

اثر پیری تسریع شده بذر بر جوانه‌زنی و مؤلفه‌های رشد گیاهچه‌های سه رقم کلزا (*Brassica napus*)

حمیدرضا بلوچی*، فهیمه باقری، راضیه کایدنظامی، محسن موحدی‌دهنوی و علیرضا یدوی

یاسوج، دانشگاه یاسوج، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۱/۵/۱۴

چکیده

آزمون پیری تسریع شده یکی از مهمترین آزمون‌های استفاده شده برای ارزیابی پتانسیل فیزیولوژیکی گونه‌های مختلف بذر و تهیه اطلاعاتی از درجه سازگاری آنها می‌باشد. در این بررسی اثر زوال بذر (آزمون پیری تسریع شده) بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در شرایط آزمایشگاهی در سه رقم کلزا مورد مطالعه قرار گرفت. آزمون پیری بذر بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه دمای ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد و چهار دوره ۲۴، ۷۲، ۱۲۰ و ۱۴۴ ساعته در رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد روی ۳ رقم کلزا (SLM، زرفام و الایت) با ۳ تکرار اجرا گردید. نتایج نشان داد که تنش پیری بذر و برهم‌کنش رقم، دما و زمان تسریع پیری بر صفات جوانه‌زنی بذر شامل درصد، سرعت و شاخص جوانه‌زنی، مدت زمان لازم تا رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی و بنیه بذر اثر معنی‌داری داشت. در کل با افزایش دما و زمان زوال بذر میزان صفات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه از جمله طول و وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه و ضریب آلومتری ارقام کلزا کاهش یافت. در بین ارقام مورد آزمایش رقم زرفام دارای صفات جوانه‌زنی و مؤلفه‌های رشد گیاهچه بالاتری نسبت به دو رقم دیگر بود که این برتری در تنش پیری بذر نیز تداوم یافت. به طوری که میزان جوانه‌زنی رقم زرفام، الایت و SLM در شرایط ۴۰ درجه سانتی‌گراد و ۱۴۴ ساعت زوال به ترتیب از ۸۰ به ۶۴ و ۲۹ درصد کاهش یافت. در نتیجه بین ارقام مورد نظر در شرایط انبارداری طولانی و آب و هوای گرم و مرطوب رقم زرفام و SLM به ترتیب بیشترین و کمترین کیفیت بذر و مقاومت به شرایط انبارداری را دارا بودند.

واژه‌های کلیدی: بنیه بذر، جوانه‌زنی، زوال بذر، شرایط انبارداری بذر، کلزا

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۷۴۱۲۲۲۴۸۴۰، پست الکترونیکی: balouchi@mail.yu.ac.ir

مقدمه

محیطی در طول مراحل رشد گیاه مادری وابسته است (۱۹). کاهش کیفیت بذر، منجر به جوانه‌زنی نامطلوب و کاهش قدرت رشد گیاهچه‌ها بخصوص در شرایط تنش می‌گردد (۳۰ و ۱۹). کیفیت بالای بذر از نظر اقتصادی دارای اهمیت زیادی می‌باشد و شامل حفظ سرعت جوانه‌زنی بالا و محتوای ثابت بعد از انبارداری می‌باشد. جوانه‌زنی بذر، سبز شدن گیاهچه و استقرار گیاه جنبه‌های مهمی از تولید کلزا هستند و شاخص‌های اصلی بررسی بنیه بذر یا گیاهچه محسوب می‌شوند (۲۱).

کلزا (*Brassica napus* L.) یکی از مهمترین گیاهان روغنی بعد از سویاست که کشت و تولید آن در ایران بخصوص در گیلان پس از کشت برنج به‌عنوان کشت دوم توسعه زیادی یافته‌است. جوانه‌زنی یکی از مهمترین مراحل فنولوژیک گیاهان است که تعیین کننده میزان تولید هر محصول می‌باشد (۲۳). سبز شدن و رشد گیاهچه در گیاهان زراعی بوسیله عواملی از جمله درصد و سرعت جوانه‌زنی، قوه‌ی نامیه بذر و شرایط محیطی بستگی دارد (۲۶ و ۳۳). De Figueiredo و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که قوه‌ی نامیه بذر و قدرت رویش گیاهچه‌ها به شرایط

افزایش نشت الکترولیت‌ها از غشا تحت تأثیر رادیکال‌های آزاد، تغییر ساختمان مولکولی اسیدهای نوکلئیک و کاهش فعالیت آنزیم‌ها می‌باشد (۲۷).

Chitra Devi و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که در مورد بذره‌های خردل بذره‌های بزرگتر با مدت زمان انبارشدگی کمتر نسبت به بذره‌های کوچکتر با مدت زمان انبارشدگی بیشتر درصد سبز شدن بیشتری داشتند (۱۷). Barsa و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که درصد سبز شدن بذره‌های پنبه با افزایش دوره تسریع پیری کاهش پیدا می‌کند، به طوری که درصد سبز شدن از ۸۷ درصد در بذره‌های شاهد به صفر درصد در بذره‌هایی که ۱۵ روز تسریع پیری شده بودند رسید (۱۴). با زوال بذر، بنیه بذر اولین جزء از کیفیت بذر است که کاهش می‌یابد و به دنبال آن ظرفیت جوانه‌زنی و قوه نامیه نیز کاهش را نشان می‌دهد (۲۹، ۱۹، ۱۴).

کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی در اثر پیری بذر توسط محققان زیادی از جمله Bishnoi and Santos (۱۶)، Dahiya و همکاران (۱۸) در مورد ماش و نخود، سلطانی و همکاران (۷) برای گندم در تمام شرایط محیطی و Halder و همکاران (۲۵) در بذور آفتابگردان گزارش شده است. در بررسی قرینه و همکاران (۱۳۸۷) که روی پیری بذر ارقام مختلف کلزا انجام دادند، مشخص گردید که تنش پیری بذر بر شاخص‌های مزرعه‌ای اندازه‌گیری شده به ویژه استقرار گیاهیچه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک تأثیرگذار بوده و باعث کاهش این شاخص‌ها شده است (۸). گزارش‌ها نشان دادند که پیری بذر، جوانه‌زنی، سبز شدن (۱۴ و ۳۷)، وزن خشک ساقه و ریشه (۳۱)، طول گیاهیچه (۳۷)، درصد گیاهیچه‌های نرمال (۲۰) و درصد پیدایش برگ را کاهش می‌دهد (۳۴). همچنین کاهش جوانه‌زنی بذور دو رقم گندم در اثر کاهش فعالیت آنزیم آمیلاز در دو روش طبیعی و مصنوعی (تسریع شده) پیری بذر گزارش شده است (۲۴).

قدرت بذر در زمان رسیدگی فیزیولوژیک در اغلب محصولات در بالاترین مقدار می‌باشد (۱۴). به هر حال دانه‌ها بتدریج در طول انبارداری طولانی مدت فرسوده می‌شوند و قوه‌ی نامیه آنها کاهش می‌یابد (۲۹). بعلاوه، تاریخ کشت نامناسب در صورتی که باعث برخورد زمان برداشت به آب و هوای گرم و مرطوب گردد باعث تسریع پیری بذر می‌شود. این زوال به صورت کاهش درصد جوانه‌زنی و تولید گیاهیچه‌های ضعیف از بذره‌های جوانه‌زده آشکار می‌شود (۳۸). بقای توده‌ها یا ارقام مختلف بذر در شرایط یکسان انبارداری بذرها شاید متفاوت باشد. به هر حال با توضیح این نکته، کشاورزان قبل از کشت به شیوه‌ای برای ارزیابی قدرت انبارداری و قدرت زیست بذر برای هر ناحیه و انتخاب بهترین ارقام نیاز دارند.

