

بسم الله الرحمن الرحيم

دستور العمل تولید سیب زمینی بذری با کیفیت از طریق هواکشت

تالیف:

ویکتور اوتازو

ترجمه:

دکتر داود حسن پناه

عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل

با همکاری:

مهندس لیلا ایمان پرست

ویراستار علمی:

دکتر محمدباقر خورشیدی

عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی

ویراستار ادبی:

مهندس علی اصغر عزیزی

سرشناسه :	اوتازو، ویکتور
عنوان و نام پدیدآور :	Otazu, Victor دستورالعمل تولید سبب زمینی بذری با کیفیت از طریق هواکشت/ نویسنده وی اوتازو؛ ترجمه داود حسن پناه؛ ویراستار علمی محمداقبر خورشیدی بنام.
مشخصات نشر :	اردبیل: محقق اردبیلی، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری :	۸۰ ص: مصور (رنگی).
شابک :	978-600-6554-34-1
وضعیت فهرست نویسی:	فیپا
یادداشت :	عنوان اصلی: Manual on quaity seed potato production using aeroponics, 2010.
موضوع :	سبب زمینی -- بذرها
موضوع :	سبب زمینی -- کشت و اصلاح
شناسه افزوده :	حسن پناه، داود، ۱۳۴۹ - مترجم
شناسه افزوده :	خورشیدی بنام، محمداقبر، ۱۳۴۰ - ویراستار
رده بندی کنگره :	۱۳۹۱ الف ۹ س/ ۲۱۱ SB
رده بندی دیویی :	۶۳۵/۲۱۵۳
شماره کتابشناسی ملی :	۲۷۷۲۹۲۶

نام کتاب: دستورالعمل تولید سبب زمینی بذری با کیفیت از طریق هواکشت

مترجم: دکتر داود حسن پناه (استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل) با

همکاری مهندس لیلا ایمان پرست

ویراستار علمی: دکتر محمداقبر خورشیدی (استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع

طبیعی آذربایجان شرقی)

ویراستار ادبی: مهندس علی اصغر عزیزی

ناشر: آموزش و پژوهش اتاق بازرگانی، صنایع و معادن، و کشاورزی استان اردبیل

انتشارات: محقق اردبیلی

لیتوگرافی: آریتان اسکندر

چاپ و صحافی: شیران نگار

نوبت و سال چاپ: اول ۱۳۹۱

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۵۰۰۰ ریال

ISBN: 978-600-6554-34-1

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۵۵۴-۳۴-۱

حق چاپ برای مترجم محفوظ است.

پیش کلام

سخن ریاست

به نام خداوند جان و خرد کزین برتر اندیشه بر نگذرد

توفیق الهی شامل شده تا اتاق بازرگانی، صنایع و معادن، و کشاورزی استان اردبیل از فرهیختگان و صاحب نظران در کمیسیون های تخصصی مختلف بهره مند شود. از نتایج این کوشش در جلب اشخاص علمی و دانشگاهی حضور پربار جناب آقای دکتر داود حسن پناه، دکترای اصلاح نباتات و تولید بذر، محقق و اصلاح گر سیب زمینی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، در کمیسیون تخصصی کشاورزی، آب، منابع طبیعی و صنایع غذایی اتاق اردبیل است. این کمیسیون به ریاست جناب آقای دکتر قدیر نوری قنبلانی استاد دانشگاه محقق اردبیلی و عضو دایم فرهنگستان علوم کشور شکل گرفته و با ارائه نکته نظرات سازنده و علمی پژوهشگران و صاحبان علم و متخصصین عضو این کمیسیون توانسته اند با افزایش کارایی عملکرد کمیسیون مورد توجه و استقبال دیگر کمیسیون های مشابه در سراسر کشور گردد. اتاق با توجه به رسالتی که در امر آموزش و پژوهش و ارایه نکته نظرات سازنده و کارشناسی شده برای اعتلای هر چه بیشتر و بهتر توسعه اقتصادی دارد، در زمینه سیب زمینی که یکی از محصولات استراتژیکی و پرمحصول استان بوده و رشته تخصصی این پژوهشگر جوان نیز

می‌باشد، پیشنهاد تدوین جزوات یا مقالاتی نمود. کتاب حاضر، حاصل زحمات و کوشش این محقق گرانقدر و همکاران محترم ایشان می‌باشد که اتناق افتخار همسانی و هماهنگی را برای انتشار این مجموعه علمی نصیب خود نموده است. امید است مطالعه و استفاده از این مجموعه علمی بتواند در جهت بهبود کشت، اصلاح بذر و بالا رفتن کیفیت سیب‌زمینی برای کشاورزان عزیز استان و کشور مفید باشد. با آرزوی توفیقات روزافزون برای این پژوهشگر، ریاست و دیگر اعضا پرتلاش کمیسیون، اعتلا و توسعه هر چه بیشتر اقتصاد استان در محوریت تولیدات کشاورزی را از خداوند متعال خواستارم.

حسین پیرموذن

رئیس اتناق بازرگانی، صنایع و معادن، و کشاورزی استان اردبیل

سخن ویراستار علمی

کتاب حاضر که توسط وی اوتازو در CIP تهیه شده است در واقع نمونه‌ای از مهندسی کشاورزی است که سعی دارد با استفاده از تکنولوژی در زراعت و خصوصاً تولید مینی‌تیوبر سیب‌زمینی، عملکرد در واحد سطح را بالاتر ببرد. نویسنده در فصول مختلف کتاب به بیان توصیفی گلخانه و اجزای آن پرداخته و همچنین مدیریت جوانه‌های سیب‌زمینی و گیاهچه‌های حاصل از آن را آورده است. در ادامه طراحی سیستم و مواد مصرفی در سیستم کشت به تفصیل بیان شده است. در فصول بعدی نحوه تهیه محلول‌های غذایی به روش ساده و نیز برداشت و انبارداری مینی‌تیوبرها آمده است.

در این کتاب سعی شده است که کاربر (زارع پیشرو، مهندس کشاورزی و یا هر فرد علاقه‌مند دیگر) بتواند با بالا بردن سطح تکنولوژی و دانش خود درآمد بیشتری از تولید غده با کیفیت بالا بدست آورد. تجربیات و همکاری آقای دکتر داود حسن پناه در مسائل به‌زراعی و به‌نژادی سیب‌زمینی منجر به معرفی ارقام ساوالان و خاوران گردیده است که نشان از توان بالای علمی نامبرده دارد. بنابراین تجربه ایشان در زمینه اصلاح سیب‌زمینی و نیز علاقه ایشان به تکثیر سریع‌تر غده اصلاح شده می‌تواند مشوق ترجمه این کتاب باشد.

همت والای اتاق بازرگانی، صنایع و معادن، و کشاورزی استان اردبیل در کمک مالی به نشر کتاب می‌تواند سرمشقی برای بخش‌های مختلف اقتصادی کشور باشد که با حمایت از دانشمندان جوان کشور علوم و فنون جدید را با ترجمه شیوا در اختیار جوانان و صنعت‌گران داخلی قرار داده تا بتوان تاثیر آن را در خودکفایی کشور ملاحظه کرد.

دکتر محمدباقر خورشیدی

استادیار پژوهش و محقق سیب‌زمینی

مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی

مقدمه مترجم

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.

براساس آخرین آمار وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیرکشت سیب‌زمینی در کشور حدود ۱۴۹ هزار هکتار با تولید حدود ۴/۰۳ میلیون تن و متوسط عملکرد غده ۲۷ تن در هکتار برآورد شده است. این مقدار با متوسط عملکرد کشورهای اروپایی اختلاف قابل توجهی دارد که این امر ناشی از مسایل به‌زراعی، عدم تامین بذر گواهی شده و عدم سازگاری ارقام وارداتی با شرایط آب و هوایی مختلف می‌باشد.

سیب‌زمینی به علت تکثیر رویشی یکی از گیاهان زراعی بسیار حساس به بیماری‌های گیاهی از جمله ویروس‌ها می‌باشد که باعث کاهش عملکرد غده می‌شود. در تکثیر سیب‌زمینی با استفاده از غده‌های بذری با مرور زمان به علت آلودگی ویروسی تدریجاً غده‌های بذری رو به تباهی می‌گذارد. یکی از عوامل مؤثر و مهم در سلامت و افزایش تولید، استفاده از غده بذری سالم می‌باشد.

در دهه ۱۹۲۰ با شناخت مواد غذایی پرمصرف و بعدها مواد غذایی کم‌مصرف و فراهم نمودن شرایط تهویه مناسب در محلول‌های غذایی، مطالعه چرخه کامل تولید از مرحله سبز شدن تا مرحله باردهی و مرگ به طور مصنوعی از نظر علمی امکان‌پذیر گردید. اصطلاح هیدروپونیک^۱ اولین بار توسط گریک^۲ پیشنهاد شد. وی در کالیفرنیا موفق به تولید گیاهان در معیار تجاری بدون استفاده از خاک از مراحل رشد اولیه تا باردهی گردید. این اصطلاح مجموعه‌ای از لغت یونانی Hydro یعنی آب و کلمه لاتین Ponerو یعنی جای دادن است که به طور خلاصه مفهوم قرار گرفتن چیزی در آب از آن استنباط می‌گردد. یکی از تکنیک‌های هیدروپونیک، هواکشت^۳ می‌باشد. در این روش توزیع آب و عناصر ضروری به ریشه گیاه توسط وسائل ریزکننده مثل مه‌پاش و میست (یک نوع ریز کننده آب و محلول غذایی) انجام می‌شود. مزیت این روش تهویه مناسب ریشه‌ها است. در این روش ریشه‌ها در هوا رشد می‌کنند. این روش به صورتی

^۱ . Hydroponicum

^۲ . Gericke

^۳ . Aeroponics

طراحی شده است که امکان استفاده مناسب از آب و عناصر ضروری را فراهم می کند. 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 می شود تا ریشه‌ها همیشه به آب دسترسی داشته باشند. مزیت‌های اصلی این تکنولوژی کشور جمهوری اسلامی ایران را قادر می سازد تا بذر مورد نیاز خود را سریعاً، در مقادیر زیاد، قیمت مناسب و سلامت بالا تولید نماید. کاهش واردات غدهٔ بذری، جلوگیری از خروج ارز از کشور، جلوگیری از ورود و شیوع عوامل خسارت‌زای قرنطینه‌ای سیب زمینی به داخل کشور، اشتغال‌زایی و همچنین امکان تبدیل شدن کشور به قطب تولید منطقه‌ای بذر و صادرات آن به سایر کشورها از دیگر مزایای این تکنولوژی است.

براساس اطلاعات موجود تولید مینی‌تیوبر سیب‌زمینی در سیستم‌های معمولی (خاک) و هیدروپونیک ۲۰۰ عدد و در سیستم هواکشت ۲۰۰۰ عدد در هر متر مربع کشت گزارش شده است. اگر به ازای کشت هر هکتار، ۴ تن بذر اختصاص یابد برای تامین بذر ۱۸۰ هزار هکتار سطح زیرکشت، سالانه به بیش از ۶۰۰ 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 به سزایی ایفا نماید^۱.

