فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۱، شماره ۵۰، مهر و آبان‌ماه ۱۴۰۱ صفحه ۲۴۳-۲۶۰

مقاله پژوهشی

اثر پرایمینگ و سن بذر بر جوانه‌زنی، رنگیزه‌های فتوسنتزی و محتوای بیوشیمیایی گیاهچه کینوا

علی منصوری و حشمت امیدی*

گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران

(تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۰۴/۲۳، تاریخ پذیرش نهایی:۱۴۰۰/۱۱/۱۲)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر پرایمینگ بذور چهارساله کینوا بر صفات مورفوفیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهچه، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در محل آزمایشگاه فرآوری بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد تهران اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل دو سطح سن بذر (یک سال و چهار سال) و چهار تیمار پرایمینگ (شاهد بدون پرایم، هیدروپرایمینگ، سالیسیلیک اسید با غلظت ۵۰ppm و نیترات پتاسیم با غلظت ۲ گرم بر لیتر) بودند. اثر پیری بر تمام صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. با افزایش سن بذر درصد جوانه‌زنی (۴۵/۶ درصد)، سرعت جوانه‌زنی (۶۳/۴۳ درصد)، طول گیاهچه (۵۹/۲۱ درصد)، محتوای کلروفیل a (۵۳/۱ درصد)، محتوای کلروفیل b (۶۷/۴ درصد)، کاروتنوئید (۵۶/۶ درصد)، قند محلول (۵۵/۸ درصد)، پروتئین (۴۷ درصد)، آنتوسیانین (۶۲ درصد) و فعالیت آنزیم کاتالاز (۵۰ درصد) کاهش یافته و میزان نشت الکترولیت‌ها به میزان ۲۵/۹ درصد افزایش یافت. اثر پرایمینگ بر تمام صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و باعث بهبود صفات مورد مطالعه شد. همچنین اثر متقابل سن بذر و پرایمینگ نیز بر برخی صفات معنی‌دار بود. پرایمینگ بذور چهار ساله با نیترات پتاسیم به‌عنوان بهترین ترکیب تیماری موجب افزایش درصد جوانه‌زنی (۵۲/۶۷ درصد)، سرعت جوانه‌زنی (حدود ۴/۹ برابر)، طول ساقه‌چه (۴/۳ برابر)، محتوای کلروفیل a (۷۷/۴ درصد)، محتوای کلروفیل b (۱۸۰ درصد)، کاروتنوئید (۹۲/۸ درصد)، پروتئین (۲ برابر) و فعالیت آنزیم کاتالاز (۲/۵ برابر) و کاهش ۴۰/۲ درصدی نشت الکترولیت‌ها از غشا پلاسمایی شد. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان اظهار داشت که استفاده از روش پرایمینگ با نیترات پتاسیم می‌تواند اثرات پیری و زوال بذر را تا حد بالایی تعدیل نماید.

واژه‌های کلیدی: پرایمینگ، پروتئین، پیری بذر، کاتالاز، نیترات پتاسیم

مقدمه

کینوا با نام علمی (*Chenopodium quinoa* willd) گیاهی ارزشمند از خانوده اسفناج (Chenopodiaceae) بوده و بومی منطقه آند در آمریکای جنوبی است (FAO, 2011). بذر این گیاه دارای محتوای پروتئین قابل‌توجه بوده (۱۶ تا ۲۲ درصد) و سرشار از آمینواسیدهای لیزین، پرولین، آسپارتیک اسید، گلوتامیک اسید، سیستئین، سرین، تیروزین و آمینواسیدهای سولفوردار است (Bhargava *et al.*, 2006). ترکیب اسیدهای چرب غیراشباع موجود در دانه کینوا موجب جلوگیری از بروز ناراحتی‌های قلبی شده و سطح ایمنی بدن را بالا می‌برد (Abugoch and James, 2009). همچنین وجود مقادیر بالایی از ویتامین‌ها و مواد معدنی مانند کلسیم، فسفر و آهن موجب

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: Omidi@shahed.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.15.0]

شده که بذر این گیاه ماده‌ایی غنی از نظر تغذیه‌ایی باشد (Bhargava *et al.*, 2006).

جوانه‌زنی از مهمترین مراحل رشدونمو یک گیاه است. عوامل متعددی بر درصد جوانه‌زنی و سرعت و یکنواختی آن اثرگذار هستند. یکی از این عوامل سن بذر است. قدرت بذر در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک در بالاترین سطح می‌باشد (Basra *et al.*, 2003). انبارداری موجب افزایش سن بذر و کاهش قدرت آن می‌شود. پیری بذر بر درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی بذر تأثیر منفی قابل‌توجهی دارد (Kapilan, 2015). همچنین کاهش یکپارچگی غشا و افزایش نشت الکترولیت‌ها، تولید رادیکال‌های آزاد و اکسیداسیون پروتئین‌ها، دهیدروژناسیون آنزیم‌ها آنتی‌اکسیدانی و کاهش فعالیت آنها و تغییر در ساختار نوکلئیک‌اسیدها از دیگر اثرات پیر شدن بذرها است (Kong *et al.*, 2015). گزارش‌ها نشان می‌دهند که پیری بذر موجب کاهش درصد جوانه‌زنی (بلوچی و همکاران، ۱۳۹۲)، سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، ریشه‌چه و ساقه‌چه (چگنی و همکاران، ۱۳۹۵) و فعالیت آنزیم‌های بذر از جمله کاتالاز و پراکسیداز می‌گردد (Xia *et al.*, 2015).

پرایمینگ روشی ساده، ارزان و کارآمد در جهت افزایش توان جوانه‌زنی بذور است. در این روش ابتدا بذور در مدت زمان مشخصی در محلول‌های مختلف خیسانده شده و سپس مجددا خشک می‌شوند. این عمل با افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی در طیف وسیعی از شرایط محیطی می‌شود (Imani *et al.*, 2014). نتایج پژوهش‌های مختلف نشان‌دهنده اثرات مثبت پرایمینگ بر صفات جوانه‌زنی و رشد بذور زوال یافته است (انصاری و شریف‌زاده، ۱۳۹۱؛ Ansari *et al.*, 2012; Seiadat *et al.*, 2012). زرنوشه فراهانی و همکاران (۱۳۹۸) گزارش کردند که تیمار هیدروپرایمینگ باعث افزایش میانگین درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی در بذور زوال یافته شد. یونسی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که تیمار هیدروپرایمینگ باعث افزایش درصد جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی، ویگور بذر، درصد جوانه‌های طبیعی، متوسط مدت زمان جوانه‌زنی در بذور زوال‌یافته ارزن مرواریدی شد.

نیترات پتاسیم یکی از پرمصرف‌ترین مواد شیمیایی برای جوانه‌دارکردن بذور است که توسط انجمن متخصصان رسمی بذر (ASOA) و انجمن بین‌المللی آزمون‌های بذر (ISTA) توصیه شده است. این ماده با به تعادل رساندن نسبت هورمونی در بذر و کاهش فعالیت آنزیم آبسیزیک اسید، نقش مهمی در افزایش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه دارد (Ghasemi pirbalooti *et al.*, 2007). پرایمینگ بذور کینوا با نیترات پتاسیم موجب بهبود درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، ضریب جوانه‌زنی، ضریب آلومتریک، محتوای کلروفیل a و b و محتوای نسبی آب می‌گردد (منصوری و امیدی، ۱۳۹۷).

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند سوپراکسید دسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT)، پراکسیداز (POX)، آسکوربات پراکسیداز (APX) و غیره، مکانیسمی است که گیاه توسط آن از بروز خسارت توسط رادیکال‌های آزاد جلوگیری می‌کند (Varghese *et al.*, 2008). در برخی پژوهش‌ها گزارش شده که با اعمال تیمار پیری بر روی بذور ذرت و سویا میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاهش یافته است اما اعمال تیمار پرایمینگ منجر به افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها در گیاهچه‌های حاصل از بذور زوال‌یافته شده است (Ansari *et al.*, 2012; Seiadat *et al.*, 2012). اسید سالیسیلیک کلیه فرآیندهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه نقش حیاتی دارد. اسید سالیسیلیک با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دسموتاز موجب کاهش آسیب تنش‌های زنده و غیرزنده در گیاه می‌شود (Zhang and Li, 2019). پرایمینگ بذور زوال‌یافته آفتابگردان توسط سالیسیلیک اسید موجب افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی و کاهش فعالیت مالون دی‌آلدئید در گیاهچه شد (اکبرزاده شرفی و همکاران، ۱۳۹۸).

هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی اثرات افزایش سن بذر بر صفات مورفوفیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهچه کینوا و تأثیر پرایمینگ بذور در تعدیل اثرات افزایش سن بذر بود.

مواد و روش‌ها

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.15.0]

جدول ۱- شرایط محیطی انبار نگهداری بذور چهارساله کینوا

دمای محیط (درجه سلسیوس)	رطوبت نسبی هوا (٪)	محتوای رطوبت بذر (٪)
۴ – ۳۵	۳۲ – ۴۷	۱۲ – ۱۴

* **انبار مذکور هیچ‌گونه امکانات تعدیل دما و رطوبت ندارد.**

این پژوهش در آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد تهران به‌صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اول شامل سن بذر (یک‌ساله به‌عنوان شاهد و چهارساله) و عامل دوم شامل چهار روش پرایمینگ مختلف (بدون تیمار به‌عنوان شاهد، هیدروپرایمینگ، نیترات پتاسیم و سالیسیلیک اسید) بودند. بذور چهارساله بررسی‌شده در این پژوهش در انباری با شرایط جدول ۱ به‌مدت چهار سال نگهداری شده بودند.

