بررسی تاثیر روش‌های مصرف مایکوریزا جیبرلین بر صفات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و عملکرد ماش تحت تنش خشکی

عبدالله حسینی [۱]، محمد میرزایی حیدری [۲*]، عباس ملکی [۳]، محمود رستمی نیا [۴] و فرزاد بابایی [۵]

۱، ۳ و ۵) گروه اگروتکنولوژی، واحد ایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام، ایران.
۲) گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.
۴) گروه مهندسی آب و خاک، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

*نویسنده مسئول: Mirzaeiheydari@yahoo.com

تاریخ دریافت:۱۳۹۹/۱۰/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۸

چکیده

امروزه با افزایش تولید کشاورزی به‌جهت رفع نیازمندی‌های رو به رشد جمعیت در حال گسترش، نگرانی در مورد آینده تأمین غذا برای مردم مطرح گردیده است. در بین عوامل بازدارنده محیطی بر رشد و عملکرد گیاهان، خشکی مهم‌ترین عامل کاهش تولید بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک به‌شمار می‌رود. به‌منظور ارزیابی اثر مصرف مایکوریزا و جیبرلین و تنش خشکی بر روی عملکرد کمی و کیفی ماش، آزمایشی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار طی دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ در منطقه ملکشاهی از توابع استان ایلام انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سه مقدار تنش خشکی (۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر) به‌عنوان فاکتور اصلی و سه سطح جیبرلین شامل (شاهد یا عدم مصرف، بذرمال، محلول‌پاشی) و سه سطح مایکوریزا شامل (شاهد یا عدم مصرف، بذرمال و خاک کاربرد) به‌صورت فاکتوریل بود. مقایسه میانگین اثر سه‌گانه تنش خشکی و هورمون جیبرلین و مایکوریزا نشان داد که در تیمار ۳۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشت و محلول‌پاشی جیبرلین و عدم مصرف مایکوریزا بیش‌ترین عملکرد دانه به‌میزان ۲۲۵۵/۴ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. بیش‌ترین و کم‌ترین فعالیت پلی فنل اکسیداز در تیمارهای بذرمال جیبرلین اسید در واکنش به تنش ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر و عدم مصرف جیبرلیک اسید در واکنش به تنش ۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر با مقادیر ۰/۸۷ و ۰/۴۴ میکرومول آب مقطر بر گرم وزن تر حاصل شد. بیش‌ترین و کم‌ترین فعالیت آسکوربات پراکسیداز در تیمارهای بذرمال مایکوریزا در واکنش به تنش ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر و عدم مصرف مایکوریزا و جیبرلین اسید در واکنش به تنش ۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر با مقادیر ۴/۰ و ۱/۸۱ میکرومول آب مقطر بر گرم وزن تر حاصل شد که اختلاف بین این از لحاظ آماری معنی‌دار بود.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، جیبرلین، ماش و مایکوریزا.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

مقدمه

امروزه با افزایش تولید کشاورزی به‌جهت رفع نیازمندی‌های رو به رشد جمعیت در حال گسترش، نگرانی در مورد آینده تأمین غذا (Dawoudian *et al*., 2021) برای مردم مطرح گردیده است (Skowroñska and Filipek, 2014). ماش گیاهی است گرمسیری با نام علمی *vigna radiate* L. متعلق به تیره حبوبات که معمولا در دمای بالاتر از ۱۶ درجه سلسیوس رشد می‌کند و در دمای کمتر از ۱- درجه سلسیوس از بین می‌رود. ماش یکی از مهم‌ترین حبوبات است که به‌طور گسترده در آسیا کشت می‌شود (ضیائی و همکاران، ۱۳۹۶). امنیت غذای جهانی با چالش‌های رشد جمعیت و کمبود منابع آب در دهه‌های آینده مواجه است (داشاب و همکاران، ۱۳۹۹؛ Hamidy, 2016).

در بین عوامل بازدارنده محیطی بر رشد و عملکرد گیاهان، خشکی مهم‌ترین عامل کاهش تولید بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود (بهامین و همکاران، ۱۳۹۸؛ Tardieu *et al*., 2014). تنش خشکی عملکرد را از طریق کاهش وزن خشک کل گیاه و شاخص برداشت کاهش می‌دهد (بهامین و همکاران، ۱۴۰۰؛ موقوفه و همکاران، ۱۳۹۷). از طرفی قابلیت دسترسی عناصر غذایی مختلف در خاک در واکنش به تنش، تغییرات قابل ملاحظه‌ای می‌یابد. بنابراین مدیریت تغذیه گیاه در شرایط تنش یکی از مسائل مهم در تولید محصولات گیاهی محسوب می‌شود (بهامین و همکاران، ۱۳۹۸؛ Mirzaei Heydari *et al*., 2019). اثر خشکی بر هر یک از اجزای تشکیل دهنده عملکرد می‌تواند منجر به تغییر در میزان عملکرد تولیدی شود. در صورت نبود آب کافی نه تنها رشد گیاه به‌واسطه نبود آب بلکه به‌سبب کمبود عناصر غذایی قابل دسترس کاهش می‌یابد (Kumar *et al*., 2015). یکی از مباحث نوین کشاورزی پایدار در مدیریت منابع خاک، بررسی موجودات خاکزی و روابط همزیستی متقابل مفید بین اجزاء اکوسیستم در زنجیره‌های غذایی و چرخه حیاتی است (Karami-Chame *et al*., 2015). کودهای زیستی از جمله نهاده‌های طبیعی هستند که می‌توانند به‌عنوان مکمل یا جایگزین کودهای شیمیایی در کشاورزی پایدار به‌کار برده شوند (بهامین و همکاران، ۱۳۹۸). محققان بیان کردند که بطورکلی قارچ‌های میکوریز سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گردید، زیرا از یک طرف این قارچ‌ها دارای ریسه‌های فراوانی بوده که این ریسه‌ها وارد ریشه‌های گیاه شده و بر وزن ریشه می‌افزایند و از طرف دیگر با جذب فسفر و آب سبب افزایش اجزای عملکرد می‌گردند (پزشکپور و همکاران، ۱۳۹۳؛ میرزائی حیدری، ۱۴۰۰). برقراری رابطه همزیستی قارچ مایکوریزا با گیاه می‌تواند از طریق جذب مواد غذایی و آب بر تعداد دانه‌های تشکیل شده موثر باشد (میرزاکرمی و همکاران، ۱۳۹۸). همزیستی با گونه‌های قارچ مایکوریزا سبب استفاده بهتر از فسفر غیر قابل جذب خاک توسط هیف‌های قارچ شد که این می‌تواند در وزن دانه موثر باشد (مطرودی و همکاران، ۱۳۹۸).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

از طرفی دیگر برخی هورمون‌ها مانند جیبرلین پتانسیل زیادی برای کارهایی در زمینه اصلاح گیاهان زراعی در واکنش به-شرایط نرمال دارند. یافته‌های اخیر توانایی برگ‌های تیمار شده با جیبرلین را در غلبه بر اثر مضر تنش‌های محیطی اثبات می‌کند (ملکی و همکاران، ۱۳۹۹). هورمون‌های گیاهی بخش فعال سیگنال‌های فرستاده شده در القاء پاسخ‌های گیاهان به تنش هستند. تنش‌های غیر زیستی باعث کاهش سطح هورمون‌های گیاهی شده و رشد گیاهان را کاهش می‌دهند. تنش مقادیر سیتوکینین و اسید جیبرلیک را در گیاه کاهش داده و مقدار اسید آبسزیک را افزایش می‌دهد و همچنین تغییراتی را در نسبت‌های آب و نفوذپذیری غشا القا می‌کند. یک استراتژی مهم برای بهبود بخشیدن و اصلاح اثرهای مضر تنش بر گیاهان، می‌تواند استفاده از تنظیم کننده‌های رشد به‌صورت خارجی باشد (Sarwar *et al.*, 2017). اسید جیبرلیک یکی از مهمترین جیبرلین‌ها می‌باشد که در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان نظیر فعالیت تقسیم سلولی مناطق مریستم، افزایش طولی سلول‌ها افزایش سرعت و درصد جوانه زنی، افزایش رشد گیاهچه ای در شرایط مزرعه، زودرسی، گل‌دهی و عملکرد دخالت دارد (Farooq *et al.*, 2016).

اسماعیل پور و همکاران (۱۳۹۲) اعلام کردند که قارچ میکوریزا باعث افزایش مقدار کلروفیل در شرایط تنش خشکی شد. همزیستی میکوریزایی با دو گونه گلوموس موسه و گلوموس اینترداریس در ماش خسارت تنش خشکی را از طریق افزایش تعداد غلاف و دانه در بوته، طول غلاف و همچنین شاخص برداشت جبران کرد. Qiao و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی اثر قارچ میکوریز آربوسکولار بر مقاومت به خشکی گیاه نخود را در شرایط کمبود رطوبت خاک بررسی نموده و دریافتند که همزیستی میکوریزی به‌طور قابل ملاحظه‌ای باعث توسعه سیستم ریشه‌ای، ارتفاع گیاه، محتوای کلروفیل برگ‌ها، شدت فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای گردید، در حالی‌که میزان پرولین و قندهای محلول پس از ۳۰ روز تنش خشکی درگیاهان میکوریزی کم‌تر بود. Asrar و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که تلقیح میکوریز آربوسکولار همراه با ریزوبیوم یا به‌تنهایی منجر به افزایش عملکرد دانه، گسترش ریشه و مقدار فسفر دانه و ساقه شد. در تحقیق حبیب زاده و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از گونه‌های *G. intraradices* و *G. mosseae* بیش‌ترین میزان فسفر برگ در گیاهان ماش به‌ترتیب ۲۶۰/۲ و ۲۵۸/۳ میلی گرم بر گرم وزن خشک برگ بود.

