

تأثیر برهمکنش پایه و پیوندک بر شاخص‌های فتوسنتزی، خصوصیات فیزیکوشیمیایی و خواص آنتی‌اکسیدانی میوه آلو (*Prunus Spp.*)

محی‌الدین پیرخضری^{۱*} و امیرعباس تقی‌زاده^۲

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۲/۳۱ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۶/۱۸)

چکیده

آلو یکی از مهمترین میوه‌های هسته‌دار فراسودمند و جز ۱۵ میوه با تولید بالا در جهان است. نوع پایه و پیوندک در درختان آلو تأثیر قابل‌توجهی بر استقرار گیاه، قدرت جذب، فتوسنتز و کیفیت میوه دارد. مطالعه حاضر، تأثیر برهمکنش هفت پایه (GN، GF، تترا، پنتا، ماریانا، سنت‌جولین، و میروبالان ۲۹c) با سه رقم تجاری (سیمکا، زوکلا و شماره ۱۶) بر صفات فتوسنتزی، میوه و فعالیت آنتی‌اکسیدانی مورد ارزیابی قرار گرفت. براساس مقایسه میانگین اثرات متقابل، در رقم زوکلا روی پایه ماریانا بیشترین مقادیر مواد جامد محلول کل، ویتامین ث، اسیدیته کل و نرخ فتوسنتز ثبت شد. رنگی‌های نوری و صفات آنتی‌اکسیدان در زوکلا بر روی همین پایه بیشترین مقدار بود. براساس نتایج، رقم شماره ۱۶ میوه‌های درشت‌تر، باکیفیت‌تری را تولید نمود. پایه سنت‌جولین نیز بیشترین تأثیر را بر ابعاد، وزن تر و خشک میوه داشت. ماریانا و میروبالان ۲۹c برای همه ارقام بیشترین تأثیر را روی محتوای فنل کل، فلاونوئید کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدان، اسیدیته کل و مواد جامد محلول داشتند. همچنین بیشترین مقادیر هدایت روزنه‌ای، نرخ فتوسنتز و رنگی‌های نوری روی پایه‌های ماریانا و سنت‌جولین بدست آمد. در مجموع، براساس نتایج مطالعه حاضر، پایه‌های ماریانا (جهت تولید میوه با کیفیت‌تر و دارای ارزش غذایی بیشتر) و سنت‌جولین (جهت تولید میوه‌های درشت‌تر) را می‌توان به‌عنوان بهترین پایه برای ارقام آلو معرفی می‌نماید.

کلمات کلیدی: آلو، خصوصیت پایه، فتوسنتز، فعالیت آنتی‌اکسیدان میوه، کیفیت میوه، نرخ فتوسنتز

۱- استادیار پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، ایران.

۲- پژوهشگر پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، ایران.

* پست الکترونیک: pirkhezri_mohi@yahoo.com

مقدمه

آلوه‌ها به عنوان متنوع‌ترین گروه از میوه‌های هسته‌دار، یکی از رایج‌ترین میوه‌های مناطق معتدله می‌باشند که بعد از هلو یکی از مهمترین محصولات تجاری در میان میوه‌های هسته‌دار به‌شمار می‌آیند (شوکل^۱، ۲۰۲۱). آلوه‌ها از خانواده رزاسه و از جنس *Prunus* می‌باشند و بر اساس طبقه بندی‌های گیاهشناسی، بیش از ۴۰ گونه و ۶۰۰۰ رقم برای این جنس گزارش شده است. عمده ارقام مربوط به گونه هگزاپلوئید آلو اروپایی^۲ و دیپلوئید آلو ژاپنی^۳ و نیز برخی دیگر ارقام بومی و محلی از گونه‌های دیگر هستند (دروگودی و پانتلیدیس^۴، ۲۰۲۲). بر اساس آمار جدید فائو^۵ (۲۰۲۲)، تولید جهانی آلو در سال ۲۰۲۲، حدود ۱۲/۲۲ میلیون تن با سطح زیرکشت ۲/۶۳ میلیون هکتار بود که ایران با تولید ۳۷۵ هزار تن و تقریباً ۲۰ هزار هکتار در جایگاه پنجم رتبه‌بندی بین‌المللی قرار دارد.

آلوه‌ها به دلیل داشتن خواص مفید برای سلامتی اثر قابل توجهی بر کیفیت تغذیه انسان دارند. این میوه به دلیل داشتن ترکیبات زیست‌فعال، پتانسیل ارزشمندی جهت توسعه و تولید مکمل‌های غذایی و محصولات فراسودمند دارند. همچنین مصرف آلو اثرات ویژه‌ای نظیر ضدالتهابی، ملینی، جلوگیری از پوکی استخوان، بهبودبخشی حافظه و آنتی‌اکسیدان ایجاد می‌کند (دروگودی و پانتلیدیس، ۲۰۲۲). حتی شواهدی وجود دارد که پس از مصرف میوه‌های فراسودمند برخی از اسیدهای آلی و فنلی در جریان خون افراد ظاهر می‌شود که قابل ردیابی است (مرشدلو^۶ و همکاران، ۲۰۲۲). افزایش تمرکز بر مطالعات در زمینه خصوصیات آنتی‌اکسیدان در آلو به حضور گسترده بیش از ۴۰ ترکیب فنلی که عمدتاً از خانواده اسیدهای فنلی، آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدها هستند، نسبت داده می‌شود و گفته می‌شود این ترکیبات مسئول بروز صفات آنتی‌اکسیدان در آلو هستند. مشارکت ترکیبات فنلی در فعالیت آنتی‌اکسیدان آلو حتی از ویتامین ث و کاروتنوئیدها نیز بیشتر است (دروگودی و پانتلیدیس، ۲۰۲۲).

زمانی که طراحی یک باغ صورت می‌گیرد، جهت دستیابی به حداکثر عملکرد بایستی از قبل نوع پایه و پیوندک بر

اساس ویژگی‌های محیطی منطقه، واکنش ارقام و اهداف تولید ارزیابی و مشخص گردد. در واقع مزایا و معایب پایه‌ها بایستی به دقت مورد بررسی گیرد تا بهترین ترکیب انتخاب صورت بگیرد (پروانه^۷ و همکاران، ۲۰۱۱؛ اسدی و همکاران، ۱۳۹۹). اگرچه سیستم ریشه از طریق برقراری سازگاری بهینه با شرایط خاک در یک تولید موفق موثرتر است، اما گاهی برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک پیوندک نظیر زمان گلدهی، نیاز گرده‌افشانی، عادت رشدی و کیفیت میوه از روی ویژگی پایه‌ها مطالعه می‌شود، زیرا پایه بر خصوصیات پیوندک اثر قابل توجهی می‌گذارد (پروانه و همکاران، ۲۰۱۱؛ اسدی و همکاران، ۱۳۹۹).

القای زودباردهی، کاهش اندازه درخت، افزایش تعداد درخت در هکتار، افزایش عملکرد و باردهی موثر و در نتیجه کاهش هزینه تولید و افزایش قدرت رقابت محصول با سایر محصولات از مزایای غیرقابل انکار پایه‌های پاکوتاه‌کننده است (پیرخضری، ۱۳۹۳). پایه‌ها همچنین تأثیر قابل توجهی در کنترل ارتفاع گیاه، زمان گلدهی، مقاومت به سرما، بیماری‌ها و محتوای ترکیبات معدنی دارند (کاجتار-شینگ^۸ و همکاران، ۲۰۲۲).

بسیاری از درختان میوه برای تکثیر غیرجنسی بر روی پایه‌ها، پیوند می‌شوند که این خود یک روش بسیار موثر در تولید گیاهان شبیه به اصل^۹ برای یک رقم است. در واقع بررسی برهمکنش پایه و پیوندک از دیدگاه علم باغبانی بسیار مهم است، زیرا بستر مناسبی را برای انتخاب بهترین ترکیب پیوندی برای یک شرایط محیطی خاص فراهم می‌آورد (گونسالوس^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۶). انتخاب ترکیب پیوندی مناسب برای تولید گونه‌های باغی خزان‌کننده بسیار ضروری است چراکه برهمکنش پایه-پیوندک بر روابط آبی، تبادلات گازی روزنه، فتوسنتز گیاه، تولید متابولیت، کیفیت و اندازه میوه نیز اثر بسزائی دارد (گونسالوس و همکاران، ۲۰۰۶؛ اسدی و همکاران، ۱۳۹۹).

برای مثال سنت‌جولین از پایه‌های رویشی نیمه‌پاکوتاه‌کننده پرکاربرد در غرب اروپا است که متعلق به گونه *P. insititia* می‌باشد و بیشتر به خاطر تولید میوه با کیفیت (با محتوای قند بالا)، استقرار و تکثیر آسان برای آلو و سایر

6. Morshedloo
7. Parvaneh
8. Kajtar-Czinege
9. True to type
10. Gonçalves

1. Shukla
2. *P. domestica*
3. *P. saliciana*
4. Drogoudi and Pantelidis
5. FAO

شرایط آبی و خاکی (فیزیکی و شیمیایی) کشور ما مورد ارزیابی قرار بگیرند. یکی از مشکلات عمده کشت و پرورش این محصول عدم معرفی و در دسترس نبودن پایه‌های یکنواخت در کشور و به ناچار استفاده از پایه‌های بذری جهت تکثیر آنها می‌باشد، این پایه‌ها به دلیل عدم یکنواختی و ناهم‌رسی میوه‌ها، مشکلات عدیده‌ای را برای باغدار ایجاد می‌نماید (پیرخضری، ۱۳۹۳).

در پژوهشی در نروژ، شش رقم مختلف آلو روی چهار پایه سنت‌جولین، پیکسی، وانگنهم، ماریانا GF8-1 مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که وانگنهم بیشترین وزن میوه، پیکسی بیشترین مواد جامد محلول کل و سنت‌جولین بیشترین عملکرد میوه و جذب عناصر را داشت (ملند^۲، ۲۰۱۰).

در یک مطالعه در رومانی، صفات میوه در چهار رقم (استانی، کارپاتین، تیتا و سنتنار) که روی پایه‌های میروبالان C5 و سنت‌جولین پیوند شده بودند، مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج ارزیابی‌ها نشان داد که ارقام پیوندشده روی سنت‌جولین در سال دوم به باردهی رسیدند ولی میروبالان در سال سوم به بار نشست. همچنین وزن میوه و درصد مواد جامد محلول کل ارقام در پایه سنت‌جولین نسبت به پایه میروبالان بیشتر بود (بوتاک^۳ و همکاران، ۲۰۱۵).

در مطالعه‌ای دیگر در یونان ۴۳ رقم محلی و خارجی آلو از نظر طعم، خواص آنتی‌اکسیدان و محتوای فنل کل و مقدار ترکیبات فنلی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که آلوهای گروه اروپایی در مقایسه با آلوهای ژاپنی برگ‌های کوچکتر و میوه‌های شیرین‌تری داشتند. با این حال در کل محتوای مواد فنلی، مقدار ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدان ارقام آلو ژاپنی بیشتر از ارقام اروپایی بود. بنابراین آلوهای ژاپنی منبع غذایی غنی‌تری به حساب می‌آمدند (دروگودی و پانتلیدیس، ۲۰۲۲).

چی‌چی و چی‌چی^۴ (۲۰۱۹) در پژوهشی در کشور رومانی نشان دادند که پایه رزبور-واراتیک در آلو نسبت به پایه اوتشانی-۸ از شدت و نرخ فتوسنتزی بیشتری برخوردار بود. با این حال نسبت کلروفیل آ به ب در پایه اوتشانی بیشتر از پایه رزبور-واراتیک بود.

در یک آزمایش دیگر در مجارستان پنج‌رقم (تاپر، تاپ‌تست،

ارقام جنس پرونوس به‌طور گسترده به‌عنوان پایه بکار می‌رود (پیرخضری، ۱۳۹۳). پایه ماریانا ۲۶۲۴ نیز که یکی از هیبرید طبیعی (*P.munsoniana* × *P.cerasifera*) نسبتاً پررشد آلو است، به دلیل مقاومت نسبی به قارچ‌های خاکزاد و شرایط غرقابی کشت گسترده‌ای در اروپای غربی دارد (کاجتار-شینگ و همکاران، ۲۰۲۲). همچنین پایه‌های سری GN از دیگر پایه‌های مشهور آلو هستند که به دلیل تحمل بالایی که نسبت به خشکی و پی‌اچ بالا دارند، می‌توانند پیشنهاد مناسبی برای کشت در شرایط خشک کشور ما باشند است (پیرخضری، ۱۳۹۳). پایه‌های رویشی میروبالان ۲۹c نیز از دیگر پایه‌های رایج برای آلو در غرب اروپا است که به دلیل مقاومت به خاک‌های سنگین، بیماری‌های قارچی، جذب مواد غذایی و به تأخیر انداختن رسیدگی میوه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما رشد و پاجوش‌دهی شدید از معایب آن است (کاجتار-شینگ و همکاران، ۲۰۲۲). هیبرید هلو و بادم به صفات مطلوب بادام از پایه‌های مطلوب هسته‌دارها است. یکی از والدین انتخابی "نمارد" به‌عنوان والد پدری بود چون گیاهچه‌های یکنواختی تولید می‌کند، سازگاری پیوند خوبی دارد، مقاوم به نماتد است و اسکلت مناسبی در باغ ایجاد می‌کند. انتخاب والد دیگر از بادام مشکل بود اما خصوصیتی مثل آسانی ازدیاد، رشد افراشته باعث انتخاب "Garfi" به‌عنوان والد مادری شد. با تلاقی نمارد و گارفی نتاج GN تولید شدند که دارای برگ‌های قرمز، آسانی تکثیر، اسکلت خوب در باغ، مقاوم به نماتد و خصوصیات خوب مرتبط با تحمل به کلروز و کمبود آب دارا بودند. پایه‌های سری GN نسبت به خاک‌های سنگین وقتی که غرقاب هستند ضعیف می‌باشند (پیرخضری، ۱۳۹۳).

