اثر قارچ میکوریزا بر ویژگی‌های اکوفیزیولوژیک ارقام جو در واکنش به تلقیح با باکتری سودوموناس فلورسنت تحت شرایط دیم

زهرا اسپیدکار [۱]، مهرداد یارنیا*[۲]، محمدحسین انصاری[۳]، بهرام میرشکاری[۴] و هادی اسدی‌رحمانی[۵]

۱) دانشجوی دکتری گروه زراعت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.
۲) استاد گروه زراعت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.
۳) استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.
۴) دانشیار گروه زراعت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.
۵) دانشیار موسسه تحقیقات آب و خاک، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

* نویسنده مسئول: **m.yarnia@yahoo.com**

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۶/۰۷ **تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۹/۱۰**

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر قارچ میکوریزا بر ویژگی‌های اکوفیزیولوژیک ارقام جو در واکنش به تلقیح با سویه‌های مختلف باکتری سودوموناس فلورسنت تحت شرایط دیم، این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل قارچ میکوریزا گونه *Glomus mosseae* (تلقیح و عدم تلقیح)، سویه‌های باکتری سودوموناس (چهار سویه باکتری سودوموناس فلورسنت S153، S169، S4، S8 و عدم تلقیح) و ارقام جو (رقم دشت و صحرا) بودند. در هر دو رقم بیش‌ترین عملکرد دانه از تیمار کاربرد میکوریزا و سویه S169 (در رقم دشت با میانگین ۱۲۹۳ و در رقم صحرا با میانگین۱۷۵۲ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. در صفات فیزیولوژیک نیز بیش‌ترین مقدار کلروفیل a از تیمار کاربرد قارچ میکوریزا و عدم تلقیح با باکتری در رقم صحرا و کلروفیل b، کلروفیل کل و قند محلول نیز از تیمار کاربرد قارچ میکوریزا و تلقیح با باکتری سودوموناس سویه S169 در رقم صحرا به‌دست آمد. بیش‌ترین مقدار فسفر دانه نیز در تیمار کاربرد میکوریزا و تلقیح با سویه S153 در رقم دشت مشاهده شد، در حالی‌که بیش‌ترین مقدار نیتروژن دانه از تیمار کاربرد قارچ میکوریزا و تلقیح با باکتری سویه S4 در رقم صحرا به‌دست آمد. هرچند سویه‌های به‌کاربرده شده در این آزمایش واکنش متفاوتی به رقم و کاربرد میکوریزا داشتند، اما در اغلب صفات اندازه‌گیری شده نسبت به تیمار عدم تلقیح با باکتری از برتری برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: فسفر، قند محلول، کلروفیل و نیتروژن.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.30.2.4]

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) از جمله مهم‌ترین محصولات زراعی به‌شمار می‌رود و از دیرباز در تأمین معاش و ادامه حیات انسان نقش مهمی را برعهده داشته است. عملکرد بالا، سهولت نگهداری و حمل و نقل، دامنه وسیع کشت و کار، کم توقع بودن در مقایسه با سایر گیاهان زراعی، دارا بودن ارقام مختلف با انعطاف پذیری‌های فنوتیپی و ژنوتیپی موجب شده است که تقریباً در بیش‌تر مناطق کشت گردد (Zarea, 2010). سطح زیر کشت جو در کشور معادل ۵/۱ میلیون هکتار (آبی و دیم) می‌باشد که از این میزان بیش از ۶۰ درصد آن به‌صورت دیم است و قسمت عمده اراضی دیم در مناطق سرد و سرد معتدل قرار دارد. استفاده از کودهای بیولوژیک، به‌خصوص در کشت‌های فشرده و خاک‌های فقیر از لحاظ عناصر غذایی، ضرروری اجتناب ناپذیر برای حفظ ارزش کیفی خاک می‌باشد. از مهم‌ترین ریزموجودات مفیدخاکزی، می‌توان به قارچ‌های میکوریز آربسکولار[1] و باکتری‌های محرک رشد گیاه[2] اشاره کرد. باکتری‌های آزادزی ریزوسفر را که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم باعث بهبود رشد و سلامت گیاه می‌شوند، باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه می‌نامند (Asghar *et al*., 2002). در روش غیر مستقیم باکتری‌های محرک رشد با استفاده از مکانیسم‌های خاصی اثرات مضر بیمارگرهای گیاهی را تعدیل نموده و به این طریق موجب افزایش رشد گیاه می‌شوند. اما در روش مستقیم این باکتری‌ها با تثبیت آزادزی نیتروژن، تولید متابولیت‌های مؤثر در رشد گیاه، مانند هورمون‌های گیاهی (اکسین، سیتوکینین، جیبرلین)، افزایش حلالیت ترکیبات نامحلول مثل فسفر و پتاسیم از طریق تولید اسیدهای معدنی و آلی، تولید سیدروفورها و افزایش فراهمی عناصر کم مصرف به‌ویژه آهن و مؤثر در کاهش اثر سوء اتیلن تنشی، به تولید آنزیم ACCدی‌آمیناز[3] رشد بهتر گیاه کمک می‌کنند (Arshad *et al*., 2008). سودوموناس‌های فلورسنت خاکزی به‌طور ویژه‌ای به‌دلیل تطبیق‌پذیری کاتابولیکی، قابلیت کلونیزاسیون عالی در سطح ریشه و قابلیت تولید دامنه وسیعی از آنزیم‌ها و متابولیت‌ها که در شرایط مختلف تنش‌های زنده و غیر زنده می‌توانند مفید باشند، مورد توجه قرار گرفته‌اند (Mayak *et al*., 2004; Sandhya *et al*., 2009). سویه‌های باکتری سودوموناس در افزایش عملکرد گندم تحت تنش خشکی فوق‌العاده موثر می‌باشند (مظفری و همکاران، ۱۳۹۴). گزارش‌هایی مبنی بر توانایی زنده ماندن و بقای باکتری سودوموناس تحت شرایط تنش به‌دلیل تولید اگزوپلی‌ساکاریدها (EPS) وجود دارد که میکروارگانیسم‌ها را از تنش هیدریک و نوسانات بالقوه آب به‌وسیله افزایش احتباس آب و تنظیم انتشار منابع کربنی در محیط میکروبی محافظت می‌کند (Sandhya *et al*., 2009). اگزوپلی‌ساکاریدها دارای ترکیبات ویژه نگهداری آب و خواص چسبندگی می‌باشند، بنابراین نقش حیاتی در

[1] *Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AM)*
[2] *Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)*
[3] *Aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC)*

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.30.2.4]

