

BƯỚC ĐẦU ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA GIẢI PHÁP CÔNG NGHỆ SINH HỌC MÔI TRƯỜNG TRÊN ĐẤT BÃI THẢI KHAI THÁC THAN ĐÔNG CAO SƠN Ở QUẢNG NINH

Vũ Quý Đông¹, Lê Văn Thành¹, Đoàn Thị Thảo¹, Lê Thị Thu Hằng¹, Hà Thị Thanh Mai¹,
Đỗ Mạnh Dũng², Nguyễn Hoàng Huân², Phạm Tuấn Anh², Giáp Văn Kiên²

¹ Viện Nghiên cứu Sinh thái và Môi trường rừng

² Công ty Cổ phần Tin học, Công nghệ, Môi trường - VINACOMIN

Từ khóa: Nấm rễ nội cộng sinh, AM, công nghệ sinh học môi trường, phục hồi bãi thải

Keywords: Arbuscular mycorrhiza, AM, bioremediation, landfill rehabilitation

TÓM TẮT

Nghiên cứu trồng keo lai và Keo lá tràm trên bãi thải Đông Cao Sơn ở độ cao 300 m trên mặt biển tại tỉnh Quảng Ninh theo khoảng cách 2×2 m (2.500 cây/ha) và 2×1 m (5.000 cây/ha), bón chế phẩm nấm rễ nội cộng sinh AM 100IP 5 g/cây cho thấy sau 12 tháng, các công thức bón chế phẩm nấm rễ nội cộng sinh AM có các chỉ số hầu hết tốt hơn so với các công thức đối chứng. Các công thức bón chế phẩm AM có các chỉ tiêu lý, hóa tính và kim loại nặng đều thay đổi theo hướng có lợi cho cây trồng, đặc biệt các chỉ tiêu vi sinh vật đều tăng với cấp số nhân. Điều này bước đầu có thể khẳng định giải pháp công nghệ sinh học môi trường tổng hợp (*Bioremediation*) với sự kết hợp sử dụng công nghệ vi sinh với thực vật được xem là biện pháp có hiệu quả bền vững để phục hồi môi trường sinh thái bãi thải mỏ than.

Preliminary assessment of impacts Bioremediation solutions at Dong Cao Son coal mining waste land in Quang Ninh province

Research on growth of acacia hybrid and *Acacia auriculiformis* with fertilizing arbuscular mycorrhiza (AM) 100IP/g in 5 g/tree at Dong Cao Son mining waste land (300 m above sea level) in Quang Ninh province showed that after 12 months, the treatments of applying AM had mostly better indexes than the control treatments. The treatments of applying AM had the physicochemical and heavy metal properties have improved in favor of plants, especially the microbiological indicators have increased exponentially. This can initially confirm that the integrated environmental biotechnology solution (Bioremediation) with the combination of using microbiological technology with plants is considered an effective and sustainable measure to restore the biological environment of coal mining waste land.

I. MỞ ĐẦU

Công nghệ sinh học môi trường tổng hợp (*Bioremediation*), giải pháp kết hợp sử dụng công nghệ vi sinh (*Microbialremediation*) với các giải pháp sinh học thực vật (*Phytoremediation*), được xem là biện pháp có hiệu quả bền vững để phục hồi môi trường sinh thái bãi thải mỏ than, đẩy nhanh tốc độ phát triển của cây để phủ xanh bãi thải (Marques *et al.*, 2008).

Nấm rễ nội cộng sinh AM (Arbuscular mycorrhiza) được xác định là mối quan hệ không thể thiếu ở hầu hết các loài thực vật (hơn 90% các loài thực vật có khả năng hình thành cộng sinh AM). Quan hệ cộng sinh này đặc biệt thể hiện vai trò trên những vùng đất khô cằn, hệ sinh thái bị xáo trộn nghiêm trọng, nghèo dinh dưỡng hay có nguy cơ độc hại cao. Do đặc điểm không có tính đặc hiệu về loài, cho nên chế phẩm AM có thể được áp dụng hiệu quả và rộng rãi cho nhiều loài cây trồng, trong đó có các loài cây lâm nghiệp. Nấm rễ nội cộng sinh AM được nghiên cứu sử dụng như một loại phân bón sinh học cho cây trồng và chế phẩm sinh học cho môi trường (*biofertilizer & bioremediator*), một mặt có tác dụng làm tăng cường hấp thụ dinh dưỡng của cây trồng, đặc biệt là hấp thụ lân và nước trên những lập địa khó khăn, do đó làm tăng sinh trưởng và năng suất, mặt khác nó cũng có tác dụng cải tạo, ổn định cấu trúc, đặc tính sinh học của đất và là yếu tố chỉ thị cho sức khỏe của môi trường, hệ sinh thái đất (Adholeya and Singh, 2006; Lê Quốc Huy *et al.*, 2015).

Việc thử nghiệm trồng cây Keo tai tượng trên đất bãi thải than tại vườn ươm Viện Nghiên cứu Sinh thái và Môi trường rừng đã cho kết quả khả quan về sinh trưởng của cây Keo tai tượng: Công thức có bón chế phẩm AM có sinh trưởng đường kính D_0 đã tăng 30 - 35% cao hơn so với đối chứng. Các chỉ số lý, hóa tính, kim loại nặng cũng như vi sinh vật của đất bãi thải trong bầu đều cải thiện hơn so với ban đầu trước khi trồng cây (Vũ Quý Đông *et al.*, 2017).

