اثر غلظت‌های مختلف کلر آب آبیاری بر عملکرد و شاخص‌های رشد گیاه توتون (*Nicotiana tabacum* L.)

کمال صدرزمانی[۱]، جنت سرمد[۱*]، محسن زواره[۲] و مهیار مشتاقی[۳]

[۱]گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گیلان، رشت، ایران، [۲]گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران و [۳]مرکز تحقیقات توتون گیلان، رشت، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۷/۳۰، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۰۳/۱۲)

چکیده:

کلر از عناصر ریزمغذی ضروری جهت رشد گیاهان محسوب می‌شود، از سویی مقادیر بالای کلر در گیاه توتون به سرعت تجمع می‌یابد. به منظور مطالعه تأثیر غلظت‌های مختلف آنیون کلر آب آبیاری بر عملکرد و شاخص‌های رشد گیاه توتون که دارای اهمیت اقتصادی ویژه‌ای است، آزمایشی در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مرکز تحقیقات توتون گیلان به صورت طرح کاملاً تصادفی در شرایط گلدانی خارج از گلخانه اجرا شد. پس از انتقال گیاهچه‌های یکنواخت به گلدان‌ها، گیاهان در مرحله رشد سریع با چهار سطح آنیون کلر (صفر، ۱۶، ۳۲ و ۴۸ mgL^{-1}) در ۳ تکرار به مدت ۱۰ هفته آبیاری شدند. تیمار ۱۶ mgL^{-1} آنیون کلر موجب افزایش معنی‌دار محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی، سطح برگ، وزن تر برگ، نسبت سطح برگ (LAR)، سطح ویژه برگ (SLA)، سرعت رشد نسبی برگ (RLGR) و دوام سطح برگ (LAD) و کاهش معنی‌دار سرعت واحد برگ (ULR) شد. افزایش غلظت آنیون کلر در تیمارهای ۳۲ و ۴۸ mgL^{-1} آنیون کلر موجب افزایش محتوی آب در واحد سطح برگ (LWCA) نسبت به شاهد گردید. سطوح تیمار آنیون کلر بر وزن تر برگ و ریشه اثر معنی‌داری داشت، با این وجود اثر تیمارها بر وزن خشک اندام‌هوایی و ریشه معنی‌دار نبود. به نظر می‌رسد به کارگیری ۱۶ mgL^{-1} آنیون کلر موجب بهبود شاخص‌های رشد و افزایش غلظت آنیون کلر بیش از این مقدار موجب کاهش میزان سطح فتوسنتزکننده و سرعت رشد نسبی (RGR) در گیاه توتون می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آب آبیاری، آنیون کلر، توتون، شاخص‌های رشد، عملکرد.

مقدمه:

کیفیت پایین آب آبیاری خصوصاً در نواحی ساحلی و به طور قابل توجه در طول فصل خشک منجر به مشکلات شوری خاک گردیده است (Sifola and Postiglione, 2002a). بسته به شرایط خاص ممکن است یک یا تعداد بیشتری از یون‌ها مانند سدیم، کلر، کربنات، منیزیم، سولفات و بورات در غلظت‌های بالا در آب شور حاضر باشند (Mengel and Kirkby, 1978). خاک‌های با غلظت زیاد کلر شامل آن‌هایی است که تحت تأثیر آب دریا می‌باشند یا به وسیله آب دارای سطوح بالای کلر همراه با زهکشی نامناسب آبیاری می‌شوند که به تجمع آنیون کلر در خاک می‌انجامد (Johnson *et al.*, 1989).

کلر از عناصر ریزمغذی ضروری برای رشد گیاهان محسوب می‌شود که به صورت آنیون کلراید (Cl^-) به راحتی از خاک توسط گیاه جذب می‌گردد. کلراید در تجزیه مولکول

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: sarmad@guilan.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.9.5.2]

آب در فتوسیستم II دخالت دارد. لذا برای آزاد کردن اکسیژن به هنگام فتوسنتز لازم است. همچنین به عنوان تنظیم‌کننده‌ی اسمزی در واکوئل‌های بافت گیاهی ذخیره می‌شود (Marschner, 2012).

عنصر کلر در طبیعت فراگیر بوده و آنیون یک ظرفیتی آن در محلول خاک بسیار پویاست (White and Broadley, 2001) غلظت کلر در محلول خاک در بازه گسترده‌ای متغیر است. با توجه به وجود کلر در منابع مختلف نظیر آب آبیاری، ذخایر خاک، باران، کودها و آلودگی هوا، نگرانی بیشتری به سوی سمیت ناشی از زیادی آنیون کلر در خاک و محیط رشد گیاه می‌باشد. آب آبیاری یکی از منابع عمده ورود مقادیر قابل توجه کلر به خاک محسوب می‌گردد (Karaivazoglou *et al.*, 2005).

کلر بالای خاک در برخی گیاهان، رشد را محدود می کند و باعث کاهش بازدهی محصولات کشاورزی می‌گردد. یکی از اولین پاسخ‌های گیاه به کلر بالا، کاهش در میزان رشد برگ است. کاهش میزان رشد برگ بعد از افزایش کلر خاک عمدتاً به علت اثر اسمزی نمک اطراف ریشه‌ها است. گیاهان برای بقا در شرایط تنش، ناگزیر از ایجاد تعادل‌های جدید با محیط خود می‌باشند. حفظ این وضعیت نیازمند صرف انرژی است که در حالت عدم حضور تنش می‌تواند به مصرف رشد برسد (Orcutt and Nilsen, 2000). از این رو حتی با رفع کاهش پتانسیل اسمزی و تورژسانس سلولی به کمک تنظیم اسمزی، گیاه کاهش رشد محسوسی خواهد داشت (Zhu, 2003). افزایش ناگهانی کلر خاک باعث می شود سلول‌های برگ آب از دست بدهند، اما این از دست رفتن حجم سلول و فشار تورگر زودگذر است و بعد از مدت کوتاهی سلول‌ها دوباره حجم اولیه‌ی خود را بدست می‌آورند که مرهون تنظیم اسمزی است، اما رشد سلولی کم می‌شود. روزهای بعد کاهش رشد و تقسیم سلولی منجر به کم شدن ظهور برگ‌های جدید و کوچکتر شدن اندازه‌ی آنها می‌شود. تغییرات اندازه‌ی سلول‌ها با کاهش بیشتری در نسبت سطح به ضخامت است، بنابراین برگ‌ها کوچکتر و ضخیم‌تر می شوند. در ادامه نیز کلر روی رشد اندام‌های زایشی اثر گذاشته و موجب ایجاد گل‌های زود هنگام و کاهش تعداد گل‌ها و اندازه‌ی آنها می‌شود. در طول این مدت ممکن است تعدادی از برگ‌های مسن بریزند، اما تولید برگ‌های جدید ادامه می‌یابد. همه‌ی این تغییرات در رشد گیاه، پاسخ به اثرات اسمزی کلر است. کاهش رشد برگ بیشتر به وسیله‌ی پیام‌رسانی از راه دور به وسیله‌ی هورمون‌ها است. زیرا کاهش رشد برگ با بازداری سنتز هیدروکربن‌ها همراه است. پاسخ نهایی گیاه به تنش کلر، کاهش میزان رشد است (Munns *et al.*, 2000).

