دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

رتبه‌بندی لاین‌های سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) به تنش خشکی بر اساس رشد اولیه گیاهچه در شرایط آزمایشگاه

زهرا خدارحم‌پور[1] و آسیه سلطانی[2]

۱- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر، (نویسنده مسوول: zahra_khodarahm@yahoo.com)
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر
تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۲۴

چکیده

این تحقیق به‌منظور بررسی واکنش سورگوم علوفه‌ای به شرایط تنش خشکی است که در سال ۱۳۹۲ به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر اجرا گردید. فاکتور اول شامل ۱۵ لاین امید بخش سورگوم علوفه‌ای و فاکتور دوم تنش خشکی با پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ در ۵ سطح (صفر، ۳-، ۶-، ۹- و ۱۲- بار) بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که همه صفات اندازه‌گیری شده برای فاکتور لاین، تنش و اثر متقابل لاین در تنش معنی‌دار شدند. صفات درصد جوانه‌زنی (۵۷/۰۳ درصد)، طول ریشه‌چه (۷۵/۸۶ درصد)، طول ساقه‌چه (۸۰/۵۱ درصد)، شاخص بنیه بذر (۸۶/۹۰ درصد) و وزن تر گیاهچه (۴۶/۶۸ درصد) با کاهش در پتانسیل اسمزی (۱۲- بار) نسبت به شاهد کاهش نشان دادند. این در حالی است که برای صفات مذکور بیشترین مقدار در سطح شاهد مشاهده گردید. صفت متوسط زمان جوانه‌زنی (۷۶/۶۲ درصد) با کاهش در پتانسیل اسمزی (۱۲- بار) نسبت به شاهد افزایش نشان داد. با توجه به رتبه‌بندی لاین‌ها بر اساس صفات مورد مطالعه، لاین‌های KFS_9 و KFS_{10} که لاین‌های متحمل به خشکی محسوب می‌شوند بهترین امتیاز را به خود اختصاص دادند و لاین KFS_1 در پایین‌ترین رتبه از نظر تحمل به خشکی قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، تجزیه کلاستر، رتبه‌بندی، رشد گیاهچه، سورگوم علوفه‌ای

مقدمه

در سراسر دنیا یکی از مهم‌ترین عوامل غیرزیستی و محدودکننده جوانه‌زنی و نیز رشد اولیه گیاهچه‌ها، تنش خشکی است (۱۳). قابلیت دسترسی به آب و جذب آن از راه بذر، برای انجام فرآیندهای جوانه‌زنی و در پی آن رشد گیاهچه‌ها ضروری است. یکی از پیامدهای رایج ناشی از تنش خشکی، کاهش پتانسیل آب در بستر بذر می‌باشد. پتانسیل منفی بالای آب خصوصاً در مراحل اولیه جوانه‌زنی، به کاهش جذب آب از طریق دانه و مانع تداوم فرآیندهای مربوط به جوانه‌زنی منجر می‌شود (۳).

با توجه به کمبود علوفه برای تولید فرآورده‌های دامی در ایران، لازم است گیاهان علوفه‌ای با ظرفیت تولید بالا و کیفیت مطلوب کشت گردند. در این میان سورگوم علوفه‌ای از ظرفیت تولید بیشتری برخوردار بوده، گرچه زیست‌محیطی آن همانند اکثر گیاهان زراعی تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد، ولی سازگاری خوبی با شرایط اقلیم‌های مختلف دارد و با تعداد چین‌برداری و نحوه مصارف گوناگون جایگاه خاصی دارد (۸).

خالص‌رو و آقا علیخانی (۱۴) گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی صفات درصد جوانه‌زنی، بنیه بذر، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در گیاه سورگوم علوفه‌ای به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. باروئی و همکاران (۲) با بررسی اثر تنش خشکی (۰، ۳-، ۶-، ۹-، ۱۲-، ۱۵- و ۱۸- بار) بر ارقام سورگوم پیام، سپیده و کیمیا گزارش کردند که اختلاف معنی‌داری بین ارقام برای صفات سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی وجود نداشت. در حالی که تفاوت بین ارقام برای صفات طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و تعداد گیاهچه معنی‌دار بود. با افزایش شدت تنش خشکی از صفر تا ۱۸- بار کلیه صفات مورد بررسی کاهش معنی‌داری نشان دادند. سیتی آیشاه و همکاران (۱۹) با بررسی اثر تنش شوری (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) بر ارقام سورگوم علوفه‌ای (Speed feed و KFS_4) گزارش کردند که سطوح مختلف شوری اثر معنی‌داری روی صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی دارد. به علاوه تفاوت معنی‌داری در درصد جوانه‌زنی بین ارقام مشاهده شد.

در اصلاح نباتات بررسی تنوع‌ژنتیکی در گیاهان زراعی زمینه و امکان انتخاب و ایجاد ارقام متحمل به خشکی را فراهم می‌نماید. ارزیابی تحمل گیاهان به تنش‌های زیست محیطی به ویژه در خلال مرحله جوانه‌زنی و سبز شدن عامل مهمی در انتخاب آن‌ها برای کشت در شرایط مختلف می‌باشد. از آن‌جا که

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcb.8.17.245]