انتخاب این کتاب برای ترجمه، براساس تجربه‌های چندین ساله فعالیت در زمینه اصلاح و تولید بذر سیب‌زمینی، مینی‌تیوبر و میکروتیوبر بوده است. امید است این کتاب

^۱ . <http://www.jamejamonline.ir>

بتواند توان تحقیقاتی و تولید سیب‌زمینی کشور را افزایش داده و راهنمای مفیدی برای دانش پژوهان، دانشجویان و تولیدکنندگان باشد.

ترجمه حاضر علی‌رغم سعی و تلاش و دقت به کار رفته در آن، مطمئناً خالی از اشکال نمی باشد. از تمامی خوانندگان که با ارسال انتقادات و پیشنهادات خود ما را در بهبود کیفیت این کتاب یاری می‌رسانند، پیشاپیش تشکر و قدردانی می‌شود. از استاد ارجمند آقای دکتر محمدباقر خورشیدی بنام که زحمت ویرایش علمی و مهندس علی‌اصغر عزیزی زحمت ویرایش ادبی این ترجمه را متقبل شده و با دقت فوق‌العاده نکات بسیار مهمی را گوشزد نموده‌اند تشکر و قدردانی می‌گردد.

از آقای حسین پیرموذن و آقای بهروز پورسلیمان رئیس و نائب رئیس محترم اتاق بازرگانی، صنایع، معادن، و کشاورزی استان اردبیل، از آقای دکتر قدیر نوری قنبلانی رئیس محترم کمیسیون تخصصی کشاورزی، آب، منابع طبیعی و صنایع غذایی اتاق اردبیل و اعضا محترم این کمیسیون، آقای رسول رضائیان رئیس محترم اتحادیه صادرکنندگان تولیدات کشاورزی استان اردبیل، آقای ودود صریحی مدیر محترم تشکل‌ها و دبیر کمیسیون‌های تخصصی و آقای رضا عبدالهی مسئول رسانه اتاق بازرگانی، صنایع، معادن، و کشاورزی استان اردبیل به خاطر تلاش، پیگیری و چاپ این کتاب، و سایر همکاران و عزیزانی که به نحوی در مراحل تهیه و تدوین این کتاب نقش داشته‌اند، صمیمانه سپاسگزاری می‌نماید.

داود حسن پناه

دستورالعمل تولید بذر سیب زمینی با کیفیت از طریق سیستم هواکشت

تهیه این دستورالعمل با مساعدت متخصصان آمریکایی در آژانس توسعه بین‌المللی ایالات متحده^۱، ممکن شده است. تحت این پروژه بحران غذایی آفریقای شرقی و مرکزی با استفاده از سیب‌زمینی که غذای ارزان نامیده می‌شود، حل می‌گردد. در این پروژه سعی بر افزایش تولید و جذب تولید از طریق معاهده 3G می‌باشد. نویسنده این کتاب سعی دارد گزارشاتش کاملاً واقعی باشد و نظرات آژانس را به درستی انتقال دهد. انتشارت مرکز بین‌المللی سیب‌زمینی^۲ اطلاعات مهمی را برای عموم منتشر می‌کند.

ISBN 978-92-9060-392-4

© International Potato Center (CIP), 2010

P.O. Box 1558, Lima 12, Peru

cip@cgiar.org • www.cipotato.org

Correct citation:

Otazu, V. 2010. Manual on quality seed potato production using aeroponics. International Potato Center (CIP), Lima ,Peru. 44 p.

¹ . USAID

² . International Potato Center (CIP)

فهرست

صفحه	عنوان
۱۴	مقدمه
۱۸	چه چیزهایی در مورد هواکشت می‌دانیم و چه چیزهایی را باید در این مورد یاد بگیریم
۲۱	عواملی که باید قبل از اقدام به استفاده از سیستم هواکشت در نظر گرفته شود
۲۱	۱- گلخانه
۲۲	۱-۱- عناصر غذایی اصلی
۲۲	۱-۲- مواد و اجزای گلخانه
۲۸	۱-۳- مدیریت گلخانه، اقدامات و عملیات بهداشتی
۳۳	۲- منبع آب
۳۵	۳- مواد گیاهی
۳۶	۳-۱- مدیریت گیاهان درون شیشه‌ای
۳۸	۳-۲- مدیریت جوانه غده
۳۸	۳-۳- مدیریت قلمه‌های ساقه
۳۹	طراحی و مواد مورد استفاده در سیستم هواکشت
۳۹	۱- توزیع جعبه‌ها و طراحی آنها
۴۲	۲- مواد
۴۶	۳- ساختار جعبه‌ها
۵۲	۴- نصب لوله‌کشی و برق

فهرست

صفحه	عنوان
۵۴	۵- تایمر و سایر اجزا
۵۵	محلول‌های غذایی
۵۵	۱- منبع مواد غذایی
۵۸	۲- نحوه محاسبه غلظت مواد غذایی
۶۰	۳- آماده سازی محلول غذایی
۶۲	۴- روش‌های جایگزین
۶۵	۵- مدیریت مواد غذایی و گیاهان
۶۹	برداشت و انبارداری
۷۲	منابع
۷۴	پیوست‌ها
۷۴	• اصطلاحات تخصصی کاربردی در هواکشت
۷۹	• اصلی‌ترین مشکلات و راه‌حل‌های موجود در سیستم هواکشت

مقدمه

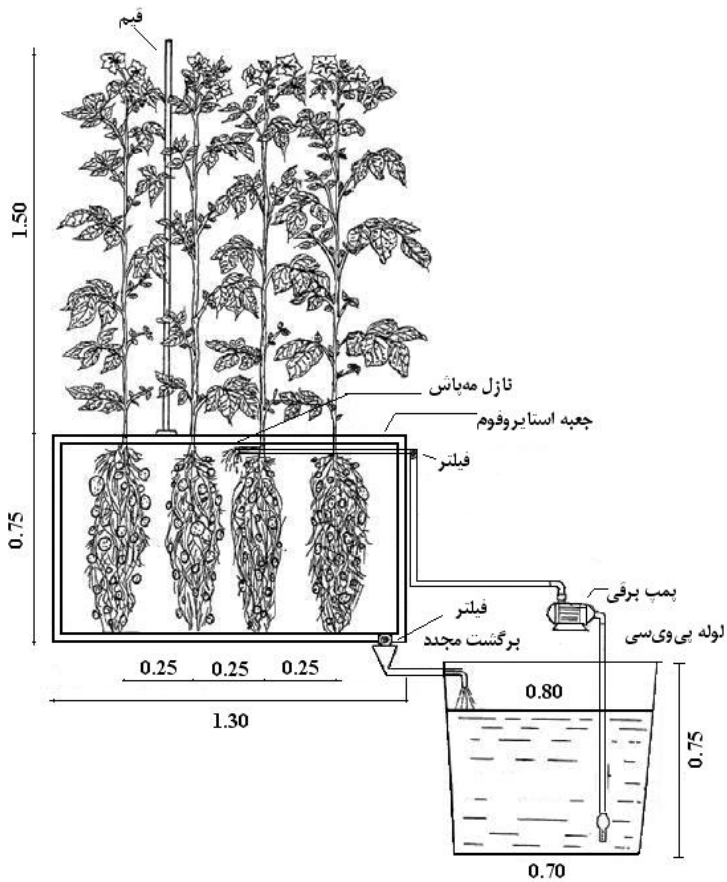
بیشتر زارعین سیب‌زمینی، در کشورهای در حال توسعه به دلیل بالا بودن قیمت و عدم دسترسی به بذور سالم، از بذور با کیفیت استفاده نمی‌کنند. به همین دلیل به روش‌های موثر کم هزینه برای تولید بذر که به آسانی در اختیار زارعین قرار بگیرد، نیاز است.

هدف این دستورالعمل تسهیل توزیع و پراکندگی سیستم هواکشت برای تولید بذور مرغوب سیب‌زمینی در کشورهای در حال توسعه در جهت بهبود قابلیت دسترسی این بذور و کاهش قیمت‌ها می‌باشد. هواکشت روشی مبتنی بر عدم وجود خاک برای تولید بذر پیش‌پایه سیب‌زمینی است (اشکال ۱، ۲ و ۳). این روش می‌تواند منجر به تولید عملکردهای بالا (۱۰ برابر بیشتر)، سریع‌تر و با هزینه کمتر از روش‌های معمول فراهم گردد.

تکثیر مواد عاری از ویروس درون‌شیشه‌ای در گلخانه، روش معمول تولید بذر مرغوب سیب‌زمینی است. در این روش معمولاً "۱۰-۵ مینی‌تیوبر در هر بوته تولید می‌شود. در این روش متداول، از سوبسترای استریلی استفاده می‌کنند که از خاک ساخته شده و با ترکیبات زیادی مخلوط شده است. در کشاورزی نوین از متیل برومید برای ضدعفونی خاک به دلیل پایین بودن قیمت و قدرت موثر در حذف آرتروپودها، نماتدها، پاتوژن‌ها و علف‌های هرز بدون تغییر ویژگی‌های خاک استفاده می‌شود. با

این وجود، اثبات شده است که متیل برومید به طور چشم‌گیری در لایه ازن اتمسفر تاثیر می‌گذارد و در حال حاضر استفاده از آن در فعالیت‌های کشاورزی متوقف شده است. مرکز بین‌المللی سیب‌زمینی، روش‌های متعددی را بررسی کرده است (مثل: حرارت دادن به ساقه، سولاریزاسیون، متام سدیم و کلروپیکرین) و استریلیزاسیون ساقه را روشی مناسب می‌داند. با این وجود، این روش نسبت به متیل برومید به واسطه تجهیزات، امکانات و هزینه سوخت، پرهزینه است.

هواکشت، تولید را بهتر می‌کند و هزینه‌ها را در مقایسه با روش‌های معمول و روش‌های بدون خاک هیدروپونیک (رشد در آب) کاهش می‌دهد. هواکشت شامل فضای عمودی در گلخانه می‌باشد که در آن بین رطوبت و هوا برای مطلوب کردن توسعه رشد ریشه‌ها، غده‌ها، شاخ و برگ‌ها تعادل وجود دارد. تولید تجاری بذر سیب‌زمینی با استفاده از هواکشت، فرآیندی است که در کشورهای کره و چین کاربرد دارد. در ناحیه مرکزی رشته کوه‌های آند در آمریکای جنوبی، هواکشت تکنولوژی است که با موفقیت از سال ۲۰۰۶ تا به حال استفاده می‌شود. در مرکز بین‌المللی تولید سیب‌زمینی پرو با استفاده از هواکشت و مواد ساده، عملکردی بیش از ۱۰۰ مینی‌تیوبر در بوته گزارش شده است. فعالیت‌هایی جهت ترویج این روش در مناطق نیمه خشک آفریقا در جریان است.



