تأثیر بسترهای مختلف کشت بر تعداد مینی‌تیوبر و غلظت عناصر در بخش هوایی و ریشه سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)

منیره حاجی‌آقایی کامرانی[1*]، کاظم هاشمی‌مجد[1]، نصرت‌اله نجفی[2] و سیدجلال طباطبایی[3]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۵/۲۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۲/۲۱)

چکیده

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) یکی از سبزی‌های مهم اقتصادی است. مینی‌تیوبرها بذرهای غده‌ای کوچک عاری از بیماری هستند که از گیاهچه‌های آزمایشگاهی پس از انتقال به گلخانه تولید می‌شوند و غده‌های بذری سالم و با کیفیت خوب تولید می‌کنند. سیستم‌های آبکشت، تولید مینی‌تیوبر سیب‌زمینی عاری از ویروس را افزایش می‌دهند. این تحقیق به منظور بررسی تأثیر بسترهای مختلف کشت بر عملکرد مینی‌تیوبر و غلظت عناصر در بخش هوایی و ریشه سیب‌زمینی و هم‌چنین مقایسه سیستم‌های آبکشت با بسترهای حاوی خاک در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۸ تیمار و ۴ تکرار انجام شد. بسترها عبارت بودند از ۸ نوع بستر کشت شامل: ۱) پرلیت، ۲) پرلیت + ورمی‌کولیت (۱:۱ حجمی/حجمی)، ۳) پرلیت + پیت‌ماس (۱:۱ حجمی/حجمی)، ۴) پرلیت + خاک (۱:۱ حجمی/حجمی)، ۵) پرلیت + خاک + کمپوست کود گاوی (به‌ترتیب ۴۰، ۳۰ و۳۰ درصد)، ۶) پرلیت + خاک + ورمی‌کمپوست (به‌ترتیب ۴۰، ۳۰ و ۳۰ درصد)، ۷) خاک و ۸) پرلیت + پیت‌ماس (شاهد). در پایان دوره رشد، تعداد غده در بوته و غلظت عناصر N، P، K، Na و Ca در بخش هوایی و ریشه سیب‌زمینی تعیین گردید. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بسترهای کشت از لحاظ جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی، تخلخل، هدایت الکتریکی (EC) و پ- هاش تفاوت معنی‌داری با هم در سطح احتمال ۱٪ داشتند. بستر خاک دارای بیشترین جرم مخصوص ظاهری (۱/۲۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب)، بیشترین جرم مخصوص حقیقی (۲/۴۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب)، بیشترین EC و پ- هاش و کمترین تخلخل (۵۰٪) بود. در نتیجه، کمترین تعداد غده در گلدان در این تیمار تولید شد. بیشترین غلظت N، P و K بخش هوایی و ریشه در بسترهای پرلیت + خاک + ورمی‌کمپوست و پرلیت + خاک + کمپوست بود. بیشترین غلظت Ca در بخش هوایی (۱/۶۸ میلی‌گرم در گرم ماده خشک گیاه) در بستر پرلیت + خاک بود. بیشترین غلظت Na در بخش هوایی (۰/۳۵ میلی‌گرم در گرم ماده خشک گیاه) در بستر پرلیت + خاک + کمپوست بود. تعداد غده در بوته و رشد گیاهچه در بسترهای کشت بدون خاک (آبکشت) نسبت به بسترهای خاکی بیشتر بود. بین غلظت‌های عناصر در ریشه و بخش هوایی و ویژگی‌های بسترهای کشت همبستگی‌های معنی‌داری مشاهده گردید. بستر پرلیت + پیت‌ماس (با نسبت ۱:۱ حجمی/حجمی) به‌عنوان بهترین بستر کشت آبکشت برای تولید مینی‌تیوبر سیب‌زمینی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آبکشت، بسترهای کشت، پیت‌ماس، سیب‌زمینی، مینی‌تیوبر

مقدمه

با توجه به اهمیت زراعت سیب‌زمینی در کشور و نقش راهبردی این محصول در امنیت غذایی و نگاه به سطح زیر کشت و نیاز به بذر آن موجب شده است که در سال‌های اخیر

۱. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳. گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: kamranimona@yahoo.com

اقداماتی برای تولید و تکثیر مینی‌تیوبر، با تکیه بر توانمندی‌ها و قابلیت‌های داخلی، انجام شود (۱). مینی‌تیوبر سیب‌زمینی نقش مهمی در سیستم تولید بذر آن دارد (۳۸). تولید مینی‌تیوبر از روش‌های مهم تولید بذر سیب‌زمینی می‌باشد و در همه جای دنیا یک پل ارتباطی میان تکثیر سریع گیاهچه‌های درون شیشه‌ای بر اساس قلمه‌های گرهی و تکثیر مزرعه‌ای غده‌های بذری به وجود آورده است (۳۷).

مینی‌تیوبرهای سیب‌زمینی غده‌های کوچک عاری از بیماری‌ها هستند که از گیاهچه‌های آزمایشگاهی پس از انتقال به گلخانه تولید می‌شوند و غده‌های بذری سالم و با کیفیت خوب تولید می‌کنند. مینی‌تیوبرها معمولاً قطر ۵ تا ۲۰ میلی‌متر و وزن ۰/۱ تا ۱۰ گرم دارند (۲۱ و ۳۶). سیستم آبکشت، امکان تولید مینی‌تیوبر سیب‌زمینی عاری از ویروس را افزایش می‌دهد (۲۶ و ۳۴). مینی‌تیوبر از گیاهچه درون شیشه‌ای یا میکروتیوبر تولید می‌شود. وقتی ارتفاع گیاهچه‌های درون شیشه‌ای به ۴ تا ۵ سانتی‌متر رسید، آنها را به گلخانه انتقال می‌دهند (۲۹).

یک بستر کاشت مناسب علاوه بر داشتن ویژگی‌های مطلوب فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیک باید در دسترس، نسبتاً ارزان، پایدار و به‌اندازه کافی سبک باشد تا کار با آن راحت‌تر و حمل و نقل آن از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه باشد (۱۸). پیت‌ماس یک ماده گیاهی است که به مقدار کمی تجزیه شده و در زمین‌های خزه‌ای و هم‌چنین شرایط بی‌هوازی مثل مرداب‌ها و باتلاق‌ها تشکیل می‌گردد و دارای پ- هاش اسیدی می‌باشد. ظرفیت تبادل کاتیونی این ماده زیاد و هدایت الکتریکی آن کم (در حدود ۰/۵ dS/m) است (۴). پرلیت وزن کمی داشته، از نظر شیمیایی خنثی بوده و دارای خلل و فرج و ظرفیت نگه‌داری آب زیاد می‌باشد. ورمی‌کولیت نیز ظرفیت تبادل کاتیونی بالایی دارد و از نظر شیمیایی فعال است و به‌دلیل دارا بودن ساختمان خاص، کم‌دوام بوده و گرایش به فشرده شدن دارد (۹).

