نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۵، ص. ۹۶۷-۹۵۵

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 3, Jul.-Agu. 2016, p. 955-967

تأثیر جیبرلیک اسید و نیتروژن بر برخی پارامترهای فیزیولوژی و عناصر غذایی کم‌مصرف پسته تحت تنش کلرید سدیم

وحید مظفری[1*]- فریبا خالقی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۰۴

چکیده

طبق تحقیقات انجام شده تولید و فعالیت هورمون‌های گیاهی تحت تأثیر عوامل طبیعی و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه قرار گرفته و نیتروژن مهم‌ترین تأثیر را بر تولید و انتقال جیبرلیک اسید به اندام‌های هوایی گیاه دارد. به‌منظور بررسی اثر جیبرلیک اسید و نیتروژن بر برخی پارامترهای فیزیولوژی و عناصر غذایی کم‌مصرف پسته (رقم قزوینی) تحت تنش شوری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل سه سطح شوری (صفر، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)، سه سطح نیتروژن (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از منبع نیترات آمونیوم) و سه سطح جیبرلیک اسید (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بودند. نتایج این آزمایش نشان داد که شوری کلرید سدیم محتوای کاروتنوئید و شاخص کلروفیل فلورسانس را نسبت به شاهد کاهش داد، ولی با اعمال تیمارهای جیبرلیک اسید و نیتروژن پارامترهای ذکر شده با افزایش چشمگیری نسبت به شاهد روبرو شد. با توجه به این‌که شوری کلرید سدیم سبب افزایش میزان پرولین برگ گردید، کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن و محلول‌پاشی ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید این پارامتر را به ترتیب ۵۵ و ۲۶ درصد افزایش داد، اما کاربرد توأمان این دو تیمار در بالاترین سطوح خود باعث افزایش ۷۹ درصدی پرولین نسبت به شاهد شد. نتایج این آزمایش هم‌چنین نشان داد، با افزایش شوری کلرید سدیم غلظت عناصر آهن، منگنز و روی افزایش ولی غلظت مس اندام هوایی و ریشه کاهش یافت، لیکن با کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن و با مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید غلظت مس نیز افزایش یافت. به‌طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد در شرایط شوری کلرید سدیم، کاربرد جیبرلیک اسید و نیتروژن به تنهایی و یا توأمان از طریق بهبود پارامترهای فیزیولوژی و هم‌چنین افزایش غلظت عناصر غذایی کم مصرف عملکرد گیاه پسته در شرایط تنش شوری کلرید سدیم را بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: آهن، پرولین، شوری، کاروتنوئید، مس

مقدمه

در حال حاضر بالغ بر ۴۷۰ هزار هکتار باغ پسته (*Pistacia vera* L.) بارور و غیربارور در کشور وجود دارد که بیش از ۷۰ درصد از این باغ‌ها در استان کرمان واقع شده است (۹). از مهم‌ترین ارقام پسته در ایران می‌توان به اکبری، کله قوچی، بادامی زرند و قزوینی اشاره کرد. میوه رقم قزوینی، ریز و دارای مغز سبز رنگ بوده و اکثر برگ‌های آن مرکب سه برگچه‌ای است، این رقم دیر گل می‌باشد (۳۶). شوری یکی از مهم‌ترین مشکلاتی است که کشت محصولات کشاورزی را در مناطق خشک و نیمه‌خشک محدود می‌کند، گرچه ایران مهم‌ترین تولیدکننده پسته در دنیاست، اما عملکرد آن در خیلی از مناطق پائین است. اکثر باغ‌های پسته با آب‌های شور و با کیفیت پائین آبیاری می‌شوند (۲۲). عدم کاربرد کودهای حاوی عناصر کم نیاز و عدم رعایت تعادل در مصرف کودهای دارای عناصر پر نیاز در بیشتر مناطق پسته‌کاری استان کرمان، باعث کاهش عملکرد این محصول به مقادیری پائین‌تر از پتانسیل آن شده است. نیتروژن از جمله عناصر پر مصرف است که در تغذیه باغ‌های پسته نقش مهمی را ایفا می‌نماید (۲۴). این عنصر جهت رشد طبیعی گیاهان مورد نیاز است و عنصری است که در تغذیه گیاهان مناطق خشک و نیمه‌خشک نقش بسیار مهمی دارد. نیتروژن اولین عنصری است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک کمبود آن مطرح می‌شود. بنابراین کاربرد این عنصر باعث افزایش رشد گیاه و عملکرد ماده خشک می‌گردد. (۵). نیتروژن عنصری پویا بوده و زمان مصرف آن ممکن

۱ و ۲- دانشیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان
(*- نویسنده مسئول: Email: vmozafary@yahoo.com)

