دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره چهارم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۹۶
http://arpe.gonbad.ac.ir

تاثیر باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا بر میزان تجمع عناصر غذایی اندام‌های هوایی گندم دیم

رحیم ناصری[1*]، مهرشاد براری[2]، محمد جواد زارع[3]، کاظم خاوازی[4]، زهرا طهماسبی[5]
[1،2،5]استادیاران گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام
[3]دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام
[4]استاد موسسه تحقیقات خاک و آب کرج
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۹/۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۲۸

چکیده

مقدمه: کاربرد کودهای زیستی از جمله باکتری‌ها و قارچ‌های حل‌کننده فسفات موجب بهبود حاصل‌خیزی خاک می‌گردد، بسیاری از باکتری‌ها به‌موجب تولید آنزیم‌ها، سبب بالا رفتن و آزادسازی فسفات از فرم آلی می‌شوند. هم‌چنین این باکتری‌ها تولید هورمون‌هایی نظیر اکسین و اسیدجیبرلیک را باعث می‌گردند. *سودوموناس* و *باسیلوس* بیش‌ترین کارایی جهت حل‌کردن فسفات را دارند. قارچ میکوریزا نقش مهم و کلیدی در چرخه عناصر غذایی و افزایش گیاهان در مواجه با تنش‌های مختلف محیطی را دارد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی اثر باکتری *سودوموناس* و قارچ *گلوموس موسه* بر میزان عناصر غذایی اندام‌های هوایی گندم در شرایط دیم، آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو مکان در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام و ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی سرابله در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل عامل رقم گندم در دو سطح (کراس‌سبلان و ساجی) و تیمار منابع کودی در هشت سطح شامل: ۱) تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی)، ۲) ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر، ۳) باکتری *سودوموناس پوتیدا*، ۴) قارچ *گلوموس موسه*، ۵) باکتری *سودوموناس پوتیدا* + قارچ *گلوموس موسه*، ۶) باکتری *سودوموناس پوتیدا* + قارچ *گلوموس موسه* + ۲۵ کیلوگرم

*نویسنده مسئول: rahim.naseri@gmail.com

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

در هکتار کود شیمیایی فسفر، ۷) باکتری *سودوموناس پوتیدا* + ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر و ۸) قارچ *گلوموس موسه* + ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر بود.

نتایج: نتایج نشان داد که اثر برهم‌کنش رقم × منابع کودی بر عناصر غذایی موجود در اندام‌های هوایی گندم دیم معنی‌دار بود. در هر دو رقم مورد استفاده در شرایط دیم استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا موجب افزایش عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در مرحله پنجه‌زنی، برگ، ساقه و سنبله گردید؛ به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان نیتروژن در مرحله پنجه‌زنی (۷/۷ میلی‌گرم در گرم)، برگ (۱۰/۲ میلی‌گرم در گرم)، ساقه (۱۰/۵ میلی‌گرم در گرم) و سنبله (۸/۴ میلی‌گرم در گرم)، فسفر در برگ (۰/۷۲ درصد)، ساقه (۰/۶۸ درصد) و سنبله (۰/۷۳ درصد) و پتاسیم در مرحله پنجه‌زنی (۲/۵ درصد)، برگ (۳/۴ درصد)، ساقه (۱/۵ درصد) و سنبله (۱/۸ درصد) در رقم ساجی + قارچ *گلوموس موسه* + ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر و کم‌ترین میزان عناصر غذایی موجود در اندام‌های هوایی در رقم کراس‌سبلان و تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: این پژوهش بیانگر اثر مثبت و معنی‌دار باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا بر عناصر غذایی موجود در اندام‌های گندم تحت شرایط دیم بود. باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا موجب افزایش تجمع عناصر غذایی اندام‌های هوایی نسبت به تیمارهای شاهد و صد در صد کود شیمیایی گردیدند که این امر افزایش عملکرد دانه گندم در شرایط دیم را به‌دنبال داشت. با توجه به این‌که کشت گندم دیم با تنش خشکی و گرما مواجه می‌گردد، استنباط می‌شود که کشت رقم ساجی و استفاده از قارچ میکوریزا می‌تواند بهترین نتیجه را تحت شرایط دیم در منطقه ایلام را از خود نشان دهد.

واژه‌های کلیدی: برگ گندم، پتاسیم، شرایط دیم، منابع کودی، نیتروژن

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) در بین غلات به‌صورت یک محصول استراتژیک در جهان مورد توجه می‌باشد که بیش‌ترین سطح زیر کشت (بیش از ۲۵۰ میلیون در هکتار) و بالاترین میزان تولید (بیش از ۵۰۰ میلیون تن) را در بین گیاهان مختلف زراعی دنیا را دارا می‌باشد و غذای اصلی مردم جهان به‌شمار می‌رود. کشور ایران به لحاظ قرار گرفتن در منطقه خشک و نیمه خشک جهان از نظر میزان و پراکنش نامناسب نزولات آسمانی دچار محدودیت آبی است،که البته با برنامه‌ریزی و استفاده اصولی از امکانات می‌توان تا حدودی از کاهش تولید محصولات کشاورزی جلوگیری کرد (Naseri *et al.*, 2016a).

فسفر یکی از عناصر مهم در تغذیه گیاهی بوده و پس از نیتروژن بیش‌ترین مصرف کودی را در دنیا دارد؛ اما به‌دلیل شیمی پیچیده فسفر در خاک، تقریباً ۲۰ درصد مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد و ۸۰

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

درصد آن در خاک تثبیت شده و به‌شکل غیرقابل دسترس گیاه تجمع می‌یابد. تأمین فسفر مورد نیاز گیاه به‌طور معمول از طریق استفاده از کودهای شیمیایی انجام می‌شود، با وجود این، مقادیر زیادی از فسفر موجود در کودهای شیمیایی بعد از ورود به خاک نامحلول شده و از دسترس گیاه خارج می‌شود (Naseri *et al*., 2017a).

باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد مانند باکتری‌های جنس *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلوم* و *سودوموناس*، گروه ویژه‌ای از میکروارگانیسم‌های خاک هستند که با فعالیت در سطح و یا داخل ریشه باعث افزایش رشد و کارآیی جذب آب و مواد غذایی گیاه می‌شوند (Naseri *et al*., 2017b). یکی از مهم‌ترین روابط همزیستی در عالم حیات که در طی دوره تکامل به‌وجود آمده است، همزیستی میکوریزایی می‌باشد که در آن، ریشه گیاه با قارچ به‌صورت یک واحد زنده فعالیت می‌کنند و از یکدیگر سود برده و به رشد یکدیگر کمک می‌کنند (Naseri *et al*., 2016b). در اکثر نقاط دنیا کمبود عناصر کم مصرف؛ علاوه‌بر آسیب‌های جدی بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی، موجبات فقر این عناصر در الگوی غذایی انسان را نیز به‌وجود آورده است. در ایران نیز کمبود عناصر غذائی کم مصرف به‌شکل بارزی مشاهده می‌شود (Jiriaie *et al*., 2015).

گزارش‌های متعددی در خصوص تغییرات عناصر غذایی ناشی از فعالیت زیستی در ریزوسفر گیاهان و افزایش ذخیره عناصر غذایی در دانه گزارش شده است، سونگ (Song, 2005) اظهار داشت که اثر مایه‌زنی قارچ میکوریزادر محیط اطراف ریشه گیاه موجب توسعه سیستم ریشه‌ای و بهبود جذب آب و عناصر غذایی می‌گردد. قارچ میکوریزا با جذب عناصر غذایی از طریق گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه و کاوش خاک به‌وسیله هیف‌های خارجی در ریشه‌های مویی و کاهش عناصر غذایی آن ناحیه به جذب آن کمک می‌کند (Khosrojerdi *et al*., 2013). نشان داده شد که تلقیح بذر گندم با قارچ میکوریزا سبب افزایش رشد و استقرار گیاه در ابتدای فصل رشد و موجب دستیابی گیاه به حداکثر سطح برگ و سرعت رشد از طریق افزایش فعالیت آنزیم نیتروژناز در ریشه گندم شده و در نتیجه سبب فراهمی بیشتر نیتروژن و فسفر شده و افزایش عملکرد دانه گردید (Hassanpour and Zand, 2014). شاهرونا و همکاران (Shaharoona *et al*., 2008) گزارش کردند *سودوموناس فلورسنت* نسبت به تیمار عدم تلقیح با باکتری موجب رشد و عملکرد دانه گندم از طریق افزایش جذب عناصر غذایی فسفر، نیتروژن و پتاسیم شد. گزارش شده است که باکتری‌های حل‌کننده فسفات علاوه‌بر تأثیر بر رشد و عملکرد دانه گندم سبب افزایش جذب عناصر فسفر و پتاسیم نسبت به تیمار شاهد گردید (Wagar *et al*., 2004). افزایش میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندام هوایی به دلیل تلقیح بذر با باکتری‌های حل‌کننده فسفات در سایر گزارش‌ها نیز آمده است (Rasipour and Aliasgharzadeh, 2007).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

