Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 50, No 4, Winter 2020 (175-188)
DOI: 10.22059/ijfcs.2018.258583.654476

علوم گیاهان زراعی ایران
دورۀ ۵۰، شمارۀ ۴، زمستان ۱۳۹۸ (ص۱۸۸-۱۷۵)

بهبود سطح تحمل شوری ژنوتیپ¬های گندم با بهره‌گیری از دای‌آلل

سحر فروغی مقدم [۱]،علیرضا طالعی [۲*]، سیدعلی پیغمبری [۳]
۱- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران ۲و۳- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۹/۲۰)

چکیده

شوری از مهم‌ترین عوامل محیطی است که به‌شدت از رشد گیاه ممانعت می‌کند. به‌منظور بهبود سطح تحمل شوری گیاه گندم از طریق تلاقی دای‌آلل، ٦ ژنوتیپ اصلاح‌شده (آرتا، بزوستایا، کوهدشت، مغان۳، اوحدی و استار) و ۱۵ نتاج حاصل از تلاقی یک‌طرفه این ژنوتیپ¬ها (بزوستایا×کوهدشت، بزوستایا×اوحدی، بزوستایا×مغان۳، بزوستایا×آرتا، بزوستایا×استار، کوهدشت×اوحدی، کوهدشت×مغان۳، کوهدشت×آرتا، کوهدشت×استار، اوحدی×مغان۳، اوحدی×آرتا، اوحدی×استار ، مغان۳×آرتا، مغان۳×استار، آرتا×استار) ، در دو سطح شوری (۰ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر) و در گلخانه، به‌صورت یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، در سه تکرار کاشته شدند. ارزیابی هدایت الکتریکی آب و محلول¬های ورودی و آب خروجی از گلدان، به مدت دو هفته به طول انجامید و بعدازآن صفاتی از قبیل محتوای نسبی آب برگ، تنظیم اسمزی، عملکرد بذر، وزن صد دانه، تعداد بذر در هر سنبله و فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز، اندازه‌گیری شدند. نتایج آزمایش نشان داد، که با افزایش شوری، صفات مربوط به عملکرد و محتوای نسبی آب برگ گندم نان، کاهش قابل‌توجهی یافتند. در صفات مربوط به عملکرد و محتوای نسبی آب برگ، ژنوتیپ¬های آرتا و اوحدی بیش¬ترین کاهش را در شرایط تنش نسبت به شاهد نشان دادند. این در حالی است که نتاج حاصل از تلاقی این دو ژنوتیپ حساس، کاهش شدیدی را در صفات مرتبط با عملکرد داشتند. میزان فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز در شرایط تنش در نتاج حاصل از تلاقی بزوستایا و کوهدشت در هر دو والدین، منجر به ایجاد تحمل نسبت به شرایط تنش گردید. نتایج نشان داد، با توجه به برتری نتاج، می‌توان از طریق تلاقی‌های هوشمند در جهت بهبود تحمل شوری گیاهان اقدام کرد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم کاتالاز، پراکسیداز، تنظیم اسمزی، شوری، صفات مرتبط با عملکرد، گندم، محتوای نسبی آب برگ.

Improving the salinity tolerance of wheat genotypes by using diallel cross

Sahar Froughi Moghadam[1], Alireza Talei [2*], Seyed Ali Peighambari[3]
1. Ph.D. Student of Plant Breeding, Department of Agronomy and Plant Breeding,University of Tehran
2,3. Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding,University of Tehran

(Received: May 29, 2018 - Accepted: December 11, 2018)

ABSTRACT

Salinity is one of the most important environmental factors that severely inhibit plant growth. To improve the salinity tolerance of wheat through diallel cross, six modified genotypes (Arta, Bezvestia, Koohdasht, Moghan3, Ohadi, and Star), 15 hybrids of crossing these genotypes (Bezvestia×Koohdasht, Bezvestia×Ohadi, Bezvestia×Moghan3, Bezvestia×Arta, Bezvestia×Star, Koohdasht×Ohadi, Koohdasht×Moghan3, Koohdasht×Arta, Koohdasht×Star, Ohadi×Moghan3, Ohadi×Arta, Ohadi×Star, Moghan3×Arta, Moghan3×Star, Arta×Star) in two levels of salinity (0. 20 $ds.m^{-1}$), were sown in greenhouse as a factorial experiment in a completely randomized design with three replications. The estimation of electrical conductivity of water and inlet solutions and water output from the pot had been lasted for two weeks, and followed by traits such as leaf relative water content, osmotic regulation, seed yield, 100 seed weight, seed number per spike, and activity of catalase and peroxidase enzymes were measured. The results of the experiment showed that with increasing salinity, the traits related to the yield and relative content of water of wheat bread leaf decreased significantly. The traits related to yield and relative content of leaf water in Arta and Ohadi genotypes showed the highest decrease in stress conditions than control, while the progenies obtained from the cross between these two sensitive genotypes showed a significant decrease in the traits related to yield. The rate of activity of a catalase-peroxidase enzyme in stress conditions in the crossroads caused by the confluence of Bezostaya and Kohdasht due to heterozygosity in both parents that resulted in resistance to stress conditions. Considering the superiority of heterozygosity through intelligent crossings, it can be taken measures to improve the salt tolerance of herbs.

Keywords: Catalase, peroxidase, osmotic regulation, salinity, yield characteristic

* Corresponding author E-mail: ataleei@ut.ac.ir

مقدمه

تنش‌های محیطی، ازجمله عوامل کاهش‌دهنده عملکرد گیاهان زراعی در سراسر جهان می‌باشند. ایران، یکی از کشورهایی است که در اکثر نقاط آن تنش‌های غیرزنده مانند خشکی، شوری، دما، باد و تنش‌های زنده شامل علف‌های هرز، قارچ‌ها، باکتری‌ها، ویروس‌ها و حشرات، موجب کاهش عملکرد گیاهان، از بین رفتن حاصلخیزی خاک و در مواردی عدم امکان تداوم کشاورزی گردیده است (Aeinian *et al.*, 2014). بر اساس گزارش فائو در سال۲۰۱۲، حدود ۱۱ درصد از اراضی فاریاب دنیا تحت تأثیر درجات مختلفی از شوری قرارگرفته است (FAO, 2012)، که مشکلی جدی محسوب شده، زیرا یک‌سوم محصولات غذایی جهان، در اراضی تحت آبیاری تولید می‌شوند. در آسیا، ۲/۵ میلیون هکتار از اراضی، تحت تأثیر شوری است و تخمین زده‌شده است که بیش‌تر از ۵۰٪ از زمین‌های حاصلخیز تا قرن ۲۱ از دست خواهد رفت (Nazar *et al.*, 2011). تنش‌های غیر زیستی، از مهم-ترین عوامل کاهش‌دهنده رشد و تولید مواد غذایی می-باشند. شوری، یکی از تنش‌های غیر زیستی اصلی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (Ashraf, 2004). از جمله عواملی که غربالگری ارقام گیاهی در خاک‌های شور را غیرممکن نموده است، شامل: ۱- عدم تحمل به شوری به دلیل ساختار ژنتیکی، ۲- عدم سازگاری گیاه با محیط (اثرات محیطی) (Munns & James, 2003) است؛ به‌عبارت‌دیگر عملکرد گیاه در شرایط تنش شوری تحت تأثیر اثر متقابل ژنتیک و محیط است (Knezevic *et al*., 2011).

گندم نان (*Triticum aestivum* L.)، محصول غذایی اصلی در سراسر جهان به‌خصوص در ایران، است (Sadat Noori & Harati, 2005). درواقع گندم به‌عنوان مهم-ترین و گسترده‌ترین محصول زراعی سازگار شناخته می‌شود (Salam, 2002). گندم گیاهی است نیمه متحمل به شوری، بطوریکه در شوری ۶ دسی زیمنس بر متر، بدون کاهش عملکرد رشد می‌کند (Munns *et al*., 2006). این گیاه در مرحله جوانه‌زنی نسبت به مرحله گیاهچه به شوری متحمل‌تر است (Emam & Ranjbar, 2001). گرچه تأثیر شوری در طول مرحله پنجه دهی، سنبله دهی، گسترش سنبلچه و پر شدن دانه متفاوت است (Maas & Greive, 1990)، اما، مرحله پر شدن دانه نسبت به مرحله گرده‌افشانی از حساسیت کمتری برخوردار است (Emam & Ranjbar, 2001) و در شوری بیش‌تر از۱۵ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم، کاهش عملکرد بذر متفاوت بوده، بطوریکه در شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم، کاهش عملکرد بذر به‌طور معنی‌داری رخ می‌دهد (Farooq & Azam, 2005).

