

ผลกระทบของความเครียดน้ำต่อผลผลิตของถั่วเหลือง

เฉลิมพล แซมเพชร ทรงเชาว์ อินสมพันธ์ วีระชัย ศรีวัฒนพงศ์

EFFECTS OF WATER STRESS ON SOYBEAN YIELD

Chalermpon Sampet, Songchao Insomphun and Veerachai Sriwattanapongse

ABSTRACT : The experiment described was conducted at the Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, during January-April 1986, Three plant densities, 10×50 cm, 20×50 cm and 30×50 cm of soybean (S.J.5) were investigated under four irrigation regimes, at weekly, two-weekly and three-weekly intervals. The latter treatment was divided into two practices at different stages of plant growth.

Seed yield responded well to irrigation, with a significant increase in yield at the highest irrigation frequency. Differences in yields after three-weekly interval treatments were not observed. Increasing seed yields due to increasing plant densities were only observed for the two most frequent irrigation treatments. Yields of up to 2.6 t/ha were achieved from the most frequently irrigated systems with the highest plant density. The more frequent the irrigation, the higher the number of pods per plant and seed weight. The leaf water potential and soil moisture content during the experiment were also recorded and are discussed in this report.

ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

บทคัดย่อ: การศึกษาทดลองกระทำที่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่างเดือนมกราคม–เมษายน 2529 ถั่วเหลืองที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นพันธุ์ สจ. 5 โดยมีการจัดการให้น้ำ (แบบปล่อยน้ำท่วมแปลง) 4 วิธีการ คือให้ทุกสัปดาห์ ทุกสองสัปดาห์ และทุกสามสัปดาห์ ซึ่งวิธีการหลังนี้กำหนดเวลาให้น้ำในระยะเวลาเจริญของพืชที่แตกต่างกัน 2 ลักษณะ รวมเป็นการให้น้ำของแต่ละวิธีการตลอดฤดูกาลปลูก 11, 5, 3 และ 3 ครั้ง ตามลำดับ และในแต่ละของวิธีการให้น้ำปลูกถั่วด้วยความหนาแน่น 3 ระดับ (10×50 ซม. 20×50 ซม. และ 30×50 ซม.) โดยวางแผนการทดลองแบบ split-plot วิธีการให้น้ำเป็น main-plot และความหนาแน่นของถั่วเป็น sub-plot

วิธีการให้น้ำ และระยะปลูกที่แตกต่างกัน มีผลทำให้ผลผลิตที่ได้แตกต่างกัน การให้ทุกสัปดาห์ให้ผลผลิตสูงกว่าวิธีการอื่น ผลผลิตลดลงตามการให้น้ำที่ลดลง แต่ผลผลิตที่ได้รับจากการให้น้ำทุกสามสัปดาห์ 2 ลักษณะไม่มีความแตกต่างกัน การเพิ่มความหนาแน่นของต้นปลูกมีผลทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจากวิธีการให้น้ำทุกสัปดาห์ และทุกสองสัปดาห์ แต่ไม่มีผลจากวิธีการให้น้ำทุกสามสัปดาห์ ผลผลิตที่ได้รับจากการให้น้ำทุกสัปดาห์อยู่ระหว่าง 2.09–2.6 ตัน/เฮกแตร์ ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของต้นปลูกเปรียบเทียบกับ 1.31–1.85 ตัน/เฮกแตร์ จาก การให้น้ำทุกสองสัปดาห์ การให้น้ำน้อยลงมีผลทำให้จำนวนฝักต่อต้น และขนาดของเมล็ดลดลงอย่างเห็นเด่นชัด ในระหว่างการทดลองได้ตรวจวัดความชื้นในดิน leaf water potential เพื่อประเมินการเกิดความเครียดน้ำของพืชและได้รายงานไว้ในรายงานนี้

คำนำ

พืชทั่วไปจะมีความอ่อนไหวต่อความเครียดน้ำ (water stress) และขาดน้ำ (Hsiao 1973 ; Turner and Kramer 1980) ความเครียดน้ำจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาต่าง ๆ ของพืชอันจะมีผลทำให้การเจริญเติบโต และการสร้างผลผลิตลดลง และพืชอาจถึงตายได้ถ้าความเครียดน้ำที่เกิดขึ้นนั้นรุนแรงมากพอ การเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชจะได้รับผลกระทบจากความเครียดน้ำมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรง เวลาที่เกิด และช่วงระยะเวลาเกิดความเครียดน้ำ พืชแต่ละชนิดตอบสนองหรือมีความทนทานต่อการเกิดความเครียดน้ำไม่เท่ากัน การเกิดความเครียดน้ำที่ระดับหนึ่งอาจจะทำให้อัตราการพัฒนาพื้นที่ใบลดลง หรือถ้ารุนแรง

