علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۵، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۳ (ص ۶۲۴-۶۱۳)

تأثیر هورمون‌های اسید سالیسیلیک و اسید جیبرلیک بر فرایندهای پیشگیری و بهبود زوال بذر دو رقم کنجد (*Sesamum indicum*)

فاطمه‌السادات حسینی‌خواه[۱]، سهیل پارسا[۲]، رضا توکل افشاری[۳*]، مجید جامی‌الاحمدی[۴] و علیرضا اسماعیلی[۵]
۱، ۲ و ۴. دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیاران، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه بیرجند
۳ و ۵. استاد و دانشجوی دکتری، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۲۲ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۰/۱۰)

چکیده

زوال یا پیری بذر یکی از عوامل کاهش‌دهندهٔ بنیه و محدودکنندهٔ جوانه‌زنی در بذر است. هدف این آزمایش بررسی تأثیر هورمون‌های اسید سالیسیلیک و اسید جیبرلیک بر بهبود خصوصیات جوانه‌زنی و پیشگیری از زوال بذور دو رقم کنجد بود. این آزمایش در طی سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در آزمایشگاه بذر گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج) انجام گرفت. ارقام کنجد استفاده‌شده، داراب۲ و داراب۱۴ بود. ابتدا آزمون استاندارد جوانه‌زنی به‌منظور تعیین قوهٔ نامیهٔ ارقام کنجد انجام گرفت. سپس برای ایجاد بنیه‌های متفاوت ارقام از روش آزمون پیری کنترل‌شده استفاده شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل دو رقم بذر کنجد، سه سطح زوال (۲۴، ۴۸ ساعت و شاهد) و هفت ترکیب مختلف غلظت‌های هورمونی (۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسیدجیبرلیک- ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک به‌همراه شاهد) بود. صفات اندازه‌گیری‌شده در این آزمایش شامل درصد جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیهٔ ۱ و بنیهٔ ۲ بود. نتایج آزمایش نشان داد که زوال سبب کاهش صفات مورد اندازه‌گیری شد. از میان ارقام به‌کاررفته، رقم داراب۱۴ نسبت به شرایط زوال مقاوم‌تر از داراب۲ بود. با اعمال تیمار هورمونی برای هر دو رقم بهبودپذیری و جلوگیری از زوال صورت گرفت، به‌طوری که در آزمایش تیمارهای هورمون قبل از زوال (پیش‌تیمار) در رقم داراب۲، تمام غلظت‌های اسید جیبرلیک در سطح زوال ۲۴ ساعت بهتر بودند. اما در رقم داراب۱۴، در دو سطح زوال ۲۴ و ۴۸ ساعت، تیمارهای هورمونی بعد از زوال نتایج بهتری نشان دادند. غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک یکی از بهترین غلظت‌های استفاده‌شده بود.

واژه‌های کلیدی: **پرایمینگ، پیری کنترل‌شده، جوانه‌زنی، کنجد.**

مقدمه

از کنجد به‌عنوان قدیمی‌ترین گیاه دانه‌روغنی مورد استفادهٔ بشر نام برده شده است (Langham & Wiemers, 2002). مانند بسیاری از روغن‌های خوراکی، بیشتر چربی‌های بذر کنجد را تری آسیل گلیسرول‌های خنثی و مقدار کمی از فسفولیپیدها تشکیل می‌دهند (Kochhar, 2002). بذرهای روغنی حاوی مقادیر زیادی اسید چرب لینولئیک بسیار مستعد زوال‌اند (Goel & Sheoran, 2003).

گزارش شده است که لیپید پراکسیداسیون

* تلفن: ۰۹۱۵۱۸۲۶۲۰۹
E-mail: tavakkol@ut.ac.ir

وساطت‌شده توسط تولید رادیکال‌های آزاد، یک اصل اساسی زوال بذر است (Smith & Berjak, 1995). پیری شامل مجموعه علائم مشخص از تغییرات مضر، پیش‌رونده، فراگیر و تقریباً برگشت‌ناپذیر است. پیری به مولکول‌ها (DNA، پروتئین‌ها و چربی‌ها)، سلول‌ها و اندام‌ها خسارت می‌زند (Best, 2007). تحقیقات متعددی فیزیولوژی زوال بذر را بررسی کرده‌اند. با اینکه الگوی ویژه‌ای به‌دست نیامده است، اجماع عمومی بر این است که DNA تاحدودی تجزیه شده و سبب نسخه‌برداری ناقص می‌شود که در نهایت سنتز ناقص یا معیوب آنزیم‌های ضروری برای وقوع اولین مراحل جوانه‌زنی را در پی دارد (McDonald, 1999).

آگاهی از وقوع ترمیم در طی آبنوشی بذر، سبب شده است که در صنعت بذر، پرایم کردن برای بسیاری از محصولات به‌کار گرفته شود. پرایم کردن بذر شامل هیدراتاسیون بذور با استفاده از دستورالعمل‌های مختلف و سپس خشک کردن بذر به‌منظور مدیریت معمول آن است. افزایش سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی بیشتر در سبز شدن، جوانه‌زنی تحت دامنهٔ وسیع‌تری از شرایط محیطی و بهبود بنیه و رشد گیاهچه از مزایای پرایمینگ است (Ajouri *et al*., 2004). بذور پرایم‌شده به‌طور معمول افزایش در سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی بیشتر در جوانه‌زنی و گاه جوانه‌زنی کلی بیشتری از خود نشان می‌دهند (Basra *et al*., 2005). محققان زیادی بهبود سرعت جوانه‌زنی و خروج اندام هوایی از خاک را در بذور پرایم‌شده، به‌ویژه بذور ضعیف یا خسارت‌دیده در شرایط نامساعدی نظیر دمای زیاد یا خشکی گزارش کرده‌اند (Pill *et al*., 1994).

پرایمینگ می‌تواند جوانه‌زنی بذور پیرشده را بهبود بخشد (Van Pijlen *et al*., 1995; Bailly *et al*., 1998). بهبود توانایی جوانه‌زنی بذور پیرشدهٔ آفتابگردان توسط پرایمینگ، با سرعت کمتر پراکسیداسیون لیپیدها همراه بود (Bailly *et al*., 1998). ثابت شده است که بعضی از پاسخ‌ها به زوال بذرها در طول مدت انبارداری و از طرف دیگر ترمیم‌پذیری در طول مدت آبگیری یا پرایمینگ با انواع مختلف آنتی‌اکسیدانت‌ها شامل ویتامین‌ها، پلی‌فنول‌ها، فلاونوئیدها و هورمون‌ها ارتباط دارد (Larson, 1997).

هورمون‌های رشدی که به‌طور معمول برای پرایمینگ بذر استفاده می‌شوند شامل اکسین‌ها (IAA, IBA, NAA)، جیبرلین‌ها (GA)، کینیتین، اسید آبسزیک، پلی‌آمین‌ها، اتیلن، براسینولاید و سالیسیلیک اسید هستند (Ashraf & Foolad, 2005). از جمله موادی که در آزمایش‌های پرایمینگ کاربرد زیادی دارد، می‌توان به اسید سالیسیلیک و اسید جیبرلیک اشاره کرد که پاسخ‌های متفاوتی را در گیاهان ایجاد می‌کنند. اسید سالیسیلیک جزء اسیدهای آلی (ترکیبات فنلی) با نام شیمیایی اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید است. براساس تحقیقات مختلف، اسید سالیسیلیک سبب مقاومت به تنش‌های مختلف از جمله گرما (Dat, 1998)، سرما (Tasing *et al*., 2003) و خشکی (Singh & Usha, 2003) در گیاهان مختلف می‌شود. بنابر گزارش Farroq *et al*. (2008b)، پرایمینگ بذور ذرت هیبرید با اسید سالیسیلیک، چه در شرایط نرمال و چه در شرایط تنش سرمایی ظهور گیاهچه، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر و خشک گیاهچه و برگ و ریشه را افزایش داد.

جیبرلین‌ها اعضای خانوادهٔ بزرگ و متنوعی از ترکیبات گیاهی به نام ترپنوئیدها هستند. جیبرلین‌ها رده‌ای از مواد رشد گیاهی هستند که بیشترین کاربرد مستقیم را در کنترل و تسریع جوانه‌زنی دارند (Arteka, 1995) و در تحریک جوانه‌زنی بسیار مؤثرند. Eisvand *et al*. (2010) نشان دادند که پرایمینگ هورمونی اسید جیبرلیک با غلظت ۱۰۰پی‌پی‌ام موجب بهبود بنیهٔ بذور زوال‌یافتهٔ علف گندمی بلند شد. در تحقیق Siadat *et al*. (2011) دربارهٔ بذور زوال‌یافتهٔ ذرت، پرایمینگ هورمونی بذور با اسید جیبرلیک ۴۰۰پی‌پی‌ام اثر مثبتی بر جوانه‌زنی بذور زوال‌یافته داشت و موجب بهبود خصوصیات جوانه‌زنی شد.

آزمون پیری کنترل‌شده در ابتدا به‌عنوان آزمونی برای بررسی قدرت بذر گیاهان زراعی چون سبزیجات (از قبیل کاهو، پیاز و کلم) که قابلیت کمی برای ظهور و استقرار گیاهچه در مزرعه دارند (Matthews, 1980) و قابلیت نگهداری بذورشان نیز ضعیف است (Matthews & Powell, 1987) ابداع شد. اما تحقیقات بعدی بر روی این آزمون، توانایی آزمون یادشده را برای طبقه‌بندی توده‌های بذر بسیاری از دیگر گونه‌های گیاهی به‌منظور تعیین پتانسیل ظهور و انبارداری بذر این گیاهان نشان

داد. ازاین‌رو مطالعهٔ حاضر به بررسی تأثیر هورمون‌های اسید سالیسیلیک و اسید جیبرلیک بر فرایندهای پیشگیری و بهبود زوال بذور دو رقم کنجد تحت تأثیر آزمون پیری کنترل‌شده می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در طی سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در آزمایشگاه بذر گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج) انجام گرفت. در این آزمایش از بذرهای دو رقم کنجد داراب۲ و داراب۱۴ تهیه‌شده از بخش دانه‌های روغنی مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر که در سال ۱۳۸۸تولید شده بودند، استفاده شد. برای ایجاد بنیه‌های متفاوت و تعیین بنیهٔ ارقام از روش آزمون پیری کنترل‌شده به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل دو رقم بذر کنجد، سه سطح زوال ۲۴ و ۴۸ ساعت به‌همراه شاهد و هفت ترکیب مختلف غلظت‌های هورمونی ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک- ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک به‌همراه شاهد بودند. تیمارهای هورمونی به دو صورت قبل و بعد از اعمال زوال در قالب دو آزمایش جداگانه استفاده شدند.

