

ĐÁNH GIÁ SỰ TÍCH LŨY CADIMI TRONG CÂY LÚA TRỒNG TRÊN ĐẤT PHÙ SA SÔNG HỒNG DO ẢNH HƯỞNG CỦA NƯỚC TƯỚI Ô NHIỄM

Vũ Thị Khắc¹, Lê Tuấn An², Đinh Thị Lan Phương³, Nguyễn Thị Hằng Nga⁴

Tóm tắt: Nghiên cứu được thực hiện trên đất canh tác nông nghiệp tại Đồng bằng sông Hồng với nguồn nước tưới từ hệ thống thủy lợi Bắc Hưng Hải có hàm lượng Cadimi (Cd) trung bình 4 vụ liên tiếp (5/2019 - 5/2021) là 0,039 ppm. Dưới điều kiện canh tác thông thường, tiến hành thu mẫu theo 3 thời kỳ sinh trưởng của lúa để phân tích hàm lượng Cd thu được kết quả như sau: hàm lượng Cd tích lũy trong rễ tăng dần trong suốt vòng đời sinh trưởng của lúa với tốc độ gia tăng từ 1,1 – 1,2 lần. Hàm lượng Cd trong thân lá tăng nhanh theo 3 thời kỳ với tốc độ tích lũy trung bình là 3,9 lần. Kết quả thực nghiệm trong 4 vụ cho kết quả thống nhất về hàm lượng Cd trong hạt trung bình là 0,00575 ppm thấp hơn ngưỡng khuyến cáo của FAO (0,01 ppm). Đồng thời mối tương quan về hàm lượng Cd trong các bộ phận của cây lúa trùng khớp với nghiên cứu trong nhà lưới: hàm lượng Cd trong rễ > thân lá > hạt. Kết quả này là do từ khi hình thành đến khi chín, hạt lúa lấy 80% chất khô từ quá trình quang hợp, các dưỡng chất còn lại lấy từ rễ và lá; Ngoài ra, thời gian của quá trình tạo hạt chỉ chiếm 25% vòng đời của cây lúa, do đó lượng Cd tích lũy trong hạt thấp hơn trong thân lá và rễ.

Từ khóa: Ô nhiễm Cd, động thái tích lũy Cd trong lúa, Cd trong gạo.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam là quốc gia xuất khẩu gạo lớn thứ hai trên thế giới năm 2020 với khối lượng đạt 6,15 triệu tấn tương đương với giá trị 3,12 triệu đô la Mỹ (*Niên giám thống kê 2020*). Tuy nhiên, xét về phẩm chất và giá cả thì gạo Việt Nam còn thấp hơn các nước khác. Chính vì vậy, việc nâng cao chất lượng gạo thông qua các tiêu chuẩn kiểm soát an toàn thực phẩm đặc biệt về kim loại nặng là vô cùng cần thiết. Đồng bằng sông Hồng là một trong hai đồng bằng châu thổ lớn nhất của Việt Nam với diện tích tự nhiên là 2125,9 nghìn ha. Với diện tích canh tác lúa hàng năm được thống kê năm 2020 là 983,4 nghìn ha, đứng thứ 3 cả nước về diện tích nhưng năng suất lại cao nhất trong 6 vùng kinh tế tương đương với 61,4 tạ/ha cho thấy trình độ canh tác lúa vượt trội của khu vực (*Niên giám thống kê 2020*).

Nguồn cung cấp nước tưới tiêu cho nông nghiệp vùng Đồng bằng sông Hồng từ 11 hệ thống thủy lợi, trong đó đảm nhiệm tưới cho khoảng 29% diện tích đất canh tác nông nghiệp của vùng là hệ thống Bắc Hưng Hải, sông Đuống và sông Nhuệ. Hệ thống thủy lợi Bắc Hưng Hải được quy hoạch tưới cho 110.000 ha đất canh tác nông nghiệp (*Tổng cục Thủy Lợi 2020*). Trong đó, hệ thống thủy lợi Bắc Đuống đang đảm trách tưới cho 24.915 ha. Hệ thống thủy lợi sông Nhuệ tưới hàng năm cho 81.148 ha đất lúa và hoa màu. Tuy nhiên, gần đây chất lượng nước của các hệ thống thủy lợi này đang bị suy giảm nghiêm trọng, đặc biệt là ô nhiễm kim loại nặng trong nước làm cho các nông sản, thực phẩm bị nhiễm bẩn và gây ảnh hưởng đến sức khỏe của con người (*Ayers et al 1985*).

Lúa gạo (*Oryza sativa L*) là loài lúa trồng phổ biến nhất, thích nghi rộng rãi và chiếm đại đa số diện tích lúa trên thế giới (*De Nguyen Ngoc 2008*). Hiện nay, theo sự phát triển của khoa học công

