

รังสีความร้อนของป่าดิบแล้งที่สถานีทดลองสะแกราช อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา

Radiant Energy of Dry Evergreen Forest at Sakaerat Experiment Station
Amphur Pakthongchai Nakornrajasima

เกษม จันทร์แก้ว และ สามักกี้ บุญยะวัฒน์
Kasem Chunkao and Samakkee Boonyawat

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ABSTRACT

Radiant energy of dry-evergreen forest was measured at the Sakaerat Experiment Station (Nakornrajasima province) in wet season (June-September 1970). Daily incoming short wave radiation approximated 560, 439, 360 and 220 cal. cm.⁻² also daily net radiation 458, 355, 294 and 221 cal. cm.⁻²; for the sky conditions of clear, partially cloud, partially rain and cloudy rain, respectively. Maximum radiant absorption occurred at ultraviolet and visible light (approximately 95 - 100 %). This spectral absorption was not affected by cloudy condition above the canopy. Very high maximum of infrared found under the canopy because of good transmission and reradiation of infrared.

พลังงานความร้อนมีความสำคัญต่อสิ่งที่มีชีวิตทั้งมนุษย์ สัตว์ และพืช ความร้อนนี้สิ่งที่มีชีวิตมีความต้องการในปริมาณแตกต่างกัน อาจจะเป็นเพราะว่าสิ่งที่มีชีวิตเหล่านั้นพยายามที่จะปรับตัวให้เข้าได้กับความร้อน ณ ที่นั้น ๆ ก็ได้ เพราะความร้อนในแต่ละแห่งจะมีปริมาณไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงมักพบว่าสิ่งที่มีชีวิตแต่ละแห่งบนพื้นโลกมีลักษณะและความหนาแน่นแตกต่างกันไปด้วย ความร้อนที่สำคัญที่โลกได้รับนั้น คือ ความร้อนจากดวงอาทิตย์ ความร้อนของดวงอาทิตย์เหล่านี้จะได้มาจากขบวนการแผ่รังสี อันเป็นขบวนการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการแผ่ออกไป ไม่มีตัวกลางหรือมีสารเป็นตัวนำความร้อนเลย เป็นการเคลื่อนที่ของความร้อนที่มีลักษณะเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยความเร็วเท่ากับอัตราความเร็วของแสง งานทางเกษตรกรรมและทางป่าไม้มีส่วนเกี่ยวข้องกับเรื่องของพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์อย่างมาก เพราะพลังงานเหล่านี้มีบทบาทต่อสิ่งแวดล้อมที่จะให้ต่อการ

เจริญของต้นไม้ หรือพืชพรรณ ที่ปรากฏให้เห็นแล้ว ชนิดพรรณไม้หรือพืชพรรณจะมีความชอบในปริมาณและคุณภาพของรังสีดวงอาทิตย์ต่างกัน ดังจะพบว่า พื้นที่สองแห่งมีสิ่งแวดล้อมของท้องที่เหมือนกัน แต่มีปริมาณและคุณภาพของรังสีความร้อนแตกต่างกัน จึงทำให้มีพืชที่เกิดขึ้นแตกต่างกันไปอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้น การศึกษาเกี่ยวกับปริมาณ และลักษณะของรังสีดวงอาทิตย์ จึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อประโยชน์ในการปลูกป่าและขยายพันธุ์พืชเป็นอย่างยิ่ง

งานวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์อันสำคัญเพื่อเสนอข้อมูลเกี่ยวกับรังสีดวงอาทิตย์ที่บริเวณป่าดิบแล้งสะแกราช ซึ่งเป็นที่ตั้งสถานีทดลองสะแกราช ภายใต้การควบคุมของสถาบันวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย อาจกล่าวได้ว่าเป็นแห่งแรกที่ได้ทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาป่าไม้ อันเป็นประโยชน์ต่อวิชาการป่าไม้ในประเทศไทยอย่างมาก ในทำนองเดียวกัน อาจมีผลต่อการศึกษากับสาขาวิชาการอื่น ๆ

ด้วย เช่น วิชาชีววิทยา เกษตรกรรม ภูมิวิทยา ฯลฯ จึงสมควรที่นักวิชาการต่าง ๆ น่าจะได้มีความรู้เอาไว้ในขั้นแรกก่อน เนื้อหาส่วนใหญ่จะเสนอเกี่ยวกับรังสีดวงอาทิตย์ ทั้งที่เหนือยอดไม้ ได้เรือนยอด อีกทั้งช่วงคลื่นต่าง ๆ ที่ตกลงสู่ป่าดิบแล้งแห่งนี้ และส่วนที่ถูกดูดซับช่วงคลื่นเหล่านั้นของป่าดิบแล้ง

คุณสมบัติของรังสีดวงอาทิตย์:

จากหลักการของการอนุรักษ์พลังงานรังสีความร้อนบนผิวโลก ส่วนที่ลงสู่ผิวโลกต้องสมดุลกับส่วนที่ถูกใช้ไป หมายความว่า ปริมาตรรังสีความร้อนที่โลกได้รับ ต้องเท่ากับส่วนที่ออกไปจากโลก รังสีความร้อนส่วนแรก คือ รังสีคลื่นสั้น (shortwave) ซึ่งได้จากดวงอาทิตย์และท้องฟ้า ความร้อนที่โลกได้รับนี้ บางส่วนจะสะท้อนออกไปจากผิวโลกด้วยรังสีคลื่นยาว (longwave) บางส่วนจะถูกใช้เพื่อการระเหยน้ำ เผลาผลาญอากาศ ไหลลงสู่ดิน การสังเคราะห์แสง การย่อยอาหารและเก็บไว้ในดิน Jensen and Haise (11) ได้เขียนความสัมพันธ์ไว้เป็นสมการดังนี้

$$R_{Sd} - R_{Su} + R_{Ld} - R_{Lu} + LE + H + G + Ph + S + M = O \quad (1)$$

ในเมื่อค่าของ R_{Sd} คือ รังสีคลื่นสั้นที่ลงมาจากดวงอาทิตย์และท้องฟ้า R_{Su} คือ รังสีคลื่นสั้นที่สะท้อนจากผิวโลกหรือจากยอดไม้ R_{Ld} คือ รังสีความร้อนที่ท้องฟ้าแผ่รังสีลงสู่ผิวโลกในลักษณะคลื่นยาว (longwave) R_{Lu} คือ รังสีคลื่นยาวที่ผิวโลกแผ่รังสีออกไปสู่บรรยากาศ LE คือ ความร้อนที่ใช้เพื่อการระเหยน้ำ (latent heat flux) H คือ ความร้อนเผลาผลาญอากาศ (sensible heat) ให้มีอุณหภูมิสูงหรือต่ำ G คือ ความร้อนที่ไหลลงสู่ดิน (soil heat flux) Ph คือ ความร้อนที่ถูกใช้เพื่อการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) S คือ ความร้อนที่ถูกเก็บไว้ในวัตถุที่ผิวโลก (heat storage) และ M คือ ความร้อนที่ใช้เพื่อขบวนการ metabolism ทุกค่ามีหน่วยเป็น $\text{cal. cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$

ถ้ากำหนดให้ R_n เป็น net radiation ซึ่งเป็นรังสี

ความร้อนที่ผิวโลกหรือผิวดินหรือผิวน้ำ โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ว่า ค่าของ R_n นั้น คือ

$$R_n = R_{Sd} - R_{Su} + R_{Ld} - R_{Lu} \quad (2)$$

ดังนั้น จึงสามารถเขียนสมการ (1) ได้เสียใหม่โดยแทนค่า R_n จากสมการ (2) จะได้ค่า

$$R_n + LE + H + G + Ph + S + M = O \quad (3)$$

สมการ (3) สามารถแสดงให้เห็นว่าค่าของความร้อนที่ผิวโลก (R_n) จะถูกใช้ไปเพื่อการระเหยน้ำ เผลาผลาญอากาศบางส่วน ไหลลงสู่ดิน การสังเคราะห์แสง เก็บไว้ในวัตถุหรือต้นไม้และเพื่อการ metabolism ค่าของความร้อนในสมการ (3) ถ้าความร้อนสะท้อนสู่บรรยากาศและไหลลงสู่ดิน จะมีค่าลบ ถ้าค่าของความร้อนเข้าสู่ผิวโลกไม่ว่าจะไหลจากบรรยากาศและจากดินขึ้นสู่ผิวดิน จะมีค่าบวก

