Journal of
Plant Environmental Physiology
Print ISSN: 2423-7671
Online ISSN: 2783-4689
PSI
Phycological Society of Iran

Study of the effect of nano-phosphorus fertilizer, mycorrhiza and superabsorbents application on the quantitative and qualitative characteristics of wheat (Ehsan cv.) (*Triticum aestivum* L.)

Abbas Azimnejad[1], Hormoz Fallah Amoli[2*], Yousef Niknejad[3], Ahmad Ahmadpour[4], Davood Barari[5]

[1] Department of Agronomy, Am.C., Islamic Azad University, Amol, Iran, Email: Abbas.Azimnejad@iau.ac.ir
[2] Department of Agronomy, Am.C., Islamic Azad University, Amol, Iran, Email: hormoz.fallah@iau.ac.ir
[3] Department of Agronomy, Am.C., Islamic Azad University, Amol, Iran, Email: y.niknejad@iau.ac.ir
[4] Faculty Member, Agricultural and Natural Resources Research Center of Mazandaran Province, Sari, Iran, Email: Ahmadpour217@gmail.com
[5] Department of Agronomy, Am.C., Islamic Azad University, Amol, Iran, Email: Davood.barari@iau.ac.ir

Article type:
Research article

Article history
Received:09.08.2022
Revised:21.10.2022
Accepted:04.11.2022
Published:21.03.2025

Keywords
Superabsorbent
Mycorrhiza
Nano phosphorus
Wheat
Zeolite

Abstract

In contemporary agriculture, the use of biofertilizers and nanofertilizers presents a viable alternative to chemical fertilizers. This study aimed to investigate the effects of superabsorbents, mycorrhizal fungi, and nano-phosphorus fertilizers on the quantitative and qualitative characteristics of the Ehsan wheat cultivar. To evaluate the effects of superabsorbents, mycorrhiza fungi, and nano-phosphorus fertilizer on the quantitative and qualitative characteristics of the Ehsan wheat cultivar, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications at the Baye Kola Agricultural Research Station, which is part of the Mazandaran Province Agriculture Research Center. The factors tested included two levels of nano-phosphorus fertilizer, four levels of mycorrhizal fungi (including *Glomus mosseae*, *Glomus intraradices*, and a mixture of the two fungi), and four levels of superabsorbents (zeolite, stacosorb, and a combination of the two types of superabsorbents). Results from a two-year composite data analysis indicated that the application of mycorrhizal fungi and superabsorbents significantly improved several attributes, including chlorophyll content at the stem stage, fresh and dry weight of spikes, and the percentage of phosphorus and potassium in the grains, with significance at the 1% level. Additionally, the use of mycorrhizal fungi significantly increased the number of seeds per spike and grain yield, also at the 1% level. The treatment with *G. intraradices* resulted in the highest grain yield of 6777.25 kg/ha, while the control treatment yielded the lowest at 6061.49 kg/ha. Overall, the findings demonstrated that the use of superabsorbents and mycorrhizal fungi had a significant impact on the quantitative and qualitative characteristics of the Ehsan wheat cultivar.

Cite this article as: Shaabanzadeh, A., Nabizadeh, E., Mohammadi, S., Yezdan seta, S., Hossainzadeh Mahotchi, A. (2025). The effect of water deficit stress on physiological, biochemical and antioxidant properties of wheat cultivars and lines.*Journal of Plant Environmental Physiology*, 77(1): 16-31.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch
Doi: https://doi.org/10.71890/iper.2025.983601

فیزیولوژی محیطی گیاهی
شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۷۶۷۱
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۸۹
PSI
انجمن جلبک شناسی ایران
Phycological Society of Iran
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

مطالعه تأثیر کاربرد نانو ذرات فسفر، میکوریزا و ابرجاذب‌ها بر خصوصیات کمی و کیفی گندم نان" رقم احسان" (*Triticum aestivum* L.)

عباس عظیم‌نژاد[۱]، هرمز فلاح آملی[۲*]، یوسف نیک‌نژاد[۳]، احمد احمدپور[٤]، داود براری[٥]

[۱] گروه زراعت، واحد آیت الله آملی،دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران، رایانامه: Abbas.Azimnejad@iau.ac.ir
[۲] گروه زراعت، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران، رایانامه: hormoz.fallah@iau.ac.ir
[۳] گروه زراعت، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران، رایانامه: y.niknejad@iau.ac.ir
[٤] مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، ساری، ایران، رایانامه: Ahmadpour217@gmail.com
[٥] گروه زراعت، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران، رایانامه: Davood.barari@iau.ac.ir

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:۱٤۰۱/۰٥/۱۸
تاریخ بازنگری:۱٤۰۱/۰۷/۲۹
تاریخ پذیرش:۱٤۰۱/۰۸/۱۳
تاریخ چاپ:۱٤۰٤/۰۱/۰۱

چکیده

امروزه، استفاده از کودهای زیستی و نانو کودها می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی در تولید محصولات زراعی باشد. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر کاربرد نانو ذرات فسفر، میکوریزا و سوپرجاذب‌ها بر خصوصیات کمی و کیفی گندم نان رقم احسان انجام شده است. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات زراعی بابع‌کلا وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی استان مازندران انجام شد. عوامل مورد آزمایش شامل نانو ذرات فسفر در دو سطح، کاربرد میکوریزا در چهار سطح (مصرف میکوریزا از گونه *Glomus mosseae*، *Glomus intraradices* و مخلوط دو قارچ)، کاربرد سوپرجاذب در چهار سطح (مصرف سوپرجاذب از نوع زئولیت، استاکوزورب و ترکیب دو نوع سوپرجاذب) بود. نتایج حاصل از تجزیه مرکب دو ساله داده‌ها نشان داد با مصرف میکوریزا و سوپرجاذب صفاتی مانند محتوای کلروفیل در مرحله ساقه دهی، وزن تر سنبله، وزن خشک سنبله، درصد فسفر دانه و درصد پتاسیم دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. با مصرف قارچ میکوریزا صفات تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار و بیشترین عملکرد دانه در بین سطوح مختلف میکوریزا مربوط به تیمار *G.intraradices* با ٦۷۷۷/۲٥ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار آن با ٦۰٦۱/٤۹ کیلوگرم در هکتار متعلق به تیمار شاهد بود. نتایج تحقیق نشان داد که مصرف سوپرجاذب‌ها و میکرویزا بر خصوصیات کمی و کیفی رقم گندم احسان تأثیر بسزایی داشته است.

واژه‌های کلیدی:
زئولیت
سوپرجاذب
میکوریزا
نانو فسفر
گندم

استناد: شعبان‌زاده، علی؛ نبی‌زاده، اسمعیل؛ محمدی، سلیمان؛ یزدان ستا، سامان؛ حسن‌زاده ماهوتچی، ایدا (۱٤۰٤). تاثیر تنش کم آبی بر صفات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و خصوصیات آنتی‌اکسیدانی ارقام و لاین‌های گندم. *فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۷۷ (۱)، ۳۱-۱٦.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی گرگان
DOI: https://doi.org/10.71890/iper.2025.983601
© نویسندگان.

مقدمه

گندم از مهم‌ترین غلات در تغذیه انسان به شمار می‌رود و در سرتاسر جهان کشت و با تولید سالانه بیش از ٦٠٠ میلیون تن، بعد از ذرت و برنج بیشترین تولید را در دنیا به خود اختصاص داده است (Asseng et al., 2011). با توجه به قرار گرفتن کشور ایران در اقلیم خشک و نیمه خشک و پایین بودن بارش‌های جوی در این نواحی، کمبود آب یکی از چالش‌های اصلی کشاورزی بوده و رشد جمعیت و در پی آن تأمین امنیت غذایی و نیاز به تولید محصولات راهبردی (استراتژیکی) مانند گندم، اهمیت مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی و لزوم افزایش بهره‌وری آب را بیشتر نمایان می‌کند (Tavakoli, 2013). کاربرد سوپرجاذب در کشاورزی می‌تواند نقش مؤثری در افزایش ظرفیت نگهداری و جذب رطوبت خاک و کاهش اثرگذاری‌های نامطلوب تنش خشکی داشته باشد (Nazari et al., 2010). سوپرجاذب‌ها در خاک آب و عناصر غذایی را جذب و به تدریج در اختیار گیاه قرار داده و، باعث بهبود رشد گیاه با مقدار محدود آب می‌گردند (Islam et al., 2011b). کاربرد ٤٠ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار توانست ارتفاع بوته، قطر ساقه، سطح برگ، عملکرد و زیست توده کل ذرت را افزایش دهد (Islam et al., 2011a). پلیمرهای سوپرجاذب باعث افزایش ماندگاری آب در خاک شده و تعداد آبیاری را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهند (Nazarli et al, 2010). بررسی نشان داده است که سوپرجاذب‌ها می‌توانند تا ۲۰ درصد تبخیر آب را کاهش دهند کاربرد سوپرجاذب‌ها، آبشویی نیترات در خاک را کاهش و مقدار جذب آن و میزان زیست توده (بیوماس) را افزایش داد (Egrinya Enejiv et al., 2013). زئولیت، یک ماده‌ای معدنی که عمدتاً از آلومینوسیلیکات تشکیل شده و در صنایع به عنوان جاذب سطحی کاربرد داشته و به دلیل قابلیت تبادل یونی، در کشاورزی به عنوان ماده مغذی نیز استفاده می‌شود (Ramesh et al. 2011). زئولیت می‌تواند غلظت عناصر غذایی و راندمان استفاده از کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم در بافت گیاه را به طور معنی‌داری افزایش دهد (Ahmad et al., 2010). به نظر می‌رسد که مصرف زئولیت از طریق فراهم نمودن مقادیر بیشتری از آب آبیاری برای ریشه‌ها، باعث ایجاد شرایط رشد و نمو بهتری برای گیاهان شده و تخریب غشای سلول‌ها را کاهش می‌دهد (Mirzakhani and Sibi, 2010). یکی از مهمترین روابط همزیستی در گیاهان، همزیستی با قارچ میکوریزا می‌باشد که در آن، ریشه گیاه با قارچ به صورت یک واحد زنده فعالیت و به رشد یکدیگر کمک می‌کنند. قارچ میکوریزا با جذب عناصر غذایی از طریق گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه و جستجو در خاک، به وسیله هیف‌های خارجی در ریشه‌های مویی به جذب عناصر غذایی کمک می‌کند (Khosrojerdi et al., 2013). در پژوهش‌های سایر محققین نشان داده شد که تلقیح گندم با باکتری‌های فزاینده رشد و قارچ میکوریزا از طریق دسترسی گیاه به آب و مواد غذایی موجب افزایش سرعت رشد نسبی گردید (Shahhosseini et al., 2012). در بررسی Yaseen و همکاران (۲۰۱۷) تلقیح میکوریزایی در گندم باعث افزایش ارتفاع بوته، قطر ساقه، شاخص سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گردید. در مطالعه Lehnert و همکاران (۲۰۱۷) تلقیح قارچ میکوریزی گلوموس موسیا در گندم ارتفاع بوته، قطر ساقه، شاخص سطح برگ، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت را افزایش داد. Sabbagh و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی تلقیح میکوریزا با قارچ گلوموس اینتراردیسز در گندم افزایش تعداد دانه در

سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و درصد پروتئین را گزارش کردند. فسفر در تغذیه گیاه پس از نیتروژن در رتبه دوم اهمیت قرار دارد (Servani et al., 2014). تأمین فسفر موردنیاز گیاه برای رسیدن به بالاترین عملکرد، مهم و حیاتی بوده و افزون بر کودهای شیمیایی و زیستی، یکی دیگر از روش‌های تأمین فسفر مورد نیاز گیاه استفاده از نانوکود است (Heshmati et al., 2017). استفاده از نانوکودها منجر به افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی، کاهش سمیت خاک، به حداقل رسیدن مصرف کود و کاهش تعداد دفعات کاربرد کود می‌گردد، و به دلیل اینکه زمان و سرعت رهاسازی عناصر با نیاز غذایی گیاه منطبق و هماهنگ می‌شود، گیاه قادر به جذب حداکثر عناصر غذایی شده و با کاهش آبشویی عناصر، عملکرد محصول نیز افزایش می‌یابد (Asghari et al., 2014). استفاده از نانوکودها به عنوان جایگزین کودهای مرسوم، عناصر غذایی کود بتدریج و به صورت کنترل شده در خاک آزاد و در نتیجه از بروز پدیده مردابی شدن آب‌های ساکن و همچنین آلودگی آب آشامیدنی جلوگیری به عمل خواهد آمد و با بهره گیری از فناوری نانو در طراحی و ساخت نانوکودها، فرصت‌های جدیدی به منظور افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی و به حداقل رساندن هزینه‌های حفاظت از محیط زیست، پیش روی انسان گشوده شده است (Naderi and Abedi, 2012). با توجه به اهمیت تولید پایدار گندم به عنوان یکی از مهمترین غذاهای بشر، استفاده از تکنولوژی نانو می‌تواند گامی موثر در جهت دستیابی به کشاورزی پایدار و سازگاری با محیط زیست باشد. با توجه به لزوم مدیریت تغذیه گیاهی در راستای افزایش و پایداری تولید و اهمیت کودهای زیستی و نانو در کشاورزی پایدار و حفظ محیط زیست و ضرورت کاهش مصرف بی رویه کودهای شیمیایی و بهینه-سازی مصرف آنها در بوم نظام های زراعی کشور، تحقیق حاضر با هدف بررسی اثرات نانو ذرات فسفر، میکوریزا و ابرجاذب‌ها بر خصوصیات کمی و کیفی گندم مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایشات مزرعه‌ای: این آزمایش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی بابع کلا (نکا) زیر نظر مرکز تحقیقات کشاورزی استان مازندران، با طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ٤١ دقیقه شمالی و ارتفاع چهار متر از سطح دریا در دو سال ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل نانو فسفر در دو سطح (عدم مصرف و مصرف نانو فسفر)، کاربرد میکوریزا در چهار سطح (عدم مصرف، مصرف میکوریزا از گونه *Glomus mosseae*، میکوریزا از گونه *Glomus intraradices* و مخلوط آنها)، کاربرد سوپرجاذب در چهار سطح (عدم مصرف، مصرف سوپرجاذب معدنی از نوع زئولیت، مصرف سوپرجاذب سنتزی از نوع استاکوزورب، مخلوط دو نوع سوپرجاذب) بود. قبل از کاشت آزمایش آنالیز خاک مزرعه براساس پروتوکل اجرایی مرکز تحقیقات کشاورزی انجام گردید (جدول۱). مطابق آزمون خاک مقدار کودهای نیتروژن، فسفر و پتاس در زمان کاشت به طور کامل به زمین داده و کود نیتروژن در سه مرحله کاشت، ساقه دهی و ظهور سنبله اعمال شد. سوپرجاذب‌ها و میکوریزا به همراه فسفر و پتاس قبل از کشت به زمین اضافه گردید. سوپرجاذب سنتزی (استاکوزورب) به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار، سوپرجاذب معدنی (زئولیت) به میزان ۹ تن در هکتار و میکوریزا به میزان ۸۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مطابق پروتکل شرکت سازنده استفاده گردید، به نحوی که

پس از محاسبه مقدار کود موردنیاز هر کرت، کود قبل از کاشت با خاک سطحی (۱۰ سانتی‌متر سطح خاک) مخلوط و سپس بذر گندم رقم احسان با در نظر گرفتن تراکم ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار، برای هر واحد آزمایش و در عمقی بالاتر از عمق قرارگیری سوپرجاذب ها و میکوریزا یعنی در عمق ٦ سانتی متری از سطح خاک کشت شد. نانو فسفر به میزان ۲ کیلوگرم در هزار لیتر آب در مرحله پنجه زنی استفاده گردید.

جدول ۱: برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قطعه مورد آزمایش.

بافت خاک	کربن آلی (درصد)	مواد آلی (درصد)	اسید یته	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم در کیلو گرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم در کیلو گرم)	روی قابل جذب (میلی‌گرم در کیلو گرم)	آهن قابل جذب (میلی‌گرم در کیلو گرم)
Silty clay	۱/۳۹	۲/۳۸	۷/۷	۰/۸	۰/۱۱۵	۹	۳۵۳	۱/۲۸	۱۹/۲۱

عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح زمین و ایجاد فارو در مراحل قبل از کاشت اجرا و هر کرت آزمایشی شامل ۵ ردیف کشت به طول ۵ متر و فاصله ۲۰ سانتیمتر بود. در طول فصل رشد صفاتی مانند، محتوای کلروفیل برگ در مرحله ساقه دهی، وزن تر و خشک سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، میزان آهن، روی، پتاسیم، فسفر و عملکرد دانه مود ارزیابی قرار گرفت.

نحوه سنجش محتوی کلروفیل: جهت اندازه‌گیری محتوی کلروفیل برگ از دستگاه SPAD استفاده گردید. اندازه‌گیری از شش نقطه برگ کاملاً توسعه یافته انجام و میانگین اعداد بدست آمده به عنوان عدد نهایی در محاسبه‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

اندازه گیری فسفر دانه: اندازه‌گیری فسفر به روش هضم به طریق سوزاندن خشک و استفاده از اسید هیدروکلریک صورت گرفت و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر میزان جذب قرائت و میزان فسفر دانه محاسبه گردید.

اندازه‌گیری غلظت عناصر پتاسیم، آهن و روی دانه: غلظت‌های پتاسیم و آهن در بذر گندم با استفاده از دستگاه پلاسمای جفت شده القایی-طیف سنج نشر نوری (ICP-OES) و مطابق با دستورالعمل موسسه تحقیقات برنج کشور-معاونت آمل تعیین شد.

تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل نتایج با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۲) انجام شد و مقایسه میانگین نتایج با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج

عملکرد دانه: نتایج تجزیه مرکب دوساله نشان داد که اثر متقابل سال × نانو فسفر × میکوریزا در سطح یک درصد و اثر متقابل نانوفسفر × میکوریزا × سوپرجاذب در سطح پنج درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین صفات نشان داد که با مصرف میکوریزا و سوپرجاذب عملکرد دانه افزایش یافت. بیشترین عملکرد دانه در بین سطوح مختلف میکوریزا مربوط به تیمار *G.intraradices* با ٦٧٧٧/٢٥ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه مربوط به تیمار شاهد با ٦٠٦١/٤٩ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه در بین سطوح مختلف سوپرجاذب مربوط به تیمار (زئولیت + استاکوزورب) ٦٧٥٠/٩٩ کیلوگرم در هکتار و کمترین

مقدار آن مربوط به تیمار شاهد ٦١٧٥/٢٣ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). در اثر متقابل سه گانه بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار (نانو فسفر× ترکیب دو میکوریزا × ترکیب دو سوپرجاذب)٨٠٦٦/٤٧ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه مربوط به تیمار شاهد ٤٧٢٨/٧٢ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ٤).

