

تأثیر منابع تغذیه ای مختلف بر عملکرد و تولید غده سیب زمینی تحت کشت های آثروپونیک و هیدروپونیک

شعله شکری^۱ و محمودرضا تدین^{۱*}

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۴/۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۳)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر محلول های غذایی مختلف بر عملکرد و تولید ریزغده های سیب زمینی، در دو سیستم آثروپونیک و هیدروپونیک، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۴ به اجرا در آمد. عامل اصلی شامل محیط کشت (آثروپونیک و هیدروپونیک) و عامل های فرعی شامل محلول غذایی (شاهد، اتازو، اتازو+ اسید هیومیک، اتازو+ میکوریزا، چای کمپوست، چای کمپوست+ اسید هیومیک و چای کمپوست+ میکوریزا) بودند. نتایج نشان داد که تعداد غده، عملکرد غده و وزن خشک ریشه در کشت آثروپونیک به طور معنی داری بیشتر از کشت هیدروپونیک بود. میانگین وزن غده و وزن خشک اندام هوایی در کشت هیدروپونیک به طور معنی داری بیشتر از کشت آثروپونیک بود. تأثیر برهمکنش تیمارهای سیستم های کشت و محلول های غذایی بر تعداد غده، میانگین وزن غده و عملکرد غده، تحت تیمار چای کمپوست+ میکوریزا در سیستم آثروپونیک بیشترین بود. عملکرد غده تحت تأثیر تیمار کودی چای کمپوست+ میکوریزا تفاوت معنی داری با عملکرد غده تحت تیمار کودی چای کمپوست+ اسید هیومیک نداشت. وزن خشک اندام هوایی در سیستم هیدروپونیک تحت تیمار کودی چای کمپوست+ میکوریزا بیشترین مقدار بود. وزن خشک ریشه تحت تیمار کودی چای کمپوست و چای کمپوست+ اسید هیومیک در سیستم آثروپونیک بیشترین مقدار بود. در مجموع، نتایج نشان داد که تأمین نیازهای غذایی با میکوریزا و چای کمپوست در سیستم کشت آثروپونیک، باعث افزایش تعداد غده، عملکرد غده و وزن خشک اندام هوایی شد و تیمار چای کمپوست+ اسید هیومیک تأثیر بیشتری بر رشد ریشه و تشکیل غده داشت.

کلمات کلیدی: طول ساقه، طول ریشه، وزن ریشه، تعداد غده

مقدمه

به شمار می رود (۵). با توجه به این که در بسیاری از گیاهان زراعی، به ویژه سیب زمینی، بیماری ها، به ویژه ویروس ها، سهم به سزایی در کاهش عملکرد و کیفیت محصول دارند، ایجاد گیاهچه های سالم و ریزغده عاری از ویروس و ازدیاد و تکثیر

سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) از جمله مهمترین گیاهان تیره سیب زمینی (Solanaceae) است. این گیاه از نظر اهمیت غذایی در ایران، سومین محصول پس از گندم و برنج

۱. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

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

تیمارهای غنی شده با چای کمپوست در مقایسه با سایر تیمارها از لحاظ دارا بودن نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در (برتر بودند. *Vigna unguiculata* L. لوییا چشم بلبلی) تکنیک تخمیر کمپوست مایع، اصولاً فرایند هوازی است. این تخمیر سبب استخراج و رشد تعدادی از میکروارگانیسم های فعال می‌گردد. اجزای تشکیل دهنده چای کمپوست معمولاً شامل مواد مغذی قابل حمل، مواد هیومیک، باکتری پنسیلیوم، سرتیا، سودوموناس، باسیلوس، قارچ‌ها، مخمرها، نامتدها، پروتوزوآها، متابولیت‌های میکروبی و آنتاگونیسم‌های شیمیایی مانند فنل‌ها و آمینواسیدها می‌باشد (۱۵). در مجموع، چای کمپوست با نفوذپذیر نمودن و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، منجر به تولید گیاهانی قوی و سالم شده و میزان مصرف آب، کود شیمیایی و سموم آفت‌کش را به طور چشم‌گیری کاهش می‌دهد (۲۵).

در کشاورزی، عملکرد و افزایش کیفیت محصول اهمیت زیادی دارد. همچنین، محدودیت تأمین آب در جهان هر روز بیشتر می‌شود. با توجه به بررسی‌های انجام شده، استفاده از سیستم آئروپونیک و هیدروپونیک باعث افزایش عملکرد، در مقایسه با کشت‌های مرسوم، می‌گردد. همچنین، از آلودگی به بیماری‌ها و علف‌های هرز در این سیستم‌ها جلوگیری می‌شود و به دلیل چرخشی بودن مصرف آب و کود، در مصرف آب صرفه‌جویی می‌گردد. استفاده از نهاده‌های زیستی و کاربرد مواد آلی برای بهبود کیفیت محصولات کشاورزی همراه با افزایش مقدار تولید و کمیت آن بدون افزایش سطح زیر کشت از مسائل مهم در کشت‌های هیدروپونیک و آئروپونیک به شمار می‌آید. بر این اساس، این آزمایش با هدف ارزیابی و تحلیل دو سیستم کاشت سبب‌زمینی و تأثیر مواد آلی غذایی بر گیاه سبب‌زمینی، برای دستیابی به تولید غده‌ها و عملکرد بیشتر اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر، با هدف تولید غده بذری سبب‌زمینی به میزان