باکتری *سودوموناس* با ترشح اسیدهای آلی و فسفاتاز منجر به آزادسازی عناصر از کمپلکس‌های موجود در خاک می‌گردد و در نتیجه دسترسی گیاه به عناصر غذایی افزایش پیدا می‌کند (Jutur and Reddy, 2007). در آزمایشی گزارش گردید که باکتری‌ها حل‌کننده فسفات با اسیدی کردن محیط اطراف ریشه، باعث حل‌شدن فسفات و در نتیجه افزایش میزان دسترسی به عناصر غذایی و افزایش جذب آن‌ها توسط گیاه نخود زراعی شد (Sahni *et al*., 2008). با بررسی نقش باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا بر تجمع عناصر غذایی تحت شرایط دیم می‌توان به نتایجی مفیدی بر تجمع این عناصر دست یافت. از آن‌جایی‌که تحقیقاتی در مورد کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا بر روی گندم دیم در کشور و به‌ویژه در استان ایلام گزارش نشده است، آزمایش حاضر با هدف بررسی تأثیر کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا بر میزان تجمع عناصر غذایی اندام‌های هوایی گندم دیم با همکاری دانشگاه ایلام و ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی سرابله صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا بر میزان عناصر غذایی اندام‌های هوایی گندم در شرایط دیم، آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو مکان در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام (با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا برابر با ۱۱۷۴ متر) و ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی سرابله (با عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۵ دقیقه و با طول جغرافیایی ۳۴ درجه و ۴۶ دقیقه و ارتفاع ۹۷۵ متر از سطح دریا) در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد.

تیمارهای آزمایشی شامل عامل رقم گندم در دو سطح (کراس‌سبلان و ساجی) و تیمار منابع کودی در هشت سطح شامل: ۱) تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی)، ۲) ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر (50 kg/ha P)، ۳) باکتری *سودوموناس پوتیدا*[2] (PSB)، ۴) قارچ *گلوموس موسه*[3] (GM)، ۵) باکتری *سودوموناس پوتیدا* + قارچ *گلوموس موسه* (PSB + GM)، ۶) باکتری *سودوموناس پوتیدا* + قارچ *گلوموس موسه* +۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر (PSB + GM + 25 kg/ha P)، ۷) باکتری *سودوموناس پوتیدا* + ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر (PSB + 25 kg/ha P) و ۸) قارچ *گلوموس موسه* + ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر (GM + 25 kg/ha P).

[2] *pseudomonas putida*
[3] *Glomus mosseae*

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

ابعاد هر کرت ۸ مترمربع، تعداد خطوط کاشت ۸ ردیف با فاصله ۲۵ سانتی‌متر و طول هر ردیف ۴ متر، فاصله بین هر کرت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله هر دو تکرار ۱ متر در نظر گرفته شد. باکتری *سودوموناس پوتیدا* سویه ۱۶۸ (به‌صورت محلول) و قارچ *گلوموس موسه* (به‌صورت پودر) مورد استفاده در این پژوهش از بخش تحقیقات بیولوژی خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شد. قبل از کشت، جهت تلقیح بذور گندم، میزان هفت گرم مایه تلقیح باکتری که هر گرم آن دارای 10^7 عدد باکتری *سودوموناس پوتیدا* زنده و فعال و قارچ *گلوموس موسه* که هر گرم آن دارای ۱۵۰ اسپور زنده بود، در نظر گرفته شد.

پس از آغشته کردن بذور با باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *گلوموس موسه* و هم‌زدن بذور در داخل ظرف با تیمارهای مورد آزمایش به‌مدت چند دقیقه ادامه یافت تا مایه تلقیح به‌کمک صمغ عربی به‌خوبی سطح بذور را (تلقیح به‌صورت بذر مال) پوشش دهد. بذور تیمار شده به‌مدت ده دقیقه روی سطح تمیز، در سایه قرار داده شدند تا خشک شوند. پس از تهیه کردن بستر کاشت، بذور تلقیح شده در شیارهای ایجاد شده قرار داده شدند. مقدار بذر مصرفی برای هر هکتار ۱۲۰ کیلوگرم بود. مشخصات باکتری *سودوموناس پوتیدا* در جدول ۱ ارائه شده است. کودهای نیتروژن و فسفر براساس آزمون خاک (جدول ۲) مورد استفاده قرار گرفتند. آمار هواشناسی محل مورد آزمایش در جدول ۳ ارائه شده است.

کود نیتروژن به‌میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله (در هنگام کاشت و شروع ساقه‌دهی) به زمین داده شد. در مورد کود فسفره ۵۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 از منبع سوپرفسفات‌تریپل ۱۰۰ درصد کود توصیه شده در زمان کاشت مصرف گردید. به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه بوته‌های موجود در هرکرت پس از حذف اثرات حاشیه‌ای در ۲/۲۵ مترمربع به صورت جداگانه کف‌بر و محاسبه گردید. اندازه‌گیری عناصر غذایی در داخل مزرعه در مرحله پنجه‌زنی و مرحله گرده‌افشانی از برگ‌ها (برگ، ساقه و سنبله) پس از نمونه‌گیری و انتقال به آزمایشگاه صورت گرفت. غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندام‌های هوایی به‌ترتیب به روش کجلدال، والیومتری و دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شدند (Emami, 1996).

تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1، مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2007 انجام شد. قبلاً از تجزیه مرکب داده‌ها، آزمون یکنواختی واریانس خطای آزمایش در دو مکان با استفاده از آزمون بارتلت انجام شد. نتیجه آزمون بارتلت برای دو مکان همگن بودن واریانس‌های خطا را نشان داد.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

جدول ۱- ویژگی‌های سویه باکتری حل‌کننده فسفات در این آزمایش

Table 1– The characteristics of phosphate solubilizing bacteria strains in this experiment

جنس، گونه و سویه Genus, species and strain	تولید سیدروفور Siderophore production	تولید هورمون اکسین IAA production (mg/L)	قابلیت حل‌کنندگی فسفات Phosphate solubilizing ability	تولید ACC دآیناز ACC deaminase
Pseudomonas putida strains 168	0.70	9.8	+	+

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام و ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی سرابله در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲

Table 2- Soil physical and chemical properties of experimental site in Agricultura Reserch Field Staion of Ilam University and Agricultura Reserch Field Staion of Sarableh during 2013-2014 croping seasons

مکان Location	بافت خاک Soil texture	آهن Fe	روی Zn	مس Cu	منگنز Mn	منیزیم Mg	فسفر قابل جذب Available P	پتاسیم قابل جذب Available K	نیتروژن کل Total N	کربن آلی Organic Carbon	هدایت الکتریکی E.C	اسیدیته pH
		(mg/kg)								(%)	(dS/m)	
ایلام	لومی‌شنی Sandy loam	9.16	1	1	5.04	3.6	7.2	310	0.12	1.28	0.97	7.2
سرابله	لومی‌رسی Clay loam	5.71	1	1.1	7.78	2.4	6.2	270	0.13	1.4	0.45	7.31

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

جدول ۳- مقادیر متوسط ماهانه دما، بارش و رطوبت در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام و ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی سرابله در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲

Table 3- Monthly mean value of precipitation and relative humidity in Agricultura Reserch Field Staion of Ilam University and Agricultura Reserch Field Staion of Sarableh during 2013-2014 croping seasons

Month	ماه	حداقل دما Min temp (^{0}C)		حداکثر دما Max temp (^{0}C)		میزان بارش Precipitation (mm)		حداقل رطوبت Min. RH (%)		حداکثر رطوبت Max. RH (%)	
		ایلام	سرابله	ایلام	سرابله	ایلام	سرابله	ایلام	سرابله	ایلام	سرابله
Oct.	مهرماه	11	12.3	27	30.6	0	0	14	15	41	38
Nov.	آبان	7.5	8	25.6	19.6	163.5	156.4	45	45	84	78
Dec.	آذر	2.7	3.5	12.7	13.1	103.3	100.5	45	54	89	86
Jan.	دی	-1	-0.5	10.8	10.6	89.9	85.4	42	52	88	86
Feb.	بهمن	2	0.9	11	12	151.3	95.2	43	53	89	88
Mar.	اسفند	5	5	15.8	17.3	93.1	75.9	43	46	85	85
Apr.	فروردین	6.4	6.5	19.8	21.5	32.4	31.8	27	33	74	78
May	اردیبهشت	12.8	12.7	27.1	28.8	27.2	24.8	21	24	59	65
Jun.	خرداد	16.9	13	32.4	40.4	0	4	14	16	39	41

نتایج و بحث

نیتروژن: با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب، میزان عنصر نیتروژن در مراحل مختلف رشدی تحت تأثیر برهم‌کنش رقم × منابع کودی، معنی‌دار گردید (جدول ۴). بیش‌ترین میزان عنصر نیتروژن در مرحله پنجه‌زنی از رقم ساجی و تحت کاربرد باکتری *سودوموناس پوتیدا* + قارچ *گلوموس موسه* + ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر و کم‌ترین میزان آن در رقم کراس‌سبلان و در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) حاصل شد، که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۴۶/۷ درصدی میزان عنصر نیتروژن در مرحله پنجه‌زنی گردید (شکل ۱).