توتون به عنوان گیاهی شناخته می‌شود که آنیون کلر را خیلی سریع و به مقدار قابل توجه انباشت می‌نماید و تا حدود ۱۰۰ گرم کلر بر کیلوگرم ماده خشک برگ گزارش شده است (Mc Cants and Woltz, 1967). میزان کم کلر در خاک و کود اثرات سودمندی بر محصول و ارزش تجاری برگ توتون دارد در حالی‌که غلظت زیاد کلر در خاک با رشد غیرطبیعی و خصوصیات نامطلوب برگ فرآوری شده همراه است (Peele *et al.*, 1960; Flower, 1999).

به دلیل سرعت و مقدار بالای انباشت آنیون کلر در گیاه توتون، سطح کلر موجود در آب و خاک مورد استفاده در زراعت توتون بسیار مهم ارزیابی می‌شود. با وجود اهمیت اقتصادی کشت توتون در ایران، مطالعات محدودی بر روی پاسخ رشد و عملکرد گیاه توتون و ارقام تجاری آن به غلظت‌های در حال افزایش کلر خاک صورت پذیرفته است. هر چند طی ۳۰ سال گذشته در مراکز تحقیقاتی شرکت دخانیات ایران تعداد قابل ملاحظه‌ای طرح پژوهشی در زمینه‌ی آب آبیاری انجام گرفته است اما تعداد محدودی از آنها به مسئله‌ی کیفیت آب آبیاری به ویژه در رابطه با کلر پرداخته‌اند. یکی از دلایل کمبود اطلاعات قابل دسترس آن است که غلظت بالای کلر در خاک و آب آبیاری تا این اواخر مسئله‌ای جزئی در نواحی کشت توتون محسوب می‌شد. به هر حال این روزها، غلظت بالای کلر در خاک و آب آبیاری یک نگرانی در حال رشد در نواحی کشت می‌باشد.

هدف از این پژوهش بررسی اثر غلظت‌های مختلف آنیون کلر آب آبیاری بر عملکرد و شاخص‌های رشد گیاه توتون می‌باشد و برای این منظور رقم کوکر۳۴۷ به عنوان یکی از ارقام تجاری مورد کشت در ایران انتخاب گردید.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.9.5.2]

مواد و روش‌ها:

آزمایش در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در شرایط گلدانی خارج از گلخانه در مزرعه مرکز تحقیقات توتون گیلان با وضعیت اقلیمی معتدل، به صورت طرح کاملاً تصادفی بر روی گیاه توتون (*N. tabacum* L.) رقم کوکر ۳۴۷ اجرا شد. قبل از اجرای آزمایش بافت خاک مزرعه و میزان عناصر آن مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱).

گلدان‌های پلاستیکی با چهار قسمت خاک مزرعه و یک قسمت پرلیت ریز پر شده و در چاله‌هایی در خاک جایگذاری گردید. نشاءهای کاملاً یکنواخت به تعداد یک بوته در هر گلدان کشت شد. جهت استقرار بهتر نشاء، ریشه افزایی و رشد اولیه تا رسیدن به مرحله رشد سریع، به مدت ۳ هفته تیماری اعمال نشد. چهار گیاه به عنوان گیاهان آغازین پیش از آغاز تیمارها جهت اندازه‌گیری شاخص‌های رشد به طور کامل از گلدان خارج گردید. گیاهان در مرحله رشد سریع با چهار سطح کلراید (صفر، ۱۶، ۳۲ و ۴۸ میلی‌گرم در لیتر) حاصل از $CaCl_2$ $(6H_2O)$ در ۳ تکرار به مدت ۱۰ هفته آبیاری شدند. در پایان هفته دهم همزمان با تکمیل دوره رشد رویشی و آغاز دوره رشد زایشی، گیاهان به طور کامل از گلدان خارج شدند. وزن‌تر اندام‌های مختلف هر بوته بلافاصله اندازه‌گیری شد. سطح برگ هر بوته پس از عکس‌برداری، به کمک نرم افزار (Analyzing Digital Images ver.2009) محاسبه گردید. برای وزن خشک، نمونه‌ها تا رسیدن به وزن ثابت درون آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفته، سپس وزن آنها با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. پس از قرارگیری داده‌های بدست آمده در روابط مورد نظر، شاخص‌های رشد به شرح زیر برای هر تیمار محاسبه شد (Evans, 1972; Hunt, 1990):

CGR (Crop Growth Rate): سرعت رشد محصول، طبق رابطه $CGR= (W_2-W_1) / (t_2-t_1)$ محاسبه می‌شود و به بر حسب $gm^{-2}\ d^{-1}$ بیان شد. W_1 و W_2 به ترتیب وزن ماده‌ی خشک کل گیاه در ابتدا و انتهای آزمایش را نشان می‌دهد، t_1 زمان شروع تیمار و t_2 هنگام برداشت است.

RGR (Relative Growth Rate): سرعت رشد نسبی، طبق رابطه $RGR= (\ln W_2-\ln W_1)/ (t_2-t_1)$ محاسبه و برحسب $mgg^{-1}d^{-1}$ بیان شد.