آماده‌سازی گیاهچه: جهت اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهچه، ابتدا بذور مورد نظر در محلول‌های آب مقطر (Guan *et al.*, 2009)، نیترات پتاسیم با غلظت ۲ گرم بر لیتر (منصوری و امیدی، ۱۳۹۷) و سالیسیلیک اسید با غلظت ۵۰ ppm (اسدی آقبلاغی و همکاران، ۱۳۹۳) به‌مدت ۱۲ ساعت در دمای اتاق قرار گرفتند و پس از آن مدت مجدداً سایه خشک شدند. برای این آزمایش از پتری با قطر ۱۵ سانتی‌متر استفاده شد و در هر پتری تعداد ۱۰۰ عدد بذر کینوا (رقم Giza 1) در سنین مختلف بر روی محیط‌کشت کاغذ واتمن شماره یک قرار گرفتند. به هر پتری مقدار ۱۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر اضافه شده و سپس به‌منظور جلوگیری از تبخیر آب، درب آنها با پارافیلم کاملاً بسته شد. ظروف حاوی بذر به ژرمیناتور با دمای ۱±۲۰ درجه سلسیوس و ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی (ISTA, 2013) منتقل شدند. پس از تکمیل دوره جوانه‌زنی و اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک، گیاهچه‌های باقیمانده به محیط‌کشت هیدروپونیک و محلول هوگلند (جدول ۲) انتقال داده شده و تا مرحله شش برگی نگهداری شدند. در این مدت به‌صورت روزانه شوری و اسیدیته محلول هوگلند اندازه‌گیری و هوادهی محلول توسط پمپ هوا انجام شد. پس از آن اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی انجام شد.

درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و طول گیاهچه: شمارش بذور جوانه‌زده به‌صورت روزانه در ساعتی معین به‌مدت هشت روز تا ثابت‌شدن تعداد بذور جوانه‌زده ادامه یافت. در این حال بذوری جوانه‌زده تلقی می‌شدند که ریشه‌چه آنها به مقدار دو میلی‌متر از پوسته خارج شده باشد. پس از اتمام جوانه‌زنی، طول گیاهچه، ریشه‌چه و ساقه‌چه توسط خط‌کش اندازه‌گیری شد. برای محاسبه درصد جوانه‌زنی از رابطه (۱) (Ayub *et al.*, 2013) و برای محاسبه سرعت جوانه‌زنی از رابطه (۲) (وفادار و همکاران، ۱۳۹۷) استفاده شد.

رابطه (۱) درصد جوانه زنی = G/N× 100

رابطه (۲) سرعت جوانه زنی = $\sum_{i=1}^{n} Si/Di$

در این روابط G، تعداد بذور جوانه‌زده N، تعداد کل بذور Si، تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز iام و Di، تعداد روز تا شمارش است.

سنجش میزان نشت الکترولیت‌ها از غشا پلاسمایی: جهت سنجش میزان نشت الکترولیت‌ها، ۲۰ عدد برگ از هر تکرار را به دقت شسته و بعد در ظروف شیشه‌ای درپوش‌دار محتوی ۵ میلی‌لیتر آب دیونیزه قرار داده شد. این ظروف به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار گرفتند و سپس هدایت الکتریکی آنها با استفاده از EC متر اندازه‌گیری شد. سپس شیشه‌های محتوی نمونه برگی را به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده و برای بار دوم EC آنها پس از سردشدن اندازه‌گیری گردید. درصد هدایت الکتریکی بیانگر میزان نشت الکتریکی مواد از غشا است که مطابق فرمول زیر (رابطه ۱) محاسبه می‌گردد EC1 و EC2 هدایت الکتریکی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.15.0]

جدول ۲- غلظت عناصر غذایی در محلول هوگلند (Hoagland and Arnnon, 1938)

عنصر غذایی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	آهن	روی	مس	منگنز	بور	مولیبدن
غلظت (mg/l)	۲۱۰	۳۱	۲۳۵	۲۰۰	۴۸	۲/۹	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۵	۰/۰۵

محلول‌ها به‌ترتیب قبل و بعد از جوشیدن بوده است (Sairam and Srivastava, 2001).

رابطه (۳) $\%EC=(EC1/EC2)\times100$

سنجش محتوای کلروفیل و کاروتنوئید: مقدار ۰/۲۵ گرم برگ گیاهچه و ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ در هاون چینی کاملاً هموژنیزه گردید. بعد از سانتریفیوژ نمونه‌ها میزان جذب نور محلول صاف‌شده در طول‌موج‌های ۶۶۳/۲، ۶۴۶/۸ و ۴۷۰ خوانده شد. با استفاده از روابط میزان کلروفیل a (رابطه ۴)، کلروفیل b (رابطه ۵) و نیز میزان کاروتنوئید (رابطه ۶) محاسبه گردید. (Lichtenthaler and Wellburn, 1983).

رابطه (۴)

$$Chl\ a\ (mg/gFW) = (12.25 \times A_{663.2} - 2.79 \times A_{646.8})$$

رابطه (۵)

$$Chl\ b\ (mg/gFW) = (21.50 \times A_{646.8} - 5.1 \times 663.2)$$

رابطه (۶)

$$Carotenoid\ (mg/gFW) = (1000 \times A_{470} - 1.82 \times Chl\ a - 85.02 \times Chl\ b)\ /198$$

در این روابط $A_{663.2}$ میزان جذب نور در طول‌موج ۶۶۳/۲ نانومتر، $A_{646.8}$ میزان جذب نور در طول‌موج ۶۴۶/۸ نانومتر، A_{470} میزان جذب نور در طول‌موج ۴۷۰ نانومتر، Chl a محتوای کلروفیل a و Chl b محتوای کلروفیل b است.

سنجش محتوای آنتوسیانین: جهت اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین برگ از روش Tasgin و همکاران (۲۰۰۳) استفاده شد. ۰/۱ گرم بافت گیاه تازه را در هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول خالص ۹۹ میلی‌لیتر و اسید کلریدریک خالص یک میلی‌لیتر) کاملاً ساییده و عصاره در لوله آزمایش سرپیچ‌دار ریخته شده و به‌مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و میزان جذب نور محلول رویی در طول‌موج ۵۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. برای استانداردکردن دستگاه از متانول اسیدی استفاده شد. غلظت آنتوسیانین با استفاده از رابطه ۷ و با در نظرگرفتن ضریب خاموشی (ε) ۳۳۰۰ سانتی‌متر بر مول محاسبه شد.

رابطه (۷) $A = \varepsilon\, b\, c$

A عدد جذب، b عرض کووت و C غلظت محلول مورد نظر است.

سنجش محتوای قند محلول: برای سنجش قندهای محلول، ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره الکلی (برای تهیه عصاره الکلی ۰/۵ گرم پودر خشک گیاه را در پنج میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد به‌مدت ۴۸ ساعت خیسانده شد) با سه میلی‌لیتر آنترون تازه (۱۵۰ میلی‌گرم آنترون + ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲ درصد) مخلوط گردید. سپس این محلول به‌مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب‌جوش قرار گرفت تا واکنش انجام و رنگی شود. پس از سانترفیوژ میزان جذب آن با الایزا در طول‌موج ۶۲۵ نانومتر خوانده شد و مقدار قندهای محلول محاسبه شد. برای تهیه استانداردهای قند با استفاده از گلوکز خالص و براساس وزن مولکولی آن محلول مادر تهیه گشت. از محلول گلوکز با غلظت‌های مشخص برای تهیه منحنی استاندارد استفاده شد. با در دست داشتن وزن خشک نمونه‌ها، مقدار قند محلول براساس میلی‌گرم بر گرم وزن خشک نمونه‌ها محاسبه گردید (Eshligle, 1986).

سنجش محتوای پروتئین کل: جهت اندازه‌گیری مقدار پروتئین مقدار کافی از بافت برگی گیاه چه کینوا با بافر استخراج (بافر فسفات پتاسیم ۰/۵ مولار با اسیدیته ۷/۸) در داخل یخ کاملاً ساییده شد. مخلوط حاصل در دمای ۴- درجه سلسیوس با سرعت ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس محلول رویی جدا شده و میزان جذب نوری با استفاده از سرم آلبومین گاوی در طول‌موج ۵۹۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر اندازه‌گیری شد (Bradford, 1976).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.15.0]

سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز: مقادیر ۱/۵ سی‌سی بافر فسفات ۱۰۰ میلی‌مولار (pH=۷)، ۲۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی و ۵۰۰ میکرولیتر پراکسید هیدروژن ۷۵ میلی‌مولار و با هم مخلوط شد. فعالیت آنزیم کاتالاز از طریق اندازه‌گیری میزان کاهش جذب ناشی از تجزیه سوبسترای پراکسید هیدروژن در طول‌موج ۲۴۰ نانومتر با احتساب ضریب جذب مولی ۲۷ mM/cm به روش اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری شد (Aebi, 1984).

پیش از تجزیه آماری تست نرمال‌بودن داده‌ها انجام و سپس تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ و مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. در صورت معنی‌داربودن اثر متقابل، برش‌دهی انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون lSmeans صورت گرفت.

