Archive of SID

"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد نهم، شماره ٤، زمستان ۱۳۹۹
(ص ۸۸-۷۵)
مقاله پژوهشی

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 9, No.: 4, Winter 2021
(pp: 75-88)
DOI: 10.22034/ijsst.2019.125932.1273
Research Article

بررسی تاثیر سطوح دما و رطوبت نسبی بر نگهداری بذور سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)

زینب سواعدی[۱]، عبدالمهدی بخشنده[۲*]، سید عطاالله سیادت[۲]، امین لطفی جلال آبادی[۳] سید امیر موسوی[۳]

۱. کارشناسی ارشد، علوم و تکنولوژی بذر ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۲. استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۳. استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۰۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۱۱)

چکیده

به منظور بررسی اثر دما و رطوبت نگهداری بر مولفه‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)، پژوهشی در سال ۱۳۹۶ در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملا تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل رطوبت نسبی محیط در سه سطح (۳۳، ۷۵ و ۱۰۰ درصد)، دمای نگه‌داری در چهار سطح (۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سلسیوس) و مدت زمان نگه‌داری در چهار سطح (۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت) و تیمار شاهد بود. نتایج نشان داد، افزایش دما و رطوبت نگهداری موجب کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول و وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه، شاخص طولی و وزنی قدرت و نیز موجب افزایش مدت زمان جوانه‌زنی و میزان هدایت الکتریکی شد. در بین تیمارهای مورد استفاده بیش‌ترین افت شاخص‌های جوانه‌زنی، در تیمار رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد، دمای ۴۵ درجه سلسیوس و ۹۶ ساعت مشاهده شد و در سطوح ملایم تیماری، خواب بذور سیاهدانه رفع شد و جوانه‌زنی افزایش یافت. نتایج برازش مدل رگرسیونی خطی فاکتورهای آزمایشی با شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه سیاهدانه نشان داد، همه صفات مورد بررسی به جزء متوسط زمان جوانه‌زنی با سه متغیر مستقل مورد بررسی در این آزمایش رابطه رگرسیونی خطی معنی‌دار داشتند.

کلمات کلیدی: زوال، رطوبت نسبی محیط، دمای نگهداری، جوانه‌زنی

Investigation into the effects of temperature levels and relative humidity effects on Nigella (*Nigella sativa* L.) seed storage

Z. Savaedy[1], A.M. Bakhshandeh[2*], S.A. Siadat[3], A. Lotfi Jalal Abadi[4], S.A. Moosavi[5]

1. Masters, Seed Scinence and Technology, Agricultral Scinence and Natural Resources University of Khuzestan.
2. Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Agricultral Scinence and Natural Resources University of Khuzestan.
3. Assistant Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Agricultral Scinence and Natural Resources University of Khuzestan.
(Received: Jul. 29, 2019 – Accepted: Nov. 02, 2019)

Abstract

In order to study the effects of storage temperature and humidity on seed germination properties and seedling growth of (*Nigella sativa* L.), a factorial experiment was conducted at the seed technology laboratory of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan based on the randomized block design with four replications. Experimental treatments were different levels of relative humidity during storage (33, 75 and 100%), storage temperatures (30, 35, 40 and 45 ^{o}C) and storage durations (24, 48, 72 and 96 hour) and control. Results showed that increase of storage temperature and relative humidity led to lower seed germination percentage and germination rate, reduction in the root and shoot length and seedling vigor indices, while mean germination time and electrical conductivity increased. Among experimental treatments, the severe deterioration was observed at 100% relative humidity and 45 ^{o}C with the durations of 96 hour and at the medium deterioration treatments, of Nigella seeds were resealed from primary dormancy and seed germination was increased, accordingly. Fitted linear regression models by experimental treatments vs germination indices and seedling growth showed that except mean germination time of seed germination, all the traits exhibited linear relationship with three independent variables studied in this experiment.

Keywords: Deterioration, Relative humidity, Storage temperature, Germination

* Email: bakhshandehabdolmahdi@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

امروزه با پیشرفت‌های علمی در زمینه داروسازی، تولید داروهای سنتتیک افزایش یافته، اما این امر موجب کاهش اهمیت داروهای گیاهی نشده است. یکی از گیاهان روغنی و دارویی که در سطح جهان از اهمیت خاصی برخوردار است، سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) می‌باشد که در اراک و در مناطقی از کرمانشاه به‌طور خودرو وجود داشته و در اصفهان و نواحی مختلفی از ایران نیز کشت می‌گردد (Moody and Rashed Mohassel, 1997). خاستگاه جنس Nigella، مدیترانه و غرب آسیا می‌باشد (DAntuono et al., 2002). دانه‌های این گیاه حاوی ۴۰-۳۰ درصد روغن، ۲۰ درصد پروتئین، ۷/۵ درصد رطوبت و ۱/۵-۰/۵ درصد اسانس است (Fathi Amirkhiz et al., 2012). در پزشکی بذرهای سیاهدانه جهت درمان طبیعی بیماری‌هایی مانند برونشیت، رماتیسم، دیابت، سرفه و سردرد مورد استفاده قرار می‌گیرد (Mehta et al., 2009). از روغن این گیاه علاوه بر خاصیت ضد باکتریایی در درمان سرطان، فشارخون، بیماری‌های قلبی- عروقی نیز استفاده می‌شود (Khoram Dil et al., 2010).

بذرهای اغلب گیاهان معمولاً پس از برداشت به مدت چند روز تا چند ماه در انبار نگه‌داری می‌شوند. شرایط محیطی نگه‌داری بذر تعیین‌کننده مدت زمانی است که جوانه‌زنی و قدرت آن حفظ می‌شود. دما، رطوبت نسبی محیط و طول دوره‌ی نگه‌داری عوامل اصلی در حفظ قابلیت‌های حیاتی بذور هنگام نگه‌داری در انبار هستند (Krishnan et al., 2003). از جمله شرایط نامطلوب انبارداری دمای بالای آن طی مدت زمان نگهداری بذر است، بذرها در توازن با رطوبت محیط هستند، درصورتی‌که رطوبت نسبی محیط بیشتر از رطوبت بذرها باشد بذرها تا رسیدن به این موازنه رطوبتی، آب جذب می‌کنند و با افزایش مقدار رطوبت بذر میزان زوال افزایش می‌یابد (Pradidwong et al., 2004). به فرآیند کاهش کیفیت بذر با گذشت زمان، زوال بذر اطلاق می‌گردد که این فرآیند، توانایی بذر را برای زنده ماندن کاهش می‌دهد (Soltani et al., 2009). دمای بالا از طریق افزایش تنفس باعث تخلیه سریع‌تر اندوخته غذایی بذور شده و از این طریق باعث آسیب به بذر می‌شود. بنابراین در صورت بالا بودن دما و رطوبت نسبی محیط، بذور سریع‌تر تخریب یافته و ضمن کاهش کیفیت به مرگ نزدیک‌تر می‌شود (Greeg et al., 1994). آسیب به بذر عموماً در هنگام رسیدگی فیزیولوژیک بذر رخ داده و در طی برداشت، فرآوری و انبارکردن بذر با شدتی که متأثر از ژنتیک و محیط تولید بذر است، ادامه می‌یابد (Hosseini et al., 2008). سرعت فرآیند زوال بذر، به توانایی بذر به مقاومت در برابر تغییرپذیرهای تخریبی و هم‌چنین سازوکارهای محافظتی بستگی دارد (Balesevic and Tubic, 2001). کاهش یکپارچگی غشای پلاسمایی، تغییر ساختمان مولکولی اسیدهای نوکلئیک و کاهش فعالیت آنزیم‌ها از مهم‌ترین تغییرپذیرهایی هستند که در هنگام نگهداری بذر در شرایط نامناسب ایجاد می‌شود (Justice and Bass, 1979). این تغییرپذیری‌ها به کاهش کیفیت بذر، کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی، رشد کندتر گیاه، افزایش حساسیت به تنش‌های محیطی و گاهی کاهش عملکرد منجر می‌شود (Coin, 1995).

