تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی)، جلد ۳۸ شماره ۱، بهار ۹۴

بررسی اثرات میکوریز آربسکولار و اسید سالیسیلیک بر میزان عناصر غذایی دانهال‌های پسته اهلی رقم ابارقی (*Pistacia vera* cv. Abareqi) در شرایط تنش خشکی

محمدحسین شمشیری[1]*، محمدرضا حسنی[2]، حمیدرضا کریمی[3] و مجید اسماعیل زاده[4]

۱*- **نویسنده مسوول:** استادیار گروه باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولیعصر رفسنجان (shamshiri88@gmail.com)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولیعصر رفسنجان

۳و۴- استادیاران گروه باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولیعصر رفسنجان

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۶ تاریخ پذیرش: ۹۲/۸/۱۵

چکیده

به منظور بررسی اثرات تلفیقی قارچ میکوریز- آربسکولار و اسید سالیسیلیک بر میزان جذب و انتقال عناصر غذایی دانهال‌های پسته رقم ابارقی در شرائط تنش خشکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملا تصادفی اجرا گردید که دارای سه فاکتور میکوریز در دو سطح (با و بدون میکوریز)، اسید سالیسیلیک در سه سطح (۰، ۰/۵ و ۱ میلی مولار) و تنش خشکی در چهار سطح (دور آبیاری یک روز، سه روز، شش روز و ده روز در میان) بود. نتایج نشان داد که تنش خشکی میزان پتاسیم کل و اندام هوایی، آهن، روی و مس کل و اندام هوایی و منگنز اندام هوایی را افزایش معنی‌داری داد ولی پتاسیم و منگنز ریشه و فسفر اندام هوایی را کاهش داد. کاربرد میکوریز میزان پتاسیم کل و اندام هوایی، فسفر، آهن، روی و مس کل و اندام هوایی را افزایش ولی آهن ریشه و منگنز اندام هوایی و ریشه را کاهش داد. کاربرد اسید سالیسیلیک پتاسیم کل و اندام هوایی را افزایش ولی پتاسیم، مس و منگنز ریشه، آهن و روی کل و ریشه را کاهش داد. همزیستی میکوریزی بیشترین نقش را در جذب و انتقال عناصر به ویژه فسفر و پتاسیم ایفا نمود در حالی که کاربرد اسید سالیسیلیک به تنهایی تاثیر چندانی بر جذب و انتقال عناصر نداشت. کاربرد اسید سالیسیلیک یک میلی مولار به همراه میکوریز بالاترین میزان پتاسیم اندام هوایی را نشان داد. با توجه به نقش پتاسیم و فسفر در ایجاد مقاومت به تنش خشکی می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که کاربرد میکوریز به تنهایی و تا حدی در تلفیق با اسید سالیسیلیک توانست در ایجاد مقاومت دانهال‌های پسته رقم ابارقی نسبت به خشکی، نقش مثبتی ایفا نماید.

کلید واژه‌ها: اسید سالیسیلیک، پسته، تنش خشکی، عناصر غذایی، میکوریز آربسکولار

مقدمه

گیاه پسته (*Pistacia vera* L.) از خانواده آناکاردیاسه، شامل ۱۳ گونه می‌باشد که تنها گونه ورا[1]، دارای خشک میوه خندان بوده واز نظر باغبانی دارای اهمیت تجاری است (کفکاس و همکاران[2]، ۲۰۰۱). شهرستان رفسنجان در جنوب شرقی ایران با ارتفاع ۱۵۱۰ متر از سطح دریا و آب و هوای گرم و خشک با سطح زیر کشتی بالغ بر ۱۱۰ هزار هکتار عمده ترین مرکز تولید این محصول در جهان، ایران و استان کرمان محسوب می‌شود به طوری‌که سهم این شهرستان از سطح زیرکشت بارور این محصول در جهان، ایران و استان کرمان به ترتیب ۲۴و ۳۴ و ۶۰ درصد می باشد (میرزایی خلیل آبادی و چیذری، ۱۳۸۳). یکی از مشکلات اصلی باغات پسته در منطقه رفسنجان در حال حاضر کاهش شدید منابع آبی ناشی از خشکسالی سالیان اخیر می باشد.

1- *vera*
2- Kafkas *et al.*

تنش خشکی یکی از عوامل محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان است. گیاهان بوسیله افزایش رشد ریشه برای جذب آب، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت برای حذف رادیکال‌های آزاد یا تجمع تنظیم‌کننده‌های اسمزی به خشکی پاسخ می‌دهند (برای و همکاران[1]، ۱۹۹۷). از اثرات تنش خشکی کاهش رشد اندام هوایی است که بدلیل کاهش تقسیم سلولی در مناطق مریستمی گیاه اتفاق می افتد ولی ممکن است رشد ریشه در تنش خشکی افزایش یابد که موجب افزایش توانایی ریشه در جذب آب از اعماق خاک می‌گردد (چاپلر و همکاران[2]، ۱۹۹۸)

ریشه بسیاری از گیاهان با گروهی از قارچ های خاکزی به نام قارچ‌های میکوریز آربسکولار ارتباط همزیستی برقرار می نمایند که این همزیستی تا حدودی سبب کاهش برخی اثرات تنش خشکی می‌شود (جهرمی و همکاران[3]، ۲۰۰۸). قارچ‌های میکوریز می‌توانند اثرات نامطلوب تنش خشکی را در گیاهان تعدیل نمایند (ایوگ[4]، ۲۰۰۱). این رابطه همزیستی به لحاظ بهبود توانایی گیاه در جذب آب و عناصر غذایی (اصغری و همکاران[5]، ۲۰۰۵) و حفظ فعالیت آنزیم‌ها (ربیعی[6]، ۲۰۰۵) آسیب‌های ناشی از تنش‌ها را کاهش داده و باعث افزایش تحمل گیاه در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی می‌شود. به عنوان نمونه، بهبود عملکرد در گیاهان گندم میکوریزی در شرایط تنش خشکی به غلظت بیشتر عناصر غذایی غیر متحرک مانند فسفر، روی و مس نسبت داده شده است (الکراکی و همکاران[7]، ۲۰۰۳). تنش خشکی همچنین میزان فسفر گیاهان همیشه بهار[8] میکوریزی و غیر میکوریزی را در مقایسه با گیاهان خوب آبیاری شده کاهش معنی‌داری داد اگرچه مقدار کاهش در گیاهان غیر میکوریزی بیشتر بود (واسه و همکاران[9]، ۲۰۱۱). تا کنون پژوهش های کمی در مورد تاثیر همزیستی میکوریزی بر رشد پسته انجام شده است. طی بررسی‌های انجام شده همزیستی قارچ‌های میکوریز با پایه‌های مختلف پسته اهلی، وحشی سرخس، بنه کوهی و کسور به اثبات رسیده است و در این همزیستی گونه‌های مختلف جنس گلوموس نسبت به دیگر جنس‌های میکوریز پراکندگی و وفور بیشتری را دارا بودند (صالحی، ۱۳۸۵). در یک مطالعه، جمعیت اسپورهای قارچ میکوریز در ریزوسفر خاک درختان پسته و درصد آلودگی در سال‌های ۱۹۹۸-۱۹۹۵ در باغ‌های پسته رفسنجان، زرند، سیرجان و شهربابک در استان کرمان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دهنده این بود که قارچ میکوریز با ریشه‌های پسته رابطه همزیستی دارد. جمعیت اسپور قارچ مشخص شده در این مناطق با دور آبیاری کوتاه‌تر، شوری پایین، و شرایط آب و هوایی معتدل بالا بود. تجزیه شیمیایی نمونه‌های خاک نشان داد که غلظت زیاد فسفر، رابطه منفی با جمعیت قارچ میکوریز دارد (صالحی و همکاران[10]، ۲۰۰۶). در آزمایشی میزان عناصر فسفر، روی، مس و پتاسیم در اندام هوایی دانهال‌های پسته رقم کله قوچی تیمار شده با میکوریز بیشتر از غیر میکوریز بود ولی همزیستی میکوریز بر میزان منیزیم گیاه اثری نداشت (عباسپور و همکاران[11]، ۲۰۱۲). در آزمایشی که اثر همزیستی میکوریزی بر میزان عناصر غذایی دانهال‌های پسته تحت تاثیر تنش خشکی انجام شد، نتایج نشان داد تنش خشکی میزان فسفر و پتاسیم کل گیاه را کاهش و میزان آهن، روی و مس را افزایش داد. همچنین تیمار میکوریز غلظت فسفر،

1- Bray *et al.*
2- Schuppler *et al.*
3- Jahromi *et al.*
4- Auge *et al.*
5- Asghari *et al.*
6- Rabie
7- Al-Karaki *et al.*
8- *Tagetes erecta*
9- Wasea *et al.*
10- Salehi *et al.*
11- Abbaspour *et a*.

