Archive of SID

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و هشتم، شماره دوم، ۱۴۰۰
۱۳۱-۱۴۶
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2021.17995.2670

اثر تنش شوری بر صفات رشدی و فتوسنتزی دو رقم هیبرید و ایرانی اسفناج

مینا بیارش[۱] و محمود رقامی[*۲]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد علوم باغبانی، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولیعصر رفسنجان، رفسنجان، ایران،
[۲]استادیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولیعصر رفسنجان، رفسنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۲۳

چکیده

سابقه و هدف: شوری بیش از حد خاک باعث کاهش تولید محصولات کشاورزی از جمله سبزی‌ها می‌شود که به‌ویژه بخش‌های رویشی آن‌ها حساس هستند. انتخاب رقم مناسب برای مناطقی با شوری بالا از نخستین راهکارهای مدیریتی برای تولید محصولاتی با کیفیت و کمیت بالا می‌باشد. اسفناج از نظر تحمل به شوری در گروه گیاهان نسبتاً حساس قرار دارد، هر چند بین ارقام مختلف تفاوت‌هایی وجود دارد. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی شاخص‌های رشدی و فتوسنتزی دو رقم اسفناج، تحت تنش شوری و مشخص کردن رقم مقاوم‌تر به شوری و مناسب کشت در مناطق شور طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ولیعصر رفسنجان در سال زراعی ۱۳۹۷ انجام گرفت که عوامل شامل تنش شوری (در چهار سطح ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ میلی‌مول) و رقم (شامل دو رقم هیبرید ایتالیایی "ناریتا" و رقم ایرانی "برگ‌پهن ورامین") بود. پس از گذشت ۴۵ روز از اعمال تیمارهای شوری برداشت صورت گرفت و پارامترهای مورد نظر اندازه‌گیری شد. صفاتی مانند وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، سطح برگ، تعداد برگ، رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a,b)، کلروفیل کل، شاخص سبزینگی، کاروتنوئید، نرخ فتوسنتز، نرخ تعرق، هدایت روزنه‌ای، نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر (Fv/Fm) و شاخص کارآیی دستگاه فتوسنتزی (PI) مورد مطالعه قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج این پژوهش نشان داد که شاخص‌های رشدی هر دو رقم اسفناج مانند تعداد برگ، سطح برگ وزن‌تر ریشه، وزن خشک ریشه، وزن‌تر اندام هوایی و وزن خشک اندام هوایی در شرایط تنش شوری کاهش یافت. با افزایش سطوح تنش، سطح برگ هر دو رقم کاهش یافت اما سطح برگ رقم ایرانی در مقایسه با رقم هیبرید بیش‌تر بود. نتایج هم‌چنین نشان داد که مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی رقم ایرانی در مقایسه با رقم هیبرید در شرایط شوری بیش‌تر بود. به‌طورکلی مقدار کلروفیل کل در شرایط تنش شوری کاهش یافت اما مقدار کلروفیل a و کلروفیل کل در رقم ایرانی بیش‌تر بود. شاخص‌های فتوسنتزی مانند نرخ فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، نرخ تعرق و نیز شاخص فلورسانس کلروفیل در شرایط تنش شوری کاهش یافت که این کاهش در دو رقم ایرانی و هیبرید متفاوت بود و کاهش بیش‌تر این صفات در شرایط تنش در رقم ایرانی کم‌تر از رقم هیبرید بود.

[*] مسئول مکاتبه: mraghami@vru.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری: شاخص‌های رشدی مانند سطح برگ، تعداد برگ، وزن‌تر ریشه، وزن خشک ریشه، وزن‌تر اندام هوایی و وزن خشک اندام هوایی دو رقم اسفناج در شرایط شوری کاهش یافت. مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی رقم ایرانی در مقایسه با رقم هیبرید بیش‌تر بود و در هر دو رقم تحت تنش شوری کاهش یافت. شاخص‌های فتوسنتزی نیز در شرایط تنش شوری کاهش یافت هرچند تغییرات شاخص‌های فتوسنتزی در هر دو رقم به‌طور تقریبی یکسان بود، اما مقدار این شاخص‌ها در رقم ایرانی بیش‌تر بود. به‌طورکلی تنش شوری باعث کاهش صفات رشدی و فتوسنتزی هر دو رقم ایرانی و هیبرید اسفناج شد. اما کاهش خصوصیات رشدی در رقم "برگ‌پهن ورامین" کم‌تر از رقم هیبرید بود. بنابراین به‌نظر می‌رسد رقم ایرانی نسبت به رقم هیبرید به تنش شوری متحمل‌تر باشد که این تفاوت ارقام به تنش شوری را می‌توان به ماهیت ژنتیکی آن‌ها نسبت داد.

واژه‌های کلیدی: سطح برگ، شاخص Fv/Fm، رقم برگ‌پهن ورامین، کلرید سدیم، نرخ فتوسنتز

مقدمه

اسفناج با نام علمی *Spinacia oleracea* L. متعلق به خانواده chenopodiaceae (۲۲) گیاهی است یکساله و روزبلند که پس از سبز شدن تولید برگ‌های طوقه‌ای می‌کند و از سبزی‌های برگی مهم فصل سرد است که در بسیاری از منابع خاستگاه آن ایران گزارش شده است (۲۲ و ۳۲). سطح زیر کشت و تولید جهانی اسفناج در سال ۲۰۱۸ به ترتیب، ۹۳۹ هزار هکتار و ۲۶/۲۵ میلیون تن بوده است و ایران با بیش از ۶۲۰۰ هکتار سطح زیر کشت و تولید نزدیک به ۱۱۷ هزار تن ششمین تولیدکننده جهانی آن بوده است (۱۴). انواع وحشی اسفناج در ایران می‌روید و جزو سبزی‌های خودرو در مراتع است که مردم آن را مصرف می‌کنند و با ارقام اهلی قابل تلاقی هستند (۵). اسفناج‌های موجود در ایران در دو دسته بذر صاف و بذر خاردار طبقه‌بندی می‌شوند و از میان توده‌های بومی ایرانی، توده‌های اردستان، برگ‌پهن ورامین، خرم‌آباد، دورود، رهنان، زابل، زنجان، ساوه، شیراز، صالح‌آباد، قم، قوچان، کاشان، کرج۲، لاهیجان۱، لنگرد قم، مبارکه، ورامین۱، ورامین۳ و یزد دارای بذر صاف و توده‌های اراک، بجنورد، بروجرد، رحیم‌آباد، کرج۱، لاهیجان۲، همدان و ورامین۲ دارای بذرهای خاردار می‌باشند و در این بین توده برگ‌پهن ورامین مقاومت خوبی در برابر تنش‌های محیطی از خود نشان داده است (۱۸). عملکرد این گیاه با توجه به شرایط محیطی و نوع رقم استفاده شده را از ۱۸/۶ تا ۴۴/۸ تن در هکتار گزارش شده و امکان کشت آن هم در پاییز و هم در اوایل بهار وجود دارد (۱۸). اسفناج در بین ۴۲ نوع میوه و سبزی رایج از نظر مقدار نسبی ده نوع ویتامین در رتبه دوم اهمیت قرار دارد (۳۰).

شوری یک مشکل اساسی در تولید محصول در سراسر دنیا است: ۲۰ درصد از زمین‌های زیر کشت در جهان و ۳۳ درصد از زمین‌های آبیاری‌شده، تحت‌تأثیر نمک و تخریب آن هستند. شوری بیش از حد خاک باعث کاهش تولید بسیاری از محصولات کشاورزی از جمله بیش‌تر سبزی‌ها می‌شود که به‌ویژه بخش‌های رویشی آن‌ها حساس هستند. آستانه شوری بیش‌تر سبزی‌ها کم است (بین ۱ تا ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر) و تحمل به شوری سبزی‌ها هنگامی که از آب شور برای آبیاری استفاده می‌شود، کاهش می‌یابد (۲۱). در ایران ۳۰ درصد زمین‌های تحت آبیاری در معرض شوری و قلیائیت قرار دارد. برخی گزارش‌ها زمین‌های تحت‌تأثیر شوری و قلیائیت در ایران را ۲۵ تا ۲۷ میلیون هکتار برآورد نموده‌اند که برابر ۱۵ تا ۱۷ درصد از کل سطح کشور است (۳۱). تخمین زده

www.SID.ir

Archive of SID

شده است که تا سال ۲۰۵۰ حدود ۵۰ درصد از زمین‌های زراعی جهان تحت‌تأثیر شوری قرار خواهند گرفت. طبق گزارش‌ها سطح زمین‌های زراعی مبتلا به درجات مختلف شوری خاک، آب و یا هر دو، ۳/۵ میلیون هکتار بوده است (۸).