แรงขึ้นอีกก็อาจทำให้ ปากใบปิด ซึ่งจะมีผลทำให้ขบวนการไหลซึมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการสร้างวัตถุแห้งลดลง และถ้ามีความรุนแรงมากก็อาจทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงโดยส่วนรวมลดลง (Gardner et al. 1985) และพืชอาจต้องใช้ระยะเวลาหลายวันในการฟื้นตัวหลังจากที่มีการให้น้ำ เพื่อให้มีการสังเคราะห์แสงเข้าสู่สภาพปกติ การเกิดความเครียดน้ำไม่ว่าระยะใดของการเจริญของพืชย่อมส่งผลกระทบต่อผลผลิตสุดท้าย (เมล็ด ผัก หรือผล) ไม่มากนักน้อย หรืออาจทำให้ไม่ได้ผลผลิตเลย การเกิดความเครียดน้ำในระยะเวลาเจริญทางลำต้นและใบ ซึ่งจะทำให้การสร้างพื้นที่ใบลดลง แต่อาจจะมีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตไม่มากเท่ากับเมื่อเกิดขึ้นในช่วงระยะการเจริญทางติดดอกออกผล (reproductive phase) ในทางพืชไร่ นั้น ถือว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดน้ำกับผลผลิตเป็นเรื่องที่มีความสำคัญอย่างยิ่งเรื่องหนึ่ง เพราะว่าในพืชไร่บางชนิดเมื่อเกิดความเครียดน้ำขึ้นเพียงชั่วระยะเวลาอันสั้นก็อาจจะก่อความเสียหายแก่ผลผลิตอย่างมากได้ ถึงแม้ว่าจะมีการบำรุงดูแลรักษาดีมาตั้งแต่ต้นก็ตาม ดังนั้นในทางพืชไร่ นั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเรียนรู้ว่าช่วงเวลาใดที่เป็นช่วงวิกฤต (critical stage) เมื่อเกิดความเครียดน้ำหรือขาดน้ำ พืชที่มีนิสัยการเจริญไม่เหมือนกัน เช่น พืชประเภทที่มีการเจริญแบบไม่ทอดยอด (determinate plants) กับประเภททอดยอด (indeterminate plants) จะมีระยะวิกฤตแตกต่างกัน และถ้าเกิดความเครียดน้ำขึ้นแล้วความเสียหายในผลผลิตของพืชประเภทไม่ทอดยอดจะมีมากกว่า (Claassen and Shaw 1970; Shaw and Laing 1966) ทั้งนี้เพราะพืชประเภททอดยอดสามารถสร้างดอกชุดที่สอง หรือไม่ก็สามารถเพิ่มองค์ประกอบผลผลิตอื่นขึ้นมาทดแทนผลผลิตส่วนที่สูญเสียไปได้บ้างเกี่ยวกับเรื่องผลกระทบของความเครียดน้ำที่มีต่อผลผลิตของพืช Shaw and Laing (1966) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับถั่วเหลืองในสหรัฐอเมริกา โดยกำหนดให้พืชเกิดความเครียดน้ำขึ้นในระยะต่าง ๆ นับตั้งแต่เริ่มออกดอก พบว่าการเกิดความเครียดน้ำในช่วงระยะปลายของการสร้างฝัก (late pod development) จนถึงระยะกลางการสะสมน้ำหนักเมล็ด (middle bean filling) จะทำให้ผลผลิตลดลงมากที่สุด สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดน้ำกับการเจริญ และผลผลิตของถั่วเหลืองในบ้านเรามีค่อนข้างจำกัดมาก ดังนั้นในการศึกษาทดลองครั้งนี้ได้กำหนดความถี่ หรือเวลาการให้น้ำโดยให้มีความสัมพันธ์กับระยะการเจริญของพืช ซึ่งคาดว่าจะทำให้พืชเกิดความเครียดน้ำในระดับต่าง ๆ ของการเจริญ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดน้ำกับผลผลิตซึ่งจะนำไปสู่การกำหนดการให้น้ำหรือใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพของเกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

การศึกษาทดลองกระทำที่บริเวณแปลงทดลองคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในระหว่างเดือนมกราคม-เมษายน 2529 ซึ่งเป็นฤดูปลูกหลังนาปี วางแผนการทดลองแบบ Split-plot โดยจัดกรรมวิธี (treatments) ดังนี้.-

1. Main-plot : เวลาการให้น้ำ

- 1.1 ให้น้ำทุก ๆ สัปดาห์ตลอดเวลาการทดลองรวมการให้น้ำทั้งหมด 11 ครั้ง ..(W1)
- 1.2 ให้น้ำทุก 2 สัปดาห์ โดยมีการให้ในระหว่างการเจริญทางลำต้น และใบ 2 ครั้ง และหลังจากที่พืชออกดอกแล้ว 3 ครั้ง โดยเริ่มให้น้ำครั้งแรกเมื่อพืชอายุ ได้ 2 สัปดาห์หลังจากงอก ..(W2)
- 1.3 ให้น้ำทุก 4 สัปดาห์โดยประมาณ โดยมีการให้ในระหว่างการเจริญทางลำต้น และใบ 1 ครั้ง และหลังจากพืชออกดอกแล้ว 2 ครั้ง โดยเริ่มให้น้ำครั้งแรกพร้อมกับ W1 ..(W3)
- 1.4 ให้น้ำทุก 4 สัปดาห์ เช่นเดียวกับ W 3 แต่เริ่มให้น้ำครั้งแรกเมื่อพืชอายุ ได้ 3 สัปดาห์ .. (W 4)

รายละเอียดความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการให้น้ำ และระยะการเจริญของพืชได้แสดงไว้ในภาคผนวกที่ 1.

2. Sub-plot : ระยะปลูก

กำหนดให้มีความหนาแน่นของต้นปลูก 3 ระดับ โดยให้ความหนาแน่นนั้นขึ้นอยู่กับระยะปลูกระหว่างต้น คือ 10 ซม., 20 ซม. และ 30 ซม. เมื่อให้ระยะระหว่างแถว 50 ซม. คงที่ หรือคิดเป็นจำนวนต้นต่อพื้นที่จะได้เท่ากับ 400,000 ต้น, 200,000 ต้น และ 133,333 ต้นต่อเฮกแตร์ตามลำดับ ในแต่ละกรรมวิธีทำ 4 ซ้ำ จัดให้อยู่ในรูปของ R.C.B.

