

Effect of Residues and Fresh Extract of Medicinal Plants in Combination with Microbial Inoculation, on the Concentration of Some Nutrients in the Soil and Plant and *Zea Mays L.* Yields

Anvar Ghaderi¹, Behnam Dovlati^{2*}, Ebrahim Sepehr³, Mohsen Barin⁴, Amir Rahimi

(Received: March 2024 Accepted: May 2024)

Abstract

The aim of this study was to investigate the nutrient status of soil and *Zea maize* plants, as well as the effect of allelochemicals from the powder and extract of medicinal plant (*Origanum vulgare L.*) along with microbial inoculation on plant and soil. The experiment was done as a factorial, including plant extracts and powders and three levels of Mycorrhiza and PGPR inoculation, along with a control group, in a completely randomized design. In the study, residues and fresh extract of medicinal plant were evenly mixed into the soil. Subsequently, microbial treatments were applied as a one-centimeter layer beneath the sterilized seeds. The yield, soil and plant nutrients, and root colonization in the soil of pots, were assessed using standard methods. The results showed that the allochemical effects of medicinal plants on root colonization and nutrients concentration in both soil and plants were significant. A decrease in *Zea Mays L.* yield was observed in the treatment with essential oil (7.52%) and powder (2.18%) compared to the control. Furthermore, the effect of fresh extract was more pronounced than residues of medicinal plants on the nutrient concentrations in both soil and plants. This led to an observed reduction in zinc, iron, and phosphorus concentrations in the soil by 50.6, 31.6 and 15.5%, respectively. Root colonization in the treatments using fresh extract and powder without microbial inoculation were 36.7%, and 23.3% respectively. The decrease in root colonization were 48.4% in fresh extract without microbial inoculation, while for *Origanum vulgare L.* powder it was 18.9%. On the other hand, microbial inoculation improved the nutrient status of the soil and plants. It was found that the residual of medicinal plant resulted in a decrease in the availability of nutrients for the target plants, potentially inhibiting nutrient uptake by the roots. As a solution, microbial inoculation emerged as the most effective strategy, preventing a significant decrease in nutrient concentrations under this condition.

Keywords: Allelopathy, Allelochemical of medicinal plants, Nutrients uptake, PGPR, Mycorrhiza.

Ghaderi A., Dovlati B., Sepehr E., Barin M and Rahimi A. 2024. Effect of Residues and Fresh Extract of Medicinal Plants in Combination with Microbial Inoculation, on the Concentration of Some Nutrients in the Soil and Plant and *Zea Mays L.* Yields. *Applied Soil Research*, 12(2): 46-63.

1- Master student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University

2- Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University

3- Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University

4- Associated Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University

5- Associated Professor, Department of Agronomy Science, Faculty of Agriculture, Urmia University

*: Corresponding Author Email: b.dovlati@urmia.ac.ir

تأثیر باقیمانده و عصاره تر گیاه دارویی مرزنجوش همراه با تلقیح میکروبی بر غلظت برخی عناصر غذایی در خاک و گیاه و عملکرد گیاه ذرت (*Zea Mays L.*)

انور قادری^۱، بهنام دولتی^{۲*}، ابراهیم سپهر^۳، محسن برین^۴، امیر رحیمی^۵

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۱)

چکیده

آلوشیمیایی گیاهان دارویی می‌تواند بر فرآیندهای زیستی و غیرزیستی خاک و همچنین وضعیت رشدی سایر گیاهان مؤثر باشد. هدف از این تحقیق بررسی وضعیت برخی عناصر غذایی در خاک و گیاه ذرت تحت تأثیر خواص آلوشیمیایی عصاره و پودر گیاه دارویی مرزنجوش و همچنین تلقیح میکروبی می‌باشد. این آزمایش به صورت فاکتوریل، شامل عصاره تر و پودر گیاه و اثر تلقیح میکوریزی، PGPR و شاهد در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در یک خاک زراعی اجرا شد. عصاره تر و پودر گیاه دارویی بصورت یکنواخت با خاک مورد آزمایش مخلوط گردید. سپس، تیمارهای میکروبی بصورت لایه یک سانتی زیر بذر ضد عفونی شده اعمال شد. عملکرد و غلظت عناصر غذایی در خاک و گیاه و میزان کلونیزاسیون ریشه در خاک گلدانها به روش‌های استاندارد اندازه گیری شدند. نتایج نشان داد که تأثیر آلوشیمیایی مرزنجوش بر کلونیزاسیون ریشه و غلظت عناصر غذایی در خاک و گیاه معنی دار بود. کاهش عملکرد ذرت در تیمار با عصاره تر (۵۲/۷٪) و پودر (۱۸/۲٪) نسبت به کنترل مشاهده گردید. همچنین تأثیر عصاره تر نسبت به پودر گیاه دارویی بر غلظت عناصر غذایی در خاک و گیاه بیشتر بود. بطوریکه میزان کاهش در غلظت روی، آهن و فسفر خاک بترتیب ۵۰/۶، ۳۱/۶ و ۱۵/۵ درصد مشاهده شد. کلونیزاسیون ریشه در تیمار با عصاره تر و بدون تلقیح میکروبی ۲۳/۳ درصد ولی در تیمار با پودر ۳۶/۷ درصد بود. کاهش کلونیزاسیون ریشه تحت تأثیر آلوشیمیایی عصاره تر مرزنجوش در تیمار بدون تلقیح میکروبی ۴۸/۴ و در تیمار با پودر ۱۸/۹ درصد حاصل شد. از طرفی تلقیح میکروبی باعث بهبود وضعیت عناصر غذایی در خاک و گیاه شد. نتیجتاً اینکه بازممانده گیاهان دارویی با ترشحات آلوشیمیایی خود باعث کاهش جذب عناصر غذایی برای گیاهان هدف می‌شود. لذا برای مقابله با این وضعیت تلقیح میکروبی بهترین راه کار بوده و مانع از کاهش عملکرد گیاه هدف خواهد شد.

واژه های کلیدی: آلوپاتی، آلوشیمیایی گیاهان دارویی، غلظت عناصر غذایی، میکوریزا و PGPR

قادری ا.، دولتی ب.، سپهر ا.، برین م و رحیمی ا. ۱۴۰۳. تأثیر باقیمانده و عصاره تر گیاه دارویی مرزنجوش همراه با تلقیح میکروبی بر غلظت برخی عناصر غذایی در خاک و گیاه و عملکرد گیاه ذرت (*Zea Mays L.*). تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۱۲، شماره ۲. صفحه: ۴۶-۶۳.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۲- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۳- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۴- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۵- دانشیار گروه علوم زراعی دانشکده کشاورزی ارومیه

* پست الکترونیک: b.dovlati@urmia.ac.ir

مقدمه

در سال‌های اخیر استفاده از طب سنتی و گیاهان دارویی در اکثر کشورهای در حال توسعه برای حفظ سلامت جامعه بشری به طور گسترده رواج پیدا کرده است (Unesco, 1996). گیاهان دارویی جایگاه ویژه‌ای در علوم زیستی، پزشکی و دامپزشکی به لحاظ پیشگیری و درمان بیماری‌ها دارند و به دلیل داشتن اثرات مفید و سازگار با محیط زیست، سطح کشت این گیاهان روز به روز در حال افزایش است. برخی منابع گزارش کرده اند که گیاهان دارویی اثرات آللوپاتی داشته و می‌توانند اثرات جانبی نسبت به رشد سایر گیاهان داشته باشد. آللوپاتی به عنوان برهمکنش‌های شیمیایی بین گیاهان و یا گیاهان با میکروارگانیسم‌ها توصیف می‌شود و می‌تواند اثرات مثبت یا منفی بر عملکرد یکدیگر داشته باشند (Rice, 1984). گزارش شده است که در پدیده اتوتوکسیسیته (Otototoxicity) یک گونه گیاهی مواد شیمیایی خاصی را در محیط آزاد می‌کنند که به موجب آن جمعیت میکروبی خاک، جذب عناصر غذایی، جوانه‌زنی و یا رشد محصولات مجاور و یا سایر گونه‌های گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Miller, 1996). فیلدینگ و همکاران (Fielding et al., 2015) نشان دادند که عصاره‌های گیاهی می‌توانند به‌عنوان قارچکش عمل کنند، به طوری که می‌توان به‌جای استفاده از قارچکش‌های شیمیایی که اثرات زیست محیطی زیان‌باری به همراه دارند، از عصاره گیاهان استفاده کرد (Fielding et al., 2015). ووگیاتز و همکاران (Wogiatzi et al., 2009) نیز تأثیر ضد قارچی عصاره تر گیاه *Origanum vulgare* بر روی طیف وسیعی از قارچ‌ها را مشاهده کردند. همچنین گزارش شده است که در اثر تجزیه‌ی بقایای گیاهان مقادیر بیشتری از مواد آللوپاتیک از اندام‌های مختلف گیاهی به خاک اضافه می‌کنند. اثرات بازدارندگی این مواد در کاهش جوانه‌زنی بذر، رشد گیاهچه‌ها، تولید ماده خشک، مقدار رنگیزه‌ها، کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌های گیاه بالغ منعکس و منجر به توقف رشد و نمو گیاه می‌گردد (De Neergard & Porter, 2000). از سوی دیگر بقایا و عصاره آبی گیاهان دارویی ممکن است میزان جذب عناصر غذایی در خاک و گیاه را تحت تأثیر قرار دهند بطوریکه متابولیت‌های ثانویه گیاهان یا آللوکسیمایی‌ها علاوه بر تأثیر آن‌ها در افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های زیستی و کم‌آبی نقش مهمی در

تغذیه گیاهان از طریق میزان حلالیت، رهاسازی، تحرک و کمپلکس عناصر غذایی در منطقه ریزوسفر دارند (Gardner et al., 1983). از طرفی بازدارندگی فرآیند دنیتریفیکاسیون می‌تواند به عنوان راهکار موثری در بهبود بازیافت نیتروژن (N) و بهره‌وری مصرف نیتروژن کشاورزی در شرایط مساعد و ممانعت از هدر رفت N قابل توجه باشد (Jabran et al., 2013). طبق گزارش‌ها، برخی از گونه‌های گیاهی ترکیبات آللوکسیمایی را ترشح می‌کنند و میزان قابلیت استفاده عناصر غذایی از قبیل روی (Zn)، آهن (Fe) و فسفر (P) را در شرایط کمبود رشد بهبود می‌بخشند. وجود فلاونوئیدها در خاک می‌تولند ترکیب خاک و در دسترس بودن عناصر غذایی را از طریق فعالیت آنها به عنوان آنتی‌اکسیدان‌ها و کلات‌کننده‌های فلزی تغییر دهد. کلاته شدن به کاهش فلزات در خاک و همچنین دسترسی به مواد غذایی به ویژه فسفر و آهن تأثیر می‌گذارد. به عنوان مثال، یک ایزوفلاونوئید شناسایی شده از ریشه *Medicago sativa* L فسفات آهن حل شده را ترشح می‌کند و دسترسی فسفات و آهن را افزایش می‌دهد (Masaoka et al., 1993). لازم به ذکر است که ترکیبات مترشح‌شده در گیاهان دارویی مختلف، به لحاظ کمی و کیفی متفاوت بوده و اثرات متفاوتی در میزان جذب و رهاسازی عناصر از خاک دارند (Jones & Darrah, 1994).

