مقاله علمی پژوهشی
مجله دوفصل نامه
مهندسی ژنتیک و ایمنی زیستی
ISSN 2588-5073 چاپی
ISSN 2588-5081 الکترونیکی
دوره ۱۰، شماره ۱، بهار وتابستان ۱۴۰۰
صفحه ۸۱-۶۸

https://dorl.net/dor/20.1001.1.25885073.1400.10.1.5.5

DOR: 20.1001.1.25885073.1400.10.1.5.5

Genetic Engineering and Biosafety Journal
Volume 10, Number 1
2021

http://gebsj.ir/

https://ecc.isc.ac/showJournal/23064

اثرات تنش شوری ناشی از سطوح مختلف کلرید سدیم بر بامیه

The Effects of salinity stress caused by different levels of NaCl on okra

مهدی معتمدی[۱]، کامبیز عزیزپور[۱و۳]*، وحید سرابی[۱]، رعنا ولیزاده کامران[۲]

Motamedi Mahdi[1], Azizpour kambiz[1,2], Sarabi Vahid[1], Valizadeh Kamran Rana[3]

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، ۲- گروه بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

۳- گروه بیوتکنولوژی گیاهان شورپسند، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

Agronomy and Plant Breeding Department[1], Biotechnology Department[2], Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
Halophyte Biotechnology Research Center[3], Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

* نویسنده مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: azizpour_kam@yahoo.com

(تاریخ دریافت ۱۴۰۰/۲/۱۵، تاریخ پذیرش ۱۴۰۰/۶/۱۹)

چکیده

با وجود اثرات منفی شوری بر گیاهان، به دلیل محدودیت سطح زیر کشت، کاشت انواع گیاهان در اراضی شور اجتناب ناپذیر است. در این میان بامیه از جمله گیاهانی است که مطالعات اندکی درخصوص عکس‌العمل آن به سطوح مختلف نمک صورت گرفته است، فلذا به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری بر بامیه (*Abelmoschus esculentus* Moench)، آزمایشی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار شامل غلظت‌های صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی مولار نمک کلرید سدیم در سه تکرار، در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، به اجرا درآمد. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که با افزایش سطوح شوری، نسبت پتاسیم به سدیم، میزان کلروفیلa، محتوای نسبی آب برگ، وزن خشک بوته، تعداد میوه در بوته، وزن میوه در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه کاهش یافت ولی بر درصد سدیم و میزان پرولین برگ افزوده شد. در طی آزمایش، بوته‌های تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار مدتی بعد از اعمال تنش شوری از بین رفتند ولی بوته‌های سایر تیمارها توانستند با تداوم رشد، تولید محصول نمایند. حفظ درصد پتاسیم در سطح بالا، کاهش کم در میزان کلروفیل و عدم تغییر محسوس در محتوای نسبی آب برگ را می‌توان از عوامل مؤثر در ادامه رشد گیاه، سنتز ماده خشک و تولید میوه در غلظت‌های مختلف نمک عنوان نمود. اگرچه از نظر تعداد میوه در بوته، تفاوت چندانی بین سطوح مختلف شوری با شاهد وجود نداشت، ولی در غلظت‌های بالای نمک، علی‌الخصوص ۱۵۰ میلی‌مولار، افت معنی‌داری در وزن میوه در بوته به ثبت رسید، که می‌تواند عامل مهم تأثیر گذار بر عملکرد اقتصادی گیاه در محیط‌های شور با هدایت الکتریکی بالاتر از ۱۰ ds/m باشد.

واژه‌های کلیدی

بامیه،
تنش شوری،
تنظیم اسمزی،
رشد،
عملکرد

[Downloaded from gebsj.ir on 2025-08-03]

[DOR: 20.1001.1.25885073.1400.10.1.5.5]

مقدمه

بر اساس آمار موجود، شوری پس از خشکی مهمترین تنش محیطی در سطح جهان است (Sadat Noori *et al*. 2011). وسعت اراضی شور چه در دنیا و چه در ایران پیوسته در حال گسترش است (Haghnia, 2004). پاسخ گیاهان به حضور نمک در خاک متفاوت می‌باشد. اگرچه برخی از گیاهان تا حدودی متحمل به شوری هستند، ولی بیشتر گیاهان به این تنش حساس می‌باشند (Sheekh and Omer, 2002). میزان زیاد نمک در خاک، رشد، نمو و عملکرد گیاهان را از طریق تأثیر بر فرایندهای فیزیولوژیکی آنها از جمله تغییر در وضعیت آبی، تعادل یونی و کارایی فتوسنتز کاهش می‌دهد (Munns, 1993). غلظت زیاد نمک در منطقه ریشه، پتانسیل آب در خاک را منفی‌تر می‌کند، از میزان آب در دسترس گیاه می‌کاهد و در نهایت به تنش اسمزی در سطح سلولی منجر می‌شود (Lloyd *et al*. 1989). غلظت‌های بیش از حد یون‌های سمی نظیر Na^+ و Cl^- از یک طرف از طریق کاهش جذب یون‌هایی مانند K^+، Ca^{2+}، Mg^{2+} و NO_3^- باعث عدم تعادل یونی می‌گردد (Hasegawa *et al*. 2000) و از طرف دیگر با ایجاد سمیت یونی، تأثیر نامطلوب بر فرایندهای فیزیولوژیک گیاه از قبیل افزایش نفوذپذیری غشا (Gupta *et al*. 2002)، کاهش بازده فتوسنتز (Ashraf and Shahbaz, 2003) و ازدیاد سرعت تنفس (Grattan and Grieve, 1992) می‌گذارد.

بامیه یکی از مهم‌ترین سبزیجاتی است که جایگاه خاصی در برنامه غذایی روزانه برخی از مناطق دنیا دارد. این گیاه به عنوان یک منبع ارزان قیمت از کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، لیپیدها، ویتامین‌ها و مواد معدنی به شمار می‌رود. در صنعت از ساقه، شاخه‌ها و پوست میوه‌های بامیه که دارای فیبر زیادی می‌باشند، برای تهیه کاغذ استفاده می‌کنند (Kargar Khorrami *et al*. 2013). همچنین از بذر بامیه علاوه بر مصرف غذایی و صنعتی، به صورت گیاه دارویی به عنوان عرق آور، محرک قلب و ضد اسپاسم استفاده می‌شود (Khoshbin, 2019).

با وجود خواص غذایی، دارویی و صنعتی زیادی که بامیه دارد، تحقیقات کمی در خصوص ویژگی‌های مختلف زراعی، فیزیولوژیکی و ژنتیکی این گیاه به ویژه بررسی عکس‌العمل آن به سطوح مختلف نمک صورت گرفته است (Shahid *et al*. 2011; Ben Dkhil and Denden, 2012)، به طوری که اطلاعات جامعی در این خصوص وجود ندارد. این در حالی است که با توجه به افزایش روز افزون جمعیت، کشت و کار در حداکثر اراضی ممکن از جمله مناطق شور، در کنار استفاده از روش‌های نوین به زراعی برای استفاده بهینه از این زمین‌ها و نیز به کار بستن روش‌های گوناگون اصلاحی جهت تولید گیاهان متحمل به شوری ضروری می‌باشد. بنابراین جهت رسیدن به این هدف باید میزان تأثیر شوری بر روی گیاهان مختلف از جمله بامیه مورد بررسی قرار گیرد، دامنه تحمل این گیاهان به سطوح مختلف نمک تعیین شود و مکانیسم‌های مقاومت آنها به این تنش ارزیابی شود تا امکان ایجاد ارقام جدید سازگار با این شرایط از طریق مطالعات ژنتیکی میسر شود. از این رو در مطالعه حاضر سعی شده است که نحوه تأثیر تنش شوری روی برخی از ویژگی‌های زراعی بامیه از طریق مطالعه تعدادی از متغیرهای فیزیولوژیک بررسی گردد، میزان عملکرد گیاه در سطوح مختلف نمک مورد ارزیابی قرار گیرد و بالاخره سطوحی از نمک که در آن امکان تولید محصول از گیاه سلب می‌گردد تعیین شود، با این امید که نتایج حاضر بتواند راه را برای انجام پروژه‌های تکمیلی بعدی هموار نماید.

