مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۱۸ شماره ۳ صفحه‌های ۲۲۱ تا ۲۳۶ (۱۳۹۶)

تغییرهای مورفوفیزیولوژیک در پیوندک انجیر رقم سبز روی پایه‌های مختلف در شرایط تنش خشکی[۱]

Morpho-Physiological Changes in Fig Scion (*Ficus carica* L. cv. Sabz) on Different Rootstocks under Drought Stress Conditions

مریم کشاورزی و اختر شکافنده*[۲]

چکیده

در این پژوهش، سه نوع ترکیب پیوندی (سبز/سبز، سبز/سیاه و سبز/ترش) و سه پایه قلمه‌ای (سبز، سیاه و ترش) انجیر به‌مدت ۱۲ هفته زیر چهار تیمار آبیاری (۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و۲۵٪ نیاز آبی) به‌صورت آزمایش فاکتوریل در یک طرح به طور کامل تصادفی با ۵ تکرار در شرایط گلخانه مورد بررسی قرار گرفتند. نتیجه‌ها نشان داد که به طور کلی با افزایش تنش خشکی رشد رویشی و مقدار نسبی آب برگ کاهش و مقدار پرولین برگ افزایش یافت، اما پاسخ‌ها بسته به نوع پایه و نوع ترکیب پیوندی متفاوت بود. پایه سیاه غیرپیوندی بیشترین طول ساقه را در تمام سطح‌های آبیاری نسبت به پایه سبز غیر پیوندی داشت و سبب افزایش طول ساقه در پیوندک سبز در تمام سطح‌های آبیاری شد. هم‌چنین پایه سیاه توانست بیشترین وزن تر و خشک ساقه را در پیوندک سبز نسبت به ساقه سبز در پایه غیر پیوندی ایجاد نماید. ترکیب پیوندی سبز/ترش بیشترین مقدار وزن خشک برگ در واحد سطح را در تمام سطح‌های آبیاری نشان داد. در ۲۵٪ و ۵۰٪ نیازآبی ترکیب پیوندی سبز/سیاه بیشترین مقدار نسبی آب برگ را حفظ کرد. به طور کلی، ترکیب پیوندی سبز/سیاه می‌تواند تحمل بالاتری به تنش خشکی نسبت به ترکیب‌های پیوندی دیگر داشته باشد.

واژه های کلیدی: انجیر، پرولین، پایه، پیوندک، تنش خشکی.

مقدمه

انجیر(*Ficus carica* L.) از تیره توت‌سانان[۳]، یک درخت میوه چندساله است و به‌طورکلی، تحمل بالایی نسبت به کم‌آبی دارد. این درخت به دو صورت دیم و آبی در قسمت‌های مختلف جهان از جمله ایران، ترکیه و کشورهای کرانه دریای مدیترانه کشت می‌شود (۱).

خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و نمو گیاهان است که ۴۰ تا ۶۰٪ از زمین‌های کشاورزی جهان را زیر تأثیر خود قرار داده است (۲). امروزه به‌دلیل تغییرهای اقلیمی و گرم شدن کره زمین، این پدیده مورد توجه زیادی قرار گرفته و راهکارهای مختلفی برای مقابله با کمبود آب و خشک‌سالی ارائه شده است. برای مثال، مدیریت بهینه منابع آب موجود و تلاش‌هایی در جهت کمینه هدر رفت آب، به‌کارگیری سیستم‌های آبیاری

۱- تاریخ دریافت: ۹۶/۹/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۱۸

۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد پیشین و دانشیار علوم باغبانی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

G نویسنده مسئول، پست الکترونیکی (shekafan@shirazu.ac.ir).

۳- Moraceae

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.1.8]

زیرفشار و بهره‌وری از گیاهان متحمل به خشکی (۷) را می‌توان نام برد که در بین این راهکارها، استفاده از نژادگان‌های متحمل به خشکی به عنوان پایه می‌تواند گزینه مناسبی باشد.

پیوند درختان میوه روی پایه‌های مختلف بیشتر با هدف‌هایی شامل بهبود مقاومت به بیماری‌ها (آلودگی‌های باکتریایی، قارچی و ویروسی) و آفت‌ها، افزایش جذب آب و ماده‌های غذایی و کنترل رشد پیوندک انجام شده است و امروزه در جهت افزایش تحمل پیوندک به تنش‌های گرمایی، شوری و خشکی مورد نظر است (۹). پیوند زدن رقم‌های تجاری برگزیده و حساس روی پایه‌های متحمل، یک ابزار نویدبخش برای افزایش تحمل به تنش خشکی است. انتخاب پایه به‌طورمعمول بر اساس توان آن برای بهبود قدرت رشد رویشی در پیوندک و هم‌چنین دوام سیستم ریشه آن در هر نوع خاکی است (۱۷، ۱۸). هم‌چنین، تأثیر پایه روی جذب آب و ماده‌های غذایی بیشتر به ویژگی‌های فیزیکی مانند گسترش افقی و عمودی ریشه‌ها و یا توانایی جذب بیشتر نسبت داده می‌شود (۳). شناخت پاسخ‌های فیزیولوژیک و ریخت‌شناختی درختان پیوندی در رابطه با اثرهای پایه و پیوندک بر هم در تنش کم آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است چراکه می‌توانند به‌عنوان رهنمودی خوب در انتخاب بهترین ترکیب برای شرایط محیطی ویژه مدنظر قرار گیرند (۹، ۱۱).

تعداد زیادی از ویژگی‌های ریخت‌شناختی و فرآیندهای فیزیولوژیک گیاهان زیر تأثیر پایه و پیوندک و ارتباط آن‌ها قرار می‌گیرند که ممکن است روابط آبی و رشد گیاهان را در شرایط تنش خشکی بهبود بخشد. گزارش شده است که در سیب (۱۹) و در مرکبات (۸) پایه‌های متحمل به خشکی می‌توانند مقدار نسبی آب بیشتری در برگ‌های پیوندک در مقایسه با پایه های حساس نگهدارند. تجمع پرولین یکی از سازوکارهای سازگاری در گیاهان است که در هنگام رویارویی گیاه با خشکی افزایش می‌یابد و منجر به تحمل بیشتر گیاه به تنش خشکی می‌شود (۲۵). بولات و همکاران (۵) تجمع پرولین را در درختان پیوند شده روی پایه‌های مختلف سیب و به گزارش دادند. بیشتر بررسی‌هایی که روی درخت انجیر در شرایط تنش خشکی انجام شده است، در زمینه بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک رقم‌های مختلف انجیر در شرایط تنش بوده که همگی آن‌ها (۷، ۱۰، ۱۵، ۲۲) گویای این مطلب هستند که پاسخ درختان انجیر به تنش خشکی، از نژادگانی به نژادگان دیگر متفاوت است. تاکنون گزارشی درباره استفاده از پیوند و بررسی پاسخ به تنش خشکی در درختان انجیر روی پایه‌های مختلف ارائه نشده است. هدف از انجام این پژوهش، بررسی پاسخ‌های مورفوفیزیولوژیک انجیر رقم سبز به‌عنوان یک رقم تجاری روی پایه‌های مختلف در شرایط تنش خشکی برای گزینش پایه‌های مناسب بود.

مواد و روش‌ها

مادههای گیاهی و انجام پیوند

در اوایل ماه آبان ۱۳۹۳ قلمه‌هایی به طول ۲۰ سانتی‌متر از پاجوش‌های درختان بالغ رقم‌های مختلف (سبز از استهبان، سیاه از معالی آباد شیراز و ترش از منطقه دشمن زیاری فارس) تهیه و با آب ژاول (سدیم هایپوکلرایت ۵٪) و سپس با محلول بنومیل ۲ در هزار هر کدام به مدت ۲۰ دقیقه گندزدایی شدند. به‌منظور اطمینان از رفع نیاز سرمایی، قلمه‌ها به مدت ۱۵ روز در دمای ۴ درجه سلسیوس در یخچال قرار گرفتند. سپس، پایین قلمه‌ها با محلول ریشه‌زایی ایندول - ۳- بوتریک اسید (IBA) با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیمار و درون جعبه‌های کارتون پلاست حاوی پرلایت کشت شدند. جعبه‌ها به گلخانه با میانگین دمای بیشینه ۲±۳۸ و کمینه ۲±۱۶ درجه سلسیوس، میانگین رطوبت نسبی ۶۴٪ و نور طبیعی آفتاب منتقل شدند. پس از گذشت ۲ هفته، قلمه‌های ریشه‌دار شده به گلدان‌های پلاستیکی یک لیتری حاوی آمیخته خاکی سترون (خاک مزرعه: خاک برگ: ماسه به نسبت حجمی مساوی) منتقل شدند. پس از گذشت ۸ هفته، زمانی که طول ساقه‌های جدید به ۲۰ سانتی‌متر رسید، انجیر رقم سبز استهبان به‌عنوان پیوندک روی پایه‌های سبز، سیاه و ترش به روش اسکنه پیوند

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.1.8]

شد. محل پیوند با نوار پیوند محکم بسته شد. برای نگهداری رطوبت، ساقه‌های پیوندی با کیسه‌های پلاستیکی تا اطمینان از گیرایی پیوند، پوشانده شدند.

