Effects of Uniconazole, Mycorhyza and *Psedumonas* on Activity of Some Antioxidant Enzymes and Compatible Osmolites of Wheat (*Triticum aestivum* L.) under Soil Salinity Conditions

Fatemeh Aghaei[1], Raouf Seyed Sharifi[1*], Hamed Narimani[1]
[1.] Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Abstract
In order to study the effect of uniconazole and biofertilizers on the activity of some antioxidant enzymes and compatible osmolytes of wheat (*Triticum aestivum* L var Zagros.) in soil salinity conditions, a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications in a research greenhouse of the Faculty of Agriculture and Natural Resources of Mohaghegh Ardebili University in 2018. Treatments were included soil salinity in four levels (no application of salinity as control and application of 40, 80 and 120 mM soil salinity), by NaCl and application of uniconazole, mycorrhiza fungi (*Glomus intraradicese*) and *pseudomonas putida* strain 186, in seven levels. Means comparison showed that both application of mycorrhiza with uniconazole and *pseudomonas* under 120 mM salinity increased soluble sugars and proline contents, antioxidant enzymes activity such as catalase, peroxidase polyphenol oxidase (93.98, 47.33, 63.88, 75.67, 69.35% respectively) in comparison with no application of biofertilizers under without salinity. Also, both application of mycorrhiza with uniconazole and pseudomonas under without salinity increased leaf protein, plant height and grain yield (72.36, 41.85 and 108.84% respectively) and decreased electrolyte leakage (39.02%) in comparison with the application of biofertilizers under at the highest soil salinity level. It seems that the mentioned bio-fertilizers and uniconazole application can increase grain yield of wheat due to improve biochemical and physiological traits of wheat under soil salinity condition.

Keywords: Catalase, Mycorrhiza, Proline, *Pseudomonas*, Soluble sugars

* Corresponding Author: raouf_ssharifi@yahoo.com

Copyright©2017, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/BY-NC-ND/4.0), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they cannot change it in any way or use it commercially.
DOI. 10.22108/ijpb.2020.118656.1169

زیست‌شناسی گیاهی ایران، سال دوازدهم، شمارهٔ چهل و پنجم، پاییز ۱۳۹۹، صفحهٔ ۸۷-۱۰۴
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۵/۱۶
تاریخ بررسی مجدد: ۱۳۹۹/۰۸/۲۷
تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۹/۱۰

تأثیر یونیکونازول، قارچ میکوریز و باکتری *سودوموناس* بر فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و اسمولیت‌های سازگار گندم در شرایط شوری خاک

فاطمه آقایی[۱]، رئوف سیدشریفی[۱*]، حامد نریمانی[۱]
[۱]. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر یونیکونازول و کودهای زیستی بر فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و اسمولیت‌های سازگار گندم، رقم زاگرس در شرایط شوری خاک، آزمایش فاکتوریلی در قالب طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانهٔ پژوهشی دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. عوامل شامل شوری خاک در چهار سطح (عدم‌اعمال شوری به‌عنوان شاهد و اعمال شوری‌های ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار در خاک) با نمک کلریدسدیم و کاربرد یونیکونازول، قارچ میکوریز *Glomus intraradicese* و باکتری *سودوموناس* *Psedumonas putida* strain 186 در هفت سطح بودند. مقایسهٔ میانگین‌ها نشان دادند کاربرد توأم میکوریز با یونیکونازول و *سودوموناس* در شرایط شوری ۱۲۰ میلی‌مولار سبب افزایش محتوای پرولین، قند محلول و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت مانند پراکسیداز، کاتالاز و پلی‌فنل‌اکسیداز (به‌ترتیب ۹۳/۹۸، ۴۷/۳۳، ۶۳/۸۸، ۷۵/۶۷ و ۶۹/۳۵ درصد) نسبت به عدم‌کاربرد کودهای زیستی در عدم‌اعمال شوری می‌شود؛ همچنین کاربرد توأم میکوریز با یونیکونازول و *سودوموناس* در شرایط عدم‌اعمال شوری سبب افزایش محتوای پروتئین برگ، ارتفاع بوته و عملکرد دانه (به‌ترتیب ۷۲/۳۶، ۴۱/۸۵ و ۱۰۸/۸۴ درصدی) و کاهش نشت الکترولیت (۳۹/۰۲ درصدی) نسبت به شرایط کاربرد کودهای زیستی در بالاترین سطح از شوری خاک شد. به نظر می‌رسد کاربرد کودهای زیستی و یونیکونازول می‌تواند عملکرد دانهٔ گندم را به‌واسطهٔ بهبود صفت‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیک در شرایط شوری خاک افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، *سودوموناس*، قندهای محلول، کاتالاز، میکوریز

* نگارندهٔ مسؤول: نشانی پست الکترونیک: raouf_ssharifi@yahoo.com، شمارهٔ تماس: ۰۴۵۱۵۵۱۲۲۰۴

Copyright©2017, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/BY-NC-ND/4.0), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they cannot change it in any way or use it commercially.

مقدمه

شوری (مقادیر زیاد کلریدسدیم در خاک) یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکنندهٔ رشد و تولید گیاهان زراعی در بیشتر مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است (Munns and Tester, ۲۰۰۸). آثار شوری بر گیاهان شامل ممانعت از رشد و تولید، کاهش فتوسنتز، تنفس و سنتز پروتئین‌ها، سمیت یونی، تنش اسمزی و تولید گونه‌های فعال اکسیژن (Reactive Oxygen Species, ROS) است(Arzani, 2008). زیادبودن مقادیر سدیم در خاک موجب کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک می‌شود و اثر سمی بر غشاها و سیستم‌های آنزیمی دارد (Chen *et al*., 2007)؛ همچنین با تولید گونه‌های فعال اکسیژن مانند سوپراکسید (O_2^-)، پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و رادیکال‌های هیدروکسیل (OH^-) موجب تخریب کلروفیل، پروتئین، DNA، لیپیدها و سایر ماکرومولکول‌های مهم می‌شود و به‌شدت سوخت‌وساز گیاهی و رشد و عملکرد را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (Sairam and Tyagi, ۲۰۰۴). گیاهان مختلف راهکارهای متفاوتی را برای مقابله یا تعدیل اثر تنش شوری در پیش می‌گیرند که عبارتند از: فعال‌سازی سیستم انتقال یونی، تنظیمات اسمزی، آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی ازجمله سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز، گلوتاتیون‌ردوکتاز و پلی‌فنل‌اکسیداز و آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی نظیر آسکوربات و گلوتاتیون (Agarwal and Pandy, 2004).

یکی دیگر از پاسخ‌های بیوشیمیایی گیاهان در برابر تنش شوری، تجمع اسمولیت‌های سازگار مانند قندهای محلول و پرولین است (Amerian and Esna-Ashari, 2017). نقش این مواد در سلول، علاوه‌بر دخالت در تنظیم اسمزی، ممانعت از تولید رادیکال‌های آزاد، جاروکردن گونه‌های فعال اکسیژن، حفاظت از یکپارچگی غشا و ثبات پروتئین‌هاست (Amerian and Esna-Ashari, ۲۰۱۷).

باکتری‌های ریزوسفری افزایندهٔ رشد، گروه ویژه‌ای از ریزجانداران خاک هستند که با تولید مقادیر درخور توجهی از هورمون‌های تحریک‌کنندهٔ رشد به‌ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکنین (Azadi *et al*., 2013) وکلونیزاسیون محیط ریشه، سبب افزایش رشد و کارایی گیاهان می‌شوند (Naseri *et al*., 2017a). میکوریز نیز یکی دیگر از کودهای زیستی است که در آن، ریشهٔ گیاه با قارچ به‌شکل یک واحد زنده فعالیت می‌کنند و از وجود یکدیگر بهره‌مند می‌شوند (Naseri *et al*., 2017b). مشخص شده است همزیستی میکوریز سبب افزایش قند محلول گیاه میزبان می‌شود (Zafari *et al*., 2016). Kapoor و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کرده‌اند قارچ‌های میکوریز با هیدرولیز نشاسته سبب افزایش قندهای محلول گیاهان میزبان می‌شوند. Gusain و همکاران (۲۰۱۵) اظهار داشته‌اند استفاده از باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش محتوای پرولین می‌شود. Ma و همکاران (۲۰۱۱) اظهار داشته‌اند کودهای زیستی سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شوند. در بررسی‌های Kheirizadeh Arough و همکاران (۲۰۱۶)، برهم‌کنش میکوریز و *سودوموناس* در تریتیکاله در

شرایط شوری خاک و در بررسی‌های Khanzadeh (۲۰۱۷)، برهم‌کنش باکتری *سودوموناس* و *آزوسپریلیوم* در گندم قرارگرفته در شرایط شوری سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، محتوای پرولین، قند محلول، درصد پروتئین برگ، ارتفاع بوته و عملکرد دانه شد.

