

بررسی اثر اسید هیومیک بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پایه‌های بادام تحت تنش شوری

الناز حاتمی^۱، علی اکبر شکوهیان^{۲*}، علی رضا قنبری^۲ و لطفعلی ناصری^۳

۱ و ۲. دانشجوی دکتری و دانشیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳. دانشیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۴/۳۰)

چکیده

انتخاب منابع کودی مناسب، مشکلات ناشی از شوری را از گیاه دور می‌کند. بدین منظور، آزمایش فاکتوریل، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار، در دانشگاه محقق اردبیلی، در سال‌های ۹۶-۱۳۹۵، انجام شد. عامل اول اسیدهیومیک در چهار سطح (صفر، ۲/۵، ۵ و ۷ کیلوگرم برهکتار)، عامل دوم کلریدسدیم در چهار سطح (صفر، ۱۲۰، ۶۰ و ۱۸۰ میلی‌مولار) و عامل سوم پایه‌های دوساله بادام بذری در دو سطح (GF677 و GN15) بودند نتایج نشان داد با افزایش شوری، وزن خشک ریشه به ساقه، به‌ویژه در GF677، Na^+ و Cl^- و شاخص روزنه‌ای، به‌ویژه در GN15، افزایش و سطح‌ویژه‌برگ، K^+ و N ، پتانسیل آب‌برگ، هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز و تعرق، به‌ویژه در GN15، کاهش پیدا کردند. کربوهیدرات، تا ۱۲۰ میلی‌مولار، به‌ویژه در GF677، افزایش و سپس کاهش یافت. GF677، با افزایش اسیدهیومیک تا ۵ کیلوگرم برهکتار، در شوری ۱۸۰ میلی‌مولار، با بیشترین وزن خشک ریشه به ساقه و سطح‌ویژه‌برگ، کمترین Na^+ و Cl^- و بیشترین K^+ و N برگ، دارای بیشترین پتانسیل آب برگ (۱/۹- مگاپاسکال) و کربوهیدرات (۸۶/۹۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، نسبت به دو پایه دیگر بود. بیشترین هدایت روزنه‌ای (۰/۵۳ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه) و فتوسنتز (۱۸/۷۳ میکرومول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه) در پایه GF677، ۲/۵ کیلوگرم برهکتار اسیدهیومیک و شوری شاهد به‌دست آمد. با افزایش اسیدهیومیک، در این شرایط، شاخص روزنه‌ای، به‌ویژه در پایه GF677، کاهش یافت. لذا، GF677، متحمل‌ترین پایه به شوری و ۲/۵ و ۵ کیلوگرم برهکتار اسیدهیومیک، مناسب‌ترین سطوح، بر پایه‌های بادام ارزیابی گردیدند.

واژه‌های کلیدی: اسید هیومیک، غلظت عناصر غذایی، کلریدسدیم، هدایت روزنه‌ای، *Prunus dulcis* Mill.

Investigation the effect of humic acid on some morphophysiological and biochemical characteristics of almond rootstocks under salinity stress

Elnaz Hatami¹, Ali Akbar Shokouhian^{2*}, Ali Reza Ghanbari² and Lotfali Naseri³

1, 2. Ph.D. Candidate and Associate Professor, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

3. Associate Professor, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

(Received: Mar. 13, 2019- Accepted: July 21, 2019)

ABSTRACT

Choosing suitable feed sources remove the problems of salinity from the plant. For this purpose, an experiment as factorial was conducted in a RCBD with three replications at the University of Mohaghegh Ardabili during 2015-16. The first factor was humic acid (HA) application at four levels: (0, 2.5, 5 and 7 $kg\ ha^{-1}$), the second factor was salinity at four levels: (0, 60, 120 and 180mM NaCl) and the third factor was two-years old almond rootstocks seedling at two levels (GF677 and GN15). Results showed that with increasing salinity, root/stem dry weight increased, especially in GF677, Na^+ and Cl^- and SI increased, especially in GN15 and SLA, K^+ and N , leaf osmotic potential, gs, Pn and T were decreased, especially in GN15. Carbohydrates increased to 120mM NaCl, especially in GF677 and then decreased. GF677 with an increase in HA up to 5 $kg\ ha^{-1}$, in the salinity of 180mM NaCl, with the highest root/stem dry weight and SLA, the lowest Na^+ and Cl^- and the highest K^+ and N of leaf had the highest leaf osmotic potential (-1.9MPa) and carbohydrate (86.92 $mg\ gFW^{-1}$) compared to other rootstocks. The highest gs (0.53 $mmol\ m^{-2}s^{-1}$) and Pn (18.73 $\mu mol\ CO_2\ m^{-2}s^{-1}$) were found in GF677, 2.5 $kg\ ha^{-1}$ HA and 0 mM NaCl. With increasing HA, in these conditions, the SI decreased, especially in GF677. Therefore, GF677 was evaluated as the most tolerant rootstock for salinity and 2.5 and 5 $kg\ ha^{-1}$ HA was evaluated as the most appropriate levels for affecting almond rootstocks.

Keywords: Element concentration, humic acid, NaCl, *Prunus dulcis* Mill., stomatal conductivity.

* Corresponding author E-mail: shokouhiana@yahoo.com

مقدمه

بادام (*Prunus dulcis* Mill.)، متعلق به تیره گل‌سرخیان (*Rosaceae*) بوده و موطن اصلی آن به خاورمیانه و جنوب‌غربی آسیا، به‌ویژه ایران، نسبت داده می‌شود (Radnia & Babagolzadeh, 2012). بر اساس آمارنامه سازمان خواروبار جهانی (FAO, 2017)، ایران، بعد از آمریکا، اسپانیا و مراکش، در مقام چهارم تولید بادام جهان قرار دارد. تنش شوری، با کاهش پتانسیل اسمزی خاک، باعث کاهش تورژسانس سلول‌های محافظ روزنه و بسته شدن روزنه‌های گیاه می‌شود که در مراحل اولیه، باعث حفظ آب گیاه و در غلظت‌های بالای شوری، با کاهش فراهمی CO_2 ، باعث کاهش راندمان فتوسنتزی و رشد رویشی، به‌ویژه، توسعه برگ‌ها می‌گردد (Duarte & Souza, 2016). به‌طور کلی، گیاهان در شرایط شوری، با سازوکارهای متفاوتی از جمله، کاهش سطح ویژه برگ، کاهش هدایت روزنه‌ای و افزایش تراکم روزنه‌ای میزان تعرق را می‌کاهند و از این طریق خود را از شرایط تنش محافظت می‌نمایند (Zhang *et al.*, 2006). پتاسیم، به‌عنوان یک عنصر پرمصرف، نقش مهمی را در حفظ تعادل اسمزی سلول‌ها، باز و بسته شدن روزنه‌ها و توسعه سلولی ایفا می‌کند و یون سدیم، با ممانعت از جذب پتاسیم، باعث تخریب تنظیمات روزنه‌ای و از دست‌دادن آب برگ می‌شود (Al-Erwy *et al.*, 2016). افزایش غلظت کلر ناشی از کلریدسدیم نیز با کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و در نتیجه، کاهش جذب نیترات، باعث کاهش تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها و رشد رویشی گیاه می‌گردد (Parida & Das, 2005). تجمع حفاظت‌کننده‌های اسمزی طبیعی، نظیر کربوهیدرات‌های محلول، در واکنش به تغییر آب‌بافت، در شرایط تنش، باعث حفظ تورژسانس سلول، حفاظت از زیرساخت‌های سلولی و تأمین کربن مورد نیاز گیاه می‌شود (Ashraf & Foolad, 2007). از آنجایی که، یکی از راهکارهای مهم افزایش تحمل شوری در گیاهان، توانایی ریشه در جلوگیری از انتقال یون‌های سمی به اندام‌های هوایی می‌باشد، لذا، انتخاب مناسب‌ترین پایه، برای به‌دست‌آوردن بیشترین عملکرد و کیفیت و نیز افزایش مقاومت به تنش‌های

محیطی، اهمیت اقتصادی بالایی دارد (Benhassaini *et al.*, 2012). پایه‌های بادام بذری، به‌دلیل تولید ریشه‌های عمیق و مقاومت به خاک خشک، متراکم و صخره‌ای، زیادی کلر و بُر و کمبود آهن، در ایران، ترکیه، افغانستان و ... متداول می‌باشند. اما استفاده از آن‌ها به‌دلیل هتروزیگوتی، رشد کند، دیر باردهی، حساسیت به زهکشی پایین و نماد زگیل ریشه و درصد گیرایی پایین، کاهش یافته است (Radnia & Babagolzadeh, 2012). به‌عنوان متداول‌ترین پایه هیبرید هلو و بادام، با منشأ کشور فرانسه، یک پایه پررشد با سیستم ریشه‌دهی قوی‌تر و استقرار بهتر نسبت به پایه‌های بذری است و مانند آنها، نسبت به خشکی تحمل بالایی دارد. به خاک آهکی و زیادی بُر در خاک، تحمل بالایی دارد، اما تا حدودی به زهکشی ضعیف خاک حساس می‌باشد (Radnia & Babagolzadeh, 2012). پایه هیبرید GN15 یا گارنم، با منشأ کشور اسپانیا، نیز یکی از کلون‌های جدید حاصل از تلاقی بادام رقم گارفی و هلوی نامرد بوده که دارای ویژگی‌هایی نظیر برگ قرمز، قدرت رشد بالا، مقاومت در برابر نماد زگیل ریشه، سازگاری با خاک‌های آهکی و تحمل خشکی مانند پایه بذری، می‌باشد (Felipe, 2009). استفاده از محرک‌های زیستی، نظیر مواد هیومیکی، گزینه دیگری برای مدیریت شوری است که از تجزیه مواد آلی خاک، نظیر هوموس، پیت و لیگنین اکسیدشده، زغال‌سنگ و ...، در شرایط ویژه و توسط ریزموجودات خاص، حاصل شده و دارای سه جزء اسیدهیومیک، اسیدفولویک و هیومین می‌باشد که حدود ۷۰-۶۵ درصد آن شامل اسیدهیومیک و اسیدفولویک می‌باشد. ۳۵ درصد از ساختار اسید هیومیک، حلقوی بوده و بقیه آن زنجیره‌های هیدروکربنی، اسیدهای آلی آروماتیک و عناصر معدنی می‌باشد که فعالیت بیولوژیکی این ترکیب زیستی را در جذب بهتر مواد غذایی توسط گیاه توجیه می‌نماید (Parandian & Samavat, 2012). استفاده از تیمار اسید هیومیک باعث بهبود صفات رویشی گیاه، نظیر سطح برگ و قطر سوخ و نیز ویژگی‌های بیوشیمیایی، نظیر کلروفیل کل و کارتنوئیدها در گل نرگس شد (Mashahiri &

