مقاله پژوهشی

تأثیر پتانسیل آب بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر شش رقم کنجد (*Sesamum indicum*) در دماهای مختلف و رابطه آن با ترکیب اسیدهای چرب

ویدا سلطانی خانکهدانی[۱]، حمید رضا بلوچی[۱*]، علی مرادی[۱] و مجید غلامحسینی[۲]

[۱]گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، [۲]عضو هیئت علمی مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۱۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۹/۱۸)

چکیده

اطلاع از دمای بهینه و پتانسیل پایه برای هر بذر، اهمیت به‌سزایی در جوانه‌زنی بهتر، افزایش سبزشدن یکنواخت و شانس استقرار گیاه دارد. به‌منظور بررسی تأثیر پتانسیل آب بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر شش رقم کنجد (*Sesamum indicum*) در دماهای مختلف و رابطه آن با ترکیب اسیدهای چرب، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه یاسوج در سال ۱۳۹۷ به اجرا در آمد. فاکتور اول شش رقم کنجد با نام‌های هلیل، داراب ۱، دشتستان ۲، اولتان، یلووایت و ناز تک شاخه و فاکتور دوم شامل هفت سطح پتانسیل آب (صفر، ۰/۲-، ۰/۴-، ۰/۶-، ۰/۸-، ۱- و ۱/۲- مگاپاسکال) بود که در هشت سطح دمایی (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سلسیوس) مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که ارقام مختلف کنجد واکنش متفاوتی نسبت به شرایط محیطی نشان می‌دهند. با کاهش پتانسیل آب، شاخص‌های جوانه‌زنی بذر روند کاهشی نشان داد. بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی (۵۷/۳ درصد، ۰/۳۳ بذر در ساعت) در دمای بهینه ۲۵ درجه سلسیوس مشاهده شد. رقم دشتستان ۲ و رقم یلووایت به ترتیب بیشترین (۶۵ درصد) و کمترین (۵۳ درصد) میزان روغن را دارا بودند. اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک بیشترین میزان اسیدهای چرب اشباع نشده بذر هر شش رقم کنجد را تشکیل دادند و رابطه بین سرعت جوانه‌زنی و اسیدهای‌چرب غیراشباع نشان داد که این رابطه برای اسید اولئیک و لینولئیک تا یک غلظت مشخص (حدوداً ۴۳ درصد) موجب افزایش سرعت جوانه‌زنی شده است. با توجه به نتایج حاصله، می‌توان رقم هلیل را برای کشت در مناطق گرم تر و رقم ناز تک شاخه را برای مناطق خنک‌تر در نظر گرفت. در بین ارقام، رقم دشتستان ۲ بهترین جوانه‌زنی را در شرایط تنش داشت که نسبت به سایر ارقام گزینه مناسب‌تری برای کشت در مناطق گرم و خشک است.

واژه‌های کلیدی: شاخص بنیه بذر، درصد روغن، درصد جوانه‌زنی، قابلیت حیات

مقدمه

کنجد (*Sesamum indicum* L.) گیاهی یک‌ساله و علفی از خانواده Pedaliaceae است و خاص مناطق خشک و نیمه خشک است و به نور فراوان احتیاج دارد، اما گاهی در مناطق معتدل نیز کشت می‌شود (Uzun *et al.*, 2008). در سال ۲۰۱۶، سطح زیرکشت و مقدار تولید کنجد در ایران به‌ترتیب ۶۲۳۴۶ هکتار و ۵۶۱۷۶ تن برآورد شده است (FAO, 2016). این گیاه از قدیمی‌ترین گیاهان روغنی دنیا است که برای مصارف روغنی و آجیلی استفاده می‌شود. همچنین تفاله آن برای تغذیه دام کاربرد دارد. معمولاً روغن این گیاه بین ۴۱ تا ۶۳ درصد

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: balouchi@yu.ac.ir

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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.4.6]

(Uzun *et al*., 2008) و بیشترین میزان اسیدهای چرب در روغن کنجد شامل اسید اولئیک و لینولئیک است. نوع اسیدهای چرب از ویژگی مهم روغن‌ها است. محتوای روغنی بذرها اطلاعات ارزشمندی در رابطه با عملکرد، کیفیت و تغذیه گیاهان روغنی در اختیار ما قرار می‌دهد. محتوای اسیدهای چرب لینولئیک، لینولنیک و اولئیک روی ویژگی اکسیداتیو روغن‌ها مؤثر هستند و هرچه میزان اکسیدشدن اسیدهای چرب در بذرهای روغنی بیشتر باشد، میزان بنیه بذر کم می‌شود و درصد جوانه‌زنی بذرها کاهش می‌یابد (رضوانی مقدم و سیدی، ۱۳۹۵). رضوانی‌مقدم و سیدی (۱۳۹۵) با بررسی ویژگی‌های جوانه‌زنی ۱۵ رقم کنجد بیان نمود که بنیه بذر کنجد به‌شدت وابسته به ترکیب اسیدهای چرب غیراشباع تشکیل‌دهنده روغن است. دربین ارقام مورد مطالعه رقم دشتستان ۲ و ۵ بیشترین و رقم یلوایت و مشهد کمترین سرعت جوانه‌زنی و سبزشدن را داشتند.

جوانه‌زنی بذر از رخدادهای مهم در کشت محصولات است و با خروج ریشه‌چه اولین مرحله نموی بذر در گیاه را رقم می‌زند. اطلاع از دمای بهینه و پتانسیل پایه برای هر بذر، اهمیت به‌سزایی در جوانه‌زنی بهتر، افزایش سبزشدن یکنواخت و شانس استقرار گیاه دارد. عوامل مختلف وراثتی و محیطی این مرحله را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Almasouri *et al*., 2001). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بذر می‌تواند نتیجه عوامل ژنتیکی و محیطی باشد و نقش ذخایر پروتئینی و روغنی بر روند جوانه‌زنی و شروع رشد گیاه اهمیت زیادی دارد (Snider *et al*., 2014). تنش‌های محیطی به‌ویژه تنش خشکی از مهم‌ترین عوامل اختلال در مراحل مختلف رشدونمو گیاهی به‌خصوص جوانه‌زنی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران است (Ali *et al*., 2017). تنش خشکی باعث کاهش کیفیت بذر و تولید بذرهای کوچک و متوسط می‌شود؛ همچنین منجر به کاهش قابلیت دسترسی به آب شده و درنتیجه تأثیر نامطلوبی بر درصد و سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه دارد (Alqudah *et al*., 2010). تحت تنش خشکی فعالیت‌های آنزیمی گیاهان کاهش می‌یابد و درنهایت منجر به کاهش عملکرد و کیفیت محصولات زراعی می‌شود (Fahad *et al*., 2017). همچنین تنش خشکی ممکن است تغییراتی در محتوا و ترکیبات روغن در گیاهان ایجاد کند به‌عنوان مثال کاهش مقدار روغن در شرایط کمبود آب در بذر سویا (*Glycine max*) مشاهده شده است (Bagheri *et al*., 2011).

توانایی جوانه‌زنی بذرها در دماها و پتانسیل‌های آبی مختلف به ترکیبات بذر وابسته است. دما عامل محدودکننده متابولیسم گیاه (در سطح سلولی) و رشدونمو آن (در سطح بافت یا اندام) است به‌طوری‌که آغاز، اتمام و میزان متابولیسم گیاه تحت تأثیر دما قرار می‌گیرد. حداکثر درصد جوانه‌زنی در گیاهان، در دامنه خاصی از دماها رخ می‌دهد و با تغییرات آن (پایین‌آمدن و بالارفتن این دامنه دمایی)، جوانه‌زنی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Alvarado and Bradford, 2002). قادری‌فر و سلطانی (۱۳۹۴) با بررسی ۹ ژنوتیپ کنجد نشان داد که میانگین دماهای کمینه (پایه)، بهینه (مطلوب) و بیشینه (سقف) در ژن نمونه‌های مورد ارزیابی به‌ترتیب ۱۲/۸، ۹۸/۵ و ۱۳/۹ درجه سلسیوس بود.

محققان با بررسی پاسخ‌های جوانه‌زنی گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus*) به دما و پتانسیل آبی تحت تأثیر محتوای روغنی دانه نتیجه گرفتند که دمای پایه با محتوای اسید لینولئیک رابطه معکوس دارد و ژنوتیپ‌ها با درصد بالای اسید لینولئیک در دمای پایین زودتر جوانه می‌زنند درحالی‌که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌هایی که در دمای بالای ۱۵ درجه سلسیوس جوانه زدند مشاهده نشد. ژنوتیپ با اسید استئاریک و اولئیک بیشتر نسبت به ژنوتیپ با درصد اسید استئاریک و لینولئیک بیشتر، نیاز دمایی پایین‌تری برای جوانه‌زنی نشان داد (Belo *et al*., 2014).

تیموری و همکاران (۱۳۹۷) با مطالعه روی بذر گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) دریافتند که با کاهش پتانسیل اسمزی آب شاخص‌های جوانه‌زنی (درصد و سرعت جوانه‌زنی و بنیه گیاه‌چه) روند کاهشی داشتند. استادیان بیدگلی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی روی شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) رقم صفه نشان دادند

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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.4.6]

که جوانه‌زنی با خارج‌شدن از محدوده دمای مطلوب صفات رشدی شامل سرعت و درصد جوانه‌زنی، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و درنهایت بنیه گیاهچه کاهش یافته است.

از آنجا که غلظت اسیدهای چرب دانه در ارقام مختلف کنجد متفاوت است و این مسئله تحت تأثیر عوامل محیطی نیز تغییر می‌کند، درنتیجه بررسی این عوامل بر جوانه‌زنی و سبز شدن بذر ارقام کنجد رایج کشت‌شده در ایران جهت ایجاد تراکم مناسب در زمان کاشت و عملکرد نهایی ضرروت دارد. همچنین یکی از مشکلات زراعت کنجد در مناطق خشک و نیمه‌خشک سبزشدن و استقرار ضعیف گیاه در خاک است. هدف از این تحقیق ارزیابی ذخیره محتوای روغن دانه در ژنوتیپ‌های متفاوت بذر کنجد و جوانه‌زنی تحت دماها و پتانسیل‌های آب متفاوت و ارتباط آن با ترکیب اسیدهای چرب بذر است.

مواد و روش‌ها

معرفی گونه مورد آزمایش: جهت انجام این پژوهش شش رقم بذر گیاه کنجد (*Sesamum indicum* L.) به نام‌های هلیل، داراب ۱، دشتستان ۲، اولتان، یلووایت و ناز تک شاخه از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج تهیه شد که مشخصات بذرها در جدول ۱ و ویژگی‌های اولیه نمونه بذری در جدول ۲ نشان داده شده است.

بررسی شاخص‌های جوانه‌زنی بذر شش رقم کنجد در واکنش به دما و پتانسیل آب: این آزمایش در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج در سال ۱۳۹۷ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار ۲۵ بذری برای هر دما (به‌عنوان محیط) اجرا شد. عامل اول شش رقم کنجد با نام‌های هلیل، داراب ۱، دشتستان ۲، اولتان، یلووایت و ناز تک شاخه و عامل دوم شامل هفت سطح پتانسیل آب (صفر، ۰/۲-، ۰/۴-، ۰/۶-، ۰/۸-، ۱- و ۱/۲- مگاپاسکال) بود که در هشت سطح دمایی (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ سلسیوس) مورد آزمایش قرار گرفت. بذرها با قرارگرفتن در محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد به‌مدت ۶۰ ثانیه ضدعفونی و به پتری‌هایی با قطر ۹ سانتی‌متر که کف آن‌ها با کاغذ صافی پوشانده شده بود منتقل شدند. به هر یک از پتری‌ها ۱۰ میلی‌لیتر محلول پلی‌اتیلن گلایکول اضافه شد و برای سطح صفر مگاپاسکال ۱۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر اضافه گردید.

پتانسیل‌های آبی مختلف از طریق فرمول Michel و Kaufmann (۱۹۷۳) و با استفاده از پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ (مرک، آلمان) تهیه شد:

$$\psi = (1.18\times10^{-2})\,C - (1.18\times10^{-4})\,C^2 + (2.67\times10^{-4})\,CT + (8.39\times10^{-7})\,C^2T$$

در این معادله ψ_S پتانسیل اسمزی براساس واحد مگاپاسکال، T دمای محیط‌کشت برحسب درجه سلسیوس و C غلظت پلی‌اتیلن گلایکول برحسب گرم بر لیتر آب است.

تمام آزمایش‌های جوانه‌زنی در شرایط ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی با استفاده از ژرمیناتور (مدل SG_{600} ساخت شرکت نور صنعت فردوس، ایران) با نوسان ۱± درجه سلسیوس انجام شد. شمارش بذرهای جوانه‌زده هر ۸ ساعت یک بار انجام شد و هنگام شمارش بذرهایی که ریشه‌چه آن‌ها دو میلی‌متر یا بیشتر رشد کرده بودند جوانه‌زده محسوب شدند. طول ریشه‌چه و ساقه‌چه با انتخاب تصادفی ده گیاهچه از هر پتری با خط‌کش مدرج میلی‌متری و وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه بعد از خشک‌کردن آن‌ها در دمای ۷۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۴۸ ساعت در دستگاه آون با ترازوی حساس با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد.

مؤلفه‌های جوانه‌زنی با استفاده از معادلات ۱-۳ محاسبه گردید:

$$GP = (n/N)\times100 \qquad \text{معادله (۱)}$$

که در آن GP: درصد جوانه‌زنی، n: تعداد بذرهای جوانه‌زده، N: تعداد کل بذرهای زنده است.

$$WI = (GP\times WDS)/100 \qquad \text{معادله (۲)}$$

که در آن WI: شاخص وزنی بنیه، WDS: وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم)، GP درصد جوانه‌زنی می‌باشد.

$$GR=\sum \frac{n}{t} \qquad \text{معادله (۳)}$$

که در آن GR: سرعت جوانه‌زنی، ni: تعداد بذر جوانه‌زده

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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.4.6]

جدول ۱- ویژگی‌های ارقام کنجد مورد مطالعه

ارقام	اولتان	داراب ۱	دشتستان ۲	ناز تک شاخه	یلووایت	هلیل
سال معرفی	۱۳۷۸	۱۳۸۸	۱۳۸۵	۱۳۸۰	۱۳۸۵	۱۳۹۲
مبدأ	توده محلی مغان	توده محلی داراب	توده محلی دشتستان	توده محلی مازندران	کشور چین	توده محلی منطقه جیرفت و کهنوج
شاخه‌بندی	چند شاخه	چند شاخه	چند شاخه	تک شاخه	چند شاخه	چند شاخه
رنگ دانه	قهوه‌ای تیره	قهوه‌ای روشن	قهوه‌ای روشن	کرم	کرم روشن	قهوه‌ای
محل تولید بذر مادری	استان گلستان و اردبیل	استان فارس	استان هرمزگان	استان مازندران	استان خوزستان	جنوب استان کرمان
سال تولید	۱۳۹۷-۱۳۹۶	۱۳۹۷-۱۳۹۶	۱۳۹۷-۱۳۹۶	۱۳۹۷-۱۳۹۶	۱۳۹۷-۱۳۹۶	۱۳۹۷-۱۳۹۶

جدول ۲- ویژگی‌های اولیه نمونه بذرهای کنجد مورد آزمایش

نام رقم‌ها	قوه‌نامیه اولیه (درصد)	وزن هزار دانه (گرم)	محتوای رطوبت بذر (درصد)	محتوای روغن (درصد)
هلیل	۹۹	۳/۸	۶/۰۶۸	۵۸/۲۵۴
داراب ۱	۹۸	۳/۱۲	۵/۱۴۹	۵۴/۷۷۵
دشتستان ۲	۹۹	۳/۴۴	۵/۳۶۹	۶۵/۰۵
اولتان	۹۸	۳/۲۵	۴/۸۶۸	۵۷/۵۴
یلووایت	۹۹	۲/۹۱	۵/۸۴۷	۵۲/۶۶
ناز تک شاخه	۹۹	۲/۸۵	۵/۱۵۹	۵۴/۰۹

در هر روز، ti زمان جوانه‌زنی است.