Nghiên cứu ảnh hưởng của chế phẩm nấm rễ nội cộng sinh AM đến sinh trưởng của keo lai và Keo lá tràm trên đất bãi thải than ở Quảng Ninh do Viện Nghiên cứu Sinh thái và Môi trường rừng (Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam) phối hợp với Công ty CP Công nghệ Môi trường Quảng Ninh thực hiện trong các năm 2021 - 2022, cho thấy sau khi trồng 12 tháng, chế phẩm AM đã ảnh hưởng rõ rệt đến tỷ lệ sống và sinh trưởng của cây keo lai và Keo lá tràm.

Trong phạm vi bài báo này, chúng tôi tập trung đánh giá sự thay đổi các chỉ tiêu lý, hóa tính, kim loại nặng tổng số và các chỉ tiêu vi sinh vật của đất bãi thải sau 12 tháng thí nghiệm.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

- Thí nghiệm trồng 2 loài keo: Cây hom keo lai AH1 (*Acacia hybrid*) 2,5 tháng tuổi (đường kính cổ rễ 0,3 - 0,4 cm, cao 30 cm) và cây mô Keo lá tràm (*Acacia auriculiformis*) AA9 3 tháng tuổi (đường kính cổ rễ 0,3 - 0,4 cm, cao 30 cm).

- Chế phẩm nấm rễ nội cộng sinh AM 100IP/g (sản phẩm của Viện Nghiên cứu Sinh thái và Môi trường rừng). Thành phần bao gồm: 1% sinh khối AM *in vitro* + 99% than bùn.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Mô hình thí nghiệm được bố trí riêng rẽ 0,8 ha keo lai và 0,8 ha Keo lá tràm. Đối với mỗi loại keo, bố trí 2 mật độ trồng 5.000 cây/ha (2×1 m) và 2.500 cây/ha (2×2 m).

Tại mỗi mật độ bố trí 1 công thức (ĐC) đối chứng không bón chế phẩm AM và 1 công thức bón chế phẩm vi sinh AM với lượng 5 g/cây (bón quanh bầu, sát vùng rễ xung quanh bầu, sau đó lấp phủ đất).

Mỗi công thức thí nghiệm có diện tích 0,2 ha, được bố trí thành 4 lặp (250 cây/lặp), theo khối ngẫu nhiên đầy đủ.

Tất cả cây con được trồng trong hố có kích thước $30 \times 30 \times 30$ cm. Trước khi trồng cây 15 - 30 ngày, tất cả các hố được bón lót 200 g NPK 5 - 10 - 3 + 1 kg phân hữu cơ vi sinh sông Gianh, sau đó phủ đất lên.

2.3. Địa điểm thí nghiệm

Bãi thải Đông Cao Sơn ở độ cao 300 m trên mặt biển tại mỏ than Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh.

Đặc điểm của vị trí bố trí thí nghiệm: Đất đá thải được vận chuyển ra bãi thải và đổ ở các mép sườn dốc. Tại các bãi thải đang đổ thải, đất đá thải được phân bố theo quy luật phụ thuộc vào trọng lượng và động năng của chúng. Có thể phân sườn bãi thải thành các lớp như sau:

- Từ mặt bãi thải xuống, đến độ sâu khoảng 1,5 m tập trung chủ yếu các loại đá có kích thước nhỏ (bụi lắng, cát, dăm sỏi) tỷ lệ các loại đá đường kính hạt nhỏ hơn 15 mm chiếm 40 - 50%.
- Dọc theo sườn dốc trở xuống tỷ lệ cấp hạt nhỏ trong thành phần của sườn bãi thải giảm dần, đến khu vực giữa sườn bãi thải thì tỷ lệ cỡ hạt đất đá đường kính > 500 mm chiếm trên 60%.
- Những loại đất đá đường kính lớn tập trung ở phía dưới của sườn dốc, khi xuống tới chân bãi thải các tảng đá to thường lăn cách chân bãi thải một khoảng cách nhất định, tạo thành sườn dốc bãi thải dạng lõm. Khu vực sát chân bãi thải thường tập trung các loại đá có đường kính trên 800 mm. Đất có trong bãi thải chiếm < 10% tổng số vật liệu thải.
- Góc dốc sườn tầng bãi thải hiện nay của các bãi thải ngoài hầu hết lớn > 32° . Với độ dốc này, sườn tầng thải bị xói mòn, sạt lở, khó thực hiện các biện pháp khắc phục chống xói mòn và trồng cây.
- Chiều cao tầng thải rất đa dạng, hầu hết các bãi thải có thời gian tồn tại rất lâu đều có chiều cao tầng thải từ 50 - 100 m, nguy cơ xói mòn và sạt lở là rất lớn vào mùa mưa.

