Journal of Abiotic Stress in Horticultural Crops
https://jabssh.znu.ac.ir

Research Article
Vol. 1, No. 1, Autumn and Winter 2026, p. 125-138

Evaluation of the effect of grafting on some morpho-physiological characteristics of a watermelon landrace under salt stress in hydroponic systems

Tayebeh Siyahkoohi [1], Mahmoud Raghami [2*], Hamid Reza Karimi [3]

1 - Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.
2 - Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.
3 - Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.
(*- Corresponding author's Email: mraghami@vru.ac.ir)

Received: 19 July 2026
Received in revised form: 25 August 2026
Accepted: 08 September 2026

How to cite this article:
Siyahkoohi, T., Raghami, M. and Karimi, H. (2026). Evaluation of the effect of grafting on some morpho-physiological characteristics of a watermelon landrace under salt stress in hydroponic systems. *Journal of Abiotic Stress in Horticultural Crops*, *1*(1), 125-138. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.30470/ashc.2026.742865

Introduction

In recent years, grafting techniques have been widely used to produce vegetables in Japan, South Korea and some other European countries. Grafting is an important tool for reducing the yield loss due to the salinity stress in vegetables of cucurbitaceae and solanaceae family. Both the rootstock and the scion can affect the tolerance of grafted plants to the salinity stress. Selection of appropriate rootstock with favorable features is one of the major priorities in vegetable grafting.

Materials and Methods

This research was carried out in the greenhouse of the Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, in the spring and summer of 2021 as a factorial experiment in a completely randomized design. The first experiment included grafting and evaluation the compatibility of the rootstock and the scion, and the second experiment was done in order to evaluate the rootstock effects on salinity tolerance of a landrace watermelon (‘Tokh-msefid’) based on vegetative and physiological traits and plants were treated with salinity (zero, 20 and 40 mM NaCl).

Results and Discussion

In the first experiment, the survival rate was evaluated and the results showed that the plants grafted on the bottle gourd had a good survival rate. The results indicated that all vegetative traits of watermelon such as plant height, stem diameter, leaf area, number of leaves, root and stem dry weight, root and stem fresh weight of grafted plants on bottle gourd and self-grafted plants were significantly decreased under salinity condition but this parameters in grafted plants were less affected than self-grafted under salinity conditions. The results also indicated that total soluble carbohydrate and proline were affected by salinity stress and amount of these parameters in grafted and self-grafted plants were increased by increasing salinity levels. The vascular pressure potential was higher in plants grafted on bottle gourd rootstock compared to self-grafted plants and the amount of this indicator under salt stress was reduced slightly, so that about 16 percent in the 40 Mm, were less than plants grown under control conditions. The relative water content of the leaf was reduced by stress, but the value of this parameter was not affected by the graft and showed a slight increase compared to the self-grafted plants.

Conclusions

It can be said that watermelon grafted on bottle gourd can be considered as a technique for increasing tolerance of plants to salt stress based on morphological traits. Considering the fact that there was a good compatibility between the watermelon landrace (‘Tokhm-sefid’) and bottle gourd as a rootstock and according to the results, it can be concluded that the use of the bottle gourd rootstock for this watermelon landrace due

Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).
https://doi.org/10.30470/ashc.2026.742865

to its compatibility not only increases the growth but also cause more tolerance to salinity stress.

Keywords: Bottle gourd, Grafted and self-grafted plants, Proline, Rootstock, Vegetative parameters.

نشریه تنش‌های غیر زیستی در محصولات باغبانی
https://jabssh.znu.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۱، شماره ۱، پاییز و زمستان ۱۴۰۵، ص. ۱۲۵ – ۱۳۸

ارزیابی تأثیر پیوند بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک یک توده بومی هندوانه در شرایط تنش شوری در سیستم هیدروپونیک

طیبه سیاهکوهی، محمود رقامی* و حمیدرضا کریمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۴/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۱۷

چکیده

گزینش پایه مناسب با ویژگی‌های مطلوب، از اولویت‌های مهم در بحث پیوند سبزی‌ها است؛ لذا در این تحقیق به‌منظور ارزیابی اثرات پایه کدوقلیانی بر مقاومت به شوری گیاهان یک توده محلی هندوانه (تخم‌سفید) بر اساس شاخص‌های رویشی و فیزیولوژیکی، تحت تیمار شوری (صفر، ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) قرار گرفتند. این پژوهش در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولیعصر رفسنجان در فصل بهار و تابستان سال ۱۴۰۰ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی به اجرا درآمد. نتایج نشان داد که تمام پارامترهای رویشی گیاه هندوانه، ازجمله ارتفاع گیاه، قطر ساقه، سطح برگ، تعداد برگ، وزن تر و خشک شاخساره و وزن تر و خشک ریشه تحت شرایط تنش شوری به‌طور معنی‌داری در گیاهان پیوندشده روی پایه کدوقلیانی و خودپیوندی کاهش یافت که این کاهش در گیاهان خودپیوندی بارزتر از گیاهان پیوندی بود. نتایج همچنین نشان داد که مقدار قندهای محلول و پرولین نیز تحت تأثیر تنش قرار گرفت و با افزایش شدت تنش، مقدار این ترکیبات در برگ گیاهان پیوندشده روی کدو و خودپیوندی افزایش یافت. پتانسیل فشار آوندی نیز در گیاهان پیوندشده روی پایه کدو در مقایسه با گیاهان خودپیوندی بیشتر بود. همچنین مقدار این شاخص در شرایط تنش شوری کاهش اندکی یافت؛ به‌طوری که در سطح ۴۰ میلی‌مولار، حدود ۱۶ درصد کمتر از گیاهان رشدکرده در شرایط کنترل بود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از پایه کدوقلیانی برای توده محلی تخم‌سفید نه‌تنها سبب افزایش رشد می‌شود، بلکه به دلیل ایجاد تحمل به شوری می‌تواند نقش مؤثری در افزایش عملکرد ایفا کند.

کلمات کلیدی: پایه، پرولین، شاخص‌های رویشی، کدوقلیانی، گیاهان پیوندی و خودپیوندی

مقدمه

هندوانه (*Citrullus lanatus* (Tunb.)) با تولید سالیانه بیش از ۱۲۸۰۰۰۰ تن، در مقام سوم تولید جهانی قرار دارد و از محصولات اقتصادی ایران به‌شمار می‌رود (FAO, 2024). این گیاه تحمل متوسطی به شوری آب آبیاری دارد و اگرچه غلظت مواد جامد محلول کل در میوه با افزایش سطوح شوری آب افزایش می یابد، اندازه میوه‌ها و عملکرد آن تحت تأثیر منفی شوری آب و خاک قرار می‌گیرد (Jalali and Jafari, 2013).

