



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل
مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل

تکنیک تولید مینی تیوبر سیب زمینی در سیستم هواکشت



نگارش

دکتر داود حسن پناه

عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل

نشریه ترویجی، شماره ۶، سال ۱۳۹۳

بسم الله الرحمن الرحيم

نشریه ترویجی

تکنیک تولید مینی تیوبر سیب زمینی در سیستم هواکشت

نگارش

دکتر داود حسن پناه

عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی
و منابع طبیعی استان اردبیل

سال انتشار

۱۳۹۳

نشریه ترویجی، شماره ۶، سال ۱۳۹۳

محل اجرای پروژه

آزمایشگاه و گلخانه تحقیقاتی شرکت بهپرور سلان اردبیل
به مدیریت آقای سید ساعد اردبیلی

این نشریه در تاریخ ۱۳۹۳/۶/۳۰ با شماره ۴۵۸۲۸ در مرکز اطلاعات و
مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است.



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل
مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل

عنوان نشریه: تکنیک تولید مینی تیوبر سیب‌زمینی در سیستم هواکشت

نگارش: دکتر داود حسن‌پناه

ویرایش علمی: دکتر حسن حسن‌آبادی

ویرایش فنی و ترویجی: مهندس علیرضا خواجوی

ناشر: مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل

انتشارات: مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی - سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل

شمارگان: ۵۰۰ جلد

نوبت و سال انتشار: اول / ۱۳۹۳

شماره نشریه ترویجی: ۶

قیمت: رایگان (مخصوص محققان، کارشناسان و بهره‌برداران بخش کشاورزی)

نشانی: اردبیل - مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل،

تلفن: ۳۲۷۵۱۵۷۹ (۰۴۵)

اردبیل - شهرک اداری، کارشناسان، سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل

مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی، تلفن: ۳۳۷۴۳۵۰۰ (۰۴۵)

مخاطبان نشریه:

اعضا هیات علمی، محققان، کارشناسان، مروجان و کشاورزان پیشرو و تولیدکنندگان مینی تیوبر سیبزمینی کشور

اهداف آموزشی:

شما خوانندگان گرامی در این نشریه با:

- سیستم هیدروپونیک
- انواع روش‌های سیستم هیدروپونیک
- تولید مینی تیوبر در سیستم هواکشت
- طراحی گلخانه برای سیستم هواکشت
- محلول غذایی مناسب در سیستم هواکشت
- منبع آب در سیستم هواکشت
- طرز کاشت گیاهچه‌ها در روی جعبه کاشت
- عملیات داشت، برداشت و انبارداری
- مشکلات و راه‌حل‌های آن در سیستم هواکشت

آشنا خواهید شد.

۵	مقدمه
۷	سیستم هیدروپونیک
۷	انواع روش های سیستم هیدروپونیک
۷	۱- کیسه پلاستیکی
۸	۲- روش پشم سنگ
۸	۳- کشت مایع
۸	۴- سنگ ریزه
۹	۵- هواکشت
۱۰	تولید مینی تیوبر در سیستم هواکشت
۱۰	- سالم سازی و تکثیر گیاهچه های سبزمینی
۱۰	- طراحی گلخانه برای سیستم هواکشت
۱۲	- محلول غذایی
۱۳	- منبع آب
۱۴	- کاشت گیاهچه ها
۱۴	- عملیات داشت و برداشت
۱۵	- غده زایی و توسعه مینی تیوبرها
۱۵	- ارتفاع بوته و طول استولون
۱۶	- تعداد مینی تیوبر در مترمربع
۱۶	- انبارمانی
۱۷	مشکلات و راه حل های آن در سیستم هواکشت
۱۸	منابع مورد استفاده
۲۱	اشکال

مقدمه

کشور پهناور جمهوری اسلامی ایران با اقلیم‌های متنوع، اراضی حاصل‌خیز و منابع طبیعی خدادادی از موقعیت بسیار ممتازی در خاورمیانه برخوردار است. بهره‌گیری از این استعدادهای بالقوه، موجب ارتقای کمی و کیفی تولیدات کشاورزی، ارتقای سطح دانش و گسترش فناوری‌های نوین، و دستیابی به توسعه پایدار این بخش خواهد شد. روزآمد کردن دانش و اطلاعات محققان و کشاورزان و توجه مراکز آموزشی و تحقیقاتی به توانمندسازی نیروی انسانی و بهره‌برداران، پژوهش‌های کاربردی و نوآوری در بهره‌گیری از فناوری‌های نوین به منظور رفع نیازهای بخش کشاورزی، همگی رویکردهای مهمی هستند که توسعه این بخش به آن وابسته است. ایجاد ارتباط مستمر و تعامل بین کشاورزان (به عنوان تولیدکنندگان) و کارشناسان و محققان می‌تواند توسعه اهداف بخش کشاورزی را تسریع بخشد و در اختیار گذاشتن نتایج مطالعات و تحقیقات پژوهش‌گران و کارشناسان جهت بهینه‌سازی و بهبود روش‌های تولید محصولات به صورت مستمر و مداوم موجب ارتقا کیفی بهره‌برداران خواهد شد.

