E-ISSN: 2251-7901 | P-ISSN: 2251-7901

The Quarterly Scientific Journal of Applied Biology

https://jab.alzahra.ac.ir/
Vol. 37, No.2. (2024) Summer, 46-54
https://doi.org/10.22051/JAB.2024.45719.1600

Paper Type: Original Article

Application potential of fish waste in improving compost quality

Maryam Soltani [1], Morteza Yousefzadi [*2], Narges Amrollahi Biuki [3], Musa Keshavarz [4], Abdolmajid Mirzaalian Dastjerdi[5]

[1]*Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan , Hormozgan, Iran.*
[2]*Faculty of Science University of Qom, Qom, Iran;*(Professor: Corresponding author: morteza110110@gmail.com).*
[3]*Faculty of Marine Science and Technology,University of Hormozgan, Hormozgan, Iran.*
[4]*Faculty of Marine Science and Technology,University of Hormozgan , Hormozgan, Iran.*
[5]*Faculty of Agriculture and Natural Resources,University of Hormozgan , Hormozgan, Iran.*

Citation:

Soltani, M., Yousefzadi, M., Amrollahi Biuki, N., Keshavarz, M. & Mirzaalian Dastjerdi, A. (2024). Application potential of fish waste in improving compost quality. *The quarterly scientific journal of applied biology, Volume* 37 (Issue No. 2), PP. 46-54.

Received: 2023.11.26 Accepted: 2024.04.13

Abstract

Introduction: The appropriate management of fish waste is crucial in the fishing and processing industry, necessitating effective waste management strategies. Composting, which is rich in nutrients, is a well-regarded method. This study aimed to assess the impact of fish waste compost, an eco-friendly fertilizer, on the growth and performance of red radish plants, as well as its influence on heavy metal interactions and catalase enzyme activity.

Methods: Under greenhouse and pot conditions, two studies with three treatments and three replications were carried out. In the first experiment, the effects of 20% and 50% compost on the morphological traits of radish plants were examined. In the second experiment, 50% compost was chosen based on the plant's morphological traits, and the characteristics of heavy metal removal and catalase enzyme activity were assessed.

Results: Results demonstrated that the use of 50% compost led to notable improvements in the fresh and dry weights of leaves and tubers, alongside increased proline content (5 g, 0.05 g, 6.6g, 1.91 µmol g-1 DW) in the plants. Furthermore, the 50 % compost reduced cadmium activity (0.21 mg/kg) and enhanced catalase enzyme activity (34 µmol hydrogen peroxide/g-hour).

Conclusion: Employing fish waste compost has the potential to enhance soil quality and decrease the impact of heavy metals in agricultural settings, ultimately facilitating an optimal environment for plant growth.

Keywords: Compost, Catalase, Fish Waste, Heavy Metals, Proline, Radish.

فصلنامه علمی زیست‌شناسی کاربردی دانشگاه الزهرا(س)
دوره ۳۷، شماره ۲، پیاپی ۸۰، تابستان ۱۴۰۳، صفحات ۵۴-۴۶
https://jab.alzahra.ac.ir
https://doi.org/10.22051/JAB.2024.45719.1600

نوع مقاله: پژوهشی

پتانسیل کاربردی زائدات ماهی در بهبود کیفیت کمپوست

مریم سلطانی[۱]، مرتضی یوسف زادی*[۲]، نرگس امراللهی بیوکی[۳]، موسی کشاورز[۴]، عبدالحمید میرزاعلیان دستجردی[۵]

[۱]دانشجوی دکتری، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران.
[۲]استاد، گروه زیست شناسی دانشکده علوم پایه، دانشگاه قم، قم، ایران.
(*نویسنده مسئول: *morteza110110@gmail.com*)
[۳]دانشیار، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران.
[۴]دانشیار، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران.
[۵]دانشیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران.

تاریخ دریافت : ۱۴۰۲/۰۹/۰۵ تاریخ پذیرش : ۱۴۰۳/۰۱/۲۵

چکیده

مقدمه: مدیریت صحیح زائدات ماهی در صنعت ماهیگیری و فرآوری اهمیت بالایی دارد. بنابراین، ارائه روش و استراژی‌های موثر برای مدیریت زائدات ضروری است. کمپوست حاوی مواد مغذی به عنوان یکی از روش‌های مناسب در نظر گرفته شده‌است. در این راستا، هدف از این پژوهش تاثیر کمپوست زائدات ماهی به عنوان یک کود سازگار با محیط زیست بر رشد و عملکرد گیاه مدل تربچه قرمز، تاثیر آن برروی فعل و انفعالات فلزات سنگین و فعالیت آنزیمی کاتالاز بود

روش‌ها: دو آزمایش با سه تیمار و سه تکرار در شرایط گلخانه و گلدان انجام شد. در آزمایش اول تاثیر کمپوست ۲۰ و ۵۰ درصد بر روی صفات مورفولوژیکی گیاه تربچه مورد بررسی قرار گرفت و در آزمایش دوم کمپوست ۵۰ درصد با توجه به صفات مورفولوژی گیاه انتخاب شد و خصوصیات فعالیت آنزیم کاتالاز و حذف فلز سنگین مورد سنجش قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که استفاده از کمپوست با درصد۵۰، منجر به بهبود وزن تر و خشک برگ، غده و میزان پرولین (۵، ۰/۰۵، ۶/۶، ۱/۹۱ گرم و ۱/۶۵ μ mol g^{-1}DW) گیاه شد. همچنین، کمپوست ۵۰ درصد باعث کاهش فعالیت فلز کادمیوم (۰/۲۱ میلی گرم بر کیلوگرم) و افزایش فعالیت آنزیمی کاتالاز (۳۴ میکرومول پراکسید هیدروژن بر گرم‌ساعت) شد. استفاده از کمپوست زائدات ماهی می‌تواند بهبود خاک و کاهش فعل و انفعالات فلزات سنگین را در کشاورزی ایجاد کند.

نتیجه‌گیری: براساس این نتایج کمپوست ۵۰ درصد زائدات ماهی می‌تواند شرایط حاصلخیزی و کاهش فعل و انفعالات فلزات سنگین را جهت آماده سازی خاک برای رشد گیاهان را فراهم کند.

