

گزینش مقدماتی تعدادی از پایه‌های گلابی برای تحمل به تنش کم آبیاری بر اساس شاخص‌های رشد و فیزیولوژیک

Preliminary Selection of Some Pear Rootstocks for Tolerance to Deficit Irrigation Stress Based on the Growth and Physiological Indices

مجید ظهوری^۱، حمید عبداللهی^۲، عیسی ارجی^۳ و وحید عبدوسی^۴

- ۱- دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
- ۲- دانشیار، پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، مؤسسه تحقیقات علوم و باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
- ۳- دانشیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.
- ۴- استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۵/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۸/۲۱

چکیده

ظهوری، م.، عبداللهی، ح.، ارجی، ع. و عبدوسی، و. ۱۳۹۸. گزینش مقدماتی تعدادی از پایه‌های گلابی برای تحمل به تنش کم آبیاری بر اساس شاخص‌های رشد و فیزیولوژیک. مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۵: ۳۰۱-۲۸۵.

تحمل به تنش خشکی از خصوصیات مهم مرتبط با پرورش درخت گلابی و انتخاب نوع پایه مورد استفاده برای احداث باغ می‌باشد. بر این اساس در تحقیق حاضر، ارزیابی شاخص‌های رشد و فیزیولوژیک مرتبط با تنش کم آبیاری در پایه‌های کشت بافتی درگزی، *Pyrus betulifolia*، پیرودوارف، OH×F69 و OH×F87 در سه شرایط بدون تنش، آبیاری در ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه در شرایط گلخانه‌ای طی ۶۰ روز از اعمال تنش بررسی شد. پایه‌های OH×F87 و *P. betulifolia* بر اساس دو شاخص سرعت رشد نسبی و تعداد برگ (*fgUm*) به ترتیب بالاترین و کمترین سرعت رشد و همچنین تحمل به تنش کم آبیاری را نشان دادند. ارزیابی ماهانه شاخص‌های فیزیولوژیک محتوای نسبی آب برگ، میزان پرولین، کربوهیدرات‌های محلول کل و پروتئین و همچنین پایداری غشاء و نشت یونی نشان داد که پایه *P. betulifolia* با ۷۲/۱ درصد پائین‌ترین میزان محتوای نسبی آب برگ را در شرایط بدون تنش داشت. لیکن با توجه به کاهش بیشتر شاخص محتوای نسبی آب برگ به ۵۷/۱ و ۵۸/۳ درصد در دوره‌های ۳۰ و ۶۰ روزه در تنش ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه که پائین‌تر از اغلب پایه‌ها بجز OH×F87 بود، دارای بالاترین قدرت رشد در شرایط تنش بود. جمع بندی نتایج نشان داد که ترتیب نزولی تحمل به تنش کم آبیاری در پایه *P. betulifolia*، پیرودوارف، OH×F69، پایه درگزی و در نهایت پایه OH×F87 بود که بیانگر لزوم انجام ارزیابی‌های تکمیلی به منظور انتخاب پایه مناسب برای احداث باغ گلابی در شرایط واجد تنش کم آبیاری است.

واژه‌های کلیدی: گلابی، تنش خشکی، *Pyrus betulifolia* Bunge، پیرودوارف، OH×F Series، شرایط گلخانه.

مقدمه

بیانگر کاهش شدید تقاضای نهال گلابی روی پایه بذری و تمایل به استفاده از پایه‌های همگروه می‌باشد.

از بین پایه‌های گلابی رویشی گلابی متعلق به سری کوئینس، پایه کوئینس A به صورت محدودی در کشور در سطح تحقیقاتی (Tatari *et al.*, 2016; Rahmati *et al.*, 2015a; Rahmati *et al.*, 2015b; Ghasemi *et al.*, 2010) تجاری (Abdollahi, 2010) استفاده شده است و نتایج بیانگر مناسب بودن این پایه برای خاک‌های غنی استان‌های شمالی و بویژه در ترکیب با رقم اسپادونا می‌باشد (Abdollahi *et al.*, 2018). به دلیل محدودیت امکان استفاده از این پایه در مناطق نیمه‌خشک و خشک، پایه‌های گلابی سری ال‌دهم × فارمینگ‌دال شامل OH×F40، OH×F69، OH×F87 و OH×F333 پایه پیروودوارف در دهه اخیر برای توسعه باغ‌های نیمه‌پاکوتاه گلابی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

از بین پایه‌های فوق، پایه پیروودوارف به دلیل سازگاری و زودباردهی بیشترین استفاده را در نهالستان‌ها و باغ‌های جدید گلابی کشور دارد (Abdollahi, 2010). در کنار پایه‌های رویشی فوق، پایه‌های بذری *P. betulifolia* Bunge و *P. calleryana* Decne. نیز با هدف استفاده به دلیل مقاومت زیاد آنها به تنش‌های زنده نظیر بیماری‌های پوسیدگی طوقه (Chalice and Westwood, 1973) و همچنین تحمل به خاک‌های خشک

درخت گلابی در میان درختان میوه دانه‌دار، پس از سیب مهم‌ترین گونه از نظر تجاری به حساب می‌آید. بر اساس آخرین آمار سازمان غذا و کشاورزی (FAO) سطح زیر کشت آن در جهان در سال ۲۰۱۷ میلادی حدود یک میلیون و چهارصد هزار هکتار و تولید آن بیش از ۲۴ میلیون تن بود (FAO, 2018). سهم ایران از سطح زیر کشت و تولید انواع مختلف گلابی گونه *Pyrus communis* L. به ترتیب معادل ۱۶ هزار هکتار و ۲۰۴ هزار تن بود (Anonymous, 2017).

مهم‌ترین ارقام تجاری گلابی ایران به ترتیب رقم لوئیزبون (Louise Bonne) (معروف به بیروتی)، درگزی، ویلیامز دوشس (Williams Duchesse) و اسپادونا (Spadona) است (Abdollahi, 2010). همچنین مهم‌ترین پایه‌های همگروه گلابی، پایه‌های سری کوئینس (Tukey, 1964)، پایه‌های هیبرید سری ال‌دهم × فارمینگ‌دال (Oldhome×Farmingdale) و پایه‌های سری رنوس (Rhenus) نظیر پیروودوارف (Pyrodwarf) می‌باشند (Campbell, 2003).

از طرفی پایه‌های بذری حاصل از گونه‌های مختلف گلابی، در کشورهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند (Westwood, 1993)، لیکن در مناطق مختلف تولید گلابی ایران، پایه بذری از رقم درگزی پایه غالب گلابی محسوب می‌شود (Abdollahi, 2010). شواهد اخیر

حوضه مدیترانه متحمل به خشکی گزارش شد و تنها گونه *P. betulifolia* با منشاء جنوب شرقی آسیا بسیار متحمل به خشکی گزارش شد که با نتایج استرن و همکاران (Stern *et al.*, 2013) موافقت دارد. از بین پایه‌های بذری مختلف گلابی گزارش شده در تحقیقات مختلف، دو گونه *P. betulifolia* و *P. communis* L. Bunge به صورت تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرند (Stern *et al.*, 2013; Hancock and Lobos, 2008; Westwood, 1993).