محققان در راستای بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاهان در خاک از میکروارگانیسم‌های مختلف از جمله باکتری‌های محرک رشد (PGPR) و قارچ‌های میکوریز استفاده کردند (Gashash et al., 2022; He et al., 2019; Armada et al., 2015). کاربرد PGPR بعنوان کود زیستی می‌تواند راهکاری مناسب برای بهبود جذب عناصر غذایی توسط گیاهان و افزایش عملکرد محصولات باشد (Sindhu et al., 2014). بطور کلی، PGPRها می‌توانند رشد و تغذیه گیاه، الگوی رشد ریشه، قابلیت رقابت‌پذیری و مقاومت گیاه در مواجهه با تنش‌های مختلف را بهبود بخشد. انواع مختلفی از PGPRها از جمله *Azospirillum*، *Bacillus*، *Pseudomonas* و *Enterobacter* به دلیل اثرات مثبتی که در رشد گیاهان دارند مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Egamberdiyeva & Höflich, 2004). مطالعات زیادی تأثیر PGPRها بر رشد محصولات زراعی را در شرایط متفاوت اثبات نموده‌اند (Nemeskéri et al., 2022; Mehboob et al., 2011). این

قابل جذب به روش عصاره‌گیری با استات آمونیم و قرائت با استفاده از دستگاه فلیم‌فتمتر (Champan & Pratt, 1978)، نیتروژن کل به روش کج‌دال، فسفر قابل جذب به روش اولسن (Olsen *et al.*, 1954) و کربن آلی به روش والکی بلک (Nelson & Sommer, 1982) انجام شد. همچنین مقادیر عناصر آهن و روی در خاک به روش DTPA (Lindsay & Norvell, 1978) و در گیاه به روش اندازه‌گیری شد.

خاک مورد آزمایش با عصاره تر و پودر گیاه مرزنجوش و همچنین سه سطح تلقیح میکوریزی، PGPR و شاهد به شرح زیر تیمار شد. الف: تیمار خاک با عصاره گیاهان و تلقیح میکروبی: برای این منظور خاک گلدان‌ها با عصاره گیاه مرزنجوش با غلظت ۲ درصد (حجمی/وزنی) مخلوط گردید، سپس تلقیح میکوریزی بصورت ۶۰ گرم از مایه تلقیح میکوریزی شامل (هیف، اسپور، ریشه میکوریزی شده) برای هر گلدان بصورت یک لایه زیر بذور ذرت و در عمق ۳-۵ سانتی‌متری قرار داده شد و همچنین تلقیح PGPR بصورت تلقیح بذری (بذر مال) اعمال شد.

ب: تیمار خاک با پودر گیاهان و تلقیح میکروبی: خاک گلدان‌ها با پودر گیاه مرزنجوش با غلظت ۲ درصد (وزنی/وزنی) مخلوط شد، سپس تلقیح میکوریزی بصورت ۶۰ گرم از مایه تلقیح میکوریزی شامل (هیف، اسپور، ریشه میکوریزی شده) برای هر گلدان بصورت یک لایه زیر بذور ذرت در عمق ۳-۵ سانتی‌متری قرار داده و تلقیح PGPR بصورت تلقیح بذری (بذر مال) انجام شد. برای این کار بذور سالم ذرت سینگل (Single Cross-704) با محلول‌های هیپوکلریت سدیم ۵ درصد (چند دقیقه)، اتانول ۹۶ درصد ضدعفونی و سپس ۷ الی ۸ مرتبه با آب مقطر استریل گردید. تعداد ۶ عدد بذر ضدعفونی شده در هر گلدان کشت شدند. مرحله داشت با سه بوته مناسب براساس تامین میزان نور و رطوبت مناسب در دمای 4 ± 25 به مدت ۸۰ روز تا مرحله ظهور سنبله انتهایی نگهداری شدند. بعد از گذشت این مدت بوته‌ها از محل طوقه برداشت و ریشه‌ها به آرامی از خاک جدا گردید ابتدا با آب معمولی سپس با آب مقطر شسته شدند. پس از هوا خشک کردن، ریشه و اندام‌های هوایی به مدت ۷۲ ساعت تحت دمای ۶۵ درجه‌ی سانتی‌گراد در آون خشک گردید. اندام‌های هوایی آسیاب و از الک ۰/۵ میلیمتری عبور داده شد. به منظور بررسی تأثیر تیمارها بر عملکرد ماده خشک و جذب عناصر غذایی در گیاه ذرت،

میکروارگانیسما که با بذر، ریشه و یا خاک تلقیح می‌شوند باعث افزایش تحرک و قابلیت استفاده عناصر غذایی بخصوص NPK شده و به ایجاد میکروفلور و افزایش سلامت خاک کمک می‌نمایند (Reyes-Castillo, *et al.*, 2019). فعالیت میکروارگانیسما در ریزوسفر می‌تواند منجر به تامین مقادیر ثابتی از عناصر غذایی بصورت پیوسته برای ریشه گیاهان می‌گردد. علاوه بر این، میکروارگانیسماهایی که توسط کودهای زیستی وارد خاک می‌شوند با فعالیت خود از آبشویی عناصر غذایی افزوده شده به خاک جلوگیری می‌کنند (El Kramany *et al.*, 2007).

تحقیقات زیادی در زمینه اثرات آللوپاتی گیاهان بر رشد سایر گیاهان انجام شده است (Cheng, *et al.*, 2021; Phiri, 2010). با این حال به نظر می‌رسد اطلاعات در رابطه با تأثیر توام مواد آللوپاتیک و تلقیح میکروبی بر وضعیت تغذیه گیاهان اندک است. برخی از محققان نقش منفی و برخی دیگر نیز تأثیر مثبت ترکیبات آللوپاتیک بر رشد گیاهان را گزارش کردند و دلیل این امر را به غلظت مواد آلوشیمیایی‌ها ارتباط دادند. با این حال بررسی اثرات جانبی کشت گیاهان دارویی در تغییر وضعیت تغذیه‌ای و جذب عناصر غذایی در خاک و گیاهان زراعی می‌تواند زمینه تحقیقاتی فراوانی را به دنبال داشته باشد. لذا این تحقیق با هدف بررسی تأثیر بقایا و عصاره گیاهان دارویی مرزنجوش توام با همزیستی میکروبی بر جذب عناصر غذایی و عملکرد شاخص‌های رشدی گیاه ذرت با رویکرد کاهش اثرات منفی ترکیبات آللوپاتیک انجام شد.

مواد و روش‌ها

این طرح به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول عصاره تر (عصاره گیاه تازه) و پودر گیاهان مرزنجوش با غلظت ۲ درصد و فاکتور دوم در سه سطح تلقیح میکوریزی، PGPR و شاهد در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم خاک دانشگاه ارومیه اجرا شد. به منظور انجام آزمایش گلخانه‌ای یک نمونه خاک منتخب از مزارع زراعی شهرستان بوکان تهیه و برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مانند بافت خاک به روش هیدرومتری (Gee & Bauder, 1979)، pH خاک در عصاره گل اشباع به روش پتانسیومتری (McLean, 1982)، هدایت الکتریکی خاک (EC) در عصاره اشباع، کربنات کلسیم معادل (CCE) به روش تیتراسیون (Nelson & Sommer, 1982) و پتاسیم

خاک مورد مطالعه دارای بافت لوم رسی سیلتی و حاوی ۱۸/۴ درصد کربنات کلسیم با pH خنثی و غلظت فسفر (۱۰/۹ میلی گرم بر کیلوگرم)، نیتروژن (۰/۱۷ درصد) و آهن (۶/۵ میلی گرم بر کیلوگرم) در محدوده کمبود و همچنین پتاسیم و روی قابل جذب بترتیب ۲۶۴ و ۱/۳ میلی گرم بر کیلوگرم در محدوده کفایت تعیین شدند (جدول ۱). نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای تلقیح میکروبی، عصاره و پودر گیاه دارویی مرزنجوش بر برخی از ویژگیهای خاک مورد مطالعه در جدول ۲ نشان داده شده است.

وزن خشک بوته، کلونیزاسیون ریشه (Grace & Stribley, 1991) و غلظت برخی عناصر غذایی شامل: نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و روی در خاک و گیاه ذرت اندازه گیری شد. تجزیه آماری با استفاده از نرم افزار SAS. V12 و مقایسه میانگین آن‌ها براساس روش چند دامنه‌ای دانکن آنالیز شد.

نتایج و بحث

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Some physical and chemical characteristics of the soil used in the experiment

EC	pH	N	P	K	Zn	Fe	OC	lime	Soil Texture
(dS m ⁻¹)		%		(mg kg ⁻¹)			(%)		
1.18	7.46	0.17	10.9	264	1.3	6.5	1.02	1.84	Silty Clay Loam

EC، pH، در عصاره گل اشباع، Zn-ava: روی قابل استفاده، CCE: کربنات کلسیم معادل

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی ویژگیهای شیمیایی و حاصلخیزی خاک

Table 1. Variance analysis of some chemical and fertility characteristics of soil

Sources	df	Mean of squares							
		pH	EC	OC	N	P	K	Zn	*Fe
A	3	0.0078 ^{ns}	0.013 ^{ns}	0.0044 ^{ns}	0.0018 ^{**}	1.4557 [*]	3315.47 ^{***}	0.4156 ^{***}	3.37 ^{**}
B	2	0.0016 ^{ns}	0.0032 ^{ns}	0.0022 ^{ns}	0.0024 ^{***}	9.64 ^{**}	759.52 ^{**}	0.0935 ^{***}	0.0064 ^{ns}
B*A	2	0.0060 ^{ns}	0.0041 ^{ns}	0.0037 ^{ns}	0.0006 [*]	0.0038 ^{ns}	4512.18 ^{***}	0.0020 ^{ns}	0.1274 ^{ns}
Error	16	0.021	0.0061	0.0030	0.00015	12.80	93.98	0.0035	0.3183
C.V (%)	-	1.97	6.22	5.129	8.54	13.10	4.47	7.40	10.80

A: پودر- عصاره B: تلقیح میکروبی، C.V، ضریب تغییرات، * مقادیر عناصر شامل نیتروژن کل و سایر عناصر مقادیر قابل استفاده می باشند.