سیب‌زمینی از نظر اهمیت غذایی سومین محصول پس از گندم و برنج در کشور ما 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 مینی‌تیوبرهای عاری از ویروس و ازدیاد و تکثیر سریع آنها در سطح وسیع کاملاً روشن است.

تکنیک هواکشت^۱، یک تکنولوژی برای تولید بیشتر فرآورده‌های گیاهی و افزایش سرعت رشد گیاه می‌باشد. با این روش، گیاه بدون نیاز به خاک به رشد فوق‌العاده دست پیدا می‌کند. این روش، مطمئن‌ترین راه برای افزایش بازدهی در تولید محصولات گیاهی است. در این روش، ریشه‌ها در هوا معلق هستند و محلول غذایی توسط کوچک‌ترین ذرات قابل جذب توسط ریشه گیاه در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. اکسیژن و آب که اغلب فاکتورهای محدودکننده رشد در سیستم‌های رشد خاکی و هیدروپونیک می‌باشد، کاملاً در اختیار گیاه قرار می‌گیرند. در این سیستم، مواد مغذی و آب به

^۱ . Aeroponics

صورت ذرات ریز پودر مانند توسط یک پمپ مخصوص به ریشه گیاهان پاشیده می‌شود. این امر منجر به حرکت سریع آب می‌گردد که مقادیر بیشتری اکسیژن به گیاه می‌رساند. حضور بیشتر اکسیژن، رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها را کند می‌کند. با استفاده از سیستم هواکشت، امکان اکسیژن‌رسانی تا ۹۹ درصد نیاز واقعی گیاه وجود دارد. در عین حال مواد مغذی مستقیماً به ریشه گیاه تحویل داده شده و بنابراین محیط واسطه‌ای که تحویل مواد مغذی را دچار وقفه سازد یا آن را به باکتری آلوده سازد، وجود ندارد. ریشه‌ها در این روش باید مرتباً در معرض تماس محلول غذایی قرار گیرند. در اکثر سیستم‌های هواکشت در انتهای ریشه‌ها یک مخزن کوچک آب قرار داده می‌شود تا ریشه‌ها همیشه به آب دسترسی داشته باشند (۳). مزایای سیستم هواکشت شامل صرفه‌جویی در آب، محلول غذایی و انرژی، رشد زیاد ریشه به دلیل دسترسی ریشه‌ها به اکسیژن زیاد و افزایش سطح جذب مواد غذایی، ارزان‌تر بودن این سیستم نسبت به هیدروپونیک هوشمند، کنترل حرارت محیط گلخانه از طریق کنترل دمای محیط ریشه، فراهم کردن یک محیط ضد پاتوژن و علف‌هرز جهت رشد بهینه گیاه و در نتیجه کاهش مصرف آفت‌کش و علف‌کش و امکان دسترسی گیاه به دی اکسید کربن جهت فرآیند فتوسنتز می‌باشد (۳).

این تکنولوژی کشور را قادر می‌سازد تا بذر مورد نیاز خود را سریعاً، در مقادیر زیاد، قیمت مناسب و سلامت بالا تولید نماید. اگر به ازای کشت هر هکتار، ۴ تن بذر اختصاص یابد برای تامین بذر ۱۴۹ هزار هکتار سطح زیرکشت، سالانه به بیش از ۴۵۰ هزار تن بذر گواهی شده در کشور نیاز است. لذا این تکنولوژی می‌تواند برای تامین پایدار این حجم بذر به طور سالانه به لحاظ اقتصادی و تامین امنیت غذایی کشور نقش به‌سزایی ایفا نماید.

سیستم هیدروپونیک^۱

با توجه به این که آب یکی از فاکتورهای محدود کننده عملکرد در مناطق خشک و نیمه خشک است، لذا یکی از راه‌های بالا بردن کارایی مصرف آب و استفاده بهینه سیستم کشت هیدروپونیک می‌باشد. اصطلاح هیدروپونیک^۲ اولین بار توسط گریک^۳ در اواخر سال ۱۹۳۰ پیشنهاد شد. وی در کالیفرنیا موفق به تولید گیاهان در معیار تجارتي بدون استفاده از خاک از مراحل رشد اولیه تا باردهی گردید.

هیدروپونیک از لغت یونانی Hydro یعنی آب و کلمه لاتین Poner یعنی جای دادن است که به طور خلاصه مفهوم قرار گرفتن چیزی در آب از آن استنباط می‌گردد. در این سیستم، مشکلات مربوط به کشت خاکی مانند ساختار ضعیف خاک، نفوذ نامناسب آب در خاک، بافت غیریکنواخت، علف‌های هرز و عوامل بیماری‌زا وجود ندارد (۷). هیدروپونیک در عمل به معنی کاشت گیاهان در آب و محلول غذایی بدون استفاده از خاک می‌باشد. کشت هیدروپونیک این امکان را به کشاورز می‌دهد که در زمان کوتاه‌تر با زحمت کمتر، محصولی با راندمان بیشتر تولید نماید. هر گیاهی را می‌توان به صورت هیدروپونیک کشت کرد ولی بعضی از آنها موفقیت بیشتری در این سیستم دارند. در این شیوه مصرف سموم و کودهای شیمیایی و آب مصرفی به حداقل می‌رسد.

