ارزیابی ژنوتیپ‌های بادام متحمل به خشکی با استفاده از روابط آبی و برخی صفات رویشی روی پایه GN15

حسین فتحی[1*]، محمد اسماعیل امیری[2]، علی ایمانی[3]، جعفر حاجیلو[4] و جعفر نیکبخت[5]

[1] دانشجوی دکتری علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، زنجان.

[2] استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، زنجان.

[3] دانشیار، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده میوه‌های سردسیری، کرج

[4] استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، تبریز.

[5] دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، زنجان.

نویسنده مسئول: fathih_1353@yahoo.com

چکیده

این تحقیق به‌منظور بررسی تحمل ژنوتیپ‌های دیر گل بادام روی پایه GN15 به تنش خشکی به‌صورت فاکتوریل دوعاملی (پنج ژنوتیپ /رقم شامل: « سهند، فرانیس، H، K3-3-1 و 13-40 » و سه سطح آبیاری شامل: شاهد، ۴۰ درصد و ۷۰ درصد ظرفیت زراعی) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات باغبانی سهند در سال ۹۳-۹۴ انجام شد. روابط آبی و برخی صفات رویشی در طی تنش سنجش شدند. نتایج نشان داد RWC برگ در همه ارقام تحت تنش مطابق با روند کاهشی پتانسیل آب برگ (Ψw) در تمامی ژنوتیپ و ارقام تحت تنش به‌صورت فزاینده ادامه یافت و در ژنوتیپK3-3-1 و13-40 در هفته سه و چهار منفی‌تر شد. رقم فرانیس، ژنوتیپ سهند و تا حدودی ژنوتیپ H کاهش پتانسیل آب را جبران نمودند. وزن خشک ریشه و نسبت وزن خشک ریشه به سطح برگ در ژنوتیپ‌های متحمل نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بیشتر بود. رقم سهند و فرانیس با تحمل بالا و ژنوتیپ H با تحمل متوسط وK3-3-1 و 1340 با ریزش ۸۰ درصد برگ‌ها به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ به تنش شدید مشخص شدند.

***کلمات کلیدی:* تنش کم‌آبیاری، ریزش برگ، پتانسیل آب برگ، RWC**

مقدمه

ایران از تولیدکنندگان مهم بادام (*P.dulcis* Mill) در جهان می‌باشد. کمبود آب، شوری و غلظت بالای آهک در مناطق خشک از عواملی هستند که کمیت و کیفیت محصولات باغی را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهند. بیش از ۹۰ درصد سطح ایران تحت تنش خشکی قرار دارد (۱۳). یکی از روش‌های مدیریت مصرف آب کشت ترکیب پیوندی متحمل به تنش خشکی است. پایه‌های دورگ هلو × بادام مانند GF677، GN22 و GN15 مثل پایه بذری تحمل مناسبی به شرایط خشک و بدون آبیاری نشان داده‌اند که کارآئی جذب و نگهداری بالای آب در آن‌ها را نشان می‌دهند (۷). این پایه‌ها محصول بادام را نیز به‌طور قابل توجهی افزایش می‌دهند. پایه GN15 (تلاقی بادام رقم گارفی[1](والد مادری) با هلو رقم نامرد) تحمل نسبی به تنش خشکی نشان داده و ضمن مقاومت به نماتد زگیل ریشه تحمل به کلروز ناشی از کمبود آهن (مشابه GF677) در خاک‌های قلیائی (pH=8 - 8.5) را دارد و سطوح بالائی از آهک فعال (۱۰ تا ۱۲ ٪) را نیز تحمل می‌نماید (۷). پیوندک‌های رقم فرانیس روی پایه GN22 تحمل بالائی به تنش خشکی نشان داده است (از لحاظ رشد، پتانسیل آب برگ و حفظ برگ) و پایه GN15 از لحاظ بیشتر خصوصیات با این پایه تفاوتی نداشته است. پایه سازگار به تنش خشکی، احتمالاً از لحاظ جذب عناصر هم مناسب است (۱۱). در بررسی پایه‌های انتخابی جنس پرونوس به کلروز ناشی از آهن، پایه GN15 را از لحاظ پاسخ به جذب کلات آهن در جبران کمبود آهن، پایه‌ای مناسب ارزیابی کرده‌اند (۱۲). بر اساس گزارشات موجود کارآئی جذب عناصر غذائی در پایه‌های رویشی و بذری و ترکیب پایه و پیوندک در جذب عناصر غذائی کارآئی متفاوتی دارند (۲). در بین ارقام بادام سازگاری‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی در شرایط تنش کم‌آبی نشان داده شده و در اثر تنش کم‌آبی پارامترهایی ازجمله پتانسیل آب برگ، سرعت تبخیر و تعرق، ضریب هدایت روزنه‌ای، سطح برگ، وزن برگ، وزن مخصوص برگ، طول شاخه، تعداد و

[1]. Garfi

تراکم برگ کاهش یافته و برخی از ارقام تحمل بیشتری را به تنش کم‌آبی نشان داده‌اند (۸). این تحقیق به‌منظور بررسی اثرات تنش خشکی روی روابط آبی و برخی صفات رویشی و مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های بادام روی پایه GN15 انجام شده است.

