

معرفی محلول غذایی مناسب برای تولید مینی تیوبر سیب‌زمینی رقم آگریا در سیستم هواکشت

داود حسن پناه

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، اردبیل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۳۱

چکیده

حسن پناه د (۱۳۹۳) معرفی محلول غذایی مناسب برای تولید مینی تیوبر سیب‌زمینی رقم آگریا در سیستم هواکشت. نشریه یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی ۳ (۲): ۹۱ - ۱۰۳.

این تحقیق به منظور بررسی تأثیر محلول‌های غذایی مختلف بر تولید مینی تیوبر سیب‌زمینی رقم آگریا در سیستم هواکشت در آزمایشگاه و گلخانه شرکت بهرپور سبلان اردبیل در سال ۱۳۹۲ انجام شد. تعداد چهار محلول غذایی شامل محلول‌های غذایی توصیه شده توسط لومن و استروویک (۱۹۹۲)، کنگک و هان (۲۰۰۵)، اوتازو (۲۰۱۰) و هوگلند و آرنون (۱۹۵۰) براساس طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار بررسی شدند. در طی دوره رشد و بعد از برداشت برخی صفات مهم شامل ارتفاع بوته، تعداد ساقه اصلی در بوته، تعداد و وزن مینی تیوبر در مترمربع، میانگین وزن مینی تیوبر و وضعیت انبارمانی مینی تیوبرها اندازه‌گیری و یادداشت برداری شدند. نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که بین محلول‌های غذایی مورد مطالعه از لحاظ صفات تعداد و وزن مینی تیوبر در مترمربع، میانگین وزن مینی تیوبر و ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بیشترین تعداد و وزن مینی تیوبر در مترمربع (به ترتیب با ۱۶۰۰ عدد و ۱۱۰۷۴ گرم)، میانگین وزن مینی تیوبر (۸/۶۴ گرم) و ارتفاع بوته (۸۷ سانتی‌متر) در محلول غذایی ۱ (لومن و استروویک، ۱۹۹۲) مشاهده شد. در این آزمایش تعداد ۱۶۰۰ مینی تیوبر در مترمربع از رقم آگریا با تراکم ۲۰ گیاهچه در مترمربع (تعداد ۸۰ مینی تیوبر در بوته) تولید شد. در سیستم معمولی (با بستر پیت‌ماس) حدود ۲۰۰ مینی تیوبر در مترمربع با تراکم ۱۰۰ گیاهچه در مترمربع (تعداد دو مینی تیوبر در بوته) برداشت می‌شود. در این آزمایش تعداد ۷۸ مینی تیوبر در بوته نسبت به سیستم معمولی بیشتر بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: سیب‌زمینی، محلول غذایی، مینی تیوبر و هواکشت.

مقدمه

۱۰ هفته تولید کردند که با در نظر گرفتن ۳۵۰ گیاهچه در متر مربع، از هر گیاهچه به طور میانگین پنج عدد مینی تیوبر قابل استحصال بود. همچنین آنها گزارش کردند که اولین میان برداشت، پیدایش غده‌های جدید را تحریک می‌کند و دومین میان برداشت، رشد غده‌هایی که خیلی کوچک مانده‌اند را تحریک می‌نماید (۱۹). ایشان به این نتیجه رسیدند که تعداد مینی تیوبرها به طور کلی افزایش می‌یابد ولی وزن غده‌ها کاهش پیدا می‌کند که این موضوع شاید به دلیل خسارت ریشه و تغییر ذخایر غده‌ها باشد (۱۸). لومن (۱۷) با استفاده از سیستم برداشت مکرر در شرایط گلخانه‌ای در سیستم معمولی (با بستر خاکی)، بیش از ۳۵۰۰ غده با اندازه کوچک (کمتر از ۵ میلی‌متر) در مترمربع تولید نمود. گوناسنا و هاریس (۸) نتیجه گرفتند در بوته‌هایی که میان برداشت ندارند اگر قبل از پیدایش غده کود داده شود، تعداد غده‌های هر بوته افزایش می‌یابد. تکرار برداشت منجر به تولید غده‌های بسیار ریز می‌شود، بنابراین ممکن است برای تولید تجاری مطلوبیت کمتری داشته باشد. از آن جایی که مینی تیوبرهای کوچک‌تر ضایعات و تلفات بیشتری از غده‌های بزرگ‌تر طی دوره انباری نشان می‌دهند (۱۶) و عملکرد ضعیفی در کشت مزرعه‌ای دارند (۱۴)، تولید غده‌های بزرگ‌تر ترجیح داده می‌شود.

نیکولس و همکاران (۲۳) استفاده از روش سیستم هواکشت را یک روش سریع برای تولید بذور سالم سیب‌زمینی پیشنهاد نمودند. سیستم

سیب‌زمینی از نظر اهمیت غذایی سومین محصول پس از گندم و برنج در ایران به شمار می‌رود. با توجه به این که در بسیاری از محصولات کشاورزی به ویژه سیب‌زمینی بیماری‌های ویروسی سهم به‌سزایی در کاهش عملکرد و کیفیت محصول دارند، اهمیت ایجاد گیاهچه‌های سالم و مینی تیوبرهای عاری از ویروس و ازدیاد و تکثیر سریع آنها در سطح وسیع کاملاً روشن است (۱). مینی تیوبرها غده‌های بذری کوچکی هستند که از گیاهچه‌های تکثیر یافته در شرایط درون‌شیشه‌ای تولید و بعداً به گلخانه منتقل می‌گردند. مینی تیوبرها معمولاً با نشا مستقیم گیاهان کامل ناشی از کشت درون‌شیشه‌ای با تراکم زیاد در گلخانه تولید می‌شوند (۲۰). مینی تیوبرها در سطح وسیع تولید و در برنامه‌های تولید و تکثیر غده بذری سیب‌زمینی بکار می‌روند. کشت گیاهچه‌های تکثیر شده در خاک می‌تواند روش سریع برای تولید مینی تیوبر و غده سیب‌زمینی بذری باشد (۳).

