Iranian Journal of Soil and Water Research ISNN: 2423-7833
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

Study of the effect of irrigation, mycorrhiza, and *azospirillum* on the quantitative and qualitative yield of barley varieties

Shahryar Olumi somarin[1], Jalil Ajali[2]✉, Ali Faramarzi[3], Mehrdad Abdi[3], Naser Nazari[3]

1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran Email: shahryaroloumi@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran. Email: jalil.ajali@m-iau.ac.ir
3. Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran. Email: aliifaramarzii52@gmail.com
4. Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran. Email: dr.mehrdad.abdi@gmail.com
5. Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran. Email: naser.nazari@gmail.com

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: Jan. 25, 2023

Revised: March. 16, 2023

Accepted: Apr. 3, 2023

Published online: Apr. 21, 2023

Keywords:
Barley
Biofertilizers,
Drought stress,
Physiological,
Quantitative and qualitative yield,

ABSTRACT

This field study was conducted with the objective of reducing or alleviating the drought stress effect on yield and yield components of barley varieties by applying biological fertilizers in two consecutive years within the framework of a split plot randomized complete block design with three replications. In the first year of the experiment, the main plot was irrigation at two levels (normal irrigation or full irrigation during the plant growth period, and irrigation until 50% of spike stage) and sub-plot was barley variety (Kavir, Valfajr, Nusrat, and Yusef). In the second year of the experiment, the first factor was irrigation at four levels (full irrigation during the plant growth as the control, irrigation until 50% of spike stage, irrigation until 50% of booting stage, and rainfed cultivation). The second factor was biological fertilizer application at four levels (Azospirillum lipoferum growth-stimulating bacterium, Mycorrhizal fungus Glomus intraradices, combination of Mycorrhizal and Azospirillium lipoform, and control). The third factor was barley variety at three levels (the superior and the susceptible varieties selected from the first year experiment and Abidar rainfed variety). In the normal irrigation conditions (non-stress), the maximum grain yield was 7775 kg/ha for the Kavir variety, and the minimum grain yield was 5650 kg/ha for the Valfajr variety. In irrigation stress conditions (irrigation up to 50% of spike stage), the maximum grain yield was 6209.4 kg/ha for the Nosrat variety, and the minimum grain yield was 4167.7 kg/ha for the Kavir variety. In this research, the Nosrat variety had the maximum tolerance against stress among the studied varieties. However, the Valfajr variety showed minimum drought stress tolerance. According to the results of the first year experiment, two Nosrat and Valfajr varieties were selected. The results of the second year experiment showed that applying Azospirillum lipoferum growth-stimulating bacterium, Mycorrhizal fungus, and the combination of Mycorrhizal and Azospirillium lipoform increased the grain yield up to 2.02, 2.38, and 3.31% compared to the control treatment, respectively. Full irrigation during the plant growth period compared to irrigation treatments up to 50% of the booting stage and rainfed cultivation increased the grain yield by 4.43% and 10.04%, respectively. In general, the Valfajr variety was selected due to the lower percentage of grain yield reduction compared to other varieties and the superiority of this variety in terms of stress sensitivity index, and this variety has the potential to become a suitable commercial variety.

Cite this article: Olumi somarin, Sh., Ajali, J., Faramarzi, A., Abdi, M., Nazari, N. (2023) Study of the effect of irrigation, mycorrhiza, and azospirillum on the quantitative and qualitative yield of barley varieties, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 54 (2), 407-427. https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.354339.669437

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.354339.669437

مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۴، شماره ۲ شاپا: ۷۸۳۳-۲۴۲۳
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

مطالعه تاثیر سطوح آبیاری، میکوریز و آزوسپریلوم بر صفات فیزیولوژیک، عملکرد کمی و کیفی ارقام جو

شهریار علومی ثمرین[۱]، جلیل اجلی[۲]✉، علی فرامرزی [۳]، مهرداد عبدی[۳]، ناصر نظری [۳]

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد میانه ، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه ، ایران. رایانامه: shahryaroloumi@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران. رایانامه: jalil.ajali@m-iau.ac.ir
۳. گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران، رایانامه: aliifaramarzii52@gmail.com
۴. گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران، رایانامه: dr.mehrdad.abdi@gmail.com
۵. گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران، رایانامه: naser.nazari@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۲/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱/۱۴
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۲/۱

واژه‌های کلیدی:
تنش خشکی،
جو.
عملکرد کمی و کیفی،
فیزیولوژیک،
کودهای زیستی.

چکیده

این بررسی با هدف کاهش یا تعدیل اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام جو با کاربرد کودهای زیستی در دو سال متوالی در مزرعه به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار به اجرا درآمد. در سال اول آزمایش، فاکتور اصلی آبیاری در دو سطح (آبیاری نرمال یعنی آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه و آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله‌دهی) و فاکتور فرعی ارقام در چهار سطح (کویر، والفجر، نصرت و یوسف) بود. در سال دوم آزمایش، فاکتور اول آبیاری در چهار سطح (آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه به عنوان شاهد، آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله‌دهی، آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله آبستنی و کشت دیم)، فاکتور دوم کودهای بیولوژیک در چهار سطح (کاربرد باکتری محرک رشد آزوسپریلیوم لیپوفروم Azospirillum lipoferum، به کارگیری قارچ میکوریز گونه Glomus intraradices، ترکیب میکوریز و آزوسپریلیوم لیپوفروم، عدم کاربرد میکوریز و باکتری به عنوان شاهد) و فاکتور سوم ارقام در سه سطح (رقم حساس و رقم متحمل برتر حاصل از گزینش سال اول و رقم دیم آبیدر) بود. در شرایط آبیاری نرمال (بدون تنش) بالاترین عملکرد دانه با ۷۷۷۵ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم کویر و کمترین عملکرد دانه با ۵۶۵۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم والفجر بود. بیشترین عملکرد دانه در شرایط تنش آبیاری (آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله‌دهی) با ۶۲۰۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم نصرت و کمترین عملکرد دانه با ۴۱۶۸ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم کویر بود. در این تحقیق در بین ارقام مورد ارزیابی، رقم نصرت بالاترین مقدار تحمل به تنش را داشت. در حالی که رقم والفجر کمترین مقدار تحمل به تنش را نشان داد و با توجه به نتایج سال اول دو رقم نصرت و والفجر انتخاب گردید. نتایج سال دوم نشان داد که کاربرد باکتری محرک رشد آزوسپریلیوم، قارچ میکوریز و ترکیب میکوریز و آزوسپریلوم نسبت به شاهد (عدم کاربرد میکوریز و باکتری) باعث افزایش ۲/۰۲، ۲/۳۸ و ۳/۳۱ درصدی عملکرد دانه گردید. آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه نسبت به تیمارهای آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله آبستنی و کشت دیم باعث افزایش ۴/۴۳ و ۱۰/۰۴ درصدی عملکرد دانه گردید. در کل رقم والفجر به دلیل درصد کاهش عملکرد دانه کمتر نسبت به سایر ارقام و برتری این رقم از نظر شاخص حساسیت به تنش انتخاب گردید و این رقم پتانسیل تبدیل به رقم تجاری مناسب را نیز دارد.

استناد: علومی ثمرین؛ شهریار، اجلی؛ جلیل، فرامرزی؛ علی، عبدی؛ مهرداد، نظری؛ ناصر، (۱۴۰۲) مطالعه تاثیر سطوح آبیاری، میکوریز و آزوسپریلوم بر صفات فیزیولوژیک، عملکرد کمی و کیفی ارقام جو ، *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۴ (۲)، ۴۲۷-۴۰۷.
https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.354339.669437
ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
© نویسندگان.
DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.354339.669437

مقدمه

یکی از چالش‌های عمده‌ای که بشر با آن مواجه است، توانایی تغذیه جمعیت در حال رشد به ویژه در مواجهه با افزایش تنش‌های ناشی از تغییرات اقلیمی و کاهش دسترسی به زمین‌های قابل کشت است (Powell et al., 2013; Wiegmann et al., 2019). افزایش روز افزون جمعیت جهان محققان را بر آن داشته است تا در جهت افزایش میزان تولید و تامین نیازهای غذایی بشر گام بر دارند، بنابر اهمیت و نقش غلات همچون جو در بحران‌های سیاسی ملل نیاز به افزایش تولید آن ضروری به نظر می‌رسد و یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید غلات مسئله خشکی و کمبود آب می‌باشد (Bakhshi Rad et al., 2010). در راستای افزایش تولید محصول، توجه به عوامل ایجادکننده اختلال در رشد و نمو گیاه و راهکارهای کاهش خسارت اهمیت بسزایی دارد، از طرفی، گیاه در طی دوره رشد و نمو با تنش‌های مختلفی در محیط اطراف خود از جمله سرما، گرما، خشکی و فلزات سنگین مواجه است که جزء تنش‌های غیرزنده بوده و در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از محققان قرارگرفته‌اند (Namdar et al., 2019). ایران در حدود یکسوم میانگین جهانی (۲۶۰–۲۳۵ میلی‌متر) بارش سالانه دارد (FAO, 2018). ۸۵ درصد از مساحت ایران را شرایط آب و هوایی خشک، نیمه خشک، فراخشک و بیابانی در بر می‌گیرد که ناشی از بارش کم در مناطق مرکزی و جنوبی است (عرب خدری و کمالی، ۱۳۹۶). تحقیقات نشان داده است که کل کشور با خشکی روبرو است که بر تولید محصولات زراعی اثرات زیادی دارد و با ادامه این وضع قطعاً کشاورزی محصولات با مشکل روبرو خواهند شد (اسحاق‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳).

جو (Hordeum vulgare L.) با دامنه وسیع اکولوژیکی و سطح زیر کشت حدود ۵۵ میلیون هکتار و تولید حدود ۱۵۳ میلیون تن، چهارمین محصول مهم غلات بعد از گندم، ذرت و برنج در جهان می‌باشد (سلیمانی، ۱۳۹۶) که به‌عنوان غذا مورد استفاده انسان و دام قرار می‌گیرد. در ایران نیز جو با سطح زیر کشت حدود ۱/۷ میلیون هکتار و تولید حدود ۳/۵ میلیون تن، دومین محصول بعد از گندم محسوب می‌شود (Tanaka & Nakano, 2019). جو یکی از مهمترین غلات در نواحی مدیترانه‌ای است، مناطقی که در آن درجه حرارت بالا بوده و کمبود آب در طول پرشدن دانه، تولید عملکرد را با محدودیت همراه می‌سازد (Jacobsen et al., 2012). در این نواحی به واسطه شرایط محیطی نامساعد، غالباً گیاه جو به عنوان یک گیاه با عملکرد مناسب نسبت به ارقام گندم و با بهره‌وری بالا قابل توصیه خواهد بود. در واقع جو به عنوان غله غالب در سیستم‌های دیم حوزه مدیترانه (همچنین در برخی دیگر از سیستم‌های با بهره‌وری پایین) محسوب می‌شود و عقیده کشاورزان نیز بر این است که عملکرد جو تحت چنین شرایطی بهتر از گندم است (Ryan et al., 2008). از این رو اهمیت گیاه جو به عنوان یک گیاه متحمل به خشکی در شرایط دیم، ضرورت توجه به گسترش سطح زیر کشت و افزایش عملکرد در واحد سطح این گیاه را در مناطق خشک و نیمه خشک امری اجتناب ناپذیر می‌سازد (حکم‌علی پور و سید شریفی، ۱۳۸۹). تنش‌های محیطی یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش دهنده عملکرد دانه و تولید گیاهان زراعی به شمار می‌روند (Chang et al., 2022). از میان این تنش‌های غیرزنده، تنش خشکی تا حد زیادی پیچیده‌ترین تنش در مقیاس جهانی است که رشد و نمو گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Turner-Hissong et al., 2020).

خشکی همانند سایر تنش‌های غیرزیستی، موجب تولید بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن[1] (ROS) در گیاهان می‌شود. گونه‌های فعال اکسیژنی می‌تواند به غشای سلولی، اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها آسیب وارد نمایند (Gill and Tuteja, 2010) و باعث عدم تعادل متابولیک در گیاهان شود. گونه‌های فعال اکسیژنی از رادیکال‌های آزاد و مولکول‌های غیررادیکال (پراکسید هیدروژن، آب اکسیژنه، اکسیژن رادیکال و سوپراکسید) تشکیل شده است (Powell et al., 2013). گیاهان جهت مقابله با تنش اکسایشی ناشی از رادیکال‌های فعال اکسیژن، دارای مکانیسم‌های ضد اکسایش آنزیمی (سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، گلوتاتیون ردوکتاز، مونو دهیدروآسکوربات ردوکتاز، دهیدروآسکوربات ردوکتاز، گلوتاتیون پراکسیداز، گایاکول پراکسیداز، گلوتاتیون اس ترانسفراز) و غیرآنزیمی (آسکوربیک اسید، گلوتاتیون، ترکیبات فنولی، آلکالوئید، آمینو اسیدهای غیرپروتئینی و آلفا توکوفرول‌ها)) می‌باشند (khazaei et al., 2019). به طور کلی عوامل ایجاد شرایط تنش، تعادل طبیعی را تغییر داده و منجر به یک سری تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی در گیاهان می‌شوند که تاثیر منفی بر رشد و تولید آنها دارد. که در نهایت منجر به کاهش رشد و عملکرد نهایی محصول می‌شود (Ashraf, 2010). اگرچه خویشاوندان وحشی بیشتر گیاهان زراعی از جمله جو پتانسیل بالایی از لحاظ تحمل به تنش‌های زیستی و غیرزیستی دارند (Nevo & Chen, 2010; Ryan et al., 2011)، ولی تنوع ژنتیکی در جو زراعی به علت اصلاح آن به طور

1 - *Reactive Oxygen Species*

فزاینده‌ای محدود شده است و این امر موجب ایجاد مشکل در سازگاری این گیاه با شرایط نامساعد محیطی از قبیل تنش‌های زنده مانند بیماری‌ها و تنش‌های غیرزیستی می‌شود (Zahravi et al., 2011).