Tanner (20) ทำการวัดรังสีความร้อนที่สะสมอยู่ในต้นไม้บนผิวโลก พบว่ามีค่าน้อยมาก จริงอยู่อาจมีมากใน 2-3 ชั่วโมงแรกของตอนเช้า แต่จะน้อยมากในตอนเย็น และถ้าระยะเวลาสั้น ๆ แล้ว ค่าเหล่านี้สามารถตัดทิ้งได้ ได้ผลเช่นเดียวกับ Monteith (14) ในทำนองเดียวกัน Lemon (12) ได้หาปริมาณความร้อนที่ถูกใช้เพื่อสังเคราะห์แสง (Ph) ว่า ส่วนมากจะมีน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ แต่อาจมีสูงสุดประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ของ R_{Sd} เช่นเดียวกับค่าของ M ซึ่งมีค่าน้อยมาก ดังนั้น Blackwell และ Tyldesley (2) ได้แสดงสมการ (3) ใหม่เช่นเดียวกับ Bowen (3) เป็น

$$R_n + LE + H + G = O \quad (4)$$

สมการ (4) นี้ เป็นความสัมพันธ์ที่จะชี้ให้เห็นถึงคุณสมบัติของรังสีความร้อนบนผิวโลกในลักษณะพีชคณิต ปริมาณแตกต่างกันไป ดังจะเห็นได้ง่าย ๆ ก็คือความเจริญของการก่อสร้างต่อสภาวะของอากาศ เช่น กรุงเทพมหานคร สมัยก่อนนั้นอากาศไม่ร้อนเหมือนสมัยนี้ ที่เป็นเช่นนั้นก็เพราะว่า พื้นผิวดินถูกปกคลุมด้วยคอนกรีต ทำให้ความร้อนส่วนใหญ่จะถูกใช้เพื่อการเผลาผลาญอากาศ และไหลลงสู่พื้นผิวดินหรือคอน

กรีด แต่ใช้เพื่อการระเหยน้ำนั้นน้อย จึงไม่ต้องสงสัยเลยว่าอากาศจึงร้อนผิดปกติกว่าสมัยก่อน ในทำนองเดียวกับการทำลายป่าแบบสมบูรณ์นั้น มีผลทำให้อากาศใกล้ผิวดินร้อนขึ้น โดยเหตุผลเช่นเดียวกัน แต่ความร้อนที่จะเพิ่มขึ้นนั้น อาจไม่มากเท่ากับสภาวะในเมืองดังกล่าวแล้ว

ความร้อนส่วนที่เป็น Ph S และ M ของสมการ (1) และ (3) นั้น อาจมีความสำคัญน้อยกว่าบนพื้นที่ที่ปราศจากต้นไม้ หรืออาจมีปริมาณน้อยเกินไปที่จะกล่าวถึง ความจริงแล้ว Ph S และ M นี้ จะมีบทบาทต่อสิ่งที่มีชีวิตทั้งพืชและสัตว์อย่างมาก เพราะต่างก็มีความสำคัญแตกต่างกันไป เช่น อาจมีส่วนทำให้สภาวะในป่ามีลักษณะผิดปกติที่โล่งแจ้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งความร้อนที่ถูกเก็บไว้ในต้นไม้ (S) และส่วน M นั้น ต้องมีพอที่เดียว เพราะช่วยในการ metabolism ส่วนสำคัญที่สุดในส่วนที่มีน้อยทั้งหลายนี้ ก็คือ รังสีความร้อนที่ใช้เพื่อการสังเคราะห์แสง หรือ Ph ซึ่งเป็นรังสีความร้อนที่ได้จาก visible light อันเป็นรังสีความร้อนของแสงสีขาว (white light) ที่สามารถเห็นด้วยตาเจ็ดสี คือ สีม่วง (violet) สีคราม (indigo) สีน้ำเงิน (blue) สีเขียว (green) สีเหลือง (yellow) สีส้ม (orange) และสีแดง (red) นอกจากทั้งเจ็ดสีนี้แล้ว ยังมีส่วนประกอบของสุริยารังสี (solar radiation) ซึ่งมีช่วงคลื่นที่ตกลงสู่ผิวโลกประมาณคลื่นสั้น (shortwave) สั้นกว่า 4.0 ไมครอนอีกด้วย ซึ่งสุริยารังสีนี้ มิใช่ว่าทั้งหมดจะมีอิทธิพลต่อพืช (19) ได้กล่าวไว้ว่า ประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ของสุริยารังสีที่ตกลงสู่ผิวโลกโดยตรง เป็นส่วนที่มีบทบาทต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง ที่เป็นเช่นนั้นเป็นเพราะมีสาเหตุเกี่ยวกับปริมาณและคุณภาพของ solar radiation ของแต่ละแห่งแต่ละท้องที่ พร้อมกันนี้ ทั้งสองท่านยังได้อธิบายถึงคุณสมบัติของแสงช่วงคลื่นต่าง ๆ ที่ถูกดูดซับด้วยพืชอีกด้วย คือ (a) รังสีคลื่น 0.6-0.7 ไมครอน (รังสีส้มแดง) จะถูกดูดซับโดย chlorophyll เป็นช่วงคลื่นที่มีส่วนทำให้กิจกรรมทางสรีรวิทยาถึงจุดสูงสุดและถ้ามีช่วงคลื่นนี้มากเพียงพอแล้ว ผลผลิตของอินทรีย์วัตถุจะเกิดขึ้นในพืชได้อย่างมากทีเดียว (b) รังสี

คลื่น 0.4-0.5 ไมครอน (blue-violet) ถูกดูดซับโดย chlorophyll, carotenoids และส่วนประกอบของ cell ส่วนอื่นๆ แต่มีผลเพียงครึ่งหนึ่งของรังสี 0.6-0.7 ไมครอนเท่านั้น การดูดซับของรังสี blue-violet จะช่วยชะลอการให้ดอกของพืช ช่วยส่งเสริมการสังเคราะห์โปรตีน และมีอิทธิพลอย่างเห็นได้ชัดต่อส่วนประกอบทางเคมีของพืช (c) รังสี 0.3-0.4 ไมครอน (ultraviolet) ป้องกันการเจริญเติบโตของพืชที่มากเกินไป ซึ่งความจริงแล้วรังสีที่มากกว่า 0.315 ไมครอนขึ้นไป ที่มีบทบาทดังกล่าวนี้ ส่วนรังสีคลื่นสั้นกว่า 0.3 ไมครอนนั้น มีอิทธิพลต่อการทำลายสิ่งที่มีชีวิต แต่โชคดีที่ปริมาณรังสีความร้อนที่กล่าวนี้ จะถูกดูดซับด้วยแก๊สโอโซนของชั้นบรรยากาศตอนบนเสียหมดหรือเกือบหมด (d) รังสี 0.75 - 1.0 ไมครอน (infrared) ถูกดูดซับด้วยต่อมสีในพืช (plant pigments) ไม่มีอิทธิพลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช แต่ถ้ารังสีมีช่วงคลื่นยาวกว่า 1.0 ไมครอนแล้ว ก็จะถูกดูดด้วยน้ำในเยื่อของใบอย่างสำคัญ ความจริงแล้ว ช่วงคลื่นที่ยาวกว่า 0.75 ไมครอนขึ้นไปนี้ มีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับการควบคุมระบบความร้อนของต้นพืช จึงไม่ต้องสงสัยเลยว่าต้องมีผลต่ออัตราของกระบวนการทางสรีรวิทยาจะเกิดขึ้นและที่มีผลมาก ก็คือ ที่อุณหภูมิสูง 20°C จะมีบทบาทมาก แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้ ขบวนการดังกล่าวอาจไม่มีผลเลย สุดท้าย (e) รังสี 0.5 - 0.6 ไมครอน (green) มีอิทธิพลน้อยที่สุดต่อขบวนการของพืช ทั้งการสังเคราะห์แสงและการคายน้ำของต้นไม้