سریع آن‌ها در سطح وسیع از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (۳ و ۶). امروزه، تولید ریزغده جایگاه خود را در سیستم تولید بذر در سراسر جهان یافته است، به طوری که پلی میان تکثیر سریع در لوله‌های آزمایشگاهی با قطعات دارای جوانه و تولید غده‌های بذری در مزرعه تبدیل شده است (۲۱). یکی از روش های تولید غده‌ی بذری عاری از بیماری، تکثیر از طریق کشت آئروپونیک است. در این روش، توزیع آب و عناصر ضروری به ریشه گیاه توسط وسایل ریزکننده آب مثل مه‌پاش و بخارپاش انجام می‌شود. از مزایای این روش می‌توان به تهویه مناسب ریشه‌ها و کاهش ۹۵ درصدی مصرف آب اشاره کرد (۱۳). در این فناوری، برداشت غده منجر به مرگ گیاه نمی‌شود. در حالی که در سایر روش‌ها، از جمله تولید در بستر خاک، برداشت غده زمانی انجام می‌گیرد که رسیدگی فیزیولوژیک گیاه به اتمام رسیده باشد (۹). بنابراین، در روش آئروپونیک، ریزغده چندین بار برداشت می‌شود، بدون آن که آسیبی به گیاه برسد (۲).

کشاورزی وابسته به مواد شیمیایی از راه‌های مختلف باعث تخریب و زیان‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی می‌شود. از مشکلات کلیدی در اثر مصرف نهاده‌های pH تغییر در شیمیایی به عنوان حاصل‌خیزکننده‌ها می‌باشد (۲۶). چای کمپوست یک کود آلی و به‌دور از مشکلات ذکر شده می‌باشد، که عنصر غذایی را به تدریج آزاد می‌کند؛ در حالی که کودهای شیمیایی به سرعت عناصر غذایی را آزاد می‌کنند (۲۳). چای کمپوست یک ساختار آبیکی داشته و به سادگی از کمپوست کرمی استخراج می‌شود. در کشاورزی، استفاده از چای کمپوست هزینه‌های تولید مواد غذایی را به طور قابل توجهی در مقایسه با مصرف کودهای شیمیایی کاهش می‌دهد. در این دو طرفه‌ای، هم برای تولیدکنندگان و هم برای شرایط، منافع مصرف کنندگان، به دست می‌آید (۲۳). آرانکن و همکاران (۷)، در مطالعات خود نشان دادند که گیاهان تغذیه شده با چای کمپوست توانایی زیادی در جذب عناصر ماکرو و میکرو داشتند. در نتیجه، این گیاهان از شرایط بهبود توسعه ریشه برخوردار شدند. کومار و یوشاکو (۱۷)، گزارش نمودند که

جدول ۱. عناصر غذایی موجود در محلول غذایی اتازو

عنصر غذایی	نیترات پتاسیم	نیترات آمونیوم	کلسیم سوپر فسفات تریپل	سولفات منیزیم	کلات آهن ۶ درصد	اسید بوریک
میلی‌گرم در لیتر	۵/۴	۴/۴	۲/۶	۱	۱	۱

جدول ۲. مقادیر عناصر غذایی میکرو در محلول غذایی اتازو

ماده	اکسید منیزیم	گوگرد	آهن	منگنز	مس	روی	بور	مولیبدن
مقدار (%)	۹	۳	۴	۴	۱/۵	۱/۵	۰/۰۵	۱

زیاد و مداوم، در سیستم آتروپونیک، در گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه (دارای نور طبیعی و دمای ۲۴ درجه سلسیوس در روز و ۱۸ درجه سلسیوس در شب)، به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. در این طرح، عامل اصلی سیستم‌های کشت (آتروپونیک و هیدروپونیک) و عامل فرعی محلول غذایی (شاهد، اتازو، اتازو + اسید هیومیک، اتازو + میکوریزا، چای کمپوست، چای کمپوست + اسید هیومیک و چای کمپوست + میکوریزا) بود. غلظت عناصر غذایی موجود در محلول غذایی اتازو در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. برای تهیه چای کمپوست، ۴ کیلوگرم کمپوست در ۲۰ لیتر آب ریخته و به مدت ۴۸ ساعت با پمپ آکواریومی هوادهی گردید. محلول‌های غذایی اتازو و چای کمپوست به وسیله اسید کلریدریک در pH برابر ۵/۷ تنظیم شدند. در کشت آتروپونیک و هیدروپونیک، بعد از تهیه ریزغده‌های سالم، ریزغده‌ها در جعبه آزمایشی پر شده از پرلیت و کوکوپیت کاشته شدند. در هر جعبه، یک غده کشت شد. جهت کاربرد تیمار میکوریزا، غده‌ها با میکوریزا (*G. mosseae* و *Glomus intraradices*) تلقیح شدند. گونه فارچ میکوریزای مورد استفاده در این تحقیق، از کلینیک گیاه پزشکی آرگانیک اسدآباد تهیه شد. در داخل هر گرم خاک، ۱۲۰ عدد اسپور میکوریزا وجود داشت که دو گرم میکوریزا در کنار غده داخل جعبه حاوی کوکوپیت و پرلیت ریخته شد. جهت تولید ریزغده‌های سیب‌زمینی در سیستم هواکشت، از محفظه‌هایی استفاده شد. درون هر محفظه، نازل و سیستم مه‌پاش

نصب شد تا آب و مواد غذایی را به صورت پودر به سمت ریشه‌ها هدایت کند. روی هر باکس، یک صفحه یونولیتی قرار داده شد تا گیاهچه سیب‌زمینی روی یونولیت مستقر شود. روی یونولیت‌ها با فواصل ۱۰×۱۰ سانتی‌متر سوراخ‌هایی ایجاد شد و گیاهچه‌های سیب‌زمینی در درون این منافذ استقرار یافتند. محلول غذایی در درون مخازن ۲۰ لیتری قرار داشته و با استفاده از پمپ به سمت نازل هدایت شده و با استفاده از تایمرهای ویژه، محلول‌رسانی به ریشه کنترل شد. به ازای هر ۱۴ دقیقه، پمپ‌ها ۱۵ ثانیه روشن می‌شدند. همچنین، برای مقایسه دو سیستم کاشت، نشاهای سیب‌زمینی به صورت هیدروپونیک در گلدان‌های ۴ لیتری حاوی ۵۰٪ کوکوپیت و ۵۰٪ پرلیت کشت شدند.