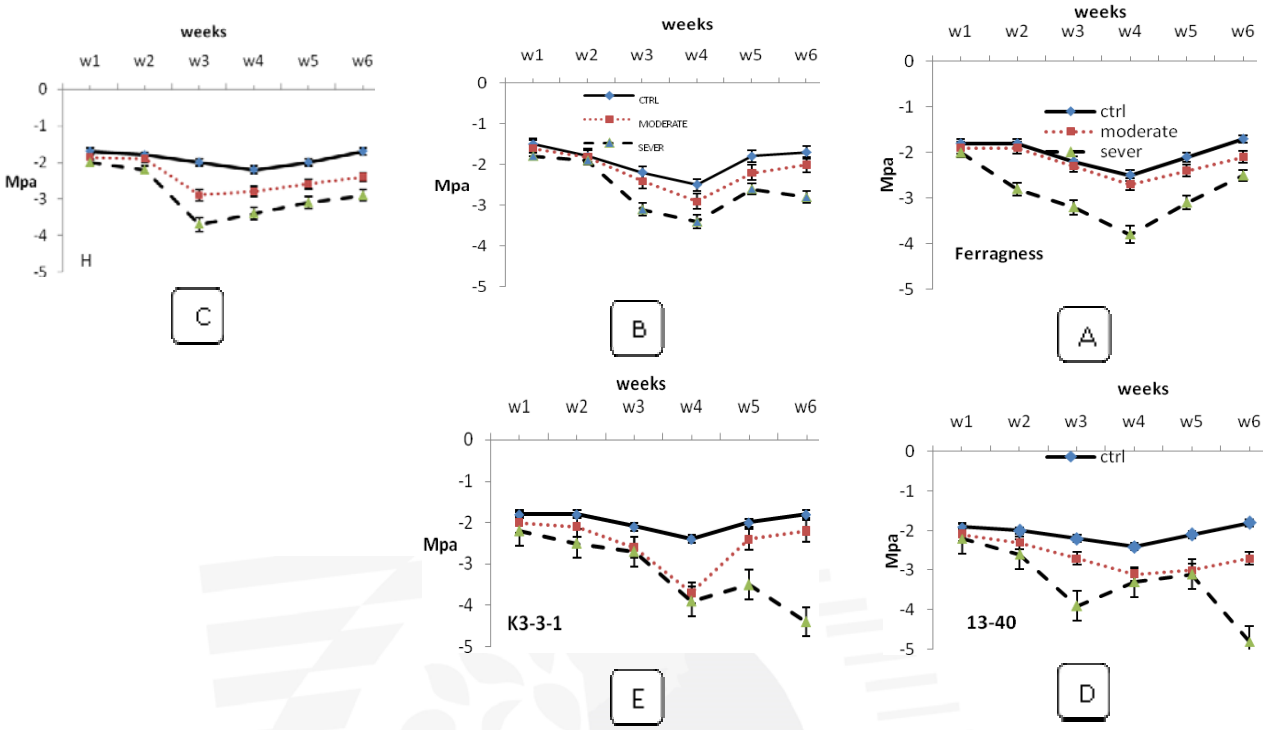
مواد و روش‌ها

این تحقیق از سال۱۳۹۳ تا ۱۳۹۴ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور ژنوتیپ و آبیاری انجام شد. فاکتور زنوتیپ شامل دو رقم فرانیس و سهند و سه ژنوتیپ H، K3-3-1 و 1340 پیوند شده روی پایه GN15 و فاکتور کم‌آبیاری در ۳ سطح شامل: آبیاری کامل (شاهد)، ۷۰ درصد و ۴۰ درصد آبیاری کامل در ایستگاه تحقیقات باغبانی سهند با مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵دقیقه عرض شمالی و۴۶ درجه و ۴۵ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۳۲۷ از سطح دریا به‌صورت گلدانی در سه تکرار انجام شد. پایه‌های رویشیGN15 که از طریق رویشی تکثیر یافته بودند تهیه شدند و هر پایه در اوایل فروردین‌ماه سال ۱۳۹۳به گلدان پلاستیکی با قطر دهانه ۴۰ سانتیمتر و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر حاوی مخلوط خاک هموژن منتقل و بلافاصله آبیاری شده و در فضای باغ ایستگاه تحقیقات باغبانی سهند قرار گرفتند. پیوندک ژنوتیپ‌ها و ارقام بادام از پژوهشکده میوه‌های سردسیری موسسه تحقیقات علوم باغبانی تهیه و روی پایه‌ها پیوند جوانه انجام گرفت. کم‌آبیاری از۱۵ تیرماه تا آخر مردادماه (به مدت ۴۵ روز) در ۳ سطح بر اساس روش بیلان حجمی یا روش لایسیمتر زهکشی طبق رابطه I – O=ΔS اعمال شد. در این رابطه I : آب ورودی به گلدان ، O: آب زهکش شده از انتهای گلدان و ΔS: جبران رطوبت خارج شده از خاک در فاصله بین دو آبیاری به علت تبخیر-تعرق گیاه می‌باشد.