آزمون تسریع پیری یکی از مهمترین آزمون‌های استفاده شده برای ارزیابی پتانسیل فیزیولوژیکی گونه‌های مختلف بذور و تهیه اطلاعاتی از درجه سازگاری آنها می‌باشد (۳۵). اصل این روش براساس تسریع مصنوعی پیری بذور با قرار دادن آنها در سطوح دما و رطوبت نسبی بالا به عنوان برجسته‌ترین عوامل محیطی در رابطه با شدت و سرعت پیری می‌باشد (۲۹). در این حالت بذره‌های کم کیفیت سریع‌تر از بذور با بنیه بالا زوال می‌یابند. عوامل بسیاری بر رفتار بذرها در آزمون پیری تأثیر می‌گذارند. شرایط انباری متفاوت می‌تواند باعث ایجاد اختلاف معنی‌داری در جوانه‌زنی گیاه شود (۲۸). برهم‌کنش بین دما و مدت زمان قرار گرفتن بذرها در آن شرایط یکی از جنبه‌هایی است که بسیار مطالعه شده است. اما جنبه دیگر که در این آزمایش‌ها باید بررسی شود اثر متقابل ارقام با دما و مدت زمان قرار گرفتن در شرایط زوال است.

مهمترین تغییراتی که ضمن زوال در بذر ایجاد می‌شود، شامل واکنش‌های اکسیداسیونی مانند تولید رادیکال‌های آزاد، دهیدروژناسیون آنزیمی و اکسیداسیون آلدئیدی پروتئین‌ها، همچنین کاهش یکپارچگی و نفوذپذیری غشا و

اندازه‌گیری شد. درصد و سرعت سبز شدن بعد از کشت با شمارش روزانه بذور سبز شده توسط برنامه Germin محاسبه شد (۳۲). این برنامه D50 (یعنی مدت زمانی که طول می‌کشد تا سبز شدن به ۵۰ درصد حداکثر خود برسد) را برای هر تکرار و هر تیمار بذری از طریق درون‌یابی منحنی افزایش سبز شدن در مقابل زمان محاسبه می‌کند. سرعت سبز شدن (بر ساعت) از طریق رابطه زیر محاسبه گردید:

$$R50 = 1/D50 \quad (\text{سرعت سبز شدن})$$

درصد بذره‌های جوانه‌زده از تقسیم کردن تعداد بذره‌های جوانه‌زده بر کل بذره‌های هر ظرف پتری محاسبه گردید. شاخص بنیه بذر از حاصل ضرب درصد جوانه‌زنی نهایی در طول گیاهچه محاسبه شد (۱۳). ضریب آلومتریک از تقسیم میانگین وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه بدست آمد (۹). شاخص جوانه‌زنی بذور یا متوسط زمان جوانه‌زنی که شاخصی از سرعت و شتاب جوانه‌زنی محسوب می‌گردد از رابطه زیر محاسبه شد:

$$G.I = \sum (N_i \times T_i) / N$$

N_i = تعداد بذره‌های جوانه زده در هر روز

T_i = شماره روز که از روز اول تا روز آخر جوانه‌زنی ادامه دارد.

N = تعداد کل بذره‌های جوانه زده

در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین صفات با روش LSD در سطح ۵ درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که بین درصد جوانه‌زنی ارقام مختلف کلزا در دماها و زمان‌های مختلف اعمال پیری تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل دما و زمان در ارقام مختلف نشان داد که

با توجه به اهمیت کلزا و تولید روغن در ایران به خصوص در محیط‌های گرم و مرطوب، هدف از اجرای این پژوهش تعیین اثر دماها و دوره‌های مختلف زوال بذر (آزمون پیری تسریع شده) بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ی سه رقم کلزا در شرایط آزمایشگاهی می‌باشد.

مواد و روشها

به منظور بررسی رابطه تنش زوال بذر (آزمون پیری تسریع شده) بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در شرایط آزمایشگاهی، مطالعه‌ای روی سه رقم کلزا در آزمایشگاه فناوری بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج در سال ۱۳۸۹ انجام شد. آزمون پیری بذر بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه دمای ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد و چهار دوره ۲۴، ۷۲، ۱۲۰ و ۱۴۴ ساعته در رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد بر ۳ رقم کلزا (SLM)، زرفام و الایت) با ۳ تکرار بررسی گردید. بذور این سه رقم همگی در شرایط یکسان تولید و در خرداد سال ۱۳۸۸ برداشت شده و تا زمان اجرای آزمایش در شرایط کنترل شده‌ای انبار گردیده بودند. برای اعمال تیمارهای پیری بذرها بصورت یک لایه روی توری‌های آلومینیومی بالای ظروف آب درون انکوباتور و طبق زمان‌های مورد نظر و در رطوبت نسبی ۸۵٪ قرار گرفتند. پس از اعمال تیمارهای زوال بذور در هر تکرار ۵۰ عدد بذر درون ظروف پتری قرار داده شد و برای آزمون استاندارد جوانه‌زنی به مدت ۷ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد درون ژرمیناتور قرار داده شد (۶). در هر روز تعداد بذور جوانه‌زده شمارش شدند. معیار بذره‌های جوانه‌زده خروج ریشه‌چه به اندازه ۲ میلیمتر یا بیشتر بود (۳۲). در آخرین روز پس از شمارش بذره‌های جوانه‌زده از هر پتری دیش ۱۰ نمونه بطور تصادفی انتخاب و طول ساقه‌چه و ریشه‌چه آنها با خط‌کش مدرج میلی‌متری اندازه‌گیری شد. وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه پس از خشک شدن در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت با ترازوی حساس با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم

در هر رقم بیشترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت زمان ۲۴ ساعت وجود داشت و با افزایش دما و مدت زمان قرار گرفتن در آن دما درصد جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری یافت (جدول ۲). بیشترین کاهش درصد جوانه‌زنی با افزایش ۲۰ درجه‌ای و ۱۲۰

ساعته دما و مدت زمان اعمال آن به میزان ۸۰ واحد (از ۸۴ به ۴ درصد) در رقم SLM دیده شد. در حالی که درصد جوانه‌زنی رقم زرفام در حداکثر پیری تسریع شده تنها ۶۶ درصد یعنی از ۹۱ به ۲۵ درصد کاهش یافت (جدول ۲).

جدول ۱. مجموع مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات جوانه‌زنی ارقام کلزا در دماها و زمان‌های مختلف جهت تسریع زوال بذر

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	شاخص جوانه‌زنی	زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی	سرعت تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی	قدرت بنیه بذر
رقم	۲	۲۰۷۸۸/۹۶**	۲۶۴۴/۷۱**	۵/۰۲**	۴/۵۳**	۰/۱۴۷ ^{ns}	۲۱۵۸۲۹۲**
دما	۲	۲۹۰۱۲/۹۶**	۵۶۲۶/۰۳**	۱۰/۶۰**	۵۰/۰۰**	۴/۴۶۲**	۳۶۱۷۷۳۶**
زمان	۳	۱۶۸۰۳/۰۷**	۳۲۳۲/۰۷**	۹/۷۵**	۵۶/۶۰**	۷/۰۷۳**	۳۶۳۹۳۰۰**
رقم × زمان	۴	۸۸۵/۰۴**	۱۰۹/۱۴ ^{ns}	۳/۹۳**	۳/۳۹**	۰/۹۲۵**	۲۷۵۶۹۱**
رقم × دما	۶	۱۲۶۰/۸۱**	۱۳۶/۵۳ ^{ns}	۰/۷۲ ^{ns}	۵/۸۸**	۰/۳۸۶ ^{ns}	۵۸۱۸۷ ^{ns}
دما × زمان	۶	۷۴۷۸/۵۹**	۶۸۱/۰۵*	۲/۱۵ ^{ns}	۲۹/۳۹**	۰/۶۶۰*	۲۰۹۲۱۹**
رقم × دما × زمان	۱۲	۳۵۶۱/۱۸**	۵۲۳/۹۴**	۲/۰۶**	۶/۱۱*	۰/۹۵۷ ^{ns}	۲۶۳۵۹۶**
خطای آزمایش	۷۲	۳۲۹۳/۳۳	۹۹۶/۴۱	۷/۱۱	۱۵/۲۶	۳۱/۳۲	۸۰۲۵۰۸
ضریب تغییرات		۱۱/۰۸	۱۹/۳۴	۲۲/۷۴	۲۴/۶۴	۲۸/۱۱	۲۱/۴۵

ns، * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

جدول ۲. مقایسه میانگین برهم‌کنش اثر دما و زمان برای درصد جوانه‌زنی سه رقم کلزا در آزمایش زوال بذر

