

اثر پایه بر پاسخ‌های فیزیولوژیک و زیست‌شیمیایی انگور رقم شاهرودی در شرایط تنش شوری و بیکربنات^۱

Effect of Rootstocks on Physiological and Biochemical Responses of *Vitis vinifera* 'Shahroudi' to Salinity and Bicarbonate Stress Conditions

حمیدرضا طحانیان، علی عبادی* و علیرضا سلامی^۲

چکیده

هم‌زمانی تنش شوری و غالبیت خاک‌های آهکی در مناطق گرم و خشک ایران باعث بروز تنش شوری قلیایی در تاکستان‌ها شده است. در این بررسی اثرهای تنش شوری و بیکربنات بر رقم حساس شاهرودی پیوند شده روی پایه‌های 140Ru، عسگری و یاقوتی در مقایسه با شاهرودی پیوند نشده، از نظر واکنش‌های فتوسنتزی و تغییر غلظت عنصرها، مورد ارزیابی قرار گرفتند. تنش شوری در دو سطح صفر و ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و تنش بیکربنات در دو سطح صفر و پنج میلی‌مولار بیکربنات پتاسیم اعمال گردید. نتیجه‌های حاصل از این پژوهش تأثیر هر یک از این سه عامل بر فعالیت آنزیم کاتالاز و سرعت تعرق و سطح ویژه برگ را نشان داد. تنش شوری سبب کاهش ۳۶ درصدی مقدار آهن کل و تنش شور-قلیا موجب کاهش ۲۵ درصدی فتوسنتز خالص برگ شد. در شرایط شور-قلیا بیشترین مقدار کلر و سدیم جذب شده به‌ترتیب به مقدار ۶۰ و ۷۷٪ (نسبت به شاهرودی پیوند نشده) از پایه عسگری به‌دست آمد. نتیجه‌های این پژوهش وجود اختلاف بین نژادگان‌های مختلف انگور وینیفرا (*Vitis vinifera*) را از نظر واکنش به تنش شوری و بیکربنات تأیید کرد. بر مبنای این بررسی رقم عسگری گزینه مناسبی به‌عنوان پایه رقم شاهرودی در خاک‌های آهکی و شور است. **واژه‌های کلیدی:** انگور عسگری، آهن کل، آهک، تنش شور-قلیا، کاتالاز.

مقدمه

روند تغییرهای اقلیمی تأثیر شگرفی بر ابعاد کمی و کیفی تولیدهای بخش کشاورزی گذاشته است. با توجه به سهم بالای کشاورزی در تولید ناخالص ملی و اشتغال‌زایی، لزوم آینده‌نگری هر چه بیشتر نسبت به مخاطره‌های پیش‌رو امری اجتناب‌ناپذیر است.

انگور به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات باغبانی کشور با قرار داشتن در جایگاه دوم سطح زیر کشت پس از پسته و رتبه نخست از نظر تولید، از اهمیت ویژه‌ای در چشم‌انداز توسعه باغبانی کشور برخوردار است. انگور بیشتر در اقلیم‌های به‌نسبت گرم و خشک تولید می‌شود که مستعد بروز تنش شوری است. واقعیت دیگری که تاکستان‌های کشور را در معرض خطر قرار داده است توسعه تاکستان‌ها در خاک‌هایی با درصد آهک بالاست که منجر به بروز روزافزون کم‌سبزی‌نگی ناشی از کمبود آهن شده است (۲، ۵، ۱۱).

آستانه‌ای که بالاتر از آن اثرهای شوری بر رشد و عملکرد انگور بروز می‌کند حدود ۲ دسی‌زیمنس بر متر تعیین شده است (۲۲). ریشه انگور به‌طور کارآمدی یون‌های عنصرهای غذایی مورد نیاز خود را از یون‌های سمی تفکیک و جذب می‌نماید و یون‌های سمی وارد شده به درون بافت ریشه را به بیرون پمپ می‌نماید و از این راه مانع ورود بیش از ۹۵٪ از یون‌های سدیم و کلر به بافت چوبی می‌شود (۱۴). انگور در خاک‌های شور که غلظت برابری از کلر و سدیم را دارد، کلر بیشتری نسبت به

تاریخ پذیرش: ۹۷/۹/۲۶

۱- تاریخ دریافت: ۹۷/۸/۲۳

۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و استادیار علوم باغبانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (aebadi@ut.ac.ir).

کلر به بافت چوبی می‌شود (۱۴). انگور در خاک‌های شوری که غلظت برابری از کلر و سدیم را دارد، کلر بیشتری نسبت به سدیم جذب می‌نماید (۲۰) و بخش کوچکی از هر یک از یون‌ها وارد بافت چوب شده و به واسطه تعرق به شاخساره منتقل می‌گردند. در نتیجه، کلر و در مقادیر کمتر سدیم در برگ‌های پیر تجمع یافته و با افزایش غلظت آن‌ها در عصاره خاک بر مقدارشان در برگ‌ها نیز افزوده می‌شود و این روند در طول فصل رشد ادامه می‌یابد (۱۸). تنش اکسایشی از دیگر خسارت‌های ناشی از شوری بر بافت‌های گیاهی است (۱۴). در حقیقت تنش اکسایشی، تنش ثانویه ناشی از عدم تعادل یونی، تنش اسمزی و افت فتوسنتز است. فزونی رادیکال‌های آزاد اکسیژن و پراکسید هیدروژن (H_2O_2)، لیپیدهای غشا و دیگر اندامک‌های یاخته‌ای را اکسید نموده که سرانجام سبب نشت یونی از غشاها و نابودی بافت‌ها می‌شود (۱۲). اما پیش از وقوع این گونه خسارت‌های برگشت‌ناپذیر، تنش اکسایشی ممکن است حساسیت نوری انگور را به دلیل جذب فوتون بیش از مقداری که برای گیاه قابل استفاده است، افزایش دهد. به نظر می‌رسد یکی از روش‌های مقابله انگور با چنین افزایش انرژی، افزایش تنفس نوری می‌باشد که منجر به کاهش عملکرد فتوسنتز و پراکنده شدن بخشی از این انرژی مازاد می‌شود (۶).

هرچند در بین رقم‌های مختلف انگور تا اندازه‌ای اختلاف در اندازه جذب و تجمع کلر و سدیم در برگ‌های گونه وینیفرا وجود دارد، اما بیشتر آن‌ها تا حدودی حساس به شوری بر شمرده می‌شوند (۱۶). برخی گونه‌های انگور آمریکایی نسبت به *V. vinifera* متحمل‌ترند (۲۱). بنابراین، این پایه‌ها و رقم‌های پیوند شده روی آن‌ها تا حد کمتری زیر تاثیر غلظت‌های بالای نمک خاک قرار می‌گیرند (۹).

