تأثیر باکتری های حل کننده فسفات و قارچ میکوریزا بر تجمع عناصر غذایی کم مصرف در اندام های هوایی گندم های کراس سبلان و ساجی در شرایط دیم

Effect of phosphate solubilizing bacteria and mycorrhizal fungi on shoot accumulation of micronutrient elements in Keras Sabalan and Saji wheat cultivars under dryland conditions

رحیم ناصری[1*]، مهرشاد براری[2]، محمد جواد زارع[3]، کاظم خاوازی[4]، زهرا طهماسبی[5]

۱. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام. (نگارنده مسئول)
۲. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام
۳. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام
۴. استاد، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج
۵. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۰۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۱۱ - شناسانهٔ برنمود رقمی: 10.22092/aj.2019.116898.1233

چکیده

ناصری، ر.، براری، م.، زارع، م.ج.، خاوازی، ک.، طهماسبی، ز.، تأثیر باکتری های حل کننده فسفات و قارچ میکوریزا بر تجمع عناصر غذایی کم مصرف در اندام های هوایی گندم های کراس سبلان و ساجی در شرایط دیم
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۲ - شماره ۰۱- پیاپند ۱۲۲ بهار ۹۸: ۸۰-۵۰

به منظور بررسی اثر باکتری سودوموناس و قارچ میکوریزا بر مقدار عناصر غذایی کم مصرف اندام های هوایی گندم دیم، آزمایشی مزرعه ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام و ایستگاه تحقیقات کشاورزی سرابله در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا گردید. تیمار های آزمایشی شامل عامل رقم گندم در دو سطح (کراس سبلان و ساجی) و تیمار منابع کودی در هشت سطح شامل: ۱- تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) (Control)، ۲- ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر (۵۰ kg/ha P)، ۳- باکتری سودوموناس پوتیدا (PSB)، ٤- قارچ گلوموس موسه (GM)، ٥- باکتری سودوموناس پوتیدا+ قارچ گلوموس موسه (PSB+GM)، ٦- 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). نتایج حاصل از تجزیه مرکب پژوهش نشان داد که اثر برهمکنش رقم×منابع کودی بر عناصر غذایی موجود در اندام های هوایی گندم دیم معنی دار می باشد. در هر دو رقم مورد استفاده در شرایط دیم استفاده از باکتری های حل کننده فسفات و قارچ میکوریزا موجب افزایش عناصر غذایی کم مصرف روی، منگنز، آهن و منیزیم در مرحله پنجه زنی، برگ، ساقه و سنبله گردید، به طوری که بیشترین مقدار روی در مرحله پنجه زنی (۱۳/۹ میلی گرم بر کیلوگرم)، برگ (۱۱ میلی گرم بر کیلوگرم)، ساقه (۱۵/٦ میلی گرم بر کیلوگرم) و سنبله (۲٤/۰۹ میلی گرم بر کیلوگرم)، منگنز در مرحله پنجه زنی (۲۳۸/۵ میلی گرم بر کیلوگرم) برگ (٥٦/۱ میلی گرم بر کیلوگرم)، ساقه (٦/۲ میلی گرم بر کیلوگرم) و سنبله(۱٦/۵ میلی گرم بر کیلوگرم)، آهن در مرحله پنجه زنی (۲۳۸/۵ میلی گرم بر کیلوگرم)، برگ (۱٦۳/۵ میلی گرم بر کیلوگرم)، ساقه (۳۵/۷ میلی گرم بر کیلوگرم) و سنبله (۹۰/۲ میلی گرم بر کیلوگرم) و منیزیم در مرحله پنجه زنی (۰/۳ درصد) و ساقه (۰/۲٦ درصد) در رقم ساجی × GM+25 kg/ha P و کمترین مقدار عناصر عذایی موجود در اندام های هوایی در رقم کراس سبلان و تیمار Control مشاهده شد. نتایج این پژوهش بیانگر اثر مثبت و معنی دار باکتری سودوموناس پوتیدا و قارچ گلوموس موسه بر عناصر غذایی کم مصرف موجود در اندام های هوایی گندم در شرایط دیم بود.

واژه های کلیدی: روی، عناصر کم مصرف، منابع کودی، منیزیم

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: rahim.naseri@gmail.com

مقدمه

گندم در بین غلات به عنوان یک محصول استراتژیک در جهان مورد توجه می باشد و 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 دارا می باشد. باکتری های ریزوسفری محرک رشد مانند باکتری های جنس ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و سودوموناس، گروه ویژه ای از میکروارگانیسم های خاک هستند که با فعالیت در سطح و یا داخل ریشه باعث افزایش رشد و کارآیی جذب آب و مواد غذایی گیاه می شوند. یکی از مهمترین روابط همزیستی، همزیستی با قارچ میکوریزا می باشد که در آن، ریشه گیاه با قارچ به صورت یک واحد زنده فعالیت و به رشد یکدیگر کمک می کنند (Naseri *et al*., 2017a). اکثر نقاط دنیا کمبود عناصر کم مصرف علاوه بر آسیب های جدی به رشد و عملکرد گیاهان زراعی موجبات فقر این عناصر در الگوی غذایی انسانی را نیز به وجود آورده است. در ایران نیز کمبود عناصر غذائی کم مصرف به شکل بارزی مشاهده می شود (Jiriaie *et al*., 2014). گزارش های متعددی در خصوص تغییرات عناصر غذایی ناشی از فعالیت زیستی در ریزوسفر گیاهان و افزایش جذب عناصر غذایی گزارش شده است، سانگ (Song, 2005) اظهار داشت که در اثر قارچ میکوریزا سیستم ریشه ای توسعه و بهبود جذب آب و عناصر غذایی می گردد.

قارچ میکوریزا با جذب عناصر غذایی از طریق گسترش سیستم ریشه ای گیاه و جستجو خاک به وسیله هیف های خارجی در ریشه های مویی و با کاهش میزان غلظت عناصر غذایی اطراف ریشه گیاه میزبان به جذب عناصر غذایی آن ناحیه کمک می کند (Khosrojerdi *et al*., 2013). باکتری سودوموناس با ترشح اسید های آلی و فسفاتاز منجر به آزاد سازی عناصر از کمپلکس های موجود در خاک می گردند و دسترسی گیاه به عناصر غذایی کم مصرف افزایش پیدا می کند (Rudresh *et al*., 2005; Jutu & Reddy, 2007). ویژگی های مهم ریشه گندم مانند سرعت رشد، عمق ریشه و تراکم طول آن از ویژگی های شناخته شده ای هستند که در جذب عناصر غذایی نقش مهمی دارد (King *et al*., 2003). باکتری ها حل کننده فسفات با اسیدی کردن محیط اطراف ریشه، باعث افزایش مقدار دسترسی به عناصر غذایی و افزایش جذب آن ها توسط گیاه نخود زراعی شد (Sahni *et al*., 2008). در گزارش های وینال و همکاران (Vinale *et al*., 2008) نشان داده شد که که باکتری ها و قارچ ها با اسیدی کردن محیط اطراف ریشه باعث افزایش جذب کاتیون های کم مصرف شامل منیزیم می گردند. باکتری سودوموناس با افزایش سیستم ریشه دهی می توانند باعث افزایش جذب عناصر غذایی شوند، اسیدهای آلی تولید شده توسط این باکتری ها می توانند از طریق تشکیل کمپلکس های محلول با یون های فلزی باعث افزایش جذب این عناصر غذایی گردند (Nikmehr & Akhgar, 2015). با بررسی نقش باکتری های حل کننده فسفات و قارچ میکوریزا بر تجمع عناصر غذایی گندم تحت شرایط دیم

می توان به نتایجی مفیدی دست یافت.

در مورد کاربرد باکتری های حل کننده فسفات و قارچ میکوریزا بر گندم دیم در کشور و بخصوص در استان ایلام گزارش نشده است، آزمایش حاضر با هدف بررسی اثر باکتری های حل کننده فسفات و قارچ میکوریزا بر عناصر غذایی اندام های هوایی کم مصرف گندم دیم با همکاری دانشگاه ایلام و ایستگاه تحقیقات کشاورزی سرابله صورت گرفت.

مواد و روش ها

به منظور بررسی اثر باکتری های حل کننده فسفات و قارچ میکوریزا بر مقدار عناصر غذایی کم مصرف اندام های هوایی گندم در شرایط دیم، آزمایشی مزرعه ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های 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 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 گردید.

تیمار های آزمایشی شامل عامل رقم گندم در دو سطح (کراس سبلان و ساجی) و تیمار منابع کودی در هشت سطح شامل: ۱- تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) (Control)، ۲- ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر (۵۰ kg/ha P)، ۳- باکتری سودوموناس پوتیدا (PSB)، ۴- قارچ گلوموس موسه (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).

ابعاد هر کرت ۸ مترمربع، تعداد خطوط ۸ ردیف و طول هر ردیف ۴ متر و فاصله هر تکرار ۱ متر در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایش شامل هشت خط کاشت با فاصله ۲۵ سانتی متر و طول ۴ متر در نظر گرفته شد. باکتری سودوموناس پوتیدا سویه ۱۶۸ (به صورت محلول) و قارچ گلوموس موسه (به صورت پودر) مورد استفاده در این پژوهش از بخش تحقیقات بیولوژی خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شد. بذر رقم های گندم دیم مورد استفاده در این پژوهش، از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، بخش کنترل و گواهی بذر استان ایلام با طبقه مادری تهیه گردید. قبل از کشت، جهت تلقیح بذور گندم به میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای 10^7 عدد باکتری سودوموناس زنده و فعال و قارچ گلوموس موسه که هر گرم آن دارای ۱۵۰ اسپور زنده بود. پس از آغشته کردن بذور با باکتری سودوموناس پوتیدا و قارچ گلوموس موسه و چرخاندن بذور در داخل ظرف ادامه یافت تا مایه تلقیح به کمک صمغ عربی به خوبی سطح بذور را (تلقیح به صورت بذر مال) پوشش دهد. بذور تیمار شده به مدت 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. مشخصات باکتری سودوموناس پوتیدا در جدول ۱ ارائه شده است. آمار هواشناسی محل مورد آزمایش در جدول ۲ آورده شده است. مقدار بذر مصرفی برای هر هکتار ۱۲۰ کیلوگرم بود.

کودهای نیتروژن و فسفر بر اساس آزمون خاک (جدول ۳) مورد استفاده قرار گرفتند. کود نیتروژن به میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله (در هنگام کاشت و شروع ساقه دهی) به زمین داده شد. در مورد کود فسفره ۵۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 بر اساس تیمارهای طرح از منبع سوپر فسفات تریپل در زمان کاشت مصرف گردید. اندازه گیری عناصر غذایی کم مصرف در داخل مزرعه در مرحله پنجه زنی و مرحله گرده افشانی از اندام های هوایی (برگ، ساقه و سنبله) پس از نمونه گیری و انتقال به آزمایشگاه صورت گرفت. عناصر کم مصرف توسط دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شدند (Emami, 1996). تجزیه و تحلیل داده های آزمایش با استفاده از برنامه آماری SAS انجام شد. مقایسه میانگین ها به روش آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) و شکل ها با نرم افزار اکسل ترسیم شدند

نتایج و بحث

مقدار روی در اندام های گیاه با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب تحت تاثیر برهمکنش رقم×منابع کودی معنی دار گردید (جدول۴). بیشترین مقدار روی در مرحله پنجه زنی از رقم ساجی و تحت کاربرد PSB+GM+25 kg/ha P

جدول ۱- ویژگی های سویه باکتری حل کننده فسفات در این آزمایش

Table 1. The characteristics of phosphate solubilizing bacteria strains used in the experiment

جنس، گونه و سویه	تولید سیدروفور	تولید هورمون اکسین (mg/L)	قابلیت حل کنندگی فسفات	تولید ACC دآمیناز
Genus, species and strain	Siderophore production	IAA production	Phosphate solubilizing ability	ACC deaminase
Pseudomonas putida strains I68	0.70	9.8	+	+

جدول ۲- مقادیر متوسط ماهانه دما، بارش و رطوبت در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام و ایستگاه تحقیقات کشاورزی سرابله در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲

Table 2. Monthly mean precipitation and relative humidity for agricultural research field station of Ilam university and agricultural research field station of Sarableh during 2013-2014 cropping season