تعداد بیشتر مینی تیوبر در هر بوته می‌تواند با تکرار یک یا بیشتر برداشت طی فصل تولید (۲۰)، کاشت متراکم در بستر گلخانه‌ای (۱۲)، آب‌کشت (۲۲ و ۲۸) یا هواکشت (۷، ۱۳، ۲۳، ۲۴ و ۲۸) تولید گردد. لومن و استرویک (۱۸) در شرایط گلخانه‌ای در سیستم معمولی (با بستر خاکی) با برداشت‌های تکراری (غیرتخریبی) بیش از ۱۸۰۰ مینی تیوبر در هر مترمربع در طول

داشته باشد. این امر همچنین به کیفیت شیمیایی آب و مواد غذایی مورد استفاده برای تهیه محلول غذایی بستگی دارد. زمانی که مواد غذایی به آب اضافه شوند، EC آب بالاتر می‌رود. EC آب بالاتر از دو میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر مشکلات سمیت را به دنبال دارد. در سیستم هواکشت بایستی در استفاده از کودها حاوی سدیم و کلر اجتناب گردد. برخی کودها که EC محلول را بیشتر از سایر کودها افزایش می‌دهند. کودهای نیتروژنه و پتاسه به خوبی با EC هماهنگ هستند. همچنین برخی کودها باعث درجات کمتر یا بیشتر قلیائیت و اسیدیته شدن می‌گردند. فسفات آمونیوم، سولفات آمونیوم، اوره و نترات آمونیوم از کودهای اسیدی و فسفات کلسیم، کربنات پتاسیم، فسفات پتاسیم و نترات پتاسیم از کودهای قلیایی هستند. گیاهان برای رشد طبیعی به عناصر ماکرو شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم و عناصر میکرو شامل آهن، سلفور، منگنز، مس، روی، بور و مولیبدن نیازمندند. این عناصر باید در آب حل شوند تا از طریق ریشه گیاه جذب گردد (۲۵). وجود مواد غذایی مستمر در اطراف ریشه گیاه در سیستم هیدروپونیک باعث دستیابی به راندمان بیش از حد انتظار در مقایسه با کشت خاکی سیب زمینی می‌شود (۵). یون‌های مصرفی در مقایسه با کشت خاکی به راحتی در اختیار ریشه گیاه قرار می‌گیرد و با جذب بهتر در سیستم آبکشت تأثیر بالایی را در رشد و توسعه گیاه به دنبال دارد

هواکشت برای تولید سیب زمینی عاری از ویروس مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۳). در سیستم هواکشت دسترسی به ریشه امکان‌پذیر است و ریشه در هوا و بدون فشار مکانیکی رشد می‌کند و تهویه ریشه‌ها به خوبی انجام شده و باعث افزایش محصول می‌شود (۹). در این روش می‌توان از بیماری‌های خاکزی جلوگیری کرده و با افزایش ذخیره آب و مواد معدنی در اطراف ریشه، تولید محصولات را بهینه نمود (۲۱). در این سیستم به علت دسترسی آسان به ریشه می‌توان اقدام به برداشت مینی تیوبرهای تولید شده نمود. این روش کاشت با موفقیت برای تولید مینی تیوبر سیب زمینی (۱، ۷، ۱۳، ۲۳ و ۲۴) مورد استفاده قرار گرفته است. ریتز و همکاران (۲۷) با بررسی مینی تیوبرهای تولیدی در سیستم آبکشت و هواکشت نتیجه گرفتند که عملکرد غده تولیدی در بوته در سیستم هواکشت ۷۰ درصد و تعداد غده بیش از ۲/۵ برابر بود. همچنین گزارش کردند در این سیستم وزن غده ۳۳ درصد کاهش می‌یابد. نوگالیده و همکاران (۲۴) گزارش کردند که سیستم هواکشت برای تولید بذر پیش پایه سیب زمینی مناسب می‌باشد و نتیجه گرفتند که طول استولون و تعداد غده در بوته در این سیستم بیشتر می‌باشد. حسن پناه (۱) افزایش تعداد مینی تیوبر در مترمربع در سیستم هواکشت نسبت به روش معمولی را ۴۹۳ عدد گزارش نمود. هر محصولی یک نیاز غذایی بهینه دارد. هر رقم سیب زمینی ممکن است نیاز غذایی متفاوتی

