

Study of the growth and nutritional changes in four *Prunus* sp. rootstocks under drought stress

Shirin Nasrolah Pourmoghadam¹ | Gholamreza Rabiei^{*2} | Behrouz Shiran³ |
Habiballah Nurbakhsh⁴ | Rudabeh Ravash⁵

1. Ph.D. Student, Dept. of Horticultural Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. E-mail: shirinpourmoghadam@gmail.com
2. Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of Horticultural Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. E-mail: rabiei.hort@gmail.com
3. Professor, Dept. of Plant Breeding and Biotechnology, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. E-mail: beshiran45@gmail.com
4. Assistant Prof., Shahrekord Agriculture and Natural Resources Research Center, Shahrekord, Iran. E-mail: shabibns@yahoo.com
5. Assistant Prof., Dept. of Plant Breeding and Biotechnology, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. E-mail: r.ravash@gmail.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 07.05.2020
Revised: 09.22.2020
Accepted: 10.19.2020

Keywords:
Dry weight,
Electrolyte leakage,
Growth rate,
Minerals,
Relative water content

ABSTRACT

Background and Objectives: Rootstocks can affect the reaction of the grafted trees to water stress by controlling vegetative growth and nutrients uptake and studying morpho-physiological and nutritional mechanisms and responses of the rootstocks submitted to drought stress would make it feasible to select the tolerant rootstocks. For this purpose, to investigate the effects of drought stress on some clonal *Prunus* sp. rootstocks, an experiment, was conducted in Saman (Sharekord) and Shahrekord University laboratories in 2017-2018.

Materials and Methods: Rooted cuttings of Cadaman, Myrobalan29c, GF677 and GN15 were planted and maintained under greenhouse conditions employing regular practices including irrigation and nutrients supplementation and pest management for three months. Plants were submitted to drought stress at three levels including 100, 75 and 50% of field capacity for 40 days. Plant height, dry weight, relative water content, water use efficiency, electrolyte leakage and mineral content (P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Fe²⁺ and Zn²⁺) in leaves and roots were assessed.

Results: The results showed that the total dry weight was significantly decreased under the influence of drought stress. Leaf moisture content and specific leaf weight (SLW) decreased but leaf area ratio (LAR) and specific leaf area (SLA) increased under water deficit condition. Also, due to the drought stress, the greatest decrease in growth rate occurred in Cadaman and Myrobalan29c rootstocks, but no significant changes were observed for GN15 rootstock. Under drought stress conditions, relative water content (RWC) of the leaves decreased, while electrolyte leakage (EL) increased, with the highest figures observed for Myrobalan29c. With the increasing intensity of drought stress, water use efficiency (WUE) decreased for the Cadaman rootstock, but it was increased for GF677 and GN15 rootstocks. While no significant changes were observed for Myrobalan29c rootstock. Drought stress reduced the mineral contents (P, K⁺, Ca²⁺ and Mg²⁺) in the roots and leaves of the rootstocks. The highest decrease in concentrations of elements such as K⁺, Ca²⁺, P and Fe²⁺ were found for Myrobalan29c and Cadaman rootstocks.

Conclusion: All the tested rootstocks were significantly affected by drought stress, including growth retardation, but they resisted to drought stress at different levels and by varying mechanisms. So that, some rootstocks with better use of available water and more nutrients absorption efficiency, showed a greater ability to maintain their biological activities in the face of dehydration. Other rootstocks showed poorer performance against drought stress and underwent damages compared to other rootstocks.

Cite this article: Nasrolah Pourmoghadam, Shirin, Rabiei, Gholamreza, Shiran, Behrouz, Nurbakhsh, Habiballah, Ravash, Rudabeh. 2022. Study of the growth and nutritional changes in four *Prunus* sp. rootstocks under drought stress. *Journal of Plant Production Research*, 28 (4), 141-157.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/JOPP.2021.18120.2683

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

بررسی تغییرات رشدی و تغذیه‌ای چهار پایه جنس پرونوس (*Prunus sp*) تحت تنش خشکی

شیرین نصراله پورمقدم^۱ | غلامرضا ربیعی*^۲ | بهروز شیران^۳ | حبیب‌الله نوربخش^۴ | رودابه راوش^۵

۱. دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. رایانامه: shirinpourmoghadam@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، استادیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. رایانامه: rabiei.hort@gmail.com
۳. استاد گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. رایانامه: beshiran45@gmail.com
۴. استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی شهرکرد، شهرکرد، ایران. رایانامه: shabibns@yahoo.com
۵. استادیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. رایانامه: r.ravash@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: پایه‌ها از طریق کنترل رشد رویشی و جذب مواد معدنی پاسخ درختان پیوند شده به تنش خشکی را تحت تأثیر قرار می‌دهند و بررسی سازوکارهای ریخت‌شناسی- فیزیولوژیکی، معدنی و پاسخ پایه‌ها تحت تنش خشکی، انتخاب پایه‌های مقاوم به خشکی را ممکن می‌سازد. به این منظور آزمایشی با هدف تأثیر تنش خشکی بر برخی پایه‌های رویشی جنس پرونوس واقع در شهرستان سامان در استان چهارمحال و بختیاری و آزمایشگاه‌های تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد در سال ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد.
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۱۵ تاریخ ویرایش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۲۸	مواد و روش‌ها: قلمه‌های ریشه‌دار کادامن، میروبالان، GF677 و GN15 در شرایط گلخانه کشت و به مدت سه ماه نگهداری شدند. تنش خشکی به مدت ۴۰ روز در سه سطح شامل ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد از ظرفیت زراعی روی آن‌ها اعمال گردید. در این آزمایش سرعت ارتفاع گیاه، وزن خشک، محتوای آب نسبی برگ، کارایی مصرف آب، نشت الکترولیتی و محتوای عناصر معدنی (فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن و روی) در ریشه و برگ پایه‌ها ارزیابی شد.
واژه‌های کلیدی: سرعت رشد، عناصر غذایی، محتوای نسبی آب، نشت الکترولیتی، وزن خشک	یافته‌ها: نتایج نشان داد که وزن خشک کل به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر خشکی کاهش یافت. در اثر محدودیت آب درصد رطوبت برگ و وزن مخصوص برگ کاهش یافت، اما نسبت سطح برگ و سطح مخصوص برگ افزایش یافت. هم‌چنین، تحت تأثیر خشکی بیش‌ترین کاهش سرعت رشد در پایه‌های کادامن و میروبالان رخ داد ولی در پایه GN15 تغییر معنی‌داری مشاهده نشد. در اثر تنش خشکی محتوای نسبی آب برگ کاهش و نشت الکترولیت‌ها افزایش یافت و نشت الکترولیتی در پایه میروبالان بیش از سایر پایه‌ها بود. با افزایش شدت تنش خشکی میزان کارایی استفاده از آب در پایه کادامن کاهش، اما در دو پایه GF677 و GN15

افزایش یافت. در حالی که تغییر معنی‌داری از این نظر در پایه میروبالان مشاهده نشد. تنش خشکی باعث کاهش مواد معدنی (فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم) در ریشه و برگ پایه‌ها گردید. بیش‌ترین میزان کاهش غلظت عناصری مثل پتاسیم، کلسیم، فسفر و آهن در پایه‌های میروبالان و کادامن رخ داد.

