

การใช้น้ำรายวันและค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของยางพารา¹ Daily Water Consumptions and Crop Coefficients of Para Rubber Plantation¹

อัญชลี รัตนานันทชัย¹ และกมุท สังขศิลา²

Anchulee Rattanapinchai¹ and Kumut Sangkhasila²

บทคัดย่อ

การใช้น้ำรายวันของยางพาราศึกษาด้วยวิธีสัดส่วนของโบเวน (ET_a^{Bowen}) โดยเลือกแปลงปลูกยางพาราที่มียางพาราอายุ 10 ปี ภายในศูนย์วิจัยยางฉะเชิงเทรา อ. สนามชัยเขต จ. ฉะเชิงเทรา (N13.33 E101.27) ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในและเหนือทรงพุ่มของแปลงปลูก และที่เหนือทรงพุ่มติดตั้งหัววัดพลังงานแสงอาทิตย์และความเร็วลม นอกจากนี้ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิและความชื้นที่ผิวดินและความลึก 0.10 เมตร จัดเก็บข้อมูลจากหัววัดข้างต้นทุกๆ 5 นาทีต่อเนื่องกัน เริ่มตั้งแต่ 1 มกราคม 2551 และสิ้นสุด 31 ธันวาคม 2552 เป็นเวลา 2 ปี ผลการทดลอง พบว่า ในช่วงต้นปี 2551 ค่า ET_a^{Bowen} มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงในช่วง 54-128 มิลลิเมตรต่อเดือน และตอนปลายปีค่าการใช้น้ำอยู่ในช่วง 9-124 มิลลิเมตรต่อเดือน ส่วนค่าการใช้น้ำของยางพาราในปี 2552 มีค่าอยู่ในช่วง 24-88 มิลลิเมตรต่อเดือน ซึ่งในช่วงต้นปีค่าการใช้น้ำมีค่าต่ำกว่าช่วงปลายปีเล็กน้อย แต่ค่าการใช้น้ำของยางพารามีความแตกต่างกันระหว่างปี 2551 และ 2552 สาเหตุที่การใช้น้ำจริงของยางพาราทั้ง 2 ปี มีความแตกต่างกันเกิดจากปริมาณฝนที่ตกไม่เท่ากัน ข้อมูลสภาพภูมิอากาศชุดเดียวกันได้ถูกนำไปใช้คำนวณค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำ (ET_0) ตามวิธีของ Penman-Monteith เพื่อคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (k_c) ผลคำนวณพบว่าค่า k_c ที่เวลาเดียวกันของปี 2551 และ 2552 มีความแตกต่างกัน โดยในปี 2551 มีปริมาณน้ำให้ยางพาราได้ใช้ที่สูงกว่าปี 2552 ในรายงานได้ใช้สมการ S-shape อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำกับเวลาเป็นวันในรอบปี เพื่อนำไปประยุกต์หาค่าการใช้น้ำของยางพาราของสถานที่อื่นๆ นอกเหนือจากที่ทดลองและค่าพารามิเตอร์ของสมการได้เสนอไว้ในรายงาน

คำสำคัญ : ยางพารา การใช้น้ำ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำ

Abstract

Daily rate of water requirement for Rubber plantation were calculated by using Bowen Ratio method (ET_a^{Bowen}). The 10-year old rubber plot resided in Chachoengsao Rubber Research Center, Sanamchai-Khet District, Chachoengsao Province (N13.33 E101.27) was selected to be an experimental site. Temperature and humidity sensors were installed within and above rubber canopy. Above rubber canopy, solar radiation and wind velocity sensors were also installed. Soil temperature