^{1,2}Trung tâm Khoa học Công nghệ và Môi trường - Liên minh HTX Việt Nam

¹Nghiên cứu sinh Trường Đại học Thủy lợi

³Khoa Hóa và Môi trường, Trường Đại học Thủy lợi

⁴Khoa Kỹ thuật tài nguyên nước, Trường Đại học Thủy lợi

nghệ, con người đã tạo ra rất nhiều giống lúa với những đặc tính khác nhau phù hợp với từng yêu cầu của khu vực canh tác và người tiêu dùng. Vòng đời của cây lúa được chia thành 3 giai đoạn: giai đoạn tăng trưởng (sinh trưởng dinh dưỡng), giai đoạn sinh sản và giai đoạn chín. Giai đoạn tăng trưởng trung bình vào khoảng 60 ngày, được tính từ khi hạt lúa nảy mầm đến khi cây lúa bắt đầu phân hóa đòng. Giai đoạn sinh sản kéo dài trung bình khoảng 30 ngày đối với nhiều giống lúa và được tính bắt đầu từ lúc phân hóa đòng đến khi lúa trở bông. Giai đoạn chín bắt đầu từ lúc trở bông đến lúc thu hoạch và thường kéo dài trung bình khoảng 30 ngày đối với hầu hết các giống lúa ở vùng nhiệt đới. Chất lượng hạt lúa tốt hay không phụ thuộc vào quá trình quang hợp của lá trong giai đoạn chín. Trong giai đoạn này, hơn 80% chất khô cấu thành lên hạt lúa là do kết quả của phản ứng quang hợp, còn lại là các chất dự trữ trong thân, lá chuyển vào (De Nguyen Ngoc 2008).

Ở Việt Nam hiện nay, kim loại nặng trong đó có Cadimi (Cd), một chất gây ung thư hàng đầu cho con người với khả năng tích lũy sinh học cao (Lu et al 2019) đang được quan tâm nghiên cứu về sự tích tụ của nó trong thực phẩm hàng ngày. Các nhà khoa học đã tìm thấy sự xuất hiện của Cd trong đất nông nghiệp và trong các sản phẩm lúa gạo. Trong một nghiên cứu mới đây đã phát hiện sự có mặt của Cd trong lúa gạo tại một số vùng ở miền Bắc nước ta. Bên cạnh đó, kết quả nghiên cứu cho thấy các mẫu gạo phát hiện có mặt Cd đều ở vùng đất trũng, chỉ rất ít số mẫu có Cd trong gạo ở vùng đất cao (Bui et al 2020). Hàm lượng Cd trung bình trong các mẫu gạo đã được khảo sát ở vùng trũng là 0,033 ppm. Sự khác biệt này là do nước tưới bị ô nhiễm dẫn đến sự tích lũy Cd nhiều hơn tại các vùng trũng thấp. Trong khi ở vùng đất cao, Cd chỉ có sẵn trong đất từ hoạt động phong hóa, vận chuyển của lớp vỏ trái đất. Các nghiên cứu khác cũng đã chỉ ra, nước tưới có chứa Cd sẽ dẫn đến tích tụ trong đất nông nghiệp và tích lũy trong gạo (Peng et al 2019). Bên cạnh đó, sử dụng thuốc trừ sâu và

phân bón hóa học cũng dẫn đến lúa và rau màu bị nhiễm Cd (Banerjee et al 2020). Hơn nữa, do tính chất dễ hòa tan và linh động so với các kim loại khác nên Cd thường được thực vật hấp thụ nhiều hơn (Adil et al 2020) trong đó có lúa.

Người dân Việt Nam và hơn 2 tỷ người Châu Á cũng như 50% dân số thế giới đang sử dụng gạo làm lương thực chính (Honma 2017), do đó ăn gạo bị nhiễm Cd sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe của con người. Các thí nghiệm về sự tích lũy sinh học của Cd trên cơ thể người cho thấy nếu ăn gạo bị nhiễm Cd liên tục trong thời gian dài cơ thể có thể dung nạp từ 20 - 40 μg Cd mỗi ngày (Sebastian et al 2014). Tùy theo ngưỡng sinh học của mỗi cá thể, sự tích tụ Cd đến mức độ nào đó có thể làm con người bị tổn thương phổi, gan, thận, xương và các cơ quan sinh sản, gây độc cho hệ miễn dịch và tim mạch (Tian et al 2012).

Trước những mối đe dọa đến sức khỏe con người từ ô nhiễm Cd trong lúa gạo, bài báo này tập trung vào nghiên cứu động thái của sự tích lũy Cd trong cây lúa được trồng trên đất phù sa sông Hồng trong điều kiện sử dụng nước tưới ô nhiễm từ hệ thống thủy lợi Bắc Hưng Hải nhằm lý giải được cơ chế tích lũy Cd trong hạt gạo từ đó có cơ sở đề xuất giải pháp giảm thiểu.

Thí nghiệm trồng lúa được thực hiện trên 1000 m² ruộng thực nghiệm và thí nghiệm trong nhà lưới của Học viện Nông nghiệp Việt Nam, sử dụng giống lúa Bắc thơm số 7, nước tưới lấy từ hệ thống thủy lợi Bắc Hưng Hải và điều kiện canh tác thông thường.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Giống lúa Bắc thơm số 7: là giống lúa có chiều cao cây từ 100 - 105 cm, đẽ nhánh khá, hạt thon, vỏ nâu, năng suất bình quân đạt từ 50 – 55 tạ/ha, chất lượng gạo ngon, hạt gạo trong, mềm, thơm; đặc điểm sinh trưởng: vụ xuân từ 125 – 135 ngày, vụ đông từ 105 – 110 ngày.