با توجه به اینکه سرعت رشد بوته‌های سیب‌زمینی در سیستم‌های کاشت آتروپونیک و هیدروپونیک در مقایسه با روش کاشت مرسوم در خاک بیشتر است، از این رو، در هر دو سیستم کشت آتروپونیک و هیدروپونیک، در زمانی که بوته‌های سیب‌زمینی به مرحله چهاربرگی رسیدند، اسید هیومیک با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر برای هر بوته، براساس تیمارهای آزمایشی، روی شاخساره محلول‌پاشی شد تا از ابتدای رشد بر بوته‌های سیب‌زمینی تحت تیمار، اثر گذارد. همچنین، در سه مرحله، تا قبل از گل‌دهی در سیستم آتروپونیک به همراه محلول غذایی به ریشه گیاه محلول‌پاشی گردید و در سیستم هیدروپونیک نیز در سه مرحله تا قبل از گل‌دهی به ریشه گیاه محلول‌پاشی گردید.

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی	تعداد غده	عملکرد غده
سیستم‌های کاشت	۱	۱۳/۲۸**	۵۵/۱۵**	۳۷۹۰/۵**	۱۴۵۵۳/۱**
خطای اصلی	۴	۰/۰۱۰	۲/۶۰	۵/۴۰	۷۱۸/۹
محلول غذایی	۶	۱۱/۴۷**	۹۹/۱۳**	۱۸۹/۳**	۹۸۳۱۵/۹**
سیستم × محلول غذایی	۶	۳/۷۱**	۳۱/۶۹**	۲۱/۴*	۸۷۵۰/۳**
خطای فرعی	۲۴	۰/۱۲	۲/۲۸	۶/۰۲	۹۶۱/۹
ضریب تغییرات	-	۶/۶۶	۶/۲۵	۱۰/۹۹	۹/۷۰

** و * به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪

کودی بر وزن خشک ریشه سیب‌زمینی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). برهم‌کنش سیستم‌های کشت و تیمارهای کودی بر وزن خشک ریشه سیب‌زمینی نشان داد که بیشترین وزن خشک ریشه (۸/۲۱ گرم) مربوط به تیمار ترکیب چای کمپوست + اسید هیومیک تحت سیستم کشت آثرپونیک بود که با تیمار کودی چای کمپوست در سیستم آثرپونیک تفاوت چندانی نداشت و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (۲/۷ گرم) تحت سیستم کشت هیدروپونیک بود (شکل ۱). نتایج نشان داد که اسید هیومیک اثر معنی‌داری بر گسترش سیستم ریشه گندم دارد. اثر غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک بر سطح، قطر، حجم، طول و وزن خشک ریشه معنی‌دار شد (۴). لیو و همکاران (۱۸) در آزمایشی روی گیاه بنت‌گراس نشان دادند که غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک موجب افزایش رشد ریشه، وزن خشک ریشه و تنفس شده و همچنین فعالیت آنزیم‌ها از ۲۳٪ به ۱۰۰٪ افزایش یافت. تیلور و کوپر (۲۸) نشان دادند که مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به طور معنی‌داری عملکرد ماده خشک ریشه و ساقه را افزایش می‌دهد. ساتر (۲۷) گزارش کرد که کمپوست به دلیل داشتن مواد محرک رشد سبب بروز اثر معنی‌دار بر وزن خشک ریشه می‌شود. به نظر می‌رسد که مصرف چای کمپوست از طریق بهبود در فراهمی جذب عناصر غذایی سبب بهبود رشد و نمو می‌شود. در سیستم آثرپونیک، چون ریشه‌ها در هوا معلق

دو ماه پس از انتقال نشاها، برداشت ریزغده‌های سیب‌زمینی انجام گرفت و غده‌ها شمارش و توزیع شدند. ارتفاع بوته‌ها و ریشه‌ها با استفاده از خط‌کش مدرج اندازه‌گیری شد. آنالیز داده‌های آماری حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.0 انجام گرفت و مقایسه میانگین تیمارها توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

وزن خشک ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن خشک ریشه تحت تأثیر سیستم‌های کشت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). سیستم آثرپونیک، وزن خشک ریشه بیشتری (۵/۷۸ گرم) نسبت به سیستم کشت هیدروپونیک (۴/۶۵ گرم) داشت (جدول ۴). این نتایج نشان داد که وزن خشک ریشه در سیستم آثرپونیک، ۲۴٪ در مقایسه با سیستم هیدروپونیک افزایش یافته است.

