

## بررسی اثر سطوح مختلف خشکی بر غلظت عناصر معدنی کم مصرف و پر مصرف پایه‌ها و

هیبریدهای بین گونه‌ای جنس پسته (*Pistacia vera* L.)حسن فرهادی<sup>۱\*</sup>، محمد مهدی شریفانی<sup>۲</sup>، مهدی علیزاده<sup>۳</sup>، حسین حکم آبادی<sup>۳</sup>، ساسان علی نیائی فرد<sup>۴</sup>

تاریخ ارسال: ۱۳۹۹/۰۲/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۲۷

## چکیده

ظرفیت زراعی) و تنش شدید (۳۰ درصد ظرفیت زراعی) بودند که ۸۴ روز روی دانه‌های سه ماهه پسته اعمال شدند. در انتهای آزمایش، مقدار عناصر غذایی در برگ و ریشه گیاهان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تنش خشکی اثرات معنی‌داری بر روی وضعیت مواد معدنی برگ و ریشه پایه‌های مورد بررسی داشت. طبق نتایج، پاسخ‌های فیزیولوژیکی متفاوتی در پاسخ به تنش‌های اعمال شده در ارتباط با جذب عناصر بین پایه‌ها مشاهده شد. با افزایش سطوح تنش، پایه فندقی کم‌ترین و پایه‌های هیبرید سرخه‌حسینی × اینتگریمما، احمد آقایی × اینتگریمما و اکبری × اینتگریمما بیش‌ترین افزایش را در خصوص جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، روی، آهن، منگنز و مس را نشان دادند. پایه‌های احمد آقایی، سرخه‌حسینی، گرمه × اینتگریمما، اکبری، گرمه و فندقی × اینتگریمما در

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین فاکتورهای محدود کننده رشد و عملکرد پسته در ایران است. در این پژوهش به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر غلظت عناصر معدنی کم مصرف و پر مصرف پایه‌ها و هیبریدهای بین گونه‌ای جنس پسته، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار به صورت گلدانی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۹۸-۱۳۹۷ به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل ۱۰ پایه پسته احمد آقایی، اکبری، سرخه‌حسینی، گرمه، فندقی و هیبرید بین گونه‌ای (احمد آقایی × اینتگریمما، اکبری × اینتگریمما، سرخه‌حسینی × اینتگریمما، گرمه × اینتگریمما و فندقی × اینتگریمما) و سه سطح خشکی شامل شاهد (ظرفیت زراعی)، تنش ملایم (۶۵ درصد

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

\* نویسنده مسئول: farhadi.hassan66@gmail.com

<sup>۲</sup> دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

<sup>۳</sup> استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، ایستگاه تحقیقات پسته دامغان

<sup>۴</sup> استادیار گروه علوم باغبانی، پردیس ابوریحان - دانشگاه تهران

اکثر صفات از لحاظ غلظت عناصر به ترتیب در رده‌های بعدی قرار گرفتند. بر اساس نتایج پژوهش حاضر به نظر می‌رسد بتوان از پایه‌های پر رشد هیبرید سرخه‌حسینی × اینتگریمما، احمد آقایی × اینتگریمما و اکبری × اینتگریمما به عنوان پایه‌های حاوی ژن‌های متحمل به خشکی برای اصلاح ارقام با پتانسیل عملکرد بالا در مناطق خشک استفاده کرد.

**واژه‌های کلیدی:** اینتگریمما، تحمل به خشکی، تلاقی کنترل شده، جذب عناصر

#### مقدمه

پسته (*Pistacia vera* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات باغی ایران و به عنوان یک محصول مناسب برای بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک مانند مدیترانه و آسیای صغیر در نظر گرفته شده است (Mehdi-Tounsi et al., 2017). در ارتباط با افزایش عملکرد این محصول ارزشمند عوامل متعددی همچون کیفیت و تداوم باردهی منظم آن اهمیت بسزایی دارد. مانند بسیاری از محصولات کشاورزی، افزایش عملکرد پسته در واحد سطح در صورتی امکان پذیر است که عامل‌های تولید در حد مطلوب باشند. یکی از عوامل اصلی پایین بودن عملکرد باغ‌های میوه کشور، عدم کاربرد متعادل کود و به عبارت دیگر تغذیه نامطلوب درختان میوه می‌باشد؛ بنابراین باید مشکلات تغذیه‌ای پایه‌ها و عوامل مؤثر در جذب و کاربرد سودمند عناصر

غذایی شناسایی و با توجه به نتایج حاصل برای رفع این مشکلات اقدام کرد (ملکوتی و طباطبائی، ۱۳۷۹). از طرفی تفاوت در جذب عناصر غذایی در بین پایه‌های مختلف پسته و همچنین در شرایط متفاوت رطوبتی گزارش شده است. طی پژوهشی Ferguson (۱۹۹۵) گزارش کرد که درختان پیوند شده روی پایه آتلانتیکا (*P. atlantica*) کمبود بور، روی و کلسیم کمتری از درختان پیوند شده روی پایه اینتگریمما (*P. integerrima*) نشان می‌دهند. بنابراین نوع پایه به دلیل تفاوت در جذب عناصر غذایی می‌تواند روی ترکیبات شیمیایی میوه‌های پسته و در نتیجه کمیت و کیفیت محصول تأثیرگذار باشد (Ferguson, 1995).

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی محدود کننده رشد و نمو گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک است (Gorai et al., 2015). به طور میانگین بالغ بر ۵۰ درصد عملکرد بسیاری از محصولات گیاهی در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد (Zlatev & Lidon, 2012). یکی از بارزترین اثرات تنش خشکی، اختلال در جذب عناصر غذایی در گیاهان می‌باشد. هر یک از عناصر غذایی وظایف مهمی در گیاه بر عهده دارند. با توجه به این که تمام عناصر غذایی به صورت محلول در آب به سمت ریشه حرکت می‌کنند، بنابراین غلظت جذب آن‌ها بر اثر خشکی کاهش می‌یابد (Uriu & Pearson, 1983). در ارتباط با افزایش کارایی جذب عناصر غذایی توسط پایه‌ها، شناسایی و انتخاب

هیبریدهای بین گونه‌ای جنس پسته با استفاده از دانه  
گرده گونه‌های اهلی و اینتگریمما به منظور دستیابی به  
متحمل‌ترین پایه نسبت به خشکی می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

#### الف- گرده‌افشانی کنترل شده و تولید بذور هیبرید

به منظور تولید بذور هیبرید، تلاقی کنترل شده  
در مؤسسه تحقیقات پسته آستان قدس رضوی  
(شهرستان بردسکن- شهر انابد) واقع در ۲۹۷  
کیلومتری شهر مشهد در سال باغی ۹۷-۱۳۹۶ بر روی  
درختان ۱۴ ساله ارقام احمد آقایی، اکبری، سرخه  
حسینی، گرمه و فندق‌ی انجام شد. درختان پسته مورد  
آزمایش در باغی به مختصات جغرافیایی "۴۸'۰۱"  
°۵۷/۸۰ طول شرقی، "۱۴'۲۱" °۳۵/۲۳ عرض شمالی و  
ارتفاع ۸۷۵ متر از سطح دریا قرار داشتند. هر تکرار یک  
درخت داشت و از هر درخت هفت شاخه که حداقل  
دارای سه تا چهار جوانه گل می‌باشد انتخاب شد و چهار  
شاخه از آن‌ها برای گرده‌افشانی کنترل شده، دو شاخه  
جهت گرده افشانی آزاد و یک شاخه به‌منظور کنترل  
منفی در نظر گرفته شد (شکل ۱). قبل از باز شدن  
کامل خوشه‌های گل، بر روی شاخه‌ها با الکل ۷۰ درصد  
اسپری شد تا از احتمال وجود گرده‌های ناخواسته  
جلوگیری گردد. به منظور اطمینان از گرده‌افشانی  
کنترل شده، در مرحله تورم جوانه، شاخه‌ها به‌وسیله  
کیسه‌های دو لایه ململ به ابعاد ۳۰×۴۵ سانتی‌متر

پایه‌های متحمل به خشکی به منظور استفاده بهینه از  
آب و منابع کودی الزامی می‌باشد. بنابراین با توجه به  
اهمیت محصول پسته در کشور به عنوان یک محصول  
استراتژیک و همچنین قرار گرفتن ایران در شرایط  
خشک و نیمه خشک، تحقیقات به منظور دستیابی به  
پایه‌های هیبرید متحمل به خشکی ضروری می‌باشد. از  
سوی دیگر به‌نژادی پایه‌های مقاوم به خشکی دارای  
اهمیت است که لازمه این فرآیند جستجو در میان  
توده‌های طبیعی و گزینش پایه‌های مقاوم و به کارگیری  
آن‌ها در کارهای به‌نژادی است (Araus et al., 2015).  
پژوهش‌های انجام شده تا کنون در جهت ارزیابی تنش  
خشکی ارقام و پایه‌های پسته از طریق انتخاب بذور و یا  
گیاه مادری مستقیم بوده و تا کنون بین بذور حاصل از  
تلاقی‌های کنترل شده، آزمایشی به منظور گزینش پایه  
متحمل به خشکی هم‌زمان با بهبود رشد رویشی انجام  
نشده است. به طور کلی تلاقی‌های کنترل شده و  
هدفمند در راستای افزایش غلظت مقاومت، می‌تواند  
راهی مطمئن و دائمی برای کاهش اثرات زیان بار تنش  
خشکی بر گیاهان در نظر گرفته شود. گونه اهلی که  
عمده‌ترین پایه‌ی مورد استفاده در کشور است گونه‌ای  
کند رشد و دیر بازده می‌باشد. از طرفی پسته گونه  
اینتگریمما یکی از گونه‌های پر رشد، مقاوم به  
ورتیسیلیوم و بسیاری از خصوصیات خوب دیگر است.  
بنابراین هدف از این پژوهش، ارزیابی اثر تنش خشکی  
بر غلظت عناصر معدنی کم مصرف و پر مصرف پایه‌ها و



ج

ب

الف

شکل ۱- نحوه عایق‌سازی (الف)، کنترل منفی (ب)، تعویض کیسه‌های ململ با کیسه‌های توری (ج) در درختان پسته در مرحله گرده‌افشانی کنترل شده.

داخل یخچال با دمای  $+4$  درجه سانتی‌گراد جهت مراحل بعدی آزمایش نگهداری شدند.

ب- آزمون مقاومت به خشکی هیبریدهای بدست آمده از مرحله اول

این پژوهش در سال باغی ۹۸-۱۳۹۷ به صورت یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در گلخانه گروه علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان روی ۱۰ پایه پسته احمد آقایی، اکبری، سرخه حسینی، گرمه، فندق و هیبرید بین‌گونه‌ای (احمد آقایی × اینتگریمما، اکبری × اینتگریمما، سرخه حسینی × اینتگریمما، گرمه × اینتگریمما و فندق × اینتگریمما) انجام شد. بذور حاصل از گرده‌افشانی آزاد و کنترل شده در ۱۷ فروردین ۱۳۹۸ در گلدان‌هایی با قطر دهانه ۳۳ و ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر کشت شدند. بذرها قبل از کاشت ۲۴ ساعت در آب مقطر استریل خیس شدند و در ادامه به مدت ۱۰ دقیقه با هیپوکلرید سدیم ۱۰ درصد و به مدت ۳۰ دقیقه با قارچکش کاپتان ۲ در هزار به منظور

ایزوله گردید. برای انتخاب والد نر اینتگریمما در منطقه ارزوئیه استان کرمان از درخت شماره ۱ دانه‌گرده جمع‌آوری شد و تا زمان آماده بودن والد‌های ماده، گرده‌ها در دمای  $-80$  درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. در ادامه با استفاده از سرنگ ترکیب آرد گندم و گرده اینتگریمما (نسبت ۱:۱) به داخل کیسه‌های عایق تزریق و عمل گرده‌افشانی صورت گرفت. این اقدام برای هر خوشه چهار مرتبه تکرار گردید. در زمان بستن کیسه‌های عایق بندی، با توجه به رشد طولی جوانه انتهایی، حدوداً ۱۵ سانتی‌متر از فضای انتهایی کیسه خالی در نظر گرفته شد. پس از گرده‌افشانی هنگامی که کلاله‌ی گل‌ها، قهوه‌ای رنگ شد و میوه‌ها به صورت دانه‌ارزنی رسیدند کیسه‌های ململ از روی شاخه‌ها برداشته و با کیسه‌های توری بزرگ تعویض شدند تا از میوه‌های تشکیل شده مراقبت‌های لازم در خصوص کنترل آفات و سایر موارد صورت پذیرد. در اواخر تابستان برداشت بذرها هیبرید انجام شد و پس از خشک نمودن، در