Nước tưới từ hệ thống Bắc Hưng Hải: nguồn nước dùng để tưới cho ruộng lúa thí nghiệm được

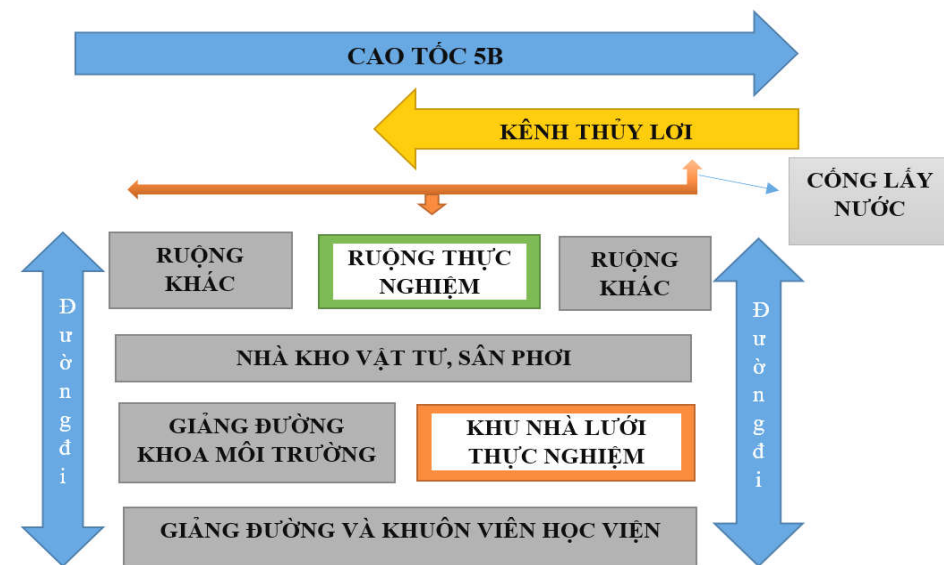
lấy trực tiếp từ hệ thống cấp nước nông nghiệp thị trấn Trâu Quỳ - Gia Lâm - Hà Nội, chất lượng nước được phân tích tại các thời điểm lấy nước vào ruộng để làm đất, sau cấy lúa 3 tuần, 5 tuần, khi lúa trở kết quả phân tích cho thấy hàm lượng Cd trung bình đạt 0,039 ppm cao hơn 3,9 lần so với giá trị quy định tại cột B1 của QCVN 08:2015/BTNMT Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt.

Phân bón NPK, thuốc bảo vệ thực vật: của hãng

Việt Nhật được sử dụng để bón thúc cho lúa theo tỉ lệ 1,25g N + 0,75 g P₂O₅ + 0,75 g K₂O. Sử dụng phân hữu cơ vi sinh Komix-BL2 dạng viên với liều lượng như sau: bón lót (20 kg/100m²), bón thúc đợt 1 (15 kg/100m²), bón thúc đợt 2 (15 kg/100m²), bón nước đòng (10 kg/100m²). Loại thuốc trừ sâu có nhãn hiệu Nouvo3.6EC đã được phun phòng bệnh trong thời kỳ lúa đẻ nhánh và làm đòng.

2.2. Bố trí thí nghiệm

Khu vực bố trí thí nghiệm đồng ruộng:



Hình 1. Sơ đồ khu vực nghiên cứu đồng ruộng

Mô tả: Khu vực thí nghiệm là “ruộng thực nghiệm” và “khu nhà lưới thực nghiệm” nằm trong khu thực nghiệm của Học viện Nông nghiệp Việt Nam, Thị trấn Trâu Quỳ, Gia Lâm, Hà Nội. Ruộng thực nghiệm có diện tích 1000 m², được canh tác lúa 2 vụ một năm, nước tưới được lấy tại công tự chảy từ kênh thủy lợi của huyện Gia Lâm lấy nước từ hệ thống thủy lợi Bắc Hưng Hải. Khu nhà lưới thực nghiệm có diện tích 100 m², được bao phủ bằng khung lưới tiêu chuẩn, nước tưới là nước cấp sinh hoạt từ mạng lưới cấp nước của địa phương.

Thời gian nghiên cứu: Thời gian thực hiện thí nghiệm là 02 năm, từ 5/2019 tới 5/2021 bao gồm 02 vụ xuân hè và 02 vụ hè thu.

Địa điểm nghiên cứu: Ruộng thực hành khoa Nông học - Học viện Nông nghiệp Việt Nam được

canh tác hằng năm với diện tích khoảng 1000 m² và mang các đặc điểm như ruộng nông nghiệp thông thường.

Thí nghiệm nhà lưới: Thí nghiệm được thực hiện tại khu nhà lưới – Học viện Nông nghiệp Việt Nam, thời gian thực hiện 02 năm, từ 5/2019 tới 5/2021 trên khu thí nghiệm có diện tích 30 m² với 4 vụ lúa bao gồm 02 vụ xuân hè và 02 vụ hè thu. Đất sau thí nghiệm được thu gom theo thông tư 36/2015/TT-BTNMT ngày 30 tháng 6 năm 2015 về Quản lý chất thải nguy hại. Tổng số chậu thí nghiệm là 36, bao gồm 27 chậu cho 03 mức tưới ô nhiễm 0,01 – 0,1 – 0,5 ppm Cd, lấy mẫu thân - lá - rễ - hạt theo 3 giai đoạn sinh trưởng của cây lúa, mỗi công thức được lặp lại 03 lần, đối chứng là 09 chậu, tương ứng.



Hình 2. Lúa trong nhà lưới



Hình 3. Ruộng lúa sau cấy 3 tuần

2.3. Hóa chất

Để chiết Cd từ mẫu vật, sử dụng các axit đặc HClO_4 30%, HNO_3 98% của hãng Xichlong, Trung Quốc. Dung dịch chuẩn Cd 1000 ppm của Merck cho lập đường chuẩn.

