

GIÁ TRỊ ĐÓNG GÓP CỦA HỆ SINH THÁI RỪNG NHIỆT ĐỚI NAM CÁT TIÊN ĐỐI VỚI KHÍ HẬU THÔNG QUA GIÁM SÁT SỰ TRAO ĐỔI CỦA CÁC DÒNG NHIỆT LƯỢNG VÀ CO₂

ĐINH BÁ DUY⁽¹⁾, AVILOV V. C.⁽²⁾, KURICHEVA O. A.⁽²⁾, KURBATOVA J. A.⁽²⁾,
LÊ XUÂN SƠN⁽¹⁾, ĐÀO THỊ THU HƯỜNG⁽¹⁾, NGUYỄN THỊ CHINH⁽¹⁾, TRẦN THỊ NHÀN⁽¹⁾

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

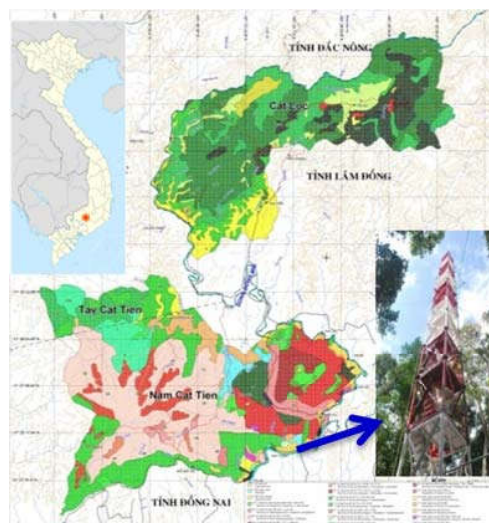
Trong giai đoạn hiện nay, khi loài người phải chứng kiến những tác động ngày một rõ nét của hiệu ứng biến đổi khí hậu (BĐKH), nghiên cứu vai trò, chức năng của rừng với khí hậu càng trở nên cần thiết và có ý nghĩa lớn. Kết quả nghiên cứu là một trong những cơ sở khoa học để quyết định việc một quốc gia được nhận hay phải chi trả tín dụng, đồng thời cũng là những dữ liệu quan trọng cho Liên hợp quốc về định hướng chính sách hành động trên toàn thế giới và việc tăng cường thực hiện nghị định thư Kyôto, cơ chế phát triển sạch ở các nước công nghiệp phát triển [9]. Trong việc lượng hóa giá trị của rừng đối với khí hậu, các nhà khoa học Việt Nam mới chỉ tiếp cận theo hướng ước lượng trữ lượng C trong các hệ sinh thái rừng (HSTR) theo phương pháp chia ô, lấy mẫu phân tích (phương pháp sinh khối hay phương pháp đo đếm gián tiếp). Phương pháp này sẽ không giải thích được quá trình trao đổi động học của các dòng vật chất (chủ yếu là dòng trao đổi CO₂, ngoài ra còn có dòng hơi nước) và năng lượng nhiệt ẩm, đồng thời tiềm ẩn nhiều sai số trong quá trình lựa chọn mẫu đại diện. Xuất phát từ tồn tại này ở Việt Nam, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga đặt vấn đề thành lập các trạm quan trắc, giám sát sự trao đổi các dòng nhiệt lượng và CO₂ giữa HSTR và khí quyển hay còn gọi tắt là trạm Flux, trong đó HSTR Nam Cát Tiên (NCT) là địa điểm được lựa chọn đầu tiên cho các nghiên cứu này (hình 1) [1, 3].

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng, vị trí và thời gian nghiên cứu

- Đối tượng: Các dòng năng lượng ẩn nhiệt (LE - latent heat flux), năng lượng hiển nhiệt (H - sensible heat flux) và dòng CO₂ trao đổi giữa HSTR và khí quyển [5].