شده و غلظت آب در خاک مشخص گردید. سپس خاک خشک را در گلدان ریخته و به آرامی و تا حد اشباع، آب به آن اضافه شد و تا روز بعد رها گردید (Shibairo *et al.*, 1998). پس از خارج شدن کامل آب ثقی، گلدان توزین شد و پس از کسر وزن گلدان و خاک خشک، مقدار آب نگهداری شده در ظرفیت زراعی تعیین شد و تیمارهای مختلف بر این اساس محاسبه شدند. بر اساس محاسبات یاد شده، وزن هر گلدان برای هر سه تیمار ۱- شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، ۲- تنش ملایم (۶۵ درصد ظرفیت زراعی) و ۳- تنش شدید (۳۰ درصد ظرفیت زراعی) محاسبه گردید. طبق محاسبه های انجام شده با توجه به اینکه ظرفیت زراعی در نمونه خاک ۱۹ درصد محاسبه شد، معیار آبیاری هر گلدان، وزن روزانه آن‌ها در ساعت ۱۰ صبح بود و آب لازم برای رسیدن به هر سطح اضافه شد. همچنین در این آزمایش برای تعیین وزن گیاه از گلدان‌های بدون گیاه هم استفاده شد تا برابر وزن گیاه به گلدان‌ها آب اضافه شود تا وزن گیاه در ظرفیت‌های زراعی مدنظر اختلالی ایجاد نکند. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده شده برای دانهاها در جدول ۱ آورده شده است. به منظور بررسی اثر خشکی روی وضعیت عناصر غذایی برگ و ریشه، با استفاده از آسیاب برقی نمونه‌های خشک شده پودر شدند. با استفاده روش کجلدال نیتروژن برگ و ریشه و با استفاده از Olsen *et al.* (۲۰۱۷) فسفر اندازه‌گیری شد. عناصر پتاسیم، کلسیم، منیزیم با

ضدعفونی خیسانده و سپس جهت زدودن بقایای مواد شوینده از آن‌ها با آب مقطر سه مرتبه شستشو داده شدند. در هر یک از واحدهای آزمایشی (گلدان‌ها) سه عدد بذر کاشته شد و پس از سبز شدن و اطمینان از استقرار، تعداد گیاهان داخل گلدان به سطح نهایی یک عدد در هر گلدان کاهش یافت. هر تکرار شامل چهار واحد آزمایشی یا چهار گلدان و هر گلدان شامل یک گیاه بود. دمای متوسط روزانه گلخانه ۲۷-۲۵ درجه سانتی‌گراد، دمای متوسط شبانه ۲۲-۱۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱۲+۴۵ درصد بود. بعد از ۳۵ روز از شروع کاشت (از ۲۰ اردیبهشت ماه) به مدت ۶۵ روز (تا ۲۳ تیر ماه)، تغذیه دانهاها هر ۱۲ روز یک بار با کود بیومین (446-sp) با غلظت ۲ گرم در لیتر و در مجموع ۶۰۰ گرم و استفاده از کود هیومکس ۹۵ (HUMAX 95- WSG) با غلظت ۷ گرم در لیتر و در مجموع ۲۱۰۰ گرم برای ۱۲۰ عدد گلدان استفاده شد. پس از رشد و مراقبت‌های لازم از گیاهان، تیمارهای خشکی برای مدت ۱۲ هفته (از ۲۳ تیر تا ۱۵ مهر ۱۳۹۸) روی دانهاها ۱۰۰ روزه اعمال شد. اعمال تیمار خشکی به روش وزنی صورت گرفت. جهت شناسایی ترکیب خاک، در ابتدا آزمایشات مقدماتی با استفاده از محاسبات تعیین غلظت آب در خاک خشک نسبت به ظرفیت مزرعه صورت پذیرفت. برای تعیین تیمارهای مقادیر آب در هر گلدان، ابتدا مقداری خاک درون آن قرار داده شد و پس از ۴۸ ساعت مجدد وزن

استفاده از دستگاه شعله‌سنجی (فیلم فتومتر) اندازه‌گیری شدند. عناصر ریز مغذی نیز از روش هضم، سوزاندن خشک و ترکیب با اسید کلریدریک محاسبه شد. عصاره تهیه شده با این روش برای اندازه‌گیری غلظت عناصر آهن، روی، مس و منگنز قابل استفاده است (Babaeian, 2008). در این روش ۰/۵ گرم از نمونه خشک را در بوته چینی ریخته و در کوره الکتریکی طی ۲ ساعت به دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد رسانده شد. پس از خنک شدن، ۱۰ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریک اضافه نموده و در حمام آبی در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد نگه داشته شد تا اولین بخارات سفید خارج شود. محتویات داخل بوته چینی را از کاغذ صافی ریز به داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری صاف نموده و محلول به حجم رسانده شد. پس از تهیه عصاره مورد نظر با استفاده از دستگاه جذب اتمی می‌توان به طور جداگانه غلظت عناصر را به دست آورد (Babaeian, 2008). تجزیه و تحلیل آماری نتایج آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و با آزمون LSD انجام شد. برای رسم نمودارها نیز از نرم افزار Excel استفاده گردید.

## نتایج و بحث

### الف- اثر تنش خشکی بر غلظت عناصر معدنی

نیتروژن (N)

اثرات ساده و متقابل عوامل آزمایشی از نظر غلظت نیتروژن برگ اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ( $P \leq 0.01$ ) نشان داد ولی در ارتباط با غلظت نیتروژن ریشه فقط اثر اصلی پایه و خشکی معنی‌دار شد و برهمکنش پایه و خشکی تفاوت معنی‌داری ( $P \geq 0.05$ ) نشان نداد (جدول ۲).

بررسی اثر متقابل پایه و خشکی (جدول ۳) نشان داد که با افزایش سطوح خشکی غلظت نیتروژن برگ در همه پایه‌های مورد بررسی از یک روند کاهشی برخوردار بود. در گیاهان شاهد غلظت نیتروژن برگ بیشترین مقدار بود در حالی که در سطح آخر خشکی کمترین غلظت این صفت نسبت به شاهد مشاهده شد. بیشترین غلظت نیتروژن برگ در تیمار شاهد و پایه هیبرید سرخه‌حسینی × اینتگریمما بود و تفاوت معنی‌داری با سایر پایه‌ها نشان داد. طبق نتایج کمترین غلظت نیتروژن برگ در پایه هیبرید فندقی × اینتگریمما و تیمار تنش شدید بدست آمد. البته در تیمار تنش شدید، تفاوت معنی‌داری بین پایه فندقی × اینتگریمما با پایه‌های اکبری، گرمه و فندقی از نظر غلظت نیتروژن مشاهده نشد. در شرایط تنش شدید پایه‌های پسته سرخه‌حسینی × اینتگریمما، احمد آقایی × اینتگریمما، اکبری × اینتگریمما، احمد آقایی و سرخه‌حسینی به ترتیب بیشترین غلظت نیتروژن برگ را بین پایه‌ها نشان دادند.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مخلوط خاکی استفاده شده برای پایه‌های دانه‌های پسته.

بافت خاک	pH	EC	رس	شن	سیلت	کربنات کلسیم	نیتروژن کل	کربن آلی	پتاسیم	فسفر	آهن	روی	منگنز	بور	مس
		dsm <sup>-1</sup>		%								ppm			
لوم رسی	۷/۴۷	۰/۹۱	۴۰	۲۳	۳۷	۵/۵۳	۰/۰۷	۱/۴	۶۱۱	۱۹	۴/۷۳	۴/۰۳	۶/۴۵	۱/۷۲	۰/۶۶

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس غلظت عناصر موجود در برگ و ریشه ۱۰ پایه دانه‌های پسته در سه سطح خشکی.

منابع تغییرات	درجه آزادی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	روی	آهن	منگنز	مس
برگ										
پایه (A)	۹	۰/۴۹۰**	۰/۰۶۸**	۰/۴۵۳**	۰/۰۱۵۱**	۰/۰۰۲۵**	۸۰/۹۹**	۹۲۴/۱۳**	۵۵/۶۳**	۵۱۷/۷۷**
خشکی (B)	۲	۱/۵۱۳**	۰/۴۲۰**	۰/۱۴۴**	۰/۵۹۱**	۰/۰۱۰۸**	۴۸۳/۵۳**	۵۰۵/۸۲**	۷۸/۷۵**	۱۶۵۹/۱۵**
A×B	۱۸	۰/۰۳۴**	۰/۰۱۴۳**	۰/۰۹۷۸**	۰/۰۱۲۷**	۰/۰۰۰۹۸**	۳۵/۰۴**	۲۷۶/۴۸**	۱۴/۳۹**	۷۶/۱۶**
خطا	۹۰	۰/۰۱۵	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۰۰۶۴	۳/۷۵	۳/۱۲	۰/۳۴۸	۲/۱۳
ضریب تغییرات %		۵/۶۶	۱۲/۸۲	۳/۶۹	۶/۸۲	۷/۱۴	۶/۳۲	۵/۰۸	۵/۵۵	۷/۰۶
ریشه										
پایه (A)	۹	۰/۰۴۵**	۰/۰۰۹۷**	۰/۱۹۷**	۰/۰۳۴**	۰/۰۰۴۰**	۱۶۳۷/۰۶**	۲۹۴۷۴۸/۵۵**	۵۷۹/۱۰**	۱۶۶۴/۱۱**
خشکی (B)	۲	۰/۴۹۷۲**	۰/۱۱۶۲**	۰/۴۷۰**	۰/۱۷۸**	۰/۰۵۷**	۱۶۰۸/۳۸**	۲۱۳۱۵۳۱/۰۷**	۴۵۱۰/۱۹**	۲۷۴۸/۳۰**
A×B	۱۸	۰/۰۰۵۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۴۰**	۰/۰۷۲**	۰/۰۰۸۶**	۰/۰۰۰۹۸**	۱۰۰/۰۵**	۹۳۴۲۱/۰۲**	۲۰/۱۴۵**	۲۵۰۷/۴۸**
خطا	۹۰	۰/۰۰۴۰	۰/۰۰۰۱۵	۰/۰۰۶۰	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۰۳۶	۱۸/۲۳	۲۱۵۷/۲۸	۵/۷۰	۱۶/۰۲
ضریب تغییرات %		۴/۲۴	۵/۷۷	۵/۶۳	۴/۹۳	۸/۵۸	۵/۹۱	۷/۰۰	۵/۱۳	۷/۱۵

\* و \*\*؛ به ترتیب معنی‌داری در سطح یک درصد و پنج درصد و ns عدم معنی‌داری آماری را نشان می‌دهد.

شدید، تفاوت معنی‌داری بین پایه فندق‌ی با پایه‌های احمد آقایی، فندق‌ی × اینتگریمما، گرمه، گرمه × اینتگریمما و اکبری مشاهده نشد. از طرفی در شرایط تنش شدید پایه هیبرید سرخه‌حسینی × اینتگریمما بیشترین غلظت فسفر برگ را بین پایه‌ها نشان داد. البته در آخرین سطح تنش، تفاوت معنی‌داری بین پایه سرخه‌حسینی × اینتگریمما با پایه‌های احمد آقایی × اینتگریمما، اکبری × اینتگریمما و سرخه‌حسینی مشاهده نشد. در ارتباط با فسفر ریشه طبق نتایج (جدول ۴) بیشترین غلظت این صفت در تیمار شاهد مشاهده شد و سطح تنش ملایم و شدید در رده‌های بعدی قرار گرفتند. بیشترین غلظت فسفر ریشه در سطح شاهد و پایه سرخه‌حسینی × اینتگریمما و کمترین غلظت آن در پایه فندق‌ی و تیمار تنش شدید بدست آمد، اگرچه تفاوت معنی‌داری بین پایه سرخه‌حسینی × اینتگریمما و پایه‌های فندق‌ی × اینتگریمما، سرخه‌حسینی و گرمه × اینتگریمما در این سطح از تنش مشاهده نشد. همچنین بیشترین غلظت فسفر ریشه در آخرین سطح تنش در پایه سرخه‌حسینی × اینتگریمما مشاهده شد و تفاوت معنی‌داری با سایر پایه‌ها نشان داد. عنصر فسفر دارای نقش‌های متعددی در گیاهان می‌باشد؛ به عنوان مثال در انتقال انرژی در داخل سلول‌ها دخیل بوده و به عنوان کوآنزیم‌ها، فسفولیپیدها، اسید فیتیک و تشکیل دهنده جزئی از اسیدهای نوکلئیک عمل می‌نماید (بابالار و پیر مرادیان، ۱۳۸۷). با توجه به اینکه جذب فسفر از خاک

با توجه به این که نیتروژن از عناصر غذایی محلول در آب می‌باشد، می‌توان بیان کرد که همزمان با کاهش رطوبت خاک و کاهش متعاقب جریان توده‌های در خاک، حجم محلول خاک نیز کاهش پیدا کرده و به دنبال آن، غلظت نیتروژن قابل دسترس خاک نیز کاهش پیدا می‌کند (Taiz & Zeiger, 1998). بر اساس گزارشات متعدد کاهش در جذب نیتروژن در گیاهان تحت تنش به دلیل کاهش رشد گیاه است که منجر به تقاضای گیاه برای جذب نیتروژن می‌شود. کاهش غلظت نیتروژن با افزایش سطوح خشکی توسط پژوهشگران زیادی گزارش شده است (Khalid, 2006; Wu *et al.*, 2009).