¹ ได้รับเงินอุดหนุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

² ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus,

Nakhon Pathom 73140

and soil moisture sensors were installed at 0 and 0.10 m depth. All data were automatic logged for every 5 minutes starting from 1st January 2008 through 31st December 2009. The 2 years period data were then used for calculation. Results showed that at the 1st 4 months of 2008, values of ET_a^{Bowen} were ranging from 54-128 mm month⁻¹, while as those for the last 4 months ET_a^{Bowen} were ranging from 9-124 mm month⁻¹. Values of ET_a^{Bowen} for the 2009 were quite uniformly ranging from 24-88 mm month⁻¹. The ET_a^{Bowen} for the 1st 4 months of 2009 were a little bit lower than those for the last 4 months of this year. The reason why ET_a^{Bowen} of 2008 were significantly higher than those of 2009 was the higher amount of rainfall existed in the 2008. The higher amount of rainfall of the 2008 year made the corresponding ET_a^{Bowen} values been higher than those of the 2009. The same set of climatic data were used for calculating the daily rate of potential evapotranspiration (ET_0) followed the Penman-Monteith method. The daily values of ET_a^{Bowen} and ET_0 were used to compute the daily values of crop coefficients (k_c) for rubber plantation. Results showed that values of daily k_c of the 2008 and 2009 were different which suggested that water availability for rubber uses in these 2 years were different. The water availability for 2008 is higher than those of the 2009. In this report, S-shape regression had been proposed to describe the relation between k_c and the Julian date. This S-shape regression can be applied to evaluate the water requirement of rubber plantation at the different location beyond the experimental site. Values of S-shape parameters were presented in the report.

Keywords : rubber, water use, crop coefficients

E-mail : poohpiglet_62@hotmail.com

คำนำ

น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการให้ผลผลิตและการเจริญเติบโตของพืช ปริมาณน้ำที่เพียงพอจะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่สมบูรณ์ ปริมาณน้ำที่พืชต้องการนั้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน เช่น ชนิดและอายุของพืช สภาพอากาศ เช่น ความเร็วลม อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น (นาวิ, 2548) การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชทำได้หลายวิธีทั้งทางตรงและทางอ้อม การหาวิธีทางตรง คือการใช้เครื่องมือวัดโดยตรง เช่น การใช้ถังวัดการใช้น้ำ (lysimeter) ซึ่งเป็นวิธีที่แม่นยำแต่ไม่สามารถทำได้ในพื้นที่แปลงปลูกใหญ่ๆ ได้ ส่วนการหาวิธีทางอ้อม คือนำข้อมูลจุลภูมิอากาศ (micro climate) มาใช้ในการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืช ซึ่งเป็นวิธีที่เก็บข้อมูลได้ง่ายกว่า จึงทำให้วิธีนี้เป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป ซึ่งข้อมูลจุลภูมิอากาศได้มาจากการจัดเก็บข้อมูลเองหรือขอจากสถานีตรวจอากาศ ข้อมูลที่จัดเก็บเองสามารถจัดเก็บได้ตามที่ต้องการ เช่น ตามช่วงเวลาที่ต้องการเก็บในแต่ละวัน จึงสามารถคำนวณค่าออกมาเป็นในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งในรอบวันได้ แล้วนำมาทำเป็นข้อมูลรายวัน หรือรายเดือนตามต้องการ ส่วนข้อมูลที่ขอจากสถานีตรวจอากาศจะได้ข้อมูลเป็นรายวัน หรือรายเดือน ค่าที่คำนวณออกมาจึงเป็นรายวันหรือรายเดือนเท่านั้น วิธีที่นำมาใช้ในการคำนวณหาการใช้น้ำของยางพารา คือ วิธี Bowen Ratio เป็นการใช้ค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาของค่าตัวแปรสภาพภูมิอากาศที่เกี่ยวข้องกับสมดุลพลังงานเป็นหลักในการคำนวณ (Hillel, 1982)

ในประเทศไทยภาคใต้เป็นพื้นที่ที่มีการปลูกยางพารามากที่สุด แต่ปัจจุบันได้มีการขยายพื้นที่ปลูกไปยังภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งแต่ละพื้นที่จะมีค่าการใช้น้ำของยางพาราแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่ปลูกยางพารา (สถาบันวิจัยยาง, มปป) ในภาคใต้มีฝนตกมากทำให้ยางพาราได้รับน้ำอย่างเพียงพอ ยางพาราจึงให้ผลผลิตดี ส่วนในภาคภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่เกษตรกรกำลังขยายเป็นพื้นที่สวนยางนั้น ยางพาราจะให้ผลผลิตดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนให้ยางพาราได้ใช้ (สถาบันวิจัยยาง, มปป) การหาค่าความต้องการใช้น้ำของยางพารา เทียบกับปริมาณที่ฝนตก จะทำให้ทราบถึงศักยภาพของพื้นที่ในการทำสวนยางว่ามีมากน้อยเพียงไร งานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของยางพารารายวันจากข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่สามารถจัดหาได้ ซึ่งค่าดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์หาค่าการใช้น้ำของยางพาราในพื้นที่อื่นที่สนใจได้

