

ผลของปริมาณการให้น้ำ และระยะเวลาสิ้นสุด การให้น้ำต่อถั่วเขียวบนดินชนิด Silty Clay Loam

Irrigation Amounts and Timing of Irrigation Termination Affecting Mungbean on a Silty Clay Loam Soil

วันชัย ธนอมทรัพย์⁽¹⁾ กนกพร เมลาณนท์⁽²⁾ สมชาย บุญประดับ⁽³⁾
Wanchai Thanomsub⁽¹⁾ Kanokporn Maolanont⁽²⁾ Somchai Boonpradub⁽³⁾

ABSTRACT

Responses of a mungbean cultivar, Chai Nat 36, to irrigation level and timing of irrigation termination were examined on a silty clay loam soil at Chai Nat Field Crop Research Centre in 1995 and 1996. The number of irrigation applications were 2-5 and 2-4 for the 1995 and 1996 experiments respectively, and total amounts of water were 12-216 and 12-192 mm, depending upon irrigation rates and timing of last irrigation. There were no interactions between irrigation amounts and timing of irrigation termination in both seasons. Leaf area index (LAI), leaf area duration (LAD) and crop growth rate (CGR) increased with increasing irrigation rates up to the highest rate, IW/E (ratio of irrigation water to evaporation) 0.8. Irrigation applied through R5 gave the greatest LAI, LAD and CGR, whereas irrigation terminated at V4 showed the lowest. Seed yields increased up to 53% with increasing irrigation rates from IW/E 0.1 to 0.8. Irrigation terminated at V4 reduced seed yields 18 and 44% as compared to irrigation terminated at R1 and R5, respectively. Reduction in the number of pods/plant and seeds/pod was the major factor causing a smaller yield of lower irrigation rates and irrigation terminated at early growth stages.

Key word : mungbean, evaporation, irrigation termination, growth stages.

บทคัดย่อ

ได้ดำเนินการทดลองเพื่อตรวจสอบผลของปัจจัยการให้น้ำและการสิ้นสุดให้น้ำในช่วงการเติบโตระยะต่างๆ ที่มีต่อถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 36 ที่ปลูกบนดินชนิด silty clay loam ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ปี 2538 และ 2539 วางแผนการทดลองแบบ split plot design จำนวน 3 ซ้ำ main plots ได้แก่ การให้น้ำโดยใช้อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ให้ต่อค่าการ

ระเหย (IW/E) 4 อัตราคือ 0.1, 0.2, 0.4 และ 0.8 sub-plots ประกอบด้วยการสิ้นสุดให้น้ำในช่วงการเจริญเติบโตระยะ V4, R1 และ R5 พบว่า โดยทั่วไปทั้งสองการทดลองให้ผลในแนวเดียวกัน และไม่มีปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการให้น้ำและระยะเวลาสิ้นสุดการให้น้ำ มีการให้น้ำตลอดฤดูปลูกระหว่าง 2-5 และ 2-4 ครั้ง สำหรับการทดลองปี 2538 และ 2539 ตามลำดับ ปริมาณน้ำที่ให้ตลอด

(1) ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท อ.สรรพยา จ.ชัยนาท 17150

Chai Nat Field Crops Research Centre, Amphoe Sapphaya, Chai Nat 17150

(2) สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Field Crops Research Institute, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900

(3) สถานีทดลองพืชไร่พิษณุโลก อ.วังทอง จ.พิษณุโลก 65130

Phitsanulok Field Crop Experiment Station, Amphoe Wang Thong, Phitsanulok 65130

ฤดูปลูกมีค่า 12-216 มม. สำหรับการทดลองปี 2538 และ 12-192 มม. สำหรับการทดลองปี 2539 leaf area index (LAI), leaf area duration (LAD) และ crop growth rate (CGR) มีค่าสูงสุดและต่ำสุดเมื่อให้น้ำที่ IW/E 0.8 และ 0.1 ตามลำดับ การหยุดให้น้ำที่ระยะ R5 ให้ค่า LAI, LAD และ CGR สูงสุด ขณะที่การหยุดให้น้ำที่ระยะ V4 ให้ค่าดังกล่าวต่ำสุด การให้น้ำที่ IW/E 0.1 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 135-118 กก./ไร่ แต่เมื่อเพิ่มการให้น้ำเป็นที่ IW/E 0.2, 0.4 และ 0.8 ผลผลิตเพิ่มขึ้น 11-14, 28-29 และ 50-53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การหยุดให้น้ำที่ระยะ V4 ให้ผลผลิต 120-148 กก./ไร่ แต่เมื่อเลื่อนการหยุดให้น้ำเป็นที่การเจริญเติบโตระยะ R1 และ R5 ผลผลิตเพิ่มขึ้น 11-18 และ 26-44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จำนวนฝัก/ต้น และเมล็ด/ฝัก เพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้าม ขนาดเมล็ดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเพิ่มปริมาณการให้น้ำจาก IW/E 0.1 เป็น 0.8 และเมื่อเลื่อนระยะเวลาการหยุดให้น้ำจากระยะ V4 เป็น R5

คำนำ

การลดต้นทุนการผลิตโดยการลดจำนวนครั้งการให้น้ำต้องคำนึงถึงความเสียหายของผลผลิต ทั้งนี้เพราะน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต การลดจำนวนครั้งการให้น้ำโดยไม่เสียหายต่อผลผลิตมากนักอาจทำได้ถ้ามีการหยุดให้น้ำในช่วงการเจริญเติบโตที่เหมาะสม ซึ่งโดยทั่วไป จะเกี่ยวข้องกับพันธุ์ ปริมาณน้ำที่ให้ ชนิดและความอุดมสมบูรณ์ของดิน รวมทั้งสภาพภูมิอากาศในช่วงการเจริญเติบโต