رقم	دما (سانتی‌گراد)	زمان (ساعت)		
		۲۴	۷۲	۱۲۰
SLM	۳۰	۸۴ ^a	۷۲ ^b	۵۷ ^c
	۴۰	۷۰ ^b	۳۵ ^{ef}	۳۳ ^{ef}
	۵۰	۴۷ ^{cd}	۲۱ ^g	۶ ^h
الایت	۳۰	۸۶ ^a	۸۱ ^a	۸۱ ^a
	۴۰	۸۵ ^a	۷۹ ^a	۷۵ ^{ab}
	۵۰	۸۳ ^a	۶۶ ^{bc}	۱۸ ^c
زرفام	۳۰	۹۱ ^a	۸۹ ^b	۸۷ ^b
	۴۰	۸۳ ^b	۸۰ ^{bc}	۸۱ ^{bc}
	۵۰	۸۳ ^{bc}	۷۰ ^c	۲۵ ^d

در هر رقم میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد به روش LSD می‌باشند.

جدول ۳. مقایسه میانگین برهم‌کنش اثر دما و زمان برای سرعت جوانه‌زنی سه رقم کلزا در آزمایش زوال بذر (بر حسب تعداد بذر جوانه‌زده در روز)

رقم	دما (سانتی‌گراد)	زمان (ساعت)			
		۱۴۴	۱۲۰	۷۲	۲۴
SLM	۳۰	۱۵/۷ ^{bc}	۱۵/۴ ^{bcd}	۲۱/۰ ^b	۳۰/۲ ^a
	۴۰	۹/۵ ^{def}	۸/۶ ^{ef}	۱۱/۴ ^{cde}	۱۷/۳ ^{bc}
	۵۰	۰/۴ ^g	۰/۶ ^g	۴/۶ ^{fg}	۱۶/۵ ^{bc}
الایت	۳۰	۲۹/۰ ^{abc}	۲۶/۵ ^{bc}	۳۳/۱ ^{ab}	۳۲/۲ ^a
	۴۰	۱۳/۳ ^d	۱۷/۵ ^d	۲۳/۹ ^c	۲۸/۹ ^{abc}
	۵۰	۲/۲ ^e	۲/۱ ^e	۱۳/۰ ^d	۲۵/۷ ^c
زرغام	۳۰	۳۲/۲ ^{ab}	۳۳/۷ ^a	۳۰/۹ ^{ab}	۳۵/۸ ^a
	۴۰	۱۸/۶ ^e	۲۲/۷ ^{de}	۳۰/۰ ^{abc}	۳۱/۸ ^{ab}
	۵۰	۳/۵ ^f	۳/۵ ^f	۲۴/۸ ^{cd}	۲۶/۴ ^{bcd}

در هر رقم میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد به روش LSD می‌باشند.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر دما و زمان و برهم‌کنش آنها بر شاخص جوانه‌زنی سه رقم کلزا در آزمایش زوال بذر

رقم	دما (سانتی‌گراد)	زمان (ساعت)			
		۱۴۴	۱۲۰	۷۲	۲۴
SLM	۳۰	۰/۸۳ ^c	۱/۶ ^b	۲/۰ ^{۱ab}	۲/۴۷ ^a
	۴۰	۰/۹۲ ^c	۰/۷۱ ^{cd}	۰/۸۷ ^c	۱/۵۱ ^b
	۵۰	۰/۱۹ ^e	۰/۲۹ ^{de}	۰/۶۳ ^{cde}	۰/۹۱ ^c
شاهد = ۱/۳۵	میانگین	۰/۶۵ ^C	۰/۸۷ ^C	۱/۱۷ ^B	۱/۶۳ ^A
الایت	۳۰	۱/۳۰ ^{bcd}	۱/۳۳ ^{bc}	۱/۵۵ ^{ab}	۲/۰۶ ^a
	۴۰	۱/۷۲ ^a	۱/۷۲ ^a	۱/۸۸ ^a	۲/۰۲ ^a
	۵۰	۰/۸۳ ^{cd}	۰/۸۰ ^d	۱/۵۶ ^{ab}	۱/۹۶ ^a
شاهد = ۱/۲۹	میانگین	۱/۲۸ ^C	۱/۲۸ ^C	۱/۶۶ ^B	۲/۰۱ ^A
زرغام	۳۰	۱/۷۵ ^A	۱/۶۲ ^{bc}	۱/۴۱ ^{bcd}	۲/۶۹ ^a
	۴۰	۱/۷۲ ^A	۱/۶۱ ^{bc}	۱/۷۵ ^{bc}	۱/۸۱ ^b
	۵۰	۱/۰۵ ^B	۰/۹۶ ^d	۱/۰۰ ^d	۱/۳۲ ^{bcd}
شاهد = ۲/۰۳	میانگین	۱/۳۱ ^B	۱/۳۹ ^B	۱/۳۹ ^B	۱/۹۴ ^A

در هر رقم میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک کوچک یا بزرگ هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد به روش LSD می‌باشند.

الایت با ۸۳٪ و رقم SLM با ۵۵٪ به ترتیب دارای بیشترین تا کمترین درصد جوانه‌زنی بودند. برتری درصد جوانه‌زنی رقم زرغام در شرایط مناسب و پیری بذر می‌تواند ناشی از تفاوت ذاتی بین ارقام باشد.

بعبارت دیگر بذر رقم زرغام در شرایط زوال شدید قدرت جوانه‌زنی خود را به میزان ۲۵ درصد حفظ کرد که نشان‌دهنده کیفیت بالای بذر این رقم جهت انبارداری در شرایط مرطوب با دمای بالا می‌باشد. با توجه به این که بین ارقام مختلف در شرایط نرمال رقم زرغام با ۹۰٪، رقم

و نخود Bishnoi and Santos (۱۶) و Dahiya و همکاران (۱۸)، در گندم سلطانی و همکاران (۷) و در بذور آفتابگردان Halder و همکاران (۲۵) کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی در اثر پیری بذر گزارش شده است.

شاخص جوانه‌زنی بذور عبارت است از متوسط زمان جوانه‌زنی بذر که شاخصی از سرعت و شتاب جوانه‌زنی محسوب می‌گردد. تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر متقابل رقم، دما و مدت زمان اعمال آن روی این شاخص در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۱). نتایج نشان داد که رقم زرفام در مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتن در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین شاخص جوانه‌زنی را به میزان ۲/۶۹ داشت. همچنین پایین‌ترین شاخص جوانه‌زنی مربوط به رقم SLM با قرار گرفتن در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۴۴ ساعت به میزان ۰/۱۹ بود (جدول ۴).

سنتز پروتئین‌ها نقش مهمی در فرایند جوانه‌زنی، رشد محور جنینی و تولید آنزیم‌های هیدرولیز کننده و سایر سیستم‌های سلولی انتقال دهنده مواد اندوخته‌ای دانه ایفا می‌نماید. پیری با ایجاد اختلال در سازوکارهای ذکر شده باعث کاهش شاخص جوانه‌زنی می‌شود. جوانه‌زنی سریع، یکنواخت و کامل بذرها باعث سبز شدن مطلوب و رشد اولیه سریع گیاهان زراعی شده و با رشد مطلوب اولیه و دریافت نور بیشتر باعث افزایش عملکرد می‌گردد (۱۰).

