تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد ششم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۳، ص ۹۰-۷۱

مقاله پژوهشی

واکنش‌های مرفوفیزیولوژیک ژنوتیپ‌های جو به غلظت سولفات روی تحت شرایط خشکی و شوری

امیر کاظمی آرپناهی[۱]، مهرداد محلوجی[۲و۳*]، سید کیوان مرعشی[۳]، مانی مجدم[۳]، طیب ساکی نژاد[۳]

۱-دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، اهواز، ایران

۲- بخش تحقیقات علوم زراعی باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

۳- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، اهواز، ایران

* مسئول مکاتبه: mmahlooji2000@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۲ **DOI: 10.22034/CSRAR.2023.388117.1327**

چکیده

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با توزیع کرت‌های یک‌بار خرد شده با سه تکرار و در دو منطقه با تنش خشکی و شوری در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ انجام شد. عامل اصلی شامل سه سطح غلظت کود سولفات روی (۰، ۰/۵ و ۱ درصد) و عامل فرعی شامل چهار ژنوتیپ جو (متحمل به خشکی گوهران، متحمل به شوری مهر، نیمه متحمل به تنش ارمغان و حساس به تنش لاین A-17) بودند. نتایج نشان داد ژنوتیپ‌های جو در تنش خشکی نسبت به تنش شوری دارای وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بیشتر و میزان پرولین کمتری بودند. محلول‌پاشی ۰/۵ درصد سولفات روی نسبت به بدون محلول‌پاشی، عملکرد دانه (۴۷۶۳ کیلوگرم در هکتار معادل ۳۴ درصد) و عملکرد بیولوژیک (۴۷۶۳ کیلوگرم در هکتار معادل ۲۶ درصد) بیشتری داشت. عملکرد دانه با صفات ارتفاع گیاه (p=۰/۰۱ و r=۰/۳۳)، طول سنبله (p=۰/۰۵ و r=۰/۳۱)، تعداد دانه در سنبله (p=۰/۰۱ و r =۰/۳۵)، عملکرد بیولوژیک (p=۰/۰۱ و r=۰/۹۶)، میزان کلروفیل a (p=۰/۰۱ و r=۰/۴۴)، میزان کلروفیل b (p=۰/۰۵ و r=۰/۲۹) و عنصر روی (p=۰/۰۱ و r=۰/۳۹) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت که بیشترین همبستگی عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک (r^2=۰/۹۹) بود. از نظر عملکرد دانه و بیولوژیک، ژنوتیپ‌های ارمغان و گوهران در تنش خشکی و ژنوتیپ‌های ارمغان و مهر در تنش شوری با غلظت ۰/۵ درصد سولفات روی توصیه می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: پرولین، تنش، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، کلروفیل، همبستگی

مقدمه

۹۰ درصد از مساحت کشور ایران در نواحی خشک و نیمه‌خشک قرار دارد (FAO, 2018). انتظار می‌رود تا سال ۲۰۲۵ حدود دو سوم زمین‌های زراعی دنیا با کمبود آب مواجه شوند (Annan, 2001). عملکرد نیز در شرایط تنش خشکی ۵۰ تا ۹۰ درصد نسبت به شرایط بدون تنش کاهش می‌یابد (Zivcak *et al.*, 2013; Daryanto *et al.*, 2016). از بین انواع مختلف تنش، تنش خشکی انتهای فصل مهم‌ترین تنش در نواحی مدیترانه‌ای مانند مناطق زیادی از ایران است (Bannayan *et al.*, 2010). بنابراین عملکرد غلات دانه‌ریز که در این مناطق کشت می‌شود تحت تأثیر تنش خشکی انتهای فصل قرار می‌گیرد (Francia *et al.*, 2013). در غلات، حساس‌ترین مرحله به تنش خشکی، حد فاصل سنبله رفتن تا گل‌دهی است و ژنوتیپ‌های که قبل از گل‌دهی بتوانند زیست‌توده بالایی تولید کنند، جز ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی محسوب می‌شوند (Mahlooji and Jenab, 2021). شوری نیز عامل دیگری در کاهش عملکرد گیاهان زراعی محسوب می‌گردد. سالانه دو میلیون هکتار (حدود یک درصد) از زمین‌های کشاورزی جهان در اثر شوری از چرخه تولید خارج می‌شوند. در ایران حدود ۲۰ درصد کل اراضی ایران (۳۴ میلیون هکتار) تحت تأثیر شوری قرار دارد (Omrani *et al.*, 2022).

بروز تنش شوری و خشکی باعث افزایش غلظت املاح محلول در محیط ریشه، افزایش پتانسیل اسمزی خاک، کاهش جذب عناصر غذایی (Omrani *et al.*, 2022) و کاهش تحرک عناصر روی و آهن در محلول خاک شده که با محلول‌پاشی، کمبود این عناصر در گیاه می‌تواند جبران شود (Mahlooji, 2022; Bardehji *et al.*, 2021) و قدرت تحمل به شرایط شور افزایش یابد (Hu and Schmidhalter, 2001).

محققین (Fathi, 2012; Ghafari and Razmjoo, 2013; Mahlooji *et al.*, 2018) گزارش نمودند که کاربرد روی سبب افزایش عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم و جو گردید. در شرایط تنش به‌علت کاهش هدایت روزنه‌ای (Flexas *et al.*, 2008) و محدودیت دسترسی به CO_2 برای واکنش‌های کربوکسیلاسیون، میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد و افزایش مقاومت روزنه‌ای یک راه‌کار مناسب دفاعی برای بقای گندم (Haghbahari and Sedsharifi, 2013) و جو (Mashouf *et al.*, 2004) است. مصرف روی نسبت به شرایط بدون مصرف روی، هدایت مزوفیلی جو (Mahlooji *et al.*, 2014) را بیشتر می‌نماید.

بدیهی است به منظور تأمین غذای مورد نیاز جمعیت در حال افزایش، بازنگری در روش‌های متداول کشاورزی و استراتژی‌های مربوط به استفاده بیشتر و بهینه از زمین و افزایش تولید در واحد سطح در زمینه غلات، بیش از پیش بایستی مورد توجه قرار گیرد. در کنار اصلاح و معرفی ژنوتیپ‌ها با پتانسیل عملکرد بالا، بهینه‌سازی مدیریت مزرعه برای افزایش عملکرد در واحد سطح و هم‌چنین بهبود کیفیت می‌تواند نقش مؤثری داشته باشد. یکی از مهم‌ترین عوامل به زراعی در افزایش کمیت و کیفیت محصول بکارگیری صحیح نهاده‌های کشاورزی از جمله کودهاست. هم‌چنین باید خاطرنشان کرد که در خاک‌های ایران که از نظر میزان عناصر غذایی بسیار فقیر بوده و جذب همین مقدار اندک از عناصر غذایی هم به دلیل شرایط نامناسب خاکی از جمله آهکی بودن، اسیدیته بالا، مواد آلی کم بسیار پایین بوده، استفاده از روش محلول‌پاشی عناصر غذایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Haghbahari and Sedsharifi, 2013).

اهمیت جو به دلیل تحمل شرایط خشکی و شوری، کم‌توقع بودن آن در مقابل عناصر غذایی، ساده بودن زراعت آن، سازگاری وسیع اکولوژیکی، تعلیف و تغذیه دام است (Mahlooji and Ramezani, 2021). عدم تغذیه مناسب گیاه ضمن کاهش تولید محصولات کشاورزی، موجب کمبود عناصر در دام و انسان می‌گردد (Mahlooji *et al.*, 2014). به دلیل کشت جو در اکثر مناطق خشک و نیمه‌خشک و نقشی که عنصر ریزمغذی روی در کاهش اثرات ناشی از تنش‌های خشکی و شوری دارد این تحقیق در ژنوتیپ‌های مختلف جو با استفاده از میزان‌های مختلف سولفات روی انجام گردید تا در صورت تأیید بتوان در شرایط تنش از سولفات روی در بالا بردن تحمل شرایط تنش استفاده و ژنوتیپ مناسب را توصیه نمود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در آبان‌ماه سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در دو منطقه: ۱) ایستگاه تحقیقات کشاورزی کبوترآباد (با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۵۴۵ متر از سطح دریا) با آبیاری معمول (اعمال تنش خشکی و حذف آب آبیاری پس از ظهور سنبله)؛ ۲) ایستگاه تحقیقات اصلاح و زهکشی شوری رودشت (واقع در ۶۵ کیلومتری شرق اصفهان با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقهٔ شمالی و ارتفاع ۱۵۰۰ متر از سطح دریا) با آب آبیاری شور (اعمال تنش شوری با آب شور دارای هدایت الکتریکی ۱۰ دسی زیمنس برمتر) انجام شد. در هر منطقه، اجرای این تحقیق بر اساس آزمایش اسپیلیت پلات (توزیع کرت‌های خرد شده) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی شامل سه سطح غلظت سولفات روی (سولفات روی با درصد خلوص ۱۸ درصد و توصیه شرکت فارسا مارکت)، بدون محلول‌پاشی، محلول‌پاشی سولفات روی با غلظت ۰/۵ درصد (۵ کیلوگرم سولفات روی در هکتار و معادل ۹۰۰ گرم عنصر روی در هکتار) و محلول‌پاشی سولفات روی با غلظت ۱ درصد (۱۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار و یا معادل ۱۸۰۰ گرم عنصر روی در هکتار) در مرحله پنجه‌زنی با فاصله ۷ روز و در ۳ نوبت مصرف شد. عامل فرعی شامل چهار ژنوتیپ شامل: گوهران (متحمل به خشکی)، مهر (متحمل به شوری) و ارمغان (نیمه متحمل به تنش) و لاین A-17 (حساس به تنش) بودند.

