نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص. ۱۰-۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 30, No. 1, Spring 2016, P. 1-10
ISSN: 2008 - 4730

تاثیر شوری بر رشد و پارامترهای فیزیولوژیک نهال چهار رقم زیتون (*Olea europea* L.) در شرایط گلخانه‌ای

فرزانه علیایی[۱]- بهرام بانی نسب[۲*]- سیروس قبادی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۳/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۰۶

چکیده

زیتون اگرچه گیاهی به نسبت مقاوم به شوری است اما خشکسالی‌های اخیر و کاهش کیفیت آب آبیاری سبب کاهش عملکرد این گیاه به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک کشور شده است. انتخاب ارقام مقاوم به شوری از مهم‌ترین روش‌های موثر در بهره‌وری از آب و خاک‌های شور است. لذا به منظور بررسی تحمل به شوری چهار رقم زیتون (آمیگدال، دکل، شیراز و زرد) پژوهشی گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در چهار سطح شوری (۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) در دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام گرفت. نتایج نشان داد با افزایش شوری ارتفاع نسبی، سطح نسبی برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، محتوای آب برگ، میزان کلروفیل فلورسانس و کلروفیل نسبی کاهش اما شاخص خسارت ظاهری، پرولین و پراکسیداسیون غشای لیپیدی افزایش یافت. ارقام زیتون نیز در شرایط یکسان تنش واکنش‌های متفاوتی از خود بروز دادند به گونه‌ای که مقایسه پارامترهای اندازه‌گیری شده مذکور در چهار رقم نشان داد که رقم زرد و شیراز مقاوم‌ترین و آمیگدال حساس‌ترین رقم زیتون به شوری بود.

واژه‌های کلیدی: پرولین، تنش‌های محیطی، کلروفیل فلورسنس

مقدمه

کمبود آب و شوری خاک در سال‌های اخیر از موانع عمده کشاورزی در ایران است به گونه‌ای که در چنین شرایطی اختلال در فرآیندهای متابولیسمی منجر به کاهش رشد گیاه می‌شود. محققین ثابت کرده‌اند تنش شوری، کاهش قابل ملاحظه‌ای در وزن خشک ریشه‌ها، شاخه‌ها و برگ‌های گیاهان ایجاد می‌کند (۳۱). تنش شوری با کاهش سنتز کلروفیل برگ سبب کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه نیز می‌شود (۹). بررسی‌ها همچنین نشان داد با افزایش شوری میزان کارایی فتوسنتزی برگ‌ها کاهش و صدمات ناشی از تنش افزایش می‌یابد، به طوری که می‌توان کاهش پارامترهای رویشی را به کاهش میزان مواد فتوسنتزی برای تامین رشد سبزینه‌ای نسبت داد (۲۵). گزارش‌ها حاکی از این است که در شرایط تنش برخی گیاهان با تجمع اسیدهای آمینه مانند پرولین، آلانین، گلایسین، سرین و لوسین (۱۸) با ایجاد تعادل اسمزی و حفظ فعالیت آنزیم‌ها تحمل به شوری‌یشان را افزایش می‌دهند (۱۳).

میزان مالون‌دی‌آلدهید معیاری برای ارزیابی پراکسیداسیون لیپید یا آسیب به غشای سیتوپلاسمی و اندامک‌ها است که در تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد. پراکسیداسیون لیپیدها با میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی مانند سوپراکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز مرتبط هستند به گونه‌ای که با افزایش فعالیت این آنزیم‌ها میزان تحمل در برابر تنش‌های اکسیداتیوی افزایش و مقدار مالون‌دی‌آلدهید کاهش می‌یابد (۱۰).

زیتون از جمله درختان همیشه سبز با عمر طولانی است که دارای ویژگی‌های منحصر به فردی همچون کم نیاز بودن و سازگاری با شرایط متنوع اکولوژیکی است. این خصوصیات سبب شده است که کشت آن در سال‌های اخیر توسعه زیادی در کشور داشته باشد. با وجود این که زیتون به عنوان گیاه به نسبت مقاوم به شوری طبقه‌بندی می‌شود، کیفیت پایین آب آبیاری ناشی از خشکسالی‌های اخیر سبب کاهش رشد و عملکرد این درخت شده است. برخی پژوهش‌ها نیز نشان داده‌اند کشت این گیاه دستخوش بعضی تنش‌های نامساعد محیطی مانند تنش شوری، خشکی و سرما قرار می‌گیرد به گونه‌ای که این پارامترها فاکتورهای تنش‌زا رشد گیاه را

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی پیشین کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(*-نویسنده مسئول: Email: bbanin@cc.iut.ac.ir)

محدود می‌کند (۳۳). با توجه به این که پاسخ درختان زیتون به شوری با رقم در ارتباط است (۹) و اطلاعات کافی در خصوص تحمل به شوری ارقام مختلف زیتون در دست نیست، بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر غلظت‌های مختلف کلرید سدیم بر پارامترهای رشد رویشی و فیزیولوژیکی چهار رقم زیتون به منظور انتخاب ارقام متحمل به شوری انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش روی گیاهان یک ساله چهار رقم زیتون آمیگدال، شیراز، دکل و زرد در گلخانه آموزشی- پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان با متوسط دمای روزانه ۳۵ و شبانه ۱۹ درجه سانتی‌گراد در سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۰ انجام گرفت. قلمه‌های ریشه‌دار شده ارقام مذکور پس از تهیه، به گلدان‌های ۷ کیلو گرمی حاوی خاک ضد عفونی شده انتقال و پس از استقرار، با آب مقطر به عنوان شاهد و غلظت‌های ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (Merck با درجه خلوص ۹۹/۵ درصد) که به ترتیب هدایت الکتریکی ۰/۰۰۳، ۱۰/۵۲، ۱۵/۴۳ و ۱۹/۵۵ دسی زیمنس بر متر را دارا بودند آبیاری گردیدند. تیمارهای شوری به مدت ۳ ماه و تا ظهور علائم ناشی از تنش ادامه یافت. به منظور جلوگیری از وارد آمدن تنش‌های ناگهانی به گیاهان، غلظت‌های مختلف شوری به تدریج اعمال گردید. همچنین با توجه به وجود زهکش، تیمارهای شوری به گونه‌ای اعمال گردید که مقدار یک سوم آب از طریق زهکش گلدان خارج گردد تا از تجمع نمک در گلدان‌ها ممانعت شود. آزمایش به صورت فاکتوریل (۴×۴) در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در۴ تکرار اجراء گردید. در پایان آزمایش خسارت ظاهری، پارامترهای رشد رویشی و فیزیولوژیک مورد ارزیابی قرار گرفت. وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه با ترازوی دیجیتال، ارتفاع ساقه توسط خط کش مدرج، سطح برگ با استفاده از دستگاه Delta T Scan Image Analysis و شاخص خسارات ظاهری بر اساس مشاهده ظاهر کلی گیاه و شماره‌دهی از ۱ تا ۵ محاسبه شد. به این ترتیب که عدد ۱ برای گیاهان کاملاً سالم و بدون علائمی همانند کلروز و نکروز، ریزش برگ‌ها، خشکی سر شاخه‌ها و اعداد ۲، ۳، ۴ و۵ به ترتیب برای گیاهانی تا ۲۵ درصد، ۵۰ درصد، ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد خسارت ظاهری در نظر گرفته شد. درصد آب در برگ (RWC) نیز به روش زنگ و همکاران اندازه‌گیری شد (۳۷). کلروفیل فلورسانس و میزان کلروفیل نسبی به ترتیب با دستگاه Plant Efficiency Analyzer (ساخت شرکت ELE International کشور انگلستان) و کلروفیل سنج (شرکت Hansatech instruments Ltd، ساخت کشور انگلستان) بر روی جوان‌ترین برگ توسعه یافته قلمه‌های ارقام مختلف زیتون اندازه‌گیری شد. میزان پرولین بر اساس روش بتس و همکاران اندازه‌گیری شد (۵). غلظت پرولین بر اساس وزن تر و با استفاده از معادله رگرسیون حاصل از استانداردهای پرولین و فرمول زیر تعیین گردید:

