

# واکنش‌های مورفو-فیزیولوژیک برخی پایه‌های همگروهی جنس هلوسا به تنفس<sup>۱</sup>

## The Morpho-Physiological Reactions of Some *Prunus* Clonal Rootstocks to Drought Stress

شیرین نصرالله پورمقدم، غلامرضا ربیعی\*، بهروز شیران، حبیب‌الله نوربخش و رودابه راوش<sup>۲</sup>

### چکیده

به منظور مقایسه تحمل چهار پایه رویشی از جنس هلوسا به تنفس خشکی آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح به طور کامل تصادفی با دو عامل پایه در چهار سطح شامل کادامن، 29c Myrobalan و GF677 و خشکی در سه سطح شامل: ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰٪ از ظرفیت زراعی اجرا شد. ارتفاع، تعداد برگ و قطر پاهنگ در طول تنفس و محتوای نسبی آب برگ، کارایی استفاده از آب، محتوای کلروفیل‌ها و کاروتینوئیدها، پرولین و قند محلول کل اندازه‌گیری شدند. وزن تر و خشک برگ و ریشه در همه پایه‌ها زیر تأثیر تنفس کاهش یافت. در اثر خشکی تعداد برگ پایه GF677 کاهش و تعداد برگ سایر پایه‌ها نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری نداشت. ارتفاع پایه 29c Myrobalan نسبت به پایه‌های دیگر بیشتر زیر تأثیر خشکی قرار گرفت. کاروتینوئیدها در پایه کادامن و 29c Myrobalan کاهش یافت، اما در پایه GF677 و GN15 نسبت به شاهد تفاوتی نداشت. واکنش پایه‌ها به خشکی متفاوت بود به طوری که میزان پرولین برگ و ریشه، قند محلول برگ و ریشه و کارایی استفاده از آب در پایه‌های GF677 و GN15 نسبت به کادامن و 29c Myrobalan بیشتر بود.

**واژه‌های کلیدی:** اسمولیت‌ها، پایه، تنفس خشکی، کارایی استفاده از آب.

### مقدمه

تنفس خشکی یکی از فاکتورهای اصلی تأثیرگذار بر بقا و عملکرد گیاه است و تحمل به خشکی یکی از مهم‌ترین مسائل مورد توجه در زمینه تولید محصول‌های کشاورزی بهویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. انتخاب درست پایه‌های درختان میوه یکی از روش‌هایی است که می‌تواند تا حدودی اثرهای نامطلوب تنفس خشکی را کاهش دهد. با توجه به مشاهده‌ها بیش از ۲۰ نوع ویژگی یک گیاه پیوندی، زیر تأثیر پایه قرار دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به ویژگی‌های رویشی، زایشی، میزان تحمل تنفس‌ها و جذب عنصرهای غذایی اشاره نمود (۵). امروزه ارزیابی، اصلاح و گزینش پایه قسمتی از مهم‌ترین برنامه‌های اصلاحی موجود برای درختان میوه می‌باشد. اثرهای پایه روی ویژگی‌های پیوند (رقم) شامل اثر بر عملکرد، رشد پیوندک، کیفیت محصول، کارایی جذب آب و عنصرهای غذایی، زودرسی و زودباردهی می‌باشد (۲). بیش از ۴۰۰ گونه از درختان و درختچه‌ها از جنس هلوسا<sup>۳</sup> بوده و پایه‌های این جنس به دلیل سازگاری پیوند با ارقام مختلف و مقاومت به تنفس‌های زنده و غیرزنده نقش مهمی در باغداری مدرن و باغهای تجاری دارند (۲۴). برخی گونه‌های جنس هلوسا و دورگه‌های آن‌ها به دلیل مزایایی مانند سازگاری به شرایط مختلف آب و هوایی، خاک و بیماری‌ها و کنترل رشد درخت به عنوان پایه استفاده می‌شوند

۱- تاریخ دریافت: ۹۸/۱۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۹/۶/۲۵

۲- به ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار گروه علوم باغبانی، استاد گروه بیوتکنولوژی دانشگاه شهرکرد، استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی شهرکرد و استادیار گروه بیوتکنولوژی دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

\* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: [Rabiei.hort@gmail.com](mailto:Rabiei.hort@gmail.com).

<sup>3</sup> *Prunus sp*

(۱۶). ایران دارای تنوع زیستی و سطح زیر کشت بالایی از گونه‌های این جنس می‌باشد (۱۰). در سال‌های اخیر به دلایل مختلف از جمله یکنواختسازی درختان، به جای پایه‌های بذری از پایه‌های رویشی استفاده می‌شود. پایه GF677 دورگه طبیعی بادام و هلو است و جزء اولین پایه‌هایی به شمار می‌رود که به روش رویشی تکثیر شده است (۱۸). از تلاقی بادام گارفی به عنوان والد مادری و هلوی برگ قرمز نمارد<sup>۲</sup> به عنوان گردددهنده، پایه گارنم<sup>۳</sup> (GN15) به دست آمده است. این پایه به عنوان پایه‌ای مطلوب بهویژه برای درختان بادام و هلو جهت احداث باغ‌های یکنواخت مورد استفاده قرار می‌گیرد و سازگاری خوبی با شرایط آب و هوایی و خاک‌های ایران نشان داده است (۷). Myrobalan 29c<sup>۴</sup> از مهم‌ترین پایه‌های رویشی آلو و زردآلو می‌باشد که برای خاک‌های سنگین استفاده می‌شود. این پایه خاک‌های فقیر و زهکشی ضعیف را بهتر از پایه‌های هلو و زردآلو تحمل می‌کند و به نماد مولد گال پاهنگ نیز مقاوم است. پایه کادامن<sup>۵</sup> نیز یکی از پایه‌های پر رشد و پرکاربرد برای هلو، شلیل، آلو و بادام به شمار می‌رود که از مقاومت خوبی در برابر نماد و تنفس غرقابی برخوردار است. پیش از این پژوهشگران طی مطالعه‌ای گزارش کردند که تنفس خشکی در دو سطح ملایم و شدید به طور معنی‌داری سبب کاهش پتانسیل آب، محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل، پرولین و قندهای محلول در گیاه بادام شد (۱۸). در آزمایش دیگر پنج گونه<sup>۶</sup> از جنس هلو سا در شرایط تنفس خشکی با هم مقایسه شدند. نتیجه‌ها نشان داد خشکی سبب کاهش معنی‌دار ویژگی‌های رشدی مانند وزن تر و خشک اندام‌های گیاه، تعداد برگ، سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ در همه گیاهان شد، اما گونه‌های موردن آزمایش از نظر ویژگی‌های موردن بررسی و درنتیجه تحمل تنفس خشکی متفاوت بودند (۲۵). آزمایش حاضر با هدف مقایسه میزان تحمل چهار پایه رویشی جنس هلوسا در شرایط کم آبیاری و انتخاب پایه مناسب‌تر از نظر تحمل تنفس خشکی طراحی و اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