کشاورزی و همکاران (۱۳۹۲) در ارزیابی اثر هورمون جیبرلین بر عملکرد ذرت گزارش کردند که کاربرد جیبرلین با غلظت ۱۰۰ پی پی ام اثر مثبت و معنی‌داری بر وزن تک بوته و عملکرد کمی و کیفی علوفه در هکتار داشت. در این آزمایش مقدار ۲۰میکرومول از هورمون‌های Kinetin، GA3وIAA مخلوط آن‌ها استفاده شد. با محلول‌پاشی هورمون‌ها، عملکرد، سطح برگ و رنگیزه‌های فتوسنتزی افزایش قابل توجهی داشتند. کیخا و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی با عنوان بررسی اثر سالیسیلیک‌اسید و جیبرلین بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش بیان داشتند که در تیمار

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیبرلین بهترین عملکرد علوفه خشک به‌میزان ۱۴۶۹/۳۶کیلوگرم در هکتار و ۲۰/۹ درصد افزایش نسبت به شاهد، عملکرد دانه به‌میزان ۵۰۸/۰۸کیلوگرم در هکتار و ۳۱/۰۹درصد افزایش نسبت به شاهد و شاخص برداشت نیز به‌میزان ۲۵/۶۶ درصد بود که نسبت به شاهد ۲۰/۴۵درصد افزایش نشان‌داد. به‌طورکلی می‌توان بیان کرد که سالیسیلیک‌اسید و جیبرلین بر صفات مورد بررسی اثر معنی‌دار مثبت داشتند و رشد بهتر بوته‌های ماش در تیمار ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سالیسیلیک‌اسید و ۱۰۰میلی‌گرم در کیلوگرم جیبرلین مشاهده شد.

بنابراین، با توجه به اهمیت دستیابی به روش‌های کشاورزی پایدار در جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و نیز افزایش عملکرد در منطقه، نیاز به انجام مطالعه در زمینه بررسی اثر مصرف مایکوریزا و جیبرلین بر تحمل به خشکی و صفات بیوشیمیایی و زراعی ماش در شرایط تنش خشکی ضروری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی اثر مصرف مایکوریزا و جیبرلین و تنش خشکی بر روی عملکرد کمی و کیفی ماش آزمایشی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار طی دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ در منطقه ملکشاهی (استان ایلام) انجام شد. این شهرستان در شمال شرقی استان ایلام بین ۳۲ درجه و ۳۳ دقیقه و ۵۸ ثانیه تا ۳۳ درجه و ۱۲ دقیقه و ۰۸ ثانیه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۰۷ دقیقه و ۱۶ ثانیه تا ۴۸ درجه و ۰۴ دقیقه و ۰۹ ثانیه طول شرقی قرار گرفته است. دارای اقلیم معتدل کوهستانی طبق طبقه بندی کوپن، میانگین بارش سالانه آن ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر و دمای مطلق آن بین ۶/۵- تا ۳۹ درجه سانتیگراد متغیر است.

تیمارهای آزمایش شامل سه سطح تنش خشکی (۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر) به‌عنوان فاکتور اصلی و سه سطح جیبرلین شامل (شاهد، بذرمال در مرحله قبل از کاشت، محلول‌پاشی در مرحله شروع گل‌دهی) و سه سطح مایکوریزا شامل (شاهد، بذرمال و خاک کاربرد) به‌صورت فاکتوریل بود.

جیبرلین با غلظت ۱ میلی‌مولار مورد استفاده قرار گرفت. در حالت خاک کاربرد مایه تلقیح قارچ میکوریزا (*Glomus mosseae* و *Glomus intraradices*) به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (Qiao *et al.*, 2011) و به‌صورت جاگذاری در زیر و کنار بذور در زمان کاشت مورد استفاده قرار گرفت. در حالت بذرمال کود مایکوریزا به‌صورت مخلوطی از اسپور، خاک، ریسه و قطعات جدا شده ریشه‌های آلوده به‌عنوان تلقیح کننده در هنگام کشت استفاده شد. هنگام کشت بذرها، مقدار ۵۰ گرم از قارچ میکوریزا که شامل ریشه، خاک و اسپور بود استفاده شد. مایه تلقیح قارچ میکوریزا در این تحقیق با توجه به گونه‌های قارچ داخل آن در هر گرم دارای ۱۰۰ اسپور قارچ (Qiao *et al.*, 2011) وجود داربود.

به‌منظور تعیین ویژگی‌های خاک قبل از اجرای آزمایش نمونه‌گیری از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک صورت گرفت و

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

ویژگی‌های آن مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج تجزیه نمونه‌های خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. در این آزمایش جهت کشت از بذر ماش رقم پرتو استفاده شد. هر کرت شامل ۴ خط کاشت با فواصل ۵۰ سانتی‌متر و به‌طول ۴ متر بود. فواصل بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. ازآنجا که گیاه ماش به دلیل ذخیره شدن ازت توسط باکتری‌های ریزوبیوم در روی ریشه‌ها نیاز چندانی به کود ازته ندارد تنها جهت رشد سریع و اولیه بوته‌ها ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره مصرف گردید. همچنین ۶۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم طبق توصیه آزمایشگاه خاکشناسی مصرف گردید. تمامی کودها، در زمان شخم افزوده شد. پس از مشخص شدن پلات‌های آزمایشی، بذور هر پلات به‌فواصل هر ۱۰ سانتی‌متر یک بذر روی خطوط (پشته‌ها)۵۰ سانتی‌متری کاشته شد. چون در این آزمایش سه سطح تنش خشکی وجود داشت، آبیاری با استفاده از تشت تبخیر که به‌ترتیب ۳۰- ۶۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشت بصورت ۳ روز ۶ و ۹ روز یکبار انجام شد. در طی دوره رشد جهت مبارزه با علف‌های هرز اقدام به چندین بار وجین دستی شد. علف‌های هرز مشاهده شده در مزرعه شامل تاج‌خروس، سلمه تره، قیاق، مرغ و توق بودند. در طول فصل رشد هیچ‌گونه علائم آفت و بیماری روی محصول مشاهده نشد و نیازی به مبارزه با آن‌ها نبود.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	نیتروژن قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	کربن آلی (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته	بافت خاک	عمق (سانتی‌متر)
۱۲۴	۱۰	۱۱	۱/۳	۱/۱	۷/۳	لومی- رسی	۰-۳۰

صفات مورد بررسی شامل تعداد شاخه در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، قندهای محلول، پرولین و پروتئین بذر، آنزیم سوپرکسید دیسموتاز، پراکسیداز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز،گلوتاتیون رداکتاز و پلی فنل اکسیداز بود. در پایان فصل رشد عملکرد دانه از سطحی معادل ۱/۵ متر مربع از خطوط اصلی هر کرت و با رعایت اثر حاشیه‌ای محاسبه شد.

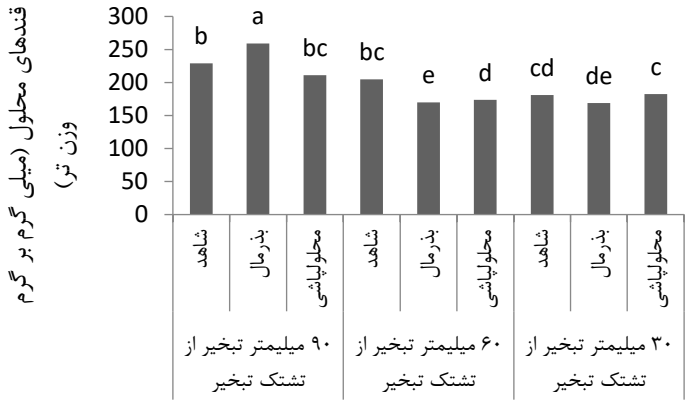
برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از برنامه‌های آماری SAS۹/۳ و جهت مقایسه میانگین صفات مورد نظر نیز از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. از روش همبستگی برای تعیین ارتباط بین صفات و از روش رگرسیون گام به گام موثرترین صفات بر عملکرد دانه تعیین و معادله نهایی به‌دست آمد. قبل از تجزیه و تحلیل داده ها، آزمون یکنواختی واریانس سال‌ها انجام شد. اثر سال به‌صورت اثر تصادفی؛ و اثر تنش، قارچ مایکوریزا و جیبرلیک اسید به‌صورت اثر ثابت در نظر گرفته شد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

نتایج و بحث

قندهای محلول

اثر اصلی تنش خشکی و برهم‌کنش تنش خشکی و جیبرلین اسید بر قندهای محلول معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین و کم‌ترین قندهای محلول به‌ترتیب در تیمارهای بذرمال جیبرلیک اسید در واکنش به تنش ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر و مصرف بذرمال جیبرلیک اسید در واکنش به تنش ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر با مقادیر ۲۵۴/۱ و ۱۷۰/۴ میلی گرم بر گرم وزن تر حاصل شد (شکل ۱). کبیری (۱۳۹۰) بیان کرد که میزان قندهای محلول سیاهدانه در واکنش به تنش خشکی افزایش یافت. یکی از اسمولیت‌های سازگار، قندهای محلول می‌باشند که در شرایط تنش تجمع یافته و به‌عنوان عوامل حفاظتی در گیاهان عمل می‌کنند. در شرایط تنش، قندها از سلول‌ها از طریق تنظیم اسمزی و نگهداری تورژسانس و همچنین پایداری غشاها و پروتئین‌ها محافظت می‌کنند (بهامین و همکاران، ۱۴۰۰). آنزیم آلفا آمیلاز از آنزیم‌های حیاتی در متابولیسم کربوهیدرات که فعالیت آن در واکنش به عوامل محیطی قرار می‌گیرد. افزایش فعالیت آلفا آمیلاز سبب هیدرولیز نشاسته می‌شود در این شرایط تجمع قند در برگ کاهش می‌یابد (ملکی و همکاران، ۱۳۹۹).