$$\text{Proline } (\mu mol.g^{-1}F.W) = \text{Proline } (\mu g.ml^{-1})(\text{Toluene (ml)}/115.3)/(\text{F.W. (g)}/5)$$

تخریب اکسیداتیوی یا پراکسیداسیون لیپیدی بافت برگ با اندازه‌گیری مقدار مالون دی آلدهید و به روش وانگ و همکاران (۳۴) توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (شرکت Shimadzu مدل UV-160 ساخت ژاپن) اندازه‌گیری و از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$MDA\ (nmol\ g^{-1}\ F.W.) = 6.45\ (OD_{532} - OD_{600}) - 0.56\ (OD_{450}) \times 1000$$

که OD عدد حاصل از اسپکتروفتومتر در طول موج‌های مختلف است.

به علت تفاوت در خصوصیات مورفولوژی ارقام مورد مطالعه، صفات رویشی در هر رقم نسبت به شاهد مربوطه و به درصد بیان شده است. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اگر چه رقم، شوری و همچنین اثرات متقابل رقم و شوری اثر معنی‌داری بر پارامترهای میزان شاخص خسارات ظاهری، وزن تر و خشک نسبی ریشه و اندام هوایی، ارتفاع نسبی، محتوای آب نسبی، کلروفیل نسبی، کلروفیل فلورسانس و میزان مالون‌دی‌آلدهید ارقام دکل، شیراز، زرد و آمیگدال زیتون داشت ولی برهمکنش رقم و شوری برای فاکتور سطح نسبی برگ معنی‌دار نبود (تجزیه واریانس داده‌ها ارائه نشده است). مقایسه میانگین داده‌ها نشان دهنده‌ی وجود اختلاف در شاخص خسارت ظاهری در تیمارهای مختلف شوری بود به طوری که با افزایش غلظت کلرید سدیم میزان خسارات ظاهری به طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین میزان خسارت ظاهری مربوط به غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (۳/۹۲) بود که سبب افزایش تقریباً ۴ برابری میزان شاخص خسارت ظاهری نسبت به تیمار شاهد (۱/۰۰) گشت (جدول ۱). نتایج همچنین بیانگر این بود که کمترین میزان شاخص خسارت ظاهری مربوط به رقم دکل (۲/۰۰) بود که نسبت به رقم آمیگدال با بیشترین میزان خسارت ظاهری (۲/۷۵)، کاهش ۲۷/۲۷ درصدی را نشان داد (جدول ۱). اثرات متقابل رقم و شوری نیز نشان داد هر چند که در غلظت‌های پایین کلرید سدیم (۱۰۰ میلی مولار) تفاوت معنی‌داری در شاخص خسارت ظاهری در بین ارقام وجود نداشت اما با افزایش غلظت نمک این تفاوت‌ها معنی‌دار شد به گونه‌ای که در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم ارقام زرد و دکل زیتون به طور معنی‌داری خسارت ظاهری کمتری را نسبت به سایر ارقام نشان دادند (جدول ۱).

جدول ۱– اثر شوری، رقم و بر همکنش آن‌ها بر میانگین شاخص خسارت ظاهری، ارتفاع نسبی ساقه، سطح نسبی برگ و وزن تر نسبی اندام هوایی نهال‌های یک ساله زیتون

Table 1- Effect of salinity, cultivar and their interaction on injury rating value, relative stem height, relative leaf area and relative shoot fresh weight in one-year-old own rooted olive trees

کلرید سدیم NaCl (mM)	رقم Cultivar				میانگین Mean
	آمیگدال Amigdal	زرد Zard	شیراز Shiraz	دکل Dakal	
	شاخص خسارت ظاهری Injury rating value (%)				
0	1.00^{g}	1.00^{g}	1.00^{g}	1.00^{g†}	1.00^{D}
100	1.67^{fg}	1.33^{fg}	1.33^{fg}	1.67^{fg}	1.50^{C}
150	3.67^{bc}	2.67^{de}	2.67^{de}	2.00^{ef}	2.75^{B}
200	4.67^{a}	3.33^{cd}	4.33^{ab}	3.33^{cd}	3.92^{A}
میانگین Mean	2.75^{A}	2.08^{B}	2.33^{B}	2.00^{B}	
	ارتفاع نسبی ساقه Relative stem height (%)				
0	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{A}
100	94.55^{a}	100.00^{a}	98.07^{a}	95.36^{a}	97.00^{A}
150	24.74^{c-e}	65.39^{b}	38.17^{c}	17.09^{de}	36.35^{B}
200	10.72^{e}	21.62^{de}	28.13^{cd}	12.22^{e}	18.17^{C}
میانگین Mean	57.50^{B}	71.75^{A}	66.09^{B}	56.17^{B}	
	سطح نسبی برگ Relative leaf area (%)				
0	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{A}
100	69.72^{bc}	67.06^{bc}	75.26^{b}	71.08^{bc}	70.78^{B}
150	47.14^{ef}	50.60^{de}	60.06^{cd}	50.23^{de}	52.01^{C}
200	27.31^{g}	31.27^{g}	44.32^{ef}	38.27^{fg}	35.05^{D}
میانگین Mean	61.04^{B}	62.23^{B}	69.91^{A}	64.65^{AB}	
	وزن تر نسبی اندام هوایی Relative shoot fresh weight (%)				
0	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{A}
100	65.76^{cd}	80.79^{b}	72.75^{bc}	۷۵/۸۰^{bc}	73.77^{B}
150	42.80^{f}	64.51^{cd}	68.80^{c}	۷۵/۴۲^{bc}	62.88^{C}
200	40.39^{f}	56.47^{de}	51.64^{ef}	۴۸/۲۰^{ef}	49.17^{D}
میانگین Mean	62.24^{B}	75.44^{A}	73.70^{A}	74.85^{A}	

†برای هر فاکتور میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد از نظر آماری فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.