#### فسفر (P)

در ارتباط با عنصر فسفر، طبق نتایج تجزیه واریانس، تمامی اثرهای اصلی و متقابل در مورد غلظت فسفر برگ و ریشه در سطح احتمال یک درصد ( $P \leq 0.01$ ) معنی‌دار شد (جدول ۲). بررسی اثر متقابل پایه و خشکی (جدول ۳) نشان داد که با افزایش سطوح تنش غلظت فسفر برگ در همه پایه‌های مورد بررسی از یک روند کاهشی برخوردار بود. بیشترین و کمترین غلظت فسفر برگ، به ترتیب متعلق به تیمار شاهد و تنش شدید بود. طبق نتایج اثر متقابل پایه و خشکی بیشترین فسفر برگ در سطح شاهد و پایه هیبرید سرخه‌حسینی × اینتگریمما و کمترین آن در پایه فندق‌ی و تیمار تنش شدید بدست آمد. اگرچه در شرایط تنش



جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و خشکی بر غلظت عناصر موجود در برگ ۱۰ پایه دانه‌الی پسته تحت تنش خشکی.

Cu	Mn	Fe	Zn	Mg	Ca	K	P	N	سطوح خشکی	پایه
(PPM)	(PPM)	(PPM)	(PPM)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)		
۳۵/۴۴ <sup>bc</sup>	۹/۱۳ <sup>i-k</sup>	۳۸/۱۲ <sup>c</sup>	۳۶/۵۱ <sup>a-d</sup>	۰/۱۵۳ <sup>b</sup>	۰/۵۸۵ <sup>f,h</sup>	۱/۷۲ <sup>g</sup>	۰/۵۴۱ <sup>ab</sup>	۲/۶۳ <sup>b</sup>	شاهد (ظرفیت زراعی)	احمد آقایی
۲۸/۵۶ <sup>e</sup>	۸/۶۵ <sup>k-m</sup>	۵۶/۱۱ <sup>b</sup>	۲۷/۶۱ <sup>k-n</sup>	۰/۱۰۵ <sup>g-k</sup>	۰/۵۳۱ <sup>i-k</sup>	۱/۶۳ <sup>hi</sup>	۰/۲۷۲ <sup>f,h</sup>	۲/۲۶ <sup>f,h</sup>	تنش ملایم (۶۵٪ ظرفیت زراعی)	
۱۵/۱۶ <sup>k-m</sup>	۹/۶۷ <sup>h-j</sup>	۳۴/۲۲ <sup>gh</sup>	۲۴/۲۲ <sup>o</sup>	۰/۰۹۰ <sup>l-o</sup>	۰/۴۱۹ <sup>mn</sup>	۱/۶۹ <sup>gh</sup>	۰/۱۸۵ <sup>i</sup>	۲/۰۸ <sup>i-m</sup>	تنش شدید (۳۰٪ ظرفیت زراعی)	
۲۲/۱۸ <sup>g</sup>	۱۰/۶۵ <sup>g</sup>	۳۷/۶۵ <sup>c</sup>	۳۷/۲۲ <sup>a-c</sup>	۰/۰۹۷ <sup>j-n</sup>	۰/۷۵۱ <sup>a</sup>	۱/۷۱ <sup>f,h</sup>	۰/۴۲۳ <sup>c</sup>	۲/۷۱ <sup>ab</sup>	شاهد (ظرفیت زراعی)	احمد آقایی × اینتگریمما
۲۰/۶۵ <sup>gh</sup>	۱۴/۲۳ <sup>d</sup>	۴۹/۳۱ <sup>d</sup>	۳۵/۲۱ <sup>c-e</sup>	۰/۰۹۱ <sup>l-o</sup>	۰/۵۴۵ <sup>g-i</sup>	۱/۵۱ <sup>j-l</sup>	۰/۳۸۶ <sup>cd</sup>	۲/۵۵ <sup>bc</sup>	تنش ملایم (۶۵٪ ظرفیت زراعی)	
۱۴/۵۴ <sup>l-n</sup>	۱۸/۱۳ <sup>b</sup>	۵۰/۹۱ <sup>cd</sup>	۲۵/۲۶ <sup>no</sup>	۰/۱۱۱ <sup>f,h</sup>	۰/۳۷۸ <sup>n</sup>	۲/۱۱ <sup>a</sup>	۰/۳۲۱ <sup>ef</sup>	۲/۱۴ <sup>h-k</sup>	تنش شدید (۳۰٪ ظرفیت زراعی)	
۱۶/۷۹ <sup>jk</sup>	۸/۶۵ <sup>k-m</sup>	۱۹/۱۶ <sup>f</sup>	۲۶/۸۱ <sup>lo</sup>	۰/۱۲۶ <sup>cd</sup>	۰/۷۳۱ <sup>ab</sup>	۱/۴۶ <sup>k-m</sup>	۰/۲۷۶ <sup>f,h</sup>	۲/۲۲ <sup>f,i</sup>	شاهد (ظرفیت زراعی)	فندقی
۱۲/۵۶ <sup>no</sup>	۸/۶۳ <sup>k-m</sup>	۲۲/۶۴ <sup>pq</sup>	۲۵/۲۶ <sup>n-o</sup>	۰/۱۰۶ <sup>g-k</sup>	۰/۴۲۶ <sup>mn</sup>	۱/۵۳ <sup>jk</sup>	۰/۲۱۰ <sup>ij</sup>	۲/۱۱ <sup>h-l</sup>	تنش ملایم (۶۵٪ ظرفیت زراعی)	
۷/۳۵ <sup>r</sup>	۷/۲۸ <sup>o</sup>	۲۷/۴۱ <sup>mn</sup>	۲۵/۱۱ <sup>no</sup>	۰/۰۹۱ <sup>l-o</sup>	۰/۳۸۲ <sup>n</sup>	۱/۱۱ <sup>p</sup>	۰/۱۶۹ <sup>i</sup>	۱/۸۵ <sup>no</sup>	تنش شدید (۳۰٪ ظرفیت زراعی)	
۲۹/۷۷ <sup>e</sup>	۸/۲۴ <sup>l-n</sup>	۳۵/۱۲ <sup>f,h</sup>	۳۵/۵۶ <sup>c-e</sup>	۰/۱۷۰ <sup>g-j</sup>	۰/۷۱۱ <sup>a-c</sup>	۱/۴۳ <sup>l-n</sup>	۰/۲۲۲ <sup>h-j</sup>	۲/۲۳ <sup>f,i</sup>	شاهد (ظرفیت زراعی)	فندقی × اینتگریمما
۱۶/۰۵ <sup>kl</sup>	۹/۱۱ <sup>i-k</sup>	۳۱/۱۱ <sup>i-k</sup>	۳۴/۱۱ <sup>d-f</sup>	۰/۱۰۷ <sup>g,j</sup>	۰/۵۳۸ <sup>h,j</sup>	۱/۳۵ <sup>n</sup>	۰/۱۸۶ <sup>j</sup>	۲/۰۱ <sup>j-m</sup>	تنش ملایم (۶۵٪ ظرفیت زراعی)	
۱۱/۴۷ <sup>op</sup>	۸/۸۹ <sup>j-l</sup>	۲۹/۸۱ <sup>k-m</sup>	۲۹/۴۱ <sup>h-l</sup>	۰/۰۸۱ <sup>o</sup>	۰/۳۷۸ <sup>n</sup>	۱/۲۳ <sup>o</sup>	۰/۱۷۳ <sup>j</sup>	۱/۸۳ <sup>o</sup>	تنش شدید (۳۰٪ ظرفیت زراعی)	
۲۶/۳۰ <sup>f</sup>	۹/۹۳ <sup>g-i</sup>	۲۷/۶۳ <sup>m</sup>	۳۰/۴۷ <sup>g,j</sup>	۰/۱۲۰ <sup>c-f</sup>	۰/۶۱۳ <sup>ef</sup>	۱/۷۶ <sup>d-g</sup>	۰/۵۱۰ <sup>b</sup>	۲/۳۳ <sup>d-g</sup>	شاهد (ظرفیت زراعی)	سرخه حسینی
۲۵/۰۳ <sup>f</sup>	۸/۹۵ <sup>j-l</sup>	۳۱/۲۲ <sup>i-k</sup>	۲۶/۵۸ <sup>m-o</sup>	۰/۱۲۰ <sup>c-f</sup>	۰/۵۱۲ <sup>i-k</sup>	۱/۵۹ <sup>ij</sup>	۰/۳۲۵ <sup>ef</sup>	۲/۰۹ <sup>h-m</sup>	تنش ملایم (۶۵٪ ظرفیت زراعی)	
۱۸/۵۴ <sup>ij</sup>	۱۰/۱۳ <sup>gh</sup>	۳۶/۱۴ <sup>g-f</sup>	۲۵/۶۲ <sup>m-o</sup>	۰/۱۰۱ <sup>h-l</sup>	۰/۴۲۵ <sup>mn</sup>	۱/۷۳ <sup>e-g</sup>	۰/۲۸۹ <sup>e-g</sup>	۲/۰۳ <sup>j-m</sup>	تنش شدید (۳۰٪ ظرفیت زراعی)	
۳۸/۲۳ <sup>a</sup>	۸/۸۸ <sup>j-l</sup>	۳۳/۱۶ <sup>h-j</sup>	۳۳/۱۱ <sup>f-g</sup>	۰/۱۷۴ <sup>a</sup>	۰/۶۹۵ <sup>bc</sup>	۱/۸۷ <sup>bc</sup>	۰/۵۸۲ <sup>a</sup>	۲/۸۱ <sup>a</sup>	شاهد (ظرفیت زراعی)	سرخه حسینی × اینتگریمما
۳۰/۴۵ <sup>e</sup>	۱۵/۲۹ <sup>c</sup>	۶۵/۱۱ <sup>a</sup>	۳۲/۱۰ <sup>f-h</sup>	۰/۱۲۳ <sup>c-e</sup>	۰/۵۲۸ <sup>i-k</sup>	۱/۷۴ <sup>e-g</sup>	۰/۳۴۱ <sup>de</sup>	۲/۶۵ <sup>ab</sup>	تنش ملایم (۶۵٪ ظرفیت زراعی)	
۲۰/۶۶ <sup>gh</sup>	۱۶/۲۵ <sup>a</sup>	۴۹/۱۲ <sup>d</sup>	۳۰/۶۹ <sup>g-i</sup>	۰/۱۱۳ <sup>c-g</sup>	۰/۴۲۳ <sup>mn</sup>	۱/۸۱ <sup>c-e</sup>	۰/۳۱۵ <sup>ef</sup>	۲/۴۴ <sup>cd</sup>	تنش شدید (۳۰٪ ظرفیت زراعی)	
۱۴/۳۴ <sup>l-n</sup>	۷/۸۷ <sup>m-o</sup>	۲۳/۰۹ <sup>op</sup>	۳۰/۱۱ <sup>h-k</sup>	۰/۱۴۵ <sup>b</sup>	۰/۶۷۶ <sup>cd</sup>	۱/۵۲ <sup>jk</sup>	۰/۵۳۹ <sup>ab</sup>	۲/۱۶ <sup>g-k</sup>	شاهد (ظرفیت زراعی)	