غلظت کلروفیل و فتوسنتز گزارش کردند. علاوه بر آن بیان کردند که مواد آلوپاتیک باعث کاهش جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌شوند و غلظت کلروفیل به طور غیر مستقیم تحت تأثیر غلظت نیتروژن قرار می‌گیرد (Peng *et al.*, 2004).

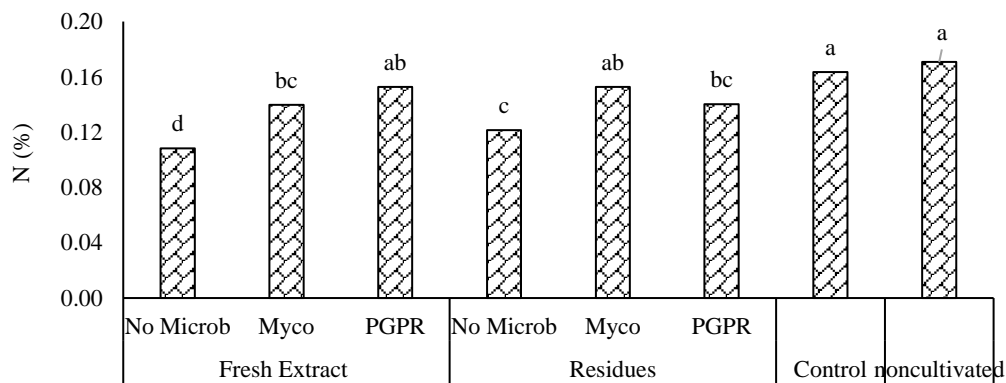
نیتروژن خاک

اثرات اصلی و متقابل تیمارها بر میزان نیتروژن خاک معنی دار شد (جدول ۱). بیشترین مقدار آن (۰/۱۷۱ درصد) در تیمار کشت نشده و کمترین مقدار آن (۰/۱۱۰ درصد) در نمونه تیمار شده با عصاره و بدون تلقیح میکروبی مشاهده گردید (شکل ۱). کاربرد عصاره و پودر مرزنجوش میزان نیتروژن خاک را کاهش داد. بر این اساس بیشترین میزان

بر اساس نتایج، تأثیر فاکتورهای اصلی و متقابل تیمارها (عصاره و پودر گیاه مرزنجوش و تلقیح میکروبی) بر برخی ویژگیهای خاک متفاوت بود (جدول ۲-۴). فاکتور اصلی پودر و عصاره گیاه، تلقیح میکروبی بر مقادیر قابل استفاده نیتروژن ($p < 0.01$)، فسفر ($P < 0.01$)، پتاسیم ($P < 0.001$)، آهن ($P < 0.01$) و روی ($P < 0.001$) تأثیر معنی دار داشت. در حالیکه برای سایر صفات اندازه گیری شده (pH، OC و EC) نسبت به کنترل تغییرات معنی دار مشاهده نشد. همچنین اثرات متقابل تیمارها بر میزان نیتروژن و پتاسیم قابل استفاده معنی دار بود ($P < 0.001$). رجیوسا و همکاران (Reigosa *et al.*, 2000) تأثیر مواد آلوپاتیک بر عوامل متعدد مثل جذب مواد معدنی، روابط آب و گیاه،

استرس افزایش می‌دهند. منابع حاکی از آن است که اثرات آللوپاتی گیاهان دارویی باعث کاهش میزان عناصر غذایی از جمله نیتروژن در خاک می‌شود. بعنوان مثال بوکر و همکاران (Booker *et al.*, 1992) از بوته های خیار دست نخورده (*Cucumis sativus*) برای ارزیابی اثر اسید فرولیک بر جذب مواد معدنی و روابط آبی خیار استفاده کردند و نشان دادند که اسید فرولیک جذب مواد معدنی به ویژه نیتروژن را مهار می‌کند و همینطور فشار درون سلولی (turgor) برگ و پتانسیل آب را کاهش داد. با توجه به شکل ۲ می‌توان گفت تأثیر عصاره گیاه در کاهش نیتروژن خاک بیشتر از مصرف پودری بود. این امر محتملاً ناشی از سرعت عمل سریع واکنش‌های شیمیایی است که بین اجزای خاک و محتویات عصاره گیاه رخ داده است. در حالیکه اثرات آللوپاتی پودر مرزنجوش طی مدت زمان طولانی بر کاهش میزان نیتروژن خاک عمل کرده و ممکن است نسبت به عصاره پایدارتر باشد.

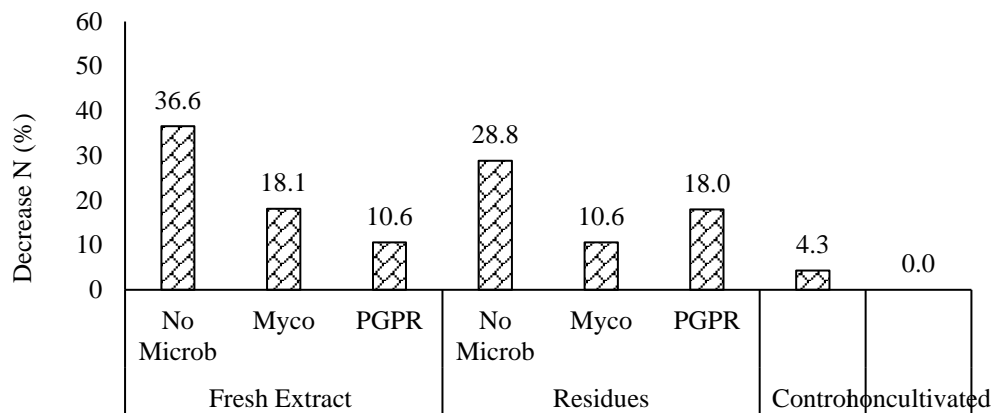
کاهش نیتروژن خاک نسبت به تیمار کشت نشده مربوط به عصاره و پودر بدون تلقیح میکروبی بترتیب ۳۶/۴ و ۲۸/۸ درصد و کمترین آن در کنترل به میزان ۴/۳ درصد که می‌تواند ناشی از مصرف گیاه ذرت باشد مشاهده گردید این اتفاق را می‌توان به تأثیر مثبت تیمار میکروبی در مقابله با اثرات منفی آللوپاتی پودر و عصاره مصرفی مرزنجوش نسبت داد (شکل ۲). محققان گزارش کردند که افزایش تحمل به آللوشیمیایی توسط گیاهان کلون شده با AMF¹ به دلیل تخریب آللوشیمیایی‌ها توسط قارچ کمتر است زیرا تنها کربن مورد استفاده این قارچ‌ها توسط میزبان گیاهی آنها تامین می‌شود و تصور نمی‌شود که قارچ‌ها از سایر منابع کربن را از محیط جذب کنند (Smith & Read., 2008). این قارچ‌ها اغلب تغذیه گیاه را بهبود می‌بخشند و به احتمال زیاد تحمل گیاه را در برابر تنش‌هایی مانند قرار گرفتن در معرض آللوشیمیایی‌ها با تسهیل بهبود گیاهان تحت



شکل ۱- تأثیر پودر، عصاره مرزنجوش و تلقیح میکروبی بر نیتروژن کل در خاک مورد مطالعه

Figure 1. Effect of residues, fresh extract of *Origanum vulgare* L. and microbial inoculation on total nitrogen in studied soil

1 - Arbuscular and ectomycorrhizal fungi



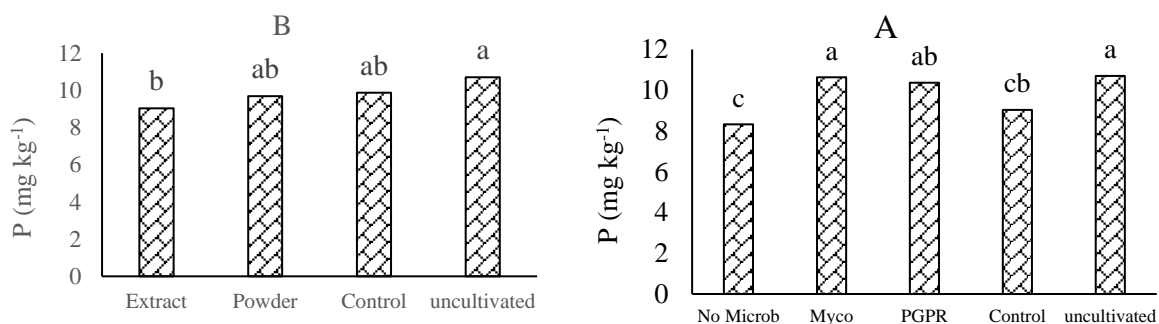
شکل ۲- تأثیر تیمارها بر نیتروژن در خاک

Figure 2. Effects of treatments on soil nitrogen

ممکن است کاهش فسفر خاک ناشی از زیادی غلظت ترکیبات عصاره و یا پودر گیاه دارویی باشد همچنان که محققان گزارش کردند آلوده‌شیمیایی‌ها در غلظت کم باعث رشد و در غلظت‌های بالا می‌تواند رشد گیاه را سرکوب کنند. (Hussain & Abbas, 2021). از سوی دیگر یکی از راهکارهای موثر برای افزایش قابلیت جذب فسفر در خاک را استفاده از ریز موجودات خاکری که توانایی انحلال فسفات‌های نامحلول آلی و معدنی و تبدیل آن به فسفر محلول را دارند، می‌باشد (Hajiboland *et al.*, 2007). همچنین واحدی و رسولی صدقیانی (-Vahedi & Rasouli, 2019) گزارش کردند که تلقیح میکروبی در خاک سبب افزایش معنی‌دار فسفر نسبت به تیمار شاهد در گیاه گندم شد. لذا استفاده از پتانسیل میکروارگانوسم‌ها از طریق افزایش قابلیت دسترسی به عناصر غذایی و افزایش گسترش ریشه موجب افزایش جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر توسط گیاه می‌شود. تأثیر عصاره مرزنجوش در کاهش فسفر قابل استفاده خاک نسبت به کاربرد پودری بیشتر بود.