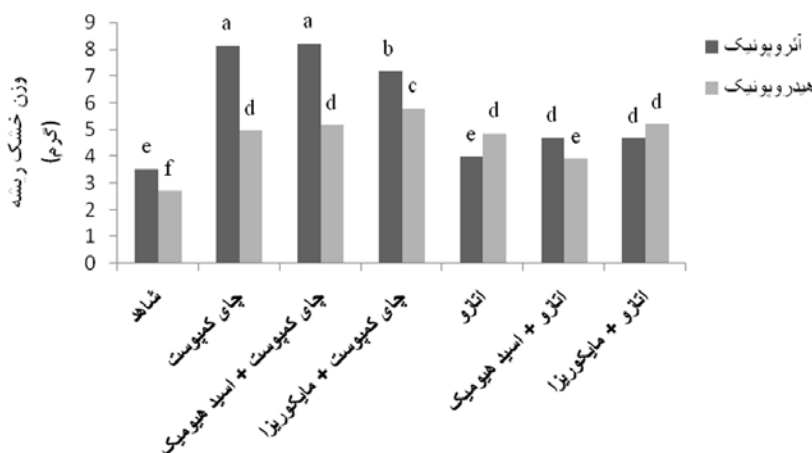
تأثیر کودهای آلی بر وزن خشک ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین وزن خشک ریشه (۶/۶۹ گرم) مربوط به تیمار ترکیب چای کمپوست + اسید هیومیک و کمترین آن (۳/۱۲ گرم) مربوط به تیمار شاهد بود (۴).

مقایسه میانگین اثر متقابل سیستم‌های کشت و تیمارهای

جدول ۴. مقایسه میانگین‌های اثر سیستم کشت و کودهای آلی بر صفات عملکرد و اجزای عملکرد سب‌زمینی

سیستم یا تیمار	وزن خشک ریشه (g)	وزن خشک اندام هوایی (g)	تعداد غده	عملکرد غده (g)	میانگین وزن غده (g)
سیستم‌های کشت					
هیدروپونیک	۴/۶۵b	۲۵/۲۹a	۱۲/۸۱b	۲۶۰/۷۵b	۱۹/۷۶a
آئروپونیک	۵/۷۸a	۲۳/۰۰b	۳۱/۸۱a	۳۷۸/۴۸a	۱۱/۷۲b
LSD	۰/۰۸	۱/۳۸	۱/۹۹	۲۲/۹۷	۱/۱۱
محلول‌های غذایی					
عدم مصرف کود (شاهد)	۳/۱۲d	۱۷/۰۸e	۱۴/۶۷e	۱۴۸/۱۷e	۱۱/۹۰d
چای کمپوست	۶/۵۴a	۲۶/۵۵b	۲۲/۳۳c	۲۷۴/۴۵d	۱۳/۱۹cd
چای کمپوست + اسید هیومیک	۶/۶۹a	۲۷/۶۵ab	۲۷/۶۷a	۴۴۹/۸۵b	۱۷/۷۵a
چای کمپوست + میکوریزا	۴/۴۹c	۲۸/۹۵a	۳۱/۵۰a	۵۱۷/۱۷a	۱۸/۸۴a
اتازو	۴/۴۳c	۲۲/۱۲d	۱۹/۸۳cd	۲۳۸/۴۷d	۱۴/۷۰bc
اتازو + اسید هیومیک	۴/۳۰c	۲۲/۱۹d	۱۹/۱۷d	۲۶۰/۶۷d	۱۵/۳۹b
اتازو + میکوریزا	۴/۹۳b	۲۴/۴۸c	۲۱/۰۰cd	۹۳۴/۵۰	۱۸/۳۸a
LSD	۰/۴۱	۱/۸۰	۲/۹۲	۳۶/۹۶	۱/۹۶

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.



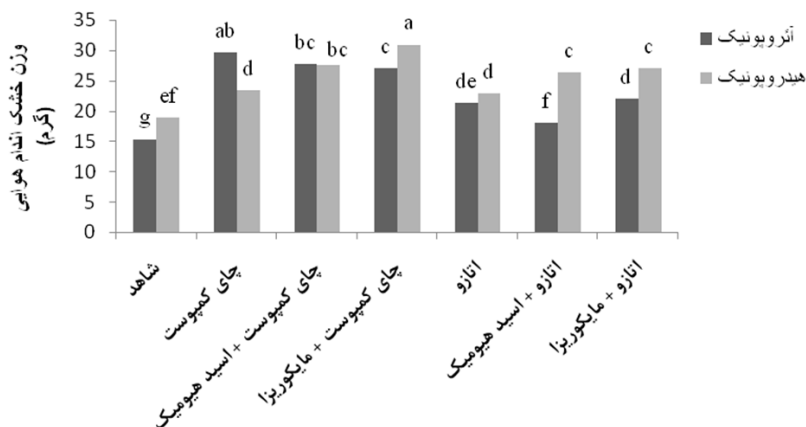
شکل ۱. برهمکنش سیستم‌های کشت و کودهای آلی بر وزن خشک ریشه

تحت تأثیر سیستم‌های کشت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). سیستم هیدروپونیک وزن خشک اندام هوایی بیشتری (۲۵/۲۹ گرم) نسبت به سیستم کشت آئروپونیک (۲۳ گرم) داشت (جدول ۴). این نتایج نشان داد که وزن خشک اندام هوایی در سیستم هیدروپونیک ۹/۹ درصد در مقایسه با

هستند و اکسیژن‌رسانی به راحتی صورت می‌گیرد، جذب مواد غذایی سریع‌تر شده و باعث افزایش وزن ریشه می‌شود.