ادامه جدول ۳-

۱۳/۷۶ <sup>mn</sup>	۸/۱۳ <sup>l-n</sup>	۲۰/۴۵ <sup>qr</sup>	۲۸/۱۶ <sup>i-m</sup>	۰/۱۲۱ <sup>c-f</sup>	۰/۵۵۲ <sup>g-i</sup>	۱/۵۵ <sup>ij</sup>	۰/۲۷۸ <sup>f-h</sup>	۲/۱۱ <sup>h-l</sup>	تنش ملایم (۶۵٪ ظرفیت زراعی)	گرمه
۱۱/۴۳ <sup>op</sup>	۱۰/۱۱ <sup>gh</sup>	۳۰/۸۱ <sup>j-l</sup>	۲۷/۸۱ <sup>j-n</sup>	۰/۰۹۹ <sup>i-m</sup>	۰/۳۸۱ <sup>n</sup>	۱/۲۱ <sup>o</sup>	۰/۲۰۵ <sup>ij</sup>	۱/۹۳ <sup>m-o</sup>	تنش شدید (۳۰٪ ظرفیت زراعی)	
۳۳/۶۷ <sup>cd</sup>	۷/۴۵ <sup>no</sup>	۳۷/۴۱ <sup>ef</sup>	۳۹/۱۶ <sup>a</sup>	۰/۱۱۰ <sup>f-i</sup>	۰/۶۴۱ <sup>de</sup>	۱/۳۵ <sup>n</sup>	۰/۴۲۱ <sup>c</sup>	۲/۱۸ <sup>g-j</sup>	شاهد (ظرفیت زراعی)	
۱۸/۳۲ <sup>ij</sup>	۱۲/۳۶ <sup>f</sup>	۳۳/۲۲ <sup>h-j</sup>	۳۱/۷۸ <sup>f-h</sup>	۰/۰۹۹ <sup>i-m</sup>	۰/۵۹۱ <sup>fg</sup>	۱/۳۹ <sup>mn</sup>	۰/۲۴۷ <sup>g-i</sup>	۲/۰۴ <sup>j-m</sup>	تنش ملایم (۶۵٪ ظرفیت زراعی)	گرمه × اینتگریمما
۱۲/۵۶ <sup>no</sup>	۱۳/۲۴ <sup>fe</sup>	۲۵/۱۰ <sup>n-p</sup>	۲۷/۴۱ <sup>k-n</sup>	۰/۰۸۸ <sup>m-o</sup>	۰/۴۰۱ <sup>mn</sup>	۱/۳۹ <sup>mn</sup>	۰/۲۱۱ <sup>ij</sup>	۱/۹۵ <sup>l-o</sup>	تنش شدید (۳۰٪ ظرفیت زراعی)	
۱۹/۸۹ <sup>hi</sup>	۹/۱۱ <sup>i-k</sup>	۲۵/۱۴ <sup>no</sup>	۳۵/۴۹ <sup>b-d</sup>	۰/۰۹۷ <sup>j-n</sup>	۰/۵۳۸ <sup>h-j</sup>	۱/۸۳ <sup>cd</sup>	۰/۴۲۵ <sup>c</sup>	۲/۴۱ <sup>c-e</sup>	شاهد (ظرفیت زراعی)	
۱۰/۴۲ <sup>pq</sup>	۱۴/۲۳ <sup>d</sup>	۲۹/۱۰ <sup>k-m</sup>	۳۵/۴۱ <sup>c-e</sup>	۰/۰۹۵ <sup>k-m</sup>	۰/۴۸۲ <sup>kl</sup>	۱/۵۵ <sup>ij</sup>	۰/۲۵۶ <sup>g-i</sup>	۲/۰۶ <sup>i-m</sup>	تنش ملایم (۶۵٪ ظرفیت زراعی)	اکبری
۹/۱۴ <sup>qr</sup>	۹/۵۴ <sup>b-j</sup>	۳۳/۴۱ <sup>hi</sup>	۳۰/۱۱ <sup>h-k</sup>	۰/۰۸۷ <sup>no</sup>	۰/۳۹۳ <sup>n</sup>	۱/۴۲ <sup>mn</sup>	۰/۱۸۱ <sup>j</sup>	۱/۹۹ <sup>k-o</sup>	تنش شدید (۳۰٪ ظرفیت زراعی)	
۳۶/۷۲ <sup>ab</sup>	۱۰/۵۶ <sup>g</sup>	۲۹/۸۴ <sup>k-m</sup>	۳۸/۴۷ <sup>ab</sup>	۰/۱۲۸ <sup>c</sup>	۰/۴۹۲ <sup>j-l</sup>	۱/۹۲ <sup>b</sup>	۰/۵۱۱ <sup>b</sup>	۲/۵۷ <sup>bc</sup>	شاهد (ظرفیت زراعی)	
۳۳/۲۶ <sup>d</sup>	۱۳/۲۶ <sup>c</sup>	۴۹/۱۴ <sup>d</sup>	۲۷/۴۱ <sup>k-n</sup>	۰/۱۱۵ <sup>d-g</sup>	۰/۴۴۶ <sup>lm</sup>	۱/۷۸ <sup>d-f</sup>	۰/۳۳۹ <sup>de</sup>	۲/۳۷ <sup>d-f</sup>	تنش ملایم (۶۵٪ ظرفیت زراعی)	اکبری × اینتگریمما
۱۷/۱۸ <sup>jk</sup>	۱۴/۱۲ <sup>d</sup>	۵۲/۱۱ <sup>c</sup>	۲۶/۱۱ <sup>m-o</sup>	۰/۱۱۰ <sup>f-i</sup>	۰/۴۱۱ <sup>mn</sup>	۱/۷۶ <sup>d-g</sup>	۰/۲۹۳ <sup>c-g</sup>	۲/۱۲ <sup>h-l</sup>	تنش شدید (۳۰٪ ظرفیت زراعی)	

بر مبنای آزمون LSD، در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و خشکی بر غلظت عناصر موجود در ریشه ۱۰ پایه دانه‌الی پسته تحت تنش خشکی.

Cu	Mn	Fe	Zn	Mg	Ca	K	P	N	سطوح خشکی	پایه
(PPM)	(PPM)	(PPM)	(PPM)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)		
۵۷/۳۳ <sup>fg</sup>	۴۹/۰۹ <sup>gh</sup>	۶۹۶/۲۵ <sup>e</sup>	۹۰/۶۵ <sup>ab</sup>	۰/۲۴۶ <sup>d-g</sup>	۰/۸۲۳ <sup>d-g</sup>	۱/۴۵ <sup>c-f</sup>	۰/۲۵۴ <sup>de</sup>	۱/۶۱ <sup>c-e</sup>	شاهد (ظرفیت زراعی)	احمد آقایی
۴۷/۱۲ <sup>ij</sup>	۴۸/۲۸ <sup>g-i</sup>	۷۱۶/۱۲ <sup>e</sup>	۸۲/۴۵ <sup>c-e</sup>	۰/۱۹۶ <sup>k-n</sup>	۰/۷۹۷ <sup>f-i</sup>	۱/۶۵ <sup>b</sup>	۰/۲۰۲ <sup>jl</sup>	۱/۵۰ <sup>g-l</sup>	تنش ملایم (۶۵٪ ظرفیت زراعی)	
۶۱/۵۴ <sup>cf</sup>	۴۱/۹۸ <sup>kl</sup>	۵۳۲/۵۴ <sup>gh</sup>	۷۳/۱۴ <sup>gh</sup>	۰/۱۷۷ <sup>no</sup>	۰/۷۲۹ <sup>k-m</sup>	۱/۲۱ <sup>m-p</sup>	۰/۱۷۱ <sup>m</sup>	۱/۴۲ <sup>l-o</sup>	تنش شدید (۳۰٪ ظرفیت زراعی)	
۳۳/۵۰ <sup>no</sup>	۶۱/۳۹ <sup>c</sup>	۷۳۱/۷۷ <sup>c</sup>	۸۵/۴۳ <sup>b-d</sup>	۰/۲۲۹ <sup>f-i</sup>	۰/۸۵۵ <sup>b-d</sup>	۱/۲۳ <sup>l-p</sup>	۰/۲۲۱ <sup>g-i</sup>	۱/۶۳ <sup>b-d</sup>	شاهد (ظرفیت زراعی)	احمد آقایی × اینتگریمما
۴۵/۳۷ <sup>i-k</sup>	۵۱/۲۲ <sup>fg</sup>	۶۱۰/۱۲ <sup>f</sup>	۸۱/۲۲ <sup>de</sup>	۰/۲۲۵ <sup>f-j</sup>	۰/۸۴۲ <sup>c-e</sup>	۱/۴۳ <sup>c-g</sup>	۰/۱۸۲ <sup>lm</sup>	۱/۵۶ <sup>d-i</sup>	تنش ملایم (۶۵٪ ظرفیت زراعی)	
۹۶/۴۰ <sup>c</sup>	۴۷/۸۰ <sup>h-j</sup>	۶۰۳/۲۲ <sup>f</sup>	۷۵/۱۲ <sup>f-h</sup>	۰/۲۰۷ <sup>i-m</sup>	۰/۷۸۵ <sup>f-j</sup>	۱/۱۸ <sup>n-q</sup>	۰/۱۶۱ <sup>n-p</sup>	۱/۴۸ <sup>i-m</sup>	تنش شدید (۳۰٪ ظرفیت زراعی)	
۴۹/۴۹ <sup>hi</sup>	۴۱/۸۵ <sup>kl</sup>	۱۳۲۱/۶۵ <sup>a</sup>	۶۴/۵۴ <sup>jk</sup>	۰/۲۲۰ <sup>g-k</sup>	۰/۷۹۴ <sup>f-j</sup>	۱/۳۵ <sup>f-k</sup>	۰/۳۱۲ <sup>b</sup>	۱/۵۴ <sup>e-j</sup>	شاهد (ظرفیت زراعی)	فندقی
۴۱/۳۸ <sup>k-m</sup>	۳۷/۹۰ <sup>mn</sup>	۳۲۰/۷۶ <sup>k</sup>	۴۵/۵۴ <sup>p</sup>	۰/۱۹۱ <sup>l-o</sup>	۰/۷۲۳ <sup>k-m</sup>	۱/۴۵ <sup>cf</sup>	۰/۱۵۲ <sup>o-q</sup>	۱/۴۰ <sup>m-p</sup>	تنش ملایم (۶۵٪ ظرفیت زراعی)	
۳۱/۴۴ <sup>o</sup>	۳۱/۲۲ <sup>qr</sup>	۳۳۵/۶۱ <sup>jk</sup>	۵۱/۱۱ <sup>n-p</sup>	۰/۱۷۰ <sup>o</sup>	۰/۵۸۴ <sup>p</sup>	۱/۰۷ <sup>q</sup>	۰/۱۳۶ <sup>q</sup>	۱/۲۹ <sup>q</sup>	تنش شدید (۳۰٪ ظرفیت زراعی)	
۶۲/۱۲ <sup>cf</sup>	۵۳/۴۳ <sup>cf</sup>	۷۴۵/۶۱ <sup>e</sup>	۷۰/۳۶ <sup>h-j</sup>	۰/۲۵۶ <sup>c-e</sup>	۰/۷۱۲ <sup>lm</sup>	۱/۰۹ <sup>q</sup>	۰/۲۶۱ <sup>d</sup>	۱/۵۵ <sup>d-i</sup>	شاهد (ظرفیت زراعی)	فندقی × اینتگریمما
۵۰/۵۶ <sup>hi</sup>	۳۹/۵۴ <sup>lm</sup>	۳۳۶/۲۳ <sup>jk</sup>	۴۹/۴۴ <sup>op</sup>	۰/۱۸۶ <sup>m-o</sup>	۰/۷۴۱ <sup>j-m</sup>	۱/۴۹ <sup>cd</sup>	۰/۱۶۷ <sup>m-o</sup>	۱/۴۳ <sup>k-o</sup>	تنش ملایم (۶۵٪ ظرفیت زراعی)	
۴۱/۴۴ <sup>k-m</sup>	۳۲/۱۱ <sup>p-r</sup>	۳۴۵/۴۲ <sup>jk</sup>	۵۶/۳۰ <sup>l-n</sup>	۰/۱۷۱ <sup>o</sup>	۰/۶۰۱ <sup>p</sup>	۱/۱۶ <sup>o-q</sup>	۰/۱۴۴ <sup>pq</sup>	۱/۳۰ <sup>q</sup>	تنش شدید (۳۰٪ ظرفیت زراعی)	
۳۹/۲۶ <sup>lm</sup>	۷۷/۲۶ <sup>a</sup>	۸۵۰/۲۳ <sup>d</sup>	۷۹/۳۰ <sup>ef</sup>	۰/۲۷۳ <sup>bc</sup>	۰/۷۷۵ <sup>g-k</sup>	۱/۳۲ <sup>h-m</sup>	۰/۲۰۶ <sup>i-k</sup>	۱/۵۱ <sup>f-k</sup>	شاهد (ظرفیت زراعی)	سرخه حسینی
۴۳/۵۴ <sup>j-l</sup>	۳۰/۳۴ <sup>f</sup>	۸۲۳/۰۵ <sup>d</sup>	۶۶/۵۰ <sup>i-k</sup>	۰/۱۹۹ <sup>j-n</sup>	۰/۷۶۲ <sup>h-l</sup>	۱/۴۹ <sup>cd</sup>	۰/۱۹۷ <sup>kl</sup>	۱/۴۶ <sup>j-n</sup>	تنش ملایم (۶۵٪ ظرفیت زراعی)	
۶۶/۸۵ <sup>e</sup>	۴۴/۵۶ <sup>jk</sup>	۵۹۱/۱۱ <sup>fg</sup>	۷۱/۴۰ <sup>hi</sup>	۰/۱۹۵ <sup>k-o</sup>	۰/۶۹۷ <sup>mn</sup>	۱/۳۷ <sup>e-i</sup>	۰/۱۵۱ <sup>o-q</sup>	۱/۳۹ <sup>n-p</sup>	تنش شدید (۳۰٪ ظرفیت زراعی)	
۵۰/۱۲ <sup>hi</sup>	۷۵/۱۳ <sup>a</sup>	۱۲۱۰/۷۶ <sup>b</sup>	۸۸/۲۷ <sup>a-c</sup>	۰/۳۱۱ <sup>a</sup>	۰/۹۳۰ <sup>a</sup>	۱/۴۸ <sup>c-e</sup>	۰/۳۵۸ <sup>a</sup>	۱/۷۲ <sup>a</sup>	شاهد (ظرفیت زراعی)	سرخه حسینی × اینتگریمما
۵۳/۵۸ <sup>gh</sup>	۴۶/۲۱ <sup>h-j</sup>	۵۰۱/۴۳ <sup>h</sup>	۹۲/۴۶ <sup>a</sup>	۰/۲۴۵ <sup>d-g</sup>	۰/۷۹۱ <sup>e-i</sup>	۱/۷۶ <sup>ab</sup>	۰/۲۲۶ <sup>fg</sup>	۱/۵۷ <sup>c-h</sup>	تنش ملایم (۶۵٪ ظرفیت زراعی)	
۱۱۰/۳۴ <sup>b</sup>	۴۸/۳۷ <sup>g-i</sup>	۶۱۵/۴۰ <sup>f</sup>	۸۰/۱۲ <sup>d-f</sup>	۰/۲۱۰ <sup>i-m</sup>	۰/۷۶۵ <sup>h-l</sup>	۱/۳۹ <sup>d-i</sup>	۰/۲۲۴ <sup>gh</sup>	۱/۵۰ <sup>g-l</sup>	تنش شدید (۳۰٪ ظرفیت زراعی)	

