علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۴ (ص ۵۰-۴۱)

تأثیر جایگزینی نسبی نیترات به‌وسیلهٔ آمونیوم بر برخی پارامترهای فیزیولوژیکی و جذب عناصر پرمصرف دو رقم زیتون در شرایط شور

فاطمه بهبهانی[۱]، ولی ربیعی[۲*] و مهدی طاهری[۳]
۱ و ۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زنجان
۳. استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زنجان
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۱۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۵/۳۰)

چکیده

آزمایشی برای بررسی اثر متقابل شوری و نسبت آمونیوم به نیترات بر نهال‌های زیتون به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش چهار سطح شوری (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم) و چهار نسبت مختلف آمونیوم به نیترات شامل: ۰:۱۴ (محلول بدون آمونیوم + meq/l ۱۴ نیترات)؛ ۲:۱۲ (۲ آمونیوم + ۱۲ نیترات)؛ ۴:۱۰ (۴ آمونیوم + ۱۰ نیترات)؛ ۶:۸ (۶ آمونیوم + ۸ نیترات) بر روی نهال‌های یک‌سالهٔ ارقام زرد و آربیکن کاشته‌شده در بستر پرلیت: شن به نسبت ۱:۱ استفاده شد. نتایج نشان داد که سطوح مختلف شوری به نسبت‌های مختلف جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم، شاخص کلروفیل و شدت فتوسنتز را کاهش ولی مقدار پرولین و جذب سدیم را افزایش می‌دهد. رقم زرد بیشتر تحت‌تأثیر اثرات مضر شوری قرار گرفت. همچنین مشاهده شد که هم‌زمان با افزایش آمونیوم در محلول غذایی نسبت پتاسیم به سدیم و شدت فتوسنتز در رقم زرد افزایش ولی در رقم آربیکن کاهش می‌یابد. محلول غذایی حاوی یون‌های آمونیوم و نیترات با نسبت ۶ به ۸، با افزایش شدت فتوسنتز و نسبت پتاسیم به سدیم در مقایسه با سایر محلول‌های غذایی در تعدیل اثرات مضر شوری کارآمدتر بود. همچنین این اثر در رقم زرد بارزتر از رقم آربیکن بود.

واژه‌های کلیدی: پرولین، تنش شوری، نسبت پتاسیم به سدیم، نیتروژن.

مقدمه

در ایران سطح زمین‌های تحت‌تأثیر شوری حدود ۱۴/۲ درصد کل مساحت کشور را تشکیل می‌دهد. میزان کل آب مصرفی برای کشاورزی در ایران ۸۱ میلیون کیلومترمکعب برآورد شده است که ۲۱ میلیون کیلومترمکعب آن آب جاری و مابقی از منابع زیرزمینی تأمین می‌شود. به‌علت وجود منابع محدود آب در ایران کیفیت آب آبیاری چندان مناسب نیست و برای آب‌های سطحی میزان هدایت الکتریکی بین ۲۵۰ تا ۷ هزار میکروموس بر سانتی‌متر و برای آب‌های زیرزمینی تا ۷ هزار میکروموس بر سانتی‌متر متغیر است (Hedayati, 2008). در شرایط تنش آبی یا شوری، فتوسنتز و رشد سلول ازجمله فرایندهای اولیه‌ای هستند که تحت‌تأثیر قرار می‌گیرند (Chaves *et al*., 2009). اثر شوری بر فتوسنتز به‌صورت دهیدراتاسیون غشای سلول، سمّیت ناشی از نمک، کاهش میزان دی‌اکسیدکربن به‌دلیل کاهش هدایت روزنه‌ای و مزوفیلی، تسریع در فرایند پیری در نتیجهٔ تجمع نمک، تغییر فعالیت آنزیم‌ها، بازخورد منفی به‌دلیل کاهش فعالیت منبع و عدم انتقال الکترون فتوسنتزی است (Oraei *et al*., 2009).

* تلفن: ۰۹۱۲۱۴۱۵۴۴۷
E-mail: rabiei@znu.ac.ir

همچنین تنش شوری بر اجزای فتوسنتز مانند کلروفیل‌ها و کارتنوئیدها اثر منفی و بازدارنده دارد (Sultana *et al*., 1999).

طی بروز تنش شوری، ترکیبات آلی همانند پرولین و کربوهیدرات در گیاه ساخته می‌شوند که توانایی کاهش پتانسیل اسمزی گیاه، تولید انرژی و نیتروژن (Chandler & Thorppe, 1987)، ایجاد شرایط لازم برای ادامهٔ رشد و فتوسنتز را دارند (Desingh & Kanagaraj, 2007; Ben Ahmad *et al*, 2008). کاهش پتانسیل اسمزی این اجازه را به برگ‌ها می‌دهد که بدون کاهش پتانسیل فشاری، در برابر تقاضای تبخیری بیشتر گیاه مقاومت کنند (Parida & Dasa, 2005). پرولین یک اسید آمینه است که به‌منزلهٔ ترکیب اسمزی سازگار فعالیت می‌کند بنابراین در مقاومت به شوری گیاهان دخالت دارد (Sultana *et al*, 1999). گزارش شده است که تجمع پرولین در بسیاری از گیاهان در شرایط تنش، با مقاوت به تنش آن‌ها وابسته است (Ashraf & Foolad, 2007).

ناهنجاری‌های تغذیه‌ای که تحت‌تأثیر شوری رخ می‌دهد احتمالاً در نتیجهٔ تأثیر شوری بر در دسترس‌بودن، رقابت در جذب، حمل‌ونقل و تفکیک‌شدن آن یون در گیاه، ایجاد می‌شود. گزارش شده است که رقابت شدیدی در جذب بین Na^+ و K^+ وجود دارد (Grattan & Grieve, 1999). سمّیت متابولیکی سدیم عمدتاً بر اثر رقابت آن با پتاسیم در فرایندهای ضروری سلولی است. بیش از ۵۰ آنزیم توسط پتاسیم فعال می‌شوند و سدیم نمی‌تواند جایگزین آن شود (Kholdebarin & Eslamzadeh, 2001). آنزیم‌هایی که به K^+ به‌منزلهٔ کوفاکتور نیاز دارند به غلظت‌های زیاد Na^+ یا نسبت‌های بالای Na^+/K^+ حساس‌اند (Chaves *et al*., 2009). حفظ بالای محتوای پتاسیم در ارقام متحمل به شوری ممکن است یک صفت بااهمیت و یا یکی از سازوکارهای ایجادکنندهٔ تحمل به شوری در این گیاهان باشد (Rameeh *et al*., 2004; Ashraf, 2004; El-hendawy *et al*., 2005).

