

NGHIÊN CỨU CẢI TIẾN HỆ THỐNG CHIẾU SÁNG TRONG HANG ĐỘNG VÙNG PHONG NHA - KÊ BÀNG NHẪM HƯỚNG TỚI PHÁT TRIỂN DU LỊCH BỀN VỮNG

TRẦN NGỌC, BÙI KHẮC SƠN

Trường Đại học Quảng Bình

TRỊNH ANH ĐỨC

Viện Hóa học - Viện hàn lâm KH&CN Việt Nam

VÕ VĂN TRÍ, TRẦN XUÂN MÙI

Ban Quản lý VQG Phong Nha - Kẻ Bàng

1. Đặt vấn đề

Địa hình Karst là nét đặc trưng tiêu biểu của khu vực Phong Nha - Kẻ Bàng. Cấu trúc địa chất, địa hình, địa mạo là nguyên nhân dẫn đến mạng lưới thủy văn, nước ngầm, khí hậu, địa lý tự nhiên, tính đa dạng sinh học làm cho cảnh quan môi trường nơi đây còn đậm tính hoang sơ và đầy bí ẩn, đó là hệ thống sông ngầm, bãi đá, thác nước, rừng nguyên sinh nhiệt đới, động cỏ... và đặc biệt nhất là hệ thống hang động với trên 300 hang lớn nhỏ với những cảnh quan kỳ vĩ được Unesco xếp vào hạng nhất nhì thế giới [1]. Hiện nay tỉnh Quảng Bình đã và đang khai thác những tiềm năng mà thiên nhiên ban tặng này cho mục tiêu phát triển kinh tế - xã hội của tỉnh nhà, nhưng không làm mất đi những giá trị thiên nhiên vốn có của nó. Tuy nhiên, trên góc độ khoa học để đánh giá, thì với hệ thống hang động đa dạng như vậy (động khô, động nước, động có nhiều lối ra, động chỉ có một lối ra, động có giếng trời...) thường xuyên xuất hiện các vấn đề có tác động mạnh đến sự phát triển bền vững (duy trì cảnh quan, bảo tồn tính nguyên trạng) của hệ thống hang động này khi đưa vào khai thác du lịch, đặc biệt các tác động do sự tăng hàm lượng của khí CO₂ và ánh sáng chiếu sáng trong lòng hang. Các nghiên cứu cho thấy: nếu hàm lượng CO₂ tăng cao, sẽ xảy ra quá trình bào mòn nhũ đá mạnh hơn, điều đó dẫn đến cảnh quan tự nhiên của cả hệ thống thạch nhũ, vách đá sẽ thay đổi theo chiều hướng tiêu cực [2]. Khi ánh sáng trong lòng hang tăng lên (do chiếu sáng nhân tạo để phục vụ du lịch) sẽ kích thích sự phát

triển của các hệ thực vật bên trong lòng hang (rêu, địa y, nấm mốc), chúng phát triển trên các vách đá và thạch nhũ được chiếu sáng, điều này sẽ làm biến đổi hệ sinh thái, khí hậu và thậm chí là mỹ quan lòng hang vì đây là nguy cơ làm bào mòn và phân hóa hệ thạch nhũ đã được hình thành từ hàng triệu năm. Ngoài ra, hệ sinh thái thực vật khi thay đổi có thể làm mất đi tính hoang sơ và đặc biệt là môi trường du lịch bị biến đổi, ảnh hưởng nhiều đến giá trị của Di sản này.

Trong phục vụ du lịch hang động, ánh sáng có thể làm duyên dáng các bình diện, có thể làm thay đổi không gian chiếu sáng, làm nổi bật thêm các khối hình và đồng nhất hoá không gian ba chiều, làm nổi bật hoặc bề mặt được chiếu sáng, làm cho công trình cao lên hoặc thấp đi, lồi ra hay lõm vào. Ánh sáng có thể làm nổi bật các nét riêng biệt của từng hình dáng, từng cá thể, từng chi tiết trong tổng thể hài hoà có sự đan xen các cấu trúc. Màu sắc của ánh sáng không những thu hút và tạo sự bắt mắt mà còn phản ánh được cái hồn của đối tượng được chiếu sáng. Ngoài ra, mức độ và màu sắc ánh sáng có thể tạo ra hình thức âm - dương, ngũ hành, âm tượng nặng - nhẹ cũng như âm tượng nhịp điệu cho không gian được chiếu sáng [6]. Muốn phát huy được các vai trò của ánh sáng trong chiếu sáng phục vụ du lịch hang động, nhưng vẫn hạn chế được các yếu tố tác động đến hệ sinh thái cũng như các thành tạo trong lòng hang, nhằm bảo tồn được các nguyên trạng của quần thể khu Di sản này, ta có thể thay đổi thành phần phổ ánh sáng, thay đổi cường độ chiếu sáng và thay đổi thời gian chiếu