شکل ۱- سیستم هواکشت برای تولید سیب‌زمینی بذری با کیفیت



شکل ۲- رشد اندام‌های هوایی ارقام سیب‌زمینی در شرایط هواکشت
(ایستگاه هانکایوی مرکز تحقیقات بین‌المللی سیب‌زمینی کشور پرو)



شکل ۳- مینی‌تیوبرهای تولیدی از ارقام پرویی^۱ (کانچان^۲) در شرایط هواکشت
(ایستگاه هوان‌کایو مرکز تحقیقات بین‌المللی سیب‌زمینی، پرو)

^۱ . Peruvian

^۲ . Canchan

چه چیزهایی در مورد هواکشت می دانیم

و چه چیزهایی را باید در این مورد یاد بگیریم

هواکشت در ابتدا برای تولید سبزیجات استفاده می‌شد. این روش، تکنیک نسبتاً جدیدی به ویژه برای تولید بذر سیب‌زمینی می‌باشد. آزمایش‌های اولیه، اطلاعات زیر را به ما ارائه داده است:

- تولید بذر سیب‌زمینی در گلخانه می‌تواند به طور چشم‌گیری افزایش یابد.
- ارقام سیب‌زمینی واکنش‌های متفاوتی را برای هواکشت نشان می‌دهد. ارقام حاصل از جنس *tuberosum* بذور کمتری از ارقام جنس *andigena* تولید می‌نمایند. همچنین این حالت زمانی مشاهده می‌شود که در محلول رشد کنند.
- تولید از طریق هواکشت، شدیداً به شرایط آب و هوایی حساس می‌باشد.
- در این سیستم، باید برداشت مرتب و منظم باشد.
- دوره رویشی بوته‌ها از ۱ ماه به ۲ ماه افزایش می‌یابد.
- در مزرعه، عملکرد بذور حاصل از سیستم هواکشت مشابه عملکرد بذوری است که از طریق روش‌های معمول تولید می‌شود.
- سرمایه‌گذاری اولیه می‌تواند سریعاً برگشت داده شود.

- تلقیح باکتری‌ها به محلول‌های غذایی، تولید بذر با استفاده از هواکشت را افزایش می‌دهد. این روش در مرکز تحقیقات بین‌المللی سیب‌زمینی تحت بررسی است.
 - هواکشت می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای درآمد را افزایش و یا هزینه‌های تولید برای تولید بذر مرغوب سیب‌زمینی که بیشتر در دسترس زارعین است را کاهش دهد.
 - منابع انرژی تجدید شونده (نور خورشید و باد) می‌تواند برای هواکشت مورد استفاده قرار گیرد.
- بهبود کردن تولید بذر سیب‌زمینی با استفاده از هواکشت هنوز هم امکان‌پذیر می‌باشد. برای این کار، موارد زیر تحت مطالعه قرار گرفته‌اند:
- ارقام جدید برای استفاده در هواکشت باید آزمایش شود. شرایط مصنوعی مثل نور اضافی، به راحتی می‌تواند در گلخانه برای رشد ارقامی که در ارتفاعات مختلف به عمل می‌آیند، به کار رود.
 - حد مطلوب محلول غذایی برای ارقام مختلف، ممکن است متفاوت باشد. غلظت متناسب محلول غذایی مورد نیاز باید برای ارقام مختلف مشخص شود.
 - عناصر غذایی قابل دسترس و موجود در هر مکان، مورد آزمایش قرار گیرد. مخلوط‌های ناشناخته ممکن است باعث مسمومیت شود.

- باید فضای لازم برای هر رقم تعیین شود. ارقام *andigena* ممکن است به فضای بیشتری نسبت به ارقام *tuberosum* نیاز داشته باشد.
 - ثابت شده است که گیاهچه‌های حاصل از کشت درون شیشه‌ای عملکرد بهتری در سیستم هواکشت دارند. باید برای سایر قسمت‌های گیاهی مانند قلمه، ساقه و جوانه‌های غده نیز بررسی انجام و نتایج با یکدیگر مقایسه شود.
 - بهترین فصل تولید باید برای هر مکانی مطابق با هوا و فصل تولید مزرعه تعیین گردد.
 - روش‌های معمول کنترل آفات و بیماری‌ها را نمی‌شود در سیستم هواکشت مورد استفاده قرار داد. باید روش‌های جدیدی برای کنترل آفات و بیماری‌ها برای سیستم هواکشت ارائه گردد.
- محدودیت‌ها و معایبی نیز در این روش وجود دارد:
- این روش، وابسته به انرژی است. خرابی طولانی مدت منبع انرژی در این روش منجر به کاهش کلی در چرخه تولید می‌گردد.
 - افراد شاغل به آموزش تخصصی نیاز دارند.
 - لازم است به سئوالات بسیاری در طول تحقیق پاسخ داده شود، همان‌طوری که در تمامی روش‌های جدید، بدین منوال می‌باشد.

- ممکن است برخی مواد و امکانات در بعضی از کشورها قابل دسترس نباشد.

- ممکن است هر نوع پاتوژن ریشه، سریعا در همه جعبه‌ها پخش و باعث آلودگی آنها گردد.

- هواکشت در اقلیم‌های گرم، به خوبی قابل اجرا نمی‌باشد، مگر این‌که در چنین مکان‌هایی از وسایل گران‌کننده استفاده شود که باعث افزایش هزینه تولید می‌گردد.

عواملی که باید قبل از اقدام به استفاده از سیستم هواکشت در نظر گرفته شود:

۱- گلخانه

ساختمان یک گلخانه عادی باید یک محیط سالم برای تولید سیب‌زمینی با سرمایه‌گذاری متوسط برای کنترل دما و رطوبت فراهم کند. این مسئله به ما این امکان را می‌دهد که هزینه‌های تولید را تا حد ممکن پائین نگه داریم. این محیط باید بوته‌ها را از آفات و عوامل زیان‌آور آب و هوایی محافظت کند.

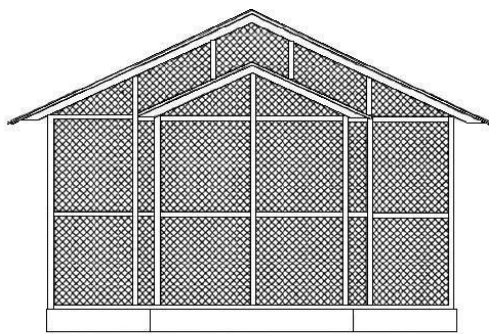
۱-۱- عناصر غذایی اصلی

زیرساخت‌های یک گلخانه معمولی برای تولید بذر سیب‌زمینی معمولاً بسیار کم است. در سیستم هواکشت می‌توان فضاهای عمودی گلخانه را تقسیم کرد. هم سیستم ریشه‌ای و هم شاخ و برگ در هواکشت نسبت به رشد در ماده زمینه (سوبسترا)، رشد طولی‌تری می‌کنند. علاوه بر این عامل، گرما بیشترین محدودیت آب و هوایی در گلخانه می‌باشد. گلخانه با سقف پائین‌تر، معمولاً گرم‌تر از گلخانه‌هایی با سقف بلند می‌باشد. همچنین جهت گلخانه عامل مهمی برای جلوگیری از گرم شدن آن در طی روز می‌باشد. به طور معمول، گلخانه با جهت شرقی - غربی خنک‌تر از گلخانه با جهت جنوبی - شمالی می‌باشد. گلخانه‌های توری بدون سقف، برای سیستم هواکشت مناسب نیست. در طول یک بارندگی، گرد و خاک و اسپورهای قارچی تجمع یافته در سقف توری شسته شده و وارد جعبه‌های سیستم هواکشت می‌شود و تمامی بوته‌ها را آلوده می‌کند. گلخانه در محلی تراز شده و عاری از هر گونه درخت، ساختمان و سایر محصولات به ویژه خانواده سولاناسه باشد و سیستم الکتریکی و آب در دسترس باشد.

۱-۲- مواد و اجزای گلخانه

مواد تشکیل دهنده ساختمان گلخانه در اکثر جاها قابل دسترس می‌باشد. الوار، سیمان، تور پشه‌بند و مصالح پشت بام بیشتر استفاده می‌شود. کیفیت مصالح

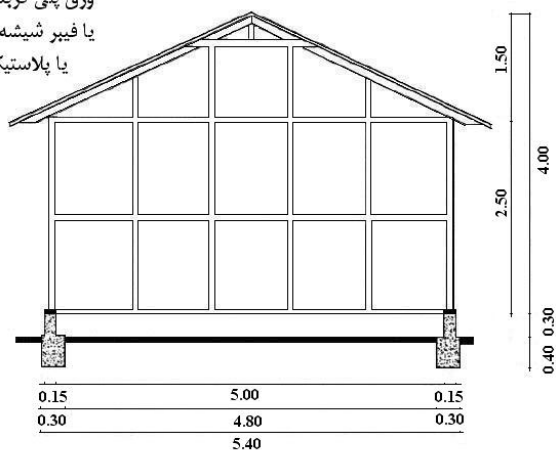
پشت بام به خاطر قیمت و دوام، بسیار مهم هست. پلاستیک ارزان‌ترین آنها بوده و می‌تواند تا سه سال، با توجه به کیفیت آن دوام داشته باشد. برای گلخانه‌ای به اندازه ۵×۱۵ متر، هزینه سقف پلاستیکی در حدود ۲۰۰-۱۰۰ دلار می‌باشد. عمر ورقه‌های فایبرگلاس و پلی‌کربنات در حدود ۱۵-۱۰ سال است، اما قیمت‌شان خیلی بالا است. گلخانه‌هایی با چنین وسایلی، حدوداً ۲۰۰۰-۱۵۰۰ دلار جهت تامین لوازم، هزینه دربر دارد. اگر پلاستیک استفاده شود، سطح چوب‌ها باید تیز نباشد تا منجر به پارگی پلاستیک در اثر باد شدید یا فعالیت نگردد. پشه‌بندها یا روکش‌های توری معمولاً ۱۰ سال استفاده می‌شوند. زمین گلخانه، به سه لایه نازک از سنگ‌ریزه یا شن‌ریز نیاز دارد، این لایه از خاک سطح زمین جدا و از رشد آفات و علف‌های خاک در آن جلوگیری خواهد شد. زمین سیمانی گران است و در طول روزهای آفتابی، حرارت و گرمای زیادی را جذب و بازتابش می‌کند. این انتقال گرما باید در ساختمان گلخانه مدنظر قرار بگیرد. سقف گلخانه باید به وسیله سایبانی پوشیده شود تا از حرارت خورشیدی ایجاد شده، در گلخانه جلوگیری کند. انواع زیادی از سایبان‌ها وجود دارد که درصدهای انتقال اشعه خورشیدی آنها با یکدیگر متفاوت است. سقف و درها به حفاظ نیاز دارند که از ورود حشرات به داخل گلخانه مانع شود. سیم‌های مفتولی و وسیله مفیدی برای تثبیت سقف گلخانه است. ارتفاع گلخانه باید ۲/۵ متر یا بیشتر باشد. برای مناطق گرم، ارتفاع گلخانه باید ۳ متر در نظر گرفته شود. اشکال ۴ تا ۱۲ می‌تواند به تولید بذر سیب‌زمینی در گلخانه کمک کند.