تشکیل و پایداری خاک‌دانه‌ها و تنظیم جریان آب و مواد غذایی در ریشه گیاه از طریق تشکیل بیوفیلم بازی می‌کنند (Kumar *et al.*, 2015) ضمن آن‌که فعالیت رشدی گیاه را تعدیل می‌کنند (Mayak *et al.*, 2004). در یک بررسی نشان دادند که تلقیح ذرت با باکتری‌های سودوموناس فلورسنت موجب افزایش تولید هورمون‌های رشد گیاه و عملکرد دانه تحت تنش خشکی شدند (انصاری و همکاران، ۱۳۹۴). قارچ‌های میکوریز آربوسکولار از مهم‌ترین عوامل همزیست اجباری ریشه گیاهان به‌شمار رفته و تقریباً با ۸۰ درصد گونه‌های گیاهی رابطه همزیستی برقرار می‌کنند. به‌دلیل پراکنش جهانی این قارچ‌ها و نیز ارتباط گسترده آن‌ها با گیاهان، تعاملات میکوریزایی از فراوان‌ترین روابط همزیستی موجود در طبیعت محسوب می‌گردند (Schalamuk *et al.*, 2006). از مهم‌ترین منافع حاصل از همزیستی این قارچ‌ها با گیاهان می‌توان به افزایش جذب آب و عناصر غذایی به ویژه فسفر، افزایش مقاومت گیاهان به بیماری‌های خاک‌زاد و نیز بهبود تحمل آن‌ها به تنش‌های غیر زیستی نظیر شوری و خشکی، افزایش رشد گیاهان و همچنین بهبود بافت خاک اشاره نمود (Shi *et al.*, 2006). Ricken و Hofner (۱۹۹۶) در آزمایشی نشان دادند که قارچ‌های میکوریزا جذب عناصر سنگین را در جو کاهش می‌دهند. در تحقیقی مشخص گردید که کلنیزاسیون شدید ریشه‌های جو با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار، رشد گیاه و تولید ماده خشک را افزایش می‌دهد (Chaurasia and Khare, 2005). کلونیزاسیون مکمل‌های باکتریایی[4] قارچ میکوریزا مانند سودوموناس، به سطح ریشه چسبیده و رابطه همزیستی بین قارچ میکوریزا و گیاه را اصلاح نموده و مزایای زیادی برای گیاه میزبان فراهم می‌کنند (Schalamuk *et al.*, 2006). پتانسیل مکمل باکتریایی قارچ میکوریزا شامل سازوکارهایی است که استقرار و کارایی همزیستی میکوریزایی را متاثر نموده و منجر به تحریک جوانه زنی اسپور، رشد مسیل‌ها، تحریک تماس قارچ و ریشه یا ارتقای پتانسیل تولید ریشه میکوریزایی می‌شود (Frey-Klett *et al.*, 2007). از آن‌جا که بخش زیادی از سطح زیر کشت گندم در شهرستان اردبیل به‌صورت دیم می‌باشد، این آزمایش به‌منظور ارزیابی اثر قارچ میکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، ویژگی‌های فیزیولوژیک مانند کلروفیل و قند و جذب نیتروژن و فسفر ارقام جو تحت تلقیح با سویه‌های مختلف باکتری سودوموناس فلورسنت در منطقه اردبیل اجرا شد.

مواد و روش ها

به‌منظور ارزیابی اثر قارچ میکوریزا بر ویژگی‌های اکوفیزیولوژیک و جذب عناصر غذایی ارقام جو تحت تلقیح با سویه-های مختلف باکتری سودوموناس فلورسنت عملیات مزرعه ای درمزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل با ارتفاع ۱۴۶۰متر از سطح دریا، طول جغرافیایی ′۲۰ °۴۸ و عرض جغرافیایی ′۱۹ °۳۸ انجام شد. محل آزمایش از نظر آب و

[4] Mycorrhizal helper bacteria

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.30.2.4]

هوا و طبقه‌بندی اقلیمی جزو مناطق نیمه‌خشک سرد محسوب می‌شود. متوسط بارش سالانه منطقه در دوره آماری ۳۸۰ میلی‌متر می‌باشد (جدول ۱). نتایج حاصل از تجزیه خاک مزرعه آزمایشی که از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری انجام شد که مشخصات تجزیه خاک به شرح جدول ۲ می‌باشد.

جدول ۱: اطلاعات هواشناسی ایستگاه هواشناسی کشاورزی اردبیل در سال های ۹۴-۱۳۹۳

ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
بارندگی (میلیمتر)	۱۳/۱۴	۶۹/۴	۴۱/۷	۴۳/۳	۴۴/۴	۲۴/۱	۸۱/۳	۴۴	۵/۵
میانگین دما (سلسیوس)	۱۴/۸	۵/۹	۱/۳	-۱/۲	۰/۸	۴/۴	۶/۰	۱۲/۷	۱۶/۹۱

جدول ۲: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

شوری	pH	درصد اشباع	آهک (٪)	رس (٪)	لوم (٪)	شن (٪)	بافت	کربن آلی (٪)	نیتروژن (٪)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۰/۹۴	۷/۴۰	۳۸	۱۴	۸	۶۶	۲۶	سیلتی - لومی	۰/۶	۰/۰۷	۸/۳	۲۲۰

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل قارچ میکوریزا گونه *Glomus mosseae* (تلقیح (M_1) و عدم تلقیح (M_2))، سویه‌های باکتری سودوموناس (چهار سویه باکتری سودوموناس فلورسنت S153، S169، S4، S8 و عدم تلقیح که به ترتیب به صورت B_4، B_3، B_2، B_1و B_0 نشان داده شده‌اند) و ارقام جو (رقم دشت (C_1) و صحرا (C_2)) بودند. هر واحد آزمایشی شامل پنج خط کاشت هر یک به طول پنج-متر و فاصله ردیف‌های کشت ۳۰ سانتی‌متر بود. در پاییز قبل از کاشت، عملیات شخم و دیسک انجام و بعد از تسطیح زمین، اقدام به کاشت گردید. اولین بارندگی موثر در نه آبان ماه بود که عملیات کشت بعد از آن شروع شد. بعد از عملیات آماده‌سازی زمین، بذرها با تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع کشت شدند. جهت تهیه تیمارها، بذرها به‌وسیله صمغ عربی، آغشته و باکتری‌های مورد نظر (میزان مصرف بر اساس دستورالعمل بخش تحقیقات بیولوژی خاک موسسه تحقیقات خاک و آب هفت‌گرم مایه تلقیح برای هر کیلوگرم بذر بود که بر اساس برچسب موجود روی بسته مایه تلقیح در هر گرم آن 10^7 عدد باکتری زنده و فعال وجود دارد) به توده بذر اضافه گردید. این باکتری‌ها، توسط بخش تحقیقات بیولوژی خاک موسسه تحقیقات خاک و آب جدا و خالص‌سازی شده و مایه تلقیح آن‌ها تهیه گردیده است. پس از تلقیح بذور و خشک‌کردن در سایه، عملیات کاشت با توصیه‌های صورت گرفته، انجام شد. قارچ میکوریزا نیز در زیر بذر ریخته شده و پس از قراردادن بذر روی آن با خاک پوشانده شد. مبارزه با علف‌های هرز به روش مکانیکی (وجین) انجام گرفت. نمونه‌برداری از خطوط اصلی هر کرت با رعایت حاشیه و از بین بوته‌های رقابت‌کننده انجام گرفت. جهت بررسی تغییرات مقدار محتوای کلروفیل در تیمارهای مختلف از هر کرت تعداد سه عدد برگ پرچم ۲۰ روز پس از ظهور سنبله انتخاب و سپس به آزمایشگاه

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.30.2.4]

منتقل شد تا مقدار محتوای کلروفیل و قند نمونه‌ها اندازه‌گیری شود. استخراج کلروفیل برگ پرچم با استفاده از استون و اندازه‌گیری آن با استفاده از روش تغییر یافته انجام گردید (Arnon, 1949). ابتدا یک نمونه ۰/۵ گرمی به همراه ۵ /۰ گرم سولفات منیزیم ۱۰ میلی‌لیتر آستن ۸۰ درصد که به‌تدریج اضافه می شد در داخل یک هاون چینی به خوبی ساییده شدند. سپس عصاره به‌دست آمده از کاغذ صافی واتمن عبور داده شد و در لوله‌های آزمایش دردار ریخته و سپس نمونه‌ها دور به مدت دو دقیقه با سرعت ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردیدند و یک عصاره یک‌نواختی از هر نمونه به‌دست آمد. سپس میزان نور جذب شده عصاره به‌دست‌آمده توسط دستگاه اسپکتروفتومتردر طول موج‌های ۶۴۷ و ۶۶۳ نانومتر به ترتیب برای کلروفیل a و b قرائت گردید و با استفاده از فرمول‌های زیر محتوای کلروفیل برگ‌ها محاسبه شدند (در روابط زیرV حجم نهایی نمونه استخراج شده وW وزن تر نمونه است): (Yoshida *et al*., 1976).

