

تأثیر ترکیبات آلی بستر کشت بر شاخص‌های رشد، جذب عناصر و پاسخ‌های آنتی‌اکسیدانی در فیلودندرون پرتقالی (*Philodendron erubescens* var. Prince of Orange)

شریفه قاسمی، سپیده کلاته‌جاری*، مرجان دیانت

گروه علوم و مهندسی کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

✉ kalatehjari@srbiau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱/۲۳، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۴/۲۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۴/۲۸

چکیده

اهمیت انتخاب بستر کشت مناسب در پرورش گیاهان زینتی آپارتمانی به عنوان عاملی تعیین‌کننده در رشد بهینه، سلامت گیاه و کارایی مصرف نهاده‌ها شناخته می‌شود. پژوهش حاضر به بررسی اثر ۱۵ ترکیب مختلف بستر کشت شامل (۱) $P30\% + C70\%$ ، (۲) $P30\% + 6Months FC10\% + C60\%$ ، (۳) $P30\% + 6Months FC20\% + C50\%$ ، (۴) $P30\% + 6Months FC30\% + C40\%$ ، (۵) $P30\% + 12Months FC10\% + C60\%$ ، (۶) $P30\% + 12Months FC20\% + C50\%$ ، (۷) $P30\% + 12Months FC30\% + C40\%$ ، (۸) $P30\% + VC10\% + C60\%$ ، (۹) $P30\% + VC20\% + C50\%$ ، (۱۰) $P30\% + VC30\% + C40\%$ ، (۱۱) $P29\% + A1\% + C70\%$ ، (۱۲) $P28\% + A2\% + C70\%$ ، (۱۳) $P27\% + A3\% + C70\%$ ، (۱۴) $P29\% + 6Months FC10\% + A1\% + C60\%$ و (۱۵) $P29\% + 12Months FC10\% + A1\% + C60\%$ بر رشد و فیزیولوژی گیاه فیلودندرون پرتقالی (*Philodendron erubescens*) در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار پرداخت. نتایج نشان داد بستر حاوی ۲۹٪ پرلیت + ۱۰٪ کمپوست قارچ ۱۲ ماهه + ۱٪ جلبک سارگاسوم خشک + ۶۰٪ کوکوپیت به طور معنی‌داری (در سطح ۱٪) موجب بهبود شاخص‌های رشد رویشی، جذب عناصر غذایی (نیترژن، فسفر و پتاسیم) و افزایش محتوای رنگدانه‌های نورساختی (سبزینه a، b و کاروتنوئیدها) گردید. این ترکیب با تأمین مواد مغذی و هورمون‌های رشد طبیعی، باعث کاهش تنش‌های اکسیداتیو و کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز) و مالون‌دی‌آلدئید شد. در مقابل، تیمار شاهد (۳۰٪ پرلیت + ۷۰٪ کوکوپیت) به دلیل فقر مواد آلی، بالاترین سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و تجمع پرولین را نشان داد که حاکی از ایجاد تنش اکسیداتیو بود. یافته‌ها مؤید آن است که ترکیبات بستری حاوی کمپوست قارچ و جلبک دریایی با بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیکی و شیمیایی خاک و تأمین تدریجی عناصر غذایی، شرایط بهینه‌ای برای رشد گیاهان زینتی فراهم می‌کنند. این مطالعه بر اهمیت انتخاب بستر کشت مناسب به عنوان عاملی کلیدی در مدیریت تولید گیاهان زینتی تأکید دارد.

واژه‌های کلیدی: بستر کشت، بهبود رشد، تنش اکسیداتیو، گیاه زینتی.

مقدمه

گیاهان آپارتمانی با تأثیرات مثبت بر زیبایی فضای داخلی، تصفیه هوا و ایجاد آرامش روانی، جایگاه ویژه‌ای در زندگی شهری یافته‌اند. تحقیقات نشان می‌دهد این گیاهان قادر به جذب آلاینده‌های خطرناکی مانند فرمالدهید و بنزن هستند که کیفیت هوای محیط را بهبود می‌بخشند (Seliem et al., 2021).

در میان گونه‌های مختلف گیاه فیلودندرون، وارسته پرتقالی به دلیل برگ‌های رنگارنگ و سازگاری بالا با شرایط آپارتمانی، مورد توجه ویژه قرار گرفته است. این گیاه از تیره آراسه^۱ بوده و همانند سایر اعضای این خانواده، علاوه بر جنبه تزئینی، در تصفیه هوای محیط نیز مؤثر است (Ortiz et al., 2022).

موفقیت در پرورش این گیاهان مستلزم انتخاب بستر کشت مناسب است که تأثیر مستقیمی بر رشد و سلامت گیاه دارد. بستر ایده‌آل باید ضمن حفظ رطوبت کافی، از زهکشی و تهویه مناسب برخوردار باشد تا از آب‌ماندگی و بیماری‌های قارچی جلوگیری کند (Bergstrand, 2022). همچنین وجود مواد آلی و معدنی کافی در بستر، نیازهای تغذیه‌ای گیاه را تأمین می‌نماید (Esringü et al., 2022; Tammam et al., 2023). در این زمینه، ورمی‌کمپوست به عنوان یک ماده آلی غنی حاوی عناصر ضروری مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم، می‌تواند ضمن بهبود ساختار فیزیکی خاک، نیاز به کودهای شیمیایی را کاهش دهد (Nourzad et al., 2014). مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از ورمی‌کمپوست نه تنها حاصلخیزی خاک را افزایش می‌دهد، بلکه مقاومت گیاهان را در برابر بیماری‌ها و آفات نیز تقویت می‌کند (Vahid Afagh et al., 2019). از دیگر گزینه‌های مناسب برای بستر کشت می‌توان به کمپوست قارچی اشاره کرد که حاوی ترکیبات ارزشمندی مانند کلش، کودهای حیوانی و سنگ گچ است. این نوع کمپوست با تأمین عناصر غذایی ضروری، به بهبود کیفیت خاک و افزایش عملکرد گیاهان کمک شایانی می‌کند (Roy et al., 2021). همچنین، جلبک سارگاسوم^۲ به عنوان یک منبع غنی از مواد آلی و عناصر معدنی، می‌تواند در ترکیب با بسترهای کشت مورد استفاده قرار گیرد. تحقیقات نشان می‌دهد این جلبک دریایی علاوه بر تأمین مواد مغذی، دارای خواص آنتی‌اکسیدانی بوده و به بهبود ساختار خاک کمک می‌کند (Monjezi et al., 2023).

مطالعات متعددی تأثیر انواع بسترهای کشت آلی را بر رشد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاهان بررسی کرده‌اند. در گل همیشه بهار^۳، تیمارهای ۳۰٪ ورمی‌کمپوست و کمپوست کود دامی باعث افزایش ۳ برابری وزن خشک و کاهش تنش اکسیداتیو ناشی از کم‌آبی شدند (Khosravi Shakib et al., 2020). در مرزه ماکرانتا^۴ دریافتند ترکیب ورمی‌کمپوست با NPK بیشترین تأثیر را بر ویژگی‌های مورفولوژیک و بیوشیمیایی داشت (Bakhtiari et al., 2020). در سیاه‌دانه^۵ (Darakeh et al., 2022) و در رز^۶ (Esringu et al., 2022) نشان داده شد ورمی‌کمپوست در ترکیب با مایکوریزا باعث بهبود معنی‌دار رشد گیاهان شد. در مطالعات دیگر، کمپوست قارچی بیشترین تأثیر را بر بهبود ویژگی‌های خاک و رشد بابلونه آلمانی^۷ داشت (Vahid Afagh et al., 2019). همچنین ترکیب بیوجار با کمپوست قارچی در ختمی^۸ باعث کاهش تنش اکسیداتیو و افزایش وزن گیاه شد (Roy et al., 2021). در سایر پژوهش‌ها، بسترهای حاوی کمپوست مصرفی قارچ در آلسترومریا گل‌دانی^۹ (Ghanbari zade et al., 2018) و مرزه^{۱۰} (Esmailpour et al., 2025) و بستر به همراه جلبک در همیشه بهار (Kalhor et al., 2019) رشد مطلوبی نشان دادند. این مطالعه با هدف بررسی علمی تأثیر ترکیبات مختلف بستر کشت بر شاخص‌های رشد، جذب عناصر غذایی و پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه فیلودندرون پرتقالی (*Philodendron erubescens*) طراحی شد. به‌طور خاص، ارزیابی کارایی بسترهای حاوی مواد آلی (ورمی‌کمپوست، کمپوست قارچ و جلبک سارگاسوم) در مقایسه با بسترهای ترکیبی (معدنی-آلی) (پرلیت و کوکوپیت) از لحاظ بهبود ویژگی‌های رشدی، کاهش تنش اکسیداتیو و افزایش کارایی جذب عناصر مدنظر بود. نتایج این تحقیق می‌تواند مبنای علمی برای تدوین روش‌های بهینه کشت گیاهان زینتی در سیستم‌های بدون خاک و همچنین کاهش مصرف کودهای شیمیایی از طریق استفاده از منابع آلی فراهم کند.

Araceae -۱	Sargassum -۲	<i>Calendula officinalis</i> -۳	<i>Satureja macrantha</i> L. -۴	<i>Nigella sativa</i> -۵
Rosa -۶	<i>Matricaria chamomilla</i> -۷	<i>Alcea rosea</i> -۸	<i>Satureja hortensis</i> -۹	<i>Alstroemeria</i> spp. -۱۰



مواد و روش‌ها

این پژوهش طی یک دوره پنج‌ماهه (شهریور تا دی‌ماه ۱۴۰۳) در گلخانه‌ای تحقیقاتی در شهر نور انجام شد. شرایط محیطی گلخانه دارای دمای روزانه ۲۵-۲۷ درجه سلسیوس، دمای شبانه ۱۸-۲۰ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵۰ درصد و شدت نور ۲۵۰۰۰ لوکس بود. در این مطالعه از مواد مختلفی شامل پرلیت دانه‌متوسط با ابعاد یک تا سه میلی‌متر (شرکت اگری‌شاپ)، کوکوپیت (شرکت گیلدا)، ورمی‌کمپوست تولیدی از ضایعات کشاورزی (شرکت یونیکا)، ضایعات کمپوست قارچ با دو دوره کمپوست‌دهی ۶ و ۱۲ ماهه (شرکت جلگه سبز دزفول) و پودر جلبک سارگاسوم (شرکت افراگستر یگانه) استفاده شد. اندازه‌گیری و آنالیز نمونه‌های گیاهی در دی‌ماه ۱۴۰۳ در آزمایشگاه گروه صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور انجام شد.

تیمارهای آزمایشی شامل بسترهای (۱) ۳۰ درصد پرلیت + ۷۰ درصد کوکوپیت (شاهد، ۲) ۳۰ درصد پرلیت + ۱۰ درصد ضایعات کمپوست قارچ ۶ ماهه + ۶۰ درصد کوکوپیت، (۳) ۳۰ درصد پرلیت + ۲۰ درصد ضایعات کمپوست قارچ ۶ ماهه + ۵۰ درصد کوکوپیت، (۴) ۳۰ درصد پرلیت + ۳۰ درصد ضایعات کمپوست قارچ ۶ ماهه + ۴۰ درصد کوکوپیت، (۵) ۳۰ درصد پرلیت + ۱۰ درصد ضایعات کمپوست قارچ ۱۲ ماهه + ۶۰ درصد کوکوپیت، (۶) ۳۰ درصد پرلیت + ۲۰ درصد ضایعات کمپوست قارچ ۱۲ ماهه + ۵۰ درصد کوکوپیت، (۷) ۳۰ درصد پرلیت + ۳۰ درصد ضایعات کمپوست قارچ ۱۲ ماهه + ۴۰ درصد کوکوپیت، (۸) ۳۰ درصد پرلیت + ۱۰ درصد ورمی‌کمپوست + ۶۰ درصد کوکوپیت، (۹) ۳۰ درصد پرلیت + ۲۰ درصد ورمی‌کمپوست + ۵۰ درصد کوکوپیت، (۱۰) ۳۰ درصد پرلیت + ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست + ۴۰ درصد کوکوپیت، (۱۱) ۲۹ درصد پرلیت + ۱ درصد جلبک خشک سارگاسوم + ۷۰ درصد کوکوپیت، (۱۲) ۲۸ درصد پرلیت + ۲ درصد جلبک خشک سارگاسوم + ۷۰ درصد کوکوپیت، (۱۳) ۲۷ درصد پرلیت + ۳ درصد جلبک خشک سارگاسوم + ۷۰ درصد کوکوپیت، (۱۴) ۲۹ درصد پرلیت + ۱۰ درصد ضایعات کمپوست قارچ ۶ ماهه + ۱ درصد جلبک خشک سارگاسوم + ۶۰ درصد کوکوپیت و (۱۵) ۲۹ درصد پرلیت + ۱۰ درصد ضایعات کمپوست قارچ ۱۲ ماهه + ۱ درصد جلبک خشک سارگاسوم + ۶۰ درصد کوکوپیت بود.

پس از آماده‌سازی ترکیب‌های تیماری اقدام به اندازه‌گیری برخی صفات بستر کشت به شرح زیر گردید:

pH خاک: با استفاده از مقدار محلول خاک در آب اندازه‌گیری شد. برای این کار، نمونه خاک با نسبت ۱:۱ یا ۱:۲.۵ (وزن به حجم) با آب مخلوط شده و سپس با pH متر اندازه‌گیری گردید (Carter & Gregorich, 2008).

