Journal of Plant Environmental Physiology
ISSN: 7671-2423 (Print), 2783-4689 (Online) http://ecophysiologi.gorganiau.ac.ir

Doi: 10.30495/iper.2022.690265
Dor: 20.1001.1.24237671.1401.17.66.9.4

The combined role of mycorrhizal fungi and phosphorus chemical fertilizer on nutrient uptake in barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars under rainfed conditions

Rahim Naseri[1*], Amir Mirzaei[2], Amin Abbasi[3]

[1]Department of Plant Production Technology, Dehloran Faculty of Agriculture and Engineering, Ilam University, Ilam, Iran, Email: r.naseri@ilam.ac.ir

[2]Crop and Horticultural Science Research Department, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ilam,Iran.

[3]Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

Serial 66, 17th year, Number 2, Summer 2022 (24-39)

Article type:
Research Full Paper

Article history
Received: 2020/12/29
Revised:2021/02/06
Accepted: 2021/02/14

Keywords
Flag leaf
Iron
Manganese
Nitrogen
Phosphorus

Abstract

In order to investigate the effect of mycorrhiza fungi on nutrient uptake of barley in rain fed conditions, a field experiment was carried out in factorial analysis based on randomized complete block design with three replications at the farm station of Sarablah Agricultural Research Center, Ilam during 2019-2020 cropping season. Experimental factors were four barley cultivars (Mahali, Mahoor, Khoram, and Fardan) and fertilizer application including: control (without fertilizer application and mycorrhizal fungi), 50% P chemical fertilizer recommended based on soil test (25 keg/ha), mycorrhizal fungi (*Glomus mosseae*, *Glomus etunicatum*, and *Rhizophagus irregularis*), mycorrhizal fungi along with 50% P chemical fertilizer, and 100% P chemical fertilizer as recommended. Results indicated that interaction between cultivar and fertilizer sources had significant effect on nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium, iron, copper, and manganese. Interaction of Fardan cultivar and mycorrhizal fungi + 50% phosphorus fertilizer resulted in the highest nitrogen (11.1%), phosphorus (1.19%), potassium (3.92%), magnesium (0.292%), iron (136.5 mg.kg-1) manganese (65.8 mg.kg-1), and copper (65.71 mg.kg-1) in leaves. According to the obtained results, in the rain fed conditions, the new cultivar Fardan is recommended with mycorrhizal fungi along with 50% phosphorus fertilizer given the high concentration of high macro elements (nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium) and micro elements (iron, manganese, and copper) and the role of these elements in plant growth and photosynthesis.

Please cite this article as Naseri, R., Mirzaei, A., Abbasi, A. 2022. The combined role of mycorrhizal fungi and phosphorus chemical fertilizer on nutrient uptake in barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars under rainfed conditions. *Journal of Plant Environmental Physiology*. 65(2): 24-39.

© 2022. All Rights Reserved

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی

شاپا: (چاپی) ۲۴۲۳-۷۶۷۱ (آنلاین) ۲۷۸۳-۴۶۸۹، http://ecophysiologi.gorganiau.ac.ir

Doi: 10.30495/iper.2022.690265
Dor: 20.1001.1.24237671.1401.17.66.9.4

دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

بررسی نقش توأم قارچ میکوریزا و کود شیمیایی فسفر بر جذب عناصر غذایی ارقام جو (*Hordeum vulgare* L.) دیم

رحیم ناصری[1*]، امیر میرزایی[2] و امین عباسی[3]

[1] گروه تکنولوژی تولیدات گیاهی، آموزشکده فنی‌مهندسی و کشاورزی دهلران، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران، رایانامه: r.naseri@ilam.ac.ir

[2] بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران

[3] گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

سال هفدهم، شماره ۶۶، تابستان ۱۴۰۱ / صفحات: ۳۹-۲۴

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۰۹
تاریخ بازنگری:۱۳۹۹/۱۱/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۶

واژه‌های کلیدی:
آهن
برگ پرچم
فسفر
منگنز
نیتروژن

چکیده

به‌منظور بررسی نقش قارچ میکوریزا بر جذب عناصر غذایی ارقام جو دیم، آزمایشی تحت شرایط مزرعه ای به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سرابله ایلام در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ اجرا گردید. فاکتورهای تحقیق چهار رقم جو (توده محلی، ماهور، خرم و فردان) و منابع کودی شامل: شاهد (عدم مصرف کود و قارچ میکوریزا)، تامین ۵۰ درصد فسفرتوصیه شده بر اساس آزمون خاک (۲۵ کیلوگرم در هکتار)، قارچ میکوریزا (*Glomus mosseae, Glomus etunicatum* and *Rhizophagus irregularis*)، قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد تامین نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی و ۱۰۰ درصد فسفر توصیه شده، بودند. نتایج نشان داد که اثر برهکمنش رقم و منابع کودی بر میزان نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، آهن، مس و منگنز برگ معنی‌دار بود. برهمکنش رقم فردان ×قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر دارای بیشترین مقادیر نیتروژن (۱۱/۱ درصد)، فسفر (۱/۱۹ درصد)، پتاسیم (۳/۹۲ درصد)، منیزیم (۰/۲۹۲ درصد)، آهن (۱۳۶/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، منگنز (۶۵/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و مس برگ (۶۵/۷۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان در شرایط دیم منطقه تیمار رقم جدید فردان و قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر را به‌دلیل بالا بودن غلظت عناصر غذایی پرمصرف (نیتروژن، فسفر، پتاسیم و منیزیم) و کم‌مصرف (آهن، منگنز و مس) و نقش این عناصر در رشد و فتوسنتز گیاه توصیه نمود.

استناد: ناصری، ر.، میرزایی، ا.، عباسی، ا. (۱۴۰۱). بررسی نقش توأم قارچ میکوریزا و کود شیمیایی فسفر بر جذب عناصر غذایی ارقام جو (*Hordeum vulgare* L.) دیم. *نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۶۵ (۲)، ۳۹-۲۴.

مقدمه

فسفر یکی از عناصر مهم مورد نیاز گیاهان می‌باشد که سبب رشد بهینه ریشه‌ها، ساقه‌ها، پر حجم شدن دانه‌ها، زودرسی محصول و افزایش عملکرد دانه می‌گردد و از طرفی مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی اثرات زیان‌باری از جمله به هم خوردن تعادل عناصر غذایی، کاهش عملکرد محصول، تجمع سمی بر در گیاه به دنبال دارد (Seyedi et al., 2018). کاهش نزولات جوی و پراکنش نامناسب آن در کنار مشکلات تغذیه‌ای، تولید محصولات دیم را با چالش جدی مواجه ساخته و کاربرد کودهای زیستی به جای کودهای شیمیایی در شرایط دیم در کنار راهکارهای مدیریت بهره‌برداری از آب باران به‌عنوان راه حلی برای بهبود تولید در واحد سطح پیشنهاد می گردد (Naseri, 2017). یکی از روش‌های محافظت از گیاه در مقابل اثرات شدید کم‌آبی، استفاده از میکروارگانیسم‌های همزیست با گیاه مثل قارچ میکوریزا می باشد (Alipour et al., 2016). قارچ میکوریزا یکی از مهمترین قارچ‌های اندوفیت بوده که با ریشه گیاهان دارای همزیستی بوده و می‌تواند عناصر غذایی را برای گیاه میزبان از طریق تشکیل شبکه‌های گسترده هیف در خاک در ازای کربن دریافتی جذب نماید (We et al., 2019). قارچ میکوریزا همچنین باعث بهبود رشد گیاه تحت شرایط تنش غیرزنده و زنده می‌گردد (Zhang et al., 2019; Zhang et al., 2020). هیف‌های قارچ میکوریزا از طریق نفوذ بیشتر در خاک اطراف ریشه گیاه میزبان سبب می گردد که حجم بیشتری از خاک توسط سیستم ریشه اشغال و نتیجه آن جذب عناصر غذایی بیشتری از خاک می‌گردد (Huang et al., 2020). تغییر در مورفولوژی ریشه گیاه تلقیح شده با قارچ میکوریزا در خاک به گیاه میزبان اجازه دسترسی بیشتر برای جذب عناصر غذایی از جمله فسفر می‌گردد (Mathur et al., 2018). گزارش های متعددی در خصوص تغییرات مقادیر عناصر غذایی در گیاه ناشی از فعالیت زیستی در ریزوسفر و افزایش ذخیره عناصر غذایی در دانه گزارش شده است، Song (۲۰۰۵) اظهار داشت که در اثر مایه‌زنی قارچ میکوریزا به صورت بذر مال، محیط اطراف ریشه گیاه، سیستم ریشه‌ای توسعه 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). 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).