ادامه جدول ۴-

۶۴/۴۹ <sup>e</sup>	۵۵/۱۸ <sup>de</sup>	۱۱۱۵/۴۳ <sup>c</sup>	۶۹/۴۳ <sup>h-j</sup>	۰/۲۸۴ <sup>ab</sup>	۰/۸۴۲ <sup>c-e</sup>	۱/۴۰ <sup>d-h</sup>	۰/۲۹۷ <sup>bc</sup>	۱/۶۵ <sup>a-c</sup>	شاهد (ظرفیت زراعی)	
۵۴/۳۳ <sup>gh</sup>	۳۵/۱۲ <sup>n-p</sup>	۴۲۲/۸۷ <sup>i</sup>	۵۵/۱۶ <sup>m-o</sup>	۰/۲۱۵ <sup>h-l</sup>	۰/۸۱۴ <sup>d-h</sup>	۱/۴۵ <sup>c-f</sup>	۰/۲۴۳ <sup>ef</sup>	۱/۴۸ <sup>i-m</sup>	تنش ملایم (۶۵٪ ظرفیت زراعی)	گرمه
۴۹/۳۲ <sup>hi</sup>	۳۲/۵۳ <sup>p-r</sup>	۳۹۱/۰۸ <sup>ij</sup>	۵۷/۷۰ <sup>lm</sup>	۰/۱۸۹ <sup>l-o</sup>	۰/۶۳۲ <sup>op</sup>	۱/۲۳ <sup>l-p</sup>	۰/۲۰۵ <sup>i-k</sup>	۱/۳۲ <sup>pq</sup>	تنش شدید (۳۰٪ ظرفیت زراعی)	
۴۶/۱۶ <sup>i-k</sup>	۴۶/۳۳ <sup>h-j</sup>	۶۹۵/۳۲ <sup>c</sup>	۸۱/۶۴ <sup>de</sup>	۰/۳۰۵ <sup>a</sup>	۰/۷۲۳ <sup>k-m</sup>	۱/۴۶ <sup>c-e</sup>	۰/۲۰۷ <sup>h-k</sup>	۱/۵۹ <sup>c-f</sup>	شاهد (ظرفیت زراعی)	
۳۷/۶۴ <sup>mn</sup>	۳۵/۴۳ <sup>n-p</sup>	۷۱۱/۰۴ <sup>c</sup>	۷۸/۴۶ <sup>e-g</sup>	۰/۲۳۷ <sup>e-h</sup>	۰/۷۱۵ <sup>lm</sup>	۱/۶۶ <sup>b</sup>	۰/۱۹۶ <sup>kl</sup>	۱/۵۵ <sup>d-i</sup>	تنش ملایم (۶۵٪ ظرفیت زراعی)	گرمه × اینتگریمما
۵۰/۸۴ <sup>hi</sup>	۳۹/۴۰ <sup>lm</sup>	۵۱۲/۴۴ <sup>h</sup>	۶۹/۳۳ <sup>h-j</sup>	۰/۱۹۲ <sup>l-o</sup>	۰/۶۹۱ <sup>mn</sup>	۱/۳۳ <sup>g-l</sup>	۰/۱۵۲ <sup>o-q</sup>	۱/۳۷ <sup>o-q</sup>	تنش شدید (۳۰٪ ظرفیت زراعی)	
۵۴/۴۶ <sup>gh</sup>	۵۷/۵۶ <sup>d</sup>	۷۰۸/۲۵ <sup>c</sup>	۷۳/۲۹ <sup>gh</sup>	۰/۲۶۵ <sup>b-d</sup>	۰/۹۰۱ <sup>ab</sup>	۱/۲۹ <sup>i-m</sup>	۰/۳۴۱ <sup>a</sup>	۱/۵۸ <sup>c-g</sup>	شاهد (ظرفیت زراعی)	
۴۶/۴۸ <sup>hi</sup>	۳۳/۷۷ <sup>o-q</sup>	۳۶۶/۵۶ <sup>i-k</sup>	۶۱/۳۳ <sup>kl</sup>	۰/۲۱۲ <sup>h-m</sup>	۰/۸۲۶ <sup>c-f</sup>	۱/۵۳ <sup>c</sup>	۰/۲۱۹ <sup>g-j</sup>	۱/۴۹ <sup>h-l</sup>	تنش ملایم (۶۵٪ ظرفیت زراعی)	اکبری
۴۵/۷۷ <sup>i-k</sup>	۳۶/۸۶ <sup>m-o</sup>	۴۲۵/۷۴ <sup>i</sup>	۶۵/۲۵ <sup>jk</sup>	۰/۱۹۳ <sup>l-o</sup>	۰/۶۵۶ <sup>no</sup>	۱/۲۸ <sup>j-n</sup>	۰/۱۸۱ <sup>lm</sup>	۱/۳۳ <sup>p-q</sup>	تنش شدید (۳۰٪ ظرفیت زراعی)	
۳۳/۵۶ <sup>no</sup>	۷۰/۱۸ <sup>b</sup>	۱۲۱۶/۴۷ <sup>b</sup>	۹۲/۶۱ <sup>a</sup>	۰/۲۵۱ <sup>c-f</sup>	۰/۸۸۳ <sup>a-c</sup>	۱/۲۶ <sup>k-o</sup>	۰/۲۸۲ <sup>c</sup>	۱/۷۱ <sup>ab</sup>	شاهد (ظرفیت زراعی)	
۳۶/۴۰ <sup>m-o</sup>	۴۹/۴۹ <sup>gh</sup>	۸۴۱/۴۳ <sup>d</sup>	۷۳/۲۱ <sup>gh</sup>	۰/۲۰۷ <sup>i-m</sup>	۰/۸۰۴ <sup>d-i</sup>	۱/۸۱ <sup>a</sup>	۰/۲۲۵ <sup>g</sup>	۱/۵۳ <sup>c-j</sup>	تنش ملایم (۶۵٪ ظرفیت زراعی)	اکبری × اینتگریمما
۸۴/۴۹ <sup>d</sup>	۴۵/۰۳ <sup>i-k</sup>	۶۰۱/۶۹ <sup>f</sup>	۸۶/۱۱ <sup>b-d</sup>	۰/۱۹۴ <sup>k-o</sup>	۰/۷۵۳ <sup>i-l</sup>	۱/۱۲ <sup>pq</sup>	۰/۱۶۲ <sup>no</sup>	۱/۴۶ <sup>j-n</sup>	تنش شدید (۳۰٪ ظرفیت زراعی)	

بر مبنای آزمون LSD، در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

داد و تفاوت معنی‌داری از لحاظ این صفت مشاهده شد. از طرفی در بین پایه‌های پسته احمد آقایی، احمد آقایی × اینتگریمما، سرخه‌حسینی و سرخه‌حسینی × اینتگریمما با افزایش سطح تنش تا سطح ۶۵ درصد ظرفیت زراعی، غلظت پتاسیم برگ نسبت به شاهد کاهش نشان داد اما در سطح تنش شدید، غلظت پتاسیم برگ نسبت به شاهد افزایش یافت، اگرچه این افزایش در پایه‌های احمد آقایی، سرخه‌حسینی و سرخه‌حسینی × اینتگریمما تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت. طبق نتایج در بین پایه‌ها فقط در سه پایه اکبری، اکبری × اینتگریمما و فندقی × اینتگریمما با افزایش سطوح تنش در هر دو تیمار تنش ملایم و شدید کاهش غلظت این عنصر مشاهده شد و تفاوت معنی‌داری در آخرین سطح خشکی نسبت به شاهد از نظر غلظت این عنصر مشاهده شد. بر اساس نتایج بین سطوح تنش بیشترین و کمترین غلظت پتاسیم برگ به ترتیب متعلق به پایه‌های احمد آقایی × اینتگریمما و فندقی در آخرین سطح تنش نسبت به شاهد مشاهده شد. در ارتباط با پتاسیم ریشه (جدول ۴) در تمامی پایه‌ها بیشترین غلظت این صفت در تنش خشکی ۶۵ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد و تفاوت معنی‌داری با دو سطح دیگر نشان داد. اما با افزایش سطوح خشکی غلظت پتاسیم ریشه در تنش شدید کاهش یافت. بر اساس نتایج بین سطوح تنش، بیشترین و کمترین غلظت پتاسیم ریشه به ترتیب متعلق به پایه اکبری × اینتگریمما در تنش

به علت انتشار می‌باشد بنابراین تنش خشکی با اختلال در این مکانیزم باعث کاهش شدید جذب این عنصر می‌شود (Marschner, 1995). بر اساس نتایج پژوهش حاضر، پایه‌های هیبرید از قابلیت جذب و انتقال فسفر بیشتری در شرایط تنش نسبت به شاهد در بین سایر پایه‌ها برخوردار بودند. چرا که بیشترین غلظت فسفر برگ و ریشه در شرایط تنش خشکی متعلق به این پایه‌ها بود. البته با افزایش سطوح تنش در تمامی پایه‌ها غلظت این عنصر نسبت به شاهد کاهش یافت که با نتایج Hassein & Hassein (۲۰۱۱) مطابقت دارد.

در این پژوهش کاهش غلظت فسفر ریشه با افزایش سطوح تنش با نتایج Abbaspour et al. (۲۰۱۲) و حسنی گرده‌کوهی (۱۳۹۱) روی پسته مطابقت دارد.

#### پتاسیم (K)

در ارتباط با عنصر پتاسیم، نتایج تجزیه واریانس پتاسیم برگ و ریشه نشان دهنده تأثیر معنی‌دار نوع پایه و خشکی و اثر متقابل پایه و خشکی در سطح احتمال یک درصد ( $P \leq 0/01$ ) در این صفت دارد (جدول ۲). بر اساس نتایج (جدول ۳) با افزایش سطوح خشکی از سطح شاهد به سطح ۶۵ درصد ظرفیت زراعی، غلظت پتاسیم برگ نسبت به شاهد در دو پایه فندق و گرمه افزایش نشان داد، اگرچه این افزایش تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت ولی در سطح تنش شدید غلظت پتاسیم برگ نسبت به تیمار تنش ملایم و شاهد کاهش نشان

ملایم و فندقی در تنش شدید نسبت به شاهد مشاهده شد.