کمپوست شدن یک فرایند بیولوژیک هوازی است که در شرایط کنترل شده از نظر دما، رطوبت، تهویه و ریزجانداران، مواد آلی را به دی‌اکسید کربن، مواد معدنی و مواد آلی پایدار (هوموس) تبدیل می‌کند (۲۲). کمپوست کود آلی بقایای تخمیر شده ضایعات زراعی و کشاورزی است و بدون آن که ضرری برای خاک داشته باشد، باعث حاصلخیزی و توان بیشتر آن می‌شود (۸). ورمی‌کمپوست کودی است که از تجزیه میکروبی مواد آلی تحت اثر کرم‌های خاکی و ریزجانداران مختلف به دست می‌آید. این محصول به صورت ذرات کوچک شبیه پیت است که دارای خلل و فرج زیاد، هوای کافی و ظرفیت زیاد در نگه‌داری آب و فعالیت میکروبی می‌باشد که در صورت ترکیب با خاک، بستر مناسبی را برای رشد گیاهان فراهم می‌کند (۱۴). ورمی‌کمپوست یک کود آلی بوده که بسیار نرم، سبک وزن، ترد، تمیز و بدون بو است. از لحاظ کیفی، یک ماده آلی با پ- هاش مناسب و سرشار از مواد هیومیک و عناصر غذایی به‌صورت قابل جذب گیاه بوده و دارای انواع ویتامین‌ها، هورمون‌های رشد گیاه و آنزیم‌های مختلف می‌باشد (۶). کمپوست و ورمی‌کمپوست به عنوان منبع غنی عناصر غذایی و عاری از عوامل بیماری‌زا و سایر آلاینده‌ها می‌باشند (۱۱). گیمنز و همکاران (۱۹) از نظام‌های کشت بدون خاک، با استفاده از شن و ماسه و مواد آلی، برای تولید مینی‌تیوبر سیب‌زمینی استفاده کردند. محمدی تهرانی (۷) بیان داشت که استفاده از رس‌های منبسط شده به دلیل تخلخل زیاد، تهویه و زهکشی مناسب و به ویژه هزینه کمتر نسبت به پرلیت، به عنوان بستر کاشت گیاه در نظام کشت بدون خاک توصیه می‌شود. بسترهای حاوی رس‌های منبسط شده نسبت به پرلیت دارای ثبات ساختمانی هستند و نسبت به بسترهای رایج در کشت بدون خاک، کم هزینه بوده و طول عمر مفید زیادی دارند. گاندی و همکاران (۲۰) گزارش کردند که میزان نیتروژن زیتوده میکروبی خاک پس از مصرف ورمی‌کمپوست، ضایعات خاک و کود گاوی بیشتر از کمپوست بود. برای مثال، ورمی‌کمپوست سه برابر خاک نیتروژن، فسفر و پتاسیم داشت (۳۱). استفاده از ورمی‌کمپوست در بسترهای آبکشت در گیاهان گل جعفری، گوجه‌فرنگی و فلفل سبب افزایش معنی‌دار جوانه‌زنی بذرها و رشد آنها در شرایط گلخانه‌ای گردید (۱۵). علم و همکاران (۱۲) اثر ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی را بر رشد و اجزای

جدول ۱. محلول غذایی مورد استفاده

عنصر	N	P	K	Ca	Mn	Fe	Mg	Mo	Zn	B	S
غلظت (mg/L)	۲۰۰	۴۰	۳۵۰	۲۰۰	۱	۵	۲۵	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۳۰

عملکرد سیب‌زمینی در خاک‌های بنگلادش بررسی و گزارش کردند که افزودن ورمی‌کمپوست و کودهای نیتروژنی، پتاسیمی، فسفری و گوگردی اثر معنی‌داری بر رشد و عملکرد سیب‌زمینی داشتند. آلن و همکاران (۱۳) نیز در کشت کیسه‌ای اثر بسترهای متفاوت کشت مانند خاک، پرلیت، پیت، شن و پومیس را به تنهایی و در ترکیبات متفاوت بر کیفیت و کمیت گوجه‌فرنگی بررسی و مشاهده کردند که بسترهای مورد استفاده از نظر اثر بر کیفیت و کمیت گوجه‌فرنگی تفاوت معنی‌داری داشتند.

هدف از اجرای این پژوهش، بررسی تأثیر بسترهای مختلف کشت بر تعداد مینی‌تیوبر و غلظت عناصر N، P، K، Na و Ca در بخش هوایی و ریشه سیب‌زمینی و مقایسه روش آبکشت با بسترهای خاکی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانه به‌پرور سبلان در شهرستان اردبیل و دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۸ تیمار و ۴ تکرار انجام گردید. بسترهای آزمایشی شامل: ۱) پرلیت، ۲) پرلیت + ورمی‌کولیت (۱:۱ حجمی/حجمی)، ۳) پرلیت و پیت‌ماس (۱:۱ حجمی/حجمی)، ۴) پرلیت + خاک (۱:۱ حجمی/حجمی)، ۵) پرلیت + خاک + کمپوست کود گاوی (به‌ترتیب ۴۰، ۳۰ و ۳۰ درصد)، ۶) پرلیت + خاک + ورمی‌کمپوست (به‌ترتیب ۴۰، ۳۰ و ۳۰ درصد)، ۷) خاک، ۸) پرلیت + پیت‌ماس (شاهد، بستر مورد استفاده در گلخانه) بودند. خاک مورد استفاده از مزارع اطراف گلخانه انتخاب شد. بعد از رساندن رطوبت گلدان‌ها به ظرفیت زراعی، ابتدا بسترهای کشت به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس و فشار یک بار در اتوکلاو استریل شدند. سپس نصف حجم بسترهای مختلف کشت در گلدان‌هایی که قبلاً ضدعفونی شده بودند، ریخته شدند. بعد از آبیاری، تعداد ۴ گیاهچه درون شیشه‌ای که قبلاً به طریقه کشت بافت تولید شده بودند، به هر گلدان انتقال داده شد. در گلخانه، گیاهچه‌ها ابتدا از داخل لوله‌های آزمایش خارج شده و ریشه آنها به‌وسیله آب شستشو گردید تا بقایای محیط کشت کاملاً حذف شود. پس از شستشوی کامل ریشه‌ها، با ایجاد حفره کوچکی در داخل بسترها، گیاهچه‌ها کاشته شدند. نصف باقی‌مانده بسترهای مختلف کشت بعد از رشد گیاهچه‌ها به‌صورت خاک‌دهی پای بوته به گلدان‌ها افزوده شد. برای تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاهچه‌ها از فرمول غذایی رولت و سوتین (۳۴) با اندکی تغییر (جدول ۱) روزانه در سه نوبت، هر نوبت ۳۰ میلی‌لیتر برای هر گلدان استفاده شد. برای بستر رایج مورد استفاده در گلخانه، به‌جای محلول غذایی فوق در مرحله اول از محلول غذایی N، P، K با نسبت میلی‌مولار ۲۰، ۲۰، ۲۰ و در مرحله دوم پس از غده‌دهی از محلول غذایی N، P، K با نسبت میلی‌مولار ۱۲، ۱۲، ۳۶ استفاده شد.