یکی از گیاهان زراعی با سطح قابل توجه در اراضی دیمزار کشور جو می‌باشد. بر اساس آمار رسمی سطح زیر کشت جو در ایران حدود ۱/۵ میلیون هکتار برآورده شده است که ۸۴۱ هزار هکتار آن به‌صورت دیم و متوسط عملکرد آن ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (Ministry of Jehad-e- Agriculture, 2017). از آنجایی‌که استان ایلام جزءمناطقی محسوب می‌گردد که با کمبود آب به‌خصوص تنش‌های انتهایی فصل رشد مواجه و غالب سطح زیر کشت جو در این مناطق به صورت دیم است، لذا این تحقیق به منظور بررسی نقش قارچ میکوریزا بر جذب عناصر غذایی روی ارقام جو در شرایط دیم به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سرابله، ایلام در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ تحت شرایط مزرعه اجرا

گردید. فاکتورهای تحقیق را ارقام جو (توده محلی، ماهور، خرم و فردان) و منابع کودی شامل: شاهد (عدم مصرف کود و قارچ میکوریزا)، تامین ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی، قارچ میکوریزا، قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد تامین نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی و ۱۰۰ درصد تامین نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی بودند. قارچ میکوریزا (*Glomus mosseae, Glomus etunicatum* and *Rhizophagus irregularis*) مورد استفاده که از بخش بیولوژی خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب کرج تهیه گردید.

هر کرت شامل هشت ردیف کشت به طول چهار متر و با فاصله بین و روی ردیف ۲۰ و ۲ سانتی‌متر تشکیل می‌داد. قبل از کاشت جو به منظور بذرمال کردن، قارچ میکوریزا که هر گرم آن دارای ۷۰ اسپور زنده بود، با بذرها آغشته و پس از تهیه کردن بستر کاشت، بذور تلقیح شده با قارچ در خطوط ایجاد شده توسط دست کاشت و سپس با خاک پوشانده شدند. آمار هواشناسی محل مورد آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

مقدار بذر مصرفی ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار بود. کودهای نیتروژن و فسفر بر اساس آزمون خاک (جدول ۲) مورد استفاده قرار گرفتند. بر اساس نتایج آزمون بافت خاک کود نیتروژن به میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله (در هنگام کاشت و شروع ساقه‌دهی) و کود فسفر به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار در موقع کاشت استفاده شد.

جدول ۱: مقادیر متوسط ماهانه دما، بارش و رطوبت در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی سرابله

ماه	میزان بارش ۱۰ ساله (میلی‌متر)	حداقل دما (سانتی‌گراد)	حداکثر دما (سانتی‌گراد)	میزان بارش (میلی‌متر)	حداقل رطوبت (درصد)	حداکثر رطوبت (درصد)
مهرماه	۰/۷	۱۳/۲	۳۷/۲	۱۵	۱۸	۴۱
آبان	۸۸/۹	۰/۸	۲۷/۲	۴۴/۶	۳۳	۷۳
آذر	۵۰/۷	۰/۲	۱۹/۶	۱۳۴/۴	۳	۸۳
دی	۴۹/۱	-۲	۱۶/۴	۳۷/۴	۴۷	۸۴
بهمن	۷۳/۳	-۸/۵	۱۹/۵	۶۰/۳	۴۳	۷۹
اسفند	۴۷/۸	۱/۷	۲۴/۸	۲۶۷/۱	۴۷	۸۴
فروردین	۶۵/۵	۲/۶	۲۶/۶	۳۳/۵	۴۰	۸۰
اردیبهشت	۳۰	۴/۸	۳۶/۵	۱۱/۳	۲۴	۶۴
خرداد	۰/۷	۱۶	۳۹/۷	۰	۱۲	۳۱

جدول ۲: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

بافت خاک	آهن	روی	مس	منگنز	منیزیم	فسفر	پتاسیم	نیتروژن	کربن آلی	شوری	pH
	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)							(درصد)		(دسی‌زیمنس بر متر)	
رسی‌لومی	۱۰	۱/۴	۵/۲	۱۲	۲۱۶	۶	۲۸۰	۰/۱۳	۱/۵	۰/۴۰	۷/۱

اندازه‌گیری عناصر غذایی: به‌منظور اندازه‌گیری عناصر غذایی در مرحله گرده‌افشانی گیاه، نمونه‌گیری از برگ پرچم انجام و سپس نمونه‌ها سریعاً به آزمایشگاه انتقال یافتند. عصاره گیاهی به روش خاکستر نمودن خشک تهیه شد. برای این منظور پس از آسیاب کردن نمونه های گیاهی که به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده بودند مقدار ۰/۵ گرم از نمونه‌های خشک تهیه

شده (برگ پرچم)، در داخل بوته چینی ریخته شد و در کوره الکتریکی در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا به طور کامل خاکستر شود. بعد از این مدت، بر هر نمونه ۱۰ میلی‌لیتر از اسید کلریدریک ۲ نرمال افزوده شد و تا نقطه جوش حرارت داده شد. سپس، نمونه داخل بالن ۱۰۰ میلی‌لیتر صاف و با آب مقطر به حجم رسانده شد. غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندام‌های هوایی به‌ترتیب به روش کجلدال، والیومتری و دستگاه فلیم‌فتومتر و عناصر کم‌مصرف توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند (Emami, 1996).

سنجش رنگیزه‌های فتوسنتزی: به‌منظور سنجش رنگیزه‌های فتوسنتزی. نیم گرم از بافت برگ پرچم در داخل محلول استون ۸۰ درصد در آون چینی سائیده و سپس حجم نهایی به ۲۰ میلی لیتر رسید (Arnon, 1967) و پس از سانتریفیوژ محلول میزان جذب نور عصاره حاصل در دستگاه اسپکتروفوتومتر و در طول موج‌های ٦٦٣ و ٦٤٦ خوانده و بر اساس روابط شماره‌های ۱ و ۲ مقادیر کلروفیل های a و b محاسبه شدند:

رابطه (۱)

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3\times A663 - 0.86\times A645)V/100W$$

رابطه (۲)

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3\times A645 - 3.6\times A663)V/100W$$

V= حجم محلول صاف شده (محلول رویی حاصل از سانتریفیوژ)، W= وزن تر نمونه (گرم)، A=جذب نور در طول موج های ٦٦٣ و ٦٤٥ نانومتر و W =وزن تر نمونه بر حسب گرم.