sáng... đây là các thông số của kỹ thuật chiếu sáng mà ta cần điều chỉnh phù hợp để hạn sự phát sinh thêm CO₂ và hạn chế sự tăng trưởng của từng loại cây, ngăn chặn có hiệu quả cao nhất quá trình quang hợp của chúng, thậm chí có thể ngăn chặn sự xuất hiện của chúng trên các khối thạch nhũ. Trong bài viết này, chúng tôi trình bày các nghiên cứu về tác động của các hoạt động du lịch, các sản phẩm du lịch, các hoạt động xây dựng công trình phục vụ du lịch đến hệ sinh thái cũng như mỹ quan, cảnh quan và môi trường của hệ thống hang động ở Vườn Quốc gia Phong Nha - Kẻ Bàng. Các đề xuất cải tiến trong kỹ thuật chiếu sáng hang động, nhằm đảm bảo tốt cho hoạt động du lịch nhưng không làm mất đi tính hoang sơ, tính tự nhiên và đặc biệt là môi trường sinh thái để hướng tới du lịch bền vững.

2. Kết quả thảo luận

2.1. Kết quả nghiên cứu các điều kiện vi khí hậu và môi trường trong lòng hang

Các biến đổi của các thành tạo do tác động

của các hoạt động du lịch, các sản phẩm du lịch, các hoạt động xây dựng công trình phục vụ du lịch thể hiện rõ trong phân tích một số chỉ tiêu khí hậu/vi khí hậu và môi trường lòng hang. Kết quả quan trắc và đo đạc các thông số về khí hậu và môi trường trong, ngoài của 4 hang (Phong Nha, Tiên Sơn, Thiên Đường và Hang Va) bao gồm: nhiệt độ, độ ẩm tương đối, áp suất, cường độ ánh sáng, tốc độ gió/dòng khí... và sinh thái lòng hang. Khảo sát lấy mẫu và phân tích tại chỗ tại các vị trí là cửa hang, giữa lòng hang, cuối hang và bên ngoài hang. Các phép phân tích tại chỗ gồm đo khí, đo nước, chụp ảnh hiện trường, lấy mẫu đại diện (thạch nhũ), động vật thủy sinh và thực vật địa sinh, thực vật thủy sinh. Các yếu tố khí hậu và môi trường như nhiệt độ, độ ẩm, tốc độ gió... và hàm lượng các khí CO₂, CH₄, NO_x, SO₂, CO và TVOC được phân tích và quan trắc tại chỗ trên hệ máy Toxic Gas TG 501 Grey Wolf với độ phân giải cao. Các kết quả có thể thống kê như sau:

Bảng 1: Các chỉ tiêu khí hậu

	Hang Phong Nha			
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang	Ngoài hang
Nhiệt độ (T°C)	25,3	25,3	24,5	27,5 ⁰
Độ ẩm (%)	97,6	101	102	94,8%
Vận tốc gió (m/s)	0	0	0-0,1	0,4-1,8
Áp suất (atm)	1	1	1	1
Cường độ sáng (Lux)	46	1	0	9.300
	Hang Thiên Đường			
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang	Ngoài hang
Nhiệt độ (T°C)	22	20,5	20,3	24,5 ⁰
Độ ẩm (%)	85,2	96,4	103	96,8%
Vận tốc gió (m/s)	0,1-0,2	0	0,4	0,6-1,5
Áp suất (atm)	1	1	1	0,99
Cường độ sáng (Lux)	244	1	0	7.200
	Hang Va			
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang	Ngoài hang
Nhiệt độ (T°C)	22	22,4	22,4	24,1 ⁰
Độ ẩm (%)	92	96	98,2	91,1%
Vận tốc gió (m/s)	0	0	0	0 3-1 1
Áp suất (atm)	1	1	1	1
Cường độ sáng (Lux)	5	0	0	8.500
	Hang Tiên Sơn			
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang	Ngoài hang
Nhiệt độ (T°C)	25,1	23,7	21,9	25,1 ⁰
Độ ẩm (%)	84,6	88,3	96,3	96,1%
Vận tốc gió (m/s)	0,1	0	0	0,5-1,9
Áp suất (atm)	1	1	1	1
Cường độ sáng (Lux)	88	2	0	9.800

