مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره۴۴، شماره۱، بهار۱۳۹۲، ص۹۴-۸۱

تأثیر شوری و منگنز بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و اکوفیزیولوژیکی پسته (Pistacia vera L.)

وحید مظفری[1*]، زهره اسدالهی[2]، احمد تاج‌آبادی‌پور[3]، عبدالرضا اخگر[4]

۱. دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه ولی عصر رفسنجان

۲. کارشناس ارشد دانشگاه ولی عصر رفسنجان

۳. دانشیار دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان

۴. استادیار دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۱۰ ـ تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۱۰/۱۰)

چکیده

به‌منظور مطالعۀ تأثیر منگنز و شوری بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و اکوفیزیولوژیکی پسته (رقم بادامی زرند) آزمایشی به‌صورت فاکتوریل، با دو فاکتور شوری (۰، ۷۵، ۱۵۰، ۲۲۵، ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و منگنز (۰، ۱۲، ۲۴، ۳۶ میکرومولار منگنز از منبع سولفات منگنز)، در قالب طرحی کاملاً تصادفی با چهار تکرار در محیط کشت پرلیت انجام شد. نتایج نشان داد، با مصرف ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کلروفیل a و b و همچنین کلروفیل کل، به‌ترتیب، ۱۲ و ۱۶ و ۲۱ درصد کاهش و با افزایش ۳۶ میکرومولار منگنز افزایش معناداری نسبت به شاهد حاصل شد. کارتنوئیدها نیز با افزایش شوری کاهش معناداری یافتند. ولی با مصرف منگنز میزان کارتنوئیدها با افزایش شوری کاهش معناداری پیدا نکردند. فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز (SOD) نیز گرچه یک هفته پس از اعمال شوری کاهش یافت، با مصرف ۱۲ میکرومولار منگنز، بیش از ۳۰ درصد فعالیت این آنزیم افزایش معناداری حاصل کرد. فعالیت آنزیم SOD در پایان آزمایش (هشت هفته بعد از اعمال شوری) دوباره اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد. دانهال‌های پسته با افزایش ۸۰ درصدی فعالیت این آنزیم در شوری ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم گیاه را در برابر تنش شوری مقاوم ساخت و افزایش منگنز تغییرات معناداری ایجاد نکرد. نتایج نسبت فلورسنس کلروفیل متغیر به حداکثر (Fv/Fm) نیز نشان داد که فقط تیمار شوری این پارامتر را در هر دورۀ اندازه‌گیری تحت تأثیر معنادار قرار داد و تیمار منگنز و اثر متقابل شوری و منگنز معنادار نشد. بنابراین، به‌نظر می‌رسد که منگنز تحمل پستۀ رقم بادامی زرند را به شوری افزایش می‌دهد.

کلیدواژگان

پسته، سوپراکسیددیسموتاز، شوری، کلروفیل، منگنز.

---

* نویسنده مسئول : vmozafary@yahoo.com

مقدمه

پسته[1] از محصولات باغی کشور به‌شمار می‌رود. در حال حاضر، بالغ بر ۴۵۰ هزار هکتار باغ پسته، بارور و غیر بارور، در کشور وجود دارد و میزان تولید این محصول در حدود ۲۰۰ هزار تن در سال است (Office of Statistics and Information Technology, 2008). با وجود اهمیت اقتصادی این محصول، دربارهٔ جنبه‌های تغذیه‌ای آن کمتر مطالعه شده است. Mozaffari (2005)، طی تحقیقی، مسائل تغذیه‌ای درخت‌های پسته را مطالعه و گزارش کرد که در نیم‌رخ بیشتر خاک‌ها عوامل محدودکننده‌ای، همانند شوری و pH قلیایی و درصد بالای آهک، باعث بروز مشکلات تغذیه‌ای، از جمله کمبود پتاسیم، روی، آهن، مس و منگنز، می‌شود. وی همچنین، برای تشخیص ناهنجاری سرخشکیدگی، ۲۰۳ باغ پسته را بررسی و مصرف پتاسیم و عناصر کم‌مصرف را برای کنترل این عارضه توصیه کرد. تحقیقات متعددی که در زمینهٔ مهار اثر شوری انجام شد، نشان داد کاربرد بعضی از عناصر غذایی، از جمله پتاسیم (Satti and Lopez, 1999; Tajabadi pour, 2004) و کلسیم (Mozaffari, 2005) و روی (Talebi, 2008)، می‌تواند از تأثیر سوء شوری خاک و آب بکاهد. به‌عبارت دیگر، تحمل نسبی گیاه را به تنش شوری افزایش می‌دهد.

منگنز یکی از عناصر کم‌مصرف و ضروری است که در فعالیت‌های آنزیمی، انتقال الکترون، تشکیل کلروفیل، و فرایند اکسیداسیون و احیا در سامانهٔ انتقال الکترون در فتوسنتز شرکت می‌کند (Burneli, 1988). موجودات زنده با خطر گونه‌های اکسیژن فعال (ROS)، شامل رادیکال‌های سوپراکسید (O^{2-}) و رادیکال‌های هیدورکسی (OH) و پروکسی‌هیدروژن (H_2O_2)، که ناچار از طریق متابولیسم سلولی یا مواجهه با تنش تولید می‌شوند، روبه‌رو می گردند (Kanazawa et al, 2000). افزایش تولید گونه‌های اکسیژن فعال در طول تنش شوری، به‌دلیل تخریب سامانهٔ انتقال الکترون در کلروپلاست و میتوکندری، یا از طریق راه‌هایی چون تنفس نوری است. اغلب مطالعات نشان می‌دهد مقاومت در برابر تنش شوری با یک سامانهٔ آنتی‌اکسیدان مؤثر همبستگی دارد. سوپراکسیددیسموتاز (SOD) اولین خط دفاعی را در برابر گونه‌های اکسیژن فعال تشکیل می‌دهد. منگنز، یون فلزی مهم در آنزیم سوپراکسیددیسموتاز (MnSOD) است که مقاومت گیاه را به تنش‌های محیطی افزایش می دهد (Sgherri et al, 2000). بسیاری از مطالعات نشان می‌دهند بر اثر کمبود منگنز در گیاه سلول نمی‌تواند تشکیل زیاد رادیکال‌های اکسیژن و زیان‌های حاصل از آن‌ها را کنترل کند (Shalat and Tall, 1998). تحقیقات نشان می‌دهد غلظت کلروفیل و حجم کارتنوئیدها با افزایش شوری کاهش می یابد (Hernandes et al, 1995). کاهش کلروفیل بر اثر شوری ممکن است به‌دلیل تخریب کلروفیل، کاهش سرعت تشکیل، یا کاهش مقاومت غشای تیلاکوئید باشد (Vieria et al, 2001). منگنز در پایداری کلروفیل مؤثر است (Wang et al, 2010). افزایش کلروفیل a و b و کلروفیل کل در گیاهانی که به آن‌ها منگنز داده شده می‌تواند به‌دلیل افزایش تولید آنزیم سوپراکسیددیسموتاز باشد (Ibid). در گیاه چاودار کلروفیل a و b و کلروفیل کل با افزودن منگنز افزایش یافت. بنابراین، منگنز می‌تواند به بالا نگه‌داشتن غلظت کلروفیل کمک کند (Ibid). همین

