

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

اگرچه 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 سبز شدن 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 درآمد. فاکتور اول شش رقم کنجد با نام‌های هلیل، داراب ۱، دشتستان ۲، اولتان، یلوایت 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 یلوایت به ترتیب بیشترین (۶۵ درصد) و کمترین (۵۳ درصد) میزان روغن را دارا بودند. اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک بیشترین میزان اسیدهای چرب اشیاع نشده بذر هر شش رقم کنجد را تشکیل دادند و رابطه بین سرعت جوانه‌زنی و اسیدهای چرب 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 بینه بذر، درصد روغن، درصد جوانه‌زنی، قابلیت حیات

مقدمه

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

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،

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

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 بذر 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 (پایین آمدن و بالارفتن این دامنه دمایی)، جوانه‌زنی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Alvarado and Bradford, 2002). قادری فر 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 صغه نشان دادند

(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). رضوانی مقدم 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. در بین 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 در نتیجه تأثیر نامطلوبی بر درصد و سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاه‌چه دارد (Alqudah et al., 2010). تحت تنش خشکی فعالیت‌های آنزیمی گیاهان کاهش می‌یابد و در نهایت منجر به کاهش عملکرد و کیفیت

به مدت ۶۰ ثانیه ضد عفونی 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 گلیکول اضافه شد و برای سطح صفر مگاپاسکال ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید.

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

$$\psi = (1.18 \times 10^{-2}) C - (1.18 \times 10^{-4}) C^2 + (2.67 \times 10^{-4}) CT + (8.39 \times 10^{-7}) C^2 T$$

در این معادله ψ_s پتانسیل اسمزی براساس واحد مگاپاسکال، T دمای محیط کشت برحسب درجه سلسیوس و C غلظت پلی‌اتیلن گلیکول برحسب گرم بر لیتر آب است.

تمام آزمایش‌های جوانه‌زنی در شرایط ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی با استفاده از ژرمناتور (مدل SG600 ساخت شرکت نور صنعت فردوس، ایران) با نوسان ± 1 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 به مدت 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:

$$GP = (n/N) \times 100 \quad \text{معادله (۱)}$$

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

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

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

$$GR = \sum \frac{n_i}{t_i} \quad \text{معادله (۳)}$$

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

که جوانه‌زنی با خارج‌شدن از محدوده دمای مطلوب صفات رشدی شامل سرعت و درصد جوانه‌زنی، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و درنهایت بینه 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، در نتیجه 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 ضرورت دارد. همچنین یکی از مشکلات زراعت کنجد در مناطق خشک و نیمه‌خشک سبز شدن 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 به صورت 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، ۱/۲ و ۲۰) - 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 هیپوکلیت سدیم یک درصد

جدول ۱- ویژگی‌های ارقام کنجد مورد مطالعه

ارقام	اولتان	داراب ۱	دشتستان ۲	ناز تک شاخه	یلوویت	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	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	قهوه‌نامه 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
یلوویت	۹۹	۲/۹۱	۵/۸۴۷	۵۲/۶۶
ناز تک شاخه	۹۹	۲/۸۵	۵/۱۵۹	۵۴/۰۹

در هر روز، t_i زمان جوانه‌زنی است.

شد (Jesus et al., 2016).

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 آبیاری با آب مقطر به پتری‌هایی با قطر ۹ سانتی‌متر با دو لایه کاغذ صافی منتقل گردید. به هر یک از پتری‌ها ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر 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 جوانه‌زده در مرحله قبل به مدت 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

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 اضافه کردن ۱۵۰ میلی‌لیتر از حلال پترولیوم بنزن به بالن‌های دستگاه و روشن کردن آن فرایند استخراج روغن به مدت 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 آن قرار گرفت. با اندازه‌گیری تفاضل وزن اولیه و ثانویه پس از خروج نمونه‌ها پس از دو ساعت از دستگاه آن میزان روغن هر رقم مشخص شد (دینی ترکمانی و کاراپتیان، ۱۳۸۶). سپس به‌منظور بررسی محتوای اسید چرب بذر رقم‌های کنجد،

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 معنی‌دار شدن 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 به ترتیب بیشترین میزان اسید چرب اشباع و غیراشباع را داشتند (جدول ۳).

