



## اثر کودهای زیستی و شیمیایی فسفره و نسبت‌های جایگزینی کاشت بر شاخص‌های میکروبی خاک در کشت مخلوط زنیان (*Trachyspermum ammi*) و عدس‌الملک (*Securigera securidaca*) در شهرستان ممسنی

راضیه کرمی<sup>۱\*</sup>، علیرضا یدوی<sup>۲</sup>، محسن موحدی دهنوی<sup>۳</sup>، امین صالحی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری، اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران؛

\* (sogolkarami93@yahoo.com)

۲-۳ استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

۴- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

### چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای زیستی و شیمیایی فسفره و نسبت‌های جایگزینی بر شاخص‌های میکروبی خاک در کشت مخلوط دو گیاه زنیان و عدس‌الملک آزمایشی دو ساله (۱۴۰۰-۱۴۰۱ و ۱۴۰۱-۱۴۰۲) منطقه فهلیان شهرستان ممسنی انجام شد. کاربرد ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی فسفات، ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفات + باکتری‌های حل‌کننده فسفات، ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفات + قارچ میکوریزا و ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفات + باکتری‌های حل‌کننده فسفات + قارچ میکوریزا و شاهد در ۵ سطح به عنوان عامل اول و سامانه کشت مخلوط نیز در ۵ سطح با نسبت ۵۰:۵۰، ۶۷:۳۳، ۶۷:۳۳ درصد کشت‌های خالص زنیان و خالص عدس‌الملک به عنوان عامل دوم در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که اثرات اصلی سال، سامانه کشت و کود، و همچنین برهمکنش سامانه کشت و کود، بر تنفس پایه در سطح ۰.۱٪ معنی‌دار بود. بیشترین میزان تنفس پایه (۹۵/۶۴ mgCO<sub>2</sub>/kg/day) از تیمار کشت مخلوط با نسبت ۱ زنیان به ۲ عدس‌الملک و کاربرد ترکیبی ۵۰٪ کود فسفره + باکتری + قارچ به دست آمد. بیشترین مقدار تنفس برانگیخته در تیمار ترکیبی کودی (کود + باکتری + قارچ) مشاهده شد. به طور کلی، نتایج حاکی از کاهش ۵۰ درصدی مصرف کود شیمیایی فسفره به همراه تلقیح باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا، در کشت مخلوط زنیان و عدس‌الملک، می‌تواند با افزایش فعالیت و جمعیت میکروبی خاک، به بهبود سلامت و حاصلخیزی خاک منجر شود.

واژگان کلیدی: تنفس میکروبی، کشت مخلوط، کود زیستی، فسفر، میکوریزا

### مقدمه

کمبود و کارایی پایین جذب فسفر تثبیت سریع فسفر و عدم تحرک آن در خاک یکی از مشکلات مهم در سامانه‌های زراعی مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. امروزه استفاده از کودهای زیستی با منشاء باکتری، قارچ، جلبک یا دیگر موجودات خاکزی مورد توجه قرار گرفته است، که سازوکار عمل آن‌ها، قابلیت جذب عناصر غذایی توسط گیاه را در خاک افزایش می‌دهد که در این میان می‌توان به قارچ‌های میکوریزا و باکتری‌های حل‌کننده فسفر اشاره کرد (Rezaei-Chiyaneh et al., 2021). از اثرات مثبت همزیستی قارچ میکوریزا با گیاهان می‌توان به افزایش جذب عناصر غذایی مانند



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**



فسفر و افزایش سطح جذب ریشه به منظور کاهش بیشتر اشاره کرد. باکتری‌های انحلال فسفات نیز با تولید اسیدهای آلی نقش مهمی در انحلال فسفات و فعالیت آنزیمی (مانند فسفاتاز) دارند (Etesami et al, 2021). کشت مخلوط نوعی سیستم کشت از فعالیت‌های قدیمی کشاورزی است که در حاشیه کشاورزی مدرن مبتنی بر تک‌کشتی گیاهان زراعی پر محصول در سطح وسیع و مصرف کننده نهاده، قرار گرفته است (Li et al., 2014) با این وجود، کشت مخلوط ممکن است بسیاری از مسائل مرتبط با کشاورزی مدرن نظیر آفات و بیماری‌ها، تخریب خاک و زوال محیط زیست را نداشته باشد که این‌ها به برقراری کشاورزی پایدار و پرحاصل کمک خواهد کرد (Ehrmann and Ritz, 2014).

