Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 49, No 1, Spring 2018 (69-77)
DOI: 10.22059/ijhs.2018.213687.1062

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۹، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۷ (ص ۷۷-۶۹)

تأثیر هدایت الکتریکی محلول غذایی بر رشد و نمو گل رز شاخه بریدهٔ رقم 'دولسویتا' در نظام آبکشت

داود عسگری[۱]، محسن کافی[۲*]، روح‌انگیز نادری[۲] و رسول راهنمایی[۳]
۱ و ۲. دانشجوی سابق دکتری، استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
۳. دانشیار، گروه خاکشناسی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۲٤ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۷/۱۳)

چکیده

تولید گل رز تابعی از صفات ژنتیکی و ویژگی‌های محیطی از جمله کمیت و کیفیت آب آبیاری است. با توجه به محدودیت دسترسی به منابع آب با کیفیت در اغلب دشت‌های کشور، در این پژوهش تأثیر هدایت الکتریکی آب آبیاری ناشی از افزایش غلظت سدیم-کلراید بر عملکرد کمی و کیفی گل رز رقم دولسویتا در نظام آبکشت (هیدروپونیک) بررسی شد. تیمارهای آزمایشی شامل محلول غذایی با چهار سطح هدایت الکتریکی ۱/٦، ۱/۸، ۲/۰ و ۲/۲ دسی‌زیمنس بر متر، به ترتیب ۳/۱۸، ٤/٥٧، ٥/٦٩ و ٦/۸۷ میلی‌مولار سدیم و ۱/٥۸، ۲/۷۱، ۳/۷٦ و ٥/۱۱ میلی‌مولار کلراید، داشت. نتایج نشان داد، در صورت تنظیم بهینهٔ غلظت و نسبت یون‌ها در فرمول محلول غذایی، تیمارهای آزمایشی نه‌تنها بر عملکرد کمی و کیفی گل رز رقم دولسویتا تأثیر معنی‌داری ندارند، بلکه با افزایش هدایت الکتریکی سنگ‌گیری گلبرگ‌ها مقداری بهبود می‌یابد. به‌رغم اعمال ٤۰ درصد کسر آبشویی، هدایت الکتریکی زهاب گلدان‌ها به‌تدریج افزایش یافت. همچنین با افزایش غلظت یون‌های سدیم و کلراید، تنها غلظت کلراید در بافت برگ‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. درمجموع نتایج این پژوهش نشان داد، با بهینه‌سازی فرمول محلول غذایی، گل رز رقم دولسویتا تغییر در هدایت الکتریکی محلول غذایی در بازهٔ ۱/٦ تا ۲/۲ دسی‌زیمنس بر متر (ناشی از افزایش سدیم کلراید) را بدون کاهش در عملکرد و یا کیفیت تحمل می‌کند.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، ترکیب یونی، سدیم، کلراید، هیدروپونیک.

Effect of electrical conductivity of nutrient solution on growth and development of rose cut flower cv. Dolce vita in hydroponic system

Davoud Asgari[1], Mohsen Kafi[2*], Rouhangiz Naderi[2] and Rasoul Rahnemaie[3]
1, 2. Former Ph.D. Student and Professor, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
3. Associate Professor, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
(Received: Aug. 14, 2016- Accepted: Oct. 4, 2016)

ABSTRACT

Rose production is a function of the genetic traits and environmental characteristics, including quantity and quality of the irrigation water. Due to the limitation in availability of high quality water resources in most regions of Iran, the effect of electrical conductivity of irrigation water (due to variation in sodium chloride concentration) was investigated on the yield and quality of rose cv. Dolce vita in hydroponic system. The experimental treatments included four nutrient solutions with different electrical conductivities of 1.6, 1.8, 2.0 and 2.2 dS m^{-1} containing 3.18, 4.57, 5.69 and 6.87 mM sodium and 1.58, 2.71, 3.76 and 5.11 mM chloride concentrations, respectively. Results indicated that treatments not only had no significant effect on quantitative and qualitative performance of rose cv. Dolce vita, but also they improved petal pigmentation only if ions concentrations and ions ratios were properly adjusted in the nutrient solutions. Despite applying 40 percent leaching fraction, electrical conductivities of pots drain water were gradually increased. In addition, by increasing sodium and chloride ions concentrations, only chloride concentration was significantly increased in leaf tissue. Overall, results of this research indicated that by optimizing the nutrient solution, rose cv. Dolce vita tolerated variation in electrical conductivity of nutrient solutions in the range of 1.6 to 2.2 dS m^{-1} (because of variation in NaCl concentration) without any reduction in performance or quality.

Keywords: Chloride, hydroponic, ion composition, potassium, sodium.

* Corresponding author E-mail: mkafi@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

گل رز (*Rosa hybrida*) یکی از مهم‌ترین گیاهان زینتی است که در بسیاری از کشورها از جمله ایران در سطح گسترده‌ای تولید می‌شود. عملکرد گل رز شاخه بریده تابع عامل‌های مختلفی از جمله رقم، نوع پایه، روش ازدیاد، ویژگی‌های اقلیمی، مدیریت تغذیه و کمیت و کیفیت آب آبیاری است. میزان مصرف آب در هر مترمربع فضای گلخانه تولید گل رز شاخه بریده در حدود ۱ تا ۲ مترمکعب در سال است که با توجه به میانگین تولید حدود ۱۰۰ شاخه در هر مترمربع در سال، میانگین مصرف مستقیم آب برای تولید هر شاخه گل رز در کشور ۱۰ تا ۲۰ لیتر است. افزون بر کمیت، کیفیت آب آبیاری، یعنی میزان کل نمک‌های محلول و ترکیب یونی آن نیز بر تولید گل رز شاخه بریده اثر می‌گذارند. با توجه به هدایت الکتریکی (شوری) به نسبت بالا و ترکیب یونی اغلب نامناسب آب‌های آبیاری در اغلب مناطق خشک و نیمه‌خشک، کمیت و کیفیت آب آبیاری مهم‌ترین عامل محدودکنندهٔ تولید گل رز در کشورمان است.