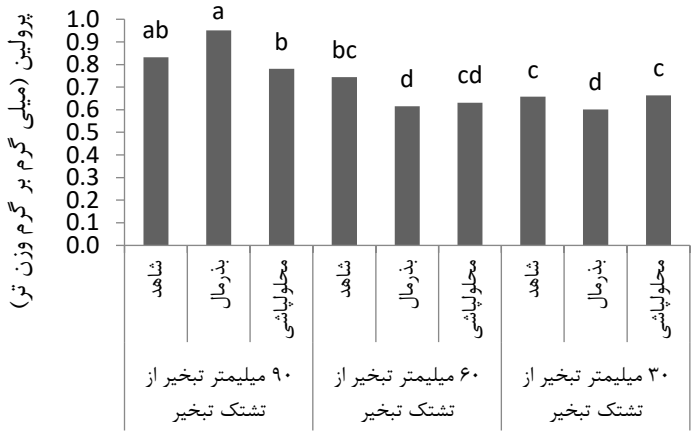
شکل ۱: برهم‌کنش تنش خشکی و جیبرلیک اسید بر قندهای محلول

پرولین

اثر اصلی تنش خشکی و برهم‌کنش تنش خشکی و جیبرلین اسید بر پرولین معنی‌دار بود اما سایر تیمارها اثر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۲). بیش‌ترین و کم‌ترین پرولین به‌ترتیب در تیمارهای بذرمال جیبرلیک اسید در واکنش به تنش ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر و مصرف بذرمال جیبرلیک اسید در واکنش به تنش ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر با مقادیر ۰/۹۵ و ۰/۶۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر حاصل شد (شکل ۳). یکی از مهم‌ترین ساز و کارهای گیاهان عالی در واکنش به تنش تجمع ترکیبات محلولی مانند پرولین است. تجمع پرولین در گیاهان در واکنش به تنش

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

پاسخ دفاعی اولیه به نگهداری فشار اسمزی در سلول‌ها است. گزارشات متعددی مبنی بر اهمیت نقش پرولین در تنظیم اسمزی، حفظ ساختار سلولی و مقاومت در برابر تنش در بسیاری از گیاهان مقاوم و حساس به تنش شوری وجود دارد (بهامین و همکاران، ۱۳۹۸؛ Farooq *et al*, 2016). از طرفی یزدان پناه (۱۳۹۴) افزایش پرولین با مصرف مایکوریزا را گزارش کرد.

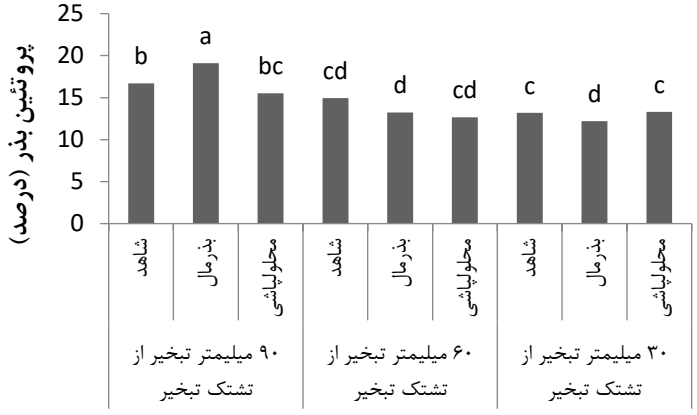


شکل ۲: برهم‌کنش تنش خشکی و جیبرلیک اسید بر قندهای محلول

پروتئین بذر

اثر اصلی تنش خشکی و برهم‌کنش تنش خشکی و جیبرلین اسید بر پروتئین بذر معنی‌دار بود اما سایر تیمارها اثر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۲). بیش‌ترین و کم‌ترین پروتئین برگ به‌ترتیب در تیمارهای بذرمال جیبرلیک اسید در واکنش به تنش ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر و بذرمال جیبرلیک اسید در واکنش به تنش ۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر با مقادیر ۱۹/۸ و ۱۲/۲ درصد حاصل شد. تقریبا در تمامی سطوح تنش خشکی مصرف محلول‌پاشی جیبرلیک اسید موجب افزایش این شاخص شد (شکل ۳). کاهش مقدار پروتئین یک پدیده متداول در تنش‌های نظیر تنش خشکی است و تنش خشکی موجب سرکوب تولید برخی پروتئین‌ها و القای سنتز پروتئین‌های جدید می‌شود. همچنین تنش اکسیداتیو و اکسیداسیون پروتئین‌ها و در نتیجه افزایش پروتئین‌های اکسید شده، سرکوب سنتز پروتئین از طریق اثر بر پلی‌ریزوبیوم‌ها و افزایش تجزیه پروتئین‌ها پروتئولیز، کاهش کارایی ساز و کارهای دخیل در ترمیم و بازسازی پروتئین‌ها و کاهش فعالیت آنزیم نیترات رداکتاز از دلایل کاهش مقدار پروتئین در تنش خشکی است (کبیری، ۱۳۹۰؛ Al-Shaheen and Soh, 2016).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]



شکل ۳: برهم‌کنش تنش خشکی و جیبرلیک اسید بر پروتئین بذر

تعداد شاخه در بوته

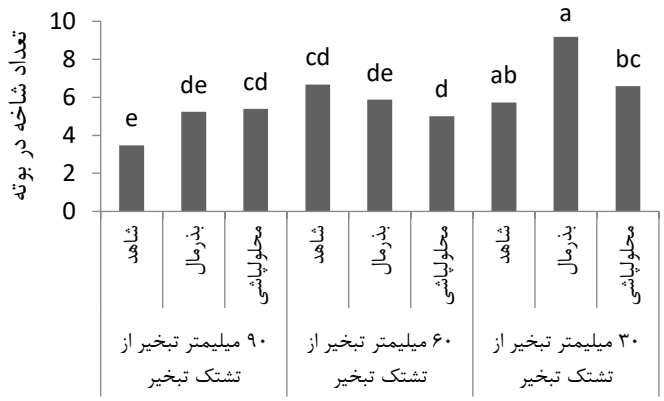
اثر اصلی تنش خشکی و هورمون جیبرلین و برهم‌کنش تنش خشکی و جیبرلین در سطح یک درصد بر صفت تعداد شاخه در بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). در تیمار ۳۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشت تبخیر و روش بذرمال جیبرلین، بیش‌ترین تعداد شاخه در بوته به‌میزان۹/۱ به‌دست آمد اما در تیمار ۹۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشت و عدم مصرف جیبرلین به‌میزان ۳/۴۷ به‌دست آمد (شکل ۴). به‌نظر می‌رسد تنش خشکی سبب کاهش فتوسنتز و در نهایت کاهش مواد فتوسنتزی شده است که سبب کاهش در تعداد غلاف گیاه ماش شده است. به‌نظر می‌رسد با بذرمال کردن جیبرلین سبب افزایش مقاومت گیاه به کم‌آبی در گیاه ماش می‌شود. این ساز و کار می‌تواند با افزایش رشد رویشی ریشه‌ها همراه شود که سبب افزایش جذب آب و در نهایت افزایش تعداد شاخه در بوته شده باشد. کمیت و کیفیت رشد گیاه وابسته به تقسیم سلولی، بزرگ شدن سلول و تمایز سلولی است. این فرایندها به شدت نسبت به تنش خشکی حساس هستند چرا که مستلزم تورژسانس سلولی می‌باشند که در تنش خشکی به شدت کاهش می‌یابد. کاهش تولید اندام‌های مختلف و سلول‌های مریستمی در اثر تنش آبی احتمالا بدلیل کاهش فتوسنتز و فشار تورژسانس است که موجب کاهش تقسیم و توسعه سلول می‌شود (Al-Shaheen and Soh, 2016).

تعداد دانه در غلاف

اثر اصلی تنش خشکی در سطح یک درصد و برهم‌کنش تنش خشکی و جیبرلین در سطح یک درصد بر صفت تعداد دانه در غلاف معنی‌دار بود، اما سایر اثرهای اصلی و متقابل بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). در تیمار ۳۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشت و روش بذرمال جیبرلین بیش‌ترین تعداد دانه در غلاف به‌میزان۹/۷ به‌دست آمد اما در تیمار ۹۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشت و بذرمال جیبرلین به‌میزان ۶/۱ به‌دست آمد (شکل ۵). افزایش تنش خشکی و کاهش مواد فتوسنتزی

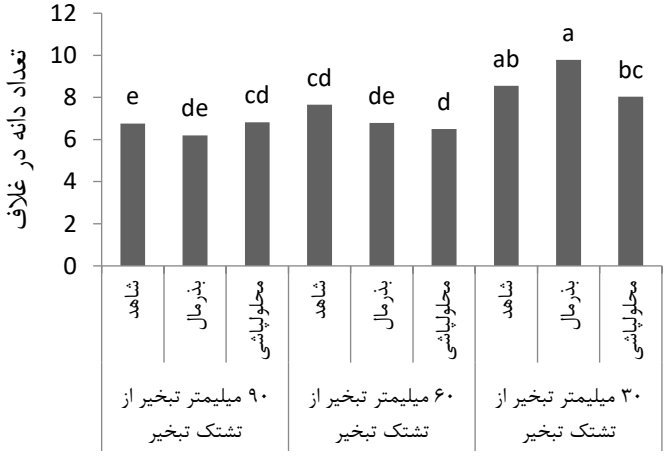
[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

قدرت تولیدی گیاه کم می‌شود که در نهایت سبب کاهش تعداد دانه در غلاف می‌شود. کاهش اجزای عملکرد و عملکرد دانه ماش در اثر تنش خشکی توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (شکوه فر و ابوفتیله نژاد، ۱۳۹۲).



