

NGHIÊN CỨU CẢI TẠO ĐẤT BÃI THẢI KHAI THÁC MỎ ĐỒNG TỈNH LÀO CAI BẰNG TRỒNG CÂY ĐẬU DẦU (*Pongamia pinnata*) KẾT HỢP BÓN NHIỄM NẤM RỄ NỘI CỘNG SINH AM (*Arbuscular mycorrhiza*) Ở VƯỜN ƯƠM

Vũ Quý Đông, Hà Thị Hiền, Lê Thị Thu Hằng, Hà Thị Mai, Phạm Thị Ngân

Viện Nghiên cứu Sinh thái và Môi trường rừng - Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam

TÓM TẮT

Giải pháp công nghệ sinh học môi trường (Bioremediation) kết hợp sử dụng sản phẩm công nghệ vi sinh (Microbialremediation) với thực vật (Phytoremediation) được áp dụng hiệu quả cho cải tạo phục hồi các khu vực bãi thải, khai thác mỏ hoang hóa, ô nhiễm. Đất bãi thải mỏ khai thác đồng Sin Quyền và Tả Phời (Lào Cai) được sử dụng cho nghiên cứu ảnh hưởng của nấm rễ nội cộng sinh AM với trồng cây Đậu dầu tới khả năng cải tạo, phục hồi của đất tại vườn ươm Viện Nghiên cứu Sinh thái và Môi trường rừng. Sau 8 tháng thí nghiệm trồng cây Đậu dầu kết hợp bón nấm chế phẩm nấm rễ nội cộng sinh AM *in vitro* trong vườn ươm cho thấy bón nấm chế phẩm AM với lượng 5 gram chế phẩm AM *in vitro* 100IP/gram (- 500 đơn vị xâm nhiễm IP/cây) đã làm tăng sinh trưởng D_{00} -24% và H_{vn} từ 45 - 58% so với không sử dụng chế phẩm AM *in vitro* sau 8 tháng thí nghiệm. Các chỉ tiêu lý hóa tính của đất bãi thải sau 8 tháng thí nghiệm với cây Đậu dầu bón nấm chế phẩm AM *in vitro* đã được cải thiện so với đất bãi thải ban đầu trước thí nghiệm và so với đối chứng không bón nấm chế phẩm AM *in vitro*. Cộng sinh cố định đạm Rhizobium khi bón nấm chế phẩm AM *in vitro* tăng lên đáng kể về số lượng và vi khuẩn phân giải lân được bón nấm chế phẩm AM *in vitro* cao hơn hẳn so với không bón nấm chế phẩm AM *in vitro*.

Từ khóa: Nấm rễ nội cộng sinh, AM, cây Đậu dầu, bãi thải khai thác đồng, bioremediation

Research conditioning copper mining waste soil by plant *Pongamia pinnata* combined inoculums *Arbuscular mycorrhiza* in nursery

The bioremediation that combined between microbialremediation and phytoremediation would be potentially and effectively applied for cleaning up contaminated sites, especially the abandoned mining areas with their contaminated tailings to restore the ecosystems. The copper mining waste soil of Sin Quyen and Ta Phoi (Lao Cai) were collected and used for the study on effects of *Arbuscular mycorrhiza* (AM) combined plant *Pongamia pinnata* rehabilitate ability to the contaminated soils at nursery of Research Institute for Forest Ecology and Environment. After 8 months of experiment on planting *Pongamia pinnata* in combination with inoculated AM *in vitro* in the nursery endosymbiotic, it was found that inoculation AM with 5 grams of AM *in vitro* 100IP/gram (- 500 Infective progagule units) per plant showed that AM *in vitro* increased growth in diameter (D_{00}) -24% and height (H_{vn}) increased from 45 - 58% compared with not using AM *in vitro* after 8 months of experiment. The physicochemical and physical properties of the substrates with AM inoculated were found to be remarkably improved after 8 months of the experiment as compared to those in control and those before experiment (zero baseline). The Rhizobium symbiotic nitrogen fixation of the treatment inoculated with AM *in vitro* significantly increased in number; Microbes decompose phosphate of the experimental treatment inoculated with AM preparations *in vitro* were significantly higher than those of the experimental treatment that were not inoculated with AM *in vitro*.

Keywords: *Arbuscular mycorrhiza*, AM, bioremediation, copper mining waste, *Pongamia pinnata*

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hoạt động khai thác mỏ đã và đang gây ra nhiều tác động tiêu cực đến môi trường (Alloway, 1990; Li and Thornton, 1993). Ô nhiễm môi trường trực tiếp từ hoạt động khai thác mỏ có thể thông qua việc xáo trộn liên kết chặt của kim loại nặng trong cấu trúc đất hoặc sử dụng nhiều hóa chất trong quá trình khai thác. Kim loại nặng và các chất độc hại này có thể du nhập vào tầng nước ngầm và tầng nước mặt, làm ô nhiễm khu vực khai thác mỏ và những vùng dân sinh lân cận. Bên cạnh đó, tác động từ khai thác mỏ, đặc biệt là khai thác lộ thiên có thể làm thay đổi hiện trạng cảnh quan, xáo trộn hệ sinh thái tự nhiên, xâm lấn rừng tự nhiên, tạo ra các khu bãi thải và đất hoang hóa rộng lớn sau khai thác. Do đó ô nhiễm kim loại nặng và các hợp chất hữu cơ có hại cùng với suy giảm môi trường sinh thái đang là những hậu quả nghiêm trọng từ những bãi thải khai thác mỏ.

