تأثیر اندازه ذرات پرلیت و مخلوط آن با پیت ماس بر درصد اسانس و عملکرد گیاه دارویی بادرنجبویه (*Melissa officinalis*) در سیستم هیدروپونیک

الهام فرخی[1*]، عباس صمدی[1]، امیر رحیمی[2] و فرخ اسدزاده[1]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۲۷)

چکیده

نوع بستر کشت بر رشد محصولات هیدروپونیک تأثیر دارد. به منظور انتخاب بستر کشت مناسب برای بادرنجبویه در شرایط کشت بدون خاک، دو آزمایش گلخانه‌ای مجزا با استفاده از بسترهای کشت حاوی اندازه‌های مختلف پرلیت و مخلوط پرلیت و پیت ماس انجام شد. تیمارهای آزمایش اول شامل بستر پرلیت (خیلی ریز (کوچک‌تر از ۰/۵ میلی‌متر)، ریز (۱-۰/۵ میلی‌متر)، متوسط (۱/۵-۱ میلی‌متر)، درشت (۲-۱/۵ میلی‌متر) و خیلی درشت (بیش از ۲ میلی‌متر)) به صورت ۱۰۰٪ حجمی و تیمارهای آزمایش دوم شامل مخلوط اندازه‌های پرلیت با ۵۰٪ پیت ماس(۵۰:۵۰) و پیت ماس (۱۰۰٪) حجمی بودند. آزمایش‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طراحی شدند. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری در پارامترهای مورد اندازه‌گیری در بسترهای معدنی (اندازه‌های مختلف پرلیت)، بسترهای آلی (پیت ماس) و مخلوط بسترهای آلی و معدنی مشاهده شد. بیشترین وزن تر (۹۸ گرم)، وزن خشک (۲۹/۵ گرم) و عملکرد اسانس (۰/۱۳ گرم برای هر گلدان) در بستر پرلیت ۱-۰/۵ میلی‌متر به‌دست آمد. در بسترهای مخلوط پرلیت و پیت ماس، بیشترین وزن تر (۱۸۹ گرم) و وزن خشک (۶۲/۴ گرم) در مخلوطی که اندازه پرلیت آن ۱/۵-۱ میلی‌متر بود، به‌دست آمد. بیشترین عملکرد اسانس (۰/۲۸ گرم در گلدان) در تیمار پیت ماس خالص مشاهده شد. به‌طور کلی، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که اگرچه افزودن پیت ماس به بسترهای پرلیت باعث افزایش پارامترهای رشد و عملکرد بادرنجبویه گردید، لیکن، در تهیه بستر کشت، باید اندازه پرلیت نیز مورد توجه قرار گیرد.

کلمات کلیدی: گیاهان دارویی، بستر کشت آلی، کشت بدون خاک

مقدمه

گیاه بادرنجبویه، با نام علمی *Melissa officinalis*، از خانواده نعناعیان، به عنوان یکی از گیاهان دارویی مهم بوده که به لحاظ ترکیب‌های موجود در اسانس آن کشت این گیاه مورد توجه بسیاری قرار دارد (۶). اسانس برگ‌های بادرنجبویه دارای خواص ضدویروسی، ضدباکتریایی و ضدقارچی و اثرهای دارویی برطرف‌کننده خلط است (۲۱). از رایج‌ترین خواص درمانی بادرنجبویه می‌توان به آرام بخشی، آنتی‌اکسیدانی،

۱. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۲. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: elhamfarrokhy.ef@gmail.com

ضداسپاسمی، ضدنفخ، ضدباکتریایی و ضدالتهابی آن اشاره کرد (۱۷). بادرنجبویه برای اهداف گوناگونی از جمله ادویه، چای گیاهی، لوازم آرایشی، بهداشتی و دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۶).