ULR (Unit Leaf Rate): سرعت واحد برگ، تولید خالص وزن خشک گیاه به ازای واحد سطح برگ در واحد زمان و مترادف با سرعت جذب خالص (Net Assimilation Rate) می‌باشد. میانگین ULR در فاصله زمانی t_1 تا t_2 طبق رابطه $ULR=\frac{(\ln LA_2 - \ln LA_1)(W_2 - W_1)}{(t_2 - t_1)(LA_2 - LA_1)}$ محاسبه می‌شود و بر حسب $gm^{-2}d^{-1}$ بیان شد. در این رابطه LA_1 و LA_2 به ترتیب سطح برگ اولیه و نهایی را نشان می‌دهند.

LAR (Leaf Area Ratio): نسبت سطح برگ که شاخصی مورفولوژیک از میزان برگ در گیاه است، از تقسیم سطح برگ به وزن کل گیاه بدست آمد. میانگین LAR طبق رابطه $LAR=\frac{(LA_2 - LA_1)(\ln W_2 - \ln W_1)}{(W_2 - W_1)(LA_2 - LA_1)}$ محاسبه و برحسب cm^2g^{-1} ماده خشک گیاه بیان می‌شود.

SLA (Specific Leaf Area): سطح ویژه‌ی برگ، از تقسیم کردن سطح برگ به وزن خشک برگ بدست آمد. طبق رابطه SLA=LA/LDW که در آن LDW بیانگر ماده خشک برگ‌ها است و بر حسب $cm^2\ g^{-1}$ ماده خشک بیان شد.

LWR (Leaf Weight Ratio): نسبت وزن برگ نیز که تخصیص ماده خشک را به برگ نشان می‌دهد از تقسیم کردن وزن خشک برگ به وزن خشک کل گیاه طبق رابطه LWR= LDW/TDW محاسبه و بر حسب mgg^{-1} بیان می‌شود.

RLGR (Relative Leaf Growth Rate): میزان رشد نسبی برگ، طبق رابطه $RLGR= (\ln LA_2-\ln LA_1)/ (t_2-t_1)$ و برحسب $cm^2m^{-2}d^{-1}$ بیان می‌شود.

LWCA (Leaf Water Content per unit Area): موجودی آب در واحد سطح برگ، طبق رابطه LWCA= (LFW-LDW)/LA که در آن LFW وزن‌تر برگ، LDW وزن خشک برگ و LA معرف سطح برگ است.

LAD (Leaf Area Duration): دوام سطح برگ، طبق رابطه $LAD=\frac{LA_2 + LA_1}{2}(t_2-t_1)$ محاسبه گردید.

BMD (Biomass Duration): دوام بیومس، طبق رابطه $BMD=\frac{DW_2 + DW_1}{2}(t_2-t_1)$ محاسبه گردید.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.9.5.2]

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک محل اجرای طرح

عمق(cm)	K (ppm)	P (ppm)	EC ($ds.m^{-1}$)	کربن آلی(٪)	TNV (%)	نیتروژن (٪)	pH
	۶۱۹	۳۸/۲	۲/۲۳	۰/۹۴	۲/۲۵	۰/۱۶۷	۵/۳
۰-۳۰	Ca ($meq.L^{-1}$)	Mg ($meq.L^{-1}$)	Cl ($meq.L^{-1}$)	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	بافت خاک
	۴/۶	۱/۴	۰/۸	۱۸	۱۳	۶۹	لومی شنی

درصد کاهش وزن: با توجه به رابطه $\frac{TFW-TDW}{TFW}*100$ محاسبه شد که در آن TFW نشانگر وزن تر کل و TDW نشانگر وزن خشک کل می‌باشد.

جهت سنجش رنگیزه‌های فتوسنتزی از بافت برگ‌های میانی (برگ‌های هشتم تا سیزدهم که در وسط بوته قرار دارند) استفاده گردید. محتوی کلروفیل و کارتنوئید کل برگ در عصاره استونی پس از خواندن میزان جذب محلول در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۶/۸ و ۶۶۳/۲ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر به روش Lichtenthaler (۱۹۹۴) محاسبه شد.

اندازه‌گیری میزان عناصر کلر و کلسیم در بافت خشک اندام‌های ریشه، ساقه و برگ‌های میانی انجام شد. تعیین میزان آنیون کلراید در برگ خشک توتون به روش تیتراسیون با نیترات نقره (غازان‌شاهی، ۱۳۷۶) صورت پذیرفت. اندازه‌گیری کلسیم پس از تهیه عصاره نمونه به روش سوزاندن خشک در ترکیب با 2N HCl، به کمک طیف سنج جذب اتمی شعله‌ای (مدل Varian Spectra AA 220) انجام شد.

تجزیه آماری نتایج با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام و آزمون دانکن برای مقایسه میانگین داده‌ها استفاده شد و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel 2010 استفاده گردید.

نتایج:

سنجش عناصر کلر و کلسیم: در پژوهش حاضر، غلظت عناصر کلر و کلسیم در موقعیت برگ، ساقه و ریشه گیاهان توتون تحت تأثیر سطوح مختلف محلول کلرید کلسیم، اندازه‌گیری شد. بر اساس سنجش‌های انجام شده، تفاوت معنی‌داری در غلظت کاتیون کلسیم در اندام‌های ریشه، ساقه و برگ نمونه‌های توتون تیمارهای مختلف، مشاهده نگردید (شکل ۱).

میزان آنیون کلراید در اندام‌های ریشه، ساقه و برگ نمونه‌های توتون در تیمارهای مختلف این پژوهش، در سطح احتمال یک درصد، تفاوت معنی‌دار نشان داد (شکل ۲). بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، با افزودن کلر به آب آبیاری، افزایش معنی‌دار غلظت کلر در ریشه و اندام هوایی مشاهده گردید.