رابطه۱:

میلی‌گرم کلروفیل a در هر گرم وزن تر: (W ×۱۰۰۰) /V ×[(جذب در ۶۴۵ نانومتر) ۲/۶۹- (جذب در ۶۶۳ نانومتر) ۱۲/۷]

رابطه ۲:

میلی‌گرم کلروفیل b در هر گرم وزن تر: (W ×۱۰۰۰) /V×[(جذب در ۶۶۳ نانومتر) ۴/۶۹ - (جذب در ۶۴۵ نانومتر) ۲۲/۹]

رابطه ۳:

میلی‌گرم کلروفیل aو b در هر گرم وزن تر: (W×۱۰۰۰) /V×[(جذب در۶۶۳نانومتر) ۸/۰۲+ (جذب در۶۴۵نانومتر) ۲۲/۹]

برای اندازه‌گیری قندهای محلول ابتدا ۰/۵گرم از بافت سبز برگ فریز شده را در داخل پنج میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد در هاون کاملاً له کرده و به لوله‌های آزمایش دربدار منتقل گردید و به‌مدت۳۰ ثانیه به شدت ورتکس شد. بعد مایع رویی جدا و به لوله دربدار به حجم ۲۰ سی‌سی منتقل شد. سپس دو مرتبه و هر بار پنج میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد به بخش جامد باقی مانده اضافه و کاملاً شستشو گردید. کلیه مراحل فوق در حمام یخ و نور کم انجام گرفت. سپس بخش مایع رویی به لوله آزمایش منتقل شد. در نهایت ۱۵ میلی‌لیتر از عصاره به‌دست آمده به‌مدت ۱۵ دقیقه با ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شده و قسمت محلول زلال به‌دست آمده را جدا کرده و به ۰/۱ میلی‌لیتر از آن، سه میلی‌لیتر محلول آنترون تهیه شده (۰/۱۵ گرم آنترون+ ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲ درصد در بالن ژوژه به‌دست می‌آید) اضافه شد. لوله‌های حاوی محلول‌های فوق را به‌مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم قرارداده و سپس میزان جذب آن‌ها را با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت شد. محلول‌های استاندارد از گلوکز با غلظت‌های ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و۲۰۰۰ پی‌پی‌ام تهیه و کلیه مراحل کار روی ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره روی هر یک از نمونه‌ها انجام گردید. جذب نمونه‌های شاهد با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت گردید. با توجه به خط رگرسیونی برازش شده، مقدار قندهای

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.30.2.4]

محلول با ضرایب لازم اعمال و مقدار قند برحسب میلی‌گرم برگرم وزن‌تر (میلی‌گرم برگرم وزن‌تر) محاسبه شد (Yoshida *et al.*, 1976). برای محاسبه تعداد پنجه بارور در بوته، از نمونه‌های برداشت شده ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و در هر ۱۰ بوته شمارش شد و سپس میانگین آن‌ها در هر بوته محاسبه گردید. عملکرد دانه از سه ردیف وسطی دست‌نخورده هر کرت آزمایشی به مساحت یک‌متر مربع برآورد گردید. برای تعیین متوسط تعداد دانه در سنبله، سنبله‌های مربوط به ۳۰ بوته برداشت و میانگین تعداد دانه در سنبله محاسبه شد. غلظت نیتروژن و فسفر کل دانه اندازه‌گیری شد. غلظت نیتروژن به‌روش کجلدال و غلظت فسفر و آهن با استفاده از روش خاکستر خشک و با دستگاه غلظت اتمی مدل GBC932 ساخت استرالیا تعیین شدند (امامی، ۱۳۷۵). تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار $SAS_{9.1}$ انجام و مقایسه میانگین‌های برهمکنش با استفاده از روش برش و روش L. S. Means و با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

تعداد پنجه بارور

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش سه گانه رقم× باکتری× میکوریزا بر تعداد پنجه بارور در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳)، با بررسی بیش‌تر مشخص شد که تلقیح با باکتری سودوموناس فقط در رقم صحرا معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین نشان داد که در رقم دشت چه در شرایط کاربرد و چه در شرایط عدم کاربرد قارچ میکوریزا بین سویه‌های باکتری سودوموناس اختلاف معنی‌دار وجود نداشت، در حالی‌که در رقم صحرا در شرایط عدم کابرد قارچ میکوریزا سویه S153 و S169 و در شرایط کاربرد قارچ میکوریزا سویه S8 بیش‌ترین تعداد پنجه بارور را داشتند (جدول ۵). نکته مورد توجه این است که در رقم صحرا در شرایط عدم کاربرد قارچ میکوریزا، بین عدم تلقیح با باکتری و سویه S8 اختلاف معنی‌دار وجود نداشت اما با اضافه شدن قارچ میکوریزا سویه S8 نسبت سایر سویه‌ها تعداد پنجه بیش‌تری تولید کرد. اثر قارچ میکوریزا در افزایش کارایی باکتری سودموناس توسط پزشک‌پور و همکاران (۱۳۹۳) گزارش شده است. آزادی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی به‌عنوان اثر میکروارگانیسم‌های محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم دوروم افزایش تعداد پنجه و سنبله‌های بوته گندم در اثر تلقیح با باکتری‌های محرک رشد گیاه را ضمن کاهش مصرف کود نیتروژن تا ۵۰ درصد گزارش کردند. با توجه به اینکه پنجه‌ها بسیار زودتر از مرحله گلدهی تعیین می‌شوند بی شک تلقیح بذرها با باکتری‌های تحریک کننده رشد تعداد پنجه بارور را افزایش داده است. Ali و همکاران (۲۰۰۵) در پژوهش‌های انجام شده روی باکتری‌های محرک رشد گیاه اثر معنی‌دار سویه‌های سودوموناس فلورسنت را بر ارتفاع و تعداد پنجه بارور گندم ارائه کرده‌اند. Bacilio و همکاران (۲۰۰۴) اعلام نمودند که استفاده از آزوسپریلوم لیپوفروم سویه gfp-tagged می‌تواند اثر منفی تنش کمبود آب در گندم را کاهش دهد و وزن خشک ریشه،

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.30.2.4]

برگ و تعداد پنجه بارور در گندم را افزایش دهد. آن‌ها یکی از دلایل افزایش عملکرد این گیاهان را به افزایش جذب آب در گیاه نسبت دادند. Wagar و همکاران (۲۰۰۴) ضمن بررسی اثر تلقیح باکتری های حاوی آنزیم ACC دی‌آمینار بر رشد و عملکرد گندم دریافتند که باکتری‌های دارای حاوی آنزیم عملکرد دانه، وزن ریشه تعداد پنجه و جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در کاه و دانه را نسبت به شاهد در همه ارقام به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهند و اعلام نمودند که فعالیت آنزیم در جدایه‌های مختلف متفاوت می‌باشد. باکتری‌های به‌کار برده در این آزمایش نیز قابلیت تولید آنزیم ACC دی آمیناز دارند که می‌توان این افزایش تعداد پنجه ناشی از این آنزیم دانست. نتایج این آزمایش با یافته‌های Nadeem و همکاران (۲۰۰۷) مبنی بر افزایش تعداد پنجه بارور در شرایط دیم توسط باکتری‌های محرک رشد مطابقت دارد.

تعداد دانه در سنبله

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش سه گانه رقم× باکتری× میکوریزا بر تعداد دانه در سنبله معنی دار بود (جدول ۳)، با بررسی بیش‌تر مشخص شد که تلقیح با باکتری سودوموناس فقط در رقم دشت در شرایط عدم تلقیح با میکوریزا معنی‌دار نبود (جدول ۴). مقایسه میانگین نشان داد که در رقم دشت در شرایط کاربرد قارچ میکوریزا سویه S169 نسبت به سایر سویه‌ها برتر بود، ولی بین سویه‌های دیگر و عدم تلقیح اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. در رقم صحرا در شرایط عدم کاربرد قارچ میکوریزا سویه S153 و در شرایط کاربرد قارچ میکوریزا سویه S169 بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله را داشتند (جدول ۵). در رقم صحرا کاربرد قارچ میکوریزا منجر به برتری معنی‌دار تیمارهای باکتریایی نسبت به تیمار عدم تلقیح گردید اما در شرایط عدم کاربرد میکوریزا فقط سویه S4 نسبت به تیمار عدم تلفیح برتری معنی‌دار داشت. خیری‌زاده آروق و همکاران (۱۳۹۴) با آزمایش واکنش گندم به تلقیح سودوموناس، ازتوباکتر و قارچ میکوریزا گزارش کردند که کاربرد همزمان مایکوریزا با باکتری‌های محرک رشد می‌تواند در بهبود عملکرد، زیست توده کل و شاخص سطح برگ در شرایط محدودیت آبی مؤثر واقع شود. Belimov و همکاران (۲۰۰۴) نیز حداکثر اثر مثبت را از تلقیح مخلوط باکتری آزوسپریلیوم لیپوفروم و اگروباکتریوم رادیو باکتر[5] و قارچ میکوریزا مشاهده کردند. تلقیح انفرادی یا دو گانه گیاهچه‌های گندم با ازتو باکتر کروکوکوم، آزوسپریلوم برازیلنس واسترپتومایسز موتابیلیس[6] در خاک استریلیزه شده رشد گیاه را تحریک نموده و به‌طور معنی‌داری غلظت ایندول استیک اسید،N, Mg, P و کل قندهای محلول در اندام‌های هوایی و دانه گندم علاوه بر تعداد پنجه افزایش داد ولی اثری بر وزن هزار دانه نداشت (Elshanshoury *et al.*, 1995). Khan و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش کردند که از بین ارقام گندم مورد آزمایش فقط یک رقم به تلقیح با باکتری

