ارزیابی سازگاری و عملکرد ارقام تجاری پسته (احمدآقایی و اوحدی) روی پایه‌های بذری و کشت‌بافتی بادامی زرند

مریم افروشه*[1]، علی تاج آبادی پور[1]

تاریخ ارسال: ۱۴۰۴/۱۰/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۱

چکیده

هدف این مطالعه مقایسه رشد و عملکرد دو رقم تجاری پسته، احمدآقایی و اوحدی، پیوند شده روی پایه‌های بادامی زرند با منشأ بذری و کشت‌بافتی بود. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) با دو نوع پایه و دو رقم در سه تکرار اجرا شد. ارزیابی فنولوژیکی نشان داد که گلدهی در رقم احمدآقایی روی پایه‌های بذری زودتر از پایه‌های کشت‌بافتی رخ داد. بیشترین سطح برگ در رقم احمدآقایی روی پایه‌های بذری ثبت شد. در مقابل، برای رقم اوحدی، این صفات برگ تفاوت معنی‌داری بین دو نوع پایه نشان ندادند. احمدآقایی روی پایه‌های بذری محتوای آب برگ بالاتری (۰/۵۹۲) در مقایسه با پایه‌های کشت‌بافتی (۰/۵۲۷) نشان داد. روند مشابهی برای اوحدی مشاهده شد (۰/۵۲۸ در مقابل ۰/۴۵۴ به ترتیب روی پایه‌های بذری و کشت‌بافتی). بیشترین طول شاخه، شعاع تاج و تعداد جوانه‌های زایشی روی پایه‌های بذری رقم احمدآقایی یافت شد. تجزیه عناصر برگ نشان داد که غلظت عناصر بور، آهن، روی، منگنز و مس در درختان روی پایه‌های بذری بیشترین بود. ارزیابی اجزای عملکرد نشان داد که طول میوه، ضخامت میوه و طول مغز همگی در پایه‌های بذری بیشتر بود. کمترین درصد پوکی مربوط به احمدآقایی روی پایه‌های بذری ثبت شد. بیشترین تعداد دانه در هر خوشه برای هر دو رقم روی پایه‌های بذری مشاهده شد. میزان عملکرد خشک محصول (کیلوگرم در هکتار) به ترتیب مربوط به رقم احمدآقایی روی پایه بذری (۸۸۰/۷۲)، احمدآقایی روی پایه کشت‌بافتی (۴۹۳/۳۲)، اوحدی روی پایه بذری (۴۵۴/۵۶) و اوحدی روی پایه کشت بافتی (۱۹۵/۳۰) بود.

واژه‌های کلیدی: پسته، پایه کشت‌بافتی، رقم، رشد، عملکرد.

۱ پژوهشکده پسته، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول: Ma.afrousheh@yahoo.com

مقدمه

پسته (*Pistacia vera* L.) یکی از مهمترین محصولات کشاورزی و صادراتی کشور است. سطح زیر کشت درختان بارور پسته ۵۱۲۱۷۰ هکتار، میانگین تولید هفت ساله ۲۹۱۸۱۳ تن و عملکرد متوسط ۷۵۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. استان کرمان با سطح زیر کشت ۲۴۰۱۴۲ هکتار درختان بارور و با میانگین تولید هفت ساله ۹۲۰۳۰ تن و عملکرد در هکتار متوسط ۴۴۴ کیلوگرم است (آمارنامه کشاورزی، ۱۴۰۰). ویژگی متحمل بودن پسته به تنش‌های محیطی باعث افزایش سطح زیرکشت آن طی سال‌های اخیر شده است. استفاده از پایه و پیوندک مناسب، اولین و مهمترین گام در احداث یک باغ پسته با طول عمر بالا و عملکرد اقتصادی مطلوب می‌باشد. در درختان پسته، پایه به‌عنوان ریشه و بخشی از ساقه جهت استقرار پیوندک، نقش موثری در جذب عناصر غذایی خاک، کنترل اندازه رشد درخت، سال‌آوری و افزایش تولید محصول، تحمل به تنش‌های زیستی و غیر زیستی و انطباق با شرایط مختلف خاک، آب و هوا دارد. بر همین اساس، انتخاب و ازدیاد پایه‌های برتر، امری مهم و ضروری می‌باشد. امروزه استفاده از روش‌های کشت‌بافتی از جمله ریزپیوندی، علاوه بر تولید نهال‌های یکنواخت از نظر ژنتیکی، امکان تولید گیاهان سالم و عاری از بیماری را فراهم می‌نماید، هرچند اجرای موفق آن نیازمند تجهیزات آزمایشگاهی و گلخانه‌ای مناسب و مهارت فنی کافی است (Onay, 2000). کاربرد این روش در پسته در ایران کمتر رایج بوده، اما در آمریکا برای تکثیر برخی پایه‌ها مورد توجه قرار گرفته است. در ایالات متحده، پایه هیبریدی UCB1 به‌عنوان پایه مرجع و رایج در باغ‌های پسته شناخته شده و به‌صورت تجاری نیز عرضه می‌شود (Ferguson *et al*., 2005).

در مناطق پسته‌کاری استان کرمان، یکی از پایه‌های متداول، پایه بادامی‌زرند می‌باشد که به شرایط کمبود آب سازگار است. عمده سطح زیرکشت پسته کشور نیز مربوط به چهار رقم تجاری اکبری، احمدآقایی، کله‌قوچی و اوحدی می‌باشد (اسماعیل پور، ۱۳۷۸). امروزه، برای تکثیر گیاهان از روش‌های مختلف استفاده می‌شود. یکی از روش‌های نوین، روش کشت‌بافتی است که از نظر تجاری، روشی قابل اجرا برای تولید یک گیاهچه یکنواخت در مدت زمان کوتاه است (Stamler *et al*., 2015). هدف از ریزازدیادی، تولید انبوه گیاهچه‌ها با ژنوتیپ یکسان، مورفولوژی یکنواخت و نهال‌های سالم و عاری از بیماری است. کاربرد این روش در بسیاری از گیاهان مهم اقتصادی، امکان‌پذیر است. این روش، علاوه بر تکثیر سریع و تولید گیاهان عاری از عوامل بیماری‌زا، در اکثر گیاهان چندساله باعث کاهش دوره نونهالی و زودباردهی آن‌ها می‌شود و هم‌چنین نیاز به فضای بسیار کمتری برای تکثیر

آن‌ها می‌باشد (امام و همکاران، ۱۳۹۰). بنابراین کشت‌بافت می‌تواند یک راهکار مناسب جهت حل مسائل و مشکلات مربوط به تکثیر غیرجنسی انواع درختان باشد (Onay *et al*., 1995; Almehdi *et al*., 2002; Stamler *et al*., 2015). با این‌حال، موفقیت در کشت‌بافت گیاهان به عوامل متعدد از جمله ژنوتیپ گیاه، شرایط فیزیولوژیکی، نوع ریزنمونه، روش ضدعفونی، محیط کشت، هورمون‌های گیاهی، کمیت-کیفیت و مدت زمان نور استفاده شده و همچنین درجه حرارت بستگی دارد (Sivanesan and Park, 2015). ریزازدیادی پسته با روش کشت‌بافت برای اولین بار در اوایل دهه ۱۹۸۰ گزارش شد و از آن پس روش‌ها و دستورالعمل‌های مختلفی جهت بهینه‌سازی آن ارائه گردید. در اوایل دهه ۲۰۰۰، ریزازدیادی پایه‌های پسته در آمریکا معرفی و توسعه یافت. پایه‌های کشت بافتی دارای مزایای متعددی از جمله مقاومت در برابر بیماری، یکنواختی در رشد و افزایش بهره‌وری در کشت پسته هستند. فرگوسون و هاویلاند[1] (۲۰۱۶) از مزایای روش ازدیاد کشت بافتی بر بذری، یکنواختی نهال‌های تولید شده بیان کردند که تمامی پایه‌های ایجاد شده کاملاً یکنواخت و دارای کیفیتی مطابق با ریزنمونه‌ای اولیه که از آن منشا گرفته‌اند، می‌باشند. در آمریکا پایه‌های کلون UCB1 از تلاقی بین گونه آتلانتیکا و اینتگریما تولید نمودند که در بخش عمده‌ای از پسته کاری‌های این کشور از جمله کالیفرنیا و آریزونا کاشته شده‌اند (فرگوسون و هاویلاند، ۲۰۱۶). در سال‌های اخیر، پایه‌ی پسته UCB1 با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد از جمله رشد سریع‌تر و مقاومت به بیماری‌ها در نقاط مختلف ایران کشت و پرورش یافته که در حال حاضر با توجه به محدودیت ورود بذر این پایه به کشور، تنها راه تکثیر این پایه از طریق تکنیک کشت بافت می‌باشد (تاج‌آبادی‌پور و همکاران، ۱۳۸۶). استفاده از پایه‌های کشت بافتی برای کشت پسته در ایران دارای چالش‌های متعددی است. یکی از چالش‌های اصلی عدم تنوع ژنتیکی در پایه‌های کشت بافتی موجود است که می‌تواند منجر به کاهش مقاومت در برابر بیماری‌ها و آفات شود. علاوه بر این، پایه های کشت بافت نیاز به مدیریت و نظارت دقیق دارند، زیرا در طول فرآیند تکثیر مستعد آلودگی و سایر مسائل هستند. بر اساس تحقیقات انجام شده، تولید نهال پسته با روش کشت بافت به علت ترشح فنول و به‌دنبال آن قهوه‌ای شدن و مرگ ریزنمونه‌ها، آلودگی درونی، سوختگی انتهایی، ضریب‌پرآوری و ریشه‌زایی اندک با محدودیت‌هایی همراه است (Tabiyeh *et al*., 2005; Akdemir *et al*., 2016). نظامی و همکاران (۲۰۱۹) با افزایش غلظت کلسیم تا سه برابر و اسید بوریک

