

## ارزیابی تحمل خشکی ژنوتیپ‌های امیدبخش پسته "جوکار ۱" و "جوکار ۲" در مقایسه با

## پایه‌های متداول بومی ایران

حجت هاشمی نسب<sup>۱\*</sup>، ناصر صداقتی<sup>۱</sup>، اکبر محمدی محمدآبادی<sup>۱</sup>، علی اسماعیل پور<sup>۱</sup>، بهمن پناهی<sup>۱</sup>، اعظم طاهری<sup>۲</sup>،

علی اسماعیلی رنجبر<sup>۳</sup>، فاطمه طالقانی<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۱۸

تاریخ ارسال: ۱۳۹۹/۰۲/۲۵

## چکیده

و قزوینی طی دو سال متوالی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در قالب آزمایش چندعاملی بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه سطح آبیاری مطلوب (دور آبیاری ۵ روز)، تنش متوسط (دور آبیاری ۱۰ روز) و تنش شدید خشکی (دور آبیاری ۱۵ روز) با پنج تکرار و پنج مشاهده در هر تکرار در لوله‌های پلیمری کشت و با کمک شاخص مورفو-فیزیولوژیک ارزیابی گردیدند. نتایج حاصل از اعمال تیمارهای آبیاری در سال اول و دوم اجرای آزمایش نشان داد که بین سطوح مختلف خشکی در تمامی صفات مورفو-فیزیولوژیک ارزیابی شده به استثنای درصد آب ساقه و تعداد انشعابات اصلی ریشه، اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. تحلیل صفات رویشی و فیزیولوژیک مرتبط با وضعیت آب در گیاه نشان داد که

پسته (*Pistacia vera* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی و اقلام صادراتی کشور می‌باشد که به تنهایی یک سوم از درآمدهای غیر نفتی بخش کشاورزی را به خود اختصاص داده است. اگرچه پسته را به‌عنوان گیاهی سازگار با شرایط نامساعد محیطی می‌شناسند اما خشکی و شوری از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد این طلای سبز ایران می‌باشند. هدف از مطالعه حاضر ارزیابی تحمل خشکی دو ژنوتیپ جدید با نام‌های "جوکار ۱" و "جوکار ۲" در مقایسه با دو پایه متداول بومی کشور (بادامی زرد و قزوینی) که از تحمل خشکی مطلوبی برخوردار هستند، بود. در همین راستا این دو ژنوتیپ امیدبخش به همراه دو پایه بادامی زرد

<sup>۱</sup> هیات علمی پژوهشی، پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران

\* نویسنده مسئول: hojathashemi@gmail.com

<sup>۲</sup> کارشناس پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران

<sup>۳</sup> محقق پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران

پایه جوکار ۲ در شرایط تنش خشکی متوسط و بادامی زرد و جوکار ۱ در شرایط مطلوب و تنش خشکی شدید به‌عنوان پایه‌های برتر با رشد رویشی مناسب و تحمل به خشکی بالاتر شناخته شدند. پایه جوکار ۲ در مراحل اولیه رشد در سال اول اجرای آزمایش حساسیت قابل توجهی نسبت به سه پایه دیگر نشان داد و رشد رویشی و سطح برگ آن نیز کاهش معنی‌داری یافت اما در سال دوم آزمایش این حساسیت کاهش یافت. ارزیابی شاخص‌های مورفولوژیک ریشه، طوقه و ساقه نیز تایید کننده برتری جوکار ۲ در شرایط تنش خشکی متوسط بود. اما بین چهار پایه مورد ارزیابی در شرایط آبیاری مطلوب و تنش شدید تفاوت قابل ملاحظه‌ای در صفات مذکور مشاهده نگردید. تجزیه خوشه‌ای پایه‌ها بر اساس صفات اندازه‌گیری شده نشان داد که در هر سه شرایط مطلوب و تنش خشکی متوسط و شدید دو پایه بادامی زرد و جوکار ۱ در یک زیرگروه قرار گرفتند که بیانگر قرابت نزدیک این دو پایه می‌باشد. ارزیابی سه شاخص یکنواختی، قدرت استقرار و زنده‌مانی در شرایط گلخانه و باغ حاکی از برتری سه پایه بادامی زرد، جوکار ۱ و قزوینی بود. قدرت استقرار و زنده‌مانی هر چهار پایه در شرایط باغ، مطلوب ارزیابی گردید و نهال خشک یا آسیب دیده‌ای مشاهده نشد. در این پژوهش با در نظر گرفتن جمیع معیارهای مورد ارزیابی می‌توان نتیجه گرفت که پایه جوکار ۱ در مقایسه با دو پایه بادامی زرد و قزوینی که از برترین پایه‌های کشور محسوب

می‌گردند و تحمل به خشکی آن‌ها در پژوهش‌های متعدد تایید گردیده است، تحمل به خشکی قابل قبولی نشان داده و از رشد رویشی بالاتری نیز برخوردار می‌باشد. پایه جوکار ۲ نیز در شرایط تنش خشکی متوسط از برتری قابل توجهی نسبت به سه پایه دیگر برخوردار بود اما یکنواختی و قدرت استقرار اولیه آن پس از جوانه‌زنی از سایر پایه‌ها پایین‌تر بود. نهایتاً در این پژوهش دو پایه بادامی زرد و جوکار ۱ به‌عنوان پایه‌های برتر انتخاب گردیده که از رشد رویشی، تحمل به خشکی، یکنواختی، قدرت استقرار و زنده‌مانی مطلوبی برخوردار بودند.

**واژه‌های کلیدی:** پایه، پسته، تحمل، کم‌آبیری، مورفو-فیزیولوژیک

#### مقدمه

پسته (*Pistacia vera* L.) به‌عنوان یک کالای استراتژیک از مزیت‌های اصلی بخش کشاورزی و محصول برتر صادراتی این بخش در بازارهای جهانی است که با نام ایران پیوندی عمیق خورده و از دیرباز در نقاط مختلف این مرز و بوم کشت و بخشی از تاریخ و فرهنگ ما را تشکیل می‌دهد (هاشمی نسب و همکاران، ۱۳۹۶). اولین و مهم‌ترین تصمیم‌گیری در احداث یک باغ پسته انتخاب پایه مناسب می‌باشد که طول عمر بالای توأم با عملکرد اقتصادی باغات پسته بر اهمیت این موضوع افزوده است. پایه به‌عنوان ریشه و بخشی

تهدید جدی برای تولید اکثر محصولات کشاورزی ایران به‌ویژه در اراضی تحت کشت پسته در مناطق کویری به حساب می‌آید. در این مناطق میزان بارندگی غیرقابل اطمینان است و همه ساله برداشت آب از سفره‌های زیرزمینی نیز رو به افزایش بوده و مسبب افت شدید سطح آب زیرزمینی شده است. در حال حاضر راه‌های منطقی و معقولی برای تغذیه بهتر سفره‌ها در کوتاه‌مدت به نظر نمی‌رسد و بهترین راه مبارزه با خطرات خشکی، همراهی با آن و استفاده از ارقام و پایه‌های متحمل به این تنش است. ارزیابی میزان تحمل به خشکی در چهار پایه دانه‌الی پسته تحت رژیم‌های مختلف آبیاری توسط قاسمی (۱۳۹۲) نشان داد که دو پایه بادامی ریز زرد و بنه دارای میزان فتوسنتز، کلروفیل و محتوای آب نسبی بالاتری در شرایط خشکی بودند. این دو پایه در پارامترهای رشدی نیز کاهش کمتری نشان دادند و از بیومس و تحمل به خشکی بالاتری در مقایسه با دو پایه قزوینی و سرخسی برخوردار بودند. همچنین قاسمی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی دیگر گزارش نمودند که دو پایه بادامی ریز زرد و بنه دارای توانایی بالایی در جذب عناصر غذایی در شرایط خشکی بودند. در مطالعه پایه‌های مختلف پسته اهلی توسط فهیمی خویردی و شمشیری (۱۳۹۵)، ارقام سرخسی و بادامی ریز زرد با داشتن ظرفیت فتوسنتزی بالاتر و کاهش کمتر وزن خشک کل در شرایط خشکی به عنوان مقاوم‌ترین و رقم

از ساقه جهت استقرار پیوندک و تشکیل تاج گیاه نقش موثری در کنترل رشد و اندازه درخت، ارتقاء تولید محصول و زودرسی، جذب عناصر غذایی از خاک، تحمل به تنش‌های زیستی و غیرزیستی و انطباق با شرایط مختلف خاک، آب و اقلیم را دارد (Ferguson & Haviland, 2016). اگرچه پسته را به عنوان گیاهی سازگار با شرایط نامساعد محیطی می‌شناسند اما تنش‌های زیستی شامل آفات و بیماری‌ها و غیرزیستی شامل خشکی، شوری، سرما و گرما از مهم‌ترین عوامل کاهش تولید و از موانع اصلی دستیابی به پتانسیل واقعی عملکرد این طلای سبز ایران می‌باشند. بنابراین بهبود تحمل به تنش‌های محیطی از جمله خشکی و معرفی پایه و ارقام متحمل از ضروریات و اهداف اصلی برنامه‌های اصلاحی پسته در کشور است (مهرنژاد و جوانشاه، ۱۳۸۹).

امروزه گرمایش جهانی و تغییرات آب و هوایی ناشی از آن به همراه خشکسالی‌های پی‌درپی سال‌های اخیر، افزایش تبخیر تعرق و برداشت بیش از اندازه آب از سفره‌های زیرزمینی علاوه بر کاهش کمیت منابع آبی سبب کاهش کیفیت و افزایش املاح و شوری آب‌های کشاورزی در مناطق پسته کاری شده و بسیاری از این مناطق یا در معرض این تنش‌های محیطی قرار دارند و یا مستعد برای آن ارزیابی می‌شوند (هاشمی‌نسب و همکاران، ۱۳۹۶). نیکویی دستجردی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی بیان داشتند که خشکی یک

ابارقی با ظرفیت فتوسنتزی پایین‌تر و کاهش بیشتر وزن خشک به‌عنوان حساس‌ترین پایه انتخاب گردیدند.

کشور ایران به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مراکز پیدایش پسته، دارای منابع عظیم ژنتیکی و تنوع بالایی از ارقام و ژنوتیپ‌های پسته می‌باشد که موقعیت جهانی آن را بی‌نظیر ساخته و فرصتی استثنائی برای اصلاح‌گران این طلای سبز جهت غلبه بر این چالش محیطی را فراهم ساخته است. هر یک از ارقام و ژنوتیپ‌های پسته دارای صفات منحصر به فردی هستند که به‌کارگیری و استفاده از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی می‌تواند باعث شناسایی و ایجاد پایه‌های متحمل به تنش‌های محیطی گردد و بخش عظیمی از مشکلات حاضر را مرتفع نماید (هاشمی نسب و همکاران، ۱۳۹۶). در همین راستا، هدف از انجام پژوهش حاضر ارزیابی تحمل به خشکی دو ژنوتیپ امیدبخش با نام‌های "جوکار ۱" و "جوکار ۲" در مقایسه با دو پایه متداول و برتر کشور شامل بادامی زرد و قزوینی بود.

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش دو ژنوتیپ شناسایی شده از منطقه سروستان استان فارس با نام‌های "جوکار ۱" و "جوکار ۲" به همراه دو پایه متداول بادامی زرد و قزوینی که از تحمل خشکی مطلوبی برخوردار هستند، در قالب آزمایش چند عاملی بر پایه طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار و پنج مشاهده در هر تکرار در گلخانه

ایستگاه شماره ۲ پژوهشکده پسته واقع در رفسنجان کشت و طی دو سال باغی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ میزان تحمل به خشکی آن‌ها ارزیابی و رتبه‌بندی گردیدند. این دو ژنوتیپ امیدبخش توسط آقای علی جوکار کمال آبادی در یک جمعیت هتروژن با منشاء بادامی زرد شناسایی و انتخاب گردیدند. عامل اول در این آزمایش سطوح مختلف خشکی و عامل دوم چهار پایه مورد ارزیابی بود. جهت انجام آزمایش، ابتدا ۵۰۰-۳۰۰ عدد بذر هر یک از پایه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب خیسانده شده و سپس به مدت پنج دقیقه در محلول ۱۰ درصد هیپوکلریت سدیم ضدعفونی گردیده و به مدت ۱۰ روز جهت شروع جوانه‌زنی در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سپس هشت عدد بذر جوانه‌زده یکنواخت از هر پایه در لوله‌ها پلیمری کشت و پس از سبز شدن پنج عدد از آن‌ها در هر گلدان جهت ارزیابی حفظ شد. ارتفاع گلدان‌ها ۵۰ سانتی‌متر و وزن خاک داخل آن‌ها ۲۵ کیلوگرم بود. ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های و پایه‌ها در سه سطح آبیاری مطلوب (دور آبیاری ۵ روز)، تنش خشکی متوسط (دور آبیاری ۱۰ روز) و تنش خشکی شدید (دور آبیاری ۱۵ روز) با کمک شاخص‌های مورفو-فیزیولوژیک نشان‌دهنده میزان خسارت و تحمل به خشکی پس از اعمال تنش و ظهور علائم آن به شرح زیر انجام شد. تعیین میزان آب مورد نیاز در هر دور آبیاری بر مبنای اندازه‌گیری رطوبت وزنی خاک تا رسیدن رطوبت آن به حد ظرفیت مزرعه صورت گرفت.