علاوه بر این، بررسی نیکزاد قره‌آغاجی (Nikzad Gharehaghaji, 2013) نشان داد که پایه پابلند معروف به پایه خارجی (Accession-63 BGH) که تحمل مطلوبی به تنش‌های زنده و غیرزنده در دشت قزوین نشان داده است و با نام تجاری پایه Q1 مورد تکثیر قرار می‌گیرد (Abdollahi, 2010)، دارای رابطه خویشاوندی نزدیکی با گونه‌های شرقی می‌باشد. علاوه بر پایه Q1 که به صورت بسیار محدود در برخی نهالستان‌های استان البرز مورد استفاده است، در حال حاضر شماری از پایه‌های سری السدهم × فارمینگدال و پایه پیرودارف در کنار پایه بذری رایج در گزی در کشور مورد تکثیر قرار می‌گیرند. پایه *P. betulifolia* Bunge نیز در یک تجربه مقدماتی، سازگاری خوبی به خاک‌های مناطق نیمه‌خشک ایران نشان داد که نیازمند ارزیابی طولانی مدت و دقیق‌تری می‌باشد.

با توجه به وجود تنوع پایه‌های فوق و اهمیت

(Stern *et al.*, 2013) به کشور وارد و به صورت محدودی مورد ارزیابی مقدماتی قرار گرفته است (Mansuryar *et al.*, 2017a; Mansuryar *et al.*, 2017b; Mansuryar, 2016). از سویی مشاهدات نشان داده است گرچه پایه بذری حاصل از رقم درگزی از تحمل نسبی به تنش‌های غیرزنده نظیر کاشت در خاک‌های خشک برخوردار است (Abdollahi, 2010). لیکن به دلیل محدودیت تحقیقات انجام شده، این به معنی مطلوبیت مطلق این پایه برای خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک کشور محسوب نمی‌شود. با توجه به تنوع گسترده گونه‌های گلابی در آسیای شرقی و مرکزی، خاورمیانه، اروپا و شمال آفریقا، گونه‌های مختلفی از گلابی برای استفاده به عنوان پایه و تحمل به خشکی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Lombard and Westwood, 1987). ال مآری و همکاران (Al Maarri *et al.* 2007) دانتهال‌های حاصل از گونه *P. syriaca* را برای تحمل به خشکی توصیه کردند. علاوه بر گونه فوق، گونه‌های *P. amygdaliformis*، *P. elaeagrifolia* و *P. cordata* نیز که تحمل بالائی به خشکی دارا می‌باشند، در برنامه‌های اصلاحی برای تولید پایه مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Bonany *et al.* 2005).

در طبقه‌بندی گونه‌های مختلف گلابی توسط بل (Bell, 1991) برای تحمل به تنش‌های زنده و غیرزنده، تمامی گونه‌های

پیرو دوارف و پایه‌های پابلند به صورت عاری از ویروس از پژوهش‌کنده میوه‌های معتدله و سردسیری موسسه تحقیقات علوم باغبانی در کرج تهیه شدند.

برای اعمال تیمارهای کم آبیاری، هر پایه با ارتفاع حداقلی ۵۰ سانتی‌متر و با قطر حدود یک سانتی‌متر تهیه و در گلدان‌های ۱۰ کیلوگرمی با ترکیب مساوی خاک، ماسه و کود دامی کاملاً پوسیده از اواسط خرداد سال ۱۳۹۵ مستقر شدند. در هر تیمار آزمایشی سه تکرار و در هر کرت نیز سه پایه در نظر گرفته شد. بنابراین تعداد پایه مورد بررسی نه عدد در هر تیمار آزمایشی بود.

میانگین دمای روزانه گلخانه استقرار پایه‌ها $28 \pm$ درجه سانتی‌گراد و با طول دوره طبیعی تابش مرداد و شهریور در منطقه کرج در نظر گرفته شد. به منظور اعمال تیمارهای تنش کم آبیاری، از نیمه تیر و پس از استقرار پایه‌ها در خاک، در همان سال نسبت به اعمال تنش‌های کم آبیاری به صورت ۵۰ درصد (تنش شدید) و ۷۵ درصد (تنش خفیف) ظرفیت مزرعه (Field capacity) در کنار شاهد بدون تنش به صورت آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه بر اساس روش استفاده شده برای پایه‌های سیب توسط آتشکار و همکاران (Atashkar et al., 2019) اقدام شد. برای اعمال تیمارهای تنش آبیاری، از روش وزنی استفاده شد و پس از توزین گلدان در شرایط آبیاری کامل و خروج آب اضافی (۱۰۰ درصد

تنش خشکی طی دهه‌های اخیر در مناطق مختلف کشور، در این پژوهش ارزیابی مقدماتی تحمل به تنش کم آبیاری در شماری از پایه‌های گلابی در شرایط گلدانی انجام شد. نتایج حاصل می‌تواند به عنوان مقدمه‌ای برای ارزیابی‌های تکمیلی این پایه‌ها در شرایط باغ و همچنین بررسی عادت رشد و عمق نفوذ ریشه و امکان کاربرد تجاری آنها مفید باشد.

مواد و روش‌ها

پایه‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل پایه در گزی از گونه *P. communis* L. و پایه *P. betulifolia* Bunge در کنار سه پایه رویشی OH×F69، OH×F87 و پیرو دوارف (Pyrodwarf) (Jacob, 1998) بودند. به منظور اجتناب از تداخل عادت رشد انواع پایه بذری و پایه‌های همگروه و همچنین پرهیز از تنوع ژنتیکی در تکرارهای مختلف پایه‌های بذری، در رابطه با دو پایه بذری در گزی و *P. betulifolia*، یک دانه‌ال انتخاب و به صورت رویشی و با استفاده از روش تکثیر درون شیشه ارائه شده توسط عبداللہی و همکاران (Abdollahi et al., 2005) برای پایه در گزی و منصوریار و همکاران (Mansuryar et al., 2016) برای پایه *P. betulifolia* مورد ازدیاد قرار گرفتند. پایه‌ها در زمان ارزیابی همگی دارای یک‌سال سن بودند. کلیه پایه‌ها شامل پایه‌های رویشی نیمه پاکوتاه کننده OH×F69، OH×F87 و

کل، ميزان نشت يوني و شاخص پايداري غشاء سلولي بود که در دوره‌هاي زماني ۳۰ و ۶۰ روز پس از آغاز تنش در نمونه‌هاي برگي در کليه پايه‌ها و کليه سطوح آبياري در تکرارهاي مختلف مورد ارزيابي قرار گرفت.

براي نمونه برداري برگي، تعداد ۲۰ برگ در دوره مذکور از بخش‌هاي مختلف شاخه‌ها بجز برگ‌هاي بسيار جوان و توسعه نيافته نمونه برداري شد و بلافاصله جهت نگهداري در دماي ۷۰- درجه سانتی گراد تا انجام ارزيابي‌ها نگهداري شدند. تنها در رابطه با ارزيابي ميزان آب نسبي برگ، دماي برگ و ميزان نشت يوني، ارزيابي‌ها قبل از برداشت برگ و يا بلافاصله پس از برداشت برگ انجام شد و ساير ارزيابي‌ها در يک دوره زماني سه ماهه از نمونه برداري در آزمايشگاه صورت گرفت.

