گل و گیاهان زینتی (۱۴۰۳)، ۹ (۱): ۸۳-۹۸
مقاله پژوهشی

ارزیابی پیت تولید شده از پوسته شلتوک

مریم آذریو، رضا ابراهیمی گسکرئی*، محمود شعبانپور

گروه علوم خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

rezaebrahimi@guilan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۱، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱/۲۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱/۲۷

چکیده

کشت گیاهان در بستر بدون خاک، روند افزایشی دارد. یک بستر کشت بدون خاک، افزون بر دارا بودن ویژگی‌های مناسب، باید در دسترس، ارزان، پایدار، سبک و استفاده از آن مقرون به صرفه باشد. هدف از این پژوهش کاربردی، ارزیابی سولوپیت تولید شده از پسماند کارخانجات شالیکوبی و بهبود ویژگی‌های آن است. در فرآیند تولید، ماده اولیه را به شکل هرم در آورده و با هدف تسریع واکنش‌های زیستی، قارچ‌های تیره تریکودرما و میکروارگانیسم های موثر (EM) به آن افزوده و با پلاستیک پوشانده شد. آبیاری و هوادهی توده، به طور منظم انجام و پس از گذشت چهار ماه، ارزیابی اولیه شامل آزمون تنژگی همراه با رشد گیاهچه، تنفس میکروبی، رنگ، pH، EC، عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف، در سولوپیت تولید شده، تعیین شد. سپس سولوپیت تولید شده بدون افزودن پرلیت و نیز آمیخته با پرلیت با نسبت‌های ۱:۱، ۲:۱ و ۳:۱ ، از نظر جرم مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداشت آب و هدایت هیدرولیکی با متداول‌ترین بستر بدون خاک یعنی ترکیب دو ماده کوکوپیت- پرلیت با نسبت ۳:۱ مقایسه و برای بهبود ویژگی‌های مرتبط با حفظ رطوبت در سولوپیت، رس‌های زئولیت و بنتونیت به آن، افزوده شد. نتایج نشان داد از نظر ویژگی‌های شیمیایی بین سولوپیت خالص و کوکوپیت- پرلیت (۳:۱)، تفاوت معنی‌دار، وجود ندارد. نتایج تجزیه واریانس تایید کرد که بستر کشت، رس اصلاح کننده، سطوح رس و برهمکنش این سه عامل بر جرم مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداشت آب و هدایت هیدرولیکی اثر معنی‌دار دارد. همچنین برهمکنش نوع بستر کشت و نوع اصلاح کننده، اثر معنی‌داری بر جرم مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداشت آب و هدایت هیدرولیکی داشت. تأثیر برهمکنش بستر کشت و سطح رس نیز بر همه ویژگی‌های اندازه‌گیری شده، معنی‌دار شد. همچنین برهمکنش بین نوع رس و سطوح آن نیز تأثیر معنی‌داری بر همه ویژگی‌ها داشت. برهمکنش سه فاکتور بستر کشت، رس اصلاح کننده و سطوح رس، بر جرم مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداشت آب و هدایت هیدرولیکی معنی‌دار شد. افزودن رس بنتونیت به بستر سولوپیت- پرلیت در مقایسه با زئولیت، تأثیر بیشتری در حفظ رطوبت در سولوپیت داشت. نتیجه گیری این که، امکان تولید سولوپیت از پسماند کارخانجات شالیکوبی با ویژگی حفظ رطوبت مناسب ریشه گیاه وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: اقتصاد چرخشی، بستر بدون خاک، بنتونیت، سولوپیت، زئولیت.

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.83]

مقدمه

امروزه پرورش گیاهان در بستر کشت بدون خاک به ویژه در گلخانه‌ها، توسعه یافته و روند افزایشی دارد. گرایش عمومی به مصرف محصولات ارگانیک نیز تمایل به استفاده از بسترهای آلی را در کشت‌های بدون خاک، افزایش داده است. با استفاده از پسماندهای آلی مختلف می‌توان بسترهای کشت بومی محلی با قیمت پایین‌تر، تولید و آن را به عنوان جایگزینی ارزان‌تر و در دسترس‌تر، به جای بسترهای کشت وارداتی معرفی نمود. یک بستر کشت مناسب افزون بر داشتن ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مناسب، باید در دسترس، ارزان، پایدار و به اندازه کافی سبک باشد تا کار با آن راحت‌تر و حمل و نقل آن نیز از نظر اقتصادی به صرفه تر باشد (Abad *et al.*, 2002) انتخاب بستر کشت به شرایط مالی و فنی تولیدکننده گل و گیاه نیز بستگی دارد. کشت بدون خاک، در چند دهه اخیر بطور چشمگیری گسترش یافته و بخشی از مشکلات تولید در خارج از فصل را برطرف نموده است (Savvas *et al.*,2003). یکی از مزایای این سیستم، یکنواختی کاربرد مواد غذایی و آب برای گیاه است، بنابراین مقدار مصرف کود و هدر رفت عناصر غذایی، کاهش و شرایطی نزدیک به حالت رشد ایده‌آل برای گیاه فراهم می‌شود (Savvas *et al.*,2003). سالانه ارز قابل توجهی، صرف واردات پیت مانند کوکوپیت و پیت ماس از کشورهای مختلف نظیر آلمان، هلند و هند به کشور می‌شود. با توجه به شور شدن خاک و بحران کم‌آبی در کشور بویژه نواحی مرکزی و جنوب ایران، استفاده از انواع پیت یا بسترهای آلی سلولزی، می‌تواند جایگزین مناسبی برای خاک در کشت های گلخانه‌ای در آن مناطق باشد. این پیت‌ها به دلیل داشتن بافت آلی، در طبیعت تجزیه می‌شوند لذا دوستدار محیط زیست هستند. اکثر تولیدکنندگان گل و گیاه، ترجیح می‌دهند از بسترهایی در دسترس، ارزان و قابل اعتماد استفاده کنند. در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری، الیاف جدا شده از پوسته نارگیل با نام تجاری کوکوپیت دارای ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مناسب است اما ظرفیت نگهداری آب بالا دارد که این ویژگی باعث تهویه ضعیف در ناحیه ریشه شده و بر انتشار اکسیژن در محیط ریشه، تاثیر منفی می‌گذارد که با افزودن پرلیت به کوکوپیت، این مشکل را کاهش می‌دهند (Avang *et al.*,2009). شکل فیزیکی پرلیت ساختاری ایجاد می‌کند که ضمن حفظ رطوبت، تهویه پیرامون ریشه را متعادل می‌کند. به همین دلیل، ترکیب یک قسمت پرلیت با سه قسمت کوکوپیت، متداول‌تر است (Mobini *et al.*,2009, Ilahi *et al.*,2017). نوع دیگری از بسترهای رشد یا بسترهای کشت، هم وجود دارند که خالص نیستند و در واقع بیشتر یک نوع کمپوست هستند که از تلفیق چند نوع ماده آلی سهل‌الوصول در یک کشور یا منطقه تولید می‌شوند اگر چه ممکن است تجاری‌سازی هم نشده باشند. یک ماده‌ای که در بعضی موارد در سامانه ثبت اختراعات، درصدی از ترکیب بسترهای کشت را به خود اختصاص داده، پوسته بیرونی شلتوک برنج است. بعنوان مثال وقتی کود گاوی، ورمی‌کمپوست و خاک اره بعنوان جایگزین ذغال سنگ نارس در بستر های رشد گیاه استفاده شوند، محتوای مواد مغذی در گونه های زینتی افزایش می‌یابد (Mahboub Khomami *et al.*, 2021). این یافته‌ها نشان می دهد که پسماندهای آلی می توانند به طور موثر در کشت گیاهان زینتی مورد استفاده قرار گیرند و نیاز به محیط های گران قیمت را کاهش دهند. محققان دیگری، بستر کشت با ۵ جزء برای رشد قلمه های گیاه زینتی کاملیا[۱] با جایگزینی پیت با کمپوست های پوست کاملیا، پوست درخت کاج، پسماند فیبر نخل، کود مرغی و کود گوسفندی را بررسی کردند. درصد زنده ماندن نهال‌های یکساله تولید شده از قلمه‌ها در بستر در ۶ ماه بیش از ۹۷/۵٪ بود و ارتفاع، قطر تنه، طول ریشه و درصد

۱- *Camellia oleifera*

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.83]

ریشه زایی نهال‌ها بهبود یافت. در بستر کشت کمپوست پوسته کاملیا + پسماند فیبر نخل + کود مرغی + ورمی کولیت و پرلیت (۶:۳:۱)، درصد زنده مانی نهال‌ها ۱۰۰٪ بود و بلندترین ارتفاع و قطر تنه در این بستر مشاهده شد. در مطالعه‌ای برای گیاه آماریلیس[۱] بستر کشت تاثیر معنی‌داری بر کیفیت پیازچه‌های باززایی شده در پیاز مادری داشت. بیشترین میزان وزن تر و خشک پیازچه و بیشترین قطر پیازچه باززایی شده، در بستر کشت پیت ماس حاصل شد (Kharazi *et al.,2017*).