Relative Water Loss) از طریق روابط زیر  
اندازه‌گیری شد.

$$WC = (WF-WD)/WF \text{ (Clarke \& McCaig, 1982)}$$

$$RWC = (WF-WD)/(WT-WD) \text{ (Barrs, 1968)}$$

$$RWP = (W3-WD)/(WF-WD) \text{ (Hasheminasab et al., 2014)}$$

$$RWL = ((WF-W2)+(W2-W4)+(W2-W6))/((3WD (T2-T1)) \text{ (Clarke \& McCaig, 1982)}$$

که در اینجا  $WF, WD, WT, W1, W2, W3$  به ترتیب عبارتند از وزن تازه برگ، وزن خشک (با قرار دادن برگ، ریشه و یا ساقه در آون با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت)، وزن آماس (با قرار دادن برگ‌ها در آب مقطر به مدت ۲۰-۱۸ ساعت)، وزن برگ جدا شده از گیاه بعد از دو ساعت (در دمای ۲۵ درجه)، بعد از چهار ساعت و بعد از شش ساعت می‌باشند.

پس از اعمال تنش و اندازه‌گیری شاخص‌های مذکور، تجزیه آماری داده‌ها بر مبنای مفروضات تجزیه واریانس آزمایش فاکتوریل دو عاملی بر پایه طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS-21، SAS-9.1 و Excel-2016 انجام و میزان تحمل و حساسیت پایه‌های مورد ارزیابی تعیین و گروه‌بندی گردیدند.

## نتایج و بحث

### الف- سال اول اجرای آزمایش

- تعداد گیاه خشک شده، تعداد گیاه آسیب دیده، تعداد گیاه سالم، تعداد برگ سالم، تعداد برگ آسیب دیده و تعداد برگ خشک شده از طریق شمارش تعیین شد.

- طول و عرض برگ و ریشه و ارتفاع گیاه با کمک خط‌کش مدرج میلی‌متری سنجیده شد.

- تعداد انشعابات ساقه و ریشه از طریق شمارش به‌دست آمد.

- قطر تنه، طوقه و ریشه دانهال با کمک کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شد.

- فاصله میانگره از طریق شمارش کل برگ‌های موجود و ریزش یافته نسبت به ارتفاع نهال تعیین گردید.

- وزن تازه و خشک برگ، اندام‌های هوایی و وزن تازه و خشک ریشه با کمک ترازوی حساس میلی‌گرمی توزین شد.

- دمای کانوپی با کمک دماسنج مادون قرمز و روش Dong & Yu (۱۹۹۵) تعیین گردید که بیانگر دمای سطح برگ در دانهال‌ها است.

- اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک مرتبط با روابط آبی گیاه شامل درصد آب برگ، ساقه و ریشه (WC, Water Content)، محتوای نسبی آب برگ (RWC, Relative Water Content)، ظرفیت آب حفظ شده برگ (RWP, Relative Water Protection) و میزان آب از دست رفته (RWL, Relative Water Loss)

مرحله ابتدایی اعمال تنش باشد. زیرا تغییر قابل توجه در صفات اندازه‌گیری شده نیازمند گذشت زمان بیشتری از آغاز تنش می‌باشد که در مرحله بعدی (سال دوم) این پروژه اندازه‌گیری و گزارش گردید. روند تغییرات پایه‌های مختلف در سطوح خشکی برای بیشتر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود و تنها قطر نهال، فاصله میانگره، تعداد برگ خشک شده و سطح برگ اختلاف معنی‌داری نشان دادند. وجود این اثر متقابل معنی‌دار برای قطر تنه و عدم آن برای اثر اصلی پایه، بیانگر تأثیرپذیری این صفت مورفولوژیک از شدت تنش خشکی تا ماهیت پایه می‌باشد. این نتایج به همراه وجود میانگین مربعات بالاتر عامل پایه نسبت به اثرات متقابل در تمامی صفات به استثنای قطر نهال این امکان را جهت شناسایی پایه برتر در این پژوهش را فراهم می‌آورد.

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بین پایه‌های ارزیابی شده در شرایط نرمال از لحاظ شاخص‌های مرتبط با رشد رویشی اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۲). با این وجود پایه جوکار ۱ (۲۸/۴۳ سانتی‌متر) از رشد رویشی بالاتری نسبت به دیگر پایه‌ها به ویژه دو پایه متداول بادامی زرنده (۲۴/۳۸ سانتی‌متر) و قزوینی (۲۳/۴ سانتی‌متر) برخوردار بود. پایه جوکار ۲ در مراحل اولیه نونهالی از رشد و قدرت استقرار پایینی نسبت به ۳ پایه دیگر برخوردار بود اما با گذشت زمان (۵ ماه از زمان کاشت) مطابق جدول ۲

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات ارزیابی شده برای چهار پایه بادامی‌زرنده، قزوینی، جوکار ۱ و جوکار ۲ در سه سطح مختلف تیمار آبیاری شامل مطلوب، تنش خشکی متوسط و تنش خشکی شدید بر مبنای آزمایش چندعاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی در جدول ۱ آورده شده است. نتایج حاضر مربوط به مرحله اول اعمال تنش در سال اول آزمایش می‌باشد. مطابق جدول ۱ بین سطوح مختلف خشکی در تمامی صفات ارزیابی شده اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. ارتفاع نهال، قطر نهال، فاصله میانگره، تعداد برگ موجود و خشک شده، طول برگ انتهایی و سطح برگ در سطح احتمال ۱ درصد و تعداد برگ آسیب دیده و عرض برگ انتهایی در سطح احتمال ۵ درصد تحت تاثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفتند. وجود این اختلافات معنی‌دار نشان دهنده انتخاب و اعمال صحیح تیمارها می‌باشد که توانسته است با محدود نمودن یا اختلال در جنبه‌های مختلف مورفو-فیزیولوژیکی پایه‌ها سبب تفکیک معنی‌دار سطوح اعمال تنش گردد. چهار پایه منتخب نیز برای صفات ارتفاع نهال، فاصله میانگره، تعداد برگ خشک شده، طول و عرض برگ انتهایی و سطح برگ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان دادند. بین صفات قطر نهال، تعداد برگ موجود و آسیب دیده در پایه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. علت این امر می‌تواند به دلیل عدم تفاوت در میزان تحمل و حساسیت نهال‌ها در صفات مذکور و یا به دلیل

این رشد رویشی افزایش یافته و اختلاف معنی داری با دیگر پایه‌ها نشان نداد. جوکار ۱ و قزوینی از قطر تنه و سطح برگ انتهایی بالاتری نیز نسبت به سایرین در این پژوهش برخوردار بودند. در شرایط تنش متوسط دور آبیاری ۱۰ روز و شدید ۱۵ روز از لحاظ رشد رویشی بین بادامی زرد، قزوینی و جوکار ۱ تفاوت معنی داری مشاهده نگردید اما رشد رویشی جوکار ۲ به طور معنی داری نسبت به دور آبیاری مطلوب کاهش نشان داد (جدول ۲).

جوکار ۱ در هر دو شرایط تنش خشکی متوسط (۲۲/۸۶ سانتی‌متر) و شدید (۲۳/۶ سانتی‌متر) بالاترین رشد رویشی را به خود اختصاص داد. نتایج نشان داد که اندازه سطح برگ جوکار ۲ در شرایط خشکی متوسط و شدید کاهش معنی داری نسبت به سایر پایه‌ها نشان داد و بین ۳ پایه دیگر اختلاف معنی داری مشاهده نگردید. در شرایط تنش، بالاترین و پایین‌ترین سطح برگ به ترتیب متعلق به قزوینی و جوکار ۲ بود. با افزایش شدت تنش تعداد برگ موجود در پایه‌ها کاهش و تعداد برگ آسیب دیده افزایش یافت. جوکار ۱ در هر سه شرایط تیمار آبیاری کمترین میزان برگ موجود و بیشترین تعداد برگ ریزش یافته را به خود اختصاص داد اما کمترین برگ آسیب دیده در شرایط تنش شدید در این پایه مشاهده گردید. علت این ریزش که در شرایط نرمال نیز مشاهده گردید می‌تواند به دلیل رشد رویشی بالای این پایه باشد که سبب انتقال مواد از برگ‌های مسن به

برگ‌های جوان‌تر می‌گردد و در بسیاری از مواقع در نهال پسته مشاهده می‌گردد. در این مطالعه بالاترین تعداد برگ باقی‌مانده در هر دو شرایط تنش متوسط و شدید در بادامی زرد مشاهده گردید. کمترین برگ خشک و ریزش یافته در شرایط تنش شدید نیز در این پایه ثبت گردید. در مرحله اولیه ارزیابی که در این گزارش آورده شد نهال خشک شده‌ای در هیچ یک از پایه‌های مورد ارزیابی مشاهده نگردید. نیکویی دستچندی و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی اثر تنش خشکی بر روی خصوصیات رویشی دانه‌های پایه بادامی زرد نشان دادند که افزایش دور آبیاری از ۳ به ۹ روز باعث کاهش شاخص‌هایی چون ارتفاع ساقه، درصد برگ سالم، وزن خشک برگ گردیده و بر شاخص‌های رویشی مثل سطح برگ، وزن تر برگ، وزن تر ساقه، وزن تر و خشک ریشه و طول ریشه تأثیری نداشت.

#### ب- نتایج سال دوم

به‌منظور ارزیابی تکمیلی و حصول اطمینان از میزان تحمل و حساسیت ژنوتیپ‌ها و پایه‌های مورد مطالعه و گروه‌بندی آن‌ها، پروژه حاضر در سال دوم باغی ۱۳۹۸ نیز ادامه یافته و نتایج به‌دست آمده مورد تحلیل قرار گرفت. تجزیه واریانس صفات مرتبط با رشد رویشی برای چهار پایه بادامی‌زرد، قزوینی، جوکار ۱ و جوکار ۲ در سه سطح مختلف تیمار آبیاری شامل مطلوب، تنش متوسط و تنش شدید نشان داد که بین

جدول ۱- تجزیه واریانس و ضرایب تغییرات صفات مرتبط با رشد رویشی در چهار پایه پسته مورد ارزیابی تحت تیمارهای مختلف آبیاری در سال باغی ۱۳۹۷.

میانگین مربعات (M.S.)									درجه آزادی (D.F.)	منابع تغییرات (ANOVA)
سطح برگ (cm <sup>2</sup> )	عرض برگ انتهایی (cm)	طول برگ انتهایی (cm)	تعداد برگ خشک شده در هر نهال	تعداد برگ آسیب دیده در هر نهال	تعداد برگ موجود در هر نهال	فاصله میانگره (cm)	قطر نهال (mm)	ارتفاع نهال (cm)		
۳۰/۵۸۳**	۰/۲۱۲*	۲/۱۰۳**	۷۴/۴۰۴**	۲/۲۳۸*	۵۵۶/۱۲۱**	۰/۱۵۵**	۲/۱۴۵**	۳۱۱/۸۳۹**	۲	سطوح خشکی
۳۱/۷۲۸**	۰/۷۷۸**	۱/۵۷۰**	۵۷/۹۷۲**	۰/۹۲۰ <sup>ns</sup>	۱۲/۸۱۱ <sup>ns</sup>	۱/۲۸۲**	۰/۰۸۶ <sup>ns</sup>	۱۷۸/۴۸۴**	۳	پایه‌های پسته
۶/۷۳۸*	۰/۱۲۹ <sup>ns</sup>	۰/۱۵۳ <sup>ns</sup>	۸/۶۸۴*	۰/۸۹۰ <sup>ns</sup>	۲/۹۵۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۲۱**	۰/۱۹۸*	۳۴/۸۹۸ <sup>ns</sup>	۶	خشکی × پایه
۲/۹۴۸	۰/۰۶۵	۰/۲۰۶	۲/۸۴۲	۰/۴۵۷	۵/۲۲۱	۰/۰۲۶	۰/۰۸۱	۱۶/۸۰۴	۴۸	خطا
۱۴/۱	۸	۱۰/۱	۳۶/۲	۴۵/۴	۲۶/۴	۱۱/۹	۱۲/۴	۱۹/۷	-	ضریب تغییرات (C.V.)