2.4. Thu thập mẫu và phân tích kết quả

- Mỗi lặp của từng công thức thí nghiệm lấy phân tích 2 mẫu hỗn hợp đại diện trước khi bố trí thí nghiệm và 2 mẫu sau khi thí nghiệm 12 tháng. Độ sâu lấy mẫu từ 0 - 30 cm.
- Cách lấy mẫu hỗn hợp: Lấy các mẫu riêng biệt ở các điểm khác nhau rồi hỗn hợp lại, lấy mẫu trung bình. Thông thường lấy từ 5 - 10 điểm rồi hỗn hợp lại để lấy mẫu trung bình (mẫu hỗn hợp). Khi lấy mẫu ở các điểm riêng biệt cần tránh các vị trí riêng biệt không đại diện như: chỗ bón phân, hoặc vôi tụ lại, chỗ cây quá tốt hoặc quá xấu, chỗ cây bị sâu bệnh... (vị trí lấy mẫu cách gốc cây keo từ 50 - 100 cm). Mẫu hỗn hợp được lấy như sau:
 - + Lấy các mẫu riêng biệt: Tùy theo hình dáng khu đất cần lấy mẫu mà bố trí các điểm lấy mẫu (5 - 10 điểm) phân bố đồng đều trên toàn bộ diện tích. Có thể áp dụng cách lấy mẫu theo đường chéo hoặc đường thẳng góc với địa hình vuông gọn hoặc theo đường gấp khúc hoặc nhiều đường chéo với địa hình dài. Mỗi địa điểm lấy khoảng 200 g đất bỏ dồn vào 1 túi lớn.
 - + Trộn mẫu và lấy mẫu hỗn hợp: Các mẫu riêng biệt được băm nhỏ và trộn đều trên giấy hoặc nylon (chú ý trộn càng đều càng tốt). Sau đó dàn mỏng rồi chia làm 4 phần theo đường chéo, lấy 2 phần đối diện nhau trộn lại được 1 mẫu hỗn hợp.
- Tại mỗi điểm lấy mẫu, lấy 4 điểm quanh vị trí lấy mẫu chính, mỗi điểm lấy 200 g sau đó gộp lại thành 1 mẫu.
- Mỗi mẫu đất phân tích 10 chỉ tiêu lý, hóa tính (Thành phần cơ giới 3 cấp, pH_{KCl} , Mùn tổng số, Đạm dễ tiêu, Đạm tổng số, Lân dễ tiêu, Lân tổng số, Kali dễ tiêu, Kali tổng số, Dung tích hấp thu CEC); 4 chỉ tiêu kim loại nặng tổng số (As, Pb, Cd, Hg); 4 chỉ tiêu vi sinh vật (Tổng số nấm, Tổng số vi khuẩn, Tổng số xạ khuẩn, Tổng số bào tử AM).

- Phương pháp phân tích các chỉ tiêu cụ thể như sau:

| TT | Chỉ tiêu phân tích | Phương pháp phân tích |
|----|----------------------------------------|-----------------------|
| 1 | Thành phần cơ giới 3 cấp | TCVN 8567: 2010 |
| 2 | pH- KCl | TCVN 5979: 2007 |
| 3 | Carbon hữu cơ tổng số (mùn) | TCVN 8941: 2011 |
| 4 | Đạm dễ tiêu (N_{dt}) | TCVN 5255: 2009 |
| 5 | Đạm tổng số (N_{ts}) | TCVN 6498: 1999 |
| 6 | Lân dễ tiêu (Bray II) (P_2O_{5dt}) | TCVN 8942: 2011 |
| 7 | Lân tổng số (P_2O_{5ts}) | TCVN 8940: 2011 |
| 8 | Kali dễ tiêu (K_2O_{dt}) | TCVN 8662: 2011 |
| 9 | Kali tổng số (K_2O_{ts}) | TCVN 8860: 2011 |
| 10 | Dung tích hấp thu CEC | TCVN 8568: 2010 |
| 12 | Pb tổng số | TCVN 9290:2012 |
| 13 | As tổng số | TCVN 5989 :1995 |
| 14 | Hg tổng số | AOAC 2007 (971.21) |
| 15 | Cd tổng số | TCVN 9291:2012 |
| 16 | Tổng số Vi khuẩn | TCVN 4884:2005 |
| 17 | Tổng số Nấm | TCVN 8275 - 1,2:2010 |
| 18 | Xạ khuẩn | TCVN 4884:2005 |
| 19 | Tổng số AM | TCVN 12560 - 1:2018 |

- Số liệu được nhập và xử lý bằng phần mềm Excel. Các chỉ số sử dụng là giá trị trung bình và độ lệch chuẩn LSD.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đánh giá sự thay đổi các chỉ tiêu lý hóa tính đất

Bảng 1. Bảng so sánh sự thay đổi của thành phần cơ giới đất bãi thải trước và sau 12 tháng thí nghiệm

| Mẫu đất | Thành phần cơ giới 3 cấp (%) ban đầu | | | Thành phần cơ giới 3 cấp (%) sau 12 tháng | | |
|------------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------|-------------------------------------------|--------------------------|--------------------|
| | Sét: < 0,002 (mm) | Limon: 0,002 - 0,02 (mm) | Cát: 2 - 0,02 (mm) | Sét: < 0,002 (mm) | Limon: 0,002 - 0,02 (mm) | Cát: 2 - 0,02 (mm) |
| KL - ĐC (2.500) | 14,20 | 19,15 | 66,65 | 16,66 | 19,66 | 63,69 |
| KL - AM (2.500) | 19,88 | 25,57 | 54,55 | 19,75 | 27,12 | 53,14 |
| KL - ĐC (5.000) | 19,45 | 22,21 | 58,35 | 19,41 | 23,40 | 57,20 |
| KL - AM (5.000) | 20,54 | 28,45 | 51,02 | 23,07 | 23,19 | 53,75 |
| KLT - ĐC (2.500) | 15,18 | 25,27 | 59,56 | 17,74 | 24,33 | 57,94 |
| KLT - AM (2.500) | 18,11 | 20,39 | 61,50 | 17,70 | 19,89 | 62,42 |
| KLT - ĐC (5.000) | 13,00 | 26,82 | 60,19 | 14,24 | 27,32 | 58,45 |
| KLT - AM (5.000) | 17,57 | 24,51 | 57,92 | 16,98 | 25,14 | 57,89 |

Ghi chú: KL: Keo lai; KLT: Keo lá trà.