نتیجه‌گیری: همه پایه‌های مورد آزمایش به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر تنش خشکی از جمله کاهش رشد قرار گرفتند اما میزان و سازوکار مقاومت پایه‌ها در برابر این تنش متفاوت بود. به‌طوری‌که برخی پایه‌ها با استفاده بهتر از آب در دسترس و جذب کارآمدتر عناصر غذایی، توانایی بیش‌تری در حفظ فعالیت‌های زیستی خود در مقابله با شرایط کم‌آبی داشته و در مقابل پایه‌های دیگر مقاومت کم‌تری در برابر تنش خشکی از خود نشان دادند و آسیب مشاهده شده در آن‌ها در مقایسه با سایر پایه‌ها بیش‌تر بود.

استناد: نصراله پورمقدم، شیرین، ربیعی، غلامرضا، شیران، بهروز، نوربخش، حبیب‌الله، راوش، رودابه (۱۴۰۰). بررسی تغییرات رشدی و تغذیه‌ای چهار پایه جنس پرونوس (*Prunus sp*) تحت تنش خشکی. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۸ (۴)، ۱۵۷-۱۴۱.

DOI: 10.22069/JOPP.2021.18120.2683



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

خشکسالی یک ویژگی آب و هوایی اجتناب‌ناپذیر است که شدت آن رو به افزایش است. علی‌رغم تلاش‌های موجود برای پیش‌بینی زمان شروع و چگونگی کاهش تأثیرات خشکی، هم‌چنان مهم‌ترین تنش غیرزیستی محدودکننده عملکرد محصولات کشاورزی در سراسر دنیا محسوب می‌شود. بنابراین، درک سازوکارهای مقاومت و افزایش تحمل گیاهان نسبت به تنش خشکی یک نیاز ضروری است (۳۳). یکی از رایج‌ترین پاسخ‌های گیاهان در برابر تنش‌های محیطی، کاهش سرعت رشد است. در واقع گیاه با هدف اختصاص منابع خود جهت تجمع زیست‌توده و فعالسازی سازوکارهای دفاعی، سرعت رشد خود را کم می‌کند (۲۰). کمبود آب باعث ایجاد اختلال در تغذیه مواد معدنی، تغییر در ساختار غشاءها، کاهش نفوذپذیری و کاهش پتانسیل اسمزی سلول، افزایش سطح گونه‌های فعال اکسیژن، ایجاد تنش اکسیداتیو و در نتیجه توقف فعالیت‌های مختلف آنزیمی می‌شود (۲۷). درختان میوه واکنش‌های ریخت‌شناختی متنوعی در شرایط تنش خشکی از خود نشان داده که سبب زنده ماندن آن‌ها می‌شود (۳۲). از آن جمله می‌توان به کاهش سرعت رشد رویشی، سطح برگ، وزن خشک و تر اندام هوایی و ریشه اشاره نمود. در شرایط تنش خشکی میزان آب قابل‌استفاده از خاک کم می‌شود و به دنبال آن روزنه‌ها بسته شده و سرعت فتوسنتز کاهش می‌یابد. هم‌چنین جذب عناصر غذایی به‌عنوان یکی از عوامل اصلی در رشد و نمو گیاهان در لایه‌های سطحی خاک کم می‌شود (۱۲). در حال حاضر تولید گیاهان مقاوم به خشکی یکی از مهم‌ترین چالش‌های کشاورزی دنیا است. در این زمینه پایه‌های مقاوم به دلیل ظرفیت بالایی که در سازگار کردن یک رقم خاص به شرایط نامطلوب تنش‌های محیطی دارند از عوامل ضروری و پراهمیت در احداث باغ‌های مدرن میوه به‌شمار می‌روند (۱۰). طی پژوهشی، چهار

پایه مختلف سیب را تحت شرایط تنش خشکی و گرما مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که تحت شرایط تنش محتوای جذب شده از عناصر غذایی (کلسیم، منیزیم، نیتروژن و پتاسیم) و زیست‌توده تشکیل شده در رقم پیوند شده روی پایه‌های مختلف متفاوت بود (۳۱).

جنس پرونوس با بیش از ۴۰۰ گونه از درختان و درختچه‌های گل‌دهنده از مناطق شمالی جهان شامل بادام، هلو، آلو، گیلاس، شلیل و زردآلو بوده و اهمیت اقتصادی بسیار بالایی دارد (۱۱). در سال‌های اخیر به‌دلایل مختلف از جمله جهت یکنواخت‌سازی درختان، به جای پایه‌های بذری از پایه‌های رویشی جنس پرونوس استفاده می‌شود. برخی از هیبریدهای بین گونه‌ای این جنس به‌دلیل مزایایی مانند سازگاری به شرایط مختلف خاک، آب و هوا، بیماری‌ها و حشرات، تنش‌های زیستی و غیرزیستی و هم‌چنین کنترل رشد رقم پیوندی به عنوان پایه کاربرد داشته (۲۱، ۲۲) و نقش مهمی را در باغبانی مدرن و باغداری تجاری ایفاء می‌کنند. در مطالعه‌ای چهار پایه پرونوس (GF677, Cadaman, ROOTPAC 20, ROOTPAC R) پیوند شده با پیوندک هلو رقم کاترینا به‌مدت ۲۶ روز تحت تنش خشکی قرار گرفتند نتایج این آزمایش نشان داد که روند رشد، وزن خشک و نسبت وزن خشک شاخساره به ریشه، کارایی استفاده از آب و محتوای نسبی آب برگ در پایه‌های مختلف به‌طور معنی‌داری با هم متفاوت بود (۱۶). از آن‌جا که کشت پایه‌های پرونوس در مناطق خشک و نیمه‌خشک رایج بوده و همواره تنش خشکی مشکل عمده کشاورزی این مناطق محسوب می‌شود، این آزمایش با هدف بررسی و مقایسه میزان مقاومت چهار پایه کادامن^۱ میروبالان^۱، GF677 و GN15 به تنش خشکی، از نظر میزان رشد و شرایط تغذیه‌ای و انتخاب پایه مناسب‌تر در شرایط تنش، طراحی و اجرا شد.

1- *Prunus davidiana* × *Prunus persica*

2- *Prunus myrobalane*

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه‌ای واقع در شهرستان سامان و آزمایشگاه‌های تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد در سال ۹۶-۹۷ اجرا شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی

مخلوط خاکی استفاده شده در شروع اعمال تیمار خشکی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک.

Table 1. Soil physical and chemical characteristics.

EC ds m ⁻¹	pH	نیترژن N %	پتاسیم K mg kg ⁻¹	فسفر P mg kg ⁻¹	روی Zn mg kg ⁻¹	منگنز Mn mg kg ⁻¹	آهن Fe mg kg ⁻¹
1.47	7.74	0.17	248	14.4	0.38	6.73	5.31
بر B mg kg ⁻¹	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	ظرفیت زراعی مزرعه ^۱ F.C (%)	نقطه پژمردگی دایم ^۲ P.W.P	ظرفیت تبادل کاتیونی ^۳ CEC	بافت Texture
1.49	48.3	34.2	17.5	18.38	29.4	11.7	Loam

پیش از آغاز و پس از پایان دوره تنش، ارتفاع بخش هوایی گیاهان جهت محاسبه سرعت رشد طولی (بر اساس میزان افزایش ارتفاع در تعداد روز) طی دوره تنش اندازه‌گیری شد. در پایان آزمایش وزن خشک گیاه، محتوای آب نسبی برگ، کارایی استفاده از آب، نشت الکترولیتی و غلظت عناصر معدنی (منیزیم، کلسیم، پتاسیم، فسفر، آهن و روی) اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی میزان تولید ماده خشک، گیاهان هر تکرار برداشت و 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.