اصول اجرای آزمون پیری کنترل‌شده

اساس اجرای این آزمون مشابه اصول آزمون پیری زودرس است و بذور در معرض مهم‌ترین متغیرهای محیطی که موجب پیری بذر می‌شوند چون دمای زیاد (۴۰ تا ۴۵ درجهٔ سانتی‌گراد) و رطوبت زیاد در طول یک دورهٔ کوتاه مدت (۲۴ یا ۴۸ ساعت براساس بذور گونه‌های مختلف) قرار می‌گیرند (Hampton *et al.*, 1995). دماها و مقادیر رطوبت مورد نیاز دامنه‌ای از شرایط دمایی و رطوبتی است که بذر جوانه بزند و از بین نرود. این دامنه از شرایط به‌طور تجربی تعیین می‌شوند (Matthews, 1980).

برای رساندن بذور به سطح رطوبتی ۲۰ درصدی، ابتدا میانگین درصد رطوبت بذور اولیه اندازه‌گیری شد. سپس بذور در سه تکرار وزن شدند و در آون ۱۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت یک ساعت قرار گرفتند و دوباره وزن شدند. رطوبت اولیهٔ بذر بر این اساس ۴ درصد تخمین زده شد. سپس بر اساس رابطهٔ ۱ مقدار آب اضافه‌شده به بذور محاسبه شد (Hampton *et al.*, 1995):

$$W_2=((100-A)/(100-B))\times W_1 \qquad (1)$$

W_2: وزن نهایی بذر

A: محتوای رطوبت اولیهٔ بذر

B: محتوای رطوبت مورد نظر (۲۰ درصد)

W_1: وزن اولیهٔ بذر

بذور مربوط به هر تکرار داخل پاکت‌های فویل آلومینیومی قرار داده شدند. سپس با استفاده از سمپلر مقدار لازم آب (برای رساندن رطوبت بذور به ۲۰ درصد) به هر پاکت اضافه شد. مقدار آبی که باید اضافه شود W_1-W_2. در پایان، هوای داخل پاکت‌ها خارج و درِ پاکت‌ها به‌وسیلهٔ دستگاه مسدودکننده مسدود شد و بذور به‌مدت ۲۴ ساعت پس از به‌هم زدن به‌منظور رسیدن به تعادل رطوبتی در دمای ۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از اتمام زمان مورد نظر و رسیدن به سطح رطوبتی لازم، پاکت‌های حاوی بذور به حمام بن‌ماری با دمای ۴۵ درجهٔ سانتی‌گراد منتقل شدند (Hampton *et al.*, 1995). بعد از گذشت مدت زمان‌های لازم (۲۴ و ۴۸ ساعت) برای زوال، بذور از پاکت خارج و پس از خشک کردن، غلظت‌های مختلف هورمون اعمال شد. در این آزمایش بذور ارقام کنجد بعد از اعمال زوال، نخست به‌مدت ۲۴ ساعت در محلول‌هایی با غلظت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک-۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک قرار گرفتند تا پرایم شوند. برای این کار در هر پتری دیش ۹ سانتی‌متری ۵ میلی‌لیتر از محلول‌های ذکرشده ریخته شد و درون هر پتری دیش ۵۰ بذر قرار گرفت. بذرها در این حالت به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفتند تا پرایم شوند؛ سپس از محلول خارج و با آب مقطر شست‌وشو داده شدند و به‌مدت ۲۴ ساعت در داخل انکوباتور ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفتند تا خشک شوند و در پایان به‌منظور آزمون جوانه‌زنی استاندارد، آزمایش شدند. آزمون جوانه‌زنی استاندارد به‌صورت Top of paper در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۶ روز مطابق با قوانین ISTA (2010) انجام گرفت.

در آزمایش پرایمینگ قبل از زوال (پیش‌تیمار)، ابتدا بذور با سطوح مختلف هورمون همانند روش ذکرشده در

بالا، پرایم شدند و سپس آزمون پیری کنترل‌شده بر روی آنها اعمال شد و در پایان آزمون جوانه‌زنی استاندارد صورت گرفت.

صفات اندازه‌گیری‌شده در این آزمایش

درصد جوانه‌زنی (G٪) (رابطه ۲)

$$\%G= n/N\times ۱۰۰ \quad (۲)$$

n: تعداد بذور جوانه‌زده

N: تعداد کل بذور موجود در هر پتری‌دیش (۵۰ عدد).

شاخص جوانه‌زنی (GI) (Walker-Simmons & Sesing, 1990) (رابطه ۳)

$$GI=(۶n_۱+۵n_۲+...+۱\ n_۶) / ۶\times N \quad (۳)$$

$n_۱$، $n_۲$ و ... $n_۶$: تعداد بذور جوانه‌زده در روزهای اول، دوم ... و ششم

N: تعداد کل بذور موجود در هر پتریدیش (۵۰ عدد)

سرعت جوانه‌زنی (GS) (Walker-Simmons & Sesing, 1990) (رابطه ۴)

$$GS=۱۰۰\times(\sum ni)/ (\sum ni\times ti) \quad (۴)$$

ni: تعداد بذور جوانه‌زده در هر روز

ti: طول مدت جوانه‌زنی

شاخص بنیهٔ ۱ (ISTA, 2010) (رابطه ۵)

(۵) = شاخص بنیهٔ ۱

میانگین طول گیاهچه (cm) × جوانه‌زنی استاندارد (٪)

شاخص بنیهٔ ۲ (ISTA, 2010) (رابطه ۶)

(۶) = شاخص بنیهٔ ۲

میانگین وزن گیاهچهٔ خشک (گرم) × جوانه‌زنی استاندارد (٪)

آنالیز داده‌ها با نرم‌افزار SAS و MSTATC صورت گرفت و میانگین‌ها براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که در آزمایش اعمال تیمارهای هورمون بعد از زوال، به‌جز اثر متقابل رقم × غلظت‌های هورمون، برای سرعت جوانه‌زنی که در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود، اثرهای اصلی (رقم، زوال و غلظت‌های هورمون)، اثرهای متقابل دوگانه (رقم × زوال، رقم × غلظت‌های هورمون و زوال × غلظت‌های هورمون) و اثر متقابل سه‌گانه (رقم × زوال × غلظت‌های هورمون) برای همهٔ شاخص‌های مورد بررسی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

در آزمایش اعمال تیمارهای هورمون قبل از زوال بذور، اثر اصلی رقم برای صفات درصد جوانه‌زنی و شاخص بنیهٔ ۱ و اثر متقابل رقم × زوال برای صفت متوسط زمان جوانه‌زنی معنی‌دار نبودند. اما سایر تأثیرات اصلی و متقابل (به‌جز اثر اصلی رقم که برای شاخص جوانه‌زنی وزنی در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود) برای تمام صفات در سطح ۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۳).

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس تأثیر غلظت‌های مختلف هورمون‌های اسید سالیسیلیک و جیبرلین بر بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی بذور زوال‌یافته ارقام کنجد در آزمایش اعمال تیمارهای هورمون بعد از زوال (بهبود زوال بذور)

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی df	درصد جوانه‌زنی (٪)	شاخص جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	بنیه ۱	بنیه ۲
رقم	۱	۳۵۸۴ **	۸۰۳۲/۰۳۲**	۹۳۱۹/۱۳۲**	۳۸۹۴۵۳/۵۳۱**	۱/۷۷۴**
زوال	۲	۳۶۲۴/۹۲۹**	۹۶۹۹/۱۵۱**	۱۱۸۸۹/۸۰۳**	۹۴۰۱۱۱/۸۵۷**	۴/۸۳۰**
غلظت هورمون	۶	۵۷۲/۳۵۲**	۱۰۲۳/۹۱۵**	۱۰۵۹/۹۱۸**	۹۷۷۶۱/۲۳۳**	۰/۵۳۴**
رقم × زوال	۲	۱۰۷۰/۴۵۲**	۲۹۳۴/۹۱۳**	۳۰۸۳/۵۳۱**	۹۱۹۳۷/۴۱۰**	۰/۸۱۰**
رقم × غلظت هورمون	۶	۹۰/۶۸۵**	۱۳۷/۴۰۲**	۱۲۴/۲۸۲*	۱۸۹۰۶/۴۸۶**	۰/۱۲۱**
زوال × غلظت هورمون	۱۲	۳۲۴/۴۴۷**	۴۷۴/۸۰۸**	۳۱۱/۵۸۷**	۱۷۸۶۷/۶۵۸**	۰/۲۶۶**
رقم × زوال × غلظت هورمون	۱۲	۱۱۴/۹۷۱**	۱۵۲/۷۵۵**	۲۳۹/۱۱۸**	۱۴۴۵۷/۶۹۲**	۰/۱۰۹**
خطا	۸۴	۸/۵۷۱	۸/۸۶۵	۴۷/۳۶۵	۲۵۱۱/۹۷۲	/۰۲۹
ضریب تغییرات (٪)	-	۳/۶۷	۳/۸۶	۱۰/۴۲	۹/۱۵	۷/۱۰

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

درصد جوانه‌زنی

مقایسهٔ میانگین درصد جوانه‌زنی اثر متقابل سه‌گانهٔ رقم×زوال×غلظت‌های هورمون نشان داد که بین تیمارهای شاهد هر دو رقم (داراب۲×بدون زوال×بدون غلظت‌های هورمون، داراب۱۴×بدون زوال×بدون غلظت‌های هورمون) و همچنین بین هر دو رقم در تمام سطوح غلظت‌های هورمون‌های اسید سالیسیلیک و اسید جیبرلیک در شرایط بدون زوال، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و این ارقام بیشترین درصد جوانه‌زنی را داشتند (جدول ۲).