Nhiều kỹ thuật và công nghệ khác nhau đã được áp dụng để giải quyết vấn đề ô nhiễm phát sinh từ các bãi thải và bãi khai thác mỏ. Các phương pháp như lý - hóa học và vùi lấp cơ học đã được sử dụng rộng rãi, tuy nhiên các phương pháp truyền thống này thường không thể giải quyết triệt để được tận gốc nguồn nguy hại do các chất ô nhiễm vẫn được lưu trữ trong đất. Hơn nữa phương pháp xử lý lý - hóa học thường tốn kém, đòi hỏi đầu tư công nghệ cao và có thể vẫn làm rò rỉ ô nhiễm chất thải nguy hại ra môi trường xung quanh, bao gồm cả nguồn nước ngầm (Conesa *et al.*, 2012). Do đó trồng cây phù hợp trên đất ô nhiễm không chỉ giúp giảm thiểu hàm lượng các chất ô nhiễm trong đất mà còn có thể cải thiện các vấn đề suy thoái sau khai thác, đồng thời khắc phục được hạn chế của công nghệ xử lý môi trường bằng biện pháp lý - hóa học (Alkorta and Garbisu, 2001; Alkorta *et al.*, 2004; Dickinson *et al.*, 2009; Marques *et al.*, 2009). Áp dụng thực vật cho cải thiện ô nhiễm môi

trường đã đạt được nhiều kết quả đáng kể (Mahar *et al.*, 2016). Đến nay đã có khoảng 500 loài thực vật được xác định là những đối tượng triển vọng cho công nghệ làm sạch môi trường và được áp dụng rộng rãi tại nhiều nước trên thế giới (Reeves, 2003).

Khu vực phía Bắc Việt Nam có lịch sử khai thác mỏ lâu đời, trong đó nhiều mỏ đang hoạt động hoặc đã ngừng hoạt động sau khai thác. Một số nghiên cứu nhằm đánh giá mức độ ô nhiễm và tuyển chọn các loài cây tiềm năng cho mục tiêu làm sạch môi trường đã được thực hiện tại Hà Giang và Thái Nguyên (Anh *et al.*, 2011; Ha *et al.*, 2011). Tại tỉnh Lào Cai, nhiều bãi thải khai thác mỏ đã và đang hoạt động, điển hình như bãi thải Tả Phời (TP. Lào Cai) và bãi thải Sin Quyền (huyện Bát Xát), đây là các bãi thải khai thác đồng đang triển khai. Tuy nhiên thông tin về mức độ ô nhiễm cũng như các biện pháp quản lý và cải tạo phù hợp chưa được thực hiện tại các bãi thải này. Do đó, cùng với sự chỉ đạo của Chính phủ trong việc ưu tiên cải tạo và phục hồi môi trường liên quan đến các hoạt động khai thác khoáng sản, nghiên cứu khả năng phù hợp của Đậu dầu kết hợp với nấm rễ nội cộng sinh trên các bãi thải khai thác khoáng sản là cần thiết, góp phần vào định hướng, kế hoạch cải tạo và phục hồi môi trường sinh thái tại các bãi thải khai thác khoáng sản ở tỉnh Lào Cai.

Để giải quyết vấn đề này, cần nghiên cứu giải pháp công nghệ sinh học môi trường tổng hợp (Bioremediation), sự kết hợp sử dụng công nghệ vi sinh (Microbialremediation) với các giải pháp sinh học thực vật (Phytoremediation) có nhiều khả năng cải tạo phục hồi được các khu vực bãi thải, khai thác mỏ hoang hóa đang bị ô nhiễm, phục hồi lại rừng, thảm xanh, và cảnh quan hệ sinh thái với các giá trị tự nhiên vốn có của nó (Marques *et al.*, 2008). Trong phạm vi bài báo này, sẽ trình bày kết quả “Nghiên cứu cải tạo đất bãi thải khai thác mỏ đồng tỉnh Lào Cai bằng trồng cây Đậu dầu (*Pongamia pinnata*) kết hợp bón

nhiễm Nấm rễ nội cộng sinh AM (Arbuscular mycorrhiza) ở vườn ươm” được thực hiện tại Vườn ươm Viện Nghiên cứu Sinh thái và Môi trường rừng.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

- Hạt cây Đậu dầu (*Pongamia pinnata*).
- Chế phẩm nấm rễ nội cộng sinh AM *in vitro* 100IP/gram (sản phẩm của Phòng thí nghiệm Đất, Môi trường và Vi sinh - Viện Nghiên cứu Sinh thái và Môi trường rừng).
- Túi bầu: Túi polyetylen, kích cỡ 25 × 35 cm. Thẻ tích chứa 5 kg ruột bầu.
- Đất bãi thải khai thác mỏ đồng tỉnh Lào Cai: Bãi thải Tả Phời (TP. Lào Cai) và bãi thải Sin Quyền (huyện Bát Xát).
- Hóa chất phục vụ cho phân tích mẫu.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

* Thu thập mẫu đất tại 2 bãi thải mỏ khai thác đồng tại Lào Cai làm vật liệu nghiên cứu: tại mỗi bãi thải mỏ khai thác đồng, thu thập 3 mẫu đất bãi thải ở các vị trí chân, sườn, đỉnh, sau đó trộn lại thành mẫu hỗn hợp để phân tích theo phương pháp mẫu trộn hỗn hợp.

Mẫu đất thu thập được phân tích đầu vào các chỉ tiêu lý hóa tính đất, gồm: pHKCl, Mùn tổng số, Nitơ dễ tiêu, Kali dễ tiêu, Lân dễ tiêu, Thành phần cơ giới 3 cấp, tổng số AM, Vi sinh vật phân giải lân, Vi sinh vật cố định đạm.

* Thí nghiệm được tiến hành trong bầu tại vườn ươm. Cụ thể như sau:

- Sử dụng đất bãi thải khai thác đồng làm ruột bầu: Lấy đất bãi thải ở 2 mỏ khai thác đồng thuộc tỉnh Lào Cai ở các vị trí chân, sườn, đỉnh của mỗi bãi, sau đó trộn chung dùng làm vật liệu đóng bầu nuôi cây, khối lượng đủ để đóng bầu phục vụ bố trí thí

nghiệm ở vườn ươm Viện Nghiên cứu Sinh thái và Môi trường rừng.

- Các công thức thí nghiệm trồng cây Đậu dầu (*Pongamia pinnata*) trên giá thể bầu là đất bãi thải than:

+ SQ-ĐC: Đất bãi thải Sin Quyền (Không bón nấm chế phẩm AM *in vitro*).

+ SQ-AM: Đất bãi thải Sin Quyền (Bón nấm 5 gram chế phẩm AM *in vitro* khi cấy cây vào bầu - 500IP/cây).

+ TP-ĐC: Đất bãi thải Tả Phời (Không bón nấm chế phẩm AM *in vitro*).

+ TP-AM: Đất bãi thải Tả Phời (Bón nấm 5 gram chế phẩm AM *in vitro* khi cấy cây vào bầu - 500IP/cây).

