HIỆU QUẢ CỦA PHÂN BÓN NITƠ VÀ PHỐT PHO TRONG SINH TRƯỞNG CỦA CÂY SƠN TA (*Toxicodendron succedaneum* (L.) Kuntze) TIẾP XÚC VỚI STRESS CADMIUM

Bùi Thị Tuyết Xuân[1*], Nguyễn Văn Sinh[1], Đặng Thị Thu Hương[1], Nguyễn Hùng Mạnh[1], Nguyễn Tiến Dũng[1], Vũ Đình Duy[2*]

[1]*Viện Sinh thái và Tài nguyên Sinh vật, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

[2]*Viện Sinh thái Nhiệt đới, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga*

TÓM TẮT

Ảnh hưởng của phân bón nitơ (N) và phốt pho (P) lên các tính trạng tăng trưởng và quang hợp của cây Sơn ta (*Toxicodendron succedaneum* (L.) Kuntze) tiếp xúc với stress Cd đã được nghiên cứu. Các công thức dinh dưỡng khác nhau của N và/hoặc P đã được kết hợp với hai mức xử lý Cd, Cd- (0 mg) hoặc Cd (50 mg kg^{-1} đất khô). Stress Cd đã gây ra ảnh hưởng đáng kể trên hầu hết các chỉ tiêu tăng trưởng chính của cây. Sự khác biệt về chiều cao giữa những cây trồng tiếp xúc với stress Cd trong điều kiện thiếu N (PN-) và đủ N (NP- và NP) đã cho thấy ảnh hưởng của stress Cd lên chiều cao cây phụ thuộc vào dinh dưỡng P. Hiệu quả tương tác giữa N và P đã đem lại tiềm năng cao nhất để cải thiện sinh khối của cây Sơn ta bị stress Cd. Sự kết hợp của điều kiện N thiếu với stress Cd khiến cho cây có phản ứng tăng tích lũy sinh khối ở rễ cao hơn các bộ phận khác. Khi tiếp xúc với stress Cd, sự thiếu hụt N cũng khiến cho thể tích và đường kính rễ bị ức chế đáng kể nhưng đã được cải thiện khi N được bổ sung đầy đủ. Ảnh hưởng của Cd stress lên khả năng quang hợp của cây Sơn ta phụ thuộc vào điều kiện dinh dưỡng N, trong khi vai trò của P là không đáng kể. Có thể kết luận, dinh dưỡng N đầy đủ là điều cần thiết cho sự tăng trưởng và quang hợp của cây Sơn ta trong điều kiện bị stress Cd.

Từ khóa: cây Sơn ta, ni tơ, phốt pho, sinh trưởng, stress cadmium.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự dư thừa hoặc thiếu hụt hàm lượng các chất dinh dưỡng thiết yếu trong đất, bón phân kém hoặc áp lực môi trường có thể là một trong những lý do chính khiến cho sản lượng và chất lượng của cây trồng thấp. Phân bón nitơ (N) là chất dinh dưỡng quan trọng nhất cho sự phát triển của cây trồng và sự góp mặt của N đóng vai trò quan trọng trong việc cải thiện sản xuất nông nghiệp (Chen et al., 2011; Zong et al., 2014; Singh et al., 2016). Phốt pho (P) cũng được coi là chất dinh dưỡng chính cho sự phát triển của thực vật (Hinsinger, 2001; Kim và Li, 2016) và cần thiết để duy trì chất lượng và sản lượng tối ưu của cây trồng (Zapata và Zaharah, 2002). Cadmium (Cd) là một trong những kim loại nặng phổ biến có thời gian bán hủy sinh học rất dài và cực kỳ bền bỉ trong môi trường, nó rất độc đối với người và động vật, dễ dàng bị cây trồng hấp thụ, do đó nó là mối đe dọa đối với hệ sinh thái rừng (Banni et al., 2010; Li et al., 2013). Vì vậy mà Cd được xem như là chất gây ô nhiễm nghiêm trọng nhất trong tầng sinh thái và là mối quan tâm lớn đối với môi trường vì là một kim loại độc hại tồn tại trong đất.

Nhiều nghiên cứu đã chứng minh rằng sự thích nghi của thực vật với các áp lực môi trường có thể được kiểm soát bởi các chất khoáng đa lượng và vi lượng như N, Si, Zn (Malčovská et al., 2014; Dresler et al., 2015; Liu et al., 2016). Sự kết hợp của N với P có thể cải thiện sự tăng trưởng và năng suất của cây trồng (Gan et al., 2015; Razaq et al., 2017). Do đó, chúng tôi thực hiện nghiên cứu hiệu quả của việc bổ sung N và P lên khả năng sinh trưởng và quang hợp của thực vật trong điều kiện cây trồng tiếp xúc với stress kim loại nặng, cụ thể là xử lý với Cd.

Cây Sơn ta (*Toxicodendron succedaneum* (L.) Kuntze) là một loài thực vật có hoa trong họ Đào lộn hột (Anacardiaceae), là loài cây có giá trị kinh tế cao vì cây cho nhựa là nguồn nguyên liệu quý rất cần thiết cho nhiều ngành công nghiệp và thủ công nghiệp như làm đồ mỹ nghệ (sơn, gắn các mặt hàng chắp bằng tre nứa, các sản phẩm thủ công, hàng sơn mài, sơn dầu...), sơn tàu thuyền, sản xuất các vật liệu cách điện. Rễ, lá, vỏ quả được dùng làm thuốc