جوانه‌زنی بذرهای تحت تأثیر عوامل محیطی و ژنتیکی قرار می‌گیرد. محتوای ذخیره‌ای بذر یکی از عواملی است که به‌طور مستقیم بر روند رشد و جوانه‌زنی اولیه بذرهای تأثیر دارد. قدرت بذر و استقرار گیاهچه در بذرهای روغنی به‌شدت تحت تأثیر ذخایر بذرهای 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 لینولینیک مهم‌ترین

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 معنی‌دار شدن کای‌اسکووار 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 $\text{Arc sin} \sqrt{\frac{GP}{100}}$ استفاده شد برای محاسبه

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 استئاریک	اسید آراشیدیک	چرب اشباع	مجموع اسیدهای اشباع	اسید اولئیک	اسید لینولئیک	اسید لینولئیک	اسید ایگوزونوئیک	چرب غیر اشباع
هلیل	۵۸ ^a	۹/۱۱ ^a	۴/۲۹ ^a	۰/۶۰ ^a	۱۴/۰۰۶ ^a	۴۳/۳۴ ^a	۴۰/۲۶ ^a	۰/۲۱۵ ^a	۰/۰۷۳ ^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
یلوایت	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 معنی دار براساس آزمون LSD (در سطح احتمال پنج درصد) را نشان می دهند.

اسیدهای چرب اشباع نشده 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 متفاوت بودن عناصر موجود در بذرها می‌تواند در متفاوت بودن شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه هر رقم مؤثر باشد.

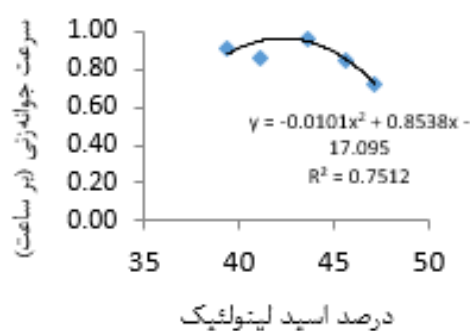
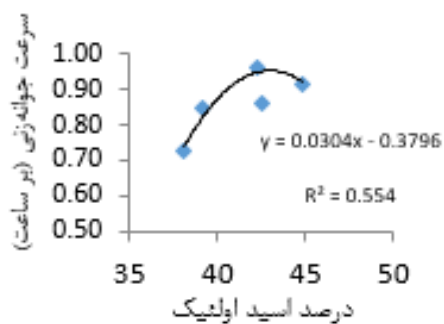
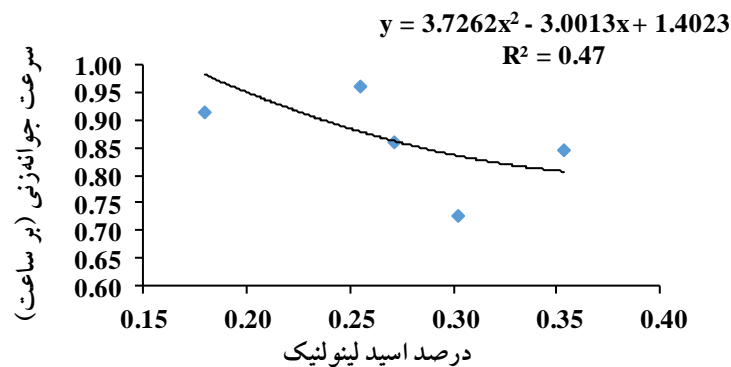
شکل ۱ رابطه بین سرعت جوانه‌زنی و مقدار اسیدهای چرب غیراشباع را نشان داد که با افزایش میزان اسید اولئیک و اسید لینولئیک تا غلظت مشخصی (حدوداً ۴۳ درصد) در بذر ارقام کنجد سرعت جوانه‌زنی افزایش می‌یابد. دلیل رابطه منفی مقدار اسید لینولئیک و اسید لینولئیک در بذرهای گیاهان روغنی به‌طور واضح مشخص نیست. به‌نظر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

پایداری بذرهای روغنی می‌شود (Yun and Surh, 2012).