بررسی اثر پیری زودرس بر صفات جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در دو ژنوتیپ جو نشان داد که پیری زودرس باعث کاهش فعالیت این آنزیم‌ها و در نتیجه کاهش درصد، سرعت و شاخص جوانه‌زنی در جو می‌گردد. همچنین ژنوتیپ‌هایی با بنیه ضعیف‌تر نسبت به ژنوتیپ‌های قویتر جوانه‌زنی کمتری داشتند (۱ و ۲).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان می‌دهد که برهم‌کنش دما و مدت زمان اعمال آن در ارقام مختلف بر تعداد روز تا ۵۰٪ جوانه‌زنی بذور تأثیر معنی‌داری در سطح

نتایج حاصل از این آزمون با یافته‌های ربیعی و بیات (۱۳۸۸) تفاوت در جوانه‌زنی بین ارقام مختلف را روی زوال بذر کلزا در شرایط نرمال و پیری بذر نشان داد (۶) و با نتایج Halder و همکاران (۱۹۸۳) روی زوال بذر آفتابگردان مطابقت دارد (۲۵). Barsa و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که درصد سبز شدن بذرها پنبه با افزایش دوره تسریع پیری کاهش پیدا می‌کند، به طوری که درصد سبز شدن از ۸۷ درصد در بذرها شاهد به صفر درصد در بذرهایی که ۱۵ روز با تیمار تسریع پیری مواجه شده بودند رسید (۱۴). با زوال بذر، قدرت بذر اولین جزء از کیفیت بذر است که کاهش می‌یابد و به دنبال آن ظرفیت جوانه‌زنی و قوه نامیه نیز کاهش را نشان می‌دهد (۲۹، ۱۹، ۱۴).

یکی دیگر از شاخص‌های اندازه‌گیری کیفیت بذر سرعت جوانه‌زنی ارقام می‌باشد. هر چه ارقام بتوانند در مدت زمان کمتری، درصد جوانه‌زنی بیشتری داشته باشند، دارای کیفیت بذر مطلوب‌تر و قدرت بذر بالاتری هستند. تجزیه واریانس صفات جوانه‌زنی نشان داد که برهم‌کنش بین رقم، دما و مدت زمان تسریع پیری بر سرعت جوانه‌زنی اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشت (جدول ۱). به طوری که در هر رقم با افزایش سرعت زوال بذر بوسیله افزایش میزان و مدت زمان قرار گرفتن بذور در دمای بالا سرعت جوانه‌زنی بطور معنی‌داری کاهش یافت. کمترین شدت این کاهش در رقم زرفام و بیشترین آن در رقم SLM دیده شد، به طوری که سرعت جوانه‌زنی در رقم زرفام با افزایش ۲۰ درجه‌ای و ۱۲۰ ساعته دما و مدت زمان اعمال آن از ۳۵/۸ به ۳/۵ بذر در روز و در رقم SLM از ۳۰/۲ به ۰/۴ بذر در روز کاهش یافت (جدول ۳).

احتمالاً مکانیزم‌های مقاومتی که باعث برتری رقم زرفام در شرایط تنش گردیده در سایر ارقام کمتر وجود داشته است. سرعت جوانه‌زنی از عوامل مهم در بین خصوصیات مطلوب زراعی بذر بوده و پایین بودن آن در بذر باعث عدم یکنواختی تراکم گیاه در مزرعه می‌شود. در گیاه ماش

۵ درصد داشت (جدول ۱).

جدول ۵. مقایسه میانگین برهم‌کنش اثر دما و زمان برای مدت زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی سه رقم کلزا در آزمایش زوال بذر (برحسب روز)

رقم	دما (سانتی‌گراد)				زمان (ساعت)
	۲۴	۷۲	۱۲۰	۱۴۴	
SLM	۰/۷۳ ^e	۱/۴۶ ^{cd}	۲/۱۲ ^c	۱/۵۶ ^{cd}	۳۰
	۱/۰۴ ^{de}	۰/۸۵ ^{de}	۱/۳۹ ^{cde}	۳/۸۴ ^b	۴۰
	۱/۱۷ ^{de}	۱/۹۵ ^c	۴/۸۳ ^a	۴/۹۲ ^a	۵۰
الایت	۰/۷۷ ^e	۰/۷۰ ^e	۱/۳۰ ^{cde}	۱/۰۵ ^{de}	۳۰
	۱/۱۵ ^{de}	۱/۶۴ ^{cd}	۱/۷۴ ^{cd}	۱/۷۱ ^{cd}	۴۰
	۱/۱۱ ^{de}	۱/۹۸ ^{bc}	۳/۸۶ ^a	۴/۲۴ ^a	۵۰
زرغام	۰/۷۱ ^e	۰/۸۸ ^{cde}	۰/۹۸ ^{cde}	۱/۱۵ ^{cde}	۳۰
	۰/۸۵ ^{de}	۱/۵۰ ^{cd}	۱/۴۷ ^{cd}	۳/۱۱ ^{ab}	۴۰
	۱/۲۴ ^{cde}	۱/۶۲ ^c	۲/۸۷ ^{ab}	۳/۷۸ ^a	۵۰

در هر رقم میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد به روش LSD می‌باشند.

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل دما و رقم در زمان‌های مختلف اعمال گرما برای سرعت تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذر کلزا در آزمایش زوال بذر (برحسب تعداد بذر جوانه‌زده در روز)

رقم	دما (سانتی‌گراد)					زمان (ساعت)
	۳۰	۴۰	۵۰	SLM	الایت	
۲۴	۱/۳۸ ^a	۱/۰۰ ^{bc}	۱/۰۶ ^b	۱/۱۷ ^a	۱/۰۵ ^{ab}	۱/۲۲ ^a
۷۲	۱/۱۱ ^b	۰/۸۳ ^{cd}	۰/۵۶ ^{ef}	۰/۸۳ ^c	۰/۸۶ ^{bc}	۰/۸۲ ^c
۱۲۰	۰/۷۹ ^d	۰/۶۸ ^{de}	۰/۲۷ ^g	۰/۵۰ ^{de}	۰/۵۵ ^{de}	۰/۶۹ ^{cd}
۱۴۴	۰/۸۳ ^{cd}	۰/۳۹ ^{fg}	۰/۲۴ ^g	۰/۳۸ ^e	۰/۵۹ ^d	۰/۴۹ ^{de}

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد به روش LSD می‌باشند.

جدول ۷. مجموع مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات مربوط به رشد گیاهچه‌ای ارقام کلزا در آزمون پیری بذر در دماها و زمان‌های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	ضریب آلومتریک
رقم	۲	۱۶/۱۷ ^{**}	۳۶/۶۹ ^{**}	۱۴/۶۲ ^{**}	۸۷/۱۳ ^{**}	۰/۰۳۸ ^{**}
دما	۲	۷۴/۳۱ ^{**}	۵۱/۶۲ ^{**}	۲۱/۲۳ ^{**}	۱۴۹/۶۳ ^{**}	۰/۰۶۱ ^{**}
زمان	۳	۱۴۱/۴۷ ^{**}	۳۴/۲۲ ^{**}	۲۶/۱۲ ^{**}	۲۸۳/۷۳ ^{**}	۰/۰۵۰ ^{**}
رقم × زمان	۴	۷/۰۷ ^{ns}	۷/۱۴ ^{**}	۱/۶۰ ^{**}	۱۰۴/۱۰ ^{**}	۰/۰۰۷ ^{ns}
رقم × دما	۶	۷/۳۸ ^{ns}	۵/۳۶ ^{**}	۲/۵۷ ^{**}	۳۵/۰۵ ^{ns}	۰/۰۱۵ ^{**}
دما × زمان	۶	۷/۸۹ ^{ns}	۱۰/۹۴ ^{**}	۰/۵۳ ^{ns}	۵۴/۰۶ [*]	۰/۰۰۸ ^{ns}
رقم × دما × زمان	۱۲	۸/۶۷ ^{ns}	۱/۹۵ ^{ns}	۱/۸۲ ^{**}	۵۸/۶۹ ^{ns}	۰/۰۱۵ ^{ns}
خطای آزمایش	۷۲	۷۰/۶۳	۱۷/۸۱	۴/۱۷	۲۸۴/۷۵	۰/۰۵۵
ضریب تغییرات	%	۲۹/۲۸	۱۳/۵۰	۱۲/۲۱	۱۳/۹۴	۲۰/۲۶

ns، * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

محیطی قرار می‌گیرد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثرات اصلی رقم، دما و مدت زمان زوال بذر بر طول ریشه‌چه تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد داشتند، در حالی که هیچ اثر متقابل معنی‌داری بین تیمارها برای این صفت مشاهده نشد (جدول ۷).

