مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۶ شماره ۴ صفحه‌های ۳۶۳ تا ۳۸۲ (۱۴۰۴)

مقاله پژوهشی

بررسی امکان جایگزینی بستر وارداتی کوکوپیت با بستر معدنی پومدیا تحت سطوح مختلف نانوپلیمرسوپرجاذب در خیار گلخانه ای

Investigating the Possibility of Replacing Imported Cocopeat Substrate with Pomedia Mineral Substrate under Different Levels of Superabsorbent Nanopolymers in Greenhouse Cucumbers

زهرا مقصودی، ادریس شعبانی* و ناصر عالم زاده انصاری

گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (edris.shabani@scu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۷/۲۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۹

چکیده

با توجه به محدودیت منابع آبی و کاهش کیفیت خاک، استفاده از روش‌های جایگزین کشت همراه با مدیریت بهینه بستر رشد گیاهان، راهبردی مؤثر در ارتقای عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی است. در این راستا آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار، به منظور ارزیابی اثر نانوپلیمر سوپرجاذب و سه نوع بستر کشت بر شاخص‌های رشدی و عملکردی، کیفی و فیزیولوژیک خیار گلخانه‌ای و کسر زهکش بسترهای کشت، در پاییز و زمستان ۱۴۰۱ در گلخانه دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا گردید. تیمارها شامل سه بستر کشت (کوکوپیت+پرلیت، پومیس و پومدیا) و سه سطح نانوپلیمر سوپرجاذب (۰، ۳ و ۶ گرم در لیتر بستر) بودند. نتایج این آزمایش نشان داد که افزایش میزان نانوپلیمر سوپرجاذب در بسترهای کوکوپیت+پرلیت و پومدیا، شاخص‌های کمی و کیفی خیار گلخانه‌ای را کاهش می‌دهد، در حالی که در بستر پومیس، با افزایش نانوپلیمر سوپرجاذب، شاخص‌های کمی و کیفی افزایش یافت. نتایج برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب نشان داد که بیشترین و کمترین سطح برگ به‌ترتیب در بستر کوکوپیت+پرلیت بدون نانوپلیمر سوپرجاذب (۱۳۹۸۰سانتی‌متر مربع) و کوکوپیت+پرلیت با ۶ گرم نانوپلیمر سوپرجاذب (۷۲۳۹ سانتی‌متر مربع) مشاهده شد. در بستر پومیس، افزایش سطوح سوپرجاذب موجب بهبود شرایط رشدی و فتوسنتزی شد، در حالی که تفاوت معنی‌داری در فتوسنتز بین دو بستر کوکوپیت+پرلیت و پومدیا در سطح صفر نانوپلیمر سوپرجاذب مشاهده نشد. در بستر پومدیا بدون نانوپلیمر سوپرجاذب افزایش ۱۹/۳۶ درصدی عملکرد در قیاس با بستر پومدیا و سوپرجاذب ۶ گرم مشاهده گردید. بیشترین و کمترین کارایی مصرف آب به ترتیب در بستر پومدیا بدون نانوپلیمر سوپرجاذب و کوکوپیت+پرلیت با ۶ گرم نانوپلیمر سوپرجاذب ثبت شد. برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب نشان داد که بیشترین کسر زهکش در بستر پومیس بدون نانوپلیمر سوپرجاذب با مقدار ۲۵/۶۲٪ و کمترین کسر زهکش در بستر پومدیا و نانوپلیمر سوپرجاذب ۶ گرم با مقدار ۱۱/۹۳٪ مشاهده گردید. بر اساس نتایج، بستر پومدیا جذب نیتروژن برگ‌های خیار را بیشتر از فسفر و پتاسیم تحت تاثیر خود قرار داده است. مطابق نتایج، نانوپلیمر سوپرجاذب اثرات مفیدی بر رشد گیاه در بسترهای کوکوپیت و پومدیا نداشت، در حالی که عملکرد را در بستر پومیس بهبود بخشید که نشان از برهمکنش مثبت بین بستر و پلیمر سوپرجاذب است. یافته‌های این آزمایش نشان داد که در بسترهای کوکوپیت+پرلیت و پومدیا بدون نانوپلیمر سوپرجاذب و پومیس با ۶ گرم نانوپلیمر سوپرجاذب، بهترین شاخص‌های رشدی و عملکردی حاصل گردید. این نتایج نشان می‌دهد که این بسترها می‌توانند جایگزین‌های مقرون به صرفه‌ای برای کوکوپیت وارداتی باشند.

واژه‌های کلیدی: بستر کشت، تغذیه، کارایی مصرف آب، عملکرد، هیدروپونیک.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-10]

مقدمه

تولید سبزی‌های گلخانه‌ای مانند خیار در سال‌های اخیر به سرعت توسعه یافته است. در کشورهای توسعه یافته، قابلیت کنترل بسیار بالا تحت عنوان «ساختارهای با فناوری پیشرفته» به ابزاری مؤثر در تولید خیار تبدیل شده است (Dong *et al.,* 2020). اما در کشورهای در حال توسعه، امکانات کمتری به عنوان "ساختارهای کم هزینه" موجود است که شرایط استرس‌زای زیادی را در تولید خیار گلخانه‌ای ایجاد می‌کند. گلخانه‌هایی با تکنولوژی بالا، که از محیط‌های رشد بدون خاک استفاده می‌کنند، ۵ تا ۱۰ برابر گران‌تر از گلخانه‌های مبتنی بر خاک هستند (Phogat *et al.,* 2020). اما در شرایط نامساعد می‌توان در گلخانه پارامترهای اقلیمی عمدتاً دما و رطوبت را برای توسعه سیستم رشد اصلاح کرد و از طرفی به سطح عملکردی بالاتری دست یافت (Phogat *et al.,* 2020). همچنین در بسیاری از مناطق به علت عدم دسترسی به خاک مناسب و کنترل بهتر و دقیق‌تر عوامل موثر در تولید واحدهای هیدورپونیک یا کشت بدون خاک تمایل زیادی برای مجهز کردن گلخانه‌ها به این سیستم وجود دارد. بررسی‌ها نشان می‌دهد محصولات تولیدی به روش کشت بدون خاک کیفیت و عملکرد بهتری در مقایسه با کشت‌های خاکی دارند (Schnitzler & Gruda, 2002). با این حال، در دسترس بودن آب همچنان مهمترین عامل محدود کننده کشت خیار در مناطق با منابع آبی کم مطرح است. برخی از محققین کارآیی مصرف آب را به عنوان عاملی برای ارزیابی مصرف آب در گیاه خیار مورد بررسی قرار داده‌اند (Çakir *et al.,* 2017; Singh *et al.,* 2019)، از طرفی دیگر با استفاده از سوپرجاذب‌ها می‌توان به افزایش تولید غذا در مناطقی که قابلیت کافی برای تولید غذا ندارند کمک کرد (Allahdadi, 2002).

بنابراین با توجه به کاهش منابع آبی و کیفیت خاک‌ها، استفاده از روش‌های جایگزین بستر کشت و پرورش گیاهان برای تولید غذا بسیار مهم است. مدیریت مناسب بستر کشت گیاهان در این روش‌ها باعث افزایش عملکرد و کیفیت محصولات خواهد شد. در سال‌های اخیر کشت گلخانه‌ای و هیدروپونیک به عنوان یک سیستم پایه مورد استفاده در تولید محصولات باغبانی بوده است (Oki & Lieth, 2004). امروزه در کشت بدون خاک بسترهای کاشت متفاوتی برای پرورش گیاهان استفاده می‌شود که هر کدام ویژگی‌های مختلفی دارند و همه آن‌ها باید تهویه مناسب، زهکش، ظرفیت تبادل کاتیونی و توانایی نگهداری آب را داشته باشند و هیچ اثر منفی بر گیاه نگذارند. برای پرورش گیاه از دو بستر آلی و معدنی استفاده می‌شود که بر رشد و تولید محصول اثر مستقیم و غیر مستقیم دارد. بنابراین گزینش یک بستر، برای تولید در کشت بدون خاک موفق تاثیرگذار است (Verdonck *et al.,* 1981).

در پژوهشی، Schie (1999) بیان کرد استفاده از بسترهای کشت غیرخاکی از دهه ۱۹۶۰ میلادی با استفاده از بسترهای آلی مانند پیت آغاز شده است، اما با گذشت زمان انواع مختلفی از بسترهای کشت مانند پرلیت، پشم سنگ، پومیس و رس‌های منبسط شده (لیکا) ارائه شده‌اند که هر کدام دارای ویژگی‌ها و خصوصیات منحصر به فردی هستند. در کشورهای مختلف بسترهای کشت مختلفی وجود دارند. به عنوان مثال در شمال غرب اروپا استفاده از پشم سنگ به عنوان بستر کشت بسیار رایج است. اما در جنوب اروپا، استفاده از بسترهای کشت مانند پرلیت و پومیس معدنی به صورت محلی بسیار شایع است (Samartzidis *et al.,* 2005).

کوکوپیت متشکل از نسبت یکسان لیگنین و سلولز است که دارای پتاسیم و عناصر کم مصرفی مانند روی، منگنز، مس و آهن می‌باشد (Savithri & Khan, 1994). پومدیا نوعی بستر معدنی است که از ترکیب پومیس، پرلایت، سیلت و چند ماده دیگر با نسبت‌های مشخص ساخته می‌شود. ساختار آن به گونه‌ای است که شرایط ایده‌آل برای رشد گیاه را فراهم می‌کند. قیمت مناسب و سازگاری پومدیا با محیط زیست از مهم‌ترین مزایای آن است که باعث بهبود عملکرد و کیفیت محصولات گلخانه‌ای می‌شود. این بستر به دست متخصصان ایرانی طراحی و تولید شده و در چند سال اخیر در گلخانه‌های تولید رز، فلفل دلمه‌ای و گوجه‌فرنگی با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است (Nooralizadeh & Tabatabaie, 2021). پومیس یک نوع ماده معدنی ارزان قیمت و یک نوع سوپرجاذب طبیعی است که معدن بزرگی از آن در دامنه سهند وجود دارد. پومیس یک نوع کانی با ترکیب شیمیایی غیر کریستالی سیلیکات آلومینیوم می‌باشد که در کشاورزی برای بهبود نفوذپذیری و افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک، کاربرد وسیعی دارد (Neyshabouri *et al.,* 2006). در مطالعه‌ای Zarehaggi و همکاران (2016) تاثیر چهار سطح پومیس (۰، ۵، ۱۵ و ۳۰ تن درهکتار) را بر گیاه گلرنگ بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار رطوبت حجمی

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-10]

خاک از تیمار ۳۰ تن در هکتار پومیس به‌دست آمد. Gizas و Savvas (2007) سه آزمایش متوالی را در گل رز، خیار و کاهو در بسترهای با درجات مختلف پومیس در گلخانه مورد مطالعه قرار دادند. در این آزمایش چهار درجه پومیس مقایسه شدند. میوه خیار زمانی که در گلدان با دو اندازه کوچکتر پومیس رشد یافت، بالاترین عملکرد را نشان داد. پومیس درشت عملکرد خیار را محدود کرد در مقابل کاهو و گل رز واکنش قابل توجهی به درجات پومیس و همچنین بسترهای کشت نشان نداد.