است برای استفاده بهینه گیاه بحرانی باشد. هم‌چنین این عنصر از اجزای تشکیل دهنده اسیدهای آمینه، پروتیین‌ها، اسیدهای نوکلییک و آنزیم‌هاست و نقش عمده‌ای در فیزیولوژی گیاه، رشد رویشی، تشکیل کلروفیل و تولید میوه و دانه دارا می‌باشد (۳۸). کاهش در کلروفیل a، b و کل تحت تنش شوری در بیشتر مطالعات گزارش شده است که دلایل متفاوتی برای آن وجود دارد. یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش کلروفیل، تخریب کلروفیل به وسیله اکسیژن فعال و افزایش سنتز پرولین در اثر تنش شوری می‌باشد. زیرا کلروفیل و پرولین هر دو از گلوتامات سنتز می‌شوند و از طرفی رقابت و پیشی گرفتن آنزیم گلوتامیل کیناز به هنگام تنش شوری از آنزیم گلوتامات لیگاز (اولین آنزیم مسیر بیوسنتز کلروفیل) باعث می‌شود تا پیش‌ساز گلوتامات بیشتر به مصرف پرولین برسد بنابراین بیوسنتز کلروفیل با محدودیت روبرو می‌شود (۱۰). جیبرلیک اسید یک فیتوهورمون شناخته شده است که موجب پاسخ متنوع فیزیولوژیکی در گیاهان تحت شرایط تنش می‌شود. جیبرلیک اسید فرآیندهای فتوسنتز و رشد را تحت شرایط تنش‌های محیطی افزایش و بر فیزیولوژی و متابولیسم گیاه تأثیر دارد (۲۵). پژوهشگران دریافته‌اند که با استفاده از تنظیم‌کننده‌های زیستی، رشد و تحمل به شوری در بسیاری از گیاهان زراعی افزایش می‌یابد. در این زمینه استفاده از جیبرلیک اسید توانسته است، اثرات تنش شوری را برطرف کند (۲۰). از آن‌جا که طبق تحقیقات انجام شده، تولید و فعالیت هورمون‌های گیاهی تحت تأثیر عوامل طبیعی و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه قرار گرفته و نیتروژن مهم‌ترین تأثیر را بر تولید و انتقال جیبرلیک اسید به اندام‌های هوایی گیاه دارد، لذا در این پژوهش تأثیر جیبرلیک اسید و نیتروژن بر برخی از ویژگی‌های فیزیولوژی و عناصر غذایی کم‌مصرف دانهال‌های پسته (رقم قزوینی) در شرایط شور مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در شرایط گلخانه‌ای و به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان انجام شد. تیمارها شامل سه سطح شوری کلرید سدیم (صفر، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم با استفاده از کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)، سه سطح نیتروژن (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک از منبع نیترات آمونیوم) و سه سطح جیبرلیک اسید (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بودند. خاک مورد استفاده از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از یکی از مناطق پسته خیز استان کرمان که از نظر شوری در حد پایینی بود، انتخاب و پس از هوا خشک شدن و عبور از الک دو میلی‌متری، برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله pH در خمیر اشباع به‌وسیله الکترود شیمیایی (۷/۶۳)، بافت (لوم شنی)، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع با استفاده از دستگاه EC متر (۱ دسی‌زیمنس بر متر)، سیلت (۲۳/۱ درصد)، رس (۵/۵ درصد)، ظرفیت زراعی (۱۸ درصد وزنی)، درصد کربن آلی (۰/۵ درصد)، ظرفیت تبادل کاتیونی (۱۲/۵)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک (۲۷ درصد)، فسفر قابل استفاده به روش اولسن (۵/۶۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، غلظت پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم (۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و غلظت آهن، منگنز، مس و روی قابل استفاده (به ترتیب ۲/۶۵، ۴/۹، ۰/۸۸ و ۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به روش DTPA و غلظت نیتروژن کل به روش کجلدال (۰/۰۱۸ درصد) تعیین گردید. بذرهای پسته رقم قزوینی از مؤسسه تحقیقات پسته‌ی کشور تهیه و مقدار چهار کیلوگرم خاک مورد نظر داخل گلدان‌های پلاستیکی ۵ لیتری ریخته و بر اساس نتایج آزمون خاک برای تامین عناصر غذایی فسفر و پتاسیم، ۵۰ میلی‌گرم پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات (KH_2PO_4) به ازای هر کیلوگرم خاک مورد استفاده قرار گرفت. هم‌چنین عناصر روی، مس و آهن به‌ترتیب از منابع سولفات روی، سولفات مس و کلات آهن با غلظت ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌صورت محلول تهیه و به خاک تمام گلدان‌ها اضافه گردید. در هر گلدان تعداد ۸ بذر جوانه‌زده در عمق ۳ سانتی‌متری خاک کشت و آبیاری گلدان‌ها به‌وسیله آب مقطر تا رسیدن به ظرفیت مزرعه همراه با توزین مرتب آن‌ها صورت گرفت. تیمارهای نیتروژن ۳ هفته پس از کشت، به‌صورت محلول با آب آبیاری به گلدان‌ها اضافه شد. تیمارهای شوری کلرید سدیم پس از استقرار کامل نهال‌ها (۵ هفته پس از کشت) به دو قسمت مساوی تقسیم و به فواصل زمانی یک هفته به‌صورت محلول همراه با آب آبیاری به گلدان‌ها اضافه شد. هم‌چنین تیمارهای جیبرلیک اسید به‌صورت محلول‌پاشی پس از اعمال تیمار شوری در سه نوبت و به فواصل زمانی یک هفته اعمال گردید. در هفته‌ی یازدهم پس از کاشت، شاخص کلروفیل فلورسانس و در زمان برداشت (هفته دوازدهم) بعضی از پارامترهای فیزیولوژیکی دانهال‌های پسته از جمله کاروتنوئیدها (۶) و پرولین (۳۷) مورد سنجش قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل فلورسانس (Fv/Fm) از دستگاه Cholorophyll Fluorimeter مدل *(Hansatech LTD Pocket PEA, UK)* استفاده شد. عناصر غذایی آهن، روی، مس و منگنز به‌طور جداگانه در ریشه و اندام هوایی اندازه‌گیری شد (۱۳). در پایان آزمایش میانگین شوری‌های ایجاد شده منتج از سطوح صفر، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی گرم کلرید سدیم در کیلو گرم خاک به ترتیب ۲/۱، ۶/۸ و ۱۳/۳ دسی‌زیمنس بر متر بود. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و با استفاده از آزمون دانکن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال پنج درصد آماری صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل سه‌گانه شوری، نیتروژن و جیبرلین بر شاخص Fv/Fm ، کاروتنوئیدها و پرولین و هم‌چنین بر غلظت عناصر آهن، منگنز، روی و مس اندام هوایی و ریشه دانهال‌های پسته معنی‌دار گردید.

شاخص کلروفیل فلورسانس (Fv/Fm)

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها مشاهده می‌شود (جدول ۱)، هنگامی‌که محیط شور شد (۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)، مصرف توأمان نیتروژن (۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از منبع نیترات آمونیوم) و جیبرلیک اسید (۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر) شاخص کلروفیل فلورسانس را به بالاترین سطح خود رساند.

فلورسانس کلروفیل شامل فلورسانس حداقل (Fo)، فلورسانس حداکثر (Fm) و نسبت فلورسانس متغیر به حداکثر Fv/Fm (بازدهی فتوسنتزی) می‌باشد. هم‌بستگی خوبی بین توقف فتوسنتز و کاهش نسبت Fv/Fm وجود دارد (۲۹). در پژوهشی بر روی تمشک اثر تنش شوری بر پارامترهای فتوسنتزی و فلورسانس کلروفیل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که شوری باعث کاهش فتوسنتز و کلروفیل فلورسانس برگ شد (۳۳). فتاحی (۱۵) در پژوهشی بر روی پسته گزارش کرد که تیمار شوری سبب کاهش شاخص Fv/Fm گردید. ثابت شده است که جیبرلیک اسید فعالیت آنزیم ریبولوز بی‌فسفات کربوکسیلاز-اکسیژناز (روبیسکو)، که آنزیم عمده فتوسنتزی در گیاهان است را افزایش می‌دهد (۷). تنظیم‌کنندگان رشد می‌توانند بازدهی فیزیولوژیک از قبیل توانایی فتوسنتزی را بهبود بخشیده و بازدهی محصولات را افزایش دهند (۲۵). همان‌گونه که در نتایج مشاهده می‌شود در فقدان نیتروژن، شوری ناشی از کلرید سدیم موجب کاهش نسبت کلروفیل فلورسانس گردید، لیکن افزودن نیتروژن موجب افزایش معنی‌دار این نسبت شد که با نتایج صفاری و همکاران (۴۰) که بر روی آفتابگردان پژوهش نمودند مطابقت دارد. برقراری هم‌بستگی مثبت میان نیتروژن و میزان کلروفیل در بسیاری از گونه‌های گیاهی به اثبات رسیده است (۱۶). از آن‌جایی‌که ۷۵ درصد از نیتروژن برگ در کلروپلاست وجود دارد، بنابراین پائین بودن میزان فتوسنتز تحت شرایط محدودیت نیتروژن اغلب به کاهش میزان کلروفیل مربوط می‌شود، در نتیجه با افزایش نیتروژن میزان کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی افزایش می‌یابد (۱۵).

