Journal of Seed Research

ISSN (Print): 2383-2665
ISSN (Online): 2981-2461

The effect of temperatur and seed moistuer content on seed germination and seedling growth characteristics of Borage (*Borago officinalis* L.)

Farzane Bagheri Mejdar[1*], Rasoul Fakhari[2], Parisa Sheikhzadeh[3], Nasser Zare[3], Mahrokh Bolandi[4]

[1] MSc. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, Email: fmbagheri198@gmail.com
[2] Plant Protection Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre, AREEO, Ardabil, Iran
[3] Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
[4] Ph. D. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2024-2-1
Revised: 2024-5-10
Accepted: 2024-5-30

Keywords:
Antioxidant enzymes
Borago officinalis
Germination
Length of seedling

ABSTRACT

This research was carried out to investigate the effect of seed storage temperature and moisture content on germination characteristics, growth and biochemical characteristics of *Borago officinalis* seedlings, In factorial arrangement in a completely randomized design with 4 replications. The treatments included five levels of seed moisture (5, 10, 15, 20, 25%) and eight temperature levels (10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 and 45 degrees Celsius) and 12 storage levels (7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 and 84 day). The results showed that with increase in storage time, percentage and seed germination rate, length decreased, and also the abnormal seedlings, amount of proline seedlings and activity of peroxidase enzymes were increased. The highest germination and seedling growth were obtained in the control treatment and 7 days after storage with 10% seed moisture after 7 days of storage. The lowest germination percentage was seen 84 days after storage with %15 seed moisture at 15°C. The maximum length of seedlings was obtained at 25°C temperature and 20% humidity with 7 days of storage. The results showed that at the temperature of 25 degrees, the peroxidase enzyme activity was the highest at the beginning of the storage period (28 days of storage), but with the continued influence of adverse conditions during storage, the enzyme activity decreased significantly. The results showed that the lowest amount of proline was obtained at a temperature of 15°C with a humidity level of 25% and at the 28th day of storage. Based on the results, with increasing storage time, the moisture content of seeds and the storage temperature of the quality of Borago officinalis seedlings are reduced. Since these seeds contain oil, it should be considered to be sufficient to store, survive and maintain its maximum quality.

Cite this article: Bagheri Mejdar, F., Fakhari, R., Sheikhzadeh, P., Zare, N., Bolandi, M. (2023). The effect of temperatur and seed moistuer content on seed germination and seedling growth characteristics of Borage (*Borago officinalis* L.). *Seed Research*, 13 (2), 62-76.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch

تحقیقات بذر
شاپا چاپی: ۲۶۶۵-۲۳۸۳
شاپا الکترونیکی: ۲۴۶۱-۲۹۸۱
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

تاثیر دما و رطوبت بذر بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.)

فرزانه باقری مجدر[۱*]، رسول فخاری[۲]، پریسا شیخ‌زاده[۳]، ناصر زارع[۳]، ماهرخ بلندی[٤]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، رایانامه: fmbagheri198@gmail.com

[۲] بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مغان، ایران r.fakhari68@gmail.com

[۳] گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران parisashk_naz@yahoo.com

[٤] دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران mahrokhbolandi@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۱۱/۱۲
تاریخ بازنگری: ۱٤۰۳/۲/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۳/۱۰

واژه‌های کلیدی:
آنزیم‌های آنتی اکسیدان
جوانه‌زنی بذر
طول گیاهچه
گاوزبان اروپایی

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی تاثیر دمای نگهداری و رطوبت بذر بر ویژگی‌های جوانه‌زنی، رشد و خصوصیات بیوشیمیایی گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در ٤ تکرار انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل پنج سطح رطوبت بذر (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ درصد)، هشت سطح دمایی (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ٤۰ و ٤۵ درجه سانتی‌گراد) و ۱۲ سطح مدت نگهداری (۷، ۱٤، ۲۱، ۲۸، ۳۵، ٤۲، ٤۹، ۵٦، ٦۳، ۷۰، ۷۷ و ۸٤ روز) بود. نتایج نشان داد که با افزایش مدت نگهداری درصد و سرعت جوانه‌زنی و طول گیاهچه کاهش یافت ولی درصد گیاهچه‌های غیرنرمال، فعالیت آنزیم پراکسیداز و محتوای پرولین گیاهچه‌ها افزایش یافتند. بیشترین جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در تیمار شاهد و ۷ روز پس از نگهداری با رطوبت ۱۰ درصد بذری پس از ۷ روز نگهداری حاصل شد. کمترین جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ۸٤ روز پس از نگهداری با ۱۵ درصد رطوبت بذری در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده گردید. بیشترین طول گیاهچه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۲۰ درصد با ۷ روز نگهداری بدست آمد. نتایج نشان داد در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در اوایل مدت نگهداری (مدت ۲۸ روز نگهداری) بیشترین میزان فعالیت را نشان داد ولی با ادامه تاثیر شرایط نامطلوب طی انبارداری از فعالیت آنزیم به طور معنی‌داری کاسته شد. نتایج نشان داد کمترین میزان پرولین به دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد با سطح رطوبتی ۲۵ درصد و روز ۲۸ انبارداری تعلق گرفت. بطور کلی با افزایش مدت زمان نگهداری و دمای نگهداری کیفیت بذور گاوزبان اروپایی کاهش یافت و از آنجایی که بذر این گیاه حاوی روغن می‌باشد بایستی به انبارداری، زنده‌مانی و حفظ حداکثر کیفیت آن توجه کافی داشت.

استناد: باقری مجدر، فرزانه؛ فخاری، رسول؛ شیخ‌زاده، پریسا؛ زارع، ناصر؛ بلندی، ماهرخ. (۱٤۰۲). تاثیر دما و رطوبت بذر بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.). *تحقیقات بذر*، ۱۳ (۲)، ۷٦-٦۲.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

گیاه دارویی گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) از خانواده گاوزبان است و آرامبخش بوده و در کاهش استرس تأثیری فوق‌العاده دارد. همچنین غنی از مواد معدنی و پتاسیم است و از آن در تسکین درد، برطرف نمودن اختلالات کلیه و مثانه، تصفیه و دهیدروژنه کردن خون، درمان التهاب روده، رماتیسم و عوارض ناشی از یائسگی و برونشیت استفاده می‌گردد (Karimi et al., 2018).

پیش‌بینی کیفیت بذر در طی انبارداری به درک رابطه بین سه عامل رطوبت بذر، دمای نگهداری و زمان نگهداری آن بستگی دارد که در واقع بر میزان زنده‌مانی بذر موثر هستند. فرسودگی بذر که در طی انبارداری اتفاق می‌افتد باعث کاهش کیفیت بذر، استقرار گیاهچه و در نهایت عملکرد در مزرعه می‌گردد (Kirshnan et al., 2003). بذرها در توازن با رطوبت محیط هستند. بنابراین در صورتی که رطوبت نسبی محیط بیشتر از رطوبت بذرها باشد، بذرها تا رسیدن به این موازنه رطوبتی آب جذب می‌کنند. با افزایش مقدار رطوبت بذر میزان زوال افزایش مییابد (Pradidwong et al., 2004). بنابراین در صورت بالا بودن دما و رطوبت نسبی محیط، بذرها سریع‌تر زوال یافته و ضمن کاهش کیفیت به مرگ نزدیکتر می‌شوند (Gregg et al., 1994).

تغییرات مختلف بیوشیمیایی و متابولیکی در طی فرآیند زوال بذر رخ می‌دهد از جمله تغییر در اسید چرب و پراکسیداسیون لیپید، اختلال در فعالیتهای تنفسی (McDonald, 2004). تخلیه ذخایر غذایی، محرومیت غذایی سلول‌های مریستمی، اختلال در سازوکارهای مسئول تحریک جوانه‌زنی (Copeland et al., 1985) و غیره که نتیجه نهایی آن کاهش توان جوانه‌زنی و نمو بذر است (McDonald, 1999).