2.4. Thu mẫu và phân tích mẫu

Thu mẫu: thu mẫu tại 3 thời kỳ sinh trưởng của cây lúa: Thời kỳ sinh trưởng sinh dưỡng (tính từ khi gieo mạ, cấy lúa, cây lúa đẻ nhánh tới số nhánh tối đa); Thời kỳ sinh trưởng sinh thực (tính

từ khi làm đòng - phân hoá đòng, đến trổ bông - bông lúa thoát khỏi lá đòng, nở hoa, tung phấn, thụ phấn); Thời kỳ chín (bông lúa bước vào kỳ chín và chín hoàn toàn). Thu mẫu bao gồm cả rễ, thân – lá, hạt lúa, mẫu được rửa sạch và sau đó được sấy ở 70°C trong 72 giờ.

Phân tích: Chiết Cd trong hạt bởi phương pháp chiết ứot bằng hỗn hợp HNO_3 - HClO_4 (3:1, v:v) và phân tích trên hệ thống máy quang phổ hấp phụ nguyên tử (John Ryan et al 2001).



Hình 4. Mẫu thu còn tươi



Hình 5. Mẫu thu đã được sấy khô

2.5. Xử lý số liệu

Dữ liệu thí nghiệm được phân tích trên phần mềm Microsoft Excel version 5.5 (Microsoft, USA). Các kết quả thu được là trung bình của 03 lần phân tích. Sử dụng chương trình ANOVA (Analysis of Variance – là công cụ phân tích thống kê một tập dữ liệu gồm các yếu tố ngẫu nhiên và các yếu tố mang tính hệ thống) để đánh

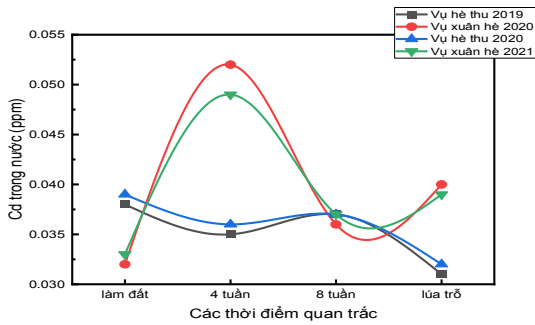
giá sự khác nhau có ý nghĩa giữa các kết quả thí nghiệm ($P\text{value} < 0,05$).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tình hình ô nhiễm Cd trong nước tưới trong suốt giai đoạn canh tác

Việc quan trắc nước tưới cho khu ruộng thực nghiệm được lấy mẫu phân tích định kỳ suốt 4 vụ canh tác tại các thời điểm cố định nhằm đánh giá

hàm lượng Cd đầu vào của thí nghiệm trên cây lúa. Kết quả phân tích được thể hiện tại hình 6.



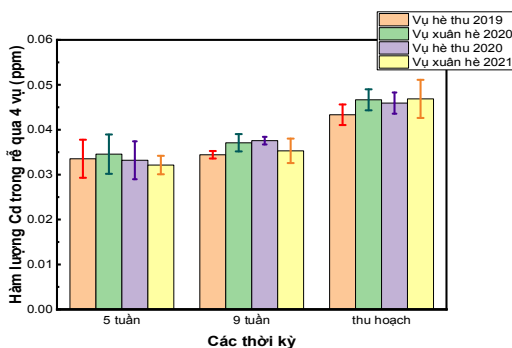
Hình 6. Quan trắc chất lượng nước tưới theo thời gian

Có thể thấy, nước tưới cho khu ruộng trung bình 4 vụ có hàm lượng Cd trung bình là 0,039 ppm cao hơn 3,9 lần so với quy định tại cột B1 (nước dùng cho mục đích tưới tiêu, thủy lợi hoặc các mục đích sử dụng khác có yêu cầu chất lượng nước tương tự hoặc các mục đích sử dụng như loại B2) của QCVN 08:2015 Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước mặt. Kết quả cho thấy hàm lượng Cd có sự khác biệt tương đối rõ ràng giữa xuân hè và hai vụ hè thu (Pvalue < 0,05). Cụ thể là, hai vụ xuân hè có nồng độ Cd trong nước đạt đỉnh ở thời điểm 4 tuần sau khi cấy tương đương từ 0,049 – 0,052 ppm và giảm nhanh tại thời điểm

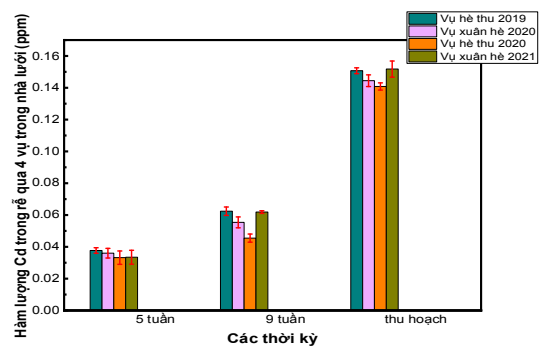
8 tuần sau khi cấy xuống còn 0,036 – 0,037 ppm. Nguyên nhân là do nước tưới bị pha loãng bởi lượng nước mưa vào các tháng có lượng mưa lớn như 200,1 mm vào tháng 3 trong khi tháng 2 chỉ có 27,5 mm. Đặc biệt năm 2020 được các nhà khí tượng thủy văn đánh giá là hai năm có lượng mưa tương đối lớn là 1.746,4 mm cao hơn năm 2019 là 435 mm (Tong cuc thong ke 2020). Đối với hai vụ hè thu, nồng độ Cd có xu hướng giảm tương đối ổn định về cuối vụ từ 0,038 – 0,039 ppm xuống còn 0,031 – 0,032 ppm. Mặc dù có biến động về nồng độ Cd theo thời gian về cuối vụ, nhưng trung bình nồng độ chất ô nhiễm Cd trong nước tưới vẫn cao hơn nhiều (230 - 420%) so với ngưỡng cho phép của quy chuẩn.