برابر با ۳۷۹ و ۵۱ میلی گرم بر کیلوگرم و نیتروژن و کربن خاک به ترتیب برابر با ۰/۲۷۲ و ۲/۸۴ درصد بود. در چهار ماه انجام آزمایش، میانگین دمای محل پژوهش، در سال اول، کمتر از سال دوم و مجموع بارش ماهانه، بیشتر از سال دوم بود.

تیمارها و روش اجرای آزمایش

اسید هیومیک سیگما، در بسته‌های ۱۰ گرمی و کاملاً محلول در آب، در چهار سطح: H0: شاهد، H1: ۲/۵، H2: ۵ و H3: ۷ کیلوگرم بر هکتار (به ترتیب معادل صفر، ۱/۰۳، ۲/۰۷ و ۲/۹۰ گرم اسید هیومیک در لیتر آب برای خاک اطراف هر نهال)، از اوایل اردیبهشت‌ماه تا اوایل تیرماه (۶۰ روز)، هر هفته یک بار همراه با آب آبیاری و به روش خاکی روی پایه‌های بذری بادام سنگی، GF677 و GN15 اعمال گردید. بعد از اتمام این دوره، از اوایل تیر تا اوایل شهریور (۶۰ روز)، گلدان‌ها هر دو روز یک بار با آب شور حاوی سطوح S0: شاهد، S1: ۶۰، S2: ۱۲۰ و S3: ۱۸۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (به ترتیب معادل صفر، ۳/۵۰، ۷/۰۱ و ۱۰/۵۱ گرم کلرید سدیم در لیتر آب برای خاک اطراف هر نهال)، آبیاری شدند و در هر بار آبیاری با آب شور، مقداری محلول از ته ظرف خارج می‌شد. هفته‌ای یک بار هم، با آب معمولی، شستشوی کامل محیط ریشه انجام شد تا تغییرات EC و pH ناشی از تجمع نمک در بستر کاشت، در اثر انجام عمل آبیاری به حداقل برسد. برای جلوگیری از وارد شدن تنش ناگهانی به گیاهان، تنش شوری، در ابتدای آزمایش، با افزایش روزانه ۲۵ میلی‌مولار کلرید سدیم افزایش یافت و تیمارهای شوری بعد از حدود دو هفته کامل شدند، که زمان شروع تنش بود. این پژوهش بصورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار برای هر تیمار و در دو سال اجرا شد و هر تکرار شامل یک گلدان بود.

اندازه‌گیری شاخص‌های مورد آزمایش

بعد از اتمام پژوهش، نهال‌ها از خاک خارج شده و بعد از جداسازی ریشه و ساقه، ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه قرار گرفته و نسبت وزن خشک ریشه به ساقه

(Hassanpour Asil, 2018). کاربرد اسید هیومیک، در شرایط شوری، توسط Balaket & El-Himidawi (2014) روی خرما، باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و تسهیل فرآیند انتقال مواد غذایی، به‌ویژه پتاسیم شد و با کمک به گشودگی طولانی‌تر روزنه‌ها، باعث بهبود فتوسنتز گردید. این ماده به‌طور مستقیم، از طریق افزایش جذب آهن و سنتز کلروفیل، افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو و افزایش فتوسنتز، افزایش جذب عناصر مفید و کاهش جذب عناصر سمی، با خاصیت کلاته‌کنندگی، رشد و تولید گیاه را افزایش داده و به‌طور غیرمستقیم، با تغییر ساختار فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، روی رشد گیاهان سودمند است (Parandian & Samavat, 2012). استفاده از اسید هیومیک در گیاه پروانش باعث افزایش معنی‌دار در صفات رویشی گیاه، نظیر ارتفاع و قطر ساقه و نیز بهبود شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکردی آن گردید (Bayanloo et al., 2018). اسید هیومیک با اثرات شبه-اکسینی و سیتوکینینی، در شرایط شوری، باعث افزایش تعداد ریشه‌های ثانویه، ارتفاع، تعداد و اندازه سطح برگ و وزن تر و خشک گیاه و در نتیجه، مقاومت به شوری در درختان پسته شد (Javanshah & Aminian nasab, 2016). در این پژوهش، به اثرات سودمند اسید هیومیک، در مقابله گیاهان با شوری و چگونگی تأثیر کاربرد این تیمار زیستی در کاهش اثرات شوری روی پایه‌های بادام، از طریق اندازه‌گیری برخی شاخص‌های مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و محل اجرای آزمایش

نهال‌های بادام دو ساله سالم و با قدرت رشد یکسان، در اسفند، از شرکت تولید نهال رویان پژوهش آذربایجان، تهیه و به گلدان‌های پلاستیکی مشکی ۷ لیتری، به قطر دهانه ۲۳ و ارتفاع ۲۱/۵ سانتی‌متر، حاوی مقادیر مساوی خاک زراعی سطحی، خاک برگ الک شده و پیت ماس منتقل گردیدند و در فروردین به بیرون گلخانه برده شدند تا به رشد خود ادامه دهند. خاک مورد استفاده دارای بافت شنی-لومی با pH برابر با ۶/۸ و EC برابر با ۱/۶۳ ds/m بود. محتوای پتاسیم و فسفر خاک، به ترتیب

شاخه سال جاری برداشت و بعد از تثبیت در فرمالین استیک الکل، لایه نازکی از لاک ناخن بی‌رنگ، روی سطح زیرین برگ مالیده شد. بعد از خشک شدن در دمای محیط، با نوارچسب شیشه‌ای، تصویری از لایه اپیدرمی جدا و بعد از رنگ‌آمیزی با رنگ آبی متیلن قراردادن روی لام، زیر میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۴۰۰ مشاهده شد (Meister & Bolhar, 2003).

تجزیه داده‌ها

داده‌ها پس از جمع‌آوری و انتقال به نرم‌افزار اکسل، توسط نرم‌افزار SAS (Version 9.2) تجزیه و تحلیل شدند. میانگین‌ها توسط آزمون LSD با سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. رسم نمودارها نیز با نرم‌افزار اکسل انجام شد.

نتایج و بحث

طبق نتایج تجزیه واریانس، به جز اثر متقابل سال و پایه، که بر سطح ویژه برگ، هدایت روزنه‌ای و تعرق، در سطح احتمال پنج درصد و بر کل ریشه، پتاسیم برگ و ریشه، نیتروژن ریشه و فتوسنتز، در سطح احتمال یک درصد، تفاوت معنی‌داری داشت، تأثیر سال و اثر متقابل آن با پایه، اسیدهیومیک و شوری، بر سایر شاخص‌ها معنی‌دار نبود. به جز، تأثیر شوری بر تعرق و تأثیر اسیدهیومیک بر فتوسنتز و تعرق در سطح احتمال پنج درصد، تأثیر پایه، شوری و اسیدهیومیک بر تمام شاخص‌ها، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل پایه و اسیدهیومیک، پایه و شوری و اسیدهیومیک و شوری، بر تمام شاخص‌ها، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و فقط اثر متقابل پایه و شوری، بر فتوسنتز، اثر متقابل اسیدهیومیک و شوری، بر تعرق و اثر متقابل پایه و اسیدهیومیک، بر پتاسیم برگ و تعرق، در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. اثرات سه‌گانه پایه، شوری و اسیدهیومیک بر وزن خشک ریشه به ساقه در سطح احتمال پنج درصد و بر سایر شاخص‌ها، در سطح احتمال یک درصد، معنی‌دار بود. براساس نتایج مقایسه میانگین، با افزایش شوری تا ۱۸۰ میلی‌مولار، سطح ویژه برگ، کاهش و نسبت وزن خشک ریشه به

(RDW/SDW) به دست آمد (Chartzoulakis *et al.*, 2002). در هر گیاه، پنج برگ هم‌اندازه، از وسط شاخه سال جاری انتخاب و بعد از اندازه‌گیری مساحت برگ‌ها (LA) توسط کاغذ شطرنجی براساس سانتی‌مترمربع و وزن خشک برگ‌ها براساس گرم (DW)، سطح ویژه برگ با رابطه مقابل سنجش شد (Saied *et al.*, 2005).
 $SLA=LA \text{ (cm)}/DW \text{ (g)}$