وزن هزار دانه: نتایج تجزیه مرکب دوساله نشان داد که اثر متقابل سال × نانو فسفر × میکوریزا × سوپرجاذب بر صفت وزن هزار دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر سال بر روی صفات نشان داد که بیشترین و کمترین وزن هزار دانه در سال اول و دوم به ترتیب ٦١/٧٢ و ٥١/٥٠ گرم بدست آمد (جدول ۳).

وزن تر سنبله: نتایج تجزیه مرکب دو ساله آزمایش اینگونه نشان داد که اثر میکوریزا، سوپرجاذب و اثرات متقابل (نانو فسفر × میکوریزا)، (نانو فسفر × سوپرجاذب)، (میکوریزا × سوپرجاذب)، (نانو فسفر × میکوریزا × سوپرجاذب)، (سال × میکوریزا × سوپرجاذب) بر صفت وزت تر سنبله در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین صفات عنوان کرد که با مصرف میکوریزا و سوپرجاذب وزت تر سنبله افزایش یافت. بیشترین وزن تر سنبله در بین سطوح مختلف میکوریزا مربوط به تیمار *G.intraradices* ١٥/٠٦ گرم بود و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار شاهد ١٣/٢٤ گرم بود (جدول ۳). بیشترین وزن تر سنبله در بین سطوح مختلف سوپرجاذب مربوط به تیمار سوپرجاذب معدنی (زئولیت) ١٥/٤٩ گرم و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار شاهد ١٢/٦٠ گرم بود (جدول ۳). در اثر متقابل سه گانه بیشترین وزن تر سنبله مربوط به تیمار (نانو فسفر × *G.mosseae* × زئولیت) ١٩/٩٣ گرم و کمترین وزن تر سنبله مربوط به تیمار شاهد ٧/١٠ گرم بود (جدول ٤).

وزن خشک سنبله: نتایج تجزیه مرکب دو ساله داده ها نشان داد که اثرات متقابل (نانو فسفر × میکوریزا)، (میکوریزا × سوپرجاذب)، (نانو فسفر × میکوریزا × سوپرجاذب) بر صفت وزن خشک سنبله در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین صفات نشان داد که با مصرف نانو فسفر، میکوریزا و سوپرجاذب وزن خشک سنبله افزایش یافت. بیشترین وزن خشک سنبله با مصرف نانوفسفر ٧/٤٧ گرم بود که نسبت به تیمار شاهد ۱۸ درصد افزایش نشان داد. بیشترین وزن خشک سنبله در بین سطوح مختلف میکوریزا مربوط به تیمار (*G.mosseae* + *G.intraradices*) ٧/٥٠ گرم بود و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار شاهد ٦/٤١ گرم بود (جدول ۳). بیشترین وزن خشک سنبله در بین سطوح مختلف سوپرجاذب مربوط به تیمار سوپرجاذب معدنی(زئولیت) ٧/٦٣ گرم و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار شاهد ٦/١٠ گرم بود (جدول ۳). در اثر متقابل سه گانه بیشترین وزن خشک سنبله مربوط به تیمار (نانو فسفر × زئولیت) ٩/٢١ گرم و کمترین وزن خشک سنبله مربوط به تیمار شاهد ٣/٥٠ گرم بود (جدول ٤).

تعداد دانه در سنبله: نتایج تجزیه مرکب دو ساله نشان داد که اثرات متقابل (میکوریزا × سوپرجاذب)، (نانو فسفر × میکوریزا × سوپرجاذب) در سطح یک درصد ولی اثرات متقابل (نانو فسفر × میکوریزا)، (نانو فسفر × سوپرجاذب)، (سال × نانو فسفر × میکوریزا) بر صفت تعداد دانه در سنبله در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین های صفات با مصرف نانو فسفر و میکوریزا تعداد دانه در سنبله افزایش یافت. بیشترین تعداد دانه در سنبله با مصرف نانو فسفر ٦٠/٢٢ عدد بود که نسبت به تیمار شاهد ٢٦/٧٥ درصد افزایش نشان داد. (جدول ۳).

جدول ۲: تجزیه مرکب دو ساله میانگین مربعات صفات تحت تأثیر سوپرجاذب، میکوریزا و نانو فسفر.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میزان رویی دانه	میزان آهن دانه	درصد پتاس دانه	درصد فسفر دانه	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در سنبله	وزن خشک سنبله	وزن تر سنبله	محتوای کلروفیل (SPAD)
سال (Y)	۱	۱۳۹۲/۱۳ ns	۳۵۳۶/۳۳ ns	۰/۰۰۰۱۲۵۱ ns	۰/۰۰۰۹۶۳ ns	۱۳۸۲۱۶/۸۹ ns	۵۰۲۱/۵۰ **	۱۲/۵۱ ns	۰/۱۷ ns	۱۴/۵۲ ns	۱۷/۸۹ ns
بلوک	۴	۳۱/۴۱	۱۷/۲۹	۰/۰۰۰۲۹۴	۰/۰۰۰۰۳۰	۹۶۵۷۲۸/۱۲	۲/۱۲	۲۳/۴۴	۷/۶۹	۰/۳۹	۰/۲۷
کود نانو فسفر (a)	۱	۱۶۶۲/۶۳ ns	۸۶۷/۰۰ ns	۰/۰۰۴۵۰۵ ns	۰/۰۰۳۳۵۱ ns	۱۲۸۶۹۸۴۱/۳۳ ns	۵/۸۸ ns	۷۷۶۴/۸۰ *	۶۲/۳۷ *	۳۹۴/۳۴ ns	۰/۰۱ ns
قارچ میکوریزا (b)	۳	۴۱۶/۱۰ ns	۹۳۷/۱۰ ns	۰/۰۱۲۱۷ **	۰/۰۰۰۸۲۸ **	۵۵۷۱۶۴۴/۷۵ **	۱۹/۸۳ ns	۱۶۴۷/۵۹ **	۱۲/۵۷ **	۲۷/۴۹ **	۱۱/۷۶ **
سوپر جاذب (c)	۳	۵۷۱/۴۲ ns	۱۶۸۶/۹۰ ns	۰/۰۰۲۷۲۸ **	۰/۰۰۱۳۸۱ **	۲۸۱۳۴۳۵/۶۴ *	۰/۹۳ ns	۸۵/۲۷ ns	۱۹/۲۸ **	۷۵/۰۳ **	۲۲/۶۴ **
a × b	۳	۳۰۳/۷۰ ns	۲۱۱/۴۶ ns	۰/۰۲۳۴۱۹ **	۰/۰۰۱۱۳۹ **	۱۴۸۶۸۴۹/۷۸ ns	۱۲/۰۵ ns	۳۷۳/۲۹ *	۷/۹۱ **	۳۸/۶۵ **	۲۰/۹۳ **
a × c	۳	۹۲/۲۱ ns	۹۶۵/۵۱ *	۰/۰۰۱۲۱۰ **	۰/۰۰۰۰۱۴ ns	۱۸۶۳۲۰۴/۲۱ ns	۸/۲۹ *	۲۵۰/۸۰ *	۱/۳۲ ns	۸/۶۱ **	۴۰/۸۹ **
b × c	۳	۱۱۴/۹۵ ns	۴۱۹/۱۰ ns	۰/۰۰۷۴۳۳ **	۰/۰۰۰۳۳۵ **	۴۵۳۸۰۸۸/۷۲ ns	۸/۵۴ ns	۲۲۹/۳۳ **	۶/۸۱ **	۴۴/۶۷ **	۱۷/۱۴ **
a × b × c	۳	۱۴۹/۷۵ *	۶۸۶/۱۶ ns	۰/۰۰۷۲۲۲ **	۰/۰۰۰۴۹۸ **	۱۰۰۸۶۶۲/۱۱ *	۷/۳۲ ns	۲۰۲/۹۹ **	۳/۷۶ **	۳۲/۴۴ **	۳۱/۹۵ **
Y × a	۳	۱۸۶/۰۵ ns	۱۴۰/۰۸ ns	۰/۰۱۰۶۵۱ **	۰/۰۰۰۹۶۳ *	۹۵۳۶۹۳۲/۶۹ ns	۳/۷۱ ns	۱۳/۵۵ ns	۰/۱۷ ns	۳/۰۰ ns	۰/۰۳ ns
Y × b	۳	۶۰/۴۲ ns	۸۵۳/۱۳ ns	۰/۰۰۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۰۰۷ ns	۳۱۸۸۱/۲۱ ns	۷/۶۶ ns	۲/۲۱ ns	۰/۱۷ ns	۰/۰۱ ns	۰/۳۴ ns
Y × c	۳	۲۸۱/۶۳ ns	۲۹۷/۷۶ ns	۰/۰۰۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۰۰۲ ns	۲۳۴۴۲۲/۴۴ ns	۳/۱۶ ns	۱۱/۲۷ ns	۰/۱۵ ns	۰/۰۲ ns	۰/۶۱ ns
Y × a × b	۳	۱۲۸/۹۵ *	۱۵۱/۶۵ ns	۰/۰۰۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۰۰۷ ns	۲۴۶۸۱۸۱/۸۵ **	۲/۹۲ ns	۳۵/۱۷ *	۰/۱۷ ns	۰/۰۱ ns	۰/۳۶ ns
Y × a × c	۳	۳۱/۸۰ ns	۹۹/۳۸ ns	۰/۰۰۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۰۰۲ ns	۹۱۳۱۵۳/۴۳ ns	۰/۶۸ ns	۱۴/۷۲ ns	۰/۱۵ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۹ ns
Y × b × c	۹	۹۱/۰۱ *	۱۷۱/۲۲ ns	۰/۰۰۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۰۰۴ ns	۴۲۲۴۸۳/۵۹ ns	۶/۱۶ ns	۶/۴۸ ns	۰/۱۵ ns	۰/۰۲ **	۰/۲۲ ns
Y × a × b × c	۹	۲۷/۹۸ **	۱۳۵/۲۰ **	۰/۰۰۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۰۰۴ ns	۲۵۶۲۲۲/۰۲ ns	۵/۳۷ **	۸/۴۷ ns	۰/۱۵ ns	۰/۰۲ ns	۰/۴۵ ns
خطای آزمایشی	۱۲۴	۵/۱۸	۶/۸۴	۰/۰۰۰۰۰۹۶	۰/۰۰۰۰۰۱۲	۲۲۶۲۱۵/۷	۰/۸۰	۳۳/۰۲	۰/۷۵	۱/۰۵	۰/۹۶
ضریب تغییرات		۵/۸۹	۴/۰۴	۲/۵۲	۵/۱۰	۷/۳۰	۱/۵۸	۱۰/۶۶	۱۱/۰۱	۷/۱۸	۲/۷۳