پتاسیم، آهن، روی، مس و منگنز را نسبت به شاهد افزایش داد (باقری و همکاران[1]، ۲۰۱۲) .

اسید سالیسیلیک و مشتقات آن از جمله ترکیبات جدیدی هستند که به عنوان تنظیم کننده رشد گیاهی در برخی گیاهان عمل می‌کنند (وانگ و لی[2]، ۲۰۰۶). در سال‌های اخیر شواهد زیادی بدست آمده که نشان می‌دهد اسید سالیسیلیک در فرایندهای فیزیولوژیکی مهمی نظیر رشد و نمو گیاه، فتوسنتز، تعرق، جذب یون و سنتز پروتئین نقش دارد (امین و همکاران[3]، ۲۰۰۷). اسید سالیسیلیک باعث افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های زیستی و غیر زیستی از جمله خشکی شده است (سینگ و اوشا[4]، ۲۰۰۳). در یک آزمایش، کاربرد اسید سالیسیلیک در غلظت‌های کم (۵۰ میکرو مولار) در گیاه گندم در مقابل کاربرد غلظت های بالای آن سبب افزایش جذب فسفر گردید (ساهو و همکاران[5]، ۲۰۱۰). همچنین گزارش هایی از کاربرد تلفیقی تیمارهای میکوریز و اسید سالیسیلیک در شرائط تنش شوری موجود است. به عنوان نمونه، تیمار اسید سالیسیلیک و میکوریز به تنهایی یا در ترکیب با هم میزان پتاسیم گیاه توت فرنگی را در تنش شوری افزایش داد (رای هانگ و همکاران[6]، ۲۰۰۹). در آزمایشی دیگر، کاربرد تلفیقی اسید سالیسیلیک و قارچ میکوریز در شرایط تنش شوری میزان پتاسیم گیاه ریحان را نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داد در حالی‌که تنش شوری سبب کاهش پتاسیم اندام هوایی گردید (انتشاری و همکاران[7]، ۲۰۱۲).

با توجه به بحران آب در منطقه رفسنجان، گستردگی باغات پسته در این منطقه و ارزش اقتصادی و ارزآوری آن برای کشور، جهت تولید پایدار این محصول ارزشمند بایستی محور اصلی پژوهش ها، در زمینه استفاده بهینه از منابع آبی موجود و افزایش کارایی مصرف آب باشد. پژوهش های محدود انجام شده بر روی پسته نشان می‌دهد که کاربرد قارچ میکوریز قادر است مقاومت پسته به خشکی را افزایش دهد (باقری و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین از کاربرد اسید سالیسیلیک بر روی پسته جهت ایجاد مقاومت به تنش شوری گزارشی در دست است (بستام و همکاران[8]، ۲۰۱۲) اما تا کنون گزارشی از کاربرد اسید سالیسیلیک بر روی پسته به منظور افزایش مقاومت به خشکی به تنهایی یا در تلفیق با میکوریز وجود ندارد، بنابراین با توجه به نتایج پژوهش های پیشین در مورد نقش مثبت همزیستی میکوریزی در القا مقاومت به خشکی در دانهال های پسته و همچنین نتایج بدست آمده از تاثیر تیمار اسید سالیسیلیک بر افزایش مقاومت به خشکی در گونه های گیاهی مختلف، پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر کاربرد تلفیقی میکوریز آربسکولار و اسید سالیسیلیک بر پاسخ دانهال های پسته به سطوح مختلف تنش خشکی از نقطه نظر جذب و انتقال عناصر اجرا گردید.

مواد و روش ها

قارچ مورد استفاده

در این آزمایش از قارچ گلوموس موسه[9] استفاده شد. قارچ مورد نظر به مدت ۴ ماه در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان روی ریشه سورگوم پرورش یافت. پس از گذشت چهار ماه و اطمینان از آلودگی کافی ریشه ها، بخش هوایی گیاه میزبان را حذف و پس از قطعه قطعه نمودن ریشه و مخلوط کردن آن با خاک ناحیه ریشه، مخلوطی یکنواخت شامل قطعات ریشه آلوده، اسپور و خاک

1- Bagheri *et al.*
2- Wang & Li
3- Amin *et al.*
4- Singh & Usha
5- Sahu *et al*.
6- Rui-hong *et al.*
7- Enteshari *et al.*
8- Bastam *et al.*
9- Glomus mosseae

ناحیه ریشه تهیه گردید که در مرحله بعد به عنوان مایه تلقیح مورد استفاده قرار گرفت.

تهیه خاک و بذر

این آزمایش روی پسته اهلی رقم ابارقی که به عنوان پایه در استان کرمان (منطقه ابارق در نزدیکی شهرستان بم) مطرح می باشد انجام شد. بذر مورد نیاز از باغداران منطقه دریافت گردید. بذرها پس از ضدعفونی سطحی با هیپوکلریت سدیم ۱۰٪ به مدت ۵ شبانه روز در یک پارچه مرطوب اتوکلاو شده درون اتاقک رشد در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد قرار گرفته و جوانه دار گردیدند. خاک مورد استفاده در این آزمایش به نسبت ۱:۲ به ترتیب خاک مزرعه از منطقه پاریز شهرستان سیرجان و ماسه از مزرعه دانشکده کشاورزی تهیه گردید (با مشخصات: بافت شنی لومی، پ هاش ۷/۸، فسفر ۱۱/۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، پتاسیم ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، آهن ۱/۱۲ میلی گرم در کیلوگرم ، منگنز ۱/۳۶ میلی گرم در کیلوگرم). به منظور ضد عفونی، نمونه‌های خاک به مدت یک ساعت در دمای ۱۲۱ درجه و فشار ۱.۵ اتمسفر اتوکلاو شدند، سپس گلدان‌های ۵ کیلوگرمی به اندازه ۳/۴ با مخلوط خاکی مورد اشاره پرگردید و به همراه کشت چهار عدد بذر جوانه دار شده، ۱۵۰ گرم مایه قارچ نیز در مجاورت بذرها قرار داده شد. به گلدان‌های شاهد به جای مایه قارچ، ۱۵۰گرم مایه قارچ اتوکلاو شده اضافه شد. پس از کشت، با توجه به شرایط گلخانه (دمای گلخانه ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۲±۵۸ درصد)، آبیاری هر سه روز یک‌بار تا حد ظرفیت مزرعه انجام شد. پس از گذشت سه ماه و قبل از انجام محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و برای اطمینان از آلوده بودن ریشه‌ها، نمونه‌گیری از ریشه گیاهان پسته به صورت تصادفی انجام گرفت و پس از انجام مراحل مختلف رنگ آمیزی و مشاهدات میکروسکوپی (بیرمن و لیندرمن[1]، ۱۹۸۰) میزان آلودگی ریشه‌های پسته به میکوریز حدود ۷۵ درصد تعیین گردید.