مایه کوبی (تلقیح) میکروبی شامل سه گروه اصلی و عمده: ۱) قارچ میکوریزا آربوسکولار[1] (AMF)، ۲) باکتری‌های محرک رشد[2] (PGPR) و ۳) ریزوبیوم همزیست تثبیت کننده نیتروژن هستند. بررسی‌های متعددی برای ارزیابی تاثیر رشد گیاهی با کاربرد ترکیبات مختلف میکروبی از جمله AMF-PGPR، ریزوبیوم تثبیت کننده نیتروژن با PGPR یا گونه‌های مختلف PGPR با یکدیگر انجام شده است (حکم‌علی پور و سید شریفی، ۱۳۸۹). ریزوسفر منطقه‌ای از خاک اطراف ریشه یک گیاه است که در آنجا خصوصیات بیولوژیکی و شیمیایی خاک بوسیله ریشه‌ها تحت تاثیر قرار می‌گیرد (Lugtenberg & Kamilova, 2009). باکتری‌های محرک رشد گیاهی (PGPR) باکتری‌های آزادزی هستند که در ریشه گیاهان کلونی تشکیل داده و فعالیت می‌کنند. آنها اثرات مفید روی رشد و نمو گیاهان نشان می‌دهند. PGPR ممکن است به طور غیرمستقیم از طریق انحلال فسفات‌های نامحلول، تولید هورمون‌ها یا تثبیت نیتروژن و یا بطور مستقیم بر متابولیسم گیاه (افزایش جذب آب و عناصر غذایی) و با افزایش نمو ریشه و فعالیت آنزیمی، یا کمک به سایر میکروارگانیسم‌های مفید، موجب تحریک رشد گیاه شود و یا ممکن است رشد گیاه را بوسیله کنترل پاتوژن‌های گیاهی تحریک نماید. این توانایی‌ها اهمیت بالایی در کشاورزی در خصوص بهبود حاصلخیزی خاک و عملکرد گیاه دارد، زیرا اثر منفی کودهای شیمیایی بر محیط را کاهش می‌دهد (Pérez-Montano et al., 2014). کمبود جهانی منابع آبی و آلودگی زیست محیطی، افزایش جمعیت بشری و کاهش زمین‌های قابل دسترس و موجود برای کشت و کار دو تهدید مهم برای کشاورزی پایدار محسوب می‌شوند (Shahbaz & Ashraf, 2013).

مصرف کودهای زیستی با هدف حذف یا کاهش چشمگیر در مصرف نهاده‌های شیمیایی، یک راه حل مطلوب جهت غلبه بر این مشکلات به شمار می‌آید (Ghaderimokri et al., 2022). امروزه به کارگیری جانداران مفید خاکزی تحت عنوان کودهای بیولوژیکی به عنوان طبیعی‌ترین و مطلوب‌ترین راه حل برای زنده و فعال نگه داشتن سیستم حیاتی خاک در اراضی کشاورزی، مطرح می‌باشد (Siddiqui et al., 2022). عرضه مواد آلی به خاک، بدلیل پاسخگویی به ضروری‌ترین نیاز آن، بزرگترین مزیت این قبیل کودهاست. علاوه بر این، تأمین عناصر غذایی به صورتی کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، کمک به تنوع زیستی، تشدید فعالیت‌های حیاتی، بهبود کیفیت و حفظ سلامت محیط زیست از مهمترین مزایای کودهای بیولوژیکی محسوب می‌شود (صالح راستین ، ۱۳۸۰ و Siddiqui et al., 2008).

استفاده توام از میکوریز و آزوسپریلوم در راستای تامین بخشی از نیاز نیتروژن جو و کاهش اثرات اسمزی ناشی از پخش کودهای نیتروژن دار به صورت سرک و نیز کاهش اثر تنش خشکی آخر فصل رشد و کمک به جذب رطوبت به واسطه میکوریز و ارزیابی نحوه اثر این باکتری و قارچ از طریق اندازه گیری صفات مورد ارزیابی از جنبه های نوآوری این تحقیق می باشد. از این رو به منظور ممانعت از مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی، جایگزینی بخشی از این کودها توسط کودهای زیستی به عنوان مطلوب‌ترین راه حل برای افزایش عملکرد مطرح می‌باشد. از آنجایی که آزمایش‌هایی در خصوص تاثیر کودهای زیستی (باکتری‌های محرک رشد و میکوریز) بر عملکرد کمی و کیفی ارقام جو در شرایط محدودیت آبی در منطقه انجام نشده است؛ در این راستا این بررسی با کاهش خسارت ناشی از اثر خشکی بر ارقام جو با استفاده از میکوریز و آزوسپریلوم و امکان افزایش سطح زیر کشت در اراضی نیمه خشک، انتخاب ارقام حساس و متحمل به خشکی بر اساس شاخص‌های تحمل و تعیین اثر قارچ میکوریز و باکتری‌آزوسپریلوم بر عملکرد کمی و کیفی جو ارقام منتخب سال اول به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این آزمایش در مزرعه‌ای در کیلومتر ۴ جاده اردبیل به خلخال جنب ایستگاه تحقیقات در سال‌های زراعی ۹۷-۱۳۹۸ به اجرا در آمد. اقلیم محل اجرای آزمایش نیمه خشک و سرد است. ارتفاع از سطح دریا ۱۰۵۶ متر با مختصات جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۶ دقیقه طول شرقی و ۴۶ درجه و ۳۹ دقیقه عرض شمالی می‌باشد. مشخصات جوی در طول دوره رشدی جو در جداول ۱ ارائه شده است. قبل از اقدام به تهیه بستر و کاشت، از خاک چند نقطه از محل اجرای آزمایش از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری شده و به آزمایشگاه منتقل شد. برخی از ویژگی‌های خاک محل آزمایش بر اساس روش‌های متداول موسسه تحقیقات خاک و آب در جدول ۲ ارایه شده است.

---

1 - Arbuscular mycorrhizal fungi
2 - Plant growth promoting rhizobacteria

جدول ۱. مشخصات جوی در طول دوره رشدی جو در محل اجرای آزمایش (شش ماهه دوم سال ۹۸ و چهار ماهه اول، ۱۳۹۷)

پارامتر	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر
بارندگی(میلی‌متر)	۴/۸	۴۰/۳	۲۸/۹	۳/۴	۳۵/۲	۹/۴	۳/۳	۳۲/۹	۲/۴	۹/۳
میانگین حداقل دما (سانتی‌گراد)	۶/۱	۱/۷	۴/۶	−۵/۱	−۸/۲	−۱/۴	۲/۱	۷/۴	۱۰	۱۲/۸
میانگین حداکثر دما (سانتی‌گراد)	۱۸/۴	۱۲/۵	۳/۵	۵/۸	۰/۲	۹/۴	۱۴/۳	۲۱/۴	۲۴/۵	۲۶/۱
میانگین دمای روزانه (سانتی‌گراد)	۱۲/۲	۷/۱	۰/۶	۰/۴	−۴	۴	۸/۲	۱۴/۴	۱۷/۳	۱۹/۵
میانگین رطوبت (گرم بر متر مکعب)	۷۶	۷۵	۶۵	۶۴	۸۲	۶۹	۶۹	۶۲/۶	۶۸	۶۰/۶
مجموع ساعات آفتابی (تعداد ساعت)	۲۰۱/۳	۱۵۱/۴	۱۷۰/۸	۲۱۰/۹	۱۲۰/۹	۲۰۹/۱	۲۰۲/۷	۲۳۲/۶	۳۳۱/۷	۳۲۸/۳

ماخذ: اداره کل هواشناسی استان اردبیل

جدول ۲. خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک

مشخصه	آهک	رس	سیلت	شن	کربن آلی	نیتروژن کل	بافت خاک	pH	قابلیت هدایت الکتریکی	فسفر قابل استفاده	پتاسیم قابل استفاده	آهن قابل استفاده
	درصد (٪)								(dS/m)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)		
میزان	۵	۳۹	۳۰	۳۱	۰/۸۵۸	۰/۰۸	لومی-رسی	۷/۷۶	۱/۵۴	۱۲/۲	۴۹۵	۵/۱

pH و EC خاک به ترتیب در گل اشباع و عصاره گل اشباع اندازه‌گیری شدند.

آزمایش سال اول: انتخاب رقم‌های حساس و متحمل به خشکی بر اساس تغییرات عملکرد، اجزای عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک

در سال اول تغییرات عملکرد، اجزای عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک ارقام جو در شرایط تنش خشکی و گزینش ارقام متحمل و حساس مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا در آمد. کرت اصلی شامل سطوح آبیاری در دو سطح (a1: آبیاری نرمال (آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه) و a2: آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله‌دهی) و کرت فرعی b ارقام مورد ارزیابی (b1: کویر، b2: والفجر، b3: نصرت و b4: یوسف) بود. در طول دوره رشد عملیات داشت مانند مبارزه با علف‌های هرز و سایر عملیات زراعی در تمامی واحدهای آزمایش به‌غیراز فاکتورهای مورد بررسی بصورت یکسان انجام شد. بلافاصله پس از کاشت، زمین تحت آبیاری جهت تأمین رطوبت مورد نیاز برای جوانه‌زنی قرار گرفت. پس از کاشت، آبیاری بر اساس نیاز گیاه هر ۷ روز یک بار انجام گرفت. به منظور اعمال تنش آبیاری در زمان ظهور ۵۰ درصد سنبله‌دهی آبیاری قطع و تنش خشکی اعمال شد. هر کرت آزمایشی شامل ۸ خط کاشت به طول ۴ متر و با فاصله ردیف ۱۵ سانتی‌متر بود. بین کرت‌های اصلی ۳ متر و بین کرت‌های فرعی ۶ متر فاصله در نظر گرفته شد. کوددهی کرت‌های آزمایشی براساس آزمون خاک انجام شد. برای این منظور همزمان با کاشت کود فسفات آمونیوم به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. در مرحله طویل شدن ساقه و در مرحله ظهور گلآذین نیز به ترتیب ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار و ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به خاک اضافه شد. در انتهای دوره رشد از ۳ خط میانی آزمایش پس از حذف ۰/۵ متر از طرفین هر خط کاشت ۳ متر جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه و اجزای آن، از بخش سطح خاک بوته‌ها کف‌بر شد.

برآورد شاخص‌های تحمل به خشکی

شاخص‌های تحمل به خشکی بعد از محاسبه میانگین‌های عملکرد در دو شرایط مختلف (آبیاری نرمال (آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه) و آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی) با استفاده از روابط زیر اندازه‌گیری شدند. شدت تنش (رابطه ۱) و شاخص حساسیت به تنش[1] (رابطه ۲) مطابق روش فیشر و ماور (Fischer & Maurer, 1978) محاسبه شدند.

$$SI = 1 - (Ys/Yp)$$ رابطه ۱)

$$SSI = \{1 - (Ysi/Ypi)\}/SI$$ رابطه ۲)

شاخص تحمل[2] (رابطه ۳) و متوسط عملکرد یا میانگین بهره‌وری[3] تولید (رابطه ۳) مطابق روش روزیله و هامبلین (Rosielle &

1 - Stress Susceptibility Index
2 -Tolerance
3 - Mean Productivity

(Hamblin, 1981) محاسبه شدند.

رابطه ۳) $MP = (Ypi + Ysi)/2$

رابطه ۴) $TOL = Ypi - Ysi$

میانگین بهره‌وری هندسی[1] (رابطه ۵) و شاخص تحمل به تنش[2] (رابطه ۶) نیز مطابق روش فرناندز (Fernandez, 1992) محاسبه شدند.