† For each factors, means followed by the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$ by the LSD.

در پژوهش حاضر شوری ارتفاع گیاه را به طور معنی‌داری کاهش داد (جدول ۲). بیشترین کاهش ارتفاع مربوط به تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (۱۸/۱۷) بود که کاهش ۸۱/۸۳ درصدی نسبت به تیمار شاهد نشان داد (جدول ۲). رقم نیز اثر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه داشت به گونه‌ای که بیشترین ارتفاع نسبی مربوط به رقم زرد (۷۱/۷۵) بود که افزایش ۲۷/۷۴ درصدی نسبت به رقم دکل (۵۶/۱۷) نشان داد (جدول ۲). اثرات متقابل نیز نشان داد اگرچه در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم کمترین کاهش ارتفاع نسبی در رقم شیراز

(۲۸/۱۳) دیده شد ولی در غلظت کمتر نمک کمترین کاهش مربوط به رقم زرد بود (جدول ۲).

نتایج حاصل از پژوهش نشان داد با افزایش غلظت کلرید سدیم، سطح نسبی برگ به طور معنی‌دار کاهش یافت به گونه‌ای که کمترین سطح نسبی برگ مربوط به تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم (۳۵/۰۵ درصد) بود که سبب کاهش ۶۴/۹۵ درصدی نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۱). نتایج همچنین نشان داد سطح نسبی برگ در ارقام مختلف متفاوت بود به گونه‌ای که رقم شیراز (۶۹/۹۱ درصد) بیشترین سطح برگ را داشت که در مقایسه با رقم آمیگدال (۶۱/۰۴ درصد) افزایش ۱۴/۵۳ درصدی در میزان سطح نسبی برگ را نشان داد (جدول ۱).

جدول ۲- اثر شوری، رقم و بر همکنش آن‌ها بر میانگین وزن خشک نسبی اندام هوایی، وزن تر و خشک نسبی ریشه و محتوای آب نسبی برگ نهال‌های یک ساله زیتون

Table 2- Effect of salinity, cultivar and their interaction on relative shoot dry weight, relative root fresh and dry weight and relative leaf water content in one-year-old own rooted olive trees

کلریدسدیم NaCl (mM)	رقم Cultivar				میانگین Mean
	آمیگدال Amigdal	زرد Zard	شیراز Shiraz	دکل Dakal	
	وزن خشک نسبی اندام هوایی Relative shoot dry weight (%)				
0	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a†}	100.00^{A}
100	72.31^{cd}	85.04^{b}	85.72^{b}	79.98^{e}	80.76^{B}
150	50.71^{tg}	75.40^{cd}	60.08^{e}	68.74^{gh}	63.75^{C}
200	35.06^{h}	56.32^{et}	47.89^{tg}	43.28^{i}	45.64^{D}
میانگین Mean	64.52^{C}	79.20^{A}	73.48^{B}	73.01^{C}	
	وزن تر نسبی ریشه Relative root fresh weight (%)				
0	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{A}
100	96.96^{a}	89.11^{b}	71.62^{d}	93.94^{ab}	87.91^{B}
150	80.36^{c}	68.98^{de}	62.96^{ef}	68.74^{de}	70.26^{C}
200	65.82^{d-t}	68.89^{de}	58.82^{f}	50.67^{g}	61.05^{D}
میانگین Mean	85.78^{A}	81.74^{B}	73.35^{C}	78.34^{B}	
	وزن خشک نسبی ریشه Relative root dry weight (%)				
0	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{A}
100	73.98^{cd}	83.28^{b}	82.41^{bc}	85.05^{b}	81.18^{B}
150	50.71^{ef}	67.80^{d}	53.75^{e}	79.97^{bc}	62.91^{C}
200	35.06^{g}	56.32^{e}	43.54^{fg}	47.63^{ef}	45.64^{D}
میانگین Mean	64.94^{C}	76.85^{A}	69.92^{B}	78.02^{A}	
	محتوای آب نسبی برگ Relative leaf water content (%)				
0	88.20^{a}	88.63^{a}	88.91^{a}	79.27^{de}	86.25^{A}
100	73.37^{g}	82.35^{bc}	77.93^{ef}	72.86^{gh}	76.63^{B}
150	73.38^{g}	81.59^{cd}	76.82^{f}	68.83^{i}	75.15^{C}
200	40.00^{j}	84.38^{b}	70.77^{hi}	69.01^{i}	66.04^{D}
میانگین Mean	68.73^{D}	84.24^{A}	78.60^{B}	72.49^{C}	

†برای هر فاکتور میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد از نظر آماری فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.

† For each factors, means followed by the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$ by the LSD.

همان طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود با افزایش غلظت کلرید سدیم وزن تر نسبی اندام هوایی به طور معنی‌داری کاهش