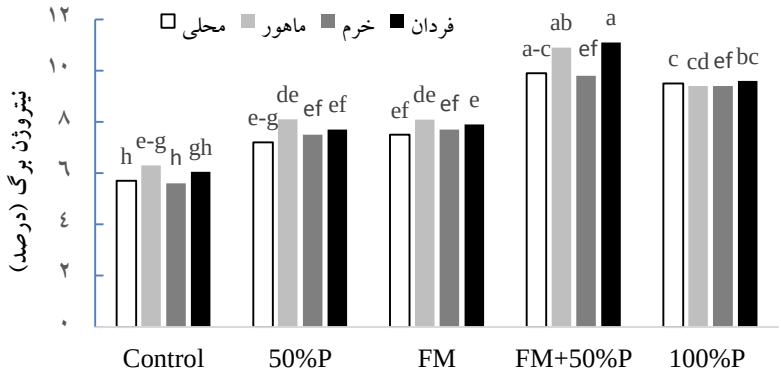
اندازه‌گیری قندهای محلول: برای سنجش اندازه‌گیری قندهای محلول در مرحله گرده‌افشانی از برگ پرچم از روش Sheligl (۱۹۸٦) و برای سنجش پروتئین برگ از روش روش Bradford (۱۹۷٦) ا ستفاده شد. ۰/۱ گرم از نمونه برگ خ شک شده و آ سیاب شده، توزین گردید و درون فالکون ریخته شد. مقدار ۱۵ میلی لیتر ا تانول ۸۰٪ داغ (۷۰ درجه سانتی‌گراد) به ارلن اضافه کرده و به مدت ۲۰ ثانیه ورتکس شد. نمونه‌ها در دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردیدند. سپس نمونه‌ها با د ستگاه ا سپکتروفتومتر با طول موج ٤٨٥ نانومتر قرائت شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش با استفاده از برنامه آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها تیمارها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد و شکل‌ها با نرم‌افزار اکسل ترسیم شدند.

نتایج

عناصر پر مصرف برگ پرچم

نیتروژن: همان‌طوری که جدول تجزیه واریانس نشان می دهد اثر برهمکنش رقم ×منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر غلظت نیتروژن برگ معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین غلظت نیتروژن برگ از رقم فردان و تحت کاربرد قارچ میکوریزا +۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر و کمترین میزان از رقم محلی و در تیمار شاهد به‌دست آمد، که نسبت به شاهد افزایش ٤٨/٦ درصدی از خود نشان داد (شکل ۱). از جدول برش‌دهی اثر متقابل چنین به نظر می‌رسد که غلظت نیتروژن در ارقام جو مورد ا ستفاده در بین تیمار منابع مختلف کودی تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ٤).



شکل ۱: اثر برهمکنش رقم و منبع کودی بر نیتروژن برگ

به‌ترتیب تیمارهای Control، 50%P، FM، FM+50%P و 100%P نشان‌دهنده شاهد (عدم مصرف کود و قارچ میکوریزا)، تامین ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی، قارچ میکوریزا، قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد تامین نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی و ۱۰۰ درصد تامین نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی

جدول ۳: تجزیه واریانس عناصر غذایی برگ پرچم تحت تاثیر رقم و منابع مختلف کودی در شرایط دیم

		میانگین مربعات											
	درجه آزادی	روی	منگنز	آهن	مس	منیزیم	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلروفیل a	کلروفیل b	قندهای محلول	پروتئین محلول
تکرار	۲	۱۶/۴	۱۲۳/۷	۴۵۳۲/۸	۱۱۹/۲	۰/۱۸	۳/۹	۰/۰۶۶	۰/۴۶	۰/۳۶	۰/۳۴	۸۷/۴	۶/۵
رقم	۳	۱۵/۴	۸۴/۱**	۲۲۱/۵*	۹۱/۲*	۰/۰۱۹**	۱۳/۳**	۰/۰۲۳**	۱/۶**	۰/۲۸*	۰/۲۷*	۵/۳**	۰/۸۲**
منبع کودی	۴	۱۶۶/۴۴**	۵۱۶۸/۱**	۴۹۹۲/۲**	۴۱۷۰/۹**	۰/۰۲۷**	۳۷/۱**	۰/۰۲۸*	۱۶/۴**	۱۳/۶**	۱۳/۴**	۳۰/۹**	۱۰/۳۸**
برهمکنش	۱۲	۶/۶	۲۱/۸*	۳۲۳۸**	۷۱/۸**	۰/۰۳۶**	۲۱/۱**	۰/۰۶**	۰/۷۱**	۱/۲**	۱/۵**	۰/۷۳	۰/۰۵۱
خطا	۳۸	۵/۴	۹/۸	۲۲/۶	۲۲/۶	۰/۰۰۲۵	۰/۵۹	۰/۰۰۱۷	۰/۱۱	۰/۰۷۲	۰/۰۶۲	۰/۷۸	۰/۱۱
ضریب‌تغییرات (درصد)	–	۱۰/۲	۸/۱	۶/۷	۱۲/۰۶	۱۳/۶	۹/۳	۴/۰۸	۱۲/۳	۱۴/۴	۱۴/۱	۲۱/۴	۳/۲

*و**:به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول : برش‌دهی اثر متقابل: میانگین مربعات سطوح مختلف منابع کودی برای هر رقم

	درجه آزادی	منگنز	آهن	مس	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلروفیل a	کلروفیل b
محلی	۴	۱۳۳۱/۴**	۱۳۴۶/۸**	۱۵۱۳/۸**	۸/۹**	۰/۰۹۸**	۴/۲**	۳/۳**	۳/۳**
ماهور	۴	۱۲۶۹/۴**	۱۰۱۸/۸*	۹۹۸/۷**	۸/۹**	۰/۰۸۰**	۴/۰۲**	۲/۷**	۲/۷**
خرم	۴	۱۲۲۰/۷**	۱۲۶۹/۹**	۱۱۱۱/۸**	۸/۴**	۰/۰۹۹**	۴/۲**	۴/۲**	۴/۲**
فردان	۴	۱۴۱۲/۱**	۱۴۴۸/۵**	۷۶۲/۱**	۱۱/۴**	۰/۰۲۸**	۴/۱**	۳/۶**	۳/۵**

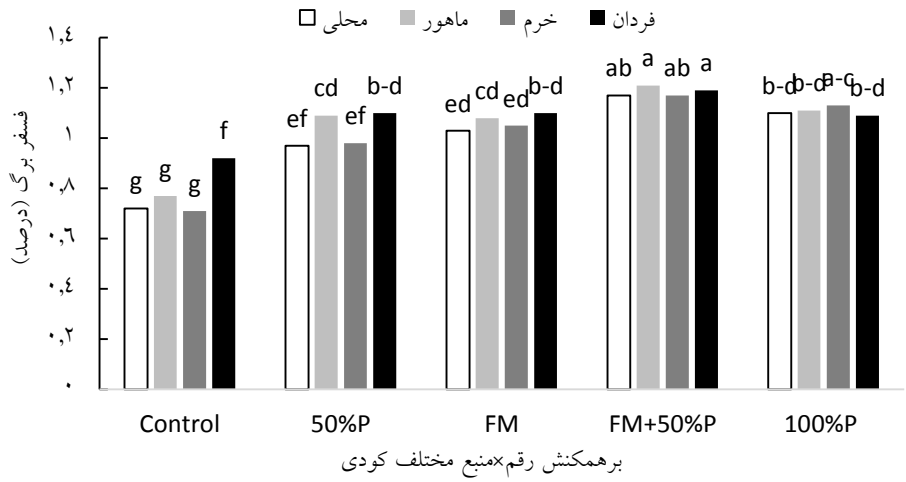
*و**:به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ٤: مقایسه میانگین عناصر غذایی برگ پرچم و برخی صفات فیزیولوژیک تحت تاثیر رقم و منبع مختلف کودی در شرایط دیم