رابطه ۵) $GMP = \sqrt{Ysi \times Ypi}$

رابطه ۶) $STI = (Yp\mathrm{i} \times Ysi)/(YP)2$

که در روابط فوق پارامترها به شرح زیر است:

Ypi = عملکرد هر رقم در محیط بدون تنش Ysi = عملکرد هر رقم در محیط داری تنش

Yp = میانگین عملکرد ارقام در محیط بدون تنش Ys = میانگین عملکرد ارقام در محیط دارای تنش

سال دوم: تعیین اثر قارچ میکوریز و باکتری *آزسپریلوم لیپوفروم* بر عملکرد کمی و کیفی ارقام برتر جو سال اول در شرایط تنش آبی

به منظور تعیین اثر قارچ میکوریز گونه *Glomus intraradices* و باکتری *آزسپریلوم لیپوفروم* سویه OF بر عملکرد کمی و کیفی ارقام برتر سال اول در شرایط تنش خشکی آزمایشی بصورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول (کرت اصلی) آبیاری در چهار سطح (آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه به عنوان شاهد، آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی، آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله آبستنی و کشت دیم) و فاکتور دوم شامل کودهای بیولوژیک که در چهار سطح (کاربرد باکتری محرک رشد *آزوسپریلیوم لیپوفروم* سویه OF[3]، به کارگیری قارچ میکوریز گونه *Glomus intraradices*، ترکیب میکوریز و آزوسپریلوم، عدم کاربرد میکوریز و باکتری به عنوان شاهد) و فاکتور سوم ارقام برتر مورد ارزیابی در سه سطح (رقم حساس و رقم متحمل برتر حاصل از گزینش سال اول و رقم دیم آبیدر) بود. جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از پیاده نمودن آزمایش اقدام به نمونه‌برداری از خاک مزرعه و ارسال آن به آزمایشگاه خاکشناسی برای تعیین خصوصیات شیمیایی آن شد. این تحقیق گیاه جو در در کرت‌هایی به مساحت ۲/۵ متر مربع به صورت خطی و با رعایت فاصله بین خطوط ۲۰ سانتی متر و تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع کاشته شد. ابتدا بذرها استریل شده و سپس به منظور تلقیح بذر جو با باکتری *آزوسپریلیوم لیپوفروم* سویه OF میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای 10^7 باکتری زنده و فعال بود به ازای ؟؟؟ کیلوگرم بذر جو استفاده شد. از محلول صمغ عربی برای چسبیدن و استقرار بهتر باکتری روی بذر استفاده گردید. کلیه بذور به مدت دو ساعت در مایه تلقیح در شرایط تاریکی قرار گرفتند. تلقیح با قارچ میکوریز *Glomus intraradices* که در هر گرم آن حداقل دارای ۱۲۰ عدد اسپور زنده بود به روش استاندارد و توصیه‌شده (Gianinazzi *et al*., 2001) انجام شد. در این راستا ۲۰ گرم قارچ در هر متر مربع خاک (۲۰۰ کیلوگرم در هر هکتار) استفاده شد. قارچ میکوریز از شرکت زیست فناوران توران و باکتری از موسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شد. در طول دوره رشد عملیات داشت مانند مبارزه با علف‌های هرز و سایر عملیات زراعی در تمامی واحدهای آزمایش به‌غیراز فاکتورهای مورد بررسی بصورت یکسان انجام شد. بلافاصله پس از کاشت، زمین تحت آبیاری جهت تأمین رطوبت مورد نیاز برای جوانه‌زنی قرار گرفت. پس از کاشت، آبیاری بر اساس نیاز گیاه هر ۷ روز یک بار انجام گرفت و در تیمارهای تحت تنش به ترتیب در زمان ۵۰ درصد سنبله‌دهی و ۵۰ درصد آبستنی آبیاری قطع گردید. در این بخش از تحقیق صفات تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در متر مربع، وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص حداکثر فلورسانس سبزینه FM مورد بررسی قرار گرفتند.

برای اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل روی آخرین برگ کاملاً توسعه یافته برگ‌هایی انتخاب شدند که وضعیت مشابهی از هر نظر داشتند. فلورسانس کلروفیل با استفاده از فلورومتر pam-Junior اندازه‌گیری شد. برای این منظور، قسمتی از برگ مورد نظر به‌مدت ۳۰ دقیقه توسط فویل آلومینیوم پوشیده و به تاریکی عادت داده شد. سپس، با تابش Light. Act به برگ، شاخص فلورسانس حداکثر کلروفیل Fm به‌دست آمد (Maxwell & Johnson, 2000).

1 - Geometric Mean Productivity
2 - Stress Tolerance Index
3 - *Azospirillum lipoferum* strain OF

تحلیل آماری

به‌منظور محاسبه شاخص‌های کمی تحمل به خشکی از نرم‌افزار Excel استفاده شد. برای آزمون تجزیه واریانس، مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و تعیین ضرایب همبستگی از نرم‌افزار SPSS-24 (SPSS Inc. 1996) و MSTATC (MSTAT-C. 1993)، برای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و ترسیم نمودار بای‌پلات از نرم‌افزار SPSS-24 (SPSS Inc. 1996) و برای رسم نمودار سه‌بعدی و تجزیه خوشه‌ای از نرم‌افزار Minitab16 استفاده شد. تجزیه خوشه‌ای بر اساس عملکرد در شرایط آبیاری نرمال (آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه) و تنش آبیاری (آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله‌دهی) و شاخص‌های تحمل به تنش به روش Ward و فاصله اقلیدسی به‌عنوان معیار تشابه انجام گرفت.

نتایج و بحث

سال اول: انتخاب رقم‌های حساس و متحمل به خشکی بر اساس شاخص‌های تحمل به خشکی

با استفاده از شاخص حساسیت به تنش ارقام را براساس مقاومت و حساسیت به تنش دسته‌بندی کرده و به عبارت دیگر با استفاده از این شاخص‌ها می‌توان ارقام و رقم‌های حساس و متحمل را بدون توجه به پتانسیل عملکرد آنها مشخص کرد (نادری درباغشاهی و همکاران، ۱۳۸۳). در جدول (۳) مقادیر عملکرد کل و میانگین عملکرد دانه ارقام جو مورد ارزیابی در شرایط آبیاری نرمال (آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه) و تنش آبیاری (آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله‌دهی) ارائه شده است. در این بررسی در شرایط آبیاری نرمال (آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه) بالاترین عملکرد دانه با میانگین ۷۷۷۵/۵ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم کویر بود و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۵۶۵۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم والفجر بود. بیشترین عملکرد دانه در شرایط تنش آبیاری (آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله‌دهی) با میانگین ۶۲۰۹/۴ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم نصرت و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۴۱۶۷/۷ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم کویر بود.

جدول ۳. عملکرد دانه و میانگین عملکرد دانه رقم‌های مورد ارزیابی در شرایط نرمال (آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه) و تنش آبیاری (آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی)

ارقام	Yp (کیلوگرم در هکتار)	Ys(کیلوگرم در هکتار)	Ypi (کیلوگرم در هکتار)	Ysi(کیلوگرم در هکتار)
کویر	۶۸۲۳	۵۱۵۲	^{a}۷۷۷۴/۵	^{c}۴۱۶۷/۷
والفجر	۶۸۲۳	۵۱۵۲	^{d}۵۶۵۰	^{d}۴۹۰۷/۱
نصرت	۶۸۲۳	۵۱۵۲	^{b}۷۴۱۶/۹	^{a}۶۲۰۹/۴
یوسف	۶۸۲۳	۵۱۵۲	^{c}۶۴۵۱	^{b}۵۳۲۶/۲

Ypiعملکرد دانه یک رقم در شرایط نرمال (آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه)، Ysi: عملکرد دانه یک رقم در شرایط تنش (آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی)
Yp متوسط عملکرد دانه تمام ارقام در شرایط نرمال (آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه) Ys متوسط عملکرد دانه تمام ارقام در شرایط تنش (آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی)

در این آزمایش، استفاده از شاخص حساسیت به تنش (SSI) نشان داد که بیشترین میزان تحمل به تنش آبی مربوط به رقم والفجر با کمترین مقدار (۰/۱) در شرایط تنش آبیاری، بیش‌ترین میزان تحمل به تنش آبی را در بین ارقام مورد بررسی داشت، به عبارتی در شرایط تنش درصد کاهش عملکرد کمتری نسبت به بقیه ارقام داشت بنابراین رقم والفجر به عنوان رقم برتر از نظر شاخص شاخص حساسیت به تنش انتخاب گردید (جدول ۴). در این بررسی، استفاده از شاخص تحمل (TOL) نشان داد که رقم والفجر با کمترین مقدار (۷۴۳) و رقم کویر با بیش‌ترین مقدار (۳۶۰۷)، به ترتیب بیشترین و کمترین میزان تحمل به تنش کم‌آبی در بین ارقام در شرایط تنش آبیاری (آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله‌دهی) را داشتند (جدول ۴). در ارزیابی ارقام با استفاده از شاخص تحمل (TOL) طبق فرمول این شاخص، مقدار بالای TOL حاکی از تغییرات بیشتر عملکرد ارقام در شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی می‌باشد و حساسیت ارقام را نسبت به شرایط تنش آبیاری نشان می‌دهد. براساس شاخص تحمل (TOL) تحمل نسبی بیشتر متعلق به رقمی است که TOL کوچک‌تری داشته باشد. بنابراین گزینش برای تحمل به تنش با حداقل اختلاف در بین Ys و Yp همراه است. هر چه مقادیر شاخص میانگین بهره‌وری (MP) بالاتر باشد، تحمل بیشتر آن رقم به تنش را نشان می‌دهد. در بررسی حاضر بیش‌ترین میزان شاخص متوسط بهره‌وری در شرایط تنش آبیاری با میانگین ۶۸۱۳ مربوط به رقم نصرت بود که نسبت به ارقام مورد ارزیابی تحمل بیشتری نسبت به شرایط تنش خشکی از خود نشان دادند

(جدول ۴). در بین ارقام مورد بررسی رقم نصرت با میانگین ۶۸۸۶ بالاترین میانگین هندسی بهره‌وری را به خود اختصاص دادند. این در حالی است که رقم والفجر با میانگین ۵۲۶۵ کمترین مقدار میانگین هندسی بهره‌وری را داشتند (جدول ۴). بر اساس نتایج محققان مختلف، بهترین شاخص برای گزینش ارقام، شاخص تحمل به تنش است؛ زیرا می‌تواند ارقامی را که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش عملکرد بالایی دارند (گروه A)، از دو گروه ارقامی که فقط در شرایط بدون تنش (گروه B) و یا فقط در شرایط تنش (گروه C) عملکرد نسبتاً بالایی دارند، تفکیک کند (صادق‌زاده اهری، ۱۳۸۵). در این تحقیق در بین ارقام مورد ارزیابی، نصرت بالاترین مقدار تحمل به تنش را داشتند. در حالی که رقم والفجرکمترین مقدار تحمل به تنش را نشان دادند (جدول ۴).

جدول ۴. شاخص‌های مختلف تحمل رقم‌های مورد ارزیابی در شرایط نرمال (آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه) و تنش آبیاری (آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی)

ارقام	Ypi (کیلوگرم در هکتار)	Ysi (کیلوگرم در هکتار)	TOL	MP	GMP	STI	SSI
کویر	۷۷۷۴/۵	۴۱۶۷/۷	۳۶۰۷	۵۹۷۱	۵۶۹۲	۰/۷	۰/۳۵
والفجر	۵۶۵۰	۴۹۰۷/۱	۷۴۳	۵۲۷۹	۵۲۶۵	۰/۶	۰/۱
نصرت	۷۴۱۶/۹	۶۲۰۹/۴	۱۲۰۸	۶۸۱۳	۶۷۸۶	۰/۹۹	۰/۱۲
یوسف	۶۴۵۱	۵۳۲۶/۲	۱۱۲۵	۵۸۸۹	۵۸۶۲	۰/۷۴	۰/۱۳

Ypi : عملکرد دانه یک رقم در شرایط نرمال (آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه)، Ysi: عملکرد دانه یک رقم در شرایط تنش (آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی)، SSI= شاخص حساسیت به تنش ، TOL= شاخص تحمل، MP= شاخص میانگین بهره وری، GMP= میانگین بهره‌وری هندسی و STI= شاخص تحمل به تنش

بین میزان عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال (آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه) و تنش آبیاری (آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی) با شاخص MP, GMP و STI همبستگی مثبت و معنی‌داری بدست آمد. البته بین میزان عملکرد دانه در شرایط تنش با شاخص حساسیت به تنش (SSI) همبستگی منفی و غیرمعنی‌دار (۰/۷۳۳-) وجود داشت. در مقابل بین شاخص SSI و TOL همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد (۰/۹۹۷**) مشاهده گردید (جدول ۵). همبستگی بالای دو شاخص STI و GMP با شاخص MP در شرایط تنش آبیاری نشان می‌دهد که شاخص MP در این دو شاخص پنهان است و به همین دلیل ارقام منتخب بر اساس دو شاخص STI و GMP، عمدتاً از مقادیر بالای شاخص MP نیز بهره می‌برند (نادری درباغشاهی و همکاران، ۱۳۸۳). Shahryari & Mollasadeghi (2011) گزارش کردند که تفاوت معنی‌داری بین ارقام برای شاخص‌های MP، GMP، TOL، STI و HM وجود دارد. در حالی که بیشترین میزان MP، STI و GMP مربوط به رقم ۳۵ بود. رقم‌های ۳۵، ۲۵ و ۶ بیشترین مقدار شاخص STI را داشتند. Mollasadeghi *et al*. (2011) در بین شاخص‌های مورد ارزیابی، شاخص‌های MP و STI به عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی کردند. Shirani Rad & Abbasian (2011) گزارش کردند که بیشترین همبستگی رتبه‌ای مثبت بین شاخص‌های GMP و STI و دو شاخص TOLو SSI و بیشترین همبستگی منفی بین شاخص‌های GMP و STI با SSI و شاخص‌های GMP و STI با TOL وجود دارد. Firoozi *et al*. (2012) نیز بیان داشتند که بالاترین ضریب همبستگی عملکرد دانه در شرایط بدون تنش به ترتیب با شاخص-های GMP، STI و HARM و در شرایط تنش دو سوم آبیاری به ترتیب با HARM، GMP و STI حاصل گردید. Mollasadeghi *et al*. (2013) گزارش کردند که تمامی ارقام از نظر میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی بهره‌وری و شاخص تحمل به تنش در یک گروه طبقه‌بندی شدند. علاوه بر این، این شاخص‌ها همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی ایجاد کردند. بنابراین، سه شاخص فوق برای ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها کارآمد هستند. نقوی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که شاخص‌های STI، GMP، MP و HM مناسب‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی تحمل به تنش خشکی قبل و بعد از آبستنی در ارقام مورد مطالعه می‌باشند. براتی و همکاران (۱۳۹۴) گزارش کردند که ارقام جو وحشی عملکرد پایین‌تری در شرایط عدم تنش داشتند ولی پایداری عملکرد آنها در شرایط تنش نسبت به ارقام زراعی بیشتر بود و از این نظر تحمل بالایی به تنش خشکی از خود نشان دادند. این تحمل بالا به تنش خشکی می‌تواند به‌دلیل ساختار ریشه گسترده‌تر و عمیق‌تر ارقام وحشی در شرایط تنش خشکی باشد که در مطالعات گذشته به آن اشاره شده است. در مطالعه‌ای طاهری پورفرد و همکاران (۱۳۹۳) در گیاه جو به شاخص YI، HARM، MP، STI و GMP نسبت به

