


Plant Prod., 2024, 46(4), 611-623
<https://plantproduction.scu.ac.ir/>
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2024.44549.2118
Received: 13 August 2023
Accepted: 20 January 2024



Plant Productions
Research Article

The effect of different culture media and aerial root pruning on the growth of Papaya (*Carica papaya*)

Mohammad Kazemi¹, Elham Danaee^{2*} 

1. M.Sc. Student of Production of Greenhouse Crops, Department of Horticultural Sciences, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran
2. Associated Professor, Department of Horticultural Sciences, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran

Citation: Kazemi, M., & Danaee, E. (2024) The effect of different culture media and aerial root pruning on the growth of Papaya (*Carica papaya*). *Plant Productions*, 46(4), 611-623

Abstract

Introduction

Papaya (*Carica papaya*) is a tropical tree that leaves, fruits, seeds and roots has many medicinal and edible uses. Choosing the appropriate planting medium is one of the important ways to improve seedling growth of fruit trees. By improving the physical and chemical properties, it causes better absorption of nutrients and improves plant growth. Also, aerial root pruning to produce seedlings with branched and strong root systems is one of the effective factors in growing plants.

Materials and methods

To study the effect of different culture media and aerial root pruning on the growth of Papaya (*Carica papaya*), an experiment was conducted in the form of a completely randomized statistical design with three replications and two factors of planting media (cocopeat 100%, peat mass 100%, and cocopeat 70% + perlite 30%, peat moss 70% + perlite 30%) and performing or not performing aerial root pruning was implemented in the greenhouse. The seeds were sown in the culture trays containing the desired planting beds, and horizontal cuts were made in the walls of the culture tray cavities to perform aerial pruning of the roots in the desired treatments. Sampling was done 50 days after sowing the seeds and some morphologic, physiologic and biochemical traits include fresh and dry weight of seedlings, root

* **Corresponding Author:** Elham Danaee
E-mail: dr.edanaee@yahoo.com



© 2024 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

length, seedling height, internode length, node number, leaf area, total chlorophyll, peroxidase, catalase and superoxide dismutase activity were analyzed.

Results and Discussion

The results showed that the treatments had a significant effect on the assessed traits so that the highest fresh and dry weight of seedlings (1.69, 0.66 g, respectively), root length (17.66 cm), seedling height (7.92 cm), internode length (8.61 mm) and node number (4.67) were observed in 70% peat moss + 30% perlite and no aerial root pruning. The maximum leaf area (9.14 cm³) and total chlorophyll (1.69 mg g⁻¹ FW) content were obtained in the 100% peat moss planting bed treatment and no aerial root pruning and the 70% peat moss + 30% perlite treatment and root aerial pruning. The highest activity of peroxidase (37.60 U enzyme⁻¹ FW), catalase (7.60 U enzyme⁻¹ FW) and superoxide dismutase (16.08 U enzyme⁻¹ FW) enzymes was also in 100% peat moss treatment and root aerial pruning.

Conclusion

In general, the results of this research showed that the combination of two organic and inorganic substrates, peat mass 70% and perlite 30%, showed the best effect on vegetative characteristics and total chlorophyll content in papaya. Also, the highest activity of peroxidase, catalase and superoxide dismutase enzymes was observed in 100% peat moss bed. Root aerial pruning also decreased the evaluated growth characteristics and increased the total chlorophyll content and activity of peroxidase, catalase and superoxide dismutase enzymes. According to the results, different culture media had different physical and chemical characteristics that can affect plant growth. In this research it is recommended to sowing papaya seeds in 70% peat moss and 30% perlite and not to perform aerial root pruning to produce this product.

Keywords: Cocopeat, Enzyme, Peat moss, Perlite

تولیدات گیاهی، ۱۴۰۲، ۴۶(۴)، ۶۱۱-۶۲۳

<https://plantproduction.scu.ac.ir/>

ISSN (P): 2588-543X; ISSN (E): 2588-5979

Doi: 10.22055/ppd.2024.44549.2118

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۲


تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۳۰



تولیدات گیاهی

مقاله پژوهشی

تأثیر بسترهای مختلف کشت و هرس هوایی ریشه بر رشد گیاه خربزه درختی (*Carica papaya*)

محمد کاظمی^۱، الهام دانائی^{۲*} 

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد تولید محصولات گلخانه‌ای، گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران

۲- دانشیار، گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران

چکیده

خربزه درختی (*Carica papaya*)، میوه‌ای گرمسیری است که کاربردهای دارویی و غذایی فراوانی دارد. انتخاب بستر کشت مناسب یکی از اهداف مهم در بهبود رشد دانهال درختان میوه می‌باشد. همچنین انجام هرس هوایی ریشه جهت تولید نهال‌هایی با سیستم ریشه‌ای منشعب و مستحکم از عوامل موثر در پرورش گیاهان است. به‌منظور مطالعه تأثیر بسترهای مختلف کشت و هرس هوایی ریشه بر رشد گیاه خربزه درختی (*Carica papaya*) آزمایشی در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد، تیمارها شامل بسترهای کاشت (کوکوپیت ۱۰۰ درصد، پیت‌ماس ۱۰۰ درصد، کوکوپیت ۷۰ درصد + پرلیت ۳۰ درصد و پیت‌ماس ۷۰ درصد + پرلیت ۳۰ درصد) و انجام یا عدم انجام هرس هوایی ریشه بودند که در سال ۱۴۰۱ در گلخانه‌ای واقع در شهرستان پاکدشت، شهرک گلخانه‌ای گلغام اعمال شد. بذرها در نیمه مهرماه در سینی‌های کشت حاوی بسترهای کاشت مورد نظر کشت گردید و جهت انجام هرس هوایی ریشه در تیمارهای مورد نظر برش‌های افقی در دیواره حفره‌های سینی کشت ایجاد شد و پس از ۵۰ روز از کاشت بذرها نمونه‌ها جهت ارزیابی صفات وزن تر و خشک اندام هوایی گیاهچه، طول بلندترین ریشه، ارتفاع گیاهچه، طول میانگره، تعداد گره، سطح برگ، محتوای کلروفیل کل و فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز به آزمایشگاه منتقل شدند. نتایج نشان داد، تیمارها تأثیر معنی‌داری بر صفات مورد ارزیابی داشتند. بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی گیاهچه، طول بلندترین ریشه، ارتفاع گیاهچه، طول میانگره و تعداد گره در بستر کشت پیت‌ماس ۷۰ درصد + پرلیت ۳۰ درصد + عدم انجام هرس هوایی ریشه مشاهده شد. بیشترین سطح برگ در تیمار بستر کاشت پیت‌ماس ۱۰۰ درصد + عدم انجام هرس هوایی ریشه و بیشترین محتوای کلروفیل کل در تیمار پیت‌ماس ۷۰ درصد + پرلیت ۳۰ درصد + انجام هرس هوایی ریشه به‌دست آمد. فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز نیز در تیمار پیت‌ماس ۱۰۰ درصد