แปลงทดลองย่อยแต่ละแปลงมีขนาด 3×5 ม. โดยวิธีการขึ้นแปลง ทำการปลูกเมื่อวันที่ 8 มกราคม 2529 โดยใช้พันธุ์ สจ. 5 ก่อนปลูกนำเมล็ดคลุกด้วยเชื้อไรโซเบียม ปลูกแปลงละ 6 แถว หลุมละ 4 เมล็ด และทำการถอนแยก (22 มกราคม 2529) ให้เหลือหลุมละ 2 ต้น หลังจากที่ยกต้นถ่วงออกแล้ว 7 วัน หลังจากปลูกเสร็จให้น้ำทันที พร้อมกันทุกแปลงหลังจากนั้นจึงให้น้ำตามกรรมวิธีที่กำหนดไว้ การให้น้ำโดยวิธีการปล่อยน้ำลงตามร่องระหว่างแปลง และ

ปล่อยให้หน้าซึ่มท่วมหลังแปลงจนดินอึดตัวด้วยน้ำแล้ว จึงทำการระบายน้ำออก การให้น้ำครั้งต่อๆ ไป สำหรับกรรมวิธีการให้น้ำต่างๆ ก็ปฏิบัติเช่นเดียวกันนี้ แต่ละ main-plot อยู่ห่างกัน 3 เมตรและใช้ผ้าพลาสติกฝังปิดกัน เพื่อช่วยป้องกันมิให้น้ำไหลซึมถึงแปลงทดลองอื่นได้ และจัดร่องระบายน้ำออกเฉพาะไม่ให้มีผลกระทบต่อการแปลงทดลองอื่นๆ

การเก็บบันทึกข้อมูล ในระหว่างการทดลองได้ทำการบันทึก และวัดค่าศักย์ภาพของน้ำในใบ (leaf water potential) ทุกสัปดาห์ และจะบันทึกก่อนมีการให้น้ำ 1 วันหากจะมีการให้น้ำของกรรมวิธีใดด้วย pressure bomb และทำการวัด 3 เวลาด้วยกันคือ ตอนเช้า (8.00-8.30 น.) ตอนสาย (10.00-10.30 น.) และตอนบ่าย (13.00-13.30 น.) โดยทำการวัดที่ใบย่อยตรงกลางของใบประกอบที่คลี่เต็มที่จากตำแหน่งข้อที่ 3 นับจากยอด เมื่อพืชเจริญถึงระยะออกดอกเต็มที่ทำการสุ่มตัวอย่างบางส่วน เพื่อวัดหาน้ำหนักแห้ง และดัชนีพื้นที่ใบ การสุ่มและเก็บตัวอย่างทำจาก 4 แถวในไม่รวมแถวคุม เช่นเดียวกันกับเมื่อเก็บผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตเมื่อต้นอวบให้ฝักแก่เต็มที่

ทุกแปลงทดลองได้รับปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 187 กก./เฮกแตร์ โดยการใส่รองกันหลุมพร้อมกับปุ๋ยราด 3 จี (อัตรา 19 กก./เฮกแตร์) และทำการฉีดพ่นสารเคมีควบคุมวัชพืช อลาคลอร์หลังจากปลูก ในระหว่างการทดลองมีการฉีดพ่นสารเคมีเพื่อป้องกันกำจัดศัตรูพืช กำจัดวัชพืชด้วยมือ และทำการเขตกรรมอื่นตามความเหมาะสม

ผลการทดลองและวิจารณ์

ศักย์ภาพของน้ำในใบ

ค่าศักย์ภาพของน้ำในใบ Ψ_1 ของแต่ละกรรมวิธีการให้น้ำที่แสดงในตารางที่ 1 เป็นค่าเฉลี่ยของ 3 ระยะปลูกเพราะพิจารณาเห็นว่า Ψ_1 ในระหว่างระยะปลูกต่างๆ ไม่แตกต่างกันจนเห็นเด่นชัด และค่าเฉลี่ยที่นำมาเสนอไม่ได้มีการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างกันในทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากการให้น้ำไม่พร้อมกันขึ้นอยู่กับกรรมวิธี การวัดค่า Ψ_1 ทำทุกสัปดาห์ และจะทำการวัดก่อนการให้น้ำ 1 วัน ดังนั้นการเปรียบเทียบผลระหว่างกรรมวิธีจึงพิจารณาจากแนวโน้มที่เกิดขึ้น

จากค่าเฉลี่ยในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า Ψ_1 ของทุกกรรมวิธีการให้น้ำเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ตามเวลาทำการตรวจวัดนับตั้งแต่ตอนเวลาเช้า (8.00-8.30 น.) ถึงเวลาบ่าย (13.00-13.30 น.) และความผันแปรของ Ψ_1 ตลอดการทดลองจะเป็นไปตามจังหวะของการให้น้ำ หรือ