عنصر مهم دیگری که جذب آن در شرایط شور محدود می‌شود عنصر نیتروژن است. نیتروژن برای ساخته‌شدن اجزای سلولی نظیر کلروفیل و پروتئین‌هایی نظیر روبیسکو[1] که مسئول آسیمیلاسیون دی‌اکسیدکربن است، لازم است (Coruzzi & Bush, 2001; Lawlor, 2001). زمانی که هر دو شکل معدنی نیتروژن یعنی آمونیوم و نیترات به‌طور همراه در شرایط شور در اختیار گیاه قرار گیرد، به نظر می‌رسد یون آمونیوم از یک طرف با افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و یون نیترات با ایجاد اثر متقابل بر برخی یون‌ها نظیر کلر از صدمات ناشی از قرارگرفتن گیاه در محیط شور می‌کاهد. گزارش شده است در صورتی که گیاه تحت تنش شوری قرار گیرد بهتر است از دو شکل نیتروژن به نسبت مساوی استفاده کرد تا این امر مانع اثرات شدید بر کاهش تولید مواد فتوسنتزی و کاهش تولید بیوماس در گیاه شود (Bayboardi *et al*., 2011). در حال حاضر با این وضعیت نامناسب آب و خاک باید بیشتر به فکر کشت و کار گیاهانی بود که نسبت به این شرایط متحمل‌ترند. زیتون تحمل متوسطی به شوری دارد و در آبیاری آن می‌توان از آب‌های شور و بی‌کیفیت استفاده کرد (Chartzoulakis *et al*., 2002). همچنین گیاهی است که از نظر اقتصادی و ارزش غذایی بسیار اهمیت دارد (Sadeghi, 2002). رقم زرد زیتون، رقم بومی ایران و مهم‌ترین رقم تولیدی ایران است. میوهٔ آن برای کنسرو و روغن‌کشی کاربرد دارد و رقمی پربارده است. رقم آربیکن زیتون بومی اسپانیاست و در سایر کشورهای زیتون‌کاری نیز کشت می‌شود. رقمی مقاوم به سرما و متحمل به شوری است. روغن با کیفیت و کمّیت بالا تولید می‌کند و به همین منظور برای مصارف روغنی کاشته می‌شود. با توجه به مطالب یادشده در مورد اثرات زیان‌بار ناشی از شوری خاک و آب و اهمیت درخت زیتون و همچنین نقش مهم عنصر نیتروژن در تغذیهٔ گیاهی و کاهش جذب این عنصر در شرایط شور این مطالعه بر روی نهال‌های یک‌سالهٔ ارقام زرد و آربیکن زیتون انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی دو سال (۱۳۸۸ـ۱۳۸۹) در گلخانهٔ پژوهشی ایستگاه تحقیقات زیتون مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان و آزمایشگاه این مرکز در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایهٔ طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول نسبت‌های مختلف آمونیوم به نیترات در چهار سطح شامل ۰:۱۴، ۲:۱۲، ۴:۱۰ و ۶:۸ تهیه شد. مقدار نیتروژن برای تمام محلول‌های غذایی استفاده‌شده

1. Rubisco

۱۴meq/l بوده است، با این تفاوت که در محلول دارای نسبت ۰:۱۴، نیترات به میزان ۱۴meq/l استفاده شد و در دیگر محلول‌ها آمونیوم به‌تدریج تا سقف ۶ meq/l جایگزین نیترات شد. تمام عناصر پرمصرف و کم‌مصرف این محلول‌های غذایی براساس جدول‌های ۱ تا ۵ منظور شد. فاکتور دوم کلریدسدیم در چهار سطح (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ میلی‌مولار) بود. چون غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار به‌منزلهٔ سطح شوری بالا مطرح شده و آستانهٔ بحرانی برای کاهش رشد است (Melgar *et al.*, 2008). در این پژوهش حد بالاتر آن، ۱۵۰ و پایین‌تر آن، ۵۰ هم در نظر گرفته شد. ۳ گرم کلریدسدیم برای تیمار ۵۰ میلی‌مولار، ۶ گرم برای تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار و ۹ گرم برای تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار در لیتر به کار رفت. نمک‌ها در محلول‌های غذایی حل شد و در اختیار گیاه قرار گرفت.