یونیکونازول یکی از تنظیم‌کننده‌های رشدی است که از طریق تأخیر در پیری برگ و کاهش تنفس(Kamoutsis *et al*., 1999) به گیاه اجازه می‌دهد شرایط تنش را بهتر تحمل کند (Fernandez *et al*., 2006). دفع گونه‌های فعال اکسیژن از طریق افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌های آنزیمی و غیرآنزیمی، افزایش پرولین، پروتئین‌های محلول برگ، قندهای محلول و افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی مانند کلروفیل از دیگر آثار مهم کاربرد یونیکونازول در گیاهان است (Fletcher and Arnold, 1986). Seyed Sharifi (۲۰۱۸) اظهار داشته است کاربرد یونیکونازول، میکوریز و *سودوموناس* در شرایط تنش رطوبتی با بهبود مؤلفه‌های پرشدن دانه سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گندم می‌شود. پژوهشگران دیگر نیز نقش یونیکونازول را در تعدیل و کاهش اثر تنش شوری گزارش کرده‌اند (Datta *et al*, 1997; May *et al*., 2007). باتوجه‌به اهمیت کاربرد کودهای زیستی و یونیکونازول در بهبود عملکرد گندم در شرایط تنش شوری و بررسی‌های محدود انجام‌شده در زمینهٔ برهم‌کنش توأم این عوامل، در پژوهش حاضر به ارزیابی تأثیر آنها بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و برخی اسمولیت‌های سازگار گندم در شرایط شوری خاک پرداخته می‌شود.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌طور فاکتوریل در قالب طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار در گلخانهٔ پژوهشی دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. در این آزمایش، عوامل بررسی‌شده شامل شوری خاک در چهار سطح (عدمِ‌اعمال شوری به‌عنوان شاهد یا شوری ۱/۷۲ دسی‌زیمنس‌برمتر و اِعمال شوری‌های ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار در خاک به‌ترتیب معادل ۳/۶۸، ۷/۳۷ و ۱۱/۰۶ دسی‌زیمنس‌برمتر) از نمک کلریدسدیم و عامل دوم شامل کاربرد کودهای زیستی و یونیکونازول (قارچ میکوریز، یونیکونازول، کاربرد *سودوموناس*، کاربرد میکوریز با *سودوموناس*، کاربرد میکوریز با یونیکونازول، کاربرد میکوریز با یونیکونازول و *سودوموناس*، شاهد یا عدم‌کاربرد کودهای زیستی و یونیکونازول) بود. در این بررسی از قارچ *Glomus intraradicese* که مخلوطی از اسپور، هیف و قطعه‌های جداشده از ریشه‌های آلوده بود، استفاده شد. این قارچ از شرکت زیست‌فناوران توران تهیه شد. مقدار قارچ استفاده‌شده بر اساس توصیهٔ شرکت یادشده برابر ۲۰ گرم در هر مترمربع خاک بود. به‌منظور تلقیح بذر از باکتری *Psedumonas putida* strain 186 استفاده شد که هر گرم آن حاوی 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود. این باکتری از مؤسسهٔ خاک و آب تهران تهیه شد. از محلول صمغ عربی به نسبت ۱۵ درصد وزنی-

حجمی برای چسبندگی بهتر مایهٔ تلقیح به بذرها استفاده شد. مقدار نمک لازم برای هریک از سطوح شوری در خاک با نرم‌افزار Salt calc محاسبه شد؛ در این نرم‌افزار به استناد هدایت الکتریکی خاک و درصد عصاره اشباع، مقدار نمک لازم برای هر کیلوگرم خاک گلدان محاسبه (Hagh-bahari and Seyed Sharifi, 2014) و در دو مرحله از دورهٔ رشد رویشی (مرحلهٔ پس‌از کاشت و مرحلهٔ ۴-۳ برگی همراه آب آبیاری) به هر گلدان اضافه شد. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک استفاده‌شده در جدول ۱ آورده شده‌اند.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک

ویژگی	اسیدیته	عصاره اشباع (درصد)	شوری خاک ($dS.m^{-1}$)	بافت	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	روی (میلی‌گرم‌بر کیلوگرم)	فسفر (میلی‌گرم‌بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم‌بر کیلوگرم)
میزان	۷/۸	۴۷	۱/۸	سیلت	۱۹	۴۲	۳۸/۵	۰/۷۲	۰/۰۴	۱/۰۲	۲۷/۳	۲۵۵

در طول دورهٔ رشد از هیچ نوع کودی استفاده نشد و به‌منظور حفظ شوری، زیرگلدانی زیر هر گلدان قرار داده شد تا پس‌از هر سه تا چهار نوبت آبیاری، دوباره نمک‌های احتمالی واردشده به زیرگلدانی در آب حل و به درون گلدان برگردانده شوند. محلول‌پاشی با یونیکونازول در مرحلهٔ ساقه‌روی (بر اساس کد ۳۰ و ۳۱ از مقیاس BBCH) انجام شد (Seyed Sharifi, 2018). اولین آبیاری پس‌از کاشت و آبیاری‌های بعدی بسته به شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی انجام شدند. در این بررسی از گندم، رقم زاگرس استفاده شد؛ این رقم متحمل به خشکی و مناسب با اقلیم معتدل و سرد است و باتوجه‌به شرایط اقلیمی منطقه و مواجه‌شدن دوران پایانی رشد با هوای گرم و خشک، رقم مناسب و قابل‌استفاده بیشتر کشاورزان در کشت بهاره است (Seyed Sharifi, 2018). به‌منظور رسیدن به تراکم ۳۶۰ بوته در مترمربع (تراکم مطلوب و توصیه‌شدهٔ این رقم توسط مرکز تحقیقات کشاورزی اردبیل)، تعداد ۵۰ عدد بذر در گلدان‌هایی به قطر ۴۲ سانتی‌متر کشت شدند؛ گفتنی است گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای با دمای ۲۰ تا ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد و طول دورهٔ روشنایی ۱۶-۱۵ ساعت (ترکیبی از لامپ‌های معمولی و مهتابی) نگهداری شدند. باتوجه‌به بهاره‌بودن رقم زاگرس، ورنالیزاسیون انجام نشد. کارایی همزیستی از رابطهٔ پیشنهادی Beck و همکاران (۱۹۹۳) و از تقسیم عملکرد گیاه برخوردار از کودهای زیستی بر عملکرد گیاه بدون کودهای زیستی و ضرب‌کردن عدد به‌دست‌آمده در ۱۰۰ محاسبه شد. بر اساس این رابطه، چنانچه عدد کارایی همزیستی کمتر یا مساوی ۵۰ درصد باشد، غیرموثر و اگر بین ۵۰ تا ۷۵ درصد باشد، نسبتاً موثر و اگر بین ۷۵ تا ۱۰۰ درصد باشد، موثر و اگر بیشتر از ۱۰۰ درصد باشد، بسیار مؤثر است.

درصد نشت الکترولیت‌ها (درصد خسارت به غشای سلولی) از برگ پرچم در زمان ظهور برگ پرچم در فواصل زمانی هر چهار روز یک بار نمونه‌برداری و بر اساس رابطهٔ ۱ محاسبه شد (Farooq and Azam, 2006):

رابطهٔ ۱ $(EC_1/EC_2)\times 100$

در این رابطه، EC_1 نشت اولیه از سلول و EC_2 نشت ثانویه است.

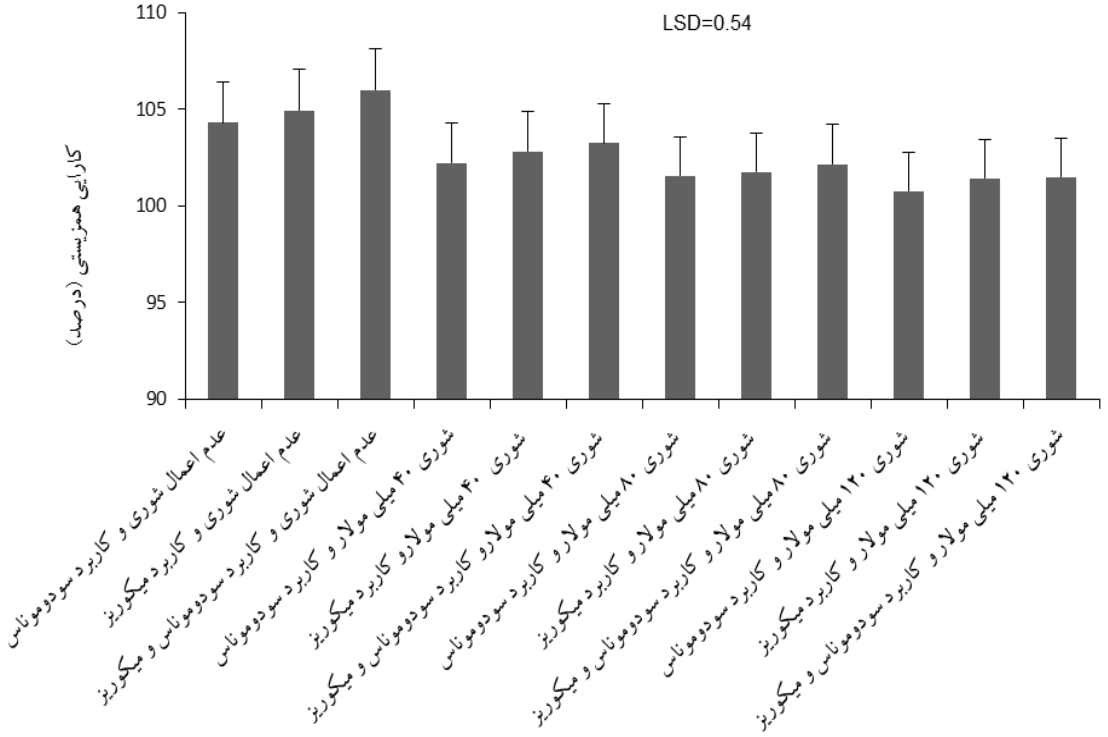
به‌منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز روی برگ پرچم و در مرحلهٔ چکمه‌ای‌شدن (Babaaei *et al*., 2017) از روش Sudhakar و همکاران (۲۰۰۱)، به‌منظور استخراج و اندازه‌گیری پروتئین کل برگ پرچم از روش Bradford (۱۹۷۶)، میزان قندهای محلول برگ پرچم از روش Dubios و همکاران (۱۹۵۶) و میزان پرولین برگ پرچم از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد. به‌منظور اندازه‌گیری ارتفاع بوته و عملکرد تک‌بوته، در زمان رسیدگی تعداد پنج بوتهٔ به‌ظاهر یکنواخت و مشابه در هر گلدان برداشت و میانگین داده‌های حاصل به‌عنوان ارزش این صفت‌ها در نظر گرفته شد. به‌منظور تجزیهٔ داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS و Excel استفاده و مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

محاسبهٔ کارایی همزیستی نشان داد تک‌تک کودهای زیستی (میکوریز، *سودوموناس* و کاربرد توأم میکوریز با *سودوموناس*) در مقایسه با استفاده‌نکردن از این کودهای زیستی، همزیستی مؤثری دارند؛ باوجوداین، بیشترین عدد همزیستی (۱۰۶) در استفادهٔ توأم میکوریز با *سودوموناس* به دست آمد (شکل ۱)؛ ازاین‌رو به استناد مقیاس‌هایی که Beck و همکاران (۱۹۹۳) تعریف کرده‌اند، معلوم می‌شود این نوع کارایی بسیار مؤثرتر از دیگر ترکیب‌های تیماری است و شاید مؤثرتربودن این نوع همزیستی سبب شده است بیشترین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت، پرولین و قندهای محلول در این نوع ترکیب تیماری به دست آید.