مواد و روش‌ها

آزمایش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، با شدت نور ٤٥٠ وات بر متر مربع، تناوب نوری ١٦ و ٨ ساعت روشنایی و تاریکی، تناوب دمایی ٢٥ و ٢٠ درجه سانتی‌گراد روز و شب و رطوبت نسبی ٦٥ درصد انجام گرفت. طرح آزمایشی بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی، با پنج تیمار، شامل سطوح شوری صفر، ٥٠، ١٠٠، ١٥٠ و ٢٠٠ میلی‌مولار نمک کلرید سدیم، در سه تکرار، در محیط کشت هیدروپونیک، در تشتک-هایی به ابعاد ١٦ × ٢٩ × ٤١ سانتی‌متر با گنجایش حدود ١٣ لیتر محلول اجرا گردید.

[Downloaded from gebsj.ir on 2025-08-03]
[DOR: 20.1001.1.25885073.1400.10.1.5.5]

بذور بامیه پس از ضدعفونی با هیپوکلریت سدیم ۱ درصد، درون کاغذ واتمن حاوی آب مقطر کشت شدند. بعد از جوانه‌زنی بذور، زمانی که ارتفاع گیاهچه‌ها به حدود ۲ سانتی‌متر رسید، به بستر کاشت حاوی محلول هوگلند شامل $Ca(NO_3)_2.4H_2O$ ۱ میلی-مولار، KH_2PO_4 ۰/۱ میلی‌مولار، K_2SO_4 ۰/۵ میلی‌مولار، $MgSO_4$ ۰/۵ میلی‌مولار، H_3BO_3 ۱۰ میکرومولار، $MnSO_4.H_2O$ ۲۰ میکرومولار، $ZnSO_4.7H_2O$ ۰/۵ میکرومولار، $CuSO_4.5H_2O$ ۱ میکرومولار، MoO_3 ۰/۱ میکرومولار و $FeSO_4.7H_2O$ ۱۰۰ میکرومولار انتقال یافتند. یک ماه بعد از سبز شدن بوته‌ها و در مرحله سه برگی، تیمارهای شوری شامل صفر، ۵۰ ، ۱۰۰ ، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار نمک کلرید سدیم اعمال شد. برای جلوگیری از شوک ناشی از مصرف یکباره نمک، شور کردن محلول‌ها با افزودن ۲۵ میلی‌مولار نمک آغاز گردید، دو روز بعد، با اضافه کردن ۲۵ میلی‌مول دیگر، سطح نمک محلول‌ها به ۵۰ میلی‌مولار افزایش یافت و این روال ادامه پیدا کرد تا همه تیمارهای مورد نظر به دست آیند. هدایت الکتریکی آب مورد استفاده برای تهیه محلول هوگلند ۰/۱ ± ۰/۳، تیمار شاهد حاوی محلول هوگلند ۰/۱ ± ۰/۷ و تیمارهای شوری به ترتیب افزایش از ۵۰ به ۲۰۰ میلی‌مول نمک معادل ۰/۱ ±۴/۹، ۰/۱± ۸/۵ ، ۰/۱± ۱۱/۵ و ۰/۱± ۱۳/۵ دسی‌زیمنس بر متر بود. هدایت الکتریکی هر تیمار که در زمان تعویض محلول به طور جداگانه ثبت می‌شد، هر روز با افزودن نمک یا آب، روی مقادیر قرائت شده اولیه تنظیم می-گردید.

بعد از سپری شدن یک ماه از شروع هر سطح تنش، نمونه برداری‌های برگی انجام گرفت. اندازه‌گیری هر صفت در برگ‌های تقریباً هم سن انجام گردید. نمونه‌های مورد نیاز برای اندازه‌گیری مقدار نسبی آب برگ در قالب یخ به آزمایشگاه انتقال داده شدند. نمونه‌های لازم برای اندازه‌گیری سایر متغیرهای فیزیولوژیک در ازت مایع منجمد و تا زمان سنجش، در فریزر ۷۰- درجه سانتی-گراد نگهداری شدند. در نهایت، متغیرهای زراعی روی بوته‌های باقی‌مانده مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

مقدار سدیم و پتاسیم: مقدار دو عنصر سدیم و پتاسیم با استفاده از روش فلایم فتومتری تعیین گردید (Emami, 1996). نمونه‌های برگی پس از خشکاندن، پودر شدند. ۱ گرم ماده پودری، در کوره الکتریکی در دمای ۵۶۰ درجه سانتی‌گراد در مدت ٤ ساعت به خاکستر تبدیل شد. به هر نمونه خاکستر، ۲۰ میلی لیتر اسید کلریدریک یک نرمال اضافه شد سپس مخلوط حاصل به دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد منتقل گردید و تا تبخیر کامل اسید در این دما نگهداری شد. خاکستر هضم شده در ۱۰۰ میلی لیتر آب دو بار تقطیر حل گردید و توسط کاغذ واتمن، صاف شد. مقدار سدیم و پتاسیم محلول صاف شده از طریق رسم منحنی استاندارد مربوط به هر کدام از این عناصر تعیین گردید. در مواردی که غلظت عناصر در عصاره، از محدوده منحنی استاندارد بیشتر بود، ابتدا عصاره رقیق شد و آنگاه قرائت صورت گرفت. مقدار عناصر با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$E = [(C\times V\times D)/(M\times 10^6)] \times 100$$

که در این رابطه E مقدار عنصر مورد نظر بر حسب درصد، C غلظت عنصر در عصاره بر حسب میلی‌گرم در لیتر، D درجه رقت، V حجم نهایی عصاره بر حسب میلی‌لیتر و M وزن خشک نمونه بر حسب گرم بود.

میزان کلروفیل: اندازه‌گیری میزان کلروفیل با استفاده از روش بدون لهیدگی صورت گرفت. پس از آن که ۰/۵ گرم از نمونه‌های برگی، در ۵ میلی‌لیتر از دی‌متیل سولفوکساید، در دمای ٦٥ درجه سانتی‌گراد و به مدت ٤ ساعت قرار داده شدند، میزان جذب آنها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ٦٤٥ و ٦٦٥ و ٤٧٠ نانومتر تعیین گردید (Prochazkova *et al*. 2001).

میزان پرولین: برای تعیین میزان پرولین، نمونه‌های برگی (۰/۵ گرم) در ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد هموژنیزه شدند. به حدود ۲ میلی‌لیتر از محلول حاصل، ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال و ۲ میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین اضافه گردید. مخلوط واکنش در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار داده شد. آنگاه پس از سرد کردن در حمام یخ و افزودن ٦ میلی لیتر تولوئن به آن، به شدت به‌هم زده شد. با جدا شدن فازهای موجود از یکدیگر، میزان جذب فاز بالایی نمونه‌ها توسط اسپکتروفتومتر در ۵۲۰ نانومتر و در مقایسه با شاهد محتوی

[Downloaded from gebsj.ir on 2025-08-03]
[DOR: 20.1001.1.25885073.1400.10.1.5.5]

تولوئن ثبت گردید. غلظت پرولین با استفاده از یک منحنی استاندارد تعیین شد (Fedina *et al*. 2006).

میزان قندهای محلول: میزان قندهای محلول از طریق معرف آنترون و با استفاده از روش اصلاح شده Sairam و همکاران (۲۰۰۲) اندازه‌گیری گردید. از ۰/۲ گرم نمونه برگی، بعد از ۱۰ دقیقه سانتریفوژ کردن در ۶۰۰۰ دور در دقیقه، عصاره‌گیری شد. ۰/۰۵ میلی‌لیتر از این عصاره در لوله‌های آزمایش ریخته شد و حجم آن توسط آب مقطر به ۱ میلی‌لیتر افزایش یافت. به محلول حاصل ٤ میلی‌لیتر از معرف آنترون اضافه گردید. نمونه‌ها به مدت ۸ دقیقه در آب ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری و بلافاصله به حمام آب سرد منتقل شدند. جذب نمونه‌ها در طول موج ٦۳۰ نانومتر ثبت گردید. از D-گلوکز به عنوان استاندارد استفاده شد.

محتوای نسبی آب برگ: برای تعیین محتوای نسبی آب برگ، ۰/۵ گرم از نمونه‌های برگی به مدت ٤ ساعت در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر و در دمای اتاق قرار داده شدند و وزن آماس یافته آن‌ها اندازه‌گیری گردید. همان نمونه‌ها سپس در پوشش کاغذی قرار داده شدند، در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی گراد، به مدت ٤۸ ساعت خشکانده شدند و وزن خشک آن‌ها به دست آمد. محتوای نسبی آب برگ با استفاده از رابطه زیر تعیین گردید (Xu *et al*. 2005).

۱۰۰× [(وزن خشک – وزن اشباع)/(وزن خشک – وزن تر)]= مقدار نسبی آب برگ

وزن خشک بوته: در زمان برداشت، وزن خشک ریشه، ساقه و میوه، با ترازوی حساس یک هزارم گرم اندازه‌گیری شد.