Chú thích: X: Có; để trống: không có

Bảng 2: Các chỉ tiêu chất lượng nước

	Hang Phong Nha		
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang
Nhiệt độ (T°C)	25,5	25,3	25,48
pH	8,48	8,57	8,56
DO (mg/l)	5,9	6	6,27
Độ cứng CaCO ₃ (mg/l)	120	120	118
BOD (mg/l)	6	5,5	5,5
Tổng chất hòa tan	0,1581	0,1497	0,1507
Chất rắn lơ lửng (NTU)	4,9	4	4,2
COD (mg/l)	7,2	7,6	7,2
	Hang Thiên Đường		
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang
Nhiệt độ (T°C)		20,56	22,02
pH		8,19	8,6
DO (mg/l)		3,97	5,45
Độ cứng CaCO ₃ (mg/l)		94	132
BOD (mg/l)		3	3
Tổng chất hòa tan		0,1555	0,1493
Chất rắn lơ lửng (NTU)		11,9	9,4
COD (mg/l)		4,2	8,1
	Hang Va		
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang
Nhiệt độ (T°C)	22,74	22,28	21,93
pH	8,29	8,01	8,26
DO (mg/l)	7,25	7,33	4,9
Độ cứng CaCO ₃ (mg/l)	145	140	110
BOD (mg/l)	2	2	0
Tổng chất hòa tan	0,1353	0,135	0,1666
Chất rắn lơ lửng (NTU)	3,6	5,7	59,9
COD (mg/l)	3,2	3,5	3,0

Ghi chú: cửa hang Thiên Đường và hang Tiên Sơn không có nước

Phân tích các số liệu trong các bảng 1, 2 và 3 cho thấy:

Nhiệt độ của nước và không khí bên trong các hang tương đương nhau, không chênh lệch nhau nhiều lắm. So với cửa động thì càng đi sâu trong lòng hang thì nhiệt độ giảm. Với tất cả các hang, nhiệt độ trong hang thấp hơn nhiệt độ ngoài trời.

Độ ẩm tăng dần từ ngoài hang vào đến bên trong, càng vào sâu độ ẩm càng tăng. Bên trong hang, độ ẩm thường ở mức bão hòa (100%) ở tất cả các hang. Đặc biệt có một số hang như Thiên Đường, Phong Nha độ ẩm đạt trên mức >100% tại các khu vực sâu trong hang.

Tốc độ gió có ảnh hưởng rất lớn đến sự điều

hòa không khí trong hang, các kết quả quan trắc cho thấy: tốc độ gió ngoài trời trung bình vào khoảng 0,2 đến 0,5m/s (những ngày bình thường về gió). Phần lớn các hang một cửa thì tốc độ gió trong hang đều bằng 0m/s. Tuy nhiên đối với một số hang như Thiên Đường, Phong Nha, tại các điểm quan trắc phía trong hang thì tốc độ gió lại lớn hơn ở cửa hang, đặc biệt khi địa điểm quan trắc gần đến các vị trí có giềng trời thì tốc độ gió có thể lên tới 0,4m/s.

Hàm lượng khí CO₂ trong trong lòng của tất cả các hang cao hơn nhiều so với ở bên ngoài. Với hang chưa đưa vào khai thác du lịch (như hang Va) hay hang khai thác du lịch nhưng thời điểm vắng khách thăm quan (Tiên Sơn vào giữa