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (کاتالاز، پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز) برگ پرچم: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان دادند اثر شوری، کودهای زیستی و یونیکونازول و برهم‌کنش این دو عامل بر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز در سطح احتمال ۵ درصد و بر فعالیت آنزیم پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز در سطح احتمال ۱ معنادار است (جدول ۱).

مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد بیشترین فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز (به‌ترتیب ۲۶/۱۴، ۹۲/۳۴۹ و ۵۰/۶۶۳ تغییرات جذب در میکروگرم پروتئین بر دقیقه) در کاربرد توأم میکوریز با یونیکونازول و *سودوموناس* در شوری ۱۲۰ میلی‌مولار خاک و کمترین فعالیت این آنزیم‌ها (به‌ترتیب ۱۴/۸۸، ۵۶/۳۵ و ۲۹/۹۱۶ تغییرات جذب در میکروگرم پروتئین بر دقیقه) در عدم‌کاربرد کودهای زیستی در شرایط عدم‌اِعمال شوری به دست می‌آید (جدول ۲).



شکل ۱- **مقایسهٔ میانگین کارایی همزیستی تحت‌تأثیر کاربرد کودهای زیستی در سطوح مختلف شوری**

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر کودهای زیستی و یونیکونازول بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، محتوای پرولین، قند محلول، درصد پروتئین برگ پرچم، ارتفاع بوته و عملکرد گندم در شرایط شوری خاک

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات							
		کاتالاز	پراکسیداز	پلی‌فنل‌اکسیداز	پرولین	قند محلول	درصد پروتئین	ارتفاع بوته	عملکرد تک‌بوته
تکرار	۲	۶۷/۴۰۱**	۹۹/۸۶۶**	۶۵/۰۳۴**	۱/۵۶۳**	۸۹۱/۲۱۲**	۰/۵۱۳۹**	۱۴/۸۶۳**	۰/۰۷۱۹**
شوری (S)	۳	۲۶۵/۱۸۱**	۱۹۲۲/۰۲۶**	۷۲۰/۱۰۰**	۵۴/۶۰۰**	۲۰۷۰/۹۹**	۷۹/۸۶۸**	۱۴۳/۱۱۶**	۲/۱۲۷**
کودهای زیستی و یونیکونازول (B)	۶	۹/۶۹۵**	۱۰۴/۴۰۳**	۳۰/۳۰۸**	۲/۰۳۶**	۷۴/۲۱۲**	۲/۶۱۷**	۱۶/۲۷۴**	۰/۰۰۸۶**
S×B	۱۸	۰/۴۷۸*	۱۳/۱۰۶**	۳/۰۳۰**	۰/۱۳۹**	۷/۰۵۴*	۰/۳۲۹۸**	۰/۱۸۷*	۰/۰۰۰۴۶**
خطا	۵۴	۰/۲۵۶	۵/۳۷۹	۰/۳۳۳۱	۰/۰۵۸	۳/۵۵۴	۰/۰۶۹	۰/۱۰۴	۰/۰۰۰۲۰
ضریب تغییرات	-	۲/۶۴	۳/۲۷	۱۱/۳۶	۳/۴۱	۲/۳۱	۲/۴۲	۵/۶۴۳	۱/۳

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

بخشی از افزایش فعالیت آنزیم‌ها می‌تواند ناشی از همزیستی مؤثر کاربرد تک‌تک و توأم این کودها در مقایسه با استفاده‌نکردن از آنها باشد؛ به‌طوری‌که بیشترین عدد این همزیستی (۱۰۶) در استفادهٔ توأم میکوریز با *سودوموناس* به دست آمد (شکل ۱)؛ در این راستا، Giri و همکاران (۲۰۰۷) اظهار داشته‌اند قارچ‌های میکوریزایی ضمن همزیستی با گیاه میزبان و جذب فسفر، فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند گایاکول‌پراکسیداز و کاتالاز را افزایش می‌دهند و سبب تعدیل تنش در گیاه

می‌شوند (Mathur and Vyas, 1996). برخی پژوهشگران بیان کرده‌اند استفاده از قارچ میکوریز به‌علت افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه، ساخت برخی آنزیم‌ها ازجمله فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را افزایش می‌دهد و با کمک به انباشت کمتر رادیکال‌های آزاد (Ageeb Akladious and Mohamed, 2018)، تخریب بیشتر مولکول‌های کلروفیل و غشای کلروپلاست در اثر پراکسیداسیون هیدروژن را جلوگیری و گیاه را در برابر آسیب‌های ناشی از تنش محافظت می‌کند (Noctor and Foyer, 1998).

بررسی میزان نشتی غشا (جدول ۳ و شکل ۲) نشان داد در همان ترکیبات تیماری که فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی افزایش یافته، میزان نشتی غشا کاهش یافته است. Shaukat و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی اثر تلقیح با سویه‌هایی از باکتری‌های *سودوموناس* و *آزوسپریلیوم* گزارش کرده‌اند این باکتری‌ها از طریق تولید تنظیم‌کننده‌های رشدی مانند اکسین، افزایش پروتئین‌های محلول و نیز بهبود فعالیت آنزیم‌هایی مانند فسفاتاز و پراکسیداز می‌توانند رشد گیاه را در شرایط تنش افزایش دهند؛ نتایج مشابهی را Kheirizadeh Arough و همکاران (۲۰۱۶) مبنی بر اینکه فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی با کاربرد میکوریز و *سودوموناس* در تریتیکاله در معرض تنش شوری افزایش می‌یابد، گزارش کرده‌اند. Torabi و Farzami Sepehr (۲۰۱۵) افزایش فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و پلی‌فنل‌اکسیداز در گیاه جو در معرض شوری ۲۰۰ میلی‌مولار را با کاربرد میکوریز به‌ترتیب ۷۵، ۲۳/۳ و ۲۸/۹ درصد بیشتر از تیمار شاهد گزارش کرده‌اند. نتایج مشابهی را Khanzadeh (۲۰۱۷) مبنی بر افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (کاتالاز، پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز) در شرایط شوری ۷۵ میلی‌مولار و کاربرد *سودوموناس* و *آزوسپریلیوم* در گندم نسبت به شاهد گزارش کرده است.

محتوای پرولین و قندهای محلول: بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، تاثیر تنش شوری، کودهای زیستی و یونیکونازول و برهم‌کنش این دو عامل بر محتوای پرولین در سطح احتمال ۱ درصد و بر قندهای محلول در سطح احتمال ۵ درصد معنادار است (جدول ۱). مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد محتوای پرولین و قندهای محلول در شوری ۱۲۰ میلی‌مولار و کاربرد توأم میکوریز با یونیکونازول و *سودوموناس* به‌ترتیب ۹۴ و ۴۷/۳۳ درصد نسبت به عدم‌کاربرد کودهای زیستی در شرایط عدم‌اِعمال شوری افزایش داشت (جدول ۲). به نظر می‌رسد بخشی از افزایش محتوای پرولین و قندهای محلول در کاربرد تک‌تک کودهای زیستی (میکوریز، *سودوموناس* و کاربرد توأم میکوریز با *سودوموناس*) در مقایسه با استفاده‌نکردن از این کودهای زیستی ناشی از همزیستی مؤثر کاربرد تک‌تک و توأم این کودها در مقایسه با استفاده‌نکردن از آنها باشد؛ به‌طوری‌که بیشترین عدد این همزیستی (۱۰۶) در استفادهٔ توأم میکوریز با *سودوموناس* به دست آمد (شکل ۱) و به استناد مقیاس‌هایی که Beck و همکاران (۱۹۹۳) تعریف کرده‌اند، معلوم می‌شود این نوع کارایی بسیار مؤثرتر از دیگر ترکیب‌های تیماری است و شاید مؤثرتربودن این نوع همزیستی است که ضمن کاهش آثار تنش و افزایش جذب

عناصری مانند نیتروژن، سبب افزایش کربن و نیتروژن لازم برای تولید دیگر آمینواسیدها و کاهش تجزیهٔ پروتئین‌ها می‌شود.. Ehsani و همکاران (۲۰۰۹) اظهار داشته‌اند در شرایط تنش، کاربرد میکوریز با کاهش سنتز پروتئین، افزایش هیدرولیز آن و افزایش میزان آبسیزیک‌اسید سبب افزایش انباشتگی آمینواسیدهایی مانند پرولین می‌شود؛ از سویی، تولید پرولین با تولید قندهای محلول ارتباط دارد؛ زیرا یکی از مسیرهای تولید پرولین، گلوتامات است و با افزایش تولید قندهای محلول، میزان تولید گلوتامات افزایش می‌یابد و سنتز پرولین تشدید می‌شود (Alikhani and Mahmudi zarandi, ۲۰۱۹). در این زمینه، مقایسهٔ میانگین محتوای پرولین و قندهای محلول نشان می‌دهد در همان ترکیبات تیماری که محتوای پرولین حداکثر بوده است، مقادیر قندهای محلول نیز افزایش داشته است (جدول ۲).

