

اثر سرکه چوب غنی‌شده ارگانیک بر رشد گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در بستر کشت خاکی و بدون خاک^۱

Effect of Organic Fortified Wood Vinegar on Greenhouse Tomato Growth in Soil and Soilless Media

مریم حقیقی* و معین سورانی^۲

چکیده

پژوهش حاضر در گلخانه‌های پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان روی گیاه گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* cv. Chef) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با شش تیمار شامل: کود کامل ۲۰:۲۰:۲۰، محلول غذایی جانشون، محلول غذایی جانشون به همراه سرکه چوب، عنصرهای غذایی کم‌مصرف و پرمصرف جانشون به همراه سرکه چوب، عنصرهای غذایی پرمصرف به همراه سرکه چوب و عنصرهای غذایی کم‌مصرف به همراه سرکه چوب، در دو بستر کشت غیرخاکی (کوکوپیت- پرلایت با نسبت ۱ به ۱) و خاکی، با چهار تکرار انجام شد. نتیجه‌ها نشان دادند که مقاومت روزنه‌ای و تعرق در محلول غذایی جانشون بیشترین مقدار و فتوسنتز در عنصرهای غذایی پرمصرف و کم‌مصرف جانشون به همراه سرکه چوب افزایش داشت. مقدار شاخص سبزی‌نگی در محلول غذایی جانشون به همراه سرکه چوب و عنصرهای غذایی پرمصرف و کم‌مصرف جانشون به همراه سرکه چوب، طول بوته در تیمار کود کامل، محلول غذایی جانشون، محلول غذایی جانشون به همراه سرکه چوب و عنصرهای غذایی پرمصرف و کم‌مصرف جانشون به همراه سرکه چوب در محیط کوکوپیت تغییر معنی‌داری نداشت و در عنصرهای غذایی پرمصرف به همراه سرکه چوب و عنصرهای غذایی کم‌مصرف به همراه سرکه چوب کاهش یافت و در همه تیمارها در محیط خاکی کمتر بود. حجم ریشه و وزن تر ریشه در تیمار کود کامل، محلول غذایی جانشون به همراه سرکه چوب، عنصرهای غذایی پرمصرف و کم‌مصرف جانشون به همراه سرکه چوب و عنصرهای غذایی پرمصرف به همراه سرکه چوب در محیط کوکوپیت بیشترین و وزن خشک ریشه در تیمار کود کامل، محلول غذایی جانشون به همراه سرکه چوب، عنصرهای غذایی پرمصرف و کم‌مصرف جانشون به همراه سرکه چوب و عنصرهای غذایی پرمصرف به همراه سرکه چوب در محیط کوکوپیت بیشترین مقدار را داشت. عملکرد بوته در تیمار محلول غذایی جانشون، محلول غذایی جانشون به همراه سرکه چوب و عنصرهای غذایی پرمصرف به همراه سرکه چوب بیشترین مقدار را داشت. عملکرد بوته در تیمار محلول غذایی جانشون، محلول غذایی جانشون به همراه سرکه چوب و عنصرهای غذایی پرمصرف به همراه سرکه چوب و عنصرهای غذایی کم‌مصرف به همراه سرکه چوب در محیط کوکوپیت بیشترین مقدار را داشت.

واژه‌های کلیدی: تغییرهای فتوسنتزی، کود آلی، کشت ارگانیک، محلول جانشون.

مقدمه

ماده‌های ارگانیک به دلیل عوارض جانبی کمتر نسبت به ماده‌های شیمیایی، برای استفاده در تولید محصول‌های کشاورزی روز به روز بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرند. سرکه چوب^۳ یک مایع قهوه‌ای متمایل به قرمز است که از جمع‌آوری گاز حاصل از سوختن چوب در شرایط بی‌هوازی به دست می‌آید (۱۲) و می‌تواند به عنوان ماده‌ای صد در صد ارگانیک، جایگزین مناسبی برای

۱- تاریخ دریافت: ۹۷/۲/۵

تاریخ پذیرش: ۹۸/۲/۱۰

۲- به ترتیب دانشیار و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (mhaghighi@iut.ac.ir).

۳- Wood vinegar

بخشی از ماده‌های شیمیایی مورد استفاده در صنعت کشاورزی باشد. در حال حاضر حدود ۶۰۰۰ تا ۷۰۰۰ مترمکعب سرکه چوب در جهان به‌صورت سالانه تولید و مصرف می‌شود (۳).

از عمده‌ترین ترکیب‌های تشکیل‌دهنده سرکه چوب می‌توان به الکل‌ها (متانول و بوتانول)، اسیدها (استیک، فرمیک، پروپیونیک، والریک)، فرمالدئید، استون، فرفورال، فنول، کربوزول، متیل آمیدین و پیریدین اشاره کرد (۱۵). در سال‌های اخیر، این محصول با توجه به نوآوری و ارزان بودن هزینه تولید، مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. این ماده، افزون بر افزایش رشد رویشی و زایشی در گیاهان مختلف، باعث کنترل بیماری‌ها و آفت‌های گوناگون نیز شده است (۱۹). همچنین این ماده دارای ویژگی ضد قارچی و ویژگی آنتی‌اکسیدانی می‌باشد و به‌راحتی قابل تولید بوده و ثابت‌شده است که بدون اثرهای مخرب زیست‌محیطی و نامطلوب روی موجودهای زنده و محیط می‌باشد (۱۵). در پژوهش‌های پیشین بیشتر به تأثیر سرکه چوب برای مبارزه با آفت‌ها و بیماری‌ها پرداخته شده است و اثر آن روی کاهش رشد قارچ‌های بیمارزا مانند فوزاریوم، رازیوکتونیا^۱ و پیتیوم^۲ به اثبات رسیده است (۸). در پژوهشی، اثرهای ضد قارچی سرکه چوب حاصل از درخت سرو ژاپنی، بر سه جنس قارچ شامل *Pythium splendens*، *Fusarium oxysporum* و *Phytophthora capsici* نشان داده است (۶). با توجه به شواهد موجود به نظر می‌رسد سرکه چوب روی دامنه وسیعی از بیماری‌زاهای قارچی اثر کنترل‌کنندگی داشته باشد. باوجود پژوهش‌های مختلف در مورد اثرهای ضد قارچی سرکه چوب، همچنان پژوهش‌های اندکی در مورد تأثیر این ماده بر رشد گیاه صورت گرفته است. گزارش‌های محدودی در مورد اثر این ماده بر رشد گیاهان زراعی وجود دارد. یکی از گزارش‌ها از اثر این ماده بر سبزی‌ها توسط Uddin و همکاران (۱۶) ارائه شد که بیان نمودند به‌کارگیری سرکه چوب و زغال در گیاه نیشکر تابستانه باعث افزایش طول و تعداد ساقه، مقدار وزن ماده خشک، مقدار قند و گسترش ریشه می‌شود. همچنین با کاربرد سرکه چوب و زغال مقدار محصول نسبت به شاهد بسیار افزایش یافت به‌طوری‌که این مقدار ۱۳ تا ۲۴٪ بیان گردید و مقدار قند نیز نسبت به شاهد ۱۴ تا ۲۰٪ افزایش داشت. همچنین، تعداد ساقه‌های نیشکر ۱۹ تا ۳۱٪ رشد را نشان دادند. در بررسی دیگر روی نیشکر بهاره، Ishimine و همکاران (۷) دریافتند که تولید ماده خشک، رشد ریشه، عملکرد، تعداد ساقه، طول ساقه، قطر ساقه و قند محلول در ساقه با کاربرد آمیخته‌ای از سرکه چوب و زغال افزایش یافت. سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ، مقدار نفوذ ریشه نیز برتری محسوسی را نسبت به شاهد نشان داده است.

با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته به نظر می‌رسد همچنان نیاز به پژوهش‌های بیشتری در مورد اثر سرکه چوب بر رشد و فیزیولوژی گیاهان است و با توجه به پژوهش‌های قبلی پژوهشگران با غنی‌سازی این کود می‌توان به‌عنوان کودی با اثرهای شیمیایی کمتر و تأثیرگذاری بیشتر مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین هدف این پژوهش غنی‌سازی سرکه چوب و بررسی اثر آن بر رشد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش روی گیاه گوجه‌فرنگی رقم شف^۴ به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با تیمار کود کامل ۲۰:۲۰:۲۰ (Complete:Co.)، محلول غذایی جانسون (Johnson nutrient solution:Ja) و با توجه به آزمایش‌های قبلی نگارندگان روی سرکه چوب به روش تولیدی ثبت اختراع شرکت معین زیست آریا تهیه شد. تیمارها شامل محلول غذایی جانسون به‌همراه سرکه چوب (WVj) (Wood vinegar + Johnson)، عنصرهای غذایی پرمصرف و کم‌مصرف محلول جانسون به‌همراه سرکه چوب (WVc) (Micronutrient and Macronutrient and wood vinegar)، عنصرهای غذایی پرمصرف به‌همراه سرکه چوب (WVmi) (Macronutrient and wood vinegar) و عنصرهای غذایی کم‌مصرف به‌همراه سرکه چوب (WVmi) (Micronutrient and wood vinegar) بود و آزمایش در دو بستر کشت کوکوپیت-پرلایت و خاک با چهار تکرار در بهار ۱۳۹۵ در گلخانه‌های پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا شد. ماده سرکه چوب کاج از شرکت معین زیست آریا تهیه شد که غلظت تعدادی از عنصرهای غذایی آن نشان داده شده است. غلظت تعدادی از عنصرهای غذایی در سرکه چوب کاج (میلی گرم در لیتر) نیتروژن ۹۵۳/۲، فسفر صفر، پتاسیم ۲/۳، منیزیم ۳/۱۸، آهن ۲/۸۳ و کلسیم ۴۳/۱ بود.