اسفناج از نظر تحمل به شوری در گروه گیاهان نسبتا حساس قرار دارد (۱٦، ۲۵) هرچند بین ارقام مختلف تفاوت‌های جزئی وجود دارد. پژوهش‌های پیشین آستانه شوری خاک برای اسفناج را ۲ و آستانه شوری آب آبیاری را ۱/۳ دسی‌زیمنس بر متر گزارش کرده‌اند (۲۰، ۲۱). از طرفی طبق پژوهش‌های جدید تحمل به شوری در اسفناج بسیار وابسته به دمای دوره رشد است و دمای کم اواخر فصل زمستان نسبت به شرایط آب و هوایی گرم‌تر می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی تحمل به شوری اسفناج را افزایش دهد (۲۷) به‌طوری‌که این گیاه در برخی مناطق با شوری حدود چهار دسی‌زیمنس بر متر بدون کاهش عملکرد کشت می‌شود (۲۸) و در گزارشی (۱) آستانه تحمل شوری خاک برای این گیاه ۳/۸ دسی‌زیمنس نیز گزارش شده است (۱). نمک‌ها به‌دلیل افزایش فشار اسمزی خاک و دخالت در تغذیه گیاه (اثرات سمی یون‌های سدیم، کلر و سولفات و کاهش جذب و یا عدم انتقال مواد مغذی به شاخساره) بر رشد آن تأثیر می‌گذارند. غلظت بالای نمک در محلول خاک باعث کاهش توانایی گیاهان برای دستیابی به آب می‌شود که به اثر اسمزی شوری مربوط است. آسیب وقتی رخ می‌دهد که غلظت نمک به اندازه کافی بالا باشد تا کاهش رشد گیاه آغاز شود. اثر اسمزی شوری باعث القای تغییرات متابولیکی می‌شود که مشابه حالات پژمردگی ناشی از تنش آب است (۲۱) در این شرایط، فعالیت فتوسنتزی از یک‌سو به‌علت دهیدراته شدن غشای سلولی که نفوذپذیری CO_2 را کاهش می‌دهد و از سوی دیگر به‌علت ورود یون‌های سدیم به سلول که به غیرفعال شدن سامانه انتقال الکترون در فتوسنتز منجر می‌شود، سبب کاهش فرآیند فتوسنتز و در نتیجه کاهش رشد در گیاهان می‌گردد (۳٤). با توجه به این‌که شوری خاک از مهم‌ترین تنش‌های بازدارنده تولید گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا از جمله ایران می‌باشد و به‌ویژه شوری عملکرد بسیاری از سبزی‌ها که تحمل کم‌تری به شوری دارند، را کاهش می‌دهد. با این‌حال افزایش در تولید و مصرف سبزی‌ها اولویت جهانی دارد. ایران پس از هند و پاکستان (۳٦) از نظر دارا بودن زمین‌های زراعی شور در صدر کشورهای در معرض تهدید تنش شوری به‌شمار می‌رود (۲۳). مساحت خاک‌های شور ایران در حال افزایش است و این یک مشکل مهم در خاک‌های شور به‌ویژه زمین‌هایی که با آب رود یا قنات آبیاری می‌شوند، است. از این رو انتخاب رقم مناسب برای مناطقی با شوری بالا نخستین راهکار مدیریتی برای تولید محصولات کشاورزی با کیفیت و کمیت بالا می‌باشد. بیش از ۷۵ درصد ارقام اسفناج در امریکا از نوع هیبرید هستند و در ایران نیز کشت این ارقام رو به رشد است و تاکنون پژوهشی در زمینه مقایسه ارقام ایرانی و خارجی اسفناج تحت تنش شوری گزارش نشده است، بنابراین، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی ارزیابی شاخص‌های رشدی و واکنش فتوسنتزی دو رقم اسفناج ایرانی و هیبرید در پاسخ به تنش شوری و مشخص کردن رقم متحمل‌تر طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ولیعصر رفسنجان در سال ۱۳۹۷ انجام گرفت. عوامل شامل تنش شوری در چهار سطح (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و رقم ("هیبرید ناریتا-۰۱۲"

www.SID.ir

Archive of SID

و "برگ‌پهن ورامین" (جدول ۱) بود. رقم برگ‌پهن ورامین بیش‌ترین سطح زیر کشت بین ارقام ایرانی را دارد و رقم هیبرید نیز در چندساله اخیر سطح زیر کشت بالایی بین ارقام خارجی در ایران را به خود اختصاص داده است بنابراین این دو رقم انتخاب شد تا واکنش آن‌ها به شرایط تنش بررسی شود. بذرهای دو رقم اسفناج تهیه‌شده از شرکت سپاهان رویش در گلدان‌های پلاستیکی در بستری از خاک استریل شده با اتوکلاو و کود حیوانی کاملاً پوسیده به نسبت ۱:۳ در مزرعه کشت شدند. پس از گذشت یک ماه و در مرحله چهار برگی اعمال تنش‌ها شروع شد. تنش هر دو روز یکبار اعمال شد و هر هفته یکبار آبشویی با آب مقطر انجام گرفت. پس از گذشت ۴۵ روز از اعمال تیمارها برداشت صورت گرفت و صفات مورد نظر اندازه‌گیری شد. میزان شوری خاک ۱/۰۵ دسی‌زیمنس بر متر و pH خاک ۷/۲۵ بود. ویژگی‌های آب و هوایی مکان آزمایش در طی دوره کشت مطابق در جدول ۲ آمده است.

جدول ۱- ویژگی‌های ارقام ارزیابی‌شده اسفناج در آزمایش.

Table 1. Characteristics of examined spinach cultivars in experiment.

نام رقم Plant designation	نوع بذر Seed type	شکل برگ Leaf form	اندازه برگ Leaf size	نوع برگ Leaf type	حالت دمبرگ Petiole status
برگ‌پهن ورامین Barg-Pahn-e-Varamin	صاف Smooth	پهن flattened	بزرگ Large	صاف Flat	نیمه خوابیده Half straight
هیبرید ناریتا-۰۱۲ NARITA-012 F1 hybrid	صاف Smooth	کشیده Long	متوسط Medium	نیمه چروکیده Half-wrinkled	نیمه خوابیده Half straight

جدول ۲- ویژگی‌های آب و هوایی شهرستان رفسنجان در طی دوره کشت.

Table 2. Climatic characteristics of Rafsanjan city during the cultivation period.

ماه Month	میانگین دمای ماهیانه (°C) Average monthly temperature	مجموع بارش ماهیانه (mm) Total monthly rainfall	بیشینه دمای ماهیانه (°C) Maximum monthly temperature	کمینه دمای ماهیانه (°C) Minimum monthly temperature
اسفند March	9	8.9	20.5	–4.7
فروردین April	14.4	38.9	25.7	5.1
اردیبهشت May	21.8	1.6	34.3	4.2

اندازه‌گیری شاخص‌های رویشی: این شاخص‌ها شامل سطح برگ، تعداد برگ، وزن تر اندام هوایی و ریشه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه بود. سطح برگ با دستگاه سنجش سطح برگ مدل CI 202 اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن تر گیاه به دو بخش اندام هوایی و ریشه تقسیم و هرکدام جداگانه به‌وسیله ترازو وزن گردید. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌های گیاهی به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفته و سپس وزن شدند و تعداد برگ نیز در زمان برداشت گیاهان شمارش شد.

www.SID.ir

Archive of SID

اندازه‌گیری شاخص‌های فتوسنتزی: شامل نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر، شاخص کارآیی دستگاه فتوسنتزی، رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a و b، کلروفیل کل و کاروتنوئید)، نرخ فتوسنتز، نرخ تعرق، هدایت روزنه‌ای و شاخص سبزینگی بود. شاخص سبزینگی با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج دستی مدل SPAD-۵۰۲ ساخت کشور ژاپن در برگ‌های جوان کاملاً توسعه یافته اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری کلروفیل a، b و کلروفیل کل از برگ‌های بالغ نمونه‌گیری و با استون عصاره‌گیری شد و میزان جذب نور محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل T80 UV/VIS ساخت کشور چین خوانده و مقدار کلروفیل و رنگیزه‌ها محاسبه شد (۲۹). برای اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل و شاخص کارآیی دستگاه فتوسنتزی از دستگاه کلروفیل فلوریمتر مدل Pochet PEA، کمپانی Hansatech ساخت کشور انگلیس استفاده شد. این دستگاه میزان فلورسانس کلروفیل را بر اساس نسبت fv/fm ثبت می‌نماید. خوانش پارامترهای نرخ فتوسنتز، نرخ تعرق و هدایت روزنه‌ای با دستگاه فتوسنتزمتر IRGA (LCi Ultra Compact, ADC BioScientific Ltd,. Herts) ساخت کشور انگلستان صورت گرفت. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین صفات به کمک آزمون LSD و ترسیم نمودارها توسط نرم‌افزار اکسل انجام شد.