خاک به‌طور معمول قابل دسترس‌ترین محیط کشت برای گیاهان است و عناصر غذایی، آب و هوا را برای رشد بهتر گیاه فراهم می‌کند. ولی خاک محدودیت‌های جدی برای رشد گیاه در طول زمان را هم فراهم می‌کند (۲۴). امروزه، با توجه به کاهش کیفیت خاک و مصرف بی‌رویه و نامتعادل کودهای شیمیایی، توازن عناصر غذایی در خاک به هم خورده و مشکل جذب عناصر غذایی فراهم گردیده است. سیستم هیدروپونیک در محیط کنترل شده می‌تواند گیاهان دارویی با کیفیت بالا، به دور از اثرهای عواملی نظیر باد، خاک و فلزات سنگین موجود در خاک تولید کند (۲۲). نوع بستر کشت از عوامل مؤثر بر موفقیت کشت بدون خاک است که می‌تواند خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوتی داشته باشد (۱۶). از ترکیبات آلی و معدنی مختلفی به عنوان بستر کشت استفاده می‌شود (۲۰ و ۲۹). یکی از بسترهای کشت رایج مورد استفاده در سیستم هیدروپونیک، پرلیت است (۱۹). پرلیت به‌طور گسترده برای توسعه سریع ریشه، کاهش خطر آب‌ماندگی و بهبود تعادل آب و هوا به کار می‌رود (۱۳). پرلیت، سه تا چهار برابر وزن خود آب جذب می‌کند، pH آن بین ۶ تا ۸ بوده و همچنین خنثی و فاقد ظرفیت بافری و قدرت تبادل کاتیونی و مواد غذایی می‌باشد. بیشترین استفاده آن در افزایش قدرت هوادهی در ترکیبات است. به دلیل اینکه پرلیت طی زمان نمی‌پوسد، می‌توان اندازه قطعات را کوچک‌تر کرد (۴). توزیع اندازه ذرات برای توصیف کیفیت فیزیکی مواد و تناسب آنها برای رشد گیاه مهم است و بر حجم آب و هوای نگه داشته شده در بستر تأثیر می‌گذارد (۲۳). توزیع اندازه مواد استفاده شده در بستر می‌تواند به منشأ و شرایط خرد شدن آنها در بین سایر فاکتورها وابسته باشد (۱۱). رشد و عملکرد گیاهان مختلف به‌طور معنی‌داری به اندازه پرلیت وابسته است. اندازه‌های مختلف پرلیت، ظرفیت نگه‌داری آب متفاوتی دارند (۱۳). پیت ماس از جمله ترکیبات آلی رایج مورد استفاده در بسترهای کاشت می‌باشد (۲). پیت ماس از مهترین انواع پیت بوده، دارای کمترین مقدار پوسیدگی می‌باشد، از اسفگنوم، خزه و سایر جلبک‌ها به وجود آمده است و دارای قابلیت نگهداری رطوبت زیاد (۱۰ برابر وزن خشک) می‌باشد. این نوع پیت دارای خاصیت اسیدی زیاد با pH برابر ۴/۵-۳/۸ و شامل میزان کمی نیتروژن (در حدود ۱٪) است. اما میزان فسفر و پتاسیم در آن بسیار کم و صفر می‌باشد (۴).

هیچن و همکاران (۱۸) عملکرد گوجه فرنگی گلخانه‌ای را در پرلیت باغبانی و دو اندازه دیگر پرلیت، یکی در اندازه ۱/۴-۰/۶ میلی‌متر و دیگری در اندازه‌ی کوچک‌تر از یک میلی‌متر مورد مقایسه قرار دادند و نتیجه گرفتند که عملکرد میوه در هر سه اندازه پرلیت مشابه بود. قاسمیان (۹) تأثیر اندازه‌های مختلف پرلیت و مخلوط آن با کوکوپیت را بر گیاه دارویی ریحان در سیستم هیدروپونیک مورد آزمایش قرار داد و نتیجه گرفت که بسترهای حاوی پرلیت بسیار ریز از نظر پارامترهای رشد گیاه عملکرد زیاد را در گیاه ریحان نشان دادند. صمدی (۲۳) گزارش کرد که بستر های حاوی پرلیت ریز افزایش قابل توجهی در میانگین وزن میوه (۵۰٪)، ارتفاع بوته (۲۵٪) و سطح برگ (۷۰٪) خیار در مقایسه با بسترهای پرلیت بسیار درشت نشان داد و در نتیجه بهترین بستر برای خیار، پرلیت ریز به‌دست آمد. اسدالزمان و همکاران (۱۳) بهترین بستر برای رشد هویج را بستر پرلیت با اندازه ۰/۶ میلی‌متر گزارش کردند. قائمی و همکاران (۱۰) در پژوهشی که روی بسترهای مختلف کشت خیار گلخانه‌ای داشتند بستر پیت ماس را به عنوان بهترین بستر از نظر عملکرد معرفی کردند و دلیل این برتری را ظرفیت بالای نگهداری رطوبت و ظرفیت بالای تبادل کاتیونی ذکر کردند. همچنین، آنها به این نتیجه رسیدند که اختلاط پرلیت در بسترهای کشت باعث ایجاد تغییراتی در اکثر صفات اندازه‌گیری شده نسبت به حالت خالص آن شده است. تائک (۲۷) در آزمایشی که روی سیب‌زمینی انجام داد، نتیجه گرفت که بیشترین وزن تر غده مربوط به مخلوط پرلیت و پیت

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی اندازه‌گیری شده‌ی بسترها در آزمایشگاه

بستر ۱۰۰٪ حجمی	چگالی ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	تخلخل کل (درصد)	تخلخل تهویه‌ای (درصد)	نگهداشت آب (درصد)
پرلیت کوچک‌تر از ۰/۵	۰/۱۶	۹۱/۳	۱۶/۵	۷۴/۸
۰/۵–۱	۰/۱۹	۸۶/۳	۱۷/۷	۶۸/۶
۱–۱/۵	۰/۲۲	۷۲	۱۹/۳	۵۲/۷
۱/۵–۲	۰/۲۴	۶۵/۳	۲۲/۷	۴۲/۶
پرلیت بیش از ۲	۰/۲۷	۶۱	۲۵	۳۶
پیت ماس	۰/۳۵	۸۱	۱۰/۶	۷۰/۴
بستر ۵۰٪ حجمی (مخلوط پرلیت و پیت ماس)	–	–	–	–
پرلیت کوچک‌تر از ۰/۵	۰/۱۳	۹۴	۱۴/۱	۷۹/۹
۰/۵–۱	۰/۱۷	۸۹/۵	۱۶/۵	۷۳
۱–۱/۵	۰/۱۹	۸۴	۱۷/۱	۶۶/۹
۱/۵–۲	۰/۲۲	۷۹/۶	۱۸	۶۱/۶
پرلیت بیش از ۲	۰/۲۶	۷۶/۴	۲۱/۲	۵۵/۲

ماس است. حاج آقایی و همکاران (۲) بستر پرلیت و پیت ماس با نسبت حجمی ۱:۱ را به عنوان بهترین بستر کشت برای تولید غده‌چه سیب‌زمینی توصیه کردند.

