مطالعه واکنش جوانه‌زنی لاین‌های سورگوم علوفه‌ای به تغییرات دما

زهرا خدارحم‌پور*

استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.

* نویسنده مسئول: Zahra_khodarahm@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۷/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۹/۲۶

چکیده

پیش‌بینی زمان جوانه‌زنی یکی از مهم‌ترین اهداف محققان بذر است. بنابراین، به منظور ارزیابی دماهای کاردینال و بررسی واکنش لاین‌های امید بخش سورگوم علوفه‌ای به دما، این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار، ۱۵ لاین سورگوم علوفه‌ای و نه دمای ثابت ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که مؤلفه‌های جوانه‌زنی مورد بررسی برای فاکتور لاین، دما و برهمکنش لاین در دما معنی‌دار شدند. بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی در دماهای ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد و بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی و کم‌ترین مدت زمان تا ۹۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی (D_{95}) در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد. با افت دما از ۴۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب سرعت جوانه‌زنی و D95 به تدریج کاهش و افزایش یافتند. دمای پایه‌ی (T_b) لاین‌های سورگوم علوفه‌ای از ۹/۳۶ (KFS_{11}) تا ۱۴/۲۸ (KFS_2) درجه سانتی‌گراد، دمای بهینه (T_o) از ۲۳ (KFS_2) تا ۳۷/۲ (KFS_{11}) درجه سانتی‌گراد و دمای بیشینه (T_c) از ۴۰/۷ (KFS_2) تا ۴۹/۷۶ (KFS_{15}) درجه سانتی‌گراد متغیر بود. تجزیه کلاستر به روش وارد بر اساس ۷ صفت مورد مطالعه باعث تشکیل سه کلاستر شد. کلاستر سوم شامل لاین‌های KFS_6، KFS_7، KFS_9 و KFS_{10} با بیش‌ترین درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و کم‌ترین D_{95} به‌طور مشترک در دماهای ۲۵، ۳۰، ۳۵ و بعضاً ۴۰ درجه سانتی‌گراد بود؛ بنابراین این لاین‌ها برای تحقیقات تکمیلی توصیه می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: سورگوم علوفه‌ای، مؤلفه‌های جوانه‌زنی و دماهای کاردینال.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.27.8.7]

مقدمه

دما یکی از عوامل مؤثر بر درصد و سرعت جوانه‌زنی است (Riemens *et al.*, 2004). اثر دما بر جوانه‌زنی را می‌توان برحسب دماهای کاردینال یعنی دمای کمینه، بهینه و بیشینه که فرآیند جوانه‌زنی در آن‌ها رخ می‌دهد، بیان کرد. دمای مناسب دمایی است که در آن بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی در کوتاه‌ترین دوره زمانی انجام می‌شود. جوانه‌زنی نه تنها دمای پایه دارد بلکه هر یک از مراحل آن نیز دمای پایه ویژه به خود را دارا است. بنابراین واکنش نسبت به دما ممکن است در طی جوانه‌زنی متفاوت باشد (حجازی، ۱۳۷۳). مرحله جوانه‌زنی در تعیین تراکم بوته در واحد سطح اهمیت زیادی دارد. تراکم کافی زمانی به‌دست می‌آید که بذرهای کشت شده به‌طور کامل و با سرعت کافی جوانه بزنند (باقری کاظم آبادی و همکاران، ۱۳۶۷). جوانه‌زنی بذر در شرایط رطوبت مناسب بسیار به دما وابسته است. دما یکی از عواملی است که از طریق تنظیم کمون بر ظرفیت جوانه‌زنی و هم‌چنین بر سرعت جوانه‌زنی بذرهای بدون کمون اثر می‌گذارد (Kebreab and Murdoch, 2001). سورگوم از نظر اهمیت در بین غلات در دنیا، بعد از گندم، برنج، ذرت و جو در مقام پنجم قرار دارد و در بعضی از کشورها از جمله سودان در مقام اول و در ایالات متحده امریکا، بعد از گندم و ذرت در مقام سوم قرار گرفته است (House, 1985). سورگوم علوفه‌ای چنان‌که از نام آن برمی‌آید برای مصرف علوفه به‌صورت سیلو، چرای مستقیم و یا برداشت به‌صورت علوفه تر یا خشک جهت مصرف در خارج از مزرعه مورد استفاده قرار می‌گیرد. واریته‌هایی با ظرفیت تولید بالا و مناسب شرایط آب و هوایی ایران، در ۳-۲ چین، ۱۰۰ تا ۱۵۰ تن در هکتار علوفه تر تولید می‌کنند که ۲۵-۲۰ درصد آن علوفه خشک است. با توجه به کمبود علوفه جهت 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 عملکرد آن همانند اکثر گیاهان زراعی تحت اثر شرایط محیطی قرار می‌گیرد، ولی سازگاری خوبی با شرایط اقلیم‌های مختلف دارد و با تعداد چین‌برداری و نحوه مصارف گوناگون جایگاه خاصی دارد (فومن، ۱۳۸۹). Wade و همکاران (۱۹۹۳) ویژگی‌های جوانه‌زنی ۱۶ هیبرید سورگوم مختلف در دماهای ثابت را بررسی کردند و گزارش دادند که اختلاف دمای پایه هیبریدهای مورد مطالعه تا چهار درجه سانتی‌گراد است. علی‌رغم این گزارش‌ها تحقیقاتی انجام شده که حاکی از تفاوت‌های محدود ژنوتیپ‌های متعلق به یک گونه از نظر دمای پایه است. Blumental و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند که تغییرات دمای پایه شش ژنوتیپ شبدر پنجه کلاغی (*Lotus* sp.) بین ۱/۰۱ و ۶/۳۸ درجه سانتی‌گراد بود که نشانگر اختلاف بسیار چشم گیر دمای پایه ژنوتیپ‌های گونه مورد مطالعه است. غلامی‌تیلبنی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی ۱۵ ژنوتیپ برنج در نه سطح دمایی ۱۲، ۱۶، ۲۰، ۲۵، ۲۷، ۳۰، ۳۳، ۳۶ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد گزارش کردند که دمای پایه ۱۱/۶۹- ۱۰/۰۶، دمای بهینه ۳۲/۹۷-۳۰/۴۲ و دمای بیشینه ۴۳/۸۴-۴۰/۱۵ به‌دست آمد. هدف از این مطالعه

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.27.8.7]

بررسی واکنش جوانه‌زنی لاین‌های سورگوم علوفه‌ای به دما و ارزیابی دماهای کاردینال برای درصد و سرعت جوانه‌زنی این ژنوتیپ‌ها و هم‌چنین بررسی تنوع ژنتیکی بین لاین‌های مورد مطالعه از نظر مؤلفه‌های جوانه‌زنی است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۲ در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه آزاد اسلامی واحد جامع شوشتر اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار صورت پذیرفت. در این تحقیق جوانه‌زنی ۱۵ لاین سورگوم علوفه‌ای شامل 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} (ارسالی از بخش گیاهان علوفه ای مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج) و در ۱۰ سطح دمای ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ ، ۴۰، ۴۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد در محیط کشت پتری‌دیش در انکوباتور مدل INC 108 با دقت ۰/۵± درجه سانتی‌گراد مطالعه شد.