تعیین قابلیت حیات و قدرت بازسازی بذرها پس از دوره تنش خشکی: بذرهایی که از کشت اول در پتانسیل‌های آبی مختلف جوانه نزدند بعد از یک بار آبشویی با آب‌مقطر به پتری‌هایی با قطر ۹ سانتی‌متر با دو لایه کاغذ صافی منتقل گردید. به هر یک از پتری‌ها ۱۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر اضافه شد و پتری‌ها در دمایی که قبلاً در آن دما بذرها تحت تنش قرار گرفته بودند منتقل و سپس با توجه به معادله ۱ درصد جوانه‌زنی آن‌ها محاسبه شد.

به‌منظور تعیین قابلیت حیات بذرها، بذرهای جوانه‌نزده در مرحله قبل به‌مدت ۳ ساعت در محلول یک درصد تترازولیوم در دمای ۳۰ درجه سلسیوس در تاریکی درون دستگاه ژرمیناتور قرار گرفت و در پایان قابلیت حیات آن‌ها مشخص شد (Jesus *et al.*, 2016).

روغن گیری بذرها و اندازه‌گیری اسیدهای چرب: به‌منظور اندازه‌گیری میزان روغن ارقام کنجد ۵ گرم بذر از هر رقم آسیاب شد و پودر حاصل به درون کاغذ صافی ریخته و سپس به دستگاه سوکسله منتقل شد. با اضافه‌کردن ۱۵۰ میلی‌لیتر از حلال پترولیوم بنزن به بالن‌های دستگاه و روشن کردن آن فرایند استخراج روغن به‌مدت ۸ ساعت انجام شد سپس حلال را از روغن جدا کرده و پودر حاصل که روغن آن خارج شده بود در دمای ۶۰ درجه سلسیوس در آون قرار گرفت. با اندازه‌گیری تفاضل وزن اولیه و ثانویه پس از خروج نمونه‌ها پس از دو ساعت از دستگاه آون میزان روغن هر رقم مشخص شد (دینی ترکمانی و کاراپتیان، ۱۳۸۶). سپس به‌منظور بررسی محتوای اسید چرب بذر رقم‌های کنجد،

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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.4.6]

بذرهای هر نمونه پس از استخراج روغن آن و برای تجزیه تمام ترکیبات اسیدهای چرب با استفاده از کروماتوگرافی گازی Unicam مدل ۴۶۰۰ ساخت انگلستان با شرایط، آشکارساز FID، گاز هلیوم، ستون BPX70 موئین و طول ۳۰ متر، ID یا قطر خارجی ۰/۲۵ میلی‌متر و قطر ماده پرکننده ۰/۲۲ میکرومتر، دمای مکان تزریق ۲۵۰ درجه سلسیوس و دمای آشکارساز ۳۰۰ درجه سلسیوس و دمای ستون در ابتدا ۱۶۰ درجه سلسیوس برای ۵ دقیقه بوده و بعد با سرعت ۲۰ درجه سلسیوس بر دقیقه به دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس برای مدت ۹ دقیقه رسیده سپس با سرعت ۲۰ درجه سلسیوس بر دقیقه به دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس رسیده که برای مدت ۴۰ دقیقه تا پایان زمان تزریق باقی می‌ماند، استفاده شد. جهت آماده‌سازی نمونه‌ها از روش پیشنهادی متکالف (Metcalf *et al*., 1966) و از دستگاه بن‌ماری اولتراسونیک Transsonic مدل TP690/H ساخت آلمان جهت تسریع استخراج روغن استفاده گردید. روغن حاصل به روش برتری فلورید متانول BF3 استری گردید و از هگزان جهت استخراج اسیدهای چرب مشتق شده و محلول اشباع نمک جهت رسوب مولکول‌های گلیسرول استفاده شد. پس از دو فازشدن مخلوط، از فاز روئی ۰/۲ میکرولیتر با استفاده از سرنگ هامیلتون به دستگاه تزریق گردید. کروماتوگرام حاصل از تزریق نمونه توسط رایانه متصل به GC ترسیم گردید و براساس زمان بازدارندگی و مقایسه با نمونه استاندارد محاسبه و سطح زیر منحنی، نوع اسیدهای چرب و مقادیر آنها تعیین گردید.

برای تجزیه و تحلیل شاخص‌های جوانه‌زنی شش رقم کنجد در واکنش به دما و پتانسیل آب و ارزیابی ارتباط جوانه‌زنی با اسیدهای چرب هر شش رقم آزمون بارتلت انجام شد و با توجه به معنی‌دارشدن کای‌اسکوار برای واریانس خطای کلیه صفات، تجزیه واریانس جداگانه در هر سطح دمایی به‌صورت آزمایش فاکتوریل انجام شد به‌طوری‌که در هر سطح دمایی دو عامل پتانسیل آب و رقم مورد بررسی قرار گرفت. بجز شاخص درصد جوانه‌زنی که برای تبدیل داده‌های آن از تبدیل زاویه‌ای $\mathbf{Arc\ sin}\sqrt{\frac{GP}{100}}$ استفاده شد برای محاسبه میانگین مربعات داده‌های حاصل از جوانه‌زنی جذر داده‌های مربوط به این شاخص‌ها مورد استفاده قرار گرفت. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS 9.1 و مقایسه میانگین اثرات پتانسیل آب و رقم و برهم‌کنش آن‌ها با آزمون LSD در سطح پنج درصد انجام شد. در صورت معنی‌دارشدن اثرات متقابل برشدهی فیزیکی صورت گرفت. برای رسم نمودارهای مدل‌ها از نرم‌افزار Excel 2013 استفاده شد.

نتایج و بحث

میزان روغن و اسیدهای چرب ارقام کنجد و ارتباط آن با جوانه‌زنی: همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است بجز آرشیدیک اسید بین ارقام کنجد از نظر تمامی اسیدهای چرب تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بررسی میزان روغن دانه شش رقم کنجد نشان داد که رقم دشتستان ۲ و رقم یلووایت به ترتیب بیشترین (۶۵ درصد) و کمترین (۵۳ درصد) میزان روغن را داشتند (جدول ۳). اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک بیشترین اسیدهای چرب اشباع‌نشده موجود در بذر هر شش رقم کنجد بودند که بیش از ۷۰ درصد از مقدار کل اسیدهای چرب بذر کنجد را به خود اختصاص دادند. در بین اسید چرب‌های اشباع اسید پالمیتیک بیشترین درصد را به خود اختصاص داد. در عین حال رقم هلیل و ناز کمترین و داراب ۱ و دشتستان ۲ به‌ترتیب بیشترین میزان اسید چرب اشباع و غیراشباع را داشتند (جدول ۳).

جوانه‌زنی بذرها تحت تأثیر عوامل محیطی و ژنتیکی قرار می‌گیرد. محتوای ذخیره‌ای بذر یکی از عواملی است که به‌طور مستقیم بر روند رشد و جوانه‌زنی اولیه بذرها تأثیر دارد. قدرت بذر و استقرار گیاهچه در بذرهای روغنی به‌شدت تحت تأثیر ذخایر بذرها از جمله کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و چربی‌ها قرار دارد. رضوانی‌مقدم و سیدی (۱۳۹۵) نیز بیان کردند بین ارقام کنجد از نظر درصد روغن تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، اما از نظر تمامی اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع تفاوت معنی‌داری بین ارقام مشاهده شد. در پژوهشی روی بذر کلزا اسیدهای چرب اولئیک، لینولئیک و لینولنیک مهم‌ترین

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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.4.6]

جدول ۳- مقایسه میانگین ارقام کنجد براساس درصد اسیدهای چرب، وزن هزار دانه و محتوای روغن دانه

رقم	مقدار روغن (درصد)	اسیدهای چرب اشباع (درصد)					اسیدهای چرب غیراشباع (درصد)					
		اسید پالمیتیک	اسید استاریک	اسید آراشیدیک	مجموع اسیدهای چرب اشباع	اسید اولئیک	اسید لینولئیک	اسید لینولنیک	اسید ایکوزنوئیک	مجموع اسیدهای چرب غیراشباع	سایر اسیدهای چرب
هلیل	۵۸[a]	۹/۱۱[a]	۴/۲۹[a]	۰/۶۰[a]	۱۴/۰۰۶[a]	۴۳/۳۴[a]	۴۰/۲۶[a]	۰/۲۱۵[a]	۰/۰۷۲[a]	۸۳/۸[a]	۲/۱[a]
داراب ۱	۵۴[a]	۸/۹۳[a]	۵/۷۵[a]	۰/۴۲[b]	۱۵/۰۹۶[a]	۴۳/۵۴[a]	۴۰/۹۰[a]	۰/۳۳۷[a]	۰/۰۹۶[a]	۸۴/۸[a]	۰/۰۲۴[a]
دشتستان ۲	۶۵[a]	۹/۵۱[a]	۴/۷۵[a]	۰/۶۰[a]	۱۴/۸۶[a]	۴۵/۳۳[a]	۳۹/۳۴[a]	۰/۲۷۱[a]	۰/۱۱۶[a]	۸۵/۱[a]	۰/۰۷۹[a]
اولتان	۵۷[a]	۸/۹۶[a]	۵/۷۵[a]	۰/۳۷[b]	۱۵/۰۸۳[a]	۴۰/۶۸[a]	۴۳/۷۸[a]	۰/۳۱۷[a]	۰/۱۱۵[a]	۸۴/۹[a]	۰/۰۲۸[a]
یلووایت	۵۳[a]	۹/۴۷[a]	۴/۲۹[a]	۰/۳۹[b]	۱۴/۱۶۲[a]	۳۸/۹۱[a]	۴۴/۶۷[a]	۰/۳۳۵[a]	۰/۱۳۳[a]	۸۴/۱[a]	۱/۷۸۰[a]
ناز تک شاخه	۵۴[a]	۸/۸۸[a]	۵/۰۳[a]	۰/۴۴[b]	۱۴/۳۴۹[a]	۴۱/۸۹[a]	۴۰/۹۳[a]	۰/۳۲۶[a]	۰/۱۱۴[a]	۸۳/۲[a]	۲/۳۹۰[a]

در هر ستون حروف مشترک عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD (در سطح احتمال پنج درصد) را نشان می‌دهند.

اسیدهای چرب اشباع‌نشده موجود در بذر کلزا بودند که ۹۱ درصد از مقدار کل چربی بذر کلزا را به خود اختصاص دادند. همچنین اسیدهای چرب نقش اساسی در قدرت بذر ارقام کلزا داشتند و بنیه بذر بیشتر تحت تأثیر اسیدهای چرب غیراشباع قرار گرفت (Seyyedi *et al*., 2018).

در پژوهشی نورحسینی و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی شاخص‌های انرژی و قدرت جوانه‌زنی بذر بادام‌زمینی نشان دادند که انرژی، ارزش و قدرت جوانه‌زنی بذر در مناطق مختلف متفاوت است که نشان می‌دهد عوامل محیطی بر کیفیت و مواد ذخیره‌ای بذرها اثر دارد و متفاوت‌بودن عناصر موجود در بذرها می‌تواند در متفاوت‌بودن شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه هر رقم مؤثر باشد.

شکل ۱ رابطه بین سرعت جوانه‌زنی و مقدار اسیدهای چرب غیراشباع را نشان داد که با افزایش میزان اسید اولئیک و اسید لینولئیک تا غلظت مشخصی (حدوداً ۴۳ درصد) در بذر ارقام کنجد سرعت جوانه‌زنی افزایش می‌یابد. دلیل رابطه منفی مقدار اسید لینولنیک و اسید لینولئیک در بذرهای گیاهان روغنی به‌طور واضح مشخص نیست. به‌نظر می‌رسد که اکسید شدن سریع اسید لینولنیک به‌علت شکسته‌شدن راحت‌تر پیوند سه‌گانه در بذر گیاهان روغنی که سبب پایین‌آمدن بنیه و پایداری بذرهای روغنی می‌شود (Yun and Surh, 2012).

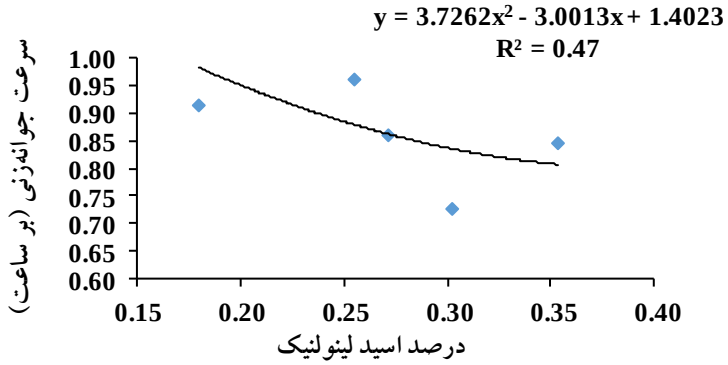
رابطه بین درصد اسید اولئیک با اسید لینولئیک و اسید لینولنیک (شکل ۲) نشان می‌دهد هر عاملی که سبب افزایش درصد اسید اولئیک و کاهش اسید لینولئیک و اسید لینولنیک (تا یک میزان مشخص) شود، می‌تواند بنیه بذر ارقام کنجد را افزایش دهد (شکل ۳).

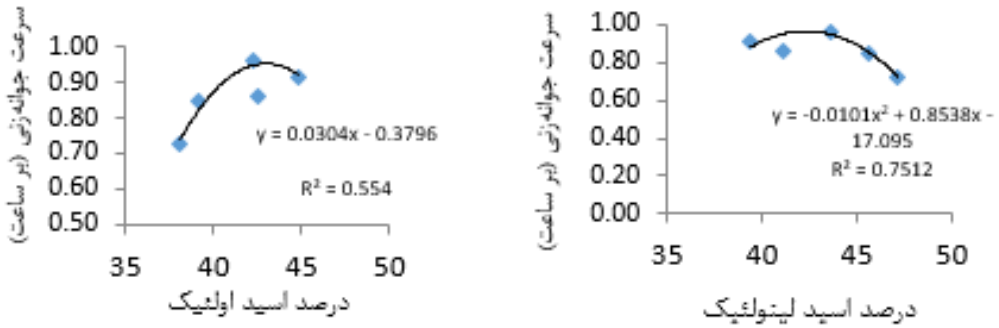
این نتایج با پژوهش رضوانی‌مقدم و سیدی (۱۳۹۵) در بررسی میزان متوسط زمان سبزشدن و اسیدهای چرب ۱۵ رقم کنجد تطابق دارد. طبق این پژوهش در بذرهای با میزان اسید اولئیک بیشتر و اسید لینولنیک کمتر، متوسط زمان سبزشدن کمتر بود. همچنین نشان دادند که بین اسید اولئیک و لینولئیک رابطه منفی وجود دارد و افزایش میزان اسید اولئیک و کاهش درصد لینولئیک و اسید لینولنیک می‌تواند باعث افزایش بنیه ارقام کنجد شود.