به نظر می‌رسد علت اصلی تجمع قندهای محلول طی تنش شوری این است که قندهای نامحلول (نشاسته) تجزیه می‌شوند و قندهای محلول را ایجاد می‌کنند تا پتانسیل اسمزی را حفظ کنند و خطر دهیدراتاسیون را کاهش دهند؛ علاوه‌براین، کاهش مصرف قند به‌علت کاهش فتوسنتز طی تنش شوری می‌تواند عامل دیگری برای افزایش غلظت قندهای محلول در سلول باشد (Parvaiz and Satyawati, ۲۰۰۸)؛ زیرا قندها از اسمولیت‌های سازگار به شمار می‌آیند و موجب تنظیم اسمزی، حفظ فشار تورگر سلولی و پایداری پروتئین‌ها می‌شوند (Ashraf, ۲۰۰۴). افزایش قندهای محلول در زمان تنش با توقف رشد یا سنتز این ترکیبات از مسیرهای فتوسنتزی و تجزیهٔ قندهای نامحلول انجام می‌شود (Ghorbanli and Niakan, 2005). Kapoor و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کرده‌اند قارچ‌های میکوریزا با هیدرولیز نشاسته سبب افزایش قندهای محلول گیاهان میزبان می‌شوند؛ دلیل دیگر برای تأثیر این قارچ‌ها در افزایش محتوای قندهای محلول، افزایش مقدار هورمون‌های سیتوکینین و جیبرلین در گیاهان میکوریزایی است؛ افزایش میزان این هورمون‌ها به‌ویژه سیتوکینین می‌تواند با انتقال یون‌های مؤثر در بازشدن روزنه‌ها و تنظیم سطح کلروفیل سبب افزایش‌یافتن سرعت فتوسنتز و درنهایت، افزایش محتوای کربوهیدرات‌ها در گیاهان شود (Nemat-Alla *et al.*, 2008). Kheirizadeh Arough و همکاران (۲۰۱۶) در کاربرد کودهای زیستی در شرایط تنش شوری، افزایش محتوای پرولین و قند محلول برگ تریتیکاله را گزارش کرده‌اند.

درصد پروتئین برگ پرچم: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان دادند اثر کودهای زیستی و یونیکونازول، تنش شوری و برهم‌کنش این دو عامل بر درصد پروتئین برگ پرچم در سطح احتمال ۱ درصد معنادار است (جدول ۱). مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد بیشترین پروتئین برگ پرچم (۱۴/۸۷ درصد) در کاربرد توأم میکوریز با یونیکونازول و *سودوموناس* در شرایط عدم‌اِعمال شوری و کمترین آن (۸/۶۲۷ درصد) در عدم‌کاربرد کودهای زیستی و در بالاترین سطح از شوری خاک به دست می‌آید (جدول ۲). به نظر می‌رسد یکی از دلایل زیادبودن محتوای پروتئین برگ در کاربرد توأم میکوریز با *سودوموناس* از مؤثربودن کارایی همزیستی این

ترکیب تیماری در مقایسه با دیگر ترکیبات تیماری ناشی می‌شود (شکل ۱)؛ یکی دیگر از دلایل کاهش محتوای پروتئین در شرایط تنش شوری، افزایش محتوای پرولین در این شرایط است؛ به‌طوری‌که بیشترین محتوای پرولین (۱۰/۰۶ میکروگرم برگرم وزن تر برگ) در شوری ۱۲۰ میلی‌مولار و کاربرد توأم میکوریز با یونیکونازول و *سودوموناس* و کمترین مقادیر این صفت (۵/۱۸۶ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ) در عدم‌کاربرد کودهای زیستی در شرایط عدم‌اِعمال شوری به دست آمد (جدول ۲). در این زمینه، Bajji و همکاران (۲۰۰۱) و Ranjan و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کرده‌اند در شرایط تنش به‌علت افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کنندهٔ پروتئین‌ها، کاهش سنتز پروتئین و نیز تجمع آمینواسید آزاد ازجمله پرولین، غلظت پروتئین‌های محلول کاهش می‌یابد. Galili و همکاران (۲۰۰۱) بهبود درصد پروتئین را در حالت تلقیح بذر با باکتری‌ها به تثبیت زیستی نیتروژن و فراهمی آن در زمان پرشدن نسبت داده‌اند. برخی پژوهشگران اظهار داشته‌اند در شرایط شوری، کاربرد قارچ میکوریزا با بهبود دسترسی به آب و جذب انتخابی عناصر معدنی به‌ویژه نیتروژن و فسفر و نیز افزایش فعالیت آنزیم احیاکنندهٔ نیترات (نیترات‌ردوکتاز) می‌تواند سبب افزایش سنتز پروتئین شود (Giri *et al*., 2003). ازآنجاکه نیتروژن در گیاهان به‌شکل پروتئین تکامل می‌یابد و یکی از منابع ساخت نیتروژن، باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن هستند، به نظر می‌رسد در تلقیح دوگانه باتوجه‌به زیادبودن کارایی همزیستی (شکل ۱) که ناشی از تثبیت نیتروژن توسط باکتری و افزایش جذب نیتروژن و پتاسیم توسط هیف‌های قارچ میکوریز است، بیشترین پروتئین حاصل شود (Zafari *et al*., 2016). در این بررسی نیز بیشترین کارایی همزیستی، در استفادهٔ توأم میکوریز با *سودوموناس* به دست آمد (شکل ۱). Hajinia و Zarea (۲۰۱۴) اظهار داشته‌اند کاربرد توأم قارچ و باکتری با افزایش محتوای فسفر و نیتروژن سبب افزایش محتوای پروتئین برگ گندم در شرایط شوری می‌شود. در بررسی Kheirizadeh Arough و همکاران (۲۰۱۶)، کاربرد کودهای زیستی در شرایط تنش شوری سبب افزایش درصد پروتئین برگ تریتیکاله شد.

ارتفاع بوته: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان دادند اثر کودهای زیستی، تنش شوری و برهم‌کنش این دو عامل بر ارتفاع بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنادار است (جدول ۱). مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد بیشترین ارتفاع بوته (۵۵/۷۴ سانتی‌متر) در کاربرد توأم میکوریز و *سودوموناس* در شرایط عدم‌اِعمال شوری و کمترین آن (۴۵/۷۶ سانتی‌متر) در کاربرد یونیکونازول و در بالاترین سطح از شوری خاک به دست می‌آید (جدول ۲). بخشی از افزایش ارتفاع بوته در شرایط استفاده از کودهای زیستی را می‌توان به رابطهٔ مثبتی نسبت داد که بین باکتری‌های محرک رشد و میکوریزا وجود دارد و زیادبودن کارایی همزیستی در این رابطه (شکل ۱) توجیه‌کنندهٔ بخشی از این تغییرات است؛ در این راستا، Jeffries و همکاران (۲۰۰۳) اظهار داشته‌اند باکتری‌های محرک رشد با تولید ترکیباتی سبب می‌شوند ترشحات ریشهٔ گیاهان افزایش یابند و با تحریک و رشد هیف‌های قارچ و نفوذ بهتر آنها در

خاک، شرایط مناسبی را برای دسترسی بهتر گیاه به آب و مواد غذایی و به‌تبع آن، افزایش ارتفاع بوته فراهم می‌کنند. Jiriaie و همکاران (۲۰۱۴) اظهار داشته‌اند در شرایط عدم‌کاربرد کودهای زیستی، کاهش سنتز آنزیم‌های ضروری فتوسنتز همچون روبیسکو در اثر دسترسی ناکافی به نیتروژن سبب می‌شود ارتفاع بوته به‌علت کاهش طول دورهٔ رویشی گیاه کاهش یابد؛ ولی در شرایط کاربرد کودهای زیستی، دسترسی بهتر گیاه به عناصری مانند نیتروژن و فسفر سبب می‌شود ارتفاع بوته افزایش یابد. یونیکونازول با اختلال در مسیر چرخهٔ بیوسنتز جیبرلیک‌اسید مانع فعالیت آنزیم انت کائورن سنتتاز می‌شود و ارتفاع بوته را کاهش می‌دهد (Sharif *et al*., 2007).

عملکرد تک‌بوته: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان دادند اثر کودهای زیستی، تنش شوری و برهم‌کنش این دو عامل بر عملکرد تک‌بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنادار است (جدول ۱). مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد بیشترین عملکرد تک‌بوته (۱/۶۰۶ گرم در بوته) در کاربرد توأم میکوریز با یونیکونازول و *سودوموناس* در شرایط عدم‌اِعمال شوری و کمترین آن (۰/۷۶۹ گرم در بوته) در عدم‌کاربرد کودهای زیستی در بالاترین سطح از شوری خاک به دست می‌آید (جدول ۲). به نظر می‌رسد کاربرد میکوریز با باکتری به‌علت توان زیاد کارایی همزیستی (شکل ۱) می‌تواند به افزایش بیشتر عملکرد در مقایسه با دیگر ترکیبات تیماری منجر شود. برخی پژوهشگران گزارش کرده‌اند کاربرد هم‌زمان باکتری و قارچ میکوریزا اثر مثبت و سینرژیستی روی گندم دارد و علت آن را به تأثیر متقابل کودهای زیستی در رشد ریشه‌های مویین نسبت داده‌اند؛ به این ترتیب که وجود ریشه‌های مویین فراوان، زمینهٔ مناسبی را برای نفوذ قارچ به درون سلول‌های ریشه و خاک فراهم می‌کند؛ این امر امکان دسترسی گیاه برخوردار از قارچ را به عناصر غذایی در لایه‌های زیرین خاک تسهیل می‌کند و موجب می‌شود عملکرد دانهٔ گندم افزایش یابد (Behl *et al*., 2003). بخشی از بهبود عملکرد دانه در شرایط تنش را می‌توان به تأثیر کودهای زیستی در افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، محتوای پرولین و قند محلول برگ (جدول ۲) و کاهش درصد نشتی غشا (جدول ۳ و شکل ۲) نسبت داد؛ در این راستا، Babaaei و همکاران (۲۰۱۷) اظهار داشته‌اند افزایش تولید اسمولیت‌های سازگاری همچون پرولین و قندهای محلول در شرایط تنش به‌علت نقشی که این اسمولیت‌ها در تعادل اسمزی، پایداری غشا و خنثی‌کردن رادیکال‌های آزاد دارند، سبب می‌شود آثار ناشی از تنش تعدیل شوند و عملکرد در چنین شرایطی افزایش یابد. Hajinia و Zarea (۲۰۱۴) نیز علت افزایش عملکرد در کاربرد قارچ و باکتری در شرایط عدم‌اِعمال شوری را به بهبود محتوای فسفر و نیتروژن، افزایش ۱۸۱ درصدی محتوای پرولین و ۶۸ درصدی پروتئین نسبت داده‌اند که درنهایت به افزایش ۲/۴ برابری عملکرد دانه گندم منجر می‌شود؛ دیگر پژوهشگران نیز نتایج مشابهی مبنی بر اینکه کاربرد یونیکونازول در گندم (Imam *et al*., 1995)، سویا (Abou El-Kheir, ۲۰۰۰) و تاتوره (Al-Rumaih and Al-Rumaih, ۲۰۰۷) سبب بهبود عملکرد نسبت به تیمار شاهد می‌شود، گزارش کرده‌اند.

