# BƯỚC ĐẦU NGHIÊN CỨU SỰ GIẢI PHÓNG PHỐT PHO HÒA TAN TRONG ĐẤT RỪNG DƯỚI ẢNH HƯỞNG CỦA QUÁ TRÌNH KHÔ - TÁI ẨM TRONG ĐIỀU KIỆN PHÒNG THÍ NGHIỆM

**Đinh Mai Vân[1], Ma Thùy Nhung[2], Trần Thị Quyên[3], Trần Thị Hằng[4]**
*[1, 2, 3, 4]Trường Đại học Lâm nghiệp*

## TÓM TẮT

Chu trình khô và tái ẩm (D/W) diễn ra ngày càng thường xuyên trên tầng đất mặt và giải phóng ra phốt pho hòa tan. Nghiên cứu được tiến hành để bước đầu xác định ảnh hưởng của quá trình khô hạn kéo dài và tái ẩm đến sự giải phóng phốt pho hòa tan từ đất rừng. Các mẫu đất được thu thập ở độ sâu 0 - 20 cm của rừng trồng thuần loài keo Tai tượng và rừng tự nhiên tại Vườn quốc gia Pù Mát. Các mẫu đất trải qua quá trình khô hạn 7 ngày, 14 ngày (độ ẩm trong đất khoảng từ 2 đến 5%) (dw), trong khi các mẫu đất đối chứng được giữ ở độ ẩm không đổi 50%. Tại thời điểm bắt đầu quá trình khô, sau 7 ngày và 14 ngày của quá trình khô - theo sau bởi tái ẩm đất được lấy ra để phân tích các chỉ tiêu phốt pho hòa tan. Tổng phốt pho hòa tan được giải phóng ra lớn nhất ở đất rừng trồng sau 7 ngày khô - theo sau bởi tái ẩm, với giá trị phốt pho hòa tan giải phóng thực là 0,86 $mgkg^{-1}$; nhỏ nhất ở đất rừng trồng sau 14 ngày với giá trị là 0,36 $mgkg^{-1}$. Phốt pho hòa tan được giải phóng từ đất rừng tự nhiên sau quá trình khô - tái ẩm dao động từ 0,6 đến 0,7 $mgkg^{-1}$. Hàm lượng phốt pho hòa tan thực được giải phóng ra giảm dần theo thời gian của quá trình khô hạn đối với rừng trồng. Phốt pho hữu cơ hòa tan chiếm ưu thế, trên 80% tổng lượng phốt pho hòa tan được giải phóng ra sau quá trình khô - tái ẩm. Không có sự khác biệt mang ý nghĩa thống kê giữa lượng phốt pho hòa tan từ rừng trồng và rừng tự nhiên sau quá trình khô - tái ẩm. Kết quả của nghiên cứu chứng minh quá trình khô - tái ẩm giải phóng ra lượng phốt pho hòa tan đóng góp vào nguồn dinh dưỡng hòa tan cung cấp cho rừng.

**Từ khóa: Khô - tái ẩm, phốt pho hữu cơ hòa tan, rừng trồng, rừng tự nhiên, tổng phốt pho hòa tan.**

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khí hậu toàn cầu được dự đoán ngày càng gia tăng cả về cường độ và phạm vi trong suốt thế kỷ 21 (Schmitt and Glaser, 2011). Sự thay đổi này cũng là nguyên nhân cho sự tăng lên về cường độ và tần suất của chu trình khô và tái ẩm (Ouyang and Li, 2013). Chu trình khô và tái ẩm (D/W) là một quá trình phi sinh học, thường xuyên xảy ra ở các tầng đất mặt; chu trình này dẫn đến sự thấm lọc qua màng tế bào, phá vỡ màng tế bào của vi sinh vật và phá vỡ các hạt kết cấu của đất (Schimel et al., 1999; Kaiser et al., 2015). Khi đất trải qua quá trình khô - tái ẩm sẽ giải phóng các chất hữu cơ và chất dinh dưỡng (Denef et al., 2001); những chất dinh dưỡng này đóng góp vào nguồn dinh dưỡng cho cây trồng (Bünemann et al., 2013). Nguồn dinh dưỡng hòa tan C, N được giải phóng dưới ảnh hưởng của quá trình khô tái ẩm đến đất đã được nghiên cứu bởi rất nhiều tác giả trong thời gian dài (Magid et al., 1999; Turner and Haygarth, 2001; Butterly et al., 2009, Bünemann et al., 2013; Dinh et al., 2016, 2017). Nghiên cứu của Birch (1964) đã cho thấy một lượng khí lớn $CO_2$ được giải phóng từ đất trải qua quá trình khô hạn, và quá trình này là nghiên cứu cơ sở cho các nghiên cứu khác sau này và được gọi là "hiệu ứng Birch". Quá trình khô tái ẩm cũng là nguyên nhân thúc đẩy quá trình khoáng hóa các hợp chất các bon hữu cơ và nitơ hữu cơ (Miller et al., 2005; Borken and Matzner, 2009), từ đó làm tăng hàm lượng hòa tan của các chất dinh dưỡng C, N (Fierer and Schimel, 2002; Miller et al., 2005). Hàm lượng các chất dinh dưỡng C, N hòa tan được giải phóng từ đất được cho là tăng tỷ lệ thuận với hàm lượng nước trong giai đoạn tái ẩm đất khô (Borken and Matzner, 2009).

Phốt pho là nguyên tố đóng vai trò quan trọng trong quá trình trao đổi chất, là nguyên tố không thể thiếu cho mọi cơ thể sinh vật (Marschner H., 1996). Trong đất, phốt pho tồn tại dưới hai dạng là phốt pho hữu cơ và phốt pho vô cơ. Tuy nhiên, cây trồng chỉ có thể hấp thu trực tiếp phốt pho từ đất dưới dạng $HPO_4^{2-}$, $H_2PO_4^-$. Trong dung dịch đất, dạng phốt pho hữu cơ hòa tan (DOP) chiếm ưu thế (Pant et