شاخص‌های SSI ، YSIو TOL معیار گزینش بهتری برای عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته ارائه کردند. براتی و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند که ارقام جو زراعی با عملکرد بالا از نظر شاخص STI متحمل‌تر بودند، ولی میانگین شاخص پایداری عملکرد در شرایط تنش (YSI) در ارقام جو اسپانتانئوم در مقایسه با ارقام جو زراعی به‌طور معنی‌داری بیشتر بود که نشان می‌دهد این ارقام از سطوح تحمل به تنش بالایی برخوردارند. از بین صفات فیزیولوژیک، تفاوت معنی‌داری بین دو گروه جو زراعی و وحشی برای صفات محتوای آب نسبی و پرولین مشاهده گردید که نشان‌دهنده اهمیت این دو صفت در تفاوت تحمل به تنش در ارقام وحشی و زراعی می‌باشد. نتایج حاصل از محاسبه شاخص‌های STI و YSI منجر به شناسایی ارقام متحمل به تنش خشکی در هر سطح تنش گردید. گزارش شده که در گیاه جو شاخص‌های MP، GMP، HARM و STI همبستگی بالایی با عملکرد دانه تحت شرایط آبیاری (آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه) و تنش خشکی (قطع آبیاری از ۵۰ درصد ظهور سنبله‌ها تا زمان برداشت) داشته و به همین دلیل به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها در هر دو شرایط در بین لاین‌های امیدبخش جو معرفی شدند (Saberi *et al*., 2016). بین عملکرد دانه و تمامی شاخص‌های مقاومت به تنش خشکی رابطه مثبت و معنی‌داری بین STI، GMP، MP و عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش وجود داشت. به همین دلیل، این شاخص‌ها، بهترین شاخص‌ها برای جداسازی ارقام متحمل خشکی در جو شناسایی شدند (Ajalli & Salehi, 2012). با توجه به همبستگی بین سه شاخص MP, GMP و STI بهره‌گیری از هر یک از آنها، جهت شناسایی ارقام مطلوب، تفاوتی در نتیجه کار ایجاد نمی‌کند. نوروزی و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند که از بین شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی MP، HMP، GMP و STI بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را با عملکرد در هردو شرایط آبیاری نرمال و تنش آبی ارقام جو نشان دادند و به‌عنوان بهترین معیارهای تعیین ارقام متحمل تعیین گردیدند. بعلاوه، عملکرد بیولوژیک، تعداد سنبله و وزن صد دانه در هر دو شرایط همبستگی مثبت و معنی‌داری را با شاخص‌های تحمل نشان دادند.

جدول ۵. همبستگی بین شاخص‌های مختلف تحمل به تنش رقم‌های مورد ارزیابی در شرایط نرمال (آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه) و تنش آبیاری (آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی)

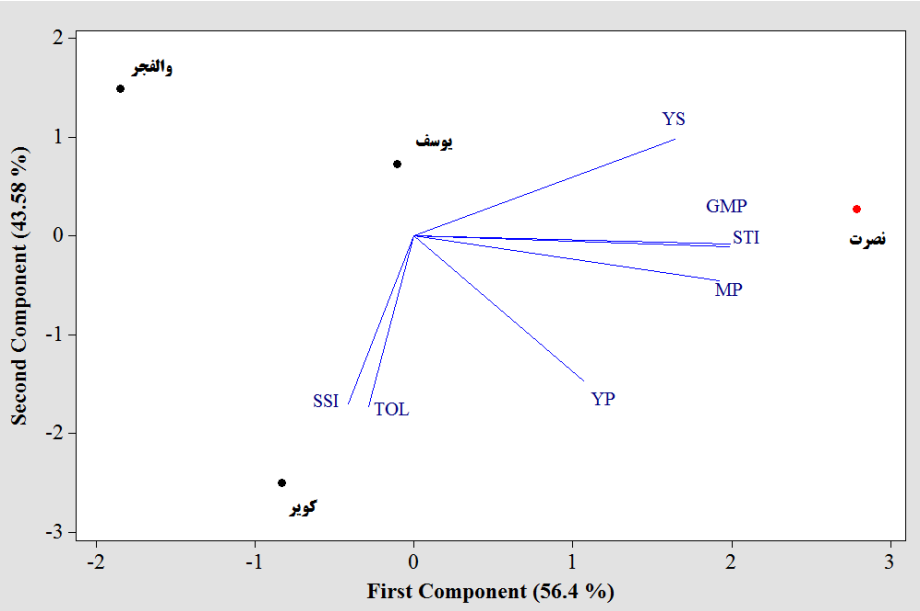
–	Yp	Ys	TOL	MP	GMP	STI
YP	۱					
YS	−۰/۰۳۵	۱				
TOL	۰/۷۵۹	−۰/۶۷۸	۱			
MP	۰/۹۰۶*	۰/۸۹۶*	۰/۱۲	۱		
GMP	۰/۹۴۴*	۰/۹۱۴*	−۰/۰۱۸۱	۰/۹۸*	۱	
STI	۰/۹۵۸*	۰/۹۱*	−۰/۰۹۷	۰/۹۷۶*	۰/۹۹۹**	۱
SSI	۰/۷۰۵	−۰/۷۳۳	۰/۹۹۷**	۰/۰۴۲	−۰/۱۵۹	−۰/۱۷۶

*، ** معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

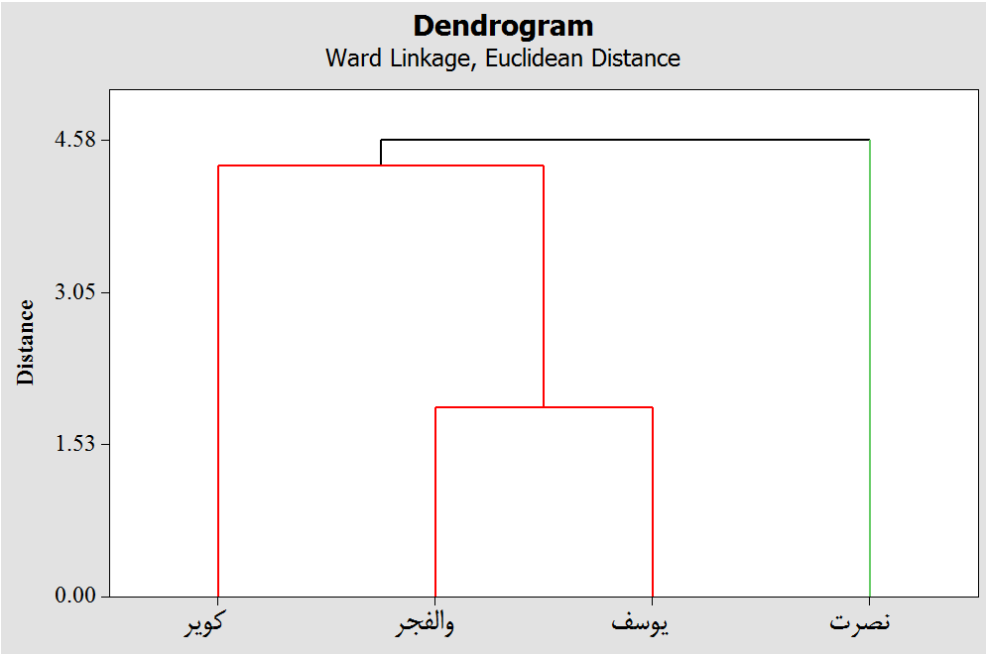
نمودار بای‌پلات امکان مطالعه همزمان بیش از سه متغییر را فراهم می‌کند و بنابراین با در نظر گرفتن دو مؤلفه اول به دست آمده در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای گزینش دقیق‌تر ژنوتیپ‌های متحمل به تنش آبی مورد استفاده قرار گرفت. برای تمایز خصوصیات هر گروه از نظر شاخص‌های مورد مطالعه میانگین هر خوشه و درصد انحراف میانگین هر یک از خوشه‌ها از میانگین کل محاسبه شد (جدول ۶). خوشه‌ای که در مورد صفتی میانگین بالاتری نسبت به میانگین کل داشته باشد می‌تواند به عنوان والد برای تلاقی معرفی گردد. خوشه اول شامل ارقام والفجر، یوسف و کویر بود. درصد انحراف از میانگین شاخص‌های TOL و SSI در این گروه مثبت بودند. این خوشه از نظر عملکرد دانه رتبه دوم را در بین دو گروه به خود اختصاص داد. رقم نصرت در خوشه دوم قرار گرفت که درصد انحراف از میانگین کل این خوشه برای شاخص‌های MP, GMP, STI و عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش مثبت بود و برای سایر شاخص‌ها منفی بود. این خوشه از نظر عملکرد دانه رتبه اول را در بین گروه‌ها به خود اختصاص دادند. بنابراین برای افزایش عملکرد دانه می‌توان از این رقم در دورگ‌گیری‌ها استفاده کرد (شکل ۱ و ۲).

جدول ۶- میانگین، انحراف از میانگین کل در ۲ خوشه حاصل از تجزیه خوشه‌ای برای عملکرد دانه در شرایط نرمال (آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه) و تنش (آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی) و شاخص‌های تحمل

کلاستر	پارامتر آماری	Ypi (کیلوگرم در هکتار)	Ysi (کیلوگرم در هکتار)	TOL	MP	GMP	STI	SSI
ارقام والفجر، یوسف و کویر	$\overline{X}$	۶۶۲۵	۴۸۰۰	۱۸۲۴/۸	۵۷۱۲/۷	۵۶۰۶/۵	۰/۶۸	۰/۱۹
	$\overline{x}_h - \overline{x}_{..}$	-۱۹۸	-۳۵۲	۱۵۴	-۲۷۵	-۲۹۵	-۰/۰۸	۰/۰۲
رقم نصرت	$\overline{X}$	۷۴۱۷	۶۲۰۹	۱۲۰۸	۶۸۱۳	۶۷۸۶	۰/۹۹	۰/۱۲
	$\overline{x}_h - \overline{x}_{..}$	۵۹۴	۱۰۵۷	-۴۶۳	۸۲۵	۸۸۵	۰/۲۳	-۰/۰۵
میانگین کل		۶۸۲۳	۵۱۵۳	۱۶۷۱	۵۹۸۸	۵۹۰۱	۰/۷۵	۰/۱۸



شکل ۱. نمایش دوبعدی ارتباطات صفات بر اساس مولفه اول در مقابل مولفه دوم بدست امده از تجزیه به مولفه‌های اصلی



شکل ۲. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای عملکرد در شرایط نرمال آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه) و تنش و شاخص‌های تحمل به روش واریانس حداقل وارد (Ward)

سال دوم آزمایش

عملکرد دانه

ترکیب میکوریز و آزوسپریلوم با میانگین ۴۴۶۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین و عدم کاربرد میکوریز و باکتری (شاهد) با ۴۳۱۷ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند، کاربرد باکتری محرک رشد آزوسپریلیوم، قارچ میکوریز و ترکیب میکوریز و آزوسپریلوم نسبت به شاهد (عدم کاربرد میکوریز و باکتری) باعث افزایش ۲/۰۲، ۲/۳۸ و ۳/۳۱ درصدی عملکرد دانه گردید (جدول ۸). دلیل این امر، مکانیزم عمل قارچ میکوریزا در جذب آب و عناصر غذایی از جمله فسفر می‌باشد. احتمالا، پس از رویش و گسترش اسپورهای قارچی در ریزوسفر بخشی از ریسه‌ها وارد سیستم ریشه شده و سبب کاهش غلظت آبسیزیک اسید گشته و میزان سیتوکنین‌ها را افزایش داده که موجب گسترش سیستم ریشه‌ای و افزایش جذب آب و عناصر غذایی می‌گردید. گمان می‌رود ریسه‌های برون ریشه‌ای نیز با ترشح اسیدهای آلی حل کننده فسفات‌های نامحلول نظیر اسید مالیک، جذب فسفر گیاه را افزایش دادند که در نتیجه این فعل و انفعالات و علی‌الخصوص تأثیر ویژه ارتقاء سطح مصرف فسفر، عملکرد گیاه افزایش می‌یابد (Khalvati et al., 2005). آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه نسبت به تیمارهای آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله آبستنی و کشت دیم باعث افزایش ۴/۴۳ و ۱۰/۰۴ درصدی عملکرد دانه گردید (جدول ۸). ترکیب آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی در رقم نصرت با میانگین ۶۳۲۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین و ترکیب کشت دیم در آبیدر (دیم) با میانگین ۲۵۸۳ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۹). کاهش عملکرد دانه در نتیجه تنش خشکی توسط فلاحت‌زاده (۱۳۸۶) در گندم، کاظمی نسب و همکاران (۱۳۸۴) در ذرت، صیدی (۱۳۸۶) روی گندم، پورتقی (۱۳۸۹) در آفتابگردان و بقایی (۱۳۸۳) در لوبیا گزارش شده است. Belimov et al (2005) نیز حداکثر اثر مثبت را از تلقیح مخلوط باکتری آزوسپریلیوم لیپوفروم و اگروباکتریوم رادیوباکتر و قارچ میکوریزا مشاهده کردند. محققین افزایش عملکرد دانه در اثر تلقیح با آزوسپیریلوم را به دلایلی همچون ترشح انواع هورمون‌ها که سبب افزایش رشد ریشه و جذب آب و مواد غذایی از خاک می‌شود مربوط می‌دانند (Egamberdiyevaa & Hoflich, 2003).