*و** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی دار.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثرات اصلی تحت تأثیر سوپرجاذب، میکوریزا و نانو فسفر

تیمارها	میزان روی دانه (میلی گرم در کیلوگرم)	میزان آهن دانه (میلی گرم در کیلوگرم)	درصد پتاس دانه	درصد فسفر دانه	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در سنبله	وزن خشک سنبله (گرم)	وزن تر سنبله (گرم)	محتوای کلروفیل (SPAD)
سال اول	۳۵/۹۳ a	۶۰/۳۹ a	۰/۳۹۲ a	۰/۰۶۶ a	۶۴۲۲/۲۸ a	۶۱/۷۲ a	۵۳/۶۱ a	۶/۹۳ a	۱۳/۹۹ a	۳۶/۲۲ a
سال دوم	۴۱/۳۲ a	۶۸/۹۷ a	۰/۳۸۷ a	۰/۰۷۱ a	۶۵۹۱/۱۱ a	۵۱/۵۰ b	۵۴/۱۲ a	۶/۸۷ a	۱۴/۵۴ a	۳۵/۶۰ a
a1	۳۵/۶۸ a	۶۲/۵۶ a	۰/۳۸۵ a	۰/۰۶۵ a	۶۲۴۷/۸۰ a	۵۶/۴۴ a	۴۷/۵۱ b	۶/۳۳ b	۱۲/۸۳ a	۳۵/۹۲ a
a2	۴۱/۵۷ a	۶۶/۸۱ a	۰/۳۹۴ a	۰/۰۷۳ a	۶۷۶۵/۶۰ a	۵۶/۷۹ a	۶۰/۲۲ a	۷/۴۷ a	۱۵/۷۰ a	۳۵/۹۰ a
b1	۳۶/۶۴ a	۶۵/۱۲ a	۰/۳۹۵ b	۰/۰۶۵ b	۶۰۶۱/۴۹ b	۵۵/۸۰ a	۴۵/۷۷ c	۶/۴۱ b	۱۳/۲۴ c	۳۵/۱۹ b
b2	۴۰/۱۴ a	۶۲/۴۳ a	۰/۴۰۴ a	۰/۰۷۲ a	۶۴۱۸/۵۸ ab	۵۶/۴۴ a	۵۵/۸۴ ab	۶/۵۵ ab	۱۴/۴۳ b	۳۵/۹۹ ab
b3	۳۵/۷۲ a	۶۰/۵۴ a	۰/۳۶۷ d	۰/۰۶۵ b	۶۷۷۷/۲۵ a	۵۶/۹۳ a	۵۴/۲۱ b	۷/۱۴ ab	۱۵/۰۶ a	۳۶/۲۱ a
b4	۴۲/۰۰ a	۷۰/۶۴ a	۰/۳۹۲ c	۰/۰۷۲ a	۶۷۶۹/۴۷ a	۵۷/۲۸ a	۵۹/۶۴ a	۷/۵۰ a	۱۴/۳۲ b	۳۶/۲۵ a
c1	۳۳/۹۱ a	۵۶/۲۹ a	۰/۳۸۰ c	۰/۰۶۱ c	۶۱۷۵/۲۳ c	۵۶/۵۱ a	۵۳/۰۴ a	۶/۱۰ b	۱۲/۶۰ d	۳۵/۲۰ b
c2	۴۲/۰۲ a	۶۴/۸۳ a	۰/۳۹۵ a	۰/۰۶۹ b	۶۵۸۵/۵۸ ab	۵۶/۵۲ a	۵۲/۶۹ a	۷/۶۳ a	۱۵/۴۹ a	۳۵/۲۵ b
c3	۳۸/۵۴ a	۶۹/۴۷ a	۰/۳۸۸ b	۰/۰۷۰ b	۶۵۱۴/۹۸ b	۵۶/۸۱ a	۵۴/۰۷ a	۷/۰۴ ab	۱۴/۰۸ c	۳۵/۴۰ b
c4	۴۰/۰۴ a	۶۸/۱۴ a	۰/۳۹۶ a	۰/۰۷۴ a	۶۷۵۰/۹۹ a	۵۶/۶۱ a	۵۵/۶۶ a	۶/۸۳ ab	۱۴/۸۷ b	۳۶/۴۲ a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می‌باشند.

a1: عدم مصرف نانو فسفر، a2: مصرف نانو فسفر، b1: عدم مصرف میکوریزا، b2: گلومرس موسه، b3: گلومرس اینترارادیکس، b4: ترکیب دو میکوریزا، c1: عدم مصرف سوپرجاذب، c2: سوپرجاذب زئولیت، c3: سوپرجاذب استاکوزورب، c4: ترکیب دو سوپرجاذب

بیشترین تعداد دانه در سنبله در بین سطوح مختلف میکوریزا مربوط به تیمار (*G.mosseae* + *G.intraradices*) با ٥٩/٦٤ عدد بود و کمترین تعداد آن مربوط به تیمار شاهد با ٤٥/٧٧ عدد بود (جدول ۳). در اثر متقابل سه گانه بیشترین تعداد دانه در سنبله مربوط به تیمار (نانو فسفر× ترکیب دو قارچ میکوریزا × ترکیب دو سوپرجاذب) با ۷۳/۵۰ عدد و کمترین تعداد دانه در سنبله مربوط به تیمار شاهد با ۳۲/۸۳ عدد بود (جدول ٤).

غلظت کلروفیل برگ: نتایج تجزیه مرکب دو ساله نشان داد که اثرات متقابل (نانو فسفر× میکوریزا)، (نانو فسفر × سوپرجاذب)، (میکوریزا × سوپرجاذب)، (نانو فسفر × میکوریزا × سوپرجاذب) بر صفت غلظت کلروفیل در مرحله ساقه دهی در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین محتوای کلروفیل برگ در بین سطوح مختلف میکوریزا مربوط به تیمار (*G.intraradices* + *G.mosseae*) ٣٦/٢٥ درصد بود و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار شاهد ۳۵/۱۹ درصد بود (جدول ۳). بیشترین محتوای کلروفیل برگ در بین سطوح مختلف سوپرجاذب مربوط به تیمار (استاکوزورب + زئولیت) ٣٦/٤٢ درصد و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار شاهد ۳۵/۲ درصد بود (جدول ۳). بیشترین محتوای کلروفیل برگ در اثر متقابل سه گانه مربوط به تیمار (*G.mosseae* × استاکوزورب) ٤٠/٤ درصد و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار (میکوریزا *G.mosseae* × زئولیت) ۳۱/۸ درصد بود (جدول ٤).

درصد فسفر دانه: نتایج تجزیه مرکب دو ساله نشان داد که اثرات متقابل (نانو فسفر × میکوریزا)، (میکوریزا × سوپرجاذب)، (نانو فسفر × میکوریزا × سوپرجاذب) در سطح یک درصد ولی اثرات متقابل (سال × نانو فسفر) بر صفت درصد فسفر دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین درصد فسفر دانه در بین سطوح مختلف میکوریزا مربوط به تیمار (*G.intraradices* + *G.mosseae*) و (*G.mosseae*) ۰/۰۷۲ درصد بود و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار شاهد و *G.intraradices* با ۰/۰٦٥ درصد بود (جدول ۳). بیشترین درصد فسفر دانه در بین سطوح مختلف سوپرجاذب مربوط به تیمار ترکیب دو سوپرجاذب (استاکوزورب + زئولیت) ۰/۰۷٤ درصد و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار شاهد ۰/۰٦۱ درصد بود (جدول ۳). بیشترین درصد فسفر دانه در اثر متقابل سه گانه مربوط به تیمار (ترکیب دو قارچ میکوریزا × ترکیب دو سوپرجاذب) با ۰/۰۸۳ درصد و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار شاهد با ۰/۰۵۰ درصد بود (جدول ٤).