ارزیابی‌های معمول در شرایط مزرعه‌ای از یک سو زمان بر و از سوی دیگر تحت تأثیر عوامل غیرقابل کنترل متعددی از جمله عوامل خاکی، اقلیم و عملیات زراعی می‌باشند، بنابراین با استفاده از یک روش آزمایشگاهی تحت شرایط کنترل شده، امکان ارزیابی سریع و نسبتاً دقیق عکس‌العمل گیاهان به تنش فراهم می‌گردد. بنابراین، ارزیابی لاین‌های سورگوم در شرایط تنش‌های محیطی و به ویژه تنش خشکی و تعیین متحمل‌ترین لاین‌ها هدف این تحقیق می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۲ در آزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر اجرا گردید. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار صورت پذیرفت. فاکتور اول شامل ۱۵ لاین سورگوم علوفه‌ای (KFS_1، KFS_2، KFS_3، KFS_6، KFS_7، KFS_8، KFS_9، KFS_{10}، KFS_{11}، KFS_{12}، KFS_{13}، KFS_{15}، KFS_{16}، KFS_{17} و KFS_{18}) که از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد و فاکتور دوم تنش خشکی اعمال شده با پلی‌اتیلن‌گلایکول ۶۰۰۰ (PEG) در ۵ سطح (صفر (شاهد)، ۳-، ۶-، ۹- و ۱۲- بار) بود. پتانسیل‌های خشکی با روش فیشر (۷) تهیه گردید.

برای انجام آزمایش جوانه‌زنی بذرها از روش استاندارد جوانه‌زنی (۱۲) استفاده گردید. برای ضدعفونی بذرها از محلول هیپوکلریت سدیم ۱/۵ درصد به مدت ۳ دقیقه استفاده شد و سپس بذرها چند بار با آب مقطر شستشو داده شد. در هر پتری‌دیش ۱۵ سانتی‌متری، ۲۵ عدد بذر ضدعفونی شده روی یک کاغذ صافی واتمن قرار داده و ۷ میلی‌لیتر آب مقطر به محیط پتری‌دیش اضافه شد. برای ضدعفونی پتری‌دیش و کاغذ صافی، این وسایل به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس تیمارهای خشکی اعمال گردید. به منظور اندازه‌گیری جوانه‌زنی بذور بعد از قرار دادن بذرها در پتری‌دیش و اعمال تنش خشکی بر آنها، از روز دوم، هر روز تا روز هفتم تعداد بذور جوانه زده شمارش شدند. در این آزمایش صفات زیر مورد بررسی قرار گرفت:

الف- درصد جوانه‌زنی بر اساس فرمول زیر محاسبه گردید (۱۸):

۱) درصد جوانه‌زنی = (تعداد بذور جوانه‌زده در دوره آزمایش / کل بذور کاشته‌شده) ×۱۰۰

ب- متوسط زمان جوانه‌زنی مطابق فرمول زیر محاسبه گردید (۶):

$$MGT = \frac{\sum nt}{\sum n} \qquad (۲$$

MGT: متوسط زمان جوانه‌زنی

n: تعداد بذور جدید که در زمان t جوانه زده‌اند

t: روزها یا ساعات بعد از کاشت

ج- شاخص بنیه بذر با استفاده از فرمول زیر برآورد گردید (۱):

$$Vi = \frac{\%Gr \times MSH}{100} \qquad (۳$$

Vi: شاخص بنیه بذر

%Gr: درصد جوانه‌زنی

MSH: میانگین طولی گیاهچه (ریشه‌چه و ساقه‌چه)

د- طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه بر اساس میانگین از ۳ گیاهچه با کمک خط کش اندازه‌گیری شد. متوسط وزن تر گیاهچه با نمونه‌برداری از سه گیاهچه شاخص در هر پتری‌دیش به وسیله ترازو و با دقت میلی‌گرم اندازه‌گیری شد. سپس هر گیاهچه را به‌منظور اندازه‌گیری وزن خشک در فویل آلومینیومی پیچانده و در دستگاه آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده و پس از آن با ترازو وزن شدند.

روی داده‌های خام درصد جوانه‌زنی تبدیل آرک سینوس اعمال گردید. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال یک درصد با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و تجزیه کلاستر با استفاده از نرم‌افزار Minitab ۱۶ انجام گرفت. برای رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس کلیه صفات مطالعه شده مشابه با روش سرمدنیا و همکاران (۱۷) به این صورت عمل شد که به گروهی که در آزمون دانکن حرف a گرفتند رتبه ۱، به گروه ab رتبه ۱/۵، به گروه abc رتبه ۱/۶۶، به گروه abcd رتبه ۱/۷۵ و به گروه b رتبه ۲ و تا انتها به همین شکل تعلق گرفت. سپس رتبه‌ها با یک‌دیگر جمع و در نهایت رتبه نهایی هر ژنوتیپ تعیین شد. بر این اساس رتبه کمتر نشان‌گر تحمل بیشتر ژنوتیپ به شرایط خشکی است.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج مندرج در جدول ۱، همه صفات اندازه‌گیری شده برای فاکتور لاین، تنش و لاین در تنش در سطح احتمال یک درصد و اما فاکتور اثر متقابل لاین در تنش خشکی برای صفت وزن تر گیاهچه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد.

درصد جوانه‌زنی

نتایج نشان داد سطح شاهد با ۶۲/۲۸ درصد جوانه‌زنی، بیشترین میزان جوانه‌زنی و سطح ۱۲- بار با ۳۵/۵۲ درصد کمترین میزان جوانه‌زنی را نشان دادند. با کاهش پتانسیل اسمزی در سطح ۱۲- بار درصد جوانه‌زنی به میزان ۵۷/۰۳ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۲).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.18869/acadpub.jcb.8.17.245]

جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین مربعات تأثیر تنش خشکی بر جوانه‌زنی و خصوصیات گیاهچه لاین‌های سورگوم علوفه‌ای