یادداشت‌برداری از صفات در طول دوره تنش یا پس از اتمام آن انجام گرفت. پتانسیل آب برگ (Ψw) در هر هفته توسط محفظه فشار (Pressure chamber) از سه برگ بالغ در هر تیمار، اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC) طبق دستورالعمل کیرناک و همکاران (۲۰۰۱)، از چهار برگ کامل طبق رابطه RWC=Wf -Wd/Wt -Wd×100 محاسبه شد: که (Wf): وزن تر ،(Wt): وزن قطعات برگ در حالت تورژسانس و (Wd): وزن خشک. سطح پهنک برگ به کمک نرم‌افزار آنالایزر تصویر (ImageJ، نسخه 1.32j)، وزن خشک برگ طبق روش لیو و همکاران (۱۵)، شاخساره و ریشه با ترازوی دقیق دیجیتالی (۰/۰۱ گرم) اندازه‌گیری شدند. وزن ویژه برگ (ماده خشک برگ در واحد سطح آن برحسب میلی‌گرم بر سانتیمتر مربع). تراکم میان گره روی شاخه اصلی، از طریق تقسیم تعداد میان گره بر طول آن، برحسب تعداد میان گره در سانتیمتر مربع، تعداد برگ‌های ریزش یافته و تعداد برگ‌های سبز گیاه از طریق تفاضل تعداد کل برگ‌ها از(برگ‌های ریزش یافته + برگ‌های با نکروزگی کمتر از ۵۰ درصد + برگ‌هایی با نکروزگی ۵۰ تا ۱۰۰ درصد) محاسبه شد. داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTATC تجزیه و سپس مقایسه میانگین‌ها با آزمون Duncan انجام شد.

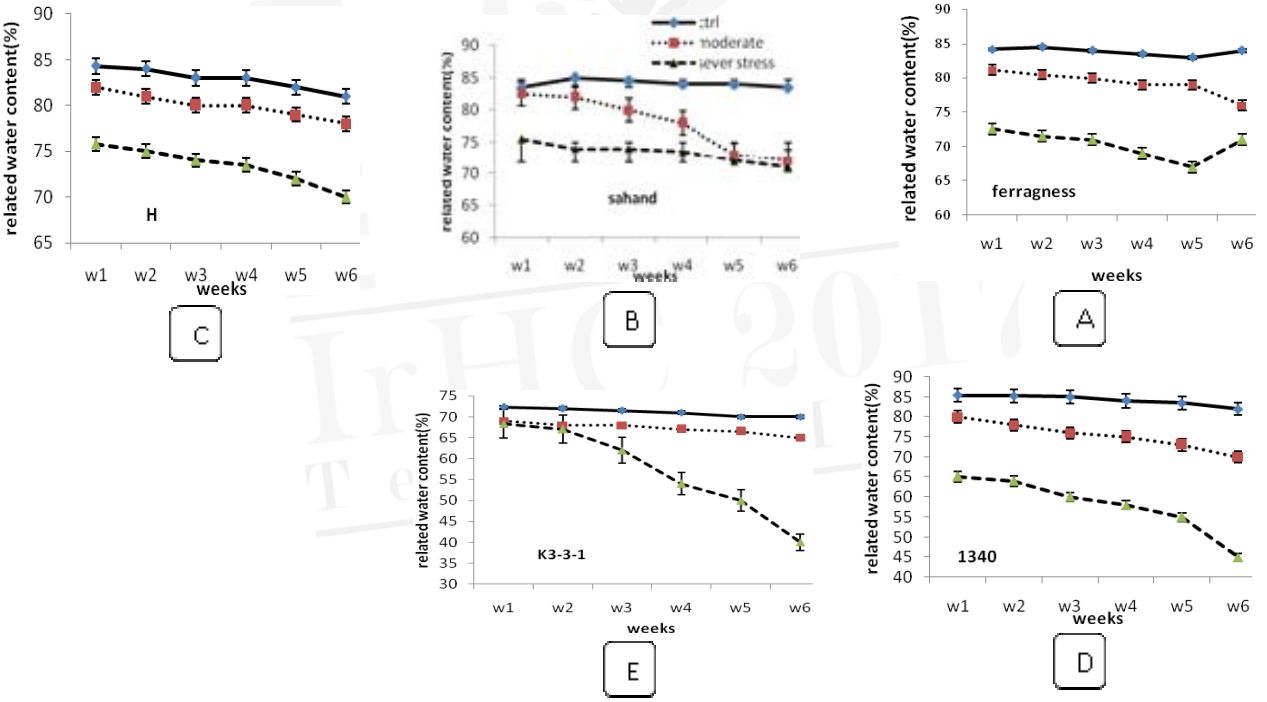
نتایج و بحث

پتانسیل آب برگ (Ψw) در تنش ملایم (-0.8Mpa) در ژنوتیپ‌های K3-3-1 و 1340 از هفته دوم و در ژنوتیپ‌های متحمل در سومین هفته کاهش نشان دادند و تفاوت معنی‌داری بین این ژنوتیپ‌ها از هفته سوم با حالت شاهد مشاهده گردید (شکل ۱). کاهش پتانسیل آب برگ در ژنوتیپ‌های K3-3-1 و 1340 به حداقل به ترتیب ۴/۴- و ۴/۸- مگاپاسکال رسید. ژنوتیپ‌های K3-3-1 و 1340 کاهش معنی‌داری در پتاسیل آب برگ در انتهای تحقیق نشان دادند (شکل ۱).



