

ผลของการขาดน้ำต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาของต้นยางพาราอายุ 3 เดือน
Effects of Drought on Physiological Responses of 3 Month-old Rubber Trees

กฤษดา สังข์สิงห์^{1/}

มนต์สรวง เรืองขนาบ^{2/}

พิเชษฐ ไชยพานิชย์^{1/}

Krissada Sangsing^{1/}

Monsuang Rueangkhanap^{2/}

Pichet Chaipanich^{1/}

ABSTRACT

To investigate the effects of drought on physiological responses of 3 month-old of rubber trees (clone RRIM 600), grown in 15 liter pots and placed in the nursery under natural conditions at Surat Thani Rubber Research Centre, during May to June 2008. Young rubber trees were subjected to two irrigation treatments: daily watered (control) and unirrigated (drought). The drought during 17 days of unirrigated treatment significantly affected soil moisture content, growth and physiological performances. Girth increment and relative growth rate of control plants were significantly greater than those of unirrigated plants. In the unirrigated treatment, the drought decrease soil moisture content from 25 to 2 %volume stomatal conductance from 476 to 20 $\mu\text{mol CO}_2 / \text{m}^2 / \text{s}^2$, minimum leaf water potential from -0.7 to -2.7 MPa, relative water content from 91 to 21 %, total chlorophyll content from 1.9 to 0.66 g/dm^2 and specific leaf mass from 50 to 40 g/m^2 before shedding. On the same time, the constant values of these parameters were found in the control treatment. Good positive relationships were found between leaf water potential and both stomatal conductance and relative water content. Good positive relationships were also found between soil moisture content; both relative water content and leaf water potential.

Key words: rubber, drought, growth, physiology

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการขาดน้ำต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาของต้นยางพาราอายุ 3 เดือนโดยปลูกต้นยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ในกระถางที่บรรจุดินขนาด 15 ลิ. ในโรงเรือนภายใต้สภาพแวดล้อมตาม

^{1/} ศูนย์วิจัยยางสุราษฎร์ธานี อ. ท่าชนะ จ. สุราษฎร์ธานี 84170

Surat Thani Rubber Research Centre, Tha Chana district, Surat Thani province 84170

^{2/} ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันกระบี่ อ. คลองท่อม จ. กระบี่ 81120

Krabi Oil palm Research Centre, Klong Thom district, Krabi province 81120

ธรรมชาติ ที่ศูนย์วิจัยยางสุราษฎร์ธานี อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี ระหว่างเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน พ.ศ. 2551 การทดลองแบ่งต้นยางออกเป็น 2 กลุ่มหรือกรรมวิธีคือ รดน้ำจนดินอืดตัวทุกวันตลอดการทดลอง (control) และงดการให้น้ำ (drought) พบว่าต้นยางที่งดการให้น้ำช่วงระหว่าง 17 วัน ได้รับผลกระทบต่อความชื้นดิน การเจริญเติบโต และลักษณะที่แสดงออกทางด้านสรีรวิทยาสำหรับต้นยางที่รดน้ำปกติทุกวัน พบว่าการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น (girth increment) และอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (relative growth rate) มีค่าสูงกว่าต้นยางที่งดการให้น้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และต้นยางพาราที่งดการให้น้ำ ปริมาณความชื้นดินลดลงจาก 25 เป็น 2 % โดยปริมาตร การนำไหลของปากใบ (stomatal conductance) ลดลงจาก 476 เป็น $20 \mu\text{mol CO}_2 / \text{m}^2 / \text{s}^2$ ศักย์ของน้ำในใบลดลงจาก -0.7 เป็น -2.7 MPa relative water content (RWC) ลดลงจาก 91 เป็น 21%, ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลงจาก 1.9 เป็น 0.66 ก./ตร.ซม. และ specific leaf mass ลดลงจาก 50 เป็น 40 ก./ตร.ม. ก่อนใบร่วง ในขณะที่ค่าต่างๆ เหล่านี้ค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลองในต้นยางที่รดน้ำทุกวัน และยังพบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างศักย์ของน้ำในใบกับ stomatal conductance และ RWC ปริมาณความชื้นดินกับ RWC และศักย์ของน้ำในใบ

คำหลัก: ยางพารา การขาดน้ำ การเจริญเติบโต ลักษณะทางสรีรวิทยา

คำนำ

ยางพาราเป็นพืชที่มีศักยภาพด้านเศรษฐกิจสูงพืชหนึ่ง ในปี พ.ศ. 2550 สร้างรายได้ให้ประเทศไทยมูลค่าสูงกว่า 200,000 ล้านบาท (นิรนาม, 2550ข.) ประกอบกับราคายางดิบมีราคาสูงอย่างต่อเนื่องในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมา จนถึงก.ค. ละ 100 บาท ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2551 (นิรนาม, 2551) จึงทำให้เกษตรกรเปลี่ยนมาสนใจปลูกยางพารากันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะการขยายพื้นที่ปลูกไปยังภาคตะวันออก เฉียงเหนือและภาคเหนือ ซึ่งเป็นเขตปลูกยางใหม่ทั้งในโครงการตามนโยบายของรัฐบาลคือโครงการปลูกยางเพื่อยกระดับรายได้และความมั่นคงแก่เกษตรกรในเขตปลูกยางใหม่ระยะที่ 1 ซึ่งดำเนินการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 เป็นต้นมา มีเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการจำนวน 152,575 รายรวมพื้นที่ปลูก 1,145,620 ไร่ (นิรนาม, 2550ก.) และจากการตัดสินใจปลูกเองของเกษตรกรอีกเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามพื้นที่ในเขตปลูกยางใหม่มีสภาพแวดล้อมในการผลิตอาจไม่เหมาะสมเท่าเขตปลูกยางเดิมที่ภาคใต้และภาคตะวันออก ทั้งในด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินและภูมิอากาศ โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของต้นยาง (Wijaya et al., 2005)

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่งสำหรับพืช การที่พืชขาดน้ำก็จะมีผลกระทบต่อต้นพืช ยางพาราก็เช่นเดียวกันกับพืชทั่วไป ที่จำเป็นต้องได้รับน้ำในปริมาณที่เพียงพอและเหมาะสม เพื่อการเจริญเติบโตและการให้