ارتفاع اصلی

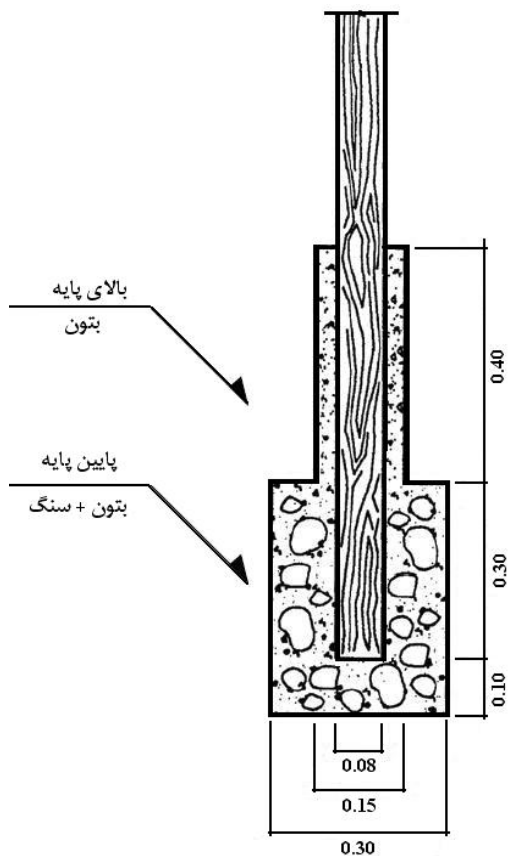
ESC: 1/50

ورق پلی کرینات
یا فیبر شیشه‌ای
یا پلاستیکی



برش عرضی

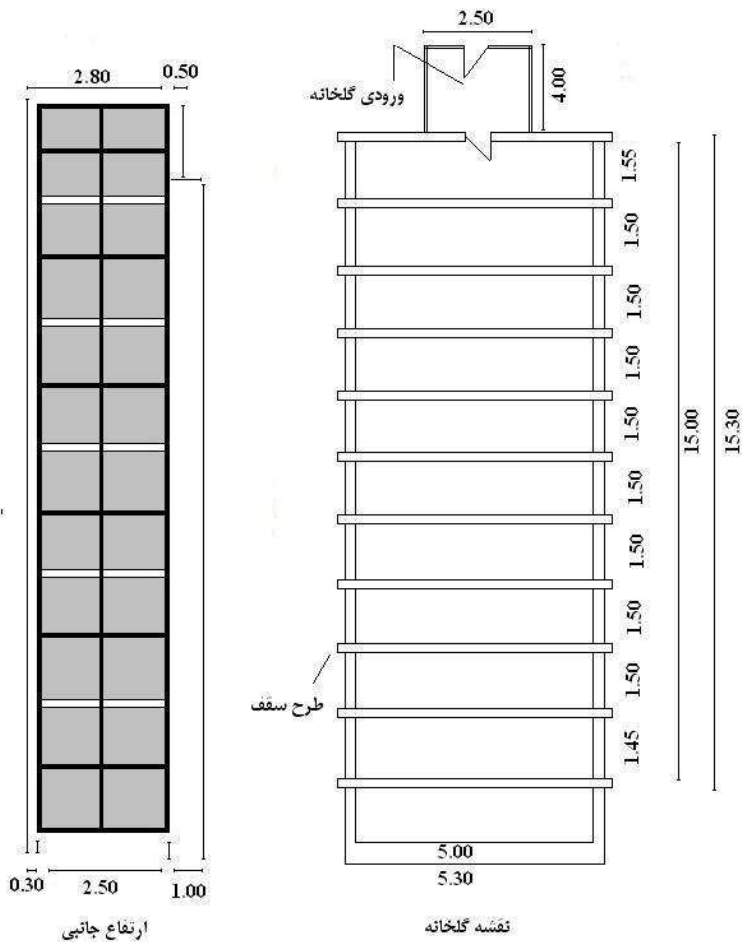
شکل ۴- نمای جلویی و برش عرضی از یک گلخانه معمولی
با شبکه جانبی و پلی کرینات یا فیبر سقف شیشه‌ای



1/10 مقیاس

شکل ۵- نگهدارنده ستون چوبی با ارتفاع ۳ متر

توجه: پایه زیرین با بتون سیمانی در سطح زمین، و پایه بالایی بایستی در روی آن قرار گیرد.



شکل ۶ - سطح جانبی و نمای بالای یک گلخانه ۵×۱۵ متر با یک ورودی



شکل ۷- توزیع ساختار چوبی یک گلخانه ۵×۱۵ متر و پایه سطح زمین (نمای جلویی)



شکل ۸- پایه رویی گلخانه و سقف پلی کربنات (نمای پشت گلخانه)



شکل ۹- گلخانه تکمیل شده با سقف پلاستیکی و یک ورودی

۱-۳- مدیریت گلخانه، اقدامات و عملیات بهداشتی

تولید بذر سیب‌زمینی در گلخانه به اقدامات بهداشتی جهت ممانعت از آلودگی گلخانه نیاز دارد. در سیستم هواکشت، این اقدامات باید در سطوح بالاتر از استانداردها رعایت گردد. در یک گلخانه باید از ورود حشرات به داخل جلوگیری به عمل آید. متصدی گلخانه باید به طور مکرر و مکفی آموزش ببیند. ورودی گلخانه قسمت خیلی مهمی از گلخانه می‌باشد، از ورودهای غیرضروری به داخل گلخانه جلوگیری شود. بازدیدکنندگان باید در بیرون گلخانه بمانند، متصدیان گلخانه نباید قبل از ورود به گلخانه به مزرعه رفته باشند، درها نباید به طور همزمان باز شوند، متصدیان قبل از ورود به گلخانه باید پاهایشان را با آب شیر بشویند و وسایل زیر در گلخانه موجود باشد:

دو تا سه روپوش تمیز، یک بطری محتوی صابون مایع، یک بطری محتوی محلول سدیم یا کلسیم هیپوکلریت ۲ درصد (مایع سفید کننده) و دستمال کاغذی. همچنین یک سینی گرد آهک (اکسید کلسیم) در ورودی قرار گیرد. لازم به ذکر است که یک دستمال ضخیم آغشته به محلول غلیظ سولفات مس (کات کبود) و یا آمونیاک ۴ تایی (بنزآلکونیوم کلراید) و پودر گوگرد نیز می‌تواند همان کار را انجام دهد. و چون احتمال آلوده شدن کفش‌ها به کنه‌ها و اسپوره‌های قارچ‌های خاکزی و انتقال آنها به داخل گلخانه است، باید در داخل آهک جهت ضدعفونی قرار داده

شوند. حتی اگر به بوته‌ای دست هم زده نشود، بایستی دست‌ها با آب و صابون شسته شوند. و حتی در صورت نیاز به دستکاری بوته‌ها از مواد ضدعفونی کننده و صابون استفاده شود. همچنین از دستکش یک بار مصرف برای دستکاری هر بوته استفاده و بعد از سر جا گذاشتن هر گیاهچه لازم است دستکش دوباره ضدعفونی گردد. متصدی گلخانه باید همیشه از روپوش تمیز استفاده کند و موقع خروج، آن را در اتاقک ورودی گلخانه آویزان نماید، این کار مانع از ورود حشراتی می‌شود که ممکن است از طریق لباس وارد آنجا شوند. بنابراین موارد ذکر شده بایستی به صورت یک اختطاریه در ورودی گلخانه نصب شود.

قوانین بهداشتی

- هرگز هر دو در گلخانه را به طور همزمان باز نکنید.
- کفش‌های خود را قبل از ورود به گلخانه داخل محلول آهکی یا ظرف پودر قرار دهید.
- اگر قرار نیست دست به گیاهی بزنید، دست‌های خود را با صابون بشوئید.
- اگر قرار است گیاهی را جا به جا کنید باید دست خود را با سدیم هیپوکلریت بشوئید.
- همیشه داخل گلخانه یک روپوش بپوشید و آن را به بیرون گلخانه نبرید.
- از بردن غذا به داخل گلخانه خودداری نمائید.

سدیم هیپوکلریت با غلظت ۳ الی ۵ درصد در فروشگاه‌ها فروخته می‌شود. محلول ۱/۰ درصدی آن، برای ضدعفونی کردن غده‌های بذری استفاده می‌شود. این محلول، اکثر باکتری‌های سطح غده‌ها را از بین می‌برد. کلسیم هیپوکلریت به صورت پودر سفید رنگ قابل حل در آب عرضه می‌شود. هر دو محلول در تیمار آب شرب نیز استفاده می‌شود. هر دو توسط نور تجزیه می‌شود، بنابراین اگر قرار است بطری پلاستیکی در گلخانه استفاده شود، آنها را با پوشش فویل آلومینیومی بپوشانید. کلسیم هیپوکلریت ۲ درصدی به حذف ویروس‌ها کمک می‌کند. در موقع برش، حتما چاقوها و وسایل برشی مثل تیغ‌ها را روی شعله آتش و یا در کلسیم هیپوکلریت مخلوط شده با صابون مایع قرار دهیم. اتانول ۷۰ درصد هم، در ضدعفونی کردن دست خیلی موثر می‌باشد.

گذاشتن تله زرد در دو یا سه جای گلخانه نه تنها به کنترل حشرات کمک می‌کند، بلکه برای آشکار کردن حضور آنها نیز مفید می‌باشد. اگر این تله حشرات زیادی را جذب کند، نشان دهنده آنست که در جایی از گلخانه پارگی وجود دارد، یا این که مسئول گلخانه بی‌دقت است. پشه‌بندها هم مانع ورود حشرات می‌شود ولی نمی‌تواند جلوی اسپور را بگیرد. اسپور فیتوفترا، اودیوم و سایر پاتوژن‌ها می‌تواند از طریق پشه‌بند وارد گلخانه شود و اگر شرایط آب و هوایی مناسب این مواد باشد، بیماری گسترش پیدا می‌کند. در چنین مواردی نیاز به استفاده از قارچ‌کش‌ها وجود دارد. سعی کنید که از دز ۵۰ درصدی قارچ‌کش‌های توصیه شده برای گیاهان

معمولی استفاده شود. توصیه جدی می‌شود که در استفاده از آفت‌کش‌ها دقت لازم به عمل بیاید و طبق مقادیر دستورالعمل‌ها، مورد استفاده قرار بگیرد. وسایل حفاظتی همیشه باید استفاده گردد. یک نردبان معمولی برای آویزان کردن گیاهان تحت هواکشت لازم است. هرگز مواد غذایی را با آفت‌کش‌ها مخلوط نکنید مگر زمانی که آزمایشات قبلی بی‌خطر بودن مخلوط آنها را ثابت کرده باشد.

باید درون گلخانه، یک دماسنج حداقل - حداکثر وجود داشته باشد. اپراتور گلخانه باید دمای روزانه گلخانه را گزارش کند. دمای شبانه کمتر از ۴ درجه سلسیوس برای گیاهان هواکشت بسیار سرد است. دمای روزانه بالاتر از ۳۰ درجه سلسیوس هم خیلی گرم می‌باشد. زمانی که غده‌زایی آغاز می‌شود، دمای شبانه باید بین ۱۰ الی ۱۵ درجه سلسیوس و دمای روزانه باید در حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد باشد. می‌توان با استفاده از سایه‌بان، دمای پائین‌تری را نیز ایجاد کرد (شکل ۱۰ و ۱۱). انواع مختلفی از سایه‌بان‌ها در فروشگاه‌ها وجود دارد (شکل ۱۲). سایبان مشکی که معمولاً جلوی ۵۰ درصد از ورود نور را می‌گیرد به دلیل قیمت کمتر و قابلیت دسترسی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نظر گرفتن دمای مناسب برای محلول غذایی نیز خیلی مهم می‌باشد. زمانی که دمای محلول غذایی خیلی بالا است (بالاتر از ۲۰ درجه سلسیوس)، قرار دادن تکه‌های یخ در ظروف پلاستیکی در محلول غذایی آن را پایین‌تر می‌آورد.