شکل ۱ - پتانسیل آب برگ در وسط روز (Mpa-) در پنج ژنوتیپ مورد مطالعه (A: فرانیس، B: سهند، C: ژنوتیپ H ، D: ژنوتیپ 13-40 و E: ژنوتیپ K3-3-1) روی پایه GN15 در طول شش هفته تنش خشکی. هر نقطه بیانگر سه تکرار و نشانگرهای عمودی بیانگر استاندارد خطا است ±SEM

عموماً تفاوت معنی‌داری بین گیاهان شاهد و گیاهان تحت تنش ملایم از لحاظ RWC برگ وجود نداشت (شکل ۲). اما اندازه‌گیری RWC تحت تنش شدید در هفته دوم نشان داد که تنش آب منطبق با کاهش ناگهانی محتوای نسبی آب برگ در همه ژنوتیپ‌ها به‌جز رقم سهند و فرانیس شد اما در دو هفته آخر RWC برگ در رقم K331 و 1340 به‌شدت کاهش یافت.



شکل ۲- آب نسبی برگ (RWC%) در پنج ژنوتیپ و رقم مورد مطالعه (A: فرانیس، B: سهند، C: ژنوتیپ H ، D: ژنوتیپ 13-40 و E: ژنوتیپ K3-3-1)روی پایه GN15 در طول شش هفته تنش خشکی. هر نقطه بیانگر سه تکرار می‌باشد و نشانگرهای عمودی بیانگر استاندارد خطا (±SEM).

کاهش در RWC ممکن است باعث فعال شدن مکانیسم مقاومت باشد و آن نشان می‌دهد که برگ‌های بادام به‌صورت فعالانه ترکیبات سازگار کننده‌ای را سنتز می‌نماید که با کاهش پتانسیل آب برگ آن‌ها را به جذب آب بیشتر تحریک می‌نماید. این تحقیق نشان داد که برگ‌های برخی از ارقام بادام روی پایه GN15 می‌توانند پتانسیل آب برگ (Ψw) مابین ۳- و ۴- مگا پاسکال را تحمل نمایند، باوجوداینکه پایه هر پنج رقم و ژنوتیپ بادام مورد بررسی GN15 بود پاسخ متنوع به تنش خشکی ناشی از اثرات نوع رقم و ژنوتیپ می‌باشد. در مقادیر خیلی پایین پتانسیل آب برگ (Ψw) گیاهان توانایی فتوسنتز کردن را حفظ کرده و آن مکانیسم قوی در برگ‌های بادام برای حفظ فعالیت شان تحت شرایط تنش را نشان می‌دهد. بازیابی سریع بیشتر با تحمل فیزیولوژیکی به تنش خشکی در ارتباط است (۱۷). این الگو در بادام توسط فررز[1] انیز گزارش شده است (۶). این پاسخ فیزیولوژیکی در سایر گیاهان تحت تنش خشکی نیز گزارش شده است و نشان می‌دهد که الگویی که باز شدن روزنه‌ای را بالا می‌برد احتمالاً ممکن است با سایر مراحل دیگر درگیر در تحمل به تنش خشکی در ارتباط باشد. الگوی روزنه‌ای در ارتباط با پتانسیل آب برگ بوده و با انتقال سیگنال‌های شیمیایی از ریشه‌ها که شرایط خاک-ریشه را منعکس می‌کند نیز در ارتباط می‌باشد (۵). علی‌رغم اینکه ژنوتیپ H برخی مکانیسم‌های مقاومت یا تحمل به تنش خشکی را نشان می‌دهد (RWC در انتهای هفته سوم) به نظر می‌رسد ژنوتیپی با تحمل کمتری نسبت به دو رقم فرانیس و سهند باشد. دو ژنوتیپ 1340 و K331 تحمل کمتری در میان همه ژنوتیپ‌ها و ارقام باشد زیرا که کاهش معنی‌دار در RWC در ابتدا و انتهای مطالعه نشان دادند. ژنوتیپ H تغییرات معنی‌داری در RWC تا آخر هفته چهار نشان نداد و ممکن است تحمل بیشتری به تنش خشکی داشته باشد. مقایسه بین شکل ۱ و ۲ نشان می‌دهد که علی‌رغم تداوم کمبود آب در هفته سوم تمام درختان به‌جز دو ژنوتیپ 40-13 و K331 توانستند برگ‌هایشان را از حالت پژمردگی حفظ و مدیریت نمایند. کاهش در پتانسیل آب برگ به گیاه اجازه می‌دهد تا تورژسانس برگ‌ها را با کارآیی بیشتری بازسازی نماید (۲۱). در این تحقیق نهال‌های شاهد بیوماس بیشتری تولید کردند که ناشی از رشد رویشی بالا در ریشه و شاخ و برگ‌های آن بود درحالی‌که تمام گلدان‌های شاهد با میزان مساوی آب دریافت کرده بودند گیاهان نسبت به هفته اول آب بیشتری نیاز داشتند.