دمای گلخانه در محدوده ۱۸ تا ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵۰ تا ۶۰ درصد در نوسان بود. ویژگی‌های شیمیایی مواد اولیه بسترها شامل EC و پ- هاش بسترهای آبکشت در نسبت ۱:۵ بستر به آب با استفاده از EC سنج و پ- هاش‌متر (۲۵) و در خاک در عصاره گل اشباع (۵)، سدیم و پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیوم (۲۴)، کربن آلی به روش والکلی- بلک (۲۷)، CEC (۳۲)، فسفر قابل جذب به روش اولسن (۲۴)، نیتروژن کل به روش کجلدال (۳۹) (جدول ۲) و ویژگی‌های فیزیکی بسترهای تهیه شده، قبل از کشت، شامل جرم مخصوص ظاهری (۱۶)، جرم مخصوص حقیقی به روش پیکنومتر (۱۶) و تخلخل اندازه‌گیری شد (جدول ۳). بافت خاک به روش هیدرومتر (۲۴)

جدول ۲. ویژگی‌های شیمیایی مواد اولیه بسترها

نوع بستر	EC (µS/cm)	pH	CEC (cmol$_+$/kg)	OM	OC (٪)	N	P	K	Na	Ca
							(mg/kg)			
پیت	۵۸۸	۶/۴۴	۷۷/۰۰	۱۰/۰۸	۵/۸۵	۰/۱۶	۳۰	۷۳۰	۳۴۰	۱۲۶۰
پرلیت	۱۷۸۹	۶/۶۶	۲۶/۹۵	۰/۴۷	۰/۲۷	۰/۰۳	۵	۴۰	۳۶۰	۷۴۰
ورمی‌کولیت	۲۱۳	۷/۰۶	۹۷/۱۱	۰/۶۷	۰/۳۹	۰/۰۴	۷	۲۷۰	۸۱	۲۲۶۰
خاک	۹۴۰۰	۷/۸۵	۲۷/۵۲	۱/۳۴	۰/۷۸	۰/۰۹	۶	۵۹۰	۳۳۰۰	۱۷۱۰
ورمی‌کمپوست	۲۳۴۰	۷/۱۷	۴۳/۴۲	۱۱/۷۷	۶/۸۳	۰/۳۱	۳۹	۷۵۰۰	۱۳۰۰	۸۵۰
کمپوست	۲۳۷۰	۷/۲۵	۶۱/۱۱	۱۲/۱۰	۷/۰۲	۰/۵۱	۵۲	۱۱۴۰۰	۷۷۰	۱۶۲۰

جدول ۳. ویژگی‌های فیزیکی بسترهای کشت خاکی و آبکشت

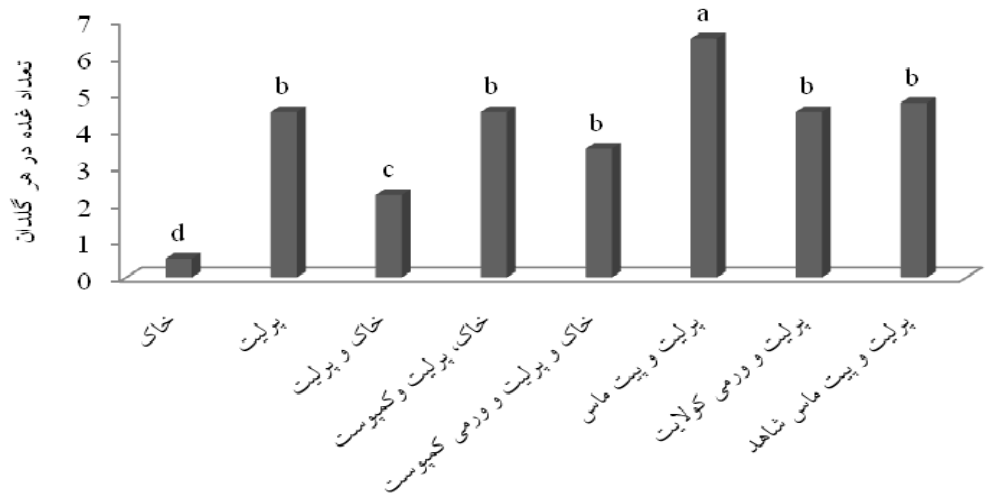
بستر	جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)	جرم مخصوص حقیقی (g/cm^3)	تخلخل (cm^3/cm^3)
خاک	۱/۲۳	۲/۴۴	۰/۵
پرلیت	۰/۲۰	۱/۵۳	۰/۸۶
خاک + پرلیت	۰/۷۹	۱/۵۷	۰/۵۶
خاک+ پرلیت + کمپوست	۰/۶۱	۱/۷۱	۰/۶۱
خاک + پرلیت + ورمی‌کمپوست	۰/۶۰	۲/۲۲	۰/۷۲
پرلیت + پیت‌ماس	۰/۳۳	۱/۳۶	۰/۷۲
پرلیت + ورمی‌کولیت	۰/۲۶	۱/۰۴	۰/۷۴
پرلیت + پیت‌ماس (شاهد)	۰/۴۴	۱/۱۹	۰/۶۳

جدول ۴. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

بافت	EC (µS/cm)	pH	CEC (Cmol$_+$/kg)	OC (%)
لوم شنی	۹۴۰۰	۷/۸۵	۲۷/۵۲	۰/۷۸

تعیین گردید (جدول ۴). بیشترین و کمترین میزان جرم مخصوص ظاهری به ترتیب در بسترهای خاک و پرلیت بود. جرم مخصوص حقیقی بسترها در تیمارهای خاک و پرلیت + ورمی‌کولیت به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را داشت. کمترین مقدار تخلخل در بستر خاک و بیشترین مقدار آن متعلق به بستر پرلیت بود (جدول ۳).

