

ارزیابی پایه های پسته و دو رگه بین گونه‌ای آتلاتیکا × ورا (*Pistacia vera* × *Pistacia atlantica*) به تنش خشکی

اعظم مالکی کوهبانی^۱ و حمیدرضا کریمی^{۲*}

۱، ۲، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر رفسنجان
(تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۶ - تاریخ تصویب: ۹۱/۳/۲۱)

چکیده

به منظور ارزیابی دو رگه بین گونه‌ای آتلاتیکا × ورا و همچنین پایه‌های قزوینی و بادامی ریز زرنند به تنش خشکی آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه دور آبیاری ۳-۶ و ۹ روز به اجرا درآمد. نتایج حاصل نشان داد که شاخص‌های فیزیولوژیکی همانند پرولین، قندهای محلول، پروتئین و عناصر غذایی تحت تاثیر تیمار خشکی واقع می‌شوند. میزان پرولین برگ، پتاسیم اندام هوایی و کلسیم ریشه با افزایش دور آبیاری افزایش و محتوای نسبی آب برگ، پروتئین و قندهای محلول، مس اندام هوایی و پتاسیم ریشه کاهش یافت. پایه‌ها از لحاظ شاخص‌های رشدی تفاوت معنی داری داشتند به گونه‌ای که بیشترین میزان سطح برگ، تعداد برگ، ارتفاع ساقه، وزن تر و خشک اندام هوایی و کارایی مصرف آب در پایه هیبرید مشاهده شد. بر اساس نتایج پژوهش حاضر میزان پرولین، قند و پروتئین برگ پایه هیبرید تحت تاثیر دور آبیاری واقع نشد در صورتیکه در پایه قزوینی افزایش یافت که بیانگر مقاومت بیشتر پایه هیبرید نسبت به پایه قزوینی به تنش خشکی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پسته، پرولین، قند محلول، کارایی مصرف آب

مقدمه

فتوسنتز، اختلال در متابولیسم سلولی و نهایتاً مرگ سلول می‌شود (Amarjit et al., 2005). Bakhtiari و esfandagheh (2011) ضمن بررسی چهار سطح خشکی (۱، ۳، ۶ و ۱۰ روز) بر روی پسته بادامی ریز گزارش کردند که میزان پرولین و قند محلول با افزایش دور آبیاری افزایش می‌یابد در حالیکه میزان پروتئین با افزایش دور آبیاری بطور معنی داری کاهش می‌یابد. نتایج مطالعه‌ی Tajabadipure (2004) بر روی سه رقم پسته بادامی ریز زرنند، قزوینی و سرخس نشان داد که دور آبیاری تاثیر معنی داری بر غلظت پتاسیم برگ ندارد در حالی که غلظت پتاسیم ساقه و ریشه به‌طور معنی داری تحت تاثیر افزایش دور آبیاری قرار می‌گیرد. نتایج Lee et al. (2006) در گلابی نشان داد که غلظت

پسته (*P. vera* L.) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات باغی و سومین کالای صادراتی ایران از اهمیت اقتصادی ویژه‌ای برخوردار است. تنش خشکی کلیه فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد و باعث کاهش رشد، عملکرد و کیفیت محصول و در صورت تداوم تنش، موجب مرگ گیاه می‌گردد (Zenodini et al., 2007). شاخص‌های رشدی همانند سطح برگ، حجم تاج پوشش، وزن کل گیاه و اندام هوایی و ریشه، ارتفاع و قطر ساقه، طول میانگره، رشد و تراکم ریشه در واحد حجم خاک تحت تاثیر تنش خشکی واقع می‌شود (Thomas & Gausling, 2000). تنش شدید آبی باعث توقف

روی سه پایه قزوینی، بادامی ریز زرد و دورگه بین گونه‌ای ورا × آتلانتیکا انجام شد. بذور دو رگه طی یک برنامه به‌نژادی در موسسه تحقیقات پسته رفسنجان تولید شدند که در این مرحله رقم بادامی ریز زرد به‌عنوان والد مادری و پایه آتلانتیکا به‌عنوان والد پدری در نظر گرفته شد. با شروع فصل رشد و قبل از باز شدن جوانه‌های گل، همزمان با متورم شدن جوانه‌ها، شاخه‌های حاوی جوانه گل رقم بادامی ریز زرد با کیسه‌های پارچه‌ای به منظور جلوگیری از ورود گرده‌های ناخواسته پوشانده شدند. به‌منظور گرده افشانی، دانه گرده آتلانتیکا جمع‌آوری و همزمان با باز شدن جوانه‌های گل گرده افشانی از طریق تزریق دانه گرده به کیسه حاوی شاخه صورت پذیرفت. میوه‌های تشکیل شده در پایان فصل رشد برداشت شدند و پس از خشک نمودن، در داخل یخچال جهت مراحل بعدی آزمایش نگهداری شد. بذور دورگه به‌همراه بذور قزوینی و بادامی ریز زرد بعد از جوانه‌دار کردن در گلدان‌های پلاستیکی حاوی ۴۲۰۰ گرم خاک رسی شنی کشت شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور خشکی (۳، ۶ و ۹ روز دور آبیاری) و پایه (پایه بادامی ریز، قزوینی و دورگه بین گونه‌ای ورا × آتلانتیکا) به اجرا درآمد. هر تیمار شامل ۳ تکرار و هر تکرار شامل یک گلدان حاوی ۵ نهال بود. نهال‌ها به مدت ۲ ماه تحت تیمار خشکی قرار گرفتند. اعمال تیمار خشکی بر اساس ظرفیت مزرعه‌ای و به روش وزنی صورت گرفت بطوریکه پس از تعیین ظرفیت مزرعه‌ای در هر دور آبیاری، گلدان‌ها در حد ظرفیت مزرعه‌ای آبیاری شدند.

با توجه به اینکه ظرفیت مزرعه در نمونه خاک ۱۴ درصد بود در هر دور آبیاری به ازای هر کیلو خاک ۱۴۰ میلی‌لیتر آب به گلدان‌ها اضافه گردید. ویژگی‌های خاک و آب مورد استفاده در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است. در طول دوره اعمال تیمار دمای گلخانه 25 ± 5 و رطوبت نسبی 10 ± 40 درصد ثبت گردید. در پایان آزمایش، پارامترهای اکوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی (کلروفیل فلورسانس، شاخص کلروفیل، غلظت کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ، کارایی مصرف آب، پروتئین کل، قند محلول و پرولین) و عناصر سدیم، پتاسیم،