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

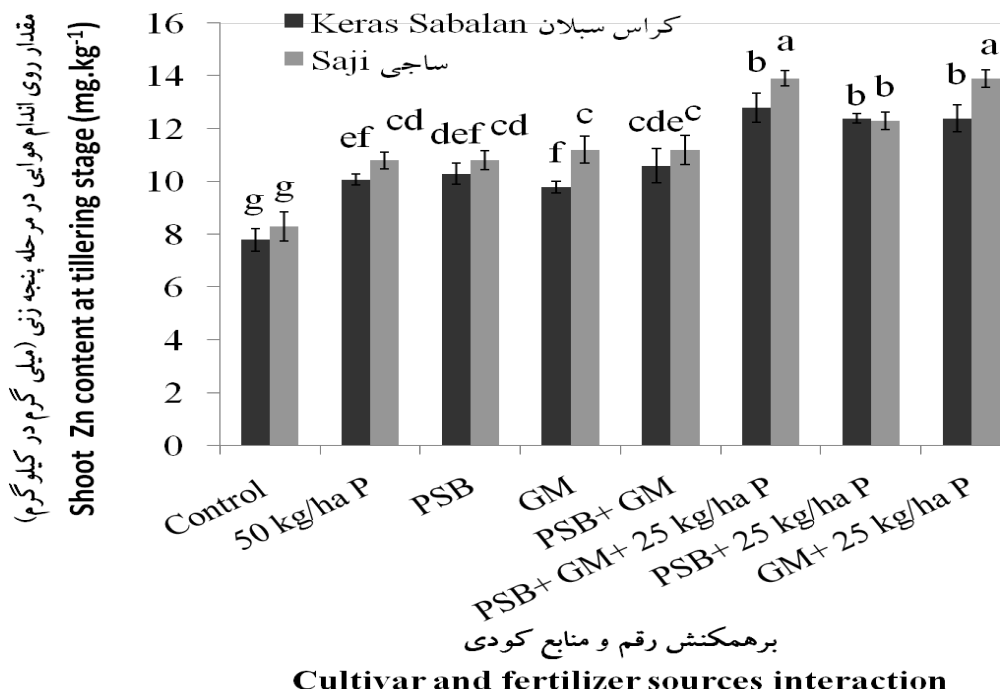
و کمترین آن از رقم کراس سبلان و در تیمار Control حاصل شد، که نسبت به تیمار Control موجب افزایش ۴۳/۸ درصدی در مقدار روی در مرحله پنجه زنی گردید (شکل ۱). بیشترین مقدار روی در برگ از رقم ساجی و تحت کاربرد GM+25 kg/ha P و کمترین آن از رقم کراس سبلان و در تیمار Controlحاصل شد، که نسبت به تیمار Control موجب افزایش ۶۸/۱ درصدی در مقدار روی در برگ گردید (شکل ۲). بیشترین مقدار روی در ساقه از رقم ساجی و تحت کاربرد GM+25 kg/ha P و کمترین آن از رقم کراس سبلان و در تیمار Control حاصل شد، که نسبت به تیمار Control موجب افزایش ۷۵ درصدی در مقدار روی در ساقه گردید (شکل ۳). بیشترین مقدار روی در سنبله از رقم ساجی و تحت کاربرد GM+25 kg/ha P و کمترین آن از رقم کراس سبلان و در تیمار Control حاصل شد، که نسبت به تیمار Control موجب افزایش ۷۴/۶ درصدی در مقدار روی در سنبله گردید (شکل ۴). اثر برهمکنش مکان×رقم بر مقدار روی در برگ معنی دار گردید (جدول ۴). نتایج نشان داد که بیشترین مقدار روی در برگ از منطقه سرابله در رقم ساجی حاصل گردید (جدول ۶). شرایط بهتر جذب عناصر غذایی در منطقه سرابله را به بافت خاک، میزان رطوبت خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی به دلیل بافت رسی و سیستم ریشه گسترده در این منطقه می توان نسبت داد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که رقم ساجی به دلیل داشتن سطح ریشه قوی تر نسبت به رقم کراس سبلان توانست سطح بیشتری از ریزوسفر خاک را مورد استفاده قرار

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام و ایستگاه تحقیقات کشاورزی سرابله در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲

Table 3. Soil physical and chemical properties of the experimental site at agricultural research field station of Ilam university and agricultural research field station of Sarableh during 2013-2014 cropping season

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 خاک pH
		(mg kg^{-1})							(%)		(dS/m)	
ایلام Ilam	لومی شنی Sandy loam	9.16	1	1	5.04	3.6	7.2	310	0.12	1.28	0.97	7.2
سرابله Sarableh	لومی رسی Clay loam	5.71	1	1.1	7.78	2.4	6.2	270	0.13	1.4	0.45	7.31

دهد. تیمار باکتری سودوموناس پوتیدا و قارچ گلوموس موسه دارای بیشترین مقدار روی در قسمت های مختلف اندام های هوایی بود. نتایج این پژوهش نشان دهنده افزایش جذب عناصر غذایی توسط رقم ساجی در شرایط تلقیح با قارچ گلوموس موسه می باشد، که توان بالای قارچ گلوموس موسهدر سیستم ریشه دهی در ارقام مورد بررسی گندم، به ویژه رقم ساجی زیاد بوده است. استفاده از باکتری سودوموناس به طور معنی داری باعث افزایش مقدار روی در قسمت های هوایی گندم در هر دو رقم گردید. (Jutur& Reddy, 2007) اظهار داشتند که باکتری سودوموناس با ترشح آنزیم فسفاتاز منجر به آزاد سازی عناصر غذایی در خاک می گردند و دسترسی گیاه به عناصر غذایی از جمله روی افزایش پیدا می کند. (Chen *et al*., 2006) بیان داشت که باکتری سودوموناس پوتیدا با تولید سیدروفور حلالیت روی میزان جذب آن توسط گیاه را افزایش داد. اظهار شده است که قارچ میکوریزا با جذب عناصر کم مصرف از طریق گسترش سیستم ریشه ای گیاه و کاوش و جستجوی خاک به وسیله هیف های خارجی در ریشه های مویی و کاهش روی و آهن آن ناحیه به جذب آن کمک می کند (Khosrojerdi *et al*., 213). به طور کلی با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش در شرایط دیم غلظت عناصر غذایی کاهش پیدا خواهد کرد اما تلقیح با باکتری های حل کننده فسفات و قارچ میکوریزا توانستند اثرات نامطلوب در شرایط دیم را در گیاه تعدیل کنند. نتایج این پژوهش با یافته های اسماعیل پور و امانی (Esmaielpour & Amani, 2013) و



شکل ۱- اثر برهمکنش رقم×منابع کودی مقدار روی در مرحله پنجه‌زنی دو رقم گندم دیم

Fig 1. Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on shoot Zn content at tillering stage in two dryland wheat cultivars

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) مقدار تجمع عناصر غذایی کم‌مصرف اندام‌های هوایی در تیمار رقم و منابع کودی دو رقم گندم دیم

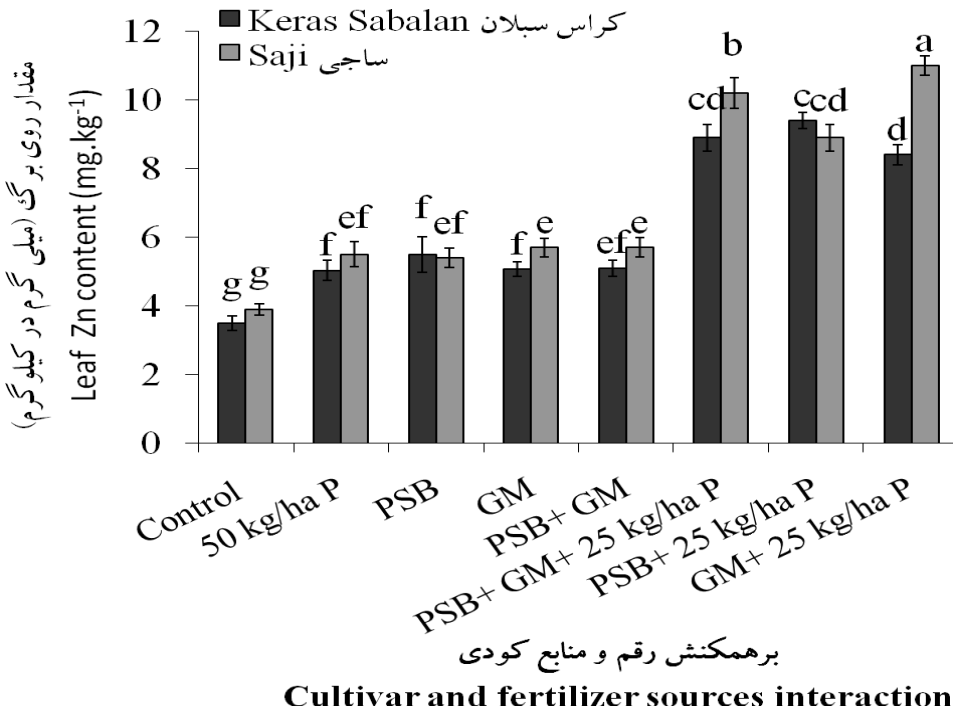
Table 4. Combined analysis of variance (MS) for shoot micronutrients content of two dryland wheat cultivars as affected by cultivar treatment and fertilizer sources

		روی Zn				منگنز Mn			
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	پنجه‌زنی Tillering	برگ Leaf	ساقه Stem	سنبله Spike	پنجه‌زنی Tillering	برگ Leaf	ساقه Stem	سنبله Spike
مکان Location (L)	1	41.04^{ns}	14.7^{ns}	18.5^{ns}	30.5^{ns}	2703.7*	728.9*	29.2ns	116.08*
بلوک داخل مکان Block (location)	4	15.8**	5.7	6.6	9.6	207.6	85.9	4.1	13.7
رقم Cultivar (C)	1	13.7**	11.9**	17.06**	147.03**	1063.003**	393.5**	6.4**	115.3**
منابع کودی Fertilizer sources (FS)	7	37.01**	67.2**	177.8**	382.01**	2283.1**	1625.8**	50.1**	260.1**
رقم×منابع کودی C×FS	7	0.83*	2.5**	1.5**	20.08**	214.3**	55.9**	4.2**	10.3**
مکان×رقم L×C	1	0.33	0.54**	0.20	0.25	57.9**	1.8	0.48	3.7*
مکان×منابع کودی L×FS	7	0.30	0.22	0.16	0.30	18.9*	7.6	2.9**	4.4**
مکان×رقم×منابع کودی L×C×FS	7	0.09	0.06	0.07	0.29	11.08	3.5	0.62	0.67
خطا Error	60	0.28	0.29	0.15	0.84	8.6	3.1	0.34	0.76
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	4.7	8.05	3.8	6.5	7.2	5.06	22.7	11.05

ns: non-significant, * and **: significant at 5% and 1%, respectively.

Ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جهاندیده مهجن آبادی و سپهری (Jahandideh Mahjen Abadi.& Sepehri, 2014) همخوانی دارد. آن ها در نتایج خود نشان دادند استفاده از قارچ میکوریزا موجب افزایش معنی دار مقدار روی در اندام های هوایی گردید. بهبود تولید در گیاهان میکوریزی را به غلظت بیشتر عناصر غذایی غیر متحرک مانند روی و مس نسبت می دهند (Ghazi & John Zak, 2003). روی نقش مهمی را در سنتز پروتئین و کربوهیدرات ها بازی می کند و در تنظیم متابولیسم ساکاریدها، اسید نوکلئیک و متابولیسم لیپید شرکت دارد، روی در بیوسنتز کلروفیل تأثیر می گذارد (Sajedi & Rejali, 2011).



شکل ۲- اثر برهمکنش رقم×منابع کودی بر مقدار روی در برگ دو رقم گندم دیم

Fig 2. Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on Zn leaf content in two dryland wheat cultivars

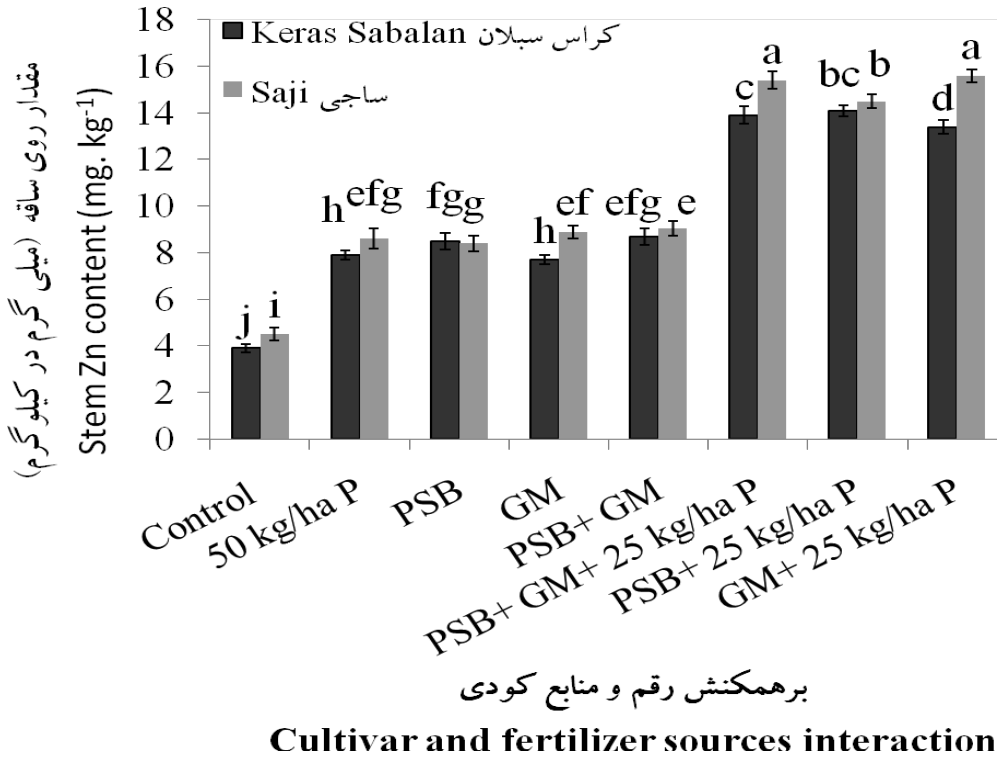
جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) مقدار تجمع عناصر غذایی کم‌مصرف اندام‌های هوایی در تیمار رقم و منابع کودی دو رقم گندم دیم