\*\*وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪، \*وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ و<sup>ns</sup>عدم وجود اختلاف معنی‌دار.



جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مرتبط با رشد رویشی در چهار پایه پسته مورد ارزیابی تحت تیمارهای مختلف آبیاری بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سال باغی ۱۳۹۷.

میانگین										
سطح برگ (cm <sup>2</sup> )	عرض برگ اولیه (cm)	طول برگ اولیه (cm)	تعداد برگ خشک شده در هر نهال	تعداد برگ آسیب دیده در هر نهال	تعداد برگ موجود در هر نهال	فاصله میانگره (cm)	قطر نهال (mm)	ارتفاع نهال (cm)	پایه‌های پسته	سطوح خشکی
۱۴/۷۵ a	۳/۳۷ ab	۵/۲۳ a	۶/۲۸ abc	۱/۷۶ ab	۱۳/۱۶ a	۱/۳۷ b	۲/۷۴ a	۲۸/۴۳ a	جوکار ۱	
۱۳/۹۲ ab	۳/۴۸ a	۴/۸ ab	۱/۴ e	۱/۶ ab	۱۵/۹۲ a	۱/۲۸ bc	۲/۹۴ a	۲۳/۴ abc	قزوینی	نرمال
۱۳/۰۴ ab	۳/۱۴ ab	۴/۵۱ bc	۱/۳۶ e	۱/۴۸ bc	۱۳/۹۲ a	۱/۰۷ cd	۲/۶۷ ab	۲۴/۸۴ ab	جوکار ۲	
۱۲/۳۳ ab	۳/۲۲ ab	۴/۵۷ bc	۴/۹۶ cd	۲/۵۲ a	۷/۲۸ b	۱/۴۲ b	۲/۲ c	۲۰/۳۲ bcd	بادامی زرد	تنش متوسط (دور آبیاری ۱۰ روز)
۱۲/۸۲ ab	۳/۱۹ ab	۴/۷۶ ab	۶/۱۲ bc	۱/۳۶ bc	۵/۲۴ b	۱/۸۶ a	۱/۹۵ c	۲۲/۸۶ abc	جوکار ۱	
۱۳/۷۱ ab	۳/۴۲ ab	۴/۷۷ ab	۵/۸۸ bc	۱/۹۲ ab	۶ b	۱/۳۶ b	۲/۱۱ c	۱۸/۴۴ cd	قزوینی	
۹/۳۳ c	۲/۷۸ cd	۴/۰۲ cd	۲/۳ e	۱/۱۶ bc	۶/۴۴ b	۱ de	۲/۲۴ c	۱۵/۲۵ e	جوکار ۲	
۱۲/۰۹ b	۳/۳۷ ab	۴/۳۲ bc	۲/۳۶ abc	۱/۲۴ bc	۶/۰۴ b	۱/۴۲ b	۲/۲۲ c	۱۹/۱۶ bcd	بادامی زرد	تنش شدید (دور آبیاری ۱۵ روز)
۱۱/۷۴ b	۳/۰۶ bc	۴/۳۸ bc	۸/۵۶ a	۰/۵۶ c	۳/۹۲ b	۱/۸۴ a	۲ c	۲۳/۶ abc	جوکار ۱	
۱۲/۱۶ b	۳/۲۵ ab	۴/۲۷ bc	۸/۰۸ ab	۱/۱۶ ab	۴/۲۴ b	۱/۵ b	۲/۱۵ c	۱۹/۴ bcd	قزوینی	
۷/۹۴ c	۲/۶۳ d	۳/۵۷ d	۳/۰۷ de	۱/۴۸ ab	۵/۸ b	۰/۸۶ e	۱/۹۶ c	۹/۵۸ e	جوکار ۲	

وجود یک حرف لاتین مشترک بین پایه‌ها برای هر صفت نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

شرایط مطلوب از لحاظ شاخص‌های مرتبط با رشد رویشی در سال دوم اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۴). همانند سال اول در سال دوم اجرای آزمایش پایه‌های جوکار ۱ و قزوینی به ترتیب بالاترین (۶۶/۹۸ سانتی‌متر) و پایین‌ترین (۴۹/۴۹ سانتی‌متر) ارتفاع نهال را به خود اختصاص دادند. بالاترین و پایین‌ترین قطر تنه و تعداد برگ موجود در نهال به ترتیب در پایه‌های جوکار ۲ و قزوینی مشاهده گردید. همانطور که پیش از این ذکر گردید، پایه جوکار ۲ در مراحل اولیه نونهالی از رشد و قدرت استقرار پایینی نسبت به سه پایه دیگر برخوردار بود اما با گذشت زمان این رشد رویشی در سال دوم افزایش یافته و اختلاف معنی‌داری با دیگر پایه‌ها نشان نداد. اما پایه قزوینی اگرچه در مراحل اولیه از رشد بالایی برخوردار بود اما این روند رشد رویشی در ماه‌های بعد تداوم نیافت. در شرایط دور آبیاری مطلوب، قزوینی و جوکار ۲ به ترتیب بالاترین و پایین‌تری طول، عرض و سطح برگ را نشان دادند. در شرایط آبیاری مطلوب و تنش متوسط بالاترین تعداد انشعاب ساقه فرعی (چند شاخه‌ای) در جوکار ۲ و پایین‌ترین آن در بادامی زرنند و جوکار ۱ مشاهده گردید. تعداد انشعابات ساقه ویژگی مناسبی برای یک پایه محسوب نمی‌گردد و نشان از کاهش غالبیت انتهایی است. به‌طور کلی در شرایط نرمال دو پایه بادامی زرنند و جوکار ۱ در شاخص‌های مرتبط با رشد رویشی نسبت به قزوینی و جوکار ۲ برتری داشتند. در این پژوهش ارتفاع و قطر تنه پایه جوکار ۱ بالاتر از بادامی زرنند گزارش گردید. در شرایط تنش متوسط دور آبیاری ۱۰ روز، پایه جوکار ۲ بالاترین شاخص‌های رشد رویشی و برگ

سطوح مختلف خشکی در تمامی صفات ارزیابی شده اختلاف مشاهده شد (جدول ۳). ارتفاع نهال، قطر نهال، تعداد برگ موجود، آسیب دیده و خشک شده، طول و عرض برگ انتهایی و سطح برگ در سطح احتمال ۱ درصد و فاصله میانگره در سطح احتمال ۵ درصد تحت تاثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفتند. همچنین بین چهار پایه منتخب برای صفات ارتفاع نهال، قطر نهال، فاصله میانگره، تعداد برگ موجود و خشک شده در هر نهال، طول و عرض برگ انتهایی و سطح برگ اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. مطابق جدول ۱، در سال اول اجرای آزمایش بین پایه‌های منتخب در صفات قطر نهال، تعداد برگ موجود و خشک شده در نهال اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید اما با گذشت زمان و به‌دنبال آن افزایش شدت تنش تفاوت بین پایه‌ها در شاخص‌های مذکور آشکار گردید که بیانگر تفاوت آن‌ها در تحمل به خشکی است. در سال دوم اجرای آزمایش روند تغییرات پایه‌ها در سطوح مختلف خشکی برای صفات ارتفاع نهال، قطر نهال، فاصله میانگره، عرض و سطح برگ انتهایی و درصد نهال‌های دارای انشعابات فرعی ساقه (چند شاخه‌ای) اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۳). وجود این اثرات متقابل معنی‌دار برای شاخص‌های رویشی بیانگر تفاوت در پاسخ هریک از نهال‌ها به سطوح مختلف خشکی بوده که امکان غربالگری پایه‌های برتر برای هریک از سطوح خشکی را در انتهای آزمایش در سال دوم به صورت مجزا فراهم می‌کند.

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که برخلاف سال اول اجرای آزمایش، بین پایه‌های ارزیابی شده در

جدول ۳- تجزیه واریانس و ضرایب تغییرات صفات مرتبط با رشد رویشی در چهار پایه پسته مورد ارزیابی تحت تیمارهای مختلف آبیاری در سال باغی ۱۳۹۸.

میانگین مربعات (M.S.)											
منابع تغییرات (ANOVA)	درجه آزادی (D.F.)	ارتفاع نهال (cm)	قطر نهال (mm)	فاصله میانگره (cm)	تعداد برگ موجود در هر نهال	تعداد برگ آسیب دیده در هر نهال	تعداد برگ خشک شده در هر نهال	طول برگ انتهایی (mm)	عرض برگ انتهایی (mm)	سطح برگ (cm <sup>2</sup> )	درصد نهال‌های دارای انشعابات ساقه
سطوح خشکی	۲	۴۹۲۸/۰۷**	۲۷/۷۰**	۰/۶۰*	۱۱۵۷/۷۹**	۶/۶۹**	۱۶/۱۶**	۱۷۲۵/۷۸**	۶۸۷/۶۳**	۴۳۰/۳۴**	۷۰۳/۶۶**
پایه‌های پسته	۳	۴۸۸/۴۶**	۶/۲۷**	۱/۴۰**	۲۲۵/۶۱**	۰/۴۲ <sup>ns</sup>	۲/۵۶**	۳۱/۱۷ <sup>ns</sup>	۱۳/۷۱ <sup>ns</sup>	۸/۲۶ <sup>ns</sup>	۱۰۹۳/۳۸ <sup>ns</sup>
خشکی × پایه	۶	۲۹۴/۳۵*	۱/۸۲**	۰/۶۱**	۱۵/۴۰ <sup>ns</sup>	۰/۲۵ <sup>ns</sup>	۱/۰۵ <sup>ns</sup>	۵۴/۵۳ <sup>ns</sup>	۲۰/۳۰*	۱۶/۸۳*	۳۹۹/۲۱*
خطا	۴۸	۹۸/۳۴	۰/۲۳	۰/۱۵	۱۶/۱۵	۰/۲۸	۰/۵۹	۲۵/۵۵	۸/۳۴	۵/۹۰	۵۰۸/۳۸
ضریب تغییرات (C.V.)	-	۲۳/۹۷	۹/۱۹	۱۶/۶۳	۲۴/۵۲	۵۰/۵۹	۴۰/۷۸	۱۰/۳۳	۹/۶۴	۱۹/۸۱	۲۵/۸

\*\*وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪، \*وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ و<sup>ns</sup>عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مرتبط با رشد رویشی در چهار پایه پسته مورد ارزیابی تحت تیمارهای مختلف آبیاری در سال باغی ۱۳۹۸.

