فنآوری تولیدات گیاهی/ جلد بیست و یکم/ شمارهٔ دوم/ صفحات ۳۷-۴۹/ پاییز و زمستان ۱۴۰۰
DOI: 10.22084/PPT.2022.21366.1983

بررسی تأثیر کود زیستی بیوپتاس و سولفات آهن برخصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد شنبلیله تحت شرایط تنش خشکی

Effect of Biopotase and Iron Sulfate on Physiological Characteristics and Yield of Fenugreek under Drought Stress Conditions

محمدحسین امینی‌فرد[۱*]، حمیرا قادری‌زه[۲]، حسن بیات[۱] و علیرضا صمدزاده[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۱
(مقاله پژوهشی)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر بیوپتاس و سولفات آهن بر خصوصیات فیزیولوژیکی شنبلیله تحت تنش خشکی، آزمایشی در سال ۱۳۹۶، به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. تیمارها شامل تنش خشکی (شامل آبیاری نرمال به‌عنوان عدم‌تنش و قطع آبیاری در اوایل گل‌دهی به‌مدت ۱۴ روز به‌عنوان تنش خشکی) به‌عنوان عامل اصلی و تیمارهای کودی بیوپتاس (۰ (صفر) و ۵ کیلوگرم در هکتار) و سولفات آهن (۰ (صفر) و ۱/۵ در هزار) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که صفات رویشی (ارتفاع، وزن‌تر و خشک بوته، تعداد و سطح برگ)، صفات زایشی (عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته) و رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل کل و کارتنوئید) تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند. کاربرد برهم‌کنش بیوپتاس و سولفات‌آهن سبب افزایش صفات رویشی (ارتفاع، وزن‌تر بوته و تعداد برگ در بوته) گردید. بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در تیمار ۵ کیلوگرم در هکتار بیوپتاس در شرایط عدم‌تنش خشکی مشاهد شد. تیمار سولفات آهن در شرایط عدم‌تنش خشکی سبب افزایش ۲۲/۵درصد وزن هزاردانه نسبت به شاهد در شرایط تنش خشکی شد. هم‌چنین کاربرد برهم‌کنش تنش خشکی، بیوپتاس و سولفات‌آهن توانست ارتفاع بوته، وزن خشک بوته، تعداد برگ در بوته و رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل کل، a و b) تحت تأثیر خود قرار دهد. نتایج حاکی از آن بود که کود زیستی بیوپتاس و سولفات آهن، توانست تنش خشکی را در گیاه شنبلیله تعدیل نمایند و موجب بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی این گیاه مهم گردد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، رشد زایشی، کود زیستی، گیاه دارویی

۱ و ۲. به‌ترتیب دانشیار و دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۳. مربی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
*: نویسنده مسئول Email: mh.aminifard@birjand.ac.ir

مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد نویسنده دوم به‌راهنمایی آقای محمدحسین امینی‌فرد می‌باشد.

مقدمه

تمایل به تولید گیاهان دارویی و تقاضا برای این محصولات به خصوص در شرایط تولیدی اکولوژیک در جهان رو به افزایش می‌باشد (*کاروبا*[1] و همکاران، 2001). یکی از گیاهان دارویی که در طب سنتی ایران و ملل مختلف سابقه مصرف دیرینه داشته و خواص درمانی متعددی برای آن ذکر شده، گیاه شنبلیله است. شنبلیله دارای خواص متعدد دارویی نظیر اثر تقویتی، ملین، اشتهاآور، ضدتب، افزایش‌دهنده میزان شیر و کاهش دهنده قند خون می‌باشد، هم‌چنین این گیاه دارای اثر گشادکنندگی عروق خونی بوده که مانع از بروز سکته قلبی می‌شود (سیفی و همکاران، ۱۳۸۳). تنش خشکی یکی از مهم ترین تنش‌های محیطی است که رشد و تولیدات گیاهی را بیش از سایر تنش‌های زیستی و غیرزیستی کاهش می‌دهد. مهم‌ترین اثرات تنش خشکی در گیاهان زراعی، کاهش تقسیم و توسعه سلولی، اندازه برگ، طویل شدن ساقه، تولید ریشه و کاهش راندمان مصرف آب است(*لنین*[2] و همکاران، 2010). نگهداری وضعیت رطوبتی در حد بهینه و حفظ ساختار پلیمرهای زیستی در شرایط تنش، برای بقاء گیاه بسیار مهم است (*کوزنتسو* و *شویواکووا*[3]، 1999). کاربرد مقادیر مناسب کود برای تولید گیاهان دارویی در مناطق خشک و نیمه‌خشک مهم می‌باشد (*زو*[4] و همکاران، 2009). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که استفاده از کودهای مناسب، اثر مخرب تنش خشکی را بر عملکرد زیست‌توده کاهش می‌دهد (*رام*[5] و همکاران، 2006). گزارش شده که گیاهی که خوب تغذیه شده و به مقدار کافی عناصر غذایی را دریافت کرده باشد، مقاومت بهتری به خشکی خواهد داشت و در این راستا کمیت و کیفیت محصول نیز تحت تأثیر قرار خواه گرفت (*لی*[6] و همکاران، 1993). محلول پاشی یا تغذیه برگی از یکی راه‌های مؤثر برطرف کردن نیاز غذایی گیاهان به عناصر کم‌مصرف می‌باشد (سیلسپور[7]، 2006). عناصر کم‌مصرف ازجمله عنصر آهن با وجود این‌که به مقدار بسیارکم موردنیاز گیاهان هستند ولی نقش‌های برجسته‌ای در رشد و نمو گیاهان به‌عهده دارند که از آن جمله می‌توان به نقش آن‌ها در فعالیت‌های آنزیمی، رشد، تمایز سلولی، تشکیل گل، میوه و بهبود کیفیت محصول اشاره کرد (حسن‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹). *مارشنر*[8] (1995) مشاهده کرد که کمبود آهن باعث توقف رشد برگ و تقسیم سلول و کاهش میزان کلروفیل و سیتوکروم گردید، ولی با مصرف آهن، ساخت مواد در گیاه و هم‌چنین قطر ساقه افزایش یافت. علاوه‌بر عناصر کم مصرف، کودهای زیستی، به‌ویژه باکتری‌های افزاینده رشد گیاه، مهم‌ترین راهبرد در مدیریت تلفیقی تغذیه گیاهی برای نظام کشاورزی پایدار با نهاده کافی به‌صورت تلفیق مصرف کودهای شیمیایی با کاربرد باکتری‌های مذکور است (*شارما*[9]، 2003). از مهم‌ترین مزایای کودهای زیستی، تأمین عناصر غذایی، کمک به افزایش تنوع زیستی، تشدید فعالیت‌های حیاتی، کمک به دسترسی آسان ریشه گیاهان به عناصر غذایی به‌ویژه عناصر پرمصرف و افزایش حلالیت، بهبود کیفیت و حفظ سلامت محیط زیست می‌باشد (صالح راستین، ۱۳۸۰). کود پتاس بارور حاوی دو باکتری حل‌کننده پتاسیم است که ترکیبات نامحلول پتاسیم موجود در خاک اطراف ریشه را تجزیه کرده و با رهاسازی این یون، دسترسی ریشه گیاهان به یون پتاسیم افزایش می‌یابد. *شالان*[10] (2005) با بررسی اثر تلقیح باکتری های محرک رشد بر سیاهدانه اظهار داشت که تلقیح با آزوسپیریلوم، ازتوباکتر و سودوموناس باعث افزایش تعداد شاخه جانبی می‌شود. هم‌چنین تأثیر انواع کودهای زیستی در افزایش تعداد شاخه اصلی و فرعی گیاه دارویی رازیانه معنی‌دار گزارش شده (مرادی، ۱۳۸۸) لذا با توجه به موارد اشاره شده و کمبود اطلاعات علمی در زمینه تلفیق کودها، هدف از اجرای این طرح، مطالعه و ارزیابی تأثیر کود زیستی بیوپتاس و عنصر کم‌مصرف آهن بر روی رشد رویشی و زایشی گیاه دارویی شنبلیه تحت شرایط تنش خشکی می‌باشد. در این پژوهش سعی در دستیابی به یافتن ترکیب کودی مناسب، متشکل از بیوپتاس و سولفات آهن در شرایط تنش خشکی برای گیاه شنبلیله خواهد شد، که تاکنون تحقیق مشخصی در این زمینه صورت نگرفته است، تا بتوان در جهت تولید پایدار و افزایش کیفیت این گیاه دارویی مهم گام برداشت.