سطح بالای هدایت الکتریکی و ترکیب یونی نامناسب آب آبیاری منجر به ایجاد تنش‌های مرتبط با شوری و سمیت ویژه یون‌ها در گیاهان مختلف می‌شود (Munns & Tester, 2008; Gupta & Huang, 2011). مدت و شدت رویارویی گیاه با این تنش‌ها، اثر فیزیولوژیک و سوخت‌وساز (متابولیک) متفاوتی ایجاد می‌کند (Munns, 2005; Rozema & Flowers, 2008; Rahnama *et al.*, 2010). هدایت الکتریکی بالا با تخریب برخی از واکنش‌های بیوشیمیایی و فرآیندهای فیزیولوژیک همانند نورساخت (فتوسنتز)، سوخت‌وساز (متابولیسم) پاداکسنده (آنتی‌اکسیدانت)ها، جذب عنصرهای غذایی، عملکرد هورمون‌ها، سوخت‌وساز و ماده‌سازی، منجر به کاهش رشد می‌شود (Khan *et al.*, 2012). در اغلب آب‌های آبیاری با هدایت الکتریکی بالا، غلظت دو یون سدیم (Na^+) و کلراید (Cl^-) بسیار زیاد است و به‌طورمعمول تجمع این دو یون در اندام‌های گیاهان بیشترین نقش را در ایجاد تنش شوری دارد (Raviv *et al.*, 1998; Li *et al.*, 2006; James *et al.*, 2011).

از نظر حساسیت به شوری، گل رز جزء گیاهان حساس (Chimonidou, 1997) تا خیلی حساس (Western Australia Department of Agriculture, 2003) تقسیم‌بندی می‌شود. این تقسیم‌بندی بر مبنای کاهش عملکرد گل رز، در هدایت الکتریکی بیش از ۳ دسی‌زیمنس بر متر است (Bernstein *et al.*, 1972). به‌گونه‌ای که در هدایت الکتریکی ۲ تا ۳ دسی‌زیمنس بر متر، در گونه‌های خیلی حساس حدود ۵۰ درصد و در گونه‌های حساس در حدود ۲۵ درصد از رشد گیاه کاسته می‌شود (Bernstein *et al.*, 1972). با توجه به اینکه در کشت آبکشت، هدایت الکتریکی محلول غذایی گل رز در بازهٔ ۱ تا ۲ دسی‌زیمنس بر متر تنظیم می‌شود، در نتیجهٔ تجمع املاح در بستر کشت، هدایت الکتریکی به‌تدریج افزایش یافته و ممکن است منجر به تنش شوری شود (Sadasivaiah & Holley, 1973; White, 1987). به‌منظور کنترل تجمع املاح در محیط ریشهٔ گیاه، به‌طورمعمول کسر آبشویی (نسبت زه آب به آب آبیاری) مناسبی اعمال می‌شود. میزان کسر آبشویی تابعی از هدایت الکتریکی آب آبیاری و حساسیت گیاه به تجمع املاح است و میزان آن به‌طورمعمول در حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد در نظر گرفته می‌شود (Mercurio, 2007).

افزون بر هدایت الکتریکی، گل رز به ترکیب یونی آب آبیاری به‌ویژه غلظت یون‌های سدیم، کلراید و بورات نیز حساسیت بالایی دارد. دامنهٔ تحمل گل رز به غلظت یون‌های سدیم و کلراید متفاوت و از ۱/۵ (Mercurio, 2007) تا ۴ میلی‌مولار (Yaron *et al.*, 1969; Hughes & Hanan, 1978) و در بعضی موارد تا ۳۰ میلی‌مولار (Cabrera & Perdomo, 2003) گزارش شده است. در پژوهش‌های اخیر نشان داده شده است که گل رز رقم Bridal Pink روی پایهٔ *R. manetti* در نظام آبکشت (هیدروپونیک) تا ۳۰ میلی‌مولار سدیم کلراید را تحمل کرده و عملکرد گیاه و وزن خشک شاخساره‌ها تا هدایت الکتریکی ۷ دسی‌زیمنس بر متر و تجمع ۷۰ میلی‌مولار کلراید در زهاب

Archive of SID

www.SID.ir

تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد (Cabrera & Perdomo, 2003). این گزارش با سطوح تحمل پژوهش‌های پیشین و مقادیر ۱/۵ تا ۴ میلی‌مولار (Mercurio, 2007; Yaron *et al.*, 1969; Bernstein *et al.*, 1972; Hughes & Hanan, 1978) تفاوت شایان توجهی را نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد نوع پایه در میزان تحمل گل رز به سطوح بالای هدایت الکتریکی مؤثر است (Cabrera *et al.*, 2009) و به همین دلیل در پژوهش‌های زیادی، میزان تحمل پایه‌های مختلف رز شاخه بریده به سطوح مختلف هدایت الکتریکی بررسی شده است (Wahome *et al.*, 2001; Cabrera & Perdomo, 2003; Niu & Rodriguez, 2008; Cabrera *et al.*, 2009; Cai *et al.*, 2014).

بنابراین با توجه به اهمیت اقتصادی تولید گل رز در ایران و محدودیت دسترسی به منابع آب مناسب، استفاده از منابع آب هدایت الکتریکی و یا ترکیب یونی نامناسب ضرورتی گریزناپذیر دارد. از سوی دیگر، بنا به ملاحظه‌های زیست‌محیطی و اقتصادی، استفاده از سامانه‌های تصفیهٔ آب مانند سامانهٔ اسمز معکوس توصیه نمی‌شود. لذا در این تحقیق تأثیر هدایت الکتریکی محلول غذایی، ناشی از افزایش غلظت یون‌های سدیم و کلراید، بر عملکرد و صفات ریخت‌شناختی (مورفولوژیک) گل رز رقم دولسویتا و همچنین روند تغییر در غلظت یون‌های سدیم و کلراید در زهاب و برگ گل رز تابعی از تیمارهای آزمایشی بررسی می‌شود.