کاشت توسط ردیف‌کار مخصوص آزمایشات غلات در آبان‌ماه در هر دو منطقه انجام شد. در منطقه خشک کبوترآباد، کشت فارویی (سطح کاشت هر کرت ۷/۲ متر مربع) و در منطقه شور رودشت، کشت کرتی (سطح کاشت هر کرت ۴/۸ متر مربع) انجام شد. هر کرت شامل ۶ خط کاشت با فاصله بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر و تراکم بذر مصرفی ۴۰۰ دانه در مترمربع بود. مبارزه با علف‌های هرز برگ‌باریک با علف‌کش اکسیال به میزان یک لیتر در هکتار و پهن‌برگ با علف‌کش توفوردی به

میزان ۱/۵ لیتر در هکتار و قبل از ساقه‌دهی گیاه انجام شد. در تنش خشکی و شوری هدایت الکتریکی آب آبیاری به‌ترتیب ۴ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر بود. تأمین آب شور از اختلاط آب چاه و زهکش موجود در ایستگاه انجام گردید. جداول ۱ و ۲ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و آب آبیاری منطقه‌های مطالعاتی را نشان می‌دهد. صفات مورد اندازه‌گیری مرفوفیزیولوژیک شامل: طول سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و بیولوژیک، میزان کلروفیل a و b با استفاده از اسپکتروفتومتر (Wellburn, 1994)، میزان پرولین در طول موج ۵۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (Movludi *et al.*, 2014) و غلظت عنصر روی در برگ پرچم با کمک دستگاه جذب اتمی (Costa *et al.*, 2020) بودند. نمونه‌برداری پس از دو هفته اعمال تیمار تنش خشکی آخر و ظهور سنبله انجام گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها و رگرسیون گام به گام با استفاده از نرم‌افزارهای SAS9.1 و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. در صورت معنی‌دار بودن اثر بر هم کنش (متقابل)، برش‌دهی انجام شد و مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل معنی‌دار توسط آزمون Lsmeans در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید. آزمون بارتلت تعیین همگنی واریانس‌ها را تأیید نمود.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در مناطق اجرای آزمایش (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر)

Table 1- Physicochemical soil characteristics at experimental site (depth 0-30 cm)

منطقه Location	روی قابل جذب Available Zn (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب Available K (mg/kg)	فسفر قابل جذب Available P (mg/kg)	کربن آلی O.C (%)	نیتروژن کل T.N (%)	اسیدیته pH	ECe (dS/m)
خشکی در کبوترآباد Drought at Kaboutarabad	0.75	340	15	0.47	0.05	6.8	2.25
شوری در رودشت Salinity at Rodasht	0.72	400	27.5	0.14	0.07	7.2	8.6

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده برای آبیاری در تنش‌های مختلف

Table 2- Chemical characteristics of water used for irrigation in differrnt stresses

منطقه Location	مجموع کاتیون‌ها S.Cations	سدیم Na^+	منیزیم Mg	کلسیم Ca	مجموع آنیون‌ها S.Anion	سولفات SO_4^{2-}	کلرید Cl^-	بیکربنات HCO^{3-}	pH	ECe
	(meq l^{-1})									(dS/m)
خشکی در کبوترآباد Drought at Kaboutarabad	55.3	30.7	24.6	55.6	15.9	36.2	3.5	0	7.7	0.4
شوری در رودشت Salinity at Rodasht	91.8	47.8	44	92.6	26.9	60	5.7	0	8.1	9.7

نتایج و بحث

آزمون بارتلت برای صفات مختلف انجام و واریانس صفات مورد بررسی یکنواخت بودن خطاهای آزمایشی ($P=0.05$) را نشان داد و تجزیه مرکب انجام شد. نتایج مربوط به تجزیه واریانس صفات مرفولوژیک در جدول ۳ آمده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش بر وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک؛ اثر غلظت محلول‌پاشی سولفات روی بر عملکرد دانه و بیولوژیک؛ اثر ژنوتیپ‌های جو بر ارتفاع بوته، طول

سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، میزان کلروفیل a و کلروفیل b؛ اثر متقابل دوگانه منطقه در محلول‌پاشی سولفات روی بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک؛ اثر متقابل دو گانه منطقه در ژنوتیپ بر تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دلنه، عملکرد بیولوژیک، میزان کلروفیل b و پرولین؛ اثر متقابل دو گانه ژنوتیپ در محلول‌پاشی بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک؛ اثر متقابل سه‌گانه منطقه در محلول‌پاشی در ژنوتیپ بر عملکرد دلنه، عملکرد بیولوژیک، میزان کلروفیل a و کلروفیل b معنی‌دار بودند.

ارتفاع بوته و طول سنبله: مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها از نظر ارتفاع بوته و طول سنبله (جدول ۴) نشان داد که ژنوتیپ‌های متحمل به تنش (مهر و گوهران) نسبت به ژنوتیپ حساس به تنش (لاین A-17) ارتفاع بوته و طول سنبله بیشتری داشتند. ارتفاع بوته و طول سنبله ژنوتیپ مهر به‌ترتیب ۲۴ و ۱۰ درصد و ژنوتیپ گوهران به‌ترتیب ۱۴ و ۱۲ درصد بیشتر از لاین شاهد A-17 می‌باشد.

نتایج نشان می‌دهد که تنش شوری بیش از تنش خشکی، ارتفاع بوته و طول سنبله را کاهش داده است (جدول ۴). مطالعات (Dadashi *et al.*, 1997; Tadayon and Emam, 2007; Ahmadi *et al.*, 2006) نیز این نکته را تأیید می‌کند. از آنجایی که طول سنبله از جمله فاکتورهایی است که قبل از رشد زایشی به حداکثر رشد خود می‌رسد بنابراین تحت تأثیر کمبود آب و مواد غذایی قرار گرفته و در نتیجه کاهش تعداد و اندازه سلول‌ها، طول سنبله را کاهش می‌دهد (Mashi *et al.*, 2008). بنظر می‌رسد تفاوت‌های ژنتیکی و فنوتیپی ژنوتیپ‌ها جو باعث رقابت بین بوته‌ها برای بدست آوردن آب شده و اختصاص مواد فتوسنتزی به ساقه‌ها کمتر و باعث کاهش ارتفاع بوته شده باشد (Moradiyan *et al.*, 2014; Kilic and Yagbasanlar, 2010).

اجزای عملکرد دلنه: مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها از نظر تعداد سنبله در مترمربع (جدول ۴) نشان داد ژنوتیپ‌ها مقاوم و نیمه مقاوم به تنش (گوهران، مهر و ارمغان به‌ترتیب ۸۳۳، ۷۴۶ و ۷۶۴ عدد) تعداد سنبله در واحد سطح کمتری نسبت به ژنوتیپ حساس به تنش (لاین A-17 با تعداد ۹۵۵ عدد) داشتند. تعداد مطلوب سنبله در واحد سطح تحت تأثیر ژنوتیپ قرار می‌گیرد و با رژیم رطوبتی خاک در طی دوره رشد گیاه ارتباط نزدیکی دارد (Gooding *et al.*, 2003). در تأیید نتایج محققین (Mahlooji *et al.*, 2016) نیز گزارش نمودند ژنوتیپ جو حساس به تنش بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح را داشت.

اثر متقابل منطقه در ژنوتیپ بر تعداد دانه در سنبله نشان داد (شکل ۱) که در تنش خشکی، ژنوتیپ ارمغان با ۵۵/۹ عدد بیشترین (۱۱ درصد بیش از لاین A-17) و ژنوتیپ گوهران با ۴۳/۴ عدد کمترین (۱۳ درصد کمتر از لاین A-17) تعداد دانه در سنبله را داشت و در محیط با تنش شوری، بین ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و همگی در یک سطح آماری (کلاس a) قرار داشتند. تعداد دانه در سنبله از جمله ویژگی‌های تعیین‌کننده ظرفیت مخزن به شمار می‌آید که تابع عوامل ژنتیکی و تغذیه‌ای است (Hekmae *et al.*, 2010). حساس‌ترین اجزای عملکرد به تنش، تعداد سنبلچه در سنبله است و مرگ پیش از بلوغ گلچه‌های انتهایی (Sangtarash, 2010)، عقیم شدن دانه گرده (Ji *et al.*, 2010) و یا سقط دانه (Fabian *et al.*, 2011) نیز در اثر تنش رخ می‌دهد.

اثر متقابل منطقه در ژنوتیپ بر وزن هزار دانه نشان داد که در تنش خشکی، ژنوتیپ گوهران با ۴۲/۴ گرم بیشترین وزن هزار دانه (کلاس a و ۹ درصد بیش از لاین A-17) را داشته و ژنوتیپ‌های ارمغان، مهر و لاین A-17 به ترتیب با ۳۹/۳، ۳۸/۹ و ۳۹ گرم در یک کلاس b آماری قرار داشتند. در تنش شوری، ژنوتیپ گوهران با ۴۰/۸ بیشترین میزان (۶ درصد بیشتر از لاین A-17) و پس از آن ژنوتیپ مهر با ۳۹/۷ (۳ درصد بیشتر از لاین A-17) و ژنوتیپ‌های ارمغان و لاین A-17 با ۳۸/۴ گرم وزن هزار دانه داشتند (شکل ۲). نتایج نشان می‌دهد در هر دو شرایط تنش خشکی و شوری، ژنوتیپ‌های گوهران و مهر وضعیت مطلوبی از نظر وزن هزار دانه داشتند. وزن هزار دانه یک خصوصیت ژنتیکی بوده و به‌شدت تحت تأثیر شرایط دوره رسیدگی، عوامل ژنتیکی و ژنوتیپ قرار می‌گیرد (Ghafari, 2012; Fathi, 2012; Ghafari and Razmjoo, 2013; 2012) هم‌چنین وزن‌هزار دانه، تحت تأثیر تنش قرار گرفته و افت شدید عملکرد دانه را سبب می‌گردد (Paknejad *et al.*, 2009).