* نویسنده مسئول: الهام دانائی

+ انجام هرس هوایی ریشه نیز بیشترین بود. با توجه به نتایج به دست آمده، بسترهای مختلف ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مختلفی دارند که می‌توانند بر رشد گیاه تأثیر گذار باشند، در این پژوهش کشت بذر خربزه درختی در بستر کشت حاوی پیت‌ماس ۷۰ درصد و پرلیت ۳۰ درصد و عدم انجام هرس هوایی ریشه به عنوان بهترین تیمار موثر بر رشد گیاه خربزه درختی (*Carica papaya*) پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی: آنزیم، پرلیت، پیت‌ماس، کوکوپیت

مقدمه

خربزه درختی (*Carica papaya*) از خانواده Caricaceae، میوه‌ای گرمسیری و یکی از مهم‌ترین میوه‌ها در مالزی است که برگ، میوه، دانه و ریشه آن کاربردهای دارویی و غذایی دارد (Mirshekari and Madani, 2017). میوه این گیاه سرشار از املاح معدنی کلسیم، منیزیم، فسفر، منگنز، روی، آهن، سدیم و پتاسیم و ویتامین‌های A، C، E، تیامین، ریوفلاوین و فولات می‌باشد. همچنین در شیرابه میوه نارس آنزیم پروتئولیتیک به نام پاپائین وجود دارد که از آن به عنوان هضم کننده پروتئین‌ها، درمان ضایعات پوستی و در صنایع گوشت و کالباس استفاده می‌شود (Dehviri, 2013; Herviana et al., 2022). این گیاه دارای چهار جنس است که سه جنس آن بومی مناطق گرمسیر آمریکا می‌باشد (Yahaghi et al., 2011) و در مناطق جنوبی ایران مانند جنوب استان سیستان و بلوچستان و استان هرمزگان نیز کشت می‌شود (Abdulahi and Kohestani, 2014).

امروزه کشت بدون خاک نوعی فناوری در تولید گیاهان است که موجب افزایش کیفیت و کمیت محصولات باغبانی می‌شود، (Saberi et al., 2021) و یکی از مهم‌ترین عوامل در پرورش گیاهان، انتخاب بستر کشت مناسب است، زیرا از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نظیر تخلخل، گنجایش نگهداری آب، تبادل کاتیونی و رسانایی الکتریکی موجب جذب بهتر مواد غذایی و در نتیجه

بهبود رشد گیاه می‌گردد (Norouzi Faradonbeh et al., 2020). بسترهای کشت آلی و معدنی مثل پیت‌ماس، کوکوپیت و پرلیت هر کدام دارای ویژگی‌های متفاوتی هستند (Dayeswari et al., 2017)، کوکوپیت از مواد فیبری مزوکارپ میوه نارگیل تشکیل شده است و دارای ساختار اسفنجی می‌باشد که تا ده برابر وزن خود آب جذب می‌کند و از نسبت‌های مساوی لیگنین و سلولز تشکیل شده است و غنی از پتاسیم و عناصر کم‌مصرف به‌ویژه آهن، منگنز، روی و مس هست، کوکوپیت به علت ظرفیت بالای نگهداری هوا، اثر مطلوبی در ریشه‌زایی دارد (Roosta et al., 2015). پیت ماس، ذرات تجزیه شده مواد آلی تحت شرایط بی‌هوازی و یا نیمه‌هوازی است که در مناطق مرطوب و سرد ایجاد می‌شود و معمولاً به‌صورت پایه در بسترهای کشت استفاده می‌شود، نوع ترکیب و pH مواد تشکیل دهنده آن در انواع مختلف، متفاوت است از مهم‌ترین ویژگی آن گنجایش مناسب نگهداشت آب و هوا، چگالی اندک، تبادل کاتیونی زیاد، pH اسیدی و رسانایی الکتریکی کم است (Norouzi Faradonbeh et al., 2020). پرلیت نیز آلومینوسیلیکات با منشأ آتشفشانی است که دارای ظرفیت تبادل کاتیونی زیادی نمی‌باشد و موجب افزایش زهکشی بستر کشت و بهبود تهویه آن می‌شود (Dilmaghani Hasanlui and Hemati, 2018). در پژوهشی گزارش شده است که ترکیب کوکوپیت و پرلیت (نسبت ۱:۱ وزنی) یکی از مناسب‌ترین بسترها برای جوانه‌زنی