در غلات به‌ویژه گندم، شواهدی دال بر وجود همبستگی بین دفع یون‌های مضر به‌وسیله گیاه و تحمل گیاه به شوری به‌دست‌آمده است. لذا وجود پتانسیل ژنتیک لازم برای تهیه غلات متحمل به شوری، امیدوارکننده به نظر می‌رسد. نتایج حاصل از مطالعه وراثت‌پذیری تحمل گیاه گندم به شوری نشان داد که این صفت به‌صورت ژنتیکی کنترل می‌شود، لذا پیدا کردن والدین متحمل و استفاده از آنها در تولید واریته-های متحمل، امکان‌پذیر است (Mir Mohamadi Meybodi & Ghareyazi , 2001). سادات نوری و همکاران، در بررسی ۷۵ خانواده گندم نان بهاره و والدینشان و همچنین بررسی ۱۱ صفت کمّی در مرحله گیاه کامل، نشان دادند که افزایش شوری، تمام صفات اندازه‌گیری شده را کاهش داده و اثر متقابل ژنوتیپ و تجمع نمک به‌شدت برای اجزاء عملکرد معنی‌دار شده است. این نتایج نشان داد که اجزاء عملکرد گیاهان واکنش‌های متفاوتی در زمان رویارویی با سطوح مختلف شوری دارند. اما در مقابل، اثر متقابل ژنوتیپ در تجمع نمک برای صفات مربوط به مرحله رویشی، ازجمله وزن کاه و وزن کل گیاه معنی‌دار نشده بود که بیانگر این احتمال است که ژن‌های محدودی، کنترل‌کننده بیان ژن صفات مرحله رویشی نسبت به صفات تولیدمثلی و زایشی گندم در مواجهه با شوری، باشند (Sadat Noori *et al.*, 2006).

اگرچه در سال‌هایی با بارندگی زیاد، می‌توان از طریق آبیاری محصول مناسبی تولید کرد اما در سال-هایی که کمبود آب وجود دارد، گیاهان تحت تنش شوری قرار می‌گیرند. بنابراین، شناسایی ارقام متحمل به تنش شوری در چنین سال‌هایی جهت مواجه و

تحمل تنش ضروری به نظر می‌رسد. ارزیابی ژنوتیپ‌ها در مزرعه نیاز به زمان و هزینه زیادی دارد. چنانچه تأیید شود که منابع متحمل به شوری را می‌توان با روش آزمایشگاهی و گلخانه‌ای شناسایی کرد، به مقدار قابل‌توجهی در زمان و هزینه صرفه‌جویی خواهد شد. معمولاً به‌نژادگران گندم به دنبال شاخص‌ها و خصوصیاتی هستند که بتوان از آنها در اصلاح ارقام متحمل به شوری از طریق انتخاب، استفاده نمود. بنابراین هدف از انجام این طرح، شناخت مکانیسم‌های تحمل به شوری ژنوتیپ‌های گندم نان و شناسایی عکس‌العمل‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک آنها به تنش شوری در شرایط گلخانه بود.

مواد و روش‌ها

تهیه ماده ژنتیکی از طریق تلاقی نیمه دای‌آلل

برای تهیه مواد ژنتیکی موردنیاز و به‌منظور مطالعه صفات عملکرد و صفات زراعی در گندم نان، شش رقم گندم (بزوستایا، کوهدشت، اوحدی، مغان۳، آرتا و استار) انتخاب گردید و در پاییز سال ۱۳۹۵ این ارقام کشت‌شده و در بهار سال ۱۳۹۶ به‌منظور تولید نسل‌های F1، شش والد، تحت تلاقی یک‌طرفه قرار گرفتند.

مواد گیاهی در این آزمایش شامل شش رقم گندم نان (بزوستایا، کوهدشت، اوحدی، مغان۳، آرتا و استار) بود که بر اساس نتایج پیشین (پایان‌نامه دوره ارشد نویسنده)، تحت عنوان بررسی تنوع مورفولوژیک ژنوتیپ‌های گندم نان نسبت به تنش شوری در مرحلهٔ جوانه‌زنی و گیاه کامل ، انتخاب شدند.

جهت به دست آوردن مواد ژنتیکی موردنیاز، تعداد ۱۰ بذر از هر ژنوتیپ، در درون گلدان به‌صورت صلیبی به عمق ۲ سانتی‌متر کاشت گردید. خاک موردنظر، شامل یک‌چهارم کود حیوانی و سه‌چهارم خاک مزرعه بود. این آزمایش به‌صورت طرح دای‌آلل ۶×۶ ، در گلخانه گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در پاییز ۱۳۹۵ انجام گرفت. ژنوتیپ‌های گندم،۶ ژنوتیپ بودند که درمجموع ۳۶ واحدهای آزمایشی یا گلدان در نظر گرفته شد. ولی ازآنجاکه تلاقی‌های معکوس و تلاقی بین هر والد با خود در نظر گرفته نشده بود، تنها تلاقی‌های F_1 یا به عبارتی تلاقی‌های یک‌طرفه (نیمه دای‌آلل)، مدنظر قرار گرفتند.

خاک لازم جهت استفاده برای این مرحله مورد آزمایش قرار گرفت (جدول۱).

جدول۱-نتایج آزمایش نمونه خاک استفاده‌شده در آزمایش گلدانی برای تحمل به تنش شوری در دو سطح ۰ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر

The results of the soil sample used in the pot experiment for tolerance to salinity stress at two levels of 0 and 20 ds / m^{-1} -Table 1

Experimental type	Wilting point	Manganese	Copper	Zinc	Iron	Texture	Sand	Soda	Clay	Potassium	Phosphorous	Nitrogen	Organic Carbon	Lime	Acidity	Salinity
limite required	-	9	1	3	0	lom	0	25	25	350	15	0.2	1.5-2	15	6.5-7.5	7 ≤
Depth(0-3)	0.14	6.63	1.3	3.16	.39	Salis lom	8	50	22	588	28	0.11	1.13	15.53	7.91	5.30

در این آزمایش املاح و مواد معدنی خاک مشخص‌شده و با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، خاک با کود ترکیب شد. بر اساس نتایج این آزمون، خاک با کود به نسبت (۳ به ۱) ترکیب گردید و داخل گلدان‌ها با ترکیب حاصله پر گردید. سپس، بذور هر ژنوتیپ که قبلاً با قارچ‌کش ضدعفونی شده بودند در داخل خاک به عمق دو سانتی‌متر و به‌صورت صلیبی قرار داده‌شده و مورد آبیاری اولیه قرار گرفتند. به دلیل وجود رطوبت نسبی مناسب و دمای پایین تا قبل از رویش بذور به مدت ۳ هفته، هیچ‌گونه آبیاری صورت نگرفت. دلیل این امر این بود که آب بیش‌ازاندازه، احتمالاً سبب خفه شدن بذر و فساد آن و درنتیجه عدم جوانه‌زنی می‌گردد. بعد

از خروج جوانه‌ها، آبیاری هر ۲ هفته یک‌بار صورت گرفت. بعد از یک هفته از خروج تمام جوانه‌ها، پوششی از جنس تور روی جوانه‌ها قرار گرفت (این کار، تنها جهت حفاظت از جوانه‌ها صورت گرفت و بعد از یک ماه دیگر لزومی به پوشش نبوده و گیاه مستقر شد). از اوایل اسفندماه، گلدان‌ها وجین شده و تمام علف‌های هرز به دلیل اینکه از رشد گیاهان جلوگیری می‌کردند، حذف‌شده، همچنین در این مرحله، پنج گیاه کاملاً مشابه و با فواصل یکسان را در هر گلدان نگه‌داشته و بقیه گیاهان حذف گردیدند.

از این زمان تا پایان اسفندماه، آبیاری هفته‌ای یک‌بار صورت گرفت، به نحوی که آب از ته گلدان‌ها خارج شود و تجمع املاح در خاک به حداقل برسد. از فروردین‌ماه، به دلیل وجود گرمای بیش‌ازحد نیاز و تبخیر بیش‌تر آب و از طرفی با توجه به اینکه گیاهان موجود در گلدان توسعه یافته بودند، آبیاری دو تا سه بار در هفته با توجه به نیاز گیاهان انجام گرفت، سپس تلاقی‌ها در محیط گلخانه انجام شد. برای انجام تلاقی‌ها، خوشه‌های مادری دو تا سه روز قبل از گلدهی عقیم شده و به‌وسیله پاکت ایزوله پوشانیده شدند. پس از دو تا سه روز، خوشه‌ها به‌وسیله گرده والد پدری، گرده‌افشانی شده و در فاصله یک تا دو روز بعد از گرده‌افشانی با محلول میلی‌گرم در لیتر اسیدجیبرلیک محلول‌پاشی شدند (Sharma & Gill, 1983).

