

## بررسی کارایی هندوانه ابوجهل (*Citrullus colocynthis*) و کیوانو (*Cucumis metuliferus*) به عنوان پایه برای خیار جهت افزایش مقاومت به تنش شوری در مقایسه با پایه تجاری کبالت

مهدی بیکدلو<sup>۱\*</sup>، احمدرضا عباسی<sup>۲</sup> و حمیدرضا روستا<sup>۳</sup>

۱، ۲ و ۳. استادیار، دانشیار و استاد، دانشکده کشاورزی و محیط زیست، دانشگاه اراک، اراک، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۲ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۳)

### چکیده

شوری آب و خاک، یکی از دلایل کاهش عملکرد خیار می باشد. برای امکان سنجی استفاده از دو پایه غیرتجاری جهت ایجاد مقاومت به شوری در خیار و مقایسه آن با پایه تجاری کبالت، آزمایشی در مرزعه دانشکده کشاورزی دانشگاه اراک بصورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی اجرا شد. عامل اول تنش شوری در سه سطح (بدون تنش، ۳۰ میلی مولار و ۶۰ میلی مولار نمک طعام) و عامل دوم پایه در چهار سطح خیار غیرپیوندی، پایه هندوانه ابوجهل (*Citrullus colocynthis*)، پایه کیوانو (*Cucumis metuliferus*) و پایه تجاری کبالت (*C. maxima* × *C. moschata*) بود. نتایج نشان داد افزایش مقدار شوری منجر به کاهش معنی دار طول ساقه، درصد وزن خشک ساقه، برگ و میوه شد. پایه تجاری کبالت بیشترین طول ساقه، بیشترین نسبت طول به عرض میوه و کمترین محتوای مالوندی آلدئید در شرایط تنش شوری را دارا بود. پایه هندوانه ابوجهل از نظر درصد وزن خشک ساقه، کلروفیل کل برگ، کارتنوئید برگ، محتوای نسبی آب برگ و کاهش مقدار سدیم برگ در شرایط شوری نسبت به سایر پایه ها و خیار غیرپیوندی کارایی بهتری داشت. بیشترین درصد وزن خشک برگ و میوه، فنل کل و پتاسیم برگ در خیار پیوندی روی پایه کیوانو مشاهده شد. نتایج نشان داد پایه های هندوانه ابوجهل و کیوانو را می توان به عنوان پایه های مناسب و سازگار با شرایط تنش شوری برای پیوند خیار معرفی نمود.

واژه های کلیدی: پیوند، صفات رویشی، صفات فیزیولوژیکی، کدوئیان.

## Evaluation the efficiency of *Citrullus colocynthis* and *Cucumis metuliferus* as rootstocks for cucumber to increase the salinity resistance compared to the commercial rootstock of Cobalt

Mahdi Bikdeloo<sup>1\*</sup>, Ahmad Reza Abbasifar<sup>2</sup> and Hamid Reza Roosta<sup>3</sup>

1, 2, 3. Assistant Professor, Associate Professor and Professor, Faculty of Agriculture and Environment, Arak University, Arak, Iran  
(Received: Nov. 23, 2021 - Accepted: Feb. 12, 2022)

### ABSTRACT

Water and soil salinity is one of the reasons for the reduction of cucumber yield. In order to verify the feasibility of using two non-commercial rootstocks to increase salinity resistance in cucumber and compare it with the commercial rootstock of Cobalt RZ F1, an experiment was conducted in the research farm of agricultural faculty of Arak University in a factorial experiment based on randomized complete block design. The first factor was salinity stress at three levels (no stress, 30 mM and 60 mM NaCl) and the second factor was rootstocks at four levels included non-grafted cucumber, colocynth (*Citrullus colocynthis*), kiwano (*Cucumis metuliferus*) and Cobalt (*C. maxima* × *C. moschata*). The results showed that increasing the amount of salinity led to a significant decrease in the stem length, stem, leaf and fruit dry weight percentage. The Cobalt rootstock had the highest stem length, the highest length to fruit width ratio and the lowest increase in malondialdehyde content under salinity stress. The colocynth rootstock had better performance in terms of dry weight percentage of stem, total leaf chlorophyll, leaf carotenoid, relative leaf water content and reduction of leaf sodium content in saline conditions compared to other rootstocks and non-grafted cucumber. The highest amounts of total phenol content, leaf potassium content and percentage of leaf and fruit dry weight were observed in grafted cucumber on kiwano rootstock. The results showed that colocynth and kiwano rootstocks can be introduced as suitable and compatible rootstocks to increase salinity tolerance in grafted cucumbers.

**Keywords:** Cucurbitaceae, grafting, physiological traits, vegetative traits.

\* Corresponding author E-mail: m-bikdeloo@araku.ac.ir

### مقدمه

شوری آب و خاک یکی از تنش‌های غیرزنده مهم می‌باشد که به دلیل کاهش جذب آب و عناصر غذایی در گیاهان، رشد و عملکرد محصولات کشاورزی را در سراسر جهان کاهش می‌دهد (Madadkhah *et al.*, 2017). بخش عمده‌ای از مساحت کشور ایران را مناطق خشک و نیمه خشک تشکیل می‌دهند که از ویژگی‌های این مناطق تبخیر زیاد و نزولات جوی اندک و پراکنده می‌باشد. این امر موجب کاهش آبشویی طبیعی ناشی از بارش باران شده و تجمع نمک‌های مختلف در لایه‌های سطحی خاک را تشدید می‌کند (Alizadeh, 2007). هم‌چنین نداشتن مدیریت صحیح آبیاری و استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی سبب افزایش میزان شوری در سایر مناطق کشور شده است. بطوری‌که کشور ایران پس از هند و پاکستان با دارا بودن ۶/۸ میلیون هکتار اراضی شور در صدر کشورهای در معرض تهدید از نظر تنش شوری محسوب می‌گردد (Moameni, 2010). حجم آب‌های شور در کشور نیز قابل توجه می‌باشد، بطوری‌که بسیاری از رودخانه‌های جنوب، جنوب غرب و مناطق مرکزی کشور شور و لب شور هستند. حدود ۵۰ سال است که تحقیقات شوری در کشور آغاز شده و تاکنون به طور روزافزونی ادامه داشته است، لیکن همواره با چالش‌هایی روبرو بوده است (Ranjbar & Pirasteh, 2015). این چالش‌ها در زمینه تحقیقات به‌نژادی که برای دستیابی به نمونه‌های ژنتیکی متحمل، جهت انتقال صفات مقاومت از توده‌های بومی به رقم‌های زراعی از روش‌هایی مانند تلاقی با رقم‌های زراعی، تلاقی برگشتی، انتقال ژن و... استفاده می‌کنند، پررنگ‌تر می‌باشد. زمان‌بر و پرهزینه بودن روش‌های به‌نژادی برای بهبود صفات زراعی یک توده وحشی یا انتقال مقاومت‌های آن به رقم‌های زراعی، یکی از چالش‌های اصلی در این زمینه می‌باشد. علاوه بر این، در فرآیند اصلاح گونه‌های مقاوم وحشی و یا در جریان انتقال صفت مقاومت به رقم‌های زراعی احتمال ایجاد یا انتقال صفات نامطلوب وجود دارد. در این صورت امکان تاثیر منفی بر عملکرد و کیفیت محصول قابل پیش بینی خواهد بود (Schwarz *et al.*, 2010).

یکی از راه‌های کاهش هزینه و مدت زمان لازم برای داشتن گیاهان مقاوم بدون داشتن اثرات منفی، استفاده از تکنیک پیوند در گیاهان می‌باشد که در کمترین زمان ممکن و با هزینه پایین می‌توان رقم‌های زراعی حساس به تنش را روی پایه‌های مقاوم پیوند کرد و میزان اثر تنش را کاهش داد (Colla *et al.*, 2012). امروزه از پیوند در سبزی‌ها برای ایجاد مقاومت در برابر دمای پایین، کاهش میزان زرد شدن (Chlorosis) در خاک‌های آهکی، افزایش میزان جذب مواد غذایی، افزایش تحمل به شوری و کاهش اثر منفی عناصر سنگین خاک استفاده می‌شود (Colla *et al.*, 2006a; Roosta *et al.*, 2022).

در بین محصولات مختلف کشاورزی، گیاهان خانواده کدوئیان به دلیل رشد سریع به‌خصوص در مراحل اولیه رشد (گیاهچه‌ای) و داشتن برگ‌های بزرگ، سیستم ریشه‌ای سطحی و نیاز آبی بالا، نسبت به انواع تنش‌ها، به‌خصوص خشکی و شوری حساس می‌باشند (Korkmaz *et al.*, 2007). از این‌رو، استفاده از تکنیک پیوند به عنوان راهکاری نوین و سالم برای مقابله با تنش‌های زنده و غیرزنده در گونه‌های مختلف خانواده کدوئیان بوده که مطابق آمارنامه کشاورزی در سال ۱۳۹۹، دارای سطح زیر کشت حدود ۷/۵ هزار هکتار و میزان تولید ۱/۹ میلیون تن در کشور ایران می‌باشد (Ahmadi *et al.*, 2021). از آنجایی‌که خیار سیستم ریشه‌ای نسبتاً ضعیفی دارد، نسبت به بسیاری از بیماری‌های خاکزی و تنش‌های غیر زنده (خشکی، شوری و...) حساس است (Zafreh *et al.*, 2013). استفاده از تکنیک پیوند با بکارگیری پایه‌های مقاوم می‌تواند راه‌حل مناسبی در این زمینه باشد. یکی از منابع مهم ژنتیکی با تحمل بالا به تنش خشکی و شوری در خانواده کدوئیان، گیاه هندوانه ابوجهل با نام علمی *Citrullus colocynthis* می‌باشد که به طور گسترده در مناطق بیابانی و شن‌زارهای صحرای بزرگ آفریقا، عربستان و ایران رویش دارد. این گونه به‌خوبی با شرایط سخت بیابانی سازگار شده و بدون پژمردگی در

### مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور شوری (سه سطح صفر، ۳۰ و ۶۰ میلی مولار) و پیوند (چهار سطح کاربرد سه پایه و گیاه غیرپیوندی) و در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه اراک انجام شد. در این آزمایش از بذر خیار رقم بتا آلفا شرکت Vikima به‌عنوان پیوندک و بذر پایه‌های غیر تجاری هندوانه ابوجهل جمع‌آوری شده از استان کرمان، کیوانو از شرکت لاروزا (Larosa) ایتالیا و پایه تجاری کبالت (*Cucurbita maxima*) تولید شده در شرکت Rijk Zwaan هلند و وارد شده توسط شرکت سپاهان رویش اصفهان استفاده شد.