سازگاری انواع پایه‌ها به شرایط خاکی و اقلیمی مختلف کاملاً متغیر است، لذا این موضوع اهمیت ارزیابی پایه‌های مختلف را برجسته‌تر می‌کند. بدون داشتن پایه متناسب با شرایط خاکی و رطوبتی و نیز سازگاری با ارقام پیوند شده نمی‌توان به داشتن باغ‌های با عمر طولانی امیدوار بود (بویهان^۱ و همکاران، ۱۹۹۵). در برخی پژوهش‌ها زوال درختان میوه هسته‌دار را در عمده موارد ناشی از نامناسب بودن پایه‌های مورد استفاده می‌دانند (پیرخضری، ۱۳۹۳). بنابراین ضرورت دارد که پایه‌های اصلاح شده خارجی در

3. Butac

4. Cichi and Cichi

1. Boyhan

2. Meland

تاپ‌فایو، لپوتیکا و جوجو) بر روی شش پایه (پایه بذری میروبالان، سنت‌جولین GF655/2، سنت‌جولین آ، فرلی، وانگنهم و واویت) مورد ارزیابی قرار گرفتند. یافته‌ها نشان دادند که پایه بذری میروبالان و سنت‌جولین کانویی بیشتر، رشد شاخساره‌های بیشتر و سطح مقطع تنه بزرگتری را داشتند. پایه وانگنهم و واویت نیز رشدی بسیار ضعیفی را نشان دادند (کاجتار-شینگ و همکاران، ۲۰۲۲).

در یک پژوهش در پرتغال نیز که بر روی گیلان انجام شد دریافتند که ارقام گیلانی که بر روی پایه پاکوتاه‌کننده پیوند شده بودند، پتانسیل آبی ساقه بالاتر، نرخ آسیمیلاسیون خالص کربن‌دی‌اکسید بیشتر، کارایی کوانتومی فتوسیستم II و نرخ هدایت روزنه‌ای بالاتری داشتند. آنها پی بردند که روابط آبی و شاخص‌های فتوسنتزی عمدتاً از پایه تأثیر می‌پذیرفتند، اما خصوصیات کیفی میوه (محتوای قند محلول، نشاسته و فنل کل) وابسته به نوع رقم بودند (گونالس و همکاران، ۲۰۰۶).

در فاز اول پژوهش، درصد گیرایی پیوند و خصوصیات رشدی مرتبط با پایه مانند مساحت سطح مقطع تنه (۲۰ سانتی‌متر بالای محل پیوند)، ارتفاع درخت، رشد سالیانه و ابعاد تاج ارزیابی گردید. نتایج گیرایی پیوند نشان داد که گوجه روی پایه‌های دورگ بین گونه‌های جی‌اف ۶۷۷ و جی‌ان ۱۵ ناسازگار بوده و گیرایی بین صفر تا ۴ درصد داشتند. بیشترین ارتفاع درخت مربوط به رقم سیمکا روی پایه جی‌اف ۶۷۷ و کمترین ارتفاع ارقام روی پایه‌های ماریانا، سنت‌جولین و تتر بود (پیر خضری، ۱۳۹۶).

در مطالعه حاضر بر آن شدیم تا سازگاری برخی از پایه‌های رویشی را در شرایط خاکی و آبی کشور بررسی کرده و تأثیر آنها بر اندازه، وزن، صفات کیفی و خواص آنتی‌اکسیدان میوه و شاخص‌های فتوسنتزی برخی ارقام مشهور اروپایی و ژاپنی آلو را بسنجیم.

مواد و روش‌ها

این پژوهش بصورت آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور پایه (GF، GN، تتر، پنتا، ماریانا، سنت‌جولین، و میروبالان ۲۹۵) و رقم (پیوندک) (سیمکا، زوکلا و شماره ۱۶) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (۲۱ تیمار) در سه بلوک در هر واحد آزمایشی دو درخت (دو مشاهده) و در مجموع ۱۲۶ درخت در کرج (ایستگاه تحقیقات باغبانی کمال‌شهر) به فواصل ۴ در ۵ متر در اسفندماه ۱۳۹۶ (درختان پنج ساله)

کشت گردید (پیوند جوانه شکمی خواب در نهالستان روی پایه‌ها شهریور ۱۳۹۵ انجام گردید)، درختان پیوندی شش ساله در سال ۱۴۰۱ مورد آزمایش قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری صفات میوه از هر کدام از ۶ درخت مربوط به هر تیمار آزمایشی به‌صورت تصادفی ۱۰ میوه برداشت شد و میانگین صفت برای هر درخت ثبت شد. همچنین صفات فتوسنتزی و رنگدانه‌ها نیز از بافت برگ اندازه‌گیری شدند و میانگین قرائت‌ها برای هر تکرار ثبت شد. از آنجائی اثر بلوک در هیچکدام از صفات معنی‌دار نشد، طرح مجدداً به‌صورت فاکتوریل کاملاً تصادفی آنالیز شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون LSD با نرم‌افزار SAS انجام شد. تجزیه کلاستر و مولفه‌های اصلی به‌وسیله نرم‌افزار XLSTAT V.2022 و تجزیه همبستگی به‌وسیله نرم‌افزار R Studio انجام گردید.

اندازه‌گیری طول، عرض و قطر میوه و هسته، ضخامت گوشت‌میوه با استفاده از کولیس دیجیتال انجام شد. وزن میوه و هسته نیز با استفاده از یک ترازوی دیجیتال دقیق با دقت ۰/۰۰۰۱ اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری وزن خشک میوه‌ها، ابتدا میوه‌ها در دمای ۶۰ درجه تا رسیدن به رطوبت ۱۰ الی ۱۲ درصد خشک و سپس وزن شدند. pH میوه نیز با استفاده از یک دستگاه دستی اندازه‌گیری pH میوه (Testo, Germany) قرائت شد. مواد جامد محلول کل (TSS) نیز با استفاده از یک رفراکتومتر دستی (ATAGO, Japan) قرائت شد و به‌صورت درجه بریکس بیان شد.

برای اندازه‌گیری اسیدیته کل، ابتدا ۱/۲۵ گرم از میوه تر توزین و سپس همراه با ۱۰ سی‌سی آب مقطر به‌وسیله یک آسیاب الکتریکی کاملاً خرد و له شدند. در مرحله بعد دو قطره معرف فنل‌فتالین اضافه شد و بعد با سود هیدروکسید سدیم یک‌دهم نرمال محلول آماده شده، تیتراسیون شد و میزان سود مصرفی یادداشت گردید. در نهایت با قراردادن آن در فرمول مربوطه میزان اسیدیته کل برآورد شد. اسید کل به‌صورت اسید غالب میوه بیان می‌شود که در آلو اسید غالب اسیدمالیک است و وزن اکسی‌والان اسیدمالیک ۶۷ می‌باشد (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۶).

ابتدا ۶/۵ گرم از میوه تر توزین و سپس همراه با ۲۰ سی‌سی آب مقطر به‌وسیله آسیاب الکتریکی کاملاً خرد و له شدند. در مرحله بعد دو میلی‌لیتر محلول نشاسته (معرف) به آن اضافه شد و سپس این محلول با محلول ید (۱۶ گرم

(محلول در متانول) ترسیم شد و در نهایت با استفاده از کالیبراسیون پتانسیل آنتی اکسیدان مربوط به کاهندگی آهن‌فریک (FRAP) به صورت میلی گرم آسکوربیک اسید معادل در گرم وزن تر میوه بیان شد (دی‌نادریو^۱ و همکاران، ۲۰۱۸).

مقدار ۰/۲ گرم از برگ‌های تر گیاه که با ازت‌مایع پودر شده بودند در ۱۰ میلی لیتر استون ۸۰ درصد استخراج شد به طوری که نمونه‌های برگ به صورت بی‌رنگ درآیند. سپس توسط پلیت‌ریدر (USA, Agilent, Biotek) جذب ۳۰۰ میکرولیتر از نمونه‌های استخراج شده در سه تکرار و در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۸۰ نانومتر قرائت شد. در نهایت با استفاده از فرمول ارائه شده توسط (آرنون^۲، ۱۹۴۹)، میزان کارتنوئیدها، کلروفیل a، b و کلرفیل کل بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر برگ به دست آمد.

میزان فلورسانس کلروفیل مبداء (F_0)، فلورسانس ماکزیمم (F_m)، فلورسانس متغیر ($F_m - F_0 = F_v$) و کارایی کوانتومی فتوسنتز II (شاخص فلورسانس کلروفیل F_v/F_m) پس از نیم ساعت سازگاری به تاریکی با استفاده از دستگاه فلوری متر (مدل Os-30p - ساخت آمریکا^۳) از ساعت ۹ تا ۱۱ صبح اندازه‌گیری شد. شاخص سبزی‌نگی از روی پنجمین برگ از سمت نوک شاخه و با استفاده از دستگاه (SPAD مدل CCM-200) انجام شد. از هر درخت پنج برگ و روی هر برگ سه قرائت توسط دستگاه انجام شد و سپس از اعداد به دست آمده، میانگین گرفته شد. صفات فتوسنتزی نظیر میزان تعرق (میلی مول آب بر مترمربع در ثانیه)، نرخ فتوسنتز (میکرومول کربن دی‌اکسید بر مترمربع در ثانیه)، تشعشع فعال فتوسنتزی (میکرومول بر مترمربع در ثانیه) و هدایت روزنه‌ای (میلی مول کربن دی‌اکسید بر مترمربع در ثانیه) با استفاده از دستگاه فتوسنتز متر مدل LCI شرکت (UK-ABC) در یک روز آفتابی (از ساعت ۱۰ تا ۱۲) اندازه‌گیری و محاسبه شد (چاوز^۴ و همکاران، ۲۰۰۹).

نتایج و بحث

بر اساس جدول تجزیه واریانس، اثر متقابل پایه-پیوندک و اثر پایه برای صفات وزن تر میوه، وزن خشک میوه، وزن خشک گوشت میوه، وزن هسته و ابعاد میوه و هسته در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

یدورپتاسیم به علاوه ۱/۲۵ گرم کریستال ید) تیتراسیون شد و میزان محلول مصرفی یادداشت شد. در نهایت با قراردادن حجم ید مصرف شده در فرمول مربوطه میزان ویتامین C (میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه) برآورد شد (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۶).

پس از عصاره‌گیری میوه‌ها با استفاده از متانول ۸۰ درصد به مدت ۲۴ ساعت به روش ماسراسیون، عصاره‌ها در دور ۱۰۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. عصاره صاف شده جهت اندازه‌گیری میزان محتوای فنل کل مورد استفاده قرار گرفت. اندازه‌گیری محتوای فنل کل با استفاده از معرف فولین سیوکالتو، ۱۰ برابر رقیق شده و بی‌کربنات سدیم ۳ درصد به روش اسپکتروفتومتری (توسط دستگاه پلیت‌ریدر) صورت گرفت و سپس با استفاده از کالیبراسیون به وسیله منحنی‌های استاندارد گالیک اسید تعیین کمیت انجام شد. محتوای فلاونوئید کل نیز با روش آلومینیوم کلراید انجام شد و سپس با استفاده از کالیبراسیون به وسیله منحنی‌های استاندارد کوئرستین تعیین کمیت گردید. در نهایت مقدار فنل کل به صورت میلی گرم گالیک اسید معادل در گرم وزن تر و مقدار فلاونوئید کل به صورت میلی گرم کوئرستین معادل در گرم وزن تر بیان گردید (مرشدلو و همکاران، ۲۰۲۲).

برای ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی، مواد گیاهی با استفاده از ازت مایع پودر شدند و عصاره‌گیری با متانول ۸۰ انجام شد. سپس در تاریکی واکنش ۲۰۰ میکرولیتر عصاره الکلی میوه و ۲۰۰ میکرولیتر محلول متانولی DPPH به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد. در نهایت میزان جذب نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شد. میزان فعالیت آنتی اکسیدان پس از محاسبه به درصد بیان شد (مرشدلو و همکاران، ۲۰۲۲).

ابتدا معرف FRAP به صورت تازه با استفاده از ۳۰۰ میلی مولار بافر سدیم استات و ۱۰ میلی مولار محلول TPTZ (تهیه شده در محلول هیدروکلریک اسید ۴۰ میلی مولار و ۲۰ میلی مولار محلول فریک کلراید با نسبت حجمی ۱:۱:۱۰) تهیه شد. سپس ۲۰ میکرولیتر عصاره متانولی با ۳۰۰ میکرولیتر آب مقطر و ۲ میلی لیتر معرف FRAP در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه انکوبه شد. منحنی استاندارد با استفاده از محلول‌های اسکوربیک اسید

3. Os-30p USA
4. Chaves

1. DiNardo
2. Arnon

جدول ۱- تجزیه واریانس مربوط به صفات فتوسنتزی ارقام آلو پیوند شده بر روی هفت پایه‌های تجاری

میانگین مربعات (MS)									
منبع تغییرات	درجه آزادی	حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II	فتوسنتزی فعال	تشعشات	میزان تعرق	هدایت روزنه‌ای	نرخ فتوسنتز	محتوای کلروفیل آ	محتوای کلروفیل ب
پایه	۶	۰/۰۰۴**	۹۷۰/۱۰۷**	۶/۰۴**	۰/۰۲**	۴۸/۵۲**	۱۴۹/۱**	۰/۶۱**	۲۱۹/۲۲**
پیوندک	۲	۰/۰۲**	۱۲۵۳۱/۴**	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۱**	۱۰۶/۰**	۲۷۱/۹**	۰/۰۵ ^{ns}	۲۵۴/۵۶**
پیوندک × پایه	۱۲	۰/۰۱**	۵۹۵۷/۵۷**	۴/۵۳**	۰/۰۲**	۲۹/۹۸**	۶۲/۶**	۰/۷۸**	۱۱۹/۵۱**
خطا	۴۲	۰/۰۰۰۷	۷/۱۶	۰/۰۷	۰/۰۰۱	۰/۰۸	۰/۴۴	۰/۰۷	۰/۴
ضریب تغییرات	-	۳/۵۱	۰/۱۴	۳/۳۵	۱۳/۳۱	۲/۰۷	۲/۳۹	۵/۱۸	۱/۹۷

* معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، * معنی‌دار در سطح ۰/۰۵

اثر پیوندک نیز برای تمام صفات ذکر شده در فوق به‌جز برای صفت وزن خشک میوه (غیر معنی‌دار) در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

بر اساس مقایسه میانگین اثر اصلی رقم (پیوندک)، بیشترین وزن تر میوه به‌ترتیب مربوط به رقم شماره ۱۶ (۵۴/۹۸ گرم) و سپس زوکلا (۵۳/۶ گرم) بود که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند اما رقم شماره ۱۶ نسبت به رقم سیمکا اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). برای وزن خشک گوشت میوه نیز روند به همین منوال بود. در واقع مقدار وزن خشک گوشت میوه در رقم شماره ۱۶ به‌ترتیب حدود ۱۳ درصد و ۵ درصد نسبت به ارقام سیمکا و زوکلا بیشتر بود (جدول ۳). بیشترین قطر و عرض میوه مربوط به رقم شماره ۱۶ بود و رقم زوکلا نیز بیشترین طول میوه را در مقایسه با دو رقم دیگر داشت (جدول ۱). بر اساس مقایسه اثر اصلی پیوندک، برای وزن تر و ابعاد هسته زوکلا و سیمکا بیشترین مقادیر را نشان دادند، اما تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۳).

مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که رقم زوکلا روی پایه سنت‌جولین بیشترین وزن تر میوه (۶۳/۰۴ گرم)، وزن تر هسته (۴/۰۲) و همچنین ضخامت گوشت میوه (۱۶/۷۲ میلی‌متر) را داشت (شکل ۳). بیشترین وزن خشک میوه (۱۶/۸۹ گرم) و وزن خشک گوشت میوه (۱۵/۶۶ گرم) برای رقم زوکلا روی پایه میروبالان ۲۹c حاصل شد (شکل ۳). همچنین بیشترین ابعاد میوه (طول و عرض و قطر) برای زوکلا روی پایه تترا و بیشترین ابعاد هسته روی پایه سنت‌جولین حاصل گردید (شکل ۱). سیمکا نیز روی پایه سنت‌جولین حداکثر مقادیر ممکن را برای وزن تر (۶۸/۱۷ گرم)، وزن خشک گوشت (۱۶/۴۹ گرم) و ضخامت میوه (۱۷/۵۵ میلی‌متر) نشان داد. سیمکا نیز بر روی پایه تترا بیشترین

میزان وزن خشک میوه (۱۷/۳۳ گرم) به‌دست آمده را نشان داد.

در مقایسه با سایر پایه‌ها سیمکا روی پایه تترا بیشترین وزن تر و ابعاد هسته را داشت (شکل ۳). رقم شماره ۱۶ نیز بر روی پایه سنت‌جولین بیشترین مقدار وزن خشک میوه (۱۶/۵۴ گرم)، وزن خشک گوشت میوه (۱۵/۷۰ گرم) و ضخامت گوشت میوه (۱۶/۷۲ میلی‌متر) را داشت، اما روی پایه پنتا بیشترین وزن تر میوه (۶۶/۸۷ گرم) و وزن تر هسته (۱/۴۷ گرم) را در مقایسه با سایر پایه‌ها نشان داد. این رقم همچنین روی پایه میروبالان ۲۹c بیشترین ابعاد میوه و روی پایه ماریانا بیشترین ابعاد هسته را در مقایسه با سایر پایه‌ها به‌دست داد (شکل ۱). بر اساس مقایسه میانگین اثرات اصلی، پایه سنت‌جولین بیشترین ابعاد، ضخامت گوشت میوه، وزن خشک گوشت میوه و وزن خشک میوه را در مقایسه با سایر پایه‌ها داشت. پایه تترا نیز در مجموع میوه‌های درشت‌تری (با ابعاد بیشتر) را تولید کرد (جدول ۲). بیشترین مقدار وزن تر میوه نیز توسط پایه‌های تترا و سنت‌جولین حاصل شد اما بر اساس مقایسه میانگین اثر اصلی پایه اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود نداشت. با این وجود در مقایسه با پایه دیگر تفاوت معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۲). همچنین پایه تترا بیشترین ابعاد و وزن تر هسته را نشان داد (جدول ۲).

بر اساس جدول تجزیه واریانس، اثرات اصلی پایه و پیوندک و نیز اثر متقابل آنها برای صفات مواد جامد محلول کل، pH و درصد اسیدیته کل میوه در سطح یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). میانگین اثرات متقابل نشان داد که رقم زوکلا روی پایه ماریانا بیشترین میانگین بدست آمده را برای درصد اسیدیته کل (۲۴/۸٪) داشت. بیشترین مقدار نیز

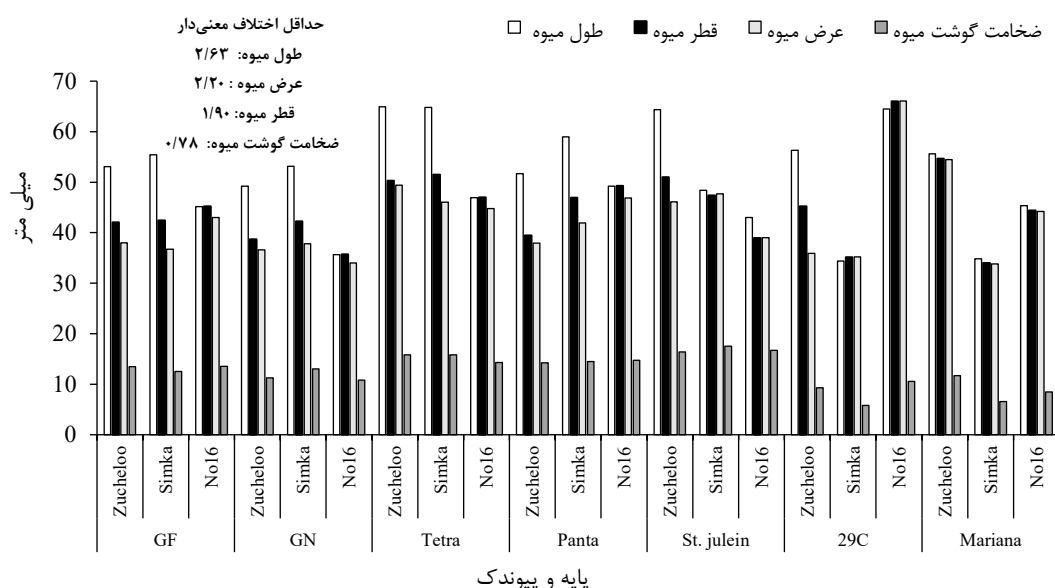
داری با یکدیگر ندارند، اما بیشترین مقدار pH مربوط به پایه تترا (۵/۶۶) بود (جدول ۲). مواد جامد محلول کل نیز به ترتیب در تترا، ماریانا و سنت‌جولین بیشترین مقادیر را داشت. با این حال بین این سه پایه از نظر مواد جامد محلول کل اختلاف معنی‌داری نبود. صفت اسیدیته کل نیز در میروبالان بیشترین مقدار را نشان می‌داد (جدول ۱). در بین ارقام اختلاف معنی‌داری از نظر pH وجود داشت و به ترتیب رقم شماره ۱۶ (۵/۴۱)، زوکلا (۵/۱۶) و سیمکا (۴/۷۶) بیشترین مقادیر را داشتند. براساس مقایسه میانگین اثرات اصلی (رقم)، رقم شماره ۱۶ و سیمکا نیز به ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر را برای اسیدیته کل و مواد جامد محلول کل داشتند (جدول ۲).

اثرات اصلی پایه و پیوندک و همچنین اثر متقابل پایه در پیوندک در سطح یک درصد تأثیر معنی‌داری را بر محتوای ویتامین ث گذاشتند. طبق شکل ۹، بیشترین میزان میانگین به‌دست آمده (۷۲/۲۵) میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه) برای محتوای ویتامین ث در برهمکنش زوکلا ×

برای صفات مواد جامد محلول کل (۲۳/۷) در زوکلا روی پایه ماریانا و سنت‌جولین بود (شکل ۱۰).

بیشترین مقدار pH در زوکلا نیز روی پایه‌های ماریانا و تترا بود. رقم سیمکا نیز روی پایه تترا بیشترین pH (۵/۵۸) را در مقایسه با سایر پایه‌ها داشت (شکل ۱۰). کمترین میانگین به‌دست آمده برای pH مربوط به زوکلا روی پایه میروبالان (۳/۹۵) بود در حالی که بیشترین میانگین به‌دست آمده برای pH در رقم شماره ۱۶ روی پایه میروبالان (۶/۲۹) مشاهده شد (شکل ۲). سیمکا روی پایه تترا بیشترین مواد جامد محلول کل (۲۳/۸۱) درجه بریکس) و روی میروبالان ۲۹۰ بیشترین میزان درصد اسیدیته کل (۱۶/۷ درصد) را نشان داد (شکل ۶). رقم شماره ۱۶ نیز بیشترین مقدار مربوط صفات مواد جامد محلول کل را روی پایه‌های ماریانا و پنتا داشت.

بیشترین مقدار اسیدیته کل میوه نیز روی پایه ماریانا و سنت‌جولین به‌دست آمد (شکل ۶). مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان دادند که کمترین pH مربوط به پایه ماریانا (۴/۶۵) و سنت‌جولین (۴/۸۸) می‌باشد که تفاوت معنی



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل پایه × پیوندک بر صفات طول، قطر، عرض و ضخامت گوشت میوه ارقام آلو مورد آزمایش. اختلاف میانگین‌های بزرگتر از مقادیر LSD (حداقل اختلاف معنی‌دار) مربوطه نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد است.

ویتامین ث را در مقایسه با سایر پایه‌ها داشت (شکل ۲). کمترین مقدار به‌دست آمده برای محتوای ویتامین ث (۱۳/۳۸) میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه) مربوط به تیمار زوکلا × تترا بود (شکل ۲). مقایسه میانگین اثرات اصلی پایه نیز بیشترین مقدار ویتامین ث (۲۴/۹) میلی‌گرم

ماریانا به‌دست آمد. سیمکا روی پایه GF بیشترین مقدار (۴۱/۳۶) میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه) را برای صفت محتوای ویتامین ث در مقایسه با سایر پایه‌ها داشت (شکل ۲). همچنین رقم شماره ۱۶ روی میروبالان ۲۹۰ بیشترین مقدار (۶۵/۱۰) میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) محتوای

صفت نشان داد (شکل ۹). کمترین میزان میانگین برای صفات محتوای فنل کل (۲۱/۲۸ میلی گرم گالیک‌اسید بر گرم وزن تر میوه)، محتوای فلاونوئید کل (۵/۰۲ میلی گرم گالیک‌اسید بر گرم وزن تر میوه)، فعالیت ضدرادیکال‌های DPPH (۲۸/۱۴ درصد) و پتانسیل آنتی‌اکسیدان کاهندگی آهن فریک (۳۰/۲۸ میلی گرم آسکوربیک‌اسید معادل در گرم میوه تر) در رقم زوکلا روی پایه GF به‌دست آمد (شکل ۹).

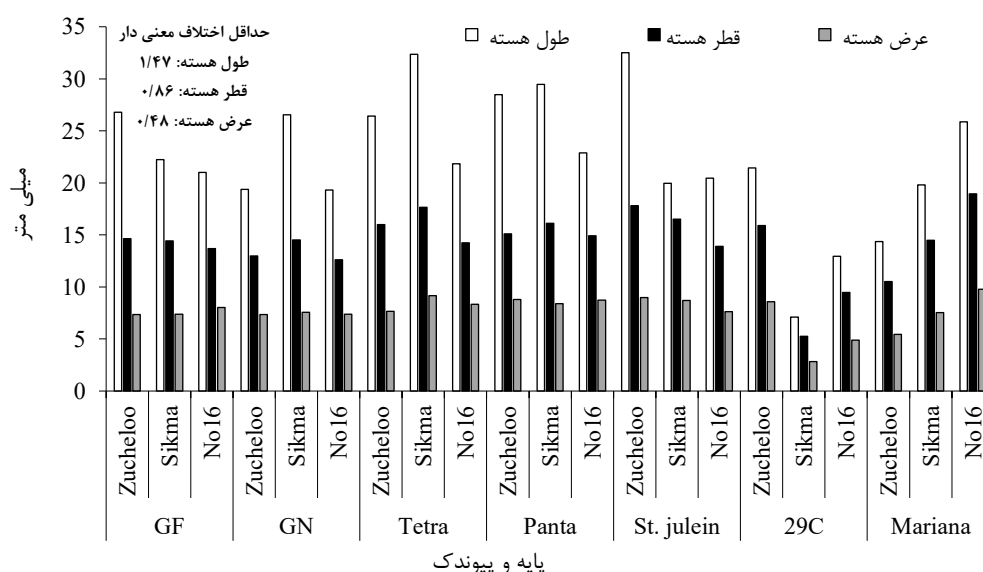
براساس مقایسه میانگین اثرات اصلی پایه، شاهد بودیم که به‌ترتیب پایه میروبالان ۲۹c و ماریانا بیشترین مقادیر را برای این چهار صفت مربوط به خواص آنتی‌اکسیدان داشتند. البته اختلاف میانگین این صفات به جز برای صفت محتوای فنل کل در این دو پایه معنی‌دار بود. با این حال مقادیر این چهار صفت در هر دو پایه حدود دو برابر مقادیر به‌دست آمده برای پایه تترا (کمترین میانگین به‌دست آمده در میان پایه‌ها) بود (جدول ۲).