در پژوهشی Belo و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که با اصلاح گیاه آفتابگردان برای محتوای اسید اولئیک بالاتر و اسید لینولئیک پایین‌تر در روغن ممکن است روی عملکرد جوانه‌زنی در دمای پایین تأثیر داشته باشد. محققان در بررسی محتوای روغن ۳۰ ژنوتیپ کنجد در آفریقای شرقی همبستگی منفی بین اسید لینولئیک و اسید اولئیک و همبستگی مثبت بین

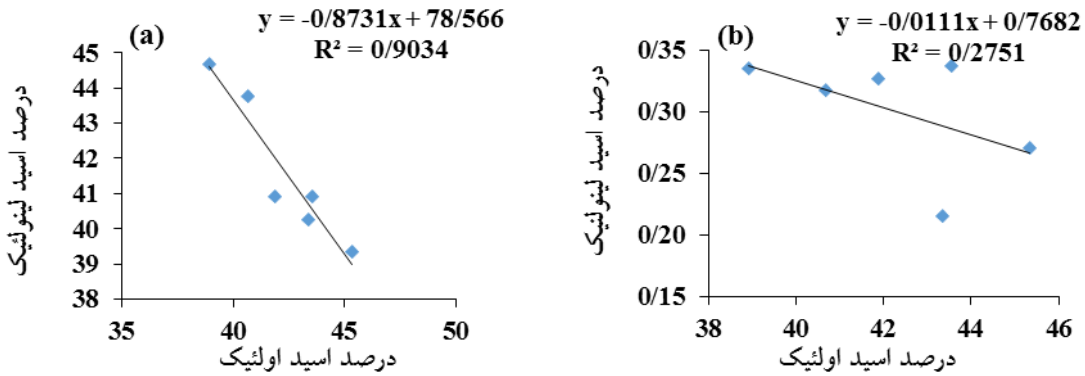
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.4.6]





شکل ۱- ارتباط میان محتوای اسیدهای چرب غیراشباع با سرعت جوانه‌زنی بذر شش رقم کنجد



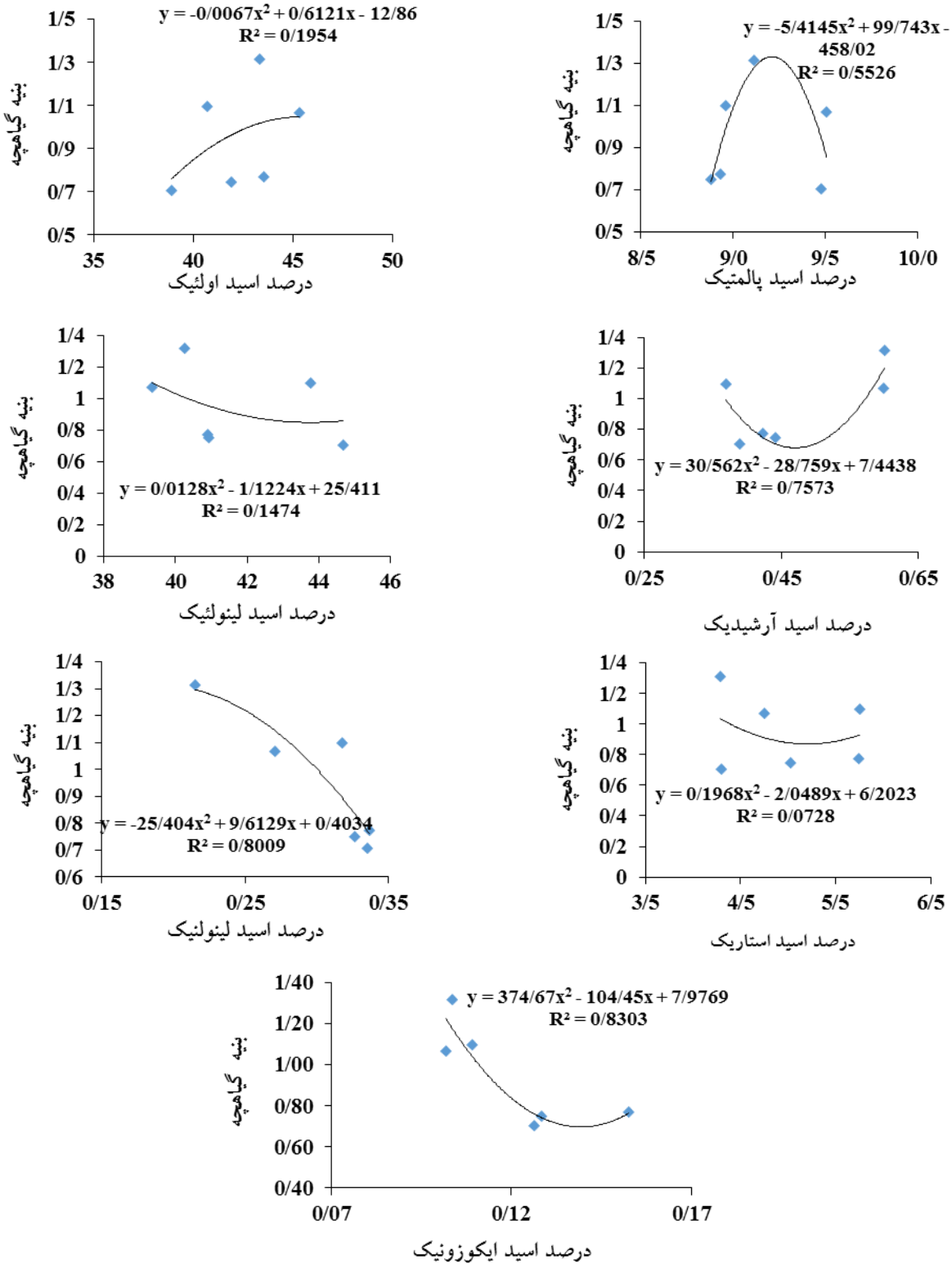
شکل ۲- ارتباط بین محتوای اسید اولئیک با اسید لینولئیک (A) و اسید اولئیک با اسید لینولنیک (B) در بذر شش رقم کنجد

اسید اولئیک و آرشیدیک را نشان دادند و اسید لینولئیک و اولئیک را جز اصلی تشکیل‌دهنده اسید چرب کل بذر کنجد دانستند (Were *et al.*, 2006).

بررسی اثر پتانسیل آب و دما بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر شش رقم کنجد: در این آزمایش شاخص‌های جوانه‌زنی در پتانسیل ۱/۲- مگاپاسکال در همه دماها و دمای ۵ درجه و ۵۰ درجه سلسیوس به‌علت عدم جوانه‌زنی گزارش نشده است.

درصد جوانه‌زنی: رقم ناز تک شاخه در دماهای ۱۰ و ۴۵ درجه سلسیوس و رقم دشتستان ۲ در دمای ۱۰ و رقم هلیل در دمای ۴۵ درجه سلسیوس جوانه‌زنی نداشتند. مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر درصد جوانه‌زنی بذر گیاه کنجد رقم هلیل

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.4.6]



شکل ۳- ارتباط بین محتوای اسیدهای چرب بذر با بنیه وزنی گیاهچه شش رقم کنجد

نشان داد که با کاهش پتانسیل آب و افزایش تنش خشکی جوانه‌زنی کاهش یافت که این کاهش جوانه‌زنی برای ارقام دیگر هم مشاهده شد و در دمای ۴۵ درجه جوانه‌زنی برای این رقم متوقف شد. در پتانسیل‌های آبی صفر و ۰/۲- مگاپاسکال

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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.4.6]

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر درصد جوانه‌زنی بذر گیاه کنجد رقم هلیل و داراب ۱ در دماهای مختلف

پتانسیل آب (مگاپاسکال)	دمای جوانه‌زنی رقم داراب ۱ (درجه سلسیوس)							دمای جوانه‌زنی رقم هلیل (درجه سلسیوس)						
	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰
۰	۶/۵^{a}	۸۴^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۶۳/۱^{a}	۲۷^{a}	۹۶^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}
-۰/۲	۰^{a}	۴۴^{b}	۹۸^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۲۰/۷^{b}	۰^{b}	۷۷^{b}	۹۲^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}
-۰/۴	۱^{a}	۰^{c}	۹۲/۵^{ab}	۱۰۰^{a}	۸۷/۲^{b}	۸۷^{ab}	۶۵/۱^{b}	۰^{c}	۱/۰۸^{b}	۴۶^{c}	۷۰/۱^{b}	۱۰۰^{a}	۹۰^{ab}	۱۰۰^{a}	۸۶/۹^{b}
-۰/۶	۰^{a}	۰^{c}	۸۹/۷^{b}	۸۹^{b}	۸۳/۶^{b}	۶۵^{b}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{d}	۱۸/۷^{c}	۷۰/۶^{b}	۷۰/۵^{b}	۴۲/۸^{b}	۳۳/۳^{c}
-۰/۸	۰^{a}	۰^{c}	۰^{c}	۶۳/۵^{c}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{d}	۰^{c}	۳۳/۱^{c}	۲۰/۴^{c}	۰^{c}	۰^{d}
-۱	۰^{a}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{d}
-۱/۲	۰^{a}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{d}
میانگین	۱/۱	۱۸/۳	۵۴/۳	۶۴/۶	۵۳	۵۰/۳	۳۷/۹	۱۲	۴/۰۱	۳۱/۳	۴۰/۱	۵۷/۷	۵۴/۴	۴۹	۴۵/۷

در هر ستون حروف مشترک عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD (در سطح احتمال پنج درصد) را نشان می‌دهند.

با افزایش دما جوانه‌زنی افزایش یافت و در پتانسیل ۰/۶- مگاپاسکال با افزایش دما تا دمای ۳۰ درجه سلسیوس جوانه‌زنی افزایش و بعد از آن روند کاهشی داشت (جدول ۴).

کنجد گیاهی گرمادوست است و به همین علت بیشترین جوانه‌زنی در بازه دمایی ۲۵ تا ۳۵ درجه سلسیوس به‌علت نزدیک بودن به دمای مطلوب مشاهده شد. با افزایش دما بیشتر از دمای مطلوب جوانه‌زنی کاهش یافت. کاهش درصد جوانه‌زنی را می‌توان به کمبود انرژی برای شروع فرآیند جوانه‌زنی نسبت داد، زیرا به‌طور کلی انرژی با افزایش مسیر تنفسی و شروع جوانه‌زنی پس از جذب آب به‌دست می‌آید و به‌علت سطح پایین پتانسیل آب جذب به آرامی پیش می‌رود و مسیر تنفسی و آزادشدن انرژی برای جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Mayer *et al*., 1989).

مقایسه میانگین اثر پتانسیل آبی در رقم داراب ۱ نشان داد که در پتانسیل آب صفر و ۰/۲- مگاپاسکال جوانه‌زنی تا دمای ۴۰ درجه سلسیوس افزایش داشت و پس از آن در دمای ۴۵ درجه سلسیوس کاهش یافت. بهترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس برای این رقم رخ داد (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر درصد جوانه‌زنی بذر گیاه کنجد رقم دشتستان ۲ نشان داد که بهترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس حاصل شد، به‌طوری‌که در پتانسیل ۱۰- مگاپاسکال و در این دما برای این رقم جوانه‌زنی رخ داد (جدول ۵).

نتایج مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر درصد جوانه‌زنی بذر گیاه کنجد رقم اولتان نشان داد تا پتانسیل آب ۰/۶- مگاپاسکال در دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس جوانه‌زنی رخ داد درحالی‌که در پتانسیل‌های ۰/۸-، ۱- و ۱/۲- مگاپاسکال جوانه‌زنی در تمام دماها متوقف شد (جدول ۵). با توجه به گرما دوست‌بودن گیاه کنجد دمای ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس جز دماهای مطلوب برای این گیاه محسوب می‌شود و جوانه‌زنی قبل و بعد از این دما کاهش نشان داد.

نتایج مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر درصد جوانه‌زنی بذر گیاه کنجد رقم یلووایت نشان داد بهترین درصد جوانه‌زنی در بازه دمایی ۲۵ تا ۳۵ درجه سلسیوس رخ داد و در پتانسیل آب ۰/۶- مگاپاسکال تا دمای ۲۵ درجه سلسیوس افزایش جوانه‌زنی و پس از آن کاهش جوانه‌زنی تا توقف جوانه‌زنی در دمای ۴۰ درجه سلسیوس مشاهده شد. همچنین جوانه‌زنی در دمای ۴۵ درجه سلسیوس فقط برای پتانسیل آب شاهد مشاهده شد (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر درصد جوانه‌زنی بذر گیاه کنجد رقم ناز تک شاخه نشان داد که جوانه‌زنی برای این رقم از دمای ۱۵ درجه سلسیوس آغاز و در دمای ۴۰ درجه سلسیوس متوقف شد. در پتانسیل آبی ۰/۶-

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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.4.6]

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر درصد جوانه‌زنی بذر گیاه کنجد رقم دشتستان ۲ و اولتان در دماهای مختلف

پتانسیل آب	دمای جوانه‌زنی رقم دشتستان ۲ (درجه سلسیوس)								دمای جوانه‌زنی رقم اولتان (درجه سلسیوس)							
(مگاپاسکال)	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵
۰	۰^{a}	۹۱/۶^{b}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۶۹/۱^{a}	۶/۵^{a}	۷۷/۷^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۳۹/۶^{a}
-۰/۲	۰^{a}	۹۶/۹^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۵/۲^{b}	۳/۲^{ab}	۵۴/۶^{b}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۰^{b}	۱۰۰^{a}	۲۳/۸^{b}
-۰/۴	۰^{a}	۱۸/۵^{c}	۱۰۰^{a}	۹۷^{a}	۱۰۰^{a}	۹۰/۴^{a}	۱۰۰^{a}	۰^{c}	۰^{b}	۶/۸^{c}	۳۳^{b}	۸۸/۷^{b}	۱۰۰^{a}	۰^{b}	۸۰^{b}	۰^{c}
-۰/۶	۰^{a}	۰^{d}	۷۶/۲^{b}	۱۰۰^{a}	۵۲/۹^{b}	۴۵/۲^{b}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۲۱^{c}	۴۲/۰^{c}	۰^{b}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{c}
-۰/۸	۰^{a}	۰^{d}	۴۳/۷^{c}	۹۲^{b}	۲۰^{bc}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{b}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{c}
-۱	۰^{a}	۰^{d}	۰^{d}	۱۴/۴^{c}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{b}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{c}
-۱/۲	۰^{a}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{b}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{c}
میانگین	۰	۲۹/۶	۶۰	۷۱/۹	۵۳/۳	۴۷/۹	۴۲/۹	۱۲	۱/۴	۱۹/۹	۳۶/۳	۴۷/۲	۴۲/۹	۱۴/۳	۴۰	۹/۱

در هر ستون حروف مشترک عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD (در سطح احتمال پنج درصد) را نشان می‌دهند.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر درصد جوانه‌زنی بذر گیاه کنجد رقم یلووایت و ناز تک شاخه در دماهای مختلف

پتانسیل آب	دمای جوانه‌زنی رقم یلووایت (درجه سلسیوس)								دمای جوانه‌زنی رقم ناز تک شاخه (درجه سلسیوس)							
(مگاپاسکال)	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰
۰	۱۷/۱^{a}	۹۵/۶^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۵۲/۷^{a}	۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}
-۰/۲	۰^{b}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۰^{b}	۰^{a}	۲۶/۵^{b}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}
-۰/۴	۰^{b}	۲۳^{b}	۸۱/۶^{b}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۸۸/۳^{b}	۰^{b}	۰^{a}	۱۹/۴^{b}	۸۳/۴^{b}	۹۷/۹^{a}	۱۰۰^{a}	۳۴/۷^{b}	۳۸/۱^{b}
-۰/۶	۰^{b}	۲۵^{b}	۳۷/۷^{c}	۵۳/۲^{b}	۲۹/۸^{b}	۲۹/۱^{b}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{a}	۲/۲^{c}	۱۳/۵^{c}	۴۳/۶^{b}	۷۷/۶^{b}	۰^{c}	۰^{c}
-۰/۸	۰^{b}	۰^{c}	۰^{d}	۱۵/۳^{c}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{a}	۰^{c}	۰^{d}	۸^{c}	۶^{c}	۰^{c}	۰^{c}
-۱	۰^{b}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{a}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{c}
-۱/۲	۰^{b}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{a}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{c}
میانگین	۲/۴	۳۴/۸	۴۵/۶	۵۲/۶	۴۷/۱	۴۷/۰۱	۴۱/۲	۷/۵	۰	۲۱/۲	۳۸/۶	۵۰	۵۴/۸	۳۳/۵	۳۴

در هر ستون حروف مشترک عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD (در سطح احتمال پنج درصد) را نشان می‌دهند.