مواد و روش

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل: تنش خشکی در دو سطح (شامل آبیاری نرمال به‌عنوان عدم تنش و قطع آبیاری در اوایل گل‌دهی به‌مدت ۱۴ روز به‌عنوان تنش خشکی) به‌عنوان عامل اصلی در نظر گرفته

1. Carrubba
2. Lenin
3. Kuzentsov and Shevykova
4. Zhu
5. Ram
6. Lai
7. Silspour
8. Marschner
9. Sharma
10. Shaalan

شد و تیمارهای کودی بیوپتاس (۰ و ۵ کیلوگرم در هکتار) و سولفات آهن (۰ و ۱/۵ در هزار) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. قبل از کشت جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه برداری مرکب شد (جدول ۱). به‌منظور انجام آزمایش، پس از عملیات شخم، دیسک و مسطح کردن خاک، اقدام به کرت بندی زمین نموده و کرت‌هایی به ابعاد ۲ × ۲ متر ایجاد گردید، فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها از یکدیگر به‌ترتیب ۱ و ۲ متر (با احتساب جوی‌های آبیاری) در نظر گرفته شد. کشت به‌صورت خطی در ۵ اردیبهشت سال ۱۳۹۵ انجام گرفت. هر کرت دارای ۵ ردیف کاشت که فاصله کاشت بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف‌ها ۱۰ سانتی‌متر و در عمق کاشت ۱ تا ۱/۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد که بعد از تنک در مرحله ۴ تا ۶ برگی، فاصله روی ردیف‌ها اعمال گردید. آبیاری اول هم‌زمان با کاشت (۵ اردیبهشت ۱۳۹۵به‌صورت سطحی) و آبیاری دوم، ۵ روز بعد از آبیاری اول به‌منظور تسهیل در سبز شدن بذرها انجام شد. در طی دوره رشد گیاه، آبیاری به‌طور مرتب هر پنج روز انجام شد. کود زیستی بیوپتاس از شرکت مهر آسیا تهیه شد. برای تلقیح بذور با مایه تلقیح باکتری با تعداد 10^8 سلول زنده در هر گرم، بذور را با این مایه مخلوط نموده به‌طوری‌که یک پوشش کاملاً یکنواخت از این مایه‌های تلقیحی روی سطح بذور تشکیل گردید و سپس در زیر خاک قرار داده شدند. هم چنین مرحله دوم استفاده از کود زیستی بیوپتاس در مرحله ۸ برگی همراه با آب آبیاری و مرحله سوم یک ماه بعد از مرحله دوم بود. منبع عنصر آهن، کود سولفات‌آهن (تهیه شده از مرک آلمان) بود که به‌صورت محلول‌پاشی از مرحله ۸ برگی تا مرحله گل‌دهی طی سه نوبت به فاصله ۱۴روز اعمال گردید. تنش خشکی (قطع آبیاری) در در اوایل مرحله گل‌دهی به مدت ۱۴ روز بروی گیاهان شنبلیله (تیمارهای موردنظر) اعمال شد. وجین علف‌های هرز و سله‌شکنی در چند مرحله انجام گردید. آفت و بیماری خاصی در طول دوره رشد مشاهده نشد. در پایان دوره رشد، هم‌زمان با رسیدگی فیزیولوژیک (زرد شدن برگ‌ها و غلاف‌ها) از هر کرت ۱۰ بوته با در نظر گرفتن اثرات حاشیه ای به‌طور تصادفی انتخاب شده و سپس صفات شامل ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد شاخه فرعی، وزن‌تر و خشک بوته، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و وزن هزاردانه اندازه‌گیری شدند. برای تعیین عملکرد نهایی پس از حذف اثر حاشیه‌ای کل بوته‌های هر کرت کف‌بر شده و پس از کوبیدن، دانه‌ها جدا و برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. شاخص برداشت نیز از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک به‌صورت درصد محاسبه شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش از نرم‌افزار SAS 9.1 استفاده شد. میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش

Table 1: Physical and chemical properties of soil used in experiment

بافت خاک Texture soil	پی اچ pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس) EC ($ds.m^{-1}$)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم(میلی‌گرم بر کیلوگرم) K ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل(درصد) Total N (%)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)
لومی Loam	7.7	2.3	25	130	0.06	0.68

نتایج

ارتفاع و تعداد شاخه جانبی وزن‌تر و خشک بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، اثر ساده تنش خشکی بر صفات ارتفاع، تعداد شاخه جانبی، وزن‌تر و خشک بوته شنبلیله معنی‌دار شد. اثر متقابل تنش خشکی و بیوپتاس بر روی وزن‌تر گیاه معنی‌دار گردید، به‌طوری‌که تیمار بیوپتاس در شرایط عدم تنش خشکی سبب افزایش ۵۴/۲۳ درصدی وزن‌تر بوته نسبت به شاهد (عدم کوددهی) در شرایط تنش خشکی گردید (جدول ۴). نتایج حاصل از برهم‌کنش تنش خشکی با تیمارهای کودی بیوپتاس و سولفات‌آهن اثر معنی‌داری بر صفات ارتفاع و وزن خشک بوته داشت (جدول ۱۱) به‌طوری‌که تیمارهای کودی در شرایط آبیاری در مقایسه با شاهد، ارتفاع گیاه را به میزان ۳۹/۵ درصد افزایش دادند.

