مقایسه رشد رویشی و عملکرد ریزغده در سه رقم سیب‌زمینی در سیستم‌های هواکشت و هیدروپونیک کلاسیک (بستر) و سه محلول غذایی مختلف

حمیدرضا روستا[1*]، مجید رشیدی[1]، حمیدرضا کریمی[1]، حسین علایی[2] و مسعود تدین‌نژاد[3]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۴/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۷/۲۶)

چکیده

به منظور شناسایی بهترین محلول غذایی و رقم سیب‌زمینی برای تولید ریزغده (مینی‌تیوبر) در سیستم هواکشت (اروپونیک) و مقایسه آن با سیستم هیدروپونیک کلاسیک، آزمایشی به صورت فاکتوریل با سه فاکتور سیستم کشت (هواکشت و هیدروپونیک)، محلول غذایی (محلول چنگ و همکاران، APCoAB و محلول هیدروپونیک تجاری اصفهان) و ارقام مختلف سیب‌زمینی (مارفونا، سانتانا و مورن) انجام شد. نتایج نشان داد که وزن تر اندام هوایی و ریشه و ارتفاع گیاه سیب‌زمینی در سیستم هواکشت به‌طور معنی‌داری بیشتر از سیستم هیدروپونیک کلاسیک بود. بیشترین وزن تر اندام هوایی و ریشه در سیستم هواکشت، در رقم مورن تغذیه شده با محلول تجاری اصفهان مشاهده شد. ارتفاع گیاه در رقم مورن رشد کرده در محلول غذایی APCoAB و سیستم هواکشت بیشترین مقدار بود. کمترین وزن تر اندام هوایی و ریشه و ارتفاع گیاه در رقم مارفونا مشاهده شد. عملکرد و تعداد ریزغده در هر گیاه در سیستم هواکشت به ترتیب ۵۸/۰۸ و ۲۷۷/۲ درصد در مقایسه با سیستم هیدروپونیک افزایش یافت. به طوری که بیشترین محصول و تعداد ریزغده در سیستم هواکشت و محلول APCoAB و رقم مارفونا به دست آمد. بنابراین، از این آزمایش نتیجه‌گیری شد که در تولید ریزغده، سیستم هواکشت نسبت به سیستم هیدروپونیک کلاسیک برتری داشته و بهترین رقم برای کاشت در این سیستم، رقم مارفونا و بهترین محلول APCoAB و سپس محلول چنگ و همکاران می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کشت بدون خاک، اروپونیک، بذر سیب‌زمینی

مقدمه

تولید بذر سیب‌زمینی بیشتر بر اساس گیاهچه‌ها یا میکروتیوبرهای درون شیشه‌ای بوده که با تولید ریزغده از این مواد به عنوان اولین نسل برون شیشه‌ای همراه می‌باشد (۲۲). ریزغده‌ها را می‌توان بعد از سازگار کردن گیاهچه‌های کشت شده با تراکم زیاد در بستر گلخانه (۳۰)، ظروف کاشت با کاربرد مخلوط‌های مختلف محیط کشت (۱۰)، یا حتی در کشت هیدروپونیک (۱۹) تولید کرد. لومن (۱۶) فنون تولید جایگزینی را برای تولید ریزغده با استفاده از تراکم‌های خیلی زیاد و غیر تخریبی ارائه نمود که در آن برداشت‌های مکرر، با بلند کردن به دقت گیاهان از مخلوط خاکی و کشت دوباره آنها بعد از برداشت، صورت می‌گرفت. در این فنون، اگرچه محصول کل کاهش می‌یافت، ولی ریزغده‌های با اندازه مناسب تولید می‌شد و تعداد غده‌های برداشت شده می‌توانست

۱. گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان
۲. گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان
۳. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان
*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: roosta_h@yahoo.com