نتایج و بحث

پارامترهای رویشی: طبق نتایج تجزیه واریانس، اثر ساده شوری و رقم بر تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک ریشه و وزن تر و خشک اندام هوایی معنی‌دار شد. نتایج نشان داد که برهمکنش شوری و رقم تنها بر سطح برگ و وزن خشک ریشه اثر معنی‌داری داشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش تعداد برگ هر گیاه کاهش یافت به‌طوری‌که تعداد آن در شرایط ۲۰ و ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به‌ترتیب حدود ۱۲/۳ و ۱۸/۷ درصد کاهش یافت در حالی‌که تفاوت معنی‌داری بین گیاهان رشد یافته در شرایط ۱۰ میلی‌مولار و شاهد مشاهده نشد. نتایج هم‌چنین نشان داد که تعداد برگ رقم ایرانی در مقایسه با رقم هیبرید ۱۳/۸ درصد کم‌تر بود (شکل ۱).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر شوری بر خصوصیات رویشی ارقام ایرانی و هیبرید اسفناج.

Table 3. Analysis of variance of salinity effects on vegetative characteristics of Iranian and hybrid spinach cultivars.

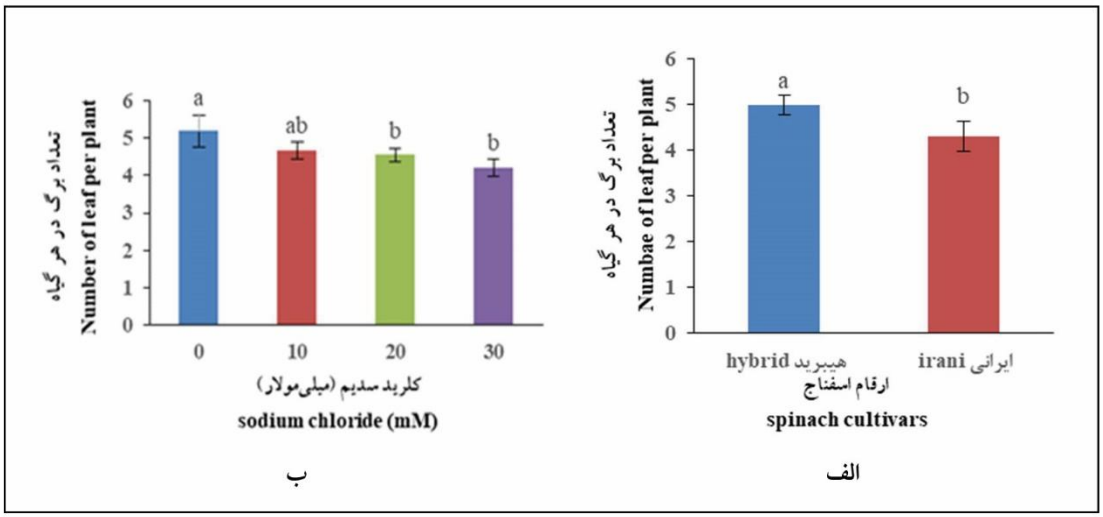
منابع تغییرات Sources of Variance	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean Squares					
		تعداد برگ Number of leaves	سطح برگ Leaf area	وزن‌تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن‌تر اندام هوایی Shoot fresh weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight
رقم (C) Cultivar	1	61.85**	768499**	48.82ns	9.12**	12.2*	3.93**
شوری (S) Salinity	2	20.73*	48856**	46.19**	2.15**	168.08**	50.26**
رقم×شوری S×C	3	1.30ns	23253**	7.18ns	0.73**	0.17ns	0.03ns
خطا Error	16	5.93	1.29	1.60	0.11	0.60	1.60
ضریب تغییرات (درصد) CV(%)		13.07	3.76	10.06	5.69	5.87	5.89

** اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪، * اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪، ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

ns, *, ** non-significant and significantin 5% and 1% level of probability, respectively.

www.SID.ir

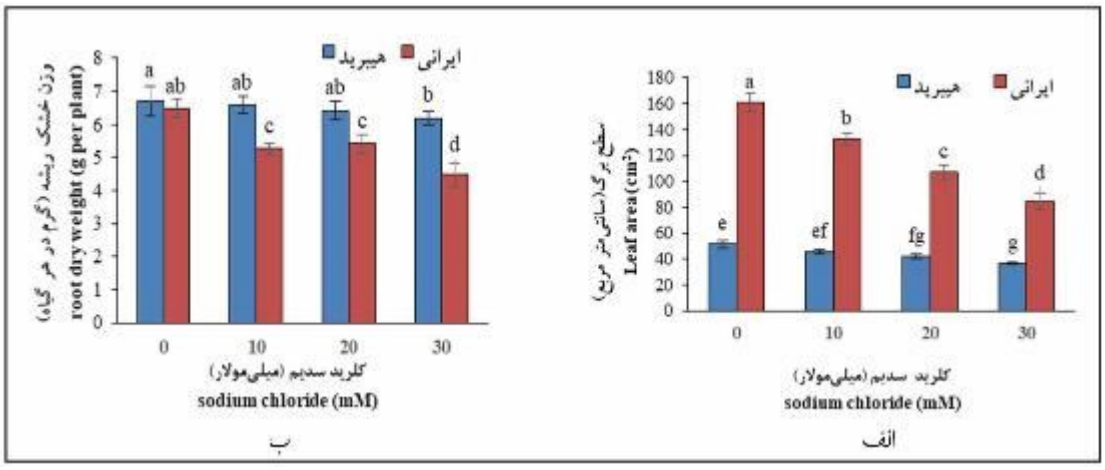
Archive of SID



شکل ۱- الف) تعداد برگ ارقام اسفناج ب) تأثیر سطوح مختلف کلرید سدیم بر تعداد برگ اسفناج.

Fig. 1. A) Number of leaves of spinach cultivars, B) Effect of different levels of sodium chloride on the number of spinach leaves.

با افزایش سطوح تنش، سطح برگ هر دو رقم کاهش یافت به‌طوری‌که سطح برگ ارقام ایرانی و هیبرید در سطح ۳۰ میلی‌مولار به‌ترتیب ٤٧/٦ و ۲۸/۳ درصد در مقایسه با گیاهان شاهد کاهش یافت. هم‌چنین نتایج نشان داد که سطح برگ رقم ایرانی در مقایسه با رقم هیبرید بیش‌تر بود (شکل ۲-الف). طبق نتایج مقایسه میانگین‌ها، وزن خشک ریشه رقم ایرانی در سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به‌ترتیب ۱۸/٦، ۱٦/۵ و ۳۱/۱ درصد در مقایسه با گیاه شاهد کاهش یافت در حالی‌که کاهش وزن خشک ریشه رقم هیبرید تنها در سطح تنش ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم معنی‌دار بود به‌طوری‌که در مقایسه با شاهد ۷/۸۱ درصد کاهش یافت (شکل ۲-ب).



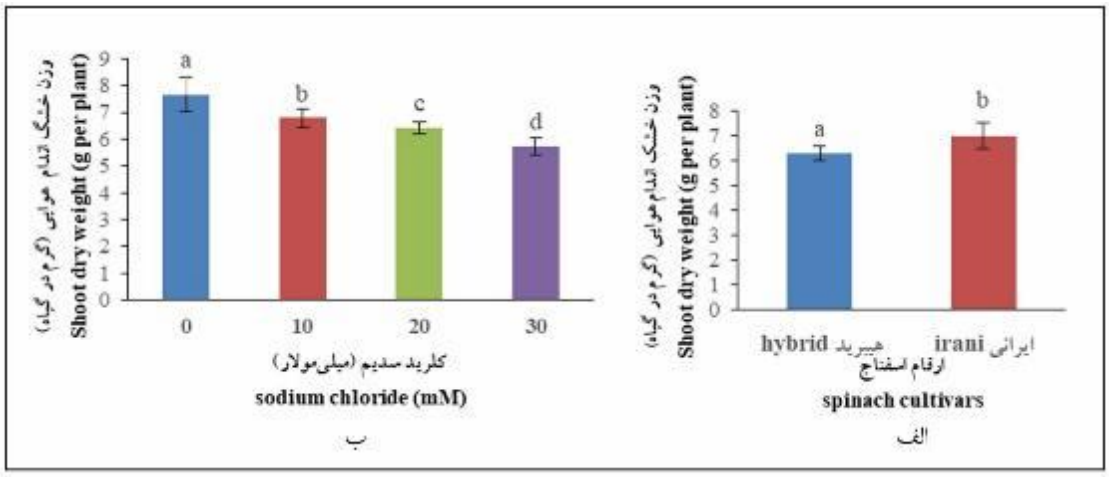
شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف کلرید سدیم بر الف) سطح برگ و ب) وزن خشک ریشه ارقام اسفناج.

