اثر تنش شوری بر برخی ویژگی‌های لاین‌های مختلف گیاه جو در شرایط گلدانی و آبکشت

فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۷، شماره ۱، صفحات ۲۷-۱۵
(بهار ۱۴۰۰)

حمزه عباسی پور بحرانی[۱]، حبیب اله قزوینی[۲] ✉، بهرام امیری[۱]، فرود بذرافشان[۱]، حمید رضا نیکخواه[۲]
۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد فیروزآباد ، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزآباد، ایران.
۲- دانشیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
(نویسنده مسئول: ✉ Habib_ghaz@yahoo.com)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تنش شوری بر برخی صفات گیاه جو، ۱۳ لاین مختلف در شرایط گلدانی و آبکشت (هیدروپونیک) به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار، مورد آزمایش قرار گرفتند. فاکتور نخست شامل لاین‌های مختلف گیاه جو در ۱۳ سطح و فاکتور دوم شامل تنش شوری در سه سطح (۱۵۰۰، ۸۰۰۰ و ۱۲۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر) بود. این لاین‌ها به‌صورت آبکشت در دو سطح شوری (صفر (شاهد) و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر نمک کلریدسدیم) مورد سنجش قرار گرفتند. در شرایط گلدانی، افزایش شوری باعث کاهش معنی‌دار تمام صفات گردید به‌طوریکه بیشترین عملکرد دانه و عملکرد زیستی در شوری ۱۵۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر و کمترین آن در شوری ۱۲۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر، حاصل شد. ژنوتیپ‌های MBS-91-8 و STW-81-2 از نظر صفات اندازه گیری شده از جمله عملکرد دانه و عملکرد زیستی، شرایط بهتری داشتند. در شرایط آبکشت، لاین‌های STW-81-2 و MBS-91-8 از نظر حجم ریشه، طول ریشه و وزن خشک ریشه، حساسیت بیشتری به تنش شوری داشته و لاین‌های STW-81-4، STW-81-10 و STW-82-153 حساسیت کمتری نسبت به شوری نشان دادند. بنابراین می توان در برنامه‌های به نژادی، حساسیت و تحمل این ژنوتیپ‌ها را در نظر گرفت.

شناسه مقاله

نوع مقاله: پژوهشی
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۰۴

واژه‌های کلیدی

- آبکشت
- تحمل
- جو
- شوری
- عملکرد زیستی

این مقاله با دسترسی آزاد تحت شرایط و قوانین The Creative Commons of BY- NC- ND انتشار یافته است.

10.22034/AEJ.2022.696777

مقدمه

شوری پس از خشکی، از مهم‌ترین و متداول‌ترین تنش های محیطی در سطح جهان و از جمله ایران است. بخش قابل توجهی از اکوسیستم های طبیعی و زراعی دنیا، تحت تنش شوری قرار دارد. در ایران معادل ۲۵ درصد مساحت زمین‌های کشور دارای شوری است (Badripour, 2004). امروزه به علت استفاده بی‌رویه از منابع طبیعی و به کارگیری فناوری های نامناسب در تولید محصولات کشاورزی به‌ویژه در رابطه با آب آبیاری، بخش قابل توجهی از زمین‌های کشاورزی در مناطق خشک با پدیده شوری مواجه هستند (Hamada and EL-Enany, 1994). اگرچه امکان انتخاب و اصلاح گونه‌های مقاوم به شوری در یک سری از گیاهان علوفه‌ای مناطق معتدل وجود دارد با این وجود یکی از راه‌های مقابله با شوری، انتخاب و یافتن ارقام مقاوم به شوری از طریق به کار گرفتن روش‌های اصلاحی است (Ghareyazi, 1992). شوری سبب کاهش رشد از طریق کاهش پتانسیل آب برگ و ایجاد تغییرات در فعالیت‌های متابولیکی گیاه می‌شود که شامل بازداشتن فعالیت‌های آنزیمی، برهم زدن تعادل یونی و تغییر در تجمع مواد محلول در سلول ها می شود (Tavakoli *et al.*, 2010). در حال حاضر استفاده از ارقام متحمل به شوری، یکی از مهم‌ترین روش‌های مؤثر در بهره‌برداری و افزایش عملکرد در زمین‌های شور و کم شور نواحی خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود (Choukr, 1996). جو[1] به‌عنوان یکی از گیاهان اهلی، نقش مهم و اساسی در پیشرفت بشر و تهیه غذای انسان، دام و طیور داشته است. این گیاه همچنین در مصارف صنعتی و تهیه نوشابه‌سازی کاربرد دارد و منبع سه ماده ضروری کربوهیدرات، پروتئین و فیبر (کاه و کلش) می‌باشد. این گیاه در مناطقی که غلات دیگر به دلیل بارندگی کم، شوری خاک و یا ارتفاع زیاد، سرما و گرمای هوا به خوبی رشد نمی کنند، کشت می‌شود. در حدود یک سوم از کل زمین‌های دنیا و حدود ۸۵ درصد از زمین‌های ایران در ناحیه خشک قرار دارند (Al Tahir, 1997). سطح زیر کشت این گیاه در دو دهه اخیر در ایران، افزایش چشم‌گیری داشته است (Mashi *et al.*, 2007). اثر زیان‌آور شوری بر تمامی مراحل رشد جو گزارش شده، اما این اثر در مراحل رویشی بیش‌تر از شروع گل‌دهی و پر شدن دانه می‌باشد (Kafi *et al.*, 2007). داداشی (۱۳۸۶)، تعداد سنبلچه[2] در سنبله را مهم‌ترین جزء مؤثر بر عملکرد دانه در شرایط تنش شوری و در گیاه جو اعلام کرده است (Dadashi, 2007). علت اصلی کاهش عملکرد سنبله اصلی گیاه جو در سطوح مختلف شوری، کاهش تعداد دانه می‌باشد (Mashi *et al.*, 2007). رجایی و همکاران (۱۳۹۶)، به منظور ارزیابی تعدادی از لاین‌های امیدبخش جو تحت شرایط شور و معرفی لاین‌های برتر، نشان دادند که عملکرد دانه لاین‌های مورد بررسی، همبستگی منفی و معنی‌داری با غلظت سدیم برگ و همبستگی مثبت و معنی‌داری با غلظت پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم دارد (Rejaei *et al.*, 2007). در آزمایشی اثر شوری بر جوانه‌زنی و تعیین آستانه تحمل به شوری جو، درصد جوانه‌زنی در همه نمونه‌ها با افزایش غلظت کلرید سدیم، به طور معنی‌داری کاهش یافت (Khoshkholgh Sima *et al.*, 2013). تنش شوری بر جذب و انتقال آب اثر گذاشته و بیان ژن‌های تولید کننده پروتئین‌های اصلی را مختل می‌نمایند. پروتئین‌های MIP یا آکوپورین‌ها کانال‌های غشایی را ایجاد می‌کنند که باعث تسهیل انتقال آب و مولکول‌های کوچک خنثی از طریق غشاهای زیستی می‌شوند و تقریباً در تمام اندام‌های زنده وجود دارند (Li *et al.*, 2014). داداشی و همکاران (۲۰۰۷)، ۱۰ لاین جو را جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش شوری، بررسی کرده و نشان دادند که شوری سبب افزایش قابل ملاحظه‌ای در نسبت سدیم به پتاسیم برگ می شود. همچنین، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارای آستانه حساسیت به تنش متفاوتی بودند و تعداد سنبلچه در سنبله، مهمترین جزء موثر بر عملکرد دانه تحت تنش شوری بوده است (Dadashi