شکل ۴: برهم‌کنش تنش خشکی و جیبرلیک اسید بر تعداد شاخه در بوته

جیبرلین‌ها با افزایش فعالیت گزیلوگلوکاناند و ترانس گلیکوزیلات، قابلیت اتساع دیواره سلول را افزایش می‌دهند که نتیجه آن نرم شدن دیواره سلول است و به سلول اجازه کشیده شدن و طویل شدن را می‌دهد (ملکی و همکاران، ۱۳۹۹؛ Al-Shaheen and Soh, 2016). برخی از محرک‌های رشد گیاهی مانند جیبرلین، باعث استقرار بهتر گیاه در خاک و حفظ گیاه به‌مدت طولانی و افزایش سطح سبزینگی می‌شود، در نتیجه بر قدرت رقابتی و بقای گیاه افزوده می‌شود .با توجه به موارد بیان شده مواد محرک رشد از جمله جیبرلین احتمالاً به‌دلیل تأمین مواد غذایی بر اثر تحرک بیشتر مواد سلولزی و افزایش سبزینگی، این شرایط را به‌ویژه در مرحله گل‌دهی فراهم می‌کنند. کاربرد مواد محرک رشد گیاهی اثرهای مفیدی بر عملکرد گندم داشته و افزایش عملکرد به‌دلیل افزایش تعداد دانه در واحد سطح بوده است.

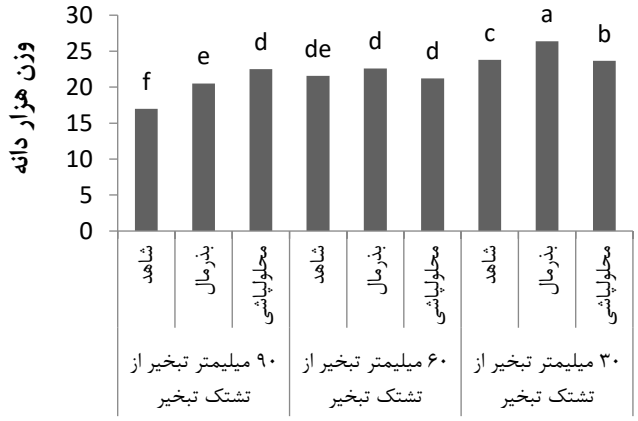


شکل ۵: برهم‌کنش تنش خشکی و جیبرلیک اسید بر تعداد دانه در غلاف

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

وزن هزار دانه

اثر اصلی تنش خشکی و جیبرلین به‌ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد و برهم‌کنش تنش خشکی و جیبرلین بر روی صفت وزن هزار دانه معنی‌دار بود، اما سایر اثرهای اصلی و متقابل بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). در تیمار ۳۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشت و روش بذرمال جیبرلین بیش‌ترین وزن هزار دانه به‌میزان۲۵/۹ گرم به‌دست آمد اما در تیمار ۹۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشت و شاهد به‌میزان ۱۶/۱ به‌دست آمد (شکل ۶). با افزایش میزان تنش خشکی و کاهش آب قابل دسترس گیاه توان فتوسنتزی گیاه با مشکل مواجه می‌شود که سبب کاهش وزن هزار دانه آن می‌شود. افزایش وزن هزار دانه بر اثر کاربرد جیبرلین و اکسین ناشی از افزایش قدرت مخزن است با کاربرد هورمون مذکور احتمالاً میزان تقسیم سلولی در بذر افزایش یافته و موجب افزایش سلول‌های ذخیره‌ای بذر شده است. علاوه بر آن، هورمون جیبرلین موجب افزایش سلول‌های ذخیره‌ای بذر می‌شود (Taiz and Zeiger, 2006). می‌توان دلیل افزایش عملکرد در سطوح کاربرد هورمون جیبرلین را نقش این هورمون‌ها در رشد و فتوسنتز دانست (Tohidi and Fallahi, 2016).



شکل ۶: برهم‌کنش تنش خشکی و جیبرلیک اسید بر وزن هزار دانه

عملکرد دانه

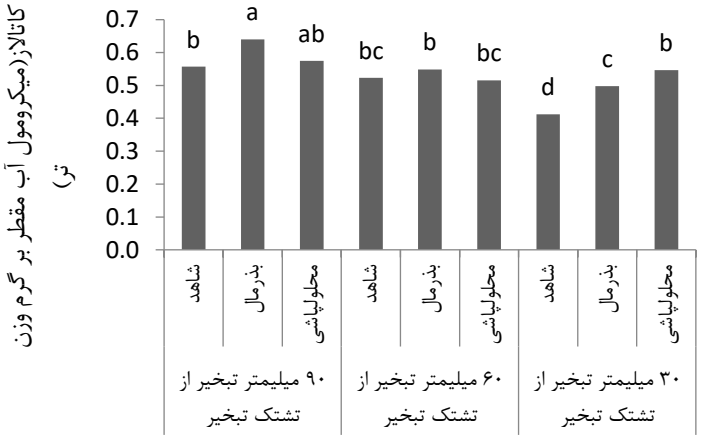
اثر اصلی تنش خشکی در سطح یک درصد و اثر سه‌گانه در سطح پنج درصد بر صفت عملکرد دانه معنی‌دار بود، اما سایر اثرهای اصلی و متقابل بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر سه‌گانه تنش خشکی و هورمون جیبرلین و مایکوریزا نشان داد که در تیمار ۳۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشت و محلول‌پاشی جیبرلین و عدم مصرف مایکوریزا بیش‌ترین عملکرد دانه به‌میزان ۲۲۵۵/۴ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد اما در تیمار ۹۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشت و عدم مصرف جیبرلین و مایکوریزا به‌میزان ۷۷۸/۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد مصرف جیبرلین در هنگام فراهمی آب و مواد غذایی بیش‌ترین اثر را بر روی اجزای عملکرد گیاه ماش داشته است که در نهایت

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

سبب افزایش عملکرد در آن شده است. کاربرد اسید جیبرلیک مانع از اکسیداسیون اکسین می‌گردد و باعث افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی می‌گردد و به این طریق می‌تواند بر رشد اثر بگذارد و عملکرد دانه را افزایش دهد (Faridoddin *et al.*, 2003). در گزارشی عنوان شد محلول‌پاشی با اسید جیبرلیک باعث افزایش عملکرد می‌گردد (کبیری، ۱۳۹۰).

کاتالاز

اثر اصلی جیبرلین اسید، اثر اصلی تنش خشکی و برهم‌کنش تنش و جیبرلین بر کاتالاز معنی‌دار بود اما سایر تیمارها اثر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۴). در تیمار تنش خشکی ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کاتالاز به‌مقدار ۰/۵۹ میکرومول آب مقطر بر گرم وزن تر به‌دست آمد. بیش‌ترین و کم‌ترین کاتالاز به‌ترتیب در تیمارهای بذرمال جیبرلیک اسید و عدم مصرف جیبرلیک اسید حاصل شد (شکل ۷). نتایج در خصوص میزان فعالیت آنزیم کاتالاز با نتایج یزدان پناه (۱۳۹۴) مطابقت دارد. محققان میزان فعالیت دو آنزیم کاتالاز و سوپر اکسید را در دو گونه خزه مقاوم و حساس به خشکی در ضمن تنش خشکی بررسی کردند، نتایج این آزمایش نشان داد که در گونه مقاوم به خشکی خزه، افزایش تنش خشکی سبب کاهش پر اکسیداسیون چربی‌ها و در عوض افزایش فعالیت دو آنزیم مذکور می‌شود صادق است (ملکی و همکاران، ۱۳۹۹).



شکل ۷: برهم‌کنش تنش خشکی و جیبرلیک اسید بر کاتالاز

پراکسیداز

اثر اصلی تنش خشکی و برهم‌کنش تنش خشکی و جیبرلین اسید و مایکوریزا بر پراکسیداز معنی‌دار بود (جدول ۴). بیش‌ترین و کم‌ترین پراکسیداز به‌ترتیب در تیمارهای شاهد مایکوریزا همراه با محلولپاشی جیبرلین اسید در واکنش به تنش ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر و خاک کاربرد جیبرلیک اسید در واکنش به تنش ۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشت

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

تبخیر با مقادیر ۲۷/۲۹ و ۱۲/۷۰ میکرومول آب مقطر بر گرم وزن تر حاصل شد. تقریبا در تمامی سطوح تنش خشکی مصرف بذرمال یا محلول‌پاشی جیبرلیک اسید و یا بذرمال و خاک کاربرد مایکوریزا چه به‌شکل مجزا و چه به‌شکل ترکیبی موجب افزایش این شاخص شد (جدول ۳). اندازه گیری فعالیت آنزیمی نشان داد که در اثر بروز تنش خشکی فعالیت این آنزیم‌ها افزایش یافته است. افزایش این آنزیم‌ها در تیمار تنش به‌خاطر نقش مهم آن‌ها در مقابله با رادیکال‌های آزاد تشکیل شده در اثر تنش خشکی می‌باشد. رادیکال‌های آزاد به برخی از ترکیبات سلولی نظیر لیپیدها، کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها آسیب می‌رسانند که در نهایت به مرگ سلول منتج خواهد شد (Kumar *et al*, 2015). نتایج یزدان پناه (۱۳۹۴) نشان می‌دهد که تنش خشکی سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پر اکسیداز و کاتالاز می‌گردد.