افزایش غلظت بیکربنات در خاک‌های آهکی و به دنبال آن افزایش پی‌اچ محلول خاک و برهمکنش غلظت یون بیکربنات بر جذب دیگر عناصر موجب بروز عوارضی مانند کم‌سبزی‌نگی ناشی از کمبود آهن در تاکستان‌ها شده است. استفاده از کلات‌های آهن به خاطر تحمیل هزینه بالا و نیز مسائل زیست محیطی پیشنهاد نمی‌شود. بنابراین، استفاده از پایه‌های متحمل به تنش شوری که خاک‌های آهکی را هم تحمل نمایند مناسب‌ترین راه برای پیروز شدن بر شرایط کنونی حاکم بر تاکستان‌ها است (۵). با توجه به این‌که بیشتر پایه‌های اصلاح شده در اروپا و آمریکا از گونه‌های آمریکایی و یا دورگه بین آن‌ها به‌دست آمده‌اند و آهک بالای خاک و کم‌سبزی‌نگی ناشی از آن از اولویت بالایی در مناطق زیرکشت آن‌ها برخوردار نیست، استفاده از این پایه‌ها در ایران ممکن است راه حل برگزیده برای کاهش عوارض شوری در خاک‌های آهکی نباشد (۳). این پژوهش با هدف بررسی امکان استفاده از برخی نژادگان‌ها و رقم‌های داخلی به‌عنوان پایه برای رقم حساس شاهرودی کشت شده در خاک‌هایی با آهک بالا که در معرض تنش شوری قرار دارند، اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه به‌طور کامل تصادفی با سه عامل پایه، تنش شوری و تنش بیکربنات با سه تکرار طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ در محل پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام شد. پایه‌های مورد بررسی شامل پایه‌های عسگری، یاقوتی، ۱۴۰Ru و شاهرودی (به‌عنوان رقم حساس به شوری) (۱۹) بودند. تیمار بیکربنات شامل دو سطح صفر و ۵ میلی‌مولار بیکربنات پتاسیم (تنظیم مقدار پتاسیم با کاهش مقدار سولفات پتاسیم و افزودن مقداری اسید سولفوریک) و تیمار شوری شامل دو سطح صفر و ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و تلفیق شوری و بیکربنات با افزودن ۵ میلی‌مولار بیکربنات پتاسیم و ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم اعمال شد. در زمستان سال ۱۳۹۴، قلمه‌های خشبی برای تکثیر پایه از کلکسیون مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شاهرود و پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج) تهیه و با بنومیل (۱/۵ درصد) گندزدایی شدند. به منظور تسریع در تامین نمونه‌های گیاهی، پیوندک‌های رقم شاهرودی روی پایه‌های قلمه‌ای به روش امگا پیوند زده شدند. بعد از تیمار انتهایی قلمه‌ها با ایندول ۳-بوتیریک اسید (IBA) با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به مدت ۱۰ ثانیه، آن‌ها به گلخانه مجهز به سیستم مه‌افشان و پاگرم منتقل و بعد از گذشت یک ماه و تشکیل ریشه و فعال شدن جوانه پیوندک، قلمه‌های پیوند شده از محیط ریشه‌زایی خارج و به گلدان ۱۰ لیتری حاوی کوکوپیت و پرلایت به نسبت ۲ به ۳ منتقل گردیدند. گلدان‌ها با محلول غذایی پیشنهاد شده توسط Kramer و همکاران (۶) آبیاری شدند. مقدار pH محلول به کار برده شده در تیمار شوری و شاهد با استفاده از سولفوریک اسید غلیظ در محدوده ۶ تا ۶/۵ تنظیم شد، در حالی‌که در سایر تیمارها pH در محدوده ۸ تا ۸/۲ قرار داشت. فاصله آبیاری بر اساس مقدار رطوبت بستر به‌گونه‌ای که کمتر از

۷۰٪ ظرفیت زراعی نبا شد، تنظیم گردید. مقدار آبیاری در هر نوبت با در نظر گرفتن نیاز آب‌شویی گلدان (جلوگیری از انباشت بیش از حد نمک) ۴۰٪ ظرفیت زراعی برآورد و انجام شد. گلدان‌ها تا پایان فصل در گلخانه با سایبان ۴۰٪ نگهداری و در بهار سال ۹۶ شاخه‌های رشد یافته در سال پیش به اندازه دو گره هرس و پس از ۲ ماه تغذیه با محلول غذایی بیان شده، تیمار شوری و بیکربنات اعمال شد. تیمارها به صورت تدریجی (افزایش پلکانی غلظت بیکربنات و کلرید سدیم به ترتیب به مقدار یک و ده میلی‌مولار بود) اجرا شدند و طی ۲ هفته به مقدار هدف رسیدند. شاخص سبزی‌نگی (SPAD) مورد ارزیابی در این پژوهش مربوط به میانگین شاخص سبزی‌نگی ۱۰ برگ توسعه یافته است که در هفته چهارم بعد از شروع تیمار و قبل از بروز نشانه‌های بافت‌مردگی برگ‌ها اندازه‌گیری شد.

فاکتورهای فیزیولوژیکی مرتبط با فتوسنتز و تعرق یعنی فتوسنتز خالص (Pn)، هدایت روزنه‌ای (Gs) و سرعت تعرق (T) هر دو هفته یکبار و به وسیله دستگاه فتوسنتزسنج (LI-6400 Portable Photosynthesis System) اندازه‌گیری شد. در پایان، نمونه‌های لازم برای اندازه‌گیری دیگر ویژگی‌ها مانند میانگین سطح برگ، میانگین وزن آخرین ۱۰ برگ به طور کامل توسعه یافته، وزن خشک شاخساره و ریشه، مقدار عنصرهای کلر، سدیم، پتاسیم و آهن و نیز آنزیم کاتالاز جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل گردیدند. برای اندازه‌گیری عنصرها از شیوه‌نامه FAO (۱۳) استفاده شد. برای اندازه‌گیری کاتالاز (EC 1.11.1.6) دو گرم ماده گیاهی به وسیله هاون چینی حاوی ۲ میلی‌لیتر بافر ۵۰ میلی‌مولار Tricine-KOH (pH 8.0) و PVP (10% w/w) همگن شد. سپس به مدت ۱۵ دقیقه در 14000g سانتریفیوژ (4°C) و روش‌ناور برای ارزیابی فعالیت آنزیمی در طول موج ۴۷۰ نانومتر استفاده شد (۱۷).