Table 5. Combined analysis of variance (MS) for shoot micronutrients content of two dryland wheat cultivars as affected by cultivar treatment and fertilizer sources

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	آهن Fe				منیزیم Mg				مس Cu			
		پنجه‌زنی Tillering	برگ Leaf	ساقه Stem	سنبله Spike	پنجه‌زنی Tillering	برگ Leaf	ساقه Stem	سنبله Spike	پنجه‌زنی Tillering	برگ Leaf	ساقه Stem	سنبله Spike
مکان Location (L)	1	271.2^{ns}	4399.1**	55.1^{ns}	382.2^{ns}	0.86**	0.79**	0.90**	0.61**	0.0003^{ns}	0.27^{ns}	8.8^{ns}	12.8^{ns}
بلوک داخل مکان Block (location)	4	176.1	129.4	215.3	131.9	0.00029	0.0020	0.0.0035	0.0023	3.7	25.6	26.9	44.9
رقم Cultivar (C)	1	774.01**	2019.6**	763.3**	929.3**	0.00018*	0.0093*	0.0040*	0.0025**	19.7**	9.3**	12.7**	103.6**
منابع کودی Fertilizer sources (FS)	7	3768.1**	8032.7**	1477.5**	6424.09**	0.015**	0.025**	0.024**	0.028**	181.3**	43.7**	111.5**	1509.1**
رقم×منابع کودی C×FS	7	102.1*	104.5**	42.2**	69.01**	0.00018**	0.00046**	0.00052**	0.00049ns	3.7**	1.8**	2.5**	20.7**
مکان×رقم L×C	1	5.7	8.7	4.5	7.6	0.0000017	0.000033	0.00066**	0.00010	0.09	0.013	0.48	0.45
مکان×منابع کودی L×FS	7	15.9	26.7**	44.07**	5.4	0.0375**	0.0049**	0.0043**	0.017**	0.19	0.012	0.68	7.6
مکان×رقم×منابع کودی L×C×FS	7	16.8	7.8	6.6	4.1	0.000023	0.00019	0.000036	0.00012	0.020	0.047	0.13	0.34
خطا Error	60	36.6	10.6	12.5	7.2	0.000028	0.00022	0.00015	0.00030	0.34	0.15	0.44	1.01
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	2.8	2.5	7.2	4.6	1.9	6.05	5.8	7.1	3.7	3.7	6.1	6.6

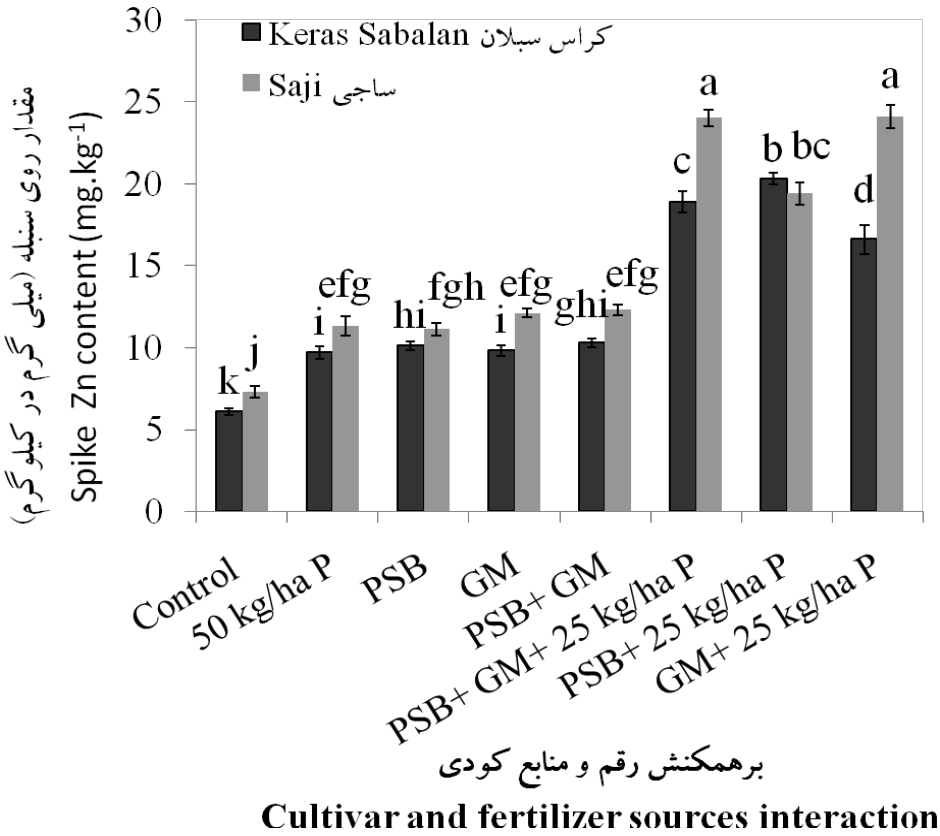
ns: non-significant, * and **: significant at 5% and 1%, respectively.

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.



شکل ۳- اثر برهمکنش رقم×منابع کودی بر مقدار روی در ساقه دو رقم گندم دیم

Fig 3. Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on stem Zn content in two dryland wheat cultivars



شکل ۴- اثر برهمکنش رقم×منابع کودی بر مقدار روی در سنبله دو رقم گندم دیم

Fig 4. Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on spike Zn content in two dryland wheat cultivars

جدول ۶- مقایسه میانگین اثربرهمکنش مکان×رقم برمقدار روی، منگنز و منیزیم در مرحله پنجه‌زنی و اندام‌های هوایی دورقم گندم دیم

Table 6. Mean comparison for interaction effect of location× cultivar sources on shoot Zn, Mn and Mg contents at tillering stage in two dryland wheat cultivars

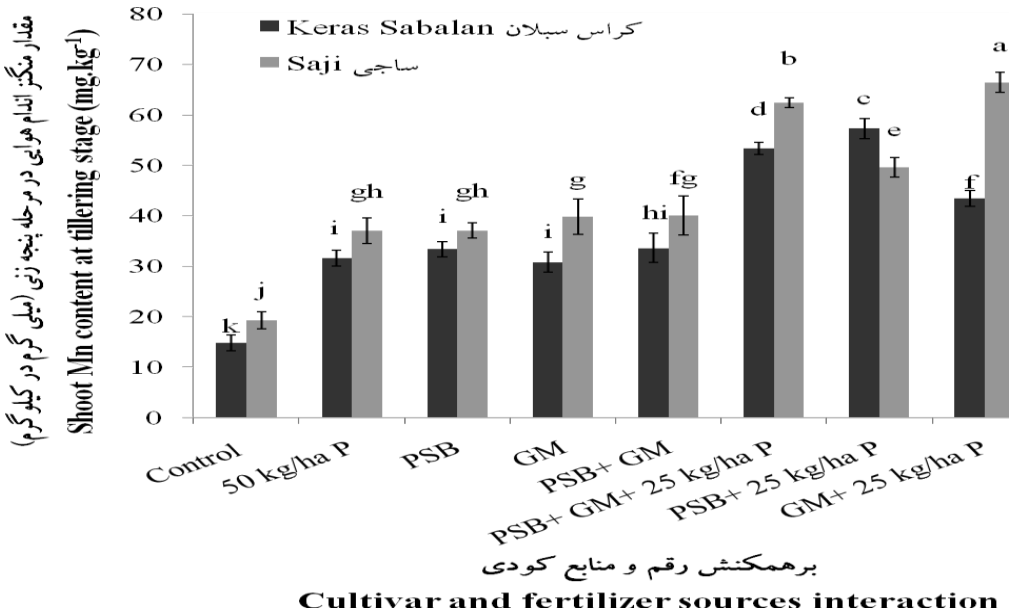
		روی Zn	منگنز Mn		منیزیم Mg
		برگ	پنجه‌زنی	سنبله	ساقه
		Leaf	Tillering	Spike	Stem
مکان Location	رقم Cultivar	(میلی‌گرم بر کیلوگرم) (mg.kg^{-1})			(درصد) (%)
ایلام Ilam	کراس‌سبلان Keras Sabalan	3.9 (±0.43)^{b}	32.7 (±2.8)^{d}	5.7 (±0.94)^{c}	0.1 (±0.0065)^{b}
	ساجی Saji	5.1 (±0.5)^{a}	37.8 (±3.1)^{c}	7.5 (±1.1)^{c}	0.12 (±0.0065)^{b}
سرابله Sarableh	کراس‌سبلان Keras Sabalan	4.9 (±0.45)^{a}	41.8 (±2.6)^{b}	7.9 (±0.67)^{b}	0.3 (±0.012)^{a}
	ساجی Saji	5.4 (±0.55)^{a}	50.06 (±3.02)^{a}	10.5 (±0.96)^{a}	0.31 (±0.012)^{a}

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون LSD، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means within each column with a letter in common are not significantly different at α= 0.05 by LSD test.

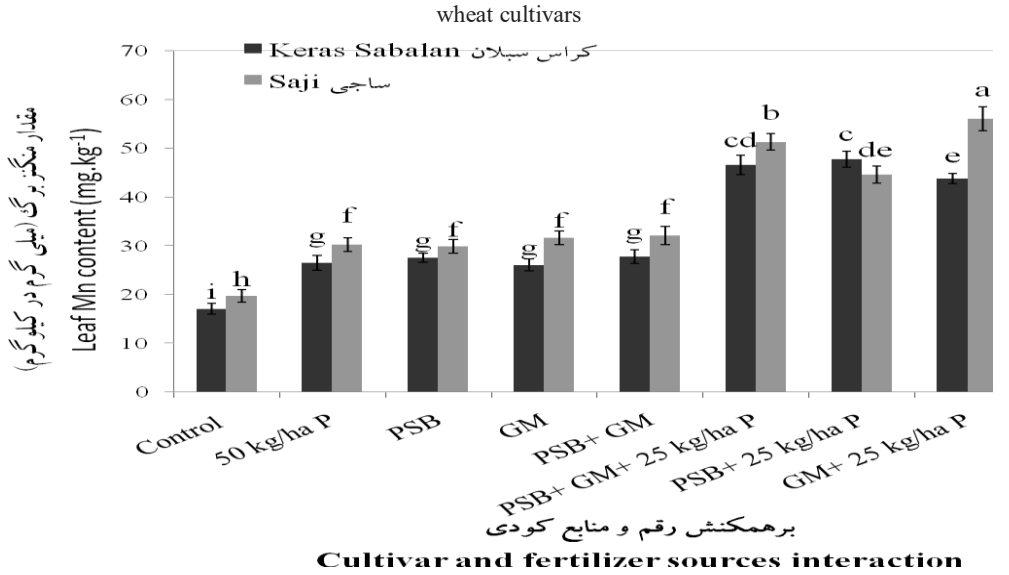
مقدار منگنز در مراحل مختلف رشدی با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب تحت تاثیر برهمکنش رقم×منابع کودی معنی دار گردید (جدول ۴). بیشترین مقدار منگنز در مرحله پنجه زنی از رقم ساجی و در تیمار PSB+GM+25 kg/ha P و کمترین آن از رقم کراس سبلان و در تیمار Control حاصل شد، که نسبت به تیمار Control موجب افزایش ۷۷/۷ درصدی در مقدار منگنز در مرحله پنجه زنی گردید (شکل ۵). بیشترین مقدار منگنز در برگ از رقم ساجی و تحت کاربرد GM+25 kg/ha P و کمترین آن از رقم کراس سبلان و در تیمار Control حاصل شد، که نسبت به تیمار Control موجب افزایش ۶۹/۵ درصدی در مقدار منگنز در برگ گردید (شکل۶). بیشترین مقدار منگنز در ساقه از رقم ساجی و تحت کاربرد GM+25 kg/ha P و کمترین آن از رقم کراس سبلان و در تیمار Control حاصل شد، که نسبت به تیمار Control موجب افزایش ۹۶/۱ درصدی در مقدار منگنز در ساقه گردید (شکل ۷). بیشترین مقدار منگنز در سنبله از رقم ساجی و تحت کاربرد GM+25 kg/ha P و کمترین آن از رقم کراس سبلان و در تیمار Control حاصل شد، که نسبت به تیمار Control موجب افزایش ۹۶/۱ درصدی در مقدار منگنز در سنبله گردید (شکل ۸). در این مطالعه گندم رقم ساجی و کراس سبلان همراه باکتری سودوموناس پوتیدا و قارچ گلوموس موسه دارای افزایش صفاتی مثل مجموع طول ریشه، سطح ریشه و حجم ریشه بیشتر ضمن استفاده از آب موجود در خاک از حجم وسیعتری از پروفایل خاک جهت جذب عناصر غذایی در طول دوره رشد بهره مند شد (Naseri *et al*., 2017a). معمولا ۷۰ درصد از کل طول ریشه در لایه های سطحی خاک، جایی که مواد غذایی تمرکز بیشتر دارند، توسعه می یابد، بنابراین گندم دیم ساجی با توجه به داشتن