لذا، این پژوهش باهدف بررسی بسترهای مختلف کاشت و هرس هوایی ریشه بر رشد بذر گیاه خربزه درختی (*Carica papaya*) انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر بسترهای مختلف کاشت و هرس ریشه بر رشد گیاه خربزه درختی آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با سه تکرار و هشت تیمار انجام شد. تیمارها شامل بسترهای کاشت (کوکوپیت ۱۰۰ درصد، پیت‌ماس ۱۰۰ درصد، کوکوپیت ۷۰ درصد + پرلیت ۳۰ درصد، پیت‌ماس ۷۰ درصد + پرلیت ۳۰ درصد) و انجام یا عدم انجام هرس هوایی ریشه بودند که در سال ۱۴۰۱ و در گلخانه‌ای در شهرستان پاکدشت واقع در شهرک گلخانه‌ای گلفام اجرا شد. بذور در دمای ۲۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۵۰-۶۰ درصد و در شرایط نور طبیعی نگهداری شدند. در ابتدای آزمایش در دیواره حفره‌های سینی کاشت برش‌های افقی جهت اعمال هرس هوایی ریشه ایجاد شد و در نیمه مه‌رامه بذور خربزه درختی رقم Red lady تهیه شده از شرکت Known you seed تایوان در سینی‌های کشت حاوی بسترهای کاشت موردنظر کشت گردید. پیش از کاشت کوکوپیت با آب شسته و توسط بخار ضدعفونی شد، همچنین پرلیت دانه متوسط نیز سه مرتبه با آب شستشو داده شد. حجم حفره سینی کشت ۱۵۰ سی‌سی و طول مدت جوانه‌زنی در همه تیمارها ۱۰ روز بود و کل تیمارها پس از ۱۵ روز از کشت بذرها با کود (NPK) ۲۰-۲۰-۲۰ با غلظت ده درصد تغذیه شدند که مجدداً هفت روز بعد تکرار شد. آبیاری بذرها نیز از زمان کاشت تا ۱۵ روزگی به‌صورت روزانه و پس از آن یک روز در میان با استفاده از آب مقطر انجام شد. نمونه‌ها جهت ارزیابی صفت ۵۰ روز پس از کاشت بذور به آزمایشگاه منتقل شد.

بذر نارنج بوده است و طول و وزن خشک ریشه و ساقه را افزایش داد (Heydari et al., 2016). همچنین (Muhamad Hafiz et al., 2013) افزایش درصد جوانه‌زنی، وزن تر برگ، ساقه و ریشه، طول ریشه، تعداد برگ، تعداد گره و ارتفاع خربزه درختی را در بستر کشت حاوی ۱۰۰ درصد پیت‌ماس گزارش نمودند. در فلفل شیرین و بادمجان نیز بستر کشت ۱۰۰ درصد پیت‌ماس بیشترین وزن خشک اندام هوایی و ریشه، قطر ساقه، طول دانه‌ها و شاخص کلروفیل گزارش شد (HosseiniFarahi et al., 2022). در گیاهچه‌های هندواوانه نیز محیط کشت ۱۰۰ درصد کوکوپیت، بیشترین محتوای کلروفیل a، b و کل، کاروتنوئیدها و محتوای نسبی آب برگ و کمترین مقدار پرولین گزارش شد و منجر به رشد بهتر گیاهچه گردید (Rostami et al., 2022).

با توجه به اهمیت تولید نهال‌های باکیفیت و سیستم ریشه‌ای منشعب و مستحکم، هرس ریشه به سه روش فیزیکی، هوایی و شیمیایی انجام می‌شود، برخی از پژوهشگران معتقدند که هرس ریشه موجب کاهش نسبت ساقه به ریشه شده و موجب گسترش ریشه‌های جانبی می‌شود که بر استقرار و رشد نهال مؤثر است، در حالی که عده‌ای دیگر این عمل را موجب رکود رشد گیاه می‌دانند (Darroudi et al., 2015). در پژوهشی هرس ریشه نهال‌های بلند مازو (*Quercus castaneifolia*) افزایش معنی‌داری در حجم ریشه، طول ریشه، قطر ریشه، سطح ریشه، وزن خشک ریشه و شاخص کیفیت نهال‌ها نشان داد (Mostafaloo and Aliarab, 2016) در حالی که نتایج (Kiani et al., 2006) نشان داد که هرس ریشه در نهال‌های کاج تدا (*Pinus taeda*) تأثیر معنی‌داری بر توان ریشه‌زایی نهال ندارد.

با توجه به اینکه مطالعات متعددی پیرامون اثر بستر کاشت بر رشد گیاهان انجام شده است، اما در رابطه با اثر بستر کاشت و هرس هوایی ریشه بر گیاه خربزه درختی منبعی یافت نشد.

میانگره‌ها، محتوای کلروفیل کل و فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در سطح ۱ درصد و بر وزن تر و خشک گیاهچه و سطح برگ در سطح ۵ درصد معنی دار شد، همچنین اثر هرس هوایی ریشه بر وزن تر و خشک گیاهچه، طول بلندترین ریشه، ارتفاع گیاهچه، تعداد گره‌ها، طول میانگره‌ها، سطح برگ، محتوای کلروفیل کل و فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در سطح ۱ درصد معنی دار شد. اثر متقابل بستر کاشت و هرس هوایی ریشه بر طول بلندترین ریشه و ارتفاع گیاهچه در سطح ۱ درصد معنی دار شد در حالی که بر وزن تر و خشک گیاهچه، تعداد گره‌ها، طول میانگره‌ها، سطح برگ، محتوای کلروفیل کل و فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید در سطح ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۱).