نسبت سطح برگ^۴ (LAR)، سطح ویژه برگ^۵ (SLA) و وزن مخصوص برگ^۶ (SLW) نیز با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید (۳۴).

در این پژوهش قلمه‌هایی از جنس *Prunus sp.* شامل GF677، GN15 (تهیه شده از مرکز تولید نهال‌های رویشی درختان میوه شهرستان سامان، شهرکرد)، کادامن و میروبالان (تهیه شده از مرکز تولید نهال‌های رویشی ایتاصدر، شیراز) انتخاب و تهیه شد. پس از ریشه‌دار کردن قلمه‌ها، ۱۵ عدد از قلمه‌های هر پایه در گلدان‌های هفت لیتری پرشده با مخلوطی از خاک مزرعه و ماسه به نسبت برابر کاشته شد (یک گیاه در هر گلدان) و به مدت دو ماه در شرایط گلخانه‌ای با دمای 28 ± 5 درجه سانتی‌گراد و میانگین رطوبت نسبی ۲۷/۷ درصد و شدت نور میانه روز 10 ± 23 کیلولوکس نگهداری و آبیاری شدند. پس از سازگار شدن پایه‌ها با محیط گلخانه، جهت یکنواخت‌سازی شرایط رشد به صورت همزمان از ارتفاع ۲۵ سانتی‌متری بالاتر از محل طوقه سربرداری شدند. یک ماه پس از انجام سربرداری، تنش خشکی از طریق محدودیت آب آبیاری در سه سطح ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد از ظرفیت زراعی خاک مزرعه به مدت ۴۰ روز روی پایه‌ها اعمال شد.

- 1- Field capacity
- 2- Permanent wilting point
- 3- Cation - Exchange Capacity
- 4- Leaf Area Ratio
- 5- Specific Leaf Area
- 6- Specific Leaf Weight

کوره به مدت یک ساعت در دمای ۲۵۰ درجه سلسیوس و سه ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس قرار داده شد تا نمونه‌ها خاکستر شدند. پس از خنک شدن، ۵ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال به هر نمونه اضافه و با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. این عصاره به‌طور مستقیم برای اندازه‌گیری پتاسیم، منیزیم، کلسیم، آهن و روی استفاده شد. عنصرهای منیزیم، کلسیم، روی و آهن با استفاده از دستگاه جذب اتمیک (GBA, Avanta, USA) و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فوتومتر (Flame photometer, PFP7, USA) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری فسفر، ۵ میلی‌لیتر از عصاره تهیه‌شده را با ۱۰ میلی‌لیتر از محلول آمونیوم مولیبدات مخلوط کرده و با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. پس از صاف کردن میزان فسفر با استفاده از اسپکتروفوتومتر (PG Instruments T80+, UK) در طول موج ۴۷۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (۲۵).

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. با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۵)، ابتدا آزمون نرمال بودن توزیع داده‌های جمع‌آوری شده انجام شد و سپس تجزیه و تحلیل داده‌های آماری و مقایسه بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد ($P < 0.05$) صورت گرفت.

نتایج و بحث

شاخص‌های رشدی: بر اساس مقایسه میانگین‌ها نتایج نشان داد واکنش پایه‌ها از نظر شاخص‌های رویشی متفاوت بود. بیش‌ترین میزان وزن خشک کل در پایه‌های GF677 و GN15 مشاهده شد از طرفی وزن مخصوص برگ در پایه GF677 نسبت به پایه‌های دیگر بیش‌تر بود. درصد رطوبت برگ، نسبت سطح برگ و سطح مخصوص برگ در پایه میروبالان

$$LAR = LA/W \quad (1)$$

$$SLA = LA/LW \quad (2)$$

$$SLW = LW/LA \quad (3)$$

که در آن‌ها، LA سطح برگ بر حسب سانتی‌مترمربع، W وزن خشک کل بر حسب گرم، LW وزن برگ بر حسب گرم می‌باشد.

برای اندازه‌گیری میزان آب نسبی برگ، ابتدا ۱۰ عدد دیسک به قطر ۰/۵ سانتی‌متر از پهنک برگ بالغ و جوان به‌صورت تصادفی گرفته شد و پس از توزین درون شیشه‌های حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۴ ساعت در دمای ۰-۴ درجه سلسیوس در تاریکی قرار داده شد تا سلول‌های برگ به حالت تورژسانس کامل درآیند. پس از حذف رطوبت سطحی، وزن تورژسانس (TW) ثبت و نمونه‌ها در آن با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و وزن خشک دیسک‌ها (DW) نیز اندازه‌گیری شد. RWC با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (۴).

$$RWC = [(FW - DW) / (TW - DW)] \times 10 \quad (4)$$

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 رابطه زیر محاسبه گردید (۳۰).

$$WUE = DW/UW \quad (5)$$

که در آن، DW کل ماده خشک تولید شده در پایان آزمایش (گرم)، UW میزان آب مصرف شده در طول آزمایش (میلی‌لیتر).

برای اندازه‌گیری عناصر غذایی، در آغاز ۰/۵ گرم نمونه خشک‌شده ریشه و برگ را آسیاب کرده و در

افزایش یافت. نتایج نشان داد برهمکنش ژنوتیپ و تنش خشکی بر نسبت سطح برگ، سطح مخصوص برگ و وزن مخصوص برگ در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

نسبت به پایه‌های دیگر بیش‌تر بود. در اثر کاهش مقدار آبیاری وزن خشک کل، درصد رطوبت برگ و وزن مخصوص برگ کاهش یافت اما نسبت شاخساره به ریشه، نسبت سطح برگ و سطح مخصوص برگ

جدول ۲- برهمکنش سطوح مختلف کم‌آبیاری و ژنوتیپ بر خصوصیات رویشی پایه‌های جنس پرونوس.

Table 2. Interaction of deficit irrigation levels and genotype on growth characteristics of *Prunus* rootstocks.