کربوهیدرات‌های محلول، با روش Irigoyen *et al.* (1992)، سنجش شدند. برای اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم، از روش نشر شعله‌ای و دستگاه فلیم فتومتر به ترتیب با طول موج ۷۶۶/۵ و ۵۸۹ نانومتر استفاده شد (Hamada & El-Enany, 1994). برای اندازه‌گیری کلر به روش رنگ‌سنجی و تیتراسیون عصاره ماده خشک گیاه در آب مقطر، توسط نیترات نقره ۰/۰۵ نرمال در مجاورت معرف دی‌کرومات پتاسیم عمل شد (Johnson & Ulrich, 1975). در اندازه‌گیری نیتروژن نمونه‌ها نیز از روش کج‌لدال استفاده شد. برای سنجش پتانسیل آب برگ، از برگ‌های واقع در سایه و نزدیک قسمت میانی تنه هر نهال، سه برگ سالم، توسعه‌یافته و با عمر یکسان در ساعت ۹-۱۱ صبح انتخاب و همراه دم‌برگ جدا شدند و در کمتر از چند ثانیه بعد از جدا شدن از گیاه، در داخل دستگاه اتاقلک فشار (مدل A35، ساخت ایران) قرار گرفتند. عددی که فشارسنج در زمان خروج اولین قطره شیرگیاهی از انتهای دم‌برگ نشان داد، قرائت و با علامت منفی به‌عنوان مقدار مطلق پتانسیل آبی سلول‌های برگ در نظر گرفته شد و میانگین پتانسیل آبی سه برگ در محاسبات آماری استفاده شد (Scholander *et al.*, 1965). از هر واحد آزمایشی، یک گیاه و از هر گیاه دو برگ کامل و بالغ، در فاصله گره‌های ۴-۱۶، به طور تصادفی انتخاب و در فضای باز، در ساعت ۹-۱۱ صبح و در شدت نور ۱۴۰۰-۱۲۰۰ میکرومول فوتون بر مترمربع بر ثانیه، با استفاده از دستگاه پرتابل IRGA (آنالیزور گازی مادون قرمز) مدل LCA-4 ADC، بعد از قرار دادن قسمت میانی برگ‌ها به مدت ۴۵ ثانیه، در محفظه شیشه‌ای دستگاه، هدایت روزنه‌ای (gs)، سرعت فتوسنتز (Pn) و تعرق (T)، هر سه روز یک-بار، سنجش شدند (Fischer *et al.*, 1998). برای سنجش شاخص روزنه‌ای (SI)، از هر تکرار، دو برگ بالغ از وسط

وزن خشک ریشه به ساقه نیز، برابر با ۱/۵۴ و مربوط به تیمار GF677 H2 S3 و کمترین میزان، برابر با ۰/۴۴ و مربوط به تیمار GN15 H0 S3 بود (جدول ۱). افزایش نسبت وزن خشک ریشه به ساقه، به‌ویژه در پایه GF677، به یک مکانیسم دفاعی، در جهت افزایش جذب آب و عناصر غذایی مفید، در شرایط تنش اسمزی، اشاره دارد. در شرایط شوری، کاهش سنتر هورمون سیتوکینین، به‌عنوان عامل تقسیم سلولی و نیز کاهش جذب آب، در اثر افزایش ضخامت ریشه و کاهش تعداد ریشه‌های نازک، باعث کاهش انتقال آب از آوندهای چوبی به برگ گیاه و در نتیجه، کاهش تقسیم و رشد سلولی و اندازه برگ می‌شود (Farouk, 2011).

ساقه، افزایش پیدا کردند. افزایش اسید هیومیک، تا ۷ کیلوگرم بر هکتار، باعث افزایش سطح ویژه برگ و نسبت وزن خشک ریشه به ساقه در پایه‌های بادام، به‌ویژه در پایه GF677 و سپس کاهش این شاخص‌ها گردید. البته، ۲/۵ کیلوگرم بر هکتار اسید هیومیک، در تنش شوری شدیدتر از ۶۰ میلی‌مولار، به دلیل تحمل پایین این پایه‌ها به شوری‌های شدید، باعث کاهش نسبت وزن خشک ریشه به ساقه در هر سه پایه شد. لذا، بیشترین سطح ویژه برگ، برابر با ۱۳۵/۳۷ گرم بر سانتی‌متر مربع و مربوط به تیمار GF677 H2 S0 و کمترین میزان، برابر با ۱۷/۲۴ گرم بر سانتی‌متر مربع و مربوط به تیمار GN15 H0 S3 بود. بیشترین نسبت

جدول ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل پایه، اسید هیومیک و شوری بر شاخص‌های رویشی، بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی بادام.

Table 1. Mean comparison interaction effect of rootstock, HA and salinity on morphological, biochemical and physiological properties of almond

Treatments	RDW/SDW	SLA	Carbohydrates	Leaf osmotic potential	SI	gs	Pn	T
	-	(g cm ⁻²)	(mg gFW ⁻¹)	(Mpa)	(x mm ²)	(mmol m ⁻² S ⁻¹)	(μmol CO ₂ m ⁻² S ⁻¹)	(mmol m ⁻² S ⁻¹)
Seedling H0 S0	0.54rs	111.53f	30.43wx	-1.25u	127.83pq	0.33ij	11.16k	15.31gh
Seedling H0 S1	0.66o	88.38ij	31.43vw	-2.05lm	128.33op	0.30kl	11.25jk	13.23j
Seedling H0 S2	0.62op	59.04op	40.66rs	-2.73gh	149.83g	0.21p	9.35n	11.43kl
Seedling H0 S3	0.55rs	40.02uv	26.14y	-2.83f	162.33c	0.15st	6.25u	7.41s
Seedling H1 S0	0.63op	122.62c	29.10x	-1.28u	128.00op	0.38f	14.53e	16.18fg
Seedling H1 S1	0.73mn	96.49gh	36.71t	-2.05lm	128.66op	0.34hi	15.03de	13.55ij
Seedling H1 S2	0.76kl	64.60n	45.11n	-2.65h	139.00ij	0.35gh	12.16g	10.75m
Seedling H1 S3	0.73mn	44.18st	27.48y	-2.84f	161.66cd	0.29l	10.15l	10.13mn
Seedling H2 S0	0.71n	121.13c	54.92h	-1.22vw	124.83s	0.25mn	12.26g	18.15e
Seedling H2 S1	0.76kl	97.17g	56.09gh	-1.99m	129.33no	0.16rs	12.41fg	17.20ef
Seedling H2 S2	0.81jk	63.90n	66.55f	-2.61hi	136.16kl	0.13uv	10.08l	15.11h
Seedling H2 S3	1.19ef	44.98st	68.57de	-2.80fg	155.66ef	0.04xy	7.46rs	13.40ij
Seedling H3 S0	0.71n	110.53f	41.52qr	-1.06x	125.00rs	0.26mn	9.58mn	1305j
Seedling H3 S1	0.78k	89.68i	46.15mn	-1.85op	123.66tu	0.22p	9.60mn	11.23l
Seedling H3 S2	0.81jk	58.02p	47.01lm	-2.53i	130.66n	0.14t	6.38u	7.06st
Seedling H3 S3	1.17ef	39.48v	39.04s	-2.65h	153.83f	0.03y	2.11y	2.08yz
GF677 H0 S0	0.53s	111.49f	45.76o	-1.37s	122.66uv	0.44d	13.05f	14.66hi
GF677 H0 S1	0.87ij	94.52h	50.29j	-1.46r	125.00rs	0.38f	12.96f	13.46ij
GF677 H0 S2	0.82j	81.83k	54.47h	-1.95mn	135.66l	0.34hi	11.13k	11.63kl
GF677 H0 S3	0.80j	67.65mn	32.19v	-2.06lm	140.00i	0.23op	9.35n	8.40qr
GF677 H1 S0	0.64o	121.10c	50.10j	-1.69q	121.33v	0.53a	18.73ab	25.61a
GF677 H1 S1	0.96h	116.59e	54.28hi	-1.43r	122.33uv	0.53a	18.23b	20.06bc
GF677 H1 S2	1.23d	82.67k	63.54f	-1.92n	137.16jk	0.47cd	16.90c	18.23e
GF677 H1 S3	1.32c	72.05l	48.79kl	-2.04lm	140.33i	0.41ef	15.18d	16.73fg
GF677 H2 S0	0.86ij	135.37a	65.04f	-1.24v	122.00uv	0.41e	16.10c	19.70cd
GF677 H2 S1	1.11f	126.32b	68.79de	-1.40rs	123.00tu	0.49bc	15.58d	18.58de
GF677 H2 S2	1.42b	118.71de	86.92a	-1.85op	132.33mn	0.40e	13.71e	16.38fg
GF677 H2 S3	1.54a	85.25jk	82.04b	-1.90n	137.00jk	0.36g	11.36ij	14.65hi
GF677 H3 S0	0.76kl	112.57f	64.12f	-0.94y	100.00w	0.32ij	9.05op	9.95n
GF677 H3 S1	1.01gh	98.03g	67.60f	-1.24vw	121.33v	0.23op	8.90p	8.11r
GF677 H3 S2	1.32c	82.28k	70.88cd	-1.74q	125.66rs	0.17qr	6.96t	5.43t
GF677 H3 S3	1.40b	67.00mn	56.24gh	-1.76q	132.66mn	0.12v	4.23w	2.50yz
GN15 H0 S0	0.55rs	116.02e	36.37i	-1.34st	125.33rs	0.31jk	11.26j	12.50jk
GN15 H0 S1	0.60p	47.81r	40.90r	-2.23jk	126.33qr	0.24n	11.16k	11.30l
GN15 H0 S2	0.56qr	40.71uv	28.61x	-3.88de	159.33d	0.18qr	7.26s	7.13st
GN15 H0 S3	0.44t	17.24wx	25.84z	-4.20ab	176.66a	0.04xy	3.55x	3.10x
GN15 H1 S0	0.61p	124.62bc	39.70rs	-1.35st	124.33s	0.37fg	12.25g	15.43gh
GN15 H1 S1	0.65p	60.90o	42.48pq	-2.16k	126.66qr	0.30kl	11.35j	12.30jk
GN15 H1 S2	0.70n	39.77v	33.53uv	-3.93c	143.66hi	0.22p	7.63qr	9.16p
GN15 H1 S3	0.57qr	43.11t	29.72w	-4.21b	164.00bc	0.17qr	7.71qr	5.30u
GN15 H2 S0	0.71n	124.56bc	43.72op	-1.27uv	125.66rs	0.29l	11.66h	13.23ij
GN15 H2 S1	0.70n	62.17no	47.42l	-2.16k	128.33op	0.17qr	12.55fg	12.36jk
GN15 H2 S2	0.75kl	40.93uv	53.87i	-3.86de	139.33ij	0.08w	9.36n	9.50op
GN15 H2 S3	0.80jk	41.25u	47.12m	-4.22ab	156.66ef	0.01z	5.11v	4.46vw
GN15 H3 S0	0.66o	113.91ef	32.32v	-1.25v	124.66s	0.29l	10.23l	11.26l
GN15 H3 S1	0.72mn	49.95q	36.74t	-2.16k	126.66qr	0.17qr	9.63mn	7.56s
GN15 H3 S2	0.74lm	48.80qr	36.46t	-3.80e	135.00l	0.08w	6.28u	4.06w
GN15 H3 S3	0.83j	17.96w	31.83v	-4.23ab	140.00i	0.01z	1.21z	1.43z

