

บทคัดย่อ

แผนงานวิจัยการศึกษาสมดุลคาร์บอนและน้ำ เพื่อใช้เป็นข้อมูลจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นต์และวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ของสวนยางพารา: ระยะที่ 4 นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดสมดุลคาร์บอนและน้ำด้วยเทคนิค Eddy Covariance เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ และวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ของระบบนิเวศยางพารา และเพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยสภาพแวดล้อมต่อสมดุลคาร์บอนและน้ำของระบบนิเวศยางพารา การวัดสมดุลคาร์บอนและน้ำของระบบนิเวศยางพารานั้น ดำเนินการศึกษาในพื้นที่ปลูกยางพารา 2 แห่ง ได้แก่ (1) ศูนย์วิจัยยางฉะเชิงเทรา จังหวัดฉะเชิงเทรา พื้นที่ประมาณ 50 ไร่ ต้นยางมีอายุ 21 ปี (ในปี 2558) และเปิดกรีดมาแล้ว 12 ปี และ (2) แปลงเกษตรกร จังหวัดบึงกาฬ พื้นที่ประมาณ 100 ไร่ ต้นยางมีอายุ 6 ปี (ในปี 2558) และยังไม่เปิดกรีด พื้นที่ศึกษาทั้ง 2 แห่งปลูกยางพาราพันธุ์เดียวกัน คือ พันธุ์ RRIM600

โครงการที่ 1 เป็นการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของพื้นที่ปลูกยาง โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ (1) การศึกษาสมดุลคาร์บอนของพื้นที่ปลูกยางพารา ด้วยเทคนิค Eddy Covariance เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของสวนยางพารา และ (2) การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคาร์บอนฟุตพริ้นต์จากการเกษตรกรรม ด้วยวิธี LCA ของพื้นที่ปลูกยางพาราในภาคใต้ ซึ่งดำเนินการเก็บข้อมูลในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช และสุราษฎร์ธานี นอกจากการวัดสมดุลคาร์บอนแล้ว ในพื้นที่ศึกษายังมีการวัดอัตราการหายใจของดิน และข้อมูลประกอบอื่นๆ ได้แก่ เส้นรอบวงโคนต้นยาง และชีวมวลของยางพาราที่ร่วงหล่นสู่พื้นของแปลงยางพารา เพื่อเป็นข้อมูลประกอบในการศึกษาสมดุลคาร์บอนในระบบนิเวศยางพารา ข้อมูลสมดุลคาร์บอนในปี 2556-2558 นั้น แสดงให้เห็นว่า ระบบนิเวศยางพารามีสถานะเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอน คาร์บอนฟุตพริ้นต์ของพื้นที่ปลูกยางพารา คำนวณออกมาใน 2 ลักษณะ คือ คาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่อพื้นที่ และคาร์บอนฟุตพริ้นต์ผลผลิตยางพารา ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่อพื้นที่ของพื้นที่ปลูกยางในปี 2556 - 2559 นั้น พื้นที่ศึกษา Site ที่ 1 มีค่าเท่ากับ -4,485 -6,496 -6,900 และ -5,621 kg CO₂ ต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่พื้นที่ศึกษา Site ที่ 2 มีค่าเท่ากับ -1,843 -4,078 -5,487 และ -3,555 kg CO₂ ต่อไร่ ตามลำดับ สำหรับคาร์บอนฟุตพริ้นต์ที่เกิดจากการเกษตรกรรม ปุ๋ย ยา สารเคมีที่ใช้ และของเสียของพื้นที่ศึกษาในปี 2556 - 2559 นั้นมีค่าเท่ากับ 28.5 kg CO₂ ต่อไร่ สำหรับ Site ที่ 1 และสำหรับพื้นที่ศึกษา Site 2 มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ เท่ากับ 198.5 (ปีที่ 1-3) และ 64.52 (ปีที่ 4) kg CO₂ ต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่อผลผลิตถ่านน้ำยาง 1 kg นั้น ในส่วนของพื้นที่ปลูกยางพารา คำนวณได้เฉพาะพื้นที่ศึกษา Site ที่ 1 เนื่องจากยางพาราในพื้นที่ Site ที่ 2 ยังไม่เปิดกรีด ในปี 2556 - 2559 คาร์บอนฟุตพริ้นต์ของพื้นที่ปลูกยางมีค่าเท่ากับ -23.3 -21.5 -25.3 และ -27.1 kg CO₂ . kg⁻¹ ผลผลิต ตามลำดับ ขณะที่ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ที่เกิดจากการเกษตรกรรม ปุ๋ย ยา สารเคมีที่ใช้ และของเสียที่เกิดขึ้นของพื้นที่ปลูกยางพารา มีค่าเท่ากับ 0.30 kg CO₂ . kg⁻¹ ผลผลิต การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคาร์บอนฟุตพริ้นต์ที่เกิดจากการเกษตรกรรม ปุ๋ย ยา สารเคมีที่ใช้ และของเสียของพื้นที่สวนยางพาราในพื้นที่ภาคใต้ พบว่า ปริมาณการใช้ปุ๋ยต่อหน่วย เป็นสาเหตุหลักที่ส่งผลกระทบต่อค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ปัจจัยรองมา ได้แก่ ปริมาณผลผลิตน้ำยางพาราสดต่อไร่