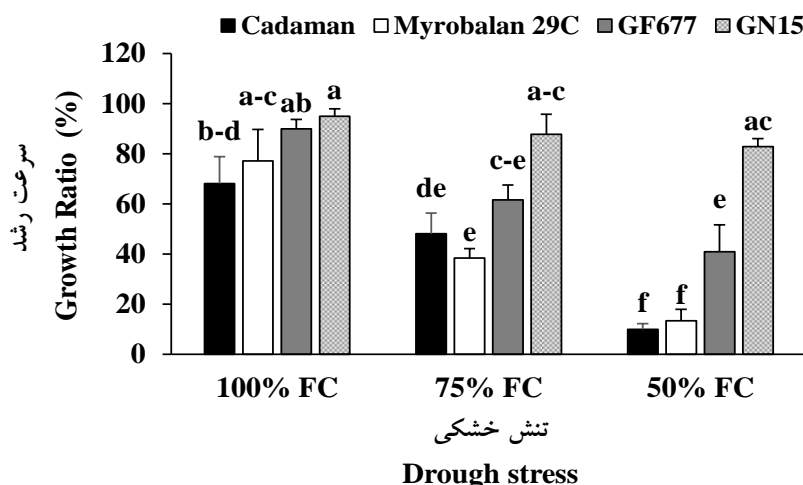
وزن مخصوص برگ SLW (gcm ⁻²)	سطح مخصوص برگ SLA (cm ² g ⁻¹)	نسبت سطح برگ LAR (cm ² g ⁻¹)	درصد رطوبت برگ Leaf Moisture (%)	نسبت شاخساره به ریشه Sh/R Ratio	وزن خشک کل TDW (g)	تیمارها Treatment
0.20 ^b	5.37 ^b	3.07 ^b	42.9 ^a	2.23	20.1 ^b	کادامن Cadaman
0.17 ^c	7.46 ^a	3.67 ^a	42.2 ^a	2.45	17.3 ^c	میروبالان Mirobalan
0.23 ^a	4.50 ^c	2.64 ^c	36.1 ^{ab}	2.48	26.0 ^a	جی‌اف ۶۷۷ GF677
0.21 ^b	4.88 ^{bc}	2.78 ^{bc}	29.2 ^b	2.45	24.4 ^a	جی‌ان ۱۵ GN15
0.26 ^a	3.86 ^c	2.14 ^c	40.0 ^a	2.09 ^b	29.7 ^a	شاهد Control
0.20 ^b	5.10 ^b	3.16 ^b	38.4 ^{ab}	2.47 ^{ab}	20.1 ^b	تنش خفیف Low stress
0.14 ^c	7.69 ^a	3.82 ^a	34.4 ^b	2.65 ^a	16.0 ^c	تنش شدید High stress
0.26 ^a	3.79 ^{fg}	2.27 ^{ef}	46.4	2.04	26.7	شاهد Control
0.20 ^{bc}	5.16 ^{c-e}	3.11 ^{cd}	42.7	2.15	19.2	تنش خفیف Low stress
0.14 ^d	7.15 ^b	3.83 ^b	39.4	2.51	14.4	تنش شدید High stress
0.25 ^a	3.99 ^{c-g}	2.38 ^e	45.6	1.83	24.8	شاهد Control
0.16 ^{cd}	6.28 ^{bc}	3.72 ^b	42.2	2.44	15.7	تنش خفیف Low stress
0.08 ^e	9.11 ^a	4.90 ^a	38.8	3.07	11.4	تنش شدید High stress
0.28 ^a	3.65 ^g	1.73 ^f	30.2	2.16	36.9	شاهد Control
0.25 ^a	4.07 ^{e-g}	2.73 ^{de}	39.8	2.48	23.3	تنش خفیف Low stress
0.18 ^{b-d}	5.79 ^{cd}	3.47 ^{bc}	38.4	2.79	17.9	تنش شدید High stress
0.25 ^a	4.02 ^{e-g}	2.19 ^{ef}	37.6	2.35	30.6	شاهد Control
0.21 ^b	4.90 ^{d-f}	3.08 ^{cd}	28.9	2.79	22.2	تنش خفیف Low stress
0.18 ^{b-d}	5.72 ^{cd}	3.07 ^{cd}	21.2	2.21	20.3	تنش شدید High stress

اعداد با حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Numbers within a column followed by the same letter are not significantly different at 0.05 probability level by Duncan's multiple range test.

و GF677 کاسته شد اما تفاوت معنی‌داری بین گیاهان تحت تنش پایه GN15 در مقایسه با شاهد دیده نشد. بیش‌ترین کاهش در سرعت رشد مربوط به پایه‌های کادامن و میروبالان بود (شکل ۱).

براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها برهمکنش تیمارهای ژنوتیپ و تنش خشکی بر سرعت رشد پایه‌ها معنی‌دار بود. بیش‌ترین سرعت رشد پایه‌ها در گیاهان شاهد وجود داشت و با افزایش شدت تنش از سرعت رشد پایه‌های کادامن، میروبالان



شکل ۱- تأثیر سطوح کم‌آبیاری و ژنوتیپ بر سرعت رشد پایه‌های جنس پرونوس.

Fig. 1. The influence of deficit irrigation and genotype on the growth rate of *Prunus* rootstocks.

پاسخ گیاه به این شرایط به صورت کاهش رشد (وزن خشک) خواهد بود. کاهش رشد به علت کاهش تقسیم سلولی، کاهش سطح برگ و محتوای کلروفیل و افزایش سرعت پیری رخ می‌دهد (۱۷، ۲۳). نتایج این آزمایش نشان داد هنگامی که درصد رطوبت برگ کاهش یافت، کمبود آب باعث ایجاد یکسری اثرات مضر متعدد روی گیاه شده که مهار رشد را در پی داشت. از جمله این اثرات اختلال در تغذیه مواد معدنی، تغییر در ساختار غشاها و نشت الکترولیت‌ها، کاهش نفوذپذیری و تعادل اسمزی سلول است (۲۹). نسبت سطح برگ در اثر تنش خشکی افزایش یافت که می‌تواند بیانگر سرمایه‌گذاری بیش‌تر گیاه در تولید برگ باشد. این شاخص با فتوسنتز و تنفس گیاه در

به‌طورکلی نتایج این آزمایش بیانگر آن بود که تنش خشکی سبب کاهش زیست‌توده در گیاهان تحت تنش نسبت به شاهد شد و از این نظر بین پایه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری وجود داشت به‌طوری‌که کم‌ترین میزان ماده خشک در پایه میروبالان و بیش‌ترین میزان در GF677 و GN15 مشاهده شد. کاهش رشد یکی از واکنش‌های عمومی و اولیه در شرایط تنش خشکی است (۲۰) و تولید زیست‌توده به علت بسته شدن روزنه‌ها در اثر تنش اسمزی است که ظرفیت فتوسنتزی را کاهش می‌دهد. هم‌چنین در شرایط تنش خشکی به علت عدم تعادل یونی وضعیت با ثبات غشاء سلول به هم می‌ریزد و تبادل مواد غذایی به خوبی صورت نمی‌گیرد. بنابراین

معنی‌دار بود. Fe^{2+} در برگ تحت تأثیر اثر متقابل تیمارها قرار گرفت اما Fe^{2+} در ریشه و Zn^{2+} در برگ و ریشه تحت تأثیر برهمکنش ژنوتیپ و تنش خشکی قرار نگرفت. کم‌ترین غلظت مواد معدنی در پایه میروبالان و سطح شدید تنش خشکی وجود داشت (جدول ۴). گیاهان دارای سازوکارهای مختلفی برای مقاومت و اطمینان از بقاء در برابر تنش‌های محیطی می‌باشند شواهد نشان می‌دهد وضعیت گیاه از نظر مواد معدنی نقش مهمی در مقاومت گیاه در برابر تنش‌های محیطی دارد. به‌طور کلی در اثر تنش خشکی دسترسی به مواد معدنی ضروری در خاک دچار اختلال شده که منجر به کمبود یا عدم تعادل غذایی در گیاهان می‌شود. این اختلال تغذیه‌ای ممکن است در نتیجه رشد ضعیف ریشه یا کاهش تحرک عناصر در خاک رخ دهد که هر دو آن‌ها حاصل کمبود آب است (۱). پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه، نتایج متفاوتی از اثرات تنش خشکی بر تجمع مواد غذایی را در گونه‌ها و ژنوتیپ‌های مختلف گزارش کرده‌اند اما اکثر آن‌ها بیان داشته‌اند در مواقعی که تنش خشکی شدت می‌یابد، جذب عناصر معدنی، به‌طور معنی‌داری کم می‌شود (۲۴، ۲۸). در مطالعات قبلی نیز تفاوت بین پایه‌ها از نظر ماده معدنی در تنش خشکی و شوری مشاهده شده است (۲، ۱۳، ۲۰).