شاخص‌های رویشی گیاه

داده‌های به‌دست آمده از این آزمایش نشان داد، بیشترین وزن تر اندام هوایی با ۱/۶۹ گرم در تیمار پیت‌ماس ۷۰ درصد + پرلیت ۳۰ درصد + بدون هرس هوایی ریشه بود در حالی که کمترین با ۰/۸۵ گرم در تیمار کوکوپیت ۱۰۰ درصد + هرس هوایی ریشه به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار کوکوپیت ۱۰۰ درصد + بدون هراس هوایی ریشه نداشت. بیشترین وزن خشک اندام هوایی (۰/۶۶ گرم) نیز در تیمار پیت‌ماس ۷۰ درصد + پرلیت ۳۰ درصد + بدون هرس هوایی ریشه و کمترین وزن خشک اندام هوایی (۰/۳۳ گرم) در تیمار کوکوپیت ۱۰۰ درصد + بدون هرس هوایی ریشه بود که با تیمار کوکوپیت ۷۰ درصد + پرلیت ۳۰ درصد + هرس هوایی ریشه اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین طول ریشه (۱۷/۶۶ سانتی‌متر) نیز در تیمار پیت‌ماس ۷۰ درصد + پرلیت ۳۰ درصد + بدون هرس هوایی ریشه مشاهده شد در حالی که کمترین در تیمار کوکوپیت ۱۰۰ درصد + هرس هوایی ریشه بود.

وزن تر گیاهچه، بلافاصله پس از برداشت و وزن خشک گیاهچه، نیز پس از ۴۸ ساعت قرارگیری در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌وسیله ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین گردید و سپس برحسب گرم بیان شد (Danace and Abdossi, 2019). طول بلندترین ریشه، طول میانگره و ارتفاع گیاهچه نیز با استفاده از خط‌کش فلزی اندازه‌گیری شد. تعداد گره‌ها در هر گیاهچه شمارش گردید و سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (England Delta-T Device LTD) برحسب میلی‌متر مربع محاسبه گردید (Rostami et al., 2022).

جهت اندازه‌گیری محتوای کلروفیل کل میزان جذب نمونه‌ها در دو طول‌موج ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر توسط اسپکتروفوتومتر، قرائت گردید و از طریق رابطه (۲) برحسب واحد میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ، محاسبه شد (AlhverdiZadeh and Danaee, 2023).

رابطه ۱

$$\text{Total chlorophyll} = 20.2 (\text{A}645 \text{ nm}) + 8/02 (\text{A}663 \text{ nm}) + (\text{V}1000 \times 10)$$

حجم استون نهایی: V، میزان جذب نور: A

سنجش آنزیم پراکسیداز به روش Soroori et al., (2021) و آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز به روش Niazbal et al., (2023) انجام شد و اعداد جذب به ترتیب در طول موج‌های ۵۳۰، ۲۴۰ و ۵۶۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر خوانده شد، سپس برحسب واحد آنزیم بر گرم وزن تر برگ محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SPSS23 و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱ و ۵ درصد صورت گرفت و برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel 16 استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر بستر کاشت بر طول بلندترین ریشه، ارتفاع گیاهچه، تعداد گره‌ها، طول

Table 1. Variance analysis of the effect of culture media and aerial root pruning on the growth of Papaya (*Carica papaya*)

S.O.V	Mean of Square											
	DF	Seedling fresh weight	Seedling dry weight	Root length	Seedling height	Nodes number	Internodes length	Leaf surface	Total chlorophyll	Peroxidase	Catalase	Superoxide dismutase
Culture media	3	3.57*	1.03*	16.318**	9.71**	6.31**	9.07**	19.31*	1.04**	23.56**	45.34**	28.12**
Aerial root pruning	1	1.63**	0.94**	11.429**	6.13**	4.12**	5.83**	7.81**	0.78**	6.81**	13.10**	11.30**
Culture media × Aerial root pruning	3	5.19*	2.14*	21.085**	12.31**	9.25*	14.35*	21.41*	3.26*	4.51*	10.56*	6.03*
Error	6	0.054	0.01	0.096	0.07	0.05	0.102	0.18	0.03	0.02	0.018	0.035
CV (%)	---	11.35	12.43	10.61	10.52	10.73	11.25	9.47	10.36	8.68	9.32	10.50

ns, * and ** are non-significant, significant at the five percent and one percent probability levels, Respectively

رشدی در بستر حاوی پیت‌ماس مشاهده شد. از سویی دیگر ترکیب پرلیت به بستر کشت به دلیل قدرت جذب آب بالا و pH حدود ۶-۸، تخلخل مناسب و ظرفیت بالای نگهداری آب، بر رشد گیاه و شکل‌دهی و رشد طولی ریشه‌ها تأثیر مثبت گذاشته است (Asaduzzaman et al., 2013). در گیاه بادرنجبویه مخلوط پرلیت و پیت‌ماس وزن تر و خشک گیاه را افزایش داد (Farrokhi et al., 2018). Feyzizadeh et al., (2023) نیز افزایش وزن تر و خشک بنه، ارتفاع و سطح برگ را در گیاه زعفران گزارش نمودند. در گیاه دراسنا نیز ترکیب پیت‌ماس و پرلیت موجب افزایش ارتفاع گیاه، وزن خشک ساقه و سطح برگ گردید (Esmaeili et al., 2013). همسو با نتایج این آزمایش در گیاه *Clinacanthus nutans* نیز افزودن پیت‌ماس به خاک موجب افزایش طول ریشه گردید (Ismail-Embong et al., 2020).

بررسی‌ها نشان داد، هرس ریشه موجب کاهش شاخص‌های رویشی خربزه درختی گردید. پژوهشگران پاسخ‌های رشدی متفاوت گیاهان به هرس ریشه را به استعداد ژنتیکی، شرایط محیطی و بروز تنش نسبت دادند، در برخی از پژوهش‌های صورت گرفته پیرامون تأثیر هرس ریشه نتایج نشان داده است که نهال‌های هرس شده نسبت به شاهد کوچکتر بودند، اما دارای ریشه‌های بیشتری بودند که دلیل کاهش طول ریشه نیز در شرایط هرس ریشه می‌تواند مربوط به توسعه ریشه‌های فیبرین و موئین و ایجاد سیستم ریشه‌ای کوتاه‌تر و متراکم‌تر باشد (Darroudi et al., 2015). در گیاه تاج‌خروس نیز هرس ریشه موجب کاهش عملکرد بیوماس ریشه گردید (Niu et al., 2021).