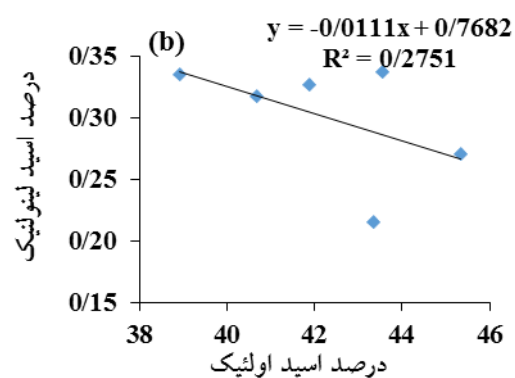
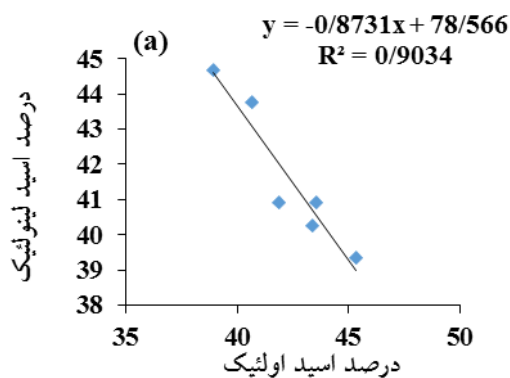
رابطه بین درصد اسید اولئیک با اسید لینولئیک و اسید لینولئیک (شکل ۲) نشان می‌دهد هر عاملی که سبب افزایش درصد اسید اولئیک و کاهش اسید لینولئیک و اسید لینولئیک (تا یک میزان مشخص) شود، می‌تواند بنیه بذر ارقام کنجد را افزایش دهد (شکل ۳).

این نتایج با پژوهش رضوانی مقدم و سیدی (۱۳۹۵) در بررسی میزان متوسط زمان سبز شدن و اسیدهای چرب ۱۵ رقم کنجد تطابق دارد. طبق این پژوهش در بذرهای با میزان اسید اولئیک بیشتر و اسید لینولئیک کمتر، متوسط زمان سبز شدن 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 لینولئیک 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



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

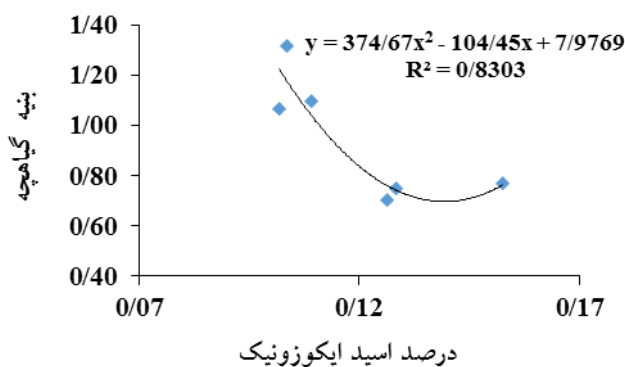
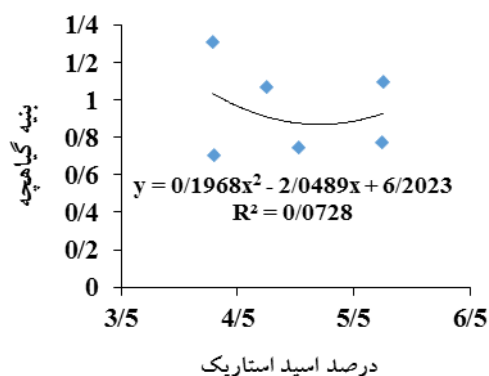
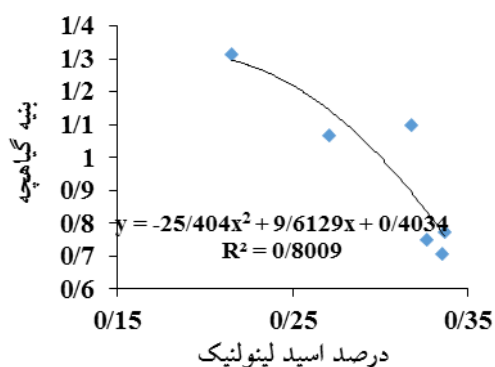
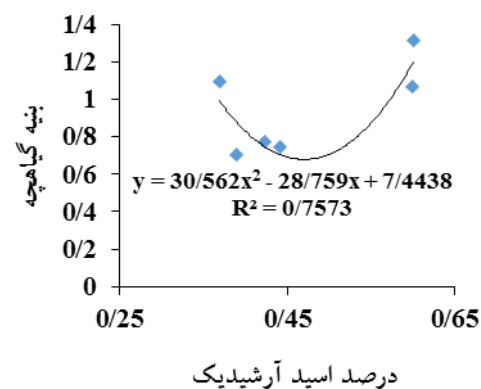
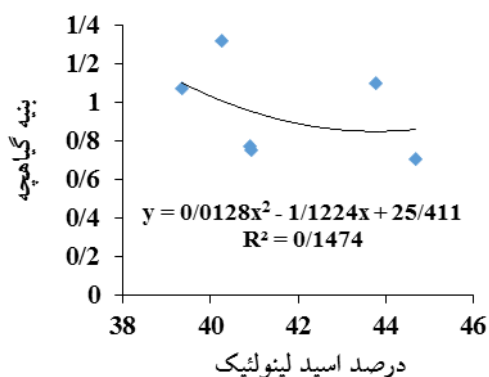
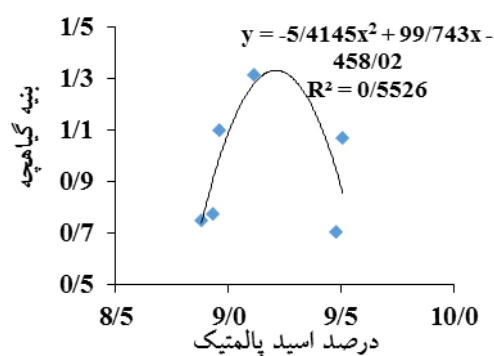
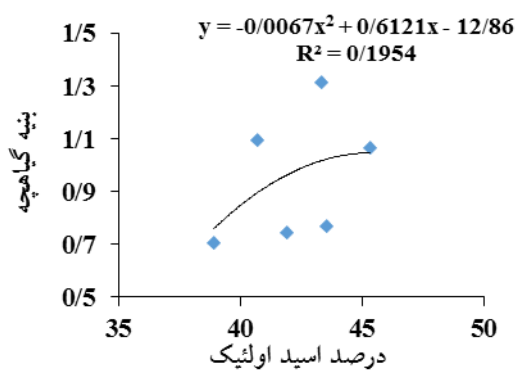