(۵). پریرا و همکاران (۲۶) گزارش کردند راندمان تولید مینی تیوبر در سیستم آبکشت و هواکشت در مقایسه با سیستم خاکی به ترتیب ۳۳ و ۷۰ درصد بیشتر بود. روستا و همکاران (۲) آزمایشی با سه محلول غذایی (محلول چنگک و همکاران، APCoAB و محلول هیدروپونیک تجاری اصفهان) و سه رقم سیبزمینی مارفونا، سانتانا و مورن انجام دادند و گزارش کردند که در تولید مینی تیوبر، سیستم هواکشت نسبت به سیستم آبکشت کلاسیک برتری داشته و بهترین رقم برای کاشت در این سیستم، رقم مارفونا و بهترین محلول APCoAB و بعد از آن محلول چنگک و همکاران می‌باشد. ریتز و همکاران (۲۷) و کنگک و همکاران (۱۳) گزارش کردند که استفاده از نیتروژن در محلول غذایی باعث افزایش رشد محصول سیبزمینی می‌شود. استفاده از کلسیم می‌تواند توانایی تغذیه در نوک استولون‌ها برای شروع غده‌زایی را افزایش دهد (۴). کنگک و هان (۱۳) گزارش کردند استفاده از محلول غذایی شامل نیتروژن کل، فسفر، پتاسیم و منیزیم باعث افزایش ۱۳ درصد عملکرد غده در مترمربع گردید. به هر حال تغذیه، تراکم کاشت، تعداد برداشت، فواصل برداشت مناسب و افزایش شدت نور و غنی‌سازی CO₂ باعث افزایش تولید مینی تیوبر در سیستم هواکشت می‌شود که باید مدنظر قرار گیرد (۲۵). این تکنولوژی (سیستم هواکشت) کشتور را قادر می‌سازد تا بذر مورد نیاز خود را سریعاً، در مقادیر زیاد، قیمت مناسب و سلامت

بالا تولید نماید.

هدف از این آزمایش معرفی مناسب‌ترین محلول غذایی در تولید مینی تیوبر و بالا بردن نرخ تکثیر مینی تیوبر سیبزمینی به ازای هر گیاهچه در سیستم هواکشت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر محلول‌های غذایی مختلف در تولید مینی تیوبر سیبزمینی رقم آگریا در سیستم هواکشت، آزمایشی در آزمایشگاه و گلخانه شرکت بهپرو سبلان اردبیل در سال ۱۳۹۲ انجام شد. در این آزمایش، تعداد چهار محلول غذایی توصیه شده توسط ۱- لومن و استرویک (۲۰)؛ ۲- کنگک و هان (۱۳)؛ ۳- اوتازو (۲۵)؛ ۴- هوگلند و آرنون (۱۱) (جدول ۱) براساس طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار بررسی شدند.

اندازه هر واحد آزمایشی ۲۰ بوته در نظر گرفته شد. گیاهچه‌های تولید شده پس از ریشه‌زایی در آزمایشگاه، به گلخانه تطابق‌پذیری منتقل شده و در محیط هواکشت قرار داده شدند و گیاهچه‌ها در روی جعبه نشا (۱/۲۵ × ۱/۲۵ متر) کشت گردیدند. بعد از گذشت ۱۵ روز قیم‌زنی بوته‌ها انجام شد. بعد از یک ماه، برگ‌های پایینی به وسیله یک تیغ تیز و با رعایت اصول بهداشتی حذف شدند. محلول غذایی به ریشه گیاه توسط پمپاژ و به صورت مه‌پاشی در هر ۱۵ دقیقه ۱۵ ثانیه انجام شده و ریشه‌ها تا زمان برداشت نهایی مرتباً در معرض

جدول ۱- محلول‌های غذایی مورد مطالعه در این آزمایش

الف- محلول غذایی توصیه شده توسط لومن و استرویک (۲۰) (pH = 6.0)

ماده	Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O (گرم در لیتر)	KNO ₃ (گرم در لیتر)	KH ₂ PO ₄ (گرم در لیتر)	K ₂ SO ₄ (گرم در لیتر)
مقدار	۰/۸۹۰	۰/۴۴۶	۰/۱۳۵	۰/۱۴۰
ماده	MnSO ₄ . H ₂ O (میلی گرم در لیتر)	FeEDTA (گرم در لیتر)	H ₂ SO ₄ (گرم در لیتر)	MgSO ₄ .7H ₂ O (گرم در لیتر)
مقدار	۲/۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۴	۰/۴۷۲
ماده	H ₃ BO ₃ (میلی گرم در لیتر)	ZnSO ₄ .7H ₂ O (میلی گرم در لیتر)	Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O (میلی گرم در لیتر)	CuSO ₄ .5H ₂ O (میلی گرم در لیتر)
مقدار	۳/۰	۰/۵	۰/۱	۰/۱

ب- محلول غذایی توصیه شده توسط کنگ و هان (۱۳)

ماده	نیترژن کل	فسفر	پتاسیم	منیزیم	آهن	منگنز	بر	روی	مس	مولیبدن
مقدار (درصد)	۱۲	۵	۲۰	۲	۰/۴۰	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱۵	۰/۰۵	۰/۰۲

ج- محلول غذایی توصیه شده توسط اوتازو (۲۵)

عنصر غذایی	نیترات پتاسیم	نیترات آمونیوم*	کلسیم سوپر فسفات تریپل	سولفات منیزیم	فتریلون	کلات آهن (۶ درصد)
گرم در ۴۰۰ لیتر	۲۱۶	۱۴۰	۱۱۲	۹۶	۴/۸	۳/۶

کاهش غلظت‌ها در زمان آغاز غده‌دهی (حدود دو ماه بعد انتقال گیاهچه) به نصف مقدار اولیه.

