



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



## مطالعه تأثیر بیوجار خام و اصلاح شده بر تنفس میکروبی در خاک آلوده به نفت خام

میلاذ بی‌ریا<sup>۱\*</sup>، حبیب‌اله نادیان قمشه<sup>۲</sup>، حسین معتمدی<sup>۳</sup>، بیژن خلیلی مقدم<sup>۴\*</sup>، نفسیه رنگزن<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی دکتر مدیریت حاصلخیزی و زیست فناوری خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران

۲- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران

۳- استاد گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۴- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران

۵- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران

### چکیده

آلودگی خاک به مواد آلی و سموم یک مشکل شایع زیست‌محیطی است. این پژوهش در دانشگاه شهید چمران اهواز (دانشکده علوم و دانشکده کشاورزی) انجام شد. در این پژوهش آزمایشی در قالب طرح اندازه‌گیرهای مکرر در زمان انجام گردید. در اواسط و انتهای دوره آزمایش (۶۰ و ۱۲۰ روز)، تأثیر سطوح مختلف بیوجار اصلاح‌نشده و اصلاح‌شده باگاس نیشکر و نخل خرما (۱ و ۲ درصد) به همراه ریزجانداران (با بیوجار و بدون بیوجار و در مجموع ۵۷ نمونه آزمایشی در دو زمان) انجام شد. برای تهیه بیوجارها از باگاس نیشکر و ضایعات نخل خرما استفاده شد. اصلاح بیوجار با پراکسید هیدروژن ۱۰ درصد انجام شد. طرح آزمایشی مورد استفاده در پژوهش نتایج بدست‌آمده نشان داد که اصلاح تیمارها سبب افزایش جمعیت میکروبی در خاک شد. به صورتیکه تیمار مخلوط چهار (باگاس نیشکر اصلاح‌شده و کنسرسیون باکتری ۲ درصد) ۶۰ روزه نسبت به تیمار خام (اصلاح‌نشده) آن (۲۵/۷۴۰ سانتی‌مول بر کیلوگرم) سبب افزایش ۱۵/۸۸۲ درصدی ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک گردید. بیشترین میزان آن در خاک متعلق به تیمار مخلوط چهار ۶۰ روزه ( $1875 \times 10^4$  Cfu/ml) بود. که نسبت به تیمار شاهد  $96/69 \times 10^4$  درصد افزایش نشان داد. در رابطه با جمعیت باکتری‌های هتروتروف خاک نیز بیشترین میزان آن در خاک متعلق به تیمار مخلوط چهار ۱۲۰ روزه ( $2/065 \times 10^{11}$  Cfu/ml) بود. که نسبت به تیمار شاهد ۱۲۰ روزه  $94/527$  درصد افزایش نشان داد.

واژه‌های کلیدی: باگاس نیشکر، نخل خرما، تنفس میکروبی، پراکسید هیدروژن، اصلاح.

### مقدمه

با وجود تحقیقات بسیار در زمینه‌ی زیست‌پالایی و نتایج خوب حاصل‌شده، به منظور افزایش بازده زیست‌پالایی و به عبارت بهتر تجزیه زیستی، نیاز به یک محصول کمکی احساس می‌شود. تا با فراهم آوردن شرایط زیستی و تغذیه‌ی بهتر، منجر به افزایش کارایی زیست‌پالایی در خاک‌های آلوده گردد. ریزجانداران ممکن است به صورت بومی در منطقه وجود داشته باشند. یا از محلی دیگر جداسازی شده و به منطقه آلوده وارد شوند. ترکیبات آلوده به وسیله موجودات زنده از طریق



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



واکنش‌هایی که به عنوان بخشی از فرآیندهای متابولیکی آن‌ها اتفاق می‌افتد تغییر شکل می‌دهند. برای مؤثر بودن فرآیند زیست‌پالایی، همانطور که اشاره شد، باید شرایط محیطی در منطقه آلوده جهت رشد میکروبی و فعالیت آن‌ها فراهم باشد. بدین منظور می‌توان با ایجاد تغییرات در شرایط محیطی به نفع ریزجانداران سرعت زیست‌پالایی را افزایش داد. زیست‌پالایی نیز همانند سایر تکنیک‌ها محدودیت‌هایی دارد. کنترل و بهینه کردن سیستم زیست‌پالایی پیچیده است و به فاکتورهای مختلفی بستگی دارد. استفاده از بیوچار سبب بهبود خصوصیات زیستی خاک از جمله تنفس میکروبی در آن می‌گردد (لهمان و جوزف، ۲۰۱۵). اصلاح بیوچار از مواردی است که می‌تواند سبب افزایش کارایی آن می‌شود. منظور از اصلاح بیوچار اعمال هرگونه تیمار بر روی آن در جهت بهبود ساختار منفذی، سطح ویژه و گروه‌های عاملی سطحی می‌باشد. بیوچار اصلاح‌شده توانایی خوبی در بهبود کیفیت خاک دارد (کویاتسکی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸). بیوچار اصلاح‌شده غنی از گروه‌های عاملی سطحی بوده و ظرفیت جذب آن بیشتر می‌باشد. اصلاح اسیدی بیوچار توسط اکسیدکننده‌های مختلف از طریق حذف عناصر معدنی و افزایش ماهیت آب‌دوستی بیوچار انجام می‌شود (شن و همکاران، ۲۰۰۸). به طور کلی، تعداد زیاد گروه‌های عاملی اسیدی بر روی سطح بیوچار منجر به ایجاد ماهیت آب‌دوستی بالا می‌شود (لی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۴). این مسئله سبب بهبود تنفس میکروبی نیز خواهد شد. این پژوهش با هدف مطالعه تأثیر بیوچار خام و اصلاح‌شده و ریزجانداران بر تنفس میکروبی در خاک آلوده به نفت خام انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. آزمایشی در قالب طرح اندازه‌گیری‌های مکرر در زمان طراحی و خاک به صورت مصنوعی با نفت خام یک درصد آلوده و در زمان‌های ۶۰ و ۱۲۰ روز تأثیر سطوح مختلف بیوچار اصلاح‌نشده و اصلاح‌شده باگاس نیشکر و نخل خرما (۱ و ۲ درصد) به همراه ریزجانداران (با بیوچار و بدون بیوچار و در مجموع ۵۷ نمونه آزمایشی در دو زمان) انجام شد. تهیه بیوچار در دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز و اصلاح توسط پراکسید هیدروژن ۱۰ درصد انجام شد. ریخت‌شناسی بیوچار با دستگاه میکروسکوپ الکترون روبشی، گروه‌های عاملی با دستگاه طیف‌سنجی مادون قرمز، عناصر با دستگاه ICP-Analyzer، تنفس میکروبی پایه و برانگیخته به روش (Alef and Nannipieri, 1995) اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه برخی خصوصیات مهم فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در پژوهش در جدول (۱)، نتایج مربوط به برخی ویژگی‌های بیوچارهای مورد استفاده در جدول (۲)، برخی ویژگی‌های نفت خام مورد استفاده در جدول (۳) و برخی ویژگی‌های جدایه‌های مورد استفاده در جدول (۴) آورده شده است.