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز)	طول ریشه‌چه (cm)	طول ساقه‌چه (cm)	شاخص بنیه بذر	وزن تر گیاهچه (mg)	وزن خشک گیاهچه (mg)
تنش خشکی	۴	۵۲۸۲/۴۹**	۱/۵۲۲**	۴۸۳/۵۹۱**	۳۸/۹۲۵**	۳۸۰/۳۳۱**	۷۹۲۱۱/۶۱۱**	۸۷۷۴/۲۲۹**
لاین	۱۴	۱۵۱۳/۱۲**	۱/۴۵۴**	۵۶/۴۲۳**	۰/۸۳۵**	۴۵/۳۹۷**	۵۲۷۲/۳۲۴**	۱۵۰۵/۱۰۳**
لاین × تنش خشکی	۵۶	۱۷۹/۸۹**	۰/۱۷۵**	۱۹/۰۵۸**	۰/۷۲۸**	۱۰/۶۳۳**	۳۳۶۸/۴۴۷*	۴۷۶/۵۰۷**
خطا	۱۵۰	۱۵/۶۲	۰/۰۰۶	۰/۱۴۳	۰/۰۰۷	۰/۰۴۸	۰/۰۰۹	۱۴/۶۶۲
درصد ضریب تغییرات		۸/۰	۴/۸	۶/۷	۴/۸	۵/۴	۰/۰۹	۶/۷

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

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات اصلی تنش خشکی بر جوانه‌زنی و خصوصیات گیاهچه لاین‌های سورگوم علوفه‌ای

تنش خشکی (Bar)	درصد جوانه‌زنی	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز)	طول ریشه‌چه (cm)	طول ساقه‌چه (cm)	شاخص بنیه بذر	وزن تر گیاهچه (mg)	وزن خشک گیاهچه (mg)
۰	۶۲/۲۸^{a}	۱/۴۶۳^{d}	۹/۷۰۹^{a}	۲/۹۶۷^{a}	۷/۹۲۱^{a}	۱۵۲/۹^{a}	۴۵/۱۶^{e}
-۳	۵۵/۶۶^{b}	۱/۴۷۲^{c}	۸/۰۸۰^{b}	۲/۱۹۲^{b}	۵/۹۰۰^{b}	۱۳۱/۳^{b}	۵۸/۵۸^{cd}
-۶	۵۲/۴۱^{c}	۱/۵۸۰^{c}	۵/۲۸۴^{c}	۱/۸۱۴^{c}	۳/۹۸۷^{c}	۱۰۷/۰^{c}	۶۰/۲۷^{bc}
-۹	۴۱/۴۷^{d}	۱/۶۸۹^{b}	۲/۵۷۳^{d}	۱/۱۱۰^{d}	۱/۵۳۵^{d}	۷۲/۶۴^{d}	۶۲/۹۱^{a}
-۱۲	۳۵/۵۲^{e}	۱/۹۰۷^{a}	۲/۳۴۴^{d}	۰/۵۷۸۲^{e}	۱/۰۳۸^{e}	۸۱/۵۳^{d}	۵۶/۸۴^{d}
مقدار تغییرات	-۵۷/۰۳	۷۶/۶۲	-۷۵/۸۶	-۸۰/۵۱	-۸۶/۹۰	-۴۶/۶۸	-

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند فاقد تفاوت آماری براساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد می‌باشند.

نتایج مقایسات میانگین لاین‌ها نشان داد که رقم KFS_9 (۶۵/۳۰ درصد) بیشترین و لاین KFS_{18} (۳۱/۲۱ درصد) کمترین درصد جوانه‌زنی را به خود اختصاص دادند (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی لاین‌های سورگوم علوفه‌ای بر جوانه‌زنی و خصوصیات گیاهچه در شرایط تنش خشکی

لاین	درصد جوانه‌زنی	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز)	طول ریشه‌چه (cm)	طول ساقه‌چه (cm)	شاخص بنیه بذر	وزن تر گیاهچه (mg)	وزن خشک گیاهچه (mg)
KFS_1	۴۰/۱۱^{gh}	۲/۰۷۶^{a}	۴/۲۱۱^{f}	۱/۰۳۹^{d}	۲/۳۵۰^{ef}	۶۴/۸۷^{c}	۵۹/۲۷^{f}
KFS_2	۵۱/۲۹^{de}	۲/۱۷۱^{a}	۶/۶۸۵^{cd}	۱/۷۶۴^{abc}	۴/۹۰۱^{bc}	۹۴/۶۷^{bc}	۶۶/۲۰^{cdef}
KFS_3	۴۷/۳۲^{ef}	۱/۸۸۳^{b}	۴/۶۸۶^{ef}	۱/۶۱۵^{c}	۳/۲۶۱^{de}	۱۲۰/۱^{ab}	۶۵/۸۷^{cdef}
KFS_6	۵۹/۳۹^{bc}	۱/۴۸۳^{def}	۵/۹۸۳^{de}	۱/۶۱۲^{c}	۴/۹۴۹^{b}	۹۲/۲۰^{bc}	۶۳/۵۳^{def}
KFS_7	۵۴/۹۸^{cd}	۱/۴۳۱^{er}	۴/۶۹۲^{er}	۱/۷۳۸^{abc}	۳/۹۲۸^{cd}	۱۴۱/۲^{a}	۶۸/۲۰^{bcde}
KFS_8	۴۸/۴۲^{ef}	۱/۴۲۳^{ef}	۶/۷۵۳^{cd}	۱/۹۲۱^{abc}	۴/۸۸۵^{bc}	۱۲۶/۹^{ab}	۷۳/۱۳^{abc}
KFS_9	۶۵/۳۰^{a}	۱/۲۹۹^{fg}	۹/۲۹۵^{a}	۱/۷۸۳^{abc}	۷/۷۹۰^{a}	۱۰۳/۶^{abc}	۶۸/۸۰^{ae}
KFS_{10}	۶۲/۶۹^{ab}	۱/۱۷۱^{g}	۸/۳۵۹^{ab}	۱/۶۱۵^{c}	۶/۹۶۲^{a}	۱۱۷/۱^{ab}	۷۶/۶۷^{ab}
KFS_{11}	۵۲/۰۱^{de}	۱/۳۷۷^{er}	۷/۷۸۴^{bc}	۱/۹۵۰^{ab}	۵/۲۲۸^{b}	۱۰۹/۷^{ab}	۷۱/۰۰^{abcd}
KFS_{12}	۶۰/۱۸^{abc}	۱/۲۹۳^{fg}	۶/۰۶۳^{de}	۱/۹۷۹^{a}	۴/۲۹۷^{bc}	۱۰۵/۷^{ab}	۷۷/۳۳^{a}
KFS_{13}	۴۹/۲۹^{ef}	۱/۵۳۷^{cde}	۳/۶۸۹^{fg}	۱/۷۹۶^{abc}	۲/۸۹۷^{ef}	۹۴/۴۷^{bc}	۴۷/۴۷^{g}
KFS_{15}	۴۰/۳۸^{gh}	۱/۶۸۰^{c}	۲/۵۶۹^{g}	۱/۷۴۱^{abc}	۲/۰۲۸^{f}	۹۱/۶۰^{bc}	۴۵/۲۷^{g}
KFS_{16}	۴۳/۸۶^{fg}	۱/۶۵۲^{cd}	۴/۵۲۲^{er}	۱/۷۴۱^{abc}	۳/۰۸۰^{de}	۸۷/۱۳^{bc}	۴۸/۹۳^{g}
KFS_{17}	۳۵/۶۰^{hi}	۱/۹۹۸^{ab}	۴/۴۹۷^{et}	۲/۰۴۵^{a}	۲/۵۹۱^{et}	۹۴/۵۳^{bc}	۶۱/۳۳^{et}
KFS_{18}	۳۱/۲۱^{i}	۱/۸۶۱^{b}	۴/۱۰۴^{f}	۱/۶۴۳^{bc}	۱/۹۹۵^{f}	۸۹/۲۷^{bc}	۶۱/۵۳^{et}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند فاقد تفاوت آماری براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشند.