واکاوی‌های آماری داده‌ها توسط نرم افزار SAS (9.1) انجام شد. برای مقایسه میانگین برهمکنش معنی‌دار اثر عوامل مورد بررسی، از روش برش‌دهی برهمکنش (Slicing) براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد. آماره مربوط به رگرسیون خطی بین آهن کل و شاخص سبزی‌نگی برای تمام پایه‌ها و سطح‌های مختلف تنش محاسبه گردید.

نتایج

بررسی و واکاوی داده‌های به دست آمده از این پژوهش را می‌توان در دو گروه شاخص‌های فتوسنتزی و رشدی و نیز غلظت و نسبت عنصرها در برگ تقسیم و تحلیل نمود.

شاخص‌های فتوسنتزی و رشدی

بر اساس نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌های این پژوهش، نسبت وزن خشک ریشه به شاخساره به صورت معنی‌داری زیر تاثیر نوع پایه، تنش شوری و بیکربنات و برهمکنش این دو تنش قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد نسبت وزن خشک ریشه به شاخساره در شرایط تنش شوری بیش از تنش بیکربنات افزایش یافت (به ترتیب با مقادیر ۵۴/۰ و ۴۷/۰) ولی شرایط تنش هم‌زمان شوری و بیکربنات، با اعمال تنش به تنهایی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). همچنین مقایسه میانگین اثر اصلی نوع پایه نشان داد پایه‌های عسگری و یاقوتی به طور معنی‌داری از وزن خشک ریشه به شاخساره بیشتری (حدود ۱/۲ برابر) نسبت به دیگر پایه‌ها برخوردار بودند (جدول ۱).

جدول ۱- اثر اصلی پایه روی شاخص‌های رشدی، فیزیولوژیک و زیست‌شیمیایی انگور رقم شاهرودی.

Table 1. Mean comparison of main effects of rootstock on some growth, physiological, and biochemical parameters of *Vitis vinifera* 'Shahroudi'.

پایه Rootstock	نسبت وزن خشک ریشه به شاخساره DW R:Sh	فتوسنتز خالص Pn ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	تعرق T ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	فعالیت کاتالاز Catalase activity ($\mu\text{M g}^{-1} \text{FW min}^{-1}$)
عسگری	0.53 ^a	15.43 ^a	5.34 ^b	149.20 ^a
شاهرودی	0.41 ^b	13.62 ^b	5.78 ^a	127.75 ^b
140 Ru	0.45 ^b	15.31 ^a	5.14 ^{bc}	160.19 ^a
یاقوتی	0.52 ^a	14.26 ^b	4.93 ^c	143.75 ^{ab}

Means in each column followed by the same letters are not significantly different at $P < 0.05$ according to the Duncan's test.

میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در هر ستون بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بر پایه آزمون دانکن ($P < 0.05$) است.

با توجه به نتیجه‌های حاصل از آزمایش، پایه اثر معنی‌داری بر وزن مخصوص برگ رقم شاهرودی نداشت. اثر تنش‌های بیکربنات و شوری و برهمکنش آن‌ها بر وزن مخصوص برگ معنی‌دار بود. صرف‌نظر از نوع پایه، تنش شوری یا تلفیق آن با تنش بیکربنات (۲۳٪ نسبت به شاهد)، به صورت معنی‌داری کاهش بیشتر وزن مخصوص برگ را نسبت به تنش بیکربنات (۸۶٪ نسبت به شاهد) در پی داشت (جدول ۲).

فتوسنتز خالص

داده‌های این پژوهش حاکی از تأثیر معنی‌دار ($P < 0.01$) پایه، شوری و بیکربنات بر فتوسنتز خالص برگ رقم شاهرودی است. انگور پیوند شده روی پایه‌های عسگری و 140Ru به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهرودی و یاقوتی از فتوسنتز خالص بیشتری برخوردار بودند (جدول ۱). بیشترین کاهش مقدار فتوسنتز به مقدار ۷۲ تا ۷۵٪ نسبت به شاهد در تنش شوری به تنهایی و یا همراه با بیکربنات مشاهده شد (جدول ۲).

جدول ۲- اثر اصلی تنش‌های شوری و بیکربنات و تلفیق آن‌ها روی برخی شاخص‌های رشدی، فیزیولوژیک و زیست‌شیمیایی انگور رقم شاهرودی.

Table 2. Mean comparison of main effects of salinity and bicarbonate stress and their integration on some growth, physiological, and biochemical parameters of *Vitis vinifera* 'Shahroudi'.

تنش Stress	نسبت وزن خشک ریشه به شاخساره DW R:Sh	سطح ویژه برگ SLA (cm ² g ⁻¹ Leaf)	فتوسنتز خالص Pn (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	تعرق T (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	غلظت آهن کل در برگ Fe Leaf (mg 100g ⁻¹ DW Leaf)	فعالیت آنزیم کاتالاز Catalase (μM g ⁻¹ FW min ⁻¹)
Control	0.36 ^c	122.75 ^a	17.78 ^a	6.06 ^a	3.01 ^a	159.37 ^b
NaCl (50mM)	0.54 ^a	94.92 ^c	12.84 ^c	5.03 ^c	1.93 ^b	172.16 ^a
KHCO ₃ (5mM)	0.47 ^b	105.40 ^b	14.62 ^b	5.56 ^b	2.13 ^b	139.31 ^c
NaCl + KHCO ₃	0.54 ^{ab}	95.18 ^c	13.37 ^c	4.55 ^d	1.59 ^c	118.39 ^d

Means within a column followed by the same letter are not significantly different at $P < 0.05$ according to the Duncan's test.

حرف‌های مشترک در هر ستون بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بر پایه آزمون دانکن ($P < 0.05$) است.

تعرق

همانند نرخ فتوسنتز، سرعت تعرق نیز به‌صورت معنی‌داری زیر تأثیر پایه، شوری و بیکربنات قرار گرفت. پایه‌های شاهرودی و یاقوتی به‌ترتیب از بیشترین و کمترین نرخ تعرق به‌ترتیب با مقادیر ۵/۷۸ و ۴/۹۳ میلی‌مول آب بر مترمربع بر ثانیه برخوردار بودند (جدول ۱). صرف‌نظر از نوع پایه، تنش شوری و بیکربنات و یا اعمال هم‌زمان آن‌ها، سرعت تعرق را در رقم شاهرودی به‌طور معنی‌داری کاهش داد. زیر تأثیر تنش هم‌زمان شوری و بیکربنات، تعرق کاهش بیشتری (۲۵٪ نسبت به شاهد) نشان داد (جدول ۲).