زینان با نام علمی (*Trachyspermum ammi* L.) از خانواده چتریان، به دلیل اثرات مهم و مفید اسانس دانه آن نقش مهمی در بهبود بیماری‌های گوارشی، سوءهاضمه، جلوگیری از عفونت و استفاده در صنایع جهت نگهداری مواد غذایی دارد. مطالعات نشان داده است در کشت مخلوط وقتی بقولات در کنار گونه دیگر قرار می‌گیرند، به دلیل اثرات مکملی ناشی از هم‌زیستی با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن نقش مؤثرتری در حاصل‌خیزی خاک دارند. عدس‌الملک با نام علمی (*Securigera securidaca*) گیاه دارویی مهاجر و کمتر شناخته شده از خانواده بقولات است، که علی‌رغم مطالعات گسترده در مورد ترکیبات و اثرات دارویی آن، از جنبه زراعی کمتر به آن توجه شده است. از جمله خواص دارویی آن می‌توان به کنترل فشارخون، چربی خون، دیابت و صرع اشاره کرد (Ghorbani, 2013).

در حالی که شواهد زیادی برای نقش تمایز زمانی در افزایش عملکرد بالای سطح خاک وجود دارد (Li et al., 2020b)، دانش کمتری درباره فرآیندهای زیر سطح خاک وجود دارد. تعاملات زیرزمینی مانند رقابت ریشه‌ها، چرخه مواد مغذی و نقش جوامع میکروبی خاک در موفقیت کلی سیستم‌های کشت مخلوط هنوز به‌طور کامل درک نشده است. اصولاً خاکی که تنوع و توزیع مناسب میکروبی برخوردار باشد و ریزجانداران در آن به خوبی فعالیت کنند، از نظر کیفی در سطح بالایی است (واحدی و همکاران، ۱۳۹۸). بنابراین برای ارزیابی کارکردهای خاک و تغییرات آن بهتر است شاخص‌های کیفیت خاک (تنفس پایه، تنفس برانگیخته، کربن زیست توده میکروبی، فراهمی کربن) که نشان دهنده تنوع زیستی و چگونگی فعالیت ریزجانداران خاک هستند استفاده شوند (Marschner et al., 2011). تنفس میکروبی نه تنها مشخص کننده وضعیت و فعالیت میکروبی‌های خاک است، بلکه مشخص کننده روند، تعادل و چگونگی تجزیه ماده آلی، فعالیت آنزیمی و چرخه برخی عناصر غذایی خاک نیز خواهد بود. فراوانی ترکیبات آلی در ریزوسفر، منجر به افزایش تنفس می‌شود چرا که این مواد منبع عناصر غذایی و انرژی لازم برای آنها محسوب می‌شوند (نوربخش و همکاران، ۱۳۹۸). محققان در بررسی اثر الگوی کشت و کود آلی در کشت مخلوط یولاف و نخود فرنگی گزارش کردند که با افزایش تنوع گیاهان زراعی در کشت مخلوط، تنفس خاک به دلیل استقرار بیشتر گیاهان و تجمع مواد آلی در خاک، افزایش داد (Jannoura et al., 2014). لذا نظر به اهمیت کشت مخلوط و کاربرد کودهای زیستی، جهت بررسی اثرات هر دو عامل در تولید گیاهان دارویی و سودمندی‌های اکولوژیک ناشی از کشت مخلوط این تحقیق در شهرستان ممسنی استان فارس اجرا گردید.