شکل ۲- ارتباط بین محتوای اسید اولئیک با اسید لینولیک (A) و اسید اولئیک با اسید لینولیک (B) در بذر شش رقم کنجد

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

اسید اولئیک و آرشیدیک را نشان دادند و اسید لینولیک 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



شکل ۳- ارتباط بین محتوای اسیدهای چرب بذر با نبنه وزنی گیاهچه شش رقم کنگد

دیگر هم مشاهده شد و در دمای ۴۵ درجه جوانه زنی برای این رقم متوقف شد. در پتانسیل های آبی صفر و ۰/۲- مگاپاسکال

نشان داد که با کاهش پتانسیل آب و افزایش تنش خشکی جوانه زنی کاهش یافت که این کاهش جوانه زنی برای ارقام

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

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

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

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 دوست بودن 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-

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 آزاد شدن 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

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

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

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

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

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

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 فرآیند جوانه‌زنی به تأخیر می‌افتد (Patane et al., 2016).

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

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

دمای جوانه‌زنی رقم هلیل (درجه سلسیوس)							دمای جوانه‌زنی رقم داراب ۱ (درجه سلسیوس)							پتانسیل آب (مگاپاسکال)	
۴۰	۳۵	۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۴۵	۴۰	۳۵	۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	
۱/۷۷۱ ^a	۱/۸۰۷ ^a	۱/۵۳۹ ^a	۱/۰۲۴ ^a	۰/۴۳۹ ^a	۰/۱۷۳ ^a	۰/۰۲۶ ^a	۰/۱۵۲ ^a	۱/۳۵۲ ^a	۰/۹۲۶ ^a	۰/۶۰۶ ^a	۰/۸۵۸ ^a	۰/۴۰۴ ^a	۰/۲۲۸ ^a	۰/۰۰۷ ^a	۰
۱/۷۲۰ ^a	۱/۶۴۱ ^{ab}	۰/۸۶۵ ^b	۰/۹۵۲ ^b	۰/۲۵۱ ^b	۰/۰۷۱ ^b	۰ ^b	۰/۰۳۳ ^b	۰/۴۷۷ ^b	۰/۳۸۴ ^b	۰/۴۶۶ ^b	۰/۵۶۷ ^b	۰/۲۳۸ ^b	۰/۰۵۹ ^b	۰ ^a	-۰/۲
۱/۰۸۶ ^b	۱/۴۶۴ ^b	۰/۴۷۷ ^c	۰/۴۴۱ ^c	۰/۱۲۶ ^c	۰/۰۲۸ ^c	۰/۰۰۱ ^b	۰ ^b	۰/۲۱۹ ^c	۰/۲۷۴ ^b	۰/۲۶۴ ^c	۰/۴۵۸ ^c	۰/۲۰۱ ^c	۰ ^c	۰/۰۰۱ ^a	-۰/۴