- Vị trí: Các nghiên cứu được tiến hành tại HSTR NCT, trên địa phận huyện Tân Phú, tỉnh Đồng Nai, với diện tích 38.441 ha, là một trong ba khu vực thuộc quản lý của VQG Cát Tiên. HSTR này nằm ở phần cuối, phía Nam của dãy Trường Sơn, chuyển tiếp với vùng đồng bằng Nam Bộ, với địa hình vùng đồi chuyển tiếp thấp dần theo hướng Bắc - Tây Bắc - Tây - Nam - Đông Nam với độ



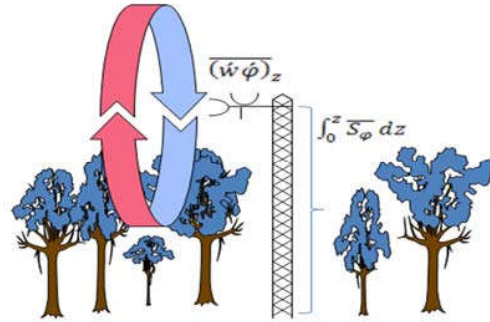
Hình 1. HSTR Nam Cát Tiên và khu vực đặt trạm quan trắc Flux

cao trung bình so với mặt nước biển dao động từ 100 m đến 200 m. Thảm thực vật rừng có 3 kiểu chính: Kiểu rừng kín lá rộng thường xanh mưa ẩm nhiệt đới, kiểu rừng kín nửa rụng lá ẩm nhiệt đới, kiểu rừng kín rụng lá hơi ẩm nhiệt đới.

- Thời gian nghiên cứu: Kết quả của bài báo này dựa trên những quan trắc, đo đạc liên tục trong thời gian 3 năm (01/01/2012 ÷ 31/12/2014).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Ngoài các yếu tố có thể đo đạc trực tiếp như nhiệt độ, độ ẩm, ... thì phần lớn các yếu tố khác được tính toán thông qua các bước trung gian. Phương pháp (hay kỹ thuật tính toán) chủ đạo để xác định các yếu tố này được biết đến với tên gọi Eddy-Covariance (EC) [3, 7]. Theo đó các dòng CO_2 , hơi nước, dòng ẩn nhiệt và hiện nhiệt trao đổi giữa HSTR và khí quyển được tính toán theo các công thức [3, 4, 7]:



Hình 2. Xác định lượng CO_2 thuần trao đổi của HSTR (NEE) theo phương pháp EC

$$\text{Dòng } \text{CO}_2 \text{ trao đổi tại độ cao } z: F_c = \overline{w[C\dot{O}_2]} \text{ , } (\mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}) \quad (1)$$

$$\text{Dòng } \text{H}_2\text{O} \text{ trao đổi tại độ cao } z: F_{\text{H}_2\text{O}} = \overline{w[H_2\dot{O}]} \text{ , } (\mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}) \quad (2)$$

$$\text{Dòng ẩn nhiệt trao đổi: } LE = \lambda \rho \overline{wq} \text{ , } (\text{W}.\text{m}^{-2}) \quad (3)$$

$$\text{Dòng hiện nhiệt trao đổi: } H = C_p \rho \overline{wT} \text{ , } (\text{W}.\text{m}^{-2}) \quad (4)$$

Trong đó:

w - Nhiều động của thành phần gió thẳng đứng;

$[C\dot{O}_2]$ - Nhiều động của lượng CO_2 trong không khí;

$[H_2\dot{O}]$ - Nhiều động của lượng hơi nước trong không khí;

λ, ρ - Tương ứng là ẩn nhiệt hóa hơi và mật độ không khí;

q - Nhiều động của thành phần mật độ hơi nước trong không khí;

C_p, T - Tương ứng là nhiệt dung riêng và nhiệt độ của không khí.

Sản lượng sinh thái thuần (NEE) tính qua lượng CO_2 trao đổi của HSTR được xác định qua lượng trao đổi tại độ cao z và lượng tích lũy bên dưới [2, 6]:

$$NEE = \overline{(w[C\dot{O}_2])_z} + \int_0^z \frac{\partial [C\dot{O}_2]}{\partial t} dz \quad (5)$$

Trong bài báo này, tốc độ gió thẳng đứng được xác định bằng máy đo gió siêu âm 3 chiều CSAT3-3D (Campbell, Mỹ) và nồng độ CO_2 được đo bằng máy phân tích khí tốc độ cao Li-7500A (Li-Cor, Mỹ) với tần suất đo 10Hz, thành phần tích lũy CO_2 được xác định tại 8 mức độ cao thông qua máy phân tích CO_2 LI820 (Li-Cor, Mỹ). Các phép tính đối với lượng CO_2 trao đổi và tích lũy của HSTR NCT được tính trung bình cho từng khoảng thời gian 30 phút.