3.2 Động thái tích lũy Cd trong rễ theo 3 thời kỳ

Rễ là cơ quan đầu tiên của cây tiếp xúc với độc tố Cd trong nước và đất. Lúa là loại cây rễ chùm, khả năng bám rất chắc chắn và sâu vào đất để lấy chất dinh dưỡng nuôi cây. Để đánh giá được động thái tích lũy Cd trong rễ lúa, toàn bộ mẫu rễ lúa được thu tại cuối 3 thời kỳ sinh trưởng của cây. Kết quả phân tích được thể hiện tại hình 7 dưới đây:



Hình 7. Hàm lượng Cd trong rễ qua 4 vụ lúa ngoài ruộng thực nghiệm



Hình 8. Hàm lượng Cd trong rễ ở nhà lưới

Kết quả phân tích hàm lượng Cd trong rễ cây theo các thời kỳ sinh trưởng của cây ở 4 vụ lúa, trên cùng một điều kiện canh tác và giống lúa cho thấy Cd tích lũy trong rễ ngày càng nhiều theo

thời gian. Ở thời kỳ 5 tuần tuổi sau khi cấy (giai đoạn sinh trưởng sinh dưỡng), nồng độ Cd trong các mẫu rễ dao động từ 0,0307 – 0,0323 ppm. Giá trị này tăng lên 0,0324 – 0,0367 ppm ở thời điểm

kết thúc thời kỳ sinh trưởng sinh thực và đạt đỉnh tại điểm thu hoạch với hàm lượng Cd trong rễ lúa trung bình tại các mẫu là 0,0431 ppm. Về xu hướng, hàm lượng Cd tích lũy trong rễ theo thời gian tăng liên tục và tương đối đồng đều. Tại thời điểm 9 tuần, hàm lượng Cd trung bình trong rễ tăng 1,1 lần tương đương 9,8% so với thời điểm 5 tuần, và thời điểm thu hoạch tốc độ này cũng chỉ đạt 1,2 lần so với thời điểm 9 tuần. Kết quả này cho thấy cây lúa có hệ số tích lũy Cd nhất định phù hợp với kết quả nghiên cứu trong nhà lưới dưới các nồng độ ô nhiễm Cd khác nhau của nước tưới (*Khac et al 2022*).

Bên cạnh đó, các kết quả thu được từ thí nghiệm trong nhà lưới cũng cho thấy sự tích lũy Cd trong rễ tăng theo thời gian sinh trưởng. Các kết quả được mô tả trong hình dưới đây (Hình 8).

Kết quả thực nghiệm sau 04 vụ lúa trong nhà lưới cho thấy sự tích lũy Cd trong rễ lúa gia tăng theo thời gian sinh trưởng của cây. Cụ thể, công thức (CT) tưới nồng độ Cd 0,01 không thấy có sự thay đổi đáng kể về hàm lượng Cd tích lũy trong rễ qua các thời kỳ sinh trưởng ($Pvalue > 0,05$). Từ tuần thứ 5 đến thời kỳ thu hoạch, sự tích lũy Cd trong rễ chỉ tăng khoảng 1,2-1,5%. So với đối chứng (CF), sự tích lũy Cd trong rễ của cả ba mức nồng độ tưới chỉ tăng 3,5 – 3,8%. Trong tuần thứ 5, không có sự khác biệt giữa nồng độ Cd trong rễ ($Pvalue > 0,05$), tuy nhiên hàm lượng Cd trong rễ của các CT Cd 0,05 và Cd 0,5 tăng mạnh gấp 2,0 – 3,1 lần vào tuần thứ 9 và 4,2 – 4,7 lần sau thu hoạch so với CT Cd 0,01. Các kết quả thí nghiệm còn cho thấy không có sự khác biệt về tích lũy Cd trong rễ giữa các CT tưới Cd 0,05 và Cd 0,5 ($Pvalue > 0,05$), cụ thể là tại tuần thứ 9 hàm lượng Cd trong rễ của CT Cd 0,5 chỉ cao hơn 1,2 lần so với CT Cd 0,05 (hình 8). Sau thu hoạch sự tích lũy Cd trong rễ không có sự khác biệt ($Pvalue > 0,05$), có thể thấy cây lúa có hệ số tích lũy Cd nhất định qua thí nghiệm trên.

