Research Article
Nova Biologica Reperta 10(2): 122-128 (2023)
Print ISSN: 2423-6330/Online ISSN: 2476-7115
https://nbr.khu.ac.ir; Kharazmi University Press; DOI: 10.29252/nbr.10.2.122

مقاله پژوهشی
یافته‌های نوین در علوم زیستی
جلد ۱۰، شماره ۲، صفحات ۱۲۲ الی ۱۲۸ (۱۴۰۲)
انتشارات دانشگاه خوارزمی

بررسی زیست‌پالایی فلزات سنگین توسط قارچ *Pleurotus ostratus*

فرشته محمدحسنی جور[۱] و مهدی رحیمی[۲]
[۱]گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران؛ [۲]گروه بیوتکنولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران
مسئول مکاتبات: مهدی رحیمی، me.rahimi@kgut.ac.ir

چکیده. آلودگی فلزات سنگین در آب و خاک، جدی‌ترین مشکل ناشی از فرآیندهای صنعتی و معدنی و سایر فعالیت‌های انسانی است. قارچ‌پالایی یک روش بیوتکنولوژی است که از قارچ‌ها برای حذف آلاینده‌های سمی از محیط به روشی کارآمد و مقرون به صرفه استفاده می‌کند. قارچ‌های ماکرو یکی از مهم‌ترین میکروواسطه‌های طبیعت هستند. گونه های پلوروتوس به عنوان محبوب‌ترین و پر کشت‌ترین گونه در سراسر جهان در نظر گرفته می‌شوند و این ممکن است به دلیل هزینه تولید پایین و عملکرد بیشتر آن‌ها باشد. مطالعات نشان داده است که در خاک های آلوده به فلز، این قارچ ممکن است رشد گیاه را از طریق بهبود تغذیه معدنی و یا با کاهش سمیت فلزات بهبود ببخشد. به منظور ارزیابی میزان تحمل این قارچ نسبت به غلظت‌های متفاوت از فلزات سنگین، رشد قارچ در محیط جامد و مایع MMN، حاوی غلظت‌های متفاوت (۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ میلی‌گرم در لیتر) فلزات سنگین روی، منگنز، کادمیوم، سرب و نیکل انجام و پارامترهای رشدی و میزان انباشت فلز در میسیلیوم اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که تحمل این قارچ نسبت به فلزات دارای تنوع زیادی است به طوری‌که افزایش پارامترهای رشدی در مورد دو فلز روی و منگنز و مهار رشد حتی در غلظت‌های پایین فلزات نیکل، کادمیوم و سرب (۱۵ میلی گرم در لیتر) مشاهده شد. میزان انباشت فلز در میسیلیوم قارچی نیز با افزایش غلظت فلز در محیط کشت افزایش یافت. در این تحقیق برای اولین بار پارامترهای رشدی و میزان انباشت فلزات سنگین در شرایط آکسنیک بررسی و توصیف شده است.

واژه‌های کلیدی. انباشت فلز، قارچ‌پالایی، روی، منگنز، نیکل

Investigating the bioremediation of heavy metals by *Pleurotus ostratus*

Fereshteh Mohamadhasani javar[1] & Medhi Rahimi[2]
[1]Departmen of Biology, Faculty of Science, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran; [2]Department of Biotechnology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran.
Correspondent author: Mehdi Rahimi, me.rahimi@kgut.ac.ir

Abstract. Heavy metal contamination (HMs) of water and soil is the most serious problem caused by industrial and mining processes and other human activities. Mycoremediation is a biotechnological method that employs fungi to remove toxic contaminants from the environment in an efficient and cost-effective manner. *Pleurotus* species are considered to be the most popular and widely cultivated species worldwide, and this may be due to their low production cost and high yield. It has been indicated that *Pleurotus* species may improve plant growth in metal-contaminated soils through enhancing nutrition uptake or by alleviating toxicity of the metals. In this experiment, the fungus was grown in vitro in liquid and solid media for 3 weeks on five different concentrations (0, 15, 30, 45, 60 ppm) of five heavy metals (Cd, Zn, Ni, Pb, Mn) as sulphate and the effect of these metal on radial growth, biomass production and metal content of fungal biomass were determined. Based on the results, this fungus showed a great variety of tolerance against the metals, as that growth parameters were increased in the case of two metals contamination (Zn and Mn) and inhibition of growth was observed even at the low concentrations of nickel, cadmium and lead (15 mg/liter). The amount of metal accumulation in the fungal mycelium also increased with the increase of the metal concentration in the culture medium. In this research, for the first time, the growth parameters and the amount of accumulation of heavy metals in axenic conditions have been investigated and described.