ارتباط می‌باشد و یک معیار مناسب برای ایجاد تعادل بین دخل و خرج گیاه است (۱۸). در اثر تنش خشکی سطح مخصوص برگ افزایش و وزن مخصوص برگ کاهش یافت. این تغییرات می‌تواند مربوط به تقسیم‌بندی مواد فتوسنتزی و سازوکارهای مختلف تحمل به تنش از جمله تنظیم اسمزی یا تجمع کربوهیدرات‌های غیرساختاری و تجمع یون‌های سازگار باشد (۵، ۸).

مواد معدنی: نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های اثر ساده تیمارهای ژنوتیپ و خشکی و برهمکنش آن‌ها به‌ترتیب در جدول‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. پایه GF677 و GN15 از نظر مواد معدنی نسبت به دو پایه دیگر در وضعیت بهتری بودند زیرا بیش‌ترین غلظت P ، K^+ ، Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، Fe^{2+} و Zn^{2+} در برگ و P ، K^+ ، Ca^{2+} و Mg^{2+} ریشه مربوط به این دو پایه بود (جدول ۱). محدودیت میزان آبیاری باعث کاهش غلظت همه عناصر معدنی در هر دو بافت برگ و ریشه پایه‌های جنس پرونوس گردید. با افزایش شدت تنش خشکی از غلظت عناصر برگ و ریشه کاسته شد و کم‌ترین مقدار آن در سطح تنش شدید دیده شد که با شاهد دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بود (جدول ۳). نتایج نشان داد اثر متقابل تیمارها بر P ، K^+ ، Ca^{2+} و Mg^{2+} در برگ و ریشه

جدول ۳- اثرات ساده تیمارهای کم آبیاری و ژنوتیپ بر محتوای مواد معدنی برگ و ریشه پایه‌های پرونوس.

Table 3. Simple effects of deficit irrigation and genotype on nutrient content of leaves and roots of *Prunus* rootstocks.

روی Zn (mg kg ⁻¹)	آهن Fe (mg kg ⁻¹)	منیزیم Mg (%)	کلسیم Ca (%)	پتاسیم K (%)	فسفر P (%)	تیمارها Treatment
برگ Leaves						
23.6 ^{bc}	79.1 ^b	0.30 ^{ab}	2.72 ^b	1.42 ^b	0.27 ^b	کادامن Cadaman
21.4 ^c	71.2 ^b	0.28 ^b	2.76 ^b	1.24 ^c	0.27 ^b	میروبالان Mirobalan
26.9 ^{ab}	103.3 ^a	0.32 ^a	3.26 ^a	1.56 ^a	0.31 ^a	جی اف ۶۷۷ GF677
28.1 ^a	108.3 ^a	0.31 ^a	3.26 ^a	1.55 ^a	0.31 ^a	جی ان ۱۵ GN15
31.6 ^a	102.2 ^a	0.40 ^a	3.50 ^a	1.78 ^a	0.35 ^a	شاهد Control
25.3 ^b	91.9 ^b	0.32 ^b	3.01 ^b	1.47 ^b	0.30 ^b	تنش خفیف Low stress
18.0 ^c	67.3 ^c	0.19 ^c	2.49 ^c	1.08 ^c	0.22 ^c	تنش شدید High stress
ریشه Roots						
12.9	64.1	0.24 ^a	1.89 ^{ab}	1.33 ^a	0.22 ^b	کادامن Cadaman
14.5	95.5	0.18 ^b	1.63 ^b	1.06 ^b	0.20 ^b	میروبالان Mirobalan
18.7	68.7	0.24 ^a	1.88 ^{ab}	1.35 ^a	0.24 ^a	جی اف ۶۷۷ GF677
21.0	77.3	0.24 ^a	2.12 ^a	1.41 ^a	0.24 ^a	جی ان ۱۵ GN15
20.9 ^a	86.8 ^{ab}	0.30 ^a	2.26 ^a	1.62 ^a	0.26 ^a	شاهد Control
15.8 ^{ab}	103.5 ^a	0.24 ^b	1.79 ^b	1.33 ^b	0.24 ^b	تنش خفیف Low stress
13.6 ^b	38.8 ^b	0.14 ^c	1.58 ^b	0.92 ^c	0.18 ^c	تنش شدید High stress

اعداد با حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Numbers within a column followed by the same letter are not significantly different at 0.05 probability level by Duncan's multiple range test.

جدول ۴- برهمکنش تیمارهای کم‌آبیاری و ژنوتیپ بر محتوای مواد معدنی برگ و ریشه پایه‌های پرونوس.

Table 4. Interaction of deficit irrigation and genotype on nutrient content of leaves and roots of *Prunus* rootstocks.

روی Zn (mg kg ⁻¹)	آهن Fe (mg kg ⁻¹)	منیزیم Mg (%)	کلسیم Ca (%)	پتاسیم K (%)	فسفر P (%)	تیمارها Treatment
برگ Leaves						
29.1	109.1 ^{a-c}	0.40 ^a	3.27 ^{a-d}	1.80 ^a	0.33 ^b	شاهد Control
24.5	90.8 ^{cd}	0.35 ^{bc}	2.68 ^{d-f}	1.49 ^c	0.28 ^{cd}	تنش خفیف Low stress
17.3	62.3 ^e	0.16 ^f	2.21 ^{ef}	0.97 ^e	0.21 ^e	تنش شدید High stress
31.7	105.6 ^{ab}	0.40 ^a	3.52 ^{a-c}	1.71 ^{ab}	0.37 ^a	شاهد Control
20.4	89.5 ^d	0.28 ^d	2.73 ^{c-f}	1.19 ^d	0.28 ^{cd}	تنش خفیف Low stress
12.1	48.5 ^e	0.16 ^f	2.01 ^f	0.81 ^e	0.17 ^f	تنش شدید High stress
31.2	135.8 ^a	0.41 ^a	3.55 ^{ab}	1.79 ^a	0.34 ^{ab}	شاهد Control
26.9	97.5 ^{b-d}	0.33 ^c	3.44 ^{a-d}	1.62 ^{a-c}	0.34 ^{ab}	تنش خفیف Low stress
22.5	76.7 ^d	0.21 ^e	2.78 ^{b-e}	1.26 ^d	0.25 ^d	تنش شدید High stress
34.6	128.4 ^a	0.38 ^{ab}	3.66 ^a	1.83 ^a	0.36 ^{ab}	شاهد Control
29.4	114.7 ^{ab}	0.34 ^{bc}	3.18 ^{a-d}	1.56 ^{bc}	0.31 ^{bc}	تنش خفیف Low stress
20.1	61.7 ^{cd}	0.22 ^e	2.95 ^{a-e}	1.27 ^d	0.25 ^d	تنش شدید High stress
ریشه Roots						
17.6	95.8	0.32 ^a	2.38 ^a	1.62 ^{ab}	0.25 ^{ab}	شاهد Control
12.8	76.6	0.26 ^{bc}	1.85 ^{a-d}	1.43 ^b	0.24 ^{a-d}	تنش خفیف Low stress
8.3	19.7	0.14 ^{ef}	1.42 ^{cd}	0.95 ^c	0.16 ^e	تنش شدید High stress
22.4	74.8	0.29 ^{a-c}	2.08 ^{ab}	1.55 ^{ab}	0.25 ^{ab}	شاهد Control
14.9	103.6	0.16 ^{de}	1.49 ^{cd}	0.95 ^c	0.21 ^{cd}	تنش خفیف Low stress
6.1	28.1	0.10 ^f	1.30 ^d	0.68 ^d	0.14 ^e	تنش شدید High stress
24.3	88.3	0.31 ^{ab}	2.14 ^{ab}	1.62 ^{ab}	0.27 ^a	شاهد Control
18.7	72.1	0.26 ^c	1.86 ^{a-c}	1.41 ^b	0.26 ^{ab}	تنش خفیف Low stress
12.9	45.6	0.16 ^{de}	1.63 ^{b-d}	1.03 ^c	0.20 ^d	تنش شدید High stress
19.0	88.4	0.28 ^{a-c}	2.42 ^a	1.68 ^a	0.27 ^a	شاهد Control
16.7	81.7	0.27 ^{bc}	1.97 ^{a-c}	1.52 ^{ab}	0.24 ^{a-c}	تنش خفیف Low stress
27.1	61.7	0.18 ^d	1.98 ^{a-c}	1.04 ^c	0.22 ^{b-d}	تنش شدید High stress