---

1. Pistasia vera L.

نتیجه دربارهٔ فلفل نیز به‌دست آمد (Zhou et al, 2009). اما در پژوهشی دیگر، که روی فلفل انجام گرفت، مشخص شد کلروفیل a و b تحت تأثیر معنادار منگنز قرار نگرفت (Silber et al, 2001). فلورسنس کلروفیل بخشی از نور جذب‌شده به‌وسیلهٔ مولکول کلروفیل است که در فتوسنتز (فتوسیستم II) استفاده می‌شود و به‌صورت نور ساطع می‌شود (Maxwell and Jounson, 2000). در سال‌های اخیر از تکنیک فلورسنس کلروفیل در مطالعات اکوفیزیولوژیک گیاه استفاده می‌شود. وقتی فتوسیستم II به‌وسیلهٔ بعضی تنش‌ها خسارت می‌بیند، خصوصیات فلورسنس تغییر می‌کند. بنابراین، فلورسنس کلروفیل اندازه‌گیری غیر مستقیمی از وضعیت فیزیولوژی بافت سبز است (Bron et al, 2004). فلورسنس کلروفیل شامل فلورسنس حداقل (Fo)، فلورسنس حداکثر (Fm)، و نسبت فلورسنس متغیر به فلورسنس حداکثر Fv/Fm (بازدهی فتوسنتزی) است. به‌نظر می‌رسد نسبت فلورسنس متغیر به حداکثر همبستگی خوبی با عملکرد کوانتومی فتوسنتز دارد که به‌صورت تولید O_2 یا جذب CO_2 در تابش اندک اندازه‌گیری می‌شود (Bron et al, 2004). همچنین همبستگی خوبی بین توقف فتوسنتز و کاهش نسبت Fv/Fm وجود دارد (Maxwell and Jounson, 2000). در تحقیقاتی که روی بادام صورت گرفت، مشخص شد شوریْ میزان فلورسنس کلروفیل را کاهش می‌دهد. محققان دلیل آن را تأثیر شوری در تخریب غشای تیلاکوئید کلروپلاست معرفی کردند (Najafian et al, 2008). اما در تحقیق دیگری که روی گیاه پسته انجام شد، مشخص گردید شوری تأثیر معناداری بر فلورسنس کلروفیل ندارد (Adish et al, 2010). با توجه به شور و آهکی بودن خاک های تحت کشت پسته و نبودِ آب کافی جهت آب‌شویی، بعضی از عناصر مضرّ، از جمله سدیم، در محیط ریشه افزایش می‌یابد و به کاهش جذب بعضی عناصر، از جمله منگنز، منجر می‌شود که در چند سال اخیر باعث کاهش عملکرد کمّی و کیفی درختان پسته شد (Mozaffari and Malakouti, 2006). بنابراین، استفاده از راهکارهای مدیریت تغذیه‌ای برای کاهش اثر سوء ناشی از شرایط نامناسب خاک و آب زمینه را برای افزایش عملکرد با کمّیّت و کیفیت مطلوب فراهم می کند. با توجه به پیچیدگی مکانیسم‌های مختلفی که در خاک به‌وقوع می‌پیوندد (تثبیت عناصر غذایی در خاک، عدم حلالیت کافی، پتانسیل اسمزی) و از آنجا که تحقیق‌های بسیار اندکی دربارهٔ عنصر منگنز روی پسته انجام شده است، هدف اصلی این پژوهش بررسی تأثیر شوری و منگنز بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و اکوفیزیولوژیکی نهال‌های پسته (رقم بادامی زرند) در محیط کشت پرلیت است.

مواد و روش‌ها

برای بررسی پاسخ نهال‌های پسته به سطوح مختلف منگنز (Mn) و شوری (NaCl)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. فاکتورها شامل چهار سطح منگنز (۰ ، ۱۲، ۲۴، ۳۶ میکرومولار منگنز از منبع سولفات منگنز) و ۵ سطح شوری (۰، ۷۵، ۱۵۰، ۲۲۵، ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) بود. این آزمایش در محیط پرلیت و در گل‌خانهٔ دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان انجام شد. با توجه به اینکه دورهٔ رشد دانهال‌های پسته در این پژوهش پانزده هفته در نظر گرفته شد و در این مدت احتمال اینکه نیاز ابتدایی این دانهال‌ها به عنصر منگنز توسط خاک یا حتی لپه‌های بذر تأمین گردد و درنتیجه نقش تیمارهای منگنز معلوم نشود، از محیط کشت پرلیت

استفاده شد. بذرهای پسته (رقم بادامی زرند) از مؤسسهٔ تحقیقات پستهٔ کشور تهیه و پس از جداسازی پوست سختْ علیه قارچ ضد عفونی شد. سپس جهت جوانه‌زدن برای کاشت به مدت چند روز میان پارچه‌های متقال مرطوب در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس قرار گرفت. ابتدا ظرفیت زراعی (FC) پرلیت (قطر یک میلی‌متر) برابر با ۰/۸ به‌دست آمد و سپس مقدار یک کیلوگرم پرلیت در گلدان‌های پلاستیکی زهکش‌دار ریخته شد. در هر گلدان تعداد پنج بذر جوانه‌زده در عمق ۲ سانتی‌متری در تاریخ ۱۳۹۰/۳/۷ کشت شد. از آنجا که وزن گلدان و پرلیت، به‌ترتیب، برابر با ۲۰۰ و ۱۰۰۰ گرم و وزن آب برای رساندن پرلیت به FC برابر با ۸۰۰ گرم بود (وزن یک گلدان حاوی پرلیت در حالت FC برابر با ۲۰۰۰ گرم است)، هر روز با توزین تک‌تک گلدان‌ها کاهش وزن آن‌ها تا پایان هفتهٔ چهارم کاشت با آب مقطر و از هفتهٔ پنجم با محلول هوگلند تصحیح‌شده جبران شد. در هفتهٔ چهارم کاشت تعداد دانهال‌ها به سه عدد کاهش و سپس لپه‌های بذر پستهٔ هر دانهال از ساقه‌چه و ریشه‌چه جدا شد. برای تهیهٔ محلول غذایی (هوگلند تصحیح‌شده) ابتدا محلول مادر (۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) هر عنصر غذایی به‌طور جداگانه ساخته شد و در ظروف شیشه‌ای نگهداری گردید. سپس برای رسیدن به غلظت عناصری که در جدول ۱ آمده است، با آب مقطر رقیق‌سازی و pH محلول از طریق اسیدنیتریک یا سود تنظیم (pH=۶/۵) شد (Hoagland and Arnon, 1950).