متغیرهای زراعی: علاوه بر متغیرهای فیزیولوژیک، تعداد میوه در بوته، وزن میوه در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه از جمله متغیرهایی زراعی بودند که در زمان برداشت محصول، برای ارزیابی بهتر اثرات شوری بر بامیه مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

تجزیه داده‌ها از طریق نرم افزار آماری MSTATC، رسم اشکال به وسیله برنامه Excell و مقایسه میانگین‌ها با روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج جداول تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تنش شوری بر متغیرهای برگی شامل درصد سدیم، نسبت پتاسیم به سدیم، میزان کلروفیلa، میزان پرولین و محتوای نسبی آب و همچنین اثر آن بر وزن خشک بوته، تعداد میوه در بوته، وزن میوه در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته و وزن هزاردانه معنی‌دار شد (جداول ۱ و ۲). لازم به ذکر است که در طی آزمایش، بوته‌های تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار مدتی بعد از اعمال تنش از بین رفتند.

درصد سدیم برگ

با پیشرفت تنش شوری، درصد سدیم برگ افزایش یافت، به طوری که بالاترین درصد سدیم از تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار نمک به دست آمد و به غیر از غلظت ۵۰ میلی‌مولار، اختلاف بین سایر سطوح با شاهد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج حاصل از این تحقیق با گزارش Khan و همکاران (۲۰۰۰) در گیاه سیاه‌شور (*Suaeda fruticosa*)، Farhoudi (۲۰۱۱) در کلزا و Torabian و Zahedi (۲۰۱۳) در آفتابگردان مطابقت داشت. Munns (۲۰۰۲) معتقد است که افزایش ورود سدیم به گیاه در شرایط تنش شوری و انباشت آن در سیتوپلاسم، علاوه بر آثار سمیت، موجب می‌شود که یون سدیم جایگزین یون پتاسیم گردد. جایگزینی پتاسیم با سدیم در سیتوسل، از غلظت این عنصر برای انجام فرآیندهای حیاتی سلول از جمله انتقال آسیمیلات‌ها، فعالیت آنزیم‌ها و رشد سلول‌ها می‌کاهد (Demiral and Turkan, 2004; Sato *et al*. 2006; Kaya *et al*. 2007).

سمیت یونی از طریق جذب بیش از حد سدیم، جذب بسیاری از عناصر ضروری مانند پتاسیم را کاهش می‌دهد، بر انتخاب پذیری یونی غشاها تأثیر منفی می‌گذارد، در فرآیندهای متابولیکی گیاه اختلال ایجاد می‌کند و منجر به کاهش وزن خشک گیاه می‌گردد (Xue *et al*. 2004).

[Downloaded from gebsj.ir on 2025-08-03]
[DOR: 20.1001.1.25885073.1400.10.1.5.5]

جدول ۱- تجزیه واریانس متغیرهای فیزیولوژیک بامیه تحت تنش شوری

Table1. Analysis of variance of physiological variables of okra under salinity stress

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		درصد سدیم	درصد پتاسیم	نسبت پتاسیم به سدیم	میزان کلروفیل a	میزان کلروفیل b	میزان پرولین	میزان قندهای محلول	محتوای نسبی آب برگ	وزن خشک بوته
تکرار	۲	۱/۵۹۲	۳/۴۳۲	۱/۶۵۸	۰/۰۴۲	۰/۰۲۹	۰/۰۲۰	۰/۰۲۸	۳/۳۹۰	۳۷/۲۳۲
تیمار	۳	۲/۲۳۴*	ns۳/۹۴۷	۸/۵۱۷**	۶/۲۲۹*	ns۳/۸۱۵	۰/۱۲۸*	ns۰/۰۰۷	۵۱/۱۰۴**	۹۴/۴۰۱**
خطا	۶	۱/۱۰۴	۱/۳۵۲	۱/۳۰۷	۰/۰۱۱	۰/۰۰۶	۰/۰۵۶	۰/۰۹۸	۴/۷۶۸	۷/۹۲۱
C.V. (%)		۱۷/۱۸	۳۲/۵۶	۱۵/۸۱	۱۷/۵۸	۳۸/۶۲	۳۲/۷۰	۳/۳۵	۲/۵۳	۳۳/۱۲

ns، *و ** به ترتیب به مفهوم عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

جدول ۲- تجزیه واریانس متغیرهای زراعی بامیه تحت تنش شوری

Table2. Analysis of variance of agronomic variables of okra under salinity stress

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		تعداد میوه در بوته	وزن میوه در بوته	تعداد دانه در بوته	وزن دانه در بوته	وزن هزار دانه
تکرار	۲	۷/۸۴۴	۲۰/۳۸۶	۳۵۱۴/۴۹۱	۴/۷۸۳	۳/۵۸۰
تیمار	۳	۵/۶۸۹*	۳۳/۱۱۴**	۷۸۵۳/۲۷۸**	۱۱/۰۸۱*	۶۵۵/۲۵۱**
خطا	۶	۱/۰۹۱	۴/۸۱۷	۱۱۴۱/۰۷۰	۱/۶۹۶	۱/۳۰۹
C.V. (%)		۳۸/۲۸	۵۶/۵۲	۷۲/۰۹	۷۸/۲۶	۴/۴۲

ns، *و ** به ترتیب به مفهوم عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

البته لازم به ذکر است که افزایش مقدار سدیم در سلول‌ها همواره به ایجاد آسیب منتهی نمی‌شود. در واقع تجمع سدیم اگر در واکوئل اتفاق افتد، می‌تواند به عنوان یک مکانیسم مؤثر برای سلول‌های گیاهی در جهت استفاده کاراتر از نمک به منظور تنظیم اسمزی، ممانعت از سمیت آن در سیتوسل و القای تحمل به شوری عمل نماید (Blum Wald *et al*. 2000; Paranychianakis and Chartzoulakis, 2005; Sato *et al*. 2006).

درصد پتاسیم برگ

اگرچه با افزایش سطوح شوری از شاهد تا ۱۰۰ میلی‌مولار از درصد پتاسیم برگ کاسته شد و از غلظت ۱۰۰ به ۱۵۰ میلی‌مولار مقدار آن افزایش یافت، ولی تفاوت بین تیمارها معنی‌دار نشد (جدول ۳). به عبارتی با وجود افزایش درصد سدیم، کاهش محسوسی در درصد پتاسیم برگ وجود نداشت. Chartzoulakis و Klapaki (۲۰۰۰) در فلفل، Tejera و همکاران (۲۰۰۶) در

[Downloaded from gebsj.ir on 2025-08-03]

[DOR: 20.1001.1.25885073.1400.10.1.5.5]

نخود و Shahbazi و همکاران (۲۰۱۱) در کلزا نتایج مشابهی را گزارش کردند. پتاسیم یکی از مهمترین کاتیون‌های موجود در سلول‌های گیاهی است که نقش عمده‌ای در پایین نگهداشتن پتانسیل اسمزی سلول‌های ریشه، انتقال املاح به واسطه ایجاد فشار تورژسانس در آوندهای چوبی و حفظ تعادل آب داخل گیاه دارد (Marschner, 1995)، در حرکات روزنه‌ای نقش مؤثری ایفا می‌نماید (Chow *et al*. 1990)، ادامه فعالیت آنزیم‌ها را میسر می‌کند (Sato *et al*. 2006) و با دخالت در سنتز، انتقال و مصرف کربوهیدرات‌ها، راندمان فتوسنتز را افزایش می‌دهد (Khajepour 2001). بنابراین حفظ سطوح بالایی از پتاسیم، یکی از مکانیسم‌های تحمل شرایط شور محسوب می‌شود (El Hendawy *et al*. 2005).