จากการวิจัยที่ผ่านมาทั้งในประเทศ (วันชัย และคณะ 2538; เทวา และคณะ 2536; สมชาย 2535) และต่างประเทศ (Agrawal *et al.*, 1976; Singh and Bhardway 1975; Pandey *et al.*, 1984) แสดงให้เห็นว่าผลผลิตถั่วเขียวลดลง เมื่อลดปริมาณการให้น้ำ อย่างไรก็ตามผลผลิตจะลดลงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรง ความยาวนาน และช่วงเวลาการขาดน้ำ del Rosario and Fajardo (1985) รายงานว่าช่วง

วิกฤตที่มีผลกระทบต่อผลผลิตมากที่สุดสำหรับถั่วเขียวได้แก่ระยะออกดอก และสร้างเมล็ด โดยการขาดน้ำในช่วงดังกล่าวเป็นผลให้ น้ำหนักเมล็ด น้ำหนักฝัก และจำนวนดอก ลดลง Pannu and Singh (1988) เสนอว่าการขาดน้ำของถั่วเขียวในช่วงออกดอกชุดแรก จะได้รับผลกระทบมากกว่าการขาดน้ำในช่วงออกดอกชุดที่สอง Senthong and Pandey (1989) พบว่าผลผลิตถั่วเขียวจะลดลงถึง 56% เมื่อขาดน้ำในระยะเจริญพันธุ์ Chiang and Hubbell (1978) แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและจำนวนครั้งการให้น้ำของถั่วเขียวเป็นแบบ linear โดยการให้น้ำอย่างเพียงพอในช่วงก่อนและหลังออกดอก ถั่วเขียวให้ผลผลิตสูงสุด ตามด้วยการให้น้ำที่ 15 วันหลังออกและเมื่อออกดอก ในทำนองเดียวกัน Agrawal *et al.* (1976) เสนอว่าการให้น้ำสองครั้งในระยะออกดอก และสร้างเมล็ด ถั่วเขียวจะให้ผลผลิตสูงกว่าการให้น้ำครั้งเดียวในระยะออกดอก และสร้างเมล็ด 16 และ 33% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม Pannu and Singh (1988) ชี้ให้เห็นว่าการให้น้ำถั่วเขียวภายหลังการขาดน้ำในระยะออกดอกแล้ว ไม่สามารถชดเชยผลผลิตที่สูญเสียไปได้

วันชัย และคณะ (2538) พบว่าการให้น้ำถั่วเขียวในอัตรา 70% ของค่าการระเหย ผลผลิตจะไม่แตกต่างกับการให้น้ำในอัตรา 50% แต่จะสูงกว่าการให้น้ำที่ 30 และ 10% โดยเฉลี่ย 16 และ 33% ตามลำดับ ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการเพิ่มจำนวนฝัก/ต้น Pandey *et al.* (1984 และ 1988), Pannu and Singh (1988) และ Chiang and Hubbell (1978) รายงานว่าเมื่อเกิดการขาดน้ำในถั่วเขียว องค์ประกอบผลผลิตที่มีผลกระทบมากที่สุด ได้แก่ จำนวนฝักต่อต้น ร่องลงมาได้แก่ จำนวนเมล็ดต่อฝัก ส่วนน้ำหนักเมล็ดจะได้รับผลกระทบน้อยที่สุด แต่การลดลงจะรุนแรงแค่ไหนขึ้นอยู่กับช่วงระยะเวลาการขาดน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะเจริญพันธุ์

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบผลของการให้น้ำและการหยุดให้น้ำ ในช่วงการเจริญเติบโตระยะต่างๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้น้ำของ

ผลผลิตถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 36 ที่ปลูกบนดินชนิด Silty clay loam

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลอง ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ระหว่าง 6 กุมภาพันธ์ - 10 เมษายน 2538 และทำการทดลองซ้ำบนพื้นที่เดียวกันในช่วง 29 มกราคม - 4 เมษายน 2539 ดินที่ใช้ทำการทดลองเป็นดินชนิด silty clay loam มีค่าความชื้นที่จุด field capacity และ permanent wilting point ที่ 0.33 และ 15 บาร์ เท่ากับ 26.30 และ 18.77% ตามลำดับ ค่าวิเคราะห์ดินก่อนทำการทดลองปี 2538 มีค่า pH 6.41 OM 2.23% P 58.7 ppm และ K 106.2 ppm

ในการทดลองครั้งนี้ใช้ค่าการระเหยน้ำจาก ถาดวัดการระเหยชนิด U.S. Class A pan เป็นตัวกำหนด ปริมาณ และระยะเวลาการให้น้ำ ซึ่งค่าการระเหยน้ำ รวบรวมจากสถานีอากาศเกษตรชัยนาท ซึ่งตั้งอยู่ ห่างจากแปลงทดลองประมาณ 100 เมตร

วางแผนการทดลองแบบ split plot design จำนวน 3 ซ้ำ main plots ประกอบด้วยปริมาณการให้น้ำ โดยใช้อัตราส่วนของปริมาณน้ำที่ให้ต่อค่าการระเหย (Irrigation water to evaporation, IW/E) 4 อัตรา ได้แก่ IW/E 0.1, 0.2, 0.4 และ 0.8 sub-plots ได้แก่ การหยุดให้น้ำที่ระยะการเจริญเติบโตของถั่วเขียวที่ เสนอโดย วิไลวรรณ และคณะ (2531) 3 ระยะ ได้แก่ ระยะ V4 (ใบประกอบข้อที่ 4 แผ่กว้าง), R1 (ดอกแรกบาน) และ R5 (ฝักเริ่มเปลี่ยนสี)

ทุกวิธีการจะได้รับน้ำทันทีหลังปลูกอย่าง เพียงพอ (ประมาณ 30 มม.) สำหรับการงอก หลังจากนั้นเริ่มบันทึกค่าการระเหยน้ำ และเมื่อค่าการระเหย สะสมจากถาดวัดการระเหย น้ำครบ 60 มม. หรือใกล้ เคียง 60 มม. จะทำการให้น้ำ โดยปริมาณน้ำที่ให้ แต่ละครั้งเมื่อค่าการระเหยสะสม 60 มม. มีค่าเท่ากับ 6, 12, 24 และ 48 มม. สำหรับการให้น้ำที่ IW/E 0.1, 0.2, 0.4 และ 0.8 ตามลำดับ ในกรณีที่มีการหยุดให้น้ำเมื่อถึงช่วงการเจริญเติบโตระยะต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ใน sub-plots ปริมาณน้ำที่ให้จะ

