

SỰ TÍCH LŨY CADMIUM VÀ PHẢN ỨNG SINH LÝ CỦA LOÀI SƠN TA (*Toxicodendron succedaneum* (L.) Kuntze) VỚI STRESS CADMIUM DƯỚI ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỀU KIỆN DINH DƯỠNG NITƠ VÀ PHỐT PHO

Bùi Thị Tuyết Xuân¹, Vũ Đình Duy², Nguyễn Tiên Dũng¹

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

²Viện Sinh thái Nhiệt đới, Trung tâm Nhiệt đới Việt – Nga

TÓM TẮT

Ảnh hưởng của nitơ (N) và phốt pho (P) đến khả năng tích lũy cadmium (Cd) và phản ứng sinh lý của cây Sơn ta (*Toxicodendron succedaneum* (L.) Kuntze) tiếp xúc với stress Cd đã được nghiên cứu. Thí nghiệm được tiến hành với các điều kiện N và/hoặc P khác nhau kết hợp với tình trạng stress Cd vừa phải. Việc bổ sung Cd trong đất làm tăng tích lũy Cd trong các mô thực vật, chủ yếu tích lũy ở rễ cây, ít hơn ở thân và ít nhất ở lá. Sự thiếu hụt chất dinh dưỡng N (PN-) làm cho hàm lượng proline tự do tăng lên đáng kể khi phản ứng với stress Cd. Hàm lượng đường hòa tan tăng lên đáng kể trong điều kiện đủ N nhưng không thay đổi trong điều kiện tình trạng thiếu N bất chấp sự có mặt của P. Việc bổ sung đầy đủ N sẽ thúc đẩy quá trình chuyển hóa tinh bột thành đường để tạo ra nguồn năng lượng cho các hoạt động tổng hợp và phân chia tế bào trong cây Sơn ta tiếp xúc với stress Cd. Hàm lượng diệp lục và carotenoid không bị ảnh hưởng bởi stress Cd bất kể điều kiện N và P. Thiếu N (PN-) ảnh hưởng đến tốc độ tổng hợp protein dẫn đến hàm lượng protein giảm mạnh. Kết quả cho thấy rằng, việc bổ sung N đầy đủ có ý nghĩa quan trọng hơn so với chất dinh dưỡng P trong phản ứng với stress Cd ở *T. succedaneum*.

Từ khóa: cây Sơn ta, phản ứng sinh lý, stress cadmium, tích lũy cadmium, *Toxicodendron succedaneum*.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cadmium (Cd), là một kim loại nặng cực độc, được tích lũy trong đất vườn do tưới bằng nước thải từ hoạt động khai thác và khí thải công nghiệp, các ứng dụng của thuốc trừ sâu, thuốc diệt nấm và phân bón (Fang & Zhu, 2014; Li et al., 2014). Khi được thực vật hấp thụ quá mức, Cd có thể ảnh hưởng tiêu cực đến nhiều quá trình sinh lý quan trọng như làm suy giảm quá trình quang hợp, giảm tổng hợp chất diệp lục, gây ra stress oxy hóa, giảm hoạt động enzyme và nồng độ dinh dưỡng, ức chế tăng trưởng, dẫn đến năng suất cây trồng thấp hơn (Benavides et al., 2005; Clemens et al., 2013; Luo et al., 2014; Zhang et al., 2002). Hơn nữa, Cd có thể được chuyển đổi hiệu quả từ rễ cây sang lá hoặc quả và do đó tích lũy trong thực phẩm. Khi hàm lượng Cd tích lũy trong các bộ phận vượt quá tiêu chuẩn an toàn sẽ là nguyên nhân gây bệnh cho con người bao gồm bệnh tim mạch, thiếu máu mãn tính, ung thư phổi và tổn thương hệ thần kinh (Das et al., 1997; Hall, 2002; Nawrot et al., 2006).

Ở Việt Nam, tình trạng ô nhiễm kim loại nặng đang ngày càng trở nên phổ biến do sự phát triển mạnh mẽ của các ngành công nghiệp

và khai khoáng. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng khi hàm lượng các kim loại nặng trong đất cao có thể tích lũy hoặc cố định trong các bộ phận của cây (phytostabilization) và khi vượt ngưỡng cho phép chúng có thể gây ảnh hưởng tới sức khỏe con người và gây ô nhiễm môi trường (Hương và cs., 2016). Kết quả nghiên cứu khả năng tích lũy Chì (Pb) và Cd trong các bộ phận của cây cà chua cho thấy dư lượng Pb, Cd trong các bộ phận của cây đều tăng khi hàm lượng của chúng trong đất tăng lên, và mức độ tích lũy là khác nhau giữa các bộ phận của cây (Hương và cs., 2016). Theo nghiên cứu của tác giả Đặng Đình Kim và cs. (2011) đã cho thấy 2 loài *Pteris vittata* và *Pityrogramma calomelanos* có khả năng tích lũy hàm lượng Asen (As) từ 900 - 1500 mg/kg, hơn nữa, hai loài này cũng có thể áp dụng cho xử lý Cd, Pb và Zn (Kẽm) nếu cùng tồn tại ở hàm lượng thấp trong đất (Đặng Đình Kim và cs., 2011).

Trong khi đó, N và P là hai chất dinh dưỡng khoáng đa lượng thiết yếu cho sinh trưởng của thực vật (Krapp, 2015; Kim & Li, 2016). Vai trò của N trong việc giảm thiểu độc tính của Cadmium đối với sự phát triển của thực vật đã

được báo cáo trong nhiều nghiên cứu trước đây (Balestrasse et al., 2006; Chen et al., 2011; Ruttkay-Nedecky et al., 2013). Thực vật thiếu P cũng đã được chứng minh rằng sẽ dẫn đến suy giảm năng suất và sản lượng, giảm sức sống và khả năng chống chịu với môi trường bất lợi (Drew & Saker, 1978; Broadley et al., 2002; López-Arredondo et al., 2014). Hàm lượng chất diệp lục (Chl.a và b) và các thông số trao đổi khí được cải thiện đáng kể nhờ phun P trên lá (Waraich et al., 2015).