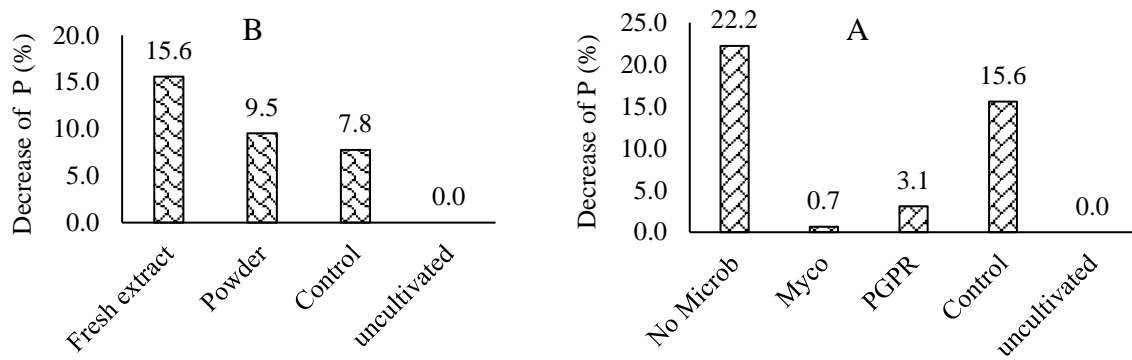
فسفر قابل استفاده خاک

تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی تلقیح میکروبی، پودر و عصاره گیاه مرزنجوش بر میزان فسفر قابل استفاده خاک معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین مقدار فسفر قابل استفاده خاک در تیمار کشت نشده، بدون تلقیح میکروبی و عصاره بترتیب ۱۰/۷، ۹/۰۳ و ۸/۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم حاصل گردید (شکل ۳). تلقیح میکروبی باعث تقویت فسفر ولی عصاره مرزنجوش موجب کاهش آن در خاک شده است. بیشترین میزان کاهش فسفر قابل استفاده خاک مربوط به تیمار بدون تلقیح میکروبی (۲۲/۲ درصد) و در تیمار با عصاره مرزنجوش (۱۵/۶ درصد) بدست آمد. حداقل کاهش نیز در تیمار با تلقیح میکروبی میکوریز و PGPR بترتیب به میزان ۰/۷ و ۳/۱ درصد مشاهده گردید (شکل ۴). با توجه به مقدار کم فسفر بومی خاک، تلقیح میکروبی در افزایش میزان فسفر خاک کارایی بیشتری در ممانعت از کاهش اثرات منفی آلوپاتی مرزنجوش داشت.



شکل ۳- تأثیر تلقیح میکروبی (الف)، پودر و عصاره گیاه مرزنجوش (ب) بر فسفر قابل استفاده در خاک مورد مطالعه

Figure 3. Effect of microbial inoculation (A), residues and fresh extract of *Origanum vulgare* L. (B) on availability of phosphorus in studied soil

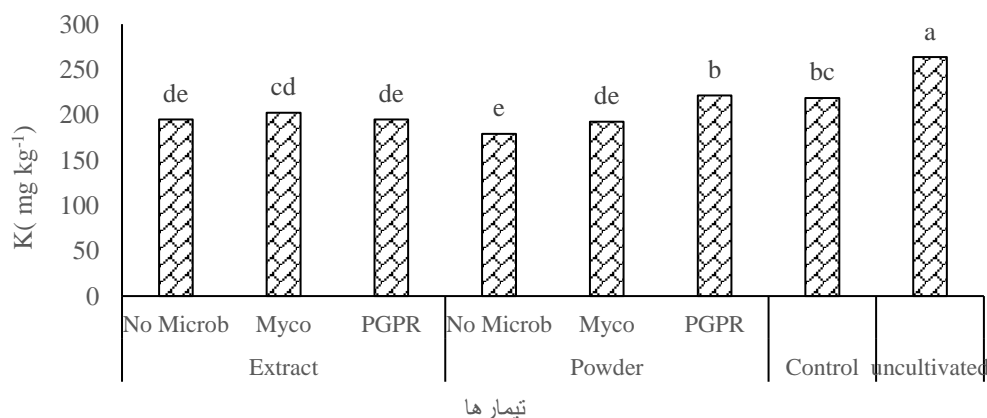


شکل ۴- تأثیر تلقیح میکروبی (الف)، پودر و عصاره گیاه مرزنجوش (ب) بر فسفر قابل استفاده در خاک مورد مطالعه
Figure 4. Effect of microbial inoculation (A), residues and fresh extract of *Origanum vulgare* L. (B) on phosphorus in studied soil

پتاسیم قابل استفاده خاک

شبه‌درب باعث کاهش معنی دار جولنه زنی و کاهش جذب عناصر شد و با افزایش غلظت عصاره جذب پتاسیم کاهش یافت (Ebrahimi *et al.*, 2017). همچنین گزارش کردند که سینامیک اسید و پارا هیدروکسی بنزوئیک اسید، مواد آلووشیمیایی اصلی در مواد ترشح شده از ریشه خیار هستند و فعالیت دهیدروژنازها، ATP آرها و نیترات ردوکتازهای ریشه خیار را مهار کرده و جذب نیترات و پتاسیم در ریشه را مهار می کنند (Lv *et al.*, 2002).

اثرات متقابل تیمارها در مقدار پتاسیم خاک در سطح ۰/۱ درصد معنی دار بود. حداکثر و حداقل مقدار پتاسیم بترتیب در نمونه خاک نرمال و تیمار عصاره بدون تلقیح میکروبی ۲۶۴ و ۱۷۹ میلی گرم بر کیلوگرم تعیین شد (شکل ۵). بیشترین و کمترین کاهش پتاسیم خاک ناشی از اثرات آلوپاتی گیاه مرزنجوش بترتیب ۳۲/۱ و ۱۶ درصد بود. اثرات منفی عصاره نسبت به پودر گیاه مرزنجوش بیشتر بود. در پژوهشی تأثیر آلوپاتی شبه‌درب بر جوانه زنی و جذب عناصر غذایی اسپند انجام شد نشان دادند که عصاره



شکل ۵- تأثیر تیمارها بر پتاسیم قابل استفاده خاک

Figure 5. Effect of treatments on availability of soil potassium

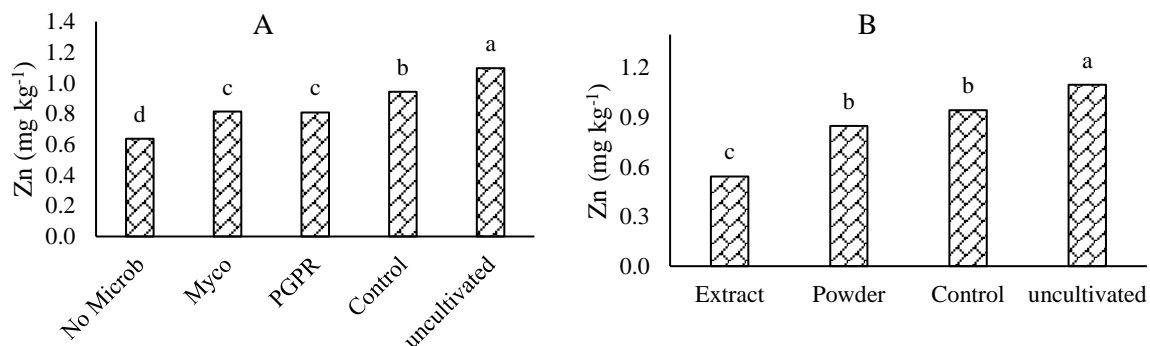
میلی گرم بر کیلوگرم) و کمترین (۰/۵۴ میلی گرم بر کیلوگرم) مقدار روی قابل استفاده بترتیب در نمونه نرمال و تیمار با عصاره گیاه مرزنجوش و بدون تلقیح میکروبی مشاهده شد. لازم به ذکر است که این کاهش عمدتاً تحت

روی قابل استفاده خاک

کاربرد پودر، عصاره و تلقیح میکروبی بر مقدار Zn قابل استفاده خاک اثرات معنی داری داشت ($p < 0.001$) (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین (۱/۱)

همچنین نفوذپذیری غشاء نسبت به جذب یون های معدنی را تغییر می دهد (Alam *et al.*, 2015). محققان گزارش کردند که غلظت عصاره و یا پودر گیاهان آللوپاتیک استفاده شده به لحاظ رفتار در خاک مهم است چون آللوشیمیایی ها در غلظت کم باعث رشد و در غلظت های بالا می تواند رشد گیاه را سرکوب کند. بر این اساس می توان از ترکیبات آللوپاتیک برای کنترل علف های هرز با استفاده از غلظت بالای بقایا و یا عصاره آبی گیاهان استفاده کرد (Hussain & Abbas, 2021).

تأثیر عصاره گیاه (۵۰/۶٪) و بدون تلقیح میکروبی (۴۱/۹٪) بود (شکل ۶). بر اساس تحقیقات بعمل آمده گزارش شده است که عصاره شبدر باعث کاهش معنی دار در جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی (Zn) و منگنز (Mn) شد و حداکثر Zn در تیمار شاهد بود (Ebrahimi *et al.*, 2017). دانشمندان مکانیسم های مختلفی را در رابطه با کاهش جذب عناصر تحت تأثیر آللوپاتیک ها ارائه کردند از جمله اینکه ترکیبات آللوشیمیایی می تواند ATP سلولی را از طریق مهار انتقال الکترون و فسفوریلاسیون اکسیداتیو را کاهش می دهند،

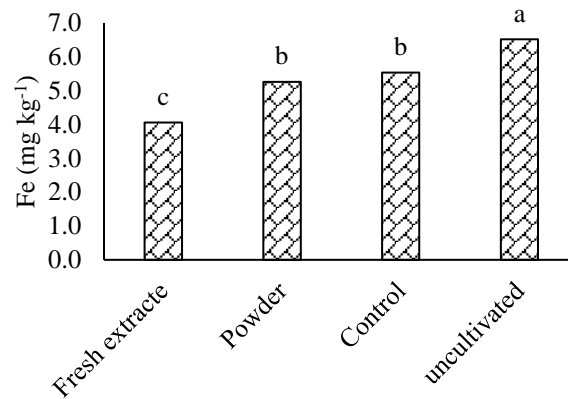


شکل ۶- تأثیر تلقیح میکروبی (الف)، پودر و عصاره گیاه مرزنجوش (ب) بر Zn قابل استفاده خاک مورد مطالعه
Figure 6. Effect of microbial inoculation (A), residues and fresh extract of *Origanum vulgare* L. (B) on availability of phosphorus in studied soil