بیشترین درصد جوانه‌زنی در سطح خشکی ۱۲- بار مربوط به لاین‌های KFS_9 و KFS_{12} بود. در صورتی که لاین KFS_{17} در سطح خشکی ۱۲- بار نسبت به لاین‌های دیگر کمترین درصد جوانه‌زنی را به خود اختصاص داد (جدول ۴). عکس العمل متفاوت درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی را می‌توان به عوامل مختلفی از جمله تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌ها در خصوص کاهش جذب آب در ژنوتیپ‌های حساس نسبت داد. تنش خشکی با محدود کردن جذب آب از طریق بذر، تأثیر بر حرکت و انتقال ذخایر بذر و یا با تأثیر مستقیم بر ساختمان و سنتز پروتئین در جنین، جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۵). پلی‌اتیلن‌گلایکول با ایجاد تنش خشکی باعث کاهش هیدرولیز مواد اندوخته‌ای دانه و در نتیجه کاهش درصد جوانه‌زنی می‌شود (۱۰). به‌طور کلی کاهش درصد جوانه‌زنی لاین‌های سورگوم علوفه‌ای در شرایط تنش خشکی بیانگر حساسیت این ارقام به خشکی می‌باشد.

متوسط زمان جوانه‌زنی

بیشترین متوسط زمان جوانه‌زنی در شرایط خشکی در سطح ۱۲- بار (۱/۹۱ روز) و کمترین آن در سطح

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.18869/acadpub.jcb.8.17.245]

شاهد (۱/۴۶ روز) مشاهده گردید. با کاهش پتانسیل اسمزی در سطح ۱۲- بار این صفت به میزان ۷۶/۶۲ درصد افزایش یافت (جدول ۲). بیشترین متوسط زمان جوانه‌زنی متعلق به لاین‌های KFS_1 (۲/۱ روز) و KFS_2 (۲/۲ روز) و کمترین آن متعلق به KFS_{10} (۱/۲ روز) بود (جدول ۳). این در حالی است که لاین KFS_1 کمترین درصد جوانه‌زنی و لاین KFS_{10} بیشترین درصد جوانه‌زنی را نشان دادند. بیشترین متوسط زمان جوانه‌زنی در سطح خشکی ۱۲- بار مربوط به لاین KFS_1 و کمترین متعلق به KFS_{10} بود (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین لاین‌های سورگوم علوفه‌ای بر جوانه‌زنی و خصوصیات گیاهچه در سطح خشکی ۱۲- بار