شاخص پايداري غشاء سلولي بر اساس روش سايرام و همکاران (Sairam *et al.*, 1994) و با استفاده از ميزان نشت يوني بر اساس هدايت الکتريکي (EC) توسط دستگاه EC متر (Walk Lab مدل Trans Instruments) به دست آمد. براي اندازه گيري محتوای نسبي آب برگ از رابطه زير استفاده شد:

$$\%RWC = \frac{W_f - W_d}{W_t - W_d} \times 100$$

که در آن W_f وزن تر برگ، W_d وزن خشک برگ و W_t وزن برگ در حالت تورژسانس بود.

ظرفيت مزرعه)، روزانه گلدان‌ها توزين و ميزان آب لازم در تيمارهاي کم آبياري پس از رسيدن به ظرفيت مزرعه مورد نظر اضافه شد.

ارزيابي‌هاي انجام شده شامل ارزيابي شاخص‌هاي رشد و فيزيولوژيک روی پايه‌هاي در معرض تنش، در طی بازه زماني ۶۰ روز پس از آغاز تنش بود. اساس انتخاب اين مدت بر ظهور موثر اثر تنش و قبل از خشک شدن شدن شديد پايه‌ها در تنش شديد بود. به اين منظور، شاخص‌هاي رشد شامل ارتفاع (ميزان رشد) پايه و تعداد گره (تعداد برگ) در دوره‌هاي زماني صفر (مرحله آغاز تنش) و سپس ۳۰ و ۶۰ روز مورد ارزيابي قرار گرفتند.

به منظور امکان مقايسه ساده‌تر شيب منحنی‌هاي ميزان رشد نهائی پايه‌ها، دو شاخص فوق شامل افزايش ارتفاع و تعداد گره توليدي، به صورت سرعت رشد نسبي (تانژانت زاويه افزايش رشد) و تانژانت زاويه افزايش تعداد برگ محاسبه و مقايسه شدند.

سرعت رشد نسبي (Relative Growth Rate = RGR) بر اساس رابطه:

$$RGR = (L_2 - L_1) / (t_2 - t_1) \text{ (Liu et al., 2012)}$$

محاسبه شد که در اين رابطه L_2 ارتفاع نهال در روز t_2 و L_1 ارتفاع نهال در روز t_1 بود.

شاخص‌هاي فيزيولوژيک مورد بررسي شامل ميزان آب نسبي برگ (Relative water content = RWC)، دماي برگ و مقادير پرولين، ميزان پروتئين کل، ميزان کربوهيدرات

رسم نمودارها و تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از موازین طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و سه نمونه در هر کرت آزمایش و با استفاده از نرم‌افزار اکسل (Microsoft Excel 2013) و نرم‌افزار سیگما پلات (Sigma-USA) انجام شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج ارزیابی پایه‌های مختلف گلابی در شرایط کم آبیاری و مقایسه آن با شاهد بدون تنش نشان داد که پایه‌های گلابی از نظر شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیک مورد ارزیابی تفاوت معنی‌دار داشتند. بر این اساس، شاخص‌های مورد ارزیابی در دو گروه شاخص‌های رشد، در بردارنده ارتفاع پایه‌ها و تعداد برگ تولیدی و همچنین شاخص‌های فیزیولوژیک در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرند.

شاخص‌های رشد

دو شاخص رشد شامل میزان افزایش ارتفاع پایه‌ها (سرعت رشد نسبی) و افزایش تعداد برگ پس از گذشت دوره‌های ۱۵ روزه و در مجموع طی ۶۰ روز از اعمال تنش‌های کم آبیاری روی پایه‌های مختلف گلابی ارزیابی و نتایج نشان داد که در شرایط بدون تنش بالاترین سرعت افزایش ارتفاع نسبی به ترتیب در دو پایه پررشد *P. betulifolia* و پایه کشت بافتی

پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء با استفاده از اندازه‌گیری غلظت مالون‌دی‌آلدئید و بر اساس روش هیس و پاکر (Heath and Packer, 1968) انجام شد. غلظت مالون‌دی‌آلدئید با اندازه‌گیری جذب در طول موج ۵۳۲ ارزیابی شد. همچنین تهیه عصاره و اندازه‌گیری پرولین آزاد برگ با استفاده از معرف نین‌هیدرین با استفاده از عصاره برگ و ارزیابی جذب نوری به کمک اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۵ نانومتر تعیین شد.

استخراج و اندازه‌گیری میزان کربوهیدرات‌های محلول برگ طبق روش به کار رفته توسط بایسه و مرکس (Buysse and Merckx, 1993) انجام شد. به این منظور، پس از تهیه عصاره اتانولی برگ، جذب نور در طول موج ۶۲۵ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر قرائت شد. مقدار قندهای محلول بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری غلظت پروتئین‌های محلول در گیاه از روش برادفورد (Bradford, 1976) استفاده شد. به این منظور، سه میلی‌لیتر از معرف برادفورد به همراه ۱۰۰ میکرولیتر آلبومین گاوی تهیه و پس از مخلوط کردن کامل در دستگاه اسپکترومتر قرار داده شد و جذب محلول در طول موج ۵۹۵ نانومتر ثبت گردید. غلظت پروتئین بر حسب میلی‌گرم بر گرم بافت تازه با استفاده از منحنی استاندارد که توسط سرم آلبومین گاوی تهیه شده بود محاسبه شد.

در گزی و پس از آن‌ها در پایه‌های نیمه‌پاکوتاه کننده OH×F69، پیرودارف و OH×F87 مشاهده شد (شکل ۱).

این میزان رشد با توجه به اینکه پایه *P. betulifolia* و در گزی به ترتیب از پررشدترین پایه‌های گلابی محسوب می‌شوند، منطبق با گروه‌بندی پایه‌های گلابی است (Abdollahi, 2010; Westwood, 1993). در بررسی‌های قبلی هر سه پایه نیمه‌پاکوتاه کننده مورد بررسی، در یک رده ارزیابی شده بودند که در اینجا در پایه OH×F87 سرعت رشد کمتری مشاهده شد. با توجه به دوره کوتاه مدت ارزیابی لازم است رشد پایه OH×F87 در دوره چندساله در شرایط باغ مورد بررسی قرار گیرد.