Key words. metal accumulation, mycoremediation, manganese, nickel, zinc

Received 10.09.2022/ Revised 28.01.2023/ Accepted 13.02.2023/ Published 20.09.2023
دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۱۹/ اصلاح: ۱۴۰۱/۱۱/۰۸/ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۴/ انتشار: ۱۴۰۲/۰۶/۲۹

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1402.10.2.3.8]

مقدمه

آلودگی خاک به فلزات سنگین نتیجه بسیاری از فعالیت‌های بشری نظیر معدن کاوی، استخراج و ذوب فلزات و کاربرد کودها، سموم و قارچ کش‌های کشاورزی و غیره می‌باشد که سلامتی بشر و زیست بوم را به خطر می‌اندازد (Colpaert, 2008; Dalvi & Bhalerao, 2013). اگر چه برخی از این فلزات مانند مس، آهن، منگنز و روی جزء عناصر ریزمغذی ضروری هستند که برای محدوده وسیعی از فرایندهای سلولی مورد نیاز هستند اما در غلظت‌های بالاتر از حد بهینه سبب القای تنش اکسیداتیو و ایجاد رادیکال‌های فعال اکسیژن شده و از طریق اختلال در ساختار غشاء و آسیب به ماکرومولکول‌های حیاتی گیاه بر رشد گیاه اثر منفی گذاشته و یا حتی منجر به مرگ گیاه می‌شوند (Langer et al., 2012). چندین روش برای حذف فلزات سنگین و سایر آلاینده‌ها مانند هیدروکربن‌ها، روغن‌های صنعتی و ماشین‌آلات و رنگهای صنعتی از محیط زیست وجود دارد، ولی هیچ یک از این روش‌ها به طور کامل موثر نیستند و بسیار گران و زمان بر هستند، بنابراین برای پاکسازی آلاینده‌ها از محیط زیست نیاز به روشی کم هزینه و سازگار با محیط زیست است (Singh et al., 2020). در سال‌های اخیر روش‌های زیست‌پالایی مورد توجه قرار گرفته و یکی از روش‌های آن قارچ‌پالایی است. قارچ‌پالایی یکی از روش‌های زیست‌پالایی است که به خوبی شناخته شده و به معنای استفاده از گونه‌های مختلف قارچ‌ها برای تجزیه و حذف آلاینده‌ها از محیط زیست است (Kulshreshtha et al., 2014). از روش‌های دیگر برای حذف فلزات سنگین استفاده از گیاهان است که از گیاهان بسیاری برای حذف فلزات سنگین می‌توان استفاده نمود که از آن جمله می‌توان به گیاه توتون اشاره کرد (Farjadi & Norastehnia, 2021).

قارچ‌ها توان تجزیه‌ی طیف گسترده‌ای از مواد آلاینده را به واسطه‌ی تولید آنزیم‌های خارج سلولی و یا از طریق جذب زیستی و تجمع مواد سمی در خود دارند و در همه جا یافت می‌شوند. بنابراین به عنوان زیست پالاینده‌های بی‌نظیر مطرح هستند (Akkin, 2021; Mosa et al., 2016). قارچ صدفی با نام علمی *Pleurotus ostratus* جزء راسته آگاریکالز و رده بازیدیومیست است. توانایی گونه‌های متنوع از این جنس در جذب زیستی فلزات مورد بررسی قرار گرفته و مشخص شده است که این جنس دارای پتانسیل جذب زیستی بالایی برای جذب فلزات سنگین است (Barros et al., 2007; Mkhize et al., 2021). از جمله مکانیسم‌های سلولی دخیل در تحمل این قارچ نسبت به فلزات سنگین، می‌توان به شلاته‌سازی خارج سلولی توسط لیگاندهای مترشحه، اتصال به دیواره سلولی، برون شارش از سلول، شلاته‌شدن در سیتوسل توسط متالوتیونین، شلاته‌شدن در سیتوسل توسط گلوتاتیون، انتقال فلز به واکوئل و انتقال کمپلکس به واکوئل اشاره نمود (Fawzy et al., 2017; Schutzendubel & Polle, 2002).