کلیدواژه‌ها: پرولین، تربچه، زائدات ماهی، فلزات سنگین، کمپوست، کاتالاز.

مقدمه

امروزه با افزایش تقاضا برای غذاهای دریایی میزان استفاده غذایی از آبزیان بسیار زیاد شده است. هر ساله محصولاتی که از دریا صید می‌شوند به فرآورده‌های مختلفی عمل آوری می‌شوند که با فرآوری غذاهای دریایی تنها ۲۰ تا ۵۰ درصد از آن‌ها به عنوان بخش خوراکی بازیابی می‌شوند و حدود ۵۰ تا ۸۰ درصد آن به صورت مواد دور ریز و غیر خوراکی است استفاده از زائدات دورریز ماهی به عنوان یک منبع ارزشمند و پتانسیل بالقوه برای تولید محصولات متنوع و استفاده در صنایع مختلف مورد توجه قرار گرفته است. همچنین، در استفاده از این زائدات باید اصول بهداشتی و محیط زیستی را رعایت کرد و از فرآیندهای مناسب برای فرآوری از آنها استفاده کرد تا بهره‌وری صحیح و پایدار را تضمین کرد [1]. استفاده از زائدات ماهی برای تولید کود در طول سال‌ها مورد توجه قرار گرفته است تا پایداری اقتصادی و اکولوژیکی را افزایش دهد [2]. زائدات ماهی به طور سنتی به عنوان کود استفاده می‌شود، زیرا غنی از مواد مغذی به ویژه ازت، فسفر، پروتئین ها، اسیدهای چرب غیر اشباع همچنین ویتامین‌ها و مواد معدنی است [3]، [4]. انواع مختلف کودها از کنجاله ماهی تهیه می‌شود که برای استفاده در کشاورزی مخصوصا کشاورزی ارگانیک مجاز است [5]. استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی منجر به تغییر رویکردهای کشاورزی از محصولات شیمیایی به سمت فناوری سبز مانند کودهای آلی برپایه بیولوژیکی برای دستیابی به ایمنی زیستی در منابع غذایی شده‌است. [6]. کودهای آلی بخشی جداناپذیر از روش‌های کشاورزی و مدیریت مواد مغذی ارگانیک هستند، علاوه براین، کودهای آلی از یک سیستم طبیعی و بیولوژیکی برای جایگزینی کودهای معمولی در سیستم‌های کشاورزی استفاده می‌شوند [7].

منابع گیاهی، دامی و دریایی می‌توانند به جای منابع شیمیایی، نقش مهمی در باروری و حفظ فعالیت‌های بیولوژیک و افزایش کیفیت محصولات زراعی داشته باشند [8]. کمپوست حاصله از زائدات دارای مواد مغذی متشکل از پتاسیم، کلسیم و منیزیم است. علاوه بر این، کمپوست زائدات برای حفظ کیفیت مواد کمپوست باقی می‌ماند و فاقد آلودگی‌هایی مانند فلزات سنگین و ترکیبات فیتوتوکسیک است[9]، [10] . در کمپوست میکروارگانیسم‌ها مواد آلی مانند کود، لجن، برگ، میوه‌ها و مواد زائد را به محصولاتی مانند هوموس خاک تبدیل می‌کنند. از طریق کمپوست مواد آلی تجزیه و به محصولاتی تثبیت می‌شوند که می‌تواند به عنوان تهویه کننده خاک و یا کود آلی استفاده شود[11]، [12] . کمپوست علاوه بر افزایش مواد مغذی خاک، باعث کاهش دسترسی فلزات سنگین در خاک و همچنین باعث بهبود فعالیت آنزیمی خاک می‌شود. آنزیم‌های خاک نقش مهمی را در تجزیه‌ی مواد آلی، واکنش‌های اکسیداسیون-ترکیب و چرخه مواد مغذی ایفا می‌کنند. فعالیت آنزیم‌ها نشان دهنده‌ی درجه تعاملات بیوشیمیایی در خاک است و می‌تواند به عنوان شاخص زیستی برای ارزیابی کیفیت خاک آلوده به فلزات سنگین مورد استفاده قرار گیرد [13].

تربچه (*Raphanus sativus L.*) یک گیاه مدل یکساله، علفی و به عنوان سبزی خوردن در مناطق مختلف کشت می‌شود. یکی از ویژگی‌های اصلی آن خوراکی بودن همه قسمت‌های رویشی گیاه است. سبزی‌ها بخش مهمی از رژیم غذایی ما هستند. آن‌ها نه تنها جزء اصلی مواد غذایی ما هستند بلکه تعدادی از مواد مغذی شامل مواد معدنی، ویتامین‌ها و ترکیبات آنتی اکسیدانی را فراهم می-کنند [14]. Shenbagavalli و Ponmani در سال ۲۰۲۰ به بررسی اثرات کمپوست حاصله از زائدات ماهی بر روی یک گونه گندم پرداختند [15] و بیان کردند که کمپوست تولیده شده از زائدات ماهی اثر مثبتی بر روی رشد و عملکرد گندم به جا گذاشته است و همچنین Zhang و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه خود مشاهده کردند که کمپوست حاصل از زائدات حیوانی علاوه بر کاهش میزان فلزات سنگین در خاک آلوده شده باعث افزایش فعالیت آنزیمی خاک شده است [16].

از آنجایی که زائدات ماهی غنی از مواد مغذی است و استفاده از آن سالانه رو به افزایش است و مدیریت صحیح برای رفع آلودگی ناشی از این زائدات ضروریست. پژوهش حاضر با استفاده از زائدات ماهی حاوی مواد مغذی، به بررسی کمپوست حاصل از این زائدات و تاثیر آن بر روی رشد گیاه تربچه و کاهش فلز سنگین کادمیوم در خاک ماسه‌ای می پردازد.