Robertson (17) ได้รวบรวมผลงานของนักวิทยาศาสตร์หลายท่าน และได้สรุปย่อเกี่ยวกับปฏิกิริยาสังเคราะห์เคมีทางแสง (photochemical reaction) ที่พืชต้องใช้พลังงานความร้อนจากช่วงคลื่นต่าง ๆ ไว้ 6 ประการ คือ (a) ขบวนการสังเคราะห์แสงมีผลมากที่สุดที่ช่วงคลื่น 0.435 ไมครอน (blue) และ 0.675 ไมครอน (red) (b) การสังเคราะห์ chlorophyll มีผลอย่างมากจากรังสีคลื่นน้ำเงิน (blue) ใกล้ช่วงคลื่น 0.445 ไมครอน และที่สีแดง (red) ช่วงคลื่น 0.65 ไมครอน (c) phototropism มีกิจกรรมสูงสุดที่คลื่น ultraviolet ที่ 0.37

ไมครอน และสีน้ำเงิน (blue) ที่ 0.445 และ 0.475 ไมครอน (d) photomorphogenic induction มีผลอย่างดียิ่งจากแสงสีแดง (red) ที่คลื่น 0.66 ไมครอน (e) photomorphogenic reversal มีผลมากที่สุดที่ far red ใกล้ช่วงคลื่น 0.73 ไมครอน และ (f) ขบวนการทั้งหมดที่สรุปไว้แล้วนี้ แทบไม่เกิดเลยกับแสงสีเขียว (green) ใกล้ช่วงคลื่น 0.56 ไมครอน ถึงแม้ว่าคลื่นแสงต่างๆ อาจถูกดูดซับด้วยรงสีความร้อน เพื่อขบวนการต่างๆ แล้ว อาจมีส่วนที่เหลือทะลุลงสู่ผิวดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งรังสีช่วงคลื่น near infrared แสงเหล่านี้จะมีประโยชน์อย่างมากต่อการงอกของเมล็ด อัตราการยืดของลำต้น (rate of internode elongation) ทำให้เกิดการเริ่มการก่อตัวและการพัฒนา (initiation and development) ของกิ่งหรือดอก (vegetative or floral buds) อีกด้วย

ลักษณะพื้นที่:

สถานีทดลองสะแกราชตั้งอยู่บนถนนมิตรภาพ 304 จากโคราชไปกบินทร์บุรี 60 กม. ที่เส้นรุ้งที่ $14^{\circ} 30'$ เหนือ และเส้นแวงที่ $101^{\circ} 55'$ ตะวันออก มีพื้นที่ประมาณ 80 ตร.กม. ป่าแห่งนี้ได้รับความดูแลจากกรมป่าไม้เป็นอย่างดี คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้ใช้สถานที่นี้ฝึกนิสิตวนศาสตร์ และทำการวิจัยพร้อมกันไป ป่าดิบแล้งแห่งนี้ประกอบด้วยไม้ตะเคียนเป็นสำคัญ ไม้รองลงมา ได้แก่ กะบากลัก พลองใบเล็ก พลองใบใหญ่ ตะแบก ดีหมี ฯลฯ มีพรรณไม้ค่อนข้างหนาแน่น โดยเฉพาะไม้ตะเคียน ชั้นของไม้ที่ประกอบในป่าแห่งนี้ แบ่งได้เป็น 3 ชั้น ชั้นบนมีความสูงเฉลี่ยประมาณ 30 ม. โดยมีต้นสูงสุดประมาณ 35 ม. ไม้ชั้นรองประมาณ 15 ม. ส่วนชั้นสามนั้นต่ำกว่า 5 ม. พืชคลุมดินมีไม่ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์

ลักษณะดินที่มีอยู่ในป่าแห่งนี้ ประกอบด้วย shale และ sandstone ดินจึงมักจะเป็นดินทรายหยาบ มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำมาก จะเห็นได้ชัดว่า หลังจากฝนตกแล้ว น้ำจะซึมลงสู่ดินอย่างรวดเร็ว ดินนี้โดยปรกติก็มีค่า bulk density สูง คือประมาณ 1.4 - 1.7

กรัมต่อ ลบ.ซม. ความลึกของดินที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ลึกไม่เกิน 100 ซม. ลักษณะดินโผล่จะปรากฏให้เห็นโดยทั่วไป

ดินฟ้าอากาศนั้น โดยทั่วไปแล้ว มีอุณหภูมิสูงเกือบตลอดปี ฤดูหนาวไม่หนาวมากนัก แต่ฤดูร้อนร้อนมาก ฝนตกประมาณปีละ 1,200 มม. ต่อปี ระยะเวลาฝนตกนั้นไม่เกิน 100 วันต่อปี เหตุนี้เองที่ทำให้ความชื้นในบรรยากาศจึงมีไม่มากนัก ทำให้เกิดสภาพป่าที่ค่อนข้างแล้ง

วิธีการ

สถาบันวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย ได้ร่วมมือกับ Earth Sciences Laboratory, US Army Natick Laboratory, Massachusetts ได้ทำการเลือกสถานีวิจัยสถานะแวดล้อมที่ป่าดิบแล้งสะแกราช ภายใต้โครงการ TREND (Tropical Environmental Data) วิธีการวิจัยนั้นได้ทำการวัดข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา เช่น ความชื้น อุณหภูมิ ลม น้ำฝน รังสีดวงอาทิตย์ ฯลฯ จากหอคอยที่สร้างขึ้นสูง 46 ม. จากผิวดิน หอคอยที่สร้างนี้ได้เลือกที่สองแห่ง คือ ป่าดิบแล้งและที่ไร่ร้าง หอคอยทั้งสองนี้ห่างกัน 500 ม. สำหรับผลงานวิจัยเรื่องนี้จะนำเสนอเฉพาะข้อมูลป่าดิบแล้งธรรมชาติเท่านั้น

รังสีดวงอาทิตย์ทำการวัดที่ยอดหอคอยซึ่งสูง 46 ม. โดยทำการวัดรังสีดวงอาทิตย์ ทั้งคลื่นสั้นและคลื่นยาว รังสีคลื่นสั้นนั้นวัดรังสีตั้งแต่ช่วงคลื่น (wavelength) ที่สั้นกว่า 4 ไมครอน พร้อมทั้งวัดช่วงคลื่นเฉพาะของ ultraviolet, visible light และ infrared ในช่วงต่างๆ ด้วยเครื่องมือ (Spectral Pyranometers) ช่วงคลื่น 0.335-0.505, 0.505 - 0.695, 0.65 - 1.2, 0.8 - 2.35 และ 1.8 - 3.0 ไมครอน พร้อมทั้งวัดคลื่นสั้นรวมด้วย Eppley Pyrliometer เครื่องมือทั้งสองชนิดนี้ทำการวัดทั้งที่ยอดหอคอยและพื้นป่า นอกจากนี้ทำการวัดแสงสะท้อนด้วยเครื่อง Eppley Double Hemisphere ส่วนคลื่นยาว (ยาวกว่า 4 ไมครอน) ทั้งที่ลงจาก

ท้องฟ้าและขึ้นจากปาดิปลั่งด้วยเครื่องมือ Polyethylene Radiometer (24)

ข้อมูลจะถูกบันทึกลงใน IBM Magnetic Tape เก็บข้อมูลวันละประมาณ 7 ครั้งโดยใช้ print paper แต่ละครั้งนี้ต้องทำการเก็บข้อมูลครั้งละ 5 ชั่วโมง แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยจากแต่ละช่วง สุดท้ายก็เป็นค่ารังสีดวงอาทิตย์รายวัน

เนื่องจากการทดลองครั้งนี้ ได้ทำการเก็บตัวอย่างในฤดูฝน (มิถุนายน - กันยายน 2513) เป็นระยะเวลาสุดท้ายของการศึกษาโครงการ TREND อีกทั้งผู้วิจัยได้รับอนุมัติให้ทำการเก็บข้อมูลเพียงระยะเวลานี้เท่านั้น ในการนี้ผู้วิจัยจึงได้พยายามสรุปตัวอย่างจากสภาวะท้องฟ้าแตกต่างกัน 4 สภาวะ คือ (a) ท้องฟ้าแจ่มใส (b) ท้องฟ้าแจ่มใสแต่มีเมฆปกคลุมบ้างเล็กน้อย หรืออาจปกคลุมเป็นการชั่วคราว (c) เมฆปกคลุม แต่มักจะมีฝนตกบ้างเล็กน้อย และ (d) เมฆปกคลุมท้องฟ้าและมีฝนตก ทั้งสี่สภาวะนี้ ผู้วิจัยต้องการให้เป็นตัวแทนของสภาวะของท้องฟ้าในฤดูกาลต่าง ๆ ของปีแทน ดังนั้น ผลที่แสดงให้เห็นนี้ จึงขอให้เข้าใจว่า ต้องการที่จะทราบแนวโน้มของ radiation ในลักษณะท้องฟ้าอย่างใด