شوری یکی از مسائل مهم در جهان است و سالانه میلیون‌ها تن نمک از طریق آب آبیاری به زمین‌های کشاورزی وارد می‌شود؛ به‌طوری که بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار از اراضی موجود در سراسر جهان تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرند که این مقدار معادل شش درصد از مساحت کل اراضی جهان است (Munns, 2005). پیوند می‌تواند ابزار جالب توجهی برای جلوگیری یا کاهش تلفات عملکرد ناشی از تنش شوری در ارقام پربازده متعلق به تیره کدوییان و سیب‌زمینی باشد. در سال‌های اخیر، از تکنیک پیوند برای پرورش و تولید سبزی‌های میوه‌ای در کشورهای آسیایی (به‌ویژه ژاپن و کره جنوبی) و برخی کشورهای اروپایی استفاده گسترده‌ای می‌شود. کاربرد این تکنیک در سبزی‌ها نخستین بار در اواخر سال ۱۹۲۰ میلادی در کره جنوبی و ژاپن با پیوند هندوانه روی کدوقلیانی (*Lagenaria siceraria* L.) به اجرا درآمد (Lee, 1984). فناوری پیوند، یکی از فنون باغبانی است که به‌ویژه برای بهبود کیفیت محصولات و عملکرد و مقاومت در برابر بیماری‌ها و همچنین بهبود مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی (Bahadur *et al*., 2024) اهمیت دارد. این روش، پایه‌ها و پیوندک‌های برتر را ترکیب می‌کند؛ بنابراین، می‌توان از مزایای پایه‌ها و پیوندک‌ها استفاده کرد (Singathiya *et al*., 2025). کشت هندوانه با مشکلات گوناگونی در دنیا روبه‌رو است که تنش‌های زیستی یکی از مشکلات مهم تولید هستند (Kantor and Levi, 2018). تغییرات اقلیمی باعث تشدید خشکسالی (تنش خشکی و شور شدن خاک (تنش شوری)) و دمای بالا شده است و این موارد عملکرد گیاه را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد. در کاشت هندوانه، مسائلی مانند سیستم ریشه ناکافی و توانایی جذب کم مواد مغذی مرتبط با برخی از انواع تنش‌ها مطرح است. فناوری پیوند می‌تواند مقاومت هندوانه را در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی افزایش دهد. شور شدن خاک، عامل غیرزیستی عمده است که بر عملکرد محصولات کشاورزی در سراسر جهان تأثیر می‌گذارد. در شرایط تنش شوری، هندوانه عمدتاً از رشد بازمی‌ماند و به تنش اسمزی، آسیب سمی یون و تنش اکسیداتیو ثانویه مبتلا می‌شود که به‌شدت رشد و نمو گیاه را محدود می‌کند (Llanderal *et al*., 2025)؛ بنابراین، پیوند زدن پایه‌های مقاوم به نمک، راهی مؤثر برای بهبود مقاومت به تنش شوری است (Wang *et al*., 2023). در برگ‌های هندوانه پیوندشده روی پایه کدو، فشار اسمزی سلولی پایدار (Yan *et al*., 2018) با تجمع مواد تنظیم‌کننده اسمزی، مانند قندهای محلول (Yetisir *et al*., 2010)، حفظ می‌شود.

گزارش شده است که پیوند یک رقم گوجه‌فرنگی حساس به شوری، روی پایه متحمل به شوری، هنگامی که با آب حاوی ۵۰ میلی‌مولار نمک آبیاری شد، افزایش رشد و عملکرد میوه بیشتری در مقایسه با گیاهان خودپیوندی مشاهده گردید (Santa-Cruz *et al*., 2002). طی پژوهشی روی هندوانه مشاهده شد که جذب خالص CO_2 با افزایش شوری از ۲ تا ۵/۲ دسی‌زیمنس بر متر در همه گیاهان پیوندی و به‌ویژه در تیمار غیرپیوندی، به‌تنهایی کاهش یافت (Colla *et al*., 2006). در پژوهشی دیگر، پایه‌های پیوندی در مقایسه با گیاهان غیرپیوندی و خودپیوندی، راندمان مصرف آب بالاتری در شرایط شوری داشتند که ممکن است در نتیجه کاهش خفیف کارایی فتوسنتز در پایه‌های پیوندی باشد (Colla *et al*., 2010). در پژوهشی دیگر، خیار پیوندشده روی پایه کدو، محتوای قند محلول و پرولین بیشتر اما مقدار سدیم و کلر کمتری در برگ نسبت به گیاهان غیرپیوندی در شرایط شوری داشت. این نشان می‌دهد که افزایش تحمل به شوری در گیاهان پیوندی مربوط به تغییر در ترکیب اسمزی است (Huang *et al*., 2009). گزارش‌های متعدد حاکی از آن است که نوع پایه در مقاومت پیوندک به تنش‌های محیطی، پاتوژن‌ها و بهره‌برداری از خاک‌های فقیر، نقش بسزایی دارد (Rivero *et al*., 2003). از این رو، در پژوهش پیش رو به بررسی تحمل به تنش شوری در پایه بومی هندوانه روی کدوقلیانی و گیاهان خودپیوندی هندوانه و مقایسه با گیاهان غیرپیوندی در شرایط هیدروپونیک پرداخته و اثر تنش شوری بر شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک گیاهان پیوندی بررسی شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولیعصر رفسنجان در فصل بهار و تابستان سال ۱۴۰۰ انجام شد که شامل اعمال تنش شوری بر گیاهان پیوندی روی پایه

کدوقلیانی و خودپیوندی هندوانه توده محلی تخم‌سفید بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور شامل شوری در سه سطح (شوری (کلرید سدیم) با سطوح صفر (آب مقطر)، ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار (به‌ترتیب با EC، ۱/۸۳ و ۳/۶۶ دسی‌زیمنس بر متر))، دو پایه (کدوقلیانی و توده هندوانه تخم‌سفید برای خودپیوندی) و یک پیوندک به اجرا درآمد.

مواد گیاهی شامل ۱) کدوقلیانی (به‌عنوان پایه)، با نام علمی (*Lagenaria siceraria* L.)، گونه‌ای یک ساله رونده که معمولاً در مناطق گرمسیری پراکنده است و در زبان انگلیسی به نام کدوی بطری‌شکل[1] شناخته می‌شود. نوع مورد استفاده در این آزمایش از شیراز گردآوری شد. ۲) توده هندوانه تخم‌سفید (به‌عنوان پیوندک)، یکی از توده‌های بومی منطقه تربت حیدریه به‌شمار می‌رود. از ویژگی‌های بارز میوه آن، شکل گرد، پوست میوه نازک به رنگ سبز تیره با گوشتی قرمزرنگ و میوه نسبتاً کوچک و بذر سفیدرنگ است.

پیوند به روش حفره‌ای در مرحله تشکیل برگ‌های لپه‌ای در اتاقک پیوند (رطوبت ۹۰ درصد و دمای ۲۸ درجه سلسیوس و نور کم) انجام شد. ۱۰ روز پس از انجام پیوند، گیاهان در شرایط گلخانه قرار گرفتند و به گلدان‌های ۷ لیتری (به نسبت ۱:۱ پرلیت و کوکوپیت) منتقل شدند. پس از گذشت ۳۰ روز، تیمار شوری اعمال شد. پس از انجام عمل پیوند و انتقال گیاهان به سیستم هیدروپونیک، محلول غذایی هوگلند و آرنون تغییریافته به گیاهان پیوندی و غیرپیوندی داده شد. قبل از اعمال تنش اصلی به‌منظور جلوگیری از شوک تنش و از بین رفتن گیاه، سازگاری به تنش انجام شد و تنش شوری به‌تدریج طی چهار مرحله با افزایش غلظت شوری صورت گرفت؛ بدین صورت که تیمار شوری نخست به میزان ۱۰ میلی‌مولار آغاز شد و دفعه بعد به ۲۰ میلی‌مولار افزایش یافت تا به ۴۰ میلی‌مولار رسید. تنش اصلی به مدت ۴۵ روز روی گیاهان اعمال شد؛ بدین صورت که هفته‌ای دو بار به میزان ۶۰۰ میلی‌لیتر برای هر گلدان صورت گرفت. همچنین هر دو هفته یک بار، گلدان‌ها با آب مقطر آبیاری شدند تا آب‌شویی انجام گیرد. در پایان آزمایش، پارامترهای رویشی شامل وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه، طول اندام هوایی، سطح برگ، قطر پایه و برخی پارامترهای فیزیولوژیکی شامل محتوای آب نسبی برگ، پرولین، قند محلول و پتانسیل فشار آوندی، اندازه‌گیری شدند.