جدول ۱- مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش شوری، نیتروژن و جیبرلیک اسید بر شاخص کلروفیل فلورسانس (Fv/Fm) دانهال‌های پسته رقم قزوینی

Table 1- Comparison of the interaction of salinity, nitrogen and acid gibberellic on fluorescence chlorophyll (Fv/Fm) Pistachio Seedlings (Cv. Qazvini)

شوری Salinity (mg sodium chloride kg^{-1} soil)	نیتروژن Nitrogen (mg kg^{-1} soil)	جیبرلیک اسید Acid gibberellic (mg l^{-1}) 0	250	500
0	0	0.730 mno	0.840 e	0.936 a
0	75	0.760 ij	0.780 gh	0.793 g
0	150	0.880 b	0.923 a	0.813 f
1000	0	0.723 no	0.703 p	0.733 lmn
1000	75	0.770 hi	0.733 lmn	0.790 g
1000	150	0.740 klm	0.853 de	0.840 e
2000	0	0.723 no	0.716 op	0.726 mno
2000	75	0.746 jkl	0.753 jk	0.730 mno
2000	150	0.810 f	0.870 bc	0.860 cd

میانگین‌های حداقل با یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

Means at least one letter in common are different according to Duncan test at the level of five percent do not significantly

کاروتنوئیدها

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سه‌گانه بیان‌گر این است (جدول ۲) که در شرایط غیرشور، تنها مصرف ۷۵ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک و بدون اعمال تیمار جیبرلیک اسید، غلظت کاروتنوئیدها از ۲/۵۸ به ۴/۸۰ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ دانهال‌های پسته رسید. با اعمال ۱۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، غلظت کاروتنوئیدها ۴۵ درصد افزایش یافت و این افزایش با محلول‌پاشی جیبرلیک اسید (۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر) به ۷۱ درصد رسید. ولی با شور شدن بیشتر محیط (۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک) غلظت کاروتنوئیدها نسبت به شاهد با کاهش چشمگیری (۵۰ درصد) روبرو شد. ولی کاربرد ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید و بدون حضور نیتروژن نه‌تنها کاهشی در غلظت کاروتنوئیدها مشاهده نشد، بلکه با افزایش ۴۲ درصدی نسبت به شاهد مواجه گشت.

جدول ۲- مقایسه میانگین برهم‌کنش شوری و جیبرلیک اسید و نیتروژن بر میزان کاروتنوئید (میلی‌گرم در گرم وزن تر) دانهال‌های پسته رقم قزوینی

Table 2- Comparison of the interaction of salinity, nitrogen and acid gibberellic on carotenoids content (mg g^{-1} wet weight) Pistachio Seedlings (Cv. Qazvini)

شوری Salinity (mg sodium chloride kg^{-1} soil)	نیتروژن Nitrogen (mg kg^{-1} soil)	جیبرلیک اسید Acid gibberellic (mg l^{-1})		
		0	250	500
0	0	2.58 cd	1.74 e-h	1.64 e-h
0	75	4.80 a	3.79 b	2.05 e
0	150	1.65 e-h	1.83 efg	1.71 e-h
1000	0	3.75 b	4.41 a	1.43 f-i
1000	75	2.13 de	2.00 ef	3.63 b
1000	150	1.85 efg	4.31 a	4.42 a
2000	0	1.28 g-j	1.55 e-h	3.66 b
2000	75	1.93 ef	1.21 hij	0.94 ij
2000	150	0.76 g	1.22 hij	2.94 c

میانگین‌های حداقل با یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

Means at least one letter in common are different according to Duncan test at the level of five percent do not significantly

کاروتنوئیدها نقش بسیار مهمی در حفاظت نوری گیاهان در مقابل تنش دارند (۳). تنش اکسیداتیو ایجاد شده در اثر تنش شوری در بافت‌های گیاهی، توسط فعالیت کاروتنوئیدها در هر دو سیستم آنزیمی و غیرآنزیمی آنتی‌اکسیدانی کاهش می‌یابد. کاروتنوئیدها به عنوان آنتی اکسیدان مؤثر در حفاظت از فرآیندهای فتوشیمیایی و پایداری آن‌ها نقش دارد. بنابراین بالاتر بودن کاروتنوئیدها به گیاه امکان می‌دهد که تنش شوری را بهتر تحمل کند (۳۴). مظفری و همکاران (۳۱) با انجام پژوهشی بر روی پسته گزارش کردند که با افزایش شوری از صفر به ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاروتنوئیدها به‌ترتیب بیش از ۱۶ و ۲۲ درصد نسبت به شاهد کاهش یافتند. از آنجا که افزایش تغذیه نیتروژنی گیاه به رشد برگ کمک شایانی می‌کند، کمبود نیتروژن در برگ پسته موجب از بین رفتن ساختار کلروفیل و رنگیزه‌های جمع کننده انرژی نورانی از جمله کاروتنوئیدها، کاهش رشد برگ و رنگ پریدگی آن می‌شود (۱۸). هم‌چنین نیتروژن مهم‌ترین اثر را بر میزان جیبرلین دارد، بدین صورت که با قطع مصرف نیتروژن، جیبرلین در بخش‌های هوایی گیاه سریعاً کاهش می‌یابد (۲۸). جیبرلین تخریب کلروفیل را به تأخیر می‌اندازد و سبب افزایش میزان نیتروژن برگ‌ها می‌شود، هم‌چنین این هورمون در به تأخیر انداختن تخریب ساختمان کلروپلاست نقش دارد (۳۲).

پرولین

نتایج جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۳)، در شرایط غیرشور، مصرف ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید، غلظت پرولین برگ را به بالاترین سطح خود رساند و از ۰/۰۱ به ۰/۳۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ افزایش داد. با اعمال شوری (۱۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک) نیز همین سطوح تیمارها افزایش پرولین را به بالاترین سطح خود رساندند که نسبت به سطح غیرشور بیش از ۲۸ درصد افزایش یافت. با اعمال شوری بیشتر (۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)، نیز بالاترین غلظت پرولین با کاربرد آخرین سطح نیترون (۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک) و جیبرلیک اسید (۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) به‌دست آمد. بدین صورت که غلظت پرولین را به ۰/۵۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر رساند.

پرولین احتمالاً در سلول‌های تحت تنش شوری، نقش آنتی اکسیدانی و تنظیم‌کننده پتانسیل اسمزی دارد و با تجمع در سیتوپلاسم سلول‌ها از طریق کاهش پتانسیل اسمزی درون سلولی تجمع نمک در واکوئل را تنظیم می‌کند (۴). با افزایش شوری میزان پرولین برگ تازه پسته افزایش یافت که با نتایج عباس‌پور[1] (۱) روی پسته و حسن‌پور (۲۱) روی انار مطابقت دارد. انباشت پرولین بیشتر در پایه قزوینی پسته نسبت به پایه‌های بادامی و سرخس نشان می‌دهد که این پایه بیشتر از تنش شوری اجتناب می‌کند و در مقابل تنش شوری مقاوم‌تر است (۲۳). مظفری (۳۰) مشاهده کرد که با افزایش شوری، غلظت پرولین در برگ تازه پسته افزایش یافت. محققان اظهار داشتند که با افزایش مصرف نیتروژن به دلیل مؤثر بودن این عنصر غذایی در افزایش اسیدهای آمینه، میزان پرولین افزایش معنی‌داری پیدا کرد (۱۱).

