DOI: 10.22092/spj.2026.372136.1466

"نهال و بذر"
جلد ۴۱، شماره ۱، سال ۱۴۰۴

مقاله پژوهشی

اثر روش‌های پیوند سرشاخه‌کاری اسکنه خشبی و سبز بر برخی از خصوصیات رشدی و کیفیت میوه ارقام مختلف انگور در ملایر در استان همدان

Effect of Woody and Green Cleft Top-Working Methods on Some Growth and Fruit Quality Characteristics of Different Grape Cultivars in Malayer in Hamedan Province in Iran

بهروز مرادی‌عاشور[۱*]، نادر ادمی‌پور[۲] و علیرضا براتی جورابی[۳]

۱- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران.
۲- پژوهشگر، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران.
۳- کارشناس ارشد، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۳۱

چکیده

مرادی‌عاشور، ب.، ادمی‌پور، ن. و براتی جورابی، ع. ۱۴۰۴. اثر روش‌های پیوند سرشاخه‌کاری اسکنه خشبی و سبز بر برخی از خصوصیات رشدی و کیفیت میوه ارقام مختلف انگور در ملایر در استان همدان. **نهال و بذر ۴۱:** ۹۴-۷۱

یکی از چالش‌های اصلی تاکداران کاهش درآمد ناشی از کشت ارقام قدیمی و کم‌بازده انگور است که گاهی هزینه‌های برداشت را نیز تأمین نمی‌کند. به‌منظور رفع این مشکل، تغییر ارقام از طریق سرشاخه‌کاری، به‌عنوان راهکاری مؤثر پیشنهاد شده است. پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر روش‌های مختلف پیوند و مقایسه هفت رقم تجاری انگور پیوندی بر پایه انگور سفید بی‌دانه به مدت سه سال (۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳) در روستای گوراب واقع در شهرستان ملایر، استان همدان، انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. دو روش پیوند اسکنه خشبی و اسکنه سبز در کرت‌های اصلی، و هفت رقم تجاری انگور شامل: ترکمن ۴، فلیم سیدلس، روبی سیدلس، پرلت، رشه، آتوم رویال و کندری در کرت‌های فرعی ارزیابی و مقایسه شدند. استفاده از پیوند اسکنه خشبی، به‌طور معنی‌داری عملکرد میوه، طول، عرض و وزن خوشه، وزن و طول حبه و میزان TA میوه را نسبت به پیوند اسکنه سبز بهبود داد. درصد گیرایی پیوند در روش اسکنه سبز نسبت به اسکنه خشبی موفقیت آمیزتر بود. بیشترین طول رشد پیوندک یکساله (۱۷۳/۸۳ سانتی‌متر) در سال اول در رقم ترکمن ۴ و کمترین طول رشد پیوندک (۱۲۰ سانتی‌متر) در رقم روبی سیدلس مشاهده شد. همچنین طول رشد پیوندک در پیوند اسکنه خشبی نسبت به اسکنه سبز بیشتر بود. رقم آتوم رویال بیشترین شاخص‌های کمی را برای عملکرد میوه، طول، عرض و وزن خوشه، طول، قطر و وزن حبه و شاخص رسیدگی نشان داد. همچنین، بیشترین میزان ویژگی‌های کیفیت میوه، TA و TSS در رقم ترکمن ۴ مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: انگور، تاکستان، پایه، پیوندک، میزان گیرایی پیوند، شاخص رسیدگی میوه.

* نگارنده مسئول: behmoradi91@gmail.com تلفن: ۰۸۱۳۴۳۷۳۵۸۸

2025© Seed and Plant. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

مقدمه

انگور (*Vitis vinifera* L.) یکی از با ارزش‌ترین و محبوب‌ترین محصولات باغی در جهان است که از جنبه‌های مختلف اقتصادی، تغذیه‌ای و صنعتی جایگاه ویژه‌ای در سبد غذایی جوامع بشری دارد (Alston and Sambucci, 2019). این محصول راهبردی با سطح زیرکشت حدود ۶/۹ میلیون هکتار و تولید سالانه ۷۸ میلیون تن، سهم عمده‌ای از اقتصاد کشاورزی کشورهای تولیدکننده را به خود اختصاص داده و نقش مهمی در اشتغال‌زایی، صنایع تبدیلی و تجارت بین‌المللی ایفا می‌کند (Akdemir and Candar, 2022). از این مقدار، حدود ۷۱ درصد در صنایع تبدیلی، ۲۷ درصد به‌صورت تازه‌خوری و نزدیک به دو درصد به شکل خشک (کشمش) مصرف می‌شود (Somma *et al*., 2012).

پیشرفت‌های اخیر در علوم کشاورزی، اصلاح نباتات و فناوری‌های ژنتیک مولکولی منجر به معرفی و ثبت ارقام متنوعی از انگور در تاکستان‌های جهان شده است (Egorov, 2021). در حال حاضر، در بسیاری از کشورها، افزون بر ارقام بومی و سنتی، بیش از ۵۰ رقم تجاری کشت می‌شود. انتخاب رقم‌های مناسب انگور تحت تأثیر عوامل گوناگونی ازجمله شرایط اقلیمی، حاصلخیزی خاک، منابع آب، میزان بارندگی، دما، ارتفاع از سطح دریا، وضعیت آفات و نهایتاً ملاحظات اقتصادی قرار دارد (Naulleau *et al*., 2021).

ایران به دلیل برخورداری از شرایط اقلیمی و جغرافیایی مطلوب، از مهمترین مراکز تولید انگور جهان محسوب می‌شود. طبق گزارش وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۴۰۳، سطح زیرکشت انگور در ایران حدود ۲۸۹ هزار هکتار می‌باشد و میزان تولید سالانه انگور کشور به بیش از ۳/۶ میلیون تن می‌رسد (Anonymous, 2025) که از این لحاظ ایران در جایگاه هشتم جهانی در این زمینه را به خود اختصاص داده است (Hejabi *et al*., 2019).

وجود حدود ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ ژنوتیپ انگور در ایران گزارش شده است (Doulati-Baneh *et al*., 2013)، با این وجود، تولید تجاری انگور درکشور عمدتاً متکی بر تعداد محدودی رقم غالب، به‌ویژه سفید بی‌دانه، است. عدم بهره‌برداری کامل از این ذخایر ژنتیکی ارزشمند و تنوع محدود ارقام در نظام تولید تجاری، می‌تواند یکی از عوامل محدودکننده تولید و توسعه پایدار صادرات انگور ایران محسوب شود، در حالی که کشور از نظر مقدار تولید در میان ده تولیدکننده بزرگ جهان قرار دارد (Rasoli and Doulati Baneh, 2025).

استان همدان، بویژه شهرستان ملایر، از مناطق مهم تولید انگور در کشور به‌شمار می‌آید. سطح زیرکشت انگور در استان همدان بیش از ۲۳ هزار هکتار است. این استان پس از فارس، خراسان رضوی و قزوین رتبه چهارم سطح زیرکشت و رتبه دوم تولید را در ایران دارد (Anonymous, 2025). با در نظر گرفتن سهم بالای اشتغال خانوارها در تاکداری، اهمیت اقتصادی این محصول

در منطقه کاملاً آشکار است. با این حال، قیمت پایین میوه رقم‌های سنتی مانند بی‌دانه سفید و قرمز در اغلب سال‌ها و در برخی از تاکستان‌های کم مساحت، حتی پاسخ‌گوی هزینه‌های برداشت نیز نیست (Kavousi *et al*., 2025). بر این اساس، بازنگری در انتخاب ارقام جدید برای احداث تاکستان‌ها و جایگزینی ارقام اقتصادی‌تر در تاکستان‌های موجود، اقدامی ضروری برای ارتقای بهره‌وری و بهبود وضعیت معیشتی تاکداران است (Doncieux *et al*., 2025; Baltazar *et al*., 2025).

عملیات پیوند سرشاخه‌کاری به‌عنوان یکی از روش‌های کارآمد در مدیریت تاکستان‌ها و بهبود عملکرد کمی و کیفیت میوه انگور اهمیت ویژه‌ای دارد. استفاده از پایه‌های مقاوم و سازگار می‌تواند مقاومت بوته را در برابر آفات و بیماری‌های خاکزاد، شوری، خشکی و شرایط نامساعد محیطی افزایش دهد (Sabir, 2013; Jiao *et al*., 2023). افزون بر این، انتخاب پایه مناسب تأثیر چشمگیری بر خصوصیات کمی (مانند عملکرد، وزن خوشه و تعداد حبه) و کیفیت میوه (مانند درصد قند، اسیدیته و کیفیت میوه) ارقام پیوندی دارد (Hitham and Abdelgawad, 2025). به همین دلیل، بهره‌گیری از روش پیوند نه‌تنها ابزاری برای مقابله با تنش‌های زیستی و غیرزیستی محسوب می‌شود، بلکه راهکاری اساسی برای بهبود پایداری تولید و ارتقای رقابت‌پذیری ایران در بازارهای جهانی انگور و فرآورده‌های آن به‌شمار می‌رود.

تکیو و همکاران (Tecchio *et al*., 2022) گزارش کردند که ارقام کابرنت فرانس (Cabernet France) و مرلوت (Merlot) پیوند شده بر روی پایه IAC 766 عملکرد میوه، تعداد خوشه در هر تاک، وزن خوشه، مواد جامد محلول و مقدار pH بالاتری را نشان دادند.