از جنس هلوسا چهار پایه GF677 (مرکز تولید نهال‌های رویشی درختان میوه شهرستان سامان، شهرکرد)، کادامن و Myrobalan 29c (مرکز تولید نهال‌های رویشی ایتاصدر، شیراز) انتخاب و ۱۵ عدد نهال رویشی یک‌ساله و یکنواخت از نظر ظاهری از هر پایه، در گلدان‌های هفت لیتری حاوی آمیخته‌ای از خاک مزرعه و ماسه به نسبت برابر کشت شدند (یک گیاه در هر گلدان). پایه‌ها به مدت دو ماه در گلخانه‌ای در مرکز تولید نهال‌های رویشی درختان میوه در شهرستان سامان با دمای ۵ ± ۲۸ درجه سلسیوس و میانگین رطوبت نسبی ۴۷/۷ درصد و شدت نور میانه روز ۴۳ ± ۱۰ کیلوولوکس نگهداری و آبیاری شدند. پس از سازگاری با محیط رشد، پایه‌ها به صورت همزمان برای یکنواخت سازی شرایط رشد از ارتفاع ۲۵ سانتی‌متری بالاتر از محل پاهنگ سربرداری شدند و پس از گذشت یک ماه، تنفس خشکی با ایجاد محدودیت در میزان آب آبیاری در سه سطح ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰٪ ظرفیت زراعی خاک به مدت ۴۰ روز اعمال شد. جهت محاسبه ظرفیت زراعی، آبیاری گلدان‌های حاوی بستر (در ۱۰ تکرار) تا حد اشباع و خروج آب از زیر گلدان انجام شد. سپس به وسیله پلاستیک روی گلدان‌ها پوششی قرار داده شد تا از تبخیر سطحی جلوگیری شود. پس از گذشت ۱۲ ساعت گلدان‌ها وزن شدند و این عمل هر ۱۲ ساعت یکبار به طور مکرر تا زمانی که کمترین تغییر در وزن گلدان‌ها در دو وزن متولی مشاهده شود انجام شد. سپس از تکرارها میانگین گرفته شد و به عنوان ظرفیت زراعی بستر آزمایش گزارش گردید. برای اندازه‌گیری درصد رطوبت وزنی خاک، وزن تر خاک در حالت ظرفیت زراعی، در پنج دیسک نمونه‌گیری شده اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها در آون در دمای ۱۰/۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک و وزن خشک آن‌ها نیز مشخص شد، یک وزن برای حالت ظرفیت زراعی و یک وزن برای خاک خشک با میانگین گیری از تکرارها برآورد و با استفاده از رابطه زیر درصد رطوبت وزنی در حالت ظرفیت زراعی محاسبه شد.

۱۰۰ × (وزن خاک خشک شده در آون) - (وزن خاک تر در حالت ظرفیت زراعی) = درصد رطوبت وزنی در حالت ظرفیت زراعی

پس از محاسبه مقدار آب موردن نیاز برای رساندن خاک به حالت ظرفیت زراعی، حجم معادل آن را محاسبه و با محدود نمودن حجم آب آبیاری، گیاهان در سه سطح ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد زیر تیمار خشکی قرار گرفتند.

<i>P. davidiana × P. persica</i> -۵	<i>Prunus cerasifera</i> -۴	Garnem-۳	Nemared-۲	Garfi-۱
<i>P. dulcis, P. eburnea, P. eleagnifolia, P. haussknechti, P. scoparia</i> -۶				

طی دوره تنش خشکی در سه مرحله (پیش از شروع تنش، ۲۰ و ۴۰ روز پس از شروع تنش) شاخص‌های رویشی شامل ارتفاع ساقه، تعداد برگ و قطر پاهنگ اندازه‌گیری شد. در پایان تنش بهمنظور بررسی وزن تر و میزان تولید ماده خشک، گیاهان هر تکرار برداشت و در سه قسمت برگ، ساقه و ریشه تو زین و برای اندازه‌گیری وزن خشک، در پاکتهای کاغذی بسته‌بندی و در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت قرار گرفته و پس از خشک شدن، وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد.

### محتوا رنگدانه‌های فتوسنتری

برای اندازه‌گیری محتوا کلروفیل‌ها و کاروتینوئیدها به طور تصادفی از برگ‌های بالغ و جوان هر گیاه در سه تکرار نمونه‌برداری شد و میزان کلروفیل  $a$  و کلروفیل  $b$  کل با استفاده از روش Lichtenthaler (۱۷) از راه عصاره‌گیری با استون ۸۰٪ اندازه‌گیری شد. میزان جذب نور با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (PG Instruments, T80 UV/VIS) در طول موج‌های ۶۶۳/۲، ۶۴۶/۸ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد و محتوا رنگدانه‌ها با استفاده از رابطه‌های زیر بر اساس میلی‌گرم در گرم وزن خشک گیاه محاسبه شد.

$$Chla (\text{mg.g}^{-1}\text{fw}) = \{12.25 (A663.2) - 2.79 (A646.8)\} \times V/1000 \times W$$

$$Chlb (\text{mg.g}^{-1}\text{fw}) = \{25.51 (A646.8) - 5.10 (A663.2)\} \times V/1000 \times W$$

$$ChT (\text{mg.g}^{-1}\text{fw}) = Chlb + Chla$$

$$Car (\text{mg.g}^{-1}\text{fw}) = [1000 (A4470) - 3.27 (Chla) - 104 (Chlb)] / 229$$

A: میزان جذب خوانده شده V: حجم استون مصرف شده W: وزن خشک نمونه (گرم)

### محتوا نسبی آب برگ<sup>۱</sup>

برای اندازه‌گیری میزان آب نسبی برگ، ابتدا ۱۰ عدد دیسک به قطر ۵/۰ سانتی‌متر از پهنگ برگ بالغ و جوان به صورت تصادفی گرفته شد و پس از تو زین (FW) داخل شیشه‌های حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقدار به مدت ۴ ساعت در دمای صفر تا ۴ درجه سلسیوس در تاریکی قرار داده شدند تا یاخته‌های برگ به حالت تورژسانس کامل درآیند. پس از حذف رطوبت سطحی، وزن تورژسانس (TW) ثبت و نمونه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و وزن خشک دیسک‌ها (DW) نیز اندازه‌گیری و با استفاده از فرمول ۱ محاسبه RWC انجام شد (۴).

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

فرمول ۱

### کارایی استفاده از آب<sup>۲</sup>

برای محاسبه کارایی استفاده از آب (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)، مجموع میزان آب مصرفی برای هر گلدان در مدت زمان آزمایش و وزن خشک کل گیاه ثبت و با استفاده از فرمول ۲ محاسبه گردید (۲۳).

$$WUE = DW/UW$$

فرمول ۲

کل ماده خشک تولید شده در پایان آزمایش (گرم) DW =

میزان آب مصرف شده در طول آزمایش (میلی‌لیتر) UW =

### پرولین

برای استخراج پرولین، ۰/۵ گرم بافت تازه (برگ و ریشه) را با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵٪ در هاون چینی کوبیده و عمل استخراج انجام شد. محلول به دست آمده به مدت ۱۰ دقیقه در ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. برای تعیین غلظت پرولین یک میلی‌لیتر از عصاره الکلی بالا با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق گردید و ۵ میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین و ۵ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال به آن اضافه شد. سپس این محلول به مدت ۴۵ دقیقه در حمام آب گرم (۹۵ درجه سلسیوس) قرار گرفت. پس از خارج کردن نمونه‌ها از حمام آب گرم و خنک کردن آن‌ها، ۱۰ میلی‌لیتر بنزن به آن‌ها اضافه و با همزن مکانیکی مخلوط شدند تا پرولین وارد فاز بنزن شود. نمونه‌ها ۳۰ دقیقه به حال سکون رها شدند، سپس میزان جذب با

اسپکتروفوتومتر (PG Instruments, T80 UV/VIS) در طول موج ۵۱۵ نانومتر اندازه‌گیری شد (۲۰). پس از تهیه استانداردهای پرولین نیز با استفاده از ال-پرولین در غلظت‌های صفر، ۳۱/۲۵، ۶۲/۵، ۱۲۵ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اندازه‌گیری جذب آن‌ها جهت رسم منحنی استاندارد، مقدار پرولین بر اساس میلی‌گرم در یک گرم از وزن خشک گیاه گزارش شد.