[5] *Agrobacterium radiobacter*
[6] *Streptomyces mutabilis*

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.30.2.4]

سودوموناس فلورسنت تحت شرایط دیم واکنش نشان داد و علت افزایش تعداد پنجه و تعداد دانه را ناشی از تغییرات مورفولوژیک ریشه گیاهان تلقیحی و ترشح ترکیبات حل کننده مواد غذایی مانند اسید استیک گزارش کردند.

وزن هزار دانه

نتایج نشان داد که تلقیح باکتریایی در رقم دشت در شرایط کاربرد قارچ میکوریزا و در رقم صحرا هم در هر دو سطوح قارچ میکوریزا بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۴). در رقم دشت کاربرد میکوریزا منجر به کاهش وزن هزار دانه در تیمارهای باکتریایی نسبت به تیمار غیرباکتریایی گردید ولی در رقم صحرا فقط در سویه S4 وزن هزار دانه نسبت به تیمار غیر تلقیحی برتری معنی‌دار داشت و سایر سویه‌ها اختلاف معنی‌دار نداشتند. این درحالی است با عدم استفاده از میکوریزا در رقم صحرا به استثای سویه S153 بین سویه‌ها و تیمار غیر تلقیحی اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۵). عطارباشی و همکاران (۱۳۸۱) گزارش کردند که اگر چه رقم دشت دارای وزن هزار دانه کمتری نسبت به رقم صحرا می‌باشد، ولی دارای تعداد دانه در سنبله بیش‌تری نسبت به رقم صحرا می‌باشد. آن‌ها اذعان داشتند که در گندم مانند سایر گیاهان زراعی بین اجزای عملکرد رابطه معکوس مشاهده شده است، به‌طوری که با تغییرات اجزای عملکرد نمی‌توان میزان محصول را از یک حد نهایی بالاتر برد. نکته شایان ذکر این است که در رقم دشت کاربرد قارچ میکوریزا کارایی سویه‌های باکتری سودوموناس برای افزایش وزن هزار دانه را به نحو مطلوب‌تری افزایش داد. به‌نظر می‌رسد که افزایش تأمین آب کافی از ابتدای رشد گیاه منجر به افزایش پنجه زنی و تعداد برگ می‌شود، که در نتیجه جذب CO_2 و میزان فتوسنتز افزایش می‌یابد. در حالت کلی موجب افزایش اجزای عملکرد و به طبع آن عملکرد دانه شد. کم بودن وزن هزار دانه در شرایط دیم به‌دلیل رقابت دانه‌ها در به‌دست آوردن مواد غذایی و کاهش کربوهیدرات ذخیره‌ای گیاه می‌باشد که تعداد سلول‌های مولد کاهش یافته و وزن هزار دانه کاهش می‌یابد، هرچند قارچ میکوریزا در افزایش وزن دانه‌های گندم نقش موثری ایفا کرد (Arshad *et al.*, 2008).

عملکرد دانه

برهمکنش سه گانه رقم× باکتری× میکوریزا بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۳)، با بررسی بیش‌تر مشخص شد که تلقیح با باکتری سودوموناس بر عملکرد دانه به‌جز رقم دشت در شرایط عدم کاربرد میکوریزا معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین نشان داد که در رقم دشت در شرایط کاربرد قارچ میکوریزا سویه S169 بیش‌ترین عملکرد دانه را با میانگین ۱۲۹۳ کیلوگرم در هکتار داشت و سایر سویه‌ها نیز نسبت به عدم تلقیح برتری معنی‌دار داشتند. در رقم صحرا در شرایط عدم کابرد قارچ میکوریزا سویه S8 با میانگین ۱۷۲۶ کیلوگرم در هکتار و در شرایط کاربرد قارچ میکوریزا سویه S169 با میانگین ۱۷۵۲ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین عملکرد دانه را نشان دادند (جدول ۵). در شرایط کاربرد قارچ

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.30.2.4]

میکوریزا هم در رقم صحرا و هم در رقم دشت بیش‌ترین عملکرد دانه از سویه S169 مشاهده شد. اثر باکتری بر گیاه بستگی به عوامل زیادی دارد از جمله ماده آلی خاک، میزان عناصر موجود در خاک، بافت خاک، رطوبت خاک، نوع سویه و نوع رقم گیاه (Vessey, 2003). رابطه بین رقم گیاه و نوع سویه در آزمایش‌های Kader و همکاران (۲۰۰۲) و انصاری و همکاران (۱۳۹۰) گزارش شده است. هر چند افزایش عملکرد دانه در شرایط عدم کاربرد میکوریزا، تلقیح باکتری سودوموناس نسبت به تیمار عدم تلقیح در رقم صحرا منجر به افزایش عملکرد دانه شد، ولی افزایش عملکرد دانه با افزودن قارچ میکوریزا بیش‌تر شد و در رقم دشت نیز کارایی تلقیح باکتریایی را افزایش داد. اثر میکوریزا بر افزایش کارایی تلقیح باکتریایی توسط پزشکپور و همکاران (۱۳۹۳) نیز گزارش شده است. اثر سودمند همزیستی میکوریزایی و تلقیح باکتریایی باعث افزایش تحمل گیاه به تنش خشکی گردیده است و در تیمارهای عدم تلقیح مایکوریزایی وجود تنش رطوبتی بیش‌تر باعث کاهش عملکرد مناسب سویه‌های شده است (Subra Manian *et al.*, 2006). هر چند افزایش عملکرد دانه را می‌توان به نقش قارچ میکوریزا و باکتری سودموناس در افزایش جذب عناصری مانند آهن و فسفر نسبت داد (Vessey, 2003)، ولی بخشی از افزایش عملکرد دانه گندم را می‌توان ناشی از هورمون‌های گیاهی ترشح شده توسط میکروارگانیسم‌ها مانند اکسین دانست. ترشح ایندول استیک اسید و دیگر هورمون‌های گیاهی رشد در کلزا، گندم و گوجه‌فرنگی تلقیح شده با باکتری سودوموناس توسط Mayak و همکاران (۲۰۰۴) گزارش شده است. همچنین میکروارگانیسم‌های محرک رشد گیاه با اثر بر اندازه و مورفولوژی ریشه، بر توانایی ریشه در دسترسی به حجم وسیع‌تر خاک اثر گذاشته و در نتیجه جذب آب و عملکرد گیاهان را افزایش می‌دهند (Arshad *et al.*, 2008).