در بررسی تأثیر زوال بر ارقام، نتایج آزمایش نشان داد که دو سطوح زوال (۲۴ و ۴۸ ساعت) سبب کاهش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی نسبت به تیمارهای شاهد در هر دو رقم شد. رقم داراب۱۴ در سطوح مختلف زوال کاهش کمتری نسبت به داراب۲ نشان داد. با اعمال غلظت‌های مختلف هورمون‌های اسید جیبرلیک و اسید سالیسیلیک بر روی بذور زوال‌یافته، بهبود زوال حاصل شد، به‌طوری‌که برای رقم داراب۲ در سطح زوال ۲۴ ساعت × بدون غلظت‌های هورمون، درصد جوانه‌زنی ۷۲/۷۶ بود، اما با اعمال غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک درصد جوانه‌زنی به ۹۱/۳۳ رسید که با تیمارهای شاهد ارقام و تیمارهای شاهد هورمون (رقم × هورمون × بدون زوال) اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۲). در سطح زوال ۴۸ ساعت هم نتایج نشان داد که بهبود زوال در اثر پرایمینگ با هورمون برای رقم داراب۲ به‌خوبی حاصل شده است (از ۴۲ درصد در سطح زوال ۴۸ ساعت × بدون غلظت‌های هورمون، به ۸۹ درصد در سطح زوال ۴۸ ساعت × اسید سالیسیلیک ۵۰ پی‌پی‌ام) (جدول ۲).

در رقم داراب۱۴ همانند رقم داراب۲، برای دو سطح زوال ۲۴ و ۴۸ ساعت با انجام پرایمینگ هورمونی افزایش درصد جوانه‌زنی مشاهده شد، به‌طوری که در سطح زوال ۲۴ ساعت تمام غلظت‌های هر دو هورمون اسید سالیسیلیک و اسید جیبرلیک با تیمارهای شاهد ارقام تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. در سطح زوال ۴۸ساعت، در رقم داراب۱۴، غلظت‌های ۲۵پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک، ۵۰ و ۱۰۰پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک به‌ترتیب با ۹۴/۶۷، ۹۴ و ۹۳/۳۳ درصد سبب بیشترین درصد جوانه‌زنی شدند (جدول ۲).

در آزمایش اعمال تیمارهای هورمونی قبل از ایجاد زوال، در رقم داراب۲ و در سطح زوال ۲۴ساعت، نتایج نشان‌دهندهٔ تأثیر هورمون بر افزایش درصد جوانه‌زنی بود، به‌طوری که بیشترین درصد جوانه‌زنی در غلظت ۲۵ پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک مشاهده شد (۹۴ درصد) و در سطح زوال ۴۸ساعت، غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک (با درصد جوانه‌زنی ۹۳/۳۳) بهتر از سایر تیمارهای هورمون بود (جدول ۴).

در آزمایش اعمال هورمون قبل از زوال در رقم داراب۱۴، تمام غلظت‌های اسید سالیسیلیک غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسیدجیبرلیک در سطح زوال ۲۴ ساعت سبب افزایش درصد جوانه‌زنی شدند که با تیمارهای شاهد ارقام تفاوت معنی‌داری نشان ندادند بیشترین جوانه‌زنی با ۹۸/۶۷ درصد در غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک به‌دست آمد (جدول ۴). در سطح زوال ۴۸ ساعت، تأثیر غلظت‌های هورمون، به‌جز غلظت‌های ۲۵ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک که افزایش نسبی در درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد زوال ۴۸ ساعت (زوال ۴۸ ساعت × بدون غلظت هورمون) را نشان دادند، بقیهٔ غلظت‌های هر دو هورمون کاهش درصد جوانه‌زنی نشان دادند (جدول ۴).

کاهش درصد جوانه‌زنی بر اثر زوال در اکثر تحقیقات مشاهده شده است که از دلایل اصلی آن می‌توان به پراکسیداسیون چربی‌ها، خسارت به غشاهای سلولی، آسیب به فرایند سنتز RNA، تخریب DNA، رسوب و غیرفعال شدن آنزیم‌ها اشاره کرد (Lehner *et al*., 2008). از سوی دیگر تحقیقات نشان داده که پرایم بذور به تکثیر زودهنگام DNA، افزایش RNA و ساخت پروتئین (Giri & Schilinger, 2003) و رشد سریع جنین (Dahal *et al*., 1990) منجر می‌شود.

Hoseinikhah *et al*. (2013)، در آزمایشی با هدف بررسی تأثیر اسید آسکوربیک (ویتامین C) و آلفا توکوفرول (ویتامین E) بر فرایند زوال بذر دو رقم کنجد (*Sesamum indicum*)، نشان دادند که آلفاتوکوفرول و اسید آسکوربیک برای داراب۲ و ۱۴ در مدت زوال ۲۴ و ۴۸ ساعت و در دو شرایط پیش‌تیمار و تیمار پس از فرسودگی سبب بهبود جوانه‌زنی شدند. اما شرایط پیش‌تیمار نتایج بهتری داشت، به‌طوری که از نظر درصد جوانه‌زنی در مدت زوال ۲۴ ساعت، به‌جز غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر آلفا توکوفرول

برای داراب۲، بقیهٔ غلظت‌های استفاده‌شدهٔ هر دو ویتامین برای هر دو رقم تفاوت معنی‌داری با تیمارهای شاهد نداشتند. در مدت زوال ۴۸ ساعت و در داراب۲، غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک با درصد جوانه‌زنی ۹۳/۳۳، و در داراب۱۴، غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدآسکوربیک با درصد جوانه‌زنی ۸۰/۶۷، بهترین غلظت‌های استفاده شده بودند.

شاخص جوانه‌زنی

نتایج مقایسهٔ میانگین اثر متقابل سه‌گانه نشان داد که از نظر شاخص جوانه‌زنی بین تیمارهای شاهد هر دو رقم اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری که شاهد رقم داراب۱۴ بیشترین میزان را داشت (۹۳/۶۷ درصد) (جدول ۲). در تیمارهای پرایم هورمونی بذور در شرایط بدون زوال، تمام غلظت‌های هر دو هورمون در رقم داراب۱۴ سبب افزایش شاخص جوانه‌زنی بیشتری نسبت به داراب۲ شدند (بیشترین مقدار، مربوط به غلظت‌های ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک و اسید جیبرلیک با ۹۶/۳۳ درصد) (جدول ۲).

با اعمال غلظت‌های هورمونی بر بذور زوال‌یافته، نتایج نشان داد که پرایم با هورمون در دو سطح زوال برای هر دو رقم سبب بهبود شاخص جوانه‌زنی نسبت به شاهدهای زوال‌یافتهٔ هر دو رقم (رقم×زوال×بدون هورمون) شد، به‌طوری که بهبودپذیری رقم داراب۱۴، بسیار بهتر از رقم داراب۲ بود، که در این میان تأثیر تمام غلظت‌های اسید جیبرلیک و غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک برای داراب۱۴ در سطح زوال ۲۴ ساعت، در جهت بهبود زوال با تیمارهای شاهد هر دو رقم اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۲).

در آزمایش پرایم هورمونی قبل از ایجاد زوال، شاخص جوانه‌زنی برای داراب۲ در هر دو سطح زوال افزایش یافته بود، و از ایجاد زوال جلوگیری شده بود. غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک با شاخص جوانه‌زنی۸۶ درصد برای ۲۴ ساعت زوال و ۵۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک برای ۴۸ ساعت زوال با شاخص جوانه‌زنی ۸۲ درصد بهترین غلظت‌های هورمونی بودند، اما برای داراب۱۴، غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک برای ۲۴ ساعت زوال با شاخص جوانه‌زنی ۹۷ درصد بهترین غلظت هورمون بود که با تیمارهای شاهد و اسید جیبرلیک ۵۰ پی‌پی‌ام اختلاف معنی‌داری نشان نداد. در سطح زوال ۴۸ ساعت برای داراب۱۴، تأثیر غلظت‌های هورمون در جهت افزایش شاخص جوانه‌زنی و پیشگیری از زوال زیاد نبود و حتی در برخی از تیمارها هم کاهش نشان داد (جدول ۴).

اعمال تیمارهای تأثیر اسید آسکوربیک و آلفا توکوفرول قبل از فرسودگی، سبب افزایش شاخص جوانه‌زنی در بذرهای زوال‌یافتهٔ کنجد شد (Hoseinikhah *et al*., 2013).

در آزمایشی که Tavakkol Afshari *et al*. (2009)، در زمینهٔ تأثیر بنیهٔ بذر بر جوانه‌زنی دو رقم کلزای Licord و Option500 انجام دادند، با افزایش زمان فرسودگی شاخص جوانه‌زنی کاهش پیدا کرد که از این نظر بین دو رقم هم تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به طوری‌که در تیمار هشت روز زوال شاخص جوانه‌زنی در رقم Licord از ۸۳ درصد به ۶۲ درصد و در رقم Option500 از ۷۹ درصد به ۵۹ درصد رسید.

سرعت جوانه‌زنی

مقایسهٔ میانگین سرعت جوانه‌زنی اثر متقابل سه‌گانهٔ رقم×زوال×غلظت‌های هورمون نشان داد که بین تیمارهای شاهد هر دو رقم اختلاف معنی‌داری وجود دارد. داراب۱۴ دارای سرعت جوانه‌زنی بیشتری بود، اما با کاربرد غلظت‌های هورمونی در شرایط عدم زوال سرعت جوانه‌زنی هر دو رقم افزایش یافت، به‌طوری که داراب۱۴ در تمام سطوح غلظت‌های هورمونی بیشترین سرعت جوانه‌زنی را داشت و از این نظر برتر از رقم داراب۲ بود (جدول ۲).