کلروفیل کل

نتایج نشان داد، بیشترین کلروفیل کل با ۱/۶۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر در تیمار پیت‌ماس ۱۰۰ درصد + پرلیت ۳۰ درصد + هرس هوایی ریشه و کمترین با ۱/۰۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر در تیمار کوکوپیت ۱۰۰ درصد + بدون هرس هوایی ریشه مشاهده شد (نمودار ۱). با توجه به اینکه بستر کشت پیت‌ماس

همچنین بیشترین و کمترین تعداد میانگرمه به ترتیب با ۴/۶۷ و ۰/۷۵ در تیمار پیت‌ماس ۷۰ درصد + پرلیت ۳۰ درصد + بدون هرس هوایی و تیمار کوکوپیت ۷۰ درصد + پرلیت ۳۰ درصد + هرس هوایی ریشه بود. بیشترین فاصله میانگرمه (۸/۶۱ میلی‌متر) نیز در تیمار پیت‌ماس ۷۰ درصد + پرلیت ۳۰ درصد + بدون هرس هوایی ریشه و کمترین (۰/۳۳ میلی‌متر) در بستر کوکوپیت ۷۰ درصد + پرلیت ۳۰ درصد + هرس هوایی ریشه به دست آمد. بیشترین و کمترین ارتفاع گیاه به ترتیب با ۷/۹۲ و ۲/۰۸ سانتی‌متر در تیمار پیت‌ماس ۷۰ درصد + پرلیت ۳۰ درصد + بدون هرس هوایی ریشه و تیمار کوکوپیت ۱۰۰ درصد + هرس هوایی ریشه مشاهده شد. در بستر کاشت پیت‌ماس ۱۰۰ درصد + بدون هرس هوایی ریشه بیشترین سطح برگ (۹/۱۴ سانتی‌متر مربع) و کمترین (۰/۳۹ سانتی‌متر مربع) در تیمار کوکوپیت ۷۰ درصد + پرلیت ۳۰ درصد + هرس هوایی ریشه مشاهده شد که با تیمار کوکوپیت ۱۰۰ درصد + هرس هوایی ریشه اختلاف معنی‌داری نداشت.

با توجه به نتایج به دست آمده تیمار پیت‌ماس + پرلیت بهترین نتیجه را بر ویژگی‌های رشدی مورد اندازه‌گیری نشان داد. گیاهان برای رشد مناسب و عملکرد بالا نیازمند رشد رویشی خوب و داشتن ذخایر کافی هستند که در حالتی این شرایط میسر می‌شود که تمام شرایط فیزیکی و شیمیایی بستر از قبیل تخلخل، ظرفیت نگهداری آب، تهویه، ظرفیت تبادل کاتیونی و هدایت کاتیونی مطلوب باشد (Salehi sardoei, and rahbarian, 2016). پیت‌ماس ماده آلی گیاهی است که به دلیل pH اسیدی، هدایت الکتریکی پایین و دارا بود عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و ظرفیت کاتیونی و نگهداری آب بالا، درصد تخلخل زیاد و در نتیجه تهویه و زهکشی موجب بهبود رشد ریشه و اندام هوایی می‌گردد (Hossinifarahi et al., 2022). Esmaeili et al., (2013) نیز بیشترین جذب نیتروژن را در بسترهای شامل پیت گزارش نمودند و به دلیل خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مطلوب پیت‌ماس، بیشترین شاخص‌های

را در بستر حاوی پیت ماس و پرلیت گزارش نمودند. همچنین نتایج نشان داد هرس ریشه محتوای کلروفیل کل را افزایش داد. غلظت رنگدانه فتوسنتزی در برگ‌ها به‌عنوان شاخص تنش متابولیک شناخته می‌شود و انجام هرس هوایی ریشه ممکن است موجب بروز تنش در گیاه شده باشد (Ribeiro de Souza et al., 2012). از سوی دیگر افزایش غلظت کلروفیل کل را می‌توان به افزایش قدرت جذب آب و مواد غذایی نسبت داد (Mostafaloo and Aliarab, 2016). مطابق با نتایج این آزمایش در دانهال گلابی نیز هرس ریشه موجب افزایش کلروفیل کل گردید (Yehia et al., 2015).

دارای مقادیری نیتروژن و منیزیم است در نتیجه بر بهبود سبزیگی برگ و محتوای کلروفیل گیاه در ارتباط است، کشت خریزه درختی در بستر کاشت پیت ماس موجب افزایش کلروفیل کل گردید و ترکیب آن با پرلیت به دلیل اینکه منبعی غنی از اکسیژن است موجب افزایش تهویه و تأثیر بهتر بر رشد و سبزیگی گیاه می‌گردد (Moazen et al., 2021) و کاهش کلروفیل کل در گیاهان کاشته شده در بسترهای حاوی کوکوپیت می‌تواند به دلیل تنش ناشی از رطوبت زیاد باشد (Norouzi Faradonbeh et al., 2020). Hosseinifarahi et al., (2022) افزایش کلروفیل کل نهال‌های فلفل و بادمجان

Table 2. Comparison of the mean effect of culture media and aerial root pruning on the growth characteristics of Papaya (*Carica papaya*)