- Bố trí thí nghiệm: Thí nghiệm được bố trí theo khối ngẫu nhiên đầy đủ. Đất bãi thải ở từng bãi tương ứng với từng công thức thí nghiệm, mỗi công thức 3 lần lặp, mỗi lần lặp 30 cây.

- Cấy cây vào bầu: Để đánh giá chính xác ảnh hưởng của cây Đậu dầu tới đất bãi thải khai thác khoáng sản, hạt được gieo trực tiếp vào bầu nghiên cứu sau khi đã xử lý nảy mầm, mỗi bầu 1 cây.

- Thu thập số liệu sinh trưởng:

+ Tỷ lệ sống: Sau 2 tháng bố trí thí nghiệm.

+ Các chỉ số sinh trưởng: D₀₀, H_{vn} thu thập sau khi kết thúc thí nghiệm.

* Phân tích mẫu đất sau thí nghiệm trồng cây Đậu dầu kết hợp bón nấm chế phẩm AM *in vitro*, đánh giá mức độ ô nhiễm của đất bãi thải khai thác khoáng sản tỉnh Lào Cai.

- Sau 8 - 10 tháng thí nghiệm, lấy mẫu ruột bầu để phân tích thành phần lý hóa tính đất. Lấy 3 bầu điển hình trong 1 lặp của mỗi công thức, sau đó trộn thành 1 mẫu gộp để phân tích, mỗi công thức lấy 3 mẫu gộp.

Các chỉ tiêu phân tích đất tương tự như đối với đất trước thí nghiệm.



2.3. Phương pháp nội nghiệp

- Định lượng vi sinh vật (VSV) (VSV phân giải lân, VSV cố định đạm) tổng số bằng phương pháp đếm số khuẩn lạc trên môi trường đặc.

- Xác định AM tổng số trong đất bằng phương pháp lọc ướn của Gerdemann và Nicolson (1963).

- Xác định các chỉ tiêu: pHKCl, Mùn tổng số, Kali dễ tiêu, Lân dễ tiêu, Nito dễ tiêu, Thành phần cơ giới 3 cấp bằng các phương pháp sau:

+ pHKCl: Phương pháp đo pH meter theo TCVN 5979:2007.

+ Mùn tổng số: Phương pháp Walkley-Black theo TCVN 8941:2011.

+ Lân dễ tiêu: Phương pháp Bray II theo TCVN 8942:2011.

+ Kali dễ tiêu: Phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử ngọn lửa theo TCVN 8662:2011.

+ Nito dễ tiêu: Phương pháp chưng cất theo TCVN 5255:2009.

+ Thành phần cơ giới 3 cấp: Phương pháp ống hút Robinson theo TCVN 8567:2010.

- Xử lý số liệu bằng phần mềm IBM SPSS Statistics 20. Phân tích thống kê số liệu bằng phần mềm PASW Statistic 20. So sánh sự khác biệt giữa các công thức bằng phân tích phương sai 1 nhân tố, Test Post Hoc theo tiêu chuẩn Bonfferoni và Duncan nếu phương sai bằng nhau và Tamhane's T2 nếu phương sai không bằng nhau, Sig. < 0,05 được xem là có ý nghĩa.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Sinh trưởng của cây Đậu dầu trên đất bãi thải khai thác đồng khi bón nhiễm AM *in vitro* và không bón nhiễm AM



Hình 1. Cây Đậu dầu sau 8 tháng thí nghiệm ở Vườn ươm Viện Nghiên cứu Sinh thái và Môi trường rừng

Sau 8 tháng thí nghiệm, so sánh sinh trưởng của Đậu dầu trồng trên 2 loại đất bãi thải các cặp cùng bón AM hoặc cùng không bón AM cho thấy cây Đậu dầu trồng trên giá thể đất bãi thải Sin Quyền có sinh trưởng đường kính D_{00} tốt hơn cây Đậu dầu trồng trên giá

thể đất bãi thải Tả Phời. Trong khi đó cây Đậu dầu có bón nhiễm AM trồng trên giá thể đất bãi thải Tả Phời lại có sinh trưởng chiều cao H_{vn} cao hơn cây Đậu dầu trồng trên giá thể đất bãi thải Sin Quyền (bảng 1).

Bảng 1. Kết quả so sánh sinh trưởng của cây Đậu dầu trên đất bãi thải khai thác đồng khi bón nhiễm AM *in vitro* và không bón nhiễm AM

TT	Công thức	Bãi thải	Tỷ lệ sống	D_{00} (mm)		H_{vn} (cm)	
1	Không bón nhiễm AM (SQ-ĐC)	Bãi thải Sin Quyền	93,3%	4,96 ^{ba}	100%	29,49 ^{ba}	100%
2	Bón nhiễm AM (SQ-AM)		100%	6,15 ^d	124,10 %	42,81 ^c	145,18%
3	Không bón nhiễm AM (TP-ĐC)	Bãi thải Tả Phời	86,7%	4,76 ^a	100%	27,77 ^a	100%
4	Bón nhiễm AM (TP-AM)		100%	5,93 ^c	124,55 %	44,11 ^{dc}	158,83 %

Ghi chú: Giá trị trong cùng cột có chữ cái giống nhau là khác biệt không ý nghĩa, Sig. ≥ 0,05

Kết quả đánh giá tỷ lệ sống của cây Đậu dầu ở các công thức thí nghiệm cho thấy, các công thức thí nghiệm trồng cây Đậu dầu có bón phân chế phẩm AM *in vitro* có tỷ lệ sống 100%. Trong khi đó, các công thức đối chứng SQ-ĐC và TP-ĐC có tỷ lệ sống thấp hơn. Cụ thể công thức SQ-ĐC có tỷ lệ sống là 93,3% và công thức TP-ĐC có tỷ lệ sống là 86,7%. Có thể thấy rằng, việc bón phân chế phẩm AM *in vitro* có tác động đến tỷ lệ sống của cây Đậu dầu sau khi cấy hạt trực tiếp vào bầu cây.