نتایج و بحث

درصد و سرعت جوانه‌زنی: اثر سن بذر بر درصد جوانه‌زنی بذور کینوا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش سن بذر، درصد جوانه‌زنی به میزان ۴۵/۶۶ درصد کاهش یافت. همچنین اثر نوع پرایمینگ نیز بر درصد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. پرایمینگ بذور کینوا با نیترات پتاسیم توانست درصد جوانه‌زنی بذور را به میزان ۳۴ درصد نسبت به شاهد افزایش دهد. اثر متقابل سن بذر و پرایمینگ نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. تجزیه واریانس برشدهی اثر تیمارهای پرایمینگ در سن بذر (جدول ۴) نشان داد که بین تیمارهای مختلف اعمال‌شده بر بذور یک ساله تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. اما بهترین تیمار برای افزایش درصد جوانه‌زنی بذور چهارساله، نیترات پتاسیم بود. این تیمار توانست میزان درصد جوانه‌زنی بذور چهارساله را ۵۲/۶ درصد افزایش دهد. اثر پرایمینگ سالیسیلیک اسید نیز مثبت بود اما هیدروپرایمینگ تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت (جدول ۵). اثر سن بذر بر سرعت جوانه‌زنی بر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. افزایش سن بذر از یک ساله به چهار سال موجب کاهش ۶۳/۴۳ درصدی سرعت جوانه‌زنی شد. اثر پرایمینگ بر سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. تیمار بذور با نیترات پتاسیم بهترین اثر را داشت و باعث شد سرعت جوانه‌زنی به نسبت شاهد ۱۰۵/۱۸ درصد افزایش یابد. تیمار پرایمینگ بذور با سالیسیلیک اسید و هیدروپرایمینگ نیز به نسبت شاهد به ترتیب باعث افزایش ۷۱/۳۹ درصد و ۳۵/۲۳ درصد شدند. اثر متقابل سن بذر و پرایمینگ نیز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. پرایمینگ بذور یک‌ساله کینوا با نیترات پتاسیم باعث حصول بالاترین سرعت جوانه‌زنی شد و تیمار سالیسیلیک اسید و هیدروپرایمینگ تفاوت معنی‌داری نداشتند. در بذور چهارساله نیز پرایمینگ بذور با نیترات پتاسیم نتایج مطلوب‌تری را نشان داد. پرایمینگ بذور چهارساله با نیترات پتاسیم سرعت جوانه‌زنی را نسبت به شاهد در حدود هفت برابر افزایش داد (جدول ۵). مطالعات سلطانی و همکاران (۱۳۸۸) بر روی پیری گندم، ربیعی و بیات (۱۳۸۸) و همچنین بلوچی و همکاران (۱۳۹۲) بر روی ارقام مختلف کلزا، نتایج بدست آمده در این پژوهش را تأیید می‌کنند. شرایط نگهداری بذر و طول زمان نگهداری اثرات بسیار زیادی بر ویژگی‌های رشدی بذر در آینده دارد. شرایط نامناسب انبار و طی آن افزایش سن بذر و آسیب‌های وارده به بذور تعیین‌کننده کیفیت بذر و استقرار آن در آینده خواهد بود (Majidi, 2012). طی انبارداری و افزایش سن بذر دهیدروژناسیون آنزیمی و اکسیداسیون آلدئیدی پروتئین‌ها، همچنین کاهش یکپارچگی و نفوذپذیری غشا و افزایش نشت الکترولیت‌ها از غشا تحت تأثیر رادیکال‌های آزاد، تغییر ساختمان مولکولی اسیدهای نوکلئیک و کاهش فعالیت آنزیم‌ها اتفاق می‌افتد که برآیند تمام این اتفاقات به‌صورت کاهش درصد جوانه‌زنی نمود می‌یابد (Janmohammadi *et al.*, 2008). با توجه به آسیب‌های وارده به بذر بدیهی است که سرعت جوانه‌زنی نیز کاهش می‌یابد. علت بروز این اتفاق این است که بذور برای جبران خسارت‌های واردشده به غشا سلولی و همچنین ترمیم و فعال‌سازی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و جبران خسارت‌های وارد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.15.0]

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمار پرایمینگ و سن بذر بر صفات فیزیولوژیک گیاهچه کینوا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه زنی	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	طول گیاهچه	نشت غشا پلاسمایی
سن بذر	۱	۱۲۵۱۲/۶۶**	۱۱۷۱۷/۴۲**	۳۶/۲۶**	۲۵/۸۳**	۱۲۲/۳۱**	۴۰۵۰/۸۰**
پرایمینگ	۳	۱۳۰۶/۳۳**	۱۱۹۷/۱۱**	۵/۳۵**	۴/۱۴**	۱۸/۴۷**	۶۳۰/۱۷**
اثر متقابل	۳	۳۹۹/۴۴**	۶۲/۱۲*	۰/۰۹*	۰/۶۹^{ns}	۰/۹۰^{ns}	۷۶/۱۴**
خطا	۱۶	۵۷/۹۵	۱۶/۸۸	۰/۰۳	۰/۳۳	۰/۴۲	۸/۵۵
ضریب تغییرات (٪)		۱۱/۱۴	۸/۶۳	۶/۱۷	۲۱/۷۸	۱۱/۹۵	۶/۵۳

^{ns} ،* و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۴- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس برشدهی اثر تیمارهای پرایمینگ در سن بذر برای صفات مورد مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ساقه‌چه	نشت غشا پلاسمایی	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	قند محلول	پروتئین	کاتالاز
بذر یک‌ساله	۳	۱۳۱/۸^{ns}	۴۱۰/۸**	۲/۷**	۱۶۱/۱**	۰/۰۳**	۳۶/۰۸**	۱۲۱/۸۵**	۲۰/۵۸**	۳۳۴۶۳**	۴/۲۷**
بذر چهارساله	۳	۱۵۷۳/۸**	۸۴۸/۳**	۲/۷**	۵۴۵/۱**	۰/۰۷**	۱۲/۴۹**	۲۹/۰۹**	۴/۷۶**	۱۲۲۷۷**	۰/۵۴**

*** و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns معنی‌دار نمی‌باشد.**

جدول ۵- برش‌دهی اثر متقابل سن بذر و پرایمینگ بذور بر صفات مورد مطالعه گیاهچه کینوا

سن بذر	پرایمینگ	درصد جوانه‌زنی (٪)	سرعت جوانه زنی (n/day)	طول ساقه‌چه (cm)	نشت غشا پلاسمایی (٪)	کلروفیل a	کلروفیل b (mg/gFW)	کاروتنوئید
یک‌ساله	شاهد	۸۳/۶۶^{b}	۵۴/۴۱^{c}	۲/۷۶^{c}	۴۱/۲۶^{c}	۱/۰۷^{c}	۰/۵۴^{c}	۰/۲۹^{c}
	هیدروپرایمینگ	۸۸/۳۳^{b}	۶۷/۴۷^{b}	۴/۰۳^{b}	۳۲/۳۳^{b}	۱/۱۶^{b}	۰/۶۱^{b}	۰/۳۱^{bc}
	نیترات پتاسیم	۹۹/۰۰^{a}	۸۱/۶۱^{a}	۵/۰۶^{a}	۲۳/۵۳^{a}	۱/۳۵^{a}	۰/۶۸^{a}	۰/۳۶^{a}
	سالیسیلیک اسید	۹۳/۶۶^{ab}	۷۵/۲۲^{b}	۴/۲۶^{b}	۳۰/۱۰^{b}	۱/۲۵^{b}	۰/۶۶^{ab}	۰/۳۳^{ab}
چهارساله	شاهد	۲۱/۶۶^{c}	۷/۸۱^{d}	۰/۵۱^{d}	۷۲/۷۰^{d}	۰/۶۲^{d}	۰/۲۱^{c}	۰/۱۴^{d}
	هیدروپرایمینگ	۳۴/۰۰^{c}	۱۶/۶۶^{c}	۱/۲۱^{c}	۶۵/۱۶^{c}	۰/۸۱^{c}	۰/۲۹^{b}	۰/۲۰^{c}
	نیترات پتاسیم	۷۴/۳۳^{a}	۴۶/۰۵^{a}	۲/۷۳^{a}	۴۳/۴۶^{a}	۱/۱۰^{a}	۰/۵۹^{a}	۰/۲۷^{a}
	سالیسیلیک اسید	۵۲/۰۰^{b}	۳۱/۴۲^{b}	۱/۸۶^{b}	۴۹/۸۲^{b}	۰/۹۸^{b}	۰/۳۵^{b}	۰/۲۴^{b}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، برحسب آزمون LSmeans تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

شده به قسمت‌های مختلف توسط گونه‌های فعال اکسیژن، نیاز به زمان بیشتری دارند (Kurek *et al.*, 2019). با اجرای روش‌های مختلف پرایمینگ بذور در این آزمایش مشاهده شد که درصد جوانه‌زنی و سرعت آن بهبود یافت. در این بین پرایمینگ با نیترات پتاسیم بهترین نتایج را بدست داد. اثر مثبت نیترات پتاسیم در ایجاد تعادل هورمونی به‌خصوص اثر مثبت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.15.0]

آن در تعدیل اثرات جیبرلیک اسید در بهبود جوانه‌زنی و سرعت آن قابل‌ذکر است (Ghasemi Pirbloti *et al.*, 2007). بذور پرایم‌شده با افزایش سرعت جذب آب و در اختیارداشتن آب کافی متابولیسم بالاتری دارند و سریع‌تر می‌توانند بازسازی قسمت‌های تخریب‌شده را انجام دهند (Hussain *et al.*, 2014). پرایمینگ سبب جبران اثرات مخرب گونه‌های فعال اکسیژن شده و سرعت تکثیر DNA در میتوکندری را افزایش می‌دهد. درنتیجه این اتفاق سطح انرژی در سلول افزایش یافته و سرعت و درصد جوانه‌زنی افزایش می‌یابد (Wang *et al.*, 2018; Mahakham *et al.*, 2017). فعال‌سازی و افزایش فعالیت آنزیم‌های آلفا و بتا آمیلاز نیز از دیگر اثرات پرایمینگ بذور است که به‌واسطه آن نشاسته با سرعت بیشتری به فرم قابل‌جذب در می‌آید. این آنزیم‌ها جهت فراهم‌سازی انرژی مورد نیاز برای جوانه‌زنی حیاتی هستند (Taiz *et al.*, 2015). نتایج این پژوهش حاکی از اثرات مثبت سالیسیلیک اسید در بهبود سرعت و درصد جوانه‌زنی است. سالیسیلیک اسید به‌واسطه کاهش اثرات تنش اکسیداتیو، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی موجب افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌گردد (Gunes *et al.*, 2007).

طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه: اثر سن بذر بر طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). افزایش سن بذر از یک سال به چهار سال باعث کاهش ۶۲/۵۰ درصدی طول ساقه‌چه، کاهش ۵۵/۵۶ درصدی طول ریشه‌چه و کاهش ۵۹/۲۱ درصدی کل گیاهچه شد. همچنین اثر پرایمینگ بذر بر طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. پرایمینگ بذور با نیترات پتاسیم نسبت به سایر تیمارها، طول ساقه‌چه را به میزان بیشتری افزایش داد (۱۴۳/۳ درصد). در صفت طول ریشه‌چه اثر تیمار نیترات پتاسیم با سالیسیلیک اسید تفاوت معنی‌داری نداشت. اما در مجموع اثر نیترات پتاسیم نسبت به سایر تیمارها نتایج مطلوب‌تری را نشان داد. این تیمار باعث افزایش ۱۱۱/۷ درصدی طول ریشه‌چه نسبت به شاهد شد. اثر تیمار نیترات پتاسیم بر طول گیاهچه نسبت به سایر تیمارها نتایج مطلوب‌تری را نشان داد. این تیمار توانست میزان طول گیاهچه را نسبت به تیمار شاهد، ۱۲۷/۲ درصد افزایش دهد (جدول ۶). اثر متقابل سن و پرایمینگ بر صفات طول ریشه‌چه و گیاهچه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نبود اما بر صفت طول ساقه‌چه در سطح احتمال پنج درصد اثر معنی‌داری داشت. در بذور چهارساله، پرایمینگ بذور با نیترات پتاسیم نسبت به سایر تیمارها اثر بهتری را نشان داد و توانست طول ساقه‌چه را به میزان چهار برابر افزایش دهد (جدول ۵). مطالعات زیادی اثرات منفی افزایش سن بذر بر طول گیاهچه را اثبات کرده‌اند (چنگی و همکاران، ۱۳۹۵؛ انصاری و شریف‌زاده، ۱۳۹۱؛ Balouchi *et al.*, 2013). مشخص شده که سن بالای بذر و پیری آن اثرات مختلفی بر فعالیت‌های بذر دارد. اختلال در فرآیند تقسیم سلولی و تخریب ساختار DNA و RNA یکی از پیامدهای افزایش سن بذر است که به‌دنبال آن کاهش سنتز پروتئین‌ها و آنزیم‌ها اتفاق می‌افتد (Kurek *et al.*, 2019). همچنین اثرات منفی پیری و زوال بذر بر ساختار پروتئین‌ها و آنزیم‌ها اثبات شده است. زوال بذر با تخریب ساختار پروتئین‌ها، جلوگیری از سنتز آنزیم‌های هیدرولیزکننده و اختلال در سازوکار انتقال مواد مانع از رسیدن مواد غذایی به جنین شده و درنتیجه آن رشد گیاهچه کاهش یا متوقف می‌شود (لطیفی و همکاران، ۱۳۸۳). Abdoli (۲۰۱۴) و عبدلی و رسایی (۱۳۹۶) به‌ترتیب با مطالعه بر روی گیاهان آفتابگردان، رازیانه و سویا، اثرات مثبت پرایمینگ را گزارش کرده‌اند. افزایش فعالیت آنزیم‌های آمیلاز، ساکارز سنتتاز، اینورتاز، ساکارز فسفات سنتتاز در ساقه‌چه و همچنین اینورتاز و ساکارز سنتتاز در ریشه‌چه از اثرات مثبت پرایمینگ است (Kaur *et al.*, 2005). پرایمینگ با تحریک سنتز آنزیم‌های تجزیه‌کننده مانند آمیلاز و پروتئاز موجب افزایش آزاد سازی گلوکز در بذر شده و انرژی لازم برای افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه را فراهم می‌نماید (عبدلی، ۱۳۹۹). همچنین مشخص شده که پرایمینگ با افزایش تعداد و فعالیت میتوکندری‌ها در سلول موجب افزایش انرژی در سلول می‌گردد (Kurek *et al.*, 2019).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.15.0]

جدول ۶- اثرات ساده سن بذر و پرایمینگ بر صفات مورد مطالعه

سن بذر	پرایمینگ	طول ریشه‌چه	طول گیاهچه	قند محلول	آنتوسیانین
یک‌سال		۳/۶۷[a]	۷/۶۹[a]	۳/۴۹[a]	۶۵/۶۶[a]
چهارسال		۱/۶۰[b]	۳/۱۷[b]	۱/۵۶[b]	۲۴/۵۸[b]
	شاهد	۱/۷۳[b]	۳/۳۸[d]	۱/۵۱[c]	۳۲/۳۳[c]
	هیدروپرایمینگ	۲/۲۳[b]	۴/۸۰[c]	۲/۳۶[b]	۴۱/۳۳[b]
	نیترات پتاسیم	۳/۶۳[a]	۷/۵۰[a]	۳/۵۱[a]	۶۱/۶۶[a]
	سالیسیلیک اسید	۲/۹۵[a]	۶/۰۲[b]	۲/۷۱[b]	۴۵/۱۶[b]

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، برحسب آزمون LSD تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

نشت غشاء پلاسمایی: اثر سن بذر بر میزان نشت غشا پلاسمایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش سن بذر میزان نشت الکترولیت‌ها از غشا پلاسمایی به طرز معنی‌داری افزایش یافت (۲۵/۹ درصد) (جدول ۵). اثر پرایمینگ بر میزان نشت غشا پلاسمایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین مقدار نشت الکترولیت در تیمار شاهد (۵۶/۹۸ درصد) و کمترین میزان نشت با اعمال تیمار نیترات پتاسیم (۳۳/۵ درصد) اندازه‌گیری شد. اثر متقابل سن بذر و پرایمینگ بذر نیز بر تغییرات نشت غشا پلاسمایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). پرایمینگ بذور چهارساله با نیترات پتاسیم توانست میزان نشت الکترولیت‌ها از غشا را در حدود ۲۹/۲ درصد کاهش دهد. پرایمینگ با سالیسیلیک اسید و هیدروپرایمینگ اثرات معنی‌داری بر کاهش میزان نشت غشا داشتند و توانستند نشت غشا را به‌ترتیب به میزان ۲۲/۹ و ۷/۵ درصد نسبت به شاهد کاهش دهند (جدول ۵). نتایج مطالعات مختلف حاکی از تخریب غشای سلولی و نشت الکترولیت‌ها از آن بر اثر پیری و زوال بذر است (عبدلی، ۱۳۹۹؛ اکبرزاده شرفی و همکاران، ۱۳۹۸؛ ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۸). پس از برداشت که میزان رطوبت بذر کاهش می‌یابد، اکسیداسیون خودبه‌خودی چربی‌ها موجب تولید رادیکال‌های آزاد می‌شود و در طی مدت انبارداری این فرآیند ادامه پیدا می‌کند (Bailly, 2004). بدیهی است که هر مقدار که شرایط انبارداری بذر نامناسب‌تر باشد، بر شدت آن افزوده خواهد شد. از طرف دیگر افزایش سن بذر و زوال آن موجب تخریب و اختلال در عملکرد ارگان‌های سلولی و بخصوص میتوکندری و گلی‌اکسی‌زوم شده و تولید رادیکال‌های آزاد را افزایش می‌دهد (Kurek *et al.*, 2019). رادیکال‌های آزاد شامل پراکسید هیدروژن، سوپراکسید و هیدروکسیل به‌عنوان مولکول‌هایی سمی برای سلول شناخته شده‌اند که تجمع آن‌ها باعث پراکسیداسیون لیپیدهای غشا شده و موجب تخریب غشا سلولی می‌شوند (Ratajczak *et al.*, 2015; Bailly, 2004). نتیجه این اتفاق کاهش قدرت تراوایی غشا سلولی و افزایش نشت الکترولیت‌ها خواهد بود. نتایج آزمایشات مختلف نشان می‌دهد که اعمال تیمار پرایمینگ بر روی بذرهای زوال‌یافته موجب افزایش سنتز و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌گردد (Ansari *et al.*, 2012; Seiadat *et al.*, 2012). افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی موجب حذف یا غیرفعال‌شدن رادیکال‌های آزاد می‌گردد (Kurek *et al.*, 2019). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از نیترات پتاسیم در پرایمینگ بذور پیر کینوا موجب کاهش میزان نشت الکترولیت‌ها از غشا سلولی شد. نتایج تحقیقات Cakmak (۲۰۰۵) نشان می‌دهد که پتاسیم موجود در نیترات پتاسیم موجب تحریک سنتز فنل‌ها و به‌دنبال آن افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها می‌گردد. اثرات مثبت نیترات پتاسیم در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.15.0]

جدول ۷- تجزیه واریانس اثر تیمار پرایمینگ و سن بذر بر محتوای رنگیزه‌های گیاهچه کینوا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید
سن بذر	۱	۰/۶۵۲**	۰/۴۱۰**	۰/۰۷۰**
پرایمینگ	۳	۰/۱۶۱**	۰/۰۷۲**	۰/۰۱۰**
اثر متقابل	۳	۰/۰۱۲*	۰/۰۱۸**	۰/۰۰۱*
خطا	۱۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۳
ضریب تغییرات (٪)		۵/۱۱	۷/۳۹	۶/۴۸

*** و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد**

کاهش نشت الکترولیت‌ها می‌تواند به‌دلیل وجود همین خاصیت باشد.