คำนวณโดยใช้ค่าการระเหยที่สะสมจากการให้น้ำ ครั้งล่าสุดจนถึงระยะเวลาการให้น้ำครั้งสุดท้าย

ก่อนปลูกทุกแปลงจะได้รับปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 25 กก./ไร่ หว่าน แล้วไถกลบ หลังจากนั้นปลูก ถั่วเขียว โดยใช้ระยะระหว่างแถว 50 ซม. ระยะ ระหว่างหลุม 10 ซม. ภายหลังถั่วเขียววงอกประมาณ 7 วัน ถอนแยกให้เหลือหลุมละ 2 ต้น ซึ่งอัตราดังกล่าว จะทำให้ได้อัตราปลูก 40 ต้น/ตร.ม. หรือ 64,000 ต้น/ไร่ การกำจัดวัชพืช และการพ่นสารฆ่าแมลงจะทำ เมื่อมีความจำเป็นและเหมาะสม ระหว่างดำเนินการ ทดลองมีการบันทึกปริมาณน้ำที่ให้แต่ละครั้งใน แต่ละวิธีการ

เก็บตัวอย่างพืชที่อายุ 45 และ 55 วันหลังปลูก ในการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง จะทำการสุ่มโดยใช้ ตัวอย่างพืชจำนวน 10 ต้น (พื้นที่เก็บ 0.25 ตร.ม.) แล้วนำพืชตัวอย่างทั้งหมดมาวิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ใบ และน้ำหนักทั้งหมดส่วนเหนือดิน ในการ วิเคราะห์พื้นที่ใบจะทำโดยใช้เครื่องมือวัดพื้นที่ใบ ชนิด Automatic Area Meter Model AAM 7 ของ Hayashi Denkon Co., Ltd. หลังจากนั้นนำส่วนต่างๆ ของพืชได้แก่ ใบ, ต้น และ ฝัก นำไปอบในตู้อบที่ อุณหภูมิ 70°C. เป็นเวลาประมาณ 72 ชม. หรือจน กระทั่งน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลง แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนัก แห่งของส่วนต่างๆ

แปลงย้อมมีขนาด 3 x 7 เมตร ช่วงเก็บเกี่ยว ผลผลิตจะใช้พื้นที่เก็บเกี่ยว 8 ตารางเมตร โดยสุ่มเก็บ จาก 4 แถวกลาง หลังจากนั้นสุ่มตัวอย่างพืชจากต้นที่ เก็บเกี่ยวทั้งหมด จำนวน 10 ต้น เพื่อวิเคราะห์หา ความสูง จำนวนฝัก/ต้น และจำนวนเมล็ด/ฝัก สำหรับผล ผลิต จะวิเคราะห์หาน้ำหนักเมล็ดจากต้นเก็บเกี่ยวทั้ง หมัดแล้วคำนวณเป็นน้ำหนักต่อพื้นที่ จำนวนเมล็ด/ฝัก คำนวณโดยนับจำนวนเมล็ดทั้งหมดจากพืชตัวอย่าง แล้ว หารด้วยจำนวนฝักทั้งหมด สำหรับขนาดเมล็ด จะทำ การสุ่มเมล็ดจากผลผลิตทั้งหมด จำนวน 500 เมล็ด แล้ว นำมาชั่งหาน้ำหนักเมล็ด ในกรณีของความสูง จะวัด จากส่วนของลำต้น (main stem) จากระดับผิวดินจนถึง ปลายยอดสุด

การคำนวณหาค่า leaf area index (LAI), leaf area 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

อุณหภูมิ และค่าการระเหยน้ำ จากถาดวัดการระเหย ชนิด U.S. Class A pan ในช่วงดำเนินการทดลองปี 2538 และ 2539 แสดงใน Table 1

อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนมีค่าระหว่าง 27.4-32.0 และ 25.5-30^oซ. สำหรับการทดลองปี 2538 และ 2539 ตามลำดับ ในช่วงต้นของการทดลองเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำ หลังจากนั้นอุณหภูมิจะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และสูงสุดในช่วงระยะสุกแก่ ดังนั้นในช่วงการเจริญเติบโตทางด้าน vegetative จึงเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าการเจริญเติบโตในช่วง reproductive โดยทั่วไป ถั่วเขียวในการทดลองปี 2538 เจริญเติบโตภายใต้ อุณหภูมิที่สูงกว่าการทดลองปี 2539

การระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหย มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.9 - 6.5 มม./วัน สำหรับการทดลองปี 2538 และ 4.6 - 5.8 มม./วัน สำหรับการทดลองปี 2539 ค่าการระเหยสูงสุดพบในเดือนเมษายน และต่ำสุดพบในเดือนแรกของการทดลอง ระยะเวลาที่ใช้สำหรับค่าการระเหยสะสม 60 มม. ระหว่างดำเนินการทดลองทั้งสองฤดู มีค่าระหว่าง 10 - 12 วัน ดังนั้นการให้น้ำแต่ละครั้งจึงอยู่ในช่วงระยะเวลาดังกล่าว

จำนวนครั้ง และปริมาณการให้น้ำ

จำนวนครั้ง และปริมาณน้ำที่ให้ ของการให้น้ำที่ IW/E 0.1-0.8 และการหยุดให้น้ำที่การเจริญเติบโตระยะ V4, R1 และ R5 แสดงใน Table 2 ระยะเวลาที่ใช้สำหรับการเจริญเติบโตจากปลูกจนถึงระยะ V4, R1 และ R5 ของการให้น้ำในปริมาณต่างๆ ไม่เปลี่ยนแปลงไปกับปริมาณการให้น้ำ ระยะเวลาจากปลูกถึง

Table 1. Mean maximum and minimum temperatures, and evaporation from U.S. Class A pan between January and April 1995 and 1996.

