مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۱۷ شماره ۲ صفحه‌های ۱۶۹ تا ۱۸۰ (۱۳۹۵)

اثر غلظت‌های متفاوت بی‌کربنات سدیم در آب آبیاری بر برخی ویژگی‌های رویشی و بوم‌فیزیولوژیکی دانهال‌های پسته رقم بادامی ریز زرند[1]

The Effect of Different Concentrations of Sodium Bicarbonate in Irrigation Water on Some Vegetative and Physiological Parameters of Pistachio Seedlings cv. Badami-e-Rize Zarand

شیرین نصراله پورمقدم و حمیدرضا کریمی*[2]

چکیده

به منظور بررسی پاسخ دانهال‌های پسته رقم بادامی ریز زرند به غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم آب آبیاری، آزمایشی به صورت طرح آماری کامل تصادفی با تیمار بی‌کربنات سدیم در سه سطح (صفر، ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار) با سه تکرار در شرایط گلخانه انجام شد. بر اساس نتیجه‌ها، در سطح ۱۵ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم، ارتفاع ساقه، وزن تر ساقه و برگ و در سطح ۳۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم، وزن خشک برگ، ساقه و ریشه، تعداد برگ و سطح سبز برگ به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت. در تیمار ۳۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم آب آبیاری، مقدار آسیب دیدگی سطح برگ و درصد ریزش برگ افزایش معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها داشت. غلظت کلروفیل a، b، کل، کارتنوئیدها و محتوای آب نسبی برگ در اثر تنش بی‌کربنات سدیم کاهش پیدا کرد و کارایی استفاده از آب ابتدا افزایش و در نهایت با بالا رفتن غلظت بی‌کربنات سدیم در آب آبیاری کاهش یافت. به طور کلی نتیجه‌های این آزمایش مشخص کرد که پایه پسته رقم بادامی ریز زرند به غلظت ۳۰ میلی‌مولار و بالاتر بی‌کربنات سدیم در آب آبیاری حساس است.

واژه‌های کلیدی: پسته، رابطه‌های آبی، قلیائیت، کلروفیل.

مقدمه

پسته (*Pistacia vera*) از تیره پسته‌سانان (Anacardiaceae) است که به طور وسیعی در منطقه مدیترانه و ایران کشت می‌شود. در ایران پسته به‌عنوان یک محصول استراتژیک جایگاه خاصی را در بین تولیدهای کشاورزی دارد و بخش عمده‌ای از صادرات غیر نفتی را به خود اختصاص می‌دهد (۲). بر اساس آمار منتشر شده از سازمان خواربار و کشاورزی (فائو) در سال ۲۰۱۱، پسته در حدود ۴۸۳۷۵۰ هکتار از مزرعه‌های قابل کشت در دنیا را به خود اختصاص داده است که ۲۵۷۹۳۰ هکتار آن در کشور ما، ایران می‌باشد. همچنین طبق گزارش همین سازمان مقدار تولید این محصول در دنیا در سال ۲۰۱۱ در حدود ۹۴۲۹۷۰ تن بود که از این مقدار سهم قاره آسیا ۷۱۶۴۳۳ تن می‌باشد که در حدود ۴۷۲۰۰۰ تن از آن در ایران تولید می‌شود (۱۴).

آب و روش‌های آبیاری یکی از عامل‌های مهم در رابطه با رشد گیاه می‌باشد که از دو جنبه کمی و کیفی اهمیت دارد. امروزه افزایش رقابت برای آب‌های صنعتی و شهری، دسترسی به منبع‌های آب با کیفیت خوب را برای تولیدات کشاورزی کاهش داده است (۱۷، ۱۸، ۲۱). رفسنجان یکی از شهرستان‌های استان کرمان است که با مشکل کیفیت کم آب آبیاری روبه‌رو می‌باشد. به طوری که آمار نشان می‌دهد، میانگین بی‌کربنات موجود درآب-های آبیاری منطقه رفسنجان ۲۰۸/۸ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد (۱۹).

۱- تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۴ تاریخ پذیرش:۹۵/۶/۱۷

۲- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان.
* نوسینده مسئول، پست الکترونیک: (h_karimi1019@yahoo.com)

ظرفیت کمی آب، برای خنثی نمودن یک اسید قوی تا pH معینی را قلیائیت آب می‌گویند. قلیائیت آب به عنوان یکی از ویژگی‌های عمومی آب در نظر گرفته می‌شود. عامل‌های اصلی که باعث قلیائیت می‌شوند شامل بی‌کربنات-ها (HCO_3^-) و کربنات‌ها (CO_3^{2-}) هستند. pH قلیایی منجر به تشکیل شکل‌های غیر محلول و غیر قابل جذب برخی عنصرهای غذایی به‌ویژه آهن (Fe)، روی (Zn) و مس (Cu) می‌شود. پیامد این امر به‌صورت زردی در برگ‌های جوان بروز خواهد کرد که ناشی از کاهش یافتن ساخت کلروفیل در اثر کمبود Fe و Zn است (۸، ۱۳). غلظت‌های بالای بی‌کربنات سبب کاهش در رشد شاخساره می‌شود که دربرگیرنده کاهش در رشد و مقدار فتوسنتز کمتر و در نتیجه زردی تحریک شده به وسیله بی‌کربنات در برگ‌ها می‌باشد. مقدار فتوسنتز کمتر ناشی از تخریب یا ساخت کمتر کلروفیل به دلیل انتقال کم آهن از خاک است (۳۵). در آزمایشی که توسط کسوری و لوبودا (۲۲) روی پنج واریته انگور صورت گرفت، افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم آب آبیاری باعث کاهش شاخص‌های فتوسنتزی شد. شاخص‌های رشدی گیاه مثل وزن ساقه، مجموع سطح برگ، تعداد برگ، تولید زیست-توده و مقدار کلروفیل در برگ‌های جوان بسته به نژادگان گیاه و غلظت بی‌کربنات کاهش یافت (۱۱، ۲۳، ۳۱). غلظت زیاد بی‌کربنات در محلول خاک باعث افزایش pH خاک و شیره آوند چوبی می‌شود (۸).