مواد و روش‌ها

محل انجام آزمایش و شرایط محیطی رشد گیاهان

این پژوهش در گلخانهٔ تجاری تولید گل رز شاخه بریدهٔ شرکت کاسپین گل پارسیان در شهرستان آبیک اجرا شد. این گلخانه پوشش شیشه‌ای داشته و در آن متغیرهای اقلیمی مانند دما، رطوبت نسبی و شدت تابش به‌طور خودکار کنترل و تنظیم می‌شود. این گلخانه در ارتفاع ۱۰۰۸ متر از سطح دریا قرار گرفته و میانگین دمای روزانهٔ داخل آن در روزهای آفتابی و ابری به ترتیب ۲۶ و ۲۱ درجهٔ سلسیوس (±۲) و میانگین دمای شبانهٔ آن ۱۷ درجهٔ سلسیوس، رطوبت نسبی آن ۷۵-۶۵ درصد و شدت نور آن بیشینه ۳۰ کیلولوکس است.

تهیهٔ مواد گیاهی، کشت و آماده‌سازی پیش از تیمار

در این پژوهش از ترکیب پیوندک و پایهٔ رقم دولسویتا ('Dolcevita') با پایهٔ ناتال‌برایر ('*Rosa* 'Natal Briar' *hybrid*) استفاده شد که به شیوهٔ قلمه‌پیوند افزونش شده بودند. پایهٔ تجاری ناتال‌برایر مهم‌ترین و کاربردی‌ترین پایه و رقم دولسویتا نیز از رقم‌های بسیار مهم گل رز شاخه بریده در جهان و به‌ویژه درون کشور است. گیاهان در گلدان‌های ۸ لیتری با بستر کشت پرلیت و کوکوپیت به ترتیب با نسبت حجمی ۷۰ به ۳۰ کشت شدند. پیش از اعمال تیمارها، گیاهان همهٔ تیمارها به مدت شش ماه با فرمول غذایی یکسانی (Mercurio, 2007) تغذیه شدند و تیمارهای پرورشی یکسانی (همانند شکل‌دهی، خم کردن شاخه‌ها و هرس) روی آن‌ها اعمال شد.

اجرای تیمارها، داده‌برداری و اندازه‌گیری صفات ریخت‌شناختی

پس از آماده‌سازی و اطمینان از یکنواختی گیاهان، تیمارهای آزمایشی اعمال شدند. ترکیب یونی و غلظت کل املاح (برحسب هدایت الکتریکی محلول) به تفکیک تیمارهای آزمایشی در جدول ۱ ارائه شده است. به‌منظور کنترل تجمع املاح در بستر ریشه، در طول دورهٔ آزمایش، به‌طور میانگین ۴۰ درصد (بین ۳۰ تا ۴۵ درصد) کسر آبشویی در گلدان‌ها اعمال شد. به‌منظور ساخت محلول‌های غذایی از کودهای تجاری ویژهٔ گلخانه‌های آبکشت و آب چاه گلخانه استفاده شد. غلظت و ترکیب یونی آب چاه در محاسبهٔ فرمول‌های غذایی لحاظ شد. ترکیب یونی تیمار یک (جدول ۱)، با هدایت الکتریکی ۱/۶ دسی‌زیمنس بر متر به‌عنوان فرمول پایه (بهینه یا شاهد) ساخته شد. در این تیمار غلظت یون‌های سدیم و کلراید به ترتیب ۱/۰۴ و ۰/۳ میلی‌مولار بود. در تیمارهای دو، سه و چهار غلظت یون‌های سدیم و کلراید و همچنین غلظت یون‌های کلسیم، منیزیم و سولفات به‌گونه‌ای افزایش یافت که هدایت الکتریکی محاسباتی محلول‌ها به ۱/۸، ۲/۰ و ۲/۲ دسی‌زیمنس بر متر افزایش

Archive of SID

www.SID.ir

یابد. با توجه به‌احتمال وجود ناخالصی در کودهای شیمیایی، غلظت یون‌های سدیم و کلراید در محلول‌های غذایی اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد، به ترتیب به‌طور میانگین ۱/۹ و ۱/۴ میلی‌مولار به غلظت یون‌های سدیم و کلراید افزوده شده است. در این جدول همچنین هدایت الکتریکی اندازه‌گیری‌شدهٔ محلول‌های غذایی بیان شده است که تفاوت شایان توجهی با مقادیر محاسباتی ندارد. غلظت یون‌های فسفات و پتاسیم و عنصرهای میکرو در هر چهار تیمار یکسان بود. در همهٔ تیمارها غلظت آهن ۵۲/۵، منگنز ۹/۴، مس ۳/۸، روی ۶، بر ۲۰ و مولیبدن ۱/۱ میکرومولار بود. تیمارها در حدود هفت ماه و تا زمان برداشت ۱۲۰۰ شاخه از همهٔ تیمارها (چهار تیمار با چهار تکرار و هر تکرار پنج نمونه؛ درمجموع ۸۰ بوته) اعمال شدند. در مدت‌زمان دورهٔ آزمایش، شاخهٔ گیاهان روزانه برداشت شد و صفات ریخت‌شناختی آن شامل ارتفاع گل شاخه بریده، قطر شاخه بریده (۱ سانتی‌متر بالاتر از برگ پنج برگچه‌ای وسط شاخه بریده)، طول دمگل، طول گل، قطر گل، مساحت برگ (برگ پنج برگچه‌ای وسط شاخه زیر محل اندازه‌گیری قطر گل)، وزن‌تر شاخه بریده، استحکام ساقه (زاویهٔ ایجادشده بین شاخه بریده با خط افق)، رنگ گل و کیفیت برگ اندازه‌گیری شد. لازم به یادآوری است که صفت رنگ گل به‌صورت چشمی و بر پایهٔ میزان رنگ‌گیری لبه‌های صورتی گل از عدد ۱ تا ۴ کددهی و سپس همراه با دیگر صفات اندازه‌گیری شد. همچنین کیفیت برگ نیز با کددهی از عدد ۱ تا ۴ به ترتیب بر پایهٔ برگ سالم تا برگ به‌شدت آسیب‌دیده کددهی و اندازه‌گیری شد.