رقم	روی برگ (میلی‌گرم بر کیلو گرم)	قندهای محلول (میلی‌گرم در گرم وزن خشک)	پروتیین محلول برگ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)
محلی	۲۲/۲^{ab}	۳/۵۹^{b}	۱۰/۵۰^{c}
ماهور	۲۳/۸^{a}	٤/۱۲^{b}	۱۰/۷۸^{ab}
خرم	۲۱/۰۵^{b}	۳/۸٦^{b}	۱۰/۵٦^{bc}
فردان	۲۳/۱^{ab}	٤/۹۷^{a}	۱۱/۰۰۲^{a}
منابع مختلف کودی			
شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی)	۸/۷^{d}	۲/۰۷^{d}	۹/۳۵^{d}
۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر	۱۷/۲^{c}	۳/٤۹^{c}	۱۰/۵٤^{c}
قارچ میکوریزا	۱۷/٦^{c}	۳/٦۸^{c}	۱۰/۵۳^{c}
قارچ میکوریزا +۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر	۳۵/۹^{a}	٦/۱۵^{a}	۱۱/۷۵^{a}
۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفر	۳۳/۷^{b}	۵/۲۹^{b}	۱۱/٤۰^{b}

میانگین‌هایی در هر ستون که دارای حرف مشترک می‌باشند بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

فسفر: اثر برهمکنش رقم ×منابع مختلف کودی بر غلظت فسفر برگ معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین غلظت فسفر برگ از رقم فردان و تحت کاربرد قارچ میکوریزا+۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر و کمترین میزان از رقم محلی و در تیمار شاهد به‌دست آمد، که نسبت به شاهد افزایش ۳۹/٤ درصدی از خود نشان داد (شکل ۲). از جدول برش‌دهی اثر متقابل چنین به نظر می‌رسد که غلظت فسفر در ارقام جو مورد استفاده در بین تیمار منابع مختلف کودی تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ٤).

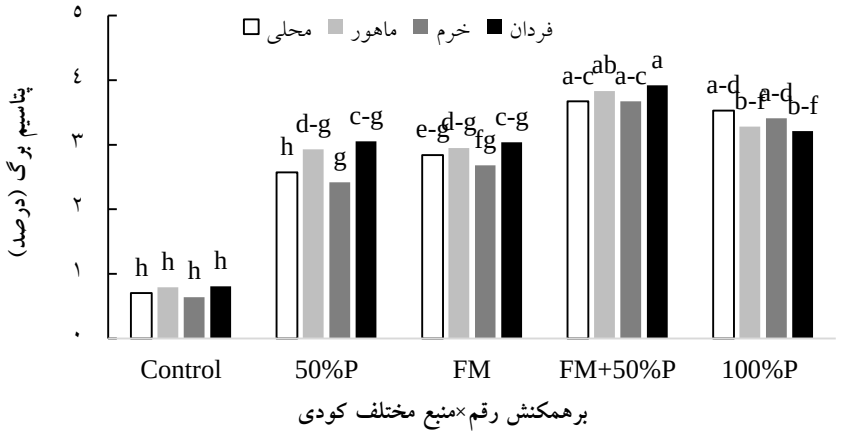


شکل ۲: اثر برهمکنش رقم و منبع کودی بر فسفر برگ

به‌ترتیب تیمارهای Control، 50%P، FM، FM+50%P و 100%P نشان‌دهنده شاهد (عدم مصرف کود و قارچ میکوریزا)، تامین ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی، قارچ میکوریزا، قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد تامین نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی و ۱۰۰ درصد تامین نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی

پتاسیم: با توجه به جدول ۳ اثر برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی بر غلظت پتاسیم برگ معنی‌دار گردید. بیشترین غلظت پتاسیم برگ از رقم فردان و تحت کاربرد قارچ میکوریزا+۵۰ در صد کود شیمیایی پتاسیم و کمترین میزان از رقم محلی و در تیمار شاهد به‌دست آمد، که نسبت به شاهد افزایش ۸۲/۱ در صدی از خود

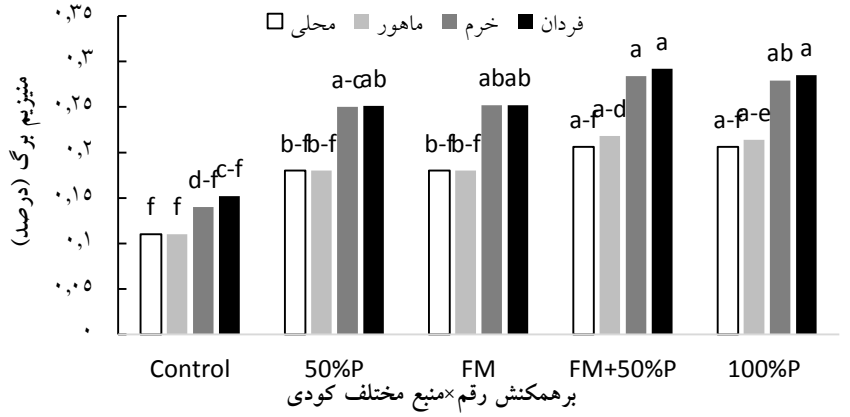
نشـــان داد (شـــکل ۳). از جدول برش‌دهی اثر متقابل چنین به نظر می‌رســـد که غلظت پتاســـیم در ارقام جو مورد اســـتفاده در بین تیمار منابع مختلف کودی تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ٤).



شکل ۳: اثر برهمکنش رقم و منبع کودی بر پتاسیم برگ

بترتیب تیمارهای Control، 50%P، FM، FM+50%P و 100%P نشان‌دهنده شاهد (عدم مصرف کود و قارچ میکوریزا)، تامین ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی، قارچ میکوریزا، قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد تامین نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی و ۱۰۰ درصد تامین نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی

منیزیم: اثر برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی در ســـطح احتمال یک درصـــد بر غلظت منیزیم برگ معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشـــترین غلظت منیزیم برگ از رقم فردان و تحت کاربرد قارچ میکوریزا+۵۰ درصـــد کود شـــیمیایی فســـفر و کمترین میزان از رقم محلی و در تیمار شـــاهد به‌دســـت آمد، که نســـبت به شاهد افزایش ٦۲/۳ درصدی از خود نشان داد (شکل ٤). همچنین از جدول برش‌دهی اثر متقابل چنین به نظر می‌رســـد که غلظت منیزیم در ارقام جو مورد اســـتفاده دربین تیمار منابع مختلف کودی تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ٤).