برای تعیین نیتروژن کل به روش کجلدال، ۰/۱ گرم از ماده خشک بخش هوایی توزین و داخل لوله‌های هضم ریخته شد. برای سرعت بخشیدن به عمل هضم، ۰/۵ گرم از مخلوط سولفات‌ها (۲۰۰ گرم سولفات پتاسیم، ۴۰ گرم سولفات مس و دو گرم سلنیوم، که قبلاً به‌خوبی پودر شده و با هم مخلوط شدند) به‌عنوان کاتالیزور به ماده خشک گیاهی اضافه شد. سپس پنج میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ (۹۸٪) روی نمونه‌ها ریخته شد. سپس لوله‌ها روی بلوک هضم منتقل شده و دما به‌تدریج و در طول یک ساعت تا ۲۰۰ درجه سلسیوس افزایش یافت. بعد دما به آرامی و با فواصل زمانی به ۳۸۰ درجه سلسیوس رسانده شد. مخلوط به‌مدت سه تا چهار ساعت به آرامی جوشانده شد. پایان عمل هضم تغییر رنگ عصاره به رنگ سبز



شکل۱. تأثیر نوع بستر کشت بر تعداد غده در گلدان

روشن بود. به عصاره‌های سرد شده مقداری آب مقطر اضافه گردید و به داخل بالن ۵۰ میلی‌لیتری شستشو داده شد. این عمل چند بار تکرار شد و در نهایت عصاره‌ها با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شدند. در مرحله بعد، ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۰ میلی‌لیتر معرف بروموکروزول گرین و اسید بوریک در داخل ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد و در زیر مبرد دستگاه تقطیر کجلدال قرار داده شد. آنگاه ۲۵ میلی‌لیتر از عصاره حاصل از مرحله هضم به داخل محفظه کجلدال منتقل شد و ۳۰ میلی‌لیتر از سود ۴۰ درصد نیز به آن افزوده شد و تقطیر گردید. محلول رنگی تهیه شده با اسید سولفوریک ۰/۰۵N تیتر شد و غلظت نیتروژن محاسبه گردید (۳۹).

برای اندازه‌گیری پتاسیم، سدیم و کلسیم ریشه و بخش هوایی، ۱ گرم از نمونه‌های آون خشک توزین و به مدت ۲ ساعت در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. پس از خنک شدن، ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲N افزوده و با آب مقطر جوشانده و عصاره صاف شد. غلظت پتاسیم، سدیم و کلسیم این عصاره‌ها با دستگاه فلیم‌فتومتر (JENWAY-PFP1) قرائت شد (۲۴).

برای اندازه‌گیری فسفر ریشه و بخش هوایی، از عصاره‌های تهیه شده به روش خشک‌سوزانی ۵ میلی‌لیتر در بالن ۵۰ میلی‌لیتری ریخته و ۴ میلی‌لیتر محلول معرف به آن افزوده شد و با آب مقطر به حجم رسانده شد. غلظت فسفر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (۲۴). بعد از برداشت بخش هوایی از محل طوقه، دو هفته فرصت داده شد تا پوسته مینی‌تیوبرها سفت شود. سپس غده‌ها از داخل گلدان‌ها و از بسترها خارج شد و تعداد آنها در هر گلدان شمارش گردید. برای انجام تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار MSTATC و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ استفاده شد. همبستگی میان صفات با استفاده از نرم‌افزار SPSS محاسبه گردید.

نتایج و بحث

تعداد غده در گلدان

بیشترین تعداد غده مربوط به بستر پرلیت + پیت‌ماس و کمترین در خاک بود. بین سایر بسترها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. هرچند که تعداد غده در بستر پرلیت + خاک بیش از بستر خاک بود ولی تعداد آنها در این تیمار کمتر از سایر تیمارها بود (شکل ۱). در بسترهای خاکی، تعداد غده نسبت به بسترهای آبکشت کم بود، که با نتایج ریتر و همکاران (۳۳) و مورو و همکاران (۳۰) مطابقت داشت. ریتر و همکاران (۳۳) گزارش

جدول ۵. تأثیر بسترهای مختلف کشت بر غلظت عناصر N، P، K، Na و Ca در بخش هوایی

تیمار	N	P	K	Ca	Na
	(٪)	(mg/g dw)			
خاک	۴/۵۳ b	۰/۳۴ c	۴/۵۷ c	۰/۹۹ cd	۰/۲۷ b
پرلیت	۴/۵۷ b	۰/۳۸ bc	۵/۰۳ c	۱/۱۴ bc	۰/۰۱ c
خاک + پرلیت	۴/۶۹ b	۰/۳۵ c	۴/۵۴ c	۱/۶۸ a	۰/۱۲ c
خاک + پرلیت + کمپوست	۵/۵۹ a	۰/۶۴ a	۸/۳۹ ab	۰/۱۰ cd	۰/۳۵ a
خاک + پرلیت + ورمی‌کمپوست	۴/۷۹ b	۰/۶۷ a	۸/۶۶ a	۰/۹۴ cd	۰/۲۴ b
پرلیت + پیت‌ماس	۴/۴۸ b	۰/۴۵ b	۸/۰۳ ab	۱/۰۸ bcd	۰/۰۷ c
پرلیت + ورمی‌کولیت	۴/۶۲ b	۰/۳۴ c	۵/۰۳ c	۱/۲۷ b	۰/۱۰ c
پرلیت + پیت‌ماس (شاهد)	۳/۳۳ c	۰/۳۶ c	۷/۷۴ b	۰/۸۷ d	۰/۰۹ c

در هر ستون، میانگین‌هایی که یک حرف لاتین مشترک دارند، با آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

دادند که غده‌دهی در نظام‌های خاکی نسبت به محیط‌های متخلخل مانند پرلیت و ورمی‌کولیت کم بود. کورئا و همکاران (۱۷) بیشترین تعداد مینی‌تیوبر سیب‌زمینی را در بسترهای آبکشت به‌دست آوردند. غده‌هایی که در بسترهای آبکشت رشد کرده بودند، کیفیت خوبی از نظر اندازه و وزن داشتند که با تحقیقات رولت و سوتین (۳۴) مطابقت داشت. مبینی و همکاران (۲۸) نیز بیشترین تعداد غده را در نظام‌های آبکشت به‌دست آوردند. تعداد غده‌های مینی‌تیوبر تولید شده در بسترهای آبکشت بیشتر از بسترهای خاکی بود (شکل ۱) که با نتایج رولت و سوتین (۳۴) مطابقت داشت. علاوه بر دسترسی به مواد غذایی بیشتر در نظام آبکشت، امکان نظارت و کنترل پ- هاش محلول نیز وجود داشت. پ- هاش محلول غذایی مورد استفاده در این آزمایش حدود ۶/۵ بود. کورئا و همکاران (۱۷) گزارش کردند که پ- هاش مناسب برای جذب مواد غذایی به‌وسیله سیب‌زمینی در محدوده ۵/۸ تا ۶ می‌باشد.