1- *Hordeum vulgare*
2- Spikelet

(*et al.*, 2007 طباطبایی و همکاران (۲۰۱۴)، نیز تنش شوری ۱، ۷ و ۲۱ دسی‌زیمنس بر متر را بر مراحل مختلف رشد و عملکرد پنج رقم جو (افضل، نصرت، ریحان، لاین شماره ۴ متحمل به شوری و رودشت) مورد ارزیابی قرار داده و گزارش کردند که شوری سبب افزایش معنی‌دار غلظت سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم در دانه ارقام جو شده است. از لحاظ عملکرد نیز رقم افضل نسبت به سایر ارقام، برتری داشته و دارای غلظت سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم دانه کمتری نسبت به سایر ارقام بوده است (Tabatabaei *et al.*, 2014).

تحمل تنش در یک ژنوتیپ گیاهی به برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی آن بستگی دارد. امروزه تلاش برای یافتن معیارهایی که بتوان از آنها به طور مؤثری در انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل یا مقاوم بهره جست، ادامه دارد. با این حال احتمال اینکه ژن‌های تحمل به تنش در یک گیاه متمرکز و توسط روش‌های فیزیولوژیکی شناخته شود، بسیار کم است، بنابراین پایداری و ثبات عملکرد و اجزای آن تحت شرایط تنش همچنان از جمله شاخص‌های اصلی انتخاب برای یافتن ژنوتیپ‌های متحمل به تنش در بسیاری از برنامه‌های اصلاحی به شمار می‌رود (Tabatabaei *et al.*, 2014). پژوهش حاضر با هدف بررسی عملکرد لاین‌های مختلف جو، ارزیابی شاخص‌های تحمل به تنش شوری و نیز معرفی بهترین لاین‌ها جهت کاشت تحت شرایط شور استان بوشهر، انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در شهرستان دشتستان (استان بوشهر) با میانگین دمای ۲۴ درجه سلسیوس و در شرایط گلدانی و آبکشت، انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه کاملا تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتور نخست شامل سیزده لاین (جدول ۱) و فاکتور دوم شامل شوری آب آبیاری در سه سطح ۱۵۰۰، ۸۰۰۰ و ۱۲۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر بود. تعداد ۱۱۷ گلدان ۱۵ لیتری با قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر برای این مرحله در نظر گرفته شد. خاک گلدان ها از خاک مزارع استان با اضافه کردن ۱ تا ۲ درصد کود دامی پوسیده، تهیه شد. برای اجرای این آزمایش ابتدا تعداد ۲۸ عدد بذر در هر گلدان کشت و بعد از سبزشدن و رسیدن به مرحله دو برگی، تعداد ۵ بوته با توجه به سطح مقطع و تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع، در هر گلدان نگه‌داشته شده و مابقی تنک گردید. آبیاری گلدان‌ها تا مرحله پنجه‌زنی با آب معمولی (آب شهری) انجام گرفت تا بوته‌ها مستقر شوند و اعمال تیمارهای شوری از مرحله اواسط پنجه‌زنی به بعد آغاز شده و تا پایان آزمایش، تداوم یافت. دور آبیاری ۱۲ روز یکبار در نظر گرفته شد (Ghorbani *et al.*, 2001). تیمارهای شوری آب بر اساس غلظت‌های مورد اشاره و نوع نمک بر اساس نمک موجود در آب زهکش مزارع استان (کلرید سدیم) در مخزن‌های جداگانه تهیه شده و در موعد اعمال تیمار، مورد استفاده قرار گرفت. طی دوره اجرای آزمایش، صفات مختلف که شامل ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه‌های بارور در بوته، ارتفاع بوته، طول پدانکل (میانگره انتهایی)، طول پنالتیمت (میانگره ماقبل آخر)، مساحت برگ پرچم، عملکرد زیستی، عملکرد دانه و نیز شاخص برداشت، مورد سنجش قرار گرفت.