al., 1994; Shand et al., 1994; Guggenberger and Kaiser, 2003). Hàm lượng phốt pho hòa tan này thay đổi phụ thuộc từng loại đất và từng loại kiểu sử dụng đất và dao động trong khoảng từ dưới 0,02 đến 1 mg $L^{-1}$ (Turner, 2005). Dạng phốt pho hữu cơ hòa tan này cây trồng cũng có thể sử dụng trực tiếp thông qua rễ nhưng lượng này rất nhỏ; cây trồng chủ yếu hút thu phốt pho ở dạng phốt pho vô cơ hòa tan (DIP) (Richardson et al., 2005). Các nghiên cứu DOP trong đất rừng vẫn còn hạn chế. Chu trình phốt pho trong đất ảnh hưởng mạnh mẽ đến các dạng phốt pho cũng như hàm lượng các dạng phốt pho hòa tan tồn tại trong đất (Pierzynski and McDowell, 2005). Sự tăng hàm lượng phốt pho hòa tan trong đất được giải phóng ra dưới sự ảnh hưởng của quá trình khô tái ẩm cũng đã được nghiên cứu bởi một số tác giả (Turner and Haygarth, 2001; Butterly et al., 2009, 2011; Achat et al., 2012; Bünemann et al., 2013, Dinh et al., 2016, 2017). Tổng hàm lượng phốt pho hòa tan tăng đến hơn 5 mg P $kg^{-1}$ trong đó hàm lượng phốt pho vô cơ hòa tan (DIP) chiếm gần 40%, hàm lượng phốt pho hữu cơ hòa tan (DOP) chiếm hơn 60% ở tầng đất mặt (Butterly et al., 2011); và đối với thảm thực vật trên tầng đất mặt hàm lượng DOP tăng tới 7 mg P $kg^{-1}$ (Dinh et al., 2016). Một vài nghiên cứu cũng đã nhận định rằng quá trình khô - tái ẩm cũng làm thay đổi cộng đồng vi sinh vật, điều này được thể hiện qua sự thay đổi của sinh khối vi sinh vật (Van Gestel et al., 1993; Wu and Brookes, 2005; Chen et al., 2016). Cường độ và mức độ tái ẩm, tần suất của quá trình khô tái ẩm (sự lặp đi lặp lại), nấm – vi khuẩn cũng đã được nghiên cứu bởi một số tác giả (Butterly et al., 2009, 2011; Dinh et al., 2016, 2017, 2018). Các nghiên cứu này đều cho kết quả rằng, quá trình khô tái ẩm chỉ làm tăng hàm lượng phốt pho hòa tan trong chu kỳ đầu tiên của quá trình khô tái ẩm, sau đó giữ ở trạng thái khổng đổi và giảm dần ở những chu kỳ tiếp theo. Tuy nhiên, các nghiên cứu này chủ yếu tập trung nghiên cứu đối với đất ôn đới, còn rất ít nghiên cứu về ảnh hưởng của quá trình khô tái ẩm ở đất nhiệt đới – khu vực có quá trình khô tái ẩm diễn ra khác với nó ở đất ôn đới. Trong phạm vi bài báo các tác giả trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình khô – tái ẩm đến sự giải phóng phốt pho hòa tan từ các loại đất rừng khác nhau ở vùng nhiệt đới, trên cơ sở 2 giả thiết: i) Sự giải phóng phốt pho hòa tan tăng dần theo thời gian của quá trình khô hạn; ii) Sự giải phóng phốt pho hòa tan từ đất rừng tự nhiên lớn hơn từ đất rừng trồng.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Địa điểm và phương pháp thu thập mẫu ngoài thực địa

#### *2.1.1. Địa điểm lấy mẫu*

Các mẫu đất được lấy tại vườn quốc gia Pù Mát dưới rừng trồng thuần loài Keo tai tượng và rừng tự nhiên. Đất tại khu vực nghiên cứu là đất feralit đỏ vàng phát triển trên đá trầm tích. Khu vực nghiên cứu có nhiệt độ trung bình năm 23 - $24^0$C, tổng nhiệt năng từ 8500 - $8700^0$C. Mùa đông từ tháng 12 đến tháng 2 năm sau, nhiệt độ trung bình trong các tháng này xuống dưới $20^0$C. Ngược lại trong mùa hè, từ tháng 4 đến tháng 7, nhiệt độ trung bình lên trên $25^0$C. Các mẫu đất thí nghiệm được lấy vào tháng 2, năm 2018.

Tại địa điểm này, thiết lập hai ô tiêu chuẩn (OTC) tạm thời: một OTC đại diện cho khu vực rừng tự nhiên (RTN) và một OTC đại diện cho khu vực rừng trồng (RT) để làm đối chứng.

#### *2.1.2. Phương pháp thu thập mẫu ngoài thực địa*

Tại mỗi OTC, mẫu đất được thu thập theo phương pháp mạng lưới, trộn lẫn từ 12 vị trí khác nhau. Tại mỗi vị trí, khoảng 400 g đất được thu thập bằng dụng cụ lấy mẫu đất chuyên dụng ngoài thực địa, sau đó trộn đều đất của 12 vị trí đem về để thiết lập các thí nghiệm cũng như phân tích một số tính chất đất. Các mẫu đất được thu thập từ tầng đất có độ sâu từ 0 đến 20 cm. Mẫu đất được bảo vệ để đảm bảo độ ẩm của đất trong quá trình vận chuyển về phòng thí nghiệm.

Mẫu đất để xác định dung trọng cũng được lấy ở 5 vị trí, 1 vị trí chính giữa và 4 vị trí ở 4 hướng Đông, Tây, Nam, Bắc.

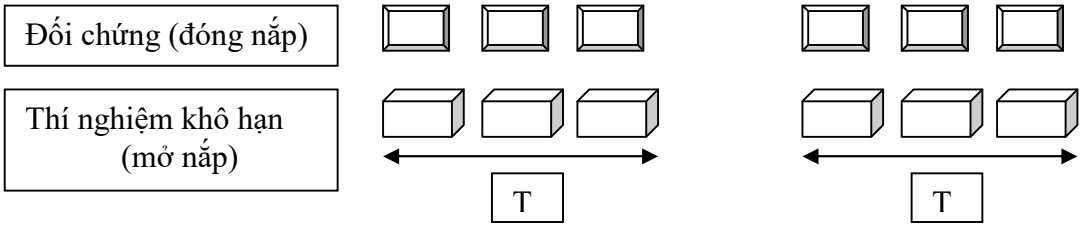
## 2.2. Các phương pháp xử lý, phân tích đất trong phòng thí nghiệm

### *2.2.1. Phương pháp xử lý đất*

Các mẫu đất được xử lý nhặt hết tạp vật, đá, sỏi... rây qua rây có đường kính 2 mm, trộn đều; giữ ở nhiệt độ $5^0$C để nghiên cứu tính chất lý hóa học. Một phần nhỏ của mẫu đất được phơi khô tự nhiên trong không khí, sau đó được xử lý và rây qua rây để xác định hàm lượng nitơ, các bon và phốt pho tổng số.