Do vậy nghiên cứu này được thực hiện nhằm mục đích tìm hiểu khả năng hấp thụ và tích lũy Cd của thực vật và phản ứng sinh lý của cây trồng có hay không bị ảnh hưởng bởi yếu tố dinh dưỡng, từ đó làm cơ sở cho việc đề xuất biện pháp dinh dưỡng phù hợp cho mục đích làm giảm thiểu thiệt hại do Cd gây ra cho tế bào thực vật tiếp xúc với stress Cd, tăng năng suất và chất lượng cây trồng. Nghiên cứu được thực hiện trên đối tượng cây Sơn ta (*Toxicodendron succedaneum* (L.) Kuntze), một loài thực vật có hoa trong họ Xoài (Anacardiaceae), là một loài cây có giá trị kinh tế quan trọng vì cây cho nhựa - nguồn nguyên liệu chính dùng trong sản xuất sơn mài. Trồng cây sơn vừa có tác dụng thúc đẩy phát triển kinh tế vùng đồi, vừa có ý nghĩa vô cùng quan trọng trong việc khai thác, sử dụng đất trồng, đồi núi trọc một cách có hiệu quả và bền vững (Thắng và cs., 2011). Tuy nhiên, nếu không được đầu tư về kỹ thuật và khai thác đúng mức thì sẽ khiến đất trồng cây lâu ngày bị thoái hóa, xói mòn dinh dưỡng dẫn tới giống cây sơn bị thoái hóa cho năng suất thấp, chu kỳ khai thác ngắn, sản lượng nhựa không cao và chất lượng nhựa thấp.

Trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu về phản ứng thích nghi của thực vật với stress kim loại nặng nhưng chưa có nghiên cứu nào thực hiện trên đối tượng cây Sơn ta (*Toxicodendron succedaneum*). Mặt khác, các nghiên cứu trong nước về đối tượng này thì chỉ dừng lại ở nghiên cứu chọn và nhân giống, mà không có nghiên cứu về biện pháp tác động giúp cải thiện sức sinh trưởng, tăng khả năng chống chịu của loài trong các môi trường bất lợi.

Sự sinh trưởng và phát triển của thực vật là kết quả tổng hòa của quá trình trao đổi chất, là hiệu quả của quá trình quang hợp và sự hấp thụ các chất dinh dưỡng. Một chế độ dinh dưỡng bất cân bằng, không hợp lý cũng có thể gián tiếp dẫn đến stress oxy hóa bằng cách làm suy yếu cơ chế bảo vệ tế bào, rối loạn các quá trình sinh lý, sinh học ở tất cả các cơ thể sống. Do vậy, nghiên cứu ảnh hưởng của các chất dinh dưỡng khoáng lên cơ thể thực vật ở cấp độ sinh lý phân tử là một con đường mang đến hiệu quả cao trong việc cải thiện sinh trưởng, tăng khả năng chống chịu của thực vật với điều kiện môi trường bất lợi.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Địa điểm

Thí nghiệm xác định các chỉ tiêu sinh lý được tiến hành tại: phòng Sinh học phân tử, Viện Sinh thái nhiệt đới, Trung tâm nhiệt đới Việt Nga, số 63-Nguyễn Văn Huyền, Cầu Giấy, Hà Nội.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Vật liệu

Các cây Sơn ta được trồng theo sơ đồ bố trí thí nghiệm như trong bảng 1.

Bảng 1. 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
PN-	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6	4-1	4-2	4-3	4-4	4-5	4-6
NP-	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 NH₄NO₃

N: 1.0 mM NH₄NO₃

P-: 0 mM KH₂PO₄

P: 0.25 mM KH₂PO₄

Cd+: 50 mg•kg⁻¹ CdSO₄

Vật liệu nghiên cứu là các mẫu thân, rễ, được thu thập và cân khối lượng, rồi ngay lập tức được bọc bằng giấy thiếc và bảo quản trong ni tơ lỏng, sau đó đưa về bảo quản ở tủ lạnh -80°C trong phòng thí nghiệm.

Sau đó các mẫu đông lạnh sẽ được nghiền thành bột mịn trong ni tơ lỏng bằng cối và chày sứ và tiếp tục được bảo quản ở -80°C cho tới khi tiến hành phân tích các chỉ tiêu sinh lý.

Bột đông lạnh (khoảng 60mg) từ mỗi mẫu được sấy khô ở 65°C trong 72 giờ theo phương pháp của Gan et al. (2015) để xác định tỷ lệ khối lượng tươi : khô. Sau đó các mẫu này sẽ được sử dụng cho thí nghiệm.

2.2.2. Phân tích các chỉ tiêu sinh lý

Xác định hàm lượng Cd: Các mẫu được ngâm trong EDTA 0,2% trong 2h và được rửa kỹ bằng nước khử ion để loại bỏ những hóa chất có thể bị nhiễm vào, sau đó sấy khô ở 80°C trong 48h và cân. Các mẫu được phân hủy trong hỗn hợp HNO₃:HClO₄ (4:1) và nồng độ Cd sẽ được xác định theo phương pháp của Li et al. (2013).