الکانتارا و همکاران (۴) ضمن ارزیابی پاسخ ۸ پایه مختلف زیتون به بی‌کربنات سدیم گزارش کردند که در بین پایه‌های مختلف تفاوت‌های آشکار در وزن تر و خشک در پایه‌های حساس بیشتر از پایه‌های مقاوم بود. در پژوهشی دیگر گزارش شده است که رشد ساقه پکان به طور قابل توجهی از بی‌کربنات سدیم اثر می‌گیرد به طوری که غلظت بالای بی‌کربنات سدیم (۵۰ میلی‌مولار) باعث کاهش ارتفاع ساقه، تعداد برگ و قطر ساقه می‌شود (۳۴). شی و همکاران (۳۴) گزارش کردند که رشد شاخساره هلو در اثر بی‌کربنات کاهش می‌یابد اما رشد ریشه کمتر اثر می‌گیرد. در پژوهشی دیگر اثر بی‌کربنات سدیم بر پایه‌های پسته آتلانتیکا، بادامی ریز زرند، سرخس و قزوینی در سیستم کشت بدون خاک بررسی شد. بر اساس نتیجه‌ها تیمار بی‌کربنات سدیم رشد رویشی پایه‌ها را کاهش داد، به‌طوری که بیشترین درصد کاهش وزن تر گیاه در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار بی کربنات سدیم در پایه آتلانتیکا و سرخس و کمترین درصد کاهش در پایه قزوینی مشاهده شد. همچنین بی‌کربنات سدیم باعث کاهش محتوای آب نسبی برگ شد (۱). با توجه به اینکه پایه عمده پسته در استان کرمان پایه بادامی ریز زرند می باشد و از طرف دیگر مقدار یون‌های بی‌کربنات در آب آبیاری منطقه‌های زیر کشت پسته بالا می‌باشد و تا کنون پژوهش جامعی در این خصوص روی این پایه و در بستر خاک صورت نگرفته است، بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم در آب آبیاری منطقه (در حضور سایر ماده‌های محلول غالب در آب منطقه از قبیل سولفات‌ها و کلورها) در یک سطح EC بر برخی شاخص‌های رویشی و بوم-فیزیولوژیکی پایه پسته رقم بادامی ریز زرند در بستر خاک طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با اعمال تنش بی‌کربنات روی دانهال‌های پسته رقم بادامی ریز زرند (*Pistacia vera* L. cv. Badami-Riz-e-Zarand) در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. بذرها با محلول کلراکس ۱۰٪ به مدت ۱۰ دقیقه و در قارچکش مانکوزب با غلظت یک در هزار گندزدایی شدند و هر بذر در یک گلدان دارای ۲/۵ کیلوگرم خاک مزرعه که با نسبت ۱:۴ با ماسه مخلوط شده بود، کشت شد. ترکیب خاکی حاصل بافت شنی لوم داشت، pH آن ۸ و هدایت الکتریکی محلول آن ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر بود. دانهال‌های حاصل به مدت ۵ ماه در گلخانه با متوسط دمای ۲۷/۶ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۳۰٪ و شدت نور میانه روز ۱۰±۵۰ کیلولوکس رشد کردند. تنش قلیائیت به مدت ۸۰ روز از راه آب آبیاری بر اساس درصد رطوبت وزنی خاک با استفاده از آب شهری با هدایت الکتریکی ثابت و بی‌کربنات سدیم در سه سطح صفر

(شاهد)، ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار با سه تکرار و در هر تکرار سه نمونه روی دانهال‌های پسته رقم بادامی ریز زرند اعمال شد (به منظور جلوگیری از تجمع نمک، آبیاری تا ۳۰٪ بیشتر از ظرفیت مزرعه انجام شد).

شاخص‌های رویشی

از جمله شاخص‌های رویشی، که در پایان دوره اعمال تنش اندازه‌گیری شد، ارتفاع ساقه، تعداد برگ، تعداد برگ ریزش یافته، سطح برگ سبز، سطح برگ آسیب دیده، وزن تر و خشک برگ، ساقه و ریشه بود. ارتفاع با استفاده از خط کش اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری سطح برگ در پایان آزمایش، تمامی برگ‌های دانهال با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ (LAM; Leaf Area Meter-C1-202,USA) اسکن شدند و سطح برگ سبز و برگ آسیب دیده بر اساس سانتی‌مترمربع به‌دست آمد. برای تعیین وزن خشک، ابتدا گیاه به سه قسمت برگ، ساقه و ریشه تقسیم شد و نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در خشک‌کن با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند و سپس وزن شدند.

رنگدانه‌های برگ

۸۰ روز بعد از تنش مقدار کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها با استفاده از روش طیف‌سنجی اندازه‌گیری شد (۲۳). ابتدا ۰/۲۵ گرم از نمونه برگ تازه جمع‌آوری شده از فلش‌های رشدی دانهال‌ها (به‌دلیل تأثیر بیشتر بی‌کربنات در بخش‌های انتهایی گیاه) در هاون چینی سرد با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ ساییده شد تا به صورت محلول یکنواختی درآمد. سپس نمونه‌ها به لوله‌های سانتریفیوژ منتقل و به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند و پس از جداسازی فاز مایع از جامد، قسمت مایع برای اندازه‌گیری رنگدانه‌ها استفاده شد. مقدار جذب نور محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (PG Instruments, T80 UV/VIS) در طول موج‌های ۶۶۳/۲، ۶۴۶/۸ و ۴۷۰ نانومتر خوانده و غلظت رنگدانه‌ها بر اساس معادله‌های زیر محاسبه شد.

$$\text{Chla (mg g}^{-1}\text{ F.w.)} = \{12.25\ (A663.2) - 2.79\ (A646.8)\} \times V/1000 \times W$$
$$\text{Chlb (mg g}^{-1}\text{ F.w.)} = \{25.51(A646.8) - 5.10\ (A663.2)\} \times V/1000 \times W$$
$$\text{ChT (mg g}^{-1}\text{ F.w.)} = \text{Chlb} + \text{Chl.a}$$
$$\text{Car (mg g}^{-1}\text{ F.w.)} = [(1000\ (A_{470}) - 1.8\ (\text{chl.a}) - 85.02\ (\text{chlb})\ /198]$$

که در آن A، مقدار جذب نور؛ V، حجم نهایی محلول و W، وزن نمونه است.

محتوای آب نسبی برگ

برای اندازه‌گیری مقدار آب نسبی برگ، ابتدا ۱۰ عدد دیسک به قطر ۰/۵ سانتی‌متر از پهنک برگ‌های انتهایی گرفته شد و پس از ثبت وزن تازه (FW)، داخل شیشه‌های دارای ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۵ ساعت در دمای ۴ درجه سلسیوس در تاریکی قرار داده شد تا یاخته‌های برگ به حالت آماس کامل درآیند. سپس آن‌ها بر روی کاغذ صافی قرار داده شدند تا رطوبت آن‌ها گرفته شود، سپس وزن آماس (TW) ثبت و نمونه‌ها در خشک‌کن با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و وزن خشک دیسک‌ها (DW) نیز اندازه‌گیری شد. RWC با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (۹).

$$RWC = [(FW - DW) / (TW - DW)] \times 100$$

کارایی استفاده از آب

برای محاسبه کارایی استفاده از آب (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)، مجموع مقدار آب مصرفی برای هر گلدان در مدت زمان رشد گیاه و وزن خشک کل گیاه ثبت و با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (۳۷).

$$WUE = DW/UW$$

که در آن DW= کل ماده خشک تولید شده در پایان فصل رشد (گرم) و UW= مقدار آب مصرف شده در طول دوره رشد (میلی‌لیتر) است.