لارسن و همکاران (Larsen et al., 1998) در تحقیقی بر روی بذور کلزا اظهار داشتند که با بالا رفتن دما و رطوبت نسبی بذر باعث افزایش زوال در بذور کلزا گردید. عالیوند و همکاران Alivand et al., (2013) بیان داشتند که با افزایش زوال کنترل شده بر روی بذور کلزا شاخص‌های جوانه‌زنی به طور معنی-داری کاهش یافتند. شرایط نگهداری متفاوت، سبب اختلافات معنی‌داری در جوانه‌زنی و سبزشدن گیاهان می‌شود (Marshal et al., 2004). بصرا و همکاران (Basra et al., 2003) در پژوهشی بر روی بذور پیر شده پنبه، دریافتند که کاهش فسفولیپیدهای غشاء سلولی به علت پراکسیداسیون لیپیدها می‌باشد و تغییرات پراکسیداتیو در ترکیب اسیدهای چرب و لیپیدهای غشاء باعث اختلال در عملکرد غشاء سلولی در نتیجه افزایش ویسکوزیته و نفوذپذیری غشاء و متورم شدن میتوکندری می‌شود. در بذرهای فرسوده شده به علت اختلال‌های ایجاد شده در اندامک‌های سلولی مانند میتوکندری و گلی‌اکسیزوم‌ها، میزان تولید گونه‌های فعال اکسیژن شامل پراکسید هیدروژن، رادیکال هیدروکسیل و رادیکال سوپر اکسید افزایش می‌یابد. آزاد شدن گونه‌های فعال اکسیژن موجب افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها و پروتئین‌های غشایی شده و با تخریب ساختار غشا، فرسودگی بذر افزایش می‌یابد که به شدت تحت تاثیر شرایط محیطی انبارداری نیز قرار می‌گیرد (Ellis et al., 2007).

هدف از آزمون‌های قدرت بذر فراهم نمودن اطلاعات در مورد ارزش کاشت توده‌های بذری در دامنه وسیعی از شرایط محیطی و یا قابلیت نگهداری آن‌ها می‌باشد (ISTA, 2010). با توجه به اهمیت گیاه دارویی گاوزبان و روند رو به رشد مصرف آن در طب سنتی و صنایع داروسازی، یافتن شرایط مناسب جهت نگهداری این بذور در محیط نگهداری، با حفظ کیفیت بذرها تا زمان کاشت ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰ به منظور بررسی تاثیر دمای نگهداری و رطوبت بذر بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی، در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ٤ تکرار انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل پنج سطح رطوبت بذر (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ درصد)، هشت سطح دمایی (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ٤۰ و ٤۵ درجه سانتی‌گراد) و ۱۲ سطح نگهداری (۷، ١٤، ۲۱، ۲۸، ۳۵، ٤۲، ٤۹، ۵٦، ٦۳، ۷۰، ۷۷ و ۸٤ روز) بودند. برای ایجاد رطوبت‌های موردنظر از رابطه = w2 w1 استفاده شد که B درصد رطوبت اولیه بذر، A رطوبت موردنظر، w1 جرم اولیه توده بذر (g) و w2 جرم آب مقطر (g) می‌باشد (ISTA, 2008). سپس بذرها را درون پاکت‌های فویل آلومینیوم قرار داده و سپس مقدار آب موردنیاز به آن اضافه و برای اطمینان از عدم تبادل رطوبت با بیرون، درب آنها را بسته و به مدت ٢٤ ساعت در دمای ۱۰درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا بذرها هم رطوبت گردیدند (Moeinzadeh et al., 2018).

آزمون جوانه‌زنی استاندارد در ظرف‌های پتری و به روش روی کاغذ در دمای متناوب ۲۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷ روز مطابق با قوانین ایستا (ISTA, 2010) انجام گرفت. شمارش بذرهای جوانه-زده از روز اول در ساعتی معین صورت گرفت. در پایان دوره ۱۰روزه پس از شمارش تعداد بذرهای جوانه‌زده، از هر پتری ۱۰ گیاهچه به صورت تصادفی انتخاب شد. بعد از اتمام مدت زمان جوانه‌زنی، تعداد جوانه‌های نرمال، غیرنرمال شمارش شد و درصد جوانه‌زنی آن‌ها تعیین گردید. سرعت جوانه‌زنی با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Ellis et al., 1980).

$$R = \frac{\Sigma n}{\Sigma Dn}$$

دراین فرمول R: سرعت جوانه‌زنی، n: تعداد بذور جوانه‌زده در روز مورد نظر و D: تعداد روزهای سپری شده از شروع آزمایش می‌باشد. متوسط زمان جوانه‌زنی بر اساس روش ماوی محاسبه شد (Mavi et al., 2010).

$$MGT = \frac{\Sigma Dn}{n}$$

در این فرمول MGT: متوسط زمان جوانه‌زنی، D: تعداد روزهای سپری شده از شروع آزمایش و n: تعداد بذور جوانه‌زده در روز مورد نظر می‌باشد. در پایان آزمون جوانه‌زنی، گیاهچه‌های نرمال و غیرنرمال حاصل از بذرهای هر تیمار و تکرار از یکدیگر جدا شدند. طول گیاهچه‌های نرمال با استفاده از خط کش با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

فعالیت پراکسیداز به روش چانس و ماهلی اندازه-گیری شد (Chance et al., 1955). اندازه‌گیری فعالیت آنزیم بر پایه تشکیل تتراگایاکول و گایاکول در حضور پراکسید هیدروژن و آنزیم گایاکول است مخلوط واکنش شامل ۳ میلی‌لیتر بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی-مولار (PH=۷)، ۵۰ میکرولیتر گایاکول ۲۰ میلی‌مولار، ۵۰ میکرولیتر پراکسید هیدروژن ۱۵ میلی مولار و ۵۰ میکرولیتر عصاره سلولی، کاهش جذب در طول موج ٤۷۰ نانومتر به مدت یک دقیقه با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. فعالیت آنزیم با استفاده از ضریب خاموشی (Ɛ=26.6 mM-1cm) برای تتراگایاکول بر حسب واحد در میلی‌لیتر عصاره آنزیمی محاسبه گردید.

$$\text{Unit/ml enzyme} = \frac{(\Delta A470)(1)(df)}{(26.6)(0.05)}$$

که در آن، ΔA470 میزان جذب قرائت شده از هر نمونه توسط اسپکتروفتومتر،۱ مقدار حجم واکنش، df ضریب رقت که از طریق تقسیم حجم نهایی واکنش مورد استفاده یعنی ۱ میلی‌لیتر (۱۰۰۰ میکرولیتر) بر

حجم اولیه عصاره آنزیمی مورد استفاده یعنی ۵۰ میکرولیتر محاسبه می‌شود، ۲۶/۶ ضریب خاموشی تتراگایاکول و ۰/۰۵ هم حجم عصاره آنزیمی مورد استفاده بر حسب میلی‌لیتر است.