تعداد و سطح برگ

صفت تعداد برگ تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت، بیش‌ترین تعداد برگ (۳۶/۸۶) در شرایط عدم تنش خشکی و کم‌ترین تعداد برگ (۳۱/۲۷) در شرایط تنش به‌دست آمد (جدول ۱). نتایج حاصل از برهم‌کنش تنش خشکی با تیمارهای کودی بیوپتاس و سولفات آهن اثر معنی‌داری بر صفات تعداد و سطح برگ گیاه داشت. برهم‌کنش تنش خشکی و بیوپتاس نشان داد که بیش‌ترین میزان سطح برگ (۳۴۵/۶۶ میلی‌مترمربع) در شرایط عدم تنش خشکی و تیمار

۵ کیلوگرم در هکتار بیوپتاس و کم‌ترین میزان سطح برگ (۲۷۷/۱۲ میلی‌مترمربع) در شرایط تنش خشکی و در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۴). با توجه به نتایج، بیش‌ترین تعداد برگ (۴۴/۴۴) در شرایط عدم تنش و در تیمارهای کودی ۵ کیلوگرم در هکتار بیوپتاس و سولفات آهن ۱/۵ در هزار مشاهده شد (جدول ۱۱).

تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف

تنش خشکی و بیوپتاس اثر معنی‌داری بر صفت تعداد غلاف در بوته داشت. نتایج نشان داد بیش‌ترین تعداد غلاف در بوته با ۱۱/۳۳ در شرایط عدم تنش خشکی و کم‌ترین تعداد غلاف در بوته با ۸/۹۱ در شرایط تنش خشکی به‌دست آمد، (جدول ۵). باتوجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها بیش‌ترین تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته (به‌ترتیب، ۱۱ و ۱۵/۹۱) در تیمار کودی بیوپتاس ۵ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین تعداد این صفات (۹/۲۵ و ۱۴/۰۸) (جدول ۶).

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تنش خشکی اثر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک داشته است. به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار با۲۴۳۱/۳ کیلوگرم بر هکتار عملکرد بیولوژیک در شرایط عدم تنش خشکی و کم‌ترین مقدار با ۱۶۶۱/۵کیلوگرم بر هکتار عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش خشکی به‌دست آمد (جدول ۵)، هم‌چنین تیمارهای کودی بیوپتاس و اثر متقابل تنش خشکی و بیوپتاس بر عمکرد بیولوژیک معنی‌دارشد، به‌طوری که تیمار بیوپتاس در شرایط عدم تنش خشکی سبب افزایش ۶۵/۳ درصد عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد در شرایط تنش خشکی گشت (جدول ۸).

عملکرد دانه

با توجه به نتایج تنش خشکی اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت. شرایط عدم تنش خشکی (آبیاری) سبب افزایش ۴۰/۳۹ درصدی عملکرد دانه نسبت به شرایط تنش خشکی گردید. تیمارهای بیوپتاس و سولفات آهن و اثر متقابل تنش خشکی و بیوپتاس بر عمکرد دانه معنی‌دار شد، به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد دانه ۱۵۳۱/۲۵ کیلوگرم بر هکتار در شرایط عدم تنش خشکی و تیمار کودی ۵ کیلوگرم بر هکتار بیوپتاس وکم‌ترین مقدار عملکرد دانه ۹۳۱/۲۵ کیلوگرم بر هکتار در شرایط تنش خشکی به‌دست آمده است (جدول ۸).

وزن هزاردانه

تنش خشکی اثر معنی‌داری بر روی وزن هزاردانه نداشت، تیمارهای بیوپتاس و سولفات آهن و برهم‌کنش تنش خشکی و سولفات آهن به‌طورکلی اثر معنی‌داری بر روی وزن هزاردانه داشتند. نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیش‌ترین مقدار وزن هزاردانه با ۱۰/۰۸در تیمار ۵ کیلوگرم بیوپتاس و کم‌ترین وزن هزاردانه با ۹/۲۵ در شاهد به‌دست آمد (جدول ۶). هم‌چنین اثر متقابل تنش خشکی و سولفات آهن بر وزن هزاردانه معنی دار شد، به‌طوری‌که سولفات آهن در شرایط عدم تنش خشکی سبب افزایش ۲۲/۵۴ درصد وزن هزاردانه نسبت به تیمار شاهد در شرایط تنش خشکی شد (جدول ۷).

بحث

صفات رویشی

نتایج این تحقیق نشان داد که اعمال تنش خشکی باعث کاهش صفات مورفولوژیکی ازجمله ارتفاع، تعداد شاخه جانبی در بوته، وزن‌تر و خشک بوته، تعداد و سطح برگ در اندام هوایی گیاه شد. *کابوسلی*[1] و همکاران (2002) در این مورد بیان نمودند که علت کاهش ارتفاع در شرایط تنش، کاهش فشار تورژسانس و متعاقب آن کاهش تقسیم و بزرگ شدن سلولی نسبت به شرایط بدون تنش می باشد. علیشاه و همکاران (2006) نیز نشان دادند در شرایط کمبود آب، وزن‌تر گیاه ریحان کاهش می‌یابد. احتمالاً کاهش فتوسنتز، افزایش مواد بازدارنده رشد و کاهش هورمون‌ها (اکسین و سیتوکینین) در شرایط تنش خشکی ازجمله عواملی است که رشد و وزن اندام هوایی را کاهش می‌دهد (ناظری و همکاران، ۱۳۸۹). مشابه نتایج این تحقیق شریفی عاشورآبادی و همکاران (۱۳۸۲) نیز گزارش کردند در شرایط تنش خشکی، به‌دلیل کاهش مواد فتوسنتزی، وزن خشک بوته کاهش می‌یابد. بابایی و همکاران (۱۳۸۹) و بیژنی و همکاران (۱۳۹۴) گزارش کردند تنش خشکی، تعداد برگ و ساقه‌های جانبی شنبلیله کاهش یافته است. اصلانی و همکاران (۱۳۹۰) و علی‌آبادی فراهانی و ولدآبادی (۱۳۸۹) نیز کاهش تعداد و سطح برگ، گیاهان ریحان و گیشنیز را در شرایط تنش خشکی گزارش کردند. در تحقیق *یوسف*[2] (2004) که مصرف کود زیستی در گیاه دارویی مریم گلی سبب افزایش ارتفاع بوته، وزن‌تر و خشک بوته گردید. هم‌چنین *چیبا*[3] و همکاران (2007) نشان دادند که محلول‌پاشی آهن سبب افزایش ارتفاع بوته در شنبلیله شدکه