در مقایسه با سایر پایه‌ها، کمترین میزان مقادیر برای این چهار صفت در پایه تترا مشاهده شد (جدول ۲). رقم شماره ۱۶ نیز در مقایسه با دو رقم دیگر بیشترین محتوای فنل کل (۴۴/۹۳ میلی گرم گالیک‌اسید بر گرم وزن تر میوه)، محتوای فلاونوئید کل (۹/۷۷ میلی گرم گالیک‌اسید بر گرم وزن تر میوه)، فعالیت ضدرادیکال‌های DPPH (۴۴ درصد) و پتانسیل آنتی‌اکسیدان کاهندگی آهن فریک (۵۱۸/۱۷ میلی گرم آسکوربیک‌اسید معادل در گرم میوه تر) را نشان

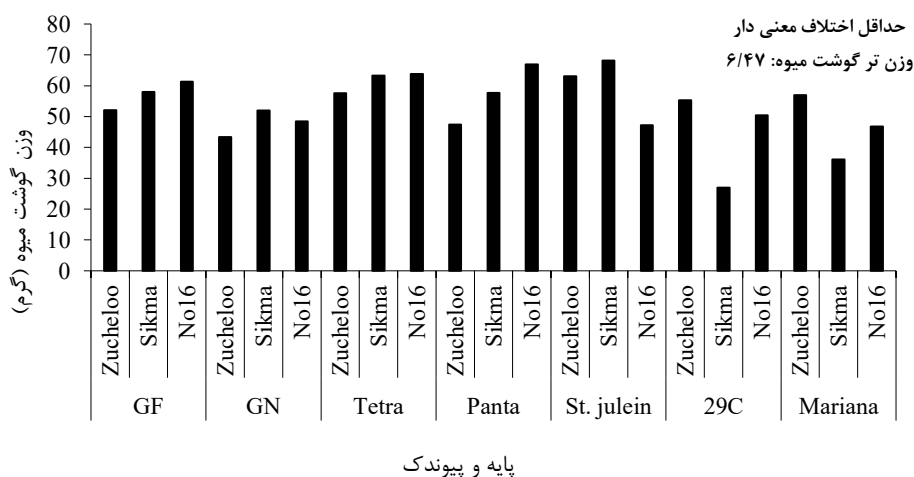
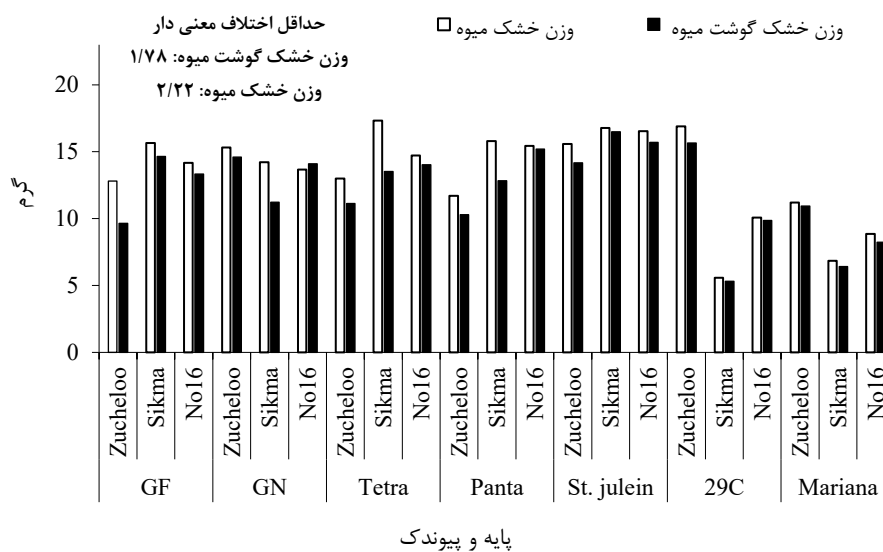
در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه) را به پایه GF نسبت داد که اختلاف معنی‌داری با شش پایه دیگر داشت.

با این حال شش پایه دیگر از نظر محتوای ویتامین ث اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۱). میزان ویتامین ث در پایه GF حدود ۵۰ درصد نسبت به دیگر پایه‌ها بیشتر بود (جدول ۱). براساس جدول ۲ نیز بیشترین (۲۷/۵۸ میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه) و کمترین (۲۵/۵۸ میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه) محتوای ویتامین ث به‌ترتیب مربوط به ارقام شماره ۱۶ و زوکلا بود که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند.

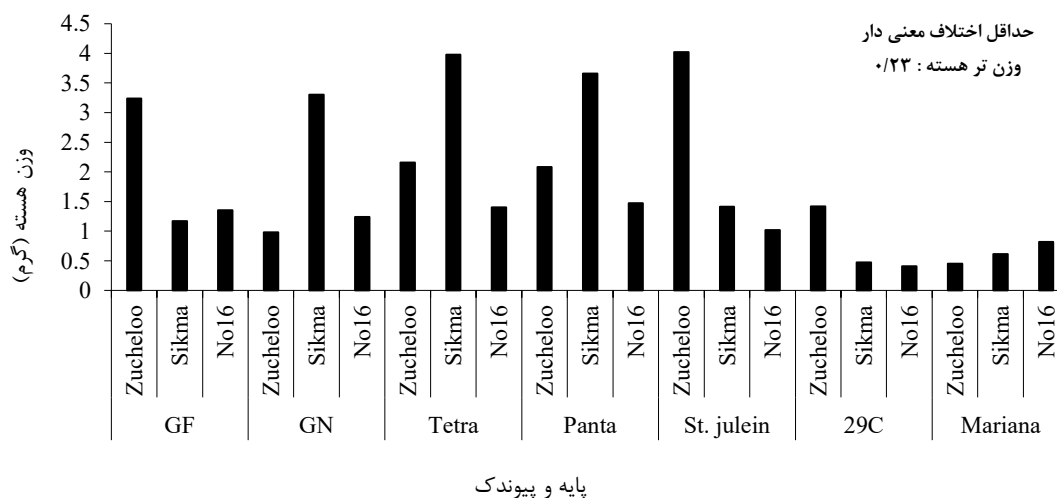
براساس جدول تجزیه واریانس، پایه و پیوندک و همچنین اثر متقابل آنها در سطح یک درصد تأثیر معنی‌داری را بر محتوای فنل کل، محتوای فلاونوئید کل، فعالیت ضد رادیکال‌های DPPH و پتانسیل آنتی‌اکسیدان کاهندگی آهن فریک گذاشتند. مقایسه میانگین اثرات متقابل، آشکار کرد که زوکلا بر روی پایه ماریانا بیشترین مقدار میانگین به‌دست آمده را برای چهار صفت محتوای فنل کل (۱۰۳/۱۷ میلی گرم گالیک‌اسید بر گرم وزن تر میوه)، محتوای فلاونوئید کل (۲۰/۴۲ میلی گرم گالیک‌اسید بر گرم وزن تر میوه)، فعالیت ضدرادیکال‌های DPPH (۶۹/۷۰ درصد) و پتانسیل آنتی‌اکسیدان کاهندگی آهن فریک (۹۴۳/۴۹ میلی گرم آسکوربیک‌اسید معادل در گرم میوه تر) داشت (شکل ۹). پس از آن به‌ترتیب رقم شماره ۱۶ و رقم سیمکا روی پایه میروبالان ۲۹c بیشترین مقادیر را برای این چهار



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل پایه × پیوندک بر صفات هسته ارقام آلو مورد آزمایش. اختلاف میانگین‌های بزرگتر از مقادیر LSD (حد اقل اختلاف معنی‌دار) مربوطه نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد است.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل پایه × پیوندک بر صفت وزن تر و خشک گوشت و میوه ارقام آلو مورد آزمایش. اختلاف میانگین‌های بزرگتر از مقادیر LSD (حد اقل اختلاف معنی دار) مربوطه نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی دار آماری در سطح ۵ درصد است.



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل پایه × پیوندک بر صفت وزن تر هسته ارقام آلو مورد آزمایش. اختلاف میانگین‌های بزرگتر از مقادیر LSD (حد اقل اختلاف معنی دار) مربوطه نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی دار آماری در سطح ۵ درصد است.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر اصلی پایه برای صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش.

صفات	ماريانا	میروبالان C۲۹	سنت جولین	پنتا	تترا	GN	GF	حداقل اختلاف معنادر (LSD)
وزن تر میوه (گرم)	۴۶/۶۱	۴۴/۲۰	۵۹/۴۸	۵۷/۲۹	۶۱/۵۶	۴۷/۹۰	۵۷/۱۱	۳/۷۳
وزن خشک میوه (گرم)	۸/۹۸	۱۰/۸۶	۱۶/۳	۱۴/۳۱	۱۵/۰۲	۱۴/۴۱	۱۴/۲۰	۱/۲۸
وزن خشک گوشت میوه (گرم)	۸/۵۳	۱۰/۲۸	۱۵/۴۵	۱۲/۷۷	۱۲/۸۹	۱۳/۳۱	۱۲/۵۵	۱/۰۳
طول میوه (میلی‌متر)	۴۵/۲۷	۵۱/۷۴	۵۱/۹	۵۳/۳	۵۸/۹	۴۶/۰۱	۵۱/۲۲	۱/۵۲
قطر میوه (میلی‌متر)	۴۴/۳۴	۴۸/۷۹	۴۵/۷۸	۴۵/۲۲	۴۹/۶۱	۳۸/۹	۴۳/۲۵	۱/۲۷
عرض میوه (میلی‌متر)	۴۴/۱۶	۴۵/۷۴	۴۴/۲۵	۴۲/۲۶	۴۶/۷۴	۳۶/۱۳	۳۹/۲۶	۱/۱۰
ضخامت گوشت میوه (میلی‌متر)	۸/۹۲	۸/۵۵	۱۶/۸۹	۱۴/۴۷	۱۵/۳۲	۱۱/۷۱	۱۳/۱۶	۰/۴۵
وزن تر هسته (گرم)	۰/۶۳	۰/۷۶	۲/۱۵	۲/۴	۲/۵۲	۱/۸۴	۱/۹۲	۰/۱۳
طول هسته (میلی‌متر)	۲۰/۰۲	۱۳/۸۳	۲۴/۳۱	۲۶/۹۵	۲۶/۸۷	۲۱/۷۵	۲۳/۳۵	۰/۸۴
قطر هسته (میلی‌متر)	۱۴/۶۵	۱۰/۲۲	۱۶/۰۷	۱۵/۳۸	۱۵/۹۷	۱۳/۳۶	۱۴/۲۵	۰/۵۰
عرض هسته (میلی‌متر)	۷/۵۸	۵/۴۴	۸/۴۳	۸/۶۵	۸/۴	۷/۴۳	۷/۵۸	۰/۲۷
pH	۴/۶۵	۴/۹۴	۴/۸۸	۵/۴۵	۵/۶۶	۵/۲۷	۴/۹۴	۰/۲۳
مواد جامد محلول کل (درصد)	۲۳/۰۸	۲۱/۸۳	۲۲/۹۸	۲۲/۶۱	۲۳/۳۶	۲۱/۶۳	۱۸/۶۷	۰/۶۳
اسیدیته کل (درصد)	۱۶/۵۹	۱۷/۴۷	۱۳/۹۸	۱۳/۶۳	۱۲/۴۶	۱۴/۵۲	۱۲/۰۳	۰/۷۱
محتوای ویتامین ث (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم میوه تر)	۱۶/۶۲	۱۶/۶۰	۱۶/۶۱	۱۶/۶۲	۱۶/۶۲	۱۷/۶	۲۴/۹	۱/۵۵
محتوای کل مواد فنلی (میلی‌گرم گالیک‌اسید بر گرم وزن تر میوه)	۶۱/۸۷	۶۴/۴۸	۳۵/۸۹	۳۰/۰۸	۲۸/۴۰	۳۱/۷۴	۳۷/۰۴	۲/۰۵
محتوای کل فلاونوئیدها (میلی‌گرم کوئرستین بر گرم وزن تر)	۱۲/۷۸	۱۳/۱۵	۸/۰۰	۶/۹۰	۶/۶۵	۷/۱۲	۷/۸۴	۰/۳۸
فعالیت آن‌تی‌اکسیدانی بر اساس DPPH (درصد)	۵۰/۳۶	۵۰/۱۵	۳۸/۵۴	۳۵/۵	۳۵/۵۹	۳۵/۱۷	۳۴/۲۶	۱/۲۴
فعالیت آن‌تی‌اکسیدانی بر اساس FRAP (میلی‌گرم آسکوربیک‌اسید بر گرم وزن تر میوه)	۶۲۶/۰۶	۶۳۷/۴۵	۴۳۶/۲۰	۳۹۴/۹۹	۳۹۰/۴۳	۳۹۷/۸۷	۴۱۰/۲۲	۱۶/۵۲
حداکثر کارایی کوانتیمی فتوسیستم II	۰/۷۵	۰/۷۲	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۴	۰/۰۲۵
تشعشعات فتوسنتزی فعال (میکرومول بر مترمربع بر ثانیه)	۱۸۹۰/۳۳	۱۸۶۱/۸۹	۱۸۸۱/۸۹	۱۸۸۰/۷۸	۱۸۸۲	۱۸۰۷/۴۴	۱۹۱۲/۱۱	۲/۵۴
میزان تعرق (میلی‌مول آب بر مترمربع بر ثانیه)	۸/۶۵	۶/۴۳	۸/۳۷	۷/۷۹	۷/۱۹	۸/۴۶	۷/۲۳	۰/۲۴
هدایت روزنه‌ای (میلی‌مول کربن دی‌اکسید بر مترمربع بر ثانیه)	۰/۳۰	۰/۲۴	۰/۲۷	۰/۲۹	۰/۲۴	۰/۲	۰/۱۹	۰/۰۳
نرخ فتوسنتزی (میکرومول کربن دی‌اکسید بر مترمربع بر ثانیه)	۱۶/۶	۱۰/۳۵	۱۵/۲۰	۱۴/۶۸	۱۲/۵۶	۱۲/۴۱	۱۰/۸۶	۰/۲۶
محتوای کلروفیل آ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)	۳۳/۸۳	۲۳/۹۱	۳۱/۱۹	۲۹/۴۸	۲۵/۲۳	۲۶/۹۷	۲۲/۶۴	۰/۶۲
محتوای کلروفیل ب (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)	۵/۱۷	۴/۷۳	۵/۲۳	۵/۲۶	۴/۹۹	۴/۷۷	۴/۶۳	۰/۲۴
محتوای کلروفیل آ+ب (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)	۳۹	۲۵/۳۲	۳۶/۴۲	۳۴/۷۳	۳۰/۲۲	۳۱/۷۴	۲۷/۲۷	۰/۶۰
محتوای کاروتنوئیدها (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)	۱/۲۲	۱/۱۷	۱/۲۸	۱/۲۷	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۱	۰/۰۴

داد که البته این تفاوت با دو رقم دیگر اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۳).