Aerial root pruning	Culture media	Seedling fresh weight (g)	Seedling dry weight (g)	Root length (cm)	Seedling height (cm)	Nodes number	Internode s length (mm)	Leaf surface (cm ²)
Without aerial root pruning	Cocopeat 100%	0.08 ^f	0.03 ^f	4.92 ^f	2.33 ^{fg}	1.17 ^c	2.50 ^{dc}	0.61 ^c
	Peat moss 100%	1.54 ^b	0.60 ^b	14.05 ^b	6.67 ^b	3.75 ^b	7.46 ^b	9.14 ^a
	Cocopeat 70% + Perlite 30%	0.15 ^c	0.03 ^e	8.12 ^d	3.42 ^e	1.67 ^d	2.83 ^d	0.78 ^e
	Peat moss 70% + Perlite 30%	1.69 ^a	0.66 ^a	17.66 ^a	7.92 ^a	4.67 ^a	8.61 ^a	8.52 ^b
With aerial root pruning	Cocopeat 100%	0.08 ^f	0.03 ^e	3.54 ^g	2.08 ^g	1.50 ^{de}	1.96 ^e	0.39 ^f
	Peat moss 100%	0.87 ^d	0.43 ^c	6.29 ^e	5.50 ^c	3.17 ^c	4.04 ^c	3.54 ^d
	Cocopeat 70% + Perlite 30%	0.16 ^e	0.02 ^f	4.74 ^f	2.71 ^f	0.75 ^f	0.33 ^f	0.39 ^f
	Peat moss 70% + Perlite 30%	1.16 ^c	0.41 ^d	10.79 ^c	5.67 ^d	3.75 ^b	4.69 ^c	7.17 ^c

Means with common letters according to Duncan test at a significant level of 5% have no significant different

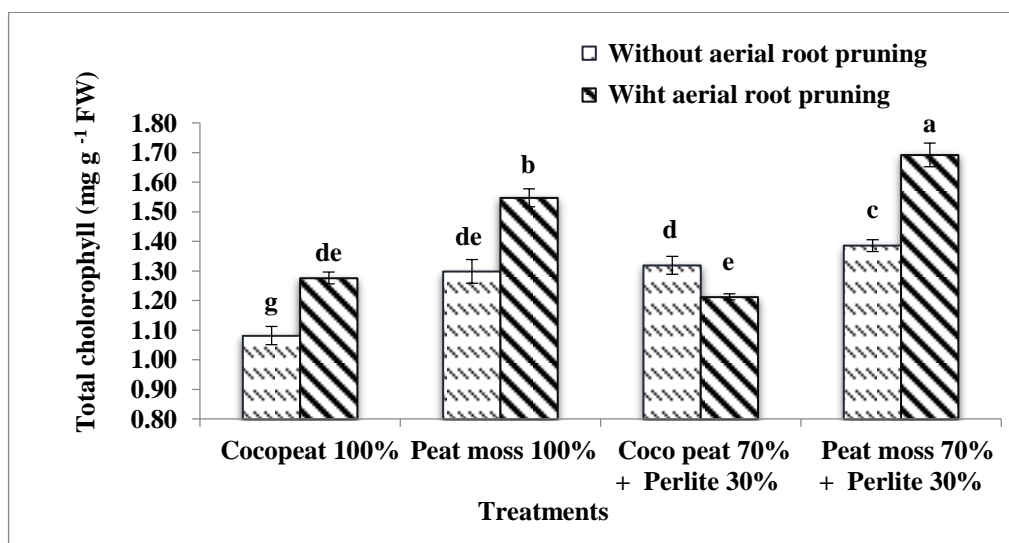


Figure 1. The effect of different culture media and aerial root pruning on the chlorophyll content of Papaya (*Carica papaya*) Identical letters indicate no significant difference at the $P \leq 0.05$ level

تخریب فتواکسیداتیو برگ‌ها و افزایش تولید انواع گونه‌های اکسیژن فعال مثل سوپر اکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال‌های هیدروکسیل می‌شود، در نتیجه گیاهان با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از خود محافظت می‌کند (Carlile and Coules, 2013). مطابق با نتایج این آزمایش، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه بادرنجبویه را در بستر پیت‌ماس گزارش شده است (Farrokhi et al., 2021). افزایش فعالیت آنزیم‌ها در شرایط هرس ریشه نیز می‌تواند مربوط به بروز صدمات مکانیکی و در نتیجه افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن و فعال شدن عملکرد دفاعی گیاه باشد که مطابق با یافته‌های این پژوهش در گیاه سرو خمره‌ای نیز هرس ریشه فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را افزایش داد (Feng et al., 2022).

فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز

نتایج نشان داد، بیشترین فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و سوپر اکسید دیسموتاز به ترتیب با ۳۷/۶۰، ۷/۶۰ و ۱۶/۰۸ واحد آنزیم در گرم وزن تر مربوط به تیمار پیت‌ماس ۱۰۰ درصد + هرس هوایی ریشه بود درحالی‌که کمترین فعالیت آنزیم‌ها به ترتیب با ۳۵/۶۸، ۵/۸۹ و ۱۴/۶۹ واحد آنزیم در گرم وزن تر مربوط به تیمار کوکوپیت ۱۰۰ درصد + بدون هرس هوایی ریشه بود (جدول ۳). افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در بستر کاشت پیت‌ماس می‌تواند مربوط به کم بودن تخلخل آن و کاهش تبادلات گازی در محیط ریشه باشد، زیرا گیاهان برای فتوسنتز و تنفس نیاز به تبادلات گازهای اتمسفری دارند. کاهش غلظت اکسیژن موجب تشکیل انواع گونه‌های اکسیژن همراه است. کمبود اکسیژن در محیط اطراف ریشه سبب

Table 3. Comparison of the mean effect of culture media and aerial root pruning on the enzyme activity of Papaya (*Carica papaya*)