لاین	درصد جوانه‌زنی	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز)	طول ریشه‌چه (cm)	طول ساقه‌چه (cm)	شاخص بنیه بذر	وزن تر گیاهچه (mg)	وزن خشک گیاهچه (mg)
KFS_1	۲۷/۸۴^{bcd}	۲/۸۲۳^{a}	۲/۰۰۰^{bcd}	۰/۰۵۳۳۳^{f}	۰/۵۸۰۰^{bc}	۳۰/۰۰^{f}	۷۰/۶۷^{efg}
KFS_2	۲۹/۶۲^{bcd}	۲/۶۳۳^{ab}	۲/۵۰۰^{bc}	۰/۰۶۶۶۷^{f}	۰/۷۵۰۰^{bc}	۵۴/۳۳^{cde}	۹۰/۶۷^{bcd}
KFS_3	۳۴/۳۸^{bcd}	۲/۴۳۳^{bc}	۲/۶۰۰^{bc}	۰/۲۳۰۰^{ef}	۰/۹۷۶۷^{bc}	۴۵/۰۰^{ef}	۵۶/۳۳^{g}
KFS_6	۴۱/۷۵^{abc}	۱/۵۷۰^{f}	۲/۲۴۷^{bcd}	۰/۱۶۳۳^{ef}	۱/۰۱۳^{bc}	۶۶/۶۷^{abc}	۹۲/۰۰^{bc}
KFS_7	۳۹/۱۹^{abc}	۱/۷۴۳^{ef}	۲/۱۱۳^{bcd}	۰/۴۳۳۳^{def}	۱/۰۳۳^{bc}	۷۶/۶۷^{ab}	۹۰/۳۳^{bcd}
KFS_8	۳۷/۴۸ ^{abcd}	۱/۶۶۳^{ef}	۱/۲۳۰^{cd}	۰/۰۳۰۰۰^{f}	۰/۴۷۰۰^{c}	۵۳/۰۰^{cde}	۱۰۲/۰^{ab}
KFS_9	۵۴/۳۰^{a}	۱/۵۸۳^{f}	۲/۳۱۰^{bcd}	۰/۰۶۳۳۳^{f}	۱/۲۵۳^{bc}	۴۶/۶۷^{def}	۷۲/۶۷^{defg}
KFS_{10}	۴۳/۳۴^{ab}	۱/۱۶۳^{g}	۲/۸۰۰^{b}	۰/۰۳۰۰۰^{f}	۱/۳۲۳^{b}	۴۷/۰۰^{def}	۹۲/۶۷^{abc}
KFS_{11}	۳۰/۵۰^{bcd}	۱/۵۹۰^{f}	۱/۰۰۰^{d}	۱/۴۳۰^{ab}	۰/۷۴۰۰^{bc}	۴۳/۰۰^{ef}	۶۶/۰۰^{fg}
KFS_{12}	۵۴/۴۷^{a}	۱/۳۶۰^{fg}	۲/۸۰۰^{b}	۱/۷۰۰^{a}	۲/۴۵۰^{a}	۶۰/۰۰^{bcde}	۱۱۰/۰^{a}
KFS_{13}	۳۷/۹۹^{abcd}	۱/۷۱۰^{ef}	۱/۷۷۷^{bcd}	۰/۸۰۳۳^{cd}	۰/۹۷۶۷^{bc}	۸۱/۳۳^{a}	۶۴/۰۰^{fg}
KFS_{15}	۳۲/۳۴^{bcd}	۲/۰۰۰^{de}	۲/۵۱۰^{bc}	۱/۱۶۷^{bc}	۱/۱۵۳^{bc}	۶۳/۳۳^{bcd}	۵۹/۳۳^{g}
KFS_{16}	۲۳/۷۹^{cd}	۱/۵۶۳^{f}	۲/۳۳۳^{bcd}	۰/۶۴۳۳^{cde}	۰/۷۲۳۳^{bc}	۶۰/۰۰^{bcde}	۸۴/۶۷^{bcde}
KFS_{17}	۱۹/۷۳^{d}	۲/۵۸۳^{ab}	۲/۸۳۳^{b}	۰/۸۷۰۰^{cd}	۰/۷۸۰۰^{bc}	۶۰/۰۰^{bcde}	۸۹/۶۷^{bcd}
KFS_{18}	۲۶/۱۲^{bcd}	۲/۱۸۳^{cd}	۴/۱۱۰^{a}	۰/۹۹۰۰^{bc}	۱/۳۴۰^{b}	۶۵/۶۷^{abc}	۸۲/۰۰^{cdef}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند فاقد تفاوت آماری براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشند.

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه

طول ریشه‌چه در شرایط خشکی کاهش یافت به این ترتیب که بیشترین طول ریشه‌چه به شاهد (۹/۷۱ سانتی‌متر) اختصاص یافت. با کاهش پتانسیل اسمزی در سطح ۱۲- بار طول ریشه‌چه به میزان ۷۵/۸۶ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۲). بیشترین طول ریشه‌چه در شرایط خشکی متعلق به لاین KFS_9 (۹/۳۰ سانتی‌متر) بود (جدول ۳). در سطح ۱۲- بار لاین KFS_{18} بیشترین و لاین KFS_{11} کمترین طول ریشه‌چه را نشان دادند (جدول ۴). اسمیکالیس و همکاران (۲۰) به این نتیجه رسیدند که محدود شدن تحرک ذخایر بذر در اثر کاهش پتانسیل آب سبب کاهش طول ریشه‌چه می‌شود. بیشترین طول ساقه‌چه (۲/۹۷ سانتی‌متر) به سطح شاهد اختصاص یافت. با کاهش پتانسیل اسمزی در سطح ۱۲- بار طول ساقه‌چه به میزان ۸۰/۵۱ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۲). بیشترین طول ساقه‌چه (جدول ۳) متعلق به لاین‌های KFS_{12} (۱/۹۸ سانتی‌متر) و KFS_{17} (۲/۰۵ سانتی‌متر) بود. بیشترین طول ساقه‌چه در خشکی ۱۲- بار به لاین KFS_{12} و کمترین آن در سطح ۱۲- بار متعلق به لاین‌های، KFS_1، KFS_2، KFS_8، KFS_9 و KFS_{10} مشاهده شد (جدول ۴).