1. Cabuslay
2. Youssef
1. Chibba

با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. سینگ و همکاران (2003) گزارش کردند که محلول‌پاشی گیاه علف لیمون با ترکیبات آهن‌دار سبب افزایش عملکرد گیاه گردید. کاربرد کودهای زیستی در رازیانه و آویشن تعداد شاخه‌های جانبی و سایر خصوصیات کمی را افزایش داد به نظر می‌رسد، دلیل اثرگذاری بهتر کودهای زیستی، روی میزان کلروفیل و جذب بیش‌تر مواد غذایی در گیاه باشد (درزی و همکاران، ۱۳۸۸ و شرف‌زاده[1]، 2011). هم‌چنین فاضلی‌کاخکی (۱۳۹۶) نشان دادند که تحت تأثیر محلول‌پاشی سولفات آهن در زیره سبز تعداد شاخه جانبی تحت تأثیر قرار گرفت. کودهای بیولوژیک با بهینه نمودن دسترسی گیاه به مواد غذایی سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه شده باشد. *آبراهام*[2] (2007) نیز بیان نمودند کاربرد کودهای زیستی بر روی گیاه اسفناج وحشی باعث افزایش تعداد برگ شده است. *روستا و محسنیان*[3] (2012) در بررسی اثر محلول‌پاشی منابع مختلف آهن (سولفات آهن) بر گیاه فلفل قرمز دریافتند که با افزایش سطح محلول‌پاشی آهن، تعداد برگ، به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. در پژوهشی دیگر کاربرد کود زیستی حاوی باکتری‌های سودوموناس سبب افزایش سطح برگ گیاه مرزه در مقایسه با تیمار شاهد گردید (فرجی مهمانی و همکاران، ۱۳۹۳). لذا مشابه نتایج بیان شده و فوق‌الذکر، این آزمایش هم نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار و مثبت تیمارهای مورداستفاده کودی بر صفات رویشی شنبلیله تحت شرایط تنش خشکی بود.

جدول ۱: اثرات تنش خشکی بر صفات رویشی شنبلیله

Table 1: Effects of drought stress on vegetative traits of fenugreek

تنش خشکی Drought stress	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی (در بوته) Number of lateral branches (per plant)	وزن‌تر بوته (گرم) Plant Fresh weight (g)	وزن خشک بوته (گرم) Plant dry weight (g)	تعداد برگ (در بوته) Number of leaves (per plant)	سطح برگ (میلی‌مترمربع) Leaf area (mm^2)
تنش Stress	32.70b	9.25b	12.81b	2.66b	31.27b	278.31a
عدم تنش No-stress	35.95a	10.50a	16.33a	3.81a	36.86a	313.85a

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند

Similar letters in each column vas not significant at 5% level based on DMRT

جدول ۲: اثرات غلظت‌های مختلف بیوپتاس بر صفات رویشی شنبلیله

Table 2: Effects of biopotase concentrations on vegetative traits of fenugreek

بیوپتاس (کیلوگرم در هکتار) Bioptase ($kg.h^{-1}$)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی (در بوته) Number of lateral branches (per plant)	وزن‌تر بوته (گرم) Plant Fresh weight (g)	وزن خشک بوته (گرم) Plant dry weight (g)	تعداد برگ (در بوته) Number of leaves (per plant)	سطح برگ (میلی مترمربع) Leaf area (mm^2)
0	32.50b	9.62a	13.07b	3.00a	30.13b	279.57b
5	36.16a	10.12a	16.07a	3.47a	38.00a	312.57a

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند

Similar letters in each column vas not significant at 5% level based on DMRT

جدول ۳: اثرات غلظت‌های مختلف سولفات آهن بر صفات رویشی شنبلیله

Table 3: Effects of iron (II) sulfate concentration on vegetative traits of fenugreek

سولفات آهن (در هزار) Iron(II)sulfate (In thousand)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی (در بوته) Number of lateral branches (per plant)	وزن‌تر بوته (گرم) Plant fresh weight (g)	وزن خشک بوته (گرم) Plant dry weight (g)	تعداد برگ (در بوته) Number of leaves (per plant)	سطح برگ (میلی‌متر مربع) Leaf area (mm^2)
0	32.79b	9.75a	13.75b	3.00a	32.08b	287.04a
1.5	35.87a	10.00a	15.39a	3.46a	36.05a	305.10a

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند

Similar letters in each column vas not significant at 5% level based on DMRT

1. Sharafzadeh
2. Abraham
3. Roosta and Mohsenian

جدول ۴: برهم‌کنش سطوح مختلف بیوپتاس و تنش خشکی بر صفات رویشی شنبلیله
Table 4: Interactive effects of biopotase and drought stress on vegetative traits of fenugreek

تنش خشکی Drought stress	بیوپتاس (کیلوگرم در هکتار) Bioptase ($kg.h^{-1}$)	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی (در بوته) Number of lateral branches (per plant)	وزن‌تر بوته (گرم) Plant fresh weight (g)	تعداد برگ (در بوته) Number of leaves (per plant)	سطح برگ (میلی متر مربع) Leaf area (mm^2)
تنش Stress	0	31.33b	9.50b	12.04b	28.61c	277.12b
	5	34.08b	9.00b	13.57b	33.94b	279.50b
عدم تنش No-stress	0	33.66b	9.75b	14.09b	31.66bc	282.04b
	5	38.25a	11.25a	18.57a	42.05a	345.66a

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند
Similar letters in each column vas not significant at 5% level based on DMRT

صفات زایشی

تحقیقات زیادی در مورد تأثیر تنش خشکی بر میزان عملکرد درگیاهان مختلف انجام شده که نتایج ما را تایید می‌کند. ازجمله، بزازی و همکاران (۱۳۹۲) بیان کردند با افزایش شدت تنش، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری در گیاه شنبلیله کاهش یافت. هم‌چنین در گیاه رازیانه با افزایش تنش خشکی تعداد چتر در بوته و تعداد چتر بارور در انشعاب اصلی کاهش یافت (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۵). مشابه نتایج این آزمایش، *سانچز*[1] (2003) گزارش کردند که مصرف کودهای بیولوژیک سبب افزایش عملکرد بیولوژیک در بارهنگ شد. پاکدل و همکاران (۱۳۹۰) نیز اذعان داشتند که کودهای زیستی سبب توسعه ریشه شده و شرایط را برای جذب بیش‌تر مواد پرورده فراهم می نمایند، که این امر به نوبه خود سبب افزایش فتوسنتز و تبع آن عملکرد افزایش می یابد. مشابه نتایج این آزمایش، *گوس* و *جانسون*[2] (2001) نشان دادند که محلول‌پاشی آهن از منبع سولفات آهن باعث افزایش عملکرد دانه سویا شد، هم‌چنین پوریوسف و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند با مصرف کود زیستی، وزن هزاردانه در گیاه دارویی اسفرزه افزایش یافت، آن‌ها علت را چنین دانستند کاربرد کود زیستی به‌خصوص در شرایط کم‌آبی با بهبود رشد ریشه و افزایش آسیمیلاسیون مواد فتوسنتزی به علت افزایش سطح برگ و افزایش ظرفیت فتوسنتزی در دوره قبل از گل‌دهی، می‌تواند در مرحله پس از گل‌دهی با انتقال مجدد این مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن وزن هزاردانه را بهبود ببخشد (*بومسا* و *وین*[3]، 2008) محلول‌پاشی آهن در افزایش وزن هزاردانه در تمام مراحل تنش خشکی مؤثر بوده است (افشانی و همکاران، ۱۳۹۴). وجود آهن منجر به افزایش محتوای کلروفیل برگ گشته و با تأثیر بر میزان فتوسنتز و تثبیت دی‌اکسیدکربن و تولید نشاسته و قند و ذخیره‌سازی آن در دانه، موجب افزایش وزن هزاردانه می‌گردد (کیخاژاله و همکاران، ۱۳۸۹). علاوه‌بر این *کاشیواگی*[4] و همکاران (2006) بیان کردند استفاده از کود زیستی سبب افزایش تعداد نیام در بوته در گیاه لوبیا گردید، هم‌چنین افزایش تعداد چتر در بوته در نتیجه کاربرد کودهای بیولوژیک در نتایج خرم‌دل و همکاران (۱۳۸۹) گزارش شده است مصرف عناصر ریز مغذی، موجب افزایش تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه سویا شد (*ساویتری*[5] و همکاران، 1985). نتایج حاصله گویای این مطلب است که افزودن بیوپتاس و سولفات آهن می‌تواند باعث افزایش تعداد غلاف در بوته شود.