کلروفیل برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش سه گانه رقم× باکتری× میکوریزا بر کلروفیل a، b و کلروفیل کل معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که در رقم دشت در شرایط عدم کاربرد میکوریزا، بیش‌ترین مقدار کلروفیل b و کلروفیل کل از عدم تلقیح با باکتری سودوموناس به‌دست آمد، اما از نظر مقدار کلروفیل a بین سویه‌های S4 و S8 تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. همچنین در رقم دشت و در شرایط کاربرد میکوریزا در رقم دشت، سویه‌های باکتری سودوموناس کلروفیل a و b را نسبت به تیمار عدم تلقیح افزایش دادند و بیش‌ترین مقدار کلروفیل کل از سویه S153 به‌دست آمد. در رقم صحرا در شرایط عدم کاربرد میکوریزا، مقدار کلروفیل a، b و کلروفیل کل در تیمار عدم تلقیح نسبت به تیمارهای تلقیح با سویه‌های سودوموناس بیش‌تر بود، اما زمانی که قارچ میکوریزا استفاده شد سویه‌های باکتری توانستند نسبت به تیمار عدم تلقیح به‌طور معنی‌دار مقدار کلروفیل برگ را افزایش دهند (جدول ۵). Han و Lee (۲۰۰۵) گزارش کردند که در گیاه تحت تنش محتوای کلروفیل به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. این درحالی است که Ali و همکاران

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.30.2.4]

(۲۰۰۹) گزارش کردند که سودوموناس سویه AMK. P6 وضعیت محتوای کلروفیل، آمینواسید و قند را در گیاهچه های سورگرم اصلاح می‌کند. Zahir و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش کردند که محتوای کلروفیل برگ در گیاهچه‌های ذرت تحت خشکی تغییر می‌کند. آن‌ها کاهش ۵۴ درصدی محتوای کلروفیل برگ را گزارش کردند. جلیل و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش کردند که تنش محتوای کلروفیل و متابولیت‌های ثانویه را در گیاه *Catharanthus roseus* تغییر می‌دهد.

مقدار نیتروژن دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش سه گانه رقم× باکتری× میکوریزا بر مقدار نیتروژن دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که در رقم دشت در شرایط کاربرد میکوریزا، تلقیح باکتریایی مقدار نیتروژن دانه را نسبت به عدم تلقیح کاهش داد، اما در رقم صحرا چه در شرایط کاربرد و چه در شرایط عدم کاربرد قارچ میکوریزا نیتروژن دانه با تلقیح باکتریایی در تمام سویه‌ها نسبت به تیمار عدم تلقیح افزایش معنی‌دار داشت و در هر دو شرایط، سویه S4 بیش‌ترین مقدار دانه را نشان داد (جدول ۵).

این نتیجه با نتایج Arshad و همکاران (۲۰۰۸) هماهنگ می‌باشد. از نظر مقدار نیتروژن دانه، رقم صحرا نسبت به رقم دشت واکنش بهتری به تلقیح با میکروارگانیسم‌ها داد. هر چند بنا به گزارش انصاری و همکاران (۱۳۹۴) تنش خشکی منجر به افزایش نیتروژن دانه می شود، ولی در رقم صحرا عکس این گزارش مشاهده شد. علت این افزایش نیتروژن دانه در رقم صحرا در واکنش به تلقیح را می‌توان به اثر متقابل مناسب رقم صحرا با باکتری سودوموناس و افزایش جذب نیتروژن توسط باکتری‌های سودوموناس و انتقال آن به اندام‌های هوایی و در نهایت به دانه دانست (سلیمانی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۲). هرچند نباید نقش قارچ میکوریزا را جذب عناصر غذایی به ویژه نیتروژن تحت شرایط دیم (Al-Karaki, 1997)، را نادیده گرفت. Harvas و همکاران (۲۰۰۸) که سودوموناس پوتیدا سویه NtrC می‌تواند نیتروژن خاک را برای ریشه تنظیم کرده و ترکیبات آمینواسیدی در اختیار ریشه قرار دهد.

فسفر دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش سه گانه رقم× باکتری× میکوریزا بر مقدار فسفر دانه معنی‌دار بود (جدول ۳)، با بررسی بیش‌تر مشخص شد که تلقیح با باکتری سودوموناس بر مقدار فسفر دانه در هر دو رقم در شرایط کاربرد و عدم کاربرد میکوریزا معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در رقم دشت در هر دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد میکوریزا و در رقم صحرا در شرایط عدم کاربرد قارچ میکوریزا بیش‌ترین مقدار فسفر دانه از سویه S153 به‌دست آمد، ولی در رقم صحرا و کاربرد قارچ میکوریزا بین سویه‌های S169، S4 و S8 اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. در مجموع در هردو رقم سویه‌های باکتری سودوموناس فسفر دانه را نسبت به تیمار غیرباکتریایی افزایش دادند

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.30.2.4]

(جدول ۵). باکتری سودوموناس حامل آنزیم ACCدی‌آمیناز ضمن اصلاح رشد گیاه سنتز اتیلن از طریق هیدرولیز ACC به NH_3 و آلفاکتوبوتیرات کاهش می‌دهند (Shaharonna *et al*., 2008). از طرف دیگر باکتری‌های به‌کار برده شده در این آزمایش قابلیت حل کردن فسفر نامحلول خاک را از طریق تولید اسیدهای آلی مانند اسید سیتریک، اسید اگزالیک و اسید گلوکونیک دارتد که مقادیر زیادی فسفر محلول در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Vassilev *et al*., 2001). Shaharonna و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند سودوموناس فلورسنت بیوتیپ F ضمن اصلاح اجزای رشدی گندم، جذب N، P و K را نسبت به گیاهان غیرتلقیحی افزایش داد.

انصاری و همکاران (۱۳۹۴) اظهار داشتند که ویژگی‌های مورد ارزیابی تیمار تلقیح بذر با میکروارگانیسم‌های سودوموناس تحت شرایط تنش شدید کم‌آبی به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از شرایط معمولی آبیاری و شرایط متوسط تنش کم آبی بود و به این نتیجه رسیدند که این ریزجانداران به زمان بیش‌تری برای تثبیت و استقرار در خاک نیاز دارند. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که ریزجانداران حل کننده فسفات می‌توانند با افزایش رشد و جذب فسفر در جو، منجر به افزایش تحمل گیاه تحت شرایط تنش کم‌آبی گردند. در این آزمایش نیز افزایش فسفر اندام‌های هوایی منجر به افزایش فسفر دانه شده است، به‌طوری که حداکثر فسفر دانه در سویه مشابه مشاهده شد (جدول ۵). پس می‌توان گفت که هر عاملی فسفر اندام‌های هوایی را افزایش دهد، فسفر بیش‌تری به دانه انتقال‌داده و منجر به افزایش درصد فسفر دانه خواهد شد.

قند محلول

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش سه گانه رقم× باکتری× میکوریزا بر قندهای محلول معنی‌دار بود (جدول ۳)، به‌طوری که تلقیح با باکتری سودوموناس بر قندهای محلول به‌جز رقم صحرا در شرایط عدم کاربرد میکوریزا معنی‌دار بود (جدول ۴). افزایش غلظت قندهای محلول در سلول می‌تواند در ارتباط با تجزیه نشاسته باشد (Fischer and Holl, 1991). قندهای محلول در سلول می‌توانند منجر به جذب آب شوند، بدون آن‌که بر کارکرد اجزای سلول اثر بگذارند (Hamdia, 2004). بنابراین تجمع قندها در سلول می‌تواند در شرایط تنش به تنظیم اسمزی کمک نموده و گیاه را در تحمل تنش یاری نماید (Fischer and Holl, 1991). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سویه‌های باکتری نسبت به تیمار عدم تلقیح قند بیش‌تری در برگ تولید کرده‌اند و بیش‌ترین قند محلول در رقم دشت در هر دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد قارچ میکوریزا از سویه S4 به‌دست آمد و سویه S169 در رقم صحرا در شرایط کاربرد قارچ میکوریزا نسبت به سایر سویه‌ها از برتری معنی‌دار برخوردار بود. با این وجود در هر دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد قارچ میکوریزا در هر دو رقم جو، سویه‌ها نسبت به عدم تلقیح قند محلول بیش‌تری تولید کردند (جدول ۵).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.30.2.4]