هدایت روزنه‌ای

تجربه واریانس داده‌ها نشان داد هدایت روزنه‌ای برگ رقم شاهرودی پیوند شده به‌صورت معنی‌داری زیر تأثیر نوع پایه، تنش شوری و بیکربنات و برهمکنش عوامل آزمایش بر یکدیگر قرار داشت. تحلیل مقایسه میانگین نشان داد نوع تنش بر هدایت روزنه‌ای برگ رقم شاهرودی پیوند شده روی پایه‌های 140Ru و یاقوتی در شرایط تنش شوری، بیکربنات و یا تلفیق آن‌ها نسبت به هم اثر معنی‌داری نداشت. هر چند این شاخص بر اثر تنش نسبت به شاهد در هر پایه اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۳).

شاخص سبزینگی

شاخص سبزینگی که نماینده قابل اعتمادی از مقدار کلروفیل برگ است در رقم شاهرودی پیوند شده روی پایه‌ها مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. نتیجه بررسی تجزیه داده‌ها حاکی از اثر معنی‌دار نوع پایه و سطح تنش شوری و بیکربنات بر شاخص سبزینگی بود. هم‌چنین برهمکنش پایه و تنش شوری یا تنش بیکربنات و نیز برهمکنش تنش‌های شوری و بیکربنات

بر یکدیگر معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌های برش داده شده بر مبنای واکنش پایه در شرایط تنش مورد بررسی نشان داد، تنش شوری موجب کاهش سبزی‌نگی معنی‌دار برگ رقم شاهرودی پیوند شده روی همه پایه‌ها نسبت به شاهد شد. استفاده از پایه عسگری باعث شد تنش بیکربنات کاهش معنی‌داری در مقدار سبزی‌نگی رقم شاهرودی ایجاد نکند (۲٪ کاهش نسبت به شاهد). هر چند، کاهش سبزی‌نگی در شرایط تلفیق تنش شوری و بیکربنات در تمام پایه‌ها نسبت به حالت شاهد معنی‌دار بود اما در انگور شاهرودی پیوند شده روی پایه عسگری و شاهرودی به ترتیب کمترین و بیشترین (۱۵٪ و ۴۸٪) کاهش را نشان داد (جدول ۳).

غلظت آهن کل در برگ

اثر پایه، تنش شوری، تنش بیکربنات، تنش هم‌زمان و نیز برهمکنش آن‌ها روی غلظت آهن کل برگ معنی‌دار بود. تحلیل مقایسه میانگین مقدار آهن کل برگ رقم شاهرودی پیوند شده روی پایه‌های مختلف در شرایط تنش مورد بررسی نشان داد تنش‌های مورد مطالعه صرف‌نظر از نوع پایه اثر کاهنده بر مقدار آهن کل برگ داشت که شدت این کاهش زیر تنش شوری و بیکربنات به یک مقدار بود (شکل ۱). به غیر از پایه یاقوتی، تنش شوری قلیایی باعث کاهش بیشتر آهن کل برگ نسبت به تنش بیکربنات در میان پایه‌ها شد که نسبت این کاهش از ۵۷٪ تا ۸۲٪ متغیر بود (جدول ۳).

نسبت کلر ریشه به شاخساره

بر اساس جدول تجزیه واریانس استفاده از پایه بر نسبت کلر ریشه به شاخساره تأثیر معنی‌داری داشت. این اثر در شرایط تنش شوری و تلفیق شوری و بیکربنات به روشنی مشاهده شد. استفاده از پایه عسگری باعث شد نسبت کلر ریشه به شاخساره در تنش شوری در مقایسه با شاهد (به ترتیب ۳/۲۸ و ۳/۵۸) تفاوت معنی‌داری نداشته باشد (جدول ۳). در تمامی پایه‌ها این نسبت در شرایط تنش شور-قلیا نسبت به تنش شوری و یا تنش بیکربنات کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۳). این نکته بیانگر تأثیر منفی بیکربنات بر توانایی انگور در کنترل انتقال یون کلر به اندام هوایی است.

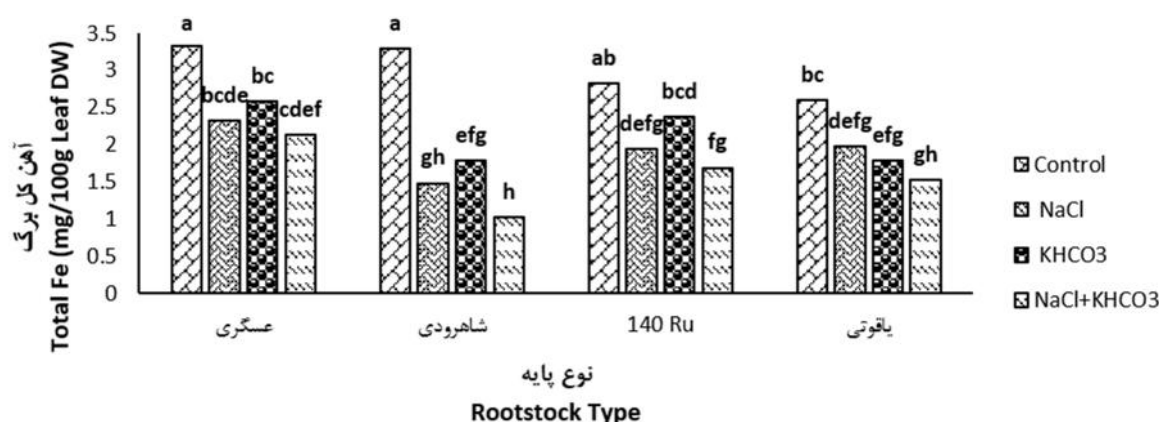


Fig. 1. Interaction effects of rootstock, salinity, and bicarbonate on total iron of Shahroudi grape cultivar leaves according to the Duncan's test ($P < 0.05$).

شکل ۱- اثر برهمکنش پایه، شوری و بیکربنات بر آهن کل برگ انگور رقم شاهرودی بر مبنای آزمون دانکن ($P < 0.05$).