وزن خشک اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن خشک اندام هوایی



شکل ۲. برهمکنش سیستم‌های کشت و کودهای آلی بر وزن خشک اندام هوایی

رابطه، نتیجه پژوهش آریاگادا و همکاران (۸) روی گیاه دارویی آکالیپتوس نیز با نتیجه تحقیق حاضر مطابقت دارد. نتایج آزمایشی که به منظور بررسی تأثیر چای کمپوست روی ذرت انجام شد نشان داد که کاربرد چای کمپوست سبب افزایش تعداد برگ، وزن خشک ساقه و ارتفاع گیاه در مقایسه با شاهد شد. بر اساس آزمایش ساسانلی و همکاران (۲۲)، همزیستی آویشن باغی با میکوریزا موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی این گیاه شد. به نظر می‌رسد که تولید هورمون گیاهی از قبیل اکسین و سیتوکینین در گیاه آویشن باغی تلقیح شده با میکوریزا موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه شده است (۱۱).

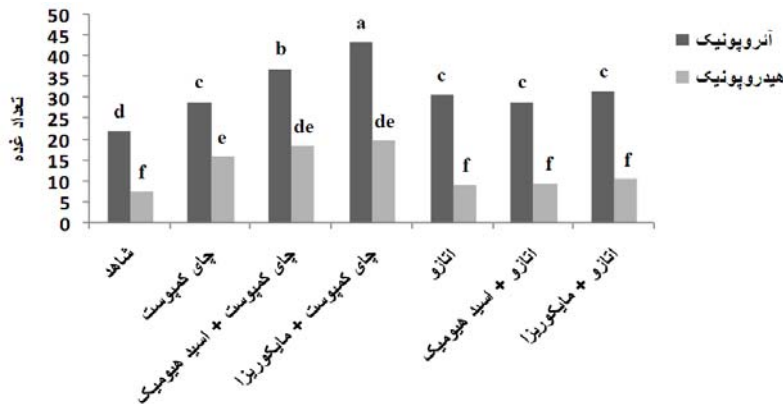
تعداد غده

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، تعداد غده سیب‌زمینی تحت تأثیر سیستم‌های کاشت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسات میانگین اثرهای ساده سیستم‌های کشت نشان داد که سیستم آتروپونیک با ۳۱/۸۱ عدد غده در هر بوته، تعداد غده بیشتری نسبت به سیستم کشت هیدروپونیک (۱۲/۸۱) عدد غده در بوته) داشت (جدول ۴). این نتایج بیان می‌دارد که تعداد غده در سیستم آتروپونیک ۱۴۸٪ در مقایسه با سیستم هیدروپونیک افزایش داشت. تجزیه واریانس تأثیر محلول غذایی بر تعداد غده در سطح

سیستم آتروپونیک افزایش یافته است.

تأثیر کودهای آلی بر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین وزن خشک اندام هوایی (۲۸/۹۵ گرم) مربوط به تیمار ترکیب چای کمپوست + میکوریزا و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (۱۷/۰۸ گرم) وزن خشک اندام هوایی بود (جدول ۴).

مقایسه میانگین اثر متقابل سیستم‌های کشت و تیمارهای کودی بر وزن خشک اندام هوایی سیب‌زمینی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). برهمکنش سیستم‌های کشت و تیمارهای کودی بر وزن خشک اندام هوایی سیب‌زمینی نشان داد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی (۳۱ گرم) مربوط به تیمار ترکیب چای کمپوست + میکوریزا تحت سیستم کشت هیدروپونیک و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (۱۵ گرم) تحت سیستم کشت آتروپونیک بود (شکل ۲). تفاوت در میزان وزن خشک اندام هوایی و ریشه بین دو سیستم کشت، احتمالاً به دلیل جذب بهتر نیتروژن در سیستم هواکشت است که مطابق با نتایج پژوهش کانگ و همکاران (۱۶) روی سیب‌زمینی در سیستم هواکشت است. تسانگ و مون (۲۹) آزمایشی روی گندم تلقیح شده با میکوریزا انجام دادند که به طور معنی‌داری وزن خشک اندام هوایی بیشتری نسبت به گیاه غیر میکوریزایی داشت. به نظر می‌رسد که همزیستی میکوریزایی باعث بهبود رشد و نمو و در پی آن افزایش وزن خشک گیاه شد. در همین