Đối với sinh trưởng đường kính D_{00} : Sau 8 tháng thí nghiệm cây Đậu dầu ở công thức SQ-AM (Bón phân chế phẩm AM *in vitro* trên đất bãi thải Sin Quyền) cho sinh trưởng đường kính gốc tốt nhất, đạt 6,15 mm. Tiếp theo là Đậu dầu ở công thức TP-AM (Bón phân AM trên đất bãi thải Tả Phời) với giá trị là 5,93 mm. Cây Đậu dầu có sinh trưởng đường kính kém nhất là công thức TP-ĐC (Không bón phân chế phẩm AM *in vitro* trên đất bãi thải Tả Phời) với giá trị là 4,76 mm. Cây Đậu dầu ở công thức SQ-ĐC (Không bón phân chế phẩm AM *in vitro* trên đất bãi thải Sin Quyền) cao hơn công thức TP-ĐC không đáng kể là: 4,96 mm. Theo kết quả bảng phân tích Post Hoc Test Multiple Comparisons và Duncan^a về ý nghĩa khác biệt của các công thức thí nghiệm cho thấy cho thấy công thức SQ-AM và TP-AM có sinh trưởng đường kính D_{00} của cây Đậu dầu lớn nhất và có sai khác có ý nghĩa với các công thức còn lại là TP-ĐC và SQ-ĐC. Công thức SQ-AM và TP-AM cũng có sai khác có ý nghĩa với nhau.

Đối với sinh trưởng chiều cao H_{vn} : Sau 8 tháng thí nghiệm cây Đậu dầu ở công thức TP-AM là công thức có sinh trưởng chiều cao tốt nhất là 44,11 cm. Tiếp theo là Đậu dầu ở công thức SQ-AM với chiều cao 42,81 cm. Cây Đậu dầu có sinh trưởng chiều cao kém nhất là công thức TP-ĐC với giá trị là 27,77 cm. Cây Đậu dầu ở công thức SQ-ĐC cao hơn công thức TP-ĐC không đáng kể là: 29,49 cm. Theo kết quả bảng phân tích Post Hoc Test Multiple Comparisons và Duncan^a về ý nghĩa khác biệt của các công thức thí

nghiệm cho thấy công thức TP-AM và SQ-AM có sinh trưởng chiều cao H_{vn} của cây Đậu dầu lớn nhất và có sai khác có ý nghĩa với các công thức còn lại là TP-ĐC và SQ-ĐC, tuy nhiên các cặp công thức này không có sai khác có ý nghĩa với nhau.

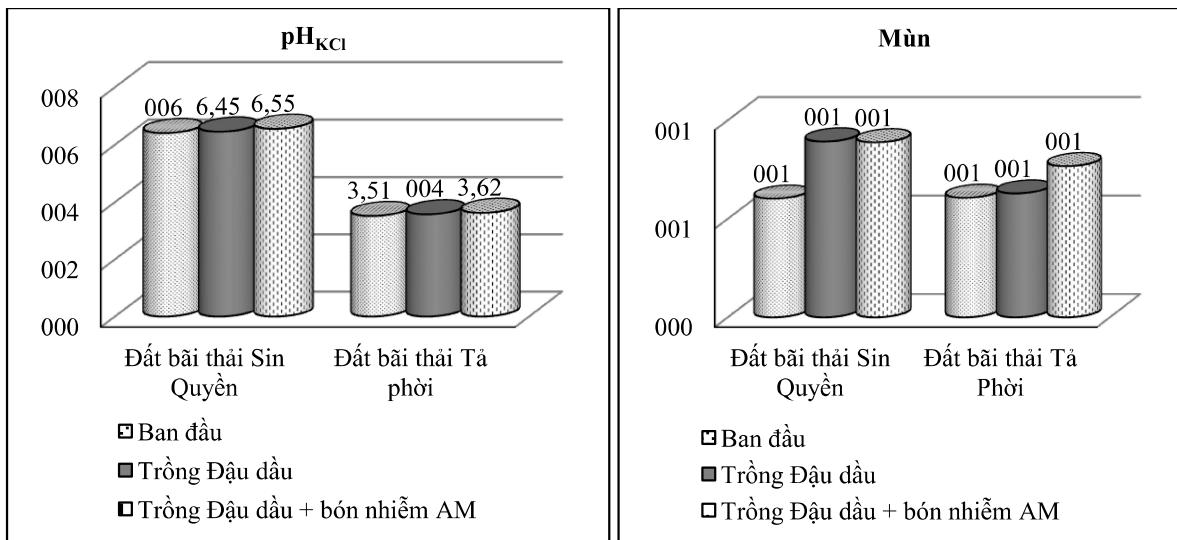
Từ kết quả tổng hợp phân tích thống kê sai khác có ý nghĩa từ kết quả thí nghiệm của các công thức bón phân chế phẩm AM *in vitro* trên đất bãi thải, cho thấy việc bón phân chế phẩm AM *in vitro* khi trồng Đậu dầu trên đất bãi thải khai thác đồng có tác dụng tăng tỷ lệ sống và tăng sinh trưởng cây Đậu dầu cả về đường kính và chiều cao rõ rệt so với việc chỉ trồng cây Đậu dầu trên đất bãi thải khai thác đồng.

3.2. Khả năng cải tạo môi trường của cây Đậu dầu trên đất bãi thải khai thác đồng khi bón phân chế phẩm AM *in vitro* và không bón phân chế phẩm AM