اثر نوع بستر کشت بر غلظت عناصر در بخش هوایی و ریشه

نیتروژن

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان N در بسترهای خاک + پرلیت + کمپوست و خاک + پرلیت + ورمی‌کمپوست و کمترین آن در بستر پرلیت + پیت‌ماس شاهد بود (جدول ۵). این نتیجه حاکی از اثر مثبت کمپوست و ورمی‌کمپوست در تغذیه N گیاه است که با توجه به جدول ۲ ناشی از غلظت زیاد N در این مواد می‌باشد. در میان عناصر ضروری، N اغلب محدود کننده رشد سیب‌زمینی است. استفاده از کودهای نیتروژنی معمولاً برای اطمینان از تولید اقتصادی سیب‌زمینی به دلیل سودآوری است. بیشتر N خاک به صورت آلی بوده و در دسترس گیاه نمی‌باشد (۴۱). نقش اصلی N در توسعه سریع بخش هوایی بوده و باعث می‌شود که گیاه سریع‌تر پوشش سطح خود را کامل کرده و از دوره رشد، حداکثر استفاده را به عمل آورد (۲۳). در نباتات غده‌ای، بر خلاف غلات، بهبود تغذیه N بعد از گل‌دهی، نمو رویشی را تحریک و سبب تولید برگ‌های جدید می‌شود (۳). هاشمی‌مجد (۱۱) گزارش نمود که مصرف کمپوست و ورمی‌کمپوست موجب افزایش غلظت N و عملکرد گیاه کلم بروکلی گردید. هم‌چنین کمپوست کارآیی مصرف کودهای نیتروژنی را افزایش می‌دهد.

در ریشه نیز بیشترین میزان N در بسترهای پرلیت + پیت‌ماس شاهد و خاک + پرلیت + کمپوست و کمترین مقدار در بستر پرلیت مشاهده شد (جدول ۶). کمبود N و P باعث

جدول ۶. تأثیر بسترهای مختلف کشت بر غلظت عناصر N، P، K، Na، Ca در ریشه

تیمار	N	P	K	Ca	Na
	(٪)	(mg/g dw)			
خاک	۳/۳۵c	۰/۳۰b	۴/۳۳b	۰/۳۵e	۰/۲۴b
پرلیت	۲/۴۹d	۰/۲۲b	۴/۴۳ b	۰/۶۹ d	۰/۰۹ c
خاک + پرلیت	۳/۵۴bc	۰/۲۷b	۴/۶۸ b	۰/۹۰c	۰/۲۳ b
خاک + پرلیت + کمپوست	۴/۳۴a	۰/۴۵a	۷/۵۱ a	۱/۱۰ b	۰/۳۴ a
خاک + پرلیت + ورمی‌کمپوست	۳/۸۷b	۰/۴۴a	۷/۱۴ a	۱/۰۵ b	۰/۳۵ a
پرلیت + پیت ماس	۳/۳۴c	۰/۴۰a	۷/۰۶ a	۱/۳۳ a	۰/۱۱ c
پرلیت + ورمی‌کولیت	۳/۴۴bc	۰/۳۰b	۴/۶۱ b	۰/۷۹ d	۰/۰۱ c
پرلیت + پیت ماس (شاهد)	۳/۴۴bc	۰/۲۷b	۶/۵۲ a	۱/۰۸ b	۰/۰۹ c

در هر ستون، میانگین‌هایی که یک حرف لاتین مشترک دارند، با آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

کند شدن یا توقف نمو ریشه و بخش هوایی گیاه می‌شود. اگر مقدار عناصر دیگر در خاک کافی باشد، افزایش **N** باعث تشویق نمو ریشه می‌شود. افزایش حجم ریشه گیاه موجب جذب بیشتر P و عناصر دیگر از خاک و از کودهای فسفری می‌شود (۲).

پتاسیم

بیشترین غلظت K در بخش هوایی سیب‌زمینی در بسترهای خاک + پرلیت + کمپوست و خاک + پرلیت + ورمی‌کمپوست و کمترین آن در بسترهای خاک و نیز خاک + پرلیت به‌دست آمد (جدول ۵). این نتیجه را می‌توان به غلظت K در کمپوست و ورمی‌کمپوست نسبت داد زیرا همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود کمپوست و ورمی‌کمپوست دارای K بیشتری هستند. بیشترین غلظت K در ریشه در بسترهای خاک + پرلیت + کمپوست و خاک + پرلیت + ورمی‌کمپوست و کمترین آن در بستر خاک مشاهده گردید (جدول ۶). دلیل کاهش جذب K در تیمار حاوی خاک، شور بودن آن و رقابت Na با K در جذب بوده است (۳). همگام با افزایش غلظت K در محلول خارجی ریشه، جذب آن به‌وسیله ریشه گیاه افزایش می‌یابد (۲).

فسفر

بیشترین غلظت P در بخش هوایی مربوط به بسترهای خاک + پرلیت + کمپوست و خاک + پرلیت + ورمی‌کمپوست و کمترین آن در بستر پرلیت + ورمی‌کولیت بود (جدول ۵). در این مورد نیز اثر مثبت کمپوست و ورمی‌کمپوست در جذب عناصر غذایی نمایان می‌شود. افزایش جذب P توسط گیاه به غلظت زیاد این عنصر در کمپوست و ورمی‌کمپوست مربوط است (جدول ۲). ساینز و همکاران (۳۵) گزارش دادند که با افزایش مقدار ورمی‌کمپوست در محیط کشت، مقادیر P، Ca و Mg بخش هوایی در خیار و شبدر به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. بیشترین غلظت P در ریشه نیز در بستر خاک + پرلیت + کمپوست و کمترین آن در بستر پرلیت بود (جدول ۶). این نتیجه ناشی از غلظت بیشتر P در کمپوست مورد استفاده در این تحقیق می‌باشد (جدول ۲).