محتوای کلروفیل: نتایج تجزیه واریانس داده‌های پژوهش حاضر (جدول ۷) نشان داد که اثر سن بذر بر تغییرات کلروفیل a و کلروفیل b در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. با افزایش سن بذر محتوای کلروفیل a و کلروفیل b گیاهچه به ترتیب ۳۰/۱ و ۴۱/۹ درصد کاهش یافتند. اثر تیمار پرایمینگ نیز بر تغییرات محتوای کلروفیل گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. تیمار پرایمینگ با نیترات پتاسیم در این آزمایش باعث به‌دست‌آمدن بالاترین سطح کلروفیل a (۱/۲۲ mg/gFW) و b (۰/۶۳ mg/gFW). این تیمار توانست محتوای کلروفیل کلروفیل a و کلروفیل b گیاهچه را به‌ترتیب ۴۵/۲ و ۷۰/۲ درصد افزایش دهد. اثر متقابل سن بذر وپرایمینگ بذر بر محتوای کلروفیل a و کلروفیل b به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار بود. پرایمینگ بذور چهارساله کینوا با نیترات پتاسیم نسبت به سایر روش‌های پرایمینگ اثرات مطلوب‌تری را نشان دارد. این تیمار باعث افزایش محتوای کلروفیل a (۶۹/۳ درصد) و کلروفیل b (۱۸۷/۷ درصد) شد. کاهش میزان کلروفیل در اثر پیری در نتایج پژوهش‌های دیگر نیز گزارش شده که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۸؛ اکبرزاده شرفی، ۱۳۹۸؛ Kaya *et al.*, 2010). نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که بین محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی و میزان نشت الکترولیت‌ها از غشا پلاسمایی همبستگی معکوس معنی‌دار (کلروفیل a **۰/۸۹- و کلروفیل b **۰/۹۵-) وجود دارد (جدول ۸). می‌توان این‌گونه استنباط کرد که همان دلیلی که موجب تخریب غشا و نشت الکترولیت‌ها می‌شود در کاهش میزان کلروفیل نیز دخیل است. همان‌گونه که پیش‌تر گفته شد، تولید رادیکال‌های آزاد از پیامدهای پیری و زوال بذر است. مشخص شده که وجود رادیکال‌های آزاد در سلول موجب تخریب رنگدانه‌ها می‌گردد (Masoumi *et al.*, 2010). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میزان کاهش در کلروفیل b به نسبت کلروفیل a بیشتر بود. دلیل این امر این است که در اثر بروز تنش اکسیداتیو مقدار کمپلکس پروتئینی جذب‌کننده نور Chl a/b در فتوسیستم I کاهش می‌یابد. بخش کلروفیل b این کمپلکس در داخل کلروپلاست قرار دارد (Alberet and Thornber, 1977). تنش اکسیداتیو موجب تخریب غشا کلروپلاست شده و درنتیجه آن تخریب کلروفیل b بیشتر می‌شود (امینی و حداد، ۱۳۹۲). از طرف دیگر کاملاً مشخص شده که حساسیت کلروفیل b نسبت به کلروفیل a در مواجهه با تنش اکسیداتیو بیشتر است (امینی و حداد، ۱۳۹۲). مشخص شده که فتوسیستم II که مقدار بیشتری کلروفیل b در خود دارد نسبت به تنش اکسیداتیو حساس‌تر است (ملک احمدی و همکاران، ۱۳۸۴). نتایج این پژوهش نشان داد که اثرات پرایمینگ با نیترات پتاسیم بر بهبود محتوای کلروفیل نسبت به سایر روش‌ها مؤثرتر بود. پتاسیم نقش بسیار مهمی در سنتز پیش‌ماده رنگدانه‌های کلروفیل دارد (تایز و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین پتاسیم و نیتروژن موجود در این ماده موجب افزایش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.15.0]

جدول ۸- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مختلف گیاهچه کینوا در واکنش به سن بذر و پرایمینگ بذور

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
۱. درصد جوانه‌زنی	۱										
۲. سرعت جوانه‌زنی	۰/۹۷**	۱									
۳. طول گیاهچه	۰/۹۳**	۰/۹۶**	۱								
۴. نشت غشا	-۰/۹۵**	-۰/۹۷**	-۰/۹۸**	۱							
۵. کلروفیل a	۰/۸۸**	۰/۹۸**	۰/۸۸**	-۰/۸۹**	۱						
۶. کلروفیل b	۰/۸۷**	۰/۹۳**	۰/۹۴**	۰/۹۵**	۰/۸۸**	۱					
۷. کاروتنوئید	۰/۸۶**	۰/۹۲**	۰/۸۷**	-۰/۸۶**	۰/۹۲**	۰/۹۲**	۱				
۸. قند	۰/۹۳**	۰/۹۴**	۰/۸۹**	-۰/۹۱**	۰/۹۸**	۰/۸۵**	۰/۹۰**	۱			
۹. پروتئین	۰/۷۷**	۰/۸۷**	۰/۹۰**	-۰/۹۲**	۰/۷۷**	۰/۸۹**	۰/۸۸**	۰/۸۷**	۱		
۱۰. آنتوسیانین	۰/۸۹**	۰/۹۴**	۰/۸۳**	-۰/۸۶**	۰/۹۲**	۰/۹۳**	۰/۹۴**	۰/۹۱**	۰/۸۴**	۱	
۱۱. کاتالاز	۰/۷۰**	۰/۸۹**	۰/۸۷**	-۰/۹۲**	۰/۷۰**	۰/۸۰**	۰/۸۳**	۰/۸۱**	۰/۹۴**	۰/۷۷**	۱

** **به معنی معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد است.**

سنتز آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و پروتئین‌ها و آنزیم‌های دخیل در سنتز کلروفیل می‌گردند (Szczerba *et al.*, 2009). مشخص شده که پتاسیم موجب افزایش مقاومت در مقابل رادیکال‌های آزاد می‌شود و از این طریق مانع از تخریب کلروفیل می‌گردد (Wang *et al.*, 2013).

محتوای کاروتنوئید: اثر سن بذر و پرایمینگ بر محتوای کاروتنوئید گیاهچه کینوا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). با افزایش سن بذر محتوای کاروتنوئید گیاهچه ۳۳/۱ درصد کاهش یافت. پرایمینگ با نیترات پتاسیم نسبت به سایر تیمارها توانست اثر مطلوب‌تری بر محتوای کاروتنوئید داشته باشد (۴۰/۹ درصد افزایش). اثر متقابل سن بذر و پرایمینگ بر محتوای کاروتنوئید در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که استفاده از نیترات پتاسیم نسبت به سالیسیلیک اسید و هیدروپرایمینگ تفاوت اثرات بهتری داشت. این تیمار توانست محتوای کارتنوئید در گیاهچه‌های حاصل از بذور چهارساله را به میزان ۸۵/۹ درصد افزایش دهد. اکبرزاده و همکاران (۱۳۹۸) نتایج مشابهی را گزارش کردند. کاروتنوئیدها شامل β -کاروتن و گزانتوفیل‌ها مولکول‌هایی چربی‌دوست با وزن مولکولی کم هستند که در کلروپلاست فعالیت می‌کنند. کاروتنوئیدها علاوه بر جذب نور و نقش ساختمانی که دارند خاصیت آنتی‌اکسیدانی داشته از کلروفیل‌ها در مقابل تشعشات و رادیکال‌های آزاد محافظت می‌کنند (Munne-Bosch and Penuelas, 2003). کاهش محتوای کاروتنوئید در بذور چهار ساله کینوا می‌تواند به‌علت تخریب این مولکول‌ها توسط رادیکال‌های آزاد یا کاهش سنتز این مولکول‌ها به خاطر نبود پروتئین یا آنزیم‌های مرتبط باشد. اختلال در انتقال مواد و پیش‌سازه‌های مولکول‌های مختلف که یکی از پیامدهای پیری و زوال بذر است (Szczerba *et al.*, 2009) نیز می‌تواند در کاهش محتوای کاروتنوئید تأثیر گذار باشد.

قند محلول: براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر سن بذر و پرایمینگ بر محتوای قند محلول گیاهچه کینوا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود اما اثر متقابل آن‌ها تغییر معنی‌داری ایجاد نکرد (جدول ۹). با افزایش سن بذر محتوای قند محلول گیاهچه کاهش یافت (۵۵/۸ درصد). بهترین ترکیب تیماری برای افزایش قند محلول گیاهچه استفاده از نیترات پتاسیم بود. این تیمار توانست محتوای قند محلول را به میزان ۱۳۳/۳ درصد افزایش دهد. بین تیمار سالیسیلیک‌اسید و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.15.0]

جدول ۹- تجزیه واریانس اثر تیمار پرایمینگ و سن بذر بر محتوای بیوشیمیایی گیاهچه کینوا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		قند محلول	پروتئین	آنتوسیانین	کاتالاز
سن بذر	۱	۲۲/۲۳**	۶۴۷۹۲/۰۴**	۱۰۱۲۷/۰۴**	۷/۷**
پرایمینگ	۳	۴/۱۲**	۴۳۱۳۰/۰۴**	۹۰۳/۲۶**	۳/۷۸**
اثر متقابل	۳	۰/۴۲^{ns}	۲۶۰۹/۷**	۱۰/۱۵^{ns}	۱/۰۳**
خطا	۱۶	۰/۱۴	۳۷۴/۰۴	۵۱/۳۳	۰/۰۸
ضریب تغییرات (٪)		۱۵/۲۲	۱۱/۳۹	۱۵/۸۷	۱۷/۷۸