فاکتور سوم ارقام زیتون (زرد و آربیکن) بود که نهال‌های یک‌سالهٔ آن‌ها از ایستگاه تحقیقات زیتون (طارم- زنجان) تهیه شد. قبل از اعمال تیمارها نهال‌ها به گلدان‌های پلاستیکی با بستر پرلیت: شن به نسبت مساوی منتقل شد و پس از مستقرشدن نهال‌ها به‌مدت دو ماه به‌وسیلهٔ محلول غذایی نیمه‌هوگلند تغذیه شدند و بعد از عادت‌دهی نهال‌ها به شرایط جدید، به‌مدت یک ماه محلول‌های غذایی اصلی با نسبت‌های مختلف آمونیوم به نیترات اعمال شد و بعد از آن به‌مدت ۷۵ روز تیمارهای شوری همراه با محلول‌های غذایی اصلی اعمال شد. pH محلول‌های غذایی با افزودن اسید نیتریک در محدودهٔ ۶/۵-۷ تنظیم شد. برای جلوگیری از تجمع نمک در گلدان‌ها در طول مدت آزمایش دو مرحله گلدان‌ها به فاصلهٔ ۳۰ روز یک بار با آب‌مقطر آبیاری شدند. آبیاری نهال‌ها هر سه روز یک بار صورت گرفت که هر بار ۳۰۰ میلی‌لیتر محلول به هر گلدان اضافه شد. در مراحل پایانی آزمایش شدت فتوسنتز برگ نهال‌ها با استفاده از دستگاه پرتابل اندازه‌گیری فتوسنتز مدل Licore 6400 اندازه‌گیری شد. واحد نوری (PAR) آن در حدود ۱۰۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه تنظیم شد. زمان اندازه‌گیری بین ساعت‌های ۱۰ تا ۱۳ و با شدت نور ثابت بود. یکی از برگ‌های پنجم یا ششم که ظاهر مناسبی داشت زیر اتاقک دستگاه قرار داده شد و پس از ثابت‌شدن اعداد CO_2-abs شدت فتوسنتز خالص گیاهان ثبت شد. برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل از دستگاه کلروفیل‌سنج (SPAD 502) ساخت شرکت مینولتا ژاپن استفاده شد. برای این منظور از هر واحد آزمایشی چهار برگ در موقعیت یک‌سوم بالایی گیاه انتخاب و از قسمت وسط برگ اندازه‌گیری انجام شد. در انتهای آزمایش نهال‌ها از گلدان خارج و به اندام‌های مختلف تقسیم شد. برای تعیین مقدار عناصر موجود در برگ، پس از شستن و خشک‌کردن برگ‌ها در دمای ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت و آماده‌سازی، هضم نمونه‌ها به روش اکسیداسیون تر با استفاده از اسیدسولفوریک ۹۶ درصد، اسید سالیسیلیک، آب اکسیژنه و سلنیوم انجام گرفت (Emami, 1996). اندازه‌گیری نیتروژن با روش کجلدال و اندازه‌گیری پتاسیم و سدیم با روش شعله‌سنجی و با دستگاه فلیم‌فتومتر مدل Corning 410 و فسفر به روش رنگ‌سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Milton roy امریکا انجام گرفت. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار رایانه‌ای MSTAT-C و رسم نمودارها با نرم‌افزار EXCEL و مقایسهٔ میانگین‌ها با روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

جدول ۱. محلول غذایی با نسبت ۰:۱۴
(بدون آمونیوم + ۱۴ meq/l نیترات)

عنصر	NO_3^-	PO_4	SO_4	Cl	جمع
K	۳/۸	۰/۷۵	–	–	۴/۵
Na	–	–	–	۰/۲	۰/۲
Ca	۴، ۵/۷۵	–	–	–	۹/۷۵
Mg	۰/۴۵	–	۱/۰۵	–	۱/۵
NH_4	–	–	–	–	–
H	–	۱/۴	–	–	–
جمع	۱۴	۲/۱	۱/۰۵	۰/۲	۱۷/۳۵

جدول ۲. محلول غذایی با نسبت ۲:۱۲
(۲ meq/l آمونیوم + ۱۲meq/l نیترات)

عنصر	NO_3^-	PO_4	SO_4	Cl	جمع
K	۳/۸	۱، ۰/۲	–	–	۵
Na	–	–	–	۰/۲	۰/۲
Ca	۶	–	–	–	۶
Mg	۰/۲	–	۱/۵	–	۱/۷
NH_4	۲	–	–	–	۲
H	–	۲، ۰/۱	–	–	۲/۱
جمع	۱۲	۳/۳	۱/۵	۰/۲	۱۷

جدول ۳. محلول غذایی با نسبت ۴:۱۰
(۴ meq/l آمونیوم + ۱۰meq/l نیترات)

عنصر	NO_3^-	PO_4	SO_4	Cl	جمع
K	۲/۷۵	۰/۴، ۰/۸۵	–	۰/۷۵	۴/۷۵
Na	–	–	–	۰/۲	۰/۲
Ca	۳/۱۵	–	–	۱/۹	۵/۰۵
Mg	۰/۱	–	۱/۰۵	–	۱/۱۵
NH_4	۴	–	–	–	۴
H	–	۰/۲، ۱/۷	–	–	۱/۹
جمع	۱۰	۳/۱۵	۱/۰۵	۲/۸۵	۱۷/۰۵

جدول ۴. محلول غذایی با نسبت ۶:۸
(۶ meq/l آمونیوم + ۸meq/l نیترات)

عنصر	NO_3^-	PO_4	SO_4	Cl	جمع
K	۲/۷۵	۰/۴، ۱	–	۰/۸	۴/۹۵
Na	–	–	–	–	–
Ca	–	–	۲	۲	۴
Mg	۰/۲۵	–	۰/۷۵	–	۱
NH_4	۵	۱	–	–	۶
H	–	۰/۲، ۲	–	–	۲/۲
جمع	۸	۴/۶	۲/۷۵	۲/۸	۱۷/۵

جدول ۵. محلول مواد غذایی کم‌مصرف (mg/lit)

مادهٔ مصرفی	Mg/l
$(NH_4)_6 Mo_7 O_{24}, 4H_2O$	۰/۰۵
H_3Bo_3	۱/۵
$MnSO_4,4H_2O$	۲
$CuSO_4,5H_2O$	۰/۲۵
$ZnSO_4,7H_2O$	۱
Sequesteren Fe	۱۰

نتایج و بحث

شوری

افزایش میزان شوری در محلول غذایی اثرات خود را به‌صورت کاهش معنادار در غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، نسبت پتاسیم به سدیم، میزان فتوسنتز و سبزینگی کلروفیل و به‌صورت افزایش معنادار غلظت عنصر سدیم و محتوای پرولین نشان شد (جدول۶). کمبود آب بر اثر افزایش شوری در محیط ریشه، سبب بسته‌شدن روزنه‌های گیاه می‌شود (برای نگهداری رطوبت) بدین طریق انتشار دی‌اکسیدکربن در میان مزوفیل برگ در نتیجهٔ دسترسی روبیسکو به منبع دی‌اکسیدکربن و در نهایت فتوسنتز کاهش می‌یابد (Ben Ahmad *et al*., 2008; Chaves *et al*., 2009). کاهش شدت فتوسنتز در تنش شوری تا حدودی به کاهش غلظت پروتئین و غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی نیز نسبت داده می‌شود (Sultana *et al*., 1999). کاهش کلروفیل در شرایط شور بر اثر افزایش غلظت نمک و درصد سدیم قابل تبادل گزارش شده است (Valia *et al*, 1993).