جدول ۱. غلظت محلول نهایی عناصر پرمصرف (میلی‌مولار) و کم‌مصرف (میکرومولار) در کلیهٔ سطوح منگنز

نام ترکیب	غلظت محلول نهایی (میلی‌مولار)	نام ترکیب	غلظت محلول نهایی (میکرومولار)
KNO_3	۱	$(NH_4)_6 Mo_7O_{24}$	۰/۰۴
$Ca(NO_3)_2.4H_2O$	۰/۵	H_3BO_3	۲۴/۲۶
NH_4NO_3	۰/۳۵	$CuSO_4.5H_2O$	۱
KH_2PO_4	۰/۸	$ZnSO_4.7H_2O$	۳/۸۲
K_2HPO_4	۰/۳	Fe-EDTA	۱/۵۴
$MgSO_4. 7H_2O$	۰/۵		

در هفتهٔ هفتم کاشت، تیمارهای شوری، که از منبع کلرید سدیم و به‌صورت محلول تهیه شد، طی سه مرحله به گلدان‌ها اضافه گردید.

اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیولوژیک

کلروفیل و کارتنوئیدها : در هفتهٔ نهم کاشت، برای اندازه‌گیری کلروفیل a و b، مجموع کلروفیل و کارتنوئیدها ابتدا ۰/۲۵ گرم برگ تازهٔ خرد و در هاونی چینی با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده شد تا به‌صورت توده‌ای یکنواخت درآمد. سپس مخلوط حاصل در لوله های فالکون ۲۰ میلی‌لیتر ریخته شد و به مدت ۱۰ دقیقه (با دور ۳۵۰۰ rpm) سانتریفیوژ گردید. میزان جذب نور محلول رویی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل T80UV/VIS Spectrometer PG Instruments Ltd در طول موج‌های 480، 510، 645، 652، 663 نانومتر قرائت و در نهایت غلظت کلروفیل و کارتنوئید محاسبه شد

(Arnon, 1949).

سوپراکسیددیسموتاز (SOD): فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در دو زمان (یک و هشت هفته بعد از اعمال شوری) اندازه‌گیری شد. بدین صورت که ۰/۵ گرم از برگ نهال‌های تحت تیمار درون فویل آلومینیومی پیچیده شد و درون نیتروژن مایع منجمد قرار گرفت و سپس با روش Sairam et al (2002) سنجیده شد.

اندازه‌گیری پارامتر اکوفیزیولوژیک

نسبت فلورسنس کلروفیل متغیر به فلورسنس کلروفیل حداکثر (Fv/Fm) در ابتدای هفتهٔ هشتم و نهم (یک و دو هفته بعد از اعمال شوری) کاشت و در پایان آزمایش (هفتهٔ پانزدهم) با دستگاه کلروفیل فلورسنس‌متر مدل Han Satesh Instrument- Pocket PEA اندازه‌گیری شد.

نتایج

نتایج حاصل از اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیولوژیک

کلروفیل و کارتنوئیدها: نتایج تجزیهٔ واریانس کلروفیل a و b و کلروفیل کل نشان داد (جدول ۲) اختلاف معناداری بین سطوح مختلف شوری (P<0/01)، منگنز (P<0/05)، و برهمکنش (شوری × منگنز) آن‌ها (P<0/05) وجود دارد. دربارهٔ شاخص کارتنوئیدها، شوری (P<0/01) و اثر متقابل شوری و منگنز (P<0/05) معنادار و اثر منگنز معنادار نشد.

کلروفیل a: مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون دانکن نشان داد (جدول ۳)، با افزایش شوری از صفر به ۱۵۰ و در نهایت ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کلروفیل a، به‌ترتیب، از ۲/۶۶ به ۲/۳۴ و ۲/۱۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر کاهش معناداری یافت. به‌عبارت دیگر، با افزایش شوری کلروفیل a، به‌ترتیب، ۱۲ و ۱۹ درصد نسبت به شاهد کاهش معنادار حاصل کرد. حال آنکه با افزایش منگنز به ۲۴ و ۳۶ میکرومولار میزان کلروفیل a افزایش یافت، لیکن این افزایش فقط در تیمار ۳۶ میکرومولار معنادار شد. تأثیر اثر متقابل شوری و منگنز بر کلروفیل a نشان داد (جدول ۳) در سطح صفر منگنز، با افزایش شوری به ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کلروفیل a بیش از ۲۶ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. اما با مصرف ۲۴ و ۳۶ میکرومولار منگنز، به‌رغم افزایش شوری به ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاهش معناداری در کلروفیل a مشاهده نشد.

جدول ۲. نتایج تجزیهٔ واریانس پارامترهای کلروفیل

منبع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات			
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئیدها
شوری	۴	۰/۵۹۷**	۰/۹۲۵**	۳/۲۷۸**	۰/۵۱۱**
منگنز	۳	۰/۳۲۶*	۰/۳۸۴*	۱/۲۱۹ **	۰/۲۵۸ ns
شوری× منگنز	۱۲	۰/۳۰۷*	۰/۳۰۰*	۰/۵۴۴**	۰/۲۴۴*
خطا	۶۰	۰/۱۱۵	۰/۱۳۶	۰/۲۱۶	۰/۱۱۰
CV(٪)		۱۴/۰۳	۱۷/۲۲	۱۴/۶۴	۱۹/۷۷

** و * و ns، به‌ترتیب، تفاوت معناداری در سطح ۱ و ۵ درصد و عدم تفاوت معنادار است.

کلروفیل b: مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون دانکن نشان داد (جدول ۳)، با افزایش شوری به ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کلروفیل b نیز مشابه کلروفیل a با کاهش معناداری (حدود ۱۶ درصد) روبه‌رو شد؛ لیکن با افزایش شوری (۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) این کاهش به ۲۵ درصد رسید و از نظر آماری نیز معنادار شد. همچنین، با مصرف ۲۴ و ۳۶ منگنز میکرومولار، کلروفیل b، به‌ترتیب، ۱۴ و ۱۶ درصد نسبت به شاهد افزایش حاصل کرد. اثر متقابل شوری و منگنز نیز نشان داد (جدول ۳) در شرایط غیر شور (سطح صفر شوری)، با افزایش منگنز به ۳۶ میکرومولار، کلروفیل b بیش از ۳۵ درصد افزایش یافت. اما هنگامی که شوری به ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم رسید، افزایش منگنز تأثیری در افزایش کلروفیل b نداشت.