جدول ۳- اثرات تنش شوری بر متغیرهای فیزیولوژیک بامیه

Table 3. Effects of salinity stress on physiological variables of okra

سطوح شوری (Mm)	درصد سدیم	درصد پتاسیم	نسبت پتاسیم به سدیم	میزان کلروفیل a ($\mu ggml^{-1}$)	میزان کلروفیل b ($\mu ggml^{-1}$)	مقدار پرولین ($\mu gg^{-1}fw$)	میزان قندهای محلول ($mgg^{-1}fw$)	محتوای نسبی آب برگ (%)	وزن خشک بوته (g)
شاهد	c ۰/۲	a ۲/٤	a۱۲	b ۰/۳٥۱٤	a ۷/۱۱۳	a ٦/۹۹۷	a ۱/۷٦۷	a ۸۹/٥۲	۱٦/٥۹ a
٥۰	c ۰/۷٤	a ۱/۸۳	b ۲/٤۷	ab ۰/۳٥٦۷	ab ٦/۳۳۰	a ٥/۷۷۷	a ۱/۷۳۷	a ۸٦/٥۳	۱۱/٦٤ ab
۱۰۰	b ۱/٥۳	a ۱/٥۲	c ۰/۹۹	a ۰/٥۳٦٤	bc ٤/٤٥۷	a ٥/۰۸۷	a ۱/۷۳	a ۸۹/۰۳	٦/۹۹٦ bc
۱٥۰	a ۲/۱٦	a ۱/۸۸	c ۰/۸۷	a ۰/٥۹	c ٤/۱٤۰	a ٤/۳٤۳	a ۱/۸۳۷	b ۸۰/۲۹	٤/۲۷۸ c
۲۰۰	-	-	–	-	-	-	-	-	–

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار آماری می‌باشند.

جدول ٤- اثرات تنش شوری بر متغیرهای زراعی بامیه

Table 4. Effects of salinity stress on agronomic variables of okra

سطوح شوری (Mm)	تعداد میوه در بوته	وزن میوه در بوته (g)	تعداد دانه در بوته	وزن دانه در بوته (g)	وزن هزار دانه (g)
شاهد	a ۳/۳۳	a ۸/۰۸٥	a ۱۱٦/۳	a ٤/٥۱۷	a ۳۷/٤٤۱
٥۰	a ۳/۷۷	ab ٦/٤٥۱	ab ۸٥/۰۷	ab ۲/۷۳۱	b ۳۱/۲٤۲
۱۰۰	a ۳/۷	b ٤/۲٥٤	bc ۲٥/۲۲	bc ۰/۸۳۹	b ۳۱/۱۸۲
۱٥۰	b ۲/۳۷	b ۳/۲۰۱	c ۷/۷٤	c ۰/۲۳٤	b ۲۹/٥٦۳
۲۰۰	–	–	–	–	–

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار آماری می‌باشند.

نسبت پتاسیم به سدیم برگ

در تیمارهای مختلف شوری، شامل غلظت‌های ٥۰، ۱۰۰ و ۱٥۰ میلی مولار کلرید سدیم، به ترتیب ۷۹/٤۲ ، ۹۱/۷٥ و ۹۲/۷٥ درصد کاهش در نسبت پتاسیم به سدیم برگ در مقایسه با تیمار شاهد وجود داشت (جدول ۳). نتایج این مطالعه با نتایج تحقیق Ashraf و Tufail (۱۹۹٥) در آفتابگردان، Norouzi و همکاران

[Downloaded from gebsj.ir on 2025-08-03]
[DOR: 20.1001.1.25885073.1400.10.1.5.5]

(۲۰۱٤) در ارزن علوفه‌ای و Jamali و همکاران (۲۰۱۵) در گندم مطابقت داشت. مطالعات نشان دادند که جذب کمتر سدیم، حفظ غلظت پتاسیم در حد بالا و نسبت زیاد پتاسیم به سدیم، رابطه مثبتی با مقاومت گیاهان به شوری دارد (Gorham, 1990; Ashraf *et al*. 1997; Sherif *et al*. 1998). Gorham و همکاران (۱۹۹۷)، Maathuis و Amtmann (۱۹۹۹) و Chinnusamy و همکاران (۲۰۰۵)، نسبت بالای پتاسیم به سدیم را برای انجام وظایف سلولی در گیاهان در معرض تنش شوری ضروری دانستند. Ekiz و Yilmaz (۲۰۰۳) اظهار داشتند که در بررسی تحمل شوری، توجه عمده باید در درجه اول به مقادیر بالای جذب پتاسیم و بعد از آن به نسبت بالای پتاسیم به سدیم معطوف گردد.

میزان کلروفیل برگ

با بالا رفتن غلظت نمک، میزان کلروفیل a برگ در هر تیمار، نسبت به شاهد به میزان بیشتری کاهش یافت، به نحوی که بیشترین میزان این رنگیزه در تیمار شاهد و کمترین آن در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار به ثبت رسید. برخلاف کلروفیل a، سطوح مختلف شوری اثر معنی‌دار بر میزان کلروفیلb نداشت (جدول ۳). Karami و Zarea (۲۰۱٤) در یک تحقیق روی یونجه کاهش میزان کلروفیلa و عدم تغییر کلروفیلb در طی تنش شوری را گزارش کردند و دلیل کم شدن میزان کلروفیل کل برگ را به تغییرات میزان کلروفیلa نسبت دادند. Sultana و همکاران (۱۹۹۹) در برنج، Azari و همکاران (۲۰۰۹) در کلزا و Azizpour و همکاران (۲۰۱۰) در گندم دوروم به کاهش میزان کلروفیل در مواجهه با شوری اشاره کردند. دلیل کاهش میزان کلروفیل در گیاهان در معرض تنش شوری، افزایش تخریب این رنگیزه و یا کاهش ساخت آن می‌باشد (Davoodi Fard *et al*. 2012). بروز اختلال در فعالیت آنزیم‌های دخیل در سنتز کلروفیل می‌تواند از دلایل عدم سنتز این رنگیزه در شرایط شور باشد (Jamil *et al*. 2007). Karami و Zarea (۲۰۱٤) عنوان کردند که شوری از طریق کاهش در جذب عناصر معدنی مورد نیاز برای ساخت کلروفیل مانند منیزیم موجب کاهش بیوسنتز کلروفیل می‌گردد. از آنجایی که اسید گلوتامیک پیش ماده مشترک سنتز کلروفیل و پرولین است، فلذا این امکان وجود دارد که در حضور نمک، گیاه اسید گلوتامیک را با هدف تنظیم اسمزی در جهت سنتز هرچه بیشتر پرولین به کار می‌گیرد و در نتیجه از میزان سنتز کلروفیل کاسته می‌شود (Qasim *et al*. 2003). Razavizadeh و همکاران (۲۰۱۳) نیز دلیل کم شدن میزان کلروفیل را اختلال در سیستم-های آنزیمی جاروب کننده گونه‌های اکسیژن فعال می‌دانند که موجب افزایش پراکسیداسیون لیپیدی، خسارت به غشاهای سلولی و در نتیجه تخریب رنگدانه‌ها می‌شود.

میزان اسمولیت‌های برگ

با افزایش سطوح شوری، تغییر معنی‌داری در میزان قندهای محلول برگ به وجود نیامد، ولی بر میزان پرولین آن افزوده شد، به طوری که اختلاف تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار با شاهد معنی‌دار شد (جدول ۳). Javadipour و همکاران (۲۰۱۳) در گلرنگ بهاره، Mansouri و Ahmadi Moghadam (۲۰۱٤) در ذرت و Farhadi و همکاران (۲۰۱۵) در شنبلیله افزایش میزان پرولین بر اثر تنش شوری را گزارش کردند. Sanada و همکاران (۱۹۹۵) با بررسی تأثیر شوری بر مقدار پرولین در ریشه و برگ گیاه *Mesembryanthemum crystallinum* L.، عنوان کردند که افزایش غلظت پرولین در شرایط تنش شوری ممکن است به دلیل افزایش بیوسنتز آن از گلوتامات، کاهش اکسیداسیون این ماده به گلوتامات و یا حتی تبدیل پروتئین به آن باشد. پرولین در واقع به عنوان یک شاخص مهم در تعیین میزان مقاومت به شوری در گیاهان به شمار می‌رود. بالا رفتن میزان این ترکیب در بافت‌های گیاهان به نوعی بیانگر فعال شدن مکانیسم تنظیم اسمزی است که شرایط را برای جذب بیشتر آب از محیط ریشه فراهم می‌آورد (Munns, 2002). علاوه بر این، Hare و Cress (۱۹۹۷) به نقش آنتی‌اکسیدانی پرولین اشاره داشتند، Hsu و همکاران (۲۰۰۳) پرولین را جمع‌آوری کننده رادیکال هیدروکسیل ذکر کردند و Matysik و همکاران (۲۰۰۲) معتقد بودند که پرولین گیاهان را در برابر خسارت ناشی از حضور اکسیژن منفرد محافظت می‌نماید.