یکی از صنایع کوچک در کشور، کارخانجات شالیکوبی است. شمال کشور، حدود ۳۰۰۰ کارخانه شالیکوبی فعال دارد. پوسته بیرونی شلتوک[۲]، پسماند کارخانجات شالیکوبی است که حدود ۲۰٪ وزن شلتوک را به خود اختصاص می‌دهد. در حال حاضر از پوسته درونی شلتوک در جیره غذایی دام و طیور استفاده می‌شود در حالی که پوسته بیرونی شلتوک، به دلیل داشتن لیگنوسلولز بالا، ارزش غذایی در تغذیه دام و طیور ندارد. این پسماند حجیم ولی بسیار سبک است. بنابراین حمل و نقل آن در زمین‌های کشاورزی و گلخانه‌ها راحت است. افزایش تقاضا و کاهش دسترسی به پیت‌ها از یک‌سو و محدودیت‌های زیست محیطی به‌ویژه در کشورهای بدون منابع پیت ماس، جستجو برای بستر کشت با کیفیت خوب و کم هزینه را جهت جایگزینی پیت ماس ضروری می‌نماید. پیت اسفاگنوم یک جزء اصلی در بسترهای بدون خاک در کشت‌های گلخانه‌ای و گیاهان گلدانی است که برداشت آن از اکوسیستم‌های در معرض خطر به یک مشکل جهانی تبدیل شده است. به همین دلیل یک پژوهش وسیع برای یافتن بسترهای جایگزین پیت لازم است. همچنین سالانه ارز کشور صرف واردات بستر کوکوپیت از کشورهای مختلف نظیر آلمان، هلند، هند، سریلانکا و... به کشورمان می‌شود. بنابراین جستجو برای یافتن جایگزین مناسب و در عین حال ارزان، وابستگی به واردات پیت را کاهش خواهد داد. به دلیل مخاطرات زیست محیطی و نیاز به بازیافت پسماندهای آلی، امکان استفاده از آنها در راستای اقتصاد چرخشی، مورد توجه است. مطالعات نشان می‌دهد که بقایای آلی بعد از فرآیند کمپوست شدن می‌توانند بعنوان بستر کشت، جایگزین پیت شوند (Vaughn *et al.*, 2013). کمپوست کردن، روشی ارزشمند برای بازیافت پسماندهای آلی است. کمپوست کاملا رسیده، ماده‌ای شبیه هوموس است که می‌تواند بعنوان بستر کشت بدون خاک استفاده شود (Dumroese *et al.*, 2011). هدف این پژوهش، تولید سولوپیت از پسماند کارخانجات شالیکوبی، بهبود ویژگی‌های آن با افزودن زئولیت و بنتونیت، مقایسه آن با کوکوپیت و معرفی سولوپیت بعنوان جایگزین کوکوپیت و پیت ماس وارداتی، در پرورش گل و گیاهان زینتی است.

مواد و روش ها

تولید سولوپیت از پسماند کارخانجات شالیکوبی در کارگاه تولیدی شرکت فناور کود طبیعت واقع در روستای کنده سر بخش سردار جنگل شهرستان فومن و آنالیزهای مربوطه در آزمایشگاه گروه علوم خاک دانشگاه گیلان و مجتمع آزمایشگاهی پارس (آزمایشگاه مرجع وزارت کشاورزی) و پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۲۵ تیمار و در سه تکرار در دو مرحله انجام شد. مرحله اول شامل تولید سولوپیت از پسماند یا دورریز کارخانجات شالیکوبی و مرحله‌ی دوم اصلاح و بهبود ویژگی‌های پیت با اصلاح کننده زئولیت و بنتونیت بود. اثر سه فاکتور بستر کشت، نوع رس افزوده شده و سطوح کاربرد آن بر پنج پارامتر چگالی، ظرفیت نگهداشت آب، ضریب آبگذری، آب‌گریزی و صعود مویینه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. همچنین هر یک از ویژگی‌ها، قبل و بعد از افزودن اصلاح کننده‌ها تعیین و با بستر کشت کوکوپیت- پرلیت (۳:۱)

۱- *Amaryllis*

۲- Rice Husk (RH)

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.83]

مقایسه شد (جدول ۱). تیمارها شامل بستر کشت در ۴ سطح، نوع رس در ۲ سطح و مقدار رس در ۳ سطح و همگی با ۳ تکرار، اجرا شد. تیمارهای بستر کشت شامل شاهد (۱۰۰٪ سولوپیت)، سولوپیت-پرلیت (۳:۱)، سولوپیت-پرلیت(۲:۱)، سولوپیت-پرلیت (۱:۱) و کوکوپیت-پرلیت (۳:۱)، سولوپیت-پرلیت (با نسبت ۱:۱، ۲:۱، ۳:۱) اصلاح شده با رس زئولیت و بنتونیت در سه سطح صفر، ۰/۵ و ۱٪ و فاکتورها شامل بستر کشت، زئولیت و بنتونیت در سه سطح: صفر، ۰/۵ و ۱٪. در ۷۵ گلدان، پیت تولید شده بصورت خالص (فقط سولوپیت) و یا آمیخته با افزودنی های دیگر، درون گلدان‌ها ریخته شد.

جدول ۱- تیمارهای مورد استفاده در این پژوهش.

Table 1. Treatments were used in this research.

۱	سولوپیت خالص خشک Natural dry solopeat	۲	سولوپیت -پرلیت (۳:۱) Solopeat-perlite (3:1)
۳	سولوپیت -پرلیت (۲:۱) Solopeat-perlite (2:1)	۴	سولوپیت -پرلیت(۱:۱) Solopeat-perlite(1:1)
۵	سولوپیت خالص+زئولیت ۰/۵٪ Natural dry solopeat + Zeolite %0.5	۶	سولوپیت -پرلیت (۳:۱)+زئولیت ۰/۵٪ Solopeat-perlite (3:1)+ Zeolite %0.5
۷	سولوپیت -پرلیت (۲:۱)+زئولیت ۰/۵ ٪ Solopeat-perlite (2:1)+ Zeolite %0.5	۸	سولوپیت -پرلیت (۱:۱)+زئولیت ۰/۵٪ Solopeat-perlite (1:1)+ Zeolite %0.5
۹	سولوپیت خالص+زئولیت ۱٪ Natural solopeat + Zeolite %1	۱۰	سولوپیت -پرلیت(۳:۱)+زئولیت ۱٪ Solopeat-perlite (3:1)+ Zeolite %1
۱۱	سولوپیت -پرلیت (۲:۱)+زئولیت ۱٪ Solopeat-perlite(2:1) + Zeolite %1	۱۲	سولوپیت -پرلیت (۱:۱)+زئولیت ۱٪ Solopeat-perlite (1:1) + Zeolite %1
۱۳	سولوپیت خالص+بنتونیت صفر٪ Natural solopeat + Bentonite %0	۱۴	سولوپیت -پرلیت(۳:۱) +بنتونیت صفر٪ Solopeat-perlite (3:1) + Bentonite %0
۱۵	سولوپیت -پرلیت (۲:۱) +بنتونیت صفر٪ Solopeat-perlite(2:1)+ Bentonite %0	۱۶	سولوپیت -پرلیت (۱:۱) + بنتونیت صفر٪ Solopeat-perlite (1:1) + Bentonite %0
۱۷	سولوپیت خالص+ بنتونیت ۰/۵٪ Natural Solopeat+ Bentonite %0.5	۱۸	سولوپیت -پرلیت(۳:۱)+بنتونیت ۰/۵٪ Solopeat-perlite (3:1) + Bentonite %0.5
۱۹	سولوپیت -پرلیت (۲:۱)+بنتونیت ۰/۵٪ Solopeat-perlite (2:1) + Bentonite %0.5	۲۰	سولوپیت -پرلیت(۱:۱)+بنتونیت ۰/۵٪ Solopeat-perlite (1:1) + Bentonite %0.5
۲۱	سولوپیت خالص+ بنتونیت ۱٪ Natural Solopeat+ Bentonite %1	۲۲	سولوپیت -پرلیت (۳:۱)+بنتونیت ۱٪ Solopeat-perlite (3:1) + Bentonite %1
۲۳	سولوپیت -پرلیت (۲:۱)+بنتونیت ۱٪ Solopeat-perlite (2:1) + Bentonite %1	۲۴	سولوپیت -پرلیت (۱:۱)+بنتونیت ۱٪ Solopeat-perlite (1:1) + Bentonite %1
۲۵	کوکوپیت-پرلیت (۳:۱) Cocopeat-perlite (3:1)		