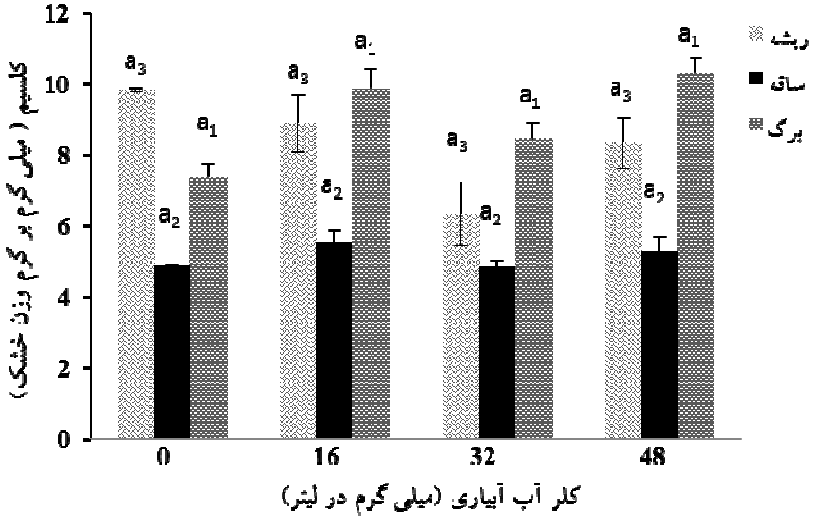
سنجش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی: اثر کلر آب آبیاری بر میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید کل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (شکل ۳). بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، افزودن mgL^{-1} ۱۶ کلر به آب آبیاری، باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید کل گردید.

سنجش شاخص‌های رشد: جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس عملکرد اندام‌های مختلف گیاه توتون را نشان می‌دهد. اثر تیمارهای کلر بر روی سطح برگ، وزن تر برگ، وزن تر ریشه و همچنین درصد کاهش وزن معنی‌دار شد. تغییرات عملکرد خشک برگ، ساقه و ریشه و کل گیاه همچنین عملکرد تر ساقه و کل گیاه نسبت به شاهد معنی‌دار نبود.

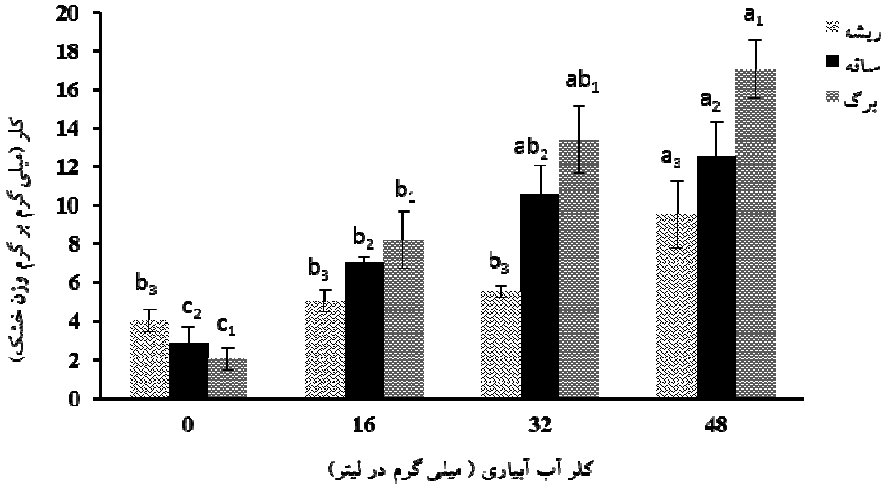
جدول ۳ میانگین نتایج عملکرد را نشان می‌دهد. تیمار mgL^{-1} ۱۶ کلراید سبب افزایش معنی‌دار سطح برگ ($P\leq0.01$) و وزن تر برگ ($P\leq0.05$) نسبت به شاهد گردید. وزن تر ریشه ($P\leq0.05$) و درصد کاهش وزن ($P\leq0.01$) در کلیه تیمارها به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت.

جدول ۴ نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های رشد را در گیاه توتون نشان می‌دهد. اثر تیمارهای کلر بر روی شاخص‌های CGR، RGR، ULR، RLGR معنی‌دار بود ($P\leq0.05$). همچنین اثر تیمارهای کلر بر شاخص‌های LAR، SLA، LWCA و LAD معنی دار نشان داد ($P\leq0.01$). تغییرات شاخص LWR و BMD معنی‌دار نبود. جدول ۵ میانگین نتایج شاخص‌های رشد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.9.5.2]



شکل ۱- اثر غلظت‌های کلر آب آبیاری بر میزان کلسیم در اندام‌های مختلف توتون (میانگین ±SE). حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار با استفاده از آزمون دانکن است (P<0.05).



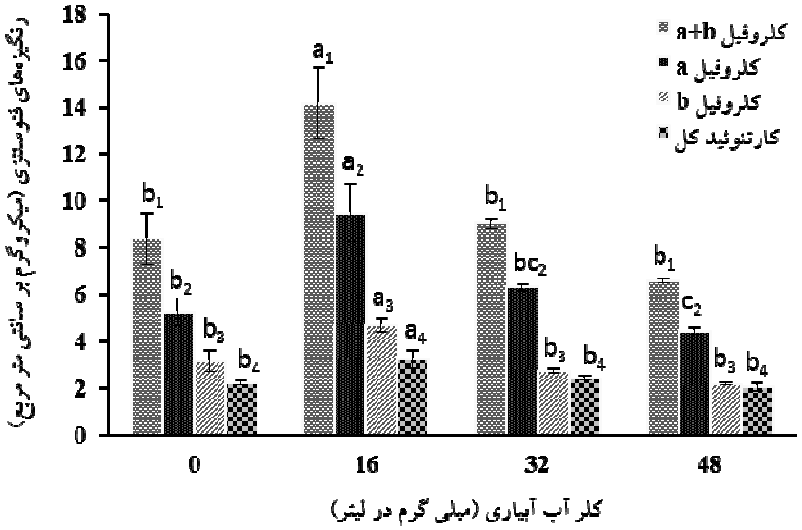
شکل ۲- اثر غلظت‌های کلر آب آبیاری بر میزان کلر در اندام‌های مختلف توتون (میانگین ±SE). تفاوت‌های معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن با حروف مختلف نشان داده شده است (P<0.01).