سایر تیمارها ناشی از مصرف پودر و عصاره همراه با تلقیح میکروبی رخ داد (شکل ۷). محققان طی بررسی های خود تأثیر غلظت های مختلف اسیدهای فنولیک (اسید سیرینگیک، اسید کافئیک، اسید پروتوکاتچوئیک) بر جذب مواد مغذی توسط نهال های لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata*) گزارش کردند که غلظت اسیدهای فنولیک جذب آهن، مولیبدن و فسفر را کاهش داد ولی در جذب منیزیم موثر نبود. کاهش جذب یون توسط اسیدهای فنولیک در نخود باعث کاهش وزن خشک در این گیاهان شد (Alsaadawi *et al.*, 1986a)

آهن قابل استفاده خاک

میزان آهن (Fe) قابل استفاده خاک تحت تأثیر تیمار عصاره و پودر مرزنجوش معنی دار بود ($p < 0.01$) ولی اثرات تلقیح میکروبی و متقابل آنها معنی دار نشد (جدول ۴-۲). مقایسه میانگین داده ها نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار آهن قابل استفاده بترتیب در نمونه کنترل و تیمار با عصاره گیاه مرزنجوش به میزان ۶/۵۲ و ۴/۴۶ میلی گرم بر کیلوگرم مشاهده شد. لازم به ذکر است کاهش در نمونه کنترل صرفاً تحت تأثیر مصرف گیاه ذرت بود در حالیکه کاهش آهن در



شکل ۷- تأثیر پودر و عصاره گیاه مرزنجوش بر آهن قابل استفاده خاک مورد مطالعه

Figure 7. Effect of residues and fresh extract of *Origanum vulgare* L. (B) on availability of iron in studied soil

نتایج تجزیه واریانس حاکی از تأثیر معنی دار عصاره، پودر گیاه مرزنجوش و همچنین تلقیح میکروبی و اثرات متقابل آنها بر میزان ماده خشک گیاه، غلظت نیتروژن، فسفر، روی، آهن و پتاسیم بود (جدول ۳).

تأثیر پودر-عصاره گیاه مرزنجوش و تلقیح میکروبی (میکوریز و PGPR) بر عملکرد و غلظت برخی عناصر غذایی در گیاه ذرت

جدول ۳- تجزیه واریانس برخی ویژگیهای شیمیایی و حاصلخیزی خاک

Table 3. Variance analysis of some chemical and fertility characteristics of soil

Sources	df	Mean of squares						
		Fe	Zn	K	P	N	D.M	R. Colonization
A	2	21688.3***	512.75***	35.72**	1.289***	0.132***	74.89***	630.28***
B	2	3358.4***	57.84***	1.430*	0.2029***	0.0653*	16.834***	135.068***
B*A	2	122.60ns	0.375ns	0.0647ns	0.0022ns	0.0096ns	2.137*	3.095***
Error	14	54.152	2.349	0.087	0.00196	0.0175	0.461	0.3047
C.V (%)	-	4.02	4.066	6.366	5.695	12.845	9.190	3.484

A: پودر- عصاره B: تلقیح میکروبی

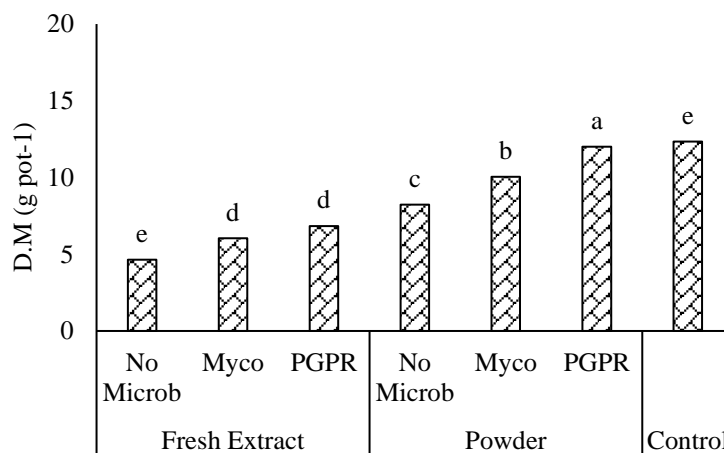
بیش از حد ماده خشک گیاه ذرت در برابر اثرات منفی آللوپاتها شده است. گفته شده است که میکروبا نقش مهمی در محدود کردن اثرات آللوپاتیک (تخریب میکروبی آللوشیمیاییها) در محیط های طبیعی دارند، (Hauser, 1993). همچنین افزایش ماده خشک گیاه می تواند ناشی از بهبود شرایط رشدی تحت تأثیر تلقیح میکروبی در خاک باشد. در مطالعه ای که بر روی گیاه دارویی بشقابی (*Scutellaria integrifolia*) انجام شده بود، اظهار داشتند که تلقیح ریشه گیاه با میکوریزا نه تنها در رشد و تکثیر

عملکرد ماده خشک گیاه

مقایسه میانگین داده های نشان داد که بیشترین مقدار ماده خشک گیاه (۱۲/۳۴ g/pot) مربوط به تیمار کنترل و کمترین آن (۴/۶۵ g/pot) در تیمار با عصاره بدون تلقیح میکروبی مشاهده گردید (شکل ۸). می توان گفت تیمارها توانستند وزن ماده خشک گیاه را بترتیب ۲/۷ و ۶۲/۳ درصد کاهش دهند. مقدار ماده خشک در تیمار پودر گیاه مرزنجوش با تلقیح PGPR در یک گروه آماری قرار گرفتند. چنین استنباط می شود که تلقیح میکروبی مانع از کاهش

تبادلی روزنه‌های برگ در گیاه خیار شد همچنین تعرق غلظت دی اکسیدکربن در بافت‌های برگگی کاهش یافت و در نتیجه سبب کاهش میزان اسیمیلاسیون و در نهایت کاهش رشد تعداد گل در دانه‌های خیار گردید. در همین ارتباط مشخص شده است که مواد آلوشیمیایی موجود در اندامهای گیاهی، به طور عمده، با کاهش تنفس فتوسنتز سبب کاهش رشد گیاهان هدف می‌شوند (Quan *et al.*, 2003).

ریشه و اندام هوایی گیاه موثر بود بلکه توانایی گیاه نسبت به رشد در خاک هائی با کمبود فسفر را افزایش دادند (Joshee *et al.*, 2007). لازم به ذکر است افزایش عملکرد گیاه علاوه بر تامین بهینه عناصر غذایی در خاک به فاکتورهای فیزیولوژیکی گیاه که تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرند نیز دارند. گزارش شده است که ترشحات ریشه و عصاره‌های آبی خیار (*Cucumis sativus*) و آلوشیمیایی ها، باعث کاهش پراکسیداسیون غشاء سلولی و ظرفیت



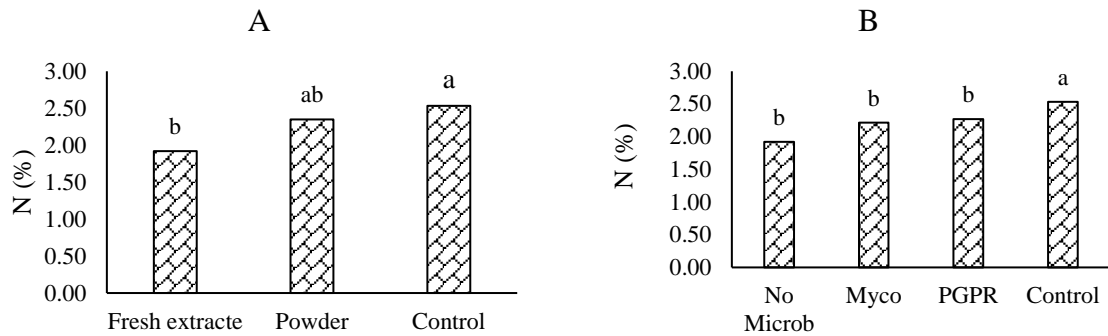
شکل ۸- تأثیر پودر-عصاره گیاه مرزنجوش و تلقیح میکروبی بر عملکرد ماده خشک ذرت

Figure 8. Effect of residues, fresh extract of *Origanum vulgare* L. and microbial inoculation on dry matter yield of *Zea mays*

عناصر غذایی تحت تأثیر آللوپاتی تلقیح میکروبی صورت گیرد. محققان نشان داند که برخی از ترکیبات فنلی مانع از جذب K^+ و NO_3^- توسط گیاهان می‌شود (Baziramakenga, 1994). گزارش شده است که اثرات آلوشیمیایی در جذب یون، رابطه مستقیم با غلظت آلوشیمیایی و نوع آنها دارد. به عنوان مثال، غلظت کم دی بوتیل فتالات جذب N را افزایش می‌دهد اما P و K را کاهش می‌دهد. با این حال، غلظت بالای این ماده شیمیایی، جذب N، P و K را مهار می‌کند. به طور مشابه، غلظت کم دی فنیل آمین جذب N و K را تحریک می‌کند اما از جذب فسفر توسط ریشه گوجه فرنگی جلوگیری می‌کند (Geng *et al.*, 2009). در بین نهال‌هایی که عصاره سنگ روسیاه (*hroE. Hermapditum*) را دریافت نکردند، گیاهان میکوریز رشد بهتری نسبت به گیاهان غیرمیکوریزی داشتند و نسبت اندام هوایی به ریشه به لحاظ کمی بیشتر بود (Nilsson *et al.*, 1993).