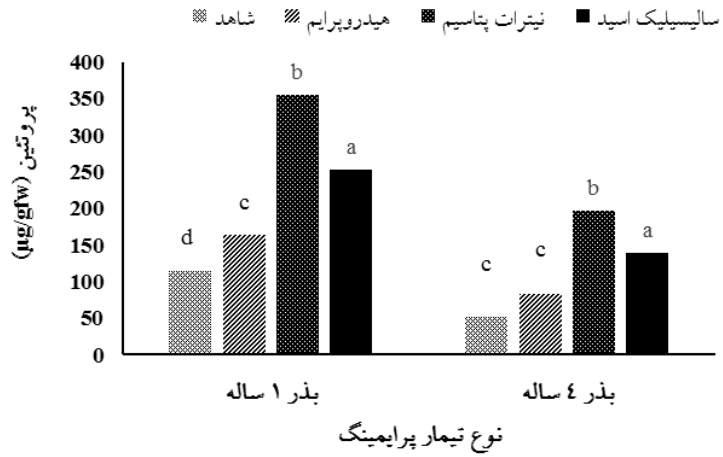
^{ns}، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

هیدروپرایمینگ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت اما هر دوی این تیمارها توانستند محتوای قند محلول را نسبت به شاهد افزایش دهند (جدول ۶). مشخص شده پیری و زوال بذر موجب اختلال در عملکرد پروتئین‌ها و آنزیم‌های انتقال‌دهنده مواد می‌شود (لطیفی و همکاران، ۱۳۸۳). کاهش مقدار قند در گیاهچه کینوا می‌تواند حاصل این اختلال و همچنین اختلال در سنتز کربوهیدرات‌های گیاهچه باشد. اثر مثبت پتاسیم و نیترات در افزایش محتوای قند محلول گیاهان مختلف گزارش شده است (منصوری و امیدی، ۱۴۰۰؛ Heidari and Sarani, 2011) که تأییدکننده نتایج بدست آمده در پژوهش حاضر است.

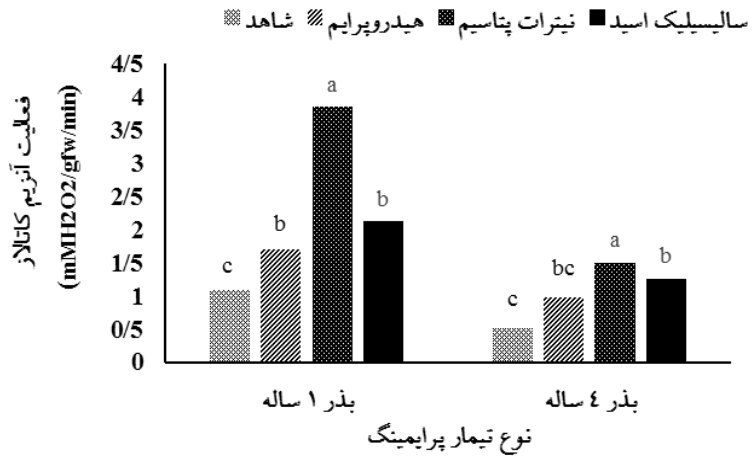
پروتئین: اثر سن بذر و پرایمینگ بر محتوای پروتئین گیاهچه کینوا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۹). افزایش سن بذر موجب کاهش ۴۷ درصدی محتوای پروتئین شد. در پژوهش‌های پیشین نیز اثرات کاهش‌دهنده پیری و زوال بر محتوای پروتئین گیاهچه گزارش شده است (شیدایی و همکاران، ۱۳۹۷؛ Ansari *et al.*, 2012; Seiadat *et al.*, 2012). کاهش محتوای پروتئین بذر دلایل مختلفی از جمله افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین‌ها، کاهش سنتز پروتئین و نیز تجمع اسیدآمینه آزاد از جمله پرولین دارد (Kurek *et al.*, 2019). در این بین نباید از اثرات مخرب رادیکال‌های آزاد بر ساختار پروتئین‌ها و تجزیه آن‌ها چشم‌پوشی کرد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که محتوای پروتئین گیاهچه همبستگی مثبت و معنی‌داری با درصد جوانه‌زنی (۰/۷۷**) و طول گیاهچه (۰/۹۰**) دارد (جدول ۸). پروتئین‌ها نقش بسیار مهمی در تولید آنزیم‌های هیدرولیزکننده، انتقال مواد غذایی، فرآیند جوانه‌زنی و رشد محور جنینی دارند (لطیفی و همکاران، ۱۳۸۳). پرایمینگ بذور کینوا با نیترات پتاسیم بهترین نتایج را بدست داد. به‌طورکلی این تیمار موجب افزایش محتوای پروتئین گیاهچه به میزان ۳/۳ برابر شد. اثر متقابل سن بذر و پرایمینگ نیز در سطح احتمال پنج درصد بر تغییرات پروتئین گیاهچه اثر معنی‌دار داشت (جدول ۹). نتایج مقایسه میانگین (شکل ۱) نشان داد، پرایمینگ بذور چهارساله کینوا با نیترات پتاسیم باعث افزایش محتوای پروتئین به میزان ۳/۷ برابر شد که بسیار قابل‌توجه است. مشخص شده که پتاسیم نقش بسیار مهمی در سنتز پروتئین‌ها دارد (Szczerba *et al.*, 2009) از طرف دیگر نیترات در ترکیب تمام آسیدهای‌آمینه که واحدهای سازنده پروتئین‌ها هستند حضور دارد و افزایش آن در سلول موجب افزایش آمینواسیدها و به‌دنبال آن پروتئین می‌گردد (Tabatabaei *et al.*, 2006).

آنتوسیانین: نتایج تجزیه واریانس داده‌های بدست آمده از پژوهش حاضر نشان داد که اثر سن بذر بر تغییرات آنتوسیانین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۹). افزایش سن بذر از یک سال به چهار سال موجب کاهش محتوای آنتوسیانین گیاهچه شد (۶۲ درصد). همچنین اثر پرایمینگ نیز بر محتوای آنتوسیانین گیاهچه معنی‌دار بود. به‌طورکلی پرایمینگ بذور کینوا با نیترات پتاسیم موجب افزایش محتوای محتوای آنتوسیانین گیاهچه به میزان ۹۳/۸ درصد شد. نتایج

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.15.0]



شکل ۱- برش‌دهی اثر متقابل سن بذر و روش‌های مختلف پرایمینگ بر محتوای پروتئین گیاهچه کینوا. (ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، برحسب آزمون LSmeans تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند).



شکل ۲- برش‌دهی اثر متقابل سن بذر و روش‌های مختلف پرایمینگ بر محتوای فعالیت آنزیم کاتالاز. (ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، برحسب آزمون LSmeans تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند).

پژوهش نورسته‌نیا و فرجادی (۱۳۹۴) با هدف بررسی اثر پرایمینگ بذور توتون با نیترات پتاسیم با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. اثر پرایمینگ بذور با سالیسیلیک اسید و هیدروپرایمینگ تفاوت معنی‌دار را نشان ندادند. اثر متقابل سن بذر و پرایمینگ بذور بر تغییرات آنتوسیانین گیاهچه معنی‌دار نبود (جدول ۹). آنتوسیانین رنگدانه فلاونوئیدی محلول در آب است (لطیفی و امیدی، ۱۳۹۸). این مولکول خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارد و از گیاه در مقابل اکسیداسیون نوری و رادیکال‌های آزاد محافظت می‌نماید (اسکندری‌نسب و همکاران، ۱۳۹۷). مشخص شده که سالیسیلیک اسید و نیترات پتاسیم با تحریک سنتز آنزیم‌ها و مواد آنتی‌اکسیدانی، بخصوص مواد فنلی و فلاونوئیدی موجب افزایش مقاومت گیاه در مقابل رادیکال‌های آزاد می‌گردند (Popova *et al.*, 2003; Cakmak, 2005). افزایش محتوای آنتوسیانین به‌عنوان ماده‌ای آنتی‌اکسیدانی می‌تواند به‌دنبال همین خاصیت نیترات پتاسیم و سالیسیلیک اسید باشد.

کاتالاز: کاتالاز از مهم‌ترین انواع آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی است که موجب تجزیه پراکسید هیدروژن (H_2O_2) می‌گردد. اثر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.15.0]

سن بذر، پرایمینگ بذر و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر فعالیت آنزیم کاتالاز گیاهچه معنی‌دار بود (جدول ۹). افزایش سن بذر از یک سال به چهار سال موجب کاهش میزان فعالیت آنزیم گیاهچه کینوا به میزان ۵۰ درصد شد. از بین تیمارهای مختلف استفاده شده در این پژوهش، استفاده از نیترات پتاسیم اثرات مطلوب‌تری را نشان داد. استفاده از این تیمار به‌طورکلی موجب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز به میزان ۳/۴ برابر شد. استفاده از این ماده در پرایمینگ بذور چهار ساله موجب افزایش ۱۹۸ درصدی فعالیت کاتالاز شد (شکل ۲). لازم به ذکر است که تفاوت معنی‌داری در استفاده از سالیسیلیک اسید و هیدروپرایمینگ در پرایمینگ بذور چهار ساله مشاهده نشد (شکل ۲). کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز در نتایج پژوهش مختلف بر روی ارزن مرواریدی (یونسی و همکاران، ۱۳۹۲)، گلرنگ (زمانی و همکاران، ۱۳۸۹)، پنبه (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۸) و گندم (Lehner *et al.*, 2008) گزارش شده است. کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به‌علت آسیب به RNA اتفاق می‌افتد. بر اثر این عارضه سنتز پروتئین کاهش یافته و درنتیجه آن میزان تولید آنزیم‌ها نیز کاهش می‌یابد (Kurek *et al.*, 2019). یکی دیگر از دلایل کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، اضافه‌شدن قندهای احیاشده به پروتئین‌هاست که به واکنش مایلارد معروف بوده و در شرایط پیری و زوال بذر اتفاق می‌افتد (Murthy *et al.*, 2003). همچنین حمله رادیکال‌های آزاد به آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و تخریب ساختار آن‌ها نیز موجب کاهش فعالیت این آنزیم‌ها می‌گردد (Kurek *et al.*, 2019). اثرات مثبت پرایمینگ بذور زوال‌یافته بر افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گزارش‌های متعدد آمده است (Afzal *et al.*, 2005; Seiadat *et al.*, 2012; Ansari *et al.*, 2012; Moori and Eisvand, 2017). پرایمینگ بذور با افزایش RNA و متابولیسم پروتئین‌ها و همچنین افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده مواد غذایی موجب افزایش سنتز و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند کاتالاز می‌شود (Khan *et al.*, 2003). مشخص شده که استفاده از نیترات پتاسیم و سالیسیلیک اسید با تأمین نیتروژن مورد نیاز برای سنتز پروتئین‌ها، موجب افزایش سنتز و فعالیت آنزیم‌ها می‌گردد (Tabatabaei *et al.*, 2006).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش سن بذور کینوا اثرات منفی بسیاری بر صفات مختلف گیاهچه از جمله جوانه‌زنی، طول گیاهچه، محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوای مواد بیوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی دارد. پرایمینگ بذور کینوا روشی آسان، ارزان و مؤثر در جهت تعدیل اثرات سو پیری و زوال بذور است. پرایمینگ سبب افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی، افزایش طول گیاهچه، بهبود محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، افزایش محتوای قند و پروتئین و افزایش فعالیت مواد آنتی‌اکسیدانی در گیاهچه‌های کینوا شد. در این بین مشخص شد که استفاده از محلول ۰/۲ درصد وزنی- حجمی نیترات پتاسیم نسبت به هیدروپرایمینگ و استفاده از سالیسیلیک اسید به نحو مطلوب‌تری می‌تواند اثرات منفی ناشی از پیری بذور را تعدیل نماید.