1 Ferguson and Haviland

تا دو برابر نسبت به محیط پایه موراشیک و اسکوگ توانستند سوختگی انتهایی در ریزنمونه‌های پسته را کاهش دهند (Nezami-Alanagh *et al*., 2019). تاج‌آبادی و همکاران (۱۳۸۲) رشد و خصوصیات مرفولوژیکی نهال‌های کشت بافتی با نهال‌های بذری پسته در شرایط مزرعه بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد درصد گیرایی نهال‌های کشت بافتی در زمان انتقال بالا بوده و از رشد و سازگاری خوبی برخوردار بودند. در بهار سال ۱۳۸۳، اکثر نهال‌های کشت‌بافتی قابل پیوند بودند. روند افزایش قطر نهال‌های کشت بافتی و بذری طی دو سال یکسان بود. در نهال‌های کشت بافتی، تمامی ریشه‌های تشکیل شده بصورت نابجا از قاعده ساقه منشاء گرفته و دارای قطر تقریبا یکسانی بودند. نهال‌های کشت‌بافتی ارتفاع بیشتری نسبت به نهال‌های بذری داشتند. نتایج آن‌ها همچنین نشان داد که در سایر صفات مرفولوژیکی تفاوت بارز و مشخصی بین نهال‌های کشت بافتی و نهال‌های بذری وجود نداشت. علی‌پور و همکاران (۱۳۹۷) خصوصیات کمی و کیفی میوه شش رقم تجاری پسته با پایه‌های کشت بافتی مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که در بین ارقام مورد بررسی، رقم احمدآقایی دارای بیشترین سازگاری با پایه کشت‌بافتی بوده به طوری که با جذب بیشتر عناصر غذایی از طریق پایه، دارای بالاترین مقادیر عناصر غذایی در برگ بود. همین امر باعث افزایش عملکرد کمی و کیفی این رقم در مقایسه با سایر ارقام شده بود. هدف از این پژوهش، مقایسه بین پایه‌های بذری و پایه‌های کشت‌بافتی بادامی زرند و ارزیابی سازگاری آن‌ها با ارقام تجاری پسته (اوحدی و احمدآقایی) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش، در ایستگاه شماره دو پژوهشکده پسته طی سال‌های ۱۴۰۲-۱۳۹۹ در رفسنجان اجرا شد. میانگین دمای سالیانه رفسنجان، ۱۸/۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین رطوبت نسبی ۳۵ درصد می باشد. بالاترین میزان دما در تیرماه (۴۱°C) و کمترین میزان در دی ماه (۵°C) است (سازمان هواشناسی کشور[1]). هدف از این پژوهش، مقایسه رشد و عملکرد ارقام تجاری اوحدی و احمدآقایی روی پایه کشت بافتی و کشت بذری بادامی زرند بود. در سال ۱۳۸۳ نهال‌های یک‌ساله پایه کشت بافتی بادامی زرند در زمین اصلی واقع در ایستگاه شماره ۲ پژوهشکده پسته کشت شدند و در سال ۱۳۸۴ با پیوندک‌های ارقام تجاری پیوند شدند. ارزیابی شاخص‌های رشدی و عملکرد بررسی شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو پایه (بذری و کشت‌بافتی بادامی زرند) و دو رقم تجاری پسته (ارقام

1 https://agro.irimo.ir/far/index.php

اوحدی و احمدآقایی) در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی در این پژوهش به شرح ذیل می باشد:

ارزیابی مراحل فنولوژی از زمان گلدهی تا میوه‌دهی

جهت ارزیابی مراحل گلدهی تا میوه‌دهی شامل تاریخ گلدهی، شروع رشد سریع مغز، اتمام دوره پر شدن مغز بر مبنای زمانی روند فنولوژیکی از وقوع ۵۰٪ از کل آن رویداد یادداشت‌برداری شد.

ارزیابی شاخص‌های رشدی

شاخص‌های رشدی شامل ارتفاع درخت، قطر تنه، قطر سایه انداز، قطر شاخه‌های سال جاری، فاصله میانگره، سطح برگ، تعداد برگچه، طول برگچه جانبی، عرض برگچه جانبی، طول برگچه انتهایی، عرض برگچه انتهایی، طول کل برگ، عرض کل برگ و طول دمبرگ بودند.

در این ارتباط، تعداد چهار شاخه از درختان مختلف هر تیمار انتخاب و صفت طول شاخه رشد فصل جاری با خط کش و قطر وسط شاخه با کولیس اندازه‌گیری شد. طول برگچه جانبی، عرض برگچه جانبی، طول برگچه انتهایی، عرض برگچه انتهایی، طول کل برگ با دمبرگ، عرض کل برگ با دمبرگ، طول دمبرگ با خط‌کش و میزان سطح برگ با دستگاه (Leaf Area Meter) اندازه‌گیری شد.

ارزیابی عملکرد کمی و کیفی محصول

میزان محصول تر و خشک درخت: وزن تر پسته هر درخت اندازه‌گیری و میانگین عملکرد هر تیمار در هکتار بر اساس تعداد درختان محاسبه شد.

تعداد پسته در خوشه: میانگین تعداد دانه پسته در هر خوشه محاسبه شد.

درصد خندانی، دهان‌بست و پوکی میوه: تعداد پسته‌های خندان، دهان بست و پوک نسبت به تعداد کل پسته‌ها به صورت درصد ارزیابی شد.

اونس میوه: جهت اندازه‌گیری اونس، یک نمونه ۲۸/۳۵ گرمی (یک اونس) از هر دسته انتخاب و تعداد میوه در هر نمونه شمارش شد. جهت افزایش دقت میزان پنج اونس برای هر نمونه توزین و سپس تعداد میوه در نمونه به عدد پنج تقسیم گردید.

عیار مغز: جهت اندازه‌گیری عیار، پس از تعیین هر اونس، پوست استخوانی از مغز جدا و توزین گردید. سپس با تقسیم وزن مغز به وزن کل میوه عیار محاسبه شد.

درجه خندانی: با اندازه‌گیری فاصله دو پوست استخوانی از یکدیگر در راس هر میوه با کمک کولیس دیجیتال تعیین شد.

طول، عرض و ضخامت میوه و مغز: با کمک کولیس دیجیتال روی میوه کامل و مغز اندازه‌گیری شد.

ارزیابی غلظت عناصر غذایی در برگ

در نمونه‌های برگ اندازه گیری غلظت عناصر فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس با استفاده از روش خاکسترخشک (Dry Ash) و هضم به-وسیله اسید کلریدریک ۳ نرمال انجام شد. نیتروژن با استفاده از روش کجلدال و هضم با اسید سولفوریک غلیظ اندازه گیری گردید. فسفر به روش زردوانادات و با دستگاه اسپکتروفتومتر، پتاسیم و سدیم به روش نشر اتمی و بوسیله دستگاه فلیم فتومتر، کلسیم و منیزیم به روش کمپلکسومتری و تیتراسیون با EDTA، آهن، روی، مس و منگنز به کمک دستگاه ICP اندازه گیری گردید (امامی، ۱۳۷۵).

ارزیابی صفات فیزیولوژیکی مرتبط با تنش خشکی

صفات فیزیولوژیکی شامل محتوای آب نسبی (RWC) (بارس، ۱۹۶۸) و نشت یونی (EL) و شاخص پایداری غشا (MSI)، (روش سایرام، ۱۹۹۴) بود. بر اساس این روش ۰/۱ گرم برگ را داخل ۱۰ میلی لیتر آب دو بار تقطیر شده قرار گرفت. بعد از آن نمونه را به مدت ۳۰ دقیقه داخل حمام آب بن ماری ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار دادیم و میزان هدایت الکتریکی (EC) آن را با کمک دستگاه EC متر قرائت شد (C1) سپس نمونه را به مدت ۱۵ دقیقه داخل حمام آب بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه قرار دادیم و برای بار دوم هدایت الکتریکی آن را قرائت شد (C2) و بر اساس روابط زیر شاخص‌های مورد نظر محاسبه شد.

$$MSI = (1 - \frac{C1}{C2}) \times 100$$

$$EL = \frac{C1}{C2}$$

سایر صفات فیزیولوژیک به شرح ذیل محاسبه شد.

محتوای آب برگ

برای تعیین مقدار آب اندام گیاهی معمولاً از روش آون یا وزنی استفاده می‌شود. نمونه برداشت شده از برگ توزین شده و این وزن به عنوان وزن تر یا وزن تازه یادداشت‌برداری شد. وزن خشک (با قرار دادن برگ‌ها در آون با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت) و وزن آماس (با قرار دادن برگ‌ها در آب مقطر به مدت ۲۰-۱۸ ساعت) نیز محاسبه شدند.

$$LWC = \frac{WF-WD}{WF}$$

$$RWC = \frac{WF-WD}{WT-WD}$$

که در اینجا WF، WD و WT به ترتیب عبارت از وزن تازه برگ، وزن خشک (با قرار دادن برگ‌ها در آون با دمای ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت) و وزن آماس (با قرار دادن برگ‌ها در آب مقطر به مدت ۲۰-۱۸ ساعت) می‌باشند.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزار SPSS و مقایسه میانگین با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج

نتایج مربوط به ارزیابی مراحل فنولوژیکی از گلدهی تا میوه‌دهی تحت تاثیر نوع پایه و رقم

نتایج مربوط به ثبت زمان گلدهی در رقم اوحدی نشان داد که بین پایه بذری و کشت بافتی اختلاف زمانی از نظر گلدهی وجود ندارد. زمان گلدهی در رقم احمدآقایی در پایه بذری زودتر از پایه کشت‌بافتی بود. نتایج نشان داد که زمان رشد سریع جنین (مغز) در رقم اوحدی زودتر از رقم احمدآقایی اتفاق می‌اُفتد و همچنین رشد سریع جنین در پایه بذری در مقایسه با پایه کشت‌بافتی سریعتر بود. وضعیت مراحل فنولوژی از گلدهی تا میوه‌دهی در جدول ۱ و ۲ آورده شده است.

جدول ۱- تاثیر نوع پایه و رقم بر مراحل فنولوژی از گلدهی تا میوه‌دهی.

تاریخ	باز شدن گل	اتمام گل و گرده افشانی	اول ارزنی شدن	اتمام ارزنی شدن
۱۴۰۲/۰۱/۰۶	رقم اوحدی روی پایه بذری و کشت بافتی	رقم احمدآقایی روی پایه کشت‌بافتی	رقم احمدآقایی روی پایه بذری	-
۱۴۰۲/۰۱/۱۴	-	رقم اوحدی روی پایه بذری و کشت بافتی	رقم احمدآقایی روی پایه کشت‌بافتی	رقم احمدآقایی روی پایه بذری

جدول ۲- تاثیر نوع پایه و رقم بر مرحله به مغز رفتن میوه.

تاریخ	شروع به مغز رفتن	مغز (۱/۴)	نیمه مغز(۱/۲)	مغز کامل
۱۴۰۲/۰۴/۲۸	رقم احمدآقایی روی پایه کشت‌بافتی	رقم احمدآقایی روی پایه بذری	رقم اوحدی روی پایه کشت بافتی	رقم اوحدی روی پایه بذری

نتایج مربوط به ارزیابی شاخص‌های رشدی تحت تاثیر نوع پایه و رقم

نتایج نشان داد که نهال‌های بذری دارای ریشه‌های عمودی و عمقی بودند و نهال‌های کشت بافتی دارای ریشه‌های سطحی و جانبی بودند. بر این اساس، ریشه درختان کشت‌بافتی به دلیل کاربرد ماشین‌آلات در طول ردیف‌ها آسیب دیده و حذف شدند (شکل ۱). بر اساس ارزیابی انجام شده، در ردیف‌های کشت‌بافتی، درصد درختان حذف شده بین ۲۰ تا ۵۰ درصد متغیر و کاملاً مشهود بود.