با توجه به نقش پتاسیم در حرکات سلول‌های نگهبان روزنه و فعال‌کردن تعداد زیادی از آنزیم‌ها به‌خصوص آنزیم‌های فتوسنتزی و تنفسی می‌توان گفت محدودشدن جذب پتاسیم در شرایط شوری یکی از عوامل کاهش فتوسنتز در این شرایط باشد (Ahmadi *et al*., 2009). سطوح زیاد سدیم خارجی به روش‌های مختلف بر جذب و غلظت پتاسیم گیاه تأثیر می‌گذارد: ۱. سدیم طی یک فرایند رقابتی با پتاسیم بر سر مکان‌های اتصال به ناقل‌های غشای پلاسمایی در جذب پتاسیم دخالت می‌کند (Yuncai & Schmidhalter, 2005; Ferreira-Silva *et al*., 2008). ۲. سدیم پایداری غشای ریشه را دچار اختلال می‌کند و قابلیت انتخاب آن را تغییر می‌دهد (Grattan & Grieve, 1999). ۳. موجب نشت پتاسیم به‌دلیل عدم ثبات غشای پلاسمایی می‌شود (Ferreira-Silva *et al*., 2008). در خاک‌های شور، جذب فسفر به‌علت کاهش در دسترسی فسفات کاهش می‌یابد، علت آن نه‌تنها اثر شدید یونی محیط است که فعالیت فسفات محلول خاک را کاهش می‌دهد بلکه این است که غلظت فسفات در محلول خاک به‌وسیلهٔ فرایند جذب سطحی تنظیم می‌شود (Grattan & Grieve, 1999).

شوری و رقم

افزایش سطوح شوری در محلول‌های غذایی (نسبت به سطح صفر شوری) سبب کاهش بیشتر نیتروژن، نسبت پتاسیم به سدیم، فتوسنتز، کلروفیل و افزایش ریزش، سدیم و پرولین در رقم زرد نسبت به رقم آربیکن شد. در مقابل، در رقم آربیکن پتاسیم، فسفر بیشتر از رقم زرد تحت‌تأثیر اثر مضر شوری قرار گرفت. به نظر می‌رسد که رقم آربیکن کمتر از رقم زرد تحت‌تأثیر اثر بد شوری قرار گرفته است. چون این رقم اسپانیایی، رقمی مقاوم به سرما و (Sadeghi, 2002) نیمه‌مقاوم به شوری است (Maas & Hoffman 1977).

جدول ۶. اثر سطوح مختلف شوری بر صفات مطالعه‌شدهٔ نهال‌های زیتون

شوری (کلریدسدیم) (mM)	نیتروژن برگ (%)	پتاسیم برگ (%)	فسفر برگ (%)	سدیم برگ (%)	نسبت پتاسیم/ سدیم برگ	فتوسنتز ($\mu molm^{-2}s^{-1}$)	سبزینگی کلروفیل	پرولین mg/g
۰	۳/۶۳a	۱/۱۴a	۰/۱۰a	۰/۵۹d	۲/۵۱a	۳/۴۲a	۷۳/۷۴a	۰/۵۲c
۵۰	۳/۲۲b	۱/۰۴b	۰/۰۹a	۱/۱۴c	۱/۱۱b	۲/۵۰b	۷۱/۵۵b	۰/۵۶b
۱۰۰	۳/۰۴c	۰/۹۹b	۰/۰۸b	۱/۷۴b	۰/۵۹c	۱/۸۱c	۶۸/۸۳c	۰/۶۰b
۱۵۰	۲/۷۷d	۰/۹۱c	۰/۰۷c	۱/۸۵a	۰/۵۱c	۱/۰۸d	۶۷/۷۹c	۰/۶۸a

* در هر ستون میانگین‌های با حرف مشابه اختلاف معناداری در سطح ۵ درصد آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند.

تغذیه و رقم

مشاهده شد که رقم زرد در کارایی جذب پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم، شدت فتوسنتز و سبزینگی کلروفیل رتبهٔ اول و در کارایی جذب نیتروژن و فسفر و محتوای پرولین رقم آربیکن رتبهٔ اول را دارد (جدول‌های ۷ و ۸).

نتایج تغذیهٔ ارقام با نسبت‌های متفاوت آمونیوم به نیترات بیانگر آن است که افزایش مقدار آمونیوم در محلول غذایی سبب افزایش شدت فتوسنتز و نسبت پتاسیم به سدیم برگ‌های رقم زرد و در رقم آربیکن تنها سبب افزایش نسبت پتاسیم به سدیم برگ‌ها می‌شود (شکل‌های ۱ و ۲). بروز رفتارهای متفاوت از ارقام آزمایش‌شدهٔ رشدیافته در نسبت‌های مختلف آمونیوم به نیترات، گویای خصوصیات ژنتیکی متفاوت این دو رقم در برابر نیاز به عناصر معدنی، تفاوت در توانایی جذب عناصر معدنی و درنتیجه تفاوت متابولیسم آن‌هاست.

جدول ۷. اثر رقم بر صفات مطالعه‌شدهٔ نهال‌های زیتون

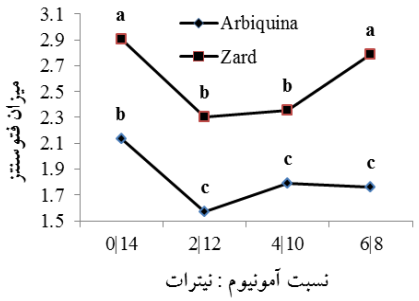
رقم cultivar	نیتروژن برگ (%)	پتاسیم برگ (%)	فسفر برگ (%)	سدیم برگ (%)	نسبت پتاسیم/ سدیم برگ	فتوسنتز ($\mu molm^{-2}s^{-1}$)	سبزینگی کلروفیل	پرولین mg/g
arbequina	۳/۵۰a	۰/۸۵b	۰/۱a	۱/۴۱a	۰/۷۳b	۱/۸۱b	۲۳/۴۹b	۰/۶۳a
zard	۲/۸۴b	۱/۲۰a	۰/۰۷b	۱/۲۵b	۱/۶۳a	۲/۵۹a	۲۵/۱۰a	۰/۵۴b

* در هر ستون میانگین‌های با حرف مشابه اختلاف معناداری در سطح ۵ درصد آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند.