Để xác định lượng hô hấp của hệ sinh thái (HST) (Reco) theo từng thời điểm trong ngày, bài báo sử dụng mô hình mở được phát triển bởi Viện Địa sinh hóa Max Planck, Đức [8]. Mô hình này tích hợp thuật toán loại bỏ số liệu bất thường, bổ sung số liệu khuyết và bất thường, đồng thời phát triển công cụ tính toán Reco trên nền mô hình thực nghiệm của Lloyd và Taylor (1994) và thuật toán cải tiến của Reichstein, 2005 theo công thức:

$$R_{eco} = rb \cdot \exp \left[E_o \left(\frac{1}{T_{ref} - T_o} - \frac{1}{T_{air} - T_o} \right) \right] \quad (6)$$

Trong đó:

rb - hô hấp cơ sở tại nhiệt độ tham chiếu T_{ref} ở 15°C [giá trị ước tính sau mỗi 5 ngày (Reichstein, 2005)], ($\mu\text{mol C/m}^2 \cdot \text{s}$);

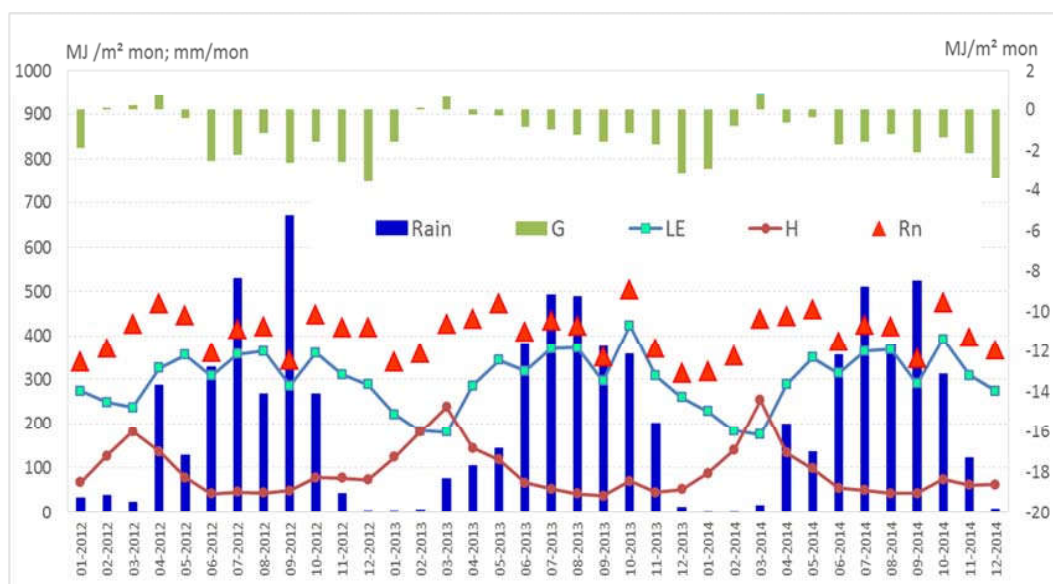
E_o - nhiệt độ nhạy cảm (giữ ở giá trị không đổi cho cả năm), ($^{\circ}\text{C}$);

T_o , T_{ref} , T_{air} - lần lượt là tham số nhiệt độ, được giữ ở $-46,02^{\circ}\text{C}$; nhiệt độ tham chiếu và nhiệt độ không khí.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Sự trao đổi của các dòng năng lượng

Trên cơ sở phương pháp đã trình bày ở trên, từ bộ số liệu quan trắc liên tục trong 3 năm (2012 ÷ 2014), các thành phần trong cân bằng năng lượng bề mặt tại HSTR NCT được tính toán và trình bày tại hình 3 và bảng 1, gồm các dòng bức xạ thuần (R_n), năng lượng hiện nhiệt (H), năng lượng ẩn nhiệt (LE), lượng nhiệt trao đổi qua lớp đất bề mặt (G) và lượng mưa (theo tháng).