۰/۰۷ ^c	۰/۱۶۹ ^c	۰/۱۹۹ ^d	۰/۱۹۹ ^d	۰/۰۲۹ ^d	۰ ^c	۰ ^b	۰ ^b	۰ ^d	۰/۱۶۰ ^c	۰/۱۴۷ ^c	۰/۲۸۵ ^d	۰/۱۳۴ ^d	۰ ^c	۰ ^a	-۰/۶
۰ ^c	۰ ^c	۰/۰۴۸ ^d	۰/۰۸۷ ^c	۰ ^d	۰ ^c	۰ ^b	۰ ^b	۰ ^d	۰ ^d	۰ ^d	۰/۱۴۸ ^c	۰ ^e	۰ ^c	۰ ^a	-۰/۸
۰ ^c	۰ ^c	۰ ^d	۰ ^f	۰ ^d	۰ ^c	۰ ^b	۰ ^b	۰ ^d	۰ ^d	۰ ^d	۰ ^f	۰ ^e	۰ ^c	۰ ^a	-۱
۰ ^c	۰ ^c	۰ ^d	۰ ^f	۰ ^d	۰ ^c	۰ ^b	۰ ^b	۰ ^d	۰ ^d	۰ ^d	۰ ^f	۰ ^e	۰ ^c	۰ ^a	-۱/۲
۰/۰۶	۰/۷۳	۰/۴۵	۰/۳۹	۰/۱۲	۰/۰۳۹	۰/۰۰۴	۰/۰۲۶	۰/۲۹۳	۰/۲۴۹	۰/۲۱۲	۰/۳۳	۰/۱۴	۰/۰۴۱	۰/۰۰۱	میانگین

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

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 در این 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

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 بذرهای 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 خارج شدن 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 کم شدن پتانسیل آب و خروج از محدوده دمای مطلوب درصد جوانه‌زنی کاهش یافت و اختلال در فعالیت آنزیم‌ها در دمای بالا و کم شدن 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 به طوری که بیشترین سرعت جوانه‌زنی برابر ۱/۸۰۷ بذر در ساعت مربوط به پتانسیل آب صفر مگاپاسکال در دمای ۳۵ درجه سلسیوس

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

دمای جوانه‌زنی رقم اولتان (درجه سلسیوس)								دمای جوانه‌زنی رقم دشتستان ۲ (درجه سلسیوس)								میانگین
۴۵	۴۰	۳۵	۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۴۵	۴۰	۳۵	۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	
۰/۱۲۷ ^a	۰/۴۲۷ ^a	۰/۵۵۶ ^a	۰/۵۳۷ ^a	۰/۷۲۵ ^a	۰/۳۴۲ ^a	۰/۱۱۸ ^a	۰/۰۰۷ ^a	۰/۲۱۱ ^a	۱/۹۷۴ ^a	۱/۵۸۱ ^a	۰/۹۶۳ ^a	۰/۸۴۷ ^a	۰/۴۶۶ ^a	۰/۱۹۳ ^a	۰	
۰/۰۷۹ ^a	۰/۳۹۸ ^a	.b	۰/۳۸۴ ^b	۰/۵۳۹ ^b	۰/۲۴۱ ^b	۰/۰۶۵ ^b	۰/۰۰۳ ^b	۰/۰۲۸ ^b	۱/۷۴۶ ^b	۱/۳۵۴ ^b	۰/۶۸۶ ^b	۰/۵۸۸ ^b	۰/۳۵۷ ^b	۰/۱۴۴ ^b	-۰/۲	
.b	۰/۲۸۹ ^b	.b	۰/۳۸۱ ^b	۰/۲۷۳ ^c	۰/۰۶۳ ^c	۰/۰۰۵ ^c	.b	.c	۰/۴۰۶ ^c	۱/۲۱۹ ^b	۰/۵۳۱ ^c	۰/۶۰۹ ^b	۰/۲۳۳ ^c	۰/۱۸۵ ^c	-۰/۴	
.b	.c	.b	.c	۰/۱۰۸ ^d	۰/۰۴۱ ^{cd}	.c	.b	.c	.d	۰/۵۲۷ ^c	۰/۱۸۹ ^d	۰/۴۵۶ ^c	۰/۱۲۶ ^d	.d	-۰/۶	
.b	.c	.b	.c	.e	.d	.c	.b	.c	.d	.d	۰/۰۶۱ ^{de}	۰/۳۷۹ ^c	۰/۰۷۶ ^e	.d	-۰/۸	
.b	.c	.b	.c	.e	.d	.c	.b	.c	.d	.d	.e	۰/۰۴۰ ^d	.f	.d	-۱	
.b	.c	.b	.c	.e	.d	.c	.b	.c	.d	.d	.e	.d	.f	.d	-۱/۲	
۰/۰۲۹	۰/۱۶	۰/۰۷۹	۰/۱۸۶	۰/۲۳۵	۰/۰۹۸	۰/۰۲۷	۰/۰۰۱	۰/۰۳۴	۰/۵۸۹	۰/۶۶۸	۰/۳۴۷	۰/۴۱۷	۰/۱۷۹	۰/۰۵۱	میانگین	