مواد و روش‌ها

نمونه برداری و تهیه کمپوست

PROOF

زائدات ماهی (ماهی استخوانی و غضروفی) از چندین گونه مختلف از کارخانه کنسرو ماهی بندرعباس جمع آوری شد و جهت رفع شوری چندین بار با آب مقطر شسته شد و سپس به قطعات کوچکتر تبدیل گردید. همچنین برای افزایش نسبت C/N، خاک اره از یک کارخانه چوب بری در بندرعباس تهیه شد. برای تهیه کمپوست با استفاده از روش windrow [17] همراه با تغییرات، زائدات ماهی را با خاک زراعی و خاک اره به نسبت ۳:۱:۱ به صورت لایه به لایه قرار داده و جهت حفظ رطوبت بین۷۰-۴۰ درصد برای تولید کمپوست مقداری آب به محتوای حاوی زائدات، خاک زراعی و خاک اره اضافه شد و همچنین جهت شروع فعالیت میکروبی برای انجام پوسیدگی، هوادهی لازم در طی روزهای ۳، ۵، ۳۰ و ۶۰ انجام شد. مدت کل فرآیند کمپوست ۲ ماه بوده است. سنجش خصوصیات کمپوست تولید شده، میزان اسیدیته و هدایت الکتریکی در عصاره اشباع شده، پس از ۲ ساعت به وسیله پی اچ متر و هدایت سنج، مواد آلی (OM) با احتراق خشک و محتوای کربن آلی (TOC) برابر با محتوای (OM/1.72) نیتروژن با روش کجلدال [16]، ماده آلی به روش لئوپرت و همکاران (۱۹۹۶) [18] ، محتوای خاکستر با حرارت دادن نمونه‌ها در دمای ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت اندازه‌گیری شد (**جدول ۱**).

تاثیر کمپوست تولید شده بر روی گیاه تربچه

این پژوهش در زمستان سال ۱۴۰۱ به صورت کشت گلدانی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه هرمزگان، به مرحله اجرا درآمد. آزمایش در گلدان‌های دو و نیم کیلوگرمی در قالب طرح بلوک تصادفی با ۳ تکرار روی گیاه تربچه اجرا شد. تیمارهای بستر کشت شامل کمپوست زائدات ماهی در دو سطح ۲۰، ۵۰ درصد و خاک زراعی (شاهد) می‌باشد. بذرهای تربچه از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید. تعداد ۶ عدد بذر تربچه درون گلدان‌ها با قطر دهانه ۲۶ و ارتفاع ۲۱ سانتی متر، قرار گرفت. گیاهان پس از استقرار کامل، در مراحل سه برگی تنک شدند و به سه عدد در هر گلدان کاهش یافتند. پس از گذشت ۶۰ روز از کاشت گیاه تربچه از سطح هر گلدان برداشت و پس از جداسازی تعداد برگ‌ها، غده، اندازه برگ‌ها و قطر غده اندازه‌گیری شد. قبل از خشک کردن نمونه‌ها، وزن‌تر، درصد رطوبت بافت گیاهی، مقدار پرولین برگ و غده به روش اسید- نین هیدرین [19] اندازه‌گیری شد. سنجش فعالیت آنزیمی کاتالاز نیز با روش Dazy و همکاران مورد بررسی قرار گرفت [20]. پس از خشک کردن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت وزن خشک برگ و غده اندازه‌گیری شد. قبل از شروع آزمایش، به منظور سنجش خصوصیات خاک، نمونه‌های خاک پس از خشک شدن در مجاورت هوا از الک ۲ میلی‌متری عبور و برخی از ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی خاک مورد مطالعه قرار گرفت؛ اسیدیته، هدایت الکتریکی به روش هیدرومتری، نیتروژن کل به روش کجلدال [21] و مقدار ماده آلی خاک به روش Loeppert و همکاران (۱۹۹۶) [18] اندازه‌گیری شد (**جدول ۱**). براساس فاکتورهای رشد و عملکرد گیاه کمپوست با سطح ۵۰ درصد برای انجام آزمایش دوم انتخاب شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی-شیمیایی کپوست و خاک.

Table 1- Chemo-physical characteristics of Biochar and compost.

Parameter	Unit	Fish compost	Soil
(PH)	-	7	7/4
(EC)	(dS m^{-1})	1/69	1/38
(C)	(%)	14/25	0/35
(N)	(%)	1/86	0/03
(Ca)	(mass%)	9/79	6/2
(Mg)	(mass%)	2/03	7/5
(P)	(mass%)	0/28	0/20
(K)	(mass%)	1/33	0/11

PROOF

تاثیر کمپوست تولید شده بر روی اصلاح خاک آلوده

در آزمایش دوم کمپوست تولید شده ۵۰ درصد وزنی خاک بر کاهش آلودگی ناشی از فلز سنگین کادمیوم با سطح ۴ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، در روزهای ۰، ۱۵ و ۳۰ مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا خاک مورد نظر به همراه فلزکادمیوم درون پلاستیک به منظور یکنواخت شدن و آنکوبه شدن به مدت ۱۵ روز قرار گرفت و در این مدت خاک ضمن آبیاری با آبفشان، یک روز در میان با زیر و رو شدن، به هم خورده تا آنکوبه و پایدار شود. علاوه بر آن، خاک بدون فلز نیز به عنوان شاهد در این مدت برای حفظ شرایط یکسان، زیر رو و به یک میزان آبیاری شد. سپس خاک‌های آلوده به همراه کمپوست درون گلدان‌ها با سایز ۱۲ با حفظ رطوبت ۷۰ درصد منتقل شد. در روزهای صفر، پانزده و سی، نمونه‌ها به ترتیب جهت تعیین خواص فیزیکی وشیمیایی جمع‌آوری و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند [16].

سنجش فلز کادمیوم

برای سنجش فلز کادمیوم در تیمارهای مورد نظر، نمونه‌ها پس از جمع‌آوری درون آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۴ ساعت در کوره الکتریکی و دمای ۴۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از سرد شدن، خاکستر حاصل در ۴ میلی‌لیتر نیتریک اسید ۱۰ درصد حل شد. پس از صاف کردن، محلول بدست آمده در ظروف پلاستیکی مخصوص ریخته شد و میزان کادمیوم خاک توسط دستگاه طیف سنج جذب اتمی (Shimadzu AA 6300) سنجش گردید [22].