جدول ۳- تجزیه واریانس برخی از خصوصیات چهار ژنوتیپ جو در مناطق و غلظت‌های مختلف سولفات روی

Table 3- Analysis of variance for some traits of four barley genotypes under different locations and zinc concentrations

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	طول سنبله Spike length	تعداد سنبله در مترمربع No. spike/square	تعداد دانه در سنبله No. grain/spike	وزن هزار دانه Thousand grain weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
منطقه Location	1	601.5	0.38	806.7	217.0	6.12**	1481981.8**	4987908.5*
خطا Error	4	79.8	0.11	41901.9	43.4	0.17	6779.2	18363.7
غلظت روی Zinc concentration	2	19.3	0.11	17324.8	11.0	1.04	87690.5**	233162.8*
غلظت روی * منطقه Zinc * Location	2	18.2	0.09	12761.5	31.9	0.12	69460.5**	142537.1*
خطا Error	8	218.6	0.17	32403.9	13.6	0.69	5100.6	27283.3
ژنوتیپ Genotype	3	427.2**	0.96**	161370.3**	95.5*	32.53**	114246.3**	2728.3*
ژنوتیپ * منطقه Genotype*Loction	3	55.3	0.18	41042.1	203.6**	4.68**	414246.3**	424095.2**
ژنوتیپ* سولفات روی Genotype*Zinc	6	56.7	0.27	9858.5	49.7	0.34	17641.8**	75127.0**
ژنوتیپ*منطقه* سولفات روی Genotype*Location*Zinc	6	8.4	0.19	7404.9	17.3	0.35	16817.8**	101267.0**
خطا Error	36	37.7	0.17	19984.4	24.3	0.29	3815.6	18363.6

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

*, ** are significantly different at 5 and 1 percent, respectively.

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس برخی از خصوصیات چهار ژنوتیپ جو در مناطق و غلظت‌های مختلف سولفات روی

Table 3- Analysis of variance for some traits of four barley genotypes under different locations and zinc sulphate concentrations

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میزان کلروفیلa Chl-a amount	میزان کلروفیل b Chl-b amount	میزان پرولین Proline amount	میزان روی Zinc amount
منطقه Location	1	4.2	1.99	13359.3	47797.2
خطا Error	4	0.88	0.61	9090.0	11294.6
غلظت روی Zinc concentration	2	0.20	0.01	60993.7	1818.9
غلظت روی * منطقه Zinc * Location	2	0.27	0.20	8026.4	1438.9
خطا Error	8	0.15	0.29	42564.7	1692.9
ژنوتیپ Genotype	3	0.31 *	0.41 *	32559.4	599.7
ژنوتیپ * منطقه Genotype*Loction	3	0.09	0.53 **	76944.0 *	1187.6
ژنوتیپ* سولفات روی Genotype*Zinc	6	0.11	0.16	39600.8	565.3
ژنوتیپ*منطقه* سولفات روی Genotype*Location*Zinc	6	0.69 **	0.47 **	14489.9	038.8
خطا Error	36	0.081	0.12	23309.1	472.3

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

*, ** are significantly different at 5 and 1 percent, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مختلف عوامل آزمایشی

Table 4- Mean comparison of different traits of experimental characteristics

تیمار Treatment		ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول سنبله Spike length (cm)	تعداد سنبله در مترمربع No. Spike/square	تعداد دانه در سنبله No. grain/spike	وزن هزار دانه Thousand grain weight (gr)
منطقه Location	خشکی Drought	57.3	3.8	821.2	50.9	39.9[a]
	شوری Salinity	51.6	3.7	827.9	47.4	39.3[b]
غلظت سولفات روی Zinc concentration (درصد)	0	54.9	3.8	850.3	49.4	39.4
	0.5	53.4	3.7	826.5	48.4	39.8
	1.0	54.9	3.8	796.7	49.7	39.6
ژنوتیپ Genotype	گوهران Goharan	55.4 [b]	3.86[a]	833.3[b]	46.0[b]	41.5[a]
	مهر Mehr	60.4 [a]	3.78[a]	745.9[b]	49.8[a]	39.3[b]
	ارمغان Armaghan	53.1 [b]	3.96[a]	764.0[b]	51.5[a]	38.9[c]
	A-17 لاین	48.7 [c]	3.43[b]	954.8[a]	49.4[a]	38.7[c]

در هر ستون حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده نبود تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون LSD می‌باشد.

At least one common letter in each column indicated no statistical difference at the 5% level of probability based on the LSD test.

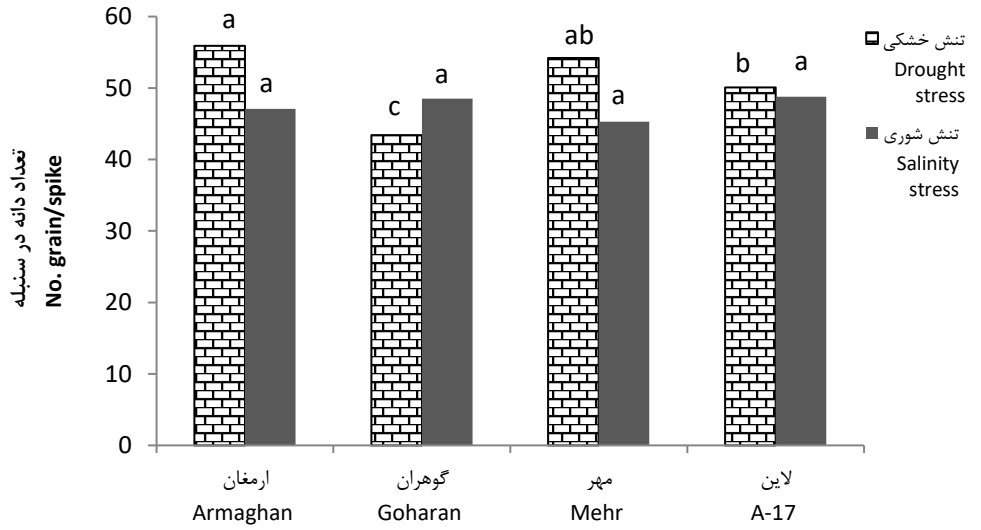
ادامه جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مختلف عوامل آزمایشی

Table 4- Mean comparison of different traits of experimental characteristics

تیمار Treatment		عملکرد دانه Grain yield (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg/ha)	میزان کلروفیلa Chl-a amount (mg/gr)	میزان کلروفیل b Chl-b amount (mg/gr)	میزان پرولین Proline amount (mg/kg)
منطقه Location	خشک Drought	5575.3[a]	11071.4[a]	1.5	1.4	2682.0
	شوری Salinity	2706.0[b]	5807.3[b]	1.0	1.1	2954.4
غلظت سولفات روی Zinc concentration (/.)	0	3556.4[c]	7512.4[b]	1.14	1.21	2242.2
	0.5	4763.5[a]	9474.7[a]	1.29	1.26	3178.7
	1.0	4102.1[b]	8330.9[b]	1.30	1.24	3033.8
ژنوتیپ Genotype	گوهران Goharan	3698.9[c]	7600.6[c]	1.10[c]	1.09[b]	3183.7
	مهر Mehr	4440.1[b]	8992.8[b]	1.16b[c]	1.13[b]	2698.0
	ارمغان Armaghan	5108.8[a]	10316.6[a]	1.36[a]	1.30[ab]	3122.5
	A-17 لاین	3314.8[c]	6847.3[c]	1.35[ab]	1.42[a]	2268.7

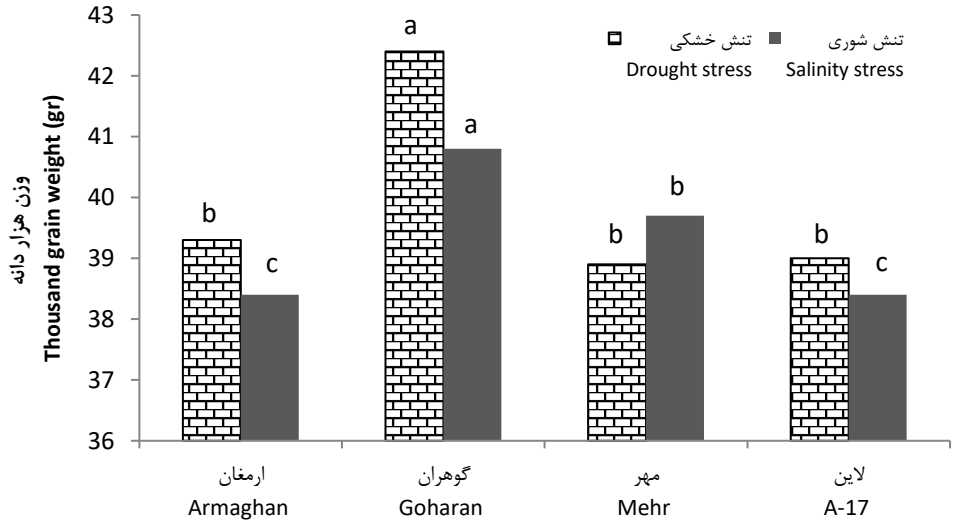
در هر ستون حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده نبود تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون LSD می‌باشد.

At least one common letter in each column indicated no statistical difference at the 5% level of probability based on the LSD test.



شکل ۱- اثرات متقابل تنش و ژنوتیپ بر تعداد دانه در سنبله

Figure 1- Interaction effects for stress * genotype on number of grain per spike



شکل ۲- اثرات متقابل تنش و ژنوتیپ بر وزن هزار دانه

Figure 2- Interaction effects for stress * genotype on thousand grain of weight

عملکرد دانه: عملکرد دانه ژنوتیپ‌های جو در تنش خشکی و شوری به‌ترتیب ۵۵۷۵ و ۲۷۰۶ کیلوگرم در هکتار و در غلظت ۰، ۰/۵ و ۱ درصد سولفات روی به‌ترتیب ۳۵۵۶، ۴۷۶۳ و ۴۱۰۲ کیلوگرم در هکتار و ژنوتیپ‌های گوهران، مهر، ارمغان و لاین A-17 به‌ترتیب ۳۶۹۹، ۴۴۴۰، ۵۱۰۹ و ۳۳۱۵ کیلوگرم بود. نتایج نشان داد تأثیر تنش شوری حاصل از مصرف آب شور در طی فصل رشد بیش از تنش خشکی انتهای فصل بر عملکرد دانه (کاهش ۲۸۶۹ کیلوگرم) بود. هم‌چنین مصرف ۰/۵ درصد سولفات روی نسبت به بدون مصرف روی ۳۴ درصد عملکرد دانه بیشتر گردید (جدول ۴).