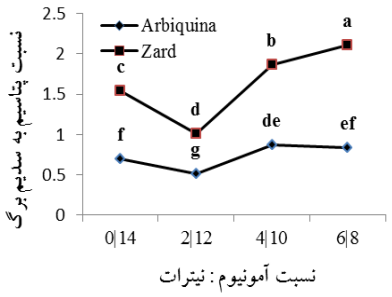
جدول ۸. اثر نسبت آمونیوم به نیترات بر صفات مطالعه‌شدهٔ نهال‌های زیتون

نسبت آمونیوم: نیترات	نیتروژن برگ (%)	پتاسیم برگ (%)	فسفر برگ (%)	سدیم برگ (%)	نسبت پتاسیم/ سدیم برگ	فتوسنتز ($\mu molm^{-2}s^{-1}$)	سبزینگی کلروفیل	پرولین mg/g
۱۴:۰	۳/۳۶a	۱/۱a	۰/۱a	۱/۱۹c	۱/۱۲c	۲/۵۲a	۶۹/۴۲b	۰/۷۵a
۱۲:۲	۲/۹۵b	۰/۹c	۰/۰۷c	۱/۵۹a	۰/۷۶d	۱/۹۴c	۷۱/۰۸a	۰/۵۳b
۱۰:۴	۳/۱۰b	۱/۰۸a	۰/۰۹b	۱/۴۴b	۱/۳۷b	۲/۰۷b	۷۱/۱۲a	۰/۵۵b
۸:۶	۳/۲۸a	۱/۰۱b	۰/۰۹b	۱/۰۹d	۱/۴۷a	۲/۲۷b	۷۰/۳ab	۰/۵۲b

* در هر ستون میانگین‌های با حرف مشابه اختلاف معناداری در سطح ۵ درصد آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند.



شکل ۱. اثر نسبت‌های آمونیوم به نیترات و رقم بر میزان فتوسنتز



شکل ۲. اثر نسبت‌های آمونیوم به نیترات و رقم بر نسبت پتاسیم به سدیم برگ

شوری و تغذیه

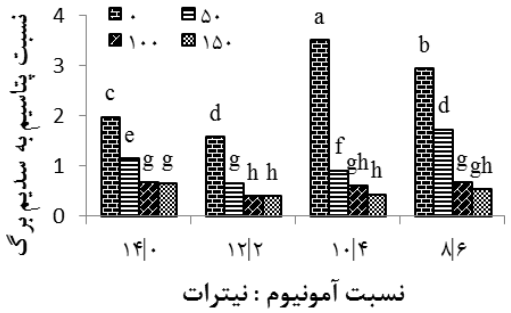
افزایش شوری بسته به سطوح تغذیه‌ای اعمال‌شده درصدهایی از کاهش جذب‌نیتروژن، نسبت پتاسیم به‌سدیم و فتوسنتز و درصدهایی از افزایش جذب سدیم و تولید پرولین را ایجاد کرد. البته نتایج براساس رقم متفاوت بود.

نیتروژن

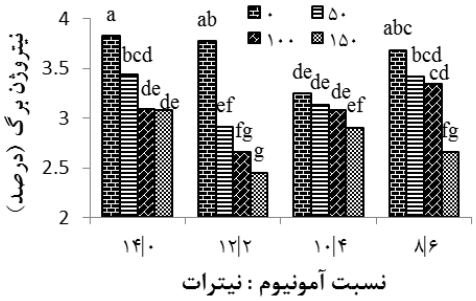
جذب نیتروژن در تغذیه دارای نسبت۶:۸ (آمونیوم به نیترات) به‌علت داشتن مقدار مناسبی از آمونیوم و نیترات کمتر دستخوش اثر بد سطوح بالای شوری شد. در مقابل، جذب نیتروژن در تغذیه‌های دارای مقادیر کمتر آمونیوم، بیشتر تحت‌تأثیر اثر مضر شوری قرار گرفت. با توجه به اینکه در این تغذیه‌ها در شرایط بدون شوری مقدار زیادی نیتروژن جذب شد (شکل۳)، این نتایج به‌وضوح در رقم آربیکن دیده شد. گزارش شده است که اضافه‌کردن ۱ـ۲ میلی‌مول آمونیوم به محلول غذایی با افزایش غلظت نیتروژن در برگ‌های تحت تنش، سبب بهبود اثرات مضر شوری بر این گیاهان می‌شود، این مسئله شاید به‌علت جذب نیتروژن آمونیومی از محلول غذایی باشد (Ben-Oliel, 2005). مقدار کمتر نیتروژن در تغذیه‌های دارای مقادیر کمتر آمونیوم شاید به اثر آنتاگونیسمی بین کلرید و نیترات مربوط باشد (Ben-Oliel *et al*, 2005; Yuncai *et al*, 2005; Sotiropoulos *et al*., 2006). احتمالاً اثر آنتاگونیستی یون کلرید با نیترات به‌دلیل آن است که هر دو یون، توسط حامل‌های مشابهی از عرض غشای پلاسمایی انتقال داده می‌شوند (Lambrtz *et al*., 2007).