برای انجام آزمایش جوانه‌زنی بذور از روش استاندارد جوانه‌زنی استفاده شد (ISTA, 1996). برای ضدعفونی بذرها از محلول هیپوکلریت سدیم ۱/۵٪ و قارچ کش بنومیل دو در هزار به ترتیب به مدت سه دقیقه و ۳۰ ثانیه استفاده شد و سپس بذور چند بار با آب مقطر شستشو داده شد. جهت ضدعفونی پتری‌دیش و کاغذ صافی، این وسایل به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. در هر پتری‌دیش ۹ سانتی‌متری، ۲۵ عدد بذر ضدعفونی شده روی یک کاغذ صافی واتمن قرار داده و هفت میلی‌لیتر آب مقطر به محیط پتری‌دیش اضافه شد. پتری‌دیش‌ها درون دستگاه ژرمیناتور با تنظیم دمای مورد نظر قرار گرفت. ۲۴ ساعت پس از مرطوب نمودن، شمارش بذور جوانه‌زده برای روزهای متوالی در یک ساعت خاص آغاز شد و این کار تا زمانی که دو روز پیاپی جوانه جدیدی خارج نشود ادامه یافت. معیار بذور جوانه‌زده خروج ریشهچه به اندازه دو میلی‌متر یا بیش‌تر بود. در طول آزمایش در صورت نیاز آب مقطر به پتری‌دیش‌ها اضافه شد.

برای محاسبه درصد جوانه‌زنی ، سرعت جوانه‌زنی و یکنواختی جوانه‌زنی بذور از برنامه Germin استفاده شد که این برنامه D_{10} (مدت زمانی (بر حسب ساعت) که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به ۱۰ درصد حداکثر خود برسد) و D_{95} (مدت زمانی که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به ۹۵ درصد حداکثر خود برسد) را محاسبه می‌کند. این برنامه این پارامتر را برای هر تکرار و هر تیمار بذری از طریق درون یابی منحنی افزایش جوانه‌زنی در مقابل زمان محاسبه می‌کند. سرعت جوانه‌زنی (در ساعت) از طریق رابطه ۱ محاسبه شد (Soltani *et al.*, 2006). به منظور توصیف روابط بین دما و سرعت جوانه‌زنی و برآورد دماهای کاردینال (پایه، بهینه و بیشینه) از رگرسیون خطی استفاده شد.

رابطه ۱:

$$R_{50} = \frac{1}{D_{50}} \times ۱۰۰$$

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.27.8.7]

شایان ذکر است ۱۰ دمای ثابت در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت اما چون در دمای ۴۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی صورت نگرفت. بنابراین این دو دما برای تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها در نظر گرفته نشدند. قبل از تجزیه واریانس تبدیل آرک سینوس برای داده‌های درصد جوانه‌زنی انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها، مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال یک درصد و رگرسیون خطی با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج مندرج در جدول ۱، اثر لاین ، دما و برهمکنش لاین در دما بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی و مدت زمان تا ۹۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی (D_{95}) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. از نتایج به‌دست آمده چنین استنباط می‌شود که در غیاب سایر عوامل محدودکننده جوانه‌زنی بذور سورگوم علوفه‌ای توسط دما کنترل می‌شود و معنی‌دار بودن برهمکنش لاین در دما برای کلیه صفات حاکی از واکنش متفاوت ویژگی‌های جوانه‌زنی لاین‌های مختلف به تغییرات دمای محیط است، که با نتایج سایر محققان از جمله غلامی‌تیله‌بنی و همکاران (۱۳۹۰) بر ۱۵ رقم برنج، Kamaha و Maguire (۱۹۹۲) بر شش رقم گندم و Seefeldt و همکاران (۲۰۰۲) روی ارقام گندم بهاره مطابقت داشت. بنابراین، میانگین تغییرات هر یک از این صفات در کل لاین‌ها قابل تعمیم به یکایک لاین‌های مورد مطالعه است. هم‌چنین با توجه به معنی‌دار شدن برهمکنش نمی‌توان ویژگی‌های جوانه‌زنی لاین‌ها را بر اساس مقدار میانگین کل تیمارهای دمایی با یکدیگر مقایسه کرد.

جدول ۱: تجزیه واریانس میانگین مربعات اثر دما بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی لاین‌های سورگوم علوفه‌ای

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	یکنواختی جوانه‌زنی	مدت زمان تا ۹۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی (D_{95})
لاین	۱۴	۱۰۱۸/۴۷**	۰/۰۰۰۹۰**	۴۶۶/۵۴**	۱۰۹۷/۶۰**
دما	۶	۲۰۵۵/۱۳**	۰/۰۲۰۵**	۸۵۸۸/۵۷**	۵۶۸۲۹/۷۱**
دما × لاین	۸۴	۷۰/۵۰*	۰/۰۰۰۲۳**	۲۴۱/۳۸*	۴۵۷/۹۸**
خطا	۳۱۴	۴۸/۲۶	۰/۰۰۰۰۷	۱۷/۷۸	۲۶/۱۲
ضریب تغییرات (درصد)		۱۴/۱۹	۲۰	۵/۵	۱۰/۶۰

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنیدار و اختلاف معنیدار در سطوح احتمال پنج و یک درصد میباشند .

درصد جوانه‌زنی

نتایج نشان داد که بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی در لاین‌های KFS_6، KFS_7، KFS_9 و KFS_{10} به ترتیب به میزان ۵۴/۳۸، ۵۳/۷۵، ۵۵/۲۶ و ۵۱/۶۱ درصد بود (جدول ۲). هم‌چنین بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی در دماهای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد با ۵۴/۳۳ و ۵۳/۸۱ درصد انجام شد و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نیز با ۵۲/۴۲ درصد جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری با دماهای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد نداشت. در دماهای کم‌تر از ۲۰ و بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد درصد

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.27.8.7]

جوانه‌زنی کاهش یافت؛ به‌طوری‌که با کاهش دما از ۲۰ به ۱۰ درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی نزدیک به ۸۳ درصد کاهش یافت (جدول ۲).