Đường hòa tan được xác định bằng phương pháp theo như mô tả của Cao et al. (2014): khoảng 200mg bột mịn của rễ hoặc lá được chiết trong 1000µl dung dịch chiết (methanol:chloroform:water, 12:5:3, v/v/v). Đường cong tiêu chuẩn được thiết lập bằng cách đo các dung dịch đường nho pha loãng liên tiếp. Sau đó, các loại đường hòa tan trong dịch chiết được phân tích bằng hệ thống sắc ký khí kết hợp với khối phổ (GC/MS- Gas Chromatography Mass Spectrometry). Định

lượng tinh bột và các axit amin tự do được phân tích theo Shi et al. (2017). Nồng độ của chất diệp lục và carotenoid trong lá được xác định bằng phương pháp đo quang phổ, theo mô tả của Li et al. (2012).

2.2.3. Phân tích thống kê

Phân tích thống kê được thực hiện với phần mềm SAS (SAS Institute, Cary, NC; 1996). Tính chính xác của các dữ liệu đã được kiểm tra bằng quy trình UNIVARIATE trong phần mềm SAS. Để kiểm tra tác động của các yếu tố quan sát lên các biến thực nghiệm, tất cả các biến được phân tích bằng ANOVA hai chiều. So sánh các trung bình (Tukey's HSD test) sau phân tích phương sai để kiểm tra sự khác biệt về tốc độ tăng trưởng, tính kháng và biểu hiện gen tương đối giữa các công thức thí nghiệm. Sự khác biệt được coi là có ý nghĩa nếu giá trị P của F -test nhỏ hơn 0,05.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Ảnh hưởng của dinh dưỡng N và P lên khả năng tích lũy Cd trong cây Sơn ta tiếp xúc với stress Cd

Sự tích lũy quá mức Cd trong cây là sự tiềm ẩn một mối nguy hại lớn cho sự sinh trưởng và phát triển bình thường của cây trồng, xa hơn nữa là gây hại cho người và động vật với đối tượng là cây nông nghiệp hoặc thực phẩm. Hàm lượng Cd tích lũy trong lá cao sẽ gây ảnh hưởng lớn tới hệ thống quang hợp của cây, Cd tích lũy trong rễ cao sẽ gây ảnh hưởng tới hệ rễ và khả năng hút nước, muối khoáng của cây, Cd tích lũy trong thân cao sẽ ảnh hưởng tới cấu trúc các mạch gỗ, ống dẫn nhựa...

Bảng 2. Giá trị F của phân tích ANOVA hai yếu tố trên khả năng tích lũy Cd trong các bộ phận của cây Sơn ta

Yếu tố	Cd trong lá (µg·g ⁻¹ DW)	Cd trong rễ (µg·g ⁻¹ DW)	Cd trong thân (µg·g ⁻¹ DW)
NP	3.8*	2.95	1.19
Cd	9.41**	45.41****	5.20*
NP×Cd	0.8	2.06	6.21**

Ghi chú: NP, dinh dưỡng Nitơ và Photpho; Cd, cadmium; NP×Cd, tương tác giữa yếu tố dinh dưỡng NP và Cd. *, P < 0.05; **, P < 0.01; ***, P < 0.001, ****, P ≤ 0.0001

Trong nghiên cứu này, kết quả phân tích ANOVA hai yếu tố trên khả năng tích lũy Cd trong các bộ phận của cây Sơn ta cho thấy, yếu tố dinh dưỡng N và P có ảnh hưởng đáng kể tới hàm lượng Cd tích lũy trong lá mà không gây ảnh hưởng đáng kể tới sự tích lũy Cd trong rễ và trong thân cây Sơn ta. Yếu tố Cd gây ra ảnh hưởng tích cực lên khả năng tích lũy Cd trong tất cả các bộ phận của cây Sơn ta. Sự tương tác giữa (NP×Cd) chỉ gây ra ảnh hưởng đáng kể tới hàm lượng Cd trong thân cây (Bảng 2).

Việc gia tăng hàm lượng Cd trong đất sẽ làm gia tăng sự tích lũy Cd trong các bộ phận của cây (thân, rễ, lá) được chứng minh trong nghiên cứu của Chaves et al. (2011) được thực hiện trên đối tượng cây hướng dương. Stress Cd khiến hàm lượng Cd tích lũy trong cây Sơn mài Trung Quốc (*T. vernicifluum*) gia tăng, tuy

nhiên sự lắng đọng N ở mức thấp đã làm giảm mức độ tích lũy Cd ở trong cây bị stress Cd từ đó gây ra ảnh hưởng tích cực đối với sự phát triển của thực vật, quang hợp và enzyme (Li et al., 2013). Kết quả tương tự trong nghiên cứu của chúng tôi cũng chỉ ra, hàm lượng Cd tích lũy trong các mô thực vật đều có xu hướng gia tăng khi lượng Cd ngoại sinh được bón trong đất tăng lên và chủ yếu được tích lũy trong rễ cây, ít hơn trong thân và ít nhất trong lá (Bảng 3). Khi Cd được thêm vào trong đất, hàm lượng Cd tích lũy Cd trong rễ cây ở nghiệm thức NP là cao nhất (6,51 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ DW) gấp 2,16 lần so với lượng Cd tích lũy trong rễ cây ở nghiệm thức (PN-). Hàm lượng Cd tích lũy trong lá và trong thân cao nhất ở nghiệm thức (NP-) và cao gấp 2,17 lần (trong lá) so với nghiệm thức (PN-) (Bảng 3).

