اولین همایش ملی نخود
نخود، محصولی پر در آمد و کم آب بر، غذایی کامل و سازگار با اقلیم خشک
۸ خرداد ۱۴۰۲
کرمانشاه

بررسی خصوصیات فیزیولوژیکی نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت تاثیر کودهای مختلف و تنش خشکی در شرایط گلخانه

نیلوفر جلایری‌نیا[۱]، احمد نظامی*[۲]، جعفر نباتی[۳]

۱-دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*۲-هیئت علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد nezami@um.ac.ir

۳-هیئت علمی پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

به منظور بررسی تاثیر کودهای بیولوژیکی و شیمیایی بر خصوصیات فیزیولوژیکی نخود آزمایشی گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار مورد مطالعه قرار گرفت. تیمارهای آزمایش شامل دو سطح رطوبت (۸۰٪ (I-80) و ۵۰٪ (I-50) ظرفیت زراعی) به عنوان عامل اول و ۱۳ سطح کودهای مختلف (N-تثبیت کننده آزاد (B-N) و پتاسیم (B-K) و باکتری های حل کننده فسفات (B-P)، ترکیب آنها و رژیم‌های کوددهی رایج منطقه بودند) به عنوان عامل دوم بودند. نتایج نشان داد که بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز (۶۳۱ Unit.min^{-1}gfw)، پراکسیداز (۷/۳۴ Unit.min^{-1}gfw) و آسکوربات پراکسیداز (۲۴/۳ Unit.min^{-1}gfw) در تیمار شاهد بدون کود در I-50 بدست آمده است. همچنین، بیشترین میزان پرولین (۳/۳۳ mg.gfw) و فنل (۴/۷۷ mg.gfw) در تیمار F+B-NPK در I-50 بدست آمد. نتایج گویای آن است که کاربرد ترکیبی کودهای زیستی و شیمیایی نسبت به استفاده تنها از کودهای شیمیایی، برتری نسبی دارد. زیرا عناصر ماکرو مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم به میزان کافی و به تدریجی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد که باعث می‌شود با تامین متعادل عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و تامین انرژی کافی برای رشد و بقای گیاه از شدت تنش در گیاه بکاهد و با توجه به کاهش شدت تنش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانتی نیز کاهش پیدا کرده است.

واژگان کلیدی: کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، پرولین، باکتری‌های حل‌کننده فسفات، ظرفیت زراعی

۱.مقدمه

حبوبات در تغذیه انسان می‌توانند مکمل غذایی خوبی برای غلات محسوب شوند و ازنظر مصرف غذایی بعد از غلات حائز رتبه دوم هستند (کائور و سینگ، ۲۰۱۵). در بین حبوبات در ایران نخود (*Cicer arietinum* L.) از نظر سطح زیر کشت و تولید از اهمیت بیشتری برخوردار است و سطح زیر کشت این گیاه حدود ۵۶۱ هزار هکتار بر آورد شده است که معادل ۷/۸ درصد از کل سطح محصولات زراعی و حدود ۶۵ درصد از سطح برداشت حبوبات است (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۷). عوامل زیادی از جمله عدم تأمین عناصر غذایی در مزارع در پایین بودن عملکرد در کشور مؤثر می‌باشد.

خشکی شایع‌ترین تنش محیطی است که به طور تقریبی موجب محدودیت تولید در ۲۵ درصد زمین‌های دنیا شده است و پراکنش گیاهان تا حدود زیادی متاثر از آب می‌باشد. در نتیجه از میان عوامل محیطی تنش‌زا، خشکی به عنوان دومین عامل اصلی کاهش عملکرد، بعد از عوامل بیماری‌زایی اثرگذار می‌باشد (بیگلویی و همکاران، ۲۰۲۰). به طور کلی گیاهان به وسیله راهکارهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی تکامل پیدا کرده‌اند تا بتواند تنش خشکی را تحمل کنند. با توجه به محدودیت منابع آب، شناسایی و کاشت گیاهان مقاوم به خشکی با پتانسیل عملکرد بالا از اهمیت زیادی برخوردار است. از نقطه نظر زراعی، تنش خشکی شرایطی است که آب از نظر مقدار و توزیع به اندازه‌ای نیست تا گیاه بتواند عملکرد بالقوه خود را تولید کند و این پدیده موجب آسیب به گیاه و محدودیت در بروز پتانسیل ژنتیکی عملکرد می‌شود (بلوم، ۲۰۱۱). تغییرات صفات فیزیولوژیکی از مهم‌ترین مکانیسم‌ها برای سازگاری گیاه به شرایط تنش خشکی است (لیو و همکاران، ۲۰۱۱).