جدول ۵ نشان داد که در شرایط تنش خشکی و غلظت‌های ۰، ۰/۵ و ۱ درصد سولفات روی، ژنوتیپ ارمغان نیمه متحمل به تنش به‌ترتیب ۶۳۵۸، ۷۸۰۸ و ۷۱۵۸ کیلوگرم در هکتار، ژنوتیپ گوهران متحمل به تنش خشکی ۳۰۷۲، ۷۰۶۷ و ۴۳۶۱ کیلوگرم درهکتار، ژنوتیپ مهر متحمل به تنش شوری به‌ترتیب ۴۹۵۵، ۶۷۱۷ و ۶۶۱۱ کیلوگرم دانه در هکتار تولید نمودند.

ژنوتیپ‌های متحمل و نیمه متحمل، بیشترین عملکرد دانه را در غلظت ۰/۵ درصد و کمترین عملکرد دانه را در بدون مصرف کود سولفات روی داشتند. لاین حساس به تنش A-17 بیشترین میزان عملکرد دانه را در غلظت یک درصد سولفات روی و کمترین عملکرد دانه را در بدون مصرف کود سولفات روی تولید نمود.

در شرایط تنش شوری در غلظت‌های ۰، ۰/۵ و ۱ درصد سولفات روی، ژنوتیپ ارمغان نیمه متحمل به تنش به‌ترتیب ۳۱۵۲، ۳۵۵۵ و ۲۶۱۹ کیلوگرم در هکتار، ژنوتیپ گوهران متحمل به تنش خشکی ۲۵۴۳، ۳۰۷۶ و ۲۰۷۲ کیلوگرم درهکتار، ژنوتیپ مهر متحمل به تنش شوری به‌ترتیب ۲۹۴۶، ۳۲۵۸ و۲۱۵۲ کیلوگرم دانه در هکتار و لاین حساس به تنش A-17 به‌ترتیب ۲۲۰۵، ۲۹۱۳ و ۱۹۷۵ کیلوگرم در هکتار دلنه داشتند. بیشترین میزان عملکرد دلنه در همه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش شوری در غلظت ۰/۵ درصد سولفات روی و کمترین عملکرد دانه در بدون مصرف کود سولفات روی تولید شدند. نتایج حاکی از تأثیر محلول‌پاشی سولفات روی در شرایط تنش خشکی و شوری است. محققین تأثیر عناصر کم‌مصرف در افزایش عملکرد را گزارش نمودند (Sheykhbagloo *et al.*, 2009; Yari *et al.*, 2005). تأثیر تنش در کاهش عملکرد دانه به اثبات رسیده است (Ahmadi *et al.*, 2006; Narimani and Sharifi, 2020) که تأییدکننده نتایج مطالعه کنونی می‌باشند. علت کاهش عملکرد دانه در اثر تنش را عقیم‌شدن دانه‌های گرده، فتوسنتز غیر عادی، کاهش انتقال مواد فتوسنتزی، کاهش وزن هزاردانه و عملکرد دانه گزارش نمودند (Mollasadeghi and Dadbakhsh, 2011).

عملکرد بیولوژیک: عملکرد بیولوژیک ژنوتیپ‌های جو در تنش خشکی و شوری به‌ترتیب ۱۱۰۷۱ و ۵۸۰۷ کیلوگرم در هکتار و در غلظت ۰، ۰/۵ و ۱ درصد سولفات روی به‌ترتیب ۷۵۱۲، ۹۴۷۵ و ۸۳۳۰ کیلوگرم در هکتار و ژنوتیپ‌های گوهران، مهر، ارمغان و لاین A-17 به‌ترتیب ۷۶۰۱، ۸۹۹۲، ۱۰۳۱۷ و ۶۸۴۷ کیلوگرم بود. این نتایج نشان‌دهنده تأثیر بیشتر شوری نسبت به تنش آخر فصل خشکی بر کاهش عملکرد بیولوژیک (کاهش ۵۲۶۴ کیلوگرم) است. هم‌چنین مصرف ۰/۵ درصد سولفات روی نسبت به بدون مصرف روی ۲۶ درصد عملکرد بیولوژیک بیشتر گردید (جدول ۴).

جدول ۵ نشان داد که در شرایط تنش خشکی و غلظت‌های ۰، ۰/۵ و ۱ درصد سولفات روی، ژنوتیپ ارمغان به‌ترتیب ۱۴۶۳۵، ۱۵۰۷۱ و ۱۲۷۱۱ کیلوگرم در هکتار، ژنوتیپ گوهران ۶۰۱۷، ۱۲۲۲۶ و ۹۶۰۴ کیلوگرم درهکتار، ژنوتیپ مهر ۱۰۲۱۳، ۷۳۷۰ و ۱۲۹۸۸ کیلوگرم در هکتار شاخساره تولید نمودند. ژنوتیپ‌های ارمغان و گوهران در غلظت ۰/۵ درصد و ژنوتیپ مهر در غلظت یک درصد سولفات حداکثر عملکرد بیولوژیک را داشتند. در شرایط تنش شوری در غلظت‌های ۰، ۰/۵ و ۱ درصد سولفات روی، عملکرد ژنوتیپ‌ها به‌ترتیب ۵۵۶۶، ۷۷۴۱ و ۶۱۷۲ کیلوگرم در هکتار، ژنوتیپ گوهران ۵۲۴۸، ۶۶۴۸ و ۴۴۲۵ کیلوگرم درهکتار، عملکرد ژنوتیپ‌ها ۶۷۰۷، ۶۸۷۹ و ۴۹۳۸ کیلوگرم در هکتار و لاین حساس به تنش A-17 دارای ۵۰۱۴، ۶۲۳۶ و ۴۱۱۱ کیلوگرم در هکتار شاخساره بودند. بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در همه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش شوری در غلظت ۰/۵ درصد سولفات روی تولید شدند. علت تفاوت عملکرد بیولوژیک ژنوتیپ‌های مختلف، پاسخ متفاوت ژنوتیپ‌های جو به تنش و میزان آب در دسترس بیان شده است (Barati and Ghadiri, 2016). عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای کودی بر عملکرد بیولوژیکی گندم نیز گزارش شده است (Fathi, 2012). ولی پژوهش‌هایی نیز گزارش شده (Moussavi-Nik *et al.*, 1997; Miradiyan *et al.*, 2014) که ترکیبات آهن، روی و منگنز بر گندم و ترکیبات روی بر ژنوتیپ‌ها جو (Mahlooji, 2022) تأثیر مثبت و معنی‌داری بر بیوماس تولیدی دارند.

میزان کلروفیل a برگ پرچم

میزان کلروفیل a برگ پرچم ژنوتیپ‌های جو در تنش خشکی و شوری به‌ترتیب ۱/۵ و ۱/۰ میلی‌گرم بر گرم برگ پرچم و در غلظت ۰، ۰/۵ و ۱ درصد سولفات روی به‌ترتیب ۱/۱۴، ۱/۲۹ و ۱/۳۰ میلی‌گرم بر گرم برگ پرچم و ژنوتیپ‌های گوهران، مهر، ارمغان و لاین A-17 به‌ترتیب ۱/۱۰، ۱/۱۶، ۱/۳۶ و۱/۳۵ میلی‌گرم بر گرم برگ پرچم بود. این نتایج نشان‌دهنده میزان کلروفیل a بیشتر (۵۰ درصد) در تنش خشکی نسبت به شوری بوده هم‌چنین مصرف ۰/۵ درصد سولفات روی نسبت به بدون مصرف روی ۱۳ درصد میزان کلروفیل a بیشتر گردیده ولی تفاوت‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار نیست (جدول ۴). در

تنش خشکی ژنوتیپ‌های ارمغان و گوهران، بیشترین میزان کلروفیل a را در غلظت یک درصد و کمترین میزان کلروفیل a را در بدون مصرف کود سولفات روی داشته و نشان از تأثیر مثبت محلول‌پاشی در میزان کلروفیل a دارد. بر عکس این روند؛ ژنوتیپ‌های مهر و لاین A-17، بیشترین میزان کلروفیل a را در بدون مصرف سولفات روی داشتند (جدول ۵). بنظر می‌رسد ژنوتیپ متحمل به خشکی گوهران در منطقه خشک متأثر از مصرف کود سولفات روی میزان کلروفیل a بیشتری تولید نموده است و شاید بتوان در انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی از این صفت استفاده نمود.

در تنش شوری بیشترین میزان کلروفیل a مربوط به ژنوتیپ‌های مهر و لاین A-17 با مصرف سولفات روی و کمترین میزان کلروفیل a مربوط به همین ژنوتیپ‌ها و بدون مصرف سولفات روی بود. بنظر می‌رسد ژنوتیپ متحمل به شوری مهر در منطقه شور متأثر از مصرف کود سولفات روی میزان کلروفیل a بیشتری تولید نموده است و شاید بتوان در انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به شوری از این صفت استفاده نمود. ارزیابی اثرات تنش شوری بر فتوسنتز و فلورسانس کلروفیل a ژنوتیپ‌ها مختلف جو نشان داد که میزان کلروفیل درتنش شوری کاهش یافته و این کاهش در ژنوتیپ‌های مختلف جو متفاوت بوده است (Yousefiniya and Ghasemiyan, 2016). کاهش میزان کلروفیل a در تنش خشکی را محققین گزارش نمودند (Nematpour *et al.*, 2019; Lonbani and Arzani, 2011; Nayyar and Gupta, 2006).