همچنین، این ژنوتیپ‌ها در محیط کنترل شده گلخانه و در سیستم آبکشت (هیدروپونیک)، به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه کاملا تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. فاکتور اول شامل دو سطح شوری [صفر (شاهد) و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر نمک کلرید سدیم] و فاکتور دوم شامل ۱۳ لاین جو متحمل به شوری طبق جدول ۱ بوده است. برای کشت گیاهان در شرایط آبکشت (هیدروپونیک)، ابتدا بذور در داخل ظروف پتری دیش، جوانه‌دار شده و پس از پنج روز، بذور جوانه زده به محیط آبکشت حاوی محلول غذایی هوگلند با (pH=6) منتقل شدند. تیمار شوری از روز هفتم اعمال شد. در تیمار شاهد تنها محلول غذایی هوگلند و در تیمار شوری محلول غذایی هوگلند همراه با کلرید سدیم استفاده شد. به منظور ثابت نگهداشتن شرایط رشد، حجم محلول هر روز

بازبینی گردیده و برای تجدید pH محلول غذایی استفاده شده توسط گیاه، هفته‌ای یکبار محلول غذایی تعویض گردید. تیمار شوری به تدریج به محیط کشت اضافه شد.

شاخص کلروفیل برگ لاین‌ها در سه مرحله مختلف توسط دستگاه کلروفیل سنج دستی SPAD 502 Plus, Konica Minolta, (Japan) اندازه‌گیری شد. پس از اینکه گیاهان به مرحلهٔ چهار تا پنج‌برگی رسیدند (حدودا ۵ تا ۶ هفته پس از کشت بذر)، گیاهان برداشت گردیده و ارتفاع گیاه، طول برگ پرچم، سطح برگ پرچم، طول ریشه خشک، طول ریشه تر، وزن ریشه خشک، حجم ریشه، نسبت حجم ریشه به ساقه، عملکرد زیستی تر، عملکرد زیستی خشک و شاخص کلروفیل برگ، اندازه‌گیری شدند. وزن خشک ریشه‌ها و ساقه‌ها ۴۸ ساعت پس از قرار دادن آن‌ها در آون ۷۰ درجه سلسیوس، اندازه‌گیری گردید. جهت محاسبه سطح برگ پرچم از رابطه $LA=W\times L\times 0.75$ استفاده شد. در این رابطه LA سطح برگ، W عرض برگ و L طول برگ می‌باشد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS ver 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد، انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج آزمایش گلدانی

نتایج نشان داد که در شرایط گلدانی، اثرات متقابل ژنوتیپ و شوری بر ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه، معنی‌دار بوده و بر سایر صفات، معنی‌دار نشد. نتایج اثر متقابل شوری و ژنوتیپ نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۱۳ (STW-81-2 و MBS-91-8) در شوری ۱۵۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از نظر صفات بررسی شده از جمله ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه، شرایط بهتری داشتند و از عملکرد بیشتری برخوردار بودند. کمترین عملکرد مربوط به ژنوتیپ شماره ۸ (ABYT-S-86-3) در شرایط شوری ۱۲۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین صفات تحت تأثیر ژنوتیپ و شوری در جدول ۵ آمده است. اثر ژنوتیپ بر تمام صفات بررسی شده، معنی‌دار بود. این نشان می‌دهد که توان ژنتیکی ژنوتیپ‌ها در بروز صفات، دارای تفاوت هایی است. ساردویی نسب و همکاران (۲۰۱۳)، با مطالعه یکصد لاین گندم در شرایط مزرعه با شوری و بدون شوری نتیجه گرفتند که اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح وجود داشت (Sardouie-Nasab *et al.*, 2013). همچنین امینی و همکاران (۲۰۱۵)، نیز نتایج مشابهی را گزارش نمودند (Amini *et al.*, 2015).

در پژوهش حاضر، افزایش شوری آب باعث کاهش معنی‌دار تمام صفات بررسی شده گردید، به‌طوریکه بیشترین عملکرد دانه و عملکرد زیستی در شوری ۱۵۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر و کمترین عملکرد دانه و عملکرد زیستی در شوری ۱۲۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر، حاصل شد. شوری بالا به ترتیب باعث ۴۶ درصد و ۲۸ درصد افت در عملکرد دانه و عملکرد زیستی جو گردید (جداول ۴ و ۵). ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۸، ۷ و ۱۱ در شرایط شوری ۱۲۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر از نظر عملکرد زیستی و عملکرد دانه و همچنین شاخص برداشت، نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها، ضعیف‌تر عمل کردند و عملکرد پایین‌تری نشان دادند. از نظر تعداد پنجه بارور نیز نتایج مشابهی به دست آمد. بنابراین، می‌توان کاهش عملکرد دانه در شرایط شوری را به کاهش تعداد پنجه بارور نسبت داد.

قربانی و همکاران (۲۰۰۱) و مس و همکاران (۱۹۹۴)، مهم‌ترین علت کاهش عملکرد را کاهش تعداد پنجه بارور در شرایط تنش شوری می‌دانند (Ghorbani *et al.*, 2001; Mass *et al.*, 1994). نتیجه تحقیق فرانکوئیس و همکاران (۱۹۹۴)، نیز نشان داد که مهم ترین عامل تعیین‌کننده عملکرد نهایی و حساس‌ترین جزء عملکرد گیاهانی مثل جو در شرایط شور، تعداد پنجه بارور است (Francois

(*et al.*, 1994). نتایج این پژوهش نیز مشابه نتایج پژوهشگران قبلی است. تنش شوری باعث تسریع رشد زایشی گیاه شده و همچنین می‌تواند رشد سنبله را تحت تأثیر قرار داده و در نهایت عملکرد را کاهش دهد. پژوهش سادات نوری و همکاران (۲۰۰۶)، نیز کاهش در طول دوره رشد و تسریع در ظهور سنبله و رسیدگی در اثر تیمار شوری را نشان می‌دهد (Sadat Noori *et al.*, 2006).