Bảng 3. Ảnh hưởng của dinh dưỡng N và P lên sự tích lũy Cd trong các bộ phận của cây Sơn ta tiếp xúc với stress Cd

	Hàm lượng Cd trong lá ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ DW)	Hàm lượng Cd trong rễ ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ DW)	Hàm lượng Cd trong thân ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ DW)
Cd-	0.33 b	0.23 c	0.87 b
PN-	± 0.06	± 0.02	± 0.02
Cd+	0.54 b	3.02 b	1.27 ab
	± 0.12	± 0.41	± 0.28
Cd-	0.56 b	0.47 c	0.78 b
NP-	± 0.08	± 0.05	± 0.14
Cd+	1.17 a	4.68 ab	1.79 a
	± 0.29	± 1.10	± 0.18
Cd-	0.38 b	0.55 c	0.72 b
NP	± 0.06	± 0.10	± 0.09
Cd+	0.76 ab	6.51 a	1.24 ab
	± 0.20	± 0.91	± 0.2

Ghi chú: Các dữ liệu in nghiêng chỉ ra mức ý nghĩa $\pm SE$ ($n = 6$). Các chữ cái khác nhau (a, b, c) cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê

3.2. Ảnh hưởng của dinh dưỡng N, P lên phản ứng sinh lý của cây Sơn ta với stress Cd

Phân tích ANOVA hai yếu tố trên các chỉ tiêu sinh lý cho kết quả thể hiện ở bảng 4.

Bảng 4. Giá trị F của phân tích ANOVA hai yếu tố trên các chỉ tiêu sinh lý

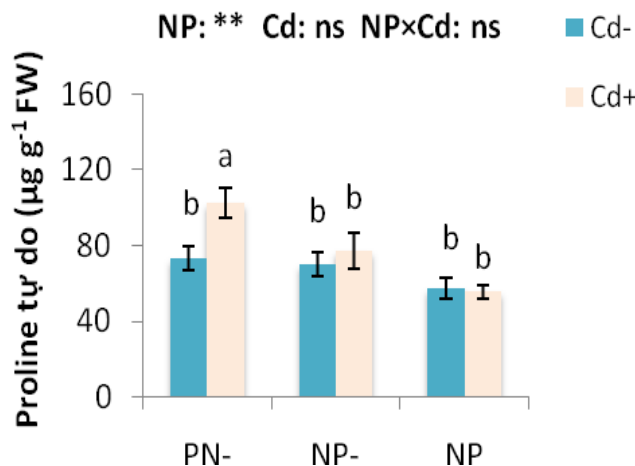
Traits Factors	Proline tự do	Đường tan	Tinh bột	Chlorophyll	Carotenoid	Protein
NP	6.4**	21.57****	3.18	11.5***	11.61***	0.54
Cd	2.4	13.78***	32.26****	0.02	0.03	11.76**
NP×Cd	1.88	7.95**	3.82*	0.11	0.2	3.54*

Ghi chú: NP, dinh dưỡng Nitơ và Photpho; Cd, cadmium; NP×Cd, tương tác giữa yếu tố dinh dưỡng NP và Cd. *, $P \leq 0.05$; **, $P \leq 0.01$; ****, $P \leq 0.0001$

Yếu tố dinh dưỡng N, P có ảnh hưởng rõ rệt lên hầu hết các chỉ tiêu sinh lý của cây Sơn ta bao gồm: hàm lượng proline tự do, đường tan, chlorophyll và carotenoid, ngoại trừ tinh bột và protein. Trong khi đó, Cd hoặc sự kết hợp NP×Cd đều gây ảnh hưởng đáng kể lên hàm lượng đường, tinh bột và protein (Bảng 4).

Proline tự do là một trong những chất chống oxy hóa phi enzyme điển hình. Proline

tự do phản ứng với $\cdot\text{OH}$ tạo thành gốc ổn định và loại bỏ $^1\text{O}_2$ (Alia et al., 2001; Sharma & Dietz, 2006). Tác động chống oxy hóa của proline thể hiện ở khả năng của chúng bảo vệ protein và màng khỏi tổn thương do chúng làm bất hoạt các nhóm hydroxyl và các hợp chất phản ứng mạnh khác sinh ra trong khi cây gặp các stress gây kim hãm vận chuyển điện tử trong lục lạp và ty thể (Matysik et al., 2002).



Hình 1. Ảnh hưởng của N, P, Cd và tương tác giữa NP×Cd lên hàm lượng proline tự do (mg·g⁻¹FW) trong cây Sơn ta tiếp xúc với stress Cd.

Thanh bar chỉ ra mức ý nghĩa \pm SE ($n=6$). Các chữ cái khác nhau (a, b, c) cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê. Các mức ý nghĩa (ANOVA): NP, xử lý với dinh dưỡng N và/hoặc P; Cd, xử lý Cd và sự kết hợp của chúng (NP×Cd). ** $P \leq 0.01$; ns, không đáng kể.

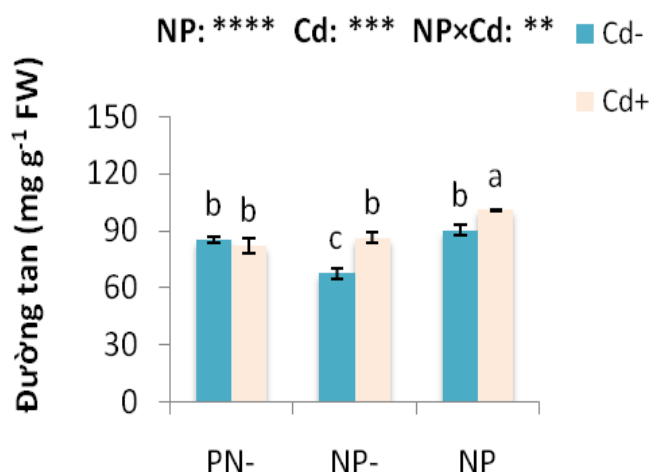
Trong nghiên cứu này, hàm lượng proline tự do đã tăng lên đáng kể để phản ứng với stress Cd trong điều kiện môi trường chỉ bổ sung P thiếu N (PN-), trong khi không nhận thấy sự thay đổi hàm lượng của các axit amin này gây ra bởi Cd trong 2 điều kiện dinh dưỡng có đủ N bao gồm (NP-) và (NP) (Hình 1). Sự tích tụ proline tự do ở điều kiện (PN-) là