هدف از مطالعه‌ی حاضر ارزیابی میزان تحمل قارچ *Pleurotus* ostratus نسبت به غلظت‌های متفاوت از انواع فلزات سنگین در محیط کشت مایع و جامد و بررسی پاسخ‌های رشدی قارچ از جمله قطر کولونی، وزن خشک و میزان انباشت فلزات به منظور پی بردن به قارچ‌پالایی این نمونه‌ی قارچی است.

مواد و روش‌ها

کشت خالص قارچ صدفی *Pleurotus ostratus* درمحیط جامد MMN درشرایط استریل

تهیه اسپان قارچی وکشت آن درمحیط کشت جامد MMN

به منظور بررسی این قارچ، ابتدا از موسسه قارچ صدفی (دهکده سبز) در کرمان قارچ رشد داده شده در اطراف بذرهای گندم استریل قارچ (اسپان) *Pleurotus ostratus* تهیه شد. حدود ۵ تا ۷ بذر در شرایط کاملا استریل درون پتریدیش‌های محتوی محیط کشت جامد MMN قرارداده شد وسپس درون انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ هفته قرارگرفت تا میسلیوم‌های قارچی در محیط کشت رشد کرده و سطح کشت را فرا گیرند (شکل۱). **اندازه‌گیری تاثیر غلظت‌های مختلف فلزات سنگین بر پاسخ رشدی و انباشت فلز سنگین توسط قارچ *Pleurotus ostratus***

سنجش فاکتورهای ظاهری رشد

اندازه‌گیری رشد قطر کلونی قارچ درمحیط جامد

پس از تهیه محیط کشت جامد MMN حاوی غلظت‌های (۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ ppm) از هر یک از نمک‌های سولفات فلزات سنگین (Zn^{2+}، Mn^{2+}، Cd^{2+}، Ni^{2+}، Pb^{2+})، دیسک‌های ۱۱ میلیمتری از حاشیه نمونه کشت شده قارچ *Pleurotus ostratus* که دارای رشد فعال می‌باشند جدا شده و به مرکز پتریدیش‌های محتوی محیط کشت جامد حاوی فلزات سنگین وارد شد. از هر غلظت فلز سنگین سه تکرار استفاده شد. سپس پتریدیش‌ها توسط فویل آلومینیومی پوشیده شده و تا زمانی که قطر کلونی در پتریدیش‌های کنترل (غلظت صفر از هر فلز) به هفت سانتی‌متر برسد در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس قطر هر کلونی در عریض‌ترین قسمت با خط کش با دقت ۰/۱ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد (Thompson & Medve, 1984).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.24236330.1402.10.2.3.8]

کشت مسیلیوم های قارچی حاصل از کشت بذر در محیط کشت مایع MMN

تعدادی مساوی ازدیسک‌های میسلیومی ازکناره‌های میسلیوم-های رشد یافته درمحیط جامد MMN در شرایط استریل به ارلن‌های حاوی کشت مایع حاوی غلظت‌های متفاوت (۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ ppm) از فلزات سنگین (Zn^{2+}، Mn^{2+}، Cd^{2+}، Ni^{2+}، Pb^{2+}) منتقل گردیدند. ارلن‌ها به مدت ۳ هفته در انکوباتور و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا میسلیوم‌ها درمحیط مایع رشد یافته و سطح مایع را فراگیرند. بعد از گذشت ۲۱ روز میسلیوم‌ها برداشته شده و پس از شستن در آب مقطر در درون آون و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس توسط ترازو با دقت ۰/۰۰۰۱ وزن شدند.

سنجش عنصری میسلیوم

پس از خشک شدن میسلیوم‌ها در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد توسط آون، هضم اسیدی میسلیوم‌ها با استفاده از ۳ میلی لیتر اسیدنیتریک غلیظ و ۱ میلی لیتر HF به مدت ۲۴ ساعت انجام شد. سپس محلول حاصل از هضم اسیدی، جهت سنجش عنصری با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی مدل Shimadzu AA-670 مورد استفاده قرار گرفت (Blaudez et al., 2000).