[*]*Corresponding author: tuyetxuansttv@gmail.com; duydinhvu87@gmail.com*

chữa một số bệnh theo kinh nghiệm dân gian. Loài này có phân bố chủ yếu ở vùng đồi núi trung du phía Bắc Việt Nam, được nhân giống và phát triển thành nghề sơn tập trung ở tỉnh Phú Thọ. Hiện nay, diện tích đất trồng cây Sơn ta đang dần bị hạn chế và bị khai thác quá mức nên ngày càng trở nên nghèo kiệt, bạc màu dẫn tới cây Sơn ta cho năng suất thấp, chu kỳ khai thác ngắn, sản lượng nhựa không cao và giá trị thấp. Thêm vào đó, tình trạng ô nhiễm môi trường ở Việt Nam nói chung và trên địa bàn tỉnh Phú Thọ nói riêng đang ngày càng phức tạp mà nguyên nhân chính là do chất thải và nước thải chưa qua xử lý hoặc xử lý chưa triệt để vẫn còn tồn dư lượng lớn các kim loại nặng, phân bón hóa học, các loại thuốc bảo vệ thực vật, nước thải từ chăn nuôi... từ các hoạt động sản xuất công nghiệp, nông nghiệp, hoạt động khai khoáng, từ các làng nghề và đô thị. Việc nghiên cứu ảnh hưởng của các tác nhân gây stress phi sinh học lên cây Sơn ta và cơ chế của phản ứng thích nghi của nó sẽ là cơ sở áp dụng để cải thiện giống, tăng cường khả năng chống chịu của cây Sơn ta với điều kiện môi trường bất lợi, hỗ trợ thúc đẩy quá trình sinh trưởng phát triển, đồng thời góp phần cải thiện năng suất và chất lượng tiềm năng của cây trồng trong các điều kiện môi trường khác nhau là việc hết sức cần thiết. Trên cơ sở đó, chúng tôi nghiên cứu về ảnh hưởng của điều kiện dinh dưỡng N, P lên sự sinh trưởng và quang hợp của cây Sơn ta trong điều kiện stress Cd. Nghiên cứu sẽ tiến hành điều tra hiệu quả dinh dưỡng của N, P lên các đặc điểm tăng trưởng chính và các thông số trao đổi khí liên quan đến quá trình quang hợp của cây Sơn ta trong ứng phó với stress Cd.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Địa điểm nghiên cứu

Thí nghiệm được tiến hành tại xã Dị Nậu, huyện Tam Nông, Phú Thọ, nơi có điều kiện khí hậu và thổ nhưỡng phù hợp cho cây Sơn ta sinh trưởng và phát triển.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Trồng cây và thiết kế thí nghiệm

- Cây giống Sơn ta sẽ được thu thập từ vườn giống của công ty cung cấp giống cây trồng lâm nghiệp tại xã Dị Nậu, huyện Tam Nông, Phú Thọ, sau đó được xử lý và tạo hom.

- Hom (rễ và cành) có kích thước dài 15 cm, đường kính 1 cm, sẽ được kích thích ra rễ và trồng trong các chậu, cung cấp dung dịch dinh dưỡng LA (Long Ashton). Sau khi trồng khoảng 20 tuần trong nhà kính, các cây phát triển tương đối đồng đều sẽ được lựa chọn cho bố trí thí nghiệm.

- Các thí nghiệm được thực hiện ngay tại vườn giống cây Sơn ta trên địa bàn xã Dị Nậu. Thí nghiệm được tiến hành trong nhà kính bán mở trong 8 tuần. Một thiết kế giai thừa của các điều kiện N và P bao gồm: thiếu N đủ P (PN-), đủ N thiếu P (NP-), đủ N đủ P (NP), kết hợp với 2 mức độ xử lý Cd là Cd- và Cd+ (50 $mg \cdot kg^{-1}$ $CdSO_4$). Liều 50 $mg \cdot kg^{-1}$ $CdSO_4$ đã được thông qua trong thí nghiệm sơ bộ, cho thấy rằng cây con Sơn ta có thể chịu đựng được nồng độ Cd này. Đối với mỗi phương pháp thí nghiệm kết hợp thiếu N hoặc đủ N, mỗi chậu nhận được 0 mM hoặc 1,0 mM NH_4NO_3, tương ứng, và thiếu P hoặc đủ P, mỗi chậu nhận được 0 mM hoặc 0,65 mM KH_2PO_4, tương ứng.

- Đối với tất cả các công thức thí nghiệm xem xét ảnh hưởng của N, sẽ được áp dụng với dung dịch LA (Long Ashton) đã sửa đổi không có N (0.5 mM KCl, 0.9 mM $CaCl_2$, 0.3 mM $MgSO_4$, 0.6 mM KH_2PO_4, 42 µM K_2HPO_4, 10 µM Fe-EDTA, 2 µM $MnSO_4$, 10 µM H_3BO_3, 7 µM Na_2MoO_4, 0.05 µM $CoSO_4$, 0.2 µM $ZnSO_4$, và 0.2 µM $CuSO_4$). Với các công thức thí nghiệm xem xét ảnh hưởng của P sẽ được áp dụng với dung dịch LA sửa đổi không có P (1.0 mM NH_4NO_3, 0.5 mM KCl, 0.9 mM $CaCl_2$, 0.3 mM $MgSO_4$, 10 µM Fe-EDTA, 2 µM $MnSO_4$, 10 µM H_3BO_3, 7 µM Na_2MoO_4, 0.05 µM $CoSO_4$, 0.2 µM $ZnSO_4$, và 0.2 µM $CuSO_4$). Dung dịch dinh dưỡng cứ định kỳ 3 ngày thì được thêm vào 100 mL cho mỗi chậu. Thí nghiệm bao gồm tổng số 48 cây con (2 công thức xử lý N × 2 công thức xử lý P × 2 CT xử lý Cd × 6 khối). Đối với mỗi công thức xử lý kết hợp N, P và Cd, mỗi khối có một cây con.