استخراج پرولین با استفاده از روش بایتس صورت گرفت (Bates, 1973). برای سنجش غلظت پرولین نیم گرم برگ بخوبی پودر شده و در ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک اسید ۳ درصد به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۸۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. برای تهیه اسید نین هیدرین ۱/۲۵ گرم پودر اسید نین هیدرین را در ۳۰ میلی‌متر اسید استیک گلایسیال حل نموده و حرارت داده تا خوب مخلوط شوند و سپس ۲۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک شش مولار به آن اضافه گردید. دو میلی‌لیتر عصاره، دو میلی‌لیتر اسید استیک و دو میلی‌لیتر اسد نین هیدرین مخلوط و به مدت یک ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد در بن ماری قرار گرفتند. سپس چهار میلی‌لیتر تولوئن اضافه شده و به خوبی به مدت ۲۰ ثانیه ورتکس شد. فاز بالایی به کووت منتقل و جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر خوانده شد (Bates, 1973). داده‌های بدست آمده توسط نرم‌افزار SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد برای مقایسه میانگین استفاده شد. رسم نمودارها با نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد تاثیر تیمارهای آزمایشی بر صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه و درصد گیاهچه‌های غیرنرمال معنی‌دار گردید (جدول ۱). نتایج آزمایش نشان داد در سطح رطوبت ۵ درصد و دمای نگهداری ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد بعد از گذشت ۲۸ روز از انبارداری درصد جوانه‌زنی افت ۱۰۰ درصدی نشان داد. این اتفاق در دیگر سطوح رطوبتی که ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد را شامل می‌شود در دمای نگهداری ۱۰ درجه سانتی‌گراد بعد از ٥٦ روز و در دمای نگهداری ۱۵ درجه سانتی‌گراد بعد از ٨٤ روز انبارداری حاصل شد. می‌توان علت از دست رفتن درصد جوانه‌زنی بذور گاوزبان اروپایی را در رطوبت ۵ درصد، تجزیه ساختار غشا و در نتیجه تسریع زوال بذر عنوان کرد که نشان‌دهنده شروع علائم فرسودگی و کاهش تعداد جوانه‌های نرمال و افزایش درصد گیاهچه‌های غیرنرمال می‌باشد. بطوری‌که در دمای نگهداری ۱۰ درجه سانتی‌گراد در تمام سطوح رطوبتی بیشترین میزان به ۷ روز انبارداری و کمترین میزان در تیمار ۵ درصد رطوبت بذری پس از ۲۸ روز نگهداری و در سایر سطوح رطوبتی به ٥٦ روز نگهداری اختصاص یافت. در دمای نگهداری ۱۰ درجه سانتی‌گراد کمترین درصد جوانه‌زنی با ۵ درصد رطوبت به مدت ۲۸ روز انبارداری است که کاهش ۷۸/٤۸ درصدی جوانه‌زنی نسبت به تیمار شاهد رخ داده است. در این دما کاهش درصد جوانه‌زنی در تمام سطوح رطوبتی اعم از ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد بذری پس از ۷ روز نگهداری نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار مشاهده شد. در دمای نگهداری ۲۰ درجه سانتی‌گراد کمترین درصد جوانه‌زنی با کاهش ۸۲/۵۷ درصدی در تیمار بذری با ۲۵ درصد رطوبت به مدت ٨٤ روز نگهداری اتفاق افتاد. در دمای نگهداری ۲۵ درجه سانتی‌گراد در تمام سطوح رطوبتی (۵ تا ۲۵ درصد) با افزایش مدت انبارداری و نزدیک شدن به اواخر دوره نگهداری کاهش معنی‌داری در درصد جوانه‌زنی بذرها مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده شروع علائم فرسودگی و کاهش تعداد جوانه‌های نرمال و افزایش درصد گیاهچه‌های غیرنرمال است. می‌توان چنین بیان داشت علی‌رغم افزایش مدت انبارداری تا ٥٦ روز بهترین

شرایط نگهداری در این دما با محتوی رطوبت ۱۰ تا ۱۵ درصد حادث شد. در دمای نگهداری ۳۰ درجه سانتی‌گراد کمترین درصد جوانه‌زنی به جز رطوبت ۵ درصد که ٥٦ روز بعد از نگهداری رخ داد در سایر سطوح رطوبتی به ٨٤ روز نگهداری تعلق گرفت. لازم به ذکر است که روند کاهشی در دماهای ۳۵، ٤٠ و ٤٥ درجه سانتی‌گراد چشمگیر بود به این ترتیب که پس از ۲۸ روز انبارداری تعداد گیاهچه‌های نرمال کاهش ۱۰۰ درصدی را نشان داد.

انصاری و همکاران (١٣٩٤) طی پژوهشی با چهار سطح دمایی شامل ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ٤٥ درجه سانتی‌گراد و سه سطح رطوبتی ۱۰، ۱۲ و١٤ درصد عنوان کردند که با افزایش در رطوبت و دمای محیط انبارداری درصد جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در آزمایشی دیگر بر روی ماش در یک دوره ۱۸ ماهه انبارداری مشخص شد که با افزایش رطوبت بذر و دمای نگهداری جوانه‌زنی بذر کاهش یافت (Pradidwong et al., 2004).

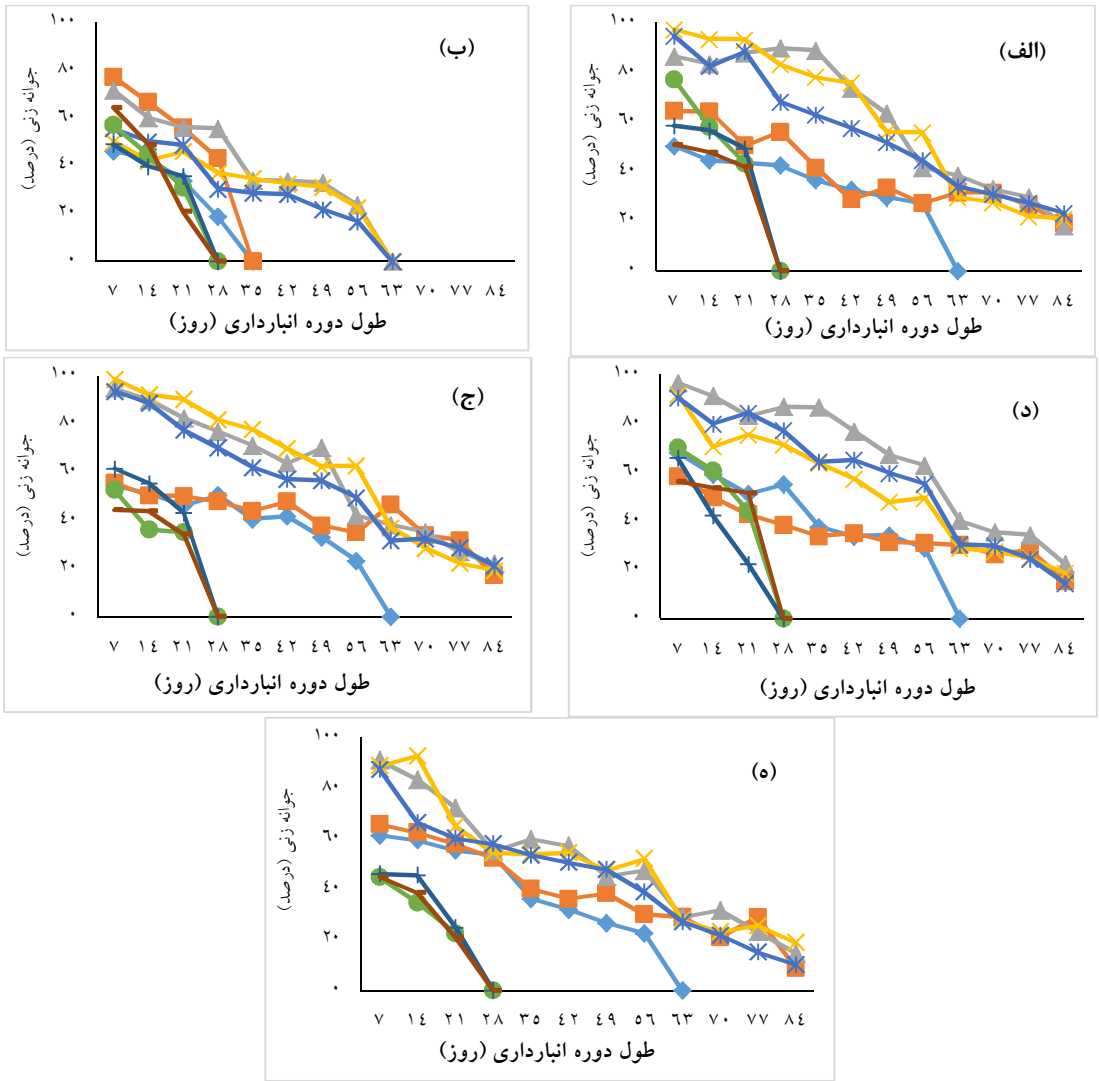
جدول ۱: تجزیه واریانس اثر دما، رطوبت و زمان نگهداری بذور گاوزبان اروپایی بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول گیاهچه	درصد گیاهچه غیرنرمال
دمای نگهداری (A)	۷	٦٠٧٨٩/٥٣**	١/١٧١**	٧٥٢/٧١**	٢٠٣٩٩/٩٢**
رطوبت بذر (B)	٤	١٥٧٧٢/٣٣**	٠/٢٩**	١٩١/٧٧**	٤٧٥٤/٢٧**
مدت زمان نگهداری (C)	١١	٤٥٥٨٢/٣٨**	٠/٦٦**	٤٦٧/١٩**	١١٧٨٠/٣٥**
A × B	٢٨	١٦٨٢/٩٩**	٠/٠٣٣**	١٧/٦٤**	٢٠٩٣/٠٤**
A × C	٧٧	١٥٤٧/٢٣**	٠/٠٦٥**	٢١/٣٧**	٨١٤٢/٧٧**
B × C	٤٤	١٩١/١٩**	٠/٠١٥**	١/٣٨**	٢٠٦٧/٧**
A × B × C	٣٠٨	٢٠٣/٢١**	٠/٠٠٤**	١/٠٦٤**	٥٩٠/٧٣**
خطا	٩٦٠	٣٩/٨	٠/٠٠٠٧	٠/٠٨٧	٣٩/٨٢
ضریب تغییرات (٪)	-	٢٠/٦٣	٤/٨٥	٨/٢٧	١٩/٦٦