انواع روش‌های سیستم هیدروپونیک

۱- کیسه پلاستیکی

ریشه در داخل کیسه‌های پلاستیکی مخصوص قرار داشته و مواد اطراف ریشه هم شامل کمپوست یا پیت یا خاک اره و ... می‌باشد. کیسه‌ها با توجه به نوع گیاه در ارتفاع استاندارد خاص، یا بر روی زمین و یا بر روی پایه‌ها قرار گرفته و کود و محلول‌های غذایی توسط قطره چکان‌های مجزا در پای هر گیاه قرار می‌گیرد. مناسب برای کشت سبزی و صیفی‌جات با طول دوره کوتاه می‌باشد.

^۱ . Hydroponic

^۲ . Hydroponicum

^۳ . Gericke

۲- روش پشم سنگ^۱

از ذوب کردن صخره‌های بازالت یا برخی مینرال‌های دیگر در دمای ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد موادی ساخته می‌شود که مشابه فیبرهای ریز است. تهویه آن عالی است، نگهداری رطوبت آن خوب است، EC این بستر پائین است، pH خنثی تا قلیایی با اثر کم در محیط کشت دارد، پایداری بسیار زیاد بوده و دانسیته آن ۲۶۴ گرم در لیتر است. در این نوع کشت گیاه درون کیسه‌های مخصوص حاوی پشم سنگ کشت می‌گردد. کیسه‌ها با توجه به نوع گیاه در ارتفاع استاندارد خاص، یا بر روی زمین و یا بر روی پایه‌ها قرار گرفته و کود و محلول‌های غذایی توسط قطره چکان‌های مجزا در پای هر گیاه قرار می‌گیرد.

۳- کشت مایع

ریشه گیاه به طور مداوم در محلول غذایی قرار دارد و گیاه از قسمت طوقه (حد فاصل ریشه و ساقه) بیرون از مایع است و با پلاستیک و مقوا و ... بالا نگه داشته می‌شود. کشت درون لوله هم نوعی از کشت مایع است. انتقال بیماری‌ها در این روش به دلیل یکپارچه بودن بستر زیاد است، اما مدیریت آن آسان می‌باشد.

۴- سنگ‌ریزه

ریشه گیاهان در موادی که قطری بیشتر از ۳ میلی‌متر دارند قرار گرفته مثل سنگ خارا و گدازه آتشفشانی و بازالت و هر ماده غیرآلی دیگر. در این روش آبیاری به دو صورت آبیاری لوله‌ای (زیرزمینی) که مواد غذایی در مخزنی بوده و به بستر رشد گیاه پمپ می‌شود و آبیاری سطحی که محلول غذایی رقیق در سطح محیط رشد توسط لوله سوراخ‌داری پخش می‌شود (کود مایع به آب مصرفی گیاه در هنگام آبیاری اضافه می‌شود).

^۱ . Rock wool

۵- هواکشت^۱

قدرت توتی پتنسی در اکثر گیاهان وجود دارد. اگر از این خاصیت در جهت تولید مینی تیوبر استفاده شود، مسلماً کارآیی تولید محصول بذری به خصوص بذر سالم را افزایش می‌دهد. یکی از تکنیک‌های هیدروپونیک، هواکشت است. در این روش توزیع آب و عناصر ضروری به ریشه گیاه توسط وسایل ریزکننده آب و محلول غذایی مثل مه‌پاش و میست انجام می‌شود. مزیت این روش تهویه مناسب ریشه‌ها است. این روش به صورتی طراحی شده است که امکان استفاده مناسب از آب و عناصر ضروری را فراهم می‌کند. ریشه‌ها در این روش باید مرتباً در معرض ارسال محلول غذایی قرار گیرند. در اکثر سیستم‌های هواکشت در انتهای ریشه‌ها یک مخزن کوچک آب قرار داده می‌شود تا ریشه‌ها همیشه به آب دسترسی داشته باشند.

مینی تیوبرها غده‌های بذری کوچکی هستند که از گیاهچه‌های تکثیر یافته در شرایط درون شیشه‌ای در گلخانه تولید می‌گردند (۱۸). مینی تیوبرهای تولیدی در شرایط درون شیشه‌ای عاری از بیماری‌های ویروسی هستند (۲۷). بنابراین مینی تیوبرها در سطح وسیع تولید و در برنامه‌های تولید و تکثیر غده بذری سیب‌زمینی به کار می‌رود. تعداد بیشتر مینی تیوبر در هر بوته می‌تواند با تکرار یک یا چند برداشت طی فصل تولید (۱۸)، کاشت متراکم در بستر گلخانه‌ای (۱۵)، برداشت چند مرحله‌ای در شرایط گلخانه‌ای (۱۴ و ۱۷)، هیدروپونیک (۲۲ و ۲۹) یا هواکشت (۱، ۳، ۵، ۱۲، ۱۶، ۲۳، ۲۴ و ۲۸) تولید گردد.