تجزیهٔ زهاب خروجی

مقادیر هدایت الکتریکی و pH زهاب گلدان‌های آزمایشی هر چهار روز یک‌بار اندازه‌گیری شد. همچنین غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه نورسنج یا نشر شعله‌ای (flame photometer, Fater , Model C 310) و غلظت یون کلراید نیز با روش عیارسنجی یا تیتراسیون (A.O.A.C., 1995) اندازه‌گیری شد.

تجزیهٔ نمونه برگ

در پایان دورهٔ آزمایشی، پنج‌برگ هفت برگچه‌ای به‌طور تصادفی از وسط شاخه‌ها گرفته شد. ۱ گرم نمونهٔ برگ تازه در استون ۸۰ درصد هضم و به روش طیف‌سنجی مرئی غلظت سبزینهٔ (کلروفیل) آن اندازه‌گیری شد (Lichtenthaler & Bushmann, 2001). پس از هضم خشک نمونه برگ، غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه نشر شعله‌ای اندازه‌گیری شد (Kalra, 1998). غلظت یون کلراید پس از هضم نمونه برگ در اسیدسولفوریک (Edwards *et al*., 1981) با روش عیارسنجی (A.O.A.C., 1995) اندازه‌گیری شد.

محاسبات آماری

آزمایش به‌صورت طرح کامل تصادفی چند مشاهده‌ای با چهار تیمار، چهار تکرار و پنج نمونه طراحی و انجام شد. پس از اندازه‌گیری صفات، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخهٔ ۹/۱ تجزیه‌وتحلیل شد.

جدول ۱. ترکیب یونی و هدایت الکتریکی محلول‌های غذایی به تفکیک تیمارهای آزمایشی

Table 1. Ionic composition and electrical conductivity of nutrient solutions

Ions (µM)	Treatments			
	1	2	3	4
Calcium	3388	3597	4016	4574
Magnesium	966	1026	1145	1305
Potassium	4580	4530	4530	4530
Nitrate	10583	11288	12076	13109
Ammonium	536	543	613	705
Sulfate	1460	1554	1742	1993
Phosphate	1300	1300	1300	1300
Sodium	1044	2986	3896	4796
Chloride	300	1510	2420	3320
EC (µS/cm)	1600	1800	2000	2200
Sodium*	3180	4570	5690	6870
Chloride*	1580	2710	3760	5110
EC (µS/cm)*	1620	1815	2010	2220

* measured

نتایج و بحث

صفات ریخت‌شناختی

نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری تأثیر تیمارهای آزمایشی روی صفات ریخت‌شناختی گل رز رقم دولسویتا و مقایسهٔ میانگین صفات ریخت‌شناختی (شامل شمار شاخه، ارتفاع شاخه، قطر شاخه، طول دمگل، طول گل، قطر گل، وزن شاخه، استحکام

Archive of SID

www.SID.ir

شاخه، مساحت گلبرگ و رنگ گل) در جدول ۲ ارائه شده است. مقایسهٔ میانگین داده‌ها نشان می‌دهد، تأثیر تیمارها منجر به تفکیک معنی‌دار بین میانگین صفت رنگ گل بین تیمارها شده ولی در دیگر صفات معنی‌داری نیست. مقایسهٔ میانگین صفت رنگ گل نشان می‌دهد، میزان رنگ‌گیری با افزایش هدایت الکتریکی افزایش یافته و در تیمار ۲/۰ دسی‌زیمنس بر متر به بیشینه می‌رسد. در دامنهٔ شوری مورد بررسی نشانه‌های ناشی از تأثیر شوری روی کیفیت ظاهری برگ‌ها و عارضهٔ خمیدگی گردن مشاهده نشد (به دلیل یکسان بودن نتایج، داده‌ها ارائه نشده است). طول گل و ارتفاع شاخه‌ها در تیمارهای آزمایشی، با طول گل (۶-۵ سانتی‌متر) و ارتفاع شاخه بریده (۸۰-۴۰ سانتی‌متر) ارائه شده توسط شرکت اصلاح‌کنندهٔ رقم دولسویتا همخوانی خوبی نشان داد (Lex, 2016).

نتایج تجزیهٔ واریانس صفات ریخت‌شناختی نیز در جدول ۳ نشان داده شده است. محاسبات آماری نشان می‌دهد، تأثیر تیمارهای مختلف روی هیچ‌یک از صفات ریخت‌شناختی معنی‌دار نیست. تأثیرناپذیری صفات ریخت‌شناختی از سطوح هدایت الکتریکی به‌کار برده شده نشان می‌دهد، با تنظیم غلظت و نسبت یون‌ها در محلول غذایی، افزایش سطوح هدایت الکتریکی آب آبیاری تا حدود ۲/۲ دسی‌زیمنس بر متر و افزایش غلظت یون‌های سدیم و کلراید تا حدود ۷ و ۵ میلی‌مولار نه تنها موجب کاهش رشد نشده بلکه ممکن است موجب افزایش رنگ‌گیری گل‌ها و افزایش کیفیت محصول نهایی شود. به‌عبارت‌دیگر هنگامی‌که آب آبیاری غلظت به نسبت بالای یون‌های سدیم و کلراید داشته باشد با بهینه‌سازی ترکیب یونی محلول غذایی می‌توان تأثیر سوء آن بر عملکرد کمی و کیفی گل رز را کنترل کرد. نتایج پژوهش Cabrera & Perdomo (2003) نیز نشان داده است، غلظت سدیم و کلراید تا ۷ میلی‌مولار تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و وزن خشک گل رز رقم 'Bridal pink' ایجاد نمی‌کند و حتی به ازای افزایش هر واحد هدایت الکتریکی زهاب از ۲ تا ۵ دسی‌زیمنس بر متر در بستر پیت ماس عملکرد به‌طور میانگین در حدود ۱۳ درصد افزایش می‌یابد. در مقابل نشان داده شده است، به ازای همین میزان افزایش هدایت الکتریکی در بستر پشم‌سنگ (Rock wool) عملکرد گل رز رقم 'Madelon' به میزان ۲ تا ۷ درصد کاهش می‌یابد (Bass and van der Berg, 1999). لازم به یادآوری است که میزان تحمل در کشت خاکی کمتر است و در هدایت الکتریکی بیش از ۳ دسی‌زیمنس بر متر بسیاری از صفات رشدی کاهش پیدا می‌کند (Bernstein *et al.*, 1964; Ali *et al.*, 2012).