Fig. 2. Effect of different levels sodium chloride on A) Leaf area and B) Root dry weight of spinach cultivars.

www.SID.ir

Archive of SID

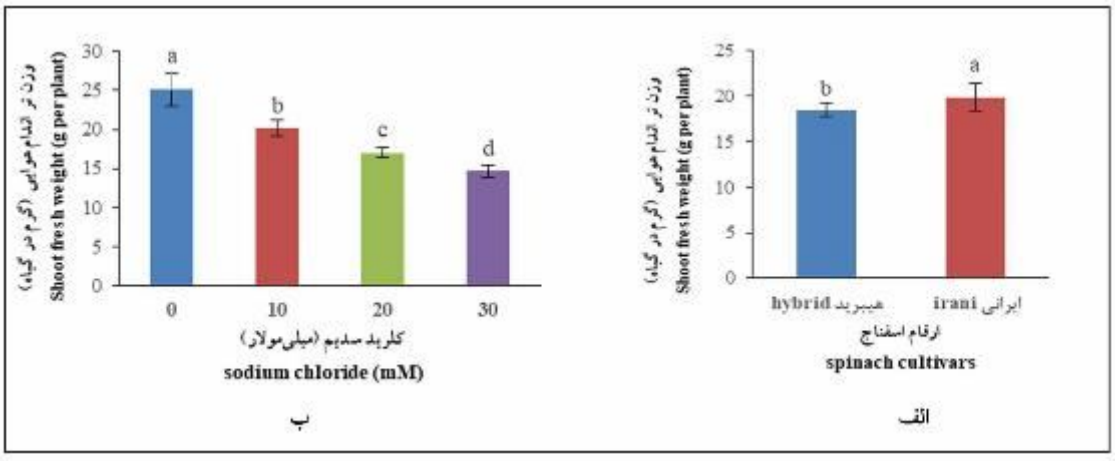
نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم ایرانی در مقایسه با رقم هیبرید از وزن خشک اندام هوایی بیش‌تری برخوردار بود (شکل ۳- الف). نتایج هم‌چنین نشان داد که با افزایش شدت تنش وزن خشک اندام هوایی کاهش یافت به‌طوری‌که کاربرد ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به‌ترتیب سبب کاهش ۱۱/٤، ۱٦/۳ و ۲۵/٤ درصدی وزن خشک اندام هوایی در مقایسه با تیمار شاهد شد (شکل ۳- ب).



شکل ۳- الف) وزن خشک اندام هوایی در ارقام اسفناج ب) تأثیر سطوح مختلف کلرید سدیم بروزن خشک اندام هوایی.

Fig. 3. A) Shoot dry weight in spinach cultivars, B) Effect of different levels of sodium chloride on shoot dry weight.

طبق نتایج وزن‌تر اندام هوایی رقم ایرانی در مقایسه با اسفناج هیبرید ۷/٤٦ درصد بیش‌تر بود (شکل ٤-الف). نتایج هم‌چنین نشان داد که با افزایش شدت تنش، وزن‌تر اندام هوایی کاهش زیادی داشت به‌طوری‌که کاربرد ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به‌ترتیب سبب کاهش ۱۹/۸، ۳۲/۳ و ٤۱/۷ درصدی وزن‌تر اندام هوایی در مقایسه با گیاهان شاهد گردید (شکل ٤-ب).



شکل ٤- الف) وزن تر اندام هوایی در ارقام مختلف اسفناج ب) تأثیر سطوح مختلف کلرید سدیم بر وزن تر اندام هوایی ارقام اسفناج.

Fig. 4. A) Shoot fresh weight in different spinach cultivar; B) the effect of different levels of sodium chloride on shoot fresh weight of spinach cultivars.

www.SID.ir

Archive of SID

اثر عمومی تنش شوری بر گیاهان کاهش نرخ رشد به‌دلیل ایجاد برگ‌های کوچک‌تر، ارتفاع کوتاه‌تر و گاهی تعداد برگ کم‌تر در شرایط تنش است (۳۲). در پژوهش حاضر کاهش وزن تر اندام هوایی با افزایش تنش شوری به کاهش در تعداد و سطح برگ مربوط می‌شود. کاهش در شاخص‌های رشدی در سایر سبزی‌های برگی مانند کلم و سبزی‌های میوه‌ای مانند گوجه‌فرنگی (۷) در شرایط تنش شوری گزارش شده است که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. کاهش رشد ریشه و شاخساره می‌تواند ناشی از اثر سمی سدیم و کلر و یا عدم تعادل در جذب عناصر غذایی به‌وسیله گیاه باشد. سوختگی برگ‌ها و سرشاخه‌ها در اثر تجمع زیاد کلر که با کلروزه شدن حاشیه برگ‌ها همراه است، رخ می‌دهد که منجر به کاهش شدید فتوسنتز می‌گردد. هم‌چنین نمک ممکن است سبب کاهش تعداد آغازه‌های برگ و در نتیجه کاهش تعداد برگ شود (٤). به‌طورکلی با توجه به نتایج پژوهش حاضر کاهش در شاخص‌های رشدی گیاه اسفناج مانند ریشه و هم‌چنین کاهش سطح برگ، تعداد برگ و وزن تر و خشک اندام هوایی را می‌توان به کاهش جذب عناصر غذایی و افزایش مقدار سدیم و کلر در بافت گیاهی نسبت داد. هرچند میزان کاهش شاخص‌های رشدی به کم‌تر از ۵۰ درصد نرسید که به احتمال زیاد به سطوح کلرید سدیم مربوط است. انتخاب سطوح تنش بر اساس تجارب قبلی و دمای بالا در مکان آزمایش و اثر مضاعف آن بر شدت تنش شوری (۲۷) بر گیاهان انتخاب شده بود که البته در سال آزمایش میانگین دما کم‌تر از نرمال منطقه بود. بنابراین به احتمال زیاد سطح بالاتری از تنش نیز توسط گیاه قابل تحمل بود. گزارش شده است که اثر نخست و اصلی تجمع سدیم در محیط اطراف ریشه، کاهش پتانسیل اسمزی آب اطراف ریشه است. در نتیجه گیاه برای جذب مقدار مشخصی آب باید انرژی بیش‌تری صرف کند. بنابراین بخشی از انرژی مورد نیاز گیاه برای رشد و نمو، صرف جذب آب شده و به این ترتیب رشد گیاه کاهش می‌یابد (۱۵). اگرچه تغییرات شاخص‌هایی مانند سطح برگ در شرایط شوری در رقم ایرانی بیش‌تر بود اما در شاخص‌های تعداد برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی که در عملکرد اسفناج اهمیت زیادی دارد، رقم ایرانی پاسخ بهتری به شرایط تنش داشت. بالاتر بودن وزن خشک اندام هوایی در رقم ایرانی در مقایسه با رقم هیبرید را می‌توان به بالاتر بودن نرخ فتوسنتز آن نسبت داد. مغایر با نتایج پژوهش حاضر، در پژوهش اورس و سوارز (۲۰۱٦) نخست با افزایش شوری آب آبیاری، وزن تر و خشک گیاه افزایش یافت و عملکرد تنها در سطح شوری زیاد کاهش پیدا کرد. آن‌ها دلیل این مسأله را که مغایر با نتایج سایر ارقام اسفناج گزارش شده بود را تحمل بالاتر رقم اسفناج راکون نسبت به شوری عنوان کردند (۲۷). اثر دمای هوا بر تحمل به شوری نباید از نظر دور باشد. چنان‌چه در پژوهشی روی اسفناج نتیجه‌گیری شد که کاهش تحمل به شوری زمانی رخ می‌دهد که افزایش درجه حرارت برای ایجاد تنش گرما کافی نباشد (۲۷).