میزان کلروفیل b برگ پرچم: میزان کلروفیل b برگ پرچم ژنوتیپ‌های جو در تنش خشکی و شوری به‌ترتیب ۱/۴ و ۱/۱ میلی‌گرم بر گرم برگ پرچم و در غلظت ۰، ۰/۵ و ۱ درصد سولفات روی به‌ترتیب ۱/۲۱، ۱/۲۶ و ۱/۲۴ میلی‌گرم بر گرم برگ پرچم و ژنوتیپ‌های گوهران، مهر، ارمغان و لاین A-17 به‌ترتیب ۱/۰۹، ۱/۱۳، ۱/۳۰ و ۱/۲۴ میلی‌گرم بر گرم برگ پرچم بود. این نتایج نشان‌دهنده میزان کلروفیل a بیشتر (۲۷ درصد) در تنش خشکی نسبت به شوری بوده هم‌چنین مصرف ۰/۵ درصد سولفات روی نسبت به بدون مصرف روی ۴ درصد میزان کلروفیل a بیشتر گردیده ولی تفاوت‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار نیست (جدول ۴).

در تنش خشکی ژنوتیپ ارمغان با مصرف ۱ درصد و ژنوتیپ گوهران با مصرف ۰/۵ درصد سولفات روی بیشترین میزان کلروفیل b را داشتند (جدول ۵) و ژنوتیپ متحمل به خشکی گوهران در منطقه خشک متأثر از مصرف کود سولفات روی میزان کلروفیل b بیشتری تولید نموده است. در تنش شوری لاین A-17، در هر سطح محلول‌پاشی سولفات روی بیشترین میزان کلروفیل b را داشت و در تنش شوری، میزان کلروفیل b بیشتر نشانه تحمل بیشتر ژنوتیپ‌ها نیست. به‌نظر می‌رسد علت کاهش غلظت کلروفیل در هنگام تنش شوری، ناشی از تخریب کلروفیل به دلیل اثر یون‌های سمی از جمله یون سدیم باشد. در مطالعه‌ای اثر تنش شوری بر میزان کلروفیل نشان داد که شوری موجب کاهش کلروفیل a و b می‌گردد (Farhangian-Kashani, 2009). تأثیر متفاوت تنش بر کلروفیل b ژنوتیپ‌های جو در تأیید نتایج این پژوهش توسط محققین (Bardehji *et al.*, 2020) گزارش شده است.

میزان پرولین برگ پرچم: جدول ۴ عدم تفاوت معنی‌دار تیمارهای منطقه، غلظت سولفات روی و ژنوتیپ بر میزان پرولین را نشان می‌دهد. جدول ۳ نشان داد که اثر متقابل دو گانه منطقه در ژنوتیپ بر میزان پرولین در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود.

در تنش خشکی میزان پرولین ژنوتیپ‌های ارمغان، گوهران، مهر و لاین A-17 به‌ترتیب ۲۵۱۶، ۲۷۵۳، ۲۳۶۰ و ۳۰۹۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن برگ پرچم و بدون تفاوت معنی‌دار (کلاس a) بود. در تنش شوری بیشترین میزان پرولین در ژنوتیپ‌های ارمغان، گوهران و مهر به‌ترتیب ۳۷۲۸، ۳۶۱۵و ۳۰۳۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن برگ پرچم بدون تفاوت معنی‌دار (کلاس a) و میزان پرولین لاین A-17 کمترین مقدار (۱۴۳۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در سطح b بود (شکل ۳). بنظر می‌رسد در تنش شوری، افزایش میزان پرولین در تحمل ژنوتیپ‌ها مؤثر و معیاری برای انتخاب است ولی در تنش خشکی آخرفصل این ارتباط وجود نداشت. مقایسه میزان پرولین ژنوتیپ‌های ارمغان، گوهران و مهر (متحمل و نیمه متحمل به تنش) در تنش خشکی و شوری نشان داد که این ژنوتیپ‌ها در تنش شوری میزان بیشتری از پرولین در گیاه تولید نموده ولی لاین حساس روندی برعکس داشته است.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه منطقه × غلظت سولفات روی× ژنوتیپ‌های جو بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، میزان کلروفیل a وb

Table 5- Mean comparison of triple interaction (location* concentration of zinc sulphate* barley genotypes) on grain yield, biological yield, Chl-a and Chl-b amount

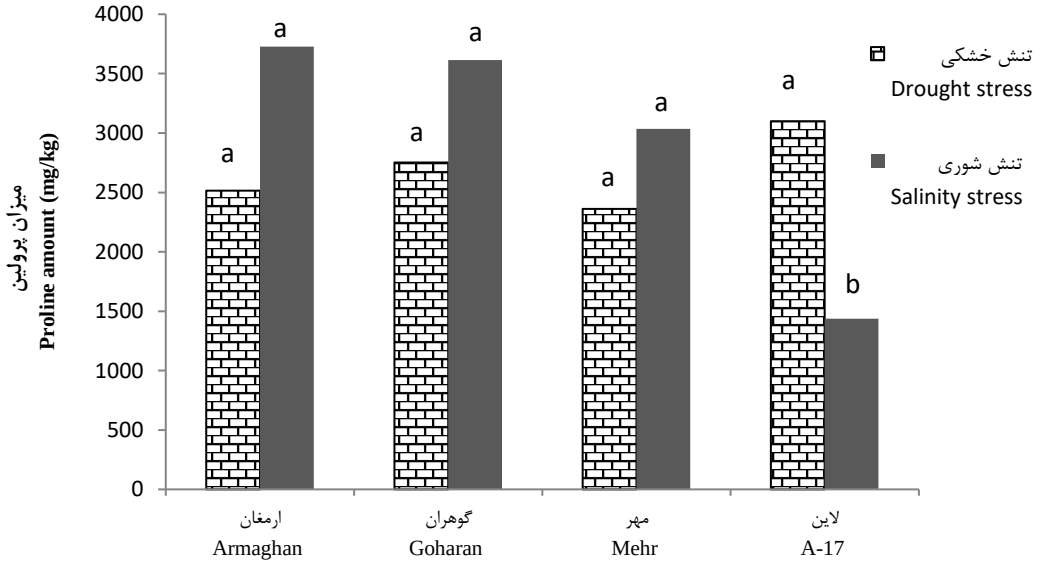
منطقه Location	غلظت سولفات روی Zinc concentration(٪)	ژنوتیپ Genotype	عملکرد دانه Grain yield(kg/ha)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg/ha)	میزان کلروفیلa Chl-a amount (mg/gr)	میزان کلروفیلb Chl-b amount (mg/gr)
خشکی Drought	0	ارمغان Armaghan	6358 b	14635 a	1.17 b	1.55 ab
		گوهران Goharan	3072 d	6017 d	1.08 b	1.25 ab
		مهر Mehr	4955 c	10218 c	1.53 ab	1.55 ab
		لاین A-17	3216 d	6692 d	1.84 a	1.55 ab
	0.5	ارمغان Armaghan	7808 a	15071 a	1.77 ab	1.41 ab
		گوهران Goharan	7067 ab	13623 a	1.54 ab	1.67 a
		مهر Mehr	6717 b	12226 b	1.33 b	1.29 ab
		لاین A-17	3711 d	7370 d	1.04 b	0.99 b
	1.0	ارمغان Armaghan	7158 ab	12711 b	1.99 a	1.63 a
		گوهران Goharan	4361 cd	9640 c	1.64 ab	1.34 ab
		مهر Mehr	6611 b	12988 ab	1.25 b	1.14 ab
		لاین A-17	5866 bc	11658 bc	1.64 ab	1.47 ab
شوری Salt	0	ارمغان Armaghan	3152 a	5566 ab	1.17 ab	1.05 b
		گوهران Goharan	2543 ab	5248 b	0.97 b	1.10 ab
		مهر Mehr	2946 ab	6706 ab	0.38 c	0.33 b
		لاین A-17	2205 b	5014 b	0.96 b	1.32 ab
	0.5	ارمغان Armaghan	3555 a	7741 a	1.33 ab	1.37 ab
		گوهران Goharan	3076 ab	6648 ab	0.84 b	0.71 b
		مهر Mehr	3258 a	6879 ab	1.05 ab	1.09 b
		لاین A-17	2913 ab	6236 ab	1.46 a	1.55 ab
	1.0	ارمغان Armaghan	2619 ab	5172 ab	0.74 bc	0.80 b
		گوهران Goharan	2072 b	4425 b	0.55 bc	0.49 b
		مهر Mehr	2152 b	4938 b	1.43 ab	1.40 ab
		لاین A-17	1975 b	4111 b	1.14 ab	1.63 a

در هر ستون و تیمار منطقه حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده نبود تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون Lsmeans می‌باشد.

At least one common letter in each column and location indicated no statistical difference at the 5% level of probability based on the Lsmeans test

لاین حساس به تنش، در منطقه شور پرولین کمتری تولید نمود. در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر شوری بر دو ژنوتیپ جو پرداختند و نشان دادند که افزایش شوری موجب افزایش میزان پرولین در برگ‌های ژنوتیپ جو افضل متحمل به شوری گردید (KamahNezhad *et al.*, 2006).

افزایش میزان پرولین در تنش (Bandurska and Stroinski, 2003) و تأثیر متفاوت ژنوتیپ‌های تحت تنش نیز در تأیید نتایج این پژوهش گزارش شده است (Mallick *et al.*, 2011).



شکل ۳- مقایسه میانگین برهم‌کنش اثرات تنش و ژنوتیپ‌های جو بر میزان پرولین

Figure 3- Mean comparison of interaction effects for stress and genotypes of barley on proline amount

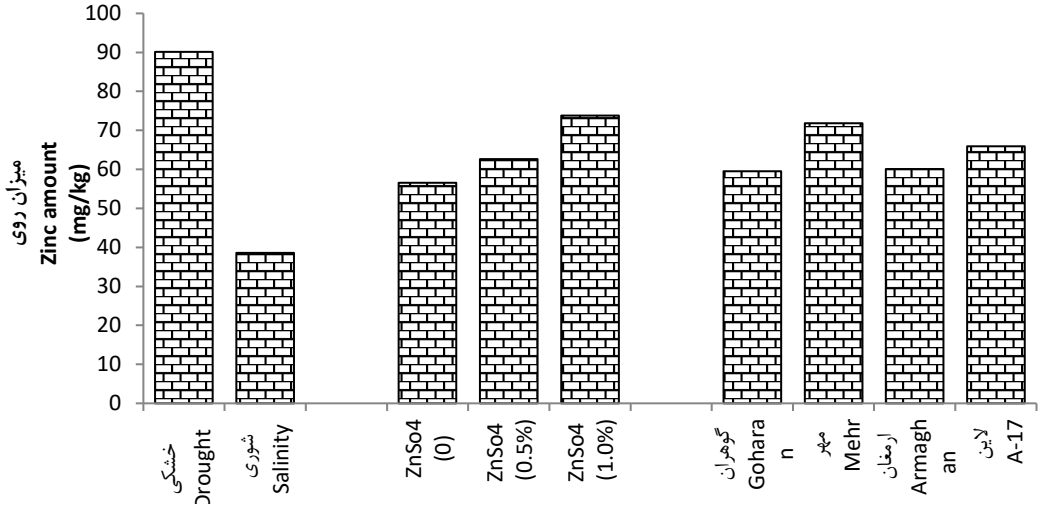
غلظت عنصر روی برگ پرچم: جدول ۳ عدم تفاوت معنی‌دار تیمارهای منطقه، غلظت سولفات روی و ژنوتیپ بر میزان عنصر روی در برگ پرچم را نشان می‌دهد.