بدین منظور بذره‌های گوجه فرنگی رقم شف در سینی نشا حاوی بستر پیت و پرلایت کشت و مراقبت‌های لازم برای رشد انجام شد. سه هفته پس از کشت، نشاها به گلدان‌های ۱۰ لیتری حاوی بستر کشت غیرخاکی (کوکوپیت-پرلایت با نسبت حجمی یک به یک) و خاکی با نسبت حجمی (دو ماسه و یک خاک) منتقل شدند. یک هفته پس از انتقال نشاها در بهار (مرحله چهار برگی) محلول‌دهی با غلظت‌های انتخاب شده آغاز و تا ۷۵ روز بعد، با فاصله زمانی هر روز یک‌بار ادامه یافت. سپس شاخص‌های رشدی و فتوسنتزی زیر در گیاهان اندازه‌گیری شد.

ویژگی‌های رشدی

تعداد گل، برگ و گره در هر بوته شمارش گردید. در پایان آزمایش گیاهان برداشت و با استفاده از آب مقطر به‌طور کامل شسته شدند. قسمت هوایی از ریشه‌ها جدا و هرکدام به کمک ترازوی دیجیتال توزین گردید. سپس هر قسمت بخش هوایی و ریشه به صورت جداگانه درون پاکت‌های کاغذی و طی دو روز در دمای ۷۰ درجه سلسیوس آون خشک و با ترازوی دیجیتال وزن شدند. قطر ساقه هم با کمک کولیس (Mitutoyo Corp, Japan) محاسبه شد. حجم ریشه با اختلاف حجم ایجاد شده پس از قرار دادن ریشه در حجم مشخصی از آب با دقت ۰/۱ میلی‌لیتر محاسبه شد (۲).

شاخص‌های فتوسنتزی

شاخص سبزینگی برگ توسط دستگاه کلروفیل سنج (SPAD) (مدل ۵۰۲ ساخت شرکت مینولتا، ژاپن) اندازه‌گیری شد. از دستگاه پرتابل سنجش فتوسنتز (مدل LI, 6100 ساخت شرکت لای کور، ایالات متحده آمریکا) برای اندازه‌گیری مقدار فتوسنتز در واحد سطح برگ، مقاومت روزنه‌ای، مقدار تعرق و غلظت CO₂ درون روزنه‌ای استفاده شد. بدین منظور برگ‌های میانی به‌طور کامل توسعه‌یافته با سه تکرار برای اندازه‌گیری ویژگی‌های مورد نظر انتخاب گردید. تمامی اندازه‌گیری‌ها در ساعت ۱۱ صبح ثبت گردید (۱، ۵). هدایت مزوفیلی از تقسیم کردن فتوسنتز به غلظت CO₂ درون روزنه‌ای به‌دست آمد (۵). به‌منظور تعیین کارایی مصرف آب فتوسنتزی مقدار فتوسنتز به هدایت روزنه‌ای تقسیم شد (۱۷).

ویژگی‌های میوه

تعداد گل در طول آزمایش و تعداد میوه در هر بوته در پایان پژوهش شمارش و پس از آن میوه‌های یک بوته برداشت و وزن هر میوه پس از برداشت و وزن مجموع میوه‌های یک بوته به کمک ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. قطر میوه‌های یک بوته به وسیله کولیس (Mitutoyo Corp, Japan) اندازه‌گیری و سپس میانگین گرفته شد. سپس داده‌ها در نرم‌افزار اکسل طبقه‌بندی و با برنامه آماری Statstix 8 آنالیز شدند. مقایسه میانگین داده‌ها به کمک آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد محاسبه شد.

نتایج

وزن تر و خشک و حجم ریشه زیر تأثیر کودهای غنی شده تغییر معنی‌داری داشت. وزن تر و خشک ساقه در WVj بیشترین مقدار بود. طول گره و قطر ساقه در WVmi کاهش معنی‌دار داشت و در سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار نبود. تعداد برگ در WVj و WVma بیشترین بود (جدول ۱). بیشترین تعداد گل در WVj و WVC و کمترین تعداد آن در WVmi بود و تعداد میوه در WVj، WVma، WVC و Ja. بیشترین تعداد میوه را داشت اما متوسط وزن میوه در WVmi افزایش معنی‌داری نشان داد. وزن خشک میوه در WVj، WVC و WVma افزایش داشت. قطر میوه در WVj، WVC، WVma و WVmi بیشتر از Ja. و Co. بود. به‌طور کلی عملکرد در تیمار WVma، WVC و WVmi بیشترین مقدار بود (جدول ۲). مقاومت روزنه‌ای و تعرق در Ja. بیشترین مقدار و فتوسنتز در WVC افزایش داشت. دی‌اکسید کربن داخل روزنه‌ای در Co. بیشترین مقدار بود. مقدار شاخص سبزینگی در WVj و WVC بیشترین مقدار بود (جدول ۳). همه ویژگی‌های وزن خشک و تر ریشه، وزن تر و خشک ساقه، طول بوته و گره، حجم ریشه و قطر ساقه در بستر کوکوپیت بیشتر از خاک بود و تعداد گره تفاوت معنی‌داری نشان نداد. مقدار پتاسیم در Ja. بیشترین مقدار و در دیگر تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). در بستر خاکی، وزن خشک میوه، متوسط وزن میوه، وزن کل میوه، تعداد میوه و تعداد کل میوه کاهش یافت و میانگین قطر میوه تفاوت معنی‌داری بین بستر نداشت (جدول ۵). سبزینه و فتوسنتز، مقاومت روزنه‌ای در کوکوپیت بیشتر از خاک بود و دی‌اکسید کربن داخل روزنه و تعرق در خاک بیشتر از کوکوپیت بود (جدول ۶).

ارتفاع بوته در کود کامل، جانسون، WVj و WVC در محیط کوکوپیت تغییر معنی‌داری نداشت و در WVma و WVmi کاهش یافت و در همه تیمارها در محیط خاکی کمتر بود. قطر ساقه در WVC، WVj، Ja، Co. و در محیط کوکوپیت بیشترین مقدار و در همه تیمارها در محیط خاک کاهش معنی‌داری داشت (شکل ۱). دی‌اکسید کربن داخل روزنه در همه تیمارهای کودی جز WVC در خاک بیش از کوکوپیت بوده و بیشترین مقدار در WVj و خاک مشاهده شد (شکل ۲-ب). مقاومت روزنه‌ای در Ja. در هر دو محیط خاک و کوکوپیت بیشترین مقدار و کمترین در WVj و Co و WVmi در هر دو محیط کشت خاکی و غیرخاکی بود (شکل ۲). مقدار سبزینه در WVmi در هر دو محیط و WVma و Co و Ja. در محیط خاک کاهش یافت و در سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۴-الف). مقدار فتوسنتز در WVj و خاک، WVC و کوکوپیت، Ja و کوکوپیت به ترتیب بیشترین مقدار را داشت و کمترین مقدار را در Co؛ و کوکوپیت مشاهده شد. تعرق در همه تیمارهای کود آلی WVj، WVma، WVC، WVmi و Ja. نسبت به Co. در هر دو محیط کشت کاهش یافت (شکل ۳). تعداد گره در شاخه و تعداد برگ در هر بوته تغییر معنی‌داری نشان ندادند (داده‌های آن نشان داده نشده است). وزن تر و خشک ساقه در WVma، WVj و Ja. در کوکوپیت بیشترین مقدار را داشت و در همه تیمارها جز WVmi در محیط کشت خاک وزن تر و خشک کمتر از کوکوپیت بود و در WVmi تفاوت معنی‌داری بین دو محیط کشت دیده نشد (شکل ۴). حجم ریشه و وزن تر ریشه در Co.، WVj، WVC و WVma در محیط کوکوپیت بیشترین و وزن خشک ریشه در Co.، WVj، WVC و WVma در محیط کوکوپیت بیشترین مقدار را داشت (شکل ۵). تعداد گل در Co.، Ja، WVj و WVma در محیط کوکوپیت بیشترین و WVmi در هر دو محیط و WVma و Co. در خاک کمترین مقدار بود (شکل ۶). عملکرد بوته در WVj، جانسون و WVma در محیط کشت بدون خاک بیشترین مقدار و در همه محیط‌های خاکی کمترین مقدار را داشت (شکل ۱۰-الف). متوسط میوه در WVj و WVC در محیط کشت کوکوپیت بیشترین مقدار را داشت (شکل ۷). بیشترین وزن خشک میوه در محلول جانسون WVj و کود ۳ در محیط کوکوپیت بود. بیشترین قطر میوه در تیمار WVC، WVma، WVj در محیط کشت بدون خاک دیده شد (شکل ۸). بیشترین مقدار پتاسیم در Ja. دیده شد و در سایر کودها تفاوت معنی‌داری دیده نشد (شکل ۹). عنصرهای نیتروژن و پتاسیم نیز در همه ویژگی‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت (داده‌ها نشان داده نشده است).