### قندهای محلول

به منظور تعیین قندهای محلول، ۱/۰ میلی‌لیتر از عصاره تهیه شده در اتانول (عصاره الکلی تهیه شده برای پرولین) با ۳ میلی‌لیتر از آنترون تازه تهیه شده (۲۰۰ میلی‌گرم آنترون به علاوه ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲٪) مخلوط شد. سپس به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم قرار داده شد و پس از خنک شدن، جذب آن در طول موج ۶۲۵ نانومتر خوانده شد (۱۳). منحنی استاندارد از گلوکز خالص در غلظت‌های صفر، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰، ۱۰۰۰، ۱۲۵۰، ۱۵۰۰، ۱۷۵۰، ۲۰۰۰، ۲۲۵۰ و ۲۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه شد و جذب آن‌ها جهت محاسبه محتوای قند محلول اندازه‌گیری و مقدار نهایی بر اساس میلی‌گرم در یک گرم از وزن خشک گیاه گزارش شد.

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو عامل پایه در چهار سطح و تنش خشکی در سه سطح با سه تکرار و پنج نمونه در هر تکرار اجرا شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۵) و مقایسه بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ صورت گرفت. در آزمایش حاضر شاخص‌های ارتفاع، تعداد برگ و قطر پاهنگ در طول زمان اعمال تنش اندازه‌گیری شد و برای ارائه بهتر نتیجه‌های تجزیه و تحلیل آماری در هر پایه به صورت جداگانه با دو فاکتور (زمان و تنش) انجام شد.

### نتایج

بر اساس نتیجه‌های این آزمایش بیشترین وزن تر برگ (۱۴/۷ گرم) و ساقه (۱۵/۵ گرم) و بیشترین وزن خشک ساقه (۸/۹ گرم) و ریشه (۷/۸ گرم) در پایه GF677 وجود داشت و از این نظر با پایه GN15 تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین وزن تر (۹/۵ گرم) و خشک برگ (۵/۳ گرم) و وزن خشک ریشه (۵/۴ گرم) در پایه 29c Myrobalan مشاهده شد و از نظر وزن تر ساقه و ریشه و وزن خشک ساقه با پایه کادامن اختلاف معنی‌داری نداشت. وزن تر و خشک برگ، ساقه و ریشه در اثر تنش خشکی نسبت به شاهد به صورت معنی‌داری کاهش یافت. برهمکنش پایه و تنش خشکی بر شاخص‌های وزن خشک برگ، وزن تر ساقه و وزن تر و خشک ریشه اثر معنی‌دار داشت. به طوری که بیشترین میزان وزن خشک برگ در سطح خفیف تنش خشکی در دو پایه GN15 (۱۰/۱ گرم) و GF677 (۹/۴ گرم) و در سطح شدید تنش در پایه GN15 (۸/۷ گرم) مشاهده شد و در شرایط تنش خشکی شدید بیشترین وزن خشک ریشه مربوط به پایه GN15 (۶/۷ گرم) بود (جدول ۱).

جدول ۱- اثرهای ساده و برهمکنش سطوح آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه) و پایه‌های هلوسا (کادامن، Myrobalan 29c، GF677 و GN15) بر وزن تر و خشک برگ، ساقه و ریشه.

Table 1. Simple and interaction effects of irrigation levels (100, 75, and 50% FC) and *Prunus* rootstocks (Cadaman, Myrobalan 29c, GF677 and GN15) on fresh and dry weights of leaf, stem and root.

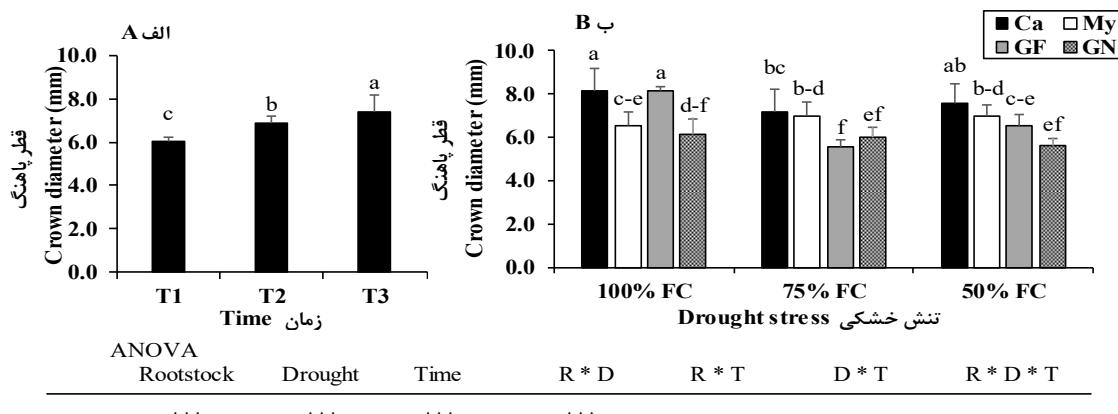
پایه	سطح خشکی Drought level	وزن تر برگ	وزن تر ساقه	وزن تر ریشه	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک ریشه
Rootstock		Leaf fresh weight (g)	Stem fresh weight (g)	Root fresh weight (g)	Leaf dry weight (g)	Stem dry weight (g)	Root dry weight (g)
کادامن Cadaman		11.5 B	12.6 B	10.5 B	6.4 B	7.2 AB	6.4 B
Myrobalan 29c		9.5 C	12.2 B	10.8 B	5.3 C	6.6 B	5.4 C
GF677		14.7 A	15.5 A	11.7 AB	9.4 A	8.9 A	7.8 A
GN15		14.0 A	13.8 AB	12.6 A	9.8 A	7.4 AB	7.3 AB
شاهد Control		16.1 A	18.8 A	15.8 A	9.7 A	10.4 A	9.6 A
تشخیف Mild stress		12.6 B	12.1 B	11.1 B	7.8 B	6.5 B	5.8 B

تنش شدید		8.6 C	9.7 C	7.3 C	5.7 C	5.6 B	4.7 C
Severe stress							
Cadaman	شاهد	15.2	15.2 b	13.7 cd	8.1 d	9.7	8.8 b
	Control						
	تنش خفیف	11.5	13.5 bc	11.0 ef	6.5 ef	6.6	6.1 cd
	Mild stress						
	تنش شدید	7.8	9.2 c	6.8 h	4.7 g	5.4	4.4 de
	High stress						
Myrobalan 29c	شاهد	14.7	16.2 b	16.0 b	7.9 de	8.1	8.8 b
	Control						
	تنش خفیف	9.0	10.9 c	10.3 ef	5.1 fg	6.0	4.5 de
	Mild stress						
	تنش شدید	4.6	9.5 c	6.0 h	2.8 h	5.6	3.0 e
	High stress						
GF677	شاهد	17.5	22.8 a	18.6 a	12.2 a	13.0	11.7 a
	Control						
	تنش خفیف	15.6	13.4 bc	11.9 de	9.4 be	7.1	6.8 c
	Mild stress						
	تنش شدید	11.0	10.3 c	7.3 gh	6.6 ef	6.6	4.8 de
	High stress						
GN15	شاهد	16.9	21.0 a	15.0 bc	10.5 b	11.0	9.2 b
	Control						
	تنش خشکی	14.1	10.7 c	11.0 ef	10.1 bc	6.2	5.9 c-e
	Mild stress						
	تنش شدید	11.0	9.7 c	9.1 fg	8.7 ce	5.0	6.7 c
	High stress						
پایه		**	*	**	***	*	***
Rootstock							
خشکی		***	***	***	***	***	***
Drought							
خشکی × پایه		ns	*	*	*	ns	*
R × D							