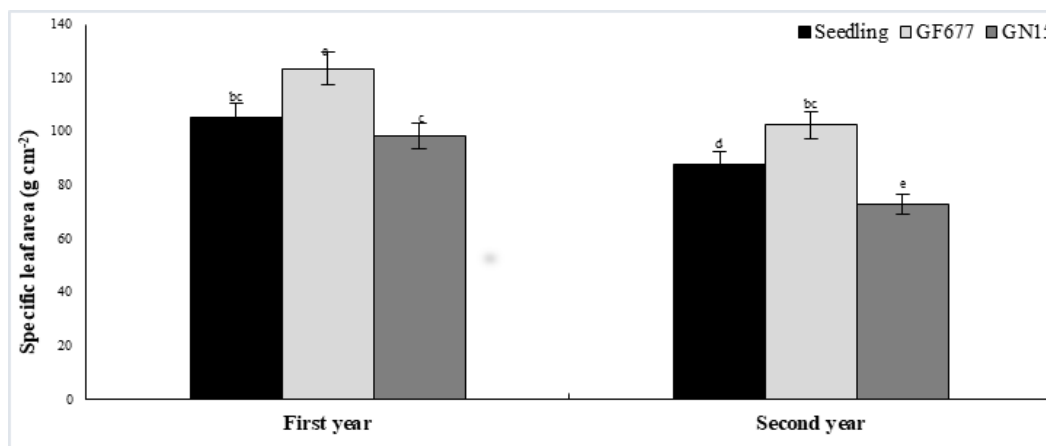
* میانگین‌های دارای حرف یکسان، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی‌دار نیستند.

* Means followed by the same letter are not significant at P≤0.05, according to LSD Test.

و وزن خشک و تر ریشه و برگ شد. این امر به بهبود ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک و خاصیت شبه‌اکسینی این ترکیب زیستی مربوط شد که در نهایت، با افزایش ریشه‌دهی و نفوذپذیری غشای سلول‌های ریشه، باعث افزایش جذب آب و عناصر غذایی و در نتیجه، افزایش رشد رویشی گیاهان شد (Hosseini Chenarestanolya *et al.*, 2016). کمتر بودن دمای هوا و مرطوب بودن بیشتر خاک، در سال اول نسبت به سال دوم، ممکن است باعث کاهش اثرات شوری و آزادسازی بیشتر عناصر مغذی اسیدهیومیک، نظیر نیتروژن و پتاسیم و جذب کمتر عناصر سمی، نظیر کلر و در نتیجه، رشد بیشتر سطح ویژه برگ، به‌ویژه در پایه GF677، در سال اول نسبت به سال دوم شده باشد. لذا، بیشترین میزان، مربوط به سال اول و پایه GF677 و کمترین مربوط به سال دوم و پایه GN15 بود (شکل ۱).

افزایش شوری تا سطح ۱۲۰ میلی‌مولار، باعث افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول، به‌ویژه در پایه GF677 و بعد از آن باعث کاهش این شاخص شد. با افزایش سطح اسید هیومیک تا سطح ۵ کیلوگرم بر هکتار، میزان این شاخص افزایش و سپس کاهش یافت. لذا، بیشترین میزان کربوهیدرات‌های محلول، برابر با ۸۶/۹۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گیاه و مربوط به GF677 H2 S2 و کمترین میزان، برابر با ۲۵/۸۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گیاه و مربوط به GN15 H0 S3 بود (جدول ۱).

در تحقیقی روی زیتون، قسمت‌های هوایی گیاهان بیشتر از ریشه آنها تحت تأثیر شوری قرار گرفت و نسبت ریشه به شاخه، به‌عنوان یک مکانیسم مقاومت در برابر شوری، به‌ویژه در انواع متحمل، افزایش یافت (Chartzoulakis *et al.*, 2002). در تحقیقی روی پایه‌های بادام تحت تنش شوری، کاهش وزن تر و خشک شاخه و سطح ویژه برگ، به کاهش محتوای آب و در نتیجه کاهش تورژانس و تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها مربوط شد (Bahrami *et al.*, 2015). در تحقیق روی انگور تحت تنش شوری، سمیت یونی و عدم تعادل تغذیه‌ای، بیش از کاهش آب در دسترس، در کاهش سطح برگ، ارتفاع و وزن تر و خشک ریشه و ساقه تأثیر داشت (Bybordi, 2012). اسید هیومیک به دلیل خاصیت شبه‌اکسینی و سیتوکینینی، با بهبود رشد ریشه، ارسال کمتر یون سدیم از ریشه به اندام هوایی، جذب بهتر آب و مواد غذایی به‌ویژه پتاسیم و نیز بهبود فتوسنتز، در شرایط تنش شوری، باعث بهبود رشد رویشی در سیب (Zhang *et al.*, 2013) و کیوی (Mahmoudi *et al.*, 2014) شد. یکی از عوامل اصلی افزایش رشد طولی شاخه‌های انگور تیمار شده با اسید هیومیک، افزایش جذب نیتروژن و تأثیر آن روی رشد رویشی گیاه بود (Asgharzadeh & Babaian, 2012). در تحقیق روی پرتقال والنسیای پیوند شده روی پایه نارنج، مشخص شد که کاربرد اسید هیومیک در غلظت‌های صفر، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ گرم در لیتر، به‌ویژه سطوح ۵ و ۷/۵ گرم در لیتر، باعث افزایش ارتفاع نهال



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل سال و پایه بر سطح ویژه برگ بادام

Figure 1. Mean comparison interaction effect of year and rootstock on specific leaf area of almond