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عنصر غذایی نیتروژن در اندام‌های هوایی در تیمار رقم و منابع کودی دو رقم گندم دیم

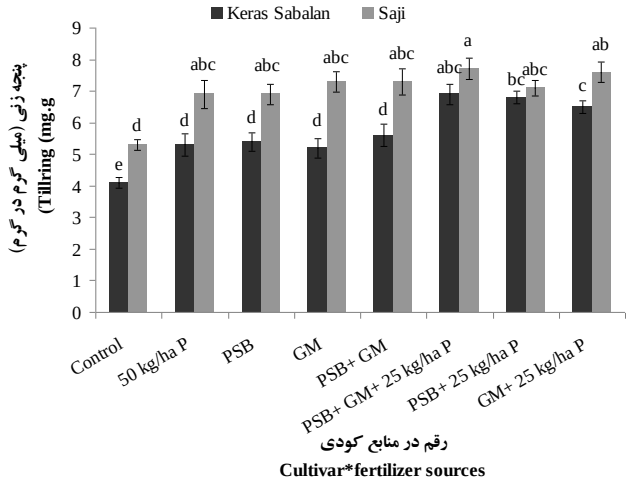
Table 4- Analysis of variance (MS) for nutrient element of N in shoots influnecd by cultivar and fertilizer sources of two dryland wheat cultivars

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	پنجه‌زنی Tillering	برگ Leaf	ساقه Stem	سنبله Spike
مکان Location (L)	1	3.8^{ns}	40.8^{ns}	0.019^{ns}	3.1^{ns}
بلوک داخل مکان Block in location	4	3.7^{ns}	11.1^{ns}	13.2^{ns}	7.9^{ns}
رقم Cultivar (C)	1	39.8^{**}	26.4^{**}	12.3^{**}	8.3^{**}
منابع کودی Fertilizer sources (FS)	7	8.01^{**}	29.6^{**}	40.2^{**}	35.02^{**}
رقم × منابع کودی C × FS	7	1.03^{**}	1.2^{**}	0.79^{**}	0.78^{**}
مکان × رقم L × C	1	0.33^{*}	1.5^{*}	0.79^{*}	2.2^{**}
مکان × منابع کودی L × FS	7	0.12^{ns}	0.021^{ns}	0.30^{*}	0.59^{*}
مکان × رقم × منابع کودی L × C × FS	7	0.067^{ns}	0.29^{ns}	0.051^{ns}	0.35^{ns}
خطا Error	60	0.44	0.27	0.12	0.20
ضریب تغییرات CV (%)	-	10.3	7.1	4.7	7

ns، * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]



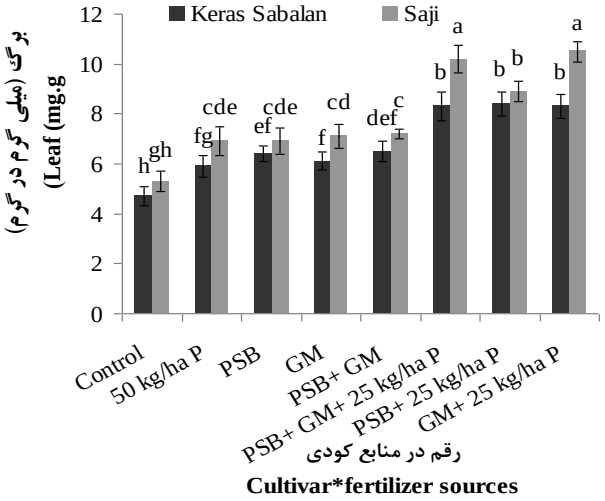
شکل ۱- اثر برهم‌کنش رقم × منابع کودی بر عنصر نیتروژن در مرحله پنجه‌زنی دو رقم گندم دیم

Figure 1- Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on N at tillering stage leaf in two dryland wheat cultivars (Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different)

بیش‌ترین میزان عنصر نیتروژن در برگ از رقم ساجی و تحت کاربرد قارچ *گلوموس موسه* + ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر و کم‌ترین آن از رقم کراس‌سبلان و در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) حاصل شد، که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۵۵/۲ درصدی میزان عنصر نیتروژن در برگ گردید (شکل ۲). هم‌چنین بیش‌ترین میزان عنصر نیتروژن در ساقه از رقم ساجی و تحت کاربرد قارچ *گلوموس موسه* + ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر و کم‌ترین آن از رقم کراس‌سبلان و در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) حاصل شد، که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۵۶/۱ درصدی میزان عنصر نیتروژن در ساقه گردید (شکل ۳).

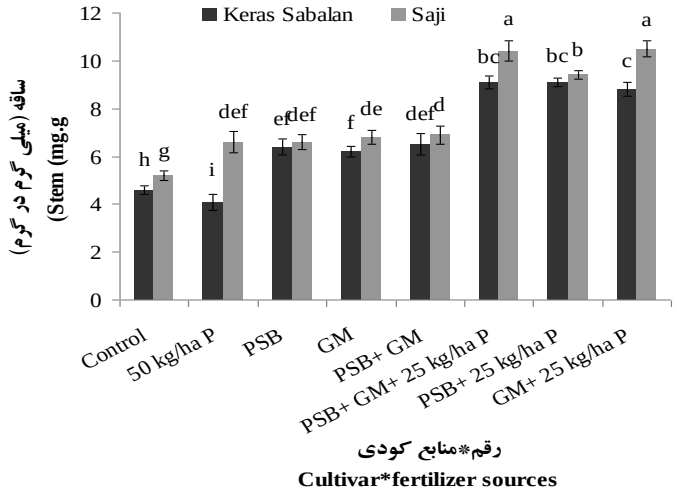
بیش‌ترین میزان عنصر نیتروژن در سنبله از رقم ساجی و تحت کاربرد قارچ *گلوموس موسه* + ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر و کم‌ترین میزان آن از رقم کراس‌سبلان و در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) حاصل شد، که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۶۵/۴ درصدی میزان عنصر نیتروژن در سنبله گردید (شکل ۴).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]



شکل ۲- اثر برهم‌کنش رقم × منابع کودی بر عنصر نیتروژن در برگ دو رقم گندم دیم

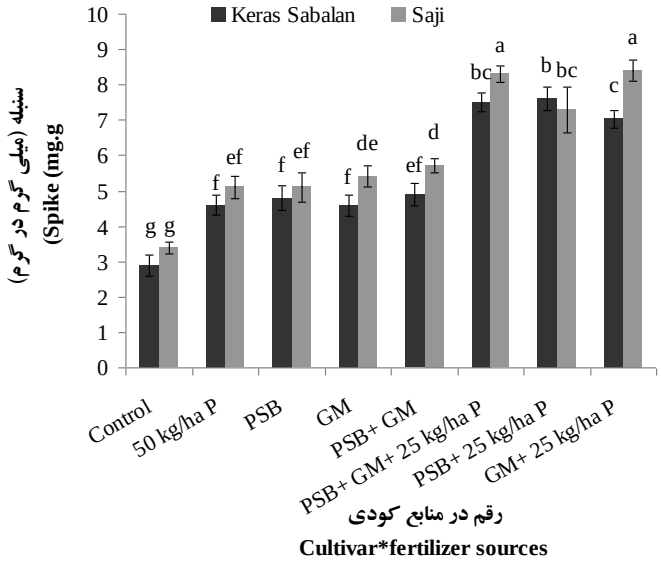
Figure 2- Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on N in leaf in two dryland wheat cultivars (Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different)



شکل ۳- اثر برهم‌کنش رقم × منابع کودی بر عنصر نیتروژن در ساقه دو رقم گندم دیم

Figure 3- Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on N in stem in two dryland wheat cultivars (Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different)

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]



شکل ۴- اثر برهم‌کنش رقم × منابع کودی بر عنصر نیتروژن در سنبله دو رقم گندم دیم

Figure 4- Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on N in spike in two dryland wheat cultivars (Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different)

در این پژوهش اثر برهم‌کنش مکان × رقم بر میزان عنصر نیتروژن در برگ، ساقه، سنبله و مرحله پنجه‌زنی معنی‌دار گردید (جدول ۴). نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان عنصر نیتروژن در مرحله پنجه‌زنی، برگ، ساقه و سنبله در منطقه سرابله از رقم ساجی حاصل گردید (جدول ۵). شرایط بهتر جذب عناصر غذایی در منطقه سرابله را به بافت خاک، میزان رطوبت خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی بالا به‌دلیل بافت رسی و سیستم ریشه گسترده در این منطقه می‌توان نسبت داد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که رقم ساجی به‌دلیل داشتن سطح ریشه قوی‌تر نسبت به رقم کراس‌سبلان توانست سطح بیش‌تری از ریزوسفر خاک را مورد استفاده قرار دهد. به‌نظر می‌رسد رقم ساجی نسبت به رقم کراس‌سبلان وابستگی بیش‌تری به هم‌زیستی با قارچ میکوریزا داشته باشد، که نشان از تفاوت ژنتیکی ارقام مورد استفاده در این پژوهش می‌باشد، پژوهش‌گران دیگر نیز بیان داشتند که اختلاف‌های ژنتیکی رقم‌های گندم نقش مهمی در میزان وابستگی آن‌ها به قارچ میکوریزا دارد (Sing *et al*., 2002).