شکل ۱۰- سایبان توری (۵۰ درصد) برای پوشش سقف پلاستیکی
(علاوه بر سایه‌اندازی در برابر بادهای شدید از سقف پلاستیکی محافظت می‌کند)



شکل ۱۱- گلخانه با فیبر شیشه‌ای مات. مشابه سایبان توری، اما با نحوه نصب متفاوت.
این توری امکان کاهش نور بیشتر و نیز دمای خنک‌تر گلخانه را می‌دهد



مالا نگرا^۲ ۵۰ درصد



کروماتینت روژو^۱ ۴۰ درصد



آلومینت^۴ ۵۰ درصد



مالا بلانکا^۳ ۵۰ درصد

شکل ۱۲- برخی از انواع سایبان توری قابل دسترس

۲- منبع آب

منبع آب یکی از فاکتورهای مهم است که همیشه باید آن را لحاظ کرد. معمولاً به آب شرب کلر اضافه می‌شود. کلر و سدیم عناصری هستند که به شدت باعث افزایش هدایت الکتریکی آب می‌شوند. زمانی که گیاهان کشت شده در بستر خاک با آب شرب آبیاری می‌شوند، کلر موجود در آب برای آنها بی‌ضرر است؛ زیرا

-
- 1 . Chromatinet Rojo
 - 2 . Malla Negra
 - 3 . Malla Blanca
 - 4 . Aluminet

آن با مواد ارگانیک ترکیب شده و کلراید تشکیل می‌شود و کلراید برای گیاهان بی‌خطر است. در سیستم‌های هواکشت و هیدروپونیک کلر برای گیاهان در دسترس است و بنابراین وجود بیش از اندازه آن (بالای ۲ ppm) می‌تواند مضر باشد. نوک ریشه‌ها ممکن است بسوزد. شاخصی که میزان نمک آب را اندازه‌گیری می‌کند، هدایت الکتریکی نام دارد. هر چه غلظت نمک بالاتر باشد هدایت الکتریکی نیز افزایش می‌یابد و برعکس. هدایت الکتریکی به صورت واحدهای (dS/M)، (mS/cm) یا (mmhos/cm) بیان می‌شود. آبی که در سیستم هواکشت استفاده می‌شود باید هدایت الکتریکی پائینی (کمتر از ۱ mS/cm) داشته باشد. اسیدیته آب شاخص مهم دیگری است. آب با اسیدیته بالای ۸ برای استفاده در سیستم هواکشت مناسب نیست. همیشه بهتر است آب مورد استفاده، تجزیه شیمیایی شود حتی اگر اسیدیته و هدایت الکتریکی آن در محدوده قابل قبول باشد.

مشکل دیگری که ممکن است با آن روبرو شد وجود آلودگی‌های بیولوژیکی در آب است. آب چاه‌های عمیق معمولاً آلوده نیستند. آب چاه‌های سطحی در صورتی که نزدیک به مناطق شهری باشند احتمال دارد به وسیله باکتری‌های کلی فرم^۱ نظیر پکتوباکتریوم آلوده باشد. آب‌های مشکوک باید حتماً آنالیز میکروبیولوژیکی شوند. برخی از صافی‌ها احتمال خطر را کاهش می‌دهند و بهتر

^۱ . Coliform

است آب مورد استفاده قبل از ورود به مخزن محلول غذایی از صافی عبور کند. جوشاندن نیز می‌تواند موثر باشد؛ در صورتی که گزینه دیگری وجود نداشته باشد.

۳- مواد گیاهی

بهترین مواد گیاهی باید در سیستم هواکشت استفاده شود. گیاهان حاصل از کشت بافت درون شیشه‌ای به علت مسایل بهداشتی ارجحیت دارند، اگر چه باید به وسیله تکنسین‌های متخصص ایجاد شوند. این گیاهان از لحاظ اندازه و سن باید مناسب بوده و قبل از انتقال به گلخانه شرایط سازگاری را به طور کامل سپری کرده باشند. گاهی اوقات به منظور کاهش قیمت‌ها به خاطر سطح کوچک‌تر و محیط ریشه اندک برای رشد بهتر در محیط مصنوعی، این گیاهان درون کیسه‌های پلاستیکی فروخته می‌شوند. این گیاهان به مدت زمان بیشتری نیاز دارند تا ریشه مناسب ایجاد کنند. بوته‌های خیلی مسن و زرد، مناسب هواکشت نیستند. سایر مواد گیاهی، نظیر قلمه‌های ریشه‌دار شده و جوانه غده، باید پاکیزه و عاری از بیماری باشند. وجود هر نوع علایم بیماری دلیل کافی برای حذف نمونه‌های موجود در یک دسته است. این امر باید موقع انتقال گیاهان به جعبه‌های کاشت مورد توجه قرار بگیرد. اندام زیرزمینی گیاهانی که در جعبه‌های شنی کشت شده‌اند باید عاری از بیماری و کاملاً سالم باشد. قبل از انتقال بوته‌ها به سیستم هواکشت، آنها بایستی در فضای سالم یک گلخانه مدیریت شوند.

۳-۱- مدیریت گیاهان درون شیشه‌ای

زمانی که گیاهان کشت داده شده، در شرایط درون شیشه‌ای در داخل لوله‌های آزمایش یا جعبه‌های به رنگ قرمز تند تحویل گرفته شوند، باید بلافاصله در فضایی با نور مناسب قرار بگیرند. این ظروف معمولاً در حین انتقال طوری بسته‌بندی می‌شوند که هیچ نوری دریافت نمی‌کنند. فضای آزمایشگاه با فضای گلخانه تفاوت دارد. بنابراین، این گیاهان قبل از انتقال به گلخانه و کشت در جعبه‌های شنی، باید یک دوره ۲ تا ۳ روزه سازگاری را سپری کنند. همچنین می‌توان آنها را به طور مستقیم در جعبه‌های سیستم هواکشت، کشت داد. با این وجود در تجربه ما، تعداد زیادی از گیاهان انتقال یافته به علت فقدان سیستم ریشه‌ای توسعه یافته و عدم جذب کافی مواد غذایی از بین رفتند. فایده دیگر ریشه‌دار کردن گیاهچه‌ها قبل از انتقال به هواکشت، این است که می‌توان گیاهان با رشد یکنواخت را انتخاب و گیاهان غیرعادی و کوچک را حذف کرد. شن باید از یک محل پاک عاری از آلودگی تهیه شده باشد. معمولاً شن رودخانه به وسیله مواد شیمیایی آلوده است. بذر حقیقی سیب‌زمینی از هر خانواده‌ای شاخص خوبی برای شناسایی آلودگی است.

آزمایشات باید روی منابع مختلف شن صورت بگیرد تا مطمئن‌ترین منبع شناسایی شود. شن باید قبل از استریل شدن چندین بار با آب شیر شسته شود. در

صورت عدم وجود امکان استریل کردن با بخار، شن شسته شده، باید در آب جوشانده شود یا چندین بار به وسیله آب جوش، شسته شود. بیشتر پاتوژن‌ها بعد از نیم ساعت حرارت ۷۰ درجه سلیسوس از بین می‌روند. استریل کردن بستر خاک در دماهای بالاتر، باعث آزادسازی منگنز می‌شود که برای گیاهان سمی است. شن این مشکل را ندارد. بعد از استریل کردن شن در ظروفی به عمق ۵ تا ۷ سانتی‌متر قرار داده می‌شود. در صورت نبود ظروف پلاستیکی، می‌توان از جعبه‌های چوبی مشبک، که به وسیله صفحات پلاستیکی مرزبندی شده‌اند، استفاده کرد. بعداً این جعبه‌ها می‌توانند برای انبار کردن استفاده شوند. شن باید به اندازه‌ای مرطوب باشد که در آن به راحتی منافذی برای کاشت گیاهچه ایجاد شود. یک روز قبل از انتقال نشاء، باید درب لوله‌های آزمایش یا جعبه‌های قرمز رنگ حاوی گیاهچه باز شود تا در معرض هوای گلخانه قرار گیرند. در این مرحله، دوری از نور مستقیم آفتاب بسیار مهم است. در طول ۵ تا ۷ روز اولیه گیاهان، باید به وسیله محلول غذایی رقیق شده با آب به نسبت ۱:۱ تغذیه شوند. بعد از اتمام این دوره باید با محلول غذایی کامل تغذیه گردد. آبیاری باید با توجه به شرایط آب و هوایی گلخانه به اندازه‌ای انجام شود تا به آنها کوچک‌ترین تنش وارد نشود. از کم یا زیاد آب دادن، اجتناب شود. در روزهای اول انتقال، نیز از نور مستقیم آفتاب باید اجتناب شود. بعد از ۱۵ تا ۲۰ روز گیاهان باید به حدی ریشه‌دار شده باشند که آماده انتقال به هواکشت باشند.

۲-۳- مدیریت جوانه غده

ریزغده‌های اولیه که قبلا هرگز در محیط مزرعه کشت نشده‌اند و دارای جوانه قوی هستند، می‌توانند با فواصل منظم در جعبه‌های شنی همان‌گونه که برای گیاهان درون‌شیشه‌ای توضیح داده شد، کشت شوند. ریزغده‌های برداشت شده از شرایط هواکشت ارجحیت دارند. این گیاهان فقط به آبیاری نیاز دارند. زیرا سبز کردن آنها به مواد غذایی موجود در ریزغده مادری وابسته است. بسته به رقم و شرایط آب و هوایی، بعد از دو تا سه هفته گیاهان ساقه‌های ظریفی تولید و ریشه به حد کافی قوی و برای انتقال به هواکشت را دارا شده‌اند. با توجه به غالبیت انتهایی ریزغده، معمولا بیشتر از یک ساقه به ازای هر ریزغده بدست می‌آید. غده‌های مادری باید حذف شوند.

۳-۳- مدیریت قلمه‌های ساقه

در صورتی که گیاهان مادری سالم باشند، بعد از دو تا سه هفته از کشت، با قطع نوک انتهایی هر گیاه شاخه‌زایی القا می‌شود. در هر بار باید از چاقوی تمیز جراحی استفاده شود. ساقه‌های بدست آمده از ساقه‌های جوان، باید در ظروف حاوی شن، جهت ریشه‌دار شدن، قرار داده شوند. فرو بردن انتهایی قلمه‌ها در محلول یا پودر ریشه‌زایی قبل از کشت، ریشه‌زایی را تسهیل می‌کند. در طول هفته اول، فقط آبیاری انجام شود تا سیستم ریشه‌ای تا حدودی تشکیل شود. بعد از آن، نگهداری

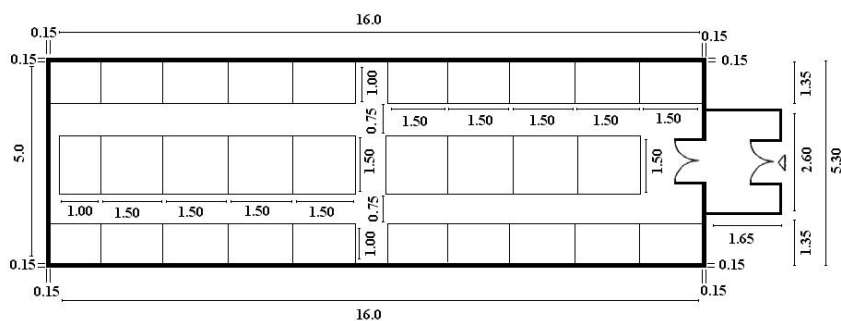
قلمه‌ها مشابه آنچه در خصوص گیاهان درون‌شیشه‌ای توضیح داده شد، می‌باشد. زمانی که سیستم ریشه‌ای به اندازه کافی قوی شد، انتقال به سیستم هواکشت صورت می‌گیرد. قلمه‌های پیر در این سیستم غده‌های زیادی تشکیل نمی‌دهند. باید شرایط استریل در حین عملیات تامین شود.