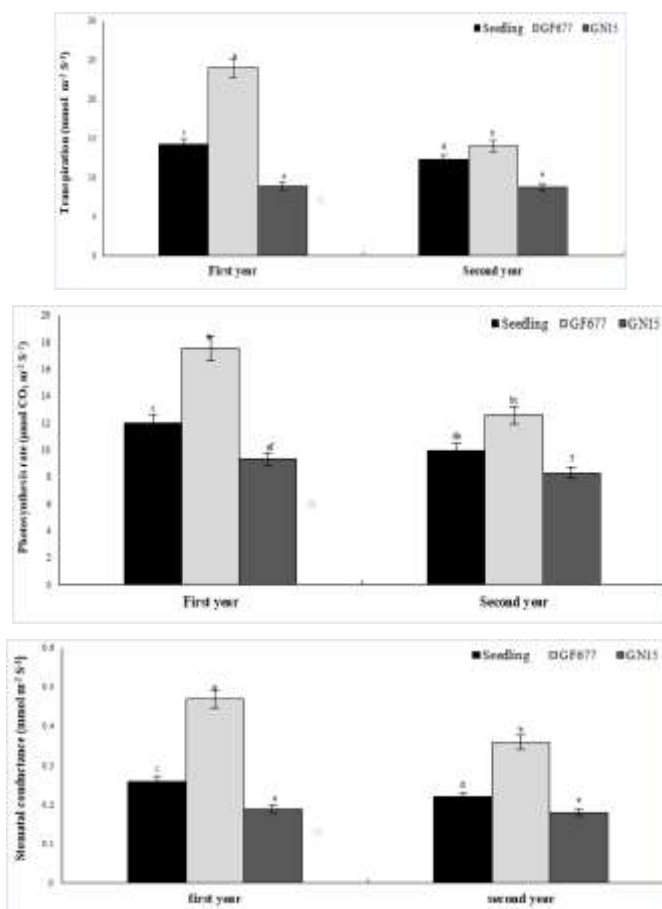
توسعه سیستم ریشه‌ای این گیاهان مربوط باشد که با افزایش جذب عناصر غذایی مفید، نظیر پتاسیم و نیتروژن، باعث افزایش سطح ویژه برگ و در نتیجه، افزایش فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای شد. افزایش قندهای محلول در میوه کیوی، رقم هایوارد، به افزایش کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز و در نتیجه افزایش سنتز آسمیلات‌ها مربوط شد (Mahmoudi *et al.*, 2017). شوری باعث کاهش پتانسیل آب برگ (بیشتر منفی شدن)، در هر سه پایه، به‌ویژه پایه GN15 شد و اعمال تیمار اسید هیومیک، تا سطح ۷ کیلوگرم بر هکتار، باعث افزایش آن (کمتر منفی شدن) گردید. البته، افزایش سطح اسید هیومیک، در افزایش پتانسیل آب برگ پایه GN15، تأثیر معنی‌داری نداشت. لذا، بیشترین میزان این شاخص، برابر با ۰/۹۴- مگاپاسکال و مربوط به GF677 H3 S0 و کمترین میزان، برابر با ۴/۲۰- مگاپاسکال و مربوط به GN15 H0 S3 بود که با ترکیب تیماری پایه GN15، سطوح دیگر HA و شوری ۱۸۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، از نظر آماری، تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۱). برگ‌هایی که با کاهش پتانسیل آب خاک، پتانسیل آب برگ بیشتری را در خود حفظ کنند، مقاومت بیشتری در مقابل دهیدراسیون داشته و این نشان‌دهنده تحمل بیشتر دیواره سلولی، در مقابل ازهم‌پاشیدگی ناشی از تنش می‌باشد (Irigoyen *et al.*, 1992). پایه‌های بادام GF677 و بذری، به دلیل سطح ویژه برگ بیشتر و در نتیجه، سنتز کربوهیدرات‌های محلول بیشتر ناشی از فتوسنتز بیشتر و سیستم ریشه‌ای توسعه‌یافته‌تر، آب بیشتری را از خاک به شاخساره منتقل کرده و روابط آبی خود را در سطح بالایی حفظ نمودند و در نتیجه، نسبت به پایه GN15، به کاهش آب مقاوم‌تر بودند. پتانسیل اسمزی آب برگ بادام، به‌عنوان یک شاخص مهم در بررسی وضعیت آبی گیاه، تحت تنش شوری از ۱/۵۳- مگاپاسکال در تیمار شاهد به ۲/۱۶- مگاپاسکال در آبیاری با آب شور رسید (Annabi *et al.*, 2015). اسید هیومیک، به‌عنوان یک ماکرومولکول، دارای گروه‌های آب‌دوست و آب‌گریز زیادی است که تمایل بالای گروه‌های آب‌دوست آن،

افزایش کربوهیدرات‌های محلول برگ، در سطوح اولیه شوری، به‌ویژه در پایه GF677، به نقش این ترکیبات در تنظیم اسمزی و جذب بیشتر آب و کاهش بعدی آن، در سطوح بالای شوری، به‌ویژه در پایه GN15، به افزایش تجمع یون کلر در برگ و کاهش سطح فتوسنتزکننده مربوط شد. شوری، از طریق کاهش فعالیت‌های متابولیکی برگ‌ها، باعث کاهش فتوسنتز و در نهایت، کاهش تولید کربوهیدرات‌ها می‌گردد (Parida & Das, 2005) و افزایش قند، تحت شرایط تنشی، می‌تواند مربوط به تجزیه نشاسته در اثر افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، کاهش انتقال کربوهیدرات از برگ‌ها، سنتز قند از مسیرهای غیرفتوسنتزی، کاهش مصرف قند در سلول‌های تحت تنش، تداخل واکنش هورمون‌های ABA و IAA و در نتیجه، کاهش توسعه سلولی و کاهش تبدیل کربوهیدرات‌های محلول به پلی‌ساکاریدهای ساختاری نظیر سلولز و همی سلولز باشد (Irigoyen *et al.*, 1992). کربوهیدرات‌ها در جذب بیشتر آب از محیط اطراف ریشه و تأمین انرژی و کربن موردنیاز گیاه بعد از تنش نقش مهمی را ایفا می‌کنند (Parida & Das, 2005). تنش شوری باعث کاهش ساکاروز، نشاسته و قندهای ساده گلوکز و فروکتوز، به‌ویژه در رقم حساس توت‌فرنگی شد و این امر به تجمع بیش‌ازاندازه یون کلر در برگ، کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز مربوط شد (Saeid *et al.*, 2005). در تحقیق روی پسته (Benhassaini *et al.*, 2012)، افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول، در شرایط تنش شوری، به‌ویژه در انواع متحمل، به نقش این مواد در حفظ روابط آبی گیاه و تأمین انرژی مربوط شد. خاصیت شبه جیبرلینی مواد هیومیکی باعث تحریک فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و سایر آنزیم‌های هیدرولیزکننده در گیاه و در نتیجه، شکسته شدن ترکیبات قندی بزرگ نظیر نشاسته به قندهای محلول ساده در لیلیوم تحت تنش شوری شد (Parandian & Samavat, 2012). در پژوهش حاضر، افزایش محتوای کربوهیدرات‌های محلول برگ، تا سطح ۵ کیلوگرم بر هکتار اسید هیومیک، به‌ویژه در پایه GF677، می‌تواند به افزایش

2010). در تحقیقی که روی بادام انجام شد معلوم شد که با افزایش سطح شوری از دو دسی‌زیمنس بر متر تا پنج دسی‌زیمنس بر متر، میزان هدایت روزنه‌ای از ۰/۸۶ تا ۰/۴۴ کاهش پیدا کرد و بین میزان این شاخص با میزان پتانسیل آب برگ که از ۱/۹۰- تا ۲/۱۶- مگاپاسکال کاهش داشت، ارتباط مثبت معنی‌داری وجود داشت (Annabi Milani *et al.*, 2015). کاربرد اسید هیومیک نسبت به عدم کاربرد این تیمار زیستی، با کمک به افزایش جذب عناصر غذایی، نظیر پتاسیم و نیتروژن، موجب افزایش هدایت روزنه‌ای در دانه‌های سیب تحت تنش اسمزی و در نتیجه، افزایش فتوسنتز و تولید ماده خشک گردید (Zhang *et al.*, 2013). کاربرد برگی غلظت‌های صفر، ۰/۱ و ۰/۲ درصد اسید هیومیک، روی درختان کیوی ۱۰ ساله، در شرایط مزرعه و آبیاری با آب شور حاوی صفر، ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، با کمک به جذب عناصر غذایی مفید، به‌ویژه پتاسیم، باعث گشودگی بیشتر روزنه‌ها و در نتیجه، بهبود فتوسنتز و افزایش رشد رویشی شد (Mahmoudi *et al.*, 2014). کمتر بودن دمای هوا و مرطوب بودن بیشتر خاک، در سال اول نسبت به سال دوم، باعث کاهش اثرات شوری، افزایش انحلال‌پذیری عناصر غذایی در خاک و نیز دسترسی بیشتر ریشه به مواد غذایی مفید، نظیر پتاسیم و نیتروژن شد که این امر با ارسال بیشتر این یون‌ها به برگ، افزایش معنی‌داری در شاخص‌های فتوسنتزی سال اول ایجاد کرد. لذا، بیشترین کمترین میزان هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز و تعرق، به‌ترتیب، مربوط به سال اول و پایه GF677 و سال دوم و پایه GN15 بود (شکل ۲).

شوری، همچنین، باعث افزایش شاخص روزنه‌ای، در هر سه پایه، به‌ویژه در GN15 شد و اسید هیومیک، باعث کاهش آن، به‌ویژه در پایه GF677، گردید که می‌تواند به افزایش سطح برگ، در اثر این تیمار و در نتیجه، دیده شدن تعداد کمتری روزنه در واحد سطح برگ مربوط باشد. لذا، بیشترین میزان آن، برابر با ۸۸ و مربوط به GN15 H0 S3 و کمترین میزان، برابر با ۵۰ و مربوط به GF677 H3 S0 بود (جدول ۱).