جدول۳: نتایج تجزیه واریانس صفات ارقام جو تحت تاثیر قارچ میکوریزا و سویه‌های باکتری که در آن میانگین مربعات نشان داده شده است.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		تعداد پنجه بارور	دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	کلروفیل b	کلروفیل a	کلروفیل کل	نیتروژن دانه	فسفر دانه	قند محلول
تکرار	۲	۲/۷۹**	۰/۶۹۰ns	۷۶۰۷ns	۴۸۷۲ns	۱/۹۴ns	۰/۱۷ns	۳/۲۳۱ns	۰/۰۲۷ns	۰/۰۰۱۴ns	۰/۰۵۵ns
رقم (C)	۱	۸/۸۱**	۱۸/۱۹**	۱۸۳/۰**	۲۷۳۱۸۷*	۰/۰۸ns	۰/۳۶ns	۰/۰۹۳ns	۰/۰۱۵ns	۰/۱۹۳**	۰/۳۹۳*
میکوریزا (M)	۱	۰/۰۰۲ns	۳۴/۹۶**	۲/۷۳ns	۱۵۹/۰ns	۳/۳۱۸*	۰/۶۷ns	۶/۹۹۷ns	۰/۰۱۱ns	۰/۹۳۷**	۰/۹۸۳**
باکتری (B)	۴	۰/۲۰۸ns	۲۰/۸۵**	۳۹/۴۸**	۷۵۹۳ns	۶/۳۰۴**	۸/۲۱**	۲۱/۹۷**	۰/۱۲۸*	۰/۸۳۸**	۰/۳۷۳*
C*M	۱	۰/۱۳۰ns	۱۲/۵۱۲ns	۲/۶۴ns	۷۷۶۸ns	۲/۰۸ns	۷/۱۹*	۱/۵۳ns	۰/۰۱۲ns	۰/۰۸۱**	۰/۰۵۲ns
C*B	۴	۰/۲۴۰ns	۲۸/۲۳**	۱۱/۶۰*	۳۰۵۵ns	۵/۷۷**	۱۰/۳**	۱۸/۲۱**	۰/۱۶۰*	۰/۶۱۶**	۰/۳۷۴*
M*B	۴	۱/۴۸**	۳۵/۳۵**	۲۹/۸۶**	۷۵۸۱۹**	۱۲/۳۰**	۲۰/۰**	۶۰/۴۹**	۰/۰۵۵ns	۰/۱۰۱**	۰/۳۸۷*
C*M*B	۴	۱/۰۱۴*	۱۵/۳۱*	۲۳/۴۱**	۵۴۰۷۷**	۴/۷۶۴**	۶/۲۵**	۱۵/۳۳**	۰/۱۵۲*	۰/۲۸۶**	۰/۵۴۲**
خطا	۳۸	۰/۳۵۸	۴/۱۹	۳/۰۹۴۵	۱۱۴۳۹	۰/۸۷۹	۱/۴۶	۲/۴۵	۰/۰۴۹	۰/۰۰۱۳	۰/۱۰۲
ضریب تغییرات		۱۶/۱۵۸	۷/۶۹	۳/۳۱۳۹	۷/۸۷	۲۳/۷۴	۳۰/۲	۱۹/۷۱	۱۴/۱۹	۲/۰۶	۲۲/۲۶

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

جدول۴: نتایج تجزیه واریانس برش‌دهی اثر باکتری سودوموناس درسطوح مختلف قارچ میکوریزا در ارقام جو که در آن میانگین مربعات نشان داده شده است.

ارقام جو	میکوریزا	درجه آزادی	P	N	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	دانه در سنبله	پنجه بارور	قند محلول	کلروفیل b	کلروفیل a	کلروفیل کل
دشت	M0	۴	۱/۰۰**	۰/۰۰۰۹۵ns	۱۲۶۸۷ns	۸/۹۸ns	۱/۳۸ns	۰/۴۴۵ns	۰/۶۲۲**	۳/۹۷*	۵/۶۸*	۱۳/۷۹*
	M1	۴	۰/۶۲۳**	۰/۰۰۲۱**	۳۷۵۳۱*	۹/۵۳**	۱۴/۳۳*	۰/۱۶۶ns	۰/۵۱۹**	۹/۳۳**	۱۳/۳۳*	۳۶/۱۱**
صحرا	M0	۴	۰/۰۸۱**	۰/۱۶۰**	۳۸۱۸۸**	۷۴/۵۷**	۲۸/۴۴**	۰/۸۳۷*	۰/۰۹۹ns	۲/۰۷۴*	۶/۸۵**	۱۴/۶۷**
	M1	۴	۰/۱۳۶**	۰/۲۳۲**	۵۲۱۳۸*	۱۱/۲۷*	۵۵/۶۱**	۱/۴۹۷**	۰/۷۶۰**	۱۳/۷۶**	۱۸/۹۶**	۵۱/۴۳**

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.30.2.4]

جدول۵: مقایسه میانگین اثر برهمکنش سه گانه رقم× باکتری× میکوریزا بر صفات اندازه گیری شده