نتایج حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف فلز سنگین بر رشد میسلیوم قارچ *Pleurotus ostratus*

۱- نتایج اندازه‌گیری رشد قطر کلونی قارچ درمحیط کشت جامد

نتایج حاصل از بررسی تاثیر غلظت‌های مختلف پنج فلز سنگین منگنز، روی، کادمیوم، سرب و نیکل بر قطر کلونی در جدول شماره (۱) آورده شده است. بررسی داده‌ها، کاهش معنی دار و تدریجی قطر کلونی را در اثر تیمار عناصر فلزات سنگین از قبیل منگنز نشان داده است. این کاهش در مورد منگنز از همان غلظت ابتدایی معنی‌دار بود (جدول ۱). در مورد فلز روی این کاهش در هیچ یک از غلظت ها معنی دار نبود. در مورد فلز نیکل، کادمیوم و سرب نیز هیچ رشدی از کلونی مشاهده نشد (شکل ۲).

۲- اندازه‌گیری وزن خشک میسلیوم درمحیط مایع

بررسی نتایج حاصل از سنجش وزن خشک میسلیوم‌ها نشان داد که دو عنصر روی و منگنز در افزایش معنی دار این پارامتر رشدی اثر داشته به طوری که در مورد عنصر منگنز این افزایش نسبت به شاهد معنی‌دار و ۷۹/۰۹ درصد نسبت به گروه شاهد افزایش داشت. در مورد بقیه فلزات، به استثنای گروه شاهد، هیچ نوع رشدی از کولونی در هیچ یک از غلظت ها مشاهده نشد (جدول شماره ۲).

۳- سنجش عنصری میسلیوم

بررسی نتایج حاصل از انباشت فلز سنگین در میسلیوم قارچ نشان داد که با افزایش غلظت فلز سنگین در محیط مایع کشت قارچ، محتوای آن فلز نیز در میسلیوم قارچ افزایش یافت و در غلظت ۶۰ میلی‌گرم در لیتر انباشت فلزات روی و منگنز نسبت به گروه شاهد معنی‌دار بود.



شکل ۱- رشد میسلیوم های قارچی حاصل از کشت اسپان در محیط کشت جامد MMN.

Figure 1. The growth of fungal mycelium resulting from spawn culture in MMN solid culture medium.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.24236330.1402.10.2.3.8]

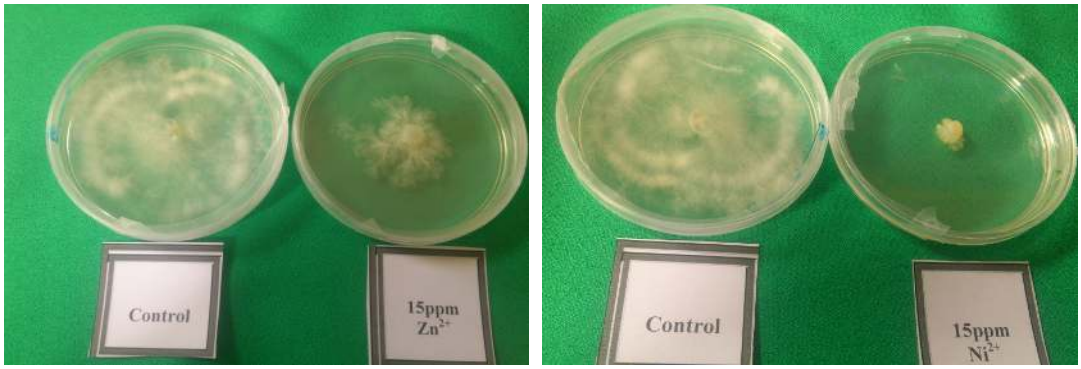
جدول ۱- مقایسه میانگین قطر کلونی قارچ *Pleurotus ostratus* رشد یافته در محیط کشت جامد MMN حاوی فلزات سنگین بر اساس آزمون دانکن.