**مواد و روش‌ها**

آزمایش در اواخر آبان ماه سال‌های زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ و ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان ممسنی منطقه فهلیان، به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. کاربرد ۱۰۰ 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



کودهای شیمیایی فسفات (۵۰ کیلوگرم فسفر خالص از منبع سوپر فسفات تریپل)، ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفات + باکتری‌های حل کننده فسفات، ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفات + قارچ میکوریزا و ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفات + باکتری‌های حل کننده فسفات + میکوریزا و شاهد (بدون مصرف کود فسفره، باکتری و قارچ) در ۵ سطح به عنوان عامل اول و سامانه کشت مخلوط نیز در ۵ سطح با نسبت ۵۰:۵۰، ۶۷:۳۳، ۶۷:۳۳ درصد کشت‌های خالص زنبان و خالص عدس‌الملک به عنوان عامل دوم در نظر گرفته شد. گونه قارچ میکوریزای مورد استفاده *Funneliformis moseae* و باکتری حل کننده فسفات ترکیب دو باکتری *Pseudomonas fluorescens* و *P. putida* بود.

اندازه‌گیری تنفس میکروبی خاک (BR)

تنفس میکروبی خاک، با استفاده از ظروف سر بسته و به روش تیتراسیون برگشتی با سود باقی‌مانده اندازه‌گیری گردید. در این آزمون CO<sub>2</sub> آزاد شده از خاک توسط سود جذب می‌شود. ابتدا ۲۵ گرم از هر خاک در ظروف مخصوص شیشه‌ای توزین و سپس رطوبت نمونه‌ها به ۶۰ درصد ظرفیت زراعی رسانده شد. نمونه‌ها در مجاورت ۱۰ میلی‌لیتر سود ۰/۲۵ نرمال در ظروف کاملاً بسته در دمای ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد در انکوباتور نگهداری شد. پس از طی این مدت، سود باقی‌مانده با اسید کلریدریک ۰/۵ نرمال تیترو و براساس سود خنثی شده CO<sub>2</sub> حاصل از تنفس میکروبی هر خاک محاسبه شد. این کار با تعیین اختلاف حجم اسید مصرفی برای نمونه و شاهد در تیتراسیون مقدار CO<sub>2</sub> تولید شده انجام شد. برای تعیین شاهد نیز همان روش بدون خاک اجرا گردید (Anderson and Domsch, 1987). برای اندازه‌گیری میزان تنفس پایه در خاک از رابطه‌ی (۱) استفاده شد:

$$BR = (B-S)N \times 22 \times 100 / (SW \times \%dm) \quad (1)$$

B و S به ترتیب حجم اسید کلریدریک (HCl) مصرفی در شاهد و در نمونه خاک (ml)

SW: وزن اولیه نمونه خاک (g)، dm: فاکتور تبدیل خاک خشک،

BR: تنفس پایه (mg CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>)

N: نرمالیته اسید، ۲۲: وزن اکی والان دی اکسید کربن (mg)

اندازه‌گیری تنفس ناشی از سوبسترا (SIR)

جهت اندازه‌گیری تنفس ناشی از سوبسترا (SIR) مقدار ۲ میلی‌لیتر از گلوکز ۱٪ به عنوان سوبسترا به نمونه‌های خاک در ظرف یک لیتری اضافه شده و داخل اکوباتور در دمای ۳۰±۱ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت نگهداری شده سپس طبق روشی که برای تنفس پایه‌ی خاک قید گردید عمل تیتراسیون انجام و مقدار SIR محاسبه گردید (Anderson, 1982).

نتایج و بحث

تنفس پایه

اثرات اصلی سال، سامانه کشت مخلوط، کود فسفره و برهمکنش سامانه کشت مخلوط و کود فسفره در سطح احتمال یک درصد بر تنفس پایه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین برهمکنش سامانه کشت مخلوط و کود فسفره بر تنفس پایه نشان داد که بیشترین تنفس پایه با میانگین ۹۵/۶۴ (mgCO<sub>2</sub>/kg/day) از سامانه ۱ زنبان: ۲ عدس‌الملک و در تیمار کودی ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره + باکتری + قارچ به دست آمد و کمترین میزان تنفس میکروبی پایه با



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



میانگین ۳۸/۱۹ (mgCO<sub>2</sub>/kg/day) از سامانه کشت خالص زنبان و تیمار کودی شاهد (بدون مصرف کود) به دست آمد (شکل ۱).