نتایج آزمایش آبکشت (هیدروپونیک)

نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ و شوری بر تمام صفات به استثنای نسبت ریشه به ساقه و عملکرد زیستی، معنی‌دار بود (جدول ۳). همچنین، اثر شوری بر تمام صفات معنی‌دار بود. اثر لاین‌ها بر تمام صفات به استثنای نسبت ریشه به ساقه، معنی‌دار بود. نتایج مقایسات میانگین نشان داد که شوری باعث کاهش ارتفاع بوته در مقایسه با شاهد شده است. بیشترین کاهش ارتفاع گیاه در شرایط تنش شوری در لاین STW-81-2 به دست آمد چرا که شوری در این لاین، باعث کاهش ۳۳ درصدی ارتفاع گیاه شد. لاین MBS-91-8 واکنش کمتری به شوری نشان داد و شوری باعث کاهش ۱۰/۸ درصدی ارتفاع بوته شد. گرین وی و مانز (۱۹۸۰)، عنوان کردند که کاهش ارتفاع گیاهچه به واسطه شوری را می توان به اثر سمی یون‌های سدیم یا کلر بر سوخت و ساز (متابولیسم) گیاه، تعادل مواد غذایی یا کاهش پتانسیل اسمزی در محیط رشد نسبت داد (Greenway *and* Munns, 1995). شوری باعث کاهش معنی‌دار طول و سطح برگ پرچم شد. لاین‌های MBS-87-16، MBS-91-8، ESBYT-M-89-19 و STW-81-2 حساسترین لاین‌ها از نظر کاهش طول و سطح برگ پرچم در شرایط شوری بودند. پیامد سریع تنش شوری، کاهش میزان توسعه سطح برگ به موازات افزایش غلظت نمک است. تنش شوری به طور مشخص سبب کاهش رشد و تولید ماده خشک در گیاهان می‌شود (Sharifi *et al.*, 2007). کاهش میزان توسعه سطح برگ، پاسخ سریع به تنش شوری است و توقف این توسعه نیز همگام با افزایش غلظت نمک، رخ می‌دهد (Wang and Nil, 2000). کاهش سطح برگ را می‌توان در نتیجه کاهش سرعت گسترش سلول‌ها و یا کاهش سرعت تقسیم سلولی به علت کم شدن آماس سلولی نسبت داد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. شوری باعث کاهش معنی‌دار طول و حجم ریشه شد. لاین‌های MBS-91-8، MBS-87-16 و STW-81-2 حساسترین لاین‌ها از این نظر بودند چرا که شوری باعث کاهش بیشتری در طول و وزن ریشه این لاین‌ها شد. لاین STW-82-153 حساسیت کمتری از نظر وزن ریشه در شرایط شوری و عدم شوری نشان داد (جدول۷). اثر اسمزی ناشی از حضور یون‌های سمی در ناحیه ریشه، افزایش یون‌های سدیم و کلر در ناحیه ریشه و به هم خوردن تعادل مواد غذایی، از مهم‌ترین اثرات تنش شوری هستند. ریشه باید با صرف انرژی از ورود یون‌های سمی به درون گیاه جلوگیری کرده و با تنش شوری مقابله کند. این کار باعث می‌شود که ریشه انرژی لازم برای انتقال آب و عناصر غذایی را به سایر قسمت‌ها از دست داده و در نتیجه باعث کاهش طول و وزن ریشه خواهد شد (Salama *et al.*, 1994).

نتایج وزن خشک و حجم ریشه نشان داد که لاین‌های STW-81-2 و MBS-91-8 حساسیت بیشتری به تنش شوری دارند. لاین‌های STW-81-4، STW-81-10 و STW-82-153 حساسیت کمتری نسبت به تنش شوری نشان دادند. نتایج حجم ریشه نیز نشان داد که لاین ESBYT-M-89-11 حجم ریشه بیشتری نسبت به لاین‌های دیگر دارد (جدول۶). تنش شوری، سبب کاهش وزن تر و خشک برگ‌ها، ساقه‌ها و ریشه‌های گیاه می‌شود (Chartzoulakis and Klapaki, 1995). کاهش عملکرد به دلیل کاهش سطح فتوسنتزکننده، کاهش طول مدت فعال فتوسنتزی برگ و کاهش انتقال مواد ذخیره‌ای از ریشه به اندام هوایی است. اندام‌های فتوسنتزکننده مقداری از مواد فتوسنتزی خود را مصرف می‌کنند. از طرفی سطح اندام‌های فتوسنتزکننده در اثر تنش شوری بر اثر مرگ تعدادی از برگ‌ها، بسیار کاهش می‌یابد و راندمان فتوسنتز برگ‌های باقیمانده نیز زیاد نیست. در نتیجه زیست توده (بیوماس) کل تولیدشده، در اثر تنش شوری کاهش می‌یابد. این یافته با نتایج آزمایش تقوی و چای‌چی (۱۹۹۹)، مطابقت دارد (Taghavi and Chaiechee, 1999).

نتایج شاخص کلروفیل برگ‌ها نشان داد که در بعضی از لاین‌های جو، شاخص کلروفیل برگ در اثر تنش شوری افزایش یافته است (جدول۶). علت افزایش این شاخص در شرایط تنش شوری در بعضی از لاین‌ها، احتمالاً به علت کاهش سطح برگ و تجمع کلروفیل در سطح کمتر برگ‌ها می‌باشد. همچنین کاهش شاخص کلروفیل در بعضی از لاین‌ها در اثر تنش شوری را می‌توان به دلیل تخریب کلروپلاست دانست. تخریب کلروپلاست در ارقام متحمل زراعی کمی کمتر از ارقام حساس است که علت آن نگهداری منیزیوم در داخل سلول است (Salama *et al.*, 1994).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که در شرایط گلدانی (آزمایش اول)، افزایش شوری آب باعث کاهش معنی‌دار تمام صفات گردید. بیشترین عملکرد دانه و نیز عملکرد زیستی در شوری ۱۵۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر و کمترین عملکرد دانه و عملکرد زیستی در شوری ۱۲۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر، مشاهده شد. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های MBS-91-8 و STW-81-2 نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها، از نظر صفات بررسی شده از جمله عملکرد دانه و عملکرد زیستی، شرایط بهتری داشتند. بنابراین می‌توان این ژنوتیپ‌ها را در برنامه به نژادی در اولویت قرار داد. نتایج محیط آبکشت (آزمایش دوم)، نشان داد که لاین‌های STW-81-2 و MBS-91-8 از نظر حجم ریشه، طول ریشه و وزن خشک ریشه، حساسیت بیشتری به تنش شوری داشته و لاین‌های STW-81-4، STW-81-10 و STW-82-153 حساسیت کمتری، نشان دادند. بنابراین می‌توان در برنامه‌های به نژادی، حساسیت و تحمل این ژنوتیپ‌ها را در نظر گرفت.