1 Bottle Gourd

اندازه‌گیری پارامترها: پس از انجام عمل پیوند و قرار دادن گیاهان در شرایط مناسب برای سازگاری و طی شدن زمان لازم برای سازگاری (۱۰-۱۲ روز پس از پیوند)، تعداد گیاهان باقی‌مانده از تعداد کل گیاهان پیوندشده کم شد و مقدار درصد زنده‌مانی از تقسیم تعداد گیاهان سازگار بر تعداد کل گیاهان پیوندشده به دست آمد و برحسب درصد ارائه شد. طول بوته با استفاده از خط‌کش و قطر ساقه با استفاده از کولیس دیجیتال از بالای محل پیوند اندازه‌گیری شد. سطح برگ، با دستگاه سنجش سطح برگ (مدل CI 202) انجام شد. وزن تر شاخساره و ریشه با توزین در ترازوی دیجیتال برحسب گرم و وزن خشک نمونه‌های شاخساره کامل پس از ۴۸ ساعت قرارگیری در آون ۷۲ درجه سلسیوس برحسب گرم اندازه‌گیری شد. پتانسیل فشار آوندی ساقه از روش اسکولاندر و همکاران (Scholander *et al*., 1965) توسط دستگاه محفظه فشار اندازه‌گیری شد؛ به این صورت که از انتهای ساقه برگ‌دار به طول ۵ سانتی‌متر، برای اندازه‌گیری پتانسیل فشار آوند چوبی ساقه استفاده شد و میزان فشار برحسب بار ثبت گردید. میزان محتوای آب نسبی برگ بر اساس روش ویدرلی محاسبه شد؛ بدین صورت که نخست ۶ عدد دیسک به قطر یک سانتی‌متر از پهنک برگ وزن و داخل پتریدیش حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۵ تا ۶ ساعت قرار داده شد تا سلول‌های برگ به حالت تورژسانس درآیند. سپس آن‌ها را وزن کردند و نمونه‌ها را در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار دادند و دوباره توزین کردند و با استفاده از روابط ریاضی، مقدار محتوای آب نسبی برگ به دست آمد (Weatherley, 1950). مقدار پرولین به روش بیتس و همکاران و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل T80 UV/VIS Spectrometer PG Instruments Ltd در طول موج ۵۲۰ نانومتر تعیین شد (Bates *et al*., 1993). از روش ایریگوین و همکاران برای استخراج قند محلول استفاده شد (Irigoyen *et al*., 1992). داده‌های به‌دست‌آمده توسط نرم‌افزار Excel طبقه‌بندی و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در برنامه SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۱ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

طبق نتایج، پیوند تأثیر معنی‌داری بر درصد زنده‌مانی در سطح احتمال یک درصد داشت. گیاهان خودپیوندی از کمترین درصد زنده‌مانی و گیاهان پیوندشده روی پایه کدوقلیانی از درصد زنده‌مانی بیشتری برخوردار بودند (شکل ۱).

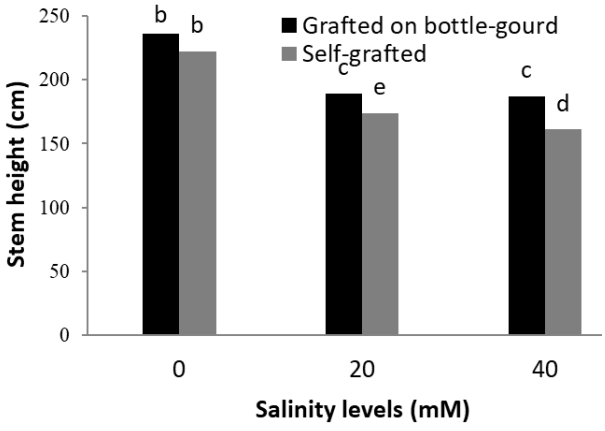


شکل ۱- درصد زنده‌مانی در ترکیب‌های مختلف پیوندی و غیرپیوندی

Figure 1. Percentage of survival in different grafted and non-grafted combinations

صفات رویشی

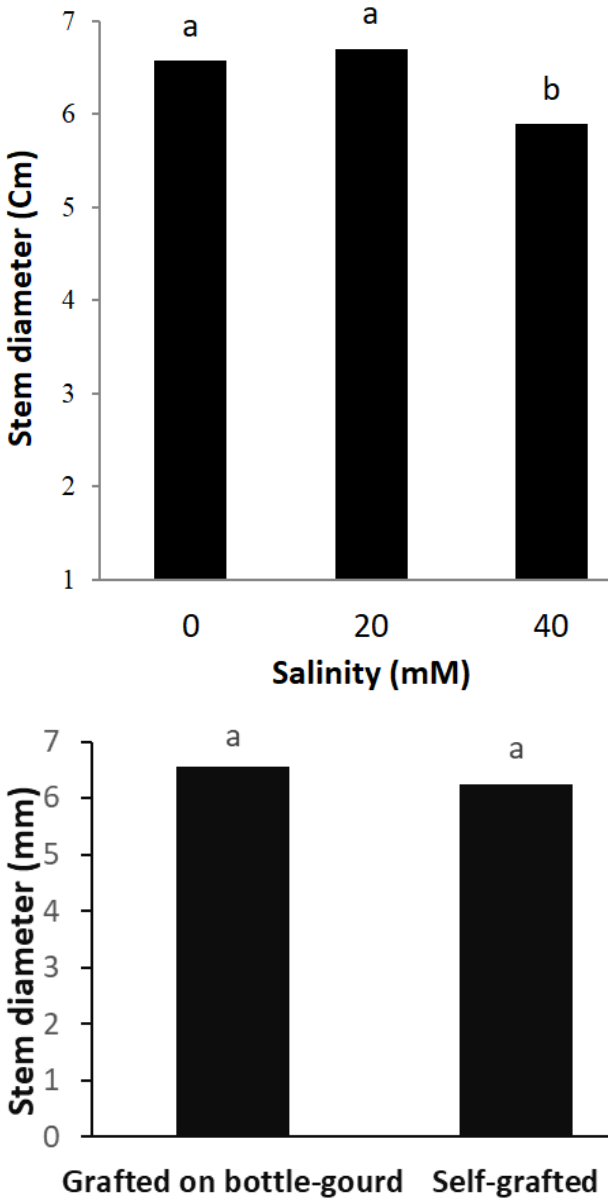
طول بوته: نتایج تجزیه واریانس بین تیمارها نشان داد که اثرات ساده پیوند، تنش و برهم‌کنش بین آن‌ها، تأثیر معنی‌داری بر طول بوته داشت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که با افزایش سطح تنش، طول گیاه به‌طور قابل توجهی کاهش یافت. همچنین گیاهان پیوندشده روی پایه کدوقلیانی، از رشد رویشی و طول بیشتری نسبت به گیاهان خودپیوندی برخوردار بودند. همچنین نتایج حاکی از آن بود که گیاهان پیوندشده روی کدو، از رشد بهتری در شرایط تنش برخوردار بودند؛ به‌طوری که بیشترین طول بوته در آن‌ها مشاهده شد و کمترین مقدار در گیاهان خودپیوندی رشدیافته در سطوح بالای تنش به دست آمد (شکل ۲).