یافت به گونه‌ای که غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بیشترین درصد کاهش وزن تر نسبی (۴۹/۱۷ درصد) را نشان داد که این مقدار کاهش نسبت به تیمار شاهد، ۵۰/۸۳ درصد بود (جدول ۲). رقم نیز اثر معنی‌داری بر وزن تر نسبی اندام هوایی داشت، به گونه‌ای که رقم زرد (۷۵/۴۴ درصد) بیشترین و رقم آمیگدال (۶۲/۲۴ درصد) کمترین درصد وزن تر نسبی اندام هوایی را داشت (جدول ۲). بررسی اثر متقابل شوری و رقم نشان داد هر چند در بالاترین غلظت کلرید سدیم کمترین درصد کاهش وزن مربوط به رقم زرد (۵۶/۴۷ درصد) بود، در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم کمترین درصد کاهش وزن در رقم دکل (۷۵/۴۲ درصد) مشاهده شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌هایی حاصل از وزن خشک نسبی اندام هوایی نشان داد با افزایش غلظت کلرید سدیم این پارامتر به طور معنی‌داری کاهش یافت، به گونه‌ای که کمترین وزن خشک نسبی اندام هوایی مربوط به غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (۴۵/۶۴ درصد) بود که کاهش ۵۴/۳۶ درصدی نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۲). رقم نیز اثر معنی‌داری بر میزان وزن خشک نسبی اندام هوایی نهال‌های زیتون داشت به گونه‌ای که رقم زرد (۷۹/۲۰ درصد) بیشترین میزان درصد وزن خشک اندام هوایی را داشت که نسبت به رقم آمیگدال (۶۴/۵۲ درصد) افزایش ۲۲/۷۵ درصدی را نشان داد (جدول ۲). اثرات متقابل رقم و شوری نیز نشان داد که در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم کمترین درصد کاهش وزن خشک نسبی اندام هوایی مربوط به رقم زرد بود در حالی که در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم کمترین درصد کاهش در رقم شیراز دیده شد (جدول ۲).

با افزایش غلظت کلرید سدیم وزن تر نسبی ریشه به طور معنی‌داری کاهش یافت. به طوری که بیشترین کاهش وزن‌تر ریشه مربوط به غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (۶۱/۰۵ درصد) بود (جدول ۱). همچنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد رقم اثر معنی‌داری بر وزن تر نسبی ریشه داشت به طوری که رقم آمیگدال (۸۵/۷۸ درصد) بیشترین و رقم شیراز (۷۳/۳۵ درصد) کمترین وزن تر نسبی ریشه را نشان داد (جدول ۱). اثرات متقابل شوری و رقم نیز نشان داد اگرچه در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم کمترین وزن تر نسبی ریشه مربوط به رقم زرد (۶۸/۸۹ درصد) بود ولی در غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم کمترین وزن تر نسبی در رقم آمیگدال مشاهده شد (جدول ۱).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش غلظت کلرید سدیم، وزن خشک ریشه به طور معنی‌دار کاهش یافت. به گونه‌ای که بیشترین کاهش وزن خشک ریشه مربوط به غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (۴۵/۶۴ درصد) بود که سبب کاهش ۵۴/۳۶ درصدی نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۱). همچنین بررسی مقایسه میانگین مربوط به رقم نشان داد اگرچه رقم اثر معنی‌داری بر وزن خشک نسبی ریشه داشت اما این تفاوت‌ها بین ارقام دکل و زرد (به‌ترتیب ۷۸/۰۲ و ۷۶/۸۵) معنی‌دار نبود. بیشترین کاهش وزن خشک نسبی ریشه مربوط به رقم آمیگدال (۶۴/۹۴) بود که نسبت به رقم دکل (۷۸/۰۲) کاهش ۶/۲۶ درصدی را نشان داد (جدول ۱). اثرات متقابل شوری و رقم نیز نشان داد اگرچه در غلظت‌های پایین‌تر کلرید سدیم کمترین کاهش وزن خشک نسبی ریشه مربوط به رقم دکل بود اما در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم کمترین کاهش در رقم زرد دیده شد (جدول ۱).

شوری بر میزان آب نسبی برگ اثر گذاشت به گونه‌ای که با افزایش غلظت کلرید سدیم از ۰ به ۲۰۰ میلی‌مولار محتوای آب نسبی برگ کاهش معنی‌داری یافت و در تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم کاهش ۲۳/۴۳ درصدی در میزان آب نسبی برگ نسبت به تیمار شاهد مشاهده گردید (جدول ۲). نتایج همچنین نشان داد اثر رقم بر میزان سطح نسبی برگ در ارقام مختلف متفاوت بود به گونه‌ای که رقم شیراز بیشترین سطح برگ را داشت که در مقایسه با رقم آمیگدال افزایش تقریباً ۱۴/۵۳ درصدی در میزان سطح نسبی برگ را نشان داد در حالی که در این پارامتر اختلاف معنی‌داری بین رقم دکل، زرد و آمیگدال مشاهده نشد (جدول ۲).

با افزایش غلظت کلرید سدیم شاخص کلروفیل فلورسنس نیز به طور معنی‌داری کاهش یافت به طوری که کمترین میزان شاخص کلروفیل فلورسنس برگ در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار شوری ایجاد گردید که سبب کاهش ۲۵ درصدی نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۳). نتایج همچنین نشان داد که رقم نیز اثری معنی‌دار بر شاخص کلروفیل فلورسنس برگ داشت به گونه‌ای که بیشترین مقدار این شاخص مربوط به رقم زرد بود که افزایش ۲۳/۳۳ درصدی نسبت به رقم آمیگدال ایجاد کرد (جدول ۳). اثرات متقابل رقم و شوری نشان داد در غلظت‌های بالای کلرید سدیم بیشترین میزان کلروفیل فلورسانسی مربوط به برگ رقم زرد بود در حالی‌که در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بیشترین میزان در رقم شیراز مشاهده شد (جدول۳).

مقایسه میانگین‌ها بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در میزان کلروفیل نسبی برگ در تیمارهای مختلف کلرید سدیم بود به طوری که با افزایش غلظت کلرید سدیم میزان کلروفیل نسبی برگ به طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج نشان داد کمترین میزان کلروفیل نسبی برگ مربوط به غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (۶۹/۳۹) بود که سبب کاهش ۶۶/۸۰ درصدی میزان کلروفیل نسبی برگ نسبت به تیمار شاهد (۲۰۸/۹۵) شد (جدول ۲). نتایج همچنین حاکی از این بود که ارقام زیتون اثر معنی داری بر میزان کلروفیل نسبی برگ داشتند به گونه‌ای که کمترین میزان کلروفیل نسبی مربوط به برگ رقم آمیگدال (۱۱۹/۴۳) بود که کاهش ۲۹/۸۸ درصدی نسبت به رقم زرد (۱۷۰/۳۳) ایجاد کرد (جدول ۲).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش نشان

داد شوری منجر به افزایش میزان پرولین شد. بیشترین میزان پرولین مربوط به بالاترین غلظت نمک بود به طوری که افزایش ۲/۵۸ برابری را نسبت به تیمار شاهد سبب شد (جدول ۳). نتایج همچنین بیانگر این بود که رقم نیز اثر معنی‌داری بر میزان پرولین برگ داشت. در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم کمترین میزان پرولین توسط رقم آمیگدال تولید شد در حالی‌که در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم کمترین میزان پرولین مربوط به رقم دکل بود (جدول ۳).