ตามความผันแปรของความชื้นในดินอันเป็นผลจากการให้น้ำที่ต่างกัน (รูปที่ 1) กล่าวคือ Ψ_1 ลดลง และความชื้นของดินเพิ่มขึ้นหลังจากให้น้ำ ถึงแม้ว่าจะทำการตรวจวัดหลังจากให้น้ำแล้วประมาณ 1 สัปดาห์ก็ตาม หลังจากนั้นค่า Ψ_1 ได้เพิ่มขึ้น และความชื้นในดินจะลดลง เป็นลำดับจนกว่าจะมีการให้น้ำในครั้งต่อไป ซึ่งจะเห็นได้ชัดกับกรรมวิธีที่ให้น้ำไม่ถึง (W 3 และ W 4) เมื่อพิจารณาในภาพรวมเปรียบเทียบระดับ และความสม่ำเสมอของค่า Ψ_1 ที่เกิดขึ้นระหว่างกรรมวิธีต่างๆ ของการให้น้ำ ตลอดเวลาการศึกษาทดลองนี้จะเห็นว่ากรรมวิธี W 1 และ W 2 มีค่า Ψ_1 ต่ำกว่า และมีความสม่ำเสมอมากกว่ากรรมวิธี W 3 และ W 4 ซึ่งลักษณะทั้งสองนี้ก็ปรากฏขึ้นกับความชื้นในดินในทำนองเดียวกัน ซึ่งให้เห็นว่าพืชของกรรมวิธีให้น้ำ W 3 และ W 4 เกิดความเครียดน้ำมากกว่า และจะเกิดแต่ละครั้งเป็นเวลายาวนานกว่ากรรมวิธี W 1 W 2 ตามลำดับทั้งนี้เป็นผลมาจากที่มีการให้น้ำไม่บ่อยเท่า เวลา (timing) และช่วงเวลา (duration) ที่เกิดความเครียดน้ำจะมีอิทธิพลต่อผลผลิตของถั่วเหลืองรวม ทั้งพืชขึ้น (Shaw and Laing 1966) นอกเหนือไปจากระดับความรุนแรงของความเครียดที่เกิดขึ้น เกี่ยวกับเรื่องนี้จะได้นำไปพิจารณาในเรื่องของผลผลิต และส่วนที่เกี่ยวข้องต่อไป

เนื่องจากการทดลองไม่ได้ทำการวัด Ψ_1 ของพืชทดลองตอนเวลาเช้าก่อนที่พืชจะได้รับพลังงานแสง เพื่อประเมินการฟื้นตัวของพืชในระหว่างเวลากลางคืน หลังจากที่ได้รับผลกระทบจากความเครียดน้ำในวันที่ผ่านมา แต่ได้เริ่มทำการวัดเมื่อเวลาประมาณ 8.00-8.30 น. ซึ่งเป็นเวลาที่พืชได้รับพลังงานแสงแล้ว นั่นก็หมายความว่าพืชมีการคายน้ำเกิดขึ้นแล้ว แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าพิจารณา Ψ_1 ที่ทำการวัดได้ตอนประมาณ 8.00-8.30 น. จะเห็นว่าแต่ละกรรมวิธีการให้น้ำมีค่า Ψ_1 ไม่แตกต่างกันมาก และอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ -1 ถึง -3 bars. โดยเฉพาะในช่วงระหว่าง 2-3 สัปดาห์แรกหลังจากทำการปลูก ดังนั้นจึงเป็นที่คาดว่าก่อนหน้าเวลา 8.00 น. หรือก่อนที่พืชจะได้รับพลังงานแสงพืชจะมี Ψ_1 ต่ำกว่านี้ ถ้าเป็นเช่นนั้นแสดงว่า พืชจากทุกกรรมวิธีการให้น้ำมีการปรับตัวหรือฟื้นตัวทัน หลังจากที่ได้รับผลของความเครียดน้ำที่ผ่านมา อย่างไรก็ตามในช่วงตอนปลายฤดูปลูก Ψ_1 ของทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และมีความแตกต่างในระหว่างกรรมวิธีการให้น้ำมากขึ้นไม่ว่าจะวัดตอนเช้าหรือตอนบ่ายก็ตาม ทั้งนี้เนื่องมาจากพืชใหญ่ขึ้นมีพื้นที่ใบมากขึ้น (ตารางที่ 2) ส่งผลให้มีการใช้น้ำมากขึ้นประกอบกับในช่วงปลายฤดูปลูกมีอุณหภูมิพลังงานแสงสูงกว่า และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า ซึ่งเอื้ออำนวยต่อการคายน้ำมากในตอนปลายฤดูปลูก จึงทำให้พืชฟื้นตัวไม่ทัน ดังนั้นค่า Ψ_1 ที่วัดได้ในตอนปลายฤดูปลูกจึงสูงกว่าเมื่อต้นฤดูปลูก

Table 1. Leaf water potential of Soybean under different irrigation regimes.

Date	Time	Leaf water potential (bar)			
		W ₁	W ₂	W ₃	W ₄
30 Jan	8	- 1.65	- 2.40	- 2.43	- 2.50
	10	- 8.35	-10.25	-10.40	-10.50
	13	-10.22	-11.10	-11.25	-11.50
6 Feb	8	- 1.25	- 1.20	- 1.27	- 3.27
	10	- 7.02	- 7.13	- 7.43	-10.90
	13	-10.45	-10.60	-10.45	-12.50
13 Feb	8	- 1.85	- 2.90	- 3.0	- 2.65
	10	- 7.02	- 8.80	- 9.17	- 8.72
	13	-10.07	-10.45	-10.80	-10.45
20 Feb	8	-	-	-	-
	10	-10.5	-10.40	-13.49	-10.51
	13	-11.41	-12.01	-14.35	-12.14
27 Feb	8	- 5.26	- 6.65	- 8.43	- 7.52
	10	- 9.28	-10.55	- 9.60	-11.65
	13	-11.36	-11.50	-14.97	-13.45
6 Mar	8	- 3.21	- 3.39	- 3.38	- 5.24
	10	- 9.47	-10.99	-11.08	-13.21
	13	-13.19	-13.35	-13.46	-14.13
13 Mar	8	- 5.47	- 7.23	- 9.45	- 7.00
	10	- 9.72	-11.26	-12.21	-10.75
	13	-12.39	-14.26	-14.29	-13.01
27 Mar	8	-	-	-	-
	9	-13.30	-15.39	-19.41	-17.75
	13	-15.15	-16.16	-21.47	-19.86