مگاپاسکال دمای ۳۰ درجه سلسیوس بیشترین درصد جوانه‌زنی را نشان داد (جدول ۶).

به‌صورت کلی می‌توان گفت که با کاهش پتانسیل آب درصد جوانه‌زنی هر شش رقم بذر کنجد در تمام دماها کاهش یافت و دمای ۲۵ درجه سلسیوس بهترین درصدهای جوانه‌زنی را داشت. همچنین پتانسیل آب صفر و ۰/۲- مگاپاسکال در هر شش رقم بیشترین درصد جوانه‌زنی را نشان دادند. در کمتر از دمای پایه و بیشتر از دمای سقف کاهش جوانه‌زنی و یا توقف جوانه‌زنی در هر شش رقم بذر کنجد مشاهده شد و ارزیابی صفت درصد جوانه‌زنی در پتانسیل‌های آب متفاوت نشان داد دماهای اصلی (کاردینال) برای هر بذر و پتانسیل آب اهمیت به‌سزایی در رشد و استقرار اولیه گیاهچه دارند.

در پژوهشی Carvalho و همکاران (۲۰۱۹)، روی ارقام مختلف بذر گیاه لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L. Walp) بیان داشتند که تنش آبی باعث کاهش کلی روند جوانه‌زنی و رشد گیاهچه می‌شود. با کم‌شدن آب در دسترس بذر به‌علت کاهش پتانسیل آب، بذرها باید زمان بیشتری را برای رسیدن به پتانسیل آب پایه سپری کنند و فرایند جوانه‌زنی به تأخیر می‌افتد (Patane *et al*., 2016).

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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.4.6]

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر سرعت جوانه‌زنی (بذر در ساعت) بذر گیاه کنجد رقم هلیل و داراب ۱ در دماهای مختلف

پتانسیل آب (مگاپاسکال)	دمای جوانه‌زنی رقم داراب ۱ (درجه سلسیوس)							دمای جوانه‌زنی رقم هلیل (درجه سلسیوس)						
	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰
۰	۰/۰۰۷^{a}	۰/۲۲۸^{a}	۰/۴۰۴^{a}	۰/۸۵۸^{a}	۰/۶۰۶^{a}	۰/۹۲۶^{a}	۱/۳۵۲^{a}	۰/۱۵۲^{a}	۰/۰۲۶^{a}	۰/۱۷۳^{a}	۰/۴۳۹^{a}	۱/۰۲۴^{a}	۱/۵۳۹^{a}	۱/۸۰۷^{a}	۱/۷۷۱^{a}
-۰/۲	۰^{a}	۰/۰۵۹^{b}	۰/۲۳۸^{b}	۰/۵۶۷^{b}	۰/۴۶۶^{b}	۰/۳۸۴^{b}	۰/۴۷۷^{b}	۰/۰۳۲^{b}	۰^{b}	۰/۰۷۱^{b}	۰/۲۵۱^{b}	۰/۹۵۲^{b}	۰/۸۶۵^{b}	۱/۶۴۱^{ab}	۱/۷۲۰^{a}
-۰/۴	۰/۰۰۱^{a}	۰^{c}	۰/۲۰۱^{c}	۰/۴۵۸^{c}	۰/۲۶۴^{c}	۰/۲۷۴^{b}	۰/۲۱۹^{c}	۰^{b}	۰/۰۰۱^{b}	۰/۰۲۸^{c}	۰/۱۲۶^{c}	۰/۴۴۱^{c}	۰/۴۷۷^{c}	۱/۴۶۴^{b}	۱/۰۸۶^{b}
-۰/۶	۰^{a}	۰^{c}	۰/۱۳۴^{d}	۰/۲۸۵^{d}	۰/۱۴۷^{c}	۰/۱۶۰^{c}	۰^{d}	۰^{b}	۰^{b}	۰^{c}	۰/۰۲۹^{d}	۰/۱۹۹^{d}	۰/۱۹۹^{d}	۰/۱۶۹^{c}	۰/۰۷^{c}
-۰/۸	۰^{a}	۰^{c}	۰^{e}	۰/۱۴۸^{e}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{b}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{d}	۰/۰۸۷^{e}	۰/۰۴۸^{d}	۰^{c}	۰^{c}
-۱	۰^{a}	۰^{c}	۰^{e}	۰^{f}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{b}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{f}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}
-۱/۲	۰^{a}	۰^{c}	۰^{e}	۰^{f}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{b}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{f}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}
میانگین	۰/۰۰۱	۰/۰۴۱	۰/۱۴	۰/۳۳	۰/۲۱۲	۰/۲۴۹	۰/۲۹۳	۰/۰۲۶	۰/۰۰۴	۰/۰۳۹	۰/۱۲	۰/۳۹	۰/۴۵	۰/۷۳	۰/۶۶

در هر ستون حروف مشترک عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD (در سطح احتمال پنج درصد) را نشان می‌دهند.

تیموری و همکاران (۱۳۹۷) با بررسی اثر پتانسیل آب بر جوانه‌زنی بذر گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) در دماهای مختلف بیان داشتند که درصد جوانه‌زنی بذرها با کاهش پتانسیل آب روند کاهشی دارد و در دماهای بالاتر از دمای مطلوب اثر منفی کاهش پتانسیل آبی بیشتر نمایان بود.

استادیان بیدگلی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی روی شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) رقم صفه نشان دادند که جوانه‌زنی با خارج‌شدن از محدوده دمای مطلوب جوانه‌زنی کاهش می‌یابد. گرگین کرجی و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای با بررسی پاسخ جوانه‌زنی بذر گیاه ماشک (*Vicia variabilis* Grossh.) متنوع به تنش خشکی نشان دادند که با کم‌شدن پتانسیل آب و خروج از محدوده دمای مطلوب درصد جوانه‌زنی کاهش یافت و اختلال در فعالیت آنزیم‌ها در دمای بالا و کم‌شدن فعالیت آنزیم‌ها در دمای پایین سبب کاهش جوانه‌زنی شد.

سرعت جوانه‌زنی: نتایج مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر سرعت جوانه‌زنی بذر گیاه کنجد رقم هلیل نشان داد که سرعت جوانه‌زنی با کاهش پتانسیل آب کاهش یافت و کمترین سرعت جوانه‌زنی (۰/۰۰۱ بذر در ساعت) به دمای ۱۰ درجه سلسیوس و پتانسیل آبی ۰/۴- مگاپاسکال مربوط بود. با افزایش دما سرعت جوانه‌زنی افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین سرعت جوانه‌زنی برابر ۱/۸۰۷ بذر در ساعت مربوط به پتانسیل آب صفر مگاپاسکال در دمای ۳۵ درجه سلسیوس بود (جدول ۷).

مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر سرعت جوانه‌زنی بذر گیاه کنجد رقم داراب ۱ نشان داد که از پتانسیل ۰/۲- مگاپاسکال تا پتانسیل ۰/۶- مگاپاسکال و تا دمای ۲۵ درجه سلسیوس سرعت جوانه‌زنی افزایش و پس از آن کاهش یافت. بیشترین سرعت جوانه‌زنی دراین رقم مربوط به دمای ۴۰ درجه سلسیوس و پتانسیل صفر با مقدار ۱/۳۵۲ بذر در ساعت و کمترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به پتانسیل ۰/۴- مگاپاسکال در دمای ۱۰ درجه سلسیوس با مقدار ۰/۰۰۱ بذر در ساعت بود (جدول ۷).

نتایج مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر سرعت جوانه‌زنی بذر گیاه کنجد رقم دشتستان ۲ نشان داد که شروع جوانه‌زنی برای این رقم از دمای ۱۵ درجه سلسیوس بود که با افزایش دما سرعت جوانه‌زنی افزایش یافت و بیشترین سرعت جوانه‌زنی در این رقم مربوط به دمای ۴۰ درجه سلسیوس و پتانسیل صفر به میزان ۱/۹۷۴ بذر در ساعت و کمترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به پتانسیل ۰/۴- مگاپاسکال در دمای ۱۵ درجه سلسیوس به میزان ۰/۰۱۸۵ بذر در ساعت بود (جدول ۸). مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر سرعت جوانه‌زنی بذر گیاه کنجد رقم اولتان نشان داد که در این رقم جوانه‌زنی در دمای ۳۵ درجه سلسیوس فقط برای پتانسیل آب شاهد رخ داده است و در دیگر پتانسیل‌های این دما جوانه‌زنی مشاهده نشد. در این رقم از پتانسیل ۰/۶- مگاپاسکال و دمای ۳۰

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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.4.6]

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر سرعت جوانه‌زنی (بذر در ساعت) بذر گیاه کنجد رقم دشتستان ۲ و اولتان در دماهای مختلف

پتانسیل آب (مگاپاسکال)	دمای جوانه‌زنی رقم دشتستان ۲ (درجه سلسیوس)							دمای جوانه‌زنی رقم اولتان (درجه سلسیوس)						
	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵
۰	۰^{a}	۰/۱۹۳^{a}	۰/۴۶۶^{a}	۰/۸۴۷^{a}	۰/۹۶۳^{a}	۱/۵۸۱^{a}	۱/۹۷۴^{a}	۰/۲۱۱^{a}	۰/۰۰۷^{a}	۰/۱۱۸^{a}	۰/۳۴۲^{a}	۰/۷۲۵^{a}	۰/۵۳۷^{a}	۰/۵۵۶^{a}	۰/۴۲۷^{a}	۰/۱۲۷^{a}
-۰/۲	۰^{a}	۰/۱۴۴^{b}	۰/۳۵۷^{b}	۰/۵۸۸^{b}	۰/۶۸۶^{b}	۱/۳۵۴^{b}	۱/۷۴۶^{b}	۰/۰۲۸^{b}	۰/۰۰۳^{b}	۰/۰۶۵^{b}	۰/۲۴۱^{b}	۰/۵۳۹^{b}	۰/۳۸۴^{b}	۰^{b}	۰/۳۹۸^{a}	۰/۰۷۹^{a}
-۰/۴	۰^{a}	/۰۱۸۵^{c}	۰/۲۳۳^{c}	۰/۶۰۹^{b}	۰/۵۳۱^{c}	۱/۲۱۹^{b}	۰/۴۰۶^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰/۰۰۵^{c}	۰/۰۶۲^{c}	۰/۲۷۳^{c}	۰/۳۸۱^{b}	۰^{b}	۰/۲۸۹^{b}	۰^{b}
-۰/۶	۰^{a}	۰^{d}	۰/۱۲۶^{d}	۰/۴۵۶^{c}	۰/۱۸۹^{d}	۰/۵۲۷^{c}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰/۰۴۱^{cd}	۰/۱۰۸^{d}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{b}
-۰/۸	۰^{a}	۰^{d}	۰/۰۷۶^{e}	۰/۳۷۹^{c}	۰/۰۶۱^{de}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{e}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{b}
-۱	۰^{a}	۰^{d}	۰^{f}	۰/۰۴۰^{d}	۰^{e}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{e}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{b}
-۱/۲	۰^{a}	۰^{d}	۰^{f}	۰^{d}	۰^{e}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{e}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{b}
میانگین	۰/۰۵۱	۰/۱۷۹	۰/۴۱۷	۰/۳۴۷	۰/۶۶۸	۰/۵۸۹	۰/۰۳۴		۰/۰۰۱	۰/۰۲۷	۰/۰۹۸	۰/۲۳۵	۰/۱۸۶	۰/۰۷۹	۰/۱۶	۰/۰۲۹

در هر ستون حروف مشترک عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD (در سطح احتمال پنج درصد) را نشان می‌دهند.

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر سرعت جوانه‌زنی (بذر در ساعت) بذر گیاه کنجد رقم یلووایت و ناز تک شاخه در دماهای مختلف

پتانسیل آب (مگاپاسکال)	دمای جوانه‌زنی رقم یلووایت (درجه سلسیوس)							دمای جوانه‌زنی رقم ناز تک شاخه (درجه سلسیوس)						
	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰
۰	۰/۰۲۹^{a}	۰/۳۷۴^{a}	۰/۵۵۴^{a}	۰/۹۱۶^{a}	۱/۰۴۵^{a}	۱/۵۶۶^{ab}	۱/۶۱^{a}	۰/۱۴۳^{a}	۰^{a}	۰/۲۷۹^{a}	۰/۴۳۴^{a}	۰/۹۶۳^{a}	۰/۸۵۱^{a}	۱/۵۵۹^{a}	۱/۴۴۴^{a}
-۰/۲	۰^{b}	۰/۲۱۹^{b}	۰/۲۶۲^{b}	۰/۸۰۸^{b}	۰/۴۸۳^{b}	۱/۶۰۷^{a}	۱/۴۹۷^{b}	۰^{b}	۰^{a}	۰/۰۲۴^{b}	۰/۲۶۲^{b}	۰/۴۴۳^{b}	۰/۵۶۵^{b}	۱/۲۴۸^{b}	۱/۱۱۶^{b}
-۰/۴	۰^{b}	۰/۰۲۳^{c}	۰/۱۴۶^{c}	۰/۴۵۶^{c}	۰/۳۲۶^{c}	۱/۳۷۲^{b}	۰/۹۱۷^{c}	۰^{b}	۰^{a}	۰/۰۱۴^{b}	۰/۱۶۴^{c}	۰/۳۴۶^{c}	۰/۳۷۱^{c}	۰/۱۱۴^{c}	۰/۴۹۷^{c}
-۰/۶	۰^{b}	۰/۰۲۲^{c}	۰/۰۵۱^{d}	۰/۱۵۷^{d}	۰/۰۷۹^{d}	۰/۱۱۳^{c}	۰^{d}	۰^{b}	۰^{a}	۰/۰۰۲^{b}	۰/۰۲۱^{d}	۰/۰۸۶^{d}	۰/۲۹۷^{c}	۰^{c}	۰^{d}
-۰/۸	۰^{b}	۰^{c}	۰^{e}	۰/۰۴۵^{e}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{b}	۰^{a}	۰^{b}	۰^{d}	۰/۰۱۷^{e}	۰/۰۲۶^{d}	۰^{c}	۰^{d}
-۱	۰^{b}	۰^{c}	۰^{e}	۰^{e}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{b}	۰^{a}	۰^{b}	۰^{d}	۰^{e}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{d}
-۱/۲	۰^{b}	۰^{c}	۰^{e}	۰^{e}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{b}	۰^{a}	۰^{b}	۰^{d}	۰^{e}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{d}
میانگین	۰/۰۰۴	۰/۰۹۱	۰/۱۴۵	۰/۳۴	۰/۲۸	۰/۶۷	۰/۵۸	۰/۰۲	۰	۰/۰۴۶	۰/۱۳	۰/۲۷	۰/۳	۰/۴۲	۰/۴۴

در هر ستون حروف مشترک عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD (در سطح احتمال پنج درصد) را نشان می‌دهند.