سنجش فعالیت آنزیمی کاتالاز

سنجش فعالیت آنزیمی کاتالاز نیز با روش Dazy و همکاران مورد بررسی قرار گرفت. به منظور اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز، ۵۰ میکرولیتر از عصاره استخراج با یک میلی‌لیتر محلول اندازه‌گیری کاتالاز که شامل ۱/۵ میلی لیتر بافر فسفات پتاسیم (۷ pH) ۲۵ میلی مولار و ۱۳ میکرولیتر پراکسید هیدروژن ۱۵ میلی مولار است، مخلوط شد. سپس جذب آن با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۲۴۰ نانومتر خوانده شد. یک واحد آنزیمی کاتالاز برابر با تجزیه یک میلی‌مولار پراکسید هیدروژن در یک دقیقه است [20].

آنالیز داده‌ها

در این پژوهش، خصوصیات فیزیکیوشیمیایی خاک و کمپوست تولید شده، خصوصیات گیاه و در دسترس بودن فلز سنگین با استفاده از نرم افزار SPSS 26 تجزیه و تحلیل گردید. همچنین برای نشان دادن تفاوت پارامترهای ذکر شده بین تیمارهای مختلف از آنالیز یک طرفه (ANOVA)، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد و برای ترسیم نمودار از نرم افزار EXCEL استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر کاربرد کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه تربچه

براساس داده‌های (**جدول ۲**) مشخص شد که تیمارهای استفاده شده موجب افزایش معنی‌دار وزن تر غده و وزن تر برگ نسبت به تیمار شد و تاثیر کمپوست ۵۰ درصد بیشتر بوده است. بیشترین وزن تر غده (۱۵/۶۰گرم) و برگ (۵گرم) در سطح ۵۰ درصد و کمترین آن در سطح صفر درصد به ترتیب ۵/۲۱ و ۳ گرم مشاهده شد. نتایج بدست آمده از وزن خشک غده و وزن خشک برگ نیز تا حدی از نتایج وزن تر پیروی می‌کند. بیشترین وزن خشک غده (۱/۹۱ گرم) و وزن خشک برگ (۰/۰۵ گرم) در تیمار ۵۰ درصد بوده و فقط با شاهد تفاوت معنی‌داری دارد و کمترین وزن خشک غده و برگ مربوط به تیمار سطح صفر درصد به ترتیب ۰/۰۰۳۱ و ۰/۰۰۹ گرم بود. کمپوست به طور معنی‌داری سبب افزایش تعداد برگ در بوته شد و با افزایش مقدار آن، افزایش بیشتری در تعداد برگ در بوته ایجاد شد، به گونه‌ای که سطح ۵۰ درصد کمپوست موجب افزایش ۶ تعداد برگ نسبت به شاهد شد. براساس نتایج مقایسه میانگین، بیشترین عملکرد بیولوژیکی در تیمار سطح ۵۰ درصد ۷/۵ گرم و کمترین عملکرد بیولوژیکی در تیمار شاهد ۲/۶۰۵ مشاهده شد و بین تیمار ۵۰ و ۲۰ درصد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، در مقابل بین تیمار ۵۰ درصد و شاهد

PROOF

تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (**جدول ۲**). تاثیر تیمارها بر مقدار پرولین برگ و غده تربچه در **جدول ۳** آورده شده است. نتایج نشان داد که کاربرد کمپوست، غلظت پرولین در برگ‌ها را نسبت به تیمار شاهد تغییر نداد اما در غده غلظت آن را کمی افزایش داد. بیشترین میزان پرولین غده در تیمار ۵۰ درصد ۱/۹۳ (µ mol g^{-1}DW) و کمترین مقدار در تیمار شاهد ۰/۸۳ (µ mol g^{-1}DW) مشاهده شد و همچنین تفاوت معنی‌داری بین تیمار ۲۰ درصد و شاهد مشاهده نشده است.

فعالیت آنزیمی کاتالاز در برگ و غده تربچه

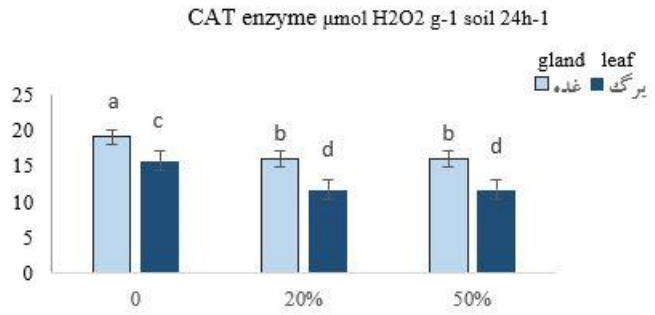
نتایج مقایسه میانگین برای فعالیت آنزیم کاتالاز نشان داد که با افزایش سطح کمپوست میزان فعالیت آنزیم کاتالاز نسبت به شاهد تغییر کرد بدین صورت که با افزودن کمپوست میزان فعالیت آنزیمی کاهش یافت و تفاوت معنی‌داری بین شاهد و تیمار مشاهده شد. در مقابل تفاوت معنی‌داری بین دو سطح کمپوست مشاهده نشد (**جدول ۲**). بیشترین میزان فعالیت کاتالاز برگ و غده در شاهد به ترتیب (۱۵/۲۵، ۱۹/۰۳) و کمترین میزان فعالیت کاتالاز در برگ و غده به ترتیب (۱۴/۷۱، ۱۷/۶۱) میکرومول پراکسید هیدروژن بر گرم‌ساعت در کمپوست ۵۰ درصد مشاهده گردید (**شکل ۱**).

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات گیاه تربچه در دو سطح کمپوست ۲۰ و ۵۰ درصد

Table 2- Comparison of the average characteristics of radish plant in two levels of compost 20 and 50%

level of compost (%)	fresh weight of leaves(g)	dry weight of leaves (g)	number of leaves	fresh weight of gland (g)	dry weight of gland (g)	yield (g)	gland CAT µmol H2O2 g-1 soil 24h-1	leaf CAT µmol H2O2 g-1 soil 24h-1	gland proline (µ mol g-1DW)	leaf proline (µ mol g-1DW)
0	3	0/009 ^{c}	3 ^{c}	3/21^{c}	0/003^{c}	2/605^{c}	19/03^{b}	15/25^{b}	0/99 ^{b}	0/83^{b}
20	4/8	0/046 ^{b}	6^{a}	4/14^{b}	1/03^{b}	2/6 ^{b}	17/84^{a}	14/68^{a}	0/97^{b}	0/87^{b}
50	5	0/05^{a}	6 ^{a}	6/6^{a}	1/191 ^{a}	7/5 ^{a}	17/61^{a}	14/71^{a}	1/93 ^{a}	1/65^{a}