تا سال ۱۹۹۰ سیستم هواکشت برای تولید سیب‌زمینی عاری از ویروس فقط در تعدادی از کشورها انجام شده بود. این سیستم باعث کاهش اثر عوامل طبیعی محیط می‌شود. بیشتر غده‌های تولید شده در این سیستم وزن کوچک‌تر از ۱۰ گرم داشتند (۱۱). سیستم هواکشت برای تولید بذر سالم سیب‌زمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۶) و (۲۳). 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 (۱۳). در این روش می‌توان از بیماری‌های خاکزی جلوگیری کرده و

^۱ . Aeroponics

با افزایش ذخیره آب و مواد معدنی در اطراف ریشه، تولید محصولات را بهینه نمود (۱۹). در این سیستم به علت دسترسی آسان به ریشه می‌توان اقدام به برداشت مینی‌تیوبرهای تولید شده نمود. این روش کاشت با موفقیت برای تولید گونه‌های مثل کاهو (۱۳)، گوجه (۹)، خیار (۲۶)، گل داوودی (۲۱) و گیاه فریون مکزیکی (۳۰)، اقاچیا (۲۰) و سیب‌زمینی (۱، ۳، ۱۲، ۱۶، ۲۳، ۲۴ و ۲۸) مورد استفاده قرار گرفته است.

تولید مینی‌تیوبر در سیستم هواکشت

- سالم‌سازی و تکثیر گیاهچه‌های سیب‌زمینی

گیاهچه‌ها به روش کشت مرستم و قلمه‌های تک جوانه گره‌دار تکثیر می‌شوند. شرایط رشد محیطی در کلیه مراحل تحقیق در اتاقک رشد با طول دوره روشنایی ۱۶ ساعت با شدت ۵۰۰۰ لوکس، دمای ۲۲-۱۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۵-۷۵ درصد می‌باشد.

- طراحی گلخانه برای سیستم هواکشت

گلخانه تحقیقاتی برای تولید مینی‌تیوبر در سیستم هواکشت در زمینی که عاری از هر گونه درخت و سایر محصولات به ویژه خانواده سولاناسه (به شعاع ۵۰۰ متری) می‌باشد، احداث گردد.

سیستم الکتریکی، آب و سایر امکانات در این گلخانه در دسترس باشد. برای زمین گلخانه پس از لوله‌کشی زیرزمینی، از کف سیمانی استفاده شود (شکل ۱). کف سیمانی باعث می‌شود در طول روزهای آفتابی، حرارت و گرمای زیادی را جذب و بازتابش کند. در سقف و درب‌ها از حفاظ برای جلوگیری از ورود حشرات به داخل گلخانه استفاده گردد.

بهتر است ارتفاع گلخانه ۳ متر، ارتفاع جعبه کشت بیش از یک متر و عرض آن ۱ متر باشد. طول آن بستگی به طول گلخانه دارد. جنس جعبه از پلاستیک یا پی‌وی‌سی انتخاب شود. داخل این جعبه‌ها طوری طراحی شود که در زمان کار سیستم محلول غذایی براساس جاذبه از مه‌پاش به طرف مخزن محلول غذایی باز گردد.

بهتر است پوشش داخلی جعبه با رنگ سیاه و پوشش خارجی آن با رنگ سفید رنگ‌آمیزی شود تا جلوی هدایت نور به سمت ریشه‌ها گرفته شود. برای پوشش بالایی از فوم یا پی‌وی‌سی سفید استفاده شود تا حرارت کمتری تجمع یابد و پراکنش نور برای گیاه مناسب‌تر گردد. پمپ‌ها و مخازن در قسمت بیرونی جعبه کشت قرار داده و شیب آن به سمت مخازن باشد. این شیب باعث می‌شود محلول غذایی اضافی براساس نیروی جاذبه به سمت مخازن برگردد. بنابراین مخزن پایین‌تر از سطح زمین ساخته شود به طوری که قسمت پایینی هر جعبه بالاتر از قسمت فوقانی مخزن قرار گیرد. مه‌پاش‌های تعبیه شده در داخل جعبه کاشت بایستی به راحتی تا شعاع ۵۰ سانتی-متر را پوشش دهند.

برای پایین نگهداشتن دمای و جلوگیری از حرارت خورشیدی در گلخانه از سایبان توری از جنس آلومینت^۱ استفاده شود (شکل ۲). زمانی که دمای گلخانه از ۲۲ درجه سانتی‌گراد بیشتر می‌شود، سایبان توری به صورت اتوماتیک فعال شده و فضای بالای گلخانه را می‌پوشاند.

در نظر گرفتن دمای مناسب برای محلول غذایی خیلی مهم می‌باشد. زمانی که دمای محلول غذایی خیلی بالا است (بالاتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد)، با قرار دادن تکه-های یخ در ظروف پلاستیکی در محلول غذایی پایین‌تر آورده شود. بهتر است سیستم برق هر ردیف جعبه به طور مستقل باشد. یک ژنراتور برق آماده به کار نیز، در مواقع قطع برق، مهیا شود. براساس نتایج تحقیقات انجام شده، تایمرهای طراحی شده در هر ۱۵ دقیقه، ۱۵ ثانیه فعال شوند.

در هر جعبه کاشت از دو شیر گازی بیرونی استفاده شود. یکی از آنها، مسیر ورود محلول غذایی به جعبه‌ها را می‌بندد و دیگری زمان تعویض محلول غذایی باز می‌شود. در هر مخزن مواد غذایی نیز دو شیر تعبیه شود. یکی از آنها، محلول غذایی را به جعبه-ها هدایت کند و دیگری محلول غذایی مازاد در جعبه کشت را به مخزن برگرداند. برای برگشت مازاد محلول غذایی به مخزن، لوله زه‌کش در پایین‌ترین قسمت انتهایی هر جعبه قرار داده شود.