Month	Temperature (°C)			Evaporation (mm)	
	Maximum	Minimum	Mean	Total	Mean daily
1995					
January	33.1	19.6	26.4	133	4.3
February	33.9	21.0	27.4	137	4.9
March	36.5	24.5	30.5	177	5.9
April	37.8	26.1	32.0	195	6.5
1996					
January	32.1	19.0	25.5	143	4.6
February	32.2	20.3	26.2	151	5.2
March	34.9	24.1	29.5	174	5.6
April	34.8	25.2	30.0	174	5.8

Table 2. Irrigation schedule and amount for 4 irrigation levels and timing of irrigation terminations at V4, R1 and R5 growth stages of mungbean.

Irrigation termination & Irrigation Dates	Irrigation Amounts (mm)				Average
	IW/E 0.1	IW/E 0.2	IW/E 0.4	IW/E 0.8	
1995 Expt.					
V4 stage					
1. 18/2/95	6	12	24	48	
2. 2/3/95	6	12	24	48	
Total irrigation	12	4	48	96	45
R1 stage					
1. 18/2/95	6	12	24	48	
2. 2/3/95	6	12	24	48	
3. 14/3/95	6	12	24	48	
Total irrigation	18	36	72	144	68
R5 stage					
1. 18/2/95	6	12	24	48	
2. 2/3/95	6	12	24	48	
3. 14/3/95	6	12	24	48	
4. 24/3/95	6	12	24	48	
5. 29/3/95	3	6	12	24	
Total irrigation	27	54	108	216	101
1996 Expt.					
V4 stage					
1. 10/2/96	6	12	24	48	
2. 22/2/96	6	12	24	48	
Total irrigation	12	24	48	96	45
R1 stage					
1. 10/2/96	6	12	24	48	
2. 22/2/96	6	12	24	48	
3. 2/3/96	5	10	20	40	
Total irrigation	17	34	68	136	64
R5 stage					
1. 10/2/96	6	12	24	48	
2. 22/2/96	6	12	24	48	
3. 5/3/96	6	12	24	48	
4. 16/3/96	6	12	24	48	
Total irrigation	24	48	96	196	90

IW/E indicates the ratio of irrigation water to evaporation.

ระยะ V4, R1 และ R5 ถั่วเขียวใช้เวลา 25, 34 และ 49 วัน ตามลำดับ สำหรับการทดลองปี 2538 และ 24, 33 และ 47 วัน ตามลำดับ สำหรับการทดลอง ปี 2539 จากการใช้ค่าการระเหยสะสม 60 มม. เป็นตัวกำหนดระยะเวลาการให้น้ำแต่ละครั้ง พบว่าโดย

ทั่วไป ความถี่การให้น้ำมีค่าระหว่าง 10 - 12 วัน สำหรับการทดลองปี 2538 และ 11 - 12 วัน สำหรับการทดลองปี 2539 ยกเว้นการให้น้ำที่สิ้นสุดที่ระยะ R5 (29 มีนาคม 2538) ของการทดลองปี 2538 และ R1 (2 มีนาคม 2539) ของการทดลองปี

2539 ที่มีการให้น้ำครั้งสุดท้ายห่างจากการให้น้ำครั้งที่ผ่านมาเป็นเวลา 5 (ค่าการระเหยสะสมมีค่า 30 มม.) และ 7 วัน (ค่าการระเหยสะสมมีค่า 48 มม.) ตามลำดับ

การหยุดให้น้ำที่ระยะ V4 และ R1 มีการให้น้ำทั้งหมด 2 และ 3 ครั้ง ตามลำดับ สำหรับทั้งสองการทดลอง ขณะที่การหยุดให้น้ำที่ระยะ R5 มีการให้น้ำทั้งหมด 5 ครั้ง สำหรับการทดลองปี 2538 และ 4 ครั้ง สำหรับการทดลองปี 2539 ปริมาณน้ำที่ให้ทั้งหมดหลังปลูก (ไม่รวมปริมาณน้ำที่ให้ทันทีหลังปลูก 30 มม. สำหรับทุกวิธีการ) จนถึงการเจริญเติบโตระยะ V4, R1 และ R5 สำหรับการให้น้ำที่ IW/E 0.1 ถึง 0.8 มีค่าระหว่าง 12 - 216 มม. และ 12 - 192 มม. สำหรับการทดลองปี 2538 และ 2539 ตามลำดับ การหยุดให้น้ำที่ระยะ R5 มีปริมาณการให้น้ำโดยเฉลี่ย 101 และ 90 มม. สำหรับการทดลองปี 2538 และ 2539 ตามลำดับ ขณะที่การหยุดให้น้ำที่การเจริญเติบโตระยะ R1 และ V4 จะลดปริมาณการให้น้ำลงโดยเฉลี่ย 33 และ 55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับการทดลองปี 2538 และ 29 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับการทดลองปี 2539

อย่างไรก็ตามเมื่อหาค่าเฉลี่ยของปริมาณการให้น้ำระหว่างสองการทดลอง พบว่าปริมาณการให้น้ำตลอดฤดูปลูกเฉลี่ยจากการให้น้ำที่ IW/E 0.1-0.8 มีค่า 96 มม. เมื่อหยุดให้น้ำที่การเจริญเติบโตระยะ R5 และปริมาณการให้น้ำจะลดลง 31 และ 53 เปอร์เซ็นต์ เมื่อหยุดให้น้ำที่การเจริญเติบโตระยะ R1 และ V4 ตามลำดับ

ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index), Leaf area duration และอัตราการเจริญเติบโต (Crop growth rate)