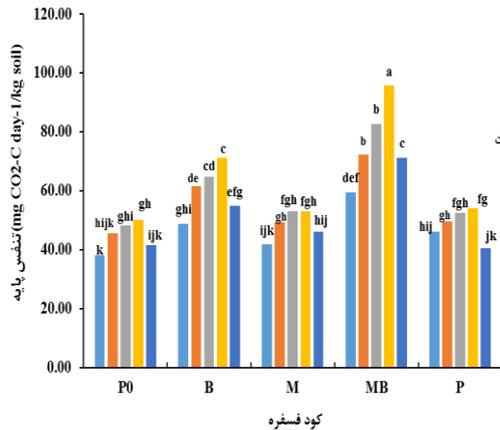
تنفس برانگیخته

اثرات اصلی سال، سامانه کشت مخلوط و کود فسفره در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش سال در کود فسفره در سطح احتمال پنج درصد بر تنفس برانگیخته معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین برهمکنش سال بر کود فسفره نشان داد که در سال اول بیشترین تنفس پایه با میانگین ۱۱۷/۷۰ (mgCO<sub>2</sub>/kg/day) از تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره + باکتری + قارچ و کمترین آن با میانگین ۸۱/۹۶ (mgCO<sub>2</sub>/kg/day) از تیمار شاهد به دست آمد. در سال دوم در روندی مشابه بیشترین میزان تنفس برانگیخته با میانگین ۱۵۶/۵۶ (mgCO<sub>2</sub>/kg/day) به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با میزان تنفس برانگیخته در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره + باکتری (۱۵۴/۳۹ mgCO<sub>2</sub>/kg/day) نداشت. کمترین میزان تنفس برانگیخته نیز از تیمار شاهد (بدون کاربرد کود) با میانگین ۱۱۶/۴۳ (mgCO<sub>2</sub>/kg/day) به دست آمد (شکل ۲).

جدول ۱- تجزیه صفات میکروبی خاک تحت تأثیر سامانه‌های مختلف کشت مخلوط و تیمارهای مختلف مصرف کود فسفره

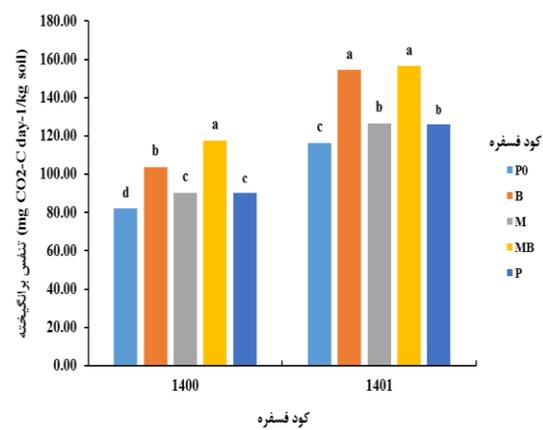
میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییر
تنفس برانگیخته	تنفس پایه		
۵۷۵۵۴/۶۳**	۲۵۵/۲۱**	۱	سال
۶۵/۸۵	۲۱/۳۱	۴	تکرار (سال)
۲۰۸۱/۱۴**	۱۵۴۲/۸۲**	۴	سامانه کشت مخلوط
۷۶۲۰/۷۷**	۴۹۶۱/۹۸**	۴	کود فسفره
۱۵۶/۳۷ <sup>NS</sup>	۱۲۱/۶۳**	۱۶	سامانه کشت مخلوط × کود فسفره
۳۴/۶۶ <sup>NS</sup>	۴۰/۲۵ <sup>NS</sup>	۴	سال × سامانه کشت مخلوط
۳۲۲/۱۸*	۲/۷۷ <sup>NS</sup>	۴	سال × کود فسفره
۵۱/۴۳ <sup>NS</sup>	۴۶/۱۳ <sup>NS</sup>	۱۶	سال × سامانه کشت مخلوط × کود فسفره
۱۱۶/۰۶	۴۳/۷۹	۹۶	خطا
۹/۲۵	۱۱/۸۸		ضریب تغییرات

NS, \*, \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.