شکل ۲- برهم‌کنش تنش شوری و ترکیب پیوندی بر طول بوته هندوانه

Figure 2. Interaction of salinity stress and graft combination on Stem height of watermelon

قطر ساقه: بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، قطر ساقه در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر اثرات ساده تنش شوری و ترکیب پیوندی قرار گرفت، در حالی که اثر متقابل تنش و پیوند در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که با افزایش سطح تنش، قطر ساقه به‌طور قابل توجهی کاهش یافت؛ به‌طوری که در گیاهان رشدیافته در سطح بالای تنش (۴۰ میلی‌مولار کلریدسدیم) حدود ۱۰ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت؛ ولی تفاوت معنی‌داری بین سطح شوری ۲۰ میلی‌مولار کلریدسدیم و شاهد مشاهده نشد. نتایج همچنین نشان داد که پیوند هندوانه روی کدو سبب افزایش معنی‌داری در قطر ساقه نسبت به گیاهان خودپیوندی گردید (شکل ۳).



شکل ۳- اثرات ساده شوری و ترکیب پیوندی بر قطر ساقه هندوانه

Figure 3. Simple effects of salinity stress and graft combination on stem diameter of watermelon

تعداد برگ: طبق نتایج تجزیه واریانس، تعداد برگ در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر اثرات ساده ترکیب پیوندی و تنش شوری قرار گرفت؛ ولی اثر متقابل شوری و پیوند تأثیری بر تعداد برگ نداشت (جدول ۱). با وجود این، مقایسه میانگین بین تیمارها حاکی از آن بود که در شرایط تنش، تعداد برگ به‌طور قابل توجهی کاهش یافت؛ به‌طوری که تعداد برگ در سطح ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، به‌ترتیب حدود ۱۸ و ۱۹ درصد نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد (شکل ۴). نتایج همچنین نشان داد که هندوانه‌های پیوندشده روی کدو از تعداد برگ بیشتری نسبت به گیاهان خودپیوندی برخوردار بودند؛ به‌طوری که گیاهان پیوندشده روی کدو، حدود ۲۱ درصد برگ بیشتری نسبت به گیاهان خودپیوندی داشتند.

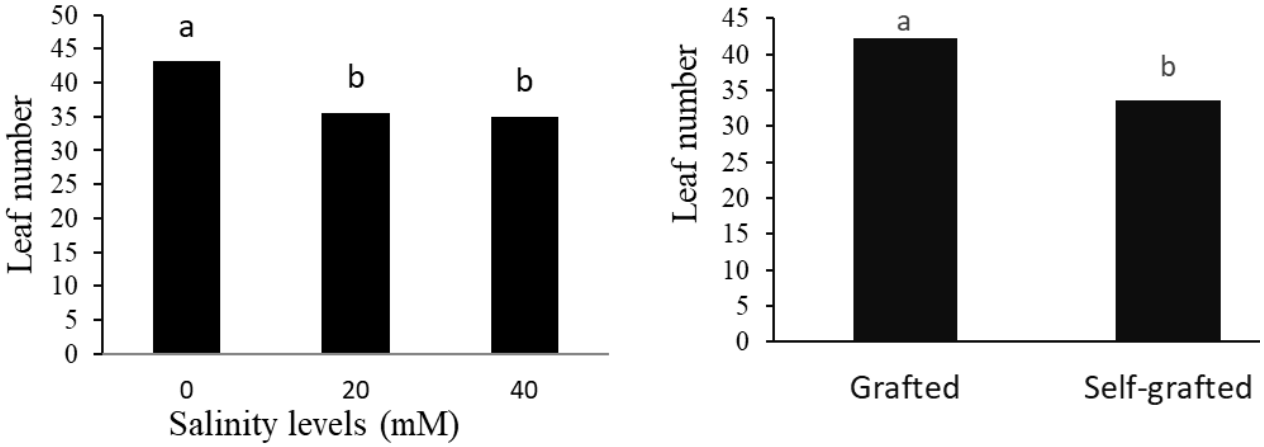
جدول ۱- تجزیه واریانس صفات رویشی گیاهان پیوندشده روی کدوقلیانی و خودپیوندی هندوانه در شرایط تنش شوری

Table 1. Analysis of variance of vegetative characteristics of grafted plants on bottle gourd and self-grafted watermelon under salinity stress conditions

Source of variation	Df	Mean Squares			
		Stem height	Stem diameter	Leaf area	Number of leaf
Grafting	1	1926.04**	0.56*	33900.17**	459.37**
Stress	2	7147.62**	1.52**	45033.87**	165.87**
Grafting × Stress	2	139.29*	0.31ns	5563.29*	3.12ns
Error	18	35.87	0.12	184.50	6.29
CV %	-	3.06	5.53	4.48	6.62

***، ** و ns، به‌ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد و بدون تفاوت معنی‌دار هستند.**

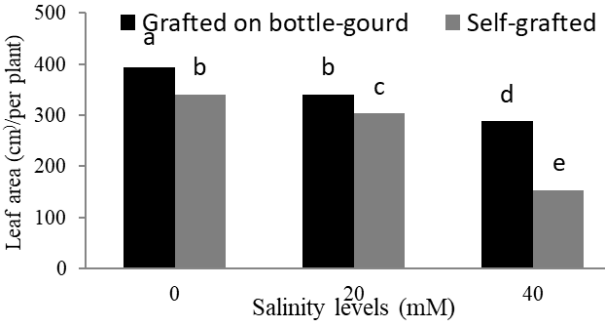
ns: not significant (p>0.05), * and **: significant at p=0.05 and 0.01, respectively



شکل ۴- اثرات ساده شوری و ترکیب پیوندی بر تعداد برگ گیاه هندوانه

Figure 4. Simple effects of salinity stress and graft combination on the leaf number of watermelon plant

سطح برگ: طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر تنش شوری، پیوند و برهم‌کنش بین آن‌ها بر سطح برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطح شوری، سطح برگ به‌طور قابل توجهی کاهش یافت؛ به‌طوری که گیاهانی که در سطح بالای تنش شوری رشد کرده بودند، از سطح برگ کمتری برخوردار بودند، در حالی که گیاهان رشدیافته در شرایط بدون تنش، بیشترین سطح برگ گیاه را به خود اختصاص دادند. سطح برگ گیاهان هندوانه همچنین تحت تأثیر پیوند قرار گرفت؛ به‌طوری که گیاهان پیوندشده روی کدو، حدود ۲۲ درصد سطح برگ بیشتری نسبت به گیاهان خودپیوندی داشتند. نتایج همچنین نشان داد که پیوند هندوانه روی کدوقلیانی سبب افزایش سطح برگ در تمام سطوح شوری شد؛ به‌طوری که کمترین سطح برگ در گیاهان خودپیوندی رشدیافته در شرایط شوری بالا (۴۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و بیشترین سطح برگ در گیاهان پیوندشده روی کدوی رشدیافته در شرایط شاهد مشاهده شد (شکل ۵).



شکل ۵- برهم‌کنش تنش شوری و ترکیب پیوندی بر سطح برگ هندوانه

Figure 5. Interaction of salinity stress and graft combination on the leaf area of watermelon

شوری و پیوند در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که با افزایش تنش شوری، وزن تر در گیاهان تحت تیمار کاهش یافت. پیوند هندوانه روی کدوقلیانی سبب افزایش قابل توجه وزن تر اندام هوایی در تمام سطوح تنش گردید؛ به‌طوری که گیاهان پیوندشده روی کدو، به‌ترتیب حدود ۸۸، ۱۲ و ۱۶ درصد از وزن تر شاخساره بیشتری نسبت به گیاهان در سطوح ۰، ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار کلرید سدیم برخوردار بودند. در پژوهشی که اثر پیوند خیار روی پایه کدوتنبل بررسی شده بود، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه گیاهان پیوندی نسبت به غیرپیوندی بیشتر بود (Huang *et al*., 2013).