با توجه به اهمیت گیاهان دارویی در سلامت جامعه بشری و تأثیر بسترهای مختلف بر رشد و عملکرد آنها، هدف از این مطالعه، انتخاب نوع بستر مناسب برای گیاه بادرنجبویه تحت شرایط هیدروپونیک و بررسی تأثیر اندازه‌های مختلف پرلیت بر عملکرد و درصد اسانس گیاه دارویی بادرنجبویه است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۱ تیمار و سه تکرار و در هر تکرار سه گلدان، در دو آزمایش مجزا انجام گردید. بسترهای آزمایش اول شامل اندازه پرلیت (کوچک‌تر از ۰/۵ میلی‌متر، ۰/۵–۱ میلی‌متر، ۱–۱/۵ میلی‌متر، ۱/۵–۲ میلی‌متر و بیش از ۲ میلی‌متر) به صورت ۱۰۰٪ حجمی و تیمارهای آزمایش دوم شامل اختلاط اندازه‌های پرلیت و پیت ماس به صورت ۵۰٪ حجمی و بستر پیت ماس به صورت ۱۰۰٪ حجمی است. ابتدا خصوصیات فیزیکی بسترها از جمله چگالی ظاهری، تخلخل کل، تخلخل تهویه‌ای و ظرفیت نگهداشت آب به کمک دستگاه صفحات فشاری و در فشار ۰/۱ بار و با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند که مقادیر آنها در جدول ۱ گزارش شده است.

$$\rho b = Wd / Vt \quad [۱]$$

$$n = Vw / Vt \quad [۲]$$

$$n_{۰/۱} = Vw / Vt \quad [۳]$$

$$na = n - n_{۰/۱} \quad [۴]$$

$$S = n - na \quad [۵]$$

که ρb چگالی ظاهری، W_d وزن خشک، V_t حجم کلف V_w حجم آب، n تخلخل کل، $n_{۰/۱}$ تخلخل در فشار ۰/۱ بار، n_a تخلخل تهویه‌ای و S ظرفیت نگهداشت آب است.

قلمه‌های ریشه‌دار شده بادرنجبویه به گلدان‌های ۹ کیلویی حاوی بسترها انتقال داده شدند و در هر گلدان سه بوته قرار

جدول ۲. غلظت عناصر و منابع کودی مورد استفاده در تهیه محلول غذایی (۹)

عنصر	غلظت عنصر (mg/L)	منبع کودی	میزان عناصر (٪)
N	۲۱۰	$(NH_4)_2SO_4$-KNO_3-$Ca(NO_3)_2$	(NO_3) ۳۶-۱۶ (NH_4) ۲۱
P	۸۰	H_3PO_3	۳۰/۶۱
K	۲۷۵	KNO_3	(K_2O) ۴۶
Ca	۱۸۰	$Ca(NO_3)_2$	(CaO) ۲۶
Mg	۸۰	$MgSO_4.7H_2O$	(MgO) ۲۴
Fe	۳/۷۵	FDDHA Fe	۶
Mn	۰/۲۵	$Mn\ SO_4.H_2O$	۲۴/۶
Cu	۰/۲۶	$CuSO_4.5H_2O$	۲۵/۱۷
Zn	۰/۲۵	$ZnSO_4.7H_2O$	۲۲/۷
B	۰/۶	H_3BO_3	۷/۵
S	۲۰۰	منابع سولفاته فوق	-
Mo	۰/۰۶	$H_{24}Mo_7N_6O_{24}.4H_2O$	۷/۸

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار CoStat و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

داده شد و با محلول غذایی هوگلند تغییریافته (۹) تحت شرایط نسبت آمونیوم به نیترات (۱۰:۹۰) تغذیه شدند (جدول ۲). pH محلول غذایی با استفاده از pH متر قلمی مدل HANNA در محدوده ۵/۵-۶ تنظیم شد وحفظ شوری تا ۲ دسی‌زیمنس بر متر در گلخانه با استفاده از هدایت‌سنج قلمی مدل HANNA انجام گرفت. کنترل شوری زه‌آب گلدان‌ها از طریق آبشویی صورت گرفت. برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک، گیاهان بعد از سه ماه و در اوایل گل‌دهی برداشت شدند و تعداد ۸ بوته از گلدان‌ها برای اندازه‌گیری این صفات مورد آزمایش قرار گرفتند. سپس، گیاهان برای انجام اسانس‌گیری به مدت یک هفته در سایه و در دمای ۲۱ درجه سلسیوس خشک شدند. اندازه‌گیری ارتفاع گیاهان با استفاده از خط‌کش و وزن تر و خشک گیاه با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم صورت گرفت. برای اسانس‌گیری، ۱۰ گرم از ماده خشک گیاهی همراه با ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به درون بالن دستگاه ریخته شد و عمل اسانس‌گیری با دستگاه کلونجر و به روش تقطیر با آب به مدت ۲/۵ ساعت انجام گرفت و مقدار اسانس برحسب درصد در گیاه محاسبه شد (۸). همچنین، عملکرد اسانس در واحد گلدان براساس عملکرد بیوماس× درصد اسانس محاسبه گردید.