تیمار اسید سالیسیلیک و تنش خشکی

تیمار اسید سالیسیلیک در سه مرحله (از یک ماه قبل از آغاز تنش خشکی به فاصله هر ده روز یک‌بار، در مجموع سه نوبت) و در سه سطح (۰، ۰/۵ و۱ میلی‌مولار) به صورت محلول‌پاشی بر روی شاخساره صورت گرفت. اسید سالیسیلیک مورد استفاده در این آزمایش با فرمول $C_7H_6O_3$ و جرم ملکولی ۱۳۸/۱۲ گرم بر مول ساخت شرکت مرک آلمان بود و غلظت های مورد نظر با ستفاده از آب دو بار تقطبر تهیه شد. تمامی گیاهان بصورتی که تمام سطوح فوقانی و زیرین اندام‌های هوایی کاملا خیس شوند محلول پاشی شدند. در این آزمایش تیمارهای خشکی در چهار سطح از دور آبیاری شامل دور آبیاری ۱ روز در میان (شاهد)، ۳ روز، ۶ روز و ۱۰ روز در میان انجام شد. در طول دو ماه و در هر نوبت آبیاری،گلدان‌ها بصورت وزنی تا حد ظرفیت مزرعه آبیاری شدند. در طول دوره رشد گیاهان پسته، دما گلخانه ۱±۲۶ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی۲ ±۵۸ درصد بود. در پایان دوره تنش خشکی، گیاهان از خاک خارج شده و هر گیاه به دو بخش ریشه و اندام هوایی تقسیم گردید و عناصر مورد نظر هر یک بطور جداگانه اندازه گیری شد.

عناصر غذایی

برای تهیه عصاره ابتدا ۰/۵ گرم از نمونه خشک و آسیاب شده اندام هوایی و ریشه را وزن کرده و سپس در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳ ساعت قرار داده شد تا نمونه‌ها تبدیل به خاکستر شدند و سپس به هر نمونه ۵ سی‌سی اسید کلریدریک ۲ نرمال اضافه گردید بعد نمونه‌ها از کاغذ صافی عبور داده شد و در نهایت توسط آب مقطر به حجم ۵۰ سی‌سی رسانیده شد. این عصاره به طور مستقیم جهت اندازه‌گیری پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس به کار رفت. جهت اندازه‌گیری فسفر که با استفاده از روش

1- Bierman & Linderman

آمونیوم مولیبدات و آمونیوم وانادات انجام شد، ابتدا ۱۰ سی‌سی از عصاره تهیه شده در مرحله قبل را با ۱۰ سی‌سی از محلول آمونیوم مولیبدات وانادات مخلوط کرده و در نهایت توسط آب مقطر به حجم ۵۰ سی‌سی رسانیده شد (چاپمن و همکاران[1]، ۱۹۸۲). فسفر بعد از عصاره‌گیری با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر اندازه‌گیری گردید. عناصر آهن، مس، منگنز و روی بعد از عصاره‌گیری با استفاده از دستگاه جذب اتمی و پتاسیم با استفاده از دستگاه شعله سنج[2] اندازه‌گیری گردید.

طرح آزمایشی و تجزیه آماری

آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه کاملا تصادفی اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل میکوریز در دو سطح (با میکوریز و بدون میکوریز)، اسید سالیسیلیک در سه سطح (۰، ۰/۵و ۱ میلی مولار) و تنش خشکی در چهار سطح (دور آبیاری یک روز، سه روز، شش روز و ده روز در میان) و دارای سه تکرار بود. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزارMSTAT-C انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

طبق نتایج تجزیه واریانس اثرات برهمکنش میکوریز، اسید سالیسیلیک و خشکی بر میزان تمام عناصر غذایی اندازه‌گیری شده در کل گیاه، اندام هوایی و ریشه در این آزمایش به جزء فسفر ریشه و کل معنی‌دار بود(دادهها نمایش داده نشده است).

فسفر

طبق نتایج تجزیه واریانس، اثر برهمکنش میکوریز و خشکی بر میزان فسفر کل گیاه و ریشه معنی‌دار بود. بیشترین میزان فسفر کل و ریشه در دانهال‌های میکوریزی با دور آبیاری سه روز در میان وکمترین آن در دانهال‌های غیر میکوریزی با دور آبیاری ده روز در میان مشاهده شد. کاربرد میکوریز میزان فسفر گیاه و ریشه را به ترتیب ۶۶ و ۳۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. با افزایش شدت تنش خشکی میزان فسفر کل و ریشه کاهش پیدا کرد به‌طوری‌که بالاترین میزان فسفر را دور آبیاری سه روز در میان و کمترین آن را دور آبیاری ده روز در میان نشان داد (جدول ۱). تلقیح دانهال‌های پسته با قارچ میکوریز میزان فسفر اندام هوایی را افزایش معنی‌داری داد. بیشترین میزان فسفر اندام هوایی را دانهال‌های میکوریزی با دور آبیاری یک روز در میان (۰/۰۶۹) نشان دادند و کمترین میزان فسفر اندام هوایی (۰/۰۲۱) مربوط به دانهال‌های غیر میکوریزی با دور آبیاری ده روز در میان بود. میزان فسفر اندام هوایی در تنش خشکی کاهش معنی‌داری را نشان داد (جدول ۲). تلقیح دانهال‌های پسته با میکوریز میزان فسفر را در ریشه و اندام هوایی افزایش داد و در تنش خشکی میزان فسفر در ریشه و اندام هوایی کاهش یافت. نتایج این پژوهش با نتایج باقری و همکاران(۲۰۱۲) وعباسپور و همکاران (۲۰۱۲) روی پسته و واسه و همکاران (۲۰۱۱) روی همیشه بهار مطابقت داشت. تولید و ترشح آنزیم فسفاتاز توسط ریسه‌های میکوریز باعث می‌شود فسفات نامحلول و تثبیت شده در خاک به شکل محلول درآید و توسط ریشه جذب گردد (سانگ[3]، ۲۰۰۵). به طور کلی تحرک فسفر در خاک کم است و تنش خشکی تحرک فسفر را کمتر می‌کند و سرعت انتشار آن را در خاک کاهش می دهد. قارچ‌های میکوریز قادرند که با تغییر در مرفولوژی ریشه گیاهان، سطح جذب ریشه و انتقال مواد غذایی به ریشه را افزایش دهند (جیمز و همکاران[4]، ۲۰۰۸). مقاومت گیاهان میکوریزی در مقابل تنش خشکی مرتبط با اثرات قارچ روی افزایش هدایت روزنه ای و تعرق و جذب پتاسیم

1- Chapman *et al.*
2- Flame photometre
3- Song
4- James *et al.*

جدول ۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل میکوریز و خشکی بر میزان فسفر ریشه و کل دانهال های پسته رقم ابارقی

تیمار میکوریز	دور آبیاری(روز)	فسفر ریشه (درصد)	فسفر کل (درصد)
	۱	۰/۰۲۰ cd	۰/۰۳۲ cd
	۳	۰/۰۳۱ b	۰/۰۴۳ cd
بدون میکوریز	۶	۰/۰۲۱ b-d	۰/۰۲۵ cd
	۱۰	۰/۰۲۲ d	۰/۰۲۷ d
میانگین		۰/۰۲۳ B	۰/۰۳۲ B
	۱	۰/۰۵۶ a	۰/۰۶۳ ab
	۳	۰/۰۵۹ a	۰/۰۷۷ a
با میکوریز	۶	۰/۰۳۵ bc	۰/۰۵۵ a-c
	۱۰	۰/۰۲۷ cd	۰/ ۰۳۲ b-d
میانگین		۰/۰۴۵ A	۰/۰۶ A

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین اعداد بر طبق آزمون دانکن در سطح ۵ ٪ می‌باشد.

و فسفر است (رایز لوزانو و آزکون[1]، ۱۹۹۵). در شرایط خشکی، همزیستی میکوریز ی جذب بعضی از عناصر را نسبت به گیاهان بدون میکوریز افزایش می‌دهد و باعث مقاومت گیاهان به تنش خشکی می شود. از جمله این عناصر می‌توان به فسفر، پتاسیم،آهن، روی و مس اشاره کرد. هیف‌های خارجی قارچ میکوریز نقش مهمی در تغذیه فسفر گیاه دارند این هیف‌ها فسفر گیاه را از نقاط غیر قابل دسترس ریشه تامین می‌کنند (بی[2] و همکاران، ۲۰۰۳) و یا با تغییر پی اچ ریزوسفر، میزان دسترسی به عناصر را تغییر می‌دهند (اورتاس و همکاران[3]، ۲۰۰۴). مطالعات نشان می دهد که فسفات غیر آلی یکی از عوامل تنظیم کننده انتقال و مصرف مواد فتوسنتزی در گیاه می باشد که بر روند فتوسنتز در گیاه تاثیری مثبت دارد البته این تاثیر فسفات تا سطوح متوسط تنش خشکی دیده شده و در تنش خشکی شدید، کاهش آب عامل اصلی در کاهش فتوسنتز است (سیچر[4]، ۱۹۸۶).