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างถั่วเขียวที่อายุ 45 และ 55 วันหลังปลูก เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงดัชนีพื้นที่ใบ (LAI), leaf area duration (LAD) และอัตราการเจริญเติบโต (CGR) ในช่วงดังกล่าว พบว่าปัจจัยการให้น้ำ และระยะเวลาสิ้นสุดการให้น้ำ มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลง LAI, LAD และ CGR ไม่

มีปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้งสอง ดังนั้นจึงนำเสนอเฉพาะค่าเฉลี่ยของปัจจัยดังกล่าว (Table 3) จากการเปรียบเทียบผลของปัจจัยการให้น้ำ และระยะเวลาการหยุดให้น้ำต่อการเปลี่ยนแปลง LAI, LAD และ CGR ระหว่างสองการทดลองพบว่า โดยทั่วไปผลการทดลองเป็นไปในแนวเดียวกัน

ผลการทดลองทั้งสองฤดูชี้ให้เห็นว่า LAI, LAD และ CGR ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อลดปริมาณการให้น้ำ และเมื่อการหยุดให้น้ำเกิดขึ้นเร็ว โดยการให้น้ำที่ IW/E 0.8 ให้ค่า LAI, LAD และ CGR สูงสุดตามด้วยการให้น้ำที่ IW/E 0.4, 0.1 และ 0.1 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามความแตกต่างของ LAI ที่ 45 วันระหว่างการให้น้ำที่ IW/E 0.1, และ 0.2 ไม่มีผลทางสถิติ สำหรับการทดลองปี 2539 การหยุดให้น้ำที่การเจริญเติบโตระยะ V4 ให้ค่า LAI, LAD และ CGR ต่ำสุด ขณะที่วิธีการหยุดให้น้ำที่ระยะ R5 ให้ค่าดังกล่าวสูงสุดตามด้วยการหยุดให้น้ำที่ระยะ R1 อย่างไรก็ตามความแตกต่างของ LAI ที่ 45 วันระหว่างการหยุดให้น้ำที่ระยะ R5 และ R1 ที่ไม่มีผลทางสถิติ เนื่องจากการเก็บตัวอย่างเกิดขึ้นหลังจากการหยุดให้น้ำที่ระยะ R1 ประมาณ 10 วัน ซึ่งช่วงดังกล่าวทั้งสองวิธีการได้รับน้ำในปริมาณไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของการหยุดให้น้ำที่ระยะ R1 และ R5 ถูกพบในช่วง 55 วันหลังปลูกซึ่งระยะเวลาดังกล่าวเกิดขึ้นหลังการหยุดให้น้ำที่ระยะ V4 และ R1 ประมาณ 30 และ 20 วัน ตามลำดับ ขณะที่การหยุดให้น้ำที่ระยะ R5 ยังมีการให้น้ำตามปกติ

ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต

ผลการทดลองทั้งสองแสดงให้เห็นว่า ไม่มีปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการให้น้ำและระยะเวลาการหยุดให้น้ำในส่วนของผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต ค่าเฉลี่ยของปัจจัยทั้งสองแสดงใน Table 4 โดยทั่วไป ทั้งสองการทดลองให้ผลสอดคล้องกัน กล่าวคือผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณการให้น้ำ และระยะเวลาการหยุดให้น้ำ โดยผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อ

Table 3. Effects of irrigation amounts and timing of irrigation termination on leaf area index (LAI) at 45 and 55 days after planting, leaf area duration (LAD, day) and crop growth rate (CGR, g/sq.m/day) between 45 and 55 days for mungbean on a silty clay loam soil in the 1995 and 1996 growing seasons.

Irrigation rates & Irrigation termination	1995 Expt.				1996 Expt.			
	LAI45	LAI 55	LAD	CGR	LAI45	LAI 55	LAD	CGR
IW/E								
0.1	2.00 d	1.61 d	18.24 d	6.49 d	1.91 c	1.61 d	17.56 d	7.79 d
0.2	2.17 c	1.76 c	20.34 c	8.99 c	1.99 c	1.76 c	18.76 c	8.81 c
0.4	2.40 b	1.94 b	22.83 b	11.84 b	2.16 b	1.92 b	20.37 b	10.86 c
0.8	2.74 a	2.21 a	26.25 a	14.49 a	2.32 a	2.12 a	22.18 a	12.3 a
CV.(%)	4.4	4.0	3.7	10.3	4.6	7.2	3.7	5.9
Irrigation termination								
V4	2.11 b	1.81 c	19.72 c	8.62 c	1.95 b	1.70 c	18.28 c	8.97 c
R1	2.41 a	1.78 b	22.32 b	10.50 b	2.13 a	1.82 b	19.74 b	9.87 b
R5	2.45 a	2.05 a	23.71 a	12.23 a	2.20 a	2.03 a	21.13 a	11.46 a
CV.(%)	5.1	5.9	3.5	8.4	5.7	4.9	3.1	4.4

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT. IW/E indicates the ratio of irrigation water to evaporation.

Table 4. Effects of irrigation amounts and timing of irrigation termination at V4, R1 and R5 growth stages on yield and yield components of mungbean on a clay olam soil in the 1995 and 1996 growing seasons.

Irrigation rates & Irrigation termination	1995 Expt.				1996 Expt.			
	Yield (kg/rai)	Pods/pl	Seeds/ pod	Seed wt. mg	Yield (kg/rai)	Pods/pl	Seeds/ pod	Seed wt. (mg)
IW/E								
0.1	135 d	5.7 d	8.4 b	78.5 a	118 c	5.1 d	6.7 c	70.6 a
0.2	154 c	1.6 c	8.5 b	78.1 a	131 c	5.8 c	7.0 c	69.7 a
0.4	174 b	6.5 b	8.8 b	76.1 a	151 b	7.1 b	8.6 b	66.5 b
0.8	203 a	7.6 a	9.5 a	72.0 b	180 a	8.0 a	8.6 a	63.6 c
CV.(%)	5.9	5.1	6.9	4.7	4.7	5.2	5.8	3.3
Irrigation termination								
V4	148 c	6.3 b	8.62 b	76.4 a	120 c	6.1 c	7.1 b	69.2 a
R1	164 c	6.4 b	8.64 b	76.4 a	142 b	6.4 b	7.4 b	67.9 b
R5	187 a	6.7 a	9.13 a	75.7 a	173 a	7.1 a	8.0 a	65.8 c
CV.(%)	6.1	4.7	4.2	3.7	7.8	6.2	6.8	4.2

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT. IW/E indicates the ratio of irrigation water to evaporation.