Bảng 3: Phân tích hàm lượng khí

	Hang Phong Nha			
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang	Ngoài hang
CO ₂ (mg/m ³)	1.974	2.151	2.274	1.067
NO ₂ (mg/m ³)	0,01	0	0	1,32
CH ₄ (mg/m ³)	<GH	<GH	<GH	0
SO ₂ (ppm)	4.215	7.109	9.933 - 13.042	0
CO (ppm)	1,2	1,0	1,5	0,4
TVOC (ppb)	3.490 - 3.500	3.382	3.085	316 - 470
	Hang Thiên Đường			
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang	Ngoài hang
CO ₂ (mg/m ³)	1.880 - 2.100	1.413	816 - 1.040	1.067
NO ₂ (mg/m ³)	0,12	0,09-0,1	0,02	1,01
CH ₄ (mg/m ³)	<GH	<GH	<GH	0
SO ₂ (ppm)	11,5	245,5	13.821,3	122,6
CO (ppm)	6,6-7,2	1,45	1,6	0,5
TVOC (ppb)	4.600 - 5.200	2.301	5.036	227-360
	Hang Va			
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang	Ngoài hang
CO ₂ (mg/m ³)	1.293	1.540	1.420	1.306
NO ₂ (mg/m ³)	0,09	0,07	0,09	1,0
CH ₄ (mg/m ³)	<GH	<GH	<GH	0
SO ₂ (ppm)	0	9,5	9,0	112,2
CO (ppm)	1,2	1,4	1,0	0,4
TVOC (ppb)	3.130	0	0	327-360
	Hang Tiên Sơn			
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang	Ngoài hang
CO ₂ (mg/m ³)	1.205	1.294-1.384	2.867 - 2.947	1.980
NO ₂ (mg/m ³)	0,1	0,1	0,07	0,12
CH ₄ (mg/m ³)	<GH	<GH	<GH	<GH
SO ₂ (ppm)	727,3	1,2	1,0	0
CO (ppm)	0,4	1,4	1,3	0,4
TVOC (ppb)	1.889	2.076	3.316	316-470

Chú thích: GH: Giới hạn phát hiện

trưa) thì hàm lượng khí CO_2 sâu trong hang lớn hơn ở miệng hang và cao hơn bên ngoài. Với các hang ở thời điểm khách viếng thăm đông như (Thiên Đường, Tiên Sơn) thì kết quả lại không tuân theo quy luật trên mà hàm lượng CO_2 tại địa điểm đó và thời điểm đó cao hơn phía trong hang.

Qua quá trình quan trắc tất cả các điểm lựa chọn (bao gồm các vị trí hốc hang), nhìn chung hàm lượng khí CH_4 tại tất cả các điểm đo đều thấp hơn giới hạn phát hiện của đầu đo. Nói cách khác là nồng độ CH_4 đang nằm trong giới hạn an toàn cho phép đối với tất cả hang đã và chưa khai thác du lịch.

Hàm lượng khí NO_2 tại các điểm quan sát của tất cả các hang đều bé nằm ở ngưỡng $< 0,12$ mg/lít. Càng đi sâu vào hang nồng độ loại khí này càng giảm. Các hang chưa tổ chức khai thác du lịch thì loại khí này gần như không xuất hiện (như hang Va chẳng hạn).

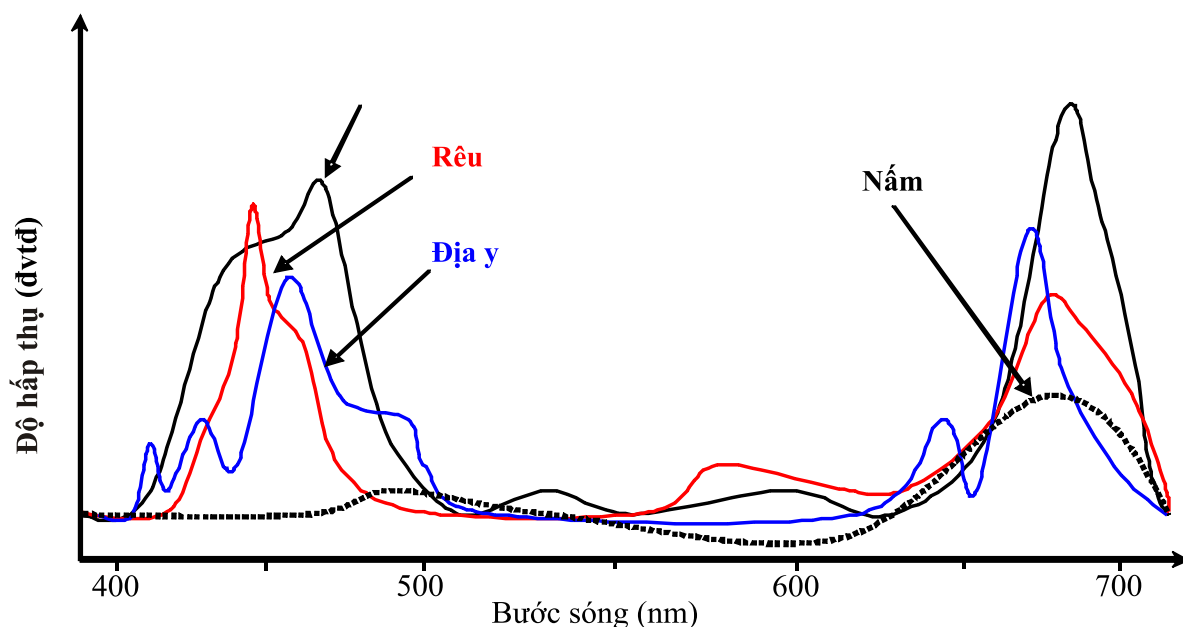
Đã tiến hành quan trắc các loại khí khác như: SO_2 , CO và TVOC, kết quả cho thấy các loại khí này thay đổi bất thường tùy thuộc vào vị trí quan