بعد از ۱۰ روز کیسه‌های پلاستیکی برداشته و سلوفان‌های محل پیوند باز شدند. لازم به بیان است که در زمان پیوند، قلمه‌های ریشه‌دار شده غیرپیوندی هم سطح محل پیوند هرس شدند. پس از آن، همه گیاهان پیوندی و غیرپیوندی به گلدان‌های بدون زهکش ۱۰ لیتری حاوی آمیخته خاکی سترون (خاک مزرعه: خاک برگ: ماسه به نسبت حجمی مساوی) منتقل و روزانه در حد ظرفیت زراعی مزرعه آبیاری شدند. پس از استقرار کامل، آزمایش با انتخاب ۴۰ گیاه از هر ترکیب پیوندی (سبز/سبز، سبز/سیاه و سبز/ترش) و ۴۰ گیاه از پایه‌های بدون پیوند (سبز، سیاه و ترش) در یک طرح به‌طورکامل تصادفی با چهار سطح آبیاری (۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵٪ نیاز آبی) در شرایط گلخانه شروع شد. آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور رقم در ۶ سطح (پیوندی و غیر پیوندی) و آبیاری در ۴ سطح با ۵ تکرار و در هر تکرار ۲ گیاه در مجموع ۲۴۰ گیاه اجرا شد.

ظرفیت مزرعه[۱]آمیخته خاکی گلدان‌ها با استفاده از دستگاه یاخته فشاری به روش ریچارد (۲۰) اندازه‌گیری شد. بر اساس آن و از راه به‌کارگیری روش وزنی، تیمارهای آبیاری اعمال شدند و پس از گذشت سه ماه از شروع تیمارها شاخص‌های مختلف به شرح زیر اندازه‌گیری شد.

طول و قطر ساقه. طول ساقه در گیاهان پیوندی از محل پیوند و در گیاهان غیرپیوندی از ۱۵ سانتیمتری سطح گلدان (معادل محل پیوند در گیاهان پیوندی) با استفاده از متر و قطر ساقه با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد.

وزن تر و خشک. پس از ثبت وزن تر با استفاده از ترازوی دیجیتال، برگ، ساقه و ریشه گیاهان به آون با دمای ۸۰ درجه سلسیوس منتقل شدند. پس از مدت دستکم ۲۴ ساعت وزن خشک آن‌ها ثبت شد.

وزن برگ در واحد سطح[۲]. برای اندازه‌گیری این شاخص، در هر تیمار، تعداد ۲۰ دیسک به قطر یک سانتیمتر از برگ جدا و در آون با دمای ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند و سپس با استفاده از ترازوی دیجیتال وزن شدند. محاسبه طبق فرمول زیر انجام شد.

سطح برگ / وزن خشک برگ = (میلی‌گرم بر سانتیمتر مربع) وزن برگ در واحد سطح

اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ. اندازه‌گیری پتانسیل آب با دستگاه محفظه فشار با به‌کارگیری روش رومرو و باتیا (۲۱) در میانه روز انجام گرفت. برای این کار یک ساعت پیش از شروع اندازه‌گیری، روی یک برگ جوان و گسترش یافته (برگ ۴ تا ۵) از هر گیاه کیسه پلاستیک کشیده شد. در زمان اندازه‌گیری، برگ‌ها با برش تیزی جدا و بی‌درنگ داخل محفظه قرار داده شدند. به‌محض خروج اولین قطره از محل برش دم برگ، مقدار پتانسیل آب بر حسب مگاپاسگال ثبت شد.

مقدار نسبی آب برگ (RWC)[۳]. از برگ‌های توسعه‌یافته و بر اساس روش یو و همکاران (۲۴) مقدار نسبی آب برگ اندازه گیری و طبق فرمول زیر محاسبه شد:

$$RWC\ (\%) = (FW-DW)/\ (TW-DW) \times 100$$

FW: وزن تر برگ بی‌درنگ بعد از نمونه برداری، DW: وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون، TW: وزن اشباع برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر.

اندازه‌گیری پرولین. برای اندازه‌گیری پرولین برگ از روش باتیس و همکاران (۴) و به‌کارگیری معرف نایِن هیدرین و با استفاده از یک دستگاه اسپکتوفتومتر مقدار جذب در طول موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد و سپس مقدار پرولین در نمونه ها بر اساس منحنی استاندارد تعیین و مقدار پرولین با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد

$$Proline\ (\mu mol\ g^{-1}\ FW) = [(M \times T/115.5)]/[(W)/5]$$

۱- Field capacity (FC)　　۲- Leaf mass per area (LMA)　　۳- Relative water content

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.1.8]

که در آن M: مقدار پرولین از منحنی استاندارد (میکروگرم در میلی‌لیتر)، T: حجم تولوئن مورد استفاده (میلی‌لیتر) و W: وزن نمونه برگی (گرم) مورد استفاده می‌باشد.

واکاوی آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۳ و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵٪ انجام گرفت. ضریب همبستگی پیرسون (r) بین شاخص‌های انتخابی با استفاده از داده‌های ۶ ترکیب پیوندی و غیر پیوندی با نرم‌افزار Minitab نسخه ۱۶ محاسبه شد.

نتایج

طول و قطر ساقه در بین پایه‌های غیرپیوندی (سبز، سیاه و ترش) و ترکیب‌های پیوندی (سبز/سبز، سبز/سیاه و سبز/ترش) به‌طور معنی‌داری با افزایش شدت تنش (۱۰۰ به ۲۵٪ نیاز آبی) کاهش یافت (جدول۱). پایه‌های غیرپیوندی سیاه و ترش در تمام تیمارهای آبیاری (به جزء ترش در ۵۰ و ۲۵٪ نیاز آبی) به‌طور معنی‌داری طول ساقه بیشتری در مقایسه با پایه سبز نشان دادند. در ترکیب‌های پیوندی، پایه سیاه در تمام تیمارهای آبیاری بیشتر از دو پایه دیگر (سبز و ترش) طول ساقه رقم سبز (پیوندک) را در مقایسه با پایه غیرپیوندی سبز به‌طور معنی‌داری افزایش داد.

در مقایسه پایه‌های غیرپیوندی، پایه ترش بیشترین قطر ساقه را نسبت به دو پایه دیگر (سبز و سیاه) در تمام تیمارهای آبیاری نشان داد (جدول ۱). مقایسه ترکیب‌های پیوندی با پایه غیرپیوندی سبز نشان داد که هر سه پایه نقشی در افزایش قطر ساقه پیوندک نشان ندادند به‌جز پایه ترش که در تیمار آبیاری ۱۰۰٪ نیاز آبی منجر به افزایش قطر ساقه رقم سبز (پیوندک) نسبت به پایه غیرپیوندی سبز شد (جدول ۱).

در مقایسه پایه‌های غیرپیوندی، بیشترین و کمترین وزن تر و خشک برگ به‌طور معنی‌دار به‌ترتیب در پایه‌های ترش و سبز در ۱۰۰ و ۷۵٪ نیازآبی مشاهده شد، اما در ۲۵٪ نیاز آبی اختلافی بین سه پایه مشاهده نشد. در ترکیب‌های پیوندی، پایه سیاه و ترش وزن تر و خشک برگ را در پیوندک (رقم سبز) در ۱۰۰ و ۷۵٪ نیاز آبی افزایش دادند. اختلاف معنی‌داری در وزن تر و خشک برگ در بین ترکیب‌های پیوندی در ۵۰ و ۲۵٪ نیاز آبی در مقایسه با پایه غیرپیوندی سبز مشاهده نشد (شکل ۱ A, B).