برای کاشت بذرهای پایه و شاهد از گلدان‌های کوچک پلاستیکی و برای کاشت نشاءهای پیوندک از سینی‌های کشت به همراه بستر کشت شامل کوکوپیت و پرلیت به نسبت ۱ به ۱ استفاده گردید. بذرهای هندوانه ابوجهل ۱۰ روز قبل از کشت بذر سایر پایه‌ها و پیوندک کشت شد تا از نظر جوانه‌زنی و مدت زمان رشد مشکلی ایجاد نگردد. بعد از کامل شدن عملیات کاشت بذرها و آبیاری، گلدان‌ها و سینی‌های کشت در شرایط دمایی مناسب جوانه‌زنی در داخل گلخانه قرار داده شدند. نشاءهای پایه و پیوندک در مرحله کامل شدن برگ‌های لپه‌ای و ظهور اولین برگ حقیقی با روش پیوند نیم‌انیم پیوند شدند. پیوند نیم‌انیم برای اکثر سبزی‌ها بخصوص پایه‌ها با هیپوکوتیل نازک مثل هندوانه، خیار و خربزه نسبت به سایر روش‌های پیوند کاربرد زیادی دارد (Davis et al., 2008). پس از انجام عملیات پیوند، نشاءهای پیوندی به اتاقک پیوند با رطوبت نسبی حدود ۹۵ درصد و دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد انتقال یافتند و به مدت ده روز در اتاقک پیوند قرار داشتند. پس از خروج از اتاقک پیوند، عملیات مقاوم‌سازی گیاهان پیوندی در داخل گلخانه انجام پذیرفت. نشاءهای پیوندی در این شرایط به رشد خود ادامه داده و در مرحله دو الی سه برگ حقیقی به زمین کشت از قبل آماده شده در مزرعه دانشکده کشاورزی انتقال داده شدند. اعمال تیمار شوری یک هفته پس از انتقال

برگ‌ها و خشک‌شدن می‌تواند در این شرایط زنده بماند (Dane et al., 2006). در بررسی پیوند هندوانه بر روی پایه هندوانه ابوجهل مشخص گردید که میزان مقاومت به خشکی در گیاهان پیوندی بر روی این پایه افزایش می‌یابد (Bikdeloo et al., 2021). کیوانو یا خیار شاخدار آفریقایی (*Cucumis metuliferus*) گونه‌ای دیگر از خانواده کدوئیان است که بطور وحشی در مناطق گرمسیری قاره آفریقا از جنوب صحرای بزرگ آفریقا تا سنگال، نیجریه، نامیبیا، بوتسوانا، آفریقای جنوبی و سوازیلند رشد می‌کند و مقاومت بسیار خوبی به شرایط خشک و شور بیابانی دارد (Usman et al., 2015). این گونه علاوه بر داشتن مقاومت مناسب به تنش‌های غیرزنده، مقاومت بسیار بالایی نیز به بیماری‌های خاکزی مخصوصاً فوزاریوم و نماتد دارد که می‌تواند ارزش استفاده از آن را به عنوان پایه برای خیار چند برابر نماید (Adarsh et al., 2020). بررسی منابع علمی نشان می‌دهد که از خیار شاخدار آفریقایی تنها به‌عنوان پایه برای کنترل نماتد مولد گره ریشه و کنترل بیماری‌های خاکزی در ملون‌ها استفاده شده است (Gisbert et al., 2014; Guan et al., 2017) و مطالعه‌ای در زمینه استفاده از آن به‌عنوان پایه برای خیار جهت کنترل تنش‌های زنده و غیر زنده وجود ندارد.

تاکنون مطالعات مختلفی در زمینه استفاده از پایه‌های مختلف نظیر کدو تنبل، کدو قلیانی، کدو برگ انجیری و هیبریدهای مختلف کدو برای کاهش اثرات تنش شوری در خیار انجام شده است (Colla et al., 2009; Huang et al., 2019; Niu et al., 2012). ولی مطالعه‌ای درباره کاربرد گونه‌های بومی نظیر هندوانه ابوجهل و کیوانو به‌عنوان پایه برای ایجاد مقاومت به تنش شوری در پیوند با خیار انجام نشده است. هدف از انجام این تحقیق، پیوند خیار بر روی این دو گونه بومی از خانواده کدوئیان بوده تا میزان مقاومت ایجاد شده به تنش شوری، با گیاهان پیوندی شده روی پایه تجاری کبالت و گیاهان غیر پیوندی خیار در شرایط عدم تنش و تنش شوری متوسط و سخت مورد ارزیابی قرار گیرد.

جهت اندازه‌گیری میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید، مقدار ۰/۲۵ گرم از نمونه برگ‌گی فریز شده را در هاون چینی ریخته، سپس با استفاده از نیتروژن مایع آن را خرد کرده و به خوبی له شد. بیست میلی لیتر استون ۸۰ درصد به نمونه اضافه کرده، سپس با سرعت ۴۸۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مقدار جذب روشناور حاصل از سانتریفیوژ نمونه‌ها در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۷ و ۶۶۳ نسبت به بلانک اندازه‌گیری شد. در نهایت با استفاده از روابط زیر میزان کلروفیل کل و کاروتنوئیدها بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه به دست آمد (Lichtenthder, 1987).

$$\begin{aligned} \text{کلروفیل کل} &= [(12/25 \times A_{663}) - (2/79 \times A_{647})] \\ &+ [(21/5 \times A_{663}) - (5/1 \times A_{647})] \\ \text{کلروفیل a} &= [(1000 \times A_{670}) - (1/82 \times a \\ &)/198] \text{ (کلروفیل b} \times 85/2) - \end{aligned}$$

برای تعیین میزان پراکسیداسیون چربی‌ها از سنجش میزان مالون‌دی‌آلدهید استفاده شد. بدین منظور ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه برگ‌گی پودر شده با نیتروژن مایع وزن شد و ۱/۷ میلی‌لیتر تری‌کلرو-استیک‌اسید یک درصد (W/V) به آن اضافه شد و پس از چند ثانیه ورتکس کردن به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس یک میلی‌لیتر از روشناور را برداشته و درون فالكون‌های جدید ریخته و ۱/۵ میلی‌لیتر تری‌کلرو استیک اسید ۲۰ درصد (W/V) حاوی ۰/۵ درصد تیوباربیتوریک اسید به آن اضافه شد. مخلوط حاصل پس از چند ثانیه ورتکس کردن به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت، سپس سریعاً با قرار دادن درون یخ خنک گردید. پس از آن به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد و به مدت دو تا سه دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت. میزان جذب توسط اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر قرائت گردید. بلانک حاوی تمام ترکیبات ذکر شده در بالا بدون عصاره بود (Ben Amor et al., 2005).

جهت سنجش میزان نشت الکترولیت، از هر تکرار از تیمار مربوطه سه برگ بالغ جدا شد و سپس قطعاتی

گیاهان پیوندی و غیر پیوندی به زمین اصلی و اطمینان از استقرار کامل نشاءها آغاز شد. کشت نشاءها در اواسط خرداد ماه بصورت جوی و پشت‌های یک طرفه با فاصله بوته‌های حدود ۱۲۰ سانتی‌متر بین ردیف و ۴۰ سانتی‌متر روی ردیف انجام شد. آبیاری با استفاده از مخازن جدا برای هر تیمار به صورت جوی و پشت‌های سنتی انجام گردید. تنش شوری با استفاده از حل کردن نمک NaCl در آب مخزن آبیاری هر تیمار به مقدار ۳۰ و ۶۰ میلی مولار اعمال گردید. برای جلوگیری از شوک ناگهانی تنش شوری، تیمارهای شوری در دو هفته‌ای ابتدایی بصورت یک نوبت در هر هفته با آب حاوی ۳۰ میلی‌مولار نمک آبیاری شدند. سپس اعمال تیمارهای تنش شوری ۳۰ و ۶۰ میلی مولار آغاز شد. هم‌چنین برای جلوگیری از تجمع نمک در خاک، در طول مدت اعمال تیمارهای تنش شوری دو بار از آب غیرشور برای آبیاری نمک خاک استفاده گردید. بدلیل عدم اندازه‌گیری عناصر موجود در خاک مزرعه قبل از کاشت گیاهان، از مقادیر پایین کود پایه در حدود ۳۰ کیلوگرم ازت خالص، ۳۰ کیلوگرم فسفر خالص و ۴۵ کیلوگرم پتاس خالص در هر هکتار، هنگام شخم زمین استفاده شد. هم‌چنین در طول مدت رشد بوته‌های خیار در دو نوبت از کود کامل تهیه شده از شرکت بیوزر به مقدار ۳ لیتر در هکتار به صورت محلول در آب آبیاری غیر شور (جهت آبیاری) برای تغذیه تکمیلی استفاده گردید. مشخصات خاکشناسی مزرعه پس از اعمال تیمارهای تنش شوری در پایان آزمایش از عمق ۳۰ سانتی‌متری هر تیمار نمونه برداری و ارزیابی شد (جدول ۱).