جدول ۲: مقایسه میانگین اثر اصلی لاین‌های سورگوم علوفه‌ای و دماهای مختلف برای مؤلفه‌های جوانه‌زنی

	فاکتور	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی (تعداد در ساعت)	یکنواختی جوانه‌زنی (ساعت)	مدت زمان برحسب ساعت تا ۹۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی (D_{95})
لاین	KFS_1	۴۳/۱۹cd	۰/۰۳def	۴۴/۷۹abc	۶۸/۵۸a
	KFS_2	۳۳/۵۴ef	۰/۰۳f	۴۴/۹۵abc	۷۴/۰۸a
	KFS_3	۴۳/۸۲cd	۰/۰۳۵ef	۴۷/۸۹ab	۷۰/۳۵a
	KFS_6	۵۴/۳۸a	۰/۰۴۸ab	۳۷/۲۰abc	۶۳/۸۴abcd
	KFS_7	۵۳/۷۵a	۰/۰۵۲a	۳۳/۳۲c	۵۲/۲۳d
	KFS_8	۴۸/۰۲bc	۰/۰۴۹ab	۳۶/۷۱bc	۵۳/۷۹bcd
	KFS_9	۵۵/۲۶a	۰/۰۴۶bc	۳۷/۸۵abc	۵۳/۱۶cd
	KFS_{10}	۵۱/۶۱ab	۰/۰۴۵bc	۳۹/۹۵abc	۶۴/۴۸abcd
	KFS_{11}	۴۲/۵۱cd	۰/۰۴۳bcd	۳۹/۶۷abc	۶۶/۰۹abc
	KFS_{12}	۴۳/۰۳cd	۰/۰۳۷def	۴۳/۲۹abc	۶۶/۹۶abc
	KFS_{13}	۳۸/۹۹de	۰/۰۳۶ef	۴۸/۸۵ab	۷۴/۰۷a
	KFS_{15}	۳۸/۷۸de	۰/۰۳۵ef	۴۷/۷۶ab	۷۴/۵۳a
	KFS_{16}	۳۵/۴۲ef	۰/۰۳۵ef	۵۰/۷۹a	۷۴/۴۱a
	KFS_{17}	۳۱/۷۶f	۰/۰۴cde	۴۰/۸۲abc	۷۲/۶۴a
	KFS_{18}	۳۵/۲۴ef	۰/۰۳۳ef	۴۲/۹۸abc	۶۷/۲۳ab
دما(درجه سانتی‌گراد)	۱۰	۹/۱۸e	۰/۰۰۳f	۷۵/۰۷a	۱۴۰/۵۰a
	۱۵	۴۹/۵۷bc	۰/۰۱۵e	۶۸/۷۰a	۱۳۳/۴۰a
	۲۰	۵۲/۴۲ab	۰/۰۲۶d	۴۴/۳۹b	۷۷/۹۸b
	۲۵	۵۴/۳۳a	۰/۰۴۹c	۳۷/۸۲bc	۵۲/۷۷c
	۳۰	۵۳/۸۱a	۰/۰۶۲b	۳۵/۳۴cd	۴۶/۳۴c
	۳۵	۴۷/۴۲c	۰/۰۶۱b	۳۹/۴۸bc	۵۱/۲۵c
	۴۰	۳۶/۲۶d	۰/۰۶۶a	۲۹/۰۱d	۳۶/۸۴d

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

بنابراین اگر شرایط کاشت بذر طوری باشد که جوانه‌زنی در دماهای کم‌تر از ۲۰ و بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد انجام شود، باید مقدار بذر بیش‌تری کاشته شود. غلامی‌تیله‌بنی و همکاران (۱۳۹۰) با مطالعه روی ۱۵ رقم برنج گزارش کردند که در دماهای کم‌تر از ۲۰ و بالاتر از ۳۳ درجه سانتی‌گراد درصد جوانه‌زنی به‌طور چشمگیری کاهش یافت . نتایج برهمکنش لاین در دما نشان داد که لاین KFS_9 در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد حائز بالاترین رتبه درصد جوانه‌زنی شد (جدول ۳). هم‌چنین در سایر دماهای مورد بررسی بجز دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد با بالاترین رتبه اختلاف معنی‌داری نداشت. هم‌چنین لاین‌هایی از قبیل KFS_7، KFS_6، KFS_{10} و KFS_8 در اغلب دماها با بالاترین گروه اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۳).

سرعت جوانه‌زنی

بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی در لاین KFS_7 و پس از آن لاین‌های KFS_6 و KFS_8 به ترتیب به میزان ۰/۰۵۲، ۰/۰۴۸ و ۰/۰۴۹ تعداد در ساعت مشاهده شد (جدول ۲). بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به تعداد ۰/۰۶۶

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.27.8.7]

تعداد در ساعت و پس از آن به ترتیب در دماهای ۳۵، ۳۰، ۲۵، ۲۰ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. با افت دما از ۴۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه‌زنی نیز به تدریج کاهش یافت (جدول ۲). غلامی‌تیله‌بنی و همکاران (۱۳۹۰) با مطالعه روی ۱۵ ژنوتیپ برنج گزارش کردند که بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد و در دماهای بالا و پایین‌تر از این دما، سرعت جوانه‌زنی کم‌تر بود. نتایج برهمکنش لاین در دما در جدول ۴ نشان داد که لاین KFS_7 در دماهای ۲۵، ۳۰، ۳۵ و به ویژه ۴۰ درجه سانتی‌گراد دارای سرعت جوانه‌زنی در بالاترین رتبه بود.

جدول ۳: مقایسه میانگین برهمکنش درصد جوانه‌زنی لاین‌های سورگوم علوفه‌ای در دماهای مختلف(درجه سانتی‌گراد)

لاین	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰
KFS_1	۰y	۵۲/۴۴a-o	۵۱/۶۷a-p	۵۹/۸۲a-i	۵۱/۶۱a-p	۵۱/۶۳a-p	۳۵/۱۷n-s
KFS_2	۰y	۴۷/۷۳c-r	۵۱/۷۴a-p	۳۴/۲۰o-u	۴۳/۸۷j-p	۳۹/۸۳l-t	۱۷/۳۷u
KFS_3	۰y	۵۹/۱۰a-j	۵۱/۹۳a-p	۵۰/۰۸b-q	۵۲/۱۶a-o	۵۵/۰۱a-m	۳۳/۴۳l-t
KFS_6	۲۹/۲۲r-x	۵۸/۱۱a-k	۵۹/۲۴a-j	۵۹/۰۴a-j	۶۵/۶۳a-d	۵۷/۲۴a-l	۵۲/۱۶a-o
KFS_7	۲۸/۲۱s-x	۵۶/۴۴a-m	۵۴/۰۹a-m	۵۸/۲۳a-k	۶۸/۰۲ab	۵۸/۱۱a-k	۵۳/۱۷a-n
KFS_8	۲۹/۰۲s-x	۶۰/۷۴a-h	۵۳/۹۸a-m	۴۸/۵۰c-r	۵۰/۸۰b-q	۵۳/۱۷a-n	۳۹/۹l-t
KFS_9	۲۲/۰۲wx	۵۵/۶۷a-m	۵۹/۲۳a-i	۶۹/۶۰a	۶۴/۶۴a-e	۶۲/۱۳a-f	۵۳/۵۴a-n
KFS_{10}	۱۴/۸۱xy	۶۵/۸۷abc	۶۰/۳۰a-h	۵۶/۶۲a-m	۶۲/۵۴a-f	۵۵/۶۷a-m	۴۵/۴۴f-r
KFS_{11}	۱۴/۴۵xy	۵۴/۸۸a-m	۴۳/۸۱f-s	۵۴/۹۸a-m	۵۰/۲۴b-q	۴۰/۰۲l-t	۳۹/۱۷l-t
KFS_{12}	۰y	۵۳/۲۷a-n	۴۷/۷۱c-r	۶۱/۶۷a-f	۵۶/۴۱a-m	۴۷/۷۱c-r	۳۴/۴۶o-s
KFS_{13}	۰y	۵۳/۴۷a-n	۴۳/۸۶f-s	۴۴/۶۱f-r	۵۸/۹۵a-j	۴۱/۵۰i-s	۳۰/۵۴r-x
KFS_{15}	۰y	۵۴/۷۹a-m	۴۱/۵۰i-s	۵۵/۰۳a-m	۴۷/۷۳c-r	۴۰/۷۸j-t	۳۱/۶۰r-u
KFS_{16}	۰y	۵۰/۲۴b-q	۴۷/۷۷c-r	۴۳/۱۱i-s	۴۶/۹۴e-r	۳۳/۵۲p-u	۲۶/۳۸u-x
KFS_{17}	۰y	۳۹/۸۰i-t	۳۸/۳۴m-t	۴۴/۶۴e-r	۴۳/۷۶f-s	۳۲/۶۴q-u	۲۳/۱۲w-x
KFS_{18}	۰y	۵۲/۴۴a-o	۳۸/۴۳l-t	۴۶/۲۰e-r	۴۳/۸۴f-s	۴۲/۳۱i-s	۲۳/۴۸w-x