به‌جز اثر غیرمعنی‌دار پیوندک (رقم) بر محتوای کلروفیل b، اثرات اصلی پایه و پیوندک و همچنین اثر متقابل آنها در سطح یک درصد تأثیر معنی‌داری را بر محتوای همه رنگیزه‌های فتوسنتزی داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل حاکی از آن بود که زوکلا روی پایه ماریانا بیشترین محتوای ممکن برای رنگیزه‌های فتوسنتزی را تولید می‌کند (شکل ۱۱). رقم سیمکا نیز روی همین پایه

بیشترین محتوا را برای همه رنگیزه‌ها داشت. کمترین مقدار میانگین به‌دست آمده برای رنگیزه‌ها نیز مربوط به برهمکنش سیمکا × میروبالان C۲۹ بود (شکل ۱۱).

رقم شماره ۱۶ نیز روی پایه سنت‌جولین بیشترین محتوای رنگیزه‌های نوری را در مقایسه با سایر پایه‌ها به‌دست داد (شکل ۱۱). شایان ذکر که بیشترین نسبت کلروفیل a به b در برهمکنش زوکلا روی پایه‌های سنت‌جولین و GN حاصل گردید (شکل ۱۱). براساس میانگین اثر اصلی پایه، بیشترین میزان کارتنوئیدها و کلروفیل b مربوط به پایه‌های سنت

اصلی نشان داد که پایه ماریانا بیشترین محتوی را برای رنگیزه‌های نوری در مقایسه با سایر پایه‌ها به‌دست داد (جدول ۲). رقم زوکلا نیز بیشترین مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل b+a را در قیاس با دو رقم دیگر داشت (جدول ۳).

جولین، ماریانا و پنتا بود که البته اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۲). در قیاس با دو رقم دیگر، رقم شماره ۱۶ بیشترین مقدار کارتنوئیدها (۱/۲۹ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) و کلروفیل b (۵ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) را نشان داد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر اصلی پیوندک برای صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش.

صفات	زوکلا	سیمکا	شماره ۱۶	حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)
وزن تر میوه (گرم)	۵۳/۶۵	۵۱/۷۲	۵۴/۹۸	۲/۴۴
وزن خشک میوه (گرم)	۱۳/۷۹	۱۳/۱۸	۱۳/۳۵	۰/۸۴
طول میوه (میلی‌متر)	۵۶/۴۷	۵۰	۴۷/۱۱	۰/۹۹
قطر میوه (میلی‌متر)	۴۵/۹۲	۴۲/۸۲	۴۶/۶۵	۰/۸۳
عرض میوه (میلی‌متر)	۴۲/۶۴	۳۹/۸۸	۴۵/۴۲	۰/۷۲
ضخامت گوشت میوه (میلی‌متر)	۱۳/۱۷	۱۲/۲۶	۱۲/۷۳	۰/۲۹
pH	۵/۱۶	۴/۷۶	۵/۴۱	۰/۱۵
مواد جامد محلول کل	۲۱/۱۵	۲۰/۵۴	۲۴/۳۸	۰/۴۱
اسیدیته کل (درصد)	۱۳/۶۴	۱۲/۹۸	۱۶/۵۲	۰/۴۶
محتوای ویتامین سی (میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه)	۲۵/۵۸	۲۶/۲۶	۲۷/۵۸	۱/۰۱
وزن تر هسته (گرم)	۲/۰۵	۲/۰۹	۱/۱	۰/۰۸
طول هسته (میلی‌متر)	۲۴/۲	۲۲/۵	۲۰/۶۲	۰/۵۵
قطر هسته (میلی‌متر)	۱۴/۷۱	۱۴/۱۴	۱۳/۹۶	۰/۳۲
عرض هسته (میلی‌متر)	۷/۷۳	۷/۳۷	۷/۸۳	۰/۱۸
وزن خشک گوشت میوه (گرم)	۱۲/۳۴	۱۱/۴۹	۱۲/۹۲	۰/۶۷
محتوای کل مواد فنلی (میلی گرم گالیک‌اسید بر گرم وزن تر میوه)	۳۹/۵۶	۳۹/۵۸	۴۴/۹۳	۱/۳۴
محتوای کل فلاونوئیدها (میلی گرم کوئرستین بر گرم وزن تر میوه)	۸/۵۱	۸/۴۷	۹/۷۷	۰/۲۵
فعالیت آن‌تی اکسیدانی بر اساس DPPH (درصد)	۳۸/۱۵	۳۷/۴۹	۴۴/۱۷	۰/۸۱
فعالیت آن‌تی اکسیدانی بر اساس FRAP (میلی گرم آسکوربیک‌اسید بر گرم وزن تر میوه)	۴۵۰/۶۱	۴۴۲/۶	۵۱۸/۱۷	۱۰/۸۱
حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۷۹	۰/۰۱
تشعشعات فتوسنتزی فعال (میکرومول بر مترمربع بر ثانیه)	۱۸۵۲/۹۵	۱۹۰۰/۶۷	۱۸۶۷/۷۱	۱/۶۶
میزان تعرق (میلی مول آب بر مترمربع بر ثانیه)	۷/۷۱	۷/۷۳	۷/۷۵	۰/۱۶
هدایت روزنه‌ای (میلی مول کربن دی‌اکسید بر مترمربع بر ثانیه)	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۲۲	۰/۰۲
نرخ فتوسنتزی (میکرومول کربن دی‌اکسید بر مترمربع بر ثانیه)	۱۵/۴۵	۱۳/۳	۱۰/۹۶	۰/۱۷
محتوای کلروفیل آ (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	۳۰/۵۷	۲۸/۶۵	۲۳/۶	۰/۴۱
محتوای کلروفیل ب (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	۴/۹۹	۴/۹۱	۵	۰/۱۶
محتوای کلروفیل آ+ب (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	۳۵/۵۶	۳۲/۱۴	۲۸/۶	۰/۳۹
محتوای کاروتنوئیدها (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	۱/۲۱	۱/۲۱	۱/۲۹	۰/۰۲

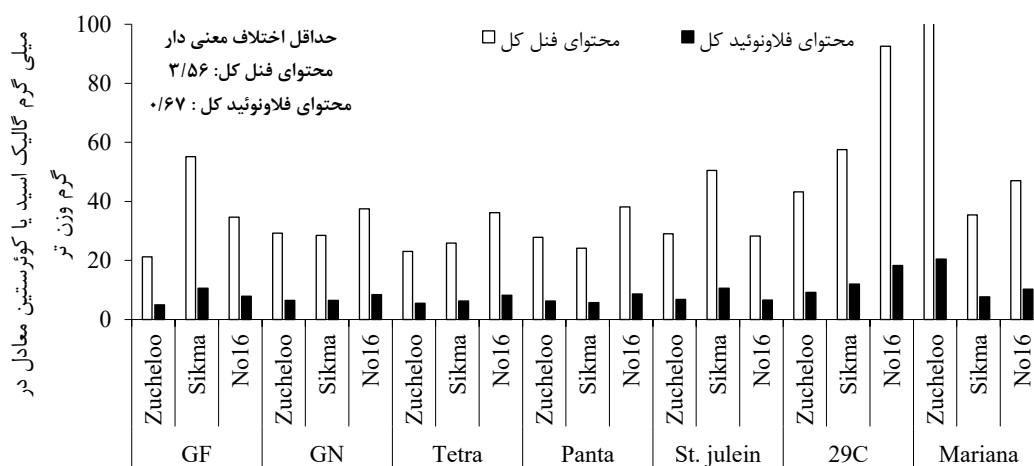
فعال معنی‌دار بود (جدول ۳). براساس نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه-پیوندک، رقم زوکلا توانست روی پایه ماریانا بهترین عملکرد را برای به‌دست آوردن بیشترین مقدار نرخ فتوسنتزی داشته باشد. در واقع حداکثر میانگین‌ها به‌دست آمده برای نرخ فتوسنتزی (۱۸/۴۷)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که به‌جز اثر غیر معنی‌دار رقم (پیوندک) بر نرخ تعرق، اثرات اصلی پایه و پیوندک و نیز اثر متقابل آنها در سطح یک درصد برای صفات نرخ فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، نرخ تعرق، حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II و نرخ تشعشعات فتوسنتزی

بیشترین میزان میانگین به‌دست آمده برای صفت تشعشعات فتوسنتزی فعال به‌ترتیب در برهمکنش زوکلا روی پایه‌های GF و ماریانا به‌دست آمد (شکل ۴). همچنین مقایسه میانگین اثرات اصلی برای پایه‌ها حاکی از آن بود که بیشترین میزان نرخ هدایت روزنه‌ای و نرخ فتوسنتز روی پایه‌ها ماریانا، سنت‌جولین و پنتا به‌دست می‌آید اما تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (جدول ۲).

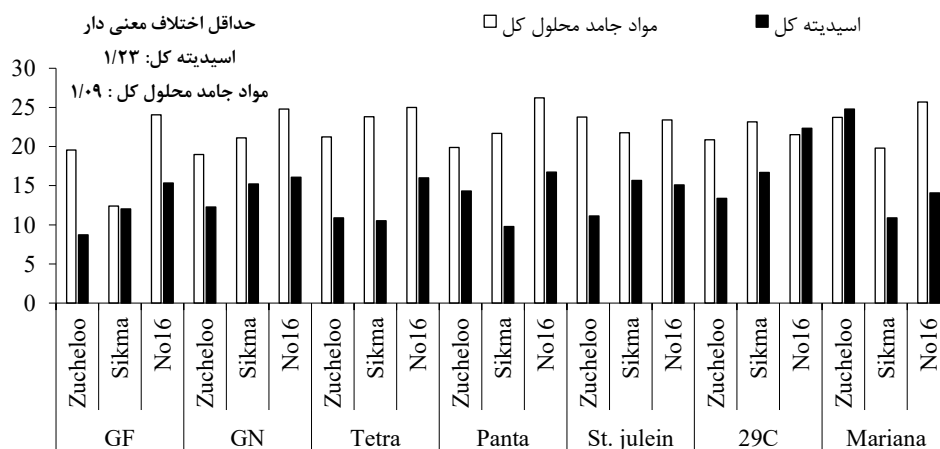
بیشترین مقدار کارائی کوانتومی فتوسیستم II نیز مربوط به پایه سنت‌جولین بود. همچنین پایه‌های GN، ماریانا و سنت‌جولین نیز به‌ترتیب بیشترین میزان تعرق را ایجاد کردند، درحالی پایه میروبالان ۲۹c کمترین نرخ تعرق را داشت

میکرومول کربن‌دی‌اکسید بر مترمربع بر ثانیه) در رقم زوکلا روی پایه ماریانا به‌دست آمد (شکل ۱۳). بیشترین مقدار هدایت روزنه‌ای (۰/۴ میلی‌مول کربن‌دی‌اکسید بر مترمربع بر ثانیه) نیز در رقم زوکلا بر روی پایه‌های میروبالان و پنتا مشاهده شد (شکل ۱۶). حداکثر و حداقل نرخ تعرق (۹/۷۸ و ۴/۴۱ میلی‌مول آب بر مترمربع بر ثانیه) به‌ترتیب در رقم سیمکا روی پایه‌های ماریانا و میروبالان ۲۹c مشاهده شد (شکل ۱۶). بیشترین مقادیر برای کارائی کوانتومی فتوسیستم II نیز در برهمکنش رقم شماره ۱۶ روی پایه‌های مختلف به‌دست آمد (تقریباً روی اکثر پایه‌ها) (شکل ۱۷).



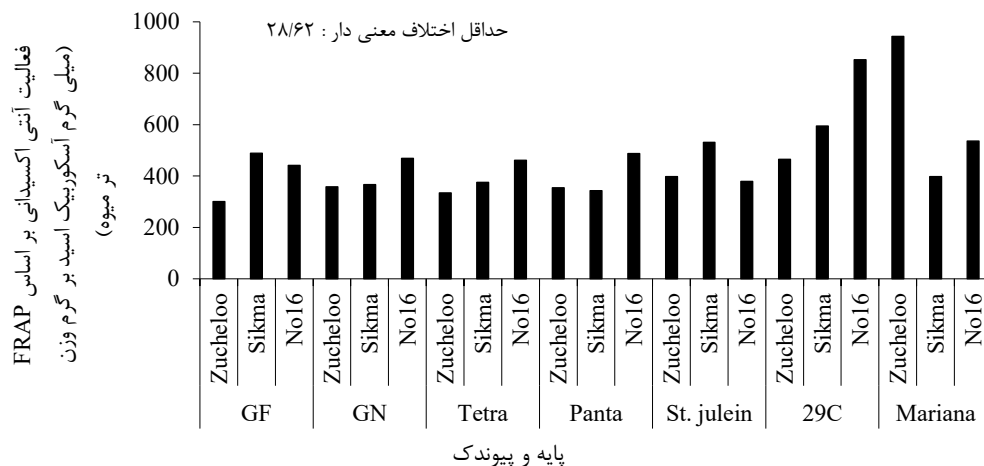
پایه و پیوندک

شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل پایه × پیوندک (محور افقی) بر صفات محتوای فلاونوئید کل و فنل کل میوه ارقام آلو مورد آزمایش. اختلاف میانگین‌های بزرگتر از مقادیر LSD (حدافل اختلاف معنی‌دار) مربوطه نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد است.



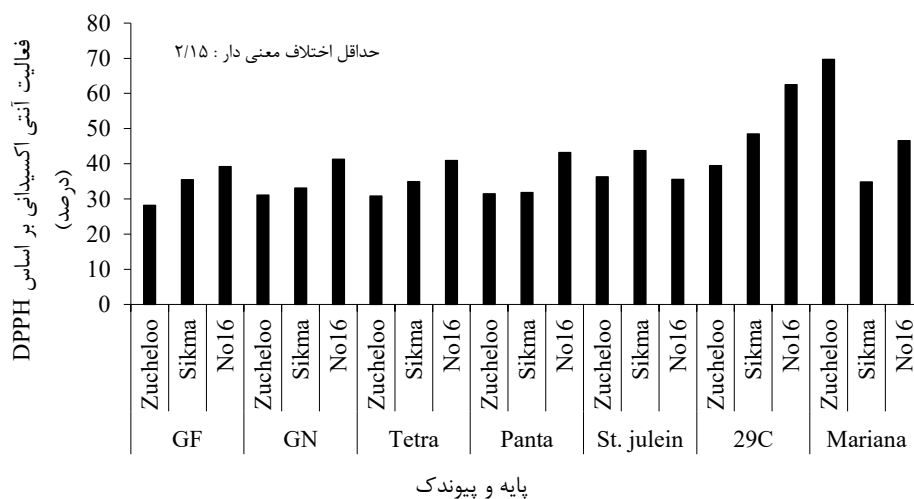
پایه و پیوندک

شکل ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل پایه × پیوندک (محور افقی) بر صفات اسیدیته کل (درصد) و مواد جامد محلول کل (درجه بریکس) میوه ارقام آلو مورد آزمایش. اختلاف میانگین‌های بزرگتر از مقادیر LSD (حدافل اختلاف معنی‌دار) مربوطه نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد است.