### *2.2.2. Thí nghiệm về khô hạn*

Đất được trải thành một lớp mỏng có độ dày 1 cm trong các hộp nhựa có nắp. Tất cả các thí nghiệm nghiên cứu được thiết lập trong môi trường nhiệt độ phòng dao động trong khoảng 20 đến 25°C trong thời gian thí nghiệm diễn ra. Tất cả các mẫu thí nghiệm được điều chỉnh đến 50% của độ ẩm bão hòa trong đất và được ủ từ một tuần trước khi quá trình khô hạn bắt đầu. Sau giai đoạn ủ, các mẫu đất được chia thành hai phương pháp xử lí: khô hạn - tái ẩm (dw) và đối chứng (dc) với 3 lần nhắc lại (cụ thể tổng số hộp mẫu là 24 chia đều cho cho đất rừng tự nhiên và đất rừng trồng; mỗi một loại đất rừng sẽ bao gồm 6 hộp cho đối chứng và 6 hộp cho thí nghiệm khô hạn). Các mẫu đối chứng (dc) được đậy nắp để giữ cho độ ẩm đất không thay đổi (50% độ ẩm bão hòa), các mẫu khô hạn thì nắp hộp được mở ra để cho quá trình khô trong không khí bắt đầu. Tại thời điểm bắt đầu mở nắp hộp mẫu tiến hành thí nghiệm khô hạn, 10 g đất được lấy ra để phân tích (gọi là thời điểm T0). Sau 7 ngày mở nắp thì đất bắt đầu được lấy ra cả ở hộp tiến hành thí nghiệm khô hạn (3 hộp) và hộp đối chứng (3 hộp) được lấy ra để phân tích (thời điểm T1) (độ ẩm đất dao động từ 2 đến 5%) (được mô phỏng ở sơ đồ thí nghiệm). Các hộp đất còn lại tiếp tục được mở nắp và được lấy đất phân tích sau 14 ngày kể từ thời điểm T0 (thời điểm T2, tại thời điểm nào độ ẩm đất khoảng từ 2 đến 5%) (sơ đồ thiết kế thí nghiệm). Tại thời điểm T0, T1, T2, 10 g đất từ mỗi hộp được cho vào các lọ nhựa dung tích 100 ml, sau đó cho nước cất tinh khiết vào với tỉ lệ đất: nước là 1: 10, sau đó lắc trên hệ thống lắc 2 giờ 20 phút; dung dịch được lọc qua giấy lọc 0,42 µm để phân tích các chỉ tiêu phốt pho hòa tan.




***Sơ đồ thiết kế thí nghiệm***

### *2.2.3. Các phương pháp phân tích trong phòng thí nghiệm: Tất cả các chỉ tiêu được xác định với 3 lần lặp*

* Xác định dung trọng của đất theo phương pháp được tổng hợp bởi Carter và Gregorich (2008), sử dụng ống đo có dung tích $Vcm^3$.

* Xác định tỷ trọng đất bằng phương pháp pycnometer được tổng hợp bởi Carter và Gregorich (2008).

* Xác định độ xốp thông qua tỉ trọng và dung trọng.

* Xác định hàm lượng nước trong đất bằng phương pháp phân tích nhiệt khối lượng TG (thermogravimetry hay TGA thermogravimetric analysis).

* Xác định $pH_{H2O}$ bằng máy đo pH.

Thực hiện 3 lần lặp với từng mẫu đất: Với mỗi lần lặp, cân 5 g đất cho vào cốc thủy tinh, thêm nước cất tinh khiết với tỉ lệ đất: nước là 1: 5, để lắng và đo pH.

* Xác định mùn trong đất bằng phương pháp Tiurin. Hàm lượng các bon tổng số được tính dựa trên hàm lượng mùn sử dụng hệ số 1,724.

* Xác định tổng phốt pho trong đất: công phá mẫu theo phương pháp của Olsen và Sommers (1982), sau đó tổng phốt pho được xác định bằng phương pháp phân tích quang phổ kế.

* Xác định phốt pho hòa tan trong đất theo phương pháp của Murphy và Riley (1962), sử dụng axit molypdap.

**2.3. Xử lý số liệu và phân tích kết quả**

Sự khác biệt giữa tổng phốt pho hòa tan (TDP) và phố pho vô cơ hòa tan (DIP) sẽ là giá trị phốt pho hữu cơ hòa tan (DOP).

Tổng phốt pho hữu cơ hòa tan thực, phốt pho vô cơ hòa tan thực, phốt pho hữu cơ hòa tan thực được tính bằng sự khác biệt giữa hàm lượng phốt pho hòa tan trong các mẫu trải qua quá trình khô - tái ẩm (dw) và hàm lượng phốt pho hòa tan trong các mẫu đối chứng (dc).

Sự khác biệt về hàm lượng phốt pho được giải phóng ra theo thời gian khô hạn - tái ẩm; giữa đất rừng trồng và rừng tự nhiên được phân tích thông qua phương pháp phân tích phương sai ANOVA và phân tích hậu định bằng Tukey.

Tất cả các phân tích, tính toán được thực hiện trên phần mềm R (R Core Team, 2014).

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Một số tính chất cơ bản của đất tại khu vực nghiên cứu

Các tính chất cơ bản ban đầu của các đất tại rừng trồng và rừng tự nhiên tại khu vực nghiên cứu được thể hiện ở bảng 1.