Qua bảng 1 có thể thấy, hầu hết các mẫu đất bãi thải tại khu vực thí nghiệm thuộc nhóm đất thịt nhẹ pha cát (USAD, Mỹ). Điều này phản ánh khả năng gây sạt lở của đất bãi thải khi có

mưa lớn vì loại đất này có kết cấu rời rạc dễ bị rửa trôi và sụt lún. Sau 1 năm bố trí thí nghiệm, hầu như chưa có thay đổi đáng kể về thành phần cơ giới đất.

Bảng 2. Bảng so sánh sự thay đổi giá trị pH_{KCl} , hàm lượng mùn tổng số và CEC của đất bãi thải trước và sau 12 tháng thí nghiệm

| Mẫu đất | pH_{KCl} (1:5) | | Mùn _{ts} (%) | | CEC (me /100g) | |
|------------------|------------------|--------------|-----------------------|--------------|----------------|--------------|
| | Ban đầu | Sau 12 tháng | Ban đầu | Sau 12 tháng | Ban đầu | Sau 12 tháng |
| KL - ĐC (2.500) | 4,95 ± 0,04 | 5,07 ± 0,07 | 0,24 ± 0,02 | 0,39 ± 0,05 | 2,30 ± 0,16 | 2,66 ± 0,23 |
| KL - AM (2.500) | 4,95 ± 0,08 | 5,11 ± 0,16 | 0,41 ± 0,06 | 0,60 ± 0,02 | 2,92 ± 0,06 | 2,85 ± 0,23 |
| KL - ĐC (5.000) | 4,74 ± 0,10 | 4,96 ± 0,18 | 0,60 ± 0,19 | 0,62 ± 0,10 | 4,85 ± 0,15 | 4,92 ± 0,14 |
| KL - AM (5.000) | 4,88 ± 0,06 | 5,09 ± 0,13 | 0,73 ± 0,15 | 1,01 ± 0,05 | 3,95 ± 0,27 | 4,10 ± 0,25 |
| KLT - ĐC (2.500) | 5,03 ± 0,07 | 5,01 ± 0,17 | 0,71 ± 0,06 | 0,61 ± 0,32 | 3,43 ± 0,64 | 3,84 ± 0,24 |
| KLT - AM (2.500) | 4,89 ± 0,10 | 5,17 ± 0,04 | 0,51 ± 0,04 | 0,83 ± 0,14 | 3,26 ± 0,04 | 3,28 ± 0,37 |
| KLT - ĐC (5.000) | 4,97 ± 0,06 | 4,98 ± 0,23 | 0,44 ± 0,11 | 0,33 ± 0,06 | 3,35 ± 0,08 | 3,58 ± 0,56 |
| KLT - AM (5.000) | 4,98 ± 0,09 | 5,09 ± 0,10 | 0,57 ± 0,17 | 0,87 ± 0,06 | 2,95 ± 0,11 | 3,48 ± 0,48 |

Ghi chú: KL: Keo lai; KLT: Keo lá trà.

Đối với chỉ tiêu pH_{KCl} : Hầu hết các mẫu đất bãi thải của các công thức thí nghiệm trước và sau 12 tháng thí nghiệm thuộc nhóm đất chua và ít chua (Đỗ Đình Sâm, Ngô Đình Quế *et al.*, 2006). Tuy nhiên, qua bảng 2 có thể thấy chỉ số pH có xu hướng tăng từ chua lên ít chua ở tất cả các công thức bón chế phẩm AM. Kết quả so sánh độ lệch chuẩn cho thấy các điểm lấy mẫu có giá trị tương đối đồng nhất do đó phản ánh được kết quả ảnh hưởng của công thức trồng cây keo lai và Keo lá trà kết hợp bón chế phẩm AM có sai khác rõ rệt với các công thức đối chứng. Điều này cho thấy việc trồng cây keo kết hợp bón chế phẩm AM có tác dụng cải thiện độ chua của đất bãi thải.

Chỉ tiêu Mùn tổng số: Tất cả các mẫu đất bãi thải của các công thức thí nghiệm trước và sau 12 tháng thí nghiệm đều thuộc nhóm đất nghèo mùn (Đỗ Đình Sâm, Ngô Đình Quế *et al.*, 2006). Kết quả phân tích cho thấy, sau 12 tháng thí nghiệm, các công thức đều có thay đổi làm tăng hàm lượng mùn hữu cơ theo hướng có lợi cho cây trồng sau này nhưng chưa đáng kể do thời gian theo dõi quá ngắn.

Dung tích cation trao đổi CEC: Qua bảng 2 cho thấy các công thức thí nghiệm trước và sau 12 tháng đều ở mức rất thấp (Landon, 1991). Sau 12 tháng thí nghiệm, lượng cation tăng lên ở tất cả các công thức thí nghiệm có bón chế phẩm AM.

