تأثیر پتاسیم و کلسیم بر پاسخ گلرنگ به شوری ناشی از کلرید سدیم در محیط آبکشت

مرضیه گرجی[۱]، مرتضی زاهدی[۱*] و امیرحسین خوشگفتارمنش[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۷/۱۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۲/۱۵)

چکیده

به منظور بررسی اثر افزایش غلظت پتاسیم و کلسیم در محیط آبکشت بر پاسخ گلرنگ به شوری آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا گردید. در این آزمایش چهار تیمار آزمایشی شامل محلول غذایی جانسون شور (حاوی ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم)، محلول جانسون شور + ۱۰ میلی‌مولار پتاسیم، محلول جانسون شور + ۵ میلی‌مولار کلسیم و محلول جانسون شور + ۵ میلی‌مولار کلسیم + ۱۰ میلی‌مولار پتاسیم در نظر گرفته شدند. هم‌چنین یک تیمار حاوی محلول غذایی جانسون کامل بدون اضافه کردن نمک به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. شوری باعث کاهش سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی، غلظت پتاسیم و کلسیم و افزایش غلظت سدیم در اندام هوایی گلرنگ شد. افزایش غلظت کلسیم در محلول غذایی باعث کاهش آثار منفی شوری بر رشد گیاه شد به طوری که با افزایش غلظت کلسیم محلول غذایی شور میزان کاهش سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی گیاه در مقایسه با سایر تیمارها کمتر بود. افزایش غلظت پتاسیم در محلول غذائی نتوانست موجب بهبود رشد گیاه در شرایط تنش شوری شود. افزایش توأم غلظت پتاسیم و کلسیم در محلول غذایی باعث کاهش بیشتر وزن خشک گیاه در محیط شور شد. نتایج به دست آمده از این آزمایش نشان داد که افزایش غلظت کلسیم در محلول غذایی می‌تواند تا حدودی آثار مخرب شوری بر رشد گیاه را تعدیل نماید.

واژه‌های کلیدی: شوری، گلرنگ، وزن خشک، سطح برگ، کلسیم، پتاسیم، سدیم

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. دانشیار خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mzahedi@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.53.1.8]