نیتروژن در گیاه

اثرات اصلی تلقیح میکروبی و پودر-عصاره گیاه مرزنجوش در میزان نیتروژن گیاه ذرت بترتیب در سطح یک دهم و پنج درصد معنی دار بودند ولی اثرات متقابل آنها معنی دار نشد (جدول ۳). تلقیح میکروبی توانست میزان نیتروژن گیاه را ارتقا دهد در حالیکه میزان نیتروژن گیاه در تیمار با پودر و عصاره مرزنجوش کاهش یافت. بیشترین مقدار نیتروژن ۲/۵۳ درصد در کنترل و کمترین آن ۱/۹ درصد در تیمار با عصاره و بدون میکروب تعیین شد. همچنان که در شکل ۹ الف مشاهده می‌شود تأثیر عصاره در کاهش میزان نیتروژن گیاه نسبت به پودر بیشتر بود و توانست نیتروژن گیاه را ۲۴/۳ درصد کاهش دهد. تلقیح میکروبی توانست اثر آللوپاتی را در کاهش نیتروژن گیاه کمتر کند (شکل ۹ الف و ب). لذا توصیه می‌شود بعد از برداشت گیاهان دارویی بهتر است به منظور جلوگیری از کمبود



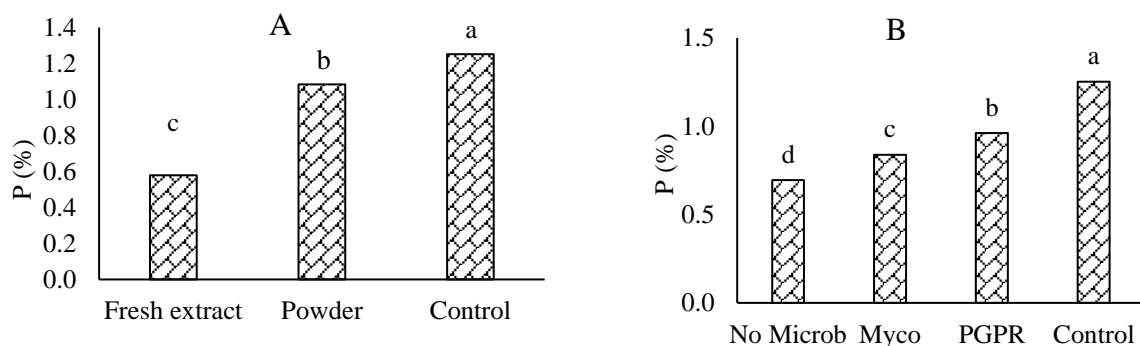
شکل ۹- تأثیر پودر، عصاره مرزنجوش و تلقیح میکروبی بر نیتروژن گیاه ذرت

Figure 9. Effect of residues, fresh extract of *Origanum vulgare* L. (A) and microbial inoculation (B) on *Zea mays* plant nitrogen

گزارش کردند که توان باکتری ها در حل کردن فسفات‌های نامحلول بیشتر از قارچ هاست. لذا با این وصف افزایش بیشتر میزان فسفر در تیمار باکتریایی سودوموناس مستدل خواهد بود. واحدی و رسولی صدقیانی (Vahedi & Rasouli-Sadaghiani., 2019) گزارش کردند که تلقیح میکروبی در خاک سبب افزایش معنی دار فسفر نسبت به تیمار شاهد در گیاه گندم شد. دلیل احتمالی دیگر برای جذب در تیمارهای تلقیح میکروبی به علت افزایش سطح جذب، با گسترش ریشه بدلیل وجود میزان مطلوب عناصر غذایی قابل جذب می باشد. همچنین اسیدهای آلی تولید شده توسط قارچ و باکتری می تواند بر انحلال کانی ها اثر گذاشته و توانایی جذب فسفر توسط گیاه را افزایش دهد. لذا نتایج نشان می دهد استفاده از پتانسیل میکروارگانیسم ها از طریق افزایش قابلیت دسترسی به عناصر غذایی و افزایش گسترش ریشه موجب افزایش جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر توسط گیاه گردد (Vahedi. & Rasouli-Sadaghiani, 2019).

فسفر در گیاه

تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی تیمار نوع مصرف و تلقیح میکروبی در سطح احتمال یک دهم درصد بر میزان فسفر گیاه ذرت معنی دار بود ولی اثرات متقابل آنها معنی دار نشد (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین داده ها، بیشترین مقدار فسفر در تیمار کنترل ۱/۲۵ درصد و کمترین آن در نمونه تیمار با عصاره و بدون تلقیح میکروبی بترتیب ۰/۵۸ و ۰/۶۸ درصد مشاهده گردید (شکل ۱۰). تیمار با عصاره مرزنجوش توانست مقدار جذب فسفر توسط گیاه را بیش از ۵۳/۵ درصد و عدم تیمار با میکروب ۴۴/۴ درصد کاهش دهد. ژن و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که غلظت کم دی بوتیل فتالات (از ترکیبات آلویشیمیایی ها) جذب N را افزایش می دهد اما جذب P و K را کاهش می دهد. لازم به ذکر است توان PGPR نسبت به قارچ میکوریز در ممانعت از کاهش فسفر گیاه تحت تأثیر آلویشیمیایی ها بیشتر بود. رنجکار و همکاران (Ranjkar et al., 2007)



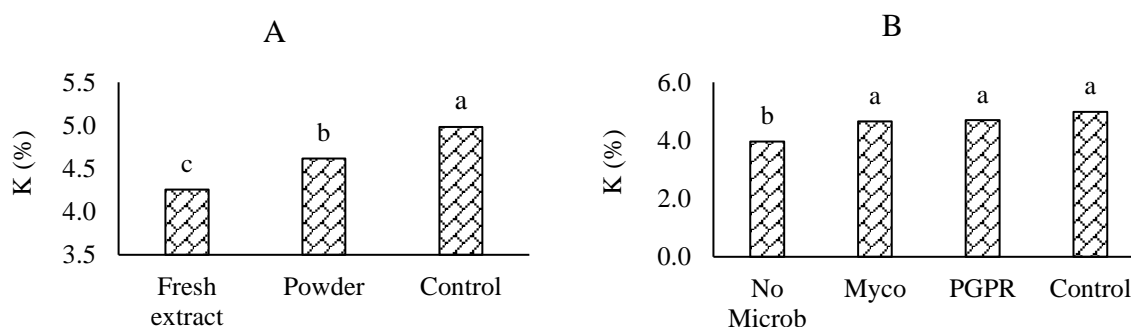
شکل ۱۰- تأثیر پودر، عصاره مرزنجوش (الف) و تلقیح میکروبی (ب) بر فسفر گیاه ذرت

Figure 10. Effect of residues, fresh extract of *Origanum vulgare* L. (A) and microbial inoculation (B) on *Zea mays* plant phosphorus

ممکن است با ایجاد تعادل در pH خاک اطراف ریشه باعث افزایش انحلال کانی های فسفر و پتاسیم و تبدیل آنها به فرم قابل جذب توسط گیاه ذرت شود (Togay *et al.*, 2008). آلووشیمیایی های آزاد شده توسط گیاهان در غلظت های پایین اثرات محرکی دارند (Hussain & Abbas, 2021). مطالعات انجام شده نقش مثبت متابولیت های ثانویه، هورمون ها و برخی دیگر از ترکیبات طبیعی تولید شده توسط گیاهان را در ارتقای رشد گیاه بیان کرده اند (Harms & Oplinger, 1998). آنچه که مسلم است پتاسیم خاک مورد استفاده به لحاظ حاصلخیزی در حد کفایت بود و نیاز گیاه تا حدودی برآورد می شد ولی با این حال جذب پتاسیم را تحت تأثیر قرار داد.

پتاسیم در گیاه

میزان پتاسیم گیاه تحت تأثیر عصاره و پودر گیاه مرزنجوش کاهش یافت. آنچه که در شکل ۱۱-الف مشاهده می شود تأثیر عصاره در کاهش میزان پتاسیم گیاه نسبت به پودر موثرتر بود و توانست پتاسیم گیاه را ۱۴/۶ درصد کاهش دهد در حالیکه کاهش پتاسیم توسط پودر گیاه مرزنجوش تنها ۷/۳ درصد بود. از سوی دیگر اثرات منفی الیوپاتی گیاه مرزنجوش در حضور میکوریز و PGPR کاهش یافت (شکل ۱۱-ب). تحقیقات نشان داد که کاربرد باکتری محرک رشد سودوموناس باعث افزایش جذب عناصر غذایی از جمله فسفر، پتاسیم و سایر عناصر ضروری می گردد. همچنین



شکل ۱۱- تأثیر پودر، عصاره مرزنجوش (الف) و تلقیح میکروبی (ب) بر پتاسیم گیاه ذرت

Figure 11. Effect of residues, fresh extract of *Origanum vulgare* L. (A) and microbial inoculation (B) on *Zea mays* plant potassium

داشتند (شکل ۱۲ الف و ب). کاهش میزان روی در گیاه بین ۱۲/۶ الی ۳۰/۸ درصد در تیمارهای مختلف نسبت به کنترل مشاهده گردید. محققان گزارش کردند که رفتار ترکیبات آلیوپاتیک در وضعیت عناصر متفاوت است. بعنوان نمونه ترکیباتی مانند فرولیک اسید^۳ و سیرینیک اسید^۴ و کافئیک اسید^۵ باعث کمبود عناصر علی الخصوص روی در خیار و سورگوم می شود (Lyu, 1990; booker, 1992; kobza., 1987). این در حالی است که برخی از ترکیبات آلیوپاتیک باعث بهبود جذب عناصر پتاسیم، فسفر، آهن و روی توسط گیاه می شود (Gent *et al.*, 2005., Jakkeral & Kajjidoni, 2011).

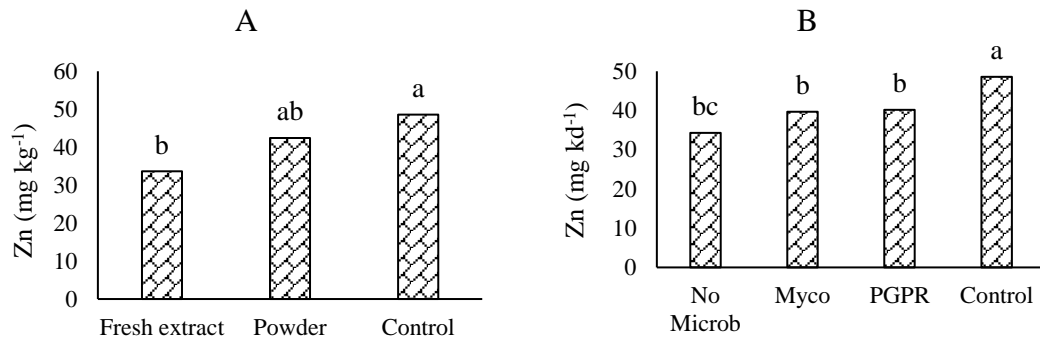
روی (Zn) در گیاه

تجزیه واریانس داده ها حاکی از آن است که اثرات تیمار عصاره، پودر گیاه مرزنجوش و تلقیح میکروبی بر غلظت Zn گیاه ذرت در سطح ۰/۱ درصد تأثیر معنی دار داشت ولی اثرات متقابل تیمارها معنی داری نداشت (جدول ۲). بیشترین مقدار روی در گیاه ذرت ۴۸/۶ میلی گرم بر کیلوگرم در نمونه کنترل و کمترین مقدار آن ۳۳/۶ و ۳۴/۳ میلی گرم بر کیلوگرم در تیمار عصاره و بدون تلقیح میکروبی مشاهده شد. تیمار میکوریز و PGPR نیز در یک گروه آماری یکسان قرار گرفتند ولی نسبت به نمونه کنترل کاهش معنی داری