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สถานที่ทดลองและวิธีการ

ทดลองที่ศูนย์วิจัยยางอะเซียงเทรา อ.สนามชัยเขต (N13.33 E101.27) ใช้น้ำยางพาราพันธุ์ RRIM 600 อายุประมาณ 10 ปี จัดเก็บข้อมูลสำหรับใช้ในการคำนวณปริมาณการใช้น้ำตามวิธี Bowen Ratio (ET_a^{Bowen}) และใช้คำนวณศักยภาพการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิงตามวิธี Penman-Monteith (ET_0) (Allen *et.al.*, 1998) โดยคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของยางพารา (k_c) ตามสมการ (1) ทุกพจน์ในสมการ คำนวณให้อยู่ในรูปรายวันหรือเป็นฟังก์ชันของเวลา t ที่มีหน่วยเป็นวัน (Allen *et.al.*, 1998)

$$k_c(t) = \frac{ET_a^{Bowen}(t)}{ET_0(t)} \quad (1)$$

ค่าการใช้น้ำตามวิธี Bowen Ratio หาได้จากสมการ (2) (Steven, 2002)

$$LE = \frac{-(R_n + G)}{\beta + 1} \quad (2)$$

เมื่อ R_n คือ พลังงานรังสีสุทธิดวงอาทิตย์ ($W m^{-2}$) G คือ พลังงานความร้อนที่เก็บไว้ในดิน ($W m^{-2}$) β คือ ค่าการใช้น้ำตามวิธี Bowen Ratio (ET_a^{Bowen}) หาได้จาก (3) (Steven, 2002)

$$\beta = \frac{c_p P_a (T_2 - T_1)}{L \epsilon (e_2 - e_1)} \quad (3)$$

เมื่อ c_p คือ ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศแห้ง ($J kg^{-1} K^{-1}$) P_a คือ ค่าความดันบรรยากาศ (kPa) T คือ อุณหภูมิอากาศ (K) L คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ ($J kg^{-1}$) ϵ คือ สัดส่วนระหว่างมวลโมเลกุลของน้ำต่ออากาศแห้ง (ใช้ค่า 0.622) และ e คือ ความดันไอน้ำบรรยากาศ (kPa) ตัวห้อย 1, 2 คือ ระดับความสูงที่ 23.5 m และ 11.5 m ตามลำดับ

ค่า ET_0 หาได้จากสมการ (4) (Allen *et.al.*, 1998)

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (4)$$

เมื่อ R_n คือ พลังงานสุทธิดวงอาทิตย์เหนือทรงพุ่ม ($\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$) G คือพลังงานความร้อนที่เก็บไว้ในดิน ($\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$) T คือ อุณหภูมิอากาศ ($^{\circ}\text{C}$) Δ คือ ความชันของกราฟความดันไอน้ำอิ่มตัว ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$) U_2 คือ ความเร็วลม (m s^{-1}) e_s คือ ความดันไอน้ำอิ่มตัวเฉลี่ยของบรรยากาศ (kPa) e_a คือ ความดันไอน้ำเฉลี่ยของบรรยากาศ (kPa) γ คือ psychrometric constant ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$) หาได้จากสมการ (5) (Allen *et.al.*, 1998)

$$\gamma = \frac{C_p^{\text{air}} \times P_a}{\lambda_v \times MW_{\text{ratio}}} \quad (5)$$

เมื่อ C_p^{air} คือ ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศแห้ง ($\text{MJ kg}^{-1} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$) P_a คือ ค่าความดันบรรยากาศ (kPa) λ_v คือ ความร้อนแฝงที่น้ำกลายเป็นไอ เท่ากับ $2.45 \text{ (MJ kg}^{-1}\text{)}$ MW_{ratio} คือ สัดส่วนระหว่างมวลโมเลกุลของน้ำต่ออากาศแห้ง (ใช้ค่า 0.622)