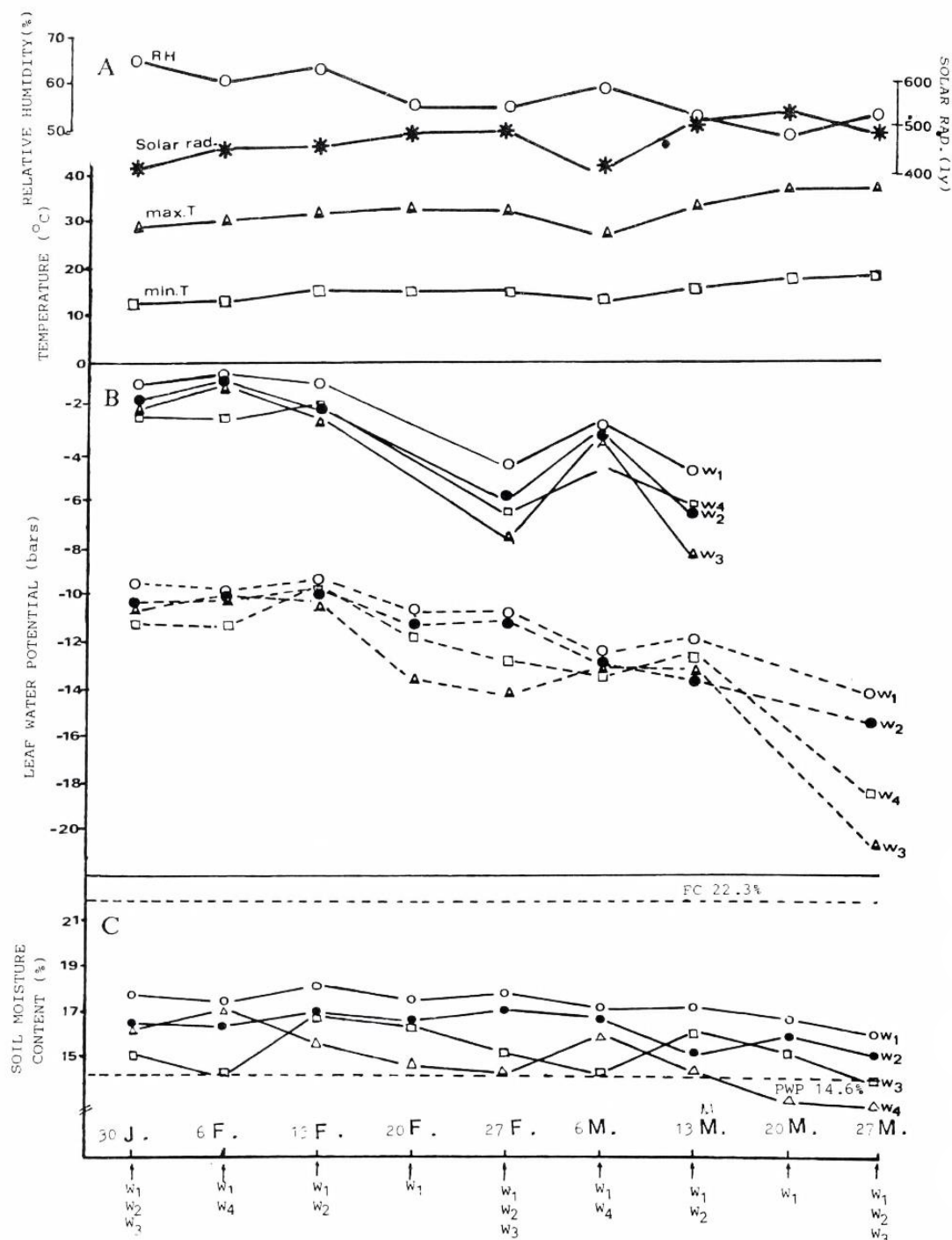


Figure 1 A. Mean temperature, solar radiation and relative humidity at experimental site.

B. Leaf water potential of Soybean measured at during 8.00-8.30 am (——) and 1.00-1.30 pm. (-----)

C. Soil moisture content at depth 0-20 cm. under different irrigation regimes.

ผลจากการวัด Ψ_1 ตอนบ่าย (13.00–13.30 น.) ซึ่งเป็นเวลาที่พืชจะมีโอกาสเกิดความเครียดน้ำสูงสุด ปรากฏว่าพืชจากทุกกรรมวิธีการให้น้ำมีค่า Ψ_1 ไม่ต่ำกว่า -10 bar (ตารางที่ 1) และโดยเฉลี่ยแล้วพืชจากกรรมวิธีที่ให้น้ำไม่บ่อย (W_3 และ W_4) จะมีค่า Ψ_1 สูงกว่าและเห็นได้เด่นชัดมากในช่วงปลายฤดูปลูก (รูปที่ 1) ซึ่งค่า Ψ_1 ที่วัดได้ในระหว่างการทดลองอยู่ระหว่าง -10.1 ถึง -15.5 bar สำหรับ W_1 -10.5 ถึง -16.2 bar สำหรับ W_2 -10.5 ถึง -21.5 bar สำหรับ W_3 และ -10.5 ถึง -19.9 bar สำหรับ W_4