وزن مخصوص ظاهری خاک: وزن مخصوص ظاهری خاک^۱ به عنوان نسبت جرم خاک خشک به حجم کل خاک (شامل ذرات جامد و فضای خالی بین آن‌ها) تعریف می‌شود. این پارامتر معمولاً بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب (g/cm^3) یا مگاگرم بر متر مکعب (Mg/m^3) بیان می‌شود. برای اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری خاک، مراحل زیر انجام شد:

یک نمونه خاک با استفاده از استوانه‌های فلزی مخصوص (معمولاً با حجم مشخص، مانند ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب) از بستر مورد نظر برداشته شد. نمونه خاک در آون در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت خشک شد تا تمام رطوبت آن تبخیر شود. جرم خاک خشک شده با استفاده از ترازوی دقیق اندازه‌گیری گردید (Blake & Hartge, 1986). وزن مخصوص ظاهری خاک با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد:

$$\text{رابطه (۱)} \quad (\rho_b) = \frac{\text{جرم خاک خشک (g)}}{\text{حجم کل نمونه خاک (cm}^3\text{)}} \quad \text{وزن مخصوص ظاهری}$$

وزن مخصوص حقیقی: وزن مخصوص حقیقی خاک^۲ به عنوان نسبت جرم خاک خشک به حجم ذرات جامد خاک (بدون در نظر گرفتن فضای خالی بین ذرات) تعریف می‌شود. این پارامتر معمولاً بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب (g/cm^3) یا مگاگرم



بر مترمکعب (Mg/m^3) بیان می‌شود. وزن مخصوص حقیقی خاک برای مواد معدنی معمولاً بین ۲/۶ تا ۲/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب است، اما برای خاک‌های آلی ممکن است کمتر باشد. یک نمونه خاک خشک و آسیاب‌شده از هر بستر تهیه شد تا ذرات آن یکنواخت شوند. یک پیکنومتر (ظرف شیشه‌ای با حجم مشخص) با آب مقطر پر و وزن آن اندازه‌گیری شد. سپس مقدار مشخصی از خاک خشک (معمولاً ۱۰ تا ۲۰ گرم) به پیکنومتر اضافه و دوباره وزن آن اندازه‌گیری گردید. اختلاف وزن پیکنومتر پر از آب و پیکنومتر حاوی خاک و آب، حجم ذرات خاک را نشان می‌دهد (Baver et al., 1972). وزن مخصوص حقیقی خاک با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{رابطه (۲)} \quad (\rho p) = \frac{\text{جرم خاک خشک (g)}}{\text{حجم ذرات خاک (cm}^3\text{)}} \quad \text{وزن مخصوص حقیقی}$$

درصد خلل و فرج: درصد خلل و فرج خاک^۱ نشان‌دهنده نسبت حجم فضای خالی بین ذرات خاک به حجم کل خاک است و معمولاً به صورت درصد بیان می‌شود. این پارامتر از طریق رابطه بین وزن مخصوص ظاهری و وزن مخصوص حقیقی خاک محاسبه شد. ابتدا وزن مخصوص ظاهری خاک با استفاده از روش‌های استاندارد (مانند استفاده از استوانه نمونه‌برداری) و وزن مخصوص حقیقی خاک با استفاده از پیکنومتر تعیین گردید (Carter & Gregorich, 2008). درصد خلل و فرج خاک با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{رابطه (۳)} \quad (P) = \left(1 - \frac{\text{وزن مخصوص ظاهری (pb)}}{\text{وزن مخصوص حقیقی (pp)}} \right) \times 100 \quad \text{درصد خلل و فرج}$$

هدایت الکتریکی (EC): هدایت الکتریکی خاک^۲ نشان‌دهنده توانایی خاک در انتقال جریان الکتریکی است و به عنوان شاخصی از شوری خاک استفاده می‌شود. این پارامتر معمولاً بر حسب دسی‌زیمنس بر متر (dS/m) یا میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر (mS/cm) بیان می‌شود. ابتدا خاک با آب مقطر به حالت اشباع رسانده شد تا عصاره اشباع خاک^۳ تهیه شود. این عصاره حاوی املاح محلول در خاک است. عصاره اشباع خاک در یک ظرف مناسب ریخته شده و الکترودهای دستگاه هدایت‌سنج (EC Meter) در آن قرار گرفتند. دستگاه با اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی عصاره، هدایت الکتریکی را محاسبه و نمایش داد. مقدار هدایت الکتریکی مستقیماً از صفحه نمایش دستگاه خوانده شد (Sparks, 2003). این مقدار نشان‌دهنده میزان شوری خاک است. هدایت الکتریکی (EC) به صورت معکوس مقاومت الکتریکی (R) محاسبه شد:

$$\text{رابطه (۴)} \quad EC = \frac{1}{R}$$

که در آن: EC: هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر یا میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر) و R: مقاومت الکتریکی (اهم) بود.

مواد آلی: مواد آلی خاک^۴ به عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای خاک، نقش کلیدی در بهبود ساختار خاک، تغذیه گیاهان و فعالیت میکروبی خاک دارد. برای اندازه‌گیری مواد آلی خاک، روش‌های مختلفی وجود دارد که یکی از رایج‌ترین آن‌ها روش احتراق خشک^۵ است. نمونه خاک خشک و آسیاب‌شده تهیه شد تا ذرات آن یکنواخت شوند. مقدار مشخصی از خاک (معمولاً ۵ تا ۱۰ گرم) در یک بوته چینی یا فلزی توزین شد (وزن اولیه = W_1). نمونه خاک در کوره در دمای ۴۰۰ تا ۵۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۴ تا ۶ ساعت قرار گرفت تا مواد آلی کاملاً بسوزند و تبخیر شوند. پس از سرد شدن نمونه، وزن آن دوباره اندازه‌گیری شد (وزن ثانویه = W_2) (Nelson & Sommers, 1996). درصد مواد آلی خاک با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{رابطه (۵)} \quad \text{درصد مواد آلی خاک} = \left(\frac{W_1 - W_2}{W_1} \right) \times 100$$



میزان نیتروژن: برای تعیین نیتروژن کل از روش کج‌لدال استفاده شد. اندازه‌گیری نیتروژن کل دارای سه مرحله اساسی می‌باشد که شامل هضم، تقطیر و تیتراسیون است. ۰/۳ گرم نمونه خاک با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین و به لوله‌های هضم (بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتر) منتقل، سپس ۲/۵ میلی‌لیتر از مخلوط اسیدها اضافه و ۲۴ ساعت به حال خود قرار داده شد. لوله‌ها سپس به مدت دو ساعت تا ۱۸۰ درجه سلسیوس حرارت دید و بعد از خنک شدن سه بار و هر بار یک میلی‌لیتر آب اکسیژنه به لوله‌ها اضافه شد. مجدداً لوله‌ها روی هیتز تا ۳۳۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت حرارت داده شد، تا عصاره بی‌رنگ شود. عصاره در بالن به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانیده شد و از آن ۵ میلی‌لیتر گرفته و به بالن تقطیر منتقل گردید. میزان ۲ میلی‌لیتر از محلول هیدروکسید سدیم را به بالن اضافه کرده و قیف دهانه بالن تقطیر با آب شسته شد تا حجم محلول ۲۰ میلی‌لیتر گردید. بالن را به کمک بخار آب حرارت داده بعد از ظهور اولین قطره تقطیر عمل به مدت n دقیقه (۳، ۴، ۵ و یا ۶۶ دقیقه) ادامه داده شد، محلول حاصل از تقطیر در ۱۰ میلی‌لیتر اسید بوریک حاوی ۱۰ قطره اندیکاتور جذب شد. ۰/۵ دقیقه قبل از پایان عمل تقطیر ارلن محتوای اسید بوریک را اندکی پائین آورده تا انتهای مبرد با بخار آب شسته شود. اسید بوریک حاوی آمونیاک با اسید سولفوریک ۰/۰۰۵ مول تا تغییر رنگ محلول از سبز به صورتی تیتز شد. عمل با نمونه شاهد به‌دست آمده از عمل هضم نیز طبق روش انجام داده شد (Barbano et al., 1991).

میزان فسفر: مقدار ۵ سی‌سی از محلول خاک حاصل از هضم را به داخل بالن ژوژه ۱۵ میلی‌لیتر ریخته و ۵ سی‌سی به آن محلول آمونیوم مولیبدات-وانادات اضافه کرده و به حجم رسانده شد. سپس میزان جذب با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Visible/UV-45 Lambda و طول موج ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. میزان فسفر با کمک جدول استاندارد بر حسب درصد محاسبه گردید (Chapman & Pratt, 1961).

پتاسیم: نمونه خاک در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و پس از خشک شدن با آسیاب برقی به صورت پودر در آورده شدن. پس از تهیه خاکستر در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس و عصاره‌گیری، غلظت یون پتاسیم به روش شعله‌سنجی اندازه‌گیری شد. عصاره‌گیری با اسید کلریدریک ۲ نرمال انجام و عنصر پتاسیم توسط فلیم فتومتر خوانده شد. با قرار دادن عدد خوانده شده از دستگاه در فرمول به دست آمده از منحنی استاندارد، غلظت پتاسیم بر حسب گرم بر کیلوگرم وزن خشک محاسبه گردید (Motsara & Roy, 2008).

درصد رطوبت وزنی خاک: درصد رطوبت وزنی با اندازه‌گیری وزن اولیه و پس از خشک کردن خاک در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس و با فرمول زیر به‌دست آمد (Sparks, 2003).

$$\text{رابطه (۶)} \quad \text{درصد رطوبت وزنی خاک} = \frac{\text{وزن رطوبت خاک}}{\text{وزن خشک خاک}} \times 100$$

که در آن: وزن رطوبت خاک = تفاوت وزن خاک مرطوب و وزن خاک خشک و وزن خشک خاک = وزنی که پس از خشک کردن نمونه خاک در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس به‌دست آمد.

نشاءهای کشت بافتی فیلودندرون پرتقالی (*Philodendron erubescens* var. Prince of Orange) با ۳-۴ برگ از شرکت زرکشت (عباس‌آباد، مازندران) تهیه و به گلدان‌های اندازه قطر دهانه ۱۶ سانتی‌متر حاوی تیمارهای مختلف بستر کشت منتقل شدند. طی دوره پنج‌ماهه پرورش (شهریور تا دی‌ماه ۱۴۰۳)، کلیه گیاهان هر ۱۵ روز یکبار با کود کامل NPK (۲۰-۲۰-۲۰) به صورت یکسان تغذیه شدند. پس از رسیدن گیاهان به اندازه استاندارد تجاری، ارزیابی صفات مورفولوژیک (شامل ارتفاع بوته، تعداد برگ و وزن تر و خشک)، فیزیولوژیک (محتوی سبزینه و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی) و جذب عناصر (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) انجام پذیرفت.



جدول ۱- خصوصیات بسترهای کشت مورد استفاده

Table 1. Characteristics of the growing media used

بستر کشت growing media	pH	وزن مخصوص Bulk Density	وزن مخصوص Particle Density	درصد خلل و فرج Porosity Percentage	EC	مواد آلی Organic Matter	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	وزنی Gravimetric Moisture Content	درصد رطوبت
1	6.80	0.10	1.50	85	0.5	60	0.30	0.10	0.40	50	
2	7.10	0.10	1.50	85	0.5	60	0.30	0.10	0.40	50	
3	6.60	0.10	1.50	85	0.5	60	0.30	0.10	0.50	50	
4	6.10	0.15	1.60	75	1.5	65	0.50	0.20	0.60	55	
5	6.30	0.20	1.70	70	2.0	70	0.70	0.30	0.80	60	
6	5.90	0.25	1.80	65	1.0	75	0.90	0.40	0.80	65	
7	5.80	0.25	1.80	65	1.0	75	0.90	0.40	0.80	65	
8	6.90	0.10	1.50	85	0.5	60	0.30	0.10	0.40	50	
9	6.00	0.15	1.60	75	2.0	65	0.50	0.20	0.40	55	
10	6.10	0.15	1.60	75	2.0	65	0.50	0.20	0.60	55	
11	6.30	0.20	1.70	70	2.5	70	0.70	0.30	0.80	60	
12	6.00	0.20	1.70	70	2.5	70	0.80	0.30	0.90	60	
13	6.10	0.15	1.60	75	2.0	65	0.50	0.20	0.70	55	
14	5.70	0.25	1.80	65	1.0	75	1.00	0.40	1.10	65	
15	5.60	0.30	1.90	60	1.5	80	1.20	0.50	1.20	70	

ارتفاع بوته با استفاده از خط کش میلی متری مورد اندازه گیری قرار گرفت، تعداد برگ ها در هر تیمار شمارش شد. وزن تر و خشک اندام هوایی: جهت اندازه گیری وزن تر، یک گیاه از هر گلدان را از سطح خاک (محل طوقه) قطع نموده و پس از انتقال به آزمایشگاه وزن تر آن ها اندازه گیری شد. بوته هایی که از محل طوقه جدا شدند، پس از شستشوی مختصر و جدا کردن خاک در آون با دمای ۴۸ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت قرار گرفته و سپس وزن خشک بوته (اندام هوایی) با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ درصد ارزیابی شد (Inbar *et al.*, 1994).