شکل ۱- حذف درختان با پایه کشت‌بافتی به دلیل وجود ریشه‌های سطحی و جانبی.

نتایج مربوط به ارزیابی شاخص‌های مورفولوژیکی برگ تحت تاثیر نوع پایه و رقم

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری در بین پایه‌های بذری و کشت بافتی در شاخص‌های طول و عرض برگ، طول و عرض برگچه انتهایی، طول دمبرگ و سطح برگ در رقم اوحدی مشاهده نشد. طول و عرض برگچه انتهایی و سطح برگ به لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و ۵ درصد معنی‌دار بودند و در سایر صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. در رقم احمدآقایی بیشترین طول و عرض برگچه انتهایی و سطح برگ در پایه‌های بذری مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۳- تاثیر نوع پایه و رقم بر شاخص‌های مورفولوژیکی برگ.

نوع پایه	طول کل برگ	عرض کل برگ	طول برگچه انتهایی	عرض برگچه انتهایی	سطح برگ	طول دمبرگ
اوحدی روی پایه کشت‌بافتی	۱۵/۱۶ a	۱۵ a	۸/۲۴b	۴/۱c	۱۰۸۸۳/۶ab	۴/۰۲ a
اوحدی روی پایه بذری	۱۵/۴ a	۱۵/۸ a	۸/۴۴ b	۴/۱۶ c	۱۱۲۰۹/۶ ab	۴/۶۴ a
احمدآقایی پایه کشت‌بافتی	۱۳/۹ a	۱۴/۶۴a	۸/۲۸ b	۵/۴۲ b	۱۰۱۵۹/۴ b	۴/۶۲ a
احمدآقایی روی پایه بذری	۱۵/۸۶a	۱۶/۷۶a	۹/۷ a	۶/۳۲ a	۱۳۱۲۷/۲ a	۵/۱۸ a

در هر ستون میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

نتایج ارزیابی شاخص‌های فیزیولوژیکی برگ در پایه بذری و کشت بافتی ارقام مورد بررسی

صفات فیزیولوژیکی شامل محتوای آب نسبی، نشت یونی و شاخص پایداری غشا، تحت تأثیر نوع پایه و رقم معنی‌دار نبود، اما محتوای آب برگ تحت تأثیر نوع پایه و رقم قرار گرفت (درسطح احتمال ۱ درصد) نتایج نشان داد که در رقم احمدآقایی محتوای آب برگ بیشتر از رقم اوحدی بود. بر اساس نتایج، رقم احمدآقایی پایه بذری (۰/۵۹۲) محتوای آب برگ بالاتری در مقایسه با پایه کشت بافتی (۰/۵۲۷) داشت و همین روند در رقم اوحدی (در پایه بذری ۰/۵۲۸ و در پایه کشت‌بافتی ۰/۴۵۴) نیز مشاهده شد.

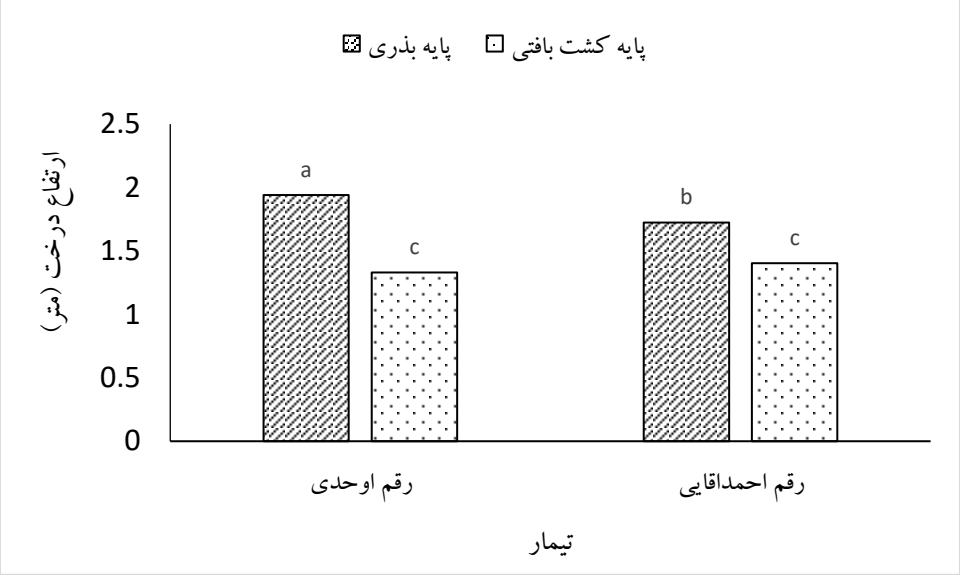
جدول ۴- تأثیر نوع پایه و رقم بر شاخص‌های فیزیولوژیکی برگ.

نوع پایه	محتوای آب نسبی	محتوای آب برگ	نشت یونی	شاخص پایداری غشا
اوحدی پایه کشت بافتی	۰/۶۳۹ a	۰/۴۵۴ c	۰/۱۱۸a	۸۸/۲۴۴ a
اوحدی پایه بذری	۰/۶۶۷ a	۰/۵۲۸ b	۰/۱۹۲ a	۸۰/۸۲۵ a
احمدآقایی پایه کشت بافتی	۰/۶۹۶a	۰/۵۲۷ b	۰/۱۶۹ a	۸۳/۱۴۸ a
احمدآقایی پایه بذری	۰/۷a	۰/۵۹۲ a	۰/۱۵۱a	۸۴/۹۴۸ a

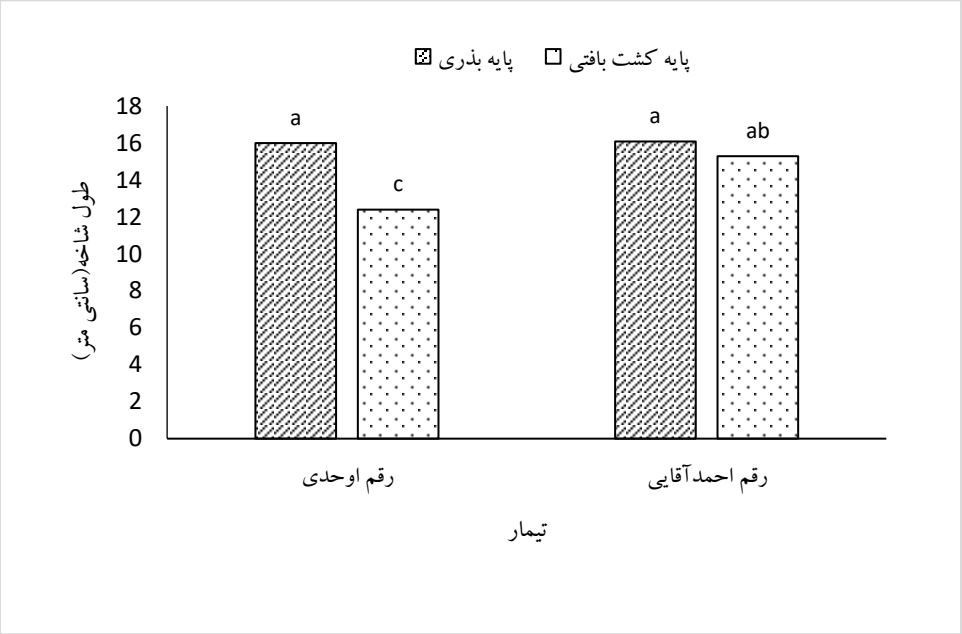
در هر ستون میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

نتایج مربوط به ارزیابی شاخص‌های رشدی تحت تاثیر نوع پایه و رقم

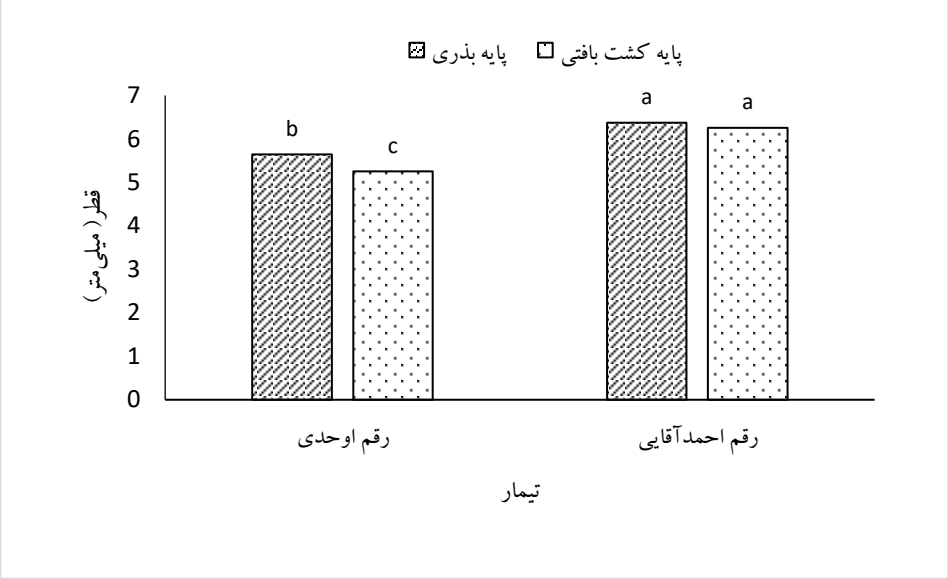
بر اساس نتایج مقایسه میانگین، در رقم اوحدی، ارتفاع و طول شاخه سال جاری بین پایه‌های بذری و کشت‌بافتی دارای اختلاف معنی‌داری بود. بیشترین ارتفاع درخت در رقم اوحدی (۱/۹۴ سانتی‌متر) و سپس در رقم احمدآقایی (۱/۷۲ سانتی‌متر) با پایه بذری بود و کمترین در پایه‌های کشت‌بافتی (۱/۴۰ و ۱/۳۳ به ترتیب در رقم احمدآقایی و اوحدی) مشاهده شد (شکل ۲). بیشترین طول سرشاخه مربوط به پایه بذری بود. میزان این شاخص به ترتیب در پایه بذری و پایه کشت‌بافتی ۱۶ و ۱۲/۳۹۵ سانتی‌متر بود. اما در رقم احمدآقایی اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد (شکل ۳). نتایج همچنین نشان داد که در شاخص قطر شاخه در ارقام اوحدی و احمدآقایی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد اما بین پایه‌های بذری و کشت بافتی در رقم اوحدی اختلاف معنی‌داری بود. بیشترین میزان این شاخص به ترتیب در پایه بذری و پایه کشت بافتی ۵/۶۴۶ و ۵/۲۵۸ میلی‌متر بود (شکل ۴).



شکل ۲- مقایسه ارتفاع درخت بین پایه‌های بذری و کشت بافتی در ارقام تجاری مورد بررسی
میانگین‌های دارای حرف مشترک، در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.