اولین سد دفاعی در مقابله با افزایش ROS در سلول‌های گیاهان را آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نظیر پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز و کاتالاز تشکیل می‌دهند. بنابراین افزایش فعالیت این آنزیم‌ها سبب افزایش پتانسیل دفاعی گیاه در مقابل تنش‌های محیطی می شود که این امر در جهت کاهش اثر منفی ROSها تحت تنش خشکی منطقی است و میزان تحمل به خشکی را درگیاهانی مانند گندم و نخود (*Cicer arietinum*) افزایش می‌دهد (گونس و همکاران، ۲۰۱۶). سوپراکسید دیسموتاز در پاک‌سازی سوپراکسید و تبدیل آن به پراکسید هیدروژن نقش دارد (نظری و همکاران، ۱۳۹۱). افزایش فعالیت پراکسیداز تحت تنش آب در اندامک‌ها از قبیل سیتوزول، میتوکندری، کلروپلاست و پراکسی‌زوم نشان‌دهنده شکل‌گیری بخش زیادی پراکسیدهیدروژن در طول تنش آبی است (نظری و همکاران، ۱۳۹۱). از سوی دیگر، افزایش پرولین در شرایط تنش خشکی، به‌عنوان یک پاسخی دفاعی گیاه به تنش خشکی مطرح است. تجمع زیاد پرولین در سلول‌های تحت تنش سبب محافظت از سلول در شرایط تنش و همچنین جلوگیری از ایجاد سمیت در سلول می‌شود (توفیق، ۲۰۱۸). پرولین همچنین در حفظ ساختار غشا، ایجاد سازگاری اسمزی و حفظ ساختار آنزیم‌ها در سلول، ایفای نقش می‌کند (توفیق، ۲۰۱۸).

از سوی دیگر این مسئله که افزایش عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی منجر به استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی شده و آلودگی‌های زیست‌محیطی جدی را ایجاد کرده است، استفاده از کودهای مفید مثل کودهای زیستی یا بیولوژیک می‌تواند در بهبود استفاده از عناصر غذائی موجود در خاک و تحریک رشد گیاهی نقش مهمی داشته و جانشین مناسبی برای افزایش تولید با کمترین اثرات اکولوژیکی باشد (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵). کودهای زیستی علاوه بر افزایش فراهمی زیستی عناصر خاک از طریق تثبیت زیستی نیتروژن، محلول کردن فسفر و پتاسیم و مهار عوامل بیماری‌زا، با تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه باعث افزایش عملکرد گیاهان زراعی می‌شوند (گوپتا و همکاران، ۲۰۲۲). در برخی موارد مشاهده شده است که حتی در سطوح و مقادیر کافی کودهای نیتروژنی، تلقیح گیاهان با عوامل زیستی موجب افزایش رشد و نمو گیاهان شده است که در این صورت احتمالاً وجود مکانیسم‌های دیگری به غیر از تثبیت نیتروژن، از جمله مواد تنظیم‌کننده رشد مانند اکسین علت افزایش رشد گیاه بوده است (رای و همکاران، ۲۰۱۱).

از آنجایی که تنش خشکی به عنوان یکی از عوامل محدودکننده در تولیدات گیاهی مطرح است، بنابراین مقابله با اثرات مخرب این تنش به روش‌های مختلف از جمله استفاده از کودهای زیستی دارای اهمیت بسیار زیادی می‌باشد. این کودها دارای کارایی بالایی در تعدیل اثرات منفی برخی از تنش‌ها هستند. بنابراین هدف از انجام این تحقیق بررسی تاثیر کودهای زیستی باکتریایی و شیمیایی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و فعالیت برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی گیاه نخود در شرایط تنش کم‌آبی بود.