در پژوهشی دیگری هیثم و عبدل‌گواد (Hitham and Abdelgawad, 2025) افزایش شاخص‌های رشدی، عملکرد میوه و اندازه و وزن حبه‌ها را با پیوند رقم انگور استارلایت (Starlight) بر روی پایه فریدم (Freedom) گزارش کردند.

علاوه بر سرشاخه‌کاری به منظور تغییر ارقام، ثابت شده است که نوع روش پیوند نیز می‌تواند بر کمیت و کیفیت محصول تاثیر گذار باشد. سمپات و همکاران (Sampath *et al*., 2017) درصد موفقیت بالاتری را در پیوند خشبی انگور رقم کاری اشیدا (Kari Ishada) بر روی ۱۰ پایه مختلف گزارش کردند. در پژوهشی، باتیستون و همکاران (Battiston *et al*., 2022) سه روش پیوند امگا، زبانه‌ای و اسکنه‌ای کامل را بر روی سه رقم انگور شامل کابرنت ساوینان (Cabernet Sauvignon)، گلرا (Glera) و ترولدگو (Teroldego) پیوند شده روی پایه Kober 5BB ارزیابی کردند، و گزارش کردند که روش پیوند امگا سبب افزایش رشد ترکیب پیوندی در مراحل اولیه شد.

دلیل این تفاوت رشدی را به تأثیر روش پیوند بر سرعت تشکیل کالوس، کیفیت اتصال آوندی و در نتیجه کارایی انتقال آب و مواد غذایی در محل پیوند نسبت دادند. در پژوهشی مشابه، چلیک (Çelik, 2000) سه نوع روش پیوند شامل

پیوند جوانه، امگا و اسکنه را در دو رقم انگور آلفونس لاوالـه (Alphonse Lavallee) و آماسیه بیاضی (Amasya Beyazi) را بر روی پایه 5BB بررسی کردند. ارزیابی آن‌ها نشان داد که بالاترین درصد گیرایی پیوند، توسعه کالوس و رشد پیوندک در پیوند جولنه نسبت به دو روش پیوندی دیگر برتری داشت. بنابراین، انتخاب روش پیوند مناسب در مدیریت تاکستان‌ها از اهمیت بسزایی برخوردار است.

در همین راستا، با وجود غنای ژنتیکی و تنوع بالای ارقام انگور در ایران، نظام کشت تجاری در بسیاری از مناطق همچنان به چند رقم غالب اختصاص دارد. این موضوع بویژه در تاکستان‌های مسن یا با مساحت محدود، فرصتی را فراهم می‌کند تا با بهره‌گیری از روش پیوند سرشاخه‌کاری و جایگزینی ارقام پربازده و باارزش‌تر، زمینه بهبود وضعیت اقتصادی تاکداران فراهم شود. از این‌رو، به‌کارگیری روش‌هایی مانند پیوند سرشاخه‌کاری برای تغییر ارقام و افزایش کمیت و کیفیت محصول، در شرایط مشخصی می‌تواند راهکاری ضروری و مؤثر به‌شمار آید.

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثر روش‌های پیوند اسکنه خشبی و اسکنه سبز و شناسایی بهترین ترکیب پیوندی در میان هفت رقم تجاری انگور (شامل ترکمن ۴، فلیم سیدلس، روبی سیدلس، پرلت، رشه، آتوم رویال و کندری) بر روی پایه سفید بی‌دانه در روستای گوراب در شهرستان ملایر اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر روش‌های پیوند اسکنه خشبی و اسکنه سبز بر خصوصیات کمی و کیفیت میوه هفت رقم انگور تجاری پیوند شده بر روی پایه انگور سفید بی‌دانه، آزمایشی به مدت سه سال (۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳) در روستای گوراب در شهرستان ملایر در استان همدان انجام شد. روستای گوراب در شهرستان ملایر با ۱۷۸۰ متر ارتفاع از سطح دریا، طول جغرافیایی ´۸۶ °۴۸ شرقی و عرض جغرافیایی ´۲۲ °۳۴ شمالی واقع شده است.

حداکثر و حداقل دمای مطلق سالیانه در روستای گوراب به‌ترتیب ۴۱ و ۲۵- درجه سانتی‌گراد، میانگین بارندگی سالیانه ۳۱۰ میلی‌متر، میانگین تبخیر ۱۵۰۰ میلی‌متر، تعداد روزهای یخبندان حدود ۱۱۱ روز، تعداد روزهای عاری از یخبندان از اول فروردین تا اواخر مهر حدود ۲۰۰ تا ۲۱۰ روز و با خاک رسی-لومی و pH = ۸/۵ است.

آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کرت های اصلی شامل نوع پیوند که در دو سطح پیوند اسکنه خشبی و اسکنه سبز و کرت های فرعی شامل ارقام پیوند شده شامل هفت رقم انگور تجاری به نام‌های ترکمن ۴ (Turkmen 4)، فلیم سیدلس (Flame Seedless)، روبی سیدلس (Ruby Seedless)، پرلت (Perlette)، رشه (Rasheh)، آتوم رویال (Autumn Royal) و کندری (Kondori) بود.

آزمایش لازم به ذکر است که ارقام مذکور بر اساس مطالعات پیشین و به‌دلیل پتانسیل بالای عملکرد میوه، کیفیت مطلوب میوه، سازگاری با شرایط اقلیمی نیمه‌خشک و موفقیت در برنامه‌های بهنژادی و پیوند انتخاب شده‌اند (Kavousi *et al.*, 2025).

مراحل انجام پیوند

برای انجام پیوند، ابتدا سلامت و عاری بودن تاک‌ها از هرگونه آفت و بیماری مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه، تاک‌هایی ۱۲-۱۰ ساله با فاصله ۳×۴ متر و قطر تنه بین ۸ تا ۱۰ سانتی‌متر به عنوان پایه‌های پیوند انتخاب شدند. در هر روش پیوند ۲۱ تاک وجود داشت و در مجموع تعداد تاک‌های استفاده شده در آزمایش ۴۲ تاک بود.

برای انجام پیوند اسکنه خشبی، پیوندک‌های ارقام مورد نظر از شاخه‌های یکساله به طول ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر در تاریخ ۱۵ اسفند سال ۱۴۰۰ از تاکستان ایستگاه تحقیقات انگور ملایر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان همدان، تهیه شدند و پس از پیچیدن در گونی کنفی مرطوب در یخچال با دمای ۳-۵ درجه سانتی‌گراد تا زمان اجرای پیوند نگهداری شدند. عملیات پیوند اسکنه خشبی در تاریخ ۲۶ فروردین سال ۱۴۰۱ انجام شد. ابتدا، تنه تاک‌ها در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری از سطح خاک سربرداری و به مدت دو روز رها شدند تا اشک مو از تنه خارج شود. سپس با استفاده از اسکنه، تنه‌ها به عمق چهار تا پنج سانتی‌متر شکافته شدند. پیوندک‌ها که شامل دو جوانه و به شکل گوه‌ای تهیه شده بودند، در دو طرف تنه قرار گرفتند به طوری‌که تماس کامل بین لایه زاینده پایه و پیوندک برقرار شود. پس از قرار دادن پیوندک‌ها، محل اتصال با چسب پیوند پوشانده شد و با الیاف کنفی محکم بسته شد. در نهایت، به منظور کاهش تبخیر، تعرق و محافظت از نور خورشید، یک پاکت کاغذی بر روی محل پیوند قرار گرفت (شکل ۱). پس از اطمینان از رشد موفق پیوندک‌ها، پاکت‌ها برداشته شدند.

برای انجام پیوند اسکنه سبز، در تاریخ ۱۰ خرداد سال ۱۴۰۱ تاک‌های انگور از ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری سربرداری شدند. پس از رشد شاخه‌های سربرداری شده در تاریخ مذکور، هنگامیکه شاخه‌های رشد کرده قابلیت انجام پیوند بر روی آن‌ها وجود داشت، یک شاخه انتخاب و عملیات پیوند بر روی آن انجام شد. پیوندک‌ها از شاخه‌های رشد کرده همان سال و از ارقام مورد نظر از تاکستان ایستگاه تحقیقات انگور ملایر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان همدان، تهیه شدند. هر پیوندک به طول حدود ۳-۲ سانتی‌متر و دارای یک جوانه بود. شاخه انتخاب شده روی پایه سرزنی شد و سپس سطح آن به شکل عدد ۷ برش زده شد و انتهای پیوندک هم به شکل عدد ۷ برش زده و در محل برش پایه قرار داده شد (شکل ۲). در نهایت، محل پیوند با نوار پارافیلم بسته شد تا از جابجایی و خشک‌شدن آن جلوگیری شود.