جدول ۲- مقایسهٔ میانگین تأثیر کودهای زیستی و یونیکونازول بر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی، محتوای پرولین، محتوای قند محلول، درصد پروتئین برگ پرچم، ارتفاع بوته و عملکرد تک‌بوتهٔ گندم در شرایط شوری خاک

ترکیب تیماری	کاتالاز	پراکسیداز	پلی‌فنل‌اکسیداز	پرولین (میکروگرم بر گرم وزن تر)	قندمحلول (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	پروتئین (درصد)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	عملکرد تک‌بوته (گرم در بوته)
	(تغییرات جذب در میکروگرم پروتئین بر دقیقه)							
$S_1 \times A_1$	۱۴/۸۸^{q}	۵۶/۳۵۰^{s}	۲۹/۹۱۶^{x}	۵/۱۸۶^{p}	۶۷/۸۸۰^{n}	۱۲/۱۳۴^{e}	۵۲/۱۷۳^{ef}	۱/۴۸۵^{d}
$S_1 \times A_2$	۱۵/۱۴^{pq}	۵۸/۱۷۰^{rs}	۳۲/۰۳۰^{w}	۵/۲۴۶^{op}	۷۰/۵۰۷^{mn}	۱۲/۷۵۵^{d}	۵۱/۵۲۳^{gh}	۱/۴۹۲^{d}
$S_1 \times A_3$	۱۵/۳۰^{pq}	۵۹/۷۱۲^{qrs}	۳۳/۳۱۶^{v}	۵/۳۱۱^{op}	۷۰/۸۱۷^{lmn}	۱۳/۲۲۵^{c}	۵۲/۷۷۶^{d}	۱/۵۰۷^{cd}
$S_1 \times A_4$	۱۵/۵۰^{nopq}	۶۰/۲۳۰^{qr}	۳۵/۳۸۰^{u}	۵/۳۵۶^{op}	۷۱/۲۶۳^{klm}	۱۳/۴۱۳^{c}	۵۲/۹۳۰^{cd}	۱/۵۱۸^{bc}
$S_1 \times A_5$	۱۵/۸۴^{mnop}	۶۱/۱۲۸^{pqr}	۳۶/۵۱۶^{t}	۵/۵۶۹^{op}	۷۲/۷۰۰^{klm}	۱۳/۸۶۴^{b}	۵۳/۳۵۶^{bc}	۱/۵۳۳^{b}
$S_1 \times A_6$	۱۶/۰۰^{mno}	۶۲/۵۱۸^{opq}	۳۷/۴۵۳st	۵/۶۳۸^{mno}	۷۳/۳۶۳^{jklm}	۱۴/۲۵۹^{b}	۵۵/۷۴۶^{a}	۱/۵۳۳^{b}
$S_1 \times A_7$	۱۶/۱۲^{lmno}	۶۳/۲۶۴^{opq}	۳۸/۱۸۶^{s}	۵/۷۵۹^{mn}	۷۳/۷۰۷^{jkl}	۱۴/۸۷۰^{a}	۵۳/۷۳۳^{b}	۱/۶۰۶^{a}
$S_2 \times A_1$	۱۶/۱۶۶^{lmn}	۶۴/۳۱۳^{nop}	۳۹/۹۶۶^{r}	۵/۷۷۸^{mn}	۷۴/۲۳۳^{ijk}	۱۰/۸۷۴^{gh}	۵۰/۳۸۳^{j}	۱/۱۳۴^{i}
$S_2 \times A_2$	۱۶/۳۲۰^{lmn}	۶۴/۹۴۵^{mno}	۴۰/۵۲۶^{qr}	۵/۹۱۵^{lmn}	۷۶/۴۰۰^{hij}	۱۰/۵۷۳^{hij}	۴۹/۳۱۶^{gh}	۱/۱۴۱^{hi}
$S_2 \times A_3$	۱۶/۶۰۶^{klm}	۶۶/۲۴۷^{lmno}	۴۱/۰۵۶^{pq}	۶/۰۰۶^{klm}	۷۶/۷۹۳^{hi}	۱۰/۶۸۶^{hi}	۵۰/۹۴۰^{d}	۱/۱۵۰^{hi}
$S_2 \times A_4$	۱۶/۹۰۰^{jkl}	۶۷/۲۲۰^{klmn}	۴۱/۵۶۰^{op}	۶/۲۰۸^{jkl}	۷۷/۰۱۰^{hi}	۱۰/۸۷۴^{gh}	۵۱/۰۷۳^{cd}	۱/۱۶۱^{gh}
$S_2 \times A_5$	۱۷/۳۹۳^{jk}	۶۸/۱۴۳^{jklm}	۴۲/۲۵۶^{no}	۶/۳۸۳^{jk}	۷۷/۴۵۷^{h}	۱۱/۲۵۰^{fg}	۵۱/۹۶۰^{bc}	۱/۱۷۶^{fg}
$S_2 \times A_6$	۱۷/۷۱۰^{j}	۶۹/۹۲۵^{ijkl}	۴۲/۴۸۳^{no}	۶/۴۵۳^{j}	۷۷/۶۵۰^{gh}	۱۱/۳۴۴^{f}	۵۲/۶۴۶^{de}	۱/۲۰۲^{ef}
$S_2 \times A_7$	۱۸/۵۵۶^{i}	۷۰/۴۴۳^{ijk}	۴۲/۸۰۰^{mn}	۷/۰۱۶^{i}	۷۸/۲۰۰^{fgh}	۱۱/۸۱۴^{e}	۵۱/۹۸۳^{fg}	۱/۲۲۰^{e}
$S_3 \times A_1$	۱۹/۱۷۳^{hi}	۷۱/۱۳۹^{hij}	۴۳/۶۶۰^{lm}	۷/۰۲۳^{i}	۸۰/۶۶۰^{efg}	۹/۵۰۱^{mn}	۴۸/۰۹۰^{op}	۰/۹۲۵^{m}
$S_3 \times A_2$	۱۹/۳۷۶^{hi}	۷۱/۵۸۱^{hij}	۴۴/۲۴۰^{kl}	۷/۱۵۳^{i}	۸۱/۰۵۳^{ef}	۹/۶۵۲^{lm}	۴۷/۵۱۰^{q}	۰/۹۳۳^{lm}
$S_3 \times A_3$	۱۹/۶۹۳^{h}	۷۱/۷۹۶^{ghij}	۴۴/۴۸۰^{jkl}	۷/۴۱۰^{ghi}	۸۱/۲۲۰^{ef}	۹/۶۸۰^{lm}	۴۸/۶۱۶^{no}	۰/۹۴۵^{klm}
$S_3 \times A_4$	۱۹/۸۹۶^{fgh}	۷۲/۰۴۹^{ghi}	۴۵/۰۷۶^{jki}	۷/۴۵۸^{fgh}	۸۳/۰۵۳^{de}	۹/۹۹۰^{kl}	۴۸/۸۸۶^{mn}	۰/۹۵۱^{kl}
$S_3 \times A_5$	۲۰/۳۳۶^{fg}	۷۲/۹۹۷^{ghi}	۴۵/۴۰۳^{hij}	۷/۷۶۴^{efg}	۸۴/۵۹۰^{cd}	۱۰/۰۲۸^{kl}	۴۹/۶۱۶^{kl}	۰/۹۵۸^{jk}
$S_3 \times A_6$	۲۰/۶۶۶^{f}	۷۳/۶۶۷^{ghi}	۴۵/۸۱۰^{ghi}	۷/۸۲۳^{def}	۸۴/۷۷۰^{cd}	۱۰/۲۲۵^{jk}	۵۰/۹۷۳^{i}	۰/۹۶۵^{jk}
$S_3 \times A_7$	۲۱/۹۳۳^{e}	۷۴/۴۶۳^{fgh}	۴۶/۱۷۶^{gh}	۷/۹۷۲^{de}	۸۶/۷۱۷^{c}	۱۰/۳۶۶^{ijk}	۴۹/۸۵۶^{jk}	۰/۹۷۶^{j}
$S_4 \times a_1$	۲۲/۱۴۶^{e}	۷۵/۳۹۸^{fg}	۴۶/۶۱۶^{fg}	۸/۱۷۸^{d}	۸۷/۲۸۰^{c}	۸/۶۲۷^{q}	۴۶/۳۹۳^{r}	۰/۷۶۹^{p}
$S_4 \times A_2$	۲۲/۵۵۰^{cde}	۷۷/۸۰۰^{ef}	۴۷/۱۶۰^{ef}	۸/۶۸۶^{c}	۹۲/۰۱۷^{b}	۸/۷۶۸^{pq}	۴۵/۷۶۳^{s}	۰/۷۷۱^{p}
$S_4 \times A_3$	۲۲/۸۶۶^{cd}	۷۹/۷۲۱^{de}	۴۷/۵۷۶^{de}	۸/۸۱۲^{c}	۹۲/۲۰۰^{b}	۸/۸۷۱^{opq}	۴۶/۶۳۶^{r}	۰/۷۷۵^{p}
$S_4 \times A_4$	۲۳/۰۳۰^{c}	۸۲/۰۸۵^{cd}	۴۸/۳۸۶^{cd}	۸/۸۷۰^{c}	۹۳/۶۵۳^{b}	۸/۹۸۴^{opq}	۴۶/۸۲۳^{r}	۰/۷۸۳^{op}
$S_4 \times A_5$	۲۳/۹۱۶^{b}	۸۵/۷۰۰^{bc}	۴۹/۰۰۳^{bc}	۹/۴۴۹^{b}	۹۸/۰۹۷^{a}	۹/۱۰۶^{nop}	۴۷/۴۱۶^{q}	۰/۸۰۱^{no}
$S_4 \times A_6$	۲۴/۴۳۳^{b}	۸۷/۴۳۲^{b}	۴۹/۳۶۰^{b}	۹/۸۹۹^{a}	۹۸/۶۴۰^{a}	۹/۲۸۵^{mno}	۴۹/۰۱۰^{mn}	۰/۸۰۷^{n}
$S_4 \times A_7$	۲۶/۱۴۰^{a}	۹۲/۳۴۹^{a}	۵۰/۶۶۳^{a}	۱۰/۰۶۰^{a}	۱۰۰/۰۱۰^{a}	۹/۲۷۶^{mno}	۴۷/۹۳۶^{pq}	۰/۸۲۰^{n}
LSD	۰/۸۲۹۲	۳/۷۹۶۶	۰/۹۴۴۸	۰/۳۹۶	۳/۰۸۶	۰/۴۳۱	۰/۵۲۸	۰/۰۲۳۶

S_1، S_2، S_3 و S_4 به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ شرایط عدم‌شوری، شوری ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ میلی‌مولار خاک هستند.