بنیه به‌عنوان اولین جزء از کیفیت بذر است که در شرایط نگهداری در شرایط نامساعد کاهش می‌یابد و به دنبال آن ظرفیت جوانه‌زنی و قوۀنامیه نیز کاهش می‌یابد (Basra et al., 2003; De Figueiredo et al., 2003). یکی از علائمی که به فراوانی در بذرهای انبار شده مشاهده می‌شود، افزایش میزان نشتی مواد از بذر است. درجه آسیب بذر با غلظت مواد نشت یافته از بذر همبستگی دارد و میزان خروج مواد نتیجه تخریب غشای سلول‌ها در بذرهای است (Mirdad et al., 2006). تخریب غشاء هم از طریق هیدرولیز فسفولیپیدها توسط فسفولیپاز و هم به‌وسیله اکسیداسیون فسفولیپیدها اتفاق می‌افتد

www.SID.ir

Archive of SID

(Al-Maskri ey al., 2004). براساس نتایج به دست آمده از عیسوند و فرج‌الهی (Eisvand and Faraj Allah, 2017) بر گیاه دارویی مریم گلی، با افزایش مدت زمان نگهداری بذور در شرایط نا مناسب، درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش، و میزان هدایت الکتریکی افزایش یافت. کوثر و همکاران (Kausar et al., 2009) گزارش کردند که نگهداری در مدت ۵، ۶ و ۷ روز در دما و رطوبت بالا، کاهش معنی‌داری بر زنده‌مانی بذور آفتابگردان دارد. خوشخرام و همکاران (Khoshkharam et al., 2010) تأثیر انبارداری را بر کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی و سایر مؤلفه‌های رشد گیاهچه گلرنگ گزارش کردند. ورما و همکاران (Verma et al., 2003) اثر پارامترهای کیفیت بذر را در بذرهای انبار شده کلزا مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نشان دادند درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، شاخص قدرت، میزان تنفس، محتوی و درصد پروتئین با افزایش دوره انبارداری کاهش یافت.

با توجه به مطالب بیان شده هدف از این مطالعه، بررسی شدت خسارت تیمار زوال تسریع شده بر روی بذور سیاهدانه در شرایط دمایی و رطوبتی متفاوت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۶ در آزمایشگاه تکنولوژی بذر گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل دمای نگه‌داری در چهار سطح (۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سلسیوس)، رطوبت نسبی محیط در سه سطح (۳۳، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) و مدت زمان نگه‌داری در چهار سطح (۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت) و یک تیمار شاهد مجزا بود.

کلیه بذرهای مورد استفاده در این پژوهش، متعلق به اکوتیپ سیاهدانه ایرانی بودند که از شرکت پاکان بذر اصفهان در سال ۱۳۹۶ خریداری شد که قویه نامیه اولیه ۷۶ درصد و خواب بذر(آزمون تترازلیوم) ۱۶درصد بود. برای اعمال رطوبت نسبی محیط ۳۳ درصد از کلرید منیزیم ($MgCl_2$) استفاده شد. برای این منظور ۵۳/۳۳ گرم کلرید منیزم را وزن کرده و ۵/۴۶ گرم آب به آن اضافه شد (Gonzalo et al., 2011). رطوبت نسبی ۷۵ درصد با استفاده از سدیم کلرید (NaCl) به میزان ۵۳/۳۳ گرم و آب به میزان ۲۷/۲۸ گرم ایجاد شد (Gonzalo et al., 2011). رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد با استفاده از آب مقطر اعمال شد. بذرها در درون ظرف‌های مخصوص جداگانه و دارای رطوبت‌های نسبی محیط ۳۳، ۷۵ و ۱۰۰ درصد قرار داده شدند. سپس به ژرمیناتور با دما (۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس) و آون با تنظیم دما (۴۰ و ۴۵ درجه سلسیوس) به مدت زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت قرار داده شدند.

بعد از پایان دوره نگهداری، بذرها با محلول هیپوکلریت سدیم سه درصد به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی و پس از آن چند بار با آب مقطر شستشو شد (Khoram Dil et al., 2011). به منظور آزمون جوانه‌زنی، بذرها را در داخل پتری دیش‌های ۹ سانتی‌متری حاوی ۲ لایه کاغذ صافی و آب به میزان ۵ سی‌سی قرار داده و سپس به ژرمیناتور با دمای ۲۰ درجه و شرایط تاریکی منتقل شدند. شمارش بذرهای جوانه‌زده، روزانه در ساعتی معین انجام گردید. به هنگام شمارش، بذوری جوانه‌زده تلقی شد که طول ریشه‌چه آن‌ها ۲ میلی‌متر و یا بیش‌تر بود (ISTA, 2015). درصد، میانگین زمان جوانه‌زنی با استفاده از روابط زیر محاسبه شد. در این رابطه‌ها N_i: تعداد بذرهای سبز شده در طی d روز، D_i: تعداد روزها از ابتدای سبز شدن، N: تعداد کل بذرها، T_i: تعداد روزها پس از آزمایش.

رابطه (۱) (Ikic et al., 2012)

$$(GP) = \frac{\text{تعداد بذرهای جوانه زده}}{\text{تعداد کل بذرها}} \times ۱۰۰$$

www.SID.ir

Archive of SID

رابطه (۲) $GR = \Sigma \frac{N_i}{T_i}$ (Verma et al., 2005)

پس از پایان دوره جوانه‌زنی(۱۴ روز)، از هر ظرف پتری‌دیش ۱۰ نمونه به‌طور تصادفی انتخاب و طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه آن‌ها با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شد (Agraval et al., 2003). در روز هفتم ۱۰ نمونه گیاهچه درون آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند و پس از ۴۸ ساعت از آون خارج و وزن خشک گیاهچه، ریشه‌چه و ساقه‌چه با استفاده از ترازوی حساس اندازه‌گیری شد (Agraval et al., 2003). شاخص‌های طولی و وزنی قدرت، مطابق روش عبدالبالکی و اندرسون (Abdul-Baki and Anderson., 1973) اندازه‌گیری و محاسبه شد.

رابطه (۳) شاخص قدرت گیاهچه (طولی) = $\frac{\text{میانگین طول گیاه‌چه}(cm) \times \text{جوانه‌زنی استاندارد}(\%)}{100}$

رابطه (۴) شاخص قدرت گیاهچه (وزنی) = $\frac{\text{جوانه زنی استاندارد} \times \text{میانگین وزن گیاهچه میلی گرم}}{100}$

برای سنجش هدایت الکتریکی ۲۵۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه به مدت ۲۴ ساعت در ۲۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. سپس چهار نمونه ۵۰ بذری به‌دقت وزن شده و در ۲۵۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه به مدت ۲۴ ساعت در ۲۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. میزان هدایت الکتریکی برحسب میکرو زیمنس بر سانتی‌متر با دستگاه سنجش هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شد (Hampton and Teckrony, 1995).

آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab 18 انجام شد و داده‌های غیرنرمال با تبدیل Arsin $\sqrt{x}$ نرمال‌سازی گردید. تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 انجام گردید. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD استفاده شد. تجزیه رگرسیون چند متغیر خطی با استفاده از نرم‌افزار SPSS 24 انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2013 استفاده شد. در تجزیه آماری، برای اجتناب از ایجاد کرت‌های مهمومی، داده‌های تیمار شاهد، در آزمایش فاکتوریل وارد نشده و تنها در مقایسه میانگین‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

شاخص‌های جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای درجه حرارت، رطوبت نسبی و طول دوره انبارداری و هم‌چنین اثرهای متقابل دوگانه و سه‌گانه آن‌ها برای شاخص‌های جوانه‌زنی بذور سیاهدانه (درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی) در سطح احتمال خطای یک درصد دارای تاثیر معنی‌دار بودند (جدول ۱). نتایج نشان داد، با افزایش رطوبت نسبی، دما و زمان نگه‌داری بذور، شدت زوال افزایش پیدا کرد. در سطوح پایین دما و رطوبت، درصد جوانه‌زنی افزایشی، ولی با شدت یافتن مقادیر آن‌ها جوانه‌زنی به شدت کاهش یافت. در رطوبت نسبی ۳۳ درصد تغییرات قابل ملاحظه‌ای در جوانه‌زنی مشاهده نشد، ولی با رسیدن رطوبت به ۷۵ و ۱۰۰ درصد و دماهای ۳۰ تا ۴۰ درجه سلسیوس، بعد از ۴۸ ساعت خواب بذرهای سیاهدانه رفع شد و جوانه‌زنی از ۷۶ درصد در تیمار شاهد به ۹۵ تا ۹۶ افزایش یافت (جدول ۲). همچنین در اثر شدت زوال که با رسیدن رطوبت نسبی به ۱۰۰ درصد و دمای ۴۵ و در زمان‌های بین ۷۲ تا ۹۶ ساعت اتفاق می‌افتد، کاهش شدید جوانه‌زنی و مرگ کامل بذر مشاهده گردید به‌طوری‌که جوانه‌زنی در این شرایط بعد از ۹۶ ساعت به صفر رسید (جدول ۲). زوال موجب کاهش سرعت جوانه‌زنی شد. با توجه به روند تغییرات درصد جوانه‌زنی در سطوح ملایم زوال، بالاترین سرعت جوانه‌زنی (۰/۳۵ جوانه در روز) از رطوبت نسبی ۷۵ درصد، دمای ۳۰ درجه سلسیوس و در زمان ۲۴ ساعت انبارداری حاصل شد (افزایش ۳۰ درصدی در مقایسه با شاهد). این در حالی بود

www.SID.ir

Archive of SID

که کم‌ترین سرعت جوانه‌زنی در رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد در دماهای ۴۰ و ۴۵ درجه سلسیوس بعد ۹۶ ساعت پدیدار شد (جدول ۲).

براساس نتایج به دست آمده بر گیاهان مریم گلی، کلزا، آفتابگردان و گلرنگ با افزایش مدت زمان اعمال زوال زودرس، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص‌های جوانه‌زنی با کاهش محسوسی روبه‌رو شد (Eisvand and Faraj Allah, 2017; Alivand et al., 2013; Kausar et al., 2009; Khoshkharam et al., 2010). تغییرات مختلف بیوشیمیایی و متابولیکی در طی فرآیند زوال بذر رخ می‌دهد. برای مثال تغییر در اسید چرب و پراکسیداسیون لیپید، اختلال در فعالیت‌های تنفسی (McDonald, 2004)، تخلیه ذخایر غذایی، محرومیت غذایی سلول‌های میرستمی و اختلال در سازوکارهای مسئول تحریک جوانه‌زنی (Copeland and McDonald, 1985) که نتیجه نهایی آن کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی و نمو بذر است (McDonald, 1999). مطالعات نشان داده با افزایش دما و رطوبت نسبی محیط نگه‌داری، بذرها سریع‌تر زوال یافته و ضمن کاهش کیفیت فیزیولوژیک، زودتر از بین می‌روند. نتایج مختلف حاکی از آن است که با افزایش رطوبت و دما در دوره انبارداری، شاخص‌های جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Zamani et al., 2010; Mohamadi et al., 2008; Alivand et al., 2013).

جدول ۱- تجزیه واریانس شاخص‌های جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و قدرت بذور سیاهدانه تحت تأثیر رطوبت نسبی، دما و زمان نگه‌داری

Table 1- Analysis of variance of germination, seedling growth and seed vigor of *Nigella sativa* influence by relative humidity, temperature and storage time on

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS							
		درصد جوانه‌زنی Percentage of germination	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ریشه‌چه Radical length	طول ساقه‌چه hypocotyl length	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	شاخص طولی قدرت Length vigour index	شاخص وزنی قدرت Weight vigour index	هدایت الکتریکی Electrical conductivity
رطوبت نسبی (R) Relative humidity	2	16809.7**	0.065**	5.69**	0.467**	1.98**	7.38**	2.74**	37386.59**
دما (T) Temperature	3	3100.97**	0.024**	1.89**	0.682**	0.342**	2.94**	0.38**	8718.81**
زمان (D) Time	3	13813.03**	0.055**	4.14**	1.398**	0.509**	7.88**	1.10**	29539.00**
R×T	6	882.79**	0.005**	0.478**	0.295**	0.179**	0.433**	0.140**	224.20ns
R×D	6	2972.34**	0.270**	1.32**	0.796**	0.152**	1.71**	0.188**	673.22ns
T×D	9	607.47**	0.007**	0.078ns	0.075ns	0.069ns	0.159ns	0.064**	286.77ns
R×T×D	18	270.37**	0.008**	0.050**	0.128**	0.037ns	0.131**	0.030**	139.19ns
خطای آزمایشی Eeror	144	81.21	0.0009	0.061	0.046	0.010	0.0517	0.010	2027.06
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	12.18	10.79	16.36	20.85	12.2	13.8	14.02	16.32

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵ و ۱ درصد

Ns, * and ** Represent non significant, significant at 0.05% and 0.01% probability error, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرهای سه‌گانه رطوبت نسبی، دما و زمان بر درصد و سرعت جوانه‌زنی سیاهدانه

Table 2- Comparison of the average triple effects of relative humidity, temperature and time on germination, and germination rate of *Nigella sativa*

زمان (ساعت) Time (h)	دما (سلسیوس) Temperature (°C)	درصد جوانه‌زنی Percentage of germination — رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity (٪)			سرعت جوانه‌زنی Germination rate — رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity (٪)		
		33	75	100	33	75	100
24	30	91.00^{a-d}	93.00^{ab}	78.00^{d-i}	0.31^{a-e}	0.35^{a}	0.31^{a-e}
	35	84.00^{a-f}	91.00^{a-d}	80.50^{b-h}	0.29^{b-e}	0.32^{a-d}	0.31^{a-e}
	40	84.00^{a-f}	91.00^{a-d}	80.00^{b-h}	0.29^{b-e}	0.31^{a-e}	0.30^{b-f}
	45	89.00^{a-e}	92.00^{abc}	81.00^{b-h}	0.28^{b-g}	0.30^{b-f}	0.31^{a-e}
48	30	90.00^{a-e}	94.00^{a}	96.00^{a}	0.31^{a-e}	0.32^{ab}	0.28^{b-g}
	35	92.00^{abc}	90.00^{a-e}	75.75^{f-j}	0.29^{b-e}	0.31^{a-e}	0.31^{a-e}
	40	90.00^{a-e}	95.00^{a}	56.00^{lm}	0.29^{b-e}	0.31^{a-e}	0.29^{b-f}
	45	92.00^{abc}	88.00^{a-e}	76.00^{f-j}	0.28^{b-g}	0.30^{b-f}	0.27^{e-g}
72	30	91.00^{a-d}	90.00^{a-e}	87.00^{a-e}	0.29^{b-e}	0.32^{a-c}	0.27^{d-g}
	35	92.00^{abc}	79.00^{d-i}	71.50^{i-k}	0.29^{b-e}	0.30^{b-f}	0.20^{h}
	40	88.00^{a-e}	71.50^{i-k}	31.75^{no}	0.28^{b-f}	0.29^{b-e}	0.24^{gh}
	45	91.00^{a-d}	61.50^{lk}	24.00^{op}	0.27^{d-g}	0.28^{b-f}	0.24^{gh}
96	30	87.00^{a-e}	66.75^{i-k}	43.00^{n}	0.29^{b-e}	0.30^{b-e}	0.32^{a-c}
	35	85.75^{a-f}	65.50^{i-k}	18.00$_{p}$	0.28^{c-f}	0.29^{b-e}	0.20^{h}
	40	84.50^{a-e}	43.75^{n}	0.00^{q}	0.28^{c-f}	0.29^{b-e}	0.00^{i}
	45	74.25^{g-j}	34.50^{no}	0.00^{q}	0.27^{fg}	0.27^{d-g}	0.00^{i}
Control		76.44^{f-j}			0.27d^{-g}		