Table 1- Mean comparison of the colony diameter of *Pleurotus ostratus* mushroom grown in MMN solid culture medium containing heavy metals based on Duncan's test.

Ni	Pb	Cd	Mn	Metal concentration (mg/l)
6.85	6.9	6.5	6.8±0.11a	0
-	-	-	4.5±0.80ab	15
-	-	-	3.4±0.14b	30
-	-	-	3.3±0.13b	45
-	-	-	3.8±0.25b	60

تیمارهای با حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف ندارند.

Treatments with the same letters are not statistically different.



شکل ۲- رشد میسلیوم‌های قارچ در محیط کشت جامد.

Figure 2. Growth of mushroom mycelium in solid culture medium.

جدول ۲- مقایسه میانگین وزن خشک (mgr) میسلیوم‌های قارچ *Pleurotus ostratus* رشد یافته در محیط کشت مایع MMN حاوی فلزات سنگین بر اساس آزمون دانکن.

Table 2. Mean comparison of dry weight (mg) of *Pleurotus ostratus* mushroom mycelium grown in MMN liquid culture medium containing heavy metals based on Duncan's test.

Mn	Zn	Metal concentration (mg/l)
66.2±0.02b	70±0.02ab	0
118.5±0.01a	66.6±0.01ab	15
78.2±0.01ab	99.8±0.03a	30
75.4±0.01ab	38.8±0.002c	45
58.8±0.008b	24.5±0.003cd	60

تیمارهای با حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف ندارند.

Treatments with the same letters are not statistically different.

جدول ۳- مقایسه میانگین محتوای فلزی (mg/gDw) میسلیوم‌های قارچ *Pleurotus ostratus* رشد یافته در محیط کشت MMN حاوی فلزات سنگین بر اساس آزمون دانکن.

Table 3. Mean comparison of the metal content (mg/gDw) of *Pleurotus ostratus* mushroom mycelium grown in MMN medium containing heavy metals based on Duncan's test.

Mn	Zn	Metal concentration (mg/l)
0.0649±0.02b	0.1723±0.15b	0
0.2431±0.03b	0.1597±0.02b	15
0.4854±0.14b	0.2598±0.03b	30
0.8221±0.27b	0.3432±0.02ab	45
2.623±1.49a	0.5032±0.04a	60

تیمارهای با حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف ندارند.

Treatments with the same letters are not statistically different.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.24236330.1402.10.2.3.8]

بحث

قارچ‌پالایی یک روش بیوتکنولوژی است که با استفاده از قارچ‌ها، آلاینده‌های سمی را از محیط به روشی کارآمد و اقتصادی حذف می‌کنند. تفاوت‌های زیادی در پاسخ به فلزات، هم بین گونه‌های قارچی و هم نسبت به فلزات مختلف در یک گونه مشاهده شده است (Mkhize et al., 2021). تغییر در پاسخ قارچ به فلزات کمیاب به احتمال زیاد به دلیل عوامل فیزیولوژیکی ذاتی است. در مورد اکثر گونه‌های قارچی، حساسیت به یک یا چند نوع فلز به معنای حساسیت به تمام فلزات نیست (Carrillo-González et al., 2012). برای ارزیابی میزان سمیت فلزات سنگین، قارچ *P. ostratus* در معرض پنج کاتیون فلز سنگین کادمیوم، سرب، منگنز، روی و نیکل قرار گرفت و میزان رشد قطری کولونی در محیط جامد، وزن خشک میسلیوم درمحیط مایع و میزان جذب زیستی فلزات مورد ارزیابی قرار گرفت. برای اولین بار، مطالعه و بررسی تنوع در واکنش رشدی *P. ostratus* به غلظت فلزات سنگین (مس، کبالت و نیکل) در کشت اکسنیک را نشان داد.