ผลการศึกษา

ผลของการวัดความสมดุลของรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ปาดิปลั่งสะแกราช ในฤดูฝน เดือนมิถุนายน ถึง เดือนกันยายน 2513 แสดงไว้ในตารางที่ 1 ผลการทดลองนี้ได้แยกสภาพลักษณะท้องฟ้าเป็น 4 สภาวะ คือ (a) แจ่มใส (clear) (b) แจ่มใสแต่มีเมฆคลุมบ้าง (clear with partially cloud) (c) เมฆปกคลุมโดยทั่วไป แต่มีฝนบ้าง (cloudy with partially rain) และสุดท้าย (d) เมฆปกคลุมพร้อมทั้งมีฝนตก (cloudy and rain) อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองครั้งนี้ยังได้แสดงรายละเอียดลักษณะอื่นๆ ของรังสีความร้อนทั้งเหนือและใต้เรือนยอดของช่วงคลื่นต่าง ๆ อีกด้วย สำหรับรายละเอียดของผลการทดลองครั้งนี้อาจแสดงได้ในตอนต่อไป

ความสมดุลของรังสีความร้อน

รังสีคลื่นสั้นลงสู่ผิวโลก :

ในสภาวะของท้องฟ้าแจ่มใส (clear sky) ปราศจากเมฆปกคลุม หรืออาจจะมีปกคลุมบ้าง แต่ก็ยังเป็นแต่เพียงส่วนน้อยนั้น ปริมาณสุริยารังสี (solar radiation) ที่ลงสู่ผิวโลกนั้นประมาณวันละอย่างน้อย 512 langley (calories per square centimeter) อาจกล่าวได้ว่า เป็นปริมาณรังสีความร้อนที่มากที่สุดที่อาจได้รับบริเวณปาดิปลั่งสะแกราช หรือท้องที่อื่นๆ ของประเทศไทย ทั้งนี้เป็นเพราะ โดยทั่วไปแล้ว พื้นที่ของประเทศไทยมีได้กว้างขวางมากนัก อนึ่ง การวัดรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ด้วยเครื่อง equatorial mount ซึ่งหมายถึงรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกลงสู่ผิวโลกนั้น จะตั้งฉากกับผิวโลกตลอดเวลา ตั้งแต่เช้าจรดเย็น สำหรับปริมาณของรังสีความร้อน R_{sd} อาจมีมากกว่า 600 cal.cm^{-2} นั้นอาจเป็นเพราะท้องฟ้าแจ่มใสจริงๆ แต่ที่ต่ำกว่า 600 cal.cm^{-2} นั้น อาจเป็นเพราะว่าแก๊สหรือสิ่งเจือปนต่าง ๆ ในบรรยากาศมีการดูดซับรังสีคลื่นสั้นนี้บ้าง จึงทำให้ปริมาณลดน้อยลง (9)

ครั้นมีเมฆปกคลุมท้องฟ้าบ้าง ทำให้ปริมาณของรังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้น (R_{sd}) ถูกสะท้อนด้วยไอน้ำ ทำให้ปริมาณ R_{sd} ลดลงอย่างเห็นได้ชัด ในลักษณะที่ท้องฟ้าปกคลุมด้วยเมฆเป็นบางส่วน (clear with partially cloud) นั้น ปริมาณของ R_{sd} มีประมาณ 400 cal.cm^{-2} แต่ไม่เกิน 500 cal.cm^{-2} อย่างไรก็ตาม ลักษณะของการเคลื่อนย้ายของรังสี R_{sd} นี้ เห็นได้ชัดใน Fig. 1 (a) ซึ่งจะเห็นได้ว่าในตอนแรกนั้นรังสีความร้อนจะมีปริมาณมาก ครั้นเวลาเมฆปกคลุม จึงทำให้ R_{sd} ลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเมฆหมอกผ่านไปแล้ว หรืออาจเป็นเพราะมีฝนแต่ฝนได้ตกลงแล้วท้องฟ้าจะแจ่มใส ทำให้ R_{sd} มากกว่าก่อนหน้านั้น คือ มี peak สูงกว่าด้วย (18) จะเห็นได้ชัดเจนนอกจาก Fig. 1 (b) ซึ่งค่าของ R_{sd} จะขึ้นสูงอย่างผิดปกติ แต่ครั้นตอนเย็น มีฝนตกเบาๆ ลงไปแล้ว R_{sd} ก็ยังคงมีอีกแต่ไม่สูงนัก เพราะเป็นเวลาเย็นเกินไป ค่าของ

Table 1. Daily radiation above the dry evergreen forest at Sakaerat Experiment Station in various sky conditions of wet season (June - September 1970).

Date		Daily radiation, cal. cm. ⁻²					sky Conditions
		R _{Sd}	R _{Su}	R _{Ld}	R _{Lu}	R _n	
June	10	626	75	450	514	487	clear
	11	541	64	459	525	417	
	30	514	60	505	520	440	
July	3	581	67	441	497	457	
Aug.	1	587	67	466	507	479	r = 12 %
Sept.	3	512	67	545	521	469	
Average		560	67	478	514	458	
June	4	455	54	498	514	382	clear with partially cloud
	5	410	47	481	509	334	
	20	459	56	489	505	687	
	22	466	52	460	505	369	
	27	438	53	481	396	369	
July	1	443	52	470	499	362	
	7	445	58	489	485	391	r = 12 %
Aug.	13	440	52	483	480	347	
	15	431	63	480	514	344	
	22	440	55	405	485	305	
Sept.	1	401	43	459	494	313	
Average		439	53	472	490	355	
June	9	349	51	474	511	308	cloudy with partially rain
	28	350	44	492	504	294	
	29	352	45	483	500	290	
July	1	382	47	454	497	292	
	6	361	46	494	502	309	
Aug.	4	315	41	483	491	266	
	14	392	46	485	508	323	r = 13 %
	17	331	42	485	506	269	
Average		360	45	481	502	294	
June	3	214	26	488	510	166	cloudy and rain
	8	256	30	497	512	212	
	21	221	27	485	497	182	
	26	239	31	471	503	176	
July	8	287	37	470	486	234	
	9	290	39	490	493	248	
	29	42	8	750	540	244	
	30	72	14	878	538	398	

Table 1. (Cont'd)

Date		Daily radiation, cal. cm. ⁻²					sky Conditions
		R _{Sd}	R _{Su}	R _{Ld}	R _{Lu}	R _n	
Aug.	2	197	24	483	496	159	r = 13 %
	16	255	32	473	490	207	
	23	241	31	492	501	202	
Sept.	2	282	38	502	510	235	
	9	264	40	501	512	212	
Average		220	29	537	507	221	
Total Ave.		395	49	492	503	332	r = 12 %

Remarks : R_{Sd} = incoming shortwave radiation
 R_{Su} = outgoing shortwave radiation
 R_{Ld} = incoming longwave radiation
 R_{Lu} = outgoing longwave radiation
 R_n = net radiation
 r = reflection (the ratio of R_{Su} and R_{Sd} in percentage)

R_{Sd} จะมีน้อย อันเนื่องจากสาเหตุของ cosine law of illumination (15) ถ้าท้องฟ้าโดยทั่วไปมีเมฆปกคลุม แต่ไม่ใช่ว่าจะมีฝนตกตลอดเวลา เพียงแต่ตกบ้างไม่ตกบ้างแล้ว ปริมาณของ R_{Sd} จะลดลงไปอีก คือ มีราวๆ 300-399 cal.cm.⁻² ถ้าจะพิจารณาลักษณะของกราฟ อาจเหมือนๆ กับ Fig. 1 (a) และ 1 (b) แต่ peak จะไม่สูงมากดังเช่นสองภาพนั้น