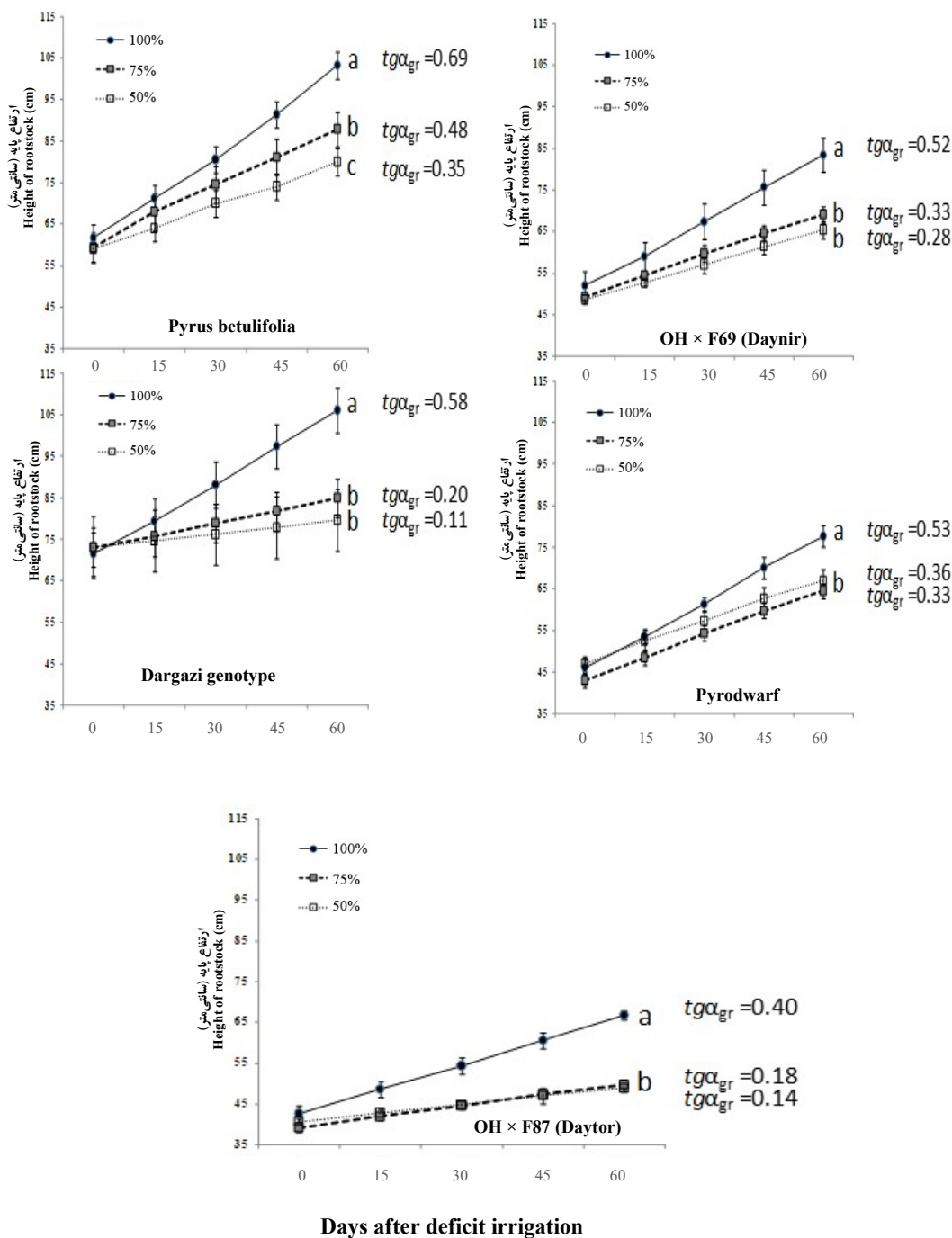
وضعیت کاملاً مشابهی در رابطه با افزایش تعداد برگ در دوره مورد بررسی در رابطه با پایه‌های فوق مشاهده شد که تایید کننده نتایج سرعت افزایش ارتفاع پایه‌ها و سرعت رشد نسبی بالاتر در دو پایه *P. betulifolia* و در گزی و کمترین سرعت رشد نسبی در پایه OH×F87 بود (شکل ۲). در حال حاضر باغ‌های گلابی در مناطق گلابی کاری ایران به صورت نیمه متراکم روی پایه نیمه‌پاکوتاه کننده پیرودارف احداث می‌شوند، با توجه به شواهد اولیه رشد کمتر پایه OH×F87 در مقایسه با پایه پیرودارف، لازم است اندازه نهائی و امکان افزایش تراکم کاشت با این پایه در برنامه تحقیقاتی طولانی مدتی مورد ارزیابی قرار

گیرد.

نتایج همچنین نشان داد که در شرایط تنش کسر آبیاری، در دو سطح ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، میزان افزایش ارتفاع و رشد پایه و همچنین افزایش تعداد برگ در تمامی پایه‌ها کاهش یافت، لیکن این میزان کاهش شاخص‌های رشدی در پایه‌های مختلف گلابی مورد بررسی متفاوت بود (شکل ۱ و ۲). در بین پایه‌ها، بالاترین میزان حفظ شاخص افزایش ارتفاع یا همان سرعت رشد نسبی در شرایط کم آبیاری در پایه *P. betulifolia* و پس از آن در پایه‌های پیرودارف و OH×F69 مشاهده شد (شکل ۱).

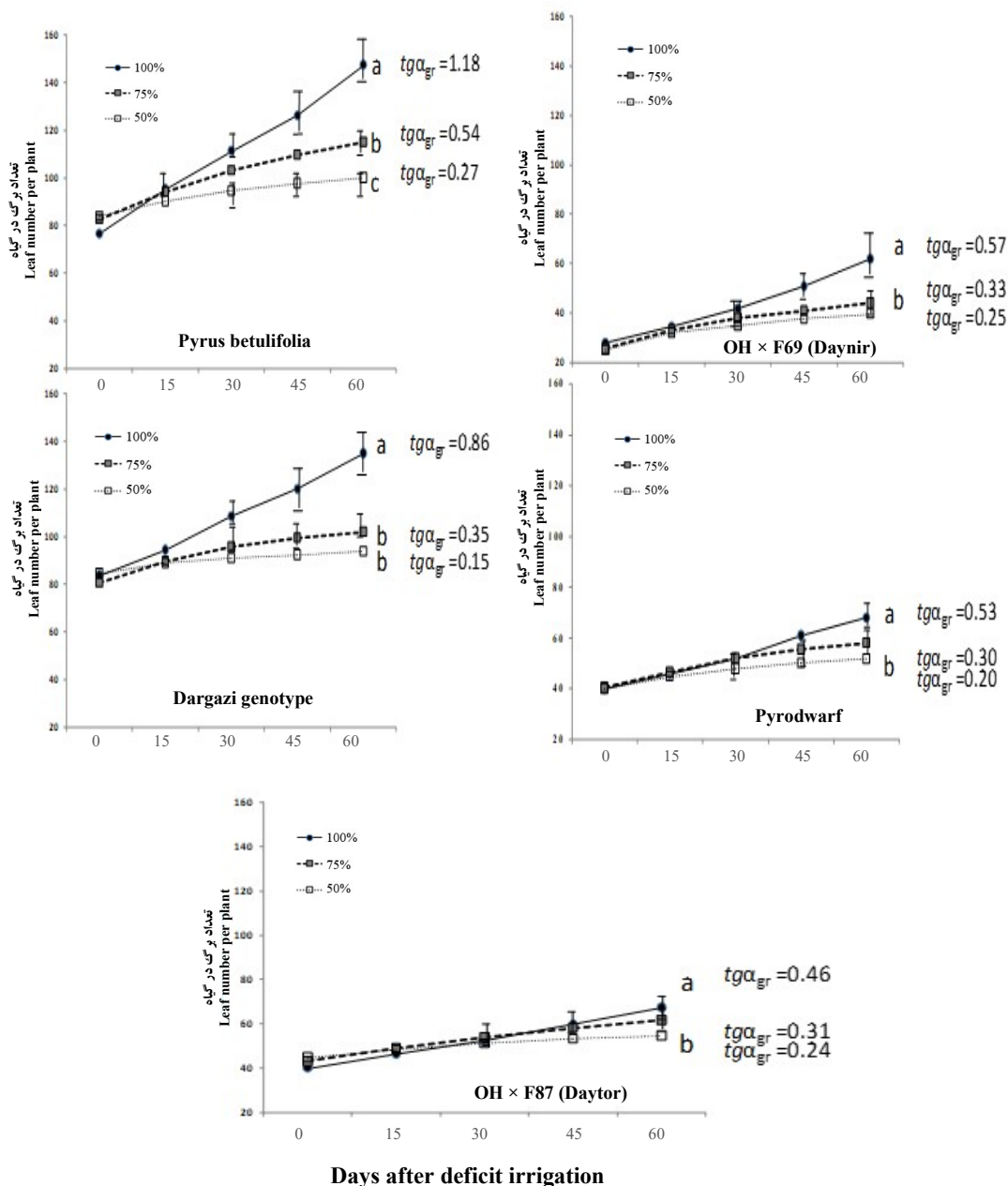
بر اساس شاخص تعداد برگ تنها پایه *P. betulifolia* به بالاترین میزان تولید برگ در دو شرایط کم آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه ادامه دادند و سایر پایه‌ها میزان تولید برگ کم و بیش یکنواختی در تیمارهای کم آبیاری داشتند (شکل ۲). مقایسه نتایج ارائه شده بر اساس دو شاخص افزایش ارتفاع و افزایش تعداد برگ بیانگر این بود که بخشی از حفظ رشد و افزایش ارتفاع پایه‌های پیرودارف و OH×F69 به دلیل افزایش طول میانگره و نه به دلیل افزایش تعداد برگ بود.