1- Abbaspour

جدول ۳- مقایسه میانگین برهم‌کنش شوری و جیبرلیک اسید و نیتروژن بر میزان پرولین برگ (میلی‌گرم در گرم وزن تر) دانهال‌های پسته رقم قزوینی

Table 3- Comparison of the interaction of salinity, nitrogen and acid gibberellic on leaf proline content (mg g^{-1} wet weight) Pistachio Seedlings (Cv. Qazvini)

شوری Salinity (mg sodium chloride kg^{-1} soil)	نیتروژن Nitrogen (mg kg^{-1} soil)	جیبرلیک اسید Acid gibberellic (mg l^{-1})		
		0	250	500
0	0	0.01 m	0.11 l	0.23 h
0	75	0.16 k	0.27 g	0.32 f
0	150	0.27 g	0.31 f	0.38 d
1000	0	0.18 j	0.20 i	0.35 e
1000	75	0.21 i	0.35 e	0.38 d
1000	150	0.32 f	0.39 d	0.49 b
2000	0	0.21 i	0.21 i	0.38 d
2000	75	0.31 f	0.42 c	0.43 c
2000	150	0.31 f	0.43 c	0.56 a

میانگین‌های حداقل با یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

Means at least one letter in common are different according to Duncan test at the level of five percent do not significantly

برخی نتایج نیز نشان داده‌اند که محلول‌پاشی جیبرلین باعث تحریک تجمع پرولین در گیاهان می‌گردد (۱۷). محققان عنوان کردند که افزایش غلظت جیبرلین موجب افزایش تجمع پرولین برگ گیاه کنار گردید، به‌طوری‌که محلول‌پاشی ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین موجب افزایش معنی‌دار پرولین برگ کنار در مقایسه با عدم کاربرد جیبرلین شد (۲).

آهن

همان‌گونه که مشاهده می‌شود (جدول ۴)، در شرایط غیرشور غلظت آهن اندام هوایی با محلول‌پاشی ۵۰۰ میلی‌گرم جیبرلیک اسید در لیتر و بدون مصرف نیتروژن، نزدیک به دو برابر افزایش حاصل نمود، درحالی‌که با مصرف نیتروژن به تنهایی، این افزایش نزدیک به ۳۰ درصد بود، لیکن در شرایطی‌که ۱۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک مصرف شد و محیط شور گشت، تأثیر جیبرلیک اسید (۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و نیتروژن (۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بسیار کاهش یافت و فقط به ترتیب نزدیک به ۷ و ۱۹ درصد غلظت آهن اندام هوایی را افزایش داد و هنگامی‌که محیط شورتر شد (۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)، نه تنها جیبرلیک اسید، غلظت آهن اندام هوایی را افزایش نداد، بلکه آن را کاهش داد که این مربوط به اثر رقت می‌باشد، و فقط مصرف نیتروژن (۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بود که غلظت آهن اندام هوایی را حدود ۴۰ درصد افزایش داد.

در ریشه نیز همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با افزایش شوری غلظت آهن نیز ۲ و ۳ برابر افزایش یافت. هم‌چنین جیبرلیک اسید و نیتروژن نیز باعث افزایش ۲ الی ۳ برابری غلظت آهن گردیدند. مشخص گردیده است که کاتیون فلز سنگینی مانند آهن می‌تواند به‌صورت پیوند غیر یونی به گروه‌های دارای ازت، مانند گلیکوپروتئین‌ها و فسفاتازهای موجود بر روی دیواره سلولی ریشه بچسبد و میزان کل کاتیون ریشه را چندین برابر افزایش دهد (۲۸). تأثیر مصرف توأمان جیبرلیک اسید و نیتروژن نسبت به مصرف تک تک آن‌ها کم‌تر بود، به عبارت دیگر نسبت به مصرف تنهای آن‌ها، کم‌تر غلظت آهن ریشه را افزایش دادند. به عبارت دیگر مصرف توأمان این دو تیمار باعث انتقال بیشتر آهن به اندام‌های هوایی گردید و دسترسی گیاه به آهن مورد نیاز را بهبود بخشید. در خاک‌های شور و سدیمی، حلالیت عناصر کم‌مصرف کم بوده و گیاهان رشد کرده در این خاک‌ها اغلب با کمبود این عناصر و کاهش رشد مواجه هستند (۳۵). البته در مواردی نیز این عناصر در حد کافی در گیاه وجود دارد. این اختلافات می‌تواند به نوع گیاه، بافت خاک، میزان شوری، ترکیب املاح، غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف، شرایط رشد و دوره آزمایش مربوط باشد، به این دلیل روابط بین شوری و تغذیه عناصر کم‌مصرف پیچیده است. شوری ممکن است موجب کاهش یا افزایش غلظت عناصر کم‌مصرف در اندام‌های هوایی گیاه شده و یا در غلظت این عناصر بی‌تأثیر باشد (۲۷).

حجت نوقی و مظفری[1] (۲۲) گزارش کردند، با کاربرد شوری در سطح ۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم غلظت آهن اندام هوایی افزایش یافت، لیکن با اعمال همین مقدار شوری غلظت آهن ریشه در مقایسه با شاهد کاهش پیدا نمود.

1- Hojjat Nooghi and Mozafari

جدول ٤- مقایسه میانگین برهم‌کنش شوری، جیبرلیک اسید و نیتروژن بر میزان آهن اندام هوایی و ریشه (میکروگرم در گرم) دانهال‌های پسته رقم قزوینی

Table 4- Comparison of the interaction of salinity, nitrogen and acid gibberellic on shoot and root iron content (µg g $^{-1}$) Pistachio Seedlings (Cv. Qazvini)

شوری Salinity (mg sodium chloride kg^{-1} soil)	نیتروژن Nitrogen (mg kg^{-1} soil)	جیبرلیک اسید Acid gibberellic (mg l^{-1}) 0	250	500
		آهن اندام هوایی Shoot Fe Concentration (µg g^{-1})		
0	0	49.0 ^{h}	95.6 ^{fg}	141 ^{de}
0	75	56.3 ^{gh}	64.0 ^{gh}	74.3 ^{fgh}
0	150	64.0 ^{gh}	79.0 ^{fgh}	69.0 ^{gh}
1000	0	68.3 ^{gh}	75.6 ^{fgh}	73.3 ^{fgh}
1000	75	81.3 ^{fgh}	96.3 ^{fg}	83.6 ^{fgh}
1000	150	64.3 ^{gh}	109 ^{ef}	109 ^{ef}
2000	0	154 ^{cd}	^{fgh}۷۱/۶	75.3 ^{fgh}
2000	75	154 ^{cd}	201 ^{ab}	165 ^{bcd}
2000	150	219 ^{a}	183 ^{bc}	174 ^{bcd}
		آهن ریشه Root Fe Concentration (µg g^{-1})		
0	0	249 ^{j}	458 ^{g}	860 ^{b}
0	75	368 ^{i}	557 ^{ef}	444 ^{gh}
0	150	546 ^{ef}	634 ^{d}	526 ^{f}
1000	0	551 ^{ef}	534 ^{ef}	366 ^{i}
1000	75	540 ^{ef}	448 ^{gh}	384 ^{hi}
1000	150	642 ^{d}	654 ^{d}	634 ^{d}
2000	0	869 ^{b}	608 ^{de}	445 ^{gh}
2000	75	635 ^{d}	937 ^{a}	555 ^{ef}
2000	150	730	752	596 ^{def}

میانگین‌های حداقل با یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

Means at least one letter in common are different according to Duncan test at the level of five percent do not significantly

فراهم کردن آمونیوم می‌تواند باعث تحرک دوباره یا حل شدن آهن در آپوپلاست ریشه یا روی سطح ریشه توسط پائین آوردن پی اچ شود (۴۴). آمونیوم باعث کاهش پی اچ در منطقه ریزوسفر می‌شود و جذب عناصر ریز مغذی از جمله آهن را افزایش می‌دهد که با نتایج محققان بر روی مرکبات مطابقت دارد (۴۱). در پژوهشی مشخص گردید که محلول‌پاشی ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر جیبرلیک اسید در شرایط شور، غلظت روی اندام‌هوایی و ریشه گیاه ذرت را نسبت به شاهد افزایش داد (۴۳).