پتاسیم

بالاترین میزان پتاسیم کل و اندام هوایی را دانهال‌های میکوریزی محلول پاشی شده با اسید سالیسیلیک یک میلی مولار با دور آبیاری شش روز در میان نشان دادند و کمترین آن را دانهال‌های غیر میکوریزی محلول پاشی شده با اسید سالیسیلیک یک میلی مولار با دور آبیاری ده روز در میان نشان دادند. تلقیح دانهال‌های پسته با قارچ میکوریز میزان پتاسیم کل و اندام هوایی را به ترتیب ۴۴ و ۱۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین کاربرد اسید سالیسیلیک یک میلی مولار پتاسیم کل و اندام هوایی را نسبت به شاهد به ترتیب ۳۵ و ۳۳ درصد افزایش داد. تنش خشکی باعث افزایش میزان پتاسیم گیاه و اندام هوایی شد به طوری‌که دور آبیاری یک روز در میان کمترین میزان پتاسیم اندام هوایی را داشت و دور آبیاری ده روز در میان بیشترین میزان پتاسیم را نشان داد (جدول ۲و۴). بیشترین میزان پتاسیم ریشه (۰/۳۸ درصد) را دانهال‌های میکوریزی محلول پاشی شده با اسید سالیسیلیک نیم میلی مولار با دور آبیاری شش روز در میان نشان دادند و کمترین میزان پتاسیم (۰/۰۶۱ درصد) مربوط به همان ترکیب تیماری ولی با دور آبیاری یک روز در میان بود. تنش خشکی میزان پتاسیم ریشه را کاهش داد به طوری‌که دور آبیاری ده روز در میان نسبت به شاهد میزان پتاسیم ریشه را ۱۵ درصد کاهش داد. کاربرد اسید سالیسیلیک

1- Ruiz-Lozano & Azcon
2- Bi *et al.*
3- Ortas *et al.*
4- Sicher

در تنش خشکی میزان پتاسیم ریشه را کاهش داد. به‌طوری‌که بیشترین میزان پتاسیم مربوط به تیمار شاهد بود و کمترین میزان پتاسیم ریشه را غلظت نیم میلی مولار اسید سالیسیلیک نشان داد (جدول ۳).

پتاسیم در گیاه به دو صورت فعال و غیر فعال جذب می‌شود. تنش خشکی جذب پتاسیم بصورت غیر فعال را تحت تاثیر قرار می‌دهد. گیاهانی که نسبت به تنش خشکی مقاوم تر هستند پتاسیم را برای حفظ هدایت روزنه‌ای در برگ ها و در ریشه به عنوان یک تنظیم کننده اسمزی جذب و نگهداری می کنند (کیانگ شینگ[1]، ۲۰۰۶). کاربرد میکوریز و اسید سالیسیلیک در این آزمایش میزان پتاسیم کل و اندام هوایی را افزایش داد که با نتایج رای هانگ و همکاران (۲۰۰۹) روی توت فرنگی و انتشاری و همکاران (۲۰۱۲) روی ریحان مطابقت داشت. مقاومت گیاهان میکوریزی به تنش خشکی نیز احتمالا با جذب پتاسیم ارتباط دارد (رایز لازانو و آزکون، ۱۹۹۵).

در این پژوهش روند صعودی در افزایش میزان پتاسیم در اندام های هوایی و کاهش آن در ریشه نشان می‌دهد که با کاهش پتانسیل آب از میزان پتاسیم ریشه کاسته می‌شود این امر را می‌توان به انتقال یون‌های پتاسیم به اندام هوایی و افزایش پتانسیل اسمزی سلول‌های آن برای حفظ فشار تورژسانس مرتبط دانست. احتمالا اسید سالیسیلیک با افزایش میزان پتاسیم در اندام هوایی مقاومت دانهال‌های پسته به تنش خشکی را افزایش داده است.

آهن

بالاترین میزان آهن کل و اندام هوایی را دانهال‌های میکوریزی با دور آبیاری شش روز در میان نشان دادند و کمترین میزان آهن کل را دانهال‌های غیر میکوریزی با دور آبیاری سه روز در میان نشان دادند. کمترین میزان آهن اندام هوایی را دانهال‌های غیر میکوریزی با دور آبیاری یک روز و شش روز در میان نشان دادند. بین سطوح تنش خشکی بیشترین میزان آهن کل و ریشه را دور آبیاری شش روز در میان نشان داد. محلول پاشی اسید سالیسیلیک، آهن کل و ریشه را کاهش داد به طوری که بیشترین میزان آهن کل مربوط به تیمار شاهد بود. تلقیح دانهال‌های پسته با قارچ میکوریز میزان آهن اندام هوایی را نسبت به شاهد ۲۰ درصد افزایش داد. در تنش خشکی میزان آهن اندام هوایی افزایش یافت به‌طوری‌که دور آبیاری یک روز در میان کمترین میزان آهن را نشان داد و بیشترین میزان آهن در دور آبیاری ده روز در میان مشاهده شد. بیشترین میزان آهن ریشه مربوط به دانهال‌های غیر میکوریزی با دور آبیاری یک روز در میان بود و کمترین میزان آهن ریشه را دانهال‌های میکوریزی محلول پاشی شده با اسید سالیسیلیک نیم میلی مولار با دور آبیاری سه روز در میان نشان دادند. کاربرد میکوریز روی دانهال‌های پسته میزان آهن ریشه را ۱۲ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. تنش خشکی آهن را در ریشه افزایش داد (جدول ۲و۳و۴). گونه‌های مختلف قارچ میکوریز توانایی متفاوتی در جذب آهن نشان می‌دهند. به نظر می‌رسد قارچ‌های میکوریز از طریق ترشح انواعی از سیدروفورها و کلاته کردن آهن توانسته‌اند جذب و انتقال آهن را افزایش دهند (کاریس و همکاران[2]، ۱۹۹۸). احتمالا تلقیح دانهال‌های پسته با قارچ میکوریز میزان آهن ریشه را کاهش داده و به اندام هوایی انتقال داده است.

روی

بیشترین میزان روی کل و اندام هوایی را دانهال‌های میکوریزی با دور آبیاری ده روز در میان و کمترین آن را دانهال های غیر میکوریزی محلول پاشی شده با اسید سالیسیلیک یک میلی مولار با دور آبیاری ده روز در میان نشان دادند. در تنش خشکی میزان روی در کل گیاه و اندام هوایی افزایش یافت به‌طوری‌که دور آبیاری شش روز و ده روز در میان بیشترین میزان روی را داشتند.

1- Qiangsheng

2- Caris *et al*.