بررسی لاین‌ها نشان می‌دهد که لاین‌های دارای طول ریشه‌چه بیشتر دارای درصد جوانه‌زنی بیشتری هستند و این بیان‌گر آن است که این صفت برای تعیین ارقام متحمل به خشکی دارای اهمیت زیادی می‌باشد. به‌نظر می‌رسد از آنجا که، ارقام دارای طول ریشه‌چه بیشتر درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بیشتر هستند (جدول ۳) و نیز لاین‌های مختلف برای تطابق بیشتر با شرایط تنش رطوبتی مقدار بیشتری ماده غذایی به ریشه اختصاص داده و از این طریق سطح تماس بیشتری برای جذب آب و در نهایت مقاومت بیشتر به تنش رطوبتی ایجاد می‌کنند بنابراین سورگوم در مواجه با تنش خشکی بیشتر به توسعه ریشه‌چه نسبت به ساقه‌چه می‌پردازد. بنابراین بررسی این صفت برای تعیین ارقام متحمل به خشکی دارای اهمیت زیادی می‌باشد. در شرایط تنش مقدار پروتئین‌های دیواره سلولی که در طویل شدن و رشد سلول نقش دارند کاهش یافته و در عوض بعضی از ترکیبات پکتینی که سبب نرم شدن دیواره سلول می‌شوند افزایش می‌یابند (۱۰).

شاخص بنیه بذر

در میان سطوح تنش خشکی شاخص بنیه بذر (۷/۹۲۱) به سطح شاهد اختصاص یافت و با کاهش پتانسیل اسمزی در سطح ۱۲- بار شاخص بنیه بذر به میزان ۸۶/۹۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۲). هم‌چنین لاین‌های KFS_9 (۷/۷۹) و KFS_{10} (۶/۹۲) بیشترین شاخص بنیه بذر را نشان دادند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.18869/acadpub.jcb.8.17.245]

کمترین شاخص بنیه بذر در شرایط خشکی (جدول ۳) به لاین‌های KFS_{15} و KFS_{18} اختصاص یافت. بیشترین شاخص بنیه بذر در خشکی ۱۲- بار به لاین KFS_{12} اختصاص یافت (جدول ۴). کاهش بنیه بذر در شرایط تنش خشکی در سورگوم و ارزن (۱۴) گزارش شده است. پایین بودن بنیه بذر ممکن است به دو طریق بر زیست‌محیطی اثر بگذارد، اول آن که درصد گیاهچه‌های سبز شده کمتر از حد مورد انتظار شده و در نتیجه تراکم گیاهی به کمتر از حد معمول می‌رسد، دوم آنکه ممکن است سرعت رشد گیاهچه در چنین گیاهانی کمتر از سرعت رشد گیاهان حاصل از بذر قوی باشد (۹).

وزن تر و خشک گیاهچه

بیشترین وزن تر گیاهچه (۱۵۲/۹ میلی‌گرم) به شاهد اختصاص یافت. با کاهش پتانسیل اسمزی در سطح ۱۲- بار وزن تر گیاهچه به میزان ۴۶/۶۸ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۲). بیشترین وزن تر گیاهچه در شرایط خشکی به لاین KFS_7 (۱۴۱/۲ میلی‌گرم) اختصاص یافت (جدول ۳). کمترین وزن تر گیاهچه در شرایط خشکی ۸- بار به KFS_1 و بیشترین وزن تر گیاهچه به لاین KFS_{13} اختصاص یافت (جدول ۴). بیشترین وزن خشک گیاهچه به سطوح ۶- (۶۰/۲۷ میلی‌گرم) و ۹- (۶۲/۹۱ میلی‌گرم) و کمترین آن به سطح شاهد (۴۵/۱۶ میلی‌گرم) اختصاص یافت. با کاهش پتانسیل اسمزی وزن خشک گیاهچه روند مشخصی نداشت (جدول ۲). بیشترین وزن خشک گیاهچه به KFS_{12} (۷۷/۳۳ میلی‌گرم) اختصاص یافت.

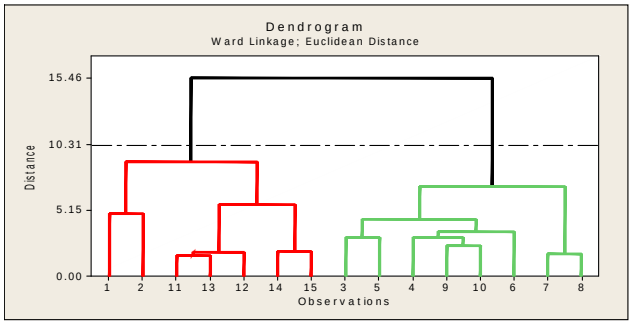
اما کمترین وزن خشک گیاهچه متعلق به لاین‌های KFS_{13}، KFS_{15} و KFS_{16} بود (جدول ۳). بیشترین وزن خشک گیاهچه در سطح خشکی ۱۲- بار مربوط به لاین KFS_{12} بود (جدول ۴). خالص‌رو و آقاعلیخانی (۱۴) گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی صفات درصد جوانه‌زنی، بنیه بذر، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در گیاه سورگوم علوفه‌ای به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.

تجزیه کلاستر

تجزیه کلاستر بر اساس ۸ صفت مورد مطالعه در شرایط تنش خشکی (شکل ۱) باعث تشکیل دو کلاستر شد. لاین‌های KFS_1، KFS_{13}، KFS_{15}، KFS_{16}، KFS_{17} و KFS18 در اولین کلاستر و لاین‌های KFS_2، KFS_3، KFS_6، KFS_7، KFS_8، KFS_9، KFS_{10}، KFS_{11}، KFS_{12} در کلاستر دوم قرار گرفتند.

رتبه‌بندی لاین‌ها

لاین‌های مورد استفاده در آزمایش بر اساس پارامترهای مربوط به جوانه‌زنی از نظر تحمل به خشکی رتبه‌بندی شدند. در این روش عدد کوچک‌تر بیان‌گر رتبه بالاتر می‌باشد (۱۷). رتبه‌بندی لاین‌ها در شرایط تنش خشکی (جدول ۵) نشان داد که در مجموع صفات مورد مطالعه، لاین‌های KFS_9 و KFS_{10} با کسب رتبه ۱۰/۸۵ و ۱۱ به‌ترتیب کمترین امتیاز را به خود اختصاص دادند و بنابراین متحمل به خشکی و لاین KFS_1 با کسب رتبه ۳۹ با بیشترین امتیاز حساس به خشکی می‌باشند.