1. Sanchez
2. Goos and Johnson
3. Boomsma and Vyn
4. Kashiwagi
5. Savithri

جدول ۵: اثرات تنش خشکی بر صفات زایشی شنبلیله

Table 5: Effects of drought stress on reproductive traits of fenugreek

تنش خشکی Drought stress	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	وزن هزاردانه (گرم) Thousand seed weight (g)	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod
تنش Stress	1661.5b	938.54b	54.271a	9.08a	8.91b	14.16a
عدم تنش No-stress	2431.3a	1317.71a	57.014a	10.16a	11.33a	15.83a

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند

Similar letters in each column vas not significant at 5% level based on DMRT

جدول ۶: اثرات غلظت‌های مختلف بیوپتاس بر صفات زایشی شنبلیله

Table 6: Effects of biopotase concentrations on reproductive traits of fenugreek

بیوپتاس (کیلوگرم در هکتار) Bioptase ($kg.h^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	وزن هزار دانه (گرم) Thousand seed weight (g)	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod
0	1892.71b	1017.71b	54.836a	9.16b	9.25b	14.08b
5	2200.00a	1238.54a	56.449a	10.08a	11.00a	15.91a

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند

Similar letters in each column vas not significant at 5% level based on DMRT

جدول ۷: اثرات غلظت‌های مختلف سولفات آهن بر صفات زایشی شنبلیله

Table 7: Effects of Iron (II) sulfate concentration on reproductive traits of fenugreek

سولفات آهن (در هزار) Iron (II) sulfate (In thousand)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	وزن هزاردانه (گرم) Thousand seed weight (g)	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod
0	2009.38a	1047.92b	52.439a	9.08b	9.83a	14.91a
1.5	2083.33a	1208.33a	58.847a	10.16a	10.41a	15.08a

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند

Similar letters in each column vas not significant at 5% level based on DMRT

جدول ۸: برهم‌کنش سطوح مختلف بیوپتاس و تنش خشکی بر صفات زایشی شنبلیله

Table 8: Interactive effects of and drought stress and biopotase on reproductive traits of fenugreek.

تنش خشکی Drought stress	بیوپتاس (کیلوگرم در هکتار) Bioptase ($kg.h^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield ($kg.ha^{-1}$)
تنش Stress	0	1647.9c	931.25b
	5	1675.0c	945.83b
عدم تنش No-stress	0	2137.5b	1104.17b
	5	2725.0a	1531.25a

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند

Similar letters in each column vas not significant at 5% level based on DMRT

جدول ۹: برهم‌کنش سطوح مختلف سولفات آهن و تنش خشکی بر صفات رویشی و زایشی شنبلیله

Table 9: Interactive effects of Iron (II) sulfate and drought stress on vegetative and reproductive traits of fenugreek

تنش خشکی Drought stress	سولفات آهن (در هزار) Iron (II) sulfate (In thousand)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	سطح برگ (میلی‌مترمربع) Leaf area (mm^2)	وزن هزاردانه (گرم) Thousand seed weight (g)
تنش Stress	0	31.66b	282.12b	8.16b
	1.5	33.75b	274.50b	10.00a
عدم تنش No-stress	0	33.91b	291.98ab	10.00a
	1.5	38.00a	335.72a	10.33a

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند

Similar letters in each column vas not significant at 5% level based on DMRT

جدول ۱۰: برهم‌کنش سطوح مختلف سولفات آهن و بیوپتاس بر صفات رویشی شنبلیله
Table 10: Interactive effects of Iron (II) sulfate and biopotase on vegetative traits of fenugreek

بیوپتاس (کیلوگرم در هکتار) Bioptase ($kg.h^{-1}$)	سولفات آهن (در هزار) Iron (II) sulfate (In thousand)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	وزن‌تر بوته (گرم) Plant Fresh weight (g)	تعداد برگ (در بوته) Number of leaves (per plant)
0	0	30.00b	11.54b	29.72b
5	1.5	35.00a	14.60a	30.55b
0	0	35.58a	15.96a	34.44b
5	1.5	36.75a	16.18a	41.55a

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند
Similar letters in each column vas not significant at 5% level based on DMRT

جدول ۱۱: برهم‌کنش سطوح مختلف تنش خشکی، بیوپتاس و سولفات آهن بر صفات رویشی و زایشی شنبلیله
Table 11: Interactive effects of drought stress, biopotase and iron (II) sufate on vegetative and reproductive traits of fenugreek

تنش خشکی Drought stress	بیوپتاس (کیلوگرم در هکتار) Bioptase ($kg.h^{-1}$)	سولفات آهن (در هزار) Iron (II) sulfate (In thousand)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	وزن خشک بوته (گرم) Plant dry weight (g)	تعداد برگ (در بوته) Number of leaves (per plant)
تنش Stress	0	0	28.66e	2.01d	28.77ed
		1.5	34.00c	3.29b	28.44e
	5	0	34.66bc	3.12bc	29.22ed
		1.5	33.50c	2.22cd	38.66b
عدم تنش No-stress	0	0	31.33d	3.14bc	30.66d
		1.5	36.00b	3.56b	32.66c
	5	0	36.50b	3.76b	39.66b
		1.5	40.00a	4.78a	44.44a

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند
Similar letters in each column vas not significant at 5% level based on DMRT