جدول ۲ - مقایسه میانگین اثرات متقابل میکوریز، اسید سالیسیلیک و خشکی بر عناصر غذایی اندام هوایی دانهال های پسته رقم ابارقی

تیمار میکوریز	اسید سالیسیلیک (میلی مولار)	دور آبیاری (روز)	پتاسیم (درصد)	فسفر (درصد)	آهن (میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک)	روی (میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک)	مس (میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک)	منگنز (میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک)
بدون میکوریز	۰	۱	۰/۴۴ h-k	۰/۰۲۲ g	۱۳/۳۳ h	۲/۱۳ lm	۰/۲۳ h	۱۳/۳۳ i
		۳	۰/۴۲ i-k	۰/۰۲۵ e-g	۲۳/۳۳ b-g	۳ /۷۳ i-k	۰/۳۳ f-h	۵۷/۶۷ a
		۶	۰/۲۷ l	۰/۰۲۳ g	۱۲/۳۳h	۵/ ۷ e-g	۰/۱۳ h	۳۵ d-g
		۱۰	۰/۹۸ c	۰/۰۲۱ g	۲۴/۶۷bc	۷/۹۶ bc	۰/۱۶ h	۳۷/۳۳ c-f
	میانگین		۰/۵۳ C	۰/۰۲۳ B	۱۷/۹۲ B	۴/۸۸B	۰/۲۱ B	۳۵/۸۳AB
	۰/۵	۱	۰/۵۵ fg	۰/۰۲۳ g	۱۵/۶۷ f-h	۲/۴۳ kl	۰/۲۳ h	۲۸/۶۷ g
		۳	۰/۶۸ e	۰/۰۲۵ fg	۱۷/۳۳ e-h	۵/۱۶ f-h	۰/۲۳ h	۴۶/۳۳ b
		۶	۰/۷۷ d	۰/۰۲۴ g	۱۷/۶۷ d-h	۳/۱۳ j-l	۰/۲۶ gh	۴۶/۶۷ b
		۱۰	۰/۵۱ gh	۰/۰۲۱ g	۱۸/۳۳ c-h	۳/۷۶ i-k	۰/۲۳ h	۳۶/۶۷ c-f
	میانگین		۰/۶۳ B	۰/۰۲۳ B	۱۷/۲۵ B	۳/۶۲C	۰/۲۴B	۳۹/۵۸A
	۱	۱	۰/۶۰ f	۰/۰۲۲ g	۲۰/۳۳ b-g	۶/۱۳ d-f	۰/۱۳ h	۴۳ bc
		۳	۰/۴۹ g-i	۰/۰۲۶ e-g	۲۳/۳۳ b-e	۷/۲۶ b-d	۰/۱۳ h	۳۸/۶۷ c-e
		۶	۰/۳۷ jk	۰/۰۲۳ g	۲۲/۳۳ b-f	۱/۸ lm	۰/۲۳ h	۲۱/۳۳ h
		۱۰	۰/۲۲ l	۰/۰۲۱ g	۱۸ c-h	۱/۱ m	۰/۴۳ f-h	۱۹/۶۷ hi
	میانگین		۰/۴۲ D	۰/۰۲۳ B	۲۱ AB	۴/۱BC	۰/۲۳B	۳۰/۶۷BC
با میکوریز	۰	۱	۰/۲۲ l	۰/۰۶۵ ab	۱۵/ ۳۳gh	۳/۱ j-l	۰/۶۶ fg	۱۵ hi
		۳	۰/۳۶ k	۰/۰۶۹ a	۲۱/۳۳ b-g	۵/۱ f-h	۲/۷۳c	۱۸ hi
		۶	۰/۴۲ i-k	۰/۰۵۰ c	۲۶/۶۷ ab	۶/۲ d-f	۴/۳۶a	۴۰/۳۳ b-e
		۱۰	۰/۵۱ g-i	۰/۰۳۱ ef	۲۳/۶۷ b-e	۹/۶ a	۰/۷۳ f	۴۲/۳۳ b-d
	میانگین		۰/۳۸ E	۰/۰۵۴ A	۲۱/۷۵AB	۶/۰۱ A	۲/۱ A	۲۸/۹۲C
	۰/۵	۱	۰/۴۲ i-k	۰/۰۶۸ a	۲۳ b-e	۴/۷ g-i	۲/۱ d	۳۰/۳۳ fg
		۳	۰/۴۴ h-j	۰/۰۶۵ ab	۲۳ b-e	۶/۰۳ d-g	۱/۶ e	۳۳ e-g
		۶	۰/۴۲ i-k	۰/۰۴۹ c	۳۱ a	۷/۱۶ b-d	۳/۲ b	۳۵/۳۳ c-g
		۱۰	۰/۴۳ h-k	۰/۰۳۱ ef	۲۵/۶۷ab	۶/۱۶ d-f	۲/۱۳ d	۳۳ e-g
	میانگین		۰/۴۳ D	۰/۰۵۳ A	۲۵/۶۷A	۶/۰۱۷ A	۲/۲A	۳۲/۹۲BC
	۱	۱	۰/۴۷ g-i	۰/۰۶۸ a	۱۷ e-h	۸/۳۶ b	۱/۹ de	۱۷/۶۷ hi
		۳	۱ /۱۱ b	۰/۰۶۲ b	۲۴/۳۳ b-d	۴/۲ h-j	۲/۱۱ d	۳۶/۶۷ c-f
		۶	۱ /۲۷ a	۰/۰۳۸ d	۲۳/۶۷ b-e	۶/۶ c-e	۲/۱۶ d	۳۵/۶۷ c-g
		۱۰	۰/۹۱ c	۰/۰۳۱ e	۲۳/ ۶۷ b-e	۵/۹۶ d-g	۲/۳۳ d	۴۱/۶۷ b-d
	میانگین		۰/۹۳ A	۰/۰۵۱ A	۲۲/۱۷AB	۶/۳A	۲/۱A	۳۲/۹۲BC

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین اعداد بر طبق آزمون دانکن در سطح ۵ ٪ می‌باشد.

جدول۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل میکوریز، اسید سالیسیلیک و خشکی بر عناصر غذایی ریشه دانهال های پسته رقم ابارقی

تیمار میکوریز	غلظت اسید سالیسیلیک (میلی مولار)	دور آبیاری (روز)	پتاسیم (درصد)	آهن (میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک)	روی (میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک)	مس (میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک)	منگنز (میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک)
بدون میکوریز	۰	۱	۰/۳۸ a	۴۷۴ a	۱/۸۶ bc	۵/۶۳ a	۷۶/۳۳ a
		۳	۰/۲۹ cd	۱۱۷ g-i	۱/۶۳ cd	۱/۳۳ e	۵۲/۳۳ cd
		۶	۰/۱۲ h-j	۲۱۵ cd	۱/۱۱ e	۱/۵ e	۴۳/۶۷ d-f
		۱۰	۰/۱۸ e-g	۲۱۷ cd	۲/۲۶ a	۱/۶۳ e	۲۹/۳۳ h-j
	میانگین		۰/۲۴ B	۲۵۶/۱ A	۱/۷ A	۲/۵۲ B	۵۰/۴۲ A
	۰/۵	۱	۰/۱۷ f-h	۱۷۵ ef	۰/۳۳ fg	۲/۷ d	۵۷/۳۳ bc
		۳	۰/۱۵ g-i	۲۲۴ cd	۰/۶۰ fg	۱/۸۶ e	۴۷/۳۳ de
		۶	۰/۱۱ i-k	۱۰۷ hi	۰/۲۰ g	۳/۷۳ bc	۲۳ j-l
		۱۰	۰/۰۸۸ jk	۲۲۵ cd	۰/۶۰ fg	۱/۲۳ e	۳۱ g-j
	میانگین		۰/۱۳ D	۱۸۲/۸ B	۰/۴۳ C	۲/۳۸ BC	۳۹/۶۷ B
	۱	۱	۰/۰۸۴ jk	۱۱۴/۷ g-i	۰/۳۶ fg	۱/۳۶ e	۵۷/۶۷ bc
		۳	۰/۱۱ i-k	۱۸۶ de	۰/۵۰ fg	۱/۶۶ e	۳۸ f-h
		۶	۰/۱۱ i -k	۹۴/۶۷ ij	۰/۲۳ fg	۱/۳۶ e	۳۴/۳۳ g-i
		۱۰	۰/۱۱ i-k	۲۴۰/۳ c	۰/۶۳ f	۳/۳ cd	۲۶/۳۳ i-k
	میانگین		۰/۱ E	۱۵۸/۹ BC	۰/۴۳ C	۱/۹۲ CD	۳۹/۱ B
با میکوریز	۰	۱	۰/۱۶ g-i	۱۸۵ de	۰/۴۶ fg	۱/۸ e	۳۹/۶۷ e-g
		۳	۰/۳۵ ab	۳۱۷ b	۲/۱۶ ab	۵/۸۳ a	۶۳/۶۷ b
		۶	۰/۲۱ e-g	۳۳۵/۷ b	۱/۲۶ de	۳/۴ c	۴۹/۶۷ cd
		۱۰	۰/۱۷ f-h	۲۲۲/۷ cd	۱/۱۱ e	۱/۹ e	۱۴/۳۳ l-n
	میانگین		۰/۲۲ B	۲۶۵/۱ A	۱/۲۴ B	۳/۲۳ A	۴۱/۸۳ B
	۰/۵	۱	۰/۰۶۱ k	۹۴/ ۶۷ ij	۰/۳۳ fg	۱/۲۳ e	۱۲ n
		۳	۰/۰۹۳ jk	۳۷ k	۰/۴۳ fg	۱/۵ e	۱۳/۶۷ mn
		۶	۰/۳۸ a	۲۴۹/۳ c	۱/۲۶ de	۴/۲۶ b	۳۱/۳۳ g-j
		۱۰	۰/۲۳ de	۱۴۴/۳ f-h	۰/۲ g	۱/۵۳ e	۱۳/۶۷ mn
	میانگین		۰/۱۹ C	۱۳۱/۳ C	۰/۵۵ C	۲/۱ B-D	۱۷/۶۷ C
	۱	۱	۰/۳۲ bc	۱۵۴/۷ e-g	۱/۹۶ a-c	۱/۶ e	۳۶/۶۷ f-h
		۳	۰/۲۸ cd	۶۵/ ۳۳ jk	۱/۶۳ cd	۱/۸۶ e	۱۹/۳۳ k-n
		۶	۰/۳۶ ab	۲۲۳/۷ cd	۲/۱۱ ab	۱/۴۳ e	۲۲/۳۳ j-m
		۱۰	۰/۲۲ ef	۱۰۴/۷ h-j	۰/۲ g	۱/۶۳ e	۱۲ n
	میانگین		۰/۳ A	۱۳۷/۱ C	۱/۴۶ AB	۱/۶ D	۲۲/۵۸ C