کلسیم

بیشترین غلظت Ca بخش هوایی در بستر خاک + پرلیت و کمترین آن در بستر پرلیت + پیت‌ماس شاهد به‌دست آمد (جدول ۵). خاک مورد استفاده به دلیل قلیایی بودن حاوی مقدار زیادی Ca بود. ملاحظه می‌شود که کمپوست و

ورمی‌کمپوست اثر زیادی بر جذب Ca توسط گیاه نداشتند. هاشمی مجد (۱۱) به نقل از وگتمن و همکاران اظهار داشت که کاربرد کمپوست سبب کمبود Ca شده است و علت آن جذب لوکس K است که با جذب Ca رقابت می‌کند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. Ca در ترکیبات ساختاری دیواره‌های سلولی، تقسیم سلولی و ازدیاد طول و نفوذپذیری غشا نقش دارد (۴۰). تعداد و کیفیت غده‌ها در بستر پرلیت + پیت‌ماس با محلول غذایی مورد استفاده در این آزمایش بیشتر و بهتر از بستر پرلیت + پیت‌ماس شاهد (محلول غذایی مورد استفاده در گلخانه) بود که احتمالاً به دلیل وجود Ca کافی در محلول غذایی می‌باشد. وسترمن (۴۰) نیز گزارش کرد که کیفیت غده‌ها با استفاده از Ca بهبود می‌یابد.

جدول ۶ نشان می‌دهد که بیشترین غلظت Ca ریشه سیب‌زمینی در بستر پرلیت + پیت‌ماس و کمترین آن در بستر خاک بود که با نتیجه به‌دست آمده برای بخش هوایی متفاوت است. به طوری که غلظت Ca ریشه در بستر خاک کمتر بود. دلیل آن احتمالاً انتقال Ca به بخش‌های با تعرق زیاد مانند برگ‌ها و عدم پویایی زیاد Ca در آوند آبکش است که مانع از انتقال این عنصر از برگ‌ها به ریشه می‌شود (۳). Ca برای رویش نقاط رونده ریشه و تاج، طویل شدن سلول و تقسیم سلولی مهم است. بدون Ca ، بافت‌های مریستمی رشد و نمو کافی نمی‌کنند. از نقش‌های دیگر Ca خنثی کردن اسیدیته شیره سلولی و فعال کردن آنزیم‌ها و تأثیر آن در ساخت پروتئین می‌باشد (۲).

سدیم

بیشترین غلظت Na بخش هوایی مربوط به بستر خاک + پرلیت + کمپوست و کمترین آن در بستر پرلیت + پیت‌ماس بود (جدول ۵). علت آن شور بودن خاک مورد استفاده بوده است (جدول ۲). بیشترین غلظت Na در ریشه نیز در بسترهای خاک + پرلیت + کمپوست و خاک + پرلیت + ورمی‌کمپوست و کمترین آن در بستر پرلیت + پیت‌ماس شاهد حاصل شد (جدول ۶) که با توجه به جدول ۲ ناشی از غلظت Na کل در این مواد می‌باشد.

همبستگی میان صفات مورد مطالعه تعیین و در جدول ۷ ارائه گردید. همانطور که مشاهده می‌شود میان غلظت‌های عناصر در ریشه و بخش هوایی و ویژگی‌های بسترهای کشت همبستگی‌های معنی‌داری مشاهده گردید. بین غلظت N بخش هوایی با غلظت P و Na بخش هوایی همبستگی معنی‌دار مثبتی در سطح احتمال ۱٪ و بین غلظت N بخش هوایی با پ- هاش، غلظت Na و P ریشه همبستگی معنی‌دار مثبتی در سطح احتمال ۵٪ مشاهده شد. بین غلظت P بخش هوایی با N، K و Na بخش هوایی و غلظت N، P، K و Na ریشه همبستگی مثبت در سطح احتمال ۱٪ و با غلظت Ca بخش هوایی همبستگی معنی-دار منفی در سطح احتمال ۵٪ وجود داشت. به نظر می‌رسد رابطه منفی میان غلظت P و Ca مربوط به رسوب P به شکل فسفات‌های کلسیم باشد. به عبارت دیگر، در هر تیمار که غلظت Ca زیاد بوده باعث رسوب P به شکل فسفات‌های کلسیم شده و قابلیت جذب آن توسط گیاه کاهش یافته است. غلظت K بخش هوایی نیز همبستگی معنی‌داری با غلظت P و N بخش هوایی و غلظت P، K و Ca ریشه در سطح احتمال ۱٪ و همبستگی معنی‌دار منفی با غلظت Ca بخش هوایی در سطح احتمال ۵٪ نشان داد. به نظر می‌رسد رابطه منفی میان غلظت K و Ca مربوط به رابطه آنتاگونیستی این دو عنصر در گیاه باشد (۱۰). غلظت Na بخش هوایی در سطح احتمال ۱٪ با غلظت N، P و Na ریشه، پ- هاش، EC و جرم مخصوص حقیقی و ظاهری بسترهای کشت همبستگی معنی‌دار مثبتی داشت. در حالی‌که با تخلخل همبستگی معنی‌دار منفی در سطح احتمال ۵٪ نشان داد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که بسترهای کشت از لحاظ جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی، تخلخل، هدایت الکتریکی و پ- هاش با هم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ داشتند.