جدول ۲. تأثیر هدایت الکتریکی روی صفات ریخت‌شناختی گل رز شاخه بریدهٔ رقم 'دولسویتا'

Table 2. Effect of electrical conductivity on morphological traits of 'Dolcevita' Rose

Treatment EC ($dS\ m^{-1}$)	morphological traits (Mean and Standard deviation)									
	No. of flower (N.)	Branch length (cm)	Branch diameter (mm)	Peduncle length (mm)	Flower Length (mm)	Flower diameter (mm)	Branch weight (g)	Branch strength (Degree)	Leaf area (cm^2)	Petal color (1-4)
1.6	8.6^a ±1.6	66.7^a ±4.2	6.1^a ±0.4	83.6^a ±5.5	57.2^a ±2.1	39.8^a ±1.7	54.2^a ±8.3	8.8^a ±1.5	12.5^a ±0.9	3.2^b ±0.4
1.8	8.5^a ±1.5	68.5^a ±5.6	6.3^a ±0.4	82.6^a ±4.3	57.5^a ±2.1	39.9^a ±1.4	57.4^a ±7.6	8.4^a ±1.2	12.3^a ±1.5	3.2^b ±0.4
2.0	8.7^a ±1.6	69.2^a ±4.9	6.5^a ±0.5	84.7^a ±4.3	57.9^a ±2.5	39.9^a ±2.6	58.1^a ±9.2	8.3^a ±1.3	12.5^a ±1.5	3.4^a ±0.4
2.2	8.5^a ±1.7	70.0^a ±5.0	6.8^a ±1.6	84.5^a ±3.8	57.3^a ±2.1	39.7^a ±1.9	57^a ±7.4	8.5^a ±1.1	12.5^a ±1.4	3.3^a ±0.4

جدول ۳. تجزیهٔ واریانس صفات ریخت‌شناختی اندازه‌گیری‌شدهٔ گل رز رقم 'دولسویتا' تحت تأثیر هدایت الکتریکی

Table 3. Analysis of variance of measured morphological traits of 'Dolcevita' due to variation in electrical conductivity

SOV	df	Mean square									
		Branch number	Branch length	Branch diameter	Peduncle length	Flower length	Flower diameter	Branch weight	Branch strength	Leaf area	Petal color
Treatment	3	0.26^{ns}	40.08^{ns}	51.1^{ns}	69.18^{ns}	58.1^{ns}	25.0^{ns}	59.11^{ns}	1.01^{ns}	0.2^{ns}	0.23^{*}
Error	12	4.29	39.86	1.1	14.41	4.99	1.5	40.75	1.77	1.9	0.05
Error r (t)	64	2.29	21.39	0.73	21.47	4.91	4.24	71.21	1.08	1.2	0.2
Coefficient of Variation %		17.6	6.7	13.3	5.5	3.8	5.2	14.9	15.6	12.1	13.6

* و ns: به‌ترتیب معنی‌داری بر پایهٔ آزمون دانکن در سطح ۵ درصد و غیر معنی‌دار.

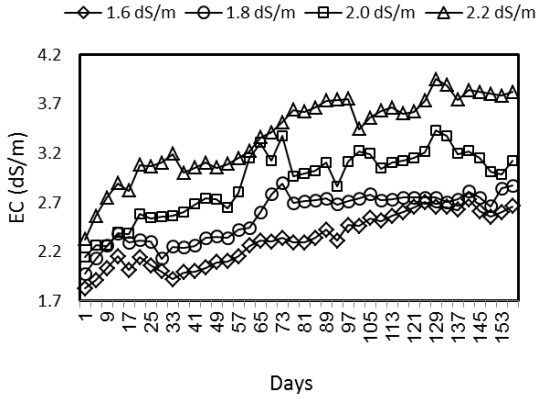
*, ns: Significantly differences at p<0.05 (According to the Duncan`s multiple range test), and non-significantly differences, respectively.

Archive of SID

www.SID.ir

هدایت الکتریکی زهاب

داده‌های هدایت الکتریکی زهاب گلدان‌ها به تفکیک تیمارهای آزمایشی در شکل ۱ نشان داده شده است. به‌رغم اینکه در دورهٔ آزمایشی، کسر آبشویی در حدود ۳۰ تا ۴۵ درصد بود، اما نتایج بررسی‌ها نشان داد، هدایت الکتریکی زهاب همهٔ تیمارها به‌تدریج افزایش می‌یابد. افزایش هدایت الکتریکی زهاب یکنواخت نیست، به‌طوری‌که در ده روز اول با سرعت بیشتر و پس از آن با سرعت کمتری افزایش پیدا می‌کند. در بازهٔ زمانی ۳۰ تا ۷۰ روز دوباره هدایت الکتریکی با سرعت بالاتری افزایش یافته و پس از آن روند افزایش هدایت الکتریکی کند شده است (شکل ۱).



شکل ۱. روند تغییرپذیری در هدایت الکتریکی زهاب گلدان‌های آزمایشی تغذیه‌شده با تیمارهای ۱/۶، ۱/۸، ۲/۰ و ۲/۲ دسی‌زیمنس بر متر

Figure 1. Variation in drain water EC of experimental pots irrigated with 1.6, 1.8, 2.0 and 2.2 dS/m nutrition solutions