ผลผลิตที่สูงขึ้น (สุเมธและคณะ, 2550) รวมถึงการลดอัตราการตายของต้นยางในช่วงแรกหลังปลูก ที่จะต้องมีการดูแลเป็นพิเศษ เพื่อให้การปลูกยางพาราประสบผลสำเร็จสูงสุด จากการศึกษที่ผ่านมา Sangsing และคณะ (2004) พบว่าต้นยางขนาดเล็กหรือต้นยางที่ปลูกในกระถางถ้าขาดน้ำเพียงแค่ 2 สัปดาห์ก็มีผลกระทบต่ออัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สและปากใบจะปิดสนิท

ในสภาพภาวะโลกร้อนในปัจจุบันมีผลให้ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง อาจทำให้ฝนตกมากเกินไปจนน้ำท่วม หรือมีช่วงแล้งที่ยาวนาน (กัณฑริย์, 2550) จึงเป็นปัญหาที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ในอนาคต และจะส่งผลกระทบต่อต้นยางพาราอย่างแน่นอน การเรียนรู้ถึงพฤติกรรมทางด้านสรีรวิทยาของยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ซึ่งเป็นยางพันธุ์ชั้น 1 กลุ่มพันธุ์ผลผลิตยางเพื่อผลิตน้ำยาง และมีการปลูกอย่างแพร่หลายในประเทศ (นิรนาม, 2550ค.) เมื่อกระทบกับสภาวะความเครียด โดยเฉพาะการขาดน้ำ จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยปรับปรุงหรือแก้ไขการจัดการด้านเขตกรรมในยางปลูกใหม่ เพื่อให้อัตราการรอดตายเพิ่มขึ้น และการเจริญเติบโตดี อย่างไรก็ตามการศึกษาที่ยังมา ยังไม่ได้ศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาในสภาพภูมิอากาศประเทศไทย มีแต่เฉพาะรายงานของ Sangsing และคณะ (2004) ที่ได้ศึกษาผลของการขาดน้ำต่ออัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สของต้นยางขนาดเล็ก ที่ปลูกในเรือนทดลองของประเทศฝรั่งเศส พบว่าอัตราการสังเคราะห์แสง ค่า stomatal conductance การคายน้ำและค่าศักย์ของน้ำในใบลดลงเมื่อมี

การขาดน้ำเป็นเวลานานขึ้น และการเปิดปิดปากใบจะสัมพันธ์กับสมบัติการลำเลียงน้ำ

ดังนั้น การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ข้อมูลด้านสรีรวิทยาของยางพาราเมื่อกระทบกับสภาวะการขาดน้ำ ในสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย และเพื่อหาความสัมพันธ์ของแต่ละลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมกรรมการปรับตัวของต้นยางพารา

อุปกรณ์และวิธีการ

ทดลองปลูกต้นยางพาราพันธุ์ RRIM 600 จำนวน 12 ต้น ในกระถางดินขนาดบรรจุ 15 ลิ. ที่ใส่ดินชุดฝั่งแดง (Fang Daeng Soil Series) น้ำหนักดินแห้ง 15 กก. ขณะเริ่มทดลองต้นยางมีอายุ 3 เดือน โดยมีใบ 2 ฉัตร ทดลองในโรงเรือนหลังคาโปร่งแสง ภายใต้สภาวะแวดล้อมทั่วไปตามธรรมชาติ ในศูนย์วิจัยยางสุราษฎร์ธานี อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี ระหว่างเดือนพฤษภาคม - มิถุนายน พ.ศ. 2551 โดยแบ่งต้นยางออกเป็นสองกลุ่มหรือกรรมวิธี โดยกลุ่มที่ 1 รดน้ำจนดินอึ่มตัวทุกวันตลอดการทดลอง (daily watered as control) และกลุ่มที่ 2 งดให้น้ำตลอดการทดลอง (non-watered) โดยมีจำนวนต้นยางพารากลุ่มละ 6 ต้น (6 ซ้ำ) บันทึกการเจริญเติบโต (growth) การวัดการเปิดปิดปากใบ (stomatal conductance) ความชื้นในดิน (soil moisture) relative water content (RWC) ศักย์ของน้ำในใบ (leaf water potential) ปริมาณคลอโรฟิลล์ (chlorophyll content) ค่าเฉลี่ยและผลการวิเคราะห์ของลักษณะทางสรีรวิทยา (mean and data analysis) หลัง

เริ่มการทดลองที่ต้นยางอายุ 3 เดือน จนสิ้นสุดการทดลอง

1. การเจริญเติบโต

วัดการเจริญเติบโตโดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น (stem diameter) ที่ความสูง 10 ซม. เหนือรอยติดตาด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier caliper) ค่าเส้นรอบวงลำต้นที่เพิ่มขึ้น (girth increment) คำนวณจากค่าการวัดครั้งหลังลบด้วยการวัดครั้งก่อน ส่วนอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (relative growth rate, RGR) ที่หมายถึงดัชนีประสิทธิภาพ (efficiency index) ของอัตราการเจริญเติบโตต่อหน่วยขนาดต้นต่อเวลา (หน่วยเป็น มม./มม./วัน) คำนวณจากสมการที่ 1 ตาม Hunt (1990)

$$RGR = \frac{\ln D_2 - \ln D_1}{t} \quad (1)$$

เมื่อ D_1 = เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นที่วัดครั้งก่อน (มม.)