درجه سلسیوس تا پتانسیل آب ۱/۲- مگاپاسکال جوانه‌زنی مشاهده نشد و بیشترین سرعت جوانه‌زنی در این رقم مربوط به دمای ۲۵ درجه سلسیوس و پتانسیل صفر با مقدار ۰/۷۲۵ بذر در ساعت و کمترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به پتانسیل ۰/۲- مگاپاسکال در دمای ۱۰ درجه سلسیوس با مقدار ۰/۰۰۳۲ بذر در ساعت بود (جدول ۸).

نتایج مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر سرعت جوانه‌زنی بذر گیاه کنجد رقم یلووایت نشان داد که در دمای ۱۰ درجه سلسیوس فقط در پتانسیل آب صفر مگاپاسکال جوانه‌زنی رخ داد و در دیگر پتانسیل‌های آبی جوانه‌زنی از دمای ۱۵ درجه سلسیوس شروع شد. با افزایش دما افزایش سرعت جوانه‌زنی مشاهده شد و بیشترین سرعت جوانه‌زنی در این رقم به دمای ۴۰ درجه سلسیوس و پتانسیل صفر مگاپاسکال با مقدار ۱/۶۱ بذر در ساعت و کمترین سرعت جوانه‌زنی به پتانسیل ۰/۶- مگاپاسکال در دمای ۱۵ درجه سلسیوس با مقدار ۰/۰۲۲ بذر در ساعت اختصاص داشت (جدول ۹). نتایج مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر سرعت جوانه‌زنی بذر گیاه کنجد رقم ناز تک شاخه نشان داد که جوانه‌زنی در این رقم از دمای درجه ۱۵ سلسیوس شروع و در دمای ۴۰ درجه سلسیوس متوقف شد و با کاهش پتانسیل آب در تمام دماها کاهش سرعت جوانه‌زنی مشاهده شد. بیشترین سرعت جوانه‌زنی در دمای ۳۵ درجه سلسیوس و پتانسیل صفر مگاپاسکال با مقدار ۱/۵۵۹

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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.4.6]

بذر در ساعت و کمترین سرعت جوانه‌زنی پتانسیل ۰/۶- مگاپاسکال و در دمای ۱۵ درجه سلسیوس با مقدار ۰/۰۰۲ بذر در ساعت حاصل شد (جدول ۹).

در پژوهشی Soltani و همکاران (۲۰۰۶) بیان کردند که افزایش دما تا دمای بهینه موجب فعالیت آنزیم‌ها و درنتیجه هیدرولیز سریع‌تر مواد ذخیره‌ای می‌شود که رشد بهتر جنین را به‌دنبال دارد و مشخص شد که سرعت جوانه‌زنی در مقایسه با درصد جوانه‌زنی حساسیت بیشتری نسبت به تنش خشکی دارد. در مطالعه‌ای Abido و Zsombil (۲۰۱۸) نشان دادند که با کاهش پتانسیل آب شاخص‌های جوانه‌زنی گندم‌های مجارستانی کاهش یافت و افزایش تنش خشکی باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های آلفا و بتا آمیلاز شد و این امر منجر به ایجاد اثرات منفی بر متابولیسم کربوهیدرات، جلوگیری از جذب آب، کاهش کلسیم و پتاسیم مورد نیاز تغذیه‌ای و تغییر فعالیت آنزیم‌ها و هورمون‌های بذر و کاهش سرعت جوانه‌زنی در مرحله جوانه‌زنی می‌شود.

در تحقیقی Liu و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی اثر تنش خشکی روی دو واریته ذرت نشان دادند که با افزایش تنش خشکی سرعت جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. گرگین کرجی و همکاران (۱۳۹۷) ضمن بیان کاهش سرعت جوانه‌زنی در اثر افزایش تنش خشکی دلیل این امر را به کاهش جذب آب در دماهای پایین و تغییر شکل دادن آنزیم‌ها و پروتئین‌های ضروری رشد جنین در دماهای بالا نسبت دادند که سبب اختلال در فرایندهای درون بذری شده و خروج ریشه‌چه را به تأخیر می‌اندازد. سلطانی و همکاران (۱۳۹۶) با بررسی سرعت جوانه‌زنی لوبیای معمولی علت کاهش سرعت جوانه‌زنی را کندبودن روند جذب آب و درنتیجه اختلال در رسیدن مواد غذایی به رویان دانستند.

در مطالعه‌ای استادیان بیدگلی (۱۳۹۶) گزارش کردند که افزایش دما بیش از دمای مطلوب باعث کاهش جوانه‌زنی بذر گیاه گلرنگ (رقم صفه) شد. در پژوهشی تیموری و همکاران (۱۳۹۷) با بررسی سرعت جوانه‌زنی در بذرهای زوال‌یافته و بدون زوال شنبلیله نشان دادند که با کاهش پتانسیل آب سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت و تا دمای ۲۰ درجه سلسیوس افزایش سرعت جوانه‌زنی و پس از آن کاهش سرعت جوانه‌زنی در دماهای بالاتر مشاهده شد. به‌صورت یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که با کاهش پتانسیل آب سرعت جوانه‌زنی هر شش رقم بذر کنجد در تمام دماها کاهش یافت و با افزایش دما سرعت جوانه‌زنی تا دمای بهینه افزایش و پس از آن کاهش داشت. پتانسیل آب صفر و ۰/۲- مگاپاسکال در تمام ارقام سرعت جوانه‌زنی بیشتری را نشان دادند.

طول گیاهچه: مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر طول گیاهچه بذر گیاه کنجد رقم هلیل نشان داد که با افزایش تنش خشکی طول گیاهچه کاهش یافت که کاهش این صفت به دنبال کاهش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه مشاهده شد. در پتانسیل آب صفر و در دمای ۳۵ درجه سلسیوس بیشترین طول گیاهچه (۸۶/۹۵ میلی‌متر) و در پتانسیل ۰/۸- مگاپاسکال در دمای ۳۰ درجه سلسیوس کمترین (۳/۵۲۵ میلی‌متر) طول گیاهچه مشاهده شد (جدول ۱۰). مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر طول گیاهچه بذر گیاه کنجد رقم داراب ۱ نشان داد که با کاهش پتانسیل آب طول گیاهچه روند کاهشی داشته به‌طوری‌که بیشترین طول گیاهچه در پتانسیل صفر و دمای ۴۰ درجه سلسیوس (۷۲/۲۷ میلی‌متر) و کمترین طول گیاهچه (۰/۷۵ میلی‌متر) در پتانسیل ۰/۴- مگاپاسکال و دمای ۱۰ درجه سلسیوس مشاهده شد (جدول ۱۰).

با توجه به نتایج جدول ۱۱ طول گیاهچه بذر گیاه کنجد رقم دشتستان ۲ با افزایش پتانسیل اسمزی کاهش یافت. بیشترین طول گیاهچه در پتانسیل صفر و دمای ۳۵ درجه سلسیوس (۱۰۰/۱۵ میلی‌متر) و کمترین طول گیاهچه (۱/۲۷ میلی‌متر) در پتانسیل ۰/۸- مگاپاسکال و دمای ۳۰ درجه سلسیوس مشاهده شد. بیشترین طول گیاهچه رقم اولتان در پتانسیل صفر و دمای ۳۵ درجه سلسیوس با مقدار (۱۳۹/۳ میلی‌متر) و کمترین طول گیاهچه با مقدار (۲/۲۵ میلی‌متر) در پتانسیل ۰/۴- مگاپاسکال و دمای ۱۵ درجه سلسیوس به‌دست آمد. همچنین با کاهش پتانسیل آب کاهش طول گیاهچه در تمام دماهای مورد آزمایش مشاهده شد (جدول ۱۱).

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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.4.6]

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر طول گیاهچه (میلی‌متر) بذر گیاه کنجد رقم هلیل و داراب ۱ در دماهای مختلف

پتانسیل آب	دمای جوانه‌زنی رقم داراب ۱ (درجه سلسیوس)							دمای جوانه‌زنی رقم هلیل (درجه سلسیوس)						
(مگاپاسکال)	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰
۰	۰/۸^{a}	۷/۳^{a}	۳۱/۹^{a}	۷۰/۹^{a}	۵۸/۲^{a}	۶۹/۷^{a}	۷۲/۳^{a}	۵/۴^{a}	۴/۳^{a}	۷/۳^{a}	۲۰/۳^{a}	۷۵/۳^{a}	۶۶/۸^{a}	۸۶/۹^{a}	۶۵/۶^{a}
-۰/۲	۰^{a}	۵/۹^{b}	۲۱/۶^{b}	۶۳/۹^{a}	۳۴/۵^{b}	۳۰/۱^{b}	۲۳/۷^{b}	۲/۳^{b}	۰^{b}	۷/۱^{a}	۱۴/۵^{b}	۳۹/۶^{b}	۴۸/۲^{b}	۵۲/۶^{b}	۵۶/۷^{a}
-۰/۴	۰/۷^{a}	۰^{c}	۱۲/۸^{c}	۳۶/۴^{b}	۱۴/۶^{c}	۱۹/۹^{b}	۱۳/۸^{c}	۰^{c}	۱^{b}	۴/۱^{b}	۱۲/۲^{c}	۲۳/۹^{c}	۳۷/۱^{c}	۸/۹^{c}	۱۱/۵^{b}
-۰/۶	۰^{a}	۰^{c}	۵/۹^{d}	۱۴/۳^{c}	۱۱/۶^{c}	۱۶/۱^{bc}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۶/۹^{d}	۱۳/۵^{d}	۸/۴^{d}	۳/۷^{c}	۵/۶^{bc}
-۰/۸	۰^{a}	۰^{c}	۰^{e}	۸/۴^{cd}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{e}	۹/۷^{d}	۳/۵^{de}	۰^{c}	۰^{c}
-۱	۰^{a}	۰^{c}	۰^{e}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{e}	۰^{e}	۰^{e}	۰^{c}	۰^{c}
-۱/۲	۰^{a}	۰^{c}	۰^{e}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{e}	۰^{e}	۰^{e}	۰^{c}	۰^{c}
میانگین	۰/۲	۱/۹	۱۰/۳	۲۷/۷	۱۶/۹	۱۹/۴	۱۵/۷	۱/۱	۰/۸	۲/۶	۷/۷	۲۳/۲	۲۳/۴	۲۱/۷	۱۹/۹

در هر ستون حروف مشترک عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD (در سطح احتمال پنج درصد) را نشان می‌دهند.

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر طول گیاهچه (میلی‌متر) بذر گیاه کنجد رقم دشتستان ۲ و اولتان در دماهای مختلف

پتانسیل آب	دمای جوانه‌زنی رقم دشتستان ۲ (درجه سلسیوس)							دمای جوانه‌زنی رقم اولتان (درجه سلسیوس)						
(مگاپاسکال)	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵
۰	۰^{a}	۷/۳^{b}	۴۱/۹^{a}	۹۹/۹^{a}	۷۷/۲^{a}	۱۰۰/۱^{a}	۷۴/۳^{a}	۴/۳^{a}	۴/۸^{a}	۱۱/۸^{a}	۲۶/۴^{a}	۷۹/۱^{a}	۸۸/۴^{a}	۱۳۹/۴^{a}	۸۰/۹^{a}	۳/۷^{a}
-۰/۲	۰^{a}	۹/۳^{a}	۳۱/۸^{b}	۶۱/۷^{b}	۵۷/۴^{b}	۳۷/۵^{b}	۶۳/۶^{a}	۱/۴^{b}	۲^{b}	۶/۸^{b}	۲۱/۸^{b}	۵۷/۹^{b}	۳۵/۹^{b}	۰^{b}	۱۹/۲^{b}	۴/۸^{a}
-۰/۴	۰^{a}	۴^{c}	۱۸/۲^{c}	۴۵/۷^{b}	۱۷/۶^{c}	۱۰/۷^{c}	۲۶/۴^{b}	۰^{c}	۰^{b}	۲/۲^{c}	۶/۸^{c}	۳۹/۰^{c}	۱۵/۴^{c}	۰^{b}	۹/۰۲^{c}	۰^{b}
-۰/۶	۰^{a}	۰^{d}	۱۲/۱^{d}	۱۸/۸^{c}	۷/۳^{cd}	۸/۴^{c}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۴/۵^{c}	۱۲/۵^{d}	۰^{d}	۰^{b}	۰^{d}	۰^{b}
-۰/۸	۰^{a}	۰^{d}	۷/۲^{d}	۱۸/۷^{c}	۱/۳^{d}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{e}	۰^{d}	۰^{b}	۰^{d}	۰^{b}
-۱	۰^{a}	۰^{d}	۰^{e}	۶/۱^{c}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{e}	۰^{d}	۰^{b}	۰^{d}	۰^{b}
-۱/۲	۰^{a}	۰^{d}	۰^{e}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{e}	۰^{d}	۰^{b}	۰^{d}	۰^{b}
میانگین	۰	۳	۱۵/۹	۳۵/۸	۲۳	۲۲/۴	۲۳/۵	۰/۸	۰/۹	۲/۹	۸/۵	۲۶/۹	۱۹/۹	۱۹/۹	۱۵/۶	۱/۲

در هر ستون حروف مشترک عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD (در سطح احتمال پنج درصد) را نشان می‌دهند.

جدول ۱۲- مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر طول گیاهچه (میلی‌متر) بذر گیاه کنجد رقم یلوواید و ناز تک شاخه در دماهای مختلف

پتانسیل آب	دمای جوانه‌زنی رقم یلوواید (درجه سلسیوس)							دمای جوانه‌زنی رقم ناز تک شاخه (درجه سلسیوس)						
(مگاپاسکال)	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰
۰	۵/۱^{a}	۱۰/۱^{a}	۳۳/۴^{a}	۸۱/۵^{a}	۹۸/۸^{a}	۱۱۳/۹^{a}	۸۳/۷^{a}	۳/۴^{a}	۰^{a}	۱۳/۴^{a}	۴۵/۹^{a}	۷۵/۵^{a}	۷۷/۳^{a}	۹۸/۰^{a}	۸۰/۹^{a}
-۰/۲	۰^{b}	۷/۸^{b}	۱۸/۹^{b}	۴۷/۷^{b}	۴۱/۲^{b}	۴۰/۸^{b}	۳۷/۸^{b}	۰^{b}	۰^{a}	۳/۶^{b}	۲۲/۰^{b}	۵۶/۲^{b}	۴۳/۶^{b}	۳۴/۷^{b}	۲۲/۹^{b}
-۰/۴	۰^{b}	۳/۹^{c}	۱۵/۵^{b}	۴۴/۳^{b}	۲۰/۱^{c}	۲۵/۷^{c}	۹/۲^{c}	۰^{b}	۰^{a}	۴^{b}	۱۷/۲^{b}	۳۵/۲^{c}	۱۹/۵^{c}	۴/۷^{c}	۶/۹^{c}
-۰/۶	۰^{b}	۳/۴^{c}	۹/۳^{c}	۱۵/۲^{c}	۴/۲^{d}	۱۰/۹^{d}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{a}	۱^{c}	۷/۸^{c}	۱۹/۸^{d}	۱۵/۴^{c}	۰^{c}	۰^{c}
-۰/۸	۰^{b}	۰^{d}	۰^{d}	۳/۵^{cd}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{a}	۰^{c}	۰^{c}	۲/۶^{e}	۸/۴^{cd}	۰^{c}	۰^{c}
-۱	۰^{b}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{a}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{e}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}
-۱/۲	۰^{b}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{a}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{e}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}
میانگین	۰/۷	۳/۶	۱۱	۲۷/۵	۲۳/۵	۱۹۱/۴	۱۸/۷	۰/۵	۰	۳/۱	۱۳/۳	۲۷/۰	۲۳/۵	۱۹/۶	۱۵/۸

در هر ستون حروف مشترک عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD (در سطح احتمال پنج درصد) را نشان می‌دهند.