نتایج

تأثیر اندازه‌های مختلف پرلیت بر پارامترهای رشد، درصد و عملکرد اسانس

تجزیه آماری داده‌های حاصل از آزمایش اول نشان داد که تأثیر اندازه پرلیت بر پارامترهای اندازه‌گیری شده گیاه بادرنجبویه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۳).

تأثیر اندازه پرلیت بر میزان ارتفاع گیاه اثر معنی‌داری نشان داد. بیشترین ارتفاع (۵۱ سانتی‌متر) مربوط به پرلیت با اندازه ۱/۵-۱ میلی‌متر و پس از آن در پرلیت با اندازه ۱-۰/۵ میلی‌متر بود. کمترین ارتفاع (۳۲ سانتی‌متر) در پرلیت با اندازه بیش از ۲

جدول ۳. تجزیه واریانس ارتفاع گیاه، عملکرد ماده تر و خشک، نسبت ماده خشک به تر، درصد و عملکرد اسانس گیاه در اندازه‌های مختلف پرلیت.

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع (cm)	عملکرد ماده تر (g)	عملکرد ماده خشک (g)	نسبت ماده خشک به تر	درصد اسانس	عملکرد اسانس
تکرار	۲	۵/۳^{ns}	۰/۶۸^{ns}	۰/۸۵^{ns}	۱/۴۳۱^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۷^{ns}
اندازه پرلیت	۴	۲۳۵*	۶۳۲*	۸۳*	۸/۳*	۰/۰۸*	۰/۰۰۷*
اشتباه آزمایشی	۸	۲/۶	۱۴/۶۵	۲/۳	۰/۹	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۵
ضریب تغییرات (٪)		۴	۴/۸	۷/۷	۳/۴	۳/۳	۱۰/۸

* و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار.

جدول۴. مقایسه میانگین ارتفاع گیاه، عملکرد ماده تر، عملکرد ماده خشک، نسبت ماده خشک به تر، درصد و عملکرد اسانس گیاه در اندازه‌های مختلف پرلیت.

اندازه پرلیت (mm)	ارتفاع گیاه (cm)	عملکرد وزن تر (g)	عملکرد وزن خشک (g)	نسبت وزن تر به خشک (٪)	اسانس (٪)	عملکرد اسانس (g/ واحد گلدان)
کوچک‌تر از ۰/۵	۳۳^{c}	۶۲/۱^{d}	۱۶/۵^{c}	۲۶/۵^{bc}	۰/۰۱^{d}	۰/۰۰۱^{d}
۰/۵–۱	۴۹^{a}	۹۸^{a}	۲۹/۵^{a}	۳۰^{a}	۰/۴۴^{a}	۰/۱۳^{a}
۱–۱/۵	۵۱^{a}	۸۹^{b}	۲۵^{b}	۲۸^{b}	۰/۳۸^{b}	۰/۰۲^{b}
۱/۵–۲	۳۹^{b}	۷۶/۳^{c}	۲۱/۶^{b}	۲۸/۴^{ab}	۰/۲۶^{c}	۰/۰۶^{c}
بیش از ۲	۳۲^{c}	۷۰^{c}	۱۸^{c}	۲۵/۷^{c}	۰/۲۸^{c}	۰/۰۶^{c}

در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از لحاظ آماری (آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪) اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

میلی‌متر مشاهده شد (جدول ۴).

بیشترین عملکرد وزن تر (۹۸ گرم) مربوط به پرلیت با اندازه ۱–۰/۵ میلی‌متر بود و در تیمارهای پرلیت با اندازه‌های ۲–۱/۵ میلی‌متر و بیش از ۲ میلی‌متر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. کمترین میزان عملکرد وزن تر مربوط به پرلیت با اندازه کوچک‌تر از ۰/۵ میلی‌متر بود (جدول ۴). طبق نتایج، بیشترین عملکرد وزن خشک نیز با میزان ۲۹/۵ گرم مربوط به پرلیت با اندازه ۱–۰/۵ میلی‌متر بود. کمترین میزان عملکرد خشک در دو اندازه پرلیت کوچک‌تر از ۰/۵ و بیش از ۲ میلی‌متر مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند (جدول ۴). نسبت وزن تر به وزن خشک در اندازه‌های مختلف پرلیت معنی‌دار بود. پرلیت ۱–۰/۵ میلی‌متر و پرلیت بیش از ۲ میلی‌متر به ترتیب با ۳۰ و ۲۵/۷ درصد دارای بیشترین و کمترین نسبت ماده تر به خشک بودند (جدول ۴).