Aerial root pruning	Culture media	Peroxidase (U enzyme g ⁻¹ FW)	Catalase (U enzyme g ⁻¹ FW)	Super oxide dismutase (U enzyme g ⁻¹ FW)
Without aerial root pruning	Cocopeat 100%	35.68 ^g	5.89 ^f	14.69 ^g
	Peat moss 100%	37.24 ^b	7.24 ^b	15.54 ^c
	Cocopeat 70% + Perlite 30%	35.93 ^f	5.93 ^e	15.03 ^e
	Peat moss 70% + Perlite 30%	36.48 ^d	6.68 ^d	15.48 ^c
With aerial root pruning	Cocopeat 100%	35.95 ^f	5.98 ^e	14.95 ^f
	Peat moss 100%	37.60 ^a	7.60 ^a	16.08 ^a
	Cocopeat 70% + Perlite 30%	36.27 ^e	6.20 ^e	15.20 ^d
	Peat moss 70% + Perlite 30%	37.03 ^c	7.13 ^c	15.87 ^b

Means with common letters according to Duncan test at a significant level of 5% have no significant different

نتیجه گیری

آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز گردید. از این رو کاشت بذر خربزه درختی در بستر پیت‌ماس ۷۰ درصد و پرلیت ۳۰ درصد و عدم انجام هرس هوایی ریشه جهت بهبود رشد این گیاه پیشنهاد می‌شود.

به‌طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، ترکیب دو بستر آلی و معدنی، پیت‌ماس ۷۰ درصد و پرلیت ۳۰ درصد بهترین تأثیر را بر ویژگی‌های رویشی و محتوای کلروفیل کل در خربزه درختی نشان داد. همچنین در بستر پیت ماس ۱۰۰ درصد بیشترین فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز مشاهده شد. هرس هوایی ریشه نیز موجب کاهش ویژگی‌های رشدی مورد ارزیابی و افزایش محتوای کلروفیل کل و فعالیت

سپاس‌گزاری

نویسندگان این مقاله از مسئولان محترم دانشگاه آزاد واحد گرمسار جهت فراهم نمودن امکانات لازم جهت انجام این پژوهش سپاسگزاری می‌نمایند.

References

- Abdulahi, V., & Kohestani, K. (2014). Review of nutritional, medicinal and pharmacology value of papaya (*Carica papaya* Linn.). The second national conference of medicinal plants and sustainable agriculture. 23 Agust. 2014, Hamedan, Iran. [In Persian].
- Alhverdi Zadeh, S., & Danaee, E. (2023). Effect of humic acid and vermicompost on some vegetative indices and proline content of *Catharanthus roseous* under low water stress. *Environment and Water Engineering*, 9(1), 141-152. [In Persian].
- Asaduzzaman, M., Kobayashi, Y., Mondal, M. F., Ban, T., Matsubara, H., Adachi, F., & Asao, T. (2013). Growing carrots hydroponically using perlite substrates. *Scientia Horticulturae*, 159, 113-121.
- Carlile, B., & Coules, A. (2013). Towards sustainability in growing media. In: international symposium on growing media, composting and substrate analysis. *Acta Horticulturae*, 1013, 349-341.
- Danaee, E., & Abdossi, V. (2019). Phytochemical and Morphophysiological Responses in Basil (*Ocimum basilicum* L.) Plant to Application of Polyamines. *Journal of Medicinal Plants*, 18 (69), 125-133 [In Persian].
- Darroudi, H., Khosrojerdi, E., & Shahabi, M. (2015). Effect of root pruning on physiology and morphology of Greek juniper Seedlings (*Juniperus Excelsa* M. Bieb.). *Forest and Wood Products*, 68(3), 685-697. [In Persian].
- Dayeswari, D., Rayaprolu, S., & Jone, A. (2017). Effect of Potting Media on Seed Germination, Seedling Growth and Vigour in TNAU Papaya Co.8 (*Carica papaya* L.). *International Journal Pure and Applied Bioscience*, 5 (3), 505-512.
- Dehviri, g. (2013). Phytochemical investigation of *Carica papaya* L. M.Sc. thesis. Univ. of Sistan and Baluchestan, Iran. [In Persian].
- Dilmaghani Hasanlui, M., & Hemati, S. (2018). Effect of different substrates on nutrients content, yield and quality of strawberry C.V Selva in soilless culture. *Journal of soil and plant Interaction*, 2(7), 1-7. [In Persian].
- Esmaeili, F., Kalate Jari, S., Alipour, Z.T., & Abdossi, V. (2013). Investigation of Zeolite usage combined with different organic matters as a growth media of *Dracaena marginata* Ait. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 3(2), 151-168. [In Persian].
- Farrokhi, E., Samadi, A., & Rahimi, A. (2021). Investigation of antioxidant activity, total phenol and flavonoid content of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) in different media under hydroponic condition. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 8(4), 19-33. [In Persian].