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد توسط آزمون LSD می‌باشد.

Different letters represent a significant difference in the probability level of 5% by error by the LSD.

وسلووا و وسلووسکی (Veslova and Veslovesky, 2003) معتقدند علت کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی مربوط به نفوذپذیری پایین‌تر غشاء سلولی به آب در اثر زوال است. با افزایش زوال زمان لازم برای تکمیل فرآیند جوانه‌زنی در بذرهای پیر افزایش می‌یابد که نتیجه آن کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی است (Bailly et al., 2000). کاهش در سرعت جوانه‌زنی احتمالاً به دلیل وقفه‌ای است که در شروع فرآیند در بذرهای زوال یافته ایجاد می‌شود. علت وقفه ایجاد شده به احتمال زیاد به این دلیل است که بذرها برای جبران خسارت‌های وارد شده به غشاء و دیگر قسمت‌های سلول هم‌چنین آغاز مجدد فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانتی و جلوگیری از بروز تنش اکسیداتیو نیاز به زمان دارد و جبران این خسارت‌ها فقط پس از جذب آب توسط بذر امکان‌پذیر است.

شاخص‌های رشد گیاهچه

نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های رشد گیاهچه (طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، و وزن خشک گیاهچه) نیز نشان داد که اثرهای اصلی رطوبت نسبی، دما و طول دوره انبارداری و هم‌چنین کلیه اثرهای متقابل دوگانه (به‌جز دما در زمان)

www.SID.ir

Archive of SID

و سه‌گانه برای طول ریشه‌چه و ساقه‌چه معنی‌دار بود. همچنین اثرهای اصلی و اثرهای دوگانه (به جز دما در زمان) بر وزن خشک گیاهچه نیز در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۱). روند طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در طول دوره انبارداری نشان داد که با گذشت دوره انبارداری طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش یافت و با افزایش در رطوبت و دمای انبارداری این تغییرات شدیدتر شد (جدول ۳). بالاترین طول ریشه‌چه با میانگین ۴/۳۵ سانتی‌متر از رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد با دمای ۳۰ درجه و زمان ۲۴ ساعت به دست آمدکه در مقایسه با شاهد ۵۰ درصد بیشتر بود با وجود این، بالاترین طول ساقه‌چه با میانگین ۱/۴۷ سانتی‌متر (۱۰ درصد بیشتر از شاهد) از رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد و دمای ۳۰ درجه و نگه‌داری به مدت ۴۸ ساعت حاصل شد (جدول ۳). کم‌ترین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز مربوط به شدیدترین سطح زوال که در آن به علت عدم جوانه‌زنی بذور، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه مشاهده نشد (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرهای سه‌گانه رطوبت نسبی، دما و زمان بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه سیاهدانه

Table 3- Comparison of the average triple effects of relative humidity, temperature and time on Root length and Shoot length of *Nigella sativa*

زمان (ساعت) Time (h)	دما (سلسیوس) Temperature (°C)	طول ریشه‌چه Radical length — رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity(٪)			طول ساقه چه Hypocotyl length — رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity(٪)		
		33	75	100	33	75	100
24	30	3.44^{b-d}	3.28^{b-e}	4.35^{a}	1.26^{b-h}	1.01^{i-l}	1.09^{d-k}
	35	3.17^{b-f}	3.14^{b-f}	4.01^{ab}	1.08^{e-l}	1.01^{i-l}	1.31^{a-e}
	40	3.18^{b-f}	3.09^{c-f}	2.74^{d-i}	1.03^{f-l}	0.95^{j-m}	1.20^{b-i}
	45	3.04^{c-f}	3.05^{c-f}	1.74^{j-l}	1.03^{g-l}	0.93^{k-m}	1.05^{e-k}
48	30	3.54^{a-d}	3.04^{c-f}	3.54^{a-d}	1.38^{a-c}	1.25^{b-h}	1.47^{a}
	35	3.20^{b-f}	3.07^{c-f}	3.00^{c-f}	1.09^{e-k}	1.27^{a-g}	1.38^{ab}
	40	2.82^{c-h}	3.69^{a-c}	2.00^{h-k}	1.07^{e-l}	1.10^{d-k}	1.17^{c-k}
	45	2.96^{c-f}	3.46^{a-d}	1.04^{m}	1.08^{f-l}	0.97^{i-l}	1.20^{b-j}
72	30	3.20^{b-f}	3.70^{a-c}	2.31^{f-j}	1.23^{b-i}	1.05^{f-l}	1.33^{a-d}
	35	3.31^{b-e}	3.03^{c-f}	2.70^{d-i}	1.05^{f-l}	1.25^{b-h}	1.27^{a-f}
	40	2.45^{e-j}	3.11^{c-f}	0.96^{m}	1.01^{g-l}	1.06^{e-l}	1.03^{h-l}
	45	1.96^{h-k}	3.04^{c-f}	0.65^{mn}	1.00^{h-l}	1.26^{a-h}	0.00^{o}
96	30	3.13^{b-f}	3.02^{c-f}	0.75^{mn}	1.16^{c-k}	1.02^{h-l}	0.55^{l-n}
	35	2.91^{c-g}	2.72^{d-i}	0.50^{mn}	0.99^{i-l}	0.94^{j-m}	0.42^{m-o}
	40	2.05^{g-k}	1.65^{j-l}	0.00^{n}	1.02^{f-l}	0.99^{h-l}	0.46^{no}
	45	1.85^{i-l}	1.32^{k-m}	0.00^{n}	1.02^{f-l}	0.95^{j-l}	0.00^{o}
Control			2.89^{c-g}			1.34^{a-d}	

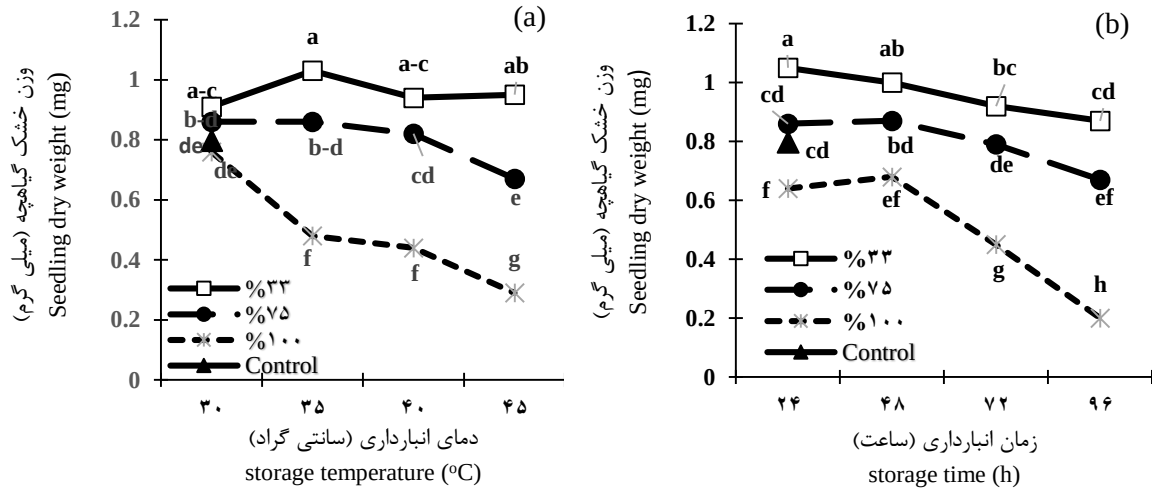
حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد توسط آزمون LSD می‌باشد.