کروفیل کل، a، b و کارتنوئید

تنش خشکی بر کلروفیل کل و کلروفیل b اثر معنی‌دار نداشت، اما کلروفیل a و کارتنوئید تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدارکلروفیل a و کارتنوئید (به‌ترتیب، ۳/۰۹ و ۱/۳۴ میلی‌گرم در گرم) در شرایط عدم‌تنش خشکی و کم‌ترین مقدار این صفات (۲/۵۰ و ۰/۷۲۲ میلی‌گرم در گرم) در شرایط تنش خشکی مشاهده شد. هم‌چنین اثر متقابل تنش خشکی و تیمارهای کودی بیوپتاس و سولفات آهن بر کلروفیل کل معنی‌دار شد، تیمارهای کودی در شرایط آبیاری سبب افزایش ۲۹/۶۰ درصدی کلروفیل کل نسبت به شاهد در شرایط تنش به‌دست آمد (جدول ۱۷). برهم‌کنش تنش خشکی، بیوپتاس و سولفات آهن بر مقدار کلروفیل a و b معنی‌دار شد (جدول ۱۷). بیوپتاس و سولفات آهن در شرایط عدم‌تنش خشکی موجب افزایش ۹۹/۰۶ درصدی کلروفیل a نسبت به شاهد در شرایط تنش خشکی مشاهده شد. اثر متقابل تنش خشکی و تیمار کودی سبب افزایش ۸۵/۴۰ درصدی نسبت به شاهد در شرایط تنش خشکی شد (جدول ۱۵). مشابه نتایج این تحقیق، تنش خشکی سبب کاهش مقدار کلروفیل کل، a و b در بادرنجبویه گشت (عباس‌زاده و همکاران، ۱۳۸۶). به نظر می‌رسد کاهش محتوای کلروفیل در هنگام مواجه با تنش خشکی، در اثر تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن و متعاقب آن پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب کلروفیل بوده است (*ژائو*[1] و همکاران، 2008). هم‌سو با نتایج تحقیق، غلظت کلروفیل گیاه دارویی گشنیز در اثر کاربرد کودهای زیستی افزایش یافت است (جهانشاهی و همکاران، ۱۳۹۱). اگرچه آهن در ساختار کلروفیل نقش مستقیمی ندارد، ولی وجود آهن کافی سبب بهبود کلروفیل‌سازی در گیاه میشود (*لوگینی*[2] و همکاران، 1999) که با نتایج این تحقیق هم راستا می‌باشد. گزارش‌های محققین بر روی گیاهان مختلف حاکی از افزایش محتوای کارتنوئید در گیاهان تلقیح شده با کودهای بیولوژیک است. در مطالعه شاملو و روزبهانی (۱۳۹۴) گزارش کردند افزایش آهن، سنتز کارتنوئیدها را افزایش می‌دهد.

1. Xiao
2. Loggini

جدول ۱۲: اثر تنش خشکی بر صفات بیوشیمیایی شنبلیله

Table 12: Effect of drought stress on biochemical characteristics of fenugreek

تنش خشکی Drought stress	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم) Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم) Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم) Total chlorophyll ($mg.g^{-1}$)	کارتنوئید (میلی‌گرم در گرم) Carotenoid ($mg.g^{-1}$)
تنش Stress	2.50b	2.77a	5.27a	0.722b
عدم تنش No-stress	3.09a	2.30a	5.38a	1.34a

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند

Similar letters in each column was not significant at 5% level based on DMRT

جدول ۱۳: اثرات غلظت‌های مختلف بیوپتاس بر صفات بیوشیمیایی شنبلیله

Table 13: Effects of biopotase concentrations on biochemical characteristics of fenugreek

بیوپتاس (کیلوگرم در هکتار) Bioptase ($kg.h^{-1}$)	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم) Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم) Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم) Total chlorophyll ($mg.g^{-1}$)	کارتنوئید (میلی‌گرم در گرم) Carotenoid ($mg.g^{-1}$)
0	2.74a	2.52a	5.26a	1.05a
5	2.84a	2.55a	5.39a	1.06a

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند

Similar letters in each column vas not significant at 5% level based on DMRT

جدول ۱۴: اثرات غلظت‌های مختلف سولفات آهن بر صفات بیوشیمیایی شنبلیله

Table 14: Effects of Iron (II) sulfate concentration on biochemical characteristics of fenugreek

سولفات آهن (در هزار) Iron (II) sulfate (In thousand)	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم) Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم) Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم) Total chlorophyll ($mg.g^{-1}$)	کارتنوئید (میلی‌گرم در گرم) Carotenoid ($mg.g^{-1}$)
0	2.54b	2.70a	5.21a	1.04a
1.5	3.05a	2.36a	5.41a	1.07a

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند

Similar letters in each column was not significant at 5% level based on DMRT

جدول ۱۵: برهم‌کنش سطوح مختلف بیوپتاس و تنش خشکی بر صفات بیوشیمیایی شنبلیله

Table 15: Interactive effects of and drought stress and biopotase on biochemical characteristics of fenugreek

تنش خشکی Drought stress	بیوپتاس (کیلوگرم در هکتار) Bioptase ($kg.h^{-1}$)	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم) Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم) Total chlorophyll ($mg.g^{-1}$)	کارتنوئید (میلی‌گرم در گرم) Carotenoid ($mg.g^{-1}$)
تنش Stress	0	2.84ab	5.52a	0.685b
	5	2.16b	5.03a	0.859b
عدم تنش No-stress	0	2.65b	5.01a	1.41a
	5	3.51a	5.76a	1.27a

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند

Similar letters in each column was not significant at 5% level based on DMRT

جدول ۱۶: برهم‌کنش سطوح مختلف سولفات آهن و تنش خشکی بر صفات رویشی شنبلیله

Table 16: Interactive effects of Iron (II) sulfate and drought stress on biochemical characteristics of fenugreek

تنش خشکی Drought stress	سولفات آهن(در هزار) Iron (II) sulfate(In thousand)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم) Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)
تنش Stress	0	2.75ab
	1.5	2.79a
عدم تنش No-stress	0	2.66a
	1.5	1.94b

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند

Similar letters in each column was not significant at 5% level based on DMRT

جدول ۱۷: برهم‌کنش سطوح مختلف تنش خشکی، بیوپتاس و سولفات آهن بر صفات بیوشیمیایی شنبلیله

Table 17: Interactive effects of drought stress, biopotase and iron (II) sufate on biochemical characteristics of fenugreek

تنش خشکی Drought stress	بیوپتاس (کیلوگرم بر هکتار) Bioptase ($kg.h^{-1}$)	سولفات آهن (در هزار) Iron (II) sulfate (In thousand)	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم) Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم) Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم) Total chlorophyll ($mg.g^{-1}$)
تنش Stress	0	0	2.45bc	2.38ab	4.83cd
	0	1.5	3.23b	2.97a	6.20a
	5	0	2.20c	3.12a	5.32bc
	5	1.5	2.13c	2.61ab	4.74cd
عدم تنش No-stress	0	0	2.72bc	2.85a	5.57b
	0	1.5	2.57bc	1.87b	4.45d
	5	0	2.77bc	2.48ab	5.26bc
	5	1.5	4.24a	2.02ab	6.26a

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند

Similar letters in each column was not significant at 5% level based on

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج این آزمایش حاکی از آن بود که کاربرد کود زیستی بیوپتاس به همراه سولفات آهن با بهبود بخش‌های رویشی و زایشی گیاه شنبلیله، نه تنها در شرایط آبیاری نرمال عملکرد گیاه را افزایش داد، بلکه در شرایط تنش خشکی نیز از کاهش معنی‌دار عملکرد جلوگیری نمود. بنابراین کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی کم مصرف با کودهای بیولوژیک به‌منظور بهبود عملکرد صفات رویشی و عملکرد شنبلیله و هم‌چنین حفظ تولید مطلوب در شرایط تنش خشکی مهم می‌باشد.