در هر ستون حروف مشترک عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس 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

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

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

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

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 ۰/۰۳۲ 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

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 $-0/2$ - 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 ساقچه و ریشه‌چه مشاهده شد. در پتانسیل آب صفر و در دمای ۳۵ درجه سلسیوس بیشترین طول گیاهچه ($86/95$ میلی‌متر) و در پتانسیل $-0/8$ - مگاپاسکال در دمای ۳۰ درجه سلسیوس کمترین ($3/525$ 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 ($72/27$ میلی‌متر) و کمترین طول گیاهچه ($0/75$ میلی‌متر) در پتانسیل $-0/4$ - 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 ($100/15$ میلی‌متر) و کمترین طول گیاهچه ($1/27$ میلی‌متر) در پتانسیل $-0/8$ - مگاپاسکال و دمای ۳۰ درجه سلسیوس مشاهده شد. بیشترین طول گیاهچه رقم اولتان در پتانسیل صفر و دمای ۳۵ درجه سلسیوس با مقدار ($139/3$ میلی‌متر) و کمترین طول گیاهچه با مقدار ($2/25$ میلی‌متر) در پتانسیل $-0/4$ - 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).

بذر در ساعت و کمترین سرعت جوانه‌زنی پتانسیل $-0/6$ - مگاپاسکال و در دمای ۱۵ درجه سلسیوس با مقدار $0/02$ 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 در نتیجه 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 Zsombil و Abido (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 وارپته 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 در نتیجه 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 بذرها زوال‌یافته و بدون زوال شبلیله نشان دادند که با کاهش پتانسیل آب سرعت

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

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

در هر ستون حروف مشترک عدم اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD (در سطح احتمال پنج درصد) را نشان می دهند.

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

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

در هر ستون حروف مشترک عدم اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD (در سطح احتمال پنج درصد) را نشان می دهند.

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

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

در هر ستون حروف مشترک عدم اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD (در سطح احتمال پنج درصد) را نشان می دهند.

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 به دست 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 یلوویت 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

مقایسه میانگین اثر پتانسیل آب بر طول گیاهچه بذر گیاه کنجد رقم یلوویت نشان داد با کاهش پتانسیل اسمزی کاهش طول گیاهچه رخ داد که این امر به دنبال 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 به دنبال 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 به علت کمبود آب گزارش کردند که جنبه‌های سوخت‌وساز گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در دماهای بالا به علت اختلال کار آنزیم‌ها و پروتئین‌ها کاهش رشد هیپوکوتیل و کم شدن قدرت بذر رخ می‌دهد و سبب کوتاه شدن طول گیاهچه می‌گردد (Koefender *et al.*, 2009). بابائی قاقلستانی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی روی گیاه شنبلیله کمترین و بیشترین طول گیاهچه را به ترتیب 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