محتوای نسبی آب برگ

با پیشرفت تنش شوری، کاهش معنی‌دار در محتوای نسبی آب برگ، تنها در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار و آن هم به میزان ۱۰/۳۱ درصد اتفاق افتاد (جدول ۳) که حاکی از تغییرات اندک در میزان

[Downloaded from gebsj.ir on 2025-08-03]

[DOR: 20.1001.1.25885073.1400.10.1.5.5]

این متغیر است. با توجه به عدم تغییر در میزان قندهای محلول، دلیل این تغییرات کم در محتوای نسبی آب برگ را می‌توان در افزایش میزان پرولین و شاید سایر اسمولیت‌ها جستجو نمود. Borzouei و همکاران (۲۰۱۱) در گندم، Salehi و Arzani (۲۰۱۲) در تریتیکاله و Eshghizadeh و همکاران (۲۰۱٤) در ارزن پادزهری و کاهش میزان آب نسبی برگ در اثر تنش شوری را گزارش کردند. افت محتوای نسبی آب برگ را می‌توان با کم شدن پتانسیل آبی گیاه در پی تنش شوری (Ashraf, 1994) و نیز افزایش تجمع یون‌ها به ویژه سدیم و کلر در این شرایط مرتبط دانست (Munns *et al*. 2006). Naghizadeh و همکاران (۲۰۱٤) در پژوهشی بر روی سه توده بومی زعفران، کاهش محتوای نسبی آب برگ را ناشی از کاهش پتانسیل آبی گیاه عنوان کردند. Amooaghaie و همکاران (۲۰۱٤) در یک آزمایش، افت میزان نسبی آب برگ کلزا را به کاهش دسترسی گیاه به آب در شرایط تنش شوری و عدم توانایی سیستم ریشه‌ای در جبران آب از دست رفته توسط تعرق نسبت دادند. Javadipour و همکاران (۲۰۱۳) اظهار داشتند که انباشت سدیم در سلول‌ها، از طریق ایجاد تغییرات ساختمانی در غشاها، موجب افزایش نشت الکترولیتی از آنها و در نتیجه کاهش محتوای نسبی آب برگ می‌شود.

وزن خشک بوته

با ازدیاد غلظت نمک، وزن خشک بوته به میزان بیشتری کاهش یافت، به طوری که تیمارهای ۵۰ ، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار به ترتیب موجب کاهش ۲۹/۸۳، ۵۷/۸۳ و ۷٤/۲۱ درصدی در مقدار این متغیر نسبت به شاهد شدند و در این میان، تفاوت تیمار ۵۰ میلی‌مولار با شاهد غیر معنی‌دار ولی اختلاف سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار معنی‌دار بود (جدول ۳). Davazdahemami و همکاران (۲۰۱۰) در زنیان، Bahadorkhah و kazemeini (۲۰۱٤) در گلرنگ و Blanco و همکاران (۲۰۰۸) در ذرت کاهش وزن خشک بوته در اثر تنش شوری را گزارش کردند. کاهش وزن خشک می‌تواند از افزایش مصرف انرژی برای نگهداری گیاه و کاهش فراهم بودن انرژی برای رشد، در شرایط شور ناشی شود (Naseer, 2001). کاهش پتانسیل اسمزی، اختلال در جذب عناصر غذایی و سمیت ویژه یون‌ها از دیگر عوامل افت بیوماس در مواجهه با نمک هستند (Shalhevet, 1993; Safarnejad *et al*. 1996; Penuelas *et al*. 1997). عملکرد ماده خشک گیاهان زراعی بستگی به اندازه و کارایی سیستم فتوسنتزی دارد. کاهش توانایی تولید و مصرف مواد فتوسنتزی از جمله آثار منفی تنش شوری می‌باشد که منجر به کاهش ماده خشک می‌گردد (Banader and Naderi, 2009).

تعداد میوه در بوته

با شدیدتر شدن میزان تنش شوری، تنها در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار نمک، از تعداد میوه تولیدی در هر بوته به طور معنی‌داری کاسته شد (جدول ٤). در شرایط تنش شوری، محدودیت جذب عناصر غذائی توسط ریشه، موجب اختلال در تولید مواد فتوسنتزی، کم شدن مقدار ماده خشک و کاهش سهم اندام‌های زایشی از این مواد می‌شود که نتیجه آن ریزش غنچه‌ها، گل‌های بارور، میوه‌های جوان و در مجموع تعداد میوه‌های هر بوته است (Weiss, 1971). Mahmoode و همکاران (۲۰۰۳) در پژوهشی روی کنجد کاهش تعداد میوه در بوته در اثر تنش شوری را گزارش کردند و دلیل این امر را افزایش هورمون اسید آبسیزیک عنوان نمودند. زیاد بودن این هورمون می‌تواند سبب مرگ دانه‌های گرده شود، از تعداد گل‌های تلقیح شده بکاهد و تعداد میوه را کاهش دهد. Shahbazi و همکاران (۲۰۱۱) نیز طی تحقیقی روی کلزا، کاهش تعداد میوه در بوته را بر اثر تنش شوری گزارش کردند و علت آن را افزایش رقابت بخش‌های رویشی و زایشی هر بوته برای دسترسی به مواد غذایی حاصل از فتوسنتز بیان نمودند که در نهایت می‌تواند به کاهش تعداد میوه منجر گردد.

وزن میوه در بوته

افزایش میزان شوری، موجب کاهش وزن میوه در هر بوته شد، به طوری که در غلظت‌های مختلف نمک به ترتیب ۲۰/۲۱، ٤۷/٤۱ و ٦۰/٤۱ درصد کاهش نسبت به شاهد وجود داشت، هرچند این کاهش در تیمار ۵۰ میلی‌مولار غیر معنی‌دار و در تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار معنی‌دار بود (جدول ٤). Saberi و همکاران (۲۰۰٦) در هندوانه، Tarinejad و همکاران (۲۰۱۲) در کلزا و Shafiee و همکاران (۲۰۱۹) در خربزه کاهش وزن میوه بر اثر

[Downloaded from gebsj.ir on 2025-08-03]
[DOR: 20.1001.1.25885073.1400.10.1.5.5]

تنش شوری را گزارش کردند. علت کاهش وزن میوه را می‌توان به دلیل محدودشدن جریان آب به سمت میوه دانست (Cuartero and Fernandez-Munoz, 1998). شوری با کاهش پتانسیل آبی گیاه، از تقسیم، بزرگ شدن و تمایز سلولی جلوگیری می‌کند و از این طریق باعث کاهش اندازه میوه‌ها می‌شود (Bagheri and Mohammad Alipour, 2011).

تعداد دانه در بوته

هرچه غلظت نمک به میزان بیشتری افزایش یافت، به همان میزان تعداد دانه در بوته با کاهش بیشتری مواجه گردید. اگرچه اختلاف بین تیمارهای شاهد با ۵۰، ۵۰ با ۱۰۰ و ۱۰۰ با ۱۵۰ میلی‌مولار معنی‌دار نشد، ولی تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار به طور معنی‌داری از تعداد دانه کمتری در مقایسه با شاهد برخوردار بودند (جدول ٤). کاهش تعداد دانه در بوته می‌تواند به علت تأثیر منفی نمک در مرحله پر شدن دانه‌ها باشد. تنش شوری رقابت بین بذور با اندام‌های رویشی گیاه را افزایش می‌دهد، سهم هر دانه از ماده خشک تولیدی گیاه کاهش می‌یابد، بر میزان سقط دانه‌ها افزوده می‌شود و در نهایت تعداد دانه در بوته کاهش می‌یابد (Nabizade Marvdasht *et al*. 2003). Tadayon و Emam (۲۰۰۷) در دو رقم جو، Shahidi و همکاران (۲۰۱۰) در جو بدون پوشینه و Cherati و همکاران (۲۰۱۲) در کلزای بهاره، کاهش تعداد دانه در اثر تنش شوری را گزارش کردند.

وزن دانه در بوته

با تشدید میزان شوری، وزن دانه در بوته در همه تیمارها نسبت به شاهد کاهش یافت. میزان این کاهش در سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار به ترتیب ۳۹/٥٤، ۸۱/٤۳ و ۹٤/۸۲ بود، یعنی کاهش شدید معنی‌دار در دو تیمار ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد وجود داشت، هرچند تفاوت بین این دو تیمار معنی‌دار نشد (جدول ٤). Sabet Teimouri و همکاران (۲۰۰۹) در کنجد، Narjesi و همکاران (۲۰۱۰) در گندم، Pirzad و همکاران (۲۰۱۳) در آفتابگردان روغنی، کاهش وزن دانه در بوته در اثر تنش شوری را گزارش کردند. زمانی که گیاه وارد مرحله رشد زایشی می‌شود، شوری می‌تواند بسیاری از فرآیندهای موثر در حصول عملکرد دانه، از جمله تعداد دانه را مختل سازد و از این طریق بر وزن دانه در بوته تأثیر بگذارد (Zidan and Malibari, 1993). Tajali و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی روی کلزا، کاهش وزن دانه در بوته در اثر تنش شوری را ناشی از پایین بودن تعداد غلاف در بوته و همچنین کم شدن تعداد دانه در غلاف دانستند. Francois و همکاران (۱۹۹٤) در پژوهشی روی گندم اظهار داشتند که شوری وزن دانه را از طریق تسریع در بلوغ دانه-ها و در نتیجه کوتاه کردن طول دوره پر شدن دانه کاهش داد.