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین اعداد بر طبق آزمون دانکن در سطح ۵ ٪ می‌باشد.

کاربرد اسید سالیسیلیک میزان روی گیاه، اندام هوایی و ریشه را کاهش داد ولی کاربرد میکوریز میزان روی گیاه و اندام هوایی را به ترتیب ۵۳ و ۳۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۲و۴). بیشترین میزان روی ریشه را دانهال‌های غیر میکوریزی با دور آبیاری ده روز در میان نشان دادند و کمترین میزان روی ریشه را دانهال‌هامیکوریزی در تنش شدید خشکی نشان دادند. تنش خشکی میزان روی ریشه را افزایش داد به طوری‌که بین سطوح تنش خشکی، دور آبیاری سه روز و شش روز در میان میزان روی ریشه را نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری دادند ولی دور آبیاری ده روز در میان نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۳).

مس

بیشترین میزان مس کل گیاه و ریشه مربوط به دانهال‌های میکوریزی با دور آبیاری سه روز در میان و کمترین میزان مس کل گیاه و اندام هوایی مربوط به دانهال‌های غیر میکوریزی با دور آبیاری یک روز در میان بود. تلقیح دانهال‌های پسته با میکوریز میزان مس کل و اندام هوایی را نسبت به شاهد به ترتیب ۵۷ و ۸۹ درصد افزایش داد. بین سطوح تنش خشکی بیشترین میزان مس گیاه و اندام هوایی مربوط به دور آبیاری شش روز در میان بود و کمترین میزان مس اندام هوایی و کل مربوط به دور آبیاری یک روز در میان بود. بیشترین میزان مس اندام هوایی در دانهال‌های میکوریزی با دور آبیاری شش روز در میان مشاهده شد. کمترین میزان مس ریشه (۱/۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) مربوط به دانهال‌های میکوریزی محلول پاشی شده با اسید سالیسیلیک نیم میلی مولار با دور آبیاری یک روز در میان بود. بین سطوح تنش خشکی دور آبیاری شش روز در میان میزان مس ریشه را افزایش داد ولی این افزایش نسبت به تیمار شاهد معنی دار نبود. دور آبیاری ده روز در میان کمترین میزان مس ریشه را نشان داد. محلول پاشی دانهال‌های پسته با اسید سالیسیلیک باعث کاهش معنی‌داری در میزان مس ریشه شد به‌طوری‌که غلظت یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک کمترین میزان مس ریشه را نشان داد (جدول ۲ و۳و۴).

منگنز

بالاترین میزان منگنز کل را دانهال‌های میکوریزی با دور آبیاری شش روز در میان و کمترین آن را دانهال‌های غیر میکوریزی با دور آبیاری ده روز در میان نشان دادند. بین سطوح تنش خشکی بیشترین میزان منگنز کل را دور آبیاری سه روز و شش روز در میان و کمترین آن را دور آبیاری ده روز در میان نشان داد (جدول۴). بیشترین میزان منگنز اندام هوایی (۶۷/ ۵۷ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) در دانهال‌های غیر میکوریزی با دور آبیاری سه روز در میان مشاهده شد و کمترین میزان منگنز اندام هوایی (۱۳/۳۳ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) را دانهال‌های غیر میکوریزی با دور آبیاری یک روز در میان نشان دادند. با افزایش شدت تنش خشکی میزان منگنز اندام هوایی افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین میزان منگنز اندام هوایی مربوط به دور آبیاری سه روز در میان بود و کمترین میزان منگنز اندام هوایی را دور آبیاری یک روز در میان نشان داد.

صرف‌نظر از تیمار میکوریز، تیمار اسید سالیسیلیک نیم میلی مولار با دور آبیاری شش روز در میان بیشترین میزان منگنز اندام هوایی را داشت. و کمترین میزان منگنز را تیمار شاهد اسید سالیسیلیک با دور آبیاری یک روز در میان نشان داد (جدول ۲). بیشترین میزان منگنز ریشه در دانهال‌های غیر میکوریزی با دور آبیاری یک روز در میان مشاهده شد و کمترین میزان منگنز ریشه را دانهال‌های میکوریزی با دور آبیاری ده روز در میان نشان دادند. کاربرد میکوریز میزان منگنز ریشه و اندام هوایی دانهال‌های پسته را نسبت به شاهد به ترتیب ۳۶ درصد و ۱۱ درصد کاهش داد. کاربرد اسید سالیسیلیک روی دانهال‌های پسته میزان منگنز ریشه را کاهش معنی‌داری داد. با افزایش شدت تنش خشکی میزان منگنز در

جدول ٤ - مقایسه میانگین اثرات متقابل میکوریز، اسید سالیسیلیک و خشکی بر عناصر غذایی کل دانهال های پسته رقم ابارقی