شکل ۳. برهمکنش سیستم‌های کشت و کودهای آلی بر تعداد غده

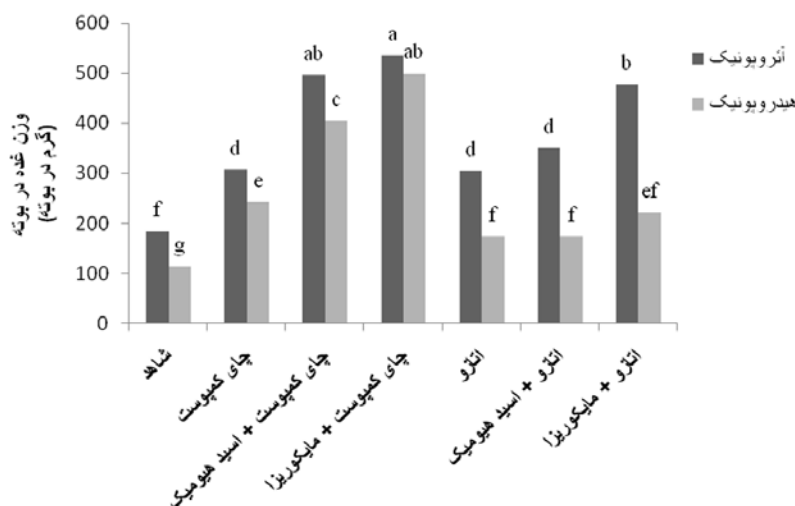
بستر احتمالاً به دلیل محدودیت ایجاد شده به وسیله حجم کم گلدان می‌باشد که از رشد استولون جلوگیری می‌کند. در سیستم هوا کشت، دسترسی به ریشه‌ها امکان‌پذیرتر است و ریشه در هوای مرطوب و بدون فشار مکانیکی خاک رشد می‌کند و تهویه ریشه‌ها به خوبی انجام شده و باعث افزایش محصول می‌شود (۱۸). نوگالیاده و همکاران (۲۰) در تحقیقات خود نشان دادند که در سیستم آتروپونیک، تعداد بیشتری استولون و غده تولید شد و در نهایت محصول بیشتری به دست آمد. کاهش تعداد و عملکرد غده در داخل جعبه‌های کشت هیدروپونیک، در مقایسه با آتروپونیک، احتمالاً به دلیل محدودیت ایجاد شده به وسیله حجم جعبه می‌باشد که از رشد استولون جلوگیری می‌کند (۱۰).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد غده تحت تأثیر سیستم‌های کاشت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). سیستم آتروپونیک با ۳۷/۵ گرم در بوته، عملکرد غده بیشتری نسبت به سیستم کشت هیدروپونیک با ۲۶/۸ گرم در بوته داشت (جدول ۴). این نتایج نشان داد که عملکرد غده در سیستم آتروپونیک ۴۵٪ در مقایسه با سیستم هیدروپونیک افزایش داشت.

تأثیر محلول‌های غذایی بر عملکرد غده در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد غده (۵۱۷/۲ گرم در بوته) مربوط به تیمار ترکیبی چای کمپوست و میکوریزا بود،

احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین تعداد غده (۳۱/۵ عدد در بوته) مربوط به تیمار ترکیب چای کمپوست + میکوریزا بود و سپس، بیشترین تعداد غده (۲۷/۶۷ عدد در بوته) در تیمار چای کمپوست + اسید هیومیک به دست آمد و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد با ۱۴/۶۷ عدد غده در بوته بود (جدول ۴).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر متقابل سیستم‌های کاشت و تیمارهای کودی حاکی از آن بود که تعداد غده سبزمینی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسات میانگین برهمکنش سیستم‌های کاشت و تیمارهای کودی بر تعداد غده سبزمینی نشان داد که بیشترین تعداد غده (۴۳/۳۳ عدد) مربوط به تیمار ترکیب چای کمپوست + میکوریزا تحت سیستم کشت آتروپونیک و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (۷/۳۳ عدد) تحت سیستم کشت هیدروپونیک بود (شکل ۳). در پژوهشی که به منظور بررسی تأثیر میکوریزا بر رشد، عملکرد و تعداد غده آزمایشی روی غده سبزمینی انجام شد، بیشترین تعداد و عملکرد غده سبزمینی تحت تأثیر تیمار میکوریزا به دست آمد (۶). تسوکا و همکاران (۳۰) در تحقیقات خود گزارش کردند که در شرایط آتروپونیک تعداد غده بیشتری تولید شد. در تحقیقات فاران و مینگوکاسل (۱۳) در سیستم آتروپونیک، تعداد بیشتری استولون تولید شد و با افزایش تعداد غده، در مجموع افزایش محصول اتفاق افتاد. کاهش تعداد ریزغده و عملکرد غده در داخل گلدان‌های حاوی



شکل ۴. برهمکنش سیستم‌های کشت و کودهای آلی بر وزن غده در بوته

است که در تولید ریزغده سیب‌زمینی اهمیت زیادی دارد. در یک آزمایش، نشان داده شد که در سیستم آئروپونیک، رشد ریشه، طول و تعداد استولونها بیشتر از سیستم هیدروپونیک بود. علت اختلاف بین این دو سیستم کشت در عملکرد می‌تواند رشد بیشتر (۳۲) و تهویه بیشتر (۴) سیستم کشت آئروپونیک نسبت به سیستم کشت هیدروپونیک باشد. در سیستم آئروپونیک، دسترسی مواد غذایی به ریشه امکان‌پذیرتر است و ریشه در هوا و بدون فشار مکانیکی رشد می‌کند و تهویه ریشه‌ها به خوبی انجام می‌گیرد و باعث افزایش محصول می‌شود (۱۴). در مطالعه پرویزی و دشتی (۱) مشخص شد که قارچ‌های میکوریزا اثر معنی‌داری بر صفات رشد، عملکرد و میزان ماده خشک ریزغده تولیدی در گیاهچه‌های سیب‌زمینی دارند. گیاهان تغذیه شده با چای کمپوست، توانایی زیادی در جذب عناصر پرمصرف و ریزمغذی و در نتیجه بهبود توسعه ریشه دارند (۷). اریچ و همکاران (۱۲) در مطالعه خود نشان دادند که عملکرد سیب‌زمینی در کرت‌های تیمار شده با چای کمپوست، به طور قابل توجهی افزایش یافت. این افزایش به علت افزایش توانایی در جذب فسفر قابل دسترس با اضافه شدن مواد ارگانیک به شکل چای کمپوست بود. ترکیب میکوریزا، با ایجاد فسفر بیشتر در ناحیه ریشه و چای کمپوست

سپس بیشترین عملکرد (۴۴۹/۹ گرم در بوته) در تیمار ترکیبی چای کمپوست و اسید هیومیک به دست آمد و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد با ۱۴۷/۲ گرم در بوته بود (جدول ۴).