پس از تلاقی نیمه دای‌آلل در سال اول، به‌منظور ارزیابی و شناسایی ارقام متحمل و حساس گندم نان در مرحله گیاه کامل و همچنین بررسی عملکرد و اجزای عملکرد و اثرات پتانسیل اسمزی، سمیت یونی و سوءتغذیه حاصل از نمک کلرید سدیم این مرحله از آزمایش اجرا شد. مواد گیاهی در این آزمایش شامل ۶ ژنوتیپ والد (بزوستایا، کوهدشت، اوحدی، مغان۳، آرتا و استار) و ۱۵ رقم نسل F_1 حاصل از تلاقی نیمه دای‌آلل شش والد (بزوستایا×کوهدشت، بزوستایا×اوحدی، بزوستایا×مغان۳، بزوستایا×آرتا، بزوستایا×استار، کوهدشت×اوحدی، کوهدشت×مغان۳، کوهدشت×آرتا، کوهدشت×استار، اوحدی×مغان۳، اوحدی×آرتا، اوحدی×استار، مغان۳×آرتا، مغان۳×استار و آرتا×استار) بودند، که در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در گلخانه گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران، در شرایط اعمال تنش شوری، کشت گردیدند. جهت به دست آوردن این مهم، از روش کشت توضیح داده‌شده جهت انجام تلاقی مجدداً استفاده گردید.

بطورکلی، گندم نان در مرحله جوانه‌زنی نسبت به مرحله گیاه کامل به شوری مقاوم‌تر است (Shalhevet, 1994) اگرچه تأثیر شوری در طول پنجه دهی و سرعت تولید سنبله و توسعه سنبلچه و پر شدن دانه متفاوت است (Mass & Grieve, 1990). جالب‌توجه است که مرحله پر شدن دانه حساسیت کم‌تری به شوری نسبت به مرحله گلدهی دارد (Emam & Ranjbar, 2001)، بر این اساس اعمال تنش شوری در زمان گلدهی صورت گرفت.

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل با سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی، در گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران، در پاییز ۱۳۹۶ انجام گرفت. فاکتورها شامل تنش شوری (۰ و ۲۰ دسی زیمنس) و ژنوتیپ‌های گندم (۶ والد و ۱۵ تلاقی) بودند که بدین ترتیب هر تکرار شامل ۴۲ (۲×۲۱) واحد آزمایشی یا گلدان بود. لازم به ذکر است که برای رسیدن به شوری ۲۰ دسی زیمنس، معادل ۱۲ گرم NaCl در یک لیتر آب حل شد و با بررسی EC، از دستیابی به EC موردنظر اطمینان حاصل گردید.

آبیاری تا پایان اسفند هفته‌ای یک‌بار به نحوی صورت گرفت که آب از ته گلدان‌ها خارج شود و تجمع املاح در خاک به حداقل برسد. از فروردین‌ماه به دلیل وجود گرمای بیش‌ازحد نیاز و تبخیر بیش‌تر آب و از طرفی با توجه به اینکه گیاهان موجود در گلدان توسعه یافتند، آبیاری دو تا سه بار در هفته با توجه به نیاز گیاهان انجام گرفت. تا قبل از مرحله گلدهی، هدایت الکتریکی (EC) آب ورودی و خروجی از زهکش گلدان‌ها، موردبررسی قرار گرفتند که مقادیر هدایت الکتریکی (EC) موردبررسی در جدول (۲) آمده است و جهت این کار، ۲۰ گلدان، (به‌طور تصادفی برای هر سطح تنش ۱۰ گلدان)، انتخاب شدند و از تمام این ۲۰ گلدان نمونه‌برداری صورت گرفت، به‌این‌ترتیب که در زیر آنها ظرف‌هایی قرار داده‌شده و به تمام گلدان‌ها آب‌داده شد و پس از تخلیه آب از زهکش‌ها، هدایت

الکتریکی نمونه آب ورودی و خروجی آنها بررسی گردید. این کار ۳ بار قبل از شروع اعمال تنش انجام گردید. اعمال تنش از زمانیکه سنبله‌ها از غلاف خارج‌شده بود آغاز و تا پایان گلدهی یعنی حدود دو هفته صورت گرفت. در این دوره ۲ هفته، هدایت الکتریکی آب آبیاری و محلول‌های ورودی و آب خروجی از گلدان‌ها به‌طور کامل موردبررسی قرار گرفتند. مقادیر هدایت الکتریکی موارد موردبررسی در جدول (۲) آمده است. برای جلوگیری از افزایش پتانسیل خاک و تجمع بیش‌ازحد نمک در خاک با توجه به هدایت الکتریکی آب خروجی، از آب معمولی جهت آبیاری و آبشویی خاک گلدان‌ها استفاده شد.

جدول۲-هدایت الکتریکی‌های آب ورودی و خروجی ۱۰ گلدان انتخاب‌شده در شرایط گلخانه در سطح شاهد (بدون تنش) در مرحله گیاه کامل.

Table 2- Conductivity of intake and outlet water of 10 electric pots in greenhouse conditions at the control (no stress) stage at full plant stage.

	Electric conductivity measurement dates	EC of the input	Electric conductivity of water in 10 pots (output)									
Control	18.4.2018	1.79	8.43	8.69	8.23	7.93	8.22	8.30	8.29	8.98	8.93	8.81
	20.4.2018	1.86	7.23	6.93	7.13	6.67	7.86	7.64	6.73	7.03	6.87	7.16
	22.4.2018	1.88	6.47	6.30	6.86	6.55	6.38	6.98	6.60	6.56	6.28	6.96
	24.4.2018	1.91	5.95	6.51	5.77	5.98	6.03	6.54	6.43	5.96	5.88	6.13
	27.4.2018	2.01	6.12	6.45	5.73	5.65	6.38	6.32	6.30	5.63	5.55	5.68
	30.4.2018	2.41	5.23	5.76	5.83	4.66	5.97	5.78	5.36	5.93	4.56	5.27
	04.5.2018	1.97	4.36	4.63	3.79	3.65	4.76	4.56	3.61	4.73	3.34	4.44
	09.5.2018	2.41	3.32	3.93	3.13	2.96	3.21	3.61	2.93	3.93	2.12	3.91
salinity	18.4.2018	1.79	4.09	3.73	4.21	4.22	4.08	4.18	4.11	4.01	3.97	4.26
	20.4.2018	1.86	4.03	4.08	4.01	3.91	4.04	4.06	4.01	4.00	3.70	4.10
	22.4.2018	1.88	4.06	4.08	4.06	4.12	3.84	3.94	4.00	3.87	3.34	3.96
	24.4.2018	1.91	3.76	3.98	4.35	4.06	4.23	4.13	4.64	4.23	3.70	4.30
	27.4.2018	20.10	18.76	18.89	19.60	18.62	18.92	18.08	19.05	18.24	18.64	18.76
	30.4.2018	20.41	20.87	20.26	20.60	20.03	21.16	20.78	21.71	21.06	20.73	20.87
	04.5.2018	19.97	25.24	24.68	24.73	25.07	25.38	25.78	26.18	25.18	24.25	24.78
	09.5.2018	20.43	25.94	25.86	25.28	25.46	26.94	26.58	26.91	26.18	25.37	25.29

محتوای نسبی آب برگ

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC)، در دوره اعمال تنش، نمونه‌برداری از برگ زیر برگ پرچم انجام گرفت. نمونه‌ها در داخل آزمایشگاه توسط ترازوی دیجیتال ۰/۰۰۱ وزن شده و سپس برگ‌ها به قطعات مساوی برش داده‌شده و در داخل آب مقطر به‌طور جداگانه به مدت ۲ ساعت قرار گرفتند و بعد از ۲ ساعت برگ‌ها از داخل آب مقطر بیرون آورده شده، توسط کاغذ صافی آب آنها گرفته‌شده و سپس برای بار دوم وزن شدند، درنهایت برگ‌های وزن شده در داخل آون در دمای ۷۰ درجه به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شده و وزن خشک آنها یادداشت شد (Wardlaw *et al*., 1980).

استخراج آنزیم کاتالاز و پراکسیداز

به‌منظور تعیین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (شامل دو آنزیم کاتالاز و پراکسیداز) در دوره اعمال تنش، نمونه‌برداری از برگ و زیر برگ پرچم، انجام گرفت، به این صورت که برگ زیر پرچم در گیاهان مورد نظر در هر تکرار انتخاب‌شده و به میزان ۰/۲ گرم جهت استخراج آنزیم بر اساس متد استخراج (Aebi, 1974) داخل ویال ۲ میلی‌لیتری قرار داده شد و سپس در آزمایشگاه استخراج این دو آنزیم بر اساس روش (Chance & Maehly, 1955) انجام شد. و منحنی فعالیت دو آنزیم موردبررسی توسط دستگاه اسپکتوفتومتر ثبت شد. منحنی فعالیت آنزیم کاتالاز در طول‌موج ۲۴۰ نانومتر و به مدت ۱۸۰ ثانیه ثبت شد و منحنی فعالیت آنزیم پراکسیداز، در طول‌موج ۴۷۰ نانومتر و در مدت‌زمان ۱۸۰ ثانیه ثبت گردید (Chance & Maehly, 1955).