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

جدول ۴: مقایسه میانگین برهمکنش سرعت جوانه‌زنی لاین‌های سورگوم علوفه‌ای در دماهای مختلف (درجه سانتی‌گراد)

لاین	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰
KFS_1	-	۰/۰۱۵v-z	۰/۰۲۲t-z	۰/۰۲۹q-z	۰/۰۶۴a-i	۰/۰۶۳a-j	۰/۰۶۵a-i
KFS_2	-	۰/۰۱۱z	۰/۰۲۱u-z	۰/۰۲۷s-z	۰/۰۳۴o-x	۰/۰۵۳g-n	۰/۰۶۵a-i
KFS_3	-	۰/۰۱۷v-z	۰/۰۲۳t-z	۰/۰۳۲p-y	۰/۰۶۲a-j	۰/۰۶۸a-h	۰/۰۴۵i-s
KFS_6	۰/۰۰۸z	۰/۰۱۵v-z	۰/۰۳۴n-x	۰/۰۶۷a-h	۰/۰۷۱a-i	۰/۰۷۴a-f	۰/۰۶۹a-g
KFS_7	۰/۰۰۶z	۰/۰۱۶v-z	۰/۰۳۲p-y	۰/۰۷۷abcd	۰/۰۷۷abcd	۰/۰۷۶a-e	۰/۰۸۳a
KFS_8	۰/۰۰۶z	۰/۰۲۳t-z	۰/۰۳۱q-z	۰/۰۶۳a-j	۰/۰۶۷a-i	۰/۰۶۸a-h	۰/۰۷۹ab
KFS_9	۰/۰۰۶z	۰/۰۲۴s-z	۰/۰۳۶m-v	۰/۰۶۲a-j	۰/۰۷۳a-f	۰/۰۶۹a-h	۰/۰۵۱f-p
KFS_{10}	۰/۰۰۶z	۰/۰۱۴xyz	۰/۰۳۰q-z	۰/۰۷۲a-g	۰/۰۶۸a-h	۰/۰۶۷a-h	۰/۰۵۵c-m
KFS_{11}	۰/۰۰۶z	۰/۰۱۴w-z	۰/۰۲۴s-z	۰/۰۶۹a-h	۰/۰۵۰g-q	۰/۰۵۹b-l	۰/۰۷۸ab
KFS_{12}	-	۰/۰۱۴w-z	۰/۰۲۵s-z	۰/۰۳۹l-t	۰/۰۶۳a-j	۰/۰۵۵c-n	۰/۰۶۳a-j
KFS_{13}	-	۰/۰۱۱z	۰/۰۲۲t-z	۰/۰۳۹l-t	۰/۰۵۹b-l	۰/۰۶۱b-k	۰/۰۵۸c-l
KFS_{15}	-	۰/۰۱۲yz	۰/۰۲۵s-z	۰/۰۴۵i-s	۰/۰۵۵c-v	۰/۰۴۰l-t	۰/۰۷۱a-g
KFS_{16}	-	۰/۰۱۱z	۰/۰۲۳t-z	۰/۰۳۶m-v	۰/۰۶۲a-j	۰/۰۵۰g-q	۰/۰۶۵a-i
KFS_{17}	-	۰/۰۰۹z	۰/۰۱۶v-z	۰/۰۴۷h-r	۰/۰۶۶a-i	۰/۰۶۸a-h	۰/۰۷۶a-d
KFS_{18}	-	۰/۰۱۵v-z	۰/۰۲۱t-z	۰/۰۳۱p-z	۰/۰۵۷c-l	۰/۰۴۲j-t	۰/۰۶۹a-h

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

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.27.8.7]

هم‌چنین لاین‌هایی مانند KFS_6 و KFS_8 در دماهای ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد، KFS_9 و KFS_{10} در دماهای ۲۵، ۳۰ و ۳۵ و اغلب لاین‌ها در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد با بالاترین رتبه اختلاف معنی‌داری نداشتند.

یکنواختی جوانه‌زنی

یکنواختی جوانه‌زنی در حقیقت طول فاز خطی در منحنی درصد تجمعی جوانه‌زنی در مقابل زمان را نشان می‌دهد. هرقدر طول این مرحله کوتاه‌تر باشد، حاکی از جوانه‌زنی هم‌زمان بذور است و برعکس. طولانی بودن این مرحله نشان می‌دهد که بذور به‌طور هم‌زمان جوانه نزده‌اند، بلکه جوانه‌زنی آن‌ها در دوره زمانی بیش‌تر صورت گرفته است. جوانه‌زنی غیر یکنواخت در مدت طولانی‌تر احتمال حمله بیماری‌های خاکزی به بذور گیاهچه و آفت‌ها را افزایش و سبب کاهش استقرار گیاهچه‌ها خواهد شد (غلامی‌تیله‌بنی و همکاران، ۱۳۹۰). بیش‌ترین یکنواختی جوانه‌زنی در لاین KFS_7 با میانگین ۳۳/۲۲ ساعت مشاهده شد. هم‌چنین این لاین با لاین‌هایی از قبیل KFS_1، KFS_2 و KFS_6 اختلاف معنی‌داری نداشت. اما لاین KFS_{16} با میانگین ۵۰/۷۹ ساعت حائز کم‌ترین یکنواختی جوانه‌زنی شد (جدول ۲). هم‌چنین بیش‌ترین یکنواختی جوانه‌زنی در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد با میانگین ۲۹/۰۱ ساعت به‌دست آمد ؛ و این دما با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌داری نشان نداد. اما دماهای ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد حائز کم‌ترین یکنواختی جوانه‌زنی شدند (جدول ۲). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که یکنواختی جوانه‌زنی در دمای کم‌تر از ۴۰ درجه سانتی‌گراد کاهش پیدا می‌کند. به نظر می‌رسد پایین بودن یکنواختی جوانه‌زنی در دما ی پایین به دلیل کاهش سرعت جذب آب باشد که طبیعتاً فرآیندهای فیزیولوژیکی را تحت اثر قرار می‌دهد، زیرا در دماهای پایین تقریباً فعالیت کلیه آنزیم‌ها متوقف می‌شود و بنابراین سنتز پروتئین و دیگر مراحل فیزیولوژیکی لازم برای جوانه‌زنی و نمود گیاهچه کند می‌شود. در این رابطه گزارش شده که لگوم‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به هفت درجه سانتی‌گراد، سرعت جذب آب بیش‌تری داشتند (Freeman, 2005). غلامی‌تیله‌بنی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که بیش‌ترین یکنواختی جوانه‌زنی (با میانگین ۲۸/۳۶ ساعت) در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و کم‌ترین یکنواختی جوانه‌زنی (با میانگین ۸۸/۷۳ ساعت) در دمای ۱۶ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. با توجه به نتایج جدول ۵ بیش‌ترین یکنواختی جوانه‌زنی در لاین KFS_7 در دماهای ۲۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد، لاین‌های KFS_2 و KFS_{11} در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و هم‌چنین بسیاری از لاین‌ها در دماهای مختلف با بیش‌ترین یکنواختی جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری نداشتند. اما لاین KFS_{16} در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد حائز کم‌ترین یکنواختی جوانه‌زنی شد و با لاین KFS_{11} در دو دمای ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد، لاین‌های KFS_1، KFS_{11}، KFS_{12}، KFS_{13}، KFS_{15}، KFS_{16}، KFS_{17} و KFS_{18} در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌داری نشان نداد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.27.8.7]