اثر برهم‌کنش مکان × منابع کودی بر میزان عنصر نیتروژن در ساقه و سنبله نیز معنی‌دار گردید (جدول ۴). نتایج جدول برهم‌کنش مکان × منابع کودی نشان داد که بیش‌ترین میزان عنصر نیتروژن در ساقه و سنبله از منطقه سرابله در تیمار باکتری *سودوموناس پوتیدا* + قارچ *گلوموس موسه* + ۲۵

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر و کم‌ترین میزان عنصر نیتروژن در ساقه و سنبله از منطقه ایلام در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) حاصل گردید (جدول ۶).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش مکان × رقم بر عنصر غذایی نیتروژن اندام‌های هوایی دو رقم گندم دیم
Table 5- Mean comparisonos of intraction effect of location × cultivar sources on nutrient element of N at shoots in two dryland wheat cultivars

مکان Location	رقم Cultivar	برگ Leaf	ساقه Stem	سنبله Spike	پنجه‌زنی Tillering
		میلی‌گرم در گرم (mg/g)			
ایلام Ilam	کراس‌سبلان Keras Sabalan	6.09 (±0.29)d	7.2 (±0.34)c	5.5 (±0.31)c	5.6 (±0.21)d
	ساجی Saji	7.3 (±0.34)c	7.2 (±0.38)b	5.8 (±0.35)b	6.7 (±0.2)b
سرابله Sarableh	کراس‌سبلان Keras Sabalan	7.6 (±0.29)b	7.03 (±0.4)b	5.5 (±0.39)c	5.8 (±0.24)c
	ساجی Saji	8.4 (±0.45)a	7.9 (±0.45)a	6.4 (±0.4)a	6.4 (±0.21)a

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

در واقع تغییرات مورفولوژی ریشه از طریق افزایش حجم خاک در دسترس ریشه، افزایش سطوح جذب‌کننده، افزایش ترشحات ریشه‌ای و هم‌چنین افزایش وزن یا طول ریشه باعث افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه می‌شوند (Baghban-Tabiat and Rasouli-Sadaghiani, 2012). در منطقه سرابله و هم‌چنین تیمار منابع کودی دارای سیستم ریشه‌دهی قوی و در نهایت موجب جذب عناصر غذایی گردید. اسرار و الهیند (Asrar and Elhindi, 2011) اظهار داشتند که قارچ میکوریزا از طریق ایجاد شبکه گسترده هیف در داخل خاک و در محیط ریزوسفر سبب جذب عناصر فسفر، نیتروژن، روی، مس و انتقال این عناصر به گیاه میزبان شد. نشان داده شده است که تلقیح با قارچ میکوریزا سبب افزایش میزان نیتروژن در بافت‌های گیاه کاهو در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده گردید (Esmaielpour and Amani,2014).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش مکان × منابع کودی بر عنصر غذایی نیتروژن اندام‌های هوایی دو رقم گندم دیم

Table 6- Mean comparisonos of intraction effect of location × fertilizer sources on nutrient element of N at shoots in two dryland wheat cultivars

مکان Location	منابع کودی Fertilizer sources	ساقه Stem	سنبله Spike
		میلی‌گرم در گرم (mg/g)	
ایلام Ilam	Control	5.3 (±0.28)l	3.01 (±0.058)n
	50 kg/ha P	6.3 (±0.42)k	4.6 (±0.084)l
	PSB	6.6 (±0.23)h	4.7 (±0.069)k
	GM	6.5 (±0.27)i	4.7 (±0.09)k
	PSB + GM	6.7 (±0.3)g	4.8 (±0.043)j
	PSB + GM + 25 kg/ha P	9.7 (±0.32)b	7.7 (±0.15)c
	PSB + 25 kg/ha P	9.2 (±0.097)e	7.6 (±0.11)d
	GM + 25 kg/ha P	9.6 (±0.4)c	7.5 (±0.27)e
سرابله Sarableh	Control	4.5 (±0.39)h	3.3 (±0.26)m
	50 kg/ha P	6.4 (±0.6)j	5.2 (±0.4)i
	PSB	6.4 (±0.38)j	5.3 (±0.5)i
	GM	6.6 (±0.48)h	5.3 (±0.52)h
	PSB + GM	6.8 (±0.52)f	5.8 (±0.48)g
	PSB + GM + 25 kg/ha P	9.8 (±0.56)a	8.1 (±0.39)a
	PSB + 25 kg/ha P	9.3 (±0.23)d	7.3 (±0.71)f
	GM + 25 kg/ha P	9.7 (±0.57)a	7.9 (±0.52)b

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

در آزمایش رودرش و همکاران (Rudresh *et al*., 2005) کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات؛ جذب نیتروژن در اندام‌های هوایی گیاه زراعی نخود را افزایش داد. استنباط می‌شود که حضور کودهای یستی، باعث بهبود خصوصیات خاک نظیر محتوای ماده آلی و افزایش دسترسی به عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم شده (Eydizadeh *et al*., 2010) و از طریق گسترش ریشه و افزایش جذب عناصر غذایی، موجب افزایش عملکرد دانه گندم می‌گردد؛ گردیده باشد. هم‌چنین اثرات مثبت کودهای زیستی در حضور کودهای شیمیایی به‌علت فراهم کردن بیش‌تر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از جمله نیتروژن تشدید گردید (Amiri Farsani *et al*., 2013).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

به‌علاوه افزایش میزان عناصر غذایی در گیاه پس از تلقیح با باکتری *سودوموناس* عمدتاً می‌تواند به‌دلیل تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه توسط باکتری و اثر آن بر رشد ریشه باشد (Naseri *et al*., 2017a) که جذب آب و مواد غذایی را از خاک بهبود می‌بخشد. افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌تواند منجر به افزایش تجمع ماده خشک و مواد معدنی در ساقه‌ها و برگ‌های گیاه شود. به این ترتیب در طول دوره زایشی مواد معدنی تجمع یافته به اندام‌های زایشی منتقل و در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌شود (Fallah Nosrat Abad and Shariati, 2014). وجود میزان کافی عناصر نیتروژن، فسفر برای تشکیل رنگیزه‌های فتوسنتزی ضروری است و باکتری‌های حل‌کننده فسفات از طریق کمک به جذب نیتروژن و فسفر و نقشی که این عناصر در تولید کلروفیل و تأمین آنزیم‌های مورد نیاز گیاه دارند باعث افزایش میزان بافت‌های فتوسنتز کننده شده‌است (Rahim Zadeh *et al*., 2013). گزارش شده است که قارچ میکوریزا علاوه بر جذب فسفر، سبب بهبود جذب نیتروژن و پتاسیم در خاک‌های فقیر نیز می‌شود (Ardakani *et al*., 2013).

فسفر: با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب، میزان عنصر فسفر در مراحل مختلف رشدی تحت تأثیر برهم‌کنش رقم × منابع کودی معنی‌دار گردید (جدول ۷). هم‌چنین نشان داده شد که میزان عنصر فسفر در مرحله پنجه‌زنی تحت تأثیر عوامل اصلی رقم و منابع کودی معنی‌دار گردید (جدول ۷). بیش‌ترین میزان عنصر فسفر در برگ از رقم ساجی و تحت کاربرد قارچ *گلوموس موسه* + ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر و کم‌ترین آن از رقم کراس‌سبلان و در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) حاصل شد، که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۴۸/۵ درصدی در میزان عنصر فسفر در برگ گردید (شکل ۵).