تیمار میکوریز	غلظت اسید سالیسیلیک (میلی مولار)	دور آبیاری (روز)	پتاسیم (درصد)	آهن (میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک)	روی (میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک)	مس (میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک)	منگنز (میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک)
بدون میکوریز	۰	۱	۰/۰۳۵ c-g	۱/۵۱ de	۰/۰۱۴ h-j	۰/۰۲۲ bc	۰/۲۹ fg
		۳	۰/۰۱۶ g-i	۰/۲۵ l	۰/۰۱۵ h-j	۰/۰۰۳ c	۰/۲۲ g-i
		۶	۰/۰۱۵ hi	۰/۸۹ g-j	۰/۰۲۵ e-i	۰/۰۰۶ bc	۰/۳۱ e-g
		۱۰	۰/۰۵۱ bc	۱/۳۱ ef	۰/۰۴۹ bc	۰/۰۰۹ bc	۰/۳۰ fg
	میانگین		۰/۰۲۹CD	۰/۹۹B	۰/۰۲۶B	۰/۰۱C	۰/۲۸B
	۰/۵	۱	۰/۰۳۱ d-i	۱/۲۳ e-h	۰/۰۱۱ ij	۰/۰۲۱ bc	۰/۴۶ a-c
		۳	۰/۰۳۳ c-h	۱/۳۷ ef	۰/۰۱۸ f-j	۰/۰۰۹ bc	۰/۴۳ b-d
		۶	۰/۰۳۴ c-h	۰/۵۷ j-l	۰/۰۱۳ h-j	۰/۰۲ bc	۰/۲۸f g
		۱۰	۰/۰۲۱ f-i	۰/۵۸ j-l	۰/۰۰۷ ij	۰/۰۰۳ c	۰/۱۵ hi
	میانگین		۰/۰۲۹CD	۰/۹۴B	۰/۰۱۲C	۰/۰۱۳C	۰/۳۳B
	۱	۱	۰/۰۲۸ d-i	۰/۵۶ j-l	۰/۰۲۵ e-i	۰/۰۰۷ bc	۰/۴۴ a-c
		۳	۰/۰۳۱ d-i	۱/۲۷ e-g	۰/۰۳۹ c-e	۰/۰۱۱ bc	۰/۴۲ b-e
		۶	۰/۰۲۳ e-i	۰/۷۱ i-k	۰/۰۰۸ ij	۰/۰۱۱ bc	۰/۳۲ d-g
		۱۰	۰/۰۱۴ i	۱/۱۸ e-h	۰/۰۰۵ j	۰/۰۱۵ bc	۰/۱۴ i
	میانگین		۰ /۰۲۴ D	۰/۹۳B	۰/۰۱۹BC	۰/۰۱۱C	۰/۳۳B
با میکوریز	۰	۱	۰/۰۱۷ g-i	۰/۶۰ j-l	۰/۰۱۶ g-j	۰/۰۱۲ bc	۰/۲۲ g-i
		۳	۰/۰۴۳ cd	۲/۲۹ b	۰/۰۴۴ c-e	۰/۰۵۴ a	۰/۵۱ ab
		۶	۰/۰۴۱ c-f	۲/۷۶ a	۰/۰۴۸ cd	۰/۰۵۲ a	۰/۵۵ a
		۱۰	۰/۰۴۲ c-e	۱/۷۵ cd	۰/۰۶۹ a	۰/۰۱۴ bc	۰/۳۵ c-f
	میانگین		۰/۰۳۵BC	۱/۸۵A	۰ /۰۴۴ A	۰/۰۳۳A	۰/۴۱A
	۰/۵	۱	۰/۰۲۹ d-i	۰/۸۶ h-j	۰/۰۲۵ e-i	۰/۰۱۸ bc	۰/۱۹ g-i
		۳	۰/۰۳۰ d-i	۰/۴۳ kl	۰/۰۳۵ c-g	۰/۰۲۱ bc	۰/۲۷ f-h
		۶	۰/۰۶۱ b	۲/۰۱ bc	۰/۰۶۶ ab	۰/۰۵۲ a	۰/۴۴ f-h
		۱۰	۰/۰۴۲ c-e	۰/۹۱ g-j	۰/۰۳۶ c-f	۰/۰۲۱ bc	۰/۲۶ f-h
	میانگین		۰/۰۴۱B	۱/۱B	۰/۰۴۱A	۰/۰۲۸AB	۰/۲۹B
	۱	۱	۰/۰۳۹ c-f	۱/۰۱ f-i	۰/۰۵۱ a-c	۰/۰۱۹bc	۰/۲۶ f-h
		۳	۰/۰۶۸b	۰/۶۷ i-k	۰/۰۳۰ d-h	۰/۰۲۱ bc	۰/۲۸f g
		۶	۰/۱۲ a	۱/۹۹ bc	۰/۰۵۳ a-c	۰/۰۲۴ b	۰/۴۲ b-e
		۱۰	۰/۰۶۶ b	۰/۷۷ i-k	۰/۰۳۵ c-g	۰/۰۲۳ b	۰/۳۱ e-g
	میانگین		۰/۰۷۴A	۱/۱۱B	۰/۰۴۲A	۰/۰۲۲B	۰/۳۲B

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین اعداد بر طبق آزمون دانکن در سطح ۵ ٪ می‌باشد.

در ریشه کاهش یافت. بین سطوح تنش خشکی کمترین میزان منگنز ریشه مربوط به دور آبیاری ده روز در میان بود و بیشترین میزان منگنز ریشه را دور آبیاری یک روز در میان نشان داد (جدول ۳). غلظت منگنز در برگ گیاهان سویا میکوریزی کمتر از غیر میکوریزی بود (لامبرت و ویدنسائول[1]، ۱۹۹۱). همزیستی میکوریز در گیاهان به دلیل کاهش میکروارگانیسم های احیاء کننده منگنز در ریزوسفر میزان منگنز موجود در گیاه را کاهش داده یا بر آن تاثیری ندارند (شرما و جهری[2]، ۲۰۰۲). تنش خشکی در دسترس بودن عناصر در خاک، جذب عناصر بوسیله ریشه، انتقال از ریشه به شاخه و توزیع عناصر در گیاه را کاهش می‌دهد (جیوکوچا و همکاران[3]، ۱۹۹۷). در این پژوهش تنش خشکی غلظت عناصر آهن، روی، مس و منگنز را در اندام هوایی افزایش داد. افزایش غلظت عناصر روی، مس، آهن و منگنز در تنش خشکی مرتبط با اثر رقیق شدگی بدلیل کاهش رشد اندام هوایی است (باقری و همکاران، ۲۰۱۲). کاربرد میکوریز میزان آهن، روی و مس اندام هوایی را افزایش داد این نتایج با نتایج باقری و همکاران (۲۰۱۲) و همچنین عباسپور و همکاران (۲۰۱۲) بر روی پسته مطابقت داشت. به نظر می رسد که میسلیوم قارچ با گسترش در خاک میزان جذب عناصر را افزایش می‌دهد که دلایل این امر متفاوت است. افزایش جذب عناصر غذایی عمدتا به دلیل انتشار میسلیوم‌های قارچ به بافت‌های درونی ریشه و تشکیل یک سیستم مکمل جذب در سیستم ریشه‌ای گیاه است که بهره‌گیری از حجم بیشتر خاک را که ریشه های تغذیه کننده به آن دسترسی ندارند ممکن می‌سازد. جذب بیشتر مواد مغذی معدنی در گیاهان میکوریزایی نسبت به غیر میکوریزایی احتمالا به دلیل افزایش دست‌یابی یا انتقال عناصرتوسط هیف‌های قارچ است. بین وضعیت تغذیه‌ای و مقاومت به خشکی در گیاهان ارتباط وجود دارد که همزیستی میکوریز این وضعیت را تغییر می‌دهد (ایوگ، ۲۰۰۱). قارچ های میکوریز بدلیل داشتن شبکه گسترده از هیف‌ها و تولید آنزیم‌های مختلف مثل فسفاتاز که قابلیت انحلال عناصر غذایی را افزایش می‌دهد و جذب عناصر غذایی را تحت شرایط مختلف افزایش می‌دهند (میرانصاری و همکاران[4]، ۲۰۰۹). افزایش میزان مواد غذایی دانهال‌های میکوریزی بدلیل افزایش سطح جذب فراهم شده توسط هیف‌های قارچ است (ناوارو و همکاران[5]، ۲۰۱۱). درباره اثر اسید سالیسیلیک بر جذب عناصر غذایی تحقیقات زیادی صورت نگرفته و مکانیسم دقیق آن هنوز مشخص نشده است.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج بدست آمده در این آزمایش، تنش خشکی سبب افزایش انتقال پتاسیم به اندام هوایی دانهال های پسته رقم ابارقی گردید در حالی که از انتقال فسفر کاست. همزیستی میکوریزی تاثیر قابل توجهی بر جذب و انتقال عناصر به جز منگنز داشت. این تاثیر میکوریز به ویژه از نقطه نظر جذب و انتقال پتاسیم و فسفر و نقشی که این دو عنصر در روابط آبی و فتوسنتز گیاه دارند دارای اهمیت خاصی می باشد. کابرد اسید سالیسیلیک در این آزمایش حداقل از نظر جذب و انتقال عناصر اندازه گیری شده تاثیر چندانی نداشت اگرچه در گیاهان میکوریزی تا حدی سبب افزایش میزان پتاسیم گردید. البته این بدان معنا نیست که اسید سالیسیلیک بر دیگر جنبه

1- Lambert & Weidensaul
2- Sharma & Johri
3- Goicoechea *et al.*
4- Miransari *et al.*
5- Navarro *et al.*

های رشدی و فعالیت های متابولیکی گیاهان پسته در شرائط تنش خشکی بی تاثیر بوده است.