با توجه به نتایج آزمایش، هر دو سطح زوال سبب کاهش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی نسبت به تیمارهای شاهد در هر دو رقم شد که این کاهش برای رقم داراب۲ بیشتر بود (جدول ۲). با اعمال تیمارهای هورمونی اسید جیبرلیک و اسید سالیسیلیک بعد از ایجاد زوال، سرعت جوانه‌زنی در بیشتر تیمارهای هر دو رقم، در هر دو سطح زوال، نسبت به شاهدهای زوال‌یافتهٔ آزمایش افزایش یافت که این افزایش در تیمارهای هورمونی رقم داراب۱۴ بیشتر دیده شد، به‌طوری که غلظت‌های ۵۰ پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک در سطح زوال ۲۴ ساعت با ۹۴/۹۶ بذر در روز بیشترین سرعت جوانه‌زنی را داشت (جدول ۲).

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین اثر متقابل سه‌گانهٔ رقم × زوال × غلظت‌های هورمون، برای شاخص‌های جوانه‌زنی بذور زوال‌یافتهٔ ارقام کنجد در آزمایش اعمال تیمارهای هورمون بعد از زوال بذور (بهبود زوال)

منبع تغییرات	درصد جوانه‌زنی	شاخص جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	بنیهٔ ۱	بنیهٔ ۲
داراب۲ × بدون زوال × بدون غلظت‌های هورمون (شاهد)	۹۶^{ab}	۸۸/۶۷^{bcdef}	۶۷/۰۱^{efghi}	۵۰۱/۸^{jkl}	۲/۵۹۱^{abcde}
داراب۲ × بدون زوال × اسید سالیسیلیک ۲۵ppm	۹۴^{abcd}	۸۸/۶۷^{bcdef}	۷۵/۸۶^{bcdefg}	۷۰۵/۸^{abcdef}	۲/۶۹۵^{abc}
داراب۲ × بدون زوال × اسید سالیسیلیک ۵۰ ppm	۹۰/۳۳^{abcd}	۸۸/۶۷^{bcdef}	۸۴/۶۷^{abcd}	۶۴۹/۲^{bcdefghi}	۲/۶۲۱^{abcde}
داراب۲ × بدون زوال × اسید سالیسیلیک ۱۰۰ ppm	۹۲^{abcd}	۸۷/۳۳^{cdef}	۷۸/۹۱^{abcdef}	۶۹۲/۵^{abcdefg}	۲/۴۵۶^{abcde}
داراب۲ × بدون زوال × اسید جیبرلیک ۲۵ ppm	۹۴/۶۷^{abcd}	۹۱/۳۳^{abcde}	۸۳/۴۶^{abcde}	۶۳۶/۱^{cdefghi}	۲/۶۸۱^{abcd}
داراب۲ × بدون زوال × اسید جیبرلیک ۵۰ ppm	۹۶^{ab}	۹۳^{abcde}	۷۸/۹۶^{abcdef}	۶۰۸/۳^{efghij}	۲/۷۸۴^{abc}
داراب۲ × بدون زوال × اسید جیبرلیک ۱۰۰ppm	۹۷/۳۳^{a}	۹۴^{abc}	۸۳/۶۴^{abcde}	۶۸۹/۲^{abcdefg}	۲/۸۵۱^{a}
داراب۲ × زوال ۲۴ ساعت × بدون غلظت‌های هورمون (شاهد زوال ۲۴ ساعت)	۷۲/۶۷^{fg}	۵۸/۳۳^{ij}	۴۴/۸۴^{klmno}	۴۰۳/۱^{mno}	۱/۸۸۳^{ghijk}
داراب۲ × زوال ۲۴ ساعت × اسید سالیسیلیک ۲۵ ppm	۸۷/۳۳^{d}	۷۸^{g}	۵۶/۲۲^{hijklm}	۶۱۸/۶^{defghij}	۲/۶۷۸^{abcd}
داراب۲ × زوال ۲۴ ساعت × اسید سالیسیلیک۵۰ ppm	۹۱/۳۳^{abcd}	۸۰^{g}	۶۷/۶۰^{defgh}	۶۱۶/۳^{defghhij}	۲/۵۶۰^{abcde}
داراب۲ × زوال ۲۴ ساعت × اسید سالیسیلیک ۱۰۰ppm	۸۷/۶۷^{d}	۷۸^{g}	۷۰/۷۰^{cdefgh}	۶۰۷/۹^{efghij}	۲/۶۳۳^{abcde}
داراب۲ × زوال ۲۴ ساعت × اسید جیبرلیک ۲۵ ppm	۸۸^{cd}	۷۸/۳۳^{g}	۵۷/۹۰^{hijkl}	۵۹۸/۲^{efghijk}	۲/۴۶۴^{abcde}
داراب۲ × زوال ۲۴ ساعت × اسید جیبرلیک ۵۰ ppm	۷۹/۳۳^{ef}	۶۹/۳۳^{h}	۵۵/۸۲^{hijklmn}	۵۰۱/۳^{jklm}	۲/۳۴۵^{cdef}
داراب۲ × زوال ۲۴ ساعت × اسید جیبرلیک ۱۰۰ ppm	۷۲/۶۷^{fg}	۶۶/۳۳^{hi}	۵۵/۴۸^{hijklmn}	۵۳۴/۴^{ijkl}	۲/۲۰۷^{efgh}
داراب۲ × زوال ۴۸ ساعت × بدون غلظت‌های هورمون (شاهد زوال ۴۸ ساعت)	۴۲^{k}	۲۳/۶۷^{n}	۲۴/۶۶^{q}	۸۹/۶۳^{r}	۱/۱۴۹^{m}
داراب۲ × زوال ۴۸ ساعت × اسید سالیسیلیک ۲۵ ppm	۷۰/۶۷^{gh}	۴۱/۶۷^{kl}	۳۰/۶۵^{opq}	۳۲۵/۷^{nop}	۱/۸۱۳^{hijkl}
داراب۲ × زوال ۴۸ ساعت × اسید سالیسیلیک ۵۰ ppm	۸۹^{bcd}	۶۹/۳۳^{h}	۴۵/۸۸^{jklmno}	۴۷۷/۹^{klm}	۲/۴۹۱^{abcde}
داراب۲ × زوال ۴۸ ساعت × اسید سالیسیلیک ۱۰۰ ppm	۶۴/۶۷^{hi}	۳۶^{lm}	۲۷/۹۲^{pq}	۲۲۲/۴^{pq}	۱/۷۲۱^{ijkl}
داراب۲ × زوال ۴۸ ساعت × اسید جیبرلیک۲۵ ppm	۵۹/۳۳^{ij}	۴۴/۶۷^{k}	۴۰/۶۴^{mnopq}	۲۷۵/۸^{pq}	۱/۵۰۳^{klm}
داراب۲ × زوال ۴۸ ساعت × اسید جیبرلیک ۵۰ ppm	۵۶/۶۷^{j}	۳۴^{m}	۲۹/۸۳^{opq}	۱۷۶/۷^{qr}	۱/۴۵۵^{lm}
داراب۲ × زوال ۴۸ ساعت × اسید جیبرلیک ۱۰۰ ppm	۷۹/۳۳^{ef}	۶۲/۳۳^{ij}	۴۵/۶۸^{jklmno}	۴۰۶/۴^{mno}	۲/۰۳۹^{fghi}
داراب۱۴ × بدون زوال × بدون غلظت‌های هورمون (شاهد)	۹۶^{ab}	۹۳/۶۷^{abc}	۸۶/۲۷^{abc}	۶۵۵/۷^{bcdefghi}	۲/۶۵۶^{abcd}
داراب۱۴ × بدون زوال × اسید سالیسیلیک ۲۵ ppm	۹۵/۳۳^{abc}	۹۴/۶۷^{abc}	۹۶/۰۵^{a}	۷۶۲/۱^{abc}	۲/۶۶۹^{abcd}
داراب۱۴ × بدون زوال × اسید سالیسیلیک ۵۰ ppm	۹۷/۳۳^{a}	۹۵/۳۳^{ab}	۹۱/۶۶^{ab}	۷۴۴/۳^{abcd}	۲/۵۶۳^{abcde}
داراب۱۴ × بدون زوال × اسید سالیسیلیک۱۰۰ ppm	۹۸^{a}	۹۶/۳۳^{a}	۹۲/۵۴^{ab}	۷۹۱/۴^{a}	۲/۶۴۵^{abcde}
داراب۱۴ × بدون زوال × اسید جیبرلیک ۲۵ ppm	۹۷/۳۳^{a}	۹۵/۶۷^{ab}	۹۰/۷۲^{ab}	۷۶۷/۶^{ab}	۲/۶۵۹^{abcd}
داراب۱۴ × بدون زوال × اسید جیبرلیک ۵۰ ppm	۹۴^{abcd}	۹۲/۳۳^{abcd}	۹۱^{ab}	۶۷۵^{abcdefgh}	۲/۷۳۴^{abc}
داراب۱۴ × بدون زوال × اسید جیبرلیک ۱۰۰ ppm	۹۸^{a}	۹۶/۳۳^{a}	۹۰/۳۹^{ab}	۷۲۰/۶^{abcde}	۲/۸۰۹^{ab}
داراب۱۴ × زوال ۲۴ ساعت × بدون غلظت‌های هورمون (شاهد زوال ۲۴ ساعت)	۸۰^{e}	۶۶^{hi}	۴۹/۸۱^{ijklmn}	۴۴۰/۳^{klmn}	۲/۲۳۷^{defg}
داراب۱۴ × زوال ۲۴ ساعت × اسید سالیسیلیک۲۵ ppm	۹۴^{abcd}	۸۳^{fg}	۶۰/۴۸^{ghijk}	۶۲۶/۴^{defghij}	۲/۸۲۲^{ab}
داراب۱۴ × زوال ۲۴ ساعت × اسید سالیسیلیک۵۰ppm	۹۷/۳۳^{a}	۹۵^{ab}	۸۸/۵۹^{ab}	۵۶۵/۴^{ghijk}	۲/۵۷۱^{abcde}
داراب۱۴ × زوال ۲۴ ساعت × اسید سالیسیلیک ۱۰۰ ppm	۹۲/۶۷^{abcd}	۸۵/۳۳^{defg}	۶۷/۵۳^{defgh}	۵۸۱/۶^{fghijk}	۲/۴۲۳^{abcdef}
داراب۱۴ × زوال ۲۴ ساعت × اسید جیبرلیک ۲۵ ppm	۹۷/۳۳^{a}	۹۱/۶۷^{abcde}	۷۶/۵۳^{bcdefg}	۵۹۰/۹^{fghijk}	۲/۶۱۷^{abcde}
داراب۱۴ × زوال ۲۴ ساعت × اسید جیبرلیک ۵۰ ppm	۹۴/۶۷^{abcd}	۹۲^{abcde}	۹۴/۹۶^{a}	۶۲۱/۳^{defghij}	۲/۶۷۲^{abcd}
داراب۱۴ × زوال ۲۴ ساعت × اسید جیبرلیک ۱۰۰ppm	۹۴/۶۷^{abcd}	۹۳/۶۷^{abc}	۹۰/۳۶^{ab}	۶۶۱/۸^{cdefghi}	۲/۵۳۲^{abcde}
داراب۱۴ × زوال ۴۸ ساعت × بدون غلظت‌های هورمون (شاهد زوال ۴۸ ساعت)	۶۳/۳۳^{i}	۴۴/۳۳^{k}	۳۸/۸۷^{nopq}	۲۴۳/۵^{pq}	۱/۶۰۴^{jkl}
داراب۱۴ × زوال ۴۸ ساعت × اسید سالیسیلیک ۲۵ ppm	۷۴/۶۷^{efg}	۵۶^{j}	۴۲/۲۰^{lmnop}	۳۱۲/۷^{op}	۱/۹۳۹^{ghij}
داراب۱۴ × زوال ۴۸ ساعت × اسید سالیسیلیک ۵۰ ppm	۹۴^{abcd}	۸۴^{fg}	۷۰/۵۹^{cdefgh}	۵۸۷/۳^{fghijk}	۲/۵۶۲^{abcde}
داراب۱۴ × زوال ۴۸ ساعت × اسید سالیسیلیک ۱۰۰ ppm	۹۳/۳۳^{abcd}	۸۳/۳۳^{fg}	۶۲/۵۴^{fghij}	۵۴۶/۶^{hijkl}	۲/۳۷۸^{bcdef}
داراب۱۴ × زوال ۴۸ ساعت × اسید جیبرلیک ۲۵ ppm	۹۴/۶۷^{abcd}	۸۴/۶۷^{efg}	۶۲/۱۳^{fghij}	۵۵۲/۹^{hijkl}	۲/۴۶۵^{abcde}
داراب۱۴ × زوال ۴۸ ساعت × اسید جیبرلیک ۵۰ ppm	۸۹^{bcd}	۸۰^{g}	۶۱/۱۹^{ghijk}	۶۴۹/۲^{bcdefghi}	۲/۶۵۱^{abcd}
داراب۱۴ × زوال ۴۸ ساعت × اسید جیبرلیک ۱۰۰ ppm	۸۹/۳۳^{bcd}	۸۲/۶۷^{fg}	۶۳/۱۵^{fghi}	۵۷۵/۷^{ghijk}	۲/۳۹۵^{bcdef}