ماده اولیه (پوسته بیرونی شلتوک) از یک کارخانه شالیکوبی در شهر سنگر در استان گیلان تهیه و در محوطه بیرون کارگاه تولیدی شرکت فناور کود طبیعت، به شکل هرم درآورده شد. سپس قارچ‌های تریکودرما و مقدار ۰/۰۵ لیتر محلول حاوی میکروارگانیسم‌های موثر (EM) به ماده اولیه افزوده و در طول فرآیند تجزیه و تبدیل، رطوبت و دمای توده با تناوب آبیاری و هوادهی، کنترل و برای جلوگیری از هدررفت حرارتی، زیر و سطح توده، بطور کامل با پلاستیک پوشانده شد. پس از

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.83]

گذشت چهار ماه، توده از الک ۴ میلی‌متری، عبور و ارزیابی‌های مربوط به بلوغ شامل آزمون تنژگی و رشد گیاهچه، تنفس میکروبی، رنگ پیت، همچنین pH و EC در آن انجام شد. پس از پایان فرآیند تولید، پیت سه ماه نگهداری تا ویژگی‌های آن بهبود یابد. طی این مدت، فرآیند بلوغ پیت کامل‌تر شد. سپس عناصر غذایی ماکرو و میکرو شامل کربن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، سیلیسیم، آهن، منگنز، روی و مس در آن اندازه‌گیری و از پیت الک شده در مراحل بعدی پژوهش، استفاده شد.

ارزیابی های مربوط به بلوغ سولوپیت

برای آزمون تنژگی ابتدا از نمونه تولیدی غربال شده، سوسپانسیون با نسبت ۱:۵ تهیه و به مدت ۲۴ ساعت با دستگاه تکان دهنده (با سرعت ۱۱۰ دور در دقیقه) هم زده شد. سپس با کاغذ صافی، عصاره گیری و یک میلی لیتر از این عصاره را درون شیشه ساعت، ریخته و تعداد ۲۰ عدد بذر گیاه ترتیزک (شاهی) را درون عصاره با فاصله یکنواخت قرار داده و سه تکرار برای جلوگیری از خطا و سه نمونه نیز به عنوان شاهد (آب به جای عصاره) استفاده شد. سپس نمونه‌ها به مدت دو روز، درون انکوباتور، انکوبه و تعداد بذرهای جوانه زده، شمارش و درصد تنژگی بذر، محاسبه (Luo *et al.*, 2018) و تنفس پایه به روش اینوتی و همکاران اندازه‌گیری شد (Iannotti *et al.*, 1994) به این ترتیب که مقدار ۲۰ گرم نمونه مرطوب، توزین و درون قوطی فیلم با سه تکرار از هر نمونه ریخته شد. سپس مقدار ۲۰ میلی لیتر سود ۰/۱ نرمال به آن افزوده و قوطی فیلم درون ظرف بزرگتر قرار گرفت. درب ظرف بزرگ را بسته تا CO_2 از هوای بیرون با سود داخل ظرف واکنش ندهد. ظرف حاوی نمونه به مدت ۲۴ ساعت درون فضای آزمایشگاه قرار گرفت تا میکروارگانیسم‌ها فعالیت خود را انجام دهند. بعد از گذشت ۲۴ ساعت، ۲ میلی لیتر باریم کلراید و دو قطره معرف فنول فتالئین به نمونه افزوده تا نمونه به رنگ صورتی (به دلیل قلیایی بودن محیط) درآید بعد با اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال تیتر تا بی‌رنگ شد. حجم سود مصرفی یادداشت و مقدار CO_2 بر حسب میلی‌گرم بر جرم در واحد زمان $mgCO_2.g^{-1}d_m.24h^{-1}$ از فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{مقدار } CO_2 = \frac{(V_0 - V) \times 22 \times N}{d_m t}$$ رابطه ۱)

V_0 :حجم اولیه اسید مصرفی، V حجم ثانویه اسید مصرفی، N نرمالیته اسید مصرفی، d_m جرم خاک و t مدت زمان است. عدد ۲۲ در فرمول، فاکتور تبدیل بوده و نشان می‌دهد یک میلی‌لیتر HCl یک نرمال معادل ۲۲ میلی‌گرم CO_2 می‌باشد. رنگ نمونه با دفترچه رنگ مانسل در حالت خشک و تر و pH و EC به روش اوانگ و همکاران تعیین شد (Awang *al.*,2009). آنالیز شیمیایی و مقدار کربن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، سیلیسیم، مس، منگنز، آهن و روی در نمونه در مجتمع آزمایشگاهی پارس تعیین شد. فسفر بسترهای کشت طبق روش بری[۱] با اسپکتروفتومتر کربن آلی به روش والکلی– بلک[۲]، نیتروژن طبق روش کجلدال و پتاسیم با فلیم فتومتر و عناصر پرمصرف ثانویه و کم مصرف به روش خاکستر خشک (Jones ., 2001) و تعیین شد (Van Reeuwijk., 2002). آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در دو مرحله، مرحله‌ی اول شامل تولید سولوپیت از پسماند کارخانجات شالیکوبی و مرحله‌ی دوم اصلاح و بهبود کیفیت سولوپیت با زئولیت و بنتونیت بود. اثر سه فاکتور بستر کشت، نوع رس و سطوح رس، بر سه پارامتر: جرم مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداشت آب و ضریب آبگذری مورد بررسی قرار گرفت. همچنین مقدار هر یک از پارامترها، قبل و بعد از افزودن اصلاح کننده‌ها اندازه‌گیری و با بستر کشت

۱- Bray Method

۲- Wlkley-Blake

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.83]

کوکوپیت- پرلیت (با نسبت ۳:۱) مقایسه شد. تیمارها و تکرارها را در ۷۵ گلدان، ریخته و ویژگی‌های فیزیکی شامل جرم مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداشت آب و ضریب آبگذری در آزمایشگاه تعیین شد. عناصر غذایی می‌تواند به فرم محلول غذایی به پای گیاه کاشته شده در بستر کشت افزوده شود لذا در این تحقیق به آن پرداخته نشده است (Vaughn *et al.*, 2013). پس از آماده سازی بسترها، ویژگی‌های فیزیکی آنها تعیین شد. مهم‌ترین محدودیت در بسترهای آلی در ارتباط با رشد گیاه، ظرفیت نگهداشت آب پایین‌تر در این بسترها در مقایسه با کوکوپیت و سایر بسترها است که در اثر این مشکل، دور آبیاری کاهش می‌یابد. در این پژوهش، به اصلاح ویژگی‌های مربوط به آب و آبیاری از جمله ظرفیت نگهداشت آب، ضریب آبگذری و جرم مخصوص ظاهری پرداخته شد. جرم مخصوص ظاهری بسترهای کشت به روش استوانه با حجم مشخص، از طریق وزن خشک آن‌ها تعیین شد (Blake., 1986). به این ترتیب که محتوی هر تیمار را درون استوانه ریخته و وزن و حجم استوانه با دقت صدم اندازه گیری شد. برای کنترل تراکم در همه‌ی تیمارها، وزنه ای با وزن مشخص روی نمونه داخل همه ی استوانه‌ها قرار گرفت. سپس نمونه‌ها برای مدت ۲۴ ساعت درون آون در دمای ۱۰۵ درجه سانی‌گراد قرار داده شدند. پس از گذشت ۲۴ ساعت، نمونه‌ها از آون خارج و جرم آن تعیین، سپس جرم مخصوص ظاهری در آن‌ها تعیین شد. ظرفیت نگهداشت آب تیمارها نیز با اشباع کردن بسترها تعیین شد (Harding *et al.*, 1964., Shinohara *et al.*, 1997). به این صورت که تیمارها را بصورت خالص یا با نسبت‌های معین شده در ترکیب با پرلیت با نسبت‌های ۱:۱، ۲:۱ و ۳:۱ آماده و درون گلدان‌های یک لیتری ریخته و گلدان‌ها از آب اشباع و سپس وزن و در ادامه در کنار یکدیگر قرار داده شدند و روی آنها پلاستیک کشیده شد. فضا به گونه‌ای انتخاب شد که گلدان‌ها از آب باران و نور خورشید در امان باشند. نمونه‌ها به مدت دو روز به حال خود ماندند تا تمام آب ثقلی آنها، خارج شد. پس از گذشت این زمان، نمونه ها وزن و به مدت ۲۴ ساعت در آون در ۱۰۵ درجه سلسیوس، به طور کامل خشک و بعد از ۲۴ ساعت وزن، سپس رطوبت از دست رفته، با فرمول زیر محاسبه شد.