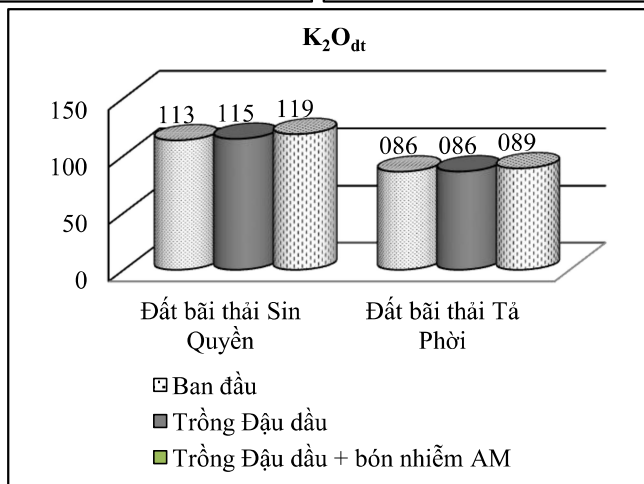
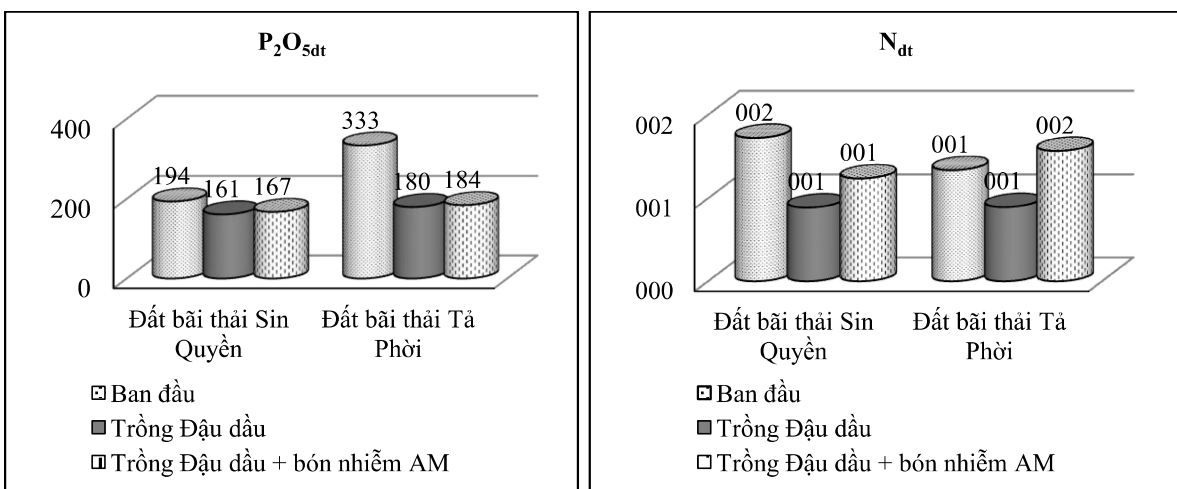
3.2.1. Đánh giá khả năng cải tạo các yếu tố lý hóa tính đất

Đối với chỉ tiêu pH_{KCl} : Việc kết hợp bón phân chế phẩm AM *in vitro* khi trồng cây Đậu dầu trên đất bãi thải khai thác đồng có tác động cải thiện pH_{KCl} so với chỉ trồng cây Đậu dầu trên đất bãi thải khai thác đồng. Tuy nhiên, các thay đổi này còn rất nhỏ chưa đáng kể. Mặt khác, đất bãi thải Tả Phời rất chua đã ảnh hưởng trực tiếp đến sinh trưởng của cây Đậu dầu làm cho cây sinh trưởng kém hơn so với cây Đậu dầu trồng trong giá thể đất bãi thải Sin Quyền (pH_{KCl} gần trung tính).

Đối với chỉ tiêu mùn tổng số: Ở đất bãi thải Sin Quyền, sau khi trồng cây Đậu dầu và trồng cây Đậu dầu kết hợp bón phân chế phẩm AM *in vitro* có tác động thay đổi khác biệt so với ban đầu, tuy nhiên sự sai khác khi trồng Đậu dầu có bón phân chế phẩm AM *in vitro* và không bón phân chế phẩm AM *in vitro* là không đáng kể. Ngược lại đối với đất bãi thải Tả Phời, sau khi trồng cây Đậu dầu đất bãi thải trong bầu không thay đổi khác biệt so với đất bãi thải ban đầu. Trong khi đó, trồng cây Đậu dầu kết hợp bón phân chế phẩm AM *in vitro* có thay đổi khác biệt so với chỉ trồng cây Đậu dầu và đất bãi thải ban đầu.



Biểu đồ 11. Biểu đồ đánh giá khả năng cải thiện pH_{KCl} và Mùn tổng số của Đậu dầu trên đất bãi thải khai thác đồng khi bón nhiễm AM *in vitro* và không bón nhiễm AM



Biểu đồ 2. Biểu đồ đánh giá khả năng cải thiện P₂O_{5dt}, N_{dt} và K₂O_{dt} của Đậu dầu trên đất bãi thải khai thác đồng khi bón nhiễm AM *in vitro* và không bón nhiễm AM

Do trồng trực tiếp cây Đậu dầu vào bầu từ khi thí nghiệm nên cây Đậu dầu chỉ sử dụng dinh dưỡng từ đất bãi thải trong bầu. Vì thế sau 8 tháng thí nghiệm, các chỉ số đạm dễ tiêu, lân dễ tiêu và kali dễ tiêu đều có chiều hướng giảm so với đất bãi thải ban đầu. Cụ thể:

Đối với hàm lượng đạm dễ tiêu (N_{dt}): Kết quả phân tích cho thấy tất cả các mẫu đất thí nghiệm đều là đất nghèo đạm (Theo thang đánh giá của Hội Khoa học Đất, 2005). Sau 8 tháng thí nghiệm, hàm lượng đạm dễ tiêu của đất bãi thải trong bầu cây trồng Đậu dầu và bầu cây trồng Đậu dầu kết hợp bón nhiễm chế phẩm AM *in vitro* có chiều hướng giảm so với đất bãi thải ban đầu. Cụ thể đối với đất bãi thải Sin Quyền: Hàm lượng đạm dễ tiêu giảm từ 1,72 mg/100 g xuống còn 0,89 mg/100 g đối với công thức chỉ trồng cây Đậu dầu và 1,24 mg/100 g đối với công thức trồng cây Đậu dầu kết hợp bón nhiễm chế phẩm AM *in vitro*. Đối với đất bãi thải Tả Phời: Hàm lượng đạm dễ tiêu giảm từ 1,34 mg/100 g xuống còn 0,89 mg/100 g đối với công thức chỉ trồng cây Đậu dầu. Trong khi đó công thức trồng cây Đậu dầu kết hợp bón nhiễm chế phẩm AM *in vitro* lại có hàm lượng đạm dễ tiêu cao hơn so với ban đầu là 1,57 mg/100 g. Kết quả này cho thấy trồng Đậu dầu kết hợp bón nhiễm AM có khả năng cố định đạm giúp tăng hàm lượng đạm trong đất lên đáng kể so với ban đầu, trong khi đã cung cấp cho nhu cầu của cây trồng.