میانگین											
سطوح خشکی	پایه‌های پسته	ارتفاع نهال (cm)	قطر نهال (mm)	فاصله میانگره (cm)	تعداد برگ موجود در هر نهال	تعداد برگ آسیب دیده در هر نهال	تعداد برگ خشک شده در هر نهال	طول برگ انتهایی (mm)	عرض برگ انتهایی (mm)	سطح برگ (cm <sup>2</sup> )	درصد نهال‌های دارای انشعابات ساقه
	بادامی زرند	۵۹/۱۳ab	۵/۶۹c	۲/۴۴bcd	۲۲/۶۷b	۰/۳۳c	۱/۴cd	۵۹/۴ab	۳۵/۶ab	۱۷/۲۴ab	۴b
	جوکار ۱	۶۶/۹۸a	۶/۶۶ab	۲/۷۸ab	۲۲/۹۳b	۰/۴c	۱/۴۷bcd	۵۸ab	۳۵/۷۳ab	۱۷/۰۲ab	۴b
نرمال	قزوینی	۴۹/۴۹b	۶/۲۸abc	۲/۴۷bcd	۱۹bc	۰/۵c	۱/۰۳d	۶۲/۹۳a	۳۸/۶۷a	۱۹/۷۴a	۱۶ab
	جوکار ۲	۵۷/۹ab	۷/۲۱a	۱/۷۶e	۳۱/۵a	۰/۴c	۱/۳d	۵۲/۵bc	۳۲/۸bc	۱۳/۹۳bc	۲۶/۳۳ab
تنش	بادامی زرند	۳۲/۱۶c	۴/۳۵de	۲/۱۹cde	۱۴cd	۱/۴ab	۰/۹۶d	۴۸/۸cd	۲۸/۶d	۱۱/۳۸cd	۱۲ab
متوسط	جوکار ۱	۳۴/۳۹c	۴/۷۸d	۲/۱۳de	۱۴/۵۲cd	۱/۲۸ab	۱/۸۴bcd	۴۵/۲۸de	۲۸/۳۶d	۱۰/۴۶de	۲۰ab
(دور آبیاری ۱۰ روز)	قزوینی	۲۹/۸۹c	۴/۲de	۲/۰۲de	۱۴/۰۸cd	۱/۹۶a	۱/۰۴d	۴۹cd	۳۰/۷۲cd	۱۲/۲۴cd	۲۴ab
	جوکار ۲	۵۶/۸۲ab	۶/۸۶ab	۲/۳۱bcde	۲۲/۷b	۱/۵ab	۱/۹bcd	۵۱/۶bc	۳۳/۱bc	۱۴/۲۷bc	۴۰a
(تنش شدید دور آبیاری ۱۵ روز)	بادامی زرند	۲۷/۳۲c	۴/۱۶de	۲/۷۲abc	۷/۸e	۰/۷۶bc	۲/۴۸bc	۳۹/۸۴e	۲۴/۰۸e	۷/۷۷e	۱۲ab
	جوکار ۱	۳۰/۸۵c	۴/۲۵de	۳/۱۱a	۷/۴۸e	۱/۴ab	۲/۵۶b	۳۸/۵۲e	۲۳/۶e	۷/۳۸e	۸ab
	قزوینی	۲۳/۷c	۳/۷۹e	۲/۴۴bcd	۷/۷۶e	۱/۲۴ab	۲/۵۲b	۴۰/۰۴e	۲۴/۶۴e	۸e	۳۲ab
	جوکار ۲	۲۷/۸۵c	۴/۲۸de	۱/۷۶e	۱۲/۱۹de	۱/۴ab	۴/۱۲a	۴۰/۱۲e	۲۳/۶e	۷/۶۹e	۱۰ab

وجود یک حرف لاتین مشترک بین پایه‌ها برای هر صفت نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

را به خود اختصاص و کمتر از دیگر پایه‌ها به تنش متوسط خشکی واکنش نشان داد. اما رشد رویشی سه پایه بادامی زرنده، جوکارا و قزوینی به طور معنی‌داری در تنش آبی ۱۰ روز کاهش یافت. در تیمار تنش متوسط، بیشترین حساسیت در رقم قزوینی گزارش گردید. در همین راستا مطالعه مالکی کوهبنانی و کریمی (۱۳۹۲) نشان داد که پایه هیبرید (آتلاتیکا× اهلی) و بادامی زرنده تا دور آبیاری ۹ روز را به خوبی تحمل می‌کنند و پایه قزوینی نسبت به این دو پایه حساس‌تر است. در این پژوهش قزوینی حساس‌تر از بادامی زرنده ارزیابی گردید.

کمترین تعداد برگ آسیب دیده (۱/۲۸) در پایه جوکارا و کمترین تعداد برگ خشک شده (۰/۹۶) در بادامی زرنده مشاهده شد. بالاترین تعداد برگ (۲۲/۷)، طول (۵۱/۶ میلی‌متر)، عرض (۳۳/۱ میلی‌متر) و سطح برگ (۱۴/۲۷ سانتی‌متر مربع) در جوکارا اندازه‌گیری شد و بین سه پایه دیگر در این شاخص‌های برگ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. اما با افزایش شدت تنش به تیمار دور آبیاری ۱۵ روز شرایط متفاوت گردید. در این شرایط تنش شدید خشکی، پایه جوکارا بیشتر از سایر پایه‌ها به خشکی واکنش نشان داده و شاخص‌های رشد رویشی و برگ‌گی آن کاهش معنی‌داری یافت. سه پایه بادامی زرنده، جوکارا و قزوینی اگرچه با کاهش رشد رویشی در مقایسه با تنش متوسط ۱۰ روز مواجهه گشتند اما این کاهش معنی‌دار نبود. بالاترین رشد رویشی (۳۰/۸۵ سانتی‌متر) و فاصله میانگره (۳/۱۱ سانتی‌متر) در این شرایط تنش شدید خشکی در پایه جوکارا و بالاترین تعداد برگ موجود

(۱۲/۱۹)، برگ خشک (۴/۱۲) و آسیب دیده (۱/۴) نیز در جوکارا مشاهده شد. پایه بادامی زرنده کمترین تعداد برگ آسیب دیده (۰/۷۶) و خشک شده (۲/۴۸) را در این شرایط تنش شدید داشت. در شرایط مطلوب (۱۹/۷۴ سانتی‌متر مربع) و تنش شدید خشکی (۸ سانتی‌متر مربع) بالاترین سطح برگ در پایه قزوینی گزارش گردید. اگرچه بیشترین درصد نهال دارای انشعابات فرعی ساقه در شرایط مطلوب (۲۶/۳۳) و تنش متوسط خشکی (۴۰) در جوکارا مشاهده گردید اما در شرایط تنش شدید، بیشترین درصد متعلق به پایه قزوینی (۳۲) بود. بالاترین میزان قطر نهال و تعداد برگ موجود در هر نهال نیز در هر سه تیمار آبیاری در پایه جوکارا مشاهده گردید. نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌های مرتبط با رشد رویشی و برگ‌گی طی دو سال اجرای آزمایش حاکی از برتری دو پایه جوکارا و بادامی‌زرنده نسبت به قزوینی و جوکارا در شرایط تنش شدید خشکی بود. در هر دو سال اجرای آزمایش رشد رویشی جوکارا در شرایط مطلوب و تنش خشکی بیشتر از بادامی زرنده اندازه‌گیری شد. رشد رویشی پایه جوکارا در شرایط آبیاری مطلوب، تنش متوسط و شدید خشکی در انتهای این آزمایش به ترتیب ۱۳/۳، ۶/۹ و ۱۲/۹ درصد بیشتر از بادامی زرنده گزارش گردید اما این افزایش رشد از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. طی دو سال باغی اجرای پروژه حاضر که در این گزارش آورده شد، نهال خشک شده‌ای در هیچ یک از پایه‌های مورد ارزیابی مشاهده نگردید.

#### ج- صفات فیزیولوژیک مرتبط با روابط آب در گیاه

معنی‌داری در پایه و اثر متقابل خشکی در پایه می‌تواند بیانگر توانایی بالای این پایه‌ها از جمله دو پایه جوکار ۱ و جوکار ۲ در کنار دو پایه متداول و برتر پسته کشور یعنی بادامی زرد و قزوینی در حفظ و نگهداری میزان آب خود در اندام‌های مختلف گیاهی باشد. ارزیابی ضرایب تغییرات (CV) بین صفات نشان داد که RWL و وزن برگ تازه و خشک بالاترین درصد تغییرات را به خود اختصاص دادند که بیانگر تنوع بالاتر نهال‌ها در این صفات است. در این پژوهش شاخص‌های مرتبط با میزان آب و توانایی حفظ و نگهداری آب در گیاه از ضریب تغییرات پایینی برخوردار بوده که بیانگر توانایی یکنواخت و متعادل تر دانه‌های هر پایه در جذب و کنترل میزان آب موجود در اندام‌های خود می‌باشد. این امر می‌تواند نشان دهند وراثت‌پذیری بالاتر این صفات نیز باشد، زیرا کمتر تحت تاثیر عوامل محیطی مختلف قرار گرفته و از ضریب اطمینان و پایداری بالاتری برخوردار بوده‌اند. *Jackson et al.* (۱۹۸۱) و *Amiri & Assad* (۲۰۰۵) نشان دادند که صفات فیزیولوژیک مرتبط با وضعیت آب در گیاه از وراثت‌پذیری بالایی برخوردار بوده و برای غربالگری ارقام مقاوم از حساس بسیار کارا هستند. همچنین *Farshadfar & Hasheminasab* (۲۰۱۲) نیز تایید کردند که این صفات فیزیولوژیک به طور عمده تحت کنترل ژن‌هایی با اثرات افزایشی بوده و دارای اثرات متقابل نسبتاً پایینی با شرایط محیطی هستند.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین صفات مرتبط با وضعیت آب در گیاه نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی میزان آب برگ، وزن تازه و خشک برگ کاهش

شاخص‌های فیزیولوژیک مرتبط با میزان رطوبت برگ و وضعیت آب در گیاه یکی از مهم‌ترین معیارهای ارزیابی ژنوتیپ‌ها در شرایط خشکی می‌باشند که سال‌های زیادی است توسط تعداد زیادی محققین علوم زیستی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Anjum *et al.*, 2011; Blum, 2005; Hasheminasab & Assad, 2017). نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک مرتبط با روابط آبی در گیاه در چهار پایه مورد ارزیابی در جدول ۵ آورده شده است. نتایج به‌دست آمده نشان داد که بین سطوح مختلف خشکی در تمامی صفات مرتبط با وضعیت آب برگ شامل درصد آب موجود در برگ، میزان آب حفظ شده برگ (RWP)، میزان آب از دست رفته برگ (RWL) و محتوای آب برگ (RWC) اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده گردید (جدول ۶) که نشان از تاثیر تنش خشکی بر میزان آب برگ و همچنین توانایی متفاوت پایه‌ها در جذب، حفظ و نگهداری میزان آب سلولی خود دارد. با این وجود اثر عامل پایه و اثر متقابل پایه در خشکی در هیچ‌یک از شاخص‌های مذکور معنی‌دار نبود. ارزیابی سایر شاخص‌های مرتبط با وضعیت آب و تعرق در گیاه از جمله درصد آب ساقه و ریشه، دمای کانوبی، وزن برگ تازه و خشک نشان داد که به استثنای درصد آب ساقه سایر شاخص‌ها تحت تاثیر خشکی قرار گرفتند؛ اما اختلاف بین پایه‌ها در هیچ یک از این صفات معنی‌دار نبود. همچنین به جزء معیار دمای کانوبی، روند تغییرات تنش خشکی در هیچ‌یک از شاخص‌های مورد ارزیابی مرتبط با وضعیت آب در گیاه معنی‌دار نبود. این عدم وجود اختلاف

جدول ۵- تجزیه واریانس و ضرایب تغییرات صفات مرتبط با وضعیت آب در چهار پایه پسته مورد ارزیابی تحت تیمارهای مختلف آبیاری در سال باغی ۱۳۹۸.

میانگین مربعات (M.S.)									درجه آزادی (D.F.)	منابع تغییرات (ANOVA)
وزن برگ خشک (g)	وزن برگ تازه (g)	دمای کانونی (°C)	درصد آب ریشه	درصد آب ساقه	RWC	RWL	RWP (%)	درصد آب برگ		
۰/۱۱۳**	۰/۶۱۱**	۲۳/۱۸۸**	۱۷/۷۵۳*	۸/۸۷۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۴**	۰/۴۰۹**	۴۶۵/۷۹۱**	۴۳/۳۴۷**	۲	سطوح خشکی
۰/۰۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۸ <sup>ns</sup>	۳/۰۴۸ <sup>ns</sup>	۱۰/۶۱۵ <sup>ns</sup>	۱۴/۵۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۹ <sup>ns</sup>	۸/۴۵۵ <sup>ns</sup>	۴/۸۹۵ <sup>ns</sup>	۳	پایه‌های پسته
۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۳ <sup>ns</sup>	۹/۸۴۸**	۸/۱۷۹ <sup>ns</sup>	۱۳/۴۳۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>	۱۳/۰۷۹ <sup>ns</sup>	۱۱/۸۲۲ <sup>ns</sup>	۶	خشکی × پایه
۰/۰۰۲	۰/۰۰۹	۱/۴۶۳	۴/۱۹۳	۹/۷۴۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۵۵/۹۲۲	۶/۸۳۷	۴۸	خطا
۲۶/۴۷	۲۵/۴۹	۶/۹۱	۴/۸۴	۷/۶۶	۳/۹۹	۲۳/۱۸	۱۱/۲۶	۴/۸۲	-	ضریب تغییرات (C.V.)