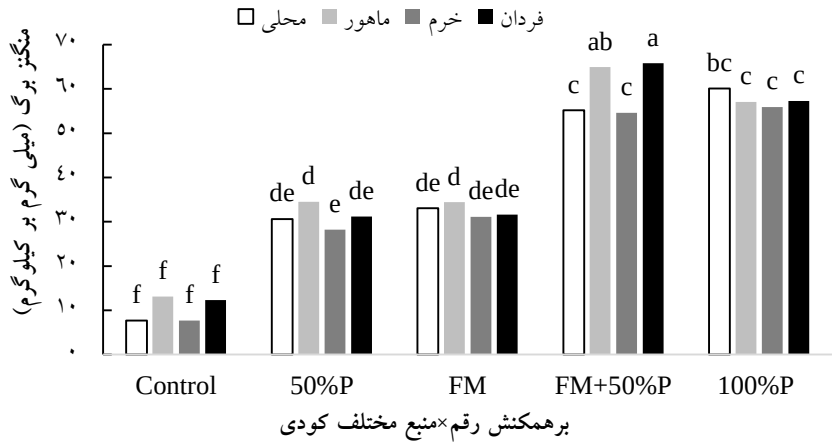
شکل ٤: اثر برهمکنش رقم و منبع کودی بر منیزیم برگ

بترتیب تیمارهای Control، 50%P، FM، FM+50%P و 100%P نشان‌دهنده شاهد (عدم مصرف کود و قارچ میکوریزا)، تامین ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی، قارچ میکوریزا، قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد تامین نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی و ۱۰۰ درصد تامین نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی

عناصر کم‌مصرف برگ پرچم

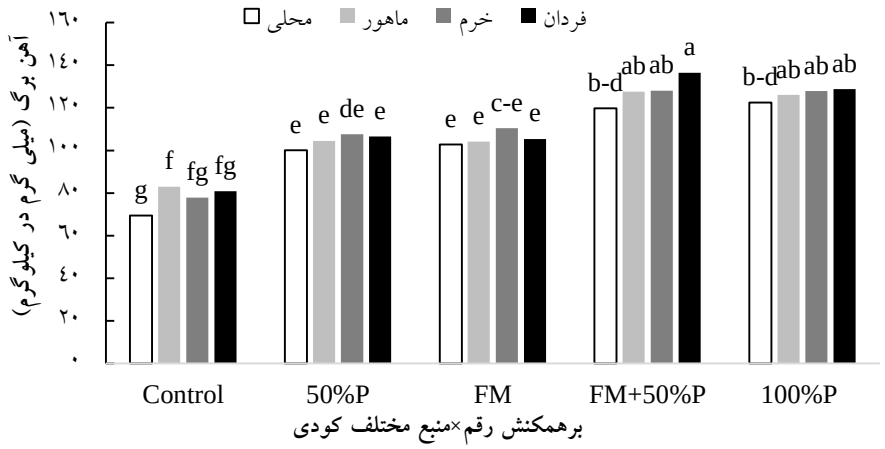
روی: اثرات اصلی رقم و منابع مختلف کودی بر غلظت عنصر روی برگ معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین غلظت روی برگ از رقم فردان و کمترین آن در رقم محلی مشاهده شد (جدول ٤). قارچ میکوریزا + ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر بیشترین و تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) کمترین میزان روی برگ را داشتند (جدول ٤).

منگنز: اثر برهمکنش رقم و منابع مختلف کودی بر غلظت منگنز برگ معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین غلظت منگنز برگ از رقم فردان و تحت کاربرد قارچ میکوریزا +۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر و کمترین میزان از رقم محلی و در تیمار شاهد به‌دست آمد، که نسبت به شاهد افزایش ۸۸/۲ درصدی از خود نشان داد (شکل ۵).



شکل ۵: اثر برهمکنش رقم و منبع کودی بر منگنز برگ

بترتیب تیمارهای Control، 50%P، FM، FM+50%P و 100%P نشان‌دهنده شاهد (عدم مصرف کود و قارچ میکوریزا)، تامین ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی، قارچ میکوریزا، قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد تامین نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی و ۱۰۰ درصد تامین نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی

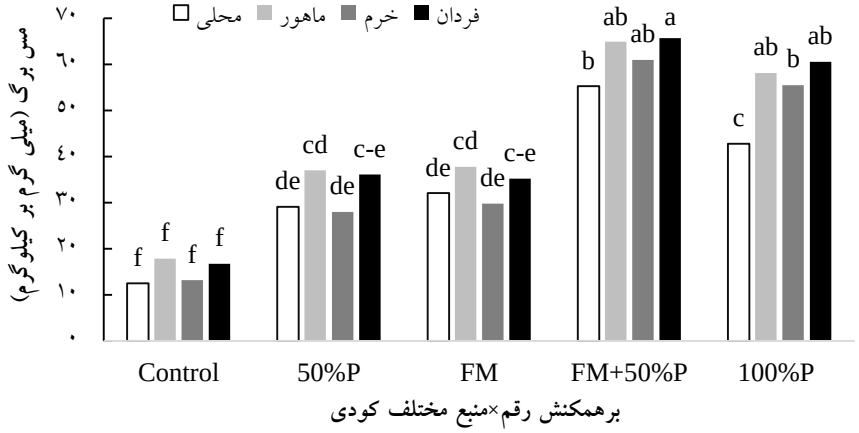


شکل ٦: اثر برهمکنش رقم و منبع کودی بر آهن برگ

بترتیب تیمارهای Control، 50%P، FM، FM+50%P و 100%P نشان‌دهنده شاهد (عدم مصرف کود و قارچ میکوریزا)، تامین ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی، قارچ میکوریزا، قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد تامین نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی و ۱۰۰ درصد تامین نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی

آهن: اثر برهمکنش رقم ×منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر غلظت آهن برگ معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین غلظت آهن برگ از رقم فردان و تحت کاربرد قارچ میکوریزا + ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر و کمترین میزان از رقم محلی و در تیمار شاهد به‌دست آمد، که نسبت به شاهد افزایش ٤٩ درصدی از خود نشان داد (شکل ٦). از جدول برش‌دهی اثر متقابل چنین به نظر می‌رسد که غلظت آهن در ارقام جو مورد استفاده در بین تیمار منابع مختلف کودی تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ٤).

مس: با توجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها اثر برهمکنش رقم ×منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر غلظت مس برگ معنی‌دار گرد ید (جدول ۳). بیشترین میزان غلظت مس برگ از رقم فردان و تحت کاربرد قارچ میکوریزا +۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر و کمترین میزان از رقم محلی و در تیمار شاهد به‌دست آمد، که نسبت به شاهد موجب افزایش ۷۹/٤ درصدی از خود نشان داد (شکل ۷). همچنین از جدول برش‌دهی اثر متقابل چنین به نظر می‌رسد که غلظت مس در ارقام جو مورد استفاده دربین تیمار منابع مختلف کودی تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ٤).