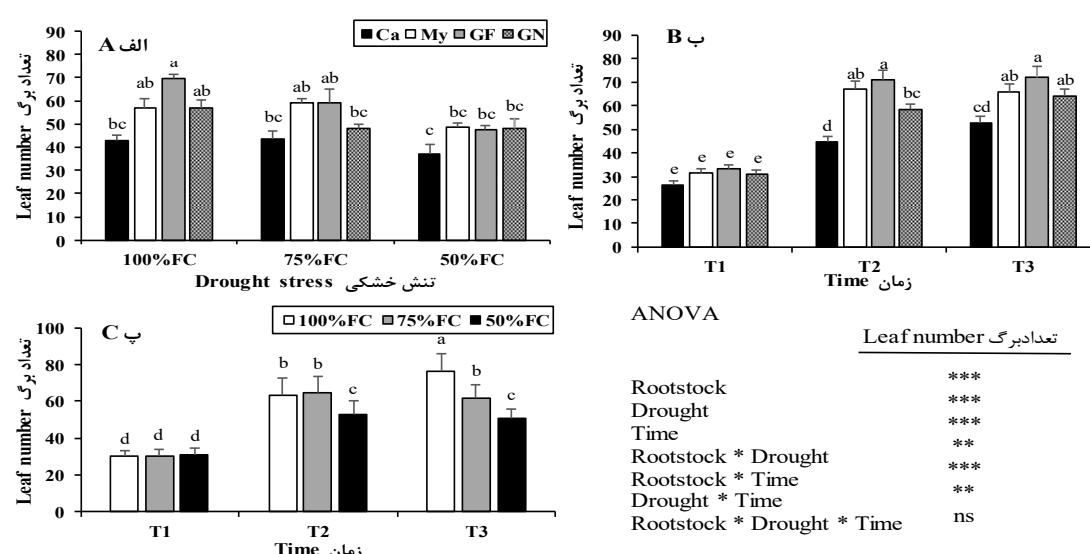
† Means followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level by Duncan multiple range test. ‡ No letter indicates the nonsignificant effect of the treatments on the difference between the means.

‡ میانگین‌های دارای حرف‌های مشابه از نظر آماری بر اساس آزمون دانکن، در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار نیستند. § عدم حروفدهی نشان‌دهنده عدم معنی‌داری اثر تیمارها بر ایجاد تفاوت بین میانگین‌ها می‌باشد.

نتیجه‌های مقایسه میانگین‌ها نشان داد که قطر پاهنگ در طول زمان افزایش یافت و بیشترین میزان آن در زمان سوم (T3) = ۴۰ روز پس از اعمال تنش مشاهده گردید (شکل ۱، الف). در ارتباط با قطر پاهنگ برهمکنش تنش خشکی و پایه معنی‌دار بود. قطر پاهنگ در پایه GF677 در هر دو سطح خفیف و شدید از تنش خشکی بهطور معنی‌داری نسبت به سطح شاهد کمتر بود، اما در پایه‌های دیگر تفاوتی بین سطوح تنش خشکی در مقایسه با شاهد از نظر قطر پاهنگ وجود نداشت (شکل ۱، ب).



شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی (شاهد: ۱۰۰ درصد، تنش خفیف: ۷۵ درصد از ظرفیت خاک مزرعه) و زمان (T1 = ۰، T2 = ۲۰ و T3 = ۴۰ روز پس از شروع تنش) بر قطر پاهنگ پایه‌های کادامن (Ca)، Myrobalan 29c (My)، GN15 (GN) و GF677



شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی (شاهد: ۱۰۰ درصد، تنش خفیف: ۷۵ درصد و تنش شدید: ۵۰ درصد از ظرفیت خاک مزرعه) و زمان (T1 = ۰، T2 = ۲۰ و T3 = ۴۰ روز پس از شروع تنش) بر تعداد برگ پایه‌های کادامن (Ca)، Myrobalan 29c (My)، GN15 (GN) و GF677

تعداد برگ زیر تأثیر برهمنکش بین تنش خشکی با پایه، زمان با پایه و زمان با تنش خشکی قرار گرفت. تنش خشکی تعداد برگ پایه GF677 را نسبت به شاهد کاهش داد، اما شمار برگ پایه‌های کادامن، Myrobalan 29c و GN15 نسبت به شاهد کاهش معنی داری نداشت. از سویی، بین پایه‌های استفاده شده در این آزمایش از نظر تعداد برگ تفاوت معنی داری در شرایط تنش خشکی وجود نداشت (شکل ۲، الف).

معنی دار بود (شکل ۲، ب). کمترین تعداد برگ مربوط به پایه کادامن بود و پایه‌های 29c، Myrobalan 29c و GF677 و GN15 در طول زمان از نظر تعداد برگ با یکدیگر اختلاف معنی داری نداشتند (شکل ۲، ب). در طول زمان تعداد برگ در سطح شاهد افزایش یافت و بیشترین تعداد برگ در سطح شاهد مشاهده گردید. در زمان سوم (۴۰ روز پس از اعمال تنش) تعداد برگ در سطح خفیف و شدید تنش نسبت به شاهد بهطور معنی داری کمتر بود (شکل ۲، ب).

ارتفاع در پایه 29c زیر تأثیر تنش خشکی کاهش یافت (شکل ۳، الف). با گذشت زمان ارتفاع پایه‌ها افزایش یافت و بیشترین ارتفاع مربوط به زمان سوم و پایه 15 و کمترین ارتفاع مربوط به پایه 29c Myrobalan بود (شکل ۳، ب). بر اساس نتیجه‌های به دست آمده بیشترین ارتفاع در زمان سوم و سطح شاهد وجود داشت که با تنش خفیف و شدید دارای اختلاف معنی دار بود (شکل ۳، ب).