نتایج نشان داد که این قارچ توانایی انباشت فلزات سنگین از محیط کشت را دارد. بر اساس نتایج در تحمل این قارچ نسبت به فلزات، تنوع زیادی مشاهده شد به طوری که مهار رشد در غلظت پایین از فلز نیکل، سرب و کادمیوم (۱۵ میلی گرم در لیتر) مشاهده شد. همچنین نشان داده شده است که این قارچ مقداری فلزات سنگین را از محیط کشت مایع جمع‌آوری می‌کند. مطالعه ما نیز نشان داد که *P. ostratus* به کاتیون Ni^{2+} در شرایط آزمایشگاهی حساس است. نیکل حتی در کمترین غلظت نیز از رشد جلوگیری می‌کند. در بسیاری از مطالعات، توانایی قارچ *Pleurotus ostreatus* در پاکسازی قارچی آلاینده‌ها (قارچ‌پالایی) در رسانه‌های مختلف گزارش شده است (Das et al., 2007; Dulay et al., 2015). در قارچ‌ها تنوع درون گونه‌ای در تحمل به فلزات سنگین وجود دارد به طوری که نتایج آزمایشات مشابه نشان دادند که آستانه قارچ در تحمل فلز سنگین بسته به نوع گونه و نوع و غلظت آن فلز سنگین متفاوت است و مهار رشد توسط غلظت پایین یک فلز، در تحمل فلزی دیگر با غلظت بالا ممانعتی ایجاد نمی‌کند.

به عنوان مثال در تحمل سه فلز مس و آلومینیوم و روی توسط گونه *Laccaria laccata* تفاوت وجود دارد بطوری که مهار رشد قارچ در غلظت‌های بالای ۱۰ ppm آلومینیوم و مس مشاهده شد (Jones & Muehlchen, 1994). در مورد گونه *Thelephora terrestris* تحمل بالای این گونه قارچی نسبت به غلظت‌های بالای مس (۵۰۰ ppm) و روی (۱۰۰۰ ppm) گزارش شده است. تحمل زیاد سه گونه قارچی *Hymenogaster* spp.، *Scleroderma citrinum* و *Pisolithus tinctorius* در تحمل غلظت‌های بالای فلزاتی از قبیل مس، آهن، آلومینیوم و روی نیز گزارش شده است (Tam, 1995). در مورد تفاوت در تحمل به نوع فلز در گونه قارچی *Pleurotus sajor-caju* که توانایی رشد در خاک‌های غنی از عناصر فلزی را دارد نیز گزارش شده است (Purkayastha et al., 1994; Synytsya et al., 2009). این قارچ توانایی جذب بالای یون‌های کادمیوم و مس را نسبت به جیوه و کبالت دارد جذب زیستی طیف وسیعی از آلاینده های فلزی از جمله فلزات سنگین نیز توسط دو گونه قارچی *Pleurotus tuberregium* و *P. ostreatus* نیز گزارش شده است (Akkin, 2021). در تحمل دو فلز مس و کادمیم بین دو گونه *Suillus bovines* و *Suillus luteus* تفاوت وجود دارد و یا در مورد دو گونه *Suillus tinctorius* و *Pisolithus tinctorius* در تحمل به نوع فلز تفاوت نیز وجود داشت (Blaudez et al., 2000). در مورد دو گونه مختلف از جنس *Pleurotus*، *P. ostreatus* و *P. flabellatus* تفاوت در تحمل به دو فلز کادمیوم و جیوه نیز وجود دارد (Brunnert & Zadražil, 1983; Tay et al., 2011). نتایج مطالعات این تحقیق نیز نشان داد که این قارچ توانایی بالایی در جذب فلزات سنگین دارد و بنابراین می‌توان از آن برای حذف آلاینده ها استفاده نمود و با توجه به جنبه زیستی و نداشتن آلودگی زیست محیطی این قارچ و همچنین هزینه پایین آن، روشی کارآمد و مقرون به صرفه است. گونه‌های *Pleurotus tuberregium* و *P. ostreatus*پتانسیل جذب زیستی بسیار موثری را برای طیف وسیعی از آلاینده‌های محیطی از جمله فلزات سنگین نشان می‌دهند (Akkin, 2021).