^۱ . Alumint

شستشوی کل سیستم و پمپ به وسیله جریان ۵۰ لیتر هیپوکلریت سدیم یا کلسیم ۲ درصد به مدت ۱۵ دقیقه و به دنبال آن ۲ تا ۳ شستشو با آب معمولی ضروری است. یک صافی ثابت شده در انتهای لوله زه کش که وارد مخزن می شود، تعبیه شود تا قطعات ریشه یا سایر مواد جامد دیگر جمع آوری گردد. یک مخزن و یک پمپ اضافه برای مواقعی که پمپ یا مخزن مشکلی داشته باشد، در نظر گرفته شود.

– محلول غذایی

هر محصولی یک نیاز غذایی بهینه دارد. هر رقم سیبزمینی ممکن است نیاز غذایی متفاوتی 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 می شوند، EC آب بالاتر می رود. کلا EC آب بالاتر از ۲ میلی زیمنس بر سانتی متر مشکلات سمیت را به دنبال دارد. در سیستم هواکشت بایستی از استفاده کودهای حاوی سدیم و کلر خودداری گردد. کودهای نیتروژنه و پتاسه به خوبی با EC هماهنگ هستند. 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). یونهای مصرفی در مقایسه با کشت خاکی به راحتی در اختیار ریشه گیاه قرار می گیرد و با جذب بهتر در هیدروپونیک و هواکشت تاثیر بالایی را در رشد و توسعه گیاه به دنبال دارد (۱۰). استفاده از کلسیم می تواند توانایی تغذیه در نوک استولونها را برای شروع غده زایی را افزایش دهد (۸).

به هر حال تغذیه، تراکم کاشت، تعداد برداشت، فواصل برداشت مناسب و افزایش شدت نور و غنی سازی CO₂ باعث افزایش تولید مینی تیوبر در سیستم هواکشت می شود که باید مدنظر قرار گیرد. براساس نتایج تحقیقات انجام شده محلول غذایی معرفی شده (۳ و ۱۸) در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- محلول غذایی معرفی شده برای سیستم هواکشت

K ₂ SO ₄	KH ₂ PO ₄	KNO ₃	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	ماده
0.140 g/lit	0.135 g/lit	0.446 g/lit	0.890 g/lit	مقدار
MnSO ₄ ·H ₂ O	FeEDTA	H ₂ SO ₄	MgSO ₄ ·7H ₂ O	ماده
2.0 mg/lit	0.035 g/lit	0.034 g/lit	0.472 g/lit	مقدار
CuSO ₄ ·5H ₂ O	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	H ₃ BO ₃	ماده
0.1 mg/lit	0.1 mg/lit	0.5 mg/lit	3.0 mg/lit	مقدار

pH = 6.0

تمامی مواد به غیر از سوپر فسفات کلسیم به راحتی در آب حل می‌شوند. مواد جداگانه در مقدار کمی آب کاملاً حل شود و قبل از اضافه شدن به مخزن از صافی عبور داده شده تا ناخالصی‌ها حذف شوند. جهت حل کردن سوپر فسفات کلسیم، گرانول‌های آن را داخل یک توری گذاشته و توری را به وسیله دست در یک ظرف آب، مالش داده شود و دانه‌های سوپر فسفات کلسیم به طور کامل حل شوند. پس از ته‌نشین شدن ناخالصی‌ها، محلول شفاف رویی به مخزن منتقل شود. برای هفته اول ۱۰۰ لیتر محلول تهیه و به حجم ۲۰۰ لیتر رسانده شود (۵۰ درصد). بعد از هفته دوم، محلول‌های غذایی به صورت کامل در حجم نهایی ۴۰۰ لیتر تهیه گردد. هر ماه محلول غذایی تعویض شود.

– منبع آب

زمانی که گیاهان کشت شده در بستر خاک با آب شرب آبیاری می‌شوند، کلر موجود در آب برای آنها بی‌ضرر است؛ زیرا آن با مواد ارگانیک ترکیب شده و کلراید تشکیل می‌شود و کلراید برای گیاهان بی‌خطر است. در سیستم هواکشت کلر برای گیاهان از طریق هوا در دسترس است و بنابراین وجود بیش از اندازه آن (بالای ۲ ppm) می‌تواند مضر باشد و ممکن است باعث شود که نوک ریشه‌ها بسوزد. هر چه غلظت نمک بالاتر

باشد هدایت الکتریکی نیز افزایش می‌یابد. آبی که باید در سیستم هواکشت استفاده شود بایستی هدایت الکتریکی پائینی (کمتر از ۱ Ds/m) داشته باشد. اسیدیته آب شاخص مهم دیگری است. آب با اسیدیته بالای ۸ برای استفاده در سیستم هواکشت مناسب نیست. بیشتر منابع آبی به اندازه کافی، بور (B) دارند. گیاهان به مقدار کمی بور نیاز دارند. اگر آب فاقد بور باشد می‌توان به آن اسید بوریک اضافه کرد. تجزیه آب، نه تنها کیفیت شیمیایی آن را مشخص می‌کند بلکه برای تنظیم دقیق‌تر محتویات آن نیز مفید است (۲۵). براساس نتایج تحقیقات انجام شده (۳) pH آب تصفیه شده ۷ و EC ۱/۱۷ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر مناسب بودند.