Bảng 3. Bảng so sánh sự thay đổi của hàm lượng đạm trong đất bãi thải trước và sau 12 tháng thí nghiệm

| Mẫu đất | N _{ts} (%) | | N _{dt} (mg /100g) | |
|-----------------|---------------------|---------------|----------------------------|--------------|
| | Ban đầu | Sau 12 tháng | Ban đầu | Sau 12 tháng |
| KL - ĐC (2500) | 0,238 ± 0,100 | 0,203 ± 0,114 | 1,84 ± 0,113 | 1,61 ± 0,021 |
| KL - AM (2500) | 0,132 ± 0,004 | 0,370 ± 0,122 | 1,47 ± 0,163 | 1,53 ± 0,198 |
| KL - ĐC (5000) | 0,181 ± 0,002 | 0,144 ± 0,022 | 1,87 ± 0,071 | 1,67 ± 0,057 |
| KL - AM (5000) | 0,194 ± 0,035 | 0,186 ± 0,017 | 1,68 ± 0,361 | 1,82 ± 0,240 |
| KLT - ĐC (2500) | 0,178 ± 0,085 | 0,169 ± 0,063 | 1,56 ± 0,297 | 1,48 ± 0,219 |
| KLT - AM (2500) | 0,314 ± 0,238 | 0,291 ± 0,139 | 1,81 ± 0,141 | 1,77 ± 0,346 |
| KLT - ĐC (5000) | 0,193 ± 0,016 | 0,187 ± 0,012 | 1,67 ± 0,177 | 1,55 ± 0,184 |
| KLT - AM (5000) | 0,252 ± 0,136 | 0,206 ± 0,024 | 1,54 ± 0,495 | 1,83 ± 0,163 |

Ghi chú: KL: Keo lai; KLT: Keo lá trà.

Qua bảng 3, có thể thấy các mẫu đất ở các công thức thí nghiệm có hàm lượng đạm từ trung bình đến giàu nhưng khả năng phân giải ra Nitơ dễ tiêu rất thấp, hàm lượng đạm dễ tiêu đều ở mức nghèo cả trước và sau thí nghiệm (Đỗ Đình Sâm, Ngô Đình Quế *et al.*, 2006) do đất bãi thải chủ yếu thuộc loại chua đến ít chua.

Đối với các công thức Đối chứng, hàm lượng đạm dễ tiêu ở tất cả các công thức đều giảm so với ban đầu 12 tháng, ngược lại hầu hết các

công thức bón chế phẩm AM có hàm lượng đạm dễ tiêu tăng lên so với trước khi thí nghiệm. Kết quả so sánh độ lệch chuẩn cho thấy các điểm lấy mẫu có giá trị tương đối đồng nhất do đó phản ánh được kết quả ảnh hưởng của công thức trồng cây keo lai và Keo lá tràm kết hợp bón chế phẩm AM có sai khác rõ rệt với các công thức đối chứng. Điều này, cho thấy việc trồng cây keo kết hợp bón chế phẩm AM có tác dụng cải thiện hàm lượng đạm trong đất.

Bảng 4. Bảng so sánh sự thay đổi của hàm lượng lân trong đất bãi thải trước và sau 12 tháng thí nghiệm

| Mẫu đất | P ₂ O ₅ ts (%) | | P ₂ O ₅ dt (mg/kg) | |
|------------------|--------------------------------------|---------------|------------------------------------------|--------------|
| | Ban đầu | Sau 12 tháng | Ban đầu | Sau 12 tháng |
| KL - ĐC (2.500) | 0,012 ± 0,008 | 0,013 ± 0,003 | 5,50 ± 0,679 | 4,64 ± 0,488 |
| KL - AM (2.500) | 0,013 ± 0,001 | 0,150 ± 0,045 | 4,05 ± 0,226 | 4,62 ± 0,672 |
| KL - ĐC (5.000) | 0,107 ± 0,092 | 0,121 ± 0,104 | 4,21 ± 0,064 | 4,03 ± 0,198 |
| KL - AM (5.000) | 0,178 ± 0,091 | 0,173 ± 0,033 | 3,93 ± 0,509 | 4,05 ± 0,389 |
| KLT - ĐC (2.500) | 0,125 ± 0,054 | 0,125 ± 0,005 | 4,18 ± 0,502 | 4,39 ± 0,276 |
| KLT - AM (2.500) | 0,142 ± 0,024 | 0,145 ± 0,025 | 4,04 ± 0,544 | 4,41 ± 0,368 |
| KLT - ĐC (5.000) | 0,132 ± 0,014 | 0,106 ± 0,011 | 3,56 ± 0,403 | 3,05 ± 0,099 |
| KLT - AM (5.000) | 0,131 ± 0,006 | 0,200 ± 0,045 | 3,58 ± 0,417 | 4,36 ± 0,120 |

Ghi chú: KL: Keo lai; KLT: Keo lá tràm.

Qua bảng 4, có thể thấy các mẫu đất ở các công thức thí nghiệm có hàm lượng lân từ trung bình đến giàu (Đỗ Đình Sâm, Ngô Đình Quế *et al.*, 2006) nhưng khả năng phân giải ra lân dễ tiêu rất thấp, hàm lượng lân dễ tiêu đều ở mức nghèo cả trước và sau thí nghiệm (Đỗ Đình Sâm, Ngô Đình Quế *et al.*, 2006).

Sau 12 tháng thí nghiệm, hầu hết các chỉ số lân tổng số và lân dễ tiêu đều tăng, nhưng chưa đáng kể. Điều này, cho thấy việc trồng cây keo không bón và có bón chế phẩm AM có tác dụng cải thiện hàm lượng lân trong đất.