را نشان می‌دهد، افزایش CGR و RGR در تیمار $16\ mgL^{-1}$ کلراید و کاهش این دو شاخص در سطوح ۳۲ و $48\ mgL^{-1}$ کلراید نسبت به شاهد معنی‌دار نبود. شاخص ULR در تیمار $16\ mgL^{-1}$ به طور معنی‌دار کاهش و در تیمارهای ۳۲ و $48\ mgL^{-1}$ افزایش یافت، این افزایش تنها در تیمار $48\ mgL^{-1}$ معنی‌دار بود. از طرفی شاخص‌های LAR، SLA، RLGR و LAD به طور معنی‌دار در تیمار $16\ mgL^{-1}$ افزایش یافتند. افزایش LWCA در تیمارهای ۳۲ و $48\ mgL^{-1}$ نسبت به شاهد معنی‌دار بود.

بحث و نتیجه گیری:

غلظت اندک نمک‌های حاوی کلراید سودمند است (Fixen, 1987). کلراید در تجزیه مولکول آب در فتوسیستم II دخالت دارد و برای آزاد کردن اکسیژن به هنگام فتوسنتز ضروری است. کلراید به عنوان تنظیم کننده‌ی اسمزی در واکوئل‌های بافت گیاهی ذخیره می‌گردد و کمبود آنیون کلر باعث پژمردگی گیاه می‌شود (Marschner, 2012). آنیون کلر همراه با کاتیون پتاسیم نقش نگهداری ظرفیت جریان آوند

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.9.5.2]



شکل ۳- اثر غلظت‌های کلر آب آبیاری بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ توتون (میانگین ±SE). تفاوت‌های معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن با حروف مختلف نشان داده شده است (P<0.05).

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد گیاه توتون تحت تأثیر غلظت‌های کلر آب آبیاری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		سطح برگ	وزن تر برگ	وزن خشک برگ	وزن تر ساقه	وزن خشک ساقه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	وزن تر کل	وزن خشک کل	درصد کاهش وزن
تیمار	۳	۰/۰۶**	۲۲۹۷*	۶۰/۳ ^{ns}	۴۰۶^{ns}	۲/۸ ^{ns}	۱۷۹*	۴/۴^{ns}	۵۳۰۲^{ns}	۱۳۶^{ns}	۸/۷۴**
خطا	۸	۰/۰۰۶	۴۲۲	۲۱/۹	۲۹۱	۹/۵	۲۸/۲	۵/۰	۱۳۷۹	۳۶/۰	۰/۳۳
ضریب تغییرات		۲۲/۰	۱۰/۲	۱۰/۹	۱۴/۵	۱۱/۲	۱۲/۸	۱۷/۶	۹/۷	۸/۷	۲/۰

**اختلاف معنی‌دار درسطح ۱ درصد *اختلاف معنی‌دار درسطح ۵ درصد ^{ns} عدم اختلاف معنی‌دار

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد گیاه توتون تحت تأثیر غلظت‌های کلر آب آبیاری

Cl^{-1} mg L^{-1}	سطح برگ m^2	وزن تر برگ	وزن خشک برگ	وزن تر ساقه	وزن خشک ساقه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	وزن تر کل	وزن خشک کل	درصد کاهش وزن
صفر	۰/۵۹ ^{b}	۲۷۰ ^{b}	۵۲/۴ ^{a}	۱۱۰ ^{a}	۲۴/۰ ^{a}	۵۴/۷ ^{b}	۱۳/۴ ^{a}	۴۵۶ ^{a}	۹۲/۸ ^{a}	۷۹/۶ ^{b}
۱۶	۰/۸۳ ^{a}	۳۳۵ ^{a}	۵۸/۴ ^{a}	۱۳۶ ^{a}	۲۵/۹ ^{a}	۶۴/۸ ^{a}	۱۲/۷ ^{a}	۵۵۹ ^{a}	۹۹/۸ ^{a}	۸۲/۲ ^{a}
۳۲	۰/۵۱ ^{b}	۲۹۰ ^{b}	۴۷/۹ ^{a}	۱۳۰ ^{a}	۲۴/۹ ^{a}	۶۶/۵ ^{a}	۱۰/۸ ^{a}	۵۰۷ ^{a}	۸۳/۶ ^{a}	۸۳/۶ ^{a}
۴۸	۰/۶۰ ^{b}	۳۰۷ ^{ab}	۵۰/۶ ^{a}	۱۲۰ ^{a}	۲۳/۸ ^{a}	۷۳/۴ ^{a}	۱۳/۳ ^{a}	۵۱۰ ^{a}	۸۹/۴ ^{a}	۸۲/۵ ^{a}

حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار با استفاده از آزمون دانکن است.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.9.5.2]

جدول ۴- تجزیه واریانس شاخص‌های رشد گیاه توتون تحت تأثیر غلظت‌های کلر آب آبیاری

		میانگین مربعات									
منابع تغییرات	درجه آزادی	CGR	RGR	ULR	LAR	SLA	LWR	RLGR	LWCA	LAD	BMD
تیمار	۳	۰/۰۲۶*	۲/۹۸*	۰/۹۸*	۷۰/۷**	۱۸۵**	۱۴۰^{ns}	۲۳۳۶*	۱۳۴۰۱**	۷۱/۲**	۰/۱۷۶^{ns}
خطا	۸	۰/۰۰۶	۰/۵۲	۰/۱۲	۶/۳	۲۵/۷	۴۵/۲	۳۱۰	۵۱۲	۸/۴	۰/۰۵
ضریب تغییرات	-	۹/۰	۲/۶	۱۰/۰	۶/۹	۶/۸	۱/۵	۷/۰	۱۵/۶	۲۰/۹	۸/۴

**اختلاف معنی‌دار درسطح ۱ درصد *اختلاف معنی‌دار درسطح ۵ درصد ^{ns} عدم اختلاف معنی‌دار

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص‌های رشد در گیاه توتون تحت تأثیر غلظت‌های کلر آب آبیاری