د- محلول غذایی توصیه شده توسط هوگلند و آرنون (۱۱)

محلول پایه	مقدار (میلی گرم بر لیتر)
پتاسیم دی هیدروژن فسفات	۱
نیترات پتاسیم	۵
نیترات کلسیم	۵
سولفات منیزیم	۲
سیترات آمونیوم آهن ۰/۵ درصد	۱
فسفات دی هیدروژن آمونیوم	۱
نیترات پتاسیم	۶
نیترات کلسیم	۴
سولفات منیزیم	۲
شلات آهن ۰/۵ درصد	۲
اسید بوریک	۲/۸۶
کلرید منگنز	۱/۸۱
سولفات روی	۰/۲۲
سولفات	۰/۰۸
اسید مولیبدات	۰/۰۲

برداشت، مینی تیوبرها با محلول هیپوکلریت سدیم ۰/۱ درصد و به دنبال آن یک یا دو بار با آب مقطر شسته شدند، این امر به خاطر جلوگیری از آلودگی باکتریایی انجام گردید. مینی تیوبرهای برداشت شده، ابتدا در داخل خاک ضدعفونی شده با رطوبت خیلی جزئی به مدت سه هفته در شرایط انبار با درجه حرارت ۱۵-۱۸ درجه سانتی گراد نگهداری و سپس به سردخانه (۵-۴ درجه سانتی گراد) منتقل شدند. آنالیز واریانس در قالب طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین براساس آزمون دانکن با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.2 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که بین محلول‌های غذایی مورد مطالعه از لحاظ صفات تعداد و وزن مینی تیوبر در مترمربع، میانگین وزن مینی تیوبر و ارتفاع بوته اختلاف معنی داری وجود دارد (جدول ۲).

پاشش محلول غذایی قرار گرفتند. برداشت هنگام صبح انجام شد. برای جلوگیری از وارد شدن صدمه به ریشه‌ها ابتدا درب بیرونی باز و سپس پرده داخلی با احتیاط برداشته شدند. در این مدت تایمرها برای مدت نیم ساعت غیرفعال بودند. در طی دوره رشد از قارچ کش کلرور مس 35% WP به میزان سه در هزار چهار مرتبه، سم کلروتالونیل 75% WP به میزان دو کیلوگرم در هکتار یک مرتبه و آوانت به میزان سه در هزار یک مرتبه استفاده گردید. pH آب تصفیه شده ۷ و EC آن ۱/۱۷ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر بود. در طی دوره رشد و بعد از برداشت صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه اصلی در بوته، تعداد و وزن مینی تیوبر در متر مربع و میانگین وزن مینی تیوبر اندازه‌گیری و یادداشت‌برداری گردید. به طور متوسط برداشت مینی تیوبرها هر چهار روز یک بار صورت گرفت. در طول دوره رشد تعداد ۱۲ بار برداشت و در مدت ۹۹ روز انجام شد. بعد از هر

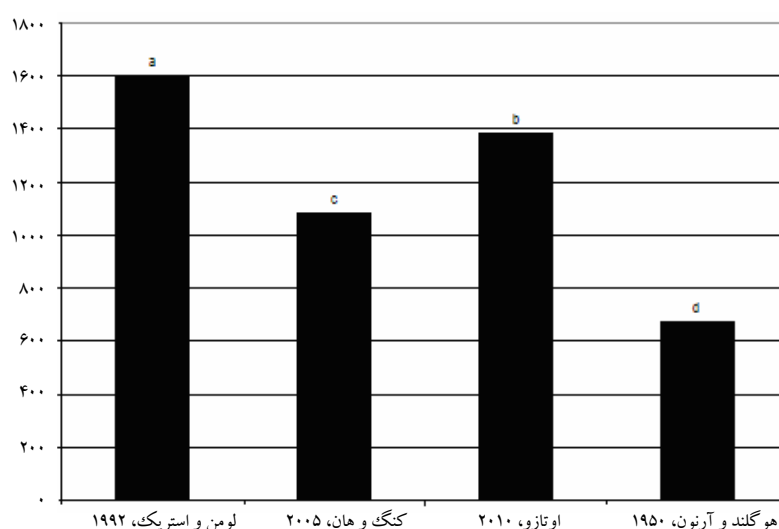
جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در محلول‌های غذایی مختلف

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		تعداد مینی تیوبر در مترمربع	وزن مینی تیوبر در مترمربع	میانگین وزن مینی تیوبر	ارتفاع بوته
محلول غذایی	۳	۴۸۲۷۶۳**	۳۲۷۰۰۰۰**	۹/۹۵*	۹۸۵**
خطا	۸	۱۵۰۰۰	۱۲۵۰۰۰۰	۰/۸۹۷	۲/۲۵
ضریب تغییرات		۹/۲۰	۱۲/۳۱	۸/۳۱	۶/۵۵

* و **: به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. NS: غیر معنی دار.

۱۶۰۰ مینی تیوبر در مترمربع از رقم آگریا تولید شد. در شرایط معمولی (با بستر پیت ماس) حدود ۲۰۰ مینی تیوبر در مترمربع برداشت می شود (۱). در این آزمایش تعداد ۱۴۰۰ مینی تیوبر در مترمربع در سیستم هواکشت نسبت به سیستم معمولی بیشتر بدست آمد.