این پژوهش به صورت طرح آماری کامل تصادفی با تیمار بی‌کربنات در ۳ غلظت و هر تکرار با سه نمونه

انجام شد. داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم افزار آماری MSTAT-C تجزیه و تحلیل شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن ($P< 0.05$) انجام گرفت.

نتایج

بر اساس نتیجه‌های به دست آمده تیمار بی‌کربنات باعث شد که گیاهان رشد کمتری نسبت به شاهد داشته باشند؛ به این ترتیب که ارتفاع گیاهان در هر دو سطح ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار بی‌کربنات کاهش پیدا کرد و نسبت به شاهد اختلاف معنی‌دار داشت، اما تفاوتی بین سطح‌های بی‌کربنات مشاهده نشد (جدول ۱). وزن تر و خشک ساقه نیز از تیمار بی‌کربنات اثر گرفت به طوری که کمترین وزن تر (۱/۶۸ گرم) و خشک ساقه (۱/۰۹ گرم) در بالاترین سطح بی‌کربنات و بیشترین آن‌ها در شاهد مشاهده شد. در ارتباط با وزن تر ساقه، تمامی سطح‌های آزمایش با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند، درحالی که از نظر وزن خشک ساقه تفاوتی بین شاهد و سطح ۱۵ میلی‌مولار بی-کربنات دیده نشد و از نظر آماری تنها در سطح ۳۰ میلی‌مولار بی‌کربنات اختلاف معنی‌دار نمایان شد (جدول ۱). بیشترین تعداد برگ در سطح شاهد مشاهده شد و تیمار بی‌کربنات به ویژه در سطح ۳۰ میلی‌مولار سبب کاهش چشم‌گیری در تعداد برگ شد در حالی که تفاوت معنی‌داری بین شاهد و سطح ۱۵ میلی‌مولار بی‌کربنات مشاهده نشد (جدول ۱). بیشترین مقدار وزن تر و خشک برگ به ترتیب با میانگین‌های ۳/۷۶۰ و ۱/۴۷۷ گرم در شاهد مشاهده شد. تیمار بی‌کربنات سدیم وزن تر و خشک برگ را نسبت به شاهد کاهش داد به طوری که در ارتباط با وزن تر برگ هر دو سطح ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار سبب اختلاف معنی‌دار با شاهد و همچنین با یکدیگر شدند درحالی که وزن خشک برگ تنها از تیمار ۳۰ میلی‌مولار بی‌کربنات اثر گرفت (جدول ۱). به طور کلی تیمار بی کربنات سدیم در سطح ۳۰ میلی‌مولار در ارتباط با ویژگی‌های ارتفاع ساقه، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه، تعداد برگ، وزن تر برگ و وزن خشک برگ به ترتیب باعث کاهش ۲۴/۲، ۳۶/۱، ۲۰/۹، ۳۴/۶، ۵۰/۵، ۳۹/۲ درصدی نسبت به شاهد شد.

جدول ۱- تأثیر غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم آب آبیاری [۰(شاهد)، ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار] بر ویژگی‌های رشدی، ارتفاع ساقه، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه تعداد برگ، وزن تر برگ، وزن خشک برگ) دانهال‌های پسته رقم بادامی ریز زرند.

Table 1. Effect of different concentrations of sodium bicarbonate in irrigation water [0 (control), 15 and 30 mM] on parameters of growth (HS: stem height, SFW: shoot fresh weight, SDW: shoot dry weight, NL: number of leaves, LFW: leaf fresh weight, LDW: leaf dry weight) of pistachio seedlings cv. Badami-e-Rize Zarand.

غلظت Concentration	ارتفاع ساقه HS (cm)	وزن تر ساقه SFW (g)	وزن خشک ساقه SDW (g)	تعداد برگ NL	وزن تر برگ LFW (g)	وزن خشک برگ LDW (g)
0 mM	32.49 a†	2.627 a	1.390 a	18.50 a	3.760 a	1.477 a
15 mM	26.12 b	1.990 b	1.373 a	17.11 a	2.770 b	1.343 a
30 mM	24.64 b	1.683 c	1.090 b	12.08 b	1.863 c	0.870 b

†Similar letters indicate no significant difference at 1% level of Duncan's multiple range tests.

† حرف‌های مشابه نشان دهنده نبود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ می‌باشد.

سطح برگ

بر اساس نتیجه‌های به دست آمده بی‌کربنات سدیم باعث کاهش سطح برگ سبز در دانهال‌های پسته شد. به ترتیب بیشترین و کمترین سطح سبز برگ در تیمار شاهد با میانگین ۱۷/۸۶ سانتی‌متر مربع و سطح ۳۰ میلی-مولار بی‌کربنات با میانگین ۹/۸۷ سانتی‌متر مربع مشاهده شد. بین تیمار بی‌کربنات سدیم ۱۵ میلی‌مولار و شاهد تفاوت معنی‌داری از نظر سطح سبز برگ دیده نشد (شکل ۱- الف). با افزایش سطح بی‌کربنات سدیم بر تعداد برگ‌های آسیب دیده افزوده شد به طوری که بیشترین سطح برگ آسیب دیده در سطح ۳۰ میلی‌مولار بی‌کربنات مشاهده شد و با سطح‌های دیگر آزمایش (شاهد و ۱۵ میلی‌مولار) اختلاف چشم‌گیری داشت به طوری که نسبت به شاهد ۸۵/۷٪ و نسبت به سطح ۱۵ میلی‌مولار بی‌کربنات ۶۹/۳٪ بر مقدار آسیب دیدگی برگ افزوده شد که این تفاوت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (شکل ۱- ب).