پایه غیرپیوندی سیاه وزن تر و خشک ساقه بیشتری نسبت به پایه سبز در همه تیمارهای آبیاری نشان داد (شکل ۲)، اما نسبت به پایه ترش در تنش آبی ۵۰ و ۲۵٪ وزن تر و خشک بیشتری را نشان داد.

در ترکیب های پیوندی، پایه سیاه سبب افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک ساقه در پیوندک (رقم سبز) در تمام تیمارهای تنش خشکی شد و این افزایش به‌طور معنی‌داری بیشتر از اثر پایه ترش بر پیوندک سبز بود (شکل ۲).

در مقایسه پایه‌های غیرپیوندی، بیشترین وزن تر و خشک ریشه در پایه سیاه در همه تیمارهای آبیاری (غیر از ۲۵٪) مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو پایه ترش و سبز بود. اما در تیمار ۲۵٪ نیاز آبی اختلاف معنی‌داری بین پایه سیاه و ترش وجود نداشت و به‌طور معنی‌داری بیشتر از پایه سبز بودند. مقایسه ترکیب‌های پیوندی نشان داد که رقم سبز (پیوندک) روی پایه سیاه در تمام تیمارهای آبیاری باعث افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک ریشه نسبت به پایه غیرپیوندی سیاه شد (شکل ۳).

در تمام گیاهان پیوندی و غیرپیوندی (جدول ۲)، با افزایش شدت تنش خشکی، وزن برگ در واحد سطح افزایش یافت. در پایه‌های غیرپیوندی، پایه ترش بیشترین مقدار وزن برگ در واحد سطح را در ۷۵ و ۵۰٪ نیاز آبی نشان داد اما در تیمار ۲۵٪ نیازآبی پایه سیاه بیشترین مقدار وزن برگ در واحد سطح را داشت. در ترکیب‌های پیوندی، پایه ترش در تمام تیمارهای آبیاری با اختلاف معنی‌دار بیشتر از دو پایه دیگر (سبز و سیاه) منجر به افزایش در وزن برگ در واحد سطح پیوندک (رقم سبز) در مقایسه با پایه غیرپیوندی سبز شد و پایه سیاه تاثیر بیشتری نسبت به پایه سبز در ۲۵٪ نیاز آبی در افزایش این ویژگی در پیوندک (رقم سبز) داشت.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.1.8]

جدول ۱- برهمکنش پایه‌های غیرپیوندی و پیوندی با مقدار آبیاری بر طول (سانتی‌متر) و قطر (میلی‌متر) ساقه انجیر.

Table 1. Interaction of cultivar (grafted and ungrafted rootstocks) and irrigation rate on stem length (cm) and stem diameter (mm) of fig.

رقم Cultivar	مقدار آبیاری (ظرفیت مرزعه) Irrigation rate (FC %)				میانگین Mean
	100	75	50	25	
	طول ساقه Stem length (cm)				
سبز Sa	32.8 e-h†	27.6 ghi	27.0 g-j	19.2 j	26.7 D
سیاه Si	55.0 a	41.8 bcd	41.2 b-e	34.4 d-g	43.2 A
ترش To	49.0 ab	40.6 b-e	34.2 d-g	25.2 hij	37.7 B
سبز/سبز Sa/Sa	41.3 bcd	37.2 c-f	30.6 f-i	23.0 ij	32.9 C
سبز/سیاه Sa/Si	47.8 ab	44.6 bc	37.4 c-f	36.2 c-f	41.6 A
سبز/ترش Sa/To	42.0 bcd	37.0 c-f	34.2 d-g	26.2 g-j	34.9 BC
میانگین Mean	44.0 A	38.7 B	33.9 C	27.6 D	
	قطر ساقه Stem diameter (mm)				
سبز Sa	9.3 cd	8.3 f	7.5 g	6.7 hi	7.9 D
سیاه Si	10.4 b	9.6 cd	8.4 f	7.1 gh	8.9 B
ترش To	11.3 a	10.5 b	9.6 cd	8.6 f	10.03 A
سبز/سبز Sa/Sa	9.1 de	8.4 f	7.4 g	6.5 i	7.9 D
سبز/سیاه Sa/Si	9.7 c	8.7 ef	7.6 g	6.6 i	8.2 C
سبز/ترش Sa/To	10.3 b	8.5 f	7.4 g	6.5 i	8.2 C
میانگین Mean	10.1 A	9.01 B	8.05 C	7.04 D	

†In each row and column, means with similar letters (small letters for interactions and capital letters for main effects) are not significantly different using Duncan's multiple range test at 5% of probability. Sa, Sabz; Si, Siah; To, Torsh.

†در هر ردیف و ستون میانگین‌های با حرف‌های مشابه (حرف‌های کوچک برای برهمکنش و حرف‌های بزرگ برای اثرهای اصلی) در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند. سبز (Sa)، سیاه (Si) ترش (To).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.1.8]

جدول ۲- برهمکنش ترکیب‌های پیوندی وغیرپیوندی انجیر و تیمارهای مختلف آبیاری روی وزن برگ در واحد سطح (میلی‌گرم بر سانتی‌متر مربع).

Table 2. Interaction of grafted combinations and ungrafted rootstocks and different levels of irrigation on LMA (mg cm^{-2}).

رقم Cultivar	مقدار آبیاری (ظرفیت مزرعه) Irrigation rate (FC %)				میانگین Mean
	100	75	50	25	
	وزن برگ در واحد سطح Leaf mass per unit area (mg cm^{-2})				
سبز Sa	34.1 kl	48.6 jk	44.4 jk	64.8 h	47.1 D
سیاه Si	33.6 kl	46.9 jk	60.1 hi	117.2 c	64.5 C
ترش To	46.2 jk	61.9 hi	77.1 g	94.1 f	69.8. B
سبز/سبز Sa/Sa	48.8 jk	47.8 jk	58.9 ij	100.4 d	63.9 C
سبز/سیاه Sa/Si	43.2 jkl	56.2 ij	55.9 ij	121.5 b	69.2. B
سبز/ترش Sa/To	57.6 ij	67.9 h	110.3 e	129.1 a	91.9 A
میانگین Mean	43.9 D	54.8 C	67.7 B	104.5 A	

†In each row and column, means with similar letters (small letters for interaction and capital letters for main effects) are not significantly different using Duncan's multiple range test at 5% of probability. Sa, Sabz; Si, Siah; To, Torsh.

†در هر ردیف و ستون میانگین‌های با حرف‌های مشابه (حرف‌های کوچک برای برهمکنش و حرف‌های بزرگ برای اثرهای اصلی) در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند. سبز(Sa)، سیاه (Si) ترش (To).

نتیجه‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش، پتانسیل کل آب برگ در ترکیب‌های پیوندی و پایه‌های غیرپیوندی کاهش یافت (شکل ۴). به‌طورکلی، مقدار پتانسیل کل آب برگ در ترکیب‌های پیوندی و پایه‌های غیرپیوندی بین ۰/۴۶- (سبز/ترش) و ۱/۴۳- مگا پاسکال (پایه غیرپیوندی سیاه) در نوسان بود. مقایسه پایه‌های غیرپیوندی نشان داد که کاهش در پتانسیل آب برگ در تمام سطح‌های نیاز آبی در بین پایه‌ها معنی‌دار نشد.