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهندهٔ نبود اختلاف معنی‌دار براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن است.

جدول ۳. تجزیهٔ واریانس تأثیر غلظت‌های مختلف هورمون‌های اسید سالیسیلیک و جیبرلین بر بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی بذور زوال‌یافتهٔ ارقام کنجد در آزمایش اعمال تیمارهای هورمون قبل از زوال بذور (پیشگیری از زوال)

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی df	درصد جوانه‌زنی(٪)	شاخص جوانه‌زنی وزنی	سرعت جوانه‌زنی	بنیهٔ ۱	بنیهٔ ۲
رقم	۱	۳۳/۵۳۲^{ns}	۴۸/۲۸۶*	۲۰۳۸/۶۲۳**	۶۷۷۸۸/۰۸۹**	۰/۱۲۰^{ns}
زوال	۲	۱۱۷۳۲/۴۸۴**	۲۳۱۴۵/۶۲۷**	۲۲۷۳۱/۳۸۳**	۲۰۷۹۲۰۹/۷۹۹**	۷/۴۳۲**
غلظت هورمون	۶	۴۱۶/۶۱۱**	۶۳۸/۶۱۹**	۵۹۹/۵۸۵**	۶۹۴۴۵/۲۷۸**	۰/۵۰۸**
رقم × زوال	۲	۴۳۸/۵۷۹**	۶۴۶/۹۲۹**	۵۴۲/۴۹۷**	۵۹۶۷۰/۲۷۰**	۰/۴۸۴**
رقم × غلظت هورمون	۶	۲۴۶/۴۹۵**	۲۲۳/۴۷۱**	۱۷۲/۲۸۴**	۱۸۹۴۱/۷۰۵**	۰/۲۹۶**
زوال × غلظت هورمون	۱۲	۱۹۶/۲۰۶**	۲۰۰/۸۷۷**	۱۴۲/۶۳۵**	۱۹۹۴۱/۲۲۱**	۰/۱۵۸**
رقم × زوال × غلظت هورمون	۱۲	۳۴۶/۱۵۳**	۳۹۳/۷۵۳**	۲۵۷/۴۱۹**	۳۴۰۵۳/۲۶۱**	۰/۲۸۵**
خطا	۸۴	۱۳/۱۶۷	۸/۳۸۱	۱۳/۲۸۰	۲۸۶۶/۹۴۸	۰/۰۳۲
ضریب تغییرات (٪)	-	۴/۳۷	۳/۹۴	۵/۸۰	۱۰/۷۶	۷/۶۹

ns، * و **: به‌ترتیب عدم معنی‌داری؛ معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

در آزمایش پرایم هورمونی قبل از ایجاد زوال، نتایج متفاوت‌تری به‌دست آمد. در این آزمایش سرعت جوانه‌زنی برای رقم داراب۲ در هر دو سطح زوال، با کاربرد هورمون، نسبت به شاهدهای هر دو سطح زوال‌یافته افزایش یافت. اما برای رقم داراب۱۴، فقط در زمان ۲۴ ساعت زوال، کاربرد غلظت‌های هورمون سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی در مقایسه با شاهد زوال‌یافته شد. در زمان ۴۸ ساعت زوال، کاربرد غلظت‌های هورمونی نه‌تنها سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی نشد، بلکه کاهش سرعت هم دیده شد. غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک در ۲۴ ساعت زوال با سرعت جوانه‌زنی ۹۰/۴۰ بذر در روز برای داراب۱۴ بیشترین میزان را داشت (جدول ۴).

افزایش متوسط زمان جوانه‌زنی احتمالاً به‌دلیل وقفه‌ای است که در شروع جوانه‌زنی در بذرهای فرسوده‌شده ایجاد می‌شود. علت احتمالی وقفهٔ ایجادشده این است که بذر برای ترمیم خسارت‌های واردشده به غشا و دیگر قسمت‌های سلول و همچنین آغاز مجدد سیستم آنتی‌اکسیدانتی و جلوگیری از بروز تنش اکسیداتیو به زمان نیاز دارد و ترمیم این خسارت‌ها فقط پس از پرایمینگ امکان‌پذیر است، بنابراین مدت زمان لازم برای تکمیل فرایند جوانه‌زنی در بذرهای فرسوده افزایش می‌یابد که نتیجهٔ آن افزایش متوسط زمان جوانه‌زنی یا کاهش سرعت جوانه‌زنی است (Bailly *et al.*, 2000).

Krishtan *et al.* (2004)، علت کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور تحت شرایط حرارت و رطوبت زیاد را از دست رفتن قابلیت حیات بذر دانسته‌اند. آنها همچنین گزارش کردند که از دست رفتن سلامت غشا سبب کاهش قابلیت حیات بذور می‌شود.

شاخص بنیهٔ ۱

نتایج مقایسهٔ میانگین اثر متقابل سه‌گانه نشان داد که شاخص بنیهٔ ۱ در تیمار شاهد رقم داراب۱۴، نسبت به تیمار شاهد رقم داراب۲ بیشتر بود. با کاربرد غلظت‌های هورمونی در شرایط عدم زوال، بنیهٔ ۱ در هر دو رقم افزایش یافت (جدول ۲).

با توجه به نتایج آزمایش، هر دو سطح زوال سبب کاهش معنی‌دار شاخص بنیهٔ ۱ نسبت به تیمارهای شاهد و شاهدهای هر دو هورمون در هر دو رقم شد که این کاهش برای رقم داراب۲ بیشتر بود (جدول ۲). با اعمال تیمارهای اسیدجیبرلیک و اسید سالیسیلیک بعد از زوال، شاخص بنیهٔ ۱ در بیشتر تیمارهای هر دو رقم، در هر دو زمان ۲۴ و ۴۸ ساعت زوال، نسبت به شاهدهای زوال آزمایش افزایش یافت (جدول ۲).

در آزمایش پرایم هورمونی قبل از ایجاد زوال شاخص بنیهٔ ۱ برای رقم داراب۲ در هر دو سطح زوال، با کاربرد هورمون، نسبت به شاهدهای هر دو سطح زوال افزایش یافت، اما برای رقم داراب۱۴، فقط در زمان ۲۴ ساعت زوال، کاربرد غلظت‌های هورمون سبب افزایش شاخص بنیهٔ ۱ در مقایسه با شاهد زوال‌یافته شد. اما در زمان ۴۸ ساعت زوال، کاربرد غلظت‌های هورمون، به کاهش شاخص بنیهٔ ۱ منجر شد (به‌جز غلظت ۲۵ پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک) (جدول ۴).