۲. مواد و روش

این آزمایش به صورت فاکتورسل در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار انجام شد. در این آزمایش عامل اول در دو سطح شامل ظرفیت زراعی ۸۰ درصد (I80) و ظرفیت زراعی ۵۰ درصد (I50) و عامل دوم در ۱۳ سطح شامل ۱- شاهد (بدون کود و باکتری) (Control)، ۲- باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن (B-N)، ۳- باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم (B-K)، ۴- باکتری‌های حل‌کننده فسفات (B-P)، ۵- باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات (B-PK)، ۶- باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن و باکتری‌های حل‌کننده فسفات (B-NP)، ۷- باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن و باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم (B-NK)، ۸- باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن و باکتری‌های حل‌کننده فسفات و پتاسیم (B-NPK)، ۹- برنامه غذایی رایج منطقه (کودهای شیمیایی) (fer-NPK)، ۱۰- برنامه غذایی رایج منطقه (کودهای شیمیایی) و باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن و باکتری‌های حل‌کننده فسفات (fer+B-NP)، ۱۱- برنامه غذایی رایج منطقه (کودهای شیمیایی) و باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن و باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم (fer+B-NK)، ۱۲- برنامه غذایی رایج منطقه (کودهای شیمیایی) و باکتری‌های حل‌کننده فسفات و پتاسیم (fer+B-PK) و ۱۳- برنامه غذایی رایج منطقه (کودهای شیمیایی) و باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن و باکتری‌های حل‌کننده فسفات و پتاسیم (fer+B-NPK) بود.

این آزمایش در گلدان‌هایی با محتوای پنج کیلوگرم خاک (ماسه، خاک برگ و خاک زراعی به نسبت مساوی) که دارای قطر ۲۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر هستند، انجام گرفت. اعمال تیمارهای رژیم آبی بر اساس روش وزنی بود. در طول دوره رشد به منظور دست‌یابی به میزان رطوبت قابل‌دسترس موجود در هر گلدان، از دستگاه TDR (Time Domain Reflectometer) مورد استفاده قرار گرفت. تنش رطوبتی در مرحله چهار برگی با قطع آبیاری شروع و تا رسیدن آب خاک گلدان به ۵۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی اعمال گردید. در مرحله

گلدهی محتوای پرولین، فنل کل، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شامل سوپراکسید دیسموتاز- کاتالاز- آسکوربات پراکسیداز در برگ جوان کاملاً توسعه‌یافته اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری محتوای پرولین برگ‌ها با استفاده از برگ تازه و بر اساس روش باتس و همکاران (۱۹۷۳) انجام شد. محتوای تام فنلی با استفاده از معرف فولین-شیکالتیو اندازه‌گیری و به ۰/۵ میلی‌لیتر از هر عصاره (۱۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) ۲/۵ میلی‌لیتر واکنشگر فولین-شیکالتیو ۰/۲ نرمال افزوده و پس از ۵ دقیقه ۲ میلی‌لیتر از محلول ۷۵ گرم بر لیتر کربنات سدیم به آن اضافه شد. پس از ۲ ساعت، جذب مخلوط در طول‌موج ۷۶۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر در مقابل بلانک خوانده شده، از گالیک اسید به‌عنوان استاندارد برای رسم منحنی کالیبراسیون استفاده شد (سلینکارد و سینگلتون، ۱۹۷۷). همچنین، جهت ارزیابی فعالیت آنزیمی، ماده برگی تازه (۱۰۰ میلی گرم) در نیتروژن مایع پودر و یک میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۰/۱ مولار با اسیدیته ۷/۸، حاوی EDTA یکی میلی‌مولار به آن اضافه شد. مواد نامحلول توسط سانتریفیوژ یخچال‌دار سیگما مدل ۳-K۱۸ با ۱۲۰۰۰ جی به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد جدا و محلول بالایی به عنوان منبع برای استخراج آنزیم‌ها استفاده شد. سپس فعالیت آسکوربات پراکسیداز (یاماگوچی و همکاران، ۱۹۹۵)، کاتالاز (ولیکووا و همکاران، ۲۰۰۰)، و پراکسیداز (چنس و مهلی، ۱۹۹۵) اندازه‌گیری شد.

محاسبات آماری با استفاده از نرم افزارهای minitab 19 و Excel و مقایسه میانگین‌ها با روش آزمون LSD در سطح احتمال ٪۹۵ انجام شد.