2. การติดตั้งเครื่องมือและจัดเก็บข้อมูล

ติดตั้งเครื่องมือเพื่อเก็บข้อมูลตามวิธี Bowen ratio ได้แก่ หัววัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (รุ่น 50Y ของบริษัท Vaisala ประเทศฟินแลนด์) ติดที่ 2 ระดับความสูงคือ ภายในทรงพุ่ม (11.5 m ใช้วัด T_1 และ RH_1 ตามสมการ (3)) และเหนือทรงพุ่ม (23.5 m ใช้วัด T_2 และ RH_2 ตามสมการ (3)) และค่า T , e_s , e_a ตามสมการ (4)) หัววัดค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์แบบ photo-electric cell ซึ่งเทียบเป็นพลังงานแสงอาทิตย์กับเครื่องมาตรฐาน (ใช้วัด R_n ตามสมการ (2) และ(4)) และติดตั้งหัววัดความเร็วลม (รุ่น 03001-L20 ของบริษัท Campbell ประเทศสหรัฐอเมริกา) ที่ระดับความสูง 23.5 m (วัด U_2 ตามสมการ (4)) หัววัดอุณหภูมิดินแบบ thermocouple type T และหัววัดความชื้นดินแบบ Dielectric constant (รุ่น EC10 ของบริษัท Decagon Devices ประเทศสหรัฐอเมริกา) ที่ผิวดินและที่ 10 cm จากผิวดิน (หัววัดทั้ง 2 แบบ วัดค่า G ในสมการ (2) และ (4)) ข้อมูลถูกบันทึกแบบอัตโนมัติทุก 5 นาที (รุ่น CR10X ของบริษัท Campbell ประเทศสหรัฐอเมริกา) เก็บข้อมูลต่อเนื่องกัน 2 ปี ตั้งแต่ 1 มกราคม 2551 ถึง 31 ธันวาคม 2552

ผลและวิจารณ์

1. การใช้น้ำของยางพารา

ในช่วงมกราคมถึงเมษายน ค่าการใช้น้ำจริงของยางพารา ET_a^{Bowen} มีค่าต่ำกว่าค่าศักยภาพการใช้น้ำ ET_0 (ภาพที่ 1 และภาพที่ 2) ทั้งในปี 2551 และ 2552 เนื่องจากยางพาราผลัดใบทำให้มีความต้องการใช้น้ำจริงไม่มาก ส่วนช่วงเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคมของทั้ง 2 ปี ยางพารามีค่าการใช้น้ำเพิ่มขึ้นจากช่วงต้นปีและพบว่าบางช่วง

ค่า ET_a^{Bowen} มีค่าสูงกว่า ET_0 ซึ่งเป็นช่วงที่ยางพาราให้ผลผลิต อีกทั้งเป็นช่วงฤดูฝนยางพาราจึงใช้น้ำได้มากขึ้น ส่วนช่วงเดือนพฤศจิกายนและธันวาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาว ยางพาราเริ่มผลัดใบจึงมีการใช้น้ำลดลงจากช่วงก่อนหน้า สอดคล้องกับ นวรัตน์ (2541) ที่ว่ายางพารามีการใช้น้ำลดลงในช่วงผลัดใบ ช่วงต้นปี 2551 (มกราคมถึงเมษายน) มีค่าการใช้น้ำ ET_a^{Bowen} สูงกว่าในช่วงเวลาเดียวกันของปี 2552 เพราะช่วงต้นปี 2551 บรรยากาศมีความต้องการคายระเหยน้ำสูงกว่าปี 2552 เป็นอย่างมาก (ตารางที่ 1) อีกทั้งในช่วงเดียวกัน ในปี 2551 มีปริมาณฝนตกมากกว่าในปี 2552 จึงทำให้ยางพาราใช้น้ำได้มากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับความชื้นในดินของปี 2551 ที่มีค่าต่ำกว่าของปี 2552 ทั้งๆ ที่ปี 2551 มีฝนตกมากกว่าแสดงให้เห็นว่าน้ำในดินถูกใช้ไปกับกระบวนการคายระเหยน้ำในปี 2551 มากกว่าของปี 2552 ส่วนในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงธันวาคมของปี 2551 ปริมาณฝนที่ตกมากเกินไประหว่างปี 2551 ทำให้ค่าการใช้น้ำ ET_a^{Bowen} ของปี 2551 มีค่าน้อยกว่าของปี 2552 ซึ่งสอดคล้องกับค่าความชื้นในดิน ซึ่งในปี 2551 มีค่าสูงกว่าของปี 2552 แสดงถึงปริมาณน้ำในดินที่ถูกใช้ไปในกระบวนการคายระเหยน้ำที่น้อยกว่า

2. ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของยางพารา

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของยางพารา (k_c) ของปี 2551 มีค่าสูงกว่าค่า k_c ของปี 2552 (ภาพที่ 3) โดยปี 2551 มีค่า k_c อยู่ในช่วง 0.08 – 2.24 ปี 2552 มีค่า k_c อยู่ในช่วง 0.01 -1.24 ช่วงต้นปี 2551 k_c มีค่าอยู่ในช่วง 0.39-0.78 จากนั้นเพิ่มขึ้นจนมีค่า 2.24 ในเดือนตุลาคม และลดลงมาเป็น 0.36 และ 0.43 ในเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม ตามลำดับ ส่วนค่า k_c ในปี 2552 ช่วงต้นปีมีค่าอยู่ในช่วง 0.23-1.05 จากนั้นเพิ่มขึ้นจนมีค่า 1.12 ในเดือนสิงหาคม แล้วลดลงอยู่ในช่วง 0.43-0.89 ในช่วงปลายปี ค่า k_c ของปี 2551 และ 2552 มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือมีค่าน้อยในช่วงต้นปี และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องก่อนที่จะลดลงมาในช่วงปลายปี เป็นไปตามธรรมชาติของยางพารา ซึ่งช่วงต้นปีเป็นช่วงที่ยางพารามีการผลัดใบและเริ่มผลิใบ อีกทั้งเป็นช่วงปลายฤดูหนาวต่อฤดูร้อน จึงทำให้ค่า k_c มีค่าไม่สูงนัก จากนั้นเริ่มเข้าสู่ช่วงฤดูฝน ทำให้ยางพาราได้รับน้ำมากขึ้นและมีการใช้น้ำเพิ่มขึ้น ค่า k_c จึงมีค่าสูงกว่าช่วงต้นปี ส่วนช่วงปลายปีเป็นช่วงฤดูหนาว ยางพาราเริ่มมีการผลัดใบ ค่า k_c จึงมีค่าน้อยกว่าช่วงที่ผ่านมา จากการคำนวณค่า k_c ของทั้ง 2 ปี พบว่า ณ ช่วงเวลาเดียวกันแต่คนละปี ค่า k_c ซึ่งควรจะเป็นค่าคงที่และมีค่าเท่ากัน แต่กลับมีค่าที่แตกต่างกัน เกิดจากปริมาณน้ำฝนและความชื้นในดินที่มีให้ยางพาราใช้ในการคายและระเหยน้ำ ทำให้ในปีที่มีปริมาณน้ำฝนที่สูงกว่าจะให้ค่า k_c ที่สูงกว่าตามไปด้วย และตามข้อกำหนดของค่า k_c จะคำนวณตามสมการ (1) ได้เฉพาะในช่วงที่พืชไม่ขาดแคลนน้ำหรือมีความชื้นของดินที่ตอบสนองความต้องการใช้น้ำของพืชได้ในระดับที่ไม่มีผลกระทบต่อผลผลิต ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้เส้นที่เชื่อมต่อด้านสูงสุดของ k_c ดังแสดงในภาพที่ 3 (envelop curve) และเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานในรายงานนี้ได้หาสมการเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่า k_c ดังสมการ (6)

$$k_c(t) = \alpha - \frac{\beta \cdot \delta \cdot k(t)}{[\gamma + \beta \cdot k(t)]^2} \quad (6)$$

เมื่อ α , β , γ และ δ เป็นค่าคงที่ที่กำหนดรูปร่างและขนาดของ S-shape มีค่าเป็น 0.99, 25.0, 2.2 และ -11.0 ตามลำดับ ทุกพจน์ไม่มีหน่วย พจน์ $k(t)$ มีค่าดังสมการ (7)

$$\kappa(t) = \exp\left[\delta \cdot \left(1 - \frac{t}{365}\right)\right] \quad (7)$$