پایه ترش با اختلاف غیر معنی‌داری نسبت به پایه سیاه منجر به افزایش پتانسیل آب در برگ پیوندک (رقم سبز) به مقدار ۴۲/۸۶ و ۲۰٪ به‌ترتیب در نیازهای آبی ۱۰۰ و ۷۵٪ در مقایسه با پایه غیرپیوندی سبز شد و با افزایش شدت تنش (۵۰ و ۲۵٪ نیاز آبی) تفاوتی در کاهش پتانسیل آب برگ در ترکیب‌های پیوندی و پایه غیرپیوندی سبز مشاهده نشد (شکل ۴).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.1.8]

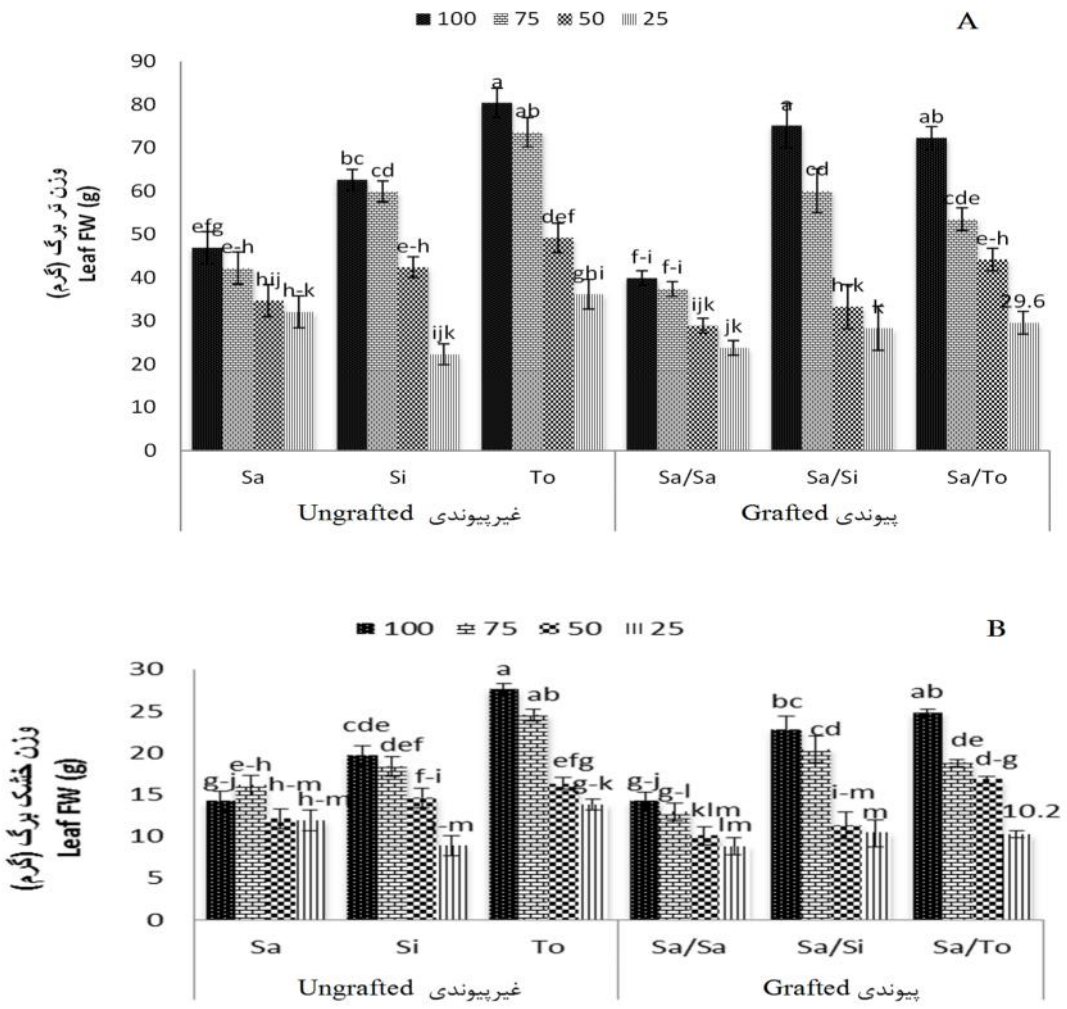

Fig. 1. Interaction of fig grafted combinations and ungrafted rootstocks and different levels of irrigation on: leaf fresh (A) and dry weight (B). Sa, Sabz; Si, Siah; To, Torsh. DW: dry weight, FW: fresh weight. Vertical bars, standard error (N=5).

شکل ۱- برهمکنش رقم (ترکیب‌های پیوندی و پایه‌های غیرپیوندی) و سطح‌های مختلف آبیاری بر وزن تر (A) و خشک (B) برگ انجیر. سبز (Sa)، سیاه (Si) ترش (To). میله‌های عمودی نشان‌دهنده استاندارد خطا می‌باشد (۵ تکرار).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.1.8]

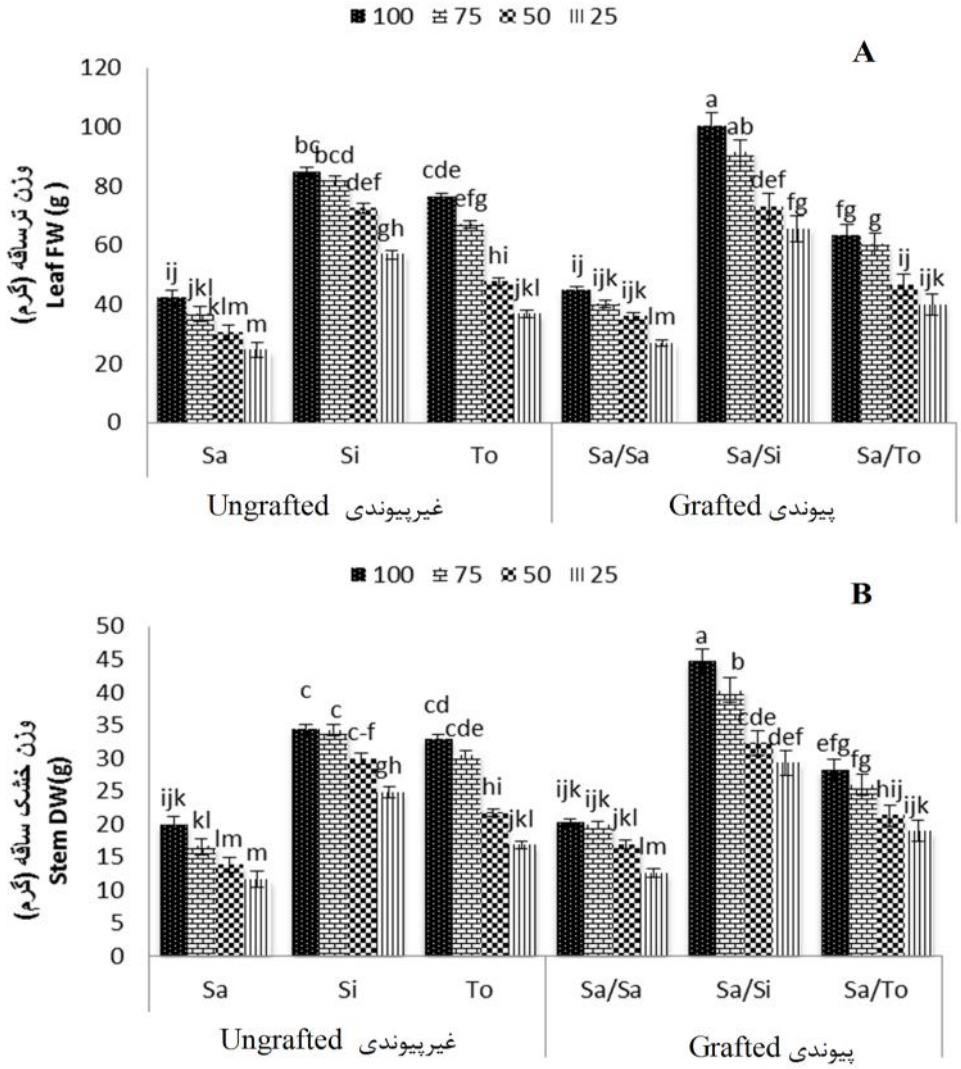

Fig. 2. Interaction of grafted combinations and ungrafted rootstocks of fig and different levels of irrigation on stem fresh (A) and dry weight (B). Sa, Sabz; Si, Siah; To, Torsh..DW: dry weight, FW: fresh weight. Vertical bars = standard error (N=5).