در تیمارهای اندازه پرلیت، پرلیت با اندازه ۱–۰/۵ میلی‌متر (۰/۴۴ درصد) و پرلیت با اندازه کوچک‌تر از ۰/۵ میلی‌متر (۰/۰۱ درصد) به ترتیب بیشترین و کمترین میزان اسانس را دارا بودند. بیشترین و کمترین عملکرد اسانس نیز به ترتیب در پرلیت ۱–۰/۵ میلی‌متر و پرلیت کوچک‌تر از ۰/۵ میلی‌متر مشاهده شد (جدول ۴).

جدول ۵. تجزیه واریانس ارتفاع گیاه، عملکرد ماده تر، عملکرد ماده خشک، نسبت ماده خشک به تر، درصد و عملکرد اسانس گیاه در مخلوط اندازه‌های مختلف پرلیت و پیت ماس.

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع (cm)	عملکرد ماده تر (g)	عملکرد ماده خشک (g)	نسبت ماده خشک به تر (٪)	درصد اسانس	عملکرد اسانس
تکرار	۲	۸/۷۲^{ns}	۰/۷۷^{ns}	۰/۳۲^{ns}	۰/۰۶۴^{ns}	۱/۰۱۳^{ns}	۰/۰۰۰۰۴^{ns}
بستر مخلوط	۵	۳۸/۷*	۱۰۳۹*	۱۰۰/۳*	۰/۴۷ *	۰/۰۴۲*	۰/۰۲*
اشتباه آزمایشی	۱۰	۳/۲۵	۴۸/۳	۱/۳۲	۰/۵۲	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۳
ضریب تغییرات (٪)		۳/۱	۴/۲	½	۲/۲	۳/۳	۳/۹

* و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار.

جدول ۶. مقایسه میانگین ارتفاع گیاه، عملکرد ماده تر، عملکرد ماده خشک، نسبت ماده خشک به تر، درصد و عملکرد اسانس گیاه در مخلوط اندازه‌های مختلف پرلیت و پیت ماس.

اختلاط ۵۰ درصدی پیت ماس و اندازه پرلیت (mm)	ارتفاع گیاه (cm)	عملکرد وزن تر (g)	عملکرد وزن خشک (g)	نسبت وزن تر به خشک (٪)	اسانس (٪)	عملکرد اسانس (g / واحد گلدان)
کوچک‌تر از ۰/۵	۶۰^{b}	۱۴۷/۶^{c}	۵۰^{d}	۳۳/۸^{a}	۰/۱۵^{e}	۰/۰۷^{d}
۰/۵–۱	۵۸^{b}	۱۶۰^{bc}	۵۲/۶^{c}	۳۲/۸^{a}	۰/۱۵^{e}	۰/۰۷^{d}
۱–۱/۵	۵۲^{c}	۱۸۹^{a}	۶۲/۴^{a}	۳۳/۰^{a}	۰/۲۲^{c}	۰/۱۴^{b}
۱/۵–۲	۶۳^{a}	۱۴۸^{c}	۴۹/۶^{d}	۳۳/۶^{a}	۰/۲۶^{b}	۰/۱۳^{b}
بیش از ۲	۵۷^{b}	۱۶۹/۳^{b}	۵۵/۵^{b}	۳۲/۸^{a}	۰/۱۸^{d}	۰/۱^{d}
پیت ماس	۵۹^{b}	۱۸۸/۲^{a}	۶۲/۲^{a}	۳۳/۰۵^{a}	۰/۴۶^{a}	۰/۲۸^{a}

در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از لحاظ آماری (آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪) اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

تأثیر مخلوط اندازه‌های مختلف پرلیت و پیت ماس (۵۰:۵۰)

تجزیه آماری نتایج حاصل از آزمایش دوم نشان داد که اختلاط ۵۰ درصدی پیت ماس با اندازه‌های مختلف پرلیت بر عملکرد گیاه و عملکرد اسانس بادرنجبویه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۵).

با افزودن پیت ماس به بسترها، ارتفاع گیاه به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. بیشترین ارتفاع (۶۳ سانتی‌متر) مربوط به تیمار مخلوط ۵۰ درصدی پیت ماس با پرلیت ۲–۱/۵ میلی‌متر بود و کمترین ارتفاع (۵۲ سانتی‌متر) در مخلوط ۵۰ درصدی پیت ماس و پرلیت با اندازه ۱/۵–۱ میلی‌متر مشاهده شد (جدول ۶). سایر تیمارها در یک گروه آماری قرار گرفتند و اختلاف معنی‌داری با هم نشان ندادند. در حالی که نسبت به تیمارهای ۱۰۰٪ حجمی اندازه‌های پرلیت بسیار معنی‌دار بودند (جدول ۴).

با افزودن ۵۰٪ پیت ماس به بسترهای پرلیت، میزان عملکرد تر و خشک آنها به میزان معنی‌داری افزایش پیدا کرد. بیشترین عملکرد وزن تر به ترتیب در تیمارهای مخلوط ۵۰ درصدی پیت ماس با پرلیت ۱/۵–۱ میلی‌متر به میزان ۱۸۹ گرم و تیمار ۱۰۰٪ حجمی پیت ماس به میزان ۱۸۸/۲ گرم به‌دست آمد

(جدول ۶). بیشترین میزان عملکرد وزن خشک نیز به ترتیب با مقادیر ۶۲/۴ و ۶۲/۲ گرم مربوط به این دو تیمار بود که در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۶). نسبت وزن تر به خشک گیاه در تیمارهای اندازه پرلیت معنی‌دار بود. ولی در تیمار مخلوط پیت ماس با اندازه‌های پرلیت در سطح ۵٪ غیرمعنی‌دار بود (جداول ۳ و ۵).