غلظت کلر در برگ

تجزیه داده‌ها حاکی از اثر معنی‌دار نوع پایه، تنش شوری و بیکربنات از یک سو و برهمکنش پایه و تنش شوری و یا تنش بیکربنات بر مقدار کلر برگ رقم شاهرودی بود. مقایسه میانگین‌های این شاخص نشان داد تنش بیکربنات مقدار کلر در برگ رقم شاهرودی پیوند خورده روی پایه‌های مختلف را دچار تغییر معنی‌داری نکرد در حالی که تنش‌های شوری و شور-قلیا به‌صورت معنی‌داری این شاخص را افزایش داد (جدول ۳). بیشترین افزایش غلظت کلر برگ مربوط به رقم شاهرودی پیوند نشده بود (۳/۵۳ برابر در شرایط شور-قلیا نسبت به شاهد). نکته قابل توجه، افزایش همسان مقدار کلر در رقم شاهرودی پیوند شده روی پایه عسگری و یاقوتی، زیر تنش شوری و نیز تلفیق با بیکربنات بود در حالی که افزایش مقدار کلر در گیاهان پیوند

شده روی پایه 140Ru هنگامی که زیر تنش شوری قرار داشتند، به صورت معنی داری کمتر از شرایط تنش شور-قلیا بود. ضمن این که در شرایط تنش شوری این پایه در مقایسه با شاهد بهترین عملکرد (۴۱٪) را نشان داد. در شرایط تنش شور-قلیا بهترین وضعیت نسبت به شاهد مربوط به پایه های عسگری و یاقوتی (به ترتیب ۷۲/۰ و ۷۴/۰) بود (جدول ۳).

نسبت سدیم ریشه به شاخساره

این نسبت در اثر تنش شوری و افزایش غلظت سدیم در پیرامون ریشه کاهش معنی داری پیدا کرد. استفاده از پایه عسگری باعث شد تلفیق تنش شوری و بیکربنات نسبت به تنش شوری اثر کاهنده معنی داری نداشته باشد، در حالی که در دیگر پایه ها این کاهش به صورت معنی داری اتفاق افتاد. بیشترین کاهش مربوط به پایه شاهرودی (۷۵٪ کمتر از شاهد آن) بود (جدول ۳).

جدول ۳- برهمکنش عوامل آزمایش روی شاخص های رشدی، فیزیولوژیکی و زیست شیمیایی انگور رقم شاهرودی.

Table 3. Interaction of experiment factors on some growth, physiological, and biochemical parameters of *Vitis vinifera* 'Shahrudi'.

پایه Rootstock	تنش Stress	هدایت روزنه ای Gs (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	آهن کل در برگ Leaf total Fe (mg 100g ⁻¹ DW Leaf)	نسبت کلر ریشه به شاخساره Cl R:Sh	کلر برگ Leaf Cl (%DW)	شاخص سبزینگی SPAD	نسبت سدیم ریشه به شاخساره Na R:Sh	نسبت سدیم به پتاسیم برگ Na:K of Leaf
عسگری	Control	381.33 ^a	3.33 ^a	3.58 ^a	0.40 ^b	25.65 ^a	5.93 ^a	0.14 ^b
	NaCl	293.33 ^b	2.32 ^{bc}	3.28 ^a	0.75 ^a	22.00 ^{bc}	2.82 ^c	0.33 ^a
	KHCO ₃	351.33 ^a	2.58 ^b	3.61 ^a	0.44 ^b	25.10 ^{ab}	5.41 ^b	0.20 ^b
	NaCl+KHCO ₃	258.67 ^c	2.13 ^c	2.11 ^b	0.72 ^a	21.73 ^c	2.40 ^c	0.37 ^a
شاهرودی	Control	366.00 ^a	3.29 ^a	2.82 ^{ab}	0.47 ^c	25.93 ^a	6.62 ^a	0.16 ^c
	NaCl	318.00 ^b	1.48 ^b	2.63 ^b	0.99 ^b	14.93 ^c	2.18 ^c	0.60 ^a
	KHCO ₃	360.67 ^a	1.78 ^b	2.98 ^a	0.55 ^c	18.53 ^b	5.63 ^b	0.24 ^b
	NaCl+KHCO ₃	233.67 ^c	1.02 ^c	1.65 ^c	1.19 ^a	13.53 ^c	1.63 ^d	0.66 ^a
140 Ru	Control	315.67 ^a	2.82 ^a	3.13 ^b	0.35 ^b	30.67 ^a	5.72 ^a	0.12 ^c
	NaCl	223.67 ^b	1.94 ^c	3.64 ^a	0.41 ^b	22.63 ^{bc}	4.31 ^c	0.24 ^b
	KHCO ₃	255.33 ^b	2.37 ^b	3.24 ^b	0.37 ^b	23.68 ^b	5.10 ^b	0.16 ^{bc}
	NaCl+KHCO ₃	243.00 ^b	1.69 ^c	2.28 ^c	0.59 ^a	20.10 ^c	2.22 ^d	0.38 ^a
یاقوتی	Control	329.67 ^a	2.60 ^a	4.11 ^a	0.37 ^b	26.40 ^a	5.36 ^a	0.18 ^c
	NaCl	251.00 ^b	1.97 ^b	3.51 ^b	0.70 ^a	21.57 ^b	3.71 ^c	0.34 ^b
	KHCO ₃	266.00 ^b	1.78 ^{bc}	3.97 ^a	0.46 ^b	14.20 ^c	4.45 ^b	0.21 ^c
	NaCl+KHCO ₃	254.00 ^b	1.52 ^c	1.87 ^c	0.74 ^a	16.60 ^c	1.87 ^d	0.65 ^a

Based on interaction slicing method, for each rootstock means within a column followed by the same letter are not significantly different at $P < 0.05$ according to the Duncan's multiple range test.

برای هر پایه حرف های مشترک در هر ستون بیانگر نبود اختلاف معنی دار بر اساس روش برش دهی برهمکنش و بر پایه آزمون دانکن ($P < 0.05$) است.

نسبت سدیم به پتاسیم برگ

بررسی نسبت غلظت برگ این دو عنصر بیانگر معنی داری اثر نوع پایه مورد استفاده و وجود یا عدم وجود تنش شوری، بیکربنات و یا شور-قلیا و در نهایت برهمکنش دوگانه و سه گانه تمام عوامل آزمایش بر این شاخص کلیدی بود. بررسی مقایسه اثر پایه ها در هر یک از سطح های تنش اعمال شده نشان داد استفاده از پایه 140Ru سبب کمترین افزایش نسبت گفته شده، در شرایط تنش شوری شد. همچنین، در پایه عسگری افزایش این شاخص در شرایط شور با شور-قلیا (به ترتیب ۳۲/۰ و ۳۷/۰) اختلاف معنی داری نداشت. لازم به ذکر است در شرایط شور-قلیا اثر دو پایه عسگری و 140Ru اختلاف معنی داری (به ترتیب ۳۷/۰ و ۳۸/۰ نسبت به شاهد همان پایه) از این جهت نداشت (جدول ۳).