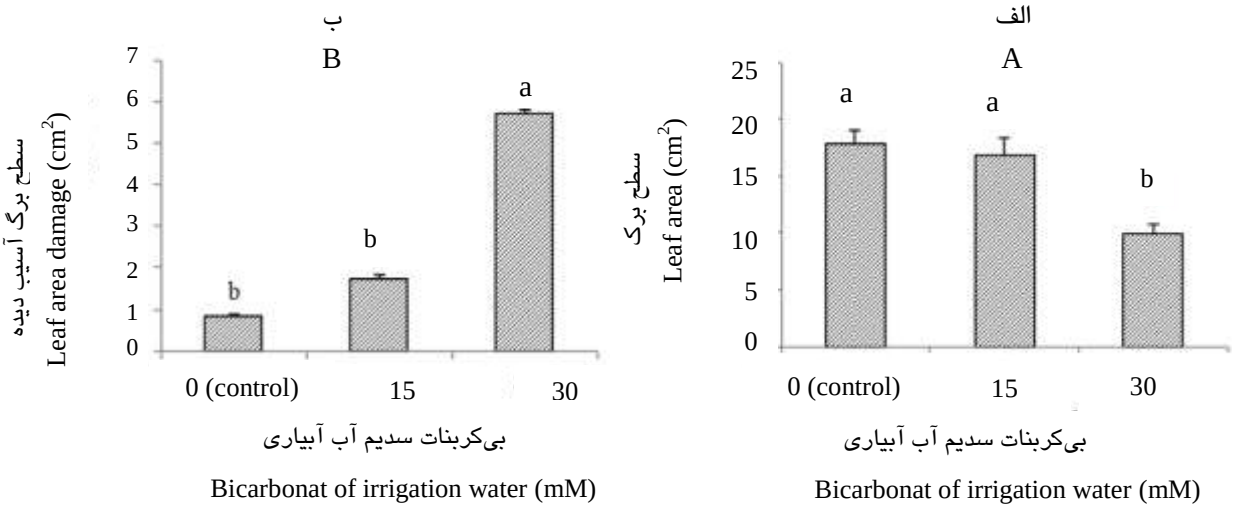


Fig. 1. Effect of different concentrations of sodium bicarbonate in irrigation water [0 (control), 15 and 30 mM] on green leaf area (A) and damaged leaf area (B) of pistachio seedlings cv. Badami-e-Rize Zarand. Similar letters indicate no significant difference at 1% level of Duncan's multiple range tests.

شکل ۱- تأثیر غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم آب آبیاری [۰ (شاهد)، ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار] بر سطح برگ سبز (الف) و سطح برگ آسیب دیده (ب) در دانهال‌های رقم بادامی ریز زرند. حرف‌های مشابه نشان دهنده نبود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ می‌باشد.

وزن تر و خشک ریشه

نتیجه‌های تیمار بی‌کربنات در ارتباط با وزن تر و خشک ریشه نشان داد که این دو شاخص رشدی از بی‌کربنات اثر گرفتند. تیمار ۱۵ میلی‌مولار بی‌کربنات باعث افزایش وزن تر ریشه شد به‌طوری که با شاهد اختلاف معنی‌دار داشت و با افزایش سطح بی‌کربنات (۳۰ میلی‌مولار) وزن تر ریشه کاهش یافت به صورتی که اختلاف آن با سطح ۱۵ میلی‌مولار معنی‌دار بود؛ در حالی که با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۲- الف). وزن خشک ریشه در سطح ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار بی‌کربنات تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت؛ در حالی که سطح ۳۰ میلی‌مولار به طور معنی‌داری باعث کاهش وزن خشک ریشه نسبت به سطح ۱۵ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم شد (شکل۲- ب).

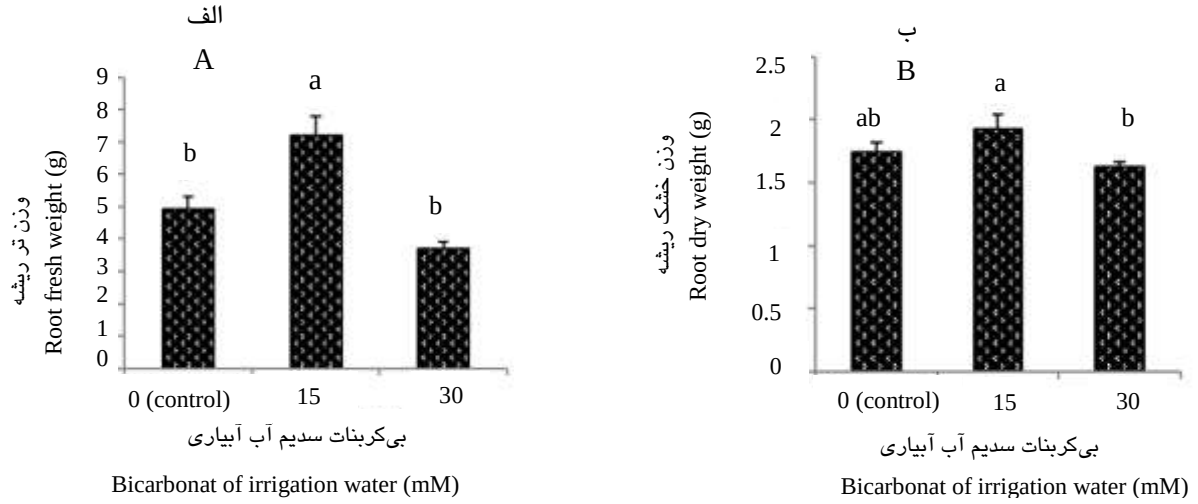


Fig. 2. Effect of different concentrations of sodium bicarbonate in irrigation water [0 (control), 15 and 30 mM] on fresh (A) and dry (B) weight of roots of pistachio seedlings cv. Badami-e-Rize Zarand. Similar letters indicate no significant difference at 1% level of Duncan's multiple range tests.

شکل ۲- تأثیر غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم آب آبیاری [۰ (شاهد)، ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار] بر وزن تر (الف) و خشک (ب) ریشه در دانهال‌های رقم بادامی ریز زرند. حرف‌های مشابه نشان دهنده نبود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ می‌باشد.

درصد ریزش برگ

بر اساس نتیجه‌های به دست آمده تنش بی‌کربنات باعث افزایش درصد ریزش برگ شد. سطح ۱۵ میلی‌مولار بی‌کربنات باعث ریزش ۲۹/۷ درصدی برگ نسبت به شاهد شد که از نظر آماری معنی‌دار نشد. درصد ریزش برگ در سطح ۳۰ میلی‌مولار بی‌کربنات نسبت به شاهد ۵۲/۵٪ بیشتر بود که در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. همچنین نتیجه‌ها نشان داد که با افزایش غلظت بی‌کربنات درصد ریزش برگ افزایش یافت که باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار بین سطح‌های ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار بی‌کربنات شد (شکل ۳).