قارچ‌ها دارای مکانیسم‌های متعددی برای تحمل آلاینده‌های فلزات سنگین هستند که از جمله آن‌ها می‌توان تجزیه‌ی طیف گسترده‌ای از مواد آلاینده از طریق تولید آنزیم‌های خارج سلولی، جذب زیستی، انباشت مواد سمی در خود، تبدیل زیستی و تجزیه زیستی اشاره کرد. نتایج مطالعات این تحقیق نیز نشان داد که این قارچ توانایی بالایی در جذب فلزات سنگین دارد و بنابراین می‌توان از آن برای حذف آلاینده ها استفاده نمود. جذب زیستی فرایندی فیزیکوشیمیایی است، که شامل جذب مواد سمی از منابع غیرزنده و غیرفعال می‌شود. فرایندهای جذب زیستی سریع و بی‌نظیر بوده و به صورت کارا سبب جداسازی بسیاری از فلزات از محلول خاک می‌شود. این سازوکار، با برقراری پیوند سطحی از طریق واکنش بار یون‌ها و مکمل شدن این یون‌های فلزی با گروه‌های ساختاری موجود در سلولهای دیواره‌ی سلولی قارچ‌ها

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1402.10.2.3.8]

شامل گروه‌های کربوکسیل، آمین، هیدروکسین فسفاتاز و سولفیت هیدروژن انجام می‌شود. در واقع دیواره‌ی سلولی قارچ‌ها در نقش یک جاذب زیستی فعالیت می‌کند و با برقرای پیوند با فلزات، آنها را جذب می‌کنند. این سازوکار در گونه‌های قارچ‌های *Morterella ramannianc*، *Rhizopus sexaulis*، *Rhizopus stolonifer*، *Zygorhynchus hetergamous* و *Aspergillus niger* مشاهده شده است. بنابراین جذب زیستی می‌توانند برای جداسازی آلاینده‌های سمی حتی در غلظت‌های خیلی کم هم استفاده شوند (Mkhize et al., 2021).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تحمل این قارچ نسبت به فلزات دارای تنوع زیادی است به طوری‌که افزایش پارامترهای رشدی در مورد دو فلز روی و منگنز و مهار رشد حتی در غلظت‌های پایین فلزات نیکل، کادمیوم و سرب (۱۵ میلی گرم در لیتر) مشاهده شد. میزان انباشت فلز در میسیلیوم قارچی نیز با افزایش غلظت فلز در محیط کشت افزایش یافت. در این تحقیق برای اولین بار پارامترهای رشدی و میزان انباشت فلزات سنگین در شرایط آکسنیک بررسی و توصیف شده است.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از دانشگاه پیام نور و همچنین دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان کمال تشکر و قدردانی را برای حمایت‌های مالی دارند.

REFERENCES

Akkin, N. 2021. Mycoremediation by Oyster Mushroom. Acta Scientific Agriculture 5: 47-48.

Barros, L., Baptista, P., Estevinho, L.M. & Ferreira, I.C. 2007. Bioactive properties of the medicinal mushroom *Leucopaxillus giganteus* mycelium obtained in the presence of different nitrogen sources. Food Chemistry 105: 179-186.

Blaudez, D., Jacob, C., Turnau, K., Colpaert, J., Ahonen-Jonnarth, U., Finlay, R., Botton, B. & Chalot, M. 2000. Differential responses of ectomycorrhizal fungi to heavy metals in vitro. Mycological Research 104: 1366-1371.

Brunnert, H. & Zadražil, F. 1983. The translocation of mercury and cadmium into the fruiting bodies of six higher fungi. European Journal of Applied Microbiology and Biotechnology 17: 358-364.

Carrillo-González, R., González-Chávez, M. & del Carmen, A. 2012. Tolerance to and accumulation of cadmium by the mycelium of the fungi *Scleroderma citrinum* and *Pisolithus tinctorius.* Biological Trace Element Research 146: 388-395.

Colpaert, J.V. 2008. *Heavy metal pollution and genetic adaptations in ectomycorrhizal fungi*. -In: Avery, S.V., Stratford, M. & West, P.V. (eds.). Stress in yeasts and filamentous fungi pp. 157-173. Elsevier, Academic Press, London.

Dalvi, A.A. & Bhalerao, S.A. 2013. Response of plants towards heavy metal toxicity: an overview of avoidance, tolerance and uptake mechanism. Annals of Plant Sciences 2: 362-368.

Das, N., Charumathi, D. & Vimala, R. 2007. Effect of pretreatment on Cd2+ biosorption by mycelial biomass of *Pleurotus florida*. African Journal of Biotechnology 6: 2555-2558.