تعداد دانه در سنبله

نتایج نشان داد که از نظر کلیه اثرات ساده، دو جانبه و سه جانبه اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد از نظر صفت تعداد دانه در سنبله وجود دارد (جدول ۷). ترکیب میکوریز و آزوسپریلوم در آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه (شاهد) در والفجر با میانگین ۴۴/۳۱ عدد بیشترین تعداد دانه در سنبله را داشت و به همراه ترکیب‌های میکوریز و آزوسپریلوم در آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی در والفجر و قارچ میکوریز در آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه (شاهد) در والفجر در کلاس برتر **a** قرار گرفتند، ترکیب عدم کاربرد میکوریز و باکتری در کشت دیم در آبیدر (شاهد) با میانگین ۱۷/۶۸ کمترین تعداد دانه در سنبله را داشته و به همراه ترکیب باکتری محرک رشد *آزوسپریلیوم* در کشت دیم در آبیدر (شاهد) در کلاس z قرار گرفتند (جدول ۱۰). برخی معتقدند تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد موجب تثبیت بیولوژیکی نیتروژن می‌گردد که به نوبه خود در افزایش تعداد دانه در سنبله موثر است (Dommelen *et al*., 2009). کادر و همکاران (Kader *et al*., 2002) و خیری‌زاده و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی اثر تلقیح ازتوباکتر بر صفاتی مانند ارتفاع نهایی بوته، تعداد و طول سنبله‌ها، وزن خشک ریشه، عملکرد دانه گندم گزارش نمودند که هر یک از این صفات مورد بررسی به‌واسطه تلقیح بذر افزایش یافت.

تعداد سنبله در مترمربع

نتایج نشان داد که از نظر کلیه اثرات ساده، دو جانبه و سه جانبه اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد از نظر صفت تعداد سنبله در مترمربع وجود دارد (جدول ۷). عدم کاربرد میکوریز و باکتری در آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه (شاهد) در نصرت با میانگین ۴۸۷ عدد بیشترین و ترکیب عدم کاربرد میکوریز و باکتری در کشت دیم در آبیدر (شاهد) با میانگین ۳۰۶/۳ عدد کمترین تعداد سنبله در مترمربع را به خود اختصاص داد (جدول ۱۰).

وزن دانه در سنبله

نتایج نشان داد که از نظر کلیه اثرات ساده، دو جانبه و سه جانبه اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد از نظر صفت وزن دانه در سنبله وجود دارد (جدول ۷). ترکیب میکوریز و *آزوسپریلیوم* در آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه (شاهد) در والفجر با میانگین ۱/۵۴ گرم بیشترین وزن دانه در سنبله را داشت و با ترکیب‌های میکوریز و *آزوسپریلیوم* در آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله‌دهی در والفجر؛ عدم کاربرد میکوریز و باکتری در آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه (شاهد) در والفجر؛ باکتری محرک رشد *آزوسپریلیوم* در آبیاری کامل

در طول دوره رشد گیاه (شاهد) در والفجر و قارچ میکوریز در آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه (شاهد) در والفجر اختلاف معنی‌داری نداشتند، ترکیب عدم کاربرد میکوریز و باکتری در کشت دیم در آبیدر (شاهد) با میانگین ۱/۱۲ گرم کمترین وزن دانه در سنبله را به خود اختصاص داد (جدول ۱۰). محمدی بابازیدی و همکاران (Mohammadi Babazeidi *et al*., 2013) اعلام کردند که تیمارهای دارای باکتری آزوسپیریلوم برازیلنس و ازتوباکتر کروکوکوم نسبت به تیمارهای بدون باکتری اختلاف معنی‌دار و مثبت در تولید دانه دارند ولی دو باکتری نسبت به همدیگر اختلاف معنی‌داری در تولید دانه نداشتند، در حالی که تیمار تلفیقی دو باکتری تأثیر بهتری نسبت به هر کدام از باکتریها در وزن دانه دارد. خسروی (Khosravi, 2007) بیان داشت ترکیب ازتوباکتر و آزوسپیریلوم باعث افزایش وزن دانه شده است زیرا این باکتری‌ها به غیر از تثبیت نیتروژن باعث سنتز هورمون‌های رشد نیز می‌شوند.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده آبیاری و رقم و اثر متقابل کود بیولوژیک در رقم معنی‌دار بر صفت وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). ترکیب آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه (شاهد) در آبیدر (دیم) با میانگین ۴۵/۴۲ گرم بیشترین وزن هزار دانه را داشت و با ترکیب آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه (شاهد) در والفجر در یک گروه قرار گرفتند و ترکیب کشت دیم در آبیدر (دیم) با میانگین ۲۹/۴۲ گرم کمترین وزن هزار دانه را به خود اختصاص داد (جدول ۸). ترشح مواد تنظیم‌کننده و تحرک کننده رشد توسط این کودهای بیولوژیکی مهمترین عامل افزایش رشد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه گزارش شده است (Khosravi, 2007) اردکانی و همکاران (Ardakani *et al*., 2000) اعلام کردند که تاثیر تلقیح باکتری آزوسپیریلوم روی گندم، بر وزن هزار دانه و شاخص برداشت معنی‌دار نبود.

شاخص حداکثر فلورسانس سبزینه (Fm)

ترکیب میکوریز و آزوسپریلوم در آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله آبستنی در نصرت و ترکیب میکوریز و آزوسپریلوم در آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله آبستنی در آبیدر (دیم) به ترتیب با ۷۷۷ و ۷۷۹ حداکثر (Fm) را دارا بودند (جدول ۹-۲۳). کارایی افت غیر شیمیایی فلورسانس نیز به عوامل بیرونی و درونی زیادی وابسته بوده و در تغییر Fm با فلورسانس حداکثر منعکس می‌گردد (Maxwell and Johnson, 2000). دادخواه و همکاران (۱۳۹۳) در نخود نشان دادند که در شرایط آبیاری، Fm مقدار بیش‌تری نسبت به شرایط دیم داشت. گزارش‌ها در مورد اثر محدودیت آبی بر عملکرد فتوسیستم ۲ (PSII) [1] متناقض هستند، و مکان دقیق و مکانیسم‌هایی برای تخریب PSII هنوز روشن نشده است (Sperdouli and Moustakas, 2012).

جدول ۷- تجزیه واریانس اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای برخی صفات مورد ارزیابی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در متر مربع	وزن دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	حداکثر فلورسانس سبزینهFM
تکرار	۲	۹۸/۳۷**	۱۶۵/۵**	۱۵۷/۸**	۲۴/۲۵**	۶۴۳/۰۷**	۲۲۲/۴**
(سطوح آبیاری) Aفاکتور	۳	۵۶۲/۲**	۴۳۰۷/۸**	۴۰۲۸/۰۳**	۱۹/۴۵**	۷۰۳۴۵**	۱۱۴۱/۷**
اشتباه اصلی	۶	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۱۲	۰/۰۴۵	۱/۹۰۶
(کود بیولوژیک)Bفاکتور	۳	۶۴/۲۱**	۲۲/۴۵**	۱۴۷/۳۷**	ns۰/۷۶۵	۲۹۲۷/۴۴**	۳۵۴۹۹۶**
(ارقام)Cفاکتور	۲	۱۸۱۴۷/۵**	۵۱۶۸۹**	۹۵۷۴/۲**	۵۴/۰۶**	۲۲۱۹۹۸۳**	۶۶/۲۵۶**
اثر متقابل B×A	۹	۴/۳۹**	۳/۰۸**	۹/۵۵**	۰/۱۲۸	۱۳۳**	۵۵۰**
اثر متقابل C×B	۶	۱۷/۶**	۲۰/۵**	۱۲/۶۲**	۰/۱۶۹	۲۱۳**	۳۸۵**
اثر متقابل C×A	۶	۳۳/۲۶**	۷۳۷/۳**	۱۳۰/۲**	۱۰/۴**	۸۵۴۹۹**	۴۰۶**
اثر متقابل C×B×A	۱۸	۳/۳۶۷**	۶/۲۴۵**	۹/۷۱**	ns۰/۰۹۶	ns۶۲/۷۵	۳۲۴**
اشتباه فرعی	۸۸	۰/۳۱۵	۰/۴۰۲	۰/۰۰۰۰۶	۱۳/۹۶۱	۴۷/۴۵۷	۲/۱۹۴
ضریب تغییرات (٪)		۱/۶۱	۲/۱۵	۳/۱۹	۱۰/۷	۴/۱۵	۶/۲

ns، *، ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

1 - *Photosystem II*

جدول ۸- میانگین سطوح فاکتور a (کودهای بیولوژیک) و سطوح فاکتور b (آبیاری) برای صفت عملکرد دانه

میانگین اثرات ساده عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)				
کودهای بیولوژیک	باکتری محرک رشد *آزوسپریلیوم*	^{c}۴۴۰۶/۰۶	آبیاری	آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه (شاهد)	^{b}۴۴۹۸/۴
	قارچ میکوریز	^{b}۴۴۲۲/۰۶		آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی	^{a}۴۷۶۵/۶
	ترکیب میکوریز و *آزوسپریلوم*	^{a}۴۴۶۴/۷۲		آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله آبستنی	^{c}۴۲۹۸/۹
	عدم کاربرد میکوریز و باکتری به (شاهد)	^{d}۴۳۱۶/۹۷		کشت دیم	^{d}۴۰۴۶/۸
میانگین		۴۴۰۲/۴۵	میانگین		۴۴۰۲/۴۵
درصد کاهش شاهد نسبت به باکتری محرک رشد		۲/۰۲	درصد کاهش آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی نسبت به شاهد		-۵/۹۴
درصد کاهش شاهد نسبت به قارچ میکوریز		۲/۳۸	درصد کاهش آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله آبستنی نسبت به شاهد		۴/۴۳
درصد کاهش شاهد نسبت به ترکیب میکوریز و *آزوسپریلوم*		۳/۳۱	درصد کاهش کشت دیم به شاهد		۱۰/۰۴

وجود حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۹- میانگین اثر متقابل A×C برای صفات مورد ارزیابی

اثر دوجانبه (آبیاری × ارقام)		صفات مورد ارزیابی	
		وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه (شاهد)	والفجر	۳۲/۹۹ ^{c}	۵۶۲۰ ^{d}
	نصرت	۳۲/۴۵ ^{def}	۴۹۵۰ ^{f}
	آبیدر (دیم)	۴۵/۴۲ ^{a}	۲۹۲۶ ^{i}
آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی	والفجر	۳۵/۱۲ ^{cd}	۵۱۱۰ ^{e}
	نصرت	۳۱/۶۵ ^{ef}	۶۳۲۶ ^{a}
	آبیدر (دیم)	۴۰/۶۷ ^{b}	۲۸۶۲ ^{j}
آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله آبستنی	والفجر	۳۴/۰۴ ^{cde}	۴۲۵۲ ^{g}
	نصرت	۳۱/۰۲ ^{ef}	۵۸۷۴ ^{b}
	آبیدر (دیم)	۳۹/۹۲ ^{b}	۲۷۷۱ ^{k}
کشت دیم	والفجر	۳۳/۸۴ ^{cde}	۳۹۲۸ ^{h}
	نصرت	۳۰/۲۰ ^{f}	۵۶۳۰ ^{c}
	آبیدر (دیم)	۲۹/۴۲ ^{f}	۲۵۸۳ ^{l}

وجود حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد.