به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد. در باغبانی مدرن، فنون کشت بدون خاک مختلف مثل تکنیک لایه باریک محلول غذایی (Nutrient film technique, NFT) (۵) و هواکشت (۲۱) توسعه یافته است. یکی از روش‌های تولید غده بذری عاری از بیماری، تکثیر به وسیله استفاده از کشت بافت و هیدروپونیک (آبکشت) است، که در این میان یکی از تکنیک‌های خوش‌آتیه هیدروپونیک، سیستم بسیار پیشرفته اروپونیک است. در این روش، توزیع آب و عناصر ضروری به ریشه گیاه توسط وسایل ریزکننده مثل مه‌پاش و میست (یک نوع ریزکننده آب و محلول غذایی) انجام می‌شود. مزیت این روش، تهویه مناسب ریشه‌ها و کاهش ۹۵ درصدی مصرف آب است. در این فناوری، همچنین برداشت غده منجر به مرگ گیاه نمی‌شود؛ در حالی که در سایر روش‌ها، از جمله تولید در بستر خاک، برداشت زمانی صورت می‌گیرد که عمر فیزیولوژیک گیاه به اتمام رسیده باشد. لیکن در روش هواکشت، مینی‌تیوبر (ریزغده) چندین بار برداشت می‌شود بدون آن که آسیبی به گیاه برسد.

بنابراین، عملکرد غده بذری به چندین برابر روش سنتی کشت در مزرعه و سیستم‌های معمولی هیدروپونیک می‌رسد. همچنین برداشت در این سیستم راحت و تمیز است و اجازه می‌دهد تا کنترل بیشتری روی اندازه غده داشته باشیم که این قابلیت منشأ گرفته از برداشت‌های مکرر است. این فن به طور موفقیت‌آمیزی برای تولید گونه‌های مختلف سبزی مثل کاهو (۴، ۸ و ۹)، گوجه‌فرنگی (۲)، خیار (۲۰) و گیاهان زینتی مثل داوودی (۱۷) یا بنت قنسول (۲۶) به کار رفته است. برخلاف افزایش توجه به فنون کشت بدون خاک در تولید محصولات باغبانی تجاری، اطلاعات کمی در این زمینه برای سیب‌زمینی وجود دارد. مطالعات قبلی نتایج خوبی را برای تولید ریزغده سیب‌زمینی در سیستم NFT نشان داده است (۲۸ و ۲۹). اگرچه، آغازش غده در محلول غذایی بدون محیط کشت جامد ضعیف‌تر از محیط کشت دارای منفذ (مثل پرلایت یا ورمی‌کولایت) بود. بازدارندگی غده‌زایی استولون‌های غوطه‌ور در محلول می‌تواند در نتیجه فقدان مقاومت مکانیکی در این سیستم باشد (۳۱). سیستم هواکشت برای تولید بذر سیب‌زمینی تحت شرایط آب و هوایی گرمسیری و نیمه‌گرمسیری با موفقیت در کره توسعه یافت (۱۱، ۱۲، ۱۴ و ۱۵). ریتر و همکاران (۲۵) جهت مقایسه استفاده از دو سیستم کشت هیدروپونیک کلاسیک (کشت در بستر پرلایت) و سیستم هواکشت در تولید غده‌های ریز سیب‌زمینی رقم Nagore پژوهشی انجام دادند (۲۵). نتایج نشان داد که در سیستم هواکشت، رشد رویشی و همچنین رشد ریشه، طول و تعداد استولون‌ها و همچنین طول دوره رشد رویشی و زایشی بیشتر از سیستم هیدروپونیک بود. ریکاردو و همکاران (۲۴) جهت مقایسه سه سیستم NFT، DFT و هواکشت در تولید غده‌های ریز سیب‌زمینی پژوهشی در مورد ارقام Agata و Monalisa انجام دادند، که تعداد غده‌های تولید شده بر مبنای تعداد گیاهچه کاشته شده در هر سیستم مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که سیستم هواکشت با تولید ۸۷۵ غده در هر متر مربع نسبت به سیستم NFT با تولید ۲۴۶ غده و سیستم DFT با تولید ۴۵۸ غده به ترتیب ۲۵۵٪ و ۹۱٪ مؤثرتر و کارآمدتر بود.