Như vậy, qua kết quả thí nghiệm tại nhà lưới và ngoài đồng ruộng cho thấy sự đồng nhất về cơ chế tích lũy Cd trong rễ của lúa, nghĩa là hàm

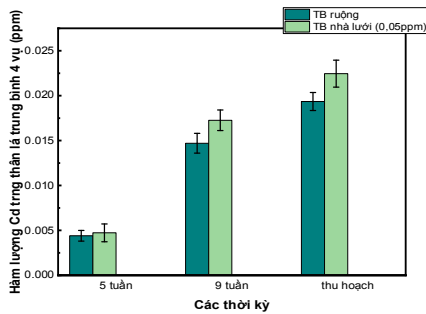
lượng Cd gia tăng theo thời gian và trong suốt vòng đời sinh trưởng của cây. Đáng chú ý, thời điểm từ tuần thứ 9 đến khi thu hoạch có tốc độ tích lũy Cd cao hơn giai đoạn đầu.

3.3. Động thái tích lũy Cd trong thân lá theo 3 thời kỳ

Cd được rễ hấp thụ và vận chuyển lên thân và lá như các chất dinh dưỡng thiết yếu phục vụ sự sinh trưởng và phát triển của cây. Kết quả thực nghiệm trên ruộng và trong nhà lưới đều cho thấy hàm lượng Cd tích lũy trong thân lá tăng qua các thời kỳ sinh trưởng. Trên ruộng, tại thời điểm 5 tuần sau khi cấy, hàm lượng Cd trong thân lá đạt trung bình 0,0044 ppm và tăng lên gấp 3,3 lần tại thời kỳ 9 tuần sau khi cấy tương đương với 0,0147 ppm. Đến khi thu hoạch, hàm lượng Cd đỉnh điểm trong thân lá đạt trung bình 0,0194 ppm, gấp 4,4 lần so với thời kỳ 9 tuần. Kết quả này phù hợp với kết quả nghiên cứu sự tích lũy Cd trong thân lá lúa trong nhà lưới khi canh tác lúa dưới các mức độ ô nhiễm Cd trong nước khác nhau. Càng về cuối vụ, thân và lá lúa càng tích lũy được nhiều Cd do rễ vẫn tiếp tục hoạt động hút chất dinh dưỡng và Cd – một kim loại linh động đã đi vào cây lúa như những nguyên tố dinh dưỡng khác. Tại đây, Cd có thể được cô lập trong thành tế bào, không bào ở các bộ phận này (*Luo et al. 2016*).

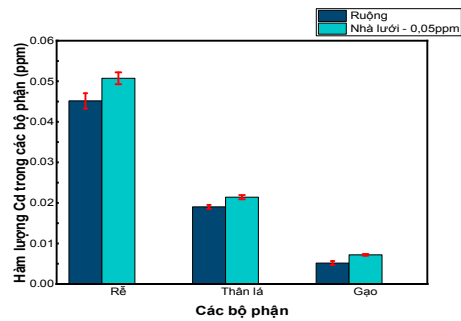
Hình 9 thể hiện kết quả phân tích sự tích lũy Cd trong thân lá lúa với công thức tưới 0,05 ppm Cd. Nồng độ tưới này tương đương với hàm lượng Cd trong nước tưới lấy từ hệ thống thủy lợi Bắc Hưng Hải cho khu ruộng nghiên cứu (nồng độ Cd trong nước thủy lợi dao động từ 0,031 - 0,052 ppm, trung bình là 0,039 ppm). Do nồng độ Cd trong nước tưới ở thí nghiệm nhà lưới cố định, còn nồng độ Cd trong nước tưới đồng ruộng dao động và phụ thuộc vào nước mưa pha loãng nên các kết quả của hai khu nghiên cứu có sự khác biệt, đó là sự tích lũy Cd trong thân lá ngoài đồng ruộng thấp hơn công thức 0,05 ppm trong nhà lưới trung bình 8%. Tuy nhiên, xu hướng tích lũy Cd trong thân lá với thí nghiệm trong nhà lưới cho kết quả tương tự ngoài ruộng.

Kết quả của hai thí nghiệm đã chỉ ra dưới ảnh hưởng của nước tưới ô nhiễm, hàm lượng Cd



Hình 9. Sự tích lũy Cd trong thân lá theo thời gian

trong thân lá tăng dần theo thời gian và trong suốt vòng đời sinh trưởng của cây lúa.



Hình 10. Hàm lượng Cd được tích lũy trong các bộ phận và gạo

3.4. Động thái tích lũy Cd trong hạt

Gạo là sản phẩm cuối cùng và quan trọng của cây lúa để phục vụ trực tiếp đời sống con người. Quá trình đánh giá sự tích lũy Cd trong gạo đã được thực hiện qua 4 vụ lúa và thu được kết quả như hình 10:

Kết quả nghiên cứu trên đồng ruộng cho thấy hàm lượng Cd tích lũy trong gạo trung bình qua 4 vụ đạt 0,00575 ppm thấp hơn ngưỡng khuyến cáo của FAO (Tổ chức lương thực thế giới) nhiều lần, mức khuyến cáo của FAO là 0,01 ppm. Kết quả nghiên cứu này phù hợp với kết quả đo đạc về hàm lượng Cd trong gạo trung bình tại một số mẫu thuộc đồng bằng sông Hồng của (Bui et al 2020) là 0,03 ppm. Trong kết quả nghiên cứu trong nhà lưới, hàm lượng Cd tích lũy trung bình qua 4 vụ đạt 0,00695 ppm, cao hơn thực nghiệm ngoài đồng ruộng 20,9%. Ngoài ra, về tương quan với các bộ phận của cây cũng cho thấy rằng hàm lượng Cd tích lũy trong rễ cao nhất gấp 2,2 lần so với thân lá tại công thức 0,05 ppm trong nhà lưới và 2,38 lần tại đồng ruộng. So với rễ và thân lá, hàm lượng Cd tích lũy trong gạo là thấp nhất chiếm khoảng 29,7% so với lượng Cd trong thân lá đối với công thức ngoài đồng ruộng và 33,3% đối với công thức 0,05 ppm trong nhà lưới. Kết quả này phù hợp với kết luận của (De Nguyen Ngoc 2008) về khối lượng chất khô trong hạt lúa được tạo ra bởi 80% từ quá trình quang hợp của

cây và 20% còn lại từ các chất dự trữ trong thân và lá lúa.