بر اساس هر دو شاخص افزایش ارتفاع و افزایش تعداد برگ، تنها در پایه *P. betulifolia* کاهش تدریجی دو شاخص رشدی در دو سطح تنش ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه مشاهده شد و در دیگر پایه‌ها در این دو سطح هر دو



شکل ۱- مقایسه میزان رشد پایه‌های مختلف گلابی بر اساس شاخص ارتفاع (سرعت رشد نسبی) پایه‌ها در دوره ۶۰ روزه بعد از تنش کم آبیاری. سرعت رشد نسبی بر اساس تانژانت نمودار رشدی ($tg\alpha_{gr}$) ارزیابی شد. تیمارهای کم آبیاری در دو سطح ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه اعمال و با شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه) مقایسه شد. حروف مشابه در انتهای نمودارهای رشد، بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار میزان افزایش ارتفاع پایه‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد می‌باشد. خطوط عمودی نمودار بیانگر میانگین \pm خطای استاندارد است.

Fig. 1. Comparison of the relative growth rate of different pear rootstocks on 60 days after deficit irrigation regimes. The growth rate of rootstocks was evaluated using the tangent of the growth line ($tg\alpha_{gr}$). Deficit irrigation regimes were applied at 75 and 50 percent of the field capacity and compared with control plants (100% of filed capacity irrigation). Similar letters at the end of growth lines indicate no significant differences ($P < 0.01$) using Duncan's Multiple Range Test. The vertical lines on the line show mean \pm standard error.



شکل ۲- مقایسه تعداد برگ پایه‌های مختلف گلابی بر اساس شاخص افزایش تعداد برگ در پایه‌ها طی دوره ۶۰ روزه بعد از تنش کم آبیاری. شاخص افزایش تعداد برگ بر اساس تانژانت افزایش تعداد برگ (tga_{gr}) نمایش داده شد. تیمارهای کم آبیاری در دو سطح ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه اعمال و با شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه) مقایسه شد. حروف مشابه در انتهای نمودارهای تعداد برگ، بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار تعداد برگ پایه‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد می‌باشد. خطوط عمودی نمودار بیانگر میانگین \pm خطای استاندارد است.

Fig. 2. Comparison of the leaf number of different pear rootstocks on 60 days after deficit irrigation regimes. The leaf number of rootstocks was evaluated using the tangent of the leaf number line (tga_{gr}). Deficit irrigation regimes were applied at 75 and 50 percent of the field capacity and compared with control plants (100% of filed capacity irrigation). Similar letters at the end of leaf number lines indicate no significant differences ($P < 0.01$) using Duncan's Multiple Range Test. The vertical lines on the lines show mean \pm standard error.

معنی‌دار و پرولین افزایش معنی‌دار نشان داد. در کلیه پایه‌های گلابی میزان محتوای آب نسبی برگ در شرایط بدون تنش بین کمترین (۷۲/۳ درصد) و بیشترین (۸۳/۳ درصد) به ترتیب در پایه‌های *P. betulifolia* و OH×F69 مشاهده شد (جدول ۱).

این نتایج نشان می‌دهد که در شرایط طبیعی و بدون تنش نیز پایه *P. betulifolia* دارای محتوای نسبی آب کمتر می‌باشد و تحمل بیشتر این پایه به تنش کم آبیاری می‌تواند ناشی از این خصوصیت باشد. همچنین در کلیه پایه‌ها، تنش کم آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه سبب کاهش محتوای نسبی آب برگ به حدود ۶۵ درصد و تنش کم آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه سبب کاهش این شاخص به میزان بیشتری شد. لیکن در پایه OH×F87 این کاهش بیشتر و در پایه پیرو دوارف، خصوصاً پس از مدت ۳۰ روز از آغاز تنش، از شدت کمتری برخوردار بود (جدول ۱).

میزان پرولین در کلیه سطوح تنش کم آبیاری افزایش یافت. بیشترین میزان افزایش میزان پرولین در پایه *P. betulifolia* بود و به میزان ۱۳۳ و ۱۴۰ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ مشاهده شد (جدول ۱). با افزایش مدت تنش، میزان پرولین به طور منظمی افزایش یافت. به طور کلی در گیاهان سنتز پرولین و پلی‌اول‌ها از سازکارهایی است که در شرایط تنش خشکی افزایش یافته و از این طریق هدررفت آب سلول را کاهش می‌دهد (Blum 2005)

شاخص کاهش قابل توجه داشت و بین سطح ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این کاهش تدریجی دو شاخص افزایش ارتفاع و افزایش تعداد برگ در پایه بذر *P. betulifolia*، بیانگر وجود بالاترین سطح مقاومت به تنش کم آبیاری در این پایه در مقایسه با پایه‌های دیگر مورد ارزیابی است. به این صورت که در دیگر پایه‌ها، با مواجهه با تنش، شاخص‌های رشدی کاهش قابل توجه و چشمگیری داشتند که البته میزان آن بسته به نوع پایه تا حدی متفاوت و بیانگر میزان تحمل آن به کمبود آب در محیط ریشه می‌باشد.

بر اساس این نتایج، پایه *P. betulifolia* متحمل‌ترین پایه به تنش کم آبیاری و پایه OH×F87 حساس‌ترین پایه ارزیابی شد. این نتایج با طبقه‌بندی بل (Bell, 1991) در رابطه با گونه‌های گلابی برای تحمل به تنش خشکی و همچنین نتایج استرن و همکاران (Stern et al., 2013) مبنی بر تحمل بالای همگروه گزینش شده لاوی-۱ (Lavi-1) در فلسطین اشغالی منطبق بود.

شاخص‌های فیزیولوژیک

ارزیابی میزان محتوای آب نسبی برگ و پرولین بیانگر تغییرات بسیار منظم این دو شاخص بر اساس شدت تنش کم آبیاری در کلیه پایه‌های گلابی مورد ارزیابی بود (جدول ۱). در کلیه پایه‌ها با افزایش شدت کم آبیاری میزان محتوای آب نسبی برگ کاهش

جدول ۱- مقايسه ميانگين محتوای نسبی آب برگ و پرولين در پايه‌هاي گلابي در ۳۰ و ۶۰ روز پس از تنش کسر آبياري در دو سطح ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفيت مزرعه

Table 1. Mean comparison of relative leaf water content (RWC) and proline in pear rootstocks 30 and 60 days after deficit irrigation regimes at 75% and 50% of field capacity (F. C.)