เพิ่มปริมาณการให้น้ำจาก IW/E 0.1 เป็น 0.8 และเลื่อนระยะเวลาการหยุดให้น้ำจากระยะ V4 เป็น R5 การให้น้ำที่ IW/E 0.1 ให้ผลผลิต 135 กก./ไร่ สำหรับการทดลองปี 2538 และ 148 กก./ไร่ สำหรับการทดลองปี 2539 แต่เมื่อเพิ่มปริมาณการให้น้ำจาก IW/E 0.1 เป็น 0.2, 0.4 และ 0.8 ผลผลิตเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 14, 29 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับการทดลองปี 2538 และ 11, 28 และ 53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับการทดลองปี 2539 อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของผลผลิตของการให้น้ำที่ IW/E 0.1 และ 0.2 ของการทดลองปี 2539 ไม่มีผลทางสถิติ การหยุดให้น้ำที่ระยะ V4 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 148 และ 120 กก./ไร่ สำหรับการทดลองปี 2538 และ 2539 ตามลำดับ แต่เมื่อเลื่อนระยะเวลาการให้น้ำจนถึงการเจริญเติบโตระยะ R1 และ R5 ผลผลิตเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 11 และ 26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับการทดลองปี 2538 และ 18 และ 44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับการทดลองปี 2539

การทดลองทั้งสองฤดูชี้ให้เห็นว่า จำนวนฝัก/ต้น และเมล็ด/ฝัก มีค่าสูงสุดเมื่อให้น้ำที่ IW/E 0.8 และเมื่อหยุดให้น้ำที่ระยะ R5 และมีค่าต่ำสุดเมื่อให้น้ำที่ IW/E 0.1 และหยุดให้น้ำที่ระยะ V4 ในทางตรงกันข้าม น้ำหนักเมล็ดมีค่าต่ำสุด เมื่อให้น้ำที่ IW/E 0.8 และหยุดให้น้ำที่ระยะ R5 และมีค่าสูงสุดเมื่อให้น้ำที่ IW/E 0.1 และเมื่อหยุดให้น้ำที่ระยะ V4 อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของจำนวนเมล็ด/ฝัก และขนาดเมล็ด ระหว่างการให้น้ำที่ IW/E 0.1, 0.2 และ 0.4 ของการทดลองปี 2538 และระหว่างการให้น้ำที่ IW/E 0.1 และ 0.2 ของการทดลองปี 2539 ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของขนาดเมล็ด ระหว่างระยะเวลาการหยุดให้น้ำในการทดลองปี 2538 ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าการหยุดให้น้ำที่ระยะ V4 และ R1 ให้จำนวนฝัก/ต้น และเมล็ด/ฝัก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นการทดลองปี 2539 ที่พบว่า จำนวนฝัก/ต้น ของการหยุดให้น้ำที่ระยะ V4 มีค่าต่ำกว่าการหยุดให้น้ำที่ระยะ R1 อย่างมีนัยสำคัญ

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองที่พบว่า ถั่วเขียวใช้ระยะเวลาจากปลูกถึงการเจริญเติบโตระยะ V4, R1 และ R5 ระหว่างสองการทดลอง ไม่แตกต่างกันมากนัก อาจจะเป็นเพราะว่าปัจจัยสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง เช่น อุณหภูมิ ช่วงแสง ระหว่างการทดลองปี 2538 และ 2539 ไม่แตกต่างกันเด่นชัด เพราะทำการทดลองในช่วงระยะเวลาใกล้เคียงกันในแต่ละปี Fehr and Caviness (1979) เสนอว่าถ้าพันธุ์ที่ใช้เป็นพันธุ์เดียวกัน ความแตกต่างของระยะเวลาที่ใช้จนถึงการเจริญเติบโตระยะต่างๆ จะมีสาเหตุมากจากความแตกต่างของอุณหภูมิ และช่วงแสง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วง reproductive stage

การลดลงของ LAI และ LAD เมื่อลดปริมาณการให้น้ำ และเมื่อการหยุดให้น้ำเกิดขึ้นเร็ว ที่พบจากการทดลองที่นำเสนอนี้ อาจจะเป็นเพราะว่าการให้น้ำในอัตราต่ำ (IW/E 0.1, 0.2 และ 0.4) และการหยุดให้น้ำที่ระยะ V4 และ R1 ถั่วเขียวมีการขาดน้ำเกิดขึ้น แต่ความรุนแรงและความยาวนานของการขาดน้ำแตกต่างกัน โดยการให้น้ำที่ IW/E 0.1 และการหยุดให้น้ำที่ระยะ V4 มีความรุนแรงและความยาวนานของการขาดน้ำมากที่สุด ทำให้ LAI และ LAD มีค่าต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับให้น้ำในอัตราสูง และการหยุดให้น้ำในช่วงท้ายของการเจริญเติบโต ข้อสมมุติฐานดังกล่าวได้รับการสนับสนุนโดย Boyer (1970), Bunce (1978) และ Turk and Hall (1980) ที่รายงานว่าเมื่อเกิดการขาดน้ำการพัฒนาพื้นที่ใบและจำนวนใบย่อยจะลดลง แต่การลดลงเล็กน้อยแค่นั้นขึ้นอยู่กับความรุนแรงและความยาวนานของการขาดน้ำ ซึ่งการลดพื้นที่ใบของพืชเพื่อลดการสูญเสียน้ำโดยกระบวนการคายน้ำ นอกจากนี้ Senthong *et al.* (1986) ยังพบว่าเมื่อเกิดการขาดน้ำพืชจะลดพื้นที่ใบโดยการร่วงหล่นของใบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงหลังออกดอก

การลดลงของ CGR เมื่อลดปริมาณการให้น้ำ และเมื่อการหยุดให้น้ำเกิดขึ้นเร็ว ที่พบจากการทดลองที่นำเสนอครั้งนี้ มีสาเหตุหลักมาจากการลด

ลงของพื้นที่ใบ และ LAD ดังนั้นปริมาณแสงที่พืชได้รับลดลง ผลที่ตามมาคือ CGR มีค่าต่ำ นอกจากนี้การลดลงของ CGR ยังอาจมีสาเหตุมาจากการลดลงของประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง เนื่องจากการขาดน้ำ จากการศึกษาของ Monteith (1977) พบว่าน้ำหนักแห้งของพืชเกี่ยวข้องกับปริมาณแสงอาทิตย์ที่พืชได้รับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงแรกของการเติบโต ขณะที่ Magalhaes *et al.* (1971) รายงานว่า CGR มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่า LAI และจากรายงานของ Boyer (1970) แสดงให้เห็นว่าเมื่อพืชขาดน้ำกระบวนการสังเคราะห์แสงจะถูกยับยั้งสำหรับการลดลงของ LAI, LAD และ CGR เมื่อให้น้ำในอัตราต่ำที่พบจากการทดลองที่นำเสนอครั้งนี้ สนับสนุนรายงานของ สมชาย (2535)

การเพิ่มขึ้นของผลผลิตของการให้น้ำในอัตราสูง และการหยุดให้น้ำในช่วงท้ายของการเจริญเติบโต น่าจะเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของ LAI และ LAD ทำให้ได้รับแสงในปริมาณที่มากกว่าประกอบกับได้รับน้ำอย่างเพียงพอทำให้มีประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงสูง จากการทดลองของ Montojos and Magalhaes (1971) และ Aguilar-M *et al.* (1977) แสดงให้เห็นว่าผลผลิตของพืชมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่า LAD โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงหลังออกดอก สำหรับการลดลงในเปอร์เซ็นต์ที่แตกต่างกันของผลผลิตระหว่างการให้น้ำที่ IW/E 0.1, 0.2 และ 0.4 เมื่อเปรียบเทียบกับให้น้ำที่ IW/E 0.8 มีสาเหตุมาจากความแตกต่างของความรุนแรงของการขาดน้ำ โดยการให้น้ำที่ IW/E 0.1 มีความรุนแรงของการขาดน้ำมากที่สุด ตามต้องการให้น้ำที่ IW/E 0.2 และ 0.4 ดังนั้นเปอร์เซ็นต์การลดลงของผลผลิตของการให้น้ำที่ IW/E 0.1 จึงมากกว่า สำหรับการหยุดให้น้ำที่ระยะ V4 ถั่วเขียวอาจจะขาดน้ำตั้งแต่ช่วงระยะออกดอกเป็นต้นไป ขณะที่การหยุดให้น้ำในช่วง R1 ในช่วงท้ายๆ ของการออกดอก หรือช่วงสร้างเมล็ดเป็นต้นไป ทั้งนี้เพราะดินที่ใช้ในการทดลอง เป็นดินชนิด silty clay loam มีความชื้นที่จุด field capacity (0.33 บาร์) 26.3% และความชื้นที่จุด permanent wilting point (15 บาร์) 18.77% ดังนั้น ปริมาณความชื้นที่

เก็บไว้ให้พืชใช้ (available water) จึงมีค่าไม่สูงนัก สำหรับการให้น้ำครั้งสุดท้ายที่ระยะ R5 ซึ่งเป็นช่วงที่ฝักแรกเริ่มเปลี่ยนสีและใกล้เก็บเกี่ยว ซึ่งช่วงดังกล่าว Doorenbos and Pruitt (1977) รายงานว่าเป็นช่วงที่พืชต้องการน้ำน้อย และการขาดน้ำในช่วงดังกล่าวก็ไม่มีผลเสียต่อผลผลิตมากนัก จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าการหยุดให้น้ำในช่วง V4 มีการขาดน้ำที่รุนแรง และยาวนานกว่าการหยุดให้น้ำในช่วง R1 ดังนั้นการลดลงของผลผลิตของการหยุดให้น้ำที่ระยะ V4 (22-34 เปอร์เซ็นต์) จึงสูงกว่าการหยุดให้น้ำที่ระยะ R1 (12-16 เปอร์เซ็นต์) del Rosario and Fajardo (1985) และ Senthong and Pandey (1989) เสนอว่าการลดลงของผลผลิตถั่วเขียวขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรง ความยาวนาน และช่วงเวลาการขาดน้ำ โดยช่วงที่มีผลกระทบต่อผลผลิตมากที่สุดสำหรับถั่วเขียวได้แก่ระยะออกดอกและสร้างเมล็ด นอกจากนี้ Pannu and Singh (1988) รายงานว่าการขาดน้ำในช่วงออกดอกชุดแรกจะได้รับผลกระทบมากกว่าการขาดน้ำในระยะออกดอกชุดที่สอง