منابع

ابراهیمی، ح.، پارسا، س.، جامی الاحمدی، م.، راحمی کاریزکی، ع. و حسینی، ح. (۱۳۹۸) بازیابی بذور زوال‌یافته پنبه و بهبود ویژگی‌های کیفی با استفاده از اسید جیبرلیک. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی ۱۱: ۵۱-۳۵.

اسدی آقبلاغی، م.، انصاری، ا. و صادقی، م. (۱۳۹۳) بررسی اثر اسید سالیسیلیک (SA) و جیبرلیک اسید (GA3) بر شاخص‌های جوانه‌زنی و تنظیم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بذر تحت شرایط پیری تسریع‌شده در آفتابگردان (*Helianthus annuus*). نشریه علوم و فناوری بذر ایران ۱: ۴۰-۳۱.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.15.0]

اسکندری نسب، م.، رفیعی الحسینی، م.، روشندل، پ. و تدین، م. ر. (۱۳۹۷) بررسی شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و محتوای آنتوسیانین گیاهچه دان‌سیاه (*Guizotia abyssinica*) تحت اثر سه نانوذره. پژوهش‌های بذر ایران ۵: ۸۹-۷۳.

اکبرزاده شرفی، آ.، عیسوند، ح. ر.، اکبری، ن. و گودرزی، د. (۱۳۹۸) بررسی اثر جیبرلین، اسید آسکوربیک و اسید سالیسیلیک بر کیفیت بذر، رنگیزه‌های فتوسنتزی و مالون دی‌آلدهید گیاهچه حاصل از بذر پیرشده آفتابگردان. نشریه علوم و فناوری بذر ایران ۱: ۱۷۴-۱۶۱.

اکبرزاده شرفی، آ.، عیسوند، ح.، اکبری، ن. و گودرزی، د. (۱۳۹۸) بررسی اثر جیبرلین، اسید آسکوربیک و اسید سالیسیلیک بر کیفیت بذر، رنگیزه‌های فتوسنتزی و مالون دی‌آلدهید گیاهچه حاصل از بذر پیرشده آفتابگردان. نشریه علوم و فناوری بذر ایران ۱: ۱۷۴-۱۶۱.

امینی، ز. و حداد، ر. (۱۳۹۲) نقش رنگیزه‌های فتوسنتزی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در مقابل تنش اکسیداتیو. مجله پژوهش‌های سلولی و مولکولی ۲۶: ۲۶۵-۲۵۱.

انصاری، ا. و شریف‌زاده، ف. (۱۳۹۱) بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی بذور پرایم‌شده چاودار کوهی (*Secale montanum*) تحت شرایط کاهش تدریجی رطوبت و پیری تسریع شده. نشریه تحقیقات بذر ۲: ۷۶-۶۸.

بلوچی، ح. ر.، باقری، ف.، کایدنظامی، ر.، موحدی دهنوی، م. و یدوی، ع. (۱۳۹۲) اثر پیری تسریع‌شده بذر بر جوانه‌زنی و مؤلفه‌های رشد گیاهچه‌های سه رقم کلزا (*Brassica napus*). مجله پژوهش‌های گیاهی ۲۶: ۴۱۱-۳۹۷.

تایز، ل.، زایگر، ا.، مولر، ا. م. و مورفی، آ. (۱۳۹۴) فیزیولوژی و نمو گیاهی. ترجمه کافی، م.، کامکار، ب.، مهدوی دامغانی، ع. و جامی الاحمدی، م. انتشارات جهاد دانشگاهی.

چگنی، ه.، گلدانی، م.، شیرانی‌راد، ا. ح. و کافی، م. (۱۳۹۵) اثر پیری تسریع‌شده بر شاخص‌های جوانه‌زنی لاین‌های امیدبخش کلزا. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی ۱۹: ۲۱۷-۲۰۹.

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 ۴۰: ۱۰۴-۹۳.

زرنوشه فراهانی، م.، جعفری، ع. ا. و علیزاده، م. ع. (۱۳۹۸) تأثیر اسموپرایمینگ، هورموپرایمینگ و هیدروپرایمینگ در افزایش توان جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بذور زوال‌یافته مینای پرکپه. نشریه علوم و تحقیقات بذر ایران ۲: ۲۶۷-۲۵۷.

زمانی، ا.، نوری، س. ا. س.، توکل افشاری، ر.، ایران‌نژاد، ح.، اکبری، غ. و توکلی، ا. (۱۳۸۹) بررسی پراکسیداسیون چربی‌ها و فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در بذر گلرنگ تحت شرایط پیری طبیعی و مصنوعی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران ۴۱: ۵۵۴-۵۴۵.

سلطانی، ا.، کامکار، ب.، گالشی، س. و اکرم قادری، ف. (۱۳۸۸) اثر زوال بذر بر سبزشدن گندم در واکنش به تنش‌های محیطی. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۲: ۵۸-۴۳.

شیدایی، س.، حیدری شریف‌آباد، ح.، حمیدی، آ.، نورمحمدی، ق. و مقدم، ع. (۱۳۹۷) تأثیر مدت زمان نگهداری بذر سویا بر پراکسیداسیون چربی‌ها، قندهای محلول، پروتئین، هدایت الکتریکی، خصوصیات کیفی و ظهور گیاهچه. فصلنامه علوم و تحقیقات بذر ایران ۴: ۵۸-۴۷.

عبدلی، م. (۱۳۹۹) تأثیر پیری بذر و هیدروپرایمینگ بر شاخص‌های جوانه‌زنی و فعالیت برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت هیبرید ذرت (*Zea mays* L.). مجله علوم و تحقیقات بذر ایران ۷: ۱۵۹-۱۴۷.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.15.0]

عبدلی، م. و رسایی، ب. (۱۳۹۶) اثرات هیدروپرایمینگ و اسموپرایمینگ با استفاده از نمک‌های نیتراتی بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاهچه سویا (*Glycine max* L.). نشریه تحقیقات بذر ۲۵: ۲۲-۱۱.

لطیفی، س.ع. و امیدی، ح. (۱۳۹۸) اثر پرایمینگ بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر و گیاهچه برنج رقم عنبر بو، تحت تنش کم‌آبی. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی ۱۱: ۲۱-۵.

لطیفی، ن.، سلطانی، ا. و اسپانسر، د. (۱۳۸۳) تأثیر دما بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی ارقام کلزا. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۵: ۳۲۱-۳۱۳.

ملک‌احمدی، ف.، کلانتری، خ. و ترک‌زاده، م. (۱۳۸۴) اثر تنش غرقابی بر القاء تنش اکسیداتیو و غلظت عناصر در گیاه فلفل (*Capscicum annum* L.). مجله زیست‌شناسی ایران ۱۸: ۱۱۹-۱۱۰.

منصوری، ع. و امیدی، ح. (۱۳۹۷) تأثیر نانوذرات کیتوزان و نیترات پتاسیم بر جوانه‌زنی و برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاهچه کینوا (*Chenopodium quinoa*). نشریه پژوهش‌های بذر ایران ۱: ۱۵۹-۱۴۷.

منصوری، ع. و امیدی، ح. (۱۴۰۰) اثر پرایمینگ با نانوذرات کیتوزان و نیترات پتاسیم بر محتوای بیوشیمیایی گیاهچه کینوا رقم Giza ۱ در شرایط تنش شوری. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی ۱۳: ۱۰۲-۸۵.

وفادار، م.، قادری حبیب، ز. و وطن‌خواه، ا. (۱۳۹۷) تأثیر تنش شوری بر برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه بنگ‌دانه (*Hyoscyamus reticulatus* L.). نشریه کارکرد و فرآیند گیاهی ۲۷: ۹۹-۸۵.

یونسی، ا.، بهاری، ع.، آزادی، م. ص. و انصاری، ا. (۱۳۹۲) اثر هیدروپرایمینگ و پیری تسریع‌شده بر روی شاخص‌های جوانه‌زنی و آنزیم کاتالاز در بذر ارزن مرواریدی (*Panucum miliaceum*). نشریه تحقیقات بذر ۴: ۷۰-۶۱.