– کاشت گیاهچه‌ها

گیاهچه‌های تولید شده پس از ریشه‌زایی در آزمایشگاه، به گلخانه تطابق‌پذیری منتقل شده و در محیط هواکشت قرار داده شوند و سپس گیاهچه‌ها در روی جعبه نشا به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از همدیگر (۲۵ گیاهچه در متر مربع) کشت شوند. طوقه گیاه به وسیله پنبه سیاه رنگ پوشیده شده و داخل منفذ موجود در فوم قرار داده شود. بعد به وسیله یک جفت پنس، پنبه را گرفته و گیاهچه همراه با پنبه را داخل منفذ جعبه به حدی که ریشه‌ها در معرض پاشش محلول غذایی باشند، قرار داده شوند. زمانی که عملیات کشت گیاهچه‌ها به پایان رسید منافذ عبور نور به جعبه و همچنین در معرض قرار گرفتن ریشه‌ها با محلول غذایی کنترل گردد.

– عملیات داشت و برداشت

در ابتدا گیاهان قادرند به مدت ۲ تا ۳ هفته سرپا باقی بمانند. بعد از این مدت آنها رشد سریع داشته و به قییم نیاز خواهند داشت. بعد از گذشت ۱۵ روز قییم‌زنی بوته‌ها انجام شود (شکل ۳).

بعد از یک ماه، برگ‌های پایینی به وسیله یک تیغ تیز و با رعایت اصول بهداشتی حذف شوند. در صورتی که استولون‌ها در قسمت بالای ریشه تشکیل شده باشند، باید بوته‌ها پایین‌تر برده شوند. برخی از کلون‌ها و ارقام، استولون‌های سطحی تشکیل می‌-

دهند که ممکن است داخل پنبه تشکیل شده و در صورت رشد یکی از غده‌ها، به ساقه گیاه فشار آمده و در نهایت باعث مرگ گیاه شوند. در طی مدت رشد مرتباً کنترل گردد. محلول‌های 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.

برداشت هنگام صبح انجام شود. 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 باشند.

در طی دوره رشد از قارچ‌کش کلرور مس 35% WP به میزان ۳ درهزار، سم کلروتالونیل 75% WP به میزان ۲ کیلوگرم در هکتار و آوانت به میزان ۳ درهزار استفاده گردد.

– غده‌زایی و توسعه مینی تیوبرها

غده‌زایی و توسعه مینی تیوبرها در سیستم هواکشت دیرتر اتفاق می‌افتد. تاخیر در غده‌زایی زمانی مشاهده می‌شود که در محیط اطراف استولون استرس مکانیکی فراهم نیست. این حالت در سیستم هواکشت مشاهده می‌شود که ریشه‌ها بدون مقاومت مکانیکی هستند.

– ارتفاع بوته و طول استولون

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

طول استولون‌ها و ریشه‌ها در سیستم هواکشت بیشتر از سیستم معمولی است. در سیستم هواکشت برداشت مینی تیوبرها باعث افزایش تشکیل استولون‌های جدید و غده‌ها می‌گردد.

– تعداد مینی تیوبر در مترمربع

براساس نتایج تحقیقات انجام شده، تعداد ۲۷۶۶ مینی تیوبر در مترمربع در کلون امیدبخش متوسط دیررس ۱-۳۹۷۰۸۱، تعداد ۱۶۰۰ مینی تیوبر در مترمربع در رقم متوسط دیررس آگریا، تعداد ۱۴۳۲ مینی تیوبر در مترمربع در کلون متوسط زودرس ۲-۳۹۷۰۶۹ و تعداد ۱۲۸۲ مینی تیوبر در مترمربع از رقم متوسط زودرس مارفونا تولید شد (۳).

در سیستم هواکشت، در اولین مرحله برداشت تعداد مینی تیوبر کمتر و وزن آن بیشتر و در آخرین برداشت تعداد مینی تیوبر بیشتر و وزن کمتر تولید می شود. در این سیستم، برداشت مینی تیوبرها باعث افزایش تشکیل استولون های جدید و مینی تیوبرها در گیاه می شود.

به هر حال، در سیستم هواکشت برای تولید مینی تیوبر با برداشت چند مرحله ای قادر به افزایش وزن و تعداد مینی تیوبر در مترمربع خواهیم بود. چند مرحله ای در هر دو سیستم معمولی و هواکشت باعث افزایش تعداد و وزن مینی تیوبر در مترمربع می شود. با این تفاوت که در سیستم هواکشت، از آسیب به ریشه به دلیل عدم برداشت و کاشت مجدد بوته ها، جلوگیری می شود. در سیستم هواکشت دسترسی به ریشه امکان پذیر است و ریشه ها در هوا و بدون فشار مکانیکی رشد می کند و آسیب به ریشه در حداقل بوده و تهویه ریشه ها به خوبی انجام شده و باعث افزایش تعداد مینی تیوبر در مترمربع می شود. تکنیک برداشت در سیستم هواکشت راحت بوده و تکرار و برداشت چند مرحله ای امکان تولید غده ها در اندازه مورد نظر را می دهد.