۳.نتایج و بحث

۱,۳. کاتالاز

تجزیه وارانس صفات نشان داد اثرات اصلی تنش خشکی و کود و برهمکنش آنها بر روی کاتالاز معنی‌دار بودند (جدول ۱). نتایج نشان داد با افزایش تنش از ۸۰ به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی میزان کاتالاز افزایش یافت. همچنین تیمار شاهد بدون کود در مقایسه با کودهای مختلف شیمیایی و زیستی و برهمکنش آنها دارای میزان کاتالاز بیشتری بود. از سوی دیگر ترکیب کود شیمیایی و ترکیب کودهای زیستی با شیمیایی در مقایسه با کودهای منفرد زیستی دارای میزان کاتالاز کمتری بود. تفاوت بیشترین (برهمکنش ظرفیت زراعی ۵۰ درصد و شاهد) و کمترین (۸۰ درصد ظرفیت زراعی و کود ترکیبی شیمیایی و زیستی NPK) میزان کاتالاز نزدیک به ۵/۵ برابر بود (جدول ۲).

۲,۳.آسکوربات پراکسیداز

نتایج نشان داد اثرات اصلی تنش خشکی، کود و برهمکنش تنش و کود بر آنزیم آسکوربات پراکسیداز معنی‌دار بودند (جدول ۱). مقایسه میانگین صفات نشان داد با اعمال تنش خشکی و عدم استفاده از کودهای مختلف در مقایسه با استفاده کودها و آبیاری مطلوب میزان آسکوربات پراکسیداز افزایش یافت. نتایج نشان داد بیشترین میزان آنزیم آسکوربات پراکسیداز در تیمار ظرفیت زراعی ۵۰ درصد و شاهد بدون کود (۲۴/۳ $Unit.min^{-1}gfw$) و کمترین میزان نیز در تیمار ظرفیت زراعی ۸۰ درصد و تیمار کود ترکیبی شیمیایی و زیستی NPK (۵/۲۶ $Unit.min^{-1}gfw$) بدست آمد که تفاوت آنها بیش از ۳/۶ برابر است (جدول ۲).

۳,۳. پراکسیداز

نتایج نشان داد اثرات اصلی تنش خشکی و کودهای مختلف و برهمکنش آنها بر پراکسیداز معنی‌دار بود (جدول ۱). همانند آنزیم آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز، تنش خشکی و عدم استفاده از کود در مقایسه با عدم تنش و کودهای مختلف باعث افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز شد. مقایسه میانگین صفات نشان داد بیشترین فعالیت پراکسیداز در تیمار ظرفیت زراعی ۵۰ درصد و شاهد بدون کود (۷/۳۴ $Unit.min^{-1}gfw$) گزارش شد. کمترین فعالیت نیز در تیمار ظرفیت زراعی ۸۰ درصد و تیمار کود ترکیبی شیمیایی و زیستی NPK (۱/۹۱ $Unit.min^{-1}gfw$) بدست آمد که تفاوت آنها نزدیک به سه برابر می‌باشد (جدول ۲).

افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان در شرایط تنش‌ها برای زنده ماندن سلول و ادامه یافتن فعالیت ارگانیسم گیاه، حیاتی می‌باشد. به‌طور کلی می‌توان چنین عنوان داشت که علت افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در شرایط تنش خشکی آن است که با کاهش آب قابل دسترس برای گیاه و افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن، این آنزیم به‌عنوان یکی از اجزای مهم مکانیسم دفاعی در گیاه

عمل می‌نماید. از گزارشاتی که حاکی از افزایش آنزیم کاتالاز در شرایط تنش خشکی است، نتیجه تحقیقات شهاب و همکاران (۲۰۱۰) بر روی گیاه *Oryza sativa* می‌باشد. از طرفی همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد مصرف کودهای زیستی در مقایسه با دیگر کودها و شاهد باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی شد.با توجه به اینکه تغذیه مناسب گیاهی در بالا بردن سطح تحمل گیاهان در برابر انواع تنش‌ها نقش به‌سزایی دارد، احتمالا تامین مناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به‌واسطه استفاده از کودهای زیستی توانسته اثر تنش بر گیاه را کاهش داده و گیاه را در شرایط مناسب‌تری قرار دهد و به تبع آن، گیاه مقدار آنزیم کمتری تولید نموده است. عمر و همکاران (۲۰۱۹) نیز در تحقیقی نشان دادند که در گیاهچه‌های جو در معرض تنش در شرایط تلقیح با باکتری آزوسپریلیوم فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی کاهش پیدا کرد.