مقدمه

تنش شوری از طریق کاهش پتانسیل اسمزی محلول، بر هم خوردن تعادل عناصر غذایی و هم‌چنین ایجاد سمیت باعث اختلال در رشد گیاه می‌شود. پاسخ گیاه به شوری به غلظت نمک و نسبت یون‌ها بستگی دارد (۵). یون‌ها به طرق مختلف بر یکدیگر اثر می‌گذارند. در حالت هم افزایی، یک یون در حضور یون دیگر سریع‌تر جذب گیاه می‌شود. برای مثال یون کلسیم، جذب یون پتاسیم را سرعت می‌بخشد. در حالت ناهمسازی، حضور یک یون بر جذب یون دیگر اثر منفی دارد. چنین ارتباطی بین سدیم و پتاسیم وجود دارد (۳۳). در شرایط شور و یا سدیمی، غلظت بالای سدیم نه تنها باعث اختلال در عملکرد پتاسیم در ریشه ها می‌شود، بلکه ممکن است غشای سلول‌های ریشه را تخریب کرده و توان آنها را در ورود انتخابی یون‌ها تغییر دهد (۳). یکی از راه‌کارهای افزایش تحمل به شوری پایین نگه داشتن غلظت یون سدیم و افزایش غلظت یون پتاسیم در گیاه است (۳۵). مقدار پتاسیم گیاه در غلظت‌های بالای نمک یک مزیت است و می‌تواند به عنوان معیاری برای انتخاب گیاهان از نظر تحمل به شوری به کار رود (۱۹). تأثیر پتاسیم و کلسیم در محیط کشت شور در تعدیل اثرهای مخرب شوری بر روی گیاهان توسط برخی محققان گزارش شده است (۶، ۸، ۲۳ و ۲۸). پتاسیم نقش مهمی در تنظیم پتانسیل اسمزی، باز و بسته شدن روزنه‌ها و فعالیت بسیاری از آنزیم‌ها در گیاه دارد. نقش کلسیم در تنظیم انتقال یون‌ها به سلول‌های گیاهی (۱۷)، تکامل ساختمان غشای پلاسمایی و کاهش نفوذپذیری غشا نسبت به یون‌های کلر و سدیم (۲۵) و اصلاح هدایت هیدرولیکی ریشه (۲۷) است. وجود مقدار کافی یون کلسیم در محیط کشت از طریق تأثیر بر جذب انتخابی پتاسیم در مقابل سدیم می‌تواند نسبت جذب پتاسیم به سدیم را افزایش دهد. از طرف دیگر، مناسب بودن وضعیت دیواره میانی سلول که کلسیم در ساختمان آن وجود دارد، باعث کاهش تراوش پتاسیم از سلول‌های ریشه به محیط خارج شده و در نتیجه وضعیت مطلوب‌تری از نظر تغذیه پتاسیم در ریشه ایجاد می‌شود (۳۳). لذا به نظر می‌رسد که با افزایش کلسیم تحت شرایط شور بتوان اثرهای نامطلوب شوری بر گیاه را کاهش داد (۲۷). نتایج آزمایشی روی گندم نشان داد (۲۴) افزایش غلظت کلسیم در محیط شور موجب افزایش ماده خشک، محتوای رطوبت، نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه و محتوای پتاسیم و نیز کاهش محتوای سدیم در گیاه شد. هم‌چنین ناوارو و کارواجال (۲۷) با بررسی تأثیر کلسیم بر رشد گوجه فرنگی در شرایط شور نشان دادند که کلسیم از طریق اصلاح هدایت هیدرولیکی ریشه و بهبود انتقال آب به گیاهان تحت تنش شوری، در کاهش اثرهای نامطلوب شوری بر این گیاه مؤثر بود. درباره تأثیر افزایش غلظت عناصر غذایی در محیط شور بر واکنش گلرنگ به تنش شوری اطلاعاتی در دسترس نیست. لذا این پژوهش با هدف ارزیابی تأثیر افزایش غلظت پتاسیم و کلسیم در محلول غذائی بر تحمل به شوری گلرنگ انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت آبکشت در گلخانه دانشگاه صنعتی اصفهان و در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار روی گیاه گلرنگ (رقم سفیر) اجرا شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: محلول غذایی جانسون شور (حاوی ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم)، محلول جانسون شور + ۱۰ میلی‌مولار پتاسیم، محلول جانسون شور + ۵ میلی‌مولار کلسیم و محلول جانسون شور + ۵ میلی‌مولار کلسیم + ۱۰ میلی‌مولار پتاسیم که به ترتیب با علائم JS، JS+K، JS+Ca، JS+K+Ca مشخص شدند. هم‌چنین یک تیمار حاوی محلول غذایی جانسون کامل بدون اضافه کردن نمک به عنوان شاهد (J) در نظر گرفته شد. برای اجرای آزمایش ابتدا بذرها در سینی‌های حاوی ماسه شسته کشت شدند. بعد از حدود ۲۰ روز، هنگامی که گیاهچه‌ها به مرحله دو برگی رسیدند به ظروف حاوی محلول غذایی منتقل شدند. هر واحد آزمایشی یک ظرف پلاستیکی چهار لیتری بود که روی در آن شش سوراخ تعبیه شده بود. چهار گیاهچه در سوراخ‌های این سطل قرار گرفتند و دو سوراخ برای ورود لوله

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.53.1.8]