در پژوهشی Satriani و همکاران (2018) به بررسی اثر استفاده از پلیمر سوپرجاذب سلولزی بر زراعت گیاه لوبیا در شرایط تنش خشکی پرداختند. نتایج این تحقیقات نشان داد که استفاده از سوپرجاذب‌ها بر شاخص راندمان مصرف آب گیاه اثر معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد دارد. Haghighat و Behbahani (2006) در پژوهشی گزارش دادند که جایگزینی ۳۰ درصد مواد سوپرجاذب با مواد بستر، تا ۲۰ درصد سبب صرفه‌جویی آب آبیاری شده و در نهایت ۴۴ درصد راندمان مصرف آب افزایش یافت. در مطالعه‌ای Mousavizadeh و همکاران (2019) کاربرد نانوسوپرجاذب ASN-۳۲۰ بر روابط آبی و عملکرد خیار را مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج آن‌ها به‌کارگیری نانوسوپرجاذب ASN-۳۲۰ عملکرد خیار گلخانه‌ای را افزایش داد و تاثیرات نامطلوب شوری آب و تنش‌های رطوبتی را در خیار گلخانه‌ای تاحدودی به حداقل رسانید. در مطالعه‌ای در یک خاک شنی محلی از دو هیدروژل اکریل آمید آنیونی و هیدروژل کاتیونی به نسبت ۲ به ۳ و در سه سطح ۲، ۳ و ۴ گرم برای هر گلدان استفاده گردید و بعد از کشت خیار، با ۴ رژیم آبیاری ۵۰، ۷۰، ۸۵ و ۱۰۰٪ آبیاری گردید. یافته‌های این پژوهش نشان داد که با کاهش میزان آبیاری از ۱۰۰ به ۸۵ ٪ با وجود هیدروژل مساوی، میزان تولید خیار افزایش یافت (El Hady & Wanas, 2006). در پژوهشی Khalili و همکاران (2021) در پژوهشی تاثیر قارچ مایکوریزا و هیدروژل بر کارکرد استفاده از آب و عملکرد خیار را در شرایط کشت بدون خاک را مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که کم شدن حجم آب آبیاری باعث کم شدن رشد و فعالیت خیار گلخانه‌ای در موقعیت کشت بدون خاک می‌گردد. ولی کارایی قارچ مایکوریزا و هیدروژل به مقدار زیادی خسارات متاثر از کم شدن کم آبی را جبران نموده و باعث بهتر شدن خصوصیات رشدی و فعالیت خیار می‌گردد. در این آزمون همچنین معین شد که هیدروژل مناسب‌ترین فعالیت در موقعیت آبیاری متوسط و کم برخوردار را دارد. در مطالعه‌ای Kassim و همکاران (2017) طی دو فصل پیاپی مقادیر مختلف هیدروژل را بر عملکرد و کارایی مصرف موز رقم گراندنین تحت رژیم‌های مختلف آبیاری بررسی کردند. نتایج نشان داد که کاربرد ۱۵۰۰ میلی‌گرم پلیمر و کاهش ۱۲/۵ درصدی نیاز آبی باعث کاهش از دست دادن آب برگ و افزایش سطح برگ و راندمان مصرف آب شده است. با توجه به موارد مطرح شده به‌نظر می‌رسد افزودن سوپرجاذب به بستری با ظرفیت نگهداری آب بالا (مثل کوکوپیت) ممکن است با کاهش اکسیژن، اثر منفی داشته باشد، در حالی که در بستری با زهکشی بالا (مثل پومیس) می‌تواند مفید واقع شود. در نتیجه استفاده از نانوپلیمر سوپرجاذب احتمالاً می‌تواند در بسترهای معدنی با بهبود ظرفیت نگهداری آب و تخلخل کل، کمک شایانی به بهبود رشد و عملکرد محصولات گلخانه‌ای نماید. بنابراین هدف از انجام این آزمایش بررسی امکان جایگزینی بستری گران قیمت مانند کوکوپیت با بسترهای معدنی ارزان قیمت ایرانی مانند پومدیا و پومیس می‌باشد تا بتوان ضمن جلوگیری خروج ارز از کشور به بهبود رشد و عملکرد محصولات گلخانه‌ای کمک کرد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در پاییز و زمستان سال ۱۴۰۱ در مجموعه گلخانه‌ای گروه علوم باغبانی دانشگاه شهید چمران اهواز، واقع در عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و ارتفاع حدود ۲۰ متر از سطح دریا، به منظور ارزیابی تأثیر نانوپلیمر سوپرجاذب بر شاخص‌های رشدی و عملکردی، کیفی و فیزیولوژیک خیار گلخانه‌ای و همچنین کسر زهکش بسترهای کشت انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و دو بوته مشاهده در هر تکرار طراحی گردید. در این پژوهش از خیار رقم استرانگ‌سان (Strong Sun) محصول شرکت رکزوان هلند استفاده گردید. تامین بذور توسط شرکت سپاهان رویش اصفهان انجام گردید. همچنین سه سطح نانوپلیمر سوپرجاذب شامل S_1 (صفر گرم بر لیتر بستر)، S_2 (۳ گرم بر لیتر بستر) و S_3 (۶ گرم بر لیتر بستر) و سه نوع بستر کشت در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند بسترهای کشت شامل B_1 (کوکوپیت+پرلیت ۵۰:۵۰ حجمی/ حجمی)، B_2 (پومیس) و B_3 (پومدیا) بودند. به منظور تغذیه بوته‌های خیار در طول فصل رشد از محلول غذایی Resh (2013) استفاده

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-10]

گردید. بدین منظور ابتدا کودها به صورت جداگانه توزین و در ظروفی حل و سپس در مخزن اصلی ۲۰۰ لیتری مخلوط گردید. محلول غذایی با استفاده از سامانه تحت فشار و از طریق لوله‌های رابط و قطره چکان به صورت یکنواخت پای بوته‌ها منتقل شد. برای زمان‌بندی پمپاژ محلول از تایمر دیجیتال استفاده شد و تغذیه بوته‌ها روزانه، بین ساعات هشت صبح تا پنج عصر، به‌طور منظم انجام گردید. همچنین pH محلول غذایی با استفاده از اسید سولفوریک در محدوده‌ی شش تنظیم شد. EC و pH محلول غذایی در طول فصل کشت با استفاده از دستگاه‌های ECمتر و pH متر کنترل و پایش گردید. بستر معدنی پومدیا مورد استفاده در این پژوهش، توسط شرکت یارا گلخانه حنان و در مرکز رشد دانشگاه شاهد طراحی و تولید شده است. این بستر از ترکیب مواد معدنی شامل پومیس، پرلیت و سیلت در نسبت‌های معین تشکیل شده است. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی منتخب این بستر به شرح زیر می باشد:

pH: ۶/۹-۷/۱، EC: ۰/۹-۱(dS m^{-1})، CEC: ۲< (meq $100ml^{-1}$)، وزن حجمی ظاهری: ۰/۵-۰/۷ (Kg L^{-1})، درصد اجزا بستر (V/V): پومیس، پرلیت و سیلت به‌ترتیب ۳۵، ۳۵ و ۳۰ درصد، درصد منافذ کل (V/V): ۶۵-۷۰/۵، درصد منافذ آب (V/V): ۴۳-۴۴/۵، درصد منافذ هوا (V/V): ۲۵-۲۰ و اندازه دانه‌ها: (mm) ۸-۰/۱. هدایت الکتریکی حدود ۱ dS m^{-1} به‌علت وجود کلسیم، پتاسیم و منیزیم در بستر می‌باشد، اگرچه از عناصر غذایی گیاه محسوب می‌شوند ولی با توجه به CEC پایین بستر، شستشوی آن EC را به شدت کاهش می‌دهد. همچنین بستر پومیس مورد استفاده در این پژوهش دارای خصوصیات فیزیکی مانند درصد منافذ کل (V/V): ۵۰، درصد منافذ آب (V/V): ۴۸/۰۴، درصد منافذ هوا (V/V): ۲۰/۹۲، وزن حجمی ظاهری: ۰/۴۸ (Kg L^{-1}) و اندازه دانه‌ها: (mm) ۱۰-۵ بوده است.

در این پژوهش نانوپلیمر سوپرجاذب تراوا از شرکت دانش بنیان کیمیا تراوا تک اصفهان تامین شد. بسته به هر تیمار آزمایشی مقدار صفر، ۳ و ۶ گرم نانو سوپرجاذب در هر لیتر بستر کاشت، مطابق دستورالعمل شرکت، در قسمت میانی گلدان مخلوط و سپس با بسترهای مورد نظر پوشانده شد. به‌دلیل پیشگیری از ایجاد لایه اشباع در کف گلدان، کاهش تبخیر سطحی، بهینه سازی دسترسی ریشه به آب، جلوگیری از شسته شدن، توزیع یکنواخت رطوبت در محیط ریشه، حفاظت از سوپرجاذب در برابر تخریب نوری و هماهنگی با الگوی توسعه ریشه، نانو سوپرجاذب‌های فوق در قسمت میانی گلدان (۱۵-۱۰ سانتی‌متر) توزیع گردید. سوپرجاذب Tarava-200 تحت فشار و دمای مشخصی از پلیمریزاسیون مونومرهای اکریلات به همراه نانوزئولیت و هیدروکسیدپتاسیم تهیه گردید. برای این پژوهش از ۵۴ گلدان استوانه‌ای پلاستیکی استفاده شد. براساس تیمار، گلدان‌ها تا نیمه با بستر مورد نظر پر گردیدند. به طوری که در فاصله ۱۵ سانتی‌متری از بالای گلدان، مقادیر نانوپلیمر سوپرجاذب به ازای هر لیتر بستر (باتوجه به حجم هفت لیتری هرگلدان، مقادیر سوپرجاذب به ترتیب صفر گرم، ۲۱ گرم و ۴۲ گرم) اضافه و با بستر اختصاصی خود پر گردید. تمام بسترهای مورد استفاده در این پژوهش چندین نوبت توسط آب شهری شستشو گردید. عملیات شستشوی بستر کوکوپیت با استفاده از آب تصفیه شده شهری انجام گرفت و این فرآیند تا زمانی ادامه یافت که هدایت الکتریکی (EC) بستر به حدود ۰/۵ dS m^{-1} کاهش یافت. پس از آماده‌سازی بسترها، گلدان‌ها با ترکیبات کوکوپیت+پرلیت، پومیس و پومدیا پر گردیدند. سپس بوته‌های خیار با فاصله‌ی ۴۰ سانتی‌متر از یکدیگر و ۷۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها کاشته شدند، به‌گونه‌ای که تراکم کاشت حدود ۳/۵ بوته در هر مترمربع در فضای گلخانه برقرار شد.

فرآیند جوانه‌زنی بذرهای خیار رقم Strong Sun در شرایط آزمایشگاه و درون پتری‌دیش‌های استریل انجام شد. در مرحله بعد، بذرهای جوانه زده در لیوان‌های یکبار مصرف حاوی کوکوپیت+پرلیت (۷۵:۲۵) حجمی/ حجمی برای تولید نشاء قرار گرفتند. نشاها در مرحله سه تا چهار برگ حقیقی به گلدان‌های پلاستیکی هفت لیتری، متناسب با هر تیمار و حاوی بسترهای ۵۰:۵۰ کوکوپیت به پرلیت، پومیس و پومدیا منتقل شدند. سیستم آبیاری، به صورت موضعی طراحی شد و برای هر گلدان یک قطره چکان دو لیتر بر ساعت تعبیه گردید. این سیستم به شکل باز طراحی شده بود و محلول زهکش در نهایت از سیستم خارج می‌شد.

شمارش تعداد برگ‌ها در پایان کشت انجام شد و اندازه‌گیری سطح برگ نیز با دستگاه سطح برگ سنج (Delta-T Divises LTD, UK) انجام و بر اساس سانتی‌متر مربع گزارش شد. همچنین دو ماه پس از کشت نشاء، بین ساعت ۱۱-۹ صبح در برگ‌های بالغ توسعه یافته فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و تعرق با استفاده از دستگاه فتوسنتزمتر (LCi-SD, UK) اندازه‌گیری شد. عصاره میوه‌هایی که به طور جداگانه از هر تکرار جمع آوری شده بود، روی دستگاه رفرکتومتر (Atago,A-PAL-1, Japan) قرار

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-10]

گرفت و درصد مواد جامد محلول کل (TSS) بر اساس درصد قرائت شد. جهت سنجش درصد ماده خشک میوه، از هر تیمار ۱۰۰ گرم از بافت تر میوه توزین و در آون ۷۰ درجه سانتی گراد تا زمان تثبیت وزن خشک قرار گرفت. در پایان نمونه‌های میوه خشک شده توسط تراوزی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. درصد ماده خشک از تقسیم مقدار ماده خشک بر وزن تر اولیه میوه ضربدر ۱۰۰ محاسبه گردید (Tabatabaei, 2013). اندازه‌گیری اسیدیته نیز از روش تیتراسیون با سود و با استفاده از رابطه زیر (رابطه ۱) محاسبه گردید (Tabatabaei, 2013)

رابطه ۱ $\text{درصد اسیدیته کل} = \frac{D \times 0.67 \times C}{a \times b} \times ۱۰۰$

a: وزن نمونه (۱۰ گرم)، b: حجم اولیه (۱۰۰ میلی لیتر)، C: حجم نمونه برداشت شده برای تیتراسیون (۵۰ میلی‌لیتر)، D: حجم هیدروکسید سدیم مصرف شده (کاهش حجم بورت) می‌باشد. شاخص طعم میوه نیز از تقسیم TSS به اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) میوه محاسبه شد.