رابطه۲)
$$WHC = \frac{m_{wet} - m_{dry}}{m_{dry}}$$

در این رابطه، m_{wet} جرم بستر پس از گذشت ۲ روز و m_{dry} جرم بستر خشک شده در آون در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس و (WHC) ظرفیت نگهداشت آب است. هدایت هیدرولیکی بسترهای کشت به روش بار آبی ثابت، اندازه‌گیری شد. به این ترتیب که بسترهای کشت کوکوپیت و سولوپیت پس از ترکیب با پرلیت با نسبت‌های مشخص، درون تین‌های مخصوص ریخته شدند. این تین‌های فلزی در انتهای خود دارای درب فیلتردار برای جذب آب هستند و سر تین هم با درب بسته شد. تین‌های حاوی بسترهای کشت را به مدت دو روز درون سینی پر از آب قرار داده تا نمونه‌ها به طور کامل اشباع از آب شوند (هر بار که ارتفاع آب درون سینی پایین می‌رفت سینی با آب، پر می‌شد). پس از گذشت دو روز، نمونه‌ها از سینی خارج شده و درون دستگاه اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی قرار داده شد. یک استوانه مدرج برای جمع کردن آب خروجی زیر دستگاه قرار گرفت و شیر ورودی آب باز شد. زمانی که حجم آب خروجی درون استوانه مدرج به ۲۰ میلی‌لیتر رسید، کرنومتر را متوقف کرده و زمان سپری شده، یادداشت شد. این اندازه‌گیری تا جایی که زمان‌ها یکسان و سرعت آب به حد ثابت برسد، ادامه یافت، سپس با معادله دارسی، ضریب آبگذری یا ضریب هدایت هیدرولیکی نمونه‌ها، محاسبه شد (Klute,1986).

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.83]

$$k = \frac{Q}{IAT}$$

(رابطه ۳)

که در آن k، ضریب هدایت هیدرولیکی (cm/h) ، Q حجم آب اندازه گیری شده بر حسب(cm^3) در سیلندر مدرج در مدت زمان T است و I شیب هیدرولیکی و A سطح مقطع نمونه بر حسب (cm^2) می‌باشد. پس از اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی مورد نظر در بسترهای کشت پیت- پرلیت، مقایسه بین مقدار این ویژگی‌ها با بستر کشت کوکوپیت-پرلیت با نسبت ۳:۱ انجام و برای رفع نقص و بهبود ویژگی‌های نامطلوب پیت، از اصلاح کننده‌های طبیعی شامل زئولیت و بنتونیت با مقادیر ۰/۵ و ۱٪ استفاده شد (Ilahi *et al.*, 2017). زئولیت و بنتونیت در سایز ۳-۱ میلی‌متر به ترتیب از شرکت توسعه معادن آسیا در سمنان و شرکت مهندسی زمین کاو در تهران، خریداری شد. برای اصلاح ویژگی‌ها، سولوپیت تولید شده به صورت خالص (۱۰۰٪ پیت) و ترکیب پیت- پرلیت با نسبت ۱:۱، ۲:۱ و ۳:۱ آماده شد. برای اصلاح ویژگی‌های فیزیکی نامطلوب، اصلاح کننده‌ها به پیت تولیدی افزوده شد. به این ترتیب که به هر کدام از بسترهای آماده شده، ۰/۵ و ۱٪ از دو اصلاح کننده زئولیت و بنتونیت افزوده و سپس جرم مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداشت آب و هدایت هیدرولیکی، مجدد، در تمام بسترها اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SAS، مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای توکی و رسم نمودارها و جداول با نرم‌افزار اکسل[۱] انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج ارزیابی رسیدگی سولوپیت تولید شده از پسماند کارخانجات شالیکوبی در زیر نشان داده شده است (جدول ۲). فناوری‌های مرتبط با کشت بدون خاک در دهه اخیر بطور چشمگیر، پیشرفت و مسائل مربوط به امکان تولید محصولات کشاورزی خارج از فصل را برطرف نموده است. از مزایای این سیستم، یکنواختی در کاربرد مواد غذایی و آب برای گیاه است بنابراین هدر رفت، کاهش و شرایطی ایده آل، برای رشد گیاه فراهم می‌شود (Savvas *et al.*, 2003).

نتایج آنالیز شیمیایی سولوپیت تولید شده از پسماند کارخانجات شالیکوبی

نتایج آنالیز ویژگی‌های شیمیایی اندازه‌گیری شده در سولوپیت، در زیر نشان داده شده است (جدول ۳). همانطور که ذکر شد کمبود یا کسری عناصر غذایی در سولوپیت، می‌تواند با دادن محلول غذایی در طول رشد به گیاه (کود آبیاری) تامین شود و این قاعده در مورد تمام بستر های بدون خاک مرسوم و متداول است.

جدول ۲- نتایج تجزیه‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی سولوپیت تولید شده از پوسته بیرونی شلتوک.

Table 2. Physical, chemical, and biological properties of solopeat produced from rice husk residue.

علف هرز Weed	رنگ Color	بو Smell	تنفس میکروبی Microbial Respiration ($mgCO_2 \bullet g^{-1}dm \bullet 24h^{-1}$)	جوانه زنی Germination (٪)	رطوبت Humidity (٪)	چگالی Density ($g.cm^{-3}$)	EC ($dS \cdot m^{-1}$)	pH
No	10YR 2/3	No	0.8	95	20	0.47	1.4	6.3

۱- Excel

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.83]

جدول ۳- آنالیز سولوپیت خشک تولید شده از پسماند کارخانجات شالیکوبی (به درصد).

Table 3. Analysis of dry solopeat produced from rice husk (in %).

کربن آلی OC	نیتروژن N	پتاسیم K	اکسید پتاسیم K_2O	فسفر P	اکسید فسفر P_2O_5	سیلیسیم Si	مس Cu	آهن Fe	منگنز Mn	روی Zn	رطوبت Humidity	واکنش pH	EC ($dS \cdot m^{-1}$)
13.11	0.82	0.08	0.10	0.11	0.26	11.64	0.0008	0.56	0.04	0.02	20	6.3	1.4