tín hiệu cho thấy rằng thực vật đang trải qua stress oxy hóa (Haribabu & Sudha, 2011). Mặt khác, dưới ảnh hưởng của N, proline tự do có thể đã phản ứng có hiệu quả hơn với gốc $\cdot\text{OH}$ và $^1\text{O}_2$ tạo proline nitroxit, proline peroxit hoặc giải phóng oxy triplet (Siripornadulsin et al., 2002), từ đó gia tăng tác dụng bảo vệ tế bào khỏi stress oxy hóa. Dự lượng proline có thể là

mục tiêu ưa thích của các gốc tự do hydroxyl, superoxit anion và có thể bị oxy hóa tới axit glutamic và một số chất khác (Matysik et al., 2002). Vì thế, dư lượng proline tự do tăng vọt ở điều kiện thiếu N mà không bị ảnh hưởng trong điều kiện đủ N khi tiếp xúc với stress Cd đã khẳng định vai trò quan trọng của dinh dưỡng N trong việc tăng cường phòng thủ chống oxy hóa ở cây Sơn ta.

Phần lớn hàm lượng đường tan (90%) tập trung ở chất nguyên sinh, không bào và các bào quan, còn khoảng 10% ở gian bào. Đường tan có vai trò tác động tới thẩm thấu và ngưỡng nhiệt đông kết bên trong tế bào. Sự có mặt của đường làm tăng khả năng giữ nước của tế bào, chống sự mất nước là hiện tượng thường gây ra nhiều tổn thương cho các đại phân tử. Sự tập trung của đường ở apoplast cũng hết sức quan trọng vì chúng hạ thấp

ngưỡng nhiệt đông kết của dung dịch, và do đó làm cho tế bào an toàn hơn trong ứng phó với stress phi sinh học (Nguyễn Văn Mã, 2015). Bên cạnh đó, đường còn thể hiện rõ vai trò bảo vệ tế bào. Sự tạo thành phức glycoprotein có thể ngăn ngừa sự phân hủy protein, làm giảm hoạt động của chúng và tăng khả năng chống chịu của cây trồng. Ngoài ra, đường còn làm cơ chất cho tổng hợp lipid, protein stress trong quá trình thích ứng và kể cả quá trình phục hồi, sửa chữa sau khi kết thúc giai đoạn chịu stress (Nguyễn Văn Mã, 2015). Trong nghiên cứu này, hàm lượng đường tan đã tăng lên đáng kể trong những điều kiện có đủ N (NP- và NP) mà không thay đổi trong điều kiện đủ P mà thiếu N (Hình 2). Như vậy, cơ chế bảo vệ nhờ tích lũy hàm lượng đường của cây Sơn khi bị stress Cd được nâng lên rõ rệt nhờ dinh dưỡng N mà không phụ thuộc vào dinh dưỡng P.

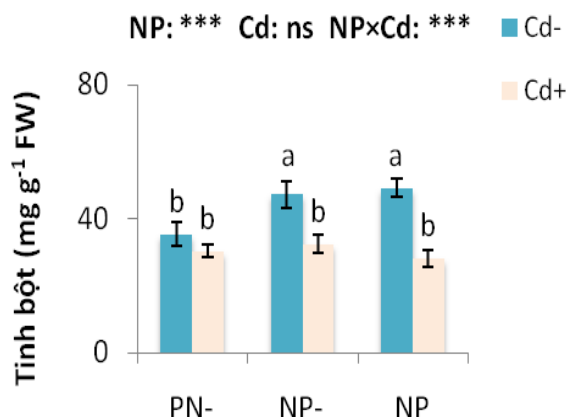


Hình 2. Ảnh hưởng của N, P, Cd và tương tác giữa NP×Cd lên hàm lượng đường tan (mg·g⁻¹FW) trong cây Sơn ta tiếp xúc với stress Cd

Thanh bar 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. Các mức ý nghĩa (ANOVA): NP, xử lý với dinh dưỡng N và/hoặc P; Cd, xử lý Cd và sự kết hợp của chúng (NP×Cd). ** P ≤ 0.01; ***, P ≤ 0.001; ****, P ≤ 0.0001.

Kết quả cho thấy, hàm lượng tinh bột không thay đổi bởi stress Cd trong điều kiện thiếu N (PN-) nhưng lại giảm rõ rệt trong điều kiện N đủ (NP- và NP). Khi tiếp xúc với stress Cd, việc bổ sung N có thể đã giúp gia tăng khả năng chuyển hóa tinh bột thành đường để cung cấp năng lượng, nguồn carbon và tiền chất cần thiết cho các hoạt động tổng hợp và phân chia

của tế bào, cho nên hàm lượng tinh bột giảm trong khi hàm lượng đường tăng cao giúp tăng khả năng bảo vệ tế bào trong ứng phó với stress Cd. Kết quả tương tự cũng đã được chứng minh trong nghiên cứu khả năng phản ứng với stress nhiệt ở cây cà chua (Thắng và cs. 2018).