وزن تر و خشک شاخساره (اندام هوایی): نتایج تجزیه واریانس داده‌های وزن تر (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل

جدول ۲- تجزیه واریانس وزن تر و خشک ریشه و شاخساره گیاهان پیوندشده روی کدوقلیانی و خودپیوندی هندوانه در شرایط تنش شوری

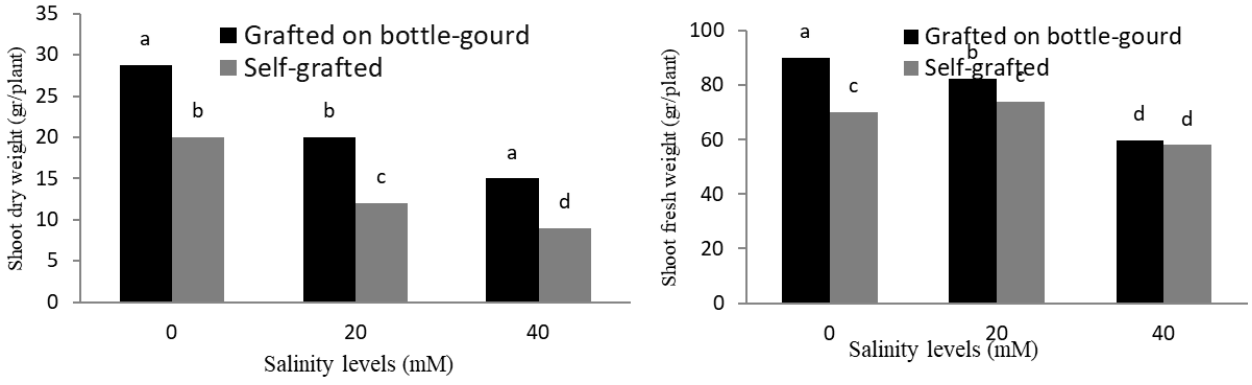
Table 2. Analysis of variance of fresh and dry weight of the roots and stems of grafted plants on bottle gourd and self-grafted watermelon under salinity stress conditions

Source of variation	df	Mean Squares			
		Shoot fresh weight	Root fresh weight	Shoot dry weight	Root dry weight
Grafting	1	204.16*	620.16*	18.37ns	9.002**
Stress	2	316.79**	39.12*	1171.62**	0.56*
Grafting × Stress	2	12.79*	39.54*	394.12**	0.57*
Error	18	7.80	16.02	30.87	0.23
CV %	-	13.54	16.04	27.61	7.67

***، ** و ns، به‌ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد و بدون تفاوت معنی‌دار هستند.**

ns: not significant (p>0.05), * and **: significant at p=0.05 and 0.01, respectively

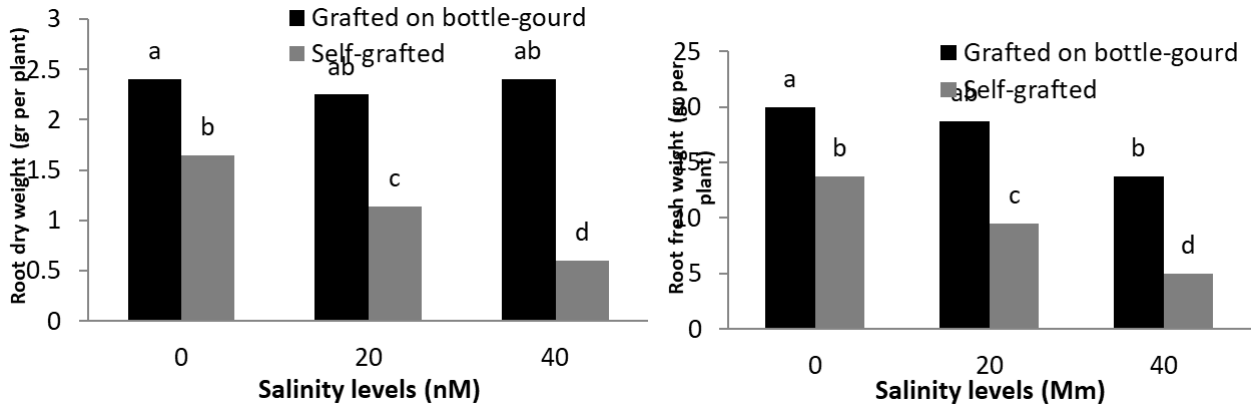
طبق نتایج، وزن خشک شاخساره نیز تحت تأثیر اثر تنش شوری، ترکیب پیوندی و برهم‌کنش بین آن‌ها قرار گرفت (جدول ۲)؛ به‌طوری که با افزایش سطح تنش، وزن خشک شاخساره در گیاهان پیوندشده روی کدو و خودپیوندی کاهش یافت و مقدار آن در گیاهان پیوندشده روی کدو در سطوح شوری ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار، به‌ترتیب حدود ۳۰ و ۴۷ درصد نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافت، در حالی که گیاهان خودپیوندی در این سطوح شوری، به‌ترتیب حدود ۴۰ و ۵۵ درصد نسبت به گیاهان شاهد کاهش وزن خشک نشان دادند (شکل ۶). بیشترین وزن خشک شاخساره در گیاهان پیوندشده روی کدوی رشدیافته در شرایط بدون تنش و کمترین وزن خشک شاخساره در گیاهان خودپیوندی رشدیافته در شرایط شوری ۴۰ میلی‌مولار مشاهده شد.



شکل ۶- برهم‌کنش تنش شوری و ترکیب پیوندی بر وزن تر و خشک شاخساره (اندام هوایی) گیاه هندوانه

Figure 6. Interaction of salinity stress and grafting combination on shoot fresh and dry weight in watermelon plant

وزن تر و خشک ریشه: اثرات تیمار تنش، پیوند و اثر متقابل تنش و ترکیب پیوندی بر وزن تر و خشک ریشه معنی‌دار گردید (جدول ۲). تنش سبب کاهش قابل توجه وزن تر ریشه شد؛ به‌طوری که وزن تر ریشه گیاهانی که در شرایط تنش ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار کلرید سدیم رشد کرده بودند، به‌ترتیب حدود ۲۲ و ۳۶ درصد کمتر از گیاهان شاهد بود. از طرفی، گیاهان پیوندشده روی کدو، وزن تر ریشه بیشتری نسبت به گیاهان خودپیوندی داشتند. بیشترین وزن تر ریشه (۲۰ گرم) مربوط به گیاهان پیوندشده روی کدوی رشدیافته در شرایط بدون تنش بود و کمترین مقدار (۵ گرم) در گیاهان خودپیوندی در شرایط ۴۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مشاهده شد (شکل ۷).



شکل ۷- برهم‌کنش تنش شوری و ترکیب پیوندی بر وزن تر و خشک ریشه گیاه هندوانه

Figure 7. Interaction of salinity stress and grafting combination on root fresh and dry weight in watermelon plant

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، پارامترهای رویشی گیاه هندوانه در شرایط تنش شوری به‌طور قابل توجهی کاهش یافتند. نتایج مشابهی در پژوهش‌هایی روی خیار (Huang *et al.*, 2010; Colla *et al.*, 2013)، خربزه (Rouphael *et al.*, 2012) و روی گیاه هندوانه (Goreta *et al.*, 2008) در شرایط شوری گزارش شده است. به دلیل پیامدهای ناشی از تنش آب شامل کاهش جذب مواد غذایی، کاهش سطح برگ و فتوسنتز، مقدار مواد فتوسنتزی نیز به‌طور معنی‌داری کاهش و در نتیجه، شاخص‌های رشدی نیز کاهش می‌یابد (Saadatmand *et al.*, 2008). کاهش ویژگی‌های رشدی در شرایط تنش شوری ممکن است به دلیل اثرهای منفی پتانسیل اسمزی بالا ناشی از شوری محلول غذایی باشد که در این شرایط، سلول‌های ریشه نمی‌توانند آب مورد نیاز گیاه را جذب کنند؛ بنابراین، جذب آب و عناصر غذایی کاهش می‌یابد و باعث کاهش رشد می‌گردد. در شرایط شوری، با گذشت زمان، سرعت تقسیم و طویل شدن سلول‌ها کاهش می‌یابد و این تغییرات منجر به کوچک‌تر شدن اندازه برگ‌ها می‌شود. شوری با کاهش تقسیم و طویل شدن سلولی می‌تواند باعث کاهش ارتفاع بخش هوایی و طول ریشه گردد. کاهش ارتفاع ساقه و ریشه نیز کاهش وزن و در نتیجه، کاهش ماده خشک را به دنبال دارد (Tuna *et al.*, 2007).