تجزیه واریانس اثر متقابل سیستم‌های کاشت و تیمارهای کودی بر عملکرد غده سیب‌زمینی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). برهمکنش سیستم‌های کاشت و تیمارهای کودی بر عملکرد غده سیب‌زمینی نشان داد که بیشترین عملکرد غده (۵۳۵/۷ گرم در بوته) مربوط به تیمار ترکیب چای کمپوست و میکوریزا تحت سیستم کشت آئروپونیک و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (۲۲۰/۷ گرم در بوته) تحت سیستم کشت هیدروپونیک بود (شکل ۴). تأمین نیازهای کودی با میکوریزا و چای کمپوست در سیستم کشت آئروپونیک، مواد غذایی را در اختیار ریشه گیاه قرار می‌دهد و باعث افزایش رشد و عملکرد غده می‌شود. در سیستم کشت آئروپونیک، ریشه‌ها در هوا معلق هستند و محلول غذایی به صورت کوچکترین ذرات قابل جذب توسط ریشه گیاه در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (۲۴). لومن و استروک (۱۹) گزارش کردند که در سیستم هواکشت، برای تولید ریزغده با برداشت چندمرحله‌ای قادر به افزایش وزن و تعداد مینی‌تیوبر در متر مربع بودند. توکساک و ماهلر (۳۱) گزارش کردند که نوع سیستم کاشت از عواملی

معنی‌دار بود (جدول ۳). برهمکنش سیستم‌های کشت و تیمارهای کودی بر میانگین وزن غده نشان داد که بیشترین میانگین وزن غده (۲۵ گرم) مربوط به تیمار ترکیب چای کمپوست+ میکوریزا تحت سیستم کشت هیدروپونیک و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (۸/۴ گرم) تحت سیستم کشت آئروپونیک بود (شکل ۵). هر چه تعداد غده کمتر باشد، میانگین وزن غده بیشتر می‌شود. در سیستم هیدروپونیک، چون تعداد غده کمتر از سیستم کشت آئروپونیک بود، میانگین وزن غده بیشتر شده است.

از سویی دیگر، ماده آلی خاک، مواد غذایی و انرژی مورد نیاز برای میکروارگانیسمهای خاک را فراهم میکند که این میکروارگانیسمها نیز منجر به افزایش دسترسی عناصر غذایی و بهبود ساختمان خاک میشوند (۳ و ۶)

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که جهت تولید ریزغده بیشتر و افزایش کیفیت ریزغده‌های تولید شده، سیستم هواکشت با محلول غذایی چای کمپوست+ میکوریزا و چای کمپوست+ اسید هیومیک مناسب بود.

با افزایش جذب بیشتر عناصر غذایی توسط ریشه باعث افزایش عملکرد غده نسبت به سایر تیمارهای کودی شد، به طوری که تیمار ترکیبی چای کمپوست و میکوریزا افزایش ۲۴۹ درصدی نسبت به شاهد داشت.

میانگین وزن غده

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میانگین وزن غده تحت تأثیر سیستم‌های کشت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). سیستم هیدروپونیک با ۱۹/۷۶ گرم، وزن غده بیشتری نسبت به سیستم کشت آئروپونیک با ۱۱/۷۲ گرم داشت (جدول ۴). این نتایج نشان داد که وزن غده در سیستم هیدروپونیک ۶۸٪ در مقایسه با سیستم آئروپونیک افزایش یافته است.

تأثیر کودهای آلی بر میانگین وزن غده در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین میانگین وزن غده (۱۸/۸۴ گرم) مربوط به تیمار ترکیب چای کمپوست+ میکوریزا و سپس اتازو+ میکوریزا (۱۸/۳۸ گرم) و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد با ۱۱/۹ گرم میانگین وزن غده بود (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل سیستم‌های کشت و تیمارهای کودی بر میانگین وزن غده سیب‌زمینی در سطح احتمال ۱٪

منابع مورد استفاده

۱. پرویزی‌فر، خ. و ف. دشتی. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر همزیستی با قارچ میکوریزا بر شاخص‌های رشد و عملکرد ریزغده در گیاهچه سیب‌زمینی. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۸(۱): ۹۶-۱۰۶.
۲. جعفرنیا، س. آ. خسروشاهی و م. صفایی‌خرم. ۱۳۸۹. کشت هیدروپونیک. انتشارات سخن‌گستر، مشهد.
۳. روستا، ح. ر. م. رشیدی، ح. ر. کریمی، ح. علایی و م. تدین‌نژاد. ۱۳۹۲. مقایسه رشد رویشی و عملکرد ریزغده در سه رقم سیب‌زمینی در سیستم هواکشت و هیدروپونیک کلاسیک (بستر) و سه محلول غذایی مختلف. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۱۴(۴): ۷۳-۸۰.
۴. سبزواری، س. ح. ر. خزاعی و م. کافی. ۱۳۸۸. اثر اسید هیومیک بر رشد ریشه و بخش هوایی ارقام دسایونز و سبلان گندم (*Triticum aestivum* L.). مجله آب و خاک ۲۳(۲): ۸۷-۹۴.
۵. ضرغامی، ر. ۱۳۷۸. اثر محیط کشت و هورمون‌های مورد استفاده بر ریشه‌زایی و رشد تک‌گره‌های حاصل از کشت مریستم سیب

زمینی. مجموعه مقالات نخستین همایش بیوتکنولوژی، تهران، صفحات ۱۱۷۷-۱۱۷۹.