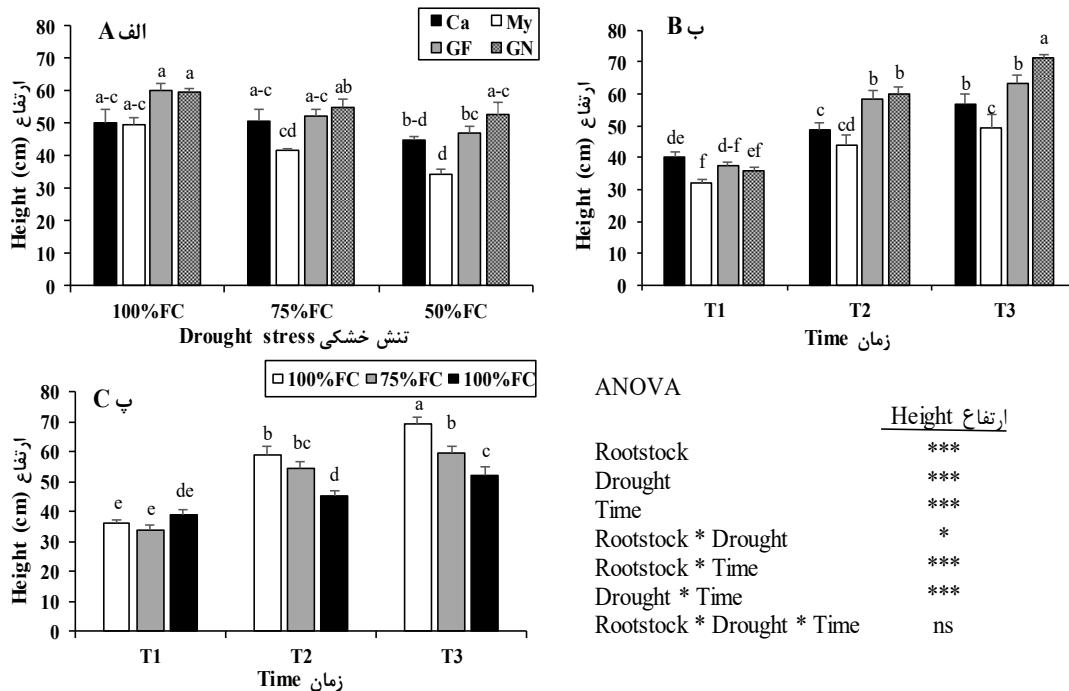


Fig. 3. Influence of different levels of drought stress (control 100%, mild 75% and severe 50% FC) and time (T1 = 0, T2 = 20 and T3 = 40 days after stress) on the height of Cadaman (Ca), Myrobalan 29c (My), GF677 and GN15 rootstocks.

شكل ۳- تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی (شاهد: ۱۰۰ درصد، تنش خفیف: ۷۵ درصد و تنش شدید: ۵۰ درصد از ظرفیت خاک مزرعه) و زمان (T1 = ۰، T2 = ۲۰ و T3 = ۴۰ روز پس از شروع تنش) بر ارتفاع پایه‌های کادامن (Ca)، Myrobalan 29c (My)، GF677 (GF) و GN15 (GF).

محتوای کلروفیل a زیر تأثیر پایه و تنش خشکی و برهمکنش آنها قرار گرفت. بهطوری که میزان کلروفیل a در پایه‌ها با یکدیگر متفاوت بود و بیشترین مقدار آن در پایه کادامن و 29c Myrobalan وجود داشت. در اثر تنش خشکی میزان کلروفیل a کاهش یافت و کمترین مقدار کلروفیل a در سطح تنش شدید با میانگین ۴/۲ میلی گرم در گرم وزن خشک دیده شد (جدول ۲). از محتوای کلروفیل b در اثر تنش خشکی کاسته شد و بین سطوح تنش اختلاف معنی داری از این نظر وجود داشت. نسبت کلروفیل a/b زیر تأثیر تیمارها قرار نگرفت. اثر ساده پایه و برهمکنش پایه با تنش خشکی بر محتوای کاروتونوئیدها معنی دار بود. پایه‌های کادامن و 29c Myrobalan و پایه‌های GF677 و GN15 به ترتیب بیشترین و کمترین میزان کاروتونوئید را داشتند. نتیجه‌های برهمکنش پایه با تنش خشکی نشان داد مقدار کاروتونوئیدها در اثر تنش خشکی در پایه کادامن و 29c Myrobalan کاهش یافت، اما در پایه GF677 و GN15 نسبت به شاهد تفاوت معنی داری وجود نداشت (جدول ۲).

جدول ۲- اثرهای اصلی و برهمکنش سطوح آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه) و پایه‌های هلوسا (کادامن،

GF677 و GN15) بر محتوای کلروفیل a، b و کاروتینوئیدهای (میلی‌گرم در گرم وزن خشک) برگ.

Table 2. Main and interaction effects of irrigation levels (100, 75, and 50% FC) and *Prunus* rootstocks (Cadaman, Myrobalan 29c, GF677 and GN15) on chlorophyll a, b, total chlorophyll and carotenoids content in leaf (mg g<sup>-1</sup> dw).

پایه Rootstock	سطح خشکی Drought level	a کلروفیل Chl a (mg g <sup>-1</sup> dw)	b کلروفیل Chl b (mg g <sup>-1</sup> dw)	نسبت کلروفیل Chl a/b	کاروتینوئیدها Car (mg g <sup>-1</sup> dw)
کادامن Cadaman		5.4 A	2.0	2.9	3.1 A
Myrobalan 29c		5.3 A	1.9	2.9	2.5 B
GF677		4.3 C	1.8	2.5	2.4 B
GN15		4.8 C	1.7	2.9	2.6 B
شاهد		5.8 A	2.2 A	2.7	2.8
Control		4.9 B	1.8 B	2.9	2.6
تنش خفیف		4.2 C	1.6 B	2.9	2.5
Mild stress		4.2 C	1.6 B	2.9	2.5
Severe Stress					
کادامن Cadaman	شاهد	6.3 b	2.6	2.5	3.4 a
	Control	5.6 c	1.9	3.1	3.2 ab
	تنش خفیف	4.2 fg	1.3	3.2	2.6 c-e
	Mild stress	7.1 a	2.2	3.2	2.8 b-d
	تنش شدید	3.8 h	1.9	2.3	2.5 c-e
	High stress	4.4 e-g	2.1	2.2	2.2 e
Myrobalan 29c	شاهد	4.5 d-g	1.9	2.6	2.6 c-e
	Control	3.9 h	1.5	2.8	2.3 de
	تنش خفیف	5.2 cd	1.8	3.0	2.9 bc
	Mild stress	4.5 d-g	1.8	2.6	2.3 c-e
	تنش شدید	4.8 d-f	1.5	3.2	2.8 b-e
	High stress				
GF677	شاهد				
	Control	4.4 e-g	2.1	2.2	2.2 e
	تنش خفیف	3.9 h	1.5	2.8	2.3 de
	Mild stress	4.5 d-g	1.9	2.6	2.6 c-e
	تنش شدید	5.2 cd	1.8	3.0	2.9 bc
	High stress	4.8 d-f	1.5	3.2	2.8 b-e
GN15	شاهد				
	Control				
	تنش خفیف				
	Mild stress				
	تنش شدید				
	High stress				
پایه Rootstock	خشکی Drought	***	ns	ns	***
خشکی × پایه Drought × Rootstock		***	**	ns	ns
R × D		***	ns	ns	*

† Means followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level by Duncan multiple range test. ‡ Lack of letters indicates the insignificance effect of the treatments on the difference between the means.

‡ میانگین‌های دارای حرفهای مشابه از نظر آماری بر اساس آزمون دانکن، در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار نیستند. † عدم حروفدهی نشان‌دهنده عدم معنی‌داری اثر تیمارها بر ایجاد تفاوت بین میانگین‌ها می‌باشد.

محتوای نسبی آب برگ تنها زیر تأثیر تنش قرار گرفت و تأثیر پایه و برهمنکش پایه با تنش خشکی روی این شاخص معنی دار نبود. در اثر تنش خشکی محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت و کمترین مقدار آن در سطح تنش شدید وجود داشت (شکل ۴، الف). واکنش پایه‌ها در ارتباط با کارآیی استفاده از آب متفاوت بود بهطوری که در پایه‌های کادامن و 29c Myrobalan زیر تنش خشکی کارایی استفاده از آب کاهش یافت و در پایه‌های GF677 و GN15 این شاخص افزایش یافت و بیشترین مقدار کارایی استفاده از آب در پایه‌های GF677 و GN15 وجود داشت (شکل ۴، ب).