Đối với hàm lượng lân dễ tiêu ($P_{2O_{5dt}}$): Theo kết quả phân tích, tất cả các mẫu đất thí nghiệm đều là đất nghèo lân (Theo thang đánh giá của Hội Khoa học Đất, 2005). Sau 8 tháng thí nghiệm, hàm lượng lân dễ tiêu của đất bãi thải trong bầu cây trồng Đậu dầu

và bầu cây trồng Đậu dầu kết hợp bón nhiễm chế phẩm AM *in vitro* đều giảm so với đất bãi thải ban đầu. Cụ thể đối với đất bãi thải Sin Quyền: Hàm lượng lân dễ tiêu giảm từ 193,58 mg/kg xuống còn 161,17 mg/kg đối với công thức chỉ trồng cây Đậu dầu và 167,33 mg/kg đối với công thức trồng cây Đậu dầu kết hợp bón nhiễm chế phẩm AM *in vitro*. Tương tự là đất bãi thải Tả Phời: Hàm lượng lân dễ tiêu giảm từ 333,49 mg/kg xuống còn 179,62 mg/kg đối với công thức chỉ trồng cây Đậu dầu và 184,25 mg/kg đối với công thức trồng cây Đậu dầu kết hợp bón nhiễm chế phẩm AM *in vitro*. Có thể thấy, đối với trồng cây Đậu dầu có bón nhiễm chế phẩm AM có chiều hướng giảm lân dễ tiêu trong đất thấp hơn so với trồng cây Đậu dầu không bón nhiễm chế phẩm AM.

Đối với chỉ tiêu kali dễ tiêu ($K_{2O_{dt}}$): Theo kết quả phân tích, hàm lượng kali dễ tiêu trong các mẫu đất thí nghiệm đều thuộc nhóm giàu kali dễ tiêu (Theo thang đánh giá của Hội Khoa học Đất, 2005). Sau 8 tháng thí nghiệm, hàm lượng kali dễ tiêu của đất bãi thải trong bầu cây trồng Đậu dầu và bầu cây trồng Đậu dầu kết hợp bón nhiễm chế phẩm AM *in vitro* có chiều hướng tăng so với đất bãi thải ban đầu tuy nhiên không đáng kể. Đối với đất bãi thải Sin Quyền sau 8 tháng trồng cây Đậu dầu là 114,52 mg/kg và đất bãi thải trồng cây Đậu dầu kết hợp bón nhiễm chế phẩm AM *in vitro* là 118,64 mg/kg đều tăng so với chỉ số là 113,20 mg/kg của đất bãi thải ban đầu. Tương tự là đất bãi thải Tả Phời sau 8 tháng trồng cây Đậu dầu là 86,12 mg/kg và đất bãi thải trồng cây Đậu dầu kết hợp bón nhiễm chế phẩm AM *in vitro* là 88,84 mg/kg đều tăng so với chỉ số là 85,98 mg/kg của đất bãi thải ban đầu.

3.2.2. Đánh giá khả năng thay đổi các yếu tố vi sinh vật có ích

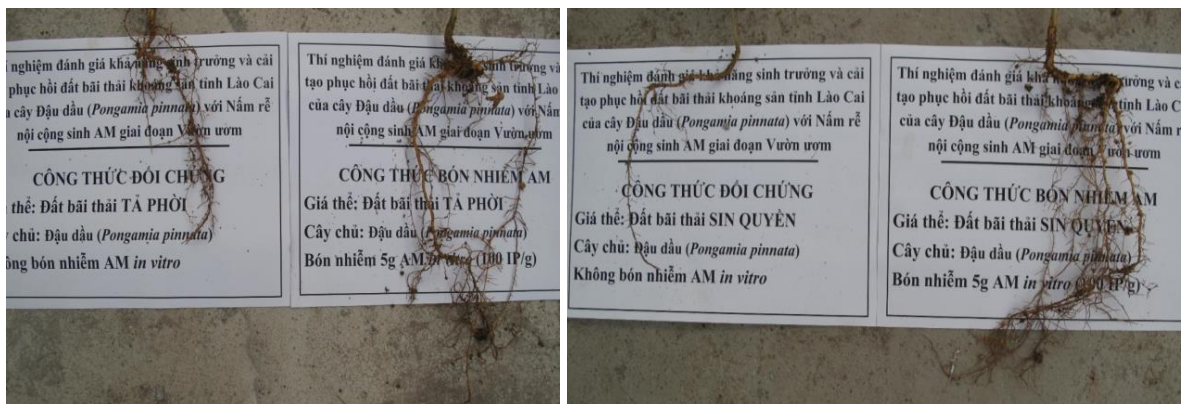
❖ *Kết quả hình thành bào tử cộng sinh AM và nốt sần Rhizobium*

Bảng 2. Kết quả hình thành nốt sần Rhizobium và bào tử AM sau khi trồng Đậu dầu và Đậu dầu kết hợp bón nhiễm chế phẩm AM *in vitro* trên đất bãi thải khai thác đồng

STT	Công thức	Bãi thải	Bào tử AM (Bào tử/100 g đất)	Nốt sần Rhizobium (Nốt sần/cây)
1	Đất bãi thải ban đầu (SQ)	Bãi thải Sin Quyền	0	-
2	Không bón nhiễm AM (SQ-ĐC)		41,6	1,2
3	Bón nhiễm AM (SQ-AM)		267,3	4,9
4	Đất bãi thải ban đầu (TP)	Bãi thải Tả Phời	0	-
5	Không bón nhiễm AM (TP-ĐC)		66,1	1,7
6	Bón nhiễm AM (TP-AM)		279,5	5,3

Đất bãi thải khai thác đồng ban đầu, đem lọc ướm để kiểm tra AM trong đất bãi thải. Tuy nhiên kết quả là trong cả 2 mẫu đất bãi thải đều không có AM, đây là đất rất nghèo. Sau 8 tháng trồng cây Đậu dầu và trồng cây Đậu dầu kết hợp bón nhiễm AM *in vitro* với liều lượng là 5 gram chế phẩm AM *in vitro* (100IP/gram) cho 1 bầu cây, tiến hành thu thập giá thể đất bãi thải trong bầu, lọc ướm kiểm tra số lượng bào tử AM trong đất. Kết quả: Đối với đất bãi thải Sin Quyền, sau 8 tháng trồng cây Đậu dầu đã cải thiện đáng kể AM trong đất, trung bình

41,6 bào tử AM trong 100 gram đất. Tương tự với đất đã trồng cây Đậu dầu kết hợp bón nhiễm chế phẩm AM *in vitro*, số lượng bào tử AM là 267,3 bào tử, vượt 642,5% so với không bón nhiễm. Đối với đất bãi thải Tả Phời, sau 8 tháng trồng cây Đậu dầu đã cải thiện đáng kể AM trong đất, kết quả kiểm tra có 66,1 bào tử AM trong 100 gram đất; tương tự với đất đã trồng Cây Đậu dầu kết hợp bón nhiễm chế phẩm AM *in vitro*, số lượng bào tử AM là 279,5 bào tử, vượt 422,8% so với không bón nhiễm.