سوپر اکسید دیسموتاز

اثر اصلی تنش خشکی، برهم‌کنش تنش خشکی و جیبرلین؛ و برهم‌کنش تنش خشکی و جیبرلین اسید و مایکوریزا بر سوپر اکسید دیسموتاز معنی‌دار بود اما سایر تیمارها اثر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۴). بیش‌ترین و کم‌ترین سوپر اکسید دیسموتاز به‌ترتیب در تیمارهای شاهد مایکوریزا همراه با محلول‌پاشی جیبرلین اسید در واکنش به تنش ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر و خاک کاربرد جیبرلیک اسید در واکنش به تنش ۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر با مقادیر ۳۳/۸۶ و ۱۷/۳۸ میکرومول آب مقطر بر گرم وزن تر حاصل شد. تقریبا در تمامی سطوح تنش خشکی مصرف بذرمال یا محلول‌پاشی جیبرلیک اسید و یا بذرمال و خاک‌کاربرد مایکوریزا چه به‌شکل مجزا و چه به‌شکل ترکیبی موجب افزایش این شاخص شد (جدول ۵). چنین نتیجه‌ای توسط دیگر محققان نیز گزارش شده است (Kumar *et al*., 2015). آنزیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز اولین خط دفاعی را بر علیه رادیکال‌های فعال اکسیژن در سلول تشکیل می‌دهند (یزدان پناه و همکاران، ۱۳۹۴) و احیای رادیکال سوپراکسید را به پراکسید هیدروژن و اکسیژن مولکولی کاتالیز می‌کنند. پراکسیدهیدروژن حاصل در مرحله بعدی توسط آنزیم‌های آسکوربت پراکسیداز، کاتالاز و پراکسیداز پاکسازی می‌شود (Karami-Chame *et al*., 2016).

آسکوربات پراکسیداز

اثر اصلی تنش خشکی، اثر اصلی مایکوریزا، و اثر دوگانه تنش خشکی و جیبرلین اسید و اثر سه‌گانه تنش خشکی و جیبرلین اسید و مایکوریزا بر آسکوربات پراکسیداز معنی‌دار بود اما سایر تیمارها اثر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۴). بیش‌ترین و کم‌ترین آسکوربات پراکسیداز به‌ترتیب در تیمارهای بذرمال مایکوریزا در واکنش به تنش ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر و عدم مصرف مایکوریزا و جیبرلین اسید در واکنش به تنش ۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر با مقادیر ۴/۰ و ۱/۸۱ میکرومول آب مقطر بر گرم وزن تر حاصل شد که اختلاف بین این از لحاظ آماری معنی‌دار

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

بود (جدول ۳). تنش‌های محیطی مانند خشکی و سرما باعث افزایش تشکیل انواع اکسیژن فعال و به‌دنبال آن افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان می‌شود (داشاب و همکاران، ۱۳۹۹). در مشاهده شده است که در شرایط تنش خشکی فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان در گیاهان متحمل بیش از گیاهان حساس است، از ای‌نرو به‌نظر می‌رسد آنزیم‌های آنتی اکسیدان در افزایش تحمل گیاهان به تنش خشکی دارای نقش مهمی می‌باشند (Azooz and Youssef, 2010).

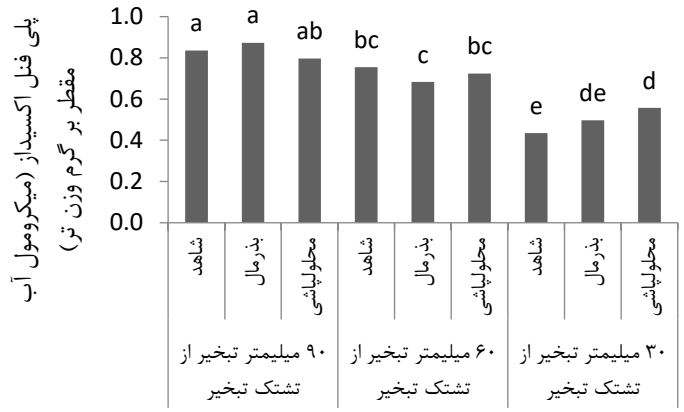
گلوتاتیون رداکتاز

اثر اصلی سال، اثر اصلی تنش خشکی، اثر اصلی مایکوریزا، و اثر دوگانه تنش خشکی و جیبرلین اسید و اثر سه‌گانه تنش خشکی و جیبرلین اسید و مایکوریزا بر گلوتاتیون رداکتاز معنی‌دار بود (جدول ۴). بیش‌ترین و کم‌ترین گلوتاتیون رداکتاز به‌ترتیب در تیمارهای شاهد مایکوریزا همراه با محلولپاشی جیبرلین اسید در واکنش به تنش ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر و خاک کاربرد جیبرلیک اسید در واکنش به تنش ۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر با مقادیر ۵/۴۵ و ۱/۷۶ میکرومول آب مقطر بر گرم وزن تر حاصل شد. تقریبا در تمامی سطوح تنش خشکی مصرف بذرمال یا محلول‌پاشی جیبرلیک اسید و یا بذرمال و خاک کاربرد مایکوریزا چه به‌شکل مجزا و چه به‌شکل ترکیبی موجب افزایش این شاخص شد (جدول ۳). مطالعه‌های (Sarwar *et al.*, 2017) نیز مبین آن است که فعالیت گلوتاتیون رداکتاز جهت کاهش اثرهای بد ناشی از تنش‌های مختلف مؤثر است. محققان (Azooz and Youssef, 2010) بیان کرد که قارچ‌های مایکوریزا در سطوح تنش می‌توانند منجر به افزایش فعالیت و مقدار آنزیم گلوتاتیون رداکتاز شوند.

پلی فنل اکسیداز

اثر اصلی تنش خشکی، اثر اصلی مایکوریزا، و اثر دوگانه تنش خشکی و جیبرلین اسید بر پلی فنل اکسیداز معنی‌دار بود اما سایر تیمارها اثر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۴). بیش‌ترین و کم‌ترین پلی فنل اکسیداز به‌ترتیب در تیمارهای بذرمال جیبرلین اسید در واکنش به تنش ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر و عدم مصرف جیبرلیک اسید در واکنش به تنش ۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر با مقادیر ۰/۸۷ و ۰/۴۴ میکرومول آب مقطر بر گرم وزن تر حاصل شد. تقریبا در تمامی سطوح تنش خشکی مصرف بذرمال یا محلول‌پاشی جیبرلیک اسید موجب افزایش این شاخص شد (شکل ۸). فتحی و بهامین (۱۳۹۷) بیان کرد که محلول‌پاشی با هورمون‌های گیاهی موجب افزایش فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز شده است. جیبرلین‌ها شامل گروهی از هورمون‌ها هستند که بیش‌ترین دخالت مستقیم را در کنترل و تسهیل جوانه زنی بذر دارند. گزارش های متعددی وجود دارد که استفاده از جیبرلین سبب افزایش ساخت RNA ریبوزومی، تولید بیشتر DNA میتوکندریایی و افزایش فعالیت آنزیم‌های مختلف دانسته اند (ملکی و همکاران، ۱۳۹۹؛ Ghaffari *et al.*, 2019).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]



شکل ۸: برهم‌کنش تنش خشکی و جیبرلیک اسید بر پلی فنل اکسیداز

رگرسیون گام به گام

نتایج این بررسی نشان داد که بیشترین تاثیر بر عملکرد دانه مربوط به صفت تعداد شاخه در بوته با ضریب تبیین ۰/۸۷ که این مقدار از لحاظ آماری در سطح یک درصد معنادار بود. تعداد دانه در غلاف از لحاظ تاثیر بر عملکرد دانه با ضریب تبیین ۰/۷۳ در رتبه دوم قرار داشت که این مقدار از لحاظ آماری در سطح یک درصد معنادار بود. آنزیم کاتالاز از لحاظ تاثیر بر عملکرد دانه با ضریب تبیین ۰/۴۵ در رتبه سوم قرار داشت که این مقدار از لحاظ آماری در سطح پنج درصد معنادار بود. به‌طور کلی بین صفات مستقل با عملکرد رابطه رگرسیونی معنی‌داری با ضریب تبیین ۰/۴۷ وجود داشت که از لحاظ آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). ضیائی و همکاران (۱۳۹۶) و حبیب زاده و همکاران (۱۳۹۱) نیز ارتباط رگرسیونی معنی‌دار بین برخی صفات اجزاء عملکرد و تعداد شاخه در بوته را با عملکرد دانه گزارش کردند.

همبستگی بین صفات

در این مطالعه بیشترین ضریب همبستگی بین پرولین با قندهای محلول به‌مقدار ۰/۹۷ مشاهده شد که این قدار در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. از آنجا که این همبستگی مثبت بود، می‌توان اظهار داشت که با افزایش مقدار پرولین، قندهای محلول نیز افزایش خواهد یافت. بین پروتئین و پرولین نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری به‌مقدار ۰/۹۵ مشاهده شد که رتبه دوم قرار داشت. در خصوص ارتباط عملکرد دانه با سایر صفات نیز بیشترین همبستگی بین تعداد شاخه در بوته به‌مقدار ۰/۴۷ مشاهده شد. (جدول ۶). حبیب زاده و همکاران (۱۳۹۱) نیز ارتباط همبستگی مثبت بین صفات اجزاء عملکرد و تعداد شاخه در بوته را با عملکرد دانه گزارش کردند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