شکل ۳- مقایسه طول شاخه سال جاری بین پایه‌های بذری و کشت بافتی در ارقام تجاری مورد بررسی
میانگین‌های دارای حرف مشترک، در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

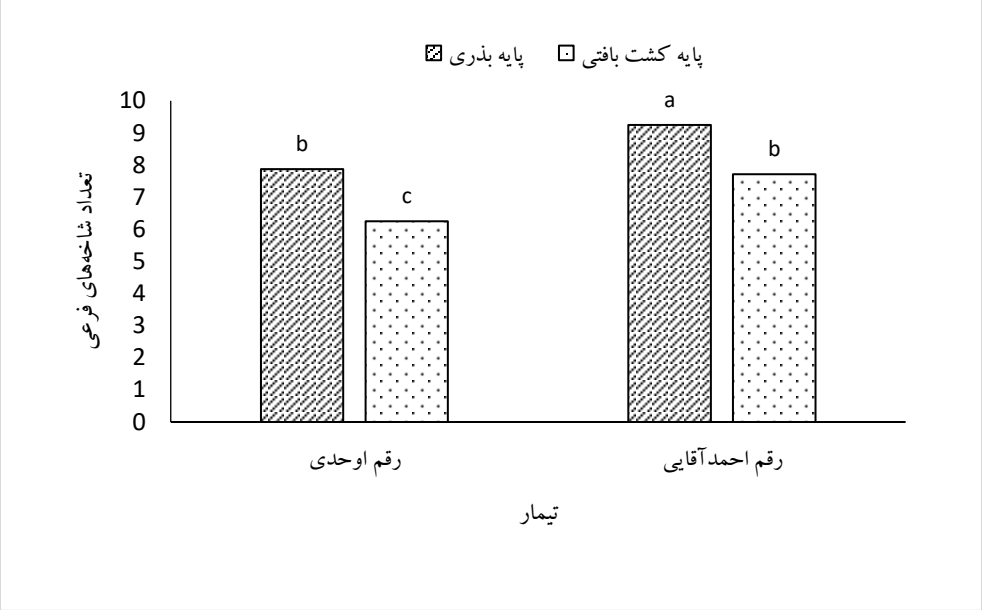


شکل ۴- مقایسه قطر شاخه سال جاری بین پایه‌های بذری و کشت بافتی در ارقام تجاری مورد بررسی
میانگین‌های دارای حرف مشترک، در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

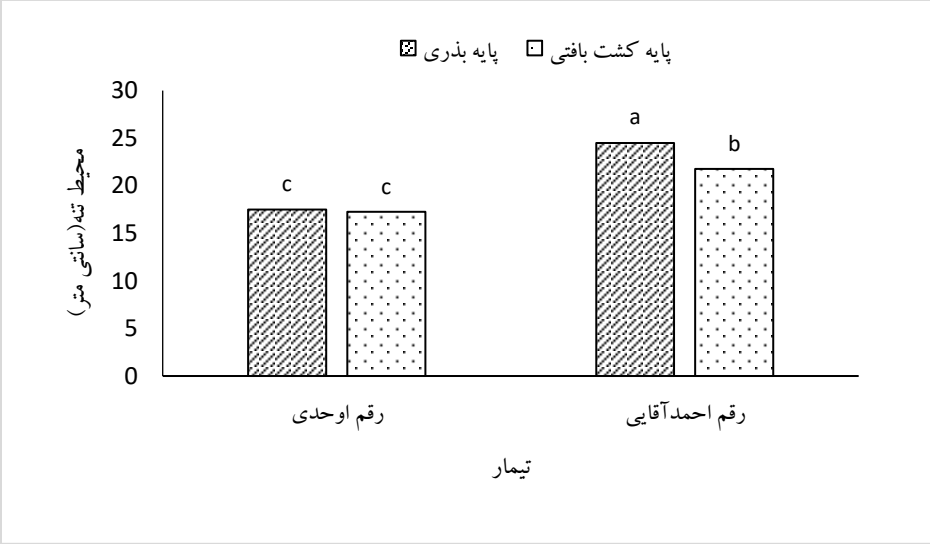
نتایج مقایسه میانگین تعداد شاخه‌های فرعی نشان داد که بیشترین آن به ترتیب مربوط به رقم احمدآقایی پایه بذری (۹/۲۴۴)> رقم احمدآقایی پایه کشت‌بافتی (۷/۷۱۳) و اوحدی پایه بذری (۷/۸۷)> اوحدی پایه‌های کشت‌بافتی (۶/۲۵) مشاهده شد. نتایج نشان داد تعداد شاخه‌های فرعی هر دو رقم بین پایه‌های بذری و کشت‌بافتی دارای اختلاف معنی‌دار بود (شکل ۵).

بر اساس نتایج، بیشترین محیط تنه مربوط به رقم احمدآقایی پایه بذری و سپس پایه کشت بافتی همین رقم بود و کمترین آن در رقم اوحدی مشاهده شد. در این رقم بین پایه بذری و کشت بافتی اختلاف معنی‌دار نبود (شکل ۶). نتایج مربوط به شعاع تاج نیز نشان داد که بیشترین آن به ترتیب مربوط به رقم احمدآقایی پایه بذری و سپس پایه کشت‌بافتی مشاهده شد. کمترین آن مربوط به رقم اوحدی بود و بین پایه بذری و پایه کشت بافتی در رقم اوحدی اختلاف معنی‌داری بود (شکل ۷).

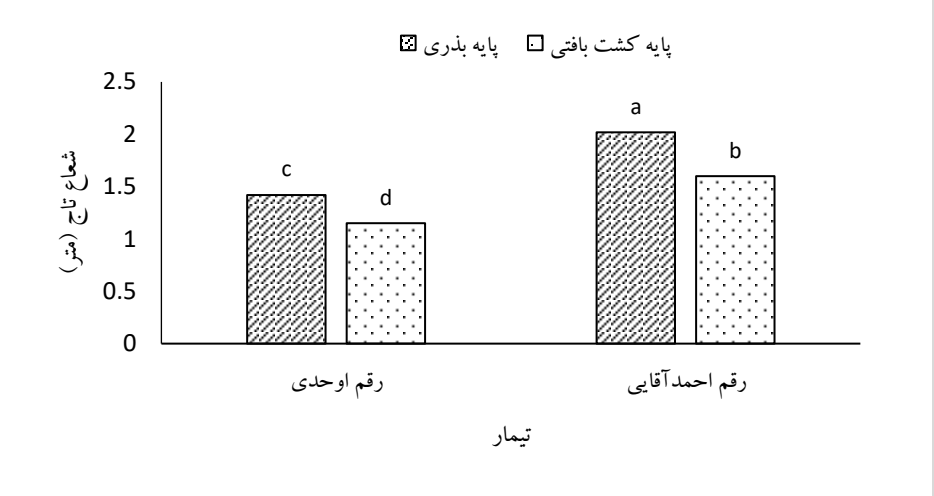
نتایج مربوط به تعداد جوانه زایشی نشان داد که بیشترین آن مربوط به پایه بذری به ترتیب در رقم احمدآقایی (۶/۷۵) و اوحدی (۵/۵۶) مشاهده شد. کمترین آن مربوط به پایه کشت‌بافتی رقم اوحدی (۵) بود و اختلاف معنی‌داری بین رقم اوحدی بذری و احمدآقایی کشت بافتی وجود نداشت (شکل ۸).



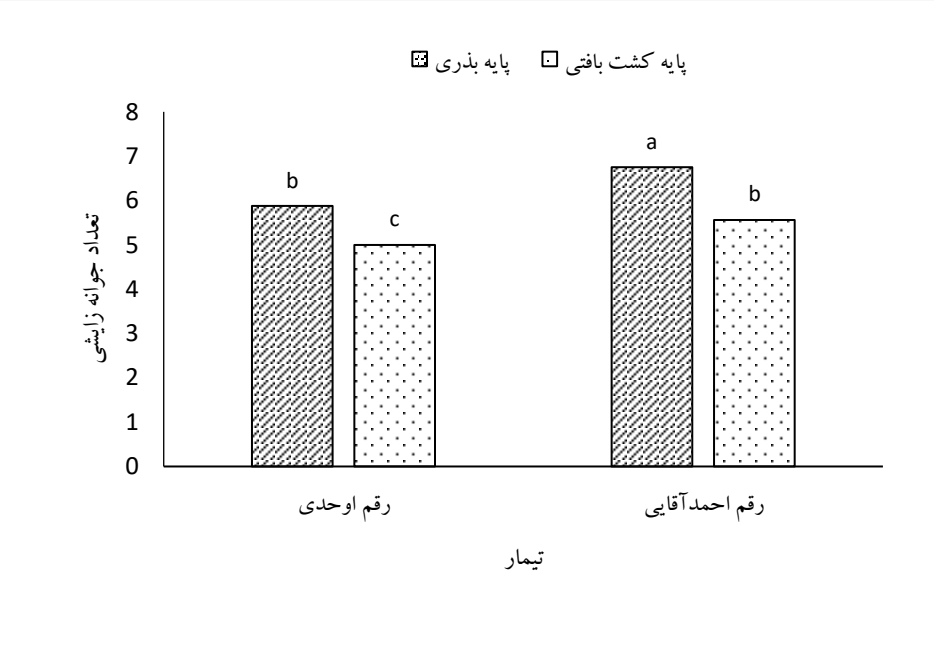
شکل ۵- مقایسه تعداد شاخه‌های فرعی بین پایه‌های بذری و کشت بافتی در ارقام تجاری مورد بررسی.
میانگین‌های دارای حرف مشترک، در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.



شکل ۶-مقایسه محیط تنه بین پایه‌های بذری و کشت بافتی در ارقام تجاری مورد بررسی.
میانگین‌های دارای حرف مشترک، در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.



شکل ۷- مقایسه شعاع تاج بین پایه‌های بذری و کشت بافتی در ارقام تجاری مورد بررسی.
میانگین‌های دارای حرف مشترک، در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.



شکل ۸- مقایسه تعداد جوانه زایشی بین پایه‌های بذری و کشت بافتی در ارقام تجاری مورد بررسی
میانگین‌های دارای حرف مشترک، در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

نتایج مربوط به ارزیابی غلظت عناصر غذایی برگ درختان تحت تأثیر نوع پایه و رقم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف بین پایه‌های بذری و کشت‌بافتی دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند. بر اساس نتایج مقایسه میانگین، بیشترین میزان بُر، آهن، روی، منگنز و مس در پایه‌های بذری در مقایسه با پایه کشت‌بافتی وجود داشت. بیشترین میزان پتاسیم، کلسیم و منیزیم در رقم احمدآقایی روی پایه‌های بذری مشاهده شد و کمترین میزان این عناصر در رقم اوحدی در پایه‌های کشت بافتی بود. نوع پایه و رقم در ارتباط با فسفر تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۵).

جدول ۵- تاثیر نوع پایه و رقم بر روی جذب عناصر غذایی برگ.