صفات رویشی پس از گذشت دو ماه از زمان کشت بوته‌ها اندازه‌گیری شد. طول ساقه توسط متر فلزی، وزن تر و خشک توسط ترازوی دیجیتالی و شکل میوه از تقسیم طول به عرض میوه با استفاده از کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شد. عملکرد زودرسی بر اساس وزن میوه در بوته در تیمارهای مختلف در ۱۰ روز اول برداشت میوه ارزیابی گردید. هم‌چنین یک هفته قبل از پایان آزمایش، نمونه‌های برگ‌گی از تیمارهای مختلف برداشت شد و صفات بیوشیمیایی مورد نظر در آزمایشگاه ارزیابی گردید.

را با دو میلی‌لیتر معرف فولین سیوکالتیو (۱:۱۰) مخلوط کرده و پس از چند دقیقه ۱/۶ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد به آن اضافه گردید. بعد از نیم‌ساعت انکوبه شدن در دمای اتاق و در تاریکی جذب مخلوط حاصل در طول موج ۷۶۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر نسبت به بلانک خوانده شد. محتوی ترکیبات فنولی نمونه‌ها با استفاده از منحنی کالیبراسیون آماده شده توسط اسید گالیک تعیین گردید (Singleton & Rossi, 1965).

جهت اندازه‌گیری مقدار سدیم و پتاسیم، ۵۰۰ میلی‌گرم از نمونه‌های برگ خشک شده در آون را توزین کرده و در کروزه‌های چینی می‌ریزیم و به مدت ۶ ساعت در داخل کوره الکتریکی با دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار می‌دهیم. سپس به اندازه ۱۰ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک یک نرمال اضافه و در روی بن‌ماری قرار می‌دهیم. بعد از گذشته چند دقیقه زمانی که خاکستر داخل کروزه بطور کامل توسط اسید هضم گردید عمل صاف کردن عصاره‌ها با استفاده از کاغذ صافی انجام و توسط آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر می‌رسانیم. مقدار سدیم و پتاسیم توسط دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شده و توسط منحنی استاندارد بدست آمده از نمک‌های سدیم و پتاسیم بصورت میلی‌گرم در لیتر محاسبه شد (Kalra, 1997). در پایان آزمایش، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ آنالیز آماری شده و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ارزیابی گردید.

### نتایج و بحث

#### آنالیز خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مرزعه پس از اعمال تیمارهای تنش شوری در پایان آزمایش از عمق ۳۰ سانتی‌متری هر تیمار در جدول ۱ آمده است. خاک مزرعه دارای بافت لومی رسی با اسیدیته بین ۶/۷۶ تا ۷/۰۲ بوده است. میزان هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در تیمار صفر، ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار نمک طعام به ترتیب ۱/۲۴، ۱/۷۷ و ۲/۰۸ میلی‌زیمنس اندازه‌گیری شد. میزان پتاسیم در تیمار صفر

با قطر ۱۰ میلی‌متر از نمونه‌های برگ جدا شده و به فالكون‌های ۵۰ میلی‌لیتری حاوی ۱۵ میلی‌لیتر آب مقطر دوبار تقطیر منتقل شدند. سپس فالكون‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق روی شیکر قرار داده و بعد از آن هدایت الکتریکی بخش مایع با استفاده از یک هدایت‌سنج الکتریکی اندازه‌گیری شد ( $EC_1$ ). سپس، فالكون‌های حاوی برگ و آب مقطر به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار یک اتمسفر اتوکلاو شدند. پس از خارج کردن از اتوکلاو فالكون‌ها سریعاً با قرار دادن در بین قطعات یخ سرد شده و پس از خنک شدن هدایت الکتریکی کل آن اندازه‌گیری شد ( $EC_2$ ). با استفاده از رابطه زیر میزان نشت الکترولیت محاسبه گردید (Rouphael et al., 2008).

$$= EC_2 - EC_1 \times 100 = \text{درصد نشت یونی}$$

برای ارزیابی محتوای نسبی آب برگ، سه نمونه برگ از برگ‌های بالغ در هر تکرار از تیمارهای مختلف انتخاب گردید و دیسک‌های با قطر ۲۰ میلی‌متر از هر برگ جدا شد. وزن تر قطعات جدا شده بلافاصله اندازه‌گیری و به مدت چهار ساعت در داخل پتری‌های درب‌دار حاوی آب مقطر در دمای اتاق و مکانی تاریک قرار گرفتند. پس از گذشت این زمان، قطعات برگ از آب مقطر خارج و پس از گرفتن رطوبت سطحی آن‌ها، مجدداً توزین شدند. سپس نمونه‌های برگ به مدت ۲۴ ساعت در داخل خشک‌کن با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و در نهایت وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد و با استفاده از رابط زیر محتوای نسبی آب برگ محاسبه شد (Jones & Turner, 1978).

= درصد محتوای نسبی آب برگ

$$= \frac{(\text{وزن خشک} - \text{وزن تر})}{(\text{وزن خشک} - \text{وزن تورژسانس})} \times 100$$

برای اندازه‌گیری فنل کل از روش رنگ‌سنجی فولین-سیوکالتیو استفاده شد. برای انجام این آزمایش ۰/۲ گرم برگ تازه گیاه به همراه ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد ساپیده و به مدت سه ساعت روی شیکر قرار گرفت پس از آن به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. ۴۰۰ میکرولیتر از عصاره بدست آمده

در سطوح شوری ۳۰ و ۶۰ میلی مولار را نسبت به خیار غیرپیوندی، پایه کدو تنبل دارا بود (Farajimanesh *et al.*, 2016). در مطالعه دیگر، پیوند خیار بر روی پایه‌های تجاری کدو نظیر شینتوزا، روت‌پاور و کبالت منجر به افزایش طول ساقه در شرایط بدون تنش و تنش شوری نسبت به خیار غیر پیوندی شده است (Madadkhah *et al.*, 2017).

هم‌چنین نتایج پیوند خیار بر روی کدو تنبل و اعمال تنش شوری به میزان ۹۱ میلی مولار نمک طعام به مدت ۱۰ روز نشان داد که رشد ساقه در خیار پیوند شده بر روی پایه کدو تنبل ۲۹ درصد و در خیار خود پیوندی به میزان ۵۸ درصد نسبت به شرایط بدون تنش کاهش می‌یابد (Huang *et al.*, 2013). این نتایج نشان می‌دهد که سیستم قوی ریشه در پایه‌های پیوندی نظیر کدو منجر به افزایش جذب مواد غذایی و تحریک رشد بخش هوایی در گیاهان پیوندی می‌گردد (Petropoulos *et al.*, 2012).

با نتایج آزمایش مشخص شد که سطوح مختلف تنش شوری بر عملکرد زودرسی خیار اثر معنی‌دار دارد و با افزایش سطح تنش شوری از میزان عملکرد زودرسی کاسته می‌شود. این امر نشان می‌دهد که تنش شوری برداشت میوه را به تأخیر می‌اندازد و میزان عملکرد را کاهش می‌دهد. هم‌چنین اثر ساده پایه‌ها و اثر متقابل پایه و تنش شوری بر میزان عملکرد زودرسی معنی‌دار نبود. هر چند از نظر عددی بین مقادیر عملکرد زودرسی در پایه‌های مختلف اختلاف وجود داشت ولی از نظر آماری این اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۲). تنش شوری با تأثیر منفی بر خصوصیات رشدی سبب تأخیر در نمو و رشد قسمت‌های زایشی در گیاهان می‌گردد و می‌تواند با تأثیر بر تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی زمان ظهور اندام‌های زایشی را دست‌خوش تغییر نماید (Madadkhah, 2018).

میلی مولار کمتر از تیمار ۶۰ میلی مولار بود که می‌تواند بدلیل جذب بیشتر آن از خاک توسط گیاه باشد. هم‌چنین میزان سدیم خاک در تیمار ۳۰ و ۶۰ میلی مولار نمک طعام افزایش زیادی نسبت به تیمار صفر میلی مولار نمک طعام داشت که بدلیل آب شوری است که جهت اعمال تنش شوری به خاک داده شده است (جدول ۱).

#### تأثیر تیمار شوری و پایه بر صفات ریخت‌شناسی

اثر اصلی تنش شوری و پایه بر طول ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ولی اثر متقابل پایه و تنش شوری بر طول ساقه معنی‌دار نشد. با افزایش تنش شوری از طول ساقه کاسته شد، به نحوی که کمترین میزان طول ساقه در سطح تنش شوری ۶۰ میلی مولار بدست آمد. هم‌چنین بین پایه‌های مختلف، پایه تجاری کبالت، کیوانو و هندوانه ابوجهل بترتیب طول ساقه بیشتری را نسبت به خیار غیر پیوندی دارا بودند (جدول ۲). رشد در گیاهان عبارت است از افزایش برگشت ناپذیر در حجم، اندازه یا وزن که شامل مراحل تقسیم سلول، طویل شدن سلول و تمایز سلول می‌باشد. هر دو مرحله تقسیم سلول و طویل شدن سلول تحت تأثیر تنش شوری قرار می‌گیرند بنابراین طول و اندازه گیاهان دچار تغییر می‌شود. این کاهش رشد گیاهان در اثر تنش شوری می‌تواند با تجمع مواد حدواسط سمی و اختلال در فعالیت‌های فتوسنتزی بدلیل بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه کاهش جذب دی‌اکسیدکربن جهت تامین کربن مورد نیاز رشد گیاه مرتبط باشد. هم‌چنین شوری می‌تواند با کاهش تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند سیتوکینین و افزایش بازدارنده‌های رشد مانند اسید آبسزیک مرتبط باشد (Taiz & Zeiger, 2010). در بررسی اثر پایه در میزان رشد ساقه خیار در شرایط تنش شوری مشخص گردید که بیشترین طول ساقه

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه.