Sơ đồ bố trí thí nghiệm:

	Cd-						Cd+					
N-P-	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	2-1	2-2	8-3	8-4	8-5	8-6
N-	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6	4-1	4-2	4-3	4-4	4-5	4-6
P-	5-1	5-2	5-3	5-4	5-5	5-6	6-1	6-2	6-3	6-4	6-5	6-6
NP	7-1	7-2	7-3	7-4	7-5	7-6	8-1	8-2	8-3	8-4	8-5	8-6

N-: 0 mM NH_4NO_3 (Không bổ sung) *N: 1.0 mM NH_4NO_3*

P-: 0 mM KH_2PO_4 (Không bổ sung) *P: 0,65 mM KH_2PO_4*

Cd+: 50 mg·kg^{-1} $CdSO_4$

Đo đếm các chỉ tiêu tăng trưởng và các thông số trao đổi khí

Kết thúc đợt thí nghiệm, các thông số trao đổi khí được đo trực tiếp trên các lá của mỗi cây bao gồm hiệu suất quang hợp thuần (A), tốc độ thoát hơi (E), độ dẫn khí (g_s), nồng độ CO_2 trong tế bào (CO_{2int}) và nhiệt độ lá (T_l) bằng hệ thống đo quang hợp di động (Yaxin-1102). Tất cả các cây con đều được thu hoạch và được sử dụng để nghiên cứu các đặc điểm tăng trưởng chính gồm chiều cao cây, các thông số rễ, sinh khối và các đặc điểm sinh lý của mỗi cơ quan. Các thông số rễ được phân tích bằng hệ thống phân tích rễ Win/MacRHIZO.

2.3. Xử lý số liệu

Phân tích thống kê được thực hiện bằng phần mềm SAS v.9.1.3. Tính quy phạm của tất cả các dữ liệu đã được kiểm tra bằng cách sử dụng quy trình UNIVARIATE trong phần mềm SAS v.9.1.3. Các số liệu được thể hiện trên biểu đồ thông qua phần mềm Origin 10.5. Để kiểm tra ảnh hưởng của phương pháp xử lý N, P đối với các biến thực nghiệm, tất cả các biến được phân tích bằng ANOVA hai chiều. Phân tích ANOVA một chiều được sử dụng để nghiên cứu sự khác biệt về các tính trạng tăng trưởng tương đối giữa các phương pháp xử lý khác nhau. Sự khác biệt được coi là có ý nghĩa nếu giá trị P của F -test nhỏ hơn 0,05.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Sinh trưởng và sinh khối của cây Sơn ta

Kết quả cho thấy, đường kính thân và tỉ lệ R/S không bị ảnh hưởng bởi các yếu tố dinh dưỡng (N, P) hay stress Cd, và cũng không bị ảnh hưởng bởi sự tương tác giữa hai yếu tố này (N×Cd). Trong khi đó, yếu tố dinh dưỡng đã gây ra ảnh hưởng đáng kể trên các chỉ tiêu chiều cao cây và sinh khối thân mà không gây ra ảnh hưởng đáng kể trên các chỉ tiêu khác. Tuy nhiên, stress Cd đã gây ra ảnh hưởng đáng kể trên hầu hết các chỉ tiêu tăng trưởng chính của cây như: chiều cao, sinh khối lá, sinh khối thân, sinh khối rễ, tổng sinh khối cây và số lá/cây. Ngoài ra, sự kết hợp giữa 2 yếu tố dinh dưỡng và stress Cd (N×Cd) đã chỉ gây ra mức ảnh hưởng đáng kể đối với chỉ tiêu sinh khối lá. Các kết quả đã được trình bày trong bảng 1.

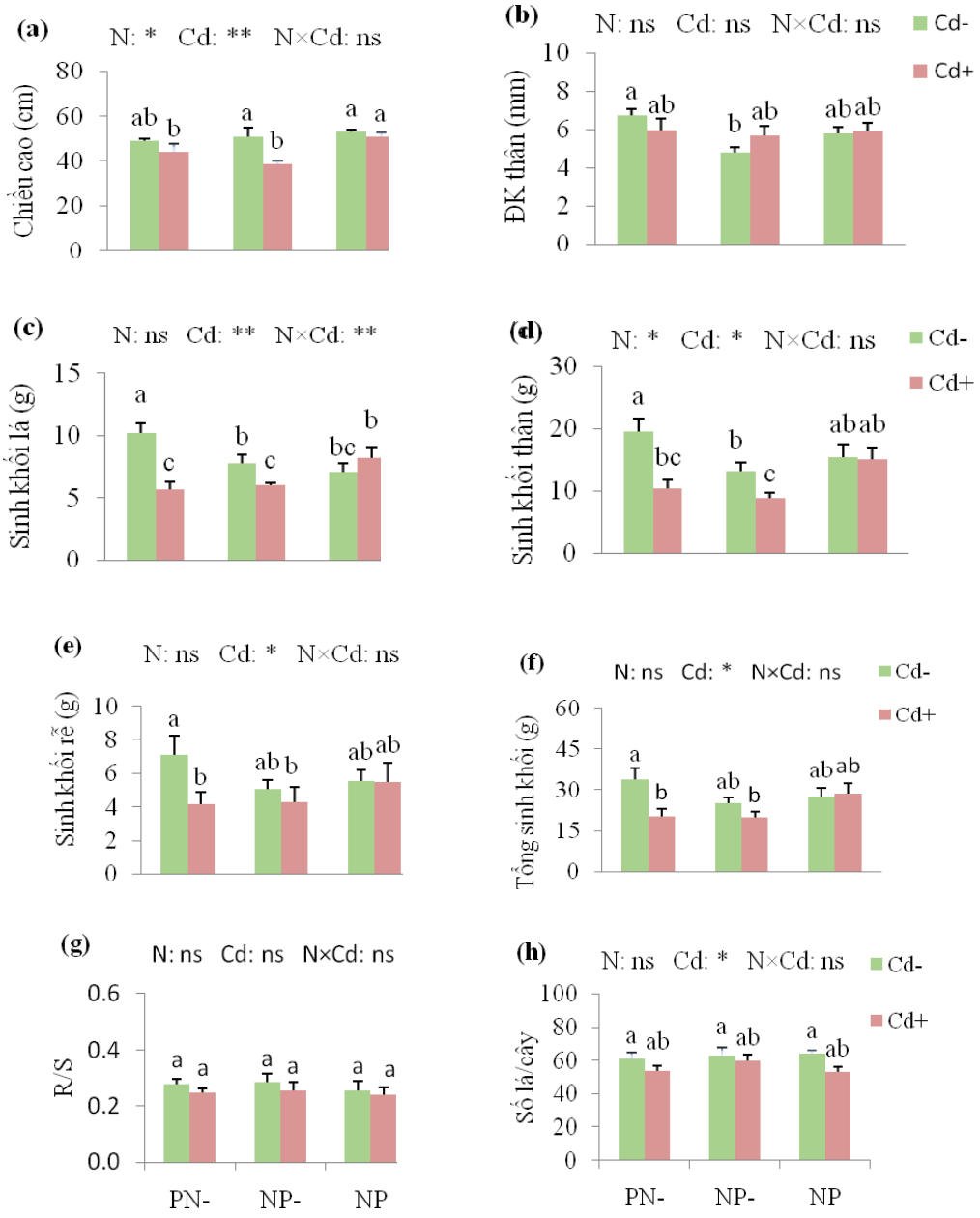
Bảng 1. Giá trị F của phân tích ANOVA hai yếu tố trên các đặc điểm tăng trưởng chính