بنابراین، با توجه به نتایج مناسب لومن (۱۶) در برداشت مکرر سیب‌زمینی و خصوصیات سیستم هواکشت و یافته‌های پژوهشگران مختلف در این سیستم، به نظر می‌رسد که تلفیق این دو تکنیک، به ویژه در تولید ریزغده سیب‌زمینی، مفید باشد. همچنین با توجه به اهمیت محلول غذایی و رقم مناسب در این سیستم، آزمایشی برای مقایسه رشد گیاه و محصول ریزغده در سه رقم مختلف سیب‌زمینی در سیستم‌های هواکشت و هیدروپونیک (بستر) و سه محلول غذایی مختلف اجرا شد.

مواد و روش‌ها

با هدف تولید غده بذری سیب‌زمینی عاری از بیماری‌ها و آفات، سه سیستم هواکشت در گلخانه هیدروپونیک دانشگاه

جدول ۱. محلول‌های مورد استفاده در آزمایش

محلول چنگ و همکاران (۳)	محلول APCoAB	محلول تجاری
عناصر پرمصرف (میلی‌گرم بر لیتر)		
KH_2PO_4 = ۵۹۸	$NH_4H_2PO_4$ = ۱۱۵	KH_2PO_4 = ۱۹۲
KNO_3= ۴۰	KNO_3= ۶۰۶	KNO_3= ۲۳۷
$Ca(NO_3)_2.4H_20$ = ۳۶۵	$Ca(NO_3)_2.4H_20$ = ۹۴۴	$Ca(NO_3)_2.4H_20$ = ۶۴۹
$MgSO_4.7H_20$ = ۱۸۵	$MgSO_4.7H_20$ = ۴۹۳	$MgSO_4.7H_20$ = ۸۶
NH_4NO_3= ۳۵۲		$Mg(NO_3)_2.6H_20$ = ۲۵۸
		$NH_4H_2PO_4$= ۸۰
عناصر کم مصرف (میلی‌گرم بر لیتر)		
H_3BO_3= ۲/۹	H_3BO_3= ۲/۸۳	H_3BO_3= ۲/۹
Fe-EDDHA = ۲۳	Fe-EDDHA = ۹/۴	Fe-EDDHA = ۲۳
$ZnSO_4$= ۰/۲۲	$ZnSO_4$= ۰/۲۲	$ZnSO_4$= ۰/۲۲
$MnSO_4$= ۱	$MnCl_2$= ۱/۸۱	$MnSO_4$= ۱
$CuSO_4$= ۰/۱	$CuSO_4$= ۰/۰۸	$CuSO_4$= ۰/۱
H_2MoO_4= ۰/۰۲	H_2MoO_4= ۰/۰۲	H_2MoO_4= ۰/۰۲