رنگیزه‌های فتوسنتزی: طبق نتایج تجزیه واریانس اثر ساده شوری و رقم بر کلروفیل b و کلروفیل کل معنی‌دار شد اما بر کلروفیل a تنها اثر ساده شوری تاثیرگذار بود. در شاخص سبزینگی تنها اثر ساده رقم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. هم‌چنین طبق نتایج برهمکنش شوری و رقم در هیچ‌یک از رنگیزه‌های فتوسنتزی معنی‌دار نبود (جدول ٤).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر شوری بر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی ارقام ایرانی و هیبرید اسفناج.

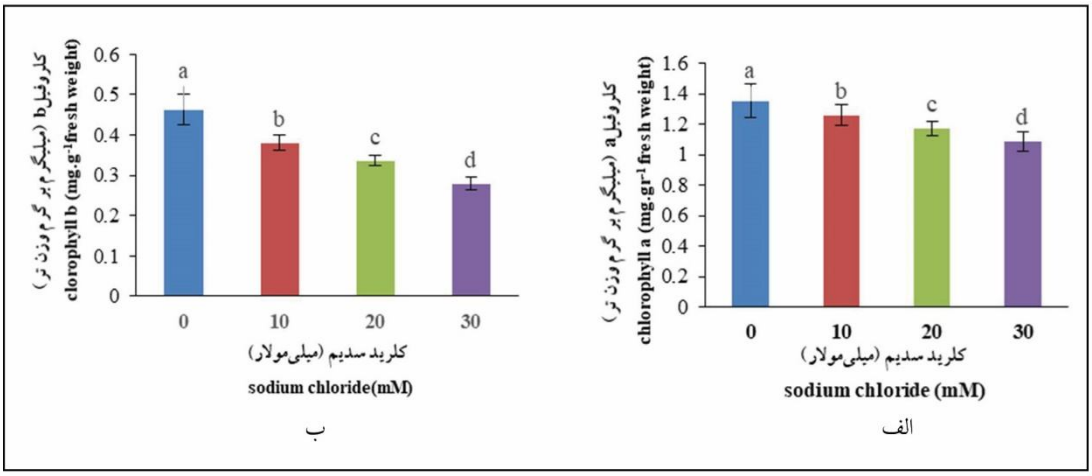
Table 4. Analysis of variance of salinity effect on photosynthetic pigmens of Iranian and hybrid spinach cultivars.

منابع تغییرات Sources of Variance	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean Squares				
		کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoid	شاخص سبزینگی SPAD
رقم (C) Cultivar	1	0.01^{ns}	0.09^{**}	0.04^{**}	0.003^{ns}	750^{**}
شوری (S) Salinity	2	0.10^{**}	0.05^{**}	0.29^{**}	47.44^{ns}	52.6^{ns}
رقم×شوری S×C	3	0.006^{ns}	0.001^{ns}	0.006^{ns}	94.42^{ns}	55.1^{ns}
خطا Error	16	0.004	0.0009	0.004	70.83	33.3
ضریب تغییرات (درصد) CV(%)		4.90	8.33	4.06	13.21	12.9

** اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪، * اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪، ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

ns, *, ** non-significant and significantin 5% and 1% level of probability, respectively.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مقدار کلروفیل a در سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به‌ترتیب ٦/٨٩، ١٣/٤ و ١٩/٧ درصد در مقایسه با گیاهان شاهد کاهش یافت (شکل ٥-الف). نتایج هم‌چنین نشان داد که مقدار کلروفیل b برگ با افزایش شدت تنش کاهش یافت به‌طوری‌که کاربرد سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به‌ترتیب سبب کاهش ۱۸/۱، ۲۷/۹ و ٤٠/٦ درصدی مقدار کلروفیل b برگ اسفناج در مقایسه با گیاهان شاهد گردید و مقدار کلروفیل b در رقم ایرانی در مقایسه با رقم هیبرید حدود ٣٥/٤ درصد بیش‌تر بود (شکل ٥-ب).



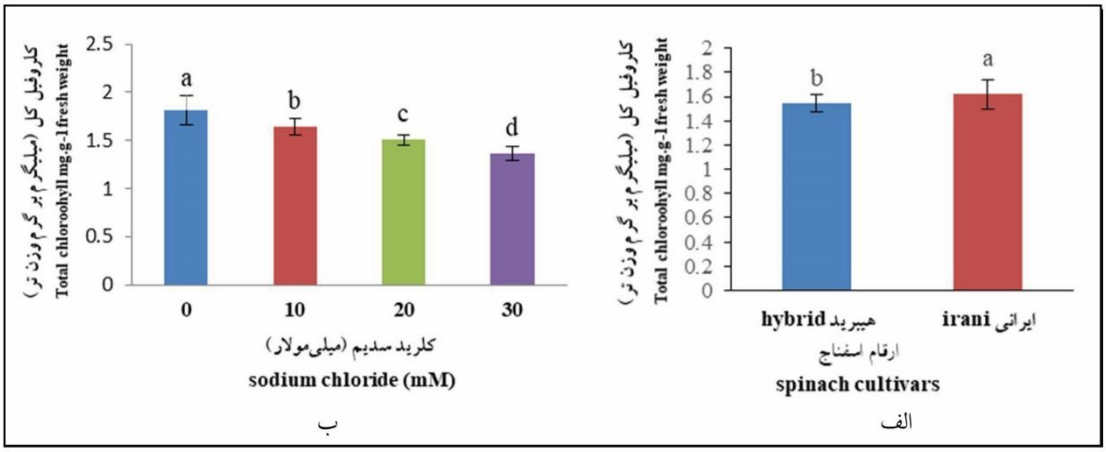
شکل ٥- تأثیر سطوح شوری بر الف) مقدار کلروفیل a ب) مقدار کلروفیلb برگ ارقام اسفناج.

Fig. 5. Effect of salinity levels on A) chlorophyll a, B) Chlorophyll b of spinach cultivars.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج هم‌چنین نشان داد که مقدار کلروفیل کل برگ گیاه اسفناج با افزایش شدت تنش کاهش یافت به‌طوری‌که کاربرد ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به‌ترتیب سبب کاهش ۹/٦٤، ۱٦/۹ و ۲٤/۸ درصدی مقدار کلروفیل برگ در مقایسه با گیاهان شاهد گردید (شکل ٦-الف). از طرفی مقدار کلروفیل کل در رقم ایرانی در مقایسه با رقم هیبرید حدود ۵/۷۱ درصد بیش‌تر بود (شکل ٦-ب).شاخص سبزینگی نیز در رقم ایرانی در مقایسه با رقم هیبرید ۲٤/٤۳ درصد بیش‌تر بود.



شکل ٦- الف) تأثیر سطوح شوری بر مقدار کلروفیل کل و ب) مقدار کلروفیل کل در ارقام اسفناج.

Fig. 6. A) Effect of salinity levels on total chlorophyll content, B) Total chlorophyll content in spinach cultivars.

حفظ مقدار کلروفیل در شرایط مختلف به حفظ ظرفیت فتوسنتز و تولید ماده خشک کمک می‌کند. بنابراین می‌توان گفت که مقدار کلروفیل با سلامت گیاه در ارتباط است (۱۰). تفاوت‌ها در میزان تولید کلروفیل گیاهان مختلف تحت تنش شوری، نتیجه عملکرد مسیرهای مختلف است که با آنزیم‌های متفاوت قابل پیگیری است و این آنزیم‌ها پاسخ‌های متفاوتی به شوری نشان می‌دهند (۹). به‌نظر می‌رسد که دلیل کاهش در مقدار کلروفیل در شرایط تنش، تخریب این رنگیزه‌ها و یا کاهش ساخت آن‌ها و هم‌چنین اختلال در فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی باشد (۲). علاوه براین تخریب رنگیزه‌های فتوسنتزی توسط گونه‌های فعال اکسیژن (O_2^-, OH, H_2O_2) نیز گزارش شده است (۲٦). گیتلسون و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که محتوای کلروفیل برگ به شدت وابسته به تنش است (۱۷). با این حال، برخی از مطالعات (۲۷) گزارش داده‌اند که محتوای کلروفیل در شرایط شوری افزایش می‌یابد. در پژوهش آن‌ها افزایش شاخص سبزینگی در شوری متوسط و کاهش آن در شوری بالاتر نسبت به شاهد مشاهده شد. آن‌ها نتیجه‌گیری کردند که محتوای کلروفیل اسفناج به‌میزان قابل‌توجهی تحت‌تأثیر شوری قرار ندارد (۲۷). اما نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ ارقام اسفناج با افزایش سطوح تنش شوری کاهش یافت هرچند شاخص سبزینگی تغییر معنی‌داری نداشت که با نتایج فریرا و همکاران (۲۰۱۸) روی اسفناج رقم راکون مشابه بود (۱۳). در پژوهشی روی اسفناج، شوری سبب کاهش مقادیر کلروفیل a و b و کارتنوئید در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر شد (۱٦). کاهش