کلسیم در بافت گیاهی به ویژه برگ‌ها در اثر افزایش دور آبیاری کاهش پیدا کرد. ایشان کاهش غلظت کلسیم را به کاهش فعالیت ریشه و پتانسیل آب برگ تحت شرایط تنش نسبت دادند. نتایج مطالعه Baghari (2009) بر روی دو رقم پسته (قزوینی و بادامی ریز) با چهار سطح خشکی (۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه) نشان داد که در بین دو رقم، رقم بادامی ریز نسبت به رقم قزوینی از رشد بهتری در شرایط تنش خشکی برخوردار بوده و ماده خشک بالاتری تولید نموده است. همچنین ایشان گزارش کردند که پایه بادامی ریز با توجه به تولید ماده خشک بیشتر، حفظ میزان کلروفیل، سرعت فتوسنتز بیشتر و محتوای نسبی آب برگ بالاتر نسبت به رقم قزوینی در شرایط تنش خشکی مقاوم تر است. Saadatmand et al. (2007) ضمن بررسی سه سطح شوری (۰، ۱۲۰۰ و ۲۴۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک از منبع کلرید سدیم) و سه سطح خشکی (۳، ۷ و ۱۴ روز) بر روی دو پایه پسته (سرخس و قزوینی) گزارش کردند که میزان رشد در هر دو پایه با افزایش دور آبیاری کاهش می‌یابد، بطوریکه در پایه قزوینی نسبت به پایه سرخس کاهش رشد بیشتری مشاهده شد. ایشان همچنین گزارش کردند که با افزایش دور آبیاری افزایش قابل توجهی در غلظت کلر و سدیم اندام هوایی و ریشه مشاهده نشد. با توجه به اینکه در اکثر مناطق پسته خیز کشور تنش خشکی حاکم است لذا استفاده از ارقام و پایه‌های مقاوم به خشکی یکی از راه‌های عملی برای مقابله با این تنش است بنابراین به‌نژادی پایه‌های مقاوم به خشکی دارای اهمیت می‌باشد. که لازمه آن جستجو در داخل توده های طبیعی و گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم و استفاده از آنها در کارهای به‌نژادی می‌باشد. در پژوهش‌های صورت گرفته گزارش شده است که دو پایه آتلانتیکا و بادامی ریز زرد از پایه‌های مقاوم به خشکی می‌باشند لذا در این پژوهش ضمن تلاقی دو پایه بادامی ریز زرد و آتلانتیکا، نتایج حاصله به تنش خشکی ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان در سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۰ بر

کلسیم، منیزیم، فسفر، کلر، آهن، روی، مس و منگنز اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در این آزمایش

ویژگی	مقدار
بافت	رسی لومی
ظرفیت زراعی (درصد)	۱۴
قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۳/۹۷
پ هاش	۸/۱۴
منیزیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	۲۳/۶
کلسیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	۲۹
آهن عصاره‌گیری شده با روش DTPA (پی‌پی‌ام)	۲/۱۲۰
مس عصاره‌گیری شده با روش DTPA (پی‌پی‌ام)	۰/۲۹۴
منگنز عصاره‌گیری شده با روش DTPA (پی‌پی‌ام)	۱۱/۵۹۸
روی عصاره‌گیری شده با روش DTPA (پی‌پی‌ام)	۱/۵۶

جدول ۲- برخی ویژگی‌های آب مورد استفاده در این آزمایش

ویژگی	مقدار
قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۰/۵۵
پ هاش	۷/۷
کربنات (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	۴/۲
سولفات (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	۶/۱
منیزیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	۲/۱
کلسیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	۸/۲
سدیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	۶/۲

شاخص‌های رویشی

شاخص‌های رویشی که در این آزمایش اندازه‌گیری شدند شامل: تعداد برگ، سطح برگ، ارتفاع ساقه، وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک ریشه و ساقه بود. ارتفاع با استفاده از خط‌کش و سطح برگ با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ مدل CI202 اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن تر ابتدا گیاه را به سه قسمت برگ، ساقه و ریشه تقسیم و هر کدام جداگانه توزین شدند. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه قرار داده و سپس وزن شدند.

اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ و کارایی مصرف آب

محتوای نسبی آب برگ طبق روش (Weatherley و WUE) از رابطه زیر محاسبه گردید:

که در فرمول فوق DW: میزان ماده خشک تولید شده

(تفاضل وزن اولیه و ثانویه) و UW: میزان آب مصرف شده می‌باشد. برای اندازه‌گیری UW میزان آب مصرف شده از زمان کشت تا زمان برداشت یادداشت و در نهایت جمع گردید.

اندازه‌گیری پرولین

برای استخراج پرولین، نیم گرم برگ توسعه یافته را با استفاده از ۵ میلی لیتر اتانول ۹۵ درصد در هاون چینی کوبیده و محلول حاصل را در لوله فالتون ریخته و عمل استخراج دو بار و هر بار با ۵ میلی لیتر اتانول ۷۰ درصد تکرار شد. مخلوط حاصل را به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ کرده و پس از جداسازی فاز مایع از جامد، قسمت مایع برای تعیین پرولین مورد استفاده قرار گرفت. برای تعیین غلظت پرولین یک میلی لیتر عصاره الکلی فوق‌الذکر را با ۱۰ میلی لیتر آب مقطر رقیق نموده و ۵ میلی لیتر معرف ناین هیدرین (مخلوط ۱/۲۵ گرم ناین هیدرین در ۳۰ میلی لیتر اسید استیک گلاسیال و ۲۰ میلی لیتر اسید فسفریک ۶ مولار) به آن

رفت. اندازه‌گیری فسفر به روش آمونیوم مولیبدات و آمونیوم وانادات (زرد) انجام شد (Olsen et al., 1954). عناصر کلسیم، منیزیم، آهن، مس، منگنز و روی با استفاده از دستگاه جذب اتمیک (GBC-Avanta-PM, Australia) و سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (PFP7, Germany) اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری کلر به یک گرم نمونه خشک آسیاب شده، ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۰/۰۱ مولار اضافه گردید و یک شب به حال خود رها کرده، سپس pH محلول با کربنات سدیم ۱ نرمال روی ۸-۷/۵ تنظیم گردید. سپس چند قطره معرف کرومات پتاسیم به آن اضافه شد و محلول با نیترات نقره ۰/۰۵ نرمال تیترا گردید و از طریق فرمول زیر بر حسب میلی گرم بر گرم وزن خشک محاسبه گردید:

$$Cl \text{ (mg/gdw)} = N \times ml \times 35$$

که در این فرمول N، میزان نرمالیت نیترات نقره و ml، میلی لیتر اسید تیترا شده می‌باشد. (Chapman, 1961)

تجزیه داده‌ها

در پایان آزمایش آنالیز واریانس (ANOVA) توسط نرم افزار کامپیوتری SAS صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۵ درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

شاخص‌های رشدی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شاخص‌های رشدی نشان داد که ارتفاع ساقه، تعداد میانگره و تعداد برگ تحت تاثیر نوع پایه واقع شد ($P < 0/01$). مقایسه میانگین نوع پایه بر ارتفاع ساقه نشان داد که بیشترین ارتفاع ساقه مربوط به پایه هیبرید می‌باشد و بین پایه بادامی ریز و قزوینی تفاوت معنی داری مشاهده نشد. نتایج حاصل از تاثیر نوع پایه بر تعداد برگ و میانگره نشان داد که بیشترین تعداد برگ و میانگره در پایه هیبرید و کمترین آنها در پایه قزوینی مشاهده شد (جدول ۳). با توجه به اینکه پایه آتلانتیکا یک پایه پر رشد است لذا می‌توان رشد بیشتر پایه هیبرید را به تاثیر دانه گرده و همچنین پدیده دو رگه

اضافه شد و پس از افزودن ۵ میلی لیتر اسید استیک گلاسیال به آن و هم زدن به مدت چند ثانیه با دست، محلول به مدت ۴۵ دقیقه در حمام آب گرم قرار گرفت. پس از خارج کردن نمونه‌ها از حمام آب گرم و خنک کردن آنها، ۱۰ میلی لیتر بنزن به آنها اضافه و با همزن مکانیکی مخلوط شدند تا پرولین وارد فاز بنزن شود. نمونه‌ها ۳۰ دقیقه به حال سکون رها و میزان جذب با دستگاه اسپکتروفتومتر (T80 UV/VIS PG Instruments Ltd) در طول موج ۵۱۵ نانومتر اندازه‌گیری شد (Paquin & Lechasseur, 1979).