نوع پایه و رقم	فسفر (٪)	پتاسیم (٪)	کلسیم (٪)	منیزیم (٪)	بُر (ppm)	آهن (ppm)	روی (ppm)	منگنز (ppm)	مس (ppm)
اوحدی پایه کشت بافتی	۰/۰۷ a	۱/۰۸b	۰/۹b	۰/۲ b	۲۶۶/۸۴b	۱۱۲/۴b	۱۳/۸b	۱۷/۵ b	۷/۷ b
اوحدی پایه بذری	۰/۰۹ a	۱/۷۵ab	۰/۹b	۰/۲ b	۴۲۰/۳۹a	۱۸۷/۱a	۱۶/۸ a	۲۱/۳ a	۱۶ a
احمدآقایی پایه کشت بافتی	۰/۰۹ a	۱/۷ ab	۰/۹b	۰/۳ ab	۲۹۸/۷۲b	۱۵۳/۳b	۱۳/۳ b	۱۶/۳ b	۷/۲ b
احمدآقایی پایه بذری	۰/۱a	۱/۹۱ a	۱a	۰/۴ a	۴۵۷/۳۱a	۱۹۶/۹a	۱۸/۳ a	۳۲ a	۱۳/۷a

در هر ستون میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

نتایج مربوط به ارزیابی شاخص‌های عملکرد محصول تحت تأثیر نوع پایه و رقم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که طول، عرض و ضخامت در میوه و مغز تحت تأثیر نوع رقم در سطح احتمال یک درصد و طول میوه، ضخامت میوه و طول مغز تحت تاثیر نوع پایه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. اثرات متقابل پایه و رقم معنی‌دار نبودند. بر اساس نتایج، کمترین میزان طول میوه، ضخامت میوه و طول مغز در درختان با پایه کشت بافت مشاهده گردید (جدول ۶).

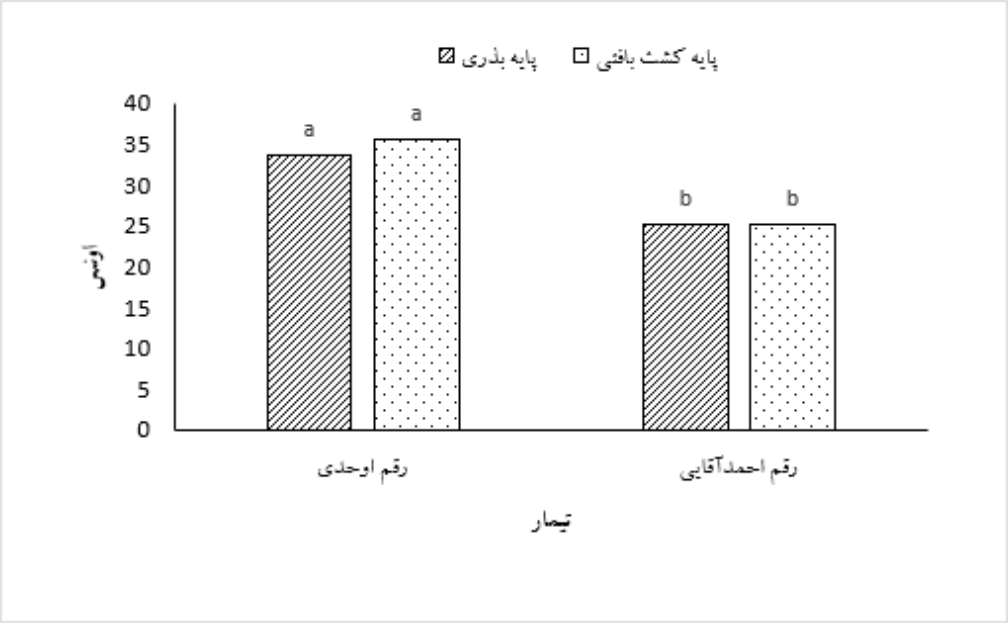
جدول ۶- تاثیر نوع پایه و رقم بر خصوصیات کیفی عملکرد.

تیمار		طول میوه (mm)	عرض میوه (mm)	ضخامت میوه (mm)	طول مغز (mm)	عرض مغز (mm)	ضخامت مغز (mm)
رقم	اوحدی	۱۶/۷۹۸ b	۱۱/۰۶۵ b	۱۱/۲۴۹ a	۱۵/۰۰۸ b	۸/۴۹۹ b	۸/۶۲۴ a
	احمدآقایی	۲۰/۷۲۸ a	۱۲/۷۵۶ a	۱۱/۳۱۷ a	۱۷/۷۲۰ a	۹/۶۱۵ a	۷/۸۸۹ b
پایه	کشت بافتی	۱۸/۳۴۵ b	۱۱/۸۲۶a	۱۰/۹۷۳ b	۱۶/۰۳۰ b	۸/۹۳۵ a	۸/۰۶۵a
	بذری	۱۹/۱۸۰a	۱۱/۹۹۵ a	۱۱/۵۹۳ a	۱۶/۶۹۹ a	۹/۱۷۹ a	۸/۴۴۹ a

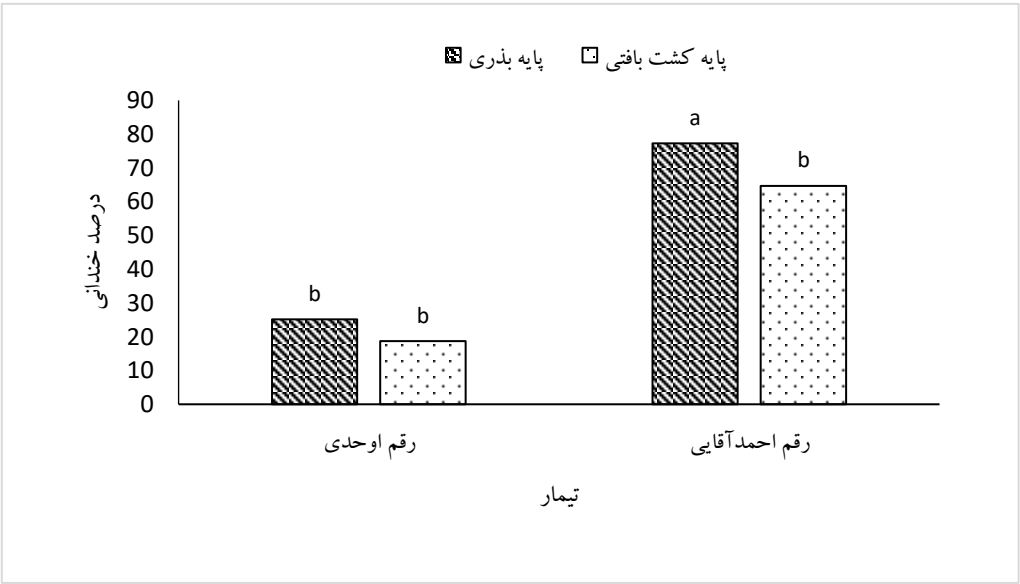
در هر ستون میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان اونس، درصد خندانی و دهان بست تحت تاثیر نوع رقم در سطح احتمال d; درصد معنی‌دار بود اما تحت تأثیر نوع پایه قرار نگرفتند. بیشترین میزان اونس در رقم اوحدی و کمترین میزان در رقم احمدآقایی بود.

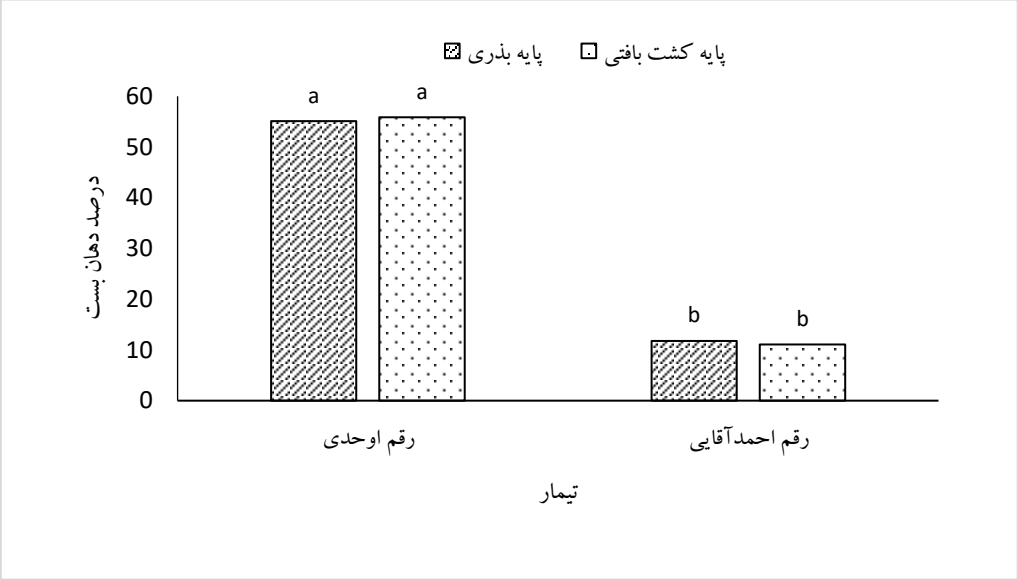
بر اساس نتایج، شاخص درصد پوکی و تعداد دانه در خوشه و عملکرد در هکتار تحت تاثیر نوع پایه و رقم معنی‌دار بود. بیشترین درصد پوکی هم در رقم اوحدی به ترتیب مربوط به پایه کشت‌بافتی و پایه بذری بود و کمترین درصد پوکی در رقم احمدآقایی مشاهده شد و نتایج مقایسه میانگین نشان داد که درصد پوکی در پایه بذری کمتر از پایه کشت بافتی بود. بیشترین تعداد دانه در خوشه به ترتیب مربوط به رقم احمدآقایی پایه بذری و رقم اوحدی پایه بذری و سپس در پایه‌های کشت‌بافتی مشاهده شد. بیشترین درجه خندانی در رقم احمدآقایی پایه بذری بود و کمترین در اوحدی پایه کشت‌بافتی مشاهده شد. میزان خندانی یکطرفه مربوط به رقم احمدآقایی پایه کشت‌بافتی (۷ درصد) بود (شکل‌های ۹، ۱۰،۱۱، ۱۲ ، ۱۳ ، ۱۴ و ۱۵).