Như vậy có thể thấy, sau 4 vụ lúa, thực hiện thí nghiệm song song tại nhà lưới và đồng ruộng, kết quả về cơ chế tích lũy Cd trong các bộ phận của lúa có tính đồng nhất: Một là hàm lượng Cd tích lũy trong các bộ phận của lúa tăng dần theo thời kỳ sinh trưởng của cây; Hai là hàm lượng Cd trong rễ cao nhất và hàm lượng Cd trong gạo thấp nhất chiếm khoảng 29,7% đến 33,3% so với hàm lượng Cd trong thân lá.

3.5. Thảo luận

Kết quả nghiên cứu sự tích lũy Cd trong rễ, thân lá và gạo cho thấy mối quan hệ tuyến tính giữa hàm lượng Cd trong các bộ phận của cây theo thời gian dưới điều kiện nguồn nước tưới và đất bị ô nhiễm Cd liên tục và không có biến động lớn. Rễ cây đảm nhiệm việc hút các chất dinh dưỡng từ đất và nước một cách liên tục và vận chuyển vào các tế bào rễ bao gồm cả Cd. Sau đó Cd được vận chuyển lên thân rồi đi vào lá và tích tụ ở đó. Đến thời kỳ chín, lá cây quang hợp tạo ra các phân tử đường và tạo thành vật chất khô trong hạt chiếm tỷ trọng 80%, bên cạnh đó, các chất dinh dưỡng từ lá, thân, rễ cũng tiếp tục được vận chuyển đến và làm đầy hạt (bổ sung 20% còn lại) (De Nguyen Ngoc 2008). Đó chính là lý do đầu tiên giải thích cho sự có mặt của Cd trong hạt gạo.

Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy hàm lượng Cd trong hạt gạo thấp hơn rất nhiều lần so với

trong thân lá và trong rễ. Chu kỳ sinh trưởng của cây lúa đã giải thích một cách thuyết phục kết luận này. Với giống lúa Bắc thơm số 7 được trồng thực nghiệm trong nghiên cứu này có chu kỳ sinh trưởng là 120 ngày, trong đó thời kỳ chín chiếm 30 ngày khoảng 25% thời gian trong vòng đời của cây lúa. Thông thường các giống lúa khác cũng tương tự. Dễ thấy, thời gian từ lúc hình thành cho đến khi thu hoạch hạt lúa chỉ bằng $\frac{1}{4}$ vòng đời của cây lúa, trong điều kiện sinh trưởng và tốc độ tích lũy Cd diễn ra bình thường thì hàm lượng Cd được vận chuyển và tích lũy trong hạt luôn nhỏ hơn rất nhiều so với lượng trong thân lá và đặc biệt là trong rễ cây. Đó cũng là lý do giải thích cơ chế tích lũy Cd trong rễ > thân lá > hạt.

Kết quả nghiên cứu này là cơ sở khoa học cho các nghiên cứu tiếp theo về các giải pháp kỹ thuật nhằm giảm thiểu tích lũy kim loại nặng trong lúa gạo, góp phần đảm bảo sức khỏe của con người và nâng cao giá trị chất lượng và kinh tế cho sản phẩm gạo chủ lực của Việt Nam trước tình hình ô nhiễm nước tưới tại các hệ thống thủy lợi hiện nay.

4. KẾT LUẬN

Qua các kết quả của hoạt động thực nghiệm trên nhóm nghiên cứu nhận thấy sự tích lũy Cd trong lúa trồng trên đất phù sa sông Hồng dưới nước tưới ô nhiễm Cd hoàn toàn phù hợp với kết