A_1، A_2، A_3، A_4، A_5، A_6 و A_7 به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ عدم‌مصرف کودهای زیستی، مصرف یونیکونازول، مصرف *سودوموناس*، مصرف میکوریز، مصرف یونیکونازول و میکوریز، مصرف میکوریز و *سودوموناس* و مصرف میکوریز و *سودوموناس* و یونیکونازول هستند.

میانگین‌های باحروف متفاوت بیان‌کنندهٔ تفاوت معنادار بر اساس آزمون LSD هستند.

درصد نشت الکترولیت‌ها از سلول: بررسی روند تغییرات درصد نشت الکترولیت‌ها از سلول (شکل ۱) در پاسخ به تنش شوری و کاربرد کودهای زیستی و یونیکونازول در طول فصل رشد نشان داد درصد نشت الکترولیت‌ها از سلول همواره در کاربرد کودهای زیستی کمتر از عدم‌کاربرد کودهای زیستی در شرایط شوری ۱۲۰ میلی‌مولار خاک است و به نظر می‌رسد این امر از افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (جدول ۲) و احتمالاً حذف گونه‌های فعال اکسیژن به‌علت کاربرد کودهای زیستی ناشی می‌شود (جدول ۳)؛ به‌طوری‌که در تمام تیمارها، طی ۷۰ روز پس‌از کاشت، بیشترین میزان درصد نشت الکترولیت برگ پرچم (۴۸/۲۴ درصد) در عدم‌کاربرد کودهای زیستی در بالاترین سطح از شوری خاک و کمترین آن (۳۴/۷۰ درصد) در کاربرد توأم میکوریز با یونیکونازول و *سودوموناس* در شرایط عدم‌اِعمال شوری در خاک به دست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد تنش‌های محیطی از طریق ایجاد رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول، پایداری غشا را کاهش و نشت الکترولیتی را افزایش می‌دهند (Azari *et al*., 2012). در شرایط شوری، سدیم جایگزین برخی از عناصر می‌شود که در ساختمان سلول و آنزیم‌ها حضور دارند؛ همچنین در شرایط تنش شوری، میزان فعالیت آنزیم روبیسکو کاهش می‌یابد و به‌جای احیای قندها به احیای گونه‌های فعال اکسیژن همچون آنیون سوپراکسید (O_2^-) و پراکسیدهیدروژن (H_2O_2) در سلول منتهی شود که موجب آسیب به لپیدها و اسیدهای چرب غشا می‌شوند (Sofo *et al*., 2004). کاربرد کودهای زیستی به‌علت افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (جدول ۲) ضمن انباشت کمتر رادیکال‌های آزاد (Ageeb Akladious and Mohamed, 2018)، آثار سمی سدیم را کاهش می‌دهد (Jeffries *et al*., 2003). در شرایط تنش شوری، تیمارهای همزیستی از طریق جلوگیری از پراکسیداسیون غشا به پایداری غشا کمک می‌کنند (Amooaghaie and Nikandish, 2015). Khalvandi و همکاران (۲۰۱۷) اظهار داشته‌اند کاربرد قارچ با بهبود سیستم دفاعی از پراکسیداسیون غشا جلوگیری می‌کند و با افزایش میزان جذب آب و عناصر غذایی از طریق ریسه‌ها سبب بهبود روابط آبی گیاه، پایداری غشای سلول و درنهایت، کاهش نشت الکترولیت برگ در شرایط شوری می‌شود. Ashraf (۲۰۰۴) بیان داشته است برخی از باکتری‌های محرک رشدی اگزوپلی‌ساکاریدهایی را تولید می‌کنند که با کاتیون‌هایی مانند Na^+ پیوند برقرار می‌کنند و سبب کاهش تجمع سدیم یا اثر منفی شوری می‌شوند و در جلوگیری از تخریب غشای سلولی و افزایش تحمل گیاه به شرایط تنش شوری مؤثر هستند. در این بررسی نیز به نظر می‌رسد کاربرد یونیکونازول و همزیستی مؤثر کودهای زیستی در شرایط شوری خاک (شکل ۱)، ضمن افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (جدول ۲) و احتمالاً حذف گونه‌های فعال اکسیژن سبب کاهش درصد نشت الکترولیت‌های سلول برگ پرچم (جدول ۳) شده است.

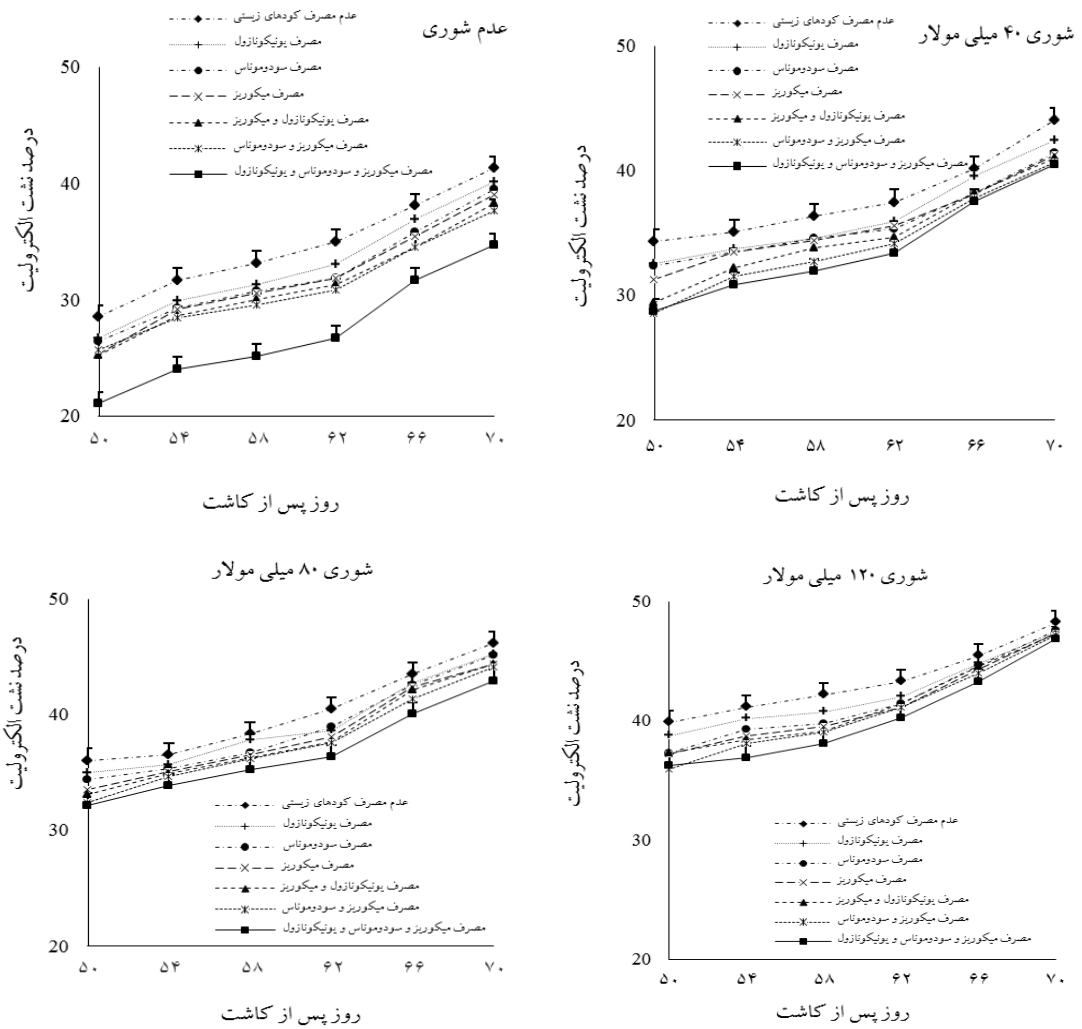
جدول ۳- مقایسهٔ میانگین تأثیر کودهای زیستی و یونیکونازول بر درصد نشت الکترولیت‌های سلول پرچم گندم در شرایط شوری خاک