Different letters represent a significant difference in the probability level of 5% by error by the LSD.

www.SID.ir

Archive of SID

وزن خشک گیاهچه نیز تحت تأثیر اثرهای متقابل رطوبت نسبی در دما و رطوبت نسبی در زمان قرار گرفت. با افزایش دما و رطوبت نسبی، وزن خشک گیاهچه کاهش یافت به‌طوری که تیمار دمایی ۴۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد کم‌ترین وزن خشک گیاهچه را داشتند (شکل ۱، الف). مقایسه میانگین بین رطوبت نسبی و زمان نشان داد که با افزایش زمان فرسودگی بذر، وزن خشک گیاهچه تا ۲۰ درصد کاهش یافت، اما شدت این کاهش در سطوح مختلف متفاوت بود. در رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد و زمان ۹۶ ساعت وزن خشک گیاهچه به شدت (۷۵درصد در مقایسه با شاهد) کاهش یافت (شکل ۱، ب).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثرهای متقابل دما و رطوبت نسبی (a) و رطوبت نسبی و زمان (b) بر وزن خشک گیاهچه سیاهدانه
حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵ درصد توسط آزمون LSD می‌باشد.

Figure 1- Comparison of the interactions between temperature and relative humidity (a) and relative humidity and time (b) on Seedling dry weight of *Nigella sativa*. Different letters represent a significant difference in the probability level of 5% by error by the LSD.

نتایج آزمایش حاضر با نتایج کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2010) مشابهت داشت که همگی بر کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه همراه با افزایش زمان فرسودگی دلالت دارند. پژوهشگران مختلفی اثر پارامترهای کیفیت بذر را در بذرهای فرسوده شده کانولا، گلرنگ و کلزا مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نشان دادند که طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن خشک گیاهچه و شاخص‌های قدرت گیاهچه با افزایش دوره انبارداری کاهش یافت (Verma et al., 2003; Balouchi et al., 2015; Tavakol Afshari et al., 2009). فرسودگی با ایجاد اختلال در سازوکارهای سنتز پروتئین‌ها در فرآیند جوانه‌زنی، رشد محور جنینی، تولید آنزیم‌های هیدرولیز کننده و سایر سیستم‌های سلولی انتقال دهنده‌ی مواد اندوخته‌ای دانه باعث کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه می‌شود (Chegni et al., 2016). به‌طور کلی می‌توان عنوان نمود که، کاهش شاخص وزنی قدرت گیاهچه ناشی از کاهش اجزاء آن، یعنی درصد جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه می‌باشد که هر دو جزء در شرایط زوال کاهش می‌یابند. کاهش وزن خشک گیاهچه‌های حاصل از بذور فرسوده شده می‌تواند به علت کاهش میزان پویایی ذخایر بذر و یا کاهش کارآیی تبدیل ذخایر پویا شده باشد (Soltani et al., 2009).

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص‌های قدرت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای متقابل سه‌گانه شامل رطوبت نسبی، درجه حرارت نگه‌داری و زمان نگه‌داری برای شاخص طولی و وزنی قدرت نیز در سطح احتمال خطای ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، تغییرات شاخص‌های قدرت مشابه شاخص‌های جوانه‌زنی بود، ولی روند تغییرات آن‌ها شدیدتر از شاخص‌های جوانه‌زنی بود به‌طوری که کاهش شاخص وزنی و طولی قدرت با گذشت زمان نگه‌داری و افزایش محتوای رطوبتی در هر سطح دمایی به‌طور کامل مشاهده شد (جدول ۴). بیش‌ترین شاخص طولی (۵/۵۰ سانتی‌متر) از ۱۰۰ درصد رطوبت نسبی، دمای ۳۰ درجه و مدت زمان انبارداری ۴۸ ساعت و بیش‌ترین شاخص وزنی قدرت (۰/۹۹ میلی‌گرم) از ۳۳ درصد رطوبت نسبی انبارداری، دمای ۴۵ درجه و مدت زمان نگه‌داری ۴۸ ساعت حاصل گردید که به ترتیب در مقایسه با شاهد ۹۲ و ۳۴ درصد بیشتر بود. کم‌ترین مقدار هر دو صفت ذکر شده از ۱۰۰ درصد رطوبت نسبی، دمای ۴۵ درجه و زمان انبارداری ۹۶ ساعت حاصل شد که به صفر رسید (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرهای سه‌گانه رطوبت نسبی، دما و زمان بر شاخص طولی و وزنی قدرت سیاهدانه

Table 4- Comparison of the average triple effects of relative humidity, temperature and time on Vigor index (length) and Vigor index (weighting) of *Nigella sativa*

زمان (ساعت) Time (h)	دما (سلسیوس) Temperature (°C)	شاخص طولی قدرت Length vigour index — رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity (%)			شاخص وزنی قدرت Weight vigour index — رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity (%)		
		33	75	100	33	75	100
24	30	4.59^{a-e}	3.99^{b-h}	4.33^{b-e}	0.93^{a-e}	0.92^{a-e}	0.73^{g-n}
	35	3.67^{d-j}	3.77^{c-i}	4.62^{a-d}	0.98^{ab}	0.91^{a-e}	0.72^{i-o}
	40	3.58^{e-k}	3.66^{d-k}	3.36^{f-l}	0.96^{a-d}	0.88^{a-g}	0.69^{k-p}
	45	3.66^{d-k}	3.62^{d-k}	2.52^{l-o}	0.94^{a-e}	0.82^{e-l}	0.69^{j-p}
48	30	4.92^{ab}	4.34^{b-e}	5.50^{a}	0.91^{a-e}	0.86^{b-i}	0.96^{a-c}
	35	4.09^{b-f}	4.24^{b-e}	3.71^{c-j}	0.97^{a-c}	0.92^{a-e}	0.67^{l-p}
	40	3.62^{d-k}	4.70^{a-c}	1.95^{op}	0.92^{a-e}	0.93^{a-e}	0.56^{o-s}
	45	3.78^{c-i}	3.92^{b-i}	1.93^{op}	0.99^{a}	0.85^{c-j}	0.65^{m-q}
72	30	0.59^{qr}	4.35^{b-e}	3.66^{d-k}	0.90^{a-f}	0.88^{a-h}	0.87^{a-h}
	35	4.08^{b-g}	3.64^{d-k}	3.15^{g-m}	0.95^{a-d}	0.82^{e-l}	0.58^{n-s}
	40	3.08^{g-m}	3.06^{h-m}	0.63^{qr}	0.86^{a-h}	0.76^{g-m}	0.36^{s-u}
	45	2.74^{j-o}	2.95^{i-n}	0.12^{r}	0.91^{a-e}	0.60^{n-r}	0.00^{u}
96	30	3.93^{b-i}	2.72^{j-o}	0.59^{qr}	0.88^{a-h}	0.75^{h-o}	0.44^{q-t}
	35	3.37^{f-l}	2.45^{l-o}	0.15^{r}	0.91^{a-e}	0.68^{l-p}	0.18^{tu}
	40	2.65^{g-m}	1.18^{pq}	0.00^{r}	0.82^{d-k}	0.54^{p-s}	0.00^{u}
	45	2.19^{n-p}	0.77^{qr}	0.00^{r}	0.77^{g-m}	0.38^{r-u}	0.00^{u}
Control			2.86^{i-n}			0.74^{h-o}	

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد توسط آزمون LSD می‌باشد.