۴،۳. فنل

تجزیه وارانس صفات نشان داد اثرات اصلی تنش خشکی و کود و برهمکنش آنها بر روی فنل معنی‌دار بودند (جدول ۱). نتایج نشان داد با افزایش تنش از ۸۰ به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی میزان فنل افزایش یافت. همچنین تیمار شاهد بدون کود در مقایسه با کودهای مختلف شیمیایی و زیستی و برهمکنش آنها دارای میزان فنل کمتری بود. از سوی دیگر ترکیب کود شیمیایی و ترکیب کودهای زیستی با شیمیایی در مقایسه با کودهای منفرد زیستی دارای میزان فنل بیشتری بود. تفاوت بیشترین (برهمکنش ظرفیت زراعی ۵۰ درصد و کود ترکیبی شیمیایی و زیستی NPK) و کمترین (۸۰ درصد ظرفیت زراعی و شاهد) میزان فنل بیش به ۵ برابر بود (جدول ۲).

۵،۳. پرولین

نتایج نشان داد اثرات اصلی تنش خشکی، کود و برهمکنش تنش و کود بر پرولین معنی‌دار بودند (جدول ۱). مقایسه میانگین صفات نشان داد با اعمال تنش خشکی و استفاده از کودهای مختلف در مقایسه با عدم استفاده کودها و آبیاری مطلوب میزان پرولین افزایش یافت. نتایج نشان داد بیشترین میزان پرولین در تیمار ظرفیت زراعی ۵۰ درصد و و تیمار کود ترکیبی شیمیایی و زیستی NPK (۳/۳۳ mg.gfw) و کمترین میزان نیز در تیمار ظرفیت زراعی ۸۰ درصد و شاهد بدون کود (۰/۷۷۲ mg.gfw) بدست آمد که تفاوت آنها بیش از ۳ برابر است (جدول ۲).

افزایش میزان فنل و پرولین در مطالعات بسیاری تحت تنش خشکی گزارش شده است (پارسا و همکاران، ۱۴۰۱). بر اساس نظریه مارشنر (۱۹۹۵) عمده ترکیبات پرولین دارای ساختار نیتروژنی هستند، از این رو استفاده از نیتروژن می‌تواند تا حد زیادی باعث افزایش مقدار آنها در گیاه شود. در بین تیمارهای کودی، کود شیمیایی به‌دلیل سهولت نسبی در تهیه آنها، همچنین پویایی عناصری مانند نیتروژن در آن‌ها، می‌تواند به آسانی نیتروژن و سایر عناصر لازم را در اختیار گیاهان قرار دهد (ملکوتی، ۲۰۱۵).

جدول ۱-تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک نخود تحت تاثیر تنش خشکی و کودهای مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		کاتالاز	آسکوربات پراکسیداز	پراکسیداز	فنل	پرولین
تنش خشکی (A)	۱	۲۹۷۹۰۹**	۲۰/۳**	۱۰۸**	۱۱۹**	۲۸/۳**
کود (B)	۱۲	۷۰۰۱۱**	۸۶/۳**	۸/۱۸**	۱/۵۸**	۱/۴۷**
A×B	۱۲	۹۸۲۴**	۷۹/۲**	۱/۲۲**	۲/۰۵**	۰/۳۶۱**
خطای کل	۷۸	۹۸۸	۲/۶۴	۰/۴۳۳	۰/۱۲۶	۰/۰۵۸
ضریب تغییرات		۱۳/۴	۱۶/۰	۱۴/۱	۱۵/۸	۱۴/۰