جدول ۵: مقایسه میانگین برهمکنش یکنواختی جوانه‌زنی لاین‌های سورگوم علوفه‌ای در دماهای مختلف (درجه سانتی‌گراد)

لاین	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰
KFS_1	-	۸۴/۱۳a-c	۳۸/۵۱e-l	۴۹/۴۶d-l	۳۲/۸۲h-l	۳۲/۸۱h-l	۳۱/۰۲h-l
KFS_2	-	۵۹/۲۶c-k	۶۹/۳۴a-g	۲۹/۴۷i-l	۳۸/۲۹e-l	۵۴/۱۷c-l	۱۹/۲۰l
KFS_3	-	۶۵/۲۵b-i	۵۲/۵۰c-l	۴۸/۵۱d-l	۵۵/۱۶c-l	۲۸/۹۸i-l	۳۶/۹۶f-l
KFS_6	۵۲/۵۶c-l	۵۲/۷۴c-l	۴۵/۶۹d-l	۳۷/۲۶f-l	۲۸/۸۹i-l	۲۷/۷۱ijk	۳۰/۹۱h-l
KFS_7	۵۵/۶۷c-l	۵۲/۱۶c-l	۵۵/۱۶c-l	۲۲/۲l	۲۸/۸۹i-l	۲۲/۹۵kl	۱۹/۲۰l
KFS_8	۵۴/۵۲c-l	۵۰/۸۶c-l	۳۷/۹۹f-l	۳۸/۳۷e-l	۳۲/۱۳h-l	۳۸/۲۳e-l	۲۲/۶۵kl
KFS_9	۵۶/۴۵c-l	۵۰/۲۵c-l	۴۱/۸۱e-l	۳۴/۹۸f-l	۳۶/۴۷f-l	۳۵/۵۷f-l	۳۶/۴۷f-l
KFS_{10}	۶۶/۶۷b-j	۶۳/۲۹b-j	۴۲/۶۴e-l	۲۹/۵۰i-l	۳۱/۹۸h-l	۳۸/۰۷f-l	۳۴/۱۹f-l
KFS_{11}	۶۷/۵۶a-g	۶۶/۳۳a-g	۳۶/۹۵f-l	۲۹/۶۳i-l	۴۰/۸۸e-l	۴۳/۰۱e-l	۲۱/۲۳l
KFS_{12}	-	۶۹/۳۱a-g	۳۳/۹۸f-l	۴۲/۰۲e-l	۳۶/۵۵f-l	۴۴/۸۸d-l	۳۳/۰۱h-l
KFS_{13}	-	۹۲/۹۳ab	۴۲/۴۴e-l	۴۱/۳۰e-l	۳۶/۱۱f-l	۴۶/۴۹d-l	۳۳/۸۵g-l
KFS_{15}	-	۷۹/۲۵a-d	۴۱/۷۴e-l	۴۷/۸۶d-l	۳۷/۹۱f-l	۵۰/۶۷c-l	۲۹/۱۳i-l
KFS_{16}	-	۱۰۰/۵۶a	۵۵/۷۱c-l	۳۷/۰۱f-l	۳۴/۱۶f-l	۴۴/۳۵d-l	۳۲/۹۳h-l
KFS_{17}	-	۷۰/۱۷a-f	۲۹/۸۳i-l	۴۴/۲۳d-l	۳۲/۶۸h-l	۴۳/۴۶e-l	۲۴/۵۳kl
KFS_{18}	-	۷۳/۹۷a-e	۴۱/۴۹e-l	۳۵/۴۷f-l	۳۶/۲۵f-l	۴۰/۹۱e-l	۲۹/۸۰i-l

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

مدت زمان تا ۹۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی (D_{95})

لاین KFS_7 کم‌ترین مدت زمان تا ۹۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی (۵۲/۲۳ ساعت) را به خود اختصاص داد و با لاین‌های KFS_6، KFS_8، KFS_9 و KFS_{10} اختلاف معنی‌داری نداشت. که این مطلب بیان‌کننده این مسأله است که این لاین‌ها کم‌ترین زمان را در بین لاین‌های مورد مطالعه جهت ۹۵ درصد جوانه‌زنی به خود اختصاص داده‌اند. در حالی که سایر لاین‌ها بیش‌ترین زمان لازم را جهت جوانه‌زدن ۹۵ درصد بذور را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). در بررسی اثر دما مشاهده شد که دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد حائز کم‌ترین مدت زمان تا ۹۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی شد. در حالی که دماهای ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد بیش‌ترین مدت زمان تا ۹۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی را نشان دادند (جدول ۲). که این واکنش نشان می‌دهد که بذرها در دمای پایین‌تر از بهینه دیرتر جوانه‌زنی خود را به پایان رساندند (جدول ۷). نتایج برهمکنش لاین در دما نشان داد که کم‌ترین مدت زمان تا ۹۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی متعلق به لاین KFS_7 در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد است (جدول ۶). اما لاین‌های KFS_{10} و KFS_{11} در دماهای ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد و لاین‌های KFS_{12}، KFS_{13}، KFS_{15}، KFS_{16}، KFS_{17} و KFS_{18} در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد حائز بیش‌ترین مدت زمان تا ۹۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی شدند. محمودی و همکاران (۱۳۸۷) با بررسی واکنش یونجه حلزونی به دما گزارش کردند که زمان تا شروع جوانه‌زنی در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد در بیش‌ترین مقدار خود بود، ولی زمان تا پایان جوانه‌زنی در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد بیش‌ترین مقدار را داشت.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.27.8.7]

جدول ۶: مقایسه میانگین برهمکنش مدت زمان تا ۹۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی (D_{95}) لاین‌های سورگوم علوفه‌ای در دماهای مختلف (درجه سانتی‌گراد)