محلول های غذایی ۱ (لومن و استرویک، ۱۹۹۲) و ۳ (اوتازو، ۲۰۱۰) به ترتیب با ۱۶۰۰ و ۱۳۸۲ مینی تیوبر در مترمربع در گروه a و b قرار داشتند (شکل ۱). کمترین تعداد مینی تیوبر در مترمربع مربوط به محلول غذایی ۴ (هوگلند و آرنون، ۱۹۵۰) بود (شکل ۱). در این آزمایش (سیستم هواکشت) تعداد

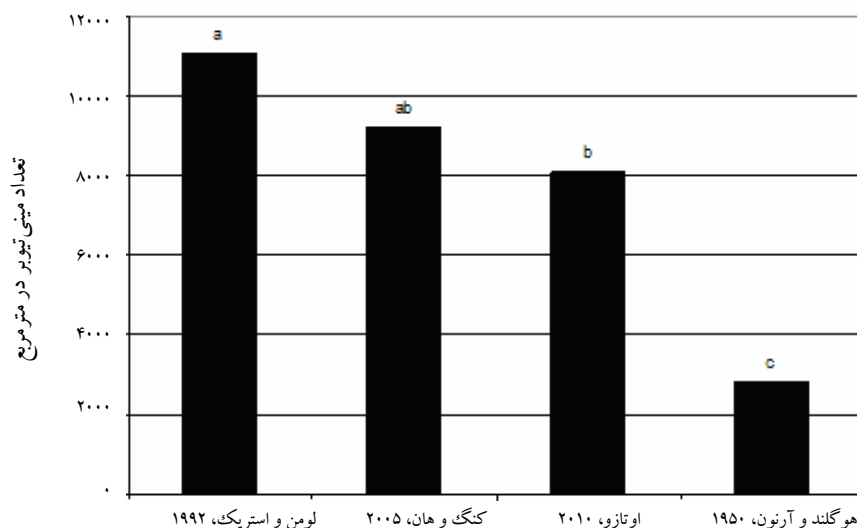


شکل ۱- میانگین تعداد مینی تیوبر در مترمربع در محلول های غذایی مختلف

متر مربع نسبت به سیستم معمولی (با بستر پیت ماس) بیشتر بود. ریت و همکاران (۲۷) میزان افزایش تعداد و وزن مینی تیوبر در متر مربع را به ترتیب ۱۵۳ و ۷۰ درصد در سیستم هواکشت نسبت به سیستم معمولی گزارش کردند. نوگالیده و همکاران (۲۴) نتیجه گرفتند در سیستم هواکشت تعداد و وزن مینی تیوبر در بوته بیشتری تولید می شود و این سیستم برای تولید بذر پیش پایه سیب زمینی مناسب می باشد. افزایش وزن مینی تیوبر در سیستم هواکشت در

از لحاظ وزن مینی تیوبر در مترمربع، محلول های غذایی ۱ (لومن و استرویک، c، ۱۹۹۲) و ۲ (کنگک و هان، ۲۰۰۵) به ترتیب با ۱۱۰۷۴ و ۹۲۰۱ گرم در مترمربع در گروه a و ab قرار داشتند (شکل ۲). اختلاف وزن مینی تیوبر در مترمربع محلول غذایی ۱ (لومن و استرویک، ۱۹۹۲c) نسبت به محلول غذایی ۴ (هوگلند و آرنون، ۱۹۵۰)، ۸۲۲۴ گرم در مترمربع بود.

سیستم هواکشت تعداد و وزن مینی تیوبر در



شکل ۲- میانگین وزن مینی تیوبر در مترمربع در محلول‌های غذایی مختلف

مینی تیوبر با برداشت چند مرحله‌ای قادر به افزایش وزن و تعداد مینی تیوبر در مترمربع خواهیم بود. چند مرحله‌ای در هر دو سیستم معمولی و هواکشت باعث افزایش تعداد و وزن مینی تیوبر در مترمربع می‌شود. با این تفاوت که در سیستم هواکشت، از آسیب به ریشه به دلیل عدم برداشت و کاشت مجدد بوته‌ها، جلوگیری می‌شود. در سیستم هواکشت دسترسی به ریشه امکان‌پذیر است و ریشه‌ها در هوا و بدون فشار مکانیکی رشد می‌کنند و آسیب به ریشه در حداقل بوده و تهویه ریشه‌ها به خوبی انجام شده و باعث افزایش تعداد مینی تیوبر در مترمربع می‌شود (۹). تکنیک برداشت در سیستم هواکشت راحت بوده و تکرار و برداشت چند مرحله‌ای امکان تولید غده‌ها در اندازه مورد نظر را می‌دهد (۲۷).

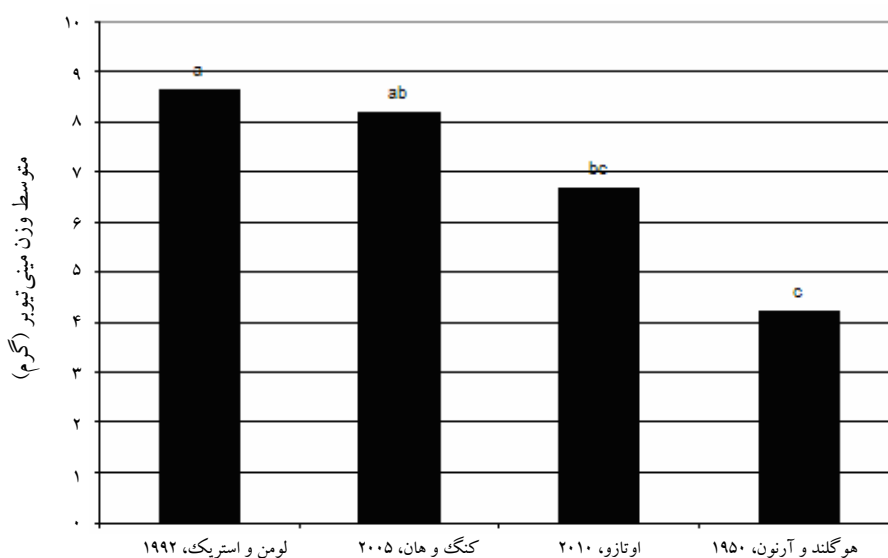
از لحاظ میانگین وزن مینی تیوبر، محلولهای غذایی ۱ (لومن و استریک، ۱۹۹۲)