**، * و ns به‌ترتیب بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشند

جدول ۲-برهمکنش تنش خشکی × کود بر صفات فیزیولوژیک نخود

تنش خشکی	کود	کاتالاز (Unit.min^{-1} gfw^{-1})	آسکوربات پراکسیداز (Unit.min^{-1} gfw^{-1})	پراکسیداز (Unit.min^{-1} gfw^{-1})	فنل (mg.gfw)	پرولین (mg.gfw)
۵۰ درصد ظرفیت زراعی	NPK زیستی	۲۳۹$^{e-g}$	۱۲/۲$^{b-d}$	۵/۳۴^{de}	۳/۴۵$^{b-e}$	۲/۲۵^{bc}
	N زیستی	۳۳۵^{bc}	۱۲/۷^{bc}	۵/۴۷^{de}	۳/۱۴$^{d-g}$	۲/۰۱^{cd}
	شیمیایی	۳۰۸$^{b-d}$	۹/۸۳$^{e-i}$	۵/۳۳^{de}	۳/۴۹$^{b-e}$	۲/۲۷^{bc}
	NP زیستی	۳۱۰$^{b-d}$	۱۰/۶$^{c-f}$	۶/۲۰$^{b-d}$	۳/۳۳$^{b-f}$	۲/۲۵^{bc}
	NK زیستی	۳۱۷$^{b-d}$	۱۱/۳$^{b-e}$	۶/۴۸^{ab}	۳/۳۱$^{b-f}$	۲/۲۵^{bc}
	PK شیمیایی+زیستی	۲۷۸^{de}	۹/۶۶$^{e-i}$	۵/۳۲^{de}	۳/۷۲^{bc}	۲/۳۶^{b}
	NK شیمیایی+زیستی	۲۴۳^{ef}	۱۰/۴$^{d-g}$	۵/۲۹^{de}	۳/۸۰^{b}	۳/۰۱^{a}
	NP شیمیایی+زیستی	۲۱۰$^{f-i}$	۱۰/۱$^{d-h}$	۵/۳۱^{de}	۳/۶۳$^{b-d}$	۳/۱۷^{a}
	PK زیستی	۳۰۱^{cd}	۹/۶۱$^{e-i}$	۵/۵۳$^{c-e}$	۳/۲۳$^{c-g}$	۱/۶۹$^{d-f}$
	K زیستی	۳۵۱^{b}	۱۳/۲^{b}	۶/۶۴^{ab}	۲/۸۶^{fg}	۱/۵۳$^{e-h}$
	P زیستی	۳۴۵^{b}	۲۳/۲^{a}	۶/۴۲$^{a-c}$	۳/۰۵$^{e-g}$	۱/۶۰$^{e-g}$
	NPK شیمیایی+زیستی	۲۱۰$^{f-j}$	۸/۹۲$^{f-j}$	۵/۰۹^{e}	۴/۷۷^{a}	۳/۳۳^{a}
	شاهد	۶۳۱^{a}	۲۴/۳^{a}	۷/۳۴^{a}	۲/۸۱^{g}	۱/۳۵$^{g-j}$
۸۰ درصد ظرفیت زراعی	NPK زیستی	۱۵۰$^{l-o}$	۷/۶۶$^{i-l}$	۲/۹۲$^{g-j}$	۱/۱۱^{i}	۱/۱۹$^{h-j}$
	N زیستی	۱۸۱$^{h-m}$	۷/۹۸$^{h-l}$	۳/۷۷^{fg}	۰/۸۸۴^{i}	۱/۱۰$^{i-l}$
	شیمیایی	۱۴۰$^{m-p}$	۷/۰۳$^{j-m}$	۲/۷۹$^{h-k}$	۱/۱۱^{i}	۱/۳۰$^{g-j}$
	NP زیستی	۱۷۰$^{i-n}$	۷/۹۰$^{h-l}$	۳/۶۶^{gh}	۱/۰۰^{i}	۱/۱۷^{ij}
	NK زیستی	۱۶۶$^{j-n}$	۷/۸۴$^{i-l}$	۳/۵۱$^{g-i}$	۰/۹۱۳^{i}	۱/۱۱$^{i-k}$
	PK شیمیایی+زیستی	۱۳۰$^{n-p}$	۷/۱۶$^{j-m}$	۲/۳۶^{jk}	۱/۱۶h^{i}	۱/۳۸$^{f-i}$
	NK شیمیایی+زیستی	۱۱۶^{lo}	۶/۵۶$^{k-m}$	۲/۶۸$^{i-k}$	۱/۲۱h^{i}	۱/۳۵$^{g-j}$
	NP شیمیایی+زیستی	۱۰۸^{op}	۶/۱۶^{lm}	۲/۴۳^{jk}	۱/۲۳h^{i}	۱/۴۱$^{e-i}$
	PK زیستی	۱۶۶$^{k-n}$	۸/۲۶$^{g-l}$	۴/۶۵^{ef}	۰/۸۸۵^{i}	۱/۱۷^{ij}
	K زیستی	۱۸۵$^{h-l}$	۸/۸۳$^{f-k}$	۴/۹۰^{e}	۰/۸۷۶^{i}	۰/۸۱۱^{kl}
	P زیستی	۱۹۷$^{g-k}$	۷/۷۶$^{i-l}$	۴/۷۵^{e}	۰/۸۱۵^{i}	۱/۰۱$^{j-l}$
	NPK شیمیایی+زیستی	۱۰۱^{p}	۵/۲۶^{m}	۱/۹۱^{k}	۱/۶۵^{h}	۱/۷۲^{de}
	شاهد	۲۲۳$^{f-h}$	۸/۸۴$^{f-k}$	۵/۰۶^{e}	۰/۷۵۴^{i}	۰/۷۷۲^{l}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