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین‌های کلروفیل a و b دانهال‌های پسته تحت تأثیر کاربرد کلرید سدیم و منگنز

سطح شوری (میلی‌مولار کلرید سدیم)	سطوح منگنز (میکرومولار)				
	۰	۱۲	۲۴	۳۶	میانگین
کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)					
۰	۲/۴۵$^{a-c}$	۲/۸۱^{a}	۲/۷۹^{a}	۲/۶۱$^{a-c}$	۲/۶۶^{A}
۷۵	۲/۵۶$^{a-c}$	۲/۴۸$^{a-c}$	۲/۳۸$^{a-c}$	۲/۷۱^{a}	۲/۵۳^{AB}
۱۵۰	۲/۱۰$^{b-e}$	۲/۵۰$^{a-c}$	۲/۵۱$^{a-c}$	۲/۲۵$^{a-e}$	۲/۳۴^{BC}
۲۲۵	۲/۶۴^{ab}	۱/۷۳^{e}	۲/۴۵$^{a-c}$	۲/۷۷^{a}	۲/۴۰^{BC}
۳۰۰	۱/۸۰^{de}	۲/۰۴$^{c-e}$	۲/۳۲$^{a-d}$	۲/۴۶$^{a-c}$	۲/۱۵^{C}
میانگین	۲/۳۱^{B}	۲/۳۱^{B}	۲/۴۹^{AB}	۲/۵۶^{A}	
کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)					
۰	۱/۹۱$^{c-g}$	۲/۶۷^{a}	۲/۵۱$^{a-c}$	۲/۶۰^{ab}	۲/۴۲^{A}
۷۵	۲/۰۲$^{b-g}$	۲/۳۰$^{a-e}$	۲/۳۲$^{a-e}$	۲/۴۵$^{a-d}$	۲/۲۷^{AB}
۱۵۰	۱/۷۴$^{e-g}$	۲/۲۷$^{a-e}$	۲/۱۴$^{a-g}$	۱/۹۱$^{c-g}$	۲/۰۲^{BC}
۲۲۵	۲/۴۷$^{a-d}$	۱/۵۹^{fg}	۲/۱۹$^{a-f}$	۲/۴۱$^{a-d}$	۲/۱۷^{BC}
۳۰۰	۱/۵۴^{g}	۱/۸۷$^{d-g}$	۱/۹۰$^{c-g}$	۱/۸۷$^{d-g}$	۱/۸۰^{C}
میانگین	۱/۹۴^{B}	۲/۱۴^{AB}	۲/۲۱۵^{A}	۲/۲۵۳^{A}	

در هر ردیف یا ستون میانگین‌های دارای یک حرف لاتین مشترک، در سطح ۵ درصد، طبق آزمون دانکن، تفاوت معناداری ندارند.

کلروفیل کل: مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون دانکن نشان داد (جدول ۴)، با کاربرد ۱۵۰ و ۲۲۵ و ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کلروفیل کل نسبت به شاهد، به‌ترتیب، ۲۱ و ۱۷ و ۲۹ درصد کاهش یافت. همچنین با افزایش ۳۶ میکرومولار منگنز کلروفیل کل نسبت به شاهد بیش از ۱۲ درصد افزایش معنادار پیدا کرد. اثر متقابل شوری و منگنز نیز نشان داد (جدول ۴)، در سطح صفر کلرید سدیم، با افزایش منگنز به ۱۲ میکرومولار، کلروفیل کل حدود ۳۰ درصد افزایش یافت. ولی با افزایش بیشتر منگنز، گرچه کلروفیل کل نسبت به شاهد افزایش حاصل کرد، از نظر آماری معنادار نشد و در شوری ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم،

بـا افزایش منگنز در همهٔ سـطوح، تغییری در میزان کلروفیل کل دیده نشد.

مجموع کارتنوئیدها: مقایسـهٔ میانگین‌ها با آزمون دانکن نشان داد (جدول ۴)، با افزایش شوری از غلظت صـفر به ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، مجموع کارتنوئیدها، به‌ترتیب، بیش از ۱۶ و ۲۳ درصد کاهش معناداری حاصـل کرد. بررسـی اثر متقابل آن‌ها نیز نشـان داد هنگامی که منگنز مصرف نشد (سطح صفر منگنز)، با افزایش شـوری از ۷۵ به ۳۰۰ میکرومولار کلرید سـدیم، کارتنوئیدها بیش از ۳۵ درصـد کاهش معناداری یافتند؛ اما با افزایش منگنز (در همهٔ سطوح) میزان کارتنوئیدها با افزایش شـوری کاهش معناداری پیـدا نکردنـد. به عبارت دیگر، منگنز اثر مخرب کلرید سدیم را در کاهش کارتنوئیدها خنثی کرد.

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین کلروفیل کل و مجموع کارتنوئیدهای دانهال‌های پسته تحت تأثیر کاربرد کلرید سدیم و منگنز

سطح شوری (میلی‌مولار کلرید سدیم)	سطوح منگنز (میکرومولار)				
	۰	۱۲	۲۴	۳۶	میانگین
کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)					
۰	$^{c-e}$۳/۰۷	$^{a-b}$۳/۹۸	$^{a-c}$۳/۸۴	$^{a-c}$۳/۸۱	^{A}۳/۶۸
۷۵	$^{c-e}$۳/۱۰	$^{a-e}$۳/۳۵	^{a}۴/۱۰	$^{a-c}$۳/۷۹	^{A}۳/۵۹
۱۵۰	^{ef}۲/۷۸	$^{c-e}$۳/۱۸	$^{b-e}$۳/۲۶	^{de}۲/۹۵	^{B}۳/۰۴
۲۲۵	$^{a-d}$۳/۴۷	^{f}۲/۱۲	$^{c-e}$۳/۱۴	$^{b-e}$۳/۳۰	^{BC}۲/۸۹
۳۰۰	^{f}۲/۱۴	^{ef}۲/۶۲	^{ef}۲/۸۱	^{ef}۲/۷۷	^{C}۲/۵۹
میانگین	^{C}۲/۹۵	^{BC}۳/۰۵	^{A}۳/۴۳	^{AB}۳/۳۳	
کارتنوئیدها (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)					
۰	$^{b-d}$۱/۴۴	^{a}۲/۰۷	^{a}۲/۰۱	^{a}۲/۱۰	^{A}۱/۹۰
۷۵	^{ab}۱/۹۹	$^{a-d}$۱/۶۶	$^{a-c}$۱/۷۶	$^{a-d}$۱/۷۱	^{AB}۱/۷۸
۱۵۰	^{cd}۱/۴۰	$^{a-c}$۱/۷۷	$^{a-d}$۱/۵۷	$^{a-d}$۱/۵۹	^{BC}۱/۵۸
۲۲۵	$^{a-c}$۱/۷۸	^{d}۱/۱۸	$^{a-d}$۱/۶۱	^{ad}۱/۹۹	^{BC}۱/۶۴
۳۰۰	^{cd}۱/۲۶	^{cd}۱/۲۵	$^{a-d}$۱/۵۷	$^{a-d}$۱/۶۹	^{C}۱/۴۴
میانگین	^{A}۱/۵۷	^{A}۱/۵۸	^{A}۱/۷۰	^{A}۱/۸۱	

در هر ردیف یا ستون میانگین‌های دارای یک حرف لاتین مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، طبق آزمون دانکن، تفاوت معناداری ندارند.

فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز (SOD)

نـتـایـج تـجـزیـهٔ واریـانـس فـعـالـیـت آنـزیـم سـوپراکسـیددیسموتاز در مرحلهٔ اول اندازه‌گیری (یک هفته بعد از اعمال شوری) نشان داد اختلاف معناداری بین سطوح مختلف شوری $P<0/05$ و منگنز $P<0/01$ و اثر متقـابـل آن‌ها $P<0/05$ وجود دارد؛ اما در مرحلهٔ دوم (هشـت هفته بعد از اعمال شـوری) فقط شـوری $P<0/01$ و اثر متقابل منگنز و شوری $P<0/01$ معنادار شد (جدول ۵). مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در مرحلهٔ اول نشـان داد که با افزایش شـوری فعالیت آنزیم SOD کاهش یافت؛ به‌طوری‌که با مصرف ۱۵۰ و ۲۲۵ و ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سـدیمْ فعالیت این آنزیم، به‌ترتیب، ۱۴ و ۱۸ و ۲۱ درصـد نسـبت به شاهد کم شد. روند فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز،

تحت تأثیر کاربرد ۱۲ و ۲۴ و ۳۶ میکرومولار منگنز، حاکی از افزایش فعالیت، به‌ترتیب، ۳۱ و ۲۵ و ۴۲ درصدی این آنزیم نسبت به شاهد است (جدول ۶).

نتایج مرحلهٔ دوم اندازه‌گیری (هشت هفته بعد از اعمال شوری) نشان داد (جدول ۶) با افزایش شوری فعالیت آنزیم SOD افزایش یافت؛ به‌طوری‌که با کاربرد ۲۲۵ و ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم فعالیت این آنزیم، به‌ترتیب، ۳۱ و ۸۱ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. نتایج برهمکنش شوری و منگنز نیز نشان داد، در شرایط غیر شور، مقدار ۱۲ میکرومولار منگنز فعالیت آنزیم SOD را به‌طور معناداری افزایش می‌دهد؛ اما هنگامی که شوری به ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم رسید، فعالیت آنزیم SOD افزایش یافت و این افزایش در سطح ۲۴ میکرومولار منگنز اتفاق افتاد. به‌عبارت دیگر، در شرایط خیلی شور افزایش معنادار فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در سطوح بالاتر منگنز صورت گرفت (جدول ۶).

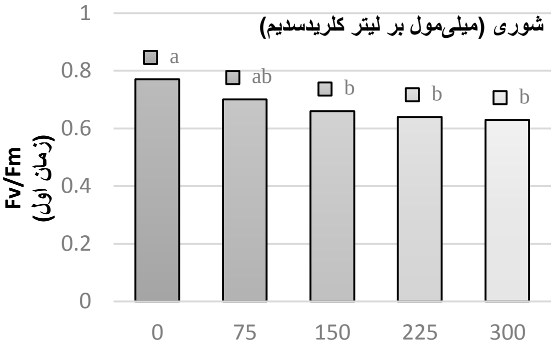
نسبت فلورسنس کلروفیل متغیر به حداکثر (F_v/F_m)

نتایج تجزیهٔ واریانس نسبت فلورسنس کلروفیل متغیر به حداکثر (جدول ۵) نشان داد فقط تیمار شوری ($P<0/01$) این پارامتر را در هر سه زمان اندازه‌گیری تحت تأثیر معنادار قرار داد و تیمار منگنز و اثر متقابل شوری و منگنز معنادار نشد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود (شکل ۱)، در زمان اول اندازه‌گیری میزان فلورسنس کلروفیل متغیر به حداکثر با افزایش شوری به ۱۵۰ و ۲۲۵ و ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم کاهش معناداری یافت، لیکن در زمان دوم نمونه‌برداری (دو هفته بعد از اعمال شوری) مصرف ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم تأثیر معناداری بر نسبت Fv/Fm نگذاشت و هنگامی که شوری به ۲۲۵ و ۳۰۰ میلی‌مولار رسید، این پارامتر کاهشی معنادار حاصل کرد (شکل ۲). این کاهش در اندازه‌گیری سوم، که در پایان دورهٔ رشد دوباره اندازه‌گیری شد، مشهودتر بود (شکل ۳).

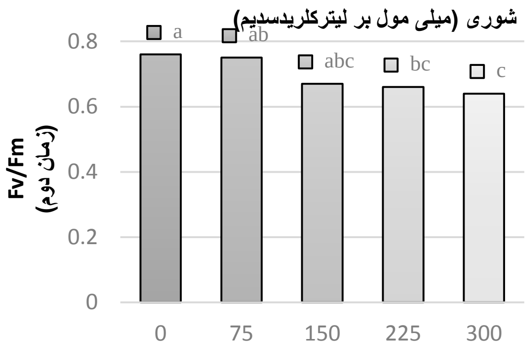
جدول ۵. نتایج تجزیهٔ واریانس فعالیت آنزیم سوپراکسیددسموتاز (SOD) و نسبت کلروفیل فلورسنس متغیر به حداکثر

منبع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات				
		فعالیت SOD (زمان اول)	فعالیت SOD (زمان دوم)	Fv/Fm (زمان اول)	Fv/Fm (زمان دوم)	Fv/Fm (زمان سوم)
شوری	۴	۰/۲۲۰*	۸/۴۲۴**	۰/۰۴۸**	۰/۰۲۵**	۰/۰۵۷**
منگنز	۳	۰/۴۶۰**	۰/۵۷۹^{ns}	۰/۱۷^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۹^{ns}
شوری× منگنز	۱۲	۰/۱۷۱*	۱/۶۰۶**	۰/۰۲۰^{ns}	۰/۰۱۱^{ns}	۰/۰۱۳^{ns}
خطا	۶۰	۰/۰۷۱	۰/۴۱۰	۰/۰۱۳	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸
CV(%)		۱۹/۱۴	۲۰	۱۶/۶	۱۱/۳۹	۱۳/۲۱

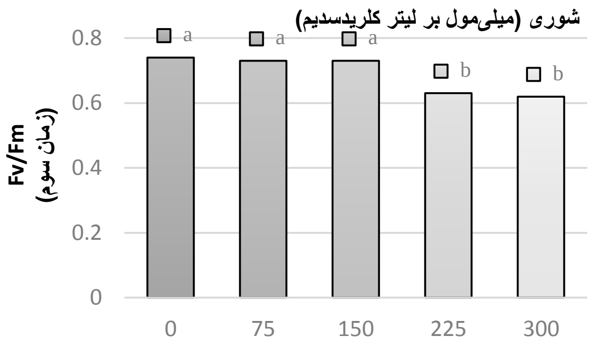
** و * و ns، به‌ترتیب، معنادار در سطح ۱ درصد و ۵ درصد و عدم تفاوت معنادار