ولیعصر (عج) رفسنجان که دارای نور طبیعی و دمای ۳±۲۴ درجه سلسیوس در روز و ۳±۲۱ درجه سلسیوس در شب و میانگین رطوبت نسبی ۵۶٪ بود، طراحی و اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی و ۳ تکرار اجرا شد، که دارای فاکتورهای سیستم کشت (هواکشت و هیدروپونیک)، محلول غذایی (محلول چنگ و همکاران، APCoAB و محلول تجاری هیدروپونیک اصفهان) و سه رقم سیب‌زمینی (مارفونا، سانتانا، مورن) بود. غلظت عناصر غذایی در محلول‌های غذایی در جدول ۱ نشان داده شده است. pH محلول‌های غذایی به وسیله اسید سولفوریک در ۵/۷ تنظیم شد. گیاهان مورد نیاز پژوهش از نشاهای تولید شده از طریق کشت بافت تهیه شد. جهت تولید ریزغده‌های سیب‌زمینی در سیستم هواکشت از سه وان پلاستیکی استفاده شد. درون هر وان، چهار نازل با فواصل ۳۰ سانتی‌متر نصب شد تا آب و مواد غذایی را به صورت پودر به سمت ریشه هدایت کند. روی هر وان یک صفحه یونولیتی قرار داده شد تا گیاهچه‌های سیب‌زمینی روی یونولیت مستقر شوند. روی یونولیت‌ها با فواصل ۱۰×۱۰ سانتی‌متر منفذهایی ایجاد شده و گیاهچه‌های سیب‌زمینی در درون این منفذها استقرار یافتند. محلول‌های غذایی در درون مخازن ۱۰۰ لیتری قرار داشته و با استفاده از پمپ به سمت نازل‌ها هدایت شده و با استفاد از تایمرهای مخصوص، محلول‌رسانی به ریشه کنترل می‌شد؛ به طوری که به ازای هر ۱۴ دقیقه، پمپ‌ها ۱۵ ثانیه روشن می‌شدند. برای ضدعفونی کردن محلول غذایی از عوامل بیماری‌زا، از اشعه UV استفاده شد. همچنین برای مقایسه، نشاهای سیب‌زمینی در گلدان‌های ۴ لیتری حاوی ۵۰٪ پرلایت و ۵۰٪ کوکوپیت کشت شدند. دو ماه پس از انتقال نشاها، اولین برداشت ریزغده سیب‌زمینی انجام شد و غده‌ها شمارش و توزین شدند. برداشت‌های بعدی در سیستم هواکشت هر دو هفته یک‌بار صورت گرفت. برداشت ریزغده در سیستم هیدروپونیک یک بار و در سیستم هواکشت چهار بار انجام شد. ارتفاع بوته‌ها با استفاده از خط‌کش مدرج اندازه‌گیری

جدول ۲. مقایسه رشد رویشی سه رقم سیب‌زمینی در سیستم‌های کشت هواکشت و هیدروپونیک و محلول‌های غذایی متفاوت

محلول غذایی	رقم	وزن تر اندام هوایی (گرم در هر گیاه)		وزن تر ریشه (گرم در هر گیاه)		ارتفاع (سانتی‌متر)	
		هیدروپونیک	اروپونیک	هیدروپونیک	اروپونیک	هیدروپونیک	اروپونیک
چنگ و همکاران (۳)	مارفونا	۸۱/۰ p	۷۰/۳ q	۳/۵۱ r	۱۶/۶۶ f	۶۰/۴ r	۶۲/۷ q
	سانتانا	۱۱۳/۳ i	۱۷۱/۶ e	۵/۷۸ n	۱۹/۱۹ e	۸۹/۰ l	۱۱۵/۲ f
	مورن	۱۱۱/۴ k	۲۷۶/۶ c	۵/۱۸ o	۳۰/۱۳ b	۸۹/۸ k	۱۴۴/۱ d
محلولAPCoAB	مارفونا	۸۱/۹ o	۶۰/۱ r	۳/۸۹ q	۱۱/۳۹ h	۷۷/۶ n	۷۵/۶ o
	سانتانا	۱۳۳/۷ g	۲۳۲/۲ d	۷/۹۷ j	۲۶/۷۱ d	۱۱۲/۴ g	۱۷۵/۴ c
	مورن	۱۱۲/۶ j	۲۷۸/۸ b	۵/۷۹ m	۲۷/۶۴ c	۱۰۲/۷ j	۱۹۵/۰ a
محلول تجاری	مافونا	۸۴/۲ n	۹۲/۷ m	۴/۴۹ p	۱۰/۹۳ i	۷۱/۸ p	۸۰/۰ m
	سانتانا	۹۸/۲ l	۱۴۹/۹ f	۷/۰۲ k	۱۵/۲۰ g	۱۱۱/۲ h	۱۲۴/۴ e
	مورن	۱۱۵/۸ h	۴۰۲/۹ a	۶/۱۴ l	۳۷/۲۲ a	۱۰۷/۴ i	۱۹۲/۲ b
میانگین سیستم کشت		۱۰۳/۵ B	۱۹۲/۸ A	۵/۵۳ B	۲۱/۶۷ A	۹۱/۳۷ B	۱۲۹/۴ A

برای هر پارامتر، حروف متفاوت نشانه اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن می‌باشند.