Hình 2. Nốt sần Rhizobium hình thành sau khi trồng Đậu dầu và Đậu dầu kết hợp bón nhiễm chế phẩm AM *in vitro* trên đất bãi thải khai thác đồng

Nốt sần do vi khuẩn *Rhizobium* (nốt sần *Rhizobium*) trong đất có vai trò cố định đạm. *Rhizobium* hình thành một nhóm vi khuẩn cộng sinh cố định đạm sống trong rễ của các cây Đậu dầu có tác dụng cố định đạm trong đất. Qua bảng 2 có thể thấy, việc kết hợp trồng cây Đậu dầu có bón nhiễm chế phẩm AM *in vitro* ngoài có tác dụng làm tăng sinh trưởng như đã nói ở trên mà còn có tác dụng làm tăng khả năng hình thành các nốt sần *Rhizobium*. Sự hình thành này thể hiện rõ trên cả 2 loại giá thể bầu là đất bãi thải Sin Quyền và bãi thải Tả Phời.

Thí nghiệm sử dụng đất bãi thải Sin Quyền, kết hợp bón nhiễm chế phẩm AM *in vitro* khi trồng cây Đậu dầu có tác dụng hình thành nhiều nốt sần *Rhizobium* hơn việc không bón

nhiễm. Cụ thể ở công thức SQ-AM có số nốt sần hình thành là 4,9 còn công thức SQ-ĐC chỉ có số nốt sần hình thành là 1,2. Tương tự với thí nghiệm sử dụng đất bãi thải Tả Phời, kết hợp bón nhiễm chế phẩm AM *in vitro* khi trồng cây Đậu dầu ở công thức TP-AM giúp hình thành nhiều nốt sần *Rhizobium* hơn không bón nhiễm ở công thức TP-ĐC với giá trị lần lượt là 5,3 và 1,7.

❖ *Kết quả kiểm tra mật độ vi sinh vật có ích*

Để kiểm tra mật độ vi sinh vật có ích, tiến hành kiểm tra sự hình thành khuẩn lạc vi sinh vật cố định đạm trên môi trường Ashbys Glucose Agar và khuẩn lạc vi sinh vật phân giải lân trên môi trường Pikovskayas Agar. Kết quả được tổng hợp ở bảng 3.

Bảng 3: Kết quả phân tích vi sinh vật phân giải lân và vi sinh vật cố định đạm sau khi trồng cây Đậu dầu và trồng cây Đậu dầu kết hợp bón nhiễm chế phẩm AM *in vitro* trên đất bãi thải khai thác đồng

STT	Công thức	Bãi thải	VSV cố định đạm tổng số (CFU/g)	VSV phân giải lân tổng số (CFU/g)
1	Đất bãi thải ban đầu (SQ)	Bãi thải Sin Quyền	0	0
2	Không bón nhiễm AM (SQ-ĐC)		$1,7 \times 10^3$	$2,6 \times 10^2$
3	Bón nhiễm AM (SQ-AM)		$3,8 \times 10^4$	$5,3 \times 10^4$
4	Đất bãi thải ban đầu (TP)	Bãi thải Tả Phời	0	0
5	Không bón nhiễm AM (TP-ĐC)		$2,7 \times 10^3$	$1,3 \times 10^3$
6	Bón nhiễm AM (TP-AM)		$6,8 \times 10^4$	$4,9 \times 10^4$

Cả 2 loại đất bãi thải ban đầu, sau khi thu thập ngoài hiện trường về phòng thí nghiệm, tiến hành cấy gạt ngay nhưng kết quả cho thấy không có vi sinh vật phân giải lân và vi sinh vật cố định đạm. Điều này cho thấy, đất bãi thải khai thác đồng rất nghèo vi sinh vật có ích.

Vi sinh vật cố định đạm: Sau 8 tháng thí nghiệm, ở giá thể đất bãi thải có trồng cây Đậu dầu kết hợp bón nhiễm chế phẩm AM *in vitro* đều có mật độ vi sinh vật cố định đạm cao hơn hẳn so với giá thể đất bãi thải chỉ trồng cây Đậu dầu. Cụ thể, ở đất bãi thải Sin Quyền, giá

thể đất bãi thải sau khi trồng cây Đậu dầu có mật độ vi sinh vật cố định đạm là $1,7 \times 10^3$ cfu/g còn giá thể đất bãi thải sau khi trồng cây Đậu dầu kết hợp bón nhiễm chế phẩm AM *in vitro* có mật độ vi sinh vật cố định đạm cao hơn hẳn là $3,8 \times 10^4$ cfu/g. Trong khi đó, ở đất bãi thải Tả Phời, giá thể đất bãi thải sau khi trồng cây Đậu dầu có mật độ vi sinh vật cố định đạm là $2,7 \times 10^3$ cfu/g còn giá thể đất bãi thải sau khi trồng cây Đậu dầu kết hợp bón nhiễm chế phẩm AM có mật độ vi sinh vật cố định đạm cao hơn hẳn là $6,8 \times 10^4$ cfu/g.