برداشت میوه‌ها در طول دوره رشد به صورت منظم انجام گردید. وزن میوه‌های برداشت شده در هر مرحله با استفاده از ترازویی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. در پایان، مجموع وزن میوه‌های برداشت شده از هر بوته در تمام مراحل برداشت محاسبه و به عنوان عملکرد کل آن بوته در نظر گرفته شد. به منظور ارزیابی کسر زهکش و تاثیر نانوپلیمر سوپرجاذب در افزایش ظرفیت نگهداری آب بسترهای مورد مطالعه میزان زه‌آب گلدان‌ها دو روز در میان در کل دوره جمع‌آوری شد. با تقسیم میزان محلول غذایی خارج شده به میزان محلول غذایی داده شده مقدار کسر زهکش محاسبه شد (Warren & Bilderback, 2004). به منظور ارزیابی تاثیر نانوپلیمر سوپرجاذب بر کارایی مصرف آب، نسبت وزن تر کل میوه‌های برداشت شده (کیلوگرم) به حجم کل آب مصرفی (مترمکعب) محاسبه و مقدار حاصل، به عنوان شاخص کارایی مصرف آب گزارش شد (Abedi Koupai & Mesforoush, 2009).

اندازه‌گیری عناصر در برگ‌های خیار شامل دو بخش آماده سازی نمونه و انجام عصاره‌گیری بوده است. مرحله اول شامل شستشو، خشک و آسیاب نمونه‌های برگی بود. برگ‌ها ابتدا با آب معمولی و سپس با آب مقطر شستشه شدند. نمونه‌های برگی به مدت ۴۸ ساعت در آون با حرارت ۷۰ درجه سلسیوس خشک و سپس آسیاب شد. نمونه آسیاب شده از الک ۰/۵ میلی‌متری عبور داده شد در نهایت از نمونه برگ‌های آماده شده غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندازه‌گیری گردید. همچنین مرحله دوم شامل انجام عصاره‌گیری در نمونه‌های برگی بوده است که خود شامل:

۱) هضم در بالن ژوژه با اسید سولفوریک-اسید سالیسیلیک-آب اکسیژنه جهت اندازه‌گیری نیتروژن و پتاسیم (Waling *et al.*, 1989):

۲) هضم به روش سوزاندن خشک و ترکیب با اسید هیدروکلریک جهت اندازه‌گیری فسفر (Chapman & Pratt, 1962):

به ترتیب زیر برای سنجش عناصر عصاره‌گیری شد.

به منظور اندازه گیری درصد نیتروژن کل گیاه ابتدا ۰/۳ گرم نمونه گیاه با دقت ۰/۰۰۱گرم توزین و به لوله‌های هضم (بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتر) منتقل شد، سپس ۲/۵ میلی‌لیتر از مخلوط اسیدها اضافه و ۲۴ ساعت به حال خود قرار داده شد. لوله‌ها بعد از این مدت به مدت دو ساعت تا ۱۸۰ درجه سلسیوس حرارت دید و سپس بعد از خنک شدن سه بار و هر بار یک میلی‌لیتر آب اکسیژنه به لوله‌ها اضافه شد، مجددا لوله‌ها روی هیتر تا ۳۳۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت قرار داده تا عصاره بیرنگ شد (روش ۱). عصاره در بالن به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانیده شد و از آن ۵ میلی‌لیتر گرفته و به بالن تقطیر منتقل گردید. میزان دو میلی‌لیتر از محلول هیدروکسید سدیم اضافه کرده و قیف دهانه بالن تقطیر با آب شسته تا حجم محلول۲۰ میلی‌لیتر گردد. بالن را به کمک بخار آب حرارت داده و بعد از ظهور اولین قطره تقطیر این عمل بمدت پنج دقیقه ادامه یافت. محلول حاصل از تقطیر در ۱۰ میلی‌لیتر اسید بوریک حاوی ۱۰ قطره اندیکاتور جذب گردید. حدود ۳۰ ثانیه قبل از پایان عمل تقطیر ارلن محتوی 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 تیتر گردید. تمام مراحل بالا برای نمونه شاهد بدست آمده از عمل هضم نیز انجام گردید. میزان درصد نیتروژن در نمونه خشک گیاهی از رابطه زیر (رابطه ۲) محاسبه می‌شود:

رابطه ۲ $N\% = 0.56 \times t \times (a-b) \times V/M \times 100/D.M$

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-10]

t: غلظت اسید مصرفی جهت تیتراسیون بر حسب مول در لیتر، a: میزان اسید مصرفی جهت نمونه برحسب میلی‌لیتر و b: میزان اسید مصرفی جهت شاهد بر حسب میلی‌لیتر.

همچنین جهت اندازه گیری درصد فسفر گیاه از روش کالریمتری (رنگ زرد مولیبدات وانادات) استفاده شده است. در این راستا، ابتدا دو گرم نمونه گیاه خشک شده را با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین و در کروزه چینی ریخته و در کوره تا ۵۵۰ درجه سلسیوس به مدت چهار ساعت حرارت داده شد و خاکستر حاصل را با آب مقطر کمی خیس و ۱۰ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریک دو مولار به آن اضافه گردید و بعد از اتمام فعل و انفعالات محتویات کروزه از کاغذ صافی ریز به داخل بالن ژوژه صاف شد (روش ۲). مقدار پنج سی سی از محلول عصاره حاصل از هضم به روش دو را به داخل بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتر ریخته و پنج سی سی به آن محلول آمونیوم مولیبدات- وانادات اضافه کرده و به حجم رسانده شد. سپس میزان جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید. میزان فسفر در نمونه خشک گیاه بر حسب درصد از رابطه زیر (رابطه ۳) بدست می‌آید:

$$P = (a-b)\times V/2000W \times 100/D.M$$ رابطه ۳

a: غلظت فسفر نمونه، b: غلظت فسفر شاهد، V: حجم نهایی محلول، W: وزن نمونه خشک گیاه.

به‌منظور اندازه‌گیری پتاسیم از روش نشر شعله‌ای استفاده گردید. در این راستا، محلول حاصل از عصاره‌گیری به روش اول را به نسبت ۹+۱ با کلرور سزیم(Cs) رقیق کرده و میزان جذب نمونه‌ها توسط دستگاه فلیم فتومتر و در طول موج ۷۶۶/۵ نانومتر برای پتاسیم قرائت گردید. میزان پتاسیم بر حسب درصد از رابطه زیر (رابطه ۴) بدست می‌آید:

$$K = (a-b)\times V/1000W \times 100/D.M$$ رابطه ۴

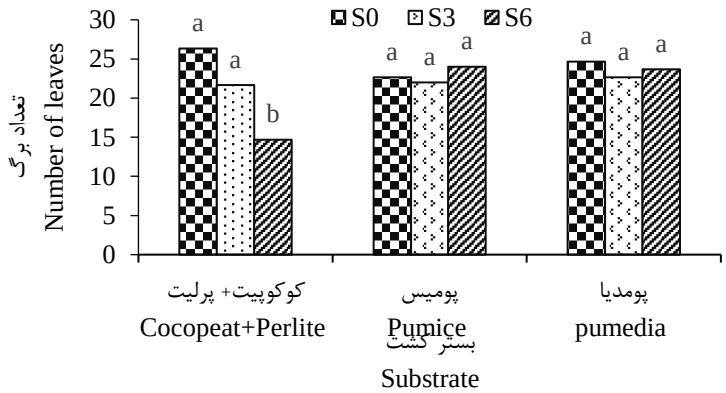
a: غلظت پتاسیم نمونه، b: غلظت پتاسیم شاهد، V: حجم نهایی محلول، W: وزن نمونه خشک گیاه.

تجزیه آماری داده‌ها توسط نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام گرفت و در سطح احتمال پنج درصد با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه میانگین قرار گرفت.

نتایج

تعداد برگ

اثر اصلی نانوپلیمر سوپرجاذب و برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب بر تعداد برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. اما اثر اصلی بستر بر تعداد برگ اثر معنی‌داری نداشت. مقایسات میانگین برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب نشان داد که بیشترین و کمترین تعداد برگ به‌ترتیب در بستر کوکوپیت+پرلیت بدون نانوپلیمر سوپرجاذب با مقدار ۲۶/۳۳ عدد و در بستر کوکوپیت+پرلیت و نانوپلیمر سوپرجاذب ۶ گرم با مقدار ۱۴/۶۶ عدد حاصل شد همچنین اختلاف معنی‌داری بین کوکوپیت+پرلیت بدون نانوپلیمر سوپرجاذب و دو بستر پومدیا و پومیس در تمام سطوح نانوپلیمر سوپرجاذب از نظر تعداد برگ خیار مشاهده نگردید (شکل ۱).



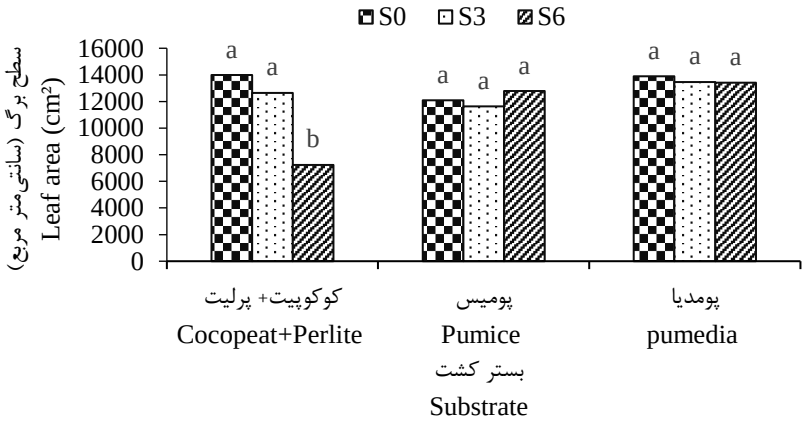
شکل ۱- اثر بسترهای مختلف کشت و نانوپلیمر سوپرجاذب (S) بر تعداد برگ خیار گلخانه‌ای (معنی داری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن).

Fig. 1. Effect of different cultivation substrates and superabsorbent (S) on the number of greenhouse cucumber leaves (Significance at the 5% probability level based on Duncan's test).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-10]

سطح برگ

برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب بر سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و اثر اصلی بستر بر سطح برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. اما اثر اصلی سوپرجاذب بر سطح برگ تاثیر معنی‌داری ایجاد نکرد. مقایسات میانگین برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب نشان داد که بیشترین و کمترین سطح برگ به‌ترتیب مربوط به بستر کوکوپیت+پرلیت بدون نانوپلیمر سوپرجاذب با مقدار ۱۳۹۸۰ سانتی‌متر مربع و در بستر کوکوپیت+پرلیت و نانوپلیمر سوپرجاذب ۶ گرم با مقدار ۷۲۳۹ سانتی‌متر مربع بود (شکل ۲). همچنین همانند تعداد برگ در تمام سطوح نانوپلیمر سوپرجاذب و در بسترهای پومیس و پومدیا اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد (کوکوپیت+پرلیت و نانوپلیمر سوپرجاذب صفر گرم در لیتر) از نظر سطح برگ بوته‌های خیار مشاهده نگردید (شکل ۲).



شکل ۲- اثر بسترهای مختلف کشت و نانوپلیمر سوپرجاذب (S) بر سطح برگ خیار گلخانه‌ای (معنی داری در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون دانکن).

Fig. 2. Effect of different cultivation substrates and superabsorbent nanopolymer (S) on the leaf area of greenhouse cucumber (Significance at the 1% probability level based on Duncan's test).

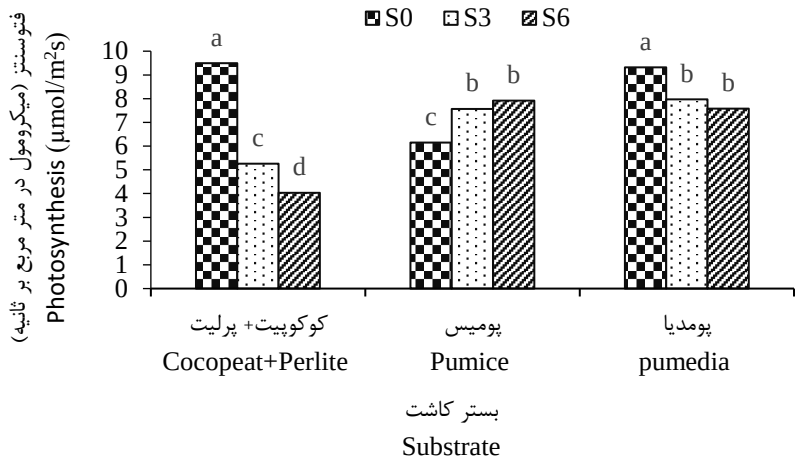
نرخ فتوسنتز

اثر اصلی بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب و برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب در سطح احتمال یک درصد بر نرخ فتوسنتز برگ‌های خیار معنی‌دار بود. نتایج مقایسات میانگین برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب نشان داد که بیشترین مقدار فتوسنتز در بستر کوکوپیت+پرلیت بدون نانوپلیمر سوپرجاذب با مقدار ۹/۴۹ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و کمترین مقدار فتوسنتز در بستر کوکوپیت+پرلیت و نانوپلیمر سوپرجاذب ۶ گرم با مقدار ۴/۰۳ میکرومول بر مترمربع در ثانیه مشاهده گردید (شکل ۳). همچنین نتایج این آزمایش نشان داد که در بستر پومیس با افزایش سطوح نانوپلیمر سوپرجاذب بهبود شرایط رشدی و فتوسنتزی مشاهده گردید که یکی از نتایج جالب توجه این پژوهش می‌باشد (شکل ۳). یکی دیگر از نتایج مهم این پژوهش، عدم وجود اختلاف معنی‌دار فتوسنتز در سطح صفر گرم نانوپلیمر سوپرجاذب در دو بستر کوکوپیت+پرلیت و پومدیا بود (شکل ۳).