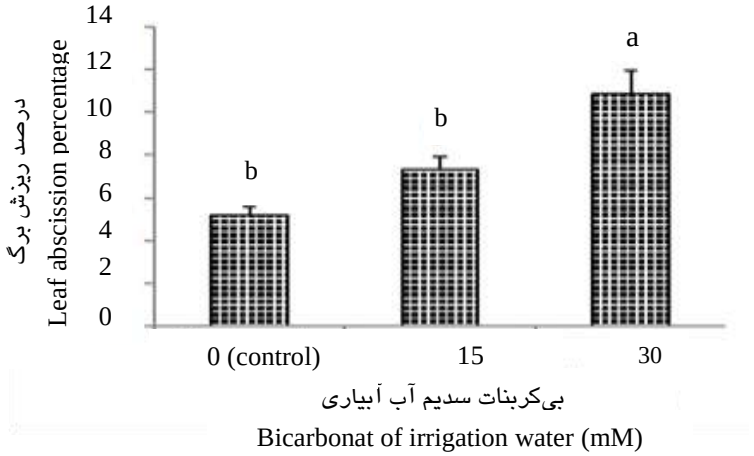


Fig. 3. Effect of different concentrations of sodium bicarbonate in irrigation water [0 (control), 15 and 30 mM] on leaf abscission percentage of pistachio seedlings cv. Badami-eRize Zarand. Similar letters indicate no significant difference at 1% level of Duncan's multiple range tests.

شکل ۳- تأثیر غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم آب آبیاری [۰ (شاهد)، ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار] بر درصد ریزش برگ در دانهال‌های رقم بادامی ریز زرند. حرف‌های مشابه نشان دهنده نبود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ می‌باشد.

رنگدانه‌های گیاهی

نتیجه‌ها نشان داد که تیمار بی‌کربنات در سطح‌های ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار باعث کاهش کلروفیل a شد. کاهش کلروفیل a در سطح ۳۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد ۴۷/۹٪ بود که باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار با شاهد شد در حالی که بین سطح ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار تفاوتی مشاهده نشد (شکل ۴- الف). بیشترین مقدار کلروفیل b در شاهد مشاهده شد (۰/۶۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و تیمار بی‌کربنات در هر دو سطح ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار باعث کاهش در مقدار کلروفیل b شد که مقدار کاهش در سطح ۳۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد ۶۴/۵٪ بود. همچنین بین سطح-های بی‌کربنات در ارتباط با کلروفیل b اختلاف معنی‌دار وجود داشت (شکل ۴- ب). تغییرهای کلروفیل کل در اثر تیمار بی‌کربنات مشابه کلروفیل a بود. کمترین مقدار کلروفیل کل در سطح ۳۰ میلی‌مولار بی‌کربنات بود که با شاهد اختلاف ۵۴/۳ درصدی داشت (شکل ۴- پ). مقدار کاروتنوئیدها در اثر تنش بی‌کربنات کاهش یافت به طوری که بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب در سطح شاهد (۰/۵۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و ۳۰ میلی‌مولار (۰/۳۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) بی‌کربنات مشاهده شد. بین سطح ۱۵ میلی‌مولار بی‌کربنات با شاهد و سطح ۳۰ میلی‌مولار بی‌کربنات از نظر مقدار کاروتنوئیدها اختلاف معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد (شکل۴- ت).

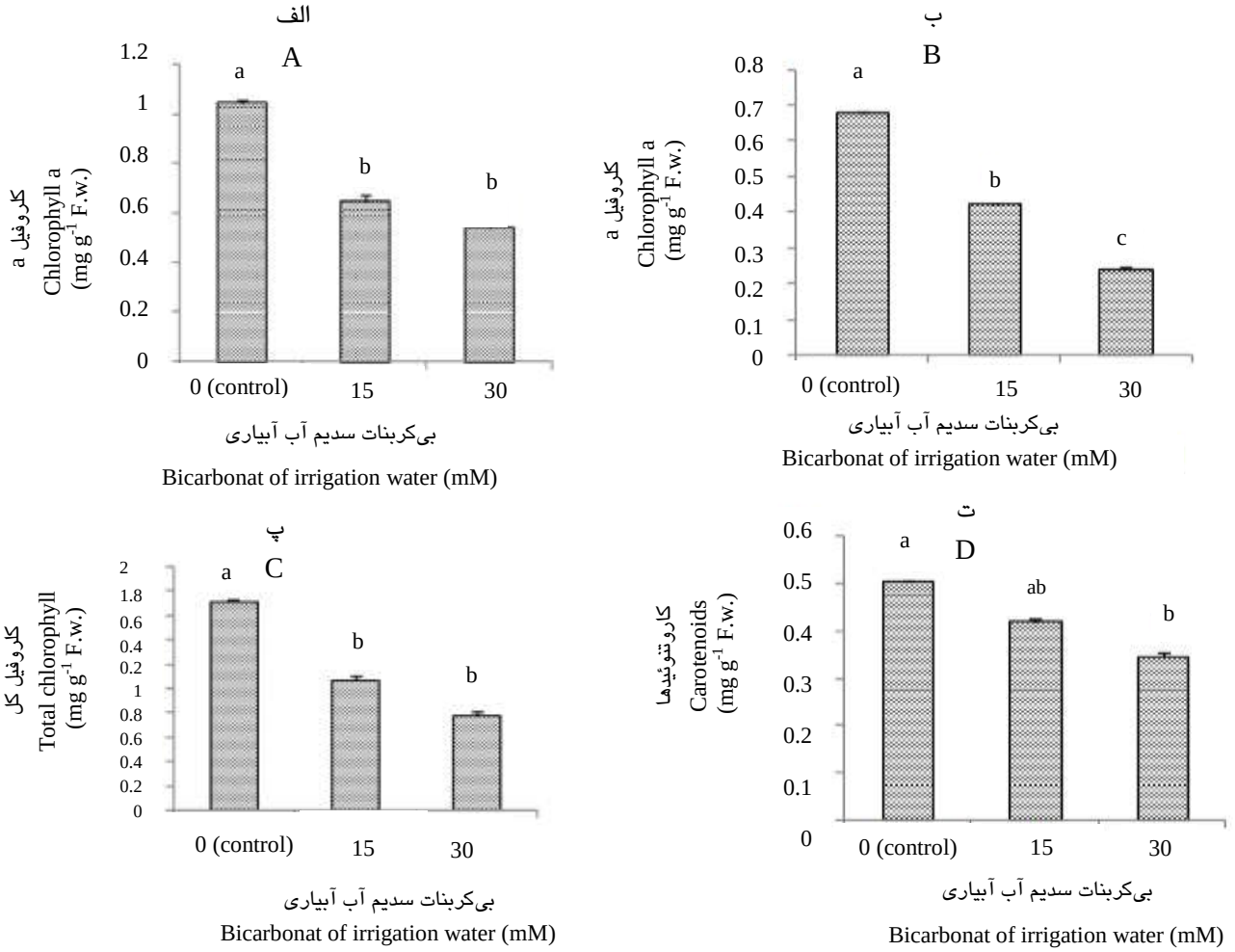
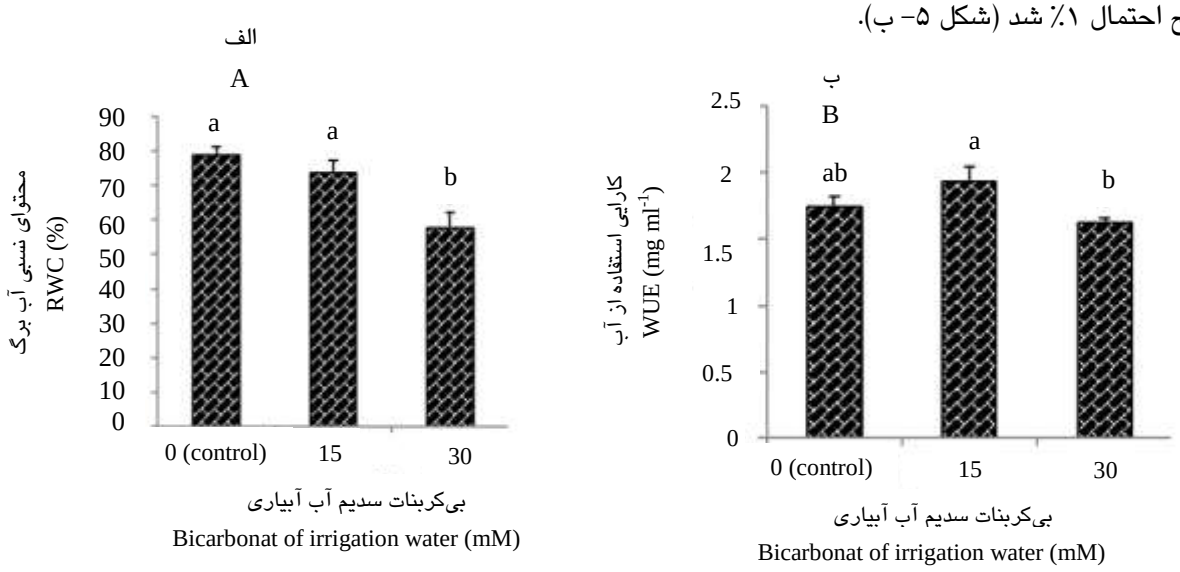