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

سرعت جوانه‌زنی: نتایج آزمایش نشان داد در سطح رطوبت ۵ درصد و دمای نگهداری ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد بعد از گذشت ۲۸ روز از انبارداری سرعت جوانه‌زنی کمترین بود (شکل ۲- الف). این اتفاق در دیگر سطوح رطوبتی که ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد را شامل می‌شود در دمای نگهداری ۱۰ درجه سانتی‌گراد بعد از ٥٦ روز و در دمای نگهداری ۱۵ درجه سانتی-گراد بعد از ٨٤ روز انبارداری این نتیجه حاصل شد (شکل ۲- ب، ج، د و ه). در دمای نگهداری ۲۰ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد، کمترین سرعت جوانه‌زنی در سطح رطوبت ۵ درصد پس از ٥٦ روز نگهداری و در مابقی سطوح رطوبتی (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ درصد) پس از ٨٤ روز انبارداری مشاهده گردید. در دمای نگهداری ۲۵ درجه سانتی‌گراد کمترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به بذور گاوزبان اروپایی با ۱۰ درصد رطوبت بذری و به مدت ٨٤ روز پس از انبارداری به‌دست آمد (شکل ۲- ب). در دماهای ۳۵، ٤٠ و ٤٥ درجه سانتی‌گراد کمترین سرعت جوانه‌زنی در همه سطوح رطوبتی بعد از ۲۸ روز انبارداری به‌دست آمد. با توجه به نتایج به نظر می‌رسد با افزایش رطوبت و مدت زمان

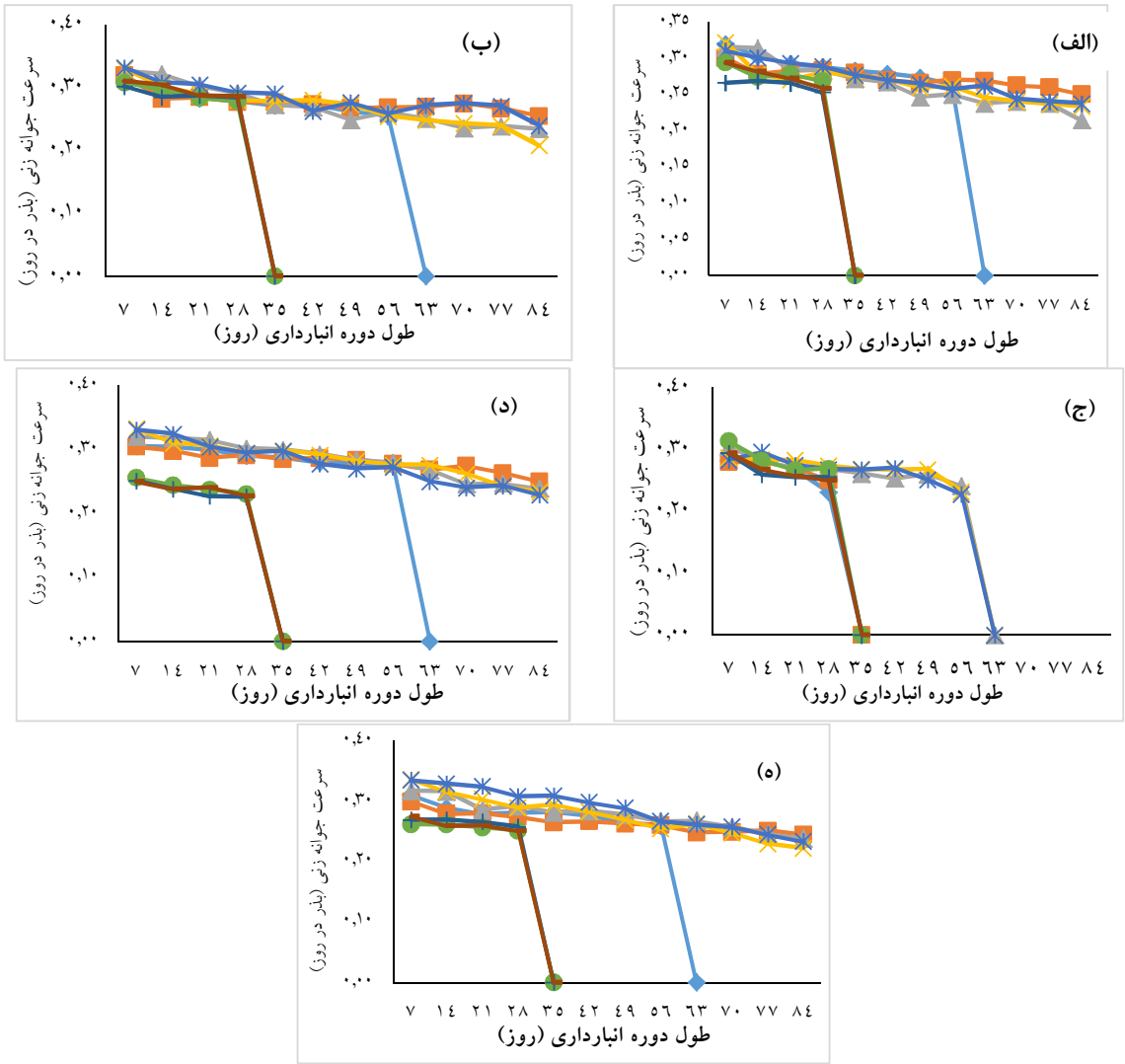
انبارداری، به دلیل فرسودگی، در اندامک‌های سلولی اختلال‌هایی ایجاد شده و باعث تولید گونه‌های فعال اکسیژن و تخریب ساختارهای مهم بذر شده است. از این رو سبب کاهش سرعت جوانه‌زنی، قدرت بذر و کاهش استقرار گیاهچه گاوزبان شده است. این امر موجب می‌شود بذور ضعیف شده سرعت جوانه‌زنی پایین داشته باشند. شرایط انبارداری متفاوت، سبب اختلافات معنی‌داری در جوانه‌زنی و سبز شدن بذور می‌شود (Marshal et al., 2004). در نهایت علایم زوال بذر در کارکرد پایین‌تر آن‌ها در طول جوانه‌زنی بروز می‌یابد. تاخیر در سبز شدن از اولین علایم قابل مشاهده می‌باشد که سرعت کندتر رشد گیاهچه و کاهش جوانه‌زنی را به همراه دارد. با تداوم فرسودگی بذر، شرایط محیطی که بذرها در آن جوانه خواهند زد، محدودتر می‌شود (Soltani et al., 2006).