سنجش میزان رنگدانه های نورساختی: برای مقایسه میزان رنگدانه های نورساختی گیاه؛ مقدار نیم گرم از ماده گیاهی تازه در هاون چینی ریخته، سپس با استفاده از نیتروژن مایع خرد و به خوبی له شد. ۲۰ میلی لیتر استن ۸۰ درصد به نمونه اضافه، سپس در دستگاه سانتیفریوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. عصاره جدا شده فوقانی حاصل از سانتیفریوژ به بالن شیشه ای منتقل شد. مقداری از نمونه داخل بالن، در کووت اسپکتروفتومتر مدل Visible/UV-45 Lambda ریخته و سپس به طور جداگانه در طول موج های ۶۶۳ نانومتر برای سبزینه a و ۶۴۵ نانومتر برای سبزینه b و ۴۷۰ برای کاروتنوئیدها توسط اسپکتروفتومتر مقدار جذب قرائت شد. در نهایت با استفاده از فرمول های زیر (رابطه ۷، ۸ و ۹) میزان سبزینه a، b و کاروتنوئیدها بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر نمونه به دست آمد (Lichtenthaler and Wellburn, 1983).

رابطه (۷) $\text{Chlorophyll a} = (19.3 \times A_{663} - 0.86 \times A_{645}) V / 100W$

رابطه (۸) $\text{Chlorophyll b} = (19.3 \times A_{645} - 3.6 \times A_{663}) V / 100W$

رابطه (۹) $\text{Carotenoides} = 100(A_{470}) - 3.27(\text{mg chl. a}) - 104(\text{mg chl. b}) / 227$

$V =$ حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتیفریوژ)

$A =$ جذب نور در طول موج های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر

$W =$ وزن تر نمونه بر حسب گرم

اندازه گیری فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی

میزان آنزیم کاتالاز: ۲۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی گیاه تازه با ۹۸۰ میکرولیتر از بافر فسفات حاوی پراکسید هیدروژن دو میلی مولار مخلوط و تغییرات جذب آن ها در طول موج ۲۴۰ نانومتر از راه اندازه گیری تجزیه پراکسید هیدروژن توسط



اسپکتروفتومتر مدل Visible/UV-45 Lambda به صورت تغییرات جذب بر زمان (OD/ min) ثبت شد. فعالیت آنزیمی با استفاده از قانون بیرلامبرت و با ضریب خاموشی کاتالاز $1 \text{ cm}^{-1} \text{ mM}^{-1} \times 39/4$ محاسبه و در نهایت بر حسب میکرومول بر گرم بافت تازه در دقیقه بیان گردید (Obinger et al., 1997).

سوپراکسید دیسموتاز: ۰/۱ میلی گرم عصاره آنزیمی با تامپون استات ۰/۲ مولار، ۰/۴ میلی لیتر آب اکسیژنه ۳ درصد و ۰/۲ میلی لیتر بنزیدین محلول در الکل ۵۰ درجه سلسیوس ۰/۰۱ مولار اضافه و تغییرات جذب آن به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Visible/UV-45 Lambda در طول موج ۵۳۰ نانومتر در مقابل دستگاه شاهد قرائت شد. نتایج براساس واحد آنزیمی در گرم وزن تر گزارش گردید (Beauchamp & Fridovich, 1971).

اندازه گیری مالون دی آلدئید: جهت تعیین میزان پراکسید شدن چربی های غشایی با آزمون تیوباربیتوریک اسید (TBAT) از طریق تعیین غلظت مالون دی آلدئید استفاده شد. به منظور تعیین غلظت مالون دی آلدئید در نمونه گیاهی ابتدا نیم گرم برگ تازه را در محلول ۲۰ درصد تیوکلرو استیک اسید (TCA) که حاوی ۰/۵ درصد تیوباربیتوریک اسید بود کاملاً پودر کرده، مخلوط حاصل به مدت ۲۵ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سلسیوس در دستگاه بن ماری گرم شد و سپس به حمام یخ منتقل و غلظت مالون دی آلدئید در طول موج ۵۳۲ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Visible/UV-45 Lambda اندازه گیری شد (Valentovic et al., 2006).

عناصر معدنی برگ

میزان نیتروژن برگ: برای تعیین نیتروژن کل از روش کج لیدال استفاده شد. اندازه گیری نیتروژن کل دارای سه مرحله اساسی می باشد که شامل هضم، تقطیر و تیتراسیون است. ۰/۳ گرم نمونه گیاه خشک با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین و به لوله های هضم (بالن ژوزه ۱۰۰ میلی لیتر) منتقل، سپس ۲/۵ میلی لیتر از مخلوط اسیدها اضافه و ۲۴ ساعت به حال خود قرار داده شد. لوله ها سپس به مدت ۲ ساعت تا ۱۸۰ درجه سلسیوس حرارت دید و بعد از خنک شدن ۳ بار و هر بار ۱ میلی لیتر آب اکسیژنه به لوله ها اضافه شد، مجدداً لوله ها روی هیتر تا ۳۳۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت گذاشته، تا عصاره بی رنگ شد. عصاره در بالن به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانیده شد و از آن ۵ میلی لیتر گرفته و به بالن تقطیر منتقل گردید. میزان ۲ میلی لیتر از محلول هیدروکسید سدیم اضافه کرده و قیف دهانه بالن تقطیر با آب شسته شد تا حجم محلول ۲۰ میلی لیتر گردید. بالن را به کمک بخار آب حرارت داده بعد از ظهور اولین قطره تقطیر عمل به مدت n دقیقه (۳، ۴، ۵ و یا ۶۶ دقیقه) ادامه داده شد، محلول حاصل از تقطیر در ۱۰ میلی لیتر اسید بوریک حاوی ۱۰ قطره اندیکاتور جذب شد. ۰/۵ دقیقه قبل از پایان عمل تقطیر ارلن محتوای اسید بوریک را اندکی پائین آورده تا انتهای مبرد با بخار آب شسته شود. اسید بوریک حاوی آمونیاک با اسید سولفوریک ۰/۰۰۵ مول تا تغییر رنگ محلول از سبز به صورتی تیترا شد. عمل با نمونه شاهد بدست آمده از عمل هضم نیز طبق روش انجام داده شد (Novozamsky et al., 1974).

میزان فسفر برگ: مقدار ۵ سی سی از محلول عصاره گیاه خشک حاصل از هضم را به داخل بالن ژوزه ۱۵ میلی لیتر ریخته و ۵ سی سی به آن محلول آمونیوم مولیبدات-وانادات اضافه کرده و به حجم رسانده شد. سپس میزان جذب با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Visible/UV-45 Lambda و طول موج ۴۷۰ نانومتر صورت گرفت. میزان فسفر با کمک جدول استاندارد بر حسب درصد محاسبه گردید (Chapman & Pratt, 1961).

پتاسیم برگ: برگ گیاه پس از شستشوی دقیق، در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار داده و پس از خشک شدن با آسیاب برقی به صورت پودر در آورده شدند. پس از تهیه خاکستر از مواد گیاهی در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس و عصاره گیری، غلظت یون پتاسیم به روش شعله سنجی اندازه گیری شد. در مورد برگ ابتدا برگ توسعه یافته انتخاب و به طور کامل با آب مقطر شسته شده و در دمای ۸۰ درجه سلسیوس در آون خشک و پس از عصاره گیری با اسید کلریدریک ۲



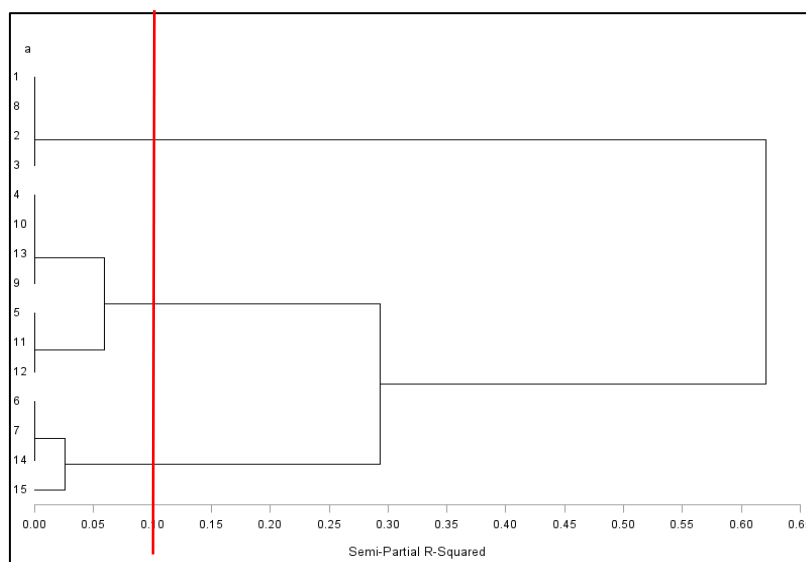
نرمال عنصر پتاسیم توسط فلیم فتومتر خوانده شد. با قرار دادن عدد خوانده شده از دستگاه در فرمول به دست آمده از منحنی استاندارد، غلظت پتاسیم بر حسب گرم بر کیلوگرم وزن خشک محاسبه گردید (Motsara & Roy, 2008).

واکاوی آماری: پس از تأیید پیش فرض‌های آماری شامل نرمال بودن توزیع داده‌ها (آزمون شاپیرو-ویلک) و همگنی واریانس‌ها (آزمون لوین) با استفاده از نرم‌افزار Minitab نسخه ۲۱، تجزیه واریانس (ANOVA) در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و دو مشاهده انجام شد. برای مقایسه میانگین‌های تیمارهای مختلف از آزمون LSD (حداقل تفاوت معنی‌دار) در سطح اطمینان ۹۵٪ ($\alpha=0.05$) با بهره‌گیری از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ استفاده گردید. همچنین، برای نمایش گرافیکی نتایج و تهیه جداول تحلیلی از نرم‌افزارهای Excel 2019 و Word 2019 استفاده شد.

نتایج و بحث

گروه‌بندی بسترهای کشت

در این مطالعه گروه‌بندی بسترهای مختلف بر اساس خصوصیات ده‌گانه تعیین شده در آزمایشگاه خاکشناسی با استفاده از تجزیه کلاستر انجام گرفت و برای این منظور از روش WARD استفاده شد که بسترها به سه گروه مجزا تقسیم‌بندی شدند (شکل ۱).



شکل ۱- دیاگرام خوشه‌بندی بسترهای مختلف کشت بر اساس خصوصیات اندازه‌گیری شده خاک.

Figure 1- Clustering diagram of different cultivation beds based on measured soil properties.

گروه‌بندی با تجزیه کلاستر نشان داد که چهار بستر ۱، ۲، ۸ و ۳ در یک گروه قرار گرفتند، بنابراین این چهار بستر بسیار به هم شبیه هستند. این بسترها که در خوشه ۱ قرار گرفتند دارای pH بالا (حدود ۶/۶ تا ۷)، EC کم (حدود ۰/۵ تا ۱)، مقدار عناصر (نیتروژن، پتاسیم و فسفر) کم و مواد آلی متوسط (حدود ۶۰ تا ۶۵) بودند. خوشه ۲ شامل بسترهای ۴، ۱۰، ۱۳، ۹، ۵، ۱۱ و ۱۲ با pH متوسط (حدود ۶ تا ۶/۳)، EC بالا (حدود ۱/۵ تا ۲/۵)، مقدار عناصر (نیتروژن، پتاسیم و فسفر) متوسط و مواد آلی کمی بیشتر (حدود ۶۵ تا ۷۰) بودند. خوشه ۳ شامل بسترهای ۶، ۷، ۱۴ و ۱۵ با pH پایین (حدود ۵/۶ تا ۵/۹)، EC متوسط (حدود ۱/۵ تا ۲/۵)، عناصر نسبتاً بالا (نیتروژن، پتاسیم و فسفر) و مواد آلی زیاد (حدود ۷۰ تا ۸۰) بودند (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج نمودار خوشه‌بندی بسترهای کشت بر اساس خصوصیات اندازه‌گیری شده

Table 2- Results of clustering diagram of cultivation beds based on measured characteristics

خوشه	بستر کشت	pH	EC	مواد آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	درصد رطوبت وزنی
Cluster	growing media			Organic Matter	Nitrogen	Phosphorus	Potassium	Gravimetric Moisture Content
1	1, 2, 3, 8	6.6-7.1	0.5	60	0.3	0.1	0.4-0.5	50
2	4, 5, 9, 10, 11, 12, 13	6-6.3	1.5-2.5	65-70	0.5-0.7	0.2-0.3	0.5-0.8	55-60
3	6, 7, 14, 15	5.6-5.9	1-1.5	70-80	0.7-1.2	0.3-0.5	0.8-1.2	60-70

صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه فیلودندرون پرتقالی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس ارتفاع بوته، تعداد برگ و وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه فیلودندرون پرتقالی تحت اثر تیمار بسترهای کشت در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار نشان داد (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر بستر کشت بر صفات مورفوفیزیولوژیک فیلودندرون پرتقالی

Table 3- Analysis of variance results of the effect of growing media on morphophysiological traits of *Philodendron erubescens*

(Mean of square) میانگین مربعات					
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد برگ	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی
S.O.V.	DF	Plant height	Leaves number	Fresh weight of shoot	Dry weight of Shoot
تیمار بستر	14	305.05**	176.64**	1605.22**	109.41**
Growing Media					
خطا	30	0.72	0.80	3.74	0.43
Error					
ضریب تغییرات	-	2.49	4.38	7.27	9.95
(درصد)					
CV (%)					

** بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد است.

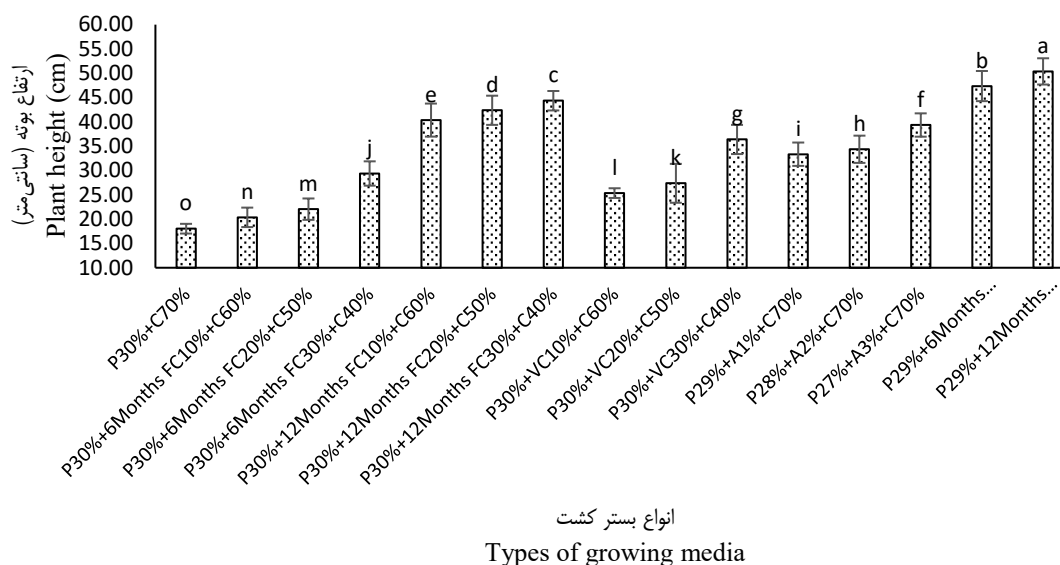
** Indicates significance at the 1% probability level ($p < 0.01$).