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

دمای جوانه‌زنی رقم هلیل (درجه سلسیوس)							دمای جوانه‌زنی رقم داراب ۱ (درجه سلسیوس)							پتانسیل آب (مگاپاسکال)	
۴۰	۳۵	۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۴۵	۴۰	۳۵	۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	
۱/۱ ^a	۱ ^b	۱/۳ ^b	۱/۴ ^b	۰/۷۱ ^{ab}	۰/۲۹ ^b	۰/۰۳ ^a	۰/۲۴ ^a	۰/۸۰ ^a	۰/۸۸ ^a	۰/۵۶ ^b	۰/۹۴ ^b	۰/۸۶ ^a	۰/۵۲ ^a	۰/۰۱ ^a	۰
۱/۱ ^a	۱/۴ ^a	۱/۸ ^a	۱/۹ ^a	۰/۹۱ ^a	۰/۳۳ ^a	۰ ^b	۰/۰۹۱ ^b	۰/۸۳ ^a	۰/۴۴ ^b	۱/۱۸ ^a	۱/۸ ^a	۰/۸۷ ^a	۰/۳۴ ^b	۰ ^a	-۰/۲
۰/۶۸ ^b	۰/۳۴ ^c	۱/۲ ^b	۱/۴ ^b	۰/۵۵ ^b	۰/۲۷ ^b	۰/۰۰۲ ^b	۰ ^c	۰/۳۳ ^b	۰/۲۹ ^b	۰/۶۵ ^b	۱/۱۹ ^b	۰/۴۵ ^b	۰ ^c	۰/۰۰۲ ^a	-۰/۴
۰/۱۳ ^c	۰/۰۹ ^d	۰/۳۲ ^c	۰/۷۵ ^c	۰/۱۳ ^c	۰ ^c	۰ ^b	۰ ^c	۰ ^c	۰/۲۲ ^{bc}	۰/۳۲ ^c	۰/۴۴ ^c	۰/۲۳ ^c	۰ ^c	۰ ^a	-۰/۶
۰ ^c	۰ ^d	۰/۰۸ ^{cd}	۰/۲۹ ^d	۰ ^c	۰ ^c	۰ ^b	۰ ^c	۰ ^c	۰ ^c	۰ ^d	۰/۱۲ ^{cd}	۰ ^d	۰ ^c	۰ ^a	-۰/۸
۰ ^c	۰ ^d	۰ ^d	۰ ^e	۰ ^c	۰ ^c	۰ ^b	۰ ^c	۰ ^c	۰ ^c	۰ ^d	۰ ^d	۰ ^d	۰ ^c	۰ ^a	-۱
۰ ^c	۰ ^d	۰ ^d	۰ ^e	۰ ^c	۰ ^c	۰ ^b	۰ ^c	۰ ^c	۰ ^c	۰ ^d	۰ ^d	۰ ^d	۰ ^c	۰ ^a	-۱/۲
۰/۴۳	۰/۴	۰/۶۷	۰/۸۲	۰/۳۳	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۲۸	۰/۲۶	۰/۳۹	۰/۶۴	۰/۳۴	۰/۱۲	۰/۰۰۲	میانگین

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

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

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

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

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

کاهش می‌دهد. در تنش‌های ملایم بعضی آنزیم‌ها اثر این پراکسیداسیون را کاهش می‌دهند که این امر در بیشتر تنش‌های

اکسیژن می‌شود که در نهایت سبب آسیب به سلول‌های بافت جنین و پراکسیداسیون لیپیدها می‌گردد و بنیه گیاهچه را

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

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

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

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

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

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

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 بینه وزنی مشاهده شد و با کاهش پتانسیل آب بینه وزنی گیاهچه کاهش یافت.