Table 1. Some physical and chemical properties of field soil.

Salt treatment	Soil Texture	Sand (%)	Clay (%)	Silt (%)	pH	EC (dS/ m)	K (ppm)	Na (ppm)
0 mM	Clay Loam	33.6	39.3	27.1	7.02	1.24	437.2	77.53
30 mM	Clay Loam	35.6	39.8	24.6	6.80	1.77	510.1	548.2
60 mM	Clay Loam	33.5	39.8	26.7	6.76	2.08	544.5	594.7

مختلف تنش اثر معنی داری بر قطر میوه خیار نداشتند. هم‌چنین نوع پایه در قطر میوه اثر معنی داری داشت و پایه تجاری کدو شینتوزا با ۳۱/۶ میلی‌متر و خیار غیرپیوندی با ۲۷/۴ میلی‌متر به ترتیب بیشترین و کمترین قطر میوه را دارا بودند. با این وجود نوع پایه مورد استفاده اثر معنی داری در اندازه طول میوه‌های خیار نداشت (Farhadi *et al.*, 2017).

اثر متقابل پایه و تنش شوری روی درصد وزن خشک میوه، ساقه و برگ معنی دار نبود. در حالی که با افزایش سطح تنش شوری مقادیر آنها به‌طور معنی داری افزایش یافت و در سطح شوری ۶۰ میلی‌مولار بالاترین میزان ماده خشک در بین برگ، ساقه و میوه وجود بدست آمد که نشان دهنده افزایش میزان وزن خشک این اندام‌ها نسبت به وزن تر در شرایط تنش شوری می‌باشد. برای میوه ای مانند خیار که بیش از ۹۶ درصد وزن میوه را آب تشکیل داده است با افزایش سطح شوری میزان آب موجود در اندام مذکور کاهش یافته است. هم‌چنین در بین گیاهان پیوندی کمترین درصد وزن خشک برگ و میوه مربوط به گیاهان پیوندی روی دو پایه هندوانه ابوجهل و کبالت بود که نشان دهنده مقاومت نسبی این پایه‌ها نسبت به تنش شوری می‌باشد (جدول ۲). نتایج مشابهی در پیوند خیار بر روی دو پایه مقاوم به شوری بدست آمده است. بطوری که با افزایش میزان شوری از صفر میلی‌مولار به ۶۰ میلی‌مولار، درصد وزن خشک میوه بطور میانگین در گیاهان پیوندی ۱/۴ درصد و در گیاهان غیرپیوندی ۲/۳ درصد افزایش یافت که نشان‌دهنده کاهش درصد افزایش وزن خشک میوه در دو پایه مقاوم به شوری نسبت به خیار غیرپیوندی بود (Huang *et al.*, 2009).

در مورد تاثیر پایه بر زودرسی میوه خیار گزارش‌های مختلفی وجود دارد. برخی از گزارش‌ها نشان می‌دهند که استفاده از پایه می‌تواند موجب زودرسی میوه خیار گردد بطور مثال نتایج حاصل از تحقیق دو ساله پیوند خیار گلخانه‌ای روی پایه‌های کدو نشان داد پایه کدو مسمایی موجب زود گلدهی پیوندک و افزایش عملکرد زودرسی شده است (Farhadi, 2016). هم‌چنین پیوند خیار رقم ویلمورین (Vilmorin) روی پایه کدو منجر به زودرس شدن میوه نسبت به گیاهان غیرپیوندی خیار شده است (Akbari Cheshmehmanesh *et al.*, 2003). در حالی که استفاده از پایه کارلا و کدو تنبل برای خیار سبب تشکیل گل ماده در گره‌های بالاتر نسبت به خیار غیرپیوندی می‌شود که می‌تواند سبب دیررسی محصول گردد (Farajimanesh, 2015).

نتایج تنش شوری بر شکل میوه در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد و با افزایش میزان شوری از طول میوه‌ها کاسته شد. هم‌چنین بین پایه‌های مختلف تنها پایه هندوانه ابوجهل با سایر پایه‌ها در این صفت اختلاف معنی دار داشت و میوه‌های تولید شده بر روی این پایه دارای قطر کمتری بودند. اثر متقابل پایه و تنش شوری بر شکل میوه معنی دار نبود (جدول ۲). بر بررسی اثر پایه‌های مختلف بر میزان تحمل تنش شوری در خیار رقم اسپادانا مشخص گردید تیمار شوری می‌تواند بر طول میوه خیار تاثیرگذار باشد. بطوری که بیشترین طول میوه با اندازه ۹/۸ سانتی‌متر در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین طول میوه با اندازه ۷/۴ سانتی‌متر در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر حاصل گردید در حالی که سطوح

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل ترکیب پیوندی و شوری بر برخی صفات ریخت‌شناسی خیار.

Table 2. Mean comparison interaction effect of grafting combination and salinity on some morphological parameters of cucumber.

Treatment	Levels	Vine length (cm)	Early yield (g/plant)	Fruit shape	Fruit dry matter (%)	Stem dry matter (%)	Leaf dry matter (%)
Salt treatment	0 mM NaCl	154.75a	432.78a	4.92b	3.36c	8.89b	12.48c
	30 mM NaCl	132.92b	185.02b	5.14ab	3.71b	9.75a	13.06b
	60 mM NaCl	117.75c	106.46c	5.35a	4.25a	9.94a	14.87a
Graft combination	Cucumber / Colocynth	133.83b	231.10a	4.56b	3.36b	11.52a	11.77c
	Cucumber / Cobalt	141.27a	280.09a	5.42a	3.50b	10.13b	12.84b
	Cucumber / Kiwano	137.44ab	247.40a	5.20a	4.12a	8.52c	14.67a
	Ungrafted Cucumber	128.01c	207.09a	5.38a	4.10a	7.94c	14.62a

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly different at 5% probability level.

### تأثیر تیمار شوری و پایه بر صفات فیزیولوژیکی

اثرات ساده تنش شوری و پایه بر میزان کلروفیل کل و کارتنوئیدها به صورت معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل بین آن‌ها در این صفات معنی‌دار نشد. با افزایش سطوح شوری از مقدار این دو صفت کاسته شد (جدول ۳). کاهش محتوای کلروفیل برگ خیار در پاسخ به تنش شوری یک پدیده عمومی است که در نتیجه اختلال سنتز کلروفیل در گیاه ایجاد می‌شود (Stepien & Yildirim *et al.*, 2008; Klobus, 2006). مشخص شده است که افزایش شوری میزان جذب یون منیزیم را کاهش می‌دهد. با توجه به اینکه منیزیم یک عنصر ضروری برای ساختن کلروفیل‌ها می‌باشد، بنابراین کاهش کلروفیل در سطوح بالای تنش شوری را می‌توان به کاهش عنصر منیزیم در برگ نسبت داد (Papadopoulos *et al.*, 1995). همچنین این کاهش ممکن است به دلیل فعال‌سازی آنزیم کلروفیل‌از و تولید رادیکال‌های آزاد در اثر افزایش غلظت شوری باشد که منجر به تخریب غشاهای تیلاکوئیدهای کلروپلاست شده و تشکیل پلاستیدهای جدید کلروفیل‌ها را کاهش دهد (Colla *et al.*, 2010a). کارتنوئیدها در کلروپلاست به عنوان رنگدانه‌های کمکی در جذب نور فعالیت می‌کنند که مهم‌ترین نقش آن‌ها، حفاظت سیستم فتوسنتزی در برابر رادیکال‌های آزاد نظیر گونه‌های اکسیژن فعال است که میزان کاهش آن به مقدار تنش شوری و نوع گونه گیاهی بستگی دارد (Kafi *et al.*, 2009). همچنین تنش شوری با تأثیر بر عوامل روزنه‌ای باعث کاهش ورود دی‌اکسیدکربن به درون سلول‌های برگ می‌شود که نتیجه آن کاهش میزان فتوسنتز و سنتز کربوهیدرات‌ها می‌باشد. از دلایل کاهش در هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش شوری را می‌توان به ارسال سیگنال‌هایی از ریشه گیاهان تحت تنش مانند تولید آبسزیک اسید در ریشه و انتقال آن به شاخه‌ها نسبت داد (Soori *et al.*, 2019). در این صورت ریشه پایه‌های مختلف می‌تواند در فعالیت سلول‌های نگهبان روزنه و تحمل به تنش شوری نقش داشته باشد. پایه‌های استفاده شده در تحقیق حاضر، اثر معنی‌داری بر مقدار کلروفیل کل و کارتنوئیدها داشتند. پایه‌های هندوانه ابوجهل و کیوانو بالاترین مقادیر این دو صفت را دارا بودند که نشان دهنده افزایش مقاومت به