منگنز

نتایج مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن نشان داد (جدول ۵)، در شرایط غیرشور با مصرف نیتروژن (۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) به تنهایی، غلظت منگنز اندام هوایی از حدود ۱۰ به ۷۶ میکروگرم در گرم وزن خشک رسید که این بیشترین غلظت به‌دست آمده از مصرف تیمارها بود، هم‌چنین با مصرف جیبرلیک اسید به تنهایی، غلظت منگنز به ۵۵ میکروگرم در گرم وزن خشک رسید، اما تأثیر توأمان این دو تیمار نتوانست غلظت منگنز را بیشتر از مصرف تک تک تیمارهای جیبرلیک اسید و نیتروژن نماید. در شوری ۱۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک نیز، غلظت منگنز اندام هوایی افزایش یافت، لیکن در شوری ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، بالاترین غلظت منگنز اندام هوایی با مصرف ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن و ۲۵۰ میلی‌گرم جیبرلیک اسید در لیتر به‌دست آمد.

در ریشه نیز با افزایش شوری به ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، غلظت منگنز ریشه از ۲۰ به ۷۴ میکروگرم در گرم وزن خشک رسید، این درحالی است.

جدول ۵- مقایسه میانگین برهم‌کنش شوری، نیتروژن و جیبرلیک اسید بر میزان منگنز اندام هوایی و ریشه (میکروگرم در گرم) دانهال‌های پسته رقم قزوینی

Table 5- Comparison of the interaction of salinity, nitrogen and acid gibberellic on shoot and root manganese content (µg g^{-1}) Pistachio Seedlings (Cv. Qazvini)

شوری Salinity (mg sodium chloride kg^{-1} soil)	نیتروژن Nitrogen (mg kg^{-1} soil)	جیبرلیک اسید Acid gibberellic (mg l^{-1}) 0	250	500
		منگنز اندام هوایی Shoot Mn Concentration (µg g^{-1})		
0	0	10.3 ^{n}	34.3 ^{jkl}	55.3 ^{c}
0	75	50.0 ^{d}	37.0 ^{ijk}	32.6 ^{l}
0	150	76.3 ^{a}	43.3 ^{efg}	35.0 ^{jkl}
1000	0	23.6 ^{m}	33.0 ^{kl}	41.0 ^{ghi}
1000	75	38.3 ^{hij}	42.6 ^{efg}	45.3 ^{ef}
1000	150	25.3 ^{m}	39.6 ^{ghi}	41.3 ^{fgh}
2000	0	38.0 ^{hij}	46.0 ^{e}	35.3 ^{jkl}
2000	75	46.1 ^{fgh}	51.3 ^{d}	42.0 $^{e-h}$
2000	150	65.0 ^{b}	73.6 ^{a}	46.0 ^{e}
		منگنز ریشه Root Mn Concentration (µg g^{-1})		
0	0	20.0 ^{l}	66.6 ^{fg}	58.6 ^{gh}
0	75	32.6 ^{jk}	53.0 ^{hi}	70.6 ^{f}
0	150	26.0 ^{kl}	43.0 ^{ij}	90.0 ^{e}
1000	0	19.0 ^{l}	50.6 ^{hi}	70.6 ^{f}
1000	75	34.0 ^{jk}	90.0 ^{e}	122 ^{b}
1000	150	19.0 ^{l}	51.3 ^{hi}	42.6 ^{ij}
2000	0	74.6 ^{f}	87.3 ^{e}	90.6 ^{e}
2000	75	0.52 ^{hi}	137 ^{a}	106 ^{cd}
2000	150	97.0 ^{de}	106 ^{cd}	112 ^{c}

میانگین‌های حداقل با یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

Means at least one letter in common are different according to Duncan test at the level of five percent do not significantly

که هیچ‌گونه مصرف نیتروژن و جیبرلیک اسیدی صورت نگرفت. هم‌چنین در شرایط غیرشور با مصرف توأمان بالاترین سطوح نیتروژن و جیبرلیک اسید، غلظت منگنز ریشه نسبت به شاهد بیشتر از ۴ برابر افزایش یافت، اما هنگامی که محیط با ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک شور شد، مصرف ۷۵ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک و ۲۵۰ میلی‌گرم جیبرلیک اسید در لیتر، غلظت منگنز ریشه به ۱۳۷ میکروگرم در گرم وزن خشک رسید.

در تحقیقی که بر روی پسته انجام شد مشخص گردید که با افزایش شوری، غلظت منگنز در بخش هوایی و ریشه افزایش یافت. این محققین عنوان نمودند که افزایش غلظت منگنز به دلیل کاهش وزن ماده خشک و تجمع منگنز در گیاه می‌باشد (۸). نتایج یک تحقیق نشان داد که تاثیر نیتروژن در افزایش غلظت منگنز به دلیل تحریک رشد ریشه و نیز افزایش منگنز قابل استفاده خاک می‌باشد (۱۹). این‌گونه به‌نظر می‌آید که با افزایش نیتروژن مصرفی و در نتیجه افزایش گستردگی ریشه و به دنبال آن افزایش توان جذب ریشه، جذب و در نتیجه غلظت منگنز افزایش می‌یابد. محققان در تحقیق خود بر روی گندم دریافتند که با افزایش نیتروژن چه به فرم نیترات و چه به فرم مخلوط نیترات به همراه آمونیوم، غلظت منگنز در اندام هوایی و ریشه گندم افزایش یافت که میزان این افزایش در حالت مخلوط کود نیتروژن‌دار بیشتر بود. هم‌چنین آن‌ها دریافتند که با افزایش شوری به فرم کلرید سدیم، غلظت منگنز در اندام هوایی و ریشه افزایش پیدا نمود که آن‌ها نیز کاهش رشد و تجمع منگنز را دلیل این افزایش دانستند (۱۲).

روی

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول۶)، در شرایط غیرشور، با مصرف ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتروژن و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید به تنهایی، غلظت روی اندام هوایی به ترتیب به ۱۴ و ۲۱/۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک رسید و مصرف توأمان این دو تیمار نیز مشابه اعمال تک تک آن‌ها به تنهایی بود. اما در شوری ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک فقط مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم جیبرلین در لیتر، غلظت روی اندام هوایی را به بالاترین سطح خود رساند و نسبت به شاهد در همین سطح شوری، ۵۹ درصد افزایش داد.

جدول ٦- مقایسه میانگین برهم‌کنش شوری، جیبرلیک اسید و نیتروژن بر میزان روی اندام هوایی و ریشه (میکروگرم در گرم) دانهال‌های پسته رقم قزوینی

Table 6- Comparison of the interaction of salinity, nitrogen and acid gibberellic on shoot and root zinc content (µg g^{-1}) Pistachio Seedlings (Cv. Qazvini)