โครงการที่ 2 การศึกษาสมดุลน้ำของสวนยางพารา เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ของพื้นที่ปลูกยางพารา ในส่วนของ Green water จากการทดลอง พบว่า การคายระเหยน้ำของพื้นที่ปลูกยางพาราที่วัดได้นั้น มีค่าน้อยกว่าค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_o) ซึ่งประเมินตามวิธีของ Penman-Monteith ความแตกต่างดังกล่าวนี้มากกว่า 50% อีกทั้งค่า K_c ที่วัดได้นั้นยังมีค่าต่ำกว่าค่า K_c ที่ใช้ในการคำนวณตามวิธีการของ FAO ทำให้ทราบว่าความต้องการใช้น้ำของยางพาราที่วัดได้จริงนั้น น้อยกว่า

ความต้องการใช้น้ำที่ประเมินด้วยแบบจำลอง CropWat เป็นอย่างมาก ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ของพื้นที่ปลูกยาง (Green water) ในปี 2556 - 2559 พื้นที่ศึกษา Site ที่ 1 ศูนย์วิจัยยางฉะเชิงเทรา จ. ฉะเชิงเทรา มีค่า เท่ากับ 7.8 5.6 6.5 และ 6.9 $\text{m}^3 \text{H}_2\text{O.kg}$ ผลผลิต สำหรับ Site ที่ 2 นั้นเป็นยางอายุน้อยที่ยังไม่เปิดกรีด จึงยังไม่สามารถคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ได้ แต่ได้คำนวณค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของพื้นที่ปลูกยาง (WUE, $\text{kg C.m}^{-3} \text{H}_2\text{O}$) เพื่อเปรียบเทียบระหว่างสองพื้นที่ศึกษา พบว่า พื้นที่ปลูกยางพารา Site ที่ 1 มีค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของพื้นที่ปลูกยางสูงกว่า Site ที่ 2 ส่วนค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ที่เกิดจากการเขตรกรรม ปุ๋ย ยา สารเคมีที่ใช้ และของเสียมียค่าสำหรับพื้นที่ Sites ที่ 1 และ นั้น ปรากฏเฉพาะ Gray water ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.24 และ 2.18 $\text{m}^3 \text{H}_2\text{O.kg}$ ผลผลิต ตามลำดับ

การศึกษาอิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่อสมดุลคาร์บอน โดยวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการแลกเปลี่ยนคาร์บอนสุทธิ (NEE) กับจุลภูมิอากาศของระบบนิเวศยางพารา อันได้แก่ ปริมาณรังสีสุทธิ (R_n) ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (R_g) ความเข้มแสง (PAR) อุณหภูมิอากาศ (T_{air}) ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) และปริมาณไอน้ำที่อากาศรับเพิ่มได้ (VPD) ผลการวิเคราะห์ พบว่า Site ที่ 1 นั้น ค่า NEE มีความสัมพันธ์ในทางผกผันกับค่า PAR และมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับค่า R_n R_g T_{air} และ VPD สำหรับ Site ที่ 2 พบว่า ค่า NEE มีความสัมพันธ์ในทางผกผันกับค่า R_n PAR T_{air} และ RH และมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับค่า R_g และ VPD

การศึกษาอิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่อสมดุลคาร์บอน โดยวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างการคายระเหยของน้ำ (ETR) การใช้น้ำของพืช (CWU) และสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) กับจุลภูมิอากาศของระบบนิเวศยางพารา ดังกล่าวข้างต้น ผลการวิเคราะห์ของ Site ที่ 1 พบว่า ค่า ETR CWU และ Kc มีความสัมพันธ์ในทางผกผันกับค่า VPD และ T_{air} และ ค่า ETR และ CWU มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับค่า R_n , R_g , และ PAR ขณะที่ค่า Kc นั้น มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับค่า PAR และ RH การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของพื้นที่ Site ที่ 2 พบว่า ค่า ETR มีความสัมพันธ์ในทางผกผันกับค่า RH และมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับค่า R_n R_g PAR T_{air} และ VPD ส่วนค่า CWU มีความสัมพันธ์ในทางผกผันกับค่า VPD และมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับค่า R_n R_g PAR T_{air} และ RH และสำหรับค่า Kc นั้น พบว่า มีความสัมพันธ์ในทางผกผันกับค่า R_n R_g PAR T_{air} และ VPD และมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับค่า RH

คำสำคัญ: ยางพารา, เทคนิค Eddy covariance, สมดุลคาร์บอน, สมดุลน้ำ, คาร์บอนฟุตพริ้นต์ และวอเตอร์ฟุตพริ้นต์

Abstract

Research program, study on carbon and water balance to estimate carbon footprint and water footprint of rubber plantation: 4th period, was propose to measure carbon and water flux with Eddy Covariance technique. Carbon and water flux data is the basic data that were used to assess carbon and water footprint of rubber ecosystem. In addition, these basic data were used to study effect of environmental factors on carbon and water balance of rubber ecosystem.