trắc trong hang. Tuy nhiên một điều đặc biệt là đối với các hang đã và đang khai thác du lịch đều có hàm lượng cao, đặc biệt là khí CO và TVOC.

2.2. Nghiên cứu các quá trình hấp thụ, quang hợp của các loài thực vật



Hình 1: Rêu xuất hiện trên thạch nhũ làm cho chúng bị biến màu nhanh hơn



Hình 2: Phổ hấp thụ của các mẫu thực vật (Rêu, Địa y; Dương xỉ; Nấm) thu được từ các hang Thiên Đường, Phong Nha và Tiên Sơn

Quá trình quang hợp ở thực vật sẽ tạo ra chất hữu cơ, biến đổi và tích lũy năng lượng (năng lượng vật lý thành năng lượng hoá học), hấp thụ CO_2 và thải O_2 vào không khí. Lá thực vật có các tế bào mô giậu và tế bào bao bó mạch chứa các lục lạp, trong đó các hạt Grana chứa hệ sắc tố quang hợp (hấp thụ và chuyển hoá quang năng thành hoá năng) và chất nền chứa enzym đồng hoá CO_2 . Các nghiên cứu cho thấy: thực vật sống ở khí hậu nhiệt đới và cận nhiệt đới, khí hậu nóng ẩm kéo dài thì cấu trúc lá có tế bào bao bó mạch thường có cường độ quang hợp cao hơn, điểm bù CO_2 thấp hơn, thoát hơi nước thấp hơn [3]. Quá trình quang hợp phụ thuộc vào các yếu tố [6]:

+ Nồng độ CO_2 : Nồng độ CO_2 tăng dần đến điểm bão hoà thì cường độ quang hợp tăng dần; từ điểm bão hoà trở đi, nồng độ CO_2 tăng thì cường độ quang hợp giảm dần.

+ Ánh sáng: Cường độ ánh sáng tăng dần đến điểm bão hoà thì cường độ quang hợp tăng dần; từ điểm bão hoà trở đi, cường độ ánh sáng tăng thì cường độ quang hợp giảm dần. Phổ hấp thụ diệp lục của cây chủ yếu tập trung ở 2 vùng ánh sáng màu đỏ có dài bước sóng (600-700nm) và vùng ánh sáng màu xanh có dài bước sóng (400-500nm). Trong khi đó phổ nhạy của mắt người mạnh nhất trong khoảng 500-600nm, ngược với phổ hấp thụ của các chất diệp lục của cây [6], đây là cơ sở để thiết kế và sử dụng chiếu sáng phục vụ du lịch hang động hiệu quả.

+ Nhiệt độ: Khi nhiệt độ tăng đến nhiệt độ tối ưu thì cường độ quang hợp tăng rất nhanh, thường đạt cực đại ở 25-35°C rồi sau đó giảm mạnh.

+ Nước: Hàm lượng nước trong không khí, trong lá, trong đất ảnh hưởng đến quá trình thoát hơi nước → ảnh hưởng đến độ mở khí khổng → ảnh hưởng đến tốc độ hấp thụ CO_2 vào lục lạp → ảnh hưởng đến cường độ quang hợp.

+ Dinh dưỡng khoáng: Các nguyên tố khoáng ảnh hưởng đến quá trình tổng hợp các sắc tố quang hợp, enzym quang hợp... → ảnh hưởng đến cường độ quang hợp.