اندازه‌گیری قندهای محلول

برای اندازه‌گیری قندهای محلول، ۰/۱ میلی لیتر از عصاره الکلی که قبلاً برای پرولین تهیه شده بود با ۳ میلی‌لیتر آنترون تازه تهیه شده (۱۵۰ میلی‌گرم آنترون به‌علاوه ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲ درصد) مخلوط گردید. محلول ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم قرار داده شد تا واکنش انجام و رنگی شود. سپس میزان جذب آن با اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت و مقدار قندهای محلول محاسبه گردید. برای تهیه استاندارد قندها از گلوکز خالص در غلظت‌های صفر، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰، ۱۰۰۰، ۱۲۵۰، ۱۵۰۰، ۱۷۵۰، ۲۰۰۰، ۲۲۵۰ و ۲۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر استفاده شد (Irgoyen et al., 1992).

محتوای پروتئین کل برگ

جهت اندازه‌گیری محتوای پروتئین برگ ۶۰ روز پس از تیماردهی نمونه‌برداری انجام شد. جهت تعیین میزان پروتئین از روش Bradford (1976) استفاده شد.

عناصر غذایی

عناصر غذایی که در این آزمایش اندازه‌گیری شدند شامل فسفر، کلر، سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز، مس در ریشه و اندام هوایی بود. برای تهیه عصاره ابتدا ۰/۵ گرم از نمونه خشک شده و آسیاب شده را وزن کرده و سپس در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت قرار داده شد تا نمونه‌ها تبدیل به خاکستر شوند و سپس ۵ سی‌سی اسید کلریدریک ۲ نرمال به ازای هر نمونه اضافه گردید و حجم نهایی توسط آب مقطر به حجم ۵۰ سی‌سی رسانیده شد. این عصاره برای مراحل بعدی اندازه‌گیری عناصر به کار

سطح برگ نشان داد که بیشترین سطح برگ در پایه هیبرید و کمترین آن در پایه بادامی ریز مشاهده شد (جدول ۳).

نتایج پژوهش حاضر با نتایج (Rieger et al. (2002) بر روی دو گونه هلو (*P. persica* و *P. ferganensis*) و هیبریدهای بین گونه‌ای آن‌ها مطابقت دارد. ایشان ضمن بررسی اثر تنش خشکی (۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه) بر روی دو گونه هلوی فوق و هیبریدهای بین آن دو، گزارش کردند که سطح برگ طی تنش خشکی بسته به نوع ژنوتیپ متفاوت است، به‌طوریکه بیشترین سطح برگ در گونه پرسیکا و کمترین آن در گونه فرگانینس مشاهده شد، درحالیکه هیبریدهای بین گونه‌ای آن‌ها حالت بینابین والدین را نشان دادند.

نسبت داد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج (Fernandez et al. (2003) و Arji & Arzani (1997) بر روی زیتون مطابقت دارد. ایشان گزارش کردند که عکس العمل شاخص‌های رشدی به تنش آبی به مقدار زیادی به ژنوتیپ گیاه بستگی دارد. Arji & Arzani (2003) ضمن بررسی سطوح مختلف خشکی (در حد ظرفیت مزرعه، ۰/۵ و ۱/۵ مگاپاسگال) بر روی سه رقم زیتون (روغنی، زرد و ماری طارم) گزارش کردند که رقم روغنی نسبت به رقم زرد کاهش ارتفاع بیشتری به تنش خشکی نشان می‌دهد.

سطح برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به سطح برگ نشان داد که سطح برگ تحت تاثیر نوع پایه واقع شد ($P < 0.01$). مقایسه میانگین تاثیر نوع پایه بر

جدول ۳- جدول ۲- تاثیر نوع پایه بر پارامترهای اندازه‌گیری شده دانه‌های پسته تحت تیمار خشکی

پایه	ارتفاع (cm)	تعداد برگ	سطح برگ (cm ²)	تعداد میانگره	وزن خشک (اندام هوایی) (g/fw)	پرولین (μmil/g fw)
قزوینی	۱۶/۲ b	۶/۷۵ b	۶/۶۵ b	۷/۲ b	۰/۹۹ b	۱۹۷/۷۵ a
بادامی ریز	۱۴/۶ b	۸/۴۲ ab	۵/۵ c	۷/۵۴ ab	۰/۹۳ b	۷۵/۲۱۶ b
هیبرید	۱۹/۱۸ a	۹/۴۴ a	۷/۲۷ a	۹/۲۸ a	۱/۳۵ a	۵۰/۶۶ b
قند محلول (mg/g fw)	ppm پروتئین	کارایی آب مصرفی (mg/ml)	منیزیم ریشه %	پتاسیم ریشه %	کلر ریشه (mg/kgfw)	
قزوینی	۵۷۸۴/۱ a	۱۰۲/۳ a	۰/۰۰۱۸ b	۰/۰۲۴ c	۰/۴۷۵ b	۰/۸۰۸ b
بادامی ریز	۵۵۴۳/۱۲ b	۹۷/۵ b	۰/۰۰۰۱۷ b	۰/۰۶۸ a	۰/۵۶۹ a	۱/۱۳۴ ab
هیبرید	۵۴۲۴/۲۴ c	۹۵/۵ b	۰/۰۰۰۲۱ a	۰/۰۳۵ b	۰/۴۸ b	۱/۳۸ a

در هرستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند

وزن خشک اندام هوایی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به وزن خشک اندام هوایی نشان داد که وزن خشک اندام هوایی تحت تاثیر نوع پایه معنی دار شد ($P < 0.01$). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر نوع پایه بر وزن خشک اندام هوایی نشان داد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی در پایه هیبرید و کمترین آن در پایه بادامی ریز مشاهده شد اگرچه تفاوت معنی داری بین پایه قزوینی و بادامی ریز مشاهده نشد (جدول ۳). افزایش وزن خشک اندام هوایی در پایه هیبرید را می‌توان به پر رشد تر بودن این پایه نسبت به دو پایه دیگر نسبت داد که احتمالاً این صفت را از والد پدری (آتالانتیکا) به ارث برده است. نتایج پژوهش حاضر با نتایج Moalemi & Sadrzadeh (2006) در زیتون مطابقت دارد. ایشان

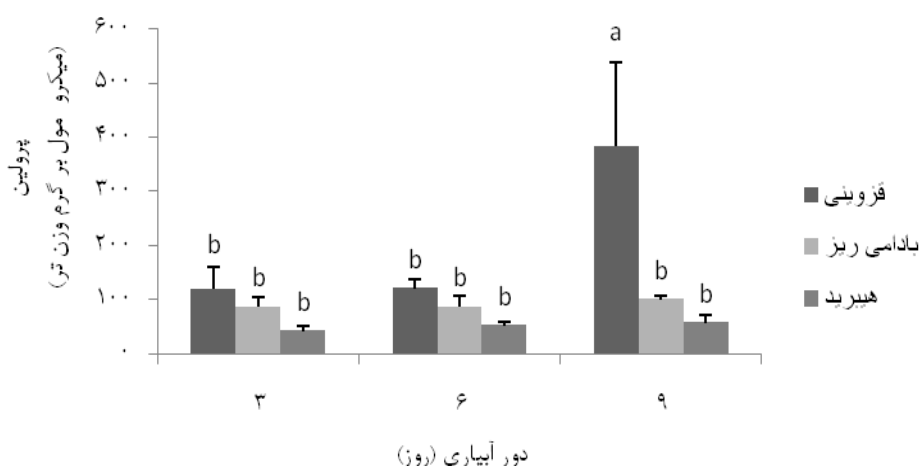
ضمن بررسی سطوح خشکی (۰، ۳۳، ۳۴، ۶۶، ۶۷ و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه) در دو رقم زرد و باغملک گزارش کردند که وزن خشک اندام هوایی در ارقام مختلف متفاوت است بطوریکه وزن خشک اندام هوایی در رقم باغملک بیشتر از رقم زرد می‌باشد.