درصد پتاس دانه: نتایج تجزیه مرکب دو ساله نشان داد که اثرات متقابل (سال × نانو فسفر)، (نانو فسفر × میکوریزا)، (نانو فسفر × سوپرجاذب)، (میکوریزا × سوپرجاذب)، (نانو فسفر × میکوریزا × سوپرجاذب) بر صفت درصد پتاس دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین درصد پتاس دانه در بین سطوح مختلف میکوریزا مربوط به تیمار *G.mosseae* با ۰/٤۰٤ درصد بود و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار *G.intraradices* با ۰/۳٦۷ درصد بود (جدول ۳). بیشترین درصد پتاس دانه در بین سطوح مختلف سوپرجاذب مربوط به تیمار (استاکوزورب + زئولیت) با ۰/۳۹٦ درصد و کمترین درصد پتاس دانه مربوط به تیمار شاهد با ۰/۳۸۰ درصد بود (جدول ۳). بیشترین درصد پتاس دانه در اثر متقابل سه گانه مربوط به تیمار (نانو فسفر × *G.mosseae* × سوپرجاذب استاکوزورب) با ۰/٤۸۳ درصد و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار (نانو فسفر × *G.intraradices* × سوپرجاذب استاکوزورب) با ۰/۳۱٥ درصد بود (جدول ٤).

جدول٤: مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه سوپرجاذب، میکوریزا و نانو فسفر

تیمارها	میزان روی دانه (میلی گرم در کیلوگرم)	میزان آهن دانه(میلی گرم در کیلوگرم)	درصد پتاس دانه	درصد فسفر دانه	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در سنبله	وزن خشک سنبله (گرم)	وزن تر سنبله (گرم)	محتوای کلروفیل (SPAD)
a1b1c1	٢٤/٨٣ kl	٥٩/٠٠ d-g	٠/٣٦٠ o	٠/٠٥٠ h	٤٧٢٨/٧٢ h	٥٣/٥٠ b	٣٢/٨٣ o	٣/٥٠ o	٧/١٠ k	٣٦/٠٠ f-k
a1b1c2	٤٠/٥٠ b-j	٧٣/٠٠ a-f	٠/٣٩٣ i	٠/٠٦٠ f	٦٥٦٤/٣٢ b-f	٥٥/٠٥ ab	٤٠/٧٥ mn	٥/٨٤ lmn	١٢/٤٨ f-i	٣٥/١٥ i-m
a1b1c3	٣٣/٦٦ h-l	٦٥/٠٠ b-g	٠/٣٦٠ o	٠/٠٥٠ h	٥٥٢٠/٩٧ gh	٥٥/٩٠ ab	٣٦/١٦ no	٥/٦٢ n	٩/٦٥ j	٣٥/٥٠ h-l
a1b1c4	٣١/١٦ jkl	٥٩/٠٠ d-g	٠/٣٧٠ m	٠/٠٦٠ f	٥٧٧١/٠٠ fg	٥٦/٣٧ ab	٣٣/٦٦ o	٦/٥٤ i-l	١٤/٨٩ def	٣٤/١٠ mn
a1b2c1	٣١/٥٠ jkl	٤٧/٨٣ g	٠/٣٦٠ o	٠/٠٦٠ f	٥٧٨١/٩٠ efg	٥٥/٧٠ ab	٤٥/٩١ klm	٦/٠٨ k-n	١١/١٣ ij	٣٥/٧٥ g-k
a1b2c2	٣٨/٥٠ c-j	٥٢/٥٠ efg	٠/٣٩٠ j	٠/٠٧٠ d	٦٠٤٥/٧٥ d-g	٥٧/١٥ ab	٥٠/٠٨ h-l	٨/٢٨ b-e	١٤/٠٧ cde	٣٤/٩٥ klm
a1b2c3	٣٢/٦٦ i-l	٦٣/٠٠ b-g	٠/٣٩٠ j	٠/٠٧٦ c	٦٩١٧/٧٢ bcd	٥٥/٥٧ ab	٥٠/٥٠ g-l	٥/٦٩ mn	١١/٦٨ hij	٤٠/٤٠ a
a1b2c4	٣٤/٥٠ g-l	٦٥/٣٣ b-g	٠/٣٩٠ j	٠/٠٦٦ e	٦٤٤٣/٤٧ b-g	٥٧/٩٥ ab	٥٦/٠٨ d-g	٥/٧٥ mn	١١/٨٥ g-j	٣٦/٢٠ f-k
a1b3c1	٢٤/١٦ l	٥٣/٣٣ d-g	٠/٣٦٠ o	٠/٠٥٣ gh	٦٣٧٦/٩٧ b-g	٥٧/٣٠ ab	٥١/٤١ g-k	٥/٦٩ mn	١٦/٠١ cde	٣٤/١٥ lmn
a1b3c2	٣٩/٦٦ c-j	٥٨/٨٣ d-g	٠/٣٦٠ o	٠/٠٦٠ f	٦٥٧٣/٥٧ b-f	٥٨/١٠ ab	٥٢/٠٠ f-j	٦/٠٠ k-n	٩/٧٢ j	٣٦/٣٥ e-j
a1b3c3	٣٦/١٦ d-j	٦٨/٣٣ a-g	٠/٣٨٠ k	٠/٠٧٠ d	٦٧٦٥/٧٢ b-f	٥٧/٢٥ ab	٥٥/٠٠ e-h	٧/٠٢ g-j	١٣/٩٧ e-h	٣٢/٨٠ no
a1b3c4	٣٦/٦٦ c-j	٥٧/٨٣ d-g	٠/٤٠٠ h	٠/٠٧٠ d	٧٠٢٣/٣٢ bcd	٥٦/٥٠ ab	٤٥/٠٠ lm	٦/٩١ hij	١٤/٠٠ e-h	٣٨/٤٥ bc
a1b4c1	٣٦/٥٠ c-j	٦٦/٣٣ a-g	٠/٤٥٠ b	٠/٠٧٠ d	٥٩٩٧/٥٠ d-g	٥٦/٨٧ ab	٤٩/٦٦ h-l	٦/٤٤ i-m	١١/٦٥ hij	٣٩/٥٠ ab
a1b4c2	٣٨/٥٠ c-j	٨٦/٠٠ ab	٠/٤١٠ f	٠/٠٧٠ d	٦٦١٧/٣٠ b-f	٥٦/٨٢ ab	٥٣/١٦ e-j	٧/٥٤ e-h	١٥/٩١ cde	٣١/٨٠ o
a1b4c3	٤٦/٥٠ a-d	٦٤/٠٠ b-g	٠/٤٠٠ h	٠/٠٧٠ d	٦٦٥٩/٠٥ b-f	٥٧/١٢ ab	٥٣/٧٥ e-i	٧/٦٥ d-h	١٤/٦٢ def	٣٨/٣٥ bc
a1b4c4	٤٥/٥٠ a-f	٦١/٦٦ c-g	٠/٣٩٠ j	٠/٠٨٣ ab	٦١٧٧/٤٠ c-g	٥٥/٨٧ ab	٥٤/١٦ e-i	٦/٧٤ ijk	١٤/٥٦ d-g	٣٥/٣٠ i-m
a2b1c1	٣٩/٠٠ c-j	٥٧/٥٠ d-g	٠/٤٠٥ g	٠/٠٧٥ c	٦٥٣٨/٠٥ b-g	٥٧/٣٢ ab	٦٩/٣٣ ab	٦/٧٤ ijk	١٢/٩٠ f-i	٥٠/٨٠ g-k
a2b1c2	٥١/٠٠ ab	٥٩/٥٠ d-g	٠/٤٣٥ d	٠/٠٦٥ e	٦٣١٧/٧٥ b-g	٥٥/٩٧ ab	٥٤/٧٥ e-h	٩/٢١ a	١٨/٩٢ ab	٣٤/١٠ mn
a2b1c3	٣٥/٠٠ f-k	٧٦/٥٠ a-d	٠/٤٠٥ g	٠/٠٨٥ a	٦٣٦٦/٥٧ b-g	٥٧/٦٥ ab	٤٨/٥٨ i-l	٧/٧٧ d-g	١٧/٠٢ bcd	٣٤/١٥ lmn
a2b1c4	٣٨/٠٠ c-j	٧١/٥٠a-g	٠/٤٣٥ d	٠/٠٨٠ b	٦٦٨٤/٥٥ b-f	٥٤/٦٥ ab	٥٠/٠٨ h-l	٦/٠٢ k-n	١٢/٩٥ f-i	٣٦/٧٥ d-h
a2b2c1	٣٩/٠٠ c-j	٥١/٥٠ fg	٠/٤١٥ e	٠/٠٦٥ e	٦٦٢١/٢٥ b-f	٥٦/٠٢ ab	٥١/٦٦ g-k	٦/٦٦ ijk	١٤/٠٤ e-h	٣٧/٢٧ c-f
a2b2c2	٤٦/٠٠ a-e	٥٨/٣٣ d-g	٠/٣٧٥ l	٠/٠٨٥ a	٦٥٢٤/٣٢ b-g	٥٤/٩٢ ab	٦١/٦٦ cd	٨/٣٣ bcd	١٩/٩٣ a	٣٥/٩٥ f-k
a2b2c3	٤٥/٠٠ a-g	٧٥/٥٠ a-e	٠/٤٨٣ a	٠/٠٨٥ a	٦٤٤١/٩٠ b-g	٥٦/٥٢ ab	٦٥/٠٠ bc	٥/٥٩ n	١٢/٦٦ f-i	٣٢/٣٥ o
a2b2c4	٥٤/٠٠ a	٨٥/٥٠ ab	٠/٤٣٥ d	٠/٠٧٥ c	٦٥٧٢/٣٢ b-f	٥٧/٦٧ ab	٦٥/٨٣ bc	٦/٠٠ k-n	١٨/١٠ abc	٣٥/٠٥ j-m
a2b3c1	٤١/٠٠ b-j	٦٤/٨٣ b-g	٠/٣٦٥ n	٠/٠٦٥ e	٦٦٨٧/٣٢ b-f	٥٧/١٠ ab	٥٧/٦٦ def	٧/٢٢ f-i	١٦/٣٠ b-e	٣٧/٧٠ cde
a2b3c2	٣٥/٠٠ f-k	٦٨/٠٠ a-g	٠/٣٥٥ p	٠/٠٦٥ e	٦٨٨٢/٤٠ bcd	٥٧/٣٠ ab	٤٧/٥٠ jkl	٨/٠٠ b-e	١٧/١٤ bcd	٣٧/٨٠ cd
a2b3c3	٣٥/٠٠ f-k	٥٤/٠٠ d-g	٠/٣١٥ s	٠/٠٥٥ g	٦٦٣٩/٢٥ b-f	٥٧/٢٠ ab	٥٨/١٦ de	٨/٢١ b-e	١٧/٠٠ bcd	٣٥/٥٠ h-l
a2b3c4	٣٧/٨٣ c-j	٥٩/١٦ d-g	٠/٤٠٥ g	٠/٠٨٥ a	٧٢٦٩/٤٠ ab	٥٤/٧٢ ab	٦٧/٠٠ bc	٨/١٢ b-e	١٦/٣٣ b-e	٣٧/٠٠ d-g
a2b4c1	٣٥/٣٣ e-k	٥٠/٠٠ fg	٠/٣٢٥ r	٠/٠٥٥ g	٦٦٧٠/١٥ b-f	٥٨/٢٧ a	٦٥/٨٣ bc	٦/٤٣ j-m	١١/٦٨ hij	٣٦/٥٠ d-i
a2b4c2	٤٧/٠٠ abc	٦٢/٥٠ b-g	٠/٤٤٥ c	٠/٠٨١ b	٧١٥٩/٢٢ abc	٥٦/٨٥ ab	٦١/٦٦ cd	٧/٨٧ c-f	١٣/٨٠ e-i	٣٥/٩٠ g-k
a2b4c3	٤٤/٠٠ a-h	٨٩/٥٠ a	٠/٣٧٥ l	٠/٠٧٥ c	٦٨٠٨/٦٥ b-e	٢٧٥٧ ab	٦٥/٤١ bc	٨/٧٥ ab	١٦/٠٧ cde	٣٤/١٥ lmn
a2b4c4	٤٢/٦٦ b-i	٨٥/١٦ abc	٠/٣٤٥ q	٠/٠٧٥ c	٨٠٦٦/٤٧ a	٥٩/١٧ a	٧٣/٥٠ a	٨/٥٨ abc	١٦/٣١ b-e	٣٨/٥٤ bc