เมื่อ t คือ เวลาเป็นวันในรอบปี (Julian Date) การใช้งานของสมการนี้ คือ เมื่อต้องการทราบค่า k_c ที่วันใดก็ให้แทนค่าวันลงในสมการ เพื่อคำนวณหาค่า k_c และนำมาคูณกับค่า ET_0 ของวันเดียวกันในรอบปีของสถานที่ที่สนใจ เพื่อประเมินความต้องการใช้น้ำของยางพาราของวันนั้นๆ ในรอบปีได้

สรุปผลการทดลอง

ได้คำนวณหาความสัมพันธ์การใช้น้ำของยางพาราจากสัดส่วนค่าการใช้น้ำจริง (ET_a^{Bowen}) ต่อศักยภาพการคายระเหยน้ำ (ET_0) จากข้อมูลจุลภูมิอากาศและความชื้นในดิน สำหรับปี 2551 และ 2552 ค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำในปี 2551 มีค่าในช่วง 48.6 -190.0 มิลลิเมตรต่อเดือน ในช่วงต้นปีค่า ET_0 ของปี 2551 มีค่าสูงกว่าช่วงปลายปีอย่างชัดเจน ส่วนในปี 2552 มีค่าในช่วง 124.2 -201.6 มิลลิเมตรต่อเดือน ค่า ET_0 มีค่าค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี ส่วนค่าคำนวณการใช้น้ำจริงของยางพาราตามวิธีของ Bowen Ratio ในปี 2551 มีค่าการคายระเหยน้ำอยู่ในช่วง 28.8 -128.1 มิลลิเมตรต่อเดือน ซึ่งสูงกว่าค่าในปี 2552 ที่มีค่าอยู่ในช่วง 24.1 -87.8 มิลลิเมตรต่อเดือน ในช่วงต้นปีค่า ET_a^{Bowen} ของปี 2551 มีค่าสูงกว่าช่วงปลายปีอย่างชัดเจน และของปี 2552 ช่วงต้นปีมีค่า ET_a^{Bowen} ต่ำกว่าช่วงปลายปี รายงานได้เสนอให้ใช้สมการสหสัมพันธ์แบบ S-shape อธิบายระหว่าง k_c และ t เวลาในรอบปี

เอกสารอ้างอิง

- นวรรตน์ อุดมประเสริฐ. 2541. **สรีรวิทยาของการผลิตพืช**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 210 น.
- นาวิ จิระชีวี. 2548. **การออกแบบระบบให้น้ำ ฉบับชาวสวน**. วารสารเคหการเกษตร, กรุงเทพฯ. 36 น.
- พัชร ประเสริฐกุล. 2549. **การหาปริมาณการใช้น้ำในระดับแปลงปลูกของยางพาราอายุ 10 ปี และ 2 ปี โดยวิธีสัดส่วนของโบเวน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สถาบันวิจัยยาง. มปป. **การจัดการสวนยางบนพื้นที่ไม่เหมาะสม**. แหล่งที่มา :
<http://www.rubberthai.com/magazine/rubbernews/4.htm>, 19 ตุลาคม 2553.
- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. **Crop evapotranspiration: Guideline for computing crop water requirements**. FAO Irrigation and Drainage paper No. 56. 300p.
- Evet, S.R. 2002. **Water and Energy Balances at Soil-Plant-Atmosphere Interfaces**. p.127-188. In A.W. Warrick, ed. *Soil Physics Companion*. CRC Press LLC, Boca Raton, FL.
- Hillel, D. 1982. **Introduction of Soil Physics**. Academic Press, Inc. San Diego. CA. USA. ISBN: 0-12-348-520-7. p.264.