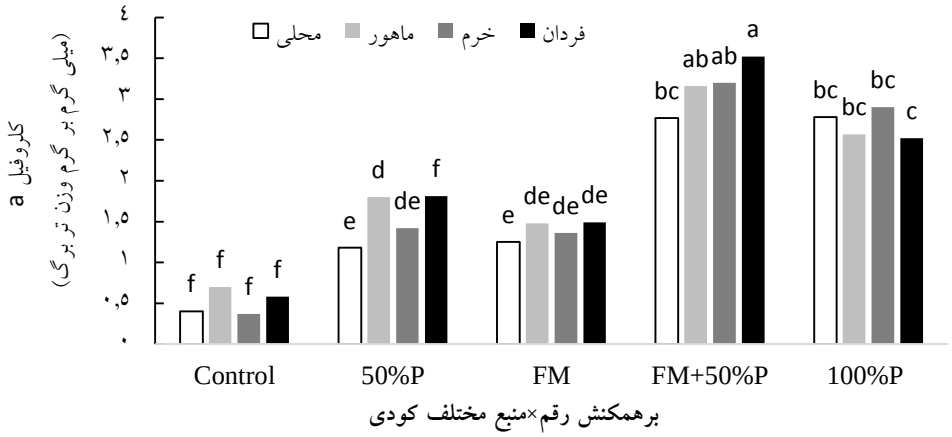


شکل ۷: اثر برهمکنش رقم و منبع کودی بر مس برگ

بترتیب تیمارهای Control، 50%P، FM، FM+50%P و 100%P نشان‌دهنده شاهد (عدم مصرف کود و قارچ میکوریزا)، تامین ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی، قارچ میکوریزا، قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد تامین نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی و ۱۰۰ درصد تامین نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی

صفات فیزیولوژیک

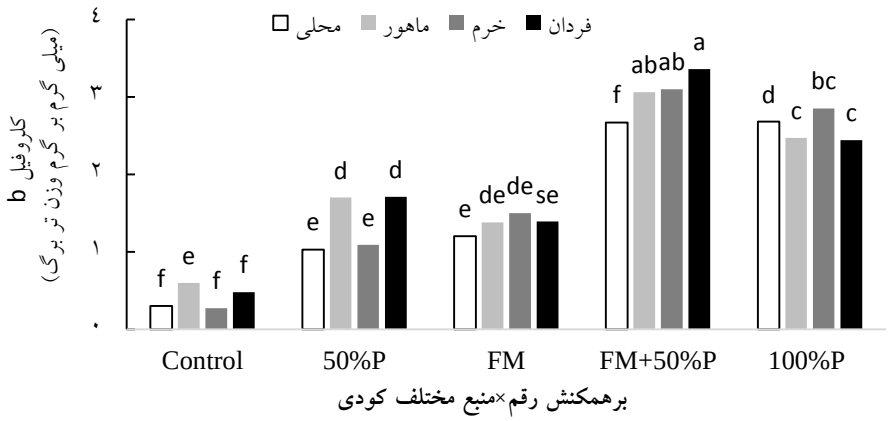
کلروفیل a: میزان کلروفیل a تحت برهمکنش رقم ×منابع مختلف کودی بر معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین میزان کلروفیل a از رقم فردان و تحت کاربرد قارچ میکوریزا+۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر و کمترین میزان از رقم محلی و در تیمار شاهد به‌دست آمد، که نسبت به شاهد افزایش ۸۸/٦ درصدی از خود نشان داد (شکل ۸). از جدول برش‌دهی اثر متقابل چنین به نظر می‌رسد که میزان کلروفیل a در ارقام جو مورد استفاده دربین تیمار منابع مختلف کودی تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ٤).



شکل ۸: اثر برهمکنش رقم و منابع کودی بر کلروفیل a

بترتیب تیمارهای Control، 50%P، FM، FM+50%P و 100%P نشان‌دهنده شاهد (عدم مصرف کود و قارچ میکوریزا)، تامین ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی، قارچ میکوریزا، قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد تامین نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی و ۱۰۰ درصد تامین نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی

کلروفیل b: اثر برهمکنش رقم ×منابع مختلف کودی بر مقدار کلروفیل b معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین میزان کلروفیل b از رقم فردان و تحت کاربرد قارچ میکوریزا +۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر و کمترین میزان از رقم محلی و در تیمار شاهد به‌دست آمد، که نسبت به شاهد موجب افزایش ۹۲ درصدی از خود نشان داد (شکل ۹). از جدول برش‌دهی اثر متقابل به نظر می‌رسد که میزان کلروفیل b در ارقام جو مورد استفاده دربین تیمار منابع مختلف کودی تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ٤).



شکل ۹: اثر برهمکنش رقم و منابع کودی بر کلروفیل b

بترتیب تیمارهای Control، 50%P، FM، FM+50%P و 100%P نشان‌دهنده شاهد (عدم مصرف کود و قارچ میکوریزا)، تامین ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی، قارچ میکوریزا، قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد تامین نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی و ۱۰۰ درصد تامین نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی

قندهای محلول برگ: اثرات اصلی رقم و مخلوط کود شیمیایی فسفر و کود زیستی بر قندهای محلول برگ معنی‌دار گردید (جدول ۳). در این پژوهش نشان داده شد که بیشترین میزان قندهای محلول برگ در رقم فردان و کمترین آن در رقم محلی مشاهده گردید (جدول ٤). در این پژوهش تیمار مخلوط قارچ

میکوریزا +۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر موجب افزایش قندهای محلول برگ گردید و تیمار شاهد دارای کمترین میزان بود (جدول ٤).

پروتئین محلول برگ: اثرات اصلی رقم و مخلوط کود شیمیایی فسفر و کود زیستی بر مقدار پروتئین محلول برگ معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین پروتئین محلول برگ در رقم فردان و کمترین آن در رقم محلی مشاهده گردید (جدول ٤). همچنین مقدار پروتئین محلول برگ در تیمار مخلوط قارچ میکوریزا+۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر بالاترین و تیمار شاهد دارای کمترین میزان بود (جدول ٤).

بحث

قارچ‌های میکوریزا نقش مهمی در بهبود تغذیه و رشد گیاهان دارد به نحوی که قارچ‌های میکوریزا با داشتن شبکه هیفی گسترده و افزایش سطح، سرعت جذب همچنین سنتز آنزیم فسفاتاز کارایی گیاهان را در جذب آب و عناصر غذایی به ویژه فسفر، ازت، پتاسیم، روی، مس، گوگرد، کلسیم و آهن افزایش داده و موجب بهبود رشد آن‌ها می‌شود (Beltrano *et al.*, 2008; Paul, 2007). فسفر در خاک، عنصری کم‌تحرک است به گونه‌ای که حتی اگر فسفر به شکل محلول به خاک اضافه گردد به سرعت در اشکال فسفات کلسیم یا اشکال دیگر تثبیت و به صورت غیرمتحرک در خواهد آمد، لذا قارچ میکوریزا در افزایش جذب مواد معدنی به خصوص فسفر موثر خواهد بود (Yousefi Rad et al., 2018). در تحقیقی بررسی اثر قارچ میکوریزا بر میزان غلظت عناصر مورد بررسی در برگ و ریشه ارقام گندم نشان داد که قارچ میکوریزا نقش بارزی در افزایش غلظت عنصر روی در اندام هوایی رقم نیک نژاد ایفا کرد. این در حالی است که در مورد رقم گندم آزادی موجب تجمع غلظت روی در ریشه گردید ولی در انتقال این عنصر به شاخساره نقشی به عهده نداشت (Jahandideh Mahjen Abadi and Sepehri, 2014). همچنین قارچ میکوریزا می‌تواند قابلیت جذب فسفر را زیاد کرده و رشد گیاه را با افزایش کارایی تثبیت زیستی نیتروژن، دسترسی بیشتر به عناصر غذایی و تولید هورمون‌های رشد افزایش دهد (Alimadadi et al., 2011). در سایر گزارش‌های انجام شده توسط سایر محققین نیز نشان داده شده است که قارچ میکوریزا بر روی جذب عناصر غذایی اثر مثبت داشته و سبب افزایش جذب عناصر روی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم می‌شود (Vessey, 2003; Fusconi, 2014; Cortivo et al., 2018).