سطح دمای ۱۰°C (◆)، سطح دمایی ۱۵°C (■)، سطح دمایی ۲۰°C (▲)، سطح دمایی ۲۵°C (×)، سطح دمای ۳۰°C (✳)، سطح دمای ۳۵°C (●)، سطح دمای ۴۰°C (+)، سطح دمای ۴۵°C (–)

شکل ۱: روند درصد جوانه‌زنی بذر گاوزبان اروپایی تحت تأثیر دما و زمان‌های مختلف نگهداری

الف) محتوای رطوبتی ۵٪، ب) محتوای رطوبتی ۱۰٪، ج) محتوای رطوبتی ۱۵٪، د) محتوای رطوبتی ۲۰٪، ه) محتوای رطوبتی ۲۵٪



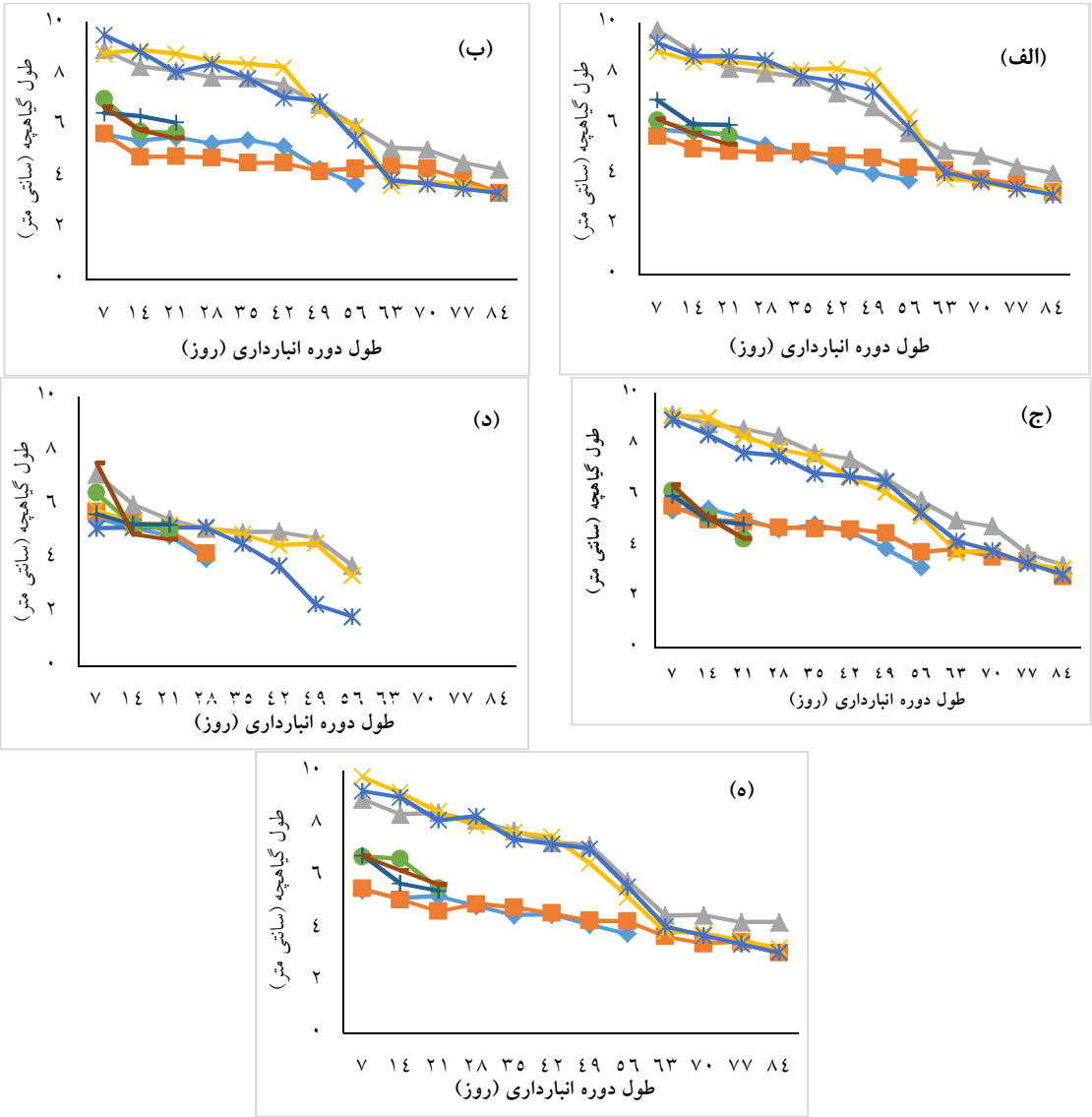
سطح دمای ۱۰°C (◆)، سطح دمایی ۱۵°C (■)، سطح دمایی ۲۰°C (▲)، سطح دمایی ۲۵°C (×)، سطح دمای ۳۰°C (✳)،
سطح دمای ۳۵°C (●)، سطح دمای ۴۰°C (+)، سطح دمای ۴۵°C (-)

شکل ۲- روند سرعت جوانه‌زنی بذر گاوزبان اروپایی تحت تأثیر دما و زمان‌های مختلف نگهداری

الف) محتوای رطوبتی ۵٪، ب) محتوای رطوبتی ۱۰٪، ج) محتوی رطوبتی ۱۵٪، د) محتوای رطوبتی ۲۰٪، ه) محتوی رطوبتی ۲۵٪

طول گیاهچه: نتایج آزمایش نشان داد در دماهای ۱۰ درجه سانتی‌گراد کمترین طول گیاهچه‌ها با اختلاف معنی‌داری، مربوط به تیمار رطوبت ۲۵ درصد با مدت نگهداری ۵۶ روز انبارداری می‌باشد (شکل ۳- ه). در دماهای ۱۵، ۲۰، ۲۵ درجه سانتی‌گراد کمترین طول گیاهچه‌ها مربوط به تیمار رطوبت ۲۵ درصد و مدت نگهداری ۸۴ روز می‌باشد. کمترین طول گیاهچه در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد با تفاوت معنی‌داری بعد از ۵۶ روز انبارداری با تیمار رطوبت ۵ درصد بذری حاصل شد. با این توضیح که در این سطح رطوبتی طول گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی نسبت به سایر سطوح کمترین بود (شکل ۳- الف). در محتوی رطوبت ۱۰، ۱۵ و ۲۵ درصد بذری با گذشت ۱۴ روز از مدت نگهداری کاهش در طول گیاهچه‌ها معنی‌دار نشان داد (شکل ۳- ب، ج و ه). اما در رطوبت بذری ۲۰ درصد این اتفاق در ۲۱ روز پس از نگهداری رخ داد (شکل ۳- د). همانطور که انتظار می‌رفت در دماهای بالا (۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد) بذور

بیشتر تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند. بطوری که با گذشت مدت نگهداری از ۲۱ به ۲۸ روز همه بذور جوانه زده تولید گیاهچه‌های غیرنرمال کردند که قابل اندازه‌گیری نبودند. در این دماها با اختلاف معنی‌داری در سطح رطوبت ۲۵ درصد کمترین طول گیاهچه حاصل شد (شکل ۳- ه). بطور کلی انبارداری در دماهای پایین (۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد) و دماهای بالا (۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد) افت آشکار طول گیاهچه را موجب شد. طبق مطالعات انجام گرفته می‌توان چنین بیان داشت در صورت بالا بودن دما و رطوبت محیط انبار، بذرها سریع‌تر فرسوده می‌شود که این امر موجب کاهش یکپارچگی غشای پلاسمایی و کاهش فعالیت آنزیم-های هیدرولتیک شده که این تغییرات منجر به کاهش کیفیت بذر، درصد و سرعت جوانه‌زنی، کاهش رشد گیاهچه و در نتیجه کاهش عملکرد گیاهان می‌شود (Basra et al., 2003).