اعداد با حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Numbers within a column followed by the same letter are not significantly different at 0.05 probability level by Duncan's multiple range test.

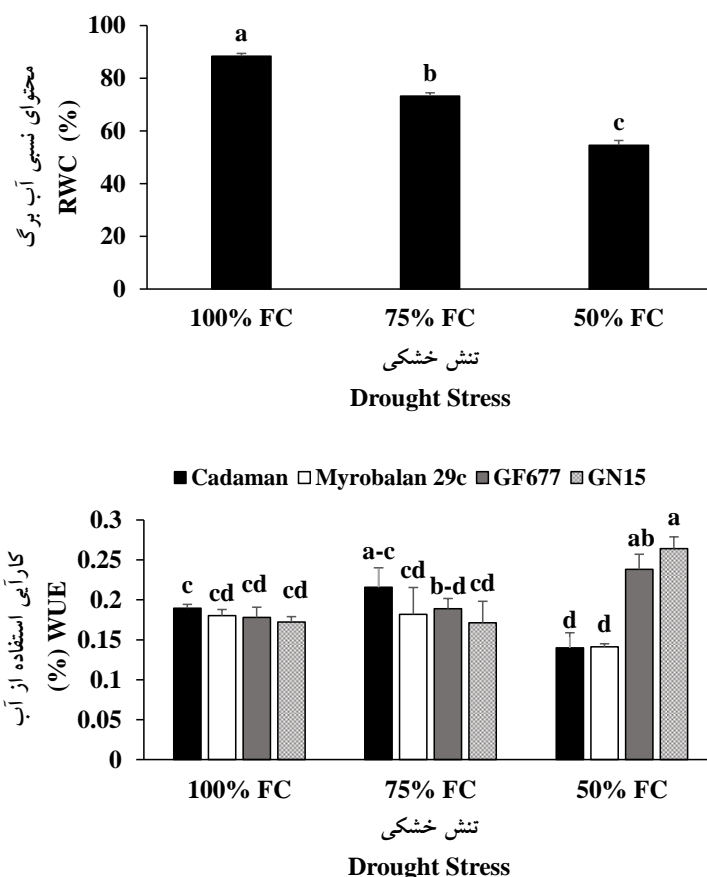
گونه است. کاهش انتقال یونها از خاک به ریشه‌ها، تغییر جذب یونها به وسیله ریشه‌ها، تغییر تقاضای ریشه و اندام‌های هوایی برای یونها، کاهش انتقال از طریق گیاه و کمبود یا تجمع یون‌هایی که ممکن است در متابولیسم گیاه اختلال ایجاد کرده یا پاسخ‌های سازش را القاء نمایند (۳). نتایج نشان داد پایه‌های استفاده شده از نظر جذب مواد معدنی متفاوت بودند که می‌تواند ناشی از تفاوت خصوصیات ژنتیکی و ویژگی‌های رشدی آن‌ها باشد. به‌عنوان نمونه وزن خشک ریشه و جذب مواد معدنی پایه‌های GF677 و GN15 نسبت به پایه‌های کادامن و میروبالان بیش‌تر بود (داده‌ها نشان داده نشده است). ریشه‌ها نخستین اندام گیاه در دریافت تنش خشکی بوده که در ارتباط مستقیم با خاک هستند بنابراین نقش مهمی در جذب و انتقال مواد معدنی ایفا می‌کنند.

محتوای نسبی آب برگ و کارایی استفاده از آب: نتایج این آزمایش نشان داد محتوای نسبی آب برگ تحت‌تأثیر تنش خشکی به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت و در سطوح تنش خشکی با شاهد دارای تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد بود (شکل ۲، الف). کارایی استفاده از آب تحت‌تأثیر برهمکنش ژنوتیپ و تنش خشکی قرار گرفت. در سطح ۷۵ درصد از تنش خشکی تفاوت معنی‌داری از نظر کارایی استفاده از آب در مقایسه با شاهد وجود نداشت در حالی‌که با افزایش شدت تنش خشکی میزان آن در دو پایه کادامن و میروبالان کاهش و در دو پایه دیگر (GF677 و GN15) افزایش یافت (شکل ۲، ب). کاهش در محتوای نسبی آب برگ می‌تواند به‌علت کاهش هدایت هیدرولیکی ریشه باشد که در مطالعات قبلی گزارش شده و با نتایج این آزمایش مطابقت دارد (۹، ۱۲). در شرایط تنش خشکی پتانسیل اسمزی محلول خاک کاهش می‌یابد و روی پتانسیل اسمزی برگ و نهایتاً محتوای نسبی آب برگ تأثیر گذاشته و

نتایج نشان داد در اثر تنش خشکی عناصر مورد ارزیابی در این آزمایش کاهش یافتند که با نتایج مطالعات دیگر مطابقت دارد (۲، ۱۳، ۱۴). مواد معدنی نقش مهمی در بقاء گیاهان در برابر تنش‌های محیطی ایفا می‌کنند. مواد معدنی از جمله فسفر و پتاسیم در بسیاری از فعالیت‌های فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، انتقال مواد فتوسنتزی به اندام‌های ذخیره‌ای، حفظ تورژسانس، فعالیت آنزیم‌ها نقش دارند و کمبود آن‌ها باعث ایجاد اختلال در فعالیت‌های مذکور می‌گردد. کاهش محتوای فسفر می‌تواند بر رشد رویشی تأثیرگذار باشد، زیرا نقش فسفر در رشد ریشه گیاهان به اثبات رسیده است (۷، ۱۳، ۱۴). غلظت کلسیم در این آزمایش با کمبود آب کاهش پیدا کرد. کلسیم به‌عنوان تنظیم‌کننده بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی و زیست-شیمیایی در شرایط تنش غیرزنده (شوری و خشکی) در گیاهان شناخته شده است (۲۶). با افزایش تنش خشکی، نشت الکترولیت‌ها افزایش و غلظت کلسیم کاهش یافت. افزایش میزان نشت الکترولیت‌ها می‌تواند ناشی از نقش مهم کلسیم در حفظ یکپارچگی غشاء باشد (۲۶). هم‌راستا با سایر آزمایش‌ها در این مطالعه نیز کاهش میزان آبیاری باعث کاهش غلظت منیزیم در هر دو بافت و هم‌چنین محتوای آهن و روی گردید (۱۳). در تنش خشکی با بسته شدن روزنه‌ها تعرق کاهش پیدا می‌کند و انرژی لازم برای جذب آب (محتوای نسبی آب برگ در اثر تنش خشکی کاهش یافت) و مواد معدنی کاهش می‌یابد. هم‌چنین در شرایط تنش ظرفیت رشد ریشه‌ها کم می‌شود (زیرا مواد معدنی از جمله فسفر کاهش یافت که بر روی رشد ریشه مؤثر است) و مناطق کم‌تری از خاک را پوشش می‌دهند، بنابراین ظرفیت گیاه برای جذب مواد معدنی کاهش می‌یابد (۲، ۲۶). از طرف دیگر خشکی و تغذیه معدنی ممکن است به چند طریق اثر متقابل داشته باشند که نتیجه آن بدین

است. هم‌چنین کاهش کارایی استفاده از آب در پایه میروبالان دیده شد که با نتایج آزمایش انجام شده روی دو پایه مرکبات مطابقت دارد (۱۲).