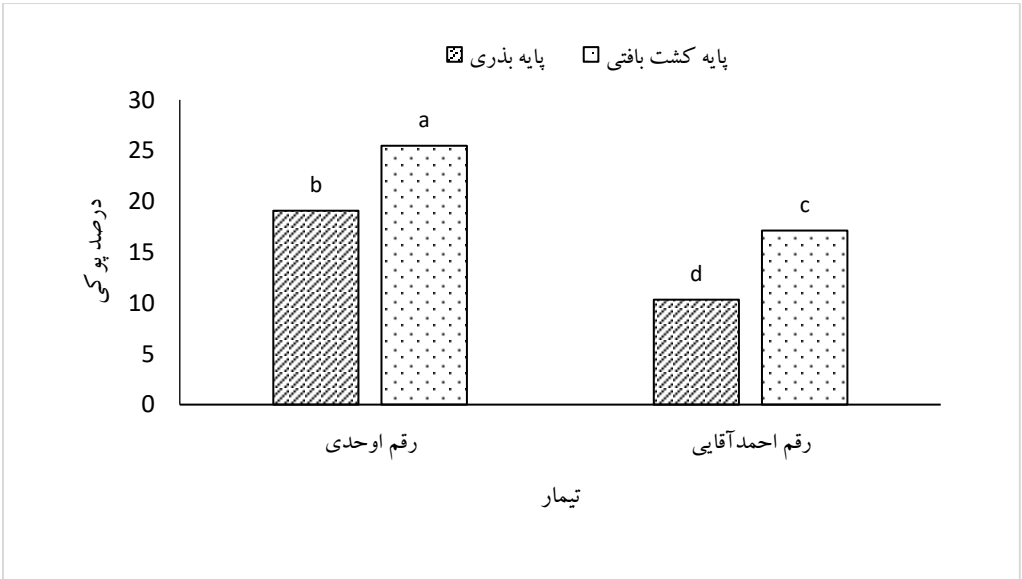
شکل ۹- مقایسه شاخص اونس بین پایه‌های بذری و کشت بافتی در ارقام تجاری مورد بررسی
میانگین‌های دارای حرف مشترک، در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.



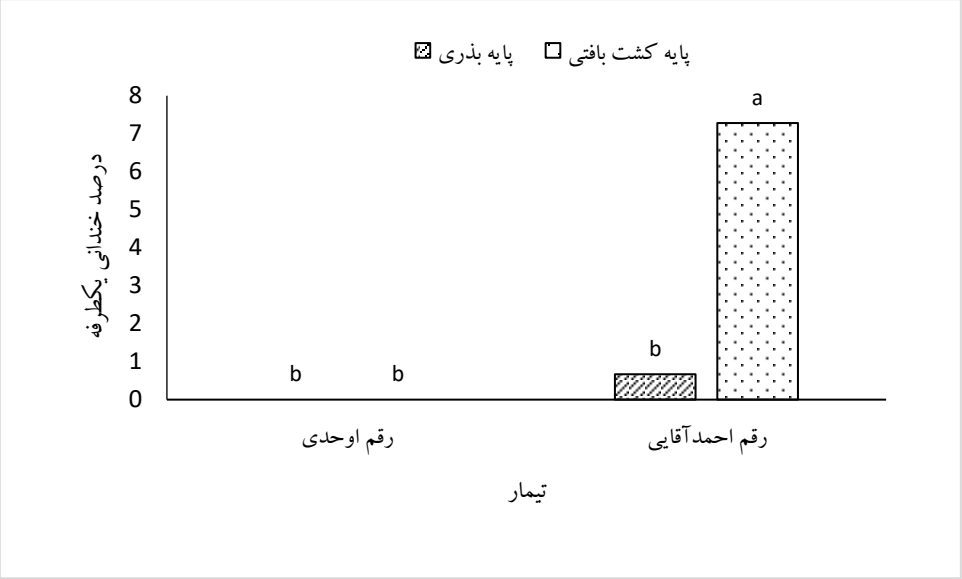
شکل ۱۰- مقایسه درصد خندانی محصول بین پایه‌های بذری و کشت بافتی در ارقام تجاری مورد بررسی
میانگین‌های دارای حرف مشترک، در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.



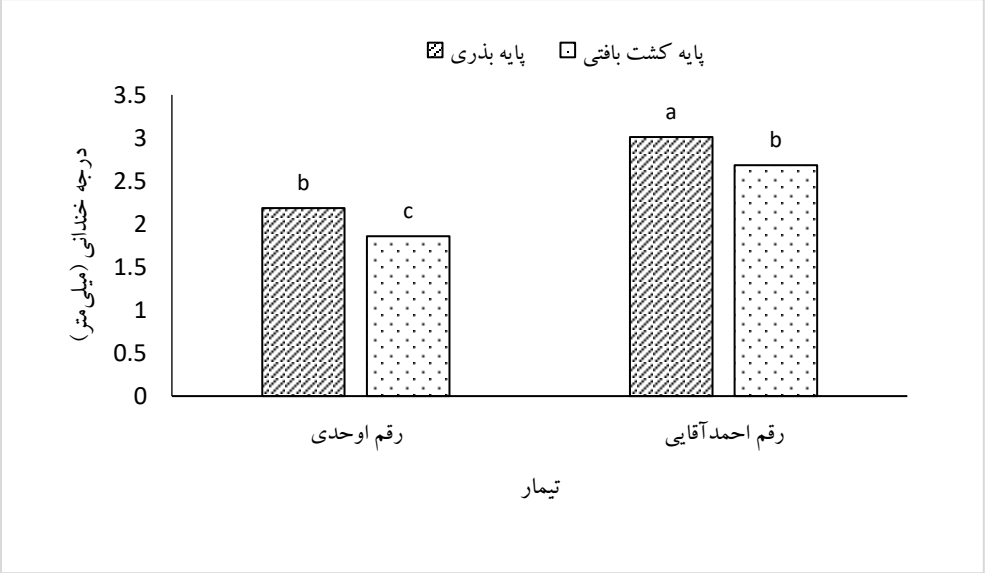
شکل ۱۱- مقایسه درصد دهان بست محصول بین پایه‌های بذری و کشت بافتی در ارقام تجاری مورد بررسی
میانگین‌های دارای حرف مشترک، در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.



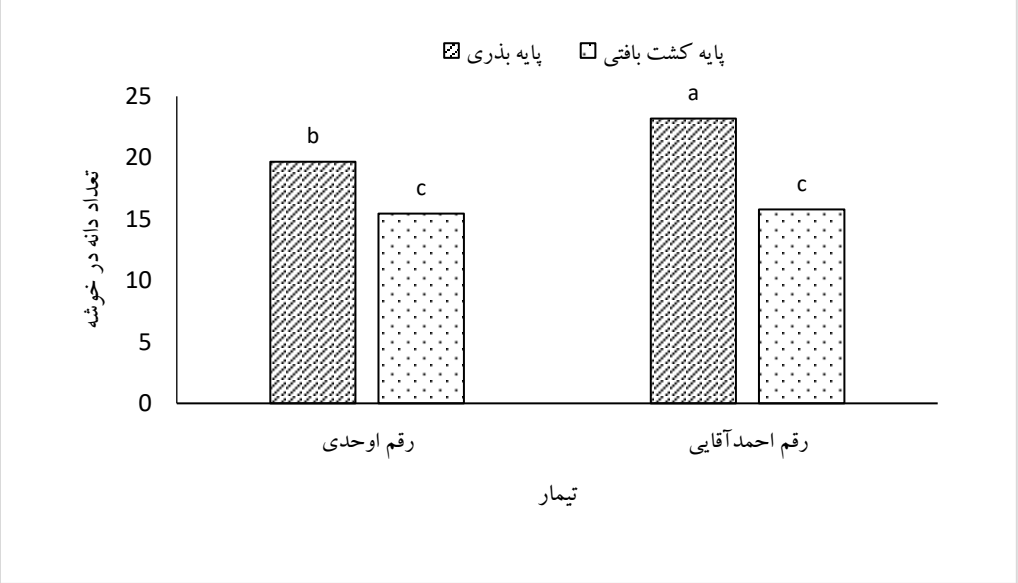
شکل ۱۲- مقایسه درصد پوکی محصول بین پایه‌های بذری و کشت بافتی در ارقام تجاری مورد بررسی
میانگین‌های دارای حرف مشترک، در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.



شکل ۱۳- مقایسه درصد خندانی یکطرفه میوه بین پایه‌های بذری و کشت بافتی در ارقام تجاری مورد بررسی
میانگین‌های دارای حرف مشترک، در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

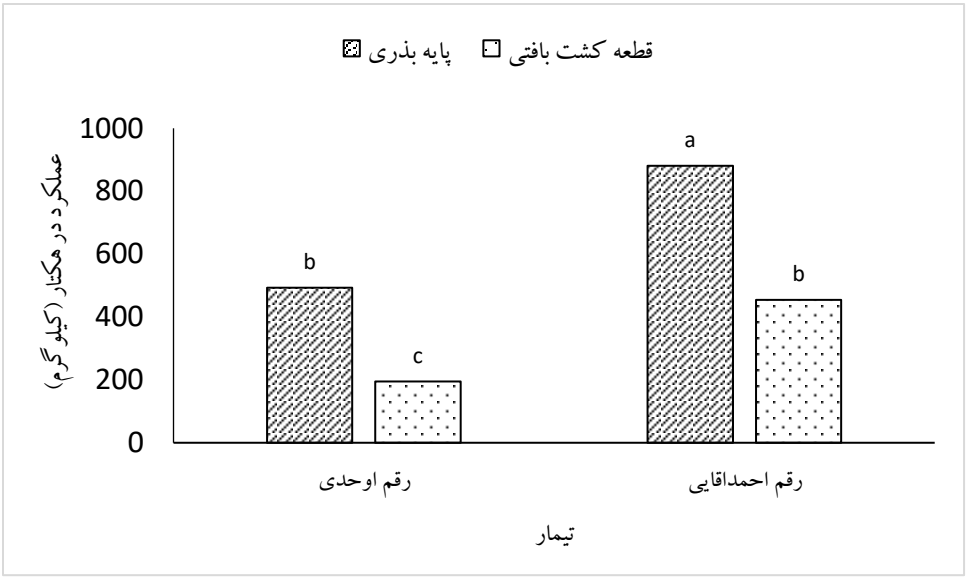


شکل ۱۴- مقایسه درجه خندانی میوه بین پایه‌های بذری و کشت‌بافتی در ارقام تجاری مورد بررسی
میانگین‌های دارای حرف مشترک، در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.