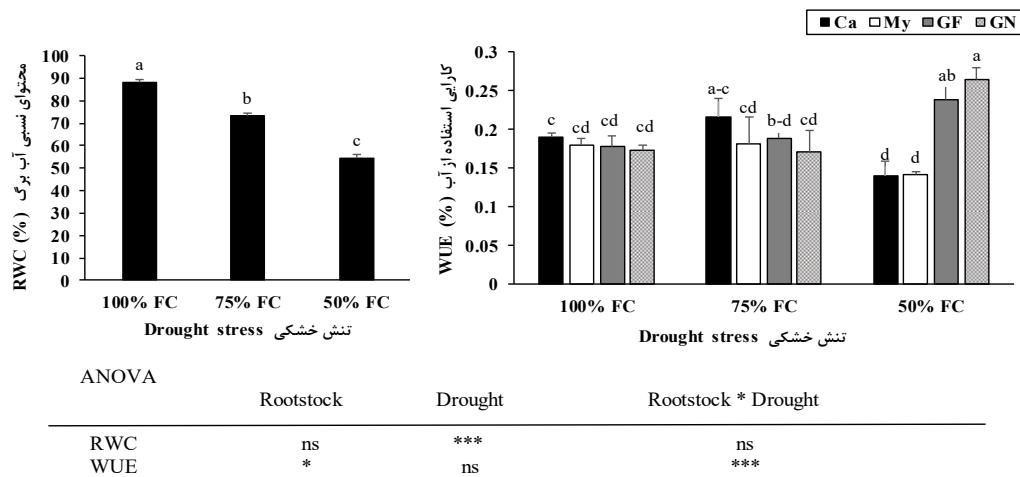


Fig. 4. Influence of different levels of drought stress (control 100%, mild 75% and severe 50% FC) on the relative water content (RWC) and water use efficiency (WUE) of Cadaman (Ca), Myrobalan 29c (My), GF677 and GN15 rootstocks.

شکل ۴- تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی (شاهد: ۱۰۰ درصد، تنش خفیف: ۷۵ درصد و تنش شدید: ۵۰ درصد از ظرفیت خاک مزرعه) بر محتوای نسبی آب (محتوای نسبی آب برگ) و کارایی استفاده از آب (WUE) پایه‌های کادامن (Ca)، Myrobalan 29c (My)، GF677 (GF) و GN15 (GN).

در شرایط تنش خشکی محتوای پرولین برگ در چهار پایه استفاده شده در این آزمایش افزایش یافت که نسبت به شاهد دارای اختلاف معنی دار بود. میزان افزایش محتوای پرولین برگ در سطح تنش شدید (۵۰ درصد ظرفیت مزرعه) در پایه‌های 29c و GN15 نسبت به پایه‌های کادامن و GF677 بیشتر بود (شکل ۵، الف). پرولین ریشه در اثر تنش خشکی افزایش یافت و کمترین مقدار پرولین ریشه در پایه کادامن مشاهده گردید، اما در سطح شدید تنش خشکی تفاوت معنی داری بین پایه‌های 29c و GF677 و GN15 از نظر محتوای پرولین ریشه وجود نداشت (شکل ۵، ب).

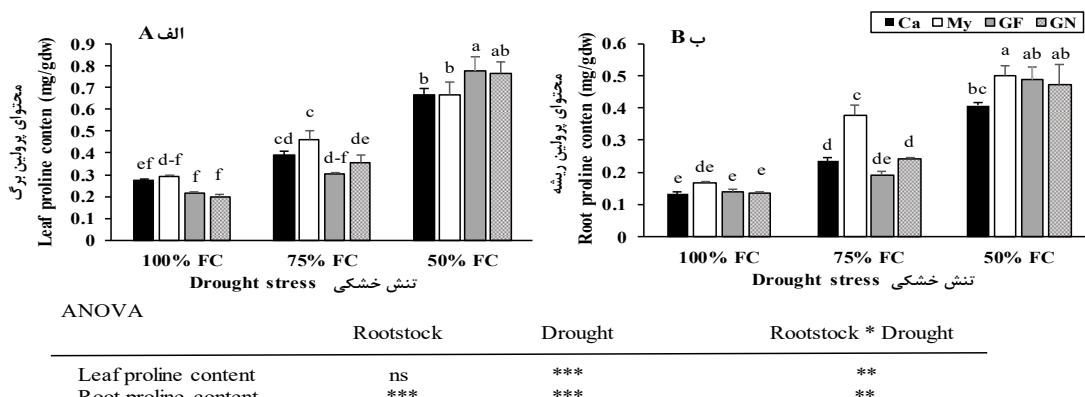


Fig. 5. Influence of different levels of drought stress (control 100%, mild 75% and severe 50% FC) on the leaf and root proline content of Cadaman (Ca), Myrobalan 29c (My), GF677 and GN15 rootstocks.

شکل ۵- تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی (شاهد: ۱۰۰ درصد، تنش خفیف: ۷۵ درصد و تنش شدید: ۵۰ درصد از ظرفیت خاک مزرعه) بر محتوای پرولین برگ و ریشه پایه‌های کادامن (Ca)، Myrobalan 29c (My)، GF677 (GF) و GN15 (GN).

مجموع قندهای محلول برگ تنها زیر تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و با افزایش شدت تنش، بر میزان انباست آنها افزوده شد، بهطوری که با شاهد دارای تفاوت معنی دار بود (شکل ۶، الف). اثر متقابل پایه با تنش خشکی بر میزان قندهای محلول ریشه معنی دار بود. با تشدید تنش خشکی قندهای محلول کل ریشه در همه پایه ها افزایش یافت و بیشترین مقدار آن در پایه GN15 و سطح تنش ۷۵٪ / ظرفیت مزرعه وجود داشت و در سطح ۵۰٪ / ظرفیت مزرعه تفاوت معنی داری بین پایه های GN15 و GF677 مشاهده نشد (شکل ۶، ب).

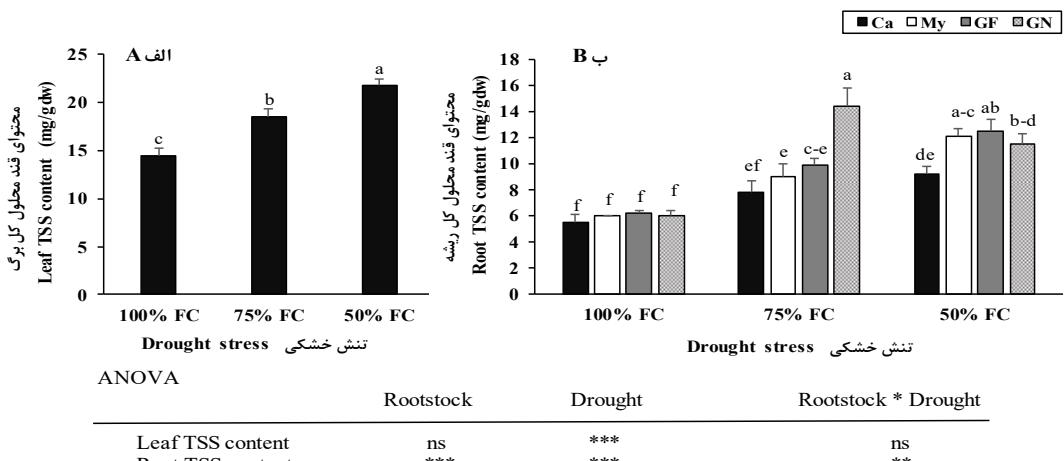


Fig. 6. Influence of different levels of drought stress (control 100%, mild 75% and severe 50% FC) on the leaf and root total soluble sugars (TSS) content of Cadaman (Ca), Myrobalan 29c (My), GF677 and GN15 rootstocks.