Fig. 4. Effect of different concentrations of sodium bicarbonate in irrigation water [0 (control), 15 and 30 mM] on chlorophyll a (A), b (B), total (C) and carotenoids (D) of pistachio seedlings cv. Badami-e-Rize Zarand. Similar letters indicate no significant difference at 1% level of Duncan's multiple range tests.

شکل ۴- تأثیر غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم آب آبیاری [۰ (شاهد)، ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار] بر غلظت کلروفیل a (الف)، b (ب)، کل (پ) و کاروتنوئیدها (ت) در دانهال‌های رقم بادامی ریز زرند. حرف‌های مشابه نشان دهنده‌ی نبود اختلاف معنی‌دار در آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ می‌باشد.

رابطه‌های آبی

بر اساس نتیجه‌های به دست آمده محتوای نسبی آب برگ در اثر تنش بی‌کربنات کاهش یافت که کمترین مقدار آن در سطح ۳۰ میلی‌مولار مشاهده شد که با سطح ۱۵ میلی‌مولار و همچنین شاهد اختلاف معنی‌دار داشت در حالی که تفاوتی بین سطح ۱۵ میلی‌مولار و شاهد از نظر محتوای آب نسبی برگ مشاهده نشد. بالاترین سطح بی-کربنات باعث کاهش ۲۶/۷ درصدی محتوای آب نسبی برگ نسبت به شاهد شد (شکل ۵- الف). سطح ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار بی‌کربنات با شاهد از نظر کارایی استفاده از آب تفاوتی نداشتند در حالی که سطح ۱۵ میلی‌مولار از نظر کارایی استفاده از آب نسبت به سطح ۳۰ میلی‌مولار بهتر بود که باعث اختلاف معنی‌دار از نظر آماری در سطح احتمال ۱٪ شد (شکل ۵- ب).



Fi g. 5. Effect of different concentrations of sodium bicarbonate in irrigation water [0 (control), 15 and 30 mM] on leaf relative water content (RWC) and water use efficiency (WUE) of pistachio seedlings cv. Badami-e-Rize Zarand. Similar letters indicate no significant difference at 1% level of Duncan's multiple range tests.

شکل ۵- تأثیر غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم آب آبیاری [۰ (شاهد)، ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار] بر محتوای نسبی آب برگ (RWC) و کارایی استفاده از آب (WUE) در دانهال‌های رقم بادامی ریز زرند. حرف‌های مشابه نشان دهنده نبود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ می‌باشد.

بحث

تا کنون پژوهش‌های فراوانی در رابطه با بررسی اثر بی‌کربنات موجود در آب آبیاری بر رشد گیاهان انجام شده است، اما به دلیل متفاوت بودن گیاهان مورد بررسی، تا کنون در ارتباط با تأثیر بی‌کربنات و غلظت‌های بحرانی آن در آب و خاک نتیجه‌های مشخصی ارائه نشده است. یکی از نخستین اثرهای قابل مشاهده غلظت زیاد بی‌کربنات، جلوگیری از رشد ریشه است. در بررسی‌های انجام شده، با افزایش غلظت بی‌کربنات، کاهش رشد شاخه و کاهش تعداد برگ، وزن تر و خشک و طول ساقه در زیتون و هلو مشاهده شده است (۳۶) که با نتیجه‌های آزمایش حاضر بر روی پسته رقم بادامی ریز زرند مطابقت دارد. کاهش رشد رویشی ممکن است به دلیل اثر بازدارندگی بی‌کربنات بر فرایندهای سوخت و ساز ریشه، تنفس ریشه و جذب عنصرها و رشد و فعالیت ریشه (۲۲) و یا اثر بی‌کربنات بر حلالیت ماده‌های غذایی باشد (۲۸). مطالعه‌ها نشان داده که، ویژگی‌های رویشی گیاه انگور مثل وزن ساقه، مجموع سطح برگ، تعداد برگ، تولید زیست‌توده و مقدار کلروفیل در برگ‌های جوان بسته به غلظت بی‌کربنات کاهش می‌یابد (۲۳، ۳۳). توانایی گیاه برای مقابله با تنش قلیائیت نه تنها به توانایی گیاه برای غلبه به تنش کمبود آب و سمیت یون بستگی دارد، بلکه به مقاومت آن به pH بالا نیز بستگی دارد (۱۵). کاهش

رشد در اثر افزایش غلظت بی‌کربنات (تنش قلیائیت) توسط آلهنداوی و همکاران (۶)، کسوری و همکاران (۲۳)، محمودی و همکاران (۲۶)، رافائل و گاردارلی (۳۱) و کولا و همکاران (۱۲) گزارش شده است. اثرهای تنش قلیائیت شبیه تنش شوری اما با اثرهای اضافی pH بالا همراه است. pH بالا به دنبال غلظت بالای بی‌کربنات می‌تواند با خسارت به دیواره یاخته‌ای سبب ضعیف شدن باندهای هیدروژنی در سلولز و در نتیجه سبب توسعه نیافتن یاخته و کاهش رشد شود (۱۰). رایل و کلیلاند (۲۹) گزارش کردند که pH بالای آپوپلاست، کاهش دهنده خاصیت ارتجاعی دیواره یاخته‌ای و در نتیجه محدودکننده توسعه رشد یاخته و کاهش سطح برگ می‌باشد.