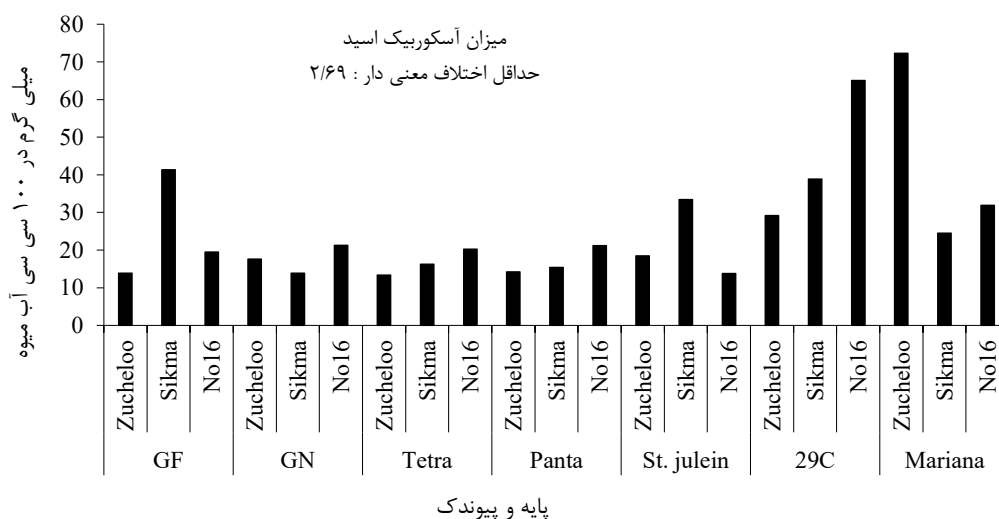
پایه و پیوندک

شکل ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل پایه × پیوندک (محور افقی) بر صفت پتانسیل کاهندگی آهن فریک ارقام آلو مورد آزمایش. اختلاف میانگین‌های بزرگتر از مقادیر LSD (حد اقل اختلاف معنی‌دار) مربوطه نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد است.



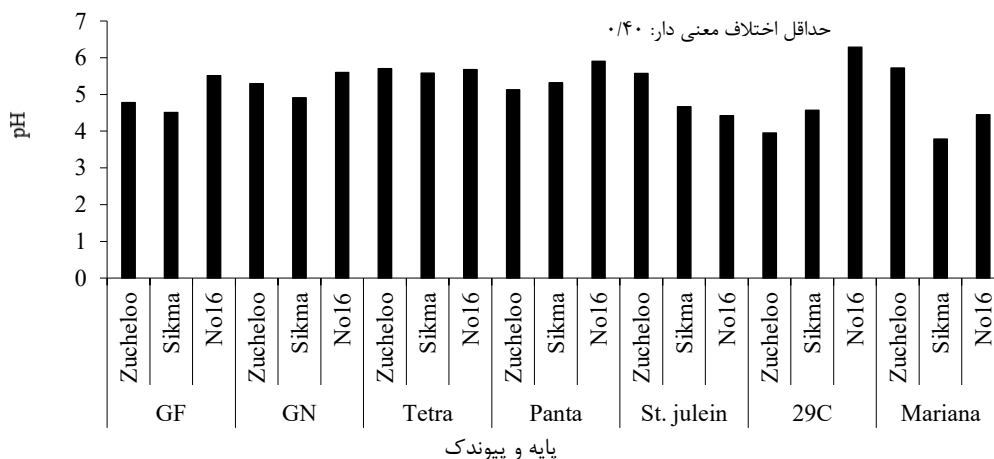
پایه و پیوندک

شکل ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل پایه × پیوندک (محور افقی) بر صفت فعالیت بازدارندگی رادیکال‌های آزاد ارقام آلو مورد آزمایش. اختلاف میانگین‌های بزرگتر از مقادیر LSD (حد اقل اختلاف معنی‌دار) مربوطه نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد است.

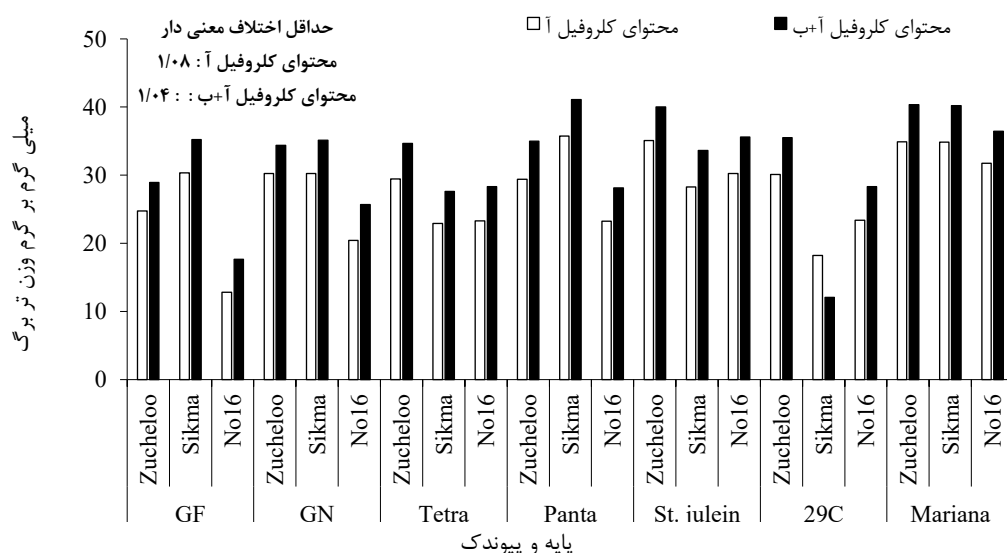


پایه و پیوندک

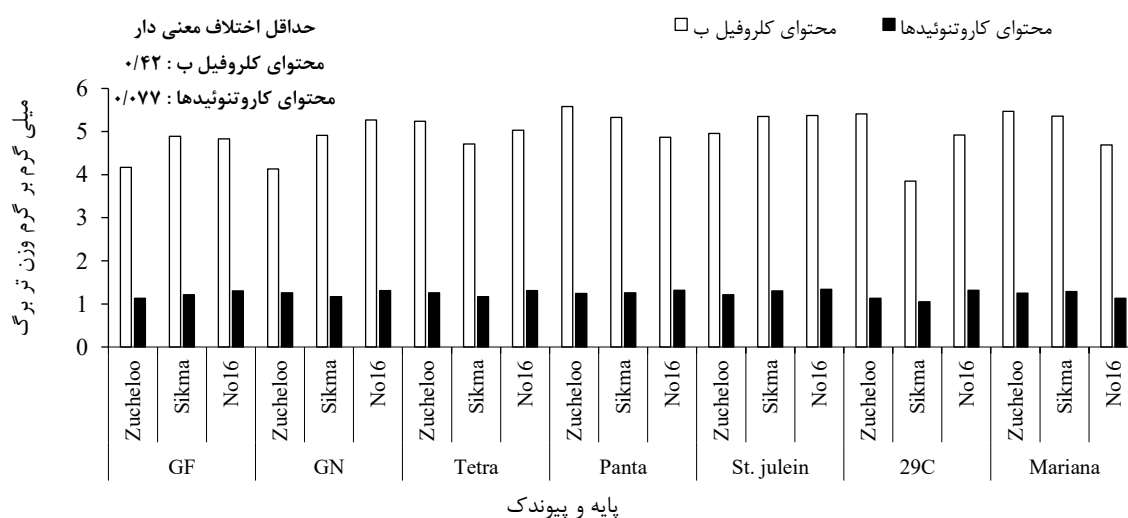
شکل ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل پایه × پیوندک (محور افقی) بر صفت آسکوربیک اسید ارقام آلو مورد آزمایش. اختلاف میانگین‌های بزرگتر از مقادیر LSD (حد اقل اختلاف معنی‌دار) مربوطه نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد است.



شکل ۱۰- مقایسه میانگین اثر متقابل پایه × پیوندک (محور افقی) بر صفت pH ارقام آلو مورد آزمایش. اختلاف میانگین‌های بزرگتر از مقادیر LSD (حداقل اختلاف معنی‌دار) مربوطه نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد است.



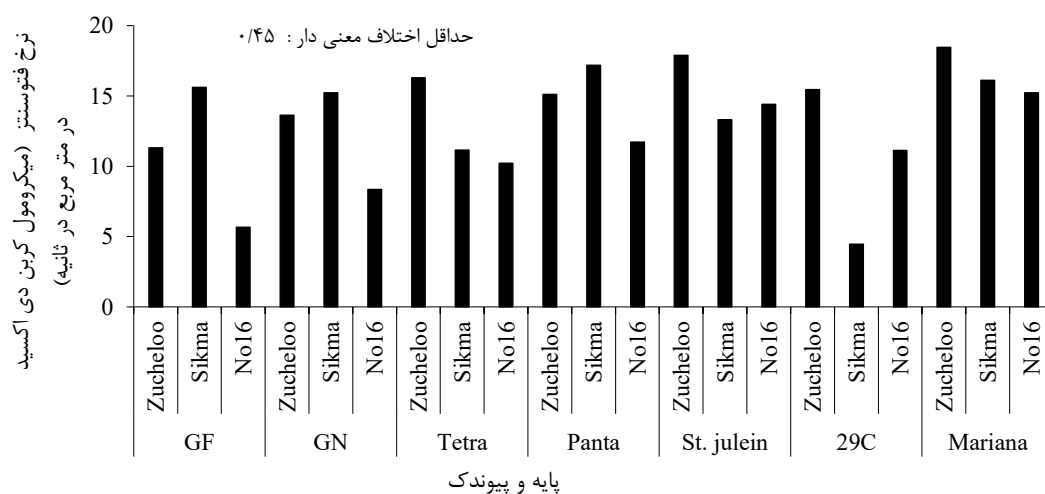
شکل ۱۱- مقایسه میانگین اثر متقابل پایه × پیوندک (محور افقی) بر صفات محتوای کلروفیل a و کل (a و b) ارقام آلو مورد آزمایش. اختلاف میانگین‌های بزرگتر از مقادیر LSD (حداقل اختلاف معنی‌دار) مربوطه نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد است.



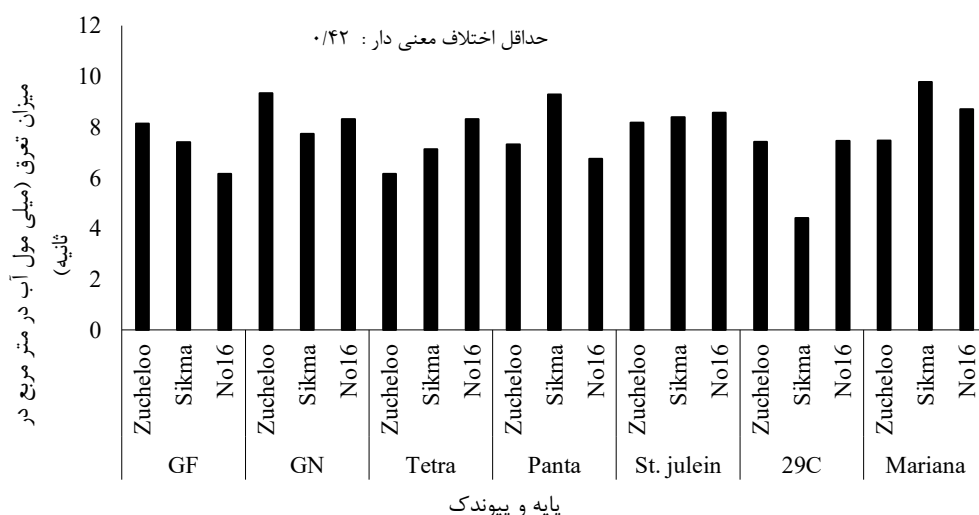
شکل ۱۲- مقایسه میانگین اثر متقابل پایه × پیوندک (محور افقی) بر صفات محتوای کاروتنوئیدها و کلروفیل b ارقام آلو مورد آزمایش. اختلاف میانگین‌های بزرگتر از مقادیر LSD (حداقل اختلاف معنی‌دار) مربوطه هر صفت نشان‌دهنده وجود تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

کلیدی و مهم در پیش‌طراحی باغات نیمه‌مترام و متراکم قبل از کشت است. در درختان پیوندی، پایه‌ها عمدتاً اندازه گیاه را کنترل می‌کنند. عملکرد درخت میوه اساساً به شکل گیری یک تعادل بهینه بین رشد و میوه‌دهی وابسته است می‌آورد. پیوند ارقام روی پایه‌ها کم‌رشدتر یکی از راهکارهای مناسب برقرار این تعادل است (میترا^۱ و همکاران، ۲۰۱۲). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که پایه‌های سنت‌جولین و تترا بیشترین وزن تر و ابعاد میوه، وزن خشک میوه و مواد جامد محلول کل را به‌دست می‌دهند. در فاز اول همین پژوهش مشخص شد که دو پایه یاد شده کمترین ارتفاع درخت را نسبت به پایه‌های دیگر را داشتند و جزو پایه‌های