۴. نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج بدست آمده در این آزمایش می‌توان بیان کرد هر چند با کاهش میزان آب مصرفی و به تبع آن بروز تنش خشکی برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی گیاه نخود کاسته می‌شود اما با مصرف کود، بخصوص کود زیستی باکتریایی همراه با کود شیمیایی، می‌توان تا حدی از بروز اثرات سوء تنش خشکی بر این شاخص‌های فیزیولوژیکی این گیاه کاست. همچنین نتایج گویای آن است که کاربرد کودهای زیستی در کنار کودهای شیمیایی باعث کاهش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانتی گردید، احتمالا تامین تدریجی نیتروژن و فسفر در طی رشد گیاه به‌واسطه کاربرد کودهای زیستی توانسته با تامین متعادل عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و تامین انرژی کافی برای رشد و بقای گیاه از شدت تنش در گیاه بکاهد و با توجه به کاهش شدت تنش میزان فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانتی نیز کاهش پیدا کرده است.

منابع

۱) پارسا، م.، کمائی، ر. و یوسفی، ب. ۱۴۰۱. تاثیر کودهای زیستی و شیمیایی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و فعالیت چند آنزیم آنتی‌اکسیدانتی گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita*) در شرایط تنش کم‌آبی. مجله پژوهش‌های گیاهی. ۳۵(۴): ۱-۱۷.

۲) حسین زاده، س.ر. امیری، ح. اسماعیلی، آ. (۱۳۹۵). تاثیر کود ورمی کمپوست بر خصوصیات فتوسنتزی نخود (*Cicer arietinium* L.) تحت تنش خشکی. نشریه فتوسنتتیکا (Photosynthetica) . ۵۴: ۹۲-۸۷.

۳) نظری، م.ر. حبیب پور مهربان، ف. ماعلی امیری، ر. (۱۳۹۱). تغییر در پاسخ های آنتی اکسیدانی در برابر آسیب اکسیداتیو در نخود به دنبال سازگاری با سرما. نشریه فیزیولوژی گیاهی. ۵۹: ۱۸۳-۸۹.

۴) وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۹۷. آمارنامه کشاورزی سال زراعی۹۷-۱۳۹۶. جلد اول: محصولات زراعی.