شوری خیار پیوند شده روی این پایه‌ها می‌باشد. پایداری کلروفیل شاخصی از مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی است و بالا بودن این شاخص نشان دهنده تأثیر کم این تنش‌ها بر میزان کلروفیل گیاه است. بطوری‌که ارقام متحمل مقدار کلروفیل بالاتری نسبت به ارقام حساس در شرایط تنش دارا هستند (Shakarami *et al.*, 2011). در پاسخ به تنش شوری در خیار مشخص گردید که استفاده از پایه می‌تواند درصد کاهش میزان کلروفیل و کارتنوئیدهای برگ را نسبت به گیاهان غیر پیوندی در شرایط تنش شوری بطور معنی‌داری کاهش دهد (Madadkhah *et al.*, 2017). دینگ و همکاران (Ding *et al.*, 2011) نشان دادند که استفاده از تکنیک پیوند در هندوانه سبب افزایش میزان کلروفیل و فتوسنتز در گیاهان پیوندی می‌گردد که یکی از دلایل آن توانایی گیاهان پیوندی در حذف رادیکال‌های آزاد است که منجر به کاهش تجزیه کلروفیل‌ها در اثر این رادیکال‌های آزاد می‌گردد. برای خنثی کردن اثر سمی رادیکال‌های آزاد نظیر گونه‌های اکسیژن فعال ایجاد شده در اثر تنش شوری، یک سیستم آنتی‌اکسیدانی با کارایی بالا نیاز است. بخوبی مشخص شده است که کارتنوئیدها دارای خواص آنتی‌اکسیدانی بوده و می‌توانند سیستم فتوسنتزی را از آسیب گونه‌های اکسیژن فعال حفاظت نمایند. همچنین کارتنوئیدها از طریق مکانیسمی که چرخه گزانتوفیل نامیده می‌شود باعث مصرف اکسیژن و حفاظت از کلروفیل‌ها در مقابل فتواکسیداسیون می‌شوند (Alizadeh, 2007). پس پایه‌هایی نظیر هندوانه ابوجهل و کیوانو که در این مطالعه دارای مقادیر کلروفیل کل و کارتنوئیدهای بالایی بودند توانایی بیشتری برای حفاظت از فعالیت‌های فتوسنتزی را در شرایط تنش شوری دارا می‌باشند.

اثرات ساده و متقابل تنش شوری و پایه بر مقدار مالون‌دی‌آلدئید برگ معنی‌دار بود (جدول ۳). بطوری‌که با افزایش شوری از سطح صفر میلی‌مولار تا ۶۰ میلی‌مولار مقدار مالون‌دی‌آلدئید برگ افزایش یافت ولی این افزایش در در برگ خیارهای پیوندی به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از خیارهای غیر پیوندی بود. بیشترین افزایش مقدار مالون‌دی‌آلدئید برگ در شرایط تنش شوری نسبت به شرایط غیر تنش در

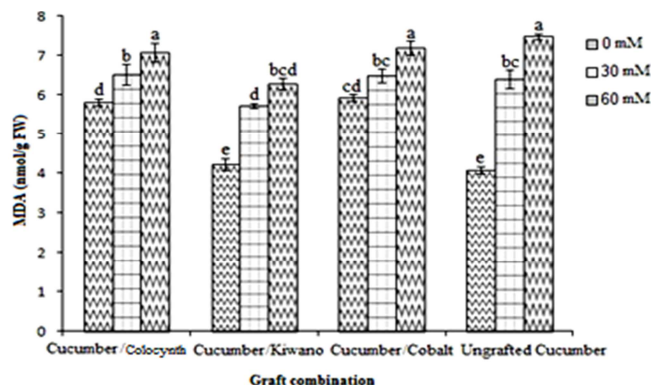


پایه‌های تجاری کدو در سطوح مختلف تنش شوری نسبت به گیاهان غیرپیوندی بسیار پایین‌تر می‌باشد. از اینرو پیشنهاد گردید پایه‌های تجاری کدو با کاهش جذب یون سدیم از محیط ریشه و انتقال کمتر آن از ریشه به برگ، از تخریب غشای سلولی توسط تجمع یون سدیم جلوگیری می‌نمایند (Madadkhah, 2018). مشابه این نتایج در پایه‌های مختلف گوجه‌فرنگی پیوندی و غیرپیوندی در شرایط تنش شوری نیز مشاهده شده است (He *et al.*, 2009).

طبق نتایج بدست آمده اثر ساده نوع پایه و اثر متقابل پایه و شوری روی درصد نشت الکترولیت معنی‌داری نبود. ولی با اعمال تنش شوری میزان نشت الکترولیت‌ها بطور معنی‌داری افزایش یافت و بالاترین میزان نشت الکترولیت در تیمار شوری ۶۰ میلی مولار مشاهده شد (جدول ۳). نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که اعمال تنش شوری موجب افزایش نشت الکترولیت‌ها در گیاه خیار می‌شود که می‌تواند در نتیجه کاهش پایداری غشاء و نشت مواد سیتوپلاسمی از سلول‌های گیاه باشد (Kamali *et al.*, 2020).

خیار غیرپیوندی مشاهده شد و کمترین میزان افزایش مالون‌دی‌آلدئید نیز در برگ خیارهای پیوندی روی پایه تجاری کبالت و هندوانه ابوجهل مشاهده گردید (شکل ۱).

افزایش سطح تنش شوری سبب تخریب غشاهای سلولی و افزایش غلظت مالون‌دی‌آلدئید در برگ می‌شود و بسته به مقاومت ایجاد شده توسط پایه‌های مختلف و فعال شدن سیستم آنتی‌اکسیدانی در داخل بافت گیاهی، مقدار این افزایش متفاوت می‌باشد (Kumar *et al.*, 2015; Madadkhah *et al.*, 2018). برای ارزیابی پایداری غشای سلولی در شرایط تنش، از سنجش مقدار مالون‌دی‌آلدئید به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان معیاری برای تفکیک گونه‌ها و ژنوتیپ‌های حساس و متحمل استفاده شده است و پایداری غشاء بالاتر با تحمل به تنش‌های غیرزیستی در بسیاری سبزی‌ها همراه بوده است (Bikdeloo *et al.*, 2021). با بررسی پایه‌های مختلف تجاری برای افزایش مقاومت به شوری در خیار رقم خسیب مشخص گردید مقدار افزایش مالون‌دی‌آلدئید در گیاهان پیوندی بر روی



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و ترکیب پیوندی بر محتوای مالون‌دی‌آلدئید برگ خیار.

Figure 1. Mean comparison interaction effect of salinity and graft combination on malondialdehyde content in cucumber leaf.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل ترکیب پیوندی و شوری بر برخی صفات فیزیولوژیکی برگ خیار.

Table 3. Mean comparison interaction effect of grafting combination and salinity on some physiological parameters of cucumber leaf.

Treatment	Levels	Total chlorophyll (mg/g FW)	Carotenoids (mg/g FW)	MDA (nmol/g FW)	EL (%)
Salt treatment	0 mM	2.26a	0.97a	5.01c	83.00b
	30 mM	1.99ab	0.72b	6.28b	84.53a
	60 mM	1.63b	0.52c	7.02a	84.71a
Graft combination	Cucumber / Colocynth	2.11a	0.98a	6.48a	83.16
	Cucumber / Cobalt	1.98b	0.61b	6.54a	83.88
	Cucumber / Kiwano	2.01ab	0.77ab	5.42c	84.52
	Ungrafted Cucumber	1.78b	0.58b	5.98b	84.72

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly different at 5% probability level.

غیرپیوندی محتوای نسبی آب بالاتری داشتند که این افزایش محتوای نسبی آب را به تنظیم اسمزی و متحمل بودن این پایه‌ها نسبت داده‌اند (Farajimanesh *et al.*, 2016).

اثر متقابل شوری و پایه بر میزان فنل کل برگ معنی‌دار نبود ولی اثرات ساده آن‌ها بر میزان فنل کل معنی‌دار شد. با افزایش سطح شوری میزان فنل کل روند افزایشی داشته و در بین پایه‌های مورد استفاده، کیوانو بالاترین و هندوانه ابوجهل پایین‌ترین میزان فنل کل را در مقایسه با خیار غیرپیوندی دارا بودند (جدول ۴). فنل کل در تنظیم فرآیندهای متابولیکی و رشد گیاهان نقش مهمی دارد. به‌عنوان مثال، پیش ماده بسیاری از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بوده و نقش اساسی در حذف رادیکال‌های آزاد تولید شده توسط تنش‌های گوناگون را بر عهده دارد (Martin-Tanguy, 2001). در گزارشی مقدار فنل کل برگ خیار پیوندی روی پایه کبالت در تنش شوری ۶۰ میلی مولار بالاتر از سایر پایه‌ها نظیر شینتوزا و روت‌پاور و گیاهان غیرپیوندی بود. افزایش مقدار فنل کل در این پایه، توانایی بالا اهدا هیدروژن برای تثبیت رادیکال‌های آزاد بیشتر را نشان می‌دهد که سبب کاهش آسیب سلولی و افزایش تحمل به شرایط تنش شوری را در پی خواهد داشت (Madadkhan *et al.*, 2017). هم‌چنین مقدار فنل کل در برگ‌های گوجه فرنگی ارقام مقاوم به تنش شوری بیشتر از ارقام حساس بود (Agamy *et al.*, 2013). هر چند در مطالعه دیگری، نوع پایه‌های مختلف از قبیل کدو تنبل، کدو خورشیدی، کدو قلیانی، کدو آستانه اشرفیه، خیار بومی اصفهان و کارلا بر میزان فنل کل برگ خیار پیوندی در سطوح شوری ۳۰ و ۶۰ میلی مولار تاثیر معنی‌داری نداشت (Farajimanesh, 2015).