یکی از دلایل افزایش غلظت عناصر غذایی مثل نیتروژن و فسفر به دلیل افزایش جذب و تخلیه این عناصر در داخل خاک و محیط ریزوسفر توسط میسیلیوم‌های قارچ میکوریزا گزارش شده است (Lin et al., 2020). Zaefarian و همکاران (۲۰۱۱) نیز در مطالعات خود نشان دادند که قارچ میکوریزا روی جذب عناصر غذایی تاثیر داشته و موجب جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف مثل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی و مس گردید. به نظر می‌رسد در تحقیق حاضر دلیل افزایش فسفر در تیمار مخلوط به همراه قارچ میکوریزا به دلیل انحلال فسفر توسط هیف‌های قارچی است که با ترشح اسیدهای آلی و آنزیم‌های فسفاتاز موجب انحلال فسفر خاک گردیده و به همین دلیل میزان فسفر در خاک نسبت به تیمارهای دیگر افزایش یافته است (Marzban et al., 2014).

به نظر می‌رسد که افزایش جذب عناصر غذایی مانند فسفر به دلیل انتشار از طریق میسلیوم‌های قارچ میکوریزا مرتبط با بافت‌های درونی ریشه و تشکیل یک سیستم جذب اضافی مکمل سیستم ریشه‌ای گیاه باشد که بهره‌برداری از حجم بیشتر خاک را ممکن

ساخته که بطور معمول ریشه‌های تغذیه کننده به آن دسترسی ندارند (Paras-Motlagh et al., 2011). در گزارش‌های سایر پژوهشگران نیز افزایش غلظت عناصر غذایی اندام‌های هوایی در گیاه میزبان را به دلیل کاهش قطر ریشه در گیاه تلقیح شده با قارچ میکوریزا عنوان نمودند که سبب افزایش تخلیه و جذب جذب عناصر غذایی و انتقال آن‌ها به سمت اندام‌های هوایی می گردد (Bücking et al., 2012).

در گزارش Zuccarini (۲۰۰۷) تلقیح گیاهان با ترکیبی از سه گونه قارچ میکوریز *G. intaradices*، *G. mosseae* و *G. coronatum* باعث افزایش جذب فسفر و پتاسیم در گیاه شد. همچنین Sharda Waman و Bernard Felinov (۲۰۰۹) دریافتند که استفاده از مایع تلقیح به صورت جداگانه و ترکیبی قارچ‌های *G. intaradices* و *G. mosseae*، سبب افزایش پتاسیم در برگ گیاهان شد و بیش‌ترین تأثیر در افزایش مقدار پتاسیم مربوط به *G. mosseae* بود. نتایج تحقیقی مشخص ساخت که جذب بیشتر پتاسیم در تیمارهای کاربرد کودهای زیستی می‌تواند ناشی از رشد و گسترش سریع و زیاد ریشه باشد و این امر مؤید این نکته است که عکس‌العمل خوب گیاه نسبت به پتاسیم فقط زمانی مشاهده می شود که مقدار کافی نیتروژن و فسفر قابل جذب، در خاک وجود داشته باشد (Rahim Zadeh et al., 2013). دستگاه فتوسنتز یکی از فرایند های فیزیولوژیکی حساس به گرما و محدودیت آب بوده (Wahid et al., 2007) و کم شدن میزان فتوسنتز به دلیل گرما سبب کاهش رشد گیاه و در نهایت عملکرد دانه در گندم می‌شود (Talukder et al., 2014). افزایش میزان رنگیزه های فتوسنتزی توسط قارچ میکوریزا در گیاه میزبان در مقایسه با تیمار شاهد (عدم تلقیح) در نتایج تحقیق حاضر در گزارش‌های سایر پژوهشگران نیز آمده است (Tasang and Maum, 1999). در سطح سلولی تنش گرما نیز سبب خسارت به غشا، غیر طبیعی شدن پروتئین، غیر فعال‌شدن آنزیم ها در میتوکندری و کلروپلاست و سنتز پروتئین، تجزیه پروتئین و متابولیسم کربن می‌شود (Hasanuzzaman et al., 2013).

کارکرد سیستم فتوسنتز در برگ‌های گیاه به تنش گرما حساس می‌باشد و محدودیت آب و گرما بر میزان کلروفیل، قطع جریان الکترون، تغییرپذیری گرمایی فتوسیستم II و کاهش کربن تثبت شده تاثیر گزار خواهد بود (Kaur et al., 2015). به طور کلی تلقیح با قارچ میکوریزا از طریق بهبود نیتروژن و فسفر نشان داده شده است که موجب بهبود کارایی فتوسیستم Π و در نهایت عملکرد فتوسنتز می‌گردد (Shi et al., 2020). در گزارش‌های Ebadi و همکاران (۲۰۲۱) بر جو زراعی در شرایط دیم نیز نشان داده شد که کاربرد قارچ میکوریزا می تواند موجب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی مثل کلروفیل a و b گردد.

نتایج مثبت استفاده از قارچ میکوریزا در رشد و وزن خشک گیاه به دلیل افزایش بهبود جذب عناصر غذایی و میزان کلروفیل نسبت داده شده‌است (Alipour et al., 2016). Porcel و Ruiz-Lozano (۲۰۰٤) نیز افزایش قندهای محلول را گیاه تلقیح شده با قارچ میکوریزا گزارش کردند. در سایر گزارش‌های محققین نیز افزایش میزان قندهای محلول برگ در کاربرد قارچ میکوریزا روی گندم نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد قارچ میکوریزا) مشاهده شد (Naseri et al., 2017).

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به نتایج به دست آمده نشان داده شد که جو زراعی در شرایط دیم منطقه که با تنش های محیطی مثل خشکی و گرمای انتهای فصل مواجهه می گردد، نقش انتقال عناصر غذایی ضروری برای رشد و

بهبود گیاه از جمله فتوسنتز مهم و حیاتی به نظر می‌رسد. مشخص گردید که در تمامی رقم‌های جو زراعی مورد استفاده از قارچ میکوریزا سبب افزایش جذب عناصر غذایی از سمت ریشه به سوی اندام های هوایی می‌گردد. در بین رقم های جو دیم مورد بررسی رقم فردان و قارچ میکوریزا +۵۰ در صد کود شیمیایی فسفر دارای بیشترین غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، آهن، منگنز و مس بود.