فعالیت آنزیم کاتالاز

بررسی تغییر فعالیت این آنزیم در شرایط این پژوهش نشان داد، نوع پایه مورد استفاده و وجود یا عدم وجود تنش شوری و در نهایت برهمکنش تنش شوری و بیکربنات بر مقدار فعالیت این آنزیم اثر معنی‌داری داشت. این بررسی حاکی از اثربخشی کاربرد پایه‌های عسگری و 140Ru نسبت به استفاده از پایه شاهرودی از نظر فعالیت آنزیم کاتالاز در شرایط مختلف بود (جدول ۱). مشخص شد مقدار فعالیت این آنزیم در شرایط تنش شوری به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد (۱/۰۸ برابر) و در شرایط تنش بیکربنات و شور-قلیا کمتر از شاهد (به‌ترتیب ۰/۸۷ و ۰/۷۴ برابر) بود (جدول ۲).

بحث

این پژوهش با هدف بررسی اثربخشی استفاده از برخی پایه‌های منتخب بر واکنش رقم شاهرودی در شرایط شور و شور-قلیا انجام شد. تحمل در این شرایط شامل وضعیتی است که گیاه در مقایسه با محیط بدون تنش از رشد رویشی مناسب برخوردار باشد و در عین حال عوارض ناشی از مسمومیت و کم‌سبزیگی را تا حد امکان مهار نماید. از مهمترین و نخستین عوارض قابل مشاهده شوری در گیاهان کاهش ارتفاع و وزن زیست توده شاخساره است (۱۵). دلیل این کاهش، تغییر جهت مصرف ماده‌های فتوسنتزی هم‌جهت با فعال شدن سازوکارهای تحمل به تنش است. به این معنی که گیاه ضمن کاهش سطح سبز و تعرق از جذب آب و یون‌های مسموم‌کننده جلوگیری کرده و با افزایش سطح تماس ریشه با محیط خاک سعی در بهبود انتخابی جذب توسط ریشه می‌نماید (۱۴).

یکی دیگر از سازوکارهای تحمل، کاهش سطح و افزایش ضخامت برگ در شرایط تنش است (۱۵). در حقیقت گیاه با این رفتار مقدار تعرق از سطح برگ و در نتیجه نیاز خود به جذب آب از محیط شور و قلیا را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد (۱۰). اگر این روند با کاهش معنی‌داری در عملکرد فتوسنتز و سوخت و ساز گیاهی همراه نباشد به مفهوم برخورداری گیاه از سازوکار تحمل مناسب برای پایداری رشد و نمو در شرایط تنش است که در تولید محصول‌های کشاورزی دارای اهمیت است. هر چند بر مبنای نتیجه‌های این پژوهش پایه اثر معنی‌داری بر تغییرهای سطح مخصوص برگ رقم شاهرودی نداشت ولی پایه‌های عسگری و 140Ru ضمن کاهش معنی‌دار تعرق برگ، شدت فتوسنتز گیاهان پیوندی را نسبت به پایه‌های یاقوتی و شاهرودی افزایش دادند. تلفیق این نتیجه با تغییرهای نسبت وزن خشک ریشه به شاخساره نشان داد پایه عسگری در شرایط تنش ضمن حفظ بهتر ساختار فتوسنتزی رقم پیوند خورده و کاهش تعرق، با گسترش سیستم ریشه در جهت تحمل شرایط نامساعد، از برتری محسوس برخوردار است. بر مبنای داده‌های به‌دست آمده، اثر شوری بر فتوسنتز خالص بیشتر از اثر آن بر هدایت روزنه‌ای و سرعت تعرق برگ رقم شاهرودی بود که با نتیجه‌های بررسی‌های صورت گرفته روی پایه Ramsey اختلاف دارد (۷) که می‌تواند ناشی از تفاوت ساختار برگ گونه‌های *Vitis champini* و *V. vinifera* باشد.

اعمال تنش شوری و یا بیکربنات صرف‌نظر از نوع پایه مورد استفاده کاهش معنی‌دار هدایت روزنه‌ای برگ رقم شاهرودی را در پی داشته است. اما این کاهش برخلاف پایه عسگری و شاهرودی، در پایه یاقوتی و 140Ru در معرض تنش شوری و بیکربنات و تلفیق آن‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت. بنابراین با وجود آن‌که در شرایط تنش شوری قلیایی رقم عسگری به مقدار بیشتری هدایت روزنه‌ای را کاهش می‌دهد ولی از سرعت فتوسنتز بیشتر و تعرق کمتری برخوردار است که ناشی از تفاوت هدایت مزوفیلی برگ زیر تأثیر اختلاف در متابولیت‌های انتقال یافته از ریشه می‌باشد (۸).

علت حساسیت نسبی انگور به شوری تفاوت این گیاه در بهره‌مندی از سازوکارهای کنترل‌کننده انتقال یون سدیم به اندام‌های هوایی در مقایسه با یون کلر است (۱). به همین دلیل در بررسی تحمل انگور به شرایط شور بیشتر به رفتار گیاه (پایه و پیوندک) در برابر غلظت‌های سمی کلر در محیط ریشه توجه می‌شود. هرچقدر پایه مورد استفاده ظرفیت بالاتری در جلوگیری از ورود کلر به گیاه و یا انتقال آن از ریشه به شاخساره داشته باشد، برای شرایط شور و شور-قلیا مناسب‌تر است. بررسی مقدار کلر در برگ رقم شاهرودی پیوند شده روی پایه‌های مختلف نشان داد پایه 140Ru از پتانسیل بالای جلوگیری از انتقال کلر به اندام هوایی برخوردار است، ضمن این‌که نسبت کلر ریشه به شاخساره هم افزایش معنی‌داری پیدا کرده که حاکی از وجود سازوکار ممانعت از انتقال کلر به اندام هوایی در این پایه است. هرچند، در شرایط شور-قلیا این تحمل کاهش یافته و مقدار کلر برگ از حد مسمومیت فراتر می‌رود. استفاده از پایه یاقوتی باعث کاهش نسبت کلر ریشه به برگ در شرایط تنش

شوری نسبت به شاهد شد که به دلیل بالارفتن غلظت کلر برگ‌گی در این شرایط دلیلی بر رفتار ضعیف این پایه در شرایط شور (دستکم برای رقم شاهرودی) بود.