**Bảng 1. Tính chất cơ bản của đất rừng**

| Rừng | Dung trọng ($g/cm^3$) | Tỷ trọng ($g/cm^3$) | pH | Tổng P (%) | Tổng N (%) | Tổng C (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Rừng trồng (RT) | 1,01 ± 0,04 | 2,61 ± 0,10 | 6,57 ± 0,25 | 0,03 ± 0,01 | 0,13 ± 0,04 | 1,56 ± 0,21 |
| Rừng tự nhiên (RTN) | 0,97 ± 0,03 | 2,51 ± 0,21 | 4,50 ± 0,15 | 0,03 ± 0,00 | 0,28 ± 0,08 | 2,07 ± 0,24 |

Hàm lượng nitơ tổng số (TN) lớn nhất ở đất rừng tự nhiên (bảng 1) với 0,28% và hàm lượng này gấp hơn hai lần hàm lượng nitơ tổng số trong đất rừng trồng (0,13%). Các bon tổng số của đất rừng trồng nhỏ hơn giá trị của nó trong đất rừng tự nhiên, với giá trị lần lượt là 1,56% và 2,07%. Hàm lượng mùn của đất tại khu vực nghiên cứu dao động trong khoảng từ 2,5 đến 4%, tương đương với khoảng dao động của đất ferralit (Nguyễn Ngọc Bình, 1996). Trái ngược với hàm lượng các bon tổng số, độ chua $pH_{H2O}$ của đất rừng trồng lại cao hơn so với giá trị của nó ở đất rừng tự nhiên. Tuy nhiên, sự khác biệt giữa rừng trồng và rừng tự nhiên về hàm lượng các bon tổng số và $pH_{H2O}$ đều mang ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Hàm lượng phốt pho tổng số của đất rừng trồng và đất rừng tự nhiên có giá trị như nhau 0,03%. Dung trọng và tỷ trọng của đất rừng trồng và đất rừng tự nhiên có sự khác biệt không lớn; dung trọng lần lượt là 1,01 $g/cm^3$ và 0,97 $g/cm^3$; tỷ trọng lần lượt là 2,61 $g/cm^3$ và 2,51 $g/cm^3$. Tỷ lệ C/N của đất rừng trồng và rừng tự nhiên lần lượt là 12 và 8. Tỷ lệ C/N này tương đối thấp và nó tương đương với tỷ lệ của đất ferralit đỏ vàng ở Việt Nam được tổng kết và báo cáo bởi Nguyễn Ngọc Bình (1996). Tỷ lệ này cũng cho thấy mùn trong đất rừng chứa nhiều đạm hơn mùn trong đất rừng trồng, điều này cũng được thể hiện trong hàm lượng đạm tổng số của hai loại đất rừng này. Với tỷ lệ C/N nhỏ hơn 25, cả đất rừng trồng và rừng tự nhiên đều có tốc độ tích lũy chậm hơn tốc độ phân giải chất hữu cơ (Zhao et al., 2018); lượng ni tơ vô cơ hòa tan cũng được cung cấp thêm cho đất thông qua quá trình khoáng hóa (Wei et al., 2009). Tuy nhiên, tỷ lệ C/N của đất rừng tự nhiên nhỏ hơn 8 nên hàm lượng chất hữu cơ được tích lũy sẽ ít hơn so với đất rừng trồng (Saikh et al., 1998). Tỷ lệ C:N:P của đất rừng trồng và rừng tự nhiên lần lượt là 52:4:1 và 69:9:1, tỷ lệ này tương đương với tỷ lệ của đất ở độ sâu 0 - 10 cm bởi nghiên cứu của Ouyang et al. (2017). Sự khác biệt về tỷ lệ C:N:P giữa rừng trồng và rừng tự nhiên là do sự khác biệt về loại hình rừng, sự phân bố và cấu trúc của các loài cây, thảm thực vật (Zhao et al., 2015). Sự khác biệt này cũng là do thành phần và hàm lượng chất hữu cơ trong tầng đất, thảm thực vật trên bề mặt đất khác nhau giữa các loại rừng

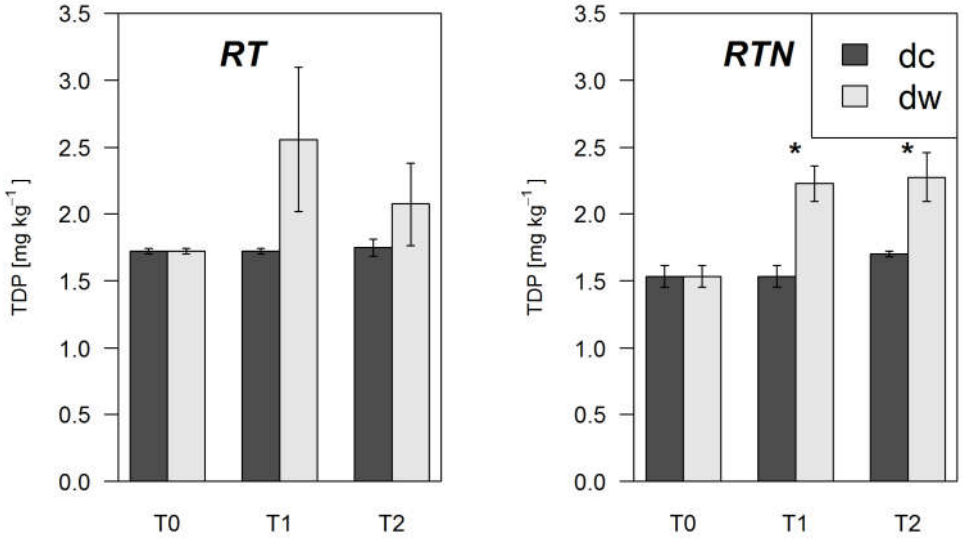
(Cleveland and Liptzin, 2007).

**3.2. Hàm lượng phốt pho hòa tan được giải phóng từ đất rừng dưới ảnh hưởng của quá trình khô - tái ẩm**

***3.2.1. Hàm lượng phốt pho hòa tan trong mẫu đất trải qua quá trình khô tái ẩm (dw) so với hàm lượng phốt pho hòa tan trong mẫu đất đối chứng (dc)***

Tổng lượng phốt pho hòa tan (TDP) và phốt pho hữu cơ hòa tan (DOP) của mẫu đất trải qua quá trình khô ẩm (dw) và mẫu đất đối chứng (dc) được thể hiện ở hình 1 và hình 2.

Quá trình khô - tái ẩm đã giải phóng phốt pho hòa tan cả ở rừng trồng và rừng tự nhiên, thể hiện ở hàm lượng TDP ở trong mẫu dw luôn lớn hơn giá trị của nó trong mẫu dc (sự khác biệt giữa hàm lượng phốt pho hòa tan trong mẫu dw với hàm lượng của nó trong mẫu dc chính là hàm lượng phốt pho giải phóng thực dưới ảnh hưởng của quá trình khô - tái ẩm) (hình 1).

