย และคณะ (2537b) อย่างไรก็ตามแตกต่างของค่า WUE ระหว่างรายงานที่กล่าวมา อาจจะเป็นผลมาจาก ความแตกต่างของพันธุ์ที่ใช้ ชนิดของพืช การดูแลรักษา และสภาพแวดล้อมต่างๆ นอกจากนี้ยังอาจจะมีสาเหตุมาจากความอุดมสมบูรณ์ของดิน สำหรับดินที่ใช้ในการทดลองนี้ เป็นดินชนิด clay loam และจัดว่ามีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูง (O.M. 3.1%) อย่างไรก็ตาม อาจมีส่วนเกี่ยวข้องด้วย อย่างไรก็ตาม Gardner *et al.* (1985) พบว่า WUE ของพืชมีความสัมพันธ์กับผลผลิต แต่ไม่สัมพันธ์กับการทนแล้ง พืชหลายชนิดมีความทนทานต่อความแห้งแล้งได้ดีแต่มีค่า WUE ต่ำ

ผลการทดลองทั้งหมด ชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มผลผลิตของถั่วเขียวสามารถที่จะทำได้โดยให้น้ำในอัตรา 70% ของค่าการระเหย ในกรณีที่มีน้ำเพียงพอ หรือ 50% ของค่าการระเหย ในกรณีที่มีน้ำจำกัดโดยผลผลิตจะไม่ลดลงมากนัก นอกจากการเพิ่มปริมาณการให้น้ำ การเพิ่มผลผลิตยังสามารถทำได้การจัดระยะปลูกที่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดให้มีระยะระหว่างแถวต่อระยะระหว่างต้นเท่ากัน ซึ่งลักษณะการปลูกดังกล่าวนี้จะคล้ายคลึงกับการหว่านของเกษตรกรที่มีความชำนาญสูง นอกจากนี้การใช้เครื่องมือปลูกที่สามารถจัดระยะการปลูกได้ก็จะเป็นประโยชน์มากขึ้น ในกรณีของการปลูกเป็นการค้า อย่างไรก็ตามความสำเร็จของการจัดระยะปลูกแบบ square นี้จะต้องควบคู่ไปกับการจัดการที่เหมาะสม และมีประสิทธิภาพของวิธีการ และปริมาณการให้น้ำ รวมถึงการใช้สารควบคุม และกำจัดวัชพืช โรคและแมลงที่มีประสิทธิภาพ จากรายงานต่างๆ พบว่าปัจจุบัน มีสารป้องกัน และกำจัดวัชพืช ที่มีประสิทธิภาพหลายชนิด ดังนั้นการจัดระยะปลูกแบบ square อาจเป็นไปได้มากขึ้น

สรุปผลการทดลอง

ไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณการให้น้ำ และการจัดระยะปลูก ทางด้านผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเขียว ผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มจาก 196 เป็น 293 กก./ไร่ เมื่อเพิ่มปริมาณการให้น้ำจากอัตรา IW/E 0.1 เป็น 0.7 และการปลูกที่จัดให้ระยะระหว่างต้นต่อระยะระหว่างแถวเท่ากัน (square planting) ให้ผลผลิตสูงสุด ในขณะที่การจัดให้มีอัตราระยะระหว่างต้นต่อระยะระหว่างแถวมีค่า 10:1 จะให้ผลผลิตต่ำสุด จำนวนฝัก/ต้น เป็นองค์ประกอบผลผลิตที่เปลี่ยนแปลงมากที่สุดต่อปริมาณการให้น้ำ ในขณะที่การจัดระยะปลูกมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อ จำนวนฝัก/ต้น, เมล็ด/ฝัก และขนาดเมล็ด ประสิทธิภาพการใช้น้ำ เพิ่มจาก 1.48 กก./ไร่/มม. เมื่อให้น้ำที่ IW/E 0.7 เป็น 3.62 กก./ไร่/มม. ที่ IW/E 0.1 square planting มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงสุด ในขณะที่ 10:1 rectangularity ให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำต่ำสุด

เอกสารอ้างอิง

บุญมี ศิริ 2526. การใช้น้ำ และปริมาณน้ำที่เหมาะสมสำหรับถั่วเขียว พันธุ์อู่ทอง 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์

เทวา เมาลานนท์ วันชัย ถนอมทรัพย์ สมชาย บุญประดับ กนกพร เมาลานนท์ และรัศมี มหาผล 2536. การตอบสนองของพืชตระกูลถั่วบางชนิดต่อความแห้งแล้งภายใต้การให้น้ำต่างระดับ รายงานผลงานวิจัยถั่วเหลือง และพืชไร่ในเขตชลประทาน ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท

วันชัย ถนอมทรัพย์ กนกพร เมาลานนท์ เทวา เมาลานนท์ และสมชาย บุญประดับ 2537a. การตอบสนองของถั่วเหลืองต่อระดับน้ำใต้ดิน และอัตราปุ๋ยไนโตรเจน. การประชุมวิชาการถั่วเหลืองแห่งชาติครั้งที่ 5 ณ โรงแรมแม่น้ำโขงแกรนด์วิว จ.นครพนม 18-22 กันยายน 2537.

วันชัย ถนอมทรัพย์ กนกพร เมาลานนท์ เทวา เมาลานนท์ และสมชาย บุญประดับ 25387b. อิทธิพลของอัตราปลูกและปริมาณการให้น้ำต่อผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้น้ำของถั่วเหลือง. การประชุมวิชาการถั่วเหลืองแห่งชาติ ครั้งที่ 5 ณ โรงแรมแม่น้ำโขงแกรนด์วิว จ. นครพนม 18-22 กันยายน 2537.

สมชาย บุญประดับ 2535. ผลกระทบของการให้น้ำต่างระดับต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพันธุ์ถั่วเขียว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Agrawal, S. K., N. K. Behl, M. I. Moolini. 1976. Response of summer mung to levels of phosphorus and irrigation under different dates of planting. *Indian J. Agric. Sci.* 21 (3) : 290-291.

Boyer, J. S. 1970. Leaf arrangement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower at various leaf water potentials. *Plant Physio.* 46 : 233-235.

Chiang, M. Y. and J. N. Hubbell. 1978. Effect of irrigation on mungbean yield. p. 93-96. *In* Robert Cowell, ed. *First Int. Mungbean Symp. Proc.* AVRDC, Shanhua, Tainan, Taiwan.

Donald, C. M. 1963. Competition among crop and pasture plants. *Adv. Agron.*, 15:11-118.

Gradner, F. P., R. B. Pearce and R. L. Mitchell. 1985. *Physiology of Crop Plants.* Iowa State Univ. Press : Amers. 327 p.

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.

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.

Lawn, R. J. and C. H. Ahn. 1985. Mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek/*Vigna mungo* (L.) Hepper). *In:* Summerfield and E.H. Roberts, eds. *Grain Legume Crops.* Collin, London.p. 584-623.

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

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.

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.

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. p. 252-259. *In* Shanmugasundaram, ed. *Second Int. Mungbean Sym. Proc.* AVRDC, Shanhua, Taiwan.

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.* 74:958-964.

Singh, A., R. B. L. Bhardway. 1975. Effect of irrigation and row spacing on summer mungbean. *Indian J. Agric. Sci.*, 20(2):185-192.

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

Thanomsub, W. 1994. Early maturing navy beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as a new crop for Tasmania. Ph.D. Thesis, University of Tasmania, Australia.