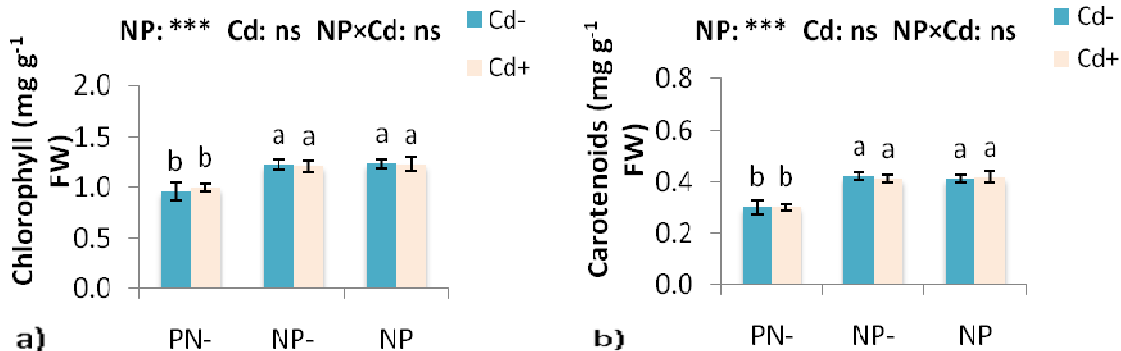


Hình 3. Ảnh hưởng của N, P, Cd và tương tác giữa NPxCd lên hàm lượng tinh bột (mg•g⁻¹FW) trong cây Sơn ta tiếp xúc với stress Cd

Thanh bar chỉ ra mức ý nghĩa \pm SE (n=6). Các chữ cái khác nhau (a, b, c) cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê. Các mức ý nghĩa (ANOVA): NP, xử lý với dinh dưỡng N và/hoặc P; Cd, xử lý Cd và sự kết hợp của chúng (NPxCd). ** $P \leq 0.01$; ***, $P \leq 0.001$; ns, không đáng kể.

Carotenoid là một sắc tố phụ trong quang hợp bên cạnh lục lạp. Vai trò quan trọng nhất của carotenoid là bảo vệ các mô quang hợp, bảo vệ diệp lục thông qua việc phân tán năng lượng dư thừa mà diệp lục hấp thụ, hạn chế tác hại của ánh sáng và các gốc tự do sinh ra trong quá trình quang hợp. Cây thiếu N sẽ khiến hàm lượng N và diệp lục trong lá thấp đi đáng

kể, cũng làm giảm khả năng quang hợp (Boussadia et al., 2010; Luo et al., 2013). Nhiều nghiên cứu đã chứng minh rằng mức độ ảnh hưởng của yếu tố dinh dưỡng khác như Si lên việc gia tăng các sắc tố quang hợp của thực vật cũng phụ thuộc vào điều kiện dinh dưỡng N (Ávila et al., 2010; Kurdali et al., 2013).



Hình 4 Ảnh hưởng của N, P, Cd và tương tác giữa NPxCd lên hàm lượng chlorophyll (mg•g⁻¹FW) và carotenoid (mg•g⁻¹FW) trong cây Sơn ta tiếp xúc với stress Cd

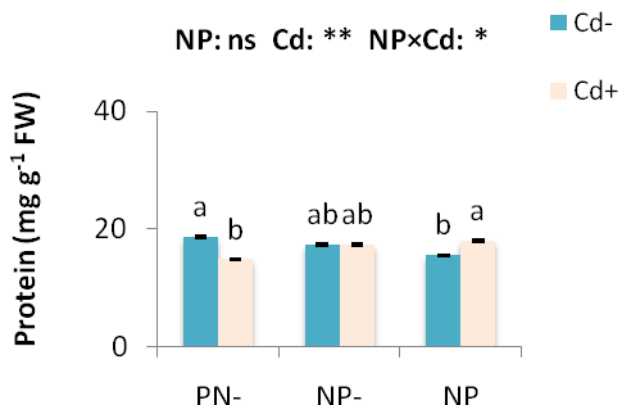
Thanh bar chỉ ra mức ý nghĩa \pm SE (n=6). Các chữ cái khác nhau (a, b, c) cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê. Các mức ý nghĩa (ANOVA): NP, xử lý với dinh dưỡng N và/hoặc P; Cd, xử lý Cd và sự kết hợp của chúng (NPxCd). ** $P \leq 0.01$; ***, $P \leq 0.001$; ns, không đáng kể.

Trong nghiên cứu này, hàm lượng chlorophyll và carotenoid không bị thay đổi bởi stress Cd trong bất kỳ điều kiện dinh dưỡng nào. Trong khi đó, lại có sự khác biệt rõ rệt về hàm lượng carotenoid ở những nghiệm thức được xử lý với các công thức dinh dưỡng khác nhau, ở

những nghiệm thức xử lý với N đủ (NP- và NP) hiển thị giá trị về hàm lượng các sắc tố quang hợp cao hơn hẳn so với nghiệm thức chỉ xử lý với P mà thiếu N (PN-) (Hình 4a,b). Như vậy, việc bổ sung N có ý nghĩa rất lớn trong việc bảo vệ hệ thống quang hợp ở cây Sơn ta.

Trong điều kiện tiếp xúc với stress Cd, có thể việc thiếu hụt dinh dưỡng N (PN-) đã làm ảnh hưởng tới tốc độ tổng hợp protein khiến cho hàm lượng protein giảm (Hình 5), đồng thời giảm sử dụng axit amin, do đó làm tăng nồng độ axit amin tự do bao gồm proline tự do

(Hình 1). Trong khi đó việc bổ sung N đầy đủ (NP- và NP) có khả năng làm gia tăng tốc độ sinh tổng hợp protein và bảo vệ protein nhờ cơ chế tăng hàm lượng đường trong tế bào, dẫn tới hàm lượng protein không bị thay đổi hoặc thậm chí tăng lên (Hình 5).