مقایسه با کشت معمولی توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (۶، ۲۷ و ۲۹). حسن پناه (۱) افزایش تعداد و وزن مینی تیوبر در مترمربع در سیستم هواکشت نسبت به روش معمولی (با بستر پیت‌ماس) را به ترتیب ۱۱۰ (۴۹۳ مینی تیوبر) و ۳۸ درصد (۱۲۴۰ گرم) گزارش کرد.

در سیستم هواکشت، در اولین مرحله برداشت تعداد مینی تیوبر کمتر و وزن آن بیشتر و در آخرین برداشت (بعد از ۹۹ روز) تعداد مینی تیوبر بیشتر و وزن کمتر تولید شد. در این سیستم، برداشت مینی تیوبرها باعث افزایش تشکیل استولون‌های جدید و مینی تیوبرها در گیاه شدند. نتایج مشابه توسط لومن (۱۷) و حسن پناه و عظیمی (۱۰) در برداشت‌های تکراری مینی تیوبر در سیستم معمولی و مورو و همکاران (۲۲) و ریترو و همکاران (۲۷) در سیستم آبکشت و هواکشت گزارش شده است. به هر حال، در سیستم هواکشت برای تولید

ریشه‌ها در سیستم هواکشت، با انتخاب زمان برداشت مناسب، بهترین اندازه بذری را می‌توان برداشت کرد. حسن پناه (۱) میانگین وزن مینی تیوبر در سیستم معمولی را هشت گرم و در سیستم هواکشت ۵/۲ گرم گزارش نمود. ریترو و همکاران (۲۷) میزان کاهش میانگین وزن مینی تیوبر در سیستم هواکشت را ۳۳ درصد بیان نمودند.

۲) (کنگ و هان، ۲۰۰۵) به ترتیب با ۸/۶۴ و ۸/۲۰ گرم در گروه a و ab قرار گرفتند (شکل ۳). در این آزمایش حداقل میانگین وزن مینی تیوبر در محلول غذایی ۴ (هوگلند و آرنون، ۱۹۵۰) مشاهده شد. در این تیمار تعداد و وزن مینی تیوبر کم بود که باعث کاهش میانگین وزن مینی تیوبر شده است (شکل ۳). در این آزمایش میانگین وزن مینی تیوبر به مقدار ۶/۹۳ گرم بود. به علت دسترسی راحت به

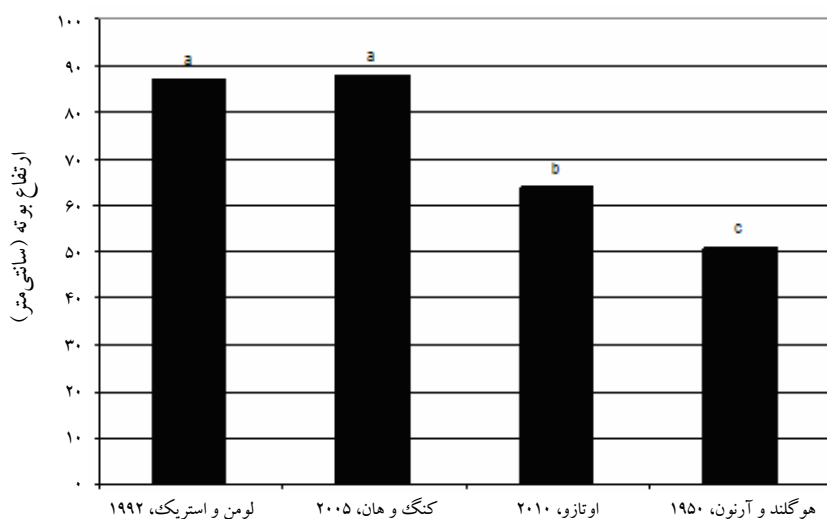


شکل ۳- متوسط وزن مینی تیوبر در محلول‌های غذایی مختلف

هواکشت در مقایسه با سیستم معمولی بیشتر گزارش کردند. به نظر می‌رسد علت افزایش ارتفاع بوته در این آزمایش در سیستم هواکشت استفاده به موقع از مواد غذایی ضروری گیاه می‌باشد.