جدول ۳- اثر شوری، رقم و بر همکنش آنها بر میانگین محتوای کلروفیل نسبی، کلروفیل فلوریسنس، مقدار پرولین و مالون دی آلدهید نهال های یک ساله زیتون

Table 3- Effect of salinity, cultivar and their interaction on relative chlorophyll content, chlorophyll florescence, proline and malondyaldehyde content in one-year-old own rooted olive trees

کلریدسدیم NaCl (mM)	رقم cultivar				میانگین mean
	آمیگدال Amigdal	زرد Zard	شیراز Shiraz	دکل Dakal	
	کلروفیل فلورسنس Chlorophyll fulorescence				
0	0.79[a]	0.75[ab]	0.75[ab]	0.77[a†]	0.76[A]
100	0.75[ab]	0.74[a-c]	0.76[ab]	0.75[ab]	0.75[A]
150	0.50[e]	0.73[a-c]	0.70[b-d]	0.64[d]	0.64[B]
200	0.38۰[f]	0.72[a-c]	0.68[cd]	0.50[e]	0.57[C]
میانگین Mean	0.60[C]	0.74[A]	0.72 [A]	0.67 [B]	
	محتوای کلروفیل نسبی Relative chlorophyll content (%)				
0	207.10[a]	213.92[a]	213.10[a]	201.67[a]	208.95[A]
100	162.50[bc]	206.88[a]	199.38[a]	176.60[a]	186.34[B]
150	77.50[e]	154.38[c]	153.75[c]	101.65[d]	121.82[C]
200	30.63[f]	106.15[d]	96.95[de]	43.83[f]	69.39[D]
میانگین Mean	119.43[C]	170.33[A]	165.79[A]	130.94[B]	
	مقدار پرولین Proline content (µmol.g^{-1} F.W)				
0	0.38[h]	0.37[h]	0.37[h]	0.33[h]	0.36[C]
100	0.42[h]	1.06[bc]	0.91[de]	0.44[h]	0.71[B]
150	0.80[ef]	1.16[b]	0.95[cd]	0.74[fg]	0.91[A]
200	0.42[h]	1.52[a]	1.09[b]	0.68[g]	0.93[A]
میانگین Mean	0.51[C]	1.03[A]	0.83 [B]	0.56 [C]	
	مالون دی آلدهید Malondyaldehyde content (nmol g^{-1} F.W.)				
0	591.30[de]	511.50[de]	496.50[de]	554.10[de]	538.40[D]
100	800.70[c]	639.60[d]	647.80[d]	788.10[c]	719.00[C]
150	1316.50[b]	846.40[c]	834.90[c]	1239.40[b]	1059.30[B]
200	1732.60[a]	898.50[c]	878.10[c]	1644.80[a]	1288.50[A]
Mean میانگین	1110.30[A]	724.00[B]	714.30[B]	1056.60 [A]	

†برای هر فاکتور میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد از نظر آماری فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.

† For each factors, means followed by the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$ by the LSD.

آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که با افزایش غلظت نمک مقدار مالون‌دی‌آلدهید نیز در برگ ارقام زیتون افزایش یافت (جدول ۲). بیشترین میزان مالون‌دی‌آلدهید برگ مربوط به غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود

(جدول ۲). مقایسه میانگین نتایج حاصل از پژوهش حاضر حاکی از اثر معنی‌داری رقم بر مقدار مالون‌دی‌آلدهید برگ بود به گونه‌ای که رقم شیراز و آمیگدال زیتون به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار میزان مالون‌دی‌آلدهید را تولید کردند (جدول ۲).

بررسی همبستگی صفات نشان داد که شاخص خسارات ظاهری با صفات رویشی نهال‌های زیتون (دکل، شیراز، زرد و آمیگدال) همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشت (جدول ۴). همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۱ درصد میان شاخص خسارات ظاهری با محتوای آب برگ، کلروفیل فلورسانس و محتوای کلروفیل نسبی و برگ گیاه زیتون نیز مشاهده شد. همچنین شاخص خسارت ظاهری و میزان مالون‌دی‌آلدهید همبستگی مثبت معنی‌داری داشتند که نشان دهنده این است که احتمالاً شوری با آسیب به غشاء اندامک‌های درون سلولی و پراکسیداسیون فسفولیپیدها سبب انتشار محتویات سلولی به محیط بیرون شده و از این طریق باعث بروز مشکل برای رشد گیاه گردیده است (جدول ۴).

بحث

نتایج آزمایش حاضر نشان داد شوری سبب افزایش خسارات ظاهری و میزان مالون دی آلدهید و کاهش سایر پارامترهای اندازه‌گیری شده در این تحقیق شد. همچنین میزان خسارت شوری در ارقام متفاوت بود. در تائید نتایج پژوهش حاضر بانگی و لوریتو (۵) و فیزاریکس و همکاران (۱۱) نیز گزارش نمودند با افزایش غلظت نمک ارتفاع، رشد ریشه و اندام هوایی گیاه کاهش یافت.

بررسی صورت گرفته روی ارقام سیب تحت تنش شوری نیز نشان داد آسیب‌های برگی، وابسته به نوع رقم است به گونه‌ای که شدت خسارت در ارقام متحمل کمتر از ارقام حساس است (۳۵). دیگر تحقیقات در زیتون نیز اثبات کرده است زمانی که این گیاه با آب حاوی کلرید سدیم آبیاری گردید کاهش رشد و آسیب ایجاد شده در برگ‌ها با میزان تجمع یون سدیم و پتاسیم مرتبط بود (۳۲) و در واقع آسیب ناشی از شوری به عنوان شاخصی معرفی شده که بیان کننده نحوه واکنش این ارقام به تنش است (۲۰).

پژوهش‌ها همچنین نشان می دهد شوری رشد برگ را کاهش داده که دلیل احتمالی آن علائم هورمونی ارسالی از ریشه به برگ است (۲۹). بررسی تنش شوری روی ژنوتیپ‌های بادام ثابت کرد افزایش غلظت نمک همراه با کاهش سطح ویژه برگ، وزن تر و خشک ریشه و برگ و محتوای رطوبت نسبی بود در حالی‌که تفاوت این پارامترها در گیاهان با بالاترین غلظت نمک نسبت به شرایط فاقد تنش قابل ملاحظه بود (۲۲).