D_2 = เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นที่วัดครั้งหลัง (มม.)

t = ช่วงระยะเวลาของการวัด 2 ครั้ง (วัน)

2. การเปิดปิดปากใบ

วัดการเปิดปิดปากใบ (stomatal conductance) ด้วยเครื่องวัดการเปิดปิดปากใบ (porometer) Delta-T Device รุ่น AP 4 ของต้นยางพาราทุกต้นในทุกสิ่งทดลอง โดยการสุ่มเลือกใบที่สมบูรณ์ต้นละ 3 ใบย่อย วัดในช่วงเวลา 10.00-12.00 น. ของแต่ละวันเพราะเป็นช่วง

เวลาที่ใบยางพาราแสดงค่าการเปิดปิดปากใบดีที่สุด (กฤษดาและคณะ, 2546; สุเมธและคณะ, 2550) และวัดซ้ำใบเดิมทุกครั้งที่บ้านทีกข้อมูลนี้ตลอดการทดลอง ขณะวัดค่าการเปิดปิดปากใบที่บ้านทีกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนด้วย

3. ความชื้นดิน

วัดค่าความชื้นดินด้วยเครื่องวัดความชื้นดิน Delta-T Device รุ่น HH 2 + Wet sensor ที่ต่อกับ Wet sensor ที่ความลึกดินประมาณ 15 ซม. บันทึกค่าความชื้นดินในหน่วยเปอร์เซ็นต์ต่อปริมาตร

4. การหาค่า Relative water content (RWC) ในใบ

สุ่มเลือกใบในต้นยางพาราต้นละ 1 ใบย่อย ห่อด้วยถุงพลาสติกใสทิ้งไว้ 2 ชม. โดยห่อในเวลาประมาณ 11.00 น. และเก็บในเวลาประมาณ 13.00 น. เพื่อให้ใบอยู่ในสภาวะน้ำในใบคงที่ (steady state) แล้วนำใบมาเจาะด้วยอุปกรณ์เจาะใบ (cork borer) ได้พื้นที่ใบประมาณ 1 ตร.ซม. ชั่งน้ำหนักสด (fresh weight) ด้วยตาชั่ง 4 ตำแหน่ง Mettler Toledo รุ่น AG 804 แล้วนำไปแช่น้ำกลั่นเก็บไว้ในที่มีดและเย็นประมาณ 6 ชม. นำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง ได้น้ำหนักที่อิมด้วยน้ำ (turgid weight) หลังจากนั้นนำไปอบในเตาอบ Memmert DIN 40050 รุ่น AG 204 ที่อุณหภูมิ 100 °ซ. เป็นเวลา 24 ชม. นำมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนักแห้ง (dry weight) แล้วนำค่า

เหล่านี้มาคำนวณหาค่า

RWC ดังสมการที่ 2 (Chartzoulakis *et al.*, 2002)

$$RWC = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ FW = น้ำหนักสด (ก.)

TW = น้ำหนักที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (ก.)

DW = น้ำหนักแห้ง (ก.)

5. การวัดศักย์ของน้ำในใบ

วัดศักย์ของน้ำในใบด้วย Pressure bomb soilmoister รุ่น 3005 โดยการใช้ใบยางพารา ใบเดียวกับข้อที่ 4 มาวัดค่าศักย์น้ำจากก้านใบย่อย ค่าที่ได้นี้ถือเป็นค่าศักย์ของน้ำในใบที่น้อยที่สุดในรอบวัน (minimum leaf water potential) ตามรายงานของสุเมธและคณะ (2550)

6. การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ

ใช้ใบยางพาราใบเดียวกับข้อที่ 4 นำมาเจาะด้วยที่เจาะใบ ได้พื้นที่ใบประมาณ 1 ตร.ซม. นำมาแช่ในหลอดแก้วที่มีปริมาตรกรด DMF (N, N-Dimethylformamide) 3 มล. ปิดฝาให้สนิท วางในที่มืดทันทีเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชม. แล้วนำสารสกัดนี้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่องดูดแสง Spectrophotometer Shimadzu รุ่น UV 160 ที่ความยาวคลื่น 664 และ 647 นาโนเมตร นำค่านี้มาคำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ (หน่วยเป็น มม./ตร.ดม.) ตามสมการที่ 3 (พูนพิภพและคณะ, 2537)

ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด

$$= \frac{(7.04A_{664} + 20.27A_{647})}{Area \times 10} \times Vol \quad (3)$$

เมื่อ A_{664} และ A_{647} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 664 และ 647 นาโนเมตร

Vol = ปริมาตรของ DMF ที่ใช้สกัด (มม.)

Area = พื้นที่แผ่นใบ (ตร.ซม.)

7. การหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ข้อมูล

คำนวณค่าเฉลี่ยและค่า standard error of mean ของแต่ละลักษณะทางสรีรวิทยาในการวัดแต่ละครั้ง และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสองกลุ่มหรือกรรมวิธีทดลองด้วยวิธี T-test

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ความชื้นในดิน

ความชื้นในดินเริ่มต้น 24 % โดยปริมาตร ทั้งในดินของต้นที่รดน้ำปกติทุกวัน และในดินของต้นที่เตรียมงดการให้น้ำ หลังจากการนั้นในดินของต้นที่รดน้ำทุกวัน ค่าความชื้นดินคงที่อยู่ในช่วง 24-26 % โดยปริมาตรตลอดการทดลอง ส่วนต้นที่งดให้น้ำ ค่าความชื้นดินก็ลดลงอย่างรวดเร็วจาก 24 เหลือ 10% โดยปริมาตรในวันที่ 6 หลังจากนั้นก็จะค่อยๆ ลดลงเหลือ 2 % โดยปริมาตรในวันที่ 17 หลังจากการรดให้น้ำ (Figure 1)

2. การเจริญเติบโต

ในรอบ 17 วันระหว่างการทดลอง ค่าเส้น

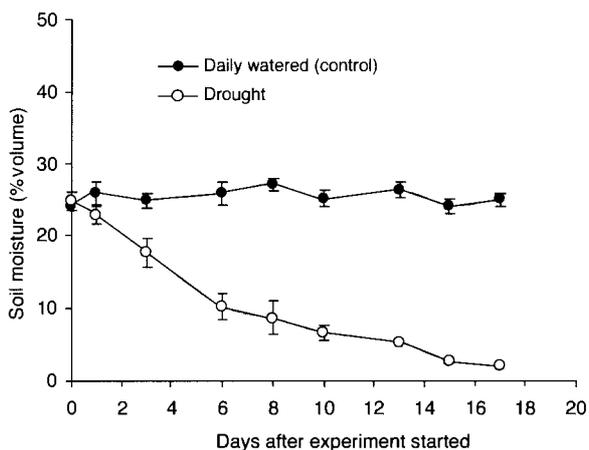


Figure 1. Change of soil moisture content in daily watered (control) and drought treatments, vertical bars are standard error of mean, n=6