نسبت پتاسیم به سدیم

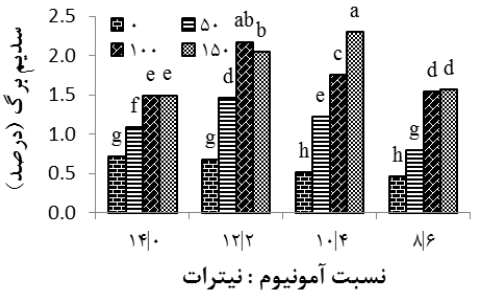
گزارش شده است نسبت بین پتاسیم و سدیم رابطهٔ بسیار مستقیمی با سلامتی گیاه دارد چون با توجه به اینکه سدیم مخرج این کسر را تشکیل می‌دهد، افزایش نسبت K/Na بیانگر کاهش آسیب‌رسانی سدیم و حالت عکس آن نمایانگر سمّیت زیاد این عنصر است (Cachorro, 1994). پس به نظر می‌رسد بررسی نسبت بین این دو عنصر بهتر از بررسی هر یک از این عناصر به‌تنهایی باشد. در پژوهش حاضر بالاترین نسبت پتاسیم به سدیم در شرایط شور، در نهال‌های رشدکرده در تغذیهٔ دارای ۶ میلی اکی‌والان آمونیوم به همراه شوری ملایم دیده شد. البته در سطوح بالای شوری تفاوتی در بین تغذیه‌ها مشاهده نشد. در شرایط غیرشور هم بالاترین این نسبت در تغذیهٔ دارای ۴ و ۶ میلی‌اکی‌والان آمونیوم گزارش شد (شکل۴). بیشترین نسبت پتاسیم به سدیم، هم در شرایط شوری و هم غیرشور مربوط به رقم زرد پرورش‌یافته در تیمارهای تغذیه‌ای نام برده بود. شاید وجود مقدار مناسب آمونیوم در تغذیهٔ دارای نسبت ۶:۸ (آمونیوم به نیترات) با رقابت با سدیم برای جایگاه‌های جذب ریشه، جذب و انتقال سدیم را کم و تجمع آن را در برگ‌ها کاهش داده است (Sagi *et al*., Babalar & Ahmadi, 1997, 1997) و همچنین وجود مقدار مناسب نیترات با اثر سینرجیستی سبب جذب مناسب پتاسیم شده است. این اثر آنتاگونیسمی بین آمونیوم و سدیم در جو (Kant *et al*, 2007)، چاودار (Sagi *et al*., 1997) و کلزا (Bayboardi *et al*., 2011) نیز گزارش شده است. گزارش شده است که گزینش ریشه برای K^+ به جای Na^+ می‌تواند نقش مهمی را در مقاومت به شوری بازی کند چون نسبت بالای K/Na نسبت به غلظت کم سدیم در بسیاری گونه‌ها مهم‌تر است. غلظت زیاد پتاسیم برگی با صرف انرژی کمتر نسبت به تجمع دیگر مواد محلول سازگار شبیه مانیتول و گلوکز در زیتون یا پرولین و پرولین بتائین در مرکبات به تنظیم اسمزی کمک می‌کند (Melgar *et al*., 2008). مکانیسم مقاومت ارقام متحمل به نمک در زیتون احتمالاً به توانایی آن‌ها در حفظ نسبت مناسبی از K/Na در بافت‌هایی که فعالانه در حال رشد هستند، مربوط می‌شود (Ballester *et al*., 2003).



شکل ۳. اثر نسبت‌های آمونیوم به نیترات و شوری بر نسبت پتاسیم به سدیم برگ



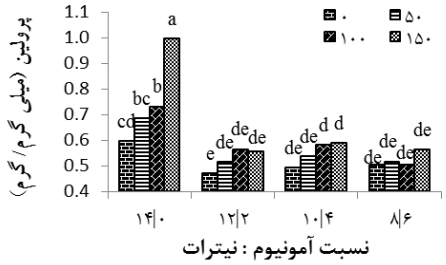
شکل ۴. اثر نسبت‌های آمونیوم به نیترات و شوری بر نیتروژن برگ



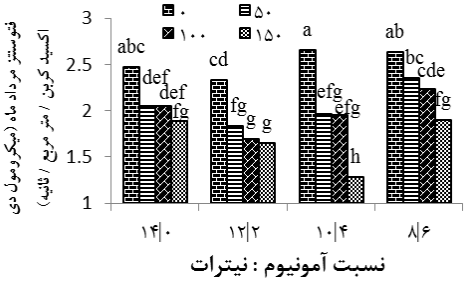
شکل ۵. اثر نسبت‌های آمونیوم به نیترات و شوری بر سدیم برگ

فتوسنتز

نتایج نشان داد که در تغذیهٔ نیتراتی و تغذیهٔ دارای ۶ میلی اکی‌والان آمونیوم فتوسنتز کمتر تحت‌تأثیر اثر زیان‌بار شوری قرار گرفته است. البته فتوسنتز در تغذیهٔ دارای ۶ میلی اکی‌والان آمونیوم تحمل بیشتری نسبت به شوری‌های سطوح بالاتر داشت (شکل۶). براساس نتایج حاصل، افزایش آسمیلاسیون نیتروژن ایجادشده در برگ‌ها، توسط بالاترین غلظت آمونیوم (۶ میلی‌اکی‌والان) و تغذیهٔ نیتراتی، در شرایط شوری ملایم (۵۰ میلی‌مول) و افزایش آسمیلاسیون نیتروژن ایجادشده توسط بالاترین غلظت آمونیوم (۶ میلی اکی‌والان) در شرایط شوری شدید (۱۰۰ میلی‌مول)، احتمالاً می‌تواند دلیل کارایی بهتر فتوسنتز نهال‌ها در این تیمارها باشد. چون تغذیه با مواد معدنی برای فرایندهای مختلف، در رابطه با تشکیل و کار کلروپلاست‌ها لازم است. بنابراین، کمبود مواد معدنی که به‌طور مستقیم در ساختن پروتئین و کلروفیل دخالت دارند منجر به تشکیل کلروپلاست‌هایی با بازده اندک برای فتوسنتز می‌شوند (Kholdebarin & Eslamzadeh, 2001). گزارش شده است که میزان نیتروژن برگ عامل مهمی در تعیین میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ است و رابطهٔ خطی متناسبی در هلو و سایر درختان میوهٔ هسته‌دار بین مقدار نیتروژن برگ و فتوسنتز وجود دارد. با افزایش میزان نیتروژن برگ، میزان فتوسنتز نیز افزایش می‌یابد. البته این تناسب در درختان میوه متفاوت است (Talaei, 1998). همچنین مشاهده شد که تغذیهٔ دارای ۶ میلی اکی‌والان آمونیوم که کارایی فتوسنتزی مناسبی در شرایط شوری دارد، محتوای سدیم پایین‌تر و نسبت پتاسیم به سدیم بالاتری نسبت به دیگر تغذیه‌ها در شرایط شور نیز دارند. شاید بتوان گفت که دلیل دیگر کارایی بهتر فعالیت فتوسنتزی در برگ‌های جوان در شرایط شور می‌تواند نتیجهٔ موفق خارج‌کردن نمک به‌وسیلهٔ ریشه باشد. همچنان که همبستگی منفی و معناداری بین فتوسنتز و سدیم برگ (R^2=-۰/۷۸) مشاهده شد. همبستگی مثبت و بسیار معناداری هم بین فتوسنتز و کلروفیل و نسبت پتاسیم به سدیم برگ (R^2=۰/۷۰ و R^2=۰/۷۱) مشاهده شد. Tabatabaei *et al.* (2006) اظهار کردند ارتباط مثبتی میان K/Na و فتوسنتز زیتون وجود دارد و گفته شد که میزان فتوسنتز به محتوای نمک ربط دارد. Oraei *et al.* (2009) هم ارتباط مثبتی بین شدت فتوسنتز خالص و نسبت K/Na در پایه‌های بادام گزارش کردند.