تغییرپذیری غیریکنواخت هدایت الکتریکی زهاب با تغییرپذیری حجم شاخ و برگ (Canopy) گیاه مرتبط است، یعنی در زمان بالا بودن حجم شاخ و برگ، میزان جذب محلول غذایی افزایش یافته و منجر به کاهش درصد زهاب می‌شود. این فرآیند درنهایت منجر به افزایش هدایت الکتریکی می‌شود. در مقابل پس از برداشت شاخهٔ گل‌دهنده، حجم شاخ و برگ کاهش و جذب آب به‌وسیلهٔ گیاه کمتر می‌شود. کاهش جذب آب، منجر به افزایش حجم زهاب و در نتیجه کاهش هدایت الکتریکی می‌شود. لازم به یادآوری است افزون بر حجم شاخ و برگ، تغییرپذیری ویژگی‌های اقلیمی مانند دما، درصد رطوبت و شدت نور نیز بر سرعت رشد و نمو گیاه و در نتیجه بر جذب آب و هدایت الکتریکی زهاب تأثیر می‌گذارند (Niu & Rodriguez, 2008). در پژوهش انجام‌شده روی پایه‌های مختلف گل رز شاخه بریده با محلول غذایی ۱/۶، ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر، پس از مدت کوتاهی هدایت الکتریکی زهاب به ترتیب به ۲/۸، ۶ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر، بدون ایجاد آسیب، افزایش پیدا کرد (Niu & Rodriguez, 2008). به نظر می‌رسد مقاومت گل رز نسبت به هدایت الکتریکی در نظام کشت آبکشت با کشت در بستر خاکی متفاوت است. نتایج بررسی‌ها نشان داده است، در کشت خاکی گل رز شاخه بریده، افزایش هدایت الکتریکی بستر رشد به بیش از ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر، منجر به تأخیر در گلدهی می‌شود (Ahmad *et al*., 2013).

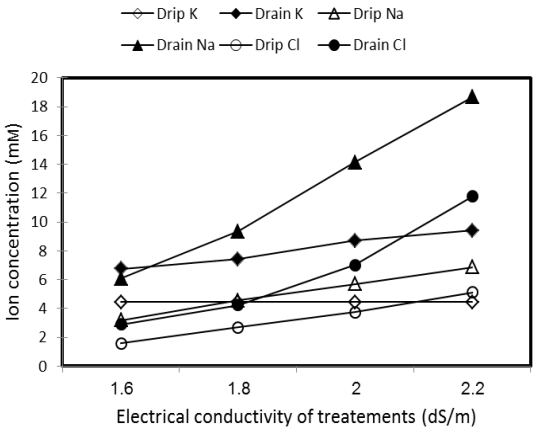
غلظت یون‌های سدیم، کلراید و پتاسیم در زهاب

روند تغییرپذیری در غلظت یون‌های سدیم، پتاسیم و کلراید در محلول غذایی و زهاب گلدان‌های آزمایشی (شکل ۲) نشان داد، با افزایش هدایت الکتریکی محلول غذایی، غلظت یون‌های سدیم، کلراید و پتاسیم نیز افزایش پیدا می‌کند. ترکیب یونی تیمارها (جدول۱) نشان می‌دهد که در همهٔ تیمارها غلظت پتاسیم ثابت ولی غلظت یون سدیم نسبت به تیمار یک به ترتیب ۱/۴، ۱/۸ و ۲/۲ برابر و غلظت یون کلراید نیز به ترتیب ۱/۷، ۲/۴ و ۳/۲ برابر افزایش یافته است. درحالی‌که مقایسهٔ غلظت یون‌ها در زهاب نشان می‌دهد که غلظت پتاسیم در زهاب از میزان ۶/۷ میلی‌مولار در تیمار یک به ۷/۴، ۸/۷ و ۹/۴ میلی‌مولار در تیمارهای دو، سه و چهار افزایش یافته است. در مورد یون‌های سدیم و کلراید نیز روند تا حدودی همسان مشاهده می‌شود. با این تفاوت که غلظت این دو یون در زهاب به میزان بیشتری افزایش یافته است. در مورد یون سدیم، غلظت آن از ۶/۱ میلی‌مولار در تیمار ۱ به ۹/۳، ۱۴/۱، ۱۸/۶ میلی‌مولار در تیمارهای دو، سه و چهار افزایش یافته است. همچنین غلظت یون کلراید از ۲/۹ میلی‌مولار در تیمار ۱ به ۴/۲، ۷/۰ و ۱۱/۸ میلی‌مولار در تیمارهای دو، سه و چهار افزایش پیدا کرده است.

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش غلظت یون‌ها در زهاب ناشی از جذب بیشتر آب نسبت به جذب یون‌ها است که موجب می‌شود به‌رغم جذب یون‌ها به‌وسیلهٔ گیاه، غلظت باقی‌مانده آن‌ها در زهاب افزایش یابد. با توجه به یکسان بودن غلظت پتاسیم در هر چهار تیمار، افزایش نسبی غلظت آن در زهاب تیمارها یا ناشی از جذب بیشتر آب و در نتیجه افزایش نسبی غلظت پتاسیم است و یا ممکن است ناشی از افزایش غلظت یون سدیم و در نتیجه کاهش جذب پتاسیم باشد. با توجه به اینکه جذب یون سدیم به‌وسیلهٔ گل رز بسیار ناچیز است، چنانچه غلظت سدیم در زهاب‌ها به نسبت ثابت فرض شود و بر پایهٔ آن غلظت پتاسیم زهاب‌ها محاسبه شود، نتایج نشان می‌دهد، غلظت پتاسیم زهاب‌ها تا حدودی ثابت است. به‌عبارت‌دیگر، در محدودهٔ غلظت‌های استفاده شده در تیمارهای آزمایشی، افزایش غلظت یون سدیم تأثیر منفی بر جذب یون پتاسیم نداشته است. گزارش شده است که تیمار غلظت ۵ میلی‌مولار سدیم کلراید منجر به افزایش میزان غلظت یون‌های سدیم و کلراید زهاب تا ۱۵میلی‌مولار بدون به وجود آمدن نشانه‌های آسیب شوری می‌شود (Cabrera, 2003). البته در کشت خاکی میزان تحمل به دو یون سدیم و کلراید پایین بوده و نشانه‌های آسیب مرتبط حتی در غلظت ۴-۲ میلی‌مولار مشاهده می‌شود (Hughes & Hanan, 1978).