وزن هزار دانه

با افزایش سطوح شوری، از وزن هزار دانه همه تیمارها به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاسته شد، هرچند اختلاف این تیمارها با یکدیگر معنی‌دار نبود (جدول ٤). Chamani و همکاران (۲۰۱۲) در گندم، Bardel و همکاران (۲۰۱٤) در زیره سبز و Zarei و همکاران (۲۰۱٤) در شاهدانه کاهش وزن هزار دانه بر اثر تنش شوری را گزارش کردند. کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه با افزایش شدت شوری می‌تواند به دلیل نقصان رشد ناشی از اثرات اسمزی و یونی نمک، کم شدن طول دوره پر شدن دانه‌ها و یا کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی در مرحله پر شدن دانه باشد (Tajali *et al*. 2011). Pirzad و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی روی آفتابگردان، علت کاهش وزن هزار دانه تحت تأثیر تنش شوری را کاهش ماده خشک تولیدی از فتوسنتز جاری، کم شدن انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای به اندام‌های زایشی و در نتیجه کوچک و چروکیده شدن دانه‌ها گزارش کردند.

نتیجه‌گیری کلی: اگرچه بوته‌های بامیه در تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار نمک از بین رفتند ولی ارزیابی نتایج حاصل از شاخص‌های فیزیولوژیک و متغیرهای زراعی نشان داد که این گیاه قادر است تا سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار را تحمل کند و حتی میوه تولید نماید. با این حال کاهش محسوس در وزن دانه‌ها، تردیدهایی را درخصوص اقتصادی بودن تولید در چنین شرایطی ایجاد می‌کند، از این رو با توجه به اینکه نتایج آزمایش حاضر در محیط هیدروپونیک و در شرایط کنترل شده گلخانه‌ای حاصل شده است، پیشنهاد می‌شود که عملکرد گیاه در شرایط مزرعه‌ای و در زمین‌های شور با هدایت الکتریکی بالاتر از ۱۰ ds/m مورد ارزیابی مجدد قرار گیرد.

[Downloaded from gebsj.ir on 2025-08-03]
[DOR: 20.1001.1.25885073.1400.10.1.5.5]

منابع

Amooaghaie R, Ghorban Nejad Neirizi H, Mostajeran A. (2014). The effect of salinity on seedling growth, chlorophyll content, relative water content and membrane stability in two canola cultivars. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology) 27 (2): 256-268. (In Farsi with English abstract)

Ashraf M, Aasiya K, Khanum A. (1997). Relationship between ion accumulation and growth in two spring Wheat lines differing in salt tolerance at different growth stages. Journal of Agronomy and Crop Science 178: 39-51.

Ashraf M, Shahbaz M. (2003). Assessment of genotypic variation in salt tolerance of early CIMMYT hexaploid wheat germplasm using photosynthetic capacity and water relations as selection criteria. Photosynthetica 41: 273-280.

Ashraf M, Tufail M. (1995). Variation in salinity tolerance in sunflower (*Heliantus annuus* L.). Crop Science 174 (5): 351-362.

Ashraf M. (1994). Breeding for salinity tolerance in plant. Critical Reviews in Plant Sciences 13: 17-42.

Azari A, Modares Sanavi SAM, Askari H, Ghanati F, Naji AM, Alizadeh B. (2009). Effect of salt stress on morphological and physiological traits of two species of rapeseed (*Brassica napus* and *B. rapa*). Iranian Journal of Crop Sciences. 14 (2): 121-135. (In Farsi with English abstract)

Azizpour K, Shakiba MR, Khosh Kholg Sima NA, Alyari H, Mogaddam M, Esfandiari E, Pessarakli M. (2010). Physiological response of spring durum wheat genotypes to salinity. Journal of Plant Nutrition 33: 859-873.

Bagheri AR, Mohammad Alipour Z. (2011). The effect of salicylic acid on growth, yield components in (*Glycin max* L.) under salinity stress. Journal of Plant Ecophysiology 3: 29-41. (In Farsi with English abstract)

Bahadorkhah F, kazemeini SA. (2014). Effect of Salinity and Sowing Method on Yield, Yield Component and Oil Content of Two Cultivars of Spring Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 12 (2): 264-272. (In Farsi with English abstract)

Banader M, Naderi A. (2009). Effect of water salinity on morphology characteristics of sugarcane. Crop physiology 1 (2):85-90. (In Farsi with English abstract)

Bardel J, Ghanbari A, Khajeh M. (2014). The effects of salinity stress and type of applied fertilizer on some agronomic and quality characteristics of *Cuminum cyminum* L. in Sistan condition. Journal of Crop Production 7 (3):183-201. (In Farsi with English abstract)

Ben Dkhil B, Denden M. (2012). Effect of salt stress on growth, Anthocyanins, membrane permeability and chlorophyll fluorescence of Okra (*Abelmoschusesculentus* L.) seedlings. American Journal of Plant Physiology 7(4): 174-183.

Blanco FF, Folegatti MV, Gheyi HR, Fernandes PD. (2008). Growth and yield of corn irrigated with saline water. Science Agriculture. 65(6): 574-580.

Blum Wald E, Aharon GS, Apse MP. (2000). Sodium transport in plant cells. Biochimica et Biophysica Acta 1465: 140-151.

Borzouei A, Kafi M, Akbari-Ghogdi E, Mousavi-Shalmani MA. (2011). Long term salinity stress in relation to lipid peroxidation, superoxide dismutase activity and proline content of salt-sensitive and salt-tolerant wheat cultivars. Iranian Journal of Field Crops Research 9 (2): 190-201. (In Farsi with English abstract)

Chamani F, Khodabande N, Habibi D, Asgharzade A, Davoodi Fard M. (2012). Effects of salinity stress on yield and yield components of inoculated wheat by plant growth promoting bacteria (*Azotobacter chroocccum*, *Azospirillum lipoferum*, and *Pseudomonase putida*) and humic acid. Journal of Agronomy and Plant Breeding 8 (1): 25-37. (In Farsi with English abstract)

Chartzoulakis K, Klapaki G. (2000). Response of two greenhouse Pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. Scientia Horticulturae 86: 247-260.

Cherati A, Abbaszadeh F, Rameeh V, Rezaei Sokht Abandani R. (2012). Effect of salinity stress (NaCl, $CaCl_2$) on yield and yield components of spring rapeseed (*Berassica napus* L.). Journal of Water and Soil 26 (3): 762-774. (In Farsi with English abstract)

Chinnusamy V, Jagendorf A, Zhu JK. (2005). Understanding and improving salt tolerance in plants. Crop Science 45: 437-448.

Chow WS, Ball MC, Anderson JM. (1990). Growth and photosynthetic responses of Spinach to salinity: Implications of K^+ nutrition to salt tolerance. Australian Journal of Plant Physiology 17: 563-578.

Cuartero, J., Fernandez-Munoz, R. (1998). Tomato and salinity. Scientia Horticulturae 78: 83-125.

Davazdahemami S, Sefidkon F, Jahansooz MR, Mazaheri D. (2010). Evaluation of water salinity effects on yield and essential oil content and composition of *Carum copticum* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 25 (4): 504-512. (In Farsi with English abstract)

Davoodi Fard M, Habibi D, Davoodi Fard F. (2012). Effects of salinity stress on membrane stability, chlorophyll content and yield components of wheat inoculated with plant growth promoting bacteria and humic acid. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding 8 (2): 71-86. (In Farsi with English abstract)

Demiral T, Turkan I. (2004). Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of tow Rice cultivars differing in salt tolerance. Environmental and Experimental Botany 53: 247-257.

Ekiz H, Yilmaz A. (2003). Determination of the salt tolerance of some Barley genotypes and the characteristics affecting tolerance. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 27: 253-260.