به جذب آب، باعث افزایش ظرفیت نگهداری بالای آب در خاک شده و اثر تحریک‌کنندگی آن روی طول، تعداد و انشعابات ریشه باعث افزایش جذب بیشتر آب و مواد معدنی می‌گردد (Cimrin *et al.*, 2010). تأثیر اسید هیومیک، روی افزایش پتانسیل آب برگ پایه‌های بادام، به‌ویژه پایه GF677، نشان داد که، افزایش روند صعودی سنتز کربوهیدرات‌های محلول برگ در این شرایط، می‌تواند با کمک به تنظیم اسمزی بهتر، باعث بهبود این شاخص، در شرایط شوری شود. کاربرد اسید هیومیک روی خرما (Balaket & El-Himidawi, 2014) و کیوی (Mahmoudi *et al.*, 2014)، تحت تنش شوری، باعث افزایش توانایی ریشه در جذب یون‌های غذایی، به‌ویژه پتاسیم، به‌عنوان یکی از عوامل افزایش جذب آب توسط ریشه و در نتیجه، بهبود روابط آبی گیاه و افزایش پتانسیل آب برگ شد. شوری باعث کاهش هدایت روزنه‌ای، سرعت فتوسنتز و تعرق، در هر سه پایه، به‌ویژه GN15 شد و اسید هیومیک، تا ۲/۵ کیلوگرم بر هکتار، باعث افزایش آن و در سطوح بالاتر، احتمالاً به‌دلیل کاهش جذب عناصری نظیر پتاسیم و نیتروژن، باعث کاهش آن شد. لذا، بیشترین هدایت روزنه‌ای، سرعت فتوسنتز و تعرق برگ، به‌ترتیب برابر با ۱۸/۷۳ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه، ۰/۵۳ میکرومول CO₂ بر مترمربع بر ثانیه و ۲۵/۶۱ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه و مربوط به GF677 H1 S0 و کمترین میزان، به‌ترتیب برابر با ۰/۰۱ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه، ۱/۲۱ میکرومول CO₂ بر مترمربع بر ثانیه و ۱/۴۳ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه و مربوط به GN15 H3 S3 بود (جدول ۱). انتقال هورمون ABA از ریشه به برگ، در اثر افزایش غلظت سدیم و کلر ناشی از شوری، با ممانعت از انتقال یون پتاسیم به سلول‌های محافظ روزنه، باعث کاهش تورژسانس این سلول‌ها و بسته شدن روزنه‌ها می‌گردد (Zhang *et al.*, 2006). در تحقیقی که روی نهال‌های یک‌ساله ارقام ریش‌بابا و صاحبی‌انگور انجام شد، با افزایش شدت تنش شوری تا سطح ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز و تعرق، به‌ویژه در رقم حساس صاحبی، کاهش پیدا کرد (Hatami *et al.*, ...)



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل سال و پایه بر هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز و تعرق برگ بادام

Figure 2. Mean comparison interaction effect of year and rootstock on leaf stomatal conductance, photosynthetic rate and transpiration of almond

یافتند. کاهش اندازه روزنه‌ها، در این شرایط، به کاهش رشد گیاه مربوط شد و افزایش شاخص روزنه‌ای باعث کاهش میزان تعرق گردید و گیاه تحت تنش اسمزی، کمبود یک صفت مرتبط با روزنه (اندازه) را با افزایش در صفت دیگر (تراکم) جبران کرد (Hatami *et al.*, 2010). تحقیقات بسیار محدودی در مورد تأثیر تیمارهای زیستی، بر شاخص روزنه‌ای گیاهان تحت تنش شوری انجام شده است. کاهش سطح برگ، ناشی از تنش کم‌آبی، در لوبیا، عامل افزایش شاخص روزنه‌ای اعلام شد و کاربرد کود زیستی با کمک به افزایش سطح برگ، باعث کاهش این شاخص گردید (Abbasi Siahjani *et al.*, 2017). شوری باعث افزایش غلظت سدیم و کلر برگ، در هر سه پایه، به‌ویژه GN15، شد و افزایش سطح تیمار اسید هیومیک، باعث کاهش غلظت این یون‌ها، به‌ویژه در پایه GF677، شد و سدیم برگ پایه GN15، بیش از برگ

افزایش شاخص روزنه‌ای، به‌ویژه در پایه GN15، به‌عنوان یک مکانیسم سازگاری، ممکن است با کاهش ابعاد روزنه‌ها، در اثر کاهش جذب عناصر معدنی ضروری برای تقسیم و توسعه سلولی، نظیر نیتروژن و افزایش جذب عناصر سمی ممانعت‌کننده تقسیم سلولی، نظیر کلر و سدیم و در نتیجه، کاهش رشد رویشی، همراه بوده باشد. این امر، در نهایت، باعث کاهش بیشتر سرعت فتوسنتز و تعرق، در این پایه، نسبت به دو پایه دیگر شد. افزایش شاخص روزنه‌ای و کاهش طول و قطر روزنه در انجیر تحت تنش شوری، به‌ویژه در ارقام حساس، به کوچک‌تر شدن اندازه سلول‌ها مربوط شد که در نهایت، باعث قرار گرفتن تعداد بیشتری روزنه در واحد سطح و کاهش فتوسنتز گردید (Zareiy *et al.*, 2017). با افزایش سطح تنش شوری در انگور، شاخص روزنه‌ای و ابعاد روزنه‌ها، به‌ویژه در انواع متحمل‌تر، به‌ترتیب، افزایش و کاهش

یون‌ها، مربوط به GF677 H2 S0 و کمترین میزان، مربوط به GN15 H1 S0 بود (جدول ۲).
پایه GF677، به دلیل داشتن سیستم ریشه‌ای توسعه‌یافته‌تر، قادر به جذب بیشتر عناصر غذایی مفید بوده و با انتقال کمتر سدیم و کلر، از ریشه به اندام هوایی، از مکانیسم اجتناب از تنش بهره برده است. شوری باعث کاهش محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم و افزایش محتوای سدیم و کلر در برگ ارقام فخری و سلطانی انگور شد (Bybord, 2012).

دو پایه دیگر بود. لذا، بیشترین غلظت سدیم و کلر برگ، مربوط به GN15 H0 S3 و کمترین میزان، مربوط به GF677 H3 S0 بود. همچنین، شوری باعث کاهش غلظت پتاسیم و نیتروژن برگ، در هر سه پایه، به‌ویژه پایه GN15 شد و اعمال تیمار اسید هیومیک، تا سطح ۲/۵ کیلوگرم بر هکتار، باعث کاهش، در سطح ۵ کیلوگرم بر هکتار باعث افزایش و در سطح ۷ کیلوگرم بر هکتار باعث کاهش مجدد و یا عدم تغییر در غلظت این یون‌ها شد. لذا، بیشترین غلظت این

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل پایه، اسید هیومیک و شوری بر غلظت عناصر غذایی برگ بادام

Table 2. Mean comparison interaction effect of rootstock, HA and salinity on elements concentration of almond leaf

Treatments			Na (%)	Cl (%)	K (%)	N (%)
Seedling	H0	S0	0.27uv	0.19xy	3.56ij	3.21gh
Seedling	H0	S1	0.51qr	0.55t	3.01l	2.38no
Seedling	H0	S2	1.11kl	1.37l	1.82uv	1.52rs
Seedling	H0	S3	1.94c	2.82f	0.86yz	0.55w
Seedling	H1	S0	0.24vw	0.19xy	3.76h	3.51f
Seedling	H1	S1	0.44r	0.62st	2.75n	2.54kl
Seedling	H1	S2	1.02l	1.44jk	2.07s	2.00p
Seedling	H1	S3	1.74de	2.91c	0.86yz	1.10t
Seedling	H2	S0	0.19v	0.12z	4.21d	4.17bc
Seedling	H2	S1	0.42rs	0.44u	3.22k	3.54f
Seedling	H2	S2	0.83mn	1.35lm	2.42op	3.12h
Seedling	H2	S3	1.58fg	2.61g	1.25y	2.40m
Seedling	H3	S0	0.13x	0.12y	4.19d	4.08c
Seedling	H3	S1	0.37st	0.48u	2.97l	3.57f
Seedling	H3	S2	0.68op	1.30m	2.16rs	3.13hi
Seedling	H3	S3	1.46gh	2.47h	1.27y	2.27op
GF677	H0	S0	0.24vw	0.16y	3.81gh	3.46f
GF677	H0	S1	0.32tu	0.53t	3.60ij	3.46m
GF677	H0	S2	0.59pq	0.74qr	3.51j	1.76q
GF677	H0	S3	1.33i	1.68i	1.65w	0.72v
GF677	H1	S0	0.22vw	0.16y	3.95ef	3.66ef
GF677	H1	S1	0.26uv	0.51tu	3.75h	3.21g
GF677	H1	S2	0.40rs	0.73qr	3.51j	2.05p
GF677	H1	S3	1.18jk	1.69i	1.77v	1.14t
GF677	H2	S0	0.13x	0.09z	4.54a	4.21bc
GF677	H2	S1	0.22vw	0.31vw	4.18d	3.77d
GF677	H2	S2	0.38st	0.70rs	3.81gh	3.49f
GF677	H2	S3	1.06l	1.46jk	1.87u	2.58k
GF677	H3	S0	0.06y	0.08z	4.34bc	4.28ab
GF677	H3	S1	0.17wx	0.27wx	4.24cd	3.71de
GF677	H3	S2	0.37st	0.69r	3.86fg	3.47f
GF677	H3	S3	0.75no	1.40kl	1.91lm	2.56k
GN15	H0	S0	0.26st	0.26wx	4.25cd	3.04i
GN15	H0	S1	0.81mn	0.87o	3.26k	2.08p
GN15	H0	S2	1.67e	2.89ef	2.93lm	0.73v
GN15	H0	S3	3.09a	4.12a	1.37x	0.43xy
GN15	H1	S0	0.27st	0.21x	4.01e	2.65jk
GN15	H1	S1	0.76no	0.90no	2.71n	2.14p
GN15	H1	S2	1.67e	2.94de	2.29q	1.05tu
GN15	H1	S3	3.07a	3.94bc	0.64z	0.34y
GN15	H2	S0	0.21vw	0.16y	4.36bc	3.28g
GN15	H2	S1	0.70op	0.78pq	2.88mn	2.49lm
GN15	H2	S2	1.41hi	2.92de	2.34pq	2.00p
GN15	H2	S3	2.48b	3.84c	0.84yz	1.44s
GN15	H3	S0	0.15wx	0.13y	4.36bc	3.19gh
GN15	H3	S1	0.51qr	0.81op	2.92lm	2.29op
GN15	H3	S2	1.34i	2.91e	2.43op	1.80q
GN15	H3	S3	2.42b	3.80c	0.85yz	1.55s

* میانگین‌های دارای حرف یکسان، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی‌دار نیستند.