Hình 3. Các dòng năng lượng trao đổi R_n , H , LE , G và lượng mưa (theo tháng) tại HSTR NCT giai đoạn 2012 ÷ 2014

Kết quả này cho thấy, HSTR NCT thường xuyên nhận được nguồn năng lượng bức xạ dồi dào, dao động trong khoảng từ 120 tới 180W/m². Nguồn năng lượng này được dịch chuyển qua lại giữa các thành phần LE, H và G. Các kết quả đã chỉ ra ẩm chính là nhân tố quan trọng trong sự chuyển dịch nguồn năng lượng bức xạ qua 3 thành phần LE, H và G theo hướng điều hòa và ổn định (hình 3). Chính lượng ẩm dồi dào này (của đất và trạng thái ẩm ướt của thực vật) đã khiến một phần lớn năng lượng bức xạ mà HSTR NCT nhận được tiêu tốn cho quá trình bốc thoát hơi (chủ yếu là đất và thực vật), do đó thành phần ẩn nhiệt (LE) có giá trị cao nhất trong khoảng thời gian mùa mưa trong khi quá trình ngưng kết tạo thành hạt mưa lại hấp thu (tiêu tốn) một phần năng lượng nhiệt khiến cho giá trị hiển nhiệt (H) thường xuyên đạt giá trị thấp ở thời gian này. Dòng năng lượng nhiệt trao đổi qua lớp đất bề mặt (G) dao động cùng pha với dòng năng lượng hiển nhiệt (H) và ngược pha với dòng ẩn nhiệt (LE). Giá trị G đạt giá trị dương trong các tháng cuối mùa khô và đầu mùa mưa (tháng 1, 2 và 3, 4) khi nhiệt độ trung bình của đất thấp hơn so với nhiệt độ không khí tại mực 2 m. Ở chiều ngược lại, dòng năng lượng G âm ở hầu hết các thời gian trong năm khi nhiệt độ đất lớn hơn nhiệt độ không khí lớp bề mặt.

Bảng 1. Các giá trị Rn, H, LE, G và lượng mưa trung bình tháng tại HSTR NCT giai đoạn 2012 ÷ 2014

Yếu tố Tháng	Rn [W/m²]	LE [W/m²]	H [W/m²]	G [W/m²]
I	128,0 ± 3,8	93,0 ± 9,1	35,8 ± 9,0	-0,8 ± 0,2
II	139,1 ± 2,9	79,0 ± 12,0	57,4 ± 8,9	-0,1 ± 0,2
III	165,9 ± 2,0	75,9 ± 10,9	86,5 ± 12,1	0,2 ± 0,1
IV	174,3 ± 5,8	115,5 ± 7,0	53,1 ± 1,8	0,0 ± 0,2
V	177,3 ± 4,3	134,5 ± 1,8	37,8 ± 6,3	-0,1 ± 0,0
VI	148,5 ± 7,6	120,8 ± 1,6	20,9 ± 3,9	-0,6 ± 0,3
VII	163,8 ± 3,0	139,8 ± 2,0	19,1 ± 1,1	-0,6 ± 0,2
VIII	162,5 ± 0,5	141,5 ± 1,1	16,7 ± 0,3	-0,4 ± 0,0
IX	133,8 ± 1,5	112,1 ± 1,7	16,5 ± 1,8	-0,8 ± 0,2
X	183,3 ± 8,8	150,9 ± 10,2	28,6 ± 1,2	-0,5 ± 0,1
XI	152,1 ± 7,6	119,1 ± 0,5	23,6 ± 5,0	-0,8 ± 0,1
XII	141,6 ± 16,5	105,5 ± 4,6	23,9 ± 3,4	-1,3 ± 0,1
Trung bình	155,8 ± 5,3	115,6 ± 5,2	35,0 ± 4,6	-0,5 ± 0,1

Theo kết quả tính toán và thống kê trên chuỗi số liệu tại bảng 1 cho thấy, nhìn chung các dòng năng lượng nhiệt, ẩm và bức xạ tại HSTR NCT cao hơn so với các kết quả tính cho trung bình chung toàn trái đất theo nghiên cứu của Sellers công bố năm 1965 (bảng 2).