تفاوت حروف در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

میزان آهن دانه: نتایج تجزیه مرکب دو ساله نشان داد که اثرات متقابل (سال × نانو فسفر × میکوریزا × سوپرجاذب) در سطح یک درصد ولی اثرات متقابل (نانو فسفر × سوپرجاذب)، (نانو فسفر × میکوریزا × سوپرجاذب) بر صفت میزان آهن دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین میزان آهن دانه در اثر متقابل سه گانه مربوط به تیمار (نانو فسفر × ترکیب دو میکوریزا × سوپرجاذب استاکوزورب) با ۸۹/۵ میلی گرم در کیلوگرم و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار *G.mosseae* ۴۷/۸۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بود (جدول ٤).

میزان روی دانه: نتایج تجزیه مرکب دو ساله نشان داد که اثرات متقابل (سال × نانو فسفر × میکوریزا × سوپرجاذب) در سطح یک درصد ولی اثرات متقابل (نانو فسفر × میکوریزا × سوپرجاذب)، (سال × نانو فسفر × میکوریزا)، (سال × میکوریزا × سوپرجاذب) بر صفت میزان روی دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین میزان روی دانه در اثر متقابل سه گانه مربوط به تیمار (نانو فسفر × *G.mosseae* × ترکیب دو سوپرجاذب) با ٥٤ میلی‌گرم در کیلوگرم و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار *G.intraradices* با ٢٤/١٦ میلی‌گرم در کیلوگرم بود (جدول ٤).

بحث

محققان نشان دادند که بهبود عملکرد دانه در گیاهان تلقیح شده با مایکوریزا ممکن است ناشی از تأثیر مثبت مایکوریزا بر قابلیت دسترسی بهتر مواد غذایی برای گیاه به واسطه گسترش ریشه‌ها باشد (Khalvati et al., 2005). مایکوریزا ممکن است با فراهم آوردن نیتروژن کافی برای گیاه میزبان در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد موثر باشد (Sanchez-Blanco et al., 2004). کاربرد زئولیت عملکرد محصول گندم را نزدیک به ۱۰۰ درصد در مقایسه با شاهد بدون کود و نزدیک به ٤٠ درصد در مقایسه با شاهد همراه کود افزایش داد (Saneoka et al., 2004). برخی محققان علت روند افزایشی عملکرد در اثر مصرف پلیمر را رساندن آب و مواد غذایی به گیاه در مرحله رشد رویشی و زایشی گیاه توسط این ماده دانسته، که در شرایط تنش قادر است کمبود آب در مرحله گرده افشانی را برطرف کرده و سبب افزایش عملکرد شود (Taylor and Halfacre, 1986). یافته‌های سایر پژوهشگران نیز نشان داد که قارچ‌های میکوریزا و شبه میکوریزا از طریق همزیستی با ریشه گیاهان موجب افزایش معنی‌دار رشد و عملکرد آنها می‌شود (Lupway et al., 2000). کاربرد توأم نانو فسفر، میکوریزا و سوپرجاذب باعث افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد.

به نظر می رسد در شرایط کاربرد مایکوریزا افزایش عرضه عناصر غذایی و مواد فتوسنتزی به خصوص در مرحله پر شدن دانه، موجب بهبود میزان مواد ذخیره شده در دانه و همین امر منجر به افزایش وزن هزار دانه شده است. به دلیل افزایش مقدار کل کربوهیدرات، نشاسته و پروتئین دانه بواسطه مصرف روی در ذرت وزن صد دانه، تعداد دانه در سنبله و در نتیجه عملکرد دانه افزایش یافت (Marschner, 1984).

به نظر می رسد پلیمر سوپرجاذب با توسعه بیشتر اندام‌های رویشی از طریق قرار دادن آب کافی در اختیار ریشه گیاه، و افزایش انتقال مواد از خاک توسط گیاه و همچنین با افزایش کارایی فتوسنتزی برگ‌ها از طریق افزایش سطح برگ و میزان فتوسنتز باعث تجمع ماده خشک و عملکرد زیستی در گیاه شد. خشکی با ایجاد تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متعددی که در گیاه به وجود می‌آورد و با متوقف نمودن گسترش سلول‌ها و کاهش فشار

آماس می‌تواند بر روی وزن تر و خشک گیاه تأثیر گذاشته و آنها را کاهش دهد، خشکی باعث کاهش انتقال مواد غذایی از خاک به گیاه می‌شود و باعث کاهش معنی‌دار وزن تر سنبله نسبت به تیمار شاهد می‌شود. نانو کودها به منظور رهاسازی تدریجی محتویات غذایی خود به گونه‌ای که زمان آزادسازی آنها با نیاز غذایی محصول منطبق باشد، طراحی و ساخته شده‌اند(Naderi and Danesh-shahraki, 2011).

در تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) پیری زودرس ایجاد شده بوسیله کمبود آب فتوسنتز جاری و سرعت پر شدن دانه را کاهش می‌دهد و در نتیجه منجر به کاهش وزن دانه و کاهش وزن خشک سنبله می‌گردد (Madani et al., 2010). Feng و همکاران (۲۰۰۲) در بررسی تأثیر کودهای زیستی بر میزان تحمل به خشکی گیاه ذرت، مشاهده کردند که وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی در نتیجه همزیستی با میکوریز (جنس گلوموس) افزایش یافت. کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب موجب افزایش ارتفاع و وزن خشک گیاه ذرت علوفه ای شد (Allah- et al., 2007) dadi. به نظر می‌رسد که با توجه به محل طبیعی حضور این قارچ، که در مناطق بیابانی و خشک است، بتوان نتایج را اینطور تفسیر نمود که نسبت به شرایط خشک و نامساعد تکامل پیدا کرده است و لذا در شرایطی که گیاه با تنش روبرو شود بهتر می‌تواند تأثیرات خود را بر رشد گیاه اعمال نماید (Sepehri et al, 2009)

محققان اظهار داشتند که کربن اضافی تثبیت شده توسط گیاهان مایکوریزایی شده به مایکوریزا تخصیص می‌یابد و این قارچ‌ها با ایفای نقش مخزن اضافی برای آسیمیلات‌ها، موجب تحریک فتوسنتز گیاه میزبان شده و از این طریق به بهبود عملکرد کمک می‌کنند (Khalvati et al., 2005). فسفر یکی از مهمترین عناصر محدودکننده تولید گیاهان زراعی در اکوسیستم‌های زراعی محسوب می‌شود، اما استفاده از مقادیر زیاد فسفر سبب کاهش جمعیت و فعالیت فیزیولوژیک میکوریزا می‌شود (Bagyaraj, 1990;).