در این آزمایش طول استولون‌ها و ریشه‌ها به طور متوسط بین ۱۱۰-۷۰ سانتی متر بود. در

در محلول‌های غذایی ۱ (لومن و استرویک، ۱۹۹۲) و ۲ (کنگ و هان، ۲۰۰۵) بیشترین ارتفاع بوته مشاهده شد (شکل ۴). در این تیمارها تعداد و وزن مینی تیوبر در مترمربع و متوسط وزن مینی تیوبر نیز بیشتر بود (شکل ۱ و ۲). چو و همکاران (۶)، سوفر و بورگر (۲۹) و ریترو و همکاران (۲۷) ارتفاع بوته را در سیستم



شکل ۴ - میانگین ارتفاع بوته در محلول‌های غذایی مختلف

غیرمعنی‌دار گزارش کردند. در این آزمایش، غده‌زایی و توسعه مینی تیوبرها در سیستم هواکشت دیرتر اتفاق افتاد (به طور متوسط ۳۹ روز). تأخیر در غده‌زایی در سیستم هواکشت توسط ریترو و همکاران (۲۷) و حسن‌پناه (۱) نیز گزارش شده است. تأخیر در غده‌زایی زمانی مشاهده می‌شود که در محیط اطراف استولون استرس مکانیکی نباشد (۲۱). این حالت در سیستم هواکشت مشاهده می‌شود که ریشه‌ها بدون مقاومت مکانیکی هستند. وریگدنهیل و استرویک (۳۰) گزارش کردند با شروع غده‌زایی، رشد استولون متوقف می‌شود که این مورد به سنتز اتیلین مرتبط می‌باشد.

توصیه ترویجی

محلول غذایی توصیه شده توسط لومن و استرویک (۲۰) با توجه به تعداد و وزن

حالی که در سیستم معمولی (با بستر پیت ماس) بین ۵-۱۵ سانتی متر گزارش شده است (۱). نوگالیده و همکاران (۲۴) گزارش کردند که در سیستم هواکشت طول استولون بیشتر می‌شود. همچنین ریترو و همکاران (۲۷) گزارش کردند که در سیستم هواکشت برداشت مینی تیوبرها باعث افزایش تشکیل استولون‌های جدید و غده‌ها می‌گردد.

برای افزایش انبارمانی، مینی تیوبرها ابتدا در داخل خاک ضد عفونی شده با رطوبت خیلی جزئی به مدت سه هفته در شرایط انبار با درجه حرارت ۱۵-۱۸ درجه سانتی گراد نگهداری و سپس به سردخانه منتقل شدند. در این روش، کلیه مینی تیوبرها سالم ماندند و از کیفیت بالاتری برخوردار بودند. حسن‌پناه (۱) اختلاف بین انبارمانی مینی تیوبرها در سیستم کشت معمولی و هواکشت را معنی‌دار اما کم و همکاران (۱۵) و ریترو و همکاران (۲۷)

- مینی تیوبر در مترمربع (به ترتیب با ۱۶۰۰ عدد و ۱۱۰۷۴ گرم)، متوسط وزن مینی تیوبر (۸/۶۴ گرم) در رقم آگریا، برای استفاده کلیه تولیدکنندگان مینی تیوبر کشور قابل توصیه است که با رعایت موارد ذیل بهترین نتیجه خواهد داشت.
- رعایت تراکم ۲۰ گیاهچه ۲۵ روزه در مترمربع.
- برای هفته اول ۱۰۰ لیتر از محلول تهیه و به حجم ۲۰۰ لیتر رسانده شود (۵۰ درصد). بعد از هفته دوم، محلول غذایی توصیه شده به صورت کامل در حجم نهایی ۴۰۰ لیتر تهیه گردد.
- pH محلول غذایی شش و آب تصفیه شده هفت باشد.
- EC آب باید کمتر از یک دسی‌زیمنس بر مول باشد.
- حدود ۱۵ روز بعد از کاشت، قیم‌زنی بوته‌ها انجام شود.
- بعد از یک ماه، برگ‌های پایینی به وسیله یک تیغ تیز و با رعایت اصول بهداشتی حذف شوند.
- محلول غذایی به ریشه گیاه توسط پمپاژ و به صورت مه‌پاشی در هر ۱۵ دقیقه ۱۵ ثانیه انجام شده و ریشه‌ها تا زمان برداشت نهایی مرتباً در معرض پاشش محلول غذایی قرار گیرند.
- برای جلوگیری از وارد شدن صدمه به ریشه‌ها ابتدا درب بیرونی باز و سپس پرده داخلی با احتیاط برداشته شود. در این مدت تایمرها برای مدت نیم ساعت غیرفعال گردند.
- زمانی که دمای گلخانه از ۲۲ درجه سانتی‌گراد بیشتر باشد، از سایبان توری استفاده شود.
- زمانی که دمای محلول غذایی بالاتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد باشد، با قرار دادن تکه‌های یخ در ظروف پلاستیکی در محلول غذایی پایین‌تر آورده شد.
- هر ماه محلول غذایی تعویض شود.
- بعد از هر برداشت، مینی تیوبرها با محلول هیپوکلریت سدیم ۰/۱ درصد و به دنبال آن یک یا دو بار با آب مقطر شسته شوند، این کار به خاطر جلوگیری از آلودگی باکتریایی انجام می‌شود.
- مینی تیوبرهای برداشت شده، ابتدا در داخل خاک ضدعفونی شده با رطوبت خیلی جزئی به مدت سه هفته در شرایط انبار با درجه حرارت ۱۵-۱۸ درجه سانتی‌گراد نگهداری و سپس به سردخانه (۴-۵ درجه سانتی‌گراد) منتقل شوند.