Đề có cơ sở khoa học trong việc hạn chế sự xuất hiện và phát triển của các loài thực vật trong lòng hang, chúng tôi đã nghiên cứu các điều kiện vi khí hậu và môi trường thuận lợi cho sự hấp thụ quang hóa của các loài thực vật xuất hiện ở các

hang Thiên Đường, Phong Nha, Tiên Sơn (Ở trong lòng hang Va chưa quan sát thấy các thực vật như vậy xuất hiện).

Kết quả khảo sát trong lòng các hang đang được đưa vào khai thác du lịch đều thu được thực vật thuộc các nhóm: rêu, địa y, nấm và dương xỉ, chúng đều xuất hiện trên các vách hang, thạch nhũ, lòng hang tại các vị trí được chiếu sáng. Như vậy theo đúng quy luật tồn tại của các loài thực vật là ngoài các yếu tố như: nước, nhiệt độ, dinh dưỡng khoáng chất thì nồng độ CO_2 và ánh sáng là hai yếu tố quan trọng nhất cho quá trình quang hợp và quang hình thái của cây. Các nghiên cứu cho thấy, các thạch nhũ có thực vật ký sinh đều làm phân hóa chúng, làm cho chúng bị phân rã (biến mùn) nhanh (hình 1) [3,4,5].

Như trên đã phân tích, thực vật có thể xuất hiện và sống được trong các hang tối với các điều kiện cần mà tự nhiên có sẵn như nước, nhiệt độ, dinh dưỡng khoáng chất và CO_2 , còn điều kiện đủ là phải có ánh sáng. Có ánh sáng thì thực vật mới có thể quang hợp được, đó là quá trình hấp thụ ánh sáng và sử dụng năng lượng này để thực hiện các phản ứng quang hóa để phát triển. Chính lý do trên mà các kết quả nghiên cứu phổ hấp thụ của các loài thực vật có thể xuất hiện trong lòng hang sẽ là căn cứ khoa học để chúng ta có thể cải tiến hệ thống chiếu sáng sao cho vẫn đảm bảo các yêu cầu đề ra của hoạt động du lịch nhưng lại hạn chế được sự xuất hiện và phát triển của các loài thực vật này, tránh được các tác động tiêu cực đến mỹ quan, cảnh quan lòng hang. Phổ hấp thụ trong vùng ánh sáng nhìn thấy (từ 400 - 760nm) đo được của các loại thực vật thu được từ các hang nghiên cứu được trình bày ở hình 2. Kết quả cho thấy thành phần quang phổ hấp thụ thu được chủ yếu ở miền ánh sáng đỏ (620 - 760nm) và miền ánh sáng lam chàm tím (400 - 500nm) của tất cả các loại thực vật rêu, địa y, nấm, dương xỉ.

2.3. Đề xuất cải tiến hệ thống chiếu sáng trong phục vụ du lịch hang động

Như trên đã phân tích, vai trò của ánh sáng trong việc tôn thêm vẻ hùng vĩ, huyền bí... và là không thể thiếu trong phục vụ du lịch hang động. Muốn phát huy được tất cả các vai trò của ánh sáng trong chiếu sáng phục vụ du lịch hang động, nhưng vẫn hạn chế được các yếu tố tác

động đến hệ sinh thái cũng như các thành tạo trong lòng hang, nhằm bảo tồn được các nguyên trạng của quần thể khu Di sản, ta có thể thay đổi thành phần phổ ánh sáng, thay đổi cường độ chiếu sáng và thay đổi thời gian chiếu sáng là các thông số của kỹ thuật cần điều chỉnh phù hợp để hạn chế sự tăng trưởng của từng loại cây, ngăn chặn có hiệu quả cao nhất quá trình quang hợp của chúng. Cần lưu ý rằng, ở đây chúng ta không phải giảm yêu cầu chiếu sáng mà chỉ thay đổi cách chiếu sáng sao cho giảm điện năng tiêu thụ và giảm lượng khí CO₂ thải ra làm ô nhiễm môi trường do chiếu sáng và hạn chế sự xuất hiện cũng như phát triển của hệ thực vật tại các vị trí không mong muốn.

Hiện nay, việc chiếu sáng trong các hang động đang khai thác du lịch ở các hang động thuộc Vườn Quốc gia Phong Nha - Kẻ Bàng đã được cải tiến rất nhiều. Các loại đèn pha, đèn màu sợi đốt đã được thay thế bằng các đèn LED thân thiện với môi trường. Điều đó đã thực hiện được hai chỉ tiêu là giảm lượng khí thải CO₂ và tiết kiệm năng lượng. Hai loại đèn LED đang được sử dụng chủ yếu tại các hang Thiên Đường, Phong Nha và Tiên Sơn và phổ huỳnh quang của nó được mô tả ở hình 3.