รอบวงลำต้นที่เพิ่มขึ้น (girth increment) และ อัตราการเจริญเติบโตสัมพันธ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างต้นยางที่รดน้ำปกติทุกวันกับต้นยางพาราที่งดการให้น้ำ โดยต้นยางที่รดน้ำปกติทุกวันมีการเจริญเติบโตดีกว่าต้นยางพาราที่งดการให้น้ำ (Table 1)

3. การเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางสรีรวิทยา

การหลั่งของใบ ในต้นยางพาราที่มีการให้น้ำปกติทุกวัน ในช่วงการทดลอง 17 วัน สภาพใบคงยังสมบูรณ์ปกติ ส่วนในต้นยางพาราที่งดการให้น้ำ ใบแห้งและหลุดร่วงหมดต้นทุกต้นที่ทดลองหลังการงดให้น้ำ 17 วัน ดังภาพการเปลี่ยนแปลงของต้นยางพาราทุก 7 วัน (Figure 2)

ค่า stomatal conductance (g_s) ต้นยางทั้ง 2 ชุดมีค่า g_s เริ่มต้นก่อนทดลองที่ใกล้เคียงกันคือในช่วง $470-476 \mu\text{mol CO}_2 / \text{m}^2 / \text{s}^2$

หลังจากนั้นในต้นที่รดน้ำทุกวันมีค่า g_s อยู่ในช่วง $389-527 \mu\text{mol CO}_2 / \text{m}^2 / \text{s}^2$ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปกติของยางพันธุ์นี้ในสภาพแวดล้อมของไทย เช่นเดียวกับรายงานของกฤษดาและคณะ (2546) กับ สุเมธและคณะ (2550) ที่รายงานว่าค่า g_s ของยางพาราพันธุ์ RRIM 600 อยู่ในช่วง $300-950 \mu\text{mol CO}_2 / \text{m}^2 / \text{s}^2$ ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาการวัด และค่า air vapour pressure deficit (VPD) (Figure 3) และพบว่าถ้าวันใด ค่า VPD ต่ำ ค่า g_s ก็จะสูง ในทางกลับกันถ้าวันใดค่า VPD สูงค่า g_s ก็จะต่ำ ซึ่งเป็นไปตามความสัมพันธ์เส้นตรงเชิงลบ เช่นเดียวกับรายงานของ Sangsing และคณะ (2006) ส่วนในต้นที่งดการให้น้ำค่า g_s ก็ลดลงอย่างรวดเร็ว จาก $476 \mu\text{mol CO}_2 / \text{m}^2 / \text{s}^2$ จนเหลือ $150 \mu\text{mol CO}_2 / \text{m}^2 / \text{s}^2$ ในวันที่ 6 หลังจากนั้นก็ลดลงอีกเหลือ $20 \mu\text{mol CO}_2 / \text{m}^2 / \text{s}^2$ ในวันที่ 13 หลังการรดให้น้ำ และจากวันที่ 13 เป็นต้นไปก็ไม่สามารถอ่านค่า g_s ได้อีก (Figure 3) ซึ่งแนวโน้มของค่า g_s เป็นไปในทำนองเดียวกันกับรายงานของ Sangsing และคณะ (2004b, 2004c)

ค่าศักย์ของน้ำในใบ ต้นยางทั้ง 2 ชุด มีค่าศักย์ของน้ำในใบเริ่มต้นก่อนทดลองที่ใกล้เคียงกันคือในช่วงประมาณ -0.7 MPa หลังจากนั้นในต้นที่รดน้ำทุกวันค่าศักย์ของน้ำในใบค่อนข้างคงที่ อยู่ในช่วง -1 ถึง -0.7 MPa ซึ่งเป็นเกณฑ์ปกติของยางพันธุ์นี้ในสภาพแวดล้อมของการไม่ขาดน้ำ เช่นเดียวกับรายงานของ Sangsing และคณะ (2004a) ส่วนในต้นที่งดการให้น้ำค่าศักย์ของน้ำในใบก็ลดลงทุกวันจาก -0.7 MPa จนถึง -2.7 MPa

Table 1. Comparisons of girth increment and relative growth rate between daily watered and drought treatments of young rubber tree \pm standard error of mean, n=6, P value is significant level

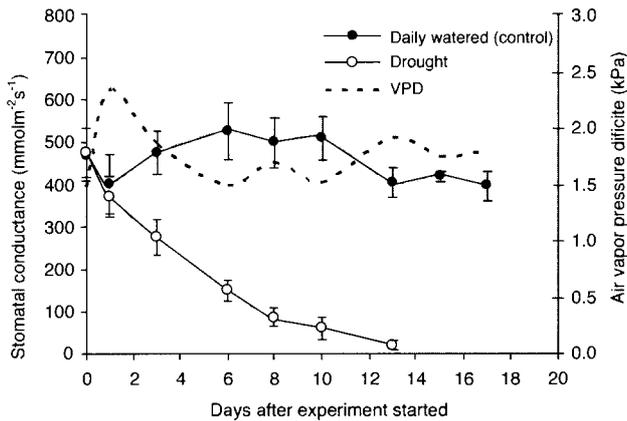
Growth parameters	Daily watered	Drought (17 days)	P value
Girth increment (mm)	0.0200 \pm 0.0036	0.0033 \pm 0.0023	0.033
RGR (mm/mm/day)	20.87 \pm 10 ⁻⁴ \pm 0.0005	3.02 \pm 10 ⁻⁴ \pm 0.0002	0.034



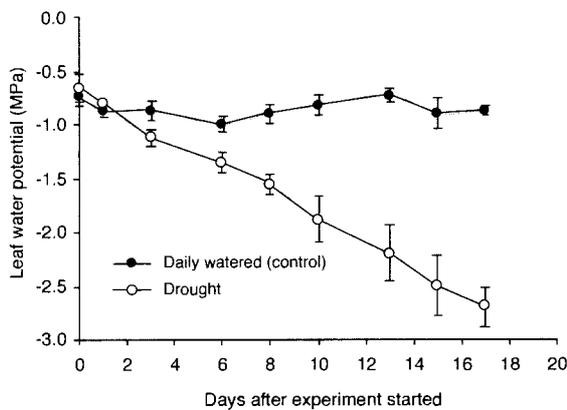
Figure 2. Weekly pictures of daily watered (control) and drought treatments of rubber trees at a fluent periods after experiment started