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر لاین‌های سورگوم علوفه‌ای در شرایط تنش خشکی بر اساس کلیه صفات
1: KFS_1, 2:KFS_2, 3:KFS_3, 4: KFS_6, 5: KFS_7, 6: KFS_8, 7: KFS_9, 8: KFS_{10}, 9: KFS_{11}, 10: KFS_{12}, 11: KFS_{13}, 12: KFS_{15}, 13: KFS_{16}, 14: KFS_{17}, 15: KFS_{18}

نتایج بیان‌گر آن است که جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه در شرایط تنش خشکی به شدت کاهش یافت. به طوری که صفات درصد جوانه‌زنی (۵۷/۰۳٪)، طول ریشه‌چه (۷۵/۸۶٪)، طول ساقه‌چه (۸۰/۵۱٪)، شاخص بنیه بذر (۸۶/۹۰٪) و وزن تر گیاهچه (۴۶/۶۸٪) با کاهش در پتانسیل اسمزی (۱۲- بار) نسبت به شاهد کاهش نشان دادند. این در حالی است که برای صفات مذکور بیشترین مقدار در سطح شاهد مشاهده گردید. صفت متوسط زمان جوانه‌زنی (۷۶/۶۲٪) با کاهش در پتانسیل اسمزی (۱۲- بار) نسبت به شاهد افزایش نشان داد. تجزیه کلاستر لاین‌ها را به دو گروه تقسیم کرد به طوری که لاین‌های KFS_1، KFS_{13}، KFS_{15}، KFS_{16}، KFS_{17} و KFS_{18} در اولین کلاستر و لاین‌های KFS_2، KFS_3، KFS_6، KFS_7، KFS_8، KFS_9، KFS_{10}، KFS_{11}،

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcb.8.17.245]

KFS_{12} در کلاستر دوم قرار گرفتند. با توجه به رتبه‌بندی لاین‌ها، لاین‌های کلاستر دوم با کسب رتبه ۱۵۳/۶ دارای تحمل بیشتری به تنش خشکی در مقایسه با لاین‌های کلاستر اول با رتبه ۲۲۶/۵۵ هستند. نتایج نشان داد که لاین‌های KFS_9 و KFS_{10} بیشترین درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و شاخص بنیه بذر و کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی را نشان دادند. هم‌چنین در رتبه‌بندی لاین‌ها حائز کمترین امتیاز شده و متعلق به کلاستر دوم می‌باشند.

جدول ۵- رتبه‌بندی لاین‌های سورگوم علوفه‌ای بر اساس صفات مختلف در شرایط تنش خشکی و رتبه‌ی نهایی حاصل از آنها

لاین	درصد جوانه‌زنی	متوسط زمان جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	شاخص بنیه بذر	وزن تر گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	رتبه نهایی
KFS_1	۷/۵	۷	۶	۴	۵/۵	۳	۶	۳۹
KFS_2	۴/۵	۷	۳/۵	۱/۷۵	۲/۵	۲/۵	۳/۸	۲۵/۵۵
KFS_3	۵/۵	۶	۵/۵	۳	۴/۵	۱/۵	۳/۸	۲۹/۸
KFS_6	۲/۵	۲/۷۵	۴/۵	۳	۲	۲/۵	۴/۷۵	۲۲
KFS_7	۳/۵	۲/۵	۵/۵	۱/۷۵	۳/۵	۱	۲/۸	۲۰/۵۵
KFS_8	۵/۵	۲/۵	۳/۵	۱/۷۵	۲/۵	۱/۵	۱/۷۵	۲۹
KFS_9	۱	۱/۵	۱	۱/۷۵	۱	۱/۷۵	۱/۸۵	۱۰/۸۵
KFS_{10}	۱/۵	۱	۱/۵	۳	۱	۱/۵	۱/۵	۱۱
KFS_{11}	۴/۵	۲/۵	۲/۵	۱/۵	۲	۱/۵	۱/۸	۱۶/۳۰
KFS_{12}	۱/۶۶	۱/۵	۴/۵	۱	۲/۵	۱/۵	۱	۱۴/۱
KFS_{13}	۵/۵	۳/۷۵	۶/۵	۱/۷۵	۵/۵	۲/۵	۷	۲۷
KFS_{15}	۷/۵	۵	۷	۱/۷۵	۶	۲/۵	۷	۳۰/۲۵
KFS_{16}	۶/۵	۴/۵	۵/۵	۱/۷۵	۴/۵	۲/۵	۷	۳۲/۲۵
KFS_{17}	۸/۵	۶/۵	۵/۵	۱	۵/۵	۲/۵	۵/۵	۳۵
KFS_{18}	۹	۶	۶	۲/۵	۶	۲/۵	۵/۵	۳۷/۵

بنابراین، این لاین‌ها واکنش مطلوب‌تری را در مقابله با تنش خشکی در مقایسه با سایر لاین‌های مورد بررسی نشان دادند و نسبت به لاین‌های کلاستر دوم تحمل بیشتری به خشکی دارند. با توجه به اهمیت موضوع خشکی در منطقه خوزستان و نیز حفظ و گسترش کشت این گیاه علوفه‌ای ارزشمند و به لحاظ این که تاکنون در منطقه روی این لاین‌ها اثر خشکی مورد بررسی قرار نگرفته است، پژوهش حاضر می‌تواند گام اولیه در این زمینه باشد. مطالعات بیشتر از جمله ارزیابی واکنش لاین‌هایی که در این مرحله شاخص‌های جوانه‌زنی مناسب داشتند، در سایر مراحل رشدی از جمله مرحله سبز شدن احتمالاً سبب تسهیل به‌گزینی لاین‌های متحمل به تنش خشکی در ژرم‌پلاسم سورگوم علوفه‌ای خواهد شد. بنابراین، برای تحقیقات تکمیلی لاین‌های KFS_9 و KFS_{10} توصیه می‌شود.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.18869/acadpub.jcb.8.17.245]