به استناد این نتایج، کوکوپیت وارداتی و پیت حاصل از پسماند کارخانجات شالیکوبی (این پیت با نام تجاری "سولوپیت" بعنوان اختراع ثبت نهایی شده است)، تفاوت چندانی از نظر ویژگی‌های شیمیایی ندارند. بین pH و EC در سولوپیت تولید شده با کوکوپیت اختلاف معنی دار وجود نداشت. pH، تاثیر قابل ملاحظه ای بر جذب عناصر غذایی کم مصرف دارد و جذب این عناصر بیشتر از اینکه تحت تاثیر غلظت آنها در محیط ریشه باشد به مقدار pH بستر، بستگی دارد بویژه درمورد منگنز قابلیت جذب آن رابطه لگاریتمی با pH محیط ریشه دارد (Page *et al.*, 1962., Sonneveld *et al.*, 1975) درمورد رشد گیاهان در بستر کشت، pH محیط ریشه در این بسترها، در مقایسه با خاک، سریع‌تر تحت تاثیر کوددهی قرار می‌گیرد. بهترین pH برای جذب اغلب عناصر غذایی کم مصرف در محدوده (۶-۵)=pH است. این محدوده به عنوان pH مناسب برای بیشتر گیاهان زینتی ذکر شده است. مقدار رطوبت اولیه"که پارامتر مهم مرتبط با ظرفیت نگهداشت آب و آب‌گریزی بستر کشت، تلقی می شود" ۲۰٪ بدست آمد که مشابه کوکوپیت بود. مقایسه نسبت کربن به نیتروژن (C/N) در سولوپیت و کوکوپیت نشان داد که این نسبت در سولوپیت در مقایسه با کوکوپیت، عدد کوچکتری است که یک مزیت تلقی می‌شود و این به دلیل خاتمه نسبی فعالیت میکروبی و تجزیه بقایای آلی طی فرایند تولید است (Nolan *et al., 2011*). در مورد عناصر اندازه‌گیری شده بین مقدار این عناصر در سولوپیت در مقایسه با کوکوپیت، اختلاف چندانی مشاهده نشد اما مقدار آهن و سیلیسیم، در سولوپیت بیشتر است. آهن یکی از عناصر کم مصرف برای گیاهان است و نقش آن در تثبیت ازت و فعالیت برخی آنزیم‌ها نظیر کاتالاز، پراکسیداز و سیتوکروم اکسیداز، مهم است (Balakrishnan ., 2000., Welch *et al.*, 1991). آهن می‌تواند در آپوپلاست ریشه بر سطح ریشه در pH بالا، رسوب کند (Marschner *et al.*, 2011). آهن نقش کلیدی در استقرار پوشش مواد آلی در لایه فوقانی خاک در مناطق مرطوب دارد که یک بستر تغذیه‌ای برای ریشه همه‌ی گیاهان و میکروارگانیسم‌های چرخه‌ی کربن فراهم می‌کند. فرم آهن در بستر کشت نیز مهم است (Sonneveld *et al.*, 1985). سیلیسیم دومین عنصر فراوان در لیتوسفر است یک عنصر ضروری برای گیاهان محسوب نمی‌شود در حالیکه در بهبود عملکرد به ویژه در شرایط تنش سودمند است. این عنصر بیشتر از همه عناصر غذایی توسط گیاه برنج از خاک برداشت (حدود ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) و گیاه برنج در برابر بیماری‌های قارچی نظیر بلاست، مقاوم‌تر می‌شود. پوسته بیرونی شلتوک حدود ۲۰٪ سیلیس دارد بنابراین بدیهی است که بستر کشت تولید شده از آن، از نظر سیلیسیم غنی باشد. فراهمی سیلیس در بستر رشد یا بستر کشت و انباشت آن در بافت گیاه می‌تواند به عنوان یک استراتژی برای ارتقای بهره‌وری زراعی، در خاک های اسیدی باشد (Zandi *et al.*, 2016). نتایج تجزیه واریانس بررسی اثر بستر کشت، رس اصلاح کننده و سطوح آن و برهمکنش این سه فاکتور بر جرم مخصوص، ظرفیت نگهداشت آب و هدایت هیدرولیکی در زیر ارائه شده است (جدول ۴).

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.83]

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر بستر، نوع رس و سطح آن و برهمکنش آن ها بر جرم مخصوص، ظرفیت نگهداشت آب و هدایت هیدرولیکی.

Table 4. ANOVA results of consequence effects of medium, clay and its levels and their interactions on apparatus density, holding capacity and hydraulic conductivity.

منابع تغییر Source of variations	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square		
		جرم مخصوص ظاهری Apparatus density	ظرفیت نگهداشت Holding Capacity	هدایت هیدرولیکی Hydraulic conductivity
بستر کشت (A) Medium	3	0.0811**	19160**	0.05632**
رس (B) clay	1	0.00003**	222000**	0.00648**
سطح رس Clay level	2	0.0014**	21038**	0.23013**
A×B	3	0.00005**	352.388**	0.00340**
A×C	6	0.0004**	825.930**	0.01197**
B×C	2	0/00004**	67740**	0.00519**
A×B×C	6	0.00005**	347.013**	0.00293**
Error خطا	48	0.00000006	0.1250	0.000006
(c.v.) ضریب تغییرات		0.1314	0.0953	1.0770

** بیان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد **Significant at 1% level

نوع بستر کشت، نوع رس و سطح رس، اثر معنی‌دار بر جرم مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداشت آب و هدایت هیدرولیکی دارد. همچنین برهمکنش نوع بستر کشت و نوع رس افزوده شده، اثر معنی‌داری بر مقدار جرم مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداشت آب و هدایت هیدرولیکی دارد (جدول ۴). تاثیر برهمکنش دو فاکتور بستر کشت و سطح رس افزوده شده، بر هر سه ویژگی اندازه‌گیری شده معنی دار شد. همچنین برهمکنش بین دو فاکتور نوع رس و سطوح آن نیز تاثیر معنی‌دار بر همه‌ی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده داشت. برهمکنش سه فاکتور بستر کشت، رس اصلاح کننده و سطوح آن بر جرم مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداشت آب و هدایت هیدرولیکی معنی دار است. برهمکنش سه فاکتور به معنی این است که سه متغیر جرم مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداشت آب و هدایت هیدرولیکی در بسترهای کشت در اثر افزودن رس، روند تغییرات متفاوت دارند و از نظر آماری مشابه نیستند.

تجزیه واریانس اثر بستر کشت بر تغییرات جرم مخصوص، ظرفیت نگهداشت آب و هدایت هیدرولیکی

نتایج نشان داد نوع بستر کشت بر جرم مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداشت آب و هدایت هیدرولیکی اثر معنی‌دار دارد. افزودن پرلیت به بسترهای کشت، هدایت هیدرولیکی را افزایش و جرم مخصوص ظاهری و ظرفیت نگهداشت آب در بستر کشت را کاهش و در نتیجه تهویه پیرامون ریشه را بهبود می‌بخشد.

نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتور نوع رس بر تغییرات جرم مخصوص ظاهری

نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتور نوع رس بر تغییرات جرم مخصوص ظاهری بسترهای کشت در جدول ۴ آمده است. به استناد این نتایج اثر فاکتور نوع رس بر مقدار جرم مخصوص ظاهری بسترهای کشت در سطح ۱٪ معنی دار است. مقدار جرم

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.83]

مخصوص ظاهری در بسترهای کشت در اثر افزودن رس زئولیت و بنتونیت، افزایش معنی داری یافت. در واقع بنتونیت در مقایسه با زئولیت، جرم مخصوص ظاهری پیت را به مقدار بیشتری افزایش داد که به دلیل بیشتر بودن چگالی بنتونیت است.

نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتور نوع رس بر تغییرات ظرفیت نگهداشت آب

طبق نتایج (جدول ۴) اثر فاکتور نوع رس بر تغییرات ظرفیت نگهداشت آب در سطح ۱٪ معنی دار است. تغییرات ایجاد شده توسط رس بنتونیت نسبت به رس زئولیت بیشتر بود. بیشترین ظرفیت نگهداشت آب، مربوط به بستر کشت بنتونیت دار بود.

نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتور نوع رس بر تغییرات هدایت هیدرولیکی

با توجه به نتایج جدول ۴، اثر نوع رس بر مقدار هدایت هیدرولیکی در سطح ۱٪ معنی دار و بین تیمارها نیز اختلاف معنی دار بود. به استناد آزمون چند دامنه‌ای توکی، هدایت هیدرولیکی در تیمار اصلاح شده با رس بنتونیت در مقایسه با رس زئولیت، بیشتر کاهش یافت و رس بنتونیت نسبت به رس زئولیت، جاذب بهتری برای جذب آب بود (جدول ۵). در واقع آب در درون حفرات ریز بنتونیت، محبوس شده و حرکت نمی‌کند در نتیجه مقدار هدایت هیدرولیکی در بستر کشت، بیشتر کاهش می‌یابد (Paradelo *et al.*, 2019).

جدول ۵- اثرهای نوع رس بر جرم مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداشت آب و هدایت هیدرولیکی.

Table 5. Effects of clay types on apparatus density, holding capacity and hydraulic conductivity.

Level of	N	جرم مخصوص ظاهری		ظرفیت نگهداشت آب		هدایت هیدرولیکی	
B		Mean	Std Dev.	Mean	Std Dev.	Mean	Std Dev.
زئولیت	36	0.17b	0.05	315.11 b	45.57	0.22 a	0.10
بنتونیت	36	0.18 a	0.06	426.16 a	125.24	0.21 b	0.09

نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح رس بر ویژگی‌های فیزیکی

تغییرات جرم مخصوص ظاهری

با توجه به نتایج درج شده در جدول ۴، اثر سطوح رس بر جرم مخصوص ظاهری بسترهای کشت در سطح یک درصد معنی دار است. مقدار جرم مخصوص ظاهری در بسترهای کشت در اثر افزودن صفر، ۰/۵٪ و ۱٪ رس اختلاف معنی دار داشت. بیشترین اثر بر جرم مخصوص ظاهری مربوط به سطح ۱٪ رس و کمترین آن در حالتی بود که اصلاح کننده (رس) به بستر کشت افزوده نشده بود. بنابراین با افزودن درصد رس بیشتر، جرم مخصوص ظاهری، بیشتر افزایش یافت.