1- Kwiatkowski



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



جدول ۱- ویژگی‌های خاک مورد مطالعه

جدول ۲- ویژگی‌های بیوجار مورد مطالعه

| بیوجار نخل خرما |        | بیوجار باگاس نیشکر |        | ویژگی                         |
|-----------------|--------|--------------------|--------|-------------------------------|
| اصلاح شده       | خام    | اصلاح شده          | خام    |                               |
| 7.60            | 8.31   | 6.57               | 7.75   | pH                            |
| 7.15            | 7.55   | 9.38               | 9.55   | (dS/m) EC                     |
| 43.47           | 50.01  | 45.40              | 55.46  | کربن (%)                      |
| 1.07            | 1.59   | 1.92               | 2.30   | نیتروژن (%)                   |
| 7.63            | 6.69   | 10.39              | 7.94   | هیدروژن (%)                   |
| 25.31           | 12.77  | 29.42              | 15.25  | اکسیژن (%)                    |
| 13.79           | 18.09  | 1.53               | 5.18   | گوگرد (%)                     |
| 61.53           | 45.80  | 78.03              | 59.80  | ظرفیت تبادل کاتیونی (Cmol/kg) |
| 89.73           | 101.90 | 134.42             | 162.40 | سطح ویژه (m <sup>2</sup> /gr) |
| 0.58            | 0.25   | 0.65               | 0.27   | O/C                           |
| 0.17            | 0.13   | 0.23               | 0.14   | H/C                           |
| 40.63           | 31.45  | 23.64              | 24.11  | C/N                           |

| مقدار              | ویژگی                         |
|--------------------|-------------------------------|
| لومرسی (Clay Loam) | بافت خاک                      |
| 7.42               | pH                            |
| 16.15              | (dS/m) EC                     |
| 0.06               | نیتروژن (%)                   |
| 11.26              | فسفر (ppm)                    |
| 143.83             | پتاسیم (ppm)                  |
| 42.18              | کربنات کلسیم (%)              |
| 0.51               | کربن آلی (%)                  |
| 13.40              | ظرفیت تبادل کاتیونی (Cmol/kg) |

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۲ و ۳، خاک مورد استفاده در پژوهش یک خاک آهکی با مقدار کربن آلی پائین می‌باشد. که از لحاظ میزان نیتروژن و فسفر نیز دارای محدودیت است. pH خاک نزدیک به خنثی بوده، دارای شوری بالا و مقدار پتاسیم نسبتاً



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



خوب است. همچنین بیوچارهای مورد مطالعه دارای هدایت الکتریکی نسبتاً بالا، کربن آلی بالا و ظرفیت تبادل کاتیونی مناسب بودند. بهترین نتایج مربوط به تیمار باگاس نیشکر اصلاح شده بود. همچنین بیوچار از لحاظ فلزات سنگین دارای محدودیت نبود. علاوه بر این، دارای میزان هدایت الکتریکی نسبتاً بالا، ظرفیت تبادل کاتیونی و سطح ویژه مناسبی بود. اصلاح بیوچار سبب بهبود خصوصیات بیوچارها، از جمله اکسیژن، هیدروژن، ظرفیت تبادل کاتیونی، نسبت‌های عنصری و کاهش سطح ویژه گردید. بهترین نتایج متعلق به بیوچار باگاس نیشکر اصلاح شده بود.

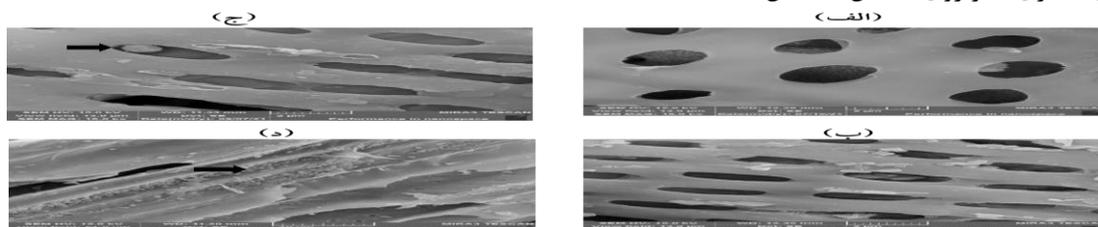
جدول ۳- خصوصیات نفت خام مورد استفاده

| ویژگی                      | مقدار  |
|----------------------------|--------|
| A.P.I                      | 24.3   |
| چگالی (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.18   |
| Cd (%)                     | ND     |
| Pb (%)                     | ND     |
| Ni (%)                     | 0.0712 |

نتایج موجود در جدول ۳ نشان داد که نفت خام از لحاظ کادمیوم و سرب، دارای محدودیت نمی‌باشد. ولی از نظر نیکل، دارای مقدار بالایی است. همچنین نفت خام با توجه به میزان A.P.I از نوع نفت خام سنگین بود (حیدری‌فرد، ۱۳۸۱). همچنین چگالی آن نیز حدود ۱/۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد. در جدول ۴، خصوصیات باکتری‌های مورد استفاده در این مطالعه جهت کنسرسیون باکتریایی آورده شده است.

تصویر برداری میکروسکوپ الکترون روبشی

نتایج مربوط به تصویربرداری میکروسکوپ الکترون روبشی بیوچارهای مورد استفاده در پژوهش در شکل (۱) آورده شده است. (محل قرارگیری باکتری‌ها بر روی با فلش مشخص شده است).



شکل ۱- تصاویر میکروسکوپ الکترون روبشی بیوچارهای باگاس نیشکر: (الف) خام، (ب) اصلاح شده، (ج) خام و کنسرسیون باکتری و (د) اصلاح شده و کنسرسیون باکتری



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



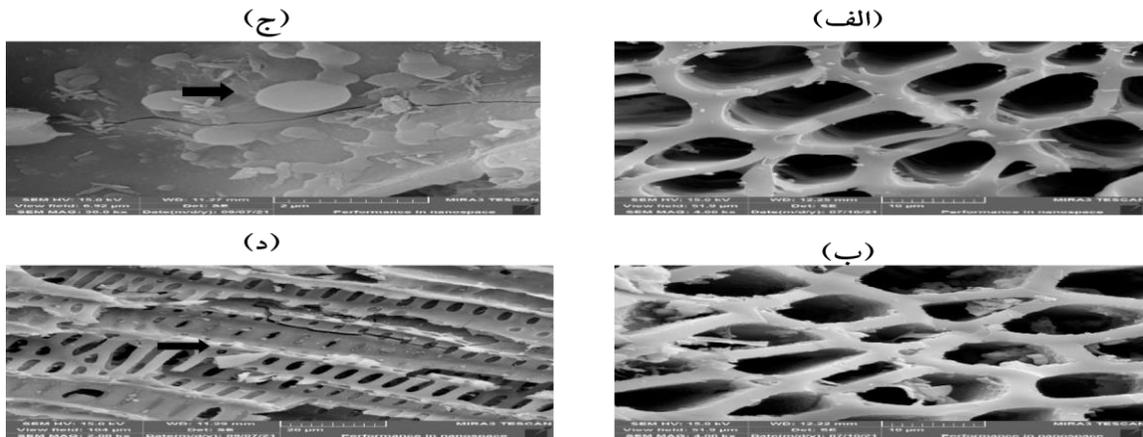
۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