در بین عناصر غذایی، یکی از مهم‌ترین کاتیون‌های مورد نیاز گیاه پتاسیم می‌باشد که مقاومت به خشکی را در گیاهان از طریق تنظیم روزه‌ها، تنظیم اسمزی و سنتز پروتئین افزایش می‌دهد (Marschner, 2012). نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که با افزایش تنش خشکی غلظت پتاسیم برگ و ریشه در پایه‌های مختلف متفاوت بود. از طرفی پژوهش حاضر با نتایج محمد آبادی (۱۳۸۹) روی پسته مطابقت دارد زیرا با افزایش تنش در برخی پایه‌ها افزایش این عنصر مشاهده شد. طبق نتایج محقق مذکور با کاهش تیمارهای آبیاری افزایش غلظت پتاسیم اندام هوایی مشاهده شد. گزارش‌های زیادی این مسئله را تأکید می‌کند که در هنگام تنش خشکی جذب پتاسیم افزایش می‌یابد. آن‌ها دلیل این موضوع را به مکانیسم جذب فعال این یون نسبت داده‌اند. افزایش غلظت پتاسیم برگ به دلیل تنش خشکی در بادام (موسوی و همکاران، ۱۳۸۸) نیز گزارش شده است. یکی از دلایل احتمالی حفظ غلظت پتاسیم در برگ‌ها سرعت بالای انتقال از ریشه به اندام هوایی می‌باشد. عنصر پتاسیم هم در تنظیم روابط آب در گیاه و هم در تنظیم اسمزی نقش بسزایی دارد. از سوی دیگر، به علت غلظت بالا در سیتوپلاسم باعث خنثی شدن بار آنیون‌های درشت محلول و غیر محلول (نظیر آنیون‌های معدنی و آمینو

اسیدهای آلی) شده و pH سلول را در حدود مطلوب واکنش‌های آنزیمی (۷/۷ تا ۸) ثابت نگه می‌دارد (Ashly et al., 2006). Logan et al. (۱۹۹۷) بر این باورند که در شرایط تنش خشکی، تر و خشک شدن متوالی خاک باعث آزاد سازی پتاسیم از بین لایه‌های رسی شده و همچنین منجر به افزایش غلظت یون پتاسیم در خاک گشته که این پدیده باعث افزایش جذب پتاسیم می‌شود.

#### کلسیم (Ca)

در ارتباط با عنصر کلسیم اثرات اصلی و متقابل عوامل آزمایشی از نظر غلظت کلسیم برگ و ریشه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ( $P \leq 0.01$ ) نشان داد (جدول ۲). بررسی اثر متقابل پایه و خشکی (جدول ۳) نشان داد که با افزایش سطوح خشکی غلظت کلسیم برگ در همه پایه‌های مورد بررسی از یک روند کاهشی برخوردار بود. در گیاهان شاهد غلظت کلسیم برگ بیشترین مقدار بود در حالی که در سطح آخر خشکی کمترین غلظت این عنصر نسبت به شاهد مشاهده شد. بیشترین غلظت این صفت در تیمار شاهد و پایه احمد آقایی × اینتگریمما مشاهده شد و تفاوت معنی‌داری با سایر پایه‌ها نشان داد. طبق نتایج کمترین غلظت کلسیم برگ در پایه هیبرید فندقی × اینتگریمما و تیمار تنش شدید بدست آمد. پایه‌های دانه‌الی سرخه‌حسینی، سرخه‌حسینی × اینتگریمما، احمد آقایی، اکبری × اینتگریمما، گرمه ×

احتمال زیاد تعرق کمتری در زمان تنش خشکی نشان می‌دهند.

#### منیزیم (Mg)

در ارتباط با عنصر منیزیم، طبق نتایج تجزیه واریانس، تمامی اثرهای اصلی و متقابل در مورد غلظت منیزیم برگ و ریشه در سطح احتمال یک درصد ( $P \leq 0.01$ ) معنی‌دار شد (جدول ۲). بررسی اثر متقابل پایه و خشکی (جدول ۳) نشان داد که با افزایش سطوح تنش غلظت جذب منیزیم برگ در تمامی پایه‌های مورد بررسی کاهش یافت. طبق نتایج بیشترین و کمترین غلظت منیزیم برگ، به ترتیب متعلق به تیمار شاهد و تنش شدید بود. اثر متقابل پایه و خشکی نشان داد که بیشترین جذب منیزیم برگ در سطح شاهد و پایه سرخه‌حسینی × اینتگریمما و کمترین آن در پایه فندقی × اینتگریمما و تیمار تنش شدید به دست آمد. همچنین در شرایط تنش شدید پایه سرخه‌حسینی × اینتگریمما بیشترین غلظت منیزیم برگ را بین پایه‌ها نشان داد. غلظت منیزیم ریشه نیز همانند برگ تحت تأثیر تنش خشکی کاهش یافت. در بین سطوح تنش بیشترین و کمترین غلظت منیزیم ریشه به ترتیب متعلق به تیمار شاهد و تنش شدید بود. اثر متقابل پایه و خشکی نشان داد که بیشترین جذب منیزیم ریشه در تیمار شاهد و پایه سرخه‌حسینی × اینتگریمما و کمترین آن در پایه فندقی و تیمار تنش شدید به دست آمد. اگرچه بین پایه فندقی با سایر دانه‌ها به جز دو پایه احمد آقایی

اینتگریمما، اکبری، احمد آقایی × اینتگریمما، فندقی و گرمه در آخرین سطح از تنش از نظر غلظت این عنصر به ترتیب در رده‌های بعدی قرار گرفتند. البته در شرایط تنش شدید، تفاوت معنی‌داری بین پایه‌ها از لحاظ غلظت کلسیم برگ مشاهده نشد. غلظت کلسیم ریشه نیز همانند کلسیم برگ با افزایش سطوح خشکی کاهش یافت و پایه احمد آقایی × اینتگریمما در سطح تنش ملایم و شدید مقدار کلسیم بیشتری در ریشه در مقایسه با سایر پایه‌ها نشان داد (جدول ۴). طبق نتایج کمترین غلظت کلسیم ریشه در پایه فندقی و تیمار تنش شدید بدست آمد. پایه‌های سرخه‌حسینی × اینتگریمما، اکبری × اینتگریمما، احمد آقایی، سرخه‌حسینی، گرمه × اینتگریمما، اکبری، گرمه و فندقی × اینتگریمما در آخرین سطح از تنش از نظر غلظت کلسیم برگ به ترتیب در رده‌های بعدی قرار گرفتند.

در بین عناصر غذایی، عنصر کلسیم نقش مهمی در فعال کردن مکانیسم‌های تنظیمی گیاهان به منظور سازگاری با شرایط خشکی دارد (Xu & Zhang, 2013). Bilger *et al.* (۱۹۸۴) گزارش کردند، کاهش غلظت کلسیم برگ با افزایش سطوح تنش را می‌توان به کاهش تعرق گیاه در اثر تنش خشکی نسبت داد چرا که انتقال کلسیم فقط در آوند چوبی انجام می‌شود، بنابراین با کاهش تعرق در گیاه به دلیل تنش خشکی، غلظت انتقال کلسیم کاهش پیدا می‌کند. بنابراین پایه‌هایی که از غلظت کلسیم برگ کمتری برخوردار هستند به

× اینتگریمما و سرخه‌حسینی × اینتگریمما تفاوت معنی داری از نظر غلظت منیزیم ریشه در آخرین سطح تنش مشاهده نشد. از طرفی پایه‌های هیبرید سرخه‌حسینی × اینتگریمما و احمد آقایی × اینتگریمما به ترتیب بیشترین غلظت منیزیم ریشه را بین پایه‌ها در آخرین سطح تنش نشان دادند (جدول ۴). در ارتباط با عنصر منیزیم، پژوهش حاضر نشان داد که تنش خشکی منجر به کاهش منیزیم برگ و ریشه پایه‌های مورد بررسی گردید. Hu & Schemidhalter (۲۰۰۵) نیز گزارش کردند که با کاهش رطوبت خاک انتقال منیزیم به ریشه‌ها محدود و جذب آن کاهش پیدا می‌کند. در این ارتباط مالکی کوهبانی و کریمی (۱۳۹۲) نیز ضمن بررسی سطوح خشکی با سه دور آبیاری (۳، ۶ و ۹ روز) روی پسته گزارش کردند که با افزایش سطوح تنش جذب منیزیم کاهش می‌یابد که با نتایج ما در این پژوهش مطابقت دارد.

#### روی (Zn)

در ارتباط با عنصر روی، بین پایه‌ها، سطوح خشکی و اثرات متقابل آنها از نظر غلظت روی برگ و ریشه تفاوت معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) مشاهده شد (جدول ۲). بررسی اثر متقابل پایه و خشکی نشان داد که با افزایش سطوح خشکی، غلظت روی برگ در تمامی پایه‌ها کاهش یافت. بیشترین و کمترین غلظت روی برگ نیز به ترتیب متعلق به تیمار شاهد و تیمار تنش شدید بود. اثر متقابل پایه و خشکی نشان داد که در بین

پایه‌ها بیشترین جذب منیزیم برگ در سطح شاهد متعلق به پایه گرمه × اینتگریمما و کمترین آن متعلق به پایه احمد آقایی و تیمار تنش شدید بود (جدول ۳). در ارتباط با غلظت روی ریشه با افزایش سطوح تنش، روند متفاوتی در بین پایه‌ها مشاهده شد. پایه سرخه‌حسینی × اینتگریمما با میانگین (۹۲/۴۶ ppm) و پایه فندق‌قی با میانگین (۴۵/۵۴ ppm) به ترتیب بیشترین و کمترین غلظت روی ریشه را در دومین سطح از تنش در بین پایه‌ها نشان دادند. از طرفی در بین پایه‌های فندق‌قی، فندق‌قی × اینتگریمما، سرخه‌حسینی، گرمه، اکبری و اکبری × اینتگریمما در تنش شدید نسبت به تنش ملایم غلظت این عنصر افزایش یافت، اگرچه غلظت آن نسبت به شاهد کمتر بود و تفاوت معنی‌داری با شاهد داشت. از طرفی پایه‌های احمد آقایی، احمد آقایی × اینتگریمما و گرمه × اینتگریمما در سطوح تنش ملایم و شدید نسبت به شاهد در ارتباط با جذب روی کاهش نشان دادند (جدول ۴). تنش خشکی اثرات متفاوتی بر روی غلظت عنصر روی (Zn) برگ و ریشه باقی گذاشت. اگرچه جذب عنصر روی در گیاه با استفاده از فرآیند جذب فعال می‌باشد اما بر اثر تنش خشکی، عنصر روی به دلیل درگیری بین طبقات خاک، عملاً از دسترس گیاه خارج شده و غلظت آن به شدت کاهش پیدا می‌کند (Marschner, 1995). در واقع کاهش غلظت جذب این عنصر منجر به کاهش غلظت اکسین شده و از انتقال ایندول استیک اسید (IAA) جلوگیری می‌شود



(حیدری شریف آباد، ۱۳۷۹) و باعث تأثیرات منفی در غلظت رشد و محتوای نسبی آب برگ می‌شود. از طرفی علاوه بر نقش کاتالیزوری روی و نقش مهم آن در ساختمان بسیاری از آنزیم‌های گیاهی و همچنین ایفای نقش در ساخت و تخریب پروتئین، نقش بسیار مهمی در ساختمان غشای سلولی دارد (Brown et al., 1993)، به طوری که Hajiboland & Amirzad (۲۰۱۰) نیز در پژوهشی گزارش کردند که تنش خشکی و کمبود روی هر دو منجر به کاهش هدایت روزنه‌ای برگ می‌شوند که این امر به دلیل نقش روی در تکامل غشای سلولی سلول‌های روزنه و کنترل ورود و خروج پتاسیم می‌باشد.