– انبارمانی

برای افزایش انبارمانی، مینی تیوبرها ابتدا در داخل خاک ضدعفونی شده با رطوبت خیلی جزئی به مدت سه هفته در شرایط انبار با درجه حرارت ۱۸-۱۵ درجه سانتی گراد نگهداری و سپس به سردخانه منتقل شدند. در این روش، کلیه مینی تیوبرها سالم ماندند و از کیفیت بالاتری برخوردار بودند.

مشکلات و راه‌حل‌های آن در سیستم هواکشت

مشکل یا علامت کلی	علل ممکنه	راه حل
زردی در گیاهچه‌های درون شیشه‌ای	گیاهچه‌ها در محیط تاریکی به مدت زیادی نگه داشته شود	قبل از انتقال گیاهچه‌ها، مکان آنها را به شرایط نوری بیشتر تغییر دهید
رشد طویل گیاهچه‌های درون شیشه‌ای	گرم بودن بیش از اندازه گلخانه، نبودن نور کافی	پایش دما قبل از نصب توری-های سایه‌انداز برای کاهش دما
اکثر گیاهچه‌ها در سیستم هواکشت پژمرده می‌شوند	عدم وجود فشار کافی، مسدود شدن پمپ یا فیلترها	شیر اولیه را تمیز کنید. صافی‌ها تعویض و یا باید تمیز گردند.
پژمرده شدن برخی گیاهچه‌ها در جعبه‌ها	مسدود شدن مه‌پاش‌ها	تعویض یا تمیز کردن مه‌پاش-ها
پژمرده شدن گیاهچه‌ها حتی با مه‌پاشی کافی	صدمات مکانیکی قسمت-هایی از ساقه گیاهچه	حذف گیاهچه، جایگزینی آن در صورت ممکن
خالی شدن تانک زودتر از موعد	نشست محلول غذایی از برخی جاها، دریچه زه‌کش ممکن است مسدود شده باشد	گرفتن نشستی و تثبیت آن، تمیز کردن دریچه زه‌کش
دیده شدن علائم سوختگی در برگ گیاهچه‌ها	کمبود مواد غذایی، نامناسب بودن منبع آبی، گرم بودن بیش از اندازه گلخانه	تعویض و یا تغییر محلول غذایی یا آب، خنک کردن دمای محلول غذایی در تانک
گیاهچه‌ها با علائمی در برگ‌ها	بیماری فیتوافترا، اودیوم معمول‌ترین پاتوژن‌ها هستند	شناسایی عامل بیماری، استفاده از نصف نسبت توصیه شده
محلول غذایی با اسیدیته بسیار بالا (بیشتر از ۷/۴)	منبع محلول غذایی یا آب خیلی قلیائی است	کاهش اسیدیته با استفاده از اسید رقیق به ۶-۷
محلول غذایی با اسیدیته خیلی کم (حدود ۵)	محلول غذایی ضعیف (تاریخ مصرف گذشته)	آماده کردن محلول غذایی جدید
محلول غذایی با هدایت الکتریکی بالا (بیشتر از ۲ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر)	منبع محلول غذایی و آب خیلی قلیائی است	شناسایی ترکیبات قلیائی موجود در آن، اضافه کردن آب برای کاهش EC
ثابت نبودن اسیدیته و هدایت الکتریکی محلول	ممکن است دستگاه‌ها به خوبی تنظیم نباشند	کالیبره کردن دستگاه‌ها

منابع مورد استفاده

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. ۱۰-۷(۲):۱.
۲. حسن پناه، د. ۱۳۹۱. دستورالعمل تولید سیب زمینی بذری با کیفیت از طریق هواکشت (ترجمه). انتشارات محقق اردبیلی. ۸۰ صفحه.
۳. حسن پناه، داود. ۱۳۹۳ الف. تاثیر انواع محلول های غذایی در تولید مینی تیوبر کلون- های امیدبخش سیب زمینی در سیستم هواکشت. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر.
۴. حسن پناه، داود. ۱۳۹۳ ب. کشت بافت، تولید میکروتیوبر و مینی تیوبر سیب زمینی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل. نشریه ترویجی شماه ۵.
۵. روستا، ح.ر.، م. رشیدی، ح.ر. کریمی، ح. علایی و م. تدین نژاد. ۱۳۹۲. مقایسه رشد رویشی و عملکرد ریزغده در سه رقم سیب زمینی در سیستم های هواکشت و هیدروپونیک کلاسیک (بستر) و سه محلول غذایی مختلف. فصلنامه علوم و فنون کشت های گلخانه ای. ۸۰-۷۳(۴):۱۴.
۶. نایب زاده، م. ۱۳۹۲. معرفی سیستم آئروپونیک. بخش دانش و زندگی تبیان.
۷. هاشمی مجد، ک. ۱۳۸۱. مدیریت کشت بدون خاک (ترجمه). باغ اندیشه. ۲۹۸ صفحه.
8. Balamani, V., K. Veluthambi and B.W. Poovaiah. 1986. Effect of calcium on tuberization in potato (*Solanum tuberosum* L.). Plant Physiol. 80:856-858.
9. 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. Amer. Society Hortic. Sci. 123:330-333.
10. Brianna, S. 2006. The effect of hydroponics potato growth. Media Wiki, 6 Des 2006.