پايه Rootstock	کم آبياري (درصد ظرفيت مزرعه) Deficit Irrigation (% F. C.)	محتوای آب برگ (درصد) RWC (%)		پرولين (میکروگرم بر گرم وزن تر) Prolin ($\mu\text{g g}^{-1}\text{FW}$)	
		30 days	60 days	30 days	60 days
<i>Pyrus betulifolia</i> Bunge.	100	72.3a	80.0a	42.0c	40.1c
	75	64.2b	65.8b	58.6b	72.3b
	50	57.1c	58.3c	133a	140a
Dargazi genotype	100	75.7a	80.7a	32.4c	34.4c
	75	67.7b	65.7b	49.4b	59.5b
	50	61.9c	57.4c	107a	125a
OH×F69 (Daynir)	100	83.3a	78.3a	31.1c	37.2c
	75	64.5b	66.5b	64.7b	62.8b
	50	58.9c	59.5c	114a	132a
Pyrodwarf	100	81.5a	81.7a	36.3c	38.2c
	75	72.3b	69.4b	67.5b	65.6b
	50	67.0c	58.9c	122a	135a
OH×F87 (Daytor)	100	73.5a	82.1a	32.1c	33.3c
	75	62.4b	62.5b	48.4b	59.7b
	50	53.5c	56.0c	109a	124a

ميانگين هاي، در هر ستون، که دارای حروف مشابه می باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 1% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

پرولين در برگ وجود دارد و با افزايش شدت تنش اين ميزان افزايش بيشتري نشان می دهد. اين نتايج با یافته‌هاي اين پژوهش بويژه در رابطه با پايه متعلق به گونه *P. betulifolia* منطبق است (Stern et al., 2013).

ميزان کربوهيدرات‌هاي کل و پروتئين کل دو شاخصی بودند که در شرايط تنش کم آبياري و با افزايش شدت تنش، رفتار متفاوتی نشان دادند. بر اين اساس ميزان کربوهيدرات کل با افزايش شدت تنش در کلیه پايه‌ها افزايش و ميزان پروتئين کل کاهش نشان داد (جدول ۲). اگرچه گزارش شده است که در گیاهان، تحمل به تنش خشکی با حفظ متابوليت‌ها بويژه تجمع اسيدهاي آمينه، کربوهيدرات‌ها و اسيدهاي آلی همراه است (Merewitz et al., 2011)، افزايش اين مواد

(DaCosta and Huang, 2006). علاوه بر اين پرولين از اسيدهاي آمينه با خاصيت ضد اکسيداتيو است که در شرايط تنش با کاهش خسارت راديکال‌هاي فعال اکسيژن به پايداری غشاء کمک می کند.

نتايج اين پژوهش نشان داد که پايه‌هاي *P. betulifolia*، پیروودوارف و OH×F69 بيشترين ميزان رشد خود را در شرايط تنش حفظ کردند. ميزان پرولين نیز به ترتيب بيشترين افزايش را نشان داد. اين ارتباط بيانگر نقش کلیدی پرولين در تحمل به تنش خشکی است (جدول ۱). ارزيابی رجب پور و همکاران (Rajabpoor et al., 2014) در مورد گونه‌هاي مختلف درختان جنس *Prunus* نشان داد که در متحمل ترين گونه‌هاي اين جنس و بويژه گونه *P. scoparia* به طور طبيعي بالاترين ميزان

جدول ۲- مقایسه میانگین میزان پروتئین کل و کربوهیدرات کل در پایه‌های گلابی در ۳۰ و ۶۰ روز پس از تنش کم آبیاری در دو سطح ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه

Table 2. Mean comparison of the total protein and carbohydrate in pear rootstocks on 30 and 60 days after deficit irrigation regimes at 75% and 50% of field capacity (F. C.)

پایه Rootstocks	کم آبیاری (درصد ظرفیت مزرعه) Deficit Irrigation (% F. C.)	پروتئین کل (گرم در صد گرم وزن تر) Total Protein (g 100 g ⁻¹ FW)		کربوهیدرات کل (گرم در صد گرم وزن تر) Total Carbohydrate (g 100 g ⁻¹ FW)	
		30 days	60 days	30 days	60 days
<i>Pyrus betulifolia</i> Bunge.	100	0.22a	0.23a	1.3c	2.3c
	75	0.19b	0.18b	2.0b	3.4b
	50	0.17b	0.10c	3.2a	4.5a
Dargazi genotype	100	0.21a	0.23a	1.5c	2.0c
	75	0.16b	0.14b	2.2b	3.0b
	50	0.15b	0.09c	3.0a	3.7a
OH×F69 (Daynir)	100	0.21a	0.21a	2.0c	2.1c
	75	0.16b	0.15b	2.5b	3.1b
	50	0.15b	0.06c	3.9a	4.3a
Pyrodwarf	100	0.20a	0.22a	1.9c	2.0c
	75	0.16b	0.16b	3.0b	3.4b
	50	0.14c	0.07c	3.9a	4.5a
OH×F87 (Daytor)	100	0.22a	0.20a	2.2c	2.4c
	75	0.17b	0.13b	3.4b	3.5b
	50	0.15c	0.05c	3.9a	4.5a

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حروف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند. Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 1% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

۲۵ درصد و در دو پایه پیروودارف و OH×F69 این میزان طی این دوره به کمتر از ۳۰ درصد رسید (جدول ۳). این در حالی است که طی این دوره در دو پایه در گزی و OH×F87 که بیشتر تحت تاثیر تنش قرار گرفتند در هر دو دوره ۳۰ و ۶۰ روز پس از اعمال تنش میزان نشن یونی بالای ۳۰ درصد بود (جدول ۳).

میزان شاخص پایداری غشاء از طریق ارزیابی میزان مالون‌دی‌آلدئید گرچه با شدت تنش در هر پایه ارتباط مستقیم نشان داد، لیکن میزان آن در پایه‌های متحمل‌تر بیشتر نبود (جدول ۳). این نتایج نشان می‌دهد که در شاخص میزان نشن یونی، عوامل متعدد دیگر به غیر از مالون‌دی‌آلدئید دخیل بوده و این شاخص نمی‌تواند در گلابی به عنوان شاخص انحصاری برای میزان پایداری غشاء و جلوگیری از نشن

می‌تواند ناشی از وجود سایر ساختارهای تحمل گیاه و در اثر ادامه فرآیند فتوسنتز ناشی شود. در اینجا نیز اگرچه افزایش میزان کربوهیدرات‌های کل و کاهش پروتئین کل در برگ‌های پایه‌ها مشاهده شد، لیکن این تغییرات ارتباط مستقیمی با میزان تحمل پایه نداشت. بطوریکه در پایه حساس‌تر OH×F87، همانند دو پایه متحمل‌تر *P. betulifolia* و پیروودارف، میزان کربوهیدرات‌های کل افزایش ۴/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ را نشان داد (جدول ۲).