5) Bates, L. S., Waldran, R. P. and Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water studies. Plant and Soil. 39: 205–208.
6) Biglouie, M. H., Assimi, M. H. and Akbarzadeh, A. (2020). Effect of water stress at different stages on quantity and quality traits of virginia (flue cured) tobacco type. Plant Soil Environment-2: 67-75.
7) Blum, A. (2011). Plant Breeding for Water-Limited Environments. Springer, New York.
8) Chance, B. and Maehly, C. (1955). Assay of catalase and peroxidases. Methods Enzymol 11:764–775
9) Gunes, A., Cicek, N., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Guneri, E. and Guzelordu, T. (2016). Genotypic responses of chickpea (Cicer arietinum L.) cultivars to drought stress implemented at pre-and post a thesis stage and its relations with nutrient uptake and efficiency. Plant Soil Environ. 52: 868-876.
10) Gupta, M. L., Prasad, A., Ram, M. and Kumar, S. (2022). Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus Glomus fasciculatum on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crop of different cultivars of menthol mint (Mentha arvensis) under field conditions. Bioresource Technology. 81: 77-9.
11) Kaur, M. & Singh, N. 2015. Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Journal food chemistry, 91, 403-411.
12) Liu, C., Liu, Y., Guo, K., Fan, D., Li, G., Zheng, Y., Yu, L. and Yang, R. (2011). Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in sixwoody plant species in karst habitats of southwestern China. Environmental and Experimental Botany. 71:174–183.
13) Malakouti, M. (2015). Sustainable agriculture and increasing of chemical fertilizers. Journal of Agric Training. pp 279.
14) Marschner, H. (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Academic Press. Ltd. London.
15) Omar, M. N. A., Osman, M. E. H., Kasim, W. A. and Abd El-Daim, L. A. (2019). Improvement of salt tolerance mechanisms of barley cultivated under salt stress using Azospirillum brasilense. Pp: 133.
16) Rai, M., Acharya, D., Singh, A. and Varma, A. (2011). Positive growth responses of the medicinal plants Spilanthes calva and Withania somnifera to inoculation by Piriformospora indica in a field trial. Mycorrhiza.11: 123 – 8
17) Shehab, G. G., Ahmed, O.K. and El -Beltagi, H.S. (2010). Effects of various chemical agents for alleviation of drought stress in rice plants (*Oryza sativa* L.). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici. 38, 139 -148.
18) Slinkard, K. and Singleton, V. L. (1977) Total phenol analysis automation and comparison with manual methods. American Journal of Enology and Viticulture 28: 49-55.
19) Tawfik, K. M. (2018). Effect of water stress in addition to potassium application on mungbean. Australian Journal Basic Apply Science.2: 42-52.
20) Velikova, V., I. Yordanov, and A. Edreva. 2000. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid raintreated bean plants. Protective role of exogenous polyamines. Plant Science. 151: 59-66.
21) Yamaguchi, K., H. Mori and M. Nishimura. 1995. A novel isoenzyme of ascorbate peroxidase localized on glyoxysomal and leaf peroxisomal membranes in pumpkin. Plant Cell Physiology. 36:1157–1162.

اولین همایش ملی نخود
نخود، محصولی پر در آمد و کم آب بر، غذایی کامل و سازگار با اقلیم خشک
۸ خرداد ۱۴۰۲
کرمانشاه

Investigating the physiological attributes of chickpea (*Cicer arietinum* L.) influenced by different fertilizers and drought stress in greenhouse conditions

Nilofar Jalairinia[1], Ahmad Nezami[2], Jafar Nabati[3]

1- PHD student of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

2-Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. nezami@um.ac.ir

3-Faculty of Plant Sciences Research Institute, Ferdowsi University of Mashhad

Abstract

In order to investigate the effect of biological and chemical fertilizers on the physiological attributes of chickpeas, a greenhouse experiment was conducted as a factorial in the form of a completely randomized design with four replications. The experimental treatments include two irrigation levels (80% (I-80) and 50% (I-50) of field capacity) as the first factor and 13 levels of different fertilizers (free N-fixing (B-N), potassium (B-K), Phosphate solubilizing bacteria (B-P), their combination and the common fertilization regimes) were the second factors. The results indicated that the highest enzymes activities of catalase (631 Unit.min-1gfw), peroxidase (7.34 Unit.min-1gfw) and ascorbate peroxidase (24.3 Unit.min-1gfw) were obtained in the without fertilizer and I-50 treatment. Also, the highest values of proline (3.33 mg.gfw) and phenol (4.77 mg.gfw) were obtained in F+B-NPK and I-50 treatment. The results show that the combined application of biofertilizers and chemical fertilizers have a relative advantage compared to using chemical fertilizers alone. Because macro elements such as nitrogen, phosphorus and potassium are provided to the plant in sufficient quantities and gradually which reduces the severity of stress in the plant by providing a balanced supply of the plant needed nutrients and providing sufficient energy for plant growth and survival and due to the decrease in stress intensity, the activity of antioxidant enzymes has also decreased.

Key words: Catalase, Ascorbate peroxidase, Proline, Phosphate solubilizing bacteria, Field capacity