Bảng 2. Giá trị trung bình theo vĩ tuyến của các thành phần Rn, LE và H

Nguồn: Sellers, 1965, NXB ĐH Chicago (Đơn vị: W/m²)

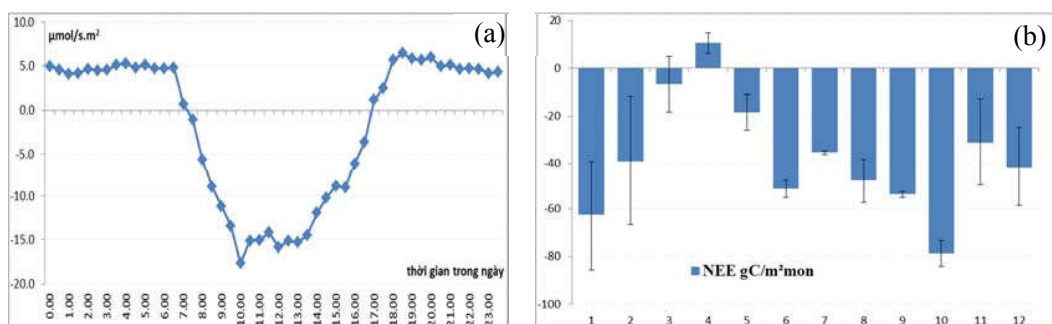
Dải vĩ độ	Đại Dương			Đất liền			Trái đất (trung bình)		
	Rn	LE	H	Rn	LE	H	Rn	LE	H
10÷20 N	158	131	8	94	39	56	141	108	21
0÷10 N	153	106	5	96	64	32	139	96	15
0÷10 S	153	112	5	96	66	29	139	101	13
10÷20S	150	138	7	97	54	42	138	119	15

Theo kết quả Sellers, 1965 trên dải vĩ độ 10N tới 20N lượng bức xạ thuần trên đất liền tiêu tốn khoảng 42% cho ẩn nhiệt, 59% cho hiện nhiệt trong khi trên đại dương các tỷ lệ này tương ứng là 82% và 5% so với các giá trị tính toán được ở HSTR NCT (nằm ở vĩ độ 11,26°) là 76% và 22,4%. Các tỷ lệ này cho thấy vai trò nguồn âm trong việc điều hòa lượng bức xạ lớn tại khu vực HSRT NCT, tránh được đợt tăng bất thường của nền nhiệt chung trên khu vực này, góp phần điều hòa khí hậu khu vực.

3.2. Sự trao đổi CO₂

Lượng CO₂ trao đổi (NEE) trong ngày và trong năm tại HSTR NCT

Biến trình ngày và năm của lượng CO₂ trao đổi giữa HSTR NCT và khí quyển tương ứng được thể hiện trong hình 4.



Hình 4. Lượng CO₂ trao đổi tại HSTR NCT.

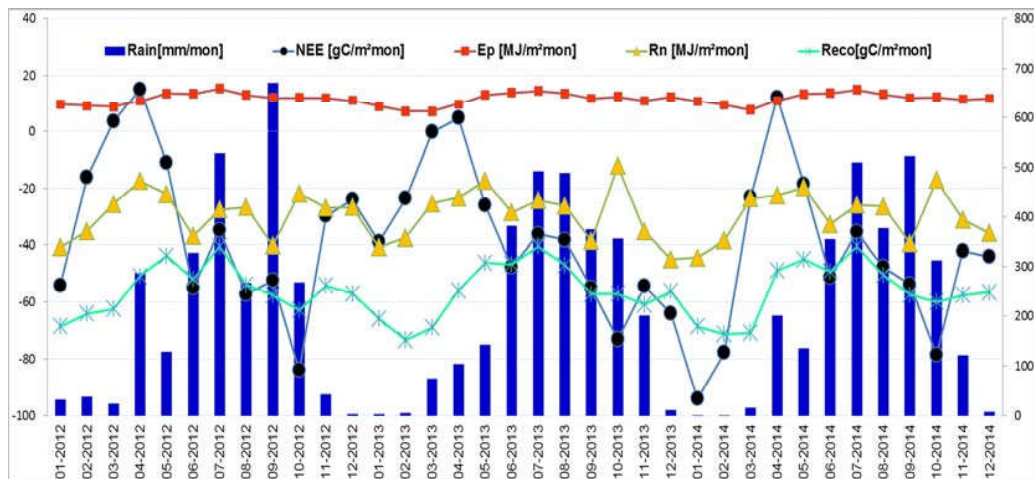
(a). Trong ngày (*minh họa kết quả trung bình tháng 1/2012*); (b). Trong năm.