- Farrokhi, E., Samadi, A., Rahimi, A., & Asadzadeh, F. (2017). Effect of particle size of perlite and its mixture with peat moss on essential oil percent and yield of lemon balm (*Melissa officinalis*) in hydroponic system. *Journal of soil and plant Interaction*, 9 (3), 39-47. [In Persian].
- Feng, Z., Kong, D., Kong, Y., Zhang, B., & Yang X. (2021). Coordination of root growth with root morphology, physiology and defense functions in response to root pruning in *Platyclusus orientalis*. *Journal of Advanced Research*, 36,187-199.
- Feyzizadeh, M., Samadi, A., Rahimi, A., & Asadzadeh, F. (2023). The effect of perlite particles size and its mixing with peat moss on corms yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in soilless cultivation system. *Applied Soil Research*, 10(4), 136-148. [In Persian].
- Herviana, H., Indarto, D., Wasita, B., & Pasaribu, SF. (2022). Effects of Papaya (*Carica papaya* L.) as Anti-
- Heydari, M., Fathi, N., & Rahimi, M. (2016). The effect of the type of planting medium on seed germination and primary growth of orange seedlings. The 15th Congress of Soil Sciences of Iran. 6.8 September. Esfahan, Iran. [In Persian].
- Hosseinfarahi, M., Moazen, H. A., Amiri, A., Jowkar, M. M., & Mottaghipisheh, J. (2022). Evaluation of seed priming and culture media to improve the germination performance and quality of Sweet pepper and Eggplant seedlings. *International Journal of Horticulture Science and Technology*, 9(4), 415-428.
- Hyperlipidemia: A Systematic Review. *International Journal of Nutrition Sciences*, 7(1), 19-25.
- Ismail-Embong, N., Manan, N A., Md Salleh, N A., & Pa'ee, F. (2020). The effect of different growing media on growth performance of *Clinacanthus nutans*. International Conference on Biodiversity Earth and Environmental Science, 736, 012026.
- Kiani, B., Rostami Shahraji, T., & Taheri, F. (2005). Investigation of root growth potential (RGP) in bare root and container seedlings of Loblolly Pine (*Pinus taeda*). *Iraninan Journal Natural Resource*, 58(2), 333-338. [In Persian].
- Moazen, H., Hosseinfarahi, M., & Amiri, A. (2021). The effect of seed priming and media culture on germination characteristics and quality of tomato seedlings (*Lycopersicon esculentum* L. *Iranian Journal of Seed Reserch*, 8(2), 97-111. [In Persian].
- Mohammadi, L., & Shekari, F. (2015). Examination the effects of hydro-priming and priming by salicylic acid on lentil aged seeds. *International journal of agriculture crop science*, 8(3), 420-426.
- Mostafaloo, M., & Aliarab, A. (2016). Effect of root undercutting time on survival and growth characteristics of Chestnt-leaved Oak bare root 1+0 seedlings under different irrigation period. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 23(4), 155-174. [In Persian].
- Muhamad Hafiz, M.H., Izwal Anuar, M.S., & Ismail, S. (2017). Effects of different growing media on germination, growth performance and biomass of Papaya seedlings at nursery stage. *Trans. Malaysian Soc. Plant Physiology*, 48-52.
- Niazbal, M., Kalatejari, S., Fatehi., & Diyanat, M. (2023). Effects of potassium silicate on some morphological and physiological traits of dichondra (*Dichondra repens*) cover plant grown under water deficit. *Plant Productions*, 45(4), 505-517. [In Persian].
- Niu, H., C. Bian., A. Long., Z. Wang., M. Cao., & J. Luo. (2021). Impacts of root pruning and magnetized water irrigation on the phytoremediation efficiency of *Celosia argentea*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 211,111963.
- Norouzi Faradonbeh, S., Reezi, S., & Ghasemi Ghehsare, M. (2020). Effect of substrate type on growth traits of *Pelargonium ×hortorum* 'Maverick Star' in plug culture. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 11(1), 1-11. [In Persian].
- Mirshekari, A., & Madani, B. (2017). Effects of Calcium Chloride Sprays to the Leaves and Fruits on Postharvest Physiological Characteristics of Papaya (*Carica papaya* L. cv. Eksotika II) Fruits, *Plant Productions*. 40(3), 89-100. [In Persian].

- Ribeiro de Souza, S.C., Adrian ´ Lopez ´ de Andrade, S., Anjos de Souza, L., & Schiavinato, M. A. (2012). Lead tolerance and phytoremediation potential of Brazilian leguminous tree species at the seedling stage. *Journal of Environmental Management*, 110, 299–307.
- Roosta, H., Bagheri, V., & Kian, H. (2015). Effect of different planting substrates on vegetative and physiologic characteristics and nutrients content of *Rosa hybrida* VAR. Grandgala in hydroponic system. *Journal of soil and plant Interaction*, 7(28), 27-39. [In Persian].
- Rostami, F., Salehi, R., Mohammadi, F., Turkashund, A., Moradi, P., & Kalate Jari, S. (2022). Evaluation of the potential of using nipit cultivation substrate in the production of watermelon seedlings (*Citrullus lanatus* L.) with an emphasis on photosynthetic responses. *Iranian Journal of Biotechnology*, 17(4), 58-72. [In Persian].
- Saberi, M., Noori, S., & Rashidi, F. (2021). The effect of substrate and stimulating hormone on germination characteristics of *Salvadora persica*. *Journal of Watershed Management Research*, 73(4), 816-831. [In Persian].
- Salehi sardoei, A., & rahbarian, P. (2016). Effect of Media Culture on Growth and Sucker Pandanus Plant. *Journal of Horticultural Science*, 30(2), 163-168. [In Persian].
- Soroori, S., Danaee, E., Hemmati, K., & Ladan Moghadam A. (2021). The metabolic response and enzymatic activity of *Calendula officinalis* L. to foliar application of Spermidine, Citric Acid and Proline under drought stress & in a Post-Harvest. *Journal of Agriculture Science and Tecnology*, 23(06), 1339-1353.
- Yahaghi L., Safarpour Kapurchal, E., Dadkhah Tehrani, A., Mohammad Hassan, Z., & Qiyathi, M. (2011). Effects of aqueous extract of *Carica papaya* leaves on growth of tumor and level of IFN- γ and IL-4 in mice breast cancer. *Iraninan Journal of Breast Disease*, 4 (3), 23-32. [In Persian].
- Yehia, T. A., Hegazi, A.A., Saleh, A., Ahmed, M. M., Zaied, S., & Hassan, S.A.M. (2015). Effect of Root Pruning on Carbohydrates & Leaf Pigments Content of Le-Conte Pear Trees. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science*, 15 (12), 2324-2330.