شکل ۶. اثر نسبت‌های آمونیوم به نیترات و شوری بر پرولین



شکل ۷. اثر نسبت‌های آمونیوم به نیترات و شوری بر فتوسنتز

پرولین

هنگامی که سدیم در واکوئل سلول‌ها تجمع می‌یابد، یون پتاسیم و محلول‌های آلی سازگار (ترکیبات نیتروژن آلی با وزن مولکولی کم) نظیر پرولین در سیتوپلاسم تجمع می‌یابد که برای حفظ پتانسیل اسمزی برابر بین واکوئل و سیتوپلاسم ضروری است (AbdulZadeh *et al*., 2006; Hasegawa *et al*., 2000). محلول‌های سازگار، غیرسمّی‌اند ولی از نظر انرژی برای گیاه بسیار هزینه‌برند (Tester & Dovenport, 2003). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که افزایش سطح شوری سبب افزایش مقدار پرولین در تغذیهٔ نیتراتی در برگ‌های هر دو رقم زیتون آزمایش‌شده می‌شود. این افزایش در تغذیه‌های دارای آمونیوم بسیار ناچیز بود (شکل۷). افزایش مقدار پرولین با افزایش سطح شوری در گیاهان زیادی ازجمله زیتون، انگور و سیب (Ben Ahmad *et al*., 2008)، کتان (Desingh & Kanagaraj, 2007)، گزارش شده است. همبستگی منفی و معناداری (R^2= -۰/۵) میان پرولین و سبزینگی کلروفیل مشاهده شد. از آنجا که کلروفیل و پرولین هر دو از پیش‌مادهٔ گلوتامات سنتز می‌شوند، افزایش سنتز پرولین در شرایط تنش به کاهش سنتز کلروفیل منجر می‌شود (Aspinall & Paleg, 1981).

نتیجه‌گیری

تغذیهٔ معدنی گیاهان در شرایط شور از اهمیت بسیاری برخوردار است و در بقای گیاهان در شرایط تنش نقش به‌سزایی دارد. به‌خصوص تغذیهٔ عنصر ضروری نیتروژن که نقش بسیارمهمی در ساخت بیشتر ترکیبات ضروری و فرایندهای مهم گیاه دارد. با تعیین نسبت مناسب بین دو منبع تأمین نیتروژن، آمونیوم و نیترات می‌توان بیشترین جذب این عنصر ضروری را در شرایط شور فراهم کرد و از مزایای جذب این عنصر ضروری بهره‌مند شد. در پژوهش حاضر نسبت پتاسیم به سدیم در تغذیهٔ دارای ۶ میلی اکی‌والان آمونیوم بالا بود همچنین این نسبت در شرایط شور در همین تغذیه در بالاترین مقدار خود بود. مقدار زیادی پرولین در تغذیهٔ نیتراتی سنتز شد که مقدار آن با افزایش غلظت شوری افزایش یافت. در هر دو تغذیهٔ نام‌برده به‌خصوص در تغذیهٔ دارای ۶ میلی اکی‌والان آمونیوم، افزایش آسمیلاسیون نیتروژن و کارایی بهتر فتوسنتز در شرایط شور مشاهده شد. با توجه به نتایج بیان‌شده می‌توان گفت که تغذیهٔ نیتراتی و تغذیهٔ دارای ۶ میلی اکی‌والان آمونیوم هر کدام به طریقی شرایط گیاه را برای کارایی بهتر فتوسنتز و ادامهٔ بقای نهال‌ها در محیط شور بهتر کرده‌اند که البته تغذیهٔ حاوی هر دو آمونیوم و نیترات (تغذیهٔ۸:۶) در شرایط شور موفق‌تر از نیترات به‌تنهایی عمل کرده است. صرف نظر از تغذیهٔ اعمال‌شده رقم زرد تحمل کمی در برابر اثر مضر شوری دارد، درحالی‌که همین رقم از کارایی جذب پتاسیم بالایی برخوردار است.

REFERENCES

1. AbdulZadeh, A., Malekjani, Z., Galeshi, S. & Yaghmaei, Q. F. (2006). Effect of salinity and nitrogen interaction on growth of Canola (*Brassica napus* L.). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 13 (3), 29-43. (In Farsi)
2. Ahmadi, A., Ehsan zadeh, P. & Jabbari, F. (2009). *Introduction to Plant Physiology*. Vol: (1), Tehran University Press. (In Farsi)
3. Ashraf, M. & Foolad, M.R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59(2), 206-216.
4. Ashraf, M. (2004). Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora*, 199, 361-376.
5. Aspinall, D. & Paleg, L. G. (1981). Proline accumulation, physiological aspects. In: L. G. Paleg and D. Aspinall (Eds), *Physiology and biochemistry of drought resistance in plants*. (pp 205-240). Academic Press. New York.
6. Babalar, M. & Ahmadi, A. (1997). Effect of fertigation different ratios of N-NO3 and N-NH4 on growth and macro elements content of apple trees cv. “Golden” grafted on the M9 rootstock. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 28 (4), 41-31. (In Farsi)
7. Ballester, G. F., Garcia-Sanchez, F., Cerda, A. & Martinez, V. (2003). Tolerance of citrus rootstock seedlings to saline stress based on their ability to regulat ion uptake and transport. *Tree Physiology*, 23, 256-271.
8. Bayboardi, A., Tabatabai, J. & Ahmedof, A. (2011). Effect of different NO_3:NH_4 ratios on photosynthesis, respiration and antioxidant enzymes activity in canola (*Brassica napus* L.) in saline conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8 (6), 975-982. (In Farsi)