شکل ۱- برهمکنش سامانه کشت و کود فسفره بر تنفس پایه

P<sub>0</sub> = شاهد، B = کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره + باکتری، M = کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره + قارچ، MB = کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره + باکتری + قارچ، P = مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره، A<sub>1</sub>S<sub>1</sub> = یک ردیف زنیان یک ردیف عدس-الملک، A<sub>1</sub>S<sub>2</sub> = یک ردیف زنیان دو ردیف عدس-الملک، A<sub>2</sub>S<sub>1</sub> = دو ردیف عدس-الملک یک ردیف زنیان، S<sub>0</sub> = عدس-الملک خالص



شکل ۲- برهمکنش سال در کود فسفره بر تنفس برانگیخته

## بحث

نتایج نشان داد تنفس پایه و سوپسترا در تیمارهای ترکیبی مصرف کود (باکتری + قارچ + ۵۰ کیلوگرم در هکتار) بالاتر از سایر تیمارها بود. تنفس نشان‌دهنده فعالیت جمعیت میکروبی خاک و زیاد بودن این شاخص بیانگر وضعیت مطلوب جمعیت میکروبی در خاک است. جمعیت بالای میکروارگانیسم‌ها در تیمار ترکیبی نقش مهمی در بالاتر بودن سهم تنفس پایه و برانگیخته دارد. گیاهان کلونیزه شده توسط قارچ‌های میکوریزا یا باکتری‌های ریزوسفری معمولاً مقدار بیشتری از فتوسنتز خود را به صورت ترشحات ریشه آزاد می‌کنند. این ترشحات شامل قندها، اسیدهای آلی و اسیدهای آمینه هستند که منابع کربن در دسترس برای میکروب‌های خاک به شمار می‌روند در نتیجه با افزایش ورود کربن محلول به خاک بیوماس میکروبی و به دنبال آن تنفس میکروبی افزایش می‌یابد (Zhalnina et al., 2018; Hodge and Storer, 2015). رسولی‌صدقیانی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهش خود گزارش دادند که تلقیح میکروبی به طور مؤثر و معنی‌داری تنفس پایه را نسبت به شاهد افزایش داد که علت آن را می‌توان به فعالیت بیشتر ریزجانداران نسبت داد. افزایش ۲۱ درصدی تنفس برانگیخته در پی کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه در خاک در پژوهش واحدی و همکاران (۱۳۹۸) گزارش شده است که هم سو با نتایج به دست آمده در این پژوهش می‌باشد.

Lee و Banks (1993) نیز بیان کردند که فراوانی جمعیت میکروبی در حضور ریشه‌های گیاه، بیشتر از شرایط بدون حضور ریشه می‌باشد که نشان می‌دهد در خاک‌های آلوده ریشه گیاه با ترشحات خود (کربوهیدرات‌ها، آمینو اسیدها، ویتامین‌های ضروری و غیره) جمعیت میکروبی را افزایش می‌دهد. نتایج همچنین نشان داد که بیشترین تنفس پایه در سامانه ۱ زنیان: ۲ عدس‌الملک می‌باشد، لذا حضور باکتری‌های تثبیت‌کننده ازت همزیست با ریشه‌های گیاه عدس‌الملک و تراکم بالای عدس‌الملک در مقایسه با زنیان در این تیمار نقش مهمی در حضور و فعالیت این باکتری‌ها دارد. Almethyeb و همکاران (2013) نیز در پژوهش خود نشان دادند که بیشترین تنفس پایه خاک از کاربرد هم زمان AMF و سویه *Enterobacter radicincitans* در کشت مخلوط گندم و باقلا به دست آمد که همسو با نتایج این



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**



پژوهش می‌باشد. به طور کلی، حضور چندین گونه با عملکردهای مختلف در کشت مخلوط منجر به افزایش تنفس میکروبی خاک در مقایسه با تک‌کشتی‌ها شد.

### نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که کاربرد توأم باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفره، در مقایسه با مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و تیمار شاهد، به طور معنی‌داری منجر به افزایش فعالیت میکروبی خاک (شاخص‌های تنفس پایه و تنفس برانگیخته) شد. این امر نشان‌دهنده کارایی بالای این ترکیب در تحریک جمعیت میکروارگانیسم‌های خاک و کاهش وابستگی به نهاده‌های شیمیایی است. همچنین سامانه کشت مخلوط، به ویژه نسبت ۱ زنیان به ۲ عدس‌الملک، محیط بهتری برای فعالیت میکروبی فراهم کرد. به نظر می‌رسد تنوع ریشه‌ها و ترشحات مختلف در این سامانه، منابع کربن و نیتروژن متنوع‌تری را در اختیار جامعه میکروبی خاک قرار داده و همزیستی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن با عدس‌الملک در این امر نقش مؤثری داشته است. افزایش شاخص تنفس میکروبی در تیمارهای ترکیبی و کشت مخلوط، نشان‌دهنده بهبود سلامت، حاصلخیزی و کیفیت بیولوژیکی خاک است. فعالیت بیشتر میکروارگانیسم‌ها می‌تواند به چرخه بهتر عناصر غذایی و پایداری بیشتر سیستم کشاورزی بینجامد.

### فهرست منابع

- ۱- رسولی صدقیانی، م.ح.، کریمی، ص.، خداوردیلو، ح.، برین، م.، بانج شفیع، ع. (۱۳۹۵). تأثیر تغییر کاربری اکوسیستم‌های جنگلی بر شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک. مجله جنگل ایران، ۸(۲): ۱۶۷-۱۷۸.
- ۲- نوربخش، ف.، کوچکی، ع. و نصیری‌محللاتی، م. ۱۳۹۵. ارزیابی تنوع گونه‌ای بر برخی خدمات اگرواکوسیستم در کشت مخلوط ذرت، سویا و ختمی ۲- عملکرد، نسبت برابری زمین، زیست توده میکروبی خاک و پتانسیل ترسیب کربن. نشریه تولید گیاهان زراعی، ۹(۱): ۸۶-۹۳.
- ۳- واحدی، ر.، رسولی صدقیانی، م.ح. و برین، م. ۱۳۹۸. ارزیابی خصوصیات کیفی خاک آهکی تیمار شده با بیوجار و کمپوست در حضور باکتری‌های محرک رشد گیاه. تحقیقات آب و خاک ایران. جلد ۵۰. صفحات ۲۵۹ تا ۲۷۹.
- 4- Almtheyeb, M., Ruppel, S., Paulsen, H.M., Vassilev, N., Eichler-Löbermann, B. (2013). Single and combined applications of arbuscular mycorrhizal fungi and *Enterobacter radicincitans* affect nutrient uptake of faba bean and soil biological characteristics. *Appl Agric Forestry Res.* 3(63):229-234.
- 5- Anderson, J. (1982). Soil respiration. PP. 831-871. In: Page AL, Miller RH and Keeney DR (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties*, 2nd ed. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI, USA.
- 6- Anderson, J.P.E., Domsch, K.H. (1987). A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Journal of Soil Biology and Biochemistry*, 10: 215-221.
- 7- Ehrmann, J., Ritz, K. (2014). Plant: soil interactions in temperate multi-cropping production systems. *Plant Soil* (2014) 376:1-29.
- 8- Etesami, H., Jeong, B.R., Glick, B.R. (2021). Contribution of Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Phosphate-Solubilizing Bacteria, and Silicon to P Uptake by Plant. *Frontiers in Plant Science*, 12: 1-29.
- 9- Ghorbani A. (2013). Best herbs for managing diabetes: a review of clinical studies. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 49: 413-422.