Cl^{-1} mg L^{-1}	CGR $gm^{-2}d^{-1}$	RGR $mgg^{-1}d^{-1}$	ULR $gm^{-2}d^{-1}$	LAR cm^2g^{-1}	SLA cm^2g^{-1}	LWR mgg^{-1}	RLGR $cm^2m^{-2}d^{-1}$	LWCA $g(H_2O)m^{-2}$	LAD	BMD
صفر	۱/۲۳ ^{ab}	۴۲/۸ ^{ab}	۵/۹ ^{b}	۶۷/۷ ^{b}	۱۱۸ ^{b}	۵۷۳ ^{a}	۴۱۱ ^{b}	۳۶۹ ^{b}	۲۲/۴ ^{b}	۳/۵ ^{a}
۱۶	۱/۳۳ ^{a}	۴۳/۸ ^{a}	۵/۲ ^{c}	۷۷/۴ ^{a}	۱۳۳ ^{a}	۵۸۸ ^{a}	۴۵۸ ^{a}	۳۳۵ ^{b}	۳۱/۰ ^{a}	۳/۷ ^{a}
۳۲	۱/۱۰ ^{b}	۴۱/۴ ^{b}	۶/۱ ^{ab}	۶۶/۵ ^{b}	۱۱۶ ^{b}	۵۷۶ ^{a}	۳۹۲ ^{b}	۴۷۴ ^{a}	۱۹/۵ ^{b}	۳/۲ ^{a}
۴۸	۱/۱۸ ^{ab}	۴۲/۳ ^{b}	۶/۷ ^{a}	۷۰/۱ ^{b}	۱۲۱ ^{b}	۵۷۷ ^{a}	۴۱۴ ^{b}	۴۵۴ ^{a}	۲۳/۷ ^{ab}	۳/۴ ^{a}

حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار با استفاده از آزمون دانکن است.

چوبی و فشار ریشه‌ای را بر عهده دارد و همچنین در جریان باز و بسته شدن روزنه ها نقش مهمی ایفا می‌کند (Talbott and Zeiger, 1996).

نتایج اندازه‌گیری میزان عنصر کلسیم در بافت گیاه تحت تأثیر سطوح مختلف تیمار کلرید کلسیم در آب آبیاری، تفاوت معنی‌داری در غلظت کلسیم در اندام‌های برگ، ساقه و ریشه نمونه‌های مورد آزمایش نشان نداد (شکل ۱). از سوی دیگر غلظت آنیون کلر در اندام‌های برگ، ساقه و ریشه تحت اثر تیمارهای بکار رفته تفاوت معنی‌داری نشان داد (شکل ۲). بنابراین می‌توان تغییرات مشاهده شده در شاخص‌های رشد مورد سنجش در پژوهش حاضر را به طور کلی وابسته به تغییرات میزان جذب و تجمع کلراید در اندام هوایی و ریشه در گیاه توتون دانست.

کلراید یک محلول فعال اسموتیکی مهم در واکوئل است و در تورژسانس و تنظیم فشار اسمزی شرکت می‌کند. همچنین به‌نظر می‌رسد در سیتوپلاسم فعالیت‌های آنزیم‌های کلیدی را تنظیم کند. به علاوه Cl^{-1} به عنوان یک آنیون همراه عمل می‌کند و جریان Cl^{-1} در پایداری پتانسیل غشا، تنظیم شیب‌های pH درون سلولی و تحریک‌پذیری الکتریکی نقش ایفا می‌نماید (White and Broadley, 2001). به کارگیری کلر آب آبیاری به میزان $16\ mgL^{-1}$، افزایش شاخص‌های LAR، SLA، RLGR و LAD و بهبود CGR و RGR را در مقایسه با شاهد نشان می‌دهد (جدول ۵). با توجه به نقش‌های فیزیکوشیمیایی بیان شده می‌توان بهبود وضعیت شاخص‌های رشد در تیمار $16\ mgL^{-1}$ کلراید را مربوط به اثر مثبت کلر بر رشد و متابولیسم گیاه دانست.

افزایش سطح برگ تعیین کننده‌ی ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌باشد. بر اساس جدول ۳ افزایش معنی‌دار مساحت برگ در تیمار $16\ mgL^{-1}$ کلر در مقایسه با شاهد ملاحظه شد. مطالعات نشان می‌دهد هر گونه تغییر در سطح برگ بر عملکرد گیاه تأثیر خواهد گذاشت (Gholami *et al.*, 2009). بالا بودن شاخص سطح برگ سبب افزایش میانگین سرعت رشد محصول (CGR) در دوره‌ی رشد گیاه می‌شود که این امر در نهایت منجر به افزایش تولید ماده‌ی خشک (بیوماس) و افزایش عملکرد می‌گردد (Karimi and Siddique, 1991). سرعت رشد محصول (CGR) شاخصی است که میزان تجمع ماده‌ی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.9.5.2]

خشک را در واحد زمان و سطح زمین نشان می‌دهد. افزایش سرعت رشد محصول (تیمار mgL^{-1} ۱۶ کلراید در این پژوهش) به رشد و نمو سریع برگ‌ها و ساقه نسبت داده می‌شود که این امر مستلزم تأمین آب و عناصر غذایی کافی جهت رشد و نمو گیاه، به ویژه در مراحل بحرانی رشد می‌باشد (لطیفی و همکاران، ۱۳۸۲) در حالی‌که تحت تأثیر تیمارهای ۳۲ و mgL^{-1} ۴۸ کلراید (جدول ۳) به سبب کاهش سطح برگ، سرعت رشد محصول کاهش یافت.

افزایش میزان کلر آب آبیاری بیش از mgL^{-1} ۱۶ سبب کاهش سطح برگ و شاخص‌های رشد برگ در تیمارهای ۳۲ و mgL^{-1} ۴۸ گردید، اگرچه این تغییرات در مقایسه با شاهد (فاقد آنیون کلر) معنی‌دار نبود (جدول ۳ و ۵) که خود نشان دهنده نیاز گیاه به آنیون کلر در غلظت پایین می‌باشد. گزارشات حاکی از آن است که اولین پاسخ‌های گیاه به کلر بالا، کاهش در میزان رشد برگ است (Xu *et al.*, 2000). کاهش میزان رشد برگ بعد از افزایش کلر خاک عمدتاً به علت اثر اسمزی نمک اطراف ریشه‌ها است (Fixen, 1993). افزایش ناگهانی کلر خاک باعث می‌شود سلول‌های برگ آب از دست بدهند (Munns *et al.*, 2000). مهار گسترش تقسیم سلولی، کاهش سطح برگ و بنابراین کاهش سطح دریافت نور و تحت تأثیر قرار گرفتن دستگاه فتوسنتزی را از عوامل مهم کاهش عملکرد گیاه در غلظت‌های بالاتر کلر می‌توان نام برد.