میزان نشن یونی از شاخص‌هایی بود که ضمن داشتن تغییرات منظم در شدت‌های مختلف تنش کم آبیاری، ارتباط مستقیمی با میزان تحمل پایه به تنش خشکی نشان داد. بر این اساس در پایه متحمل‌تر *P. betulifolia* میزان نشن یونی پس از ۳۰ روز کمتر از

جدول ۳- مقایسه میانگین میزان نشت یونی و پایداری غشاء در پایه‌های مختلف گلابی در ۳۰ و ۶۰ روز پس از تنش کم آبیاری در دو سطح ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه

Table 3. Mean comparison of the electrolyte leakage and membrane stability in pear rootstocks 30 and 60 days after deficit irrigation regimes at 75% and 50% of field capacity (F. C.)

پایه Rootstocks	کم آبیاری (درصد ظرفیت مزرعه) Deficit Irrigation (% F. C.)	درصد نشت یونی Electrolyte leakage (%)		مالون دی آلدئید (میلی مول در گرم) Malondialdehyde (mmol g ⁻¹)	
		30 days	60 days	30 days	60 days
		-	-	-	-
<i>Pyrus betulifolia</i> Bunge.	100	15.0c	17.9c	0.14b	0.15c
	75	19.2b	21.4b	0.15b	0.18b
	50	23.5a	27.8a	0.20a	0.22a
Dargazi genotype	100	16.5c	13.9c	0.14c	0.16b
	75	24.3b	23.7b	0.18b	0.24a
	50	31.3a	32.0a	0.21a	0.25a
OH×F69 (Daynir)	100	15.8c	15.4c	0.17c	0.17c
	75	23.1b	20.2b	0.19b	0.22b
	50	27.7a	27.5a	0.23a	0.25a
Pyrodwarf	100	18.0c	18.6c	0.16c	0.17b
	75	21.4b	24.7b	0.19b	0.23a
	50	27.8a	29.6a	0.22a	0.24a
OH×F87 (Daytor)	100	17.6c	15.8c	0.19c	0.21b
	75	25.5b	22.7b	0.21b	0.23a
	50	30.2a	30.5a	0.26a	0.24a

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حروف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.
Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 1% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

ارزیابی‌های شاخص‌های فیزیولوژیک مورد بررسی در این پژوهش شامل میزان محتوای نسبی آب برگ، میزان پرولین، کربوهیدرات‌های کل و پروتئین کل و همچنین شاخص‌های پایداری غشاء و نشت یونی نشان داد که در بین این شاخص‌ها، اگرچه همگی رفتار بسیار منظم و وابسته به شدت تنش کم آبیاری در پایه‌ها داشتند، لیکن میزان پرولین و نشت یونی از شاخص‌هایی بودند که بجز از وابستگی به شدت تنش کم آبیاری، با سطح تحمل پایه‌ها به تنش کم آبیاری نیز در ارتباط کامل بودند. بر این اساس در پایه‌های متحمل‌تر شامل پایه *P. betulifolia* و پیروودارف میزان پرولین به ترتیب در بالاترین سطح و نشت یونی در پائین‌ترین سطح در تنش شدید کم آبیاری قرار داشت.

یونی مد نظر قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

ارزیابی و مقایسه پایه‌های مختلف گلابی مورد استفاده در این پژوهش بیانگر وجود بالاترین میزان مقاومت به تنش کم آبیاری در پایه *P. betulifolia* بود که با گزارشات متعدد قبلی در رابطه با تحمل به تنش خشکی در بین گونه‌های گلابی تطابق داشت. از سوی دیگر در سایر پایه‌ها که همگی متعلق به گونه *P. communis* بودند نیز سطوح متفاوتی از تحمل به تنش کم آبیاری مشاهده شد، به صورتی که بیشترین تحمل به تنش کم آبیاری در بین پایه‌های مورد ارزیابی در این گونه در پایه پیروودارف و کمترین آن در پایه OH×F87 مشاهده شد.

پایه طی یک برنامه طولانی مدت و با استفاده از پیوند ارقام مختلف تجاری گلابی روی آن، می‌تواند امکان استفاده از این پایه در سطح تجاری و در مناطق دارای تنش خشکی و سطح تحمل آن به خاک‌های قلیائی را تعیین کند.

در نهایت با توجه به سازگاری گرده کلیه گونه‌های گلابی با یکدیگر و امکان انجام تلاقی‌های بین گونه‌ای در این جنس، استفاده از بذور هیبرید بین گونه‌ای بین گونه *P. betulifolia* و *P. communis* و یا برنامه‌های به‌نژادی و گزینشی برای تولید پایه‌های همگروه بین گونه‌ای می‌تواند از گزینه‌های دیگر استفاده از خصوصیات مطلوب پایه *P. betulifolia* برای تحمل به تنش خشکی باشد که باید در آینده مورد توجه بیشتر و دقیق‌تری قرار گیرد.

سپاسگزاری

نگارندگان از زحمات کارکنان آزمایشگاه کشت بافت و بیوتکنولوژی پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری موسسه تحقیقات علوم باغبانی، بویژه خانم مهندس زینب صالحی و خانم مهندس مریم دودانگه کمال تشکر را دارند. همچنین از راهنمایی‌ها و ارائه شده توسط آقای دکتر داریوش آشکار، عضو هیات علمی موسسه تحقیقات علوم باغبانی سپاسگزاری می‌کنند.

نتایج نشان داد که میزان پرولین بر اساس خصوصیات ذکر شده آن در ارتباط با تحمل به خشکی ارتباط نزدیکی با آن داد و میزان نشن یونی نیز از شاخص‌هایی است که در ارتباط با سطح پایداری غشاء می‌تواند به عنوان یک شاخص فیزیولوژیک مرتبط با تحمل به تنش کم آبیاری مد نظر قرار گیرد. لیکن بررسی میزان مالون‌دی‌آلدئید ارتباط کامل با تحمل پایه‌ها نداشت که این نشان داد که به جز شاخص مالون‌دی‌آلدئید، عوامل دیگری نیز می‌تواند در پایداری غشاء موثر و تعیین کننده باشند.

بر اساس نتایج این پژوهش، ترتیب نزولی تحمل به تنش کم آبیاری به ترتیب در پایه *P. betulifolia*، پیرو دوارف، OH×F69، پایه درگزی و در نهایت پایه OH×F87 مشاهده شد. با توجه به عدم پیوند ارقام گلابی و برهمکنش رقم × پایه در تحمل به تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی و کم آبیاری، لازم است در مرحله بعدی این ارزیابی با استفاده از ترکیبات پیوندی ارقام تجاری در شرایط گلدانی و همچنین کشت در باغ مورد ارزیابی طولانی مدت‌تری قرار گیرد.