هدایت روزنه‌ای

اثر اصلی نانوپلیمر سوپرجاذب و برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب بر میزان هدایت روزنه‌ای اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد نشان داد. اثر اصلی بستر بر هدایت روزنه‌ای برگ‌های خیار در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری را نشان داد. نتایج مقایسات میانگین برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب نشان داد که بیشترین مقدار هدایت روزنه‌ای در بستر کوکوپیت+پرلیت بدون نانوپلیمر سوپرجاذب با مقدار ۰/۱ میلی‌مول بر متر مربع در ثانیه و کمترین مقدار هدایت روزنه‌ای در بستر کوکوپیت+پرلیت و نانوپلیمر سوپرجاذب ۶ گرم با مقدار ۰/۰۴ میلی‌مول بر متر مربع در ثانیه بود. یکی دیگر از نتایج مهم این پژوهش، عدم وجود اختلاف معنی‌دار هدایت روزنه‌ای در سطح صفر گرم نانوپلیمر سوپرجاذب در دو بستر کوکوپیت+پرلیت و پومدیا بود (جدول ۱).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-10]



شکل ۳- اثر بسترهای مختلف کشت و نانوپلیمرسوپرجاذب (S) بر نرخ فتوسنتز خیار گلخانه‌ای (معنی داری در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون دانکن).

Fig. 3. Effect of different cultivation substrates and superabsorbent nanopolymer (S) on the photosynthesis rate of greenhouse cucumber (Significance at the 1% probability level based on Duncan's test).

نرخ تعرق

اثر اصلی بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب سوپرجاذب و برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب بر نرخ تعرق برگ‌های خیار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج مقایسات میانگین اثرات متقابل، بیشترین مقدار تعرق در بستر کوکوپیت+پرلیت بدون نانوپلیمر سوپرجاذب با مقدار ۴/۲۸ میلی‌مول بر متر مربع در ثانیه و کمترین مقدار تعرق در بستر کوکوپیت+پرلیت و نانوپلیمر سوپرجاذب ۶ گرم با مقدار ۲/۰۰ میلی‌مول بر متر مربع در ثانیه مشاهده گردید. همچنین اختلاف معنی‌داری در میزان تعرق برگ‌های خیار رشد یافته در پومدیا و کوکوپیت+پرلیت با سطح صفر گرم نانوپلیمر سوپرجاذب مشاهده نگردید (جدول ۱).

درصد ماده خشک میوه

اثر اصلی نانوپلیمر سوپرجاذب در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری را بر درصد ماده خشک میوه‌های خیار نشان داد. اما اثر اصلی بستر و برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب بر درصد ماده خشک میوه اختلاف معنی‌داری ایجاد نکرد (شکل ۴). نتایج مقایسات میانگین اثر اصلی نانوپلیمر سوپرجاذب نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار درصد ماده خشک میوه به‌ترتیب مربوط به نانوپلیمر سوپرجاذب صفر گرم با مقدار ۴/۰۹٪ و در نانوپلیمر سوپرجاذب ۳ گرم با مقدار ۳/۴۳٪ بود (شکل ۴).

اسیدیته قابل تیتراسیون

اثر اصلی نانوپلیمر سوپرجاذب بر اسیدیته قابل تیتراسیون در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اما اثر اصلی بستر و برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب بر اسیدیته قابل تیتراسیون اختلاف معنی‌داری ایجاد نکرد (شکل ۵). نتایج مقایسات میانگین اثر اصلی نانوپلیمر سوپرجاذب نشان داد که بیشترین اسیدیته قابل تیتراسیون در نانوپلیمر سوپرجاذب صفر گرم با مقدار ۲/۲۴٪ و کمترین اسیدیته قابل تیتراسیون در نانوپلیمر سوپرجاذب ۶ گرم با مقدار ۱/۶۳٪ بود (شکل ۵).

طعم میوه

اثر اصلی نانوپلیمر سوپرجاذب بر طعم میوه در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری را به نمایش گذاشت. اما اثر اصلی بستر و برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب بر طعم میوه تاثیر معنی‌داری نداشت (شکل ۶). نتایج مقایسات میانگین اثر اصلی نانوپلیمر سوپرجاذب نشان داد که بیشترین و کمترین طعم میوه به‌ترتیب مربوط به سوپرجاذب ۶ گرم با مقدار ۱/۸۶ و در نانوپلیمر سوپرجاذب صفر گرم با مقدار ۱/۲۵ بود (شکل ۶).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-10]

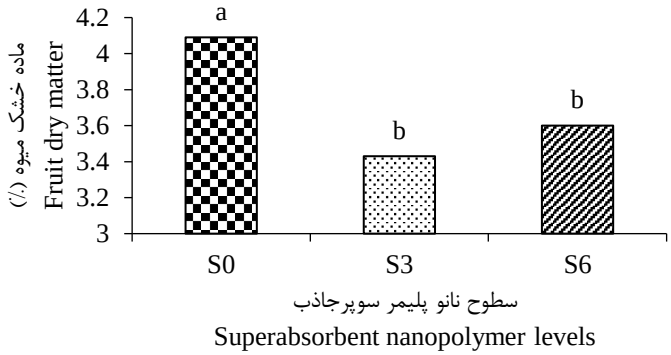
جدول ۱- اثر بسترهای مختلف کشت و نانوپلیمر سوپرجاذب بر خصوصیات فیزیولوژیک خیار گلخانه‌ای.

Table 1. Effect of different cultivation substrates and superabsorbent nanopolymer on physiological Characteristics of greenhouse cucumber.

تیمار Treatment	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance (mmol/m²s)	نرخ تعرق Transpiration rate (mmol/m²s)
بستر× نانوپلیمر سوپرجاذب Substrate× Superabsorbent nanopolymer		
کوکوپیت+پرلیت×0 Cocopeat+Perlite×0	0.10 a	4.28 a
کوکوپیت+پرلیت×3 Cocopeat+Perlite×3	0.06 def	2.53 c
کوکوپیت+پرلیت×6 Cocopeat+Perlite×6	0.04 g	2.00 d
پومیس×0 Pumice×0	0.05 fg	2.52 c
پومیس×3 Pumice×3	0.07 cde	3.36 b
پومیس×6 Pumice×6	0.08 bc	3.42 b
پومدیا×0 Pumedia×0	0.09 ab	4.13 a
پومدیا×3 Pumedia×3	0.08 cd	2.21 cd
پومدیا×6 Pumedia×6	0.06 ef	2.00 d
معنی‌داری Significance	**	**

میانگین با حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد هستند (آزمون دانکن). **: معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

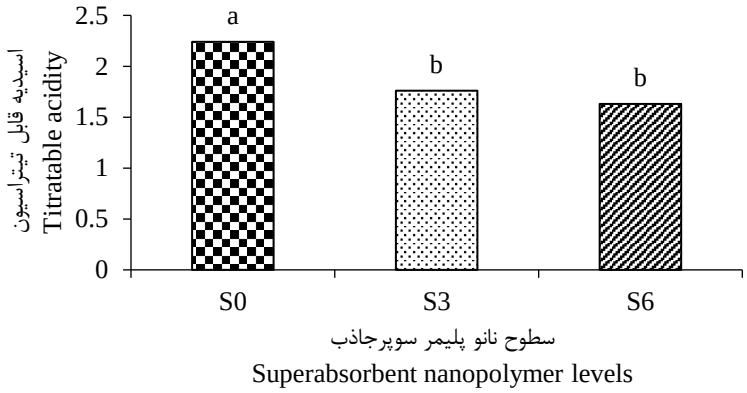
Means with different letters are significantly different at the 5% probability level (Duncan's test)
**, indicate significance at the 1% probability levels



شکل ۴- اثر سطوح مختلف نانوپلیمر سوپرجاذب (S) بر درصد ماده خشک میوه خیار گلخانه‌ای (معنی داری در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون دانکن).

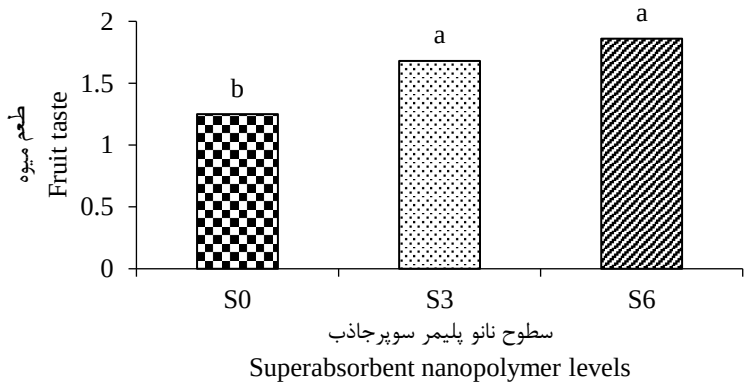
Fig. 4. Effect of different levels of superabsorbent nanopolymer (S) on the percentage of dry matter in greenhouse cucumber fruit (Significance at the 1% probability level based on Duncan's test).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-10]



شکل ۵- اثر سطوح مختلف نانوپلیمر سوپرجاذب (S) بر اسیدیته قابل تیتراسیون میوه خیار گلخانه‌ای (معنی داری در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون دانکن).

Fig. 5. The effect of different levels of superabsorbent nanopolymer (S) on the titratable acidity of greenhouse cucumber fruit (Significance at the 1% probability level based on Duncan's test).



شکل ۶- اثر سطوح مختلف نانوپلیمر سوپرجاذب (S) بر طعم میوه خیار گلخانه‌ای (معنی داری در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون دانکن).

Fig. 6- The effect of different levels of superabsorbent nanopolymer (S) on the fruit taste of greenhouse cucumber fruit (Significance at the 1% probability level based on Duncan's test).

مواد جامد محلول کل (TSS)

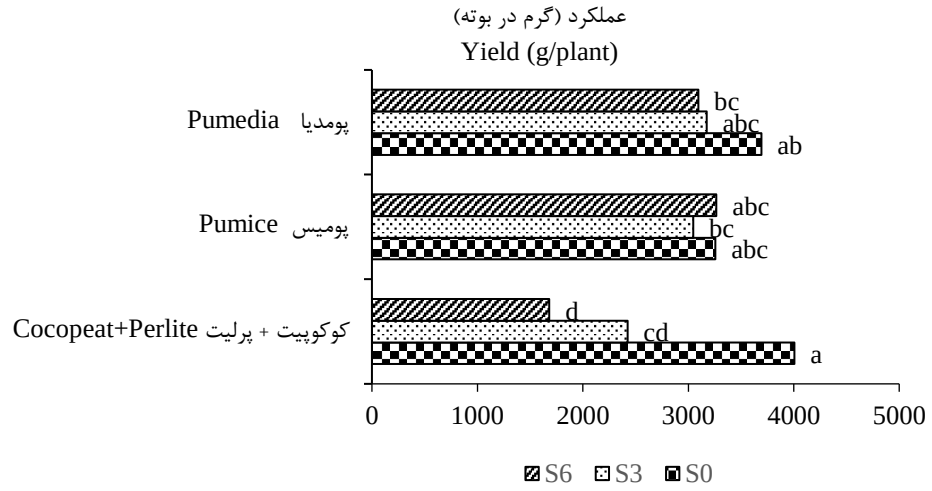
اثر اصلی بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب و برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب بر TSS میوه اختلاف معنی‌داری نشان نداد.