Bảng 1: Bảng so sánh sự thay đổi của hàm lượng kali trong đất bãi thải trước và sau 12 tháng thí nghiệm

| Mẫu đất | K ₂ O _{ts} (%) | | K ₂ O _{dt} (mg/kg) | |
|------------------|------------------------------------|---------------|----------------------------------------|---------------|
| | Ban đầu | Sau 12 tháng | Ban đầu | Sau 12 tháng |
| KL - ĐC (2.500) | 1,375 ± 0,175 | 1,390 ± 0,350 | 48,68 ± 1,075 | 48,39 ± 5,452 |
| KL - AM (2.500) | 1,417 ± 0,016 | 1,601 ± 0,139 | 37,69 ± 1,831 | 38,20 ± 1,014 |
| KL - ĐC (5.000) | 2,044 ± 0,170 | 1,940 ± 0,088 | 32,58 ± 0,912 | 36,49 ± 1,280 |
| KL - AM (5.000) | 2,092 ± 0,155 | 2,109 ± 0,404 | 46,02 ± 2,445 | 45,08 ± 1,492 |
| KLT - ĐC (2.500) | 2,290 ± 0,740 | 2,166 ± 0,037 | 51,87 ± 2,728 | 49,82 ± 0,806 |
| KLT - AM (2.500) | 1,517 ± 0,035 | 1,900 ± 0,035 | 49,86 ± 2,213 | 49,73 ± 3,882 |
| KLT - ĐC (5.000) | 1,997 ± 0,269 | 1,627 ± 0,286 | 55,68 ± 3,641 | 53,21 ± 2,467 |
| KLT - AM (5.000) | 1,786 ± 0,209 | 1,970 ± 0,201 | 50,45 ± 3,055 | 53,93 ± 2,906 |

Ghi chú: KL: Keo lai; KLT: Keo lá tràm.

Qua bảng 5, cho thấy hàm lượng kali tổng số của các mẫu đất bãi thải đều ở mức giàu (Đỗ Đình Sâm, Ngô Đình Quế *et al.*, 2006), tuy nhiên hàm lượng kali dễ tiêu lại ở mức nghèo và rất nghèo (Đỗ Đình Sâm, Ngô Đình Quế *et al.*, 2006). Sau 12 tháng thí nghiệm, các chỉ số hàm lượng Kali tổng số ở các công thức thí nghiệm bón chế phẩm AM đều tăng, ngược lại các công thức thí nghiệm đối chứng có hàm lượng kali giảm. Trong khi đó với hàm lượng kali dễ tiêu tại các công thức thí

nghiệm có sự thay đổi nhỏ nhưng chưa có xu hướng rõ rệt do thời gian thực hiện thí nghiệm còn tương đối ngắn.

Đánh giá sự thay đổi tính chất đất bãi thải sau 1 năm trồng cây keo và kết hợp bón chế phẩm AM cho thấy chưa có sự khác biệt đáng kể. Các chỉ số lý, hóa tính đất bước đầu có tiến triển tốt hơn so với ban đầu. Tuy nhiên thời gian theo dõi còn quá ngắn chưa đủ để đánh giá tác động, cần thêm thời gian theo dõi.

3.2. Đánh giá sự thay đổi các chỉ tiêu kim loại nặng

Bảng 6. Kết quả phân tích các chỉ tiêu kim loại nặng các công thức thí nghiệm trước và sau 12 tháng thử nghiệm

| Tên mẫu | Chỉ tiêu phân tích | | | | | | | |
|------------------|--------------------------|----------------|--------------------------|---------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|
| | Pb _{ts} (mg/kg) | | As _{ts} (mg/kg) | | Hg _{ts} (mg/kg) | | Cd _{ts} (mg/kg) | |
| | Ban đầu | Sau 12 tháng | Ban đầu | Sau 12 tháng | Ban đầu | Sau 12 tháng | Ban đầu | Sau 12 tháng |
| KL - ĐC (2.500) | 37,265 ± 0,355 | 34,805 ± 0,515 | 5,235 ± 0,305 | 4,63 ± 0,24 | 0,0175 ± 0,0055 | 0,011 ± 0,003 | 0,2125 ± 0,0055 | 0,1885 ± 0,0645 |
| KL - AM (2.500) | 43,86 ± 1,552 | 32,095 ± 1,935 | 7,25 ± 0,28 | 6,82 ± 0,52 | 0,038 ± 0,003 | 0,0395 ± 0,0005 | 0,169 ± 0,017 | 0,135 ± 0,006 |
| KL - ĐC (5.000) | 34,47 ± 1,39 | 34,655 ± 1,535 | 6,735 ± 0,345 | 7,075 ± 0,165 | 0,027 ± 0,005 | 0,047 ± 0,035 | 0,1425 ± 0,0245 | 0,1655 ± 0,0235 |
| KL - AM (5.000) | 35,65 ± 1,96 | 35,4 ± 2,62 | 7,5 ± 1,45 | 6,115 ± 0,135 | 0,0235 ± 0,0035 | 0,0385 ± 0,0175 | 0,1415 ± 0,0125 | 0,1305 ± 0,0115 |
| KLT - ĐC (2.500) | 38,515 ± 0,585 | 39,515 ± 0,605 | 6,38 ± 0,31 | 6,185 ± 0,215 | 0,021 ± 0,004 | 0,032 ± 0,01 | 0,133 ± 0,021 | 0,153 ± 0,049 |
| KLT - AM (2.500) | 37,495 ± 1,715 | 36,16 ± 1,08 | 7,035 ± 0,315 | 6,775 ± 0,245 | 0,0165 ± 0,0015 | 0,021 ± 0,007 | 0,1685 ± 0,0095 | 0,136 ± 0,009 |
| KLT - ĐC (5.000) | 34,805 ± 1,995 | 34,955 ± 0,065 | 8,495 ± 1,105 | 9,105 ± 0,175 | 0,0385 ± 0,0035 | 0,0375 ± 0,0105 | 0,207 ± 0,005 | 0,1985 ± 0,0095 |
| KLT - AM (5.000) | 36,115 ± 1,135 | 33,295 ± 1,275 | 7,88 ± 1,04 | 7,66 ± 0,38 | 0,024 ± 0,003 | 0,025 ± 0,007 | 0,1655 ± 0,0275 | 0,194 ± 0,011 |