11. Caspersen, S., P. Sundin, M. Munro, S. Aosalsteinnsson, J.E. Hooker and P. Jensen. 1999. Interactive effects of lettuce (*Lactuca sativa* L.), irradiance and ferulic acid in axenic, hydroponic culture. *Plant Soil*. 210:115-126.
12. Farran, I. and A.M. Mingo-Castel. 2006. Potato mini-tuber production using aeroponics: Effect of plant density and harvesting intervals. *Amer. J. Potato Res.* 83(1):47-53.
13. Gysi, C. and F.V. Allmen. 1997. Balance of water and nutrients in tomatoes grown on soilless systems. *Agrarforschung* 4:1.
14. Hassanpanah, D. and J. Azimi 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.
15. Jones, E.D. 1988. A current assessment of *in vitro* culture and other rapid multiplication methods in North America and Europe. *Amer. Potato J.* 65:209-220.
16. Kang, B.K. and S.H. Han. 2005. Production of seed potato (*Solanum tuberosum* L.) under the recycling capillary culture system using controlled release fertilizers. *J. Japan Soc. Horti. Sci.* 74(4):295-299.
17. Lommen, W.J.M. 1995. Basic studies on the production and performance of potato mini-tubers. Doctoral thesis, Wageningen Agriculture University, Wageningen, The Netherlands. 181 pp.
18. 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.
19. Lugt, C., K.B.A. Bodlaender and G. Goodijk. 1964. Observation on the induction of second growth in potato tubers. *European Potato J.* 4:219- 227.
20. Martin-Laurent, F., S.K. Lee, F.Y. Tham, J. He, H.G. Diem and P. Durand. 1997. A new approach to enhance growth and nodulation of *Acacia mangium* through aeroponic culture. *Biological Fertilizer Soils.* 25:7-12.
21. Molitor, H.D., M. Fischer and A.P. Popadopoulos. 1999. Effect of several parameters on the growth of chrysanthemum stock plants in aeroponics. *Acta Horti.* 481(1):179-186.

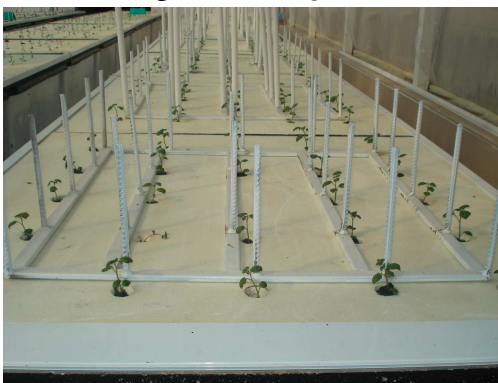
22. Muro, J., V. Diaz, J.L. Goni and C. Lamsfus. 1997. Comparison of hydroponic culture and culture in a peat/sand mixture and the influence of nutrient solution and plant density on seed potato yield. *Potato Res.* 40:431-438.
23. Nichols, M., B. Christie, A. Jegathees and J. Gibson. 2004. Rapid high health seed potato production using aeroponics. At Massey University.
24. Nugaliyadde, M.M., H.D.M. De Silva, R. Perera, D. Ariyaratna and U.R. Sangakkara. 2005. An aeroponic system for the production of pre-basic seeds of potato. *Annals of Sri Lanka Department of Agriculture.* 7:199-208.
25. Otazu V. 2010. Manual on Quality Seed Potato Production Using Aeroponics. CIP.
26. 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. Horti. Sci.* 38:642-646.
27. Pruski, K. 2007. *In vitro* multiplication through nodal cuttings. *Potato Res.* 50:293-296.
28. Ritter, E., B. Angulo, P. Riga, C. Herran, J. Relloso and M. Sanjose. 2001. Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato mini-tubers. *Potato Res.* 44:127-135.
29. Rolot, J.L. and H. Seutin. 1999. Soilless production of potato minitubers using hydroponic technique. *Potato Res.* 42:457-469.
30. Scoggins, H.L. and H.A. Mills. 1998. Poinsettia growth, tissue nutrient concentration, and nutrient up take as influenced by nitrogen form and stage of growth. *J. Plant Nutrition.* 21:191-198.



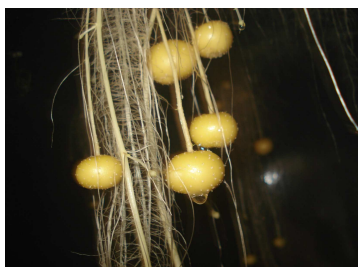
شکل ۱- کف بتونی و لوله کشی گلخانه



شکل ۲- نصب سایبان



شکل ۳- کاشت گیاهچه‌ها و قیمرزنی بوته‌ها



شکل ۴- مراحل تولید مینی تیوبر سیبزمینی در سیستم هواکشت



شکل ۵- مینی تیوبرهای نگهداری شده در سردخانه پس از دو ماه



Ministry of Agriculture Jihad
Jihad Agricultural Organization of Ardabil Province
Agricultural Extension Coordination Management



Ministry of Agriculture Jihad
Agricultural Research, Education and Extension Organization
Agriculture and Natural Resources Research Centre of Ardabil

Technique of Potato Mini-tuber Production under Aeroponic system



Author

Davoud Hassanpanah, *PhD*

Scientific member of Ardebil Agricultural and
Natural Resources Research Center

Extension Manual, Number 6, 2014