References

Akhai H, Ghorbanli M. A contribution to the halophytic vegetable and flora of Iran. In: H. Leith and A. A. Almasson (eds) towards the rational use of high salinity tolerant plants. *Kluwer Academic Publishers*. **1993**, 1: 35-44.

Al Tahir O.A. Effects of water quality and frequency of irrigation growth and yield of barley. *Agronomy Journal*. **1997**, 48: 74-75.

Amini A, Amirnia R, Ghazvini H. Evaluation of salinity tolerance in bread wheat genotypes under field conditions. *Seed and Plant Improvement Journal*. **2015**, 31 (1): 95-115 [in Persian]

Badripour, H. Country pasture/forage resource profiles. Rangeland management expert in the technical bureau of rangeland-forest. *Rangeland and Watershed Management Organization (FRWO). Ministry of Jahad-e-Agricullture*, *Tehran, Iran*. **2004**, Pp. 1-350 [in Persian]

Chartzoulakis K, Klapaki G. Response of two greenhouses pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae*. **2000**, 86: 247-260.

Choukr A.R. The potential halophytes in the development and rehabilitation of arid and semiarid zones. *Halophytes and Biosaline Agriculture*. **1996**, 3-13.

Dadashi M.R, Majidi Hervan I, Soltani A, Noorinia A.A. Evaluation of different genotypes of barley to salinity stress. *Journal of Agricultural Science*. **2007**, 13 (1): 182-190. [in Persian]

Dadashi M.R. Evaluation in reaction of different barley lines to salinity stress. *Agricultural Sciences*. **2007**, 13(1):81-91.

Francois L.E, Grieve C.M, Mass E.V, Lesch S.M. Time of salt stress affects growth and yield components of irrigated wheat. *Agronomy Journal*. **1994**, (86): 100-107.

Ghareyazi B. Genetic manipulation of crops with the aim of resistance increasing to salinity stress. *Proceedings of the 5th Iranian Congress of Agriculture and Plant Breeding, Karaj*. **1992**, 7-10.

Ghorbani M.H, Zeinali E, Soltani A, and Galeshi S. Effect of salinity stress on growth, yield and yield components of two types of wheat. *Proceedings of the 7th Iranian Crop Production and Plant Breeding Congress, Karaj, Iran*. **2001**, Page 773 [in Persian].

Greenway H, Munns R. Mechanism of salt tolerance in non-halophytes. *Annual Review of Plant Physiology*. **198**0, 31: 149-190.

Hamada A.M, EL-Enany A.E. Effect of NaCl salinity on growth, pigment and mineral element contents, and gas exchange of broad bean and pea plants. *Biologia Plantarum*. **1994**, 36: 75- 81.

Kafi M, Haghnia G.H, Zamani G.R, Rostami M. Interactions of salinity stress and mineral nutrition on yield and yield component of barley. *Agronomy Journal*. **2011**, 91:194-110.

Khoshkholgh Sima N.R, Alitabar M, Eghbalinejad M, Babazadeh P, Taleh Ahmad S. Influence of salinity on germination and threshold tolerance to salinity in barley. *Iranian Journal of Agricultural Research*. **2013**, 11(1): 107-120.

Li G, Santoni V, Maurel C. Plant aquaporins: roles in plant physiology. *Biochimica et Biophysica Acta*. **2014**, 1840: 1574-1582.

Mashi A, Galeshi S, Nourina A. Effect of salinity on yield and yield components of four barley genotypes. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*. **2007**, 5(14): 86-98.

Mass E.V, Scott M.L, Francois L.E, Grieve M.C. Tiller development in salt-stressed wheat. *Crop Science*. **1994**, 34: 1599-1603.

Rejaei M.S, Tahmasebi V, Atarzadeh M. Investigation of yield and salinity indices in high yield barley lines under saline conditions. *Agricultural Sciences*. **2017**, 7(1):143-153.

Sadat Noori S.A, Roustaei A, Foghi B. Variability of salt tolerance for eleven traits bread wheat in different saline conditions. *Agronomy Journal*. **2006**, 5 (1): 131-136.

Salama S, Terivedi S, Busheva M, Afra A, Grab G, Erdei L. Effects of NaCl salinity on growth, cation accumulation, chlorophyll structure and function in wheat cultivars differing into salt tolerance. *Plant Physiology*. **1994**, 144: 241- 247.

Sardouie-Nasab S, Mohammadi Nejad G, Zebarjadi A.R, Nakhoda B, Mardi M, Tabatabaei S.M.T, Sharifi G.R, Amini A, Majidi Heravan E. Response of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) lines to salinity stress. *Seed and Plant Improvement Journal*, **2013**, 29(1): 81-102 [in Persian].

Sharifi M, Ghorbanli M, Ebrahimzadeh H. Improved growth of salinity stressed soybean after inoculation with salt pre-treated mycorrhizal fungi. *Journal of Plant Physiology*. **2007**, 164: 1144-1151.