با افزایش دما از ۳۰ به ۵۰ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان زوال از ۲۴ به ۱۴۴ ساعت طول ریشه‌چه کاهش معنی‌داری را نشان داد. رقم زرفام در بین ارقام کلزای مورد بررسی دارای بیشترین (۳/۸۴ سانتی‌متر) و رقم SLM دارای کمترین (۲/۹۰ سانتی‌متر) طول ریشه‌چه بودند (شکل ۱). تجزیه واریانس طول ساقه‌چه نشان داد که برهم‌کنش رقم و دما، رقم و زمان و میزان دما و زمان زوال اثر معنی‌داری بر طول ساقه‌چه در سطح ۱ درصد داشتند (جدول ۷).

با مقایسه میانگین طول ساقه‌چه در شرایط پیری بذر مشخص شد که رقم زرفام و SLM به ترتیب بیشترین و کمترین طول ساقه‌چه را با افزایش دما و زمان تسریع پیری بذر به خود اختصاص دادند که نشان‌دهنده مقاومت بالای رقم زرفام به شرایط پیری بذر می‌باشد (جدول ۸ و شکل ۲). در کل با افزایش دما و زمان در آزمون پیری تسریع شده بذر طول ساقه‌چه بطور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۸).

بذرهای براساس این که نحوه تولید و نگهداری آنها چگونه بوده باشد، دارای کیفیت و بنیه بذر متفاوتی هستند و این شرایط می‌تواند بطور مستقیم بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه مؤثر باشد (۲۳). همان‌طور که مرتضوی و همکاران (۱۳۸۴) در آزمایشی روی زوال بذر نخود ایرانی نشان داده بودند، تنش پیری باعث کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌گردد (۱۱) که با نتایج بدست آمده در این آزمایش مطابقت دارد. در نتیجه می‌توان گفت که رقم زرفام دارای کیفیت بالایی از نظر مقاومت به پیری بذر در خصوص صفت طول ساقه‌چه و ریشه‌چه می‌باشد. وجود گیاهچه‌های کوچک و ضعیف دلالت بر ضعیف بودن بنیه

مقایسه میانگین صفت مذکور نشان داد که با افزایش دما از ۳۰ به ۵۰ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان اعمال آن از ۲۴ به ۱۴۴ ساعت در کلیه ارقام باعث بیشتر شدن زمان مورد نیاز برای جوانه‌زنی ۵۰٪ بذر گردید (جدول ۵). اما این روند در ارقام مختلف متفاوت بود، به طوری که شدت این افزایش در رقم SLM بیشتر (۴/۷ برابر) از زرفام (۳/۸ برابر) بدست آمد. به این ترتیب با حداکثر سرعت زوال بذر در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۴۴ ساعت رقم SLM دارای طولانی‌ترین مدت زمان لازم تا ۵۰٪ جوانه‌زنی (به میزان ۴/۹۲ روز) بین ارقام مورد بررسی گردید و به تبع آن باعث کاهش سرعت جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی بذر آن رقم شد.

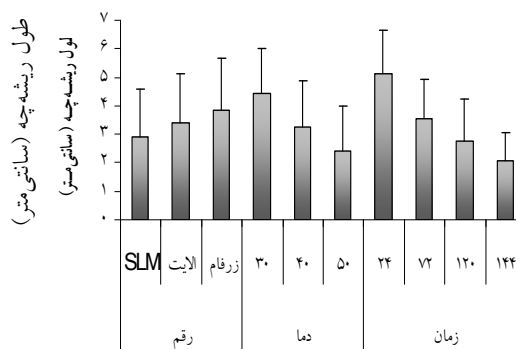
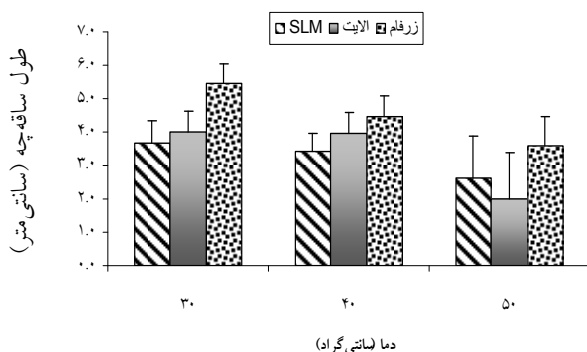
تجزیه واریانس سرعت تا ۵۰٪ جوانه‌زنی نشان می‌دهد که برهم‌کنش دما و مدت زمان اعمال پیری (در سطح ۵ درصد) و رقم با دما (در سطح ۱ درصد) اثر معنی‌داری بر این صفت داشت (جدول ۱). با تسریع پیری بوسیله افزایش دما و مدت زمان اعمال آن در شرایط مرطوب سرعت تا ۵۰٪ جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری یافت. به طوری که بیشترین سرعت مربوط به دمای ۳۰ درجه به مدت ۲۴ ساعت به میزان ۱/۳۸ بذر جوانه‌زده در روز و کمترین سرعت مربوط به دمای ۵۰ درجه به مدت ۱۴۴ ساعت به میزان ۰/۲۴ بذر جوانه‌زده در روز بود (جدول ۶).

همچنین در هر سه رقم مورد بررسی با افزایش مدت زمان اعمال پیری سرعت تا ۵۰٪ جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری را نشان داد. اما در بین ارقام بیشترین سرعت تا ۵۰٪ جوانه‌زنی مربوط به رقم زرفام به میزان ۱/۲۲ بذر جوانه‌زده در روز و در مدت ۲۴ ساعت پیری بدست آمد و کمترین سرعت در رقم SLM و مدت زمان ۱۴۴ ساعت زوال به میزان ۰/۳۸ بذر جوانه‌زده در روز حاصل شد (جدول ۶).

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه از مهمترین صفات تعیین‌کننده کیفیت بذر می‌باشد که تحت تأثیر ژنوتیپ و شرایط

مشخص شده و به همین دلیل از ارزیابی رشد و بنیه گیاهچه استفاده می‌کنند.

بذر دارد. طول گیاهچه معیاری از بنیه بذر بوده و در بسیاری از گیاهان، همبستگی بین طول گیاهچه و بنیه آن



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و دما برای طول ساقچه کلزا در آزمایش زوال بذر به روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد

شکل ۱. مقایسه میانگین اثرات ساده رقم، دما و زمان برای طول ریشه‌چه کلزا در آزمایش زوال بذر به روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۸. مقایسه میانگین اثر متقابل دما و رقم در زمان‌های مختلف اعمال دمای بالا برای طول ساقچه کلزا در آزمایش زوال بذر (برحسب سانتی‌متر)

رقم	دما (سانتی‌گراد)			زمان (ساعت)
	الایت	SLM	۵۰	
زرغام	۴/۳۸ ^b	۴/۲۱ ^b	۳/۹۹ ^c	۲۴
۴/۹۸ ^a	۳/۶۴ ^c	۳/۴۸ ^c	۳/۳۰ ^e	۷۲
۴/۵۰ ^b	۲/۷۸ ^d	۲/۶۷ ^d	۱/۶۰ ^f	۱۲۰
۴/۱۵ ^b	۲/۴۶ ^d	۲/۵۷ ^d	۲/۰۴ ^f	۱۴۴
۴/۴۰ ^b	۳/۸۳ ^{cd}	۳/۴۰ ^{de}	۳/۹۸ ^c	

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد به روش LSD می‌باشند.