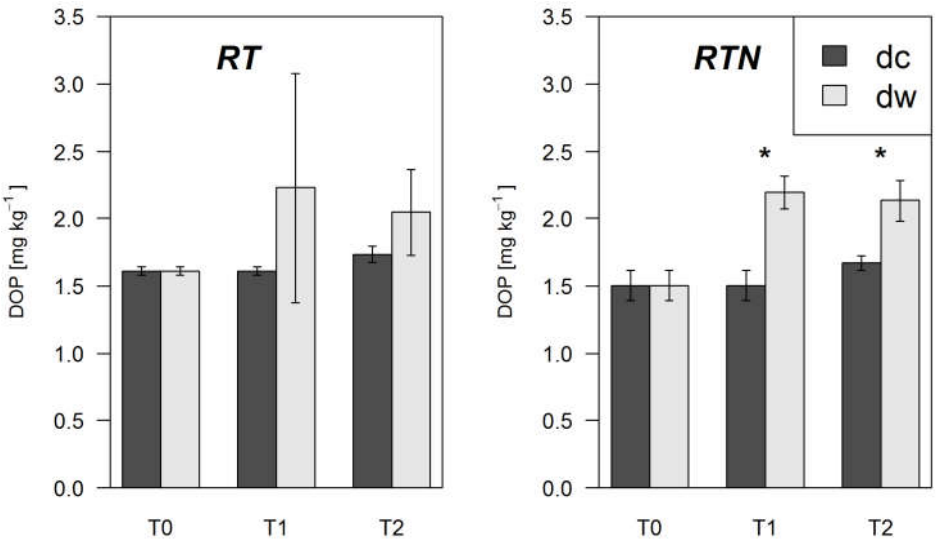



**Hình 1. Tổng phốt pho hòa tan(TDP) ở đất rừng trồng (RT) và rừng tự nhiên (RTN)**

*Ghi chú: dc: đối chứng, không trải qua quá trình khô - tái ẩm; dw: trải qua quá trình khô - tái ẩm; T0: thời điểm bắt đầu mở nắp, bắt đầu quá trình khô - tái ẩm); T1: 7 ngày sau khi bắt đầu quá trình khô tái ẩm; T2: 14 ngày sau khi bắt đầu quá trình khô tái ẩm; *: có sự khác biệt mang ý nghĩa thống kê (p < 0,05).*

Hàm lượng TDP dao động trong khoảng từ 1,53 $mgkg^{-1}$ đến 1,75 $mgkg^{-1}$ trong mẫu dc và từ 1,53 $mgkg^{-1}$ đến 2,56 $mgkg^{-1}$ trong mẫu dw. Đối với rừng trồng, hàm lượng TDP lớn nhất ở trong mẫu đất dw tại thời điểm T1 - 7 ngày trải qua quá trình khô hạn theo sau bởi quá trình tái ẩm, với giá trị là 2,56 $mgkg^{-1}$, sau đó giảm xuống 2,07 $mgkg^{-1}$ tại thời điểm T2 - sau 14 ngày trải qua quá trình khô hạn. Tuy nhiên, không có sự khác biệt mang ý nghĩa thống kê giữa hàm TDP trong mẫu đất đối chứng và mẫu đất dw của rừng trồng. Đối với đất rừng tự nhiên hàm lượng TDP tăng dần từ thời điểm T0 đến T2 trong mẫu đất dw, với hàm lượng từ 1,53 $mgkg^{-1}$ đến 2,28 $mgkg^{-1}$. Tại thời điểm T1 và T2, hàm lượng TDP trong đất rừng tự nhiên của mẫu dw luôn lớn hơn giá trị của nó trong mẫu dc và có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Hàm lượng TDP của nghiên cứu này tương đương với hàm lượng TDP trong đất rừng sồi và nhỏ hơn hàm lượng TDP trong đất rừng dẻ tại vùng ôn đới theo nghiên cứu của Dinh et al. (2016).

Hàm lượng phốt pho hữu cơ hòa tan (DOP) dao động trong khoảng từ 1,50 $mgkg^{-1}$ đến 2,23 $mgkg^{-1}$ (Hình 2). Hàm lượng DOP đạt giá trị lớn nhất tại thời điểm T1 trong mẫu dw sau đó giảm dần tại thời điểm T2 đối với cả đất rừng trồng và đất rừng tự nhiên. Hàm lượng DOP trong mẫu đất dw luôn lớn hơn trong mẫu đất dc, sự chênh lệch này chỉ mang ý nghĩa thống kê đối với đất rừng tự nhiên tại thời điểm T1 và T2. Hàm lượng DOP chiếm lớn hơn 80% hàm lượng TDP; hàm lượng DIP chiếm một lượng nhỏ, < 20% hàm lượng TDP.




**Hình 2. Phốt pho hữu cơ hòa tan (DOP) ở đất rừng trồng (RT) và rừng tự nhiên (RTN)**

*Ghi chú: dc: đối chứng, không trải qua quá trình khô - tái ẩm; dw: trải qua quá trình khô - tái ẩm; T0: thời điểm bắt đầu mở nắp, bắt đầu quá trình khô - tái ẩm; T1: 7 ngày sau khi bắt đầu quá trình khô - tái ẩm; T2: 14 ngày sau khi bắt đầu quá trình khô tái ẩm; *: có sự khác biệt mang ý nghĩa thống kê (p < 0,05).*

### *3.2.2. Hàm lượng phốt pho hòa tan thực được giải phóng ra từ đất rừng dưới ảnh hưởng của quá trình khô - tái ẩm*

Hàm lượng phốt pho hòa tan thực được giải phóng ra từ đất dưới ảnh hưởng của quá trình khô - tái ẩm được tính bằng sự chênh lệc giữa mẫu dw và mẫu dc, được thể hiện ở bảng 2.