شوری Salinity (mg sodium chloride kg^{-1} soil)	نیتروژن Nitrogen (mg kg^{-1} soil)	جیبرلیک اسید Acid gibberellic (mg l^{-1})		
		0	250	500
		روی اندام هوایی Shoot Zn Concentration (µg g^{-1})		
0	0	4.90 l	4.65 m	14.0 ijk
0	75	26.3 ab	18.4 fgh	11.5 k
0	150	21.5 def	18.8 e-h	21.5 def
1000	0	15.5 hij	13.0 jk	24.3 bcd
1000	75	26.5 ab	13.0 jk	23.5 bcd
1000	150	13.0 jk	11.5 k	25.0 abc
2000	0	17.5 gh	18.1 fgh	27.7 a
2000	75	26.0 ab	13.0 jk	23.5 bcd
2000	150	24.0 bcd	19.0 efg	21.5 def
		روی ریشه Root Zn Concentration (µg g^{-1})		
0	0	3.60 j	7.43 ghi	11.2 cd
0	75	7.80 fg	8.10 fg	4.30 j
0	150	7.20 ghi	6.0 i	4.10 j
1000	0	9.00 ef	6.30 hi	3.80 j
1000	75	7.10 ghi	11.4 bcd	7.30 ghi
1000	150	7.00 ef	4.40 j	12.0 bc
2000	0	9.00 ef	6.80 ghi	11.8 bc
2000	75	9.06 ef	12.7 bcd	7.50 ghi
2000	150	6.10 ghi	17.8 a	10.3 de

میانگین‌های حداقل با یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

Means at least one letter in common are different according to Duncan test at the level of five percent do not significantly

در ریشه نیز در شرایط غیرشور، مصرف جیبرلیک اسید (۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و عدم حضور نیتروژن، منجر به بالاترین غلظت روی ریشه گردید و غلظت روی را بیش از ۲ برابر نسبت به شاهد افزایش داد. درصورتی‌که بالاترین غلظت روی ریشه در شرایط با شوری ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، هنگامی‌که ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک و ۲۵۰ میلی‌گرم جیبرلیک اسید در لیتر مصرف شد، به‌دست آمد و غلظت روی را به ۱۷/۸ میکروگرم در گرم وزن خشک رساند. تواللی و راحمی[1] (۴۲) بیان داشتند، غلظت‌های نسبتاً بالای سدیم و قابلیت دسترسی محدود آب برای گیاه احتمالاً دلیل کاهش غلظت روی در بافت‌های تحت تنش باشد. نتایج تحقیقات مظفری (۳۰) نشان داد که با افزایش شوری، غلظت روی در برگ، ساقه و ریشه دانهال‌های پسته افزایش یافت.

برخی مطالعات نشان داده است که میزان روی قابل استفاده گیاه با افزایش شوری زیاد گردید. دلیل این موضوع جایگزینی روی قابل تبادل با سدیم است (۳۹). نتایج پژوهش‌ها حاکی از این است که میانگین غلظت روی بخش هوایی و ریشه در گیاه پسته رقم بادامی با افزایش شوری افزایش یافت (۸).

محققان اثر متقابل نیتروژن و روی را پیچیده و تا حدودی مبهم گزارش نموده و تأثیر نیتروژن بر کاهش جذب روی را به دلیل اثر رقت و یا تجمع روی به‌صورت کمپلکس‌های پروتئینی در ریشه و افزایش جذب روی توسط گیاهان در اثر کاربرد نیتروژن را مربوط به کاهش پی‌اچ خاک دانسته‌اند (۳۴). محققان در پژوهش خود بر روی دو رقم گندم دریافتند که با افزایش نیتروژن به ویژه به فرم مخلوط نیترات به همراه آمونیوم، غلظت روی در اندام‌های گیاهی افزایش یافت. هم‌چنین با افزایش شوری و کاهش وزن خشک اندام‌های گیاهی، غلظت روی در دو رقم گندم مورد آزمایش افزایش یافت (۱۲). در پژوهشی بر روی گیاه ذرت گزارش شد که محلول‌پاشی ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر جیبرلیک اسید در شرایط شور، غلظت روی اندام‌هوایی و ریشه را نسبت به شاهد افزایش داد (۴۳).

1- Tavallali and Rahemi

مس

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۷)، در شرایط غیرشور، تأثیر مثبت مصرف خاکی ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن مشابه محلول‌پاشی ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید بود و غلظت مس اندام هوایی را حدود ۱۴ تا ۱۸ درصد افزایش داد، ولی مصرف توأمان بالاترین سطوح این دو تیمار، غلظت مس اندام هوایی را به بیش از دو برابر افزایش داد.

با مصرف ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک و شور شدن محیط کشت، مجدداً مصرف توأمان نیتروژن (۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و جیبرلیک اسید (۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر) مشابه شرایط غیرشور باعث افزایش حدود ۲ برابری غلظت مس اندام هوایی گردید. غلظت مس ریشه نیز در شرایط غیرشور تحت تأثیر بالاترین تیمارهای نیتروژن و جیبرلیک‌اسید واقع نگردید و حتی مصرف جیبرلیک اسید به‌تنهایی باعث کاهش غلظت مس گردید، ولی در شرایط شور با مصرف توأمان این دو تیمار، افزایش قابل توجهی در غلظت مس ایجاد گردید. به‌طوری که در شوری ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، با مصرف بالاترین سطوح نیتروژن و جیبرلیک اسید، غلظت مس ریشه نزدیک به دوبرابر افزایش یافت.

تحقیقات نشان داده که غلظت مس در برگ و شاخساره پسته کشت شده در خاک با افزایش شوری کاهش یافت (۱۴ و ۳۰). با افزایش شوری، غلظت مس در ریشه و شاخساره گیاه پسته نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت، گزارشات متناقضی مبنی بر اثر شوری و جذب مس توسط گیاه منتشر شده است.

جدول ۷- مقایسه میانگین برهم‌کنش شوری، نیتروژن و جیبرلیک اسید بر میزان مس اندام هوایی و ریشه (میکروگرم در گرم) دانهال‌های پسته رقم قزوینی

Table 7- Comparison of the interaction of salinity, nitrogen and acid gibberellic on shoot and root copper content (µg g^{-1}) Pistachio Seedlings (Cv. Qazvini)

شوری Salinity (mg sodium chloride kg^{-1} soil)	نیتروژن Nitrogen (mg kg^{-1} soil)	جیبرلیک اسید acid gibberellic (mg l^{-1}) 0	250	500
		مس اندام هوایی Shoot Cu Concentration (µg g^{-1})		
0	0	5.80 j	7.53 g-j	6.60 hij
0	75	8.40 e-h	10.2 bcd	6.60 hij
0	150	6.83 hij	6.65 hij	12.8 a
1000	0	10.4 bcd	9.15 d-g	11.6 ab
1000	75	8.25 f-i	7.65 g-j	11.2 abc
1000	150	6.55 hij	10.1 b-e	10.2 bcd
2000	0	6.00 j	10.4 bcd	6.40 ij
2000	75	7.90 ghi	9.75 c-f	7.10 hij
2000	150	10.4 bcd	12.3 a	6.75 hij
		مس ریشه Root Cu Concentration (µg g^{-1})		
0	0	10.70 c-i	6.25 lm	6.80 j-m
0	75	10.53 c-i	6.10 m	10.80 c-i
0	150	8.20 i-m	11.15 c-h	13.10 bc
1000	0	11.10 c-h	10.20 d-i	9.75 e-i
1000	75	11.40 c-g	8.65 h-k	9.15 f-j
1000	150	9.10 f-j	12.35 b-e	20.85 a
2000	0	8.80 g-k	6.40 klm	11.15 c-h
2000	75	6.95 j-m	12.40 bcd	10.40 d-i
2000	150	11.45 c-f	12.49 bcd	14.70 b

میانگین‌های حداقل با یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

Means at least one letter in common are different according to Duncan test at the level of five percent do not significantly

دلیل این امر می‌تواند به اثر رقت مربوط باشد، هم‌چنین در شرایط شور، با توجه به کاهش حجم ریشه و اثرات متقابل منفی بین عناصر غذایی و یون‌های مضری هم‌چون سدیم و کلر، جذب عناصر غذایی توسط ریشه کاهش می‌یابد (۱۴). محققان در ضمن مطالعه بر روی

دو رقم گندم ملاحظه کردند که با افـزایش سـطوح نیتـروژن، غلظـت مس در اندام هوایی و ریشه افزایش یافت که این افزایش در مخلـوط نیترات و آمونیوم بیشتر از نیترات به تنهایی بـود (۱۲). از آنجـایی کـه محل‌های ساخت جیبرلین انتهای شـاخه و بـرگ‌هـای در حـال رشـد است، تحقیقات نشان داده است که جیبرلین توسـط آونـد آبکـش بـه ریشه‌ها منتقل و از طریق تشکیل و گسترش ریشـه‌هـا جـذب عنصـر مس را افزایش داده و مس بیشتری به اندام‌های هوایی انتقـال یافتـه است (۲۸).