เมื่อพิจารณาจากระดับความเครียดน้ำที่เกิดขึ้นกับต้นถั่วทดลอง เป็นไปได้ว่าความเครียดน้ำในระดับนี้ย่อมส่งผลกระทบต่อการทำงานของปากใบ (stomata conductance) ซึ่งเป็นช่องทางผ่านเข้าของคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อการสังเคราะห์แสง ตามรายงานของ Lawn (1982) ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับเชื้อเพลิง CP 12667 ในประเทศออสเตรเลียแสดงให้เห็นว่าเมื่อพืชเกิดความเครียดน้ำในระดับ -13.1 bar จะทำให้ค่าการนำของปากใบลดลงประมาณครึ่งหนึ่ง และปากใบปิดเมื่อ เพิ่มขึ้นเป็น -27.3 bar ดังนั้นถ้าพิจารณาจากผลงานของ Lawn เป็นบรรทัดฐานแล้วกล่าวได้ว่า ปากใบของต้นถั่วในการทดลองนี้ย่อมมีขนาดลดลง ถึงแม้จะไม่ถึงระดับที่ปิดก็ตาม ซึ่งจะส่งผลทำให้การผ่านเข้าของคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงไปด้วยไม่มากนักด้วย

น้ำหนักแห้ง และดัชนีพื้นที่ใบ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างกันในน้ำหนักแห้งอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 2) ในระหว่างวิธีการให้น้ำ ($p < 0.01$) และระหว่างระยะปลูก ($p < 0.01$) แต่ไม่พบความสัมพันธ์ร่วมระหว่างกรรมวิธีทั้งสอง ($p > 0.05$) การให้น้ำแบบ W_1 (สัปดาห์ละครั้ง) ให้น้ำหนักแห้งมากกว่าการให้น้ำแบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง W_3 และ W_4 ซึ่งให้น้ำหนักแห้งต่ำสุด พบว่าความแตกต่างไม่ถึงระดับมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนอิทธิพลของระยะปลูกนั้นปรากฏว่าทุกวิธีการให้น้ำให้น้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นตาม ความหนาแน่นของต้นปลูกที่เพิ่มขึ้น

สำหรับดัชนีพื้นที่ใบ (ตารางที่ 2) พบว่ามีความผันแปรเป็นไปในทำนองเดียวกันกับความผันแปรของน้ำหนักแห้งกล่าวคือ W_1 ให้ดัชนีพื้นที่ใบสูงกว่ากรรมวิธีอื่น และดัชนีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นตามความหนาแน่นของต้นปลูกที่เพิ่มขึ้น W_3 และ W_4 ให้ดัชนีพื้นที่ใบไม่แตกต่างกัน และมีดัชนีพื้นที่ใบต่ำสุด ดัชนีพื้นที่ใบของ W_1 เพิ่มขึ้นจาก 2.33 ที่ปลูกด้วยระยะ 30×50 ซม. เป็น 2.81 และ 4.64 เมื่อระยะปลูกลดลงเป็น 20×50 ซม. และ 10×50 ซม. ตามลำดับ ซึ่งค่า

Table 2. Total dry matter and leaf area index (LAI) at blooming stage of soybean (SJ.5) under different plant spacings and irrigation regimes

Irrigation	Plant Spacing (cm)			
regime	10×50	20×50	30×50	
Dry matter (g/m ²)				
W ₁	231.6	160.5	124.9	172.3 ^a
W ₂	167.3	110.6	88.4	122.1 ^b
W ₃	117.9	77.1	57.8	84.3 ^c
W ₄	120.2	81.0	63.7	88.3 ^c
Mean	159.3 ^a	107.3 ^b	83.7 ^c	Interaction ^{NS}
LAI				
W ₁	4.64	2.81	2.33	3.26 ^a
W ₂	3.13	1.95	1.65	2.24 ^b
W ₃	1.88	1.54	1.18	1.53 ^c
W ⁴	1.99	1.43	1.02	1.48 ^c
Mean	2.91 ^a	1.93 ^b	1.54 ^c	Interaction ^{NS}

Values with same letter are not significantly different at 5% level

NS = non-significant at $P > 0.05$

ดัชนีพื้นที่ใบที่สูงกว่าของ W_3 หรือ W_4 โดยเฉลี่ยเท่าตัวที่ระยะปลูกเดียวกัน

จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ และการสร้างพื้นที่ใบของพืชได้รับผลกระทบอย่างจากการให้น้ำตามวิธี W_3 และ W_4 ซึ่งให้น้ำโดยเฉลี่ย 3 สัปดาห์/ครั้ง และกรรมวิธีที่ได้รับผลกระทบรองลงมาได้แก่ W_2 ซึ่งเป็นการให้น้ำทุกๆ 2 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีของพืชที่ได้รับทุกสัปดาห์ (W_1)