**Bảng 2. Hàm lượng phốt pho hòa tan thực được giải phóng sau quá trình khô hạn và tái ẩm (dw-dc)**

| TT | Rừng | Thời gian (ngày) | TDP giải phóng thực (mg/kg) | DOP giải phóng thực (mg/kg) | DIP giải phóng thực (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | RT | 7 (T1) | 0,84±0,31 | 0,71±0,40 | 0,13±0,50 |
| 2 | RT | 14 (T2) | 0,36±0,18 | 0,35±0,18 | 0,01±0.00 |
| 3 | RTN | 7 (T1) | 0,69±0,12 | 0,69±0,12 | 0,00±0,00 |
| 4 | RTN | 14 (T2) | 0,57±0,10 | 0,46±0,08 | 0,10±0,12 |

Từ bảng 2 cho thấy, hàm lượng TDP giải phóng thực sau quá trình khô kéo dài và tái ẩm lớn nhất trong đất rừng trồng tại thời điểm T1, với giá trị là 0,84 $mgkg^{-1}$, bé nhất trong đất rừng trồng tại thời điểm T2, với giá trị là 0,36 $mgkg^{-1}$. Hàm lượng TDP trong đất rừng tự nhiên tại thời điểm T1 và T2 có sự chênh lệch rất nhỏ, giá trị lần lượt là 0,69 $mgkg^{-1}$ và 0,57 $mgkg^{-1}$. Hàm lượng TDP thực tế được giải phóng này chỉ chiếm chưa đến 1% phốt pho tổng số và nhỏ hơn so với kết quả nghiên cứu của (Dinh et al., 2016). Hàm lượng phốt pho hữu cơ hòa tan (DOP) dao động trong khoảng từ 0,35 $mgkg^{-1}$ đến 0,71 $mgkg^{-1}$; giá trị lớn nhất đều đạt được ở thời điểm T1 đối với cả rừng trồng và rừng tự nhiên. Hàm lượng DOP là thành phần chủ yếu của lượng phốt pho hòa tan được giải phóng ra khỏi đất dưới ảnh hưởng của quá trình khô - tái ẩm (trên 80%), hàm lượng này gấp 4 đến 5 lần hàm lượng DIP (chiếm dưới 20% tổng phốt pho hòa tan; dao động từ 0 đến 0,13 $mgkg^{-1}$). Hàm lượng DIP thực tế được giải phóng ra ở đất rừng trồng tại thời điểm T1 của rừng trồng tương đương với DIP thực được giải phóng ra trên đất đồng cỏ theo nghiên cứu của Blackwell et al. (2009). Theo kết quả nghiên cứu của Turner và Haygarth (2001), sinh khối vi sinh vật là nguồn chủ yếu cho sự giải phóng DOP. Khi phốt pho hữu cơ được giải phóng ra rất nhiều thông qua sự giảm của sinh khối vi sinh vật nhưng hàm lượng DOP không tăng cao, chứng tỏ DOP đã

bị hấp phụ bởi đất (Butterly et al., 2009). Dinh et al. (2016) cũng đã kết luận sự giải phóng DIP và DOP có mối tương quan chặt với sinh khối vi sinh vật. Trong nghiên cứu này sinh khối vi sinh vật có thể là nguồn của lượng DOP được giải phóng ra sau quá trình khô tái ẩm.

Hàm lượng TDP thực giải phóng ra giảm từ thời điểm T1 đến thời điểm T2 đối với đất rừng tự nhiên, trong khi giá trị này lại tăng đối với đất rừng trồng. Sự giảm TDP của đất rừng tự nhiên có thể do TDP bị hấp phụ bởi bề mặt đất do pH của đất rừng trồng đạt giá trị trung bình là 4,5.

Trái với giả thuyết của nghiên cứu, sự giải phóng TDP từ đất rừng trồng là lớn hơn so với đất rừng tự nhiên tại thời điểm T1. Mặc dù tại thời điểm T2 hàm lượng TDP giải phóng thực từ đất rừng tự nhiên lại lớn hơn giá trị của nó từ đất rừng trồng nhưng nếu tính cả thời kỳ khô hạn 14 ngày sau đó tái ẩm thì đất rừng tự nhiên vẫn giải phóng TDP nhiều hơn đất rừng trồng. Tuy nhiên sự chênh lệch này không lớn và chưa mang ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$). Sự khác biệt này có thể là kết quả của sự khác nhau về cộng đồng vi sinh vật giữa đất rừng trồng và đất rừng tự nhiên. Các loài vi sinh vật có khả năng chống chịu với khô hạn khác nhau (Ouyang and Li, 2013), nấm có khả năng chống chịu khô hạn tốt hơn hơn vi khuẩn (Schimel et al., 1999; Blackwell et al., 2010). Tuy nhiên cần có các nghiên cứu tiếp theo về mối quan hệ của lượng phốt pho hòa tan giải phóng và sinh khối vi sinh vật, cộng đồng vi sinh vật trong đất.

## 4. KẾT LUẬN

Quá trình khô - tái ẩm đã giải phóng phốt pho hòa tan, cung cấp nguồn phốt pho hòa tan trực tiếp cho đất rừng. Hàm lượng phốt pho hòa tan giảm theo thời gian khô hạn đối với đất rừng trồng. Thời gian khô hạn ảnh hưởng đến sự giải phóng phốt pho hòa tan trong đất rừng tự nhiên chưa thể hiện rõ nét. Phốt pho hữu cơ hòa tan chiếm tỉ lệ chủ yếu trong tổng lượng phốt pho hòa tan được giải phóng từ đất rừng dưới ảnh hưởng của quá trình khô - tái ẩm. Tổng phốt pho hòa tan được giải phóng ra lớn nhất ở đất rừng trồng sau 7 ngày khô – theo sau bởi tái ẩm, với giá trị phốt pho hòa tan giải phóng thực là 0,86 $mgkg^{-1}$; nhỏ nhất ở đất rừng trồng sau 14 ngày với giá trị là 0,36 $mgkg^{-1}$. Phốt pho hòa tan được giải phóng từ đất rừng tự nhiên sau quá trình khô - tái ẩm dao động từ 0,6 - 0,7 $mgkg^{-1}$. Hàm lượng phốt pho hòa tan thực được giải phóng ra giảm dần theo thời gian của quá trình khô hạn đối với rừng trồng. Phốt pho hữu cơ hòa tan chiếm ưu thế, trên 80% tổng lượng phốt pho hòa tan được giải phóng ra sau quá trình khô - tái ẩm. Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa lượng phốt pho hòa tan từ rừng trồng và rừng tự nhiên sau quá trình khô - tái ẩm. Ảnh hưởng của quá trình khô tái ẩm đến cộng đồng vi sinh vật đất, thông qua sinh khối vi sinh vật, tỷ lệ nấm - vi khuẩn trong đất cần thiết được tiến hành trong những nghiên cứu tiếp theo.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Achat DL, Augusto L, Gallet-Budynek A, Bakker MR (2012). Drying-induced changes in phosphorus status of soils with contrasting soil organic matter contents – Implications for laboratory approaches. Geoderma 187–188:41–48. doi: 10.1016/j.geoderma.2012.04.014.

2. Birch HF (1964). Mineralisation of plant nitrogen following alternate wet and dry conditions. Plant Soil 20:43–49. doi: 10.1007/BF01378096.