پرولین برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به پرولین برگ نشان داد که پرولین برگ تحت تاثیر پایه ($P < 0.01$)، خشکی و برهمکنش پایه و خشکی (۰/۰۵) واقع شد. نتایج حاصل از برهمکنش نوع پایه و دور آبیاری نشان داد که با افزایش دور آبیاری میزان پرولین در پایه قزوینی به‌طور معنی داری افزایش یافت به‌طوریکه بیشترین میزان پرولین در پایه قزوینی و دور آبیاری ۹ روز مشاهده شد، درحالیکه در پایه هیبرید و

خنجوک، Sanchez et al. (1998) بر روی نخود و Javadi et al. (2004) بر روی گلابی آسیایی مینی بر افزایش پرولین با افزایش خشکی مطابقت دارد. Javadi et al. (2004) ضمن بررسی تنش خشکی (رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی، ۰/۵ و ۱ مگاپاسگال) بر روی ۹ ژنوتیپ گلابی آسیایی گزارش کردند که میزان پرولین برگ با افزایش تنش خشکی افزایش می‌یابد که در این ارتباط واکنش ژنوتیپ‌ها متفاوت است که نتایج ایشان تأییدی بر نتایج پژوهش فوق می‌باشد.

بادامی ریز بین سطوح مختلف خشکی تفاوت معنی داری مشاهده نشد (شکل ۱). یکی از دلایل احتمالی عدم افزایش پرولین در پایه هیبرید و بادامی ریز مقاومت بیشتر این دو پایه به تنش خشکی نسبت به پایه قزوینی می‌باشد به‌طوری‌که می‌توان بیان کرد که این سطوح خشکی تأثیر زیادی در این دو پایه نداشته است بنابراین تفاوت معنی‌داری در میزان پرولین برگ در پایه هیبرید و بادامی ریز مشاهده نشده است. نتایج پژوهش حاضر با نتایج Rostami shahraji et al. (2010) بر روی



شکل ۱- برهمکنش نوع پایه و دور آبیاری بر میزان پرولین برگ دانه‌های پسته

بین گونه‌ای آن‌ها مغایرت و با نتایج Shariat & Assareh (2008) بر روی اکالیپتوس مطابقت دارد. Shariat & Assareh (2008) ضمن بررسی سطوح مختلف خشکی (۰/۱، ۰/۳، ۰/۶ و ۱/۲- مگاپاسگال) بر روی چهار گونه اکالیپتوس (*Eucalyptus viminalis*) گزارش کردند که با افزایش خشکی غلظت قند محلول در همه گونه‌ها کاهش یافت.

پروتئین

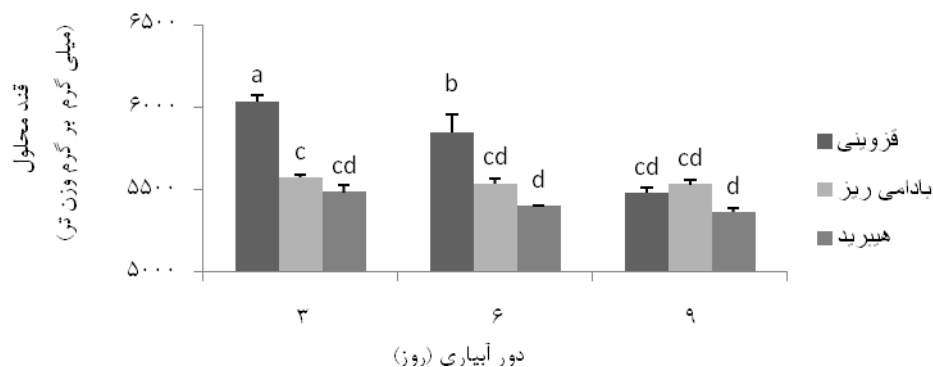
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به پروتئین نشان داد که میزان پروتئین برگ تحت تأثیر تیمار خشکی ($P < 0/05$) و نوع پایه ($P < 0/01$) واقع شد. با افزایش دور آبیاری میزان پروتئین به‌طور معنی داری کاهش یافت به‌طوری‌که بیشترین میزان پروتئین در دور آبیاری ۳ روز و کمترین میزان آن در دور آبیاری ۹

قند محلول برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به میزان قند محلول برگ نشان داد که قند محلول تحت تأثیر تمام تیمارها واقع شد ($P < 0/01$). نتایج حاصل از برهمکنش نوع پایه و دور آبیاری نشان داد که با افزایش دور آبیاری میزان قند محلول در پایه قزوینی کاهش یافت و در دیگر پایه‌ها تغییری پیدا نکرد، به‌طوری‌که بیشترین میزان قند محلول در پایه قزوینی و دور آبیاری ۳ روز و کمترین میزان آن در پایه هیبرید و دور آبیاری ۹ روز مشاهده شد (شکل ۲). عدم تغییر میزان قند محلول در پایه هیبرید و بادامی ریز گویای این مطلب است که دو پایه فوق نسبت به پایه قزوینی در دور آبیاری اعمال شده مقاومت بیشتری داشته‌اند. نتایج پژوهش حاضر با نتایج Rieger et al. (2002) بر روی دو گونه هلو (*P. ferganensis* و *P. persica*) و هیبریدهای

(جدول ۲). نتایج پژوهش فوق با نتایج Gogorcena et al. (1995) بر روی نخود مطابقت دارد. ایشان گزارش کردند که با افزایش دور آبیاری میزان پروتئین برگ به طور معنی داری کاهش می‌یابد.

روز مشاهده شد (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر نوع پایه بر میزان پروتئین نشان داد که بیشترین میزان پروتئین برگ در پایه قزوینی و کمترین آن در پایه هیبرید مشاهده شد اگر چه تفاوت معنی داری بین پایه هیبرید و بادامی ریز مشاهده نشد



شکل ۲- برهمکنش نوع پایه و دور آبیاری بر میزان قند محلول برگ دانه‌های پسته

ایشان بیان کردند که میزان کاهش محتوای نسبی آب برگ بسته به نوع ژنوتیپ متفاوت است. Rostami shahraji et al. (2010) ضمن بررسی سطوح مختلف خشکی (۱، ۵، ۷ و ۹ روز) بر روی پسته خنجوک گزارش کردند که با افزایش دور آبیاری محتوای نسبی آب برگ کاهش می‌یابد.