محتوای آب نسبی برگ: بر اساس نتایج (جدول ۳)، محتوای آب نسبی برگ در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر اثرات ساده تنش شوری قرار گرفت، در حالی که پیوند و اثر متقابل تنش و پیوند بر محتوای آب نسبی برگ معنی‌دار نشد. نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که با افزایش سطح تنش، محتوای آب نسبی برگ کاهش یافت؛ به‌طوری که مقدار آن در گیاهان رشدیافته در شرایط ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، به‌ترتیب حدود ۱۴ و ۱۹/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد کمتر شد (جدول ۴). همچنین در پژوهشی روی کلزا نیز محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش شوری کاهش یافت (Yousefi *et al.*, 2016). گزارش شده است که در گیاهان پیوندی، محتوای آب نسبی برگ در شرایط تنش در سطح مطلوبی باقی می‌ماند و در نتیجه، رشد بیشتری خواهد داشت (Bahadur *et al.*, 2024). در پژوهش حاضر، مقدار این شاخص تحت تأثیر پیوند قرار نگرفت و تنها اندکی نسبت به گیاهان خودپیوندی افزایش نشان داد. گزارش شده است که حفظ محتوای آب نسبی برگ به دلیل حفظ و پایداری غشای سلولی و غشای تیلاکوئیدی، سبب حفظ کارایی فتوسنتز در سطح مطلوب می‌شود و در نتیجه، تولید ماده خشک در شرایط تنش حفظ می‌گردد (Rouphael *et al.*, 2012).

جدول ۳- تجزیه واریانس برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاهان پیوندشده روی کدوقلیانی و خودپیوندی هندوانه در شرایط تنش شوری

Table 3. Analysis of variance the effects some physiological characteristics of grafted plants on bottle gourd and self-grafted watermelon under salt stress conditions

Source of variation	df	Mean Squares			
		RWC	Soluble sugars	Proline	Xylem pressure potential
Grafting	1	9.38 ns	4.68**	0.0037**	0.24**
Stress	2	572.19**	29.10**	0.018*	1.04**
Grafting × Stress	2	24.18 ns	1.42*	0.00014 ns	0.0006 ns
Error	18	20.02	0.38	0.00005	0.017
CV%	-	5.97	12.96	5.15	3.18

***، ** و ns، به‌ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد و بدون تفاوت معنی‌دار هستند.**

ns: not significant (p>0.05), * and **: significant at p=0.05 and 0.01, respectively

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات تنش شوری بر قندهای محلول و محتوای آب نسبی برگ در گیاهان پیوندشده روی کدوقلیانی و خودپیوندی هندوانه

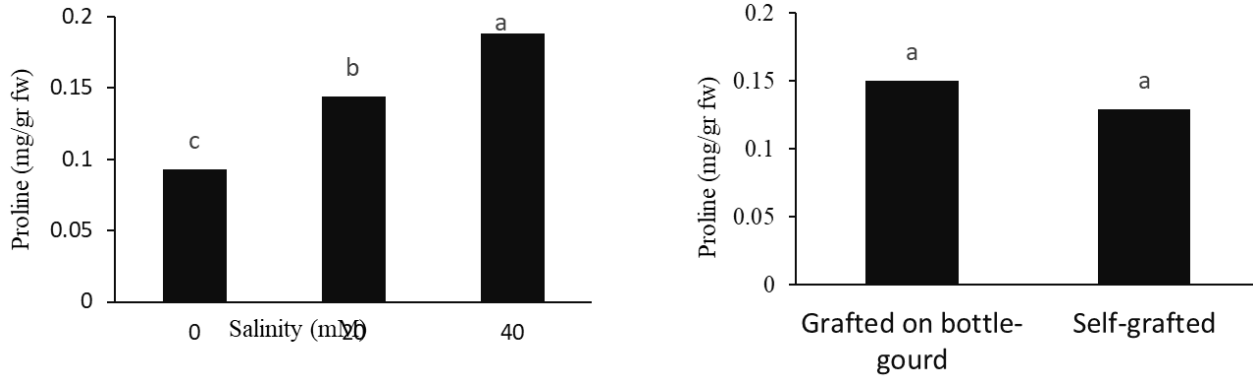
Table 4. Means comparison of the effects of salinity stress on soluble sugars and RWC in grafted plants on bottle gourd and self-grafted watermelon

Source of variation		RWC	Soluble sugars
		%	mg/g fw
Grafted	Control	85.40a	2.87d
	20 mM NaCl	74.57b	5.2b
	40 mM NaCl	66.50c	7.2a
Self-grafted	Control	83.08a	2.9d
	20 mM NaCl	70.50bc	4c
	40 mM NaCl	69.13bc	6b

قندهای محلول: نتایج تجزیه واریانس مربوط به قندهای محلول نشان داد که اثرات ساده تنش شوری، ترکیب پیوندی و برهم‌کنش بین آن‌ها، بر قندهای محلول معنی‌دار گردید (جدول ۳). طبق نتایج، گیاهان پیوندشده روی پایه کدو از قندهای محلول بیشتری در مقایسه با گیاهان خودپیوندی برخوردار بودند؛ به‌طوری که قندهای محلول در گیاهان پیوندشده روی پایه کدو حدود ۲۰ درصد از گیاهان خودپیوندی بیشتر بود. همچنین نتایج نشان داد که قندهای محلول در شرایط تنش شوری ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، به‌ترتیب حدود ۶۴ و ۱۳۲ درصد از گیاهان شاهد بیشتر بود (جدول ۴). تجمع قندهای محلول در طی تنش شوری را به تجزیه قندهای نامحلول (نشاسته) و تبدیل شدن به قندهای محلول نسبت می‌دهند (Atlasi *et al*., 2016). گروه‌های هیدروکسیل قندها ممکن است به‌منظور حفظ و ادامه واکنش‌های موجود در غشاها و نیز پروتئین‌های موجود در گیاه، طی دهیدراسیون جایگزین آب شوند. از این رو، قندها از طریق پیوندهای هیدروژنی با پروتئین‌ها و غشاها واکنش نشان می‌دهند و از این طریق، از تغییر پروتئین‌ها جلوگیری می‌کنند (NajafZadeh and Ehsanpour, 2012). برخی از محققین علت افزایش قند محلول و ساکارز همراه با افزایش شوری را کاهش میزان فتوسنتز، تبدیل نشاسته به قند و یا مصرف کمتر کربوهیدرات توسط گیاه در شرایط تنش شوری می‌دانند. افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول در برگ‌ها موجب حفظ تعادل اسمزی در تنش شوری می‌شود؛ اما از طرف دیگر، تجمع قندها در اندام‌های هوایی موجب مختل شدن فتوسنتز می‌شود و تولید را کاهش می‌دهد (Mansouri and Ahmadi moghadam, 2007). در پژوهشی توسط رقامی و همکاران (۲۰۱۶) نشان داده شد که مقدار قندهای محلول گیاه بادمجان در شرایط تنش به‌طور قابل توجهی افزایش پیدا کرد (Raghami *et al*., 2016). نتایج تحقیق حاضر نیز نشان‌دهنده این بود که مقدار قندهای محلول در گیاهان پیوندشده روی کدوقلیانی نسبت به گیاهان خودپیوندی بیشتر بود. این نتایج با نتایج پژوهشی روی گیاه طالبی و گرمک مطابقت داشت (Rajabipour *et al*., 2016).