جدول ۷. همبستگی بین صفات

	N- بخش هوایی	P - بخش هوایی	K -بخش هوایی	Ca-بخش هوایی	Na-بخش هوایی	N-ریشه	P -ریشه	K -ریشه	Ca -ریشه	Na - ریشه	pH	EC	ρ_b	ρ_p	تخلخل
N- بخش هوایی	۱	۰/۴۷**	۰/۰۷ ns	۰/۱۲ ns	۰/۶۰**	۰/۲۶ ns	۰/۳۹*	۰/۱۳ ns	−۰/۰۲ ns	۰/۵۶**	۰/۴۳*	−۰/۰۶ ns	۰/۱۴ ns	۰/۲۵ ns	−۰/۰۵ ns
P - بخش هوایی	۰/۴۷**	۱	۰/۷۲**	−۰/۳۸*	۰/۶۸**	۰/۸۴**	۰/۶۹**	۰/۶۷**	۰/۴۳*	۰/۷۴**	۰/۳۱ ns	۰/۰۷ ns	۰/۰۷ ns	۰/۲۴ ns	−۰/۰۲ ns
K - بخش هوایی	۰/۰۷ ns	۰/۷۲**	۱	−۰/۵۰**	۰/۲۱ ns	۰/۶۸**	۰/۶۲**	۰/۸۵**	۰/۷۷**	۰/۲۷ ns	−۰/۱۸ ns	۰/۳۳ ns	−۰/۳۱ ns	−۰/۲۲ ns	۰/۱۴ ns
Ca - بخش هوایی	۰/۱۲ ns	−۰/۳۸*	−۰/۵۰**	۱	−۰/۳۰ ns	−۰/۱۹ ns	−۰/۲۴ ns	−۰/۴۳*	−۰/۰۹ ns	−۰/۱۳ ns	۰/۰۷ ns	−۰/۲۵ ns	۰/۰۳ ns	−۰/۰۸ ns	−۰/۰۶ ns
Na – بخش هوایی	۰/۵۶**	۰/۶۲**	۰/۲۱ ns	−۰/۳۰ ns	۱	۰/۵۱**	۰/۴۸**	۰/۲۷ ns	−۰/۲۰ ns	۰/۸۱**	۰/۴۷**	۰/۴۸**	۰/۵۸**	۰/۵۵**	−۰/۴۳*
N- ریشه	۰/۲۶ ns	۰/۸۱**	۰/۶۸**	−۰/۱۹ ns	۰/۵۱**	۱	۰/۶۹**	۰/۶۸**	۰/۵۴**	۰/۶۸**	۰/۰۹ ns	−۰/۰۲ ns	۰/۱۹ ns	۰/۲۳ ns	−۰/۲۳ ns
P - ریشه	۰/۳۹*	۰/۷۰**	۰/۶۲**	−۰/۲۴ ns	۰/۴۸**	۰/۶۹**	۱	۰/۶۵**	۰/۴۵*	۰/۵۵**	۰/۱۸ ns	−۰/۰۵ ns	۰/۰۹ ns	۰–/۲۳ ns	−۰/۰۹ ns
K - ریشه	۰/۱۳ ns	۰/۶۷**	۰/۸۵**	−۰/۴۴*	−۰/۲۷ ns	۰/۶۸**	۰/۶۵**	۱	۰/۷۴**	۰/۳۵*	۰/۲۰ ns	−۰/۲۵ ns	−۰/۰۷ ns	−۰/۰۴ ns	۰/۰۳ ns
Ca - ریشه	۰/۰۳ ns	۰/۴۳*	۰/۷۷**	−۰/۰۹ ns	−۰/۲۰ ns	۰/۵۴**	۰/۴۰*	۰/۷۴**	۱	۰/۰۱ ns	−۰/۴۰*	−۰/۶۵**	−۰/۵۰**	−۰/۳۹*	۰/۲۳ ns
Na - ریشه	۰/۵۶**	۰/۷۴××	۰/۲۷ ns	−۰/۱۳ ns	۰/۸۱**	۰/۶۸**	۰/۵۵**	۰/۳۵*	−۰/۰۱ ns	۱	۰/۵۹**	۰/۲۹ ns	۰/۵۵**	۰/۶۶**	−۰/۳۷×
pH	۰/۴۳*	۰/۳۱ ns	−۰/۱۸ ns	۰/۰۷ ns	۰/۴۷**	۰/۰۹ ns	۰/۱۸ ns	−۰/۲۰ ns	−۰/۴۰*	۰/۵۹**	۱	۰/۲۶ ns	۰/۳۸*	۰/۵۹**	−۰/۰۵ ns
EC	−۰/۰۶ ns	−۰/۰۷ ns	−۰/۳۳ ns	−۰/۲۵ ns	۰/۴۸**	۰–/۰۸ ns	−۰/۰۵ ns	−۰/۲۵ ns	−۰/۶۵**	۰/۲۹ ns	۰/۲۶ ns	۱	۰/۸۷**	۰/۶۴**	−۰/۶۸**
ρ_b	۰/۱۴ ns	۰/۰۷ ns	−۰/۳۱ ns	۰/۰۳ ns	۰/۵۸**	۰/۲۰ ns	۰/۰۹ ns	−۰/۱۷ ns	−۰/۵۰**	۰/۵۵**	۰/۳۸*	۰/۸۷**	۱	۰/۷۲**	−۰/۸۴**
ρ_p	۰/۲۵ ns	۰/۲۴ ns	−۰/۲۲ ns	−۰/۰۸ ns	۰/۵۵**	۰/۲۳ ns	۰/۲۳ ns	−۰/۰۴ ns	−۰/۳۹*	۰/۶۶**	۰/۵۹**	۰/۶۴**	۰/۷۲**	۱	−۰/۲۹ ns
تخلخل	−۰/۰۵ ns	−۰/۰۲ ns	۰/۱۴ ns	−۰/۰۶ ns	−۰/۴۳×	−۰/۲۳ ns	−۰/۰۹ ns	−۰/۰۳ ns	۰/۲۳ ns	−۰/۳۷*	−۰/۰۵ ns	−۰/۶۸**	−۰/۸۴**	−۰/۲۹ ns	۱

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و غیرمعنی‌دار

ρ_b و ρ_p به ترتیب جرم مخصوص ظاهری و حقیقی

بستر خاک که دارای بیشترین جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی و کمترین تخلخل، هدایت الکتریکی و پ- هاش بود، کمترین تعداد غده را داشت. بیشترین غلظت N، P و K در بخش هوایی و ریشه در تیمارهای پرلیت + خاک + ورمی‌کمپوست و پرلیت + خاک + کمپوست بود. تعداد غده در بوته و رشد گیاهچه در بسترهای کشت بدون خاک (آبکشت) نسبت به بسترهای خاکی بیشتر بود. میان غلظت‌های عناصر در ریشه و بخش هوایی و ویژگی‌های بسترهای کشت همبستگی‌های معنی‌داری مشاهده گردید. بستر پرلیت + پیت‌ماس (با نسبت ۱:۱حجمی/حجمی) به‌عنوان بهترین بستر کشت آبکشت برای تولید مینی‌تیوبر سیب‌زمینی توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. حسن‌پناه، د.، ح. حسن‌آبادی، ر. شهریاری، ا. ا. حسین‌زاده، ب. دهدار مسجدلو و م. منافیان. ۱۳۸۷. بررسی بسترهای مختلف کشت گلخانه‌ای برای تولید مینی‌تیوبر سیب‌زمینی رقم آگریا. خلاصه مقالات اولین هم اندیشی ملی سیب‌زمینی، اردبیل، صفحه ۷۶.

۲. سالاردینی، ع. ا. ۱۳۸۲. حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران، ۴۲۸ صفحه.

۳. سالاردینی، ع. ا. و م. مجتهدی. ۱۳۷۲. اصول تغذیه گیاه (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران، ۴۳۵ صفحه.

۴. سمیعی، ل.، ا. خلیقی، م. کافی، س. سماوات و م. ارغوانی. ۱۳۸۴. بررسی امکان بهره‌گیری از ضایعات سلولزی به عنوان جایگزین پیت‌ماس در بستر کاشت گیاه برگ زینتی آگلونما. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۶(۲): ۵۰۳-۵۱۰.

۵. علی‌احیائی، م. و ع. ا. بهبهانی‌زاده. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه خاک. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۸۹۳.