\*\*وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪، \*وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ و<sup>ns</sup>عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات مرتبط با وضعیت آب در چهار پایه پسته مورد ارزیابی تحت تیمارهای مختلف آبیاری در سال باغی ۱۳۹۸.

میانگین										
وزن برگ خشک (g)	وزن برگ تازه (g)	دمای کانوبی (°C)	درصد آب ریشه	درصد آب ساقه	RWC	RWL	RWP (%)	درصد آب برگ	پایه‌های پسته	سطوح خشکی
۰/۲۶۱a	۰/۵۹۰ab	۱۵/۶e	۴۱/۳۳bcd	۴۲/۴۳a	۰/۸۴۷a	۰/۴۱۵b	۶۴/۷۱abc	۵۶/۵۸ab	بادامی ززند	نرمال
۰/۱۹۶b	۰/۴۶۶bc	۱۶/۰۲de	۴۱/۶۵bcd	۴۲a	۰/۸۲۰ab	۰/۳۸۲b	۶۶/۹۹abc	۵۷/۹۵a	جوکار ۱	
۰/۲۹۵a	۰/۶۵۶a	۱۶/۱۸de	۴۲/۱۵bcd	۴۱/۱۴a	۰/۸۲۱ab	۰/۵۲۲a	۶۴/۸۳abc	۵۵/۴۲abc	قزوینی	
۰/۲۵۹a	۰/۵۵۸ab	۱۷/۶bcd	۴۱/۷۷bcd	۴۰/۴۲a	۰/۸۴۳a	۰/۴۳۲b	۶۵/۸۶abc	۵۳/۶۵bc	جوکار ۲	
۰/۱۳۶bcd	۰/۲۹۰de	۱۶/۲de	۴۱/۸bcd	۴۰/۸a	۰/۷۷۴bc	۰/۱۸۸c	۷۰/۹abc	۵۲/۹۹bc	بادامی ززند	تنش متوسط (دور آبیاری ۱۰ روز)
۰/۱۳۱bcd	۰/۲۷۹de	۱۹/۶۴a	۴۰/۰۵d	۴۱/۹۲a	۰/۷۷۵bc	۰/۱۷۴c	۶۹/۳۲abc	۵۲/۸۴bc	جوکار ۱	
۰/۱۴۳bcd	۰/۳۲۰de	۱۸/۹۴ab	۴۳/۲۲abc	۳۷/۹۵a	۰/۷۷۰bc	۰/۲۰۲c	۷۲/۵۱ab	۵۵/۰۳abc	قزوینی	
۰/۱۷۲bc	۰/۳۸۵cd	۱۹/۱۲ab	۴۲/۳۴bcd	۴۰/۳۲a	۰/۷۵۲c	۰/۲۳۴c	۷۳/۷۸a	۵۵/۱۴abc	جوکار ۲	
۰/۱۰۰d	۰/۲۱۵e	۱۹ab	۴۳abcd	۳۸/۲۱a	۰/۷۶۶bc	۰/۱۶۹c	۶۳/۳۷abc	۵۳/۳۵bc	بادامی ززند	تنش شدید (دور آبیاری ۱۵ روز)
۰/۱۰۸cd	۰/۲۳۱e	۱۸/۳۴abc	۴۴/۳ab	۴۲/۵۹a	۰/۸۰۲abc	۰/۱۹۲c	۶۰/۰۹c	۵۳/۲۹bc	جوکار ۱	
۰/۱۰۳d	۰/۲۲۱e	۱۷/۱۸cde	۴۵/۳۵a	۴۲/۰۳a	۰/۷۷۴bc	۰/۱۸۰c	۶۲/۷۹abc	۵۳/۶۸bc	قزوینی	
۰/۱۲۳cd	۰/۲۵۵de	۱۶/۳۴de	۴۱/۰۱cd	۳۹/۰۷a	۰/۷۷۲bc	۰/۱۸۴c	۶۲/۱۱bc	۵۱/۶۹c	جوکار ۲	

وجود یک حرف لاتین مشترک بین پایه‌ها برای هر صفت نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.



معنی‌داری یافت؛ اما میزان آب موجود در ساقه و ریشه کمتر تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفته و روند کاهش یا افزایش منظمی نشان نداد (جدول ۶). اگرچه در هر یک از تیمارهای آبیاری تفاوت قابل توجهی بین پایه‌های منتخب مشاهده نگردید، اما سه پایه جوکار ۱، جوکار ۲ و قزوینی بالاترین درصد آب برگ را به ترتیب در تیمارهای دور آبیاری ۵، ۱۰ و ۱۵ روز با میزان ۵۷/۹۵، ۵۵/۱۴ و ۵۳/۶۸ درصد به خود اختصاص دادند. همانطور که در جدول ۴ نشان داده شده است دو پایه جوکار ۱ و جوکار ۲ به ترتیب بالاترین میزان رشد رویشی را در شرایط نرمال و تنش متوسط دور آبیاری ۱۰ و شدید دور آبیاری ۱۵ روز به خود اختصاص دادند که می‌تواند بیانگر نقش مهم میزان آب برگ در فرآیندهای مختلف مورفوفیزیولوژیک باشد. پایه جوکار ۲ که در شرایط تنش شدید خشکی کاهش قابل توجهی در رشد رویشی نشان داده بود (جدول ۲ و ۴)، پایین‌ترین میزان آب برگ (۵۱/۶۹) را نیز در این شرایط تنش به خود اختصاص داد. در همین *Anjum et al.* (۲۰۱۱) بیان داشتند که خشکی سبب کاهش رشد در تمامی ابعاد گیاه می‌گردد و این کاهش رشد به علت افت فشار تورژسانس، کاهش تقسیم سلولی و کاهش فتوسنتز می‌باشد.

آب همچنین نقشی کلیدی در زندگی گیاهان ایفا می‌کند و بخش عمده‌ای از وزن بافت گیاهی را تشکیل می‌دهد. گیاهان با استفاده از آب و دی اکسید کربن انواع قندها و کربوهیدرات‌های پیچیده را تولید می‌کنند. آب همچنین به عنوان حامل مواد مغذی و یک عامل خنک

کننده در گیاهان عمل می‌کند و بسیاری از واکنش‌های بیوشیمیایی در محیط آن رخ می‌دهد (Ashraf & Harris, 2005). در شرایط مطلوب آبیاری بیشترین درصد آب برگ در پایه بادامی زرنده (۴۲/۴۳) و در شرایط تنش متوسط (۴۱/۹۲) و شدید (۴۲/۵۹) در جوکار ۱ مشاهده گردید. پایه قزوینی بالاترین درصد آب ریشه را در هر سه تیمار آبیاری به خود اختصاص داد. همچنین بیشترین وزن تازه و خشک برگ در دوره‌های آبیاری ۵ و ۱۰ روز در قزوینی و ۱۵ روز در جوکار ۲ مشاهده گردید. اگرچه در شرایط نرمال، وزن برگ خشک پایه جوکار ۱ با بادامی زرنده تفاوت معنی‌داری نشان داد اما در شرایط تنش متوسط و شدید این تفاوت مشاهده نگردید. ارزیابی شاخص‌های مرتبط با توانایی گیاه در حفظ و نگهداری آب موجود در برگ که از مهم‌ترین معیارهای فیزیولوژیک جهت تعیین میزان تحمل ارقام به تنش‌های محیطی به‌ویژه خشکی محسوب می‌شوند، نشان داد که با افزایش شدت خشکی میزان شاخص‌های *RWL* و *RWC* کاهش و دمای کانوپی افزایش معنی‌داری یافت اما روند منظمی برای *RWP* در این مطالعه مشاهده نگردید. سه پایه جوکار ۱ (۶۶/۹۹)، جوکار ۲ (۷۳/۷۸) و بادامی زرنده (۶۳/۳۷) بالاترین درصد *RWP* را به ترتیب در شرایط مطلوب و تنش دور آبیاری ۱۰ و ۱۵ روز نشان دادند که بیانگر توانایی بالاتر این پایه‌ها در حفظ و نگهداری محتوای آب برگ خود می‌باشد. ارزیابی شاخص *RWL* که میزان آب از دست رفته از برگ بریده شده در طول زمان‌های مختلف را نشان می‌دهد حاکی از آن بود که جوکار ۱ در شرایط نرمال (۰/۳۸۲) و تنش متوسط (۰/۱۷۴) و بادامی زرنده در

زرنده و جوکار ۱ از توانایی بالاتری در حفظ و نگهداری میزان آب در بافت‌های گیاهی به‌ویژه برگ برخوردار بوده و برتری نسبی داشتند که با نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌های مرتبط با رشد رویشی هم‌خوانی داشته و تایید کننده آن‌ها بود. جمعه یزدیان و همکاران (۱۳۹۷) با مطالعه تاثیر تنش خشکی روی شاخص‌های مرتبط با رشد و فیزیولوژی پایه بادامی زرنده و یک هیبرید امیدبخش نشان دادند که پارامترهای رویشی، کلروفیل فلورسانس و RWC تحت تنش خشکی به صورت معنی‌داری در این پایه‌ها کاهش یافت. در شرایط تنش خشکی شدید، پایه بادامی ریز زرنده دارای بیشترین ارتفاع، وزن تازه شاخساره و طول ریشه و همچنین نتایج حاصل از تلاقی دو والد امیدبخش دارای بیشترین میزان RWC بودند. در این مطالعه هیبرید امیدبخش نسبت به پایه بادامی ریز زرنده در برخی از صفات مورد اندازه‌گیری بیشتر تحت تاثیر تنش خشکی واقع شد ولی در سطوح ۸ و ۱۲ روز آبیاری اختلاف معنی‌داری بین صفات رویشی مرتبط با ریشه، وزن تازه شاخساره و کلروفیل فلورسانس مشاهده نشد.

**د- صفات مرتبط با وضعیت ریشه، طوقه و ساقه در پایه‌ها**  
همان‌طور که پیش از این ذکر گردید، ریشه پسته بسیار عمیق و از نوع فراتوفیت می‌باشد که توانایی استحصال آب به صورت مستقیم و یا به شکل جذب موینگی از اعماق خاک را دارد و بیانگر نقش کلیدی پایه‌ها در ایجاد تحمل به خشکی است. بنابراین بررسی صفات و شاخص‌های مرتبط با وضعیت ریشه از اهمیت ویژه‌ای در ارزیابی پایه‌های پسته برخوردار بوده که در این پژوهش

شرایط تنش شدید (۰/۱۶۹) پایه‌های برتر بودند که کمترین میزان آب خود را از دست دادند. RWC شاخص دیگری بود که جهت حصول اطمینان بیشتر از نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفت. این پارامتر بیانگر توانایی پایه‌ها در حفظ و نگهداری میزان آب برگ می‌باشد. بیشترین میزان RWC در شرایط نرمال مربوط به پایه‌های بادامی زرنده (۰/۸۴۷) و جوکار ۲ (۰/۸۴۳)، در شرایط تنش متوسط مربوط به بادامی زرنده (۰/۷۷۴)، جوکار ۱ (۰/۷۷۵) و قزوینی (۰/۷۷۰) و در شرایط تنش شدید مربوط به پایه جوکار ۱ (۰/۸۰۲) بود که نشان از برتری آن‌ها در هر یک از این شرایط دارد. دمای کانوپی یکی دیگر از معیارهای فیزیولوژیک ارزشمند جهت ارزیابی تحمل گیاهان به تنش خشکی و شوری می‌باشد. این شاخص بیانگر توانایی گیاه در کاهش میزان تعرق با کنترل بهتر بر روند باز و بسته شدن روزنه‌های برگ است. نتایج به‌دست آمده نشان داد که پایه جوکار ۲ (۱۷/۶) درجه سانتی‌گراد) در شرایط نرمال، جوکار ۱ (۱۹/۶۴) درجه سانتی‌گراد) و جوکار ۲ (۱۹/۱۲) درجه سانتی‌گراد) در شرایط تنش متوسط و بادامی زرنده (۱۹) درجه سانتی‌گراد) و جوکار ۱ (۱۸/۳۴) درجه سانتی‌گراد) در شرایط تنش شدید، بالاترین دمای کانوپی را به خود اختصاص داده و پایه‌های برتر برای این معیار در هریک از تیمارهای مذکور آبیاری بودند. به‌طور کلی نتایج به‌دست آمده از ارزیابی شاخص‌های فیزیولوژیک مرتبط با وضعیت آب در این چهار پایه منتخب نشان داد که در شرایط تنش خشکی متوسط پایه‌های جوکار ۲ و قزوینی و در شرایط تنش شدید دو پایه بادامی

مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات ارزیابی شده برای چهار پایه بادامی زرنده، قزوینی، جوکار ۱ و جوکار ۲ در سه سطح مختلف تیمار آبیاری به همراه اثرات متقابل آن‌ها بر یکدیگر در جدول ۷ آورده شده است. تحلیل داده‌ها نشان داد که بین سطوح مختلف خشکی در تمامی صفات ارزیابی شده به استثنای تعداد انشعابات اصلی ریشه اختلاف معنی‌داری وجود داشته که بیانگر تاثیر خشکی بر هر یک از صفات مرتبط با وضعیت ریشه، طوقه و ساقه می‌باشد. عرض ریشه، قطر طوقه و ریشه، وزن تازه و خشک ریشه، وزن تازه و خشک ساقه، وزن تازه و خشک دانه‌ها در سطح احتمال ۱ درصد و طول ریشه در سطح احتمال ۵ درصد تحت تاثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفتند. چهار پایه مورد ارزیابی نیز برای تمامی صفات ارزیابی شده به استثنای طول ریشه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان دادند که امکان تفکیک و شناسایی پایه‌های برتر را فراهم می‌آورد. روند تغییرات پایه‌های مختلف در سطوح مختلف خشکی (اثرات متقابل) برای صفات وزن تازه و خشک ریشه و ساقه در سطح احتمال ۱ درصد و برای قطر طوقه و ریشه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌داری بود. مطابق جدول ۷، وجود میانگین مربعات بالاتر عامل اصلی پایه نسبت به اثرات متقابل در تمامی صفات، امکان شناسایی پایه‌های برتر در این پژوهش را فراهم می‌آورد.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار صفات مرتبط با وضعیت ریشه و طوقه

شامل طول و عرض ریشه، قطر ریشه و طوقه و وزن تازه و خشک ریشه گردید (جدول ۸). اگرچه تعداد انشعابات اصلی ریشه نیز تحت تنش کاهش یافت، اما این کاهش معنی‌دار نبود. در بین صفات مورد ارزیابی قطر طوقه و ریشه، وزن تازه و خشک ریشه و ساقه بیشتر از دیگر معیارها تحت تنش خشکی روند کاهشی نشان دادند. در همین رابطه قاسمی و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند که تنش خشکی سبب کاهش شایان توجهی در وزن خشک ساقه، ریشه و برگ پایه‌های پسته گردید. در این مطالعه وزن خشک برگ بیشتر تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفت و حساسیت بیشتری نشان داد و اندام‌های ساقه و ریشه در مراتب بعدی حساسیت بودند. یعنی ریشه کمتر تحت تاثیر خشکی قرار گرفت. آن‌ها گزارش نمودند که از نظر وزن خشک ریشه، پایه بادامی ریز زرنده کمتر تحت تاثیر خشکی قرار گرفت و پس از آن پایه‌های بنه، قزوینی و سرخس قرار داشتند.

ارزیابی طول ریشه در چهار پایه منتخب نشان داد که بین پایه‌ها در سطوح مختلف آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. اما دو پایه بادامی زرنده (۶۶/۶۵ سانتی‌متر) و قزوینی (۶۶/۵۳ سانتی‌متر) در شرایط نرمال و پایه‌های جوکار ۲ (۶۳/۱۱ سانتی‌متر) و قزوینی (۵۴/۱۶ سانتی‌متر) به ترتیب در شرایط تنش متوسط و شدید بالاترین طول ریشه را به خود اختصاص دادند. به‌طور متوسط بالاترین طول ریشه در رقم قزوینی مشاهده گردید. بیشترین عرض ریشه در شرایط دور آبیاری ۵، ۱۰ و ۱۵ روز به‌ترتیب در پایه‌های بادامی زرنده (۱۴/۰۸ سانتی‌متر)، جوکار ۲ (۱۴/۲۳ سانتی‌متر) و جوکار ۱ (۱۰/۴۴ سانتی‌متر) مشاهده گردید.

جدول ۷- تجزیه واریانس و ضرایب تغییرات صفات مرتبط با وضعیت ریشه و ساقه در چهار پایه پسته مورد ارزیابی تحت تیمارهای مختلف آبیاری در سال باغی ۱۳۹۸.

میانگین مربعات (M.S.)												منابع تغییرات (ANOVA)
وزن خشک نهال (g)	وزن تازه نهال (g)	وزن خشک ساقه (g)	وزن تازه ساقه (g)	وزن خشک ریشه (g)	وزن تازه ریشه (g)	قطر ریشه (mm)	قطر طوقه (mm)	تعداد انشعاب اصلی ریشه	عرض ریشه (cm)	طول ریشه (cm)	درجه آزادی (D.F.)	
۷۹۶/۵**	۲۳۱۶/۳۳**	۳۰۷۵**	۹۱۰۹/۲**	۴۱۹۵/۷۳**	۱۲۰۹۸**	۳۳/۲۷۹**	۴۶/۴۸۷**	۰/۱۳۷ <sup>ns</sup>	۴۲/۰۸۴**	۵۰۶/۴۲۷*	۲	سطوح خشکی
۱۹۲/۳**	۵۲۴/۴۹**	۶۹/۶۰۷**	۲۴۲/۷۷**	۳۳۰/۰۷**	۱۰۲۰**	۲۱/۴۵۷**	۹/۱۴۵**	۰/۶۶۶**	۱۵/۳۴۲*	۱۸۴/۰۴۸ <sup>ns</sup>	۳	پایه‌های پسته
۴۴/۵۳ <sup>ns</sup>	۱۳۴/۴۳ <sup>ns</sup>	۳۶/۷۸۳**	۱۱۶/۲۲**	۱۰۶/۳۴**	۲۹۹/۳**	۴/۸۱۳*	۲/۵۹*	۰/۰۳۵ <sup>ns</sup>	۹/۵۹۹ <sup>ns</sup>	۱۱۸/۸۱۹ <sup>ns</sup>	۶	خشکی × پایه
۲۹/۵۷	۸۰/۵۵۴	۶/۷۵۹	۱۵/۰۱	۱۱/۳۹۲	۳۲/۷۰۵	۱/۸۴	۱/۰۰۲	۰/۱۱۳	۵/۳۸۸	۱۱۷/۹۵۹	۴۸	خطا
۵۴/۸۵	۵۲/۹۷	۱۶/۷۸	۱۴/۷۳	۱۵/۱۵	۱۴/۸۵	۲۰/۶۴	۱۵/۲۹	۲۶/۸۴	۲۰/۳۹	۱۹/۲۵	-	ضریب تغییرات (C.V.)

\*\*وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪، \*وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ و <sup>ns</sup>عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۸- مقایسه میانگین صفات مرتبط با وضعیت ریشه و ساقه در چهار پایه پسته مورد ارزیابی تحت تیمارهای مختلف آبیاری در سال باغی ۱۳۹۸.

میانگین												
سطح خشکی	پایه‌های پسته	طول ریشه (cm)	عرض ریشه (cm)	تعداد انشعاب اصلی ریشه	قطر طوقه (mm)	قطر ریشه (mm)	وزن تازه ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)	وزن تازه ساقه (g)	وزن خشک ساقه (g)	وزن تازه نهال (g)	وزن خشک نهال (g)
نرمال	بادامی زرد	۶۶/۶۵a	۱۴/۰۸ab	۱b	۷/۴۹a	۶/۸۷cd	۱۵/۰۹a	۸/۸۴a	۱۰/۴۷bc	۶/۰۳bc	۲۵/۵۶a	۱۴/۸۶a
	جوکار ۱	۵۸/۷۳abc	۱۰/۸۹b-e	۱/۴ab	۸/۲۴a	۷/۶۵bc	۱۳/۸۱a	۸/۰۹a	۱۲/۵۸ab	۷/۳b	۲۶/۳۹a	۱۵/۳۸a
	قزوینی	۶۶/۵۳a	۱۳/۵۱abc	۱/۲۳ab	۸/۲۵a	۷/۸۹bc	۱۶/۶۳a	۹/۶۱a	۸/۹۲bcd	۵/۲۴bcd	۲۵/۵۴a	۱۴/۸۶a
	جوکار ۲	۵۳/۷۱abc	۱۲/۹۷a-d	۱/۵ab	۸/۸۱a	۸/۷۷ab	۱۷/۷۸a	۱۰/۴۸a	۱۹/۰۶a	۱۱/۳a	۳۶/۸۴a	۲۱/۷۹a
(دور آبیاری ۱۰ روز)	بادامی زرد	۵۵/۰۴abc	۱۱/۳۸a-e	۱/۰۸b	۵/۲۹b	۵/۲۵de	۶/۱۴b	۳/۵۷b	۳/۲d	۱/۹cd	۹/۳۴b	۵/۴۷b
	جوکار ۱	۴۹/۹۷bc	۹/۱۱e	۱/۳۲ab	۵/۷۴b	۵/۶۹de	۵/۶۲b	۳/۳۷b	۳/۹۶cd	۲/۳۱cd	۹/۵۸b	۵/۶۷b
	قزوینی	۵۸/۰۴abc	۱۰/۵۹cde	۱/۱۶b	۵/۴۲b	۵/۷۳de	۵/۷۲b	۳/۲۵b	۳/۱d	۱/۹۲cd	۸/۸۲b	۵/۱۷b
	جوکار ۲	۶۳/۱ab	۱۴/۲۳a	۱/۷a	۸/۵۶a	۱۰/۱۱a	۱۷/۱a	۹/۸۶a	۱۴/۷ab	۸/۸۷ab	۳۱/۸a	۱۸/۷۴a
(دور آبیاری ۱۵ روز)	بادامی زرد	۵۲/۵abc	۹/۷de	۱b	۵/۱۸b	۴/۸e	۵/۰۲b	۲/۸۶b	۲/۱۷d	۱/۳۳d	۷/۱۸b	۴/۱۹b
	جوکار ۱	۴۵/۸۲c	۱۰/۴۴cde	۱/۲b	۵/۱۶b	۵/۱۹de	۴/۰۹b	۲/۲۷b	۲/۵۷d	۱/۴۷d	۶/۶۶b	۳/۷۵b
	قزوینی	۵۴/۱۶abc	۹/۲۷e	۱/۰۸b	۴/۷۲b	۴/۸۱e	۴/۹۱b	۲/۶۸b	۱/۹۱d	۱/۱d	۶/۸۲b	۳/۷۸b
	جوکار ۲	۵۲/۸۹abc	۱۰/۴۲cde	۱/۳۵ab	۵/۷۱b	۶/۱۱cde	۵/۴۱b	۳/۲۲b	۳/۳۷d	۲/۱cd	۸/۷۸b	۵/۳۲b