بیشترین میزان اسانس گیاه در تیمار پیت ماس به‌دست آمد و کمترین مقدار اسانس در مخلوط پیت ماس و پرلیت کوچک‌تر از ۰/۵ و ۱–۰/۵ میلی‌متر مشاهده شد. افزودن پیت ماس به بسترهای پرلیت، عملکرد اسانس گیاه را افزایش داد (جدول ۶). اندازه‌های مختلف پرلیت هم به صورت ۱۰۰٪ حجمی و هم به صورت اختلاط ۵۰٪ با پیت ماس تأثیر معنی‌داری را در سطح ۵٪ بر میزان درصد و عملکرد اسانس گیاه بادرنجبویه نشان دادند.

بحث

اندازه‌های مختلف پرلیت بر میزان ارتفاع گیاه تأثیر داشت. بیشترین ارتفاع در پرلیت ۱/۵–۱ میلی‌متر بود. تنش رطوبتی باعث کاهش طول ساقه گیاه می‌شود (۲۵). افزودن پیت ماس به بسترها باعث افزایش ظرفیت نگهداشت آب (۷) بستر و کاهش تنش رطوبتی در گیاه شده و ارتفاع گیاه را افزایش داده است.

با توجه به نتایج به‌دست آمده، مشخص شد که افزودن پیت ماس به بستر با اندازه‌های مختلف پرلیت، عملکرد وزن تر و خشک گیاه را نسبت به اندازه‌های مختلف پرلیت به صورت ۱۰۰٪ حجمی افزایش داد. دلیل این امر را می‌توان تا اندازه‌ای به ظرفیت تبادل کاتیونی پیت ماس نسبت داد (۴). در بین اندازه‌های مختلف پرلیت، تیمار پرلیت با اندازه ۱–۰/۵ میلی‌متر دارای بیشترین عملکرد وزن تر و خشک بود که دلیل این امر را می‌توان به ویژگی‌های فیزیکی پرلیت مانند تخلخل مناسب و ظرفیت نگهداری آب زیاد نسبت داد . صمدی (۲۳) نیز پرلیت با اندازه ۱–۰/۵ میلی‌متر را در بین سایر اندازه‌های پرلیت، بهترین بستر برای خیار گلخانه‌ای معرفی کرد. پرلیت با اندازه درشت دارای منافذ درشت بیشتری نسبت به منافذ ریز است که این مسئله سبب حرکت سریع محلول غذایی از منافذ و کاهش نگهداشت محلول غذایی و کمبود مواد معدنی توسط بستر می‌شود که نتیجه آن عملکرد کم بستر است (۹). بستر با تهویه زیاد، به علت تجمع آب کم و افزایش حساسیت به خشکی، باعث کاهش رشد گیاه می‌شود (۱۴). به‌طور متوسط، ۱۰ تا ۳۰ درصد از حجم بستر باید فضای تهویه‌ای و ۴۵ تا ۶۵ درصد از حجم بستر، فضای آب باشد (۲۳). اندازه‌های مختلف پرلیت ظرفیت نگهداری آب متفاوتی دارند. از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش رشد و توسعه سلول، به‌ویژه در ساقه‌ها و برگ‌هاست، که سبب کاهش رشد گیاه می‌گردد (۳). کمترین میزان عملکرد در پرلیت بسیار ریز (کوچک‌تر از ۰/۵ میلی‌متر) به‌دست آمد که دلیل آن را می‌توان به تهویه کم و تبادلات گازی نامناسب بین بستر و ریشه نسبت داد. در تیمارهای مختلط پرلیت و پیت ماس، بیشترین عملکرد مربوط به تیمار پرلیت با اندازه ۱/۵–۱ میلی‌متر بوده و بعد از آن با تفاوت بسیار اندک و غیرمعنی‌دار مربوط به پیت ماس ۱۰۰٪ حجمی است. در آزمایش‌هایی که اخیراً روی گیاهان رشد یافته در بستر پیت انجام گرفته، پیشنهاد شده است که تخلخل تهویه‌ای بیش از ۱۰٪ برای رشد و توسعه گیاه محدود کننده نیست (۱۵). افزودن پیت ماس به اندازه‌های مختلف پرلیت، عملکرد تر گیاه را ۲/۵–۱/۵ برابر و عملکرد خشک گیاه را ۳–۲ برابر و در برخی تیمارها تا ۳/۵ برابر افزایش داده است. ترکیب پیت با سایر بسترهای آلی و معدنی، عملکرد را در مقایسه با بسترهای خالص افزایش می‌دهد. ظرفیت نگهداری آب و ظرفیت تبادل کاتیونی پیت در بهبود نتایج حائز اهمیت است (۲۸). تائک (۲۶) گزارش کرد که بهترین بستر برای رشد ریزغده سیب‌زمینی، بستر مخلوط پرلیت و پیت ماس است. نسبت وزن تر به خشک گیاه در اندازه‌های مختلف پرلیت معنی‌دار بود؛ ولی در تیمارهای مخلوط پرلیت و پیت ماس معنی‌دار نبود. دلیل این امر را می‌توان به نقش پیت ماس در بهبود خواص فیزیکی پرلیت نسبت داد (۷). استفاده از ترکیب پرلیت و پیت امکان استفاده گیاه از خصوصیات مطلوب دو بستر را فراهم می‌کند (۵).