سطح دمای ۱۰°C (◆)، سطح دمایی ۱۵°C (■)، سطح دمایی ۲۰°C (▲)، سطح دمایی ۲۵°C (×)، سطح دمای ۳۰°C (✳)، سطح دمای ۳۵°C (●)، سطح دمای ۴۰°C (+)، سطح دمای ۴۵°C (-)

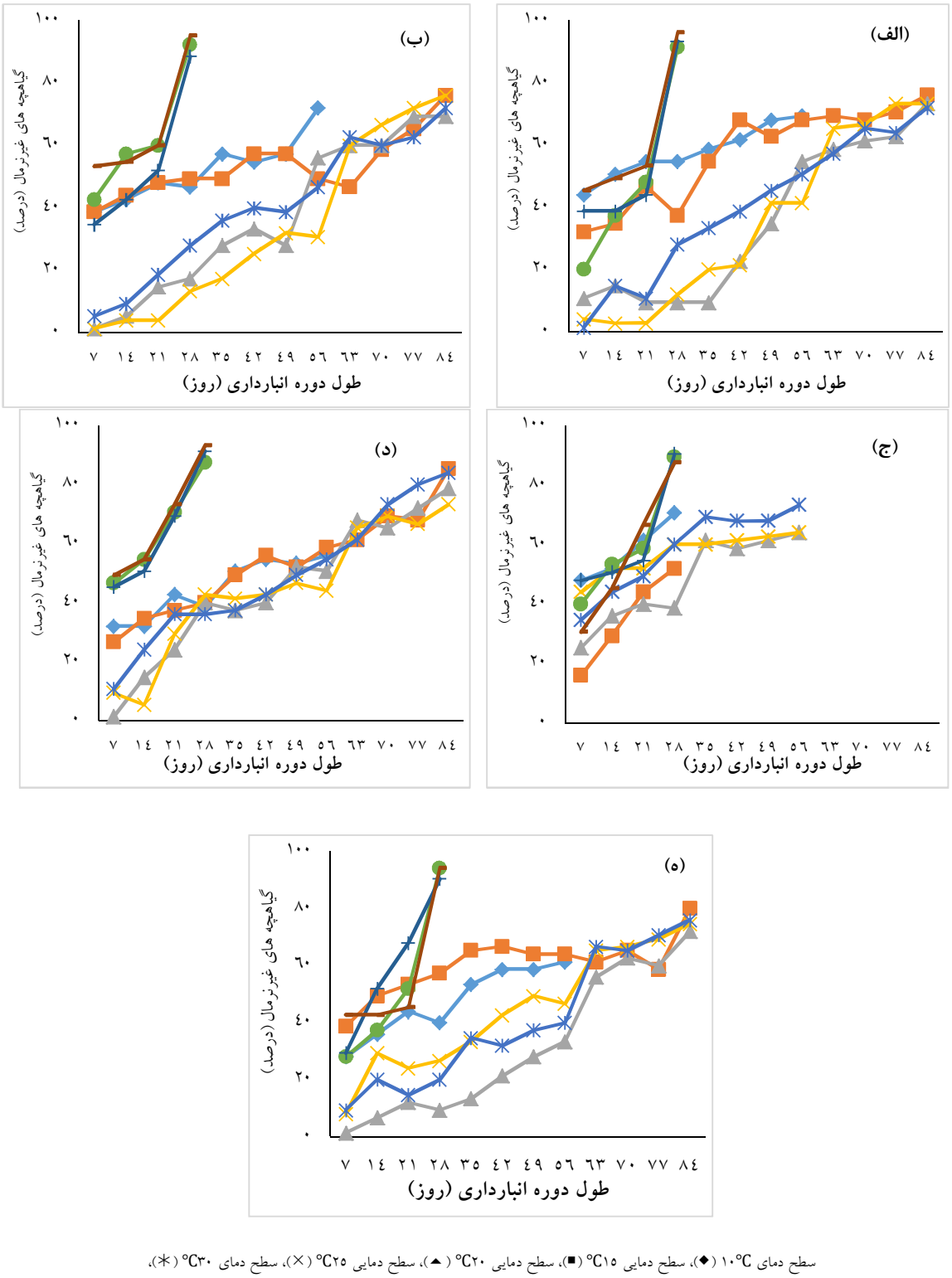
شکل ۳: روند طول گیاهچه گاوزبان اروپایی تحت تأثیر دما و زمان‌های مختلف نگهداری

الف) محتوای رطوبتی ۵٪، ب) محتوای رطوبتی ۱۰٪، ج) محتوی رطوبتی ۱۵٪، د) محتوای رطوبتی ۲۰٪، ه) محتوی رطوبتی ۲۵٪

درصد گیاهچه‌های غیرنرمال: فرسودگی یکی از عوامل مهم در افزایش درصد گیاهچه‌های غیرنرمال محسوب می‌شود. در همین راستا نیز نتایج آزمایش نشان داد با افزایش طول دوره نگهداری و دمای نگهداری گیاهچه‌های غیرنرمال افزایش می‌یابد. بطوری که در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین درصد گیاهچه‌های غیرنرمال در سطح رطوبتی ۱۵ درصد مربوط به ٥٦ روز پس از نگهداری است که با سطوح رطوبتی ۲۰ و ۲۵ درصد اختلاف معنی‌دار داشت. در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، در سطوح رطوبتی ۵ و ۲۰ درصد بذری، درصد گیاهچه‌های غیرنرمال با افزایش مدت نگهداری از ۷ به ١٤ روز معنی‌دار شد، درحالیکه این اتفاق در محتوی رطوبت بذری ۱۰ درصد با افزایش مدت نگهداری از ۷ به ۲۱ روز نگهداری اتفاق افتاد. در دمای ۲۰ درجه سانتی-گراد، در روز ٨٤ انبارداری سطح رطوبت ۲۵ درصد بذری بیشترین درصد گیاهچه‌های غیرنرمال بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد نداشت. در سطوح رطوبتی ۵ و ۲۵ درصد با افزایش مدت نگهداری پس از ١٤ روز افزایش درصد گیاهچه‌های غیرنرمال معنی‌دار بود. در محتوی رطوبتی ۱۰ درصد روند افزایشی تا ۳۵ روز پس از نگهداری معنی‌دار نشد. افزایش معنی‌دار درصد گیاهچه‌های غیرنرمال در سطوح رطوبتی ۱۵ و ۲۰ درصد با افزایش مدت نگهداری از ١٤ به ۲۱ روز شروع شد. در دمای نگهداری ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی-گراد در تمام سطوح رطوبتی، با افزایش مدت انبارداری، درصد گیاهچه‌های غیرنرمال افزایش یافت. در تیمار رطوبت بذری ۵ درصد در ٥٦ روز و در سایر تیمارها ٨٤ روز پس از نگهداری بیشترین میزان گیاهچه‌های غیرنرمال مشاهده شد. دماهای ۳۵، ٤٠ و ٤٥ درجه سانتی‌گراد بالاترین درصد گیاهچه‌های غیرنرمال در ۲۸ روز پس از نگهداری مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری بین این تیمارها مشاهده شد.

طی انبارداری، کیفیت بذر کاهش می‌یابد و منجر به جوانه‌زنی نامطلوب می‌شود. در این راستا کاهش درصد، سرعت جوانه‌زنی و درصد گیاهچه‌های طبیعی سویا را در شرایط فرسودگی بذر گزارش نمودند که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد (Mohammadi et al., 2011) فرسودگی به صورت کاهش درصد جوانه‌زنی و استقرار ضعیف گیاهچه‌های حاصل از این بذرها آشکار می‌شود (Veselova et al., 2003).

آنزیم پراکسیداز: نتایج آزمایش نشان داد نتایج تجزیه واریانس نشان داد تاثیر تیمارهای آزمایشی بر فعالیت آنزیم پراکسیداز و پرولین معنی‌دار گردید (جدول ۲). طبق شکل ۵ کمترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز مربوط به دمای ٤٥ درجه سانتی‌گراد، سطح رطوبتی ۲۵ درصد در مدت نگهداری ۲۸ روز بود. با توجه به شکل (۵) می‌توان چنین نتیجه گرفت که در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در اوایل مدت نگهداری (مدت ۲۸ روز نگهداری) بیشترین میزان فعالیت را نشان داد. با تاثیر شرایط نامطلوب انبارداری و با کاهش سطح کیفیت بذور طی انبارداری از فعالیت پراکسیداز گیاهچه گاوزبان اروپایی به طور معنی‌داری کاسته شد. این در حالیست که در سایر دماها، گیاهچه‌های حاصل از بذور تیمار شده تحت تاثیر عوامل موثر در انبارداری قرار گرفتند و این امر سبب شد از همان ۲۸ روز نگهداری در مقایسه با تیمار شاهد بطور معنی‌داری کاهش در سطح کیفیت بذور و همچنین فعالیت آنزیم پراکسیداز بطور معنی‌داری اتفاق افتاد.