5 - Caffeic acid

3 - Ferulic acid

4 - Syringic acid



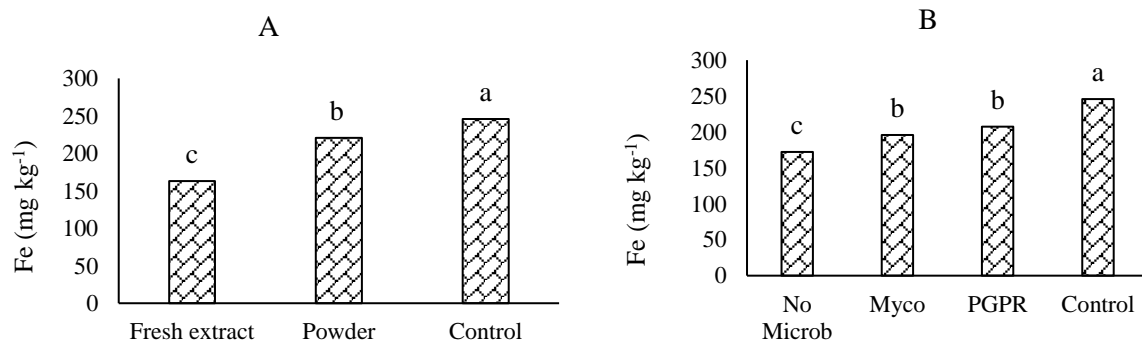
شکل ۱۲- تأثیر پودر، عصاره مرزنجوش (الف) و تلقیح میکروبی (ب) بر Zn گیاه ذرت

Figure 12. Effect of residues, fresh extract of *Origanum vulgare* L. (A) and microbial inoculation (B) on *Zea mays* plant zinc

محمدخانی و ثروتی (Mohammadkhani & Servati, 2018) نیز کاهش آهن در خاک و گیاه گندم تحت اثر آللوپاتی گیاه خارشتر (*Alhagi maurorum*) را گزارش کردند. همچنین بیان شده است که ترکیبات فنلی از طریق مهار جذب مواد غذایی از خاک اطراف، رشد طبیعی گیاه را محدود میکنند (Li *et al.*, 2010). به علاوه فلاونوئیدها به عنوان یک ترکیب فنلی موجب اختلال در متابولیسم هورمون گیاهی اکسین، سنتز پروتئین و جذب یون به وسیله گیاه می شوند و به این ترتیب ریشه را تحت تاثیر قرار میدهند (Al-Watban & Salama, 2012).

آهن در گیاه

اثرات اصلی تلقیح میکروبی و عصاره پودر گیاه مرزنجوش در کاهش میزان آهن گیاه ذرت در سطح احتمال ۰/۱ درصد معنی دار بودند ولی اثرات متقابل آنها معنی دار نشد (جدول ۲). میزان آهن گیاه تحت تیمارهای عصاره و پودر گیاه مرزنجوش کاهش یافت. همانطوریکه در شکل ۱۳ الف مشاهده می شود تأثیر عصاره نسبت به پودر گیاه مرزنجوش در میزان آهن گیاه بیشتر بود و توانست آهن گیاه را ۳۳/۶ درصد کاهش دهد در حالیکه کاهش آهن تحت تأثیر پودر گیاه مرزنجوش ۱۰/۲ درصد حاصل شد.



شکل ۱۳- تأثیر پودر، عصاره مرزنجوش (الف) و تلقیح میکروبی (ب) بر آهن گیاه ذرت

Figure 13. Effect of residues, fresh extract of *Origanum vulgare* L. (A) and microbial inoculation (B) on *Zea mays* plant iron

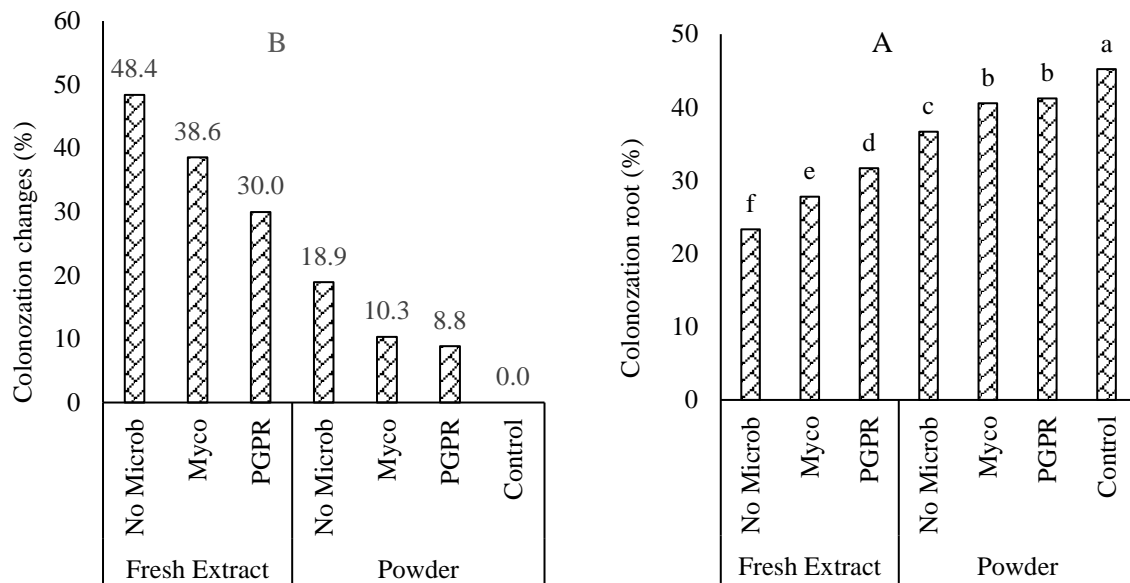
عصاره تر و بدون تلقیح میکروبی ۲۳/۳ درصد ولی در تیمار با پودر ۳۶/۷ درصد در مقایسه با کنترل (۴۵/۲) مشاهده شد. کاهش کلونیزاسیون ریشه تحت تأثیر آلوشیمیایی عصاره تر مرزنجوش در تیمار بدون تلقیح میکروبی بترتیب ۴۸/۴ و در تیمار با پودر ۱۸/۹ درصد حاصل شد (شکل ۱۴) عصاره گیاه نسبت به پودر و همچنین PGPR نسبت

کلونیزاسیون ریشه

تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی و متقابل تیمارها در کلونیزاسیون ریشه در سطح احتمال یک دهم درصد معنی دار بود ($p < 0.001$). مقایسه میانگین داده ها حاکی از کاهش میزان کلونیزاسیون ریشه تحت تأثیر عصاره تر و پودر مرزنجوش بود. میزان کلونیزاسیون ریشه در تیمار با

به میکوریز تأثیر بیشتری در تغییرات کلونیزاسیون ریشه داشت بطوریکه تیمار PGPR و میکوریز در محیط عصاره تر نسبت به شاهد توانست میزان کلونیزاسیون ریشه را بترتیب ۲۶/۳ و ۱۶ درصد افزایش دهد. باکتری‌های میکوریز از طریق مکانیسم‌هایی شامل تولید فاکتورهای رشدی، ممکن است موجب افزایش جوانه زنی اسپورقارچی، رشد میسلیومی، انشعابات و درصد کلونیزاسیون ریشه شوند و همچنین می‌توانند تنش‌های ناشی از خاک را به وسیله سم زدایی مواد آنتاگونیست کاهش دهند (Frey - Heidarpour, 2018).

گزارش شده است که بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه با میکوریزا مربوط به محلول نوولا و بستر کشت ورمی کمپوست (محمدخانی و ثروتی Mohammadkhani & Servati, 2018) بود. در تحقیق دیگر بیشترین درصد کلونیزاسیون نیز در تنش خشکی کم با عملکرد بهتر سودوموناس- قارچ و ازتوباکتر-قارچ به ترتیب با میانگین ۴۴/۱۷ و ۴۲/۶۷ درصد مشاهده شد (Heidarpour, 2018).



شکل ۱۴- تأثیر پودر، عصاره تر مرزنجوش و تلقیح میکروبی (الف) بر کلونیزاسیون ریشه گیاه ذرت (ب) و میزان کاهش آن

Figure 14. Effect of residues, fresh extract of *Origanum vulgare* L. and microbial inoculation on colonization of corn plant roots (A) and its reduction rate (A)

گیاهان دارویی مرزنجوش بر میزان عناصر غذایی در خاک و گیاه نسبت به پودر بیشتر بود. تلقیح میکروبی (میکوریزا و PGPR) اثرات منفی خواص آلیو پاتی ترکیبات شیمیایی مرزنجوش را کاهش داد و با بهبود وضعیت رشد در محیط خاک توانست مانع از کاهش شدید عملکرد ماده خشک گیاه شود. از سوی دیگر با ایجاد رابطه همزیستی باعث افزایش میزان کلونیزاسیون ریشه شود.

نتیجه گیری کلی

گیاه دارویی مرزنجوش دارای ترکیبات شیمیایی متنوعی بوده و غلظت عناصر غذایی در خاک و عملکرد گیاه ذرت را تحت تأثیر قرار داد. میزان قابلیت استفاده عناصر غذایی در خاک و همچنین عملکرد ماده خشک گیاه تحت تأثیر آلووشیمیایی های مرزنجوش کاهش یافت. تأثیر عصاره

Reference

Alam M.T., Manjeri G.R., Rodenburg R.J., Smeitink J.A., Notebaart R.A., Huynen M., Willems P.H. and Koopman W.J. 2015. Skeletal muscle mitochondria of NDUF54 mice display normal maximal pyruvate oxidation and ATP production. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics*, 1847(6-7), pp.526-533.