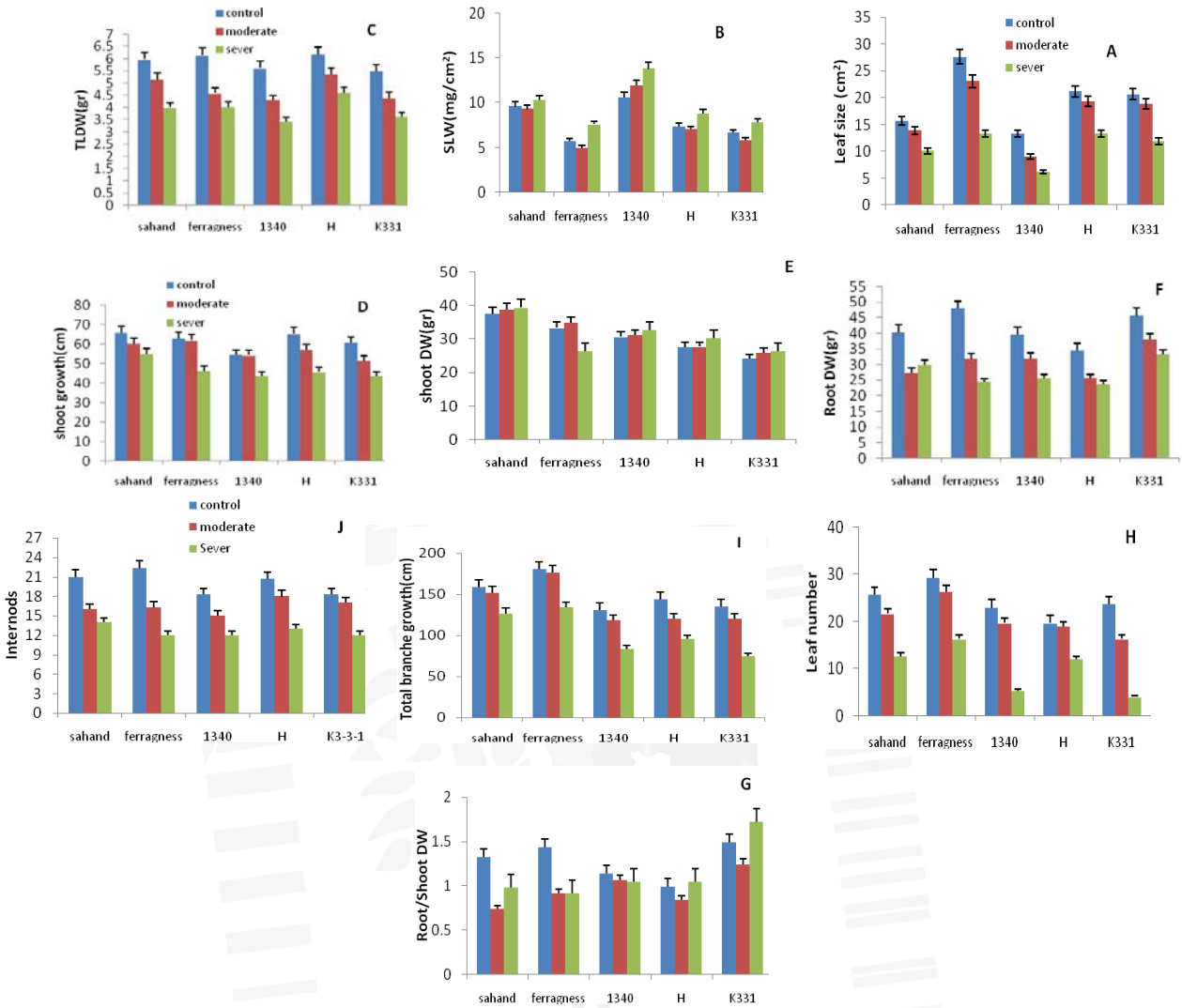
وضعیت رشدی نهال‌ها

تمام پارامترهای رشدی در همه ژنوتیپ‌ها در نهال‌های شاهد نسبت به نهال‌های تحت تنش روی پایه GN15 بیشتر بود. سطح تک‌برگ، رشد شاخساره و وزن خشک شاخساره در نهال‌های شاهد در رقم فرانیس و ژنوتیپ H دارای بیشترین و در ژنوتیپ 1340 و K331 کمترین مقادیر بودند (شکل ۳).

در تنش ملایم اندازه برگ در هر دو سطح تنش خشکی در همه ژنوتیپ‌ها به‌جز رقم فرانیس و ژنوتیپ سهند کاهش معنی‌داری یافت (شکل ۳A). در رقم سهند، فرانیس و ژنوتیپ H کاهش سطح برگ در تنش ملایم با شاهد معنی‌دار نشد ولی تحت اثر تنش شدید کاهش یافت (شکل ۳A). وزن ویژه برگ (SLW) در ژنوتیپ‌های H, 1340 وk331 در تنش ملایم کاهش یافت و با افزایش تنش افزایش یافت (شکل ۳B). وزن کل خشک برگ (TLDW) در همه ژنوتیپ ها در هر دو سطح تنش کاهش یافت. ارقام فرانیس و 1340 به ترتیب دارای بیشترین و کمترین TLDW در هر دو تیمار شاهد و تنش شدید بودند اما در تنش ملایم رقم سهند و H دارای بیشترین و ژنوتیپ‌های K331 و 1340 دارای کمترین مقدار TLDW بودند (شکل ۳C).