پرولین برگ: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش شوری و ترکیب پیوندی بر مقدار پرولین معنی‌دار شد؛ ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد (جدول ۳). طبق نتایج، مقدار پرولین در سطوح ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار کلرید سدیم

نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. نتایج همچنین نشان داد که گیاهان پیوندشده روی کدوقلیانی نیز از مقدار پرولین بیشتری نسبت به گیاهان خودپیوندی برخوردار بودند (شکل ۸). تجمع پرولین، پاسخی فیزیولوژیکی به شرایط تنش بوده و از دو جنبه قابل بررسی است: اول اینکه در شرایط تنش شوری، Na^+ در مقادیر بالا در سیتوزول جمع می‌شود، ایجاد سمیت می‌کند و باید به واکوئل‌ها منتقل شود؛ بنابراین، مواد آلی با وزن مولکولی کم که محلول‌های سازگار نامیده می‌شوند، برای حفظ تعادل پتانسیل آب، درون سیتوپلاسم تجمع می‌یابند. پرولین یکی از مهم‌ترین محلول‌های سازگار بوده و در تعدیل پتانسیل اسمزی بسیار مؤثر است؛ به‌علاوه، پرولین نقش تنظیم‌کننده‌های اسمزی به‌عنوان مخزن کربن و نیتروژن دارد. همچنین پرولین حفاظت گیاه را در برابر صدمات رادیکال‌های آزاد انجام می‌دهد (Kaya *et al*., 2006). از طرف دیگر، سمیت نمک با تحریک فعالیت آنزیم گلوتامین‌کیناز که اولین آنزیم مسیر بیوسنتز پرولین است، تجمع پرولین را افزایش می‌دهد (Yan *et al*., 2018). پرولین در بسیاری از گیاهان تحت شرایط تنش شوری به‌عنوان اسمولیتی غیرسمی و حفاظتی برای حفظ پتانسیل اسمزی در شرایطی که پتانسیل آب کم است، تجمع می‌یابد (Sheng *et al*., 2008). نتایج پژوهش حاضر نیز این مطلب را تأیید کرد. در پژوهشی روی گوجه‌فرنگی در شرایط تنش شوری، با افزایش سطح شوری، مقدار پرولین در گیاهان پیوندی و غیرپیوندی افزایش یافت؛ ولی در گیاهان غیرپیوندی مقدار بیشتری داشت (Wahb-Allah, 2014). باید در نظر داشت که تجمع پرولین در شرایط شوری ملاک تحمل به شوری نیست، بلکه نشانه‌ای از میزان خسارت در گیاهان ارزیابی‌شده است (Atlasi *et al*., 2016).



شکل ۸- برهم‌کنش تنش شوری و ترکیب پیوندی بر محتوای پرولین گیاه هندوانه

Figure 8. Interaction of salinity stress and grafting combination on proline content in watermelon plant

پتانسیل فشار آوندی: نتایج تجزیه واریانس پتانسیل فشار آوندی نشان داد که اثرات ساده تنش شوری، ترکیب پیوندی و برهم‌کنش بین آن‌ها بر فشار آوندی معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که گیاهان پیوندشده روی پایه کدو از پتانسیل فشار آوندی بیشتری در مقایسه با گیاهان خودپیوندی برخوردار بودند؛ به‌طوری که مقدار این شاخص در گیاهان پیوندشده روی پایه کدو حدود ۲۰ درصد از گیاهان خودپیوندی بیشتر بود. همچنین نتایج نشان داد که فشار آوندی در شرایط تنش شوری ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، به‌ترتیب حدود ۹ و ۱۶ درصد از گیاهانی که در شرایط کنترل رشد کرده بودند، کمتر بود (شکل ۹).

به‌طور کلی، افزایش رشد گیاهان پیوندی در شرایط تنش نسبت به گیاهان غیرپیوندی را می‌توان به دلیل موارد زیر دانست: ۱) سیستم ریشه‌ای قوی‌تر در گیاهان پیوندی؛ ۲) جذب عناصر غذایی بالاتر، به‌ویژه پتاسیم و منیزیم؛ ۳) حفظ پتانسیل آب برگ به دلیل سیستم ریشه‌ای قوی‌تر و ۴) حفظ کارایی دستگاه فتوسنتزی و تولید ماده خشک بیشتر. شوری خاک باعث کاهش پتانسیل اسمزی در محلول خاک می‌شود و دسترسی گیاه به آب را کاهش می‌دهد. برخی پژوهشگران پیشنهاد کردند که استفاده از پایه کدو سبب افزایش مقاومت به شوری گیاه خیار نسبت به گیاهان غیرپیوندی گردید (Zhu *et al*., 2008).



شکل ۹- برهم‌کنش تنش شوری و ترکیب پیوندی بر پتانسیل فشار آوندی گیاه هندوانه

Figure 9- Interaction of salinity stress and grafting combination on xylem pressure potential in watermelon plant

نتیجه‌گیری نهایی

طبق نتایج، تمام پارامترهای رویشی ارزیابی‌شده هندوانه، ازجمله طول بوته، قطر ساقه، سطح برگ، تعداد برگ، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک ریشه در شرایط تنش شوری، به‌طور معنی‌داری در گیاهان پیوندشده روی پایه کدوقلیانی و خودپیوندی کاهش یافت؛ ولی در این بین، رشد گیاهان پیوندشده روی پایه کدوقلیانی در شرایط شوری نسبت به گیاهان خودپیوندی کمتر کاهش پیدا کرد؛ لذا نتیجه‌گیری می‌شود که پیوند هندوانه روی کدوقلیانی می‌تواند به‌عنوان راهکاری برای افزایش تحمل گیاهان به تنش شوری بر اساس صفات مورفولوژی مد نظر قرار گیرد. مقدار قندهای محلول و پرولین نیز تحت تأثیر تنش قرار گرفت و با افزایش شدت تنش، مقدار این ترکیبات در برگ گیاهان پیوندشده روی پایه کدو و خودپیوندی افزایش پیدا کرد. همچنین گیاهان پیوندشده روی پایه کدو از پتانسیل فشار آوندی بیشتری در مقایسه با گیاهان خودپیوندی برخوردار بودند. محتوای آب نسبی برگ تحت تأثیر تنش کاهش یافت؛ اما مقدار این شاخص تحت تأثیر پیوند قرار نگرفت و تنها اندکی نسبت به گیاهان خودپیوندی افزایش نشان داد. با توجه به اینکه بین توده محلی هندوانه تخم‌سفید به‌عنوان پیوندک و کدوقلیانی به‌عنوان پایه، سازگاری مطلوبی وجود داشت و با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر، می‌توان گفت که استفاده از پایه کدوقلیانی نه‌تنها به دلیل سازگاری با هندوانه سبب افزایش رشد می‌گردد، بلکه به دلیل ایجاد تحمل بیشتر به شوری می‌تواند نقش مؤثری در افزایش عملکرد ایفا کند.

References

Atlasi Pak, A., Nabipour, M., and Meskarbashee, M. 2016. Relationship between accumulation of nitrogen compounds and sugars, and salt tolerance in rapeseed plant (*Brassica napus* L.). Journal of Plant Productions. 39(1), 25-34. [In Persian with English summary]

Bates, L., Waldren, R.P., and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil. 39, 205-207.