ارتفاع بوته و تعداد برگ: بیشترین ارتفاع بوته گیاه فیلودندرون پرتقالی (۵۰/۳۸ سانتی‌متر) (شکل ۲- الف) و تعداد برگ (میانگین ۳۳ عدد) (شکل ۲- ب) مربوط به بستر کشت ۲۹ درصد پرلیت + ۱۰ درصد ضایعات کمپوست قارچ ۱۲ ماهه + ۱ درصد جلبک خشک سارگاسوم + ۶۰ درصد کوکوپیت بود، کمترین ارتفاع بوته و تعداد برگ در تیمار شاهد مشاهده شد. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که ترکیبات بهینه بستر کشت می‌توانند به‌طور معنی‌داری رشد و عملکرد گیاهان زینتی را بهبود بخشند. کمپوست قارچ به‌عنوان یک ماده آلی غنی، حاوی مواد معدنی است که به‌تدریج در دسترس گیاه قرار می‌گیرد و نیازهای تغذیه‌ای آن را تأمین می‌کند (Zhang et al., 2021). از سوی دیگر، جلبک سارگاسوم منبعی غنی از هورمون‌های رشد گیاهی شامل اکسین‌ها، جبریلین‌ها و سیتوکینین‌ها است که به‌طور هم‌زمان تقسیم سلولی و رشد رویشی را تحریک می‌کنند (Khan et al., 2009).

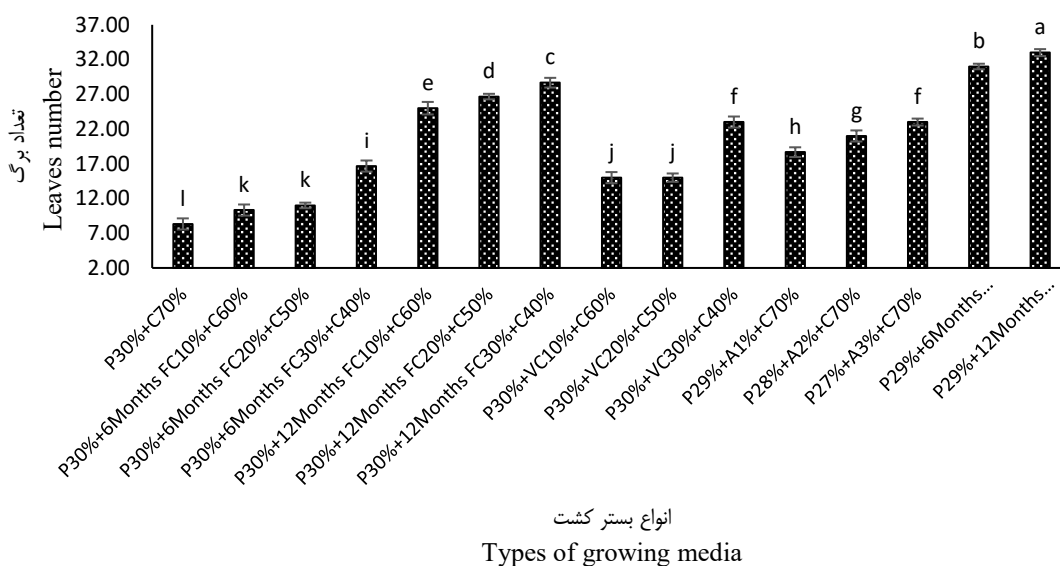
پرلیت و کوکوپیت با ایجاد تهویه و زهکشی مطلوب، از تنش‌های ناشی از آب‌ماندگی جلوگیری می‌کنند، در حالی که کمپوست قارچ با بهبود ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) و فعالیت میکروبی خاک، جذب عناصر غذایی را افزایش می‌دهد (Oyege et al., 2023). مکانیسم اثر این ترکیب شامل بهبود ساختار فیزیکی خاک، تأمین تدریجی عناصر غذایی، تحریک هورمونی و کاهش تنش‌های اکسیداتیو است. به‌طور خاص، ترکیبات فنلی و پلی‌ساکاریدهای موجود در جلبک سارگاسوم با کاهش تولید گونه‌های



فعال اکسیژن (ROS)، از آسیب‌های اکسیداتیو به غشاهای سلولی جلوگیری و منجر به رشد بهتر گیاه می‌شوند (Sharma *et al.*, 2021).



(a) الف

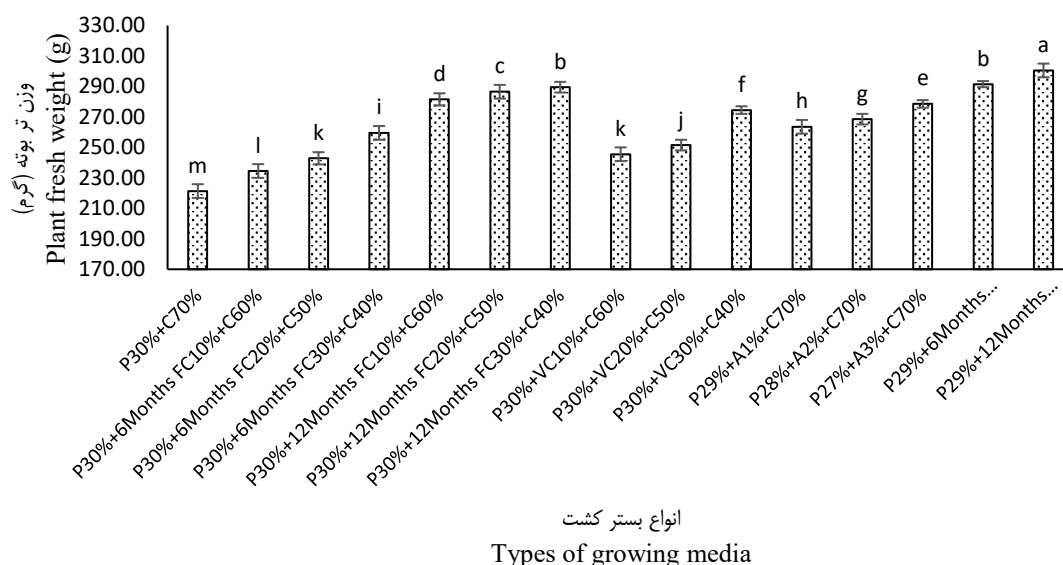


(b) ب

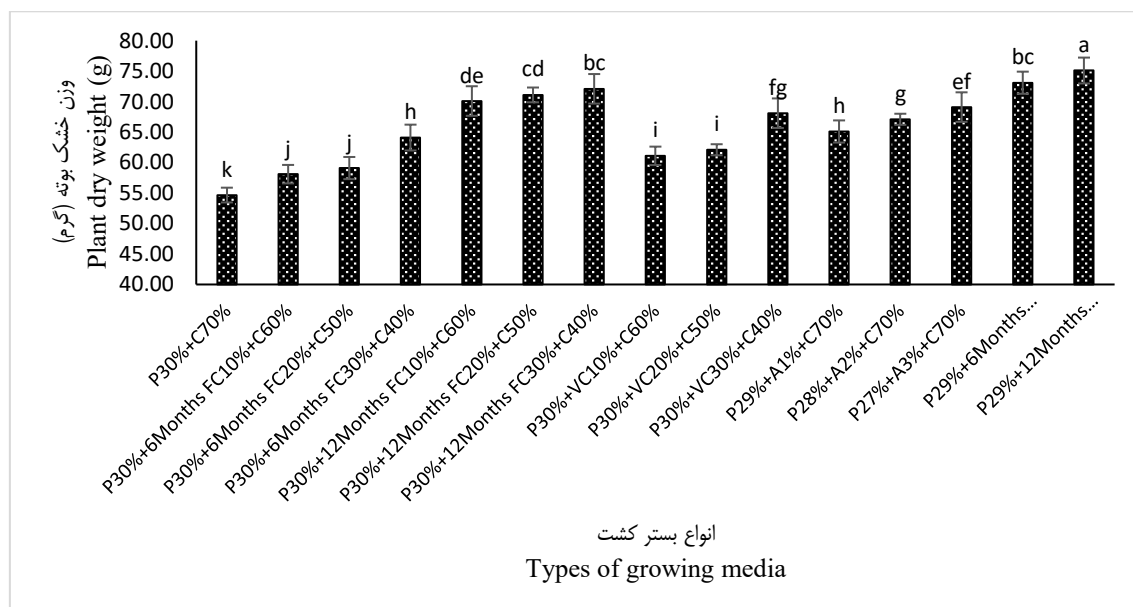
شکل ۲- نتایج مقایسه میانگین اثر انواع بستر کشت بر ارتفاع بوته (الف) و تعداد برگ (ب) گیاه فیلودندرون پرتقالی. میانگین‌های دارای دست‌کم یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند. P: پرلیت، C: کوکوپیت، 6Months FC: کمپوست قارچ ۶ ماهه، 12Months FC: کمپوست قارچ ۱۲ ماهه، VC: ورمی‌کمپوست، A: جلبک.

Figure 2. Mean comparison results of different growing media effects on plant height (a) and leaf number (b) of *Philodendron erubescens* var. Prince of Orange. Means with at least one common letter do not show significant differences at the 5% probability level according to LSD test. P: Perlite, C: Cocopeat, 6Months FC: 6 Months Mushroom Compost, 12Months FC: 12 Months Mushroom Compost, VC: Vermicompost, A: Algae.

وزن تر و خشک اندام هوایی: بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر بسترهای کشت، بیشترین وزن تر اندام هوایی گیاه فیلودندرون پرتقالی (۳۰۰/۵ گرم) (شکل ۳-الف) و وزن خشک (۷۵/۱ گرم) (شکل ۳-ب) مربوط به بستر کشت ۲۹ درصد پرلیت + ۱۰ درصد ضایعات کمپوست قارچ ۱۲ ماهه + ۱ درصد جلبک سارگاسوم + ۶۰ درصد کوکوپیت بود.



(a) الف



(b) ب

شکل ۳- نتایج مقایسه میانگین اثر انواع بستر کشت بر وزن تر (الف) و خشک اندام هوایی (ب) گیاه فیلودندرون پرتقالی. میانگین‌های دارای دست‌کم یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند. P: پرلیت، C: کوکوپیت، 6Months FC: کمپوست قارچ ۶ ماهه، 12Months FC: کمپوست قارچ ۱۲ ماهه، VC: ورمی کمپوست، A: جلبک

Figure 3- Mean comparison of different growing media effects on fresh (a) and dry weight (b) of aerial parts in *Philodendron erubescens* var. Prince of Orange. Means with at least one common letter do not show significant differences at the 5% probability level according to LSD test. P: Perlite, C: Cocopeat, 6Months FC: 6 Months Mushroom Compost, 12Months FC: 12 Months Mushroom Compost, VC: Vermicompost, A: Algae

رنگدانه‌های نورساختی

نتایج تجزیه واریانس بیانگر این بود که سبزینه a و b و کاروتنوئید گیاه فیلودندرون پرتقالی تحت اثر تیمار بسترهای کشت در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار نشان داد (جدول ۴).