درصد اسانس در بسترهای پرلیت بیشتر از میزان آن در بسترهای مخلوط ۵۰:۵۰ پرلیت و پیت ماس بود و بیشترین درصد اسانس مربوط به پرلیت با اندازه ۱-۰/۵ میلی‌متر است. اندازه‌های مختلف پرلیت دارای خواص فیزیکی متفاوتی از جمله ظرفیت نگهداری آب هستند (۱۳). تخلخل کم و تهویه کمتر پرلیت ۱-۰/۵ میلی‌متر نسبت به پرلیت با اندازه درشت از یک طرف و همچنین ظرفیت تبادل کاتیونی و ظرفیت بافری ناچیز سبب ایجاد تنش در گیاه و افزایش میزان اسانس در پرلیت ۱-۰/۵ میلی‌متر شده است. کمترین میزان اسانس در پرلیت کوچک‌تر از ۰/۵ میلی‌متر به دلیل کاهش در ماده خشک گیاه برای اسانس‌گیری بود. دلیل این امر را می‌توان به ظرفیت نگهداشت آب زیاد و تخلخل تهویه‌ای کم این پرلیت نسبت داد که سبب ایجاد تبادلات گازی نامناسب و کاهش عملکرد در گیاه شده است. تیمار پیت ماس دارای درصد اسانس بیشتری نسبت به تیمارهای مخلوط پرلیت و پیت ماس بود که دلیل آن را می‌توان به خاطر فشردگی، تهویه کم و pH اسیدی پیت ماس دانست (۷) که سبب ایجاد تنش و افزایش اسانس در گیاه شده است. قاسمیان (۹) بیشترین درصد اسانس در گیاه دارویی ریحان را در بسترهای حاوی پرلیت ریز گزارش کرد که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. عوامل بسیاری بر میزان و ترکیبات اسانس گیاهان دارویی دخالت دارد که می‌توان به منطقه جغرافیایی، تنوع فصلی، تنوع ژنتیکی، نحوه خشک کردن اندام‌های هوایی و ذخیره پس از برداشت اشاره کرد (۱۲). ایمانی (۱) بیشترین میزان اسانس بادرنجبویه را ۰/۱۹۷ درصد در منطقه ملکان در مرحله گل‌دهی بیان کرد. در تیمارهای مخلوط پرلیت و پیت ماس، عملکرد اسانس نسبت به تیمارهای اندازه پرلیت افزایش یافت.

نتیجه‌گیری

عملکرد اسانس و سایر پارامترهای رشد (ارتفاع و عملکرد وزن تر و خشک) در بسترهای مخلوط پرلیت و پیت ماس نسبت به پرلیت خالص و پیت ماس خالص بیشتر بود. استفاده از مخلوط پرلیت و پیت ماس می‌تواند باعث افزایش عملکرد و کاهش هزینه‌های تولید گردد که در این بین باید به اندازه پرلیت نیز توجه کرد. بنابراین مناسب‌ترین بستر در شرایط هیدروپونیک برای گیاه بادرنجبویه، بستر مخلوط پیت ماس با اندازه پرلیت ۱/۵-۱ میلی‌متر توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. ایمانی، ی . ۱۳۸۴. بررسی میزان اسانس گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) در طی دوره رشد در دو منطقه ارسباران و ملکان. فصلنامه گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۱(۲): ۲۶۷-۲۷۹.

۲. حاج آقایی کامرانی، م.، ک. هاشمی، ن. ا. مجد نجفی و ه. حسین نیا. ۱۳۹۳. اثر بستر کشت خاکی و آبکشت بر رشد و عملکرد غده‌چه سیب‌زمینی. مجله بوم‌شناسی گیاهان زراعی ۱۰(۳): ۲۵-۳۵.

۳. دانشیان، ج.، ن. رحمانی و م. علیمحمدی. ۱۳۹۲. تأثیر کاربرد کود دامی و نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) در شرایط تنش خشکی. مجله پژوهش‌های به زراعی ۵(۳): ۲۵۱-۲۶۱.

۴. رش، ه. م. ۱۳۸۹. کشت هیدروپونیک. ترجمه ساسان جعفرنیا، آیدا خسروشاهی و مهدی صفایی خرم، انتشارات مشهد، ۴۰۸ صفحه.

۵. شبانی، ط.، غ. ع. پیوست و ج. ع. الفتی. ۱۳۹۰. بررسی اثر بسترهای کشت بر صفات کمی و کیفی سه رقم فلفل دلمه‌ای در سیستم کشت بدون خاک. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۲(۶): ۱۱-۲۰.