بیش‌ترین عنصر فسفر در ساقه از رقم ساجی و تحت کاربرد قارچ *گلوموس موسه* + ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر و کم‌ترین آن از رقم کراس‌سبلان و در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) حاصل شد، که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۶۶/۱ درصدی در میزان عنصر فسفر در ساقه گردید (شکل ۶). بیش‌ترین میزان عنصر فسفر در سنبله از رقم ساجی و تحت کاربرد قارچ *گلوموس موسه* + ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر و کم‌ترین آن از رقم کراس‌سبلان و در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) حاصل شد، که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۶۱/۱ درصدی در میزان عنصر فسفر در سنبله گردید (شکل ۷).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

جدول ۷- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) عنصر غذایی فسفر در اندام‌های هوایی در تیمار رقم و منابع کودی دو رقم گندم دیم

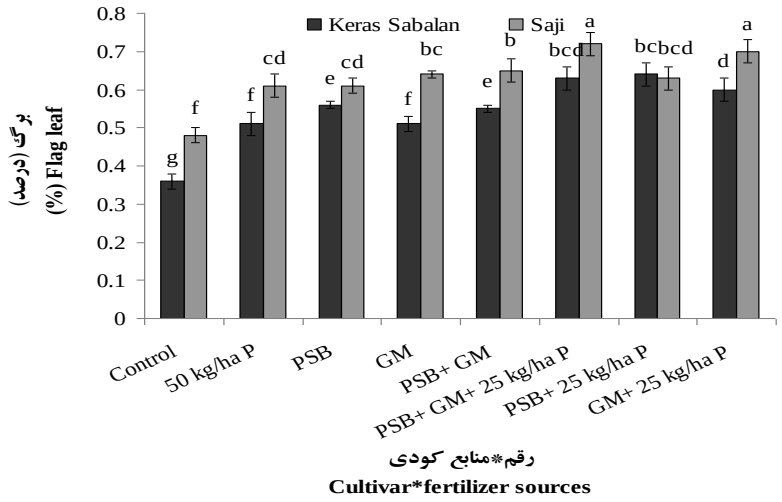
Table 7- Analysis of variance (MS) for nutrient element of P in shoots influnecd by cultivar and fertilizer sources of two dryland wheat cultivars

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	پنجه زنی Tillering	برگ Leaf	ساقه Stem	سنبله Spike
مکان Location (L)	1	0.26^{**}	0.22^{ns}	0.46^{*}	0.030^{ns}
بلوک داخل مکان Block in location	4	0.29^{ns}	0.049^{ns}	0.06^{ns}	0.011^{ns}
رقم Cultivar (C)	1	0.27^{**}	0.16^{**}	0.23^{**}	0.09^{**}
منابع کودی Fertilizer sources (FS)	7	0.05^{**}	0.07^{**}	0.13^{**}	0.15^{**}
رقم × منابع کودی C×FS	7	0.004^{ns}	0.0064^{**}	0.0081^{**}	0.012^{**}
مکان × رقم L × C	1	0.023^{**}	0.001^{ns}	0.001^{ns}	0.0000093^{*}
مکان × منابع کودی L × FS	7	0.0023^{ns}	0.0006^{ns}	0.042^{ns}	0.00038^{ns}
مکان × رقم × منابع کودی L × C × FS	7	0.0017^{ns}	0.0009^{ns}	0.0011^{ns}	0.00027^{ns}
خطا Error	60	0.0030^{ns}	0.00072^{ns}	0.0016^{ns}	0.00090^{ns}
ضریب تغییرات CV (%)	-	9.1	4.5	7.8	5.5

ns، * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

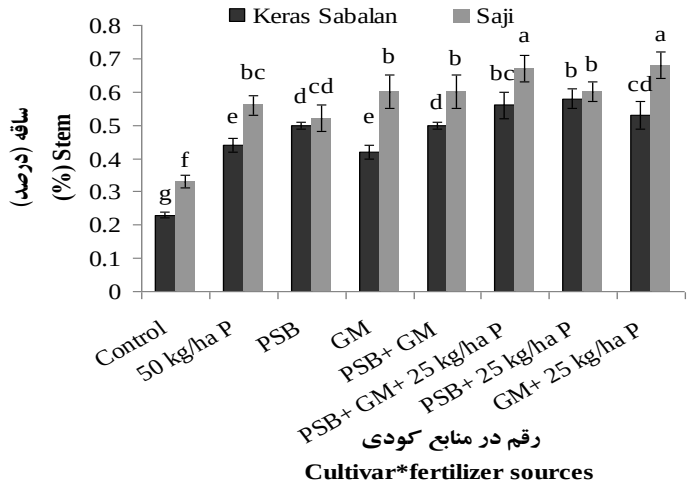
ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]



شکل ۵- اثر برهم‌کنش رقم × منابع کودی بر عنصر فسفر در برگ دو رقم گندم دیم

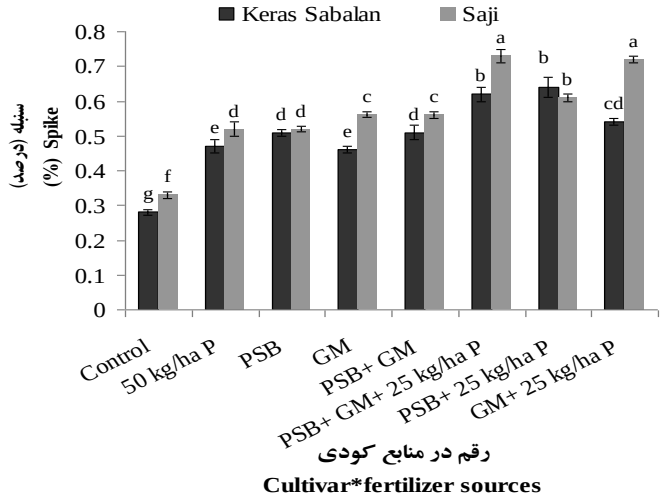
Figure 5- Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on P in leaf in two dryland wheat cultivars (Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different)



شکل ۶- اثر برهم‌کنش رقم × منابع کودی بر عنصر فسفر در ساقه دو رقم گندم دیم

Figure 6- Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on P in stem in two dryland wheat cultivars (Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different)

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]



شکل ۷- اثر برهم‌کنش رقم × منابع کودی بر عنصر فسفر در سنبله دو رقم گندم دیم

Figure 7- Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on P in spike in two dryland wheat cultivars (Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different)

در این پژوهش رقم ساجی بیش‌ترین میزان عنصر فسفر در مرحله پنجه‌زنی را دارا بود (جدول ۸). در تیمار منابع کودی نیز بیش‌ترین میزان عنصر فسفر در مرحله پنجه‌زنی در تیمار باکتری *سودوموناس پوتیدا* + قارچ *گلوموس موسه* + ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) به‌دست آمد (جدول ۸). اثر برهم‌کنش مکان × رقم بر عنصر فسفر در مرحله پنجه‌زنی معنی‌دار گردید (جدول ۷). نتایج حاصل از جدول برهم‌کنش نشان داد که بیش‌ترین میزان عنصر فسفر در مرحله پنجه‌زنی از منطقه سرابله و در رقم ساجی حاصل گردید (جدول ۹).

مورفولوژی و ساختار ریشه توابع مهمی در تحصیل کارآمد جذب عناصر غذایی از خاک می‌باشند (Baghban-Tabiat and Rasouli-Sadaghiani, 2012) که در این پژوهش رقم ساجی در منطقه سرابله به‌دلیل داشتن ریشه گسترده‌تر نسبت به رقم کراس‌سبلان توانست کارآمدی بیشتری در جذب فسفر نشان دهد. در بررسی اثر قارچ *گلوموس موسه* بر جذب عناصر غذایی، مشخص گردید که کاربرد قارچ تأثیر معنی‌داری بر میزان عنصر فسفر در گیاه داشت. در تفسیر این نتیجه می‌توان اظهار داشت که قارچ *گلوموس موسه* از طریق انشعابات میسلیومی و ریسه‌ای خود سبب توسعه ریشه گیاه شده و از این طریق باعث استفاده ریشه گیاه از ریزوسفر گسترده شده است، بنابراین موجب افزایش جذب فسفر و بالا رفتن مقدار فسفر کل گیاه شده است.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

باکتری‌های حل‌کننده فسفات قادراند با مکانیسم‌هایی مانند تولید و ترشح اسیدهای آلی به‌خصوص ۲-کتواگزالیک، سیتریک، مالیک و سوکسینیک در حلالیت فسفات‌های معدنی کم محلول مؤثر باشند، علاوه‌بر این بسیاری از این باکتری‌ها با تولید آنزیم‌های فسفاتاز آزاد شدن فسفر را از ترکیبات آلی فسفر را موجب می‌گردند. باکتری‌های حل‌کننده فسفات تولید هورمون‌هایی مثل اکسین و اسید جیبرلیک را موجب می‌گردند (Hasan Zadeh *et al*., 2011).