Hình 5. Ảnh hưởng của N, P, Cd và tương tác giữa NPxCd lên hàm lượng protein (mg·g⁻¹FW) trong cây Sơn ta tiếp xúc với stress Cd

(Thanh bar 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. Các mức ý nghĩa (ANOVA): NP, xử lý với dinh dưỡng N và/hoặc P; Cd, xử lý Cd và sự kết hợp của chúng (NPxCd). * P, ≤0.05; ** P ≤ 0.01; ns, không đáng kể.)

4. KẾT LUẬN

Kết quả chỉ ra rằng, hàm lượng Cd tích lũy trong các bộ phận của cây Sơn ta đều tăng lên khi lượng Cd thêm vào trong đất tăng bất kể điều kiện dinh dưỡng, cây ưu tiên tích lũy Cd trong rễ, hạn chế vận chuyển Cd đến thân và lá.

Việc bổ sung dinh dưỡng N đầy đủ có ý nghĩa quan trọng hơn so với dinh dưỡng P trong ứng phó với stress Cd ở cây Sơn ta. N bổ sung giúp hình thành cơ chế bảo vệ tế bào tốt hơn ở cây Sơn trước stress Cd. Thông qua việc gia tăng khả năng chuyển hóa tinh bột thành đường để cung cấp năng lượng bảo vệ tế bào khiến cho hàm lượng tinh bột giảm đi và hàm lượng đường tăng lên, giúp tăng cường bảo vệ protein và tăng cường sử dụng các axit amin tự do cho sinh tổng hợp protein, đồng thời bảo vệ hệ thống quang hợp nhờ duy trì cân bằng các sắc tố quang hợp, hình thành cơ chế bảo vệ tế bào trước nguy cơ tác động của stress Cd nhờ dinh dưỡng N.

LỜI CẢM ƠN

Bài báo được thực hiện thông qua sự hỗ trợ kinh phí của đề tài cấp cơ sở (Thuộc chương trình

hỗ trợ cán bộ trẻ của Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam) mã số IEBR TST.1-21.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Alia, Mohanty P., Matysik J., 2001. Effect of proline on the production of singlet oxygen. *Amino Acids* 21:195–200.
2. Ávila F.W., Baliza D.P., Faquin V., Araújo J.L., Ramos S.J., 2010. Silicon-nitrogen interaction in rice cultivated under nutrient solution. *Revista Ciencia Agronomica* 41 (2):184-190.
3. Balestrasse K.B., Gallego S.M., Tomaro M.L., 2006. Oxidation of the enzymes involved in nitrogen assimilation plays an important role in the cadmium-induced toxicity in soybean plants. *Plant Soil* 284:187–194.
4. Benavides M.P., Gallego S.M., Tomaro M.L., 2005. Cadmium toxicity in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 17:21–34.
5. 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.
6. Broadley M.R., Burns A., Burns I.G., 2002. Relationships between phosphorus forms và plant growth. *Journal of Plant Nutrition* 25:1075–1088.
7. Bùi Thị Lan Hương, Đào Văn Thông, Bùi Thị

Yến, Hà Mạnh Thắng, Phạm Quang Hà, Trần Thị Hương, 2016. Nghiên cứu khả năng tích lũy chì và cadimi trong cây cà chua (*Lycopersicon esculentum* Mill). Hội thảo Quốc gia về Khoa học Cây trồng lần thứ hai:1163-1166.

8. Cao X., Jia J., Zhang C., Li H., Liu T., Jiang X., Polle A., Peng C., Luo Z., 2014. Anatomical, physiological and transcriptional responses of two contrasting poplar genotypes to drought and re-watering. *Physiologia Plantarum* 151(4):480-494.

9. Chaves L.H.G., Estrela M.A., Souza R.S.d., 2011. Effect on plant growth and heavy metal accumulation by sunflower. *Journal of Phytology* 3(12): 04-09.

10. 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.

11. Clemens S., Aarts M.G.M., Thomine S., Verbruggen N., 2013. Plant science: the key to preventing slow cadmium poisoning. *Trends in Plant Science* 18(2): 92-99.

12. Đặng Đình Kim, Trần Văn Tựa, Lê Đức, Bùi Thị Kim Anh, Đặng Thị An, 2011. Sách chuyên khảo: Xử lý ô nhiễm môi trường bằng thực vật, NXB Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, Hà Nội.

13. Das P., Samantaray S., Rout G.R., 1997. Studies on cadmium toxicity in plants: a review. *Environmental Pollution* 98(1):29-36.

14. 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.

15. Fang B., Zhu X.Q., 2014. High content of five heavy metals in four fruits: evidence from a case study of Pujiang County, Zhejiang Province, China. *Food Control* 39(1):62-67.

16. 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.

17. Hall J.L., 2002. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. *Journal of Experimental Botany* 53(366):1-11.

18. Haribabu T.E., Sudha P.N., 2011. Effect of heavy metals copper and cadmium exposure on the antioxidant properties of the plant cleome gynandra. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences* 1(2):80-87.

19. Kim H.J., Li X., 2016. Effects of phosphorus on shoot và root growth, partitioning and phosphorus utilization efficiency in Lantana. *HortScience* 51:1001-1009.

20. Krapp A., 2015. Plant nitrogen assimilation and

its regulation: a complex puzzle with missing pieces. *Current opinion in plant biology* 25:115-122.

21. Kurdali F., Al-Chammaa M., Mouasess A., 2013. Growth and nitrogen fixation in silicon and/or potassium fed chickpeas grown under drought and well watered conditions. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry* 9(3):385-406.

22. Li H., Li M., Luo J., Cao X., Qu L., Gai Y., Jiang X., Liu T., Bai H., Janz D., Polle A., Peng C., Luo Z.B., 2012. N-fertilization has different effects on the growth, carbon and nitrogen physiology, and wood properties of slow- and fast-growing *Populus* species. *Journal of Experimental Botany* 63 (17):6173-6185.