ถ้าบังเอิญที่ท้องฟ้ามีทั้งเมฆและฝนสลับกันตลอดเวลาแล้ว ค่าของ R_{Sd} จะลดลงมาน้อยกว่า 300 cal.cm.⁻² ถ้ามีเมฆปกคลุมตลอดเวลา แต่ไม่มีฝนนั้น แสดงให้เห็นอย่างเด่นชัดดัง Fig. 1 (c) จะเห็นได้ว่าปริมาณของ R_{Sd} จะมี peak ไม่สูงมากนักและจะมีจำนวนน้อยที่เป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ครั้นเวลาเย็น เมฆปกคลุมนั้นอาจมีบางขณะที่ท้องฟ้ามีโอกาสแจ่มใส ทำให้เกิดจุดยอดของ R_{Sd} ขึ้นในช่วงเวลาที่ท้องฟ้าแจ่มใส ดังแสดงไว้ใน Fig. 1 (d) แต่มีข้อสังเกตว่าท้องฟ้าเช่นนี้จะมีโอกาสทำให้เกิดแจ่มใสหลังฝนตกในระยะเวลาสั้นเท่านั้น แม้กระนั้น มิใช่ว่า peak จะขึ้นสูงมากได้เหมือนลักษณะท้องฟ้าในกรณีอื่น เพราะจุดยอดที่ขึ้นจะไม่สูงมาก ก็เพราะว่าปริมาณเมฆหมอก

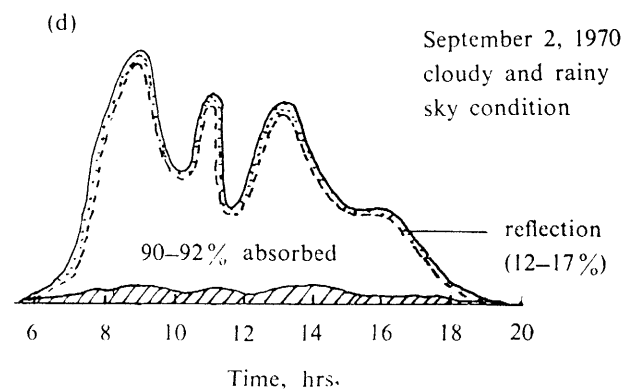
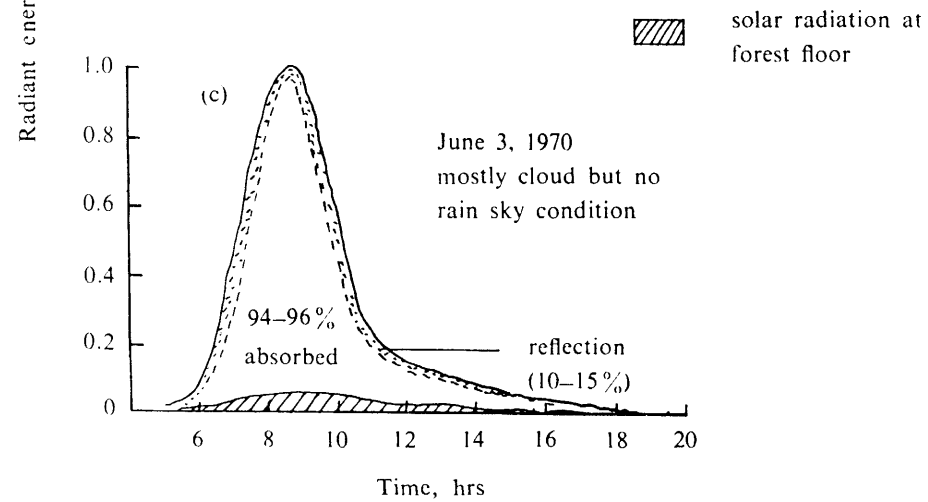
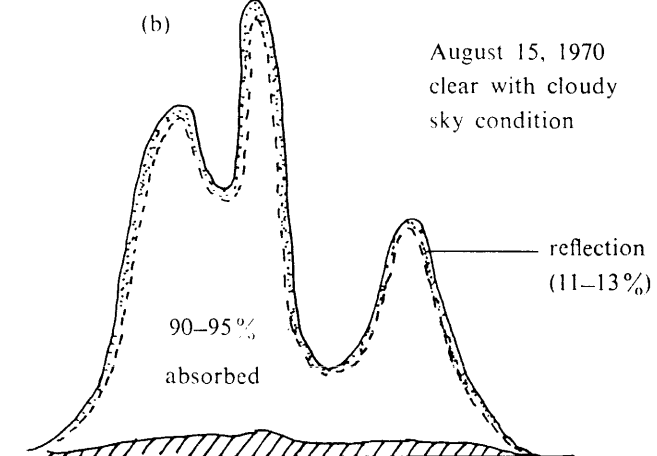
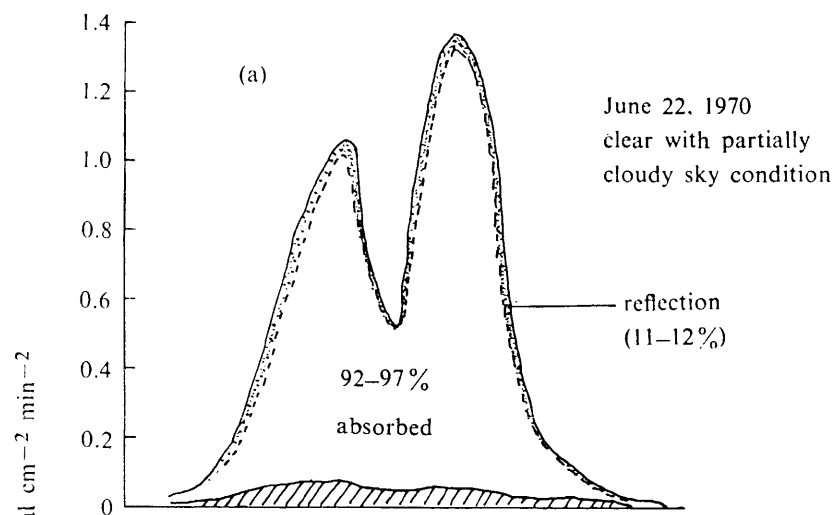
และไอน้ำยังคงมีอยู่ในท้องฟ้า ทำให้ R_{Sd} มิได้ส่องลงมากเท่าที่ควรจะเป็น

การสะท้อนของรังสีคลื่นสั้น :

รังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้นที่ส่องลงสู่ผิวโลกนั้นจะมีการสะท้อนสู่บรรยากาศ โดยทั่วไปแล้ว ปัจจัยที่มีผลต่อการสะท้อน R_{Sd} นั้น หรือค่าของ R_{Su} คือ (a) ความขรุขระของผิว (b) สีของผิว ถ้าสีเข้มจะมีการสะท้อนน้อย และ (c) ความชื้น ถ้าผิวมีความชื้นมาก การสะท้อนก็จะมีมากไปด้วย (7) ผลที่แสดงค่าของ R_{Su} ใน ตารางที่ 1 นั้น R_{Su} มีประมาณ 12-13 เปอร์เซ็นต์ของ R_{Sd} ค่าของ R_{Su} หรือ reflection ของรังสีดวงอาทิตย์ที่เป็นเฉพาะคลื่นสั้นนี้ ลักษณะของป่าดิบแล้ง ส่วนใหญ่ประกอบด้วยต้นตะเคียน เป็นพืชที่มีผิวหน้าใบเรียบและเป็นมัน อีกทั้งฤดูฝนนี้มีใบอ่อนแตกมากมาย จึงอาจทำให้ค่าของการสะท้อนมีมากขึ้น (7) ดังจะเห็นรายละเอียดการเปรียบเทียบของผลนั้นใน Fig. 1 (a), 1 (b), 1 (c) และ 1 (d)

รังสีคลื่นยาวลงสู่ผิวโลก :

รังสีคลื่นยาวที่ลงสู่ผิวโลก อันเนื่องมาจากการ



แผ่รังสีของเมฆหรือบรรยากาศนั้น จะมีปริมาณเป็นปฏิภาคส่วนกลับกับค่าของรังสีคลื่นสั้น กล่าวคือ ถ้าค่าของ R_{sd} มาก ค่าของ R_{Ld} จะน้อย ในทางตรงกันข้าม ถ้าค่า R_{sd} น้อย ค่าของ R_{Ld} จะมาก (9) จะเห็นได้ชัดจากตารางที่ 1 ทั้งนี้เป็นเพราะว่าลักษณะของท้องฟ้าเป็นปัจจัยอันสำคัญต่อการให้ปริมาณ R_{Ld} ดังกล่าว อีกนัยหนึ่ง ถ้าท้องฟ้าแจ่มใสแล้ว ค่าของ R_{Ld} ก็จะมีค่าน้อย แต่ถ้ามีเมฆหมอกมากแล้ว ค่าของ R_{Ld} จะมีมาก เพราะความร้อนส่วนใหญ่ที่เมฆดูดซับจะแผ่รังสีออกมาอีกชั้นหนึ่ง ดังจะเห็นได้ชัดจากผลของวันที่ 30 กรกฎาคม นั้น มีค่าของ R_{sd} เพียง 72 cal. cm.^{-2} แต่ค่าของ R_{Ld} มีถึง $878 \text{ cal. cm.}^{-2}$