ในวันที่ 17 หลังจากการรดให้น้ำ (Figure 3) ซึ่งเป็นไปในรูปแบบเดียวกันกับรายงานของ Sangsing และคณะ (2004a: 2004b) ที่พบว่าศักย์ของน้ำในใบ ลดลงจาก -1 ถึง -2.2 MPa ภายใน 14 วัน ในยางที่ปลูกในกระถางขนาดเล็ก 20 ล. และภายใน 28 วันในยางพาราที่ปลูกในกระถางขนาดใหญ่ 150 ล. สาเหตุที่ทำให้ใบยางพาราแห้งกรอบและหลุดร่วง เนื่องจากเกิดการสูญเสีย

การนำไหลของน้ำในท่อน้ำ (loss of hydraulic conductivity) ที่จะส่งผ่านไปยังใบ ซึ่ง Sangsing และคณะ (2004b) รายงานไว้ว่าเกิดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียการนำไหลในท่อน้ำ 50 % ในลำต้นเมื่อค่าศักย์ของน้ำมีค่า -1.22 MPa และเกิดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียการนำไหลในท่อน้ำ 50 % ในก้านใบเมื่อค่าศักย์ของน้ำมีค่า -2 MPa ซึ่งในการทดลองนี้ค่าศักย์ของน้ำระดับนี้เกิดขึ้น



a



b

Figure 3. Changes of stomatal conductance (a) and leaf water potential (b) in daily watered (control) and drought treatments of rubber trees, vertical bars are standard error of mean, n=6

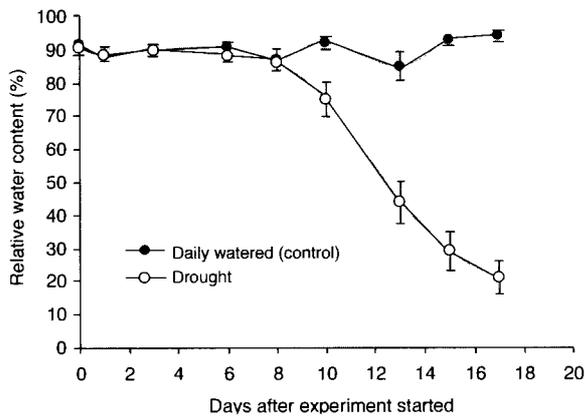
ในต้นยางที่ขาดน้ำมาในเวลาเพียงแค่วัน 11 วัน ดังนั้นเมื่อต้นยางประสบกับการขาดน้ำต่อไปอีก น้ำจึงลำเลียงไม่ถึงใบ ใบยางพาราจึงแห้งกรอบและร่วงในที่สุด

ค่า RWC ของต้นยางทั้ง 2 ชุด มีค่าเริ่มต้นก่อนทดลองที่ใกล้เคียงกันคือในช่วง 91-92 % หลังจากนั้นในต้นที่รดน้ำทุกวันค่า RWC ค่อนข้างคงที่ในช่วง 85-94 % ซึ่งใกล้เคียงกับใบอาโวคาโด ที่อยู่ในสภาพไม่ขาดน้ำตามรายงานของ

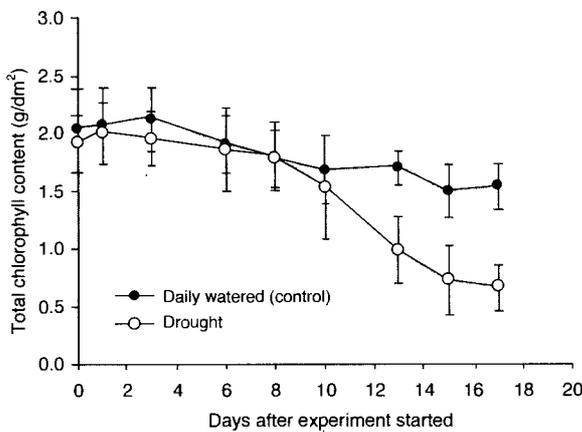
(Chartzoulakis *et al.*, 2002) ที่พบว่าอยู่ในช่วง 89-100 % ส่วนในต้นยางพาราที่งดการให้น้ำค่า RWC ก็มีค่าใกล้เคียงกับต้นที่รดน้ำจนถึงวันที่ 8 ของการทดลอง หลังจากนั้นค่า RWC ก็ลดลงอย่างรวดเร็วจนแตกต่างจากต้นที่รดน้ำปกติ จนกระทั่ง RWC เหลือ 21 % ในวันที่ 17 หลังจากการรดน้ำ ก่อนที่ใบหลุดร่วงไป (Figure 4) สอดคล้องกับรายงานค่า RWC ของใบมะกอกโอลิฟ ที่ผันแปรไปตามฤดูกาลเช่นเดียวกัน โดยมีค่าในระหว่าง 74-94 % (Giorio *et al.*, 1999)

ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (total chlorophyll) ของต้นยางทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เริ่มต้นก่อนทดลองที่ใกล้เคียงกันคือในช่วง 1.9-2.04 มก./ตร.ดม. หลังจากนั้นในต้นที่รดน้ำทุกวันค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดค่อนข้างคงที่ในช่วง 1.5-2.07 มก./ตร.ดม. เมื่อเปรียบเทียบกับพืชอื่นแล้วอาจต่ำกว่าปริมาณในใบของไม้ผลเช่น ทุเรียน ลองกอง มะม่วง ที่มีค่าสูงถึง 8-12 มก./ตร.ดม. ตามรายงานของพูนพิภพและคณะ 2537 ส่วนในต้นที่งดการให้น้ำค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ก็มีค่าใกล้เคียงกับต้นที่รดน้ำจนถึงวันที่ 10 ของการทดลอง หลังจากนั้นค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดก็ลดลงอย่างรวดเร็วจนแตกต่างจากต้นที่รดน้ำปกติ จนกระทั่งเหลือ 0.66 มก./ตร.ดม. ในวันที่ 17 หลังจากการรดน้ำ ในใบแห้งกรอบสีน้ำตาลก่อนที่จะหลุดร่วงไป (Figure 4)