جدول ۱- اثر محلول های کودی مختلف بر شاخص های رشدی گوجه فرنگی.

Table 1. Effect of different fertilizer solutions on growth indices of tomato.

تیمارها Treatments	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	طول گره Node length (cm)	تعداد گره Number of Nodes	قطر ساقه Stem diameter (mm)	تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	وزن تر شاخساره Fresh weight of shoot (g)	وزن خشک شاخساره Dry weight of shoot (g)	وزن تر ریشه Fresh weight of root (g)	وزن خشک ریشه Dry weight of root (g)	حجم ریشه Root volume (cm ³)
کود کامل Co	130.17 ^a	11.50 ^a	19 ^{ab}	4.66 ^a	15.83 ^b	135.33 ^{bc}	13 ^b	39.83 ^a	3.33 ^a	31.66 ^b
جانسون Ja	132.17 ^a	10.16 ^{ab}	19.66 ^a	4.66 ^a	16.33 ^{ab}	159 ^{ab}	15 ^{ab}	25 ^c	1.83 ^c	38.33 ^a
جانسون + سرکه چوب WVj	135 ^a	10.50 ^{ab}	20.66 ^a	4.66 ^a	16.83 ^{ab}	154.50 ^a	15.83 ^a	34.33 ^b	2.33 ^b	30 ^b
پرمصرف و کم مصرف + سرکه چوب WVc	125.50 ^a	11 ^{ab}	19.33 ^a	5.40 ^a	16.16 ^b	131.33 ^c	13.50 ^{ab}	41.16 ^a	3.83 ^a	35 ^{ab}
پرمصرف + سرکه چوب WVma	130.50 ^a	11 ^{ab}	19.66 ^a	4.83 ^a	17.66 ^a	151.17 ^{a-c}	15.16 ^{ab}	33.66 ^b	2.16 ^b	23.33 ^c
کم مصرف + سرکه چوب WVmi	98.67 ^b	9.33 ^b	17.33 ^a	3.33 ^b	17.50 ^c	63.17 ^d	7.50 ^c	38.50 ^a	2 ^{bc}	20 ^c

In each column means followed with similar letters are not different at 5% level of probability based on LSD test. Co: (Complete fertilizer), Ja: (Johnson nutrient solution), WVj: (Johnson nutrient solution and wood vinegar), WVc: (Micronutrient and Macronutrient and wood vinegar), WVma: (Macronutrient and wood vinegar), WVmi: (Micronutrient and wood vinegar).

در هر ستون میانگین هایی که دارای یک حرف مشترک هستند تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD ندارند. Co: (کود کامل)، Ja: (جانسون)، WVj: (مخلول غذایی جانسون به همراه سرکه چوب)، WVc: (عنصرهای غذایی پرمصرف و کم مصرف به همراه سرکه چوب)، WVma: (عنصرهای غذایی پرمصرف به همراه سرکه چوب) و WVmi: (عنصرهای غذایی کم مصرف به همراه سرکه چوب).

جدول ۲- اثر محلول های کودی مختلف بر شاخص های گل و میوه گوجه فرنگی.

Table 2. Effect of different fertilizer solutions on flower and fruit indices of tomato.

تیمارها Treatments	تعداد گل در بوته Number of flowers per plant	تعداد میوه در بوته Fruit number per plant	متوسط وزن میوه Average fruit weight (g)	وزن مجموع میوه های برداشت شده Total weight of harvested fruits (g)	وزن خشک میوه Dry weight of fruit (g)	قطر میوه Fruit diameter (mm)
-----------------------	--	---	---	---	--	------------------------------------

کود کامل Co	11.66 ^b	4.16 ^{ab}	3 ^b	16.83 ^{bc}	1.16 ^b	11.50 ^{ab}
جانسون Ja	13.50 ^{ab}	7.50 ^a	1.66 ^b	15.33 ^c	1 ^b	10.16 ^b
جانسون+سرکه چوب WVj	17 ^a	7 ^a	4.50 ^{ab}	28.83 ^{a-c}	1.83 ^{ab}	14 ^{ab}
پرمصرف و کممصرف+سرکه چوب WVc	12.83 ^{ab}	5.33 ^{ab}	6 ^{ab}	37.16 ^a	2.50 ^a	18.50 ^a
پرمصرف +سرکه چوب WVma	12 ^b	7 ^a	3.66 ^b	36.50 ^{ab}	2.50 ^a	13.83 ^{ab}
کم مصرف +سرکه چوب WVmi	6.66 ^c	2 ^b	8.33 ^a	18.50 ^{a-c}	0.83 ^b	17.50 ^{ab}

In each column means followed with similar letters are not different at 5% level of probability based on LSD test. Co: (Complete fertilizer), Ja: (Johnson nutrient solution), WVj: (Johnson nutrient solution and wood vinegar), WVc: (Micronutrient and Macronutrient and wood vinegar), WVma: (Macronutrient and wood vinegar), WVmi: (Micronutrient and wood vinegar).

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD ندارند. Co: (کود کامل)، Ja: (جانسون)، WVj: (محلول غذایی جانسون به‌همراه سرکه چوب)، WVc: (عنصرهای غذایی پرمصرف و کممصرف به‌همراه سرکه چوب)، WVma: (عنصرهای غذایی پرمصرف به‌همراه سرکه چوب) و WVmi: (عنصرهای غذایی کممصرف به‌همراه سرکه چوب).

جدول ۳- اثر محلول‌های کودی مختلف بر شاخص‌های فتوسنتز و غلظت پتاسیم گوجه‌فرنگی.

Table 3. Effect of different fertilizer solutions on photosynthetic indices and potassium concentration of tomato.

تیمارها Treatments	شاخص سبزیگی Greenness index	فتوسنتز Photosynthesis ($\mu\text{molCO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$)	تعرق Transpiration ($\text{mmol H}_2\text{Om}^{-2}\text{s}^{-1}$)	هدایت روزنه Stomatal conductance ($\text{mmolH}_2\text{Om}^{-2}\text{s}^{-1}$)	CO ₂ داخل روزنه Internal CO ₂ ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)	پتاسیم Potassium (mg/g DW)
کود کامل Co.	7.50 ^b	2.41 ^f	0.99 ^e	0.02 ^d	341.67 ^a	11.26 ^{bc}
جانسون Ja.	7.16 ^b	5.76 ^b	2.11 ^a	0.31 ^a	303.50 ^c	12.33 ^a
جانسون+سرکه چوب WVj	8.66 ^a	2.94 ^e	1.06 ^c	0.02 ^d	333 ^b	11.99 ^{ab}

پرمصرف						
وکم مصرف + سرکه چوب	8 ^{ab}	6.94 ^a	1.77 ^b	0.05 ^b	208.50 ^f	11.07 ^c
WVc						
پرمصرف + سرکه چوب	7.33 ^b	4.83 ^c	1.05 ^d	0.03 ^c	276.67 ^e	10.62 ^c
WVma						
کم مصرف + سرکه چوب	4.66 ^c	4.23 ^d	0.90 ^f	0.02 ^d	278 ^d	11.21 ^{bc}
WVmi						

In each column means followed with similar letters are not different at 5% level of probability based on LSD test. Co: (Complete fertilizer), Ja: (Johnson nutrient solution), WVj: (Johnson nutrient solution and wood vinegar), WVC: (Micronutrient and Macronutrient and wood vinegar), WVma: (Macronutrient and wood vinegar), WVmi: (Micronutrient and wood vinegar).

در هر ستون میانگین هایی که دارای یک حرف مشترک هستند تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD ندارند. Co: (کود کامل)، Ja: (جانسون)، WVj: (محلول غذایی جانسون به همراه سرکه چوب)، WVC: (عنصرهای غذایی پرمصرف و کم مصرف به همراه سرکه چوب)، WVma: (عنصرهای غذایی پرمصرف به همراه سرکه چوب) و WVmi: (عنصرهای غذایی کم مصرف به همراه سرکه چوب).

جدول ۴- اثر محیط های کشت مختلف بر شاخص های رشدی گوجه فرنگی.

Table 4. The effect of different substrate on some growth indices of tomato.