منابع

۱- حسن پناه د (۱۳۹۰) بررسی امکان تولید مینی تیوبر در سیستم کشت آئروپونیک (هواکشت) و مقایسه

آن با سیستم کشت معمولی. مجله دانش نوین کشاورزی (۲): ۷-۱۰-۱

۲- روستا ح ر، رشیدی م، کریمی ح ر، علایی ح، ندین‌نژاد م (۱۳۹۲) مقایسه رشد رویشی و عملکرد ریزغده در سه رقم سیب‌زمینی در سیستم‌های هواکشت و هیدروپونیک کلاسیک (بستر) و سه محلول غذایی مختلف. فصلنامه علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای (۴): ۱۴-۸۰-۷۳

3. **Ahloowalia BS (1994)** Production and performance potato minitubers. *Euphytica* 75: 163-172
4. **Balamani V, Veluthambi K, Poovaiah BW (1986)** Effect of calcium on tuberization in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Physiol.* 80: 856-858
5. **Brianna S (2006)** The effect of hydroponics potato growth. Media Wiki, 6 Des 2006
6. **Cho YD, Kang SG, Kim YD, Shin GH, Kim KT (1996)** Effects of culture systems on growth and yield of cherry tomatoes in hydroponics. *J. Agric. Sci.* 38: 563-567
7. **Farran I, Mingo-Castel AM (2006)** Potato mini-tuber production using aeroponics: Effect of plant density and harvesting intervals. *Am. J. Potato Res.* 83 (1): 47-53
8. **Gunaseena HPM, Harris PM (1968)** The effect of the time of application of nitrogen and potassium on the growth of the second early potato, variety Craigs Royal. *J. Agric. Sci.* 71: 283-296
9. **Gysi C, Allmen FV (1997)** Balance of water and nutrients in tomatoes grown on soilless systems. *Agrarforschung* 4: 1
10. **Hassanpanah D, Azimi J (2011)** Mini-tuber production potential of potato cultivars in repeated and conventional harvesting under *in vivo* condition. *J. Food Agric. Environ.* 9 (1): 398-403
11. **Hoagland DR, Arnon DI (1950)** The water-culture method for growing plants without soil. *Circ.* 347. Univ. Calif. Agric. Exp. Station, Berkley. pp 39
12. **Jones ED (1988)** A current assessment of *in vitro* culture and other rapid multiplication methods in North America and Europe. *Am. J. Potato Res.* 65: 209-220
13. **Kang BK, Han SH (2005)** Production of seed potato (*Solanum tuberosum* L.) under the recycling capillary culture system using controlled release fertilizers. *J. Japanese Soc. Hort. Sci.* 74 (4): 295-299
14. **Karafyllidis DI, Georgakis DN, Stavropoulos NI, Vezyroglou IA, Nianiou EX (1997)** Effect of planting density and size of potato minitubers on their yield incapacity. *Acta Hort.* 462: 943-949
15. **Kim HS, Lee EM, Lee MA, Woo IS, Moon CS, Lee YB, Kim SY (1999)** Production of high quality potato plantlets by autotrophic culture for aeroponic systems. *Korean J. Hort. Sci. Tech.* 123: 330-333
16. **Lommen WJM (1993)** Post-harvest characteristics of potato minitubers with different fresh weights and from different harvests. II. Losses during storage. *Potato Res.* 36: 273-282
17. **Lommen WJM (1995)** Basic studies on the production and performance of potato mini-tubers. Doctoral thesis, Wageningen Agriculture University Wageningen, The Netherlands, 181 pp
18. **Lommen WJM, Struik PC (1992a)** Influence of a single non-destructive harvest on potato plantlets grown for minituber production. *Netherlands J. Agric. Sci.* 40: 21-41
19. **Lommen WJM, Struik PC (1992b)** Production of potato minitubers by repeated

- harvesting: Plant productivity and initiation, growth and resorption of tubers. Netherlands J. Agri. Sci. 40: 342-358
20. **Lommen WJM, Struik PC (1992c)** Production of potato minitubers by repeated harvesting: Effects of crop husbandry on yield parameters. Potato Res. 35: 419-432
 21. **Lugt C, Bodlaender KBA, Goodijk G (1964)** Observation on the induction of second growth in potato tubers. Eur. Potato J. 4: 219-227
 22. **Muro J, Diaz V, Goni JL, Lamsfus C (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
 23. **Nichols M, Christie B, Jegathees A, Gibson J (2004)** Rapid high health seed potato production using aeroponics. At Massey University. <http://www.maximumyield.com/viewart.php?article=182>
 24. **Nugaliyadde MM, De Silva HDM, Perera R, Ariyaratna D, Sangakkara UR (2005)** An aeroponic system for the production of pre-basic seeds of potato. Ann. Sri Lanka Dep. Agri. 7: 199-208
 25. **Otazu V (2010)** Manual on quality seed potato production using aeroponics. CIP. 44 pp
 26. **Pereira AS (2008)** Batata: fonte de alimento para a humanidade. Hort. Brasileira 26 (1): 1-2
 27. **Ritter E, Angulo B, Riga P, Herran C, Relloso J, Sanjose M (2001)** Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato mini-tubers. Potato Res. 44: 127-135
 28. **Rolot JL, Seutin H (1999)** Soilless production of potato minitubers using hydroponic technique. Potato Res. 42: 457-469
 29. **Soffer H, Burger DW (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
 30. **Vreugdenhil D, Struik PC (1989)** An integrated view of the hormonal regulation of tuber formation in potato (*Solanum tuberosum* L.). Physio. Plant. 75: 525-531