ค่า specific leaf mass (SLM) น้ำหนักแห้งใบต่อพื้นที่ใบ ต้นยางทั้ง 2 กลุ่ม มีค่า SLM เริ่มต้นก่อนทดลองที่ใกล้เคียงกันคือในช่วง 49-50



a



b

Figure 4. Changes of relative water content (a) and total chlorophyll content (b) in daily watered (control) and drought treatments of rubber trees, vertical bars are standard error of mean, n=6

ก./ตร.ม. หลังจากนั้นในต้นที่รดน้ำทุกวันค่า SLM ค่อนข้างคงที่อยู่ที่ในช่วง 45-51.5 ก./ตร.ม. ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ Sangsing และคณะ (2004c) ที่ว่า SLM ของยางพาราพันธุ์ PB 260 มีค่า 51.52 ก./ตร.ม. ส่วนพันธุ์ PB 217 มีค่า 55.41 ก./ตร.ม. และ Sangsing และคณะ (2006)

ยังพบว่าในยางพาราพันธุ์ RRIM 600 และ RRIT 251 มีค่า SLM ผันแปรตั้งแต่ 40-90 ก./ตร.ม. ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอายุและความสมบูรณ์ของใบ ในการทดลองนี้ต้นที่งดการให้น้ำค่า SLM ก็มีค่าใกล้เคียงกับต้นที่รดน้ำจนถึงวันที่ 13 ของการทดลอง หลังจากนั้นค่า SLM ก็ลดลงจนแตกต่างจากต้นที่รดน้ำปกติ เหลือค่า 40 ก./ตร.ม. ในวันที่ 17 หลังจากการรดให้น้ำ ซึ่งเป็นใบแห้งกรอบ สีน้ำตาลก่อนจะหลุดร่วงไป (Figure 5)

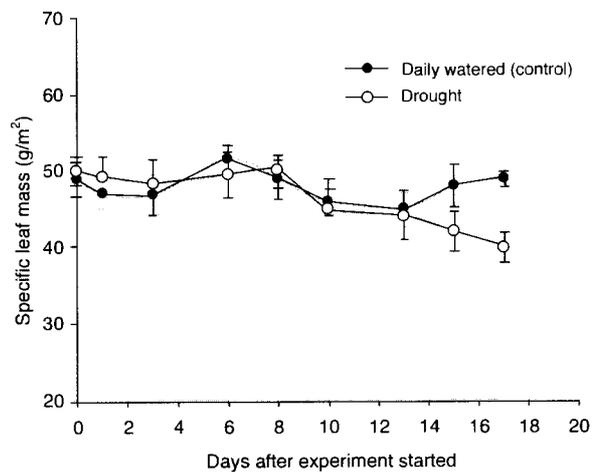


Figure 5. Change of specific leaf mass in daily watered (control) and drought treatments of rubber trees, vertical bars are standard error of mean, n=6

4. ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางสรีรวิทยา

ปากใบยางพาราเริ่มปิดหรือหยุดการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำ เมื่อค่าศักย์ของน้ำในใบ -2 MPa จากความสัมพันธ์เส้นตรงเชิงบวก $R^2 = 0.92$ ระหว่างค่าศักย์ของน้ำในใบกับค่าการเปิดปิดของใบ (Figure 6) เช่นเดียวกับรายงานที่เคยมีการศึกษามาใน walnut ของ

Cochard และคณะ (1996, 2002) และในบาง พาราของ Sangsing และคณะ (2004b; 2004c) ที่พบว่าการนำไหลของปากใบมักสัมพันธ์ในทาง บวกกับศักย์ของน้ำในใบ และเป็นตัวควบคุม พฤติกรรมการเปิดปิดปากใบ ซึ่งผลจากการ ทดลองนี้สนับสนุนหลักการที่ว่าค่าการนำไหล ของปากใบสัมพันธ์ในทางบวกกับการลำเลียงน้ำ ที่เป็นแบบต่อเนื่องจากดินสู่ใบ (Sperry, 2000) และความสัมพันธ์ดังกล่าว เป็นตัวกำหนดสภาวะ ของน้ำในต้น และพฤติกรรม การเปิดปิดปากใบ ถ้าความสามารถในการลำเลียงน้ำถูกจำกัด ค่า ศักย์ของน้ำในใบจะลดลงจนถึงจุดที่จะเกิดฟอง อากาศในท่อน้ำ ปากใบก็จะปิดเพื่อลดการสูญเสียน้ำ (Sperry, 2000; Meinzer *et al.*, 2001) (Figure 6)

ด้านความสัมพันธ์ระหว่างค่าศักย์ของน้ำ ในใบกับค่า RWC พบว่าช่วงแรก ๆ เมื่อค่าศักย์ ของน้ำในใบเพิ่มขึ้น ค่า RWC จะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อ ถึงจุดหนึ่งที่ค่าศักย์ของน้ำในใบเท่ากับ -0.94 MPa แล้ว RWC ได้ค่าสูงสุด จากนั้นเมื่อค่าศักย์ของ น้ำในใบยังเพิ่มขึ้นอีก ค่า RWC กลับไม่เพิ่มแต่ ลดลงเล็กน้อยความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสอง จึง เป็นรูปสมการ polynomial ดีกรีที่ 2 คือ $y = -24.559x^2 - 46.346x + 69.78$ ที่ให้ค่า R^2 สูงสุด = 0.975 จากการ solver ค่าคงที่ของสมการด้วย โปรแกรมใน Microsoft Excel (Figure 7) ซึ่ง ผลที่ได้คล้ายกับการศึกษาในอาโวคาโดของ Chartzoulakis และคณะ (2002)

ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นดินกับค่า ศักย์ของน้ำในใบและ RWC พบความสัมพันธ์ใน

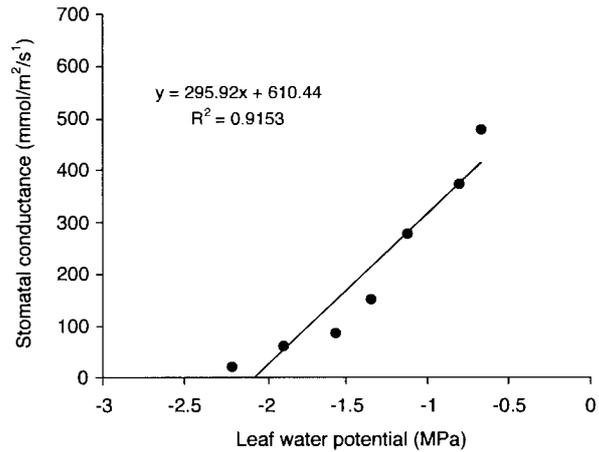


Figure 6. Relationship between leaf water potential and stomatal conductance during drought cycle