پایه *P. betulifolia* دارای خصوصیات مطلوب می‌باشد (Bell, 1991)، لیکن تنها ایراد این پایه می‌تواند تحمل کمتر آن به خاک‌های قلیائی باشد. بر این اساس، ارزیابی تکمیلی این

References

- Abdollahi, H. 2010.** Pear: botany, cultivars and rootstocks. Iranian Agricultural Ministry Publications, Tehran, Iran. 210 pp. (in Persian).
- Abdollahi, H., Ghasemi, A., and Mehrabi Pour, S. 2008.** Evaluation of fire blight resistance in some quince (*Cydonia oblonga* Mill.) genotypes. II. Resistance of genotypes to the disease. Seed and Plant Journal 24: 529-541 (in Persian).
- Abdollahi, H., Mohammadi, M., Atashkar, D., and Alizadeh, A. 2018.** Comparison of growth and yield of some commercial pear cultivars on two dwarf hawthorn (*Crataegus atrosanguinea*) and quince A rootstocks. Seed and Plant Production Journal 34-2 (1): 1-21 (in Persian).
- Abdollahi, H., Muleo, R., and Rugini, E. 2005.** Study of basal growth media, growth regulators and pectin effects on micropropagation of pear (*Pyrus communis* L.) cultivars. Seed and Plant Journal 21: 373-384 (in Persian).
- Al Maarri, K., Haddad, S., and Fallouh, I. 2007.** Selections of *Pyrus syriaca* as promising rootstocks for pear cultivars. Acta Horticulturae 732: 217-220.
- Anonymous. 2018.** Statistical yearbook of the horticultural crops. Agricultural Ministry of Iran, Tehran, Iran. 241 pp. (in Persian).
- Atashkar, D., Ershadi, A., Taheri, M., and Abdollahi, H. 2019.** Screening for drought tolerance in some hybrid apple rootstocks based on photosynthesis characteristics. Iranian Journal of Horticultural Science 49: 1013-1024.
- Bell, R. L. 1991.** Pears (*Pyrus*). Acta Horticulturae 290: 657-700.
- Blum, A. 2005.** Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential-are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? Australian Journal of Agricultural Research 56: 1159-1168.
- Bonany, J., Dolcet-Sanjuan, R., Claveria, E., Iglesias, I., Asin, L., and Simard, M. H. 2005.** Breeding of pear rootstocks. First evaluation of new interspecific rootstocks for tolerance to lime-induced chlorosis and induced vigor under field conditions. Acta Horticulturae 671: 239-246.
- Bradford, M. M. 1976.** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Annals of Biochemistry 72: 248-254.

- Buyse, J., and R. Merckx. 1993.** An improved colorimetric method to quantify sugar content of plant tissue. *Journal of Experimental Botany* 44:1627–1629
- Campbell, J. 2003.** Pear Rootstocks. AGFACTS, the State of New South Wales Agriculture, Australia. 13 pp.
- Chalices, J. S., and Westwood, M. N. 1973.** Numerical taxonomic studies on the genus *Pyrus* using both chemical and botanical characters. *Botanical Journal of the Linnaean Society* 67: 121-148.
- DaCosta, M., and Huang, B. R. 2006.** Osmotic adjustment associated with variation in bentgrass tolerance to drought stress. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 131: 338-344.
- FAO. 2018.** Food and Agriculture Organization statistical yearbook. Food and Agriculture Organization Publication, Rome, Italy.
- Ghasemi, A., Nassiri, J., and Yahyaabadi, M. 2010.** Study of the relative tolerance of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) rootstocks to different bicarbonate concentrations. *Seed and Plant Improvement Journal* 31-1: 265-278. (in Persian).
- Hancock, J. F., and Lobos, G. A. 2008.** Pears. pp. 299-335. In: Hancock, J. F. (ed.) temperate fruit crop breeding, germplasm to genomics. Springer Science Press, USA.
- Heath, R. L., and Packer, L. 1968.** Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives in Biochemistry and Biophysics* 125: 189-198..
- Jacob, H. B. 1998.** Pyrodwarf, a new clonal rootstock for high density pear orchards. *Acta Horticulturae* 475: 169-178.
- Liu, B. H., Cheng, L., Liang, D., Zou, Y. J., and Ma, F. W. 2012.** Growth, gas exchange, water-use efficiency, and carbon isotope composition of ‘Gale Gala’ apple trees grafted onto 9 wild Chinese rootstocks in response to drought stress. *Photosynthetica* 50: 401-410.
- Lombard, P. B., and Westwood, M. N. 1987.** Pear rootstocks. pp. 145-183. In: Rom R. C., and Carlson R. F. (eds.) rootstocks for fruit crops. Wiley. New York.
- Mansuryar, M., Erfani Moghadam, J., Abdollahi H., and Salami, S. A. R. 2016.** Optimization of in vitro micropropagation protocol for some vigorous rootstocks of pear. *Iranian Journal of Horticultural Science* 47: 361-370 (in Persian).

- Mansuryar, M., Abdollahi H., Erfani Moghadam, J., Mirabdulbaghi, M., and Salami, S. A. R. 2017a.** Effects of ammonium nitrate and calcium chloride salts on proliferation and improvement of *in vitro* shootlets quality of vigorous pear rootstocks. Seed and Plant Production Journal 33-2: 249-266 (in Persian).
- Mansuryar, M., Abdollahi H., Erfani Moghadam, J., and Salami, S. A. R. 2017b.** Study of antioxidant enzymes activity and morphological changes in some vigorous pears inoculated with cause of fire blight disease (*Erwinia amylovora*) *in vitro* conditions. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 18: 81-88 (in Persian).
- Merewitz, E. B., Gianfagna, T., and Huang, B. 2011.** Protein accumulation in leaves and roots associated with improved drought tolerance in creeping bentgrass expressing an *ipt* gene for cytokinin synthesis. Journal of the Experimental Botany 62: 5311-5333.
- Nikzad Gharehaghaji. A. 2013.** Evaluation of genetic diversity of native and wild pears of Iran. Ph. D. Thesis. University of Trabiati Modaress, Tehan, Iran. 150 pp (in Persian).
- Rahmati, M., Arzani, K., and Yadollahi, A. 2015a.** Variation in some European pear (*Pyrus communis* L.) seedling rootstock populations using morphological characteristics. Seed and Plant Improvement Journal 31: 391-397 (in Persian).
- Rahmati, M., Arzani, K., Yadollahi, A., and Abdollahi, H. 2015b.** Influence of rootstock on vegetative growth and graft incompatibility in some pear (*Pyrus* spp.) cultivars. Indo-American Journal of Agricultural and Vegetable Sciences 3: 25-32 .
- Rajabpoor, Sh., Kiani, S., Sorkheh, K., and Tavakoli, F. 2014.** Changes induced by osmotic stress in the morphology, biochemistry, physiology, anatomy and stomatal parameters of almond species (*Prunus* L. spp.) grown *in vitro*. Journal of Forestry Research 25: 523-534.
- Sairam, R. K. 1994.** Effect of moisture stress on physiological activities of two contrasting wheat genotypes. Indian Journal of Experimental Biology 32: 594-597.
- Stern, RA, Doron, I, Redel G., Raz, A, Goldway M., and Holland D. 2013.** Lavi 1-a new *Pyrus betulifolia* rootstock for 'Coscia' pear (*Pyrus communis*) in the hot climate of Israel. Scientia Horticulturae 161: 293-299.

- Tatari, M., Ghasemi A., and Rezaei M. 2016.** Evaluation of vegetative and reproductive traits of some commercial pear cultivars on quince clonal rootstocks in Isfahan climatic conditions. Seed and Plant Production Journal 32-2: 45-62. (in Persian).
- Tukey, H. B. 1964.** Dwarfed fruit trees. Cornell University Press, Ithaca, USA. 562 pp.
- Westwood, M. N. 1993.** Temperate zone pomology: physiology and culture. Timber Press. Portland, Oregon. 523 pp.