هوادهی در نظر گرفته شد. برای جلوگیری از وارد شدن شوک اسمزی به گیاهان، مقدار نمک در نظر گرفته شده جهت تیمار شوری به تدریج در چند مرحله به محلول غذایی اضافه شد. به منظور حفظ غلظت‌های نمک و مواد غذایی، در طول آزمایش محلول غذایی طی دو مرحله ابتدا دو هفته پس از اعمال تیمارهای شوری و سپس یک هفته پس از مرحله اول تجدید شد. برداشت گیاهان یک ماه پس از اعمال تنش انجام گرفت. در این آزمایش سطح برگ در هر بوته، وزن خشک اندام هوایی و هم‌چنین غلظت سدیم، پتاسیم و کلسیم در اندام هوایی اندازه‌گیری شد. سطح برگ توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Delta-T devices) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک گیاه، پس از برداشت نمونه‌های گیاهی به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۶۵ درجه سلسیوس در خشک کن قرار داده شده و بعد توزین شدند. برای اندازه‌گیری غلظت عناصر، مقدار ۰/۵ گرم از هر نمونه خشک گیاه را داخل کروزه چینی قرار داده و به مدت ۳ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس در کوره الکتریکی به خاکستر تبدیل شد و به هر نمونه ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال اضافه شد. با حرارت دادن ملایم کروزه روی حمام بن ماری مواد خاکستر شده در اسید حل شدند و محلول تهیه شده از کاغذ صافی عبور داده شد. عصاره در بالن ژوژه جمع‌آوری و حجم نهایی عصاره با اضافه کردن آب مقطر به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد (۱۲). برای اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم از دستگاه شعله‌سنج (Corning model 410) و برای کلسیم از دستگاه جذب اتمی (Prkin-Elmer model 3030) استفاده شد. داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD انجام گرفت.

نتایج و بحث

اختلاف معنی‌داری بین بوته‌های گلرنگ رشد کرده در تیمارهای شور با شاهد (محلول غذایی جانسون استاندارد) از نظر سطح برگ مشاهده شد (جدول ۱). سطح برگ در کلیه تیمارهای شور (محلول‌های غذائی حاوی ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) نسبت به شاهد به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت (جدول ۲). کمترین کاهش سطح برگ در شرایط شور در تیماری که سطح کلسیم به تنهایی در آن افزایش یافته بود (JS+Ca)، مشاهده شد. اختلاف بین تیمارهای JS، JS+K، JS+K+Ca از نظر سطح برگ معنی‌دار نبود (جدول ۲). در آزمایش باسیل و کافکا (۹) نیز شوری موجب کاهش سطح برگ گلرنگ گردید. نتایج مشابهی برای نیشکر (۳۴) و گندم (۳۱) گزارش شده است. علت کاهش سطح برگ در شرایط شور کم شدن فشار آماس سلول‌ها و کاهش اندازه آنها در اثر تنش اسمزی است. ضمن این‌که ریزش برگ‌ها در پاسخ به تجمع نمک نیز می‌تواند باعث کاهش سطح برگ شود (۳۱).

تفاوت بین بوته‌های رشد کرده در محلول غذایی شور با شاهد (محلول غذایی استاندارد) از نظر وزن خشک برگ، ساقه و اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). وزن خشک اندام‌های مختلف گیاه در تیمارهای شور در مقایسه با شاهد کاهش یافت (جدول ۲). کاهش وزن خشک گلرنگ در اثر شوری در آزمایش‌های شیدائی (۴) و دمیرکایا و اپیک (۱۵) نیز مشاهده شده است. نتایج مشابهی برای برنج (۲۶)، اسپرس (۱) و سورگوم (۳۶) نیز گزارش شده است. به طور کلی کاهش تولید ماده خشک در شرایط شور را می‌توان به دلیل هزینه انرژی متابولیک مربوط به سازگاری به شرایط تنش، کاهش نرخ فتوسنتز در واحد سطح برگ، کاهش جذب کربن و صدمه به بافت‌ها مربوط دانست (۵). فلاورز و یو (۱۸) بیان کردند که خسارت نمک به برگ‌های گونه‌های حساس گیاهان ممکن است به واسطه غلظت‌های بیش از حد یون‌ها در آپوپلاست یا اثرهای سمی یونی بر فرایندهای متابولیک در سیمپلاست باشد.