www.SID.ir

Archive of SID

در مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش شوری روی گیاهان لوبیا (۳۵) و مرزه (۱۲) نیز گزارش شده است. هم‌چنین امیری‌نژاد و همکاران (۲۰۱۷) در یک بررسی روی گیاه فلفل نشان دادند که تنش شوری از طریق کاهش محتوای نسبی آب برگ و کاهش مقدار کلروفیل سبب کاهش رشد گیاه فلفل گردید (۲) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. معمولاً کلروزه شدن برگ ناشی از کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی یکی از نشانه‌های تأثیر تنش بر گیاهان می‌باشد که در واقع ناشی از تأثیر تنش بر کاهش فعالیت آنزیم‌های دخیل در بیوسنتز کلروفیل و یا افزایش فعالیت آنزیم‌های دخیل در هیدرولیز کلروفیل می‌باشد (۳۵). در واقع کاهش در سنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی و یا افزایش تجزیه کلروفیل به عنوان یک سازوکار محافظت نوری است تا از آسیب فراوان حاصل از دریافت نور زیاد خوداری شود (۱۲). با توجه به این‌که طبق نتایج پژوهش حاضر رشد ریشه گیاهان تحت تنش کاهش یافت و در نتیجه در جذب عناصر غذایی مانند پتاسیم، کلسیم و آهن اختلال ایجاد شد و از طرفی افزایش مقدار سدیم و کلر در بافت گیاه مشاهده شد، می‌توان کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی را به این موارد نسبت داد.

شاخص‌های فتوسنتزی: طبق نتایج تجزیه واریانس اثر ساده رقم و شوری بر نرخ فتوسنتز، شاخص Fv/Fm و شاخص PI معنی‌دار شد، اما بر هدایت روزنه‌ای و نرخ تعرق فقط اثر ساده شوری معنی‌دار شد. نتایج هم‌چنین نشان داد که برهمکنش شوری و رقم در همه شاخص‌های فتوسنتزی به‌جز هدایت روزنه‌ای معنی‌دار بود (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر شوری بر شاخص‌های فتوسنتزی ارقام ایرانی و هیبرید اسفناج.

Table 5. Analysis of variance of salinity effects on photosynthetic indices of Iranian and hybrid spinach cultivars.

منابع تغییرات Sources of Variance	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean Squares				
		نرخ فتوسنتز Pn	هدایت روزنه‌ای gs	نرخ تعرق Tr	نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر Fv/Fm	کارآیی فتوسنتز PI
رقم (C) Cultivar	1	0.69^{**}	0.00007^{ns}	0.07^{ns}	0.002^{**}	0.57^{**}
شوری (S) Salinity	2	7.63^{**}	0.008^{**}	8.91^{**}	0.007^{**}	0.75^{**}
رقم×شوری S×C	3	0.13^{*}	0.00004^{ns}	0.23^{**}	0.002^{*}	0.09^{*}
خطا Error	16	4.88	4.81	0.04	0.00001	0.03
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		4.59	12.09	5.38	9.58	5.88

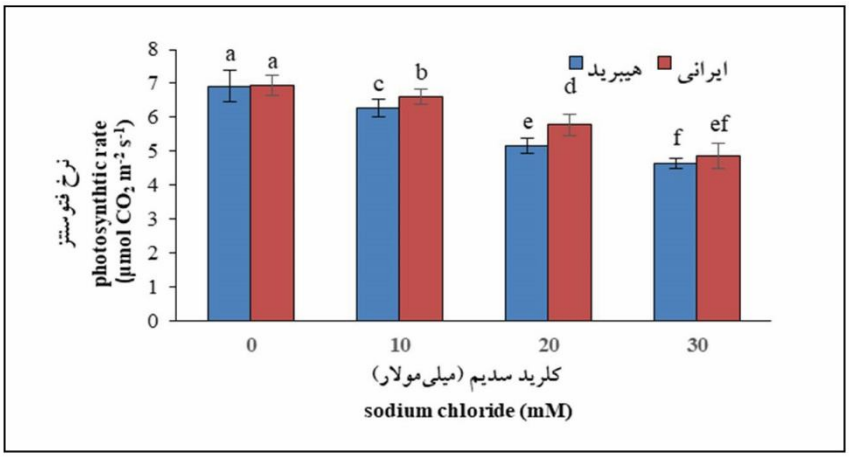
** اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪، * اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪، ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

ns, *, ** non-significant and significantin 5% and 1% level of probability, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

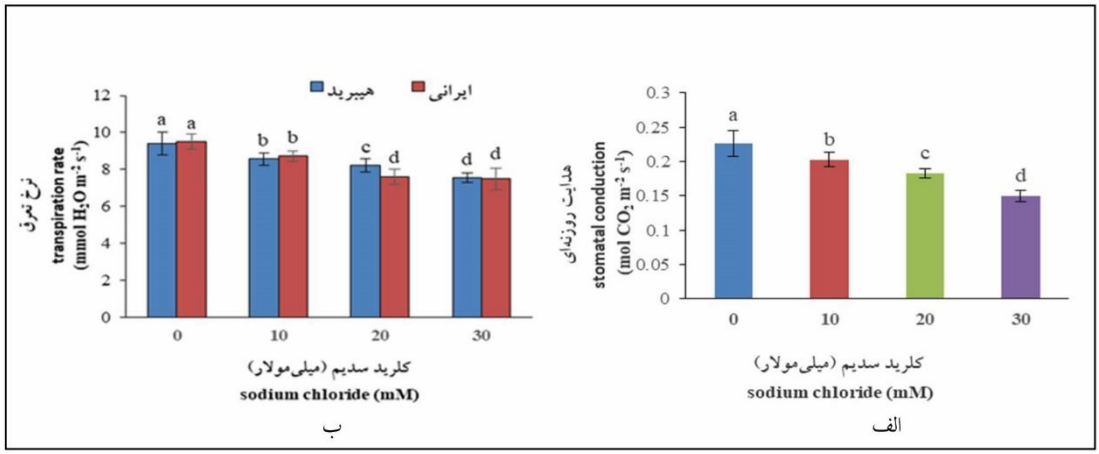
میزان نرخ فتوسنتز با افزایش شدت تنش شوری در هر دو رقم کاهش یافت به‌طوری‌که مقدار آن در رقم اسفناج ایرانی در سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به‌ترتیب ۹/۲۲، ۲۵/۵ و ۳۲/۷ درصد و در رقم اسفناج هیبرید ٤/۹٦، ۱٦/۸، ۳۰/۲ درصد کاهش یافت. هم‌چنین نتایج نشان داد که تغییرات نرخ فتوسنتز رقم هیبرید در سطوح ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در مقایسه با رقم ایرانی کم‌تر بود ولی در شرایط ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم نرخ فتوسنتز در هر دو رقم به‌طور یکنواخت کاهش یافت (شکل ۷).



شکل ۷- تأثیر سطوح مختلف شوری بر نرخ فتوسنتز ارقام اسفناج.

Fig. 7. Effect of different levels of salinity on the photosynthetic rate of spinach cultivars.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که نرخ تعرق با افزایش شدت تنش شوری در هر دو رقم کاهش یافت به‌طوری‌که در رقم اسفناج ایرانی با کاربرد ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به‌ترتیب ۹/۰۳، ۱۲/۹ و ۱۹/۸ درصد و در رقم هیبرید ۸/۲۰، ۱۹/۹، ۲۱/٤ درصد کاهش یافت (شکل ۸-الف). از طرفی مقدار هدایت روزنه‌ای برگ در شرایط ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به‌ترتیب حدود ۱۰/۵، ۱۹/٤ و ۳۳/۷ درصد در مقایسه با گیاهان شاهد کاهش یافت (شکل ۸- ب).