جدول ۹. مقایسه میانگین اثر متقابل رقم، دما و زمان برای وزن خشک ریشه‌چه کلزا در آزمایش زوال بذر (بر حسب میلی‌گرم)

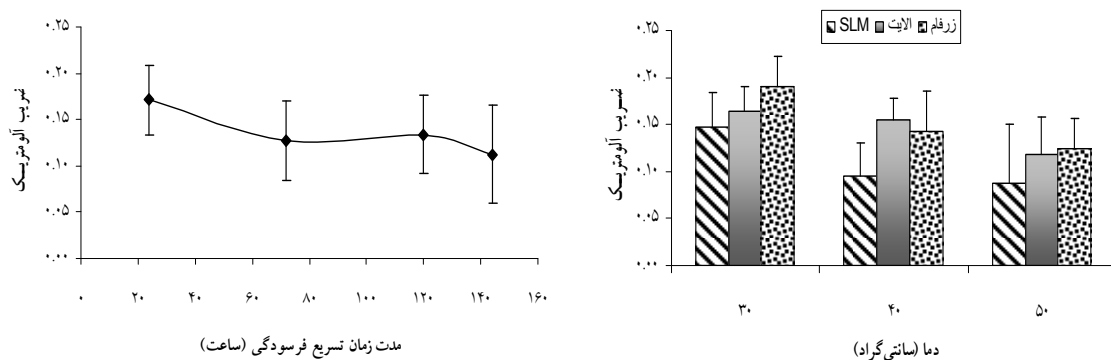
رقم	دما (سانتی‌گراد)			زمان (ساعت)
	۳۰	۴۰	۵۰	
SLM	۳/۱ ^a	۲/۴ ^b	۱/۸ ^c	۲۴
الایت	۲/۶ ^a	۲/۵ ^a	۲/۵ ^a	۷۲
زرغام	۳/۸ ^a	۳/۰ ^b	۲/۸ ^{bc}	۱۲۰
۱/۴ ^d	۲/۰ ^c	۱/۳ ^d	۰/۱ ^e	۱۴۴
۰/۹ ^{df}	۲/۵ ^a	۲/۶ ^a	۲/۴ ^a	
۰/۱ ^e	۲/۰ ^b	۲/۵ ^a	۲/۴ ^a	
۲/۴ ^a	۱/۳ ^c	۱/۳ ^c	۱/۰ ^c	
۲/۰ ^b	۲/۵ ^{cd}	۲/۹ ^b	۲/۲ ^{def}	
۱/۰ ^c	۱/۲ ^e	۲/۴ ^{de}	۱/۲ ^e	
۲/۲ ^{def}	۱/۵ ^e	۲/۰ ^f	۱/۴ ^e	

در هر رقم میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد به روش LSD می‌باشند.

جدول ۱۰. مقایسه میانگین اثر متقابل دما و رقم در زمان‌های مختلف اعمال دمای بالا برای وزن خشک ساقه‌چه کلزا در آزمایش زوال بذر (برحسب میلی‌گرم)

رقم	دما (سانتی‌گراد)					زمان (ساعت)
	الایت	SLM	۵۰	۴۰	۳۰	
۱۶/۹۰ ^a	۱۵/۷۹ ^{ab}	۱۵/۵۵ ^{ab}	۱۵/۳۳ ^{abc}	۱۵/۹۰ ^{abc}	۱۷/۰۱ ^a	۲۴
۱۵/۸۴ ^{ab}	۱۵/۴۲ ^{ab}	۱۵/۱۷ ^{ab}	۱۴/۵۱ ^{bcd}	۱۵/۸۵ ^{abc}	۱۶/۱۱ ^{ab}	۷۲
۱۵/۱۱ ^{ab}	۱۴/۱۱ ^{bc}	۱۱/۲۸ ^{de}	۱۱/۳۳ ^e	۱۴/۶۴ ^{bc}	۱۴/۴۸ ^{bcd}	۱۲۰
۱۳/۱۷ ^c	۱۲/۵۱ ^{cd}	۱۰/۳۱ ^e	۹/۲۱ ^f	۱۴/۱۴ ^{cd}	۱۲/۶۴ ^{de}	۱۴۴

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد به روش LSD می‌باشند.



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و دما برای ضریب آلومتریکی کلزا در آزمایش زوال بذر به روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد

شکل ۴. مقایسه میانگین اثر زمان زوال برای ضریب آلومتریکی کلزا در آزمایش زوال بذر به روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۱۱. مقایسه میانگین برهم‌کنش اثر دما و زمان برای بنیه بذر سه رقم کلزا در آزمایش زوال بذر

رقم	زمان (ساعت)			
	۲۴	۷۲	۱۲۰	۱۴۴
SLM	۱۶۳ ^a	۶۰۱ ^b	۴۰۸ ^{cd}	۲۳۳ ^{ef}
	۵۷۲ ^{bc}	۱۹۷ ^f	۱۷۷ ^{fg}	۱۳۱ ^{gh}
	۳۸۹ ^{de}	۱۱۰ ^{fgh}	۱۵ ^{gh}	۱۲ ^h
الایت	۱۶۳ ^a	۶۹۴ ^{abc}	۶۳۶ ^{cd}	۴۶۰ ^e
	۸۱۴ ^{ab}	۶۶۷ ^{bcd}	۵۰۳ ^{de}	۳۷۱ ^e
	۶۹۵ ^{abc}	۴۲۴ ^e	۳۰ ^{fg}	۲۹ ^g
زرفام	۱۱۳۲ ^a	۹۶۸ ^a	۸۵۲ ^{bc}	۸۱۳ ^{bc}
	۸۹۳ ^b	۶۱۷ ^e	۶۲۲ ^{de}	۴۹۰ ^{ef}
	۷۹۰ ^{cd}	۳۹۷ ^f	۱۲۲ ^g	۱۳۶ ^g

در هر رقم میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک کوچک یا بزرگ هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد به روش LSD می‌باشند.

دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و مربوط به رقم زرفام بود و کمترین آن در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد و به رقم SLM تعلق داشت (شکل ۳).

احتمالا این امر ناشی از واکنش و رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه این ارقام در شرایط متفاوت از پیری بذر بود. افزایش دما در هر رقم ضریب آلودگی را کاهش داد که این کاهش در رقم SLM با شدت بیشتری اتفاق افتاد (شکل ۳). همچنین با افزایش مدت زمان پیری بذر ضریب آلودگی روندی کاهشی را نشان داد (شکل ۴). تنش‌های محیطی مثل افزایش دما باعث ایجاد تولید یک سری پیامرسان‌های ثانویه می‌شود که در نهایت در تولید اتیلن در گیاه نقش دارند، اتیلن باعث کاهش رشد و پیری زودرس و مرگ سلول می‌گردد (۴) که احتمالا این سازوکار در زوال بذر با افزایش دما نیز ممکن است اعمال گردد.

یکی دیگر از شاخص‌های تعیین‌کننده کیفیت بذر، شاخص بنیه بذر می‌باشد که از طریق درصد جوانه‌زنی نهایی و طول گیاهچه روی کیفیت بذر مؤثر است. بذرهایی که دارای بنیه قویتر باشند، توانایی بالایی در تحمل تنش‌های محیطی دارند و ضمن داشتن درصد بالایی از جوانه‌زنی، قادرند گیاهچه‌های قویتری تولید کنند. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل رقم، دما و زمان زوال بر بنیه بذر کلزا تأثیر معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشت (جدول ۱). به‌طوری‌که در هر رقم با افزایش سرعت زوال بذر بوسیله افزایش میزان و مدت زمان قرار گرفتن بذور در دمای بالا بنیه بذر بطور معنی‌داری کاهش یافت. کمترین شدت این کاهش در رقم زرفام و بیشترین آن در رقم SLM دیده شد، به‌طوری‌که بنیه بذر در رقم زرفام با افزایش ۲۰ درجه‌ای و ۱۲۰ ساعته دما و مدت زمان اعمال آن از ۱۱۳۲ به ۱۳۶ واحد و در رقم SLM از ۸۶۳ به ۱۲ واحد کاهش یافت (جدول ۱۱).