[Downloaded from gebsj.ir on 2025-08-03]

[DOR: 20.1001.1.25885073.1400.10.1.5.5]

El Hendawy SE, Hu Y, Schmidhalter U. (2005). Growth, ion content, gas exchange, and water relations of Wheat genotypes differing in salt tolerances. Australian Journal of Agricultural Research 56: 123-134.

Emami A. (1996). Methods of plant analysis. Soil and Water Research Institute Publication. 982: 128-128. (In Farsi)

Eshghizadeh HR, Kafi M, Nezami A, Khoshgoftar manesh AH. (2014). Effect of salinity on leaf water status, proline and total soluble sugar concentration and activity of antioxidant enzymes in panic grass. Jouranl of Science and Technology of Greenhouse Culture 5 (18): 11-24. (In Farsi with English abstract)

Farhadi H, Azizi M, Nemati H. (2015). Effect of salinity stress on morphological and proline content of eight landraces fenugreek (*Trigonella foenum - graecum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 13 (2): 411-419. (In Farsi with English abstract)

Farhoudi R. (2011). Evolution effect of salt stress on growth, antioxidant enzymes activity and malondealdehaid concentration of canola verities. Iranian Journal of Field Crop Science 9 (1): 123-130. (In Farsi with English abstract)

Fedina I, Georgieva K, Velitchkova M, Grigorova I. (2006). Effect of pretreatment of barley seedlings with different salts on the level of UV-B induced and UV-B absorbing compounds. Environmental and Experimental Botany 56: 225-230.

Francois LE, Grieve CM, Mass EV, Leseh SM. (1994). Time of salt stress growth and yield components of irrigated wheat. Agronomy Journal 86: 100-107.

Gorham J, Bridges J, Dubcovsky J, Dvorak J, Hollington PA, Luo MC, Khan JA. (1997). Genetic analysis and physiology of a trait for enhanced K^+/Na^+ discrimination in wheat. New Phytologist 137: 109-116.

Gorham J. (1990). Salt tolerance in the Triticeae: Ion discrimination in rye and triticale. Journal of Experimental Botany 41: 609-614.

Grattan SR, Grieve CM. (1992). Mineral element acquisition and growth response of plants grown in saline environment. Agriculture Ecosystem and Environment 38: 275-300.

Gupta NK, Meena S, Khandelwal K. (2002). Gas exchange, membrane permeability and ion uptake in two species of Indian jajuba differing in salt tolerance. Photosynthetica 40: 535-539.

Haghnia GH. (2004). Plant tolerance to salinity. Mashhad University Publishers.

Hare PD, Cress WA. (1997). Metabolic implications of stress induced proline accumulation in plants. Plant Growth Regulation 21: 79-102.

Hasegawa PM, Bressnan RA, Bohnert HJ. (2000). Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 51: 463-499.

Hsu SY, Hsu YT, Kao CH. (2003). The effect of polyethylene glycol on proline accumulation in rice leaves. Biologia Plantarum 46: 73-78.

Jamali SS, Borzouei A, Paknejad F. (2015). Root characteristics, Na^+/K^+ ratio and grain yield of seven wheat genotypes under salinity stress. Journal of Soil and Plant Interactions, Isfahan University of Technology 5 (20): 165-175. (In Farsi with English abstract)

Jamil M, Rehman S, Rha ES. (2007). Salinity effect on plant growth, PSII photochemistry and chlorophyll content in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and cabbage (*Brassica oleracea* capitata L.). Pakistan Journal of Botany 39 (3): 753-760.

Javadipour Z, Movahhedi Dehnavi M, Balouchi H. (2013). Changes in leaf proline, soluble sugars, glycinebetaine and protein content in six spring safflower under salinity stress. Journal of Plant Process and Function 1 (2): 13-24. (In Farsi with English abstract)

Karami A, Zarea MJ. (2014). Physiological and nutritional responses of inoculated alfalfa (*Medicago sativa* cv hamedani) with the fungus *Piriformospora indica* and bacterium *Azospirillum Spp* under salt stress. (In Farsi with English abstract)

Kargar Khorrami S, Jamei R, Hosseini Sarghein S. (2013). Changes in physiological anatomical and parameters of okra (*Hibiscus esculentus* L.) under different ultraviolet radiation. Journal of Plant Biology 5 (16): 13-26. (In Farsi with English abstract)

Kaya C, Tuna AL, Ashraf M, Altuna H. (2007). Improved salt tolerance of melon (*Cucumis melo* L.) by the addition of proline and potassium nitrate. Environmental and Experimental Botany 60 (3): 397-403.

Khajepour MR. (2001). Industrial plants. Publications Unit, University Jihad of Isfahan. (In Farsi)

Khan MA, Ungar IA, Showalters AM. (2000). The effect of salinity on the growth, water status and ion content of a leaf succulent perennial halophyte, *Suaeda fruticosa* L. Forsk. Journal of Arid Environment 45: 73-84.

Khoshbin S. (2019). Miraculous plants. Saless Publication, Tehran. (In Farsi)

Lloyd J, Kriedemann PE, Aspinall D. (1989). Comparative sensitivity of Prior Lisbon lemon and Valencia orange trees to foliar sodium and chloride concentrations. Plant Cell Environment 12: 529-540.

Maathuis FJM, Amtmann A. (1999). K^+ nutrition and Na^+ toxicity: The basis of cellular K^+/Na^+ ratios. Annals of Botany 84: 123-133.

Mahmoode S, Iran S, Athar HR. (2003). Intraspecific variability in sesame (*Sesamum indicom*) for various quantititive and qualitive attributes under differential salt regimes. Journal of Research (Science), Bahauddin zakariya university, Multan Pakistan. 14 (2): 177-186.

Mansouri H, Ahmadi Moghadam A. (2014). The response of corn plants (*Zea mays*) under salinity stress mycorrhiza colonization. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology) 27 (1): 142-155. (In Farsi with English abstract)

Marschner H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London.

Matysik J, Bhalu BA, Mohanty P. (2002). Molecular mechanism of quenching of reactive oxygen species by proline under stress in plants. Current Science 82: 525-532.

Munns R, James RA, Läuchli A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany 57: 1025-1043.

[Downloaded from gebsj.ir on 2025-08-03]
[DOR: 20.1001.1.25885073.1400.10.1.5.5]

Munns R. (1993). Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. Plant Cell Environment 16: 15-24.

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

Nabizade Marvdasht MR, Kafi M, Rashed Mohassel MH. (2003). Effect of salinity on growth, yield, elemental concentration and essential oil percent of cumin (*cuminum cyminum*). Field Crop Research, 1 (1): 53-60. (In Farsi with English abstract).

Naghizadeh M, Gholami shabestari M, shamsaddin saied M. (2014). The study of some physiological responses of three Iranian saffron (*Crocus sativus* L.) landraces to salinity stress. Saffron Agronomy and Technology 2 (2): 31-44. (In Farsi with English abstract)

Narjesi, V, Majidi Hervan E, Zali AA, Mardi M, Naghavi MR. (2010). Effect of salinity stress on grain yield and plant characteristics in bread wheat recombinant inbred lines. Iranian Journal of Crop Science 12 (3): 291-304. (In Farsi with English abstract)

Naseer S. (2001). Response of barley (*Hordeum vulgare* L.) at various growth stages to salt stress. Journal of Biological Science 1: 326-329.

Norouzi H, Roshanfekr H, Hasibi P, Mesgarbashi M. (2014). Effect of irrigation water salinity on yield and quality of two forage millet cultivars. Journal of Water Research in Agriculture 28 (3): 551-560. (In Farsi with English abstract)

Paranychianakis NV, Chartzoulakis KS. (2005). Irrigation of Mediterranean crops with saline water: From physiology to management practices. Agriculture, Ecosystems and Environment 106: 171-187.

Penuelas J, Isla R, Filella I, Araus JL. (1997). Visible and near-infrared reflectance assessment of salinity effects on barley. Crop Science 37: 198-202.

Pirzad A, Ghadernajad Azar R, Hadi H, Tousi P. (2013). Effect of soil salinity stress on some vegetative and reproductive traits of sunflower cultivars in Mahabad conditions. Daneshe Zeraat 5 (9): 55-66. (In Farsi with English abstract)

Prochazkova D, Sairam RK, Srivastava GC, Singh DV. (2001). Oxidative stress and antioxidant activity as the basis of senescence in maize leaves. Plant Science 161: 765-771.

Qasim M, Ashraf M, Ashraf MY, Rehman SU, Rha ES. (2003). Salt–induced changes in two canola cultivars differing in salt tolerance. Biologia of Plantarum 46 (4): 692-632.