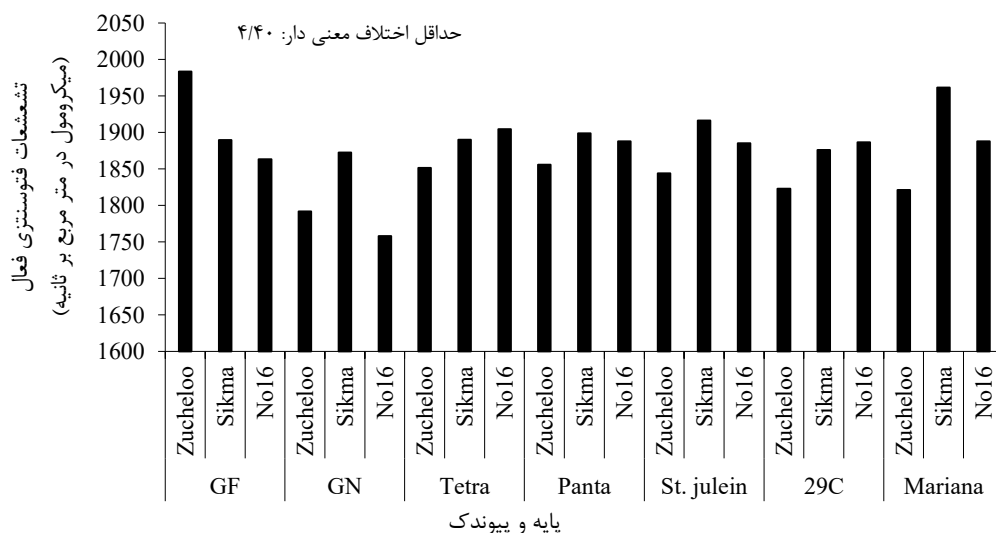
(جدول ۲). رقم GN نیز بیشترین میزان تشعشع فعال فتوسنتزی را داشت (جدول ۲). براساس مقایسه میانگین اثرات اصلی برای ارقام (پیوندک) بیشترین مقدار کارایی کوانتومی فتوسیستم II و نرخ تعرق مربوط به رقم شماره ۱۶ بود (جدول ۲). همچنین بیشترین نرخ فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای نیز مربوط به زوکلا و بیشترین تشعشعات فتوسنتزی فعال مربوط به رقم سیمکا بود (جدول ۳). در پژوهش حاضر نوع پایه، پیوندک و حتی اثرات متقابل آنها بر صفات اندازه‌گیری شده، اثر معنی‌داری داشت اما اختلاف مقادیر صفات در بین پایه‌ها مشهودتر بود. انتخاب ترکیب مناسب پایه-پیوندک در درختان میوه یک عامل



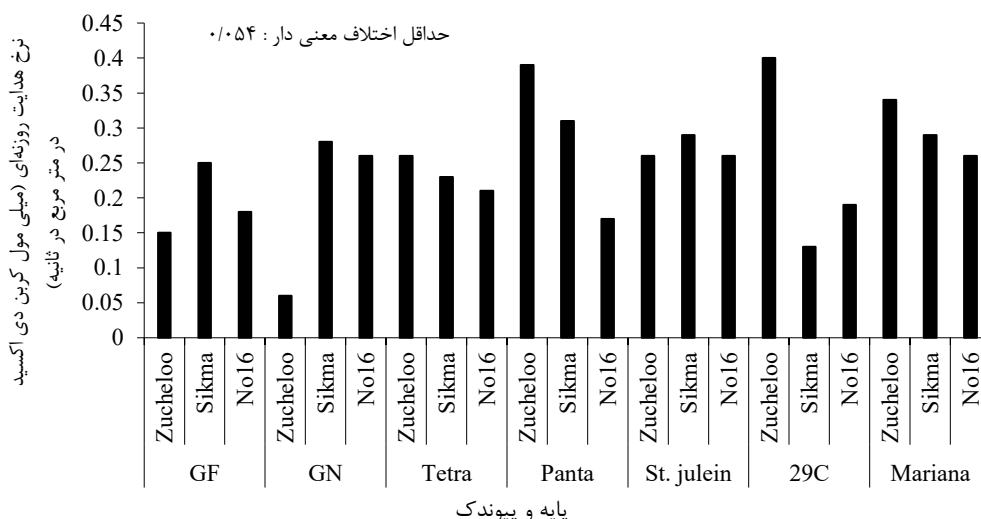
شکل ۱۳- مقایسه میانگین اثر متقابل پایه × پیوندک (محور افقی) بر صفت نرخ فتوسنتز ارقام آلو مورد آزمایش. اختلاف میانگین‌های بزرگتر از مقادیر LSD (حداقل اختلاف معنی‌دار) مربوطه نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد است.



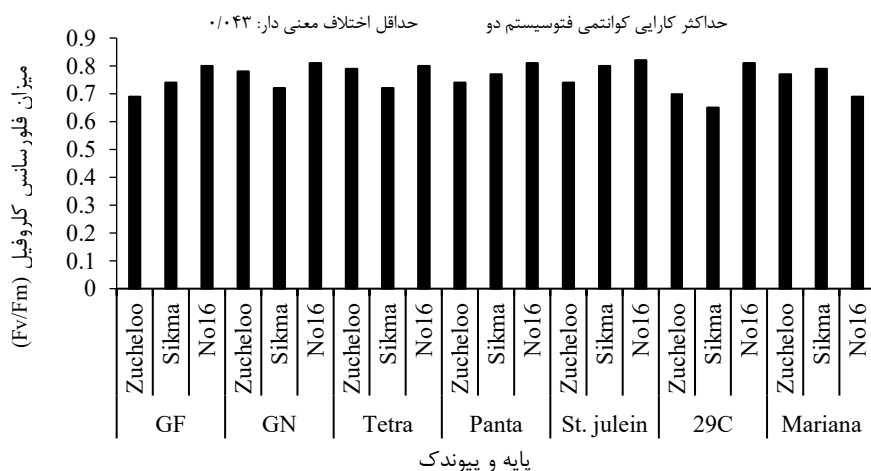
شکل ۱۴- مقایسه میانگین اثر متقابل پایه × پیوندک (محور افقی) بر صفت میزان تعرق ارقام آلو مورد آزمایش. اختلاف میانگین‌های بزرگتر از مقادیر LSD (حداقل اختلاف معنی‌دار) مربوطه نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد است.



شکل ۱۵- مقایسه میانگین اثر متقابل پایه×پیوندک (محور افقی) بر صفت تشعشعات فتوسنتزی ارقام آلو مورد آزمایش. اختلاف میانگین‌های بزرگتر از مقادیر LSD (حد اقل اختلاف معنی‌دار) مربوطه نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد است.



شکل ۱۶- مقایسه میانگین اثر متقابل پایه×پیوندک (محور افقی) بر صفت نرخ هدایت روزنه‌ای ارقام آلو مورد آزمایش. اختلاف میانگین‌های بزرگتر از مقادیر LSD (حد اقل اختلاف معنی‌دار) مربوطه نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد است.



شکل ۱۷- مقایسه میانگین اثر متقابل پایه×پیوندک (محور افقی) بر صفت حداکثر کارایی کوانتیمی فتوسیستم دو ارقام آلو مورد آزمایش. اختلاف میانگین‌های بزرگتر از مقادیر LSD (حد اقل اختلاف معنی‌دار) مربوطه نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد است.

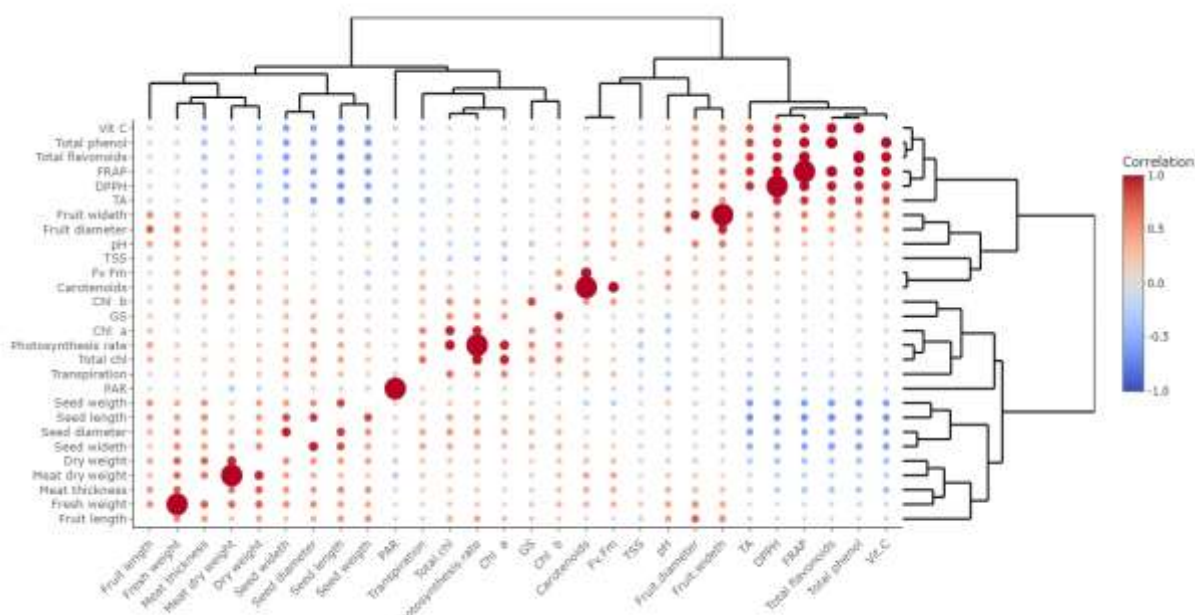
پاکوتاه‌کننده محسوب می‌شدند. در تأیید این یافته‌ها کیویکلیس و کیکلین^۱ (۲۰۰۷)، اظهار داشتند که در پایه‌های پاکوتاه‌کننده بیشترین مقدار مواد فتوسنتزی به سمت میوه‌ها ارسال می‌شود، زیرا پایه انتقال کربوهیدرات‌ها و توزیع سایر منابع را کنترل می‌کند که این خود باعث محدود شدن رشد رویشی درختان و تولید میوه‌ها بزرگتر می‌گردد. در تأییدی دیگر مطالعه‌ای نشان داد که ارقام استانی، کارپاتین، تیتا و سنتنار روی پایه نیمه‌پاکوتاه‌کننده سنت‌جولین نسبت به پایه میروبالان C5 وزن میوه و مواد جامد محلول کل بیشتری را بدست می‌دهند (بوتاک و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین ملند (۲۰۱۰) نشان داد که پایه سنت‌جولین بیشترین عملکرد میوه و جذب عناصر را داشت. وزن و اندازه میوه عامل بسیار مهمی در بازاریابی و جذب مشتری در ارقام تازه‌خوری آلو است، لذا پایه‌هایی که وزن میوه بیشتری را به دست می‌دهند ارجحیت کشت پیدا خواهند کرد. خصوصیات هسته در پرنوس‌ها از دیگر صفاتی هستند که دارای ثبات بیش‌تری هستند، لذا نسبت وزن هسته به میوه در کیفیت تولید آلو بسیار مهم می‌باشد (میلوسویچ و میلوسویچ^۲، ۲۰۱۲). در مطالعه حاضر پایه‌های ماریانا و میروبالان ۲۹c بیشترین نسبت وزن میوه به وزن هسته را داشتند.

در برخی از ترکیبات پیوندی نظیر برهمکنش ماریانا×زوکلا یا میروبالان×شماره ۱۶ همزمان با افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و بهبود شاخص‌های فتوسنتزی ما شاهد افزایش مقدار خواص بیوشیمیایی میوه‌ها (نظیر ویتامین ث، درصد اسیدیته، مواد جامد محلول کل، محتوای فنل، فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدان) بودیم. در همین راستا در پژوهشی روی انگور نویسندگان نشان دادند که همزمان با افزایش فتوسنتز گیاه، تجمع کربوهیدرات‌ها افزایش می‌یابد و از آنجا که مونوساکاریدها پیش‌ساز آسکوربیک اسید هستند، تولید ویتامین ث نیز به صورت هم‌افزا با بهبود فتوسنتز افزایش می‌یابد (لوئی و الخطیب^۳، ۲۰۱۷). از آنجائی که آسکوربیک‌اسید یک ترکیب بسیار حساس به اکسیداسیون است در موافقت با مطالعه حاضر در این پژوهش نیز یک افزایش همزمان در محتوای فنل و فلاونوئید کل (به عنوان ترکیبات آنتی‌اکسیدان) با ویتامین ث جهت حفاظت از آن گزارش شد (لوئی و الخطیب،

۲۰۱۷). در تأیید بیشتر در مطالعه حاضر براساس تجزیه همبستگی رابطه مثبت معنی‌داری بین محتوای ویتامین ث و صفات آنتی‌اکسیدان نظیر محتوای فنل کل ($p < 0.01$), ($r = 0.99$ value), محتوای فلاونوئید کل ($p < 0.01$), ($r = 0.98$ value), فعالیت ضدرادیkalهای DPPH ($p < 0.01$), ($r = 0.91$ value) و پتانسیل آنتی‌اکسیدان کاهنده آهن فریک ($p < 0.01$), ($r = 0.99$ value) وجود داشت (شکل ۶). همچنین بین درصد اسیدیته کل (محتوای اسیدهای آلی میوه) و شاخص‌های آنتی‌اکسیدان ذکر شده در فوق همبستگی معنی‌دار مثبت و بالای ۰/۸۵ وجود داشت (شکل ۶). همچنین براساس تجزیه اثرات اصلی شاهد بودیم که تجمع مواد جامد محلول، فنل کل و فلاونوئید کل در رقم شماره ۱۶ که از گروه آلوه‌ای ژاپنی بود، نسبت به زوکلا از گروه آلوه‌ای اروپایی بیشتر بود. در موافقت با این نتیجه دروگودی و پانتلیدیس (۲۰۲۲) در بررسی ارقام نشان دادند که در کل وزن میوه، اسیدیته کل، محتوای فنل تام، مقدار ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدان در آلوه‌ای ژاپنی نسبت به ارقام اروپایی بیشتر است. در مطالعه حاضر درصد فعالیت بازدارندگی رادیکال‌های DPPH در تیمارهای مختلف بین ۶۹/۷-۲۸/۱۴ درصد متغیر بود. مواد جامد محلول کل که یکی از صفات مرتبط با رقم است که برای پذیرش مصرف‌کنندگان حائز اهمیت است (میلوسویچ و میلوسویچ، ۲۰۱۲). مواد جامد محلول کل در مطالعه حاضر نه تنها از رقم تأثیر پذیرفت بلکه از در بین پایه‌های مختلف نیز مقادیر متفاوتی به دست داد. آلوه‌ای که مواد جامد محلول بالاتری مناسب خشک‌باری هستند به شرطی که درصد ماده خشک آن‌ها نیز بالا باشد (میلوسویچ و میلوسویچ، ۲۰۱۲). در مطالعه حاضر مواد جامد محلول کل در تیمارهای آزمایشی بین بازه ۲۶/۲۲-۱۲/۴ قرار داشت. در یک پژوهش دیگر مشخص شد که یک مواد جامد محلول بین بازه ۶/۶ تا ۱۴/۳ قرار دارد (کولیک^۴ و همکاران، ۲۰۱۳). بازه گزارش شده در مطالعه فوق برای مواد جامد محلول کل مقادیر پایین‌تری نسبت به مطالعه حاضر داشت که این امر می‌تواند به دلیل وجود نور بیش‌تر در ایران و در نتیجه فتوسنتز بیش‌تر باشد که می‌تواند باعث افزایش تجمع ترکیبات قند و مواد جامد محلول گردد. کیفیت و عملکرد میوه به شدت تحت تأثیر توانایی درخت

3. Lo'ay and El-Khateeb
4. Colic

1. Kviklys and Kvikliene
2. Milosevic and Milosevic



شکل ۶- تجزیه همبستگی صفات اندازه‌گیری شده. اندازه دایره‌ها بر اساس منفی لگاریتم p-value بر پایه ۱۰ و دایره‌های بزرگتر با سطح معنی‌داری بهتری هستند.