لاین	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰
KFS_1	-	۱۳۵/۴۷a-d	۸۹e-j	۶۵/۹۲i-s	۴۲o-t	۴۲/۰۲o-t	۳۷/۱۰p-t
KFS_2	-	۱۳۹/۵۲a-d	۱۰۵/۰۷d-h	۵۳/۷۳j-t	۵۰/۲۷l-t	۶۵/۱۰i-s	۳۰/۸۰r-t
KFS_3	-	۱۲۲/۰b-e	۸۵/۳۳f-m	۶۱/۶۷i-s	۶۹/۸۰h-q	۳۸/۱۳p-t	۴۵/۱۶n-t
KFS_6	۱۱۵/۷۸c-f	۱۱۳/۸۴c-f	۸۶f-l	۵۸i-t	۴۱/۵۰o-t	۴۲/۸۰o-t	۴۰/۹۰o-t
KFS_7	۱۱۲/۵c-f	۱۰۹/۴c-f	۷۰/۴۶h-q	۲۹/۶۰r-t	۴۷/۷۵m-t	۳۳/۴r-t	۲۲/۸۰t
KFS_8	۱۰۰/۴۵d-h	۸۹/۰۰e-j	۵۵/۸i-t	۵۵/۲۰j-t	۴۱/۵۷o-t	۵۲/۶۰j-t	۲۸/۶۰st
KFS_9	۸۸/۸۹f-m	۸۴/۹۳f-m	۶۳/۸۲i-s	۴۴/۴۵n-t	۳۸p-t	۴۳/۴۷n-t	۴۴/۳۰o-t
KFS_{10}	۱۴۷/۷۸ab	۱۴۱/۶۷abc	۶۳/۴۰i-s	۳۷/۴۷p-t	۴۱/۴۷o-t	۵۹/۶۰i-t	۴۳/۳۰o-t
KFS_{11}	۱۵۴/۱۵a	۱۵۲ab	۶۷/۸۶i-r	۴۰/۲۸o-t	۵۴/۴۳j-t	۵۱/۲۰j-t	۳۰/۸۰r-t
KFS_{12}	-	۱۳۳/۶۷a-d	۶۶/۵۳i-s	۵۲/۳۰j-t	۴۷/۹۳m-t	۵۹/۲۰i-t	۴۲/۱۳o-t
KFS_{13}	-	۱۵۹/۴a	۸۱/۶۰f-n	۵۹/۸۰i-t	۴۵/۱۰n-t	۵۵/۸۰i-t	۴۲/۷۰o-t
KFS_{15}	-	۱۶۲/۴a	۷۴/۱۳g-p	۶۴/۶۷i-s	۴۶/۸۰n-t	۶۳/۲۰i-s	۳۶q-t
KFS_{16}	-	۱۶۲/۰۷a	۹۳/۴e-i	۵۰/۱۱l-t	۴۲/۷o-t	۵۶/۲۰i-t	۴۲o-t
KFS_{17}	-	۱۶۰/۹۳a	۸۸/۴۰e-l	۵۹/۸۷i-t	۴۱/۸۷o-t	۵۵/۲۰j-t	۲۹/۶r-t
KFS_{18}	-	۱۳۴/۶۹a-d	۷۸/۹۶f-o	۵۸/۵۴i-t	۴۳/۹۳n-t	۵۰/۸k-t	۳۶/۴p-t

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

دماهای کاردینال

معادلات دو خط رگرسیون بین دما (محور X) و سرعت جوانه‌زنی (محور Y) در دماهای کم‌تر از بهینه و بیش‌تر از بهینه تعیین شدند (جدول ۷). با مساوی قرار دادن دو معادله‌ی مذکور و حل آن، دمای بهینه جوانه‌زنی (T_o) به‌دست آمد که در حقیقت همان محل تلاقی دو خط رگرسیون است. دماهای پایه (T_b) و بیشینه (T_c) از طریق برون‌یابی برآورد شدند (Ramin, 1997; Soltani *et al.*, 2001). دماهای کاردینال (پایه، بهینه و بیشینه) برای لاین‌های سورگوم علوفه‌ای مورد بررسی در جدول ۸ آورده شده است. دمای پایه ۱۵ لاین مورد بررسی با میانگین ۱۰/۷۶ از ۹/۳۶ درجه سانتی‌گراد در لاین KFS_{11} تا ۱۴/۲۸ در لاین KFS_2 متغیر بود. دامنه تغییرات (تفاضل کوچکترین عدد از بزرگترین عدد) دمای پایه ۴/۹۲ درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۷). در مورد دمای پایه در گیاهان زراعی مختلف گزارش‌ها زیادی وجود دارد. Wade و همکاران (۱۹۹۳) ویژگی‌های جوانه‌زنی ۱۶ هیبرید سورگوم مختلف در دماهای ثابت را بررسی کردند و گزارش دادند که اختلاف دمای پایه هیبریدهای مورد مطالعه تا ۴ درجه سانتی‌گراد است. علی‌رغم این گزارش‌ها تحقیقاتی انجام شده که حاکی از تفاوت‌های محدود ژنوتیپ‌های متعلق به یک گونه از نظر دمای پایه است. وجود اختلاف بین ارقام از لحاظ مقادیر برآورد شده برای دماهای کاردینال با توجه به تفاوت‌های ژنتیکی موجود بین آن‌ها و سازگاری متفاوت آن‌ها امری دور از انتظار نیست. Mwale و همکاران (۱۹۹۴) و Madakadze و همکاران (۲۰۰۱) به ترتیب برای آفتابگردان و تعدادی از گراس‌های گرمادوست تنوع بین و درون گونه‌ای برای دمای پایه گزارش کردند. شایان ذکر است که از تنوع در دمای پایه می‌توان برای غربال کردن ژنوتیپ‌ها با هدف بهبود سازگاری به محیط‌های با دمای کم یا زیاد در مرحله جوانه‌زنی استفاده کرد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1394.7.27.8.7]

جدول ۷: معادلات دو خط رگرسیون بین دما (X) و سرعت جوانه‌زنی (Y) در دماهای کم‌تر از بهینه و بیش‌تر از بهینه

لاین	در دمای کم‌تر از مطلوب		در دمای بیش‌تر از مطلوب	
	معادله خط	ضریب تبیین (R^2)	معادله خط	ضریب تبیین (R^2)
KFS_1	Y=-۰/۰۳+۰/۰۰۳X	۰/۸۹	Y=۰/۲۵+۰/۰۰۵X	۰/۸۱
KFS_2	Y=-۰/۱۹۹+۰/۰۱۴X	۰/۵۷	Y=۰/۲۲+۰/۰۰۵X	۰/۷۱
KFS_3	Y=-۰/۰۳+۰/۰۰۳X	۰/۹۲	Y=۰/۲۴+۰/۰۰۵X	۰/۹۰
KFS_6	Y=-۰/۴+۰/۰۳۹X	۰/۹۶	Y=۲/۸۳+۰/۰۶X	۰/۸۳
KFS_7	Y=-۰/۴۶+۰/۰۴X	۰/۹۳	Y=۳/۰۴+۰/۰۶X	۰/۷۶
KFS_8	Y=-۰/۳۳+۰/۰۳X	۰/۹۵	Y=۲/۷۷+۰/۰۶X	۰/۷۳
KFS_9	Y=-۰/۳۵+۰/۰۴X	۰/۹۸	Y=۲/۴۹+۰/۰۵X	۰/۸۸
KFS_{10}	Y=-۰/۴۱+۰/۰۴X	۰/۹۱	Y=۲/۴۸+۰/۰۵X	۰/۸۶
KFS_{11}	Y=-۰/۲۱+۰/۰۲X	۰/۸۸	Y=۲/۵۱+۰/۰۵X	۰/۵۶
KFS_{12}	Y=-۰/۳۲+۰/۰۳X	۰/۹۸	Y=۲/۲۳+۰/۰۵X	۰/۷۴
KFS_{13}	Y=-۰/۳۲+۰/۰۳X	۰/۹۸	Y=۲/۱۸+۰/۰۴X	۰/۶۷
KFS_{15}	Y=-۰/۲۹۸+۰/۰۳X	۰/۹۹	Y=۱/۹۰+۰/۰۴X	۰/۵۱
KFS_{16}	Y=-۰/۳۳+۰/۰۳X	۰/۹۶	Y=۲/۱۲+۰/۰۴X	۰/۶۸
KFS_{17}	Y=-۰/۴۵+۰/۰۴X	۰/۹۲	Y=۲/۷۴+۰/۰۶X	۰/۷۵
KFS_{18}	Y=-۰/۲۷+۰/۰۳X	۰/۹۴	Y=۱/۹۴+۰/۰۴X	۰/۵۵