จากผลการทดลองที่พบว่า จำนวนฝัก/ต้น และจำนวนเมล็ด/ฝัก ลดลงเมื่อลดปริมาณการให้น้ำสอดคล้องกับรายงานของ Pandey *et al.* (1988), Pannu and Sing (1988) Chiang and Hubbell (1978) ที่ว่าองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเขียวที่มีผลกระทบต่อ การขาดน้ำมากที่สุดได้แก่ จำนวนฝัก/ต้น รองลงมาได้แก่ จำนวนเมล็ด/ฝัก ขณะที่ขนาดเมล็ดได้รับผลกระทบน้อยที่สุด สำหรับการลดลงของขนาดเมล็ด เมื่อมีการให้น้ำในอัตราสูง และเมื่อมีการหยุดให้น้ำที่ระยะ R5 (การทดลองปี 2539) อาจจะมีสาเหตุมาจากการให้น้ำในอัตราสูง และการหยุดให้น้ำที่ระยะ R5 ให้จำนวนฝัก/ต้น และเมล็ด/ฝัก สูง ดังนั้นสารที่ได้จากการสังเคราะห์แสง (photosynthrate) เพื่อนำมาสร้างขนาดเมล็ดจึงมีจำกัด เป็นผลให้ขนาดเมล็ดลดลง ซึ่งสมมุติฐานดังกล่าวได้รับการสนับสนุนโดยรายงานของ Adam (1967) ที่ว่าเมื่อปัจจัยสภาพแวดล้อมต่างๆ จำกัดและไม่เหมาะสม ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบผลผลิตจะเป็น negative

correlation

ผลการทดลองทั้งหมดที่นำมาเสนอในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าในการปลูกถั่วเขียว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พันธุ์ชัยนาท 36 ปลูกบนดินชนิด silty clay loam ควรมีการให้น้ำที่อัตรา IW/E 0.8 หรือให้น้ำปริมาณ 48 มม. เมื่อค่าการระเหยสะสมครบ 60 มม. ซึ่งจะใช้ระยะเวลา 10-12 วัน และควรให้น้ำจนถึงระยะ R5 แต่ไม่ควรหยุดให้น้ำก่อนถึงระยะ R5 เพราะผลการทดลองพบว่าถ้าหยุดให้น้ำที่ระยะ V4 จะทำให้ผล

ผลิตลดลง 22-34 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การหยุดให้น้ำที่ระยะ R1 ผลผลิตลดลง 12-16 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการให้น้ำในที่ IW/E 0.8 และหยุดให้น้ำที่ระยะ R5 มีการให้น้ำ 4-5 ครั้ง รวมเป็นปริมาณน้ำที่ให้ทั้งหมด 192-216 มม. อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองอาจจะแตกต่างไปจากที่นำเสนอครั้งนี้ ถ้าพันธุ์ที่ใช้ชนิดของดินหรือสภาพแวดล้อมแตกต่างไปจากการทดลองครั้งนี้ ทั้งนี้เพราะปัจจัยดังกล่าวเกี่ยวข้องโดยตรงกับปริมาณและระยะเวลาการหยุดให้น้ำที่เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

- เทวา เมาลานนท์ วันชัย ถนอมทรัพย์ สมชาย บุญประดับ กนกพร เมาลานนท์ และรัศมี มหาผล. 2536. การตอบสนองของพืชตระกูลถั่วบางชนิดต่อความแห้งแล้งภายใต้การให้น้ำต่างระดับ. รายงานผลงานวิจัยถั่วเขียวและพืชไร่ในเขตชลประทาน 2536. ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท.
- วิไลวรรณ พรหมคำ เฉิมพล ไหลรุ่งเรือง และจรัสพร ถาวรสุข. 2531. การศึกษาช่วงการเจริญเติบโตของถั่วเขียว. รายงานผลการสัมมนาเชิงปฏิบัติการงานวิจัยถั่วเขียวครั้งที่ 3 วันที่ 21-23 พฤศจิกายน 2531 ณ ศูนย์ยูเกษตรกรแห่งชาติ จ. กาญจนบุรี จัดโดย ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท สถาบันพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. หน้า 187-194.
- วันชัย ถนอมทรัพย์ กนกพร เมาลานนท์ เทวา เมาลานนท์ และสมชาย บุญประดับ. 2537. อิทธิพลของอัตราปลูกและปริมาณการให้น้ำต่อผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้น้ำของถั่วเหลือง. การประชุมวิชาการถั่วเหลืองแห่งชาติ ครั้งที่ 5 ณ โรงแรมแม่น้ำโขงแกรนด์วิว จ.นครพนม 18-22 กันยายน 2537.
- วันชัย ถนอมทรัพย์ กนกพร เมาลานนท์ เทวา เมาลานนท์ และสมชาย บุญประดับ. 2538. การตอบสนองของถั่วเขียวต่อการจัดระยะปลูกและปริมาณการให้น้ำ. วารสารวิชาการเกษตร ปีที่ 13 ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม 2538. หน้า 186-193.
- สมชาย บุญประดับ. 2535. ผลกระทบของการให้น้ำต่างระดับต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพันธุ์ถั่วเขียว วิทยานิพนธ์ปริญญาโท คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 79 หน้า.
- Adam, M.W. 1967. Basis of yield component compensation in crop plants with special reference to the field bean, *Phaseolus vulgaris*. *Crop Sci.* 7:505 - 510.
- Agrawal, S.K., N.K. Behl, and 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) : 209 - 291.
- 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.
- 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.
- 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, Shanhuah, Tainan, Taiwan.
- del Rosario, D.A. and F.F. Fajardo. 1985. Screening for drought resistance in mungbean. In Proceedings of the workshop on Varietal Improvement for Rice - Based Farming System. March 11-15. Phitsanulok, Thailand. p. 187-206.
- Doorenbos, J. and W.O. Pruitt. 1977. *Crop Water Requirements*. Guideline 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.
- Hunt, R. 1978. *Plant Growth Analysis*. London : Edward Arnold. 67 p.
- Magalhaes, A. C., Montojos, J.C. and S. Miyasaka. 1977. 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 A.N. Villegas. 1988. Drought response of mungbean genotypes under a sprinkler irrigation gradient system. In S. Shanmugasundaram, ed. *Second Int. Mungbean Symp. Proc. AVRDC, Shandua, Taiwan*. p. 272-278.
- 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.
- 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, Shandua, Taiwan*. p. 252-259
- Senthong, C.,K. and R.K.Pandey. 1989. Response of five food legume crops to irrigation gradient imposed during reproductive growth. *Agron. J.* 81:680-686.
- 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.
- Singh, A.,R.B.L. Bhardway. 1975. Effect of irrigation and row spacing on summer mungbean. *Indian J. Agric. Sci.*, 20 (2) : 185-192.
- 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.
-