Razavizadeh R, Kazemzadeh M, Enteshari S. (2013). The effect of paclobutrazol on some physiological indices of rapeseed (*Brassica napus* L.) seedlings in salinity stress conditions. Crop Physiology 5 (19): 35-48. (In Farsi with English abstract)

Saberi M, Zolfagharan A, Azari Nasrabad A, Atarodi B. (2006). Effect of salinity on yield and yield components of watermelon cultivars. Seed and Plant 22 (1): 103-111. (In Farsi with English abstract)

Sabet Teimouri M, Khazaie HR, Nassiri Mahallati M, Nezami A. (2009). Effect of salinity on seed yield and yield components of individual plants, morphological characteristics and leaf chlorophyll content of sesame (*Sesamum indicum* L.). Environmental Stresses in Agricultural Sciences 2 (2): 119-130. (In Farsi with English abstract)

Sadat Noori SA, Ferdosizadeh L, Izadi-Darbandi A, Mortazavian SMM, Saghafi S. (2011). Effects of salinity and laser radiation on proline accumulation in seeds of spring wheat. Journal of Plant Physiology and Breeding 1 (2): 11-20.

Safarnejad A, Collin H, Bruce KD, Mc Neillly T. (1996). Characterization of alfalfa following in vitro selection for salt tolerance. Euphytica 92: 55-61.

Sairam RK, Rao KV, Srivastava GC. (2002). Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concenteration. Plant Science 163: 1037-1046.

Salehi M, Arzani A. (2012). Effect of salinity stress on morpho-physiological traits of triticale lines. Iranian Journal of Crop Sciences. 13 (4): 697-711. (In Farsi with English abstract)

Sanada Y, Ueda H, Kuribayashi K, Andoh T, Hayashi F, Tamai N, Wada K. (1995). Novel light-dark change of proline levels in halophyte *Mesembryanthemum crystallinum* L. and glycophytes *Hordeum vulgare* L. and *Triticum aestivum* L. leaves and roots under salt stress. Plant Cell Physiology 36: 965-970.

Sato S, Sakaguchi S, Furukawa H, Ikeda H. (2006). Effects of NaCl application to hydroponic nutrient solution on fruit characteristics of Tomato (*Lycopersicon esculentum* mill.). Science Horticulture 109: 248-253.

Shafiee H, Haghighi M, Farhadi A, Ehtemam MH. (2019). The effect of salinity on physiological, biochemical and anatomical characteristics of different varieties of melon. Journal of Plant Process and Function 8 (33): 325-338. (In Farsi with English abstract)

Shahbazi M, Kiani AR, Raeisi S. (2011). Determination of salinity tolerance threshold in two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences 13 (1): 18-31. (In Farsi with English abstract)

Shahid M, Pervez M, Balal R, Ahmad R, Ayyub C, Abbas T, Akhtar N. (2011). Salt stress effects on some morphological and physiological characteristics of okra (*Abelmoschus esculentus* L.). Soil Environ. 30(1): 66-73.

Shahidi R, Kamkar B, Latifi N, Galeshi S. (2010). Effect of different salinity levels and exposure times on individual's seed yield and yield components of hull-less barley (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Crop Production 3 (2): 49-63. (In Farsi with English abstract)

Shalhevet J. (1993). Plant under salt and water stress. In: Fowden L, Mansfield T and Stoddard J. (Eds.). Plant adaptation to environmental stress. Chapman and Hall 133-1554.

Sheekh MM, Omar HH. (2002). Effect of high salt stress on growth and fatty acids content of the unicellular green algae *Chlorella vulgaris*. American Journal of Microbiology 55: 181-191.

Sherif MA, El Beshbeshy TR, Richter C. (1998). Response of some Egyptian varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.) to salt stress through potassium application. Bulletin of Faculty of Agriculture, University of Cairo 49: 129-151.

[Downloaded from gebsj.ir on 2025-08-03]

[DOR: 20.1001.1.25885073.1400.10.1.5.5]

Sultana N, Ikeda T, Itoh R. (1999). Effects of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing Rice grains. Environmental and Experimental Botany 42: 211- 220.

Tadayon MR, Emam Y. (2007). Physiological and morphological responses of two barley cultivars to salinity stress in relation to grain yield. Journal of Crop Production and Processing 11 (1): 253-262. (In Farsi with English abstract)

Tajali T, Bagheri AR, Hosseini M. (2011). Effect of salinity on yield and yield components of five canola cultivar. Journal of Plant Ecophysiology 3: 77-90. (In Farsi with English abstract)

Tarinejad A, Gayomi H, Rashidi V, Farahvash F, Alizade B. (2012). Evaluation of tolerance rate of canola cultivar to salinity stress. Agricultural Science and Sustainable Production 22 (4): 29-43. (In Farsi with English abstract)

Tejera NA, Soussi M, Lluch C. (2006). Physiological and nutritional indicators of tolerance to salinity in chickpea plants growing under symbiotic conditions. Environmental and Experimental Botany 58: 17-24.

Torabian S, Zahedi M. (2013). Effects of foliar application of common and nano-sized of iron sulphate on the growth of sunflower cultivars under salinity. Iranian Journal of Field Crop Science 24 (1): 109-118. (In Farsi with English abstract)

Weiss E. (1971). Castor, sesame and safflower. Cambridge University Press, London.

Xu S, Li J, Zhang X, Wei H, Cui L. (2005). Effects of heat acclimation pretreatment on changes of membrane lipid peroxidation, antioxidant metabolites, and ultra-structure of chloroplasts in two cool-season turfgrass species under heat stress. Environmental and Experimental Botany 56: 274-285.

Xue ZY, Zhi DY, Xue GP, Zhang H, Zhao YX, Xia GM. (2004). Enhanced salt tolerance of transgenic heat (*Triticum aestivum* L.) expressing a vacuolar Na^+/H^+ antiporter gene with improved yields in saline soils in the field and a reduced level of leaf Na^+. Plant Science 167: 849-859.

Zarei M, Tadayon MR, Tadayyon A. (2014). Effect of biofertilizer, under salinity condition on the yield and oil content of three ecotype of hemp (*Cannabis sativa* L.). Journal of Crops Improvement 16 (3): 517-529. (In Farsi with English abstract)

Zidan MA, Malibari AA. (1993). The role of K^+ in alleviating stress affecting growth and some organic and mineral components of wheat. The Persian Gulf Journal of Scientific Research 11 (2): 201-208.

[Downloaded from gebsj.ir on 2025-08-03]

[DOR: 20.1001.1.25885073.1400.10.1.5.5]

Genetic Engineering and Biosafety Journal
Volume 10, Number 1
2021

The Effects of salinity stress caused by different levels of NaCl on okra

Motamedi Mahdi[1], Azizpour kambiz[1,2], Sarabi Vahid[1], Valizadeh Kamran Rana[3]

Agronomy and Plant Breeding Department[1], Biotechnology Department[2], Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
Halophyte Biotechnology Research Center[3], Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
*Corresponding Author, Email: azizpour_kam@yahoo.com

Abstract

Despite the negative effects of salinity on plants, due to the limited area under cultivation, planting a variety of plants in saline lands is inevitable. Among them, okra is one of the plants that few studies have been done on its response to different levels of salt. Therefore, in order to study the effect of salinity levels on Okra (*Abelmoschus esculentus* Moench), an experiment was designed based on a randomized complete block design with five treatments including concentration of 0, 50, 100, 150 and 200 mM sodium chloride in three replications at the greenhouse of the faculty of agriculture, Shahid Madani University of Azarbaijan. The results showed that by increasing salinity levels, potassium to sodium ratio, chlorophyll a, relative water content, plant dry weight, number of fruits per plant, fruit weight per plant, number of seeds per plant, seeds weight per plant and 1000 grains weight have decreased but amount of sodium and proline have increased. During the experiment, the plants under 200 mM treatment have died shortly after salinization, but plants under other treatments survived until the end of the experiment and produced the yield. Maintaining high potassium content, low reduction in chlorophyll content and no noticeable change in relative water content were factors that led to continuance of plant growth, dry matter and fruit production at different salt concentrations. Although in terms of number of fruits per plant, there was no significant difference between salinity levels and the control, but a significant decrease in fruit weight per plant was recorded at high salt concentrations, especially under 150 mM, which can be an important factor affecting economic yield of okra in saline environments with EC higher than 10 ds/m.

Keywords: Growth, Okra, Osmoregulation, Salt stress, Yield

[Downloaded from gebsj.ir on 2025-08-03]

[DOR: 20.1001.1.25885073.1400.10.1.5.5]