جدول ۸: دماهای کاردینال (پایه، بهینه و بیشینه) در لاین‌های سورگوم علوفه‌ای

لاین	دمای پایه (T_b)	دمای بهینه (T_o)	دمای بیشینه (T_c)
KFS_1	۱۰/۸۲	۳۴/۸۰	۴۹/۴۰
KFS_2	۱۴/۲۸	۲۳/۰۰	۴۰/۷۰
KFS_3	۱۰/۲۰	۳۴/۴۴	۴۷/۹۸
KFS_6	۱۰/۳۶	۳۳/۳۲	۴۸/۶۲
KFS_7	۱۰/۴۶	۳۳/۲۲	۴۸/۸۹
KFS_8	۹/۴۲	۳۳/۹۲	۴۸/۹۹
KFS_9	۹/۴۰	۳۲/۱۱	۴۸/۳۱
KFS_{10}	۱۰/۵۱	۳۲/۱۰	۴۸/۴۳
KFS_{11}	۹/۳۶	۳۷/۲۰	۴۹/۲۰
KFS_{12}	۱۰/۶۶	۳۳/۷۰	۴۸/۹۶
KFS_{13}	۱۱/۲۰	۳۴/۰۳	۴۹/۲۳
KFS_{15}	۱۰/۴۱	۳۲/۹۱	۴۹/۷۶
KFS_{16}	۱۱/۱۴	۳۳/۶۱	۴۹/۱۸
KFS_{17}	۱۲/۷۱	۳۴/۸۵	۴۸/۹۲
KFS_{18}	۱۰/۴۶	۳۳/۹۵	۴۹/۶۱
میانگین	۱۰/۷۶	۳۳/۱۴	۴۸/۴۱
دامنه تغییرات	۴/۹۲	۱۴/۲	۹/۰۶

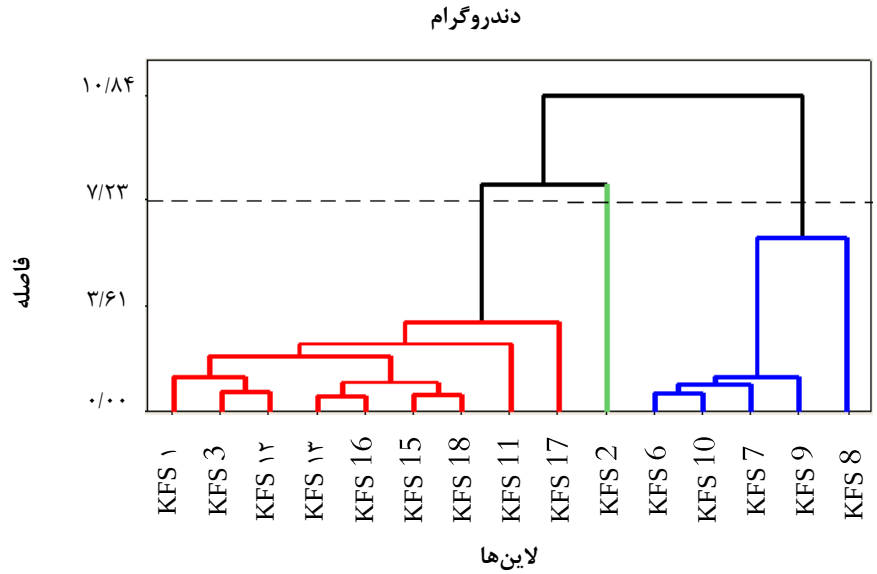
کم‌ترین دمای بهینه مربوط به لاین KFS_2 با دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد و بالاترین دمای بهینه به لاین KFS_{11} با دمای ۳۷/۲ درجه سانتی‌گراد تعلق دارد. میانگین دمای بهینه برای لاین‌های مورد مطالعه ۳۳/۱۴ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. دامنه تغییرات دمای بهینه ۱۴/۲ درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۳). که ناشی از تنوع بسیار بالای لاین‌ها از نظر این دما است. گزارش‌های مختلفی برای برآورد دمای بهینه گیاهان مختلف با استفاده از مدل‌های غیرخطی وجود دارد که از آن جمله می‌توان ۲۰/۰۲ تا ۴۱/۲۱ درجه سانتی‌گراد برای ارقام برنج، ۳۰/۴۲ تا ۳۲/۹۷ درجه سانتی‌گراد برای ارقام برنج (غلامی‌تیله‌بنی و همکاران، ۱۳۹۰)، ۲۷/۶ تا ۳۰/۴ برای نخود، ۲۲/۲۲ برای یونجه حلزونی (*Medicago scutellata* L.) اشاره کرد (صبوری و همکاران، ۱۳۹۱؛ محمودی و همکاران، ۱۳۸۷؛ Soltani *et al.*, 2006). در میان لاین‌های مورد

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.27.8.7]

بررسی کم‌ترین دمای بیشینه متعلق به لاین KFS_2 با ۴۰/۷ درجه سانتی‌گراد و بالاترین به لاین KFS_{15} با ۴۹/۷۶ درجه سانتی‌گراد تعلق داشت. میانگین دمای بیشینه برای لاین‌های مورد مطالعه ۴۸/۴۱ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. دامنه تغییرات دمای مطلوب ۹/۰۶ درجه سانتی‌گراد بود که ناشی از تنوع بسیار بالای لاین‌ها از نظر این دما است (جدول ۳). بالا بودن تنوع در لاین‌های مورد بررسی حاکی از عدم مشابهت سازگاری و نیازهای اکولوژیکی متفاوت آن‌ها بوده است. غلامی‌تیلبنی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی ۱۵ ژنوتیپ برنج در نه سطح دمایی گزارش کردند.