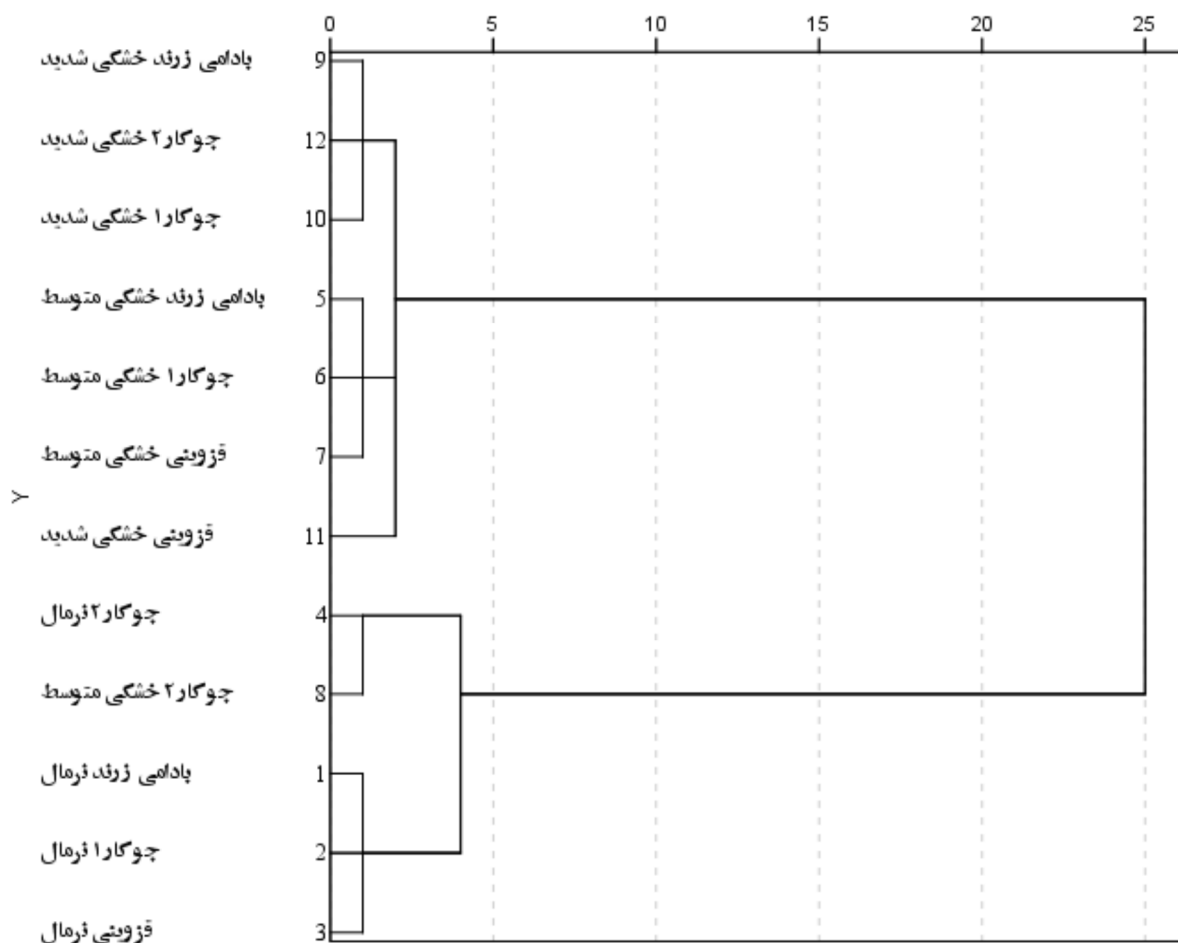
وجود یک حرف لاتین مشترک بین پایه‌ها برای هر صفت نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

در این مطالعه پایه جوکار ۲ به‌طور متوسط بیشترین میزان عرض ریشه را نشان داد. در هر سه شرایط تیمار آبیاری، بیشترین و کمترین تعداد انشعابات اصلی ریشه به‌ترتیب در جوکار ۲ و بادامی زرنند مشاهده گردید. بیشترین قطر طوقه و ریشه و همچنین وزن تازه و خشک ریشه در هر سه تیمار آبیاری در جوکار ۲ مشاهده شده که حاکی از برتری این پایه در صفات مذکور است. اگرچه تفاوت معنی‌دار قابل توجهی در اکثر صفات مذکور بین پایه‌ها وجود نداشت اما به‌طور کلی دو پایه جوکار ۲ و قزوینی از حجم ریشه بیشتری نسبت به بادامی زرنند و جوکار ۱ برخوردار بودند. بادامی زرنند در هر سه شرایط تیمار آبیاری از طول ریشه بیشتری نسبت به جوکار ۱ و در مقابل جوکار ۱ در هر سه این شرایط از قطر ریشه بیشتری نسبت به بادامی زرنند برخوردار بود اما این تفاوت در هیچ‌یک از صفات معنی‌دار نبود. ارزیابی معیارهای وزن تازه و خشک ساقه و وزن تازه و خشک کل دانه‌ها نیز حاکی از برتری جوکار ۲ در هر سه شرایط نرمال و تنش خشکی بود. این تفاوت در شرایط نرمال و خشکی شدید با دیگر پایه‌ها معنی‌دار نبود اما در شرایط تنش خشکی متوسط به‌طور معنی‌داری بیشتر از سه پایه دیگر بود. نتایج به‌دست آمده در جدول ۸ به‌خوبی بیانگر برتری پایه جوکار ۲ در شرایط تنش متوسط خشکی است که این برتری پیش از آن در سایر شاخص‌های مرتبط با رشد رویشی و صفات فیزیولوژیک مرتبط با وضعیت آب در گیاه نیز تایید گردیده بود. در شرایط مطلوب و تنش شدید تفاوت معنی‌داری بین پایه‌ها در اکثر صفات مرتبط با مورفولوژیک ریشه، طوقه و ساقه مشاهده نگردید. دلیل

این امر را می‌توان در سیستم برتر ریشه درختان پسته که از نوع ارزشمند فراتوفیت می‌باشد، جستجو کرد که در همه پایه‌های مورد ارزیابی از شرایط مطلوبی برخوردار بوده است. Esmailpour *et al.* (۲۰۱۶) نیز با مطالعه روی سه پایه بادامی زرنند، سرخس و تربینتوس نشان دادند که تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار وزن تازه و خشک گیاه، وزن خشک ساقه، وزن خشک ریشه، سطح برگ، ارتفاع ساقه و سایر پارامترهای مرتبط با رشد گردید. در این مطالعه بین پایه‌ها در صفات وزن خشک ریشه و سطح برگ اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید.

#### ه- گروه‌بندی پایه‌ها

با توجه به ارزیابی تعداد زیادی شاخص مورفو-فیزیولوژیک در این مطالعه و همچنین واکنش متفاوت پایه‌های منتخب به این معیارها، جهت دستیابی به نتیجه نهایی و گروه‌بندی این پایه‌ها با در نظر گرفتن کلیه جوانب مرتبط با شاخص‌های مورد ارزیابی از روش آماری چند متغیره خوشه‌بندی با استفاده از تمامی صفات مورد مطالعه بر مبنای مربعات فواصل اقلیدسی به روش Ward استفاده گردید (شکل ۱). خوشه‌بندی یکی از مهم‌ترین الگوریتم‌های داده‌کاوی جهت کاهش حجم داده‌هاست و کاربرد بسیاری در کشف دانش و دسته‌بندی اطلاعات بر مبنای میزان تشابهات و همبستگی بین آن‌ها دارد (Saed-Moucheshi *et al.*, 2013). نتایج حاصل از تحلیل این روش آماری نشان داد که پایه‌های مورد ارزیابی در سه تیمار مختلف آبیاری در دو گروه اصلی و پنج زیر گروه تقسیم گردیدند. گروه اول شامل چهار پایه منتخب بادامی زرنند،



شکل ۱- درختواره (دندروگرام) حاصل از گروه‌بندی چهار پایه بادامی زرنده، جوکار ۱، قزوینی و جوکار ۲ در سه رژیم آبیاری با استفاده از تمامی صفات مورفو-فیزیولوژیک موارد ارزیابی بر مبنای مربعات فواصل اقلیدسی به روش Ward.

و ۸ شرح داده شده است نیز پیش از این به اثبات رسیده بود.

پایه‌های منتخب در شرایط تنش خشکی متوسط و شدید در گروه اصلی دوم قرار گرفتند. همچنین پایه‌ها در دو زیر گروه مجزا شامل تنش متوسط و شدید دسته‌بندی شدند که بیانگر تاثیرپذیری مناسب تیمارهای خشکی اعمال شده در مقایسه با شرایط مطلوب آبیاری است. در هر سه شرایط مطلوب و تنش خشکی متوسط و شدید، دو پایه بادامی زرنده و جوکار ۱ در یک زیرگروه قرار گرفتند که بیانگر مشابهت این دو پایه می‌باشد. این دو پایه همچنین در

جوکار ۱، قزوینی و جوکار ۲ در شرایط مطلوب آبیاری و جوکار ۲ در شرایط تنش خشکی متوسط بود. این گروه‌بندی به خوبی تایید کننده برتری پایه جوکار ۲ در شرایط تنش متوسط است که کمتر تحت تاثیر این سطح از تنش خشکی قرار گرفته و در گروه شرایط مطلوب دسته‌بندی شده است. در این مطالعه، پایه جوکار ۲ در شرایط مطلوب و تنش متوسط نیز در یک زیر گروه قرار گرفت که تاکید کنند تحمل بالاتر آن به تنش متوسط خشکی با دور آبیاری ۱۰ روز نسبت به دیگر پایه‌ها می‌باشد. این موضوع در ارزیابی‌های تک متغیره سایر صفات که در جداول ۲، ۴، ۶

بسیاری از صفات مورد ارزیابی به‌ویژه در شرایط مطلوب و تنش شدید به عنوان پایه‌های برتر با رشد رویشی مناسب انتخاب گردیدند.

#### و- مطالعه یکنواختی پایه‌ها

از آنجا که پسته گیاهی دگرگشن بوده و از ژنوم بزرگ و نایکنواختی برخوردار است (Motalebipour *et al.*, 2016)، بنابراین میوه‌های به‌دست آمده روی درختان یک رقم از تنوع بالایی برخوردار هستند. بنابراین ارزیابی یکنواختی پایه‌های حاصل از کاشت میوه یا همان پایه‌های بذری (دانپال) از اهمیت بالایی برخوردار است. در این پژوهش میزان یکنواختی پایه‌ها بر مبنای متوسط درصد ضرایب تغییرات برای صفات مورفو-فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۲). نتایج به‌دست آمده نشان داد که بیشترین ضریب تغییرات در هر سه تیمار آبیاری در پایه جوکار ۲ مشاهده گردید. همانطور که قبل از این نیز گزارش گردید این پایه از قدرت استقرار اولیه پایین‌تری پس از جوانه‌زنی در شرایط گلخانه برخوردار بود. سه پایه دیگر شامل بادامی زرنده، قزوینی و جوکار ۱ دارای درصد ضریب تغییرات پایین‌تر از ۱۰ درصد در هر سه شرایط مطلوب و تنش بوده و تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین آن‌ها مشاهده نگردید. با این حال پایین‌ترین ضریب تغییرات در پایه قزوینی در هر سه شرایط تیمارهای آبیاری مشاهده گردید.

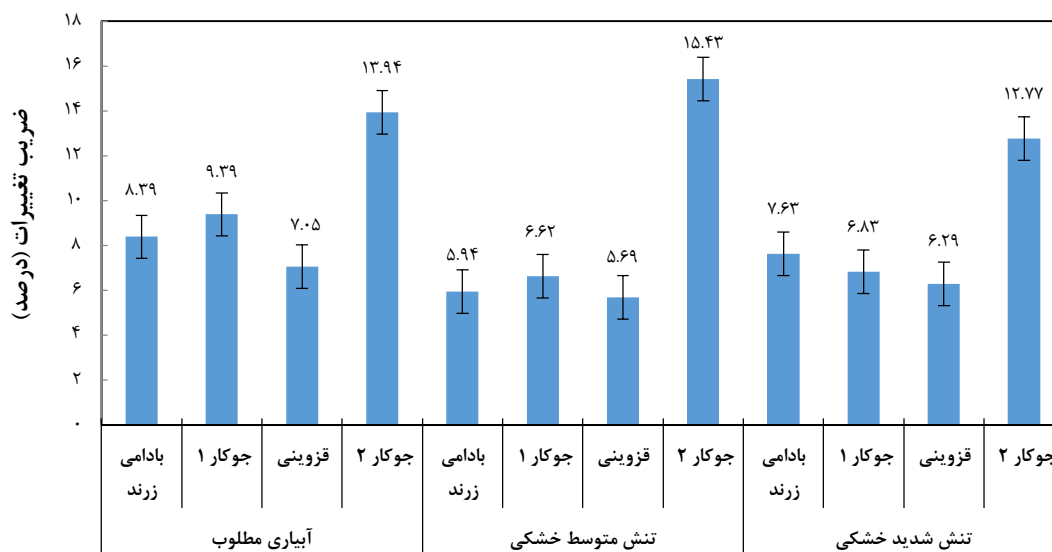
#### ز- مطالعه قدرت استقرار پایه‌ها در شرایط گلخانه و باغ

نتایج حاصل از بررسی استقرار اولیه و درصد زنده‌مان بذور جوانه‌زده در شرایط گلدان نشان داد که ۱۰۰ درصد بذور جوانه‌زده پایه‌های بادامی زرنده و جوکار ۱ پس از کاشت در بستر خاک گلدان در شرایط گلخانه مستقر شده و به رشد خود ادامه دادند. این میزان استقرار در پایه قزوینی و جوکار ۲ به ترتیب ۹۸/۶۷ و ۵۰/۶۷ بود. بنابراین درصد استقرار پایه جوکار ۲ به طور قابل ملاحظه‌ای پایین‌تر از سه پایه دیگر بود (شکل ۳). از آنجا که میزان استقرار و زنده‌مانی پایه‌ها پس از انتقال از شرایط گلخانه و گلدان به باغ از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد، ۱۶ نهال یکساله از هریک از پایه‌ها در اردیبهشت ۱۳۹۸ به زمین اصلی در محل باغ ایستگاه شماره ۲ پژوهشکده پسته واقع در رفسنجان انتقال داده شدند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که تمامی نهال‌های انتقال داده شده به باغ، در بستر محل کاشت مستقر گردیده و به رشد خود ادامه دادند. بنابراین درصد استقرار و زنده‌مانی چهار پایه ارزیابی شده پس از جابه‌جایی برابر ۱۰۰ درصد بود.