9. Ben Ahmad, C., Ben rouina, B. & Boukhris, M. (2008). Changes in water relations,photosynthetic activity and proline accumulation in one-year-old olive trees (*Olea europaea* L. cv. Chemlali). *Acta Physiology Plant*, 30, 553-560.
10. Ben-Oliel, G., Kant, S. Naim, M. Rabinowitch, H. D. Takeoka, G. R. Buttery, R. G. & Kafkafi, U. (2005). Effects of ammonium to nitrate ratio and salinity on yield and fruit quality of large and small tomato fruit hybrids. *Journal of Plant Nutrition*, 27 (10), 1795-1812.
11. Cachorro, P., Ortiz, A. & Cerda. A. (1994). Implication of calcium nutrition on the response of *Phaseolus vulgaris* L. under saline condition. *Plant and Soil*, 159, 205-212.
12. Chandler, S. F. & Thorppe, T. A. (1987). Characterization of growth, water relation and prolin accumulation in sodium sulfate tolerant callus of *Brassica napus* L. cv. Wester (Canola). *Plant Physiology*, 84, 106-111.
13. Chartzoulakis, K., Loupassaki, M., Bertaki, M. & Androulakis, I. (2002). Effects of NaCl salinity on growth, ion content and CO_2 assimilation rate of six olive cultivars. *Scientia Horticulturae*, 96, 235-247.
14. Chaves, M. M., Flexas, J. & Pinheiro, C. (2009). Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany*, 103, 551-560.
15. Coruzzi, G. & Bush, D. R. (2001). Nitrogen and carbon nutrient and metabolite signaling in plants. *Plant Physiology*, 125, 61-64.
16. Desingh, R. & Kanagaraj, G. (2007). Influence of salinity stress on Photosynthesis and antioxidative systems in two cotton varieties. *General and Applied Plant Pphysiology*, 33 (3-4), 221-234.
17. El-hendawy, S. E. Hu. Y. & Schmidhalter, U. (2005). Growth, ion content, gas exchange and water relations of wheat genotypes differing in salt tolerance. *Australian Journal of Agriculture Research*, 56, 123-134.
18. Emami, A. (1996). Methods of plant analysis. Soil and Water Research Institute. Agricultural research, Education and Extension Oraganization. Ministry of Jihade–Keshavarzi. Vol. (1). Technical Bulletin No: 982. (In Farsi).
19. Ferreira-Silva, S. L., Silveira, J., Voigt, E., Soares, L. & Viegas, R. (2008). Changes in physiological indicators associated with salt tolerance in two contrasting cashew rootstocks. *Brazil Journal Plant Physiology*, 20(1), 51-59.
20. Grattan, S. R. & Grieve, C. M. (1999). Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 78, 127-157.
21. Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J. K. & Bohnert, H. J. (2000). Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review Plant Physiology*, 51, 463-499.
22. Hedayati, V. (2008). *Perfect cloning and study of gene expression pattern ASR2 isolated from Aeluropus lagopoides plant in salinity stress condition*. M.Sc. thesis. Faculty of Agriculture Zanjan University. Iran. (In Farsi)
23. Kant, S. Kant, P. Lips, H. & Barak, S. (2007**).** Partial substitution of NO_3 by NH_4 fertilization increases ammonium assimilating enzyme activities and reduces the deleterious effects of salinity on the growth of barley. *Journal of Plant Physiology*, 164, 303-311.
24. Kholdebarin, B. & Eslamzadeh, T. (2001). *Mineral nutrition of higher plant*. Shiraz University Press. (2nd ed). Vol (1). (In Farsi)
25. Lambrtz, H. Chapyn, F. S. & Ponez, T. L. (2007). *Plant Ecophysiology*. Translated: Kochaki A. R., Zand, A. Banayan aval, M. Razavi Moghaddam, B. Mahdavi Damghani, A., Jami al-Ahmadi, M. & vesal, S. Mashhad University Press. Mashhad. (In Farsi)
26. Lawlor, D. W. (2001). Photosynthesis: molecular, physiological and environmental process. (3^{rd}ed). Bios Pulishers. Oxford, UK.
27. Maas, E. V. & Hoffman, G. J. (1977). Crop salt tolerance-current assessment. Journal *of Irrigation Drainage Engineering*-ASCE, 103, 115-134.
28. Melgar, J. C., Syvertsen, J. P., Martinez, V. & Garcia-Sanchez, F. (2008). Leaf gas exchange, water relation, nutrient content and growth in citrus and olive seedling under salinity. *Biologica Plantarum*, 52(2), 385-390.
29. Oraei, M., Tabatabai, J., Fallahi, E. & Imani, A. (2009). Effects of salinity stress and rootstock on growth, photosynthesis rate, nutrient and sodium concentrations of almond (*Prunus dulcis* Mill). *Journal of Horticulture Science*, 23 (2), 131-140. (In Farsi)
30. Parida, A.K. & Dasa, A.B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants.A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60, 324-349.
31. Rameeh, S., Rezai, A. & Saeidi, G. (2004). Study of salinity tolerance in rapeseed. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 35(19 and 20), 2849-2866.
32. Sadeghi, H. (2002). *Planting and harvesting of olive*. Agricultural education press. Karaj. Iran. pp 420. (In Farsi)
33. Sagi, M., Dovrat, A., Kipnis, T. & Lips, S. H. (1997). Ionic balance and the production of biomass and organic nitrogen as affected by salinity and N source in annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam). *Journal of Plant Nutrition*, 20, 1291-316.

34. Sotiropoulos, T. E., Therios, I. N., Almaliotis, D., Papadakis, I. & Dimassi, K. N. (2006). Response of cherry rootstocks to boron and salinity. *Journal of Plant Nutrition*, 29, 1691-1698.
35. Sultana, N., Ikeda, T. & Itoh, R. (1999). Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. *Environmental and Experimental Botanny*, 42, 211-220.
36. Tabatabaei, S. J. (2006). Effects of salinity and N on the growth, photosynthesis and N status of olive (*Olea europaea* L.) trees. *Scientia Horticulturae*, 108, 432-438.
37. Talaei, A. (1998). *Physiology of fruit trees in temperate zones*. Tehran University Press. (In Farsi)
38. Tester, M. & Dovenport, R. (2003). Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. *Annual Botany*, 91, 503-527.
39. Valia, R. Z. Patil, V. K. & Kapadia, P. K. (1993). Physiological responses of drumstick to varying levels of ESP.Ind. *Journal of Plant Physiology*, 36, 261-2.
40. Yuncai, H. & Schmidhalter, U. (2005). Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *Plant Nutrition Soil Science*, 168, 541-549.