Dulay, R.M.R., Castro, M., Coloma, N.B., Bernardo, A.P., Cruz, A.G.D., Tiniola, R.C., Kalaw, S.P. & Reyes, R.G. 2015. Effects and myco-accumulation of lead (Pb) in five pleurotus mushrooms. International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences 4: 1664-1677.

Farjadi, M. & Norastehnia, A. 2021. The effects of heavy metal mercury on some of the physiological responsses in (*Nicotiana tabacum* L.). Nova Biologica Reperta 8: 8: 118-129. (In Persian).

Fawzy, E.M., Abdel-Motaal, F.F. & El-zayat, S.A. 2017. Biosorption of heavy metals onto different eco-friendly substrates. Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences 9: 35-44.

Jones, D. & Muehlchen, A. 1994. Effects of the potentially toxic metals, aluminium, zinc and copper on ectomycorrhizal fungi. Journal of Environmental Science & Health. Part A: Environmental Science and Engineering and Toxicology 29: 949-966.

Kulshreshtha, S., Mathur, N. & Bhatnagar, P. 2014. Mushroom as a product and their role in mycoremediation. AMB Express 4: 1-7.

Langer, I., Santner, J., Krpata, D., Fitz, W.J., Wenzel, W.W. & Schweiger, P.F. 2012. Ectomycorrhizal impact on Zn accumulation of *Populus tremula* L. grown in metalliferous soil with increasing levels of Zn concentration. Plant and Soil 355: 283-297.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.24236330.1402.10.2.3.8]

Mkhize, S.S., Simelane, M.B.C., Gasa, N.L. & Pooe, O.J. 2021. Evaluating the antioxidant and heavy metal content of *Pleurotus ostreatus* mushrooms cultivated using sugar cane agro-waste. Pharmacognosy Journal 13: 1-9.

Mosa, K.A., Saadoun, I., Kumar, K., Helmy, M. & Dhankher, O.P. 2016. Potential biotechnological strategies for the cleanup of heavy metals and metalloids. Frontiers in Plant Science 7: Article 303.

Purkayastha, R., Mitra, A.K. & Bhattacharyya, B. 1994. Uptake and toxicological effects of some heavy metals on *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer. Ecotoxicology and Environmental Safety 27: 7-13.

Schutzendubel, A. & Polle, A. 2002. Plant responses to abiotic stresses: heavy metal-induced oxidative stress and protection by mycorrhization. Journal of Experimental Botany 53: 1351-1365.

Singh, V., Singh, M.P. & Mishra, V. 2020. Bioremediation of toxic metal ions from coal washery effluent. Desalination and Water Treatment 197: 300-318.

Synytsya, A., Míčková, K., Synytsya, A., Jablonský, I., Spěváček, J., Erban, V., Kováříková, E. & Čopíková, J. 2009. Glucans from fruit bodies of cultivated mushrooms *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii*: Structure and potential prebiotic activity. Carbohydrate Polymers 76: 548-556.

Tam, P.C. 1995. Heavy metal tolerance by ectomycorrhizal fungi and metal amelioration by *Pisolithus tinctorius*. Mycorrhiza 5: 181-187.

Tay, C.C., Liew, H.H., Yin, C.-Y., Abdul-Talib, S., Surif, S., Suhaimi, A.A. & Yong, S.K. 2011. Biosorption of cadmium ions using *Pleurotus ostreatus*: Growth kinetics, isotherm study and biosorption mechanism. Korean Journal of Chemical Engineering 28: 825-830.

Thompson, G.W. & Medve, R.J. 1984. Effects of aluminum and manganese on the growth of ectomycorrhizal fungi. Applied and Environmental Microbiology 48: 556-560.

*****

How to cite this article:

Mohamadhasani javar, F. & Rahimi, M. 2023. Investigating the bioremediation of heavy metals by *Pleurotus ostratus*. Nova Biologica Reperta 10: 122-128. (In Persian).

محمدحسنی جور، ف. و رحیمی، م. ۱۴۰۲. بررسی زیست‌پالایی فلزات سنگین توسط قارچ *Pleurotus ostratus*. یافته‌های نوین در علوم زیستی ۱۰: ۱۲۸-۱۲۲.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.24236330.1402.10.2.3.8]