میزان عنصر روی برگ پرچم ژنوتیپ‌های جو در تنش خشکی و شوری به‌ترتیب ۹۰/۱ و ۳۸/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم برگ پرچم و در غلظت ۰، ۰/۵ و ۱ درصد سولفات روی به‌ترتیب ۵۶/۶، ۶۲/۶و ۷۳/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم برگ پرچم و ژنوتیپ‌های گوهران، مهر، ارمغان و لاین A-17 به‌ترتیب ۵۹/۵، ۷۱/۸، ۶۰/۱ و ۶۵/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم برگ پرچم بود.

این نتایج نشان‌دهنده میزان عنصر روی بیشتر (۱۳۳ درصد) در تنش خشکی (۹۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نسبت به شوری (۳۸/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. هم‌چنین مصرف ۰/۵ و ۱ درصد سولفات روی نسبت به بدون مصرف روی ۱۰ درصد و ۳۰ درصد میزان روی بیشتر گردیده ولی تفاوت‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. نتایج نشان داد اگرچه تأثیر تنش بر میزان عنصر روی در گیاه جو معنی‌دار نبود ولی میزان این عنصر در تنش خشکی آخر فصل بیشتر از تنش شوری بوده (شکل ۴) و نشان‌دهنده این مطلب است که تنش شوری عنصر روی بیشتر تحت تأثیر قرار داده و در گیاه کاهش داده است.

تحقیقات انجام شده نشان‌دهنده این موضوع است که هر قدر مراحل رشد پیشرفت نماید تأثیر شوری بیشتر می‌شود (Borzouei *et al.*, 2011; Jahanbakhsh *et al.*, 2009).

هم‌چنین ژنوتیپ‌های جو از نظر غلظت روی در اندام هوایی با یکدیگر تفاوت دارند (Mahlooji *et al.*, 2014). با این‌حال بعضی از پژوهش‌ها عدم اختلاف ژنوتیپ‌های گندم از نظر غلظت روی در اندام هوایی را توصیف کردند (Fathi, 2012).

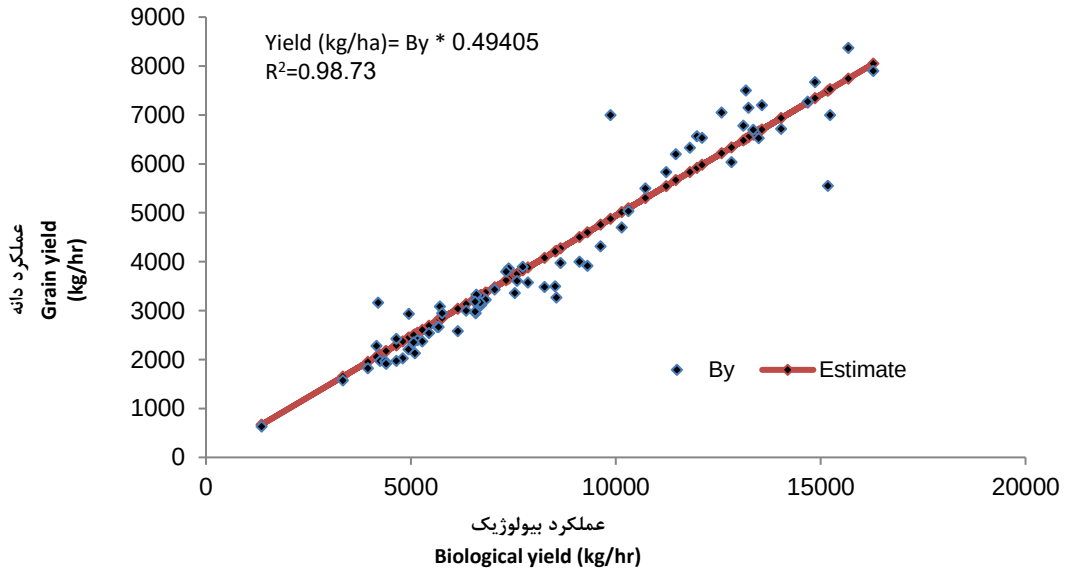


شکل ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده تنش بر میزان روی برگ پرچم ژنوتیپ‌ها

Figure 4- Mean comparison of simple effects for stress on zinc content of flag leaf

رابطه عملکرد دانه و صفات مرفوفیزیولوژیک

ارتباط بین عملکرد دانه با صفات مرفولوژیکی-زراعی (ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت) و صفات فیزیولوژیک (میزان کلروفیل a، میزان کلروفیل b، میزان پرولین و عنصر روی در گیاه) با استفاده از تجزیه رگرسیون گام به گام نشان داد که رابطه خطی معنی‌دار بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک با ضریب تشخیص (r^2 = ۰/۹۹) وجود داشت و به همین دلیل در شکل ۵ این صفت آورده شد. هم‌چنین ضرایب پیرسون در جدول ۶ نشان داد که عملکرد دانه با صفات ارتفاع گیاه (p = ۰/۰۱، r = ۰/۳۳)، طول سنبله (p = ۰/۰۵، r = ۰/۳۱)، تعداد دانه در سنبله (p = ۰/۰۱، r = ۰/۳۵)، عملکرد بیولوژیک (p = ۰/۰۱، r = ۰/۹۶)، میزان کلروفیل a (p = ۰/۰۱، r = ۰/۴۴)، میزان کلروفیل b (p = ۰/۰۵، r = ۰/۲۹) و عنصر روی (p = ۰/۰۱، r = ۰/۳۹) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت که بیشترین همبستگی عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک (r^2= ۰/۹۹) بود. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و بیوماس توسط محققین (Bardehji *et al.*, 2020) در تأیید نتایج گزارش شده است.



شکل ۵- ارتباط عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک ژنوتیپ‌های جو در تنش خشکی و شوری

Figure 5- Relationship between grain yield and biological yield of barley genotypes at drought and salinity stresses

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و صفات مختلف ژنوتیپ‌های جو

Table 6- Coefficient correlations between grain yield and different traits of barley genotypes

صفات Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
عملکرد دانه Grain yield	1										
ارتفاع بوته Plant height	0.33**	1									
طول سنبله Spike length	0.31*	0.24*	1								
تعداد سنبله در مترمربع No. Spike/square	-0.13	0.09	-0.27*	1							
تعداد دانه در سنبله No. grain/spike	0.35**	0.09	0.17	0.05	1						
وزن هزار دانه Thousand grain weight	0.06	0.13	0.12	-0.05	-0.30*	1					
عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.96**	0.29*	0.28*	-0.16	0.30**	0.08	1				
میزان کلروفیلa Chl-a amount	0.44**	0.24*	0.13	0.15	0.28*	0.03	0.40**	1			
میزان کلروفیل b Chl-b amount	0.29*	0.26*	0.05	0.36**	0.23	-0.07	0.24*	0.80**	1		
میزان پرولین Proline amount	-0.08	0.16	0.10	-0.11	-0.01	0.12	-0.12	0.02	0.01	1	
میزان روی Zinc amount	0.39**	0.30**	0.08	0.09	0.26	0.07	0.37**	0.50**	0.46**	0.06	1

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

** and *, significant at 0.01 and 0.05 probability levels, respectively

نتیجه‌گیری کلی

نوع تنش (خشکی و شوری) موجب تغییر در وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گردید. تنش خشکی آخر فصل نسبت به تنش شوری در طی فصل رشد دارای وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بیشتر و میزان پرولین کمتری بود. محلول‌پاشی ۰/۵ درصد سولفات روی موجب افزایش بیشتر عملکرد دانه و بیولوژیک گردید و قابل توصیه است. لازم به ذکر است در تنش خشکی تفاوتی از نظر میزان پرولین بین ژنوتیپ‌ها نبوده ولی در تنش شوری، ژنوتیپ‌های متحمل و نیمه متحمل دارای میزان پرولین بیشتری نسبت به لاین حساس به تنش بودند. هم‌خوانی مثبتی بین عملکرد دانه با صفات ارتفاع گیاه، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، عملکرد بیولوژیک، میزان کلروفیل a، میزان کلروفیل b و عنصر روی وجود داشت که بیشترین همبستگی عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک جو بود.

در تنش خشـــکی، ژنوتیپ‌های ارمغان (نیمه متحمل به خشـکی) و گوهران (متحمل به خشـکی)، دارای میزان کلروفیل a بیشـــتری در کاربرد ســـولفات روی بودند. به نظر می‌رســـد مکانیسم افزایش تحمل و عملکرد ژنوتیپ‌های ارمغان و گوهران در شـــرایط تنش خشـــکی، افزایش میزان کلروفیـل a در اثر محلول‌پاشـی سـولفات روی می‌باشـد. بدین‌منظور محلول‌پاشـی ژنوتیپ‌های مناسب (ارمغان و گوهران) در شرایط تنش خشکی توصیه می‌گردد.