รูป logarithmic คือ $y = a \ln(x) + b$ ที่ให้ค่า R^2 สูงสุด จากการ solver ค่าคงที่ของสมการด้วย โปรแกรมใน Microsoft Excel ความชื้นดินต่ำ ค่าทั้งสองนี้ก็จะต่ำมากเช่นเดียวกัน (Figure 8) แต่ เมื่อความชื้นดินค่อย ๆ เพิ่ม ค่าทั้งสองนี้ก็เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งเมื่อความชื้นดินถึง ประมาณ 10 %โดยปริมาตร หลังจากนั้นค่าทั้งสองก็เพิ่มขึ้นช้า ๆ ตามการเพิ่มของความชื้นในดิน จนกระทั่งในดินที่มีความชื้นเหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของต้นยาง ที่ประมาณ 25 %โดยปริมาตร ค่าศักย์ของน้ำในใบก็มีค่าประมาณ -0.7 MPa ส่วน ค่า RWC ก็มีค่าใกล้ถึง 100 %

ผลจากการทดลองนี้ สามารถนำไป ประยุกต์ใช้กับต้นยางพาราที่เพิ่งปลูกใหม่ โดย เกษตรกรควรให้น้ำแก่ต้นยางพารา ก่อนที่ ปริมาณความชื้นในดินที่ความลึก 15 ซม. ลดลง ถึง 10 %โดยปริมาตร มิฉะนั้นค่าต่าง ๆ ที่ แสดงออกทางลักษณะสรีรวิทยาจะเข้าใกล้จุด

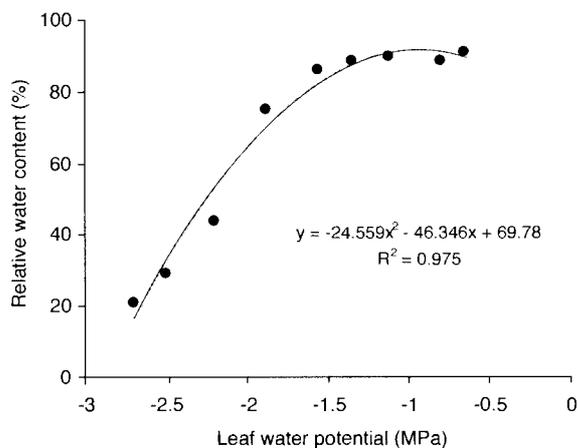


Figure 7. Relationship between leaf water potential and relative water content during drought cycle

วิกฤติ และจะส่งผลให้ใบยาวพาราเหี่ยวและทิ้งใบ หรือถ้ามีช่วงแล้งที่ยาวนานต่อไปอีก ต้นยาวพาราก็จะยืนต้นตาย อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาในทำนองนี้ เพิ่มเติมในต้นยางที่มีอายุมากกว่านี้ และอยู่ในสภาพธรรมชาติของแปลงปลูก

สรุปผลการทดลอง

1. ต้นยางที่ไม่ได้รับน้ำได้รับผลกระทบต่อความชื้นดิน การเจริญเติบโต และการแสดงออกทางด้านลักษณะสรีรวิทยา
2. ด้านการเจริญเติบโต เมื่อการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของต้นยางที่รดน้ำปกติทุกวันมีค่าสูงกว่าต้นยางที่ขาดน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
3. ในยางพาราที่งดการให้น้ำในช่วง 17 วัน มีผลให้ปริมาณความชื้นดิน การนำไหลของปากใบ ศักย์ของน้ำในใบ relative water content ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด และ specific leaf

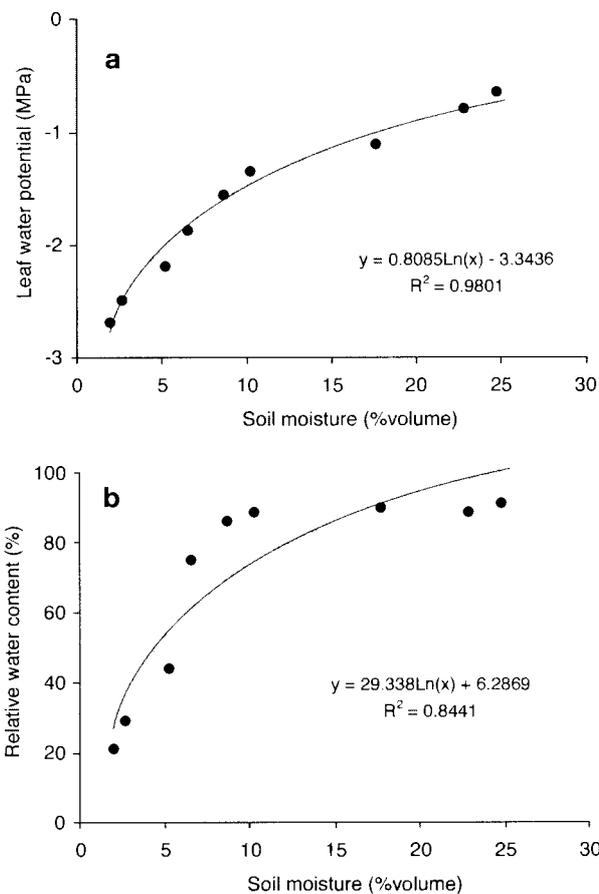


Figure 8. Relationships between soil moisture content and both leaf water potential (a) and relative water content (b) during drought cycle

mass ลดลง ในขณะที่ค่าลักษณะทางสรีรวิทยาต่างๆ เหล่านี้ค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลองในต้นยางที่รดน้ำทุกวัน

4. พบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างศักย์ของน้ำในใบกับการนำไหลของปากใบ และ relative water content ปริมาณความชื้นดินกับ relative water content และศักย์ของน้ำในใบ และยังพบค่าการนำไหลของปากใบสัมพันธ์ในทางบวกกับการลำเลียงน้ำที่เป็นแบบต่อเนื่องจาก