جدول ٤- همبستگی بین صفات ارقام زیتون در شرایط تنش شوری

Table 4- Correlation between olive cultivars traits in salinity condition

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	صفات Traits											
1	1											
2	-0.82*	1										
3	-0.84**	-0.84**	1									
4	-0.85**	-0.76**	-0.87**	1								
5	-0.90**	-0.88**	-0.89**	-0.91**	1							
6	-0.72**	0.81**	0.78**	0.71**	0.78**	1						
7	-0.90**	0.83**	0.87**	0.90**	0.96**	0.80**	1					
8	-0.65**	0.58**	0.62**	0.67**	0.72**	0.47**	0.67**	1				
9	-0.83**	0.91**	0.87**	0.81**	0.90**	0.75**	0.84**	0.74**	1			
10	-0.66**	0.72**	0.67**	0.69**	0.74**	0.55**	0.70**	0.78**	0.84**	1		
11	0.40**	-0.42**	-0.55**	-0.44**	-0.39**	-0.58**	-0.45**	0.13^{ns}	-0.26^{ns}	0.03^{ns}	1	
12	0.72**	-0.80**	-0.80**	-0.75**	-0.81**	-0.66**	-0.75**	-0.82**	-0.92**	-0.88**	0.07^{ns}	1

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی‌دار

شاخص خسارت ظاهری (۱) ارتفاع نسبی (۲) سطح نسبی برگ (۳) وزن تر نسبی اندام هوایی (۴) وزن خشک نسبی اندام هوایی (۵) وزن تر نسبی ریشه (۶) وزن خشک نسبی ریشه (۷) محتوای آب نسبی برگ (۸) کلروفیل فلوریسنس (۹) محتوای کلروفیل نسبی (۱۰) میزان پرولین (۱۱) مالون‌دی‌آلدهید (۱۲)

**, * and ns: Significant at 1% level, 5% level and not significant, respectively.

Injury rating value (1) Relative height (2) Relative leaf area (3) Relative shoot fresh weight (4) Relative shoot dry weight (5) Relative root fresh weight (6) Relative root dry weight (7) Realative leaf water content (8) Chlorophyll fluorescence(9) Relative chlorophyll content (10) Proline content (11) Malondyaldehyde content (12).

بیان شده است در تنش‌های محیطی نظیر شوری، کاهش ماده خشک می‌تواند به دلیل کاهش سطح برگ گیاه، کاهش فشار آماس

سلول و کاهش میزان فتوسنتز باشد (۲ و ۱۶).

در پژوهش حاضر همبستگی مثبت و معنی‌داری میان سطح نسبی برگ با سایر پارامترهای رشد رویشی مانند ارتفاع، وزن تر و خشک نسبی اندام هوایی و ریشه، شاخص کلروفیل فلورسانسی و محتوای کلروفیل نسبی ارقام زیتون وجود داشت که شاید بتوان علت کاهش رشد مشاهده شده در گیاهان مذکور طی تنش شوری را به کاهش سطح برگ نسبت داد که با کاهش کلروفیل و سطح فتوسنتز کننده موجب اختلال در رشد گیاه شده است. گیاهان در شرایط تنش نیاز دارند پتانسیل آب درونی را پایین تر از محیط اطراف ریشه نگه دارند تا فشار و جذب آب برای رشد تداوم داشته باشد. اما تنش شوری باعث ایجاد یک تنش ثانویه اسمزی در ریشه گیاه می‌شود به طوری‌که افزایش فشار اسمزی محلول اطراف ریشه منجر به کاهش پتانسیل آب بیرونی و بروز صدمات اسمزی در ریشه گیاه می‌شود که به نوبه خود منجر به کاهش جذب آب توسط ریشه، پژمردگی و نهایتا کاهش رشد و تجمع ماده خشک گیاه می‌شود که این نتایج با یافته‌های مونس و جیمز (۲۱) هم خوانی داشت. همچنین در تائید نتایج فوق گزارش شده است که میزان کاهش رشد در چنین شرایط با نوع و غلظت نمک، مرحله فیزیولوژیکی گیاه، طول دوره تنش و گونه گیاهی (۱۲) مرتبط است و در ارقام حساس زودتر بروز می‌کند (۲۴).

تنش شوری منجر به کاهش محتوی آب نسبی برگ گیاه گردید (جدول ۲). گزارش شده است زمانی که ارقام زیتون در معرض تنش‌های متوسط و زیاد کلرید سدیم قرار گرفتند پارامترهایی مانند پتانسیل آب، مقدار آب نسبی و پتانسیل اسمزی کاهش یافت (۱۴) این در حالی است که حفظ مقدار آب برگ استراتژی مهمی در مقاومت به شوری گیاه به حساب می‌آید (۸). همچنین ژنوتیپ‌های مختلف در تنش شوری واکنش‌های متفاوتی بروز دادند (۲۰) که با نتایج پژوهش اخیر همخوانی داشت (جدول ۲). با افزایش شوری شاخص کلروفیل فلورسانس روند کاهشی معنی‌داری را نشان داد و ژنوتیپ‌های مختلف زیتون نیز واکنش‌های متفاوتی بروز دادند (جدول ۳). در تائید مطالب فوق پژوهش‌های محققان نشان داده است که تنش شوری منجر به کاهش این شاخص می‌شود به طوری که تنش شوری با تاثیر روی فتوسنتز گیاه، باعث کاهش رشد گردید (۳۵). رامرزی و مورالیس نیز گزارش کردند که ارقام متحمل به شوری یک گیاه نسبت بالاتری از Fv/Fm را نسبت به ارقام حساس دارند که به معنی کارایی بیشتر فتوسیستم II در رقم مقاوم است (۲۳).

در تحقیق حاضر شوری، کلروفیل برگ گیاهان زیتون را کاهش داد. پژوهش‌های پیشین نیز ثابت کرده‌اند کاهش کلروفیل ناشی از کاهش پتانسیل آب برگ می‌تواند مربوط به حساسیت این رنگدانه به افزایش تنش‌های محیطی به ویژه شوری و خشکی باشد (۳۶). شوری فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز کلروفیل را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۱) به گونه‌ای که با افزایش غلظت نمک میزان کلروفیل برگ‌ها به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (۲۴). این در حالی است که ثابت شده است محتوای کلروفیل برگ می‌تواند به عنوان یکی از پارامترهای تحمل به شوری در گیاهان محسوب شود (۴) و ارقامی که در چنین وضعیتی توانایی حفظ کلروفیل بیشتری داشته باشند در شرایط شور مقاومت بیشتری از خود بروز دهند (۶). واکنش ارقام مقاوم و حساس سویا در شرایط تنش شوری نتایج فوق را تصدیق کرد (۱۷) که این مشاهدات با پژوهش ما نیز همخوانی داشت. گزارش‌های گوناگونی در دست است که بیانگر آن است که اکسیژن فعال از مهم‌ترین عامل تخریب و کاهش مقدار کلروفیل است (۹).