شکل ۱. تأثیر سطوح مختلف شوری بر کلروفیل فلورسنس متغیر به حداکثر



شکل ۲. تأثیر سطوح مختلف شوری بر کلروفیل فلورسنس متغیر به حداکثر



شکل ۳. سطوح مختلف شوری بر کلروفیل فلورسنس متغیر به حداکثر

جدول ۶. مقایسهٔ میانگین‌های فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز ($mmol\ g^{-1}\ fw$) در زمان اول و دوم دانهال‌های پسته تحت تأثیر کاربرد کلرید سدیم و منگنز

سطوح شوری (میلی‌مولار کلرید سدیم)	سطوح منگنز (میکرومولار)				
	۰	۱۲	۲۴	۳۶	میانگین
فعالیت آنزیم SOD (یک هفته بعد از اعمال شوری)					
۰	$^{c-f}$۱/۰۴	$^{a-e}$۱/۲۵	$^{a-c}$۱/۴۴	^{a}۱/۴۶	^{A}۱/۳۰
۷۵	$^{b-f}$۱/۰۷	^{a}۱/۵۴	$^{b-f}$۱/۰۵	$^{a-d}$۱/۴۰	^{AB}۱/۲۶
۱۵۰	$^{d-f}$۱/۰۲	$^{a-d}$۱/۳۴	^{def}۱/۰۰	$^{b-f}$۱/۱۰	^{BC}۱/۱۱
۲۲۵	^{f}۰/۷۵	^{ef}۰/۸۶	$^{a-d}$۱/۳۰	$^{a-d}$۱/۳۴	^{C}۱/۰۶
۳۰۰	^{f}۰/۷۵	^{f}۱/۰۷	^{def}۱/۰۰	$^{a-d}$۱/۲۹	^{C}۱/۰۲
میانگین	^{C}۰/۹۲	^{A}۱/۲۱	^{A}۱/۱۶	^{A}۱/۳۲	
فعالیت آنزیم SOD (هشت هفته بعد از اعمال شوری)					
۰	^{fgh}۲/۶۳	$^{c-e}$۳/۵۶	^{gh}۲/۳۹	^{h}۲/۱۳	C۲/۶۸
۷۵	$^{d-h}$۳/۰۷	^{fgh}۲/۵۲	$^{e-h}$۳/۷۷	$^{e-h}$۲/۷۶	C۲/۷۸
۱۵۰	$^{c-g}$۳/۵۲	^{gh}۲/۴۰	$^{c-g}$۳/۲۹	$^{d-h}$۲/۹۱	BC۳/۰۳
۲۲۵	$^{b-e}$۳/۸۸	^{bcd}۳/۹۲	$^{d-h}$۲/۷۹	$^{d-h}$۳/۰۷	B۳/۴۱
۳۰۰	^{bc}۴/۳۱	^{b}۴/۷۳	^{a}۵/۷۵	^{b}۴/۷۰	A۴/۸۷
میانگین	A۳/۴۸	A۳/۴۲	A۴/۴۹	A۳/۱۱	

در هر ردیف یا ستون میانگین‌های دارای یک حرف مشترک در سطح ۰/۰۵، طبق آزمون دانکن، تفاوت معناداری ندارند.

یافته‌ها و بحث

در این پژوهش شوری باعث کاهش بیشتر کلروفیل b نسبت به a شد. کلروفیل کل و کارتنوئید نیز با افزایش شوری کاهش یافتند. محققان گزارش کردند که کاهش غلظت کلروفیل a و b و کلروفیل کل بر اثر تنش شوری می‌تواند به‌دلیل خسارت به مرکز فعل و انفعالات در فتوسیستم دو (PSII)، اثر بازدارندهٔ تجمع یون‌ها در برگ، افزایش فعالیت آنزیم تخریب‌کنندهٔ کلروفیل (کلروفیلاز)، کاهش سرعت سنتز کلروفیل، و کاهش مقاومت غشای تیلاکوئید باشد (Ali et al, 2004; Vieria et al, 2001). به نظر Hernandes et al (1995)، غلظت کلروفیل و کارتنوئیدها تحت تنش شوری کاهش می‌یابد و برگ‌های قدیمی، بعد از یک دورهٔ طولانی تنش شوری، زرد می‌شوند و می‌ریزند.

تنش شوری و کمبود عناصر غذایی در گیاهان باعث پیری زودرس، شکسته‌شدن کلروپلاست، و کاهش غلظت کلروفیل می‌شود. از عوامل دیگر کاهش کلروفیل در گیاه می‌توان به انباشت بیش از حد یون‌ها در برگ و کاهش استحکام غشا اشاره کرد.

Karimi et al. (2009) پس از تحقیق روی دو رقم پستهٔ بادامی و قزوینی گزارش کردند که با کاربرد ۳۲۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک کلروفیل a و b و کلروفیل کل در رقم بادامی، به‌ترتیب، ۵۵ و ۵۶ و ۵۶ درصد و در رقم قزوینی هر سه پارامتر ۵۱ درصد کاهش نشان دادند. این محققان علت این کاهش را افزایش فعالیت آنزیم تخریب‌کنندهٔ کلروفیل (کلروفیلاز) تحت تنش شوری معرفی کردند. همچنین در هر دو رقم روند کاهش در کلروفیل b بیشتر از کلروفیل a بود. در برنج نیز غلظت کلروفیل و کارتنوئیدها با افزایش شوری کاهش یافت؛ به‌گونه‌ای که با مصرف ۲۰۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم کلروفیل a و b، به‌ترتیب، ۲۷ و ۴۴ درصد کاهش پیدا کرد. در این تحقیق، علت کاهش کلروفیل برگ را انباشت بیش از حد یون سدیم گزارش کردند. همچنین این سطح شوری باعث کاهش ۳۹/۳ درصدی کارتنوئیدها نیز شد و دلیل این کاهش را تخریب بتاکاروتن و تشکیل زازانیس‌ها، که ماده‌ای محافظت‌کننده در برابر اثر بازدارنده است، معرفی کردند (Amirjani, 2010). براساس تحقیقی، Taffouo et al (2010) کاهش غلظت کلروفیل در برگ‌های گیاه گوجه‌فرنگی را به‌دلیل سست شدت ترکیب کمپلکس پروتئین ـ رنگدانه ـ چربی و تأثیر سوئی که شوری بر استحکام غشا می‌گذارد، گزارش کردند. با توجه به نقش منگنز در ساختار کلروفیل، کمبود این عنصر باعث کاهش غلظت کلروفیل می‌شود. از نشانه‌های معمول کمبود منگنزْ کلروز برگ هاست که می‌تواند به‌دلیل کاهش کلروفیل باشد (Govindje, 2007). پژوهشی که روی گیاه گوجه‌فرنگی انجام گرفت، نشان داد با افزایش غلظت منگنزْ غلظت کلروفیل افزایش یافت (Shenker et al, 2004). Afroushe et al (2010) نشان دادند که کمبود منگنز باعث کاهش کلروفیل a و b و کلروفیل کل در پسته شد.