شکل ۲- تصاویر میکروسکوپ الکترون روبشی بیوچارهای نخل خرما: (الف) خام، (ب) اصلاح شده، (ج) خام و کنسرسیونم باکتری و (د) اصلاح شده و کنسرسیونم باکتری



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

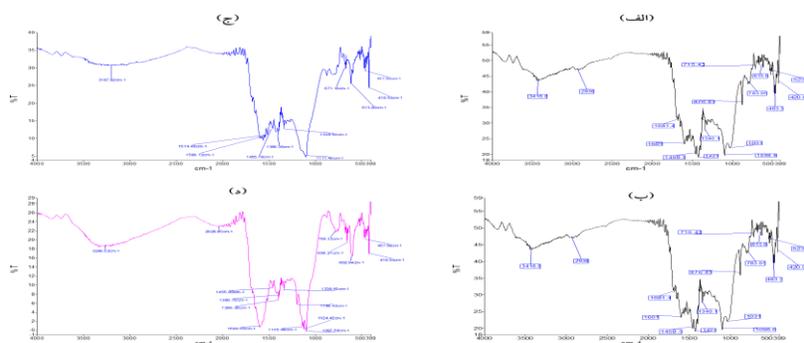
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



نتایج بدست آمده در شکل ۱ نشان داد که سطوح بیوپچار خام با ساختارهای دانه‌یی نسبتاً ناهموار همراه بود، در حالیکه سطوح بیوپچار اصلاح شده با پراکسید هیدروژن دارای ساختار ظریف و آمورف بوده و خلل و فرج آن بیشتر شده است. (شکل ۱). لی و همکاران (۲۰۱۴) گزارش دادند که اصلاح بیوپچار سبب افزایش میزان خلل و فرج در آن شده است. بهترین ویژگی‌ها (ساختار آمورف و خلل و فرج بالاتر) را در تیمار بیوپچار باگاس نیشکر اصلاح شده (شکل ۱-الف و ه) بدست آمد. شعبان<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۳) و سوارز و هراندز<sup>۴</sup> (۲۰۱۷) گزارش دادند که اصلاح بیوپچار با پراکسید هیدروژن سبب افزایش سطح ویژه، گروه‌های عاملی اکسیژن دار و هیدروژن و اکسیژن و خلل و فرج می‌شود. که با نتایج بدست آمده در پژوهش (جدول ۲) در یک راستا قرار دارد.

طیف سنجی مادون قرمز تیمارهای مورد مطالعه

در شکل ۲ (الف تا د) طیف‌سنجی مادون قرمز بیوپچارهای باگاس نیشکر اصلاح شده، نیشکر خام، نخل اصلاح شده و خام آورده شده است.



شکل ۳: طیف‌سنجی مادون قرمز بیوپچارهای مورد استفاده: (الف) بیوپچار باگاس نیشکر خام، (ب) باگاس نیشکر اصلاح شده، (ج) بیوپچار نخل خام و (د) بیوپچار نخل اصلاح شده

تجزیه و تحلیل طیف‌سنجی مادون قرمز برای بیوپچارهای مورد مطالعه در محدوده  $400-4000 \text{ cm}^{-1}$  انجام شد. نتایج بدست آمده در شکل ۲ نشان داد که بیوپچارها دارای گروه‌های عاملی متنوعی از جمله فنول ( $\text{OH}^-$ ) (در حدود  $3430 \text{ cm}^{-1}$ )، گروه‌های زنجیره آلیفاتیک ( $\text{CH}_2$ ) (در حدود  $2922 \text{ cm}^{-1}$ )، کششی آروماتیک ( $\text{C}=\text{C}$ ) (در حدود  $1620 \text{ cm}^{-1}$ )، گروه‌های ( $\text{C}=\text{O}$ ) ( $1580 \text{ cm}^{-1}$ )، گروه ( $\text{COO}^-$ ) (در حدود  $1400 \text{ cm}^{-1}$ ) و گروه‌های ( $\text{C}-\text{O}$ ) (در حدود  $1080 \text{ cm}^{-1}$ ) بودند (وانگ<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۳؛ لو<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۸؛ نوار  $2350 \text{ cm}^{-1}$  باید به نوار  $\text{CO}_2$  اشباع اختصاص یابد (دونگ<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۷ بی).

<sup>3</sup> - Shabaan

<sup>4</sup> - Suarez and Hernandez

<sup>5</sup> - Wang

<sup>6</sup> - Luo

<sup>7</sup> - Dong



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



تأثیر تیمارها بر تنفس میکروبی خاک آلوده به نفت خام

تنفس برانگیخته (ناشی از سوبسترا) خاک

نتایج جدول تجزیه واریانس اندازه‌گیری تکراری اثر بیوجار خام (اصلاح‌نشده) و اصلاح‌شده و ریزجانداران بر تنفس برانگیخته (ناشی از سوبسترا) خاک نشان داد که در اثرات برون گروهی، تیمارها دارای تفاوت معناداری با یکدیگر هستند. در اثرات درون گروهی نیز هم زمان در بین تیمارها دارای تفاوت معنی داری بود. اما هم‌برکنش زمان و تیمارها دارای تفاوت معناداری با یکدیگر نبودند.

جدول ۴-۶۱ نتایج تجزیه واریانس اندازه‌گیری تکراری اثر بیوجار خام و اصلاح‌شده و

ریزجانداران بر میزان تنفس ناشی از سوبسترا (برانگیخته) خاک

| منبع تغییرات        | درجه آزادی | میانگین مربعات (MS)    |
|---------------------|------------|------------------------|
| اثرات برون گروهی    |            |                        |
| تیمار بیوجار        | ۱۸         | ۵/۷۸۸ <sup>NS</sup>    |
| خطا                 | ۳۸         | ۳۲۸۰/۴۱۵               |
| اثرات درون گروهی    |            |                        |
| زمان                | ۱          | ۱۶۹۳/۴۸۶ <sup>**</sup> |
| زمان × تیمار بیوجار | ۱۸         | ۵/۷۸۱ <sup>NS</sup>    |
| خطا (زمان)          | ۳۸         | ۹/۲۵۴                  |