استخراج پتانسیل اسمزی

جهت سنجش پتانسیل اسمزی و تنظیم اسمزی در دوره اعمال تنش، از برگ و زیر برگ پرچم نمونه‌برداری انجام شد، به این صورت که برگ زیر پرچم در گیاهان مورد نظر در هر تکرار انتخاب شده و نمونه‌های مربوط به بررسی تنظیم اسمزی به درون ویال‌های ۱/۵ میلی‌لیتری انتقال داده شدند. نمونه‌های برداشت‌شده بلافاصله توسط ازت مایع منجمد و به فریزر منتقل شدند. درنهایت ،جهت سنجش پتانسیل اسمزی از متد (Jones & Turner, 1978) استفاده گردید.

تجزیه داده‌های حاصل از آزمایش توسط نرم‌افزار SAS (SAS Institute, 2003) صورت گرفت. در مقایسه میانگین داده‌ها به دلیل بررسی صفات به‌صورت تک بوته در هر گلدان، از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار استفاده گردید، که از این طریق میزان تأثیر سطوح شوری بر هر رقم و تعیین میزان تحمل به شوری در ژنوتیپ‌ها ارزیابی گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در صفات مختلف موردبررسی بین ارقام و دو سطح شوری اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول۱)، بدین معنی که دو سطح تنش بر صفات اندازه‌گیری شده تأثیر گذاشته و باعث کاهش صفات اندازه‌گیری شده نسبت به حالت شاهد شده‌اند، البته شایان‌ذکر است که افزایش سطح شوری موجب افزایش سطح فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز نیز گردیده است. از طرفی این اختلاف معنی‌دار نشان‌دهنده آن است که ژنوتیپ‌های مختلف صفات را به‌صورت متفاوت بروز داده‌اند (جدول۳). اثر متقابل رقم در دو سطح تنش شوری در تمام صفات، در سطح یک درصد معنی‌دار بود؛ که نشان‌دهنده آن بود که در اثر برهم‌کنش ارقام و تنش شوری (محیط)، صفات موردنظر تغییریافته‌اند (جدول۳).

همانطورکه انتظار می‌رفت، در مرحله گیاه کامل، در شرایط تنش شوری ۲۰دسی زیمنس بر متر در هر شش ژنوتیپ والد و ۱۵ نتاج حاصل از تلاقی، محتوای نسبی آب برگ کاسته شد ($p\leq۰/۰۱$) که با نتایج اکبری و همکاران مطابقت داشت (Akbari Ghobadi *et al.*, 2012).طبق گزارش این محققین، چنانچه ژنوتیپی دارای محتوای نسبی آب برگ بالا در شرایط تنش باشد، توانایی دفع پتانسیل اسمزی حاصل از تنش را داشته و درنتیجه آن ژنوتیپ، عملکرد بالاتری خواهد داشت.

به‌بیان‌دیگر، چنانچه ژنوتیپی دارای محتوای نسبی بالاتری در شرایط تنش باشد، قابلیت مقابله با پتانسیل اسمزی را داشته، که باعث جذب بیش‌تر آب از خاک شده و درنهایت سبب بسته شدن روزنه‌ها و جبران تعرق از برگ می‌گردد و این قابلیت در ژنوتیپ‌های متحمل وجود دارد. بطوریکه می‌توان از این خصوصیت، به‌عنوان شاخصی جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل از حساس استفاده کرد. همانطورکه در جدول (۴) مشخص‌شده است، از بین این شش ژنوتیپ و ۱۵ رقم حاصل از تلاقی، در شرایط شوری ۲۰دسی زیمنس بر متر، بیش-ترین میزان محتوای نسبی آب برگ مربوط به ژنوتیپ کوهدشت در حدود ۰/۷۹ و کم‌ترین میزان آن در ژنوتیپ‌های اوحدی، آرتا، مغان۳ و نتاج حاصل از تلاقی آنها در حدود ۰/۳۵ بود . بهترین میزان محتوای نسبی آب برگ در نتاج، در شرایط تنش شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر، مربوط به تلاقی حاصل از بزوستایا×کوهدشت به میزان حدود ۰/۷۴ بود (جدول۴).

جدول ۳- میانگین مربعات تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده، ۶ ژنوتیپ گندم نان و ۱۵ نتاج در شرایط گلخانه‌ای تحت دوسطح تنش شوری (۰ و ۲۰ دسی زیمنس)

Table 3- Mean squared analysis of variance of measured traits, six genotypes of bread wheat and 15 heterosis in greenhouse conditions under different salinity conditions.

SOV	Yield Seed	100 Seeds Weight	Seed Number per Spike	Peroxid asEnzyme	Catalase Enzyme	Osmotic Adjustment	Relative Leaf Water Content
Salinity level	330.34**	7101.032**	7869.96**	7.65**	0.124**	0.384**	2.87**
Genotype	3.33**	132.91**	229.36**	0.30**	0.001**	0.0041**	0.04**
Genotype× Salinity level	0.98**	33.55**	42.032**	0.07**	0.0002**	0.001**	0.01**
Error	0.126	3.22	7.01	0.21	0.0001	0.0001	0.0002
Coefficient of Variation	11.88	7/91	9.89	9.27	5.72	4.67	2.49

* و** به ترتیب، اختلاف معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد.

and **, significantly difference at the level of 5 and 1 percentage, respectively *

بر اساس مطالعات سین کلر و لودلو در شرایط شوری، محتوای نسبی آب برگ به‌عنوان یک توانایی در گیاه جهت رشد در پتانسیل پایین آب محسوب شده و در این مسیر افزایش محتوای نسبی آب یک مکانیسم تحمل به شرایط تنش است و ژنوتیپ‌هایی که چنین مکانیسمی را دارا باشند ژنوتیپ متحمل محسوب می‌شوند (Sinclair & Ludlow, 1985). در این شرایط و بر اساس صفت محتوای نسبی آب، ژنوتیپ‌های بزوستایا و کوهدشت و نتاج حاصل از این دو، به‌عنوان ژنوتیپ متحمل محسوب شده و ژنوتیپ‌های اوحدی و نتاج حاصل از اوحدی با مغان۳، جزو ژنوتیپ‌های حساس بوده و سایر ژنوتیپ‌ها نیز نیمه متحمل بودند.

ژنوتیپ‌های متحمل جهت حفظ عملکرد، با افزایش پتانسیل اسمزی داخل برگ باعث جذب آب بیش‌تری از خاک شده و درنهایت با افزایش محتوای نسبی آب برگ، با عوامل محدودکننده فتوسنتز و تولید کربوهیدرات‌ها در شرایط تنش مقابله می‌کنند. با توجه به اینکه هدف اصلاح نباتات افزایش و حفظ عملکرد است (Mass & Poss, 1989) در شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر، بیش‌ترین محتوای نسبی آب برگ و عملکرد بذر در نتاج حاصل از تلاقی کوهدشت و بزوستایا حاصل شد و کاهش اندک محتوای نسبی آب برگ و عملکرد در حالت تنش شوری نسبت به حالت شاهد در نتاج حاصل از تلاقی کوهدشت و بزوستایا با سایر ژنوتیپ‌ها، مبین این مطلب بود، که تحمل نتاج این دو رقم متحمل حاصل‌شده باشد و صفت تنظیم اسمزی و محتوای نسبی آب برگ بهترین صفات در نشان دادن این انتقال است. همچنین گیاه گندم تعدیل اسمزی خود را بیشتر با استفاده از افزایش محتوای نسبی آب برگ انجام می‌دهد. نتاج حاصل از تلاقی دو ژنوتیپ آرتا و اوحدی، کمترین عملکرد و محتوای نسبی آب برگ را در بین ارقام به همراه داشتند و همانطورکه این دو ژنوتیپ در دو صفت مذکور ناپایدار و حساس ارزیابی شدند، نتاج حاصل از آنها نیز دچار ناپایداری شده و این دو رگ با دو ژنوتیپ حساس اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول۴). میزان پتانسیل اسمزی تحت شرایط تنش نسبت به حالت شاهد در همه ژنوتیپ‌ها و نتاج، افزایش نشان داد (جدول۴). یاگدی و سوزن گزارش دادند، اولین تأثیر تنش شوری بر گیاه از طریق افزایش پتانسیل اسمزی در گیاه بوده که به دلیل کمبود آب اطراف ریشه، املاح در اطراف ریشه تمرکزیافته و گیاه جهت مقابله با آن شرایط، پتانسیل اسمزی داخلی را افزایش داده و میزان آب داخل برگ نیز کاهش می‌یابد و گیاه جهت جبران این شرایط، مواد محلولی تولید می‌کند که این پتانسیل حاصله در این شرایط، تنظیم اسمزی می‌باشد و هر چه میزان تنظیم اسمزی حاصله در شرایط تنش بیش‌تر باشد، بین عناصر تعادل برقرار می‌گردد (Yagdi & Sozen, 2009).