شکل ۱۵- مقایسه تعداد دانه در خوشه بین پایه‌های بذری و کشت بافتی در ارقام تجاری مورد بررسی
میانگین‌های دارای حرف مشترک، در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

بر اساس نتایج، شاخص عیار تحت تاثیر نوع پایه و رقم معنی‌دار نبودند. میزان عملکرد خشک در هکتار بر حسب کیلوگرم به ترتیب مربوط به رقم احمدآقایی پایه بذری (۸۸۰/۷۲)، احمدآقایی پایه کشت‌بافتی (۴۹۳/۳۲)، اوحدی پایه بذر (۴۵۴/۵۶) و اوحدی پایه کشت بافتی (۱۹۵/۳۰) بود (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- مقایسه عملکرد محصول خشک در هکتار بین پایه‌های بذری و کشت بافتی در ارقام تجاری مورد بررسی
میانگین‌های دارای حرف مشترک، در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

بحث و نتیجه‌گیری

ریشه‌زایی درختان پسته، به صورت فراتوفیت و عمقی است این موضوع باعث افزایش تحمل و سازگاری درختان پسته با مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور ما شده است (Javanshah and Afrousheh, 2018). در سال‌های اخیر، تولید نهال‌های کشت بافتی در محصولات باغبانی از جمله پسته توسعه پیدا کرده است. در این راستا، اختلاف بارزی که بین پایه‌های بذری و کشت بافتی وجود دارد، مربوط به سیستم ریشه می‌باشد. درختان پسته با پایه بذری دارای سیستم ریشه‌ای اصلی راست و قطور بوده و سایر ریشه‌ها از آن منشاء می‌گیرند، در حالی‌که درختان پسته با پایه کشت بافتی، تمامی ریشه‌های تشکیل شده بصورت نابجا از قاعده ساقه منشاء گرفته و دارای قطر تقریبا یکسانی هستند و تمایل به نفوذ عمقی در آن‌ها پایین بوده و به‌طور سطحی گسترش می‌یابند (تاج‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۷; Tekin *et al*., 2020). بر این اساس، درختانی که سیستم ریشه آن‌ها از بذر ایجاد می‌شود در مقایسه با درختان کشت بافتی، از نظر ویژگی‌های رشد بعدی متفاوت هستند. تحقیقات نشان داده است که درختان با پایه بذری در مقایسه با درختان کشت بافتی به دلیل سیستم ریشه توسعه یافته‌تری که ایجاد می‌کنند، باعث القای رشد سریع‌تر می‌شوند (Li *et al*., 2022). علاوه براین، نهال های بذری مستعد شوک کمتری در زمان انتقال و پیوند هستند، همچنین میزان موفقیت بیشتری در رشد دارند. بنابراین، هنگام مقایسه نرخ رشد، درختان بذری معمولاً مسیر رشد سریع‌تر و موفق‌تری نسبت به درختان کشت‌بافتی نشان می‌دهند (Douterlungne *et al*., 2015; Grossnickle and MacDonald, 2018) که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

نتایج ارزیابی شاخص‌های رشدی پایه‌های مورد بررسی بر روی ارقام تجاری اوحدی و احمدآقایی در این پژوهش نشان داد که درختان با پایه‌های بذری، بیشترین طول شاخه و کانوپی در مقایسه با پایه‌های کشت بافتی داشتند که این موضوع نیز می‌تواند به دلیل افزایش قدرت رشدی در پیوندک و افزایش حجم کانوپی درخت باشد. مشاهدات منطقه‌ای نیز نشان داد که پایه‌های بذری در مقایسه با پایه‌های کشت‌بافتی دارای رشد مناسب و کانوپی و عرض تاج زیاد بودند، این موضوع، علاوه بر این‌که باعث افزایش ظرفیت تولید می‌گردد، می‌تواند سازگاری مناسبی را در برابر تنش‌های محیطی ایجاد نماید.

همچنین بر اساس نتایج حاصل، در پایه‌های بذری بیشترین میزان بُر، آهن، روی، منگنز و مس در مقایسه با پایه کشت‌بافتی وجود داشت. بیشترین میزان پتاسیم، کلسیم و منیزیم در پایه‌های بذری احمدآقایی مشاهده شد و کمترین میزان این عناصر غذایی در پایه‌های کشت بافتی رقم اوحدی بود. این موضوع نشان دهنده این است

که پایه‌های بذری در مقایسه با پایه‌های کشت بافتی در جذب عناصر غذایی خاک کارآمدتر می‌باشند. از آنجا که در ساختار کلی ریشه حقیقی در پایه‌های بذری و ریشه نابجا در پایه‌های رویشی تفاوت اساسی وجود دارد و از طرف دیگر، انتقال عناصر غذایی از محلول خاک به سمت ریشه، وابسته به رطوبت خاک است، بنابراین در مناطق پسته‌کاری که عمدتاً خشک و نیمه خشک هستند، این انتقال می‌تواند تحت تاثیر نوع سیستم ریشه محدود شده و کاهش می‌یابد.

کیفیت میوه همبستگی زیادی با شرایط تغذیه‌ای درخت دارد. نتایج این پژوهش نشان داد که کمترین میزان طول میوه، ضخامت میوه و طول مغز در درختان با پایه کشت بافتی مشاهده گردید. درصد پوکی و تعداد دانه در خوشه و عملکرد در هکتار تحت تاثیر نوع پایه و رقم بود. درصد پوکی در پایه بذری کمتر از پایه کشت بافتی بود. بیشترین تعداد دانه در خوشه در پایه بذری مشاهده شد. بیشترین درجه خندانی در رقم احمدآقایی مربوط به پایه بذری بود و کمترین در اوحدی پایه کشت بافتی مشاهده شد. وجود خندانی یکطرفه مربوط به رقم احمدآقایی پایه کشت‌بافتی (۷ درصد) می تواند به دلیل وضعیت ریشه و جذب عناصر غذایی نسبت داد.

نتایج مربوط به ارزیابی مراحل فنولوژی طی دوره رشد نیز نشان داد که نوع پایه می‌تواند بر روی مرحله زمان به مغز رفتن میوه پسته تاثیر داشته باشد. بر اساس نتایج، زمان به مغز رفتن رقم اوحدی زودتر از رقم احمدآقایی بود و در پایه‌های بذری در مقایسه با پایه‌های کشت بافتی سریع‌تر بود که با نتایج سایر محققین مطابقت دارد (Tekin *et al*., 2020; Ouni *et al*., 2022). عمق سیستم ریشه می‌تواند به بر زمان رسیدن میوه تأثیر بگذارد. وجود سیستم ریشه‌ای عمیق به درخت اجازه دسترسی به آب و مواد غذایی را از لایه‌های عمیق‌تر خاک می‌دهد و منجر به بلوغ زودتر و عملکرد بالاتر شود. برعکس، سیستم‌های ریشه‌ای کم‌عمق‌تر ممکن است به دلیل دسترسی محدود به منابع ضروری منجر به رشد کندتر و تاخیر در بلوغ شوند (Tekin *et al*., 2020). از آنجا که حساس‌ترین مرحله رشد درختان پسته به تنش آبی، زمان گل‌دهی و به مغز رفتن است، بنابراین عمق سیستم ریشه می‌تواند یکی از عوامل تاثیرگذار در زمان لازم و بلوغ کامل پسته باشد.

محتوای آب برگ با بهبود فرآیند فتوسنتز، در رشد و عملکرد محصول تأثیر می‌گذارد (Lawlor, 2002). میزان این شاخص بر اساس شرایط منطقه و نوع پایه و رقم درختان پسته نیز متفاوت است. محتوای آب برگ درختان پسته در طول فصل رشد تحت تأثیر عوامل محیطی مانند دما و وضعیت آبیاری متفاوت است. در مراحل اولیه فصل رشد، زمانی که تقاضا برای آب کمتر است، محتوای آب در برگ ها بیشتر می‌شود. با شروع فصل تابستان و افزایش

تقاضا برای آب، محتوای آب در برگ‌ها ممکن است کاهش یابد، زیرا درخت از آب بیشتری برای رشد و نمو میوه استفاده می‌کند. نظارت و مدیریت آب در دسترس درختان پسته در مراحل مختلف رشد برای بهینه‌سازی رشد و بهره‌وری درختان بسیار مهم است (Flexas *et al*., 2001).

در درختان سالم پسته، محتوای آب برگ از ۶۰٪تا ۹۰٪ است. افزایش تحمل درختان پسته در شرایط تنش متوسط تا شدید، عمدتاً مربوط به تنظیم محتوای آب برگ، بستن روزنه‌ها برای کاهش اتلاف آب از طریق تعرق و فعال کردن ژن‌های پاسخ‌دهنده به استرس است. علاوه بر این، درختان پسته نیز ممکن است دستخوش تغییرات فیزیولوژیکی مانند کاهش رشد و ریزش برگ‌ها شوند. این سازگاری‌ها به درختان پسته کمک می کند تا زنده بمانند و پس از استرس بهبود یابند و سلامت و بهره وری طولانی مدت آنها را تضمین کنند (Sedaghati, & Hokmabadi, 2015).

پسته‌کاری از ارزآوری اقتصادی بالایی برخوردار است. در کشور ما علی‌رغم این‌که بالاترین سطح زیر کشت پسته وجود دارد، اما بهره‌وری پایین است که بخشی از آن به دلیل عدم توجه به انتخاب پایه و رقم مناسب و سازگار با تغییرات اقلیمی است. بنابراین اهمیت توجه به انتخاب پایه و رقم مناسب جهت افزایش عملکرد در واحد سطح و رقابت در سطح بین المللی حائز اهمیت می‌باشد. تحقیقات قبلی نشان داده است که ارقام مختلف پسته سازگاری متفاوتی با شرایط مختلف محیطی دارند. در سال‌های اخیر، رقم تجاری احمدآقایی به دلیل داشتن برخی ویژگی‌های کلیدی از جمله رشد و سازگاری با شرایط مختلف محیطی به عنوان گزینه‌ای مناسب برای پیوند در مناطق پسته‌خیز کشور گسترش یافته است (Eskandari Torbaghan, 2023) که با نتایج این تحقیق در بحث افزایش عملکرد در مقایسه با رقم اوحدی مطابقت دارد (Heydari & Hokmabad, 2015; Ismaili *et al*., 2015; Arab *et al*., 2022). نتایج این تحقیق نشان داد بیشترین عملکرد مربوط به رقم احمدآقایی روی پایه بذری است. همچنین رقم احمدآقایی در مقایسه با اوحدی روی پایه‌های کشت‌بافتی دارای بالاترین عملکرد بود که با سایر تحقیقات مطابقت دارد (علیپور و همکاران، ۱۳۹۷).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش حاکی از آن است که استفاده از پایه‌های کشت‌بافتی در درختان پسته، تأثیری نامطلوب بر ویژگی‌های رشد رویشی، میزان جذب عناصر غذایی، محتوای نسبی آب برگ و همچنین خصوصیات کمی و کیفی عملکرد رقم پیوندی دارد. این یافته‌ها مؤید آن است که در مناطق پسته‌کاری ایران که عمدتاً در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک واقع شده و با تنش‌های محیطی متعددی نظیر سرمازدگی، شوری و کم‌آبی مواجه هستند،

کاربرد پایه‌های بذری گزینه مناسب‌تری به شمار می‌رود. در رقم احمدآقایی، عملکرد در واحد سطح روی پایه بذری بیش از ۷۵ درصد نسبت به پایه کشت‌بافتی برتری داشت. این برتری در رقم اوحدی بیش از ۱/۳ برابر (معادل حدود ۳۰ درصد افزایش) بود. افزون بر این، تلفات درختان دارای پایه کشت‌بافتی به دلیل ساختار ریشه‌ای افشان و سطحی آن‌ها و آسیب‌پذیری در فضاهای بین‌ردیف، می‌تواند تا ۲۰ تا ۵۰ درصد از عملکرد کل بکاهد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از کلیه مدیران، پژوهشگران و کارشناسان پژوهشکده پسته و مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی که با حمایت‌های مالی و همکاری‌های صمیمانه خود، ما را در اجرا و پیشبرد این پژوهش یاری نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنیم.