شکل ۶- تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی (شاهد: ۱۰۰ درصد، تنش خفیف: ۷۵ درصد و تنش شدید: ۵۰ درصد از ظرفیت خاک مزرعه) بر محتوای قندهای محلول کل برگ و ریشه پایه های کادامن (Ca)، GF677 (GF)، Myrobalan 29c (My) و GN15 (GN).

## بحث

خشکی از تنش های مهم غیرزیستی است که اثرهای متنوعی بر شاخص های رشدی گیاهان دارد. ویژگی تحمل کم آبی در بین پایه ها و رقم های مختلف، متفاوت است. درختان میوه واکنش های مورفوژوئیکی متنوعی در شرایط دشوار محیطی از خود نشان داده که در مقابله با تنش های مختلف مانند تنش خشکی سبب زنده ماندن آنها می شود (۲۱). از آن جمله می توان به کاهش سطح برگ، رشد رویشی، مجموع وزن خشک و تر اندام هوایی و ریشه اشاره نمود. در شرایط تنش خشکی میزان آب قابل استفاده از خاک کم می شود و به دنبال آن روزنه ها بسته شده و سرعت فتوسنتز کاهش می یابد. نتیجه های این آزمایش نشان داد وزن تر و خشک برگ، ساقه و ریشه، ارتفاع و قطر پاوهنگ در اثر تنش خشکی کاهش یافت، زیرا زمانی که گیاهان در شرایط تنش خشکی قرار می گیرند، به علت محدودیت آب، اغلب انعطاف پذیری دیواره یاخته های در حال رشد اندام ها کم می شود و توسعه یاخته های و رشد را کاهش می دهد و در نتیجه کاهش وزن خشک گیاه، ارتفاع و قطر گیاه اتفاق می افتد. افزون بر آن، رشد افقی و عمودی ریشه و تراکم ریشه در واحد حجم خاک نیز تغییر می کند و منجر به کاهش وزن ریشه می گردد (۱). از طرفی تنش خشکی رشد گیاه را در تمام سطوح (یاخته تا گیاه کامل) زیر تأثیر قرار می دهد و به علت کمبود آب، از دست دادن آب و کاهش حجم یاخته های در شاخه ها بیشتر از ریشه ها رخداده و به عبارت دیگر در شرایط کم آبی، رشد شاخه ها بیشتر از رشد ریشه ها زیر تأثیر قرار می گیرد؛ بنابراین برخی گیاهان در پاسخ به تنش، میزان جذب آب را از راه حفظ نسبی رشد ریشه افزایش می دهند و به این ترتیب مقدار آب خاک بیشتری در اختیار گیاه قرار می گیرد. همچنین گزارش شده در تنش خشکی پتانسیل اسمزی محلول خاک منفی می شود که منجر به کاهش جذب آب و توقف رشد می شود (۸). مطالعه صورت گرفته روی هشت رقم تجاری بادام در شرایط گلستانی و بر سیان ها از نظر تحمل به خشکی نشان داده که رقم های مختلف از نظر محتوای نسبی آب برگ، کارایی استفاده از آب، رشد رویشی و سرعت فتوسنتز تفاوت داشتند که

نتیجه‌های آزمایش ما با این یافته‌ها همسو است (۶). منفی شدن پتانسیل اسمزی محلول خاک روی پتانسیل اسمزی برگ و محتوای نسبی آب برگ تأثیر گذاشته و باعث کاهش آن می‌گردد (۱۲). گزارش شده تا زمانی که گیاه در برابر تنفس خشکی قرار نگیرد محتوای نسبی آب برگ کاهش نمی‌یابد، بنابراین رقم‌هایی که زیر تنفس خشکی بتوانند محتوای نسبی آب برگ خود را در سطح بالاتری نگه دارند، می‌توانند به عنوان رقم متحمل معرفی شوند (۹).

فتونسنتر یکی از فرآیندهای مهم فیزیولوژیکی است که شدت آن در تنفس خشکی کاهش پیدا می‌کند. دوام فتونسنتر و حفظ کلروفیل برگ زیر تنفس از جمله شاخص‌های فیزیولوژیکی تحمل تنفس است. نتیجه‌های آزمایش ما نشان داد محتوای کلروفیل *a* و *b* در اثر تنفس کاهش یافت. گزارش شده است که تنفس خشکی باعث تولید انواع اکسیژن فعال همراه با کاهش و تجزیه کلروفیل می‌شود. در اثر تنفس، به علت افزایش فعالیت کلروفیلاز، کلروفیل‌ها در کلروپلاست تجزیه می‌شوند و ساختار تیلاکوئید ناپدید می‌گردد (۱۲).

پرولین در ایجاد و حفظ فشار اسمزی درون یاخته گیاهی نقش بسزایی دارد. پرولین به عنوان یک محلول سازگار عمل می‌کند که به طور طبیعی در سیتوسول وجود دارد و افزون بر تنظیم اسمزی یاخته از ماکرومولکول‌ها محافظت می‌کند و سبب حفظ ساختارهای یاخته‌ای طی تنفس اسمزی می‌شود (۳). افزایش میزان پرولین در تنفس خشکی یک مکانیسم دفاعی برای مقابله با تنفس است و از آثار زیان‌بار تنفس خشکی بر فعالیت‌های سوخت‌وساز یاخته جلوگیری می‌کند. گزارش‌ها زیادی در ارتباط با افزایش انباست پرولین در گیاه در شرایط تنفس خشکی وجود دارد که نتیجه‌های پژوهش حاضر با آن‌ها در یک راستا می‌باشد (۱۴، ۱۹، ۲۵). تنفس خشکی همچنین باعث انباست قندهای محلول در گیاهان مختلف می‌شود، زیرا تنفس خشکی رشد را بیشتر از فتونسنتر محدود می‌کند و در چنین شرایطی کربوهیدرات‌های غیرساختاری تمایل به تجمع دارند. این قندهای محلول اغلب آب‌دوست‌اند و در سطح پروتئین‌ها یا غشاء، جانشین آب می‌شوند و همانند ترکیب‌های با وزن مولکولی پایین عمل می‌کنند (۲۲). واکنش پایه‌های استفاده شده در این آزمایش در برابر تنفس خشکی متفاوت بود به طوری که میزان پرولین برگ و ریشه، قند محلول برگ و ریشه و کارایی استفاده از آب پایه‌های GF677 و GN15 نسبت به پایه‌های کادامن و Myrobalan 29c بیشتر بود. مطالعه‌های پیشین نشان داده است که درجه سازگاری به تنفس خشکی در جنس هلوسا بین رقم‌های مختلف متفاوت است (۱۱). همچنین گزارش شده است که تفاوت بین پایه‌ها در سازگاری به تنفس زیر کنترل ژنتیکی است (۱۵).