جدول۴- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده، ۶ ژنوتیپ گندم نان و ۱۵ نتاج حاصل از تلاقی نیمه دای‌آلل در شرایط گلخانه‌ای تحت دوسطح تنش شوری (۰ و ۲۰ دسی زیمنس). (حروف مشابه در بین ردیف ها بیانگر عدم تفاوت معنی‌داری بین دو سطح تنش شوری در ارقام مختلف است).

Table4- Mean squared analysis of variance of measured traits, six genotypes of bread wheat and 15 offsprings of half diallel crosses in greenhouse conditions in two levels of salinity conditions. (Similar letters between the rows showed no significant difference between two levels of salinity stress in different varieties)

Varieties	Level of salinity (ds/m^{-1})	Peroxidase enzyme (U/ml)	Catalase Enzyme (U/ml)	Seed Yield (gr/per plant)	100 Seed weight (gr/per plant)	Number of Seed per Spike	Osmotic Adjustment (Mega Pascal)	(RWC) Relative Water Contents
arta	0	0.98^{ijklm}	0.11^{ijklm}	4.38^{b}	25.53^{i}	40.77^{abc}	0.68^{bcd}	0.85^{bcd}
arta	20	1.42^{fgh}	0.16^{fgh}	0.80^{lmno}	6.80^{no}	24.62^{ghijk}	1.11^{bcd}	0.47^{bcd}
Bexostaya	0	1.28^{ij}	0.12^{ij}	2.65^{gf}	31.20^{cdefg}	21.10^{jkl}	0.90^{bcd}	0.91^{bcd}
Bexostaya	20	2.30^{a}	0.22^{a}	1.31^{jkl}	26.33^{hi}	12.50^{mn}	1.51^{bcd}	0.70^{bcd}
Kouhdasht	0	1.32^{bcd}	0.12^{bcd}	4.70^{b}	34.90^{bcd}	33.73^{de}	0.60^{bcd}	0.89^{bcd}
Kouhdasht	20	2.10^{bcd}	0.20^{bcd}	1.16^{klmn}	20.90^{bcd}	23.35^{hijk}	1.40^{bcd}	0.78^{bcd}
Moghan3	0	1.43^{bcd}	0.10^{bcd}	4.70^{b}	26.54^{bcd}	44.15^{a}	0.57^{bcd}	0.75^{bcd}
Moghan3	20	1.70^{bcd}	0.16^{bcd}	1.04^{lmn}	9.53^{bcd}	27.00^{fgh}	1.02^{bcd}	0.35^{bcd}
Star	0	1.50^{bcd}	0.12^{bcd}	4.41^{b}	29.21^{bcd}	38.00^{bcd}	0.73^{bcd}	0.86^{bcd}
Star	20	1.83^{bcd}	0.18^{bcd}	1.27^{jklm}	11.53^{bcd}	27.53^{fgh}	1.26^{bcd}	0.61^{bcd}
Ohadi	0	1.10^{bcd}	0.10^{bcd}	2.77^{ef}	32.13^{bcd}	21.57^{jkl}	0.60^{bcd}	0.80^{bcd}
Ohadi	20	1.60^{bcd}	0.14^{bcd}	0.32^{o}	8.02^{bcd}	8.32^{no}	1.00^{bcd}	0.34^{bcd}
arta×bezostaya	0	1.11^{ijkl}	0.11^{ijkl}	4.64^{b}	32.56^{bcd}	28.63^{fg}	0.92^{k}	0.88^{bcd}
arta×bezostaya	20	1.36^{de}	0.18^{de}	1.82^{hijk}	17.14^{klm}	11.41^{mn}	1.40^{b}	0.60^{r}
arta×kouhdasht	0	1.45^{jk}	0.12^{ijk}	5.95^{a}	29.00^{efgh}	38.36^{bcd}	0.64^{opqr}	0.87^{bcd}
arta×kouhdasht	20	1.84^{cde}	0.18^{cde}	2.48^{fgh}	8.40^{pq}	18.12^{l}	1.26^{c}	0.63^{pq}
arta×moghan3	0	1.22^{ijklm}	0.10^{ijklm}	5.88^{a}	26.21^{hi}	43.30^{a}	0.64^{opqr}	0.80^{ijkl}
arta×moghan3	20	1.93^{fgh}	0.16^{fgh}	1.34^{ijkl}	8.74^{pq}	20.22^{l}	1.28^{c}	0.41^{w}
arta×star	0	1.40^{ijkl}	0.11^{ijkl}	5.50^{a}	28.28^{fghi}	42.78^{ab}	0.72^{lmno}	0.85^{cdef}
arta×star	20	1.72^{def}	0.17^{def}	2.00^{ghi}	12.84^{no}	19.93^{kl}	1.10^{ghi}	0.54^{st}
arta×ohadi	0	1.00^{iklm}	0.10^{iklm}	4.51^{b}	26.00^{hi}	30.85^{ef}	0.57^{r}	0.82^{fghi}
arta×ohadi	20	1.21^{gh}	0.15^{gh}	0.60^{no}	9.83^{opq}	6.21^{o}	1.12^{efg}	0.41^{w}
bezosytaya×kouhdasht	0	1.60^{ij}	0.12^{ij}	5.68^{a}	39.40^{a}	26.32^{fghi}	0.92^{k}	0.90^{ab}
bezosytaya×kouhdasht	20	2.40^{ab}	0.21^{ab}	3.32^{de}	32.20^{bcde}	21.58^{jkl}	1.51^{a}	0.73^{n}
bezosytaya×moghan3	0	1.46^{ijklm}	0.11^{ijklm}	4.70^{b}	28.87^{efghi}	33.65^{de}	0.78^{l}	0.83^{efgh}
bezosytaya×moghan3	20	2.17^{de}	0.17^{de}	2.17^{fgh}	17.93^{jklm}	23.31^{hijk}	1.27^{c}	0.52^{tu}
bezosytaya×star	0	1.35^{ij}	0.12^{ij}	4.20^{bc}	30.21^{cdefg}	31.04^{ef}	0.91^{k}	0.88^{abc}
bezosytaya×star	20	2.10^{bc}	0.20^{bc}	1.92^{hij}	18.93^{jk}	20.00^{kl}	1.43^{b}	0.53^{p}
bezosytaya×ohadi	0	1.40^{jklm}	0.11^{jklm}	3.71^{cd}	31.67^{bcdef}	29.56^{ef}	0.66^{nopq}	0.85^{cdef}
bezosytaya×ohadi	20	1.75^{ef}	0.17^{ef}	1.07^{lmn}	18.01^{jkl}	13.29^{m}	1.17^{def}	0.51^{u}

Varieties	Level of salinity (ds/m^{-1})	Peroxidase enzyme (U/ml)	Catalase Enzyme (U/ml)	Seed Yield (gr/per plant)	100 Seed weight (gr/per plant)	Number of Seed per Spike	Osmotic Adjustment (Mega Pascal)	(RWC) Relative Water Contents
kouhdasht×moghan3	0	1.42^{ijklm}	0.11^{ijklm}	5.70^{a}	30.71^{cdefg}	39.86^{abc}	0.58^{r}	0.82^{ghij}
kouhdasht×moghan3	20	1.83^{cde}	0.17^{cde}	2.35^{fgh}	20.86^{j}	25.73^{ghij}	1.40^{b}	0.53^{rs}
kouhdasht×star	0	1.60^{bcd}	0.12^{bcd}	5.56^{a}	32.05^{bcde}	37.62^{cd}	0.77^{lm}	0.87^{bcd}
kouhdasht×star	20	2.20^{o}	0.20^{o}	2.41^{fgh}	16.85^{klm}	22.78^{hijkl}	1.38^{b}	0.69^{o}
kouhdasht×ohadi	0	1.21^{ijkl}	0.11^{ijkl}	4.74^{b}	33.51^{bc}	31.93^{ef}	0.60^{qr}	0.84^{cdef}
kouhdasht×ohadi	20	1.63^{de}	0.17^{de}	1.16^{klmn}	15.73^{klmn}	11.67^{mn}	1.23^{cd}	0.56^{u}
star×moghan3	0	1.40^{ijklm}	0.11^{ijklm}	5.56^{a}	27.88^{ghi}	43.66^{a}	0.80^{l}	0.80^{hijk}
star×moghan3	20	1.96^{ldef}	0.17^{ldef}	1.40^{ijkl}	15.53^{lmn}	27.73^{fgh}	1.23^{cd}	0.50^{v}
ohadi×moghan3	0	1.23^{m}	0.10^{lm}	4.70^{b}	29.34^{defgh}	73.95^{bcd}	0.78^{r}	0.77^{lm}
ohadi×moghan3	20	1.55^{gh}	0.15^{gh}	0.71^{lmno}	14.62^{mn}	18.10^{l}	1.23^{hij}	0.34^{x}
star×ohadi	0	1.36^{ijklm}	0.11^{ijklm}	4.60^{b}	30.67^{cdefg}	34.10^{de}	0.70^{mnop}	0.82^{efghi}
star×ohadi	20	1.62^{efg}	0.17^{efg}	0.60^{mno}	7.60^{q}	12.60^{mn}	1.20^{cde}	0.50^{v}