باعث کاهش آن می‌گردد (۱۲، ۱۵). افزایش کارایی استفاده از آب در پایه GF677 و GN15 ناشی از تولید ماده خشک بیشتر به ازای آب دریافتی کمتر

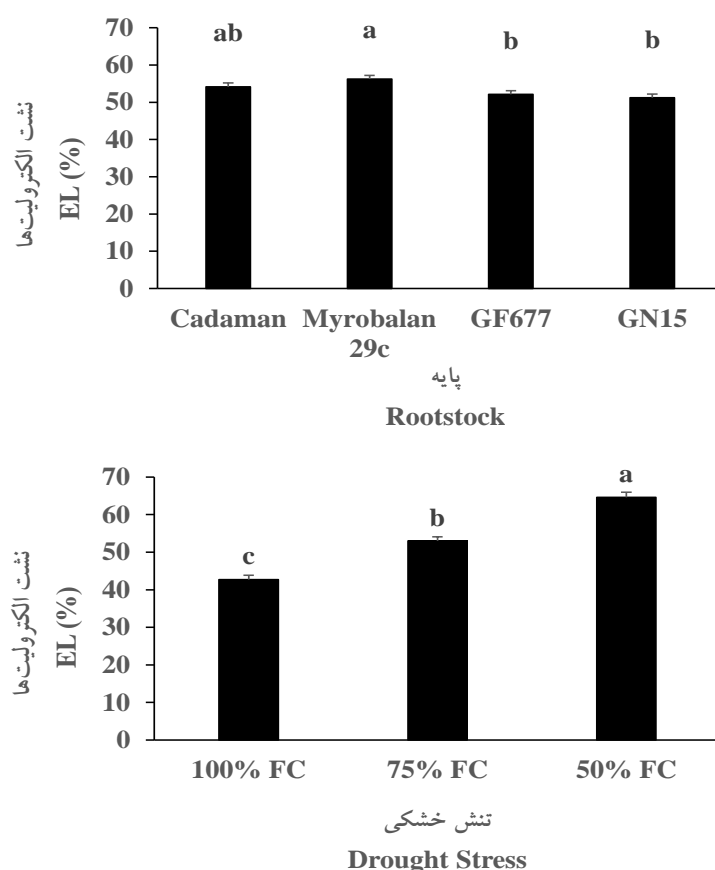


شکل ۲- تأثیر سطوح کم‌آبیاری و ژنوتیپ (پایه‌های پرونوس) بر محتوای نسبی آب برگ و کارایی استفاده از آب.

Fig. 2. The influence of deficit irrigation and genotype (*Prunus* Rootstocks) on leaf relative water content (RWC) and water use efficiency (WUE).

خشکی به‌علت محدودیت آب غشاء سلولی دچار تغییراتی می‌شود که در اثر آن محتویات درون سلول به خارج نشت می‌کند. بنابراین محاسبه میزان نشت الکترولیت‌ها یک شاخص مهم در برآورد میزان آسیب‌های وارد شده به بافت برگ است. افزایش نشت الکترولیت‌ها در اثر تنش خشکی در گیاهان متعددی گزارش شده است (۶، ۱۴، ۱۹).

نشت الکترولیت‌ها: با بررسی تغییرات نشت الکترولیت‌ها مشاهده شد که اثر ساده ژنوتیپ و تنش خشکی روی میزان این شاخص معنی‌دار بود، به‌طوری‌که نشت الکترولیت‌ها در پایه میروبالان بیش از سایر پایه‌ها بود. با افزایش شدت تنش خشکی میزان نشت الکترولیت‌ها افزایش یافت (۳۷٪ درصد) و با شاهد دارای اختلاف معنی‌دار بود. در شرایط تنش



شکل ۳- اثرات ساده تیمارهای کم‌آبیاری و ژنوتیپ (پایه‌های پرونوس) بر نشست الکترولیت‌ها.

Fig. 3. Simple effects of deficit irrigation and genotypes (*Prunus* Rootstocks) on electrolyte leakage (EL).

در شرایط تنش خشکی می‌تواند ناشی از تفاوت خصوصیات ژنتیکی و رویشی آن‌ها باشد. روند تغییرات دو پایه GN15 و GF677 بسیار مشابه بود که می‌تواند ناشی از مشترک بودن والدین آن‌ها باشد. بنابراین ژنوتیپ‌های مطالعه شده با استفاده از راهبرد تغذیه‌ای می‌توانند بر اثرات مخرب خشکی مقابله کنند و روند تغییرات در تمامی صفات تحت‌تأثیر ژنوتیپ است. در مجموع براساس نتایج ارائه شده تحت شرایط تنش خشکی به ترتیب دو پایه GN15 و GF677 نسبت به دو پایه دیگر سازوکار مقاومتی بهتری از خود نشان دادند. در عین حال بیش‌ترین میزان آسیب ناشی از تنش خشکی در این آزمایش متعلق به پایه میروبالان بود.

نتیجه‌گیری

محدودیت آبیاری باعث کاهش وزن خشک کل، درصد رطوبت برگ و وزن مخصوص برگ گردید و نسبت شاخساره به ریشه افزایش یافت که می‌تواند ناشی از آسیب بیش‌تر تنش خشکی به ریشه‌ها باشد. از طرف دیگر میزان جذب تمام عناصر غذایی در اثر تنش خشکی در برگ و ریشه پایه‌ها کاهش یافت. با توجه به نتایج این آزمایش میزان تولید وزن خشک پایه‌های کادامن و میروبالان بیش‌تر تحت‌تأثیر محدودیت آبیاری قرار گرفتند و بیش‌ترین وزن خشک کل مربوط به پایه‌های GN15 و GF677 بود. واکنش پایه‌های استفاده شده از نظر خصوصیات رویشی و وضعیت مواد معدنی مانند فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم متفاوت بود. تفاوت در رفتار پایه‌ها