شکل ۱- مراحل اجرای پیوند سرشاخه‌کاری تاک‌های انگور به روش پیوند اسکنه خشبی در تاریخ ۲۶ فروردین سال ۱۴۰۱. عکس‌های ردیف بالا به‌ترتیب از سمت راست به سمت چپ برش پایه‌های انگور بی‌دانه سفید، قرار دادن پیوندک‌های آماده شده در پایه و بستن پیوندک و پایه با نوار پارافیلم و عکس‌های ردیف پایین به‌ترتیب از سمت راست به سمت چپ مراحل رشد طولی پیوندک‌ها را نشان داده است

Fig. 1. The stages of top-working on grapevines using the woody cleft grafting method on April 14, 2022. The photos in top row, from right to left, show cutting the rootstocks of the 'White Seedless' grape cultivar, placing the prepared scions onto the rootstock, and binding the scion and rootstock with parafilm tape, respectively. The photos in bottom row, from right to left, show the of scion growth stages, respectively

شکل ۲- مراحل اجرای سرشاخه‌کاری تاک‌های انگور به روش پیوند اسکنه سبز در تاریخ ۱۰ خرداد سال ۱۴۰۱. عکس سمت راست نحوه قراردادن پیوندک‌های تهیه شده را در پایه‌های انگور سفید بی‌دانه و عکس سمت چپ نحوه بستن پیوندک‌ها و پایه را نشان داده است

Fig. 2. The stages of top-working on grapevines using the green cleft grafting method on May 30, 2022. The photo in right-side shows the method of placing the prepared scions onto the 'White Seedless' grape rootstocks, and the photo in left-side shows the method of binding the scions and the rootstock

پس از پیوند ارقام بر روی پایه‌های انگور سفید بی دانه، درصد گیرایی پیوند (در سال اول اندازه‌گیری شد)، میزان رشد پیوندک و همچنین خصوصیات کمی و کیفیت میوه انگور در سال سوم سال پس از پیوند اندازه‌گیری و ارزیابی شدند. در این پژوهش، پایه‌های پیوندی به صورت کوردون دو طرفه در دو طبقه تربیت شدند. هرس تاک‌ها به صورت مخلوط انجام شد، به‌طوری‌که در هر بازو شش اسپور نگهداری شد. دو شاخه‌های بارده (Cane) در روی هر اسپور یکی به‌صورت کوتاه از روی سه جوانه و یکی به صورت بلند از روی شش جوانه هرس شدند.

اندازه‌گیری صفات کمی و کیفیت میوه

درصد گیرایی پیوند و رشد طولی پیوندک‌های یکساله

اتصال محکم بین پایه و پیوندک، شروع رشد و باز شدن برگ‌ها به عنوان معیاری برای درصد گیرایی پیوند در نظر گرفته شد. درصد گیرایی از طریق محاسبه پیوندک‌های رشد کرده به کل پیوندهای انجام شده بعد از سه ماه از زمان پیوند در سال ۱۴۰۱ ثبت شد (Balanian *et al.*, 2013). همچنین، میزان رشد پیوندک‌ها فقط در سال اول پس از عملیات موفق پیوندها در تاریخ ۱۰ شهریور سال ۱۴۰۱ توسط خط‌کش اندازه‌گیری شد.

صفات کمی خوشه انگور

پس از خوشه‌دهی و رسیدگی میوه‌ها در سال سوم (سال ۱۴۰۳) به‌طور تصادفی پنج خوشه از هر تاک انتخاب و وزن، طول و عرض آن‌ها توسط به‌ترتیب ترازو و خط‌کش اندازه‌گیری شد. تعداد ۱۰ حبه از هریک از خوشه‌های برداشت شده جدا شدند و سپس وزن، طول و عرض آن‌ها به‌ترتیب توسط ترازو و کولیس اندازه‌گیری شد. تعداد حبه در خوشه با شمارش حبه‌های پنج خوشه محاسبه شد. عملکرد میوه با محاسبه وزن کل خوشه‌ها در هر تاک توسط ترازو انجام شد.

صفات کیفیت میوه انگور

مواد جامد محلول کل (TSS)

مواد جامد محلول کل (Total soluble solids = TSS) توسط دستگاه رفرکتومتر (Atago, Japan) در دمای اتاق اندازه‌گیری شد. برای این کار یک قطره از عصاره حبه بر روی منشور دستگاه قرار داده شد و با قرار دادن دستگاه رو به سمت نور، شکست نور که عدد آن معرف درجه بریکس است به دست آمد.

اسید قابل تیتراسیون (TA)

پس از جداسازی و آبگیری حبه‌های انگور، عصاره حاصله را از کاغذ صافی عبور داده و ۲۰ میلی‌لیتر از عصاره با ۸۰ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق‌سازی شد. برای مشاهده تغییر رنگ حاصل از تیتراسیون چند قطره فنل فتالئین به عصاره اضافه شد. سپس سود ۰/۱ نرمال قطره قطره به مخلوط اضافه شد تا تغییر رنگ در عصاره مشاهده شود. پس از مشاهده تغییر رنگ، میزان سود مصرفی ثبت شد (Hasanabadi *et al.*, 2023). سپس میزان اسید قابل تیتراسیون (Titratable acid = TA) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$\text{میزان اسید قابل تیتراسیون} = \frac{\text{حجم سود مصرفی} \times \text{نرمالیته سود مصرفی} \times \text{اکی والان اسید غالب}}{\text{حجم عصاره تیتر شده} \times 1000} \times 100$$

وزن اکی والان اسید تارتاریک (اسید غالب انگور) = ۷۷/۵ گرم است.

شاخص رسیدگی

شاخص رسیدگی میوه‌ها براساس نسبت TSS به TA محاسبه شد (Sánchez *et al.*, 2023).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

داده‌های به دست آمده از آزمایش با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ تجزیه واریانس شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثر روش پیوند، بجز تعداد حبه در خوشه، بر عملکرد میوه، وزن، قطر و طول حبه، عرض، طول و وزن خوشه، درصد گیرایی پیوند، طول رشد پیوندک، TSS، TA و شاخص رسیدگی معنی‌دار بود (جداول ۱). ارقام پیوندی نیز برای کلیه صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی دار داشتند (جدول ۱). برهمکنش روش پیوند × ارقام پیوندی بر هیچکدام از صفات مورد مطالعه معنی دار نبود. بنابراین در ادامه فقط نتایج اثر اصلی آنها ارائه شده است (جدول ۱).

اثر روش پیوند و رقم پیوندی بر رشد پیوندک‌های یکساله

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رشد پیوندک‌ها در سال اول در پیوند اسکنه خشبی در مقایسه با اسکنه سبز بیشتر بود (شکل ۳). این تفاوت در تشکیل و طول شاخه‌ها در رابطه با روش پیوند می‌تواند به دلیل عوامل هورمونی مانند اکسین و سیتوکینین یا تغذیه‌ای مانند مقدار ذخیره کربوهیدرات در پیوندک‌ها باشد. پیوندک‌هایی که از شاخه‌های یکساله تهیه می‌شوند معمولا ذخایر کربوهیدراتی و هورمونی بیشتری دارند و از اینرو می‌توانند به رشد بیشتر شاخه‌های یکساله کمک کنند (Daouda *et al.*, 2018).

جدول ۱- تجزیه واریانس برای اثر روش پیوند و رقم پیوندک بر برخی صفات کمی و کیفیت میوه انگورهای پیوند شده بر روی پایه سفید بی‌دانه

Table 1. Analysis of variance for the effect of grafting method and scion cultivars on some quantitative and fruit quality traits of grapes grafted on ‘White Seedless’ rootstock

			میانگین مربعات Mean squares					
S.O.V.	منبع تغییرات	درجه آزادی df	طول پیوندک یکساله One-year-old scion length	میزان گیرایی پیوند Graft success rate	عملکرد میوه Fruit yield	مواد جامد محلول کل TSS	اسیدیته قابل تیتراسیون TA	شاخص رسیدگی Ripening index
Replication	تکرار	2	43.88**	52.80*	111.073**	4.595	0.00600**	0.078
Graft method (GM)	روش پیوند	1	59.52**	46.305*	5.359**	9.521**	0.01000**	0.001
Error a	خطای a	2	0.73	0.398	0.045	0.028	0.00010	0.180
Scion cultivars (SC)	ارقام پیوندک	6	3623.15**	153.691**	334.884**	14.914**	0.02000**	1.970**
GM × SC	روش پیوند × ارقام پیوندک	6	1.07	0.154	0.070	0.028	0.00009	0.180
Error b	خطای b	24	4.30	14.129	5.410	0.420	0.00070	0.380
C.V. (%)	درصد ضریب تغییرات	-	1.56	4.563	15.77	3.375	4.14	2.110

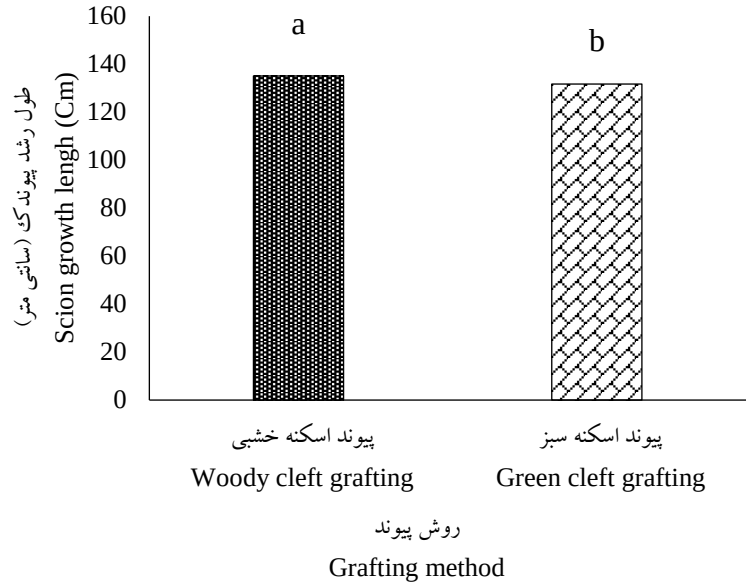
* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively. ***** و *****: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