منابع

اصلانی، ز.، حسنی، ع.، رسولی صدقیانی، م.، سفیدکن، ف. و برین، م. ۱۳۹۰. تأثیر دو گونه قارچ آربوسکولار مایکوریزا (*Glomus intraradices* و *Glomus mosseae*) بر رشد، مقادیر کلروفیل و جذب فسفر در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) تحت شرایط تنش خشکی. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۷ (۳): ۴۷۱-۴۸۶.

افشانی، س.، امیرنیا، ر. و هاشمی، ه. ۱۳۹۴. بررسی اثر محلول پاشی آهن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزای پائیزه (*Brassica napus* L.) در شرایط کم آبیاری. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۳ (۱): ۴۳-۵۲.

بابایی، ک.، امینی دهقی م.، مدرس ثانوی س. ع. م. و جباری، ر. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک، میزان پرولین و درصد تیمول در آویشن (*Thymus vulgaris* L.). مجله تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۶ (۲): ۲۳۹-۲۵۱.

بزازی، ن.، خدامباشی، م. و محمدی، ش. ۱۳۹۲. تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیکی و اجزای عملکرد گیاه دارویی شنبلیله (*Trigonella foenumraecum*). مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۳ (۸): ۱۱-۲۳.

بیژنی، م.، یدالهی ده‌چشمه، پ.، اصغری پور، م. ر. و حیدری، م. ۱۳۹۴. تأثیر تلقیح میکوریزایی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و عملکرد شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) تحت تنش خشکی. نشریه اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی (علوم کشاورزی)، ۹ (۳): ۳۵۲-۳۷۵۲.

پاکدل، م.، ملکی، ع.، نورمحمدی، ق. و فاضل، ش. ۱۳۹۰. اثر باکتری‌های محرک رشد ازتوباکتر (*Azotobacter*) و سودوموناس (*Pseudomonas*) بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم نان در شرایط عادی و تنش خشکی. مجله پژوهش در علوم زراعی، ۳ (۱۱): ۱۰۷-۱۲۱.

پوریوسف، م.، مظاهری، د.، چایی‌چی، م. ر.، رحیمی، ا. و توکلی، ا. ۱۳۸۹. تأثیر تیمارهای مختلف حاصلخیزی خاک بر برخی ویژگی‌های اگرومورفولوژیک و موسیلاژ اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk). مجله تولید گیاهان زراعی، ۳ (۲): ۱۹۳-۲۱۳.

جهانشاهی، ش.، باقری‌زاده، م. و ابوطالبی، ع. ۱۳۹۱. تأثیر ورمی‌کمپوست، باکتری‌های ازتوباکترو آزوسپریلیوم و بارور- ۲ بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.). پژوهش‌های به زراعی (تنش‌های محیطی در علوم گیاهی)، ۴ (۴): ۳۹۱-۴۰۰.

حسن‌زاده، ا.، رضازاده، ش.، شمسا، ف.، دولت‌آبادی، ر. و زرین‌قلم، ج. ۱۳۸۹. مروری بر خواص درمانی و فیتوشیمیایی شنبلیله (Fenugreek). مجله گیاهان دارویی، ۹ (۳۴): ۱-۱۷.

خرم‌دل، س.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م. و قربانی، ر. ۱۳۸۹. اثر کودهای بیولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.). مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۸ (۵): ۷۵۸-۷۶۶.

درزی. م. ت.، قلاوند، ا. و رجالی، ف. ۱۳۸۸. تأثیر مصرف کودهای بیولوژیک بر روی جذب عناصر N، P، K و عملکرد دانه در گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum Vulgare* Mill.). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۵ (۱): ۱-۱۹.

سیفی، ح.، یزدانی، د. و شهنازی، س. ۱۳۸۳. کاشت، داشت و برداشت گیاهان دارویی: راهنمای کاربردی پرورش ۴۰ گیاه دارویی مهم در ایران. انتشارات جهاد دانشگاهی، تهران. ۱۷۸ صفحه.

شاملو، ع. و روزبهانی، آ. ۱۳۹۴. اثر کاربرد آمینواسید و عناصر ریزمغذی بر رنگدانه‌های فتوسنتزی و عملکرد لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.). فصلنامه اکوفیزیولوژی گیاهی، ۷ (۲۱): ۱۳۶-۱۵۰.

شریفی عاشورآبادی، ا.، متین، ا. و لباچی، م. ح. ۱۳۸۲. بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک رشد در گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*) تحت شرایط متفاوت حاصلخیزی خاک. مجله گیاهان دارویی و معطر ایران، ۱۹ (۲): ۱۵۷-۱۸۲.

صالح راستین، ن. ۱۳۸۰. کود بیولوژیک و نقش آن در راستای نیل به کشاورزی پایدار. مجموعه مقالات ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. ۳۴: ۱-۵۴.

عباس‌زاده، ب.، شریفی عاشورآبادی، ا.، لباسچی، م. ح.، نادری حاجی‌باقرکندی، م. و مقدمی، ف. ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی بر میزان پرولین، قندهای محلول، کلروفیل و آب نسبی (RWC) بادرنجبویه(*Melissa officinalis* L.) . تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران،۲۳ (۴): ۵۰۴-۵۱۳.

علی‌آباد فراهانی، ح. و ولدآبادی، س. ع. ۱۳۸۹. نقش قارچ میکوریز آربسکولار بر گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) در شرایط تنش خشکی. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، ۲۴ (۱): ۶۹-۸۰.

فاضلی کاخکی، س. ف. و طیبی، ع. ۱۳۹۶. تأثیر سولفات آهن بر تعداد کپسول در گره برگ کنجد (*Sesamum indicum*) در شرایط مزرعه. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۵ (۱): ۸-۱۸.

فرجی مهمانی، ع.، اسماعیل‌پور، ب.، سفیدکن، ف.، عباس‌زاده، ب.، خاوازی، ک. و قنبری، ع. ۱۳۹۳. اثر تلقیح با کودهای بیولوژیک بر خصوصیات رشدی و عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.). مجله اکولوژی کشاورزی، ۶ (۴): ۸۷۰-۸۷۹.

کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م. و عزیزی، گ. ۱۳۸۵. اثر فواصل مختلف آبیاری و تراکم بر عملکرد و اجزا عملکرد دو توده بومی رازیانه. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۴ (۱): ۱۳۱-۱۴۰.

کیخاژاله، م.، گلوی، م. و رمرودی، م. و ثقه‌الاسلامی، ج. ۱۳۸۹. اثرمحلول پاشی عناصرریزمغذی بر عملکرد کمی و کیفی اسفرزه درشرایط کم آبیاری. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، تهران، ایران.

مرادی، پژمان. ۱۳۸۸. بررسی تنوع ژنتیکی توده‌های بومی شنبلیله ایران، پایان‌نامه دکتری رشته علوم باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

ناظری، پ.، کاشانی، ع.، خاوازی، ک.، اردکانی، م. ر.، میرآخوری، م. و پور سیاه بیدی، م. م. ۱۳۸۹. واکنش لوبیا سفید (*Phaseolus vulgaris* L.) به تلقیح با ریزوبیوم و کاربرد نواری کود زیستی فسفر گرانوله حاوی روی. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۲ (۱): ۱۷۵-۱۸۵.