حروف بزرگ نشان‌دهنده میانگین اثرات متقابل می‌باشد.

Asia-Pacific Consortium on Agricultural Biotechnology= APCoAB

شد. زمانی که اکثر بوته‌ها علائم پیری نشان دادند، برداشت اندام‌های هوایی و ریشه انجام گرفت و وزن تر آنها به وسیله ترازو اندازه‌گیری شد. آنالیز داده‌های آماری حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام گرفت و مقایسه میانگین تیمارها در سطح احتمال ۵٪ توسط آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

به طور کلی، سیستم‌های کشت بدون خاکی که در باغبانی استفاده می‌شوند مزایای زیادی نسبت به کشت‌های خاکی دارند. هیدروپونیک منجر به تولید بیشتر در واحد سطح می‌شود (۷ و ۲۳). جی‌سی و فون آلمن (۸) محصول بیشتری را برای گوجه‌فرنگی‌های کشت شده در سیستم‌های NFT و هواکشت نسبت به کشت خاکی مشاهده کردند. مورو و همکاران (۱۹) نیز محصول و تعداد غده بیشتری در سیستم هیدروپونیک مشاهده کردند. مقایسه دو سیستم کشت بدون خاک در آزمایش حاضر نشان داد که وزن تر اندام هوایی و ریشه و ارتفاع گیاه سیب‌زمینی در سیستم هواکشت به طور معنی‌داری بیشتر از سیستم هیدروپونیک کلاسیک بود (جدول ۲). به طوری که بیشترین وزن تر اندام هوایی و ریشه در سیستم هواکشت، و در رقم مورن تغذیه شده با محلول تجاری اصفهان مشاهده شد. ارتفاع گیاه در رقم مورن رشد کرده در محلول غذایی APCoAB و سیستم هواکشت بیشترین مقدار بود. ریتر و همکاران (۲۵) نیز رشد رویشی بهتری را برای سیب‌زمینی‌های کشت شده در سیستم اروپونیک گزارش کردند. رشد رویشی بهتر گیاهان در سیستم هواکشت احتمالاً به دلیل تأمین بهتر فضا و اکسیژن کافی برای رشد ریشه بوده است. کمترین وزن تر اندام هوایی و ریشه و ارتفاع گیاه در رقم مارفونا مشاهده شد. نتایج نشان داد که عملکرد و تعداد ریزغده در سیستم هواکشت به ترتیب۵۸/۰۸ و ۲۷۷/۲ درصد در مقایسه با سیستم هیدروپونیک افزایش یافت.

جدول ۳. مقایسه محصول ریزغده سه رقم سیب‌زمینی در سیستم‌های هواکشت و هیدروپونیک و محلول‌های غذایی متفاوت