TSS: Total soluble solids, TA: Titratable acid

Table 1. Continued. ادامه جدول ۱-

			میانگین مربعات Mean squares						
S.O.V.	منبع تغییرات	درجه آزادی df	تعداد حبه در خوشه Berry no. cluster^{-1}	وزن حبه Berry weight	قطر حبه Berry diameter	طول حبه Berry length	وزن خوشه Cluster weight	عرض خوشه Cluster width	طول خوشه Cluster length
Replication	تکرار	2	636.50**	0.7910**	13.166**	19.739**	46283.266**	17.64**	1.140
Graft method GM)	روش پیوند	1	11.52	0.1150**	11.525**	11.527**	507.523**	8.597**	10.500*
Error a	خطای a	2	4.16	0.0001	0.760	0.023	7.990	0.023	0.001
Scion cultivar (SC)	ارقام پیوندک	6	6716.69**	7.1310**	96.431**	176.034**	105049.370**	8.039**	8.045**
GM × SC	روش پیوند × ارقام پیوندک	6	3.35	0.0007	0.027	0.027	14.186	0.039	0.00016
Error b	خطای b	24	84.25	0.0539	1.450	0.434	3061.805	1.315	2.073
C.V. (%)	درصد ضریب تغییرات	-	4.984	6.421	6.74	3.09	8.392	7.309	6.397

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively. ***** و *****: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر روش پیوند بر رشد پیوندک‌های یکساله پیوند شده بر روی پایه انگور سفید بی‌دانه (سال ۱۴۰۱). ستون‌هایی با حرف متفاوت بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار دارند.

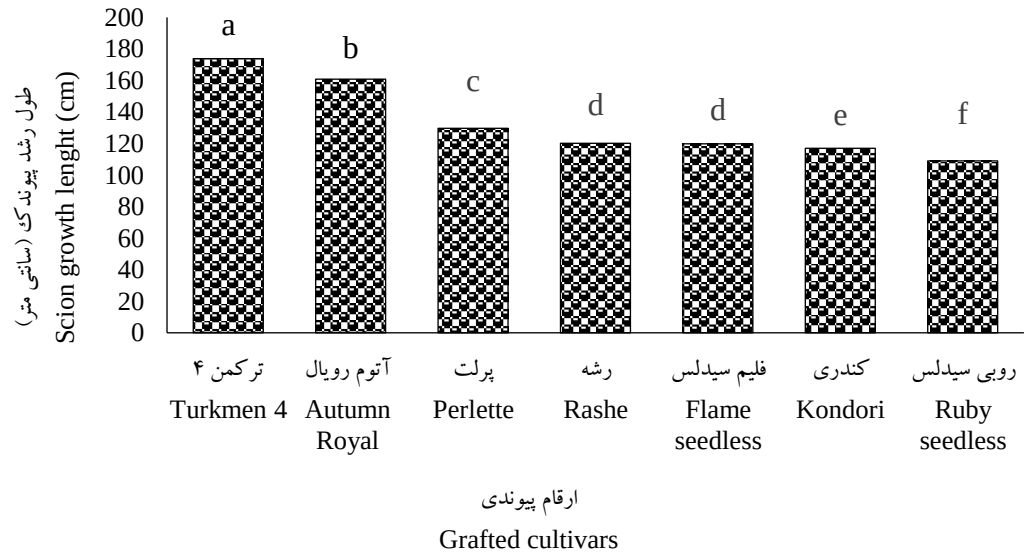
Fig. 3. Mean comparison of the effect of grafting method on the growth of one-year old scions grafted on 'White Seedless' grape rootstock (2022). Columns followed by different letter are significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test

مقایسه میانگین‌ها تفاوت معنی‌داری را بین ارقام پیوندی از نظر طول پیوندک‌های یکساله نشان داد (شکل ۴). بیشترین رشد پیوندک‌های یکساله در سال اول پیوند به‌ترتیب در ارقام ترکمن ۴، آتوم رویال، پرلت، رشه، فلیم سیدلس، کندری و روبی سیدلس ثبت شد (شکل ۴). پژوهش‌های پیشین اثر متقابل پایه × پیوندک انگور را بر رشد رویشی پیوندک‌های یکساله بررسی و نشان داده‌اند که ژنوتیپ پایه می‌تواند با تأثیر بر جذب آب و عناصر غذایی، انتقال هورمون‌های رشد مانند سیتوکینین‌ها و جیبرلین‌ها و همچنین واکنش فیزیولوژیکی با پیوندک، سرعت رشد شاخه‌ها را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دهد (Cochetel *et al*., 2018; Gautier *et al*., 2019; Tedesco *et al*., 2020).

سومکوار و همکاران (Somkuwar *et al*., 2015) نیز علت تفاوت رشدی پیوندک های یکساله انگور رقم فانتسی سیدلس (Fantasy Seedless) پیوند شده بر روی ۱۰ پایه مختلف را نقش پایه‌ها در تغییرات هورمونی و مواد غذایی بیان کردند. در پژوهش دیگری دلیل نقش پایه در سرعت رشد شاخساره در رقم انگور کابرنت ساوینان پیوند شده بر روی پایه های RGM و 1103P به متابولیسم کربن نسبت داده شد

(Cookson *et al*., 2012). از سوی دیگر، اگرچه پایه‌ها بر رشد پیوندک تأثیر می‌گذارند، اما پژوهشگران بر این باورند که ژنوتیپ پیوندک همچنان عامل تعیین کننده رشد شاخساره می‌باشد (Zhang *et al*., 2016). زیرا تفاوت‌های ژنتیکی در پیوندک‌ها منجر به تفاوت در ظرفیت فتوسنتزی، تنظیم هورمونی و نیازهای فیزیولوژیکی آن‌ها می‌شود که این عوامل به نوبه خود می‌توانند پاسخ پایه را نیز تغییر دهند (Cookson *et al*., 2013; Harris *et al*., 2023).

بنابراین، رشد رویشی پیوندک یکساله نتیجه برهمکنش بین پایه و پیوندک است، به‌گونه‌ای که برخی ترکیب‌های پایه–پیوندک، از طریق سازگاری فیزیولوژیکی و هورمونی، می‌توانند رشد شاخه را بهینه کرده و پتانسیل بالاتری برای رشد و عملکرد میوه در شرایط مختلف اقلیمی فراهم آورند (Zhang *et al*., 2016; Tandonnet *et al*., 2010). در پژوهش حاضر، ترکیب پیوندی رقم ترکمن ۴ بر روی پایه سفید بیدانه بالاترین رشد پیوندک را در سال اول داشت که می‌تواند نشان دهنده سازگاری مطلوب هورمونی، تغذیه‌ای در این ترکیب پیوندی نسبت به سایر ترکیبات پیوندی باشد (شکل ۴).



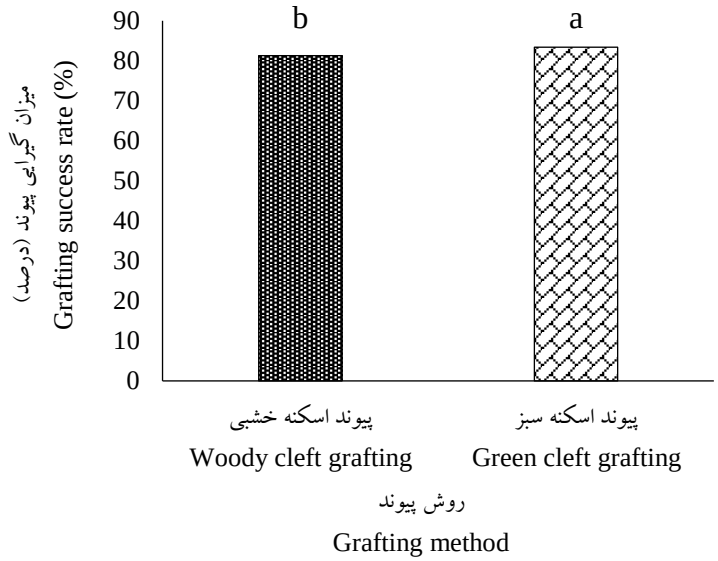
شکل ۴- مقایسه میانگین رشد پیوندک‌ها یکساله ارقام انگور پیوند شده بر پایه انگور سفید بی‌دانه (۱۴۰۱). ستون‌هایی با حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Fig. 4. The effect of grafted grape cultivars on scion growth over one year (2022). Columns followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test

اثر روش پیوند و رقم پیوندی بر میزان گیرایی پیوند

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین میزان گیرایی پیوند به‌ترتیب در پیوند اسکنه سبز و اسکنه خشبی مشاهده شد (شکل ۵). از دلایل این تفاوت می‌تواند زمان انجام پیوند باشد، زیرا پیوند اسکنه سبز در بهار و تابستان، یعنی زمانی که مریستم‌های پایه و پیوندک فعال‌اند، انجام می شود و این فعالیت موجب افزایش تشکیل کالوس و در نتیجه بهبود گیرایی پیوند شد. در حالیکه، پیوند اسکنه خشبی معمولاً در زمستان انجام می‌شود که فعالیت مریستم‌ها کاهش یافته و شرایط برای موفقیت پیوند کمتر فراهم است (Stino *et al*., 2011).