جدول ۲: اثر جیبرلین و مایکوریزا بر صفات رشدی ماش در واکنش به تنش خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		قندهای محلول	پرولین	پروتئین بذر	تعداد شاخه در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
سال	۱	۱۷۴۰/۸۳ ns	۰/۰۹۰ ns	۹/۴۷ ns	۲/۶۲ ns	۰/۹۴۰ ns	۸/۳۸ ns	۳۲۲۳۶/۵۵ ns
بلوک(سال)	۴	۶۲۸۲/۷	۰/۳۶۰	۴۳/۴۷	۱۰/۹	۰/۴۲۰	۷۵/۴۲	۶۵۵۵۵۳/۲
تنش	۲	۵۰۹۱۰/۹**	۰/۷۵۰**	۲۷۲/۵**	۸۲/۱۳**	۷۴/۶۴**	۲۹۲/۵۷**	۹۴۲۳۷۸۲/۱**
سال×تنش	۲	۲۳۲/۷۷ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۱۵ ns	۰/۰۲ ns	۰/۰۱۰ ns	۰/۰۵ ns	۱۴۵/۵۷ ns
خطای کرت‌های اصلی	۸	۷۷۶/۷۸	۰/۰۲۰	۵/۱۴	۹/۶۶	۱/۳۸۰	۱۰۴/۲۱	۵۲۰۶۹۵/۹
جیبرلین	۲	۳۴۵۲/۱ ns	۰/۰۴۰ ns	۲۰/۳۶ ns	۳۱/۸**	۴/۶۸۰ ns	۸۱/۰۶*	۲۶۴۳۳۷/۲ *
مایکوریزا	۲	۱۴۱۷/۴۲ ns	۰/۰۳۰ ns	۱۴/۳ ns	۰/۰۲ ns	۴/۴۳۰ ns	۵۲/۱۵ ns	۶۴۳۷۵/۲۷ **
جیبرلین×سال	۲	۳/۵۱ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۱۷ ns	۰/۳ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۴ ns	۷/۲۶ ns
مایکوریزا×سال	۲	۱۲۰۱/۴۵ ns	۰/۰۲۰ ns	۶/۹۱ ns	۷/۰۲ ns	۲/۰۱۰ ns	۱۹/۵۳ ns	۵۲۰۲۱/۶۷ ns
تنش×جیبرلین	۴	۷۳۹۷/۰۱**	۰/۱۱۰**	۳۵/۵**	۲۹/۷۳**	۹/۲۶۰**	۵۵/۰۹ *	۴۶۶۶۸۶/۱ *
تنش×مایکوریزا	۴	۴۰۳/۲ ns	۰/۰۱۰ ns	۰/۲۵ ns	۱/۳۵ ns	۰/۴۳۰ ns	۱/۹۹ ns	۲۱۶۲۱۲/۲ ns
سال×تنش×جیرلین	۴	۲۷۸/۲۶ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۲۹ ns	۰/۰۳ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۵ ns	۱۱۱۶/۷ ns
سال×تنش×مایکوریزا	۴	۱۷۶/۸۳ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۳ ns	۰/۹۲ ns	۰/۰۲۰ ns	۰/۰۵ ns	۲۸۸۳/۵۸ ns
جیبرلین×مایکوریزا	۴	۹۳۸/۳۶ ns	۰/۰۱۰ ns	۱/۶۹ ns	۲/۴ ns	۰/۵۰۰ ns	۵۱/۱۶ ns	۴۳۶۱۱۷/۷ ns
سال×مایکوریزا×جیبرلین	۴	۱۹۷/۷ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۱۵ ns	۰/۷۶ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۴ ns	۱۲۹۶/۸۳ ns
تنش×مایکوریزا×جیبرلین	۸	۱۸۰۳/۹۶ ns	۰/۰۳۰ ns	۱۵/۰۵ ns	۴/۷۳ ns	۴/۲۴۰ ns	۴۳/۴۸ ns	۵۵۰۹۸۶/۶*
سال×تنش×جیبرلین×مایکوریزا	۸	۱۲۰/۹۹ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۳۱ ns	۰/۳۲ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۲ ns	۱۳۲۲/۷۶ ns
خطای کرت‌های فرعی	۹۶	۱۴۱۹/۶۸	۰/۰۲	۷/۵۶	۴/۸۳	۲/۰۵	۲۴/۸	۲۱۲۴۰۶/۲
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۹/۰۶	۱۹/۸۶	۱۳/۱۲	۱۶/۹۱	۱۹/۲۱	۱۵/۶۵	۱۴/۷۸

ns، **، * به‌ترتیب نشانگر عدم وجود اثر معنی‌دار، و اثر معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۳: مقایسه میانگین برهم‌کنش سه‌گانه بر صفات آنزیمی

تنش (میلی‌متر تبخیر آب از تشت)	جیبرلین	مایکوریزا	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)		پراکسیداز کاتالاز (میکرومول آب مقطر بر گرم وزن تر)		سوپر اکسید دیسموتاز (میکرومول آب مقطر بر گرم وزن تر)		آسکوربات(میکرومول آب مقطر بر گرم وزن تر)		گلوتاتیون رداکتاز(میکرومول آب مقطر بر گرم وزن تر)	
۹۰		شاهد	۷۷۸/۲	g	۱۷/۵۶	ab	۲۲/۶۷	abcde	۳/۳۵	abc	۴/۸	ab
	شاهد	بذرمال	۱۰۰۵	efg	۱۹/۹۹	ab	۲۵/۷۸	abcde	۴	a	۵/۴۵	a
		خاک کاربرد	۹۰۱/۳	fg	۱۹/۳۸	ab	۲۴/۹۷	abcde	۳/۶۲	ab	۵/۰۷	ab
		شاهد	۹۲۸/۱	fg	۲۳/۴۲	ab	۳۰/۲۳	abc	۳/۸۹	ab	۵/۳۴	ab
	بذرمال	بذرمال	۸۸۶/۲	fg	۲۴/۴۶	ab	۲۹/۸۸	abcd	۳/۷۵	ab	۵/۲	ab
		خاک کاربرد	۱۱۹۹	cdefg	۱۸/۸۶	ab	۲۴/۳۱	abcde	۳/۸۳	ab	۵/۲۸	ab
	محلول پاشی	شاهد	۱۰۴۸/۲	defg	۲۷/۲۹	a	۳۳/۸۶	a	۳/۳۵	abc	۴/۸	ab
		بذرمال	۱۳۱۲/۹	bcdefg	۱۷/۴۴	ab	۲۱/۱۴	bcde	۳/۴۵	ab	۴/۹	ab
		خاک کاربرد	۹۹۴/۵	efg	۱۷/۴۹	ab	۲۲/۵۴	abcde	۳/۶۷	ab	۵/۱۲	ab
۶۰		شاهد	۱۱۷۴/۱	cdefg	۱۴/۳۲	b	۱۸/۴۹	cde	۳/۴۴	ab	۴/۸۹	ab
	شاهد	بذرمال	۱۴۸۲/۵	abcdefg	۱۶/۸۷	ab	۲۱/۷۷	bcde	۳/۱۷	abcde	۴/۶۲	ab
		خاک کاربرد	۱۹۴۵/۱	abcd	۱۹/۷۹	ab	۲۵/۴۹	abcde	۳/۳	abcd	۴/۷۵	ab
		شاهد	۱۹۰۸	abcde	۲۳/۵۴	ab	۲۹/۳۶	abcd	۲/۲۸	ef	۳/۷۳	c
	بذرمال	بذرمال	۱۴۶۹/۴	abcdefg	۲۴	ab	۳۰/۹۶	ab	۳/۰۹	abcde	۴/۵۴	abc
		خاک کاربرد	۱۱۴۲/۱	cdefg	۱۴/۹۷	b	۱۹/۲۹	bcde	۳/۶۱	ab	۵/۰۶	ab
	محلول پاشی	شاهد	۱۱۳۳/۳	cdefg	۱۵/۹۶	ab	۲۰/۵۹	bcde	۳/۰۱	bcde	۴/۴۶	bc
		بذرمال	۱۰۸۸/۸	defg	۱۶/۶۷	ab	۲۱/۵۱	bcde	۳/۲۶	abcd	۴/۷۱	ab
		خاک کاربرد	۱۳۹۱/۵	abcdefg	۱۹/۹	ab	۲۵/۷۲	abcde	۳/۲۴	abcd	۴/۶۹	ab
۳۰		شاهد	۱۶۷۱/۸	abcdefg	۱۶/۹	ab	۲۲/۸۲	abcde	۱/۸۱	f	۱/۷۶	d
	شاهد	بذرمال	۱۶۴۳/۳	abcdefg	۱۳/۸	b	۱۸/۸	cde	۲/۰۵	f	۲	d
		خاک کاربرد	۱۸۰۹/۹	abcdef	۱۲/۷	b	۱۷/۳۸	e	۱/۸۳	f	۱/۷۸	d
		شاهد	۲۰۱۰/۵	abc	۱۳/۱۳	b	۱۷/۹۶	de	۱/۷۶	f	۱/۷۱	d
	بذرمال	بذرمال	۱۸۰۵/۱	abcdef	۱۴/۹۳	b	۲۰/۴۷	bcde	۲/۲۷	ef	۲/۲۲	d
		خاک کاربرد	۲۱۶۵/۴	ab	۱۵/۹۲	ab	۲۱/۵۴	bcde	۲/۴۶	cdef	۲/۴۱	d
	محلول پاشی	شاهد	۲۲۵۵/۵	a	۱۷/۳۶	ab	۲۳/۴	abcde	۲/۴۸	cdef	۲/۴۳	d
		بذرمال	۱۷۴۰/۶	abcdef	۲۴/۰۷	ab	۳۰/۰۸	abc	۲/۳۹	def	۲/۳۴	d
		خاک کاربرد	۱۴۷۰/۲	abcdefg	۱۵/۸۵	ab	۲۱/۴۴	bcde	۲/۴۲	cdef	۲/۳۷	d