محلول غذایی	رقم	محصول ریزغده (گرم در هر گیاه)		تعداد ریزغده (ریزغده در هر گیاه)		وزن هر ریزغده (گرم هر ریزغده)	
		هیدروپونیک	اروپونیک	هیدروپونیک	اروپونیک	هیدروپونیک	اروپونیک
چنگ و همکاران (۳)	مارفونا	۹۱/۸ k	۲۰۲/۸ b	۶/۴۴ p	۳۲/۱۱ b	۱۵/۰۰ d	۶/۴۷ k
	سانتانا	۷۳/۱ q	۱۵۶/۹ c	۶/۸۹ l	۲۰/۵۶ g	۱۰/۷۶ h	۷/۹۵ j
	مورن	۱۰۴/۴ j	۱۰۹/۸ h	۶/۶۷ n	۱۷/۸۹ h	۱۵/۷۲ b	۶/۱۶ l
محلول APCoAB	مارفونا	۷۷/۱ o	۲۲۱/۹ a	۶/۷۸ m	۴۱/۳۳ a	۱۱/۴۷ g	۵/۴۶ o
	سانتانا	۷۹/۶ n	۱۵۴/۹ d	۶/۵۶ o	۲۶/۵۵ c	۱۲/۱۴ f	۵/۹۵ m
	مورن	۱۱۰/۸ g	۷۶/۴ p	۵/۶۷ r	۱۷/۶۷ i	۱۹/۷۲ a	۴/۳۳ q
محلول تجاری	مارفونا	۸۳/۳ m	۱۲۹/۷ e	۶/۱۱ q	۲۳/۵۶ e	۱۳/۹۶ e	۵/۵۴ n
	سانتانا	۷۰/۸ r	۱۲۲/۷ f	۷/۵۶ j	۲۴/۳۴ d	۹/۵۲ i	۴/۹۲ p
	مورن	۱۰۶/۰ i	۸۴/۶ l	۶/۸۹ k	۲۰/۷۸ f	۱۵/۳۲ c	۴/۱۷ r
میانگین سیستم کشت		۸۸/۵ B	۱۳۹/۹ A	۶/۶۲ B	۲۴/۹۷ A	۱۳/۷۳ A	۵/۶۶ B

برای هر پارامتر، حروف متفاوت نشانه اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن می‌باشند.

Asia-Pacific Consortium on Agricultural Biotechnology= APCoAB

به طوری که بیشترین محصول و تعداد ریزغده در سیستم هواکشت و محلول APCoAB و رقم مارفونا به دست آمد (جدول ۳). این رقم، در سیستم هواکشت حاوی محلول چنگ و همکاران (۳) نیز بیشترین محصول و تعداد ریزغده را داشت (۳). دو محلول اخیر در مقایسه با محلول تجاری دارای نسبت پتاسیم به نیتروژن بیشتری بودند که با توجه به نقش پتاسیم در تولید غده سیب‌زمینی، با وجود رشد رویشی زیاد گیاهان در محلول تجاری، محصول در این دو محلول بیشتر بود. محصول زیاد در محلول APCoAB می‌تواند با غلظت زیاد کلسیم در این محلول غذایی در ارتباط باشد، زیرا کلسیم در نوک استولون برای آغازش غده ضروری می‌باشد (۱). برداشت مکرر غده‌ها در سیستم هواکشت نیز از حضور غده‌های غالب بزرگ همزمان با آغازش و نمو غده‌های جدید جلوگیری کرده و باعث افزایش تعداد غده در این سیستم می‌شود (۱۶). بعلاوه، تعداد غده به‌طور مثبتی با سطح برگ و تعداد برگ همبستگی دارد (۱۳) و این مورد در گیاهان رشد کرده در سیستم هواکشت با رشد رویشی بیشتر قابل مشاهده است. وزن هر ریزغده در تیمار هواکشت کمتر از هیدروپونیک بود. ریزغده‌های سیب‌زمینی رقم مورن، تولید شده در سیستم هواکشت حاوی محلول تجاری، کمترین وزن را داشتند. در صورتی که این رقم در مقایسه با ارقام دیگر سنگین‌ترین غده‌ها را در سیستم هیدروپونیک دارای محلول APCoAB دارا بود. کاهش تعداد ریزغده و عملکرد غده در داخل گلدان‌های حاوی بستر احتمالاً به دلیل محدودیت ایجاد شده به وسیله حجم کم گلدان می‌باشد که از رشد استولون جلوگیری می‌کند (۶). عدم تعادل مواد غذایی در دسترس در زمان غده‌دهی نیز می‌تواند در کاهش ریزغده در گلدان نقش داشته باشد (۶). بزرگ بودن اندازه ریزغده‌های استفاده شونده به عنوان بذر مناسب نیست. زیرا ۴۰-۳۰ درصد هزینه تولید سیب‌زمینی مربوط به بذر آن است که بزرگ بودن آن، هزینه را افزایش می‌دهد (۶).