مهم‌ترین قسمت گیاه که بیش از همه از تنش بی‌کربنات اثر می‌گیرد، بخش فتوسنتزکننده گیاه، یعنی کلروفیل است (۳). بر اساس نتیجه‌های به‌دست آمده، بی‌کربنات سدیم باعث کاهش معنی‌داری در کلروفیل a و b شد. کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی و ایجاد کم‌سبزینگی برگ‌ها و کاهش مقدار کلروفیل و کاروتنوئیدها ممکن است به‌دلیل غیرفعال شدن عنصرها (به ویژه آهن) باشد که در اثر بالا رفتن قلیائیت ناشی از حضور بی‌کربنات سدیم رخ می‌دهد (۲۷). طی پرورش دانهال‌های آواکادو در خاک‌های آهکی مشخص شده که کلروفیل در برگ‌های جوان ۵ تا ۳۰٪ کاهش می‌یابد (۳۲). به طور کلی بیشتر اثرهای قلیائیت بر رشد گیاه به خاطر کاهش قابلیت حل عنصرها به‌دلیل افزایش pH در نتیجه حضور یون بی‌کربنات است.

تیمار بی‌کربنات کارایی استفاده از آب و محتوای آب نسبی برگ را تغییر داد. گزارش شده است که در گیاهانی که با بی‌کربنات تیمار شده‌اند، به ویژه در برگ‌های جدید، هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد (۲۵). نتیجه‌های پژوهشگرها نشان می‌دهد که کاهش تعرق برگ در تیمار بی‌کربنات ناشی از کاهش سطح برگ نیست، بلکه ناشی از کاهش هدایت روزنه‌ای می‌باشد (۱۶) بنابراین کاهش هدایت روزنه‌ای منجر به کاهش کارایی استفاده از آب و محتوای نسبی آب برگ می‌شود. همچنین مشاهده شده که هورمون آبسایزیک اسید (ABA) در گیاهانی که با بی‌کربنات تیمار شده‌اند افزایش یافت و جریان ABA از آوند آبکش به آوند چوب باعث کاهش هدایت روزنه‌ای و به دنبال آن کاهش تعرق و بازده مزوفیل و در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها منجر به کاهش محتوای نسبی آب برگ می‌شود (۲۰، ۲۵). در آزمایشی که روی گیاه لوبیا انجام شد، بی‌کربنات، هدایت روزنه‌ای و جذب آب از ریشه را کاهش داد (۱۶) که عامل کاهش، کمتر بودن سرعت تعرق بود. همچنین در طالبی و چغندرقند نیز کاهش جذب آب به دنبال اضافه شدن بی‌کربنات مشاهده شده است (۵). در آزمایش حاضر نیز محتوای نسبی آب برگ و کارایی استفاده از آب کاهش پیدا کرد.

به طور کلی نتیجه‌ها نشان داد که تیمار بی‌کربنات سبب شد تا شاخص‌های رویشی اندازه‌گیری شده در این آزمایش (وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک برگ ساقه و فلش، وزن تر و خشک ریشه، تعداد برگ ساقه) کاهش و درصد ریزش برگ افزایش پیدا کند. غلظت کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئیدها از تیمار بی‌کربنات اثر گرفت و در اثر تنش قلیائیت کاهش پیدا کرد. همچنین نتیجه‌ها نشان داد که محتوای آب نسبی برگ با افزایش سطح بی‌کربنات کاهش و کارایی استفاده از آب ابتدا افزایش و در نهایت کاهش یافت. بنابراین پسته رقم بادامی ریز زرند از بی‌کربنات و به ویژه سطح ۳۰ میلی‌مولار اثر گرفت که منجر به کاهش شاخص‌های مورد بحث در این آزمایش شد. به نظر می‌رسد اطلاع‌های گفته شده حاکی از حساسیت نسبی پسته رقم بادامی ریز زرند در برابر غلظت ۳۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم و یا غلظت‌های بالاتر باشد؛ بنابراین باید پژوهش‌های بیشتر با سطح‌های بالاتر بی‌کربنات سدیم انجام شود.

منابع References

۱. رجبی، م.، ح.ر. روستا، و. کریمی و ح. حکم‌آبادی. ۱۳۹۱. بررسی میزان مقاومت پایه‌های پسته به بی‌کربنات سدیم. نشریه علوم باغبانی، ۳۱۰-۳۰۱:۳.

۲. پناهی، ب.، ع. اسماعیلی، ف. فربود، م. موذن‌پور کرمانی و ح. فریورمیهن. ۱۳۸۲. اصول آماده¬سازی زمین و کاشت پسته. نشر آموزش کشاورزی، ۵۶ ص.

3. Ahmad, P. and S. Sharma. 2010. Physio-biochemical attributes in two cultivars of mulberry (*Morus alba* L.) under $NaHCO_3$ stress, Int. J. Plant Production 4:1735-1743.
4. Alcantara, E., A. Manuel Cordeiro and D. Barranco. 2003. Selection of olive varieties tolerance to iron chlorosis. Plant Physiol. 160:1467-1477
5. Alder, P.R., G.E. Wilcox and A.H. Markhart. 1996. Ammonium decreases muskmelon root system hydraulic conductivity, J. Plant Nutr. 19:1395-1403.
6. Alhendawi R.A., V. Romheld, E.A. Kirkby and H. Marschner. 1997. Influence of increasing bicarbonate concentrations on plant growth, organic acid accumulation in roots and iron uptake by barley, sorghum and maize. J. Plant Nutr. 20:1731-1735.
7. Alonso Valdez Aguilar, L. 2004. Effect of Alkalinity Irrigation Water on Selected Greenhouse Crops. Thesis. Ph.D. of Philosophy. Texas A&M University. 292 p.
8. Argo, W.R. and P.R. Fisher. 2002. Understanding pH Management for Container-Grown Crops. Meistre Publication, Willoughby, Ohio. 68 p.
9. Bastam, N., B. Baninasab and C. Ghobadi. 2012. Improving salt tolerance by exogenous application of salicylic acid in seedlings of pistachio. Plant Growth Regul. 18:206-211.
10. Bianciotto, V. and P. Bonfante. 2002. Arbuscular mycorrhizal fungi: A specialized niche for rhizospheric and endocellular bacteria, Anton. Van Lee. J. M. S. 81:365-371.
11. Cartmil, A.D., L.A. Valdezagular, D.L. Bryan and A. Alarcon. 2008. Arbuscular mycorrhizal fungi enhance tolerance of vinca to high alkalinity in irrigation water. J. Hort. Sci. 115:275-284.
12. Colla, G., Y. Rouphael, M. Cardarelli, A. Salerno and E. Rea. 2010. The effectiveness of grafting to improve alkalinity tolerance in watermelon. Environ. Exp. Bot. 68:283-291.
13. De, La., M.D.Guardia, and E. Alcantara. 2002. Bicarbonate and low iron level increase root to total plant weight ratio in olive and peach rootstock. J. Plant Nutr. 25:1021-1032.
14. FAO. 2011. FAOSTAT, Agricultural database, http://apps.fao.