عملکرد

اثر اصلی بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد بر شاخص عملکرد بوته‌های خیار نشان داد. همچنین برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب در سطح احتمال پنج درصد بر شاخص عملکرد معنی‌دار بود. نتایج مقایسات میانگین برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب نشان داد استفاده از بستر کوکوپیت+پرلیت بدون نانوپلیمر سوپرجاذب (بالاترین عملکرد با ۴۰۰۵ گرم) در قیاس با بستر کوکوپیت+پرلیت و نانوپلیمر سوپرجاذب ۶ گرم (کمترین عملکرد با ۱۶۸۱ گرم) سبب افزایش ۱۳۸/۲۵ درصدی عملکرد گردید (شکل ۷). همچنین اختلاف معنی‌داری بین بستر کوکوپیت+پرلیت بدون نانوپلیمر سوپرجاذب و تیمارهای پومدیا با سطح صفر نانوپلیمر سوپرجاذب (۳۶۹۳ گرم) و پومیس با سطح ۶ گرم نانوپلیمر سوپرجاذب (۳۲۶۶ گرم) مشاهده نگردید. همچنین سطح ۳ گرم نانوپلیمر سوپرجاذب در بستر پومدیا (۳۱۷۳ گرم) و سطح صفر گرم نانوپلیمر سوپرجاذب در بستر پومیس (۳۲۵۵ گرم) اختلاف معنی‌داری را از نظر عملکرد بوته با سطح صفر نانوپلیمر سوپرجاذب در کوکوپیت+پرلیت و پومدیا نشان ندادند (شکل ۷). بر اساس یافته‌های این آزمایش در بستر کوکوپیت+پرلیت برخلاف دو بستر معدنی پومیس و پومدیا با افزایش سطوح نانوپلیمر سوپرجاذب عملکرد بوته‌های خیار به طرز چشم‌گیری کاهش یافت، اگرچه این کاهش عملکرد در بستر پومدیا با شیب ملایم‌تری همراه بود، به‌طوری که این اختلاف

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-10]

عملکرد در تمام سطوح نانوپلیمر سوپرجاذب معنی‌دار نبوده است (شکل ۷). همچنین در بستر معدنی پومیس نیز همانند پومدیا در بین سطوح نانوپلیمر سوپرجاذب اختلافی از نظر عملکرد بوته‌های خیار مشاهد نگردید، اما افزایش عملکرد در سطح ۶ گرم بر لیتر نانوپلیمر سوپرجاذب و بستر پومیس همانند بستر پومدیا با سطح صفر نانوپلیمر سوپرجاذب محسوس و قابل توجه بوده است (شکل ۷). کاربرد نانوپلیمر سوپرجاذب باعث کاهش معنی‌دار عملکرد در بستر کوکوپیت+پرلیت و پومدیا شد. اما در نقطه مقابل آن، عملکرد بوته‌های خیار در بستر پومیس با افزایش سطوح نانوپلیمر سوپرجاذب، روند مثبتی را نشان داد (شکل ۷).



شکل ۷- اثر بسترهای مختلف کشت و نانوپلیمر سوپرجاذب (S) بر عملکرد بوته خیار گلخانه‌ای (معنی داری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن).

Fig. 7. Effect of different cultivation substrates and superabsorbent nanopolymer (S) on greenhouse cucumber plant yield (Significance at the 5% probability level based on Duncan's test).

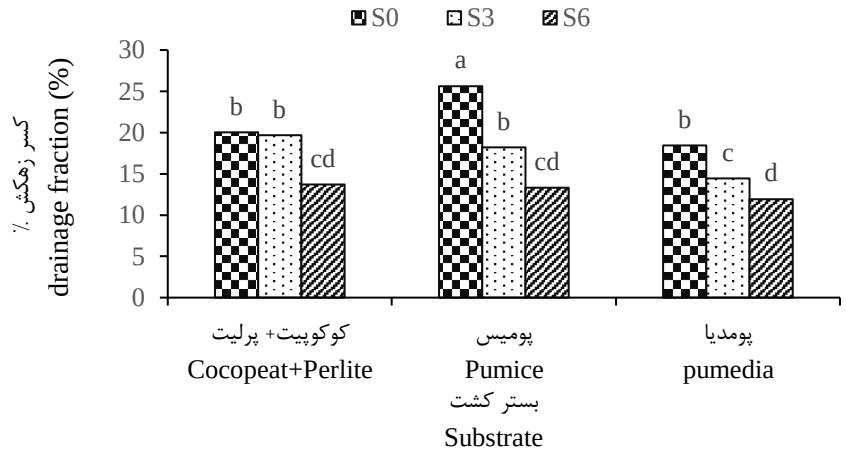
کسر زهکش

اثر اصلی بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب و برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب بر کسر زهکش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسات میانگین برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب نشان داد که بیشترین کسر زهکش در بستر پومیس بدون نانوپلیمر سوپرجاذب با مقدار (۲۵/۶۲٪) و کمترین کسر زهکش در بستر پومدیا و نانوپلیمر سوپرجاذب ۶ گرم با مقدار (۱۱/۹۳٪) مشاهده گردید (شکل ۸).

کارایی مصرف آب

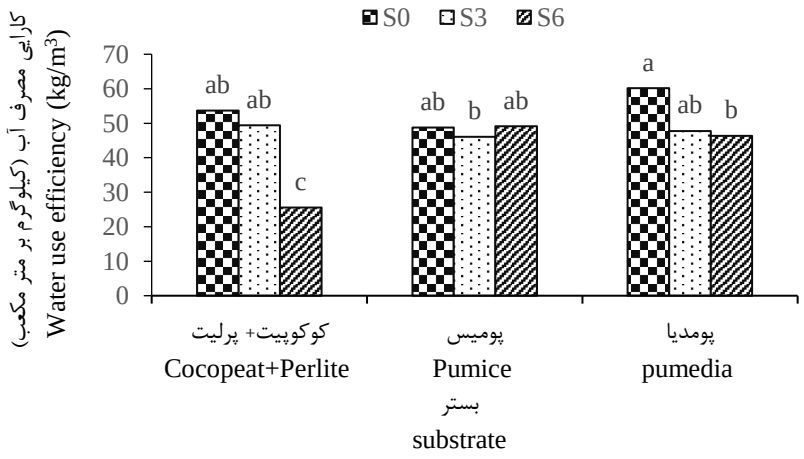
اثر اصلی سوپرجاذب و برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب بر کارایی مصرف آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و اثر اصلی بستر بر کارایی مصرف آب اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد نشان داد. نتایج مقایسات میانگین برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب نشان داد که بیشترین و کمترین کارایی مصرف آب به ترتیب مربوط به بستر پومدیا بدون نانوپلیمر سوپرجاذب با مقدار (۶۰/۱۹ کیلوگرم بر متر مکعب) و در بستر کوکوپیت+پرلیت و نانوپلیمر سوپرجاذب ۶ گرم با مقدار (۲۵/۵۶ کیلوگرم بر متر مکعب) بود (شکل ۹). همچنین سطوح صفر و ۳ گرم نانوپلیمر سوپرجاذب در بستر کوکوپیت+پرلیت، سطوح صفر و ۶ گرم نانوپلیمر سوپرجاذب در بستر پومیس از نظر کارایی مصرف آب اختلاف معنی‌داری با سطح صفر سوپرجاذب در بستر پومدیا نداشتند (شکل ۹).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-10]



شکل ۸- اثر بسترهای مختلف کشت و نانوپلیمر سوپرجاذب (S) بر کسر زهکش خیار گلخانه‌ای (معنی داری در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون دانکن).

Fig. 8. Effect of different cultivation substrates and superabsorbent nanopolymer (S) on the drainage fraction of greenhouse cucumber (Significance at the 1% probability level based on Duncan's test).



شکل ۹- اثر بسترهای مختلف کشت و نانوپلیمر سوپرجاذب (S) بر کارایی مصرف آب خیار گلخانه‌ای (معنی داری در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون دانکن).

Fig. 9. Effect of different cultivation substrates and superabsorbent nanopolymer (S) on the water use efficiency of greenhouse cucumber (Significance at the 1% probability level based on Duncan's test).

نیتروژن

اثر اصلی بستر و برهمکنش بستر و سوپرجاذب بر غلظت نیتروژن برگ خیار اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد، اما اثر اصلی نانوپلیمر سوپرجاذب بر مقدار نیتروژن بافت‌های برگی معنی‌دار نبود. نتایج مقایسات میانگین برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب نشان داد که بیشترین مقدار نیتروژن در بستر پومدیا بدون نانوپلیمر سوپرجاذب با مقدار (۶/۲۱٪) و کمترین مقدار نیتروژن در بستر کوکوپیت+پرلیت و نانوپلیمر سوپرجاذب ۳ گرم مقدار (۲/۰۲٪) مشاهده گردید (جدول ۲).

فسفر

اثر اصلی بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب و برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب بر فسفر در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-10]

نتایج مقایسات میانگین برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب نشان داد که بیشترین مقدار فسفر بافت برگی در بستر کوکوپیت+پرلیت و نانوپلیمر سوپرجاذب ۳ گرم با مقدار (۲/۰۴٪) و کمترین فسفر بافت برگی در بستر پومیس و نانوپلیمر سوپرجاذب ۶ گرم با مقدار (۰/۴۶٪) مشاهده گردید (جدول ۲).

پتاسیم

اثر اصلی بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب و برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب بر پتاسیم در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری را نشان داد. نتایج مقایسات میانگین برهمکنش بستر و نانوپلیمر سوپرجاذب نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار پتاسیم برگ به ترتیب مربوط به بستر کوکوپیت+پرلیت و نانوپلیمر سوپرجاذب ۶ گرم با مقدار (۷/۳۲٪) و در بستر پومیس بدون نانوپلیمر سوپرجاذب با مقدار (۵/۴۴٪) بود (جدول ۲).

جدول ۲- اثر بسترهای مختلف کشت و نانوپلیمر سوپرجاذب بر غلظت عناصر غذایی در برگ خیار.

Table 2. Effect of different cultivation substrates and superabsorbent nanopolymer on the concentration of nutrients in cucumber leaves.

تیمار Treatment	نیتروژن (٪) Nitrogen (%)	فسفر (٪) Phosphorus (%)	پتاسیم (٪) Potassium (%)
بستر× نانوپلیمر سوپرجاذب Substrate× Superabsorbent nanopolymer			
کوکوپیت+پرلیت×0 Cocopeat+Perlite×0	2.53 d	1.56 b	6.78 bc
کوکوپیت+پرلیت×3 Cocopeat+Perlite×3	2.02 d	2.04 a	7.32 a
کوکوپیت+پرلیت×6 Cocopeat+Perlite×6	3.44 cd	1.37 b	7.32 a
پومیس×0 Pumice×0	3.49 cd	0.90 c	5.44 e
پومیس×3 Pumice×3	2.53 d	0.85 cd	6.87 b
پومیس×6 Pumice×6	5.22 ab	0.46 e	6.67 bcd
پومدیا×0 Pumedia×0	6.21 a	0.84 cd	6.49 cd
پومدیا×3 Pumedia×3	4.78 bc	0.69 cd	6.65 bcd
پومدیا×6 Pumedia×6	2.59 d	0.63 de	6.34 d
معنی‌داری Significant	**	**	**

میانگین با حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد هستند (آزمون دانکن). **: معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

Means with different letters are significantly different at the 5% probability level (Duncan's test) **, indicate significance at the 1% probability levels

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که بستر کوکوپیت+پرلیت بدون نانوپلیمر سوپرجاذب ، پومدیا بدون نانوپلیمر سوپرجاذب و پومیس آمیخته با نانوپلیمر سوپرجاذب ۶ گرم بهترین رشد و عملکرد را داشتند. به نظر می‌رسد بستر کوکوپیت+پرلیت و پومدیا بدون نانوپلیمر سوپرجاذب محیط مناسبی برای تأمین آب و عناصر غذایی گیاه فراهم کرده است که در نهایت منجر به افزایش تعداد

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-10]

برگ، افزایش سطح برگ، افزایش وزن خشک و بهبود کارایی مصرف آب گردیده است. بستر کوکوپیت+پرلیت بدون نانوپلیمر سوپرجاذب و پومدیا بدون نانوپلیمر سوپرجاذب به دلیل داشتن ظرفیت تبادل کاتیونی (حتی در مقادیر کم) و ظرفیت نگهداری آب مناسب، محیطی مناسب برای تامین آب و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را فراهم کرده‌اند که باعث افزایش رشد رویشی گیاه شده است. یافته‌های Hoang و همکاران (2001) در بررسی اثر ۴ بستر پرلیت، راک‌وول، کوکوپیت، کمپوست و محلول پاشی برگی دو کلات فلزی در خیار گلخانه‌ای نشان داد که عملکرد خیار همبستگی بسیار نزدیکی با سطح برگ بوته‌های تحت تیمار داشت. Moslehi و همکاران (2011) گزارش کردند که اجزای عملکرد خیار گلخانه‌ای (وزن میوه، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، قطر میوه و ساقه) تحت تأثیر حجم مصرفی آب است. Tabatabaei و Mohammad Rezaei (2006) گزارش دادند که بستر کشت بر تعداد برگ تاثیرگذار است. در مطالعه‌ای Sahin و همکاران (2005) نشان دادند که گنجایش حفظ آب خاک با اضافه کردن پومیس به گلدان‌ها افزایش یافت. با زیاد شدن مقدار بهره‌گیری از پومیس از ۱۵ به ۴۵ درصد حجمی حفظ آب افزایش و بالاترین میزان سطح برگ، تعداد برگ و ماده خشک ریشه توت فرنگی در تیمار ۴۵ درصد حجمی پومیس فراهم آمد. پلیمرهای سوپرجاذب در شرایط تنش خشکی با افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و سهولت جذب آن سبب افزایش میزان آب در بافت‌ها به خصوص بافت برگ شده و در نهایت از کاهش پتانسیل آب برگ و افت فشار تورژسانس جلوگیری می‌کنند و سبب افزایش سطح برگ می‌شوند (Shadmand & Afkari, 2018).