Abraham Christopher, P., Viswajith, V., Prabha, S., sundharand, K. and Malliga, P. 2007. Effect of coir pith based Cynobacterial basal and foliar biofertilizer on *Basella rubra*. Acta Agriculturae Slovenica, 89: 111-129.

Boomsma, C. R. and Vyn, T. J. 2008. Maize drought tolerance: Potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis, Field Crops Research, 108: 14-31.

Cabuslay, G. S., Ito, O. and Alejar, A. A. 2002. Physiological evaluation of responses of rice *Oryza sativa* to water deficit, Plant Science, 163: 815-827.

Carrubba, A., La Torre, R. and Matranga, A. 2002. Cultivation trials of some aromatic and medicinal plants in a semi-arid Mediterranean environment. Proceedings of an International Conference on MAP, Acta Horticulture (ISHS), 978 (1): 4200-6315.

Chibba, I. M., Nayyar, V. and Kanwar, J. 2007. Influence of mode and source of applied iron on fenugreek *Trigonella corniculata* in a typic ustochrept in Punjub, India. International Journal of Agriculture and Biology, 9 (2): 254-256.

Goos, R. J. and Johnson, B. E. 2001. Seed treatment, seeding rate, and cultivar effects on iron deficiency chlorosis of soybean. Journal of Plant Nutrition, 24: 1255-1268.

Kashiwagi, J., Krishnamurthy, L., Crouch, J. H. and Serraj, R. 2006. Variability of root length density and its contributions to seed yield in chickpea *Cicer arietinum* under terminal drought stress. Field Crops Research, 95: 171-181.

Kuzentsov, V. I. and Shevykova, N. I. 1999. Proline under stress: biological role, metabolism, and regulation. Russian Journal of Plant Physiology, 46: 274-287.

Lai, P., Chhipa, B. R. and Kumar, A. 1993. Salt affected Soil and crop Production: A Modern Synthesis. Agro Botanical publishers, India, 375 pp.

Lenin, M., Selvakumar, G., Thamiziniyan, P. and Rajendiran, R. 2010. Growth and biochemical changes of vegetable Seedlings Induced by Arbuscular mycorrhizal Fungus. Journal of Environmental Studies and Sciences, 1: 27-31.

Loggini, B., Scartazza, A., Brugnoli, E. and Navari Izzo, F. 1999. Antioxidative defense system pigment composition and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to drought. Plant Physiology, 119: 1091-1100.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed., Academic Press, New York, USA. 645 pp.

Moeini Alishah, H., Heidari, R., Hassani, A. and Dizaji, A. 2006. Effect of water stress on some morphological and biochemical characteristics of purple basil *Ocimum basilicum*. Journal of Biological Sciences, 6 (4): 763-767.

Ram, D., Ram, M. and Singh, R. 2006. Optimization of water and nitrogen application to menthol *Mentha arvensis* through sugarcane trash mulch in a sandy loam soil of semi-arid subtropical climate. Bioresource Technology, 97 (7): 886-893.

Roosta, H. R. and Mohsenian, Y. 2012. Effects of foliar spray of different Fe sources on *Capsicum annum* plants in aquaponic system. Scientia Horticulturae, 146: 182-191.

Sanchez, G. E., Carballo, G. C. and Romos, G. S. R. 2008. Influence of organic manures and biofertilizers on the quality of two *Plantago major* and *P. lanceolota* Revista cubana de plants. Medicinales, 13: 12-15.

Savithri, P., Boshani, N. K., Manicham, T. S. and Kothandaraman, G. V. 1985. Response of soybean to micronutrient application. Madras Agricultural Journal, 71: 299-307.

Shaalan, M.N. (2005). Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of (*Nigella sativa* L.) plants. Egyptian Journal of Agricultural Research, 83(2): 811-828.

Sharafzadeh, Sh. 2011. Effect of Nitrogen, Phosphorous and potassium on growth, essential oil and total phenolic content of Garden *Thymus vulga*ris. Advances in Environmental Biology, 5 (4): 699-703.

Sharma, A. K. 2003. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India. Shetty. S., Singhal KS and Kulkaria PR Antimicrobial properties of cumin. Microbial Biotech, 10: 230-233.

Silspour, M. 2006. The study of iron and zinc effects on quantitative and qualitative parameters of winter wheat and determination of critical levels of these elements in Varamin plain soils. Journal of Pajouhesh and Sazandegi, 76: 123-133.

Singh, R. K., Singh, R. P. and Singh, R. S. 2003. Effect of iron on herbage and oil yield of *Cymbopogon flexuosus*. Crop Research, 26: 185-187.

Xiao X., Xu X. and Yang, F. 2008. Adaptive responses to progressive drought stress in two *Populus cothayana* populations. Silva Fennica, 42: 705-719

Youssef, A. A., Edris, A. E. and Gomaa, A. M. 2004. A comparative study between some plant growth regulators and certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of *Salvia officinalis.* Plant Annals of Agricultural Science, 9: 299-311.

Zhu, Z., Liang, Z., Han, R. and Wang, X. 2009. Impact of fertilization on drought response in the medicinal herb *Bupleurum chinense* DC. Growth and saikosaponin production. Industrial Crops and Products, 29 (2-3): 629-633.

Effect of Biopotase and Iron Sulfate on Physiological Characteristics and Yield of Fenugreek under Drought Stress Conditions

Aminifard[1*], M. H., Ghaderi Zeh[2], H., Bayat[1], H. and Samadzade[3], A. R.

Abstract

In order to investigate the effect of biopotase and iron sulfate on physiological characteristics of fenugreek under drought stress conditions, an experiment was conducted as split plot in a factorial experiment based on randomized complete block design with three replications, 2017. Treatments were included: drought stress (including normal irrigation as non-stress and irrigation in early growth for 14 days as drought stress) as main factor, biopotase (0 and 5 $kg.ha^{-1}$) and iron sulfate (0 and 1.5 per thousand) as sub-factors biofertilizer treatments were considered. The results showed that the effects of drought stress, bioptase and iron sulfate and their interaction on the most traits were significant. The height and fresh and dry weight of the plant were affected by bioptase and iron sulfate. The highest biological yield and grain yield were observed in 5 kg bioptase trainee under drought stress conditions. The treatment of iron sulfate in drought stress conditions increased 22.54% in 1000 seed weight compared to control in drought stress conditions. Bioptase and iron sulfate treatments under irrigation conditions increased 29.66% total chlorophyll compared to control under stress conditions. The interaction of drought stress and bioptase caused 85.48% increase in carotenoid than control in drought stress conditions. The results showed that biofertilizer and iron sulfate fertilizers could modify drought stress in fenugreek strain and improve the qualitative and quantitative properties of this medicinal plant.

Keywords: Drought stress, Reproductive growth, Biofertilizer, Medicinal plant

1 and 2. Associate Professor and Masters Student, Respectively, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

3. Instructor, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

*: Corresponding author Email: mh.aminifard@birjand.ac.ir

This paper has been extracted from the first author's MSc thesis under the guidance of Mohammad Hossein Aminifard.