در تنش شـــوری، حداقل و حداکثر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب در محلول‌پاشی ۱ و ۰/۵ درصد سولفات روی در کلیه ژنوتیپ‌ها بدست آمد. به نظر می‌رسد محلول‌پاشی ۰/۵ درصد سولفات روی کلیه ژنوتیپ‌های جو در تنش شوری کفایت می‌کند و محلول‌پاشـی با غلظت بیشـتر سـولفات روی به دلیل کاهش عملکرد دانه و بیولوژیک در این تنش توصیه نمی‌گردد.

References

Ahmadi, M., Astaraei, A., Nasiri Mahallati, M. and Keshavarz, P., 2006. Effect of irrigation water salinity and zinc application on yield, yield components and zinc accumulation of wheat. *Iranian Journal of Field Crop Research*, *4*(2), pp.195-206. [In Persian]. **doi: 10.22067/gsc.v4i2.1261**

Annan, K., 2001. Water for sustainable agriculture in developing regions more crop for every scarce drop ,Proceeding of 8 th JIRCAS International Symposium, Epochal Tsukuba, Tsukuba science City, Japan, November 27-28, pp.132-133.

Bandurska, H. and Stroinski, A., 2003. ABA and proline accumulation in leaves and roots of wild (*Hordeum spontaneum*) and cultivated (*Hordeum vulgare* 'Maresi') barley genotypes under water deficit conditions. *Acta Physiologiae Plantarum, 25*, pp.55-61. **doi: 10.1007/s11738-003-0036-x**

Bannayan, M., Sanjani, S., Alizadeh, A., Lotfabadi, S.S. and Mohamadian, A., 2010. Association between climate indices, aridity index, and rainfed crop yield in northeast of Iran. *Field Crops Research*, *118*, pp.105-114. [In Persian]. **doi: 10.1016/j.fcr.2010.04.011**

Bardehji, S., Eshghizadeh, H.R. and Zahedi, M., 2020. Effect of drought stress and nitrogen fertilizer on yield and physiological traits of six barley cultivars. *Journal of Plant Physiology*, *9*(39), pp.1-14. [In Persian]. **doi: 10.1017/s0021859621000149**

Bardehji, S., Eshghizadeh, H.R., Zahedi, M., Sabzalian, M.R. and Gheisari, M., 2021. The combined effect of nitrogen fertilizer and sowing season on response to water-limited stress in barley (*Hordeum vulgare* L.). *The Journal of Agricultural Science*, *159*(1-2), pp.31-49. **doi: 10.1017/s0021859621000149**

Barati, V. and Ghadiri, H., 2016. Effects of drought stress and nitrogen fertilizer on yield, yield components and grain protein content of two barley cultivars. *Journal of Crop Production and Processing*, *6*(20), pp.191-207. **doi: 10.18869/acadpub.jcpp.6.20.191**

Borzouei, A., Kafi, M., Khazaei, H.R., Khorasani, A. and Majdabadi, A., 2011. The study of physiological characteristics and enzyme superoxide dismutas activity in two wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars at different growth stages under irrigation water salinity. *Iranian Journal of Field Crop Research*, *9*(2), pp.190-201. [In Persian]. **doi: 10.22067/gsc.v14i3.44391**

Costa, F.S., Leal, R.V.P., Pacheco, C.S.V., Amorim, F.A.C., de Jesus, R.M. and Santos, L.N., 2020.

Multivariate optimization of an ultrasound-assisted extraction procedure for the determination of Cu, Fe, Mn, and Zn in plant samples by flame atomic absorption spectrometry. *Analytical Methods*, *12*(19), pp.2509-2516. **doi: 10.1590/s0001-37652013000300005**

Dadashi, M.R., Majidi Hervan, I., Soltani, A. and Noorinia, A.A., 1997. Evaluation of different genotypes of barley to salinity stress. *Journal of Agricultural Sciences*, *13*(1), pp.181-191. [In Persian].

Daryanto, S., Wang, L. and Jacinthe, P.A., 2016. Global synthesis of drought effects on maize and wheat production. *PloS One*, *11*, e0156362. **doi: 10.1371/journal.pone.0156362**

Fabian, A., Jager, K., Rakszegi, M. and Barnabas, B., 2011. Embryo and endosperm development in wheat (*Triticum aestivum* L.) kernels subjected to drought stress. *Plant Cell Reports*, *30*, pp.551-563. **doi: 10.1007/s00299-010-0966-x**

FAO., 2018. The Stat of Food and Agriculture. Available at: http://faostat3.fao.org.

Fathi, A.R., 2012. Effects of foliar application of nano-sized iron and zinc oxides on the response of wheat and corn cultivars to salinity. Department of Agronomy and Plant Breeding, M.Sc Thesis, Isfahan University of Technology. [In Persian].

Farhangian-Kashani, S., 2009. The study of the effect of salinity stress on chlorophyll content in species of medicago and onobrichis. *Plant and Ecosystem, 5*(18), pp.77-89. [In Persian].

Flexas, J., Ribas-Carbo, M., Diaz-Espejo, A., Galmes, J. and Medrano, H., 2008. Mesophyll conductance to CO2: current knowledge and future prospects. *Plant, Cell & Environment*, *31*, pp.602-621. **doi: 10.1111/j.1365-3040.2007.01757.x**

Francia, E., Tondelli, A., Rizza, F., Badeck, F.W., Thomas, W.T.B., Ecuwijk, F.V., Romagosa, I., Stanca, A.M. and Pecchioni, N., 2013. Determinants of barley grain yield in drought-prone Mediterranean environments. *Italian Journal of Agronomy, 8*(1), pp.1-8. **doi: 10.4081/ija.2013.e1**

Ghafari, H., 2012. The effect of iron sources and rates on yield and yield components and quality of durum and bread wheat. Department of Agronomy and Plant Breeding, M.Sc Thesis, Isfahan University of Technology. [In Persian].

Ghafari, H. and Razmjoo, J., 2013. Effect of foliar application of nano-iron oxidase, iron chelate and iron sulphate rates on yield and quality of wheat. *International Journal of Agronomy and Plant Production, 4*(11), pp.2997-3003.

Gooding, M., Ellis, R., Shewry, P. and Schofield, J., 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature on the grain filling, drying and quality of winter wheat. *Journal of Cereal Science*, *37*(3), pp.295-309. **doi: 10.1006/jcrs.2002.0501**

Haghbahari, M. and Sedsharifi, R., 2013. The effect of seed inoculation with growth-enhancing bacteria (PGPR) growth on yield, speed, and duration of wheat grain filling at different levels of soil salinity. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *6*, pp.65-75.

Hekmae, N., Mohamad, M.R., Sadollah, A.A. and Behrooz, V., 2010. Study on the effects of foliar spray

of micronutrient on yield and yield components of durum wheat. *Archives of Applied Science Research*, *2*, pp.168-176.

Hu, Y. and Schmidhalter, U., 2001. Effects of salinity and macronutrient levels on micronutrients in wheat. *Journal of Plant Nutrition, 24*, pp.273-281. **doi: 10.1081/PLN-100001387**

Jahanbakhsh-Godehkahriz, S., Karimzadeh, G.H. and Rastgar, F., 2009. Influence of vernalization on some physiological characteristics and cold tolerance in two susceptible and tolerant cultivars of bread wheat. *Electronic Journal of Crop Production*, *2*(3), pp.85-106. [In Persian]. **doi: 20.1001.1.2008739.1388.2.3.6.8**

Ji, X., Shiran, B., Wan, J., Lewis, D.C., Jenkins, C.L.D., Condon, A.G., Richards, R.A. and Dolferus, R**.**, 2010. Importance of pre-anthesis anther sink strength for maintenance of grain number during reproductive stage water stress in wheat. *Plant Cell and Environment, 33*, pp.926-942. **doi: 10.1111/j.1365-3040.2010.02130.x**

KamahNezhad, J.A., FarhAshtiyani, S. and Ghanati, F., 2006. Investigating the effects of salinity and potassium on growth rate and accumulation of proline in two varieties of barley. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 13*(1), pp.58-66. [In Persian].

Kilic, H. and Yagbasanlar, T., 2010. The effect of drought stress on grain yield, yield components and some quality traits of durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. durum) cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 38*, pp.164-170. **doi: 10.15835/nbha3814274**

Lonbani, M. and Arzani, A., 2011. Morpho-physiological traits associated with terminal drought-stress tolerance in triticale and wheat. *Agronomy Research, 9*, pp.315-329.

Mahlooji, M. and Jenab, M., 2021. Effect of water deficit stress and foliar application of maternal plant on germination characteristics of three barley (*Hordeum vulgare*) cultivars. *Iranian Journal of Grain Research, 8*(1), pp.137-150. [In Persian]. **doi: 10.52547/yujs.8.1.137**

Mahlooji, M. and Ramezani, A., 2021. Evaluation of production potential of barley cultivars in order to produce silage forage. *Fodder and animal Feed Magazine, 2*(2), pp.21-27. [In Persian].

Mahlooji, M., Seyed-Sharifi, R., Sedghi, M., Sabzaliyan, M.R. and Kamali, M.R., 2014. Effect of salinity of irrigation water and nano and chelated zinc foliar application on photosynthesis parameters of barley genotypes. *Crop Production, 7*(4), pp.41-60. [In Persian].

Mahlooji, M., 2016. Effects of salinity of irrigation water and nano zinc oxide foliar application on morphophysiological characterstics of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes. Faculty of Agricultural Science, University of Mohaghegh Ardabili. [In Persian].

Mahlooji, M., Seyed-Sharifi, R., Razmjoo, J., Sabzalian, M.R. and Sedghi, M., 2018. Effect of salt stress on photosynthesis and physiological parameters of three contrasting barley genotypes. *Photosynthetica, 56*(2), pp.549-556. **doi: 10.1007/s11099-017-0699-y**

Mahlooji, M., 2022. Effects of saline water and foliar application of chelate and nano zinc oxide on yield and yield component in barley cultivars. *Applied Research in Field Crops, 34*(4), pp.57-73. [In

Persian]. **doi: 10.22092/aj.2022.354837.1551**

Mallick, S.A., Gupta, M., Mondal, S.K. and Sinha, B.K., 2011. Characterization of wheat (*Triticum aestivum*) genotypes on the basis of metabolic changes associated with water stress. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, *81*(8), 767-771.