حروف مشابه در هر ستون بیانگر فاقد اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد



شکل ۱- اثر کمپوست بر روی فعالیت آنزیمی کاتالاز برگ و غده تربچه و حروف مشابه بیانگر فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد

Figure 1- The effect of compost on catalase enzyme activity of radish leaves and tubers and similar letters indicate no significant difference at the 5% level

PROOF

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر برخی از ویژگی‌های کمی و کیفی تربچه

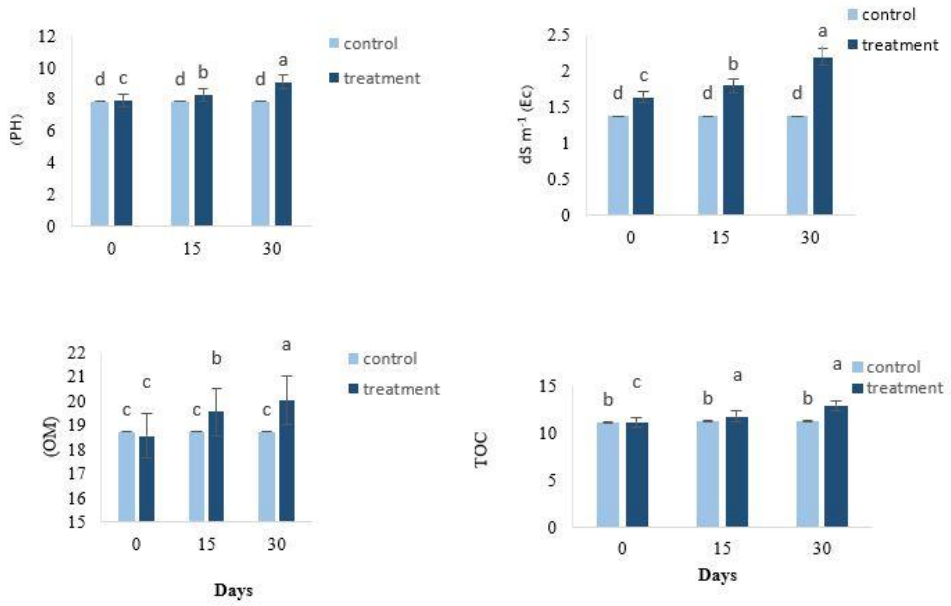
Table 3- Variance analysis of treatment effects on some quantitative and qualitative characteristics of radish

source change	treatment	block	error	CV
df	3	2^{ns}	7	
fresh weight of leaves (g)	15/16*	0/008 ns	0/13	5/07
Dry weight of leaves (g)	10/45**	0/019 ns	0/12	4/86
number of leaves	1/3*	0/014ns	0/085	2/75
fresh weight of gland (g)	27/21**	0/024 ns	0/22	10/1
Dry weight of gland (g)	19/42**	0/047 ns	0/21	9/70
Yield (g)	35/61**	0/058ns	0/29	11/15
leaf proline (µ mol g-1DW)	0/821**	0/011ns	0/004	3/42
gland proline (µ mol g-1DW)	2/647**	0/001 ns	0/002	3/76
leaf CAT (µmol H2O2 g-1 soil 24h-1)	85/32**	0/069 ns	0/015	13/12
gland CAT (µmol H2O2 g-1 soil 24h-1)	91/647**	0/074 ns	0/010	11/045

* و** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد، ns عدم تأثیر معنی‌دار با استفاده از آزمون دانکن

تاثیر کمپوست بر روی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک

به طور کلی، با افزودن کمپوست ۵۰ درصد به خاک، مقادیر اسیدیته، هدایت الکتریکی، مواد آلی و کربن آلی به طور قابل توجهی تغییر کردند. بالاترین مقدار اسیدیته خاک در روز۳۰ و پایین ترین آن در روز صفر -به ترتیب ۸/۱ ، ۷/۴ - مشاهده شد. هدایت الکتریکی خاک در روزهای پانزده و سی به ترتیب ۱/۶۴، ۲/۲ میلی زمینس در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت. در مقایسه با خاک اصلاح نشده، خاک اصلاح شده محتوای مواد آلی، کربن کل در روز صفر به ترتیب ۱۱/۱۵، ۱۸/۷۰ کاهش و در روزهای پانزده به ترتیب ۱۱ /۸۴، ۱۹/۵۰ و سی ۱۱/۹۰، ۲۰/۰۵ افزایش یافت. و تفاوت معنی‌داری بین روزهای ۳۰ و ۱۵ در مقدار کربن کل مشاهد نشد. افزایش محتوای مواد مغذی با افزودن کمپوست می‌تواند منجر به افزایش هدایت الکتریکی درخاک شود (**شکل ۲**).



شکل ۲- اثر کمپوست بر روی خواص فیزیکی- شیمیایی خاک در روزهای ۰، ۱۵ و ۳۰ و حروف مشابه بیانگر فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد

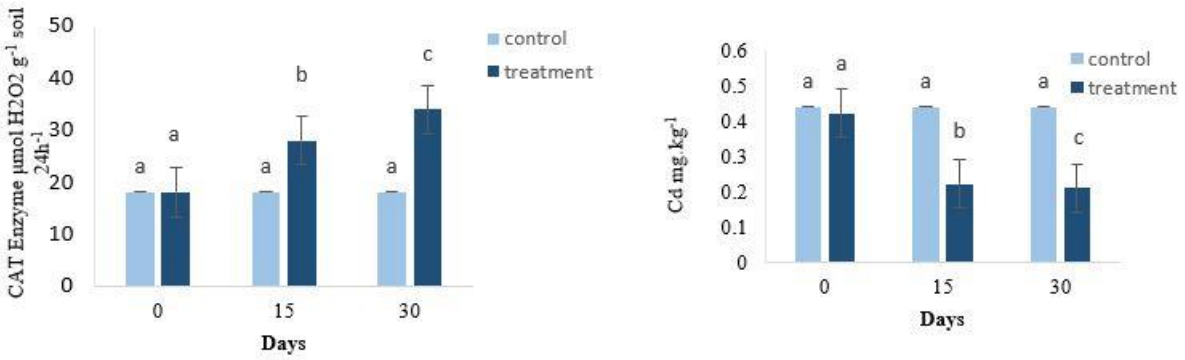
Figure 2- The effect of compost on the physico-chemical properties of soil on days 0, 15, and 30 and similar letters indicate no significant difference at the 5% level