được ở các khu vực được chiếu sáng. Trên cơ sở thực trạng của việc chiếu sáng như trên đã phân tích, để khắc phục các ảnh hưởng của việc chiếu sáng tác động đến hệ sinh thái cũng như các thành tạo trong lòng hang, chúng ta cần điều chỉnh cách chiếu sáng bằng cách thay đổi thành phần phổ ánh sáng, thay đổi cường độ chiếu sáng và thay đổi thời gian chiếu sáng.

- Thay đổi thành phần phổ ánh sáng của các đèn chiếu sáng; nghĩa là ta làm thay đổi phổ của ánh sáng để không còn nằm trong dải hấp thụ của các thực vật xuất hiện trong hang. Cách thay đổi này có thể đưa đến hiệu quả cao trong hạn chế các tác động tích cực đến hệ sinh thái cây trong lòng hang và thường có hai cách:

+ Thay đổi hệ thống đèn chiếu sáng bằng cách loại bỏ hoàn toàn các đèn hiện có và thay bằng hệ thống đèn LED có vùng phổ huỳnh quang trong khoảng từ 500 - 600nm. Cách này có thể gây ra tổn kém rất lớn, tuy nhiên về lâu dài khi các đèn hiện đang được sử dụng để chiếu sáng đã hết tuổi thọ cần thay thế, khi đó ta có thể thay bằng loại đèn mới có các tiêu chuẩn kỹ thuật như đã chỉ ra ở trên.

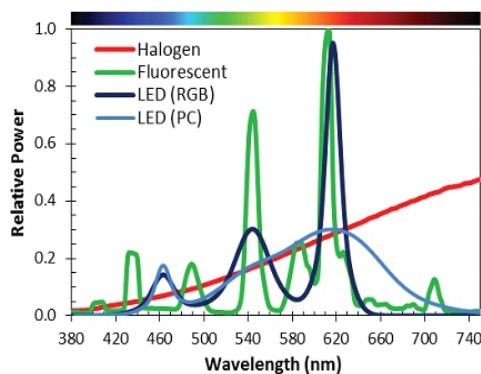
+ Thay đổi thành phần phổ huỳnh quang bằng cách sử dụng một màng lọc ánh sáng



(a)



(b)



(c)

Hình 3: (a,b) hai loại đèn pha LED (PC) đang được sử dụng tại để chiếu sáng tại các hang Thiên Đường, Phong Nha và Tiên Sơn; (c) phổ huỳnh quang của các loại đèn chiếu sáng công suất cao

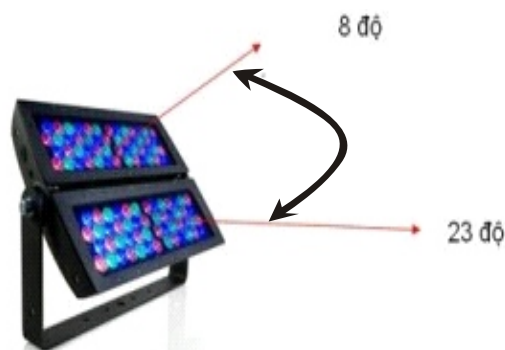
Từ hình 3c, ta thấy phổ huỳnh quang của cả hai loại đèn này đều nằm trong vùng từ 430 - 700nm (vùng phổ mạnh nhất ở 540 - 680nm) và đây là vùng hấp thụ mạnh của các loại thực vật, và vì vậy các thực vật này xuất hiện và phát triển

(Filter light) phủ trước pha của các đèn hiện tại đang sử dụng (màng lọc này có thể là thủy tinh pha tạp Dy⁺³). Với cách này có thể sử dụng hệ thống chiếu sáng như hiện tại, ít tổn kém và khả thi hơn.