در این آزمایش کمترین کاهش وزن خشک اندام هوایی گلرنگ در شرایط شور در تیماری که سطح کلسیم به تنهایی در آن افزایش یافته بود (JS+Ca)، مشاهده شد. به عبارت دیگر با

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.53.1.8]

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر کود بر سطح برگ وزن خشک برگ، ساقه و اندام هوایی و غلظت عناصر در اندام هوایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		سطح برگ	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک اندام هوایی	غلظت سدیم	غلظت پتاسیم	غلظت کلسیم	انتقال نسبی سدیم
کود	۴	۱۳۹۵/۷۱**	۱/۰۳**	۱/۳۶**	۴/۷۶**	۵۶/۰۵**	۰/۵۹**	۰/۲۳**	۲۴۰/۰۰**
خطا	۱۵	۷۵/۸۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	/۲۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۱۲/۳۲

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

جدول۲. مقایسه میانگین چهارسطح کودی بر سطح برگ، وزن خشک برگ، ساقه و اندام هوایی و غلظت عناصر در اندام هوایی

تیمار کودی	سطح برگ در بوته (سانتی‌مترمربع)	وزن خشک برگ (گرم)	وزن خشک ساقه(گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	غلظت سدیم	غلظت پتاسیم	غلظت کلسیم	انتقال نسبی سدیم
شاهد	۵۳۱/۲^{a}	۱/۶۶^{a}	۱/۷۳^{a}	۳/۳۹^{a}	۰/۰۶^{c}	۲/۳۳^{a}	۱/۶۰^{a}	۰/۴۶^{c}
JS	۴۳/۳^{c}	۰/۵۳^{c}	۰/۴۶^{b}	۰/۹۹^{c}	۷/۷۲^{b}	۱/۹۹^{c}	۰/۵۷^{bc}	۸/۶۶^{b}
JS+K	۶۴/۸^{c}	۰/۵۲^{c}	۰/۳۶^{c}	۰/۸۸^{d}	۷/۳۶^{b}	۲/۰۸^{b}	۰/۵۷^{bc}	۸/۴۵^{b}
JS+Ca	۱۱۶/۴^{b}	۰/۶۰^{b}	۰/۵۱^{b}	۱/۱۱^{b}	۷/۱۱^{b}	۱/۸۱^{d}	۰/۵۴^{c}	۵/۲۰^{bc}
JS+K+Ca	۳۷/۳^{c}	۰/۴۵^{d}	۰/۴۰^{c}	۰/۸۶^{d}	۹/۹۶^{a}	۱/۳۰^{e}	۰/۶۰^{b}	۱۹/۸۳^{a}

در هر ستون و برای هر صفت تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمونLSD در سطح احتمال ۵% معنی‌دار نمی‌باشد.

اضافه کردن کلسیم به محیط شور، تأثیر شوری بر رشد گیاه کاهش یافته است. افزودن کلسیم به محلول غذائی می‌تواند از طرق مختلف از جمله کاهش جذب و انتقال سدیم به اندام هوایی، افزایش جذب پتاسیم و در نتیجه افزایش نسبت پتاسیم به سدیم در گیاه (۲۳، ۲۸ و ۳۲)، ممانعت از تخریب غشای سلول‌های ریشه (۱۰)، بهبود متابولیسم نیتروژن (۲۱) و فعالیت فتوسنتزی گیاه (۱۴)، تأثیر مخرب شوری بر رشد گیاه را کاهش دهد. به نظر می‌رسد گیاهان مختلف رفتار یکسانی نسبت به افزایش غلظت کلسیم در محیط شور نشان نمی‌دهند. چنانچه در آزمایشی (۳۰) بهبود رشد و تحمل به شوری چند گونه از خانواده کلم با افزایش غلظت کلسیم در محلول غذایی ارتباطی نداشت. در مقابل، تأثیر مثبت افزایش غلظت پتاسیم در محیط شور بر کاهش اثرهای زیان بار شوری بر گیاه در برخی از آزمایشات گزارش شده است (۶ و ۸). در این آزمایش افزایش غلظت پتاسیم در محلول غذائی تأثیر مثبتی بر تحمل به شوری گلرنگ نداشت. در مطالعه ساتی و لوپز (۲۹) وزن خشک گوجه فرنگی با اعمال غلظت‌های کم پتاسیم (۴ میلی‌مولار) به محیط کشت شور افزایش یافت ولی با به کار بردن غلظت بالای پتاسیم (۱۶ میلی‌مولار) وزن خشک گیاه در مقایسه با شاهد کاهش یافت. زیادی پتاسیم می‌تواند باعث کاهش جذب کلسیم و منیزیم شده و در این شرایط کلسیم نمی‌تواند نقش مؤثر خود را ایفا کند (۲). بیشترین کاهش وزن خشک اندام هوایی گلرنگ در محیط شور در مقایسه با شاهد (محلول غذایی استاندارد) با افزودن پتاسیم به تنهایی (JS+K) و یا همراه با کلسیم (JS+K+Ca) به محلول غذایی به دست آمد. هر چند شوری باعث اختلال در جذب پتاسیم شده و افزایش سطح پتاسیم در گیاه در چنین شرایطی ضروری به نظر می‌رسد اما ورود انتخابی پتاسیم به ریشه در مقایسه با سدیم باید به اندازه‌ای باشد که بتواند نیاز پتاسیم گیاه را برای انجام فعالیت‌های متابولیکی فراهم کند و در نتیجه فرایند انتقال یون‌ها