مطابق یافته‌های Colla و همکاران (2002) در بررسی اثر چهار بستر راک‌وول، پومیس، پرلیت و کوکوپیت، کیفیت میوه‌های خیار از نظر ماده خشک، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون و pH تحت تأثیر بسترهای کشت قرار نگرفت. نتایج آزمایش حاضر با یافته‌های Colla و همکاران (2002) همخوانی دارد. به گونه‌ای که در بسترهای کوکوپیت+پرلیت، پومیس و پومدیا اختلاف معنی‌داری در اثرات اصلی و متقابل آن‌ها، بر خصوصیات کیفی میوه مانند مواد جامد محلول، ماده خشک و اسیدیته قابل تیتراسیون مشاهده نگردید. یافته‌های فوق با نتایج گزارش شده توسط Gül و Sevgican (1993) در گوجه‌فرنگی و Anagnostou و Vasilakakis (1995) در توت‌فرنگی مطابقت دارد. تأثیر بسترهای پرلیت، پالم پیت، پالم پیت+پرلیت و کوکوپیت+پرلیت بر شاخص‌های رشد گوجه‌فرنگی توسط Ghehsareh و همکاران (2011) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج آن‌ها نشان داد که در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری در عملکرد میوه گوجه‌فرنگی و TSS تیمارها مشاهده نگردید.

کمبود اکسیژن در ریشه‌ها سبب تولید ABA می‌شود و حرکت ABA به برگ‌ها می‌تواند باعث بسته شدن روزنه‌ها شود و جذب CO_2 را کاهش دهد و بر کارایی فتوسنتز فتوسیستم دو تاثیر منفی داشته باشد (Zhang & Davies, 1987). سیستم‌های ریشه‌ای بهینه می‌تواند سبب رشد ساقه مطلوب شود و به عنوان یک رابط بین گیاه و خاک عمل کند. روشن است یک سیستم ریشه‌ای قوی برای جذب آب و مواد غذایی بیشتر به نفع گیاه است. علاوه بر این، طول ریشه به عنوان شاخصی از توانایی گیاه برای جذب آب از لایه‌های عمیق خاک می‌باشد (Franco *et al.*, 2011). در پژوهشی Stanhill (1986) اظهار داشت که آب، CO_2، نوع گیاه، برگ‌ها، روزنه‌ها و نوع مسیر فتوسنتزی بر کارایی مصرف آب تاثیرگذارند. کاهش کسر زهکش بوسیله افزودن نانوپلیمر سوپرجاذب به بستر نشان دهنده افزایش ظرفیت نگهداری آب بستر می‌باشد که واکنش‌های مختلف رشدی را در بسترهای تحت بررسی سبب گردید. مطالعات انجام شده توسط Martyn و Szot (2001) نشان داد افزودن سوپرجاذب به چندین بستر مورد استفاده در هیدروپونیک و از جمله پرلیت، میزان منافذ غیرموئینه این بسترها را کاهش داده و حجم آب نگهداری شده در بستر را افزایش می‌دهد. کاهش کسر زهکش تحت استفاده از نانوپلیمر سوپرجاذب نشان از افزایش ظرفیت نگهداری آب و بهبود بافت فیزیکی بستر به‌ویژه در محیط‌های با ذرات درشت مانند پومیس بوده است. بهبود پتانسیل هیدرولیکی غیراشباع از نتایج افزایش آب در بسترهای حاوی نانوپلیمر سوپرجاذب بوده است که سبب دسترسی راحت ریشه‌های خیار به آب و به‌تبع آن بهبود جذب عناصر غذایی، افزایش سطح برگ، فتوسنتز و عملکرد بوده است (Delshad *et al.*, 2011).

نتایج Ahrar و همکاران (2009) نشان داد میانگین کسر زهکش در بسترهای حاوی ابرجاذب (۱۳/۸۳ لیتر بر لیتر) در مقایسه با بسترهای فاقد ابرجاذب (۱۶/۱۲ لیتر بر لیتر) کمتر بوده است مطابق یافته‌های آن‌ها بیشترین عملکرد مربوط به گیاهان رشد یافته در بسترهای آمیخته با ابرجاذب (۳۲۶۸/۵ گرم بر بوته) بوده است. گیاهان رشد یافته در بسترهای حاوی ابرجاذب به ازای واحد آب و کود مصرفی میزان تولید بیشتری داشته‌اند و افزایش سطح محلول رسانی از ۷۰ ٪ نیاز آبی به

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-10]

٪۱۰۰ نیاز آبی باعث کاهش کارایی مصرف آب و کود توسط گیاه گردیده است. همچنین مشاهده کردند که افزودن سوپرجاذب به بستر کشت خیار باعث افزایش ۱/۵ درصد وزنی عملکرد میوه شد. در پژوهشی Afazaty و همکاران (2015) تأثیر سوپرجاذب بر عملکرد و راندمان مصرف آب خیار را در گلخانه و شرایط کم‌آبیاری بررسی کردند و گزارش دادند که کم‌آبیاری بر تمام ویژگی‌های خیار، به جز قطر ساقه، تأثیر معنی‌داری دارد. همچنین، اثر سوپرجاذب و برهمکنش کم‌آبیاری و سوپرجاذب برای همه ویژگی‌های خیار، به جز قطر ساقه، معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد میوه (۳۸۱۸/۱ گرم در هر بوته) مربوط به گیاهان تیمار شده با آبیاری کامل و ۰/۴ درصد سوپرجاذب بود. همچنین، بیشترین راندمان مصرف آب (۱۴/۹۵ کیلوگرم بر مترمکعب) در گیاهان تیمار شده با ۶/۲ میلی‌متر آب آبیاری در شبانه‌روز و ۰/۴ درصد سوپرجاذب بدست آمد. با توجه به کاهش کسر زهکشی در بسترهای آمیخته با نانوپلیمر سوپرجاذب می‌توان دریافت که اختلاط نانوپلیمر سوپرجاذب از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب بستر باعث کاهش هدر رفت آب و عناصر غذایی شده و از این طریق به گیاه کمک کرده تا بخش بیشتری از محلول مصرفی دریافتی را در فرآیند تولید به کار گیرد و در نتیجه مقدار کارایی مصرف آب و کود بهبود یافت (Delshad *et al.*, 2011). در سیستم هیدروپونیک، گیاهان برای رشد به آب و مواد غذایی احتیاج دارند و اگر آب و مواد غذایی به طور صحیح از بستری که ریشه‌های گیاهان در آن قرار دارند خارج نشوند، می‌تواند باعث افزایش رطوبت و سمیت عناصر در محیط هیدروپونیک شوند؛ با افزایش رطوبت در محیط هیدروپونیک، گیاهان ممکن است با مشکلاتی مثل رشد نامتناسب و فساد ریشه مواجه شوند. نتایج آنالیز داده‌ها نشان داد گلدان‌های حاوی پومیس بدون سوپرجاذب بیشترین، پومدیا و کوکوپیت+پرلیت حاوی سطوح بالای سوپرجاذب کمترین حجم زه‌آب را داشتند. به‌نظر می‌رسد، کاهش کسر زهکش در پومدیا و کوکوپیت+پرلیت حاوی سوپرجاذب سبب تجمع آب در گلدان شده و تهویه نامناسب ریشه و کاهش رشد و عملکرد گیاه را به همراه داشته است. مطالعات قبلی نشان داد که آبیاری سنگین، فشردگی و یا هر عامل دیگری که باعث کاهش تهویه بستر کشت شود، افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن بستر و به‌تبع آن افزایش غلظت بیکربنات بستر را به‌همراه خواهد داشت که به‌دلیل خاصیت بافری از کاهش pH در ناحیه ریزوسفر و اطراف ریشه جلوگیری کرده (Abedi Koupai & Mesforoush, 2009) و با کاهش در حلالیت و جذب عناصر غذایی (جدول ۲)، کاهش در سطح برگ (شکل ۲)، فتوسنتز (شکل ۳) و نهایتاً عملکرد (شکل ۷) را به‌همراه خواهد داشت.

نتایج مثبت استفاده از سوپرجاذب در بستر پومیس نیز طی مطالعه حاضر اثبات شده است. به‌نظر می‌رسد که در بستر پومیس استفاده از نانوپلیمر سوپرجاذب سبب ایجاد بالانس مناسب بین ظرفیت نگهداری آب و تخلخل بستر شده است در حالی‌که در بستر کوکوپیت+پرلیت استفاده از نانوپلیمر سوپرجاذب در یک فرایند معکوس سبب تشدید ظرفیت نگهداری آب و تخلخل هوای کم شده است که نهایتاً منجر به کاهش رشد و عملکرد بوته‌های خیار در این بستر گردید. بنابراین به نظر می‌رسد با توجه به نوع بستر و سطح سوپرجاذب شرایط فیزیکی و شیمیایی بستر متفاوت خواهد بود. این نتایج با یافته‌های Abedi Koupai و Mesforoush (2009) مبنی بر افزایش عملکرد و محصول با مصرف سوپرجاذب مطابقت دارد. آن‌ها نشان دادند که با افزودن ۰/۴ درصد پلیمر سوپرجاذب به یک خاک با بافت شنی در شرایط بدون تنش (۱۰۰ ٪ نیاز آبی گیاه) یا تنش ملایم (۷۵ ٪ نیاز آبی گیاه) بهترین عملکرد و کارآیی کاربرد آب، کود و کیفیت محصول خیار گلخانه‌ای را به همراه داشت. همچنین افزایش تعداد و سطح برگ در بسترهای پومیس حاوی نانوپلیمر سوپرجاذب ۶ گرم بر لیتر و پومدیا حاوی سوپرجاذب ۳ گرم بر لیتر در مقایسه با کوکوپیت و پرلیت حاوی ۶ گرم سبب افزایش نسبی سرعت رشد گیاه و بهبود تولید زیست توده گیاهان تحت تیمار شده است. احتمالاً استفاده از نانوپلیمر سوپرجاذب سبب بهبود شاخص‌های فیزیکی بستر مانند تخلخل، ظرفیت نگهداری آب، وزن مخصوص ظاهری، هوادهی و پایداری فیزیکی بستر شده است و با کاهش تنش‌های احتمالی طی رشد و آزادسازی به‌موقع عناصر غذایی، ظرفیت گیاه را برای استفاده بهینه از واحد سطح برگ ارتقاء داده و در افزایش میزان نرخ فتوسنتز خالص و عملکرد انعکاس یافته است (Delshad *et al.*, 2011).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-10]