<sup>NS</sup>، \* و \*\* به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی داری، معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین مقدار تنفس میکروبی ناشی از سوبسترا در تیمار مخلوط چهار ۶۰ روزه ( $44/510 \text{ mg CO}_2 \text{ g}^{-1}\text{soil day}^{-1}$ ) بدست آمد. کمترین مقدار تنفس میکروبی ناشی از سوبسترا نیز متعلق به تیمار شاهد ۱۲۰ روزه ( $20/278 \text{ mg CO}_2 \text{ g}^{-1}\text{soil day}^{-1}$ ) بود. تیمار مخلوط چهار ۶۰ روزه تنفس میکروبی ناشی از سوبسترا را نسبت به تیمار شاهد (۶۰ روزه) ۵۳/۵۵۴ درصد افزایش داده است و نسبت به کمترین تیمار (شاهد ۱۲۰ روزه) ۵۴/۴۴۱ درصد



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



بیشتر بود. اصلاح بیوچارها سبب افزایش تنفس میکروبی ناشی از سوبسترا در تیمارها نسبت به حالت اولیه (خام/اصلاح نشده) آن‌ها شده است. به عنوان مثال، در تیمار باگاس اصلاح شده ۲٪/۶۰ روزه نسبت به حالت خام (اصلاح نشده)، حدود ۲۹/۱۷۱ درصد افزایش را در این شاخص شاهد بودیم. استفاده از کنسرسیوم باکتری در تیمارها سبب افزایش میزان تنفس میکروبی ناشی از سوبسترا شده است. به عنوان مثال، تیمار مخلوط چهار ۶۰ روزه در مقایسه با تیمار باگاس اصلاح شده ۲٪/۶۰ روزه تنفس برانگیخته خاک را ۱۸/۷۲۳ درصد افزایش داد. همچنین نسبت به تیمار کنسرسیوم باکتری ۲٪/۳۵/۲۷۵ درصد افزایش داد. که بیانگر تأثیر مثبت بیوچار بر کارایی باکتری‌ها و وضعیت میکروبی خاک می‌باشد. بررسی روند زمانی در تیمارها نشان دهنده روند کاهشی تنفس میکروبی ناشی از سوبسترا می‌باشد. به گونه‌ای که در زمان ۶۰ روزه تیمارها به بالاترین مقدار تنفس برانگیخته رسیدند. و سپس در زمان ۱۲۰ روزه مقدار این شاخص، کاهش یافته است. به عنوان مثال، تیمار مخلوط چهار در زمان ۱۲۰ روز نسبت به زمان ۶۰ روزه کاهش ۱/۹۹۷ درصدی را نشان داد. که کاهش چندان بالایی نبود. تنفس برانگیخته یکی از روش‌های پایه‌ای برای برآورد کمی زیتوده میکروبی خاک به عنوان بخش بسیار فعال و ناپایدار کربن آلی خاک بررسی شده است. تنفس می‌تواند نشان دهنده شدت آلودگی خاک باشد که در آن سطوح مصرفی اکسیژن یا دی‌اکسید کربن ره‌اشده از یک وزن ویژه خاک اندازه‌گیری می‌شود.

جدول ۴-۶۲ مقایسه میانگین اثر بیوچار خام و اصلاح شده و ریزجانداران بر میزان تنفس ناشی از سوبسترا

(برانگیخته) خاک ( $\text{mg CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ soil day}^{-1}$ )

| ردیف | تیمار                  | زمان اندازه‌گیری (روز) |           |
|------|------------------------|------------------------|-----------|
|      |                        | ۱۲۰                    | ۶۰        |
| ۱    | شاهد                   | v ۲۰/۲۷۸               | v ۲۰/۶۷۳  |
| ۲    | کنسرسیوم باکتری ۱٪     | r ۲۵/۲۲۷               | pq ۲۶/۹۰۳ |
| ۳    | کنسرسیوم باکتری ۲٪     | o ۲۷/۹۵۱               | n ۲۸/۸۰۹  |
| ۴    | باگاس اصلاح نشده ۱٪    | t ۲۳/۱۴۴               | s ۲۴/۰۲۹  |
| ۵    | باگاس اصلاح شده ۱٪     | m ۳۰/۳۶۹               | j ۳۲/۶۸۰  |
| ۶    | باگاس اصلاح نشده ۲٪    | s ۲۴/۵۳۳               | r ۲۵/۶۲۳  |
| ۷    | باگاس اصلاح شده ۲٪     | i ۳۳/۹۹۸               | h ۳۶/۱۷۶  |
| ۸    | مخلوط ۱                | op ۲۷/۵۷۳              | n ۲۹/۴۰۹  |
| ۹    | مخلوط ۲                | f ۳۹/۳۱۰               | de ۴۰/۰۷۲ |
| ۱۰   | مخلوط ۳                | lm ۳۰/۴۹۹              | k ۳۱/۷۳۸  |
| ۱۱   | مخلوط ۴                | b ۴۳/۶۲۱               | a ۴۴/۵۱۰  |
| ۱۲   | نخل خرما اصلاح نشده ۱٪ | u ۲۱/۵۰۷               | t ۲۲/۶۹۰  |



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



|           |           |                        |    |
|-----------|-----------|------------------------|----|
| n ۲۹/۰۲۳  | m ۳۰/۱۵۷  | نخل خرما اصلاح شده ۱٪  | ۱۳ |
| t ۲۳/۲۳۲  | s ۲۴/۳۴۷  | نخل خرما اصلاح نشده ۲٪ | ۱۴ |
| kl ۳۱/۱۰۱ | ij ۳۳/۳۱۳ | نخل خرما اصلاح شده ۲٪  | ۱۵ |
| q ۲۶/۳۰۹  | o ۲۷/۷۵۸  | مخلوط ۵                | ۱۶ |
| g ۳۸/۵۸۸  | ef ۳۹/۵۶۵ | مخلوط ۶                | ۱۷ |
| n ۲۹/۰۰۳  | m ۳۰/۱۹۶  | مخلوط ۷                | ۱۸ |
| d ۴۰/۷۴۳  | c ۴۱/۸۰۹  | مخلوط ۸                | ۱۹ |

میانگین با حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد هستند (آزمون دانکن)  
مخلوط ۱: مخلوط باگاس اصلاح نشده ۱٪ و کنسرسیونم باکتری ۱٪، مخلوط ۲: مخلوط باگاس اصلاح شده ۱٪ و کنسرسیونم باکتری ۱٪، مخلوط ۳: مخلوط باگاس اصلاح نشده ۲٪ و کنسرسیونم باکتری ۲٪، مخلوط ۴: مخلوط باگاس اصلاح شده ۲٪ و کنسرسیونم باکتری ۲٪، مخلوط ۵: مخلوط نخل خرما اصلاح نشده ۱٪ و کنسرسیونم باکتری ۱٪، مخلوط ۶: مخلوط نخل خرما اصلاح شده ۱٪ و کنسرسیونم باکتری ۱٪، مخلوط ۷: مخلوط نخل خرما اصلاح نشده ۲٪ و کنسرسیونم باکتری ۲٪، مخلوط ۸: مخلوط نخل خرما اصلاح شده ۲٪ و کنسرسیونم باکتری ۲٪

۴-۵-۱۵ تنفس پایه خاک

نتایج جدول تجزیه واریانس اندازه گیری تکراری اثر بیوچار خام (اصلاح نشده) و اصلاح شده و ریزجانداران بر تنفس پایه میکروبی خاک نشان داد که در اثرات برون گروهی، تیمارها دارای تفاوت معناداری با یکدیگر در سطح یک درصد هستند. در اثرات درون گروهی نیز هم زمان در بین تیمارها دارای تفاوت معنی داری در سطح یک درصد بود. اما هم برکنش زمان و تیمارها دارای تفاوت معناداری در سطح پنج درصد با یکدیگر بودند.