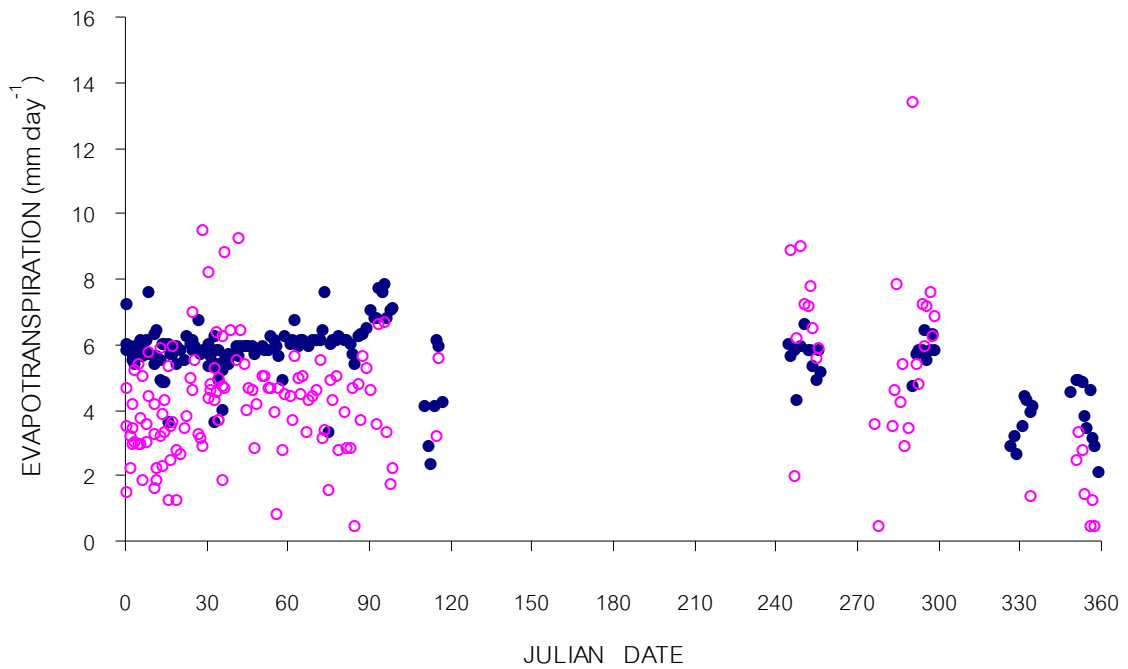


Figure 1 Calculated evapotranspiration by Bowen Ratio (ET_a^{Bowen} , \circ) and Penman Monteith (ET_0 , \bullet) at the experimental site in 2008. Data could not be collected during 120 -240 Julian date