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر ساده رقم و منابع کودی بر عنصر فسفر در مرحله پنجه‌زنی دو رقم گندم دیم

Table 8- Mean comparisonos of simple effect of cultivar and fertilizer sources on P at tillering stage in two dryland wheat cultivars

تیمارها Treatments	پنجه‌زنی Tillering (%)
رقم Cultivar	
Keras Sabalan	0.54 (±0.019)b
Saji	0.65 (±0.017)a
منابع کودی Fertilizer sources	
Control	0.47 (±0.0.037)c
50 kg/ha P	0.59 (±0.0.042)b
PSB	0.58 (±0.0.041)b
GM	0.57 (±0.0.045)b
PSB + GM	0.59 (±0.0.047)b
PSB + GM + 25 kg/ha P	0.67 (±0.0.047)a
PSB + 25 kg/ha P	0.65 (±0.0.038)a
GM + 25 kg/ha P	0.67 (±0.0.045)a

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

در مطالعات خسروجردی و همکاران (Khosrojerdi *et al*., 2013) نشان داده شده است که قارچ میکوریزا با جذب مواد مغذی از طریق گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه و کاوش خاک به‌وسیله هیف‌های خارجی در ریشه‌های مویی و کاهش فسفر آن ناحیه به جذب آن کمک می‌کند. افزایش جذب فسفر به‌وسیله تسهیل انتقال فسفر از خاک به ریشه گیاهان و محلول ساختن فسفات به‌وسیله فسفاتاز صورت می‌گیرد (Smith and Read, 2008). به‌نظر می‌رسد که افزایش جذب عناصر غذایی مانند فسفر

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

به‌دلیل انتشار از طریق میسلیوم‌های میکوریزایی مرتبط با بافت‌های درونی ریشه و تشکیل یک سیستم جذب اضافی مکمل سیستم ریشه‌ای گیاه باشد که بهره‌برداری از حجم بیشتر خاک را ممکن می‌سازد که ریشه‌های تغذیه کننده به آن دسترسی ندارند (Paras-Motlagh *et al*., 2011).

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش مکان × رقم بر عنصر غذایی فسفر در مرحله پنجه‌زنی دو رقم گندم دیم

Table 9- Mean comparisonos of intraction effect of location × cultivar sources on nutrient element of P at tillering stage in two dryland wheat cultivars

مکان Location	رقم Cultivar	پنجه‌زنی Tillering (%)
ایلام Ilam	کراس‌سبلان Keras Sabalan	0.53 (±0.026)c
	ساجی Saji	0.61 (±0.0.32)b
سرابله Sarableh	کراس‌سبلان Keras Sabalan	0.59 (±0.026)b
	ساجی Saji	0.76 (±0.027)a

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

هدایت هیدرولیکی خاک؛ افزایش نسبت تعرق، کاهش مقاومت روزنه‌ای به‌وسیله‌ی تغییر در تعادل هورمون‌های گیاهی بهبود می‌بخشد، این تغییرات سبب بهبود تغذیه فسفر گیاهان میکوریزایی می‌شود (Elwan, 2001). هامدا و همکاران (Hameedaa *et al*., 2007) گزارش کردند که استفاده از باکتری *سودوموناس*، میزان فسفر گیاه را ۴۲ درصد افزایش داده است. الما و ساغیر (Almas and Saghir, 2005) نشان دادند که در حضور باکتری *سودوموناس* میزان فسفر در گندم افزایش قابل ملاحظه‌ای پیدا کرد. قارچ‌های میکوریزا به‌دلیل افزایش سطح جذب ریشه از طریق ایجاد هیف، سبب افزایش جذب آب و عناصر غذایی به‌وسیله ریشه گیاهان می‌شوند. تخمین زده مشدکه حدود ۸۰ درصد جذب فسفر گیاه به‌وسیله قارچ‌های میکوریزا صورت می‌گیرد (Ardakani *et al*., 2013).

پتاسیم: با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب؛ میزان عنصر پتاسیم در مراحل مختلف رشدی تحت تأثیر برهم‌کنش رقم × منابع کودی معنی‌دار گردید (جدول ۱۰). بیش‌ترین میزان عنصر پتاسیم در

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

مرحله پنجه‌زنی از رقم ساجی و تحت کاربرد باکتری *سودوموناس پوتیدا* + قارچ *گلوموس موسه* + ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر و کم‌ترین آن از رقم کراس‌سبلان و در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) حاصل شد، که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افـزایش ۸۱/۹ درصدی در میزان عنصر پتاسیم در مرحله پنجه‌زنی گردید (شکل ۸).

جدول ۱۰- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) عنصر غذایی پتاسیم در اندام‌های هوایی در تیمار رقم و منابع کودی دو رقم گندم دیم

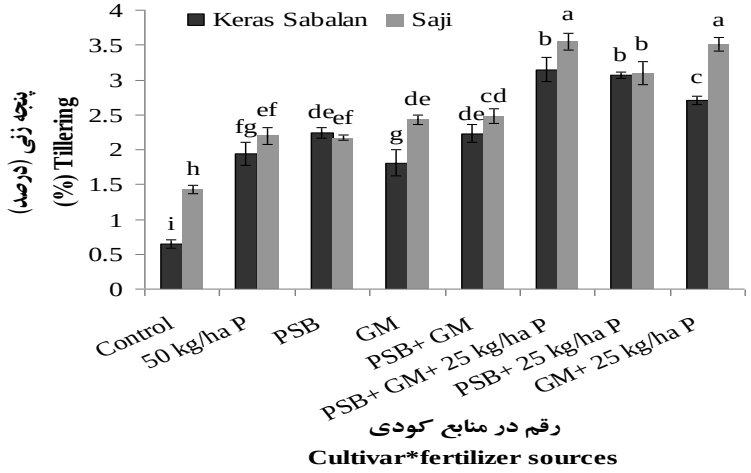
Table 10- Analysis of variance (MS) for nutrient element of K in shoots influnecd by cultivar and fertilizer sources of two dryland wheat cultivars

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	پنجه‌زنی Tillering	برگ Leaf	ساقه Stem	سنبله Spike
مکان Location (L)	1	2.009^{ns}	1.81^{ns}	0.85^{ns}	1.51*
بلوک داخل مکان Block in location	4	0.48	0.24	0.13	0.12
رقم Cultivar (C)	1	2.24**	2.08**	0.84**	1.98**
منابع کودی Fertilizer sources (FS)	7	9.6**	0.9.2**	1.2**	1.55**
رقم × منابع کودی C × FS	7	0.23**	0.16**	0.087**	0.17
مکان × رقم L × C	1	0.0048	0.035	0.0028	0.0048
مکان × منابع کودی L × FS	7	0.016	0.055	0.015	0.0079
مکان × رقم × منابع کودی L × C × FS	7	0.036	0.020	0.019	0.0057
خطا Error	60	0.046	0.026	0.012	0.017
ضریب تغییرات CV (%)	-	9.1	6.9	11.4	11.5

ns، * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]



شکل ۸- اثر برهم‌کنش رقم × منابع کودی بر عنصر پتاسیم در مرحله پنجه‌زنی دو رقم گندم دیم

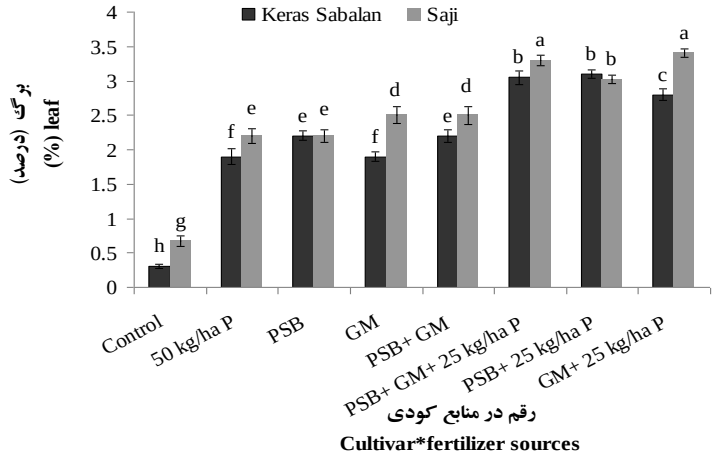
Figure 8- Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on K at tillering stage leaf in two dryland wheat cultivars (Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different)

بیش‌ترین میزان عنصر پتاسیم در برگ از رقم ساجی و تحت کاربرد قارچ *گلوموس موسه* + ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر و کم‌ترین آن از رقم کراس‌سبلان و در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) حاصل شد، که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۹۰/۸ درصدی در میزان عنصر پتاسیم در برگ گردید (شکل ۹). بیش‌ترین عنصر پتاسیم در ساقه از رقم ساجی و تحت کاربرد قارچ *گلوموس موسه* + ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر و کم‌ترین آن از رقم کراس‌سبلان و در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) حاصل شد، که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۸۶/۶ درصدی در میزان عنصر پتاسیم در ساقه گردید (شکل ۱۰).