سطح دمای ۱۰°C (◆)، سطح دمایی ۱۵°C (■)، سطح دمایی ۲۰°C (▲)، سطح دمایی ۲۵°C (×)، سطح دمای ۳۰°C (✳)،
سطح دمای ۳۵°C (●)، سطح دمای ۴۰°C (+)، سطح دمای ۴۵°C (-)

شکل ٤: روند درصد گیاهچه‌های غیرنرمال گاوزبان اروپایی تحت تأثیر دما و زمان‌های مختلف نگهداری

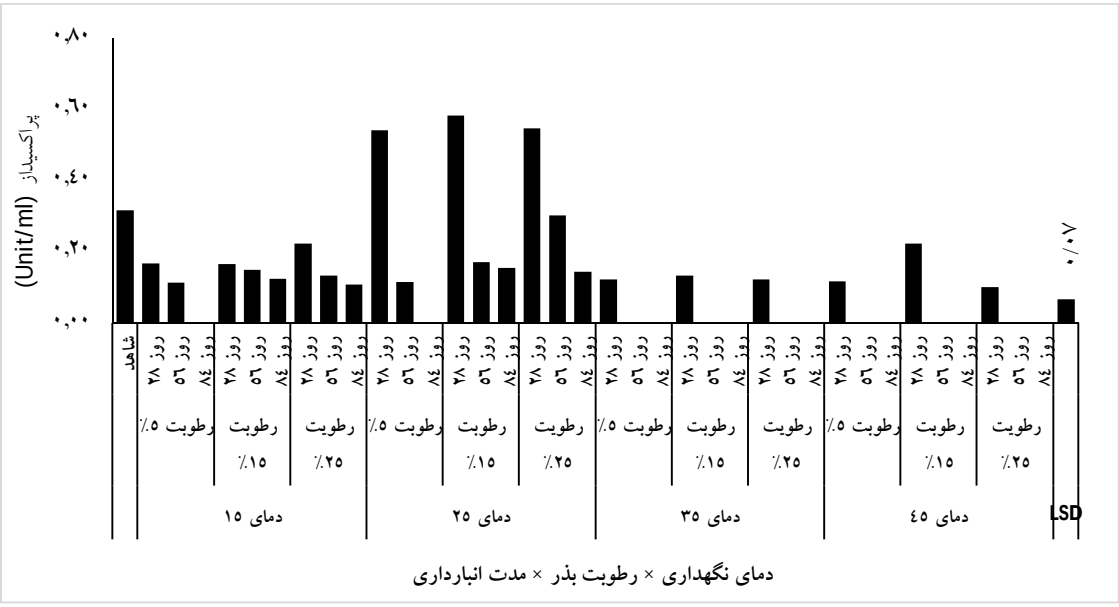
الف) محتوای رطوبتی ۵٪، ب) محتوای رطوبتی ۱۰٪، ج) محتوی رطوبتی ۱۵٪، د) محتوای رطوبتی ۲۰٪، ه) محتوی رطوبتی ۲۵٪

آنتی اکسیدانت‌ها می‌توانند با کم کردن میزان رادیکال‌های آزاد از فرسودگی بذر جلوگیری و روند آن را کندتر کنند ولی کاهش مقدار آنتی اکسیدانت‌ها پس از ادامه یافتن روند فرسودگی می‌تواند نشان‌دهنده شکست مکانیسم دفاعی سیستم‌های آنتی اکسیدانت بذر در برابر این رادیکال‌ها باشد. آنزیم‌های آنتی اکسیدانت بذر در روزهای نخست فرسودگی افزایش می‌یابند، اما با افزایش روند فرسودگی قابلیت دفاع را از دست می‌دهند و از مقدار آنها کاسته می‌شود (Kaewnaree et al., 2011).

جدول ۲- تاثیر رطوبت بذر، دما و زمان نگهداری بذور گاوزبان اروپایی بر خصوصیات بیوشیمیایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		پراکسیداز	پرولین
دما (A)	۳	۰/۳٤**	۳/٤٦**
رطوبت (B)	۲	۰/۰۲۳**	۰/۵۷**
زمان (C)	۲	۰/٤۵**	۵/۹٦**
A × B	٦	۰/۰۰۷۹**	۰/٦۷**
A × C	٦	۰/۰۷۱**	۵/۳۵**
B × C	٤	۰/۰۰٤۰**	۲/٤۸**
A × B × C	۱۲	۰/۰۰٤۹**	۰/٦۷**
خطا	۷۲	۰/۰۰۱۰	۰/۰۳۱
ضریب تغییرات (٪)	–	۲۵/۱۰	۱۹/۰۵

^{ns} و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار درسطح احتمال ۱٪ می‌باشد.

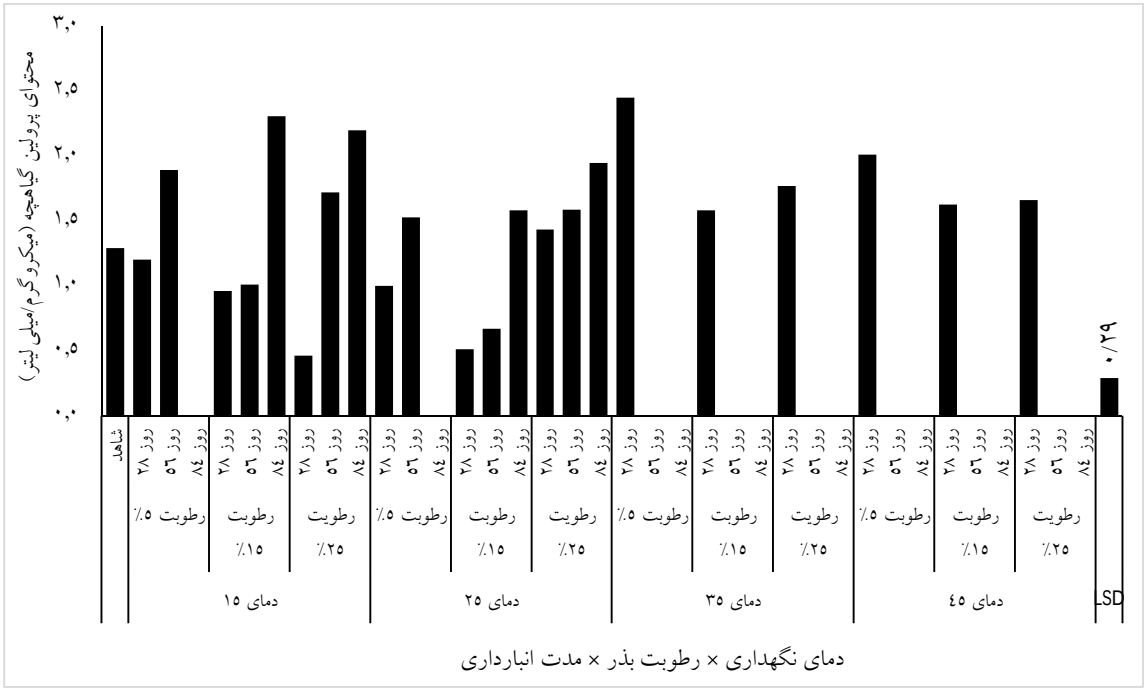


شکل ۵: تاثیر رطوبت بذر، دما و زمان نگهداری بذور بر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی

پرولین: نتایج آزمایش نشان داد با افزایش مدت نگهداری بذور با سطح رطوبت و دماهای متفاوت میزان پرولین گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. بطوری‌که بیشترین

میزان پرولین در دماهای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد مربوط به ۸۴ روز بعد از انبارداری بود که بطور معنی-داری بیشتر از سایر مدت‌های نگهداری در دماهای مذکور حاصل شد. اما بیشترین میزان این اسیدآمینه در دمای ۳۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد پس از ۲۸ روز انبارداری و تیمار رطوبت ۵ درصد مشاهده گردید که بطور معنی‌داری بیشتر از سایر سطوح رطوبتی در این دماها بود. این نتایج نشان داد که با افزایش مدت انبارداری میزان پرولین نیز افزایش یافت. با این توضیح که کمترین میزان پرولین به دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد با سطح رطوبتی ۲۵ درصد و روز ۲۸ انبارداری تعلق گرفت و بیشترین میزان پرولین در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد با رطوبت ۵ درصد و ۲۸ روز پس از انبارداری حاصل شد (شکل ٦).