سیستم گسترده خود در جذب عناصر غذایی کارآمدتر نسبت به رقم کراس سبلان نشان داد (Naseri *et al*., 2017b)، در حالی که رقم کراس سبلان دارای سیستم ریشه دهی کمتری نسبت به رقم ساجی بود. اثر برهمکنش مکان×منابع کودی بر مقدار منگنز در ساقه، سنبله، مرحله و پنجه زنی نیز معنی دار گردید (جدول ۴). نتایج نشان داد که بیشترین مقدار منگنز در ساقه، سنبله و مرحله پنجه زنی از منطقه سرابله در تیمار PSB+GM+25 kg/ha P و کمترین مقدار منگنز در ساقه، سنبله و مرحله پنجه زنی از منطقه ایلام در تیمار Control حاصل گردید (جدول ۸). در این پژوهش مشاهده شد که اثر ساده مکان بر مقدار منگنز در برگ معنی دار گردید (جدول ۴). به طوری که بیشترین مقدار منگنز در برگ در منطقه سرابله حاصل شد (جدول ۷). اثر برهمکنش مکان×رقم بر مقدار منگنز در مرحله پنجه زنی و سنبله معنی دار گردید. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار منگنز در مرحله پنجه زنی و سنبله از منطقه سرابله و در رقم ساجی حاصل گردید (جدول ۶). در منطقه سرابله به دلیل بافت خاک مناسب، میزان رطوبت خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی به دلیل بافت رسی و سیستم ریشه گسترده شرایط بهتر جذب عناصر غذایی را برای گیاه فراهم آورده است. سرعت رشد، عمق ریشه دوانی وتراکم طول ریشه از جمله ویژگی های شناخته شده ریشه هستند که در جذب عناصر غذایی نقش مهمی دارند (King *et al*., 2003)، که این خصوصیات ریشه ای در منطقه سرابله و هچنین تیمار باکتری سودوموناس پوتیدا و قارچ گلوموس موسه موجب افزایش جذب عناصر غذایی در اندام های هوایی گردید. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که رقم ساجی وتیمار باکتری سودوموناس پوتیدا و قارچ گلوموس موسه به دلیل داشتن سطح ریشه قوی تر نسبت به تیمار شاهد توانست سطح بیشتری از ریزوسفر خاک را مورد استفاده قرار دهد (Naseri *et al*., 2017b) و با جذب عناصر غذایی و انتقال آن به اندام های هوایی سبب افزایش غلظت آن در دانه می گردد. در گزارش های سایر پژوهشگران نشان داده شد که طول و تعداد ریشه های در جذب آب و عناصر غذایی از اهمیت ویژه ای برخوردار است (Feiziasl *et al*., 2014). در این پژوهش رقم ساجی و تیمار باکتری و قارچ دارای بیشترین طول ریشه بودند. استفاده از باکتری سودوموناس به طور معنی داری باعث افزایش مقدار منگنز در قسمت های هوایی گندم در هر دو رقم گردید. باکتری سودوموناس با ترشح اسید های آلی سبب رهاسازی عناصر غذایی کم مصرف در خاک و دسترسی گیاه به عناصر غذایی از جمله منگنز افزایش پیدا می کند (Rudresh *et al*., 2005).



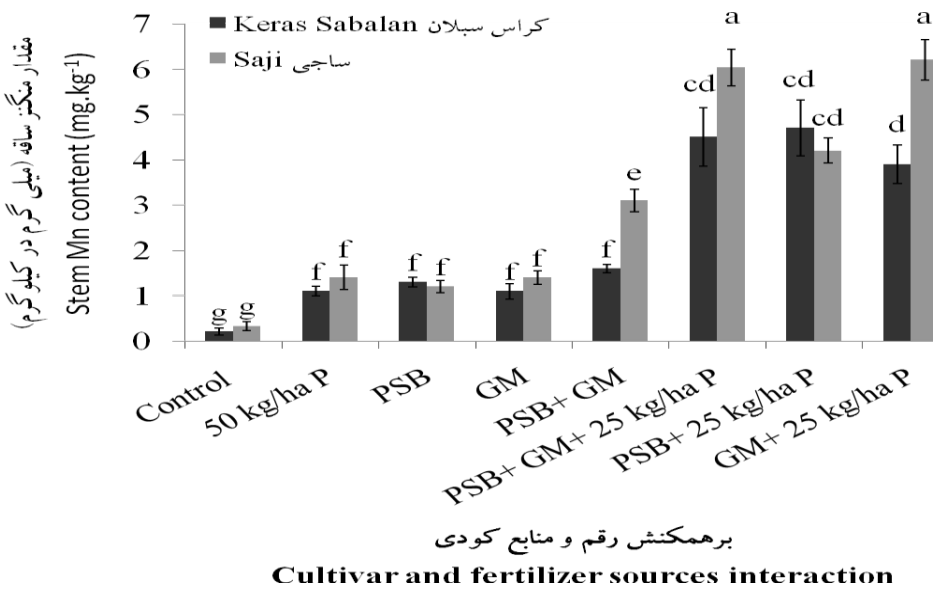
شکل ۵- اثر برهمکنش رقم×منابع کودی بر مقدار منگنز در مرحله پنجه‌زنی دو رقم گندم دیم

Fig 5. Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on shoot Mn content at tillering stage in two dryland



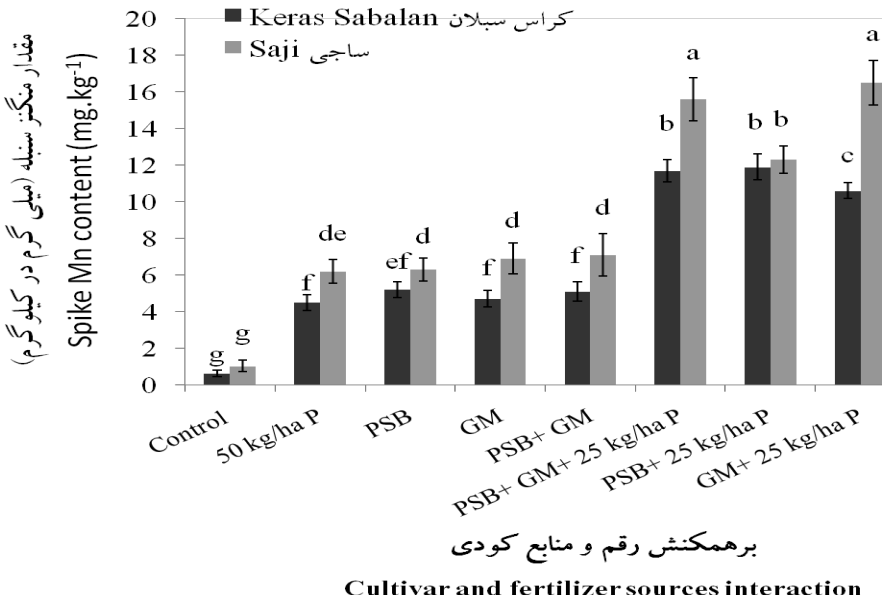
شکل ۶- اثر برهمکنش رقم×منابع کودی بر مقدار منگنز در برگ دو رقم گندم دیم

Fig 6. Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on leaf Mn content in two dryland wheat cultivars



شکل ۷- اثر برهمکنش رقم×منابع کودی بر مقدار منگنز در ساقه دو رقم گندم دیم

Fig 7. Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on stem Mn conten in two dryland wheat cultivars



شکل ۸- اثر برهمکنش رقم×منابع کودی بر مقدار منگنز در سنبله دو رقم گندم دیم

Fig 8. Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on spike Mn content in dryland wheat cultivars

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر ساده مکان بر مقدار منگنز در برگ دو رقم گندم دیم

Table 7. Mean comparison for simple effect of location on leaf Mn content in two dryland wheat cultivars

مکان Location	(میلی‌گرم بر کیلوگرم) ($mg.kg^{-1}$)
ایلام Ilam	32.2 (±1.7)[b]
سرابله Sarableh	37.7 (±1.5)[a]

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون LSD، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means within each column with a letter in common are not significantly different at α= 0.05 by LSD test.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر برهمکنش مکان×منابع کودی بر مقدار منگنز در مرحله پنجه‌زنی، ساقه و سنبله دو رقم گندم دیم

Table 8. Mean comparison for interaction effect of location× fertilizer sources on shoot Mn content at tillering, stem and spike stages in two dryland wheat cultivars

مکان Location	منابع کودی Fertilizer sources	ساقه Stem	سنبله Spike	پنجه‌زنی Tillering
		(میلی‌گرم بر کیلوگرم) ($mg.kg^{-1}$)		
ایلام Ilam	تیمار شاهد Control	0.13 (±0.086)[f]	0.57 (±0.29)[f]	13.8 (±1.2)[g]
	۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر 50 kg/ha P	0.97 (±0.23)[de]	4.4 (±0.85)[g]	28.2 (±2.1)[e]
	باکتری *سودوموناس پوتیدا* PSB	1.07 (±0.035)[de]	4.9 (±0.72)[g]	29.01 (±1.6)[e]
	قارچ *گلوموس موسه* GM	1.09 (±0.1)[de]	4.5 (±0.77)[g]	29.4 (±2.7)[e]
	باکتری *سودوموناس پوتیدا*+ قارچ *گلوموس موسه* PSB+GM	1.23 (±0.23)[d]	4.5 (±1.03)[g]	30.2 (±2.5)[e]
	باکتری *سودوموناس پوتیدا*+ قارچ *گلوموس موسه*+۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر PSB+GM+25 kg/ha P	3.9 (±0.83)[c]	11.5 (±1.1)[c]	51.1 (±4.5)[c]
	باکتری *سودوموناس پوتیدا*+۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر PSB+25 kg/ha P	3.7 (±0.38)[c]	10.4 (±0.15)[d]	49.2 (±2.4)[c]
	قارچ *گلوموس موسه*+۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر GM+25 kg/ha P	3.9 (±0.78)[c]	11.7 (±1.4)[c]	50.8 (±6.1)[c]
سرابله Sarableh	تیمار شاهد Control	0.4 (±0.012)[ef]	1.1 (±1.3)[h]	20.3 (±1.1)[f]
	۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر 50 kg/ha P	1.5 (±0.058)[d]	6.4 (±0.29)[f]	40.3 (±1.7)[d]
	باکتری *سودوموناس پوتیدا* PSB	1.47 (±0.11)[d]	6.6 (±0.38)[ef]	41.5 (±0.69)[d]
	قارچ *گلوموس موسه* GM	1.51 (±0.13)[d]	7. 1 (±0.33)[ef]	41.2 (±1.7)[d]
	باکتری *سودوموناس پوتیدا*+ قارچ *گلوموس موسه* PSB+GM	1.72 (±0.05)[d]	7.5 (±0.26)[e]	43.4 (±1.8)[d]
	باکتری *سودوموناس پوتیدا*+ قارچ *گلوموس موسه*+۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر PSB+GM+25 kg/ha P	6.7 (±0.39)[a]	15.8 (±0.92)[a]	63.9 (±2.8)[a]
	باکتری *سودوموناس پوتیدا*+۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر PSB+25 kg/ha P	5.3 (±0.29)[b]	13.8 (±0.4)[b]	57.6 (±2.7)[b]
	قارچ *گلوموس موسه*+۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر GM+25 kg/ha P	6.2 (±0.54)[a]	15.3 (±1.3)[a]	59.01 (±4.5)[b]

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون LSD، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means within each column with a letter in common are not significantly different at α= 0.05 by LSD test.

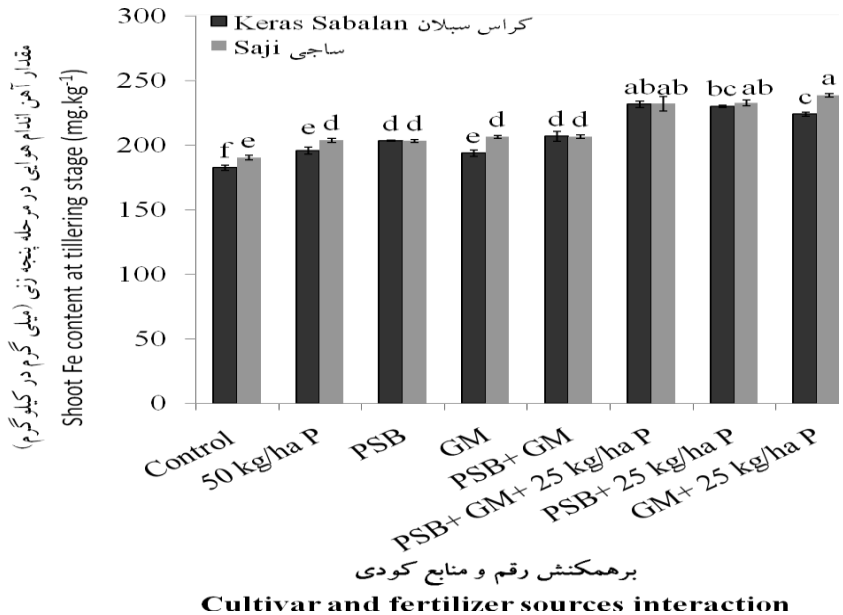
سونگ (Song, 2005) گزارش نمود تلقیح گیاه با قارچ میکوریزا موجب بهبود محیط ریزوسفر خاک و در نهایت سبب توسعه سیستم ریشه دهی گیاه و افزایش جذب آب و عناصر غذایی می گردد. در بررسی های انجام شده مشخص شد که قارچ میکوریزا با فراهم کردن بیشتر مقدار فسفر، منگنز و آهن در اندام هوایی موجب افزایش تعداد شاخ و برگ، وزن خشک برگ، سطح برگ و وزن خشک ساقه این گیاه شده است (Dolatabadi *et al*., 2012). بر اساس نتایج به دست آمده کاربرد کود فسفر تأثیر معنی داری بر افزایش جذب آهن، روی و منگنز توسط اندام های هوایی داشت، استفاده هم زمان فسفر و باکتری های حل کننده فسفات موجب افزایش عملکرد کل و جذب کل آهن و منگنز معنی دار گردید (Farahbakhsh *et al*., 2014).