15. Goss, J.A. and E.M. Romney. 1959. Effects of bicarbonate and some other anions on the shoot content of P32, Ca45, Fe59, Rb86, Sr90 and Ce144 in bean and barley plants. Plant Soil. 10:233-241.
16. Guo, S., H. Brtick and B. Sattelmacher. 2002. Effects of supplied nitrogen form on growth and water uptake of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. Plant Soil 239:267-275.
17. Hamdy, A., R. Ragab and E. Scarascia-Mugnozza. 2003. Coping with water scarcity, water saving and increasing water productivity. J. Irrigation and Drainage Engineering. 52:3-20.
18. Handreck, K. and N. Black. 2002. Growing Media for Ornamental Plants and Turf, UNSW Press, Sydney, Australia. 551 p.
19. Hosseinifard, J., M.H. Salehi, J. Mohammadi and M. Heydari. 2006. Groundwater quality in pistachio growing area of Rafsanjan, Iran. Acta Hort. 726 p.
20. Johnson, J., D. Tognetti and R. Paris. 2002. Water relations and gas exchange in poplar and willow under water stress and elevated atmospheric CO2. Physiol. Plantarum 115:93-100.
21. Karimi, S., M. Rahemi, M. Maftoun, S .Eshghi, and V. Tavallali. 2009. Effect of long-term salinity on growth and performance of two pistachio (*Pistacia vera* L.) rootstocks, Aust. J. Crop Sci. 3:1630-1639.
22. Ksourii, H. and T. Loboda. 2007. Photosystem II of barley seedling under cadmium and lead stress. Plant Soil Environ. 53:511-516.
23. Ksouri, R., A. Debez, H. Mahmoudi, Z. Ouerghi, M. Gharsalli and M. Lachaal. 2007. Genotypic variability within Tunisian grapevine varieties (*Vitis vinifera* L.) facing bicarbonate-induced iron deficiency. Plant Physiol. Biochem.45:315-322.
24. Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Method. Enzymol. 148:350-380.
25. Lu, Y.X., C.J. Li and F.S. Zhang. 2005. Transpiration, potassium uptake and flow in tobacco as affected by nitrogen forms and nutrient levels. Annu. Bot. 95:991-998.
26. Mahmoudi, H., K. Hens-Werner, A. Debez and A. Chedly. 2009. Comparison of two chickpea varieties regarding their responses to direct and induced Fe deficiency. Environ. Exp. Bot. 66:349-356.
27. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. Cambridge. UK. 901 p.

28. Pearce, R.C., Y. Li and L.P. Bush. 1999. Calcium and bicarbonate effects on the growth and nutrient uptake of burley tobacco seedling. J. Plant Nutr. 22:1069-1078.
29. Rayle, D.L. and R.E. Cleland. 1992. The acid growth theory of auxin-induced cell elongation is alive and well. Plant Physiol. 99:1271-1274.
30. Romheld, V. 2000. The chlorosis paradox: Fe inactivation as a secondary event in chlorotic leaves of grapevine. J. Plant Nutr. 23:1629-1643.
31. Rouphael, Y. and M. Cardarelli. 2010. Enhancement of alkalinity tolerance in two cucumber genotypes inoculated with an arbiscular mycorrhizal biofertilizer containing Glomus intraradices. Biol. Fertil. Soil. 46:499-509.
32. Salazar-Garcia, S. 1999. Iron nutrition and deficiency: A review with emphasis in avocado (*Persea americana* Mill.). Revista Chapingo Serie Hort. 23:67-76.
33. Sayed, O. 2003. Chlorophyll fluorescence as a tool in cereal crop research. Photosynthetica 41:321-330.
34. Shi, D.C. and L.J. Yin. 1993. Different between salt (NaCl) and alkaline (Na_2CO_3) stresses on *Puccinellia tenuiflora* (Griseb) Scribn et. Merr Plants, Acta Bot. Sinica 35:144-149.
35. Valdez-Aguilar, L.A. and D.W. Reed. 2007. Response of selected greenhouse ornamental plants to alkalinity in irrigation water. J. Plant Nutr. 30:441-452.
36. Wahome, P.K, H.H. Jesch and I. Grittner. 2001. Mechanisms of salt stress tolerance in two rose root stocks: *Rosa Chinensis major* and *R. rubiginosa.* Sci. Hortic. 87:207-216.

The Effect of Different Concentrations of Sodium Bicarbonate in Irrigation Water on Some Vegetative and Physiological Parameters of Pistachio Seedlings cv. Badami-Riz-e-Zarand

SH. Nasrolahpourmoghadam and H. Karimi[*1]

In order to evaluate response the pistachio seedlings (*Pistacia vera* L. cv. Badami-Riz-e-Zarand) to different concentrations of sodium bicarbonate in irrigation water, an experiment was conducted in a completely randomized design with sodium bicarboate in there levels (0, 15 and 30 mM) and 3 replicates under greenhouse conditions. Based on the results, plant height, stem and leaf fresh weight at 15 mM sodium bicarbonate and at level of 30 mM, dry weight of leaves, stems and roots, leaves and green leaves area significantly decreased compared with control. The amount of leaf damage and loss of leaves significantly increased at 30 mM sodium bicarbonate in irrigation water. Alkalinity stress decreased the concentration of chlorophyll a, b, total chlorophyll and carotenoids as well as leaf relative water content (RWC). The results showed that with increasing levels of bicarbonate and water use efficiency (WUE) increased first and with increasing levels of sodium bicarbonate decreased, finally. Overall, the results of this experiment showed that Badami-Riz-e-Zarand rootstock is sensitive to 30 mM and higher concentrations of sodium bicarbonate in irrigation water.

Key Words: Pistachio, Water relations, Alkalinity, Chlorophyll.

1. Former M.Sc. Student and Associate Professor of Horticulture, College of Agriculture, Vali-Asr University of Rafsanjan, I.R.Iran, respectively.
* Corresponding author, Email: (h_karimi1019@yahoo.com)