اثر کمپوست بر فعالیت آنزیم کاتالاز

نتایج نشان داد که کمپوست خواص خاک را بهبود می‌بخشد که به نوبه خود بر فعالیت آنزیم‌های خاک تاثیر می‌گذارد به‌طوری که تفاوت معنی‌داری بین فعالیت آنزیمی کاتالاز در روزهای ۰، ۱۵ و ۳۰ نسبت به شاهد مشاهده شد (**شکل ۳**). میزان فعالیت کاتالاز در روز صفر ۱۸، در روز پانزده ۲۸ و در روز سی ۳۴ میکرومول پراکسید هیدروژن بر گرم-ساعت بوده است.

اثر کمپوست بر اصلاح خاک

نتایج مربوط به تاثیر کمپوست بر اصلاح خاک آلوده در روزهای ۰، ۱۵ و ۳۰ نشان داد که اثر این تیمارها به کاهش معنی‌دار کادمیوم منتهی شده است. به طوری که میزان کادمیوم در روز سی‌ام نسبت به شاهد، کاهش قابل توجهی داشته‌است. همچنین تفاوت معنی داری بین روزهای ۰ و ۳۰ مشاهده شد (**شکل ۲**) در مقابل تفاوت معنی داری بین روزهای ۱۵ و ۳۰ مشاهده نشده است. بدین صورت که میزان کادمیوم در روز صفر ۰/۴۴، در روز پانزدهم ۰/۲۲ و روز سی‌ام ۰/۲۱ میلی گرم بر کیلوگرم است.



شکل ۳- اثر کمپوست بر روی کادمیوم و فعالیت آنزیمی کاتالاز در روزهای ۰، ۱۵ و حروف مشابه بیانگر فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ۳۰

Figure 3- The effect of compost on cadmium and catalase enzyme activity on zero, fifteen and thirty days and similar letters indicate no significant difference at the 5% level

اثر کاربرد کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه تربچه در فعالیت آنزیمی کاتالاز

پژوهش حاضر نشان داد که کمپوست ۵۰ درصد نسبت به کمپوست ۲۰ درصد، باعث افزایش وزن تر و خشک برگ و غده تربچه، میزان پرولین و تعداد برگ ها می‌شود. این نتایج مشابه Kushwa و همکاران است که کمپوست، کودهای آلی و اثر متقابل آن‌ها باعث افزایش رشد، وزن تر و خشک برگ و غده تربچه می‌شود [23]. کمپوست دارای مقادیر بالایی از مواد مغذی است. مصرف کمپوست، ماده خشک میکروبی را افزایش می‌یابد و دلیل این افزایش را غنی بودن کمپوست از ماده خشک میکروبی برشمرده‌اند که در نهایت اثرات مثبتی در افزایش رشد و عملکرد گیاه دارد [24]. کمپوست علاوه بر مواد آلی دارای مقدار زیادی مواد هیومیکی می‌باشد که این مواد، از طریق عناصر غذایی خاص مانند آهن، باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شود [25]. تاثیر کمپوست بر روی فعالیت کاتالاز وابسته به محتوا و نوع مواد آلی موجود در کمپوست، محیط اسیدیته و ویژگی‌های خاک است. به طور کلی، کاربرد کمپوست ساختار خاک را بهبود می‌بخشد و موجب تهویه مناسب، رشد و گسترش بهتر ریشه در خاک و افزایش رشد رویشی و زایشی گیاه می‌شود [26].

تاثیر کمپوست بر روی خصوصیات فیزیکیوشیمیایی خاک

نتایج این پژوهش نشان داد با افزودن کمپوست ۵۰ درصد به خاک، میزان هدایت الکتریکی، کربن کل و مواد آلی به طور کلی با افزایش روزها افزایش می‌یابند. پژوهش ما مشابه مطالعات Clemente و Bernal (۲۰۰۶) است [27] که نشان دادند کمپوست هدایت

الکتریکی خاک را افزایش می‌دهد. مطالعات قبلی نشان داد که کاهش هدایت الکتریکی خاک ممکن است با جذب میکروبی همراه باشد. با این وصف گزارش شده است با گذشت زمان و استفاده مداوم از کمپوست، شوری خاک کم‌تر می‌شود. این امر به دلیل جذب عناصر غذایی توسط گیاهان و همچنین فرایند آبشویی پروفیل خاک است. هنگامی که گیاهان عناصر غذایی را جذب می‌کنند، شوری خاک کاهش می‌یابد. همچنین، آبشویی پروفیل خاک به معنای حرکت آب درون خاک است که باعث انتقال شوری به سطح‌های پایین‌تر می‌شود و در نتیجه شوری خاک کاهش می‌یابد [28]. تعداد قابل توجهی از مطالعات نشان دادند که بیوچار، تاثیر مثبتی بر کربن کل دارد [29]. واکنش اسیدهای آلی موجود در کمپوست عناصر معدنی، میزان اسیدیته خاک را افزایش می‌دهد. به طورکلی، این اسیدهای آلی می‌توانند با یون‌های هیدروژن موجود درخاک واکنش داشته باشند و اسیدیته خاک را افزایش دهند و مواد آلی قابل تجزیه در کمپوست مانند هوموس و فولیک اسید به طور طبیعی خاصیت الکتریکی خاک را افزایش می‌دهد . همچنین افزایش کربن کل توسط کمپوست به دلیل تجزیه ترکیبات آلی و وجود مواد هوموسی که منبع کربن آلی در چرخه کربن است [30].