مقدار آهن در مراحل مختلف رشدی با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب تحت تاثیر برهمکنش رقم×منابع کودی معنی دار گردید (جدول ۵).

بیشترین مقدار آهن در مرحله پنجه زنی از رقم ساجی و تحت کاربرد PSB+GM+25 kg/ ha P و کمترین آن از رقم کراس سبلان و در تیمار Control حاصل شد، که نسبت به تیمار Control موجب افزایش ۲۳/۵ درصدی در مقدار آهن در مرحله پنجه زنی گردید (شکل ۹). بیشترین مقدار آهن در برگ از رقم ساجی و تحت کاربرد GM+25 kg/ha P و کمترین آن از رقم کراس سبلان و در تیمار Control حاصل شد، که نسبت به تیمار Control موجب افزایش ۵۶/۴ درصدی در مقدار آهن در برگ گردید. (شکل ۱۰). بیشترین مقدار آهن در ساقه از رقم ساجی و تحت کاربرد GM+25 kg/ha P و کمترین آن از رقم کراس سبلان و در تیمار Control حاصل شد، که نسبت به تیمار Control موجب افزایش ۹۱/۳ درصدی در مقدار آهن در ساقه گردید (شکل ۱۱). بیشترین مقدار آهن در سنبله از رقم ساجی و تحت کاربرد GM+25 kg/ha P و کمترین آن از رقم کراس سبلان و در تیمار Control حاصل شد، که نسبت به تیمار Control موجب افزایش ۸۱/۳ درصدی در مقدار آهن در سنبله گردید (شکل ۱۲). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که رقم ساجی و تیمار باکتری سودوموناس پوتیدا و قارچ گلوموس موسه به دلیل داشتن حجم ریشه قوی تر نسبت به تیمار شاهد توانست سطح بیشتری از ریزوسفر خاک را مورد استفاده قرار دهد و با جذب عناصر غذایی و انتقال آن به اندام های هوایی سبب افزایش غلظت عناصر غذایی گردد (Naseri *et al*., 2017a). در گزارش های سایر پژوهشگران نشان داده شد که طول و تعداد ریشه های در جذب آب و عناصر غذایی از اهمیت ویژه ای برخوردار است (Feiziasl *et al*., 2014)، در این پژوهش رقم ساجی و قارچ گلوموس موسه دارای بیشترین طول ریشه بودند. بالا بودن طول ریشه در رقم ساجی نسبت به رقم کراس سبلان نشاندهنده تفاوت بین ارقام می باشد. اثر برهمکنش مکان×منابع کودی بر مقدار آهن در برگ و ساقه نیز معنی دار گردید (جدول۵). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بیشترین مقدار آهن در برگ و ساقه از منطقه سرابله و تیمار PSB+GM+25

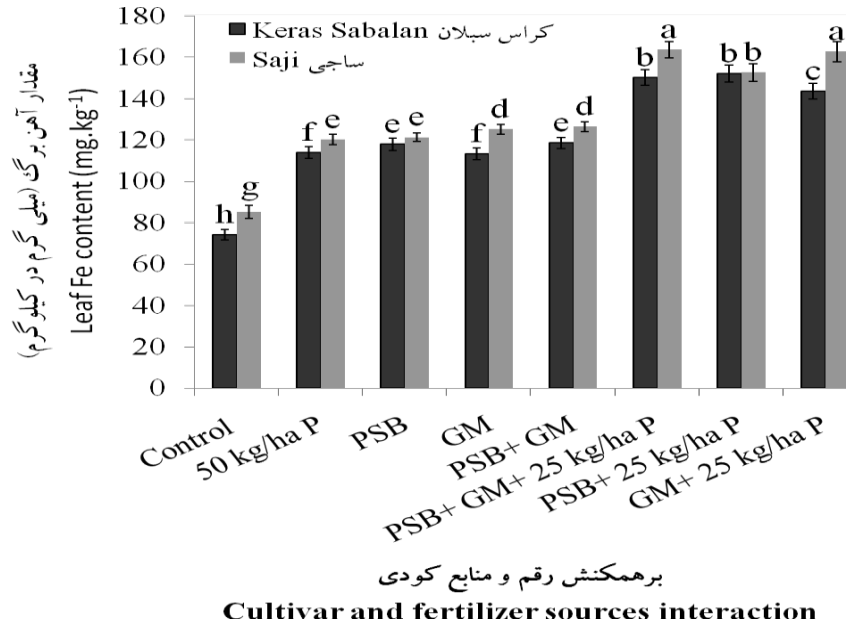
kg/ha P و کمترین مقدار آهن برگ و ساقه از منطقه ایلام و تیمار Controlحاصل گردید (جدول ۹). در منطقه سرابله به دلیل بافت خاک مناسب، ظرفیت تبادل کاتیونی به دلیل بافت رسی و سیستم ریشه گسترده در رقم ساحی شرایط بهتر جذب عناصر غذایی را برای گیاه در شرایط دیم فراهم آورده است. ویژگی های مهم ریشه گندم مانند طول و حجم ریشه از ویژگی های شناخته شده ای هستند که در جذب عناصر غذایی نقش مهمی دارد (Naseri *et al*., 2017b)، ازسویی دیگر جذب عناصر کم مصرف بخصوص آهن است مربوط به توانایی تولید سیدروفر گیاهان یا سیدروفرهای میکروبی باشد. سیدروفرها ترکیبات آلی با وزن مولکولی کم و با میل ترکیبی شدید و اختصاصی برای کمپلکس شدن با برخی کاتیون ها بخصوص آهن هستند تولید سیدروفر در باکتری های حل کننده فسفات مانند جنس سودوموناس به اثبات رسیده است(Young *et al*., 2013).

علی پور و سبحانی پور (Alipour & Sobhanipour, 2012) بیان کردند اضافه کردن باکتری سودوموناس باعث افزایش جذب آهن می شود. بهبود رشد گیاه در اثر تلقیح بذر با باکتری های افزاینده رشد می تواند ناشی از تأثیر میکروارگانیسم ها روی فعالیت های فیزیولوژیک، متابولیکی گیاه باشد. بخشی دیگر از این اثر افزایشی کودهای زیستی روی رشد گیاهان را نیز می توان به بهبود کارآیی گیاه در اثر ترشح هورمون هایی نظیر سیتوکینین و اکسین که جذب آب و مواد غذایی را تحریک می کنند نسبت داد (EL-Zeiny, 2007).



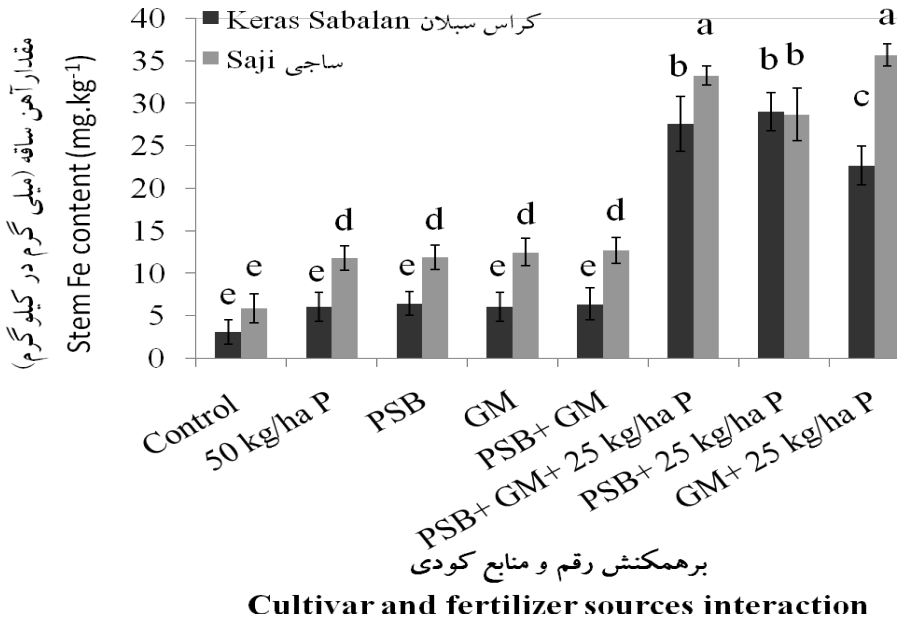
شکل ۹- اثر برهمکنش رقم×منابع کودی بر مقدار آهن در مرحله پنجه‌زنی دو رقم گندم دیم

Fig 9. Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on shoot Fe content at tillering stage in two dryland wheat cultivars



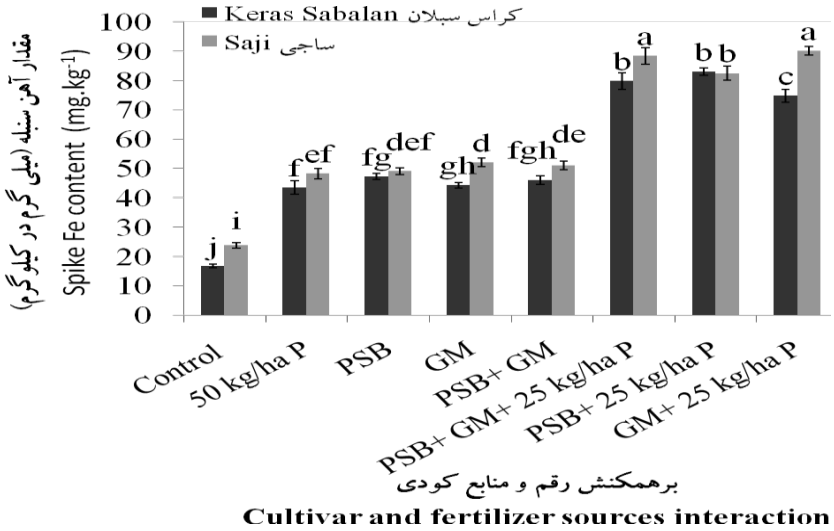
شکل ۱۰- اثر برهمکنش رقم×منابع کودی بر مقدار آهن در برگ دو رقم گندم دیم

Fig 10. Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on leaf Fe content in two dryland wheat cultivars



شکل ۱۱- اثر برهمکنش رقم×منابع کودی بر بر مقدار آهن در ساقه دو رقم گندم دیم

Fig 11. Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on stem Fe content in two dryland wheat cultivars



شکل ۱۲- اثر برهمکنش رقم×منابع کودی بر بر مقدار آهن در سنبله دو رقم گندم دیم

Fig 12. Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on spike Fe content in two dryland wheat cultivars

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر برهمکنش مکان×منابع کودی بر مقدار آهن در برگ و ساقه دو رقم گندم دیم

Table 9. Mean comparison for interaction effect of location× fertilizer sources on Fe contents in leaf and stem in two dryland wheat cultivars

مکان Location	منابع کودی Fertilizer sources	برگ Leaf	ساقه Stem
		(میلی‌گرم بر کیلوگرم) (mg.kg^{-1})	
ایلام Ilam	تیمار شاهد Control	73.5 (±2.7)^{k}	4.2 (±1.03)^{h}
	۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر 50 kg/ha P	110.6 (±1.7)^{i}	9.7 (±1.7)^{e}
	باکتری *سودوموناس پوتیدا* PSB	112.9 (±2.3)^{h}	10.05 (±1.4)^{e}
	قارچ *گلوموس موسه* GM	114.3 (±2.4)^{h}	10.02 (±1.7)^{e}
	باکتری *سودوموناس پوتیدا* + قارچ *گلوموس موسه* PSB+GM	117.2 (±1.5)^{g}	10.2 (±1.9)^{e}
	باکتری *سودوموناس پوتیدا* + قارچ *گلوموس موسه*+۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر PSB+GM+25 kg/ha P	148.9 (±3.2)^{c}	27.2 (±3.2)^{b}
	باکتری *سودوموناس پوتیدا*+۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر PSB+25 kg/ha P	143.9 (±1.2)^{d}	26.02 (±2.2)^{c}
	قارچ *گلوموس موسه*+۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر GM+25 kg/ha P	144.1 (±4.6)^{d}	26.1 (±3.9)^{c}
سرابله Sarableh	تیمار شاهد Control	87.7 (±2.4)^{j}	4.8 (±0.65)^{h}
	۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر 50 kg/ha P	123.2 (±2.2)^{f}	8.2 (±1.4)^{g}
	باکتری *سودوموناس پوتیدا* PSB	126.1 (±1.9)^{e}	8.4 (±1.4)^{fg}
	قارچ *گلوموس موسه* GM	123.9 (±3.5)^{f}	8.6 (±1.6)^{fg}
	باکتری *سودوموناس پوتیدا* + قارچ *گلوموس موسه* PSB+GM	127.6 (±2.2)^{e}	9.01 (±1.5)^{f}
	باکتری *سودوموناس پوتیدا* + قارچ *گلوموس موسه*+۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر PSB+GM+25 kg/ha P	164.6 (±3.6)^{a}	33.7 (±3.2)^{a}
	باکتری *سودوموناس پوتیدا*+۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر PSB+25 kg/ha P	160.5 (±2.3)^{b}	31.7 (±3.1)^{a}
	قارچ *گلوموس موسه*+۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر GM+25 kg/ha P	162.1 (±4.4)^{b}	32.3 (±3.9)^{a}

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون LSD، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means within each column with a letter in common are not significantly different at α= 0.05 by LSD test.