سوپراکسیددیسموتاز آنزیمی کلیدی در سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانت گیاه به‌شمار می‌رود، زیرا غلظت آنیون سوپراکسید (O^{2-}) و پراکسیدهیدروژن (H_2O_2) را در گیاه کنترل می‌کند. مقدار SOD تولیدشده تحت تنش شوری، بسته به شدت و مدت تنش، گونه یا ژنوتیپ، شرایط رشد و سن گیاه تغییر می‌کند (Sgherri et al, 2000). در تحقیق حاضر در مرحلهٔ اول اندازه‌گیری (یک هفته بعد از اعمال شوری) فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز با افزایش شوری کاهش یافت. این کاهش ممکن است به‌دلیل تجمع

گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) بیش از حد آستانه در برگ‌ها باشد و این افزایش بیش از اندازهٔ انواع اکسیژن فعال باعث تخریب غشـای پلاسـمایی و کاهش تولید سـوپراکسـیددیسموتاز در گیاه شود. همچنین در این مرحلـه افزایش غلظـت منگنز منجر به افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در این تحقیق شد. یکی از تنش‌های اکسـایشـی کمبود عناصـر معدنی، از جمله منگنز، اسـت که می‌تواند باعث کاهش فعالیت آنزیم سـوپراکسـیددیسـموتاز شود (Yu et al, 1986). برای ازبین‌بردن رادیکـال‌هـای اکسـیژن فعالْ منگنز باعث فعال‌شـدن آنزیم سوپراکسیددسموتاز می‌شود که یکی از آنتی‌اکسـیدان‌های اصلی در ازبین‌بردن رادیکال‌های سـوپراکسـید است. بسیاری از مطالعات نشان می‌دهد بر اثر کمبود منگنز در گیاه متابولیسم سلول نمی‌تواند تشـکیل زیاد رادیکال‌های اکسـیژن و زیان حاصـل از آن‌ها را به‌طور مناسب کنترل کند (Shalat and Tall, 1998). در مرحلـهٔ دوم (هشـت هفتـه بعـد از اعمال شوری) اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز بـا افزایش شـوری افزایش یـافت. این افزایش ممکن اسـت به‌دلیل سازش گیاه با شرایط تنش بعد از مدتی طولانی بـاشـد و گیاه توانایی ازبین‌بردن رادیکال‌های اکسـیژن را به‌دسـت آورده باشـد. Tavallali et al (2010) نود روز پس از اعمـال شـوری، فعالیت آنزیم SOD را روی گیـاه پسـتـه انـدازه گرفتند و افزایش فعالیت این آنزیم را با افزایش شـوری مشاهده کردند. ایـن محققـان افزایش فعـالیـت این آنزیم را برای ازبین‌بردن هیدروژن‌پرکسـید و رادیکال‌های اکسـیژن، که در اثر اسـترس شـوری ایجاد می‌شـوند، گزارش کردند. با افزایش شـوری، ROSهای تولیدشـده در سـلول افزایش می‌یابد و سـیسـتم آنتی‌اکسیدانی گیاه فعال می‌شـود. به‌عبارت دیگر، گیاه با افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز اولین سد دفاعی را در برابر حملهٔ رادیکال‌های اکسیژن ناشی از تنش شوری ایجاد می‌کند. Dipalma (1998)خصـوصـیات فتوسـنتزی شـش رقم پسـته را بررسی و اعلام کرد که بین میزان فتوسنتز و حداکثر عملکرد کوانتوم (Fv/Fm) رابطه‌ای مسـتقیم وجود دارد. Hak et al (1993) و همچنین Maxwell and Johnson (2000) گزارش کردند وقتی تنشی به دستگاه فتوسنتزی گیاه وارد شود، فلورسنس متغیر (Fv) ، که برابر Fm-FO اسـت، کاهش می‌یابد. تنش خشـکی و شـوری نیز بـاعـث کـاهش مقـدار فلورسـنس متغیر (Fv) می‌گردنـد. کاهش در پارامتر فلورسنس کلروفیل تحت تنش شوری می‌تواند به‌دلیل تخریب کلروپلاست، به‌خصوص غشای تیلاکوئید، باشد و کاهش در پارامتر فلورسنس کلروفیل متغیر به ثابت شاخصی از تخریب سیستم گیرندهٔ نور در کلروپلاست اسـت (Ibid).علت کاهش نسـبت Fv/Fm افزایش در مقدارF0 در اثر تنش و آسـیب است.Goncalves et al (2005) اعلام کردند با افزایش مقدار فتوسـنتز میزان فلورسـنس کلروفیـل متغیر به حداکثر (Fv/Fm) نیز افزایش پیدا می‌کند. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت در برگ‌هـای سـالم و بـا کلروفیل بالا میزان Fv/Fm بـالاتر و در برگ‌هـای پیر و بـا کلروفیـل کم میزان Fv/Fm کـمتر اسـت. Sajjadinia (2007) میزان فلورسـنس کلروفیل حداکثر ارقام مختلف پسـته را در پنج مرحله اندازه گرفت و نشـان داد بیشـترین میزان فلورسنس کلروفیل حداکثر مربوط به رقم کله‌قوچی و در مرحلهٔ سـوم اندازه‌گیری (شـروع رشـد سـریع آنـدوسـپرم) و کمترین میزان فلورسـنس کلروفیل حـداکثر مربوط بـه رقم رضـایی زودرس و در مرحلهٔ پنجم اندازه‌گیری (رسـیدن محصـول و زمان برداشت) بود. این محقق در این بررسی نشان داد که همبستگی مثبـت و معنـاداری بین میزان فتوسـنتز و حـداکثر عملکرد کوانتوم وجود دارد.

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که گرچه شوری منجر به کاهش غلظت کلروفیل a و b و کلروفیل کل و کارتنوئیدها می‌شود، کاربرد منگنز بهبود این پارامترها را به‌دنبال دارد. سوپراکسیددیسموتاز هم، که آنزیمی کلیدی در سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانت گیاه به‌شمار می‌رود، با کاربرد منگنز افزایش می‌یابد. در نهایت به‌نظر می‌رسد که منگنز مقاومت پستهٔ رقم بادامی زرند را به شوری افزایش می‌دهد.