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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.4.6]

مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر طول گیاهچه بذر گیاه کنجد رقم یلووایت نشان داد با کاهش پتانسیل اسمزی کاهش طول گیاهچه رخ داد که این امر به‌دنبال کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه حاصل شد و پتانسیل آب صفر در دمای ۳۰ درجه سلسیوس بیشترین طول گیاهچه (۹۸/۷۷ میلی‌متر) و پتانسیل آب ۰/۶- مگاپاسکال در دمای ۱۵ درجه سلسیوس (۳/۴ میلی‌متر) کمترین طول گیاهچه را نشان دادند (جدول ۱۲). مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر طول گیاهچه بذر گیاه کنجد رقم ناز تک شاخه نشان داد که با شروع جوانه‌زنی از دمای ۱۵ درجه سلسیوس و افزایش دما تا ۴۵ درجه سلسیوس در همه پتانسیل‌های آبی تا دمای ۲۵ درجه سلسیوس افزایش طول گیاهچه و پس از آن کاهش طول گیاهچه مشاهده شد. همچنین با کاهش پتانسیل آب کاهش طول گیاهچه مشاهده شد (جدول ۱۲).

مرادی و همکاران (۱۳۹۶) با بررسی اثر تنش خشکی روی رشد گیاهچه هیبریدهای ذرت نشان دادند که به‌دنبال افزایش تنش خشکی طول گیاهچه کاهش یافت. در واقع در اثر تنش خشکی طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در این گیاه کاهش پیدا کرد که علت آن را عدم جذب متوازن مواد غذایی به‌علت کمبود آب گزارش کردند که جنبه‌های سوخت‌وساز گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در دماهای بالا به‌علت اختلال کار آنزیم‌ها و پروتئین‌ها کاهش رشد هیپوکوتیل و کم‌شدن قدرت بذر رخ می‌دهد و سبب کوتاه‌شدن طول گیاهچه می‌گردد (Koefender *et al.*, 2009). بابائی قاقلستانی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی روی گیاه شنبلیله کمترین و بیشترین طول گیاهچه را به‌ترتیب در دمای ۱۰ درجه سلسیوس دمای ۲۵ درجه سلسیوس مشاهده کردند و نشان دادند که با افزایش دما بعد از ۲۵ درجه سلسیوس کاهش طول گیاهچه رخ داده است.

شاخص وزنی بنیه: مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر صفت بنیه وزنی بذر گیاه کنجد رقم هلیل نشان داد که با کاهش پتانسیل آب از ۰/۲- مگاپاسکال تا ۰/۸- در همه دماهای مورد آزمایش کاهش بنیه وزنی مشاهده شد. با افزایش دما تا ۲۵ درجه سلسیوس افزایش بنیه وزنی گیاهچه و بعد از آن با افزایش دما تا ۴۰ درجه سلسیوس کاهش این صفت مشاهده شد (جدول ۱۳). مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر صفت بنیه وزنی گیاهچه بذر گیاه کنجد رقم داراب ۱ نشان داد که با افزایش دما تا ۲۵ درجه سلسیوس در همه پتانسیل‌ها افزایش بنیه وزنی و با افزایش دما تا ۴۵ درجه سلسیوس کاهش بنیه وزنی گیاهچه مشاهده شد. با کاهش پتانسیل آب تا ۰/۲- مگاپاسکال در بازه دمایی ۱۰ تا ۲۵ درجه سلسیوس افزایش بنیه وزنی و با کاهش پتانسیل آب تا ۰/۸- مگاپاسکال در همه دماها کاهش بنیه وزنی مشاهده شد (جدول ۱۳).

با کاهش پتانسیل آب از ۰/۲- مگاپاسکال در تمام دماهای مورد آزمایش کاهش بنیه وزنی بذر رقم دشتستان ۲ مشاهده شد. با افزایش دما تا دمای ۲۵ درجه سلسیوس افزایش بنیه وزنی و از دمای ۳۰ تا ۴۵ درجه سلسیوس با افزایش دما کاهش بنیه وزنی گیاهچه مشاهده شد (جدول ۱۴). همان‌طور که در جدول ۱۴ نشان داده شده بیشترین بنیه وزنی بذر رقم اولتان (۲/۱) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و پتانسیل ۰/۲- مگاپاسکال به‌دست آمد. با افزایش تنش خشکی در این رقم پس از پتانسیل آب ۰/۲- مگاپاسکال بنیه وزنی کاهش یافت. با افزایش دما تا ۲۵ درجه سلسیوس افزایش این صفت و با افزایش دما تا ۴۵ درجه سلسیوس کاهش بنیه وزنی گیاهچه مشاهده شد.

با توجه به نتایج جدول ۱۵ تا پتانسیل آبی ۰/۲- مگاپاسکال در بازه دمایی ۲۰ تا ۳۵ درجه سلسیوس بنیه وزنی بذر رقم یلووایت افزایش یافت و با کاهش پتانسیل از ۰/۲- مگاپاسکال تا ۰/۸- مگاپاسکال این صفت روند کاهشی نشان داد. با افزایش دما تا ۲۵ درجه سلسیوس بنیه وزنی افزایش و پس از آن کاهش یافت. مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر صفت بنیه وزنی بذر گیاه کنجد رقم ناز تک شاخه نشان داد که با کاهش پتانسیل آب بجز در دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس و پتانسیل آبی ۰/۲- مگاپاسکال در دیگر دماها کاهش بنیه وزنی مشاهده شد (جدول ۱۵).

هر چه بنیه بذر قوی‌تر باشد گیاهچه حاصل از آن استقرار بیشتری دارد. کاهش پتانسیل آب باعث ایجاد رادیکال‌های آزاد

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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.4.6]

جدول ۱۳- مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر شاخص وزنی بنیه بذر گیاه کنجد رقم هلیل و داراب ۱ در دماهای مختلف

پتانسیل آب	دمای جوانه‌زنی رقم داراب ۱ (درجه سلسیوس)								دمای جوانه‌زنی رقم هلیل (درجه سلسیوس)							
(مگاپاسکال)	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	
۰	۰/۰۱^{a}	۰/۵۲^{a}	۰/۸۶^{a}	۰/۹۴^{b}	۰/۵۶^{b}	۰/۸۸^{a}	۰/۸۰^{a}	۰/۲۴^{a}	۰/۰۳^{a}	۰/۲۹^{b}	۰/۷۱^{ab}	۱/۴^{b}	۱/۳^{b}	۱^{b}	۱/۱^{a}	
-۰/۲	۰^{a}	۰/۳۴^{b}	۰/۸۷^{a}	۱/۸^{a}	۱/۱۸^{a}	۰/۴۴^{b}	۰/۸۲^{a}	۰/۰۹۱^{b}	۰^{b}	۰/۳۳^{a}	۰/۹۱^{a}	۱/۹^{a}	۱/۸^{a}	۱/۴^{a}	۱/۱^{a}	
-۰/۴	۰/۰۰۲^{a}	۰^{c}	۰/۴۵^{b}	۱/۱۹^{b}	۰/۶۵^{b}	۰/۲۹^{b}	۰/۳۳^{b}	۰^{c}	۰/۰۰۲^{b}	۰/۲۷^{b}	۰/۵۵^{b}	۱/۴^{b}	۱/۲^{b}	۰/۳۴^{c}	۰/۶۸^{b}	
-۰/۶	۰^{a}	۰^{c}	۰/۲۳^{c}	۰/۴۴^{c}	۰/۳۲^{c}	۰/۲۲^{bc}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰/۱۳^{c}	۰/۷۵^{c}	۰/۳۲^{c}	۰/۰۹^{d}	۰/۱۲^{c}	
-۰/۸	۰^{a}	۰^{c}	۰^{d}	۰/۱۲^{cd}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{c}	۰/۲۹^{d}	۰/۰۸^{cd}	۰^{d}	۰^{c}	
-۱	۰^{a}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{e}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{c}	
-۱/۲	۰^{a}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{e}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{c}	
میانگین	۰/۰۰۲	۰/۱۲	۰/۳۴	۰/۶۴	۰/۳۹	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۱۳	۰/۳۳	۰/۸۲	۰/۶۷	۰/۴	۰/۴۳	

در هر ستون حروف مشترک عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD (در سطح احتمال پنج درصد) را نشان می‌دهند.

جدول ۱۴- مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر شاخص وزنی بنیه بذر گیاه کنجد رقم دشتستان ۲ و اولتان در دماهای مختلف

پتانسیل آب	دمای جوانه‌زنی رقم دشتستان ۲ (درجه سلسیوس)								دمای جوانه‌زنی رقم اولتان (درجه سلسیوس)							
(مگاپاسکال)	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵
۰	۰^{a}	۰/۵۴^{a}	۱^{a}	۱/۰۶^{b}	۱/۴^{a}	۱/۱^{a}	۱/۳^{a}	۰/۲۳^{a}	۰/۰۱^{a}	۰/۶۹^{a}	۰/۸۸^{b}	۱/۲^{b}	۱/۴^{a}	۱/۳^{a}	۱/۱^{a}	۰/۰۹^{a}
-۰/۲	۰^{a}	۰/۵۹^{a}	۱/۲^{a}	۱/۹۸^{a}	۱/۳^{a}	۰/۸۵^{b}	۱/۱^{a}	۰/۰۷^{b}	۰/۰۰۴^{ab}	۰/۲۴^{b}	۱/۵^{a}	۲/۱^{a}	۱/۴^{a}	۰^{b}	۰/۹۷^{a}	۰/۰۵۱^{b}
-۰/۴	۰^{a}	۰/۳۲^{b}	۰/۹۴^{ab}	۱/۷^{a}	۰/۵۷^{b}	۰/۴۷^{c}	۰/۷۱^{b}	۰^{c}	۰^{b}	۰/۰۳۹^{c}	۰/۳۷^{c}	۱/۸^{a}	۰/۴۷^{b}	۰^{b}	۰/۲۶^{b}	۰^{c}
-۰/۶	۰^{a}	۰^{c}	۰/۵۳^{bc}	۰/۷۳^{bc}	۰/۳۳^{bc}	۰/۲۶^{d}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰/۱۹^{d}	۰/۲۳^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{c}
-۰/۸	۰^{a}	۰^{c}	۰/۳۹^{cd}	۰/۵۸^{c}	۰/۰۳۷^{c}	۰^{e}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{e}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{c}
-۱	۰^{a}	۰^{c}	۰/۰۴^{d}	۰^{c}	۰^{e}	۰^{e}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{e}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{c}
-۱/۲	۰^{a}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{e}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{e}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{c}
میانگین	۰	۰/۲۱	۰/۵۸	۰/۸۷	۰/۵۲	۰/۳۸	۰/۴۴	۰/۰۴۳	۰/۰۰۲	۰/۱۴	۰/۴۲	۰/۸	۰/۴۷	۰/۱۹	۰/۳۳	۰/۰۲

در هر ستون حروف مشترک عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD (در سطح احتمال پنج درصد) را نشان می‌دهند.

جدول ۱۵- مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر شاخص وزنی بنیه بذر گیاه کنجد رقم یلووایت و ناز تک شاخه در دماهای مختلف

پتانسیل آب	دمای جوانه‌زنی رقم یلووایت (درجه سلسیوس)								دمای جوانه‌زنی رقم ناز تک شاخه (درجه سلسیوس)							
(مگاپاسکال)	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	
۰	۰/۰۳^{a}	۰/۶^{a}	۰/۷۹^{b}	۰/۷۹^{b}	۰/۹۲^{b}	۱/۰۳^{a}	۰/۹۶^{a}	۰/۱۵^{a}	۰^{a}	۰/۶۵^{a}	۱/۰۴^{a}	۰/۸۸^{b}	۱/۰۶^{b}	۱/۱^{a}	۱/۱^{a}	
-۰/۲	۰^{b}	۰/۴۵^{b}	۱/۰۵^{a}	۱/۷^{a}	۱/۱^{a}	۱/۲^{a}	۰/۸۷^{a}	۰^{b}	۰^{a}	۰/۱۱^{b}	۱^{a}	۱/۸^{a}	۱/۶^{a}	۰/۷۹^{b}	۰/۸۸^{b}	
-۰/۴	۰^{b}	۰/۰۴۷^{c}	۰/۸۸^{ab}	۱/۴^{a}	۰/۸۶^{b}	۰/۴۶^{b}	۰/۳۷^{b}	۰^{b}	۰^{a}	۰/۰۷^{bc}	۰/۷^{b}	۱/۲^{b}	۰/۷۱^{c}	۰/۱۹^{c}	۰/۱^{c}	
-۰/۶	۰^{b}	۰/۱۲^{c}	۰/۳۶^{c}	۰/۴۴^{c}	۰/۱۹^{c}	۰/۱۵^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{a}	۰/۰۱۵^{bc}	۰/۰۴^{c}	۰/۳۷^{c}	۰/۵۶^{c}	۰^{c}	۰^{c}	
-۰/۸	۰^{b}	۰^{c}	۰^{d}	۰/۰۵^{d}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{a}	۰^{c}	۰^{c}	۰/۰۶^{c}	۰/۰۶^{d}	۰^{c}	۰^{c}	
-۱	۰^{b}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{a}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}	
-۱/۲	۰^{b}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{a}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}	
میانگین	۰/۰۰۴	۰/۱۷	۰/۴۴	۰/۶۳	۰/۴۴	۰/۴۱	۰/۳۱	۰/۰۲	۰	۰/۲۰۳	۰/۳۹۷	۰/۶۱	۰/۵۷	۰/۳	۰/۲۸	

در هر ستون حروف مشترک عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD (در سطح احتمال پنج درصد) را نشان می‌دهند.