Carbon and water balance of rubber ecosystem (RRIM 600) were investigated at 2 rubber plantation sites. (1) Chachoengsao Rubber Research Center, Chachoengsao province. The plantation area was about 50 rais. The rubber trees were 21 years-old (in 2015) and had been tapped over 10 years. (2) Rubber plantation in Bueng Kan province. The plantation area was about 100 rais. Rubber trees were 6 years-old (in 2015) and never been tapped. Both observation sites were a monoclonal stand of rubber trees clone RRIM 600.

The 1st project, study on carbon balance to estimate carbon footprint of rubber plantation, was separated into 2 parts. (1) carbon balance measurement of rubber plantation by using Eddy Covariance technique and (2) carbon footprint from cultural practice and addition by using LCA method in north-east part of Thailand, Bueng Kan and Udon Thani province. Furthermore, soil respiration and other data e.g. girth and above ground biomass were observed and these dates were used to provide information of carbon balance in rubber ecosystem. Carbon balance of in 2013 - 2017 shown that rubber ecosystem was a carbon sink. Carbon footprint was estimated into 2 type, carbon footprint per area and carbon footprint per yield. Carbon footprint per area in 2013 - 2015, carbon footprint of Site 1 was -4,485, -6,496, -6,900 and -5,621 kg CO₂ per rai, respectively. While carbon footprint of Site 2 was -1,843, -4,078, -5,487 and 3,555 kg CO₂ per rai, respectively. For carbon footprint from cultural practice and addition in 2013 - 2016, in site 1 was 28.5 kg CO₂ per rai and site 2 was 198.5 (for first three years) and 64.52 (for the last year) kg CO₂ per rai. Carbon footprint per yield, only site 1 that was calculated due to young rubber plantation (site 2) has never been tapped. Carbon footprint of rubber plantation in 2013 - 2016 was -23.3, -21.5, -25.3 and 27.1 kg CO₂. Kg⁻¹yield, respectively. The carbon footprint caused by a cultural practice and addition was 0.30 kg CO₂.Kg⁻¹ yield. Limiting factors on carbon footprint from practice and addition in the south area of Thailand. The result shown that the consumption of fertilizers per unit was main causes that affect the carbon footprint. The secondary factor was the yield per area.

The 2nd project, study on water balance to estimate water footprint of rubber plantation (green water). The result shown that the evapotranspiration (ETR) was lower than reference evapotranspiration rate (ETo) which was estimated by using Penman-Monteith method. The different between 2 values was greater than 50%. In addition, Kc was lower than the Kc of rubber tree that has been reported by FAO. That mean actually water consumption of

rubber plantation was clearly lower than the calculated value by CropWat model. Water footprint of a rubber plantation (Green water) in 2013 - 2016, only site 1 that was calculated. Water footprint was 7.8, 5.6, 6.5 and 6.9 m³ H₂O kg⁻¹ yield, respectively. Water used efficiency (WUE) of both rubber plantation was used to compare the two areas. The result showed that WUE of Site 1 was greater than Site 2. Water footprint caused by a cultural practice and addition appeared only gray water, it was 2.24 and 2.18 m³ H₂O.kg⁻¹ yield for site 1 and 2, respectively.

Effect of environmental factors, net radiation (R_n), Global solar radiation (R_g), Photosynthetically active radiation (PAR), Air temperature (T_{air}), Humidity (RH) and Vapor pressure deficit (VPD), on Net ecosystem exchange (NEE) was determined by using correlation analysis. For site 1, NEE was negative correlated with PAR and positive correlated with R_n , R_g , T_{air} and VPD. For the other site, NEE was negative correlated with R_n , PAR and T_{air} and positive correlated with R_g and VPD.

Effect of environmental factors on parameter from water flux study, evapotranspiration (ETR), crop water use (CWU) and crop coefficient (Kc), was determined by using correlation analysis. In site 1, ETR, CWU and Kc were negative correlated with VPD and T_{air} . ETR and CWU were positive correlated with R_n , R_g and PAR while Kc was positive correlated with PAR and RH. In site 2, ETR was negative correlated with RH and positive correlated with R_n , R_g , PAR, T_{air} and VPD. CWU was negative correlated with VPD and positive correlated with R_n , R_g , PAR, T_{air} and RH. For Kc, the result shown that Kc was negative correlated with R_n , R_g , PAR, T_{air} and VPD and positive correlated with RH.

Keywords: *Rubber, Eddy covariance technique, Carbon balance, Water balance, Carbon footprint and Water footprint*