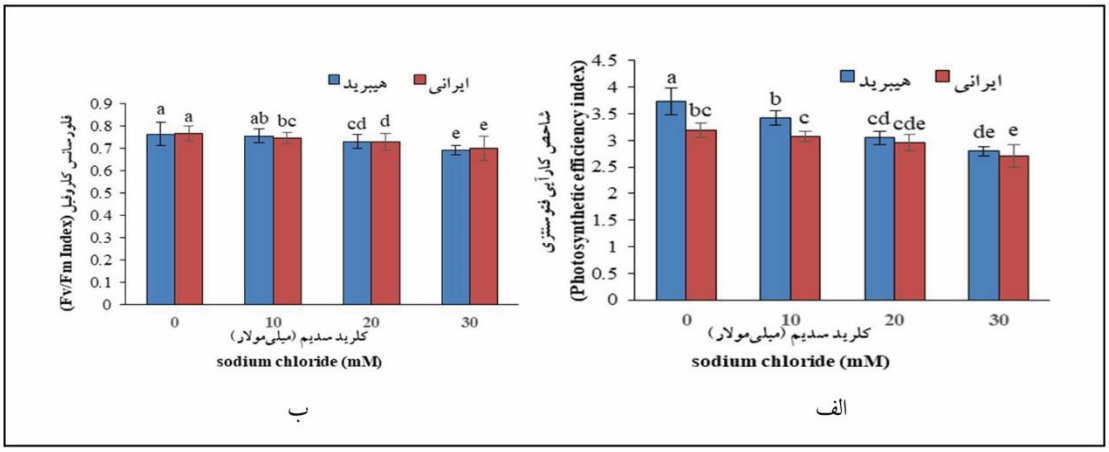
شکل ۸- الف) تأثیر سطوح شوری بر نرخ تعرق و ب) هدایت روزنه‌ای ارقام اسفناج.

Fig. 8. The effect of salinity levels on the A) Transpiration rate and B) Stomatal conduction of spinach cultivars.

www.SID.ir

Archive of SID

طبق نتایج شاخص Fv/Fm و شاخص PI با افزایش شدت تنش در هر دو رقم اسفناج کاهش یافت (شکل ۹- الف و ب) به‌طوری‌که شاخص PI در سطح ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در رقم ایرانی حدود ۱۵/۱۹ درصد کاهش یافت در حالی‌که در سطوح ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار تفاوتی با تیمار شاهد نداشت. نتایج هم‌چنین نشان داد که شاخص PI در رقم اسفناج هیبرید در سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به‌ترتیب ۸/۳۱، ۱۸/۳ و ۲۵ درصد کاهش یافت (شکل ۹- ب).



شکل ۹- تأثیر سطوح شوری بر الف) فلورسانس کلروفیل (Fv/Fm) و ب) شاخص کارآیی فتوسنتزی (PI) در ارقام اسفناج.

Fig. 9. Effect of salinity levels on A) The maximum quantum yield of chlorophyll florescence (Fv/Fm Index) and B) Photosynthetic efficiency index (PI) in spinach cultivars.

سطوح شوری آب آبیاری شاخص تبادل گازی برگ را به شدت تحت‌تأثیر قرار داد. گزارش شده است که فتوسنتز به همراه رشد سلول فتوسنتز از نخستین فرایندهایی است که در گیاه تحت‌تأثیر شوری قرار می‌گیرند (۲۵). واکنش‌های فتوسنتزی و یا فرایند فتوسنتز تحت‌تأثیر عوامل محیطی و درونی گیاه قرار می‌گیرد و شرایط تنش به شدت فرایند فتوسنتز را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند. اثرات تنش شوری بر فتوسنتز یا مستقیم است (به‌صورت محدودیت انتشار از طریق روزنه‌ها و مزوفیل و تغییرات در متابولیسم فتوسنتزی) یا غیرمستقیم، مانند تنش اکسیداتیو. تعادل کربن یک گیاه در طی دوره تنش شوری به سرعت و درجه بهبود فتوسنتزی بستگی دارد، همان‌طور که وابسته به میزان و سرعت کاهش فتوسنتز در طی تنش است (۱۰). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تنش شوری سبب کاهش نرخ فتوسنتز، کاهش هدایت روزنه‌ای، کاهش تعرق و کاهش شاخص‌های فلورسانس کلروفیل گردید. گزارش شده است که بسته شدن روزنه‌ها که با حالت اسمزی ناشی از شوری مربوط است، دلیل اصلی بازدارندگی فتوسنتز و کاهش در شاخص‌های فتوسنتزی است (۲۵) به‌طوری‌که با بسته شدن روزنه‌ها در برگ تبادل دی‌اکسید کربن کاهش یافته و فعالیت آنزیم رابیسکو کاهش می‌یابد که سبب کاهش نرخ فتوسنتز و در نهایت کاهش تولید ماده خشک می‌گردد (۱۹). نتایج مشابهی در پژوهش اورس و سوارز (۲۰۱۶) روی اسفناج گزارش شده است (۲۷). آن‌ها بیان کردند که کاهش شدید در هدایت روزنه‌ای و نرخ تعرق تحت تنش شوری، نشان‌دهنده مکانیسم‌های سازگاری برای مقابله با نمک اضافی است نه صرفاً یک پیامد منفی از آن. با توجه به

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج پژوهش حاضر بسته شدن روزنه‌ها و کاهش نرخ تعرق در شرایط تنش شوری را می‌توان به کاهش مقدار آب برگ و کاهش محتوای پتاسیم برگ نسبت داد به‌طوری‌که با کاهش محتوای آب نسبی برگ فشار تورگور کاهش می‌یابد و موجب بسته شده روزنه‌های گیاهی می‌شود از طرف دیگر کاهش مقدار پتاسیم برگ در شرایط تنش، سبب کاهش انتقال سدیم به‌سمت سلول‌های نگهبان روزنه می‌شود و با کاهش مقدار پتاسیم انتقال آب نیز به‌سمت روزنه کاهش یافته و در نهایت سلول‌های نگهبان روزنه نیز بسته می‌شوند که با بسته شدن روزنه‌ها نرخ تعرق، هدایت روزنه‌ای، دی‌اکسیدکربن کاهش می‌یابد (۳۳). بسته شدن روزنه‌ها و کاهش نرخ تعرق سبب افزایش دمای برگ می‌شود که این افزایش دمای برگ سبب آسیب به دستگاه فتوسنتزی به‌ویژه فتوسیستم II و کاهش شاخص‌های فلورسانس کلروفیل می‌گردد.

نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر کارآیی فتوسیستم II را در تبدیل نور جذب‌شده به انرژی شیمیایی نشان می‌دهد. نسبت Fv/Fm شاخصی برای تأثیر تنش‌ها بر گیاهان عنوان شده و در شرایط طبیعی مقدار این نسبت در بیش‌تر گیاهان ۰/۸۳ است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مقدار این شاخص که نشان‌دهنده فلورسانس کلروفیل برگ است در هر دو رقم اسفناج در شرایط تنش کاهش یافت. کاهش در شاخص‌های فلورسانس کلروفیل به کاهش محتوای نسبی کلروفیل نسبت داده می‌شود. از طرف دیگر به‌دلیل کاهش محتوای نسبی آب برگ، تجمع رادیکال‌های آزاد در سلول زیاد می‌شود که منجر به تغییر در کارآیی غشای سلول و اندامک‌های سلولی شده و این امر نیز سبب اختلال در فرایند انتقال الکترون و در نتیجه کاهش شاخص‌های فلورسانس کلروفیل می‌گردد (۲٤). کاهش در شاخص‌های فلورسانس کلروفیل سبب کاهش نرخ فتوسنتز می‌گردد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که پاسخ هر دو رقم به شرایط تنش شوری از نظر کاهش مقدار شاخص‌های فتوسنتزی یکسان بود که بیانگر حساسیت هر دو رقم به غلظت بالای سدیم و یا کلر است.