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.53.1.8]

و تنظیم پتانسیل اسمزی انجام شود (۱۳). کاهش وزن خشک گیاه در تیماری که غلظت کلسیم و پتاسیم در محلول غذایی توأماً (JS+K+Ca) افزایش داده شده بود را احتمالاً می‌توان به افزایش غلظت یون‌ها در محلول غذایی و کاهش پتانسیل اسمزی در ناحیه ریشه و اختلال در فرآیند انتقال یون‌ها به ریشه مربوط دانست.

غلظت پتاسیم، کلسیم و منیزیم اندام هوایی در محلول غذایی شور کاهش ولی غلظت سدیم افزایش یافت (جدول۲). مقدار کاهش غلظت این عناصر در محیط شور در مقایسه با شاهد در تیمارهای JS، JS+K، JS+Ca و JS+K+Ca برای پتاسیم به ترتیب حدود ۱۵، ۱۱، ۲۲ و ۴۴ و برای کلسیم حدود ۶۴، ۶۴، ۶۶ و ۶۳ درصد بود. غلظت سدیم اندام هوایی در تیمارهای فوق نسبت به شاهد به ترتیب حدود ۱۲۹، ۱۲۳، ۱۱۹ و ۱۶۶ برابر افزایش یافت. در آزمایش شیدائی (۴) نیز غلظت پتاسیم و کلسیم در گلرنگ در اثر شوری کاهش و غلظت سدیم افزایش یافت. نتایج مشابهی برای گلرنگ (۲۰)، نیشکر (۳۴)، گندم و سورگوم (۱۶) گزارش شده است. کاهش جذب پتاسیم در شرایط شور احتمالا به دلیل رابطه ناهمسازی بین یون پتاسیم و سدیم است (۲۲). در آزمایش کارتر و همکاران (۱۱) نیز با افزایش شوری غلظت کلسیم در اندام هوایی گیاه *Celosia argenter* کاهش یافت. این نتیجه می‌تواند به دلیل اختلال در خاصیت انتخابی غشاء ریشه باشد که تفاوتی بین کلسیم و سدیم قائل نمی شود و سدیم را که دارای غلظت بیشتری در محیط است بیشتر جذب می‌کند. افزایش انتقال سدیم به اندام هوایی در محیط شور ممکن است به دلیل ضعیف عمل کردن سیستم محدود کننده انتقال سدیم موجود در مرز ریشه به اندام هوایی به دلیل کاهش پتانسیل اسمزی باشد (۷). از آنجا که افزایش غلظت سدیم در محیط ریشه موجب کاهش فعالیت و قابلیت دسترسی کلسیم در محیط و کمبود آن در غشای سلولی ریشه می‌شود، افزایش انتقال سدیم به اندام هوایی را به دنبال خواهد داشت (۳۷). در این آزمایش افزایش غلظت سدیم در اندام هوایی در تیماری که غلظت کلسیم در محلول غذایی شور به تنهایی افزایش یافته بود کمترین بود. اشرف (۷) نیز گزارش کرد که غلظت بالای کلسیم در شرایط شور باعث کاهش انتقال سدیم به اندام هوایی می‌شود.