رقم	میکوریزا	باکتری	پنجه بارور	دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	کلروفیل b	کلروفیل a	کلروفیل کل	نیتروژن دانه	فسفر دانه	قند محلول
					(گرم)	(کیلوگرم در هکتار)	(میلی گرم بر گرم وزن تر)			درصد		(میلی گرم بر گرم وزن تازه برگ)
دشت	M0	عدم تلقیح	۴/۳۶۶a	۲۰/۰۶a	۵۵/۰۶a	۱۰۶۵a	۵/۹۲a	۵/۱۶a	۱۱/۰۸a	۱/۵۶a	۱/۹۳۶b	۱/۰۸۵b
		S153	۴/۳۶۶a	۲۱/۰۰a	۵۱/۶۳a	۱۰۹۶a	۳/۵۵b	۲/۱۸b	۵/۷۴c	۱/۵۸a	۲/۲۲۳a	۱/۲۷۵b
		S169	۴/۱۶۶a	۱۹/۵۰a	۵۳/۸۶a	۱۱۰۶a	۳/۰۵b	۳/۸۴ab	۶/۸۹bc	۱/۵۶a	۰/۸۴۶d	۱/۳۵۱b
		S4	۳/۴۶۶a	۱۹/۵۰a	۵۵/۸۶a	۱۲۰۵a	۴/۳۱ab	۵/۴۵a	۹/۷۶ab	۱/۵۰a	۱/۹۳۹b	۱/۱۷۵b
		S8	۴/۳۳۳a	۱۹/۳۶a	۵۵/۶۰a	۱۲۰۴a	۳/۳۴b	۵/۲۳a	۸/۵۸abc	۱/۵۶a	۱/۲۰۷c	۲/۲۱۵a
		LSD	۰/۹۸۸	۲/۲۷	۳/۱۶	۲۹۶	۲/۱۳	۱/۹۹	۳/۱۸	۰/۰۴۴	۰/۳۱۲	۰/۴۲۲
دشت	M1	عدم تلقیح	۴/۱۳۳a	۲۲/۴۳b	۵۸/۰۶a	۱۰۰۷c	۳/۹۵۰b	۱/۶۳b	۵/۵۸cd	۱/۵۶a	۱/۷۶۷b	۱/۲۷۳d
		S153	۳/۹۳۳a	۲۰/۷۰b	۵۳/۷۶c	۱۲۱۲ab	۵/۹۷۰a	۵/۱۹a	۱۱/۱۶a	۱/۵۳d	۲/۵۹۶a	۱/۴۷۳c
		S169	۴/۲۳۳a	۲۶/۰۳a	۵۵/۹۶b	۱۲۹۳a	۳/۹۴۰b	۶/۱۰a	۱۰/۰۴ab	۱/۵۱e	۱/۴۶۶e	۱/۶۱۶b
		S4	۴/۲۰۰a	۲۱/۶۳b	۵۴/۲۶bc	۱۱۷۹abc	۴/۶۸۶ab	۳/۰۴ab	۷/۷۲bc	۱/۵۵b	۱/۵۴۷d	۱/۸۳۶a
		S8	۳/۶۶۶a	۲۰/۸۳b	۵۴/۲۰bc	۱۰۸۱bc	۱/۱۵۳c	۱/۳۸b	۲/۵۴d	۱/۵۴c	۱/۶۵۶c	۱/۸۸۶a
		LSD	۱/۷۳	۲/۸۲	۲/۰۷	۱۹۲	۱/۹۱	۳/۲۰	۳/۳۲	۰/۰۵۴	۰/۰۱۷	۰/۷۶۴
صحرا	M0	عدم تلقیح	۲/۶۶۶b	۳۱/۸۰b	۵۱/۷۳a	۱۴۱۴c	۵/۵۱۶a	۵/۳۷a	۱۰/۸۹a	۱/۳۸۷b	۱/۶۳۳c	۰/۹۳۶a
		S153	۳/۹۰۰a	۳۴/۸۳a	۴۳/۱۰b	۱۶۰۰b	۴/۰۷۰bc	۱/۸۷c	۵/۹۴c	۱/۷۰۴ab	۱/۹۴۰a	۱/۱۹۰a
		S169	۳/۶۰۰a	۲۸/۸۰b	۵۳/۶۳a	۱۵۶۴b	۳/۲۲۳c	۲/۷۸bc	۶/۰۰c	۱/۳۶۸b	۱/۶۹۷b	۱/۱۸۳a
		S4	۳/۴۳۳ab	۳۰/۱۳b	۵۱/۷۶a	۱۶۱۸b	۴/۲۸۰abc	۳/۹۹ab	۸/۲۷b	۱/۸۹۰a	۱/۵۵۵d	۱/۴۴۸a
		S8	۲/۸۰۰b	۳۱/۴۳b	۵۶/۴۳a	۱۷۲۶a	۴/۵۸۰ab	۵/۱۷a	۹/۷۵ab	۱/۴۲۷ab	۱/۵۲۵d	۱/۲۳۸a
		LSD	۰/۷۸۲	۳/۴۸	۴/۷۱	۷۹/۲۴	۱/۲۴	۱/۴۵	۲/۱۷	۰/۰۴۵	۰/۴۸۷	۰/۵۶۷
صحرا	M1	عدم تلقیح	۲/۵۶۶c	۲۵/۰۳c	۵۰/۵۶b	۱۴۴۷c	۳/۲۵b	۷/۷۹۳a	۱۱/۰۵b	۱/۴۹۹ab	۱/۶۷۲c	۱/۱۴۵b
		S53	۳/۲۳۳bc	۳۴/۸۳ab	۵۱/۱۳b	۱۶۳۷ab	۳/۲۵b	۲/۸۲۶b	۶/۰۷c	۱/۳۳۷b	۱/۸۸۳b	۱/۲۶۶b
		S169	۲/۸۳۳c	۳۶/۹۰a	۴۹/۶۳b	۱۷۵۲a	۷/۱۲a	۶/۱۸۰a	۱۳/۳۰a	۱/۷۱۹ab	۲/۱۶۸a	۲/۳۹۶a
		S4	۳/۹۶۶ab	۳۴/۴۳ab	۵۴/۶۶a	۱۴۶۵bc	۱/۷۳c	۲/۱۴۰b	۳/۸۷d	۲/۰۴۴a	۲/۰۸۴a	۱/۳۴۶b
		S8	۴/۲۰۰a	۳۲/۳۰b	۵۰/۷۰b	۱۴۹۱bc	۲/۰۸c	۲/۶۵۳b	۴/۷۴cd	۱/۴۵۹ab	۲/۱۶۲a	۱/۴۱۶b
		LSD	۰/۷۹۹	۲/۷۱	۳/۰۸	۱۷۲	۰/۶۳۹	۱/۶۷	۱/۹۶	۰/۰۹۳	۰/۶۴۹	۰/۵۰۴

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می باشند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد به‌روش آزمون LSD می‌باشند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.30.2.4]

Sandhya و همکاران (۲۰۱۰) با تلقیح بذور ذرت با باکتری *Pseudomonas putida* سویه GAP-P45 سطوح بالایی از قندهای محلول، پرولین، اسید آمینه‌های آزاد را تحت تنش خشکی مشاهده کردند. این نتایج ممکن است در ارتباط با قابلیت سویه‌ها برای تولید آنزیم ACCدی‌آمیناز که تولید اتیلن را کاهش می‌دهند، باشد. براساس نتایج به‌دست آمده و گزارش‌های موجود استفاده از Fluorescent Pseudomonads ممکن است ابزاری در تسهیم اثرات تنش خشکی در جو باشد. گزارش شده است که علاوه بر القای متابولیسم کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌های مربوط به فتوسنتز توسط باکتری‌های Fluorescent Pseudomonads، میزان قندهای محلول برگ‌های ذرت تلقیح شده تحت تنش خشکی نسبت به گیاهان غیر تلقیحی بیش‌تر است (Shoresh *et al*., 2010). در این آزمایش کاربرد *Pseudomonas* spp. منجر به افزایش قندهای محلول شد که اثر مثبتی در تحمل گیاه در برابر تنش دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که در شرایط دیم رقم صحرا نسبت به رقم دشت واکنش بهتری به تلقیح باکتری و سودوموناس نسبت به داشت. در هر دو رقم بیش‌ترین عملکرد دانه از تیمار کاربرد میکوریزا و سویه S169 (در رقم دشت با میانگین ۱۲۹۳ و در رقم صحرا با میانگین۱۷۵۲ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. در اغلب صفات اندازه‌گیری شده تیمارهای تلقیحی نسبت به تیمار عدم تلقیح با باکتری از برتری برخوردار بودند. کاربرد قارچ میکوریزا نیز کارایی تلقیح باکتریایی را افزایش داده و از طریق افزایش جذب عناصر غذایی و افزایش تحمل شرایط کم‌آبی عملکرد دانه را افزایش داد، هر چند این افزایش کارایی در رقم صحرا مشهودتر بود. با توجه به نتایج به‌دست آمده برای کشت جو در منطقه اردبیل رقم صحرا همراه با کاربرد میکوریزا و تلقیح با باکتری سودوموناس سویه S169 قابل توصیه است.

منابع

آزادی، ص.، سیادت، س.ع.، ناصری، ر.، سلیمانی‌فرد، ع. و میرزایی، ا. ۱۳۹۲. کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژنه در ارقام گندم دوروم. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۷ (۲): ۱۴۶-۱۲۹.

امامی، ع. ۱۳۷۵. شرح روش‌های تجریه گیاه. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره ۷۹. تهران، ایران.

انصاری، م.ح.، اردکانی، م. ر.، اسدی رحمانی، ه.، پاک‌نژاد، ف. و حبیبی، د. ۱۳۹۴. اثر سویه‌های فلورسنت سودوموناس بر وضعیت هورمونی، قندهای محلول و پرولین ذرت تحت تنش خشکی. مجله فیزیولوژی محیطی گیاهی، ۳۹ (۱۰): ۵۴-۴۲.

انصاری، م.ح.، منیری، م. و عبادی، ط. ۱۳۹۰. اثر میکروارگانیسم‌های محرک رشد گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام جو تحت شرایط دیم. مجله پژوهش‌های به‌زراعی، (۴): ۵۶۳-۵۵۱.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.30.2.4]

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

خیری‌زاده آروق، ی.، سیدشریفی، ر.، صدقی، م. و برمکی، م. ۱۳۹۴. اثر کودهای زیستی و نانواکسیدروی بر فرآیند انتقال مجدد و برخی شاخص‌های رشدی تریتیکاله در شرایط محدودیت آبی. ۷ (۲۶): ۵۶-۳۷.

سلیمانی‌فرد، ع.، ناصری‌راد، ه. ، ناصری، ر. و پیری. ع. ۱۳۹۲. اثر باکتری‌های محرک رشد بر فنولوژی، عملکرد و اجزای عملکرد دانه هیبریدهای ذرت (*Zea mays* L.). نشریه علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۷ (۱): ۹۰-۷۱.

عطارباشی، م.، گالشی، س.، سلطانی، ا. و نصیری‌محلاتی، م. ۱۳۸۱. ارتباط فنولوژیکی و فیزیولوژیکی با عملکرد دانه ارقام گندم در شرایط دیم. مجله علوم کشاورزی ایران. ۱(۳۳) : ۲۸-۲۱.