کارایی مصرف آب

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به کارایی مصرف آب برگ نشان داد که کارایی مصرف آب تنها تحت تاثیر نوع پایه معنی دار شد ($P < 0.05$). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کارایی آب مصرفی بین پایه‌های مختلف متفاوت است به طوری که بیشترین کارایی آب مصرفی در پایه هیبرید و کمترین آن در پایه بادامی ریز مشاهده شد اگر چه تفاوت معنی داری بین پایه قزوینی و بادامی ریز مشاهده نشد (جدول ۳).

یکی از دلایل افزایش کارایی مصرف آب در پایه هیبرید را می‌توان به تولید ماده خشک بیشتر در این پایه نسبت به دو پایه دیگر نسبت داد. علاوه بر این رشد بیشتر ریشه و جذب آب بیشتر در این پایه نسبت به دو پایه دیگر دلایل احتمالی برای کارایی مصرف آب بالاتر آن می‌باشد.

محتوای نسبی آب برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به محتوای نسبی آب برگ نشان داد که محتوای نسبی آب برگ تحت تاثیر برهمکنش نوع پایه و دور آبیاری ($P < 0.01$) واقع شد. نتایج برهمکنش نوع پایه و سطوح مختلف خشکی نشان داد که با افزایش دور آبیاری محتوای نسبی آب برگ در پایه‌های قزوینی به طور معنی داری کاهش یافت و در پایه هیبرید و بادامی ریز تفاوت معنی داری بین سطوح مختلف خشکی مشاهده نشد به طوری که بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ در پایه‌های قزوینی و بادامی ریز در دور آبیاری ۳ روز و کمترین آن در پایه قزوینی و دور آبیاری ۹ روز مشاهده شد (شکل ۳).

یکی از دلایل احتمالی افزایش محتوای نسبی آب برگ در دو پایه هیبرید و بادامی ریز در دور آبیاری ۹ روز نسبت به ۶ روز را می‌توان به رشد بیشتر ریشه و جذب بیشتر آب در این دو پایه نسبت داد. نتایج ما بر روی پایه قزوینی با نتایج Rostami shahraji et al. (2010) بر روی پسته مطابقت دارد. ایشان گزارش کردند که با افزایش تنش خشکی محتوای نسبی آب برگ کاهش می‌یابد همچنین نتایج پژوهش حاضر با نتایج Natali et al. (1991) بر روی زیتون مطابقت دارد.

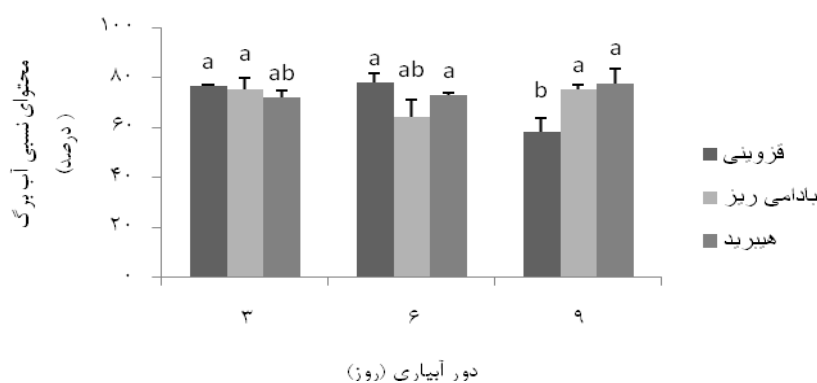
عناصر اندام هوایی

پتاسیم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به پتاسیم اندام هوایی نشان داد که پتاسیم اندام هوایی تنها تحت تاثیر دور آبیاری معنی دار شد ($P < 0/05$). با افزایش دور آبیاری غلظت پتاسیم اندام هوایی افزایش یافت به طوری که بیشترین میزان پتاسیم در دور آبیاری ۹ روز و کمترین آن در دور آبیاری ۳ روز مشاهده شد (جدول ۴). نتایج پژوهش حاضر با نتایج Chahkho (2010) بر روی پسته و Santos & Alejo (1994) بر

روی فلفل مطابقت دارد. ایشان گزارش کردند که با افزایش دور آبیاری غلظت پتاسیم اندام هوایی افزایش می‌یابد.

علت افزایش پتاسیم را می‌توان به انتقال یون پتاسیم به برگ و افزایش پتانسیل اسمزی سلول‌های آن برای حفظ تورژسانس مربوط دانست (Akhondi et al., 2006). گزارشات حاکی از آن است که پتاسیم نقش اساسی در تنظیم اسمزی گیاه دارد (Kameli & Losel, 1995; Khanna et al., 1995).

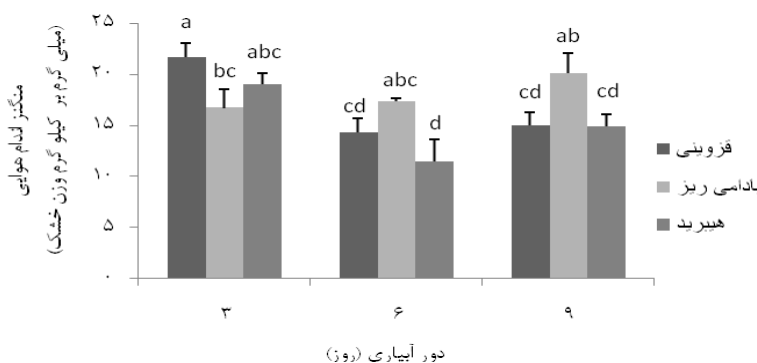


شکل ۳- برهمکنش نوع پایه و دور آبیاری بر محتوای نسبی آب برگ

منگنز

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به منگنز اندام هوایی نشان داد که منگنز اندام هوایی تحت تاثیر تیمار خشکی ($P < 0/01$) و برهمکنش نوع پایه و خشکی ($P < 0/05$) معنی دار شد. نتایج حاصل از برهمکنش دور آبیاری و نوع پایه نشان داد که با افزایش

دور آبیاری غلظت منگنز اندام هوایی در پایه‌های مختلف متفاوت بود. به طوری که در پایه قزوینی و هیبرید با افزایش دور آبیاری غلظت منگنز اندام هوایی به طور معنی داری کاهش یافت، اما در پایه بادامی ریز تفاوت معنی داری بین دور آبیاری ۶ و ۹ روز مشاهده نشد (شکل ۴).



شکل ۴- برهمکنش نوع پایه و دور آبیاری بر میزان منگنز اندام هوایی دانه‌های پسته

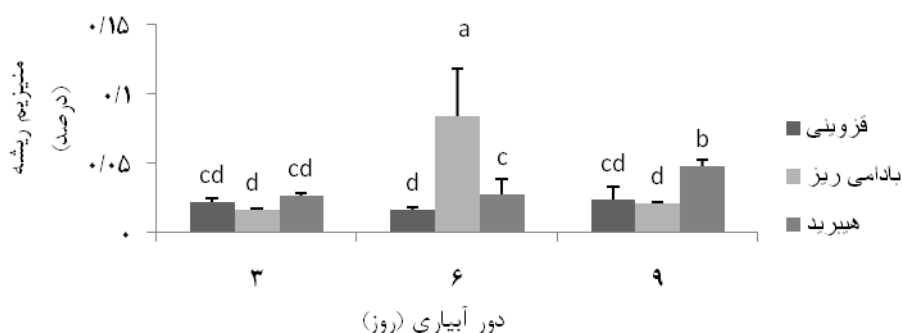
دسترسی عناصر را برای رشد گیاه کاهش می‌دهد (Engelbrecht et al., 2007).