به طور کلی، محصول هیدروپونیک کیفیت بالایی داشته و یک هفته تا یک ماه زودرس‌تر بوده (۱۸)، از عوامل بیماری‌زای خاک‌زی یا خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نامناسب خاک اجتناب شده، و با افزایش آب و مواد معدنی قابل دسترس در محیط ریشه، تولید محصول بهینه می‌شود. فنون هواکشت، هوادهی ریشه را بهینه می‌کنند که فاکتور اصلی افزایش محصول در مقایسه با سیستم‌های هیدروپونیک کلاسیک می‌باشد (۲۷). چو و همکاران (۴) و ریتر و همکاران (۲۵) یک افزایش رشد و محصول را در سیستم هواکشت در مقایسه با سیستم‌های هیدروپونیک کلاسیک مشاهده کردند (۴ و ۲۵). در آزمایش حاضر، کیفیت ریزغده‌های تولید شده در سیستم هواکشت مناسب بود و هیچگونه علائم آفت، بیماری، خسارت و یا ناهنجاری فیزیولوژیک در این غده‌ها مشاهده نشد. عدم وجود خاک و یا مواد آلوده در سیستم هواکشت باعث حذف عوامل بیماری‌زا و آفات در این سیستم شده و در ضمن نیاز به تناوب محصول نیز نمی‌باشد.

نتیجه‌گیری

از این آزمایش نتیجه‌گیری شد که در تولید ریزغده، سیستم هواکشت نسبت به سیستم هیدروپونیک برتری داشته و بهترین رقم برای کاشت در این سیستم رقم مارفونا و بهترین محلول APCoAB و سپس محلول چنگ و همکاران می‌باشد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان و همچنین از آقای دکتر رنجبر کریمی ریاست محترم دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان به علت تأمین مالی تحقیق حاضر تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

1. Balamani, V., K. Veluthambi and B.W. Poovaiah, 1986. Effect of calcium on tuberization in potato (*Solanum tuberosum* L.). Plant Physiol. 80: 856-858.
2. Biddinger, E.J., C.M. Liu, R.J. Joly and K.G. Raghothama. 1998. Physiological and molecular responses of aeroponically grown tomato plants to phosphorus deficiency. J. Am. Soc. Hort. Sci. 123: 330-333.
3. Chang, D.C., C.S. Park, S.Y. Kim, S.J. Kim and Y.B. Lee. 2008. Physiological growth responses by nutrient in aeroponically grown potatoes. Am. J. Potato Res. 85: 315-323.
4. 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. RDA J. Agric. Sci. 38: 563-567.
5. Cooper, A. 1979. The ABC of NFT Grower Books. London, 181 p.
6. 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.
7. FAO. 1990. Soilless Culture for Horticultural Crop Production. Plant Production and Protection Paper No. 101, Rome, 188 p.
8. Gysi, C. and F. Von Allmen. 1997. Balance of water and nutrients in tomatoes grown on soilless systems. Agralforschung 4(1): 28 (supplement).
9. He, J. and S.K. Lee. 1998. Growth and photosynthetic responses of three aeroponically grown lettuce cultivars (*Lactuca sativa* L.) to different rootzone temperatures and growth irradiances under tropical aerial conditions. J. Hort. Sci. Biotechnol. 73: 173-180.
10. Jones, E.D. 1988. A current assessment of *in vitro* culture and other rapid multiplication methods in North America and Europe. Am. Potato J. 65: 209-220.
11. Kang, J.G., S.Y. Yang and S.Y. Kim. 1996a. Effects of nitrogen levels on the plant growth, tuberization and quality of potatoes grown in aeroponics. J. Korean Soc. Hort. Sci. 37: 761-766.
12. Kang, J.G., S.Y. Kim, H.J. Kim, Y.H. Om and J.K. Kim. 1996b. Growth and tuberization of potato (*Solarium tuberosum* L.) cultivars in aeroponic, deep flow technique and nutrient film technique culture systems. J. Korean Soc. Hort. Sci. 37: 24-27.