Yếu tố	Chiều cao	Đường kính	R/S	SK lá	SK thân	SK rễ	Tổng SK	Số lá/cây
N (dinh dưỡng N, P)	4,03*	1,93	0,37	1,06	3,14*	0,69	1,87	0,84
Cd (Cadmium)	9,77**	0,10	1,43	9,48**	5,35*	3,54*	5,71*	6,00*
N×Cd	1,50	0,83	0,03	8,84**	1,81	1,44	2,86	0,63

*Ghi chú: *, P < 0,05; **, P < 0,01; ***, P < 0,001; ****, P < 0,0001*

Ảnh hưởng của dinh dưỡng N, P và tương tác giữa chúng lên các đặc điểm tăng trưởng chính của cây Sơn ta tiếp xúc với stress Cd được thể hiện qua hình 1. Tính trạng chiều cao cây giảm mạnh bởi stress Cd khi thiếu P mà không thay đổi đáng kể trong các điều kiện đủ P (PN- và PN). Trong khi đó, khi xem xét các chỉ tiêu đường kính thân, R/S và số lá/cây chúng tôi đã không ghi nhận được sự thay đổi đáng kể nào được gây ra bởi stress Cd bất kể điều kiện dinh dưỡng. Tổng sinh khối và sinh khối từng phần (lá, thân, rễ) của cây đều có xu hướng giảm (tuy mức độ giảm ở sinh khối rễ và tổng sinh khối biểu hiện là không đáng kể) bởi stress Cd ở các điều kiện dinh dưỡng thiếu một trong 2 yếu tố N hoặc P (PN- và NP-) và được cải thiện trong phản ứng với stress Cd ở điều kiện bổ sung đầy đủ dinh dưỡng N và P (NP).

Nghiên cứu của Waraich et al. (2015) đã chỉ ra rằng, bổ sung P trong đất có thể làm tăng chiều dài chồi, chiều dài rễ, sinh khối khô và tươi của rễ. Trong nghiên cứu này, chiều cao cây đã bị giảm mạnh do thiếu P (NP-) khi phản ứng với stress Cd, trong khi nguồn cung P (PN-, NP) đã thay đổi đáng kể các tác động bất lợi của stress Cd lên chiều cao cây. Khi so sánh, không thấy có sự khác biệt về chiều cao giữa những cây trồng tiếp xúc với stress Cd trong điều kiện thiếu N (PN-) và đủ N (NP- và NP). Điều này chỉ ra rằng, ảnh hưởng của stress Cd lên chiều cao cây phụ thuộc vào dinh dưỡng P. Mặt khác, Drew và Saker (1978) đã chứng minh rằng, P không đủ có thể dẫn đến suy giảm năng suất và sản lượng cây trồng, gây ra phản ứng đáp trả ở thực vật bằng cách tăng phân bổ sinh khối và P cho rễ, khiến cho sinh khối rễ và hàm lượng P trong rễ tăng cao hơn so với trong các bộ phận khác (thân, lá).



Hình 1. Ảnh hưởng của dinh dưỡng N, P và tương tác giữa chúng lên các đặc điểm tăng trưởng chính của cây Sơn ta tiếp xúc với stress Cd

*(Các chữ cái khác nhau (a, b, c) cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê. Thanh bar chỉ ra mức ý nghĩa ± SE (n=6). Các mức ý nghĩa (ANOVA): N, xử lý với dinh dưỡng N, P; Cd, xử lý Cd và sự kết hợp của chúng (N × Cd). * P <0,05; ** P <0,01; *** P <0,001; **** P <0,0001; ns, không đáng kể.)*

Trong nghiên cứu này, chúng tôi cũng đã nhận thấy, ở những cây Sơn ta tiếp xúc với stress Cd trong điều kiện thiếu P (NP-) có sinh khối lá và sinh khối thân giảm mạnh, trong khi sinh khối rễ lại không có sự khác biệt lớn so với cây không bị stress Cd. Điều này có thể giải thích rằng, sự kết hợp điều kiện thiếu P và stress Cd khiến cho cây có phản ứng đáp trả bằng cách tăng phân bổ sinh khối cho rễ, cũng giải thích cho việc tỉ lệ R/S không bị thay đổi bởi stress Cd trong điều kiện thiếu P. Hơn nữa, cũng trong nghiên cứu này, nhận thấy rằng việc bổ sung đầy đủ dinh dưỡng cả N và P có ý nghĩa rất lớn nhằm mục đích tăng sinh khối của cây Sơn ta trong điều kiện stress Cd. Ở đây, dường như N và P đã có sự tương tác thuận lợi với nhau và mang lại tiềm năng cải thiện hiệu quả về mặt sinh khối cho cây Sơn ta trong điều kiện bị stress Cd.