منابع

1. Abdul-baki, A.A. and J.D. Anderson. 1975. Vigour determination in soybean seed by multiple criteria. Crop Science, 13: 630-633.
2. Baroei, Z., A.R. Nakhforosh and B. Behbodifard. 2010. Study of tolerance to drought stress in sorghum cultivars in germination stage. 11th crop Science Congress. Shahid Beheshti University, Tehran, Iran (In Persian).
3. Boydak, M., H. Dirik, F. Tilki and M. Calikoglu. 2003. Effects of water stress on germination in six provenances of *Pinus brutia* seeds from different bioclimatic zones in Turkey. Turkish Journal of Agriculture, 27: 91-97.
4. Chauhan, R.R., R. Chaudhary, A. Singh and P.K. Singh. 2012. Salt tolerance of *Sorghum bicolor* cultivars during germination and seedling growth. Research Journal of Recent Sciences, 1: 1-10.
5. Dodd, G.L. and L.A. Donovan. 1999. Water potential and ionic effects on germination and seedling growth of two cold desert shrubs. American Journal of Botany, 86: 1146-1153.
6. Ellis, R.A. and E.H. Roberts. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology, 9: 373-409.
7. Fisher, D. 1985. *In situ* measurement of plant water potentials by equilibration with microdroplets of polyethylene glycol 8000. Plant Physiology, 79: 270-273.
8. Fouman, A. 2010. Agronomy and breeding of sorghum. Seed and Plant Improvement Institute Press, 129 pp.
9. Ghassemi Golezani, K., A. Soltani and A. Atashi. 1997. The effect of water limitation in the field on seed quality of maize and sorghum. Seed Sience and Technology, 25: 321-323.
10. Iraki, S.N., R.A. Bressan and N.C. Carpita. 1989. Cell walls of tobacco cells and changes in composition associated with reduced growth upon adaptation to water and saline stress. Plant Physiology, 91: 48-53.
11. IranNejad, K.H. and N. Shahbaziyan. 2004. Crops resistance to environmental stresses. Kareno Press.
12. ISTA (International Seed Testing Association). 1996. International rules for seed testing rules. Seed Science and Technology. 24, Supplement, 155-202.
13. Kaya, M.D., G. Okcu, M. Atak, Y. Cıkılı and O. Kolsarıcı. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal of Agronomy, 24: 291-295.
14. Khalesro, S.H. and M. Aghaalikhani. 2007. Effect of salinity and water deficit stress on seed germination. Research and Creativity. 77: 153-163.
15. Kotowski, F. 1926. Temperature relation to germination of vegetable seeds. Proceeding American Society of Horticulture Science, 23: 176-184.
16. Marchner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press.
17. Sarmadnia, Gh., H. Tavakoliand and A. Ghorbani. 1989. Study of resistance to drought different clones of dry land wheat in germination stage. 1th cogress researchs and study dry land problems in Iran. Ferdosi Mashhad University. 57-80 pp.
18. Scott, S.J., R.A. Jones and W.A. Williams. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Science, 24: 1192-1199.
19. Sitiaishah, H., A.R. Saberi, R.A. Halim and A.R. Zaharah. 2010. Salinity effects on germination of forage sorghums. Journal of Agronomy, 9: 169-174.
20. Smieikalis, K.D., R.E. Mullen, R.E. Carslon and A.D. Knapp.1989. Drought-induced stress effects on soybean seed calcium and quality. Crop Science, 29: 1519-1523.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.18869/acadpub.jcb.8.17.245]

Ranking Forage Sorghum Lines (*Sorghum bicolor* L.) to Drought Stress Basis Seedling Growth in Laboratory Condition

Zahra Khodarahmpour[1] and Asieh Soltani[2]

1- Assistant Professor, Islamic Azad University, Shoushtar Branch
(Corresponding author: Zahra_khodarahm@yahoo.com)
2- Graduated M.Sc., Islamic Azad University, Shoushtar Branch
Received: December 27, 2013 Accepted: September 15, 2014

Abstract

In order to identification of tolerant lines of sorghum to drought stress, an experiment was conducted at Seed Laboratory, Islamic Azad University, and Shoushtar Branch, Iran in 2013. This investigation was performed as factorial experiment under Completely Randomized Design (CRD) with three replications. First factor had fifteen levels of promising forage sorghum lines and the second factor had five salinity levels (0, -3, -6, -9 and -12 bar) of PEG 6000. Analysis of variance showed significant effects of line, salinity and interaction for all of traits. Results indicated that germination percentage (57.03%), length of radicle (75.86%), length of plumule (80.51%), seed vigour index (86.90%) and fresh weight of seedling (46.68%) were decreased by decrease in osmotic potential (-12 bar) whereas the best performance was obtained from seedlings germinated in disstilled water (control treatment). The mean germination time (76.62%) increased with decrease in the osmotic potential in PEG 6000 solution (-12 bar With attention to lines ranking basis studied traits, lines KFS_9 and KFS_{10} as the tolerant to drought to own specified the best score and line KFS_1 had the lowest score to drought tolerance.

Keywords: Drought Stress, Ranking, Seedling Growth, Sorghum

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.18869/acadpub.jcb.8.17.245]