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر اضافه کردن کلسیم به تنهایی از طریق کاهش انتقال سدیم به اندام هوایی موجب تعدیل اثرهای زیانبار شوری بر تولید ماده خشک گلرنگ شد. در حالی که اضافه کردن پتاسیم به تنهایی و یا همراه با کلسیم به محلول غذائی شور کاهش وزن خشک گیاه را به همراه داشت. بر اساس نتایج بدست آمده از این آزمایش نکته مهمی که در مدیریت کودها در شرایط شور باید مورد توجه قرار گیرد برآیند اثرهای مثبت تغذیه‌ای عنصر از یک سو و افزایش فشار اسمزی محلول از سوی دیگر می‌باشد.

منابع مورد استفاده

۱. باقری‌کاظم آباد، ع.، ش. حاج رسولیها و غ. سرمدنیا. ۱۳۶۸. بررسی اثرات تنش شوری در گیاه اسپرس در مرحله گیاهچه. مجله علوم کشاورزی ایران ۳:۳-۴.

۲. خوشگفتارمنش، ا. ح. و ح. سیادت. ۱۳۸۱. *تغذیه معدنی سبزیجات و محصولات باغی در شرایط شور*. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی.

۳. خوشگفتارمنش، ا. ح. ۱۳۸۶. *مبانی تغذیه گیاه*. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

۴. شیدائی، س. ۱۳۸۶. بررسی اثرات شوری بر برخی از خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در گلرنگ. پایان‌نامه کارشناسی

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.53.1.8]

ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۵. میرمحمدی میبدی، س.ع.م. و ب. قره یاضی. ۱۳۸۱. *جنبه‌های فیزیولوژیکی و بهنژادی تنش شوری گیاهان زراعی*. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