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثر بستر کشت بر رنگدانه‌های نورساختی فیلودندرون پرتقالی

Table 4- Analysis of variance of the effect of growing media on photosynthetic pigments of *Philodendron erubescens*

میانگین مربعات (Mean of square)			درجه آزادی DF	منابع تغییر S.O.V.
کاروتنوئید Carotenoid	سبزینه b Chlorophyll b	سبزینه a Chlorophyll a		
0.97**	0.13**	0.33**	14	تیمار بستر Growing Media
0.001	0.0003	0.01	30	خطا Error
6.77	8.30	2.08	-	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

** بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد است.

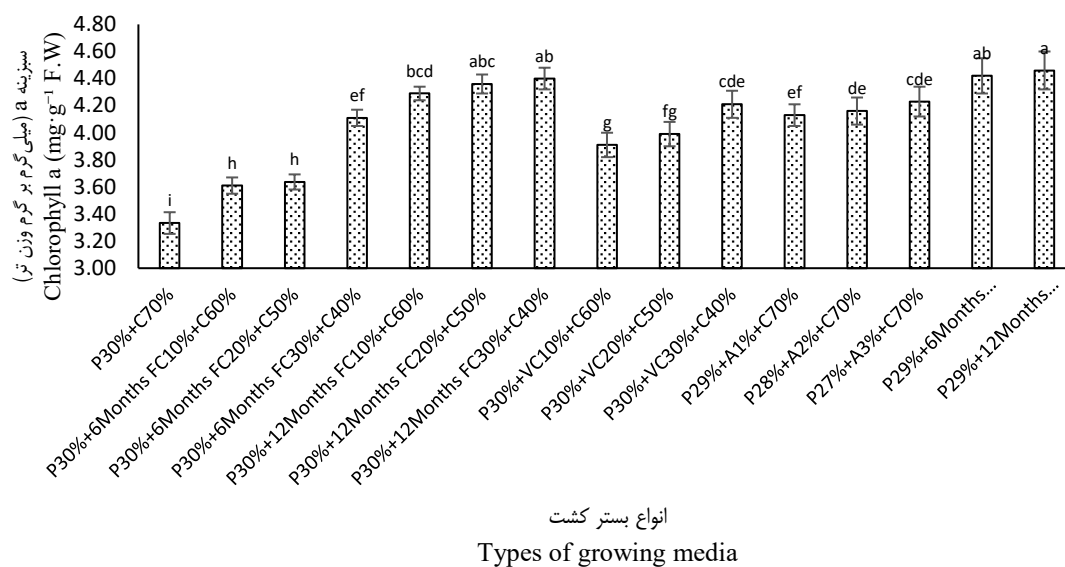
** Indicates significance at the 1% probability level ($p < 0.01$).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر بسترهای کشت، بیشترین سبزینه a (۴/۴۶ میلی گرم بر گرم وزن تر) (شکل ۴-الف) و سبزینه b (۲/۴۷ میلی گرم بر گرم وزن تر) (شکل ۴-ب) گیاه فیلودندرون پرتقالی مربوط به بستر کشت ۲۹ درصد پرلیت + ۱۰ درصد ضایعات کمپوست قارچ ۱۲ ماهه + ۱ درصد جلبک خشک سارگاسوم + ۶۰ درصد کوکوپیت بود، در تیمار ۳۰ درصد پرلیت + ۷۰ درصد کوکوپیت (شاهد) کمترین مقدار عددی رنگدانه‌های نورساختی اندازه‌گیری شد.

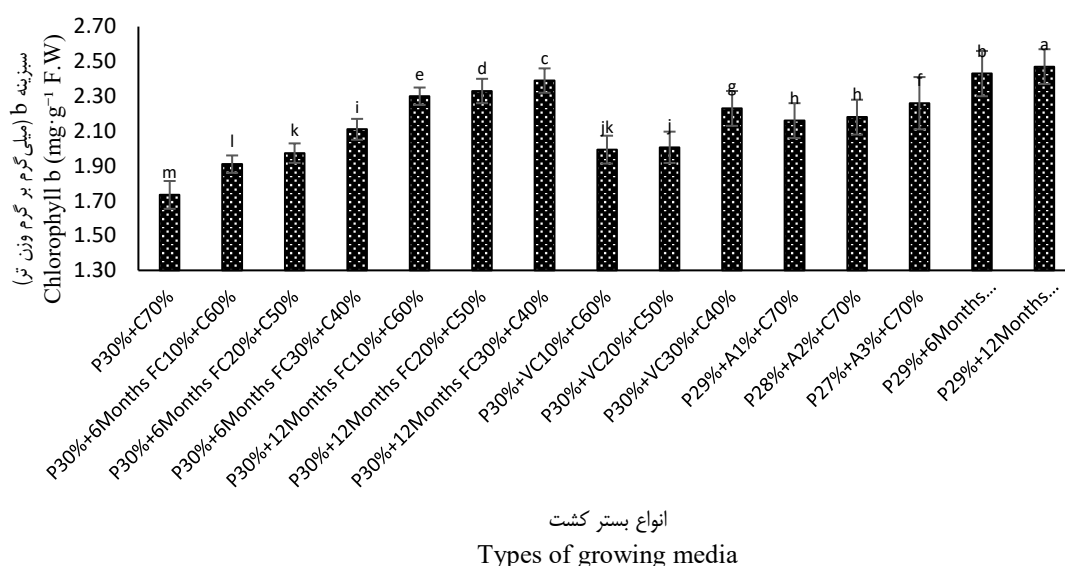
بیشترین مقدار کاروتنوئید (۴/۳۳ میلی گرم بر گرم وزن تر) گیاه فیلودندرون پرتقالی مربوط به بستر کشت ۲۹ درصد پرلیت + ۱۰ درصد ضایعات کمپوست قارچ ۱۲ ماهه + ۱ درصد جلبک خشک سارگاسوم + ۶۰ درصد کوکوپیت بود که نسبت به تیمار ۳۰ درصد پرلیت + ۷۰ درصد کوکوپیت (شاهد) ۶۰/۳۷ درصد افزایش نشان داد (شکل ۵).

نتایج مطالعات نشان می‌دهد که استفاده از بسترهای کشت حاوی ۲۹٪ پرلیت و ۱۰٪ کمپوست قارچ ۱۲ ماهه موجب افزایش معنی‌دار محتوای سبزینه در گیاهان می‌شود. کمپوست قارچ با دارا بودن مواد معدنی (Epstein, 2015) و افزایش ۴۰-۵۰٪ فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک (Calvo et al., 2021)، شرایط بهینه‌ای برای سنتز سبزینه فراهم می‌کند. از سوی دیگر، پرلیت با بهبود تهویه و زهکشی بستر (Bunt, 2012)، جذب عناصر غذایی را تسهیل می‌نماید. ترکیبات جلبک دریایی نیز از طریق افزایش فعالیت آنزیم پروتوکلروفیلید ردوکتاز (Kanojia et al., 2024) و تحریک بیان ژن‌های LHCB و PSBA (Rouphael et al., 2023)، سنتز سبزینه را تقویت می‌کنند. این مکانیسم‌های هماهنگ در نهایت منجر به افزایش سبزینه a، b و کاروتنوئیدها نسبت به سایر بسترها می‌گردند (Savvas et al., 2022).





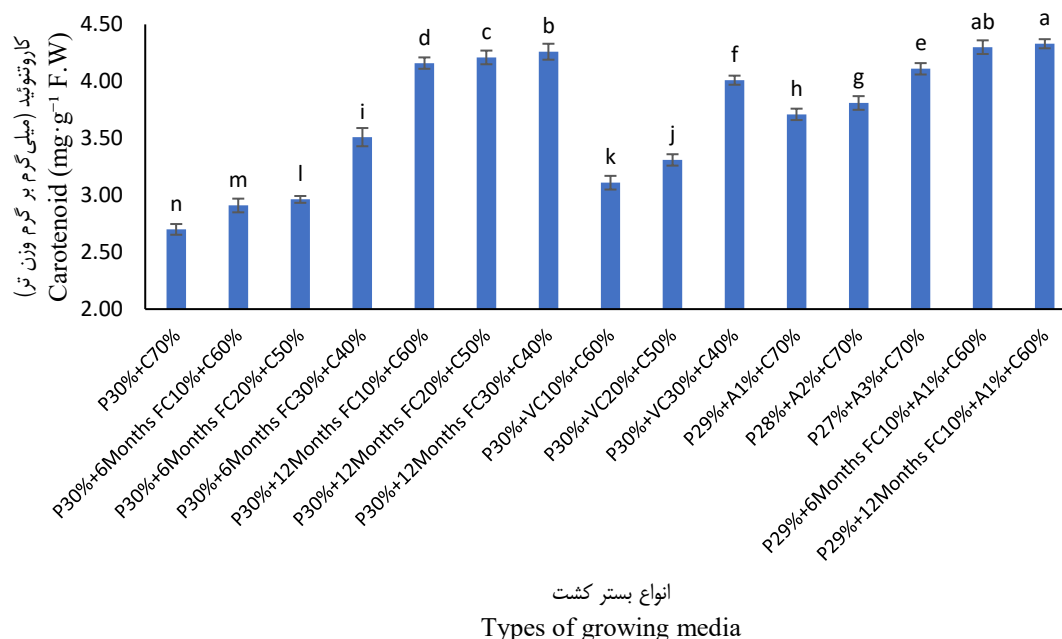
(a) الف



(b) ب

شکل ۴- نتایج مقایسه میانگین اثر انواع بستر کشت بر سبزینه a (الف) و b (ب) گیاه فیلودندرون پرتقالی. میانگین‌های دارای دست کم یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی دار ندارند. P: پرلیت، C: کوکوپیت، 6Months FC: کمپوست قارچ ۶ ماهه، 12Months FC: کمپوست قارچ ۱۲ ماهه، VC: ورمی کمپوست، A: جلبک

Figure 4- Mean comparison of different growing media effects on chlorophyll a (a) and chlorophyll b (b) content in *Philodendron erubescens* var. Prince of Orange. Means with at least one common letter do not show significant differences at the 5% probability level according to LSD test. P: Perlite, C: Cocopeat, 6Months FC: 6 Months Mushroom Compost, 12Months FC: 12 Months Mushroom Compost, VC: Vermicompost, A: Algae



شکل ۵- نتایج مقایسه میانگین اثر انواع بستر کشت بر کاروتنوئید گیاه فیلودندرون پرتقالی. میانگین‌های دارای دست کم یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند. P: پرلیت، C: کوکوپیت، 6Months FC: کمپوست قارچ ۶ ماهه، 12Months FC: کمپوست قارچ ۱۲ ماهه، VC: ورمی کمپوست، A: جلبک.

Figure 5- Mean comparison of different growing media effects on carotenoid content in *Philodendron erubescens* var. Prince of Orange. Means with at least one common letter do not show significant differences at the 5% probability level according to LSD test. P: Perlite, C: Cocopeat, 6Months FC: 6 Months Mushroom Compost, 12Months FC: 12 Months Mushroom Compost, VC: Vermicompost, A: Algae.

فعالیت آنزیمی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و ماده مالون دی‌آلدئید گیاه فیلودندرون پرتقالی تحت اثر تیمار بسترهای کشت در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار نشان داد (جدول ۵).

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس اثر بستر کشت بر فعالیت آنزیمی فیلودندرون پرتقالی.

Table 5- Analysis of variance of the effect of growing media on enzymatic activity in *Philodendron erubescens*

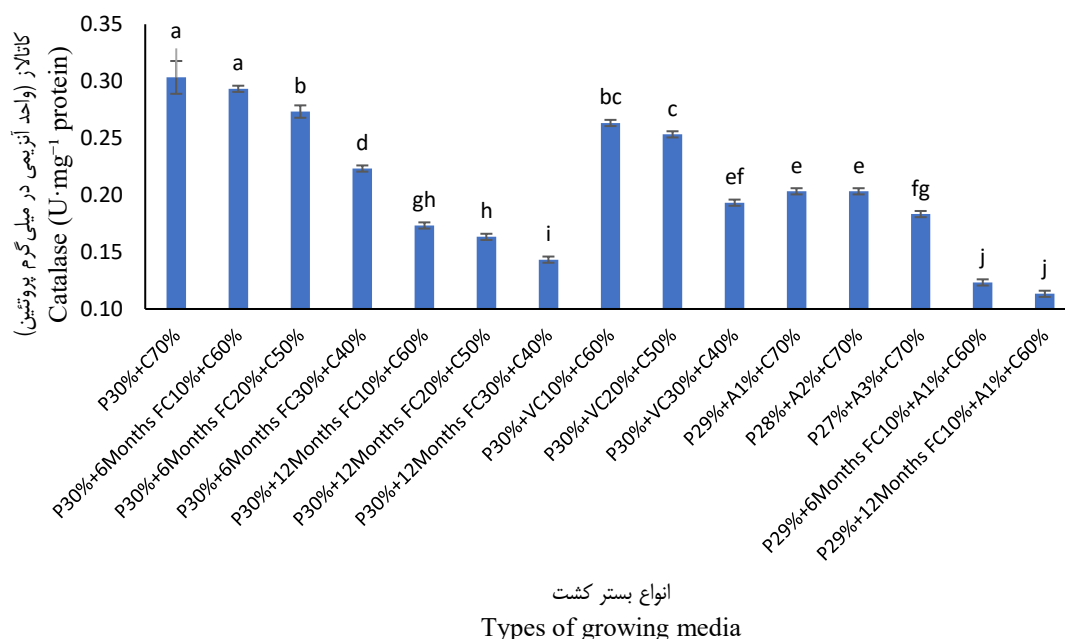
(Mean of square) میانگین مربعات			درجه آزادی DF	منابع تغییر S.O.V.
مالون دی‌آلدئید Malondialdehyde	سوپراکسید دیسموتاز Superoxide Dismutase	کاتالاز Catalase		
0.08**	0.12**	0.01**	14	تیمار بستر Growing Media
0.0003	0.001	0.0001	30	خطا Error
3.73	6.03	4.82	-	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

** بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد است.

** Indicates significance at the 1% probability level ($p < 0.01$).



بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر بسترهای کشت، بیشترین کاتالاز گیاه فیلودندرون پرتقالی مربوط به بستر کشت ۳۰ درصد پرلیت + ۷۰ درصد کوکوپیت (شاهد) و پس از آن بستر کشت ۳۰ درصد پرلیت + ۱۰ درصد ضایعات کمپوست قارچ ۶ ماهه + ۶۰ درصد کوکوپیت بود، این دو تیمار در یک گروه آماری قرار داشتند (شکل ۶).