تیمارها	ارتفاع گیاه	طول گره	قطر ساقه	تعداد گره در شاخه	تعداد برگ در بوته	وزن تر ساقه	وزن خشک ساقه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	حجم ریشه
Treatments	Plant height (cm)	Node length (cm)	Stem diameter (mm)	Number of node per plant	Number of leaves per plant	Fresh weight of stem (g)	Dry weight of stem (g)	Fresh weight of root (g)	Dry weight of root (g)	Root volume (cm ³)
غیرخاکی	143.72 ^a	12.22 ^a	4.88 ^a	19.77 ^a	16.88 ^a	158.50 ^a	15.94 ^a	46.27 ^a	3.55 ^a	39.72 ^a
Soilless										
خاک	106.94 ^b	8.94 ^b	4 ^b	18.77 ^a	15.22 ^b	106.67 ^b	10.72 ^b	21.22 ^b	1.61 ^b	13.05 ^b
Soil										

In each column means followed with similar letters are not different at 5% level of probability based on LSD test.

در هر ستون میانگین هایی که دارای یک حرف مشترک هستند تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

جدول ۵- اثر محیط‌های کشت مختلف بر شاخص‌های گل و میوه گوجه‌فرنگی.

Table 5. The effect of different substrate on flower and fruit indices of tomato.

تیمارها Treatments	تعداد گل در بوته Number of flowers per plant	تعداد میوه در بوته Number of fruit per plant	متوسط وزن میوه Average fruit weight (g)	وزن مجموع میوه‌های برداشت شده Total weight of harvested fruits (g)	وزن خشک میوه Dry weight of fruit (g)	قطر میوه Fruit diameter (mm)
غیرخاکی Soilless	15.27 ^a	8 ^a	6.27 ^a	40.11 ^a	2.77 ^a	16.44 ^a
خاک Soil	9.27 ^b	3 ^b	2.77 ^b	10.94 ^b	0.50 ^b	12.05 ^a

In each column means followed with similar letters are not different at 5% level of probability based on LSD test.

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

جدول ۶- اثر محیط‌های کشت مختلف بر شاخص‌های فتوسنتزی و غلظت پتاسیم گوجه‌فرنگی.

Table 6. The effect of different substrate on photosynthetic indices and potassium concentration of tomato.

تیمارها Treatments	شاخص سبزیگی Greenness index	فتوسنتز Photosynthesis ($\mu\text{MCO}_2\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$)	تعرق Transpiration ($\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$)	مقاومت روزنه‌ای Stomatal resistance ($\text{MmH}_2\text{O}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$)	CO ₂ داخل روزنه Internal CO ₂ ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)	پتاسیم Potassium (mg/g DW)
غیرخاکی Soilless	7.94 ^a	4.92 ^a	1.19 ^b	0.12 ^a	249.72 ^b	11.39 ^a
خاک Soil	6.50 ^b	3.78 ^b	1.43 ^a	0.03 ^b	330.72 ^a	11.44 ^a

In each column means followed with similar letters are not different at 5% level of probability based on LSD test.

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

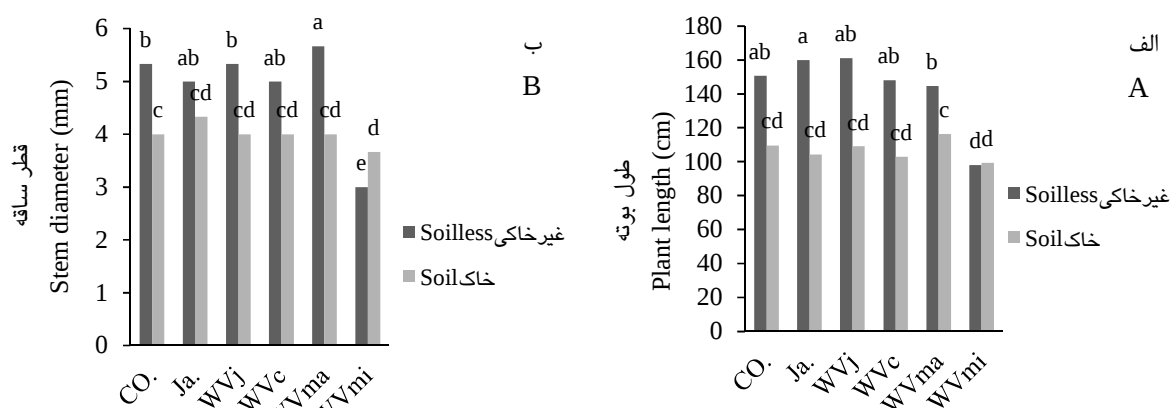


Fig. 1. The interaction effect of different substrate and fertilizer composition on the plant height (a) and stem diameter (b) of tomato. Co: (Complete fertilizer), Ja: (Johnson nutrient solution), WVj: (Johnson nutrient solution and wood vinegar), WVC: (Micronutrient and Macronutrient and wood vinegar), WVma: (Macronutrient and wood vinegar), WVmi: (Micronutrient and wood vinegar).

شکل ۱- برهمکنش بسترهای کشت و محلول‌های کودی بر طول بوته (الف) و قطر ساقه (ب) گوجه‌فرنگی. CO: (کود کامل)، Ja: (جانسون)، WVj: (محلول غذایی جانسون به همراه سرکه چوب)، WVC: (عنصرهای غذایی پرمصرف و کم‌مصرف به همراه سرکه چوب)، WVma: (عنصرهای غذایی پرمصرف به همراه سرکه چوب) و WVmi: (عنصرهای غذایی کم‌مصرف به همراه سرکه چوب).

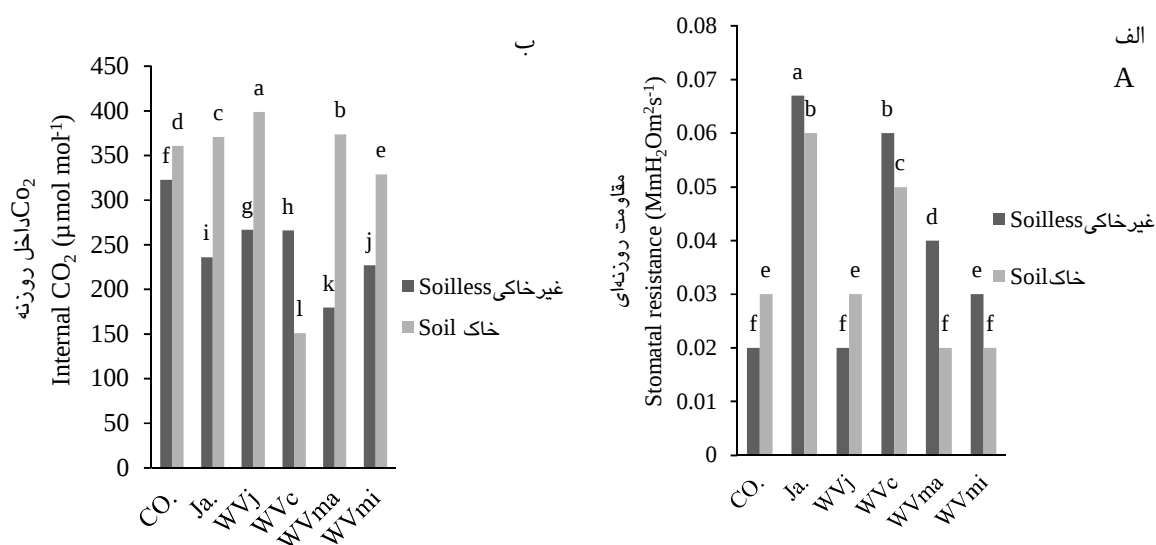


Fig. 2. The interaction effect of different substrate and fertilizer composition on the stomatal resistance (a) and internal CO₂ (b). Co: (Complete fertilizer), Ja: (Johnson nutrient solution), WVj: (Johnson nutrient solution and wood vinegar), WVC: (Micronutrient and Macronutrient and wood vinegar), WVma: (Macronutrient and wood vinegar), WVmi: (Micronutrient and wood vinegar).

شکل ۲- برهمکنش بسترهای کشت و محلول‌های کودی بر مقاومت روزنه‌ای (الف) و دی‌اکسید کربن داخل روزنه (ب)، CO: (کود کامل)، Ja: (جانسون)، WVj: (محلول غذایی جانسون به همراه سرکه چوب)، WVC: (عنصرهای غذایی پرمصرف و کم‌مصرف به همراه سرکه چوب)، WVma: (عنصرهای غذایی پرمصرف به همراه سرکه چوب) و WVmi: (عنصرهای غذایی کم‌مصرف به همراه سرکه چوب).