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین اثر متقابل سه‌گانهٔ رقم × زوال × غلظت‌های هورمون، برای شاخص‌های جوانه‌زنی بذور زوال‌یافتهٔ ارقام کنجد در آزمایش اعمال تیمارهای هورمون قبل از زوال بذور (پیشگیری از زوال)

منبع تغییرات	درصد جوانه‌زنی	شاخص جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	بنیه ۱	بنیه ۲
داراب۲ × بدون زوال × بدون غلظت‌های هورمون (شاهد)	۹۶^{abc}	۸۸/۶۷^{cdefg}	۶۷/۰۱^{gh}	۵۰۱/۸^{hij}	۲/۵۹۱^{abcdefg}
داراب۲ × بدون زوال × اسید سالیسیلیک ۲۵ppm	۹۴^{abc}	۸۸/۶۷^{cdefg}	۷۵/۸۶^{ef}	۷۰۵/۸^{abcde}	۲/۶۹۵^{abcde}
داراب۲ × بدون زوال × اسید سالیسیلیک ۵۰ ppm	۹۰/۳۳^{abcd}	۸۸/۶۷^{cdefg}	۸۴/۶۸^{bcde}	۶۴۹/۲^{bcdefg}	۲/۶۲۱^{abcdef}
داراب۲ × بدون زوال × اسید سالیسیلیک ۱۰۰ ppm	۹۲^{abc}	۸۷/۳۳^{defg}	۷۸/۹۱^{def}	۶۹۲/۵^{abcdef}	۲/۴۵۶^{abcdefg}
داراب۲ × بدون زوال × اسید جیبرلیک ۲۵ ppm	۹۴/۶۷^{abc}	۹۱/۳۳^{abcdef}	۸۳/۴۶^{bcde}	۶۳۶/۱^{bcdefg}	۲/۶۸۱^{abcde}
داراب۲ × بدون زوال × اسید جیبرلیک ۵۰ ppm	۹۶^{abc}	۹۲^{abcdef}	۷۸/۹۶^{def}	۶۰۸/۳^{cdefgh}	۲/۷۴۸^{abc}
داراب۲ × بدون زوال × اسید جیبرلیک ۱۰۰ppm	۹۷/۳۳^{ab}	۹۴^{abcd}	۸۳/۶۴^{bcde}	۶۸۹/۲^{abcdef}	۲/۸۵۱^{a}
داراب۲ × زوال ۲۴ ساعت × بدون غلظت‌های هورمون (شاهد زوال ۲۴ ساعت)	۷۲/۶۷^{gh}	۵۸/۳۳^{no}	۴۴/۸۲^{lm}	۴۰۳/۱^{jkl}	۱/۸۸۳^{hijk}
داراب۲ × زوال ۲۴ ساعت × اسید سالیسیلیک ۲۵ ppm	۸۸/۶۷^{bcd}	۷۹/۶۷^{hijkl}	۶۲/۹۳^{hi}	۵۳۲/۳^{ghij}	۲/۳۶۳^{bcdefg}
داراب۲ × زوال ۲۴ ساعت × اسید سالیسیلیک۵۰ ppm	۹۱/۳۳^{abc}	۷۸/۳۳^{jkl}	۵۴/۹۶^{ijk}	۵۲۹/۷^{ghij}	۲/۱۹۳^{fghi}
داراب۲ × زوال ۲۴ ساعت × اسید سالیسیلیک ۱۰۰ppm	۸۷/۳۳^{cde}	۷۵^{kl}	۵۴/۲۹^{jk}	۳۲۳/۲^{klm}	۲/۴۴۳^{abcdefg}
داراب۲ × زوال ۲۴ ساعت × اسید جیبرلیک ۲۵ ppm	۹۴^{abc}	۸۵/۶۷^{fghi}	۶۵/۳۴^{gh}	۶۵۳/۷^{bcdefg}	۲/۶۹۴^{abcde}
داراب۲ × زوال ۲۴ ساعت × اسید جیبرلیک ۵۰ ppm	۹۱/۳۳^{abc}	۷۹^{ijkl}	۵۵/۹۹^{ijk}	۵۲۸/۴^{ghij}	۲/۴۹۷^{abcdefg}
داراب۲ × زوال ۲۴ ساعت × اسید جیبرلیک ۱۰۰ ppm	۹۱/۳۳^{abc}	۸۶^{fgh}	۷۲/۶۸^{fg}	۶۰۱/۳d^{efgh}	۲/۴۳۵^{abcdefg}
داراب۲ × زوال ۴۸ ساعت × بدون غلظت‌های هورمون (شاهد زوال ۴۸ ساعت)	۴۲^{l}	۲۳/۶۷^{u}	۲۴/۶۶^{p}	۸۹/۶۳^{p}	۱/۱۴۹^{n}
داراب۲ × زوال ۴۸ ساعت × اسید سالیسیلیک ۲۵ ppm	۵۵/۳۳^{jk}	۳۹^{rs}	۳۴/۲۷^{o}	۱۸۲/۸^{nop}	۱/۶۶۱^{kl}
داراب۲ × زوال ۴۸ ساعت × اسید سالیسیلیک ۵۰ ppm	۹۳/۳۳^{abc}	۸۲^{ghij}	۵۸/۶۴^{hij}	۵۶۶/۷^{fghi}	۲/۷۹۹^{abc}
داراب۲ × زوال ۴۸ ساعت × اسید سالیسیلیک ۱۰۰ ppm	۶۰/۶۷^{ij}	۴۰/۳۳^{rs}	۳۴/۴۲^{o}	۱۵۰/۹^{op}	۱/۸۴۳^{ijkl}
داراب۲ × زوال ۴۸ ساعت × اسید جیبرلیک۲۵ ppm	۸۲^{def}	۶۳/۳۳^{mn}	۴۲/۶۱^{lmno}	۳۴۹/۱^{klm}	۲/۴۸۸^{abcdefg}
داراب۲ × زوال ۴۸ ساعت × اسید جیبرلیک ۵۰ ppm	۷۸/۶۷^{fg}	۵۹/۶۷^{mno}	۴۱/۲۷^{lmno}	۳۱۰/۷^{lm}	۲/۳۰۵^{defgh}
داراب۲ × زوال ۴۸ ساعت × اسید جیبرلیک ۱۰۰ ppm	۶۶^{hi}	۵۰^{pq}	۳۵/۷۴^{no}	۲۵۶/۱^{mno}	۱/۷۶۱^{jkl}
داراب۱۴ × بدون زوال × بدون غلظت‌های هورمون (شاهد)	۹۶^{abc}	۹۳/۶۷^{abcde}	۸۶/۲۷^{bcd}	۶۵۵/۷^{bcdefg}	۲/۶۵۶^{abcdef}
داراب۱۴ × بدون زوال × اسید سالیسیلیک ۲۵ ppm	۹۵/۳۳^{abc}	۹۴/۶۷^{abc}	۹۶/۰۵^{a}	۷۶۲/۱^{ab}	۲/۶۶۹^{abcde}
داراب۱۴ × بدون زوال × اسید سالیسیلیک ۵۰ ppm	۹۷/۳۳^{ab}	۹۵/۳۳^{abc}	۹۱/۶۶^{ab}	۷۴۴/۳^{abc}	۲/۵۶۳^{abcdefg}
داراب۱۴ × بدون زوال × اسید سالیسیلیک۱۰۰ ppm	۹۸^{ab}	۹۶/۳۳^{ab}	۹۲/۵۴^{ab}	۷۹۱/۴^{a}	۲/۶۴۵^{abcdef}
داراب۱۴ × بدون زوال × اسید جیبرلیک ۲۵ ppm	۹۷/۳۳^{ab}	۹۵/۶۷^{abc}	۹۰/۷۲^{ab}	۷۶۷/۶^{ab}	۲/۶۵۹^{abcdef}
داراب۱۴ × بدون زوال × اسید جیبرلیک ۵۰ ppm	۹۴^{abc}	۹۲/۳۳^{abcdef}	۹۱^{ab}	۶۷۵^{abcdef}	۲/۷۳۴^{abcd}
داراب۱۴ × بدون زوال × اسید جیبرلیک ۱۰۰ ppm	۹۸^{ab}	۹۶/۳۳^{ab}	۹۰/۳۹^{abc}	۷۲۰/۶^{abcd}	۲/۸۰۹^{ab}
داراب۱۴ × زوال ۲۴ ساعت × بدون غلظت‌های هورمون (شاهد زوال ۲۴ ساعت)	۸۰^{efg}	۶۶^{m}	۴۹/۸۱^{kl}	۴۴۰/۳^{ijk}	۲/۲۳۷^{efghi}
داراب۱۴ × زوال ۲۴ ساعت × اسید سالیسیلیک۲۵ ppm	۹۱/۳۳^{abc}	۸۶/۶۷^{efg}	۷۷/۰۲^{ef}	۶۶۳/۵^{abcdefg}	۲/۶۲۰^{abcdef}
داراب۱۴ × زوال ۲۴ ساعت × اسید سالیسیلیک۵۰ppm	۹۸/۶۷^{a}	۹۷^{a}	۹۰/۴۰^{abc}	۷۱۳/۶^{abcd}	۲/۵۰۰^{abcdefg}
داراب۱۴ × زوال ۲۴ ساعت × اسید سالیسیلیک ۱۰۰ ppm	۹۰/۶۷^{abc}	۸۱/۶۷^{ghijk}	۶۳/۱۷^{hi}	۵۷۰/۱^{efghi}	۲/۳۲۹^{cdefg}
داراب۱۴ × زوال ۲۴ ساعت × اسید جیبرلیک ۲۵ ppm	۸۸/۶۷^{bcd}	۷۴/۶۷^{l}	۴۹/۹۳^{kl}	۴۹۲/۲^{hij}	۲/۵۳۹^{abcdefg}
داراب۱۴ × زوال ۲۴ ساعت × اسید جیبرلیک ۵۰ ppm	۹۶/۶۷^{abc}	۹۳/۳۳^{abcde}	۸۳/۷۳^{bcde}	۶۱۵/۹^{cdefgh}	۲/۵۴۶^{abcdefg}
داراب۱۴ × زوال ۲۴ ساعت × اسید جیبرلیک ۱۰۰ppm	۹۲/۶۷^{abc}	۸۹/۳۳^{bcdef}	۸۱/۶۰^{cde}	۷۰۱/۳^{abcdef}	۲/۵۰۲^{abcdefg}
داراب۱۴ × زوال ۴۸ ساعت × بدون غلظت‌های هورمون (شاهد زوال ۴۸ ساعت)	۶۳/۳۳^{ij}	۴۴/۳۳^{qr}	۳۸/۸۷^{mno}	۲۴۳/۵^{mno}	۱/۶۰۴^{klm}
داراب۱۴ × زوال ۴۸ ساعت × اسید سالیسیلیک ۲۵ ppm	۶۰^{ij}	۴۷^{q}	۴۴/۰۹^{lmn}	۲۵۵/۶^{mno}	۱/۶۸۳^{kl}
داراب۱۴ × زوال ۴۸ ساعت × اسید سالیسیلیک ۵۰ ppm	۴۲/۶۷^{l}	۳۰^{t}	۳۴/۳۱^{o}	۱۳۷/۳^{op}	۱/۱۹۷^{mn}
داراب۱۴ × زوال ۴۸ ساعت × اسید سالیسیلیک ۱۰۰ ppm	۵۱/۳۳^{k}	۳۵/۳۳st	۳۴/۲۹^{o}	۱۶۳/۳^{nop}	۱/۵۶۷^{klm}
داراب۱۴ × زوال ۴۸ ساعت × اسید جیبرلیک ۲۵ ppm	۸۰^{efg}	۵۶/۳۳^{op}	۳۹/۵۵^{mno}	۴۰۴/۵^{jkl}	۲/۲۴۲^{efghi}
داراب۱۴ × زوال ۴۸ ساعت × اسید جیبرلیک ۵۰ ppm	۴۸/۶۷^{kl}	۳۵/۳۳st	۳۸/۳۰^{mno}	۱۳۶/۵^{op}	۱/۴۴۱^{lmn}
داراب۱۴ × زوال ۴۸ ساعت × اسید جیبرلیک ۱۰۰ ppm	۷۲/۶۷^{gh}	۵۵/۳۳^{op}	۴۰/۴۱^{mno}	۲۸۰/۵^{lmn}	۲/۱۵۴^{ghij}