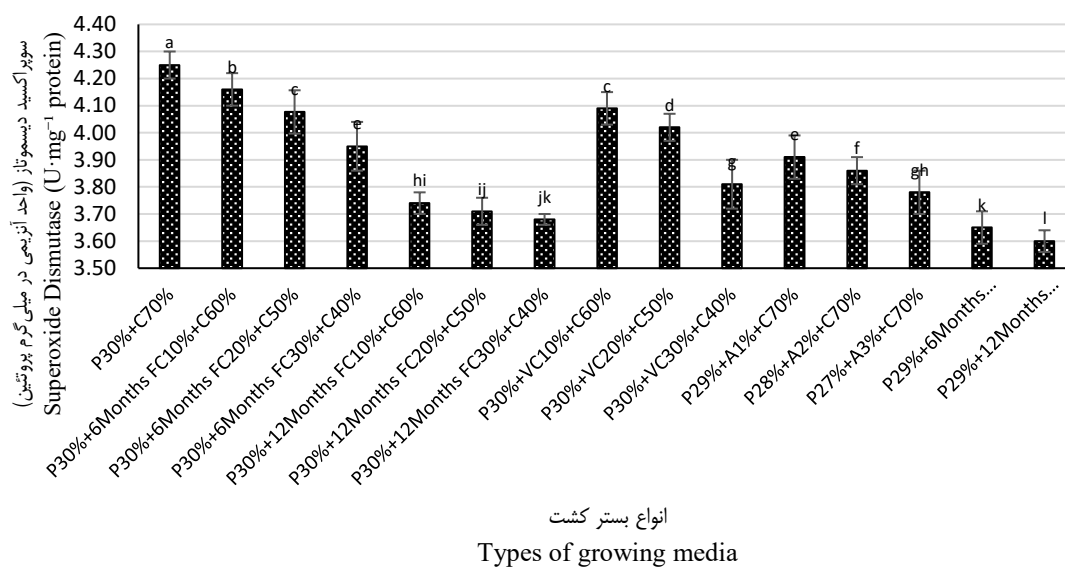


شکل ۶- نتایج مقایسه میانگین اثر انواع بستر کشت بر فعالیت کاتالاز در گیاه فیلودندرون پرتقالی. میانگین‌های دارای دست‌کم یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند. P: پرلیت، C: کوکوپیت، 6Months FC: کمپوست قارچ ۶ ماهه، 12Months FC: کمپوست قارچ ۱۲ ماهه، VC: ورمی کمپوست، A: جلبک

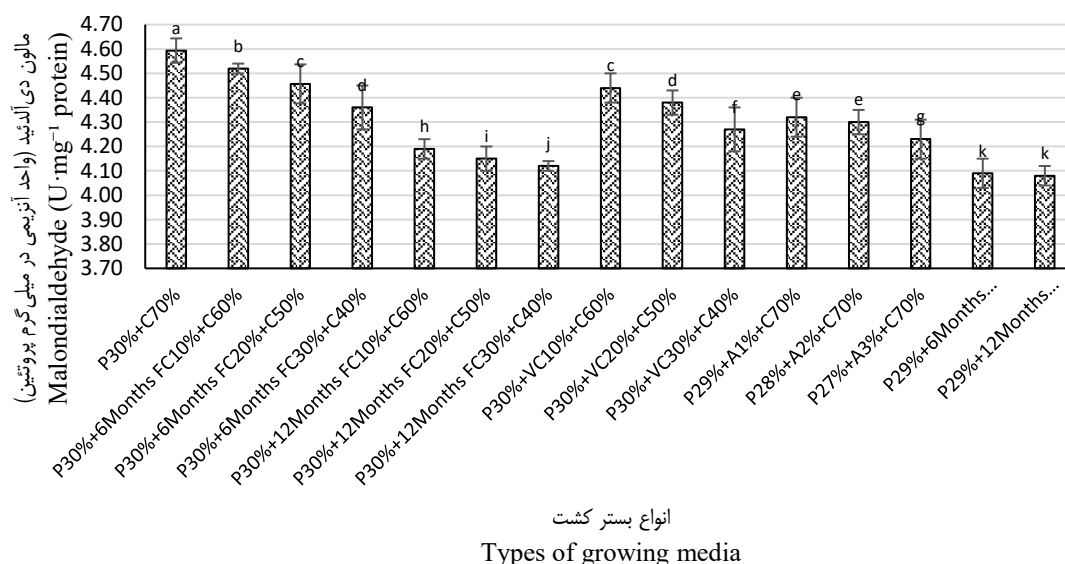
Figure 6- Mean comparison of different growing media effects on catalase activity in *Philodendron erubescens* var. Prince of Orange. Means with at least one common letter do not show significant differences at the 5% probability level according to LSD test. P: Perlite, C: Cocopeat, 6Months FC: 6 Months Mushroom Compost, 12Months FC: 12 Months Mushroom Compost, VC: Vermicompost, A: Algae

در بستر کشت ۳۰ درصد پرلیت + ۷۰ درصد کوکوپیت (شاهد) فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (شکل ۷-الف) و مقدار مالون دی‌آلدئید (شکل ۷-ب) نسبت به سایر تیمارها افزایش یافت.





(a) الف



(b) ب

شکل ۷- نتایج مقایسه میانگین اثر انواع بستر کشت بر سوپراکسید دیسموتاز (الف) و مالون دی آلدئید (ب) در گیاه فیلودندرون پرتقالی.

میانگین‌های دارای دست کم یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند. P: پرلیت، C: کوکوپیت،

6Months FC: کمپوست قارچ ۶ ماهه، 12Months FC: کمپوست قارچ ۱۲ ماهه، VC: ورمی کمپوست، A: جلبک

Figure 7- Mean comparison of different growing media effects on superoxide dismutase activity (a) and malondialdehyde content (b) in *Philodendron erubescens* var. Prince of Orange. Means with at least one common letter do not show significant differences at the 5% probability level according to LSD test. P: Perlite, C: Cocopeat, 6Months FC: 6 Months Mushroom Compost, 12Months FC: 12 Months Mushroom Compost, VC: Vermicompost, A: Algae

مطالعات نشان می‌دهد که بسترهای کشت فاقد مواد آلی مانند ترکیب ۳۰٪ پرلیت و ۷۰٪ کوکوپیت، علی‌رغم برخورداری از خصوصیات فیزیکی نسبتاً مطلوب (تهویه مناسب و زهکشی کافی)، به دلیل کمبود ترکیبات بیواکتیو و مواد آلی محرک، منجر به بروز تنش اکسیداتیو در گیاهان می‌گردند. این شرایط موجب افزایش معنی‌دار تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و متعاقباً



افزایش برابری مالون دی آلدئید (به عنوان شاخص پراکسیداسیون لیپیدی) در مقایسه با بسترهای غنی شده می شود (Chacha *et al.*, 2019). در پاسخ به این تنش، گیاهان مکانیسم های دفاعی خود را با افزایش فعالیت آنزیم های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز فعال می کنند (Kanojia *et al.*, 2024). در مقابل، بسترهای حاوی مواد آلی مانند کمپوست قارچ و جلبک دریایی، با دارا بودن ترکیبات فنلی و پلی ساکاریدی، از طریق خنثی سازی رادیکال های آزاد و تقویت سیستم آنتی اکسیدانی غیر آنزیمی، موجب کاهش تولید ROS و کاهش معنی دار فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی می گردند (Rouphael *et al.*, 2023).

عناصر معدنی

نتایج تجزیه واریانس حاکی از این بود که جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه فیلودندرون پرتقالی تحت اثر تیمار بسترهای کشت در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی دار نشان داد (جدول ۶).

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس اثر بستر کشت بر جذب عناصر معدنی فیلودندرون پرتقالی

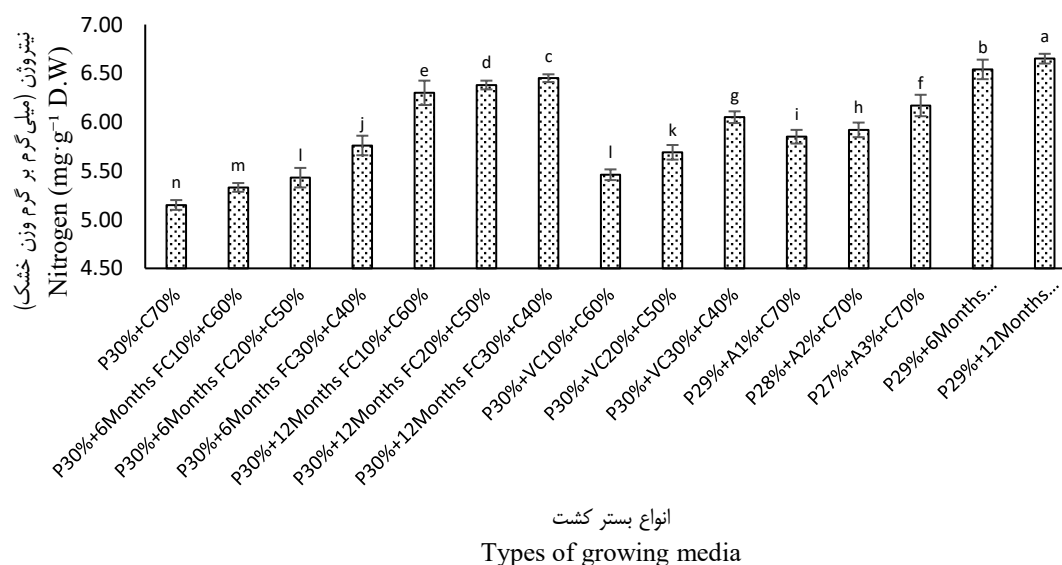
Table 6- Analysis of variance of the effect of growing media on mineral nutrient uptake in *Philodendron erubescens* var. Prince of Orange.

میانگین مربعات (Mean of square)			درجه آزادی	منابع تغییر
پتاسیم	فسفر	نیتروژن	DF	S.O.V.
Potassium	Phosphorus	Nitrogen		
0.24**	0.70**	0.66**	14	تیمار بستر
				Growing Media
0.0003	0.001	0.0005	30	خطا
				Error
4.93	4.32	3.76	-	ضریب تغییرات (درصد)
				CV (%)

** بیانگر معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد است.

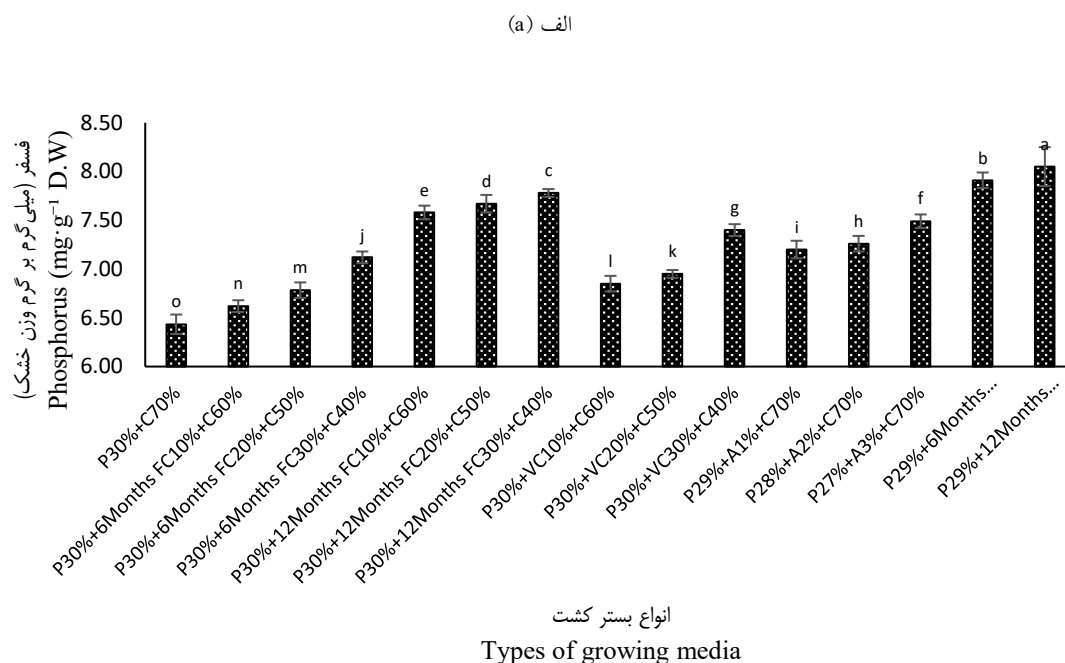
** Indicates significance at the 1% probability level ($p < 0.01$).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر بسترهای کشت، بیشترین نیتروژن (۶/۶۵ میلی گرم بر گرم وزن خشک) (شکل ۸-الف) و فسفر (۸/۰۵ میلی گرم بر گرم وزن خشک) (شکل ۸-ب) گیاه فیلودندرون پرتقالی مربوط به بستر کشت ۲۹ درصد پرلیت + ۱۰ درصد ضایعات کمپوست قارچ ۱۲ ماهه + ۱ درصد جلبک خشک سارگاسوم + ۶۰ درصد کوکوپیت بود.