- Thay đổi cường độ chiếu sáng và thời gian chiếu sáng: Khi cường độ ánh sáng tăng dần đến điểm bão hòa thì cường độ quang hợp của cây cũng tăng dần. Từ điểm bão hòa trở đi, cường độ ánh sáng tăng thì cường độ quang hợp giảm dần. Tuy nhiên, chúng ta không thể tăng cường độ chiếu sáng trên bảo hòa quá nhiều, vì lý do cường độ bão hòa đối với các loại rêu, địa y... khá lớn lên đến 20.000 Lux (ngưỡng trên của các đèn công suất 200W có hiệu suất 200 - 300 lm/W) [6]. Vì vậy chúng ta nên kết hợp thay đổi cường độ chiếu sáng và thời gian chiếu sáng thông qua việc thay đổi góc chiếu sáng lên đối tượng. Ta biết rằng, phổ ánh sáng LED phát ra tập trung trong phạm vi tương đối nhỏ trong dãy sóng điện từ nên có độ đơn sắc theo góc chiếu khá cao [6]. Ánh sáng phát ra có màu sắc hài hòa và đa dạng, vì vậy bằng cách quay góc pha của đèn chiếu sáng sao cho thời gian chiếu sáng tại một góc nào đó lên đối tượng chiếu sáng luôn thay đổi để không tạo ra điều kiện tối ưu trong chiếu sáng, nhằm hạn chế được các yếu tố tác động đến hệ sinh thái cũng như các thành tạo trong lòng hang, bảo tồn được các nguyên trạng của quần thể khu Di sản nhưng vẫn đảm bảo các yêu cầu của chiếu sáng hang động như mong muốn (hình 4).

3. Kết luận

Trong các yếu tố tác động mạnh đến sự phát triển bền vững (duy trì cảnh quan, bảo tồn tính nguyên trạng) của hệ thống hang động khi đưa vào khai thác du lịch, thì các tác động do sự tăng hàm lượng của khí CO₂ và ánh sáng lòng hang là



Hình 4: Thay đổi góc chiếu sáng là một cách để cường độ chiếu sáng và thời gian chiếu sáng

rõ nét nhất. Khi hàm lượng CO₂ tăng cao, sẽ xảy ra quá trình bào mòn nhũ đá mạnh hơn, điều đó dẫn đến cảnh quan tự nhiên của cả hệ thống thạch nhũ, vách đá sẽ thay đổi theo chiều hướng tiêu cực. Khi ánh sáng trong lòng hang tăng lên (do chiếu sáng nhân tạo phục vụ du lịch) sẽ kích thích sự phát triển của các hệ thực vật bên trong lòng hang (rêu, địa y, nấm mốc phát triển trên các vách đá và thạch nhũ được chiếu sáng), điều này sẽ làm biến đổi hệ sinh thái, khí hậu và thậm chí là mỹ quan lòng hang, và đây là nguy cơ làm phân hóa hệ thạch nhũ đã được hình thành từ hàng triệu năm. Để hướng tới du lịch bền vững, chúng ta cần có kế hoạch trong khai thác du lịch, trong xây dựng các công trình phục vụ du lịch đặc biệt là vấn đề chiếu sáng sao cho vẫn đảm bảo yêu cầu cho hoạt động du lịch nhưng vẫn bảo vệ được môi trường và giữ nguyên trạng và sự phát triển của hệ thống thạch nhũ, vách đá ■

Tài liệu tham khảo:

- [1]. GS.TS Trần Nghi (chủ biên), “Di sản Thiên nhiên thế giới - Vườn Quốc gia Phong Nha - Kẻ Bàng, Quảng Bình, Việt Nam”, (2009).
- [2]. Thư viện Sinh học, Ảnh hưởng của cường độ ánh sáng đến quá trình quang hợp (2005).
- [3]. Trinh Anh Duc and Javier Garcia Guinea; (2013) “Vulnerability, pressures, and protection of karst caves and their speleothems in Ha Long Bay, Vietnam”; Environmental Earth Sciences (ISSN 1866-6280-DOI 10.1007/s12665-013-2884-z)
- [4]. Trinh Anh Duc; “Microscopic analysis of Speleothem in Ha Long Bay, a proxy for regional environmental assessment”; The Tenth International Symposium on Southeast Asian Water Environment (2012)
- [5]. Gams, I., Nicod, J., Sauro, M., Julian, E. and Anthony, U. (1993) Environmental change and Human Impacts on the Mediterranean karsts of France, Italy and the Dinaric Region. In P.W.Williams (ed.) Karst Terrains: Environmental Changes and Human Impacts. Catena Verlag, Cremlingen-Destedt, p. 59-98.
- [6]. <http://sunled.com.vn/tin-tuc/tin-cong-nghe/phan-tich-dac-tinh-mau-sac-anh-sang-led.html>.