براساس نتایج جدول ۴ اثر ساده تنش شوری، پایه و اثر متقابل آن‌ها بر مقدار پتاسیم و سدیم برگ معنی‌دار شد و پتاسیم برگ با افزایش شدت تنش شوری بطور معنی‌دار کاهش یافت. در سطح تنش شوری صفر میلی مولار پایه کبالت، در سطح تنش شوری ۳۰ میلی مولار پایه کیوانو و در سطح تنش شوری ۶۰ میلی مولار پایه‌های کبالت و کیوانو بالاترین میزان پتاسیم را دارا بودند (شکل ۲).

با تجزیه داده‌های حاصل از محتوای نسبی آب برگ مشخص شد که اثر ساده پایه و شوری بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۴). هر چند اثر متقابل آن‌ها در این صفت معنی‌دار نشد. محتوای نسبی آب برگ به عنوان شاخصی برای نشان دادن آسیب‌های ناشی از تنش‌های غیرزیستی معرفی شده است. از اینرو با افزایش سطح تنش شوری از محتوای نسبی آب برگ در بوته‌های خیار کاسته شد. در بین پایه‌های مورد استفاده، هندوانه ابوجهل و کیوانو نسبت به کبالت و خیار غیرپیوندی از محتوای نسبی آب برگ بیشتر برخوردار بودند. میزان کاهش محتوای نسبی آب برگ تحت تاثیر نوع گونه گیاهی، شدت و مدت تنش قرار می‌گیرد و ارتباط نزدیکی با جذب آب توسط ریشه‌ها و از دست رفتن آب توسط تعرق در برگ دارد (Yang *et al.*, 2006). در بین عوامل مختلف، عنصر پتاسیم می‌تواند نقش کلیدی در تنظیم فشار اسمزی، کنترل روزنه‌ای و میزان تعرق داشته باشد (Shabala *et al.*, 2000). هم‌چنین افزایش غلظت عنصر سدیم در سلول‌های گیاهی منجر به کاهش پتانسیل آب و محتوای نسبی آب برگ می‌گردد (Rajabipour *et al.*, 2019). لذا بالا بودن میزان عنصر پتاسیم و پایین بودن میزان عنصر سدیم در برگ پایه‌های مورد استفاده می‌تواند بر میزان محتوای نسبی آب برگ اثر گذار باشد. علاوه بر این، برخی از پایه‌ها با افزایش سنتز قندهای محلول و محلول‌های سازگار نظیر پرولین و گلیاسین بتائین در ریشه به تنظیم اسمزی سلول‌ها جهت حفظ فشار آماس و جذب آب کمک می‌کنند (Munns & Tester, 2008). افزایش سنتز قندهای محلول و پرولین طی تنش شوری در گیاهان خیار و گوجه فرنگی پیوند شده نسبت به گیاهان غیر پیوندی مشاهده شده که نتیجه آن افزایش محتوای نسبی آب برگ بوده است (Huang *et al.*, 2009). لذا از این صفت می‌توان به عنوان یکی از شاخص‌های مناسب جهت گزینش گیاهان متحمل در شرایط تنش شوری بهره برد. بطوری‌که در بین پایه‌های مورد استفاده برای خیار جهت مقاومت به تنش شوری، پایه‌های کارالا و خیار بومی نسبت به پایه‌های مختلف کدو و خیار

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل ترکیب پیوندی و شوری بر محتوای نسبی آب، فنل کل، عناصر سدیم و پتاسیم برگ خیار.  
Table 4. Mean comparison interaction effect of grafting combination and salinity on relative water content, total phenolic, sodium and potassium elements of cucumber leaf.

Treatment	Levels	RWC (%)	Total phenolic (mg GAE/g DW)	Leaf potassium (mg/g DW)	Leaf sodium (mg/g DW)
Salt treatment	0 mM	83.37a	23.78c	44.11a	1.25c
	30 mM	82.27b	24.56b	42.65a	3.78b
	60 mM	80.54c	26.34a	31.12b	6.90a
Graft combination	Cucumber / Colocynth	83.14a	21.843c	34.48b	3.42d
	Cucumber / Cobalt	81.21c	25.148b	42.60a	3.88b
	Cucumber / Kiwano	82.29b	27.283a	43.53a	3.71c
	Ungrafted Cucumber	81.58c	25.288b	36.56b	4.89a

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly different at 5% probability level.

2010a). هم‌چنین استفاده از پایه بومی کدو توانست اثرات مضر تنش قلیایی و شوری را بر جذب عناصر غذایی نظیر پتاسیم را توسط گیاه خیار کاهش دهد (Roosta & Bikdeloo, 2021). در تحقیق حاضر هم درصد کاهش پتاسیم برگ در خیار غیرپیوندی نسبت به گیاهان پیوندی روی پایه کیوانو و کبالت بالاتر بود که می‌تواند به حساس بودن گیاهان غیرپیوندی خیار نسبت داده شود (شکل ۲).

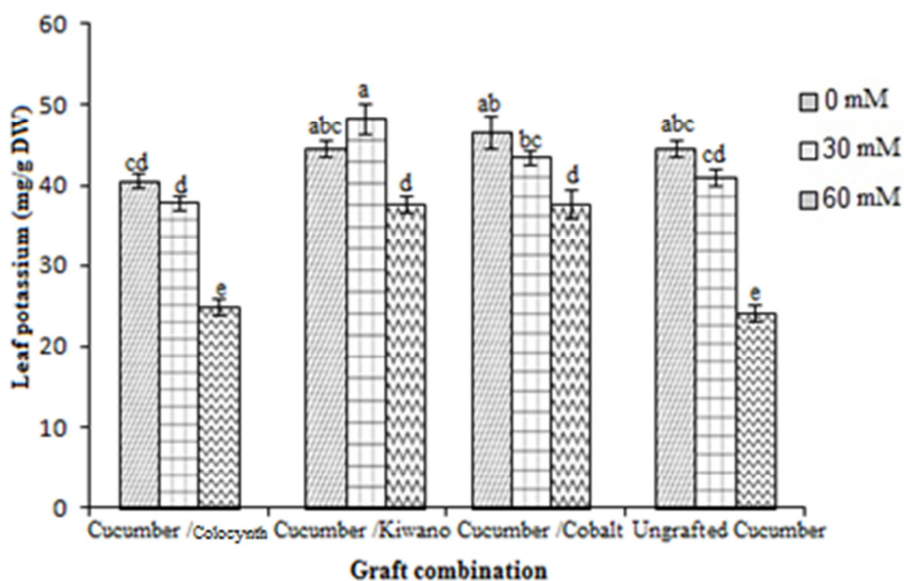
با افزایش سطوح تنش شوری میزان عنصر سدیم در برگ‌ها بطور معنی‌داری افزایش یافت و بالاترین مقدار آن در گیاهان غیرپیوندی و کمترین مقدار آن در پایه هندوانه ابوجهل بود (جدول ۴). اثر متقابل شوری و پایه بر مقدار سدیم برگ معنی‌دار بود و در سطح شوری صفر میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری در بین گیاهان پیوندی و غیرپیوندی وجود نداشت اما در سطح تنش شوری ۳۰ میلی‌مولار گیاهان غیرپیوندی بالاترین مقدار و پایه هندوانه ابوجهل کمترین مقدار عنصر سدیم را در برگ دارا بودند. هم‌چنین در سطح شوری ۶۰ میلی‌مولار بیشترین مقدار سدیم برگ در گیاهان غیرپیوندی و کمترین مقدار در پایه کیوانو مشاهده شد (شکل ۳).

این نتایج نشان می‌دهد پایه‌های استفاده شده در این تحقیق بطور معنی‌داری از تجمع سدیم در شرایط تنش شوری در برگ خیار جلوگیری کرده‌اند. بطور کلی پایه‌های مقاوم به شوری میزان کمتری از سدیم را جذب می‌کنند یا در صورت جذب، این یون را در ریشه خود نگهداری می‌کنند و از انتقال آن‌ها به اندام‌های هوایی جلوگیری

طبق تحقیقات انجام شده، با افزایش شوری در محیط اطراف ریشه، غلظت سدیم نسبت به یون‌های پتاسیم افزایش چشم‌گیری پیدا می‌کند و رقابت بر سر جذب یون سدیم و یون پتاسیم در ریشه گیاه افزایش می‌یابد. در نتیجه از غلظت پتاسیم در اندام گیاهی کاسته شده و بر غلظت سدیم افزوده می‌گردد (Rus et al., 2004). پتاسیم یک عنصر پر مصرف اصلی گیاهی است که نقش مهمی در رفتار روزنه‌ای، تنظیم اسمزی، فعالیت آنزیم‌ها و گسترش سلولی ایفا می‌کند. با جایگزین شدن جذب سدیم بجای پتاسیم در تنش شوری اغلب فرآیندهای گیاهی از جمله باز و بسته شدن روزنه‌ها، فعالیت آنزیم‌ها و انتقال مواد در آوندهای آبکشی تحت تاثیر کاهش عنصر پتاسیم قرار می‌گیرد (Maathuis & Sanders, 1996). در پیوند خیار روی پایه‌های مقاوم به شوری نیز مقدار پتاسیم برگ با افزایش سطوح شوری از صفر میلی‌مولار تا ۶۰ میلی‌مولار بطور معنی‌داری کاهش یافت (Huang et al., 2009). در مطالعه دیگر، میزان کاهش پتاسیم در برگ خیار پیوندی روی پایه‌های روت‌پاور، شینتوزا و کبالت با افزایش سطوح شوری با شیب ملایمی کاهش یافت اما در خیار غیرپیوندی این کاهش در تیمار ۸۰ میلی‌مولار بسیار زیاد و حدود سه برابر گیاهان پیوندی بود (Madadkhah et al., 2017). تحقیقات نشان داده است که بالا بودن مقدار عنصر پتاسیم در برگ گیاهان در هنگام تنش شوری به علت مکانیسم جذب فعال این یون در ریشه می‌باشد که یکی از علایم افزایش مقاومت به تنش شوری در این گیاهان می‌باشد (Colla et al.,