สำหรับค่า R_{Lu} หรือรังสีความร้อนที่โลกแผ่รังสีออกสู่บรรยากาศ (terrestrial radiation) นั้น มักไม่มีความเปลี่ยนแปลงในปริมาณที่มากนัก ทั้งนี้เป็นเพราะความร้อนที่โลกจะได้รับ ไม่ว่าจะเป็นคลื่นสั้นหรือคลื่นยาวก็ตาม ต่างก็เป็นความร้อนที่จะให้แก่โลก ความร้อนจำนวนนี้ก็จะถูกแผ่รังสีออกไปอีกต่อหนึ่งในปริมาณที่เท่าๆ กับที่รับ (15)

ความร้อนลงสู่ดิน :

จากการพิจารณาข้อมูลของการวัดรังสีความร้อนคลื่นสั้นที่ได้เรื้อนยอด พบว่า ประมาณ 2-8 เปอร์เซ็นต์ของ R_{sd} จะเป็นส่วนที่ทะลุผ่านเรื้อนยอดลงสู่ผิวดิน (Fig. 1(a), 1(b), 1(c) และ 1(d)) เมื่อเทียบปริมาณแล้วจะเป็นจำนวนน้อยมาก ดังนั้น ค่าของ G (soil heat flux) จึงบดบังในการทดลอง ซึ่งผลนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Rijks (16) ที่ทำการวัดรังสีความร้อนใต้เรื้อนยอดของต้นไม้ที่สูงเพียง 8 ม. สรุปได้ว่า solar radiation จะไม่สามารถซึมถึงผิวดิน แต่จะเป็นส่วนที่เปลี่ยนแปลงไปในรูปของคลื่นยาว และ Chunkao (4) ได้กล่าวในที่สุดว่า ค่า G นั้นคิดเป็นศูนย์ ดังนั้น ค่าของ G จึงไม่ปรากฏในตารางที่ 1

ความร้อนสุทธิ :

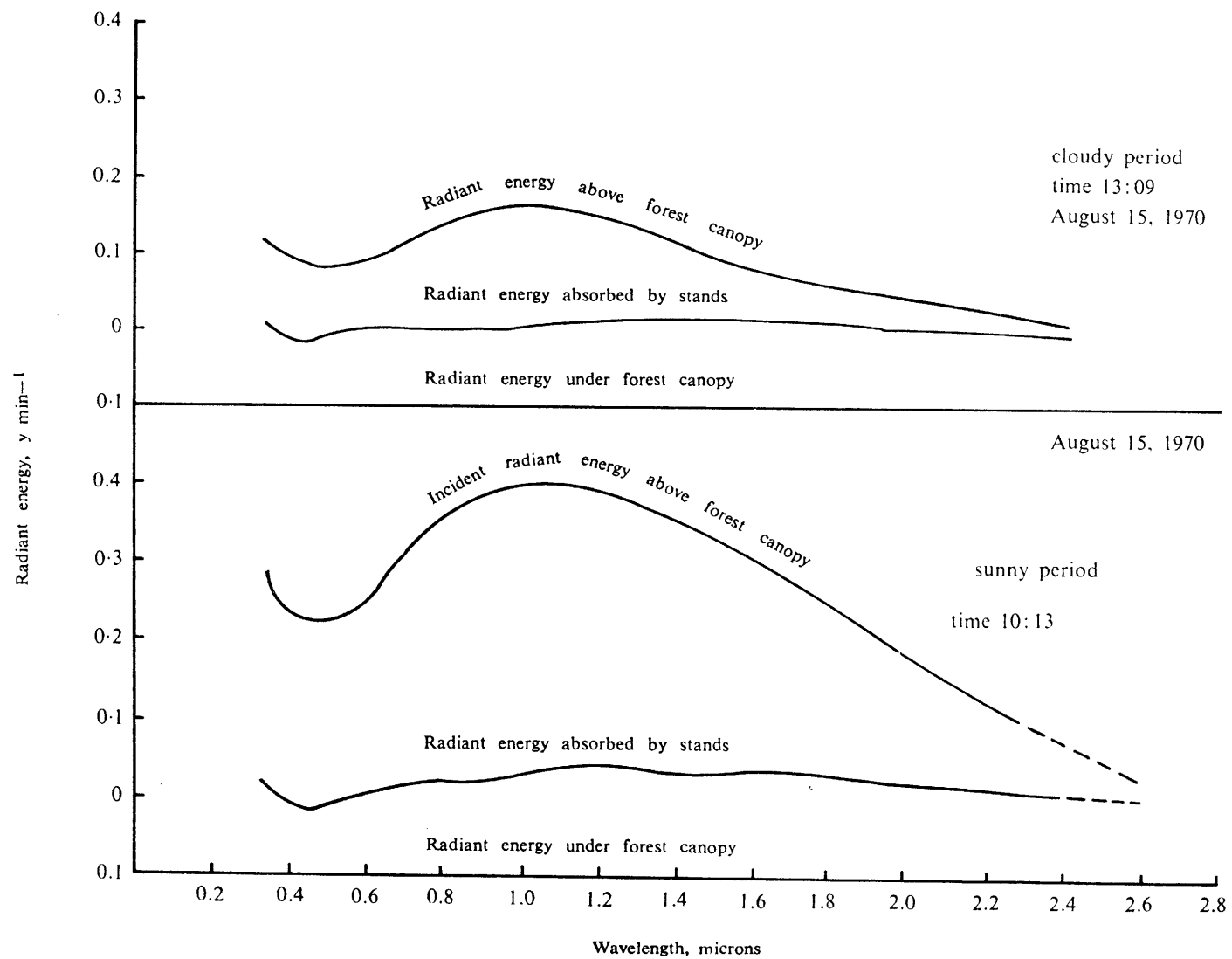
ความร้อนสุทธิ (R_n) ที่ผิวยอดไม้ของป่าดิบแล้ง มี

ปริมาณแตกต่างกันไป ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่า ค่าของ R_n จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับ R_{sd} ในลักษณะท้องฟ้าที่แจ่มใส (clear sky) นั้น ค่าของ R_n มีประมาณ $458 \text{ cal. cm.}^{-2}$ จะลดลงเหลือประมาณ $294 \text{ cal. cm.}^{-2}$ สุดท้ายถ้าฝนตกและมีเมฆมาก ค่าของ R_n จะลดลงมาถึง $221 \text{ cal. cm.}^{-2}$ อย่างเห็นได้ชัด

การดูดรังสีคลื่นแสงของป่าดิบแล้ง

ในธรรมชาตินี้ รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์จะถูกดูดซับด้วยบรรยากาศ ก่อนที่จะลงสู่พื้นโลก สารที่ดูดซับในบรรยากาศ คือ แก๊สออกซิเจน โอโซน คาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำ ฯลฯ เท่าที่ได้มีการศึกษาแล้วพบว่ารังสีดวงอาทิตย์ที่เป็นคลื่นสั้น (0.1-4.0 ไมครอน) ที่ลงสู่ผิวโลกนั้น Reifsnyder and Lull (15) ประมาณไว้ว่า 10 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นปริมาณของรังสีความร้อนที่เกิดจากช่วงคลื่น 0.1 - 0.4 ไมครอน ส่วนที่เหลือเท่าๆ กัน ระหว่างรังสีความร้อนของ visible light หรือแสง 7 สีในช่วงคลื่น 0.4 - 0.7 ไมครอน และของส่วนที่เป็น infrared ที่มีช่วงคลื่น 0.7-4.0 ไมครอน ความจริงแล้ว Yocum *et al.* (23) ได้ให้ข้อสรุปจากผลการศึกษาแล้วว่า สุริยรังสีหรือ solar radiation ช่วงคลื่นที่สั้นกว่า 0.3 ไมครอน มักไม่มีปรากฏบนผิวโลก ทั้งนี้เป็นเพราะว่าแก๊สโอโซนในบรรยากาศจะดูดซับเอาช่วงคลื่นนี้ ซึ่งเป็น ultraviolet เอไอวี่ ซึ่ง Reifsnyder และ Lull (15) ประมาณได้ว่า ultraviolet ที่ลงสู่ผิวโลก โดยผ่านทะลุชั้นของบรรยากาศประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ของทั้งหมด ส่วนอีก 65 เปอร์เซ็นต์ ถูกดูดซับด้วยแก๊สโอโซนของบรรยากาศชั้นบน อย่างไรก็ตาม รังสีความร้อนทุกช่วงคลื่นนี้ พืชจะดูดเอาไว้หมด (8) ทั้งนี้ ต้องขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และชนิดของช่วงคลื่นที่ส่องลงสู่ดินเท่านั้น