بیش‌ترین پتانسیل اسمزی در شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر، مربوط به دو رگ بزوستایا×کوهدشت و ژنوتیپ بزوستایا بود که میزان آن حدود ۱/۵۰ مگا پاسکال بوده و کم‌ترین میزان مربوط به ژنوتیپ مغان ۳ و اوحدی با حدود ۱ مگا پاسکال بود (جدول۴). بیش‌ترین افزایش در میزان پتانسیل اسمزی در ژنوتیپ کوهدشت و نتاج کوهدشت×مغان۳ بود که حدوداً با ۶۰٪ افزایش نسبت به شرایط شاهد، پتانسیل اسمزی خود را افزایش دادند و با توجه به جدول۴ ژنوتیپ کوهدشت و نتاج حاصل از تلاقی آن با ژنوتیپ‌های بزوستایا، مغان۳ و استار، دارای پتانسیل اسمزی بالایی بوده و درنهایت تنظیم اسمزی بالایی داشتند. مکانیسم افزایش تنظیم اسمزی در این ژنوتیپ و نتاج حاصل از آن،به این صورت بود که با افزایش حفظ تعادل بین عناصر تولیدی در برگ، تنظیم اسمزی افزایش‌یافته است.

کم‌ترین افزایش در پتانسیل اسمزی، در ژنوتیپ آرتا مشاهده شد که این ژنوتیپ نیز دارای تنظیم اسمزی پایینی نسبت به سایر ارقام در شرایط شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر بود (جدول۴). درواقع، احتمالاً این ژنوتیپ قابلیت ایجاد تعادل اسمزی بین ۲ عنصر پتاسیم و سدیم را نداشته و دچار سمیت یونی شده و درنهایت کاهش میزان عملکرد در مرحله گیاه کامل را به همراه داشته است که این مطلب با بررسی صفت عملکرد در آزمایش‌های قبلی تأییدشده است. بلوم نیز این مطلب را تأیید کرد که زمانیکه گیاه در حال رقابت با شرایط تنش می‌باشد سدیم در سلول‌های برگ تجمع نموده و تنظیم اسمزی به تنظیم و عدم تجمع یون سدیم در سلول‌های برگ کمک کرده و تعادل میزان دو عنصر سدیم و پتاسیم را برقرار می‌کند. در حقیقت، در شرایطی که میزان تنظیم اسمزی کم باشد گیاه با سمیت یونی روبه‌رو می‌شود (Jones & Turner, 1978).

وزن صد دانه در تمام ارقام، با افزایش شوری به‌طور معنی‌داری ($p\leq۰/۰۱$) کاهش یافت (جدول۴). بیش-ترین میزان وزن صد دانه در بین ۶ ژنوتیپ والد و دو سطح شوری، مربوط به نتاج بزوستایا و کوهدشت در شرایط شاهد با وزن صد دانه ۴۰ گرم در هر گیاه و کم‌ترین میزان مربوط به ژنوتیپ آرتا و نتاج استار×اوحدی در شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر با وزن صد دانه به ترتیب۶/۸ و ۷/۶ گرم در هر گیاه، بود (جدول۴). در شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر، بیش-ترین وزن صد دانه در ژنوتیپ بزوستایا مشاهده گردید. این در حالی است که ژنوتیپ بزوستایا، دارای کم‌ترین میزان کاهش نسبت به شرایط شاهد، بود (۱۶٪) و نتاج

حاصل از تلاقی بزوستایا×کوهدشت پس از بزوستایا کمترین میزان کاهش در شرایط تنش را نسبت به شرایط شاهد دارا بودند (۱۸٪) (جدول۴)، درحالیکه کوهدشت در شرایط تنش نسبت به شرایط شاهد، کاهشی به میزان ۴۰٪ نشان داد. به نظر می‌رسد تحمل در نتاج حاصل از تلاقی بزوستایا×کوهدشت نسبت به شوری در صفت وزن صد دانه، از بزوستایا به نتاج آن منتقل‌شده باشد (جدول۴).

این نتاج نه‌تنها تحمل خوبی نسبت به تنش شوری داشته است بلکه عملکرد بالایی را هم در شرایط تنش شوری از خود نشان داده است. بیشترین کاهش در شرایط شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر، مربوط به ژنوتیپ‌های اوحدی و آرتا و دو رگ‌های حاصل از تلاقی این دو ژنوتیپ و به میزان ۷۰٪ بود. کم‌ترین میزان وزن صد دانه در شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر، مربوط به ژنوتیپ آرتا، اوحدی و مغان۳ و نتاج حاصل از تلاقی این ژنوتیپ‌ها بود (جدول۴).

نتایج حاصل از این آزمایش نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های حساس و ناپایدار اوحدی، آرتا، مغان۳ و نتاج حاصل از تلاقی دوبه‌دوی آنها، برای صفت وزن صد دانه ،بیش‌تر تحت تأثیر شوری قرار گرفت (جدول۴). بنا بر نظر واردلو و همکاران صفت وزن صد دانه به‌شدت به زمان پر شدن دانه بستگی دارد و چنانچه در این زمان تحت تأثیر تنش شوری قرار گیرد، به‌شدت در میزان این صفت کاهش ایجاد می‌شود و به دلیل اینکه تنش شوری در این آزمایش زمانی صورت گرفت که ۵۰٪ از ژنوتیپ‌ها به گل رفته بودند، درنتیجه بیش‌ترین کاهش در ژنوتیپ‌های حساس دیده شد (Wardlaw *et al.*, 1980).

بر اساس نتایج حاصل‌شده، کاهش عملکرد بذر در شرایط شوری به علت کاهش کارایی روزانه جهت پر شدن دانه بود که درنهایت باعث برهم خوردن قند و مواد غذایی داخل بذر شده و کاهش وزن صد دانه و در پی آن کاهش عملکرد را به همراه داشته است. در ژنوتیپ بزوستایا و دو رگ حاصل از بزوستایا و کوهدشت، به دلیل اینکه میزان کاهش وزن صد دانه در شرایط تنش نسبت به شاهد بسیار کم بود، این ژنوتیپ و دو رگ در صفت عملکرد نیز ناپایدار و حساس نبودند؛ بدان معنی که اگر این دو رقم دارای وزن صد دانه کمی در شرایط تنش نبوده و میزان تغییراتشان نسبت به حالت شاهد زیاد نباشد عملکردش نیز پایین نخواهد بود. در بررسی صفات عملکرد بذر و وزن صد دانه، ژنوتیپ بزوستایا و نتاج بزوستایا×کوهدشت، دارای بیش-ترین وزن صد دانه و کم‌ترین کاهش عملکرد در شرایط شوری نسبت به شاهد بودند که این نتیجه گواه این مطلب است که ژنوتیپ بزوستایا، ژنوتیپ پایدار و مقاومی در شرایط تنش بوده و درنتیجه ژنوتیپ‌های اوحدی، آرتا، مغان۳ و نتاج حاصل از تلاقی آنها در مطالعه صفت عملکرد، محتوای نسبی آب برگ و وزن صد دانه، کاملاً ناپایدار و حساس ارزیابی گردیدند. این نتیجه در مورد ژنوتیپ‌های متحمل با نتایج به‌دست‌آمده در آزمایش‌های کاشی و ماتوه همخوانی داشت (Kashif & Khaliq, 2004).

در بررسی تعداد دانه در هر سنبله (جدول۴) مشاهده گردید که، تنش شوری اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در گیاه داشت ($P \leq ۰/۰۱$). بیش‌ترین تعداد دانه در هر سنبله در بین شش ژنوتیپ و ۱۵ دو رگ در دو سطح ، مربوط به ژنوتیپ مغان۳ در شرایط شاهد با تعداد دانه در هر گیاه، به میزان ۴۴ عدد بود. کم‌ترین تعداد دانه، مربوط به نتاج حاصل از تلاقی اوحدی×آرتا و ژنوتیپ اوحدی بوده که تعداد دانه در هر سنبله، به ترتیب ۶/۲ و ۸/۳۲ ،در شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر بود (جدول۴).

بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله در هر گیاه، در شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر مربوط به نتاج حاصل از تلاقی استار×مغان۳ و ژنوتیپ استار بود. این در حالی است که تعداد دانه در سنبله در گیاه مغان۳ در شرایط تنش شوری به میزان ۴۰٪ کاهش داشته است. به عبارتی می‌توان گفت دو رگ حاصل از مغان۳ و استار ازنظر حفظ تعداد دانه در سنبله به استار شباهت داشته و حدود ۳۰٪ کاهش در شرایط تنش نسبت به شاهد در صفت تعداد دانه در سنبله نشان داده‌شده بود (جدول۴). در شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر، نتاج حاصل از تلاقی اوحدی×آرتا، دارای کم‌ترین تعداد دانه در سنبله پس از اوحدی بودند (جدول۴). به‌طورکلی، کاهش تعداد دانه در سنبله در هر گیاه در شرایط تنش شوری در

ژنوتیپ‌های متحمل بزوستایا و کوهدشت و دو رگ حاصل از این دو ژنوتیپ، منجر به کاهش عملکرد نشده بود و از طرفی با افزایش سطح شوری نسبت به شاهد، کاهش تعداد دانه در سنبله در دو ژنوتیپ بزوستایا و کوهدشت به ترتیب به میزان ۴۰ و ۳۰ درصد بوده است. این در حالی است که کاهش تعداد دانه در سنبله در دو رگ حاصل از این دو ژنوتیپ، به کمترین میزان در بین ارقام کاشته شده رسیده بود، که این میزان معادل ۱۸٪ بوده است (جدول۴). بر این اساس، تعداد دانه در سنبله، عامل افزایش عملکرد هر گیاه نیست. به عبارتی وجود تعداد دانه بیشتر ، عملکرد بیشتر را به همراه نداشته بلکه در شرایط شوری، مقابله گیاه با تنش منجر به حفظ تعداد بذر می‌گردد ولی ، اندازه بذرها را کاهش می‌دهد (Wardlaw *et al*., 1980). با توجه به این مطلب که کاهش عملکرد در شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر مشاهده شد درصورتی‌که تعداد بذرها، نسبت به شرایط شاهد کاهش نیافته، ژنوتیپ اوحدی و نتاج حاصل از تلاقی اوحدی×آرتا در شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر کم‌ترین میزان عملکرد و تعداد بذر را دارا بوده و بر این اساس می‌توان چنین نتیجه گرفت که در شرایط تنش در ژنوتیپ‌های حساس، انتقال مواد فتوسنتزی به بذر کاهش‌یافته و تنها تعداد دانه در سنبله کاهش‌یافته و علاوه بر این حجم گلوتن که در اثر انتقال مواد فتوسنتزی حاصل‌شده است، تعیین‌کننده تعداد بذر در هر سنبله و عملکرد بوده است. درنهایت رقابت بین حجم پروتئین و تعداد دانه در هر سنبله باعث کاهش تعداد دانه در سنبله در شوری‌های بالا و کاهش عملکرد می‌گردد (Bernard *et al*., 2002).

عملکرد بذر در شش ژنوتیپ والد و ۱۵ نتاج موردبررسی، با افزایش سطح شوری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P\leq$۰/۰۱) (جدول۴). بیش‌ترین عملکرد بذر در نتاج حاصل از تلاقی آرتا×کوهدشت، آرتا×مغان۳، مغان۳×کوهدشت، کوهدشت×بزوستایا، کوهدشت×استار و آرتا×استار در شرایط شاهد و کم‌ترین میزان آن در ژنوتیپ اوحدی، در شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر مشاهده گردید (جدول۴). در شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر، بیش‌ترین میزان عملکرد در دو رگ بزوستایا×کوهدشت حدود ۲/۶۴ گرم در هر گیاه بود و کم‌ترین میزان عملکرد مربوط به ژنوتیپ اوحدی در حدود ۰/۳۲ گرم در هر گیاه بود. این در حالی است که بیش‌ترین کاهش عملکرد در همین ژنوتیپ و نتاج حاصل از آن با ژنوتیپ استار و آرتا بود که حدود ۸۸٪ کاهش عملکرد نسبت به حالت شاهد داشته و ژنوتیپ اوحدی و آرتا و نتاج حاصل از این دو نیز در صفت محتوای نسبی آب برگ نیز ناپایدار نشان داده شدند (جدول۴). کم‌ترین میزان کاهش عملکرد در شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر نسبت به شاهد در نتاج بزوستایا×کوهدشت بود. این نتاج دارای عملکرد مناسبی در شرایط شاهد و تنش بود (جدول۴) و ناپایداری کم-تری نسبت به سایرین داشته، درصورتی‌که نتاج آرتا×اوحدی بااینکه در شرایط شاهد میزان عملکرد بالایی داشتند ولی در شوری‌های بالا کاهش زیادی داشتند که این میزان حدود ۸۸٪ کاهش عملکرد نسبت به حالت شاهد بوده است. بر اساس بررسی سه صفت عملکرد، محتوای نسبی آب برگ و تنظیم اسمزی (جدول۴)، مشاهده شد که رقمی که دارای کم‌ترین میزان محتوای نسبی آب بود، به دلیل اینکه تحت تأثیر سمیت یونی و پتانسیل اسمزی بالا بود بیش‌ترین کاهش عملکرد را دارا بود. بر اساس نظر فاروک و اعظم چنانچه در گیاهی تجمع یون سدیم افزایش یابد، میزان محتوای نسبی آب برگ به شدت کاهش می‌یابد (Farooq & Azam, 2006) و میزان ماده خشک نیز کم‌تر خواهد شد. همچنین بر اساس پیشنهاد اکبری و همکاران، ژنوتیپ‌هایی که میزان محتوای نسبی آب برگ بالاتری در شوری‌های ۱۵ دسی زیمنس بر متر نسبت به سایرین داشته باشند، بیش‌ترین میزان عملکرد را دارا بوده و می‌توانند به‌عنوان ارقامی که می‌توانند پتانسیل اسمزی حاصل از شوری را دفع کند، معرفی شوند (Akbari ghobadi *et al*., 2003). صایرام و همکاران گزارش دادند که ارقامی در شرایط تنش شوری محتوای نسبی آب بالاتری دارند، عملکرد بالاتری داشته، درصورتی‌که در ارقام حساس به دلیلی کاهش محتوای نسبی آب برگ، عملکرد پایین‌تری گزارش‌شده است (Sairam & Sirvastava, 2001). این مطلب در مورد ژنوتیپ اوحدی، آرتا، مغان ۳ و نتاج حاصل از آنها ازلحاظ این سه صفت صادق بوده، ازاین‌رو می‌توان این

ارقام را حساس و ناپایدار نسبت به شوری ازنظر این سه صفت، دسته‌بندی نمود.

فعالیت آنزیم کاتالاز تحت شرایط تنش شوری نسبت به حالت شاهد در همه ارقام افزایش نشان داد (جدول۴) که این نتیجه با نتایج اسفندیاری و همکاران مطابقت داشت (Esfandiar *et al*.,2007). در شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر، بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در ژنوتیپ‌های کوهدشت، بزوستایا و نتاج حاصل از این دو ژنوتیپ، معادل U/µl ۰/۲ بود و کم‌ترین میزان آن، مربوط به ژنوتیپ اوحدی، معادلU/µl ۰/۱۴ بود. درحالیکه این ژنوتیپ و نتاج حاصل از تلاقی این ژنوتیپ با ژنوتیپ‌های مغان۳، استار و آرتا دارای کم‌ترین افزایش فعالیت آنزیم حدود ۳۰٪ بود که نشان داد این ارقام، ارقام ناپایداری در شرایط تنش ارزیابی‌شده‌اند (جدول۴).

همان‌طورکه مشاهده شد، بیشترین افزایش در حالت تنش نسبت به حالت شاهد، در بزوستایا و حدود ۵۰٪ بود (جدول۴) درحالیکه نتاج حاصل از تلاقی بزوستایا با کوهدشت معادل بزوستایا در شرایط تنش شوری نسبت به شاهد افزایش داشتند که نشان می‌دهد این رقم ، تحمل خود را از طریق افزایش سطح فعالیت آنزیم کاتالاز و پتانسیل اسمزی ایجاد نموده و این تحمل را از بزوستایا دریافت نموده بود (جدول۴). اشرف و همکاران نیز این نتیجه را تأیید کرده و گزارش دادند که ژنوتیپ‌های متحمل دارای سیستم آنتی‌اکسیدانی فعال‌تری نسبت به ژنوتیپ‌های حساس بودند (Ashraf & Harris, 2004). همان‌طور که در جدول۴ مشاهده گردید، فعالیت آنزیم پراکسیداز در هر شش ژنوتیپ و ۱۵نتاج حاصل از تلاقی این شش ژنوتیپ در اثر اعمال تنش افزایش نشان داد که با نتایج برکات و همکاران مطابقت داشت (Barakat, 2011).در شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر، بیش‌ترین فعالیت آنزیم پراکسیداز در نتاج حاصل از تلاقی بزوستایا×کوهدشت در حدود U/µl ۲/۴ بود و ژنوتیپ بزوستایا بیش‌ترین افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر را دارا بود. اما کم‌ترین میزان فعالیت در شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر مربوط به نتاج حاصل از تلاقی مغان۳×اوحدی بود (جدول۴). لی و همکاران و همچنین برکات و همکاران نیز این مطلب را که کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در ارقام حساس منجر به کاهش عملکرد می‌گردد را تأیید نمودند (Lee *et al*., 2001؛ Barakat, 2011).