نتایج Eksi و همکاران (2015) در بررسی مقادیر مختلف کمپوست بر شاخص‌های رشدی، فتوسنتزی و عملکردی دو گیاه خیار و فلفل دلمه‌ای نشان داد که از نظر کمی، بیشترین تولید وزن تر برای خیار در ۶۰ درصد کمپوست (۳۴۰۳ گرم) رخ داد و حتی تیمار ۶۰ درصد کمپوست در خیار، ۷۴۰ گرم وزن تازه بیشتری نسبت به گیاهان رشد یافته در تیمار ۸۰ درصد کمپوست تولید کرد. همچنین ۵۱ عدد فلفل از تیمار ۶۰ درصد کمپوست برداشت شد که دارای بالاترین وزن تر (۳۹۰۳ گرم) بود. پس از آن ۸۰ درصد کمپوست با ۴۱ عدد فلفل (۳۲۰۱ گرم) به دست آمد. بر اساس نتایج این مطالعه وزن تازه کل میوه فلفل به طور معمول با مقادیر فتوسنتز گیاهان و فلورسانس کلروفیل متناسب بود زیرا عملکرد با مقادیر بالاتر Fv/Fm و فتوسنتز افزایش یافت. همانطور که بیان شد، بیشترین عملکرد فلفل در ۶۰ درصد کمپوست رخ داد که با توجه به اندازه‌گیری‌های Fv/Fm با کمترین تنش گیاهان نیز مطابقت داشت. مطابق اظهارت آن‌ها، این نتیجه به طور کلی در مورد خیار (با برخی موارد استثنا) نیز صادق بود. بر اساس یافته‌های این پژوهش، به نظر می‌رسد جذب بهتر عناصر غذایی موثر در فتوسنتز مانند فسفر (ترکیبات میانی فتوسنتز حاوی انرژی)، پتاسیم (باز و بسته شدن روزنه‌ها) و نیتروژن (تولید کلروفیل) و شرایط بهتر کارایی مصرف آب توانسته شرایط موثرتری را برای رشد و فتوسنتز گیاهان رشد یافته در بسترهای کوکوپیت+پرلیت و پومدیا با سطوح پایین و متوسط نانوپلیمر سوپرجاذب و در بستر پومیس با سطوح بالای نانوپلیمر سوپرجاذب فراهم آورد که نهایتاً منجر به تولید تعداد میوه بیشتر (نتایج نشان داده نشده است) و عملکرد بیشتر گردید. یافته‌های قبلی نشان داد که بهبود عملکرد خیارهای رشد یافته در سوپرجاذب متاثر از سهولت جذب محلول غذایی، بهبود شرایط رطوبتی محیط ریشه، افزایش فرآورده‌های فتوسنتزی و بهبود شاخص‌های رشدی گیاه بوده است (Delshad *et al.*, 2011). همچنین با توجه به نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد در سطوح مختلف نانوپلیمر سوپرجاذب، در بستر کوکوپیت+پرلیت نقش فسفر و پتاسیم و در بستر پومیس و پومدیا نقش نیتروژن و پتاسیم در افزایش عملکرد بوته‌های خیار چشم‌گیر بوده است. با توجه به موارد مطرح شده، عملکرد بالاتر پومدیا بدون سوپرجاذب را می‌توان به ترکیبی از نرخ بالای فتوسنتز (شکل ۳)، کارایی بالای مصرف آب (شکل ۹) و جذب قوی نیتروژن (جدول ۲) نسبت داد که مجموعاً آن را به یک جایگزین مناسب برای کوکوپیت تبدیل می‌کند. Bunt (1988) نشان داد که مقدار فسفر و پتاسیم انواع کوکوپیت از محدوده غلظت استاندارد برای محیط رشد آلی بالاتر است. Souri و Motamedi (2015) در نتایج حاصل از آزمایش خود گزارش کردند که تنش خشکی سبب کاهش عناصر غذایی از جمله میزان پتاسیم و فسفر گردید و استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب موجب افزایش معنی‌دار نیتروژن، پتاسیم و فسفر گردید. بنابراین وضعیت تغذیه گیاه تحت تأثیر پلیمرهای سوپرجاذب قرار می‌گیرد. این مواد غذایی نسبت به ترکیباتی مثل نیترات آمونیوم و آمونیوم فسفات مدت طولانی‌تری در دسترس هستند. ترکیب معدنی برگ‌ها به طور قابل توجهی تحت تأثیر بسترها قرار می‌گیرد. بر اساس نتایج Colla و همکاران (2002) در خیار، غلظت پتاسیم برگ تنها در ۲۲ روز پس از نشاکاری در بین بسترها تفاوت معنی‌داری داشت، چنانچه غلظت پتاسیم برگ گیاهان رشد یافته در کوکوپیت و پرلیت در مقایسه با برگ‌های گیاهان رشد یافته در بسترهای پومیس و راک‌وول بیشتر بود. یافته‌های این آزمایش نیز نتایج مطالعه آن‌ها را تایید می‌نماید. همچنین در مطالعه Colla و همکاران (2002) نشان داده شد که غلظت فسفر در تیمار کوکوپیت بیشتر از راک‌وول بود در حالی که مقادیر متوسط در برگ گیاهان رشد یافته در پرلیت و پومیس مشاهده گردید. در آزمایش حاضر نیز بالاترین مقادیر فسفر برگ در بسترهای کوکوپیت+پرلیت و مقادیر متوسط آن در بسترهای پومیس و پومدیا و مقادیر پایین سوپرجاذب (صفر و ۳ گرم بر لیتر بستر) مشاهد گردید که در تایید نتایج فوق می‌باشد. یافته‌های Mollayi و همکاران (2020) در کشت هیدروپونیک توت‌فرنگی نشان داد که فسفر محلول غذایی یا فسفر محلول پاشی شده با تاثیر بر میزان فشردگی دیواره تیلاکوئید، افزایش غلظت کلروفیل در سطح برگ و شکل ساختمانی برگ به جذب حداکثری نور و بالا رفتن راندمان فتوسنتزی گیاه کمک می‌کند. گزارش آن‌ها نشان داد که فسفر با اثرگذاری بر تولید و انتقال کربوهیدرات‌ها، افزایش تعداد و اندازه سلول و افزایش سطح برگ سهم بسزایی را در افزایش رشد، وزن تر برگ و عملکرد گیاهان توت فرنگی داشته است. رشد گونه‌های گیاهی متاثر از جذب عناصر و انباشتن مواد غذایی حاصل از فتوسنتز می‌باشد

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-10]

که با حفظ پتانسیل آب گیاه سبب طویل‌شدن سلول‌ها می‌شود (Mathur & Bhagsari, 1983). یافته‌های پژوهشگران مختلف نشان می‌دهد که تامین مقادیر کافی فسفر سبب بهبود گسترش ریشه و رشد گیاهان می‌شود، با افزایش رشد ریشه گیاهان قادر هستند تا حجم بیشتری از بسترهای کشت (مانند کوکوپیت، پرلیت، پومیس و غیره) را به منظور جذب رطوبت و عناصر غذایی استفاده کنند که نهایتاً منجر به افزایش کارایی جذب و استفاده عناصر غذایی می‌گردد (Mollayi *et al.,* 2020 ; Bukvić *et al.,* 2003). افزایش عملکرد و ویژگی‌های مربوط به عملکرد می‌تواند به علت در دسترس بودن کافی آب باشد. احتمالاً به دلیل خاصیت جذب فوق العاده نانوپلیمر سوپرجاذب ، آب و عناصر غذایی جذب آن شده و به آرامی به گیاهان در حال رشد بر اساس نیاز محصول رها می‌شود. در دسترس بودن بیشتر آب خاک در نتیجه کاربرد سوپرجاذب به فرار از تنش آب در طول دوره‌های طولانی مدت کمبود آب کمک می‌کند. در طول فاز رهاسازی آب توسط سوپرجاذب، حجم منافذ آزاد در خاک ایجاد می‌شود که فضای بیشتری برای رشد ریشه و نفوذ و ذخیره‌سازی آب و هوا فراهم می‌کند. همچنین به شدت در برابر فشار خاک در عمق زیاد خاک بدون از دست دادن ظرفیت تورم خود مقاومت می‌کند. به طور همزمان، آب در ریزوسفر ذخیره می‌شود تا از دست دادن آب و مواد مغذی گیاه به دلیل نفوذ عمیق و شستشوی مواد مغذی چشم‌پوشی شود. به این ترتیب می‌توان آب و مواد غذایی را برای مدت طولانی در اختیار گیاه قرار داد (Ali *et al.,* 2014). به نظر می‌رسد که در پژوهش حاضر بسترهای کوکوپیت+پرلیت و پومدیا در مقادیر پایین نانوپلیمر سوپرجاذب و در بستر پومیس مقادیر بالای نانوپلیمر سوپرجاذب با اثرگذاری بر ظرفیت نگهداری آب و کسر زهکش بستر سهم بسزایی را در افزایش کارایی مصرف آب، بهبود روابط آبی و تعرقی گیاه، حرکت عناصر (به‌ویژه از طریق جریان توده‌ای) و نهایتاً بهبود شاخص‌های رشدی، فتوسنتزی و عملکردی بوته‌های خیار تحت تیمار داشته است.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که در بسترهای کوکوپیت+پرلیت و پومدیا بدون نانوپلیمر سوپرجاذب و پومیس همراه با نانوپلیمر سوپرجاذب ۶ گرم بهترین خصوصیات رشدی، عملکردی، جذب عناصر و کارایی مصرف آب مشاهده گردید. با توجه به عدم وجود تفاوت معنی‌دار در عملکرد برخی تیمارهای مورد بررسی، پیشنهاد می‌شود از بستر پومدیا بدون نانوپلیمر سوپرجاذب و سپس از بستر پومیس همراه با نانوپلیمر سوپرجاذب به جای بستر گران قیمت کوکوپیت که کالایی وارداتی است و سبب خروج سرمایه از کشور می‌شود، به عنوان جایگزینی اقتصادی و کارآمد استفاده شود. یافته‌های این آزمایش نشان می‌دهد که کارایی نانوپلیمرهای سوپرجاذب برای تمام بسترهای کشت عمومیت ندارد و میزان اثرگذاری آن‌ها به‌شدت به خواص فیزیکی ذاتی بستر کشت وابسته است؛ این یک نکته اساسی در روند بهینه‌سازی سیستم‌های کشت بدون خاک است. نهایتاً پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده از بستر پومیس و پومدیا همراه با تنش آبی استفاده گردد و مقادیر بیشتر نانوپلیمر سوپرجاذب در بستر پومیس جهت بررسی دقیق‌تر تاثیر آن در رشد گیاه استفاده شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز جهت تامین هزینه این پژوهش، از شرکت دانش بنیان یارا گلخانه حنان جهت تامین بستر پومدیا، شرکت سپاهان رویش اصفهان جهت تامین بذر این آزمایش و شرکت دانش بنیان کیمیا تراوا تک اصفهان جهت تامین نانوپلیمر سوپرجاذب تشکر و قدردانی به عمل می آید.

منابع

References

Abdalla, N., Taha, N., El-Ramady, H., & Bayoumi, Y. (2020). Management of heat stress in tomato seedlings under arid and semi-arid regions: a review. Environment, *Biodiversity and Soil Security, 4*, 47-58.

Abedi Koupai, J., & Mesforoush, M. (2009). Evaluation of superabsorbent polymer application on yield, water and fertilizer use efficiency in cucumber (*Cucumis sativus*). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 2(3), 100–111. (In Persian).

Afazaty, M., Irandost, M., & Rezaei Estakhroeih, A. (2015). Effect of application of superabsorbent on the growth and yield of cucumber under deficit irrigation. *Water and Irrigation Management*, 5(2), 203–214. (In Persian).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-10]

Ahrar, M., Delshad, M., & Babalar, M. (2009). Improving water/fertilizer use efficiency of hydroponically cultured greenhouse cucumber by grafting and hydrogel amendment. *Journal of Horticultural Sciences & Agricultural Industries, 23(1)*, 69–77. (In Persian).

Ali, A., Ghani, M. I., Ding, H., Fan, Y., Cheng, Z., & Iqbal, M. (2019b). Co-amended synergistic interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and the organic substrate-induced cucumber yield and fruit quality associated with the regulation of the AM-fungal community structure under anthropogenic cultivated soil. *International Journal of Molecular Sciences*, *20*(7), 1539.

Ali, A., Imran Ghani, M., Li, Y., Ding, H., Meng, H., & Cheng, Z. (2019a). Hiseq base molecular characterization of soil microbial community, diversity structure, and predictive functional profiling in continuous cucumber planted soil affected by diverse cropping systems in an intensive greenhouse region of northern China. *International Journal of Molecular Sciences*, *20*(11), 2619.

Ali, M. A., Rehman, I., Iqbal, A., Din, S., Rao, A. Q., Latif, A., ... & Husnain, T. (2014). Nanotechnology, a new frontier in Agriculture. *Advancements in Life Science,* (3), 129-138.

Allahdadi, A. (2002). Study the effect of superabsorbent hydrogels application in reducing the moisture stress of plants. *Proceedings of the 2nd Educational Course for Agricultural and Industrial Application of Superabsorbent Hydrogels,* 33-55. (In Persian).

Anagnostou, K., & Vasilakakis, M. D. (1995). Effect of substrate and cultivar on earliness, plant productivity, and fruit quality of strawberry. In *International Symposium on Quality of Fruit and Vegetables: Influence of Pre-and Post-Harvest Factors and Technology 379* (pp. 267-274).

Bukvić, G., Antunović, M., Popović, S., & Rastija, M. (2003). Effect of P and Zn fertilisation on biomass yield and its uptake by maize lines (*Zea mays* L.). *Plant, Soil and Environment*, *49*(11), 505-510.

Bunt AC.1988. Media and mixes for container-grown plants. 2nd ed. Unwin Hymnan Ltd. London. 309 p.