مقدار منیزیم در مراحل مختلف رشدی با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب تحت تاثیر برهمکنش رقم×منابع کودی معنی دار گردید (جدول ۵). بیشترین مقدار منیزیم در مرحله پنجه زنی از رقم ساجی و تحت کاربرد PSB+GM+25 kg/ha P و کمترین آن از رقم کراس سبلان و در تیمار Controlحاصل شد، که نسبت به تیمار Control موجب افزایش ۴۰ درصدی در مقدار منیزیم در مرحله پنجه زنی گردید (شکل ۱۳). بیشترین مقدار منیزیم در ساقه از رقم ساجی و تحت کاربرد GM+25 kg/ha P و کمترین آن از رقم کراس سبلان و در تیمار Control حاصل شد، که نسبت به تیمار Control موجب افزایش ۵۷/۶ درصدی در مقدار منیزیم در ساقه گردید (شکل ۱۴). در این پژوهش نشان داده شد که مقدار منیزیم در برگ و سنبله تحت تاثیر عوامل اصلی رقم و منابع کودی معنی دار گردید (جدول ۵). در این پژوهش رقم ساجی دارای بیشترین مقدار منیزیم در برگ و سنبله بود (جدول۱۰). در تیمار منابع کودی نیز بیشترین مقدار منیزیم در برگ و سنبله در تیمار GM+25 kg/ha P نسبت به تیمار Control مشاهده شد (جدول ۱۰). در این پژوهش در هر دو رقم دیم مورد استفاده در این پژوهش به دلیل دارا بودن سیستم گسترده ریشه بیشتر نسبت به تیمار شاهد گیاه از سطح ریشه بیشتری از خاک جهت جذب عناصر غذایی بهره خواهد جست و مقدار عناصر غذایی بیشتری را به سمت اندام های هوایی خود منتقل می کند (Naseri *et al*., 2017b). در رقم ساجی و کراس سبلان و تیمار استفاده از باکتری سودوموناس پوتیدا نیز موجب جذب بالاتر عناصر غذایی گردید، نشان می دهد باکتری سودوموناس ازطریق اسیدی کردن محیط اطراف ریشه موجب جذب مقدار منیزیم می گردد، یافته های این پژوهش با گزارش های وینال و همکاران (Vinale *et al*., 2008) مطابقت دارد، آن ها اظهار داشتند که باکتری سودوموناس مقدار منیزیم را افزایش می دهد. در توجیه علت آن می توان اظهار داشت که باکتری ها و قارچ ها با اسیدی کردن محیط اطراف ریشه باعث حل شدن فسفات، کاتیون های کم مصرف شامل منیزیم می گردند و بنابراین از طریق انحلال این مواد معدنی، باعث افزایش مقدار این عناصر در دانه می گردند.. اثر برهمکنش مکان×رقم بر مقدار منیزیم در ساقه نیز معنی دار شد (جدول ۵). بر اساس جدول مقایسه میانگین اثر برهمکنش مکان×رقم بیشترین مقدار منیزیم در ساقه از منطقه سرابله در رقم ساجی حاصل گردید (جدول۶). اثر برهمکنش مکان×منابع کودی بر مقدار منیزیم در برگ، ساقه، سنبله و پنجه زنی نیز معنی دار گردید. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بیشترین مقدار منیزیم در برگ، ساقه، سنبله و پنجه زنی از منطقه سرابله و تیمار PSB+GM+25 kg/ha P و کمترین مقدار منیزیم در برگ، ساقه، سنبله و پنجه زنی از منطقه ایلام و تیمار Control حاصل گردید (جدول۱۱). در منطقه سرابله به دلیل بافت خاک مناسب، میزان رطوبت خاک و ظرفیت تبادل کاتیونی به دلیل بافت رسی و سیستم ریشه گسترده شرایط بهتر جذب عناصر غذایی را برای گیاه فراهم آورده است. همچنین در منطقه سرابله به دلیل ویژگی های مهم ریشه

گندم از جمله طول ریشه در واحد حجم خاک و حجم ریشه از ویژگی های شناخته شده ای هستند که در جذب عناصر غذایی نقش مهمی دارد نسبت به منطقه ایلام برتری نشان داد (Naseri *et al*., 2017b)، که این خصوصیات ریشه ای در منطقه سرابله و هچنین تیمار باکتری سودوموناس پوتیدا و قارچ گلوموس موسه موجب افزایش جذب عناصر غذایی و در اندام های هوایی و دانه گردید. باکتری سودوموناس با افزایش انشعابات ریشه و تارهای کشنده می توانند باعث افزایش جذب عناصر غذایی شوند، همچنین اسیدهای آلی تولید شده توسط این باکتری ها می توانند از طریق تشکیل کمپلکس های محلول با یون های فلزی باعث افزایش جذب این عناصر غذایی گردند (Nikmehr & Akhgar, 2015).

خسروجردی و همکاران (Khosrojerdi *et al*., 2013) در پژوهش های خود نشان دادند که که قارچ میکوریزا با جذب عناصر غذایی از طریق گسترش سیستم ریشه ای گیاه و کاوش خاک به وسیله هیف های خارجی در ریشه های مویی و کاهش منیزیم آن ناحیه به جذب آن کمک می کند. استفاده از باکتری سودمومونا‌س به طور معنی داری باعث افزایش مقدار منیزیم در قسمت های هوایی گندم در هر دو رقم گردید. این باکتری ها با ترشح اسید های آلی و

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثر ساده رقم و منابع کودی بر مقدار منیزیم در برگ و سنبله رقم گندم دیم

Table 10. Mean comparison of simple effect of cultivar and fertilizer sources on Mg contents in leaf and spike
in two dryland wheat cultivars

	برگ Leaf	سنبله Spike
رقم Cultivar	(درصد) (%)	
کراس‌سبلان Keras Sabalan	0.25 (±0.015)[a]	0.23 (±0.014)[b]
ساجی Saji	0.23 (±0.014)[b]	0.24 (±0.014)[a]
منابع کودی fertilizer sources		
تیمار شاهد Control	0.14 (±0.015)[d]	0.13 (±0.015)[d]
۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر 50 kg/ha P	0.22 (±0.03)[c]	0.21 (±0.026)[c]
باکتری *سودوموناس پوتیدا* PSB	0.25 (±0.031)[b]	0.25 (±0.027)[b]
قارچ *گلوموس موسه* GM	0.25 (±0.03)[b]	0.25 (±0.028)[b]
باکتری *سودوموناس پوتیدا*+ قارچ *گلوموس موسه* PSB+GM	0.25 (±0.03)[b]	0.25 (±0.027)[b]
باکتری *سودوموناس پوتیدا*+ قارچ *گلوموس موسه*+۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر PSB+GM+25 kg/ha P	0.28 (±0.028)[a]	0.28 (±0.027)[a]
باکتری *سودوموناس پوتیدا*+۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر PSB+25 kg/ha P	0.28 (±0.029)[a]	0.28 (±0.027)[a]
قارچ *گلوموس موسه*+۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر GM+25 kg/ha P	0.28 (±0.029)[a]	0.27 (±0.028)[a]

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون LSD، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means within each column with a letter in common are not significantly different at α= 0.05 by LSD test.

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثر برهمکنش مکان×منابع کودی بر مقدار منیزیم در مرحله پنجه‌زنی، برگ، ساقه و سنبله دو رقم گندم دیم

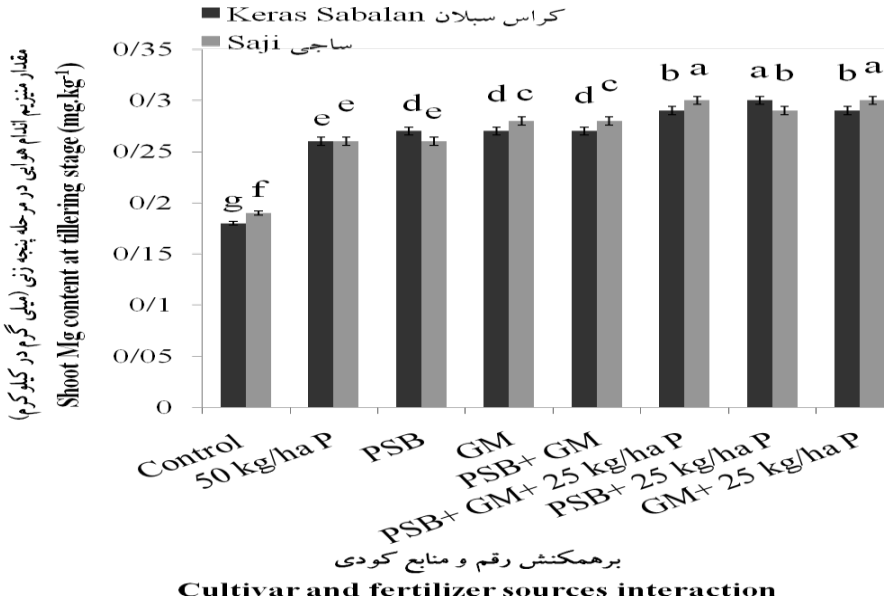
Table 11. Mean comparison of interaction effect of location× fertilizer sources on shoot Fe content at tillering, leaf, stem and spike stages in two dryland wheat cultivars

مکان	منابع کودی	برگ Leaf	ساقه Stem	سنبله Spike	پنجه‌زنی Tillering
Location	Fertilizer sources	(%)درصد			
ایلام Ilam	تیمار شاهد Control	0.1 (±0.0049)^{g}	0.12 (±0.0042)^{f}	0.08 (±0.0042)^{g}	0.13 (±0.006)^{j}
	۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر 50 kg/ha P	0.12 (±0.0046)^{f}	0.15 (±0.0071)^{e}	0.13 (±0.022)^{f}	0.16 (±0.0057)^{i}
	باکتری *سودوموناس پوتیدا* PSB	0.15 (±0.0074)^{e}	0.16 (±0.0064)^{e}	0.16 (±0.022)^{e}	0.16 (±0.0051)^{i}
	قارچ *گلوموس موسه* GM	0.15 (±0.0078)^{e}	0.16 (±0.0099)^{e}	0.16 (±0.022)^{e}	0.17 (±0.006)^{h}
	باکتری *سودوموناس پوتیدا* + قارچ *گلوموس موسه* PSB+GM	0.15 (±0.0046)^{e}	0.16 (±0.0054)^{e}	0.17 (±0.021)^{de}	0.16 (±0.0059)^{h}
	باکتری *سودوموناس پوتیدا* + قارچ *گلوموس موسه* +۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر PSB+GM+25 kg/ha P	0.19 (±0.013)^{d}	0.19 (±0.010)^{d}	0.19 (±0.021)^{d}	0.19 (±0.0052)^{g}
	باکتری *سودوموناس پوتیدا* +۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر PSB+25 kg/ha P	0.19 (±0.0073)^{d}	0.19 (±0.0097)^{d}	0.19 (±0.021)^{d}	0.19 (±0.0047)^{g}
	قارچ *گلوموس موسه* +۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر GM+25 kg/ha P	0.18 (±0.10)^{d}	0.19 (±0.10)^{d}	0.19 (±0.021)^{d}	0.19 (±0.0052)^{g}
سرابله Sarableh	تیمار شاهد Control	0.19 (±0.018)^{d}	0.22 (±0.004)^{c}	0.18 (±0.0045)^{de}	0.24 (±0.0059)^{f}
	۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر 50 kg/ha P	0.32 (±0.0045)^{c}	0.35 (±0.007)^{b}	0.29 (±0.018)^{c}	0.36 (±0.0048)^{e}
	باکتری *سودوموناس پوتیدا* PSB	0.35 (±0.0047)^{b}	0.36 (±0.010)^{b}	0.33 (±0.041)^{b}	0.37 (±0.0072)^{d}
	قارچ *گلوموس موسه* GM	0.35 (±0.0077)^{b}	0.36 (±0.009)^{b}	0.34 (±0.0079)^{ab}	0.37 (±0.0061)^{d}
	باکتری *سودوموناس پوتیدا* + قارچ *گلوموس موسه* PSB+GM	0.35 (±0.0045)^{b}	0.36 (±0.007)^{b}	0.33 (±0.005)^{b}	0.38 (±0.006)^{c}
	باکتری *سودوموناس پوتیدا* + قارچ *گلوموس موسه* +۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر PSB+GM+25 kg/ha P	0.38 (±0.0039)^{a}	0.39 (±0.007)^{a}	0.36 (±0.0049)^{a}	0.40 (±0.0049)^{a}
	باکتری *سودوموناس پوتیدا* +۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر PSB+25 kg/ha P	0.38 (±0.0038)^{a}	0.39 (±0.007)^{a}	0.36 (±0.0046)^{a}	0.43 (±0.0043)^{b}
	قارچ *گلوموس موسه* +۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر GM+25 kg/ha P	0.38 (±0.012)^{a}	0.39 (±0.009)^{a}	0.36 (±0.007)^{a}	0.46 (±0.0054)^{a}