Guillemin, 1995)در همین راستا گزارش شده است که بهبود جذب عناصر غذایی و افزایش جذب آب، از دلایل اصلی افزایش عملکرد دانه در اثر تلقیح است (Osborne et al., 2002).

نشان داده شده است میکوریزا موجب افزایش میزان کلروفیل در گیاه گندم خواهد شد، به طوری که میزان کلروفیل *a*، *b* و کل در تیمارهای تلقیح شده با میکوریزا به ترتیب ۱۳/۷، ۳۳/۵ و ۱۷/٤ درصد نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح با میکوریزا) افزایش نشان داد (Moucheshi et al., 2012). Huixing (۲۰۰۵) افزایش میزان فتوسنتز در حضور میکوریزا را دلیل بالا بودن میزان فتوسنتز که نتیجه بالا بودن میزان کلروفیل در تیمارهای تلقیح شده با میکوریزا عنوان کرده‌اند. با کاهش فتوسنتز و کلروفیل و محدود شدن مواد اختصاص یافته فتوسنتزی به دانه‌ها در شرایط تنش خشکی وزن آنها کاهش یافته که این امر منجر به کاهش عملکرد می‌شود (Shamsipur et al., 2010). غلظت کلروفیل برگ نشانه پایداری فتوسنتز می‌باشد و به طور قابل توجهی در گیاهان تحت تنش گرما کاهش می‌یابد که این امر به دلیل نشان‌دهنده بیوسنتز کلروفیل یا افزایش تجزیه آن به دلیل اکسیداسیون نوری باشد (Kaur et al., 2015).

عدم توانایی سویه *G.intraradices* در کاهش pH خاک و تولید اسیدهای آلی دلیل کاهش جذب فسفر گیاه می‌باشد (Antunes et al., 2007). اما Smith و همکاران (۲۰۰٤) دریافتند که عدم توانایی سویه میکوریزا در ایجاد همزیستی به این معنی نیست که میکوریزا سهمی در جذب فسفر به وسیلهٔ گیاه ندارد. آنها همچنین بیان کردند، قارچ برای رشد خود به

فسفر نیاز دارد و ممکن است فسفر جذب شده را جهت مصرف خود اختصاص داده و به گیاه منتقل نکند. پلیمرهای سوپرجاذب باعث استفاده بهینه از منابع آب و حفظ آن، افزایش رطوبت خاک و افزایش جذب مواد غذایی و ریز مغذی‌های ضروری در خاک می‌گردد (Karimi, 1993).

مایکوریزا سبب بهبود جذب نیتروژن، پتاس، منیزیم، مس و روی در خاک‌های فقیر می‌شود (Smith and Read, 2008). در گیاهان میکوریزی غلظت پتاسیم نیز بیشتر از گیاهان غیر میکوریزی گزارش شده است و بدین ترتیب با افزایش نسبت پتاس به سدیم، همزیستی میکوریزی گیاه را در برابر اثرات منفی سدیم محافظت می‌نماید (Amiri et al., 2011). مصرف زئولیت باعث افزایش جذب نیتروژن و پتاسیم، بالا بردن راندمان مصرف ازت و افزایش وزن هزاردانه برنج شد (Farmahini et al., 2011). سایر نتایج نشان داد که استفاده از زئولیت می‌تواند رطوبت خاک را برای مدت بیشتری حفظ و در اختیار گیاه قرار دهد، بنابراین کاربرد زئولیت می‌تواند اثرات سوء تنش خشکی در گیاه زراعی را تعدیل بخشد (Zamanian, 2008).

در آزمایشی اثر مصرف اکسید آهن نانو و معمولی بر غلظت آهن و رشد گیاه گندم رقم آتیلا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کاربرد خاکی اکسید آهن نانو در مقایسه با اکسید آهن معمولی، سبب افزایش معنی‌دار غلظت آهن گیاه، ارتفاع گیاه، طول سنبله، وزن هزار دانه، وزن خشک کاه و کلش گیاه و عملکرد گیاه گردید (Mazaheri-nia et al., 2010). Sajedi و Rejali (2011) در بررسی تاثیر تلقیح میکوریز بر جذب عناصر کم مصرف در ذرت اظهار داشتند تلقیح میکوریزا غلظت مس، منگنز، روی و آهن را افزایش داد. Mardukhi و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی اعلام داشتند میکوریزا با دریافت منابع کربنی انرژی‌زا از گیاه، بسیاری از عناصر غذایی معدنی مثل فسفر، روی، مولیبدن، مس و آهن را به حالت کاملاً قابل جذب در آورده و در اختیار ریشه قرار می‌دهد. سوپرجاذب‌ها می توانند عناصری مانند آهن، روی، فسفر و نیتروژن را در خود نگهداری نمایند و از آبشویی و هدر رفتن آنها جلوگیری به عمل آورند (Allah-dadi, 2002).

Ortas (۲۰۱۰) در بررسی تاثیر ٤ گونه مایکوریزا، بیشترین محتوای عنصر روی در دانه و بوته را تحت تاثیر کاربرد گونه گلوموس موسه گزارش کرد. Safapour و همکاران (۲۰۱۲) اعتقاد دارند مایکوریزا از طریق انتشار میسیلیوم‌های خارجی خود در منافذ ریز خاک که امکان ورود ریشه‌های موئین برای جذب آب وجود ندارد، و باکتری تنظیم کننده رشد از طریق تحریک توسعه رشد ریشه آب و عناصر غذایی را جذب و به گیاه منتقل می‌کند به گفته ایشان عنصر روی سطح هورمون اکسین را نیز در گیاه تحت تأثیر قرار می‌دهد و به طور غیر مستقیم در ایجاد فشار اسمزی نیز نقش دارد و با فراهمی این عنصر جذب آب توسط گیاه به خوبی انجام می‌شود. با تأمین عنصر روی همراه با سایر عناصرموردنیاز گندم، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه افزایش می‌یابد (Zozi et al., 2012). نتایج تحقیقات Hemantaranjan و همکاران (۱۹۸۸) نشان دادند که مصرف آهن و روی موجب افزایش معنی‌دار تعداد سنبله در مترمربع و طول خوشه شد و اظهار داشتند که این عناصر به دلیل افزایش مقدار کل کربوهیدرات، مقادیر نشاسته و پروتئین دانه موجب افزایش اجزای عملکرد و در نهایت موجب افزایش عملکرد دانه می‌شوند.

نتیجه گیری نهایی

نتایج این آزمایش نشان داد استفاده از میکوریزا و سوپرجاذب بر خصوصیات کمی و کیفی گندم نان

رقم احسان تأثیر معنی‌داری داشته، به طوری که بیشترین عملکرد دانه با مصرف میکوریزا با ۶۷۷۷/۲۵ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. امروزه مدیریت منابع آب و مصرف آب در بخش سوپرجاذب به همراه میکوریزا می‌تواند سبب بهبود جذب آب و عناصر غذایی گردد، که این امر باعث افزایش عملکرد گیاه زراعی می‌شود. کاربرد کودهای زیستی و نانو کودها علاوه بر اثرات مثبتی که بر کلیه خصوصیات خاک دارد، از جنبه‌های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی نیز مثمرثمر واقع شده و می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی باشد این تحقیق، مصرف این کودهای مفید را به علت کاهش مصرف کودهای شیمیائی، کاهش هزینه‌ها و افزایش عملکرد دانه در زراعت گندم توصیه می‌نماید.

References

Agaba, H., Baguma Orikiriza, L.J., Esegu, O., Francis, J., Obua, J., Kabasa, J.D. and Hüttermann, A. (2010). Effects of hydrogel amendment to different soils on plant available water and survival of trees under drought conditions. CLEAN - Soil Air Water. 38: 328-335.

Ahmed, O. H., Sumalatha, G. and Nik Mohamad, A.M. (2010). Use of zeolite in maize (*Zea mays* L.) cultivation on nitrogen, potassium and phosphorus uptake and use efficiency. International Journal of the Physical Sciences. 15: 2393-2401.

Allah-dadi, A. (2002). The effect of application of superabsorbent hydrogels on reducing drought stress in plants. Proceedings of the second specialized-educational course on agricultural and industrial application of superabsorbent hydrogels, Iran Polymer and Petrochemical Research Institute. (In Persian).

Allah-dadi, A., Muezzin-ghamsari, B., And Akbari, G.A. (2007). Investigation of the application of superabsorbent polymer as an important solution to reduce the effects of poor irrigation. 9th Iranian Congress of Agricultural Sciences and Plant Breeding. 5-7 Shahrivar, Abu Rihan Campus, University of Tehran. (In Persian).

Amiri, P., Nabizadeh, A., Majidi, A. and Rasools-sadghiani, M.H. (2011). The effect of mycorrhizal fungus and drought stress on some quantitative and qualitative characteristics of corn. Student thesis. (In Persian).

Antunes, P.M., Schneider, K., Hillis, D. and Klironomos, J.N. (2007). Can thearbuscular mycorrhizal fungus Glomus intraradices actively mobilize P fromrock phosphates? Pedobiologia. 51:281-286.

Asghari, S., Moradi, H. and Afshari, K., (2014). Evaluation of some physiological and morphological characteristics of Narcissus tazatta under BA treatment and Nanoregimes. Journal of Sustainable Agriculture Science. 2/20 (1), 39-51. (In Persian).