رشد شاخساره ها به‌طور معنی‌داری در هر دو سطح تنش در ژنوتیپ‌های H وk331 کاهش یافت ولی در رقم فرانیس، سهند و 1340 در تنش ملایم کاهش رشد با شاهد معنی‌دار نبود (شکل ۳D). وزن خشک شاخساره ها، وزن خشک ریشه در هر دو سطح تنش در همه ارقام کاهش یافت (به‌جز ارقام فرانیس و سهند). نهال‌های شاهد، رقم فرانیس بیشترین وزن خشک ریشه را دارا بود و ژنوتیپ H دارای کمترین وزن خشک ریشه بودند. در میان نهال‌های تحت تنش ملایم رقم سهند، فرانیس، 1340 و H تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و در شرایط تنش شدید (۱/۶- مگاپاسکال) رقم سهند و فرانیس روی پایه GN15 هر دو دارای بیشترین و ژنوتیپ‌های H و 1340 دارای کمترین وزن خشک (DW) ریشه بودند (شکل F ۳). نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک ساقه در ژنوتیپ ها معنی‌دار نبود (به‌جز سهند و رقم فرانیس) (شکل ۳G) و در ژنوتیپ 1340 و K331 این نسبت تحت تنش شدید کاهش یافت. نهال‌های یک‌ساله بعضی ژنوتیپ ها در مواجهه با تنش برگ‌های خود را ریزش دادند که این ریزش در دو ژنوتیپ 1340 و K331 در تنش شدید کم‌آبی خیلی شدید بود (شکل ۳H).

1. Fereres



شکل ۳- تغییرات پارامترهای رشدی نهال‌های یک‌ساله بادام پیوند شده روی پایه GN15 در پاسخ به تنش ملایم (۰/۸- مگاپاسکال) و شدید خشکی (۱/۶- مگاپاسکال). اندازه برگ (B):وزن ویژه برگ (C): وزن خشک کل برگ (D): رشد شاخساره (E):وزن خشک شاخساره ها (F): وزن خشک ریشه (G): نسبت وزن خشک ریشه به شاخساره (H): تعداد برگ‌ها (I): طول کلی انشعابات (J): تعداد میانگره. هر نقطه بیانگر ۳ تکرار می‌باشد و نشانگرهای عمودی بیانگر انحراف از میانگین استاندارد (±SEM).

اجتناب از تنش خشکی شامل بستن روزنه‌ها، تغییر در سطح برگ و نیز قرارگیری برگ‌ها در میان سایر فاکتورها هست (۲۴). سطح برگ یک ویژگی ژنتیکی می‌باشد که تغییرات اندک را در نتیجه شرایط محیطی تحمل می‌کند (۹). بر اساس گزارش عکس‌العمل رشدی گیاهان به سطح کم رطوبت خاک به ژنوتیپ گیاه وابسته است. به نظر می‌رسد برخی از ژنوتیپ ها و ارقام اهلی بادام می‌توانند برگ‌های خود را در طول دوره تنش حفظ کنند و در بعضی از ارقام با تشدید تنش، برگ‌ها زرد و ریزش می‌کنند اما این نوع ارقام اهلی بادام اثرات تنش را با مکانیزم‌های ساختاری و تغییرات فیزیولوژیکی تنظیم و جبران می‌کنند (مکانیزم مقاومت) اما بر اساس گزارشات موجود ژنوتیپ‌های وحشی بادام در طول دوره تنش برگ‌های خود را کاهش دادند (مکانیسم اجتناب از تنش خشکی) (۸) . اغلب مشاهده شده که وزن ویژه برگ (SLW) تحت اثر تنش خشکی افزایش پیدا کرده است (۴). در این تحقیق بالاترین وزن ویژه برگ در تیمارهای تنش کم‌آبی مشاهده شد و روند تغییرات وزن ویژه برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی در همه ارقام مشابه بود. در رقم‌های 1340 و K331 تحت تأثیر تنش شدید کم‌آبی SLW افزایش یافت. این صفت هم به ضخامت برگ و هم به تراکم بافت برگ بستگی دارد. درصورتی‌که محتوای آب برگ افزایش یابد تراکم بافت برگ کاهش می‌یابد و محتوای آب برگ در تعیین SLW خیلی مهم است. به عقیده علی و همکاران، وزن ویژه برگ یکی از صفات مهم در گیاهان زراعی بوده به‌عنوان یک نشانگر مورفو-