REFERENCES

Afrousheh, M. Ardalan, M. and Hokmabadi, H. (2010), Nutrient deficiency disorder in *Pistacia vera* seedling rootstock in relation to eco-physiological, biochemical characteristics and uptake of nutrients, *Scientia Horticulture*, 124, 141-148.

Ali, Y. Aslam, Z. Ashraf, M. Y. and Tahir, G. R. (2004), Effect of salinity on chlorophyll concentration, leaf area, yield and yield components of rice genotypes grown under saline invironment, *Journal of Environmental Science and Technology,* 1 (3), 221-225

Amirjani, M. A. (2010), Effect of NaCl on some physiology parameter of Rice, *European Journal Biological Science,* 3 (1), 6-16.

Anonomous, (2008), Office of statistics and information technology, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran, IRAN.

Arnon, D. I. (1949), Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenol oxidase in Beta valgaris, *Journal of Plant Physiology,* 24, 1-15.

Burneli, J. N. (1988), The biochemistry of manganese in plants, 125-137, *In*: R. D. Graham, J. Hannam and N.C.Uren (eds.), Manganese in Soils and Plants. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Depalma, l. (1998), Photosynthetic characteristics of six pistachio cultivars, CIHEAM, 45-49.

Goncalves, B. Moutinho-Periera, J. Santos, A. Silva, AP. Bacelar, E. Corriera, C. and Rosa, E. (2005), Scion-rootstock interaction affects the physiology and fruit quality of sweet cherry, *Tree Physiology,* 26 (1), 93-104.

Govindjee, C. (2007), Bioenergetics of photosynthesis, University of California, 698.

Hak, R. Rinderle-Zimmer, U. Lictenthaler, H. K. and Nater, L. (1993), “Cholorophyll a fluorescence signatures of nitrogen deficient barely leaves”, *Photosynthetica,* 28, 151-159.

Hernandez, J. A. Olmos, E. F. CorpasSevilla, J. and delRio, L. A. (1995), Salt-induceoxidative stress in chloroplasts of pea, *Journal of Plant Science*, 105, 151–167.

Hoagland, D. R. and Arnon, D. I. (1950), The water-culture method for growing plant without soil, California Agriculture Experiment Station Circular, 347, 1-34

imbalance, lipid peroxidase and antioxidant metabolism, *Jornal of Exprimental Botany,* 53, 351-360.

Kanazawa, S. Sano, S. Koshiba, T. and Ushimaru, T. (2000), Changes in antioxidative in cucumber cotyledons during natural senescence: comparison with those during dark-induced senescence, *Journal of Plant Physiology,* 109, 211-216.

Karimi, S. Rahemi, M. Maftoon, M. and Tavallali, V. (2009), Effect long-term salinity on growth and performance of two pistachio (pistacial) Rootstocks, *Austuralian Journal of Basic and Applied Science,* 3 (3), 1630-1639.

Maxwell, K. and Jounson, G. N. (2000), Chlorophyll fluorescence: Apractical guide, *Journal of Experimental Botany*, 51, 659-668.

Mozaffari, V. (2005), *The role of potassium, calcium and zinc in controlling pistachio Die-back*, Ph. D. thesis, Soil Science Departement, Agriculture collage, Tarbiat Modares university, Iran, (In Farsi).

Mozaffari, V. and Malakouti, M. J. (2006), An investigation of some cause of Dieback disorder of pistachio tree and its control throuth balance fertilization in Iran, *Acta Horticulture*, 22, 301-305.

Najafian, S. H. Rahemi, M. and Tavallali, V. (2008), Effect of salinity on tolerance of two bitter almond rootstocks American, Eurasianj, *Journal of Environmental Sciense and Agriculture*, 3 (2), 264-268.

Sairam, R. K. Rao, K. V. and Srivastava, G. C. (2002), Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration, *Journal of Plant Science*, 163, 1037-1046.

Sajjady nia, A. (2007), *Study the ecophysiological characteristics of six Iranian pistachio* (*pistacia vera* L.) cultivars, M. S.c Thesis, Horticulture Department, Agriculture college, Bu Ali Sina University of Hamedan, Iran, (In Farsi).

Satti, S. M. E. and Lopez, M. L. (1994), Effect of increasing potassium levels for alleviating sodium chloride stress on the growth and yield of tomato, *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 25, 2807-2823.

Sgherri, C. L. M. Maffei, M. and Navari-Izzo, P. (2000), Antioxidative enzymes in wheat subjected to increasing water deficit and rewatering, *Journal of Plant Physiology*, 157, 273-279.

Shalata, A. and Tal M. (1998), The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in the leaf of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative Lycopersicon pennellii, *Joutnal of Plant Physiology*, 104, 167-174.

Silber, A. Bar-Tal A. Shmuel, D. and Cohen, S. (2009), Manganese nutrient of pepper (*Capsicum annuum* L.) growth, Mn uptake and fruit disorder in cadence, *Journal of Science Horticulture*, 123, 197-203.

Taffouo, V. D. Nouck, A. H. Dibong, S. D. and Amougou, A. (2010), Effect of salinity stress on seedling growh mineral nutrient total chlorophyll of some tomato (*Lycopersicum esculentumL.*), *Journal of Biotechnology*, 33, 5366-5372.

Tajabadi Pour, (2004), Effect of soil potassium application on the relative tolerance of pistachio cultivars to water and salinity stress, Ph. D. thesis, Soil Science Departement, Agriculture collage, Shiraz university Iran, (In Farsi).

Talebi, M. (2008), *Effect of zinc and salinity on growth, chemical composition and vascular tissue in two pistach cultivars*, M. S. c thesis, Soil Sience Department, Agriculture college, Vali-e-asr university of Rafsanjan, Iran (In Farsi).

Tavallali, V. Rahemi, M. Esheghi, S. Kholdebarin, M. and Ramezanian, A. (2010), Zinc alleviates salt stress and increases antioxidant enzyme activity in leaves pistachio (*Pistacia vera L*. Badami) seedling. *Turk, J. Agric*, 34, 349-359.

Viera, S. C. L. campose, A. Azevedo, H. and Calderia, G. (2001), In situ and in vitro senescence induced by KCL stress: nutritional

Wang, Y. T. Wang, K. and Shing, X. Q. (2010), Manganese of delays the senescence induced by drought in perennial ryegrass (*Lolium perennel* L.), *Journal of Agriculture Reserch*, 5 (22), 3035-3040.

Yu, Q. Osborne L. D. and Rengel, Z. (1989), Micronutrient deficiency influences plant growth and activities of superoxide dismutase and ascorbate peroxidase in tobacco plants, *Journal of Plant Nutrition*, 21, 1427–1437

Zhou, Z. Xu, L. Xie, J. and Liu, C. (2009), Effect of manganese tailings on capsicum growth, Chinese *Journal Geochemis*, 28, 427-431.