در شرایط تنش شوری غلظت پتاسیم به عنوان یکی از ضروری‌ترین عناصر موجود در برگ، نسبت به سدیم کاهش می‌یابد (۳). از آنجا که نسبت غلظت سدیم به پتاسیم برگ رقم شاهرودی پیوند شده روی پایه‌های عسگری در تنش شوری با شور-قلیا اختلاف معنی‌داری نداشت می‌توان برتری پایه عسگری در شرایط تنش شور-قلیا را نتیجه گرفت.

در شرایط تنش بیکربنات و خاک‌های آهکی یکی از مهمترین رخدادها کاهش دسترسی یاخته‌های گیاهی به آهن احیا شده است. به نظر می‌رسد این کاهش دسترسی با کاهش فعالیت آنزیم‌هایی که آهن کوفاکتور آن‌ها است همراه باشد. کاتالاز آنزیم مهم در تحمل گیاه به تنش اکسایشی یکی از این آنزیم‌ها به شمار می‌رود. از آنجا که کاهش غلظت آهن زیر تأثیر تنش شوری و بیکربنات اختلاف معنی‌داری نداشته (جدول ۲) اما برخلاف تنش شوری فعالیت کاتالاز در تنش بیکربنات نسبت به شاهد کاهش یافت، می‌توان نتیجه گرفت مقدار آهن با فعالیت آنزیم کاتالاز مرتبط نیست و مباحثی مانند مقدار آهن فعال یا غلظت بیکربنات موجود در محیط یاخته بر فعالیت این آنزیم اثرگذار است. کاهش سبزیگی برگ انگور زیر تأثیر شوری و خاک‌های آهکی جزو نخستین نشانه‌های قابل مشاهده است (۵). بررسی رابطه رگرسیونی بین شاخص سبزیگی (SPAD) و مقدار آهن کل برگ رقم شاهرودی در شرایط مختلف تنش (صرف‌نظر از نوع پایه) نشان داد هرچند بین این دو کمیت همبستگی معنی‌داری وجود دارد ($r=0.78$) اما ضریب رگرسیونی بین آن‌ها در تنش شوری از مقدار عددی بیشتری برخوردار است (شکل ۲). زیر تأثیر تنش شوری سازوکار جذب عناصرهای مختلف از جمله آهن در سطح ریشه دچار اختلال جدی می‌شود. به نظر می‌رسد تنش بیکربنات بیش از آن که بر غلظت آهن کل برگ مؤثر باشد بر غلظت آهن در واحد سطح برگ و یا مقدار آهن فعال (Fe^{II}) در برگ اثرگذار باشد (۳).

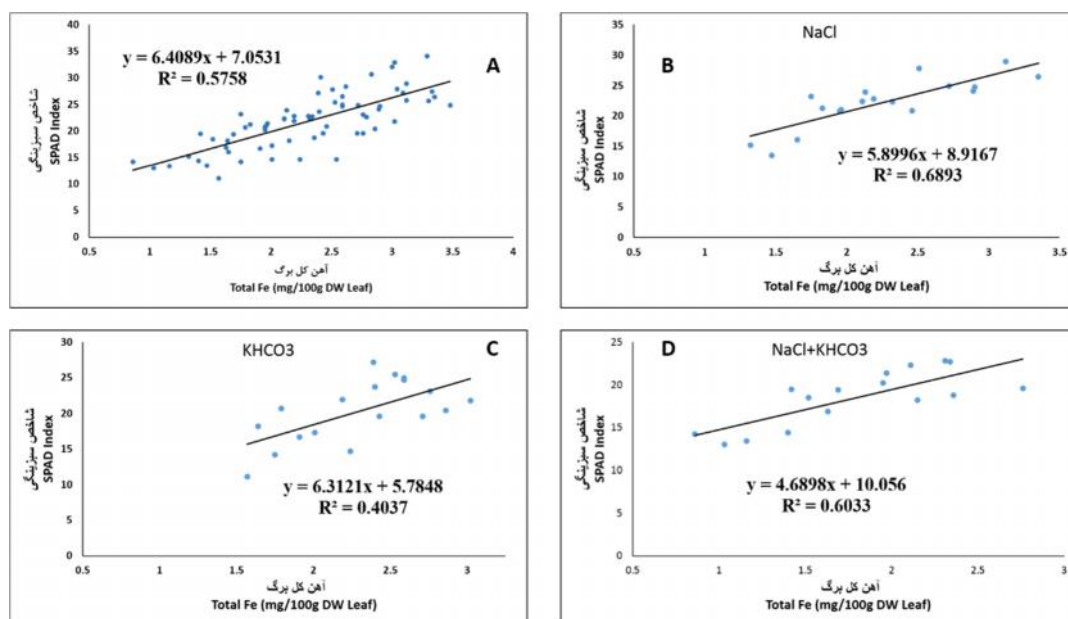


Fig. 2. The regression relation between SPAD and changes in total iron concentration Shahroudi cultivar leaves (without considering rootstock type), regardless of the stress type (A), salinity stress (B), bicarbonate stress (C), and the simultaneous stress of salinity and bicarbonate (D).

شکل ۲- رابطه رگرسیونی بین شاخص سبزیگی و تغییرهای غلظت آهن کل برگ رقم شاهرودی پیوند شده (صرف‌نظر از نوع پایه) بدون در نظر گرفتن نوع تنش (A)، تنش شوری (B)، تنش بیکربنات (C) و تنش همزمان شوری و بیکربنات (D).

نتیجه‌گیری

انگور محصولی مناسب برای کشت در مناطق گرم معتدل است که با تهدید افزایش روز افزون شوری و بیکربنات در منابع آب و خاک مورد استفاده روبرو است. این پژوهش به‌عنوان یکی از نخستین گام‌های بخش علمی کشور در نگاه جامع‌تر به بروز تنش‌های چندگانه در محیط واقعی تولید انگور، با هدف استفاده از ظرفیت زیستی کشور و در جستجوی راهکاری مناسب برای غلبه بر تنش هم‌زمان شوری و بیکربنات در مناطق کشت انگور اجرا شد. نتیجه‌های این بررسی افزون بر تأیید این ظرفیت، استفاده از پایه متحمل به تنش شوری و بیکربنات مانند عسگری را پیشنهاد می‌دهد. هر چند باید در بررسی‌های آینده با گسترش دامنه نژادگان‌های مورد بررسی عملکرد این‌گونه پایه‌ها بر عملکرد کمی و کیفی محصول انگور را مورد بررسی قرار داد.