Ghi chú: KL: Keo lai; KLT: Keo lá trà.

Căn cứ kết quả phân tích các chỉ tiêu kim loại nặng ở bảng 6 cho thấy hàm lượng As và Pb ở các mẫu bón AM sau thí nghiệm đều giảm hơn so với trước thí nghiệm. Nguyên tố Cd và Hg do có hàm lượng tương đối nhỏ nên chưa thể hiện rõ xu hướng qua thời gian thực hiện thí nghiệm. Mặt khác, theo QCVN

03 - MT:2015/BTNMT, giới hạn cho phép kim loại nặng đối với đất lâm nghiệp (mg/kg đất khô) là: As = 20; Pb = 100 và Cd = 2, Hg = 5. So sánh kết quả phân tích các mẫu đất bãi thải sau khai thác than ở Quảng Ninh đều có hàm lượng kim loại nặng thấp hơn giới hạn tối đa cho phép.

3.3. Đánh giá các chỉ tiêu vi sinh vật đất

Bảng 7. Kết quả phân tích các chỉ tiêu vi sinh vật đất các công thức thí nghiệm trước và sau 12 tháng thử nghiệm

| Tên mẫu | Chỉ tiêu phân tích | | | | | | | |
|-----------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|---------------------|-------------------|------------------|--------------|
| | Vi khuẩn tổng số (CFU/g) | | Xạ khuẩn tổng số (CFU/g) | | Nấm tổng số (CFU/g) | | AM (Bào tử/100g) | |
| | Ban đầu | Sau 12 tháng | Ban đầu | Sau 12 tháng | Ban đầu | Sau 12 tháng | Ban đầu | Sau 12 tháng |
| KL - ĐC (2500) | $3,7 \times 10^4$ | $5,3 \times 10^5$ | $2,3 \times 10^3$ | $5,5 \times 10^4$ | $4,8 \times 10^4$ | $5,9 \times 10^5$ | 0 | 31 ± 3 |
| KL - AM (2500) | $3,4 \times 10^4$ | $6,8 \times 10^5$ | $3,0 \times 10^3$ | $1,4 \times 10^5$ | $2,6 \times 10^4$ | $7,5 \times 10^5$ | 0 | 157 ± 12 |
| KL - ĐC (5000) | $4,0 \times 10^4$ | $5,7 \times 10^5$ | $3,3 \times 10^3$ | $5,3 \times 10^4$ | $4,4 \times 10^4$ | $2,7 \times 10^5$ | 0 | 40 ± 3 |
| KL - AM (5000) | $5,6 \times 10^4$ | $3,9 \times 10^6$ | $2,3 \times 10^3$ | $1,4 \times 10^5$ | $3,2 \times 10^4$ | $1,9 \times 10^6$ | 0 | 184 ± 8 |
| KLT - ĐC (2500) | $2,5 \times 10^4$ | $4,7 \times 10^5$ | $2,1 \times 10^3$ | $5,5 \times 10^4$ | $3,4 \times 10^4$ | $2,1 \times 10^5$ | 0 | 51 ± 3 |
| KLT - AM (2500) | $2,5 \times 10^4$ | $3,0 \times 10^6$ | $2,7 \times 10^3$ | $1,8 \times 10^5$ | $2,5 \times 10^4$ | $3,0 \times 10^5$ | 0 | 201 ± 4 |
| KLT - ĐC (5000) | $2,6 \times 10^4$ | $4,8 \times 10^5$ | $1,7 \times 10^3$ | $4,0 \times 10^4$ | $2,4 \times 10^4$ | $5,0 \times 10^5$ | 0 | 62 ± 1 |
| KLT - AM (5000) | $2,8 \times 10^4$ | $3,0 \times 10^5$ | $3,1 \times 10^3$ | $2,6 \times 10^5$ | $2,5 \times 10^4$ | $1,2 \times 10^6$ | 0 | 224 ± 7 |

Ghi chú: KL: Keo lai; KLT: Keo lá trà,

Các chỉ tiêu vi sinh vật đất bãi thải trước và sau khi thí nghiệm được tổng hợp tại bảng 7. Cụ thể:

Đối với chỉ tiêu vi khuẩn tổng số: Mật độ vi khuẩn tổng số của các mẫu bãi thải ban đầu từ $2,5 \times 10^4$ tới $5,6 \times 10^4$ (CFU/g). Sau 12 tháng trồng cây keo cũng như trồng cây keo kết hợp bón chế phẩm AM, các lô thí nghiệm này đều có mật độ vi khuẩn tổng số tăng lên đáng kể từ $3,0 \times 10^5$ tới $3,9 \times 10^6$ (CFU/g). Mặt khác, có thể thấy các công thức bón chế phẩm AM đều có mật độ vi khuẩn tổng số cao hơn hẳn các công thức đối chứng.