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهندهٔ نبود اختلاف معنی‌دار براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن است.

شاخص بنیهٔ ۲

نتایج مقایسهٔ میانگین‌های شاخص بنیهٔ ۲ نشان داد که زوال در هر دو سطح موجب کاهش شاخص بنیهٔ ۲ در ارقام شد. رقم داراب۲ کاهش بیشتری نشان داد (جدول۲)، اما پرایم کردن بذور زوال‌یافته با هورمون سبب کاهش اثر منفی زوال شد، به‌طوری که بذور پرایم‌شده در هر دو شرایط (اعمال هورمون قبل از زوال و بعد از زوال) سبب افزایش شاخص بنیهٔ ۲ نسبت به بذور زوال‌یافته شد. این افزایش در آزمایش اعمال هورمون بعد از زوال بذور، برای رقم داراب۲ در سطح زوال ۲۴ ساعت در تمام غلظت‌های اسید سالیسیلیک و غلظت ۲۵ پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک، و تمام غلظت‌های هر دو هورمون برای رقم داراب۱۴ مشاهده شد که با تیمارهای شاهد ارقام اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. در سطح زوال ۴۸ ساعت، بیشترین افزایش شاخص بنیهٔ ۲ در رقم داراب۲ از غلظت۵۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک (۲/۴۹۱)، و برای داراب۱۴، از غلظت۵۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک و غلظت‌های ۲۵ و ۵۰ پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک به‌ترتیب با مقادیر ۲/۵۶۲، ۲/۴۶۵ و ۲/۶۵۱ به‌دست آمد که تیمارهای شاهد ارقام اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۲).

در آزمایش اعمال غلظت‌های هورمون قبل از زوال و در سطح زوال ۲۴ ساعت، افزایش شاخص بنیهٔ ۲ در تمام غلظت‌های اسید جیبرلیک و غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک برای رقم داراب۲، و تمام غلظت‌های هر دو هورمون به‌جز غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک برای رقم داراب۱۴ به‌دست آمد (جدول ۴). در سطح زوال ۴۸ ساعت، بیشترین افزایش شاخص بنیهٔ ۲ در رقم داراب۲، از غلظت۵۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک (۲/۷۹۹) به‌دست آمد. در رقم داراب۱۴، غلظت‌های ۲۵ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک و ۲۵ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک بهتر از سایر تیمارهای هر دو هورمون در سطح زوال ۴۸ ساعت بودند (جدول ۴).

کاهش شاخص بنیهٔ ۱ و ۲ گیاهچه ناشی از کاهش اجزای آن یعنی درصد جوانه‌زنی، طول گیاهچه و وزن خشک است که هر سه در شرایط زوال کاهش یافتند. نتایج به‌دست‌آمده از پرایمینگ هورمونی بذور هویج با جیبرلین و اسید سالیسیلیک نیز نشان داد که این دو هورمون بر درصد سبز شدن، بنیه و طول ریشه و ساقه تأثیر مثبت داشته‌اند (Eisvand *et al*., 2011).

بنابر گزارش Hoseinikhah *et al*. (2013)، اعمال تیمارهای آلفاتوکوفرول و اسید آسکوربیک در بذرهای کنجد زوال‌یافتهٔ داراب۲ و ۱۴ در مدت زوال ۲۴ و ۴۸ ساعت و در دو شرایط پیش‌تیمار و تیمار پس از زوال سبب بهبود درصد جوانه‌زنی، طول گیاهچه و وزن خشک شد که به افزایش شاخص‌های بنیهٔ ۱و ۲ انجامید، به‌طوری که در مدت فرسودگی ۴۸ ساعت و در داراب۲ غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک با شاخص‌های بنیهٔ ۱ و ۲ به‌ترتیب ۶۴۵/۸ و ۲/۴۲۷، و در داراب۱۴ غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک با شاخص‌های بنیهٔ ۱ و ۲ به‌ترتیب با ۴/۴۰۴ و ۵۵۲/۳۱۳ بهترین غلظت‌های استفاده‌شده بودند.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این آزمایش، پیری کنترل‌شده در این ارقام کنجد، به کاهش معنی‌دار صفات جوانه‌زنی در مقایسه با شاهد منجر شد که این کاهش برای رقم داراب۲ بیشتر بود و رقم دارب۱۴ مقاومت بیشتری به زوال از خود نشان داد. از طرف دیگر پرایم کردن بذور ارقام زوال‌یافته با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و جیبرلیک سبب بهبود صفات مورد بررسی در این ارقام شد. غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک یکی از بهترین غلظت‌های استفاده‌شده در این آزمایش بود.

از بین روش‌های اعمال پرایم هورمونی (اعمال هورمون بعد از زوال و قبل از زوال)، با توجه به نتایج درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی، در رقم داراب۲، تمام غلظت‌های اسید جیبرلیک در سطح زوال ۲۴ساعت، و غلظت‌های ۵۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک، ۲۵ و ۵۰ پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک در سطح زوال ۴۸ ساعت در آزمایش تیمارهای هورمون قبل از زوال بهتر بودند، اما در رقم داراب۱۴، در هر دو سطح زوال، صفات بررسی‌شده به‌روش تیمارهای هورمونی بعد از زوال پاسخ بهتری دادند (جدول ۵).

جدول ۵. مقایسهٔ دو آزمایش تیمار هورمون بعد از زوال و تیمار هورمون قبل از زوال بذور برای درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور ارقام کنجد

تیمارهای آزمایشی	تیمار هورمون بعد از زوال بذور		تیمار هورمون قبل از زوال بذور	
	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی
داراب۲ × زوال ۲۴ ساعت × اسید سالیسیلیک ۲۵ ppm	۸۷/۳۳^{d}	۵۶/۲۲^{hijklm}	۸۸/۶۷^{bcd}	۶۲/۹۳^{hi}
داراب۲ × زوال ۲۴ ساعت × اسید سالیسیلیک ۵۰ ppm	۹۱/۳۳^{abcd}	۶۷/۶۰^{defgh}	۹۱/۳۳^{abc}	۵۴/۹۶^{ijk}
داراب۲ × زوال ۲۴ ساعت × اسید سالیسیلیک ۱۰۰ppm	۸۷/۶۷^{d}	۷۰/۷۰^{cdefgh}	۸۷/۳۳^{cde}	۵۴/۲۹^{jk}
داراب۲ × زوال ۲۴ ساعت × اسید جیبرلیک ۲۵ ppm	۸۸^{cd}	۵۷/۹۰^{hijkl}	۹۴^{abc}	۶۵/۳۴^{gh}
داراب۲ × زوال ۲۴ ساعت × اسید جیبرلیک ۵۰ ppm	۷۹/۳۳^{ef}	۵۵/۸۲^{hijklmn}	۹۱/۳۳^{abc}	۵۵/۹۹^{ijk}
داراب۲ × زوال ۲۴ ساعت × اسید جیبرلیک ۱۰۰ ppm	۷۲/۶۷^{fg}	۵۵/۴۸^{hijklmn}	۹۱/۳۳^{abc}	۷۲/۶۸^{fg}
داراب۲ × زوال ۴۸ ساعت × اسید سالیسیلیک ۲۵ ppm	۷۰/۶۷^{gh}	۳۰/۶۵^{opq}	۵۵/۳۳^{jk}	۳۴/۲۷^{o}
داراب۲ × زوال ۴۸ ساعت × اسید سالیسیلیک ۵۰ ppm	۸۹^{bcd}	۴۵/۸۸^{jklmno}	۹۳/۳۳^{abc}	۵۸/۶۴^{hij}
داراب۲ × زوال ۴۸ ساعت × اسید سالیسیلیک ۱۰۰ ppm	۶۴/۶۷^{hi}	۲۷/۹۲^{pq}	۶۰/۶۷^{ij}	۳۴/۴۲^{o}
داراب۲ × زوال ۴۸ ساعت × اسید جیبرلیک ۲۵ ppm	۵۹/۳۳^{ij}	۴۰/۶۴^{mnopq}	۸۲^{def}	۴۲/۶۱^{lmno}
داراب۲ × زوال ۴۸ ساعت × اسید جیبرلیک ۵۰ ppm	۵۶/۶۷^{j}	۲۹/۸۳^{opq}	۷۸/۶۷^{fg}	۴۱/۲۷^{lmno}
داراب۲ × زوال ۴۸ ساعت × اسید جیبرلیک ۱۰۰ ppm	۷۹/۳۳^{ef}	۴۵/۶۸^{jklmno}	۶۶^{hi}	۳۵/۷۴^{no}
داراب۱۴ × زوال ۲۴ ساعت × اسید سالیسیلیک ۲۵ ppm	۹۴^{abcd}	۶۰/۴۸^{ghijk}	۹۱/۳۳^{abc}	۷۷/۰۲^{ef}
داراب۱۴ × زوال ۲۴ ساعت × اسید سالیسیلیک ۵۰ppm	۹۷/۳۳^{a}	۸۸/۵۹^{ab}	۹۸/۶۷^{a}	۹۰/۴۰^{abc}
داراب۱۴ × زوال ۲۴ ساعت × اسید سالیسیلیک ۱۰۰ ppm	۹۲/۶۷^{abcd}	۶۷/۵۳^{defgh}	۹۰/۶۷^{abc}	۶۳/۱۷^{hi}
داراب۱۴ × زوال ۲۴ ساعت × اسید جیبرلیک ۲۵ ppm	۹۷/۳۳^{a}	۷۶/۵۳^{bcdefg}	۸۸/۶۷^{bcd}	۴۹/۹۳^{kl}
داراب۱۴ × زوال ۲۴ ساعت × اسید جیبرلیک ۵۰ ppm	۹۴/۶۷^{abcd}	۹۴/۹۶^{a}	۹۶/۶۷^{abc}	۸۳/۷۳^{bcde}
داراب۱۴ × زوال ۲۴ ساعت × اسید جیبرلیک ۱۰۰ppm	۹۴/۶۷^{abcd}	۹۰/۳۶^{ab}	۹۲/۶۷^{abc}	۸۱/۶۰^{cde}
داراب۱۴ × زوال ۴۸ ساعت × اسید سالیسیلیک ۲۵ ppm	۷۴/۶۷^{efg}	۴۲/۲۰^{lmnop}	۶۰^{ij}	۴۴/۰۹^{lmn}
داراب۱۴ × زوال ۴۸ ساعت × اسید سالیسیلیک ۵۰ ppm	۹۴^{abcd}	۷۰/۵۹^{cdefgh}	۴۲/۶۷^{l}	۳۴/۳۱^{o}
داراب۱۴ × زوال ۴۸ ساعت × اسید سالیسیلیک ۱۰۰ ppm	۹۳/۳۳a^{bcd}	۶۲/۵۴^{fghij}	۵۱/۳۳^{k}	۳۴/۲۹^{o}
داراب۱۴ × زوال ۴۸ ساعت × اسید جیبرلیک ۲۵ ppm	۹۴/۶۷^{abcd}	۶۲/۱۳^{fghij}	۸۰^{efg}	۳۹/۵۵^{mno}
داراب۱۴ × زوال ۴۸ ساعت × اسید جیبرلیک ۵۰ ppm	۸۹^{bcd}	۶۱/۱۹^{ghijk}	۴۸/۶۷^{kl}	۳۸/۳۰^{mno}
داراب۱۴ × زوال ۴۸ ساعت × اسید جیبرلیک ۱۰۰ ppm	۸۹/۳۳^{bcd}	۶۳/۱۵^{fghi}	۷۲/۶۷^{gh}	۴۰/۴۱^{mno}