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีพื้นที่ใบในระยะที่พืชออกดอกเต็มที่ จากกรรมวิธีการให้น้ำต่างๆ จะเห็นว่าค่าที่วัดได้ยังอยู่ในระดับต่ำ โดยเฉพาะของ W_2 , W_3 และ W_4 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าระดับดัชนีพื้นที่ใบของถั่วเหลืองที่ให้ผลผลิตสูง (Pookpakdi 1979, ว่องไว : งานวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ 2529 คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) แม้การให้น้ำตามวิธี W_1 ซึ่งพืชได้รับผลกระทบจากความเครียดน้ำน้อยกว่าวิธีอื่นๆ ก็ยังมีดัชนีพื้นที่ใบต่ำอยู่เช่นกัน ยกเว้นระยะปลูก 10×50 ซม. เนื่องจากในการทดลองนี้ไม่มีกรรมวิธีที่ให้น้ำมากกว่าสัปดาห์ละครั้ง ดังนั้นจึงไม่อาจบอกได้ว่าถ้ามีการให้น้ำบ่อยกว่าสัปดาห์ละครั้งแล้วจะมีผลช่วยส่งเสริมการเจริญทางลำต้นและใบ และส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นในที่สุดหรือไม่

ผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต

ผลผลิตเฉลี่ยที่เสนอไว้ในตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าทั้งกรรมวิธีการให้น้ำ และระยะปลูกมีผลทำให้ผลผลิตที่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) W_1 ให้ผลผลิตสูงสุด ในขณะที่ W_3 และ W_4 ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน และให้ผลผลิตต่ำกว่าสองกรรมวิธีอื่น และผลจากการวิเคราะห์ในทางสถิติพบความสัมพันธ์ร่วมระหว่างวิธีการให้น้ำ $\times$ ระยะปลูกต่อการให้ผลผลิต ซึ่งพอที่จะอธิบายได้ว่าทั้ง W_1 และ W_2 ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็นลำดับอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อความหนาแน่นของต้นเพิ่มขึ้นในขณะที่ W_3 และ W_4 ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันภายใต้ระยะปลูกต่างๆ กัน ผลผลิตของ W_1 อยู่ ระหว่าง 2087–2597 กก./เฮกเตอร์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะปลูก ส่วน W_3 และ W_4 ให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 718–793 กก./เฮกเตอร์ และ 1010–1140 กก./เฮกเตอร์ ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาถึงความผันแปรขององค์ประกอบของผลผลิตต่างๆ ที่แสดงไว้ในตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่า จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และขนาดของเมล็ด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในระหว่างกรรมวิธีการให้น้ำ และในระหว่างระยะปลูกที่ทุกกรรมวิธีการให้น้ำ องค์ประกอบของผลผลิตทั้งสามก็กล่าวเพิ่มขึ้นเมื่อระยะปลูกเพิ่มขึ้น แต่ถึงกระนั้นก็ตามการเพิ่ม

Table 3 Seed yields (t/ha) of soybean (SJ.5) under different plant spacings and irrigation regimes

Irrigation regime	Plant Spacing (cm)			Mean (S.E)
	10 x 50	20 x 50	30 x 50	
w ₁	2.60	2.32	2.09	2.34
w ₂	1.85	1.41	1.31	1.52 (± 0.244)
w ₃	0.79	0.72	0.73	0.75
w ₄	1.14	1.06	1.01	1.07
Mean	1.59	1.38	1.28	Interaction
(S.E)		(± 0.218) **		(± 0.124) **

** significant at $p < 0.01$

Table 4 Yield components of soybean (SJ.5) under different plant spacings and irrigation regimes

Irrigation regime	Plant Spacing (cm)			Mean
	10 × 50	20 × 50	30 × 50	(S.E)
No. of pod/plt				
W ₁	22.1	34.7	43.9	33.6
W ₂	20.3	28.3	35.0	27.9(+1.655)*
W ₃	10.2	18.6	23.5	17.4
W ₄	19.2	27.4	34.6	27.0
Mean	17.96	27.2	34.2	Interaction ^{NS}
(S.E)		(+1.376)**		
No. of seeds/pod				
W ₁	1.9	2.1	2.2	2.07
W ₂	1.8	2.0	2.1	1.97(+0.052) [†]
W ₃	1.8	1.8	1.9	1.83
W ₄	1.8	1.9	2.1	1.90
Mean	1.8	2.0	2.1	Interaction
(S.E)		(+0.037)**		
100 seeds wt. (g)				
W ₁	14.9	15.4	17.2	15.96
W ₂	13.2	14.8	15.4	14.42(+0.115) [†]
W ₃	7.9	10.6	12.4	10.27
W ₄	9.0	11.9	13.8	11.54
Mean	11.22	13.28	14.65	Interaction
(S.E)		(+0.137)**		

** and * significant at $P < 0.05$ and $p < 0.01$ respectively.

NS = non-significant $p > 0.05$

Appendix 1. Time table of irrigation managements and stage of growth of soybean (SI.5)

Germinate												50% Flowering																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Sown + watered						Thinning																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Jan.						Feb.						Mar.						Apr.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
9						16						23						30						6						13						20						27						R1						R2						R3						R4						R5						R6						R7						3						7						12						16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Irrigation regime						Growth stages																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