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۱۱ تا ۱۳ آذرماه 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



- 10- Lee, E., Banks, M.K. (1993). Bioremediation of petroleum contaminated soil using vegetation: A microbial study. *Journal of Environmental Science and Health. Part A: Environmental Science and Engineering and Toxicology*, 28(10): 2187-2198.
- 11-Li C, Hoffland, E., Kuyper, T.W. (2020b). Yield gain, complementarity and competitive dominance in intercropping. *European Journal of Agronomy*, 113: 125987.
- 12-Li, L., Tilman, D., Lambers, H., Zhang, F.S. (2014). Biodiversity and overyielding: insights from below-ground facilitation of intercropping in agriculture. *New Phytologist* 203: 63–69.
- 13-Marschner P., Crowley D., Rengel Z. (2011). Rhizosphere interactions between microorganisms and plants govern iron and phosphorus acquisition along the root axis e model and research methods. *Soil Biology and Biochemistry*, 43: 883-894.
- 14-Rezaei-Chiyaneh, E., Mahdavia, H., Battaglia, M.L., Thomason, W.E., Caruso, G. (2021). Intercropping and fertilizer type impact seed productivity and secondary metabolites of dragon's head and fenugreek. *Scientia Horticulturae*, 287: e110277.
- 15- Zhalnina, K., B. Louie, K., Hao, Z., Mansoori, N., Rocha, U., Shi, U., Cho, H., Karaoz, U., Loqué, D., P. Bowen, B., Firestone, M., Northen, T., F. (2018). Dynamic root exudate chemistry and microbial substrate preferences drive patterns in rhizosphere microbial community assembly. *Nature Microbiology*, 3: 470– 480.

**The Effect of Biological and Chemical Phosphorus Fertilizers and Replacement Intercropping Ratios on Soil Microbial Indices in an Intercropping System of Ajowan (*Trachyspermum ammi*) and Coronilla (*Securigera securidaca*) in Mamasani County**

Raziyeh Karami<sup>1\*</sup> Alireza Yadavi<sup>2</sup> Mohsen Movahhedi Dehnavi<sup>3</sup> Amin Salehi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ph.D. Student, Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran ([sogolkarami93@yahoo.com](mailto:sogolkarami93@yahoo.com))

<sup>2</sup> Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran

<sup>3</sup> Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran

<sup>4</sup> Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran

**Abstract**

A two-year field experiment (2021-2022 and 2022-2023) was conducted in the Fahlian region of Mamasani County to investigate the effects of biological and chemical phosphorus fertilizers and different substitution ratios on soil microbial indices in an intercropping system of Ajowan (*Trachyspermum ammi* L) and Coronilla (*Securigera securidaca*). The application of 100% phosphate chemical fertilizers, 50% phosphate chemical fertilizers + phosphate-solubilizing bacteria, 50% phosphate chemical fertilizers + mycorrhizal fungi, and 50% phosphate chemical fertilizers + phosphate-solubilizing bacteria + mycorrhizal fungi and control (without the use of phosphate fertilizers, bacteria, and fungi) at 5 levels was considered as the first factor, and the Intercropping system was also considered at 5 levels with a ratio of 50:50, 67:33, and 33:67 percent of pure Ajowan and Coronilla crops as the second factor. The results revealed that the main effects of the year, cropping system, and fertilizer, as well as the interaction between the cropping system and fertilizer, on basal respiration were significant at the 1% level. The highest basal respiration rate (95.64 mg CO<sub>2</sub>/kg/day) was obtained from the intercropping treatment with a ratio of 1 Ajowan to 2 Coronilla and the combined application of 50% phosphorus fertilizer + bacteria + fungi. For substrate-induced respiration,



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



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



the highest value was observed in the combined fertilizer treatment (fertilizer + bacteria + fungi). In general, the findings of this research indicate that a 50% reduction in chemical phosphorus fertilizer application, combined with inoculation of phosphate-solubilizing bacteria and mycorrhizal fungi, particularly within the caraway and common vetch intercropping system, can enhance soil microbial activity and population, thereby improving soil health and fertility.

**Keywords:** Microbial Respiration, Intercropping, Biofertilizer, Phosphorus, Mycorrhiza