شکل۲- برهمکنش ترکیب های پیوندی و غیرپیوندی انجیر و سطح‌های مختلف آبیاری بر: وزن تر (A) و خشک (B) ساقه. سبز (Sa)، سیاه (Si)، ترش (To). میله‌های عمودی نشان‌دهنده استاندارد خطا (۵ تکرار).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.1.8]

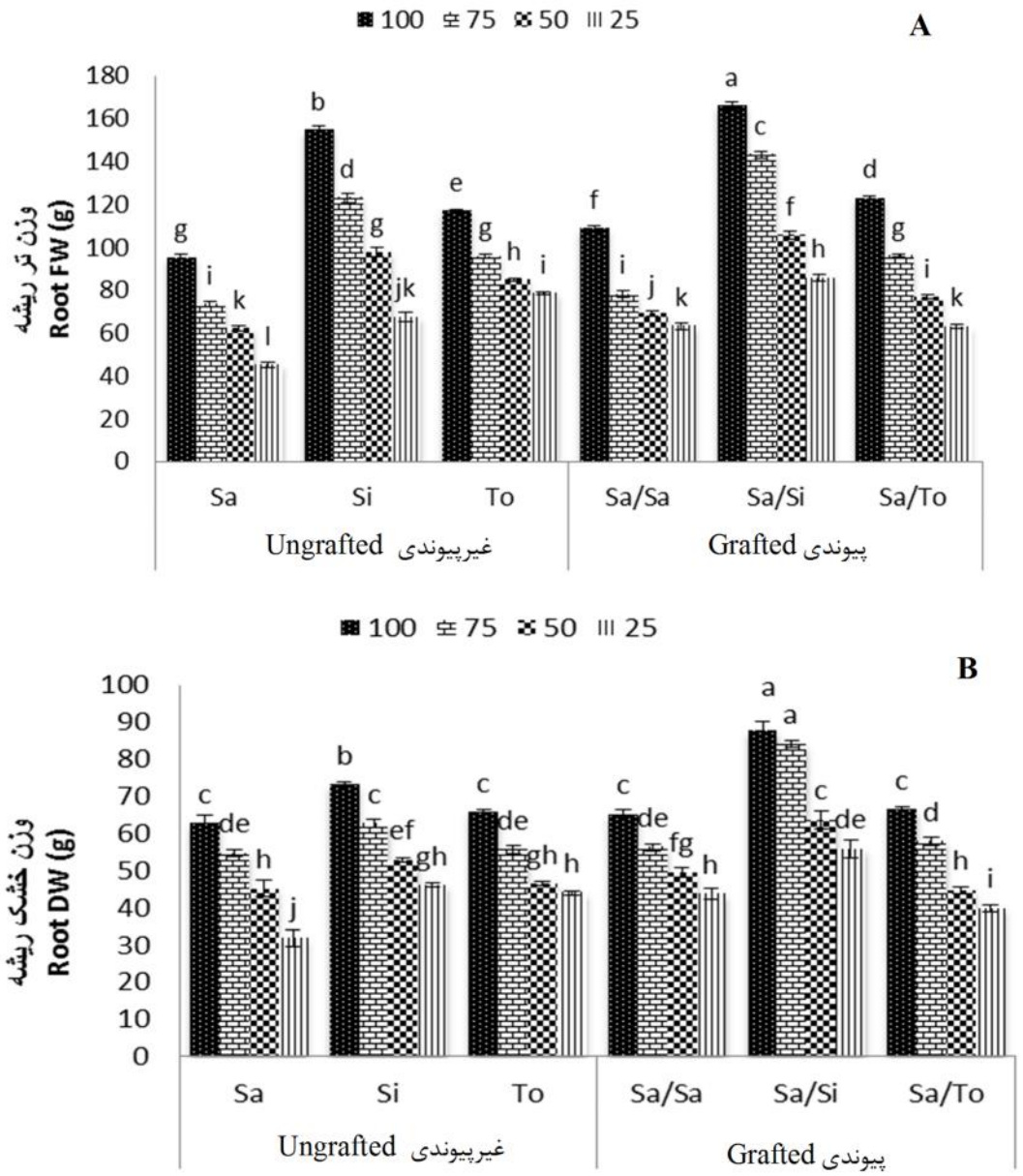

Fig. 3. Interaction of fig grafted combinations and ungrafted rootstocksand different levels of irrigation on root fresh (A) and dry weight (B). Sa, Sabz; Si, Siah; To, Torsh. DW: dry weight, FW: fresh weight. Vertical bars = standard error (N=5).

شکل۳- برهمکنش ترکیب های پیوندی و غیرپیوندی انجیر و سطح‌های مختلف آبیاری بر: وزن‌تر (A) و خشک (B) ریشه. سبز (Sa)، سیاه (Si)، ترش (To). میله‌های عمودی نشان‌دهنده استاندارد خطا (۵ تکرار).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.1.8]

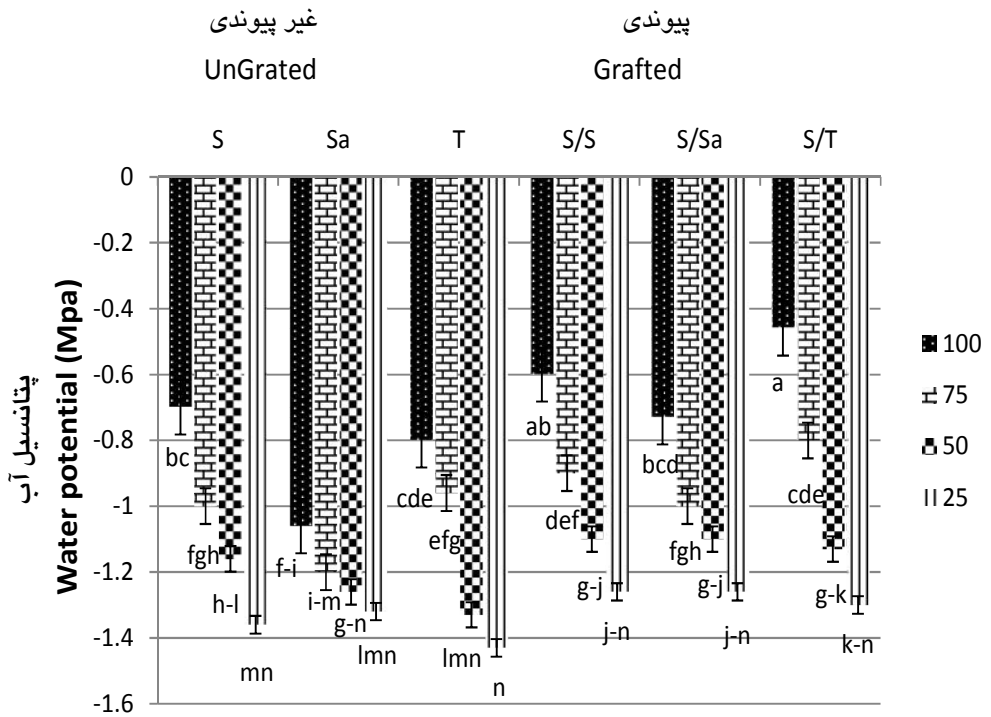

Fig. 4. Interaction of fig grafted combinations and ungrafted rootstocks and different levels of irrigation on root fresh (A) and dry weight (B). Sa, Sabz; Si, Siah; To, Torsh. DW: dry weight, FW: fresh weight. Vertical bars = standard error (N=5).

شکل۴- برهمکنش ترکیب های پیوندی و غیرپیوندی انجیر و سطح‌های مختلف آبیاری بر: وزن‌تر(A) و خشک (B) ریشه. سبز(Sa)، سیاه (Si)، ترش (To). میله‌های عمودی نشان‌دهنده استاندارد خطا (۵ تکرار).

نتیجه‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش (۱۰۰ به ۲۵٪ نیاز آبی)، مقدار نسبی آب برگ در بین پایه‌های غیرپیوندی و ترکیب‌های پیوندی کاهش و مقدار پرولین برگ افزایش یافت (شکل۵ A). در پایه‌های غیرپیوندی، پایه سبز مقدار نسبی آب برگ بیشتری نسبت به پایه‌های سیاه و ترش در تمام تیمارهای آبیاری داشت و پایه سیاه در ۲۵٪ نیاز آبی کمترین مقدار آب برگ را داشت. در پایه‌های پیوندی، در تمام سطح‌های آبیاری پایه سیاه و پایه سبز سبب افزایش معنی‌دار مقدار نسبی آب در پیوندک شدند. اما پایه ترش سبب کاهش مقدار نسبی آب برگ پیوندک در تمام سطح‌های آبیاری به جز ۱۰۰٪ آبیاری شد. با افزایش شدت تنش، پایه ترش سبب کاهش (۵/۴۵٪) و پایه‌های سیاه و سبز به‌ترتیب سبب افزایش ۱۱/۱۲ و ۱۳/۷۹٪ مقدار نسبی آب برگ پیوندک در ۲۵٪ نیاز آبی در مقایسه با پایه غیرپیوندی سبز شدند. جدول ۳ نشان داد که بین ویژگی‌های ریخت‌شناسی با مقدار نسبی آب برگ رابطه مثبت و با مقدار پرولین رابطه عکس معنی‌داری (r = -./۳۳۲**) وجود داشت.