23. Li L.Z., Wu H.F., van Gestel C.A., Peijnenburg W.J.G.M., Allen H.E., 2014. Soil acidification increases metal extractability and bioavailability in old orchard soils of Northeast Jiaodong Peninsula in China. *Environmental Pollution* 188:144-152.

24. 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.

25. López-Arredondo D.L., Leyva-González M.A., González-Morales S.I., López-Bucio J., Herrera-Estrella L., 2014. Phosphate nutrition: improving low-phosphate tolerance in crops. *Annu Rev Plant Biol* 65:95-123.

26. Luo J., Li H., Liu T., Polle A., Peng C., Luo Z.B., 2013. Nitrogen metabolism of two contrasting poplar species during acclimation to limiting nitrogen availability. *Journal of Experimental Botany* 64 (14):4207-4224.

27. Luo Z.B., Wu C.H., Zhang C., Li H., Lipka U., Polle A., 2014. The role of ectomycorrhizas in heavy metal stress tolerance of host plants. *Environmental and Experimental Botany* 108:47-62.

28. Matysik J., Alia, Bhalu B., Mohanty P., 2002. Molecular mechanism of quenching of reactive oxygene species by proline under stress in plants. *Current sci.* 82(5):525-532, Leiden, Neitherland.

29. Nawrot T., Plusquin M., Hogervorst J., Roels H.A., Celis H., Thijs L., Vangronsveld J., Van Hecke E., Staessen J.A., 2006. Environmental exposure to cadmium and risk of cancer: a prospective population-based study. *Lancet Oncology* 7(2):119-126.

30. Nguyễn Chí Thắng, Vũ Đình Chính, Đoàn Thị Thanh Nhân (2011). Ảnh hưởng của biện pháp tía cành, triệt hoa đến sinh trưởng phát triển và năng suất của cây Sơn trên đất đồi huyện Tam Nông, tỉnh Phú Thọ. *Tạp chí Khoa học và Phát triển* 9(5): 735 - 742.

31. Nguyễn Văn Mã, 2015. Sinh lý chống chịu điều kiện môi trường bất lợi của thực vật. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội.

32. Ruttkay-Nedecky B., Nejdil L., Gumulec J., Zitka O., Masarik M., Eckschlager T., Stiborova M., Adam V., Kizek R., 2013. The role of metallothionein in oxidative stress. *International Journal of Molecular*

Sciences 14:6044-6066.

33. Sharma S.S., Dietz K.J., 2006. The significance of amino acids and amino acid-derived molecules in plant responses and adaptation to heavy metal stress. *Journal of Experimental Botany* 57(4):711–726.

34. Shi H., Ma W., Song J., Lu M., Rahman S.U., Bui T.T.X., Vu D.D., Zheng H., Wang J., Zhang Y., 2017. Physiological và transcriptional responses of *Catalpa bungei* to drought stress under sufficient and deficient-nitrogen conditions. *Tree Physiology* 37 (11):1457–1468.

35. Siripornadulsil S., Traina S., Verma D.P.S., Sayre R.T., 2002. Molecular mechanism of proline-mediated tolerance to toxic heavy metals in transgenic microalgae. *Plant cell* 14(11):2837-2847.

36. Trần Thanh Thắng, Trần Thanh Hương, Bùi Trang Việt, 2018. Tìm hiểu ảnh hưởng của tiền xử lý nhiệt lên sự nảy mầm và tăng trưởng của cây cà chua (*Solanum lycopersicum* L.) trong điều kiện stress hạn. *Tạp chí phát triển khoa học và công nghệ* 2(6):32-40.

37. Waraich E.A., Ahmad Z., Ahmad R., Saifullah, 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.

38. Zhang G.P., Fukami M., Sekimoto H., 2002. Influence of cadmium on mineral concentrations and yield components in wheat genotypes differing in Cd tolerance at seedling stage. *Field Crops Research* 77:93–98.

CADMIUM ACCUMULATION AND PHYSIOLOGICAL RESPONSE OF THE WAX TREES (*TOXICODENDRON SUCCEDANEUM* (L.) KUNTZE) EXPOSED TO CADMIUM STRESS UNDER EFFECTS OF NITROGEN AND PHOSPHORUS NUTRITION CONDITIONS

Bui Thi Tuyet Xuan¹, Vu Dinh Duy², Nguyen Tien Dung¹

¹*Institute of Ecology and Biological Resources, Vietnam Academy of Science and Technology*

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

SUMMARY

The effect of nitrogen and phosphorus on the ability to accumulate cadmium (Cd) and the physiological response of *Toxicodendron succedaneum* (L.) Kuntze) exposed to Cd stress were investigated. The experiment was conducted with different N and/or P conditions combined with moderate Cd stress. The addition of Cd in the soil increased Cd accumulation in plant tissues, mainly accumulated in plant roots, less in stems, and at least in leaves. The lack of N nutrient (PN-) caused to free proline content was significantly increased in response to Cd stress. The soluble sugar content was significantly increased under the sufficient-N condition but did not change under deficient-N condition in spite of the presence of P. The addition of an adequate of N promotes the conversion of starch into sugars to create energy sources for the activities of synthesis and division of the cells in the wax trees exposed to Cd stress. Chlorophyll and carotenoid contents were not influenced by Cd stress regardless of N and P conditions. The N deficiency (PN-) affects the rate of protein synthesis lead to a strong decrease in protein content. The results show that adequate N supplementation has more important significance than the P nutrient in response to Cd stress in *T. succedaneum*.

Keywords: cadmium accumulation, Cd stress, physiological response, the wax trees, *Toxicodendron succedaneum*.

Ngày nhận bài : 18/2/2021

Ngày phản biện : 08/3/2021

Ngày quyết định đăng : 27/4/2021