Vi sinh vật phân giải lân: Sau 8 tháng thí nghiệm, ở giá thể đất bãi thải có trồng cây Đậu dầu kết hợp bón nhiễm chế phẩm AM *in vitro* đều có mật độ vi sinh vật phân giải lân cao hơn hẳn so với giá thể đất bãi thải chỉ trồng cây Đậu dầu. Cụ thể, ở đất bãi thải Sin Quyền, giá thể đất bãi thải sau khi trồng cây Đậu dầu có mật độ vi sinh vật phân giải lân là $2,6 \times 10^2$ cfu/g còn giá thể đất bãi thải sau khi trồng cây Đậu dầu kết hợp bón nhiễm chế phẩm AM *in vitro* có mật độ vi sinh vật phân giải lân cao hơn hẳn là $5,3 \times 10^4$ cfu/g. Trong khi đó, ở đất bãi thải Tả Phời, giá thể đất bãi thải sau khi trồng cây Đậu dầu có mật độ vi sinh vật phân giải lân là $1,3 \times 10^3$ cfu/g còn giá thể đất bãi thải sau khi trồng cây Đậu dầu kết hợp bón nhiễm chế phẩm AM có mật độ vi sinh vật phân giải lân cao hơn hẳn là $4,9 \times 10^4$ cfu/g.

Sau 8 tháng thí nghiệm, đất bãi thải khai thác đồng trồng cây Đậu dầu có bón nhiễm chế phẩm AM và không bón nhiễm chế phẩm AM đều tăng thêm vi sinh vật cố định đạm và phân giải lân trong đất. Trong đó, công thức có bón nhiễm chế phẩm AM tăng cao hơn hẳn so với công thức không bón nhiễm chế phẩm AM. Kết quả này tương ứng với sinh trưởng của cây Đậu dầu ở bảng 1.

TÀI LIỆU LIỆU THAM KHẢO

1. Ali, H., Khan, E., Sajad, M.A., 2013. Phytoremediation of heavy metals-concepts and applications. *Chemosphere* 91, 869 - 881.
2. Alkorta. I & Garbisu. C, 2001. Phytoremediation of organiccontaminants. *Bioresource Technol.* 79: 273 - 276
3. Alkorta I., Hernandez-Allica J., Becerril J. M., Amezaga I., Albizu I., and Garbisu C., 2004. "Recent findings on the phytoremediation of soils contaminated with environmentally toxic heavy metals and metalloids such as zinc, cadmium, lead, and arsenic," *Reviews in Environmental Science and BioTechnology*, vol. 3, pp. 71 - 90, 2004.
4. Alloway, B.J., 1990. Heavy metals in soils. Blackie & Son Ltd.
5. Anh, B.T.K., Kim, D.D., Tua, T.V., Kien, N.T., Anh, D.T., 2011. Phytoremediation potential of indigenous plants from Thai Nguyen province, Vietnam *J Environ Biol.* 2011 Mar; 32(2):257 - 62.
6. Conesa Héctor M., Evangelou Michael W. H., Robinson Brett H., and Schulin Rainer, 2012. A Critical View of Current State of Phytotechnologies to Remediate Soils: Still a Promising Tool, *The Scientific World Journal*, Volume 2012, Article ID 173829, 10 pages.

IV. KẾT LUẬN

Các kết quả nghiên cứu bước đầu về phục hồi, cải tạo đất bãi thải khai thác đồng (Bio-remediation) bằng trồng cây Đậu dầu kết hợp bón nhiễm chế phẩm nấm rễ nội cộng sinh AM *in vitro* trong vườn ươm cho thấy bón nhiễm chế phẩm AM với lượng 5 gram chế phẩm AM *in vitro* 100IP/gram (- 500 đơn vị xâm nhiễm/cây) cho thấy:

- Bón nhiễm chế phẩm AM đã làm tăng sinh trưởng đường kính gốc (D_{00}) cây Đậu dầu tương đương 24% và chiều cao vút ngọn (H_{vn}) tăng từ 45 - 58% so với không sử dụng chế phẩm AM *in vitro* sau 8 tháng thí nghiệm.

- Phục hồi cải tạo đất bãi thải:

+ Các chỉ tiêu pH_{KCl} , Mùn tổng số sau 8 tháng thí nghiệm đã có cải thiện theo hướng có lợi cho cây trồng. Tuy nhiên các chỉ số về đạm, lân, kali đều có xu hướng giảm do cây Đậu dầu đã sử dụng để sinh trưởng do đó cần bón thêm NPK để tăng khả năng cải tạo đất cũng như giúp cây trồng sinh trưởng phát triển tốt hơn.

+ Cộng sinh cố định đạm Rhizobium khi bón nhiễm chế phẩm AM *in vitro* tăng lên đáng kể về số lượng so với không bón nhiễm AM *in vitro*; vi khuẩn phân giải lân khi bón nhiễm chế phẩm AM *in vitro* cao hơn hẳn so với không bón nhiễm chế phẩm AM *in vitro*.

7. Dickinson N. M., Baker A. J. M., Doronila A., Laidlaw S., and Reeves R. D., 2009. "Phytoremediation of inorganics: realism and synergies," *International Journal of Phytoremediation*, vol.11, no. 2, pp. 97 - 114, 2009
8. Ha, N.T.H., Sakakibara, M., Sano, S., Nhuan, M.T., 2011. Uptake of metals and metalloids by plants growing in a lead-zinc mine area, Northern Vietnam. *Journal of Hazardous Materials* 186, 1384 - 1391.
9. Li, X., Thornton, I., 1993. Multi-element contamination in soil and plant in the old mining area. *UK Applied Geochemistry* S 2, 1993151 - 1993561.
10. Mahar, A.; Wang, P.; Ali, A.; Awasthi, M.K.; Lahori, A.H.; Wang, Q.; Li, R.; Zhang, Z. Challenges and Opportunities in the Phytoremediation of Heavy Metals Contaminated Soils: A Review. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2016,126, 111 - 121.
11. Marques Ana P. G. C., Oliveira Rui S., Rangel António O. S. S., Castro Paula M. L., 2008. Application of manure and compost to contaminated soils and its effect on zinc accumulation by *Solanum nigrum* inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi, *Environmental pollution*, 151(3):608 - 20
12. Marques Ana P. G. C., Rangel António O. S. S., Castro Paula M. L., 2009. Remediation of Heavy Metal Contaminated Soils: Phytoremediation as a Potentially Promising Clean-Up Technology, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 39(8)
13. Reeves, R.D., 2003. Tropical hyperaccumulators of metals and their potential for phytoextraction. *Plant Soil* 249, 57 - 65.

Email tác giả liên hệ: vuquydong@gmail.com

Ngày nhận bài: 11/08/2021

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 09/10/2021

Ngày duyệt đăng: 13/10/2021