با مقایسه پایه‌های غیرپیوندی، بیشترین مقدار پرولین (۱/۴۴ میکرومول بر گرم وزن تازه) در پایه سبز در ۲۵٪ نیاز آبی مشاهده شد درحالی‌که افزایش پرولین بین پایه‌های سیاه و ترش و در تمام تیمارهای آبیاری معنی‌دار نشد (شکل ۵ B). در ۲۵٪ نیاز آبی، پایه‌های ترش و سبز با اختلاف معنی‌داری از یکدیگر، به‌ترتیب سبب افزایش ۴۲/۶۳ و ۳۰/۷۷٪ در میزان پرولین و پایه سیاه در همین تیمار آبیاری منجر به ۲۴/۳۱٪ کاهش مقدار آن در پیوندک رقم سبز در مقایسه با پایه غیرپیوندی سبز شدند. پایه ترش در ۵۰٪ نیاز آبی هم میزان پرولین برگ پیوندک را افزایش داد.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.1.8]

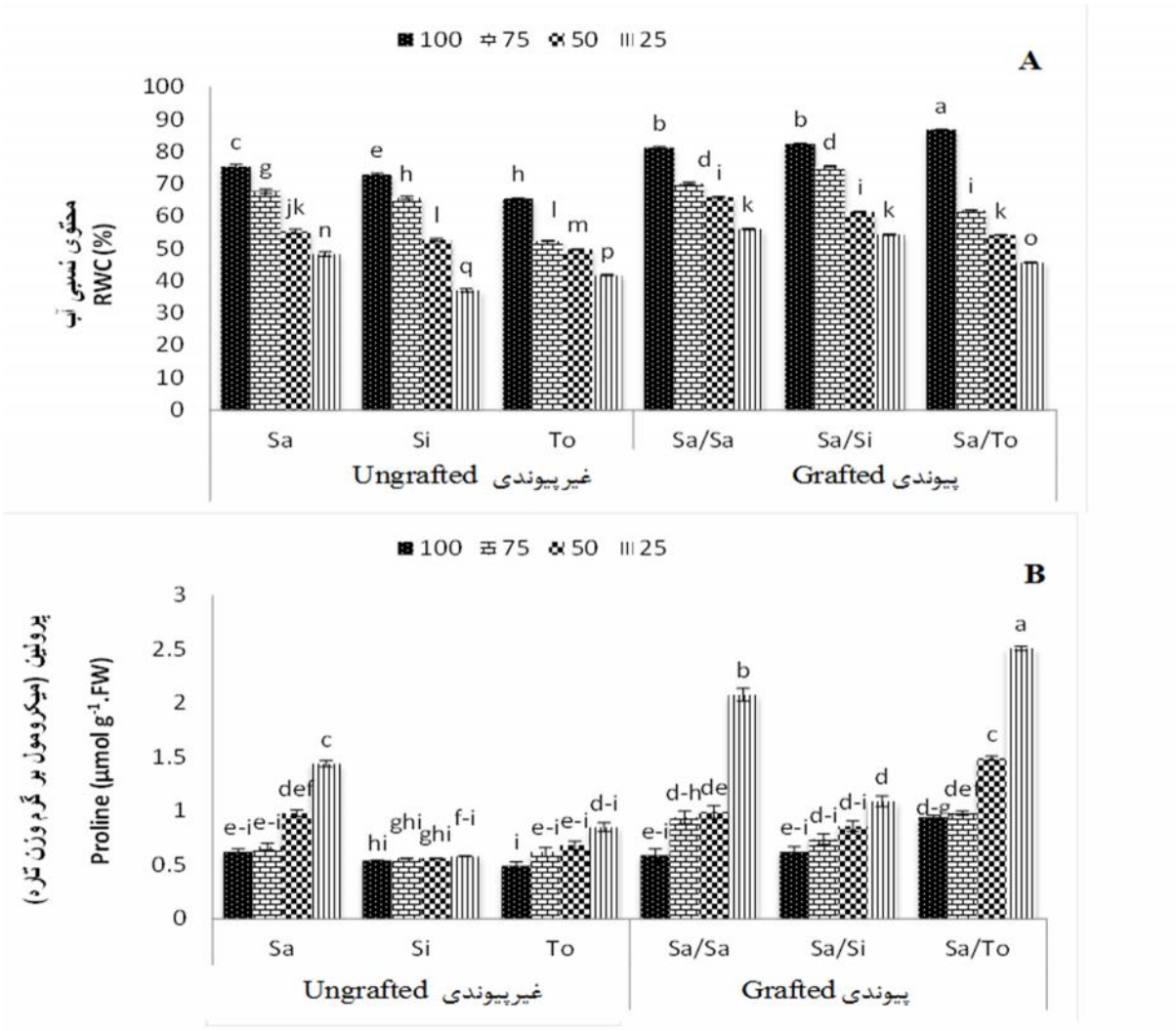

Fig. 5. Interaction of grafted combinations and ungrafted rootstocks of fig and different levels of irrigation on relative water content (A) and proline (B). Sa, Sabz; Si, Siah; To, Torsh. Vertical bars, standard error (N=5).

شکل ۵- برهمکنش ترکیب‌های پیوندی و غیرپیوندی انجیر و سطح‌های مختلف آبیاری روی مقدار نسبی آب برگ (A) و مقدار پرولین (B). سبز (Sa)، سیاه (Si) ترش (To). میله‌های عمودی نشان‌دهنده استاندارد خطا (۵ تکرار).

بحث

یافته‌های حاصل از سنجش شاخص‌های ریخت‌شناسی به روشنی کاهش رشد را در همه ترکیب‌های پیوندی و پایه‌های غیرپیوندی زیر تنش خشکی از ۱۰۰ به ۲۵٪ نیاز آبی با کاهش در طول و قطر ساقه، وزن‌های تر و خشک ساقه، برگ و ریشه و افزایش وزن خشک برگ در واحد سطح، نشان داد. اما کاهش رشد در ترکیب‌های پیوندی کمتر از پایه‌های بدون پیوند بود (جدول ۱). در شرایط تنش آبی، رقابتی بین قسمت‌های هوایی و زمینی گیاه در جذب آب و ماده‌های حاصل از فتوسنتز وجود دارد که روی رشد این اندام‌ها تأثیر می‌گذارد (۲). پایه‌ها بیشتر با تأثیر بر وضعیت آب گیاه، تغذیه معدنی و هورمون‌ها روی رشد پیوندک مؤثرند و همین‌طور رشد و تولید زیست‌توده در پیوندک در پاسخ به تنش خشکی، به گزینش نوع پایه وابسته است (۱۶، ۱۷). در این پژوهش، نوع

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.1.8]

پایه (سیاه و ترش) نقش مهمی در افزایش طول ساقه، وزن تر و خشک برگ و ساقه پیوندک داشت که با گزارش تومی و همکاران (۲۳) نیز همسو می‌باشد. یافته‌های این پژوهش نیز نشان داد که ترکیب‌های پیوندی طول ساقه بیشتری در مقایسه با پایه غیرپیوندی سبز نشان دادند که تأثیر مهم پایه را در افزایش رشد پیوندک نشان می‌دهد. روشن است که تنش خشکی رشد ساقه را کاهش می‌دهد اما در گیاهان متحمل به خشکی کاهش رشد و نمو ساقه کمتر از گیاهان حساس به خشکی اتفاق می‌افتد (۱۹). کاهش ارتفاع گیاه را می‌توان با کاهش در گسترش یاخته و ریزش برگ‌ها در گیاه زیر شرایط تنش نسبت داد. کاهش قطر تنه در همه ترکیب‌های پیوندی و غیرپیوندی در سطح تنش شدید (۲۵٪ نیاز آبی) مشاهده شد که ممکن است به علت چروکیدگی آوند چوبی و کاهش رشد شعاعی تنه در شرایط کمبود آب در دسترس باشد (۶).

جدول ۳- ضریب همبستگی پیرسون (r) بین برخی ویژگی های درخت انجیر (پیوندی و غیرپیوندی).

Table 3. Pearson’s correlation coefficient (r) between some characteristics of fig (grafted and ungrafted).