Different letters represent a significant difference in the probability level of 5% by error by the LSD.

پرمون و همکاران (Parmoon et al., 2014) با مطالعه بر روی گیاه دارویی ماریتیغال گزارش کردند که زوال تسریع‌شده سبب کاهش شاخص‌های قدرت و کارآیی استفاده از ذخایر پویا شده، کسر ذخایر و فعالیت آنزیم‌های

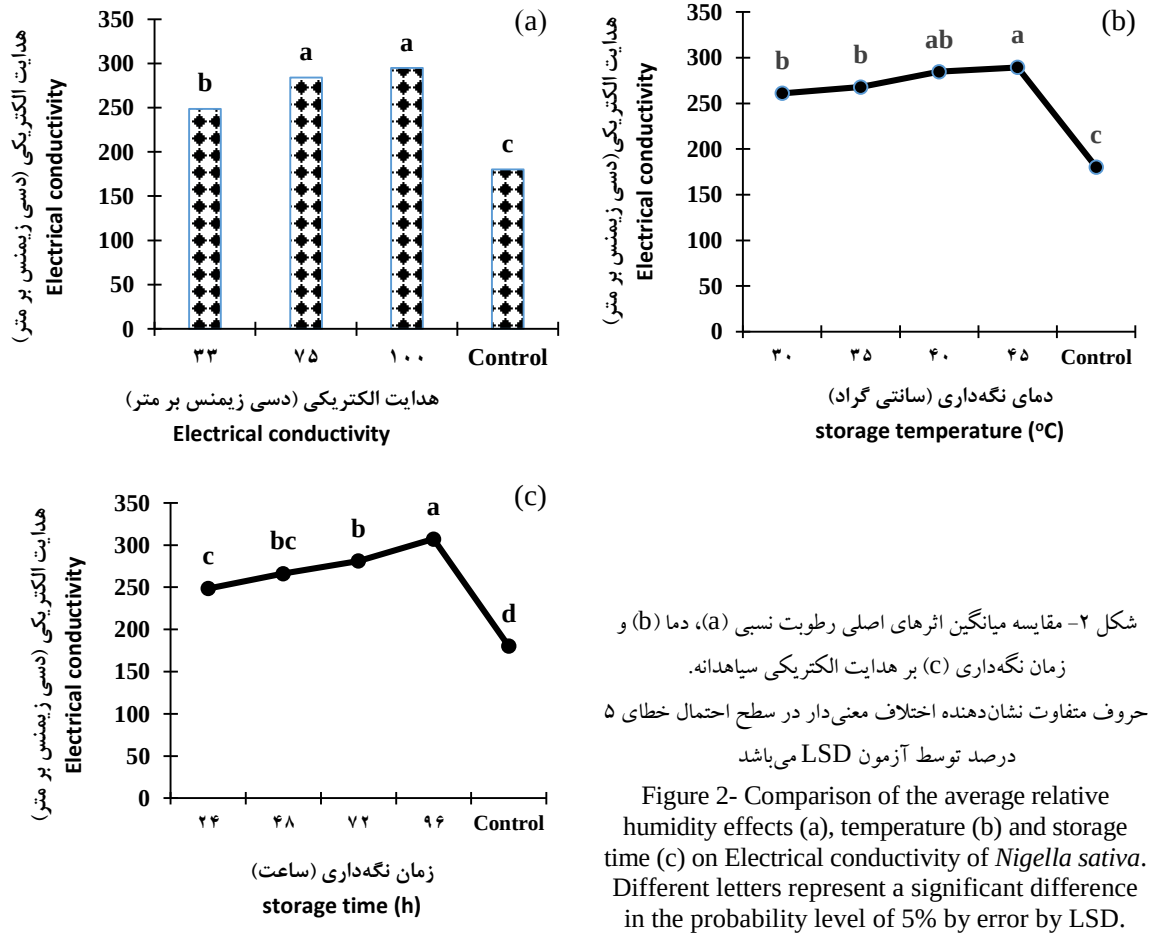
www.SID.ir

Archive of SID

آنتی‌اکسیدانی و افزایش میزان استفاده از ذخایر شد. براساس مطالعات صورت گرفته، افزایش مدت زمان فرسودگی بذور بادرشبو، کلزا و پنبه موجب کاهش طول کلئوپتیل، شاخص‌های رشد گیاهچه، شاخص‌های قدرت و کارایی ذخایر شد (Eisvand and Alizadeh, 2003; Tavakol Afshari et al., 2008; Basra et al., 2003). پرادیدوانگ و همکاران (Pradidwong et al., 2004) در بررسی اثر زوال بر بذور ماش، گزارش کردند که با افزایش رطوبت و درجه حرارت، بنیه بذر کاهش یافت. در مورد کاهش بنیه بذر در دورهٔ انبارداری و زوال تسریع شده دلایل مختلفی عنوان شده است که مهم‌ترین آن افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها بر اثر حمله رادیکال‌های آزاد است که موجب برهم‌خوردن ساختار غشاهای یاخته‌ای می‌شوند (Bailly, 2004).

هدایت الکتریکی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنها اثرهای اصلی رطوبت نسبی، دمای نگه‌داری و زمان انبارداری بر هدایت الکتریکی در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود و هیچ‌گونه اثر معنی‌داری از برهم‌کنش رطوبت، دما و زمان زوال مشاهده نشد (جدول ۱). با توجه به مقایسه میانگین اثر اصلی، رطوبت نسبی باعث افزایش هدایت الکتریکی بذور سیاهدانه شد، به‌طوری که بیش‌ترین (۲۹۴/۷۲ دسی زیمنس بر متر) و کم‌ترین (۲۴۸/۵۶ دسی زیمنس بر متر) مقدار هدایت الکتریکی به ترتیب از ۱۰۰ و ۳۳ درصد رطوبت نسبی به‌دست آمد که در مقایسه با بذور شاهد به ترتیب ۶۳ و ۳۸ درصد افزایش داشتند (شکل ۲، الف). نتایج مربوط به اثر اصلی دما بر هدایت الکتریکی سیاهدانه نشان داد که با افزایش دمای نگه‌داری، هدایت الکتریکی افزایش معنی‌داری یافت (شکل ۲، ب).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثرهای اصلی رطوبت نسبی (a)، دما (b) و زمان نگه‌داری (c) بر هدایت الکتریکی سیاهدانه.
حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵ درصد توسط آزمون LSD می‌باشد

Figure 2- Comparison of the average relative humidity effects (a), temperature (b) and storage time (c) on Electrical conductivity of *Nigella sativa*. Different letters represent a significant difference in the probability level of 5% by error by LSD.