## نتیجه‌گیری

به طور کلی در اثر تنفس خشکی شاخص‌های وزن تر و خشک برگ، ساقه و ریشه، تعداد برگ، کلروفیل‌ها، کاروتونوئیدها و محتوای نسبی آب برگ کاهش و کارایی استفاده از آب، میزان پرولین و قند محلول برگ و ریشه افزایش یافت. اگرچه نوع واکنش پایه‌ها به تنفس خشکی متفاوت بود، اما بین دو پایه GF677 و GN15 از نظر میزان تحمل به خشکی تفاوت چندانی وجود نداشت. همچنین ضمن بررسی نتیجه‌های بدست آمده از اندازه‌گیری برخی شاخص‌ها از جمله وزن تر و خشک، کارایی استفاده از آب و محتوای پرولین، مشخص شد که دو پایه GF677 و GN15 نسبت به پایه‌های کادامن و Myrobalan 29c تحمل بیشتری در برابر تنفس خشکی از خود نشان دادند.

## منابع

- Fattahi, M. and A. Mohammadkhani. 2019. Effects of deficit irrigation on some morphological characteristics of grape (*Vitis vinifera* cv. 'Asgari') symbiosis with arbuscular mycorrhizal. Hort. Sci. 32: 581-592. (in persian).
- Kamali, H. 2007. Characteristics of almond rootstocks and their effects on water and nutrient uptake. Growth, fruiting. The first national conference on strategies for achieving sustainable development in the agricultural sections. Natural resources and the environment yeild and product quality. (in persian).
- Ashraf, M. and M.R. Foolad. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environ. Exp. Bot. 59: 206-216.
- Bastam, N., B. Baninasab and C. Ghobadi. 2012. Improving salt tolerance by exogenous application of salicylic acid in seedlings of pistachio. Plant Growth Regul. 18: 206-211.
- Davies, F.S and L.G. Albrigo. 1994. Citrus. CAB International. 345 Pp.
- De Herralde, F., R. Save, C. Biel, I. Batlle and F.J. Vargas. 2000. Differences in drought tolerance in two almond cultivars: "Lauranne and Masbovera". XI Grempa. Seminar on Pistacios and Almonds. Turkey, 1-4 Sep., 56: 149.

7. Felipe, A.J. 2009. ‘Felinem’, ‘Garnem’, and ‘Monegro’ Almond × Peach hybrid rootstocks. *Sci. Hort.* 44:196–197
8. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. P. 257-270, In: Kuo, C.G (ed), adaptation of food crop to temperature and water stress. AVRDC, Shanhua, Taiwan.
9. Flexas, J and H. Medrano. 2002. Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-stomatal limitation revisited. *Ann. Bot.* 89:183-189.
10. Zamani, Z., Shahi-Gharahlar, A., Fatahi, R. and A. Khadivi-Khub. 2010. A survey on *Prunus* species from subgenus *Cerasus* naturally growing in Iran. International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC). III International Symposium on 918: 731-734.
11. Germana, C. 1997. Experiences on the response of almond plants (*Amygdalus communis* L.) to water stress. *Acta Hort.* 449: 497-503.
12. Heiydari, S.A.H. 2001. Plant and salinity. Research institute of forests and rangelands. 71 page.
13. Irigoyen, J.J., D.W. Emerich and M.D. Sanchie. 1992. Water stress induced changes concentrations of prolin and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiol. Plant.* 84: 67-72.
14. Jimenez, S., J. Dridi, D. Gutierrez, D. Moret, J. Juan, M. Irigoyen, A. Moreno and Y. Gogorcena. 2013. Physiological, biochemical and molecular responses in four *Prunus* rootstocks submitted to drought stress. *Tree Physiol.* 33: 1061–1075.
15. Karimi, H.R., A. Ebadi, Z. Zamani and R. Fatahi. 2011. Effect of water salinity on growth indices and physiological parameters in some pistachio rootstocks. *J. Plant Nutr.* 34: 935-944.
16. Lee, S. and J. Wen. 2001. A phylogenetic analysis of *Prunus* and the Amygdaloideae (Rosaceae) using ITS sequences of nuclear ribosomal DNA. *Am. J. Bot.* 88: 150-160.
17. Lichtenthaler, H.K. and A. R. Wellburn. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls *a* and *b* of leaf extract in different solvents. *Biochem Soc Trans.* 11: 591-592.
18. Moreno, M.A. and R. Cambra. 1994. Adarcias: an almond × peach hybrid rootstock. *Hort. Sci.* 29: 925-930
19. Muhammad, S., H.M. Mahantesh, M. Kurjogi, M. Khalil-ur-Rehman, T. Pervez, J. Songtao, M. Fiaz, S. Jogaiah, C. Wang and J. Fangshowless. 2018. Drought stress revealed physiological, biochemical and gene-expressional variations in ‘Yoshihime’ peach (*Prunus persica* L) cultivar. *J. Plant Interact.* 13: 83-90.
20. Paquin, R and P. Lechasseur. 1979. Observations sur une method dosage de la proline libre dans les extraits de plantes. *Can J. Bot.* 57: 1851-1854.
21. Turkan, I., M. Bor, F. Ozdemir and H. Koca. 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Plant Sci.* 168: 223-231.
22. Wu, Q.S. and Y.N. Zou. 2009. Arbuscular mycorrhizal symbiosis improves growth and root nutrient status of citrus subjected to salt stress. *Sci. Asia.* 35: 388–391.
23. Zeinalabedini, M., P. Majidian, J. Dezhampour, M. Khakzad and M. Farsi. 2016. First report of a set of genetic identities in *Prunus* rootstocks by SSR markers. *Mol. Breed.* 4: 17-25
24. Zlatev, Z.S., F.C. Lidon, J.C. Ramalho and I. T. Yordanov. 2006. Comparison of resistance to drought of three bean cultivars. *Biol. Plant.* 50: 389-394.
25. Zokaee-khosroshahi, M., M. Esna-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.

## The Morpho-Physiological Reactions of *Prunus* Clonal Rootstocks to Drought Stress

Sh. Nasrolahpour-moghadam, G. Rabiei\*, B. Shiran, H. Noorbakhsh and R. Ravash<sup>1</sup>

In order to evaluate drought tolerance of four clonal rootstocks of *Prunus* an experiment was conducted in a completely randomized design with two factors. The first factor was four rootstocks including Cadaman, Myrobalan 29c, GF677, and GN15 and the second factor contained three levels of drought stress, including 100, 75, and 50% of field capacity. Height, leaf number and crown diameter were recorded during the treatments, whereas leaf relative water content, chlorophyll and carotenoids contents were measured at the end of the experiment. Fresh and dry weight of leaves and roots decreased for all rootstocks by applying drought stress. Leaf number of GF677 decreased under drought conditions, compared with the control, while its reduction was not significant for other rootstocks. The height of Myrobalan 29c plants was more affected by drought compared with the other rootstocks. Moreover, carotenoids decreased more for Cadaman and Myrobalan 29c rootstocks under drought stress, while GF677 and GN15 did not differ significantly from the control. The rootstocks responded to drought stress differently, so that leaf and root proline content, leaf and root soluble sugars and water-use efficiency (WUE) were higher for GF677 and GN15 compared with Cadaman or Myrobalan 29c.

**Keywords:** Osmolytes, Rootstock, Drought stress, Water-use efficiency.

1. Ph.D. Student and Assistant Professor of Department of Horticultural Science, Professor of Department of Biotechnology, Assistant Professor of Research Center of Agricultural and Natural Resources and Assistant Professor of Department of Biotechnology, Shahrekord University, Shahrekord, Iran, respectively.

\* Corresponding Author, Email: (rabiei.hort@gmail.com).