نتیجه‌گیری کلی

طبق نتایج پژوهش حاضر شاخص‌های رشدی نظیر سطح برگ، تعداد برگ، وزن‌تر ریشه، وزن خشک ریشه، وزن‌تر اندام هوایی و وزن خشک اندام هوایی دو رقم اسفناج در شرایط شوری کاهش یافت. نتایج هم‌چنین نشان داد که مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی رقم ایرانی در مقایسه با رقم هیبرید بیش‌تر بود و در هر دو رقم تحت تنش شوری کاهش یافت. شاخص‌های فتوسنتزی مانند نرخ فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، نرخ تعرق و شاخص‌های فلورسانس کلروفیل نیز در شرایط تنش شوری کاهش یافت هرچند تغییرات شاخص‌های فتوسنتزی در شرایط تنش شوری در هر دو رقم به طور تقریبی یکسان بود، اما مقدار این شاخص ها در رقم ایرانی بیش‌تر بود. نتایج کلی به‌دست آمده از این بررسی نشان می‌دهد که تنش شوری باعث کاهش صفات رشدی و فتوسنتزی هر دو رقم ایرانی و هیبرید اسفناج شد، اما کاهش خصوصیات رشدی در رقم "برگ‌پهن ورامین" کم‌تر از رقم هیبرید بود. بنابراین به نظر می‌رسد رقم ایرانی نسبت به رقم هیبرید به تنش شوری متحمل‌تر باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1. Amacher, J.K. 2000. Salinity and plant tolerance. Utah State University Extension. Electric Publishing, 30p.
2. Amirinejad, A.A., Sayyari, M., Ghanbari, F. and Kordi, S. 2017. Salicylic acid improves salinity-alkalinity tolerance in pepper (*Capsicum annuum* L.). Adv. Hortic. Sci. 31: 3. 157-163.
3. Andrew, J.S.H., Moreau, M., Kuntz, G., Pagny, C., Lin, S., Tansly, L. and Mccarthy, J. 2008. An investingation of carotenoid biosynthesis in *coffea canephora* and *coffea Arabica*. Plant. Physiol. 165: 1087-1106.
4. Apse, M.P. and Blumwald, E. 2002. Engineering salt tolerance in plant. J. Biotech. 13: 146-150.
5. Asadi, H.A. and Hassandakht, M.R. 2007. Study of genetic diversity of indigenous populations of Iranian spinach. J. Agr. Sci. Tech-Iran. 38: 2. 265-257. (In Persian)
6. Ashraf, M. and Harris, P.J.C. 2013. Photosynthesis under stressful environments: An overview. Photosynthetica. 51: 163-190.
7. Bagayoko, M. 2012. Soil salinity alkalinity effects on germination and seedling growth of vegetable crops in the Office du Niger zone. J. Res. Environ. Sci. Toxicol. 1: 12. 328-337.
8. Banaei, M.H., Moameni, A., Baybordi, M. and Malakouti, M.J. 2004. Iran Soils: New transformations in the identification, management and operation. Soil and Water Research Institute, Tehran. (In Persian)
9. Chaparzadeh, N. and Zarandi Miandoab, L. 2011. The effects of salinity on pigments content and growth of two canola (*Brassica napus* L.) cultivars. – Plant Biol. 9: 13-26.
10. Chaves, M.M., Flexas, J. and Pinheiro, C. 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. Ann. Bot. 103: 4. 551-560.
11. Elsheery, N.I. and Cao, K.F. 2008. Gas exchange, chlorophyll fluorescence, and osmotic adjustment in two mango cultivars under drought stress. Acta. Physiol. Plant. 30: 6. 769-777.
12. Estaji, A., Roosta, H.R., Rezaei, S.A., Hosseini, S.S. and Niknam, F. 2018. Morphological, physiological and phytochemical response of different *Satureja hortensis* L. accessions to salinity in a greenhouse experiment. J. Appl. Res. Med. Aroma. 10: 13-25.
13. Ferreira, J.F.S., Sandhu, D., Liu, X. and Halvorson, J.J. 2018. Spinach (*Spinacea oleracea* L.) response to salinity: Nutritional value, Physiological Parameters, Antioxidant Capacity and Gene Expression. Agriculture. 8: 163. 1-16.
14. Food and agriculture organization of the united nations. 2018. FAOSTAT agricultural data base. Retrieved from http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP/ visualize.
15. Ghanbari, F., Amiri Nejad, S.A., Sayyari, M. and Kardi, Q. 2017. Effect of salicylic acid on resistance to salinity and alkalinity of sweet pepper plant. J. Plant. Res. 29: 1. 130-141. (In Persian)
16. Ghorbani M., Heidari, M. and Ghafari, M. 2017. Effect of different levels of salinity and heavy elements of lead and cadmium on growth, photosynthetic pigments and sodium and potassium in spinach. Sci. Technol. Greenh. Crop. 7: 25. 23-15. (In Persian)
17. Gitelson, A.A., Gritz, Y. and Merzlyak, M.N. 2003. Relationships between leaf chlorophyll content and spectral reflectance and algorithms for non-destructive chlorophyll assessment in higher plant leaves. J. Plant. Physiol. 160: 271-282.
18. Jalali, A.H. and Jafari, P. 2015. The effect of potassium spread on reducing the effect of salinity in spinach (*Spinacia oleracea*), J. Hort. (Agr. Sci. Technol.). 30: 2. 201-208. (In Persian)
19. Khosravinejad, F., Heydari, R. and Farboodnia, T. 2008. Effects of salinity on photosynthetic pigments, respiration, and water content in two barley varieties. Pak. J. Bio. Sci. 11: 2438-2442.

www.SID.ir

Archive of SID

20. Maas, E.V. and Grattan, S.R. 1999. Crop yields as affected by salinity. P 55-108, In: R.W. Skaggs and J. van Schilfgaarde (eds), Agricultural Drainage Agronomy Monograph, No. 38, ASA, Madison.
21. Machado, R.M.A. and Serralheiro, R.P. 2017. Soil salinity: Effect on vegetable Crop Growth. Management Practices to Prevent and Mitigate Soil Salinization. Hort. 30: 2. 1-13.
22. Mashayekhi, K. and Shomali, A. 2018. Botany, physiology and culture of vegetable. Gorgan Univ. Press, 502p. (In Persian)
23. Moameni, A., Siadat, H. and Malakouti, M.J. 1999. The extent distribution and management of salt affected soils of Iran. FAO Global Network on Integrated Soil Management for Sustainable Use of Salt Affected Soils, Izmir Turkey.
24. Molinari, H.B.C., Marur, C.J., Daros, E., De Campos, M.K.F., De Carvalho, J.F.R.P., Filho, J.C.B., Pereira, L.F.P. and Vieira, L.G.E. 2007. Evaluation of the stress-inducible production of proline in transgenic sugarcane (*Saccharum* spp.): osmotic adjustment, chlorophyll fluorescence and oxidative stress. Physiol. Plant. 130: 2. 218-229.
25. Munns R., James R.A. and Lauchli A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. J. Exp. Bot. 57: 1025-1043.
26. Navari-Izoo, F., Quartacci, M.F. and Izzo, R. 1990. Waterstress induced changed changes in protein and free amino acids in field grown maize and sun flower. – Plant Physiol. Biochem. 28: 531-537.
27. Ors, S. and Suarez, D.L. 2016. Salt tolerance of spinach as related to seasonal climate. Hort. Sci. (Prague). 43: 33-41.
28. Pasternak D. and De Malach Y. 1994. Crop irrigation with saline water. In: Pessarakli, M. (ed), Handbook of plant and crop stress, Marcel Dekker, New York, Pp: 599-622.
29. Porra, R.J. 2002. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. Photosynth. Res. 73: 149-156.
30. Salunkhe, D.K., Bilon, H.R. and Reddy, N.R. 1991. Storage, processing and nutritional quality of fruits and vegetables.Vol 1. CRC Press, Boca Raton, 285p.
31. Sayyari, M. and Mahmoodi, S.H. 2002. An investigation of reason of soil salinity and alkalinity on some part of Khorasan Province (Dizbad-e Pain Region). 17th WCSS, 14-21 August 2002, Paper No. 1981, Thailand, 12p.
32. Shannon, M.C. and Grieve, C.M. 1999. Tolerance of vegetable crops to salinity. Sci. Hortic. 78: 5-38.
33. Sharma, N., Gupta, N.K., Gupta, S. and Hasegawa, H. 2005. Effect of NaCl salinity on photosynthetic rate, transpiration rate, and oxidative stress tolerance in contrasting wheat genotypes. Photosynthetica. 43: 4. 609-613.
34. Sultana, N., Ikeda, T. and Itoh, R. 1999. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. Environ. Exp. Bot. 42: 3. 211-220.
35. Taïbi, K., Taïbi, F., Abderrahim, L.A., Ennajah, A., Belkhodja, M. and Mulet, J.M. 2016. Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L. S. Afr. J. Bot. 105: 306-312.
36. Vashev, B., Gaiser, T., Ghawana, T., de Vries, A. and Stahr, K. 2010. Biosafor project Deliv-erable 9: cropping potentials for saline areas in India, Pakistan and Bangladesh. University of Hohenheim, Hohenheim, Germany.
37. Yoon, Y.E., Kuppusamy, S., Cho, K.M., Kim, P.J., Kwack, Y.B. and Lee, Y.B. 2017. Influence of cold stress on contents of soluble sugars, vitamin C and free amino acids including gamma-aminobutyric acid (GABA) in spinach (*Spinacia oleracea*). Food Chem. 215: 185-192.
38. Yousif, B.S., Nguyen, N.T., Fukuda, Y., Hakata, H., Okamoto, Y., Masaoka, Y. and Saneoka, H. 2010. Effect of salinity on growth, mineral composition, photosynthesis and water relations of two vegetable crops: Newzealand spinach (*Tetragonia tetragonioides*) and water spinach (*Ipomoea aquatica*). Int. J. Agric. Biol. 12: 2. 211-216.

www.SID.ir