ترکیب تیماری	روز پس‌از کاشت					
	۵۰	۵۴	۵۸	۶۲	۶۶	۷۰
$S_1 \times A_1$	۲۸/۵۰^{j}	۳۱/۷۰^{k}	۳۳/۱۸^{jkl}	۳۵/۰۰^{hij}	۳۸/۱۱^{i}	۴۱/۲۹^{jk}
$S_1 \times A_2$	۲۶/۷۴^{k}	۲۹/۸۸^{lm}	۳۱/۳۰^{mno}	۳۳/۰۷^{kl}	۳۶/۹۰^{j}	۴۰/۰۹^{lmn}
$S_1 \times A_3$	۲۶/۳۹^{k}	۲۹/۳۰^{m}	۳۰/۷۱^{nop}	۳۱/۸۵^{lm}	۳۵/۷۸^{k}	۳۹/۴۵^{mn}
$S_1 \times A_4$	۲۵/۳۴^{k}	۲۹/۱۵^{m}	۳۰/۵۵^{nop}	۳۱/۸۱^{ml}	۳۵/۴۵^{kl}	۳۹/۰۳^{no}
$S_1 \times A_5$	۲۵/۲۲^{k}	۲۸/۶۰^{m}	۳۰/۰۰^{op}	۳۱/۲۶^{m}	۳۴/۵۵^{l}	۳۸/۲۹^{op}
$S_1 \times A_6$	۲۵/۶۵^{k}	۲۸/۴۴^{m}	۲۹/۵۱^{p}	۳۰/۸۰^{m}	۳۴/۵۵^{l}	۳۷/۶۴^{p}
$S_1 \times A_7$	۲۱/۰۹^{l}	۲۴/۰۷^{n}	۲۵/۱۶^{q}	۲۶/۷۱^{n}	۳۱/۶۸^{m}	۳۴/۷۰^{q}
$S_2 \times A_1$	۳۴/۲۵^{fg}	۳۴/۹۸^{gh}	۳۶/۳۰^{gh}	۳۷/۴۲^{efg}	۴۰/۰۸^{h}	۴۳/۹۴^{gh}
$S_2 \times A_2$	۳۲/۵۲^{h}	۳۳/۶۴^{hi}	۳۴/۵۴^{ij}	۳۵/۸۶^{ghi}	۳۹/۴۸^{h}	۴۲/۳۴^{ij}
$S_2 \times A_3$	۳۲/۳۰^{hi}	۳۳/۳۹^{ij}	۳۴/۵۰^{ij}	۳۵/۳۰^{hij}	۳۸/۱۳^{i}	۴۱/۳۲^{jk}
$S_2 \times A_4$	۳۱/۲۱^{i}	۳۳/۴۱^{ij}	۳۴/۳۸^{ij}	۳۵/۵۱^{hij}	۳۸/۰۶^{i}	۴۱/۱۹^{kl}
$S_2 \times A_5$	۲۹/۳۳^{j}	۳۲/۱۷^{jk}	۳۳/۷۴^{ijk}	۳۴/۶۳^{ijk}	۳۸/۱۶^{i}	۴۰/۹۲^{kl}
$S_2 \times A_6$	۲۸/۵۰^{j}	۳۱/۵۰^{k}	۳۲/۶۳^{klm}	۳۴/۱۳^{jk}	۳۷/۷۵^{ij}	۴۰/۵۷^{kl}
$S_2 \times A_7$	۲۸/۶۶^{j}	۳۰/۷۸^{kl}	۳۱/۸۹^{lmn}	۳۳/۳۱^{kl}	۳۷/۴۴^{ij}	۴۰/۴۷^{klm}
$S_3 \times A_1$	۳۶/۰۲^{cde}	۳۶/۵۲^{ef}	۳۸/۳۳^{cd}	۴۰/۴۶^{bcd}	۴۳/۴۳^{cd}	۴۶/۱۳^{cd}
$S_3 \times A_2$	۳۴/۹۷^{def}	۳۵/۶۷^{efg}	۳۷/۷۵^{def}	۳۸/۵۳^{e}	۴۲/۷۰^{def}	۴۵/۱۷^{de}
$S_3 \times A_3$	۳۴/۳۲^{efg}	۳۵/۳۱^{fg}	۳۶/۶۴^{efg}	۳۸/۹۰^{de}	۴۲/۴۹^{def}	۴۵/۱۳^{def}
$S_3 \times A_4$	۳۳/۴۵^{fgh}	۳۵/۰۴^{gh}	۳۶/۵۳^{fgh}	۳۸/۰۷^{e}	۴۲/۳۱^{efg}	۴۴/۳۳^{efg}
$S_3 \times A_5$	۳۳/۰۸^{gh}	۳۴/۸۴^{ghi}	۳۶/۲۷^{gh}	۳۷/۶۵^{ef}	۴۲/۱۳^{fg}	۴۴/۳۵^{efg}
$S_3 \times A_6$	۳۲/۳۷^{hi}	۳۴/۵۷^{ghi}	۳۶/۱۳^{gh}	۳۷/۵۰^{ef}	۴۱/۳۱^{g}	۴۴/۰۴^{fg}
$S_3 \times A_7$	۳۲/۱۵^{hi}	۳۳/۸۴^{hi}	۳۵/۲۰^{hi}	۳۶/۳۶^{fgh}	۴۰/۰۰^{h}	۴۲/۸۹^{hi}
$S_4 \times a_1$	۳۹/۸۲^{a}	۴۱/۱۳^{a}	۴۲/۱۳^{a}	۴۳/۲۶^{a}	۴۵/۴۷^{a}	۴۸/۲۴^{a}
$S_4 \times A_2$	۳۸/۷۳^{ab}	۴۰/۱۵^{ab}	۴۰/۷۴^{ab}	۴۱/۹۸^{ab}	۴۴/۷۷^{ab}	۴۷/۴۴^{ab}
$S_4 \times A_3$	۳۷/۳۴^{bc}	۳۹/۲۸^{bc}	۳۹/۷۵^{bc}	۴۱/۴۲^{bc}	۴۴/۶۶^{ab}	۴۷/۵۸^{ab}
$S_4 \times A_4$	۳۷/۲۱^{bc}	۳۸/۷۱^{bc}	۳۹/۵۳^{bc}	۴۱/۱۴^{bc}	۴۴/۳۱^{bc}	۴۷/۳۴^{ab}
$S_4 \times A_5$	۳۷/۳۱^{bc}	۳۸/۴۰^{c}	۳۹/۱۶^{cd}	۴۱/۴۳^{bc}	۴۴/۵۷^{ab}	۴۷/۲۸^{ab}
$S_4 \times A_6$	۳۵/۹۷^{cde}	۳۸/۱۴^{cd}	۳۹/۰۴^{cd}	۴۱/۱۵^{bc}	۴۳/۹۸^{bc}	۴۷/۱۶^{abc}
$S_4 \times A_7$	۳۶/۲۹^{cd}	۳۶/۹۰^{de}	۳۸/۰۷^{de}	۴۰/۲۹^{cd}	۴۳/۳۰^{cde}	۴۶/۸۶^{bc}
LSD	۱/۷۱	۱/۴۵	۱/۴۳	۱/۵۸	۱/۰۷	۱/۱۱

S_1، S_2، S_3 و S_4 به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ شرایط عدم‌شوری، شوری ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ میلی‌مولار خاک هستند.

A_1، A_2، A_3، A_4، A_5، A_6 و A_7 به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ عدم‌مصرف کودهای زیستی، مصرف یونیکونازول، مصرف *سودوموناس*، مصرف میکوریز، مصرف یونیکونازول و میکوریز، مصرف میکوریز و *سودوموناس* و مصرف میکوریز و *سودوموناس* و یونیکونازول هستند.

میانگین‌های با حروف متفاوت بیان‌کنندهٔ تفاوت معنادار بر اساس آزمون LSD هستند.



شکل ۲- تأثیر کاربرد کودهای زیستی و یونیکونازول بر روند تغییرات درصد نشت الکترولیت‌های سلول برگ پرچم در شرایط شوری

نتیجه‌گیری کلی

کاربرد کودهای زیستی و یونیکونازول در شرایط شوری ۱۲۰ میلی‌مولار خاک سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، محتوای پرولین و قندهای محلول شد. افزایش فعالیت این آنزیم‌ها گیاه را قادر می‌کند تا از تولید گونه‌های فعال اکسیژن پیشگیری کند یا آثار مضر آنها را کاهش دهد. کاربرد کودهای زیستی و یونیکونازول با کاهش درصد نشت الکترولیت سلول برگ پرچم به حفظ پایداری غشا و افزایش عملکرد دانه منجر شد؛ ازاین‌رو، به نظر می‌رسد کاربرد کودهای زیستی و یونیکونازول در شرایط شوری خاک می‌تواند راه حل مناسبی برای تعدیل آثار ناشی از تنش شوری باشد.

References

Abou El-kheir, M. S. A. (2000) Response of soybean plants growth under water stress conditions to uniconazole application. Egypt Journal of Applied Science 15(3): 112-125.

Agarwal, S. and Pandy, V. (2004) Antioxidant enzyme responses to NaCl stress in *Cassia angustifolia*. Biologia Plantarum 48: 555-560.

Ageeb Akladious, S. and Mohamed, H. I. (2018) Ameliorative effects of calcium nitrate and humic acid on the growth, yield component and biochemical attribute of pepper (*Capsicum annuum*) plants grown under salt stress. Scientia Horticulturae 236: 244-250.

Al-Rumaih, M. M. and Al-Rumaih, M. M. (2007) Physiological response of two species of datura to uniconazole and salt stress. Journal of Food, Agriculture and Environment 5(3-4): 450-453.

Alikhani, S. and Mahmudi zarandi, M. (2019) Effect of coinoculation with endomycorrhiza, *Pseudomonas aeroginosa* and *Rhizobium meliloti* on *Medicago sativa* under water stress. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology) 32(1): 75-85 (in Persian).

Amerian, M. and Esna-Ashari, M. (2017) Effect of different levels of salinity on some physiological and cells-growth characteristics in three Potato (*Solanum tubrosum* L.) cultivars in vitro. Plant Production Technology 9(1): 209-225. (in Persian).

Amooaghaie, R. and Nikandish, F. (2015) Effect of root inoculation of two alfalfa cultivars with strains of Bacillus and Sinorhizobium species on growth, chlorophyll content and cell membrane stability under salinity stress. Journal of Plant Researches (Iranian Journal of Biology) 28(1): 140-152 (in Persian).

Arzani, A. (2008) Improving salinity tolerance in crop plants: a biotechnological view. In Vitro Cellular and Developmental Biology- Plant 44: 373-383.

Ashraf, M. (2004) Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. Flora 199: 362-376.

Azadi, S., Siadat, A., Naseri, R., Soleymanifard, A. and Mirzaei, A. (2013) Effect of integrated application of *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillium brasilense* and nitrogen chemical fertilizers on qualitative and quantitative of durum wheat. Journal of Crop and Ecophysiology 5(26): 129-146 (in Persian).

Azari, A., Modares Sanavi, S. A. M., Askari, H., Ghanati, F., Naji, A. M. and Alizade, B. (2012) Effect of salinity stress on morphological and physiological of canola and turnip (*Brassica napus* and *B. rapa*). Iranian Journal of Crop Sciences 14: 121-135 (in Persian).