سلطانی و همکاران (۱۳۸۸) با بررسی زوال بذر در زمان‌های صفر، ۴۸، ۷۲، ۹۶ و ۱۴۴ ساعت در دمای ۴۳

وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه به‌عنوان شاخص‌های مهمی جهت ارزیابی کیفیت بذر معرفی می‌شوند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس این آزمون نشان داده که برهم‌کنش دما و مدت زمان اعمال آن در ارقام مختلف بر وزن خشک ریشه‌چه اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشت (جدول ۷). برای صفت وزن خشک ریشه‌چه نیز رقم زرفام در شرایط نرمال و پیری بذر بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. رقم SLM هم در شرایط نرمال و هم زوال بذر کمترین مقدار وزن خشک را داشت (جدول ۹). با افزایش دما و زمان پیری بذر در هر رقم، وزن خشک ریشه‌چه بطور معنی‌داری کاهش پیدا نمود. به‌طوری‌که بیشترین وزن خشک ریشه‌چه (۳/۸ میلی‌گرم) مربوط به رقم زرفام در دمای ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت بود و کمترین آن (۰/۱ میلی‌گرم) به رقم SLM در دمای ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۱۴۴ ساعت تعلق داشت (جدول ۹).

در آزمایشی روی کلزا مشخص شد که پیری تسریع شده به مدت ۹۶ ساعت، سرعت جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه‌ها را نسبت به شاهد کاهش می‌دهد. همچنین موجب افزایش میزان نشاسته و کل قندهای دانه و کاهش پروتئین گردید (۱۵). محققان افزایش هیدرات‌های کربن محلول و کاهش جوانه‌زنی، بنیه و پتانسیل عملکرد دانه کلزا و خردل هندی را با افزایش دما، رطوبت و سن بذر گزارش کردند (۳۶).

ضریب آلودگی از تقسیم میانگین وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه بدست می‌آید. افزون بر این برخی از منابع از این ضریب به‌عنوان نمایانگر نوعی از تحمل به تنش‌ها یاد نموده‌اند (۳). اگرچه نسبت بین قسمت‌های هوایی و ریشه تحت کنترل ژنتیکی است، ولی بطور شدیدی تحت تأثیر محیط هم قرار می‌گیرد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس این آزمایش مشخص نمود که ضریب آلودگی ارقام مختلف بطور معنی‌داری (در سطح ۱ درصد) تحت تأثیر دما قرار گرفت (جدول ۷). بیشترین ضریب آلودگی در

قادرند شرایط انبار را بدون از دست دادن کیفیت خود تحمل کنند، از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

بررسی شاخص‌های جوانه‌زنی ارقام کلزا در آزمون‌های مختلف نشان داد بذرهایی که دارای بنیه قوی بودند کمتر تحت تأثیر پیری تسریع شده قرار گرفتند. و هر چه بنیه بذر ضعیف‌تر باشد، نسبت به این تنش‌ها حساس‌تر می‌باشد. با انجام این آزمون مشخص شد که در بین ارقام مورد آزمایش (زرغام، الایت و SLM) رقم زرغام برای بسیاری از صفات آزمایشگاهی تعیین کیفیت مانند درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه نسبت به سایر ارقام برتری بالایی از خود نشان داد که نشان از کیفیت بالای بذر آن می‌باشد. در نتیجه در بین ارقام مورد نظر در شرایط انبارداری طولانی و آب و هوای گرم و مرطوب رقم زرغام و SLM به‌ترتیب بیشترین و کمترین کیفیت بذر و مقاومت به شرایط انبارداری را دارا می‌باشند.

درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد نتیجه گرفتند که میزان بنیه و جوانه‌زنی و رشد گندم با افزایش دوره تسریع پیری بطور خطی در تمام شرایط محیطی کاهش می‌یابد (۷). حیدری و حیدری‌زاده (۱۳۸۱) گزارش کردند که تیمار حرارتی ۰-۴۵ درجه سانتی‌گراد دانه‌رسته‌های گندم به مدت ۲۴ یا ۵ ساعت باعث اثر معنی‌دار مدت اعمال تنش بر میزان پروتئین و همچنین افزایش میزان پروتئین کل و قندهای محلول در تیمار گرمایی ۴۳ درجه سانتی‌گراد شده بود (۵). علاوه بر بسیاری از محدودیت‌ها که تولید دانه‌های روغنی را کاهش می‌دهد، کیفیت بذر اهمیت خاصی دارد. دانه‌های روغنی بدلیل داشتن سطح بالایی از اسیدهای چرب آزاد و حساسیت آنها به دماهای بالا بدلیل اکسیداسیون چربی‌ها و غیر طبیعی شدن پروتئین، برای از دست دادن کیفیت خود در طی دوره انبارداری مستعدتر هستند و سریع کیفیت آنها کاهش می‌یابد (۱۲). بنابراین معرفی ارقام کلزایی که دارای بنیه بیشتری هستند و

منابع

۱. توکل افشاری، ر.، رشیدی، س.، و علیزاده، ه. (۱۳۸۸). تأثیر بنیه بذر بر جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در مراحل اولیه جوانه‌زنی در دو رقم کلزا (*Brassica napus* L.). مجله علوم گیاهان زراعی ایران، دوره ۴۰ (۲): ۱۳۳-۱۲۵.
۲. توکل افشاری، ر.، قاسم، ف.، مجنون حسینی، ن.، علیزاده، ه.، و بی‌همتا، م. (۱۳۸۶). تأثیر پیری بذر بر صفات جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت کاتالاز و پراکسیداز در ژنوتیپ‌های جو (*Hordeum vulgare*). مجله علوم کشاورزی ایران، دوره ۱-۳۸ (۲): ۳۴۶-۳۲۷.
۳. حسینی، ف.، قرینه، م.ح.، بخشنده، ع.ا.، فتحی، ق.ا.، و شیرین، م. (۱۳۸۷). بررسی اثرات بذر بر جوانه‌زنی و سایر مؤلفه‌های رشد گیاهچه‌های پنج رقم کلزا (*Brassica napus*) در شرایط آزمایشگاهی. خلاصه مقالات اولین همایش ملی علوم و تکنولوژی بذر ایران. دانشگاه گرگان.
۴. حسینی، ن.، منوچهری کلانتری، خ.، مظاهری، م.، و احمدی موسوی، ع. (۱۳۸۷). اثر متیل ژاسمونات، اتیلن و برهمکنش آنها بر
- جوانه‌زنی بذر و برخی پارامترهای بیوشیمیایی دانه رسته‌های کلزا (*Brassica napus* L.). مجله زیست‌شناسی ایران، ۲۱ (۲): ۲۱۵-۲۰۶.
۵. حیدری، ر.، و حیدری‌زاده، م. (۱۳۸۱). بررسی اثر تنش دمایی (سرما و گرما) بر جوانه‌زنی بذر، الگوی الکتروفورزی پروتئین‌ها، محتوای پروتئین کل و قندهای محلول برگ در دو رقم گندم ایرانی. مجله زیست‌شناسی ایران، ۱۳ (۳-۴): ۶۸-۵۹.
۶. ربیعی، ب.، و بیات، م. (۱۳۸۸). بررسی شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه ارقام کلزا با استفاده از آزمون‌های بنیه بذر. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، دوره ۴۰ (۲): ۱۰۴-۹۳.
۷. سلطانی، ا.، کامکار، ب.، گالشی، س.، و اکرم قادری، ف. (۱۳۸۸). اثر زوال بذر بر سبز شدن گندم در واکنش به تنش‌های محیطی. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، جلد ۲ (۲): ۵۸-۴۳.
۸. قرینه، م.ح.، حسینی، ف.، بخشنده، ع.م.، فتحی، ق.ا.، و شیرین، م. (۱۳۸۷). بررسی اثرات فرسودگی بذر بر استقرار و عملکرد