13. Kahn, B.A., E.E. Ewing and A.H. Senesac. 1983. Effects of leaf age, leaf area, and other factors on tuberization of cuttings from induced potato (*Solanum tuberosum* L.) shoots. Can. J. Bot. 61: 3193-3201.
14. Kim, K.T., S.B. Kim, S.B. Ko and Y.B. Park. 1997. Effects of minituber picking intervals on the yield and tuber weight of potato grown in aeroponics. RDA J. Hort. Sci. 39: 65-69.
15. Kim, H.S., E.M. Lee, M.A. Lee, I.S. Woo, C.S. Moon, Y.B. Lee and S.Y. Kim. 1999. Production of high quality potato plantlets by autotrophic culture for aeroponic systems. J. Korean Soc. Hort. Sci. 123: 330-333.
16. Lommen, W.J.M. 1995. Basic studies on the production and performance of potato minitubers. Doctoral Thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 181 p.
17. Molitor, H.D., M. Fischer and A.P. Popadopoulos. 1999. Effect of several parameters on the growth of chrysanthemum stock plants in aeroponics. Acta Hort. 481: 179-186.
18. Morard, P. 1995. Les Cultures Vegetales Hors Sol. Publications Agricoles Agen, pp. 12-13.
19. Muro, J., V. Diaz, J.L. Goni and C. Lamsfus. 1997. Comparison of hydroponic culture and culture in a peat/sand mixture and the influence of nutrient solution and plant density on seed potato yield. Potato Res. 40: 431-438.
20. Park, H.S., M.H. Chiang and H.S. Park. 1997. Effects of form and concentration of nitrogen in aeroponic solution on growth, chlorophyll, nitrogen contents and enzyme activities in *Cucumis sativum* L. plant. J. Korean Soc. Hortic. Sci. 38: 642-646.
21. Peterson, N.A. and A.R. Krueger. 1968. An intermittent aeroponics system. Crop Sci. 28: 712-713.
22. Ranalli, P. 1997. Innovative propagation methods in seed tuber multiplication programs. Potato Res. 40: 439-453.
23. Resh, H. 1978. Hydroponic Food Production. Woodbridge Press Publishing Co., Santa Barbara, CA, USA, 287 p.
24. Ricardo, M.C., B.P.P. Jose Eduardo and F. Valdemar. 2009. The production of seed potatoes by hydroponic methods in Brazil. Fruit, Veg. Cereal Sci. Biotechnol. 58: 543-548.
25. Ritter, E., B. Angulo, P. Riga, C. Herran, J. Relloso and M. San Jose. 2001. Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minitubers. Potato Res. 44: 127-135.
26. Scoggins, H.L. and H.A. Mills. 1998. Poinsettia growth, tissue nutrient concentration, and nutrient uptake as influenced by nitrogen form and stage of growth. J. Plant Nutr. 21: 191-198.
27. 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. 113: 218-221.
28. Wan, W.Y., W. Cao and T.W. Tibbitts. 1994. Tuber initiation in hydroponically grown potatoes by alteration of solution pH. HortSci. 29: 621-623.
29. Wheeler, R.M., C.L. Mackowiak, J.C. Sager, W.M. Knott and C.R. Hinkle. 1990. Potato growth and yield using nutrient film technique (NFT). Am. Potato J. 67: 177-187.
30. Wiersema, S.G., R. Cabello, P. Tovar and J.H. Dodds. 1987. Rapid seed multiplication by planting into beds micro tubers and in vitro plants. Potato Res. 30: 117-120.
31. Vreugdenhil, D. and P.C. Struik. 1989. An integrated view of the hormonal regulation of tuber formation in potato (*Solanum tuberosum*). Physiol. Plant. 75: 525-531.