فیزیولوژیکی[1] قابل اطمینان برای مطالعه تحمل خشکی در بسیاری از گیاهان مزبور مورد استفاده قرار گرفته است (۱). افزایش وزن ویژه برگ تحت شرایط تنش خشکی در محصولات باغبانی از جمله درختان هلو (۱۶) نیز گزارش شده است. زو و زو[2] اظهار داشتند که تغییرات وزن ویژه برگ در شرایط تنش ممکن است به دلیل تغییرات مقدار کربوهیدرات‌ها از جمله نشاسته باشد (۲۳). در مقایسه با سایر گونه‌های جنس پرونوس به نظر می‌رسد که بادام دارای مکانیزم‌های متفاوتی در مواجهه و مقاومت به تنش خشکی می‌باشد. با توجه به گزارش سردابی و همکاران تنش خشکی باعث ایجاد تفاوت بیشتری در وزن خشک ریشه نسبت به وزن خشک شاخساره در میان ۵ ژنوتیپ بادام (*Prunus dulcis*) و دو اکوتیپ آمیگدالوس اسکوپاریا (*Amygdalus scoparia*) شده است (۲۰). اگرچه گزارش شده که مشخصه‌های سیستم ریشه‌ای به‌تنهایی با مقاومت به تنش خشکی گونه‌ها در جنس پرونوس کمتر در ارتباط بوده‌اند ولی ژنوتیپ‌های بادام که دارای پتانسیل توسعه ریشه بیشتری هستند دارای تحمل بیشتر به تنش خشکی هستند. به نظر می‌رسد که ژنوتیپ ها در مواجهه با تنش خشکی توانستند بیوماس بیشتری در قسمت فیبری ریشه‌ها که احتمالاً دارای بیشترین ظرفیت جذب در سیستم ریشه می‌باشند سنتز کنند و فقط در رقم سهند در تنش شدید نسبت به تنش ملایم افزایش یافت. بنابراین این ژنوتیپ کاهش معنی‌داری در رشد رویشی و شاخساره‌ها نشان نداد. در رقم سهند و فرانیس نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک شاخساره نشان داد که گیاهان تنش دیده فتوسنتز بیشتری برای تشکیل سیستم ریشه قوی و بهتر دریافت نمودند. در این دو ژنوتیپ احتمالاً رشد آهسته باعث گردید تا در این حالت تحت تأثیر کم‌آبی و یا تنش قرار نگیرند. باغ‌های بادام در ایران عموماً در اراضی شیب‌دار و کم بازده کشت می‌شوند که دارای عمق خاک کمتری هستند بنابراین نهال‌های با پایه بذری به‌جای پایه‌های رویشی مانند GN15 که با قلمه تکثیر می‌شوند برای این مناطق ترجیح داده می‌شوند و این به دلیل داشتن سیستم ریشه بهتر و عمیق می‌باشد (۱۰). به نظر می‌رسد که تحت رژیم آبیاری پایه رویشی GN15 سیستم ریشه بهتری تشکیل داده و گسترش می‌دهد. درحالی‌که اثر رقم روی پایه بی‌تأثیر نمی‌باشد و در رقم فرانیس و ژنوتیپ سهند علائم ریشه‌ای بهتری در گیاهان تنش دیده مشاهده شد. تحقیقات بیشتری برای مقایسه پایه‌های رویشی مختلف با پیوندک یکسان برای اثبات ارزش پایه‌های رویشی لازم و نیاز است.

نتیجه‌گیری شد که تغییرات در رشد ریشه و شاخساره در پاسخ به تنش خشکی در همه ژنوتیپ ها متفاوت بودند اما عملکرد و کارآیی برگ یک معیار بهتری برای تعین اثر تنش خشکی در بادام است. نهال‌های بادام سهند و فرانیس روی پایه GN15 در مقایسه با سایر ژنوتیپ ها حالت فوق‌العاده‌ای در مقابل تنش خشکی داشتند و ژنوتیپ H در مقایسه با سایر ژنوتیپ ها از مقاومت نسبی برخوردار بود. اما قدرت تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های 1340 و K331 در مقایسه با آن‌ها خوب نبود. رقم فرانیس و سهند به علت پاسخ‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی در برابر تنش خشکی و کم‌آبی می‌توانند به‌عنوان رقمی مناسب تحت این شرایط استفاده شوند. نهال‌های بادام روی پایه GN15 پتانسیل آب خاک (Ψw = -0.8 Mpa) را می‌توانند به‌خوبی تحمل کنند، اما در Ψw = -1.6 Mpa به مدت طولانی برگ‌ها ریزش یافته و رشد نهال‌های جوان محدود گردید.

منابع

Ali M. A., Jabran K., Awan S. I., Abbas A., Zulkiffal E. M., Acet T., Farooq J., & Rehman A. 2011. Morpho-physiological diversity and its implications for improving drought tolerance in grain sorghum at different growth stages. Aust J. of Crop Sci. 5(3):311-320.

Amiri M. E., Fallahi E., & Safi-Songhorabad M .2014. Influence of rootstock on mineral uptake and scion growth of 'Golden delicious' and 'Royal Gala' apples. J. of Plant Nutri. 37:16–29.

Apostolova E. L., Dobrikova A. G., Ivanova P. I., & Petkanchin I. B. 2006. Relationship between the organization of the supercomplex and functions of the photosynthetic apparatus. J. of Photochem and Photobiol. 83(2):114-122.

Bacelar E. A., Santos D. L., Jose M. M. P., Goncalves B. C., Ferreira H. F., & Correia C. M. 2006. Immediate responses and adaptative strategies of three olive cultivars under contrasting water availability regimes: changes on structure and chemical composition of foliage and oxidative damage. Plant Sci. 170:596–605.

Bradford K. J., & Hsiao T. C. 1982. Physiological response to moderate water stress. In: Lange O. L., Nobel P. S., Osmond C. B., & Ziegler H. (Eds.), Physiol and Plant Ecol. l2:263–324.

Fereres E., Aldrich T. M., Schulbach H., & Martinich D. A. 1981. Responses of young almond trees to late-season drought. California Agriculture. July–August, 11–12.

Felipe A. J. 2009. 'Felinem', 'Garnem', and 'Monegro' Almond ×Peach Hybrid Rootstocks. Hort.scie. 44(1):196–197.

1 morph-physiological marker
2. Xu and Zhou

Germana C. 1997. Experiences on the response of almond plants (A. communis L.) to water stress. Acta Hort. 449:497-503.