اکسیژن می‌شود که درنهایت سبب آسیب به سلول‌های بافت جنین و پراکسیداسیون لیپیدها می‌گردد و بنیه گیاهچه را کاهش می‌دهد. در تنش‌های ملایم بعضی آنزیم‌ها اثر این پراکسیداسیون را کاهش می‌دهند که این امر در بیشتر تنش‌های

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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.4.6]

جدول ۱۶- مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر درصد جوانه‌زنی پس از بازسازی بذر گیاه کنجد رقم هلیل و داراب ۱ در دماهای مختلف

پتانسیل آب	دمای جوانه‌زنی رقم داراب ۱ (درجه سلسیوس)							دمای جوانه‌زنی رقم هلیل (درجه سلسیوس)						
(مگاپاسکال)	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰
-۰/۲	۰^{b}	۱۰۰^{a}	۲۵^{b}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۵۰^{a}	۲۱^{a}	۰^{c}	۲۵^{c}	۰^{b}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{d}
-۰/۴	۱۹^{a}	۰^{c}	۱۹^{b}	۰^{c}	۶۹^{ba}	۷۵^{a}	۶۱^{a}	۵۳^{a}	۱۶^{a}	۱۰۰^{a}	۳۹^{bc}	۰^{b}	۲۵^{b}	۰^{c}	۴۴^{c}
-۰/۶	۰^{b}	۰^{c}	۳۲^{b}	۶۲^{b}	۴۴^{bc}	۴۵^{a}	۴۱^{b}	۰^{b}	۰^{c}	۵۹^{b}	۷۲^{ab}	۹۲^{a}	۸۳^{a}	۶۹^{b}	۵۶^{bc}
-۰/۸	۰^{b}	۰^{c}	۳۸^{ba}	۷۲^{ba}	۶۸^{ba}	۸۲^{a}	۴۹^{ba}	۰^{b}	۰^{c}	۵۳^{b}	۹۴^{a}	۸۹^{a}	۸۲^{a}	۹۱^{ab}	۹۱^{a}
-۱	۰^{b}	۲۰^{b}	۵۳^{ba}	۸۵^{ba}	۹۸^{a}	۸۸^{a}	۴۷^{ba}	۰^{b}	۰^{c}	۶۹^{b}	۷۵^{ab}	۹۳^{a}	۱۰۰^{a}	۸۳^{ab}	۸۴^{ab}
-۱/۲	۰^{b}	۱۵^{cb}	۷۹^{a}	۹۷^{a}	۹۹^{a}	۷۷^{a}	۴۰^{b}	۰^{b}	۰^{c}	۵۴^{b}	۸۲^{ab}	۹۹^{a}	۸۴^{a}	۱۰۰^{a}	۹۸^{a}

در هر ستون حروف مشترک عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD (در سطح احتمال پنج درصد) را نشان می‌دهند.

جدول ۱۷- مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر درصد جوانه‌زنی پس از بازسازی بذر گیاه کنجد رقم دشتستان ۲ و اولتان در دماهای مختلف

پتانسیل آب	دمای جوانه‌زنی رقم دشتستان ۲ (درجه سلسیوس)							دمای جوانه‌زنی رقم اولتان (درجه سلسیوس)						
(مگاپاسکال)	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵
-۰/۲	۰^{d}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{b}	۰^{d}	۲۳^{a}	۱۹^{a}	۸۹^{a}	۰^{d}	۰^{c}	۰^{c}	۸۲^{ab}	۰^{c}	۳۹^{a}
-۰/۴	۶۵^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{b}	۳۳^{c}	۰^{d}	۰^{b}	۰^{b}	۸۳^{a}	۶۰^{c}	۴۰^{b}	۰^{c}	۹۳^{a}	۵۳^{b}	۴۷^{a}
-۰/۶	۱۰۰^{a}	۷۴^{a}	۰^{c}	۹۶^{a}	۹۴^{a}	۵۴^{ab}	۰^{b}	۰^{b}	۴۶^{b}	۷۶^{b}	۷۴^{a}	۸۶^{b}	۹۷^{a}	۹۳^{a}	۰^{b}
-۰/۸	۱۰۰^{a}	۸۰^{a}	۵۰^{b}	۸۶^{a}	۸۱^{a}	۶۵^{a}	۰^{b}	۰^{b}	۳۱^{b}	۹۲^{a}	۸۴^{a}	۹۳^{ab}	۹۴^{a}	۸۸^{a}	۰^{b}
-۱	۸۰^{bc}	۷۰^{a}	۹۲^{a}	۱۰۰^{a}	۹۰^{a}	۲۶^{c}	۰^{b}	۰^{b}	۱۱^{c}	۹۸^{a}	۹۳^{a}	۹۹^{a}	۹۸^{a}	۸۲^{a}	۰^{b}
-۱/۲	۸۶^{ab}	۷۹^{a}	۸۹^{a}	۱۰۰^{a}	۸۲^{a}	۳۱^{bc}	۰^{b}	۰^{b}	۱۰^{c}	۸۳^{ab}	۹۹^{a}	۱۰۰^{a}	۷۳^{b}	۸۰^{a}	۰^{b}

در هر ستون حروف مشترک عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD (در سطح احتمال پنج درصد) را نشان می‌دهند.

جدول ۱۸- مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر درصد جوانه‌زنی پس از بازسازی بذر گیاه کنجد رقم یلووایت و ناز تک شاخه در دماهای مختلف

پتانسیل آب	دمای جوانه‌زنی رقم یلووایت (درجه سلسیوس)							دمای جوانه‌زنی رقم ناز تک شاخه (درجه سلسیوس)						
(مگاپاسکال)	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰
-۰/۲	۲۹^{a}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{a}	۶۸^{a}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{c}	۰^{d}	۰^{e}
-۰/۴	۰^{b}	۵۶^{a}	۳۷^{b}	۰^{b}	۰^{c}	۰^{b}	۴۴^{b}	۰^{a}	۲۹^{b}	۵۴^{b}	۰^{c}	۰^{c}	۸۴^{ab}	۸۳^{a}
-۰/۶	۰^{b}	۶۵^{a}	۷۷^{a}	۹۶^{a}	۹۶^{b}	۸۰^{a}	۴۰^{b}	۰^{a}	۷۷^{bc}	۷۷^{ab}	۸۳^{b}	۵۰^{b}	۸۹^{a}	۵۰^{b}
-۰/۸	۰^{b}	۰^{c}	۶۰^{ab}	۹۵^{a}	۹۹^{ab}	۷۳^{a}	۴۶^{b}	۰^{a}	۸۸^{d}	۸۸^{a}	۸۹^{ab}	۹۹^{a}	۷۹^{bc}	۳۲^{c}
-۱	۰^{b}	۲۳^{b}	۸۲^{a}	۹۲^{a}	۱۰۰^{a}	۹۰^{a}	۶۶^{ab}	۰^{a}	۸۸^{cd}	۸۸^{a}	۹۷^{a}	۹۶^{a}	۷۴^{c}	۱۳^{de}
-۱/۲	۰^{b}	۲۱^{b}	۸۳^{a}	۹۱^{a}	۱۰۰^{a}	۸۲^{a}	۹۱^{a}	۰^{a}	۰^{d}	۹۶^{a}	۹۸^{a}	۱۰۰^{a}	۸۴^{ab}	۲۸^{cd}

در هر ستون حروف مشترک عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD (در سطح احتمال پنج درصد) را نشان می‌دهند.

۰/۲- مگاپاسکال برای ارقام کنجد مورد آزمایش رخ داد (خاتمی و همکاران، ۱۳۹۸). حسینی‌پور (۱۳۹۷) نشان داد که با ورود گیاهچه‌های کتان روغنی (*Linum usitatissimum* L.) به دمای ۳۰ درجه سلسیوس کاهش شدید بنیه وزنی مشاهده شد و با کاهش پتانسیل آب بنیه وزنی گیاهچه کاهش یافت.

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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.4.6]

جدول ۱۹- مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر قابلیت حیات پس از بازسازی بذر گیاه کنجد رقم هلیل و داراب ۱ در دماهای مختلف

پتانسیل آب	دمای جوانه‌زنی رقم داراب ۱ (درجه سلسیوس)								دمای جوانه‌زنی رقم هلیل (درجه سلسیوس)							
(مگاپاسکال)	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵
-۰/۲	۹۳^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۶۶^{bc}	۹۵^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۲۲^{a}
-۰/۴	۹۸^{a}	۷۹^{d}	۹۲^{b}	۱۰۰^{a}	۹۵^{ba}	۱۰۰^{a}	۸۷^{b}	۸۱^{ba}	۹۵^{a}	۱۰۰^{a}	۹۴^{ab}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۹۶^{a}	۱۶^{ab}
-۰/۶	۷۳^{b}	۸۸^{bc}	۹۷^{a}	۱۰۰^{a}	۹۹^{a}	۹۸^{a}	۶۹^{d}	۸۴^{a}	۸۴^{b}	۹۱^{ab}	۹۹^{a}	۱۰۰^{a}	۹۵^{ab}	۹۵^{ab}	۷۸^{b}	۱۳^{bc}
-۰/۸	۶۶^{bc}	۹۷^{a}	۷۶^{d}	۹۲^{b}	۹۱^{b}	۸۸^{c}	۷۸^{c}	۷۱^{bac}	۷۶^{c}	۸۸^{b}	۹۸^{a}	۹۷^{a}	۹۱^{b}	۹۳^{b}	۹۶^{a}	۱۰^{bcd}
-۱	۶۴^{bc}	۹۰^{b}	۸۸^{cb}	۹۵^{ba}	۹۶^{ba}	۹۳^{b}	۷۷^{c}	۶۷^{bc}	۷۲^{cd}	۸۷^{b}	۹۳^{ab}	۹۷^{a}	۹۱^{b}	۱۰۰^{a}	۹۴^{a}	۵^{d}
-۱/۲	۵۸^{c}	۸۳^{cd}	۸۶^{c}	۹۹^{a}	۹۵^{ba}	۹۰^{cb}	۷۵^{dc}	۶۰^{c}	۷۰^{d}	۸۸^{b}	۸۸^{b}	۱۰۰^{a}	۹۴^{ab}	۱۰۰^{a}	۹۶^{a}	۸^{cd}

در هر ستون حروف مشترک عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD (در سطح احتمال پنج درصد) را نشان می‌دهند.

جدول ۲۰- مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر قابلیت حیات پس از بازسازی بذر گیاه کنجد رقم دشتستان ۲ و اولتان در دماهای مختلف

پتانسیل آب	دمای جوانه‌زنی رقم دشتستان ۲ (درجه سلسیوس)								دمای جوانه‌زنی رقم اولتان (درجه سلسیوس)							
(مگاپاسکال)	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵
-۰/۲	۹۴^{a}	۹۵^{ab}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۶۳^{a}	۸۹^{a}	۹۵^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۸۹^{bc}	۱۰۰^{a}	۷۸^{a}
-۰/۴	۸۸^{ab}	۹۱^{bc}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۹۶^{ab}	۱۰۰^{a}	۷^{c}	۷۴^{b}	۸۷^{ab}	۸۷^{b}	۹۹^{b}	۱۰۰^{a}	۹۶^{ab}	۹۷^{ab}	۷۰^{ab}
-۰/۶	۶۸^{d}	۹۸^{a}	۹۵^{ab}	۱۰۰^{a}	۹۴^{c}	۹۱^{bc}	۶۹^{c}	۷^{c}	۹۲^{a}	۸۹^{ab}	۸۸^{b}	۹۳^{c}	۹۲^{b}	۹۱^{abc}	۹۲^{bc}	۱۴^{d}
-۰/۸	۶۲^{d}	۱۰۰^{a}	۹۵^{ab}	۱۰۰^{a}	۹۸^{b}	۸۵^{c}	۸۳^{b}	۱۸^{b}	۸۸^{a}	۸۴^{abc}	۹۴^{ab}	۹۴^{d}	۹۵^{ab}	۹۴^{ab}	۹۳^{b}	۵۲^{bc}
-۱	۷۸^{c}	۹۶^{ab}	۹۰^{b}	۹۷^{ab}	۱۰۰^{a}	۹۳^{b}	۷۴^{bc}	۱۳^{bc}	۸۶^{a}	۷۳^{c}	۱۰۰^{a}	۹۵^{d}	۹۸^{ab}	۹۸^{a}	۸۷^{cd}	۴۵^{c}
-۱/۲	۸۵^{bc}	۸۹^{c}	۸۹^{b}	۹۴^{b}	۱۰۰^{a}	۹۰^{bc}	۷۱^{c}	۹^{c}	۸۶^{a}	۷۹^{bc}	۹۴^{ab}	۱۰۰^{a}	۹۹^{a}	۸۶^{c}	۸۴^{d}	۳۵^{c}

در هر ستون حروف مشترک عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD (در سطح احتمال پنج درصد) را نشان می‌دهند.

جدول ۲۱- مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر قابلیت حیات پس از بازسازی بذر گیاه کنجد رقم یلووایت و ناز تک شاخه در دماهای مختلف

پتانسیل آب	دمای جوانه‌زنی رقم یلووایت (درجه سلسیوس)								دمای جوانه‌زنی رقم ناز تک شاخه (درجه سلسیوس)							
(مگاپاسکال)	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵
-۰/۲	۹۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۴^{bc}	۸۳^{a}	۸۴^{ab}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۷۲^{a}
-۰/۴	۹۴^{a}	۸۵^{bc}	۹۸^{ab}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۹۵^{a}	۲۸^{a}	۹۰^{a}	۸۸^{a}	۹۱^{bc}	۹۸^{a}	۱۰۰^{a}	۹۵^{b}	۹۳^{a}	۶۱^{b}
-۰/۶	۸۹^{a}	۹۱^{b}	۹۰^{bc}	۹۸^{ab}	۹۵^{b}	۹۳^{bc}	۸۱^{bc}	۲۳^{a}	۸۷^{a}	۸۷^{ab}	۸۷^{c}	۹۱^{b}	۹۸^{ab}	۹۴^{bc}	۷۹^{b}	۳۷^{c}
-۰/۸	۷۹^{b}	۸۰^{c}	۸۷^{c}	۹۷^{ab}	۹۷^{ab}	۸۷^{c}	۸۴^{bc}	۲۲^{ab}	۷۹^{a}	۸۱^{abc}	۹۵^{ab}	۹۶^{ab}	۹۹^{ab}	۹۰^{c}	۷۴^{b}	۲۲^{de}
-۱	۷۰^{bc}	۸۰^{c}	۹۳^{abc}	۹۰^{c}	۱۰۰^{a}	۹۶^{ab}	۷۷^{c}	۱۲^{c}	۸۴^{a}	۷۵^{bc}	۹۶^{ab}	۱۰۰^{a}	۹۶^{b}	۸۴^{d}	۵۸^{c}	۱۴^{e}
-۱/۲	۶۸^{c}	۸۵^{bc}	۹۳^{abc}	۹۴^{bc}	۱۰۰^{a}	۸۹^{c}	۹۰^{ab}	۸^{c}	۹۰^{a}	۷۱^{c}	۹۷^{ab}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۷۹^{e}	۷۳^{b}	۳۱^{cd}

در هر ستون حروف مشترک عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD (در سطح احتمال پنج درصد) را نشان می‌دهند.

بازسازی بذرها پس دوره تنش: با توجه به شرایط دیم در مزارع کشاورزی گاهی دیده می‌شود که پس از یک دوره کم آبی با اولین بارش بعضی از بذرها جوانه می‌زنند و بعضی دیگر جوانه نمی‌زنند. این سؤال مطرح می‌شود که بذرهای باقی‌مانده امکان جوانه‌زنی دوباره دارند؟ در این پژوهش با قرار دادن بذرها پس از دوره تنش در آب‌مقطر، به ترمیم بذرها

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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.4.6]

پرداخته شد و برای مشخص‌کردن تأثیر جداگانه دما و پتانسیل آب بذرها در همان دمایی که قبلاً دوره تنش خود را گذرانده بودند، قرار داده شد.

با توجه به این‌که در دماهای بالاتر در کشت اول (تحت تنش) اغلب بذرها در تنش‌های ملایم جوانه‌زنی داشتند بذرهای منتقل‌شده از این پتانسیل‌ها به شرایط بازسازی زیاد نبوده و در در دوره بازسازی قادر به جوانه‌زنی تا ۱۰۰ درصد نیز هستند به‌طوری‌که بذرهای انتقالی از تنش ۱/۲- مگاپاسکال در تمام ۹ ارقام پس از دمای ۲۰ درجه سلسیوس جوانه‌زنی بالای ۷۰ کاشت در مناطق با دمای پایین‌تر یا کاشت زودتر از تاریخ کشت مناسب هستند و رقم‌های اولتان و هلیل با توجه به این‌که در دمای ۴۰ درجه سلسیوس درصد جوانه‌زنی بهتری نشان دادند به‌ترتیب می‌توانند انتخاب مناسبی برای مناطق گرم‌تر باشند.