از دیگر دلایل موفقیت بیشتر گیرایی پیوند درروش پیوند اسکنه سبز، وجود برگ بر روی پایه و پیوندک است. زیرا برگ‌ها با تولید کربوهیدرات‌ها تأثیر قابل‌توجهی در افزایش موفقیت پیوند و تحریک تمایز بافت‌های آوندی دارند (Habibi *et al*., 2022). علاوه بر این از دیگر عوامل مؤثر در افزایش موفقیت پیوند در روش اسکنه سبز، عدم تمایز کامل بافت‌ها و سرعت بالای تقسیم سلولی در بافت‌های علفی است که موجب ترمیم سریع‌تر محل پیوند نسبت به بافت‌های چوبی می‌شود (Safari and Rezaei, 2021).



شکل ۵- اثر روش پیوند بر میزان گیرایی ارقام پیوند شده بر پایه انگور سفید بی‌دانه (۱۴۰۱). ستون‌های با حرف متفاوت بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری دارند.

Fig. 5. The effect of grafting method on the grafting success rate of cultivars grafted on 'White Seedless' grape rootstock (2022). Columns followed by different letters are significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test

اثر روش پیوند بر صفات کمی و کیفیت میوه

مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد میوه در تاک، طول، عرض و وزن خوشه، وزن و طول حبه و میزان TA در روش پیوند اسکنه خشبی نسبت به پیوند اسکنه سبز بود (جدول ۲). دلیل این این تفاوت را می‌توان به استفاده از پیوندک و پایه با بافتهای چوبی رسیده در روش پیوند اسکنه خشبی نسبت داد که سبب جوش خوردن سریع‌تر می‌شود و انتقال آب و مواد مغذی بهتر را به پیوندک فراهم می‌کند و این امر منجر به رشد درختان و رشد بهتر میوه می‌شود (Poku *et al*., 2024).

اثر رقم پیوندی بر صفات کمی

مقایسه میانگین نشان داد که رقم آتوم رویال بیشترین و رقم کندری پایین‌ترین مقدار عملکرد میوه در تاک، را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). مقایسه میانگین عملکرد میوه درتاک در میان ارقام پیوندی از بیشترین به کمترین، به‌ترتیب شامل آتوم رویال، ترکمن ۴ ، رشه، فلیم سیدلس، پرلت، روبی سیدلس و کندری بود (جدول ۳). رقم آتوم رویال با میانگین طول خوشه ۲۴/۶۱ سانتی‌متر دارای طویل‌ترین خوشه بود، در حالی‌که ارقام ترکمن ۴ و روبی سیدلس با میانگین طول خوشه ۲۱/۵۰ سانتی‌متر کوتاه‌ترین خوشه را داشتند (جدول ۳). بیشترین عرض خوشه مربوط به رقم آتوم رویال و کمترین آن متعلق به رقم روبی سیدلس بود (جدول ۳). بیشترین و کمترین وزن خوشه به‌ترتیب در ارقام آتوم رویال و ترکمن ۴ مشاهده شد (جدول ۳). همچنین بیشترین وزن خوشه به‌ترتیب در ارقام آتوم رویال، روبی سیدلس، رشه، فلیم سیدلس، پرلت، کندری و ترکمن ۴ ثبت شد.

رقم آتوم رویال با میانگین ۳۲/۳۳ میلی‌متر بیشترین و رقم پرلت با ۱۷/۱۶ میلی‌متر کمترین طول حبه را داشتند (جدول ۳). بررسی قطر حبه نشان داد که بیشترین قطر میوه مربوط به رقم آتوم رویال و کمترین مقدار آن در رقم ترکمن ۴ بود (جدول ۳). رقم آتوم رویال با میانگین زن حبه ۵/۸۰ گرم در رتبه نخست قرار گرفت و پس از آن به‌ترتیب ارقام کندری، رشه، روبی سیدلس، فلیم سیدلس، پرلت و ترکمن ۴ قرار داشتند (جدول ۳). افزون بر این، بیشترین تعداد حبه در هر خوشه به رقم پرلت با میانگین ۲۳۵/۱۶ عدد تعلق داشت و کمترین آن در رقم کندری با میانگین ۱۴۶/۶۶ عدد ثبت شد (جدول ۳).

به طور کلی نتایج پژوهش حاضر تغییرات قابل ملاحظه‌ای برای مقدار عملکرد میوه در تاک و همچنین شاخص‌های عملکردی را نشان داد که این نتایج می‌تواند به علت اثر پایه، ژنوتیپ پیوندک یا برهمکنش پایه × پیوندک باشد. پژوهش‌های گوناگونی نشان داده‌اند که تفاوت در توانایی پایه‌ها در رابطه با جذب و انتقال بیشتر آب، فراهم نمودن هورمون‌ها و مواد مغذی به پیوندک می‌تواند بر شاخص‌های کمی میوه مانند وزن و تعداد حبه‌ها اثرگذار باشد (Davis *et al*., 2008; da Silva *et al*., 2018). برای مثال، میجی‌کوفسکی و همکاران (Migicovsky *et al*., 2021) گزارش کردند

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر روش پیوند بر برخی صفات کمی و کیفیت میوه ارقام پیوند شده بر روی پایه انگور سفید بی‌دانه

Table 2. Mean comparison of the effect of grafting method on some quantitative and quality traits of cultivars grafted on 'White Seedless' grape rootstock

Grafting method	روش پیوند	عملکرد میوه (کیلوگرم در تاک) Fruit yield (kg vine^{-1})	وزن خوشه (گرم) Cluster weight (g)	عرض خوشه (سانتی‌متر) Cluster width (cm)	طول خوشه (سانتی‌متر) Cluster length (cm)	وزن حبه (گرم) Berry weight (g)	طول حبه (میلی‌متر) Berry length (mm)	اسیدیته قابل تیتراسیون (٪) TA (%)
Woody	اسکنه چوبی	15.10a	662.57a	16.16a	23.66a	3.66a	21.90a	0.686a
Green	اسکنه سبز	14.39b	655.61b	15.1b	22.01b	2.55b	20.8b	0.634b

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حرف متفاوت می‌باشند براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار دارند.

Means, in each column, followed by different letter are significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test.

TA: Titratable acid

جدول ۳- مقایسه میانگین برخی صفات کمی و کیفیت میوه ارقام انگور پیوند شده بر روی پایه انگور سفید بی‌دانه

Table 3. Mean comparison of the effect of scion cultivar on some quantitative and quality traits of grapevines grafted on 'White Seedless' rootstock

Cultivar	رقم	عملکرد میوه (کیلوگرم در تاک) Fruit yield (kg vine^{-1})	طول خوشه (سانتی‌متر) Cluster length (cm)	عرض خوشه (سانتی‌متر) Cluster width (cm)	وزن خوشه (گرم) Cluster weight (g)	طول حبه (میلی‌متر) Berry length (mm)	قطر حبه (میلی‌متر) Berry diameter (mm)	وزن حبه (گرم) Berry weight (g)	تعداد حبه Berry no. culster^{-1}	مواد جامد محلول (بریکس) TSS (Brix)	اسیدیته قابل تیتراسیون (٪) TA (%)	شاخص رسیدگی Ripening index
Turkmen 4	ترکمن ۴	15.80b	21.50c	15.83b	437.57e	20.50c	12.50d	2.65e	162.16a	22.5a	0.80a	28.07b
Flame Seedless	فلیم سیدلس	12.35cd	22.50bc	15.50bc	668.20bc	17.83ef	17.60bc	3.23d	194.83c	19.33b	0.64bc	29.83a
Ruby Seedless	روبی سیدلس	10.68cd	21.50 c	14.16c	721.02b	18.16e	16.50c	3.36cd	211.52b	18.50c	0.62cd	29.67a
Perlette	پرلت	11.10cd	23.50ab	15.50bc	637.10cd	17.16f	17.80bc	2.65e	235.16a	18.40c	0.63cd	29.20a
Rashe	رشه	12.80c	21.60c	15.16bc	668.90bc	19.16d	18.50b	3.55c	190.80c	17.83c	0.61d	29.23a
Autumn Royal	آتوم رویال	31.06a	24.61a	18.00a	873.42a	32.33a	25.83a	5.80a	147.81e	18.16c	0.61d	29.45a
Kondori	کندری	9.45d	22.48bc	15.83b	589.35d	24.50b	16.50c	3.98b	146.66e	19.51b	0.67b	29.09a

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشابه می‌باشند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Muliple Range Test.

TSS: Total soluble solids, TA: Titratable acid

که پیوند ارقام انگور Chardonnay و Cabernet Sauvignon بر روی ۱۵ پایه مختلف انگور به طور معنی‌داری سبب افزایش عملکرد و وزن حبه‌ها شد.

کاپلان و همکاران (Kaplan *et al*., 2018) بیان نمودند که پیوند انگور رقم Regent بر روی شش پایه مختلف انگور به طور معنی‌داری سبب افزایش وزن خوشه، تعداد خوشه در شاخه، وزن حبه، تعداد حبه در خوشه و عملکرد میوه شد. از سوی دیگر پژوهش‌هایی هم وجود دارند که اثبات نموده‌اند استفاده از پایه‌های مختلف بر اجزای عملکرد میوه معنی‌دار نبود و اثر بهبود باردهی و تشکیل میوه را به ژنوتیپ پیوندک نسبت داده‌اند (Zhang *et al*., 2016; da Silva *et al*., 2018). برای مثال، بورگس و همکاران (Borges *et al*., 2014) تفاوت معنی‌داری در تعداد خوشه در هر بوته و وزن خوشه در انگور رقم Concord پیوند زده شده بر روی دو پایه IAC 766 و IAC 572 مشاهده نکردند که نشان می‌دهد ارقام مختلف واکنش‌های متفاوتی نسبت به استفاده از پایه‌های مشابه دارند.