3. Blackwell MSA, Brookes PC, de la Fuente-Martinez N, et al (2009). Effects of soil drying and rate of re-wetting on concentrations and forms of phosphorus in leachate. Biol Fertil Soils 45:635–643. doi: 10.1007/s00374-009-0375-x.

4. Blackwell MSA, Brookes PC, de la Fuente-Martinez N, et al (2010). Chapter 1 - Phosphorus solubilization and potential transfer to surface waters from the soil microbial biomass following drying–rewetting and freezing–thawing. In: Sparks DL (ed) Advances in Agronomy. Academic Press, pp 1–35.

5. Borken W, Matzner E (2009a). Reappraisal of drying and wetting effects on C and N mineralization and fluxes in soils. Glob Change Biol 15:808–824. doi: 10.1111/j.1365-2486.2008.01681.x.

6. Borken W, Matzner E (2009b). Reappraisal of drying and wetting effects on C and N mineralization and fluxes in soils. Glob Change Biol 15:808–824. doi: 10.1111/j.1365-2486.2008.01681.x.

7. Bünemann EK, Keller B, Hoop D, et al (2013a). Increased availability of phosphorus after drying and rewetting of a grassland soil: processes and plant use. Plant Soil 370:511–526. doi: 10.1007/s11104-013-1651-y.

8. Bünemann EK, Keller B, Hoop D, et al (2013b). Increased availability of phosphorus after drying and rewetting of a grassland soil: processes and plant use. Plant Soil 370:511–526. doi: 10.1007/s11104-013-1651-y.

9. Butterly CR, Bünemann EK, McNeill AM, et al (2009a). Carbon pulses but not phosphorus pulses are related to decreases in microbial biomass during

repeated drying and rewetting of soils. Soil Biol Biochem 41:1406–1416. doi: 10.1016/j.soilbio.2009.03.018.

10. Butterly CR, Bünemann EK, McNeill AM, et al (2009b). Carbon pulses but not phosphorus pulses are related to decreases in microbial biomass during repeated drying and rewetting of soils. Soil Biol Biochem 41:1406–1416. doi: 10.1016/j.soilbio.2009.03.018.

11. Butterly CR, McNeill AM, Baldock JA, Marschner P (2011). Rapid changes in carbon and phosphorus after rewetting of dry soil. Biol Fertil Soils 47:41–50. doi: 10.1007/s00374-010-0500-x.

12. Carter MR, Gregorich EG (eds) (2008). Soil sampling and methods of analysis, 2nd ed. Canadian Society of Soil Science ; CRC Press, [Pinawa, Manitoba] : Boca Raton, FL.

13. Chen H, Lai L, Zhao X, et al (2016). Soil microbial biomass carbon and phosphorus as affected by frequent drying–rewetting. Soil Res 54:321. doi: 10.1071/SR14299.

14. Cleveland CC, Liptzin D (2007). C:N:P stoichiometry in soil: is there a "Redfield ratio" for the microbial biomass? Biogeochemistry 85:235–252. doi: 10.1007/s10533-007-9132-0.

15. Degens BP, Sparling GP (1995). Repeated wet-dry cycles do not accelerate the mineralization of organic C involved in the macro-aggregation of a sandy loam soil. Plant Soil 175:197–203. doi: 10.1007/BF00011355.

16. Denef K, Six J, Paustian K, Merckx R (2001). Importance of macroaggregate dynamics in controlling soil carbon stabilization: short-term effects of physical disturbance induced by dry–wet cycles. Soil Biol Biochem 33:2145–2153. doi: 10.1016/S0038-0717(01)00153-5.

17. Dinh M-V, Guhr A, Spohn M, Matzner E (2017). Release of phosphorus from soil bacterial and fungal biomass following drying/rewetting. Soil Biol Biochem 110:1–7. doi: 10.1016/j.soilbio.2017.02.014.

18. Dinh M-V, Guhr A, Weig AR, Matzner E (2018). Drying and rewetting of forest floors: dynamics of soluble phosphorus, microbial biomass-phosphorus, and the composition of microbial communities. Biol Fertil Soils 54:761–768. doi: 10.1007/s00374-018-1300-y.

19. Dinh M-V, Schramm T, Spohn M, Matzner E (2016a). Drying–rewetting cycles release phosphorus from forest soils. J Plant Nutr Soil Sci 179:670–678. doi: 10.1002/jpln.201500577.

20. Dinh M-V, Schramm T, Spohn M, Matzner E (2016b). Drying-rewetting cycles release phosphorus from forest soils. J Plant Nutr Soil Sci 179:670–678. doi: 10.1002/jpln.201500577.

21. Fierer N, Schimel JP (2002). Effects of drying–rewetting frequency on soil carbon and nitrogen transformations. Soil Biol Biochem 34:777–787. doi: 10.1016/S0038-0717(02)00007-X.

22. Gordon H, Haygarth PM, Bardgett RD (2008). Drying and rewetting effects on soil microbial community composition and nutrient leaching. Soil Biol Biochem 40:302–311. doi: 10.1016/j.soilbio.2007.08.008.

23. Guggenberger G, Kaiser K (2003). Dissolved organic matter in soil: challenging the paradigm of sorptive preservation. Geoderma 113:293–310. doi: 10.1016/S0016-7061(02)00366-X.

24. Kaiser M, Kleber M, Berhe AA (2015). How air-drying and rewetting modify soil organic matter characteristics: An assessment to improve data interpretation and inference. Soil Biol Biochem 80:324–340. doi: 10.1016/j.soilbio.2014.10.018.

25. Magid J, Kjærgaard C, Gorissen A, Kuikman PJ (1999). Drying and rewetting of a loamy sand soil did not increase the turnover of native organic matter, but retarded the decomposition of added 14C-labelled plant material. Soil Biol Biochem 31:595–602. doi: 10.1016/S0038-0717(98)00164-3.

26. Marschner H. D (1996). Mineral nutrition of higher plants. Ann Bot 78:527–528. doi: 10.1006/anbo.1996.0155.

27. Mikha MM, Rice CW, Milliken GA (2005). Carbon and nitrogen mineralization as affected by drying and wetting cycles. Soil Biol Biochem 37:339–347. doi: 10.1016/j.soilbio.2004.08.003.

28. Miller A, Schimel J, Meixner T, et al (2005). Episodic rewetting enhances carbon and nitrogen release from chaparral soils. Soil Biol Biochem 37:2195–2204. doi: 10.1016/j.soilbio.2005.03.021.