شکل ۲. روند تغییر در غلظت یون‌های سدیم، کلراید و پتاسیم در محلول غذایی و زهاب

Figure 2. Variation in sodium, chloride and potassium concentrations in drip and drain waters

غلظت یون‌های سدیم، کلراید و پتاسیم در برگ

نتایج تأثیر تیمارهای مختلف بر جذب و تجمع یون‌های سدیم و کلراید در برگ نشان داد، افزایش غلظت یون سدیم در آب آبیاری منجر به تجمع سدیم در بافت برگ نشده اما افزایش غلظت یون کلراید منجر به افزایش معنی‌دار غلظت آن درون برگ (در سطح ۵ درصد) می‌شود (جدول ۴). مشخص شده است که در غلظت‌های مختلف سدیم‌کلراید، به‌طورمعمول تجمع یون کلراید در برگ به نسبت یون سدیم بیشتر است (Cabrera, 2003). نبود تجمع سدیم در اندام برگ گل رز به وجود سازوکار دفع سدیم ارتباط داده شده است (Sadasivaiah & Holley, 1973). همچنین بررسی‌های انجام شده در ارتباط با سازوکار دفع سدیم در گل رز نشان داده شده است که آسیب و سوختگی ناشی از بالا بودن مقادیر یون‌های سدیم و کلراید به دلیل تجمع یون کلراید بوده و سدیم نقش کمتری دارد (Yaron *et al*., 1969; Bernstein *et al*., 1972; Hughes & Hanan, 1978). بیشترین غلظت مجاز یون‌های سدیم و کلراید برای گل رز به‌طور دقیق مشخص نشده است (Cabrera, 2003). اما در برخی از منابع مقادیر بیش از ۱/۵ میلی‌مولار سدیم‌کلراید در تولید رز شاخه بریده به روش آبکشت محدودکننده عنوان شده است (Mercurio, 2007). سطح تحمل به یون کلراید به‌عنوان یون غذایی با سدیم تفاوت داشته و حتی تجمع کلراید تا ۰/۴۰ درصد در برگ گل رز منجر به افزایش درصد وزن خشک گیاه شده است (Cabrera, 2003). به‌رغم غلظت یکسان یون پتاسیم در تیمارهای مختلف، اما با توجه به وجود رابطهٔ رقابتی بین دو یون پتاسیم و سدیم، انتظار می‌رفت میزان پتاسیم تحت تأثیر غلظت یون سدیم قرار گیرد، اما نتایج نشان داد، میزان پتاسیم برگ (میانگین حدود ۲/۹ درصد) تحت تأثیر غلظت یون سدیم قرار نگرفته است. احتمال داده می‌شود تأثیر نداشتن به دلیل غلظت پایین سدیم باشد (جدول ۴).

غلظت سبزینه در برگ

نتایج اندازه‌گیری غلظت سبزینهٔ برگ نشان داد،

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش هدایت الکتریکی تا ۲/۲ دسی‌زیمنس بر متر منجر به افزایش و یا کاهش معنی‌دار غلظت سبزینهٔ برگ نمی‌شود (جدول ۴) که با عدم‌تغییر در صفت کیفیت ظاهری برگ همخوانی دارد. در هدایت الکتریکی بالا به‌طورمعمول کناره‌های برگ رز رنگ‌پریده (کلروزه)شده و سبزینهٔ خود را از دست می‌دهند (Mercurio, 2007). نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق با نتایج پژوهش Cabrera *et al.* (2009) همسان است، در تحقیق یادشده شاخص سبزینه حتی در غلظت ۳۲ میلی‌مولار سدیم کلراید نیز تحت تأثیر قرار نگرفت. این در حالی است که در کشت خاکی میزان سبزینه تحت تأثیر شوری بالاتر از ۳ دسی‌زیمنس بر متر قرار می‌گیرد (Ali *et al.*, 2012).

جدول۴. تجزیهٔ واریانس غلظت سدیم، پتاسیم، کلراید و سبزینهٔ برگ رز تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی

Table 4. Analysis of variance of Na, Cl, K and chlorophyll concentrations in rose leaf as affected by experimental treatments

SOV	Df	Mean square			
		Sodium	Chloride	Potassium	Chlorophyll
Treatment	3	006.0 ^{ns}	27.1 *	23.36 ^{ns}	4.71 ^{ns}
Error	12	0.057	0.3	15.82	5.08
Coefficient of Variation (%)		15.8	13.3	12.7	14.8

* و ns: به‌ترتیب معنی‌داری بر پایهٔ آزمون دانکن در سطح ۵ درصد و غیر معنی‌دار.

*, ns: Significantly differences at p<0.05 (According to the Duncan`s multiple range test), and non-significantly difference, respectively.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد، استفاده از محلول‌های غذایی با هدایت الکتریکی ۱/۶، ۱/۸، ۲/۰ و ۲/۲ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور عمده ناشی از افزایش غلظت یون‌های سدیم و کلراید) در نظام کشت آبکشت تأثیر معنی‌داری روی صفات مختلف ریخت‌شناختی گل رز (رقم دولسویتا بر پایه ناتال‌برایر) ندارد به‌طوری‌که تولید کمی و کیفی محصول تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد و تنها در صفت رنگ‌گیری گلبرگ‌ها موجب افزایش معنی‌دار رنگ‌گیری گلبرگ‌ها می‌شود. نتایج بررسی‌ها همچنین نشان داد، در محدودهٔ هدایت الکتریکی ۱/۶ تا ۲/۲ دسی‌زیمنس بر متر با کسر آبشویی حدود ۴۰ درصد، به‌رغم اینکه میزان هدایت الکتریکی زهاب تا ۳/۹۵ دسی‌زیمنس بر متر افزایش پیدا می‌کند اما این سطح از هدایت الکتریکی بیش‌ازحد تحمل ریشهٔ گیاه نبوده و تنش ایجاد نمی‌کند. همچنین افزایش غلظت یون‌های سدیم و کلراید در محلول غذایی (تا حدود ۵ میلی مولار) اثر معنی‌داری بر غلظت سبزینهٔ برگ رز دولسویتا ندارد. نتایج این پژوهش می‌تواند بیانگر قابلیت استفاده از آب‌های به نسبت نامتعارف برای تولید اقتصادی گل رز رقم دلسویتا باشد.