در پژوهش دیگری، ویژگی‌هایی مانند تعداد حبه در خوشه، قطر حبه، وزن حبه و وزن خوشه در ارقام انگور Thompson Seedless، Flame Seedless و Red Globe پیوند زده شده بر روی پایه‌های مشابه تنوع زیادی نشان داده‌اند (Ibacache *et al*., 2016). در پژوهش حاضر بالاترین مقدار صفات کمی اندازه‌گیری شده در رقم آتوم رویال مشاهده شد (جدول ۳) که نشان می‌دهد این رقم پیوند شده بر روی پایه انگور سفید بی‌دانه در منطقه گوراب در شهرستان ملایر بهترین عملکرد میوه در تاک را به همراه داشت. دلیل این برتری را می‌توان به ژنوتیپ رقم پیوندک و همچنین اثر تغذیه‌ای و هورمونی پایه بر پیوندک نسبت داد (Clingeleffer *et al*., 2019).

اثر رقم پیوند بر صفات کیفیت میوه

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم پیوند شده اثر معنی‌داری بر صفات مربوط به کیفیت میوه داشت. بیشترین میزان TSS در میوه انگور رقم ترکمن ۴ و کمترین مقدار آن در میوه انگور رقم رشه مشاهده شد (جدول ۳). همچنین بین ارقام آتوم رویال، رشه، روبی سیدلس و پرلت تفاوت معنی‌داری از نظر TSS وجود نداشت. در مورد میزان TA، میوه انگور رقم ترکمن ۴ بیشترین میزان را به خود اختصاص داد، در حالی که ارقام آتوم رویال و رشه پایین‌ترین میزان این شاخص را داشتند (جدول ۳). سایر پژوهشگران نیز بیان کرده‌اند که پایه می‌تواند بر ترکیبات مربوط به کیفیت میوه را تحت تأثیر قرار دهند (Li *et al*., 2019). به عنوان مثال، هیفنی و همکاران (Hifny *et al*., 2016) گزارش کردند که پیوند انگور رقم Red globe بر روی سه پایه Freedom، Richter و Salt creek به طور معنی‌داری مقدار TSS در میوه‌ها را بهبود بخشید. در پژوهش دیگری داتولا و همکاران (Dattola *et al*., 2023) تغییرات TSS و TA را در انگور

رقم Cardinal پیوند شده بر روی دو پایه 110R و SO4 گزارش کردند.

یکی از دلایلی که می‌تواند نقش پایه‌ها را در تغییر ترکیبات شیمیایی در انگور توجیه کند تغییراتی است که پایه بر فتوسنتز برگ پیوندک اعمال می‌کند و از این طریق ترکیبات اولیه و ثانویه گیاه و در نهایت کیفیت شیمیایی میوه انگور را تغییر می‌دهد (da Silva *et al.*, 2018). در پژوهش حاضر رقم ترکمن ۴ بالاترین میزان این دو شاخص را داشت که نشان می‌دهد ترکیب پیوندی این رقم بر روی پایه انگور سفید بی‌دانه از لحاظ تجمع ترکیبات ثانویه در منطقه ملایر بهترین عملکرد را داشت (جدول ۳).

نسبت TSS/TA یک شاخص مهم برای میزان تعیین شاخص رسیدگی در انگور محسوب می‌شود (Sánchez *et al.*, 2023). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین شاخص رسیدگی در رقم فلیم سیدلس مشاهده شد. با این وجود، تفاوت معنی‌داری بین این رقم و ارقام کندری، رشه، روبی سیدلس، پرلت و آتوم رویال وجود نداشت. علاوه بر این، کمترین شاخص رسیدگی در رقم ترکمن ۴ ثبت شد (جدول ۳). در بین ارقام پیوندی ترکمن ۴ بالاترین میزان TSS را به خود اختصاص داد. با این حال شاخص رسیدگی آن از سایر ارقام پیوندی کمتر بود که دلیل آن می‌تواند بالا بودن میزان TA باشد (جدول ۳). علاوه بر این، شاخص رسیدگی در بین سایر ارقام انگور تفاوت معنی‌داری نشان نداد که نشان می‌دهد، پیوند این ارقام انگور بر روی پایه سفید بیدانه بر میزان این شاخص اثرگذار نبوده است (جدول ۳). هرچند که سرشاخه‌کاری سبب ایجاد تغییراتی در میزان TSS و TA شد، اما این تغییرات به میزانی نبود که منجر به ایجاد تفاوت معنی‌دار در شاخص رسیدگی شود. سایر پژوهشگران نیز بیان کرده اند پیوند می‌توانند اثر ناچیز یا بی‌اثر بر دو شاخص TSS و TA که تعیین کننده شاخص رسیدگی هستند، داشته باشد (da Silva *et al.*, 2018).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بهره‌گیری از روش‌های مناسب پیوند و انتخاب ارقام تجاری سازگار و با کیفیت مطلوب نقش کلیدی در بهبود کمیت و کیفیت میوه انگور دارد. نتایج بیانگر آن بود که پیوند اسکنه خشبی نسبت به پیوند اسکنه سبز، اگرچه درصد گیرایی کمتری داشت، اما منجر به بهبود عملکرد میوه در تاک، رشد بهتر خوشه‌ها و حبه‌ها و بهبود برخی شاخص‌های مربوط به کیفیت میوه شد. در میان ارقام انگور مورد مطالعه، رقم آتوم رویال بیشترین مقادیر صفات کمی را داشت، در حالی که رقم ترکمن ۴ از نظر صفات مربوط به کیفیت میوه در جایگاه برتر قرار گرفت.

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، استفاده از روش پیوند اسکنه خشبی همراه با ارقام انگور آتوم رویال و ترکمن ۴ بر روی پایه سفید بی‌دانه می‌تواند به عنوان ترکیبات بهینه برای افزایش بازده اقتصادی و بهبود کیفیت محصول

تاکستان‌ها برای شرایط اقلیمی منطقه گوراب در شهرستان ملایر، استان همدان، توصیه شود. همچنین پیشنهاد می‌شود تحقیقات آتی، اثر پایه‌های مختلف و شرایط تغذیه‌ای را بر پایداری این نتایج در بلندمدت بررسی شود تا بتوان راهکارهای مدیریتی دقیق‌تری برای بهبود و توسعه پایدار صنعت انگور کشور ارائه کرد.

سپاسگزاری

این مقاله بر اساس داده‌های حاصل از پروژه تحقیقاتی شماره ۱۲۴-۶۳-۳۳-۰۹۲-۹۹۰۲۲-۹۹۰۶۵۱ مصوب موسسه تحقیقات علوم باغبانی نگارش شده است. نگارندگان بدینوسیله از پشتیبانی مالی و مساعدت‌های سازمان جهاد کشاورزی استان همدان به‌ویژه آقای مهندس حجت الله شهبازی مدیر باغبانی، موسسه تحقیقات علوم باغبانی و کارکنان پایگاه تحقیقاتی انگور ملایر که در اجرای این پروژه همکاری کردند، سپاسگزاری می‌کنند.

عدم تعارض منافع

نگارندگان اعلام می‌دارند که هیچ گونه تعارض منافعی با یکدیگر و سایر اشخاص حقیقی/حقوقی ندارند.

References

Akdemir, U. and Candar, S. 2022. Regional economics of viticulture in Turkey in the period 1970. *Research-Review, 2*(2), pp.55-71. DOI: 10.52001/vis.2022.11.55.71

Alston, J.M. and Sambucci, O. 2019. Grapes in the world economy. Pp. 1-24. In: Cantu, D. and Walker, M. (eds.) *The Grape Genome.* Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-18601-2_1

Balanian, H., Fattahi Moghadam, M.R., Ebadi, A. and Hasani, D. 2013. Effect of rootstock growth characteristics on Persian walnut minigrafting. *Journal of Iranian Horticultural Sciences, 44,* pp.21-30 (in Persian). DOI: 10.22059/ijhs.2013.30402

Baltazar, M., Castro, I. and Gonçalves, B. 2025. Adaptation to climate change in viticulture: the role of varietal selection—a review. *Plants, 14*(1), pp.104. DOI: 10.3390/plants14010104

Battiston, E., Falsini, S., Giovannelli, A., Schiff, S., Tani, C., Panaiia, R., Papini, A., Di Marco, S. and Mugnai, L. 2022. Xylem anatomy and hydraulic traits in *Vitis* grafted cuttings in view of their impact on the young grapevine decline. *Frontiers in Plant Science, 13,* e1006835. DOI: 10.3389/fpls.2022.1006835

Borges, R.D., Roberto, S.R., Yamashita, F., Deassis, A.M. and Yamamotoi, L.Y. 2014. Production and quality of Concord' clones of grapevine fruits on different rootstocks. *Pesquisa Agropecuária Tropical, 44,* pp.198-204. DOI: 10.1590/S1983-40632014000200012

Çelik, H. 2000. The effects of different grafting methods applied by manual grafting units on grafting success in grapevines. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *24*(4), pp.499-504.