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

دمای جوانه‌زنی رقم هلیل (درجه سلسیوس)								دمای جوانه‌زنی رقم داراب ۱ (درجه سلسیوس)								پتانسیل آب (مگاپاسکال)
۴۵	۴۰	۳۵	۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۴۵	۴۰	۳۵	۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	
۲۲ ^a	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a	۹۵ ^a	۶۶ ^{bc}	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a	۹۳ ^{ca}	-۰/۲
۱۶ ^{ab}	۹۶ ^a	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a	۹۴ ^{ab}	۱۰۰ ^a	۹۵ ^a	۸۱ ^{ba}	۸۷ ^b	۱۰۰ ^a	۹۵ ^{ba}	۱۰۰ ^a	۹۲ ^b	۷۹ ^d	۹۸ ^a	-۰/۴
۱۳ ^{bc}	۷۸ ^b	۹۵ ^{ab}	۹۵ ^{ab}	۹۹ ^a	۹۱ ^{ab}	۸۳ ^b	۸۴ ^b	۸۴ ^a	۶۹ ^d	۹۸ ^a	۹۹ ^a	۱۰۰ ^a	۹۷ ^a	۸۸ ^{bc}	۷۳ ^b	-۰/۶
۱۰ ^{bcd}	۹۶ ^a	۹۳ ^b	۹۱ ^b	۹۷ ^a	۹۸ ^a	۸۸ ^b	۷۶ ^c	۷۱ ^{bac}	۷۸ ^c	۸۸ ^c	۹۱ ^b	۹۲ ^b	۷۶ ^d	۹۷ ^a	۶۶ ^{bc}	-۰/۸
۵ ^d	۹۴ ^a	۸۹ ^b	۱۰۰ ^a	۹۷ ^a	۹۳ ^{ab}	۸۷ ^b	۷۲ ^{cd}	۶۷ ^{bc}	۷۷ ^c	۹۳ ^b	۹۶ ^{ba}	۹۵ ^{ba}	۸۸ ^{cb}	۹۰ ^b	۶۴ ^{bc}	-۱
۸ ^{cd}	۹۶ ^a	۱۰۰ ^a	۹۴ ^{ab}	۱۰۰ ^a	۸۸ ^b	۸۸ ^b	۷۰ ^d	۶۰ ^c	۷۵ ^{dc}	۹۰ ^{cb}	۹۵ ^{ba}	۹۹ ^a	۸۶ ^c	۸۳ ^{cd}	۵۸ ^c	-۱/۲

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

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

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

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

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

دیگر جوانه نمی‌زنند. این سؤال مطرح می‌شود که بذره‌های باقی‌مانده امکان جوانه‌زنی دوباره دارند؟ در این پژوهش با قرار دادن بذرها پس از دوره تنش در آب مقطر، به ترمیم بذرها

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

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 بذرها 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 (جدول ۱۹ تا ۲۱) نشان داد که با افزایش پتانسیل اسمزی قابلیت حیات بذرها 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 بذرها 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 بذرها 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 وارد شده 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، بینه وزنی

پرداخته شد و برای مشخص کردن 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 بذرها منتقل شده از این پتانسیل‌ها به شرایط بازسازی زیاد نبوده و در دوره بازسازی قادر به جوانه‌زنی تا ۱۰۰ درصد نیز هستند به‌طوری‌که بذرها 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 سخت شدن 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 بذرها جوانه‌زنده پس از بازسازی پرداخته شد و برای اطمینان از حیات بذرها جوانه‌زنده 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 بذرها جوانه‌زده تحت تنش، بازسازی و آزمون تترازولیوم به‌عنوان بذر زنده شناخته شدند و قابلیت حیات بذرها برای هر رقم در هر دما محاسبه شد.

شد. همچنین با بررسی محتوای روغن بذور ارقام مختلف می‌توان نتیجه گرفت که محتوای بذرها بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی شامل سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و بینه بذرها تأثیرگذار بود و نتایج حاصل از بررسی دوره بازسازی و قابلیت

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 صفة. نشریه علوم و فناوری بذر ایران ۱: ۱۱-۲۲.
- 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: ۲۸-۳۳.
- 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 foenum-graecum*) در دماهای مختلف. پژوهش‌های بذر ایران ۵: ۱۰۵-۱۲۸.
- حسینی‌پور، ع. (۱۳۹۷) کمی‌سازی جوانه‌زنی و بررسی صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بذره‌های زوال‌یافته کتان روغنی (*Linum usitatissimum L.*) رقم نرم 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: ۶۷-۷۸.
- 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: ۱۱۹-۱۳۱.
- 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: ۴۸-۶۱.
- 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: ۱۰۷-۱۱۹.
- مرادی، م.، حسنی‌فرد، ا. و معتمدی، م. (۱۳۹۶) بررسی اثرات تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلیکول بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه هیبریدهای ذرت. فصلنامه علوم به زراعی گیاهی ۷: ۱۱۵-۱۲۳.
- 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.

- 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 Carmide, 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 Nutrition and Food Science* 17: 158-165.

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 Kankahdani¹, Hamidreza Balouchi¹, Ali Moradi¹, Majid Gholamhoseini²

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, respectively. 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