จาก Fig. 1(a), 1(b), 1(c) และ 1(d) จะพบว่า ปริมาณคลื่นสั้นของการทดลองครั้งนี้ จะถูกดูดด้วยป่าดิบแล้ง (ส่วนใหญ่เป็นป่าเตี้ยรอบนอกคอก) โดยประมาณ 80-97 เปอร์เซ็นต์ของ R_{sd} เหนือเรื้อนยอด ผล



การทดลองนี้เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Reifsnnyder and Lull (15) ซึ่งประมาณไว้ว่า 60-90 เปอร์เซ็นต์ของ solar radiation ทั้งหมดจะถูกป่าดูดเอาไว้ ผลของป่าดิบแล้งอาจจะมากกว่าป่าในแถบอบอุ่น เช่น ในอเมริกาและยุโรป ความจริงแล้ว ปริมาณการดูดซับนั้นส่วนมากมีเกินกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของ solar radiation แต่ที่ต่อน้อยกว่า 90 เปอร์เซ็นต์บ้าง ก็เพราะในช่วงที่ท้องฟ้ามีเมฆและสิ่งปกคลุมมาก ทำให้ปริมาณ solar radiation มีน้อย แต่มี infrared มาก ซึ่งเป็นส่วนที่ซึมทะลุได้ดีกว่า McCree (13) ให้เหตุผลว่า สีที่ใบ (leaf pigments) สามารถดูดรังสี visible light และให้ infrared ทะลุ ในทำนองเดียวกับ Gates (8) พืชทั่วไปสามารถดูด ultraviolet และ visible radiation เช่นกัน เป็นที่น่าสังเกตว่า ผลการทดลองครั้งนี้ มีค่าใกล้เคียงกับผลของ Vizina (21) ซึ่งทำการวัดรังสีของ solar radiation ภายใต้เรือนยอดของต้นไม้ชนิดต่างๆ พบว่า แสงที่ผ่านทะลุจากการวัด 104 วัน ประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1-28 เปอร์เซ็นต์ของ solar radiation

เมื่อพิจารณาความสามารถในการดูดซับในช่วงคลื่นแสงต่างๆ (solar absorbing spectral radiation) โดยใช้ filter เพื่อต้องการแสงที่ต้องการ ซึ่งประกอบด้วย (a) ultraviolet (0.29 - 0.425 ไมครอน) (b) ช่วงคลื่น 0.335 - 0.505 ไมครอน (c) ช่วงคลื่น 0.505 - 0.695 ไมครอน (d) ช่วงคลื่น 0.65 - 1.2 ไมครอน (e) ช่วงคลื่น 0.8 - 2.35 ไมครอน และ (f) ช่วงคลื่น 1.8 - 3.0 ไมครอน จากผลการทดลองที่ป่าสะแกราชนี้ อาจอธิบายโดยใช้ Fig. 2 ประกอบได้ดังนี้

ช่วงคลื่นที่เป็น ultraviolet (0.29-0.425 ไมครอน) ประมาณการดูดซับ 92-94 เปอร์เซ็นต์ ทั้งในกรณีที่ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมและท้องฟ้าแจ่มใส ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณของ ultraviolet ถูกดูดซับเป็นปริมาณมาก ทั้งนี้ อาจเป็นลักษณะประจำของพืช

สีเขียวก็ได้ที่จะดูด ultraviolet ได้ดีตามที่ Gates (8) ได้กล่าวไว้

ช่วงคลื่น 0.335 - 0.505 ไมครอน อันประกอบด้วย ultraviolet, violet, indigo และ blue wavelength นั้น ป่าดิบแล้งมีความสามารถในการดูดซับได้ดีมาก มีถึง 98-100 เปอร์เซ็นต์ ดังจะเห็นได้ชัดใน Fig. 2 และถือว่าเป็นส่วนที่ถูกดูดซับได้มากที่สุด สำหรับช่วงคลื่น 0.505-0.695 ไมครอน ประกอบด้วย blue, green, yellow, orange และ red wavelength ป่าดิบแล้งสามารถดูดซับได้ประมาณ 95-100 เปอร์เซ็นต์ อันเป็นผลน้อยกว่าช่วงคลื่น 0.335-0.505 ไมครอนเล็กน้อย แต่ก็ในช่วงคลื่นที่รวมอยู่ใน visible light เหมือนกัน ซึ่งอาจกล่าวรวมๆ ได้ว่า visible light ถูกดูดซับด้วยป่าดิบแล้งสะแกราชประมาณ 95-100 เปอร์เซ็นต์ อันเป็นผลที่สามารถที่จะกล่าวต่อไปได้ว่า visible light ที่ดวงอาทิตย์ให้แก่เหนือเรือนยอดของป่าดิบแล้ง จะถูกดูดซับโดยป่าไม้เกือบหมด ที่เหลือบางส่วนจะทะลุผ่านลงสู่พื้นผิวดินต่อไป ข้อสรุปนี้สอดคล้องกับงานของ Vizina and Boulter (22) ซึ่งได้จากต้น aspen เช่นกัน

ถ้าพิจารณาลักษณะของ visible light ทั้งที่ให้เหนือยอดไม้และที่ใต้เรือนยอด ใน Fig. 2 จะพบว่า ลักษณะของกราฟมีความคล้ายคลึงกันมาก คือ จะมากที่ ultraviolet แล้วค่อยๆ ลดลงมา มีจุดต่ำสุดประมาณที่ 0.50 ไมครอน ซึ่งอาจประมาณว่าเป็น green light ในทำนองเดียวกันที่สภาพของท้องฟ้าก็มีไขว่จะมีผลต่อผลการทดลองครั้งนี้ เพราะลักษณะเส้นกราฟที่ขึ้นหรือลงมีความเหมือนกันมาก จากจุดต่ำสุดจะค่อยๆ เพิ่มปริมาณขึ้น ส่วนที่ตกสู่เหนือยอดไม้จะมีจุด peak ประมาณ 0.8 - 1.6 ไมครอน แต่ส่วนที่ลงสู่พื้นผิวดินนั้น จะขึ้นมาสู่ระดับเดียวกับช่วงคลื่นที่กว้างกว่าตั้งแต่ red light เป็นต้นไป

ช่วงคลื่น 0.65 - 1.2 ไมครอน ป่าดิบแล้งมีความสามารถในการดูดซับประมาณ 90 - 100 เปอร์เซ็นต์ ช่วงคลื่น 0.8-2.35 ไมครอน ดูดซับ 85-95 เปอร์เซ็นต์ ช่วงคลื่น 1.8 - 3.0 ไมครอน ดูดซับ 83-90 เปอร์เซ็นต์