کاهش غلظت منگنز احتمالاً به دلیل کاهش جذب و دسترسی این عنصر می‌باشد زیرا تنش رطوبتی، جذب و

عناصر ریشه

منیزیم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به منیزیم ریشه نشان داد که منیزیم ریشه تحت تاثیر تمام تیمارها معنی دار شد ($P < 0.01$). نتایج حاصل از برهمکنش نوع پایه و دور آبیاری نشان داد که با افزایش دور آبیاری غلظت منیزیم در پایه‌های مختلف متفاوت بود، به طوری که در دور آبیاری ۶ روز بیشترین میزان منیزیم ریشه در پایه بادامی ریز و کمترین آن در پایه قزوینی مشاهده شد، در صورتیکه در دور آبیاری ۹ روز بیشترین منیزیم ریشه در پایه هیبرید و کمترین آن در پایه بادامی ریز زرد مشاهده شد، اگر چه تفاوت معنی‌داری با پایه قزوینی نداشت (شکل ۵). نتایج پژوهش حاضر با نتایج Beshart (2009) بر روی پسته و Antolin & Sanchez-Diaz (1992) بر روی یونجه مطابقت دارد. ایشان گزارش کردند که با افزایش دور آبیاری غلظت منیزیم ریشه افزایش یافت. احتمالاً با افزایش دور آبیاری رشد ریشه جهت دریافت بیشتر آب افزایش یافته که منجر به دسترسی بیشتر ریشه به منابع منیزیم شده است.



شکل ۵- برهمکنش نوع پایه و دور آبیاری بر میزان منیزیم ریشه دانه‌های پسته

آبیاری ۹ روز مشاهده شد (شکل ۶). کاهش غلظت پتاسیم در ریشه را می‌توان به انتقال یون‌های پتاسیم از ریشه به اندام هوایی نسبت داد. نتایج حاضر با گزارش Saadatmand & Babu & Prakash (2006) بر روی انگور و Saadatmand et al. (2007) بر روی پسته مطابقت دارد. طبق گزارشات ایشان پتاسیم ریشه با افزایش تنش خشکی کاهش می‌یابد. Saadatmand et al. (2007) ضمن بررسی اثرات تنش خشکی (۳، ۷ و ۱۴ روز) و سه سطح

پتاسیم

Havline et al. (1999) ضمن بررسی سطوح

خشکی (ظرفیت مزرعه، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ مگاپاسگال) بر روی سیب گزارش کردند که با افزایش تنش خشکی جذب منگنز کاهش می‌یابد که نتایج ایشان نتایج ما را تأیید می‌کند.

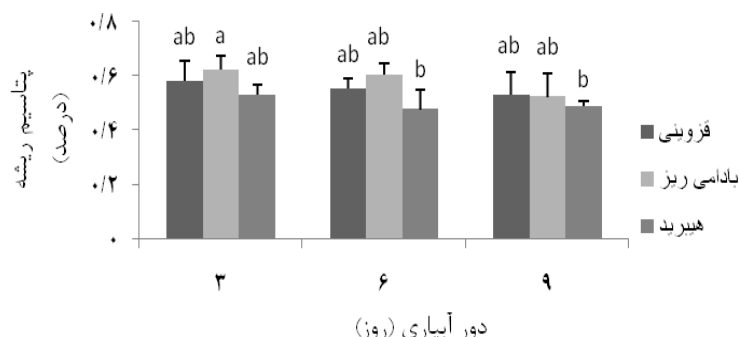
مس

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به میزان مس اندام هوایی نشان داد که میزان مس اندام هوایی تحت تاثیر دور آبیاری معنی دار شد ($P < 0.05$). با افزایش دور آبیاری میزان مس اندام هوایی کاهش یافت، به طوری که بیشترین میزان مس اندام هوایی در دور آبیاری ۳ روز و کمترین آن در دور آبیاری ۹ روز مشاهده شد، اگر چه تفاوت معنی‌داری بین دور آبیاری ۶ روز و ۹ روز مشاهده نشد (جدول ۴). کاهش غلظت مس احتمالاً به دلیل کاهش جذب و دسترسی این عنصر می‌باشد، زیرا تنش رطوبتی، جذب و دسترسی عناصر برای رشد گیاه را کاهش می‌دهد (Engelbrecht et al., 2007). Chakhko (2010) ضمن بررسی تنش خشکی (دوره‌های آبیاری ۲، ۴، ۶ و ۸ روز) بر روی پسته گزارش کردند که با افزایش دور آبیاری غلظت مس اندام هوایی به طور معنی‌دار کاهش می‌یابد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به پتاسیم ریشه نشان داد که پتاسیم ریشه تحت تاثیر تمام تیمارها واقع شد ($P < 0.05$). نتایج حاصل از برهمکنش نوع پایه و دور آبیاری نشان داد که با افزایش دور آبیاری تفاوت معنی‌داری در پتاسیم ریشه پایه‌ها مشاهده نشد. بیشترین غلظت پتاسیم ریشه در دور آبیاری ۳ روز و پایه بادامی ریز و کمترین آن در پایه هیبرید و دور

گزارش کردند که با افزایش دور آبیاری میزان پتاسیم ریشه کاهش می‌یابد.

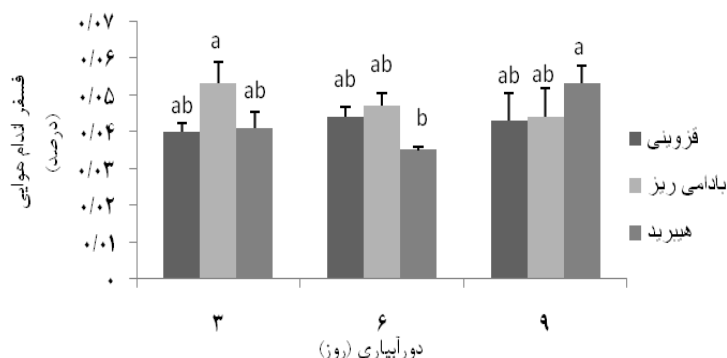
شوری (۰، ۱۲۰۰ و ۲۴۰۰ میلی گرم در کیلو گرم خاک از منبع کلرید سدیم) بر روی دو پایه قزوینی و سرخس



شکل ۶- برهمکنش نوع پایه و دور آبیاری بر میزان پتاسیم ریشه دانهال‌های پسته

(شکل ۷). احتمالاً در پایه هیبرید با افزایش دور آبیاری رشد ریشه جهت دریافت بیشتر آب افزایش یافته که منجر به دسترسی بیشتر ریشه به منابع فسفر شده است. نتایج پژوهش حاضر با نتایج Hajmirzaie (2006) بر روی بنه، Turner (1985) بر روی فلفل و Babu & Prakash (2006) بر روی انگور مطابقت دارد. طبق گزارشات این محققین غلظت فسفر ریشه با افزایش تنش خشکی کاهش می‌یابد، این در حالی است که Mossavi et al. (2009) در پژوهشی ضمن بررسی سطوح مختلف خشکی (۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد تبخیر و تعرق) بر روی چهار ژنوتیپ بادام گزارش کردند که با افزایش تنش خشکی تفاوت معنی داری در میزان فسفر ریشه مشاهده نشد.