www.SID.ir

Archive of SID

بیش‌ترین تغییر هدایت الکتریکی مربوط به دمای ۴۵ درجه سلسیوس و کم‌ترین تغییر مربوط به دمای ۳۰ درجه سلسیوس بود که در این تیمارها نیز به ترتیب ۴۵ و ۶۰ درصد در مقایسه با شاهد تغییر یافتند. هم‌چنین مقایسه میانگین مربوط به اثر اصلی زمان نشان دهنده افزایش هدایت الکتریکی با افزایش مدت زمان زوال بذور سیاهدانه بود، به‌طوری که بیش‌ترین هدایت الکتریکی از ۹۶ ساعت زوال مشاهده شد (شکل ۲، ج)

میزان نشت الکترولیت‌ها از بذر یکی از پارامترهای نشان‌دهنده سلامت غشاء است که در بیشتر مطالعات مورد استفاده قرار می‌گیرد. آسیب به غشاء ناشی از زوال است که باعث افزایش نشت مواد به محیط شده، که یکی از دلایل کاهش کیفیت فیزیولوژیکی بذرها می‌باشد. افزایش نشت الکترولیت‌ها از بذرهای زوال یافته توسط محققان مختلف گزارش شده است (Basra et al., 2003; Goel and Sheoran, 2003). در طی زوال بذر تولید گونه‌های فعال اکسیژن موجب پراکسیداسیون لیپیدها، آسیب به غشای سلولی و افزایش اسیدهای چرب آزاد شده که این امر در فرآیند آبنوشی بذر اختلال ایجاد می‌کند و باعث افزایش در نشت ذخایر بذر و کاهش جوانه‌زنی می‌شود (Basra et al., 2003).

نتایج رگرسیون

نتایج رگرسیونی خطی فاکتورهای آزمایشی با شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه سیاهدانه نشان داد، همه صفات مورد بررسی به جزء متوسط زمان جوانه‌زنی با سه عامل مورد بررسی رابطه رگرسیونی خطی معنی‌دار داشتند. بالاترین ضریب تبیین مربوط به شاخص وزنی قدرت و هدایت الکتریکی بود که توانستند ۷۳ و ۷۹ درصد تغییرات را پیش‌بینی کنند. با توجه به پارامترهای استاندارد شده بتا مشاهده شد، همواره در اکثر صفات، زمان دارای بیش‌ترین سهم در تعیین صفات مورد بررسی بود. بعد از زمان رطوبت در مرتبه دوم و دما نیز در مرتبه آخر قرار داشتند. در بین صفات، وزن خشک گیاهچه و شاخص وزنی قدرت بالاترین ارتباط را با رطوبت نسبی با ضرایب بتای ۰/۶۹۴- و ۰/۶۹۳- و هدایت الکتریکی بیش‌ترین ارتباط را با زمان (۰/۶۰۹) نشان داد. این در حالی بود که بالاترین ارتباط با دما نیز از طول ساقه‌چه با ضرایب ۰/۴۱۹- مشاهده شد (جدول ۶).

جدول ۶- نتایج رگرسیون چند متغیر خطی رطوبت نسبی ×دما × زمان بر صفات مورد ارزیابی

Table 6- Regression results of linear variables Relative Humidity× Temperature× Time on evaluated traits

صفت Adjective	معادله Equation	Coefficients Beta			R^2
		رطوبت نسبی (H) Relative Humidity	دما (T) Temperature	زمان (D) Time	
درصد جوانه‌زنی (درصد) Percentage of germination	Y= 178.46 – 0.454×H – 1.157×T- 0.501×D	-0.506**	-0.261**	-0.542**	0.618
سرعت جوانه‌زنی (جوانه در روز) Germination rate	Y= 0.51- 0.00049×H – 0.003×T- 0.001×D	-0.207ns	-0.280*	-0.452**	0.325
طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) Root length	Y= 7.22 – 0.015×H – 0.065×T – 0.019×D	-0.403**	-0.365**	-0.524**	0.570
طول ساقه چه (سانتی‌متر) Shoot length	Y= 2.86- 0.003×H – 0.031×T- 0.004×D	-0.210ns	-0.419**	-0.282*	0.299
وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم) Seedling dry weight	Y= 1.94 – 0.007×H – 0.014×T – 0.003×D	-0.694**	-0.288**	-0.319**	0.666
شاخص طولی قدرت (سانتی‌متر) Vigor index (length)	Y= 10.04- 0.023×H – 0.098×T – 0.028×D	-0.460**	-0.393**	-0.545**	0.663
شاخص وزنی قدرت (میلی‌گرم) Vigor index (weight)	Y= 1.94 – 0.007×H – 0.015×T- 0.004×D	-0.693**	-0.285*	-0.416**	9.734
هدایت الکتریکی (دسی زمینس بر متر) Electrical conductivity	Y= 104.39 + 0.645×H+ 2.226×T+ 0.763×D	0.531**	0.370**	0.609**	0.790

H= رطوبت نسبی محیط (درصد)، T= دمای انبارداری (سلسیوس) و D= مدت زمان نگهداری (ساعت) می‌باشد.

H= Relative Humidity of the environment (%), T= Storage Temperature (°C) and D= Time of Storage (h)

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری کلی

براســـاس نتایج به دســـت آمده با افزایش مدت زمان نگه‌داری بذور در شـــرایط تنش‌زای رطوبت نســـبی محیط زیاد و دمای بالا، شـــاخص‌های جوانه‌زنی و شـــاخص‌های قـدرت و رشـــد گیـاهچـه کاهش بیش‌تری را نشـــان داد. همچنین در پژوهش حاضـر مشـاهده شـد در سطوح ملایم زوال، جوانه‌زنی بذور ســـیاهدانه افزایش یافت که نشـــان دهنده وجود خواب در بذور این گیاه بوده که در شـــرایط زوال ملایم، عمل پس‌رسی و رفع خواب انجام شد. پیشنهاد می‌شود با توجه به بهبود جوانه‌زنی در سطوح ملایم زوال، جهـت بـه حداکثر رســـاندن جوانه‌زنی بذور ســـیاهدانه از تیمارهای مناسب پس‌رسی بر روی این گیاه استفاده شود.

منابع

Reference

Abdul-Baki, A.A., and A.J.D. Anderson. 1973. Vigor determination in soybean by multiple criteria. Crop Sci. 13: 630-633.

Agraval, A. 2003. Seed Technology. Publishing. CO.PVT.LTD. New Delhi. India.

Alivand, R., R. Tavakkol Afshari, and F. Sharif-Zadeh. 2013. Germination Response and Estimation of Seed Deterioration of Brassica napus under various storage conditions. Iranian J. Field Crop Sci. 43: 21-46. (In Persian)

Al-Maskri, A.Y., M. M. Khan, M. JavedIqbal, and M. Abbas. 2004. Germinability, vigour and electrical conductivity changes in accelerated aged watermelon (*Citrullusl anatus* L.) seeds. J. Food Agric. Environ. 3: 100-103.

Bailly, C. 2004. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. Seed Sci. Res. 14: 93-107.

Bailly, C., A. Benamar, F. Corbineau, and D. Come. 2000. Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming. Seed Sci. Res. 10: 35–42.

Balesevic-Tubic, S. D. Malenèiæ, M. Tatiæ, and J. Miladinovic. 2005. Influence of aging process on biochemical changes in sunflower seed. HELIA, 28(42): 107-114.

Baluchi, H.R., R. Kaid Nezami, and F. Bagheri. 2015. Effect of stress on seed germination and growth factors of seedling of three safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.). Plant Prod. (Sci. J. Agric). 38 (1): 28-40. (In Persian)

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

Chegni, H., M. Goldani, A.H. Shiranirad and M. Kafi. 2016. The effect of accelerated aging on germination indices of promising canola (Brasica napus L.) lines. J. Crop Breed. 19 (8): 215. (In Persian)

Coin, L., M. Vaissiere, A. Noirot, A. Charrier, and S. Hamon. 1995. Comparative effects of natural and accelerated ageing on barley seeds (*Hordeum vulgare* L.). Seed Sci. Technol. 23: 673-688.