انواع بستر کشت
Types of growing media





(b) ب

شکل ۸- نتایج مقایسه میانگین اثر انواع بستر کشت بر جذب نیتروژن (الف) و فسفر (ب) در گیاه فیلودندرون پرتقالی. میانگین‌های دارای دست‌کم یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند. P: پرلیت، C: کوکوپیت، 6Months FC: کمپوست قارچ ۶ ماهه، 12Montghs FC: کمپوست قارچ ۱۲ ماهه، VC: ورمی کمپوست، A: جلبک

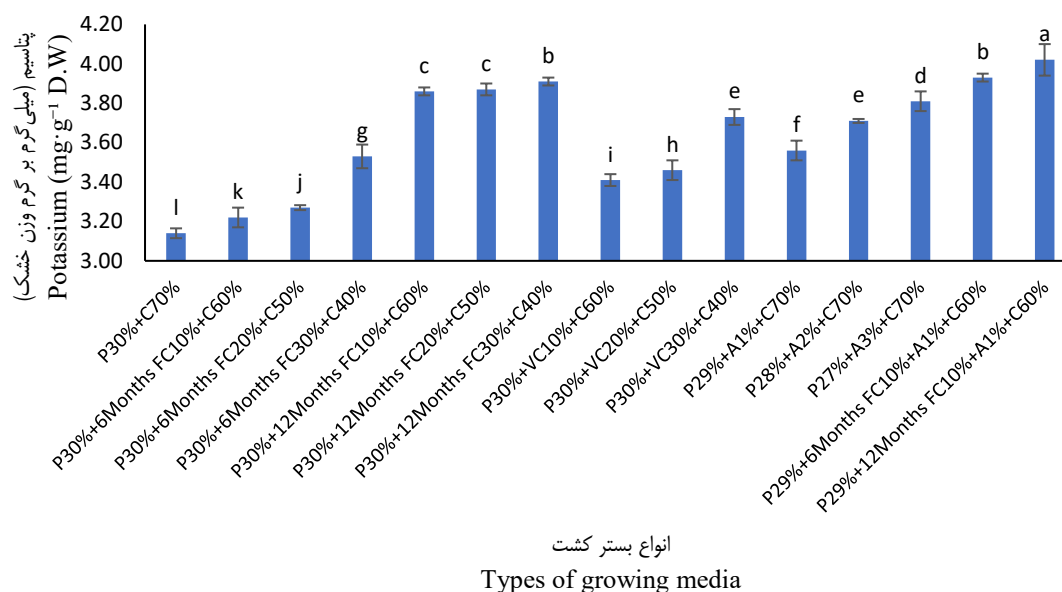
Figure 8- Mean comparison of different growing media effects on nitrogen (N) (a) and phosphorus (P) (b) uptake in *Philodendron erubescens* var. Prince of Orange. Means with at least one common letter do not show significant differences at the 5% probability level according to LSD test. P: Perlite, C: Cocopeat, 6Months FC: 6 Months Mushroom Compost, 12Montghs FC: 12 Months Mushroom Compost, VC: Vermicompost, A: Algae

در بستر کشت ۲۹ درصد پرلیت + ۱۰ درصد ضایعات کمپوست قارچ ۱۲ ماهه + ۱ درصد جلبک خشک سارگاسوم + ۶۰ درصد کوکوپیت بیشترین جذب پتاسیم (۴/۰۲ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در گیاه فیلودندرون پرتقالی مشاهده شد (شکل ۹).

ترکیبات مختلف بستر کشت تأثیر قابل توجهی بر جذب عناصر غذایی در گیاهان زینتی دارند. بسترهای حاوی پرلیت و کوکوپیت به دلیل بهبود تهویه و زهکشی، جذب عناصر معدنی را افزایش می‌دهند (Savvas et al., 2022). از طرفی، افزودن کمپوست قارچ با افزایش فعالیت میکروبی و آزادسازی تدریجی مواد مغذی، جذب نیتروژن و فسفر را بهبود می‌بخشد (Chacha et al., 2019). جلبک دریایی نیز با دارا بودن ترکیبات کلات‌کننده طبیعی مانند آلژینات، جذب عناصر را تسهیل می‌کند (Kanojia et al., 2024).

تحقیقات روی گیاه دیفن باخیا^۱ نشان داد pH بستر نقش کلیدی در جذب عناصر دارد، به طوری که pH پایین‌تر جذب فسفر و pH بالاتر جذب کلسیم را افزایش می‌دهد (Rouphael et al., 2023). در مطالعه دیگری روی گیاه شیپوری^۲، ترکیب کوکوپیت و پرلیت با ورمی کمپوست منجر به افزایش معنی‌دار جذب نیتروژن و کلسیم شد (Rajaei et al., 2022). همچنین در گیاه دراسنا^۳، استفاده از ترکیب مواد آلی و معدنی در بستر کشت موجب بهبود جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم گردید (Esmaeili et al., 2013).





شکل ۹- نتایج مقایسه میانگین اثر انواع بستر کشت بر جذب پتاسیم در گیاه فیلودندرون پرتقالی. میانگین‌های دارای دست‌کم یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند. P: پرلیت، C: کوکوپیت، 6Months FC: کمپوست قارچ ۶ ماهه، 12Months FC: کمپوست قارچ ۱۲ ماهه، VC: ورمی کمپوست، A: جلبک

Figure 9- Mean comparison of different growing media effects on potassium (K) uptake in *Philodendron erubescens* var. Prince of Orange. Means with at least one common letter do not show significant differences at the 5% probability level according to LSD test. P: Perlite, C: Cocopeat, 6Months FC: 6 Months Mushroom Compost, 12Months FC: 12 Months Mushroom Compost, VC: Vermicompost, A: Algae

نتایج ضرایب همبستگی

نتایج تجزیه و تحلیل همبستگی پیرسون بین ویژگی‌های خاک و رشد گیاه فیلودندرون پرتقالی نشان‌دهنده روابط معنی‌دار و الگوهای جالبی است. بر اساس این یافته‌ها، وزن مخصوص ظاهری و حقیقی خاک با مقادیر همبستگی بین ۰/۸۷ تا ۰/۹۳ با کلیه پارامترهای رشد گیاه رابطه مثبت و بسیار معنی‌داری نشان دادند که حاکی از اهمیت تراکم متعادل خاک در رشد مطلوب این گیاه است. از میان ویژگی‌های شیمیایی خاک، ماده آلی با ضریب همبستگی ۰/۹۰ با وزن تر اندام هوایی و ۰/۸۹ با محتوای سبزینه b، بیشترین تأثیر را بر رشد گیاه داشت. همچنین نیتروژن خاک به‌ویژه با تعداد برگ‌ها ($r=0/91$) و فسفر با جذب پتاسیم ($r=0/89$) ارتباط تنگاتنگی نشان دادند. در مقابل، pH خاک با ضرایب همبستگی ۰/۸۴ تا ۰/۸۷- با کلیه شاخص‌های رشد گیاه، بیانگر ترجیح این گیاه به شرایط کمی اسیدی است. درصد تخلخل خاک نیز روابط معکوسی با پارامترهای رشدی نشان داد که اهمیت مدیریت مناسب تهویه خاک را برجسته می‌سازد. جالب توجه آنکه شوری خاک (EC) تنها با محتوای سبزینه a ($r=0/49$) و کاروتنوئیدها ($r=0/48$) رابطه معنی‌دار داشت که نشان‌دهنده تحمل نسبی این گیاه به شرایط شور است (جدول ۷). بر مبنای این یافته‌ها، برای دستیابی به حداکثر رشد و عملکرد گیاه فیلودندرون پرتقالی، توصیه می‌شود خاک با افزودن مواد آلی (۸-۶ درصد) اصلاح شده، pH در محدوده $6\pm0/5$ تنظیم گردد. وزن مخصوص ظاهری خاک حدود ۱/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب حفظ شود. مدیریت آبیاری باید به گونه‌ای باشد که رطوبت خاک در محدوده ۵۵-۶۵ درصد و تخلخل آن حدود ۲۵ درصد باقی بماند. در برنامه تغذیه‌ای نیز نسبت کوددهی نیتروژن به فسفر به پتاسیم به صورت ۳-۱-۲ و کنترل شوری خاک کمتر از ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر توصیه می‌شود. این شرایط بهینه منجر به حداکثر کارایی جذب عناصر غذایی و رشد مطلوب گیاه خواهد شد.



جدول ۷- نتایج ضرایب همبستگی پیرسون بین ویژگی‌های خاک و خصوصیات رشد و عملکردی گیاه فیلودندرون پرتقالی

Table 7- Pearson correlation coefficients between soil characteristics and growth/performance traits of orange philodendron (*Philodendron erubescens*)

پتاسیم Potassium	فسفر Phosphorus	نیتروژن Nitrogen	مالون دی آلدئید Malondialdehyde	سوپراکسید دیسموتاز Superoxide Dismutase	کاتالاز Catalase	کاروتنوئید Carotenoid	سبزینه b Chlorophyll b	سبزینه a Chlorophyll a	وزن خشک اندام هوایی Dry Shoot Weight	وزن تر اندام هوایی Fresh Shoot Weight	تعداد برگ Leaf Number	ارتفاع بوته Plant Height	ویژگی‌های گیاه ویژگی‌های خاک
-0.86**	-0.87**	-0.87**	0.87**	0.87**	0.87**	-0.85**	-0.84**	-0.86**	-0.86**	-0.87**	-0.85**	-0.86**	pH
0.88**	0.91**	0.92**	-0.91**	-0.90**	-0.93**	0.87**	0.89**	0.85**	0.90**	0.90**	0.92**	0.92**	وزن مخصوص ظاهری Bulk Density
0.88**	0.91**	0.92**	-0.91**	-0.90**	-0.93**	0.87**	0.89**	0.85**	0.90**	0.90**	0.92**	0.92**	وزن مخصوص حقیقی Particle Density
-0.92**	-0.93**	-0.93**	0.93**	0.92**	0.94**	-0.91**	-0.91**	-0.90**	-0.92**	-0.92**	-0.92**	-0.93**	فرج Porosity Percentage
0.43 ^{ns}	0.34 ^{ns}	0.36 ^{ns}	-0.36 ^{ns}	-0.40 ^{ns}	-0.37 ^{ns}	0.48*	0.37 ^{ns}	0.49*	0.40 ^{ns}	0.40 ^{ns}	0.32 ^{ns}	0.36 ^{ns}	مواد الی EC
0.88**	0.91**	0.92**	-0.91**	-0.90**	-0.93**	0.87**	0.89**	0.85**	0.90**	0.90**	0.92**	0.92**	مواد الی Organic Matter
0.87**	0.90**	0.90**	-0.90**	-0.89**	-0.92**	0.85**	0.88**	0.83**	0.89**	0.88**	0.91**	0.91**	نیتروژن



0.88**	0.91**	0.92**	-0.91**	-0.90**	-0.93**	0.87**	0.89**	0.85**	0.90**	0.90**	0.92**	0.92**	Nitrogen فسفر
0.85**	0.89**	0.87**	-0.86**	-0.87**	-0.91**	0.84**	0.87**	0.80**	0.87**	0.87**	0.89**	0.89**	Phosphorus پتاسیم
0.88**	0.91**	0.92**	-0.91**	-0.90**	-0.93**	0.87**	0.89**	0.85**	0.90**	0.90**	0.92**	0.92**	Potassium درصد رطوبت
0.88**	0.91**	0.92**	-0.91**	-0.90**	-0.93**	0.87**	0.89**	0.85**	0.90**	0.90**	0.92**	0.92**	Gravimetric Moisture Content وزنی

***، ** و ns بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و پنج درصد و نبود تفاوت معنی‌دار است.

***, ** and ns indicate significance at 1% and 5% probability levels and no significant difference, respectively.

نتیجه گیری

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تمامی شاخص های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه فیلودندرون پرتقالی در سطح احتمال ۱٪ ($P < 0.01$) تحت تأثیر معنی دار ترکیبات مختلف بستر کشت قرار گرفتند. تیمار بهینه حاوی ۲۹٪ پرلیت، ۱۰٪ کمپوست قارچ ۱۲ ماهه، ۱٪ جلبک سارگاسوم خشک و ۶۰٪ کوکوپیت، به طور چشمگیری موجب بهبود عملکرد گیاه شد که این امر ناشی از مکانیسم های علمی متعددی بود. از یک سو، پرلیت و کوکوپیت با ایجاد ساختار متخلخل و بهبود تهویه و زهکشی، شرایط فیزیکی مطلوبی برای توسعه ریشه ها فراهم کردند. از سوی دیگر، کمپوست قارچ با دارا بودن مقادیر بالای مواد معدنی و جلبک سارگاسوم به دلیل غنی بودن از عناصر کم مصرف و هورمون های رشد طبیعی مانند اکسین و سیتوکینین، نیازهای تغذیه ای گیاه را به طور متعادل تأمین نمودند. این ترکیب همچنین با افزایش بهبود ظرفیت تبادل کاتیونی و فعالیت میکروبی خاک، جذب عناصر معدنی را تسهیل کرد. از دیدگاه فیزیولوژیک، کاهش معنی دار فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی (کاتالاز ۲/۵ برابر و SOD ۱/۲ برابر کمتر از شاهد) و مالون دی آلدئید (۱/۱ برابر کاهش) نشان دهنده کاهش تنش اکسیداتیو در این تیمار بود که احتمالاً ناشی از اثر هم افزایی ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی موجود در جلبک و کمپوست قارچ می باشد. افزایش محتوای رنگدانه های نورساختی (سبزینه a ۱/۳ برابر، سبزینه b ۱/۴ برابر و کاروتنوئیدها ۱/۵ برابر نسبت به شاهد) نیز احتمالاً به دلیل بهبود جذب منیزیم (به عنوان هسته مرکزی مولکول سبزینه) و کاهش پراکسیداسیون لیپیدهای غشای کلروپلاست بود. این یافته ها به وضوح نشان می دهد که استفاده از ترکیب بهینه مواد آلی (کمپوست قارچ و جلبک سارگاسوم) همراه با پرلیت و کوکوپیت می تواند به عنوان یک بستر کشت مطلوب برای بهبود رشد و کاهش تنش های فیزیولوژیک در گیاه فیلودندرون پرتقالی مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