یک ارتباط مثبت بین تجمع پرولین و مقدار آنتی-اکسیدان بافت وجود دارد، بطوری‌که در نتیجه تنش-های مختلف مقدار رادیکال آزاد افزایش می‌یابد و باعث تجمع پرولین در بافت گیاهی می‌شود. با توجه به این مطلب، افزایش غلظت پرولین گیاهچه‌های حاصل از بذور گاوزبان اروپایی می‌تواند پاسخی در برابر افزایش رادیکال‌های آزاد تولید شده در اثر طول نگهداری بذر باشد (Zhang et al., 2000).



شکل ٦: تاثیر رطوبت بذر، دما و زمان نگهداری بذور بر میزان پرولین گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی

نتیجه‌گیری

نتایج و یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که بذور گاوزبان اروپایی تحت‌تاثیر دمای نگهداری و مدت زمان انبارداری قرار گرفتند. این روند مخصوصا در اواخر دوره نگهداری بصورت مشهودتری مشاهده گردید. بذور حاصل از دماهای پایین (۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد) و دماهای بالا (۳۵، ٤٠ و ٤٥ درجه سانتی‌گراد) قابلیت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های کمتری داشتند. درحالیکه بذور نگهداری شده در دماهای ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد با سطوح رطوبتی ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد بذری، قابلیت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها بیشتر بود. از این رو، به نظر می‌رسد

در شرایط انبارداری گاوزبان اروپایی محتوی رطوبت و دمای نگهداری نباید به موازات هم افزایش یابند. از آنجایی که با افزایش محتوی رطوبتی بذور به‌دلیل دانه روغنی بودن این گیاه، آلودگی شدت می‌گیرد به این سبب می‌توان از طریق بسته‌بندی غیر قابل نفوذ که باعث سلب امکان مبادله رطوبت با محیط می‌گردد، از افزایش خسارت در مدت انبارداری جلوگیری به عمل آورد.

References

Alivand, R., Tavakkol Afshari, R. and Sharifzadh, F. 2013. Investigation germination process ofdeterioration canola seed (*Brassica napus*). J. Field Crop Sci. 44(1): 63-83. (In Persian, with English Abstract.).

Basra, S.M.A., Ahmad, N., Khan, M.M., Iqbal, N. and Cheema, M. A. 2003. Assessment of cotton seed deterioration during accelerated aging. Seed Science and Technology. 31: 531-540.

Bates, L.S. 1973. Rapid determination of free prolin for water stress studies. Plant Soil. 39: 205-207.

Bradford, K.J. 2004. Seed production and quality. California. USA. p 138.

Chance, B. and A.C. Maehly, 1955. Assay of catalases and peroxidase. Methods in Enzymolog. 2: 764-775.

Copeland, L.O. and M.B. McDonald, 1985. Principles of seed science and technology. John Wiley and Sons. New York.

Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1980. Improved equations for the prediction of seed longevity. Annals of Botany. 45(1): 13-30.

Ellis, R.H., Covell, S., Roberts, E.H. and Summerfield, R.J. 1986. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. II. Intraspecific variation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) at constant temperatures. Journal of Experimental Botany. 37: 1503–1515.

Gregg, B., Wanis, S.A.E., Bishaw, Z. and Gastel, A.J.G. 1994. Safe seed storage. WANA Seed Net work. 594.

ISTA, 2008. International rules for seed testing. International Seed Testing Association. Bassersdorf. 30: 683-687.

International Seed Testing Association. 2010. International rules for seed testing, Zurich, Switzerland.

Kaewnaree, P., Vichitphan, S., Klanrit, P., Siri, B. and Vichitphan. K. 2011. Effect of accelerated aging process on seed quality and biochemical changes in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Seed Biotechnol. 10(2): 175-182.

Karimi, E., Oskoueian, E., Karimi, A., Noura, R. and Ebrahimi, M. 2018. *Borago Officinalis* L. flower: a comprehensive study on bioactive compounds and its health- promoting properties. J. Food Meas. Charact. 12: 826-838.

Krishnan, P., Nagarajan, S., Dadlani. M. and A.V. Moharir. 2003. Characterization of wheat (*Triticum aestivum*) and soybean (*Glycine max*) seeds under accelerated ageing conditions by proton nuclear magnetic spectroscopy. Seed Science and Technology. 31(3): 541-550.

Larsen, S.U. and Povlsen. F.V. 1998. The influence of seed vigour on field performance and the evaluation of applicability of the controlled deterioration vigour test in oil-seed rape (*Brassica napus* L.) and pea (*Pisum sativum* L.). Seed Sci. Technol. 26: 627-41.

Marshal, A.H. and Lewis, D.N. 2004. Influnence of seed storage conditions on seedling emergence, seedling growth and dry matter production of temperate forage grasses. Seed Science and Technology. 32: 493-501.

Mavi, K., Demir, I. and Matthews, S. 2010. Mean germination time estimates the relative emergence of seed lots of three cucurbit crops under stress conditions. Seed Science and Technology. 38: 14-25.

Martin, L.M. and Wilsey, B.J. 2006. Assessing grassland restoration success: relative roles of seed additions and native ungulate activities. Journal of Applied Ecology. 43(6): 1098-1109.

McDonald, M.B. 1998. Seed quality assessment. Seed Science Research. 8(2): 265-276.

McDonald, M.B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. Seed Sci. Technol. 27(1): 177-237.

McDonald, M.B. 2004. Orthodox seed deterioration and its repair. Pp. 273-304. In: Benech-Arnold, R.L.

Moeinzadeh, A., Tavakkol Afshari, R., Moghadam, H. and Baghizadeh, A. 2018. The effect of storage conditions on seed germination indices and viability constant of lentil (*Lens culinaris*) and pea (*Cicer arientinum*) seed. Iranian Journal of Field Crop Science. 49(2): 71-92. [In Persian with English Summary].

Mohammadi, H., Soltani, A., Sadeghipour H.R. and Zeinali, H. 2011. Effects of seed aging on subsequent seed reserve utilization and seedling growth in soybean. International Journal of Plant Production. 5(1): 65-70.

Neto, N.M., Custodio, C.C. and Takaki, M. 2001. Evaluation of naturally and artificially aged seeds of Phaseolus vulgaris L. Seed Science and Technology. 29(1): 137-150.

Pradidwong, S., Suriyong, S. and Pawelzik, E. 2004. Mungbean Seed Longevity and Quality Influenced by Initial Seed Moisture Content and Storage Temperature. Cornell Univ. Press, Ithaca. 200-321.

Soltani, A., Gholipoor, M. and Zeinali, E. 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environmental and Experimental Botany. 55(1): 195-200.

Veselova, T.V. and Veselovsky, V.A. 2003. Investigation of atypical germination changes during accelerated ageing of pea seeds. Seed Science and Technology. 31(3): 517-530.

Zhang, Y., Wang, H., Li, X., Jing, J., Xie, C. and Peng, K. 2000. Experimental generation of bright two-mode quadrature squeezed light from a narrow-band nondegenerate optical parametric amplifier. Physical Review A. 62(2): 238-113.