منابع

1. Abbaspour, N., B. Kaiser and S. Tyerman. 2013. Chloride transport and compartmentation within main and lateral roots of two grapevine rootstocks differing in salt tolerance. *Trees- Struct. Funct.* 27(5):1317–1325.
2. Baneh, H. D., H. Attari, A. Hassani, R. Abdollahi, M. Taheri and F. Ghani. 2014. Genotypic variation in plant growth and physiological response to salt stress in grapevine. *Philipp. Agr. Sci.* 97(2):113–121.
3. Bavaresco, L., H. Fregoni and P. Frascini. 1992. Investigations on some physiological parameters involved in chlorosis occurrence in grafted grapevine. *J. Plant Nutr.* 15(10):1791–1807.
4. Bavaresco, L., E. Giachino and S. Pezzutto. 2003. Grapevine rootstock effects on lime-induced chlorosis, nutrient uptake, and source–sink relationships. *J. Plant Nutr.* 26:1451–1465.
5. Covarrubias, J. I. and A. D. Rombolà. 2013. Physiological and biochemical responses of the iron chlorosis tolerant grapevine rootstock 140 Ruggeri to iron deficiency and bicarbonate. *Plant Soil.* 370(1–2):305–315.
6. Cramer, G. R., A. Ergül, J. Grimplet, R. L. Tillett, E. A. R. Tattersall, M. C. Bohlman, and C. Osborne. 2007. Water and salinity stress in grapevines: early and late changes in transcript and metabolite profiles. *Funct. Integr. Genomics.* 7(2):111–134.
7. Gibberd, M. R., R. R. Walker and A. G. Condon. 2003. Whole-plant transpiration efficiency of Sultana grapevine grown under saline conditions is increased through the use of a Cl⁻ excluding rootstock. *Funct. Plant Biol.* 30(6):643–652.
8. Gago, J., D. de M. Daloso, C. M. Figueroa, J. Flexas, A. R. Fernie and Z. Nikoloski. 2016. Relationships of leaf net photosynthesis, stomatal conductance, and mesophyll conductance to primary metabolism: a multispecies meta-analysis approach. *Plant Physiol.* 171(1):265–279.
9. Gong, H., D. H. Blackmore and R. R. Walker. 2010. Organic and inorganic anions in Shiraz and Chardonnay grape berries and wine as affected by rootstock under saline conditions. *Aust. J. Grape Wine R.* 16(1):227–236.
10. Jogaiah, S., S. D. Ramteke, J. Sharma and A. K. Upadhyay. 2014. Moisture and salinity stress induced changes in grape rootstock cultivars. *Int. J. Agro.* 2014:1–8.
11. Moameni A. 2011. Geographical distribution and salinity levels of soil resources of Iran. *Iran J. Soil Res.* 24(3):203–215.
12. Møller, I. M., P. E. Jensen and A. Hansson. 2007. Oxidative modifications to cellular components in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 58:459–481.
13. Motsara, M. R. and R. N. Roy. 2008. Guide to laboratory establishment for plant nutrient analysis. *FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin.* 19. FAO. Rome. Italy. 204.
14. Munns, R. and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59(1):651–681.

15. Negrão, S., S. M. Schmöckel and M. Tester. 2017. Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. *Ann. Bot.* 119(1):1–11.
16. Obbink, J. G. and D. M. Alexander. 1973. Response of six grapevine cultivars to a range of chloride concentrations. *Am. J. Enol. Vitic.* 24(2):65-68.
17. Ranieri, A., A. Castagna, B. Baldan and G. F. Soldatini. 2001. Iron deficiency differently affects peroxidase isoforms in sunflower. *J. Exp. Bot.* 52(354):25–35.
18. Shani, U. and A. Ben-Gal. 2005. Long-term response of grapevines to salinity: osmotic effects and ion toxicity. *Am. J. Enol. Vitic.* 56(2):148-154.
19. Sohrabi, S., A. Ebadi, S. Jalali and S.A. Salami. 2017. Enhanced values of various physiological traits and VvNAC1 gene expression showing better salinity stress tolerance in some grapevine cultivars as well as rootstocks. *Sci. Hort.* 225:3017-326.
20. Walker, R., E. Torokfalvy, N. S. Scott and P. Kriedemann. 1981. An analysis of photosynthetic response to salt treatment in *Vitis vinifera*. *Funct. Plant Biol.* 8(3):359-374.
21. Williams, L.E, X.K. Dokoozlian and R. Wample. 1994. Grape. In: Schaffer, B. and P.E. Anderson (eds). *Handbook of environmental physiology of fruit crops*. Vol.1: Temperate crops. CRC Press, Boca Raton. pp, 85-133.
22. Zhang, X. K., R. R. Walker, R.M. Stevens and L.D. Prior. 2002. Yield-salinity relationships of different grapevine (*Vitis vinifera* L.) scion-rootstock combinations. *Aust. J. Grape Wine Res.* 8(3):150-15.

Effect of Rootstocks on Physiological and Biochemical Responses of *Vitis vinifera* 'Shahroudi' to Salinity and Bicarbonate Stress Conditions

H.R. Tahanian, A. Ebadi* and A.R. Salami¹

The synchronization of salt stress and dominance of calcareous soils in warm and dry climate regions has led to alkaline salinity stress in vineyards. In this study, the effects of salinity and bicarbonate stresses (alone or in combination) on photosynthetic reactions and nutrient variations of *Vitis vinifera* 'Shahroudi' as a susceptible grape cultivar were evaluated. Using stenting method, scions of this cultivar were grafted on 140Ru, Asgari, and Yaghouti rootstocks. Ungrafted plants were also used to study the impact of rootstocks. Salinity stress which was applied at two levels of zero and 50 mM sodium chloride and bicarbonate stress at two levels of 0 and 5 mM potassium bicarbonate. Results of this study showed significant effect of these three factors (salinity, bicarbonate and rootstock) on catalase activity, transpiration rate, and specific leaf area. Salinity stress reduced total iron content by 36% and alkaline-salt stress decreased 25% of pure leaf photosynthesis. In saline and alkaline conditions, the highest amount of absorbed Cl^- and Na^+ was observed in Asgari (as compared to ungrafted plants). Results of this study confirmed differences between *V. vinifera* genotypes in response to salt and bicarbonate stress. Based on this study, Asgari rootstock could be recommended as a suitable rootstock for *Vitis vinifera* 'Shahroudi' in calcareous and saline soils.

Keywords: Alkaline-salt stress, *Vitis vinifera* 'Asgari' rootstock, Catalase, Lime, Total iron.

1. Ph.D. Student, Professor and Assistant Professor, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, respectively.

* Corresponding author, Email: (aebadi@ut.ac.ir).