جدول ۴-۶۳ نتایج تجزیه واریانس اندازه گیری تکراری اثر بیوچار خام و اصلاح شده و ریزجانداران بر میزان تنفس پایه خاک

| منبع تغییرات     | درجه آزادی | میانگین مربعات (MS) |
|------------------|------------|---------------------|
| اثرات برون گروهی |            |                     |
| تیمار بیوچار     | ۱۸         | ۸۰۳۲/۸۲۶**          |
| خطا              | ۳۸         | ۵/۳۵۳               |
| اثرات درون گروهی |            |                     |
| زمان             | ۱          | ۱۳۸۲/۶۰۰**          |



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



|         |    |                     |
|---------|----|---------------------|
| ۱۱/۹۲۴* | ۱۸ | زمان × تیمار بیوچار |
| ۵/۰۷۰   | ۳۸ | خطا (زمان)          |

<sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب نشان دهنده عدم معنی داری، معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین مقدار تنفس میکروبی پایه در تیمار مخلوط چهار ۶۰ روزه (mg CO<sup>-</sup>) ۱۸/۱۰۵ (۴۰/۰۳۸ C/kg<sup>-1</sup> soil day<sup>-1</sup>) بدست آمد. کمترین مقدار تنفس میکروبی پایه نیز متعلق به تیمار شاهد ۱۲۰ روزه (mg CO<sup>-</sup>) ۱۸/۱۰۵ (۱۸/۱۰۵ CO-C/kg<sup>-1</sup> soil day<sup>-1</sup>) بود. تیمار مخلوط چهار ۶۰ روزه، تنفس میکروبی پایه را نسبت به تیمار شاهد (۶۰ روزه) ۵۳/۹۷۳ درصد افزایش داده است و نسبت به کمترین تیمار (شاهد ۱۲۰ روزه) ۵۴/۷۸۰ درصد بیشتر بود. اصلاح بیوچارها سبب افزایش تنفس میکروبی پایه در تیمارها نسبت به حالت اولیه (خام/اصلاح نشده) آنها شده است. به عنوان مثال، در تیمار باگاس اصلاح شده ۲٪، ۶۰ روزه نسبت به حالت خام (اصلاح نشده)، حدود ۲۹/۳۵۶ درصد افزایش را در این شاخص شاهد بودیم. استفاده از کنسرسیون باکتری در تیمارها سبب افزایش میزان تنفس میکروبی پایه شده است. به عنوان مثال، تیمار مخلوط چهار ۶۰ روزه در مقایسه با تیمار باگاس اصلاح شده ۲٪، تنفس برانگیخته خاک را ۱۸/۹۵۴ درصد افزایش داد. همچنین نسبت به تیمار کنسرسیون باکتری ۲٪ نیز ۳۵/۵۳۳ درصد افزایش داد. که بیانگر تأثیر مثبت بیوچار بر کارایی باکتریها و وضعیت میکروبی خاک و در نتیجه تنفس پایه میکروبی پایه می باشد. بررسی روند زمانی در تیمارها نشان دهنده روند کاهش تنفس میکروبی پایه در اثر گذشت زمان می باشد. به گونه ای که در زمان ۶۰ روز تیمارها به بالاترین مقدار تنفس میکروبی پایه رسیده و سپس در زمان ۱۲۰ روز مقدار این شاخص، کاهش یافته است. به عنوان مثال، تیمار مخلوط چهار در زمان ۱۲۰ روز نسبت به زمان ۶۰ روز کاهش ۲/۲۲۰ درصدی را نشان داد.

جدول ۴-۶۴ مقایسه میانگین اثر بیوچار خام و اصلاح شده و ریزجانداران بر میزان تنفس پایه خاک (mg CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> soil day<sup>-1</sup>)

| ردیف | تیمار               | زمان اندازه گیری (روز) |           |
|------|---------------------|------------------------|-----------|
|      |                     | ۶۰                     | ۱۲۰       |
| ۱    | شاهد                | ۱۸/۴۲۸ u               | ۱۸/۱۰۵ u  |
| ۲    | کنسرسیون باکتری ۱٪  | ۲۴/۰۸۴ p               | ۲۲/۵۸۱ q  |
| ۳    | کنسرسیون باکتری ۲٪  | ۲۵/۸۱۱ n               | ۲۵/۰۳۷ o  |
| ۴    | باگاس اصلاح نشده ۱٪ | ۲۱/۴۸۹ r               | ۲۰/۶۸۷ s  |
| ۵    | باگاس اصلاح شده ۱٪  | ۲۹/۲۵۲ z               | ۲۷/۲۰۵ lm |
| ۶    | باگاس اصلاح نشده ۲٪ | ۲۲/۹۲۳ q               | ۲۱/۹۳۸ r  |
| ۷    | باگاس اصلاح شده ۲٪  | ۳۲/۴۴۹ h               | ۳۰/۴۹۶ i  |



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



|           |           |                        |    |
|-----------|-----------|------------------------|----|
| ۲۴/۷۰۷ o  | ۲۶/۳۶۴ n  | مخلوط ۱                | ۸  |
| ۳۵/۳۱۲ f  | ۳۶/۰۰۷ de | مخلوط ۲                | ۹  |
| ۲۷/۳۴۳ lm | ۲۸/۴۵۸ k  | مخلوط ۳                | ۱۰ |
| ۳۹/۱۴۹ b  | ۴۰/۰۳۸ a  | مخلوط ۴                | ۱۱ |
| ۱۹/۲۱۶ t  | ۲۰/۲۸۳ s  | نخل خرما اصلاح نشده ۱% | ۱۲ |
| ۲۵/۹۶۹ n  | ۲۶/۹۸۳ m  | نخل خرما اصلاح شده ۱%  | ۱۳ |
| ۲۰/۷۷۲ s  | ۲۱/۷۷۶ r  | نخل خرما اصلاح نشده ۲% | ۱۴ |
| ۲۷/۸۴۳ kl | ۲۹/۸۴۲ j  | نخل خرما اصلاح شده ۲%  | ۱۵ |
| ۲۳/۵۵۴ p  | ۲۴/۸۵۵ o  | مخلوط ۵                | ۱۶ |
| ۳۴/۶۵۵ g  | ۳۵/۵۴۲ ef | مخلوط ۶                | ۱۷ |
| ۲۵/۹۸۰ n  | ۲۷/۰۵۳ m  | مخلوط ۷                | ۱۸ |
| ۳۶/۶۱۴ d  | ۳۷/۵۹۲ c  | مخلوط ۸                | ۱۹ |