سرعت رشد نسبی (RGR) نیز تحت تأثیر تیمارهای۳۲ و mgL^{-1} ۴۸ کلر در طول دوره‌ی رشد با شیب بیشتری کاهش یافت (جدول ۵). این امر می‌تواند ناشی از زرد شدن سریع برگ‌ها و به دنبال آن کاهش شاخص سطح برگ باشد. بالا بودن دوام سطح برگ (LAD) موجب پایداری RGR در طول دوره‌ی رشد می‌گردد.

نتایج این پژوهش نشان داد دوام سطح برگ در اثر تیمارهای کلر در مقایسه با شاهد ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت (جدول ۵). بیشترین دوام سطح برگ متعلق به تیمار mgL^{-1} ۱۶ کلر بود، اما با افزایش غلظت کلر آب آبیاری، LAD در تیمارهای۳۲ و mgL^{-1} ۴۸ کاهش یافت. دوام سطح برگ مشخص کننده‌ی میزان نور دریافتی در طول دوره‌ی رشد گیاه است (Cox, 1996). عملکرد ماده‌ی خشک با دوام سطح برگ ارتباط نزدیکی دارد و دوام سطح برگ می‌تواند شاخصی از تولید باشد. لذا بررسی دوام سطح برگ که نقش مهمی بر روی عملکرد و شاخص‌های رشد دارد، نشان می دهد حضور کلر در غلظت‌های پایین (mgL^{-1} ۱۶) دوام سطح برگ را به طور معنی‌داری افزایش داده است، در حالی‌که در غلظت های بالاتر ۳۲ و mgL^{-1} ۴۸ کلر موجب کاهش دوام سطح برگ گردید (جدول ۵).

از طرفی ماندگاری بیشتر سطح برگ در تیمار با غلظت پایین کلر از طریق نقش این ریزمغذی در تنظیم اسمزی و به عنوان محرک رشد و فتوسنتز قابل توجیه است. از طرف دیگر سمیت نمک به دلیل جذب مقادیر زیاد کلر و رقابت و اختلال در جذب و انتقال یون‌های ضروری، عدم تعادل و کمبود عناصر ضروری از جمله دلایلی است که در کاهش سطح برگ، عملکرد و RGR در شرایط تنش در گزارشات مختلف ذکر شده است (Orcutt and Nilsen, 2000; Parida and Das, 2005).

افزایش میزان کلراید بیش از mgL^{-1} ۱۶ سبب کاهش RGR، LAR، SLA، RLGR و LAD شد اگرچه این کاهش در مقایسه با شاهد معنی‌دار نبود (جدول ۵). از سوی دیگر تیمارهای با غلظت بالای کلر افزایش معنی‌داری در میزان سرعت واحد برگ (ULR) نسبت به تیمار mgL^{-1} ۱۶ نشان دادند. به عبارت دیگر در تیمارهای دارای نسبت سطح برگ (LAR) کمتر سرعت فتوسنتز خالص در واحد سطح بیشتری مشاهده شد (جدول ۵). از آنجا که تغییر در ULR به طورعمده به وسیله‌ی تغییرات نرخ فتوسنتز در واحد سطح برگ تعیین می‌گردد می‌توان نتیجه گرفت کاهش سطح برگ موجب افزایش معنی‌دار ULR در تیمار mgL^{-1} ۴۸ و افزایش سطح برگ باعث کاهش معنی‌دار ULR در تیمار mgL^{-1} ۱۶ گردیده است. نتایج فوق با یافته‌های Simane و همکاران (۱۹۹۳) مطابقت دارد.

سطح ویژه‌ی برگ (SLA) شاخصی از ضخامت برگ می‌باشد. در گیاه توت فرنگی تحت تیمار شوری، با افزایش غلظت کلرید سدیم، سطح ویژه‌ی برگ کاهش یافت (Rahimi *et al.*, 2011). این نتیجه بیانگر این مطلب است که با افزایش شوری سطح

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.9.5.2]

برگ کاهش می‌یابد، اما بر ضخامت آن افزوده می‌شود. به عبارت دیگر بالا بودن SLA به معنی سطح برگ بیشتر به ازاء واحد وزن برگ یا نازک‌تر بودن برگ است. در پژوهش حاضر میانگین داده‌های ULR و SLA (جدول ۵) در تیمار $16\ mgL^{-1}$ نشان داد SLA بیشتر (ضخامت کمتر برگ) با ULR کمتری همراه است و از طرف دیگر همبستگی موجود بین SLA و سرعت رشد نسبی (RGR) بیان می‌نماید در شرایط مطلوب (تیمار $16\ mgL^{-1}$) برگ‌های نازک و ظریف کارایی بیشتری در فرآوری مواد فتوسنتزی دارند که با نتایج احمدی و سی‌وسه مرده (۱۳۸۲) بر روی ارقام اصلاح شده گندم در شرایط تنش خشکی همخوانی دارد.

به نظر می‌رسد غلظت ۳۲ و $48\ mgL^{-1}$ کلراید به کاهش کارایی فتوسنتزی و رشد منتهی گردیده است. کاهش میزان رشد در شرایط تنش خشکی ناشی از شوری می تواند به دلیل کاهش آب قابل دسترس گیاه و اختلال در فرآیندهای تولید و مصرف انرژی مثل فتوسنتز و تنفس باشد (Munns and Tester, 2008).