ดินสู่ใบ ซึ่งเป็นตัวกำหนดสภาวะของน้ำในต้น พฤติกรรมการเปิดปิดปากใบ ถ้าความสามารถในการลำเลียงน้ำถูกจำกัด ค่าศักย์ของน้ำในใบจะลดลงจนถึงจุดที่จะเกิดฟองอากาศในท่อไซเลมปากใบก็จะปิดเพื่อลดการสูญเสีย

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยยาง ที่สนับสนุนเครื่องมือวิทยาศาสตร์ นางสาว ัญญาพร ชโลธร นางวัตจนา กล่อมตัน นายมนตรี ปานตุ นายสัมพันธ์ มณีโชติ พนักงานราชการ ที่รวบรวมข้อมูล นางสาวมณีวรรณ อจาปาสา ที่ช่วยบันทึกข้อมูล และวิเคราะห์ผล และ นายชำนาญ จันทร์ต้อย ที่อนุเคราะห์ต้นยางพารา

เอกสารอ้างอิง

กฤษดา สังข์สิงห์ กรรณิการ์ อีระวัฒน์สุข อารักษ์ จันทุมมา ศรีปราชญ์ ธิโนศวรรยางค์กูร กุมุท สังข์ศิลา และพูนพิภพ เกษมทรัพย์. 2546. การศึกษาค่า Stomatal conductance ในใบยางพารา. *ว. วิชาการเกษตร* 21 (3): 248-258.

กัณฑ์รีย์ บุญประกอบ. 2550. *ภาวะโลกร้อนกับงานวิจัยภาคการเกษตร*. ใน : *การประชุมวิชาการประจำปี 2550*. กรมวิชาการเกษตร 6-8 มิถุนายน พ.ศ. 2550 ณ โรงแรมรามาคาร์เดนส์ กรุงเทพมหานคร. (โรเนียว)

นิรนาม. 2550ก. การปลูกยางเพื่อยกระดับรายได้และความมั่นคงแก่เกษตรกรในเขตปลูกยางใหม่ ระยะที่ 1. *ว. สถิติยางประเทศไทย*

36 (4): 27-28.

นิรนาม. 2550ข. *ข้อมูลวิชาการยางพารา 2550*. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. 148 หน้า.

นิรนาม. 2550ค. *คำแนะนำพันธุ์ยาง ปี 2550*. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. 37 หน้า.

นิรนาม. 2551. *สรุปข่าวภายในรอบเดือน*. สำนักงานตลาดกลางยางพาราขนาดใหญ่. *สภาวะตลาดและราคารายการธรรมชาติ* 236: 7-27.

พูนพิภพ เกษมทรัพย์ รวี เสธฐักดิ์ พิณ สายขุนทด เจษฎาภัทรเลอพงษ์ และพัชรียา บุญกอแก้ว. 2537. การประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ จากความเขียวของใบพืชบางชนิดในประเทศไทย. หน้า 114-129. ใน : *การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 32 สาขาพืช*. กุมภาพันธ์ 2537 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

สุเมธ ลิ้มมณีธร สายันท์ สดุดี และอิบรอเฮม ยีดำ. 2550. ผลของการให้น้ำต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาและผลผลิตของยางพารา (*Hevea brasiliensis*) ช่วงฤดูแล้ง. *ว. สงขลานครินทร์ วทท.* 29 (3): 601-613.

Chartzoulakis, K., A. Patakas, G. Kofidis, A. Bosabalidis and A. Nastou. 2002. Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. *Scientia Hort.* 1778: 1-13.

- Cochard, H., N. Breda and A. Granier. 1996. Whole tree hydraulic conductance and water loss regulation in *Quercus* during drought. Evidence for stomatal control of embolism? *Ann. Sci. Forest* 53: 197-206.
- Cochard, H., L. Coll, X. Le Roux and T. Ameglio. 2002. Unraveling the effects of plant hydraulics on stomatal closure during water stress in walnut. *Plant Physiol.* 128: 282-290.
- Giorio, P., G. Sorrentino and R. d'Andria. 1999. Stomatal behaviour, leaf water status and photosynthetic response in field-grown olive trees under water deficit. *Env. Exp. Bot.* 42: 95-104.
- Hunt, R. 1990. *Basic Growth Analysis; Plant Growth Analysis for Beginners*. Unwin Hyman Ltd. London, UK. 112 p.
- Meinzer, F.C., M.J. Clearwater and G. Goldstein. 2001. Water transport in trees: current perspectives, new insights and some controversies. *Env. Exp. Bot.* 45: 239-262.
- Sangsing, K., X. H. Cochard, P. Kasemsap, S. Thanisawanyangkura, K. Sangkhasila, E. Gohet and P. Thaler. 2004a. Is growth performance in rubber (*Hevea brasiliensis*) clones related to xylem hydraulic efficiency? *Can. J. Bot.* 82: 886-891.
- Sangsing, K., P. Kasemsap, S. Thanisawanyangkura, K. Sangkhasila, E. Gohet, P. Thaler and H. Cochard. 2004b. Xylem embolism and stomatal regulation in two rubber clones (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) *Trees* 18: 109-114.
- Sangsing, K., X. Le Roux, P. Kasemsap, S. Thanisawanyangkura, K. Sangkhasila, E. Gohet and P. Thaler. 2004c. Photosynthetic capacity and effect of drought on leaf gas exchange in two rubber (*Hevea brasiliensis*) clones. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 38: 111-122.
- Sangsing, K., X. Le Roux, P. Kasemsap and S. Thanisawanyangkura. 2006. Parameterization and testing a photosynthesis model of rubber leaves. Pages 183-198. *In: International Natural Rubber Conference*. 13-14 November 2006, Ho Chi Minh City, Vietnam.
- Sperry, J. S. 2000. Hydraulic constraints on plant gas exchange. *Agr. Forest Meteo.* 104: 13-23.
- Wijaya, T., P. Grist and K. Menz. 2005. Modelling of rubber growth as a function of climate. Pages 183-191. *In: International Natural Rubber Conference*. 6-8 November 2005, Cochin, India.