Copeland, L.O. and M.B. McDonald. 1985. Principles Seed Sci. Technol. Second edition, Minneapolis: Burgess Publishing.

D Antuono, L.F., A. Moretti, and A.F.S. Lovato. 2002. Seed yield, yield component, oil content and essential oil content and composition of (*Nigalla sativa* L) and Nigella damascena L. Ind. Crop. Prod. 15: 59-69.

De Figueiredo, E., M.C. Albuquerque, and N.M. De Carvalho. 2003. Effect of the type of environmental stress on the emergence of sunflower (*Helianthusan*nus L.), soybean (*Glycine max* L.) and maize (*Zea mays* L.) seeds with different levels of vigor. Seed Sci. Technol. 31: 465-479.

Eisvand, H.R. and Z. Faraj Allah. 2017. Study on the storage capacity and physiological quality of seed of two ecotypes of medicinal plant of Sage (*Salvia officinalis*) using accelerated deterioration test. J. plant Prod. Res. 24 (2): 147-151. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

Ellis, R.H. and E. H. Roberts. 1981. The quantification of aging and survival in orthodox seeds. Seed Sci. Technol. 9: 373-409.

Fathi AMirkhiz, K., H. Omidi, S. Heshmati, and L. Jafarzadeh. 2012. Investigating the effect of accelerators on strain and germination characteristics of *Nigella sativa* currant plant under salt stress. Iranian J. Agric. Res. 2: 299-310. (In Persian)

Goel, A. and I. S. Sheoran. 2003. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes in cotton seeds under natural ageing. Biol. Plantarum. 46 (3): 429-434.

Gonzalo, Q., A. Migual, B. Joaquim, and F. Rui. 2011. Use of salt solutions for assuring constant relative humidity conditions in contained environments. Fund para a Ciencia e a Tecnologia. 3-32.

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

Hampton, J.C., W.R. Cookson, A.G., Raula, J.S., Rowrth, C.R. Mcyill, and M.J. Hill. 2002. Temperature and time variable for aceelerated aging testing of perennial ryegrass. Seed Sci. Technol. 28: 861-863.

Hampton, J.G. and D.M. Teckrony. 1995. Handbook of vigor test method. The International Seed Testing Association, Zurich.

Hosseini, F., M.H. Gharein, and A.M. Bakshandeh. 2008. Effect of seed burning on germination, establishment and seedling of five varieties of rapesees (*Brassica napus*) in Ahwaz air condition. Master s Thesis. University of Agricultural Sciences and Natural Resources Khuzestan. (In Persian)

Ikic, I., M. Maricevic, S. Tomasovic, J.Z.S. Gunjaca, and Z.S. Atovic. 2012. Arcevic the effect of germination temperature on seed dormancy in Croatian-grown winter wheats. Euphytica. 188: 25-34.

Justice, O.L. and L.N. Bass. 1979. Principals and Practices of Seed Storage. Castle House Publication Ltd. London.

Kapoor, N., A. Arya, M.A. Siddiqui, A. Amir, and H. Kumar. 2010. Seed deterioration in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under accelerated ageing. Asian J. Plant Sci. 9: 158-162.

Kausar, M., T. Mahmood, S.M. A. Basra, and M. Arshad. 2009. Invigoration of low vigor sunflower hybrids by seed priming. Int. Agric. Biol. 5: 521–528.

Khoram Dil, S., A.R. Kuckaki, Nasiri M. Mahallati, and R. Ghorbani. 2010. Fertilizers on Yield and Yield Components of *Nigella sativa* Medicinal Plant. Iranian J. Agric. Res. 8 (5): 758-766. (In Persian)

Khoram Dil, S., P. Rezvani Moghaddam, A. Amin Ghafouri, and J. Shabahang. 2011. Effect of priming with salicylic acid and drought stress on *Nigella sativa* germination characteristics. Iranian J. Agric. Res. 10 (4): 709-725. (In Persian)

Khoshkharam, A., M. MShahrajabeyan, A. Soleimani, and G. Fathi. 2010. Burnout effect on seed Germination and seedling growth components 2 safflower varieties. Fifth Natl. Conf. New Ideas. Agricultural Islamic Azad University. 1-3. (In Persian)

Kirshnan, P., S. Nagarajan, M. Dadlani, and A.V. Mohari. 2003. Characterization of wheat (*Triticum aestivum*) and soybean (*Glycine max*) seeds under accelerated ageing condition by proton nuclear magnetic spectroscopy. Seed Sci. Technol. 31: 541-550.

Macdonald, C.M., C.D. Floyd, and R.D. Waniska. 2004. Effect of accelerated aging on maiz and sorghum. J. Cereal Sci. 39: 351-361.

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

Mehta, B.K., V. Pandit, and M. Gupta. 2009. New principle from seeds of Nigella sativa. Nat. Prod. Res. 23: 138-148.

Mirdad, Z., A.A. Powell, and S. Matthews. 2006. Prediction of germination in artificially aged seeds of Brassica spp. using the bulk conductivity test. Seed Sci. Technol. 34: 273-281.

Mohamadi, H., A. Soltani, H. Sadeghi pour, A. Zinali, and R. Najafi hezarjaribi. 2008. Effect of seed deterioration on vegetative growth and chlorophyll fluorescence in soybean (*Glycine max*). Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural Resources. 15 (5). (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

Moody, H. and M. Rashed Mohassel. 1997. Effect plant density and Nitrogen on performance of *Nigella sativa*. Abstract Articles 7th Congress Agron. Plant Breed.

Parmoon, G.h., A. Ebadi, S. Jahanbakhsh Godahkahriz, and M. Davari. 2014. Effect of seed priming by salicylic acid on the physiological and biochemical traits of aging milk thistle (*Silybum marianum*) seeds. Electrical. J. Crop Prod. 7 (4): 223-234. (In Persian)

Pradidwong, S., A. Isarasenee, and E. Pawelzik. 2004. Prediction of mungbean seed longevity and quality using the relationship of seed moisture content and storage temperature. Deutscher Tropentag October. 57, Berlin.

Soltani, A., F. Kamkar, S. Galeshi, and F. Akram-ghaderi. 2009. The effect of seed deterioration on seed reserves depletion and heterotrophic seedling growth of wheat. J. Agric. Sci. Nat. Res. 15 (1): 193-196.

Tavakol Afshari, R., S. Rashidi, and H. Alizadeh. 2009. Effect strong on seed germination and activities of catalase and peroxidase enzymes in the initial stages of germination of two cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.). Iranian J. Crop Sci. 2: 125-133. (In Persian)

Verma, S.K., G.C. Bjpai, S.K. Tewari, and J. Singh. 2005. Seedling index and yield as influenced by seed size in pigeon pea. Legume. Res. 28 (2): 143-145.

Verma, S.S., V.Verma and R.P.S. Tomer. 2003. Studies on seed quality parameters in deterioration seeds in Brassica. Seed Sci. Technol. 31: 389-396.

Veslova, T.V. and V.A. Veslovesky. 2003. Investigation of a typical germination changes during accelerated aging of pea seeds. Seed Sci. Technol. 31: 517-530.

Zamani, A., S. A. Sadat noori, R. Tavakkol Afshari, H. Irannejad, G. H. A. Akbari, and A. Tavakoli. 2010. Lipid peroxidation and antioxidant enzymes activity under natural and accelerated aging in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed. Iranian J. Field Crop Sci. 41 (3): 545-554. (In Persian)

www.SID.ir