سپاس گزاری

بدین وسیله از آقای سجاد عزیزآبادی به دلیل همکاری ایشان در تهیه بذر مورد نیاز قدردانی می گردد.

منابع

۱. میرزایی خلیل آبادی، ح. ر. و چیذری، ا. ح. ۱۳۸۳ . تعیین کارایی فنی و مقدار بهینه آب در تولید پسته. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی ، ۴۳: ۴۹-۶۲.

۲. صالحی، ف. ۱۳۸۵. شناخت خاک و تغذیه درختان پسته. چاپ اول. انتشارات موسسه تحقیقات پسته کشور. ۱۶۵ ص.

3. Abbaspour, H., Saeidi-Sar, S., Afshari, H., and Abdel-Wahhab, M.A. 2012. Tolerance of mycorrhiza infected pistachio (*Pistacia vera* L.) seedling to drought stress under glasshouse conditions. Journal of Plant Physiology, 169: 704– 709.

4. Al-Karaki, G., Michael, B., and Zak, J. 2003. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza, 14: 263–269

5. Amin, A.A., Rashad, E.S., and El-Abagy, H.M. 2007. Physiological effect of indole-3- butyric acid and salicylic acid on growth, yield and chemical constituents of onion plants. Journal of applied Sciences Research, 3: 1554-1563.

6. Asghari, H.R., Marschner, P., Smith, S.E. and Smith, F. 2005. Growth response of Atriple nummularia to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi at different salinity levels. Plant and Soil, 373: 245-256.

7. Auge, R.M. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular myocrrhizal symbiosis. Mycorrhiza, 11: 3-42.

8. Bagheri, V., Shamshiri, M.H, Shirani H., and Roosta H.R. 2012. Nutrient uptake and distribution in mycorrhizal pistachio seedlings under drought stress. Journal of agricultural science and technology, 14: 1591-1604.

9. Bastam, N., Baninasab, B., and Ghobadi, C. 2012. Improving salt tolerance by exogenous application of salicylic acid in seedlings of pistachio. Plant Growth Regulation, 10: 1007-10725.

10. Bi, L.Y., Li, X.L., and Christie, P. 2003. Influence of early stages of arbuscular mycorrhiza on uptake of zinc and phosphorous by red clover from a low phosphorous soil amended with zinc and phosphorous. Chemosphere, 50, 831-837.

11. Bray, E.A. 1997. Plant responses to water deficit. Trends in Plant Science, 2: 48–54.

12. Caris, C., Hordt, W., Hawkins. H.J., Romhel, V., and Eckhard, G. 1998. Studies of iron transport by AM hyphae from soil to peanut and sorghum plants. Mycorrhiza, 8: 35-39.

13. Chapman, H.D., and Pratt, P.F. 1982. Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters. Division of Agriculture, University of California, Berkeley, CA, 4034 p.

14. Enteshari, S., Hajbagheri, S., and Razavizadeh, R. 2012. Role of mycorrhizal fungi and salicylic acid in salinity tolerance of *Ocimum basilicum* resistance to salinity. African Journal of Biotechnology, 11: 2223-2235.

15. Goicoechea, N., Antolin, M.C., and Sanchez -Diaz, M. 1997. Influence of arbuscular mycorrhizal. and rhizobium on nutrient content and water relations in drought stressed alfalfa. Plant and Soil, 192: 261-268.

16. Jahromi, F., Aroca, R., Porcel, R., and Ruiz-Lozano, J.M. 2008. Influence of salinity on the in vitro development of Glomus intraradices and on the in vivo physiological and molecular responses of mycorrhizal lettuce plants. Microbial Ecology, 55: 45-53.

17. James, B., Rodel, D., Lorettu, U., Reynaldo, E., and Tariq, H. 2008. Effect of vesicular arbescular mycorrhiza (VAM) fungi inoculation on coppicing ability and drought resistance of Senna Spectabilis. Pakistanian Journal of Botany, 40(5): 2217-2224.

18. Kafkas, S., and Rperl, T. 2001. Morphological and molecular phylogeny of pistacia species in turkey. Theory Applied Genetic, 102: 908-915.

19. Lambert, D.H., and Weidensaul, T.C. 1991. Element uptake by mycorrhizal soybean from sewage-sludge-treated soil. Soil Science Society of America Journal, 55: 393–398.

20. Miransari, M., Bahrami, H.A, Rejali, F., and Malakouti, M.J. 2009. Using arbuscular mycorrhiza toreduce the stressful effects of soil compaction on wheat (*Triticum aestivum L.)* Growth .Soil Biology and Biochemistry, 40: 1197-1206.

21. Navarro, G.A., Del, P., Banon, A.S., Morte, A., and Sanchez-Blanco, M.J. 2011. Effects of nursery preconditioning through mycorrhizal inoculation and drought in *Arbutus unedo* L. plants. Mycorrhiza, 21: 53–64.

22. Ortas, I., Rowell, D.L., and Harris, P.J. 2004. Effect of mycorrhizae and ph change at the root-soil interface on phosphorous uptake by sorghum using a rhizocylinder technique. Communications in soil science and plant analysis, 35: 1061-1080.

23. Qiangsheng, W., Renxue, X., and Zhengjia, H. 2006. Effect of arbuscular mycorrhiza on the drought tolerance of poncirus trifoliata seedlings. Front for china, 1: 100–104.

24. Rabie, G.H. 2005. Contribution of arbuscular mycorrhizal fungus to red kidney and wheat plants tolerance grown in heavy metal-polluted soil. African Journal of Biotechnology, 4: 332-345.

25. Rui-hong, Y., Run-jin, L., Cheng-lian, L., Yong-zhang, W., Pei-huan, L., and Yong-bing, Y. 2009. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and salicylic acid on salt tolerance of strawberry (*fragaria*×*ananassa* duch) plants. Scientia Agricultura Sinica, 42: 1590-1594.

26. Ruiz-Lozano, J.M., Azcon, R., and Gmez, M. 1995. Effects of arbuscular mycorrhizal Glomus species on drought tolerance: physiological and nutritional plant responses. Appllied Environ Microbiol, 61: 456–460.

27. Sahu, G.K., Manoranjan, K., and Sabat, S.C. 2010. Alteration in phosphate uptake potential of wheat plants co-cultivated with salicylic acid. Journal of Plant Physiology, 167: 326–328.

28. Salehi, F., Abosaedi, D., and Aliasgharzadeh, N. 2006. Study on the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi populations in pistachio orchards of kerman province. Acta Horticulture, 227-230.

29. Schuppler, U., He, P.H., John, L., and Munns, R. 1998. Effects of water stress on cell division and cell-division-cycle-2-like cell-cycle kinase activity in wheat leaves. Plant Physiology, 117: 667–678.

30. Sicher R.C. 1986 Sucrose biosynthesis in photosynthetic tissue: Rate controlling factors and metabolic pathway. Physiologia. Plantarum, 67: 118–121.

31. Sharma, A.K., and Johri, B.N. 2002. AM interaction in plants, Rhizosphere and So*ils*. Oxford and IBH Publishing. New Delhi, 308p.

32. Singh, B., and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regulation, 39: 137-141.

33. Song, H. 2005. Effects of VAM on host plant in the condition of drought stress and its mechanisms. Electronic Journal Biology, 3: 44-48.

34. Wang, L.J., and Li, S.H. 2006. Salicylic acid-induced heat or cold tolerance in relation to Ca^{2+} homeostasis and antioxidant systems in young grape plants. Plant Science, 170: 685-694.

35. Wasea, A., Khalid, A., and Elhindi, M. 2011. Alleviation of drought stress of marigold (*tagetes erecta*) plants by using arbuscular mycorrhizal fungi. Saudi Journal of Biological Sciences, 18: 93–98.