۶. علی‌زاده، ا.، ۱۳۸۴. تأثیر بسترهای کشت بدون خاک در رشد فیکوس بنجامین ابلق. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

۷. محمدی تهرانی، ف. ۱۳۷۷. راهنمای جامع لیکا. انتشارات شرکت لیکا، ۳۶۸ صفحه.

۸. ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۸. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران. چاپ دوم با بازنگری کامل. نشر آموزش کشاورزی، کرج، ۲۷۹ صفحه.

۹. ملکوتی، م. ج.، س. ج. طباطبایی و م. کافی. ۱۳۸۴. روش‌های نوین تأمین به موقع عناصر غذایی در گیاهان. انتشارات سنا، تهران، ۳۸۸ صفحه.

۱۰. ملکوتی، م. ج. و م. همایی. ۱۳۷۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک (مشکلات و راه‌حل‌ها). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۴۹۴ صفحه.

۱۱. هاشمی‌مجد، ک. ۱۳۸۹. تولید کمپوست و ورمی‌کمپوست از ضایعات آلی. چاپ اول، انتشارات آییژ، تهران، ۱۹۲ صفحه.

12. Alam, M. N., M. S. Jahan, M. K. Ali, M. A. Ashraf and M. K. Islam. 2007. Effect of vermicompost and chemical fertilizers on growth, yield and yield components of potato in Barind soils of Bangladesh. Appl. Sci. Res. 3(12): 1879-1888.
13. Alan, R., A. Zulkadir and H. Padem. 1994. The influence of growing media on growth yield and quality of tomato grown under greenhouse condition. Acta Hortic. 366: 229-234.
14. Atiyeh, R. M., N. Arancon, C. A. Edwards and J. D. Metzger. 2000a. Influence of earthworm processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. Bioresour. Technol. 75(3): 175-180.
15. - Atiyeh, R. M., S. Subler, C. A., Edwards., G. Bachman, J. D. Metzger and W. Shuster. 2000b. Effects of vermicomposts and compost on plant growth in horticultural container media and soil. Pedobiologia 47: 741-744.
16. Blake, G. R. and K. H. Hartge. 1986. Particle density. PP. 377-381. *In:* Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 1, SSSA, Madison, WI.

17. Correa, R. M., J. E. B. P. Pinto, C. A. B. P. Pinto, V. Faquin, E. S. Reis, A. B. Monteiro and W. E. Dyer. 2008. A Comparison of potato seed tuber yield in beds, pots and hydroponic system. Sci. Hort. 116: 17-20.
18. Davidson, H., R. Meckienburg and C. Peterson. 1998. Nursery management: Administration and Culture. 2nd Ed., Prentice Hall, Inc., New Jersey.
19. Gimenez, G., J. L. Andriolo, D. Janisch and R. Godoi. 2008. Closed soilless growing system for producing strawberry bare root transplants and runner tips. Agro. Bras. Brasilia 43(12): 1757-1761.
20. Guandi, B., C. A. Edwards and N. Q. Arancon. 2002. Changes in trophic structure of soil arthropods after the application of vermicomposts. Eur. J. Soil Biol. 38: 161-165.
21. Hassanpanah, D., A. A. Hosseinzadeh and N. Allahyari. 2009. Evaluation of planting date effects on yield and yield components of Savalan and Agria cultivars in Ardabil region. J. Food Agric. Environ. 7(3 & 4): 522-528.
22. Hellal, F. A. 2007. Composting of rice straw and its influences on iron availability in calcareous soil. J. Agric. Biol. Sci. 3: 105-114.
23. Honeycutt, C. W., W. M. Clapham and S. S. Leach. 1996. Crop rotation and N fertilization effects on growth, yield and disease incidence in potato. Am. J. Potato Res. 73(2): 45-61.
24. Jones, J. B. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press LLC, U. S.
25. Kalva, Y. P. 1998. Handbook of Reference Methods for Plant Analysis. Soil and Plant Analysis Council, Inc., CRC Press, Boca Raton, Florida.
26. Lim, H., C. H. Yoon, S. Choi and S. H. Dhital. 2004. Application of gibberellic acid and paclobutrazol for efficient production of potato minitubers and their dormancy breaking under soilless culture system. Korean J. Hort. Sci. 45(4): 189-193.
27. Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney. 1982. Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties, 2nd Ed., ASA, Madison, WI, pp. 120-167.
28. Mobini, S., M. R. Ismail and H. Arouiee. 2009. Influence of ventilation and media on potato (*Solanum tuberosum* L.) tuberization and its growth characteristics. African J. Biotech. 8(10): 2232-2241.
29. Morrenhof, J. 1998. The Road to Seed Potato Production. NIVAA, The Netherlands Potato Consultative Institute, 72 p.
30. Muro, J., V. Diaz, J. L. Goni and C. Lansfus. 1997. Comparison of hydroponic culture and culture in a peat/sand mixture and the influence of nutrient solution and plant density on seed potato yields. Potato Res. 40: 431-438.
31. Ranch, D. 2003. Organic farming and organic gardening using vermicompost. Online available in: http://www. Happydranch.com/92.htm1
32. Rhoudes, J. D. 1982. Cation exchange capacity. PP. 149-157. *In:* Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties, 2nd Edition, ASA, Madison, WI.
33. Ritter, E., B. Angulo, P. Riga, C. Herran, J. Relloso and M. Sanjose. 2001. Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minituber. Potato Res. 44: 127-137.
34. Rolot, J. L. and H. Seutine. 1999. Soilless production of potato minitubers using a hydroponic technique. Potato Res. 42: 457-469.
35. Sainz, M. J., M. T. Taboada and A. Vilarino. 1998. Growth mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. Plant Soil 205: 85-92.
36. Salimi, Kh., R. Tavakkol Afshari, M. B. Hosseini and P. C. Struik. 2010. Effect of gibberellic acid and carbon disulphide on sprouting of potato minitubers. Sci. Hort. 124(1): 14-18.
37. Struik, P. C., P. E. L. van der Putten, D. O. Caldiz and K. Scholte. 2006. Response of stored potato seed tubers from contrasting cultivars to accumulated day- degrees. Crop Sci. 46: 1156-1168.
38. Struik, P. C. 2007. The canon of potato science: 25, Minituber. Potato Res. 50: 305-308.
39. Waling, I., W. V. Vark, V. J. G. Houba and J. J. Van der Lee. 1989. Soil and Plant Analysis, a Series of Syllabi, Part 7, Plant Analysis Procedures, Wageningen Agriculture University, The Netherlands.
40. Westerman, D. T. 2005. Nutritional requirements of potatoes. Am. J. Potato Res. 82: 301-307.
41. Zebarth, B. J. and C. J. Rosen. 2007. Research perspective on nitrogen BMP development for potato. Am. J. Potato Res. 84: 3-18.