- Asemoloye, M.D., Chukwuka, K.S., Jonathan, S.G. (2020). Spent mushroom compost enhances plant response and phytoremediation of heavy metal polluted soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 183(4), 492–499. <https://doi.org/10.1002/jpln.202000044>
- Bakhtiari, M., Mozafari, H., Asl, K.K., Sani, B., Mirza, M. (2020). Bio-organic and inorganic fertilizers modify leaf nutrients, essential oil properties, and antioxidant capacity in medic savory (*Satureja macrantha* L.). *Journal of Biological Research-Bollettino della Società Italiana di Biologia Sperimentale*, 93(1), 1-8. <https://doi.org/10.4081/jbr.2020.8477>
- Barbano, D.M., Lynch, J.M., Fleming, J.R. (1991). Direct and indirect determination of true protein content of milk by Kjeldahl analysis: Collaborative study. *Journal of AOAC International*, 74(2), 281–288. <https://doi.org/10.1093/jaoac/74.2.281>
- Baver, L.D., Gardner, W.H., Gardner, W.R. (1972). *Soil Physics*. 4th Edition John Wiley & Sons, Inc., New York, London, Sydney, Toronto p 347.
- Beauchamp, C., Fridovich, I. (1971). Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. *Analytical Biochemistry*, 44(1): 276-87. doi: 10.1016/0003-2697(71)90370-8.
- Bergstrand, K.J. (2022). Organic fertilizers in greenhouse production systems—a review. *Scientia Horticulturae*, 295, 110855. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110855>
- Blake, G.R., Hartge, K.H. (1986). Bulk density. In: Klute, A., Ed., *Methods of Soil Analysis*. Part 1-Physical and Mineralogical Methods, 2nd Edition, Agronomy Monograph 9, American Society of Agronomy—Soil Science Society of America, Madison, 363-382.
- Bunt, A.C. (2012). *Media and mixes for container-grown plants: A manual on the preparation and use of growing media for pot plants*. Springer Science & Business Media.
- Calvo, P., Nelson, L., Kloepper, J.W. (2021). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, 459(1–2), 1–23. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04618-w>
- Carter, M.R., Gregorich, E.G. (2008). *Soil Sampling and Methods of Analysis*. 2nd Edition, Canadian Society of Soil Science, Taylor & Francis Group, LLC, Boca Raton.
- Chacha, M.S., Andrew, B., Vegi, M.R. (2019). Amendment of soil water retention and nutrients holding capacity by using sugar cane bagasse. *Current Agriculture Research Journal*, 7(2). <http://dx.doi.org/10.12944/CARJ.7.2.10>
- Chapman, H.D., Pratt, P.F. (1961). *Methods of analysis for soils, plants and waters*. University of California, Los Angeles, 60–61, 150–179.



- Darakeh, S.A.S.S., Weisany, W., Tahir, N.A.R., Schenk, P.M. (2022). Physiological and biochemical responses of black cumin to vermicompost and plant biostimulants: *Arbuscular mycorrhizal* and plant growth-promoting rhizobacteria. *Industrial Crops and Products*, 188, 115557. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115557>
- Epstein, E. (2015). *The science of composting*. CRC Press.
- Esmaceli, F., Kalate Jari, S., Alipour, Z. (2013). An investigation into the effect of organic and non-organic media in production of *Dracaena marginata* Ait. *Agricultural Engineering*, 36(1), 51–65. (In Persian)
- Esmailpour, B., Shojaei, E., Rasool Azarmi, R.A., Aslani, Z. (2025). The effect of seaweed and organic growing media on growth, yield and essential oils of savory (*Satureja hortensis* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. <https://doi.org/10.22034/saps.2024.60874.3194>
- Esringü, A., Turan, M., Sushkova, S., Minkina, T., Rajput, V.D., Glinushkin, A., Kalinitchenko, V. (2022). Influence of vermicompost application on the growth of *Vinca rosea* valiant, *Pelargonium peltatum* L. and *Pegasus patio rose*. *Horticulturae*, 8(6), 534. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8060534>
- Ghanbari Zade, J., Naderi, D., Golparvar, A.R. (2018). The effects of tuff combination with conventional organic media on some vegetative and flowering characteristics of potted *Alstroemeria*. *Journal of Horticultural Science*, 32(2), 345–357. (In Persian)
- Inbar, J., Abramsky, M., Cohen, D., Chet, I. (1994). Plant growth enhancement and disease control by *Trichoderma harzianum* in vegetable seedlings grown under commercial conditions. *European Journal of Plant Pathology*, 100(5), 337–346.
- Kalhor, M., Dehestani-Ardakani, M., Shirmardi, M., Gholamnezhad, J. (2019). Effect of different media cultures on physico-chemical characteristics of pot marigold (*Calendula officinalis* L.) plants under salt stress. *Plant Productions*, 42(1), 89–102. (In Persian)
- Kanojia, A., Lyall, R., Sujeeth, N., Alseekh, S., Martínez-Rivas, F.J., Fernie, A.R., Gechev, T.S., Petrov, V. (2024). Physiological and molecular insights into the effect of a seaweed biostimulant on enhancing fruit yield and drought tolerance in tomato. *Plant Stress*, 14, 100692. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100692>
- Khan, W., Rayirath, U.P., Subramanian, S., Jithesh, M.N., Rayorath, P., Hodges, D.M., Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(4), 386–399. <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x>
- Khosravi Shakib, A., Rezaei Nejad, A., Kafi, M. (2020). Effects of irrigation regime and potting media on morphophysiological and biochemical characteristics of marigold (*Calendula officinalis* L.). *Journal of Horticultural Science*, 34(2), 345–358. (In Persian)
- Lichtenthaler, K., Welburn, A.R. (1983) Determination of Total Carotenoids and Chlorophylls A and B of Leaf Extracts in Different Solvents. *Biochemical Society Transactions*, 11, 591-592. <http://dx.doi.org/10.1042/bst0110591>
- Monjezi, E., Aeni, M., Tabein, S., Parizipour, M.H.G. (2023). Biocontrol of tomato mosaic disease by multiple applications of brown alga (*Sargassum angustifolium*) extract, *Pseudomonas fluorescens*, and *Bacillus subtilis*. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 66, e23220103. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2023220103>
- Motsara, M., Roy, R.N. (2008). *Guide to laboratory establishment for plant nutrient analysis*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E. (1996). *Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter*. In: Sparks, D.L., et al., Eds., *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods*, SSSA Book Series No. 5, SSSA and ASA, Madison, WI, 961-1010.
- Nourzad, S., Ahmadian, A., Moghaddam, M., Daneshfar, E. (2014). Effect of drought stress on yield, yield components and essential oil in coriander treated with organic and inorganic fertilizers. *Journal of Crops Improvement*, 16(2), 289–302. (In Persian)
- Novozamsky, I., Eck, R.V., Schouwenburg, J.C., Walinga, I. (1974). Total nitrogen determination in plant material by means of the indophenol blue method. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 22, 3–5.
- Obinger, C., Maj, M., Nicholls, P., Loewen, P. (1997). Activity, peroxide compound formation, and heme d synthesis in *Escherichia coli* HPII catalase. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 342, 58–67.
- Ortiz, O.O., Croat, T.B., Rodríguez-Reyes, O., Ceballos, J., Cedeño-Fonseca, M., Mora, M.M. (2022). Taxonomic novelties in *Philodendron* subg. *Philodendron* (Araceae) from Panama. *Novon: A Journal for Botanical Nomenclature*, 30(1), 18–42. <https://doi.org/10.3417/2022656>
- Oyege, I., Balaji Bhaskar, M.S. (2023). Effects of vermicompost on soil and plant health and promoting sustainable agriculture. *Soil Systems*, 7(4), 101. <https://doi.org/10.3390/soilsystems7040101>
- Rajaei, N., Hassanpour Asil, M., Olfati, J. (2022). Effect of different nutrient solutions and percentage of vermicompost on the absorption of nutrient elements and growth characteristics of potted calla lily (*Zantedeschia pentlandii* cv. Allure). *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 23(4), 613–624. (In Persian)



- Rouphael, Y., Colla, G., Giordano, M., El-Nakhel, C., De Pascale, S. (2023). Molecular mechanisms underlying the biostimulant effects of seaweed extracts on plant growth and stress tolerance. *Journal of Plant Growth Regulation*, 42(2), 456–472. <https://doi.org/10.1007/s00344-022-10712-3>
- Roy, R., Núñez-Delgado, A., Sultana, S., Wang, J., Battaglia, M.L., Sarker, T., Zhang, R. (2021). Additions of optimum water, spent mushroom compost and wood biochar to improve the growth performance of *Althaea rosea* in drought-prone coal-mined spoils. *Journal of Environmental Management*, 295, 113076.
- Savvas, D., Ntatsi, G., Barouchas, P. (2022). The role of soilless cultivation systems in optimizing nutrient uptake and reducing oxidative stress in plants. *Scientia Horticulturae*, 295, 110852. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110852>
- Seliem, M.K., El-Mahrouk, M.E., El-Banna, A.N., Hafez, Y.M., Dewir, Y.H. (2021). Micropropagation of *Philodendron selloum*: Influence of copper sulfate on endophytic bacterial contamination, antioxidant enzyme activity, electrolyte leakage, and plant survival. *South African Journal of Botany*, 139, 230–240.
- Sharma, H.S.S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J.R., Martin, T. (2021). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture: A review. *Journal of Applied Phycology*, 33(1), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02181-5>
- Sparks, D.L. (2003). *Environmental Soil Chemistry*. 2nd Edition, Academic Press, Oxford.
- Tammam, A.A., Shehata, M.R.A.M., Pessarakli, M., El-Aggan, W.H. (2023). Vermicompost and its role in alleviation of salt stress in plants—I. Impact of vermicompost on growth and nutrient uptake of salt-stressed plants. *Journal of Plant Nutrition*, 46(7), 1446–1457. <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2072741>
- Vahid Afagh, H., Saadatmand, S., Riahi, H., Khavari-Nejad, R.A. (2019). Influence of spent mushroom compost (SMC) as an organic fertilizer on nutrient, growth, yield, and essential oil composition of German chamomile (*Matricaria recutita* L.). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(5), 538–548.
- Valentovic, P., Luxova, M., Kolarovic, L., Gasparikova, O. (2006). Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relations in two maize cultivars. *Plant Soil and Environment*, 52(4), 184.
- Zarifianffard, Z., Ghaemi Ghehsareh, M., Barzegar, R. (2022). Effect of different concentrations of nitrogen, phosphorus and potassium on growth indices of Oriental lily (*Lilium* spp.) bulblet. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 23(3), 539–554. (In Persian)
- Zhang, L., Sun, X., Tian, Y., Gong, X. (2021). Effects of spent mushroom substrate on soil properties, plant growth, and microbial community: A review. *Journal of Environmental Management*, 295, 113081. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113081>





Organic substrate amendments improve growth, nutrient uptake and antioxidant responses in *Philodendron erubescens* var. prince of orange

Sharifeh Ghasemi¹, Sepideh Kalateh Jari^{2✉}, Marjan Diyanat³

Department of Agricultural Science and Engineering, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 2025/04/12, Revised: 2025/07/16, Accepted: 2025/07/19

Abstract

In agricultural science, the selection of suitable growth media is recognized as a determining factor in optimal growth, plant health, and input efficiency in ornamental houseplant cultivation. This study investigated the effects of 15 different growing media compositions—1) P30% + C70%, 2) P30% + 6Months FC10% + C60%, 3) P30% + 6Months FC20% + C50%, 4) P30% + 6Months FC30% + C40%, 5) P30% + 12Months FC10% + C60%, 6) P30% + 12Months FC20% + C50%, 7) P30% + 12Months FC30% + C40%, 8) P30% + VC10% + C60%, 9) P30% + VC20% + C50%, 10) P30% + VC30% + C40%, 11) P29% + A1% + C70%, 12) P28% + A2% + C70%, 13) P27% + A3% + C70%, 14) P29% + 6Months FC10% + A1% + C60%, and 15) P29% + 12Months FC10% + A1% + C60%—on the growth and physiology of *Philodendron erubescens* (*Philodendron erubescens* var. Prince of Orange) in a completely randomized design with three replications. The results demonstrated that the medium containing 29% perlite + 10% 12-month-old mushroom compost + 1% dried Sargassum seaweed + 60% cocopeat significantly (at the 1% level) improved vegetative growth indices, nutrient uptake (nitrogen, phosphorus, and potassium), and photosynthetic pigment content (chlorophyll a, b, and carotenoids). This composition, by supplying natural growth nutrients and hormones, reduced oxidative stress and decreased the activity of antioxidant enzymes (catalase and superoxide dismutase) and malondialdehyde accumulation. In contrast, the control treatment (30% perlite + 70% cocopeat) exhibited the highest levels of antioxidant enzyme activity and proline accumulation due to organic matter deficiency, indicating oxidative stress. The findings confirm that growth media containing mushroom compost and seaweed enhance soil physicochemical properties and provide gradual nutrient release, creating optimal conditions for ornamental plant growth. This study highlights the critical role of appropriate growth media selection as a key factor in the production management of ornamental plants.

Keywords: Growing media, Growth enhancement, Ornamental plants, Oxidative stress.