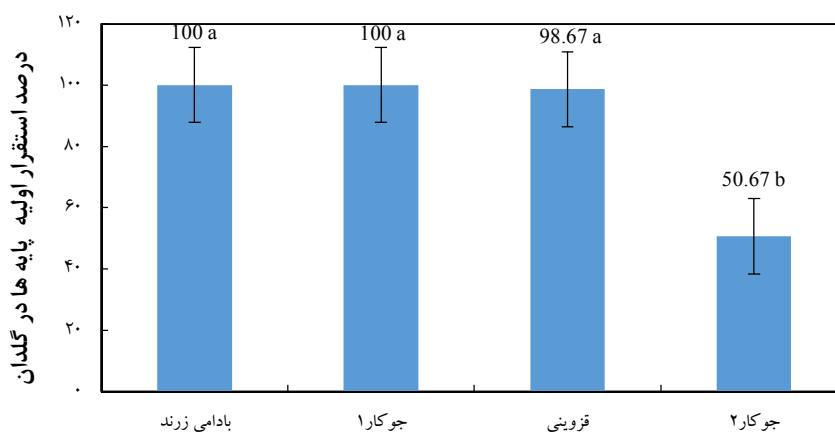
#### نتیجه‌گیری کلی

با در نظر گرفتن جمیع معیارهای مورد ارزیابی در این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که پایه جوکار ۱ در مقایسه با دو پایه بادامی زرنده و قزوینی که از برترین پایه‌های کشور محسوب می‌گردند و تحمل به خشکی آن‌ها در پژوهش‌های متعدد تایید شده است، تحمل به خشکی قابل قبولی نشان داده و از رشد رویشی بالاتری نیز برخوردار





شکل ۲- میزان یکنواختی پایه‌ها بر مبنای متوسط درصد ضرایب تغییرات برای صفات مورفو-فیزیولوژیک مورد ارزیابی.



شکل ۳- درصد استقرار و زنده‌مانی پایه‌ها پس از جوانه‌زنی در شرایط بستر کشت گلدان.

یکنواختی و قدرت استقرار و زنده‌مانی مطلوبی برخوردار بودند.

بود. پایه جوکار ۲ نیز در شرایط تنش خشکی متوسط از برتری قابل توجهی نسبت به سه پایه دیگر برخوردار بود؛

اما یکنواختی و قدرت استقرار اولیه پس از جوانه‌زنی پایین‌تر نسبت به سایر پایه‌ها نشان داد. نهایتاً در این

پژوهش دو پایه بادامی زرد و جوکار ۱ به عنوان پایه‌های برتر انتخاب گردیده که از رشد رویشی، تحمل به خشکی،

#### منابع

- ۱- جمعه یزدیان، مص، کریمی، حر، و صادقی سرشت، ا. (۱۳۹۷). واکنش دو پایه پسته به تنش خشکی براساس برخی شاخص‌های رشدی و

- ۸- هاشمی نسب، ح، اسماعیل پور، ع، تاج آبادی پور، ع، و جوانشاه، ا. (۱۳۹۶). معرفی برنامه‌های به‌نژادی تحمل به شوری پسته (*Pistacia vera* L.) در ایران: ظرفیت‌ها، چالش‌ها و راهبردهای پیش‌رو. اولین همایش ملی شوورزی، یزد.
- 9- Amiri, FR, & Assad, MT. (2005). Evaluation of three physiological traits for selecting drought resistant wheat genotypes. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 7, 81-87.
- 10- Anjum, SA, Xie, X, Wang, L, Saleem, MF, Man, C, & Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress, *African Journal of Agricultural Research*, 6(9), 2026-2032.
- 11- Ashraf, M, & Harris, PJC. (2005). Abiotic stresses: plant resistance through breeding and molecular approaches. Haworth press, New York.
- 12- Barrs, HD. (1968). Determination of water deficits in plant tissues. In: Kozolovski TT (ed), *Water Deficits and Plant Growth*. Academic Press. pp. 235-368.
- 13- Blum, A. (2005). Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Australian Journal of Agricultural Research*, 56, 1159-1168.
- 14- Clarke, JM, & McCaig, TN. (1982). Excised-leaf water retention capability as an indicator of drought resistance of *Triticum genotypes*. *Canadian Journal of Plant Science*, 62, 571-578.
- 15- Dong, ZG, & Yu, HN. (1995). *Crops Canopy Ecology*. Beijing: Chinese Agricultural Publisher, 9, 40-52.
- 16- Esmailpour, A, van Labeke, MC, Boeckx, P, & Van Damme, P. (2016). Impact of osmotic
- فیزیولوژیکی، دومین همایش ملی پسته ایران، رفسنجان، دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان.
- ۲- فهیمی خویردی، ف، و شمشیری، م.ح. (۱۳۹۵). مقایسه عملکرد فتوسینتیم II در چهار رقم پایه ای پسته اهلی با استفاده از تکنیک فلورسانس کلروفیل در شرایط تنش خشکی فرآیند و کارکرد گیاهی، ۵ (۱۷): ۹۶-۱۰۹.
- ۳- قاسمی، م. (۱۳۹۲). تنش خشکی و تبعیض ایزوتوپ کربن در برخی پایه‌های دانه‌الی پسته. رساله دکتری رشته علوم باغبانی دانشگاه تربیت مدرس.
- ۴- قاسمی، م، ارزانی، ک، یداللهی، ع، و حکم آبادی، ح. (۱۳۹۴). غلظت عناصر معدنی ریشه و برگ چهار پایه دانه‌الی پسته تحت رژیم‌های مختلف آبیاری. *مجله علوم باغبانی ایران*، ۴۶ (۴): ۶۶۷-۶۵۹.
- ۵- مالکی کوهبنان، ا، و کریمی، حر. (۱۳۹۲). ارزیابی پایه‌های پسته و دورگه بین گونه‌ای *آتلاتیکا × ورا (Pistacia atlantica × Pistacia vera)* به تنش خشکی. *مجله علوم باغبانی ایران*، ۴۴ (۱): ۹۳-۸۱.
- ۶- مهرنژاد، مر، و جوانشاه، ا. (۱۳۸۹). سند راهبردی تحقیقات پسته ایران. موسسه تحقیقات پسته کشور. رفسنجان.
- ۷- نیکویی دستجردی، مر، پناهی، ب، و تاج‌آبادی‌پور، ع. (۱۳۹۳). اثر تنش خشکی بر روی خصوصیات رویشی دانه‌ال‌های پسته رقم بادامی زرد. *مجله پسته ایران*، ۱ (۱): ۱-۱۰.

- vera* L.) cultivars under drought stress conditions. *Genetika*, 49(2), 705-715.
- 20- Hasheminasab, H, Farshadfar, E, & Varvani, H. (2014). Application of physiological traits related to plant water status for yield predicting stress drought under wheat in stability condition. *Annual Review and Research in Biology*, 4(5), 778-789.
- 21- Jackson, RD, Idso, SB, Reginato, RJ, & Pinter Jr, PJ. (1981). Canopy temperature as a crop water stress indicator. *Water Resources Research*, 17, 1133-1138.
- 22- Motalebipour, E, Kafkas, S, Khodaeiaminjan, M, Çoban, N, & Gözel, H. (2016). Genome survey of pistachio (*Pistacia vera* L.) by next generation sequencing: Development of novel SSR markers and genetic diversity in Pistacia species. *BMC Genomics*, 17, 1-14.
- 23- Saed-Moucheshi, A, Fasihfar, E, Hasheminasab, H, Rahmani, A, & Ahmadi, A. (2013). A review on applied multivariate statistical techniques in agriculture and plant science. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4, 127-141.
- drought stress on carbon isotope discrimination and growth parameters in three pistachio rootstocks (*Pistacia* spp., Anacardiaceae). In: Kodad O. (ed.), López-Francos A. (ed.), Rovira M. (ed.), Socias i Company R. (ed.). XVI GREMPA Meeting on Almonds and Pistachios. Zaragoza: CIHEAM, 145-150 (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 119).
- 17- Farshadfar, E, & Hasheminasab, H. (2012). Investigating the combining ability and genetic constitution of physiological indicators of drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) using GGE biplot methods. *International Journal of Plant Breeding*, 6(2), 121-128.
- 18- Ferguson, L, & Haviland, DR. (2016). Pistachio production manual. University of California Agriculture and Natural Resource Publication. 334 pp.
- 19- Hasheminasab, H, & Assad, MT. (2017). Genetic and multivariate phenotypic analyses of some selection indices in pistachio (*Pistacia*

## Evaluation of Promising Pistachio Genotypes "Jookar1" and "Jookar2" for Drought Tolerance in Comparison with Common Native Iranian Rootstocks

### Abstract

Pistachio (*Pistacia vera* L.) is one of the most important agricultural products and export items in Iran, which alone accounts for about one third of non-oil revenues in the agricultural sector. Although pistachio is known as a plant adapted to environmental stresses, drought and salinity are the most important factors in reducing production and one of the main problems to achieve the real potential of this crop in Iran. The subject of the present project was to evaluate the drought tolerance of two new genotypes "Jookar1" and "Jookar2" as compared to two common native rootstocks "Badami Zarand" and "Qazvini", which have tolerance to drought stress. In this regard, genotypes Jookar1 and Jookar2 along with Badami Zarand and Qazvini were conducted in a factorial completely randomized design (CRD) with five replications and five observations in each replication in two consecutive years (2018 and 2019). Evaluation of drought tolerance of rootstocks was done at three levels of normal (5-day irrigation cycle), mild stress (10-day irrigation cycle) and severe stress (15-day irrigation cycle) using by morpho-physiological traits related to water stress. The results of irrigation treatments in the first and second year of the experiment showed that there were significant differences between different levels of drought in all morpho-physiological traits with the exception of stem water percentage and the number of main root branches. Analysis of traits related to vegetative growth and physiological traits related to plant water status showed that Jookar2 in mild stress and Badami Zarand and Jookar1 in optimal and severe stress were selected as superior rootstocks. Although

Jookar2 showed significant sensitivity to drought in the early stages of growth in the first year of the experiment and both vegetative growth and leaf area decreased significantly, this sensitivity decreased in the second year of the experiment. Evaluation of morphological characteristics of roots, crown and stem also confirmed the superiority of Jookar2 in mild drought stress condition. However, no significant differences were observed between the four rootstocks under normal and severe stress conditions. The clustering of the rootstocks based on all the evaluated traits showed that in all three irrigation conditions, Badami Zarand and Jookar1 were located in the same subgroup, which indicated the close genetic proximity of these two rootstocks. Evaluation of three indices of uniformity, stability and viability in greenhouse and orchard conditions screened Badami Zarand, Jookar1 and Qazvini as suitable rootstocks. There was no damaged seedling in the orchard condition. The findings showed that Jookar1 can be identified as a tolerant rootstock compared to Badami Zarand and Qazvini which are considered as the best rootstocks in Iran and drought tolerance of them has been confirmed in several researches. Jookar1 showed acceptable drought tolerance and higher vegetative growth. Jookar2 was also significantly superior to the other rootstocks in the mild drought stress, but its uniformity and viability were lower than the other rootstocks after germination. In this study, Badami Zarand and Jookar1 were selected as the best rootstocks that had desirable vegetative growth, drought tolerance, uniformity, stability and viability.

**Keywords:** Rootstock, Pistachio, Tolerance, Drought, Morpho-Physiological Traits