* Means followed by the same letter are not significant at $P \leq 0.05$, according to LSD Test.

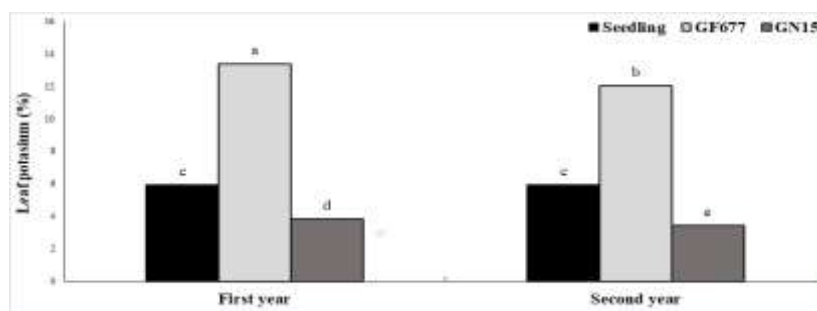
افزایش (Javanshah & Aminiannasab, 2016). سطح تیمار اسید هیومیک روی پرتقال والنسیا، به دلیل خاصیت شبه هورمونی، باعث بهبود رشد ریشه گیاه و نیز اسیدی کردن محیط ریشه شد، که این امر با کمک به دسترسی آسان به عناصر غذایی خاک، باعث افزایش معنی دار در جذب پتاسیم شد (Hosseini Chenarestanolya *et al.*, 2016). کمترین میزان جذب پتاسیم در سال اول، ممکن است باعث کاهش اثرات شوری و افزایش انحلال عناصر غذایی موجود در اسید هیومیک و نیز دسترسی بیشتر ریشه به پتاسیم شده باشد. لذا، بیشترین پتاسیم برگ، مربوط به سال اول و پایه GF677 و کمترین، مربوط به سال دوم و پایه GN15 بود (شکل ۳).

همبستگی منفی معنی دار، بین غلظت سدیم و کلر برگ با هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز، تعرق و رشد رویشی پایه‌های بادام نشان داد که، این یون‌ها، از یک سو، با جلوگیری از جذب آب و در نتیجه، منفی‌تر کردن پتانسیل آب برگ، باعث ممانعت از تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها شده و از سوی دیگر، به دلیل رقابت با یون پتاسیم، باعث بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه، کاهش فتوسنتز و کاهش سنتز کربوهیدرات‌های محلول برگ و در نهایت، کاهش رشد کلی پایه‌های بادام، به ویژه در پایه GN15 شدند. بین غلظت این یون‌ها و شاخص روزنه‌ای برگ نیز همبستگی مثبت معنی داری مشاهده شد. بین غلظت پتاسیم و نیتروژن برگ و فاکتورهای رویشی، کربوهیدرات‌های محلول برگ، فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، تعرق و پتانسیل آب برگ پایه‌های بادام، همبستگی مثبت معنی دار و بین غلظت این یون‌ها و شاخص روزنه‌ای برگ نیز همبستگی منفی معنی داری مشاهده شد (جدول ۳).

نتیجه‌گیری کلی

شوری، با کاهش پتانسیل اسمزی محیط اطراف ریشه، موجب منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی آب برگ شده و پایه‌های بادام برای مقابله با این شرایط، از یک سو با بستن روزنه‌ها و از سوی دیگر با انباشت کربوهیدرات‌های محلول، مکانیسم تنظیم اسمزی را به خدمت گرفته‌اند.

در تحقیق روی مرکبات تحت تنش شوری، علاوه بر تأثیر تنش شوری روی کاهش رشد ریشه و در نتیجه، کاهش جذب عناصر غذایی مفید، کاهش محتوای نیتروژن گیاه به افزایش کلر و در نتیجه کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و نیز کاهش غلظت پتاسیم به افزایش غلظت سدیم مربوط شد (Shafiezaghar *et al.*, 2015). در پژوهشی که روی هشت توده بومی شنبليله انجام شد مشخص گردید که بیشترین میزان سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم مربوط به بالاترین سطح شوری، یعنی ۱۸۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بود و در واقع، به هم خوردن نسبت‌های یونی در گیاه تحت شوری، حاصل تداخل جذب سدیم با پتاسیم بود (Farhadi *et al.*, 2016). اسید هیومیک، به عنوان کمپلکس پیچیده‌ای از مواد غذایی معدنی، با اتصال به تعداد زیادی کاتیون و آنیون، باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، به حداقل رساندن آبسویی عناصر از پروفیل خاک، بهبود رشد ریشه و ارسال کمتر سدیم به اندام‌های هوایی گیاه و در نتیجه، افزایش رشد و تولید گیاه و تحمل تنش شوری می‌شود (Cimrin *et al.*, 2010). یکی از عوامل اصلی افزایش رشد طولی در انگور تیمار شده با اسید هیومیک، افزایش جذب نیتروژن و تأثیر آن روی رشد رویشی گیاه معرفی شد. افزایش جذب عناصر غذایی مختلف نظیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و آهن توسط ریشه در انگور تیمار شده با اسید هیومیک، باعث افزایش عملکرد و رشد طولی شاخه‌ها شد (Asgharzadeh & Babaian, 2012). تیمار اسید هیومیک روی سیب (Zhang *et al.*, 2013)، خرما (Balaket & El-Himidawi, 2014) و کیوی (Mahmoudi *et al.*, 2014)، در شرایط شوری، به دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و خاصیت شبه هورمونی، با افزایش رشد ریشه، توانایی ریشه را، در جذب آب و یون‌های غذایی مفید، نظیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز و روی افزایش داد و انتقال کلر و سدیم را به اندام‌های هوایی گیاه کاهش داد. افزایش سطح اسید هیومیک، در شرایط شوری، روی پسته اکبری، بر جذب کلسیم و منیزیم تأثیر معنی داری نداشت، اما باعث کاهش نسبت سدیم سطحی ذرات خاک شد



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل سال و پایه بر غلظت پتاسیم برگ بادام

Figure 3. Mean comparison interaction effect of year and rootstock on leaf potassium concentration of almond

جدول ۳. ضرایب همبستگی بین شاخص‌های مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پایه‌های بادام

Table 3. Correlation coefficients between morphophysiological and biochemical characteristics of almond rootstocks

	SLA	RDW/SDW	Carbohydrates	Na	Cl	K	N	Osmotic potential	SI	gs	Pn	T
SLA	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RDW/SDW	-0.12 ^{ns}	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbohydrates	+0.53 ^{**}	+0.60 ^{**}	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na	-0.88 ^{**}	+0.21 [*]	-0.65 ^{**}	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-
Cl	-0.90 ^{**}	+0.42 [*]	-0.63 ^{**}	+0.96 ^{**}	1.00	-	-	-	-	-	-	-
K	+0.94 ^{**}	-0.16 [*]	+0.68 ^{**}	-0.94 ^{**}	-0.94 ^{**}	1.00	-	-	-	-	-	-
N	+0.93 ^{**}	-0.26 [*]	+0.49	-0.53 ^{**}	-0.96 ^{**}	+0.94 ^{**}	1.00	-	-	-	-	-
Osmotic potential	-0.78 ^{**}	-0.23 ^{**}	+0.67 ^{**}	-0.89 ^{**}	-0.95 ^{**}	+0.93 ^{**}	+0.90 ^{**}	1.00	-	-	-	-
SI	-0.80 ^{**}	+0.16 ^{ns}	-0.54 ^{**}	+0.93 ^{**}	+0.89 ^{**}	-0.86 ^{**}	-0.54 ^{**}	-0.79 ^{**}	1.00	-	-	-
gs	+0.75 ^{**}	+0.24 ^{**}	+0.63 ^{**}	+0.63 ^{**}	-0.78 ^{**}	-0.74 ^{**}	+0.84 ^{**}	+0.21 [*]	-0.73 ^{**}	1.00	-	-
Pn	+0.65 ^{**}	+0.53 ^{**}	+0.59 ^{**}	-0.74 ^{**}	-0.69 ^{**}	+0.76 ^{**}	+0.67 ^{**}	-0.63 ^{**}	-0.77 ^{**}	+0.93 ^{**}	1.00	-
T	+0.71 ^{**}	+0.13 ^{ns}	+0.57 ^{**}	-0.70 ^{**}	-0.74 ^{**}	+0.76 ^{**}	+0.67 ^{**}	-0.66 ^{**}	-0.70 ^{**}	+0.91 ^{**}	+0.92 ^{**}	1.00

ns, **, * and **: non significant, significant at the 1 and 5% of probability levels probability, respectively.

جذب کلر و سدیم، باعث بهبود پتانسیل آب برگ نهال‌های بادام شد و با کمک به باز نگه داشتن روزنه‌ها باعث حفظ فتوسنتز و مصرف مقادیر قابل توجهی از کربن در سنتز کربوهیدرات‌ها، در جهت تأمین رشد رویشی گیاهان، به‌ویژه در پایه GF677 شد.

سپاسگزاری

از همکاری دلسوزانه کارمندان محترم آزمایشگاه بیوشیمی اقبال ارومیه و شرکت تولید نهال رویان پژوهش آذربایجان، تشکر و قدردانی می‌گردد.