۶. شریفی عاشورآبادی، ا.، ا. متین، م. ح. لباسچی و ب. عباس‌زاده. ۱۳۸۳. تأثیر نحوه مصرف کود نیتروژنی بر عملکرد گیاه دارویی

بادرنجبویه (*Melissa officinalis*). فصلنامه پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۰(۳): ۲۶۹-۲۷۶.

۷. عالی‌فر، ن.، ا. محمدی قهساره و ن. هنرجو. ۱۳۸۹. اثر نوع بستر کشت بر عملکرد و جذب برخی عناصر غذایی به وسیله خیار گلخانه ای در کشت بدون خاک. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۱(۱): ۱۹-۲۴.

۸. فتحی، ا. ، ف. سفیدکن، غ. بخشی خانیکی، ز. آبروش و م. ح. عصاره. ۱۳۸۸. تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن و اسانس‌گیری بر کمیت و کیفیت اسانس *Eucalyptus Largiflorens*. فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۵(۱): ۶۴-۷۴.

۹. قاسمیان، و. ۱۳۹۳. تأثیر توزیع اندازه ذرات پرلیت و بسترهای آلی بر کشت ریحان در سیستم هیدروپونیک. پایان‌نامه ارشد علوم خاک، دانشگاه ارومیه.

۱۰. قائمی، م.، ک. بخش کلارستاقی و س. م. نبوی. ۱۳۸۸. مقایسه چند بستر کاشت در خواص کمی خیار گلخانه‌های رقم نگین در روش آبکشت. یافته‌های نوین کشاورزی ۴(۲): ۱۵۹-۱۶۸.

11. Ansorena, J.M. 1994. Sustratos: Propiedades y Characterization. Mundi- Preens, Madre, 172 p.
12. Anwar, F., A.I. Hussain, S.T.H. Sheraz and M.I. Banger. 2009. Changes in composition and antioxidant and antimicrobial activities of essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* mill.) fruit at different stages of maturity. J. Herbs Spices Med. Plant 15(2): 187-202.
13. Asaduzzaman, M.D., Y. Kobayashi, M.D.F. Mondal, B. Takuya, H. Matsubara, A. Fumihiko and A. Toshiki. 2013. Growing carrots hydroponically using perlite substrates. Sci. Hort. 159: 113-121.
14. Bugbee, G.J. and C.R. Frink .1986. Aeration of potting media and plant growth. Soil Sci. Soc. Am. J. 141: 438-441.
15. Bunt, A.C. 1988. Media and mixes for container-grown plants. 2nd Ed., Unwin Hyman, Ltd., London, 309 p.
16. Davidson, H.R. Mecklenburg and C. Peterson. 1998. Nursery management: Administration and culture. 2nd Ed., Prentice Hall, Inc., New Jersey 173 p.
17. Hertzman, I. and W. Schultz. 1984. *Melissa officinalis* L.: An old medicinal plant with new therapeutic action. Dtsc. Apothek. Ztg. 124: 2137-2145.
18. Hitchon, G.M., D.A. Hall and R.A.K. Szmidt. 1991. Hydroponic production of glasshouse tomatoes in sardinian plaster-grade perlite. Acta Hort. 287: 261-266.
19. Hussain, A., K. Iqbal, Sh. Aziem, P. Mahato and A.K. Negi. 2014. A review on the science of growing crop without soil (soilless culture)- A novel alternative for growing crops. Int. J. Agric. Crop Sci. 7(11): 833-842.
20. Maloupa, E., A. Abou-Hadid, M. Prasad and C. Kavafakis. 2001. Response of cucumber and tomato plants to different substrates mixtures of pumice in substrate culture. Acta Hort. 550: 593-599.
21. Morelli, I. 1977. Constituents and uses of *Melissa officinalis*. Boll Chim Farm 161(6): 334-340.
22. Salighehdar, F., S. Sedaghat-Hor and J. Olfati. 2013. Effects of four nutrient solutions on vegetative traits of *Aloe vera L*. cv. Austin at six harvest periods. EJGCST 4: 15-27.
23. Samadi, A. 2011. Effect of particle size distribution of perlite and its mixture with organic substrates on cucumber in hydroponic system. J. Agric. Sci. Technol. 13: 121-129.
24. Sardare, M.D. and S.V. Admane. 2013. A review on plant without soil- hydroponics. Int. J. Res. Eng. Technol. 2(3): 299-304.
25. Stocker, O. 1960. Physiological and morphological changes in plant due to water deficiency. Arid Zone Res. 15: 94-63.
26. Sari, A. O. 2002. Yield characteristics and essential oil composition of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) in the Aegean Region of Turkey. Turk. J. Agric. 26: 217-224.
27. Taek, K. 1998. Field growth and yield characteristics of mini-tubers of potato (*Solanum tuberosum* L.) produced by hydroponics. J. Hort. Sci. 40(1): 140-144.
28. Tüzel, I. H., Y. Tüzel, A. Gül, M. K. Meriç, O. Yavuz and R. Z. Eltez. 2001. Comparison of open and closed systems on yield, water and nutrient consumption and their environmental impact. Acta Hort. 554: 221-228.
29. Vaughn, S. F., N. A. Deppe, D. E. Palmquist and M. A. Berhow. 2011. Extracted sweet corn tassels as a renewable alternative to peat in greenhouse substrates. Industrial Crops Products 33: 514-517.