بیش‌ترین میزان عنصر پتاسیم در سنبله از رقم ساجی و تحت کاربرد قارچ *گلوموس موسه* +۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر و کم‌ترین آن از رقم کراس‌سبلان و در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) حاصل شد، که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۸۴/۵ درصدی در میزان عنصر پتاسیم در سنبله گردید (شکل ۱۱). اثر ساده مکان بر عنصر پتاسیم در سنبله نیز معنی‌دار گردید (جدول ۱۰)؛ به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان عنصر پتاسیم در سنبله از منطقه سرابله به‌دست آمد (جدول ۱۱). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که رقم ساجی و تیمار باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *گلوموس موسه* به‌دلیل داشتن سطح ریشه قوی‌تر نسبت به تیمار شاهد

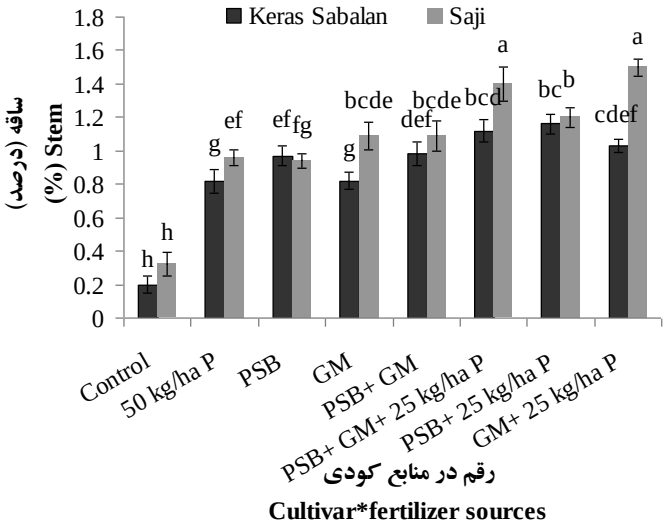
[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

توانست سطح بیش‌تری از ریزوسفر خاک را مورد استفاده قرار دهد و با جذب عناصر غذایی و انتقال آن سبب افزایش غلظت اندام‌های هوایی گردید.



شکل ۹- اثر برهم‌کنش رقم × منابع کودی بر عنصر پتاسیم در برگ دو رقم گندم دیم

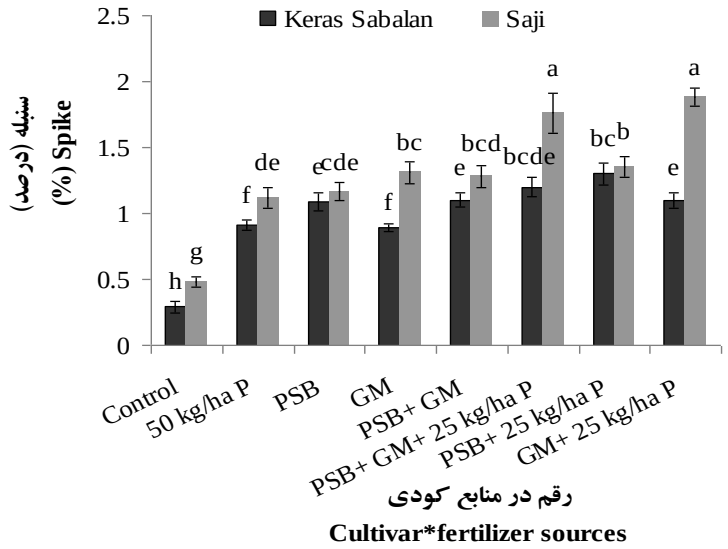
Figure 9- Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on K in leaf in two dryland wheat cultivars (Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different)



شکل ۱۰- اثر برهم‌کنش رقم × منابع کودی بر عنصر پتاسیم در ساقه دو رقم گندم دیم

Figure 10- Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on K in stem in two dryland wheat cultivars (Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different)

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]



شکل ۱۱- اثر برهم‌کنش رقم × منابع کودی بر عنصر پتاسیم در سنبله دو رقم گندم دیم

Figure 11- Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on K in spike in two dryland wheat cultivars (Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different)

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثر ساده مکان بر عنصر پتاسیم در سنبله دو رقم گندم دیم

Table 11- Mean comparisonos of simple effect of location on K in spike of two dryland wheat cultivars

مکان Location	سنبله Spike (%)
ایلام Ilam	1.02 (±0.0.062)b
سرابله Sarableh	1.27 (±0.0.055)a

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

در گزارش‌های سایر پژوهش‌گران نشان داده شد که طول و تعداد ریشه‌ها در جذب آب و عناصر غذایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Feiziasl *et al*., 2014)، در این پژوهش رقم ساجی و تیمار باکتری و قارچ دارای بیش‌ترین طول ریشه بودند. به‌نظر می‌رسد که باکتری‌های جنس *سودوموناس*

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

پوتیدا با فعالیت بیشتر، رشد گیاه را به‌وسیله تغییر توازن هورمونی تسهیل و با تولید هورمون اکسین بر برخی از قسمت‌های گیاه از قبیل افزایش طول سلول، تقسیم سلولی، تمایز ریشه، بیوسنتز اتیلن و تغییر بیان ژن‌های خاص اثر می‌گذارد (Rahimi *et al*., 2013). در گزارش‌های سایر محققان اظهار شده است که قارچ میکوریزا با جذب مواد مغذی از طریق گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه و کاوش خاک به‌وسیله هیف‌های خارجی در ریشه‌های مویی و کاهش پتاسیم آن ناحیه به جذب آن کمک می‌کند (Khosrojerdi *et al*., 2013). در تیمارهای تلقیح شده با کود زیستی افزایش وزن خشک گیاه می‌تواند به‌علت افزایش جذب عناصر غذایی نظیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در نتیجه گسترش ریشه باشد (Rouzbeh *et al*., 2009). در آزمایش دیگری غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و منیزیم در بخش هوایی گندم در گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزا افزایش یافت (Abo-Ghalia and Khalafallah, 2008). راثی ور و اصغرزاده (Rasipour and Aliasgharzadeh, 2007) بیان کردند که باکتری‌های حل‌کننده درصد فسفر، پتاسیم و نیتروژن بخش هوایی را به‌طور معنی‌داری افزایش دادند.

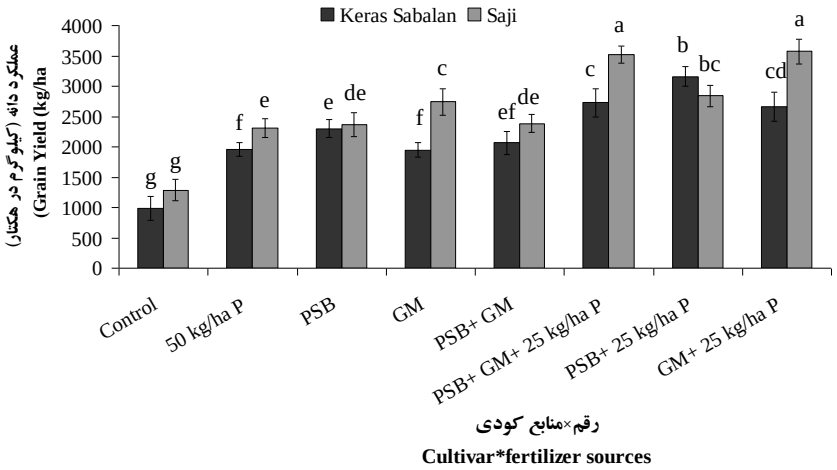
عملکرد دانه: بیشترین عملکرد دانه از رقم ساجی و تحت کاربرد باکتری *سودوموناس پوتیدا*+ قارچ *گلوموس موسه* + ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر و قارچ *گلوموس موسه* + ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر و کمترین عملکرد دانه از رقم کراس‌سبلان و در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) حاصل شد، که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۷۲ درصدی در عملکرد دانه گردید (شکل ۱۲). دلیل افزایش عملکرد دانه در تیمار منابع کودی را می‌توان ناشی از جذب عناصر غذایی در اندام‌های هوایی گندم به دلیل نقش این عناصر در فرایندهای فیزیولوژیکی که در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه خواهد شد، دانست. در گزارشات دیگر نیز افزایش عملکرد دانه در سطوح کودی در گیاهان تلقیح شده با کود زیستی به دلیل افزایش جذب عناصر غذایی و زیادشدن تحمل گیاه به تنش خشکی گزارش شده است (Ashraf *et al*., 2004).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده؛ مشاهده گردید که استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا اثر مثبت و معنی‌داری بر گیاه گندم در شرایط دیم به‌خصوص رقم ساجی داشت، به‌طوری‌که بهبود میزان عناصر غذایی اندام‌های هوایی و نیز افزایش عملکرد دانه را به‌دنبال داشت. با توجه به این‌که کشت گندم در مناطقی که رطوبت خاک محدودکننده است رشدگیاه نیز با خشکی انتهای فصل مواجه می‌شود. به‌علاوه کیفیت نامناسب زمین‌های این مناطق از لحاظ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی؛

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

در چنین مناطقی توسعه سیستم ریشه‌ای مناسب برای جذب حداکثر آب محدود موجود در خاک می‌تواند در ثبات عملکرد و افزایش میزان تجمع عناصر غذایی در اندام‌های هوایی مؤثر باشد.