	محتوی نسبی آب RWC	وزن خشک ریشه RDW	وزن تررریشه RFW	وزن خشک ساقه SDW	وزن ترساقه SFW	وزن خشک برگ LDW	وزن تربرگ LFW	قطر ساقه SD	طول ساقه SL
SD	0.529***	1							
LFW	0.452***	0.789***	1						
LDW	0.432***	0.773***	0.970***	1					
SFW	0.665***	0.507***	0.533***	0.479***	1				
SDW	0.642***	0.510***	0.561***	0.504***	0.988***	1			
RFW	0.657***	0.684***	0.646***	0.588***	0.826***	0.828***	1		
RDW	0.594***	0.566***	0.530***	0.471***	0.740***	0.758***	0.927***	1	
RWC	0.375**	0.497***	0.443***	0.407***	0.278*	0.302*	0.690***	0.758***	1
Proline	-0.473***	-0.633***	-0.383**	-0.359**	-0.458***	-0.444***	-0.507***	-0.510***	-0.332**
WP	-0.408***	-0.763***	0.706***	0.688***	0.450***	0.478***	0.714***	0.673***	0.752***
TW/DW	-0.166ns	-0.168ns	-0.034ns	-0.210ns	0.214ns	0.039ns	0.014ns	0.286ns	-0.563**

WP، پتانسیل آب برگ و TW/DW، نسبت وزن اشباع به وزن خشک.

کاهش در وزن تر و خشک ریشه زیر شرایط تنش خشکی ممکن است به‌علت کاهش در تجمع کربوهیدرات‌های ریشه باشد. بنابراین رقم‌هایی با مقدارهای بالایی از توده تر و خشک، زیر این شرایط می‌توانند به‌عنوان

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.1.8]

نژادگان‌های متحمل به خشکی مورد توجه قرار گیرند (۱۶). در این پژوهش کاهش در وزن تر و خشک ریشه در سطح‌های مختلف نیاز آبی در ترکیب‌های پیوندی به‌ویژه ترکیب پیوندی سبز/سیاه کمتر از پایه‌های غیرپیوندی مربوط به خود بود که ممکن است به علت نبود خزان زودهنگام برگ در پیوندک رقم سبز، افزایش فتوسنتز و ساخت‌وساز کربوهیدرات و ذخیره‌سازی در ساقه و ریشه باشد که زنده‌مانی بیشتر گیاه را در شرایط کمبود تضمین می‌کند و این می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر مهم پیوندک در افزایش تحمل به شرایط تنش خشکی باشد. از سوی دیگر، نوع پایه سازگار به شرایط خشکی می‌تواند با جذب بهتر آب، عنصرها و نمک‌های معدنی و انتقال به پیوندک، دستیابی به مقدار فتوسنتز بالا را فراهم آورده و سبب افزایش فعالیت سوخت و سازی در ریشه شود و این منجر به تحمل به خشکی بیشتر در پیوندک شود (۱۳). در شرایط کمبود آب، درختان به‌دلیل از دست دادن آب و فشار آماس پایین، با جلوگیری از رشد ساقه و تحریک رشد ریشه واکنش نشان می‌دهند (۸، ۱۱).

در این پژوهش وزن برگ در واحد سطح هم زیر تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و در همه ترکیب‌های پیوندی و غیرپیوندی با افزایش شدت تنش افزایش یافت، اما مقدار افزایش در سطح‌های مختلف تنش در بین رقم‌ها متفاوت بود. کاهش وزن خشک در واحد سطح نشان‌دهنده سازوکار غیر کارآمد در گیاه است چراکه به گیاه اجازه نداده که فتوسنتز هم‌زمان با کاهش سطح برگ و یا تعداد روزنه افزایش یابد (۱۹). به‌نظر می‌رسد ترکیب‌های پیوندی مانند سبز/سیاه با ایجاد وزن برگ در واحد سطح بالا در تنش شدید، از دید تولید ماده خشک و حفظ مقدار نسبی آب بالاتر در شرایط تنش خشکی متحمل‌تر باشند. کاهش در رشد رویشی رقم‌های مورد بررسی با کاهش مقدار آب برگ در ارتباط بود (جدول ۳).

اندازه‌گیری پتانسیل آب، وضعیت فعال آب درون یاخته‌های گیاه را نشان می‌دهد (۱۹). کمبود آب در خاک و کاهش سرعت انتقال آب از خاک به سمت اندام‌های هوایی، در شرایطی که نیاز به آب بالا باشد موجب به هم خوردن روابط آب گیاه و ایجاد تنش می‌شود (۲۱). در این پژوهش بیشترین مقدار پتانسیل آب و مقدار نسبی آب در برگ گیاهان شاهد (۱۰۰٪ نیاز آبی) مشاهده شد که گویای شرایط بهینه آبیاری بوده است ولی با گسترش تنش خشکی کمترین مقدارها در پایان دوره‌های تنش رطوبتی مشاهده شد که نشان‌دهنده فاصله از حالت بهینه شاخص‌های وضعیت آب گیاه است.

در این راستا همچنان که شدت تنش افزایش یافت مقدار نسبی آب در برگ همه ترکیب‌های پیوندی و پایه‌های غیرپیوندی هم کاهش پیدا کرد اما ترکیب‌های پیوندی مقدار آب بیشتری را در برگ‌ها حفظ کردند که با توجه به نتیجه‌ها ممکن است به‌علت کاهش سطح برگ و کاهش تعرق آب باشد. به نظر می‌رسد بافت‌هایی که با وجود کاهش پتانسیل آب قادر به حفظ مقدار نسبی آب بالاتری در برگ هستند به آب از دست‌دهی متحمل‌تر هستند.

پایه‌ها به‌طورمعمول روی روابط آبی درخت تأثیر می‌گذارند. داشتن مقدار آب بیشتر در شرایط پتانسیل آب کمتر ممکن است به‌علت استحکام بیشتر دیواره‌های یاخته‌ای و توانایی آن‌ها در برابر تخریب و آسیب‌های مکانیکی ناشی از دست دادن آب در بافت‌ها باشد (۱۴). در این پژوهش با توجه به بیشتر بودن وزن تر و خشک ریشه، برگ و ساقه و طول ساقه در پایه‌های غیرپیوندی سیاه و ترش نسبت به پایه غیرپیوندی سبز منجر به افزایش رشد رویشی پیوندک رقم سبز روی این دو پایه شد.

به نظر می‌رسد که بیشتر بودن مقدار نسبی آب در برگ رقم سبز نسبت به دو پایه سیاه و ترش، به‌دلیل تفاوت ژنتیکی در رشد رویشی کمتر رقم سبز است. ال- شازلی و همکاران (۷) نیز اختلاف مقدار نسبی آب برگ در بین پایه‌های مختلف انجیر را ناشی از تنوع ژنتیکی رقم‌ها و تحمل به خشکی رقم‌ها بیان کردند.

پرولین شاخصی است که با افزایش تنش خشکی افزایش می‌یابد و به گیاه اجازه می‌دهد که از راه تنظیم اسمزی جذب آب را ادامه دهد (۲۵). در این پژوهش، پایه سیاه تأثیر کمتری را نسبت به دوپایه دیگر در افزایش مقدار پرولین در برگ رقم سبز زیر تنش ۲۵٪ نیاز آبی نشان داد که ممکن است به‌علت نگهداری بیشتر مقدار

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.1.8]

نسبی آب برگ رقم سبز روی این پایه در شرایط تنش شدید باشد. افزایش مقدار پرولین در رقم انجیر متحمل به خشکی زیر شرایط تنش به‌عنوان یک شاخص مهم شناخته شده است (۱۵). اگرچه به نظر می‌رسد تنها هنگامی‌که رشد گیاه زیر تأثیر تنش خشکی کاهش می‌یابد، انباشت پرولین اتفاق می‌افتد (۱۲). نتیجه‌های این پژوهش نیز نشان داد که انباشت پرولین با افزایش در ویژگی‌های ریخت‌شناسی مانند طول و قطر ساقه، وزن‌های تر و خشک ریشه، ساقه و برگ و هم‌چنین روابط آبی برگ رابطه عکس دارد (جدول۳) به این مفهوم که پرولین در گیاهان زیر تنش خشکی، هنگامی افزایش پیدا می‌کند که تنش منجر به کاهش رشد در گیاه شده باشد. افزایش کمتر مقدار پرولین در ترکیب پیوندی سبز/سیاه نسبت به دو ترکیب پیوندی دیگر در نیاز آبی ۲۵٪ را می‌توان به تأثیر پایه سیاه در افزایش بیشتر رشد رویشی پیوندک در مقایسه با دو پایه دیگر نسبت داد.