29. Murphy J, Riley JP (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal Chim Acta 27:31–36. doi: 10.1016/S0003-2670(00)88444-5.

30. Nguyễn Ngọc Bình (1996). Đất rừng Việt Nam. Nhà xuất bản Nông nghiệp.

31. Ouyang S, Xiang W, Gou M, et al (2017). Variations in soil carbon, nitrogen, phosphorus and stoichiometry along forest succession in southern China. Biogeosciences Discuss 1–27. doi: 10.5194/bg-2017-408.

32. Ouyang Y, Li X (2013). Recent research progress on soil microbial responses to drying–rewetting cycles. Acta Ecol Sin 33:1–6. doi: 10.1016/j.chnaes.2012.12.001.

33. Pant HK, Vaughan D, Edwards AC (1994). Molecular size distribution and enzymatic degradation of organic phosphorus in root exudates of spring barley. Biol Fertil Soils 18:285–290. doi: 10.1007/BF00570630.

34. Pierzynski GM, McDowell RW (2005). Chemistry, cycling, and potential movement of inorganic phosphorus in soils. Phosphorus Agric Environ agronomymonogra:53–86. doi: 10.2134/agronmonogr46.c3.

35. Raghothama KG, Karthikeyan AS (2005). Phosphate acquisition. Plant Soil 274:37–49. doi: 10.1007/s11104-004-2005-6.

36. Richardson AE, George TS, Hens M, Simpson RJ (2005). Utilization of soil organic phosphorus by

higher plants. In: Turner BL, Frossard E, Baldwin DS (eds) Organic phosphorus in the environment. CABI, Wallingford, pp 165–184.

37. Saikh H, Varadachari C, Ghosh K (1998). Changes in carbon, nitrogen and phosphorus levels due to deforestation and cultivation: A case study in Simlipal National Park, India. Plant Soil 198:137–145. doi: 10.1023/A:1004391615003.

38. Schimel JP, Gulledge JM, Clein-Curley JS, et al (1999). Moisture effects on microbial activity and community structure in decomposing birch litter in the Alaskan taiga. Soil Biol Biochem 31:831–838. doi: 10.1016/S0038-0717(98)00182-5.

39. Schmitt A, Glaser B (2011). Organic matter dynamics in a temperate forest soil following enhanced drying. Soil Biol Biochem 43:478–489. doi: 10.1016/j.soilbio.2010.09.037.

40. Shand CA, Macklon AES, Edwards AC, Smith S (1994). Inorganic and organic P in soil solutions from three upland soils: I. Effect of soil solution extraction conditions, soil type and season. Plant Soil 159:255–264. doi: 10.1007/BF00009288.

41. Turner BL (2005). Organic phosphorus transfer from terrestrial to aquatic environments. In: Turner BL, Frossard E, Baldwin DS (eds) Organic phosphorus in the environment. CABI, Wallingford, pp 269–294.

42. Turner BL, Haygarth PM (2001). Biogeochemistry: Phosphorus solubilization in rewetted soils. Nature 411:258–258. doi: 10.1038/35077146.

43. Van Gestel M, Merckx R, Vlassak K (1993). Microbial biomass and activity in soils with fluctuating water contents. Geoderma 56:617–626. doi: 10.1016/0016-7061(93)90140-G.

44. Wei X, Shao M, Fu X, et al (2009). Distribution of soil organic C, N and P in three adjacent land use patterns in the northern Loess Plateau, China. Biogeochemistry 96:149–162. doi: 10.1007/s10533-009-9350-8.

45. Wu J, Brookes PC (2005). The proportional mineralisation of microbial biomass and organic matter caused by air-drying and rewetting of a grassland soil. Soil Biol Biochem 37:507–515. doi: 10.1016/j.soilbio.2004.07.043.

46. Zhao F, Sun J, Ren C, et al. (2018). Land use change influences soil C, N, and P stoichiometry under 'Grain-to-Green Program' in China. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4650801/.

# INITIAL STUDY ON THE RELEASE OF WATER – SOLUBLE PHOSPHORUS FROM FOREST SOILS UNDER THE EFFECTS OF DRYING - REWETTING CYCLE IN LABORATORY CONDITIONS

**Dinh Mai Van[1], Ma Thuy Nhung[2], Tran Thi Quyen[3], Tran Thi Hang[4]**

[1,2,3,4]*Vietnam National University of Forestry*

## SUMMARY

Drying-rewetting cycles (D/W) occur more frequently in topsoils and release water-soluble phosphorus. The study was conducted to determine the effects of prolonged drought and rewetting on the release of water-soluble phosphorus from forest soils. Samples were collected at a depth of 0 - 20 cm in Acacia mangium forest soil (forest plantation) and the natural forest soil at PuMat National Park. DW samples were experienced drying period at 7 days, 14 days (water holding capacity about from 2 to 5%), while the controls (dc) were kept permanently at 50% water holding capacity. Soil samples were collected at a depth of 0 - 20 cm of the Acacia mangium forest soil and the natural forest soil at Pu Mat National Park. The soil samples were subjected to a dry drought of 7 days, 14 days (relative humidity in the soil of 2 to 5%) (DW), while control soil samples were kept at 50% water holding capacity during the experiment. In the beginning, after 7 days, 14 days of drying period following rewetting, water-soluble phosphorus was extracted from soils in water. The net release of total water-soluble phosphorus was largest from plantation forest soil at 7 days after drying following rewetting, about 0.86 $mgkg^{-1}$; smallest from natural forest soil at 14 days after drying following rewetting, about 0.36 $mgkg^{-1}$. The net release of total water-soluble phosphorus from natural forest fluctuated from 0.6 to 0.7 $mgkg^{-1}$. The net release of the water-soluble phosphorus decreased with time of duration period following rewetting in plantation forest soil. Water-soluble organic phosphorus was the main part of total water-soluble phosphorus releasing from forest soil after drying rewetting cycle (more than 80%). There was no significant difference in response to DW between samples from forest plantation and natural forest. Our results suggest that DW release water - soluble phosphorus contributing in the source of the soluble nutrient.

**Keywords: Drying - rewetting, forest plantation, natural forest, total water soluble phosphorus, water soluble organic phosphorus.**

**Ngày nhận bài : 17/8/2018**
**Ngày phản biện : 22/01/2019**
**Ngày quyết định đăng : 29/01/2019**