پایه GF677، با تولید کربوهیدرات بیشتر، از لحاظ تنظیم اسمزی، بهتر عمل کرده و با جذب بیشتر پتاسیم و نیتروژن و انتقال کمتر سدیم و کلر به اندام‌های هوایی، از میزان رشد رویشی بیشتری برخوردار بود. هدایت‌روزنه‌ای بیشتر و شاخص روزنه‌ای کمتر، در این پایه، در شرایط تنش شوری، باعث فتوسنتز بیشتر نسبت به دو پایه دیگر شد. اعمال تیمار اسید هیومیک، به‌ویژه تا سطح ۲/۵ و ۵ کیلوگرم بر هکتار، به دلیل ویژگی کلاته‌کنندگی، با کمک به جذب بهتر آب و یون‌های پتاسیم و نیتروژن و کاهش

REFERENCES

1. Abbasi Siahjani, A., Yarnia M., Farahbakhsh, F. & Solar, M. (2017). Effect of *rhizobium*, *pseudomonas* and *mycorrhizal* fungi on red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) traits under drought stress. *Knowledge of Agriculture and Sustainable Production*, 27(1), 85-102. (In Farsi)
2. Al-Erwy, A. S., Al-Toukhy, A. & Bafeel, S. O. (2016). Effect of chemical, organic and bio fertilizers on photosynthetic pigments, carbohydrates and minerals of wheat (*Triticum aestivum* L.) irrigated with sea water. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 3(2), 296-310.
3. Annabi Milani, A., Neyshabouri, M., Mosaddeghi, M. & Zare Haqi, D. (2015). Relations between leaf water potential, stress-degree-day and water depletion in almond tree under salinity stress. *Water and Soil Knowledge*, 26(2/1), 189-206. (in Farsi)

4. Asgharzade, A. & Babaeian, M. (2012). Investigation the effects of humic acid and acetic acid foliar application on yield and leaves nutrient content of grape (*Vitis vinifera*). *African Journal of Microbiology Research*, 6(31), 6049-6054.
5. Ashraf, M. & Foolad, M. R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environment, Experimental Botany*, 59, 206-216.
6. Bahrami, V., Imani, A. & Piri, S. (2015). Evaluation of almond cultivars growth characteristics under salinity stress. *Journal of Novel Applied Sciences*, 4(12), 1227-1229.
7. Balaket, R. T. M. A. & Al-Himidawi, S. A. M. (2014). Effect of humic acid and water quality on peroxidase and catalase enzymes activity in leaves of date palms cv. Barhee. *Global Journal of Bio Science and Biotechnology*, 3(4), 402-405.
8. Bayanloo, E., Aelaei, M. & Sani Khani, M. (2018). Effect of γ -aminobutyric acid (GABA), humic acid and salicylic acid on some morphophysiological responses and antioxidant characters of *Catharanthus roseus* L. (G.Don). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 50(4), 993-1008. (in Farsi)
9. Benhassaini, H., Fetati, A., Hocine, A. K. & Belkhdja, M. (2012). Effect of salt stress on growth and accumulation of proline and saluble sugars on plantlets of *Pistacia atlantica* Desf. Subsp. atlantica used as rootstocks. *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment*, 16(2), 159-165.
10. Bybordi, A. (2012). Study effect of salinity on some physiological and morphologic properties of two grape cultivars. *Life Science Journal*, 9(4), 1092-1101.
11. Chartzoulakis, K., Loupassaki, M., Bertaki, M. & Androulakis, I. (2002). Effect of NaCl salinity on growth, ion content and CO_2 assimilation rate of six olive cultivars. *Scientia Horticulturae*, 96, 235-247.
12. Cimrin, K. M., Turkmen, O., Turan, M. & Tuncer, B. (2010). Phosphorus and humic acid application alleviate salinity stress of pepper seedling. *African Journal of Biotechnology*, 9, 5845-5851.
13. Duarte, H. H. F. & Souza, E. R. (2015). Soil water potential and *Capsicum annum* L. under salinity. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, 40, 1-10.
14. Farouk, S. (2011). Osmotic adjustment in wheat flag leaf in relation to flag leaf area and grain yield per plant. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 7(2), 117-138.
15. Felipe, A. J. (2009). Felinem, Garnem and Monegro almond *peach hybrid rootstocks. *Hort Science*, 44(1), 196-197.
16. Fischer, R. A., Rees, D., Sayre, K. D., Lu, Z. M. Condon, A. G. & Larque Saavedra, A. (1998). Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthesis rate and cooler canopies, *Crop Science*, 38(6), 1467-1475.
17. Food and Agriculture Organization. (2017). *Biodiversity: Agricultural biodiversity in FAO*. Retrieved January 21, 2019, from istachio seedling under salinity stress. *Journal of Nuts*, 7(2), 125-135.
18. Johnson, J. M. & Ulrich, A. (1975). *Analytical meth.* <http://www.fao.org/biodiversity>.
19. Farhadi, H. Azizi, M. & Nemati, H. (2016). Investigation of the effects of salt stress on some physiological and biochemical characteristics of different landraces of fenugreek (*Trigonella foenum - graecum* L.). *Intarnational Journal of Horticultural Science*, 47(3), 531-541. (in Farsi)
20. Hamada, A. M. & El-enany, A. E. (1994). Effect of NaCl salinity on growth, pigment, mineral contents and gas exchange of broad bean and pea plants. *Biologia Plantarum*, 36, 75-81.
21. Hatami, E., Esna-Ashari, M. & Javadi, T. (2010). Effect of salinity on some gas exchange characteristics of grape (*Vitis vinifera* L.) cultivars. *International Journal of Agriculture and Biology*, 12(2), 308-310.
22. Hosseini Chenarestanolya, M. Hosseini Frahi, M. & Aboutalebi, A. (2016). Effect of diffrent media culture and humic acid on some important vegetative properties of orange seedling cv. Valencia (*Citrus sinensis*) using sour orange (*C. aurantium*) rootstock. *Intarnational Journal of Horticultural Science*, 48(3), 487-502. (in Farsi)
23. Irigoyen, J. J., Emerich, D. W. & Sanchez-Diaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of praline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Plant Physiology*, 84, 55-60.
24. Javanshah, A. & Aminian Nsab, S. (2016). The effects of humic acid and calcium on morpho-physiological traits and mineral nutrient uptake of p ods for use in plant analysis. *Experiment Station*, 766, 26-78.
25. Mahmoudi, M., Samavat, S., Mostafavi, M., Khalighi, A. & Cherati, A. (2014). The effect of humic acid and proline on morphological properties of *Actinidia deliciosa* cv. Hayward under salinity. *Journal of Applied Science and Agriculture*, 9(1), 261-267.
26. Mahmoudi, E., Shokouhian, A., Asghari, A. & Ghanbari, A. (2017). Study of the effect of humic acid application on quantitative and qualitative characteristics of kiwi Fruit cv. Hayward. *Fruit Researches*, 2(2), 108-96. (in Farsi)
27. Mashahiri, Y. & Hassanpour Asil, M. (2018). Effects of gibberellic and humic acid on growth characters of doffodil (*Narcissus jonquilla* cv. German). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 48(4), 875-886. (in Farsi)

28. Meister, M. H. & Bolhar, H. R. (2003). *Chapter 17: Stomata imprints: a new and quick method to count stomata and epidermis cells*. In Reigosa roger, M. J. (Eds), *Handbook of plant ecophysiology techniques*, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow: Kluwer Academic Publishers, pp: 235-250.
29. Parandian, F. & Samavat, S. (2012). Effects of fulvic acid and humic acid on anthocyanin, soluble sugar, α -amylase enzyme and some micronutrients in lilium. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3(5), 924-929.
30. Parida, A. K. & Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60(3), 324-349.
31. Radnia, H. & Babolghzadeh, A. (2012). *Cultivars and rootstocks of fruit trees*. Tehran, Applied Scientific Institute of Agricultural Jihad. (in Farsi)
32. Saied, A. S., Keutgen, A. J. & Noga, G. (2005). The influence of NaCl salinity on growth, yield and fruit quality of strawberry cvs. Elsanta and Korona. *Scientia Horticulturae*, 103 (3), 289-303.
33. Scholander, P. F., Hammel, H. T., Bradstreet, E. D., Hemingsen, E. A. (1965). Sap pressure in vascular plants. *Science*, 148, 339-346.
34. Shafieizargar, A.R., Awang, Y., Ajamgard, F., Juraimi, A. Sh., Othman, R. & Kalantar Ahmadi, A. (2015). Assessing five citrus rootstocks for NaCl salinity tolerance using mineral concentrations, proline and relative water contents as indicators. *Asian Journal of Plant Science*, 14(1), 20-26.
35. Zareiy, M., Azizi, M., Rahimi, M., Tehranian, F. A. & Davar Panah, S. (2017). Effect of salinity on some physiological and biological responses of four hybrid figs. *Journal of Iranian Horticultural Science and Technology*, 18(2), 143-158. (in Farsi)
36. Zhang, L., Gao, M., Zhang, L., Li, B., Han, M., Kumar, A. & Ashraf, M. (2013). Role of exogenous glycinebetaine and humic acid in mitigating drought stress-induced adverse effects in *Malus robusta* seedlings. *Turkish Journal of Botany*, 37, 920-929.
37. Zhang, J., Jia, W., Yang, J. & Ismail, A. M. (2006). Role of ABA integrating plant responses to drought and salt stresses. *Field Crop Research*, 97, 111-119.