طراحی و مواد مورد استفاده در سیستم هواکشت

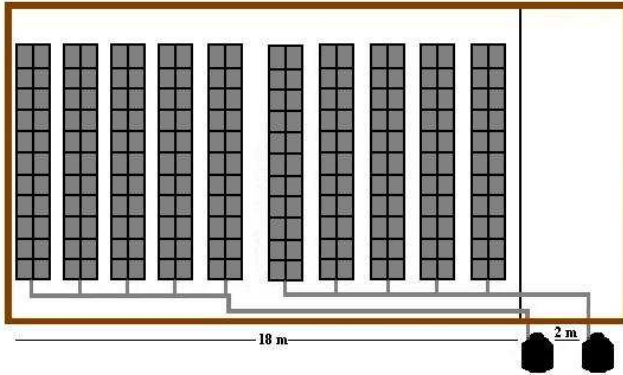
۱- توزیع جعبه‌ها و طراحی آنها

توزیع جعبه‌ها باید به گونه‌ای باشد که از فضای گلخانه حداکثر استفاده انجام شود. جعبه‌ها می‌توانند به صورت طولی (شکل ۱۳) یا عرضی (شکل ۱۴) توزیع شوند. در توزیع طولی، می‌توان ۹۹۴ گیاهچه در ۸۰ مترمربع کشت داد که معادل ۶۳ درصد کارایی یا ۱۲/۴ گیاهچه به ازای هر مترمربع فضای گلخانه است. با فرض این که تراکم بهینه ۲۰ گیاهچه در مترمربع است. در توزیع عرضی، می‌توان ۱۴۸۰ گیاهچه در ۱۶۲ مترمربع با کارایی ۵۰/۹ درصد یا ۹/۱ گیاهچه به ازای هر مترمربع کاشت که تراکم بهینه این توزیع نیز مشابه توزیع قبلی خواهد بود. در توزیع طولی، جعبه‌های کناری فقط از یک سمت به طرف پنجره خواهند بود و این امر از مشکلات کاربر حین برداشت خواهد بود. در توزیع نوع دوم، به علت وجود پنجره در دو سمت جعبه‌ها عملیات برداشت، آسان‌تر خواهد شد. مسئله دیگری که باید قبل از

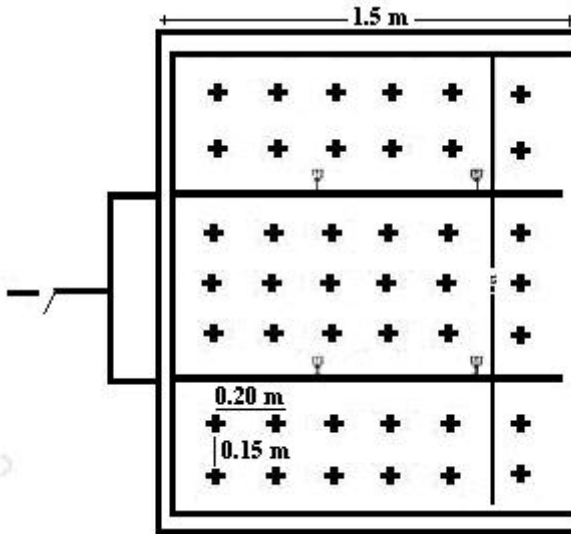
ساخت و یا توزیع جعبه‌ها مدنظر داشت؛ دسترسی به مواد است. گران‌ترین ماده برای ساخت جعبه‌ها، صفحات فومی (استایروفوم) است که در ابعاد مختلف وجود دارند ولی در برخی از کشورها در دسترس نیستند. عرض جعبه‌ها باید مطابق با اندازه صفحات طراحی شود. معمولاً اندازه‌های موجود $3 \times 1/5$ و $2/4 \times 1/2$ متر است. سایز بزرگ برای کار راحت‌تر است و کارایی توزیع بوته‌ها را بیشتر می‌کند. شکل ۱۵ و ۱۶ نحوه توزیع گیاهان در هر دو اندازه جعبه را نشان می‌دهد. نوع مه‌پاش نیز باید مدنظر قرار بگیرد. بیشتر مه‌پاش‌ها به راحتی تا شعاع ۵۰ سانتی‌متر را پوشش می‌دهند. بنابراین جعبه‌ای با عرض ۱ متر که در مرکز آن لوله تغذیه کننده نصب شده باشد، مناسب است. یک جعبه با عرض $1/5$ متر به دو لوله تغذیه کننده نیاز خواهد داشت (شکل ۱۶).



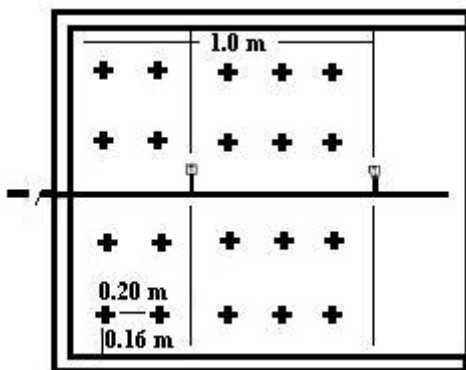
شکل ۱۳- توزیع جعبه کاشت در سیستم هواکشت در یک گلخانه به ابعاد 5×16 متر.
CIP، هوان کایو



شکل ۱۴- توزیع جعبه کاشت در یک گلخانه ۹×۱۸ متر. GTIL، نایروبی.



شکل ۱۵- الگوی توزیع گیاهچه‌ها با عرض ۱ متر (یا ۱/۲ متر) عرض جعبه (لوله تغذیه بایستی در وسط جعبه قرار گیرد).



شکل ۱۶- الگوی توزیع گیاهچه‌ها در جعبه‌ای به عرض ۱/۵ متر. حتی با ۶ گیاهچه (توصیه شده برای ارقام آندی) ما کارایی بیشتری از فضای هواکشت بدست خواهیم آورد.

۲- مواد

جعبه‌های کاشت در سیستم هواکشت باید از عایق‌بندی خوبی بهره‌مند باشند تا تغییرات دمایی گلخانه بر نمو ریشه‌ها تاثیری نگذارد. همچنین جعبه‌ها باید از استحکام خوبی برخوردار باشند. علاوه بر این موارد، در دسترس بودن و قیمت مواد نیز باید در نظر گرفته شود. برای ساخت جعبه‌ها، چند گزینه وجود دارد. اسکلت جعبه می‌تواند از چوب یا فلز ساخته شود. چوب به راحتی در دسترس و خیلی ارزان است. برای پر کردن اسکلت، باید از یک عایق که از لحاظ مکانیکی نیز به نگهداری اسکلت کمک می‌کند، استفاده شود. استایروفوم بهترین گزینه است اما استفاده از مقوای فشرده یا خاک اره فشرده (نئوپان یا MDF) به شرط این که از رطوبت به

خوبی حفاظت شود، امکان پذیر است. تمامی این مواد پرکننده، باید با پلاستیک که به راحتی در دسترس است، پوشیده شوند. یک دستگاه جوش پلاستیک ابزار مناسبی برای چسبانیدن پلاستیک‌ها است. با این ابزار می‌توان چین‌های اضافی را گرفت و منافذ را درزگیری کرد (شکل ۱۷). در جدول ۱ لیست مواد مورد استفاده در سیستم هواکشت (با قیمت کشور پرو) نشان داده شده است.



شکل ۱۷- دستگاه جوش پلاستیک (مناسب برای داخل جعبه)

جدول ۱- لوازم و تجهیزات مورد نیاز برای سیستم هواکشت (گلخانه ۵×۱۶ متری)

مصادر	واحد	مقدار	قیمت منابع واحد در پرو به دلار
تانک و لوازم لوله کشی			
	تتانک پلاستیکی (۶۰۰-۵۰۰ لیتری)	عدد	۲
	سوپاپها (سرلوله) گالوانیزه یا پی‌وی‌سی	عدد	۴
	زانوی پی‌وی‌سی ۱ اینچی	عدد	۶
	زانوی پی‌وی‌سی ۳/۴ اینچی	عدد	۱۰
	زانوی پی‌وی‌سی ۲ اینچی	عدد	۴
	مهره ماسوره پی‌وی‌سی ۱ اینچی	عدد	۴
	سه راهی پی‌وی‌سی ۱ اینچی	عدد	۲
	سه راهی پی‌وی‌سی ۳/۴ اینچی	عدد	۶
	بوش تبدیل پی‌وی‌سی، حدیده و فلاویز دار	عدد	۱۶
	لوله ضخیم پی‌وی‌سی، به طول ۳ متر و قطر ۱ اینچ	عدد	۱
	لوله ضخیم پی‌وی‌سی، به طول ۳ متر و قطر ۳/۴ اینچ	عدد	۱
	تبدیل پی‌وی‌سی، نازک، به قطر ۱ به ۳/۴ اینچی	عدد	۴
	لوله‌های فاضلاب، پی‌وی‌سی، به طول ۳ متر، قطر ۲ اینچی	عدد	۱
	شیر، پی‌وی‌سی ۳/۴" × ۱۶ میلی متری	عدد	۸
	لوله‌های مشکی رنگ پلی‌اتیلنی ۱۶ میلی متری	متر	۷۰
	نوار تفلون	عدد	۸
	شیر گاز، نوع توپی، (فلزی) ۱ اینچی	عدد	۲
	شیر گاز، نوع توپی (فلزی) ۱ اینچی (فلزی) ۳/۴ اینچی	عدد	۱۰
	شیر اطمینان ۱ اینچی	عدد	۲
	صافی چرخشی ۱ اینچی	عدد	۲
	مه پاش	عدد	۹۳

جعبه‌ها			
۳/۱	۲۸۰	عدد	الوارهای چوبی برای اسکلت و کف، ۲ در ۲ اینچ ۱۰ فوتی
۲/۸	۳۰	عدد	الوارهای چوبی برای سقف ۲ در ۳/۸ اینچ ۱۰ فوتی
۸/۵	۶۱	عدد	ورقه‌های استایروفوم به ضخامت ۲ اینچ، ۲/۴ در ۱/۲ متری
۱/۵	۱۰۰	متر	پلاستیک مشکی با عرض ۳ متر
۱/۵	۵۰	متر	پلاستیک سفید با عرض ۳ متر
۶/۱	۳	عدد	مجرای خروج وینیلی
۲	۵	عدد	نوار چسب قوی
۳/۳۶	۱۰	تیوب	چسب سیلیکونی
۱/۵	۱۰	کیلو	میخ‌های ۳ اینچی
۱/۵	۴	کیلو	میخ‌های ۴ اینچی

تجهیزات و لوازم الکتریکی			
۳۷۰	۲	عدد	پمپ الکتریکی ۰/۵ اسب بخار (با فشار آب)
۵۰۰	۱	عدد	ژنراتور الکتریکی (برای زمان قطع برق)
۵۰	۲	عدد	زمان‌سنج، برای کالیبراسیون ۱۵ دقیقه
۳۵	۵۰	متر	کابل‌های الکتریکی شماره ۱۲
۷۲	۱	عدد	استارت‌های الکترومغناطیسی با رله گرمایی
۲۰	۲	عدد	کلیدهای قطع
۱۸۰	۱	عدد	pH متر
۱۸۰		عدد	EC متر
۲۰	۱۰	کیلو	مواد غذایی
۱۰	۰/۵	لیتر	اسیدهای سولفوریک یا فسفریک

۳- ساختار جعبه‌ها

ارتفاع جعبه‌ها بسته به نوع رقم، می‌تواند از ۸۰ سانتی‌متر تا ۱ متر باشد. جعبه‌ها باید در هر ۱ متر دارای یک پنجره جانبی با ابعاد $۰/۳ \times ۰/۵$ متر باشند، تا کاربر در زمان برداشت دسترسی راحت به سیستم ریشه‌ای داشته باشد. یک نجار باید بتواند این پنجره‌ها را بسازد (شکل ۱۸ و ۱۹).