میانگین با حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد هستند (آزمون دانکن)

مخلوط ۱: مخلوط باگاس اصلاح نشده ۱٪ و کنسرسیونم باکتری ۱٪، مخلوط ۲: مخلوط باگاس اصلاح شده ۱٪ و کنسرسیونم باکتری ۱٪، مخلوط ۳: مخلوط باگاس اصلاح نشده ۲٪ و کنسرسیونم باکتری ۲٪، مخلوط ۴: مخلوط باگاس اصلاح شده ۲٪ و کنسرسیونم باکتری ۲٪، مخلوط ۵: مخلوط نخل خرما اصلاح نشده ۱٪ و کنسرسیونم باکتری ۱٪، مخلوط ۶: مخلوط نخل خرما اصلاح شده ۱٪ و کنسرسیونم باکتری ۱٪، مخلوط ۷: مخلوط نخل خرما اصلاح نشده ۲٪ و کنسرسیونم باکتری ۲٪ و مخلوط ۸: مخلوط نخل خرما اصلاح شده ۲٪ و کنسرسیونم باکتری ۲٪

در روزهای اولیه آلودگی تا روز ۶۰ام به دلیل مرگ گونه‌های میکروبی حساس و افزایش زیتوده آن‌ها به خاک، گونه‌های پایدارتر بقای بهتری یافته و همچنین گونه‌های میکروبی برای مقابله با آلودگی انرژی بیشتری مصرف می‌کنند. که این امر با افزایش تنفس در آن‌ها همراه است. ولی با گذشت زمان و کاهش منابع غذایی و انرژی باکتری‌ها قادر به فعالیت بیولوژیکی مانند قبل نبوده و فعالیت‌های بیولوژیکی آن‌ها کم می‌شود (سعید<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۲). افزایش تنفس میکروبی خاک در اثر کاربرد تیمارهای بیوچار خام (اصلاح نشده) و اصلاح شده می‌تواند به دلیل مواد فرار و ترکیبات جذب سطحی شده بر روی سطح بیوچار باشد. به دلیل اینکه این ترکیبات می‌توانند به عنوان سوبسترای قابل دسترس برای ریزموجودات خاک عمل نموده و سبب افزایش رشد و فعالیت میکروبی در خاک‌های تیمار شده با بیوچار و همچنین بیوچار ریزموجودات شوند (روتلیگیانو<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۱۴). افزایش تنفس ناشی از سوبسترا در تیمارهای کاربرد بیوچار نشان می‌دهد در اثر کاربرد بیوچارها زیتوده فعال ریزموجودات خاک افزایش می‌یابد؛ زیرا این شاخص جمعیت فعال میکروبی

8 - Saeed

9 - Rutigliano



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب  
Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران  
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



خاک را نشان می‌دهد (سینگ<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۸). کاربرد بیوچار خام (اصلاح‌نشده) و اصلاح‌شده به همراه ریزموجودات سبب افزایش معنی‌دار تنفس پایه و تنفس ناشی از سوپسترا خاک در مقایسه با تیمار شاهد شد. که بیانگر تأثیر مثبت استفاده از ماده آلی و ریزموجودات در تضعیف تأثیر نفت خام بر جامعه میکروبی خاک است. سعید و همکاران (۲۰۲۲) نیز نتایج مشابهی را در مورد تأثیر بیوچار و ریزجانداران بر تنفس میکروبی خاک در مطالعات خود گزارش داده‌اند.

**نتیجه‌گیری**

با توجه به نتایج بدست‌آمده در پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد بیوچار خام و اصلاح‌شده و ریزموجودات در خاک‌های آلوده به نفت خام سبب بهبود تنفس میکروبی شده و می‌تواند در مدیریت پایدار خاک مورد استفاده قرار بگیرد. بیوچار می‌تواند به‌عنوان یک زیستگاه برای ریزموجودات عمل کرده و با توجه به پتانسیل‌ها و ویژگی‌های خود مانند میزان کربن بالا، عناصر فراوان و به خصوص تخلخل بالا در خود و همچنین گروه‌های عاملی سبب بهبود فعالیت و تنفس این ریزجانداران در خاک می‌شود. بیوچار به‌دلیل پتانسیل بالای بیوچار در بهبود کیفیت خاک، توانایی احیای اکولوژیکی، بهبود و رفع آلودگی خاک و مدیریت ضایعات کشاورزی و بهبود تنفس میکروبی خاک گزینه‌ای مناسب جهت استفاده در زیست‌پالایی خاک آلوده به نفت خام و فلزات سنگین می‌باشد.

**منابع**

شهمسوارزاده جنگی، پ.، شجاع‌الساداتی، س. ع. و هاشمی نجف‌آبادی، س. ۱۳۸۷. ارزیابی اثر بافت خاک بر زیست‌پالایی خاک‌های آلوده به نفت خام. دوازدهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران. دانشگاه صنعتی سهند، تبریز.

شریفی حسینی، س.، شهبازی، ع.، یزدی‌پور، ع. ا. و کامرانفر، ا. ۱۳۸۸. پالایش زیستی خاک‌های آلوده به نفت خام با کودهای شیمیایی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۳ (۳): ۱۴۵-۱۴۵.

کاووسی بافتی، م.، اسرار، ز.، حسن‌شاهیان، م. و کرامتیان، ب. ۱۳۹۳. بررسی اثر آلودگی نفتی و باکتری‌های تجزیه‌کننده نفت‌خام بر برخی شاخص‌های بیوشیمیایی و رشد گیاه ذرت. نشریه زیست‌شناسی گیاهی ایران، ۲۱ (۶): ۷۱-۸۴.

حیدری‌فرد، م. ح. ۱۳۸۱. بررسی نیکل و وانادیم مخازن آسماری و بنگستان میدان بی‌بی حکیمه. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی.

سلیمی، م.، ابراهیمی، س. و قربانی نصرآبادی، ر. ۱۳۹۹. بهینه‌سازی زنده‌سازی مانی باکتری غیر بومی تجزیه‌گر موثر نفت خام در حامل‌های مختلف. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست. jest.2020.34708.4186

غازان‌شاهی. ۱۳۸۵. آنالیز خاک و آب و گیاه. انتشارات آبیژ.

Ali S, Rizwan M, Noureen S, Anwar S, Ali B, Naveed M, Abd\_Allah EF, Alqarawi AA, Ahmad P 2019. Combined use of biochar and zinc oxide nanoparticles foliar spray improved the plant growth and decreased the cadmium accumulation in rice (*Oryza sativa* L.) plant. *Environmental Science and Pollution Research*. 26(11):11288-11299. Doi : 10.1007/s11356-019-04554-y.