ژنوتیپ‌های مغان۳، استار و ارقام حاصل از تلاقی این دو ژنوتیپ با سایر ژنوتیپ‌ها، در میزان فعالیت آنزیم‌ها نیز ازلحاظ میزان تحمل, نیمه متحمل محسوب شده و ژنوتیپ‌های اوحدی و آرتا و تلاقی حاصل از این دو با سایرین نیز حساس بودند.

میزان فعالیت بالای آنزیم پراکسیداز و کاتالاز در بزوستایا و کوهدشت، در تلاقی با ژنوتیپ آرتا و اوحدی منجر به ایجاد ارقامی شد که نسبت به ژنوتیپ‌های والد حساس یعنی آرتا و اوحدی برتری داشته و با تولید آنزیم پراکسیداز و کاتالاز، منجر به ایجاد تحمل نسبت به تنش اکسیداتیو در نتاج شدند. روند تغییرات این دو آنزیم در هر دو سطح شوری در نتاج مذکور، صعودی بوده و در این نتاج در شرایط تنش نسبت به حالت شاهد، افزایش شدیدتری نسبت به والدهای خود دیده شد. در این نتاج دو رگ هتروزیس وجود نداشت، ولی افزایش سطح دو آنزیم و ایجاد تحمل از طرف والد مقاوم یعنی بزوستایا و کوهدشت بود.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش نشان داد، ژنوتیپ‌های کوهدشت، بزوستایا و استار و همچنین نتاج حاصل از تلاقی این ژنوتیپ‌ها در شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر به دلیل برتری در میزان عملکرد، وزن صد دانه و تعداد بذر در سنبله، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و صفات فیزیولوژیک چون محتوای نسبی آب برگ و تنظیم اسمزی، ارقامی مقاوم هستند، درصورتیکه ژنوتیپ‌های اوحدی، مغان۳ و آرتا، و همچنین ارقام حاصل از تلاقی آنها حساس می‌باشند. به نظر می‌رسد با توجه به تغییرات صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در والدین و نتاج و نیز با توجه به اینکه در سطح دنیا از ارقام دو رگ گندم استفاده می‌شود، می‌توان از طریق تلاقی‌های هوشمندانه نسبت به نسل‌های بعد اقدام کرد. بدیهی است با داشتن چنین اطلاعاتی، می‌توان گام مؤثری در اصلاح برای تحمل به شوری در گیاه گندم برداشت.

REFERENCES

1. Aebi, H. (1974). Catalase, Methods of enzymatic analysis. Elsevier.
2. Aeinian, M., Khodakaramian, Ghr. Mirzaei, H. & Ismailzadeh, R. (2014). *Biological and non-biological stresses in plants*, National Conference on Climate Change and Sustainable Development of Agriculture and Natural Resources.
3. **Akbari ghobadi, E., Izadi-Darbandi, A. & Borzouei, A.** (2012). Effects of salinity on some physiological traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Indian Society for Education and Environment*, 5(1): 1901-1906.
4. Ashraf, M. (2004). Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora*, 199: 361-376.
5. **Ashraf, M. & Harris, P. J. C.** (2004). Potential Biochemical Indicators of salt tolerance in plants. *Plant Sci*ence, 166:3-16.
6. **Barakat, N. A. M**. (2011). Oxidative stress markers and antioxidant potential of wheat treated with phytohormones under salinity stress. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, Vol.7, No.4, pp.250-267.
7. Bernard, A. D. Labuschagne, M. T. & Van Niekerk, H. A. (2002). Heritability estimates of bread wheat quality traits in the Western Cape Province of South Africa. *Euphytica*, 127: 115-122.
8. Chance, B. C. & Maehly, A. C. (1955). Assay of catalase and peroxidase. Methods in Enzymology, 2:764-775.
9. Cousin, K. (2002). Evaluation of 30 wheat cultivars in response to salinity stress. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*.Gold 33, No. 1, pp. 64-57.
10. Emam, Y. & Ranjbar, G. H. (2001). Dry matter accumulation and partitioning as affected by thinning in a non-prolific maize hybrid. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 3: 265-272.
11. **Esfandiari, E., Shakiba, M. R., Mahboob, S., Alyari, H. & Toorchi, M**. (2007). Water stress, antioxidant enzyme activity and lipid peroxidation in wheat seedling. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, *5*: 149–153.FAO. (2011).
12. *FAO statistic deviation*, http://faostat.fao.org.
13. Farooq, S. & Azam, F. (2005). The use of cell membrane stability (CMS) technique to screen for salt-tolerant wheat varieties. *Journal of Plant Physiology*, 163: 1-9.
14. Farooq, S. & Azam, F. (2006). The use of cell membrane stability (CMS) technique to screen for salt-tolerant wheat varieties. *Journal of Plant Physiology*, 163 629-637.
15. Gill, K. S. 1979. Effect of soil salinity on grain filling and grain development in barely. *Biologia Plant*, 21:241-244.
16. Jones, M. M. & Turner, N. C. (1978). Osmotic adjustments in leaves of Sorghum in response to water deficits. *Plant Physiology*. American Society of Plant Physiology.
17. Kashif, M. & Khaliq, I. (2004). Heritability, correlation, and path coefficient analysis for some metric traits in wheat. *International Journal of Agricultural Biology*, 1: 138–142.
18. Knezevic, D. Paunovic, A. Madic, M. & Nevena, D. (2007). Genetic analysis of nitrogen accumulation in four wheat cultivars and their hybrids. *Cereal Research Communication*, 352: 633-336.
19. **Lee, D. H., Kim, Y. S. and Lee, C. B.** (2001). The inductive responses of the antioxidant enzymes by salt stress in the rice (*Oryza sativa* L.*). Journal of Plant Phyiology.* 158:737-745.
20. Maas, E. V. & Greive, C. M. (1990). Spike and leaf development in salt-stressed wheat. *Crop Science*, pp: 1309-1313.
21. Maas, E. V. & Hoffman, G. J. (1977). Crop salt tolerance- current assessment. *Journal of Irrigation Drainage.* ASCE, 103: 115-134.

22. Mass, E. V. & Poss, J. A. (1989). Salt sensitivity of cowpea at various growth stages. *Irrigation Sci*ence; 10: 313-20.
23. Mir Mohammadi Meybodi, S. A. & Ghareyazi, B. (2001). Physiological aspects and breeding for salinity stress in plants. Isfahan University of Technology Press. 288p.
24. Munns, R. & James, R. A. (2003). Screening methods for salinity tolerance: A case study with tetraploid wheat. *Plant and Soil*, 253: 201-218.
25. Munns, R., Richard, A. J. & Lauchli, A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. J*ournal of Experimental Botany*, 57(5): 1025–1043.
26. Nazar, R., Iqbal, N., Syeed, S. & Khan, N. A. (2011). Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under salt stress by enhancing nitrogen and sulfur assimilation and antioxidant metabolism differentially in two mungbean cultivars. *Journal of Plant Physiology*, 168:807-815.
27. Sadat Noori S. A, & Harati A. M. (2005). Breeding for Salt-Resistance Using Transgressive Segregation in Spring Wheat. *Journal of Science, Islamic Republic of Iran*, 16(3): 217-222.
28. Sadat Noori, S. A., Roustaei, A. & Foghi, B. (2006). Variability of Salt Tolerance for Eleven Traits in Bread Wheat Grown in Different Saline Condition. *Journal of Agronomy*, 1(5), pp: 131-136.
29. Sairam, R. K. & Srivastava, G. C. (2001). Water stress tolerance of wheat *Triticum aestivum* L.: Variation in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity intolerant and susceptible genotype. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 186: 63-70.
30. Salam, A. G. (2002). *Current status of durum wheat in Egypt and Future prospects*. http://www.Fineprint.com.
31. SAS Institute. (2003). Release 9. SAS Institute, Inc, Cary NC USA.
32. Shalhevet, J. (1994). Using water of marginal quality for crop production: major issues. Agricultural water management. Elsevier.
33. Sharma, H. C. & Gill, B. S. (1983). Current status of wide hybridization in wheat. Euphytica, Springrr.
34. Sinclair, T. R. & Ludlow, M. M. (1985). Who thought plants thermodynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. *Australian. Journal of Plant Physiology*, 12, 213-217.
35. Wardlaw, I. F., Sofield, I. & Cartwright, P. M. (1980). Factors limitation the rate of dry matter accumulation in the grain of wheat grown at high temperatures. *Australian. Journal of Plant Physiology*, 1:387-400.
36. Yagdi, k. & Sozen, E. (2009). Heritability, variance components and correlations of yield and quality traits in durum wheat (*Triticum Durum* DESF.). *Pakistan Journal of Botany*, 41(2):753-759.