سپاسگزاری

از شرکت کاسپین گل پارسیان به مدیریت جناب آقای دکتر علیرضا بابایی، استادیار محترم دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، به‌خاطر ارائهٔ نظریه‌های ارزندهٔ علمی و حمایت مالی از اجرای این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

Archive of SID

REFERENCES

1. A.O.A.C. (1995). *Official method of analysis*. (16th ed.). Association of Official Analytical Chemists International, Arlington Virginia, USA.
2. Ahmad, I., Aslam Khan, M., Qasim, M., Ahmad, R. & Samad, T. (2013). Growth, Yield and Quality of *Rosa hybrida* L. as Influenced by NaCl Salinity. *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, 3, 143-153.
3. Ali, E. F., Bazaid, S. A. & Hassan, F. A. S. (2012). Salinity Tolerance of Taif Roses by Gibberellic Acid (GA3). *International Journal of Science and Research*, 3(11), 184-192.
4. Bernstein, L., Francois, L. E. & Clark, R. A. (1972). Salt tolerance of ornamental shrubs and ground covers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 97, 550-556.
5. Bass, R. & van der Berg. (1999). Sodium accumulation and nutrient discharge in recirculation systems: A case study with roses. *Acta Horticulturae*, 507, 157-164.
6. Cabrera, R. I. (2003). Mineral nutrition. In: A.V. Roberts, Debener, T. & S. Gudin (Ed), *Encyclopedia of rose science*. Academic Press, Oxford, UK.
7. Cabrera, R. I. & Perdomo, P. (2003). Reassessing the salinity tolerance of greenhouse roses under soilless production conditions. *American Society for Horticultural Sciences*, 38, 533-536.

www.SID.ir

8. Cabrera, R. I., Solis-Perez, A. R. & Sloan, J. J. (2009). Greenhouse Rose Yield & Ion Accumulation Responses to Salt Stress as Modulated by Rootstock Selection. *American Society for Horticultural Sciences*, 44, 2000-2008.
9. Cai, X., Niu, G., Starman, T. & Hall, C. (2014). Response of six garden roses (*Rosa* × *hybrida* L.) to salt stress. *Scientia Horticulturae*, 168, 27-32.
10. Chimonidou, P. D. (1997). Response of Roses to Salinity & Irrigation. In: Proceeding of the *1th Trans-National Meeting on Salinity as Limiting Factor for Agricultural Productivity in The Mediterranean Basin*, 2-7 June, Napoli, Italy.
11. Edwards, I. K., Kalra, Y. P. & Radford, F. G. (1981). Chloride determination and levels in the soil plant environment. *Environmental Pollution*, 2, 109-117.
12. Gupta, B. & Huang, B. (2014). Mechanism of Salinity Tolerance in Plants. Physiological, Biochemical, and Molecular Characterization. *International Journal of Genomics*, 2014, 18 pages. Review
13. Hughes, H. & Hanan, J. J. (1978). Effect of salinity in water supplies on greenhouse rose production. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 103, 694-699.
14. James, R. A., Blake, C., Byrt, C. S. & Munns, R. (2011). Major genes for Na^+ exclusion, Nax1 and Nax2 wheat HKT1; 4 and HKT1; 5), decrease Na^+ accumulation in bread wheat leaves under saline and waterlogged conditions. *Journal of Experimental Botany*, 6(8), 2939-2947.
15. Kalra, P. Y. (1998). *Handbook of references methods for plant analysis* (1th ed.). CRC press.
16. Khan, M. I. R., Iqbal, N., Masood, A. & Khan, N. A. (2012). Variation in salt tolerance of wheat cultivars: role of glycinebetaine and ethylene. *Pedosphere*, 22, 746-754.
17. Li, X. G., Li, F. M., Ma, Q. F. & Cui, Z. J. (2006). Interactions of NaCl and Na_2SO_4 on soil organic C mineralization after addition of maize straws. *Soil Biology and Biochemistry*, 38, 2328-2335.
18. Lichtenthaler, H. K. & Buschmann, C. (2001). Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. *Current protocols in food analytical chemistry*, pp. F4.3.1–F4.3.8. Wiley, New York.
19. Lex Company (2016). *The Rose Creators*. Retrieved June 28, 2016, from http://www.lex.nl/catalog/product.web?id=16&p=dolce-vitaplus
20. Mercurio, G. (2007). *Cut rose cultivation around the world*. (1st ed.). Schreurs, The Netherlands.
21. Munns, R. & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-681.
22. Munns, R. (2005). Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*, 167(3), 645–663.
23. Niu, G. & Rodriguez, D. S. (2008). Responses of Growth and Ion Uptake of Four Rose Rootstocks to Chloride- or Sulfate-dominated Salinity. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 133(5), 663-669.
24. Niu, G., Rodriguez, D. S. & Aguiniga, L. (2008). Effect of saline water irrigation on growth and physiological responses of three rose rootstocks. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 43, 1479-1484.
25. Rahnama, A., James, R. A., Poustini, K. & Munns, R. (2010). Stomatal conductance as a screen for osmotic stress tolerance in durum wheat growing in saline soil. *Functional Plant Biology*, 37(3), 255-263.
26. Raviv, M., Krasnovsky, A., Medina, S. & Reuveni, R. (1998). Assessment of various control strategies for recirculation of greenhouse effluents under semi-arid conditions. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 73, 485-491.
27. Rozema, J. & Flowers, T. (2008). Ecology. Crops for a salinized world, *Science*, 322(5907), 1478-1480.
28. Sadasivaiah, S. P. & Holley, W. D. (1973). Ion balance in nutrition of greenhouse roses. Roses Incorporated Bulleting Supplement. November. P. 1-27.
29. Wahome, P. K., Jesch, H. H. & Grittner, I. (2001). Mechanisms of salt stress tolerance in two rose rootstocks: *Rosa chinensis* 'Major' and *R. rubiginosa*. *Scientia Horticulturae*, 87, 207-216.
30. Western Australia Department of Agriculture. (2003). *Salinity Tolerance*. Retrieved May 10, 2013, from http://staneyo.com/news files/water/salinity-chart.html.
31. White, J. W. (1987). *Fertilization*. In: R.W. Langhans (Ed.). *Roses*. Roses Incorporated, Haslett, Michigan.
32. Yaron, B., N. Zieslin, & Halevy, A. H. (1969). Response of 'Baccara' roses to saline irrigation. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 94, 481-484.

Archive of SID

www.SID.ir