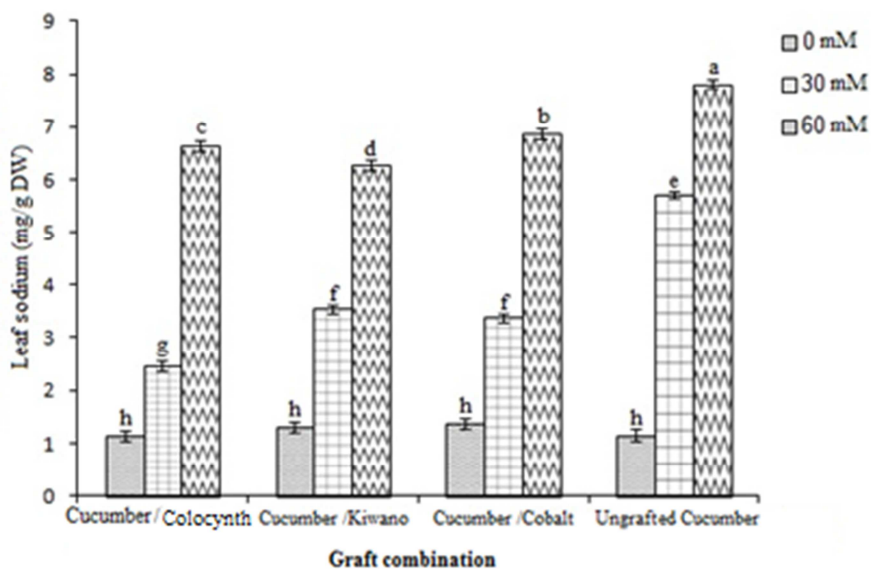
نتیجه یک انتقال فعال از میان غشای فسفولیپیدی می‌باشد که بوسیله  $H^+$ -ATPase کدگذاری شده توسط ژن PMA ایجاد می‌شود. پس حضور و میزان فعالیت این ژن در میزان دفع سدیم در ریشه تاثیر گذار خواهد بود (Niu *et al.*, 2018). فرضیه دفع یون سدیم در پایه‌های خربزه و هندوانه پیوندی قرار گرفته در معرض تنش شوری نیز مشاهده شد (Colla *et al.*, 2006b; Colla *et al.*, 2010b).

می‌نمایند (Niu *et al.*, 2019; Usanmaz & Abak, 2019). مطالعات الکتروفیزیولوژیکی نشان داد که ریشه کدو تنبل کارایی بالایی در دفع یون سدیم و کاهش میزان جذب آن از خود نشان می‌دهد (Lei *et al.*, 2014). از آنجایی که این افزایش دفع یون سدیم در تنش شوری هم‌زمان با افزایش ورود  $H^+$  می‌باشد، بنابراین پیشنهاد شده است که دفع یون سدیم در ریشه‌های کدو تنبل تحت تنش شوری در



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و ترکیب پیوندی بر مقدار پتاسیم برگ خیار.

Figure 2. Mean comparison interaction effect of salinity and graft combination on leaf potassium content of cucumber.



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و ترکیب پیوندی بر مقدار سدیم برگ خیار.

Figure 3. Mean comparison interaction effect of salinity and graft combination on leaf sodium content of cucumber.

## نتیجه‌گیری کلی

شوری، دو پایه بومی هندوانه ابوجهل و کیوانو در مقایسه با پایه تجاری کبالت و خیار غیرپیوندی، از وضعیت بهتری دارا می‌باشند. بنابراین می‌توانند به‌عنوان پایه برای خیار جهت کاهش اثرات منفی تنش شوری معرفی گردند.

نتایج این آزمایش نشان داد تنش شوری صفات رویشی و فیزیولوژیکی خیار را تحت تاثیر قرار می‌دهد و استفاده از تکنیک پیوند در کاهش این اثرات نقش موثری می‌تواند داشته باشد. بطوری‌که در دو سطح تنش شوری ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار، بین گیاهان پیوندی و غیرپیوندی از نظر صفات مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری وجود داشت. همچنین مشخص شد که در بسیاری از شاخص‌های فیزیولوژیکی مقاومت به تنش

## سپاسگزاری

از شرکت سپاهان رویش اصفهان بابت تأمین بذر پایه تجاری کبالت، تشکر و قدردانی می‌گردد.

## REFERENCES

1. Adarsh, A., Kumar, A., Pratap, T., Solankey, S. S. & Singh, H. K. (2020). Grafting in vegetable crops towards stress tolerance. Edited by: Hemant Kumar Singh, Shashank Shekhar Solankey and Manoj Kumar Roy, Prosperity through Improved Agricultural Technologies, (pp. 167-184). Delhi, India: Jaya Publishing House.
2. Agamy, R.A., Hafez, E.E. & Taha, T.H. (2013). Acquired resistant motivated by salicylic acid applications on salt stressed tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 13(1), 50-57.
3. Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Mohammadnia Afrooz, S.H., Abbas Taghani, R., Yari, S.H. & Kalantari, M. (2021). *Agricultural statistics volume 3: Horticultural products*. Ministry of Agricultural Jihad, Deputy of Planning and Economic, Iran ICT Center. Tehran. 157p. (In Farsi).
4. Akbari Cheshmehmanesh, A., Kashi, A., Meamar Moshrefi, M. & Khososi, M. (2003). Effect of grafting on growth and yield of two greenhouse cucumber cultivars, Vilmorin and Royal 24189, onto figleaf squash (*Cucurbita ficifolia*) rootstock. *Seed & Plant Improvement Journal*, 19(4), 447-456. (In Farsi).
5. Alizadeh, A. (2007). *Relation between water, soil and plant*. Astan Ghods Razavi Publications, Mashhad. 472p. (In Farsi).
6. Ben Amor, N., Ben Hamed, K., Debez, A., Grignon, C. & Abdelly, C. (2005). Physiological and antioxidant responses of the perennial halophyte *Crithmum maritimum* to salinity. *Plant Science*, 168, 889-899.
7. Bikdeloo, M., Colla, G., Roupahel, Y., Hassandokht, M. R., Soltani, F., Salehi, R., Kumar, P. & Cardarelli, M. (2021). Morphological and physio-biochemical responses of watermelon grafted onto rootstocks of wild watermelon [*Citrullus colocynthis* (L.) Schrad] and commercial interspecific cucurbita hybrid to drought stress. *Horticulturae*, 7(359), 1-12.
8. Colla G, Roupahel Y, Rea E & Cardarelli M. (2012). Grafting cucumber plants enhance tolerance to sodium chloride and sulfate salinization. *Scientia Horticulture*, 135, 177-185.
9. Colla, G., Raupahel, Y., Gardarelli, M. & Rea, E. (2006a). Effect of salinity on yield fruit quality, leaf gas exchange and mineral composition of grafted watermelon plants. *HortScience*, 41, 622-627.
10. Colla, G., Roupahel, Y., Leonardi, C. & Bie, Z. (2010a). Role of grafting in vegetable crops grown under saline conditions. *Scientia Horticulturae*, 127, 147-155.
11. Colla, G., Roupahel, Y., Cardarelli, M., Salerno, A. & Rea, E. (2010b). The effectiveness of grafting to improve alkalinity tolerance in watermelon. *Environmental & Experimental Botany*, 68 (3), 283-91.
12. Colla, G., Roupahel, Y., Cardarelli, M., Massa, D., Salerno, A. & Rea, E. (2006b). Yield, fruit quality and mineral composition of grafted melon plants grown under saline conditions. *The Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 81 (1), 146-52.
13. Dane, F., Liu, J. & Zhang, C. (2006). Phylogeography of the bitter apple, *Citrullus colocynthis*. *Genetic Resources & Crop Evolution*, 54, 327-336.
14. Davis, A.R., Perkins-Veazie, P., Sakata, Y., Lopez-Galarza, S., Maroto, J.V., Lee, S.G., Huh, Y.C., Sun, Z., Miguel, A., King, S.R., Cohen, R. & Lee, J.M. (2008). Cucurbit grafting. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 27, 50-74.
15. Ding, M., Bie, B., Jiang, W., Duan, Q., Du, H. & Huang, D. (2011). Physiological advantages of grafted watermelon (*Citrullus lanatus*) seedlings under low-temperature storage in darkness. *HortScience*. 46(7), 993-996.