نتیجه‌گیری

تنش خشکی منجر به کاهش رشد در ترکیب‌های پیوندی و پایه‌های غیرپیوندی شد. کاهش رشد رویشی با کاهش مقدار نسبی آب برگ و افزایش مقدار پرولین همراه بود. ترکیب پیوندی سبز/سیاه بیشترین وزن تر و خشک ساقه را در تمام سطح‌های آبیاری و هم‌چنین بیشترین وزن تر و خشک ریشه و مقدار نسبی آب برگ را در ۲۵٪ نیاز آبی نشان داد. مقدار پرولین در ترکیب پیوندی سبز/ترش بیشتر از دو ترکیب پیوندی دیگر بود. پایه‌ها نقشی در افزایش قطر ساقه پیوندک نداشتند. با توجه به نتیجه‌ها به نظر می‌رسد که ترکیب پیوندی سبز/سیاه می‌تواند تحمل بالاتری نسبت به ترکیبات پیوندی دیگر به تنش کمبود آب داشته باشد. در واقع پایه سیاه تاثیر مثبتی در افزایش تحمل به خشکی رقم سبز نشان داد.

منابع References

۱. فقیه، ح. و ج. ثابت سروستانی ۱۳۸۰. انجیر کاشت داشت برداشت. نشر راه گشا. ۲۹۲ ص.

2. Alizadeh, A., V. Alizade, L. Nassery and A. Eivazi. 2011. Effect of drought stress on apple dwarf_rootstocks. Technol. J. Engin. App. Sci. 3:86-94.
3. Ballesta, M.C., A.C. Lopez and B. Muries. 2010. Physiological aspects of rootstock-scion interactions. Sci. Hort. 127:112-118.
4. Bates, L.S., R.P. Waldren and T.D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress. Plant Soil. 39: 205-207.
5. Bolat, I., M. Dikilitas, S. Ercisli, A. Ikinci and T. Tonkaz. 2014. The effect of water stress on some morphological, physiological, and biochemical characteristics and bud success on apple and quince rootstocks. Sci.World. J. eCollection:1-8. doi: 10.1155/2014/769732
6. Darwish, D.A.. I. M. El-Berry, N.S. Mustafa, F. Hagagg and F.S Moursy. 2015. Detection drought tolerance of fig (*Ficus carica* L.) cultivars depending on vegetative growth and peroxidase activity. J. Adv. Res. 2:830-844.
7. El-Shazly, S.M., N.S. Mustafa and I.M. Ei-Berry. 2014. Evaluation of fig cultivars grown under water stress conditions in newly reclaimed soils. Middle – East. J. Sci. Res. 21:1167-1179.
8. Fernanda, K.J., V. Pedrosoa, A.D. Prudentea, C.R. Buenoa, E.C. Machadoa and R.V. Ribeiroa. 2014. Drought tolerance in citrus trees is enhanced by rootstock-dependent changes in root growth and carbohydrate availability. Environ. Exp. Bot. 101:26-35.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.1.8]

9. Gambetta, G.A., C.M. Manuck, S.T. Drucker, T. Shaghasi, K. Fort, M.A. Matthews, M.A. Wallker and A. Mcelrone. 2012. The relationship between root hydraulics and scion vigour across *Vitis* rootstocks: what role do root aquaporins play? J. Exp. Bot. 63:6445-6455.
10. Gholami, M., M. Rahemi and S. Rastegar. 2012. Use of rapid screening method for detecting drought tolerant cultivars of fig (*Ficuse carica* L.). Sci. Hort. 143:7-14.
11. Gomles-aranjo, J., J.P. Conrtinho, V. Galhani and V. Cordovo. 2006. Responses of five almond cultivars to irrigation: photosynthesis and leaf water potential. Agr. Water Manage. 83:261-265.
12. Halilova, H. and N. Yildiz. 2009. Does climate change have an effect on proline accumulation in pomegranate (*Punica granatum* L.) fruits? Sci. Res. Essay. 4:1543-1546.
13. Isaakidis, A., T. Sotiropoulos, D. Almaliotis, I.Therios and D Stylianidis. 2004. Responses to severe water stress of the almond (*Prunus amygdalus*) Ferragnes grafted on eight rootstocks. New Zealand. J. Crop. Hort. Sci. 32:355-362.
14. Irigoyen, J.J., D.W. Emerich and M. Sanchez-Diaz. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. J. Plant Physiol. 84:55-60.
15. Karimi, S., S. Hojati, S. Eshghi R.Nazari-Moghadam and S. Jandoust. 2012. Magnetic exposure improves tolerance of fig ‘Sabz’ explants to drought stress induced *in vitro*. Sci. Hort. 137:95-9.
16. Khosroshahi, M.Z., M.E. Ashari, A. Ershadi and A. Imani. 2014. Morphological changes in response to drought stress in cultivated and wild almond species. Int. J. Hort. Sci. Technol. 1:79-92
17. Liu, B.H., L. Cheng, D. Liang, Y.J. Zou and F.W. Ma. 2012. Growth, gas exchange, water-use efficiency, and carbon isotope composition of ‘Gale Gala’ apple trees grafted onto 9 wild Chinese rootstocks in response to drought stress. Photosynthetica, 50:401-410.
18. Liu, B., M. Li, L. Cheng, D. Liang, Y. Zou and F. Ma. 2012. Influence of rootstock on antioxidant system in leaves and roots of young apple trees in response to drought stress. Plant Growth Regul. 67:247-256.
19. Niu, G. and D.S. Rodriguez. 2009. Growth and physiological responses of four rose rootstocks to drought stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 134:202-209.
20. Richards, L.A. 1949. Methods of measuring soil moisture tension. Soil Sci. 68:95-112.
21. Romero, P. and P. Botia. 2006. Daily and seasonal patterns of leaf water relations and gas exchanged deficit-irrigated almond trees under semiarid conditions. Environ. Exp. Bot. 56: 158-173.
22. Shirbani, S., J. Abdolahi pour Haghighi, M. Jafari and G. Davarinejad. 2013. Physiological and biochemical responses of four edible fig cultivars to water stress condition. J. Agr. Sci. 3: 473-479.
23. Tooumi, W., M. Sehli, S. Bourgou, N. Jallouli, A. Bensalem-Fnayou, A. Ghorbel and A. Mliki. 2007. Responses of ungrafted and grafted grapevine cultivars and rootstocks (*Vitis* sp.) to water stress. Int. J. Vin. Wine. Sci. 41:85-93.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.1.8]

24. Wu, G., Z.K. Wei and H.B. Shao. 2007. The mutual responses of higher plants to environment: physiological and microbiological aspects. J. Biointerfaces. 59:113-119.
25. Zarafshar, M., M. Akbarinia, H. Askari, M.S. Hosseini, M. Rahaie, D. Struveand G.G. Striker. 2014. Morphological, physiological and biological responses to soil water deficit in seedling of three populations of wild pear tree (*Pyrus biosseriana*). Biotech. Agr. Soc. Environ. 18:1370-1400.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.1.8]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 18 (3):221-236 (2017)

Morpho-Physiological Changes in Fig Scion (*Ficus carica* L. cv. Sabz) on Different Rootstocks under Drought Stress Conditions

M. Keshavarzi and A. Shekafandeh[1]*

In this research, three types of fig graft combinations (Sabz/Sabz, Sabz/Siah, Sabz/Torsh) and three ungrafted (Sabz, Siah, Torsh as control) fig rootstocks were subjected to 4 levels of irrigations (100%, 75%, 50% and 25% water requirement, WR) for a period of 12 weeks as a factorial experiment in a completely randomized design with 5 replications. The results showed that with increasing drought stress, vegetative growth and RWC were decreased and leaf proline content was increased. However, the responses were different according to type of rootstocks and graft combinations. In all levels of irrigation, ungrafted Siah rootstock showed the highest stem length compared to ungrafted Sabz rootstock and enhanced stem growth in Sabz scion. In addition, this rootstock produced the highest stem fresh and dry weights in Sabz scion compared to ungrafted Sabz rootstock. Sabz/Torsh graft combination showed the highest leaf mass per area (LAM) in all levels of irrigation. In 25% and 50% of WR, the graft combination of Sabz/Siah conserved the highest RWC. Generally, the grafted combination of Sabz/Siah can tolerate higher levels of drought stress than other graft combinations.

Keywords: Fig, Proline, Rootstock, Scion, Water stress.

1. Former M.Sc. Student and Associated Professor of Horticulture, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran, respectively.
*Corresponding author, Email: (shekafan@shirazu.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.1.8]