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

جدول ۴: اثر جیبرلین و مایکوریزا بر آنزیم های ماش در واکنش به تنش خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		کاتالاز	پراکسیداز	سوپر اکسید دیسموتاز	آسکوربات پراکسیداز	گلوتاتیون رداکتاز	پلی فنل اکسیداز
سال	۱	۰/۰۷^{ns}	۱۷/۱۵^{ns}	۱/۳۲^{ns}	۲/۴۸^{ns}	۰/۸۸*	۰/۴۸^{ns}
بلوک (سال)	۴	۰/۱۱	۱۵۹/۷۴	۶۹/۰۶	۹/۶۵	۵/۵۴	۱/۲۴
تنش	۲	۰/۱۵*	۲۸۳/۲۴**	۲۸۷/۵۹*	۳۱/۲۳**	۱۳۸/۹۱**	۱/۶۱**
سال×تنش	۲	۰/۰۰۰۱^{ns}	۷/۹۸^{ns}	۲/۷۹^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}
خطای کرت‌های اصلی	۸	۰/۰۶	۴۴/۲	۶۳/۶۹	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۰۳
جیبرلین	۲	۰/۰۶*	۱۰۱/۲۳^{ns}	۱۲۹/۸^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}
مایکوریزا	۲	۰/۰۴^{ns}	۵۸/۱۴^{ns}	۶۵/۹۶^{ns}	۱/۲۶**	۱/۲۶**	۰/۰۶*
جیبرلین×سال	۲	۰/۰۰۰۱^{ns}	۴/۳۵^{ns}	۷/۶۸^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۰۱^{ns}
مایکوریزا×سال	۲	۰/۰۱^{ns}	۱۲/۰۷^{ns}	۹/۹^{ns}	۰/۴۳^{ns}	۰/۴۳ ns	۰/۰۲^{ns}
تنش×جیبرلین	۴	۰/۰۳*	۷۴/۲۷**	۱۰۱/۴**	۱/۰۷**	۱/۰۶**	۰/۰۶**
تنش×مایکوریزا	۴	۰/۰۳^{ns}	۳۱/۹۲^{ns}	۵۳/۸۶^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۰/۱۲^{ns}	۰/۰۱^{ns}
سال×تنش×جیرلین	۴	۰/۰۰۰۱^{ns}	۳/۶۲^{ns}	۱/۲۶^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}
سال×تنش×مایکوریزا	۴	۰/۰۰۰۱^{ns}	۵/۳۲^{ns}	۴/۴۱^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}
جیبرلین×مایکوریزا	۴	۰/۰۰۰۱^{ns}	۳۸/۱^{ns}	۵۹/۴۵^{ns}	۰/۵۱^{ns}	۰/۵۱^{ns}	۰/۰۳^{ns}
سال×مایکوریزا×جیبرلین	۴	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۷۸^{ns}	۳/۹۴^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}
تنش×مایکوریزا×جیبرلین	۸	۰/۰۲^{ns}	۱۰۹/۹۶**	۱۵۷/۸۱*	۰/۵۲*	۰/۵۲*	۰/۰۳^{ns}
سال×تنش×جیبرلین×مایکوریزا	۸	۰/۰۰۰۱^{ns}	۲/۲۶^{ns}	۴/۰۶^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}
خطای کرت‌های فرعی	۹۶	۰/۰۲	۳۶/۸۴	۵۴/۲۱	۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۰۱
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۴/۲۵	۱۸/۳۶	۱۶/۵۲	۱۶/۳۶	۱۲/۴۱	۱۶/۸۷

^{ns}، **، * به‌ترتیب نشانگر عدم وجود اثر معنی‌دار، و اثر معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۵: تجزیه رگرسیون گام به گام صفت عملکرد (وابسته) و سایر صفات (مستقل) در ماش

صفات وارد شده به مدل	ضریب رگرسیون	خطای استاندارد	آزمون تی	سطح معنی‌داری
تعداد شاخه در بوته	۰/۸۷	۰/۹۳	۵/۴۱۷	۰/۰۰۰۰۱**
تعداد دانه در غلاف	۰/۷۳	۱/۰۱	۳/۵۶۷	۰/۰۰۰۲**
وزن هزار دانه	۰/۲۱	۲/۳۴	۱/۲۹۶	۰/۱۹۶^{ns}
قندهای محلول	۰/۱۸	۴/۳۴	۱/۰۶۱	۰/۲۹۲^{ns}
پرولین	۰/۱۳	۵/۸۷	۱/۱۸	۰/۲۳۸^{ns}
پروتئین بذر	۰/۲۲	۳/۳۲	۱/۸۰۸	۰/۰۷۲^{ns}
کاتالاز	۰/۴۵	۱/۵۶	۲/۸۷۹	۰/۰۵*
پراکسیداز	۰/۳۸	۳/۸۷	۱/۷۰۴	۰/۰۹۸^{ns}
سوپر اکسید دیسموتاز	۰/۲۲	۴/۳۲	۱/۹۰۹	۰/۱۱۲^{ns}
آسکوربات پراکسیداز	۰/۲۴	۴/۰۱	۱/۹۰۱	۰/۱۰۲^{ns}
گلوتاتیون رداکتاز	۰/۲۸	۳/۵۶	۱/۶۵	۰/۰۸۷^{ns}
پلی فنل اکسیداز	۰/۳۲	۳/۴۳	۱/۴۵	۰/۰۶۵۲^{ns}

$Y=۰/۰۰۱۸x + ۲/۵۴۲$ $R^2 = ۰/۴۷^{**}$

**، * و ns: بترتیب معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و عدم تفاوت معنی دار

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

جدول ۶: همبستگی بین صفات در ماش

	تعداد شاخه در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	قندهای محلول	پرولین	پروتئین بذر	کاتالاز	پراکسیداز	سوپر اکسید دیسموتاز	آسکوربات پراکسیداز	گلوتاتیون رداکتاز
تعداد دانه در غلاف	۰/۵۵ **											
وزن هزار دانه	۰/۳۵ ns	۰/۴۲ *										
عملکرد دانه	۰/۴۷ *	۰/۳۴ *	۰/۳۵ *									
قندهای محلول	۰/۰۶ ns	۰/۰۱ ns	-۰/۱۸ ns	-۰/۳۳ ns								
پرولین	۰/۱۰ ns	۰/۰۰۱ ns	-۰/۱۸ ns	-۰/۳۱ ns	۰/۹۵ **							
پروتئین بذر	۰/۰۷ ns	۰/۰۱ ns	-۰/۱۸ ns	-۰/۳۱ ns	۰/۹۷ **	۰/۹۵ **						
کاتالاز	۰/۰۰۱ ns	-۰/۱۸ ns	-۰/۰۶ ns	-۰/۱۵ ns	۰/۲۳ ns	۰/۱۶ ns	۰/۲۶ ns					
پراکسیداز	۰/۲۱ ns	-۰/۰۷ ns	-۰/۰۴ ns	-۰/۰۶ ns	۰/۴۵ *	۰/۵۰ **	۰/۵۲ **	۰/۴۷ *				
سوپر اکسید دیسموتاز	۰/۱۶ ns	-۰/۰۴ ns	-۰/۰۲ ns	-۰/۰۲ ns	۰/۳۷ *	۰/۳۷ *	۰/۴۴ *	۰/۵۳ **	۰/۹۵ **			
آسکوربات پراکسیداز	-۰/۱۵ ns	-۰/۴۴ *	-۰/۱۶ ns	-۰/۳۲ ns	۰/۵۴ **	۰/۶۱ **	۰/۵۷ **	۰/۲۹ ns	۰/۴۴ *	۰/۳۱ ns		
گلوتاتیون رداکتاز	-۰/۲۹ ns	-۰/۵۶ **	-۰/۲۵ ns	-۰/۴۶ *	۰/۴۷ *	۰/۴۸ *	۰/۵۱ **	۰/۳۴ ns	۰/۳۸ *	۰/۳۰ ns	۰/۹۰ **	
پلی فنل اکسیداز	-۰/۰۶ ns	-۰/۳۷ *	-۰/۱۳ ns	-۰/۲۷ ns	۰/۵۲ **	۰/۶۵ **	۰/۵۶ **	۰/۱۵ ns	۰/۴۴ *	۰/۲۶ ns	۰/۹۷ **	۰/۸۱ **

**، * و ns: بترتیب معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و عدم تفاوت معنی دار

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

نتیجه گیری

طبق نتایج حاصل شده کاربرد مناسبی از هورمون جیبرلین می‌تواند با اثر بر روی اجزای عملکرد در نهایت عملکرد را بهبود ببخشد. مصرف مواد محرک رشد در هر دو حالت باعث افزایش عملکرد می‌شوند و این افزایش ناشی از مواد ریزمغذی و اسیدهای مورد نیاز گیاه می‌باشد که در اغلب موارد در خاک کمبود آن‌ها احساس می‌شود و محرک‌های رشد این کمبود را جبران می‌کنند و در بسیاری موارد وجود هورمون‌های گیاهی در فرمول این مواد باعث تحریک رشد می‌شوند.

منابع

اسماعیل پور، ب.، جلیل وند، پ.، هادیان، ج. ۱۳۹۲. اثر تنش خشکی و قارچ میکوریزا بر برخی از صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد مرزه *(Satureja hortensis* L.*)* بوم شناسی کشاورزی، ۵ (۲):۱۶۹-۱۷۷.

بهامین، ص.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، بهشتی، س.ع. ۱۴۰۰. بررسی اثر کودهای بیولوژیک و شیمیایی نیتروژن و فسفر بر عملکرد و شاخص‌های کارایی عناصر غذایی در ذرت تحت تنش خشکی .تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۱۴ (۳): ۶۹۰-۶۷۵.

بهامین، ص.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، بهشتی، س.ع. ۱۳۹۸. اثر کودهای بیولوژیک و شیمیایی نیتروژن و فسفر بر عملکرد کمی و کیفی ذرت در واکنش به شرایط تنش خشکی. تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۱۲ (۱): ۱۳۹-۱۲۳.

پزشکپور، م.، اردکانی، م.، پاک‌نژاد، ف.، وزان، س. ۱۳۹۳. اثر کاربرد ورمی‌کمپوست، هم‌زیستی میکوریزایی و حل‌کننده فسفات زیستی بر صفات فیزیولوژیکی و عملکرد نخود. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۶ (۲۳) :۵۳-۶۵.

حبیب زاده، ی.، زردشتی، م.، پیرزاد، ع.، جلیلیلان، ج. ۱۳۹۱. اثر قارچ های ریشه آربوسکولار بر شاخص های رشد و عملکرد دانه ماش در واکنش به تنش کم آبی. علوم و غنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۶۰: ۵۷-۶۸.