فسفر
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به فسفر ریشه نشان داد که فسفر ریشه تحت تاثیر برهمکنش پایه و دور آبیاری واقع شد ($P < 0.05$). نتایج حاصل از برهمکنش نوع پایه و دور آبیاری بر میزان فسفر نشان داد که در پایه بادامی ریز با افزایش دور آبیاری غلظت فسفر کاهش می‌یابد، اگر چه تفاوت معنی داری بین سطوح مختلف آبیاری مشاهده نشد، در حالیکه در پایه هیبرید با افزایش دور آبیاری غلظت فسفر ریشه ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت، به‌طوریکه در دور آبیاری ۹ روز بیشترین میزان فسفر در پایه هیبرید مشاهده شد. میزان فسفر در پایه قزوینی تحت تاثیر دور آبیاری واقع نشد و تقریباً ثابت بود



شکل ۷- برهمکنش نوع پایه و دور آبیاری بر میزان فسفر ریشه دانهال‌های پسته

دار شد ($P < 0.05$). بیشترین میزان کلر ریشه در پایه هیبرید و کمترین آن در پایه قزوینی مشاهده شد (جدول ۳). نتایج پژوهش حاضر با نتایج Saadatmand

کلر
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به کلر ریشه نشان داد که کلر ریشه تنها تحت نوع پایه معنی

ریشه در دور آبیاری ۶ روز و کمترین آن در دور آبیاری ۳ روز مشاهده شد (جدول ۴). نتایج پژوهش حاضر با نتایج Chahkho (2010) مطابقت دارد. ایشان ضمن بررسی تاثیر تنش خشکی با دور آبیاری (۲، ۴، ۶ و ۸ روز) بر روی پسته گزارش کردند که با افزایش دور آبیاری غلظت کلسیم ریشه افزایش یافت.

دلیل احتمالی افزایش غلظت کلسیم ریشه با افزایش دور آبیاری تا ۶ روز را می‌توان کاهش زیست توده و در نتیجه افزایش کلسیم در واحد سطح نسبت داد.

et al (2007) بر روی پسته مطابقت دارد. ایشان گزارش کردند که میزان کلر ریشه بسته به نوع پایه متفاوت است، بطوریکه میزان کلر در پایه سرخس در همه سطوح خشکی نسبت به پایه قزوینی بیشتر بود. کلسیم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به کلسیم ریشه نشان داد که کلسیم ریشه تنها تحت تاثیر دور آبیاری معنی دار شد ($P < 0.05$). با افزایش دور آبیاری غلظت کلسیم ریشه به‌طور معنی داری افزایش یافت اگر چه تفاوت معنی داری بین دور آبیاری ۶ و ۹ روز مشاهده نشد، به‌طوریکه بیشترین میزان کلسیم

جدول ۴- تاثیر دور آبیاری بر پارامترهای اندازه‌گیری شده دانه‌های پسته

دور آبیاری	پروکلین ($\mu\text{mol/g fw}$)	قند محلول (mg/gfw)	پروتئین (ppm)	پتاسیم اندام هوایی %	منگنز اندام هوایی (mg/kgdw)
۳ روز	۸۲/۵۱ b	۵۶۹۴/۷۹ a	۱۰۰/۲ a	۰/۸۳ ab	۱۹/۱۳۳ a
۶ روز	۱۰۰ b	۵۵۹۰/۶۳ b	۹۷/۸ b	۰/۷۵ b	۱۴/۳۳ b
۹ روز	۱۷۱/۶۷ a	۵۴۲۴/۲۴ c	۹۶/۴ b	۰/۹۱۸ a	۱۶/۶۴ ab
	مس اندام هوایی (mg/kgdw)	پتاسیم ریشه %	منیزیم ریشه %	کلسیم ریشه %	
۳ روز	۴/۴۶۶ a	۰/۵۳ a	۰/۱۵۱ c	۰/۰۶۴ b	
۶ روز	۳/۵۴ b	۰/۵۱ ab	۰/۱۹۰۲ a	۰/۱۴۸ a	
۹ روز	۳/۳۵ b	۰/۴۴ b	۰/۱۸۰۳ b	۰/۱۰۸ ab	

در هرستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند

نتیجه‌گیری

تا این سطح خشکی را بدون خسارت تحمل کنند. که این بیانگر مقاومت بیشتر آن‌ها به تنش خشکی نسبت به پایه قزوینی می‌باشد. با افزایش دور آبیاری غلظت عناصری مثل منگنز و مس کاهش و پتاسیم افزایش یافت. افزایش پتاسیم و کلسیم در اثر تنش به‌دلیل تاثیر خشکی بر ساختار خاک و آزاد شدن عناصر فوق از کلونیدهای خاک می‌باشد. کلسیم به‌دلیل نقش آن در استحکام دیواره سلولی و محافظت سلول از رادیکال‌های آزاد تولیدی در اثر تنش خشکی و عنصر پتاسیم به‌دلیل نقش آن در حفظ تورژانس سلولی و سنتز ترکیبات اسمز نگهدار از جمله پروکلین نقش بسزایی در مقابل تنش‌های اکسیداتیو دارند. بر اساس نتایج پژوهش فوق می‌توان بیان کرد پایه هیبرید و بادامی ریز تا دور آبیاری ۹ روز را به خوبی تحمل می‌کنند و پایه قزوینی نسبت به این دو پایه حساس تر است.

بر اساس پژوهش فوق برخی پارامترهای مورد اندازه‌گیری تحت تاثیر تیمار خشکی واقع شدند و پایه‌های عکس‌العمل متفاوتی نشان دادند، بطوریکه پایه هیبرید و بادامی ریز نسبت به پایه قزوینی کمتر تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفتند. پارامترهای بیوشیمیایی و محتوای نسبی آب از جمله شاخص‌هایی بودند که تحت تاثیر دور آبیاری واقع شدند. میزان پروکلین با افزایش دور آبیاری افزایش و قند محلول، محتوای نسبی آب و پروتئین کاهش یافت بطوریکه بیشترین میزان قند محلول و پروکلین در پایه قزوینی مشاهده شد در حالیکه در پایه هیبرید و بادامی ریز با افزایش دور آبیاری تغییر چندانی مشاهده نشد. همچنین این سطوح خشکی تاثیر معنی‌داری در روابط آبی پایه هیبرید و بادامی ریز نداشت این مطلب بیانگر این است که این دو پایه قادرند