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۱۴۰۴ شهریور ۲۷ تا ۲۵



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



Alsana H.A., Eid w.k., and Ismael N.F. 1995. "Geotechnical properties of oil contaminated Kuwaiti sand," *Journal of Geotechnical Engineering, ASCE*, 121 (5) : 407-412.

Alef, K., and Nannipieri, P. 1995. *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. ACADEMIC PRESS.

Beiyuan, J., Qin, Y., Huang, Q., Wang, H., Tsang, D.C. and Rinklebe, J. 2021. Effects of modified biochar on As-contaminated water and soil: A recent update. *Advances in Chemical Pollution, Environmental Management and Protection*, 7 : 107-136. <https://doi.org/10.1016/bs.apmp.2021.08.005>.

Chen, B., Zhou, D. and Zhu, L. 2008. Transitional adsorption and partition of nonpolar and polar aromatic contaminants by biochars of pine needles with different pyrolytic temperatures. *Environmental science and Technology*. 42(14) : 5137-5143. <https://doi.org/10.1021/es8002684>.

Dong, H., Zhang, C., Hou, K., Cheng, Y., Deng, J., Jiang, Z., Tang, L. and Zeng, G., 2017. Removal of trichloroethylene by biochar supported nanoscale zero-valent iron in aqueous solution. *Separation and Purification Technology*, 188 : 188-196. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.07.033>.

Frene, J. P., Frazier, M., Liu, S., Clark, B., Parker, M. and Gardner, T. 2021. Early Effect of Pine Biochar on Peach-Tree Planting on Microbial Community Composition and Enzymatic Activity. *Applied Sciences*, 11(4), 1473. <https://doi.org/10.3390/app11041473>.

Huff, M.D., Kumar, S., Lee, J.W., 2014. Comparative analysis of pinewood, peanut shell, and bamboo biomass derived biochars produced via hydrothermal conversion and pyrolysis. *Journal of environmental management* 146, 303-308.

Lee, J.W., Kidder, M., Evans, B.R., Paik, S., Buchanan Iii, A.C., Garten, C.T. and Brown, R.C., 2010. Characterization of biochars produced from cornstovers for soil amendment. *Environmental science and technology*, 44(20) : 7970-7974.

Li, Y., Shao, J., Wang, X., Deng, Y., Yang, H. and Chen, H. 2014. Characterization of modified biochars derived from bamboo pyrolysis and their utilization for target component (furfural) adsorption. *Energy Fuels*. 28 (8) : 5119-5127. <https://doi.org/10.1021/ef500725c>.

Lu, H., Li, Z., Fu, S., Méndez, A., Gascó, G., Paz-Ferreiro, J., 2014. Combining phytoextraction and biochar addition improves soil biochemical properties in a soil contaminated with Cd *Chemosphere*, 119, 209-216. doi:10.1016/j.chemosphere.2014.06.024, 2015.

Luo, J., Li, X., Ge, C., Müller, K., Yu, H., Huang, P., Li, J., Tsang, D.C., Bolan, N.S., Rinklebe, J. and Wang, H. 2018. Sorption of norfloxacin, sulfamerazine and oxytetracycline by KOH-modified biochar under single and ternary systems. *Bioresource Technology*, 263 : 385-392. doi: 10.1016/j.biortech.2018.05.022.

Mansoor, S., Kour, N., Manhas, S., Zahid, S., Wani, O.A., Sharma, V., Wijaya, L., Alyemeni, M.N., Alsahli, A.A., El-Serehy, H.A., Paray, B.A., Ahmad, P., 2021. Biochar as a tool for effective management of drought and heavy metal toxicity. *Chemosphere*, 271, 129458.

McLean, E.O. 1983. Soil pH and lime requirement. *Methods of soil analysis: Part 2 Chemical and microbiological properties*, 9 : 199-224. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c12>.

Mierzwa-Hersztek, M., Wolny-Koładka, K., Gondek, K., Gałazka, A. and Gawryjolek, K., 2020. Effect of coapplication of biochar and nutrients on microbiocenotic composition, dehydrogenase activity index and chemical properties of sandy soil. *Waste and Biomass Valorization*, 11 : 3911-3923. 10.1007/s12649-019-00757-z.

Minai-Tehrani D., Herfatmanesh A., Azari-Dehkordi F., and Minoos S. 2006. Effect of salinity on biodegradation of aliphatic fractions of crude oil in soil. *Pakistan Journal of Biological Sciences*: 1531-1535.

Mishra, S., Sarma, P.M. and Lal, B., 2004. Crude oil degradation efficiency of a recombinant *Acinetobacter baumannii* strain and its survival in crude oil-contaminated soil microcosm. *FEMS microbiology Letters*, 235(2) : 323-331. doi: 10.1016/j.femsle.2004.05.002.

Olsen, S., Cole, C., Watanabe, F., Dean, L. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *USDA Circular Nr 939*, US Gov.Print. Office, Washington, D.C. ocl/17316676.