: (عنصرهای غذایی کم مصرف به همراه سرکه چوب) WVmi: (عنصرهای غذایی پر مصرف به همراه سرکه چوب) و WVma چوب)،

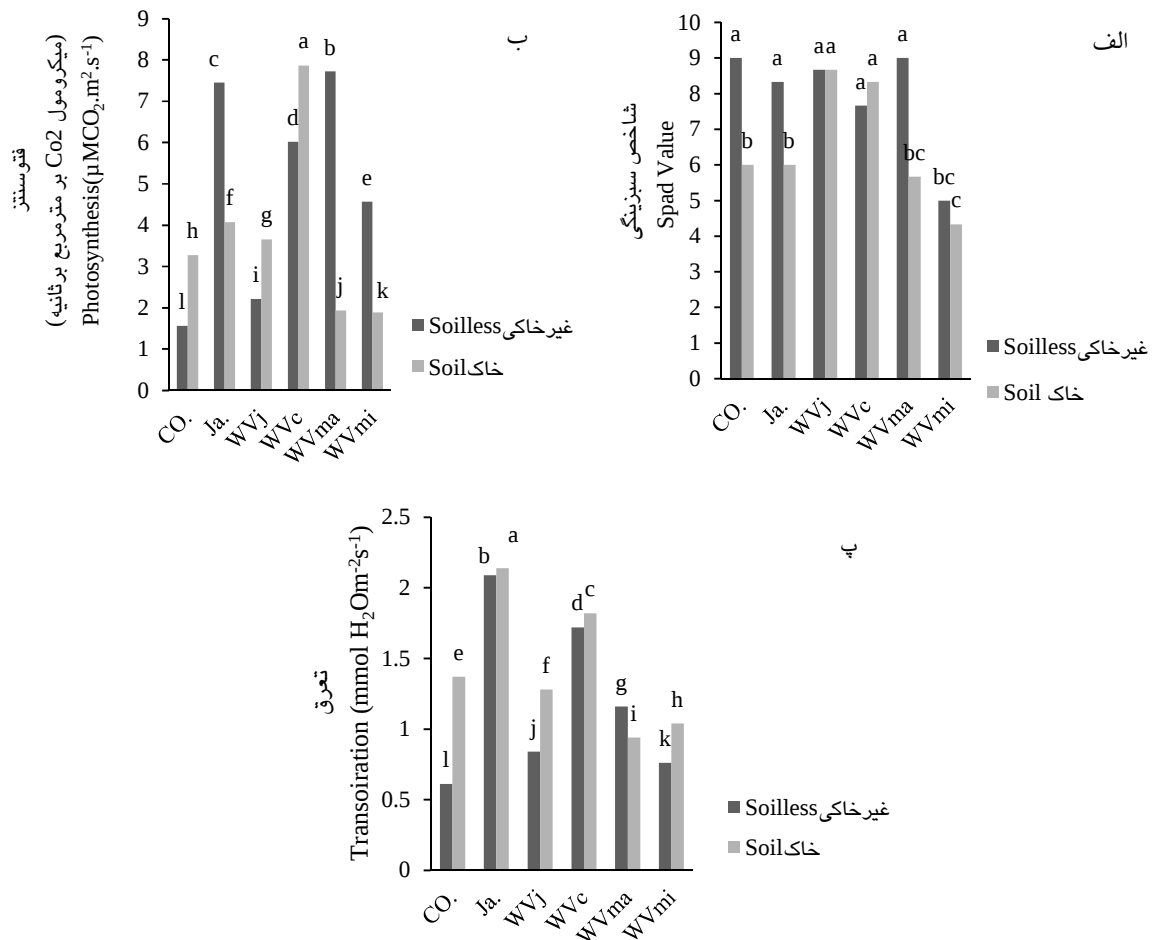


Fig. 3. The interaction effect of different substrate and fertilizer composition on SPAD value (a), photosynthesis (b) and transpiration (c). Co: (Complete fertilizer), Ja: (Johnson nutrient solution), WVj: (Johnson nutrient solution and wood vinegar), WVC: (Micronutrient and Macronutrient and wood vinegar), WVma: (Macronutrient and wood vinegar), WVmi: (Micronutrient and wood vinegar).

شکل ۳- برهمکنش بسترهای کشت و محلول‌های کودی بر شاخص سبزی‌نگی (الف)، شاخص فتوسنتز (ب) و تعرق (پ) Co: (کود کامل)، Ja: (جانسون)، WVj: (محلول غذایی جانسون به همراه سرکه چوب)، WVC: (عنصرهای غذایی پر مصرف و کم مصرف به همراه سرکه چوب)، WVma: (عنصرهای غذایی کم مصرف به همراه سرکه چوب) و WVmi: (عنصرهای غذایی کم مصرف به همراه سرکه چوب).

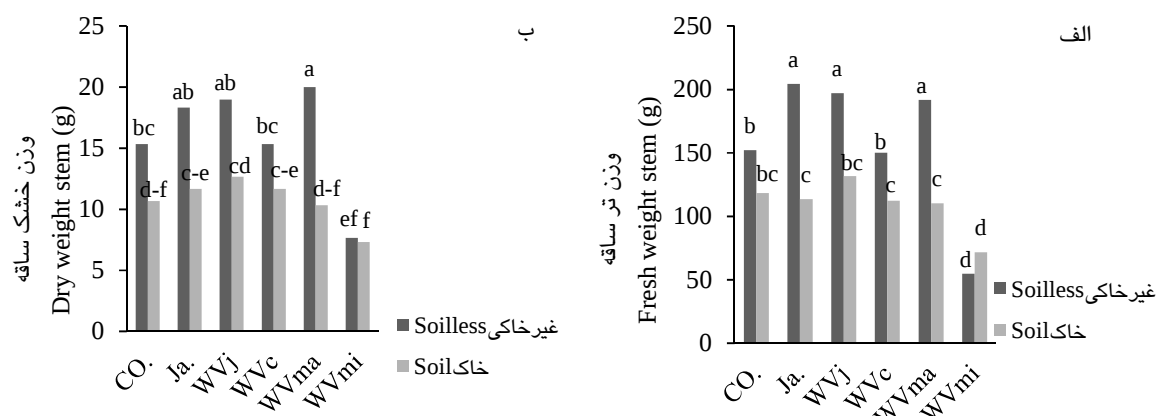


Fig. 4. The interaction effect of different substrate and fertilizer composition on fresh weight (a) and dry weight of shoot (b). Co: (Complete fertilizer), Ja: (Johnson nutrient solution), WVj: (Johnson nutrient solution and wood vinegar), WVc: (Micronutrient and Macronutrient and wood vinegar), WVma: (Macronutrient and wood vinegar), WVmi: (Micronutrient and wood vinegar).

شکل ۴- برهمکنش بسترهای کشت و محلول‌های کودی بر وزن تر ساقه (الف) و وزن خشک ساقه (ب). CO: (کود کامل)، Ja: (جانسون)، WVj: (محلول غذایی جانسون به همراه سرکه چوب)، WVc: (عنصرهای غذایی پرمصرف و کم‌مصرف به همراه سرکه چوب)، WVma: (عنصرهای غذایی پرمصرف به همراه سرکه چوب) و WVmi: (عنصرهای غذایی کم‌مصرف به همراه سرکه چوب).

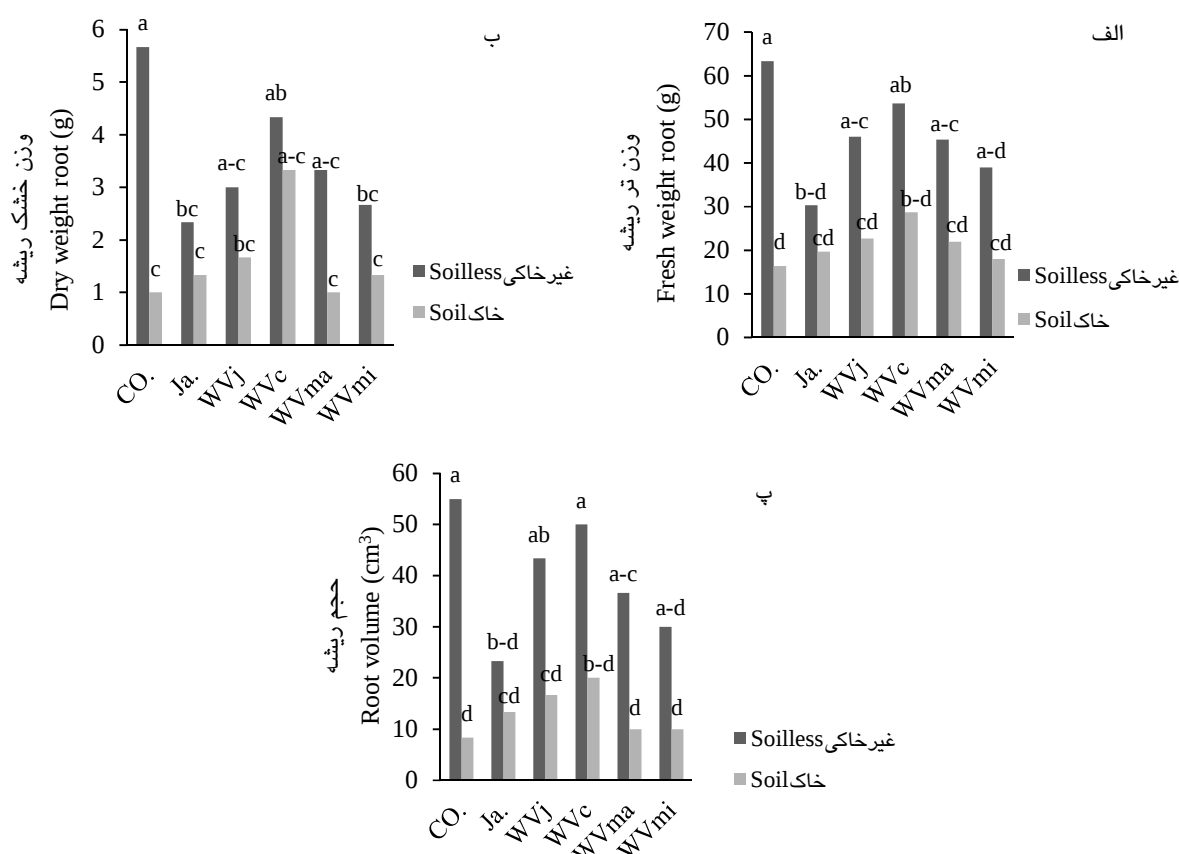


Fig. 5. The interaction effect of different substrate and fertilizer composition on fresh weight root (a), dry weight of root (b) and root volume (c). Co: (Complete fertilizer), Ja: (Johnson nutrient solution), WVj: (Johnson nutrient