اثر کمپوست بر فعالیت آنزیم کاتالاز

در این پژوهش مشاهده شد با ماندگاری کمپوست ۵۰ درصد در خاک میزان فعالیت آنزیمی کاتالاز افزایش می‌یابد. به طوریکه بیشترین میزان در روز ۳۰ و کمترین آن در روز صفر مشاهده شد. Garau و همکاران بیان کردند که با افزودن نسبت زیادی از کمپوست به خاک فعالیت آنزیمی کاتالاز به طور قابل توجهی افزایش یافت [31]. همچنین Zhao و همکاران نشان دادند که کمپوست در یک میزان مشخص باعث افزایش فعالیت آنزیمی کاتالاز و کاهش فعالیت آنزیم اوره آز می شود [32]. افزایش فعالیت آنزیمی با افزودن کمپوست می‌تواند ناشی از افزایش دردسترس بودن بستر و افزایش رشد جمعیت میکروبی توسط مواد آلی موجود در کمپوست باشد و همچنین باعث کاهش گروه‌های کربن ناپایدار در خاک آلوده شود [31].

اثر کمپوست بر اصلاح خاک

نتایج حاصل نشان داد کاربرد کمپوست به طور طولانی مدت باعث کاهش میزان فلز سنگین کادمیوم در خاک می‌شود. این نتایج مشابه بسیاری از مطالعات گذشته بوده‌است. Liang و همکاران (۲۰۱۷) اظهار کردند که با افزودن کمپوست به خاک آلوده حاوی فلزات سنگین، غلظت کادمیوم به طور قابل توجهی کاهش یافت و در مقابل غلظت مس کاهش چندانی مشاهده نشد [33]. همچنین MuhammadIrfan و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که کمپوست غلظت فلزات سنگین به ویژه کادمیوم را کاهش می‌دهد[34]. کمپوست حاوی مقدار زیادی مواد هیومیک است که می تواند کمپلکس های آلی فلزی پایدار با یون های فلزی در خاک تشکیل دهد تا تحرک فلزات را کاهش دهد [30]. ماهیت و عملکرد اسیدهای هیومیک، پایداری کمپلکس ها را تعیین می کند. علاوه بر این کمپوست با نسبت کربن به نیتروژن و نسبت بالایی از مواد هیومیک به کربن می تواند به طور موثرتری تحرک فلزات سنگین را در خاک کاهش دهد [29].

نتیجه‌گیری

به طور کلی، از این پژوهش استنتاج می‌شود کاربرد کمپوست زائدات ماهی موجب افزایش شاخص‌های رشد، میزان وزن تر و خشک برگ و غده، افزایش میزان پرولین و در نهایت موجب افزایش میزان مواد غذایی و عناصر مورد نیاز گیاه تربچه می‌شود. همچنین نتایج نشان داد کمپوست زائدات ماهی به واسطه مواد هیومیکی باعث غیرفعال شدن و کاهش جذب مقادیر زیادی کادمیوم توسط خاک می شود. با توجه به افزایش بستر رشد جمعیت میکروبی، فعالیت آنزیمی کاتالاز نیز با افزودن کمپوست به خاک افزایش یافت. در نهایت می‌توان گفت زائدات ماهی حاوی مواد مغذی به ویژه ازت، فسفر، پروتئین‌ها، اسیدهای چرب غیر اشباع همچنین ویتامین‌ها و مواد معدنی است و بخاطر بوی بد و فاسد مقدار زیادی از آن‌ها دور ریخته می‌شود. با مدیریت صحیح پسماند ماهی به عنوان کود می‌تواند روش بهینه‌ای برای بازیافت باشد.

PROOF

اعلام تعارض منافع

مقاله ارائه شده به طور کامل از اخلاق نشر، از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده و منافعی تجاری در این راستا وجود ندارد.

سپاسگزاری

از دانشگاه هرمزگان به خاطر در اختیار قرار دادن امکانات آزمایشگاهی قدردانی می‌شود.

منابع

[1] Pal, G.K. and Suresh, P.V. (2016). Sustainable valorisation of seafood by-products: Recovery of collagen and development of collagen-based novel functional food ingredients. *Innovative food science and emerging technologies, 37*, 201-215.

[2] Aung, L.H., Flick, G.J., Buss, G.R., Aycock, H.S., Keefer, R.F., Singh, R., Brandon, D.M., Griffin, J.L., Hovermale, C.H. and Stutte, C.A., 1984. Growth responses of crop plants to fish soluble nutrients fertilization.

[3] Lin, W., Lin, M., Zhou, H., Wu, H., Li, Z. and Lin, W.,)2019(. The effects of chemical and organic fertilizer usage on rhizosphere soil in tea orchards. *PLlOS one, 14* (5), e 0217018.

[4] Roychowdhury, D., Mondal, S., and Banerjee, S. K. (2017).The effect of biofertilizers and the effect of vermicompost on the cultivation and productivity of maize-a review. *Adv. Crop Sci. Technol, 5* (01), 1-4.

[5] Chang, K.H., Wu, R.Y., Chuang, K.C., Hsieh, T.F. and Chung, R.S., (2010). Effects of chemical and organic fertilizers on the growth, flower quality and nutrient uptake of Anthurium andreanum, cultivated for cut flower production. *Scientia Horticulturae, 125* (3), 434-441.

[6] Bhardwaj, D., Ansari, M.W., Sahoo, R.K. and Tuteja, N., (2014). Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. *Microbial cell factories, 13*, 1-10.

[7] Jahangir, M.M.R., Bell, R.W., Uddin, S., Ferdous, J., Nasreen, S.S., Haque, M.E., Satter, M.A., Zaman, M., Ding, W., Jahiruddin, M. and Müller, C.,)2022(. Conservation agriculture with optimum fertilizer nitrogen rate reduces GWP for rice cultivation in floodplain soils. *Frontiers in Environmental Science, 10*, 853655.

[8] Salehi, M. and Safaiee, M.,)2019(. The effect of applying organic fertilizer with fish and shrimp origin on some quantitative and qualitative traits of Carthamus tinctorius L. *Journal of Crop Production, 11* (4), 135-146.

[9] Radziemska, M., Vaverková, M.D., Adamcová, D., Brtnický, M. and Mazur, Z. (2019). Valorization of fish waste compost as a fertilizer for agricultural use. *Waste and Biomass Valorization, 10* (9), 2537-2545.

[10] Ahmad, R., Jilani, G., Arshad, M., Zahir, Z.A. and Khalid, A., (2007). Bio-conversion of organic wastes for their recycling in agriculture: an overview of perspectives and prospects. *Annals of microbiology, 57* (4), 471-479.