مظفری، ا.، دانشیان،ج.، حبیبی، د.، شیرانی‌راد، ا.ح. و اصغرزاده، ا. ۱۳۹۴. بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر برخی صفات مرفوفیزیولوژیکی گندم نان تحت شرایط تنش خشکی انتهایی. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی.۷ (۲۶): ۵۳-۶۵.

Ali, S., Hamza, M., Amin, G., Fayez, M., El-Tahan, M., Monib, M. and Hegazi, N. 2005. Production of biofertilizers using baker's yeast effluent and their application to wheat and barley grown in north Sinai deserts. Archives of Agronomy and Soil Science. 51(6): 589-604.

Ali, S. K. Z, Sandhya, V., Grover, M., Kishore, N., Rao, L.V. and Venkateswarlu, B. 2009. *Pseudomonas sp*. strain AKM-P6 enhances tolerance of sorghum seedlings to elevated temperatures. Biology and Fertility of Soils, 46: 45-55.

Arnon, D.T. 1949. Copper enzymes in isolation chloroplast phenoloxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology, 24: 1-15.

Arshad, M., Shaharoona, B. and Mahmood, T. 2008. Inoculation with *Pseudomonas* spp. containing ACC-Deaminase partially eliminates the effects of drought stress on growth, yield, and ripening of pea (*Pisum sativum* L.). Pedosphere, 18: 611–620.

Asghar H. N., Zahir Z. A., Arshad, M. and Khaliq, A. 2002. Relationship between in vitro production of auxins by rhizobacteria and their growth-promoting activities in *Brassica juncea* L. Biology and Fertility of Soils. 35:231-237.

Bacilio. M., Rodriguez, H., Moreno, M., Hernandez, J.P. and Bashan, Y. 2004. Mitigation of salt stress in wheat seedling by agfp-taged *Azospirillum lipoferum*. Biology and Fertility of Soils. 40: 188-193.

Belimov, AA, Kunakova, AM, Safronova, VI, Stepanok, VV, Yudkin, LY, Akleseev YV and Kozhemyakov, AP, 2004. Employment of rhizobacteria for the inoculation of barley plants

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.30.2.4]

cultivated in soil contaminated with lead and cadmium. Microbiology 73: 99–106.

Chaurasia, B., and Khare, P. K. 2005. *Hordeum vulgare*: A suitable substrate for mass production of arbuscular mycorrhizal fungi from natural soil. Applied Ecology and Environmental Research. 4:45-53.

Elshanshoury, A. R. 1995. Interactions of *Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum brasilense* and *Streptomyces mutabilis*, in relation to their effect on wheat development. Journal of Agronomy and Crop Science. 175: 119-127.

Fischer, C. and Holl, W. 1991. Food reserves in Scots pine (L.) I. Seasonal changes in the carbohydrate and fat reserves of pine needles. *Tree.*, **5**, 187-195.

Frey-Klett, P., Garbaye, J. and Tarkka, M. 2007. The Mycorrhiza helper bacteria revisited. New Phytol. 176: 22–36.

Hamdia, M. A., Shaddad, M. A. K. and Doaa, M. M. 2004. Mechanism of salt tolerance and interactive effect of *Azospirillum bransilense* inoculation on maize cultivars grown under salt stress conditions. Plant Growth Regulation. 44: 165-174.

Han, H. S. and Lee, K. D. 2005. Plant growth promoting rhizobacteria effect on antioxidant status, photosynthesis, mineral uptake and growth of Lettuce under soil salinity. Researc Journal of Agriculture and Biological Sciences, 1: 210-215.

Hervas, A. B., Canosa, I. and Santero, E. 2008. Transcriptome analysis of *Pseudomonas putida* in response to nitrogen availability. Journal of Bacteriology. 190:416–420.

Jaleel, C.A., Sankar, B., Sridharan, R. and Panneerselvam, R. 2008. Soil salinity alters growth, chlorophyll contents and secondary metabolite accumulation in *Catharanthus roseus*. Turkish Journal of Biology, 32: 79-83.

Kader, M.A., Mahn, M.H., and Haque, M.S. 2002. Effects of azotobacter inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Online Journal of Biological Science. 2: 259-261.

Khan, A., Arshad, M. and Zahir, Z.A. 2007. Growth and yield response of wheat cultivars to inoculation with auxin producing plant growth promoting rhizobacteria. Pakistan Journal of Botany. 35:483–49.

Mayak, S., Tirosh, T. and Glick, B. R. 2004. Plant growth promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomato and pepper. Plant Science. 166: 525–530.

Nadeem, S., Zahir, Z.A., Naveed, M. and Arshad, M. 2007. Wheat lines in the presence of the plant growth promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR 12-2 and *Azospirillum lipoferum* DeK113. Canadian journal of microbiology. 53 (10): 1141-1149.

Ricken, B. and Hofner, W. 2013. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on heavy metal tolerance of alfalfa (*Medicago sativa* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) on a sewage sludge treated soil. Zeitschrift für Planzenernahrung und Bokenkunde. 159:189–194.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.30.2.4]

Kumar, M., Kaur, A., Pachouri, C.U. and Singh, J., 2015. Growth promoting characteristics of rhizobacteria and AM Fungi for biomass amelioration of *Zea mays*. Archives of Biological Sciences. 67(3), 877-887.

Ricken, B., and W. Hofner. 1996. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on heavy metal tolerance of alfalfa (*Medicago sativa* L.) and oat (*Avena sativa* L.) on a sewage sludge treated soil .Zeitschrift für Planzenernahrung und Bokenkunde 159:189–194.

Sandhya, V., Ali, S. Z., Grover, M., Kishore, N. and Venkateswarlu, B. 2009. *Pseudomonas sp*. strain P45 protects sunflowers seedlings from drought stress through improved soil structure. Indian Journal of Oilseed Research. 26:600–601.

Schalamuk, S., Velazquez, S., Chidichimo, H. and Cabello, M. 2006. Fungal spore diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with spring wheat: effects of tillage. Mycologia. 98(1):16–22.

Shaharoona, B., Naveed, M., Arshad, M. and Zahir, A. 2008. Fertilizer-dependent efficiency of Pseudomonads for improving growth, yield, and nutrient use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.). Applied Microbiology and Biotechnology. 79:147–155.

Shi, Z.Y., Feng, G., Christie, P., and Li, X. L. 2006. Arbuscular mycorrhizal status of spring ephemerals in the desert ecosystem of Junggar Basin China. Mycorrhiza. 16:269–275.

Shoresh, M., Harman, G. E. & Mastouri, F. 2010. Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. Annu Rev Phytopathol 48, 21–43.

Subra Manian, K. S., Santhane Krishnan, P., and Bala subramanian, P. 2006. Responses of field grown tomato plants to arbascular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. Scientia Horticulture. 107:245-253.

Vassillev, N., Vassilev, A. M., Fenice, M. and Fedrrice, F. 2001. Immobilized cell technology applied in solubilization of insoluble inorganic rock phosphates and P plant acquisition. Bioresource of Technology. l79: 263– 271.

Vessey, J. K. 2003. Plant growth-promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil. 255: 571– 586.

Wagar, A., Shahroona, B., Zahir, Z. A. and Arshad, M. 2004. Inoculation with ACC deaminase containing rhizobacteria for improvming growth and yield of wheat cultivars. Pakistan Journal of Agriculture. 41: 119-124.

Yoshida, S., Forno, D., Cock, J. and Comez, K. 1976. Determination of sugar and starch in plant tissue. *In* S Yoshida, ed, Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice. The International Rice Research Institute, The International Rice Research Institute, Los Banos, The Philippines. 46–49.

Zahir, Z. A., Munir, A., Asghar, H. N, Arshad, M. and Shaharoona, B. 2008. Effectiveness

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.30.2.4]

of rhizobacteria containing ACC-deaminase for growth promotion of peas (*Pisum sativum*) under drought conditions. Journal of Microbiology and Biotechnology. 18: 982-987.

Zarea, M. J. 2010. Conservation Tillage and Sustainable Agriculture in Semi-Arid Dryland Farming. In: Lichtfouse, E., (Eds.), Springer Press.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.30.2.4]