همبستگی بین صفات

ضریب همبستگی یکی از معیارهای اندازه‌گیری همبستگی بین دو متغیر یا بیشتر است که مقدار وابستگی یک متغیر به دیگری را اندازه نمی‌گیرد، بلکه در واقع مقدار همبستگی متقارن بین متغیرهاست (Farshadfar *et al*., 2014). ضرایب همبستگی ساده میان صفات در جدول (۱۱) آورده شده است. تعداد دانه در سنبله با صفات تعداد سنبله در مترمربع و ماده خشک کل رابطه مثبت و معنی‌دار داشت. همچنین رابطه بین تعداد سنبله در مترمربع با صفات ماده خشک کل (۰/۹۲۴*)، عملکرد دانه (۰/۹*) و با حداکثر فلورسانس سبزینه FM (۰/۹۳۲-*) بدست آمد. وزن هزار دانه رابطه منفی و معنی‌دار با عملکرد دانه داشت. قند محلول با طول سنبله و اسکوربات پراکسیداز رابطه منفی و معنی‌دار و با شاخص برداشت و پراکسیداز مثبت و معنی‌دار بود. رابطه بین حداکثر فلورسانس سبزینه (Fm) با صفات تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع منفی و معنی‌دار داشت.

جدول ۱۱- همبستگی بین صفات مورد ارزیابی

	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در متر مربع	وزن دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
تعداد دانه در سنبله	۱				
تعداد سنبله در متر مربع	۰/۹۹**	۱			
وزن دانه در سنبله	۰/۵۸۸	۰/۵۸۶	۱		
وزن هزار دانه	-۰/۸۳۴	-۰/۸۳۶	-۰/۰۴۵	۱	
عملکرد دانه	۰/۸۹۹	۰/۹*	۰/۱۷۴	-۰/۹۹۲*	۱
FMشاخص حداکثر فلورسانس	-۰/۹۳۲*	-۰/۹۳۱*	-۰/۸۴۲	۰/۵۷۷	-۰/۶۸

*، ** معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۱۰- میانگین اثر متقابل A×B×C برای صفات مورد ارزیابی

اثر سه جانبه A×B×C			صفات مورد ارزیابی				
			تعداد دانه در سنبله (عدد)	تعداد سنبله در متر مربع (عدد)	وزن دانه در سنبله (گرم)	وزن هزار دانه (گرم)	شاخص حداکثر فلورسانسFM
باکتری محرک رشد *آزوسپریلیوم*	آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه (شاهد)	والفجر	۴۴/۰۱ ab	۴۶۶ d	۱/۵۱ abc	۳۶/۰۷ c-g	۵۸۹ hi
		نصرت	۴۲/۰۸ fgh	۴۷۲/۳ c	۱/۳۲ ijk	۳۴/۹ efgh	۴۹۰ o
		آبیدر (دیم)	۲۵/۳۸ qr	۳۲۶/۳ pq	۱/۳۶ hij	۴۴/۲ ab	۴۹۴ n
	آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی	والفجر	۴۲/۷۱ def	۴۵۹ e	۱/۴۶ cde	۳۵/۰۷ d-h	۵۵۶ m
		نصرت	۴۱/۷۵ ghi	۴۳۵ i	۱/۲۲ l-p	۳۰/۷ ghi	۵۶۰ kl
		آبیدر (دیم)	۲۳/۱۸ t	۳۲۰/۳ rst	۱/۲۳ lmno	۳۹/۲ d-f	۵۶۱ jk
	آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله آبستنی	والفجر	۴۲/۹۲ def	۴۴۴ gh	۱/۴۱ efg	۳۳/۹۷ e-i	۵۵۷ lm
		نصرت	۳۸/۵۲ n	۴۲۰/۳ k	۱/۱۹ o-s	۳۰/۷ f-i	۵۶۲ ijk
		آبیدر (دیم)	۲۱/۲۳ uv	۳۱۷/۳ tuv	۱/۱۶ qrst	۳۹/۰ b-f	۵۶۴ i
	کشت دیم	والفجر	۳۹/۹۳ m	۴۱۶ mn	۱/۳۱ jk	۳۳/۸ fghi	۵۶۳ ij
		نصرت	۳۷/۳۳ o	۳۸۱/۳ o	۱/۱۳ t	۲۹/۷ hi	۵۷۸ h
		آبیدر (دیم)	۱۸/۴۶ yz	۳۰۸/۳ xy	۱/۱۳ t	۲۹/۲ hi	۵۷۷ h
قارچ میکوریز	آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه (شاهد)	والفجر	۴۴/۱۳ ab	۴۶۶ d	۱/۵۲ ab	۳۶/۳ c-g	۴۵۶ w
		نصرت	۴۲/۳۳ efg	۴۷۱ c	۱/۳۳ ij	۳۱/۷ ghi	۴۶۶ stu
		آبیدر (دیم)	۲۶/۲۳ q	۳۲۹ p	۱/۳۶ hij	۴۶/۱۷ a	۴۶۷ rst
	آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی	والفجر	۴۲/۸۹ def	۴۵۸ e	۱/۴۷ bcd	۳۵/۱۷ d-h	۴۶۲ v
		نصرت	۴۰/۸۸ ijkl	۴۴۱ h	۱/۲۳ lmno	۳۱/۷ ghi	۴۶۵ stu
		آبیدر (دیم)	۲۴/۲۳ s	۳۲۲/۳ r	۱/۲۵ lmn	۴۰/۲ a-e	۴۶۷ rst
	آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله آبستنی	والفجر	۴۳/۰۳ cde	۴۴۵ g	۱/۴۱ efg	۳۴/۱ e-i	۴۶۳ uv
		نصرت	۳۸/۶۳ n	۴۱۹ kl	۱/۲۱ m-q	۳۰/۹ ghi	۴۶۵ stuv
		آبیدر (دیم)	۲۱/۵۶ u	۳۱۸ stu	۱/۱۷ p-t	۴۰/۲ a-e	۴۶۷ rst
	کشت دیم	والفجر	۴۰/۰۳ lm	۴۱۵ mn	۱/۳۲ ij	۳۳/۹۷ e-i	۴۶۴ tuv
		نصرت	۳۷/۴۳ o	۳۸۱ o	۱/۱۵ rst	۳۰/۶ ghi	۴۶۷ rs
		آبیدر (دیم)	۱۹/۲۳ xy	۳۱۲ w	۱/۱۵ rst	۲۸/۲ i	۴۶۹ qr
ترکیب میکوریز و *آزوسپریلوم*	آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه (شاهد)	والفجر	۴۴/۳۱ a	۴۷۳ c	۱/۵۴ a	۳۶/۵ c-g	۷۵۴ e
		نصرت	۴۲/۴۱ defg	۴۷۶ b	۱/۳۴ ij	۳۱/۸ ghi	۷۵۹ d
		آبیدر (دیم)	۲۹/۶ p	۳۲۸ p	۱/۳۷ ghi	۴۵/۲ ab	۷۶۱ d
	آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی	والفجر	۴۳/۸۸ abc	۴۶۳ d	۱/۵۱ abc	۳۵/۴ d-h	۷۵۹ d
		نصرت	۴۱/۲۳ hij	۴۳۸ i	۱/۲۵ lmn	۳۲/۴ ghi	۷۶۷ bc
		آبیدر (دیم)	۲۴/۶۶ rs	۳۲۳ qr	۱/۲۴ lmno	۴۲/۲ abc	۷۶۹ b
	آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله آبستنی	والفجر	۴۳/۲۵ bcd	۴۴۶ g	۱/۴۲ def	۳۴/۹ d-h	۷۶۶ c
		نصرت	۳۸/۶۸ n	۴۲۴ j	۱/۲۱ m-q	۳۱/۶ ghi	۷۷۷ a
		آبیدر (دیم)	۲۱/۶۶ u	۳۱۶ uv	۱/۱۹ o-s	۴۱/۲ abcd	۷۷۹ a
	کشت دیم	والفجر	۴۱/۰۱ ijk	۴۱۷ lm	۱/۳۳ ij	۳۴/۴ e-i	۷۴۶ f
		نصرت	۳۷/۴۱ o	۳۸۲ o	۱/۱۶ qrst	۳۰/۷ ghi	۷۵۹ d
		آبیدر (دیم)	۲۰/۳۷ vw	۳۱۱/۳ wx	۱/۱۴ st	۳۲/۲ ghi	۷۶۱ d
عدم کاربرد میکوریز و باکتری به (شاهد)	آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه (شاهد)	والفجر	۴۲/۸۸ def	۴۷۵ e	۱/۵ abc	۳۵/۲ d-h	۴۲۹ z
		نصرت	۴۱/۴۳ hij	۴۸۷ a	۱/۲۷ kl	۳۱/۴ ghi	۴۲۳ yz
		آبیدر (دیم)	۲۲/۸۸ t	۳۲۷ pq	۱/۳۶ hij	۴۶/۲ a	۴۳۴ y
	آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی	والفجر	۴۲/۵۵ defg	۴۵۳ f	۱/۴۴ def	۳۴/۹ efgh	۴۳۲ yx
		نصرت	۴۰/۷۷ jklm	۴۳۶/۳ i	۱/۲۲ l-p	۳۱/۸ ghi	۴۳۷ x
		آبیدر (دیم)	۲۱/۸۴ u	۳۲۱/۳ rs	۱/۲۲ l-p	۴۱/۲ abcd	۴۳۹ x
	آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله آبستنی	والفجر	۴۱/۱۱ ijk	۴۳۵ i	۱/۴ fgh	۳۳/۲ fghi	۴۳۲ yz
		نصرت	۳۸/۵۱ n	۴۲۱/۳ jk	۱/۲ n-r	۳۰/۹ ghi	۴۷۱ pq
		آبیدر (دیم)	۱۹/۵۸ wx	۳۱۴/۳ vw	۱/۱۶ qrst	۳۹/۲ b-f	۴۷۳ p
	کشت دیم	والفجر	۴۰/۳۱ klm	۴۱۳ n	۱/۲۲ lmno	۳۳/۳ fghi	۴۲۵ z
		نصرت	۳۷/۲۳ o	۳۸۰ o	۱/۱۲ t	۲۹/۸ hi	۴۲۹ z
		آبیدر (دیم)	۱۷/۶۸ z	۳۰۶/۳ y	۱/۲۵ lm	۲۸/۲ i	۴۳۱ z

وجود حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد.

نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی

در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار SPSS-24 تجزیه به مولفه‌های اصلی انجام شد. با انجام این تجزیه، دو مولفه اول با مقادیر ویژه بالاتر از یک، ۹۹/۶ درصد از کل تغییرات مربوط به صفات را در برگرفتند (جدول ۱۲)؛ در واقع مولفه‌هایی که مقادیر ویژه آنها بزرگتر از یک است در نظر گرفته شد و از سایر مولفه‌ها صرف نظر شد. در این میان دو مولفه اول به ترتیب ۵۵/۱ و ۴۴/۵ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند. در مولفه اول صفات وزن دانه در سنبله همبستگی مثبت و بالایی و با شاخص حداکثر فلورسانس FM همبستگی منفی و بالایی با همدیگر داشتند، مولفه دوم صفات تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در متر مربع، وزن هزار دانه، عملکرد دانه همبستگی مثبت و بالایی و با شاخص حداکثر فلورسانس FM همبستگی منفی داشت، در نتیجه این مولفه به دلیل بار بیشتر صفات نامبرده عامل موثر بر خصوصیات عملکرد دانه نام‌گذاری شد (جدول ۱۲). نوروزی و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند که در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، دو مؤلفه اول توانستند درمجموع ۹۷ درصد از تغییرات را توجیه نمایند که مؤلفه اول به‌عنوان مؤلفه مقاومت و پایداری عملکرد و مؤلفه دوم به‌عنوان مؤلفه حساسیت معرفی شدند.

جدول ۱۲- نتایج دو مولفه اصلی برای صفات مورد بررسی در تجزیه به مولفه‌های اصلی ارقام مورد ارزیابی

صفات مولفه	تعداد دانه در سنبله (عدد)	تعداد سنبله در متر مربع (عدد)	وزن دانه در سنبله (گرم)	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص حداکثر فلورسانس FM
اول	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۹۹	۰/۰۱	۰/۱۲	-۰/۸
دوم	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۰۷	۰/۹	۰/۹۹	-۰/۵۸
	مقادیر ویژه	واریانس نسبی	واریانس تجمعی			
۱	۱۰/۴۷	۵۵/۱	۵۵/۱			
۲	۸/۵	۴۴/۵	۹۹/۶			

تجزیه خوشه‌ای

هدف از خوشه‌بندی داده‌ها آن است که مشاهدات را به گروه‌های متجانس تقسیم کنیم (زارع چاهوکی، ۱۳۹۱)، به طوری که مشاهدات هر گروه بیشترین شباهت و مشاهدات گروه‌های مختلف کمترین شباهت را با هم داشته باشند (صادق زاده اهری و همکاران، ۱۳۹۱). در یک برنامه اصلاحی هر چه والدین از نظر ژنتیکی از یکدیگر دورتر باشند میزان تفکیک متجاوز در نتاج آنها بیشتر خواهد شد. هدف عمده و اساس از تجزیه خوشه‌ای، مشخص نمودن میزان قرابت یا فاصله ژنتیکی ارقام از یکدیگر می‌باشد تا پژوهش‌گر به جای اینکه وقت و انرژی زیادی را برای انبوهی از دورگ‌گیری‌های تصادفی صرف نماید تا برحسب شانس به یک ژنوتیپ مطلوب برسد، ابتدا رقم‌های مورد بررسی را براساس تجزیه خوشه‌ای دسته‌بندی کرده و سپس با انتخاب چند رقم از برترین‌ها در خوشه‌های دور و با توجه به صفات مطلوب موجود، بلوک‌های دورگ‌گیری محدودی را انتخاب می‌کند. بنابراین با انجام دورگ‌گیری بین رقم‌های دور از هم، که از خوشه‌های با فاصله زیاد انتخاب شده‌اند امکان رسیدن به نتایج مطلوب افزایش می‌یابد. برای تمایز خصوصیات هر گروه از نظر صفات مورد مطالعه میانگین هر خوشه و درصد انحراف میانگین هر یک از خوشه‌ها از میانگین کل محاسبه شد (جدول ۱۳) خوشه‌ای که در مورد صفتی میانگین بالاتری نسبت به میانگین کل داشته باشد می‌تواند به عنوان والد برای تلاقی معرفی گردد. در خوشه اول رقم والفجر قرار گرفت. این خوشه صفات تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در متر مربع، وزن دانه در سنبله و عملکرد دانه دارای درصد انحراف از میانگین مثبت بودند. این خوشه از نظر عملکرد دانه برتر بود. بنابراین برای افزایش عملکرد دانه می‌توان از رقم والفجر استفاده کرد. در خوشه دوم ارقام نصرت و شاهد آبیدر قرار داشت که درصد انحراف از میانگین کل این خوشه برای صفات وزن هزار دانه و شاخص حداکثر فلورسانس FM مثبت و برای سایر صفات منفی بود.