6. Achilea, O. 2002. Alleviation of salinity-induced stress in cash crops by multi-K (potassium nitrate), five cases typifying the underlying pattern. Acta Hort. 573: 43-48.
7. Ashraf, M. 1994. Breeding for salinity tolerance in plant. Crit. Rev. Plant Sci. 13: 17-42.
8. Bardan, N. M. 2006. Effect of potassium rate on barley growth and its mineral content under different salt affected soil conditions. J. Agric. Biol. Sci. 2(6): 512-519.
9. Bassil, E. S. and S. R. Kaffka. 2002. Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to saline soils and irrigation. Agric. Water Manag. 54: 81-92.
10. Busch, D. S. 1995. Calcium regulation in plant cell and its role in signaling. Annu. Rev. Plant Physiol. 46: 95-102.
11. Carter, C. T., M. Catherine, J. A., Grieve, J. A. Poss and D. L. Suarez. 2005. Production and ion uptake of Celosia argenta irrigated with saline waste water. Sci. Hort. 72: 811-813
12. Chapman, H. D. and P. F. Pratt. 1982. Methods of Analysis for Soils, Plants and Water. Chapman Pub., Riverside, CA.
13. Cheeseman, J. M. and L. K. Wickens. 1986. Control of Na+ and K+ transport in Speragularia morina. III. Relationship between ion uptake and growth at moderate Salinity. Physiol. Plant 67: 15-22.
14. Colmer, T. D., T. W. M. Fan, R. M. Higashi and A. Lauchli. 1996. Interactive effects of Ca2+ and NaCl salinity on the ionic relations and proline accumulation in the primary root tip of Sorghum bicolor. Plant Physiol. 97: 421-424.
15. Demir Kaya, M. and A. Ipek. 2003. Effect of different soil salinity levels on germination and seedling growth of safflower. Turk. Agric. 27: 221-227.
16. Devitt, D. L., H. Stolzy and W. M. Jarrell. 1984. Response of sorghum and wheat to different K+/Na+ ratios at varying osmotic potentionals. Agron. J. 76: 981-687.
17. Epstein, E. 1961. The essential role of calcium in selective cation transport by plant cell. Plant physiol. 30: 437-444.
18. Flowers, T. J. and A. R. Yeo. 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants: Where Next? Plant Physiol. 22: 875-884.
19. Flowers, T. J., P. F. Torke and A. R. Yeo. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. Annu. Rev. Plant Physiol. 28: 89-121.
20. Gadallah, M. A. A. 1996. Abscisic acid, temperature and salinity interactions on growth and some mineral elements in Carthamus plants. Plant Growth Regul. 20: 225-236.
21. Garg, B. K,. S. Kathju, S. P. Vyas and A. N. Lahiri. 1997. Alleviation of sodium chloride induced inhibition of growth and nitrogen metabolism of clusterbean by calcium. Biologia Plantarum 39: 395-401.
22. Gauch, H. G. 1972. Inorganic Plant Nutrition. PP. 395-426. Physiological Processes limiting Plant Productivity. Dowden, Hutchinson and Ross Inc., USA.
23. Hasegawa, P. M., R. A. Bressan, J. M. Zhu and H. J. Bohnert. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annu. Rev. Plant Physiol. 51: 463-499.
24. Hawkins, H. J. and O. A. M. Lewis. 1993. Combination effect of sodium chloride salinity, nitrogen and calcium concentration on the growth: Ionic content and gaseous exchange properties of Tritium aestivum. L. C. V. Gamtoos. New Phytol. 124: 167-170.
25. Kefu, Z. 1988. Alleviation NaCl induced injurious effects by calcium. Plant Physiol. 48: 1000-1002.
26. Muhammed, S. and M. Akbar. 1987. Effect of Na+/Ca2+ and Na+/K+ ratios in saline culture solution on the growth and mineral nutrition of rice (Oryza Sativa). Plant and Soil 104: 57-62.
27. Navarro, J. M. M. Carvajal. 2000. Ammonium, bicarbonate and calcium effects on tomato plant grown under saline conditions. Plant Sci.157: 89-96.
28. Rengel, Z. 1992. The role of calcium in salt toxicity. Plant Cell Environ. 15: 625–632.
29. Satti, S. M. E. and M. Lopez. 1994. Effect of increasing potassium levels for alleviating sodium chloride stress on the growth and yield of tomato. Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 25: 2807-2823.
30. Schmidt, C., T. He and G. R Cramer. 1993. Supplemental calcium does not improve growth of salt- stressed Brassicas. Plant and Soil 155:156: 415-418.
31. Sepaskhah, P. R. and L. Boersma. 1979. Elongation of wheat leaves exposed to several levels of matric potential and NaCl induced osmotic potential of soil water. Agron. J. 71:848-852.
32. Shannon, M. C., C. M. Grieve and L. E. Francios. 1994. Whole plant response to salinity. PP. 194-244. *In*: R. E. Wilkinson (Eds.), Plant Response Mechanisms to Environment. Marcel Decker Inc., New York.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.53.1.8]

33. Timothy, D. C., E. Epstein and J. Dvorak. 1995. Differential solute regulation in leaf blades of various ages in salt sensitive wheat and a salt tolerant wheat (*lanphophyrum elongatum*). Plant Physiol. 108: 1714-1715.
34. Tiwari, T. N., R. P. Srivastava and G. P. Sing. 1997. Salinity tolerance in sugarcane cultivars. Sugar Cane. 1: 10-14.
35. Van Horn, J. W. 1991. Development of soil salinity during germination and early seedling growth and its effect on several crops. Agric. Manag. 20: 17-28.
36. Yang, Y. W., R. J. Newton and F. R. Miller. 1990. Salinity tolerance in sorghum, whole plant response to sodium chloride in S. Bicolor and S. Halepense. Crop Sci. 30: 775-781.
37. Zeng, L. and M.C. Shannon. 2000. Salinity effects on seedling growth and yield components of rice. Crop Sci. 40: 996-1003.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.53.1.8]