Đối với chỉ tiêu xạ khuẩn tổng số: Mật độ xạ khuẩn tổng số của các mẫu bãi thải ban đầu từ $1,7 \times 10^3$ tới $3,3 \times 10^3$ (CFU/g). Sau 12 tháng trồng cây keo cũng như trồng cây keo kết hợp bón chế phẩm AM các lô thí nghiệm này đều có mật độ xạ khuẩn tổng số tăng lên đáng kể từ $4,0 \times 10^4$ tới $2,6 \times 10^5$ (CFU/g). Tương tự chỉ số vi khuẩn tổng số, có thể thấy các công thức bón chế phẩm AM đều có mật độ xạ khuẩn tổng số cao hơn hẳn các công thức đối chứng.

Đối với chỉ tiêu nấm tổng số: Mật độ nấm tổng số của các mẫu bãi thải ban đầu từ $2,4 \times 10^4$ tới $4,8 \times 10^4$ (CFU/g). Sau 12 tháng trồng cây keo cũng như trồng cây keo kết hợp bón chế phẩm AM, các lô thí nghiệm này đều có mật độ nấm tổng số tăng lên đáng kể từ $2,7 \times 10^5$ tới $1,9 \times 10^6$ (CFU/g). Tương tự chỉ số vi khuẩn tổng số và xạ khuẩn tổng số, có thể thấy các công thức bón chế phẩm AM đều có mật độ nấm tổng số cao hơn hẳn các công thức đối chứng.

Đối với chỉ tiêu AM, các mẫu bãi thải ban đầu qua kiểm tra đều không có sự xuất hiện của bào tử AM ở tất cả các mẫu đất bãi thải thu thập. Tuy nhiên, sau 12 tháng trồng cây keo cũng như trồng cây keo kết hợp bón chế phẩm AM, các lô thí nghiệm này đều đã có sự xuất hiện của bào tử AM, với mật độ từ 40 tới 224 bào tử AM/100g đất. Các công thức đối chứng có mật độ bào tử AM (từ 31 đến 62 bào tử AM/100 g đất) thấp hơn rất nhiều so với các công thức bón chế phẩm AM (từ 157 đến 224 bào tử AM/100 g đất).

IV. KẾT LUẬN

Sau 12 tháng thí nghiệm, hầu hết các công thức thí nghiệm đều có sự cải thiện về các chỉ tiêu lý, hóa tính, kim loại nặng tổng số và các chỉ tiêu vi sinh vật. Đặc biệt, các chỉ tiêu vi sinh vật như vi khuẩn tổng số, xạ khuẩn tổng số và nấm tổng số đều tăng lên theo cấp số nhân. Riêng chỉ tiêu về mật độ bào tử AM có

sự thay đổi rõ rệt, từ ban đầu không có sự xuất hiện của AM, sau 1 năm đất bãi thải đã có nhiều bào tử AM trong đất. Điều này cho thấy việc sử dụng các chế phẩm vi sinh kết hợp với trồng cây trên bãi thải có tác động tích cực làm tăng hệ vi sinh vật trong đất, do đó trong thời gian tới sẽ có tác động đáng kể đến việc cải tạo đất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Adholeya, A. và R. Singh., 2006. *Jatropha for wastelvà development: TERI's Mycorrhiza Technology In: Bhajvaidd, P.P. Editor. Biofuels: towards a greener và secure energy future.*
2. Đỗ Đình Sâm, Ngô Đình Quế, Nguyễn Tử Siêm, Nguyễn Ngọc Bình, 2006. Cẩm nang ngành Lâm nghiệp, Chương: Dinh Dưỡng và Đất, tr 77 - 79
3. Landon, J.R. (1991) *Booker Tropical Soil Manual: A Handbook for Soil Survey and Agriculture Evaluation in the Tropics and Sub-Tropics.* Longman, Harlow: 120
4. Lê Quốc Huy, Trần Hồ Quang, Ngô Thị Thanh Huệ và Nguyễn Thị Giang, 2014. Nghiên cứu tạo vật liệu rễ Cà rốt chuyển gen Ri - tDNA cho công nghệ nhân sinh khối nấm rễ nội cộng sinh AM (*Arbuscular mycorrhiza*) *in-vitro*. Tạp chí Khoa học công nghệ, Bộ Nông nghiệp & PTNT, số 3 + 4.
5. 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.
6. Vũ Quý Đông, Lê Quốc Huy, Đoàn Đình Tam, 2017. Ảnh hưởng của nấm rễ nội cộng sinh AM (*Arbuscular mycorrhiza*) tới sinh trưởng và cải tạo đất bãi thải mỏ than Quảng Ninh của Keo tai tượng (*Acacia mangium*) ở vườn ươm, Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam; Số 01, tr.60 - 70.

Email tác giả liên hệ: vuquydong@gmail.com

Ngày nhận bài: 16/05/2022

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 06/06/2022

Ngày duyệt đăng: 10/06/2022