Loreto و همکاران (۲۰۰۲) نیز گزارش نمودند کاهش فتوسنتز یکی از عوامل مهم کاهش رشد گیاه زیتون تحت تنش شوری می‌باشد. مهار گسترش تقسیم سلولی، کاهش سطح برگ و بنابراین کاهش سطح دریافت نور (Munns, 2002)، تسریع پیری برگ‌ها، تحت تأثیر قرار گرفتن دستگاه فتوسنتزی در حضور غلظت‌های بالای سدیم و کلر (Cassaniti *et al.*, 2009)، تغییر در هدایت روزانه‌ای، نرخ تعرق، محتوی نسبی آب و کاهش تورگر (Orcutt and Nilsen, 2000)، تغییر در مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی (Parida and Das, 2002)، سمیت یونی به دلیل جذب مقادیر بالای آنیون کلراید و رقابت و اختلال در جذب و انتقال یون‌های ضروری (Parida and Das, 2005) و عدم تعادل و کمبود عناصر ضروری از جمله دلایلی است که در کاهش رشد در شرایط تنش یونی و خشکی ناشی از شوری در گزارشات مختلف ذکر شده است (Syvertsen *et al.*, 2010).

تشکر و قدردانی:

از مدیریت و کارکنان محترم مرکز تحقیقات توتون گیلان، به ویژه جناب آقای مهندس رنجبر برای همکاری ایشان در اجرای این پژوهش قدردانی می‌گردد.

منابع:

احمدی، ع. و سی‌وسه مرده، ع. (۱۳۸۲) روابط بین شاخص‌های رشد، مقاومت به خشکی و عملکرد در کولتیوار های گندم اصلاح‌شده برای اقلیم‌های مختلف ایران در شرایط تنش و عدم تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۴: ۶۶۷-۶۷۹.

غازان‌شاهی، ج. (۱۳۷۶) آنالیز خاک وگیاه. انتشارات هما. ۲۸۷-۲۸۹.

لطیفی، ن.، نواب پور، س. و قادری، ا. (۱۳۸۲) ارزیابی شاخص های رشد در آفتابگردان، رقم رکورد، تحت شرایط دیم. علوم و صنایع کشاورزی ۱۷: ۶۱-۶۷.

Cassaniti, C., Leonardi, C. and Flowers, T. J. (2009) The effects of sodium chloride on ornamental shrubs. Scientia Horticulturae 122: 586–593

Cox, W. J. (1996) Whole-plant physiological and yield responses of maize to plant density. Agronomy Journal 88: 489-496.

Evans, G. C. (1972) The quantitative analysis of plant growth, Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Fixen, P. E. (1987) Chloride fertilization, Crop and Soil Management 39: 14–16.

Fixen, P. E. (1993) Crop response to chloride, Advances in Agronomy 50: 107–150.

Gholami, A., Shahsavani, S. and Nezarat, S. (2009) The effect of plant growth promoting rhizobacteria on germination, seedling growth and yield of maize, World Academy of Science, Engineering and Technology 49: 19-24.

Hunt R. (1990) Basic Growth Analysis, London: Unwin Hyman.

Karaivazoglou, N. A., Papakosta, D. K., and Divanidis, S. (2005) Effect of chloride in irrigation water and form of nitrogen fertilizer on Virginia (flue-cured) tobacco. Field crops Research 92: 61-74.

Karimi, M. M., and Siddique, K. H. M. (1991) Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. Australian Journal of Agriculture Research 42: 13-20.

Layten, D. D. and Nilsen, M. T. (1999) Tobacco production, chemistry and technology. Blackwell Science, New York, 480 p.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.9.5.2]

mangrove, *Bruguiera parviflora*, in hydroponic cultures. Journal of Plant Biology 45: 28-36.

Parida, A. K. and Das, A. B. (2005) Salt tolerance and salinity effect on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety 60: 324- 349.

Rahimi, A., Biglarifard, A., Mirdehghan, H. and Borghei, S. F. (2011) Influence of NaCl salinity on growth analysis of strawberry cv. Camarosa. Journal of Stress Physiology and Biochemistry 7: 145-156.

Simane, B., Peacock, J. M. and Stuik, P. C. (1993) Differences in developmental plasticity and growth rate among drought resistant and susceptible cultivars of durum wheat. Plant and Soil 157: 155-166.

Syvertsen, J. P., Melgar, J. C. and Garcia-Sanchez, F. (2010) Salinity Tolerance and Leaf Water Use Efficiency in Citrus. Journal of the American Society for Horticultural Science 135: 33-39.

Talbott, L. D. and Zeiger, E. (1996) Central roles for potassium and sucrose in guard-cell osmoregulation. Plant Physiology 111: 1051-1057.

White, P. J. and Broadley, M. R. (2001) Chloride in soils and its uptake and movement within the plant: A review. Annals of Botany 88: 967-88.

Xu, G, Magen, H., Tarchitzky, J. and Kafkafi, U. (2000) Advances in chloride nutrition of plants. Advances in Agronomy 68: 97-150.

Zhu, J-K. (2003) Regulation of ion homeostasis under salt stress. Current Opinion in Plant Biology 6: 441-445.

Lichtenthaler, K. H. (1994) Chlorophyll and carotenoids pigments of photosynthetic biomembrances. Methods in Enzymology 148: 350–382

Loreto, F., Centritto, M. and Chartzoulakis, K. (2002) Photosynthetic limitations in olive cultivars with different sensitivity to salt stress. Plant, Cell and Environment 26: 495-601.

Marschner P (2012) Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd Ed. Academic Press / Elsevier, USA.

McCants, C. B., and Woltz W. G. (1967) Growth and mineral nutrition of tobacco. Advances in Agronomy 19: 211-65.

Munns, R. (2002) Comparative physiology of salt and water stress, Plant, Cell and Environment 25: 239–250.

Munns, R., Guo, J., Passioura, J. B. and Cramer, G. R. (2000) Leaf water status controls day-time but not daily rates of leaf expansion in salt-treated barley, Australian Journal of Plant Physiology 27: 949-57.

Munns, R. and Tester, T. (2008) Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology 59: 651-681.

Orcutt, D. M. and Nilsen, E. T. (2000) The physiology of plants under stress: Soil and biotic factors. John Wiley and Sons, New York.

Parida, A. K. and Das, A. B. (2002) NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins and other metabolic components in the leaves of atrue

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.9.5.2]