تغییرات ظرفیت نگهداشت آب

با عنایت به نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتور سطوح افزوده شده رس به بستر کشت بر تغییرات ظرفیت نگهداشت آب در بستر کشت در سطح یک درصد و نیز بین سطوح افزوده شده، اختلاف معنی دار مشاهده شد. نتایج نشان داد بیشترین ظرفیت نگهداشت آب با اعمال یک درصد رس و کمترین ظرفیت نگهداشت آب در سطح صفر (بدون افزودن رس به بستر)، مشاهده شد. این نتایج با نتایج بدست آمده توسط محققان دیگر مبنی بر افزودن مقادیر متفاوت رس بنتونیت بر ظرفیت نگهداشت آب در بسترهای کشت مطابقت داشت (Paradelo *et al.*, 2019).

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.83]

تغییرات هدایت هیدرولیکی

اثر فاکتور سطح رس بر هدایت هیدرولیکی (جدول ۴) بین تیمارها اختلاف معنی دار نداشت. بر اساس آزمون چند دامنه‌ای توکی بیشترین هدایت هیدرولیکی مربوط به تیمار بدون رس و کمترین مقدار آن مربوط به سطح ۱٪ رس بود. با افزودن رس بیشتر، آب در درون حفرات ریز رس محبوس شده و حرکت نمی‌کند در نتیجه هدایت هیدرولیکی در آن کاهش می‌یابد. نتایج اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۲) مبنی بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی مربوط به آب در اثر مصرف زئولیت در ترکیب با مواد آلی به عنوان بستر کشت با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. همچنین با نتایج اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۲) مبنی بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی مربوط به آب در اثر کاربرد سطوح مختلف رس زئولیت در ترکیب با مواد آلی به عنوان بستر کاشت گیاه دراسنا مشابه بود. هدایت هیدرولیکی در یک نوع بستر کشت، در اثر نوع رس اختلاف معنی داری نداشت. در تمام تیمارها افزودن پرلیت، هدایت هیدرولیکی را افزایش و افزودن رس در تمام تیمارها هدایت هیدرولیکی را کاهش داد.

جدول ۶- اثر سطوح رس بر جرم مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداشت آب و هدایت هیدرولیکی.

Table 6. Effects of clay levels on apparatus density, holding capacity, and hydraulic conductivity.

Clay level*	N	جرم مخصوص ظاهری		ظرفیت نگهداشت آب		هدایت هیدرولیکی	
		Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
1	24	0.17 c	0.05	278.91 c	26.77	0.31 a	0.09
2	24	0.18 b	0.06	366.96 b	66.68	0.22 b	0.06
3	24	0.19 a	0.06	466.04 a	115.02	0.12 c	0.02

***۲،۱ و ۳** به ترتیب بدون رس، با رس زئولیت ، با رس بنتونیت.

1, 2, 3 Without clay, With zeolite, With bentonite.

تغییرات جرم مخصوص ظاهری

به استناد نتایج تجزیه واریانس اثر سه فاکتور بستر کشت، نوع رس و سطوح رس افزوده شده (جدول ۴) برهمکنش سه فاکتور بستر کشت، نوع رس و سطوح آن در سطح یک درصد معنی دار شد. به این معنی که اختلاف معنی داری بین بستر کشت، نوع رس افزوده شده و سطوح آن در خصوص جرم مخصوص ظاهری در بسترهای کشت وجود داشت و بیشترین جرم مخصوص ظاهری در بستر کشت خالص + یک درصد رس بنتونیت و زئولیت حاصل شد و کمترین جرم مخصوص ظاهری مربوط به بستر کشت سولوپیت- پرلیت با نسبت ۱:۱ با ۰/۵٪ بنتونیت بود. در واقع با افزودن پرلیت به بسترهای کشت، جرم مخصوص ظاهری به مقدار قابل توجهی کاهش یافت.

تغییرات ظرفیت نگهداشت آب

نتایج تجزیه واریانس برهمکنش اثر سه فاکتور بستر کشت، نوع رس و سطوح آن نشان داد پیامد اثر برهمکنش سه فاکتور بستر کشت، نوع رس و سطوح آن بر ظرفیت نگهداشت آب در سطح یک درصد معنی دار شد. به این معنی که اختلاف معنی داری بین بستر کشت، نوع رس استفاده شده و سطوح آن با ظرفیت نگهداشت آب در بسترهای کشت وجود داشت. نتایج نشان داد که بیشترین ظرفیت نگهداشت آب به ترتیب مربوط به سولوپیت خالص اصلاح شده با بنتونیت ۱٪، بستر کشت

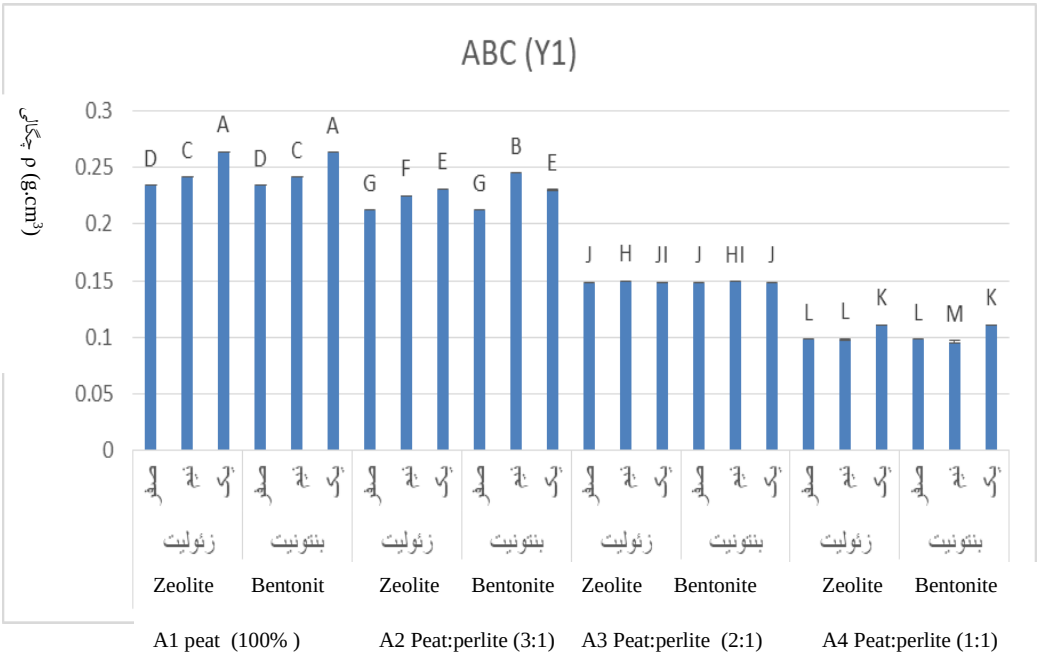
[Downloaded from flowerjournal.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.83]

پیت-پرلیت ۳:۱ اصلاح شده با بنتونیت ۱٪، بستر کشت پیت- پرلیت ۲:۱ اصلاح شده با ۱٪ بنتونیت و بستر کشت پیت-پرلیت ۱:۱ اصلاح شده با بنتونیت ۱٪ بود. در تمام بسترهای کشت، بنتونیت بیشتر از زئولیت باعث افزایش ظرفیت نگهداشت آب شد و افزودن پرلیت به بسترهای کشت، ظرفیت نگهداشت آب را کاهش داد.

تغییرات هدایت هیدرولیکی یا ضریب آبگذری

پیامد اثر برهمکنش سه فاکتور بستر کشت، نوع رس و سطوح رس، بر هدایت هیدرولیکی در بسترهای کشت در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۴). بیشترین هدایت هیدرولیکی به ترتیب مربوط به بستر کشت پیت-پرلیت با نسبت ۱:۱ اصلاح نشده و بعد از آن بستر کشت پیت-پرلیت با نسبت ۱:۱ اصلاح شده با ۰/۵٪ زئولیت بود و نیز کمترین مقدار هدایت هیدرولیکی مربوط به بستر کشت پیت خالص اصلاح شده با زئولیت و بنتونیت یک درصد بود. بیشترین هدایت هیدرولیکی به ترتیب مربوط به بستر کشت سولوپیت- پرلیت با نسبت ۱:۱ و اصلاح نشده (بدون رس) و بعد از آن بستر کشت سولوپیت- پرلیت با نسبت ۱:۱ اصلاح شده با زئولیت ۰/۵٪ و کمترین مقدار هدایت هیدرولیکی مربوط به بستر کشت سولوپیت خالص اصلاح شده با رس های زئولیت و بنتونیت یک درصد بود. در تمام تیمارها، استفاده از پرلیت، هدایت هیدرولیکی را در بسترهای کشت افزایش و افزودن رس هدایت هیدرولیکی بسترهای کشت را کاهش داد.