زمانی که سیستم کار می‌کند مایع باقی‌مانده باید بتواند براساس جاذبه از مه‌پاش به طرف مخزن محلول غذایی باز گردد. به این منظور جعبه‌ها باید دارای شیب باشند. شیب ۳۰ سانتی‌متر برای جعبه‌هایی به طول ۷ متر (۴٪) کافی است. استایروفوم بالای جعبه‌ها باید دارای منافذی برای کاشت و استقرار گیاهچه‌ها باشد (شکل ۲۱). این منافذ باید به وسیله پلاستیک یا پی‌وی‌سی^۱ پوشیده شوند (شکل ۲۱ و ۲۲). پوشش مناسب، زمانی ایجاد می‌شود که سوراخ نیم اینچ ایجاد کرده و با لوله پی‌وی‌سی سه‌چهارم اینچی پوشیده شود. این امر باید با توجه به فواصل موردنیاز، انجام شود. برای جعبه‌های باریک، ۴ ردیف منفذ با فاصله ۲۵ سانتی‌متر برای اکثر ارقام مناسب است (۲۰ گیاهچه به ازای هر ۱ مترمربع). اندازه مناسب برای پوشش رویی $۱/۲ \times ۱/۲$ متر می‌باشد. این روش در سیستم‌های هواکشت در کاباله اوگاندا و روهنگری رواندا به کار می‌رود.

^۱ . PVC

پوشش داخلی جعبه‌ها معمولاً از پلاستیک سیاه است (شکل ۲۰) تا جلوی هدایت نور به سمت ریشه گرفته شود. کف جعبه‌ها نیز باید با پلاستیک ضخیمی پوشیده شده تا از نشت ماده غذایی جلوگیری شود. پوشش بالایی و بیرونی می‌تواند از پلاستیک سفید یا شفاف باشد تا حرارت کمتری تجمع یابد و پراکنش نور برای گیاهان مناسب‌تر شود. پوشش بالایی و درونی باید از پلاستیک نازک سیاه باشد (شکل ۲۲).

از پلاستیک نازک مشابه باید به عنوان یک پرده دو لایه، برای پنجره‌ها استفاده شود. پرده داخلی از خروج محلول غذایی مه‌پاش شده از جعبه‌ها جلوگیری می‌کند و پرده خارجی مانع از ورود نور به جعبه می‌شود. اگر از پلاستیک ضخیم به عنوان پرده استفاده شود ممکن است حین برداشت یا انجام بازدید از ریشه‌ها باعث آسیب به سیستم ریشه یا ریزش مینی‌تیوبرها شود. یک لوله ۱۶ میلی‌متری از قسمت مرکزی بالای جعبه‌های باریک عبور می‌کند. به طوری که در هر ۶۰ تا ۶۵ سانتی‌متر شامل یک مه‌پاش باشد. پروفیل‌های متقاطع لوله توزیع را نگه می‌دارند (شکل ۲۰). چون این پروفیل‌ها در معرض محلول غذایی قرار می‌گیرند بنابراین از جنس آلومینیوم استفاده می‌شود تا اکسید نگردند. همچنین می‌توان از پروفیل‌های چوبی یا فلزی ارزان (آهن) استفاده کرد، ولی باید در برابر زنگ‌زدگی محافظت شوند. جعبه‌های عریض‌تر دو لوله مرکزی دارند. با دارا بودن ۲ مخزن و ۲ پمپ برای هر واحد مستقل، این امکان وجود دارد که تغذیه جداگانه گیاهان درون شیشه‌ای

و یا هر نوع ماده گیاهی میسر شود. همچنین این امر امکان انجام آزمایشات مختلف در هر واحد را فراهم می‌سازد. پمپ‌ها و مخازن باید در قسمت بیرونی جعبه‌های فرعی هر گلخانه قرار گیرند. یک پمپ نیمی از گیاهان و پمپ دیگر بقیه گیاهان را تغذیه می‌کند. تمام جعبه‌ها باید شیبی به سمت مخازن داشته باشند. این شیب باعث می‌شود محلول غذایی اضافی براساس نیروی جاذبه به سمت مخازن برگردد. بنابراین مخزن باید پایین‌تر از سطح زمین و قسمت پایینی هر جعبه، همیشه بالای قسمت فوقانی مخزن قرار گیرد. اشکال زیر مراحل ساخت جعبه‌های هواکشت را نشان می‌دهند.



شکل ۱۸- نمونه چارچوب چوبی در حال ساخت برای سیستم هواکشت در منطقه نجولی در بلانتیر مالاوی
(میله‌های رویی از آلومینیوم گران‌قیمت هستند که می‌توان آن را چوب روکش شده با پلاستیک و یا مواد ارزان‌تر جایگزین کرد)



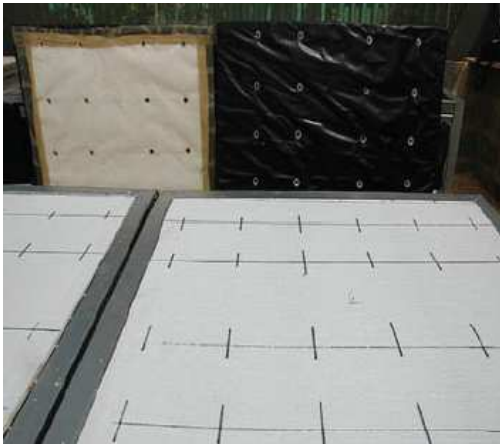
شکل ۱۹ چارچوب چوبی تکمیل شده با صفحات استایروفوم



شکل ۲۰- یک جعبه هواکشت که درون آن با پلاستیک ضخیم پوشانیده شده (به نحوه نصب لوله مرکزی تغذیه جهت اتصال به مه‌پاش‌ها دقت کنید)



شکل ۲۱- قسمتی از یک جعبه هواکشت که لوله مرکزی آن در زیر استایروفوم بالایی جاسازی شده است (به نحوه توزیع منافذ کاشت گیاهان دقت کنید)



شکل ۲۲- درزگیری پوشش رویی و داخلی جعبه.
(به نحوه درزگیری منافذ با قطعات پی‌وی‌سی دقت کنید)



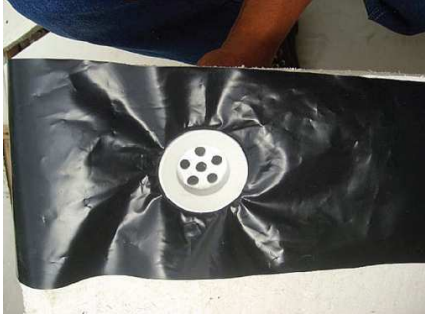
شکل ۲۳- جعبه‌های هواکشت پوشیده شده با پلاستیک در یک گلخانه تجاری در هوان کایو در پرو



شکل ۲۴- نصب پمپ و مخزن بیرونی (نقش شیر آبی تیره بالای پمپ بیرون، انتقال محلول غذایی از مخزن است. شیر معمولی کنار فیلتر سیاه باید بسته باشد)

۴- نصب لوله‌کشی و برق

سیستم برق هر اتاقک باید به طور مستقل به آن متصل شده باشد. یک ژنراتور برق آماده به کار نیز، باید در مواقع قطع برق، مهیا باشد. در مناطقی که قطع برق شایع است، باید یک ژنراتور مناسب با سیستم استارت اتوماتیک در نظر گرفته شود. گیاهان نباید بیش از یک ساعت بدون برق باشند، خصوصا در روزهای گرم. لوله‌ها، اتصالات و لوازم پی‌وی‌سی در هر فروشگاه‌ی در دسترس هستند. استفاده از یک برق کار و لوله‌کش ماهر در این قسمت بسیار مهم است. هر گونه نشستی از جعبه‌ها و لوله‌ها باید سریعا تعمیر شود. استفاده از دو شیر گازی بیرونی مهم است. یکی از آنها، مسیر ورود محلول غذایی به جعبه‌ها را می‌بندد و دیگری زمان تعویض محلول غذایی باز می‌شود. به طوری که محلول کهنه را تا خالی شدن مخزن، خارج سازد. این ترتیبات هم‌چنین برای هواگیری پمپ قبل از شروع به کار، مفید است. لوله زه‌کش باید در پایین‌ترین قسمت انتهایی جعبه قرار گیرد و به خوبی درزگیری شود (شکل ۲۵). یک پمپ اضافه هم باید برای مواقعی که پمپ اصلی بندرت از کار می‌افتد در نظر گرفته شود. تهیه نصب مخزن، پمپ و لوله‌ها در شکل زیر قابل رویت هستند (شکل ۲۵ تا ۲۷).



شکل ۲۵- جزئیات زهکش در کف جعبه کشت جهت برگشت مواد غذایی به مخزن



شکل ۲۶- نصب لوله تغذیه کننده با شیرهای مستقل



شکل ۲۷- نصب لوله تغذیه کننده برای جعبه های عریض (دوبل)

۵- تایمرها و سایر اجزا

تایمرهای موجود می‌توانند برای هر ۱۰ ثانیه تنظیم شوند. این تایمرهای دیجیتال به راحتی در دسترس نبوده و گران هستند. از طرفی، به برنامه‌های تنظیمی پیچیده نیاز دارند که با هر قطع جریان برق به هم می‌ریزد. در هوانکایو تایمرهایی به کار رفته بود که در طول روز هر ۱۵ دقیقه یک بار فعال می‌شدند. در نواحی که مشکلات تکنیکی وجود دارد این تایمرها پیشنهاد می‌گردند. فاران و مینوکاسل (۲۰۰۳) از تایمرهایی استفاده کردند که می‌توانست پمپ را هر ۲۰ دقیقه به مدت ۱۰ ثانیه به کار اندازد. در طی شب‌های خنک، لازم است که پمپ‌ها فقط ۱۵ دقیقه در هر ساعت فعال باشند. در طی روزهای گرم باید این پمپ‌ها بعد از هر ۱۵ دقیقه توقف، به مدت ۱۵ دقیقه کار کنند. انواع مختلفی از مه‌پاش‌ها وجود دارد که به وسیله فروشندگان وسایل گلخانه یا آبیاری، فروخته می‌شوند. قیمت هر مه‌پاش معمولاً کم است، بنابراین، بهتر است از هر نوع یک عدد خریداری و آزمایش شود تا هر کدام بهتر کار می‌کند به تعداد خریداری و نصب گردد. استفاده از یک سوئیچ اتوماتیک تعویض جریان در مواقعی که برق قطع می‌شود، جهت فعال‌سازی ژنراتور ضروری است. در غیر این صورت و به‌خصوص در آخر هفته بایستی مکانیزمی طراحی شود تا ژنراتور به کار انداخته شود. این موضوع به ویژه، در مناطقی که متخصص برق کار در دسترس نباشد، بسیار حیاتی است.