Gispert J. R., & Vargas F. J. 2011. Assessment of drought tolerance in almond varieties. Acta Hort. 912:121-127.

Hartmann H. T., Kester D. E., Davies J. R., & Geneve R.L. 2002. Plant Propagation: Principles and Practices. Prentice Hall, NJ.

Isaakadis A., Sotiropoulos T., Almaliotis D., Therios I., & Stylianidis D. 2004. Response to severe water stress of the almond (*Prunus amygdalus*) 'Ferragnès' grafted on eight rootstocks. New Zealand journal of Crop. Horticul. Scie. 32: 355-362.

Jime´nez S., Pinochet J., Anunciacio´n A. A., Moreno M., & Gogorcena Y. 2008. Tolerance Response to Iron Chlorosis of *Prunus* Selections as Rootstocks. Hortscience. 43(2):304–309.

Kafi M, Borzooee A, Salehi M, Kamandi A, Masoumi A and Nabati J.(2000). Physiology environmental stresses in plants. Jahad e Daneshgahi Publishers, 394, 502pp.Mashhad. (In Persian).

Kirnak H., Kaya C., Tas I., & Higgs D. 2001. The Influences of Water Deficit on Vegetative Growth, Physiology, Fruit Yield and Quality in Eggplants. Bulg. J. of Plant Physiol. 27(3-4):34-46.

Lu C., & Zhang J. 1998. Effects of water stress on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and photo inhibition in wheat plants. Aust J. of Plant Physiol. 25, 883–892.

Martinez X. D. 2010. Effects of irrigation and nitrogen application on vegetative growth, yield and fruit quality in peaches (*Prunus persica* L. Batsch cv. Andross) for processing. PhD thesis, Lleida University, Spain, 136 p.

Momen B., Menke J. W., and Welker J. M.1992. Tissue water relations in Qercuercus widizenii seedlings: drought resistance in a California evergreen oak. Acta Geologia. 13: 127–136.

Rouhi V., Samson R., Lemeur R., & Van Damme P .2007. Photosynthetic gas exchange characteristics in three different almond species during drought stress and subsequent recovery. Envir and Exper Botany. 59:117-129.

Salvador F.R .2002. Preliminary horticultural results and water physiology aspects in new almond rootstocks selections. First international symposium on rootstocks for deciduous fruit tree species. S5-4.

Sardabi H., Daneshvar H. A., Rahmani A., & Assareh M. H. 2005. Responses of cultivated and wild almond to water stress. Acta Hort. 726, 311–316.

Torrecillas A., Alarcon J. J., Domingo R., Planes J., & Sanchez Blanco M. J.1996. Strategies for drought ressistance in leaves of two almond. Plant Sci. 118 (2): 135-143.

Woodrow I.E., Damian J.S., & Gleadow R. M. 2002. Influence of water stress on cyanogenic capacity in Eucalyptus cladocalyx. Funct. Plant Biolo. 29:103–110.

Xu Z. Z., & Zhou G. S .2005. Effects of water stress and high nocturnal temperature on photosynthesis and nitrogen level of a perennial grass Leymus chinensis. Plant Soil. 269:131-139.

Yadollahi A., Arzani K., Ebadi A., Wirthensohn M., & Karimi S. 2011. The response of different almond genotypes to moderate and severe water stress in order to screen for drought tolerance. Scient Horti. 129:403-413.

Evaluation of Almond Drought Tolerant Genotypes Using Water Relations and Vegetative Traits on GN15 Rootstock

Hossein Fathi[1], Mohammad Esmaeel Amiri [1], Ali Imani [2], Jafar Hajilou[3] and Jafar Nikbakht[4]
[1] Department of horticultural Science, college of agriculture, Zanjan University, Zanjan, Iran.
[2] Horticultural Science Research Institute, Karaj, Iran
[3] Department of horticultural Science, college of agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran.
[4] Department of water Science, college of agriculture, Zanjan University, Zanjan, Iran.
[*]*Corresponding Author: fathih_1353@yahoo.com*

Abstract

This research was conducted to investigate drought response of late blooming almond genotypes. An factorial experiment was run by two factors (5 cultivar/genotype and 3 deficit-irrigation including control, moderate and severe stress) with 3 replications in the years 2015-2016 at Horticultural Research Station of Sahand. Some physiological and vegetative traits of leaves and roots were measured during and at the end of stress treatments. The results showed that with increasing severity of stress, RWC in all genotypes decreased that were in accordance with the process of reducing the potential water (Ψw). the genotypes of K3-3-1 and 13-40 in third and fourth weeks were more negative for potential water. 'Ferragness' and 'Sahand' cultivars were offset by decreasing water potential. Root dry weight and root dry weight to the leaves area in tolerant genotypes were higher than other genotypes. Interaction effect of stress and genotype showed with increasing drought stress potassium roots were increased and affected by the scion and in 'Ferragness' and 'Sahand' potassium levels of roots were higher. Finally, 'Sahand' and 'Ferragness' varieties and genotypes with high tolerance and 'H' genotype with a medium tolerance and K3-3-1 and 13-40 genotypes with abscission of 80% leaves were themost susceptible genotypes to extreme stress.

Keywords: Leaf water potential (Ψw), Leaf absision, RWC, water stress