بیشترین مقدار برای کرائی کوانتیمی فتوسیستم II و همچنین محتوای بالایی از کارتنوئیدها و کلروفیل B مشاهده شد. همچنین به‌طور جالبی یک همبستگی مثبت قوی ($r=0.98$, $p\text{-value} < 0.01$) بین حداکثر کرائی کوانتیمی فتوسیستم II و محتوای کارتنوئیدها مشاهده شد (شکل ۶). به‌علاوه، همبستگی‌های مثبت معنی‌داری (بالای ۰/۹) بین نرخ فتوسنتز و محتوای کلروفیل A و نیز کلروفیل آ+ب یافت شد. این رخداد در توافق با مطالعه‌ای است که نشان داد با افزایش رنگیزه‌های نوری نرخ فتوسنتز نیز بهبود می‌یابد (همانی^۴ و همکاران، ۲۰۲۰). در مطالعه حاضر نسبت فتوسنتز به هدایت روزنه‌ای نیز در پایه‌های کم رشدتر بالاتر بود. در همین راستا گونسالوس و همکاران (۲۰۰۶) این رخداد را به هدایت غیرهیدرولیک (به‌دلیل مقاومت هیدرولیک در برابر جذب آب در پایه‌های پاکوتاه کننده) هورمون‌های تنظیم‌کننده روزنه نظیر آبسزیک اسید و تنظیم فعالیت روزنه (تعرق و تعریق) نسبت دادند. همچنین در این مقاله محتوای بالای کارتنوئیدها در پایه‌های پاکوتاه‌کننده گیلاس به فعال بودن چرخه زانتوفیل در آنها نسبت داده شد که کارکرد حفاظت نوری را در گسیل حرارتی انرژی برعهده دارند (گونسالوس و همکاران، ۲۰۰۶).

در جذب عناصر غذایی به‌ویژه کلسیم است که این امر عمدتاً توسط پایه القا می‌شود (بویهان و همکاران، ۱۹۹۵). در مطالعه‌ای ثابت شد که پایه‌های سنت‌جولین و میروبالان ۲۹c در جذب کلسیم و سایر عناصر کارآمدتر از سایر پایه‌های آلو و هلو بودند. همچنین نشان داده شد که این پایه‌ها خاک‌های سنگین را بیشتر از پایه‌های هلو تحمل می‌کنند (وست‌وود^۱، ۱۹۹۸). این یافته‌ها در تأیید مطالعه حاضر بود که نشان داد این دو پایه یاد شده متابولیت‌های بیشتری را (احتمالاً به‌دلیل قدرت و کارآمدی جذب بالا) تولید می‌کنند. در پژوهشی دیگر روی انگور نیز به این نتیجه رسیدند که پایه‌ها نیز همانند رقم (پیوندک) اثر مثبتی بر بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میوه و افزایش عمرانبارمانی دارند (لونی و الخطیب، ۲۰۱۷).

براساس نتایج مطالعه رقم زوکلا روی پایه ماریانا نرخ فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، کلروفیل B و کارتنوئید بالایی را داشت و در عین حال نرخ تعرق پایینی را نشان داد. در مجموع بالا بودن مقادیر این صفات برتری فیزیولوژیکی این ترکیب پیوندی را نشان می‌دهد و آن را به پیشنهاد مناسبی برای کشت در شرایط تنش‌های محیطی تبدیل می‌کند (گونسالز-ماس^۲ و همکاران، ۲۰۰۹؛ گارسیا-سانچز^۳ و همکاران، ۲۰۰۲). در پایه نیمه‌پاکوتاه‌کننده سنت‌جولین نیز

3. García-Sánchez
4. Hamani

1. Westwood
2. González-Mas

نتیجه‌گیری کلی

بدون داشتن پایه سازگار با شرایط خاکی و رطوبتی و ارقام پیوند شده نمی‌توان به داشتن باغ‌های با عمر طولانی امیدوار بود. در کشور ما تقریباً تمامی باغ‌های آلو و گوجه روی پایه‌های بذری گوجه میروبالان (*P. cerasifera*) هستند که دارای نقاط ضعف زیادی اعم از تولید پاجوش زیاد، حساسیت به بیماری‌های قارچی و شانکر باکتریایی می‌باشند. تاکنون تحقیقات بسیار معدودی از کارایی و سازگاری پایه‌های جدید در کشور گزارش گردیده است. بر اساس نتایج مطالعه حاضر به نظر می‌رسد که ارقام تجاری آلو نظیر زوکلا (اروپایی)، سیمکلا (ژاپنی) و رقم امیدبخش شماره ۱۶ روی پایه‌های ماریانا و سنت‌جولین عملکرد بهتری را برای اکثر صفات کمی و کیفی میوه، صفات آنتی‌اکسیدان و نیز شاخص‌های فتوسنتزی نشان می‌دهند. پایه رویشی سنت‌جولین به دلیل داشتن قند بالا، زودباردهی، ریشه‌زایی بهتر و سازگاری با گونه‌های مختلف جنس پرونوس هم اکنون به عنوان پایه عمده برای آلو در اروپا بکار می‌رود. پایه رویشی ماریانا نیز به دلیل سهولت در تکثیر، مقاومت به بیماری قارچی، نماتد و شرایط غرقابی یکی از پایه‌های

پراکبرد در جهان و به‌خصوص در آمریکا به‌شمار می‌رود. براساس نتایج اثر اصلی ارقام به‌طور کلی رقم شماره ۱۶ بر روی پایه‌های مختلف در مقایسه با رقم زوکلا و سیمکا، میوه‌هایی با وزن بیشتر و کیفیت بالاتری (از نظر خواص آنتی‌اکسیدان، ویتامین ث و مواد جامد محلول کل) را تولید نمود. با این حال بهترین ترکیب پیوندی برهمکنش زوکلا روی پایه ماریانا بود که روی هم رفته از نظر وزن میوه، ابعاد میوه، کیفیت میوه (مواد جامد محلول کل، اسیدپته و ویتامین ث)، خواص آنتی‌اکسیدانی و صفات فتوسنتزی میانگین‌های بالاتری را نشان داد و در نتیجه نسبت به سایر ترکیات پیوندی عملکرد کلی بهتری داشت. رقم شماره ۱۶ نیز که از گروه آلوهای ژاپنی با منشا اروپا به‌شمار می‌آید، توسط بخش تحقیقات باغبانی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر و نهال از ایتالیا به کشور وارد شد. این رقم دارای تیپ رشد اسپوری شدید، عادت رشد افراشته، متوسط رس، با طعم و اندازه مناسب است و دارای قابلیت تحمل سرمای بهاره نیز می‌باشد. این ویژگی‌ها آن را نیز به‌عنوان یکی دیگر از ارقام پیشنهادی ایده‌آل برای پیوند روی پایه‌های برتری نظیر ماریانا و سنت‌جولین تبدیل می‌نماید.

منابع

- اسدی، و.، رسولی، م.، غلامی، م. و ملکی، م. ۱۳۹۹. بررسی اثر چند رقم انگور بومی به‌عنوان پایه پیوندی و تریاکانتانول بر فیزیولوژی پیوندک انگور بیدانه سفید (*Vitis vinifera* L.) تحت تنش خشکی. علوم باغبانی ایران، ۵۱(۲): ۴۱۳-۴۲۸.
- فلاحی، ز.، فتاحی‌مقدم‌نوقابی، م.ر. و عبادی، ع. ۱۳۹۶. ارزیابی ترکیبات فیتوشیمیایی میوه برخی از ارقام و ژنوتیپ‌های آلو و گوجه، نشریه علمی علوم باغبانی، ۳۱(۴): ۷۸۹-۸۰۲.
- پیرخضری، م. ۱۳۹۶. ارزیابی سازگاری برخی از پایه‌های رویشی برای برخی ارقام آلو و آلو. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی پژوهشکده علوم باغبانی.
- پیرخضری، م. ۱۳۹۳. راهنمای عملی برای رشد آلو و هرس. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، ۱۳۲ ص.
- Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24(1).
- Boyhan, G.E., Norton, J.D. and Pitts, J.A. 1995. Establishment, growth, and foliar nutrient content of plum trees on various rootstocks. HortScience, 30(2): 219-221.
- Butac, M., Chitu, E., Militaru, M., Sumedrea, M., Sumedrea, D. and Plopa, C. 2015. Orchard performance of some Romanian plum cultivars grafted on two rootstocks. Agriculture and Agricultural Science Procedia, 6: 118-123.
- Chaves, M.M., Flexas, J. and Pinheiro, C. 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. Annals of Botany, 103(4): 551-560.
- Cichi, M. and Cichi, D. 2019. The effect of interaction variety/rootstock at plum species on the soils of Oltenia. Scientific Papers. Series B, Horticulture, 63(1): 33-39.
- Čolić, S., Zec, G., Marinković, D. and Janković, Z. 2003. Genetic and phenotypic variability of cherry plum (*Prunus cerasifera* Ehrh) pomological characteristics. Genetika, 35(3): 155-160.
- DiNardo, A., Subramanian, J. and Singh, A. 2018. Investigation of antioxidant content and capacity in yellow European plums. International Journal of Fruit Science, 18(1): 99-116.

- Drogoudi, P. and Pantelidis, G. 2022. Phenotypic variation and peel contribution to fruit antioxidant contents in European and Japanese plums. *Plants*, 11(10): 1338.
- FAO statistics. 2022. <https://www.fao.org/faostat/en/>
- García-Sánchez, F., Jifon, J.L., Carvajal, M. and Syvertsen, J.P. 2002. Gas exchange, chlorophyll and nutrient contents in relation to Na⁺ and Cl⁻ accumulation in 'Sunburst' mandarin grafted on different rootstocks. *Plant Science*, 162 (5): 705-712.
- Gonçalves, B., Moutinho-Pereira, J., Santos, A., Silva, A.P., Bacelar, E., Correia, C. and Rosa, E. 2006. Scion-rootstock interaction affects the physiology and fruit quality of sweet cherry. *Tree Physiology*, 26(1): 93-104.
- González-Mas, M.C., Llosa, M.J., Quijano, A. and Forner-Giner, M.A. 2009. Rootstock effects on leaf photosynthesis in 'Navelina' trees grown in calcareous soil. *HortScience*, 44(2): 280-283.
- Hamani, A.K.M., Wang, G., Soothar, M.K., Shen, X., Gao, Y., Qiu, R. and Mehmood, F. 2020. Responses of leaf gas exchange attributes, photosynthetic pigments and antioxidant enzymes in NaCl-stressed cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seedlings to exogenous glycine betaine and salicylic acid. *BMC Plant Biology*, 20(1): 434.
- Kajtár-Czinege, A., Krauczi, É.O. and Hrotkó, K. 2022. Growth characteristics of five plum varieties on six different rootstocks grown in containers at different irrigation levels. *Horticulturae*, 8(9): 819.
- Kviklys, D., and Kvikliene, N. 2007. Investigations on pear rootstocks at north European climatic conditions. In X International Pear Symposium 800 (pp. 671-674).
- Lo'ay, A.A. and El-Khateeb, A.Y. 2017. Evaluation the effect of rootstocks on postharvest berries quality of 'Flame Seedless' grapes. *Scientia Horticulturae*, 220: 299-302.
- Meland, M. 2010. Performance of six European plum cultivars on four plum rootstocks growing in a northern climate. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 60(4): 381-387.
- Milosevic T. and Milosevic, N. 2012. Phenotypic diversity of autochthonous European (*Prunus domestica* L.) and Damson (*Prunus insititia* L.) plum accessions based on multivariate analysis. *Horticultural Science*, 39(1): 8-20.
- Mitre, v., Mitre, I., Sestras, A.F. and Sestras, R.E. 2012. Effect of roots pruning upon the growth and fruiting of apple trees in high density orchards. *Bulletin of the University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture*, 69(1).
- Morshedloo, M.R., Fereydouni, S., Ahmadi, H., Hassanpouraghdam, M.B., Aghaee, A., Mehrabani, L.V. and Maggi, F. 2022. Natural diversity in fatty acids profiles and antioxidant properties of sumac fruits (*Rhus coriaria* L.): Selection of preferable populations for food industries. *Food Chemistry*, 374: 131757.
- Parvaneh, T., Afshari, H. and Ebadi, A. 2011. A study of the influence of different rootstocks on the vegetative growth of almond cultivars. *African Journal of Biotechnology*, 10(74): 16793-16807.
- Shukla, R.K. 2021. A Review on European Plum (*Prunus domestica*) for its Pharmacological activities and Phytochemicals. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 14(2).
- Westwood, M. N. 1988. Temperate-zone pomology (No. Ed. 2). Timber press.