Tabatabaei, S.A, Kouchaki, A.R, Molasadeghi, J. Evaluation of salinity tolerance of barley cultivars in vitro and field conditions. *Crop Physiology Journal*. **2014**, 5 (20): 87-101. [In Persian]

Taghavi M, Chaiechee M. Effects of salinity and salt on the germination and early growth stage of sorghum. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*. **1999**, (4): 32-40. [in Persian]

Tavakoli E, Fatehi F, Coventry S, Rengasamy P, Macdonald G. Additive effect of Na and Cl ions on barley growth under salinity stress. *Journal of Experimental Botany*. **2010**, 62: 2189-2203.

Wang Y, Nil N. Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase/oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. *Journal of Horticultural Science and Technology*. **2000**, 75: 623-627.

The effect of salinity stress on some traits of different barley lines under greenhouse and hydroponic conditions

Agroecology Journal

Vol. 17, No. 1 (15-27)
(Spring 2021)

Hamzeh Abbasipour Bahrani[1], Habibollah Ghazvini[2]✉, Bahram Amiri[1], Foroud Bazrafshan[1], Hamidreza Nikkhah[2]

1- Department of Agronomy, Firouzabad Branch, Islamic Azad University, Firouzabad, Iran.
2- Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
✉ Habib_ghaz@yahoo.com **(*corresponding author*)**

Received date: 29.10.2019 Accepted date: 23.04.2020

Abstract

In order to investigate the effect of salinity stress on some barley traits, 13 different lines were evaluated in an experiment factorially combined with completely randomized design (CRD) with three replications. The first factor was 13 lines of barley and the second factor was salinity at three levels (1500, 8000 and 12000 µmos/cm). These lines were also evaluated hydroponically at two salinity levels (control and 12 dS/m NaCl). In the pot condition (first experiment), increasing salinity decreased all studied traits significantly. The highest grain and biological yield were obtained at 1500 µmos/cm and the lowest grain and biological yield at 12000 µmos/cm. The MBS-91-8 and STW-81-2 genotypes were better than other genotypes for the studied traits including grain yield and biological yield. The results of hydroponics (the second experiment), showed that the lines of STW-81-2 and MBS-91-8 in terms of root volume, root length and root dry weight was more susceptible to salinity, and lines STW-81-4, STW-81-10 and STW-82-153 were less sensitive to salinity. Therefore, sensitivity and tolerance of these lines can be considered in breeding programs.

Keywords

- Barely
- Biological yield
- Hydroponic
- Salinity
- Tolerance

This open-access article is distributed under the terms of the Creative Commons-BY-NC-ND which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

10.22034/AEJ.2022.696777

جدول ۱- اسامی ژنوتیپ‌های مختلف جو

Table 1. The names of different barley genotypes

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Genotypes	STW-81-2	STW-81-4	STW-81-10	STW-82-153	Mehr (MBS-87-12)	MBS-87-16	MBS-87-19	ABYT-S-86-3	ESBYT-M-89-11	ESBYT-M-89-18	ESBYT-M-89-19	Khatam	MBS-91-8

جدول ۲- میانگین مربعات اثر شوری بر برخی صفات زراعی ژنوتیپ‌های مختلف جو در شرایط گلخانه

Table 2. Mean squares of salinity effect on some agronomic traits of different barley genotypes under greenhouse condition

Source of variation	d.f	Plant height	Number of fertile tiller	Spike number	Seed number per spike	Seed thousand weight	Peduncle length	Penultimate length	Flag leaf area	biological yield	Seed yield	Harvest index
Genotype	12	192.2**	11.01**	18.8**	104.2**	114.9**	40.1**	11.9*	21.3**	17.1**	5.56**	50.58**
Salinity	2	1984.02**	134.6**	264.5**	685.4**	1431.5**	177.1**	87.3**	414.9**	626.9**	137.8**	501.1**
Genotype ×Salinity	24	6.18*	0.87^{ns}	1.11^{ns}	8.20**	4.4*	1.8^{ns}	0.96^{ns}	1.15^{ns}	0.7^{ns}	0.27**	3.69^{ns}
Error	78	3.57	0.76	1.42	3.19	2.18	3.5	0.70	1.34	0.82	0.11	2.24
C.V (%)	-	4.46	12.62	11.5	6.41	5.35	18.3	12.8	8.5	4.82	6.20	5.20

جدول ۳- میانگین مربعات اثر شوری بر برخی صفات زراعی ژنوتیپ‌های مختلف جو در شرایط هیدروپونیک

Table 3. Mean squares of salinity effect on some agronomic traits of different barley genotypes under hydroponic condition

Source of variation	d.f	Plant height	Flag leaf length	Flag leaf area	Root length	Root fresh length	Root dry weight	Root volume	Root/shoot ratio	Fresh biological yield	Dry biological yield	SPAD Unit
Genotype	12	81.9**	41.09**	73.8**	99.4**	114.5**	0.63**	28.4**	0.001^{ns}	2568.0**	18.24**	84.7**
Salinity	1	4731.4**	3208.9**	7530.3**	20080.1**	1192.5**	3.64**	313.8**	0.04**	80236.5**	420.9**	328.6**
Genotype × Salinity	12	31.5*	20.1*	57.4**	117.3*	53.1^{**}	0.29^{**}	14.7^{**}	0.001^{ns}	1328.5**	10.73^{ns}	46.1*
Error	52	16.32	7.96	13.6	26.0	12.8	0.07	4.01	0.0008	275.08	2.97	13.6
C.V (%)	-	6.69	9.46	12.75	13.35	26.4	25.2	26.4	17.03	28.1	24.20	9.67

جدول ۴- اثر متقابل ژنوتیپ و شوری بر صفات جو در شرایط کشت گلدانی

Table 4. Interaction of genotype and salinity on barely traits under pot condition