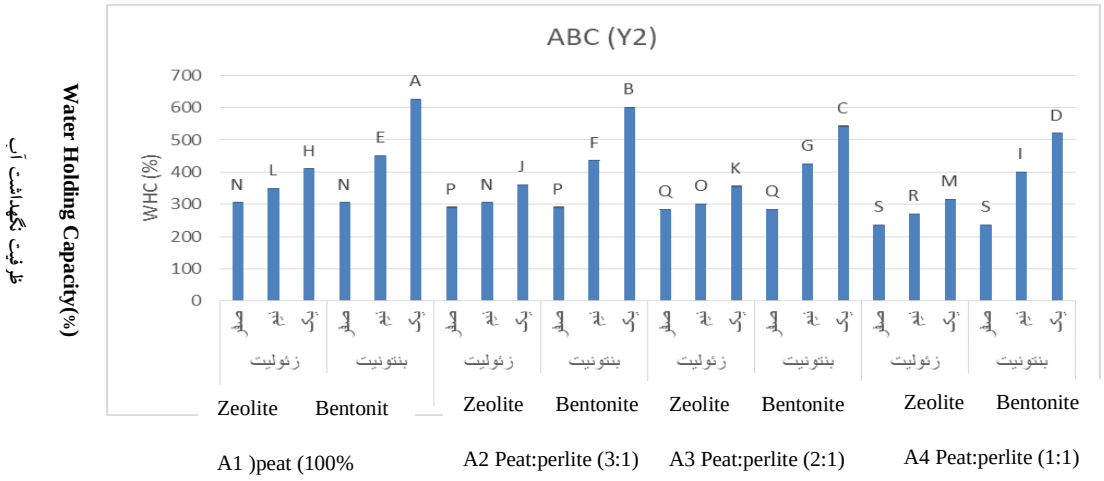


شکل۱- برهمکنش اثر سه فاکتور بستر کشت، نوع رس و سطوح آن بر تغییرات چگالی- حروف همانند در روی ستون‌ها، نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن درسطح ۵٪ آزمون توکی است. ABC (Y1) مربوط به برهمکنش اثر فاکتور بستر کشت (A)، نوع رس (B) و سطوح رس (C) بر تغییرات چگالی (Y1) است.

Figure 1- Interactions: culture medium, clay type, and its application levels on density. The same letters on the columns indicate non-significance at the 5% level of Tukey's test. ABC(Y1): interactions between culture medium (A), clay type (B), and clay levels (C) & density (Y1).

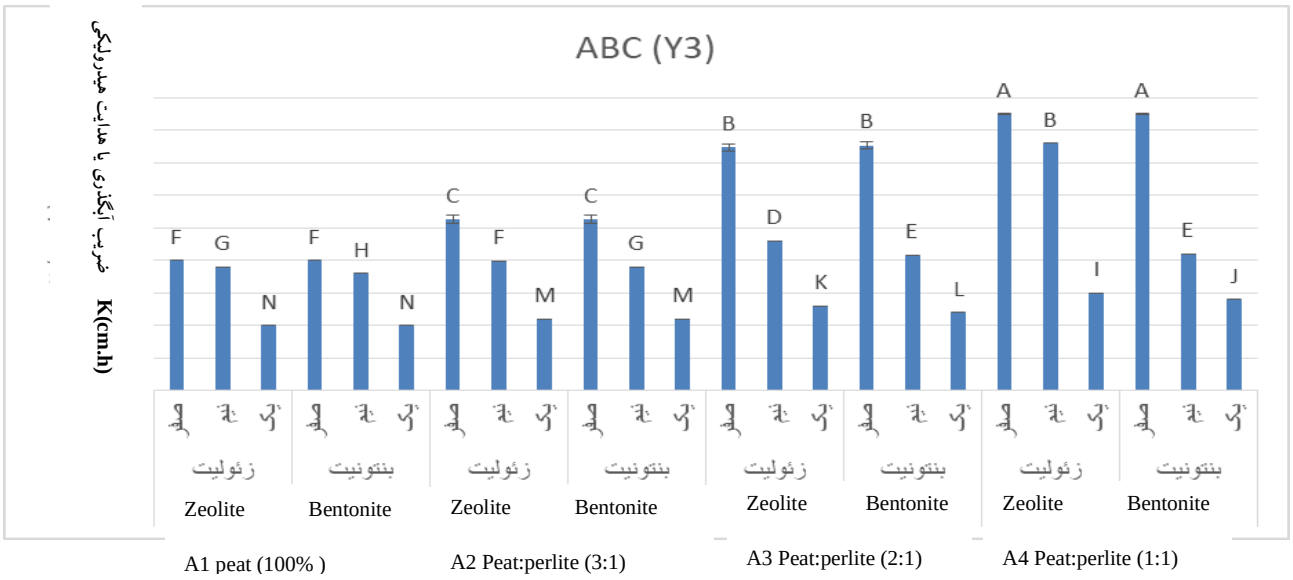
[Downloaded from flowerjournal.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.83]



شکل۲- برهمکنش اثر سه فاکتور بستر کشت، نوع رس و سطوح کاربرد آن بر تغییرات ظرفیت نگهداشت آب. حروف همانند در روی ستون‌ها، نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن درسطح ۵٪ آزمون توکی است. ABC (Y2) مربوط به برهمکنش اثر فاکتور بستر کشت(A)، نوع رس (B) و سطوح رس (C) بر تغییرات ظرفیت نگهداشت آب (Y2) است.

Figure 2- Interaction of the three factors of cultivation bed, type of clay, and its application levels on changes in water holding capacity. The same letters on the columns indicate non-significance at the 5% level of Tukey's test. ABC(Y2) is related to the interaction of the factor of culture medium (A), type of clay (B), and clay levels (C) on changes in water holding capacity (Y2).



شکل۳- برهمکنش اثر سه فاکتور بستر کشت، نوع رس و سطوح کاربرد آن بر تغییرات ضریب آبگذری یا هدایت هیدرولیکی. حروف همانند در روی ستون‌ها، نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن درسطح ۵٪ آزمون توکی است. ABC (Y3) مربوط به برهمکنش اثر فاکتور بستر کشت (A)، نوع رس (B) و سطوح رس (C) بر تغییرات ضریب آبگذری (Y3) است.

Figure 3- Interaction of three factors of soilless medium, clay type, and its application levels on changes in water permeability coefficient. The same letters on columns indicate non-significance at the 5% level of Tukey's test. ABC (Y3) is related to the interaction of soilless medium (A) clay type (B) clay levels (C) on changes in water permeability coefficient (Y3).

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.83]

نتیجه گیری

به طور کلی افزودن رس بنتونیت در سطح نیم درصد حجمی به بستر کشت سولوپیت-پرلیت (۲:۱) تاثیر کافی را در بهبود ویژگی‌های مربوط به آب داشت و مقدار بیشتر لازم نیست. نتیجه گیری نهایی اینکه امکان تولید پیت از پسماند کارخانجات شالیکوبی وجود دارد و تفاوت اساسی بین اختراعات ثبت شده و محصول ثبت اختراع شده موضوع این مقاله این است که فقط از یک نوع پسماند آلی (پوسته بیرونی شلتوک برنج) برای تولید این نوع پیت در دنیا استفاده شده (همانند کوکوپیت، پیت ماس و پالم پیت) و یک کار بدیع است و چون ضریب آبگذری یا هدایت هیدرولیکی این بستر نسبت به پیت ماس و کوکوپیت بسیار بیشتر است لذا افزودن پرلیت به "سولوپیت" نیاز نیست و بدون افزودن پرلیت می تواند به عنوان بستر کشت تولید نشای انواع سبزیجات مانند فلفل، بادمجان و گوجه فرنگی و یا بستر رشد گل و گیاهان زینتی استفاده شود و برعکس برای بعضی از گیاهان زینتی باید به این بستر کشت ثبت اختراع شده "سولوپیت" رس نیز افزوده شود زیرا ظرفیت نگهداشت آب پایین تری نسبت به پیت ماس و کوکوپیت دارد. آزمایش‌ها و مطالعات مربوط به اثر بخشی انجام شده در این مورد، هنوز منتشر نشده است.

سپاسگزاری

از پارک علم و فناوری گیلان، موسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی- حوزه علوم، تحقیقات و فناوری، معاونت علمی ریاست جمهوری بخاطر حمایت مالی از این تحقیق و از مرکز رشد کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان بخاطر اختصاص ایستگاه تحقیقاتی آن مرکز برای انجام بخشی از این پژوهش کاربردی در آن ایستگاه، صمیمانه سپاسگزاریم.