در بررسی صورت گرفته روی میزان مقاومت ارقام زیتون به شرایط تنش گفته شده است که احتمالاً دلایل چندی در تایید ارتباط بین کارایی فتوسیستم II و وضعیت آب برگ گیاه وجود دارد، ارقامی که محتوای آب برگ آن‌ها در شرایط تنش بیشتر بود، نسبت Fv/Fm آن‌ها بالاتر و اختلالات کمتری در کارایی عملکرد فتوسیستم II آن‌ها رخ داده بود و ثابت شده است که در اکثر گونه‌ها زمانی که محتوای آب نسبی برگ کم می‌شود، فتوسنتز به طور برگشت‌ناپذیری کاهش می‌یابد (۱۵). همبستگی منفی و معنی‌داری میان کلروفیل فلورسانس و محتوای کلروفیل نسبی با شاخص خسارات ظاهری در پژوهش حاضر را احتمالاً بتوان چنین توجیه کرد که شوری با افزایش تولید رادیکال‌های آزاد سبب تخریب اندامک‌های درون سلولی و نهایتاً کاهش تعداد گیرنده‌های نوری مانند کلروفیل شده و با بروز اختلال در سیستم فتوسنتزی و سنتز آسیمیلات‌ها، سهم دریافتی بخش‌های در حال رشد گیاه را کاهش و میزان آسیب ظاهری در گیاهان زیتون را افزایش داده است.

پرولین یکی از مهم‌ترین ترکیباتی دفاعی گیاهان در تنش شوری است به طوری که با افزایش شوری مقدار پرولین افزایش می‌یابد (۲۸). تجمع پرولین در بسیاری از گونه‌های گیاهی با میزان مقاومت به تنش مرتبط است و غلظت این اسمولیت در گیاهان مقاوم به تنش نسبت به گیاهان حساس بیشتر است. بنابراین گیاهان با تجمع پرولین در سیتوسل خود با تنظیمات اسمزی سیتوپلاسمی به تنش شوری یا خشکی پاسخ می‌دهند (۱۵). اندازه‌گیری پرولین در گیاهان زیتون تحت تنش شوری در آزمایش صورت گرفته این مطلب را تایید کرد (جدول ۳).

نتایج نشان داد تنش شوری سبب افزایش مقدار مالون‌دی‌آلدهید گردید (۱۹). شوری از طریق افزایش تولید اکسیژن فعال باعث پراکسیداسیون لیپیدها شده و با ایجاد منافذ در غشا سلولی منجر به افزایش نشت یونی، از دست رفتن آب و در نهایت مرگ سلول می‌شود (۲۷) که این آسیب غشایی وابسته به غلظت نمک و طول مدت تنش است (۳۰). اکسیژن فعال برای سلول بسیار سمی است و می‌تواند با مولکول‌های زیستی مانند لیپیدها، پروتئین‌ها و نوکلئیک

اسیدها واکنش دهد و به ترتیب منجر به پراکسیداسیون لیپید، تخریب پروتئین و DNA شود (۲۶). همچنین آسیب ایجاد شده در غشاهای درون سلولی توسط رادیکال‌های آزاد اکسیژن با تاثیر بر میتوکندری و تخریب رنگدانه‌ها در کلروپلاست‌ها موجب بروز اختلال در فعالیت تنفسی و فتوسنتزی گیاه می‌شوند (۲۷). مقدار مالون‌دی‌آلدهید با محتوای کلروفیل نسبی و پارامترهای رشدی همبستگی منفی و معنی‌دار اما با شاخص خسارت ظاهری همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد. احتمالاً بتوان علت آن را افزایش غلظت کلرید سدیم دانست که با افزایش تولید اکسیژن فعال سبب تخریب غشاء و رنگدانه‌های فتوسنتزی مانند کلروفیل گشته که این نیز به نوبه خود سایر فعالیت‌های متابولیکی و فیزیولوژیکی گیاه را تحت تاثیر قرار داده و این در حالی است که بخشی از این علائم تخریب در ظاهر گیاه نمایان می شود. بررسی مقدار مالون‌دی‌آلدهید در غلظت‌های مختلف نمک در ارقام یک گونه گیاهی نیز نشان داد با افزایش شوری میزان مالون‌دی‌آلدهید افزایش یافت اما میزان افزایش در ارقام حساس بیشتر از مقاوم بود (۱۰) که در پژوهش ما نیز روندی مشابه مشاهده گردید.

نتیجه‌گیری کلی

یافته‌های حاصل از پژوهش اخیر نشان داد که رقم آمیگدال زیتون در مقایسه با سایر ارقام، حساس‌ترین رقم به شوری است و رقم زرد و شیراز با مقاومت مشابه به غلظت‌های مختلف کلرید سدیم جزء مقاوم ترین ارقام در بررسی حاضر بودند. همچنین رقم دکل وضعیت بهتری نسبت به رقم آمیگدال در مقاومت به شرایط شور داشت. لازم به ذکر است میزان مقاومت ارقام مذکور تا غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مشابه بود ولی در غلظت‌های بالاتر تفاوت‌ها به وضوح مشهود است.

سپاسگزاری

از جناب آقای دکتر رستمی به جهت تامین مواد گیاهی مورد نیاز این پژوهش صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد. امکانات مالی و تجهیزات لازم برای انجام این پژوهش توسط دانشگاه صنعتی اصفهان فراهم گردیده است که بدین‌وسیله مراتب تشکر و قدردانی اعلام می‌گردد.