Genotypes	Salinity (µmohs/cm)	Plant height (cm)	Seed number per spike	Seed thousand weight (g)	Seed yield (ton/ha)
STW-81-2	1500	56.3a	35.3abc	40.03a	8.8a
	8000	47.6c-g	32.3b-g	32.1efg	6.3f
	12000	44.03h-i	29.6f-k	29.8gh	5.5g
STW-81-4	1500	45.3fgh	32.3b-g	31.4efg	7.3e
	8000	36.3l-p	28.3h-m	23.6k	4.4ijk
	12000	33.3pq	23.36pqr	20.2mn	3.8k-p
STW-81-10	1500	49.0cde	31.3d-i	37.1bc	8.04cd
	8000	41.6ij	28.3h-m	29.8gh	5.3gh
	12000	37.7klm	25.6l-p	27.1ij	4.7ij
STW-82-153	1500	53.0b	32.6c-f	36.6bc	7.6de
	8000	39.0jkl	23.3pqr	22.3klm	4.2i-l
	12000	34.06n-q	18.6s	19.5n	3.5m-p
Mehr(MBS-87-12)	1500	43.6hi	28.0i-m	31.04fg	6.5f
	8000	37.0k-o	25.3m-p	23.1kl	4.07j-n
	12000	31.4q	20.6s	19.9mn	3.4nop
MBS-87-16	1500	52.6b	36.3a	35.1cd	8.2bcd
	8000	43.3hi	33.3a-e	27.09ij	5.4gh
	12000	39.1jkl	29.0g-l	24.8jk	4.8hi
MBS-87-19	1500	48.3c-f	30.3e-j	30.1gh	6.7f
	8000	39.6jkl	26.3k-p	22.5klm	4.1j-m
	12000	34.7m-q	21.3qrs	19.2n	3.5m-p
ABYT-S-86-3	1500	46.0e-h	28.3h-m	32.2efg	6.6f
	8000	37.3k-n	25.0m-p	24.2k	3.9k-o
	12000	32.7q	19.6s	20.8lmn	3.3p
ESBYT-M-89-11	1500	57.0a	35.6ab	36.8bc	8.6abc
	8000	45.3fgh	32.6b-f	27.8hi	5.4g
	12000	40.06jk	27. 6j-n	24.5k	4.6ij
ESBYT-M-89-18	1500	46.6d-h	32.0c-g	33.07def	7.6de
	8000	38.3jkl	28.3h-m	24.4k	4.8hi
	12000	33.7opq	24.0opq	20.4mn	4.07j-n
ESBYT-M-89-19	1500	44.3ghi	27.3j-o	30.0gh	6.6f
	8000	36.6k-p	24.3n-q	22.4klm	4.2i-l
	12000	32.2q	19.6s	19.2n	3.6l-p
Khatam	1500	50.3bc	33.3a-e	34.0de	8.2bcd
	8000	36.3l-p	23.0pqr	22.6klm	3.9k-p
	12000	31.6q	18.6s	19.4n	3.3op
MBS-91-8	1500	59.0a	34.0a-d	39.1ab	8.6ab
	8000	49.6bcd	31.6d-h	31.9efg	6.1f
	12000	45.2fgh	29.6f-k	29.9gh	5.4gh

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ردیف فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% level of probability.

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مختلف جو تحت تأثیر شوری در شرایط کشت گلدانی

Table 5. Mean comparison of different traits of barley as affected by salinity under pot condition

Salinity µmos/cm	Plant height (cm)	Number of fertile tiller	Spike number	Seed number per spike	Seed thousand weight (g)	Peduncle length	Penultimate leaf length	Flag leaf area (cm^2)	Biological yield (ton/ha)	Seed yield (ton/ha)	Harvest index
1500	50.1a	8.5a	12.8a	32.07a	34.3a	12.6 a	8.18a	17.22a	23.4a	7.6a	32.6a
8000	40.6b	7.2b	10.4b	27.8b	25.7 b	9.6b	6.00b	12.4b	17.07b	4.8b	28.03b
12000	36.1c	4.8c	7.6c	23.6c	22.7c	8.5c	5.31c	10.9c	16.07c	4.1c	25.6c

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% level of probability. میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ردیف فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند.

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات مختلف جو تحت تأثیر ژنوتیپ جو در شرایط کشت گلدانی

Table 6. Mean comparison of different traits of barley as affected by genotype under pot condition

Genotypes	Plant height (cm)	Number of fertile tiller	Spike number	Seed number per spike	Seed thousand weight (g)	Peduncle length (mm)	Penultimate Length (mm)	Flag leaf area (cm^2)	Biological yield (ton/ha)	Seed yield (ton/ha)	Harvest index
STW-81-2	49.3b	9.1a	11.3b	32.4a	34.02a	13.3b	8.05a	16.30a	20.7a	6.90a	33.05a
STW-81-4	38.3hi	6.1gf	11.0b	28.1b	25.13de	7.3g	5.51ef	12.99cde	19.5bc	5.20cd	26.10d
STW-81-10	42.8e	7.5cd	11.1b	28.4b	31.39b	11.08cd	7.12b	14.49b	20.0abc	6.03b	29.80b
STW-82-153	42.0ef	6.7def	9.2c	24.8cd	26.17d	9.2defg	6.15cde	13.03cde	17.7d	5.13de	28.09c
Mehr(MBS-87-12)	37.3i	6.2fg	9.3c	24.6cd	24.71de	8.5dfg	5.05f	12.57de	16. 7e	4.69f	27. 48cd
MBS-87-16	45.0d	7.2cde	12.1ab	32.8a	29.02c	8.8efg	6.63bcd	14.59b	19. 9abc	6.15b	30. 61b
MBS-87-19	40.9fg	5.5g	9.0c	26.0c	24.01e	10.2cdef	5.78def	12.76cde	17.3de	4.80ef	27.22cd
ABYT-S-86-3	38.6hi	5.5g	8.4c	24.3cd	25.77d	9.2defg	6.39bcd	11.23f	17.4de	4.65f	26.11d
ESBYT-M-89-11	47.6c	7.7bc	11.1b	32.0a	29.76c	11.3c	7.92a	13.88bc	20.4ab	6.25b	30.10b
ESBYT-M-89-18	39.5gh	7.0cdef	11.0b	28.1b	25.96d	10.1cdef	5.30f	13.41bcd	19.2c	5.51c	28.20c
ESBYT-M-89-19	37.7hi	6.1g	8.4c	23.7d	23.90e	8.7efg	5.18f	12.05ef	17.7d	4.83ef	26.92cd
Khatam	39.4gh	6.5ef	9.2c	25.0cd	25.38de	10.7cde	6.83bc	12.51de	18.2d	5.19cd	27.37cd
MBS-91-8	51.2a	8.4ab	12.8a	31.7a	33.67a	15.1a	8.51a	16.36a	20.2ab	6.75a	33.07a