جدول ۱۳-میانگین، انحراف از میانگین کل در دو خوشه حاصل از تجزیه خوشه‌ای برای کلیه صفات مورد ارزیابی

کلاستر	پارامتر آماری	تعداد دانه در سنبله (عدد)	تعداد سنبله در متر مربع (عدد)	وزن دانه در سنبله (گرم)	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص حداکثر فلورسانسFM
والفجر	$\overline{X}$	۴۲/۴۳	۴۴۵/۳۷	۱/۴۲	۳۴/۶۵	۴۷۲۷/۳	۵۵۳/۵۸
	$\overline{X}_h - \overline{X}_{..}$	۱۱/۳۶	۷۱/۳۶	۰/۲	-۰/۴۲	۴۸۷/۲	-۲/۵۶
نصرت و آبیدر	$\overline{X}$	۳۱/۰۷	۳۷۴/۰۱	۱/۲۲	۳۵/۰۶	۴۲۴۰/۰۵	۵۵۶/۱۵
	$\overline{X}_h - \overline{X}_{..}$	-۵/۰۵	-۳۱/۷۲	-۰/۰۹	۰/۱۹	-۲۱۶/۵۳	۱/۲۸
میانگین کل		۳۶/۱۲	۴۰۵/۷۳	۱/۳۱	۳۴/۸۵	۱۷۱۱۷/۳	۵۵۵/۲۹

نتیجه‌گیری

در سال اول در بین ارقام مورد ارزیابی، رقم نصرت بالاترین مقدار تحمل به تنش را داشت. در حالی که رقم والفجر کمترین مقدار تحمل به تنش را نشان داد و با توجه به نتایج سال اول دو رقم نصرت و والفجر انتخاب گردید. نتایج سال دوم نشان داد که کاربرد باکتری محرک رشد *آزوسپریلیوم لیپوفروم* ، قارچ میکوریز و ترکیب میکوریز و *آزوسپریلوم لیپوفروم* نسبت به شاهد (عدم کاربرد میکوریز و باکتری) باعث افزایش ۲/۰۲، ۲/۳۸ و ۳/۳۱ درصدی عملکرد دانه گردید، آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه نسبت به تیمارهای آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله آبستنی و کشت دیم باعث افزایش ۴/۴۳ و ۱۰/۰۴ درصدی عملکرد دانه گردید. در کل رقم والفجر به دلیل درصد کاهش عملکرد دانه کمتر نسبت به سایر ارقام و برتری این رقم از نظر شاخص حساسیت به تنش انتخاب گردید و این رقم پتانسیل تبدیل به رقم تجاری مناسب را نیر دارد.

پیشنهاد کاربردی حاصل از تحقیق

کاربرد کودهای بیولوژیک راهکاری برای کاهش هزینه تولید و در جهت نیل به اهداف کشاورزی پایدار می‌باشد که با ترویج و فراهمی عرضه این محصولات بیولوژیک این اهداف در دسترس جامعه تولید کنندگان می باشد.

"هیچ‌گونه تعرض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

منابع

نوروزی, ا, توکل, ا و کاظمینی, س.ع. (۱۳۹۶). شناسایی ژنوتیپ‌های جو (*Hordeum vulgare L.*) متحمل به خشکی با استفاده از شاخص‌های تحمل تنش .تنش‌های محیطی در علوم زراعی ۱۰ (۱): ۶۶-۵۵.

اسحاق زاده، م.، احمدزاده، اچ و فردی فرد، ا. (۱۳۹۲). منطقه فرسودگی خشکسالی هواشناسی کشور بر اساس شاخص هربست با استفاده از روش کریجینگ. دومین همایش ملی بحران آب. ۵۶۲-۵۷۱. شهرکرد.

براتی، م.، مجیدی، م.م.، صفری، م.، میرلوحی، ع و زینعلی نژاد، خ.ح (۱۳۹۶) ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی و صفات فیزیولوژیکی در جو کشت شده و وحشی. مجله تولید و فرآوری گیاهی، ۷(۲):۱۸-۱.

براتی، و.، قدیری، ح.، زند پارسا، س. و کریمیان، ن. (۱۳۹۴). کارایی مصرف نیتروژن و آب و پاسخ عملکرد ارقام جو تحت رژیم‌های مختلف آبیاری و نیتروژن در اقلیم نیمه خشک مدیترانه‌ای. آرشیو زراعت و خاک شناسی ۶۱ (۱): ۳۲-۱۵.

بقایی، ن.(۱۳۸۳). بررسی اثر تنش کم آبی بر مراحل مختلف نمو، عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم لوبیا چیتی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. ۱۳۰ ص.

پورتقی، ع. (۱۳۸۹). بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیکی آفتابگردان به استرس کم آبی پایان نامه دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. ۱۰۸ ص.

حکم‌علی پور، س و سید شریفی، ر. (۱۳۸۹). تأثیر تراکم بوته و سطوح نیتروژن بر عملکرد، کارایی مصرف کود و فرآیند رشد ذرت. دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۰ (۳): ۲۵-۱۳.

زارع چاهوکی، م. (۱۳۹۱). روش‌های تحلیل چند متغیره در نرم افزار .SPSS انتشارات دانشگاه تهران. ۳۵ صفحه

سلیمانی، ع. (۱۳۹۶). ارزیابی تحمل به خشکی در ارقامرقم‌های جو *Hordeum vulgare* L با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی فیزیولوژی محصول. ۲۰۱۶; ۸ (۳۱): ۱۱۰-۹۵

سیدی، ف. (۱۳۸۶). تأثیر سیکوسل و برخی ریزمغذی‌ها بر مقاومت به خشکی گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک. ۹۸ ص

صادق زاده اهری، ب.، عابدی اصل، غ و صادق زاده، اهری، د. (۱۳۹۱). بررسی برخی خصوصیات زراعی مرتبط با عملکرد دانه در توده های بومی گندم دوروم در شرایط دیم سرد، مجله علوم کشاورزی دیم ایران، دوره ۱، شماره ۱، ۴۰-۶۲.

صادق زاده اهری، د. (۱۳۸۵). ارزیابی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های گندم دوروم امیدوارکننده. علوم زراعی، ۸(۱): ۳۰-۴۴.

صالح راستین، ن (۱۳۸۰). کودهای بیولوژیک و نقش آنها در دستیابی به کشاورزی پایدار مجموعه مقالات ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در ایران، ۱-۵۱.

طاهری پورفرد، ز.س.، ایزدی دربندی، ع.، قزوینی، ح.، ابراهیمی، م و مرتضویان، س.م.م. (۲۰۱۵). بررسی تحمل به خشکی نهایی در ارقامرقم های امیدوارکننده جو با استفاده از شاخص‌های حساسیت به تنش و تحمل. مجله پرورش کاربردی، ۳(۱)، ۵۵-۳۹.

عرب خدری، م و کمالی، ک. (۱۳۹۶). بوندسر، روش‌های سنتی حفاظت از خاک. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۷۰ ص.
فلاحت زاده، ع. (۱۳۸۶). بررسی سلنیوم در بهبود مقاومت به خشکی گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. ۱۳۰ ص.
کاظمی نسب، ع.، خدابنده، ن.، حبیبی، د.، ایلکای، م و بانکساز، ع. (۱۳۸۴). بررسی اثر سایکوسل و تراکم‌های مختلف گیاهی بر پایداری غشاهای سیتوپلاسمی و میزان رنگدانه ذرت. چکیده مقالات اولین کنفرانس علوم زیستی ایران.
نادری درباغشاهی، م، نورمحمدی، غ، مجیدی، ع.، درویش، ف.، شیرانی راد، ق و مدنی، ح. (۱۳۸۳). تأثیر تنش خشکی و تراکم بوته بر ویژگی‌های کاشت خطی گلرنگ در اصفهان. مجله تولید بذر و گیاه، ۲۰: ۲۹۶-۲۸۱.
نقوی، م.ر، مقدم، م.، تورچی، م و شکیبا، م. (۱۳۹۳). ارزیابی ارقام گندم بهاره بر اساس شاخص‌های مقاومت به تنش خشکی، مجله گیاهان زراعی، دوره ۸، شماره ۱۷، ۱۹۲-۱۹۸.

REFERENCES

Ajalli, J and Salehi, M. (2012). Evaluation of drought stress indices in barley (*Hordeum vulgare* L.). Annals of Biological Research, 3(12), 5515-5520.

Arab Khadri, M and Kamali, K. (2017). Bondsar, Traditional Soil Conservation Methods. Agricultural Research, Training and Promotion Organization. 70 p (InPersian).

Ardakani, M.R., D. Mazaheri, M. Majd and G.H. Noormohhamadi. (2000). Role of Azesperrrillum in macro and micro elements uptake in wheat. 6th congress of Iranian Agronomy and Plant Breeding, 13 pp (InPersian).

Ashraf, M. (2010). Inducing drought tolerance in plants: Recent advances. Biotechnology Advance, 28: 169-183.

Baghaei, N. (2004). Investigation of the effect of water shortage stress on different stages of development, yield and yield components of three pinto bean cultivars. Master Thesis. Islamic Azad University, Karaj Branch. 130 p. (In Persian).

Bakhshi Rad, A., Ardalan, MM. Reyhanitabar, M. 2010. Effect of different amounts of selenium and sulfur on yield and yield components of three spring wheat cultivars. Scientific Journal of Crop and Weed Ecophysiology, Vol. 4, No. 15. 94-79.

Barati, M., Majidi, MM., Safari, M., Mirlohi, A and Zeinalinejad, KH (2017) Evaluation of Drought Tolerance Indices and Physiological Traits in Cultivated and Wild Barley. Journal of Crop Production and Processing, 7(2):1-18. (In Persian).

Barati, V., Ghadiri, H., Zand-Parsa, S., and Karimian, N. (2015). Nitrogen and water use efficiencies and yield response of barley cultivars under different irrigation and nitrogen regimes in a semi-arid mediterranean climate. Archives of Agronomy and Soil Science 61 (1): 15-32. (In Persian).

Belimov, AA., Kojemiakov, PA and Chuvarliyeva, CV. (2005). Interaction between barley and mixed cultures of nitrogen fixing and phosphatesolubilizing bacteria. Plant and Soil, 17: 29-37.

Chang, CW., Fridman, E and Mascher, M. (2022). Physical geography, isolation by distance and environmental variables shape genomic variation of wild barley (*Hordeum vulgare* L. ssp. *spontaneum*) in the Southern Levant. Heredity 128, 107–119.

Dommelen, A.V., Croonenborghs, A. and Spaepen Sand Vanderleyden, J. (2009). Wheat growth promotion through inoculation with an ammonium-excreting mutant of Azospirillum brasilense. Biology and Fertility of Soils 45 (5): 549-553

Egamberdiyevaa, D and Hoflich, G. (2003). Influence of growth-promoting bacteria on the growth of wheat in different soils and temperatures. Soil Biol. Biochem. 35: 973–978

Falahatzadeh, A. (2007). Investigation of selenium in improving drought resistance of wheat. Master Thesis of Islamic Azad University, Karaj Branch. 130 p. (In Persian).

FAO, (2018). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). FAO Statistical Databases, http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC (2018).

Farshadfar, M., Moradi, F., Safari, H and Rezaei, I. (2014). Evaluation of yield diversity and forage quality in extensions of Festuca arundinacea in rainfed conditions of Kermanshah province. Applied Agricultural Research, 28 (107), 40-47.

Fernandez, GCJ. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress, Kuo, C.G. (Ed.). AVRDC Publication, Shanhua, Taiwan, pp: 257-270.

Firoozi, B., Sefalian, A., Shakarpour, M., Rasoulzadeh, A and Ahmadpour, F. (2012). Evaluation of spring

wheat genotypes using drought tolerance and principal components analysis. Volume 5, Number 3, Pages 99-113 . (In Persian).

Fischer, AA and Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars: I. Grain yield responses.Aust.JAgric.Res.29: 894-912.

Francia, E., Tondelli, A., Rizza, F., Badeck, W., Nicosia, OLD., Akar, T., Grando, S., Al-Yassing, A., Benbelkacem, WTB., Thomas, F., van Eeuwijk, F., Romagosa, I., Stanca, AM and Pecchioni, N. (2011). Determinants of barley grain yield in a wide range of Mediterranean environments. Field Crops Research, 120: 169- 178.