منابع

۱. آمارنامه کشاورزی. (۱۴۰۰). محصولات باغی. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.

۲. ابریشمی، محمد حسین. (۱۳۷۳). پسته ایران، شناخت تاریخی. تهران: مرکز نشر دانشگاهی. ۶۷۲ صفحه.

۳. اسماعیل‌پور، علی. (۱۳۷۸). بررسی و مقایسه ۲۸ رقم پسته در شرایط اقلیمی رفسنجان. گزارش نهایی موسسه تحقیقات پسته کشور.

۴. امام، میترا.، قمری زارع، عباس.، اسپهبدی، کامبیز.، نراقی، طیبه سهیلا و شهرزاد، شکوفه. (۱۳۹۰). ریزازدیادی درخت جنگلی تیس (*Surbus aucupaia*) از طریق کشت ریز نمونه جوانه گیاه بالغ. فصلنامه اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۹(۲)، ۲۶۳-۲۷۳.

۵. علیپور، حمید و رضوی نسب، اعظم. (۱۳۹۷). بررسی سازگاری شش رقم تجاری پسته. روی پایه‌های کشت بافتی حاصل از رقم بادامی زرند در شرایط اقلیمی کرمان. علوم و فناوری پسته. ۳(۶)، ۷۲-۵۷.

۶. تاج‌آبادی‌پور، علی.، وطن پور ازغندی، علی و مجتهدی، نرگس. (۱۳۸۶). مقایسه رشد و خصوصیات مرفولوژیک نهال‌های حاصل از ریزازدیادی با نهال‌های بذری پسته در شرایط مزرعه. گزارش نهایی پژوهشکده پسته.

۷. هاشمی‌نسب، حجت.، افروشه، مریم. (۱۳۹۷). معرفی پایه‌ها و ارقام پسته آمریکا و مقایسه آنها با شرایط ایران. انتشارات مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی.

8. Akdemir, H., Suzerer, V., Tilkat, E., Onay, A., & Çiftçi, Y. O. (2016). Detection of variation in long-term micropropagated mature pistachio via DNA-based molecular

markers. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, *180*, 1301-1312.

9. Almehdi, A. A., Parfitt, D. E., & Chan, H. (2002). Propagation of pistachio rootstock by rooted stem cuttings. *Scientia Horticulturae*, *96*(1-4), 359-363.
10. Arab, H., Afrousheh, M., Abdollahi Ezatabadi, M., & Tajabadipour, A. (2021). The effect of yield fluctuations and production risk on pistachio commercial cultivars in Kerman province. *Journal of Nuts*, *12*(1), 9-15.
11. Benmahioul, B., Daguin, F., & Kaïd-Harche, M. (2015). Cryopreservation of *Pistacia vera* embryonic axes. *Journal of Forest Science*, *61*(4), 182-187.
12. Douterlungne, D., Ferguson, B. G., Siddique, I., Soto-Pinto, L., Jímenez-Ferrer, G., & Gavito, M. E. (2015). Microsite determinants of variability in seedling and cutting establishment in tropical forest restoration plantations. *Restoration Ecology*, *23*(6), 861-871.
13. Eskandari Torbaghan, M. (2023). Adaptability study of commercial pistachio cultivars in seven regions of Khorasan-Razavi province, Iran. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, *6*(2), 145-156.
14. Esmail-Pour, A. (2001). Distribution, use and conservation of pistachio in Iran. In *Project on Underutilized Mediterranean Species. Pistacia: towards a comprehensive documentation of distribution and use of its genetic diversity in Central & West Asia, North Africa and Mediterranean Europe. Report of the IPGRI Workshop, 14-17 December 1998, Irbid, Jordan* (Vol. 472, p. 16).
15. Ferguson, L., Polito, V., & Kallsen, C. (2005). The pistachio tree; botany and physiology and factors that affect yield. *Pistachio production manual, 4th ed. Davis, CA, USA, University of California Fruit & Nut Research Information Center*, 31-39.
16. Ferguson, L., & Haviland, D. (2016). *Pistachio production manual* (Vol. 3545). UCANR Publications.
17. Flexas, J., Gulías, J., Jonasson, S., Medrano, H., & Mus, M. (2001). Seasonal patterns and control of gas exchange in local populations of the Mediterranean evergreen shrub *Pistacia lentiscus* L. *Acta Oecologica*, *22*(1), 33-43.
18. Grossnickle, S. C., & MacDonald, J. E. (2018). Why seedlings grow: influence of plant attributes. *New forests*, *49*, 1-34.
19. Heydari, M. & Hokmabadi, H. (2015). Investigation of compatibility and evaluation of quantitative and qualitative yield of different *pistachio cultivars in Buin Zahra region of Qazvin. In M. Rouzban, M. Rahemi, & A. Ghorbani. National Conference on Scientific Approaches in Green Gold, Pistachio Industry. Damghan, Iran* (102-107).
20. Ismaili, A., Hokmabadi, H., Seidi, A., & Sari, H. (2015). Preliminary study of compatibility of 12 pistachio cultivars in climatic conditions of Ilam province. In M. Rouzban, M. Rahemi, & A. Ghorbani. *National Conference on Scientific Approaches in Green Gold, Pistachio Industry. Damghan, Iran* (pp. 214-218).
21. Javanshah, A., & Afrousheh, M. (2018). The importance of applying moisture retaining compounds in pistachio seedling growth medium under drought stress. *Pistachio and Health Journal*, *1*(4), 38-47.
22. Lawlor, D. W. (2002). Limitation to photosynthesis in water-stressed

leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. *Annals of botany*, *89*(7), 871-885.

23. Li, L., Deng, X., Zhang, T., Tian, Y., Ma, X., & Wu, P. (2022). Propagation methods decide root architecture of Chinese fir: Evidence from tissue culturing, rooted cutting and seed germination. *Plants*, *11*(19), 2472.
24. Nezami-Alanagh, E., Garoosi, G. A., Landín, M., & Gallego, P. P. (2019). Computer-based tools provide new insight into the key factors that cause physiological disorders of pistachio rootstocks cultured in vitro. *Scientific Reports*, *9*(1), 9740.
25. Onay, A., Jeffree, C. E., & Yeoman, M. M. (1995). Somatic embryogenesis in cultured immature kernels of Pistachio, *Pistacia vera* L. *Plant Cell Reports*, *15*, 192-195.
26. Onay, A. (2000). Micropropagation of pistachio from mature trees. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, *60*(2), 159-163.
27. Ouni, S., Noguera-Artiaga, L., Carbonell-Barrachina, A., Ouerghui, I., Jendoubi, F., Rhouma, A., & Chelli-Chaabouni, A. (2022). Cultivar and Rootstock Effects on Growth, Yield and Nut Quality of Pistachio under Semi-Arid Conditions of South Mediterranean. *Horticulturae*, *8*(7), 606.
28. Sedaghati, N., & Hokmabadi, H. (2015). Optimizing pistachio irrigation management using the relationship between echo-physiological characteristics and water stress. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *17*(1), 189-200.
29. Sivanesan, I., & Park, S. W. (2015). Optimizing factors affecting adventitious shoot regeneration, in vitro flowering and fruiting of *Withania somnifera* (L.) Dunal. *Industrial Crops and Products*, *76*, 323-328.
30. Soh, A. C. (1987). Abnormal oil palm clones. Possible causes and implications: Further discussions. *Planter*, *63*(731), 59-65.
31. Stamler, R. A., Kilcrease, J., Kallsen, C., Fichtner, E. J., Cooke, P., Heerema, R. J., & Randall, J. J. (2015). First report of Rhodococcus isolates causing pistachio bushy top syndrome on 'UCB-1'rootstock in California and Arizona. *Plant Disease*, *99*(11), 1468-1476.
32. Tabiyeh, D. T., Bernard, F., & Shacker, H. (2005). Investigation of glutathione, salicylic acid and GA3 effects on browning in Pistacia vera shoot tips culture. In *IV International Symposium on Pistachios and Almonds 726* (pp. 201-204).
33. Tekin, H., Karagöz, I. D., Kiliç, İ. H., Simitçioğlu, B., & Yayla, F. (2020). Morphological-pomological characteristics and ecological requirements of pistachio (*Pistacia vera* L.). *Zeugma Biological Science*, *1*(2), 15-27.
34. Zohary, M. (1952). A monographical study of the genus *Pistacia*. *Palestine Journal of Botany (Jerusalem Series)*, *5*(4), 187-228.

Evaluation of compatibility and yield of commercial pistachio cultivars (Ahmad Aghaei and Owhadi) on seed and tissue-cultured rootstocks of 'Badami Zarand'

Maryam Afrousheh[1*], Ali Tajabadipour[1]

Abstract

This study aimed to compare the growth and yield of two commercial pistachio cultivars, 'Ahmad-Aghaei' and 'Owhadi', grafted onto seedling-derived and tissue-cultured rootstocks of 'Badami Zarand'. The experiment was conducted as a factorial using a randomized complete block design (RCBD) including two rootstock types and two cultivars with three replications. Phenological evaluation showed that flowering in the 'Ahmad-Aghaei' cultivar on seed rootstocks occurred earlier than on tissue-cultured ones. The highest leaf area was recorded in 'Ahmad-Aghaei' on seed rootstocks. In contrast, for 'Owhadi', these leaf characteristics showed no significant difference between the two rootstock types. The 'Ahmad-Aghaei' on seed rootstocks exhibited higher leaf water content (0.592) compared to tissue-cultured rootstocks (0.527). A similar trend was observed for 'Owhadi' (0.528 and 0.454 on seed and tissue-cultured rootstocks, respectively). The greatest shoot length, canopy radius, and number of reproductive buds were observed in 'Ahmad-Aghaei' on seed rootstocks. Leaf elemental analysis indicated that the concentrations of B, Fe, Zn, Mn, and Cu were highest in trees on seed rootstocks. Evaluation of yield components demonstrated that fruit length, fruit thickness, and kernel length were all higher on seed rootstocks. The lowest blank nut percentage was recorded for 'Ahmad-Aghaei' on seed rootstocks. The highest number of nuts per cluster was observed for both cultivars on seed rootstocks. The dry kernel yield (kg/ha) was as follows: 'Ahmad-Aghaei' on seed rootstock (880.72), 'Ahmad-Aghaei' on tissue-cultured rootstock (493.32), 'Owhadi' on seed rootstock (454.56), and 'Owhadi' on tissue-cultured rootstock (195.30)..

Keywords: Pistachio, Tissue-cultured rootstock, Cultivar, Growth, Yield.

1 Pistachio Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
*Corresponding Author: Ma.afrousheh@yahoo.com