داشاب، ص.، امیدی، ح. ۱۳۹۹. بررسی اثر تنش خشکی و پیش تیمار بذر بر صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی کینوا *(Chenopodium quinoa).* مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۱۲ (۴۸) :۵-۲۳.

شکوه فر، ع.، ابوفتیله نژاد، س. ۱۳۹۲. اثر تنش خشکی روی برخی صفات فیزیولوژیکی و عملکرد بیولوژیکی ارقام مختلف ماش *((Vigna radiate (L.))* در دزفول. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۵ (۱۷) :۴۹-۵۹.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

ضیائی، س.س.، خزاعی، ح.، نظامی، ا. ۱۳۹۶. بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری بر صفات مرفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در پنج ژنوتیپ ماش .*(Vigna radiate* L*)* مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۹ (۳۴) :۵-۲۱.

فتحی، ا.، بهامین، ص. ۱۳۹۷. اثر سطوح آبیاری و محلول‌پاشی (سولفات روی، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک) بر خصوصیات رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد چای ترش .*(Hibiscus sabdariffa L.)* تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۱۱ (۳)-۶۶۱-۶۷۴.

کبیری، ر. ۱۳۹۰. اثر اسید سالیسیلیک و تنش خشکی بر عملکرد کمی و کیفی سیاهدانه. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه ایلام.

کیخا، م.، نوری، م.، کشته گر، ع. ۱۳۹۵. بررسی اثر سالیسیلیک‌اسید و جیبرلین بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش *(Vigna radiata)*. پژوهش‌های حبوبات ایران، ۷(۲):۱۳۸-۱۵۱.

کشاورزی، م.ص.، جعفری حقیقی، ب.، باقری، ع.ر. ۱۳۹۲. ارزیابی تأثیر هورمون اکسین و جیبرلین بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. شماره ۱۵: ۲۶-۳۵.

مطرودی، م.، لک، ش. ۱۳۹۸. اثر قارچ مایکوریزا بر خصوصیات کمی و پروتئین لوبیا چشم بلبلی *(Vigna unguiculata)* L.) در واکنش به دورهای آبیاری مختلف. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی،۱۱ (۴۱) :۱۲۹-۱۴۳.

ملکی، ع.، فتحی، م.، بهامین، ص. ۱۳۹۹. اثر هورمون جیبرلین بر عملکرد، شاخص های رشدی و صفات بیوشیمیایی ذرت (*Zea mays* L.) در واکنش به تنش خشکی. نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، ۱۵ (۹۹):۱-۱۶.

میرزائی حیدری، م. ۱۴۰۰. بررسی اثر قارچ مایکوریزا و آبیاری تکمیلی بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد نخود *Cicer arietinum L.*)) در دو فصل کشت پاییزه و بهاره در شرایط اقلیمی استان ایلام. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۳ (۵۰): ۴۵–۲۳.

میرزاکرمی، ن.، میرزایی حیدری، م.، رستمی نیا، م. **۱۳۹۸.** تاثیر نظام‌های مختلف کوددهی (شیمیایی، بیولوژیک و تلفیقی) برخصوصیات مختلف جو پاییزه. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۱۱ (۳۸): ۱۱۷–۱۰۳.

موقوفه، ب.، سعیدی، م.، منصوری فر، س. ۱۳۹۷. واکنش فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ارقام مختلف سویا به تنش کم آبی در مراحل رشد رویشی و زایشی. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۱۰ (۳۷) :۶۵-۸۱.

یزدان پناه، م. ۱۳۹۴. اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی بر عملکرد کمی و کیفی سویا. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایلام.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

Al-Shaheen, M.R. and Soh, A. 2016. Effect of proline and Gibberellic Acid on the qualities and qualitative of Corn (*Zea maize* L.) under the influence of different levels of the water stress. Intentional Journal science Research. 6 (4)*:* 752-56.

Asrar, A.A., Abdel-Fattah, G.M. Elhindi, K.M. 2012. Improving growth, flower yield, and water relations of snapdragon (*Antirhinum majus* L.) plants grown under well-watered and water-stress conditions using *arbuscular mycorrhizal* fungi. Photosynthetica. 50(2): 305-316.

Azooz, M.M. and M.M. Youssef. 2010. Evaluation of heat shock and salicylic acid treatments as inducers of drought stress tolerance in hassawi wheat. American Journal of Plant Physiology. 5 (2): 56-70.

Dawoudian, J., Bahamin, S. and Tantoh, H.B. 2021. Environmental impact assessment of cement industries using mathematical matrix method: case of Ghayen cement, South Khorasan, Iran. Environmental Science and Pollution Research. 28(18): 22348-22358.

Faridoddin, Q. Hayat, S and Ahmad, A. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxilation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. Photosynthetica. 41: 281-284.

Farooq, M. Gogoi, N. Barthakur, S. Baroowa, B. Bharadwaj, N. Alghamdi, S.S. Siddique, K.H.M. (2016). Drought stress in grain legumes during reproduction and grain filling. Journal of Agronomy and Crop Science. ۱۰/۱۱۱۱/jac.12169.

Ghaffari, H. Tadayon, M.R. Nadeem, M. Cheema, M. and Razmjoo, J. 2019. Proline-mediated changes in antioxidant enzymatic activities and the physiology of sugar beet under drought stress. Acta Physiologiae Plantarum. 41(2): 23-31.

Hamidy, A. 2016. Quinoa and its potential to grow under water scarcity and sait stress conditions: promising research findings. Quinoa for Future Food and Nutrition Security in Marginal Environments. International Quinoa conference. 2016.

Karami-Chame S, Khalil-Tahmasbi B, ShahMahmoodi P, Abdollahi A, Fathi A, Seyed Mousavi SJ and Bahamin S. 2016. Effects of salinity stress, salicylic acid and Pseudomonas on the physiological characteristics and yield of seed beans (*Phaseolus vulgaris*). *Scientia*, 14(2): 234-238.

Kumar, S., Saxena, S. N., Mistry, J. G., Fougat, R. S., Solanki, R. K., and Sharma, R. 2015. Understanding Cuminum cyminum: An important seed spice crop of arid and semi-arid regions. Int. J. Seed Spices, 5(2): 1-19.

Mirzaei Heydari, M., Brook, R.M. and Jones, D.L. 2019. The role of phosphorus sources on root diameter, root length and root dry matter of barley (Hordeum vulgare L.). Journal of Plant Nutrition. 42(1): 1–15.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

Qiao, G., Wen, X.P., Yu, L.F., Ji1, X.B. 2011. The enhancement of drought tolerance for pigeon pea inoculated by *arbuscular mycorrhizae* fungi. Plant Soil Environment. 57: 12. 541-546.

Sarwar, N. Farooq, O. Mubeen, K. Wasaya, A. Nouman, W. Ali, M.Z. and Shehzad, M. (2017). Exogenous Application of Gibberellic Acid Improves the Maize Crop Productivity Under Scarce and Sufficient Soil Moisture Condition. Cercetari Agronomice in Moldova. 50(4): 65-73.

Skowrońska, M and T. Filipek. 2014. Life cycle assessment of fertilizers: a review, Int. Agrophys.28, 101-110.

Taiz, L., and E. Zeiger. 2006. Plant Physiology. Sinauer Assoc. Inc. 726 pp.

Tardieu, F., Parent, B., Caldeira, C. and Welcker, C. 2014. Genetic and physiological controls of growth under water deficit. Plant Physiology. 164: 1628-1635.

Tohidi, M. Fallahi, R. 2016. Evaluation of yield and yield components of corn with gibberellic acid solution. Ecophysiology of crops.10 (3): 656-645.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

Investigating of mycorrhiza and gibberellin on drought tolerance and biochemical and agronomic traits of mung bean under drought stress

A. Hosseini [1], M. Mirzaei Heydari [2*], A. Maleki [3], M. Rostaminia[4] and F. Babaei [5]

1, 3 & 5) Department of Agrotecnology, Ilam Branch, Islamic Azad University, Ilam, Iran.
2) Department of Agronomy and Plant Breeding, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
4) Department of Water and Soil Engineering, Ilam University, Ilam, Iran.

[*]**Corresponding author**: **mirzaeiheydari@yahoo.com**

Received date: 2020.12.28 **Accepted date: 2022.04.17**

Abstract

Today, with increasing agricultural production to meet the growing needs of the expanding population, concerns have been raised about the future of food supply for the people. Among the environmental barriers to plant growth and yield, drought is the most important factor in reducing production, especially in arid and semi-arid regions. In order to evaluate the effect of mycorrhiza and gibberellin consumption and drought stress on the quantitative and qualitative yield of mung bean, experimental split factorial in the form of a randomized complete block design with 4 replications during two cropping years 2017 and 2018 in Malekshahi region of Ilam province. Experimental treatments included three levels of drought stress (30, 60 and 90 mm evaporation from evaporation pan) as the main factor and three levels of gibberellin including (control, seed, and foliar application) and three levels of mycorrhiza (control, seed and application soil). It was factorial. Comparison of the mean of the three interactions of drought stress and gibberellin and mycorrhiza hormones showed that in 30 mm water evaporation from gibberellin pan and foliar application of gibberellin and no mycorrhiza application, the highest grain yield was obtained at 22255.4 kg ha^{-1}. The highest and lowest polyphenol oxidase in seed treatments of gibberellin acid under 90 mm evaporation from evaporation pan and no consumption of gibberellic acid under 30 mm evaporation from evaporation pan with values of 0.87 and 0.44 µmol of distilled water per gram of fresh weight.The highest and lowest ascorbate peroxidase in mycorrhiza seed treatments under 90 mm evaporation from evaporation pan and no consumption of mycorrhiza and gibberellin acid under 30 mm evaporation from evaporation pan with values of 0.4 and 1.81 µm g^{-1} water weight, respectively. It was found that the difference between these was statistically significant.

Key words: Drought stress, Gibberellin, Mung bean and Mycorrhiza.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]