۱۰. لطیفی، ن.، سلطانی، ا.، و اسپانسر، د. (۱۳۸۳). تأثیر دما بر مولفه‌های جوانه‌زنی ارقام کلزا. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۵ (۲): ۳۲۱-۳۱۳.
۱۱. مرتضوی، س.م.، پاسیان اسلام، ب.، تاج بخش، م.، و زردشتی، م.ر. (۱۳۸۴). تأثیر میزان فرسودگی بذر و شوری بر قدرت بذر و ژنوتیپ‌های نخود در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای. دانش کشاورزی، ۱۵ (۲): ۱۳۱-۱۴۹.
12. Afzal, I., Aslam, N., Mahmood, F., Hameed, A., Irfan, S., and Ahmad, G. (2004). Enhancement of germination and emergence of canola seeds by different priming techniques. *Caderno de Pesquisa Sér. Bio., Santa Cruz do Sul*, 16 (1): 19-34.
13. Agrawal, R.L. (1995). *Seed technology*. 2nd Edition. Oxford and IBH Publishing Co, Pvt Ltd, New Delhi. 829 p.
14. Barsa, S.M.A., Ahmad, N., Khan, M.M., Iqbal, N. and Cheema, M.A. (2003). Assessment of cotton seed deterioration during accelerated ageing. *Seed Science and Technology* 31: 531 – 540.
15. Bedi, S. Kaur, R. Sital, J.S. and Kaur, J. (2006). Artificial ageing of *Brassica* seeds of different maturity levels. *Seed Science and Technology* 34 (2): 287 – 296.
16. Bishnoi, U. and Santos, R. (1996). Evaluation of seed of three mung bean cultivars for stability and field performance. *Seed Science and Technology* 24: 237 – 243.
17. Chitra Devi, L., Kant, K., and Dadlani. A. (2003). Effect of size grading and ageing on sinapine leaking, electrical conductivity and germination percentage in the seed of mustard (*Brassica juncea* L.) *Seed Science and Technology* 31 (2): 505 – 509.
18. Dahiya, O.S., Tomer, R.P.S. and Kumar, S. (1997). Evaluation of viability and vigour parameters with respect to field emergence in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Seed Research* 25: 1019 – 1024.
19. De Figueiredo, E., Albuquerque, M.C. and De Carvalho, N.M. (2003). Effect of the type of environmental stress on the emergence of sunflower (*Helianthus annuus* L.), soybean (*Glycine max* L.) and maize (*Zea mays* L.) seeds with different levels of vigor. *Seed Science and Technology* 31: 465 – 479.
20. Dell' Aquila, A. and Di Turi, M. (1996). The germination response to heat and salt stress in evaluating vigor loss in aged wheat seeds. *Seed Science and Technology* 24: 309 – 319.
21. Devaiah S.P., Pan, X., Roth, M., Welti, R. and Wang, X. (2007). Enhancing seed quality and viability by suppressing phospholiapase D in *Arabidopsis*. *The Plant Journal* 50: 950 – 957.
22. Ellias, S.G., and Coplelan, L.O. (2001). Physiological and harvest maturity of canola in relation to seed quality. *Agronomy Journal* 92: 1054-1058.
23. Forcella, F., Benech, R.L., Arnold, Sanchez, R., and Ghera, C.M. (2000). Modeling seedling emergence. *Field Crop Research* 67: 123-139.
24. Ganguli, S., and Senmandi, S. (1990). Some physiological difference between naturally and artificially aged wheat seeds. *Seed Science and Technology* 18: 507-514.
25. Halder, S., Kole, S., and Gupta, K. (1983). On the mechanism of sunflower seed deterioration under two different types of accelerated ageing. *Seed Science and Technology* 11: 331-339.
26. Jacobson, S.E., and Bach, A.P. (1998). The influence of temperature on seed germination rate in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) *Seed Science and Technology* 26: 515-523.
27. Janmohammadi, M., Fallahnezhad, Y., Golshan, M. and Mohammadi, H. (2008). Controlled ageing for storability assessment and predicting seedling early growth of canola cultivars (*Brassica napus* L.). *Journal of Agricultural and Biological Science* 3(5-6): 22-26.
28. Marshal, A.H., and Lewis, D.N. (2004). Influence of seed storage conditions on seedling emergence, seedling growth and dry matter production of temperate forage grasses. *Seed Science and Technology* 32: 493-501.
29. McDonald M.B. (1999). Seed deterioration: physiology, repair and assessment. *Seed Science and Technology* 27: 177 – 237.
30. Rehman, S., Harris, P.J.C. and Bourne, W.F. (1999). Effect of artificial ageing on the

- germination, ion leakage and salinity tolerance of *Acacia tortilis* and *A. coriacea* seeds. *Seed Science and Technology* 27: 141 – 149.
31. Rice, K.J. and Deyr, A.R. (2001). Seed aging, delayed germination and reduced competitive ability in *Bromus tectorum*. *Plant Ecology* 155: 237 – 243.
32. 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.
33. Soltani, A., Gholipour, M. and Zeinali, E. (2006). Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. *Environmental Experiments* 55: 195 - 200.
34. Soltani, E., Galeshi, S. Kamkar, B. and Akramghaderi, F. (2008). Modeling seed aging effects on the response of germination to temperature in wheat. *Seed Science and Biotechnology* 2: 32 – 36.
35. Tekrony, D.M. (1995). Accelerated aging. In: Van de venter, H.A. (Ed.) *Seed vigor testing seminar*. Copenhagen: ISTA. pp. 53 – 72.
36. Verma, S.S., Tomer, R.P.S, and Verma, U. (1999). Studies on seed quality parameters in rapeseed (*Brassica campestris*) and mustard (*Brassica juncea*) stored under ambient conditions. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 69: 840-842.
37. Verma, S.S., Verma, U. and Tomer, R.P.S. (2003). Studies on seed quality parameters in deteriorating seeds in Brassica (*Brassica campestris*). *Seed Science and Technology* 31: 389 – 396.
38. Veselova, T.V. and Veselovasky, V.A. (2003). Investigation of atypical germination changes during accelerated ageing of pea seeds. *Seed Science and Technology* 31: 517 – 530.

Effect of seed aging on germination and seedling growth indices in three cultivars of *Brassica napus* L.

Balouchi H.R., Bagheri F., Kayednezami R., Movahedi Dehnavi M. and Yadavi A.R.

Agronomy and Plant Breeding Dept., Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, I.R. of Iran

Abstract

Accelerated aging test is the most important tests used to evaluate the physiological potential of seeds of various species and provide the information of their compatibility degree. In this investigation the impact of seed deterioration (accelerated aging test) on germination and seedling growth indices was conducted in three cultivars of canola; SLM, Elite and Zarfam. The accelerated aging test was carried out at three different temperatures: 30, 40 and 50 °C with four duration periods of 24, 72, 120 and 144 hr and a 100% relative humidity in factorial experiment that laid out in randomized complete block design with three replications. The results showed that accelerated seed aging and cultivar, temperature and duration period interactions have significant effect on germination percentage (GP), Index (GI) and rate (GR), D50 and seed vigor (SV). All germination indices (GP, GI, GR, D50 and SV) and seedling growth included length and weight of root and shoot and allometric coefficient decreased in three cultivars with increasing in seed aging temperature and duration period. Results indicated that Zarfam cultivar has maximum rate of germination and seedling growth indices rather than two other cultivars. This good quality will continued in accelerated seed aging. So that Zarfam, Elayt and SLM germination percentage under 40 °C and 144 h accelerated seed aging declined from 80 percent to 64 and 29 percent respectively. Zarfam and SLM were having highest and lowest seed quality and resistance to storage conditions, respectively under long period of storage in hot and humid weather.

Key words: Canola, Germination, Seed deterioration, Seed storage condition, Seed vigor