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون LSD، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

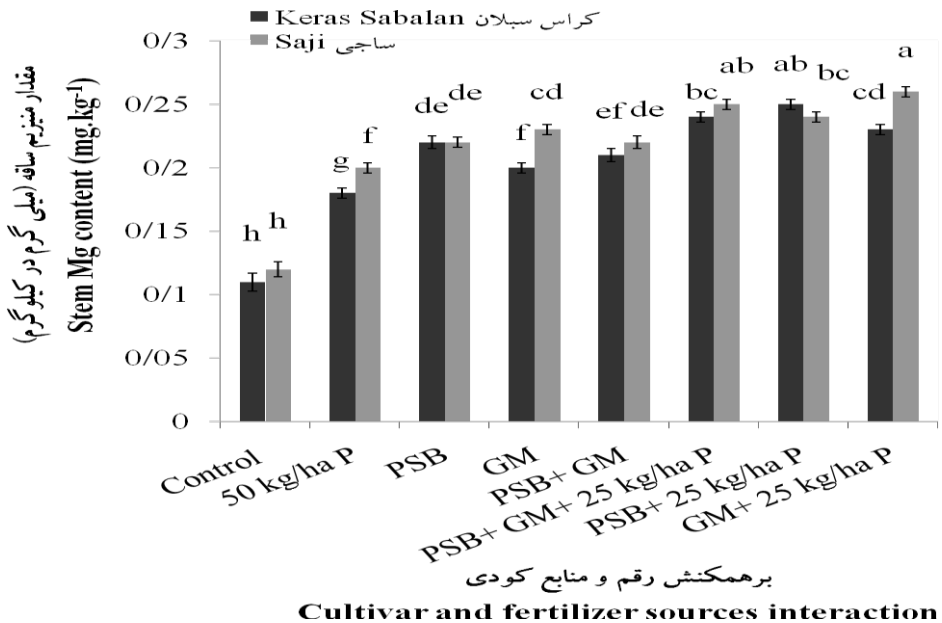
Means within each column with a letter in common are not significantly different at α= 0.05 by LSD test.

فسفاتاز سبب رها سازی و موجب در اختیار قرار دادن عناصر غذایی در خاک و دسترسی گیاه به عناصر غذایی از جمله منیزیم را فراهم می سازد (Jutur & Reddy, 2007). در سایر گزارش ها نیز عنوان شده است قارچ میکوریزا موجب افزایش مقدار منیزیم توسط قارچ میکوریزا می گردد (Asrar & Elhindi, 2011).



شکل ۱۳- اثر برهمکنش رقم×منابع کودی بر مقدار منیزیم در مرحله پنجه‌زنی دو رقم گندم دیم

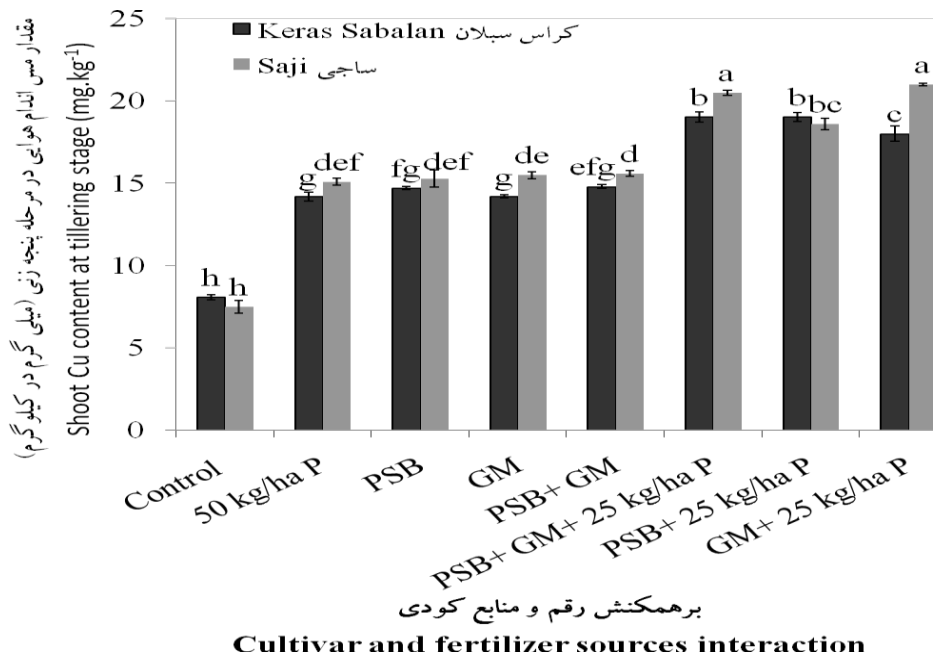
Fig 13. Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on shoot Mg content at tillering stage leaf in two dryland wheat cultivars



شکل ۱۴- اثر برهمکنش رقم×منابع کودی بر مقدار منیزیم در ساقه دو رقم گندم دیم

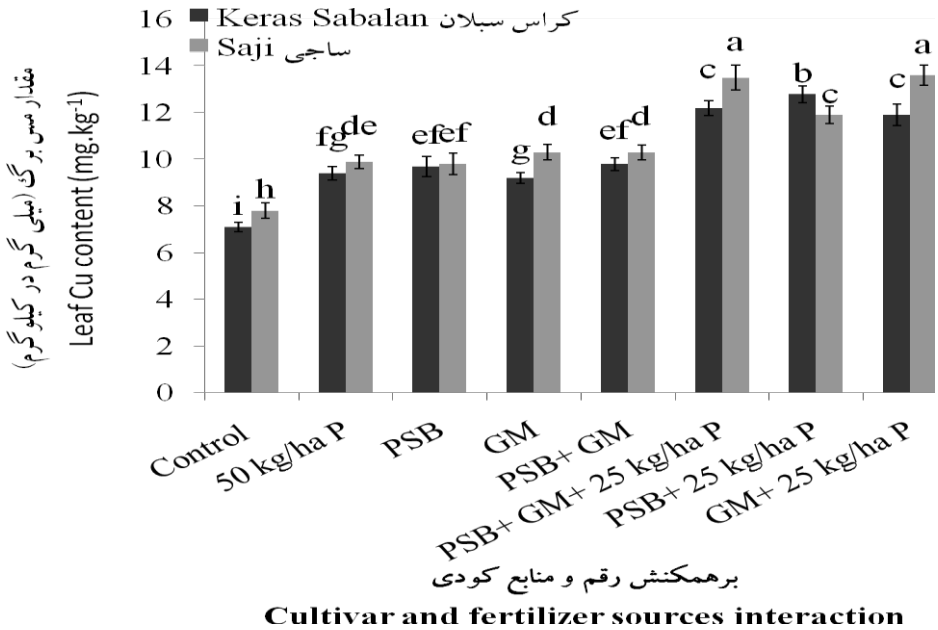
Fig 14. Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on stem Mg content in two dryland wheat cultivars

مقدار مس در مراحل مختلف رشدی با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب تحت تاثیر برهمکنش رقم×منابع کودی معنی دار گردید (جدول۵). بیشترین مقدار مس در مرحله پنجه زنی از رقم ساجی و تحت کاربرد PSB+GM+25 kg/ha P و کمترین آن از رقم کراس سبلان و در تیمار Control حاصل شد، که نسبت به تیمار Control موجب افزایش ۶۴/۳ درصدی در مقدار مس در مرحله پنجه زنی گردید (شکل ۱۵). بیشترین مقدار مس در برگ از رقم ساجی و تحت کاربرد GM+25 kg/ha P و کمترین آن از رقم کراس سبلان و در تیمار Control حاصل شد، که نسبت به تیمار Control موجب افزایش ۴۷/۷ درصدی در مقدار مس در برگ گردید (شکل ۱۶). بیشترین مقدار مس در ساقه از رقم ساجی و تحت کاربرد GM+25 kg/ha P و کمترین آن از رقم کراس سبلان و در تیمار Control حاصل شد، که نسبت به تیمار Control موجب افزایش ۶۰/۹ درصدی در مقدار مس در ساقه گردید (شکل ۱۷). بیشترین مقدار مس در سنبله از رقم ساجی و تحت کاربرد GM+25 kg/ha P و کمترین آن از رقم کراس سبلان و در تیمار Control حاصل شد، که نسبت به تیمار Control موجب افزایش ۷۸/۵ درصدی در مقدار مس در سنبله گردید (شکل ۱۸). قارچ میکوریزا با جذب عناصر غذایی از طریق گسترش سیستم ریشه ای گیاه و کاوش خاک به وسیله هیف های خارجی در ریشه های مویی و کاهش مس آن ناحیه به جذب آن کمک می کند (Khosrojerdi *et al*., 2013).



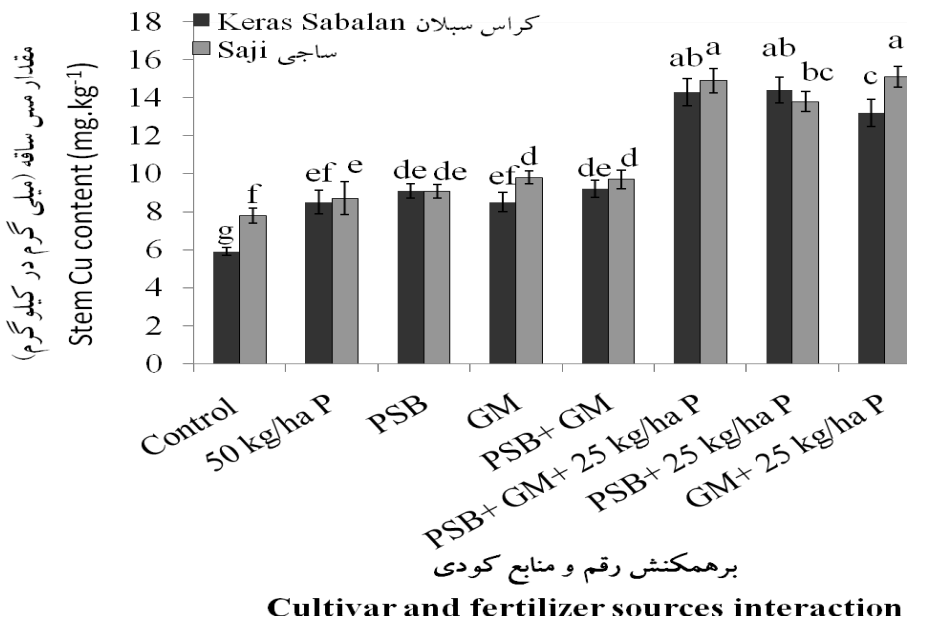
شکل ۱۵- اثر برهمکنش رقم×منابع کودی بر مقدار مس در مرحله پنجه‌زنی دو رقم گندم دیم

Fig 15. Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on shoot Cu content at tillering stage in two dryland wheat cultivars



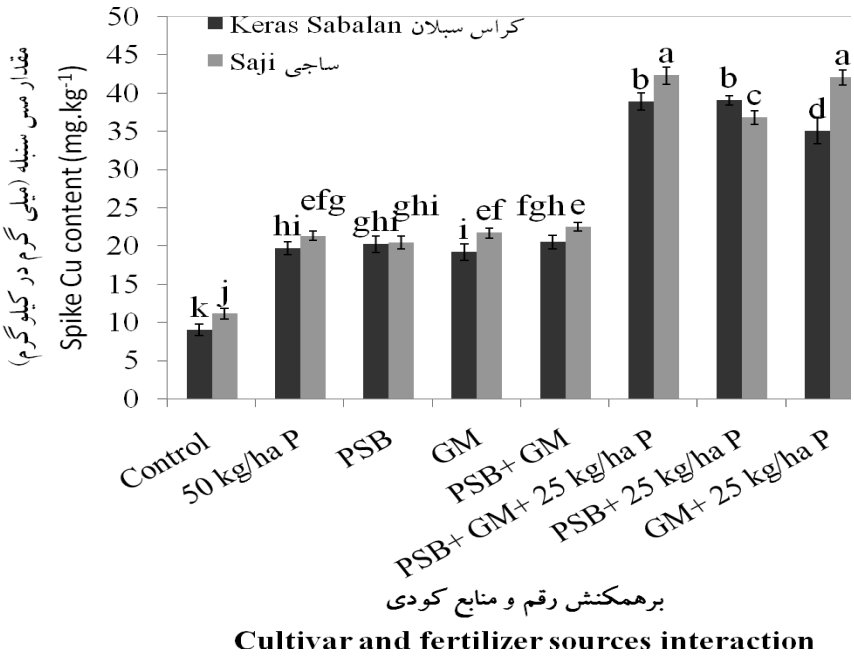
شکل ۱۶- اثر برهمکنش رقم×منابع کودی بر مقدار مس در برگ دو رقم گندم دیم

Fig 16. Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on leaf Cu content in two dryland wheat cultivars



شکل ۱۷- اثر برهمکنش رقم×منابع کودی بر مقدار مس در ساقه دو رقم گندم دیم

Fig 17. Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on stem Cu content in two dryland wheat cultivars



شکل ۱۸- اثر برهمکنش رقم×منابع کودی بر مقدار مس در سنبله دو رقم گندم دیم

Fig 18. Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on spike Cu content in two dryland wheat cultivars

در شرایط دیم قارچ میکوریزا در تشکیل و ثبات خاکدانه های خاک نقش مهمی را داشته و در نتیجه هدایت هیدرولیتیکی خاک بهبود یافته و باعث توسعه سیستم ریشه ای و بهبود جذب آب و عناصر غذایی شده است (Sajedi & Rejali, 2011). آیگو و همکاران (Augé *et al*., 2001) گزارش نمودند که در گیاهان میکوریزایی غلظت آهن، روی و مس افزایش نشان داد. نتایج این تحقیق با نتایج هامل و اسمیت (Hamel & Smith, 1991) که اظهار نمودند قارچ های میکوریزا غلظت عناصر غذایی را افزایش می دهد و باعث بهبود وضعیت غذایی گیاه میزبان می شود، مطابقت دارد. ساهنی و همکاران (Sahni *et al*., 2008) بیان کردند که باکتری ها حل کننده فسفات با اسیدی کردن محیط اطراف ریشه، باعث حل شدن فسفات و کاتیون مس و در نتیجه افزایش مقدار دسترسی به این عناصر و افزایش جذب آن ها توسط گیاه نخود زراعی گردید. قارچ میکوریزا از طریق ایجاد شبکه گسترده هیف خود در داخل خاک و در محیط ریزوسفر سبب جذب مس و انتقال این عنصر به گیاه میزبان خواهد شد (Asrar & Elhindi,. 2011).

نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده مشاهده گردید استفاده از باکتری های حل کننده فسفات و قارچ میکوریزا اثر مثبت و معنی داری بر گیاه گندم دیم گذاشت، به طوری که سبب بهبود مقدار عناصر غذایی برگ و نهایت افزایش عملکرد دانه گردید. معمولاً گندم در مناطقی کشت می شود که رطوبت خاک محدودکننده و با خشکی انتهای فصل همراه است. زمین های این مناطق معمولاً از لحاظ خصوصیات عناصر غذایی فقیر هستند. در چنین مناطقی سیستم ریشه ای

مناسب برای جذب حداکثر آب محدود موجود در خاک می تواند در ثبات عملکرد و افزایش عناصر غذایی موجود در اندام های هوایی مؤثرباشد، بنابراین باکتری سودوموناس پوتیدا و قارچ گلوموس موسه با ایجاد سیستم ریشه ای قوی ضمن افزایش دسترسی گیاه به رطوبت موجب افزایش مقدار عناصر عذایی کم مصرف مثل روی، منگنز، آهن و مس گردید. در این پژوهش مشاهده شد که رقم ساجی در تیمار رقم ساجی× GM+25 kg/ha P موجب افزایش مقدار عناصر غذایی روی، منگنز، منزیم، آهن و مس موجود در مرحله پنجه زنی، برگ، ساقه و سنبله گندم دیم گردید.

Refrences

Alipour, Z.T., and Sobhanipour, A. 2012. The Effect of *thiobacillus* and *pseudomonas fluorescent* inoculation on maize growth and Fe uptake. *Annals of Biological Research*, *3 (3)*: 1661-1666.

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

Augé, R.M., Stodola, A.J.W., and Tims, J.E. 2001. Moisture retention properties of a mycorrhizal soil**.** *Plant and Soil*, *230*: 87–97.

Chen, Y.P., Rekha, P.D, Arunshen, A.B, Lai, W.A., and Young, C.C. .2006 Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. *Applied Soil Ecology*, *34*: 33-41.

Dolatabadi, H., Mohammadi Goltapeh, E., Moieni, A., and Varma, A. 2012. Evaluation of different densities of auxin and endophytic fungi (*Piriformospora indica* and *Sebacina vermifera*) on *Mentha piperita* and *Thymus vulgaris* growth. *Journal of Biotechnology*, *11 (7)*: 1644-1650.

Emami, A. 1996. Plant analysis methods. *Tehran Press*, 231 Pp (In Persian).

Esmaielpour, B., and 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 with English Summary).

EL-Zeiny, O.A.H. 2007. Effect of biofertilizers and root exudates of two weed as a source of natural growth regulators on growth and productivity of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Biological Science*, *3*: 440-446.

Farahbakhsh, A.R., Ziaeyan, A.H., Besharati, H., and Joukar, L., 2014. Phosphate solubilizing bacteria roles on the mineral nutrition uptake and yield of sorghum. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, *4 (2)*, 239-253 (In Persian with English Summary).

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 with English Summary).

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

Hamel, C.A., and Smith, D.L. 1991. Interspecific N-transfer and plant development in mycorrhiza field- grown moisture. *Soil Biology and Biochemistry*, *23*: 661-665.

Jahandideh Mahjen Abadi., V., and Sepehri, M. 2014. Effect of piriformospora indica fungus inoculation on uptake and transportation of some nutrients in two wheat cultivars. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, *4 (2)*: 155-173 (In Persian with English Summary).

Jiriaie, M., Fateh, E., and Aynehband, A. 2014. The consequences of single and integrated application of Mycorrhiza and *Azospirillum* inoculants on yield and yield components of warm region wheat cultivars (*Triticum* spp.). *Journal of Agroecology*, *16 (3)*: 520-528 (In Persian with English Summary).

Jutur, P.P., and 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, Sh., Gholipor, M., and 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 with English Summary).

King, J., Gay A., Sylvester-Bradley, R., Bingham, I., Foulkes, J., Gregory, P., and Robinson, D. 2003. Modeling cereal root systems for water and nitrogen capture: Towards an economic optimum. *Annals of Botany*, *91*: 383–390.

Naseri, R., Barary, M., Zarea, M.J., Khavazi, K., and Tahmasebi, Z. 2017a. 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 with English Summary).

Naseri, R., Barary, M., Zarea, M.J., Khavazi, and K., Tahmasebi, Z. 2017b. 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 with English Summary).

Nikmehr, S., and Akhgar, A. 2015. Effect of combined application of phosphate solubilizing bacteria and posphrous fertilizer on growth and yield of sesame. *Journal of Water and Soil*, *29*: 991-1003 (In Persian with English Summary).

Rudresh, D.L., Shivaprakash, M.K., and 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., and Singh, K.P. 2008. Vermicompost enhances performance of plant growth promoting rhizobacteria in *Cicer arietinum* rhizosphere against *Sclerotium rolfsii*. *Crop Protection*, *27*: 369-376.

Sajedi N., and Rejali F. 2011. Effect of drought stress, Zinc application and mycorrhiza inoculation on uptake micro nutrients in maize. *Iranian Journal of Soil Research*, *25 (2)*: 83-92 (In Persian with English Summary).

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.

Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E.L., Wooand, S.L., and Lorito, M. 2008. *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry*, *40*: 1-10.

Young, L.S., Hameed, A., Peng, S.Y., Shan, Y.H., and Wu S.P. 2013. Endophytic establishment of the soil isolate *Burkholderia* sp. CC-Al74 enhances growth and P-utilization rate in maize (*Zea mays* L.). *Applied Soil Ecology*, *66*: 40-47.

Effect of phosphate solubilizing bacteria and mycorrhizal fungi on shoot accumulation of micronutrient elements in Keras Sabalan and Saji wheat cultivars under dryland conditions

R. Naseri[1*], M. Barary[2], M.J. Zare[3], K. Khavazi[4], Z. Tahmasebi[5]

1. Assistant Professor of Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran. (Corresponding author)
2. Assistant Professor of Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
3. Associate Professor of Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
4. Professor of Water and Soil Research Institute, Karaj, Iran
5. Assistant Professor of Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

Received: December 2017 - Accepted: June 2019 - DOI: 10.22092/aj.2019.116898.1233

Extended Abstract

Naseri, R., Barary, M., Zare, M.J., Khavazi, K., Tahmasebi, Z., Effect of phosphate solubilizing bacteria and mycorrhizal fungi on shoot accumulation of micronutrient elements in Keras Sabalan and Saji wheat cultivars under dryland conditions
Applied Research in Field Crops Vol 32, No. 01, 2019- Page: 10-12: 50-80(in Persian)

Introduction: Microorganisms are common inhabitants of the rhizosphere in the soil. The function of microorganisms such as phosphate-solubilizing bacteria (PSB) in agriculture has been well known, including enhancements in growth and crops yield (Young *et al.*, 2013). The ability of PSB to convert insoluble forms of phosphorus to an accessible form is an important trait in plant growth-promoting bacteria for increasing crops yield. The use of PSB as inoculants increases the P uptake by plants (Chen *et al.*, 2006). Mycorrhizal fungal (MF) symbiosis is widely believed to protect host plants from detrimental effects of drought. Possible mechanisms for improving drought resistance of the mycorrhizal plants could be due to an increase in root hydraulic, enhanced water uptake at different soil moisture levels as a result of extraradical hyphae, osmotic adjustment which promotes turgor maintenance even at low tissue water potential, proline and carbohydrate accumulation, and increased nutritional status in mycorrhizal plants. The intra-radical mycelium of these soil fungi proliferates in root cortex of the host plant. Extraradical AM hyphae spread in the soil around the root and make available a

Email address of the corresponding author: rahim.naseri@gmail.com

surface area by which the AM fungus absorbs nutritional elements such as P, N, Zn, Cu and transports and transfers them to the host plant (Asrar & Elhindi, 2011). The objective of the present study was to investigate effect of PSB and MF on shoot accumulation of micronutrient elements in wheat under dryland conditions.

Materials and Methods: The experiment was carried out in a factorial arrangement using randomized complete block design with three replications at agricultural research station of Ilam university and Sarableh agricultural and research, resources center during 2013-2014 cropping season. The experimental factors consisted of two dryland wheat cultivars (Keras Sablan and Saji) and fertilizer sources treatment including; 1- without application of phosphorous chemical fertilizer, 2- use of 50 kg/ha phosphorous chemical fertilizer, 3- *pseudomonas putida* (PSB), 4- *Glomus mosseae* (GM), 5-PSB+GM, 6-PSB+GM+25 kg/ha phosphorous chemical fertilizer, 7- PSB+ 25 kg/ha phosphorous chemical fertilizer and 8- GM+25 kg/ha phosphorous chemical fertilizer. The data were subjected to statistical analysis using SAS program and the means were compared by LSD test.

Results and Discussion: Results indicated that the interaction between cultivar× fertilizer sources had a significant effect on accumulation of micronutrient elements in shoots of dryland wheat cultivars. In the two wheat cultivars grown under dryland conditions, the application of PSB and GM resulted in increased concentrations of Zn, Mn, Fe and Mg, at tillering, leaf, stem and spike stages , so that the highest Zn content at tillering (13.9 mg/kg), leaf (11 mg/kg), stem (15.6 mg/kg) and spike (24.09 mg/kg) stages, Mn at tillering (238.5 mg/kg), leaf (56.1 mg/kg), stem (6.2 mg/kg) and spike (16.5 mg/kg) stages, Fe at tillering (2.5 mg/kg), leaf (163.5 mg/kg), stem (35.7 mg/kg) and spike (90.2 mg/kg) stages and Mg at tillering (0.3%) and leaf (0.26%) stages were obtained from Saji cultivar×GM+25 kg/ha phosphorous chemical fertilizer. The lowest accumulation of nutrient trace elements in shoots was observed in Keras Sabalan cultivar under control treatment. Therefore, the results indicated that PSB and GM had a positive effect on micronutrients accumulation in wheat cultivars under dryland conditions. There was significant difference between the cultivars in their response to the application of phosphate solubilizing bacteria and mycorrhizal fungi, so that Saji cultivar gave the best response to mycorrhizal fungi treatment. Hence, given the fact that wheat production often encounters drought and heat stresses, inoculation of Saji cultivar with mycorrhizal fungi could be recommended to achieve the best yield performance under dryland growing conditions.

Conclusion: The results of this study indicated that PSB and GM had positive impacts on shoot accumulation of micronutrient elements in wheat under dryland conditions. The bacterial-inoculated wheat cultivars exhibited improved leaf

nutritional status, which led to increased grain yield. In fact, under dryland growing condition, PSB and GM promoted root growth and consequently increased moisture availability for the wheat cultivars, resulting in enhanced amounts of the micronutrient elements in various shoot parts at different developmental and reproductive stages.

Keywords: Fertilizer sources, Mg, microelements, Zn.

References:

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

Chen, Y.P., Rekha, P.D, Arunshen, A.B, Lai, W.A., and Young, C.C.2006 . Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. *Applied Soil Ecology*, 34: 33-41.

Young, L.S., Hameed, A., Peng, S.Y., Shan, Y.H., and Wu S.P. 2013. Endophytic establishment of the soil isolate *Burkholderia* sp. CC-Al74 enhances growth and P-utilization rate in maize (*Zea mays* L.). *Applied Soil Ecology*, 66: 40-47.