quả thực nghiệm trong nhà lưới với các nồng độ Cd nhiễm trong nước khác nhau. Cụ thể, hàm lượng Cd trong rễ tích lũy tăng dần trong suốt vòng đời sinh trưởng của cây, tốc độ gia tăng từ 1,1 – 1,2 lần. Hàm lượng Cd trong thân lá cũng tăng nhanh theo 3 chu kỳ sinh trưởng của lúa, với hàm lượng 0,0044 ppm tại thời điểm 5 tuần tăng lên 0,0147 ppm ở thời điểm 9 tuần và đạt 0,0194 ppm khi thu hoạch. Tốc độ tích lũy Cd trong thân lá trung bình suốt vòng đời là 3,9 lần. Với sự tích lũy hạt, kết quả thực nghiệm suốt 4 vụ lúa cho kết quả thống nhất với hàm lượng Cd trong hạt trung bình là 0,00575 ppm thấp hơn ngưỡng khuyến cáo của FAO (Tổ chức lương thực thế giới) nhiều lần. Đồng thời cũng cho thấy mối tương quan về hàm lượng Cd trong các bộ phận của cây lúa trùng khớp với nghiên cứu trong nhà lưới: hàm lượng Cd trong rễ > thân lá > hạt. Nghiên cứu cũng luận giải về động thái tích lũy Cd trong cây lúa qua hai lý do. Một là cơ chế hình thành và chín của hạt lúa với lượng chất khô được cung cấp bởi quá trình quang hợp của lá chiếm 80% và các dưỡng chất còn lại lấy từ rễ và các ngân hàng tích lũy trong lá. Hai là tỷ lệ về thời gian của quá trình tạo hạt đến khi thu hoạch chỉ chiếm 25% tổng vòng đời của cây lúa, do đó lượng Cd tích lũy trong hạt thấp hơn trong thân lá và thấp hơn trong rễ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- De, Nguyen Ngoc. 2008. “*Giáo trình cây lúa.*”
- Tong cuc thong ke. 2020. “*Niên Giám Thống Kê.*”
- Tong cuc Thuy Loi. 2020. “*Báo Cáo Giám Sát Chất Lượng Nước HTTL Bắc Hưng Hải, Bắc Đuống, Sông Nhuệ Phục vụ Sản Xuất Nông Nghiệp.*”
- Adil, Muhammad Faheem et al. 2020. “*Cadmium-Zinc Cross-Talk Delineates Toxicity Tolerance in Rice via Differential Genes Expression and Physiological / Ultrastructural Adjustments.*” *Ecotoxicology and Environmental Safety* 190: 110076.
- Ayers, R.S. and Westcot, D.W. 1985. “*Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage.*” (Food and Agriculture Organization): 29.
- Banerjee, Aditya, Santanu Samanta, Ankur Singh, and Aryadeep Roychoudhury. 2020. “*Deciphering the Molecular Mechanism behind Stimulated Co-Uptake of Arsenic and Fluoride from Soil, Associated Toxicity, Defence and Glyoxalase Machinerics in Arsenic-Tolerant Rice.*” *Journal of Hazardous Materials* 390: 121978.

- Bui, Anh T.K., Lim T. Duong, and Minh N. Nguyen. 2020. "Accumulation of Copper and Cadmium in Soil–Rice Systems in Terrace and Lowland Paddies of the Red River Basin, Vietnam: The Possible Regulatory Role of Silicon." *Environmental Geochemistry and Health* 42(11).
- Honma, Masayoshi. 2017. "Agricultural Policy in Japan." In *Handbook of International Food and Agricultural Policies (In 3 Volumes)*,.
- John Ryan, George Estefan, and Abdul Rashid. 2001. *Soil and Plant Analysis Laboratory Manual*.
- Khac Vu Thi, Phuong Dinh Thi Lan, Nga Nguyen Thi Hang, Hoa Nguyen Thanh. 2022. "Cadmium Immobilization in the Rice - Paddy Soil with Biochar Additive." *Journal of Ecological Engineering*: 85–95.
- Lu, Qinhui et al. 2019. "Cadmium Contamination in a Soil-Rice System and the Associated Health Risk: An Addressing Concern Caused by Barium Mining." *Ecotoxicology and Environmental Safety* 183: 109590.
- Luo, Zhi Bin, Jiali He, Andrea Polle, and Heinz Rennenberg. 2016. "Heavy Metal Accumulation and Signal Transduction in Herbaceous and Woody Plants: Paving the Way for Enhancing Phytoremediation Efficiency." *Biotechnology Advances* 34(6).
- Peng, Hao et al. 2019. "Comparisons of Heavy Metal Input Inventory in Agricultural Soils in North and South China: A Review." *Science of The Total Environment* 660: 776–86.
- Sebastian, Abin, and Majeti Narasimha Vara Prasad. 2014. "Cadmium Minimization in Rice. A Review." *Agronomy for Sustainable Development* 34(1).
- Tian, Z Ryan et al. 2012. "Nanowired Drug Delivery to Enhance Neuroprotection in Spinal Cord Injury." *CNS & neurological disorders drug targets* 11(1).

Abstract:

ASSESSMENT OF CADMIUM ACCUMULATION IN RICE IN THE RED RIVER DELTA DUE TO POLLUTED IRRIGATION WATER

The study was conducted on agricultural cultivation land in the Red River Delta with irrigation water from the North Hung Hai irrigation system with an average Cd concentration of 4 consecutive crops (from May 2019 to May 2021) of 0.039 ppm. Under normal farming conditions, samples including soils, plant and grains were collected according to the 3 growth periods of rice to analyse the Cd content. The results indicated that the Cd accumulation in the roots gradually increases over of the growth life of rice plant with an increase rate from 1.1 - 1.2 times. The Cd content in plant increases rapidly over 3 periods with an average accumulation rate of 3.9 times. Experimental results in four crops showed the uniform of the average Cd content in grains of 0.00575 ppm lower than the FAO standard (0.01 ppm). Furthermore, results of the correlation in Cd content in parts of the rice plant in the greenhouse experiment in order: the Cd content in roots > straws > seeds. This result due to rice grains take 80% of the dry matter from photosynthesis and the remaining nutrients taken from the roots and leaves. In addition, the duration of the seeding process accounts for only 25% of the life cycle of the rice plant, so that the Cd content in grains is lower than plant and roots.

Keywords: Cd pollution, dynamic of Cd accumulation in grain, Cd in rice.

Ngày nhận bài: 27/4/2022

Ngày chấp nhận đăng: 28/5/2022