3.2. Các chỉ tiêu thông số rễ

Kết quả bảng 2 cho thấy, cây Sơn ta tiếp xúc với stress Cd đã không biểu hiện sự thay đổi đáng kể nào so với điều kiện bình thường ở các chỉ tiêu tổng chiều dài rễ (cm), tổng diện tích bề mặt rễ, số lượng đầu rễ, chiều dài rễ cám và tỉ lệ rễ cám dưới ảnh hưởng của tất cả các điều kiện dinh dưỡng đã được xem xét (PN-, NP- hay NP). Khi so sánh, trong điều kiện dinh dưỡng thiếu N, đường kính trung bình rễ (mm) và tổng thể tích rễ (cm^3) đã bị giảm đáng kể để đáp ứng với điều kiện stress Cd, trong khi ở các điều kiện dinh dưỡng có bổ sung N đầy đủ (NP- hay NP) đều không phát hiện sự thay đổi này (Bảng 2).

Nhiều nghiên cứu đã chứng minh rằng, các ion cadmium (Cd^{2+}) có thể hoạt động như một yếu tố gây stress và do đó làm giảm sức sống của thực vật, ức chế sự phát triển và có thể là nguyên nhân gây thiếu hụt chất dinh dưỡng thiết yếu trong thực vật (Schützendübel et al., 2001; Hatata & Abdel-Aal, 2008; Khan et al., 2016). Để đối phó với stress phi sinh học, thực vật có thể tối đa hóa việc lấy nước và chất dinh dưỡng từ đất bởi một hệ thống rễ phát triển mạnh mẽ (Comas et al., 2013; Steinemann et al., 2015). Như nghiên cứu của Gessler et al. (2017) chỉ ra rằng, việc bổ sung N đầy đủ có thể tăng cường độ dẻo dai của rễ trong ứng phó với stress hạn hán.

Trong nghiên cứu này, hầu hết các chỉ tiêu tăng trưởng của rễ đều không biểu hiện mức độ sai khác lớn giữa các công thức bố trí thí nghiệm. Tuy nhiên, ở các chỉ tiêu tăng trưởng đường kính và thể tích rễ đã bị ức chế do stress Cd trong điều kiện thiếu N, trong khi xu hướng này được giảm bớt trong điều kiện N đủ. Có thể kết luận rằng, việc bổ sung dinh dưỡng N lên hệ thống rễ đã có những tác động tích cực nhất định và có đóng góp quan trọng trong việc tăng cường khả năng chống chịu stress Cd của cây Sơn ta.

Bảng 2. Ảnh hưởng của N, P lên các thông số rễ ở cây Sơn ta tiếp xúc với stress Cd

		Tổng chiều dài rễ (cm)	Tổng diện tích bề mặt rễ (cm^2)	Đường kính trung bình rễ (mm)	Tổng thể tích rễ (cm^3)	Số lượng đầu rễ	Chiều dài rễ cám (0 < D ≤ 0,2 mm)	Tỉ lệ rễ cám (%)
PN-	Cd-	1349,08a	440,07a	1,05a	11,54a	1886,33b	73,13b	5,63ab
		±171,45	*±55,69*	*±0,05*	*±1,65*	*±130,67*	*±7,07*	*±0,42*
	Cd+	1460,99a	352,00a	0,76b	6,81b	2275,17ab	104,80ab	7,38a
		±215,29	*±59,69*	*±0,03*	*±1,35*	*±212,49*	*±14,82*	*±0,67*
NP-	Cd-	1731,52a	406,35a	0,84ab	8,53ab	2666,00a	126,77a	7,39a
		±145,22	*±40,87*	*±0,05*	*±0,96*	*±115,33*	*±10,28*	*±0,32*
	Cd+	1370,18a	360,78a	0,86ab	7,67ab	2186,33ab	92,85ab	6,90ab
		±146,51	*±25,40*	*±0,05*	*±0,48*	*±160,26*	*±10,03*	*±0,56*
NP	Cd-	1497,23a	408,52a	0,90a	8,96ab	2126,17ab	95,22ab	6,75ab
		±290,83	*±66,18*	*±0,03*	*±1,19*	*±228,85*	*±13,40*	*±0,57*
	Cd+	1643,80a	471,00a	0,90a	10,97a	2184,17ab	86,00b	5,38b
		±284,54	*±80,73*	*±0,06*	*±2,14*	*±205,94*	*±17,17*	*±0,46*

Ghi chú: Chiều dài rễ cám, là chiều dài của những rễ có đường kính từ 0 - 0,2 mm. Các dữ liệu in nghiêng chỉ ra mức ý nghĩa ±SE (n = 6). Các chữ cái khác nhau (a, b, c) cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê.

3.3. Các thông số trao đổi khí

Dữ liệu chỉ ra rằng, yếu tố dinh dưỡng (N, P) đã gây ra ảnh hưởng đáng kể trên một số chỉ tiêu thông số trao đổi khí như: độ dẫn khí khổng (g_s), nồng độ CO_2 nội bào (CO_{2int}) và nhiệt độ lá. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, không nhận thấy ảnh hưởng đáng kể của stress Cd lên bất kỳ thông số trao đổi khí nào, thay vào đó, ảnh hưởng tương tác giữa yếu tố dinh dưỡng (N, P) và stress Cd (N×Cd) lên hầu hết các thông số trao đổi khí (trừ nhiệt độ lá) đã được phát hiện. Kết quả thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3. Giá trị F của phân tích ANOVA hai yếu tố trên các thông số trao đổi khí

Yếu tố	WUE	A	E	g_s	CO_{2int}	T_l
N (dinh dưỡng N, P)	0,18	0,65	2,73	10,04***	3,50*	207,02****
Cd (cadmium)	1,10	1,63	2,96	1,06	1,53	4,07
N×Cd	8,37***	3,25*	12,96****	7,11**	36,84****	0,50