6. Adavi, Z., and M.R. Tadayon. 2014. Effect of mycorrhiza application on plant growth and yield in potato production under field conditions. *Iranian Journal of Plant Physiol.* 4(3): 1087-1093.
7. Arancon, N.Q., C.A. Edwards, R. Dick and L. Dick. 2007. Vermicomposting tea production and plant growth impacts. *BioCycle* 48: 51-52.
8. Arriagada, C.A., M.A. Herrera and J.A. Ocampo. 2007. Beneficial effect of saprobe and arbuscular mycorrhizal fungi on growth of *Eucalyptus globules* co-cultured with *Glycine max* in soil contaminated with heavy metals. *J. Environ. Manage.* 84: 93-99.
9. Cho, Y.D., S.G. Kang, Y.D. Kim, G.H. Shin and K.T. Kim. 1996. Effects of culture systems on growth and yield of cherry tomatoes in hydroponics. *J. Agric. Sci.* 38: 563-567.
10. 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 yields in beds, pots and hydroponic systems. *Sci. Hort.* 116: 17-20.
11. Dolatabadi, H., E. Mohammadi Goltapeh, A. Moieni and A. Varma. 2012. Evaluation of different densities of auxin and endophytic fungi (*Piriformospora indica* and *Sebacina vermifera*) on *Mentha piperita* and *Thymus vulgaris* growth. *J. Biotech.* 11(7): 1644-1650.
12. Erich, M.S., C.B. Fitzgerald and G.A. Porter. 2002. The effect of organic amendments on phosphorus chemistry in potato cropping system. *Agric., Ecosys. Environ.* 88: 79-88.
13. Farran, I. and A.M. Mingo-Castel. 2006. Potato mini-tuber production using aeroponics: Effect of plant density and harvesting intervals. *Am. J. Potato Res.* 83(1): 47-53.
14. Gysi, C. and F. von Allmen. 1997. Balance of water and nutrients in tomatoes grown in soilless systems. *Agrar Forschung Schweiz* 4(1): 28.
15. Haggag, W.M. and M.S.M. Saber. 2007. Suppression of early blight on tomato and purple blight on onion by foliar sprays of aerated and non-aerated compost teas. *J. Food, Agric. Environ.* 5(2): 302-309.
16. Kang, J.G., S.Y. Yang and S.Y. Kim. 1996. Effects of nitrogen levels on the plant growth, tuberization and quality of potatoes grown in aeroponics. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 37: 761-766.
17. Kumar, M.S. and K. Ushaku. 2002. Effect of vermicompost enriched with rock phosphate on the yield and uptake to nutrients in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *J. Trop. Agric.* 40: 27-30.
18. Liu, C. and R.J. Cooper. 2000. Humic substances influence creeping bentgrass growth. *Golf Course Manage.*, Oct., pp. 49-53.
19. Lommen, W.J.M. and P.C. Struik. 1992. Production of potato minitubers by repeated harvesting: Effects of crop husbandry on yield parameters. *Potato Res.* 35: 419-432.
20. Nugaliyadde, M.M., H.D.M. DeSilva, R. Perera, D. Ariyaratna and U.R. Sangakkara. 2005. An aeroponic system for the production of pre-basic seeds of potato. *Ann. SriLanka Dept. Agric.* 7: 199-208.
21. Pruski, K. 2007. In vitro multiplication through nodal cuttings. *Potato Res.* 50: 293-296.
22. Sasanelli, N., A. Anton, T. Takacs, T. Addabbo, I. Biro and X. Malov. 2009. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on the nematicidal properties of leaf extracts of *Thymus vulgaris* L. *Helminthologia* 46: 230.
23. Sinha, R.K., G. Hahn, P.K. Singh, R.K. Suhane and A. Anthonyreddy. 2011. Organic farming by vermiculture, producing safe, nutritive and productive food by earthworms (Charles Darwin S Friends of farmer). *Am. J. Exp. Agric.* 1(4): 363-399.
24. Soffer, H. and D.W. Burger. 1988. Effects of dissolved oxygen concentration in aero-hydroponics on the formation and growth of adventitious roots. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 3: 218-221.
25. Stevens, P.T. 2008. Nitrogen management and the effects of compost tea on organic Irish potato and seed corn. MSc. Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University.
26. Suthar, S. 2009. Earthworm communities as bioindicator of arable land management practices: A case study in semi-arid region of India. *Ecol. Indic.* 9(3): 588-594.
27. Suthar, S. 2010. Pilot-scale vermireactors for sewage sludge stabilization and metal remediation process: comparison with small-scale vermireactors. *Ecol. Eng.* 36(5): 703-712.
28. Taylor, G. and L. Cooper. 2004. Humic acid: The root to healthy plant growth. California State Science Fair.
29. Tsang, A. and M.A. Maun. 1999. Mycorrhizal fungi increase salt tolerance of *Strophostyles helvola* in coastal foredunes. *Plant Ecol.* 144: 159-166.
30. Tsoka, O., P. Demo, A. Nyende and K. Ngamau. 2012. Potato seed tuber production from in vitro and apical stem cutting under aeroponic system. *Afr. J. Biotech.* 11(63): 12612-12618.
31. Tukaki, L. and R.L. Mahler. 1989. Evaluation of potting mix composition on potato plantlet tuber production under greenhouse conditions. *J. Plant Nutr.* 12: 1055-1068.
32. Weathers, P.J. and R.W. Zobel. 1992. Aeroponics for the culture of organisms, tissues and cells. *Biotech. Adv.* 10(1): 93-115.