آهن (Fe)

در ارتباط با عنصر آهن، بین سطوح تنش، پایه‌ها و اثرات متقابل آنها از نظر غلظت جذب آهن برگ و ریشه تفاوت معنی‌داری ( $P \leq 0/01$ ) مشاهده شد (جدول ۲). طبق نتایج در بین ده پایه، پایه سرخه حسینی × اینتگریمما با میانگین (۶۵/۱۱ ppm) در سطح ۶۵ درصد ظرفیت زراعی و پایه فندق‌ی با میانگین (۱۹/۱۶) در سطح شاهد به ترتیب بیشترین و کمترین غلظت این عنصر را نشان دادند. نتایج نشان داد که غلظت آهن برگ با افزایش سطوح تنش در بین پایه‌های پسته احمد آقایی × اینتگریمما، فندق‌ی، سرخه حسینی، اکبری و اکبری × اینتگریمما روند افزایشی داشت به طوری که بیشترین غلظت این عنصر در آخرین سطح از تنش مشاهده شد. بیشترین غلظت آهن برگ نیز در این

سطح از تنش متعلق به پایه اکبری × اینتگریمما و کمترین آن متعلق به پایه فندق‌ی بود. از طرفی پایه‌های احمد آقایی و سرخه حسینی × اینتگریمما با افزایش تنش تا سطح ۶۵ درصد ظرفیت زراعی از نظر غلظت این عنصر نسبت به شاهد افزایش نشان دادند، اگرچه با ادامه تنش تا سطح ۳۰ درصد ظرفیت زراعی از غلظت جذب این عنصر در هر دو پایه نسبت به شاهد کاسته شد و تفاوت معنی‌داری با سایر سطوح مشاهده شد. همچنین در بین پایه‌ها در هر دو سطح تنش، فقط سه پایه گرمه، گرمه × اینتگریمما و فندق‌ی × اینتگریمما نسبت به شاهد از نظر جذب آهن برگ کاهش نشان دادند در حالی که در سایر پایه‌ها نتایج متفاوتی مشاهده شد (جدول ۳). در ارتباط با غلظت آهن ریشه (جدول ۴) در تمامی پایه‌ها با افزایش سطوح تنش غلظت این عنصر کاهش یافت به طوری که بیشترین غلظت این عنصر در سطح شاهد مشاهده شد و تفاوت معنی‌داری با دو سطح دیگر داشت. پایه فندق‌ی اگرچه مقدار آهن بالاتری در ریشه در شرایط شاهد در بین پایه‌ها نشان داد اما این پایه به غلظت زیادی تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و از نظر این عنصر کاهش بیشتری در آخرین سطح تنش نسبت به شاهد در بین پایه‌ها نشان داد. بین پایه‌ها در تنش شدید نیز بیشترین آهن ریشه متعلق به پایه سرخه حسینی × اینتگریمما (۶۵۱/۴۰ ppm) بود و پس از آن متعلق به پایه‌های احمد آقایی × اینتگریمما (۶۰۳/۲۲)، اکبری × اینتگریمما (۶۰۱/۶۹)، سرخه

بین پایه‌ها بیشترین غلظت منگنز برگ در تمامی سطوح تنش متعلق به پایه احمد آقایی × اینتگریمما بود. بنابراین پایه‌های احمد آقایی × اینتگریمما و فندقی در شرایط تنش شدید به ترتیب با میانگین ۱۸/۱۳ ppm و ۷/۲۸ بیشترین و کمترین غلظت منگنز برگ را بین پایه‌ها نشان دادند. در ضمن پایه‌های سرخه‌حسینی × اینتگریمما، اکبری × اینتگریمما، گرمه × اینتگریمما، حسینی، گرمه، احمد آقایی، اکبری و فندقی × اینتگریمما در این سطح از تنش در رده‌های بعدی قرار گرفتند. در ارتباط با غلظت منگنز ریشه (جدول ۴) با افزایش سطوح تنش، غلظت این عنصر در بین پایه‌های احمد آقایی، احمد آقایی × اینتگریمما، فندقی، فندقی × اینتگریمما، گرمه و اکبری × اینتگریمما کاهش یافت به طوری که بیشترین غلظت این عنصر در سطح شاهد مشاهده شد. از طرفی در بین پایه‌های سرخه‌حسینی، سرخه‌حسینی × اینتگریمما، گرمه × اینتگریمما و اکبری غلظت منگنز ریشه در شرایط تنش شدید نسبت به تنش ملائم افزایش یافت، اگرچه غلظت این عنصر در این سطح از تنش نسبت به شاهد کمتر بود. در بین دانه‌ها، پایه‌های سرخه‌حسینی × اینتگریمما و فندقی در شرایط تنش شدید با میانگین ۴۸/۳۷ ppm و ۳۱/۲۲ به ترتیب بیشترین و کمترین غلظت منگنز ریشه را نشان دادند. در ضمن پایه‌های پسته اکبری × اینتگریمما، سرخه‌حسینی، احمد آقایی، گرمه × اینتگریمما، اکبری، گرمه × اینتگریمما، اکبری، گرمه و فندقی × اینتگریمما در این

حسینی (۵۹۱/۱۱)، احمد آقایی (۵۳۲/۵۴)، گرمه × اینتگریمما (۵۱۲/۴۴)، اکبری (۴۲۵/۷۴)، گرمه (۳۹۱/۰۸) و فندقی × اینتگریمما (۳۴۵/۴۲) بود. طبق نتایج پژوهش حاضر میانگین غلظت آهن ریشه چندین برابر این مقدار در برگ بود که این امر نشان دهنده آن است که ریشه محل اصلی تجمع آهن در گیاه پسته است (Havlin *et al.*, 1999). بر اساس نتایج تنش خشکی باعث افزایش غلظت آهن برگ و ریشه در برخی پایه‌ها گردید به طوری که غلظت آهن در تنش خشکی شدید نسبت به تنش ملائم بیشتر بود. از طرفی غلظت این عنصر با افزایش سطوح تنش در برخی پایه‌ها از روند کاهشی نیز برخوردار بود. طبق گزارش Havlin *et al.* (۱۹۹۹) رطوبت پایین آب خاک سبب کاهش جذب آهن توسط ریشه گیاه می‌شود. افزایش و تجمع غلظت آهن اندام هوایی با افزایش تنش خشکی می‌تواند به کاهش رشد اندام هوایی در اثر تنش نسبت داده شود.

#### منگنز (Mn)

در ارتباط با عنصر منگنز، اثرات اصلی و متقابل عوامل آزمایشی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ( $P \leq 0.01$ ) در برگ و ریشه نشان داد (جدول ۲). بررسی اثر متقابل پایه و خشکی (جدول ۳) نشان داد که تنش خشکی شدید فقط در پایه‌های احمد آقایی، احمد آقایی × اینتگریمما، سرخه‌حسینی، سرخه حسینی × اینتگریمما، گرمه، گرمه × اینتگریمما و اکبری × اینتگریمما منجر به افزایش غلظت منگنز برگ شد. در

سطح از تنش در رده‌های بعدی قرار گرفتند. در ارتباط با عنصر منگنز، افزایش غلظت منگنز برگ با افزایش تنش خشکی در اکثر پایه‌ها احتمال دارد به علت کاهش بیومس در اثر تنش خشکی باشد که باعث شده غلظت این عنصر در واحد وزن خشک افزایش نشان دهد. همچنین بر اساس گزارشات تفاوت جذب عناصر بین پایه‌های مختلف می‌تواند به دلیل تفاوت در روابط آبی آن‌ها مانند تفاوت در غلظت تعرق باشد (Sinclair, 1984). بر اساس نتایج پژوهش حاضر در نهایت بین پایه‌ها، پایه‌های پر رشد هیبرید سرخه‌حسینی × اینتگریم، احمد آقایی × اینتگریم و اکبری × اینتگریم از کارایی بالاتری برای جذب عناصر برگ و ریشه در شرایط تنش برخوردار بودند که می‌تواند به سیستم فتوسنتزی یا تنظیم اسمزی بهتر این پایه‌ها نسبت داده شود چرا که در بین پایه‌ها کمبود عناصر در شرایط تنش چندان مشهود نبود. در ارتباط با این موضوع Strivastav *et al.* (۱۹۹۴) در پژوهشی روی مرکبات گزارش کرد که پایه‌های پر رشد از ظرفیت تبادل کاتیونی بالاتری برخوردار هستند و در نتیجه مقدار زیادی از کاتیون‌ها و آنیون‌ها را در ریشه و اندام هوایی خود ذخیره کرده که باعث غلظت رشد بیشتر خواهد شد.

#### مس (Cu)

در ارتباط با عنصر مس، طبق نتایج تجزیه واریانس، تمامی اثرهای اصلی و متقابل در مورد غلظت

مس برگ و ریشه در سطح احتمال یک درصد ( $P \leq 0.01$ ) معنی‌دار شد (جدول ۲). بررسی اثر متقابل پایه و خشکی (جدول ۳) نشان داد که با افزایش سطوح تنش غلظت مس برگ در همه پایه‌های مورد بررسی از یک روند کاهشی برخوردار بود. بیشترین و کمترین غلظت مس برگ، به ترتیب متعلق به تیمار شاهد و تنش شدید بود. اثر متقابل پایه و خشکی نشان داد که بیشترین میزان این عنصر در سطح شاهد و پایه سرخه حسینی × اینتگریم و کمترین آن در پایه فندق و تیمار تنش شدید به دست آمد و تفاوت معنی‌داری با سایر پایه‌ها نشان داد. طبق نتایج پایه سرخه‌حسینی × اینتگریم در شرایط تنش شدید بیشترین غلظت مس برگ را بین پایه‌ها نشان داد. در ضمن پایه‌های دانه‌الی سرخه‌حسینی، اکبری × اینتگریم، احمد آقایی، احمد آقایی × اینتگریم، گرمه × اینتگریم، فندق × اینتگریم، گرمه و اکبری در رده‌های بعدی قرار گرفتند. بر اساس نتایج مربوط به ریشه (جدول ۴) اثر تنش خشکی بر غلظت مس ریشه متفاوت از اثر آن بر غلظت مس برگ بود به طوری که تنش خشکی سبب افزایش غلظت مس ریشه در پایه‌های احمد آقایی × اینتگریم، سرخه‌حسینی، سرخه‌حسینی × اینتگریم و اکبری × اینتگریم در آخرین سطح تنش نسبت به شاهد شد. از طرفی در پایه‌های دانه‌الی احمد آقایی و گرمه × اینتگریم در تیمار تنش ملایم غلظت مس ریشه کاهش یافت و با افزایش تنش در سطح شدید نسبت به شاهد

گیاه می‌باشند. اختلال و کمبود در جذب عناصر در این شرایط ممکن است غلظت عملکرد و کیفیت این محصول مهم و استراتژیک را متأثر سازد. توانایی بیشتر در جذب مواد غذایی در شرایط تنش‌زا مانند خشکی می‌تواند امتیازی برای درختان پسته در اقلیم‌ها و شرایط خاکی خشک به حساب آید. تنش خشکی باعث اختلال در انتقال، انتشار و قابلیت دسترسی عناصر در گیاه می‌گردد. به طور کلی با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان گفت که غلظت عناصر در برگ و ریشه درخت پسته بستگی به رقم دارد و تحت شرایط تنش خشکی نیز تغییراتی در غلظت عناصر کم مصرف و پرمصرف رخ می‌دهد. در این پژوهش جذب اغلب عناصر در برگ و ریشه در اثر تنش خشکی کاهش یافت اما به نظر نمی‌رسد تنش خشکی اختلال چندانی در کارایی جذب عناصر در پایه‌های پسته مورد مطالعه ایجاد کند؛ چرا که کمبود عناصر در این پایه‌ها در طی ۸۴ روز اعمال تنش چندان مشهود نبود. از طرفی کاهش مقادیر عناصر در اندام‌های گیاهی در شرایط خشکی احتمال دارد در ارتباط با پیری زودرس و زوال برگ‌ها و سایر اندام‌های گیاهی در شرایط تنش باشد. لازم به ذکر است پویایی جذب عناصر غذایی توسط بافت‌های گیاهی وابستگی زیادی به شدت و مدت تنش خشکی و مرحله رشد گیاه دارد و به طور کلی تنش خشکی، منجر به کاهش سرعت جذب و انتقال عناصر

افزایش این عنصر مشاهده شد. پایه‌های فندق، فندق  $\times$  اینتگریم، گرمه و اکبری با افزایش سطوح خشکی از نظر غلظت مس ریشه کاهش نشان دادند به طوری که کمترین غلظت این عنصر در آخرین سطح تنش نسبت به شاهد مشاهده شد. بر اساس نتایج در شرایط تنش شدید پایه سرخه‌حسینی  $\times$  اینتگریم بیشترین و پایه فندق کمترین غلظت مس ریشه را نشان دادند. در ضمن پایه‌های پسته احمد آقایی  $\times$  اینتگریم، اکبری  $\times$  اینتگریم، سرخه‌حسینی، احمد آقایی، گرمه  $\times$  اینتگریم، گرمه، اکبری و فندق  $\times$  اینتگریم در رده‌های بعدی از لحاظ این صفت قرار گرفتند. طبق نتایج رحیمی زاده و همکاران (۱۳۸۹) پایه‌هایی که در شرایط تنش از تجمع بیشتر غلظت عنصر مس در برگ برخوردار هستند احتمال دارد به دلیل فعالیت بیشتر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شرایط تنش باشد. چرا که ثابت شده یون‌های فلزی مانند مس به عنوان کوفاکتور بسیاری از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌باشند و چندین وظیفه مهم سلولی مانند تظاهر ژن و متابولیسم پروتئین دارند و همچنین سلامت غشاء و یکپارچگی را بر عهده دارند.