منابع

1. Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environ. Exp. Bot.* 59: 206-216.
2. Bagheri, V., Shamshiri, M.H., Shirani, H. and Roosta, H.R. 2012. Nutrient uptake and distribution in mycorrhizal pistachio seedlings under drought stress. *J. Agric. Sci. Technol.* 14: 1591-1604.
3. Baker, R.J. 1993. Breeding methods and selection indices for improved tolerance to biotic and abiotic stresses in cool season food legume. *Euphytica.* 73: 67-72.
4. Bastam, N., Baninasab, B. and Ghobadi, C. 2012. Improving salt tolerance by exogenous application of salicylic acid in seedlings of pistachio. *Plant Growth Regul.* 51: 156-163.
5. Bayulo, J.S., Debouck, D.G. and Lynch, J.P. 2003. Growth, gas exchange, water relations, and ion composition of *Phaseolus* species grown under saline condition. *Field Crops Res.* 80: 207-222.
6. Bolat, I., Dikilitas, M., Ercisli, S., İkinci, A. and Tonkaz, T. 2014. The effect of water stress on some morphological, physiological, and biochemical characteristics and bud success on apple and quince rootstocks. *Sci. World J.* 8: 1-8.
7. Colla, G., Roupheal, Y., Cardarelli, M., Tullio, M., Rivera, C.M. and Rea, E. 2008. Alleviation of salt stress by arbuscular mycorrhizal in zucchini plants grown at low and high phosphorus concentration. *Biol. Fert. Soils.* 44: 501-509.
8. Fattahi, M., Shamshiri, M.H. and Esmaeilzade, M. 2014. Evaluation of leaf physio-morphological responses of three pistachio rootstocks inoculated with arbuscular mycorrhizae to salt stress. *J. Hort. Sci. Technol.* 15: 5. 469-482. (In Persian)
9. Felipe, A.J. 2009. 'Felinem', 'Garnem', and 'Monegro' Almond × Peach hybrid rootstocks. *HortScience.* 44: 196-197.
10. Gainza, F., Opazo, I., Guajardo, V., Meza, P., Ortiz, M., Pinochet, J. and Munoz, C. 2015. Rootstock breeding in *Prunus* species: Ongoing efforts and new challenges. *Chil J. Agric. Res.* 75: 6-16.
11. Ganopoulos, I.V., Kazantzis, K., Chatzicharisis, I., Karayiannis, I. and Tsaftaris, A.S. 2011. Genetic diversity, structure and fruit trait associations in Greek sweet cherry cultivars using microsatellite based (SSR/ISSR) and morpho-physiological markers. *Euphytic.* 181: 237-251.
12. Garcia, F., Syvertsen, J.P. and Perez, J.G. 2007. Response to flooding and drought stress by two citrus rootstock seedlings with different water use efficiency. *Physiol. Plant.* 130: 532-542.
13. Getachew, M. 2014. Influence of soil water deficit and phosphorus application on phosphorus uptake and yield of soybean (*Glycine max* L.) at Dejen, North- West Ethiopia. *Amer. J. Plant Sci.* 5: 1889-1906.
14. Hojjat Nooghi, F. and Mozafari, V. 2012. Effects of calcium on eliminating the negative effects of salinity in pistachio (*Pistacia vera* L.) seedlings. *Aust. J. Crop Sci.* 6: 4. 711-716.
15. Irigoyen, J.J., Emerich, D.W. and Sanchie, M.D. 1992. Water stress induced changes in concentrations of prolin and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiol. Plant.* 84: 67-72.
16. Jimenez, S., Dridi, J., Gutierrez, D., Moret, D., Juan, J., Irigoyen, M., Moreno, A. and Gogorcena, Y. 2013. Physiological, biochemical and molecular responses in four *Prunus* rootstocks submitted to drought stress. *Tree Physiol.* 33: 1061-1075.
17. Kang, S.M., Khan, A.L., Waqas, M., You, Y.H., Kim, J.H., Kim, J.G., Hamayun, M. and Lee, I.J. 2014. Plant growth promoting rhizobacteria reduce adverse effects of salinity and osmotic stress by regulating phytohormones and antioxidants in *Cucumis sativus*. *J. Plant Interact.* 9: 673-682.
18. Karimi, M.M. and Siddique, K.H.M. 1991. Crop growth and relative growth rate of old and modern wheat cultivars. *Aust. J. Agric. Res.* 42: 13-20.
19. Khoyerdi, F., Shamshiri, M.H. and Estaji, A. 2016. Changes in some

- physiological and osmotic parameters of several pistachio genotypes under drought stress. *Sci. Hort.* 198: 44-51.
20. Kumar, D., Al Hassan, M., Naranjo, M.A., Agrawal, V., Boscaiu, M. and Vicente, O. 2017. Effects of salinity and drought on growth, ionic relations, compatible solutes and activation of antioxidant systems in oleander (*Nerium oleander* L.). *PLoS One.* 12: 1-9.
21. Lee, S. and Wen, J. 2001. A phylogenetic analysis of *Prunus* and the Amygdaloideae (Rosaceae) using ITS sequences of nuclear ribosomal DNA. *Amer. J. Bot.* 88: 150-160.
22. Moreno, M.A. and Cambra, R. 1994. Adarcias: an almond × peach hybrid rootstock. *Hort. Sci.* 29: 1-8.
23. Nadeem, S.M., Ahmad, M., Zahir, Z.A., Javaid, A. and Ashraf, M. 2014. The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. *Biotechnol. Adv.* 32: 429-448.
24. Nambiar, E.K.S. 1977. The effects of drying of the topsoil and of micronutrients in the subsoil on micronutrient uptake by an intermittently defoliated ryegrass. *Plant Soil*, 46: 1. 185-193.
25. Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanable, F.S. and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Depart. of Agric., Washington, No: 939, pp. 1-19.
26. Rahneshan, Z., Nasibi, F. and Ahmadi, M.A. 2018. Effects of salinity stress on some growth, physiological, biochemical parameters and nutrients in two pistachio (*Pistacia vera* L.) rootstocks. *J. Plant Interac.* 1: 73-82.
27. Shankar, V., Kumar, D. and Agrawal, V. 2016. Assessment of antioxidant enzyme activity and mineral nutrients in response to NaCl stress and its amelioration through glutathione in chickpea. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 178: 267-284.
28. Tanguilig, V.C., Yambao, E.B., O' Toole, J.C. and De Datta, S.K. 1987. Water stress effects on leaf elongation, leaf water potential transpiration and nutrient uptake of rice, maize and soybean. *Plant Soil.* 103: 155-168.
29. Torrecillas, A., Alarcon J.J., Domingo, R., Planesa, J. and Sanchez-Blanco, M.J. 1996. Strategies for drought resistance in leaves of two almond cultivars. *Plant Sci.* 118: 135-143.
30. Vafabakhsh, J., Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A. and Azizi, M. 2009. Effects of water deficit on water use efficiency and yield of canola cultivars (*Brassica napus* L.). *Field Crops Res.* 7: 1. 280-292. (In Persian)
31. Valverdi, N.A.; Cheng, L. and Kalcsits, L. 2019. Apple scion and rootstock contribute to nutrient uptake and partitioning under different belowground environments. *Agron.* 9: 8. 415-433.
32. Vile, D., Garnier, E., Shipley, B. and Laurent, G. 2005. Specific leaf area and dry matter content estimate thickness in laminar leaves. *Ann. Bot.* 96: 1129-1136.
33. Wang, X., Ca, X., Xu, C., Wang, Q. and Dai, S. 2016. Drought-responsive mechanisms in plant leaves revealed by proteomics. *Int. J. Mol. Sci.* 17: 1706.
34. Zeinalabedini, M., Majidian, P., Dezhampour, J., Khakzad, M. and Farsi, M. 2016. First report of a set of genetic identities in *Prunus* rootstocks by SSR markers. *J. Plant Sci. Mol. Breed.* 4: 17-25.