Kết quả từ đồ thị 4a cho thấy, lượng CO₂ trao đổi phụ thuộc vào thời gian chiếu sáng trong ngày, ở những thời điểm có ánh sáng (từ 7 giờ sáng tới 5 giờ chiều) dòng CO₂ dịch chuyển từ khí quyển xuống HSTR NCT (theo quy ước về chiều dịch chuyển NEE < 0) thông qua quá trình quang hợp, thực vật tại đây đã hấp thụ một lượng CO₂ từ khí quyển và ngược lại ở thời điểm không có ánh sáng mặt trời, cơ chế hô hấp của thực vật thay đổi từ hấp thụ sang thải CO₂ khiến cho dòng CO₂ di chuyển ngược trở lại từ HST vào khí quyển (NEE > 0). Dòng CO₂ đi xuống từ HST mạnh nhất vào thời điểm 10 giờ sáng tới 2 giờ chiều và có xu hướng trả lại khí quyển từ khoảng 6 giờ tối hôm trước tới 6 giờ sáng hôm sau, mạnh nhất tại lúc 7 giờ tối (hình 5.a).

Trong biến trình năm (hình 4b), hầu hết các tháng trong năm (11/12 tháng) HSTR NCT hấp thu CO_2 từ khí quyển, còn tháng 4 HSTR NCT vận chuyển CO_2 vào khí quyển tuy chỉ ở mức nhỏ. Như vậy HSTR NCT đã đóng vai trò như một bể chứa C khi tiếp nhận lượng CO_2 từ khí quyển thông qua quang hợp của thực vật. Ngược lại, khi vận chuyển lượng CO_2 vào khí quyển qua hô hấp thì HSTR NCT lại đóng vai trò như là một nguồn phát thải C. Vai trò bể - nguồn của HSTR thay đổi liên tục từ ngày sang đêm, tuy nhiên tính chung cho toàn bộ thời gian thì HSTR NCT đóng vai trò là bể chứa C. Giá trị trung bình tính toán trên bộ số liệu là $455,8 \pm 36 \text{ gC/m}^2$ (tương đương 16,7 tấn C/ha.năm) và như vậy giá trị kinh tế quy đổi, ước tính khi bán chứng chỉ phát thải của HSTR NCT là khoảng 94,3 USD/ha.năm (đơn giá giao dịch trên sàn NASDAQ, Mỹ tại ngày 15/3/2016 là 5,65 USD/1 tấn CO_2 hay 1 CERs).

Mối quan hệ giữa NEE với các yếu tố khác

Xem xét sự biến động theo mùa và ảnh hưởng của các yếu tố khác tới NEE, bài báo đã phân tích mối liên hệ giữa giá trị NEE, Rn, năng lượng dành quá trình quang hóa (Ep), lượng hô hấp của HST (Reco) và lượng mưa (Rain) trên hình 5.



Hình 5. Sự biến động NEE, Rn, Ep, Reco và Rn tại HSTR NCT giai đoạn 2012÷2014

Các kết quả xử lý, tính toán từ bộ số liệu cho thấy xét về giá trị tuyệt đối, NEE tại HSTR NCT thường có giá trị cao hơn mức trung bình năm trong điều kiện thuận tiện cho quá trình quang hợp của thực vật (ẩm dồi dào, bức xạ lớn), vào thời điểm từ tháng 6 năm trước sang tháng 1 của năm tiếp theo [sau mùa mưa (tháng 4 đến tháng 11) khoảng từ 1 tới 2 tháng]. Giá trị NEE thường đạt giá trị tuyệt đối thấp vào tháng 3, tháng 4 hàng năm trùng với giai đoạn cuối ở thời kỳ rụng lá của một số loài thực vật tại HSTR NCT và sau thời gian kết thúc mùa khô khoảng từ 1 tới 2 tháng, đây cũng là khoảng thời gian năng lượng trung bình dành cho quá trình quang hợp của thực vật tiêu tốn ít nhất trong năm.

4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở kết quả tính toán các dòng năng lượng nhiệt ẩm và lượng CO₂ trao đổi tại HSTR NCT giai đoạn 2012 ÷ 2014, giá trị đóng góp của HSTR NCT đối với khí hậu có thể được lượng hóa qua các kết luận sau:

- HSTR NCT thường xuyên nhận được nguồn năng lượng bức xạ dồi dào, trung bình trên dưới 4830 MJ/m².năm và nguồn năng lượng này được dịch chuyển qua lại giữa các thành phần LE, H và G để đảm bảo duy trì tốt cân bằng bề mặt. Với khả năng hạn chế dòng chảy mặt, cố định nguồn nước ngầm và duy trì nguồn ẩm cao của HSTR này đã khiến khoảng 74,5% lượng bức xạ thuần thu nhận được sử dụng cho quá trình bốc thoát hơi (ẩn nhiệt) và 23% chuyển hóa cho hiện nhiệt.