solution and wood vinegar), WVc: (Micronutrient and Macronutrient and wood vinegar), WVma: (Macronutrient and wood vinegar), WVmi: (Micronutrient and wood vinegar).
 شکل ۵- برهمکنش بسترهای کشت و محلول‌های کودی بر وزن تر ریشه (الف)، وزن خشک ریشه (ب) و حجم ریشه (پ): Co. (کود کامل)، Ja. (جانسون)، WVj: (محلول غذایی جانسون به همراه سرکه چوب)، WVc: (عنصرهای غذایی پرمصرف و کم مصرف به همراه سرکه چوب)، WVma: (عنصرهای غذایی پرمصرف به همراه سرکه چوب) و WVmi: (عنصرهای غذایی کم مصرف به همراه سرکه چوب).

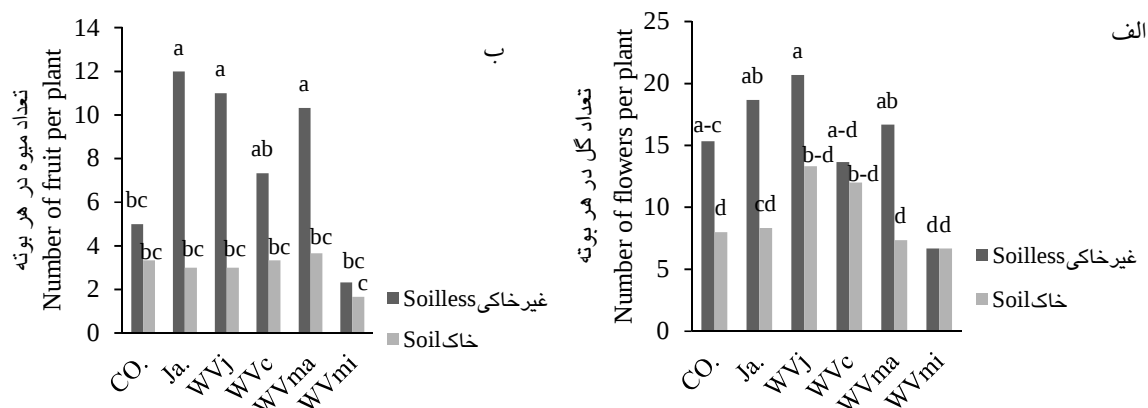


Fig. 6. The interaction effect of different substrate and fertilizer composition on number of flowers (a) and number of fruit (b) per plant. Co: (Complete fertilizer), Ja: (Johnson nutrient solution), WVj: (Johnson nutrient solution and wood vinegar), WVc: (Micronutrient and Macronutrient and wood vinegar), WVma: (Macronutrient and wood vinegar), WVmi: (Micronutrient and wood vinegar).

شکل ۶- برهمکنش بسترهای کشت و محلول‌های کودی بر تعداد گل در هر بوته (الف) و تعداد میوه در هر بوته (ب): Co. (کود کامل)، Ja. (جانسون)، WVj: (محلول غذایی جانسون به همراه سرکه چوب)، WVc: (عنصرهای غذایی پرمصرف و کم مصرف به همراه سرکه چوب)، WVma: (عنصرهای غذایی پرمصرف به همراه سرکه چوب) و WVmi: (عنصرهای غذایی کم مصرف به همراه سرکه چوب).

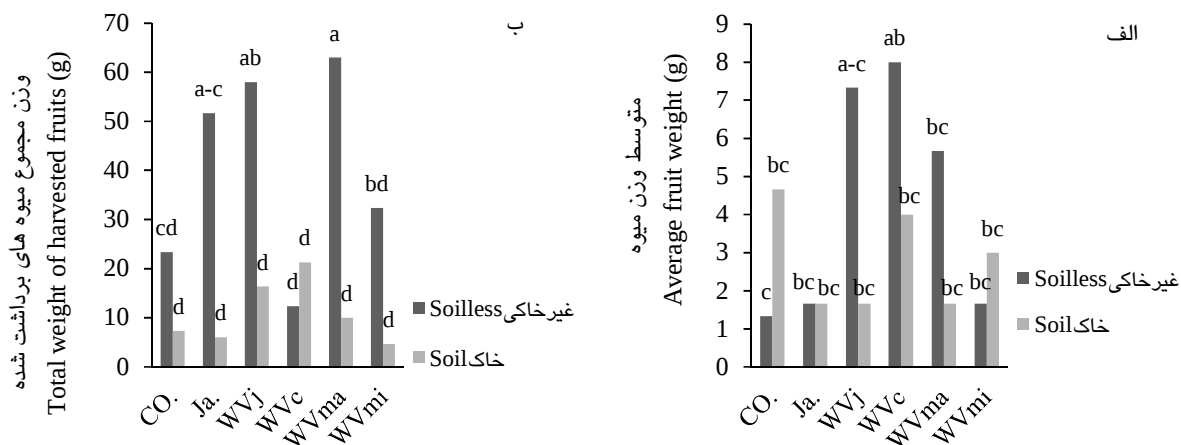


Fig. 7. T The interaction effect of different substrate and fertilizer composition on average fruit weight (a) and total weight of harvested fruits (b). Co: (Complete fertilizer), Ja: (Johnson nutrient solution), WVj: (Johnson nutrient solution and wood vinegar), WVc: (Micronutrient and Macronutrient and wood vinegar), WVma: (Macronutrient and wood vinegar), WVmi: (Micronutrient and wood vinegar).

شکل ۷- برهمکنش بسترهای کشت و محلول های کودی بر متوسط وزن میوه (الف) و وزن مجموع میوه های برداشت شده (ب): Co: (کود کامل)، Ja: (جانسون)، WVj: (محلول غذایی جانسون به همراه سرکه چوب)، WVC: (عنصرهای غذایی پرمصرف و کم مصرف به همراه سرکه چوب)، WVma: (عنصرهای غذایی پرمصرف به همراه سرکه چوب) و WVmi: (عنصرهای غذایی کم مصرف به همراه سرکه چوب).

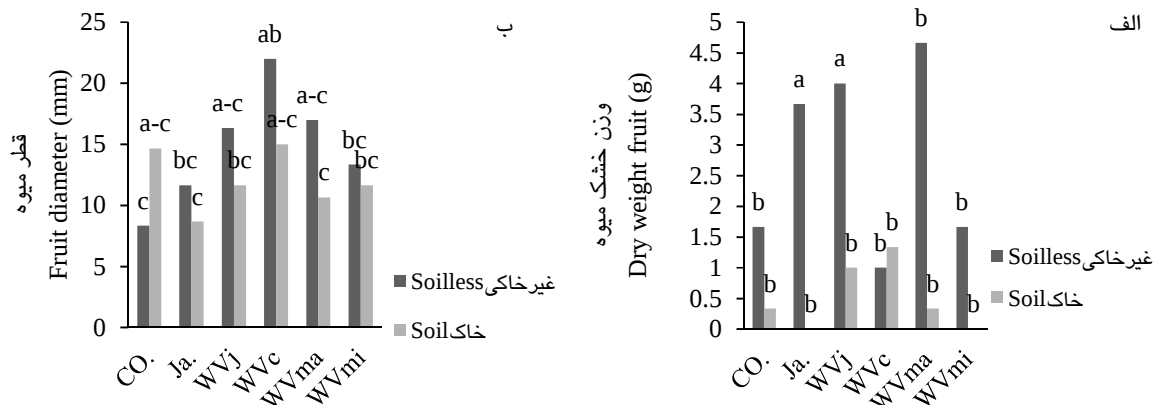


Fig. 8. The interaction effect of different substrate and fertilizer composition on dry weight (a) and diameter (b) of fruit. Co: (Complete fertilizer), Ja: (Johnson nutrient solution), WVj: (Johnson nutrient solution and wood vinegar), WVC: (Micronutrient and Macronutrient and wood vinegar), WVma: (Macronutrient and wood vinegar), WVmi: (Micronutrient and wood vinegar).

شکل ۸- برهمکنش بسترهای کشت و محلول های کودی بر وزن خشک میوه (الف) و میانگین قطر میوه (ب): Co: (کود کامل)، Ja: (جانسون)، WVj: (محلول غذایی جانسون به همراه سرکه چوب)، WVC: (عنصرهای غذایی پرمصرف و کم مصرف به همراه سرکه چوب)، WVma: (عنصرهای غذایی پرمصرف به همراه سرکه چوب) و WVmi: (عنصرهای غذایی کم مصرف به همراه سرکه چوب).