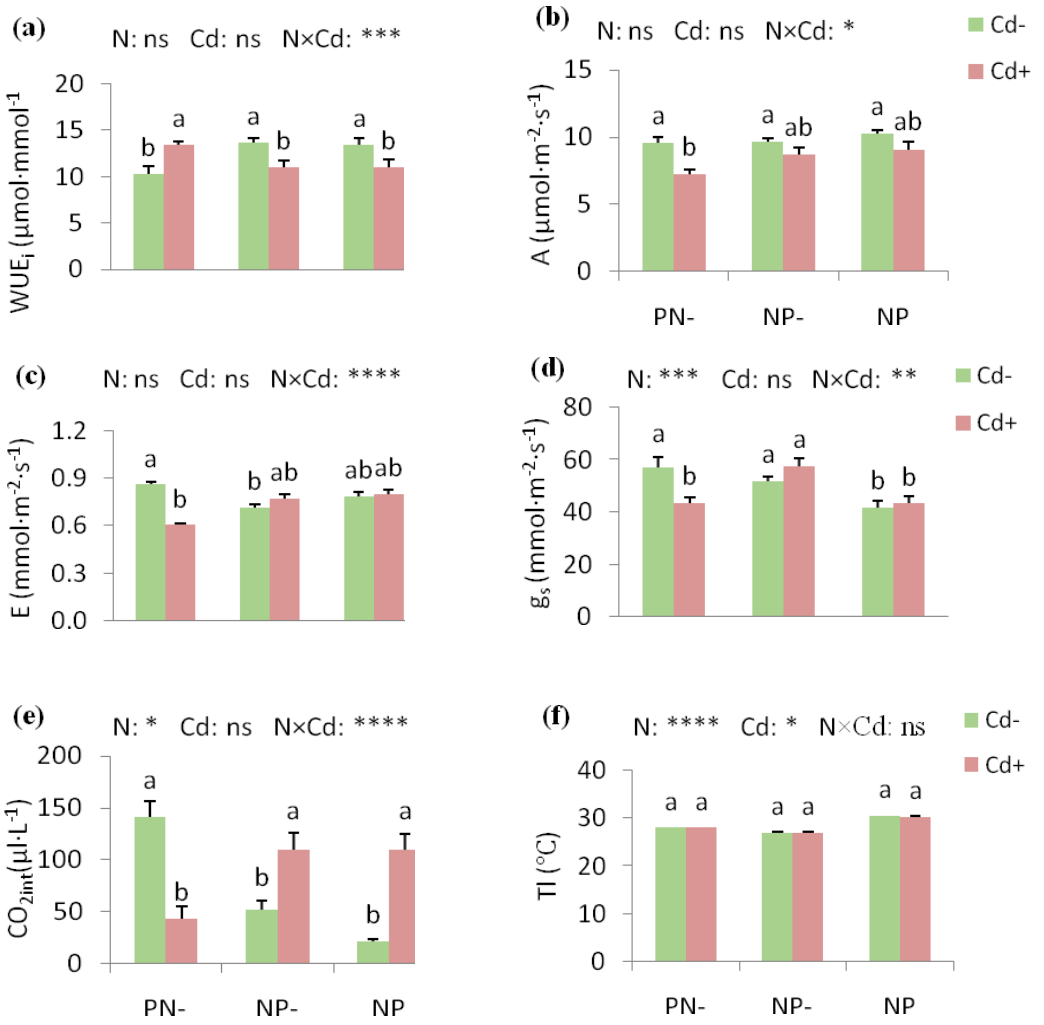
*Ghi chú: WUE, hiệu quả sử dụng nước tức thời; A, hiệu suất quang hợp thuần; E, tốc độ thoát hơi nước; g_s, độ dẫn khí khổng; CO_{2int}, nồng độ CO_2 nội bào; Tl, nhiệt độ lá. ***, P < 0,001; ****, P < 0,0001*

Kết quả chỉ ra rằng trong điều kiện thiếu N đủ P (PN-), lá cây Sơn ta tiếp xúc với stress Cd có hiệu quả sử dụng nước tức thời (WUE) tăng lên đáng kể, hiệu suất quang hợp thuần (A) không đổi, trong khi độ dẫn khí khổng (g_s) bị suy giảm, tốc độ thoát hơi nước qua lá (E) và nồng độ CO_2 nội bào (CO_{2int}) cũng bị giảm mạnh so với những cây ở điều kiện bình thường. Trong khi đó, ở các công thức thí nghiệm đủ N thiếu P (NP-) hay đầy đủ N và P (NP) đều không ghi nhận được sự thay đổi của WUE, A, E và g_s, tuy nhiên CO_{2int} lại tăng lên đáng kể ở những cây Sơn ta tiếp xúc với stress Cd so với những cây ở điều kiện bình thường. Kết quả cũng cho thấy rằng, nhiệt độ lá không bị ảnh hưởng bởi stress Cd trong tất cả các điều kiện dinh dưỡng đã được áp dụng.

Nhiệt độ, nồng độ CO_2 và cường độ ánh sáng là những yếu tố có thể hạn chế tốc độ quang hợp. Nhiệt độ của lá (T_l) là sự đảm bảo cho thực vật thực hiện các hoạt động sống và liên quan chặt chẽ đến cây trồng tăng trưởng khỏe mạnh. Việc đo chính xác nhiệt độ của lá rất có ý nghĩa để hiểu điều kiện sinh lý, hướng dẫn tưới tiêu trong đất nông nghiệp, chọn giống và dự báo sản xuất (Yu et al., 2016). Khoảng nhiệt độ thích hợp nhất cho sự sinh trưởng và phát triển của phần lớn cây trồng nông nghiệp biến thiên trong khoảng nhiệt độ từ 15^{o}C - 40^{o}C. Ở nhiệt độ cao hay thấp hơn khoảng giới hạn này thì sự sinh trưởng sẽ bị giảm 1 cách nhanh chóng. Trong nghiên cứu này cho thấy, nhiệt độ lá (T_l) của cây Sơn ta đã được duy trì ổn định bởi ảnh hưởng của các yếu tố dinh dưỡng N và/hoặc P được thêm vào mà không bị dao động quá mức bởi stress Cd, và do đó đảm bảo điều kiện nhiệt độ thích hợp duy trì quá trình quang hợp của cây được diễn ra bình thường.