Bahadur, A., Singh, P.M., Rai, N., Singh, A.K., Singh, A.K., Karkute, S.G., and Behera, T.K. 2024. Grafting in vegetables to improve abiotic stress tolerance, yield and quality. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 99, 385-403. doi:10.1080/14620316.2023.2299009.

Colla, G., Rouphael, Y., Cardarelli, M., and Rea, E. 2006. Effect of salinity on yield, fruit quality, leaf gas exchange, and mineral composition of grafted watermelon plants. HortScience. 41(3), 622–627.

Colla, G., Rouphael,Y., Leonardi,C., and Zhilong, B. 2010. Role of grafting in vegetable crops grown under saline conditions. Scientia Horticulturae. 127, 147-155.

FAO. 2024. FAOSTAT agricultural database. From http://apps.fao.org

Goreta, S., Bucevic-Popovic, V., Selak, G.V., Pavela-Vrancic, M., and Perica, S. 2008. Vegetative growth, superoxide dismutase activity and ion concentration of salt-stressed watermelon as influenced by rootstock. The Journal of Agricultural Science. 146(60), 695-704.

Huang, Y., Tang, R., Cao, Q., and Bie, Z. 2009. Improving the fruit yield and quality of cucumber by grafting onto the salt tolerant rootstock under NaCl stress. Scientia Horticulturae. 122(1), 26-31.

Huang, Y., Bie, Z., He, S., Hua, B., Zhen, A., and Liu, Z. 2010. Improving cucumber tolerance to major nutrients induced salinity by grafting onto *Cucurbita ficifolia*. Environmental and Experimental Botany. 69(1), 32-38.

Huang, Y., Bie, Z., Liu, P., Niu, M., Zhen, A., Liu, Z., Lei, B., Gu, D., Lu, C., and Wang, B. 2013. Reciprocal grafting between cucumber and pumpkin demonstrates the roles of the rootstock in the determination of cucumber salt tolerance and sodium accumulation. Scientia Horticulturae. 149, 47-54.

Irigoyen, J.J., Emerich, D.W., and Sanchie-Diaz, M. 1992. Water stress induced changing concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiologia Plantarum. 84, 67-72.

Jalali, A.H., and Jafari, P. 2013. Effect of potassium fertilizer on yield of three cultivars of watermelon under salt stress conditions. Agricultural Crop Management. 14(2), 31-41. [In Persian with English summary]

Kantor, M., and Levi, A. 2018. Utilizing genetic resources and precision agriculture to enhance resistance to biotic and abiotic stress in watermelon. Notulae Scientia Biologicae, 10, 1-7. doi:10.15835/nsb10110242.

Kaya, C., Tuna, L., and Higgs, D. 2006. Effect of silicon on plant growth and mineral nutrition of maize grown under water stress condition. Journal of Plant Nutrition. 29, 1469-1480.

Lee, J. 1984. Cultivation of grafted vegetables I. current status, grafting methods, and benefits. HortScience. 29(4), 235-239.

Llanderal, A., Vasquez Munoz, G., Pincay-Solorzano, M.S., Ceasar, S.A., García-Caparros, P. 2025. Growth, spectral vegetation indices, and nutritional performance of watermelon seedlings subjected to increasing salinity levels. Agronomy. 15, 1620.

Mansouri, H., and Ahmadi moghadam, A. 2007. The effect of mycorrhiza colonization on the resistance of barley (*Hordeum vulgare*) to salinity. Research Journal of University of Isfahan "Science". 24(2), 27-38. [In Persian with English summary]

Munns, R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. New Physiology. 167, 645-663.

Najaf Zadeh, S., and Ehsanpour, A. 2012. Effect of drought stress on some physiological parameters of two potato cultivars (Kenebec and Concord) under in vitro culture condition. Arid Biome Scientific and Research Journal. 2(1), 70-82. [In Persian with English summary]

Rajabipour, E. 2016. Investigation of grafting compatibility in two melon accessions and their evaluation under salinity stress. M.Sc thesis, Department of horticulture science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan. [In Persian with English summary]

Raghami, M., Estaji, A., Bagheri, V., and Aryakia, E. 2016. Effect of salinity stress and salicylic acid on some morphophysiological characteristics of eggplant (*Solanum melongena* var. Taki) in soilless culture. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture. 7(3), 77-87. [In Persian with English summary]

Rivero, R.M., Ruiz, J.M., and Romero, L. 2003. Can grafting in tomato plants strengthen resistance to thermal stress? Journal of the Science of Food and Agriculture. 83, 1315–1319.

Rouphael, Y., Cardarelli, M., Rea, E., and Colla, G. 2012. Improving melon and cucumber photosynthetic activity, mineral composition, and growth performance under salinity stress by grafting onto Cucurbita hybrid rootstocks. Photosynthetica. 50(2), 180-188.

Saadatmand, A.R., Banihashemi, Z., Maftoun, M., and Sepaskhah, A. R. 2008. Interactive effect of soil salinity and water stress on growth and chemical compositions of pistachio nut tree. Journal of Plant Nutrition. 30, 2037-2050.

Santa-Cruz, A., Martinez-Rodriguez, M.M., Perez-Alfocea, F., Romero-Aranda, R., and Bolarin, M. C. 2002. The rootstock effect on the tomato salinity response depends on the shoot genotype. Plant Science. 162(5), 825-831.

Scholander, P.E., Hammel, H.T., Bradstreet, E.D., and Hemmingsen, E.A. 1965. Sap pressure in vascular plant. Science. 48, 339-346.

Sheng, M., tang, M., Chen, H., Yang, B., Zang, F., and Huang, Y. 2008. Influence of Arbuscular mycorrhizal on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. Mycorrhiza. 18, 287- 296.

Singathiya, P., Mahala, P., Yadav, L.P., Varotariya, K., Brahmani, G., Sohi, A., Choudhary, R., Jangu, R., Uikey, P., and Kumar, S. 2025. Advanced grafting techniques for mitigating biotic and abiotic stresses in vegetable crops: breeding and biotechnological approaches. Biotechnology for the Environment. 2, 9. doi:10.1186/s44314-025-00023-8.

Tuna, A.L., Kaya, C., Ashraf, M., Altunlu, H., Yokas, L., and Yagmur, B. 2007. The effects of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. Environmental and Experimental Botany. 59(2), 173-178.

Wahb-Allah, M.A. 2014. Effectiveness of Grafting for the Improvement of Salinity and Drought Tolerance in Tomato (*Solanum lycopersicon* L.). Asian Journal of Crop Science. 6(2), 112.

Wang, Y., Zhou, J., Wen, W., Sun, J., Shu, S., and Guo, S. 2023. Transcriptome and proteome analysis

identifies salt stress response genes in bottle gourd rootstock-grafted watermelon seedlings. Agronomy. 13, 618.

Weatherley P.E. 1950. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. New Phytolgist. 49, 81-97.

Yan, Y., Wang, S., Wei, M., Gong, B., and Shi, Q. 2018. Effect of different rootstocks on the salt stress tolerance in watermelon seedlings. Horticultural Plant Journal. 4, 239-249. doi:https://doi.org/10.1016/j.hpj.2018.08.003.

Yousefi1, F., Hassibi, P., Roshanfekr, H., and Meskarbashee, M. 2016. Study of Drought and Salinity Stress Effect on Some Physiological Characters of Two Canola (*Brassica Napus* L.) Varieties in Ahvaz. Journal of Plant Production. 38(4), 25-34. [In Persian with English summary]

Zhu, J., Bie, Z., Huang, Y., and Han, X. 2008. Effect of grafting on the growth and ion concentrations of cucumber seedlings under NaCl stress. Soil Science and Plant Nutrition. 54(6), 895-902.