Abdoli, M. (2014) Effect of seed priming on seed dormancy, vigor and seedling characteristics of fennel (*Foeniculum vulgare* L.). Acta Advances in Agricultural Sciences 2: 18-24.

Abugoch, L. and James, L. E. (2009) Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): Composition, chemistry, nutritional and functional properties. Advances in Food and Nutrition Research 58: 1-31.

Aebi, H. (1984) Catalase in vitro. Methods in Enzymology 105: 121-126.

Afzal, I., Basra, S. M. A., Ahmad, N. and Farooq, M. (2005) Optimization of hormonal priming techniques for alleviation of salinity stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). Caderno de Pesquisa serie Biologia 17: 95-109.

Alberet, R. S. and Thornber, J. P. (1977) Water stress effects on the content and organization of chlorophyll in mesophyll and bundle sheath chloroplast of maize. Plant Physiology 59: 351-353.

Ansari, O., Chogazardi, H. R., Sharifzadeh, F. and Nazarli, H. (2012) Seed reserve utilization and seedling growth of treated seeds of mountain rye (*Seecale montanum*) as affected by drought stress. Cercetari Agronomice in Moldova 2: 43-48.

Ayub, M., Ibrahim, M., Noorka, I. R., Tahir, M., Tanveer, A. and Ullah, A. (2013) Effect of seed priming on seed germination and seedling growth of garden cress (*Lepidium sativum* L.). International Journal of Agriculture and Applied Sciences 5: 1-5.

Bailly, C. (2004) Active oxygen species and antioxidants in seed biology. Seed Science Research 14: 93-107.

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

Bhargava, A., Shukla, S. and Ohri, D. (2006) *Chenopodium quinoa* – An Indian perspective. Industrial Crops and Products 23: 73-87.

Bradford, M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitative estimation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. Annals of Clinical Biochemistry 72: 248-54.

Cakmak, I. (2005) The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. Plant Nutrition and Soil Science 168: 521-530.

Eshligle, H. Q. (1986) Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. Planta Journal 47-51.

FAO. (2011) Quinoa; An Ancient Crop to Contribute to World Food Security. Regional Office for Latin America and the Caribbean.

Guan, Y. J., Hu, J., Wang, X. J. and Shao, C. X. (2009) Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. Zhejiang University-Science 10: 427-433.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.15.0]

Gunes, A., Inal, A., Alpuslan, M., Fraslan, F., Guneri, E. and Cicek, N. (2007) Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize grown under salinity. Journal of Plant Physiolgy 164: 728-736.

Heidari, M. and Sarani, S. (2011) Growth, biochemical components, and ion content of Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) under salinity stress and iron deficiency. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 11: 37-42.

Hoagland, R. and Arnnon, D. (1938) The Water-Culture Method for Growing Plants Without Soil. (Circular (California Agricultural Experiment Station). College of Agriculture, Agricultural Experiment Station. Berkeley, Calif, the University of California.

Hussian, I., Ahmad, R., Farooq, M., Rehman, A. and Amin, M. (2014) Seed priming improves the performance of poor quality wheat seed under drought stress. Applied Science Reports, Okara 7: 12-18.

Imani, A. F., Sardoei, A. S. and Shahdadneghah, M. (2014) Effect of H_2SO_4 on seed germination and viability of *Canna india* L. ornamental plant. International Journal of Advanced Biological and Biomedical 22: 223-229.

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: 22-26.

Kapilan, R. (2015) Accelerated aging declines the germination characteristics of the maize seeds. Scholars Academic Journal of Biosciences (SAJB) 3: 708-711.

Kaur, S. A., Gupte, K. and Kaur, N. (2005) Seed priming increases crop yield possibly by modulating enzymes of sucrose metabolism in chickpea. Journal of Agronomy and Crop Science 191: 81-87.

Kaya, I., Kirnak, H., Tas, C. and Higgs, D. (2010) The influence of water deficit on vegetative growth, physiology fruit yield and quality in eggplants. Bulgarian Journal Plant Physiology 27: 34-46.

Kong, L., Huo, H. and Moa, P. (2015) Ntioxidant response and related gene expression in aged oat seed. Frontiers in Plant Science 6: 1-9.

Kurek, K., Plitta-Michalak, B. and Ratajczak, E. (2019) Reactive oxygen species as potential drivers of the seed aging process. Plants 8: 193-174.

Lichtenthaler, H. K. and Wellburn, A. R. (1983) Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. Biochemical Society Transactions 11: 591-592.

Mahakham, W., Sarmah, A. K., Maensiri, S. and Theerakulpisut, P. (2017) Nanopriming technology for enhancing germination and starch metabolism of aged rice seeds using phytosynthesized silver nanoparticles. Science Report 7: 1-21.

Majidi, M. (2012) Identifying genotypes for drought tolerance through stages of germination and seedling growth parameters based on principal component analysis. Journal of Crop Production and Processing 2: 41-55.

Masoumi, A., Kafi, M., Khazaei, H. R. and Davari, K. (2010) Effect of drought stress on water status, electrolyte Leakage and enzymatic antioxidants of Kochia (*Kochia scoparia*) under saline conditions. Pakistan Journal of Botany 42: 3517-3524.

Moori, S. and Eisvand, H. R. (2017) Plant growth regulators and ascorbic acid affect physiological quality of wheat seedlings obtained from deteriorated seeds. Pakistan Journal of Botany 49: 1811-1819.

Munne-Bosch, S. and Penuelas, J. (2003) Photoand antioxidant protection during summer leaf senescence in *Pistscia lentiscus* L. grown under Mediterranean field conditions. Annals of Botany 92: 385-391.

Murthy, U. M. N., Kumar, P. P. and Sun, W. Q. (2003) Mechanisms of seed ageing under different storage conditions for *Vigna radiate* L. Wilczek: Lipid peroxidation, sugar hydrolysis, Maillard reactions and their relationship to glass state transition. Journal of Experimental Botany 54: 1057-1067.

Ratajczak, E., Małecka, A., Bagniewska-Zadworna, A. and Kalemba, E. M. (2015) The production, localization and spreading of reactive oxygen species contributes to the low vitality of long-term stored common beech (*Fagus sylvatica* L.) seeds. Journal of Plant Physiology 174: 147-156.

Sairam, R. K. and Srivastava, G. C. (2001) Water stress tolerance of wheat *Triticum aestivum* L.: Variation in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotype. Journal Agronomy and Crop Science 186: 63-70.

Seiadat, S. A., Moosavi, A. and Sharafizadeh, M. (2012) Effect of seed priming on antioxidant activity and germination characteristics of Maize seeds under different aging treatments. Research Journal of Seed Science 5: 51-62.

Szczerba, M. W., Britto, D. T. and Kronzucker, H. J. (2009) K^+ transport in plants: Physiology and molecular biology. Journal of Plant Physiology 166: 447-466.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M. and Murphy, A. (2015) Plant Physiology and Development. 6th Ed. published by Sinauer Associates.

Tasgin, E., Atici, O. and Nalbantoglu, B. (2003) Effects of salicylic acid and cold on freezing tolerance in winter wheat leaves. Plant Growth Regulation 41: 231-236.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.15.0]

Varghese, B., Chandra, S. and Naithani, C. (2008) Oxidative metabolism-related changes in cryogenically stored neem (*Azadirachta indica* A. Juss) seeds. Journal of Plant Physiology 165: 755-765.

Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q. and Guo, S. (2013) The critical role of potassium in plant stress response. International Journal of Molecular Sciences 14: 7370-7390.

Wang, W., He, A., Peng, S., Huang, J., Cui, K. and Nie, L. (2018) The effect of storage condition and duration on the deterioration of primed rice seeds. Frontiers in Plant Science 9: 1-17.

Xia, F. S., Wang, M. Y., Li, M. L. and Mao, P. S. (2015) Mitochondrial structural and antioxidant system responses to aging in oat (*Avena sativa* L.) seeds with different moisture contents. Plant Physiology and Biochemistry 94: 122-129.

Zhang, Y. and Li, X. (2019) Salicylic acid: Biosynthesis, perception, and contributions to plant immunity. Current Opinion in Plant Biology 50: 36-29.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.15.0]

Effect of priming and seed age on germination, photosynthetic pigments, and biochemical content of Quinoa seedling

Ali Mansouri and Heshmat Omidi*

Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran
(Received: 14/07/2021, Accepted: 01/02/2022)

Abstract

To investigate the effect of quinine seed priming on morpho-physiological and biochemical traits of seedlings, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with four replications at the seed processing laboratory of the Shahed University of Tehran. Experimental factors included two levels of seed age (one-year old and four-year old) and four priming treatments (control without priming, hydro-priming, salicylic acid with a concentration of 50 ppm and potassium nitrate with a concentration of 0.2 wt% by volume). The effect of seed age on all studied traits was significant at the level of 1% probability. With increasing seed age, germination percentage (45.6%), germination rate (63.43%), seedling length (59.21%), chlorophyll a content (53.1%), chlorophyll b content (67.4%), carotenoids (6 56.6%), soluble sugar (55.8%), protein (47%), anthocyanin (62%) and catalase activity (50%) decreased whereas the amount of electrolyte leakage increased by 25.9%. The effect of priming on all studied traits was significant at the level of one percent probability and improved the studied traits. The interaction effect of seed age and priming on some traits was also significant. Priming of four-year-old seeds with potassium nitrate as the best treatment composition increased Germination percentage (52.67%), Germination rate (about 490%), Shoot length (about 430%), Chlorophyll a content (77.4%), Chlorophyll b content (180%), Carotenoids (92.8%), Protein (200%) and Catalase activity (250%) and 40.2% reduction of Electrolyte leakage from the plasma membrane. According to the obtained results, it can be stated that the use of the potassium nitrate priming method can greatly reduce the effects of ageing and seed deterioration.

Keywords: Priming, protein, seed aging, catalase, potassium nitrate

Corresponding author, Email: Omidi@shahed.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.15.0]