منابع

1- Ashraf M. 1989. The effect of NaCl on water relations, chlorophyll, protein and proline contents of two cultivars of blackgram (*Vigna mungo* L.). Plant and Soil, 119: 205-210.
2- Ashraf M., and Foolad M.R. 2005. Pre-sowing seed treatment: A shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. Advances in Agronomy, 88: 223-271.
3- Bates L.S., Waldren, R.P., and Teare I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.
4- Bolat I., Kaya C., Almaca A., and Timucin S. 2006. Calcium sulfate improve salinity tolerance in rootstock of plum. Journal of Plant Nutrition, 29: 553-564.
5- Bongi F., and Loreto F. 1989. Gas-exchange properties of salt-stressed olive (*Olea europaea* L.) leaves. Plant Physiology, 90: 1408-1416.
6- Bybordi A., Tabatabaei S.J., and Ahmadev A. 2010. Effect of salinity on the growth and peroxidase and IAA oxidase activities in canola. Journal of Food, Agriculture and Environment, 8: 109-112.
7- Chartzoulakis K.S. 2005. Salinity and olive: Growth, salt tolerance, photosynthesis and yield. Agricultural Water Management, 78: 108-121.
8- Debez A., Saadaui D., Ramani B., Ouerghi Z., Koyro H.W., Huchzermeyer B., and Abdelly C. 2006. Leaf H^+-ATPase activey and photosynthetic capacity of Cakile martima under increasing salinity. Environmental and Experimental Botany, 57: 285-295.
9- El-Hariri D.M., Sadak M.S., and El-Bassiouny H.M.S. 2010. Response of flax cultivars to ascorbic acid and α-tocopherol under salinity stress conditions. International Journal of Academic Research, 6: 101-109.
10- Esfandiari E., Shekari F., and Esfandiari M. 2007. The effect of salt stress on antioxidant enzymes activity and lipid peroxidation on the wheat seedling. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 35: 48-56.
11- Fisarakis I., Chartzoulakis K., and Stavrakas D. 2001. Response of sultana vines (*V. vinifera* L.) on six rootstock to NaCl salinity exposure and recovery. Agricultureal Water Management, 51: 13-27.
12- Goreta S., Bucevic-Popovic V., Pavela-Vranic M., and Perica S. 2007. Salinity induced changes in growth, superoxide dismutase activity, and ion content of two olive cultivars. Journal of Plant Nurtrition and Soil Science, 170: 398-403.
13- Greenway H., and Munns R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Annual of Plant Physiology, 31: 149-190.
14- Gucci, R., and Tattini M. 1997. Salinity tolerance in olive. Horticultural Review, 21: 177-214.
15- Ketchum R.E.B., Warren R.C., Klima L.J., Lopez-Gutierrez F., and Nabors M.W. 1991. The mechanism and

regulation of proline accumulation in suspension cultures of halophytic grass *Distichlis spicata* L. Journal of Plant Physiology, 137: 368-374.
16- Lawlor D.W., and Cornic G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant, Cell and Environmental, 25: 275- 294.
17- Lu K.X., Cao B.H., Feng X.P., He Y., and Jiang D.A. 2009. Photosynthetic response of salt-tolerant and sensitive soybean varieties. Photosynthetica, 47: 381-387.
18- Mansour M.M.F. 2000. Nitrogen containing compounds and adaptation of plants to salinity stress. Biologia Plantarum, 43: 491-500.
19- Melgar J.C., Guidi L., Remorini D., Agati G., Degl'Innocenti E., Castelli S., Camillabaratto M., Faraloniand C., and Tattini M. 2009. Antioxidant defenses and oxidative damage in salt-treated olive plants under contrasting sunlight irradiance. Tree Physiology, 29: 1187–1198.
20- Mingyang F., Chao L., and Fengwang M. 2013. Physiological responses and tolerance to NaCl stress in different biotypes of *Malus prunifolia*. Euphytica, 189: 101-109.
21- Munns R. and James R.A. 2003. Screening method for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. Plant and Soil, 253: 201-218.
Oraei M., Tabatabaei S.J., Fallahi E., and Imani A. 2009. The effect of salinity and rootstock on the growth, photosyntheteic rate, nutrient and sodium concentrations of almond (*Prunus dulcis* Mill.). Journal of Horticultural Sciences, 23: 131-140. (in Persian with English abstract)
23- Ramzi B., and Morales F. 1994. Chlorophyll flourescende as a possible tool for salinity tolerance screening in barley. Plant Physiology, 104: 667-673.
24- Pezeshki S.R., and chambers J.L. 1986. Effect of soil salinity on stomatal conductance and photosynthesis of green ash (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh.) seedling. Canadian Journal of Forest Research, 16: 569-573.
25- Qasim M., Ashraf M., Ashraf M.Y., Rehman S.U., and Rha E.S. 2003. Salt-induced changes in two canola cultivars differing in salt tolerance. Biologia Plantarum, 46: 692-632.
26- Quiles M.J., and Lopez N.I. 2004. Photoinhibition of photosystems I and II induced by exposure to high light intensity during oat plant grown effects on the chloroplastic NADH dehydrogenase complex. Plant Science, 166: 815-823.
27- Scandalios J.G. 1993. Oxygen stress and superoxide dismutase. Plant Physiology, 101: 712-726.
28- Shahba Z., Baghizadeh A., Vakili S., Mohamad A., Yazdanpanah A., and Yosefi M. 2010. The salisilic acid effect on the tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) sugar, protein and proline contents under salinity stress NaCl. Journal of Biophysics and Structural Biology, 2: 35-41.
29- Shannon M.C. 1997. Adaptation of plants to salinity. Advances Agronomy, 60: 75-120.
30- Sheokand S., Bhankar V., and Sawhney V. 2010. Ameliorative effect of exogenous nitric oxide on oxidative metabolism in NaCl treated chickpea plants. Brazilian Journal of Plant Physiology, 22: 81-90.
31- Sivritepe N., Sivritepe H.O., Celik H., and Katkat A.V. 2010. Salinity responses of grafted grapevines: Effects of scion and rootstock genotypes. Notulae Botanici Horti Agrobotanici Cloj-Napoca, 38: 193-201.
32- Tattini M., Bertoni P., and Caselli S. 1992. Genotypic responses of olive plants to sodium chloride. Journal of Plant Nutrition, 15: 1467-1485.
33- Vitagliano C., and Sebastiani L. 2002. Physiological and biochemical remarks on environmental stress in olive (*Olea europaea* L.). Acta Horticulturae, 586: 435-441.
34- Wang F., Zeng B., Sun Z., and Zhu C. 2009. Relationship between proline and Hg^{2+}-induced oxidative stress in tolerant rice mutant. Archive of Environmental Contamination and Toxicology, 56: 723-731.
35- Yin R., Tuanhui B., Fengwang M., Xinjuan W., Yonghong L. and Zhiyong Y. 2010. Physiological responses and relative tolerance by chinese apple rootstocks to NaCl stress. Scientia Horticulturae, 126: 247-252.
36- Younis M.E., El-Shahaby O.A., Abo-Hamed S.A., and Ibrahim A.H. 2000. Effects of water stress on growth, pigments and $^{14}CO_2$ assimilation in three sorghum cultivars. Agronomy and Crop Science, 185: 73-82.
37- Zheng Q., Liu Z., Chen G., Gao Y., Li Q., and Wang J. 2010. Comparison of osmotic regulation in dehydration and salinity-stressed sunflower seedlings. Journal of Plant Nutrition, 33: 966-981.