Çakir, R., Kanburoglu-Çebi, U., Altintas, S., & Ozdemir, A. (2017). Irrigation scheduling and water use efficiency of cucumber grown as a spring-summer cycle crop in solar greenhouse. *Agricultural Water Management*, *180*, 78-87.

Chapman, H. D., & Pratt, P. F. (1962). Methods of analysis for soils, plants and waters. *Soil Science*, *93*(1), 68.

Colla, G., Saccardo, F., Rea, E., Pierandrei, F., & Salerno, A. (2002, March). Effects of substrates on yield, quality and mineral composition of soilless-grown cucumbers. In *VI International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climate: Product and Process Innovation 614* (pp. 205-209)

Delshad, M., Ahrar, M., & Babalar, M. (2011). Effect of Hydrogel Amendment into Soilless Media on Growth, Yield and Fruit Quality of Grafted and Non-Grafted Greenhouse Cucumber. *Iranian Journal of Horticultural Science, 42*(1), 21-29.

Dong, J., Gruda, N., Li, X., Tang, Y., Zhang, P., & Duan, Z. (2020). Sustainable vegetable production under changing climate: The impact of elevated CO2 on yield of vegetables and the interactions with environments-A review. *Journal of Cleaner Production*, *253*, 119920.

Eksi, M., Rowe, D. B., Fernández-Cañero, R., & Cregg, B. M. (2015). Effect of substrate compost percentage on green roof vegetable production. *Urban Forestry & Urban Greening*, *14*(2), 315-322.

El Hady, O. A., & Wanas, S. A. (2006). Water and fertilizer use efficiency by cucumber grown under stress on sandy soil treated with acrylamide hydrogels. *Journal of Applied Sciences Research, 2(12)*, 1293-1297.

Franco, J. A., Bañón, S., Vicente, M. J., Miralles, J., & Martínez-Sánchez, J. J. (2011). Root development in horticultural plants grown under abiotic stress conditions–a review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *86*(6), 543-556.

Ghehsareh, A. M., Samadi, N., & Borji, H. (2011). Comparison of date-palm wastes and perlite as growth substrates on some tomato growing indexes. *African Journal of Biotechnology*, *10*(24), 4871-4878.

Gizas, G., & Savvas, D. (2007). Particle size and hydraulic properties of pumice affect growth and yield of greenhouse crops in soilless culture. *HortScience*, *42*(5), 1274-1280.

Gül, A., & Sevgican, A. (1993, April). Suitability of various soilless media for long-term greenhouse tomato growing. In *II Symposium on Protected Cultivation of Solanacea in Mild Winter Climates 366* (pp. 437-444).

Haghighat-Talab, A. R., & Behbahani, M. R. (2006). Optimization model of water consumption in hydroponic greenhouses using superabsorbent polymer PR3005A. In *Proceedings of the First National Conference on Irrigation and Drainage Network Management* (p. 10). Ahvaz, Iran. (In Persian)

Hoang, L. T., Vorwerk, R., & Böhme, M. (2001). Effect of different substrates and mineral as well as organic nutrition on the growth of cucumber in closed substrate systems. In *International Symposium on Growing Media and Hydroponics 548* (pp. 165-172).

Kassim, F. S., El-Koly, M. F., & Hosny, S. S. (2017). Evaluation of super absorbent polymer application on yield, and water use efficiency of grand nain banana plant. *Middle East Journal of Agriculture Research*, *6*(1), 188-198.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-10]

Khalili, M., Tavassoli, A., & Dadmehr, M. (2021). The role of mycorrhizal fungus (*Rhizophagus intraradices*) and hydrogel on yield and water use efficiency of cucumber in hydroponic culture conditions. *Journal of Soil and Plant Interactions*, 12(2), 93–109. (In Persian).

Martyn, W., & Szot, P. (2001). Influence of superabsorbents on the physical properties of horticultural substrates. *International Agrophysics*, *15*(2).

Mathur, D. D., & Bhagsari, A. S. (1983). Effect of photosynthetically active radiation, temperature, and antitranspirants on photosynthesis and respiration of leatherleaf fern. *HortScience*, *18*(2), 189-191.

Mollayi, N., Tabatabaei, S. J., & Sharafi, Y. (2020). Effect of spray and solution application of phosphorus on growth, yield and quality of strawberry in hydroponic cultivation. *Horticultural Plants Nutrition, 3* (2), 107-116.

Moslehi, Sh., Najafi, P., Tabatabaei, S. H., & Nourmahnad, N. (2011). Effect of soil moisture stress on yield and growth indexes of greenhouse cucumber. *Journal of Water and Soil*, 25, 770–775. (In Persian).

Mousavizadeh, M. H., Zarehaghi, D., Oustan, Sh., Hassanpour, R., & Panahandeh, J. (2019). Evaluation of ASN-320 nano-superabsorbent application on water relations and yield of Cucumber at salinity and water deficit conditions. *Proceedings of the 2nd International and 6th National Conference on Organic and Conventional Agriculture,* Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran, September 3. (In Persian).

Neyshabouri, M. R., Sadegian, N., Jafarzadeh, A. A., & Tourchi, M. (2006). Effects of polyacrylamide, pumice and straw on infiltration and hydraulic conductivity under sprinkler and flooded conditions. *Journal of Agricultural Science,* 1(4), 47–53. (In Persian).

Nooralizadeh, Z., & Tabatabaie, J. (2021). Effect of sodium chloride salinity on the growth and some phytochemical properties of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 22(1), 89–98. (In Persian).

Oki, L. R., & Lieth, J. H. (2004). Effect of changes in substrate salinity on the elongation of *Rosa hybrida* L.'Kardinal'stems. *Scientia Horticulturae*, *101*(1-2), 103-119.

Phogat, V., Mallants, D., Cox, J. W., Šimůnek, J., Oliver, D. P., & Awad, J. (2020). Management of soil salinity associated with irrigation of protected crops. *Agricultural Water Management*, *227*, 105845.

Resh, H. M. (2013). Hydroponic food production. A definitive guidebook of soilless food growing methods (No. Ed. 5). Woodbridge press publishing company, pp 27.

Sahin, U., ORS, S., Ercisli, S., ANAPALI, O., & ESITKEN, A. (2005). Effect of pumice amendment on physical soil properties and strawberry plant growth. *Journal of Central European Agriculture*, *6*(3), 361-366.

Samartzidis, C., Awada, T., Maloupa, E., Radoglou, K., & Constantinidou, H. I. (2005). Rose productivity and physiological responses to different substrates for soil-less culture. *Scientia Horticulturae*, *106*(2), 203-212.

Satriani, A., Catalano, M., & Scalcione, E. (2018). The role of superabsorbent hydrogel in bean crop cultivation under deficit irrigation conditions: A case-study in Southern Italy. *Agricultural Water Management*, *195*, 114-119.

Savithri, P., & Khan, H. H. (1994). Characteristics of coconut coir pith and its utilization in agriculture. *Journal of Plant Crop*, *22*: 1-18.

Schie, W. M. 1999. Standardization of substrates. *Acta Horticulturae*. 481: 71-78.

Schnitzler, W. H., & Gruda, N. (2002, March). Quality issues of greenhouse production. In *VI International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climate: Product and Process Innovation 614* (pp. 663-674).

Shadmand, H., & Afkari, A. (2018). The effect of superabsorbent polymer application on some biochemical traits and relative water content of bean cultivars under drought tension. *Journal of Crop Plant Physiology, 10*(39), 61–77. (In Persian).

Singh, M. C., Singh, G. K., Singh, J. P. 2019. Nutrient and water use efficiency of cucumbers grown in soilless media under a naturally ventilated greenhouse. *Journal of Agricultural Science and Technology, 21*(1), 193-207.

Souri, M., & Motamedi, J. (2015). Effects of super-absorbent polymers (SAPs) plus manure treatments on vegetation cover and soil nutrients of *Festuca ovina* under drought stress. *Journal of Rangeland Sciences*, 5(3), 222–232. (In Persian).

Stanhill, G. (1986). Water use efficiency. *Advances in agronomy*, *39*, 53-85.

Tabatabaei, S. J., & Mohammad Rezaei, R. (2006). Effects of growing media on the yield and quality of cucumber grown in hydroponics. *Agricultural Science*, 16(2), 35–44. (In Persian).

Verdonck, O. D., De Vleeschauwer, D., & De Boodt, M. (1981, August). The influence of the substrate to plant growth. In *Symposium on Substrates in Horticulture other than Soils In Situ 126* (pp. 251-258).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-10]

Waling, I., Van Vark, W., Houba, V.J.G., & Vanderlee, J.J. (1989). Soil and plant analysis, a series of syllabi. *Part*, *7*, 263.

Warren, S. L., & Bilderback, T. E. (2004). Irrigation timing: Effect on plant growth, photosynthesis, water-use efficiency and substrate temperature. In *International Symposium on Growing Media and Hydroponics 644* (pp. 29-37).

Zarehaggi, D., Neyshabouri, M. R., Sadeghzadehreihan, M. E., & Hassanpour, R. (2016). Effect of pumice on water retention capacity in soil, growth and yield of spring safflower in dryland conditions. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 5(3), 191-204. (In Persian).

Zhang, J., & Davies, W. J. (1987). ABA in roots and leaves of flooded pea plants. *Journal of Experimental Botany*, *38*(4), 649-659.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-10]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 26 (4): 301-328 (2025)
Research article

Investigating the Possibility of Replacing Imported Cocopeat Substrate with Pomedia Mineral Substrate under Different Levels of Superabsorbent Nanopolymers in Greenhouse Cucumbers

Zahra Maghsoudi, Edris Shabani* and Naser Alemzadeh Ansari

Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
*Corresponding Author, Email: (edris.shabani@scu.ac.ir)

Given the limitations of water resources and the decline in soil quality, the adoption of alternative cultivation methods combined with optimized management of plant growth substrate is an effective strategy for enhancing the yield and quality of agricultural products. In this context, a factorial experiment based on a randomized complete block design with three replications was conducted during the autumn and winter of 2022 in the greenhouse of Shahid Chamran University of Ahvaz. The experiment aimed to evaluate the effects of a superabsorbent nanopolymer and three different growth substrates on the growth, yield, quality, and physiological indices of greenhouse cucumber, as well as on the leaching fraction of the growth media. The treatments consisted of three growth substrate (Cocopeat+perlite, Pumice, and Pumedia) and three levels of the superabsorbent nanopolymer (0, 3, and 6 g L^{-1} of substrate). The results showed that increasing the superabsorbent nanopolymer level in the cocopeat+perlite and pumedia substrate reduced the quantitative and qualitative indices of greenhouse cucumber, whereas in the pumice substrate, these indices improved with increasing superabsorbent nanopolymer levels. The interaction between growth substrate and superabsorbent nanopolymer revealed that the highest and lowest leaf areas were observed in cocopeat+perlite without superabsorbent (13980 cm^2) and cocopeat+perlite with 6 g L^{-1} superabsorbent nanopolymer (7239 cm^2), respectively. In the pumice medium, increasing superabsorbent nanopolymer levels improved growth and photosynthetic conditions, while no significant difference in photosynthesis was observed between the cocopeat+perlite and pumedia substrate at the zero superabsorbent nanopolymer level. In pumedia without superabsorbent nanopolymer, yield increased by 19.36% compared to pomedia with 6 g L^{-1} superabsorbent nanopolymer. The highest and lowest water use efficiencies were recorded in pumedia without superabsorbent and cocopeat+perlite with 6 g L^{-1} superabsorbent nanopolymer, respectively. The interaction between growth substrate and superabsorbent nanopolymer also indicated that the highest leaching fraction occurred in pumice without superabsorbent nanopolymer (25.62%), while the lowest was in pumedia with 6 g L^{-1} superabsorbent nanopolymer (11.93%). Based on the results, pumedia had a greater influence on nitrogen uptake in cucumber leaves than on phosphorus and potassium uptake. According to the results, the superabsorbent nanopolymer had no beneficial effects on plant growth in cocopeat+perlite and pomedia substrates, while it improved yield in pumice substrate, indicating a positive interaction between the substrate and the superabsorbent nanopolymer. The findings of this experiment showed that the best growth and yield indices were achieved in cocopeat+perlite and pumedia without superabsorbent nanopolymer, as well as in pumice with 6 g L^{-1} superabsorbent nanopolymer. Based on the results, it is recommended to use the pumedia growth substrate without superabsorbent nanopolymer, followed by the pumice medium with superabsorbent nanopolymer, as an economical and efficient alternative to the expensive imported cocopeat substrate, which leads to capital outflow from the country.

Key words: Cultivation substrate, Hydroponics, Nutrition, Water use efficiency, Yield.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-10]