Mashi, A., Galeshi, S., Zeinali, E. and Noorinia, A., 2008. Salinity effect on grain yield and yield components in four Hull-les barley. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, *14*(5), pp.86-98. [In Persian].

Mashouf, M., Esmaeili Azadgoleh, M., Babaeian Jelodar, N. and Kafi, M., 2004. Photosynthetic response and stomatal conductance of two barley cultivars under salinity stress. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 1, pp.43-51. [In Persian]. **doi: 10.22067/gsc.v1i1.1200**

Mollasadeghi, V. and Dadbakhsh, A., 2011. Evaluation of some yield components in wheat genotypes under the influence of drought stress after flowering. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, *5*, pp.1137-1142.

Moradiyan, P., Kazemi-Arbat, H. and Rezayi-MoradAla, M., 2014. Evaluation of some morphological and physiological traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) lines and cultivars. *Journal of Crop Ecophysiology, 29*(1), pp.57-70. [In Persian].

Moussavi-Nik, M., Rengel, Z., Hollamby, G.J. and Ascher, J., 1997. Grain manganese content ismore important than Mn fertilization for wheat, growth under Mn deficient conditions. *Plant Nutrition for Sustainable Food Production and Environment, 4*, pp.267-268. [In Persian].

Movludi, A., Ebadi, A., Jahanbakhsh, S., Davari, M. and Parmoon, G., 2014. The effect of water deficit and nitrogen on the antioxidant enzymes' activity and quantum yield of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Notulae Botanicae Horticuture Agrobotanici Cluj-Napoca*, *42*(2), pp.398-404. **doi: org/10.15835/nbha4229340**

Narimani, H. and Sharifi, R., 2020. Effect of foliar and soil application of zinc on photosynthetic pigments, chlorophyll fluorescence and grain yield of wheat under soil salinity. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, *10*(2), pp.89-105. [In Persian]. **doi: 10.22069/ejsms.2020.16140.1861**

Nayyar, H. and Gupta, D., 2006. Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: Association with oxidative stress and antioxidants. *Environmental and Experimental Botany, 58*, pp.106-113. **doi: 10.1016/j.envexpbot.2005.06.021**

Nematpour, A., Eshghizadeh, H.R. and Zahedi, M., 2019. Drought-tolerance mechanisms in foxtail millet (*Setaria italica*) and proso millet (*Panicum miliaceum*) under different nitrogen supply and sowing dates. *Crop and Pasture Science, 70*, pp.442-452. **doi: 10.1071/cp18501**

Omrani, S., Arzani, A., Esmaeilzadeh Moghaddam, M., Najafi Mirak, T. and Mahlooji, M., 2022. Effect of salinity stress on grain yield and grain quality in wheat (*Triticum aestivum* L.) lines. *Journal of Crop Production and Processing*, *12*(2), pp.35-47. [In Persian]. **doi: 10.47176/jcpp.12.2.20056**

Omrani, S., Arzani, A., Esmaeilzadeh Moghaddam, M. and Mahlooji, M., 2022. Genetic analysis of salinity tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *PloS One, 17*(3), e0265520. **doi: 10.1371/journal.pone.0265520**

Paknejad, F., Jami AL-Ahmadi, M., Vazan, S. and Ardakani, M.R., 2009. Effects of water stress at different growth stages on yield and water use efficiency of some wheat cultivars. *Crop Production*, 2 (3), pp.17-36. [In Persian].

Sangtarash, M.H., 2010. Responses of different wheat genotypes to drought stress applied at different growth stages. *Pakistan Journal of Biological Sciences, 13*, pp.114-119. **doi: 10.3923/pjbs.2010.114.119**

Sheykhbagloo, N., Hassanzadeh Gorttapeh, A., Baghestani, M. and Zand, B., 2009. Study the effect of zinc foliar application on the quantitative and qualitative yield of grain corn under water stress. *Crop Production, 2*(2), pp.59-74. [In Persian].

Tadayon, M.R. and Emam, Y., 2007. Physiological and morphological responses of two barley cultivars to salinity stress in relation to grain yield. *Journal of Water and Soil Science, 11*(1), pp.253-263. [In Persian].

Wellburn, A.R., 1994. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal of Plant Physiology, 144*(3), pp.307-313. **doi.org/10.1016/s0176-1617(11)81192-2**

Yari, L., Modares, M.A. and Sorushzade, A., 2005. The effect of foliar application of Mn and Zn on qualitative charactes in five spring safflower cultivars. *Journal Water and Soil Science, 18*, pp.143-151. 2005. [In Persian].

Yousefiniya, M. and Ghasemiyan, A.R., 2016. Evaluation of salinity effects on photosynthesis and chlorophyll a fluorescence of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Development Biology*, *8*(1), pp.35-44. [In Persian].

Zivcak, M., Brestic, M., Balatova, Z., Drevenakova, P., Olsovska, K., Kalaji, H.M., Yang, X. and Allakhverdiev, S.I., 2013. Photosynthetic electron transport and specific photoprotective responses in wheat leaves under drought stress. *Photosynthica Research, 117*, pp.529-546. **doi: 10.1007/s11120-013-9885-3**

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 6, Issue 3, Autumn 2024, P. 71-90

Morphophysiological responses of barley genotypes to concentration of Zinc sulphate under drought and salinity conditions

Amir Kazemi Arpanahi[1], Mehrdad Mahlooji[2, 3*], Seyed Keyvan Marashi[3], Mani Mojaddam[3], Tayeb Sakinezhad[3]

[1] PhD. Student of Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Islamic Azad University, Ahwaz Branch, Ahwaz, Iran
[2] Horticulture Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran
[3] Department of Agronomy, Ahvaz branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
[*]Corresponding Authorcmmahlooji2000@yahoo.com

Received: 2 March 2023 Accepted: 11 April 2023 **DOI: 10.22034/CSRAR.2023.388117.1327**

Abstract

Introduction: 90% of Iran's land area is in arid and semi-arid areas. It is expected that by 2025, about two-thirds of the world's agricultural lands will face a water deficit. The yield also decreases by 50 to 90% under drought stress conditions compared to non-stressed conditions. Among the different types of stress, drought stress at the end of the season is the most important stress in Mediterranean areas such as many areas of Iran. Therefore, the yield of small grains cultivated in these areas is affected by drought stress at the terminal of the season. Salinity and drought stress increases the concentration of dissolved solutes in the root environment, increases the osmotic potential of the soil, decreases the absorption of nutrients and decreases the mobility of zinc and iron elements in the soil solution. Elements in the plant can be compensated and tolerance to saline conditions can be increased. Researchers reported that the application of zinc increased the grain yield of wheat and barley cultivars. Researchers reported that the application of zinc increased the grain yield of wheat and barley cultivars. In stress conditions due to reduction of stomatal conductance and limited access to CO_2 for carboxylation reactions, the rate of photosynthesis decreases and increasing stomatal resistance is a suitable defense strategy for the survival of wheat and barley. Due to the cultivation of barley in these moderate areas and the role of the micronutrient element zinc in reducing the effects of drought and salinity stress, this research was carried out in different varieties of barley using different amounts of zinc sulfate.

Materials and Methods: This research was carried out in November of the agricultural year 2017-2018 in two areas: 1) Kobutrabad Agricultural Research Station (drought stress by removing water after spike emergence); 2) Rudasht Station (rrigation with salt water 10 dS/m). Planting was carried out by machine planter in November in both regions. In the dry area of Kabutrabad, the plots containing 6 rows of 6 meters with the distance between the rows of 20 cm (the planting area of each plot is 7.2 square meters) with a density of 400 grains per square meter were done. Data analysis and step-by-step regression were performed using SAS9.1 software and mean comparison was performed by LSD test at 5% probability level. If the interaction effect is significant, cutting (slicing) and comparison of means was done by Lsmeans test at 5% probability level.

Results and Discussion: The results showed that barley cultivars under drought stress had higher thousand-grain weight, grain yield and biological yield and lower proline content than under salt stress. Drought stress at the end of the season compared to salinity stress during the growing season had higher thousand-grain weight, grain yield and biological yield and lower proline content. Foliar application of 0.5% zinc sulfate had higher grain yield (4763 kg/ha about 34%) and biological yield (4763 kg/ha about 26%) than without foliar application and is recommended. It should be noted that there was no difference in the amount of proline between cultivars in drought stress, but in salt stress, tolerant and semi-tolerant cultivars had more proline content than the stress-sensitive line. In drought stress, Armaghan (semi drought tolerant) and Goharan (drought tolerant) cultivars had more

chlorophyll a in the application of zinc sulfate. It seems that the mechanism of increasing the tolerance and performance of Armaghan and Goharan cultivars under drought stress conditions is the increase in the amount of chlorophyll a due to the application of zinc sulfate. For this purpose, foliar spraying of suitable cultivars (Armaghan and Goharan) is recommended in drought stress conditions.Grain yield had positive correlation with traits of plant height ($p = 0.01$, $r = 0.33$), spike length ($p = 0.05$, $r = 0.31$), number of grain per spike ($p = 0.01$, $r = 0.35$), biological yield ($p = 0.01$, $r = 0.96$), amount of chlorophyll a ($p = 0.01$, $r = 0.44$), amount of chlorophyll b ($p = 0.05$, $r = 0.29$) and zinc element ($p = 0.01$, $r = 0.39$), which is the highest correlation between grain yield and biological yield ($r^2 = 0.99$). In terms of grain and biological yield, Armaghan and Goharan cultivars are recommended under drought stress and Armaghan and Mehr cultivars are recommended under salt stress with a concentration of 0.5% zinc sulfate. In salinity stress, the minimum and maximum grain yield and biological yield were obtained respectively in foliar spraying of 0.1 and 0.5% zinc sulfate in all genotypes.

Conclusion: It seems that foliar application of 0.5% zinc sulfate is sufficient for all barley cultivars under salinity stress, and foliar application with a higher concentration of zinc sulfate is not recommended due to the decrease in grain and biological yield in this stress.

Keywords: Biological yield, Chlorophyll, Correlation, Grain yield, Proline, Stress