Asseng, S., Foster, I. and Turner, N. (2011). The impact of temperature variability on wheat yields. Global Change Biology. 17: 997-1012.

Bagyaraj, D.J. (1990). Ecology of vesicular-arbuscular mycorrhizae. Pp: 3-34. In: Arora, D.K., Rai, B., Mukerjii, K.G., Knudsen, G.R. (eds.), Handbook of Applied Mycology. Soil and Plants. Marcel Dekker, NewYork.

Egrinya Enejiv, A., Islam, R., An, P. and Amalu, U.C. (2013). Nitrate retention and physiological adjustment of maize to soil amendment with superabsorbent polymers. Cleaner Production. 52: 474-480.

Farmahini, M., Mirzakhani, M. and Sajdi, N.H. (2011). Effect of water shortage stress and application of moisture absorbing materials on physiological traits of Alvand wheat. Master Thesis, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Arak Branch. (In Persian).

Guillemin, J.P., Orozco, M.O., Gianinazzi-Pearson, V. and Gianinazzi, S. (1995). Influence of phosphate fertilization on fungal alkaline phosphatase and succinate dehydrogenase activities in arbuscular mycorrhiza of soybean and pineapple. Agriculture, Ecosystems & Environment. 53: 63-69.

Hemantaranjan, A. and Grag, O.K. (1988). Iron and zinc fertilization with reference to the grain quality of *Triticum aestiuvm* L. Journal of Plant Nutrition. 11: 1439-1450

Heshmati, S., Amini Dehaghi, M. and Fathi Amirkhiz, K. (2017). Effects of biological and chemical phosphorous fertilizer on grain yield, oil seed and fatty acids of spring safflower in water deficit conditions. Iranian Journal of Field Crop Research. 48(1): 159-169. (In Persian).

Huixing, S. (2005). Effects of VAM on host plant in the condition of drought stress and its mechanisms. Electronic Journal of Biology. 1: 44–48.

Islam, M.R., Zeng, Z., Mao, J., Enegi, A.E., Xue, X. and Hu, Y. (2011a). Feasibility of summer corn (*Zea mays* L.) Production in drought affected areas of northern china using water saving super absorbent polymer. Plant Soil and Environment 6: 279-285.

Islam, M.R., Ren, C., Zeng, Z., Jia, P., Eneji, E. and Hu, Y. (2011b). Fertilizer use efficiency of drought-stressed oat (Avena sativa L.) Following soil amendment with a water saving superabsorbent polymer. Acta Agriculture Scandinavia Section B- Soil and Plant Science 61: 721-729.

Karimi, A. (1993). Investigation of the effect of Igita modifier on some physical properties of soil and plant growth. Master Thesis in Soil Science, University of Agriculture, University of Tehran. 196 pages. (In Persian).

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.

Khalvati, M.A., Mozafar, A. and Schmidhalter, U. (2005). Quantification of water uptake by arbuscular mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth, water relations, and gas exchange of barley subjected to drought stress. Plant Biology. Stuttgart. 7: 706-712.

Khosrojerdi, M., Shahsavani, S., 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).

Lehnert, H., Serfling, A., Enders, M., Friedt, W. and Ordon, F. (2017). Genetics of mycorrhizal symbiosis in winter wheat (Triticum aestivum). New Phytologist. 215: 779–791.

Lupway, N.Z., Girma, M. and Haque, I. (2000). Plant nutrient content of cattle manure from smallscale farms and experimental stations in the Ethiopian highlands. Agriculture Ecosystemand Environment. 78: 57-63.

Madani, A., Shirani Rad, A., Pazoki, A., Nourmohammadi, G. and Zarghami, R. (2010). Wheat (*Triticum aestivum* L.) grain filling and dry matter partitioning responses to source: sink modifications under postanthesis water and nitrogen deficiency. Acta Scientiarum Agronomy 32(1): 145-151.

Mardukhi, B., Rejali, F., Daei, G., Ardakani, M.R., Malakouti, M.J. and Miransari, M. (2011). Arbuscular mycorrhizas enhance nutrient uptake in different wheat genotypes at high salinity levels under field and greenhouse conditions. Comptes Rendus Biologies.334(7):564-71.

Marschner, H. (1984). Function of mineral nutrients: micronutrients. In: Mineral nutrition of higher plants, Acad Press. NewYork, Pp: pp: 269-300.

Mazaheri-nia, S., Astarai, A.R., Fotot, A. and Monshi, A. (2010). Investigation of the effect of iron oxide consumption (nano and normal) along with sulfur granular compost on iron concentration and wheat plant growth of Attila cultivar. Iranian Journal of Crop Research. 8: 861-855. (In Persian).

Mirzakhan, M. and Sibi, M. (2010). Response of safflower physiological traits to water stress and zeolite application. The Proceedings of 2nd Iranian National Congress on Agricultural and Sustainable Development. Islamic Azad University, Shiraz Branch. (In Persian).

Moucheshi, A., Heidari, M.T. and Assad, B. (2012). Alleviation of drought stress effects on wheat using arbuscular mycorrhizal symbiosis. International Journal of AgriculturalScience. 2: 35–47.

Naderi, M.R. and Danesh-shahraki, A. (2011). Application of nanotechnology in optimizing chemical fertilizer formulation. Nanotechnology Monthly, 4: 32-20. (In Persian).

Naderi, M.R. and Abedi, A. (2012). Application of nanotechnology inagriculture and refinement of environmental pollutants. Iranian Journalof Nanotech. 11(1): 18-26. (In Persian).

Nazarli, H., Zardashti, M.R., Darvishzadeh, R. and Najafi, S. (2010). The effect of water stress and polymer on water use efficiency, yield and morphological traits of sunflower under greenhouse condition. Notulae Scientia Biologicae. 2: 53-58.

Ortas, I. (2010). Effect of mycorrhiza application on plant growth and nutrient uptake in cucumber production under field conditions. Spanish Journal of Agricultural Research. 8(1): 116-122.

Osborne, S.L., Scheppers, J.S., Francis, D.D. and Schlemmer, M.R. (2002). Use of spectral radiance to in season biomass and grain yield in nitrogen and water – stressed corn. Crop Science. 42: 165-171.

Ramesh, K., Damodar Reddy, D., Kumar Biswas, A. and Subba Rao, A. (2011). Zeolites and Their Potential Uses in Agriculture. Advances in Agronomy. 113: 219-241

Sabbagh, S.K., Poorabdollah, A., Sirousmehr, A. and Gholamalizadeh-Ahangar, A. (2017). Bio-fertilizers and systemic acquired resistance in fusarium infected wheat. Journal of Agricultural Science and Technology, 19: 453-464.

Safapour, M., Ardakani, M.R., Khaghani, S., Teymoori, M. and Hezaveh, H. (2012). The influence of mycorrhizal fungi and rhizobium bacteria on nutrient uptake and phytohormonal fluctuations of three red been (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. Archives Des Sciences Journal. 5(65): 465-473.

Sajedi, N.A. and Rejali, F. (2011). Effect of drought stress on mycorrhizal inoculation on the uptake of micronutrients in maize. Journal of Soil Research. 25(2): 83-92. (In Persian).

Sanchez-Blanco, M.J., Ferrandez, T., Navarro, A., Banon, S. and Alarcon, J.J. (2004). Effects of irrigation and air humidity preconditioning on water relations, growth and survival of Rosmarinus officinalis plants during and after transplanting. Journal of Plant Physiology. 161: 1133-1142.

Saneoka, H., Moghaieb, R.E.A., Premachandra, G.S. and Fujita, K. (2004). Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relations in Agrostis palustris Huds. Environmental and Experimental Botany. 52: 131–138.

Servani, M., Mobasser, H.R., Sobhkhizi, A., Adiban, M. and Noori, M. (2014). Effect of phosphorus fertilizer on plant height, seed weight and number of nodes in soybean. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences. 4(2): 696-700. (In Persian).

Shahhosseini, Z., Gholami, A. and Asghari, H. (2012). Effect of arbuscular mycorrhizae and humic acid on water use efficiency and physiological growth indices of maize under water deficit condition. Arid Biome Scientific and Research Journal. 2(1): 39-57. (In Persian).

Shamsipur, M., Fotovat, R.and Jabbari, F. (2010). Relationship between chlorophyll content index and wheat grain yield under drought stress conditions. Journal of Crop Ecophysiology. 2(1): 8-16 (In Persian).

Smith, S.E. and Read, D.J. (2008). Mycorrhizal Symbiosis, third ed. Academic Press, London, UK.

Tavakoli, A.R. (2013). Deficit irrigation and supplemental irrigation management for rainfed and irrigated wheat at Selseleh region. Journal of Water Research in Agriculture. 27(4): 589-600.

Taylor, K.C. and Halfacre, R.G. (1986). The effect of hydrophilic polymer on media water retention and nutrient availability to *Ligustrum Lucidum*. Horticultural Science. 21: 1159-1161.

Yaseen, T., Shakeel, M. and Ullah, F. (2017). Comparing the association of Arbuscular Mycorrhizal Fungi with Wheat crop from district mardan and charsadda. Pakistan Journal of Phytopathology. 29(01): 79-88.

Zamanian, M. (2008). Effects of application of different levels of zeolite on soil water retention. The First Iranian Zeolite Conference. Amir Kabir University. 248-247. (In Persian).

Zozi, T., Steiner, F., Fey, R., Castagnara, D.D. and Seidel, E.P. (2012). Response of wheat to foliar application of zinc. Ciência Rural Universidade Federal de Santa Maria. 42: 784-787: (5).