Clingeleffer, P., Morales, N., Davis, H. and Smith, H. 2019. The significance of scion × rootstock interactions. *Oeno One*, *53*(2), pp.335-346. DOI: 10.20870/oeno-one.2019.53.2.2438

Cochetel, N., Météier, E., Merlin, I., Hévin, C., Pouvreau, J.B., Coutos-Thévenot, P., Hernould, M., Vivin, P., Cookson, S.J., Ollat, N. and Lauvergeat, V. 2018. Potential contribution of strigolactones in regulating scion growth and branching in grafted grapevine in response to nitrogen availability. *Journal of Experimental Botany*, *69*(16), pp.4099-4112. DOI: 10.1093/jxb/ery206

Cookson, S.J., Hevin, C., Donnart, M. and Ollat, N. 2012. Grapevine rootstock effects on scion biomass are not associated with large modifications of primary shoot growth under nonlimiting conditions in the first year of growth. *Functional Plant Biology*, *39*(8), pp.650-660. DOI: 10.1071/FP12071

Cookson, S.J., Clemente Moreno, M.J., Hevin, C., Nyamba Mendome, L. Z., Delrot, S., Trossat-Magnin, C. and Ollat, N. 2013. Graft union formation in grapevine induces transcriptional changes related to cell wall modification, wounding, hormone signaling, and secondary metabolism. *Journal of Experimental Botany*, *64*(10), pp.2997-3008. DOI: 10.1093/jxb/ert144

da Silva, M.J.R., Paiva, A.P.M., Junior, A.P., Sánchez, C.A.P.C., Callili, D., Moura, M.F., Leonel, S. and Tecchio, M.A. 2018. Yield performance of new juice grape varieties grafted onto different rootstocks under tropical conditions. *Scientia Horticulturae*, *241*, pp.194-200. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.06.085

Daouda, K.K., Jane, K., Lucien, D., Jean-Luc, K. and Kouadio, B. 2018. Comparison of grafting techniques and their effects on some growth parameters of ten elite cocoa clones (*Theobroma cacao* L.). *African Journal of Agricultural Research*, *13*(41), pp.2249-2255. DOI: 10.5897/AJAR2015.9847

Dattola, A., Vonella, V., Olivadese, T., Pullia, F.M., Zappia, R. and Gullo, G. 2023. The evaluation of the water consumption and the productive parameters of a table grapevine, cardinal cultivar, grafted onto two rootstocks. *Agriculture*, *13*(11), pp.1-19. DOI: 10.3390/agriculture13112101

Davis, A.R., Perkins-Veazie, P., Hassell, R., Levi, A., King, S.R. and Zhang, X. 2008.

Grafting effects on vegetable quality. *HortScience*, *43*(6), pp.1670-1672. DOI: 10.21273/HORTSCI.43.6.1670

Doncieux, A., Demongeot, M., MacDonald, K.I., Renard, D. and Caillon, S. 2025. Unpacking farmers' multiple values in grapevine variety choice. *Agriculture and Human Values*, *42*, pp.1225-1245. DOI: 10.1007/s10460-025-10718-z

Doulati-Baneh, H., Mohammadi, S.A. and Labra, M. 2013. Genetic structure and diversity analysis in *Vitis vinifera* L. cultivars from Iran using SSR markers. *Scientia Horticulturae*, *160*, pp.29-36. DOI: 10.1016/j.scienta.2013.05.029

Egorov, E.A. 2021. Grape breeding is a key link in the development of the grapes and wine-making industry. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, *25*(4), pp.408-413. DOI: 10.18699/VJ21.045

Gautier, A.T., Chambaud, C., Brocard, L., Ollat, N., Gambetta, G.A., Delrot, S. and Cookson, S.J. 2019. Merging genotypes: graft union formation and scion–rootstock interactions. *Journal of Experimental Botany*, *70*(3), pp.747-755. DOI: 10.1093/jxb/ery422

Habibi, F., Liu, T., Folta, K. and Sarkhosh, A. 2022. Physiological, biochemical, and molecular aspects of grafting in fruit trees. *Horticulture Research*, *9*, pp.1-18. DOI: 10.1093/hr/uhac032

Harris, Z.N., Pratt, J.E., Kovacs, L.G., Klein, L.L., Kwasniewski, M.T., Londo, J.P., Wu, A.S. and Miller, A.J. 2023. Grapevine scion gene expression is driven by rootstock and environment interaction. *BMC Plant Biology*, *23*, pp.1-15. DOI: 10.1186/s12870-023-04223-w

Hasanabadi, M., Azizi, M., Davarinejad, G., Bodaghi, H., and Hokmabadi, H. 2023. Effect of different concentrations of salicylic acid on some physicochemical properties of grape cv. Shahroodi. *Journal of Horticultural Science, 37*(1), pp.1-12 (in Persian). DOI: 10.22067/jhs.2021.59037.0

Hejabi, S., Abasalinezhad Sheramin, H. and Doulati Baneh, H. 2019. Effect of climate change on the phenology of "Bidaneh Sefid" table grape variety in West Azerbaijan province. *Pomology Research Scientific Journal, 4*(2), pp.43-52 (in Persian).

Hifny, H.A., Baghdady, G.A., Abdrabboh, G.A., Sultan, M.Z. and Shahda, M.A. 2016. Effect of rootstocks on growth, yield and fruit quality of red globe grape. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor*, *54*(2), pp.339-344. DOI: 10.21608/assjm.2016.104098

Hitham, M.A.H. and Abdelgawad, A.S.A. 2025. The evaluation of grafting with some different rootstocks on the yield, berry characteristics and bioactive compounds in "Starlight" grape. *Horticulture Research Journal, 3*(6), pp.17-30. DOI: 10.21608/hrj.2025.450726

Ibacache, A., Albornoz, F. and Zurita-Silva, A. 2016. Yield responses in Flame Seedless, Thompson Seedless and Red Globe table grape cultivars are differentially modified by rootstocks under semi-arid conditions. *Scientia Horticulturae, 204*, pp.25-32. DOI: 10.1016/j.scienta.2016.03.040

Jiao, S., Zeng, F., Huang, Y., Zhang, L., Mao, J. and Chen, B. 2023. Physiological, biochemical and molecular responses associated with drought tolerance in grafted grapevine. *BMC Plant Biology*, *23*(110), pp.1-18. DOI: 10.1186/s12870-023-04109-x

Kapłan, M., Klimek, K., Borowy, A. and Najda, A. 2018. Effect of rootstock on yield quantity and quality of grapevine 'Regent' in south-eastern Poland. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, *17*(4), pp.117-127. DOI: 10.24326/asphc.2018.4.11

Kavousi, B., Parsaei, S. and Jafari, L. 2025. Quantitative and qualitative characteristics of various grape cultivars through scion grafting based on the Shirazi cultivar under rainfed conditions. *Extension Grape Magazine, 6*(2): pp.33-41.

Li, M., Guo, Z., Jia, N., Yuan, J., Han, B., Yin, Y., Sun, Y., Liu, C. and Zhao, S. 2019. Evaluation of eight rootstocks on the growth and berry quality of 'Marselan' grapevines. *Scientia Horticulturae, 248,* pp.58-61. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.12.050

Migicovsky, Z., Cousins, P., Jordan, L.M., Myles, S., Striegler, R.K., Verdegaal, P. and Chitwood, D.H. 2021. Grapevine rootstocks affect growth-related scion phenotypes. *Plant Direct*, *5*(5), pp.1-11. DOI: 10.1002/pld3.324

Naulleau, A., Gary, C., Prévot, L. and Hossard, L. 2021. Evaluating strategies for adaptation to climate change in grapevine production–a systematic review. *Frontiers in Plant Science*, *11*, pp.1-11. DOI: 10.3389/fpls.2020.607859

Poku, B.O., Banful, B.K.B., Idun, I.A., Tandoh, P.K. and Osei, M. 2024. Graft success and seedling growth responses of cashew (*Anacardium occidentalis*) to three concentrations of indole butyric acid (IBA) and scion types. *International Journal of Agricultural Research, Innovation and Technology*, *14*(2), pp.132-145. DOI: 10.22004/ag.econ.349427

Rasoli, V. and Doulati Baneh, A.H. 2025. Introduction of a new grape variety "Omid". *Extension Grape Magazine*, *7*(1), pp.21-24 (in Persian).

Sabir, A. 2013. Improvement of grafting efficiency in hard grafting grape Berlandieri hybrid rootstocks by plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). *Scientia Horticulturae*, *164*, pp.24-29. DOI: 10.1039/C2NP20049J

Safari, M. and Rezaei, M. 2021. Grafting success of *Berberis Integerrima* cv. Bidaneh on wild type barberries. *International Journal of Fruit Science*, *21*(1), pp.1030-1039. DOI:

10.1080/15538362.2021.1975012

Sampath, P.M., Nagesh, N., Swamy, G.S.K., Nithin Kumar, C.J., Manjunatha Gowda, D.C. and Chongtham, A.D. 2017. Effect of grafting methods on graft success and graft survival of Kari Ishada selections. *International Journal Pure and Applied Bioscience, 5*(5), pp.944-50. DOI: 10.18782/2320-7051.2696

Sánchez, C.A.P.C., Tecchio, M.A., Callili, D., da Silva, M.J.R., Basílio, L.S.P., Leonel, S., Alonso, J.C. and Lima, G.P.P. 2023. Productivity and physicochemical properties of the BRS Isis grape on various rootstocks under subtropical climatic conditions. *Agriculture*, *13*(11), pp.1-12. DOI: 10.3390/agriculture13112113

Somkuwar, R.G., Taware, P.B., Bhange, M.A., Sharma, J. and Khan, I. 2015. Influence of different rootstocks on growth, photosynthesis, biochemical composition, and nutrient contents in 'Fantasy Seedless' grapes. *International Journal of Fruit Science*, *15*(3), pp.251-266. DOI: 10.1080/15538362.2015.1031564

Somma, S., Perrone, G. and Logrieco, A.F. 2012. Diversity of black aspergini and mycotoxin risks in grape, wine and dried vine fruits. *Phytopathologia Mediterranea, 51*(1), pp.131-147.