- Hầu hết các tháng trong năm, HSTR NCT hấp thụ CO₂ từ khí quyển, ngoại trừ một số thời điểm (tháng 2, 3 và 4) có sự phát thải CO₂ ngược trở lại khí quyển, nhưng với khối lượng nhỏ chỉ khoảng 3 ÷ 5% tổng sản lượng hấp thụ cả năm. Vai trò bể - nguồn C của HSTR NCT thay đổi liên tục từ ngày sang đêm, tuy nhiên tính tổng thể cho cả ngày, tháng, năm thì HSTR NCT đóng vai trò là bể chứa C với năng lực hấp thụ trung bình năm là 455,8 gC/m².

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đinh Bá Duy, Kurbatova Ju. A và cộng sự, *Nghiên cứu định lượng vai trò, chức năng của rừng đối với khí hậu tại Trung tâm Nhiệt đới Việt Nga*, Tạp chí KH-CN Nhiệt đới, 6/2015, Số 08, tr.103-112.
2. Đinh Bá Duy, *Nghiên cứu xác định lượng carbon trao đổi (hấp thụ) của hệ sinh thái rừng mưa nhiệt đới Nam Cát Tiên bằng phương pháp Eddy-Covariance*, Báo cáo khoa học về Sinh thái và Tài nguyên Sinh vật, Hội nghị Khoa học toàn quốc lần thứ 6, 11/2015, tr.1310-1316.
3. Trần Công Huân, Đinh Bá Duy, Kurbatova Ju. A., Kuricheva O. A., Avilov V. A., *Cơ sở lý thuyết của phương pháp phương sai rối trong nghiên cứu dòng nhiệt, ẩm, khí CO₂*, Tạp chí KH-CN Nhiệt đới, 12/2012, Số 01, tr.100-107.
4. Yamamoto S., Monji N., Hirano T., Saigusa N., Iwata T., Koizumi H., Muraoka H., Mariko S., Ohtani Y., Miyata A., *Practice of flux observations in terrestrial ecosystems*, AsiaFlux training course sub-workgroup, 2006.
5. R. Valentini et al., *Fluxes of Carbon, Water and Energy of European Forests*, Ecological Studies, 2002, **Vol.163**.
6. Weixin Cheng, et al., *Photosynthesis, respiration, and net primary production of sunflower stands in ambient and elevated atmospheric CO₂ concentrations: an invariant NPP:GPP ratio?* Global change biology, 2002, p.931-941
7. George Burba, *Eddy Covariance Method for Scientific, Industrial, Agricultural, and Regulatory Applications*, 2013.
8. <http://www.bgc-jena.mpg.de/~MDIwork/eddyproc/index.php>

SUMMARY

CONTRIBUTION VALUES OF NAM CAT TIEN TROPICAL FOREST TO CLIMATE THROUGH MONITORING THE EXCHANGES OF CO₂ AND THERMAL ENERGY FLUXES

Monitoring the exchanges of CO₂ and energy between terrestrial ecosystems and the atmosphere is one of the approaches with high accuracy to quantify the contribution of tropical rainforest to climate. The results of the study in Nam Cat Tien forest ecosystem from 2012 to 2014 illustrate that this ecosystem plays the role of carbon sinks during 11 months in a years (over 90%) and the average uptake reaches 455,8 gC/m². In addition, about 74% of the net radiation (155,8 W/m²) that the ecosystem obtains is transformed into latent heat and about 23% into sensible heat thanks to the ability to restrict surface flow, fix groundwater and remain moisture at the high level.

Từ khóa: Latent heat, Eddy-Covariance, climate change, carbon stocks, ảnh hưởng, biến đổi khí hậu, trữ lượng các bon.

Nhận bài ngày 26 tháng 4 năm 2016

Hoàn thiện ngày 15 tháng 6 năm 2016

⁽¹⁾ *Viện Sinh thái nhiệt đới, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga*

⁽²⁾ *Viện Sinh thái và tiến hóa, Viện Hàn lâm Khoa học Nga*