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% level of probability. میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ردیف، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند.

جدول۷- مقایسه میانگین صفات مختلف جو تحت تأثیر متقابل ژنوتیپ و شوری در شرایط آبکشت (هیدروپونیک)

Table 7. Mean comparison of different traits of barley as affected by interaction between genotype and salinity under hydroponic condition

Genotypes	Salinity	Plant height (cm)	Flag leaf length (mm)	Flag leaf area (cm^2)	Root length (cm)	Root fresh weight (g)	Root dry weight (g)	Root volume (cm^3)	Fresh biological yield (g)	SPAD Unit
STW-81-2	**0**	73.5a	38.3ab	40.1abcd	50.4cde	26.8ab	1.76ab	13.4ab	131.4b	39.3b-g
	12ds/m	49.2ghi	23.9hij	23.4ijk	19.0g	13.1d-h	0.93e-i	6.5efgh	24.8gh	40.0bcde
STW-81-4	**0**	67.0abc	30.3defg	30.7fgh	44.9e	10.7efgh	0.71ghi	5.9efgh	44.3fgh	40.4bcde
	12ds/m	51.8fghi	17.6k	13.3mn	21.3fg	8.1fgh	0.65hi	4.2fgh	16.9h	42.1bcd
STW-81-10	**0**	69.0ab	31.3cdef	33.0efg	31.3cde	9.1fgh	0.70ghi	4.1fgh	53.5efg	49.7a
	12ds/m	52.5fghi	20.4jk	18.5j-n	19.5fg	11.8efgh	0.95e-i	6.09efgh	25.3gh	37.2c-g
STW-82-153	**0**	67.8ab	35.3abcd	40.1abcd	49.3de	8.4fgh	0.62hi	4. 2fgh	45.8fgh	44.4abc
	12ds/m	54.3efgh	20.2jk	16.5klmn	18.2g	6.5h	0.545i	3.35h	15.9h	40.5bcde
Mehr(MBS-87-12)	**0**	72.5ab	37.3ab	39.9abcd	54.8cd	20.5bcd	1.23c-g	11.05bcd	91.0cd	38.9b-g
	12ds/m	55.2efgh	25.1hij	20.2jklm	27.5fg	10.5efgh	0.79fghi	5.7efgh	22.6gh	33.6efgh
MBS-87-16	**0**	71.7ab	39.8a	38.5bcde	51.9cde	15.6cdef	1.13d-h	7.6def	76.7cde	41.6bcd
	12ds/m	49.6ghi	23.4ij	12.5n	17.8g	9.6fgh	0.79fghi	4.6fgh	19.3h	26.5i
MBS-87-19	**0**	72.3ab	35.5abcd	42.8abc	52.7cde	15.0c-g	1.01d-h	7.3defg	72.5def	39.5b-g
	12ds/m	60.1cde	27.2fghi	27.6ghi	25.0fg	15.5c-g	1.26b-f	7.6def	39.6gh	29.3hi
ABYT-S-86-3	**0**	67.7ab	40.0a	39.0bcde	59.5bc	20.8bc	1.35bcde	10.4bcd	101.5cd	36.0d-h
	12ds/m	49.06ghi	26.0ghi	22.8jikl	29.0f	12.1efgh	0.98e-i	6.1efgh	29.4gh	32.7fghi
ESBYT-M-89-11	**0**	60.2cde	36.4abc	38.1cde	66.0ab	30.6a	2.18a	15.6a	171.2a	35.4d-h
	12ds/m	48.5hi	29.0efgh	19.9jklm	21.5fg	14.7c-g	1.35bcde	7.2d-h	46.5fgh	32.3ghi
ESBYT-M-89-18	**0**	58.9def	33.8bcde	35.4efd	49.6de	17.9cde	1. 56bc	8.9cde	94.2cd	38.8b-g
	12ds/m	45.9i	26.2fghi	16.2klmn	25.8fg	7.5gh	0.63hi	3.5gh	20.6h	33.9efgh
ESBYT-M-89-19	**0**	69.9ab	38.2ab	46.4a	69.7a	21.5bc	1.35bcde	11.0bcd	98.6cd	35.0d-h
	12ds/m	56.6efg	20.6jk	16.2lmn	17.9g	11.4efgh	0.90e-i	5.6efgh	29.9gh	37.8b-g
Khatam	**0**	69.5ab	35.7abc	32.4efg	44.0e	22.3bc	1.52bcd	13.5bc	95.0cd	39.8b-f
	12ds/m	51.6fghi	24.1fhij	24.7hij	24.3fg	11.5efgh	0.89e-i	5.8efgh	24.9gh	38.5b-g
MBS-91-8	**0**	65.6bcd	38.7ab	45.3ab	58.1bcd	26.8ab	2.13bcd	13.05ab	106.2bc	43.7abc
	12ds/m	58.5def	20.0jk	16.3lmn	18.7g	11.6efgh	0.97e-i	5.4efgh	32.0gh	44.6ab

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ردیف، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at 5 % level of probability.