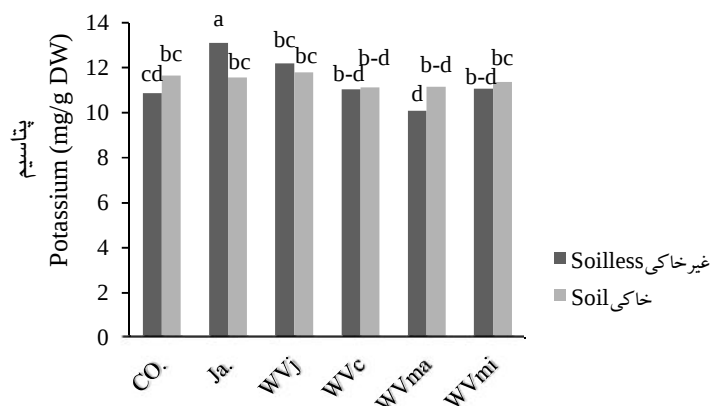


Fig. 9. The interaction effect of different substrate and fertilizer composition on Potassium concentration. Co: (Complete fertilizer), Ja: (Johnson nutrient solution), WVj: (Johnson nutrient solution and wood vinegar), WVC: (Micronutrient and Macronutrient and wood vinegar), WVma: (Macronutrient and wood vinegar), WVmi: (Micronutrient and wood vinegar).

شکل ۹- برهمکنش بسترهای کشت و محلول های کودی بر مقدار پتاسیم Co: (کود کامل)، Ja: (جانسون)، WVj: (محلول غذایی جانسون به همراه سرکه چوب)، WVC: (عنصرهای غذایی پرمصرف و کم مصرف به همراه سرکه چوب)، WVma: (عنصرهای غذایی پرمصرف به همراه سرکه چوب) و WVmi: (عنصرهای غذایی کم مصرف به همراه سرکه چوب).

بحث

سرکه چوب دارای ماده‌هایی همچون متانول و فورفورال است که می‌تواند به‌عنوان تسریع‌کننده رشد یا افزایش‌دهنده رشد در گیاه محسوب گردد. از طرفی باوجود ماده‌های دیگر همانند فنول و کریوزول محققان بیان نمودند که سرکه چوب می‌تواند به‌صورت مهارکننده رشد نیز عمل نماید و سبب کاهش رشد گردند (۱۹). این نتیجه هم‌سو با نتیجه‌های به‌دست‌آمده در این آزمایش انجام‌گرفته و فاکتورهای مختلف اندازه‌گیری شده است. به نظر می‌رسد با افزایش تیمار سرکه چوب تعادل ترکیب‌های گیاهی همچون تنظیم‌کننده‌های رشد تغییر نموده و بر مقدار رشد گیاه تأثیر می‌گذارد که با افزایش طول ساقه، مقدار وزن تر و آن وزن خشک افزایش می‌یابد. پژوهش‌ها حاکی از آن است که استفاده از سرکه چوب سبب افزایش مقدار وزن تر گیاه و میوه به نسبت شاهد می‌گردد (۱۱). تاکنون بررسی‌های کافی در مورد سازوکار این ماده انجام نشده است. در پژوهشی، Mungkunkamchao و همکاران (۱۱) اعلام کردند که با کاربرد سرکه چوب، عملکرد در گوجه‌فرنگی افزایش پیدا نمود و همچنین وزن کل بوته خشک، تعداد میوه، وزن میوه‌های تازه، وزن خشک میوه‌ها و همچنین عنصرهای موجود در گیاه به‌طور قابل توجهی افزایش یافت. همچنین در تحقیقات انجام‌شده در مورد استفاده از سرکه چوب مشخص گردید که ماده مذکور سبب افزایش رشد در گیاهان می‌گردد. سرکه چوب در توسعه دانهال ذرت (۴)، تربچه، حبوبات (۹) و گوجه‌فرنگی (۱۳) اثر به‌سزایی را به‌همراه دارد و پژوهشگرانی همچون Kulkarni و همکارانش (۱۰) این موضوع را در محصول گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای تأیید نموده‌اند. در بررسی دیگر که روی نیشکر بهاره انجام شد دریافتند که تولید ماده خشک، رشد ریشه، عملکرد، تعداد ساقه، طول ساقه، قطر ساقه و قند محلول در ساقه با کاربرد آمیخته‌ای از سرکه چوب و زغال افزایش یافت. سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ، مقدار نفوذ ریشه نیز برتری محسوسی را نسبت به شاهد نشان داده است (۷). در پژوهش به‌عمل‌آمده مشخص شد درصد محتوای آب نسبی بافت در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر در هر دو گیاه بالاترین مقدار را دارا می‌باشد، با اندازه‌گیری نشت یونی در تیمارهای مختلف نتیجه‌ها نشان داد که در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر گیاه خود را برای سازوکار مقابله با تنش نسبت به دیگر تیمارها بیشتر آماده نموده است. نتیجه‌های مشاهده‌های این پژوهش در مورد اثرهای ضد قارچی با پژوهش استفاده از سرکه چوب در خزانه درختان جنگلی هم‌سو می‌باشد. سرکه چوب را در خزانه درختان جنگلی همچون *Swietenia mahagoni*، *Shorea leprosula* به‌صورت تیمارهای مختلف در یک دوره ۲ ماهه به فاصله دو هفته اسپری گردید و این عمل سبب رشد بهتر گیاهان شد. نتیجه‌ها نشان داد که اسپری سرکه چوب بر گیاهان به‌ویژه ساج در تیمار ۱٪ تا ۲٪ سبب افزایش و بهبود رشد گردید و همچنین صد در صد گیاهچه‌ها به نهال تبدیل شد درحالی که ۱۰٪ از گیاهان شاهد از بین رفتند. با توجه به طول و تعداد برگ گیاه *Swietenia sp.* پاسخ رشد بهتری را در مقایسه با گیاهانی که محلول پاشی نشده بودند، نشان داد. استفاده از سرکه چوب در کشاورزی توسط کشاورزان بومی آسیای شرقی در کشت‌هایی همانند برنج، خیار، لوبیا، گوجه‌فرنگی و دیگر سبزی‌ها نشان داد سرکه چوب می‌تواند به‌عنوان یک حشره‌کش یا دورکننده حشره‌ها نیز کاربرد داشته باشد (۱۲). یکی از اثرهای مثبت سرکه چوب را می‌توان در افزایش رشد گیاهان دید که این ویژگی را در عمل به ترکیب‌های متانول و فورفورال موجود در آن نسبت می‌دهند (۱۲). در پژوهش‌های دیگر هم پژوهشگران اثرهای مثبت سرکه چوب بر رشد گیاهان را مشاهده کرده‌اند (۱۴). سرکه چوب شامل ۱۵ عنصر از عنصرهای پرمصرف و کم‌مصرف شامل کلسیم، کادمیم، کروم، مس، آهن، پتاسیم، منگنز، آلومینیوم، سدیم، روی، آرسنیک، مولیبدن، فسفر، سرب و بور می‌باشند (۲۰) که بیشتر این عناصر در فعالیت‌های حیاتی گیاه و افزایش فتوسنتز تأثیر به‌سزایی دارند. از سوی دیگر، ترکیب‌های تحریک‌کننده باعث تحریک رشد گیاه می‌شوند و نتیجه‌های پژوهش حاضر نیز نشان می‌دهد که WV_j باعث بیشترین وزن تر و خشک شاخساره، طول بوته و گره شده است. نتیجه‌ها نشان می‌دهد که طول بوته و گره، تعداد گره و قطر ساقه در WV_{mi} کاهش داشت. سرکه چوب افزون بر داشتن ماده‌های مغذی حاوی بیش از ۲۰۰ ترکیب می‌باشد که گمان می‌رود ترکیب‌های فنولی در سرکه چوب سبب سمیت در گیاه و کاهش رشد می‌گردد. به همین دلیل کاربرد سرکه چوب در غلظت‌های بالا برای گیاه سمی است و سبب کندی رشد گیاه می‌گردد (۳). در پژوهشی Yamato و همکاران (۱۸) به این نتیجه رسیدند که حجم، سطح و طول ریشه در خیار و ریحان با افزایش تیمار سرکه چوب افزایش یافته است و کاربرد خاکی سرکه چوب سبب افزایش ریزجانداران خاک شده و باعث گسترش

ریشه گیاه می‌گردد اما در غلظت‌های بالا به دلیل وجود ماده‌های سمی تأثیر عکس دارد. زنجبیل سفید از جمله گیاهانی است که با سرکه چوب تیمار شد و پاسخ‌های رشدی مثبتی را از خود نشان داد به طوری که ارتفاع، طول برگ و تعداد جوانه ساقه در مقایسه با شاهد افزایش داشت (۳). به کارگیری سرکه چوب و زغال در گیاه نیشکر تابستانه باعث افزایش طول و تعداد ساقه، مقدار ماده خشک، مقدار قند و گسترش ریشه شد (۱۶). در پژوهشی، Mungkunkamchao و همکاران (۱۱) اعلام کردند با کاربرد سرکه چوب تعداد میوه، وزن خشک میوه و وزن میوه‌های تازه نسبت به شاهد افزایش یافت. فتوسنتز تعیین کننده اصلی رشد و عملکرد گیاهان است. افزایش مقاومت روزنه‌ای سبب کاهش فتوسنتز می‌گردد و در نتیجه بر عملکرد تأثیر می‌گذارد. پایین بودن سرعت فتوسنتز را می‌توان به افزایش مقاومت روزنه‌ای از راه بسته بودن روزنه‌ها برای کاهش اتلاف آب از راه تعرق نسبت داد. کاهش فتوسنتز نتیجه هدایت روزنه‌ای کمتر، حذف مرحله‌های سازوکار ویژه در جذب کربن، ممانعت ظرفیت فتوسنتزی، تشکیل نشدن کامل و مناسب کلروپلاست، ناپایداری کمپلکس‌های پروتئینی، رنگدانه‌ای و به هم ریختن ساختمان سبزینه و تغییر در تعداد و ترکیب کاروتنوئید می‌باشد.

نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد در بیشتر ویژگی‌های مربوط به میوه مانند تعداد میوه، قطر میوه و وزن خشک میوه WVz و $WVma$ اثر مشابهی داشته است. با توجه به هزینه کمتر و استفاده از کودهای شیمیایی در WVz و $WVma$ این دو ترکیب برای گوجه فرنگی قابل پیشنهاد است. با توجه به نتیجه‌های به دست آمده در بستر غیر خاکی نسبت به خاکی به نظر می‌رسد اثرهای مطلوب این بستر سبک در گسترش ریشه‌ها باعث بهبود همه ویژگی‌های وزن خشک و تر ریشه، وزن تر و خشک ساقه، طول بوته و گره، حجم ریشه و قطر ساقه، وزن خشک میوه، متوسط وزن میوه، وزن کل، تعداد میوه و تعداد گل نسبت به خاک شده است. بنابراین استفاده از این دو فرمولاسیون در کشت بدون خاک نسبت به خاکی بیشتر پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مسئولین و کارکنان محترم شرکت معین زیست آریا به دلیل فراهم آوردن ماده سرکه چوب لازم برای انجام این پژوهش، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌شود.

References

منابع

۱. احمدی، ع. و د. آ. بیکر. ۱۳۷۹. عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای محدودکننده فتوسنتز در گندم در شرایط تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۱(۴): ۸۱۳-۸۲۵.
۲. اخوان، س.، م. شعبانپور و م. اصفهانی. ۱۳۹۱. اثر تراکم خاک و بافت خاک بر رشد ریشه و اندام هوایی گندم. مجله آب و خاک، ۲۶(۳): ۷۳۵-۷۲۷.
۳. عبدالحی پور، ب. ۱۳۹۴. تأثیر سرکه چوب کاج بر خصوصیات جوانه‌زنی، رشد رویشی و زایشی خیار و ریحان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۷۸ ص.
4. Daly, M. and D. Stewart. 1999. Influence of "Effective MicroOrganisms" (EM) on vegetable production and carbon mineralization a preliminary investigation. J. Sustain. Agr. 14: 15-25.
5. Fisher, R., D. Rees, K. Sayre, Z. Lu, A. Candon and A. Saavedra. 1998. Wheat yield progress associated with higher stomata conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. Crop Sci. 38:1467-1475.
6. Hwang, Y.Y. Matsushita, K. Sugamoto and T. Matsui. 2005. Antimicrob effect of the wood vinegar from *Cryptomenia japonica* sapwood on plant pathogenic microorganisms. J. Microbial Biotechnol. 15(5): 1106-1109.
7. Ishimine, Y. and E. Tsuzuki. 1994. Effects of the mixture of charcoal with pyroligneous acid on cane and sugar yield of spring and ratoon crops of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). Jpn. J. Trop. Agr. 38: 281-285.
8. Kadota, M.T. Hirano, K. Imizu and Y. Niimi. 2002. Pyroligneous acid improves in vitro rooting of Japanese pear cultivars. HortScience, 37: 194-195.

9. Kamla, N.V. Limpinuntana, S. Ruaysoongnern and R.W. Bell. 2008. Role of fermented bio-extracts produced by farmers on growth, yield and nutrient contents in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) in northeast Thailand. Biol. Agr. Hort. 25:353-368.
10. Kulkarni, M.G., G.D. Ascough and J. Van Staden. 2007. Effects of foliar applications of smoke-water and a smoke-isolated butenolide on seedling growth of okra and tomato. HortScience, 42: 179-182.
11. Mungkunkamchao, T., T. Kesmala, S. Pimratch, B. Toomsan and D. Jothityangkoon. 2013. Wood vinegar and fermented bioextracts: Natural products to enhance growth and yield of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Sci. Hort. 154: 66-72.
12. Nurhayati, T., H. Roliadi and N. Bermawie. 2005. Production of Mangium (*Acacia mangium*) Wood vinegar and its utilization. J. For. Res. 2(1): 13 – 25.
13. Sangakkara, U. and T. Higa. 1994. Effect of EM on the growth and yield of selected food crops in Sri Lanka. Proceedings of the 2nd International Conference on Kyusei Nature Farming. USDA. Washington. DC. USA. pp. 118-124.
14. Shirakawa, N., T. Ichikawa, R. Koyama, H. Taniguchi, S. Honma and S. Terada. 1995. Effect of pyroligneous acid on the growth of Rice. Agr. Hort. 70: 806-808.
15. Tiilikkala, K., L. Fagernas and J. Tiilikkala. 2010. History and use of wood pyrolysis liquids as biocide and plant protection product. Open Agric. J. 4: 111-118.
16. Uddin, S., Y. Murayama, Y. Ishimine and E.H. Tsuzuki. 1995. Effect of the mixture of charcoal with pyroligneous acid on dry matter production and root growth of summer planted sugarcane. Jpn. J. Crop. Sci. 64: 747-753.
17. Verona, C. and F. Calcagno. 1991. Study of stomatal parameters for selection of drought resistant varieties in *Triticum durum*. Euphytica, 57: 275-283.
18. Yamato, M., Y. Okimori, I.F., Wibowo, S. Anshori and M. Ogawa. 2006. Effect of the application of charred bark of *Acacia mangium* on the yield of mize, Cowpea and peanut and soil chemical properties in south sumatra indonesia. Soil Sci. Plant Nutr. 52: 489-495.
19. Yatagai, M. and G. Unrinin. 1989. Germination and growth regulation effects of wood vinegar components and their homologs on plant seeds - acids and neutrals. Mokuzai. Gakkaish. 35: 564–571.
20. Zulkarami, B., M. Ashrafuzzaman, M.O. Husni and M.R. Ismail. 2011. Effect of pyroligneous acid on growth, yield and quality improvement of rockmelon in soilless culture. Aust. J. Crop Sci. 5(12): 1508-1514.

Effect of Organic Fortified Wood Vinegar on Greenhouse Tomato Growth in Two Soil and Soilless Media

M. Haghighi*¹ and M. Sourani

The present study was conducted at Isfahan University of Technology greenhouses on tomato (*Solanum lycopersicum* cv. Chef) as a factorial experiment in completely randomized design with six treatments and four replications including: complete fertilizer 20:20:20, Johnson's solution, Johnson's solution with wood vinegar, Johnson's micronutrients and macronutrients with wood vinegar, macronutrients nutrients with wood vinegar, and micronutrients with wood-vinegar, in two soilless (Cocopeat-Perlite 1 to 1 ratio) and soil. Results showed that stomatal resistance and transpiration in Johnson's solution increased the highest amount and photosynthesis of Johnson's macro and micronutrient elements along with wood vinegar. Greenness index was the highest in Johnson's solution with wood vinegar and Johnson's macro and micro nutrient elements with wood vinegar. Plant height in whole manure, Johnson's nutrient solution, Johnson's nutrient solution with wood vinegar and micronutrient elements Johnson did not change significantly in cocopit medium and in macronutrient elements with wood-based vinegar and micronutrient elements Wood vinegar decreased and was lower in all treatments in soil. Root volume and root weight in complete fertilizer treatment, Johnson's nutrient solution with wood vinegar, Johnson's nutrient and low nutrient content with wood vinegar, and nutrient intake with wood vinegar in cocopeat medium and root dry weight in complete fertilizer treatment Johnson's with wood vinegar, macro and micronutrients consumption of Johnson's wood vinegar, and high consumption of wood vinegar with wood vinegar were the highest in the cocopeat medium. The highest yield was obtained in the treatment of Johnson's nutrient solution, Johnson's solution with wood vinegar, and nutrient intake with wood vinegar in the soilless culture and the lowest in all soil medium.

Keywords: Photosynthetic changes, Organic fertilizer, Organic culture, Johnson solution.

1. Associate Professor and former MSc. student, Department of Horticulture, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, respectively.

* Corresponding author, Email: (mhaghighi@cc.iut.ac.ir).