[11] Awasthi, S.K., Sarsaiya, S., Awasthi, M.K., Liu, T., Zhao, J., Kumar, S. and Zhang, Z., (2020). Changes in global trends in food waste composting: Research challenges and opportunities. *Bioresource technology, 299*, 122555.

[12] Barthod, J., Rumpel, C. and Dignac, M.F., (2018). Composting with additives to improve organic amendments. A review. *Agronomy for Sustainable Development, 38* (2), 1-23.

[13] Garau, M., Garau, G., Diquattro, S., Roggero, P.P. and Castaldi, P. (2019b). Mobility, bioaccessibility and toxicity of potentially toxic elements in a contaminated soil treated with municipal solid waste compost. *Ecotoxicology and Environmental Safety, 186*, 109766.

[14] Bukhat, S., Manzoor, H., Athar, H. U. R., Zafar, Z. U., Azeem, F. and Rasoul, S. (2020) Salicylic acid induced photosynthetic adaptability of Raphanus sativus to salt stress is associated with antioxidant capacity. *Journal of Plant Growth Regulation 39*, 809-822.

[15] Shenbagavalli, S., and Ponmani, T. P. (2020). Effect of Fishwaste compost on nutrient content and uptake of black gram.

[16] Zhang, J., Zeng, G., Chen, Y., Yu, M., Yu, Z., Li, H., and Huang, H. (2011). Effects of physico-chemical parameters on the bacterial and fungal communities during agricultural waste composting. *Bioresource technology, 102* (3), 2950-2956.

[17] Lanno, M., Silm, M., Shanskiy, M., Kisand, A., Orupõld, K., and Kriipsalu, M. (2020). Open windrow composting of fish waste in Estonia. *Agronomy Research 18* (4), 2465–2477, 2020.

[18] Loeppert, R.H. and Suarez, D.L., (1996). Carbonate and gypsum. Methods of soil analysis: Part 3 chemical methods, 5, 437-474.

[19] Bates, L. S., WALDREN, R. P. & TEARE, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil, 39*, 205-207.

[20] Dazy, M., Beraud, E., Cotelle, S., Meux, E., Masfaraud, J. F., Ferard, J. F. (2008). Antioxidant enzyme activities as affected by trivalent and hexavalent chromium species in Fontinalis antipyretica Hedw. *Chemosphere 73*, 281-290.

[21] Cottenie, A., M. Verlod, L. Kiekens, G. Velghe and R. Camerlynck. (1982). Chemical analysis of plant and soils. Laboratory of Analytical and Agrochemistry, State University of Ghent, Belgium.

[22] Rajkovich, S., Enders, A., Hanley, K., Hyland, C., Zimmerman, A.R. and Lehmann, J.,)2012(. Corn growth and nitrogen nutrition after additions of biochars with varying properties to a temperate soil. *Biology and Fertility of Soils, 48*, 271-284.

[23] Kushwah, L., Sharma, R.K., Kushwah, S.S. and Singh, O.P. (2020). Influence of organic manures and inorganic fertilizers on growth, yield and profitability of radish (Raphanus sativus L.). *Annals of Plant and Soil Research, 22* (1), 14-18.

PROOF

[24] Chen Y, De-Nobili M and Aviad M. Stimulatory effects of humic substances on plant growth. (2004). Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture. CRC Press, Boca Raton, Florida,103 - 29

[25] Tartoura, K.A., 2010. Alleviation of oxidative-stress induced by drought through application of compost in wheat (Triticum aestivum L.) plants. *Am. J. Agric. Environ. Sci*, *9*, 208-216.

[26] Ghosh, P. K., Ramesh, P., Bandyopadhyay, K. K., Tripathi, A. K., Hati, K. M., Misra, A. K., & Acharya, C. L. (2004). Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping systems in vertisols of semi-arid tropics. I. Crop yields and system performance. *Bioresource technology*, *95* (1), 77-83.

[27] Clemente, R., Bernal, M.P., (2006). Fractionation of heavy metals and distribution of organic carbon in two contaminated soils amended with humic acids. *Chemosphere, 64*, 1264-1273

[28] Zhang, M., Heaney, D., Henriquez, B., Solberg, E. and Bittner, E. (2006). A fouryear study on influence of biosolids/MSW cocompost application in less productive soils in Alberta: nutrient dynamics. *Compost Sci. Util. 14* (1): 68–80.

[29] Gusiatin, Z. M., and Kulikowska, D. (2016). Behaviors of heavy metals (Cd, Cu, Ni, Pb and Zn) in soil amended with composts. *Environmental technology*, *37* (18), 2337-2347.

[30] Arif, M.S., Riaz, M., Shahzad, S.M., Yasmeen, T., Ashraf, M., Siddique, M., Mubarik, M.S., Bragazza, L. and Buttler, A., 2018. Fresh and composted industrial sludge restore soil functions in surface soil of degraded agricultural land. *Science of the Total Environment, 619*, pp.517-527.

[31] Garau, G., Porceddu, A., Sanna, M., Silvetti, M., Castaldi, P. (2019a). Municipal solid wastes resource for environmental recovery: Impact of water treatment residuals and compost on the microbial and biochemical features of As and trace metal-polluted soils. *Ecotoxicol. Environ. Saf. 174*, 445-454.

[32] Zhao, K., Wang, N., Jiang, S., Li, F., Luo, S., Chen, A., Li, H., Lin, X., Zhang, J., Zhang, L. and Huang, H., (2022). Potential implications of biochar and compost on the stoichiometry-based assessments of soil enzyme activity in heavy metal-polluted soils. *Carbon Research*, *1* (1), p.29.

[33] Liang, J., Yang, Z., Tang, L., Zeng, G., Yu, M., Li, X., ... and Luo, Y. (2017). Changes in heavy metal mobility and availability from contaminated wetland soil remediated with combined biochar-compost. *Chemosphere*, *181*, 281-288.

[34] Irfan, M., Shah, M.A., Alam, M., Khan, A., Khan, M.A., Rahman, S., Alsaiari, M.A., Jalalah, M.S., Khan, M.K.A. and Ghanim, A.A.J., (2021). The Influence of Compost Amendments on Bioaccumulation of Potentially Toxic Elements by Pea Plant Cultivated in Mine Degraded Soils.

PROOF