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهندهٔ نبود اختلاف معنی‌دار براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن است.

REFERENCES

1. Ajouri, A., Asgedum, H. & Becker, M. (2004). Seed priming enhances germination and seedling growth of barley under conditions of P and Zn deficiency. *J. Plant Nutr. Soil Science*, 167, 630-636.
2. Arteca, N. R. (1995). *Plant growth substances: principles and applications*. Springer, 352P.
3. Ashraf, M. & Foolad, M. R. (2005). Presowing seed treatment, a shot gun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. *Advances in Agronomy*, 88, 223-271.
4. Bailly, C., Benamar, A., Corbineau, F. & Come, D. (2000). Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming. *Seed Science Research*, 10, 35-42.
5. Bailly, C., Benemar. A., Corbineau, F. & Come, D. (1998). Free radical scavenging as affected by accelerated ageing and subsequent priming in sunflower seeds. *Physiology Planta*, 104, 646-652.
6. Basra, S. M. A., Farooq, M. & Tabassum, R. (2005). Physiological and biochemical aspects of seed vigor enhancement treatments in fine rice (*Oryza sativa* L.). *Seed Science Technology*, 33, 623-628.
7. Best, B. (2007). *Mechanism of aging*.www.benbest.com/lifeext/aging.html.
8. Carpenter, W.J. & Boucher, J. F. (1991). Priming improves high-temperature germination of pansy seed. *Horticulture Science*, 26, 541-544.
9. Dahal, P., Bradford, K. J. & Jones, R. A. (1990). Effects of priming and endosperm integrity on seed germination rates of tomato genotypes. *Journal Experiment Botanic*, 41 (232), 1441-1453.
10. Dat, J. F., Foyer, C. H., & Scott, I. M. (1998). Changes in salicylic acid and antioxidants duringinduced thermotolerance in mustard seedlings. *Journal of Plant Physiology*, 118, 1455-1461.
11. Eisvand, H. R., Shahrosvand, S., Zahedi, B., Heidari, S. & Afroughe, Sh. (2011). Effects of hydropriming and hormonal priming by gibberellin and salicylic acid onseed and seedling quality of carrot (*Daucus carota* var. sativus). *Iranian Journal of Plant Physiology*, 1, 233-239.

12. Eisvand, H. R., Tavakkol-Afshari, R., Sharifzadeh, F., Maddah Arefi, H. & Hesamzadeh Hejazi, S. M. (2010). Effects of hormonal priming and drought stress on activity and isozyme profiles of antioxidant enzymes in deteriorated seed of tall wheatgrass (*Agropyron elongatum* Host). *Journal Seed Science and Technology*, 38, 280-297.
13. Farooq, M., Aziz, T., Basra, S. M. A., Cheema, M. A. & Rehman, H. (2008b). Chilling tolerance in hybrid maize induced by seed priming with salicylic acid. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 194, 161-168.
14. Giri, G. S. & Schilinger, W. F. (2003). Seed priming winter wheat for germination, emergence and yield. *Crop Science*, 43, 2135-2141.
15. Goel, A. & Sheoran, I. S. (2003). Lipid peroxidation and peroxide scavenging enzymes in cotton seeds under natural aging. *Biologia Plantarum*, 46(3), 429- 434.
16. Hampton, J. G. & Tekrony, D. M. (1995). *Handbook of Vigor testing Method*. (3rd Edition). Translated by M, Dehghan Shoar, A., Hamidi and S. Mobasser. 117-130. (In Farsi).
17. Hoseinikhah, F. S., Parsa, S., Tavakkol Afshari, R. & Esmaeili, A. (2013). Effect of ascorbic acid (Vitamin C) and alpha-tocopherol (Vitamin E) on seed deterioration process of two sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars.*Seed and Plant Production Journal*, 2, 83-100.
18. International rules for seed testing. (2010). International seed testing association, Zurich, Switzerland.
19. Kochhar, S. P. (2002). Sesame, rice-bran and flaxseed oils. P. 297-326. In: F.D. Gunstone (ed) Vegetable oils in food technology: *Composition, properties and uses*. Blackwekk Publishing Ltd.
20. Krishnan, P., Nagarajan, S. & Moharir, A.V. (2004). Thermodynamic characterization of seed deterioration during storage under accelerate aging conditions. *Biosystems Engineering*, 89, 425-433.
21. Langham, D.R. & Wiemers, T. (2002). Progress in mechanizing sesame in the US through breeding. In: J.Janick, and A. Whipkey (ed) Trends in new crops and new uses. ASHS Press. P. 157-173.
22. Larson, R. A. (1997). Naturally Occurring Antioxidants. Lewis Publ., Boca Raton.
23. Lehner, A., Mamadou, N., Poels, P., Come, D., Bailly, C. & Corbineau, F. (2008). Change in soluble carbohydrates, lipid peroxidation and antioxidant enzyme activityes in the embryo during aging in wheat grains. *Journal of Cereal Science*, 47(3), 555-565.
24. Matthews, S. (1980). Controlled deterioration: a new vigor test crop seeds. In: *Seed Production*, P.D. Hebblethwaite (ed) Butterworths, London, pp. 647-660.
25. Mcdonald, M. B. (1999). Seed deterioration physiology, repair, and assessment. *Seed Science and Technology*, 27, 177-237.
26. Pill, W. C., Evans, T. A. & Krishnan, P. (1994). Priming improves germination and emergence of combine-harvested Ameranthus cruentus L. seeds. *Hort. Sci*, 29(6), 655-658.
27. Siadat, A., Moosavi, S. A., Sharafi Zadeh, M., Fotouhi, F. & Zirezadeh, M. (2011). Effects of halo and phytohormone seed priming ongermination and seedling growth of maize underdifferent duration of accelerated ageing treatment. *African Journal of Agricultural Research*, 6, 6453-6462.
28. Singh, B., Usha, K. (2003). Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress.*Kluwer Academic Publishers*. Netherlands. 39, 137-141.
29. Smith, M. T. & P. Berjak. (1995). Deteriorative changes associated with the loss of viability of stored desiccation tolerance and desiccation sensitive seeds. Pp, 701-746. In: Kigel, J. and G. Galili. (eds). Seed development and germination. Marcel Dekker. New York.
30. Tasing, E., Atic, O. & Nalbantoglu, B. (2003). Effect of salicylic acid on freezing tolerance in winter wheat leafs. *Plant Growth Regulation*, 41, 231-236.
31. Tavakol Afshari, R., Rashidi, S. & Alizadeh, H. (2009). Effects of seed aging on germination characteristics and on catalase and peroxidase activities in two canola cultivars (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal Field CropScience*, 40 (2), 125-133.
32. Van Pijlen, J. C., Kraak, H. L. R., Bino, J. & De Vose, C. H. R. (1995). Effects of ageing and osmopriming on germination characteristics and choromosome aberrations of tomato (*Lycopersicum esculantum* Mill.) seeds. *Seed Science Technology*, 29, 823-830.
33. Walker-Simmons, M. K. & Sesing, J. (1990). Temperature effects on embryonic abscisic acid levels during development of wheat grain dormancy. *Journal of Plant Growth Regulation*, 9, 51-56.