ต้นขององค์ประกอบของผลผลิตนั้นก็ยังไม่มากพอ หรือเพียงพอที่จะช่วยส่งเสริมให้ได้ผลผลิตมากเท่ากับระยะปลูกที่ถึขึ้นได้ ทั้งนี้เพราะการปลูกห่างพืชมีดัชนีพื้นที่ใบต่ำ (ตารางที่ 2) องค์ประกอบของผลผลิตทั้งสามลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อพืชได้รับผลกระทบจากความเครียดน้ำ (ตารางที่ 4) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของการจำนวนฝักต่อต้น และขนาดของเมล็ด และผลกระทบที่เกิดขึ้นกับพืชใน W_3 และ W_4 มากกว่า W_1 และ W_2 ทั้งนี้เพราะพืชยังคงล้าอยู่ภายใต้สภาวะที่เกิดความเครียดน้ำที่มากกว่า และเป็นเวลานานกว่า ถ้าพิจารณาจากตารางเวลาการให้น้ำ และระยะการเจริญของพืชโดยประมาณ (ภาคผนวกที่ 1) ประกอบกับ Ψ_1 (ตารางที่ 1) จะเห็นว่าพืชของ W_3 และ W_4 ได้รับผลกระทบจากความเครียดน้ำเป็นเวลาที่ยาวนานกว่าทั้งในระหว่างการเจริญทางลำต้นและใบ (ซึ่งส่งผลให้ดัชนีพื้นที่ใบลดลง) และการเจริญทางการติดดอกออกผล ซึ่งเกิดขึ้นในระยะที่พืชกำลังสร้างฝักจนถึงการสะสมน้ำหนักเมล็ด จึงมีผลทำให้จำนวนฝักต่อต้น และขนาดเมล็ดลดลง เกี่ยวกับเรื่องนี้ Shaw and Laing (1966) รายงานว่า ระยะการเจริญของถั่วเหลืองที่อ่อนไหวต่อการเกิดความเครียดน้ำมากที่สุดคือ ระยะตั้งแต่ปลายระยะของการสร้างฝักจนถึงกลางระยะการสะสมน้ำหนักเมล็ด ซึ่งจะทำให้ผลผลิตได้รับความเสียหายมากที่สุด เพราะการเกิดความเครียดน้ำในช่วงนี้มีผลทำให้ฝักไม่สมบูรณ์ และยังมีผลกระทบต่อการขนานการเคลื่อนย้ายอาหารที่จะส่งไปยังฝัก ในที่สุดก็จะทำให้ได้จำนวนฝักต่อต้น และขนาดเมล็ดลดลง ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า การที่พืชจาก W_3 และ W_4 ได้ผลผลิตต่ำกว่าเป็นผลเนื่องมาจากองค์ประกอบของผลผลิตลดลง นอกเหนือจากที่พืชมีดัชนีพื้นที่ใบต่ำเกินไป จากผลงานวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ (กำลังดำเนินการอยู่) ของวิลาศลักษณ์ ว่องไว (2529 คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) ซึ่งทำการศึกษาเกี่ยวกับถั่วเหลืองพันธุ์เดียวกันนี้ (สจ. 5) แสดงให้เห็นว่าผลผลิตได้เพิ่มขึ้นตามดัชนีพื้นที่ใบที่เพิ่มขึ้นถึงประมาณ 5.1 ในฤดูฝน และ 3.7 ในฤดูแล้ง

สรุป

จากผลการทดลองอาจสรุปได้ว่า การให้น้ำแก่ถั่วเหลืองที่ปลูกในฤดูแล้งน้อยกว่าสัปดาห์ละครั้ง จะมีผลทำให้ผลผลิตลดลง และผลผลิตจะยิ่งลดลงมากขึ้น ถ้ายิ่งให้น้ำน้อยลงเนื่องมาจากในการศึกษาทดลองครั้งนี้ไม่มีการให้น้ำดีกว่าสัปดาห์ละครั้ง ดังนั้นจึงน่าจะจะได้ศึกษาว่าถ้ามีการให้น้ำเช่นนั้นจะช่วยเพิ่มผลผลิตได้หรือไม่ หรืออาจพิจารณาให้น้ำถี่ขึ้นเฉพาะในช่วงการเจริญที่วิกฤตของพืช คือช่วงระยะตั้งแต่พืชออกดอกเป็นต้นไป เพราะเมื่อพิจารณาค่าในช่วงระยะการเจริญดังกล่าวของพืช (ตารางที่ 1) แสดงว่าพืชยังเกิดความเครียดน้ำอยู่

คำขอบคุณ

ผู้ทำวิจัยใคร่ขอขอบคุณศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยนี้ และขอขอบคุณภาควิชาพืชไร่ที่ให้การสนับสนุนใช้สถานที่ทดลอง เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ

เอกสารอ้างอิง

- Claassen, M.M. and Shaw, R.H. (1970). Water deficit effect on corn. II. Grain components. *Agron. J.* 62 : 652-55.
- Gardner, F., Pearce, P., Brent R., and Michell, Roger L. (1985) eds. *physiology of Crop Plants*. Iowa State University Press : Ames.
- Lawn (1982). Response of four grain legumes to water stress in South-Eastern Queensland. I Physiological response mechanisms. *Aust. J. Agric. Res.*, 33,481-96.
- Hsiao, T.C. (1973). Plant responses to water stress. *Annu. Rev. Plant physiol.* 24, 519-70.
- Pookpakdi, A. (1979). A study of growth and yield component of soybean. *Dissert. Abst. Int. B.* 39 (9) 3624.
- Shaw, R.H. and Laing, D.R, (1966). Moisture stress and plant response. In "Plant Environment and Efficient Water Use", eds. W.H. Pierie, D.Kirkham, J.T. Pesek and R.H. Shaw, pp. 73-94. *Am. Soc. Agron., Soil Sci. Soc. Am.* : Madison, Wis.
- Turner, N.C. and Kramar, P.J. ((1980). *Adaptation of plants to water and high temperature stress*. Wiley-Interscience, New York.