- Alsaadawi I.S., Al-Hadithy S.M., Arif M.B. 1986a. Effects of three phenolic acids on chlorophyll content and ions uptake in cowpea seedlings. *Journal of Chemical Ecology*, 12: 221–227.
- Al-Watban A. and Salama, H. M. H. 2012. Physiological effects of allelopathic Activity of *Artemisia monosperma* on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *International Research Journal of Plant Science*, 3 (8): 158-163.
- Armada E., Azcón R., López-Castillo O.M., Calvo-Polanco M., Ruiz-Lozano J.M. 2015. Autochthonous arbuscular mycorrhizal fungi and *Bacillus thuringiensis* from a degraded Mediterranean area can be used to improve physiological traits and performance of a plant of agronomic interest under drought conditions. *Plant Physiology and Biochemistry Journal*, 90, 64–74.
- Baziramakenga R, Simard R.R., Leroux G.D. 1994. Effects of benzoic and cinnamic acids on growth, mineral composition, and chlorophyll content of soybean. *Journal of Chemical Ecology*, 20: 2821–2833.
- Booker F.L., Blum U., Fiscus E.L. 1992. Short-term effect of ferulic acid on uptake and water relations in cucumber seedlings, *Journal of Experimental Botany*, 43: 649–655
- Chapman H.D., and Pratt P.F. 1978. Methods of analysis for soils, plants and waters. Division of Agricultural Sciences University of California Berkeley USA, 3043p.
- Cheng YD, Bai YX, Jia M, Chen Y, Wang D, Wu T, Wang G, Yang HW. 2021. Potential risks of nicotine on the germination, growth, and nutritional properties of broad bean. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 1;209: 111797.
- De Neergard A, Porter J. 2000. Allelopathy. Department of Plant Pathology, Physiology and Weed Science.
- Ebrahimi M., Ricki Maryshany A. and Shirmohammadi E., 2017. Allelopathy Effects of *Trifolium alexandrinum* L. on Germination and Nutrient Uptake in Medicinal Plant *Peganum harmala* L. *Journal of Medicinal Plants and By-products*, 6(1): 71-79.
- Egamberdiyeva D., and Höflich G. 2004. Effect of plant growth-promoting bacteria on growth and nutrient uptake of cotton and pea in a semi-arid region of Uzbekistan. *Journal of Arid Environments*, 56(2): 293-301.
- El Kramany M.F., Bahr A.A., Mohamed M.F., and Kabesh M.O. 2007. Utilization of bio-fertilizers in field crops production 16-groundnut yield, its components and seeds content as affected by partial replacement of chemical fertilizers by bio-organic fertilizers. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(1): 25-29.
- Fielding, N., (2015). *The national front*. Routledge.
- Frey- Klett, P., Garbaye, J. and Tarkka, M. 2007. The mycorrhiza helper bacteria revisited. *New phytologist*, 176(1): 22-36.
- Gardner W.K., Barber D.A., and Parbery D.G. 1983. Non-infecting rhizosphere micro-organisms and the mineral nutrition of temperate cereals. *Journal of Plant Nutrition*, 6(2): 185–199. <https://doi.org/10.1080/01904168309363080>.
- Gashash E.A., Osman N.A., Alsahli A.A., Hewait H.M., Ashmawi A.E., Alshallash K.S., El-Taher, A.M., Azab E.S., Abd El-Raouf H.S. and Ibrahim M.F. 2022. Effects of plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and cyanobacteria on botanical characteristics of tomato (*Solanum lycopersicon* L.) plants. *Plants*, 11(20), p.2732.
- Gee, G. W. and J. W. Bauder. (1979). Particle size analysis by hydrometer- a simplified method for routine textural analysis and a sensitivity test of measurement parameters. *Soil Science Society of America Journal*, 1004-1007.
- Geng G.D., Zhang S.Q., Cheng Z.H. 2009. Effects of different allelochemicals on mineral elements absorption of tomato root. *China Vegetables*, 4: 48–51
- Gent M.P.N., Parrish Z.D., White J.C. 2005. Nutrient uptake amongst the subspecies of *Cucurbita pepo* L. is related to exudation of citric acid. *Journal of the American Society for Horticultural Science*: 130: 782–788 .
- Grace C. and Stribley D.P., 1991. A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycological research*, 95(10): 1160-1162.
- Hajiboland R., Aliasgharzadeh N. and Mehrfar Z. 2007. Azotobacter ecological study in two rangelands of Azerbaijan and its inoculation effect on growth and nutrition of wheat plant. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 8(2): 75-90.

- Harms C.L., Oplinger E.S. 1998. Plant growth regulators: Their use in crop production. North Central Region Extension Publication, NCR303. U.S Department of Agriculture Cooperative State Research Service.
- Hauser S. 1993. Effect of *Acioa barteri*, *Cassia siamea*, *Flemingia macrophylla* and *Gmelina arborea* leaves on germination and early development of maize and cassava. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 45:263-273.
- He Y., Pantigoso H.A., Wu Z., Vivanco J.M. 2019. Co-inoculation of *Bacillus* sp. and *Pseudomonas putida* at different development stages acts as a biostimulant to promote growth, yield and nutrient uptake of tomato. *Journal of Applied Microbiology*, 127: 196–207
- Heidarpour Monfared A., Pourmajidian M.R, Farhad R., Hojati M., and Ramak P. 2021. The impact of biological inputs on drought stress resistance in *Celtis caucasica* L. seedlings. *Environmental Science*, 19: 39-56. In Persian.
- Hussain W.S. and Abbas M.M. 2021. Application of allelopathy in crop production. *Agricultural Development in Asia-Potential Use of Nano-Materials and Nano-Technology*, pp.1-10.
- Jabran K., Farooq M., Aziz T. and Siddique K.H.M. 2013. Allelopathy and crop nutrition. *Allelopathy: current trends and future applications*, pp.337-348.
- Jakkeral S.A., and Kajjidoni S.T. 2011. Root exudation of organic acids in selected genotypes under phosphorus deficient condition in blackgram (*Vigna mungo* L. Hepper). *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 24: 316–319
- Jones D.L. and Darrah P.R. 1994. Role of root derived organic acids in the mobilization of nutrients from the rhizosphere. *Plant and soil*, 166(2), pp.247-257.
- Joshee N., S.R. Mentreddy and K. Yadav. 2007. Mycorrhizal fungi and growth and development of micropropagated *scutellaria integrifolia* plants. *Industrial Crops and Products*, 25: 169–177.
- Kobza J. and Einhellig F.A. 1987. The effects of ferulic acid on the mineral nutrition of grain sorghum. *Plant and Soil*, 98, pp.99-109.
- Li Z.H., Wang Q., Ruan X., Pan C.D. and Jiang, D.A. 2010. *Phenolics and plant allelopathy*. *Molecules*, 15(12):8933-8952.
- Lindsay W.L., and Norvel W.A. 1978. Development of a DTPA as a soil response investigation of Mn^{2+} complexation in natural and synthetic organic. *Soil Science Society of America Journal*, 46: 1137-43.
- Lv W.G., Zhang C.L., Yuan F. and Peng Y. 2002. Mechanism of allelochemicals inhibiting continuous cropping cucumber growth. *Chinese Agricultural Science*, 35: 106 -109
- Lyu SW, Blum U. 1990. Effects of ferulic acid, an allelopathic compound, on net P, K, and water uptake by cucumber seedlings in a split-root system. *Journal of Chemical Ecology*, 16: 2429–2439.
- McLean EO. Soil pH and lime requirement. Methods of soil analysis. 1982. Part 2 Chemical and microbiological properties. 1(9): 199-224.
- Mehboob I., Zahir Z.A., Arshad M., Tanveer A., and Azam F. 2011. Growth promoting activities of different *Rhizobium* spp. in wheat. *Pakistan Journal of Botany*, 43(3): 1643-1650.
- Miller D.A. 1996. Allelopathy in forage crop systems. *Agronomy Journal*, 88: 854–859. doi: 10.2134/agronj1996.00021962003600060003x
- Mohammadkhani N. and Servati M. 2018. Nutrient concentration in wheat and soil under allelopathy treatments. *Journal of plant research*, 131: 143-155.
- Nelson D.W., Sommers L.E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Methods of soil analysis: Part 2 chemical and microbiological properties. 1;9: 539-79.
- Nemeskéri E., Horváth K.Z., Andryei B., Ilahy R., Takács S., Neményi A., Pék Z. and Helyes L. 2022. Impact of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Inoculation on the Physiological Response and Productivity Traits of Field-Grown Tomatoes in Hungary. *Horticulture*, 8(7), p.641.
- Nilsson M.C., Högberg P., Zackrisson O. and Fengyou W. 1993. Allelopathic effects by *Empetrum hermaphroditum* on development and nitrogen uptake by roots and mycorrhizae of *Pinus silvestris*. *Canadian Journal of Botany*, 71(4), pp.620-628 .
- Peng S.L., Wen J. and Guo Q.F. 2004. Mechanism and active variety of allelochemicals. *Acta Botanica Sinica-English Edition*, 46(7), pp.757-766.
- Phiri C. 2010. Influence of *Moringa oleifera* leaf extract on germination and early seedling development of major cereals. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 1: 774–777

- Quan Yu, J., Feng Ye, S., Fang Zhang M. and Hai Hu, W. 2003. Effects of root exudates and aqueous root extracts of cucumber (*Cucumis sativus*) and allelochemicals, on photosynthesis and antioxidant enzymes in cucumber. *Biochemical Systematics and Ecology*, 31: 129-139.
- Ranjkar P.N., Tambekar D.H. and Wate S.R. 2007. Study of phosphate solubilization efficiencies of fungi and bacteria isolated from saline belt of Purna River basin. *Research journal of agriculture and Biological Sciences*, 3: 701-703.
- Reigosa M., Pedrol N., and Gonzalez L. 2002. Allelopathy. Science Publishers, Inc. pp. 209-226.
- Reyes-Castillo A., Gerding M., Oyarzúa P., Zagal E., Gerding J. and Fischer S., 2019. Plant growth-promoting rhizobacteria able to improve NPK availability: selection, identification and effects on tomato growth. *Chilean journal of agricultural research*, 79(3), pp.473-485
- Rice E.L. 1984. Allelopathy. 2nd Edn. (New York: Academic Press).
- Sindhu S.S., Parmar P., Phour M., and Kumari K. 2014. Rhizosphere microorganisms for improvement in soil fertility and plant growth. *Microbes in the service of mankind: tiny bugs with huge impact*. JBC Press, New Delhi, pp.32-94.
- Smith S.E. and Read D.J. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. Elsevier Science Ltd, London.
- Togay, Y., Togay. N. Cig., F., Erman, M. and Celen, A.E. 2008. The effect of sulphur applications on nutrient composition, yield and some yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.). *African Journal of Biotechnology*, 7: 3255-3260.
- Unesco. 1996. Culture and Health, Orientation Texts-World Decade for Cultural Development 1988-1997. Document CLT/DEC/PRO-1996. p. 129.
- Vahedi R. and Rasouli-Sadaghiani M.H. 2019. The effect of application of biochar and pruning waste compost with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on availability of macronutrient in wheat rhizosphere. *Applied Soil Research*, 6(4): 16-30.
- Wogiatzi E.; Gougoulias N.; Papachatzis A., Vagelas I., Chouliaras N. 2009. Greek Oregano Essential Oils Production, Phytotoxicity and Antifungal Activity. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 23, 1150-1152.