16. Farajimanesh, A. (2015). *Effects of salinity on cucumber plants grafted on different rootstocks*. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran. (In Farsi).
17. Farajimanesh, A., Haghghi, M. & Mobli, M. (2016). The effect of different endemic cucurbita rootstocks on water relation and physiological changes of grafted cucumber under salinity stress. *Iranian Journal of Horticultural Science & Technology*, 17 (3), 351-368. (In Farsi).
18. Farhadi, A., Aroiee, H., Nemati, H. Salehi, R. & Giuffrida, F. (2017). The effects of grafting to improve salinity tolerance in greenhouse cucumber cv. Spadana. *Journal of Soil & Plant Interactions*, 8(3), 121-138. (In Farsi).
19. Farhadi, A. (2016). *Study of growth and yield response of grafted and non-grafted greenhouse cucumber plants to salinity stress*. Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Farsi).
20. Gisbert, C., Gammoudi, N., Munera, M., Giné, A., Pocurull, M., Sorribas, F. J. & Picó, M. B. (2015). Evaluation of two potential *Cucumis spp.* resources for grafting melons. *Acta Horticulturae*, 1151, 157-162.
21. Guan, W., Zhao, X., Dickson, D. W., Mendes, M. L. & Thies, J. (2014). Root-knot nematode resistance, yield, and fruit quality of specialty melons grafted onto *Cucumis metulifer*. *HortScience*, 49(8), 1046-1051.
22. He, Y., Zhu, Z.J., Yang, J., Ni, X.L. & Zhu, B. (2009). Grafting increases the salt tolerance of tomato by improvement of photosynthesis and enhancement of antioxidant enzymes activity. *Environmental & Experimental Botany*, 66, 270-278.
23. Huang, Y., Bie, Z.L., Liu, P., Niu, M., Zhen, A., Liu, Z.X., & 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.
24. Huang, Y., Tang, R., Cao, Q., & 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.
25. Jones, M.M. & Turner, T.C. (1978). Osmotic adjustment in leaves of sorghum on response to water deficits. *Plant Physiology*, 25, 591-597.
26. Kafi, M., Borzoei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A. & Nabati, J. (2009). *Physiology of environmental stresses in plants*. Publication of Ferdowsi University. 502 pp. (In Farsi).
27. Kalra, Y. (Ed.). (1997). *Handbook of reference methods for plant analysis*. CRC press.
28. Kamali, K., Zamani, E. & Ramin, A. (2020). An investigation of salinity stress effects on vegetative and physiological characteristics of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Journal of Crop Breeding*, 12(33), 110-118. (In Farsi).
29. Korkmaz, A., Uzunlu, M. & Demirkiran, A. R. (2007). Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 29(6), 503-508.
30. Kumar, P., Roupael, Y., Cardarelli, M. & Colla, G. (2015). Effect of nickel and grafting combination on yield, fruit quality, antioxidative enzyme activities, lipid peroxidation, and mineral composition of tomato. *Journal of Plant Nutrition & Soil Science*, 178, 848-860.
31. Lei, B., Huang, Y., Sun, J.Y., Xie, J.J., Niu, M.L., Liu, Z.X., Fan, M.L. & Bie, Z.L. (2014). Scanning ion-selective electrode technique and X-ray microanalysis provide direct evidence of contrasting Na<sup>+</sup> transport ability from root to shoot in salt-sensitive cucumber and salt-tolerant pumpkin under NaCl stress. *Physiologia Plantarum*, 152, 738-748.
32. Lichtenther, H.K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, 148, 350-382.
33. Maathuis, F.J.M. & Sanders, D. (1996). Mechanisms of potassium absorption by higher plant roots. *Plant Physiology*, 96, 158-168.
34. Madadkhah, E., Bolandnazar, S. & Oustan, S. (2017). Improving cucumber salt tolerance by grafting on cucurbit rootstock. *Journal of Agricultural Science & Sustainable Production*, 27(3), 153-170. (In Farsi).
35. Madadkhah, E., Bolandnazar, S. & Oustan, S. (2018). Effect of salt stress on growth, antioxidant enzymes activity, lipid peroxidation and photosystem II efficiency in cucumber grafted on cucurbit rootstock. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 49(2), 465-475. (In Farsi).
36. Madadkhah, E. (2018). *Physiological, biochemical and yield traits evaluation of greenhouse cucumber grafted on some cucurbit rootstock under NaCl salinity stress in hydroponic condition*. Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture, Tabriz University, Iran. (In Farsi).
37. Martin-Tanguy, J. (2001). Metabolism and function of polyamines in plants: recent development (new approaches). *Plant Growth Regulation*, 34(1), 135-148.
38. Moameni, A. (2010). Geographical distribution and salinity levels of soil resources of Iran. *Iranian Journal of Soil Research*, 24, 203-215. (In Farsi).

39. Munns, R. & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-681.
40. Niu, M., Huang, Y., Sun, S., Sun, J., Cao, H., Shabala, S. & Bie, Z. (2018). Root respiratory burst oxidase homologue-dependent H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> production confers salt tolerance on a grafted cucumber by controlling Na<sup>+</sup> exclusion and stomatal closure. *Journal of Experimental Botany*, 69(14), 3465-3476.
41. Niu, M., Sun, S., Nawaz, M. A., Sun, J., Cao, H., Lu, J. & Bie, Z. (2019). Grafting cucumber onto pumpkin induced early stomatal closure by increasing ABA sensitivity under salinity conditions. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1290.
42. Oda, M. (2002). Grafting of vegetable crops. Scientific report of the graduate school of agriculture & biological sciences. *Osaka Prefecture University*, 54, 49-72.
43. Papadopoulos, V., Rendig, V. & Broadbent, F.E. (1995). Growth nutrition and water uptake of tomato plants with divided roots in differentially salinized soil. *Agronomy Journal*, 77, 21-26.
44. Petropoulos, S.A., Khah, E.M. & Passam, H.C. (2012). Evaluation of rootstocks for watermelon grafting with reference to plant development, yield and fruit quality. *International Journal of Plant Production*, 6 (4), 481-491.
45. Rajabipour, E., Raghani, M., Karimi, H. R. & Salehi, R. (2019). Investigation on eco-physiological responses of grafted and non-grafted plants in two Iranian melon accessions under salinity stress. *Journal of Horticultural Science*, 33(1), 89-100. (In Farsi).
46. Ranjbar, G. & Pirasteh-Anosheh, H. (2015). A glance to the salinity research in Iran with emphasis on improvement of field crops production. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 17(2). (In Farsi).
47. Roosta, H.R., Akbari, A., Raghani, M. & Bikdeloo, M. (2022). Response of growth physiological characteristics and concentration of some mineral nutrients of local grafted watermelon to oxygen deficiency stress in hydroponic system. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 53(3), 647-665. (In Farsi).
48. Roosta, H.R. & Bikdeloo, M. (2021). Nutritional responses of grafted cucumber on two types of Iranian local squash to alkalinity and salinity stresses. *Journal of Plant Nutrition*, 45(4): 1-8.
49. Roupael, Y., Cardarelli, M., Colla, G. & Rea, E. (2008). Yield, mineral composition, water relations, and water use efficiency of grafted mini-watermelon plants under deficit irrigation. *HortScience*, 43, 730-736.
50. Rus, A., Lee, B., Munoz-Mayer, A., Sharkhuu, A., Miura, K., Zhu, J.K., Bressan, R.A. & Masegawa, P.M. (2004). AtHKT<sub>1</sub> facilitates Na<sup>+</sup> homeostasis and K<sup>+</sup> nutrition in plants. *Plant Physiology*, 136, 2500-2511.
51. Schwarz, D., Roupael, Y., Colla, G. & Venema, J.H. (2010). Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: Thermal stress, water stress and organic pollutants. *Scientia Horticulturae*, 127, 162-171.
52. Shabala, S., Babourina, O. & Newman, I. (2000). Ion-specific mechanisms of osmoregulation in bean mesophyll cells. *Journal of Experimental Botany*, 51(348), 1243-1253.
53. Shakarami, B., Dianati, T.G., Tabari, M. & Behtari, B. (2011). The effect of priming treatments on salinity tolerance of *Festuca arundinacea* Schreb and *Festuca ovina* L. seeds during germination and early growth. *Iranian Journal of Rangelands Forests Plant Breeding & Genetic Research*, 18(2), 318-328. (In Farsi).
54. Singleton, V. L. & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology & Viticulture*, 16(3), 144-158.
55. Soori, N., Bakhshi, D., Rezaei, N. A. & Faizian, M. (2019). Effect of salinity stress on some physiological characteristics and photosynthetic parameters of several Iranian commercial pomegranate genotypes. *Journal of Plant Process & Function*, 8(30), 155-170. (In Farsi).
56. Stepien, P. & Klobus, G. (2006). Water relations and photosynthesis in *Cucumis sativus* L. leaves under salt stress. *Biologia Plant*, 50, 610-616.
57. Taiz, L. & Zeiger, E. (2010). *Plant physiology*, 5th ed. Sinauer Associates Inc. Publishers, Massachusetts. 690 pp.
58. Usanmaz, S. & Abak, K. (2019). Plant growth and yield of cucumber plants grafted on different commercial and local rootstocks grown under salinity stress. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(6), 1134-1139.
59. Usman, J. G., Sodipo, O. A., Kwaghe, A. & Sandabe, U. K. (2015). Uses of *Cucumis metuliferus*: a review. *Cancer Biology*, 5, 24-34.
60. Yang, L. F., Zhu, Y. L., Hu, C. M., Liu, Z. L. & Zhang, G. W. (2006). Effects of NaCl stress on the contents of the substances regulating membrane lipid oxidation and osmosis and photosynthetic characteristics of grafted cucumber. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, 26, 1195-1200.

61. Yildirim, E., Turan, M. & Guvenc, I. (2008). Effect of foliar salicylic acid applications on growth, chlorophyll, and mineral content of cucumber grown under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 31(3), 593-612.
62. Zafreh, A. A. H., Kashi, A., Safari, Z., Kalatejari, S. & Farhadi, A. (2013). Effect of different rootstocks and grafting methods on survival rate, vegetative growth, yield, and some qualitative traits in greenhouse grown cucumber, cv. " Khassib". *Iranian Journal of Horticultural Science*, 44(2), 137-147. (In Farsi).