منابع

Abad, M., Noguera, P., Puchades, R., Maquieira, A., & Noguera, V. (2002). Physico-chemical and chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerised ornamental plants. *Bioresource Technology*, *82*(3), 241-245.

Awang, Y., Shaharom, A. S., Mohamad, R. B., & Selamat, A. (2009). Chemical and physical characteristics of cocopeat-based media mixtures and their effects on the growth and development of Celosia cristata. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, *4*(1), 63-71.

Balakrishnan, K. (2000). Peroxidase activity as an indicator of the iron deficiency in banana.

Blake, G. R., & Hartge, K. H. (1986). Bulk density. *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods*, *5*, 363-375.

Dumroese, R. K., Page-Dumroese, D. S., & Brown, R. E. (2011). Allometry, nitrogen status, and carbon stable isotope composition of Pinus ponderosa seedlings in two growing media with contrasting nursery irrigation regimes. *Canadian Journal of Forest Research*, *41*(5), 1091-1101.

Esmaeeli, F, Kalate Jari, S., Alipour, Z.T & Abdousi, V.(2013).study of use of zeolite in combination with organic material for culture media of Dracaena (*Dracaena marginata Ait*). *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, *3*(2), 151-168. (In Persian).

Gruda, N.(2009). Do soilless culture systems have an influence on product quality of vegetables?, Humboldt

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.83]

University of Berlin, Institute for Horticultural Sciences, *Journal of Applied Botany and Food Quality*, *82*, 141-147.

Harding, D.E & Ross,D.J.(1964).Some factors in low-temperature storage influencing the mineralisable-nitrogen of soils. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *15*(12), 829-834.

Iannotti, D. A., Grebus, M. E., Toth, B. L., . Madden, L. V., Hoitink , H. A. J. (1994). Oxygen respirometry to assess stability and maturity of composted municipal solid waste., *Wiley Online Library*, *23(6), P. 1177-1183.*

Ilahi, W.F. F & Ahmed, D. (2017). A Study on the Physical and Hydraulic Characteristics of Cocopeat Perlite Mixture as a Growing Media in Containerized Plant Production (Kajian terhadap Sifat Fizikal dan Hidraulik Campuran Cocopeat Perlite sebagai Media Pertumbuhan dalam Pengeluran Tanaman dalam Bekas. *Sains Malaysiana*, *46*(6), 975-980.

Kharazi, S.M., Tehranifar.A., Nemati, S.H and Bagheri, A.R. (2017). The effect of scales location and type of medium in production of chives in method of pair of scales in Amaryllis (*Hyppeastrum* johnsonii*), *Journal of Horticultural Science, 31* (1), 190-200. (In Persian).

Luo,Y., Liang,J., Zeng,G., Chen, M., Mo, D, Li, G & Zhang, D .(2018). Seed germination test for toxicity evaluation of compost: Its roles, problems and prospects. *Plant and Soil*, *71*, 109-114.

Mahboub Khomami, A., Haddad, A., Alipoor, R., & Hojati, S. I. (2021). Cow manure and sawdust vermicompost effect on nutrition and growth of ornamental foliage plants. *Central Asian Journal of Environmental Science and Technology Innovation*, *2*(2), 68-78.

Marashi , M., Ehterami , M., Ebrahimi , R and Mahboub Khomami, A. (2019). Investigating the Response of Dracaena marginata and Physical Characteristics of Growth Medium to Different Levels of Zeolite in Replacement for Peat, *Journal of Ornamental Plants, 9* (1), *65-72.*

Marschner, H.(2011). Marschner's mineral nutrition of higher plants. *Academic press. 651 pages.*

Mobini, S.H., Ismail, M.R and Arouiee, H.J.A.J.o.B. (2009). Influence of ventilation and media on potato (Solanum tuberosum L.) tuberization and its growth characteristics. *African Journal of Biotechnology*, *8* (10), 2232-2241.

Paradelo, R., Basanta, R., & Barral, M. T. (2019). Water-holding capacity and plant growth in compost-based substrates modified with polyacrylamide, guar gum or bentonite. *Scientia Horticulturae*, *243*, 344-349.

Savvas, D., Karagianni, V., Kotsiras, A., Demopoulos, V., Karkamisi, I. & Pakou, P. (2003). Interactions between ammonium and pH of the nutrient solution supplied to gerbera (*Gerbera jamesonii*) grown in pumice. *Plant and Soil*, *254*(2), 393-402.

Shinohara, Y. Hata, T. Maruo, T. Hohjo, Ito, M. (1999). T. Chemical and physical properties of the coconut-fiber substrate and the growth and productivity of tomato (*Lycopercicon esculentum* Mill.) plants. In International Symposium on Growing Media and Hydroponics , *Acta Horticulturae*, *481*(13), 145-150.

Sonneveld, C., Voogt, W.J.P. (1985). Studies on the application of iron to some glasshouse vegetables grown in soilless culture, *Plant and Soil*, *85*(1), 55-64.

van Reeuwijk, C. (2002). Enigma code breaking using a field programmable gate array. Delft University of Technology Parallel and Distributed Systems, *Report Series PDS-2002-001*.

Vaughn, S. F., Kenar, J. A., Thompson, A. R., & Peterson, S. C. (2013). Comparison of biochars derived from wood pellets and pelletized wheat straw as replacements for peat in potting substrates. *Industrial Crops and Products*, *51*, 437-443.

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.83]

Welch, R.M., Allaway, W.H., House, W.A & Kubota, J. (1991). Geographic Distribution of Trace Element Problems. In: Mortvedt, J.J. Ed., Micronutrients in Agriculture, 2nd Edition, Madison, SSSA BookSer. 4. SSSA, Wisconsin, 31-57.

Zandi, P Kumar Basu, S & Jing, R. (2016). Review on importance of Silica in plants" absorbance, transport and its effect on mineral matter stress in acidic situation. (*2139438), p. 119-142*. (In Persian).

Zhou, F., Wang, N., Zhang, J., Yao, X., Zhang, T., Zhang, X., ... & Li, J. (2022). Formulation of substrates with agricultural and forestry wastes for Camellia oleifera Abel seedling cultivation. *PlosOne*, *17*(7), e0265979.

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.83]

Flower and Ornamental Plants (2024), 9(1): 83-98
Research article

Evaluation of peat produced from rice husk

Maryam Azaru, Reza Ebrahimi Gaskarei*, Mahmoud Shabanpour

Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht
✉ rezaebrahimi@guilan.ac.ir
Received: 2023/07/23, Revised: 202/04/15, Accepted: 2024/04/15

Abstract

Cultivation of plants in soilless medium has an increasing trend. A soilless medium, in addition to having suitable characteristics, should be available, cheap, sustainable, light, and affordable. The purpose of this applicable research is to produce solopeat from rice factories' wastes and evaluate and improve its characteristics. During the solopeat production process, the raw material was made into a pyramid shape and to accelerate biological reactions, Trichoderma family fungi and effective micro-organisms (EM) were added to it and covered with plastic. Irrigation and aeration of the mass were carried out regularly and after four months, primary evaluation including germination test along with seedling growth, microbial respiration, solopeat color, pH, and EC were carried out and macro & micronutrients were determined in it. Then, produced solopeat without additives and with ratios of 1:1, 2:1, and 3:1 of perlite, mixed and in terms of apparent specific gravity, water holding capacity, and hydraulic conductivity compared with most common soilless culture medium (cocopeat-perlite 3:1) . Then, to improve the characteristics of the solopeat, zeolite and bentonite clay, were added to it. Results approved that there is no significant differences between cocopeat-perlite (3:1) and pure solopeat in terms of chemical properties. Variance analyzing results approved that medium, amendment clay, clay levels, and these three factors' interaction effects have a significant effect on apparent specific gravity, water holding capacity, and hydraulic conductivity. Also, the interaction between the type of culture medium and the type of amendment had a significant effect on apparent specific gravity, water holding capacity, and hydraulic conductivity. The effect of culture medium and clay levels interaction on all measured characteristics was significant. Also, interaction between, clay type and its levels had a significant effect on all characteristics. The interaction of culture medium, clay amendment, and clay levels on apparent specific gravity, water holding capacity, and hydraulic conductivity was significant. Adding bentonite clay to solopeat-perlite had a greater effect on improving the characteristics of solopeat compared to zeolite. The result is that it is possible to produce solopeat from rice factories' wastages.

Keywords: Bentonite, Circular Economy, Soilless Medium, Solopeat, Zeolite.

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.83]