تجزیه کلاستر

تجزیه کلاستر با روش وارد بر اساس ۷ صفت مورد مطالعه (شکل ۱) با برشی که از فاصله ۷/۲۳ ایجاد گردید باعث تشکیل سه کلاستر شد. کلاستر اول شامل نه لاین KFS_1، KFS_3، KFS_{11}، KFS_{12}، KFS_{13}، KFS_{15}، KFS_{16}، KFS_{17} و KFS_{18} بود. لاین KFS_2 به تنهایی در کلاستر دوم قرار گرفت . کلاستر سوم شامل لاین‌های KFS_6، KFS_7، KFS_8، KFS_9 و KFS_{10} بود. بهترین لاین‌ها در کلاستر سوم وجود داشتند زیرا این لاین‌ها با توجه به جدول ۲ دارای بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی و کم‌ترین مدت زمان تا ۹۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی بودند.



شکل ۱: دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر ۱۵ لاین سورگوم علوفه‌ای بر اساس مؤلفه‌های جوانه‌زنی و دماهای کاردینال

نتیجه‌گیری

لاین KFS_2 حائز بیش‌ترین دمای پایه و کم‌ترین دمای بهینه و بیشینه است؛ بنابراین قابل توصیه برای کشت در مناطقی است که در زمان کشت سورگوم علوفه‌ای دمای بالایی دارند . اما لاین KFS_{11} دارای کم‌ترین دمای پایه و بیش‌ترین دمای مطلوب و جز لاین‌های با دمای بیشینه بالا در این تحقیق است. این لاین در کلاستر اول قرار گرفت،

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.27.8.7]

به‌طوری‌که در کل میانگین دمای پایه لاین‌های این کلاستر ۱۰/۷، میانگین دمای بهینه ۳۴/۳۹ و میانگین دمای بیشینه آن ۴۹/۱۴ درجه سانتی‌گراد بود ؛ که واضح است میانگین دمای بهینه و بیشینه بالاتری از میانگین کل لاین‌های مورد بررسی در این تحقیق را دارد؛ بنابراین به منظور رفع بهینه نیازهای دمایی لاین‌های مختلف پیشنهاد می‌شود لاین‌هایی که دماهای کاردینال بالاتری دارند در مناطقی کشت شوند که نیاز گرمایی آن‌ها بهتر تأمین شود. کلاستر سوم شامل لاین‌های KFS_6، KFS_7، KFS_9 و KFS_{10} می‌باشد که به‌طور مشترک برای درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و کم‌ترین مدت زمان تا ۹۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی در دماهای ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد و حتی برخی از آن‌ها در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد با بالاترین گروه اختلاف معنی‌داری نداشتند. میانگین دمای پایه لاین‌های این کلاستر ۱۰/۰۳، میانگین دمای بهینه ۳۲/۹۳ و میانگین دمای بیشینه آن ۴۸/۶۵ درجه سانتی‌گراد بود؛ بنابراین، با توجه به اهمیت موضوع دما ی خاک در زمان کشت بذر گیاه سورگوم علوفه‌ای و نیز حفظ و گسترش کشت این گیاه علوفه‌ای ارزشمند و به لحاظ اینکه تاکنون بر روی این لاین‌ها اثر دما مورد بررسی قرار نگرفته است و نظر به اینکه این لاین‌ها حائز مؤلفه‌های جوانه‌زنی در بالاترین گروه بودند، بنابراین این لاین‌ها برای تحقیقات تکمیلی توصیه می‌شوند.

منابع

باقری‌کاظم‌آبادی، ع.، سرمدنیا، غ و حاج رسولیها، ش. ۱۳۶۷. بررسی تحمل شوری و خشکی توده‌های مختلف اسپرس در مرحله جوانه‌زنی. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ۲: ۴۱-۵۷.

حجازی، ا. ۱۳۷۳. تکنولوژی بذر، تهران: انتشارات دانشگاه تهران. ۲۴۰ ص.

صبوری، ح.، صبوری، ع. و دادرس، ا. ر. ۱۳۹۱. مدل‌سازی واکنش سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های مختلف برنج نسبت به دما. تحقیقات غلات. ۲ (۲): ۱۲۳-۱۳۵.

غلامی‌تیله‌بنی، ح.، کرد فیروزجانی، ق و زینلی، ا. ۱۳۹۰. تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی در ارقام برنج. مجله علوم و تکنولوژی بذر. ۱ (۱): ۴۱-۵۲.

فومن، ع. ۱۳۸۹. زراعت و اصلاح سورگوم. انتشارات مؤسسه تحقیقات و اصلاح و تهیه نهال و بذر. ۱۲۹ ص.

محمودی، ع. ر.، سلطانی، ا و بارانی، ح. ۱۳۸۷. واکنش جوانه‌زنی یونجه حلزونی (*Medicago scutellata* L.) به دما. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۱ (۱): ۵۴-۶۳.

Blumental, M.J., Aston, S.C. and Pearson, C.J. 1996. Effect of temperature and moisture potential on germination and emergence in *Lotus* sp. Australian Journal of Agriculture Research 47: 1119-1130.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.27.8.7]

Freeman, C.E. 2005. Germination response of Texas population of ocotillo to constant temperature water stress, pH and salinity. The American midland Naturalist 89:252-256.

House, L.R. 1985. A guide to sorghum breeding. ICRISAT, Patancharu, Andhra Pradesh 502 324, India.

ISTA (International Seed Testing Association). 1996. International rules for seed testing rules. Seed Science and Technology. 24, Supplement, 155-202.

Kamaha, C. and Maguire, Y.D. 1992. Effect of temperature on germination of six winter wheat cultivars. Seed Science and Technology 20: 181-185.

Kebreab, E. and Murdoch, A.J. 2001. The effect of water stress on the temperature range for germination of *Orobanches aegyptiaca* seeds. Seed Science Research 10: 127-133.

Madakadze, I.C., Prithiviraj, B., Stewart, K.A., Peterson, P.R., Coulman, B.E. and Smith, D.L. 2001. Variation in base temperatures for germination in warm season grasses. Seed Science and Technology 29: 31-38.

Mwale, S.S., Azam-Ali, S.N., Clark, J.A., Bradley, R.G. and Chatha, M.R. 1994. Effect of temperature on the germination of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Seed Science and Technology 22: 565-575.

Ramin, A.A. 1997. Theinfluence of temperature on germination of tree Irani. Seed Science and Technology 25: 419-426.

Riemens, M.M., Scheepens, P.C. and Van der Weide, R.Y. 2004. Dormancy, germination and emergence of weed seeds, with emphasis on influence of light. Plant Research International 302:1-2.

Seefeldt, S.S., Kidwell, K.K. and Waller, J.E. 2002. Base growth temperatures, germination rates and growth response of contemporary spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars from the US Pacific Northwest. Field Crops Research 75: 47-52.

Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali, E., and Latifi, N. 2001. Genetic variation for and interrelationships among seed vigor traits in wheat from the Caspian Sea coasts of Iran. Seed Science and Technology 29: 653-662.

Soltani, A., Robertson, M.J., Torabi, B., Yousefi-Daz, M. and Sarparast, R. 2006. Modeling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. Agriculture Forest Meteorology 138: 156-167.

Wade, L.J., Hammer, G.L. and Davey, M.A. 1993. Response of germination to temperature amongst diverse sorghum hybrids. Field Crop Research 31: 295-308.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.27.8.7]