Stino, R.G., Ghoneim, I.E., Marwad, I.A. and Fadl, T.R. 2011. Performance of summer grafted superior Seedless grape grafts on different rootstocks. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*, *3*(1), pp.86-90.

Tandonnet, J.P., Cookson, S.J., Vivin, P. and Ollat, N. 2010. Scion genotype controls biomass allocation and root development in grafted grapevine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, *16*(2), pp.290-300. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2009.00090.x

Tecchio, M.A., Silva, M.J.R.D., Sanchez, C.A.P.C., Callili, D., Vedoato, B.T.F., Hernandes, J.L. and Moura, M.F. 2022. Yield performance and quality of wine grapes (*Vitis vinifera*) grafted onto different rootstocks under subtropical conditions. *Crop Production and Management*, *81*, pp.1-10. DOI: 10.1590/1678-4499.20210214

Tedesco, S., Pina, A., Fevereiro, P. and Kragler, F. 2020. A phenotypic search on graft compatibility in grapevine. Agronomy, *10*(5), pp.1-20. DOI: 10.3390/agronomy10050706

Zhang, L., Marguerit, E., Rossdeutsch, L., Ollat, N. and Gambetta, G.A. 2016. The influence of grapevine rootstocks on scion growth and drought resistance. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, *28*(2), pp.143-157. DOI: 10.1007/s40626-016-0070-x

DOI: 10.22092/spj.2026.372136.1466

RESEARCH ARTICLE

Effect of Woody and Green Cleft Top-Working Methods on Some Growth and Fruit Quality Characteristics of Different Grape Cultivars in Malayer in Hamedan Province in Iran

B. Moradiashour[1*], N. Adamipour[2] and A. Barati Jourabi[3]

1. Assistant Professor, Field and Horticulture Crops Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Hamedan, Iran.
2. Researcher, Field and Horticulture Crops Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Hamedan, Iran.
3. Expert, Field and Horticulture Crops Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Hamedan, Iran.

ABSTRACT

Moradiashour, B., Adamipour, N. and Barati Jourabi, A. 2025. Effect of woody and green cleft top-working methods on some growth and fruit quality characteristics of different grape cultivars in Malayer in Hamedan province in Iran. *Seed and Plant, 41*, pp. 71-94 (in Persian).

One of the main challenges of grape growers is the declining profitability of cultivating traditional, low-yield old varieties, which sometimes fail to even cover harvesting costs. To address this issue, replacing old varieties through top-working has been proposed as an effective approach. The present study was conducted over three years (2022-2024) in Gourab, Malayer in Hamadan Province, aiming to investigate the effect of different grafting methods and compare seven commercial grape cultivars grafted on the 'White Seedless' rootstock. The experiment was split-plot arrangements in randomized complete block design with three replications. Grafting methods, woody cleft grafting and green cleft grafting were assigned to main-plots, and the seven commercial grape cultivars, Turkmen 4, Flame Seedless, Ruby Seedless, Perlette, Rasheh, Autumn Royal, and Kondori were randomized in sub-plots. Results showed that woody cleft grafting method significantly increased fruit yield, cluster length, width and weight, as well as berry weight and length, and TA. However, grafting success was higher with the green cleft method. In the first year, the cv. Turkmen 4 showed the greatest scion growth (173.83 cm), while cv. Ruby Seedless had the least (109 cm). Scion growth was generally higher with woody cleft grafting than with green cleft grafting method. Among the grafted grape cultivars, cv. Autumn Royal exhibited the highest values for quantitative traits such as fruit yield, cluster length, width and weight, berry length, diameter and weight and ripening index. Meanwhile, cv. Turkmen 4 showed the highest levels of quality related traits including TA and TSS.

Keywords: Grape, rootstock, scion, graft success rate, fruit ripening index.

Introduction

Grapes are one of the oldest cultivated and most economical fruits in the world. Approximately 774.5 million tons of grapes are produced globally each year, most of which are consumed as fresh fruit and processed products. Iran, with an annual grape fruit production of over 3.6 million tons, is recognized as the 8th-largest producer of grape worldwide. Additionally, Hamadan province is one of the major grape-producing regions in Iran, ranking fourth for cultivated area and second in production (Anonymous, 2025). However, the diversity of grape varieties in this province is limited, and the White Seedless variety is grown as major grape cultivar.

This genetic uniformity and limited varietal diversity have weakened the grape products export position of the Malayer in Hamedan province, despite its high production capacity. To improve the productivity of grape production in this region, the use of various methods such as top-working for change of existing varieties, is considered a key strategy.

Various studies have shown that selecting suitable grafting combinations can significantly enhance both the quantitative and fruit quality related traits of the crop (Sabir, 2013). Therefore, top-working approach for replacing traditional varieties with more economically viable ones and improve the livelihoods of grape growers in the region is essential. The present study aimed to study the effect of grafting methods and grafting combinations of seven commercial grape cultivars on White Seedless rootstock on quantitative and fruit quality traits of grafted cultivars.

Materials and Methods

To evaluate the effect of grafting methods and grafting combinations of seven commercial grape cultivars on White Seedless rootstock on quantitative and fruit quality traits of grafted cultivars, a field experiment was carried-out in Gourab, Malayer in Hamadan Province in Iran. The experiment was split-plot arrangements in randomized complete block design with three replications in three years (2022-24). Grafting methods consisted of two levels: woody cleft grafting and green cleft grafting were assigned to main-plots, and Seven commercial grape cultivars, Turkmen 4, Flame Seedless, Ruby Seedless, Perlette, Rasheh, Autumn Royal and Kondori were randomized in sub-plots.

Scions were prepared in March, and woody cleft grafting was performed on White Seedless rootstock on April 15, 2022. Green cleft grafting was carried out on June 10, 2022, using scions collected from current-year shoots. After grafting, the graft success rate, scion growth rate, and quantitative and quality related characteristics of grape clusters were measured and evaluated at the end of the three-year period. The collected data were analyzed using SAS software version 9.4, and mean comparisons were performed using Duncan's multiple range test at the 5% significance level.

Results and Discussion

The results showed that grafted grape cultivars differed significantly for quantitative

traits such as fruit yield, cluster length, width, and weight, berry length, diameter, and weight, berries number cluster^{-1} as well as fruit quality traits including TSS, TA, and ripening index. These variations in quantitative and fruit quality traits can be attributed to the influence of the rootstock, the scion genotype, and their interactions.

Several studies have demonstrated that differences in rootstock vigor, particularly in water and nutrient uptake and hormone supply to the scion, can significantly affect both quantitative and fruit quality related traits (da Silva *et al*., 2018). For instance, Migicovsky *et al*. (2021) reported that grafting cv. Chardonnay and cv. Cabernet Sauvignon on 15 different grape rootstocks significantly increased fruit yield and berry weight. The findings of the present study indicated that the grafting methods also had significant effect on the quantitative and fruit quality related traits of grafted grape cultivars.

The woody cleft grafting method improved fruit yield and quality compared with green cleft grafting. This superiority can be attributed to the use of mature, lignified tissues in woody cleft grafting method, which promoted faster graft union formation and enhances water and nutrient translocation to the scion, and ultimately improved vine growth and fruit development (Poku *et al*., 2024). Overall, among the evaluated grape cultivars, cv. Autumn Royal exhibited the best quantitative performance, including higher fruit yield and cluster characteristics, while Turkmen 4 was superior in fruit quality related traits such as TSS and TA.

References

Anonymous. 2025. Statistical yearbook of agricultural products. Volume III: Horticultural Products. Deputy of Economic Planning, Ministry of Jihad-e-Agriculture. Tehran, Iran. 359 pp. (in Persian).

da Silva, M.J.R., Paiva, A.P.M., Junior, A.P., Sánchez, C.A.P.C., Callili, D., Moura, M.F., Leonel, S. and Tecchio, M.A. 2018. Yield performance of new juice grape varieties grafted onto different rootstocks under tropical conditions. *Scientia Horticulturae, 241*, pp.194-200. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.06.085

Migicovsky, Z., Cousins, P., Jordan, L.M., Myles, S., Striegler, R.K., Verdegaal, P. and Chitwood, D.H. 2021. Grapevine rootstocks affect growth-related scion phenotypes. *Plant Direct, 5*(5), pp.1-11. DOI: 10.1002/pld3.324

Sabir, A. 2013. Improvement of grafting efficiency in hard grafting grape Berlandieri hybrid rootstocks by plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). *Scientia Horticulturae, 164*, pp.24-29. DOI: 10.1039/C2NP20049J

*Corresponding author: behmoradi91@gmail.com Tel.: +988134373588

Received: 10 February 2025
Accepted: 20 April 2025

2025© Seed and Plant. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.