Hiệu quả sử dụng nước tức thời (WUE là tỷ lệ giữa đồng hóa CO_2 (A) và thoát hơi nước (E); A/E) (Medrano et al., 2015) thường được xem xét ở cấp độ tán và cấp độ lá. Trong nghiên cứu này, WUE được xem xét ở cấp độ lá, nơi mà việc sử dụng nước được kiểm soát bởi năng lượng sẵn có trên lá, sự thâm hụt áp suất hơi và trao đổi khí động học và được điều chỉnh bởi độ dẫn của khí khổng (g_s) (Hatfield & Dold, 2019). Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra sự thay đổi trong con đường truyền tín hiệu quang hợp của cây Sơn ta bị ảnh hưởng của stress phi sinh học, độ dẫn khí khổng (g_s) bị hạn chế bởi ảnh hưởng của stress Cd kết hợp với điều kiện N thiếu (PN-), khiến cho tốc độ thoát hơi nước (E) bị giảm, đồng thời khi đó sự xâm nhập của CO_2 vào tế bào lá cũng bị hạn chế bởi sự đóng cửa lỗ khí dẫn tới tỉ lệ quang hợp (A) bị giảm đáng kể, hiệu quả sử dụng nước tức thời (WUE) được nâng lên. Điều này cũng phù hợp với các nghiên cứu trước đây đã

chứng minh rằng, thiếu N sẽ ức chế quang hợp ở cây Ô liu (Boussadia et al., 2010) hay giảm tỉ lệ quang hợp có liên quan mật thiết tới sự suy giảm của độ dẫn khí khổng (g_s) ở cây Cao lương do tình trạng thiếu dinh dưỡng N (Zhao et al., 2005). Ngược lại, trong nghiên cứu này, điều kiện N đủ đã góp phần giảm nhẹ tác động của stress Cd lên hệ thống quang hợp của cây, các thông số trao đổi khí được cải thiện khiến tỉ lệ quang hợp không bị giảm, dẫn tới sinh khối cây Sơn ta được nâng lên rõ rệt. Kết quả này cũng chỉ ra rằng, ảnh hưởng của stress Cd lên quang hợp của cây Sơn ta phụ thuộc vào yếu tố dinh dưỡng N.



Hình 2. Ảnh hưởng của dinh dưỡng N, P và tương tác giữa chúng lên các thông số trao đổi khí của cây Sơn ta tiếp xúc với stress Cd

*(Các chữ cái khác nhau (a, b, c) trên các thanh chỉ ra sự khác biệt đáng kể. Thanh bar chỉ ra mức ý nghĩa ± SE (n=6). Các mức ý nghĩa (ANOVA): N, xử lý với dinh dưỡng N, P; Cd, xử lý Cd và sự kết hợp của chúng (N × Cd). * P <0,05; ** P <0,01; *** P <0,001; **** P <0,0001; ns, không đáng kể.)*

4. KẾT LUẬN

Ảnh hưởng tương tác giữa N và P mang lại tiềm năng cải thiện hiệu quả cao nhất về mặt sinh khối cho cây Sơn ta bị stress Cd. Sự kết hợp điều kiện thiếu P (NP-) và stress Cd khiến cho cây có phản ứng đáp trả bằng cách tăng phân bổ sinh khối cho rễ. Thiếu dinh dưỡng N khiến cho các chỉ tiêu tăng trưởng đường kính và thể tích rễ bị ức chế đáng kể, trong khi điều kiện N đủ giúp các chỉ tiêu này được cải thiện rõ rệt. Ảnh hưởng của stress Cd lên quang hợp của cây Sơn ta phụ thuộc vào yếu tố dinh dưỡng N, vai trò của P trong trường hợp này là không đáng kể. Thiếu N sẽ khiến các thông số trao đổi khí ở cây Sơn ta tiếp xúc với stress Cd bị giảm đáng kể, dẫn tới quang hợp bị suy

giảm. Ngược lại, N đầy đủ sẽ góp phần cải thiện tình trạng này.

LỜI CẢM ƠN

Bài báo được thực hiện thông qua sự hỗ trợ kinh phí của đề tài cấp cơ sở mã số IEBR ĐT.5-20 và đề tài trẻ mã số IEBR TST.5-20.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Banni M., Messaoudi I., Said L., Heni J.E., Kerkeni A., Said K., 2010. Metallothionein gene expression in liver of rats exposed to cadmium and supplemented with zinc and selenium. Arch Environ Contam Toxicol, 59:513-519.

2. Boussadia O., Steppe K., Zgallai H., Hadj S.B.E., Brahama M., Lemeur R., Labeke M.C.V., 2010. Effects of nitrogen deficiency on leaf photosynthesis, carbohydrate status and biomass production in two olive cultivars 'Meski' and 'Koroneiki'. Scientia Horticulturae, 123:336–342.

3. Chen L., Han Y., Jiang H., Korpelainen H., Li C., 2011. Nitrogen nutrient status induces sexual differences in responses to cadmium in *Populus yunnanensis*. Journal of Experimental Botany, 62 (14):5037-5050.

4. Comas L.H., Becker S.R., Cruz V.M.V., Byrne P.F., Dierig D.A., 2013. Root traits contributing to plant productivity under drought. Front Plant Sci, 4:442.

5. Dresler S., Wójcik M., Bednarek W., Hanaka A., Tukiendorf A., 2015. The effect of silicon on Maize growth under cadmium stress. Russian Journal of Plant Physiology, 62 (1):86-92.

6. Drew M.C., Saker L.R., 1978. Nutrient Supply và the Growth of the Seminal Root System in Barley. III. Compensatory Increases in Growth of Lateral Roots and in Rates of Phosphate Uptake in Response to a Localised Supply of Phosphate. J Exp Bot, 29: 435–451.

7. Gan H., Jiao Y., Jia J., Wang X., Li H., Shi W., Peng C., Polle A., Luo Z.B., 2015. Phosphorus and nitrogen physiology of two contrasting poplar genotypes when exposed to phosphorus and/or nitrogen starvation. Tree physiology: 1-17.

8. Gessler A., Schaub M., McDowell N.G., 2017. The role of nutrients in drought-induced tree mortality và recovery. New Phytol, 214:513–520.

9. Hatata M.M., Abdel-Aal E.A., 2008. Oxidative stress and antioxidant defense mechanisms in response to cadmium treatments. American-Eurasian J Agric & Environ, 4:655-669.