با توجه به نتایج این بخش از آزمایشات می‌توان نتیجه گرفت که پتانسیل‌های اسمزی بالا مانع از جذب آب در بذرها شده و اجازه جوانه‌زنی به بذرها را نداده است که از دلایل آن می‌توان به سخت‌شدن دیواره سلولی بذر در حین تنش و تأخیر خروج ریشه‌چه اشاره کرد. در بعضی موارد تنش‌های بالا باعث مرگ جنین یا خواب ناشی از حرارت می‌شود اما با قراردادن بذر در شرایط بدون تنش بذرها قادر به بازسازی خود و طی-کردن مسیر جوانه‌زنی و رشد دوباره هستند.

آزمون قابلیت حیات: برای بررسی این پارامتر به بررسی بذرهای جوانه‌نزده پس از بازسازی پرداخته شد و برای اطمینان از حیات بذرهای جوانه‌نزده آزمون تترازولیوم انجام شد. بنا بر این آزمون بذرهایی که طبق الگوی رنگ‌آمیزی محور جنینی آن‌ها و جنین آن‌ها رنگ گرفته بود بذر زنده تلقی شدند. نتایج نشان داد که بذور زنده بودند و دلیل جوانه نزدن را می‌توان خواب القایی ناشی از حرارت و پتانسیل آب دانست. پس از این آزمون، مجموع بذرهای جوانه‌زده تحت تنش، بازسازی و آزمون تترازولیوم به‌عنوان بذر زنده شناخته شدند و قابلیت حیات بذرها برای هر رقم در هر دما محاسبه شد.

جدول‌های مقایسه میانگین (جدول‌های ۱۶ تا ۱۸) در دما و پتانسیل مربوط به این تنش‌ها عدد صفر جایگزین شده است. نتایج جدول‌های مقایسه میانگین (جدول‌های ۱۶ تا ۱۸) اثر پتانسیل آب بر صفت درصد جوانه‌زنی پس از بازسازی در ارقام مورد بررسی نشان داد که بذرهای تحت تنش شدید

درصد را نشان دادند. رقم‌های دشتستان ۲ و ناز تک شاخه در دمای ۱۵ درجه سلسیوس جوانه‌زنی بیشتری نسبت به سایر ارقام نشان دادند که می‌توان نتیجه گرفت این دو رقم برای

با توجه به نتایج جدول‌های مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر صفت قابلیت حیات پس از بازسازی در ارقام مورد بررسی (جداول ۱۹ تا ۲۱) نشان داد که با افزایش پتانسیل اسمزی قابلیت حیات بذرهای ارقام کنجد کاهش می‌یابد که این امر در دماهای زیر ۱۵ درجه سلسیوس و بالای ۴۰ درجه سلسیوس بیشتر مشهود است.

با توجه به نتایج، دمای بهینه نقش به‌سزایی در قابلیت حیات بذرها داشت و قابلیت حیات در این بازه دمایی بیشتر از ۷۰ درصد بود. در پژوهشی استادیان بیدگلی و همکاران (۱۳۹۶) نشان داد که با افزایش پتانسیل اسمزی قابلیت حیات بذرهای گلرنگ روند کاهشی داشته است و علت این امر را آسیب به غشای فسفولیپیدی توسط گونه‌های فعال اکسیژن مثل هیدروژن پراکسید و اثر تخریبی تنش بر اکسیداسیون محتوای روغن بذر دانست.

در پژوهشی Luna و Chamorro (۲۰۱۶) با بررسی ارقام گل آفتابی (*Cistus incanus*) نشان دادند که قابلیت حیات بذرهای این گونه در سطح پتانسیل آب ۰/۸- مگاپاسکال کمتر از سطوح پتانسیل آب ۰/۲- تا ۰/۶- مگاپاسکال بود و علت آن را اثرات تخریبی واردشده به بذر در دوره تنش دانستند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که کاهش پتانسیل آب در همه ارقام کنجد سبب کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی، طول گیاهچه، قابلیت حیات، بنیه وزنی

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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.4.6]

شد. همچنین با بررسی محتوای روغن بذور ارقام مختلف می‌توان نتیجه گرفت که محتوای بذرها بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی شامل سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و بنیه بذرها تأثیرگذار بود و نتایج حاصل از بررسی دوره بازسازی و قابلیت حیات نشان داد که بذرها قابلیت رشد دوباره پس از طی‌کردن یک دوره تنش را دارا بودند.

منابع

استادیان بیدگلی، ر.، بلوچی، ح.، سلطانی، ا. و مرادی، ع. (۱۳۹۶) اثرات دما و پتانسیل آب بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) رقم صفه. نشریه علوم و فناوری بذر ایران ۱: ۲۲-۱۱.

بابائی قاقلستانی، ع.، خاتمی، س. آ.، حسنی نسب فرزانه، ر. و آل ابراهیم، م. ت. (۱۳۹۷) تأثیر دماهای مختلف بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه دارویی شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*). نشریه تحقیقات بذر ۸: ۳۳-۲۸.

تیموری، ح.، بلوچی، ح. ر.، مرادی، ع. و سلطانی، ا. (۱۳۹۷) تأثیر زوال بذر و پتانسیل آب بر شاخص‌های جوانه‌زنی و بیوشیمیایی بذر گیاه شنبلیله (*Trigonella foenm-graecum*) در دماهای مختلف. پژوهش‌های بذر ایران ۵: ۱۲۸-۱۰۵.

حسینی‌پور، ع. (۱۳۹۷) کمی‌سازی جوانه‌زنی و بررسی صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بذرهای زوال‌یافته کتان روغنی (*Linum usitatissimum* L.) رقم نرمن در دماها و پتانسیل‌های آبی مختلف. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج.

خاتمی، س. ر.، صدقی، م. و سیدشریفی، ر. (۱۳۹۸) تأثیر پرایمینگ و تنش اسمزی بر جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک و چرخه گلی‌اکسیلات در بذر ذرت (*Zea mays* L.). مجله علوم و تحقیقات بذر ایران ۶: ۷۸-۶۷.

دینی ترکمان، م. ر. و کاراپتیان، ژ. (۱۳۸۶) بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مهم دانه در ده رقم کنجد (*Sesamum indicum* L.). مجله زیست‌شناسی ایران ۲۰: ۳۳۳-۳۲۷.

رضوانی مقدم، پ. و سیدی، م. (۱۳۹۵) بررسی ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر ارقام کنجد (*Sesamum indicum* L.) و رابطه آن با ترکیب اسیدهای چرب. نشریه علوم و فناوری بذر ایران ۲: ۱۳۱-۱۱۹.

قادری‌فر، ف. و سلطانی، ا. (۱۳۹۴) ارزیابی جوانه‌زنی ارقام کنجد در واکنش به دما: تعیین دماهای مهم و مقاومت به دما. علوم گیاهان زراعی ایران ۴۶: ۴۸۳-۴۷۳.

گرگین کرجی، م.، وهابی، م. ر.، سی و سه مرده، ع.، حسین پناهی، ف.، عشقی‌زاده، ح. ر. و بصیری اصفهانی، م. (۱۳۹۷) ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر ماشک متنوع (*Vicia variabilis* Grossh.) در پاسخ به دما و تنش خشکی. نشریه علمی پژوهشی مرتع ۱۲: ۶۱-۴۸.

سلطانی، ا.، حسین‌زاده، ع. و عباسی، ع. (۱۳۹۶) تأثیر تنش خشکی بر جوانه‌زنی و محتوای رنگدانه‌های نورساختی در ژنوتیپ‌های لوبیای معمولی (*Phaseolus vulgaris* L.). علوم گیاهان زراعی ایران ۴۸: ۱۱۹-۱۰۷.

مرادی، م.، حسنکی‌فرد، ا. و معتمدی، م. (۱۳۹۶) بررسی اثرات تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلایکول بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه هیبریدهای ذرت. فصلنامه علوم به زراعی گیاهی ۷: ۱۲۳-۱۱۵.

نورحسینی، س. ع.، صفرزاده، م. ن. و صادقی، س. م. (۱۳۹۵) ارزیابی شاخص‌های انرژی، ارزش و قدرت جوانه‌زنی بذر در بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.). مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران) ۲۹: ۲۳۴-۲۲۱.

Ali, S., Liu, Y., Ishaq, M., Shah, T., Ilyas, A. and Din, I. U. (2017) Climate change and its impact on the yield of major food crops: Evidence from Pakistan. Foods 6: 39

Abido,W. A. E. and Zsombik, L. (2018) Effect of water stress on germination of some Hungarian wheat landraces varieties. Acta Ecologica Sinica 38: 422-428.

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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.4.6]

Almasouri, M., Kinet, J. M. and Lutts, S. (2001) Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). Plant and Soil 231: 243-254.

Alqudah, A. M., Samarah, N. H. and Mullen, R. E. (2010) Drought stress effect on crop pollination, seed set, yield and quality. In: Alternative Farming Systems, Biotechnology, Drought Stress and Ecological Fertilization (ed. Lichtfouse, E.) Pp. 193-213. Springer, Berlin.

Alvarado, V. and Bradford, K. (2002) A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. Plant, Cell and Environment 25: 1061-1069.

Bagheri, M., Yeganeh, H., Esfahan, E. Z. and Savadroodbari, M. B. (2011) Effects of water stress on seed germination of *Thymus koteschanus* (Boiss.) and *Thymus daenensis* (Celak.). Middle-East Journal of Scientific Research 8: 726-731.

Belo, R. G., Tognetti, J., Benech-Arnold, R. and Izquierdo, N. G. (2014) Germination responses to temperature and water potential as affected by seed oil composition in sunflower. Industrial Crops and Products 62: 537-544.

Carvalho, M., Matos, M., Castro, I., Monteiro, E., Rosa, E., Lino-Neto, T. and Carnide, V. (2019) Screening of worldwide cowpea collection to drought tolerant at a germination stage. Scientia Horticulturae 247: 107-115.

Fahad, S., Bajwa, A. A., Nazir, U., Anjum, S. A., Farooq, A., Zohaib, A., Sadia, S., Nasim, W., Adkins, S., Saud, S., Ihsan, M. Z., Alharby, H., Wu, C., Wang, D. and Huang, J. (2017) Crop production under drought and heat stress: Plant responses and management options. Frontier in Plant Science 8: 1147.

FAO. (2016) Faostat Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.

Jesus, V. A. M., Araujo, E. F., Neves, A. A., Santos, F. L., Dias, L. A. D. S. and Silva, R. F. D. (2016) Ratio of seeds and sodium hypochlorite solution on the germination process of papaya seeds. Journal of Seed Science 38: 57-61.

Koefender, J., Menezes, N. L., Buriol, G. A., Trentin, R. and Castilhos, G. (2009) Influence of temperature and light on the germination of marigold seed. Horticultura Brasileira 27: 207-210.

Liu, M., Li, M., Liu, K. and Sui, N. (2015) Effects of drought stress on seed germination and seedling growth of different maize varieties. Journal of Agricultural Science 7: 231-240.

Luna, B. and Chamorro, D. (2016) Germination sensitivity to water stress of eight cistaceae species from the western mediterranean. Seed Science Research 26: 101-110.

Mayer, A. M. and Poljakoff-Mayber, A. (1989) The Germination of Seeds. 4th Ed. Pergamon Press plc, Headington Hill Hall, Oxford OX3 OBW, England.

Metcalf, L. C., Schmitz, A. A. and Pelka, J. R. (1966) Rapid preparation of methyl esters from lipid for gas chromatography analysis. Analytical Chemistry 38: 514-515.

Michel, B. E. and Kaufmann, M. R. (1973) The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology 51: 914-916.

Patane, C., Saita, A., Tubeileh, A., Cosentino, S. L. and Cavallaro, V. (2016) Modeling seed germination of unprimed and primed seeds of Sweet sorghum under peg induced water stress through the hydrotime analysis. Acta Physiologiae Plantarum 38: 115.

Seyyedi, S. M., Tavakkol Afshari, R. and Daneshmandi, M. S. (2018) The relationships between fatty acids and heterotrophic seedling growth in winter canola cultivars during accelerated seed aging process. South African Journal of Botany 119: 353-361.

Snider, J., Collins, G., Whitaker, J., Chapman, K. and Grey, T. (2014) Seed size and oil content are key determinants of seedling vigor in *Gossypium hirsutum*. The Journal of Cotton Science 18: 1-9.

Soltani, A., Robertson, M., Torabi, B., Yousefi-Daz, M. and Sarparast, R. (2006) Modelling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. Agricultural and Forest Meteorology 138: 156-167.

Uzun, B., Arslan, C. and Furat, S. (2008) Variation in fatty acid compositions, oil content and oil yield in a germplasm collection of sesame (*Sesamum indicum* L.). Journal of the American Oil Chemists' Society 85: 1135-1142.

Were, B. A., Onkware, A. O., Gudu, S., Welander, M. and Carlsson, A. S. (2006) Seed oil content and fatty acid composition in east african sesame (*Sesamum indicum* L.) accessions evaluated over 3 years. Field Crops Research 97: 254-260.

Yun, J. and Surh, J. (2012) Fatty acid composition as a predictor for the oxidation stability of korean vegetable oils with or without induced oxidative stress. Preventive Nutritaion and Food Science 17: 158-165.

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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.4.6]

Effect of water potential on seed germination indices of six Sesame cultivars (*Sesamum indicum*) at different temperatures and its relation to fatty acid composition

Vida Soltani Kankahdani[1], Hamidreza Balouchi[1], Ali Moradi[1], Majid Gholamhoseini[2]

[1] Agronomy and Plant Breeding Department, Yasouj University, Iran
[2] Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran
(Received: 02/02/2020, Accepted: 08/12/2020)

Abstract

Knowing the optimum temperature and base potential for each seed is an important step in better germination, increasing uniform emergence and better chances of plant establishment. To evaluate the effects of water potential on seed germination indices of six sesame cultivars at different temperatures and their relations with fatty acids content, the experiment was conducted as factorial based on a completely randomized design in four replications in 2018 at the Seed Technology Laboratory of Yasouj University of Agricultural College. The first factor consisted of six sesame varieties named Halil, Darab 1, Dashtestan 2, Oltan, Yellow White and Naz Single Branch and the second factor consisted of seven water potential levels (-0, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8, -1 and -2.2 MPa), which were tested at eight temperature levels (10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 and 45 °C). The results showed that different cultivars of the same species could exhibit different responses to environmental conditions. With decreasing water potential, seed germination indices decreased as well. The highest percentage and rate of germination (57.3%, 0.33 seed/day) was observed at an optimum temperature of 25 °C. Dashtestan 2 and Yellow White had the highest (65%) and the least (53%) oil content, respectivly. Oleic and linoleic fatty acids were the most unsaturated fatty acids in the seeds of all six sesame cultivars, and the relationship between germination rate and unsaturated fatty acids, showed that for oleic and linoleic acid at certain concentration (about 43%) increased the germination rate. According to the results, the cultivar Halil could be considered for warmer regions and the Naz Single Branch cultivar for cooler regions. Among cultivars, Dashtestan 2 had the best germination under stress conditions, which might be regarded as a more suitable cultivar than other cultivars in hot and dry areas.

Keywords: Seed vigor index, Oil percentage, Germination percentage, Viability

Corresponding author, Email: balouchi@yu.ac.ir

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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.4.6]