REFERENCES

1. Akhondi, M., Safarnejad, A. & Lahoti, M. (2006). Effects of drought stress on proline accumulation and changes in the elements of alfalfa Yazdi, Nykshry and suffering. *Journal of Science and Technology of Agricultural and Natural Resources*, 10, 174-174. (In farsi)
2. Amarjit, K. N., Kumari, S. & Sharma, D. R. (2005). In vitro selection and characterization of water- stress tolerant cultures of bell pepper. *Indian Journal of Plant Physiology*, 10, 14-19.
3. Antolin, M. C. & Sanchez-Diaz, M. (1992). Photosynthetic nutrient use efficiency, nodule activity and solute accumulation in drought stressed alfalfa plants. *Photosynthetica*, 27, 595-604.
4. Arji, A. & Arzani, H. (2003). Evaluation growth indices and proline accumulation in three olive cultivar 'Iran aborigine' to drought stress. *Journal of Science and Technology of Agricultural and Natural Resources*, 10(2), 91-100. (In farsi)
5. Babu, H. K. & Prakash, G. S. (2006). Effect of water stress and rootstock on leaf mineral composition of grape. *Indian Journal of Horticulture*, 28, 158-169.
6. Baghari, V. (2009). Effects of arbuscular mycorrhizal (*Glomus intraradices* and *Glomus mosseae*) fungi on drought tolerance of pistachio seedlings. M. Sc. Thesis, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Vali-e-Asr, Rafsanjan. (In farsi)
7. Bakhtiari Esfandagheh, M. (2011). The effect of arbuscular mycorrhizae fungi (*Glomus intraradices*) on drought tolerance of pistachio seedlings (*Pistacia vera* L. cv. Badami). M. Sc. Thesis, Department of Horticultural Science Faculty of Agriculture, University of Vali-e-Asr, farsi Rafsanjan. (In farsi)
8. Besharat, N. (2009). Effect of phosphorus application on the relative tolerance of two pistachio cultivars to water stress, M. Sc. Thesis, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, University of Vali-e-Asr, Rafsanjan. (In farsi)
9. Bradford, M. M. A. (1976). Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254.
10. Chahkhoo Mohammad Abadi, A. (2010). Effect of Nitrogen application on the relative tolerance of pistachio seedling to water stress, M. Sc. Thesis, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, University of Vali-e-Asr, farsi Rafsanjan. (In farsi)
11. Chapman, H. D. & Prah, D. F. (1961). Methods of analysis for soil, plants and water. University of California, Division of Agricultural Science, pp, 60-62.
12. Engelbrecht, B. M. J., Comita, L. S., Condit, R., Kursar, T. A., Tyree, M. T., Turner, B. L. & Hubbell, S. P. (2007). Drought sensitivity shapes species distribution patterns in tropical forests. *Nature*, 447, 80-82.
13. Fernandez, J. E., Moreno, F., Giron, I. F. & Blazquez. O. M. (1997). Stomatal control of water use in olive tree leaves. *Plant and Soil*, 190, 179-192.
14. Gogorcena, Y., Iturbeormaetxe, I., Escuredo, P. R. & Becana, M. (1995). Antioxidant defenses against activated oxygen in pea nodules subjected to water stress. *Plant Physiology*, 108, 753- 759.
15. Hajmirzaie, A. (2006). Effect of drought stress on physiological activities of *P. mutica*. M. Sc. Thesis, Department of Forest Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Gilan. (In farsi)
16. Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L. & Nelson, W. L. (1999). *Soil fertility and fertilizers an introduction to nutrient management*. Prentice-Hall, Inc., London, pp, 406-425.
17. Hsiao, T. C. (1973). Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology*, 24, 519- 570.
18. Irigoyen, J. J., Emerich, D. W. & Sanchez-Diaz, M. (1992). Water stress induced changeing concentrations of prolin and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Plant Physiology*, 84, 67-72.
19. Javadi, T., Arzani, K. & Ebrahimzadeh, H. (2004). Evaluation soluble sugars and proline content in nine asian pyrus genotype (*Pyrus. serotina* Rehd.) under drought stress. *Iranian Journal of Biology*, 17(4), 101-119. (In farsi)
20. Kameli, A. & Losel, D. M. (1995). Contribution of carbohydrates and other solutes to osmotic adjustment in wheat leaves under water stress. *Journal of Plant Physiology*, 145, 363-366.
21. Khanna, C. R., Vasudev, S. M., Maheswari, M., Srivastava, A. & Bahukhandi, D. (1995). K⁺ osmoregulation and drought tolerance: an overview. *Indian National Science Academy*, B61, 51-56.
22. Lee, S., Choi, J., Kim, W., Han, T. & Park, Y. (2006). Effect Of soil stress on the development of stone cells in pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Nthaka.) flesh. *Scientia Horticulturae*, 110, 247- 253.
23. Mossavi, S. A., Tatari, M., Mehnatkesh, A. & Haghghi, B. (2009). Vegetative growth response seedlings five almond cultivars to drought stress. *Seed and Plant Improvement Journal*, 1(4), 551-567. (In farsi)
24. Natali, S., Begnami, C. & Fusari, A. (1991). Water consumption, photosynthesis transpiration and leaf water potential in *Olea europaea* L. cv. 'Frantoio' at different levels of available water. *Acquires Global Agri-Med Technologies*, 121(3), 205-212..

25. Olsen, S. R., Cole, C. V. Watanbe, F. S. & Dean, L. A. (1954). Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ. 939, U.S. Govern. Prin. Office, Washington, DC., USA.
26. Paquin, R. & Lechasseur, P. (1979). Observations sur une method dosage de l proline libre dans les extraits de plantes. *Canadian Journal of Botany*, 57, 1851-1854.
27. Rieger, M., Lobianco, R. & Okie, W. R. (2003). Responses of *Prunus ferganensis*, *Prunus persica* and two interspecific hybrids to moderate drought stress. *Tree Physiology*, 23, 51-58.
28. Rostami Shahraji, T., Hajimerzai, A. & Shabaian, N. (2010). Physiological responses of *Pistacia khinjuck* (stocks) seedling to water stress. *Indian Journal of Biology Technology*, 1, 44-49.
29. Saadatmand, A. R., Banihashemi, Z., Maftoun, M. & Sepaskhah, A. R. (2007). Interactive effects of soil salinity and water stress on growth and chemical compositions of pistachio nut trees. *Journal of Plant Nutrition*, 30, 2037-2050.
30. Sadzadeh, M. & Moalemi, N. (2006). Effects of drought stress and potassium in vegetative intimacy olive seedling cultivars 'Zard and Baghmalek'. *Plant, soil and water Agriculture research*, 6(4), 139-148. (In farsi)
31. Sanchez, F. J., Manzanares, M., Andres, E. F., Tenorio, J. L. & Ayerbe, L. (1998). Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. *Field Crops Research*, 59, 225-235.
32. Santos, M. S. & Alejo, N. O. (1994). Effect of water stress on growth, osmotic potential and solute accumulation in cultivars from chili pepper. *Plant Science*, 96, 21-29.
33. Shariat, A. & Assareh, M. H. (2008). Effects of drought stress on pigments, proline, soluble sugar and growth parameters on four *Eucalyptus* species. *Pajouhesh and Sazandegi*, 78, 139-148. (In farsi)
34. Tajabadi Pour, A. (2004). Effect of soil potassium application on the relative tolerance of three pistachio cultivars to water and salinity stress. Ph. D. Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shiraz University. (In Farsi).
35. Thomas, F. M. & Gausling, T. (2000). Morphological and physiological responses of oak seedlings (*Quercus petraea* and *Q. robur*) to moderate drought. *Annals of Forest Science*. 57, 325-333.
36. Turner, L. B. (1985). Changes in the phosphorus content of *Capsicum annum* leaves during water stress. *Journal Plant Physiology*, 121, 429-439.
37. Weatherely, P. E. (1950). Studies in water relation on cotton plants, the field measurement of water deficit in leaves. *New Phytologist*, 49, 81-87.
38. Zeinoddini, A., Amirpure, M. & Farazmand, M. (2007). Evaluation of irrigation quality on soils mutation and pistachio yield in Anar zone. 10 th *Congress of Iranian Soil Science*, Shahrivar 2007. Karaj, 355-356. (In farsi).