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۱۴۰۴ شهریور ۲۷ تا ۲۵



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



- Olsen, S., Cole, C., Watanabe, F., Dean, L. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular Nr 939, US Gov.Print. Office, Washington, D.C. oclc/17316676.
- Page, A. L., Miller, R. H. and Keeney D. R. 1982. Methods of soil analysis Agronomy No G. Partz USA. Inc. doi: 10.2134/agronmonogr9.2.2ed.frontmatter.
- Page, A. L., Miller, R. H. and Keeney D. R. 1982. Methods of soil analysis Agronomy No G. Partz USA. Inc. doi: 10.2134/agronmonogr9.2.2ed.frontmatter.
- Park, J.H., Cho, J.S., Ok, Y.S., Kim, S.H., Kang, S.W., Choi, I.W., Heo, J.S., DeLaune, R.D. and Seo, D.C. 2015. Competitive adsorption and selectivity sequence of heavy metals by chicken bone-derived biochar: batch and column experiment. Journal of Environmental Science and Health, Part A, 50(11) : 1194-1204. doi: 10.1080/10934529.2015.1047680.
- Rajapaksha, A.U., Chen, S.S., Tsang, D.C.W., Zhang, M., Vithanage, M., Mandal, S., Gao, B., Bolan, N.S., Ok, Y.S., 2016. Engineered/designer biochar for contaminant removal/immobilization from soil and water: Potential and implication of biochar modification. Chemosphere, 148, 276–291. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.01.043>.
- Rajkovich, S., Enders, A., Hanley, K., Hyland, C., Zimmerman, A. R., and Lehmann, J. 2011. Corn growth and nitrogen nutrition after additions of biochars with varying properties to a temperate soil. Biology and Fertility of Soils, 48(3): 271-284. <http://dx.doi.org/10.1007/s00374-011-0624-7>. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.01.043>.
- Rhoads, J. D., Ingvabon, R. D. and Hatcher, D. D. 1970. Laboratory determination Leachable soil boron. Soil Science Society of America Journal, 34: 871-875. <https://doi.org/10.2136/sssaj1970.03615995003400060018x>.
- Saeed, M., Ilyas, N., Jayachandran, K., Gaffar, S., Arshad, M., Ahmad, M.S., Bibi, F., Jeddi, K. and Hessini, K., 2021. Biostimulation potential of biochar for remediating the crude oil contaminated soil and plant growth. Saudi Journal of Biological Sciences, 28(5) :2667-2676. doi: 10.1016/j.sjbs.2021.03.044.
- Sahin, O., Taskin, M.B., Kaya, E.C., Atakol, O., Emir, E., Inal, A. and Gunes, A. 2017. Effect of acid modification of biochar on nutrient availability and maize growth in a calcareous soil. Soil Use and Management, 33(3), 447-456. <https://doi.org/10.1111/sum.12360>.
- Shaaban, A., Se, S.M., Mitan, N.M.M. and Dimin, M.F., 2013. Characterization of biochar derived from rubber wood sawdust through slow pyrolysis on surface porosities and functional groups. Procedia Engineering, 68: 365-371. DOI: 10.1016/j.proeng.2013.12.193.
- Sun, C., Chen, T., Huang, Q., Wang, J., Lu, S. and Yan, J. 2019. Enhanced adsorption for Pb (II) and Cd (II) of magnetic rice husk biochar by KMnO<sub>4</sub> modification. Environmental Science and Pollution Research, 26 : 8902-8913. doi: 10.1007/s11356-019-04321-z.
- Singh, B., Camps-Arbestain, M. and Lehmann, J. (Eds.). 2017. Biochar: a guide to analytical methods. Csiro Publishing. ISBN 9781498765534.
- Rutigliano, F.A., Romano, M., Marzaioli, R., Baglivo, I., Baronti, S., Miglietta, F. and Castaldi, S. 2014. Effect of biochar addition on soil microbial community in a wheat crop. European Journal of Soil Biology, 60: 9-15.
- Lehmann J., and Joseph S. 2015. Biochar for environmental management: an introduction. In: Lehmann, J., Joseph, S. (Eds.), Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation, 2nd ed. Earthscan from Routledge, London, pp : 1–1214
- Takaya, C.A., Fletcher, L.A., Singh, S., Okwuosa, U.C. and Ross, A.B. 2016. Recovery of phosphate with chemically modified biochars. Journal of environmental chemical engineering. 4(1) : 1156-1165. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2016.01.011>.



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۱۴۰۴ شهریور ۲۷ تا ۲۵



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



Tan, Z., Zou, J., Zhang, L. and Huang, Q. 2018. Morphology, pore size distribution, and nutrient characteristics in biochars under different pyrolysis temperatures and atmospheres. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 20(2) : 1036-1049. DOI : 10.1007/s10163-017-0666-5.

Tang, L., Zeng, G., Nourbakhsh, F. and Shen, G.L. 2009. Artificial neural network approach for predicting cation exchange capacity in soil based on physico-chemical properties. *Environmental Engineering Science*, 26(1) : 137-146.

Tavalla;I, H. and Massomi, T. 1998. Simulation Kinetic spectrophotometric determination of vanadium and iron, pp: 479-485. doi: 10.1016/s0039-9140(98)00156-8.

Usman, A.R., Ahmad, M., El-Mahrouky, M., Al-Omran, A., Ok, Y.S., Sallam, A.S., El- Naggat, A.H. and AlWabel, M.I. 2015. Chemically modified biochar produced from conocarpus waste increases NO<sub>3</sub> removal from aqueous solutions. *Environmental Geochemistry and Health*, 38 (2) : 511–521. DOI : 10.1007/s10653-015-9736-6.

Wang, Z., Zheng, H., Luo, Y., Deng, X., Herbert, S. and Xing, B., 2013. Characterization and influence of biochars on nitrous oxide emission from agricultural soil. *Environmental pollution*, 174 : 289-296. doi: 10.1016/j.envpol.2012.12.003.

Wei, T., Gao, H., An, F., Ma, X., Hua, L. and Guo, J. 2023. Performance of heavy metal-immobilizing bacteria combined with biochar on remediation of cadmium and lead co-contaminated. soil. *Environmental Geochemistry and Health*, 2023 May 19. doi: 10.1007/s10653-023-01605-9. Epub ahead of print. PMID: 37204552.

Zhang, B., Zhang, L., Zhang, Xiu, 2019. Bioremediation of petroleum hydrocarboncontaminated soil by petroleum-degrading bacteria immobilized on biochar. *RSC advances*. 9, 35304–35311. <https://doi.org/10.1039/C9RA06726D>.

## Investigating the effect of raw and modified biochar on microbial populations in crude oil contaminated soil

### Effect of unamended and amended biochar and microorganisms on cation exchange capacity of crude oil contaminated soil

Milad Biria<sup>1\*</sup>, Habibalhah Nadian Qomsheh<sup>2</sup>, Hossein Motamedi<sup>3</sup>, Bijan Khalili Moghadam<sup>4</sup>, Nafsieh Rangzan<sup>5</sup>

1- PhD student of soil fertility management and biotechnology, Faculty of Agriculture, Khuzestan University of Agriculture and Natural Resources, Molasani, Iran

2- Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Khuzestan University of Agriculture and Natural Resources, Molasani, Iran

3- Professor, Department of Biology, Faculty of Science, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

4- Associate Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Khuzestan University of Agriculture and Natural Resources, Molasani, Iran

5- Assistant Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Khuzestan University of Agriculture and Natural Resources, Molasani, Iran

**Abstract :**



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۱۴۰۴ شهریور ۲۷ تا ۲۵



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



Soil contamination with organic matter and toxins is a common environmental problem. This research was conducted at Shahid Chamran University of Ahvaz (Faculty of Sciences and Faculty of Agriculture). In this research, an experiment was conducted in the form of a repeated-measures design over time. In the middle and end of the experimental period (60 and 120 days), the effect of different levels of unmodified and modified biochar of sugarcane and palm bagasse (1 and 2%) along with microorganisms (with biochar and without biochar and a total of 57 experimental samples in two times) was carried out. Sugarcane bagasse and palm palm waste were used to prepare biochars. Biochar modification was carried out with 10% hydrogen peroxide. The experimental design used in the study showed that the modification of the treatments increased the microbial population in the soil. In a way, the 60-day mixed treatment of four (modified sugarcane bagasse and 2% bacterial consortium) caused an increase of 15.882% in the cation exchange capacity in the soil compared to its raw (unmodified) treatment (740.25 cmol/kg). The highest amount in the soil belonged to the four 60-day mixed treatment ( $1875 \times 10^4$  Cfu/ml). Which showed an increase of  $96.69 \times 10^4$  compared to the control treatment. Regarding the population of heterotrophic bacteria in the soil, the highest amount in the soil belonged to the four 120-day mixed treatment ( $1011 \times 2065$  Cfu/ml). Which showed an increase of 94.527% compared to the 120-day control treatment.

**Keywords:** Sugarcane bagasse, date palm, microbial respiration, hydrogen peroxide, improvement.