Ghaderimokri, L., Rezaei-Chiyaneh, E and Ghiyasi, M. (2022). Application of humic acid and biofertilizers changes oil and phenolic compounds of fennel and fenugreek in intercropping systems. Sci Rep 12, 5946.

Gianinazzi, S., Schuepp, H., Barea, J. M. and Haselwandter, K. (2001). Mycorrhizal technology in agriculture: from genes to bioproducts. Birkhauser, Basel. ISBN: 376436858. Also in: Mycorrhiza, 13: 53 -54. Lovato, P. Book review .

Gill, SS and Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry, 48: 909-930.

Hukimalipour, S and Seyed Sharifi, R. (2010). The effect of plant density and nitrogen levels on yield, fertilizer use efficiency and corn growth process. Agricultural Knowledge and Sustainable Production, 20 (3): 13-25. (In Persian)

Isaac Zadeh, M., Ahmadzadeh, H and Freddy Fred, A. (2014). Meteorological drought deterioration zone of the country according to Herbst index using Kriging methods. Second National Conference on Water Crisis. 562-571. Shahrekord. (In Persian).

Jacobsen, SE., Jensen, CR and Liu, F. (2012): Improving crop production in the arid Mediterranean climate. Field Crops Research, 128: 34- 47.

Kader MA, Main MH and Hoque MS, (2002). Effects of Azotobacter inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. OnLine Journal of Biological Sciences, 2: 259-261.

Kazemi Nasab, A., Khodabandeh, N., Habibi, D., Ilkai, M and Bankesaz, A. (2005). Investigation of the effect of Cycocel and different plant densities on the stability of cytoplasmic membranes and pigment content in maize. Abstract of Articles of the First Iranian Conference on Biological Sciences.

Khalvati, MA., Hu, Y., 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 Biol 7:706–712

Khazaei, M., Galavi, M., Dahmardeh, M., Moosavi-Nik, SM., Zamani, G and Mahdi-Nejad, N. (2019). Effect of drought stress on antioxidant activity and yield in several genotype Foxtail Millet (*Setaria italica* L.). Journal of Plant Process and Function. 7 (27):269-280.

Khosravi, M. (2007). Review and publication of A. chroococcum in agricultural soils in Tehran and study its physiological characteristics. Msc Thesis. Tehran University, 109 pp (In Persian)

Lugtenberg, B and Kamilova, F. (2009). Plant-growth-promoting rhizobacteria. Annul Review of Microbiology, 63:541- 556.

Maxwell K., and Johnson G.N. (2000). Chlorophyll fluorescence a practical guide. J. Expt. Bot. 51: 659- 668.

Maxwell, K and Johnson, GN. (2000). Chlorophyll fluorescence a practical guide. J. Expt. Bot. 51: 659- 668.

Mohammadi Babazeidi, H., M. Falaknaz, P. Heidari, M.S. Hemmati, and Sh. Farokhian. (2013). Effect of Azospirillium bacteria and salicylic acid on physiological and morphological traits of basil under water deficit. The Journal of Recent Molecular-Cellular Biotechnology. (In Persian).

Mollasadeghi, V., Gizilasheg, YM., Hazejan, RH and H Mazhabi (2011). Evaluation of 14 winter bread wheat Genotypes in normal irrigation and stress conditions after anthesis stage. African Journal of Biotechnology 10 (54), 11188-11195.

Mollasadeghi, V., Shahryari, R., Eshghi, AG and S Elyasi (2013). Study on tolerance to terminal drought stress of bread wheat genotype using indices for susceptibility and tolerance to stress. International Journal of Farming and Allied Sciences. Vol., 2 (24): 1185-1191, 2013

MSTAT-C. (1993). MSTAT-C, A Microcomputer Program for the Design, Arrangement and Analysis of Agronomic Research Experiments.Michigan State University.

Naderi Darbagshahi, MR., Noormohamadim GH,, Majidi, A., Darvish, F., Shirani Rad, AH and Madani, H. (2004). Effect of drought stress and plant density on the characteristics in line planting safflower in Isfahan. Seed and Plant Production Journal, 20: 296-281. (In Persian).

Naghavi, MR., Moghadam, M., Torchi, M and Shakiba, MR. (2015). Evaluation of spring wheat cultivars based on drought stress resistance indices, Journal of Crops, Volume 8, Number 17, 192-198. (In Persian).

Namdar, M., Avrin, S.M.J. and benefited, N. 2019. The effect of selenium on the growth, physiological and biochemical indicators of garlic plant under the condition of cadmium toxicity, plant process and function, volume 8, number 30. 17 p. (In Persian)

Nevo, E and Chen, G. (2010). Drought and salt tolerances in wild relatives for wheat and barley improvement. Plant, Cell and Environment, 33: 670- 685.

Pérez-Montano, F., Alías-Villegas, C., Bellogín, RA., del Cerro, P., Espuny, MR., Jiménez-Guerrero, I., López-Baena, FJ., Ollero, FJ and Cubo, T. (2014). Plant growth promotion in cereal and leguminous agricultural important plants: From microorganism capacities to crop production. Microbiological Research, 169: 325- 336.

Portaghi, A. (2010). Study of physiological responses of sunflower to dehydration stress. PhD thesis of Islamic Azad University. Science and Research Branch. 108 p. (In Persian).

Powell, N., Ji, X., Ravash, R., Edlington, J and Dolferus, R. (2013). Yield stability for cereals in a changing climate. Functional Plant Biol. 39, 539.

Rosielle, AT and Hamblin, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science, 21: 943-945

Ryan, J., Singh, M and Pala, M. (2008). Long-term cereal-based rotation trials in the Mediterranean region: implications for cropping sustainability. Advences in Agronomy, 97: 273- 319.

Ryan, J., Wang, F., Qin, H., Chen, G., Eviatar, N., Fahima, T and Cheng, J. (2011). Natural variation in grain selenium concentration of wild barley, hordeum spontaneum, populations from Israel. Biological Trace Element Research, 142: 773- 786.

Saberi, MH., Nikkhah, HR., Tajalli, H and Arazmjo, E. (2016). Effects of terminal season drought stress on yield and choosing best tolerance indices in promising lines of barley. Applied Field Crops Research, 29(2), 27-34.

Sadegh-Zadeh Ahari, D. (2006). Evaluation of drought tolerance in durum wheat genotypes promising. Crop Science, 8(1): 44-30. (In Persian).

Sadeghzadeh, B., Abedi Asl, Gh and Sadeghzadeh, Ahri, D. (2012). Study of some agronomic characteristics related to grain yield in native stands of durum wheat under cold rainfed conditions, Iranian Journal of Dryland Agricultural Sciences, Volume 1, Number 1, 40-62. (In Persian).

Saleh Rastin, N (2001). Biological fertilizers and their role in achieving sustainable agriculture. Collection of articles on the necessity of industrial production of biological fertilizers in Iran, 1-51. (In Persian).

Seiedi, F. (2007). Effect of Cycocel and some micronutrients on drought resistance of wheat. Master Thesis of Islamic Azad University, Arak Branch. 98 p (In Persian).

Shahbaz, M and Ashraf, M. (2013). Improving salinity tolerance in cereals. Critical Reviews in Plant Sciences, 32: 237- 249.

Shahryari R and Mollasadeghi, V (2011). Introduction of two principle components for screening of wheat genotypes under end seasonal drought. Advances in Environmental Biology, 2011. Pages 519-523

Shirani Rad, A.H. and A. Abbasian. (2011). Evaluation of drought tolerance in rapeseed genotypes under non stress and drought stress conditions. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 39: 164-171.

Siddiqui, Y., Munusamy, U., Naidu, Y and Khairulmazmi, A. (2020). Integrated effect of plant growth-promoting compost and NPK fertilizer on nutrient uptake, phenolic content, and antioxidant properties of Orthosiphon stamineus and Cosmos caudatus. Hortic. Environ. Biotechnol. 61, 1051–1062.

Siddiqui, Y., Sariah, M., Razi, I., Mawardi, R and Asgar, A. (2008). Bio-efficiency of compost extracts on the wet rot incidence, morphological and physiological growth of okra (Abelmoschus esculentus [(L.) Moench]). Sci. Hortic. 117, 9–14.

Soleimani, A. (2017). Evaluation of drought tolerance in barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) by using drought tolerance indices Crop physiology. 2016; 8 (31): 95-110. (In Persian).

Sperdouli, I., Moustakas, M., (2012). Interaction of proline, sugars, and anthocyanins during photosynthetic acclimation of Arabidopsis thaliana to drought stress. Journal of Plant Physiology. 169, 577-585.

SPSS Inc. (1996). SPSS: SPSS Ver. 22 for Windows Update. SPSS Inc. USA.

Taheri poorfard, ZS., Izadi Darbandi, A., Ghazvini, H., Ebrahimi, M and Mortazavian, SMM. (2015). Study of terminal drought tolerance in promising barley genotypes using stress susceptibility and tolerance indices. Journal of Applied Crop Breeding, 3(1), 39-55. (In Persian)

Tanaka, R and Nakano, H. (2019). Barley Yield Response to Nitrogen Application under Different Weather Conditions. Sci Rep 9, 8477.

Turner-Hissong, SD., Mabry, ME., Beissinger, TM., Ross-Ibarra, J and Pires, JC. (2020). Evolutionary insights

into plant breeding Curr Opin Plant Biol 54:93-100.

Wiegmann, M., Maurer, A and Pham, A. (2019). Barley yield formation under abiotic stress depends on the interplay between flowering time genes and environmental cues. Sci Rep 9, 6397.

Zahravi, M., Taghinejad, A., Afzalifar, A., Bihamta, M., Mozaffari, J and Shafauddin, S. (2011). Evaluation of genetic diversity of agromorphological traits in spermatozoa of barley germplasm of Iran. Iranian Journal of Genetic Research and Breeding of Range and Forest Plants, Volume 19, Number 1, Pages: 70-55. (In Persian)

Study of the effect of irrigation, mycorrhiza, and *azospirillum* on the quantitative and qualitative yield of barley varieties

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The combined use of Mycorrhizal and Azospirillium lipoform in order to provide a part of the nitrogen requirement of the atmosphere and reduce the osmotic effects caused by spreading nitrogenous fertilizers as a road, as well as reducing the effect of drought stress at the end of the growing season and helping to absorb moisture through mycorrhiza and evaluating the effect These bacteria and fungi are one of the innovative aspects of this research through the evaluation of traits. Therefore, in order to prevent excessive consumption of chemical fertilizers, replacing part of these fertilizers with biological fertilizers is considered as the most desirable solution to increase yield. Since experiments on the effect of biofertilizers (growth-promoting bacteria and mycorrhizae) on the quantitative and qualitative performance of barley cultivars in water-limited conditions have not been conducted in the region; In this regard, this research by reducing the damage caused by the effect of drought on barley cultivars by using Mycorrhizal and Azospirillium lipoform and the possibility of increasing the cultivated area in semi-arid lands, selecting sensitive and tolerant cultivars to drought based on tolerance indicators and determining the effect of mycorrhizal fungi. and azospirillum bacteria on the quantitative and qualitative performance of the selected cultivars of the first year.

Methods and Materials

This field study was conducted with the objective of reducing or alleviating the drought stress effect on yield and yield components of barley varieties by applying biological fertilizers in two consecutive years within the framework of a split plot randomized complete block design with three replications. In the first year of the experiment, the main plot was irrigation at two levels (normal irrigation or full irrigation during the plant growth period, and irrigation until 50% of spike stage) and sub-plot was barley variety (Kavir, Valfajr, Nusrat, and Yusef). In the second year of the experiment, the first factor was irrigation at four levels (full irrigation during the plant growth as the control, irrigation until 50% of spike stage, irrigation until 50% of booting stage, and rainfed cultivation). The second factor was biological fertilizer application at four levels (Azospirillum lipoferum growth-stimulating bacterium, Mycorrhizal fungus Glomus intraradices, combination of Mycorrhizal and Azospirillium lipoform, and control). The third factor was barley variety at three levels (the superior and the susceptible varieties selected from the first year experiment and Abidar rainfed variety).

Results and Discussion

In the normal irrigation conditions (non-stress), the maximum grain yield was 7775 kg/ha for the Kavir variety, and the minimum grain yield was 5650 kg/ha for the Valfajr variety. In irrigation stress conditions (irrigation up to 50% of spike stage), the maximum grain yield was 6209.4 kg/ha for the Nosrat variety, and the minimum grain yield was 4167.7 kg/ha for the Kavir variety. In this research, the Nosrat variety had the maximum tolerance against stress among the studied varieties. However, the Valfajr variety showed minimum drought stress tolerance. According to the results of the first year experiment, two Nosrat and Valfajr varieties were selected. The results of the second year experiment showed that applying Azospirillum lipoferum growth-stimulating bacterium, Mycorrhizal fungus, and the combination of Mycorrhizal and Azospirillium lipoform increased the grain yield up to 2.02, 2.38, and 3.31% compared to the control treatment, respectively. Full irrigation during the plant growth period compared to irrigation treatments up to 50% of the booting stage and rainfed cultivation increased the grain yield by 4.43% and 10.04%, respectively.

Conclusions

In general, the Valfajr variety was selected due to the lower percentage of grain yield reduction compared to other varieties and the superiority of this variety in terms of stress sensitivity index, and this variety has the potential to become a suitable commercial variety.