References

1. **Abo-Ghalia H.H. and 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.
2. **Alimadadi, A., Jahansouz, M.R., Besharaty, H. and Tavakkol-Afshari R. (2011).** Evaluating the effects of biofertilizers and seed priming on chickpea (*Cicer arietinum* L.). seed quality. Australian Journal of Soil Research. 24: 156-167.
3. **Alipour, H., Nikbakht, A., Etemadi, N., Nourbakhsh, F. and Rejali F. (2016).** The Efficiency of Mycorrhizal Fungi on Growth Characteristics and some Nutrients Uptake of Plane tree Seedling (*Platanus orientalis* L.). Journal of Horticultural Science, 29 (4): 537-546.
4. **Arnon, A.N. (1967).** Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal, 23: 112-121.
5. **Beltrano, J. and Ronco, M.G. (2008).** Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum*: effect on growth and cell membrane stability. Brazilian Society of Plant Physiology, 20 (1): 29-37.
6. **Bradford, M.M. (1976).** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry, 72: 248-254.
7. **Bücking, H., Liepold, E. and Ambilwade, P. (2012).** The Role of the Mycorrhizal Symbiosis in Nutrient Uptake of Plants and the Regulatory Mechanisms Underlying These Transport Processes. Plant Science, 107-138.
8. **Cortivo C.D., Giuseppe Barion, G., Manuel Ferrari, M., Visioli, G. Dramis, L., Panozzo, A. and Vamerali, T. (2018).** Effects of field inoculation with VAM and bacteria consortia on root growth and nutrients uptake in common wheat. Sustainability, 10: 1-21.
9. **Ebadi, N., Seyed sharifi, R., Narimani, H. and Khalilzadeh, R. (2021).** Effects of supplementary irrigation and application of mycorrhiza and azetobacter on grain filling components of rain fed barley (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research, 16 (61): 64-79.
10. **Emami, A. (1996).** Plant analysis methods. Tehran Press, 231 Pp.
11. **Fusconi, A. (2014).** Regulation of root morphogenesis in arbuscular mycorrhizae: What role do fungal exudates, phosphate, sugars and hormones play in lateral root formation? Annals of Botany, 113: 19–33.
12. **Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Alam, M.M., Roychowdhury, R. and Fujita, M. (2013).** Physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. International Journal of Molecular Sciences, 14: 9643–9684.
13. **Huang, G.M., Zou, *Y.N.*, Wu, Q.S., Xu, Y.J. and Kuča, K. (2020).** Mycorrhizal roles in plant growth, gas exchange, root morphology, and nutrient uptake of walnuts. Plant, Soil and Environment, 66 (6): 295-302.
14. **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 (3): 155-173.

15. **Kaur, R, Bains, T.S., Bindumadhava, H. and Nayyar, H. (2015).** Responses of mungbean (*Vigna radiata* L.) genotypes to heat stress: Effects on reproductive biology, leaf function and yield traits. Scientia Horticulturae, 197: 527-541.
16. **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.
17. **Lin, C., Wang, Y., Liu, M., Li, Q., Xiao. W. and Song, X. (2020).** Effects of nitrogen deposition and phosphorus addition on arbuscular mycorrhizal fungi of Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*). Scientific Reports, 10: 1-5.
18. **Marzban, Z., Ameriyan, M.R. and Mamarabadi, M. (2014).** Investigating the root characteristics and colonization index in cowpea and maizeusingmes or rhizobium bacteria and mycorrhiza in intercropping. Journal of Soil Management and Sustainable Production, 4 (3): 163-185
19. **Mathur S., Sharma M.P. and Jajoo A. (2018).** Improved photosynthetic efficacy of maize (*Zea mays*) plants with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) under high temperature stress. Journal of Photochemistry and Photobiology B – Biology, 180: 149– 154.
20. **Ministry of Jehad-e-Agriculture. (2017)**. Agricultural Statistics of Jehad-e-Agriculture**.**
21. **Naseri R. (2017).** Effect of phosphate solubilizing bacteria and mycorrhizal fungi on morpho-physiological traits and yield of two wheat cultivars under dryland farming. P.hD. THESIS. Faculty of Agriculture, Ilam University, 356 Pp.
22. **Naseri, R., Barary, M., Zarea, M.J., Khavazi, K., and Tahmasebi, Z. (2017).** Effect of phosphate solubilizing bacteria and mycorrhizal fungi on root characteristics, some activities of antioxidative enzymes of wheat under dry land conditions. Applied Research of Plant Ecophysiology, 5 (1): 163-188.
23. **Paras-Motlagh, B., Mahmoodi, S., Sayyar-Zahan, M.H. and 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.
24. **Paul, A. (2007).** Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry. Elsevier Press, 514p.
25. **Porcel, R. and Ruiz-Lozano, J.M. (2004).** Arbuscular mycorrhizal influence on leaf water potential, solute accumulation, and oxidative stress in soybean plants subjected to drought stress. Journal of Experimental Botany, 55: 1743–1750.
26. **Rahim Zadeh, S., Sohrabi, Y., Heidar, Gh.R., Eivazi , A.R., Hosseni, S.M.T. and 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.
27. **Seyedi, M., Mojaddam, M., Babaei Nejad, T. and Derogar, N. (2018).** Study of the chemicals and biological interaction effects on quantitative and qualitative characteristics of some bread wheat cultivars in Shoushtar climatic. Journal of Plant Production Science, 8(1): 1-11.
28. **Sharda Waman, M.K. and Bernard Felinov, R. (2009).** Studies on effects of arbuscular mycorrhizal (Am.) fungi on mineral nutrition of *Carica papaya* L. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 37 (1): 183-186.
29. **Sheligl, H.Q. (1986).** Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. Planta Journal, 47-51.
30. **Shi, Z., Zhang, J., Lu, S., Li, Y. and Wang, F. (2020).** Arbuscular Mycorrhizal Fungi Improve the Performance of Sweet Sorghum Grown in a Mo-Contaminated Soil. Journal of Fungi, 44 (6): 2-14.

31. **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.
32. **Talukder, A.S.M.H.M, Glenn K McDonald, and Gurjeet S Gill. (2014).** Effect of short-term heat stress prior to flowering and early grain seton the grain yield of wheat. Field Crops Research,160: 54–63.
33. **Tasang, A. and Maum, M.A. (1999).** Mycorrhizal fungi increase salt tolerance of *Strophostyles helvola* in coastalforedunes. University of Waterloo, Canada. Plant Ecology, 144: 159–166.
34. **Vessey, J.K. (2003).** Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant Soil, 255, 571–586.
35. **Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M. and Foolad, M.R. (2007).** Heat tolerance in plants: an overview. Environmental and Experimental Botany, 61: 199–223.
36. **Wu Q.S., He J.D., Srivastava A.K., Zhang F. and Zou Y.N. (2019).** Development of propagation technique of indigenous AMF and their inoculation response in citrus. Indian Journal of Agricultural Sciences, 89: 1190– 1194.
37. **Yousefi Rad, M. and Masomi Zavarian, A. (2018).** Effects of humic acid and mycorrhiza on morphological characteristics and nutrients concentration of red bean (*Vigna unguiculata* L.). Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research, 12 (48): 92-102.
38. **Zaefarian, F., Rezvani, M., Rejali, F., Ardakani, M.R. and Noormohammadi, G. (2011).** Effect of heavy metals and arbuscular mycorrhizal fungal on growth and nutrients (N, P, K, Zn, Cu and Fe) accumulation of alfalfa (*Medicago sativa* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, 11:346–352.
39. **Zhang F., Wang P., Zou Y.N., Wu Q.S. and Kuča K. (2019).** Effects of mycorrhizal fungi on root-hair growth and hormone levels of taproot and lateral roots in trifoliate orange under drought stress. Archives of Agronomy and Soil Science, 65: 1316– 1330.
40. **Zhang F., Zou Y.N., Wu Q.S. and Kuča K. (2020).** Arbuscular mycorrhizas modulate root polyamine metabolism to enhance drought tolerance of trifoliate orange. Environmental and Experimental Botany, 171: 103926.
41. **Zuccarini, P. (2007).** Mycorrhizal infection ameliorates chlorophyll content and nutrient uptake of lettuce exposed to saline irrigation. Plant, Soil and Environment, 53: 283-289.