شکل ۱۲- اثر برهمکنش رقم × منابع کودی بر عملکرد دانه دو رقم گندم دیم

Figure 12-Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on grain yield in two dryland wheat cultivars (Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different)

منابع

Abo-Ghalia H.H., Khalafallah A.A. 2008. Responses of wheat plants associated with arbuscular mycorrhizal fungi to short-term water stress followed by recovery at three growth stages. Journal of Applied Science Research, 4 (5): 570-580.

Almas Z., Saghir K. 2005. Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on growth, yield and nutrient uptake of wheat. Canadian Journal of Microbiology, 28: 2079-2092.

Amiri Farsani F., Chorom M., Enayatizamir N. 2013. Effect of biofertilizerand chemical fertilizer on wheat yield under two soil types in expermental greenhouse. Soil and Water, 27 (2): 441-451. (In Persian).

Ardakani M.R., Rezvani M., Zaefarian F., Rejali F. 2013. 32P usage for assessment of the effective mycorrhizal fungus strain for symbiosis with barley (*Hordeum vulgare* L.) and alfalfa (*Medicago sativa* L.). Journal of Soil Management and Sustainable Production, 3 (1): 231-241. (In Persian).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

Ashraf M., Museen-Ud-Din M., Warraich N.H. 2004. Production efficiency of mung bean (*Vigna radiate L.*) as affected by seed inoculation and NPK application. International Journal of Agriculture and Biology 5 (2): 179-180.

Asrar A.W.A., Elhindi K.M. 2011. Alleviation of drought stress of marigold (*Tagetes erecta*) plants by using arbuscular mycorrhizal fungi. Saudi Journal of Biological Sciences, 18: 93-98.

Baghban-Tabiat S., Rasouli-Sadaghiani M. 2012. Investigation of Zn utilization and acquisition efficiency in different wheat genotypes at greenhouse conditions. Journal of Science and Technology of Greenhouse CultureSoilless Culture Research Center, 23 (2): 17-32. (In Persian).

Elwan L.M. 2001. Effect of soil water regimes and inoculation with mycorrhizae on growth and nutrients content of maize plants. Journal of Zagazig Agriculture Research, 28:163-172.

Emami A. 1996. Plant Analysis Methods. Tehran Press, 231 p. (In Persian).

Esmaielpour B., Amani N. 2014. Investigating the effect of mycorrhizal inoculation on growth and uptake of nutrients in *lactuca sativa* cv. Syaho. Journal of Soil Management and Sustainable Production, 4 (2): 49-68. (In Persian).

Eydizadeh K., Mahdavi Damghani A., Sabahi H., Soufizadeh S. 2010. Effect of integrated application of biofertilizer and chemical fertilizer on growth of maize (*Zea mays* L.) in Shushtar. Journal of Agroecology, 2 (2): 292-301. (In Persian).

Fallah Nosrat Abad A., Shariati S. 2014. Effect of *Pseudomonas* and *Bacillus* bacteria on yield and nutrient uptake in comparison with chemical and organic fertilizers in wheat. Journal of Water and Soil, 28 (5): 976-986. (In Persian).

Feiziasl V., Fotovat A., Astaraeiand A., Lakzyan A. 2014. Effects of nitrogen fertilizer rates and application time on root characteristics of dryland wheat genotypes. Iranain Journal of Dryland Agriculture, 3 (1): 41-94. (In Persian).

Ghazi A.K., John Zak B.M. 2003. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza, 14: 263-269.

Hameedaa B., Harinib G.O., Rupelab P., Wanib S.P., Reddya G. 2007. Growth promotion of maize by phosphate solubilizing bacteria isolated from composts and macrofauna. Microbiological Research, 163: 234-242.

Hasan Zadeh A., Mazaheri D., Cheichi M.R., Khavazi K. 2011. Efficiency of Phosphate Solubilizing Bacteria and phosphorus chemicall fertilizer on yield and yield components. Pajoohesh Sazandeghi, 77: 111-118. (In Persian).

Hassanpour J., Zand B. 2014. Effect of wheat (T*riticum aestivum* L.) seed inoculation with bio-fertilizers on reduction of drought stress damage. Iranian Journal of Seed Sciences and Research, 1 (20): 1-12. (In Persian).

Jiriaie M., Fateh E., Aynehband A., Sepehr E. 2015. Changes in nutrient content of root and grain of wheat cultivars inoculated by azospirillum and mycorrhiza. Journal of Water and Soil, 29 (1): 102-113. (In Persian).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

Jutur P.P., Reddy A.R. 2007. Isolation, purification and properties of new restriction endonucleases from *Bacillus badius* and *Bacillus lentus*. Microbiological Research, 162: 378-383.

Khosrojerdi M., Shahsavani S., Gholipor M., Asghari H.R. 2013. Effect of Rhizobium inoculation and mycorrhizal fungi on some nutrient uptake by chickpea at different levels of iron sulfate fertilizer. Eloctronic Journal of Crop Production, 6 (3): 71-87. (In Persian).

Naseri R., Barary M., Zarea M.J., Khavazi K., Tahmasebi Z. 2016a. Studying root morphological characteristics of seminalroots systems of durum and bread wheat cultivars. Journal of Crop Ecophysiology, 10 (2): 477-492. (In Persian).

Naseri R., Barary M., Zarea M.J., Khavazi K., Tahmasebi Z. 2016b. Effect of phosphate solubilizing bacteria and Mycorrhizal fungi on agronomic important traits in two wheat cultivars under dryland conditions. Journal of Agroecology, In press. (In Persian).

Naseri R., Barary M., Zarea M.J., Khavazi K., Tahmasebi Z. 2017a. Effect of Phosphate Solubilizing Bacteria and Mycorrhizal fungi on some activities of antioxidative enzymes, physiological characteristics of wheat under dry land conditions. Iranain Journal of Dryland Agriculture, 6 (1): 1-34. (In Persian).

Naseri R., Barary M., Zarea M.J., Khavazi K., Tahmasebi Z. 2017b. Effect of plant growth promoting bacteria and Mycorrhizal fungi on growth and yield of wheat under dryland conditions. Journal of Soil Biology, 5 (1): 49-67. (In Persian).

Paras-Motlagh B., Mahmoodi S., Sayyar-Zahan M.H., Naghibzadeh M. 2011. Effect of mycorrhiza fungi and phosorus fertilizer on concentration of leaf nutrients and photosynthetic pigments of common bean (*haseolus vulgaris* L.) under salinity stress condition. Journal of Agroecology, 3 (2): 233-244. (In Persian).

Rahim Zadeh S., Sohrabi Y., Heidar G.R., Eivazi A.R., Hosseni S.M.T., Taher Hosseini M. 2013. Effect of biofertilizer on macro and micro nutrients uptake and essential oil continent in *Dracocephalum moldavica* L. Iranian Journal of Field Crops Research, 11 (1): 179-190. (In Persian).

Rahimi A., Jamialahmadi M., Khavazi K., Sayyari-Zahan M., Yazdani R. 2013. Effects of different pseudomonas flluoresence bacterium strains on yield, yield components and some traits of safflower. Journal of Plant Ecophysiology, 5 (14): 1-16. (In Persian).

Rasipour L., Aliasgharzadeh N. 2007. Interactive Effect of phosphate solubilizing bacteria and *Bradyrhizobium japonicum* on growth, nodule indices and some nutrient uptake of soybean. Journal of Water and Soil Science Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 11 (40): 53-63. (In Persian).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]

Rouzbeh R., Daneshian J., Farahani H.A. 2009. Super nitro plus influence on yield and yield components of two wheat cultivars under NPK fertilizer application. Journal of Plant Breeding and Crop Science, 1: 293-297.

Rudresh D.L., Shivaprakash M.K., Prasad R.D. 2005. Effect of combined application of *Rhizobium*, phosphate solubilizing bacterium and *Trichoderma* spp. on growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer aritenium* L.). Applied Soil Ecology, 28: 139-146.

Sahni S., Sarma B.K., Singh D.P., Singh H.B., Singh K.P. 2008. Vermicompost enhances performance of plant growth promoting rhizobacteria in *Cicer arietinum* rhizosphere against *Sclerotium rolfsii*. Crop Protection, 27: 369-376.

Shaharoona B., Naveed M., Arshad M., 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.

Singh A.K., DePauw R.M., Hamel C., Knox R.E. 2012. Genetic variability in arbuscular mycorrhizal fungi compatibility supports the selection of durum wheat genotypes for enhancing soil ecological services and cropping systems in Canada. Canadian Journal of Microbiology, 58: 293-302.

Smith S.E., Read D.J. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. Thirded, Academic Press, London, UK.

Song H. 2005. Effects of vam on host plant in condition of drought stress and its mechanisms. Electronic journal of Biology, 1 (3): 44-48.

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

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-24]