منابع

1- Abbaspour H. 2012. Effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline accumulation in pistachio plants. Journal of Medicinal Plants Research, 6: 526-529.

2- Abdollahi F., Jafari L., and Gordi takhti S.h. 2013. The effect of Gibberellin on growth and chemical composition of the leaves (*Ziziphus spina-christi*) under salt stress. Department of Horticulture, College of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan. 67-53.

3- Abdul Jaleel C., Manivannan P., Wahid A., Farooq M., Jasim Al-juburi H., Somasundaram R., and Panneerselvam R. 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigment composition. Agriculture and Biology, 11: 100-105.

4- Akhkha A., Boutra T., and Alhejely A. 2011. The rates of photosynthesis chlorophyll content, dark respiration, proline and abscicic acid (ABA) in wheat (*Triticum durum*) under water deficit conditions. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 13: 215-221.

5- Alipour H., and Hosseini fard S.J. 2005. Diagnose and fix the lack of nutrients in Pistachio. Ministry of Agriculture, Agricultural Research Service.

6- Arnon D. I. 1949. copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoxidase in *Beta vulgaris*. plant physiology, 24: 1-15.

7- Artca R.N. 2002. Principles and application of plant growth regulators (translation Fattahi Gh. And Ismailpour B.). Publications University of Mashhad.

8- Assadollahi Z., and Mozafari V. 2012. The effect of salinity and manganese on the growth and chemical composition of salt and Pistachio seedlings (*Pistacia vera* L.) in perlite medium. Journal of Science and Technology of greenhouse cultures. 12: 13-27. (in Persian with English abstract)

9- Bureau of Agricultural Statistics and Information Technology. 2011. Department of Planning and Economy Ministry of Agriculture. Tehran, Iran.

10- Bybordi A., Tabatabaei S.J., and Ahmadev A. 2010. E ffects of salinity on fatty acid composition of canola *(Brassica napus L.)*. Journal of Food Agriculture and Environment, 8: 113-115.

11- Daneshmand A., Shirani rad A.H., Noormohammadi Gh., Zareie Gh., and Daneshian J. 2008. The effect of water stress and different amounts of nitrogen on yield, yield components and physiological characteristics of colza two varieties. Journal of Agricultural Sciences and natural Resources. 15: 99-112. (in Persian with English abstract)

12- Drihem K., and Pillbeam D.J. 2002. Effect of salinity on accumulation of mineral nutrient wheat grown with nitrate-nitrogen or mixed ammonium: nitrate-nitrogen. Journal of Plant Nutrition, 25: 2091-2113.

13- Emami A. 1996. Decomposition of plant (1). Technical Bulletin No. 928. Soil and Water Research Institute. Tehran, Iran.

14- Eskandari S., and Mozafari V. 2012. Effect of salinity and copper on growth characteristics and chemical composition of two varieties of Pistachio. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and soil sciences. 60: 199-213.

15- Fattahi M. 2013. Effect of arbuscular mycoriza (*Glomus mosseae*) on salinity tolerance of three rootstocks sarakhs, abareghi and beneh baghi (P. eurycarpa × P. mutica). Factualy of Agriculture, University of rafsanjan valie asr.

16- Fritchi F.B., and Ray J.D. 2007. Soybean leaf nitrogen, chlorophyll content, and chlorophyll a/b ratio. Photosynthetica, 45: 92 -98.

17- Ghorbani Javid M., Sorooshzadeh A., Moradi F., Modarres Sanavy S.A.M., and Allahdadi I. 2011. The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants. Austrialian Journal of Crop Science, 5: 726-734.

18- Gijon M.C., Guerrero J., Couceiro J.F., and Moriana A. 2009. Deficit irrigation without reducing yield or nut splitting in pistachio (*Pistacia vera* cv Kerman on *Pistacia terebinthus* L.). Agricultural Water Management, 96: 12 –22.

19- Goldberg S.P., Smith K.A., and Holmes J.C. 1983. The effects of soil compaction, forms of nitrogen fertilizer, and fertilizer placement on the availability of manganese to barley. Journal of the Science of Food and Agriculture, 34: 657-670.

20- Haleem A., and Mohammed M. 2007. Physiological aspects of Mungbean plant (*Vigna radiate* L. wilczek) in response to salt stress and gibberellic acid treatment. journal of agriculture and biological sciences 3: 200-213.

21- Hassan pour Z. 2011. Response of two varieties pomegranate. Master thesis, Department of Horticulture, College of