### نتیجه‌گیری کلی

عوامل متعددی مانند شرایط اقلیمی، نوع پایه، غلظت رطوبت خاک، کل عناصر، مواد آلی خاک، pH خاک و غیره در ارتباط با قابلیت جذب عناصر توسط

- غذایی به سمت اندام‌های هوایی گیاهان می‌گردد (Ji *et al.*, 2012).
- به طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که، نوع پایه و تنش روی جذب عناصر غذایی و غلظت آن‌ها در برگ و ریشه تأثیر می‌گذارد. طبق نتایج با افزایش سطوح خشکی عکس‌العمل‌های متفاوتی بین پایه‌ها در ارتباط با کارایی جذب عناصر معدنی مشاهده گردید. پایه‌های هیبرید سرخه‌حسینی × اینتگنیم، احمد آقایی × اینتگنیم و اکبری × اینتگنیم نسبت به سایر پایه‌ها در جذب عناصر غذایی قدرتمندتر تشخیص داده شدند که این امر موجب افزایش تحمل به خشکی در این پایه‌ها گردید. از طرفی پایه فندقی به دلیل جذب کمتر عناصر غذایی در شرایط تنش، حساس‌ترین پایه به تنش خشکی تشخیص داده شد. به عنوان یک نتیجه‌گیری کلی، به نظر می‌رسد بتوان از پایه‌های هیبرید سرخه‌حسینی × اینتگنیم، احمد آقایی × اینتگنیم و اکبری × اینتگنیم به عنوان پایه‌های حاوی ژن‌های متحمل به خشکی برای اصلاح ارقام با پتانسیل عملکرد زیاد در مناطق خشک استفاده کرد. البته لازم است در آینده پیوند ارقام مختلف روی این پایه‌ها انجام و مقاومت پایه‌های پیوندی و رفتار پیوندک نسبت به سطوح مختلف خشکی مورد ارزیابی قرار گیرد.
- ۱- بابالار، م، و پیر مرادیان، م. (۱۳۸۷). تغذیه درختان میوه. مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. ۳۱۶ ص.
- ۲- حسنی گرده کوهی، مر. (۱۳۹۱). بررسی اثرات تلفیقی قارچ میکوریز آربوسکولار (*Glomus mosseae*) و اسید سالیسیلیک بر مقاومت به خشکی دانهال پسته رقم ابارقی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه ولی عصر (عج)، رفسنجان.
- ۳- حیدری شریف آباد، ح. (۱۳۷۹). روش‌های کاهش خسارت خشکی و خشکسالی. انتشارات معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی. چاپ اول. ۱۸۱-۱۶۹.
- ۴- رحیمی زاده، م، کاشانی، ع، زارع فیض‌آبادی، ا، مدنی، ح، و سلطانی، ا. (۱۳۸۹). تأثیر کودهای ریز مغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتاب گردان تحت شرایط تنش خشکی. *مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی*، ۱۳ (۱): ۷۲-۵۷.
- ۵- مالکی کوهبانی، ا، و کریمی، ح. (۱۳۹۲). ارزیابی پایه‌های پسته و دورگه بین گونه ای آتلانتیکا × اهلی (*Pistacia vera* × *Pistacia atlantica*) به تنش خشکی. *مجله علوم باغبانی ایران*، ۴۴ (۱): ۸۱-۹۳.
- ۶- محمد آبادی، ا. (۱۳۸۹). تأثیر کاربرد نیتروژن بر مقاومت نسبی دانهال‌های پسته به تنش خشکی.

## منابع

- 13- Bilger, HW, Schreiber, U, & Lange, OL. (1984). Determination of leaf heat-resistance-comparative investigation of chlorophyll fluorescence changes and tissue necrosis methods. *Journal of Oecologia*, 63, 256-262.
- 14- Brown, PHI, Cakmak, I, & Zhang, Q. (1993). Form and function of Zinc in plants. In: Robson, A.D., (ed.). Zinc in Soils and Plants. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherland: 93-106.
- 15- Ferguson, L. (1995). Pistachio production. Center of Fruit and Nut Crop Research and Information. University of California at Davis. Department of Pomology, 2037 Wickson Hall. Davis, CA95616 USA. pp: 160.
- 16- Gorai, M, Laajili, W, Santiago, LS, & Neffati, M. (2015). Rapid recovery of Photosynthesis and water relations following soil drying and re-watering is related to the adaptation of desert shrub *Ephedra alata* subsp. *alenda* (Ephedraceae) to arid environments. *Journal of Environmental and Experimental Botany*, 109, 113-121.
- 17- Hajiboland, R, & Amirzad, H. (2010). Drought tolerance in Zn-deficient red cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*) plants. *Journal of Horticultural Science*, 37, 88-98.
- 18- Hasein, MM, & Camilia, Y. (2011). Mineral Constituents of Fenugreek Varieties Grown Under Water Stress Condition. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5, 2904-2909.
- 19- Havlin, JL, Beaton, JD, Tisdale, SL, & Nelson WL. (1999). Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient
- پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه ولی عصر ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان.
- ۷- ملکوتی، م، ج، و طباطبائی، س.ج. (۱۳۷۹). تغذیه صحیح درختان میوه برای نیل به افزایش عملکرد و بهبود کیفی محصولات باغی در خاک‌های آهکی ایران. انتشارات آموزش کشاورزی وابسته به دفتر خدمات تکنولوژی آموزشی وزارت جهاد کشاورزی.
- ۸- موسوی، س، ا، تاتاری، م، محنت‌کش، ع، م، و حقیقی، ب. (۱۳۸۸). پاسخ رشد رویشی دانه‌های جوان پنج رقم بادام به تنش کم‌آبی. *مجله به نژادی نهال و بذر*، ۱ (۴): ۵۶۷-۵۵۱.
- 9- Abbaspour, H, Saeidi-Sar, S, Afshari, H, & Abdol-Wahhab, M. (2012). Tolerance of mycorrhiza infected pistachio (*Pistacia vera* L.) seedling to drought stress under glasshouse conditions. *Journal of plant physiology*, 169, 704-709.
- 10- Araus, JL, Casadesus, J, Bort, J, Nachit, MM, Villegas, D, Aparicio, N, & Royo, C. (2015). Some remarks on ecophysiological traits for breeding. *CIHEAM-Options Mediterraneanes*, 40, 57-62.
- 11- Ashly, MK, Grant, M, & Grabov, A. (2006). "Plant responses to potassium deficiencies: a role for potassium transport proteins". *Journal of Experimental Botany*, 57, 425-436.
- 12- Babaeian, M. (2008). Effects of application of micro nutrient solution on quantitative and qualitative indicators of sunflower in three stages of drought. Master's thesis, Department of Agriculture, University of Zabol.

- D. D. H. Barter and K. Anderson. Agricultural and Advisor.
- 28- Shibairo, SI, Upadhyaya, MK, & Toivonen, PMA. (1998). Influence of preharvest water stress on postharvest moisture loss of carrot (*Daucus carota* L.). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 73, 347- 352.
- 29- Sinclair, WB. (1984). The biochemistry and physiology of the lemon and other citrus fruits. University of California, *Division of Agriculture and Natural Resources*.
- 30- Strivastav, AK, Kohli, R, & Ram, R. (1994). Cation exchange capacity of root asmarker for vigor of citrus rootstock. *Indian of Agricultural Sciences*, 17, 324-326.
- 31- Taiz, L, & Zeiger, E. (1988). *Journal of Plant physiology*. Sinaye Associates Inc. Publisher, Sonderland Massachusetts. 757 p.
- 32- Uriu, K, & Pearson, J. (1983). Diagnosis and correction of nutritional problems, including the crinkle leaf disorder. California Pistachio Industry, Annual Report.
- 33- Wu, FZ, Bao, WK, Zhou, ZQ, & Wu, N. (2009). Carbon accumulation, nitrogen and phosphorus use efficiency of *Sophora davidii* seedlings in response to nitrogen supply and water stress. *Journal of arid environments*, 73, 1067-1073.
- 34- Xu, C, Li, X, & Zhang, L. (2013). The effect of calcium chloride on growth, photosynthesis, and antioxidant responses of *Zoysia japonica* under drought conditions. *Plos One*, 8, e68214.
- 35- Zlatev, Z, & Lidon, FC. (2012). An overview on drought induced changes in plant growth, water relations and photosynthesis. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 24, 57-72.
- management. Prentice-Hall, Inc., London, pp. 406-425.
- 20- Hu, Y, & Schemidhalter, U. (2005). Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168, 541-549.
- 21- Ji, K, Wang, Y, Sun, W, Lou, Q, Mei, H, Shen, H, & Chen, H. (2012). Drought responsive mechanisms in rice genotypes with contrasting drought tolerance during reproductive stage. *Journal of Plant Physiology*, 169, 336-344.
- 22- Khalid, KA. (2006). Influence of water stress on growth, essential oil, and chemical composition of herbs (*Ocimum* sp.). *International Agrophysics*, 20, 289-296.
- 23- Logan, TJ, Goins, LE, & Lindsay, B.J. (1997). Field assessment of trace element uptake by six vegetables from N-viro soil. *Journal of Water Environ, research*, 69, 28-33.
- 24- Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. 2nd Edition. Academic Press, San Diego. 889 pp.
- 25- Marschner, P. (2012). Marschner's mineral nutrition mineral nutrition of higher plants. London: Academic.
- 26- Mehdi-Tounsi, H, Chelli-Chaabouni, A, Mahjoub-Boujnah, D, & Boukhris, M. (2017). Long term field response of pistachio to irrigation water salinity. *Journal of agricultural water management*, 185, 1-12.
- 27- Olsen, SR, Cole, CV, Watanabe, FS, & Dean, LA. (1954). Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. U.S. Department of Agriculture Circular No. 939. Banderis, A.

## Investigating the Effect of Different Drought Levels on the Concentration of Low-Consumption and High-Consumption Mineral Elements of Pistachio Rootstocks and Interstitial Hybrids of Pistachio (*Pistacia vera* L.)

### Abstract

Drought stress is one of the most important factors limiting pistachio growth and yield in Iran. In this study, in order to investigate the effect of drought stress on the concentration of low-consumption and high-consumption mineral elements of rootstocks and hybrids between species of the genus pistachios, the experiment was conducted as factorial based on a Completely Randomized Design with four replications in the research greenhouse of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources during 2018-2019. The treatments were consisted of ten pistachio rootstocks Ahmad Aghaei, Akbari, Sorkheh Hosseini, Garmeh, Fandoghi and interspecific hybrids (Ahmad Aghaei  $\times$  Integerrima, Akbari  $\times$  Integerrima, Sorkheh Hosseini  $\times$  Integerrima, Garmeh  $\times$  Integerrima and Fandoghi  $\times$  Integerrima) and three levels of drought including control (field capacity), mild stress (65% of field capacity) and Severe stress (30% of field capacity) were applied on 3 months old the seedlings for 84 days. At the end of the experiment, the amount of nutrients in the leaves

and roots of the plants were examined. The results showed that drought stress had significant effects on the mineral status of the leaves and roots of the studied rootstocks. According to the results, different physiological responses were observed between the seedlings in their response to water stress. With increasing stress levels, fandoghi rootstock the lowest and the hybrid rootstocks of Sorkheh Hosseini  $\times$  Integerrima, Ahmad Aghaei  $\times$  Integerrima and Akbari  $\times$  Integerrima showed the greatest increase in the absorption of N, P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn and Cu between the rootstocks. The rootstocks of Ahmad Aghaei, Sorkheh Hosseini, Garmeh  $\times$  Integerrima, Akbari, Garmeh and Fandoghi  $\times$  Integerrima were ranked next in most traits in terms of drought tolerance, respectively. Based on the results of the present study it seems possible from the rootstocks of Sorkhe Hosseini  $\times$  Integerrima, Ahmad Aghaei  $\times$  Integerrima and Akbari  $\times$  Integerrima was used as a rootstocks for dry-tolerant genes to modify cultivars with high yield potential in arid regions.

**Keywords:** Absorption of Elements, Controlled Crosses, Drought Tolerance, Integerrima