Babaaei, Kh., Seyed Sharifi, R., Pirzad, A. R. and Khalilzadeh, R. (2017) Effects of bio fertilizer and nano Zn-Fe oxide on physiological traits, antioxidant enzymes activity and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. Journal of Plant Interactions ۱۲(۱): ۳۸۱-۳۸۹.

Bajji, M., Lutts, S. and Kinet, J. M. (2001) Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. Plant Science 160: 669-681.

Bates, L. S., Walderen, R. D. and Taere, I. D. (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil 39: 205-207.

Beck, D. P., Materon, L. A. and Afandi, F. (1993) Practical Rhizobium-legume technology manual, Technical Manual No: 19. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria, 1-54.

Behl, R. K., Sharma, H., Kumar, V. and Narula, N. (2003) Interaction between mycorrhiza, *Azotobacter chroococcum* and root characteristics of wheat varieties. Journal of Agronomy and Crop Science 89: 151-155.

Bradford, M. M. (1976) A rapid and sensitive for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248.

Chen, Z., Zhou, M., Newman, A. I., Mendham, J. N., Zhang, G. and Shabala,

S. (2007) Potassium and sodium relations in salinised barley tissues as a basis of differential salt tolerance. Functional Plant Biology 34: 150-162.

Datta, K. S., Verma, S. K., Angrish, R. Kumar, B. and Kumari, P. (1997) Alleviation of salt stress by plant growth regulators in *Triticum aestivum* L. Biologia Plantarum 40(2): 269-2۷۵.

Dobbelaere, S., Croonenborghs, A. and Thys, A. (2001) Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum.* Journal of Plant Physiology 28: 871-8۷۹.

Dubios, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Roberts, P. A. and Smith, F. (1956) Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Annals of Chemistry 28: 350-356.

Ehsani, M., Norinia, A. A. and Bakhshi Khaniki, Gh. R. (2009) Effect of salinity and Mycorrhiza on amount of proline in sorghum. Journal of Plant Protection and Food 3: 11-18.

Farooq, S. and Azam, F (2006) The use of cell membrane stability (CMS) technique to screen for salt tolerant wheat varieties. Journal of Plant Physiology 163(6): 629-637.

Fernandez, J. A., Balenzategui, L., Banon, S. and Franco, J. A. (2006) Induction of drought tolerance by paclobutrazol and irrigation deficit in Phillyrea angustifolia during the nursery period. Scientia Horticulturae 107: 277-283.

Fletcher, R. A. and Arnold, V. (1986) Stimulation of cytokinins and chlorophyll synthesis in cucumber. Physiological Plant 66: 197-201.

Galili, G., Tang, G., Zhu, X. and Gakiere, B. (2001) Lysine catabolism: a stress and development superregulated metabolic pathway. Current Opinion in Plant Biology 4:261-266.

Ghorbanli, M. and Niakan, M. (2005) Effect of dry stress on the content of soluble sugars,
protein, proline, phenolic compounds and nitrate reductase enzyme activity of soybean
varieties. Journal of Teaching in Physical Education 5(1): 537-550 (in Persian).

Giri, B., Kapoor, R. and Mukerji, K. G. (2003) Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and salinity on growth, biomass and mineral nutrition of *Acacia auriculiformis*. Biology and Fertility of Soils 38: 170-175.

Giri, B., Kapoor, R. and Mukerji, K. G. (2007) Improved tolerance of *Acacia nilotica* to salt stress by *arbuscular mycorrhiza*, *Glomus fasciculatum* may be partly related to elevated K/Na ratios in root and shoot tissues. Microbial Ecology ٥٤:٧٥٣-٧٦٠.

Gusain, Y. S., Singh, U. S. and Sharma, A. K. (2015) Bacterial mediated amelioration of drought stressin drought tolerant and susceptible cultivars of rice (*oryza sativa* L.). African Journal of Biotecchnology 14(9): 764-773.

Hagh-bahari, M. and Seyed Sharifi, R. (٢٠١٤)Effects of seed inoculation with growth promoting bacteria (PGPR) on yield, rate and grain filling at various levels of soil salinity. Environmental Stresses in Crop Sciences 61: 65-75 (in Persian).

Hajinia, S. and Zarea, M. J. (2014) Effect of co-inoculation of Endophytic *fungus piriformospora Indica* and *Azospirillum strains* on some physiological traits, nutrient absorption and grain yield of wheat (*Triticum aestivum* cv. Sardari) under salt stress conditions. Plant Production Technology 14(2): 149-161 (in Persian).

Imam, R. M., Kanil, S. A., Abo El-Kheir, M. S. A. and AbdEl-Halium, S. (1995) Growth parameters, metabolic changes and productivity of wheat plants as affected by uniconazole treatments under water stress conditions. Egypt Journal Applied Science 10(4): 12-27.

Jeffries, P., Gianinazi, S., Perotto, S., Turnau, K. and Barea, J. M. (2003) The contribution of *Arbuscular mycorrhizal*

fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. Biology and Fertility of Soils 37: 1-16.

Jiriaie, M., Fateh, E. and Aynehband, A. (2014) Evaluation the morph physiological changes in wheat cultivars from the use of *Mycorrhiza* and *Azospirillum*. Iranian Journal of Field Crops Research 12(4): 841-851 (in Persian).

Kamoutsis, A. P., Chronopoulou-Sereli, A. G., and Paspatis, E. A. (1999) Paclobutrazol affects growth and flower bud production in gardenia under different light regimes. Horticultural Science 34: 674-675.

Kapoor, R., Evelin, H., Mathur, P. and Giri, B. (2013) Arbuscular mycorrhiza: Approaches for abiotic stress tolerance in crop plants for sustainable agriculture. In: Plant acclimation to environmental stress (Eds. Tuteja, N. and Gill, S. S.) 359-401. Springer Science+Business Media, New York

Khanzadeh, P. (2017) Effects of seed inoculotion by cycocel and biofertilizers on grain filling period in various levels of soil salinity. MSc thesis, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran (in Persian).

Kheirizadeh Arough, Y., Seyed Sharifi, R., Sedghi, M. and Barmaki, M. (2016) Effect of zinc and bio fertilizers on antioxidant enzymes activity, chlorophyll content, soluble sugars and proline in *Triticale* under salinity condition. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 44(1):116-124.

Khalvandi, M., Ameriean, M. R., Pirdashti, H. A., Baradaran, M. and Gholami, A. (2017) *Piriformospora indica* symbiotic effect on the quantity and quality of essential oils and some physiological parameters of peppermint (*Mentha piperita*) under salt stress. Journal of Plant Process and Function 6(21): 164-184 (in Persian).

Ma, Y., Prasad, M. N. V., Rajkumar, M. and Freitas, H. (2011) Plant growth promoting rhizobacteria and endophytes accelerate phytoremediation of metalliferous soils. Biotechnology Advances 29(2): 248-258.

Mathur, N. and Vyas, A. (1996) Biochemical changes in Ziziphus xylopyrus by VA mycorrhizae. Botanical Bulletin of Academia 37: 209-212.

May, M., Muna, M. and Al-Rumaih, M. (2007) Physiological response of two species of *Datura* to uniconazole and salt stress. Journal of Food Agricultural Enviroment 5(3-4): 450-453.

Munns, R. and Tester, M. (2008) Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology 59: 651-681.

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

Naseri, R., Barary, M., Zarea, M. J., Khavazi, K. and Tahmasebi, Z. (2017b) Effect of phosphate solubilizing bacteria and *mycorrhizal fungi* on some activities of antioxidative enzymes, physiological characteristics of wheat under dry land conditions. Iranian Journal of Dryland Agriculture 6 (1): 1-34 (in Persian).

Nemat-Alla, M. M., Badawi, A. M., Hassan, N. M., El-Bastawisy, Z. M. and Badran, E. G. (2008) Effect of metribuzin, butachlor and chlorimuron-ethyl on amino acid and protein formation in wheat and maize seedlings. Pesticide Biochemistry and Physiology 90: 8-18.

Noctor, G. and Foyer, C. (1998) Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. Annual Reviews of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 49: 249-279.

Parvaiz, A. and Satyawati, S. (2008) Salt stress and phyto-blochemical responses

of plants. Journal of Plant, Soil and Environmental 54: 89-99.

Ranjan, R., Bohra, S. P. and Jeet, A. M. (2001) Book of Plant Senescence. Jodhpur, Agrobios New York.

Sairam, R. K. and Tyagi, A. (2004) Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. Current Science 86: 407-421.

Seyed Sharifi, R. (2018) Effects of uniconazole and bio fartilizers on grain filling period and contribution of remobilization in grain yield of wheat under different moisture regimes in greenhouse conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences 11(3): 515-531 (in Persian).

Shaukat, K., Affrasayab, S. and Hasnain, S. (2006) Growth responses of *Helianthus annus* to plant growth promoting rhizobacteria used as a biofertilizer. Journal of Agriculture Reseach 1(6): 573-581.

Sharif, S., Saffari, M. and Emam, Y. (2007) The effect of drought stress and cycocle on barley yield (cv. Valfagr). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 10: 281-290 (in Persian).

Sofo, A., Dichio, B., Xiloyannis, C. and Masia, A. (2004) Effects of different irradiance levels on some antioxidant enzymes and on malondealdehyde content during rewatering in olive tree. Plant Science 166: 293-302.

Sudhakar, C., Lakshmi, A. and Giridara Kumar, S. (2001) Changes in the antioxidant enzyme efficacy in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) under NaCl salinity. Plant Science 167: 613-619.

Torabi, A. and Farzami Sepehr, M. (2015) The effect of salt pretreated *Glomus fasciculatumon* salinity tolerance induction of barley plants. Iranian Journal of Plant Physiology 5: 1323-1331.

Zafari, M., Ebadi, A. and Jahanbakhsh Gode Kahriz, S. (2016) Synergistic effects of *Glomus mosseae* and *Sinorhizobium meliloti* on compatibility metabolites of Alfalfa. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 26(3): 43-56 (in Persian).