10. Hatfield J.L., Dold C., 2019. Water-Use Efficiency: Advances and Challenges in a Changing Climate. Frontiers in Plant Science 10: 103.

11. Hinsinger P., 2001. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. Plant and Soil, 237(2):173–195.

12. Khan M.I.R., Iqbal N., Masood A., Mobin M., Anjum N.A., Khan N.A., 2016. Modulation and significance of nitrogen and sulfur metabolism in cadmium challenged plants. Plant Growth Regul, 78:1-11.

13. Kim H.J., Li X., 2016. Effects of phosphorus on shoot and root growth, partitioning and phosphorus utilization efficiency in Lantana. Hort Science, 51: 1001–1009.

14. Li Y., Zhang X., Yang Y., Duan B., 2013. Soil cadmium toxicity and nitrogen deposition differently affect growth and physiology in *Toxicodendron vernicifluum* seedlings. Acta Physiol Plant, 35:529 - 540.

15. Liu W., Zhang C., Hu P., Luo Y., Wu L., Sale P., Tang C., 2016. Influence of nitrogen form on the phytoextraction of cadmium by a newly discovered hyperaccumulator *Carpobrotus rossii*. Environ Sci Pollut Res, 23: 1246–1253.

16. Malčovská S.M., Dučaiová Z., Maslaňáková I., Bačkor M., 2014. Effect of silicon on growth, photosynthesis, oxidative status and phenolic compounds of Maize (*Zea mays* L.) grown in cadmium excess. Water Air Soil Pollut, 225:1-11.

17. Medrano H., Tomás M., Martorell S., Flexas J., Hernández E., Rosselló J., Pou A., Escalona J.M., Bota J., 2015. From leaf to whole-plant water use efficiency (WUE) in complex canopies: Limitations of leaf WUE as a selection target. The Crop Journal, 5: 220 – 228.

18. Razaq M., Zhang P., Shen H., Salahuddin., 2017. Influence of nitrogen and phosphorous on the growth and root morphology of Acer mono. PLoS ONE, 12: 1-13.

19. Schützendübel A., Schwanz P., Teichmann T., Gross K., Langenfeld-Heyser R., Godbold D.L., Polle A., 2001. Cadmium-induced changes in antioxidative systems, hydrogen peroxide content and differentiation in scots pine roots. Plant Physiology, 127:887-898.

20. Singh M., Khan M.M.A., Naeem M., 2016., Effect of nitrogen on growth, nutrient assimilation, essential oil content, yield and quality attributes in *Zingiber officinale* Rosc. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 15: 171-178.

21. Steinemann S., Zeng Z.H., McKay A., Heuer S., Langridge P., Huang C.Y., 2015. Dynamic root responses to drought and re-watering in two wheat (Triticum aestivum) genotypes. Plant Soil, 391:139–152.

22. Waraich E.A., Ahmad Z., Ahmad R., Ashraf M.Y., 2015. Foliar applied phosphorous enhanced growth, chlorophyll contents, gas exchange attributes and PUE in wheat (*Triticumaestivum* L.). Journal of Plant Nutrition, 38(12):1929–1943.

23. Yu L., Wang W., Zhang X., Zheng W., 2016. A Review on Leaf Temperature Sensor: Measurement Methods and Application. Paper presented at International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture. pp.216-230, ⟨1010.1007/978-3-319-48357-3_21⟩

24. Zapata F., Zaharah A.R., 2002. Phosphate availability from phosphate rock and sewage sludge as influenced by addition of water soluble phosphate fertilizers. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 63(1):43–48.

25. Zhao D., Reddy K.R., Kakani V.G., Reddy V.R., 2005. Nitrogen deficiency effects on plant growth, leaf photosynthesis and hyperspectral reflectance properties of sorghum. European Journal of Agronomy, 22:391–403.

26. Zong N., Song M., Shi P., Jiang J., Zhang X., Shen Z., 2014. Timing patterns of nitrogen application alter plant production and CO_2 efflux in an alpine meadow on the Tibetan Plateau, China. Pedobiologia, 57:263–269.

EFFECTS OF NITROGEN AND PHOSPHORUS NUTRIENTS ON GROWTH OF THE WAX TREE (*Toxicodendron succedaneum* (L.) Kuntze) EXPOSED TO CADMIUM STRESS

Bui Thi Tuyet Xuan[1*], Nguyen Van Sinh[1], Dang Thi Thu Huong[1], Nguyen Hung Manh[1], Nguyen Tien Dung[1], Vu Dinh Duy[2*]

[1]*Institute of Ecology and Biological Resources (IEBR), Vietnam Academy of Science and Technology (VAST)*

[2]*Institute of Tropical Ecology, Vietnam-Russia Tropical Centre*

SUMMARY

The effects of N and P fertilizers on growth straits and photosynthesis of wax trees (*Toxicodendron succedaneum* L. Kuntze) exposed to Cd stress was investigated. The different nutrition formulas of N and/or P were combined with two Cd treatment levels Cd- (0 mg) or Cd (50 mg kg^{-1} dry soil). Cd stress caused a significant effect on all of the growth straits. The difference in plant height under deficient-N (PN-) and sufficient-N (NP-, NP) conditions showed the influences of Cd stress on plant height depend on P nutrient. The interaction effect between N and P had the highest potential to improve the biomass of *T. succedaneum*. The combination of deficient-P (NP-) condition and stress Cd caused the higher biomass accumulation in plant roots. Under Cd stress, the N deficiency leading to the root diameter and root volume were significantly inhibited, but they were elevated by N application. The effect of Cd stress on photosynthesis of *T. succedaneum* was depended on N nutrient status. In conclusions, adequate N nutrition was essential for the growth and photosynthesis of *T. succedaneum* exposed to Cd stress.

Keywords: **Cadmium stress**, **growth straits, nitrogen, phosphorus, the wax tree, *Toxicodendron succedaneum*.**

Ngày nhận bài : 17/10/2020
Ngày phản biện : 01/12/2020
Ngày quyết định đăng : 15/12/2020