ซึ่งผลของการดูดซับช่วงคลื่นที่ใหญ่กว่า 0.65 ไมครอนนี้ อาจกล่าวได้ว่าเป็นช่วงคลื่น red และ infrared wavelength ความจริงแล้วทั้งสภาพท้องฟ้าที่แจ่มใส และมีเมฆหมอกปกคลุม ลักษณะดังกล่าวก็มีเหมือนกัน คือ ส่วนที่ได้รับที่เหนือเรือนยอดค่าของพลังความร้อนจะได้มากที่สุดในช่วงคลื่นประมาณ 0.8 - 1.2 ไมครอนจะค่อยๆ ลดน้อยลงจนกระทั่งถึงคลื่นแสงประมาณ 2.4 ไมครอน ส่วนที่ได้รับ และส่วนที่ถูกดูดซับจะมีส่วนที่ใกล้เคียงกันมาก จึงไม่ต้องสงสัยเลยว่า แนวเส้นของการดูดซับของรังสีตั้งแต่ red (0.65 ไมครอน) ขึ้นไปจนถึง 2.4 ไมครอน มีจำนวนใกล้เคียงกัน เพราะอาจเป็นช่วงคลื่นที่ซึมทะลุผ่านได้มาก และมีปริมาณน้อยลงในบรรยากาศ แต่คลื่นนั้นๆ ช่วยให้เกิดในป่ามากจากการแผ่รังสีก็ได้ อีกนัยหนึ่งก็คือ รังสีความร้อนที่เป็นคลื่นสั้นนั้นอาจถูกดูดซับมาก แต่คลื่นยาวขึ้นไปจะมีความสามารถในการดูดซับน้อยลง การที่น้อยลงนี้ มิใช่ว่าป่าไม่ได้ดูดซับเลยก็หาไม่ แต่เป็นเพราะส่วนใหญ่ infrared มักจะทะลุผ่านป่าได้มาก อีกทั้งการแผ่รังสีคลื่นยาวกว่าออกมาจากเรือนยอดหรือต้นไม้ในป่าก็ไม่ได้ จึงทำให้ปริมาณของคลื่นยาวที่เป็น infrared มีมากได้เรือนยอดเช่นเดียวกับข้อคิดเห็นของ McCree (13)

จากการแสดงผลการทดลองของ Fig. 1-2 นั้นจะเห็นได้ว่า รังสี visible light เป็นส่วนที่ถูกดูดซับมากที่สุดในการวัดรังสีคลื่นสั้นที่ป่าดิบแล้งสะแกราช เช่นเดียวกับผลสรุปของ Freyman (6) ขบวนการต่างๆ โดยเฉพาะ photosynthesis (5, 12) รังสีส่วนนี้เมื่อถูกต้นไม้ดูดซับเอาไว้แล้ว ก็จะแผ่รังสีออกไปสู่ใต้เรือนยอด จึงทำให้ความสมบูรณ์ของ infrared มีมากได้เรือนยอด ประกอบกับต้นไม้ให้ infrared ซึมผ่านเรือนยอดได้ง่ายด้วย จึงทำให้ค่าของการดูดซับ infrared มีน้อย ทั้งในสภาพที่ท้องฟ้าแจ่มใสและมีเมฆปกคลุม

อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาความสามารถในการดูดซับของป่าดิบแล้งนี้ ป่าดิบแล้งสามารถดูดรังสีคลื่นสั้นได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ อันเป็นผลที่อาจกล่าวได้ว่ามีค่าสูงมาก และเป็นไปอย่างสม่าเสมอ ไม่ว่าท้องฟ้าจะ

มีสภาวะเช่นไร คือ ท้องฟ้าแจ่มใสหรือมีเมฆปกคลุม ลักษณะของบรรยากาศตอนบนป่านั้นไม่มีอิทธิพลต่อการดูดซับรังสี ในทำนองเดียวกับผลการทดลองของ Anderson (1) และยังมีสาเหตุอันสำคัญตามเหตุผลของ Gates (8) ที่ได้กล่าวไว้ ก็คือ พืชแต่ละชนิดจะมีความชอบ หรือ ต้องการ รังสีคลื่นช่วงเฉพาะ ไม่ว่าปริมาณรังสีความร้อนที่พระอาทิตย์ให้มัน จะมีปริมาณที่ให้ตรงกับป่าเท่าใดก็ตาม ส่วนที่พืชต้องการก็จะถูกดูดซับตามปริมาณที่ป่าได้รับจริง ส่วนที่ไม่ต้องการหรือเหลือจากการใช้แล้ว ก็จะทะลุผ่านลงสู่พื้นดินอีกทอดหนึ่ง

ผลการวัดครั้งนี้อาจมีข้อผิดพลาดได้ เพราะทำการวัดความสามารถในการดูดซับรังสีเพียงจุดเดียว กล่าวคือ ไม่มีการย้ายเครื่องมือและอุปกรณ์ตลอดการทดลอง ทั้งนี้เป็นเพราะมีความยุ่งยากในการติดตั้งเครื่องมือ ถ้าจะให้ดีแล้ว ควรทำการวัดประมาณ 3 จุดเป็นอย่างน้อย ดังที่ Gay *et al.* (10) ได้ให้คำแนะนำไว้ว่าควรใช้ 3 pyranometers ห่างกัน 3.7 ม. จึงจะได้ผลถูกต้องดีขึ้น

Literature Cited

1. ANDERSON, M.C. 1970. Interpreting the fraction of solar radiation available in forest. *Agr. Meteorol.* 7:19 - 28.
2. BLACKWELL, M.J. and J.B. TYLDESLEY. 1965. Measurement of natural evaporation: Comparison of gravimetric and aerodynamic methods. *Arid Zone Res. UNESCO*, No. 25 : 141-148.
3. BOWEN, I.S. 1926. The ratio of heat losses by conduction and by evaporation from any water surface. *Phys. Rev.* 27 : 779-787.
4. CHUNGAO, K. 1971. An analysis of evapotranspiration of dry-evergreen forest at Sakaerat, Thailand. *K.U. For. Res. Bull.* No. 16, 110 p.
5. FEDERER, C.A. and C.B. TANNER. 1966. Spectral distribution of light in the forest. *Ecol.* 47: 560-565.

6. FREYMAN, S. 1968. Spectral distribution of light in forests of the Douglasfir zone of Southern British Columbia. *Can. J. Plant Sci.* 48 : 326-328.
7. FRITSCHEN, L.J. 1969. Evapotranspiration and meteorological methods of estimation as applied to forests. Presented at the Third Forest Microclimate Symp., Kananaskis For. Exp. Sta., Alberta, Canada, September 23-26, 1969. 27 p.
8. GATES, D.M. 1965. Energy, plants and ecology. *Ecol.* 46: 11-13.
9. GATES, D.M. 1969. Energy exchange in the biosphere. Harper and Row, Publications, New York and Evanston, 151 p.
10. GAY, L.W., K.R. KNOERR and M.O. BRAATEN. 1971. Solar radiation variability on the floor of a pine plantation. *Agr. Meteorol.* 8: 39-50.
11. JENSEN, M.E. and H.R. HAISE. 1963. Estimating evapotranspiration from solar radiation. Prepared for Presentation of the ASCE Water Resources Eng. Conf., Milwaukee, Wisconsin, May 13-17, 37 p.
12. LEMON, E.R. 1960. Photosynthesis under field conditions. II an aerodynamic method for determining the turbulent carbon dioxide exchange between the atmosphere and a cornfield. *Agron. J.* 52 : 697-703.
13. MCCREE, K.J. 1968. Infrared-sensitive colour film for spectral measurements under plant canopies. *Agr. Meteor.* 5: 203-208.
14. MONTEITH, J.L. 1958. The heat balance of soil beneath crops. *Arid Zone Res. UNESCO No. XI*, P. 123 - 128.
15. REIFSNYDER, W.E. and H.W. LULL. 1965. Radiant energy in relation to forests. USDA Tech. Bull. No. 1344, 111 p.
16. RIJKS, D.A. 1969. Evaporation from papyrus swamp. *Roy. Meteor. Soc. Quart. J.* 95: 643-649.
17. ROBERTSON, G.W. 1966. The light composition of solar and sky spectra available to plants. *Ecol.* 47: 640-643.
18. SELLERS, W.D. 1969. Physical climatology. Univ. of Chicago Press, Chicago, 272 p.
19. SUKACHEV, V. and N. DYLLIS. 1964. Fundamentals of forest biogeocoenology. Oliver and Boyd Ltd. London, Chapter 2 : 60 - 107.
20. TANNER, C.B. 1960. Energy balance approach to evapotranspiration from crops. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 24:1-9.
21. VEZINA, P.E. 1964. Solar radiation available over snow pack in a dense pine forest. *Agr. Meteor.* 1 : 54 - 65.
22. VEZINA, P.E. and D.W.K. BOULTER. 1966. The spectral composition of near ultraviolet and visible radiation beneath forest canopies. *Can. J. Bot.* 44 : 1267-1283.
23. YOCUM, C.S., L.H. ALLEN and E.R. LEMON. 1964. Photosynthesis under field conditions : VI solar radiation balance and photosynthetic efficiency. *Agron. J.* 56: 249 - 253.
24. ZABRANSKY, J. 1969. Micrometeorological instrumentation and installation at ASRCT Sakaerat Experiment Station. Rep. No. 1, Res. Prof. No. 27/3, ASRCT, 23 p.