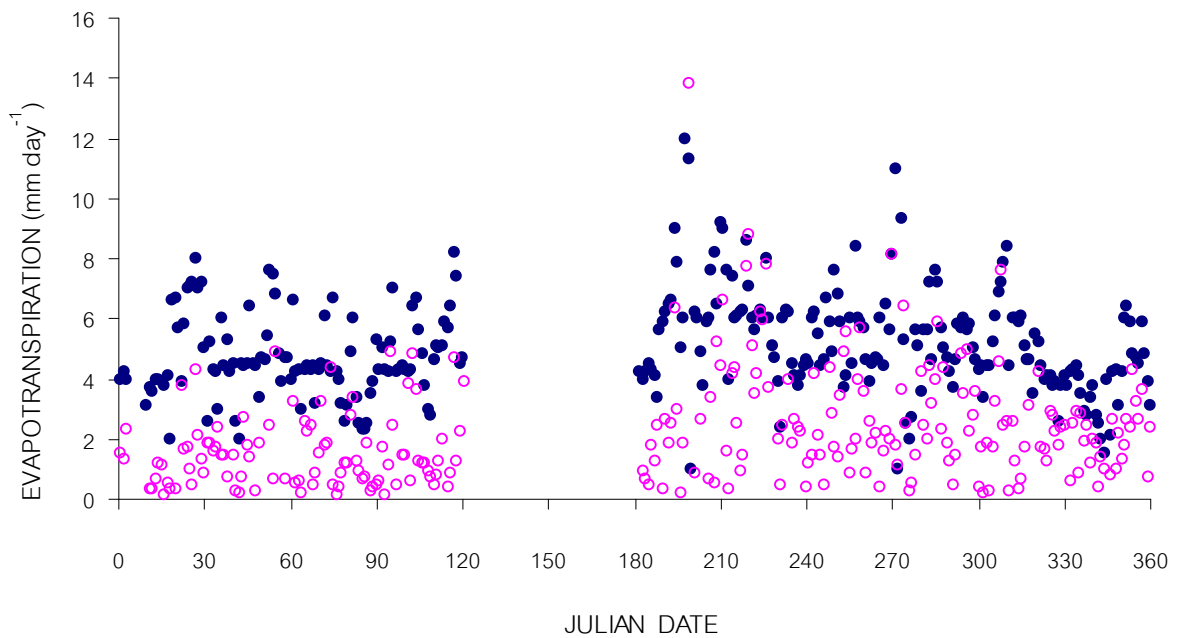


Figure 2 Calculated evapotranspiration by Bowen Ratio (ET_a^{Bowen} , \circ) and Penman Monteith (ET_0 , \bullet) at the experimental site in 2009. Data could not be collected during 120 -240 Julian date

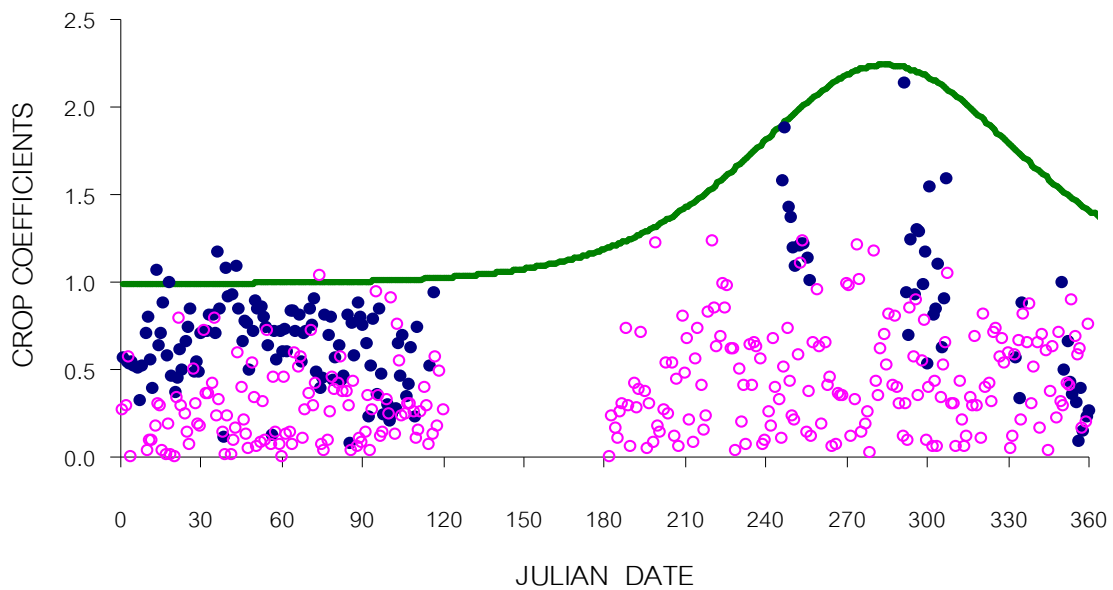


Figure 3 Daily crop coefficients for rubber plantation during 2008 -2009 period (● for 2008, ○ for 2009)

Table 1 Monthly evapotranspiration, rainfall and soil moisture content at the experimental site

	ET _o (mm)		ET _a ^{bowen} (mm)		Rainfall (mm)		Soil moisture (m ³ m ⁻³)	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
January	180.4	124.2	111.1	24.9	2.6	0.2	0.20	0.26
February	166.2	132.5	128.1	24.1	43.6	23.5	0.22	0.26
March	190.0	126.6	127.1	41.0	63.2	93.6	0.24	0.34
April	147.6	151.4	53.9	45.7	185.4	141.8	0.25	0.35
May	-	-	-	-	147.4	259.8	-	-
June	-	-	-	-	220.1	115.2	-	-
July	-	201.6	-	55.0	281.7	85.8	-	0.33
August	-	172.5	-	87.8	222.2	66.8	-	0.26
September	72.7	179.8	80.2	80.0	381.5	143.4	0.37	0.32
October	86.4	151.9	124.4	69.1	250.4	141.0	0.36	0.34
November	48.6	150.1	28.8	57.1	27.2	32.2	0.35	0.31
December	74.1	126.2	28.8	56.4	0.0	0.0	0.28	0.23

- data could not be collected