Agriculture, University of valie-asr. to drought and salinity
22- Hojjat Nooghi F., and Mozafari V. 2012. Effects of calcium on eliminating the negative effects of salinity in pistachio (*Pistacia vera* L.) seedlings. Australian Journal of Crop Science, 6: 711-716.
23- Hokmabadi H., Arzani K., Dehghani shurki Y., and Panahi B. 2003. Response of Call basis Pistachio Badamie Zarand, Sarakhs and Qazvini to high of boron and sodium chloride in water. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 4: 36-42.
24- Hosseini fard J., Heydari nejad A., Ershadi M.A., and Salehi F. 2004. Identify the need for diet Pistachio Doris method. Pistachio Research Institute.
25- Iqbal N., Nazar R., Iqbal M., Khan R., Masood A., and Khan N.A., 2011. Role of gibberellins in regulation of source–sink relations under optimal and limiting environmental conditions CURRENT SCIENCE, 100: 7-10.
26- Jahani M. 2008. Vermi compostes provide a variety of different organic wastes and examining their effects on plant growth. Master thesis. Zanjan University.
27- Khosh goftar manesh A.H., and Siadat H. 2002. Mineral nitrition of vegetables and horticultural crops in saline conditions. Ministry of Agriculture. Department of Horticulture. Page 65.
28- Marschner H. 1995. Functions of mineral nutrients: Micronutrients. In: Mineral nutrition of higher plants (2nd ed.), Academic Press Limited. San Diego. CA.
29- Maxwell K., and Jounson G.N. 2000. Chlorophyll fluorescence: Apractical guide. Journal of Experimental Botany, 51: 659-668.
30- Mozafari V. 2005. The role of potassium, calcium and zinc pistachio control dieback disease. Ph. D. Thesis. Soil Section. Department of Agriculture. Tarbiat Modarres University. Tehran.
31- Mozafari V., Assadollahi Z., Tajabadi pour A., and Akhgar A. 2013. The effect of salinity and manganese on some physiological characteristics and eco physiological of pistachio (*Pistacia vera* L.). Journal of Soil and Water Research, 81: 44-94. (in Persian)
32- Najafi F., and Taghi zadeh Z. 2013. The effects of interaction of gibberellic acid and chlorine and cadmium on photosynthetic pigments of alfalfa (*Medicago Sativa* L.). National conference of environmental research. Hamedan.
33- Neocleous D., and Vasilakakis M. 2007. Effect of NaCl stress on red raspberry (Rubus idoeus L. Autumn Bliss). Journal of Horticultural Science, 112: 282- 289.
34- Olsen S., Champion D.F., and Pearson C. 1997. Nitrification inhibitor boots corn yields.
35- Orhue F.R., and Nwaoguala C.N.C. 2010. The effect of manganese on early growth of fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis* Hook F) in an Ultisol. Journal of Tropical Agriculutre Food and Environmental Extension, 9: 154-160.
36- Panahi B., Ismail pour A., Farbod F., Moazen pour M., and Farivar mihan H. 2001. Pistacio guide (planting and harvesting). Press release agricultural education.
37- Paquin R., and Lechasseur P. 1979. Observations sur une method dosage de la prolin libre dans les extraits de plantes. Canadian Journal of Botany, 57: 1851-1854.
38- Roy S.K., Rahaman S.M.L., and Salahudding A.B.M. 1995. Effect of nitrogen and potassium on growth and seed yield of sesame *(Sesamum Indicum L.).* The Indian Journal of Agricultural Sciences, 65: 509-511.
39- Ruiz D., Martinez V., and Cerda A. 1997. Citrus response to salinity: Growth and nutrient uptake. Tree Physiology, 17: 141-150.
40- SafariR., Maghsoudi mood A.A., and Safari V.R. 2013. The effects of salinity on Chlorophyll fluorescence and grain yield of sun flower varieties. Seed and Plant Journal. 2-29: 109-130.
41. Serna M.D., Borras R., Legaz F., and Primo-millo E. 1992. The influence of nitrogen concentration and ammonium/nitrate ratio on N-uptake, mineral composition and yield of citrus. Plant and Soil, 147: 13-23
42- Tavallali V., and Rahemi M. 2009. Effects of rootstocks on nutrient acquisition by leaf, kernel and quality of pisrachio (*Pistacia vera* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 2: 240-246.
43- Tuna A.L., Kaya C., Dikilitas M., and Higgs D. 2008. The combined effects of gibberellic acid and salinity on som antioxidant enzyme activities, plant growth parameters and nutritional status in maize plants. Environmental and Experimental Botany, 62: 1-9.
44- Zou C., Shen J., Zhang F., Guo S., Rengel Z., and Tang C. 2001. Impact of nitrogen form on iron uptake and distribution in maize seedlings in solution culture. Plant and Soil, 235: 143-149.

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 3, Jul.-Agu. 2016, p. 955-967

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۵، ص. ۹۶۷-۹۵۵

Effects of Gibberellic Acid and Nitrogen on Some Physiology Parameters and Micronutrients Concentration in Pistachio under Salt Stress

V. Mozafari[1]*- F. Khaleghi[2]

Received: 03-01-2015
Accepted: 26-10-2015

Introduction: Salinity is one of the main problems which limits crop production, especially in arid and semi-arid areas such as Iran. Iran is the most important producer of pistachio in the world. However, its performance is low in many areas. Most pistachio plantations are irrigated with saline water and with low quality (28). On the other hand, nitrogen is a dynamic element which is a constituent of amino acids, proteins, nucleic acids and Enzymes and it has a vital role in plant physiology, growth, chlorophyll formation and production of fruit and seeds (34). Gibberellic acid is known as phytohormon which varied physiological responses in plants under stress. acid gibberellic increases the photosynthesis and growth under stress and impact on the physiology and metabolism of plant (29). Based on previous studies, production and activity of plant hormones are affected by natural factors and plant nutrient requirements and the nitrogen has an important influence on production and transmission of acid gibberellic plant shoot. Therefore, in this study the effect of acid gibberellic and nitrogen on some characteristics of physiology parameters and micronutrient pistachio seedlings (Cv. Qazvini) under saline conditions was studied.

Materials and methods: Experiment under greenhouse condition and factorial in a completely randomized design with three replications was conducted in greenhouse agriculture college, Vali-E-Asr University of Rafsanjan. Treatments consisted of three levels of salinity (0, 1000 and 2000 mg of sodium chloride per kg of soil), three levels of nitrogen (0, 75 and 150 mg per kg of ammonium nitrate source) and three acid gibberellic levels (0, 250 and 500 mg per liter). Adequate soil with little available salinity conditions was collected from the top 30-cm layer of a pistachio-culture region of Kerman province. After air drying and ground through passing a 2 mm sieve, some of the physical-chemical properties of this soil include pH (7/63), Tissue (Sandy loam), electrical conductivity (ECe) (1 dS m^{-1}), Silt (23.1%), Clay (5.5%), Organic matter (0.5%), Olsen phosphorus (P) (5.35 mg kg^{-1}), Ammonium acetate-extractable K (100 mg kg^{-1}) were determined. Nitrogen treatments 3 weeks after planting, dissolved in irrigation water was added to pots. Salinity, after the establishment of the plant (5 weeks after planting), divided into two equal parts and one-week interval dissolved with irrigation water was added to the pot. as well acid gibberellic treatments, as spray after salt treatment was applied at three times and at intervals of one week.

Results and discussion: The results showed that the salinity content of carotenoid and Chlorophyll fluorescence parameters significantly reduced but with increasing acid gibberellic and nitrogen application, mentioned parameters were significantly increased, compared to controls. The ability of photosynthesis improved and increased productivity. Mozafari et al studied the pistachio, reported that with increasing salinity from zero to 150 and 300 mM NaCl, carotenoids decreased more than 16% and 22% compared to control respectively. Carotenoids play a most important role in light, protecting plants against stress condition. Salinity application increased leaf proline, but with application of 150 mg nitrogen and 500 mg per liter foliar application of acid gibberellics, this parameter increased by 55 and 26 percent, respectively. Also, combined use of these two treatments increased proline content by 79 percent compared to control. The researchers stated that the increasing gibberellin concentration caused leaf proline increased, so spraying 100 and 200 mg per liter gibberellin significantly increased leaf proline compared with the non-application of gibberellin. The results also showed with increasing salinity increased iron, manganese and zinc concentrations shoots and roots and decreased copper concentrations, but using 150 mg of nitrogen and acid gibberellic consumption concentrations of copper element increased. Hojjat nooghi and Mozafari (28) reported, the used salinity of 60 mM NaCl increased shoot Fe concentration, but by applying the same amount of salinity in the root iron concentration decreased compared with the control. Research has shown that the copper concentration in the leaves and shoot of corn planted in soil decreased with increasing salinity. Micronutrient absorption reduction such as copper in

1 and 2- Associate Professors and Former M.SC. Student of Department of Soil Science, College of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan
(*- Corresponding Author Email: vmozafary@yahoo.com)

salt condition can result in greater absorption of nutrients such as sodium, magnesium and calcium. The researchers in the study reported that with increasing nitrogen in the form of nitrate and ammonium, zinc concentration in plant tissues increased along with increasing salinity and lower shoot dry weight, zinc concentration was increased in two wheat cultivars too.

Conclusion: The results of this experiment showed that under saline conditions, acid gibberellic and nitrogen applied alone or in combination improved physiology parameters and increased nutrient concentration of pistachio seedling.

Keywords: Carotenoid, Copper, Iron, Proline, Salinity