محلول‌های غذایی

۱- منبع مواد 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 شوند، EC آب بالاتر می‌رود. کلا EC آب بالاتر از ۲ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر مشکلات سمیت را به دنبال دارد. در کشت‌های هیدروپونیک و هواکشت، منابع غذایی مورد استفاده همان کودهای معمولی است که در بازار نیز وجود دارند. لیست مواد غذایی مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. از استفاده کودهای حاوی سدیم و کلر باید خودداری گردد. برخی کودها وجود دارند که EC محلول را بیشتر از سایر کودها افزایش می‌دهند. کودهای نیتروژنه و پتاسه به خوبی با EC هماهنگ هستند. همچنین کودهایی وجود دارد که باعث درجات کمتر یا بیشتر قلیائیت و اسیدیته شدن می‌گردند. بهتر است اطلاعات کافی در خصوص کودها را بدانید. 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 (N)، فسفر (P)، پتاسیم (K)، کلسیم (Ca) و منیزیم (Mg) و عناصر میکرو شامل آهن (Fe)، سلفور

(S)، منگنز (MN)، مس (Cu)، روی (Zn)، بور (B) و مولیبدن (Mo) نیازمندان. این

عناصر باید در آب حل شوند تا از طریق ریشه گیاه جذب گردد.

جدول ۲- نمک‌ها و مواد معدنی مورد استفاده برای کشت هیدروپونیک و هواکشت

عناصر غذایی پرمصرف				
غلظت (%)	عنصر	وزن ملکولی	فرمول شیمیایی	نمک یا کود
۱۳	K	۱۰۱	KNO ₃	نیتрат پتاسیم
۱۳	NO ₃			
۱۷	Ca	۲۳۶	Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	نیترات کلسیم
۱۲	NO ₃			
۹/۵	Mg	۲۵۶	Mg(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	نیترات منیزیم
۱۱	NO ₃			
۱۲	NO ₄	۱۱۵	NH ₄ H ₂ PO ₄	فسفات آمونیوم
۲۷	P			
۲۱	N-NH ₄	۱۳۲	(NH ₄) ₂ SO ₄	سولفات آمونیوم
۲۴	S			
۱۶/۵	NO ₃	۸۰	NH ₄ NO ₃	نیترات آمونیوم
۱۶/۵	NO ₄			
۲۹	K	۱۳۶	KH ₂ PO ₄	فسفات پتاسیم
۲۳	P			
۵۲	K	۷۵	KCl	کلرید پتاسیم
۴۱	K	۱۷۴	K ₂ SO ₄	سولفات پتاسیم
۱۷	S			
۱۰	Mg	۲۴۷	MgSO ₄ .7H ₂ O	سولفات منیزیم
۱۳	S			

ادامه جدول ۲-

عناصر غذایی کم مصرف				
۲۰	Fe	۱۵۳	FeSO ₄	سولفات آهن
۱۳	Fe	۴۳۰	Fe-EDTA	FeEDTA (Disolvine)
۴	Fe			FeEDTA (Arbore Fe)
۶	Fe			FeEDDHA (Ferrilene)
۱۷	B		H ₃ BO ₃	اسید بوریک
۱۱	B	۳۸۱	Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O	براکس
۱۳	Cu	۱۶۱	CuSO ₄	سولفات مس
۱۲	S			
۱۵	Mn	۳۶۶	Mn-EDTA	منگنز EDTA
۲۲	Zn	۱۶۱	ZnSO ₄	سولفات روی
۲۲	S			
۴۵	Zn	۱۳۶	ZnCl ₂	کلرید روی
۶۶	Mo	۱۸۰	H ₂ MoO ₄ .H ₂ O	اسید مولیبدیک

فقط از کودهایی باید استفاده شود که قبلا در سیستم هواکشت آزمایش

شده‌اند. تمامی کودها در هر منطقه یافت نمی‌شوند. در ادامه، محلول‌های غذایی

مورد استفاده برای تولید هواکشت سیب‌زمینی بذری نشان داده است (جدول ۳).

جدول ۳- محلول‌های غذایی برای تولید بذر سیب‌زمینی در سیستم هواکشت

اوتازو و همکاران		فاران و همکاران	
غلظت (میلی اکی والان در لیتر)	عنصر غذایی	غلظت (میلی اکی والان در لیتر)	عنصر غذایی
۵/۴	KNO ₃	۰/۴	KNO ₃
۴/۴	NH ₄ NO ₃	۳/۱	Ca(NO ₃) ₂
۲/۶	کلسیم سوپرفسفات	۴/۴	NH ₄ NO ₃
۱	MgSO ₄	۴/۴	KH ₂ PO ₄
۸ پی پی ام	Fe(EDTA-Fe 6%)		
۱ پی پی ام	بور (بوریک اسید)	۱/۵	MgSO ₄
۱۲ پی پی ام	میکرو (فتربلون*)		
pH = ۶/۵		pH = ۵/۷	

* فتربلون کومبی نوع پاششی عناصر غذایی کم مصرف پودری تجاری است که طبق فرمول ۹ درصد اکسید منیزیم، ۳ درصد گوگرد، ۴ درصد آهن، ۴ درصد منگنز، ۱/۵ درصد مس، ۱/۵ درصد روی، ۰/۵ درصد بور و ۰/۱ درصد مولیبدن دارد.

۲- نحوه محاسبه غلظت مواد غذایی

غلظت مواد غذایی معمولاً به صورت میلی مول بر لیتر، میلی اکی والان در لیتر، گرم بر لیتر یا درصد N، P₂O₅ و K بیان می‌شود. غلظت عناصر میکرو هم به صورت میلی گرم بر لیتر یا ppm بیان می‌شود. جهت آماده‌سازی عناصر غذایی، آشنا شدن با مفاهیم مول و اکی والان ضروری است. وزن مولکولی مجموع وزن اتمی اتم‌های تشکیل دهنده آن مولکول بر گرم است. اکی والان از تقسیم وزن مولکولی ماده به گرم به ظرفیت شیمیایی آن بدست می‌آید. یک میلی اکی والان، یک هزارم

یک اکی والانت است. با استفاده از اطلاعات جدول ۲، می‌توانیم وزن اکی‌والانت نیترات کلسیم (۱۱۸)، نیترات آمونیم (۸۰)، فسفات پتاسیم (۱۳۶/۱) و سلفات پتاسیم (۸۷/۲) را محاسبه کنیم. این مورد می‌تواند بر اساس گرم بر لیتر نیز بیان شود (جدول ۴).

جدول ۴- غلظت کودها که در دو واحد اندازه‌گیری آورده شده‌اند

گرم بر لیتر	میلی اکی والانت بر لیتر	فرمول شیمیایی	کودها
۰/۱۰۱	۱	KNO ₃	نیترات پتاسیم
۰/۰۸۰	۱	NH ₄ NO ₃	نیترات آمونیم
۰/۰۸۷	۱	K ₂ SO ₄	سولفات پتاسیم
۰/۲۴۷	۱	MgSO ₄	سولفات منیزیم
۰/۱۳۶	۱	KH ₂ PO ₄	فسفات پتاسیم
۰/۱۱۷	۱	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	کلسیم سوپرفسفات تریپل

تجزیه آب به تنظیم دقیق‌تر غلظت مواد غذایی کمک می‌کند. 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، این ماده در هر داروخانه‌ای (به عنوان ضد قارچ پا) فروخته می‌شود. ۰/۱ گرم از آن در یک لیتر آب حل و به ۱۰۰ لیتر محلول غذایی اضافه شود. برای ۴۰۰ لیتر ۰/۴ گرم نیاز داریم. در فرمول مورد استفاده ما فتریلون کومبی چنین مقدار بور را داشت. تجزیه آب، نه تنها کیفیت شیمیایی آن را مشخص می‌کند بلکه برای تنظیم دقیق‌تر محتویات آن نیز مفید

است. تهیه یک محلول هوگلند با منبع آب معین در جدول ۵ توسط کادهیا نشان داده شده است.

جدول ۵ - ترکیبات آب، محلول ایده آل و متعادل برای تهیه محلول هوگلند مناسب،

میلی مول بر لیتر

Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	NH ⁴⁺	Cl ⁻	HCO ³⁻	SO ₄ ²⁺	H ₂ PO ₄	NO ³⁻	
۱/۵	۲	۲	-	-	۱	۳/۵	۱	-	-	آب
-	۴	۸	۶	۱	-	-	۴	۱	۱۴	محلول هوگلند
-	+۲	+۶				-۳*	+۳	-	-	تعادل

* محلول متعادل شده با افزودن ۳ میلی‌اکی‌والان H⁺ (اسید) بدست آمد. ۵ میلی اکی والان در لیتر یون بی‌کربنات بور به عنوان منبع بافری برای سایر اسیدها باقی می‌ماند.

۳- آماده‌سازی محلول غذایی

برای تهیه ۴۰۰ لیتر محلول غذایی از جدول زیر استفاده می‌شود.

جدول ۶- عناصر غذایی موردنیاز برای سیستم هواکشت سیب‌زمینی در واحد ۴۰۰ لیتری

عنصر غذایی	غلظت (میلی اکی والان بر لیتر)	گرم بر لیتر	گرم در ۴۰۰ لیتر
نیترات پتاسیم	۵/۴	۰/۵۴	۲۱۶
نیترات آمونیوم*	۴/۴	۰/۳۵	۱۴۰
کلسیم سوپر فسفات تریپل	۲/۶	۰/۲۸	۱۱۲
سولفات منیزیم	۱	۰/۲۴	۹۶
فتریلون	۱۲ ppm	۰/۰۱۲	۴/۸
کلات آهن (۶٪)، اختیاری	۹ ppm	۰/۰۰۹	۳/۶

* غلظت‌ها باید در زمان آغاز غده‌دهی (حدود ۲ ماه بعد انتقال گیاهچه) به نصف مقدار کاهش یابد.

تمامی مواد به غیر از سوپرفسفات کلسیم به راحتی در آب حل می‌شوند. مواد باید جداگانه در مقدار کمی آب کاملاً حل شوند. گاهی این محلول‌ها قبل از اضافه شدن به مخزن احتیاج به عبور از صافی دارند تا ناخالصی‌ها حذف شوند. جهت حل کردن سوپرفسفات کلسیم باید گرانول‌های آن را داخل یک توری گذاشت و توری را به وسیله دست در یک ظرف آب، مالش داد تا دانه‌های سوپرفسفات به طور کامل حل شوند. در مرحله بعد باید منتظر ماند تا ناخالصی‌ها ته‌نشین شوند و محلول شفاف رویی را به مخزن منتقل کرد. راه حل دیگر این است که محلول از صافی‌ای گذرانده شود که زمان بیشتری را صرف می‌کند. در صورتی که منابع مواد غذایی تغییر کرده باشند باید ابتدا آزمایش شوند. خصوصاً برخی منابع ماکرو به خوبی با سایر مواد ترکیب نمی‌شوند و باعث ایجاد سمیت در گیاهان می‌شوند. برای روزهای اول بهتر است فقط ۱۰۰ لیتر محیط درست کرد و آن را به حجم ۲۰۰ لیتر رسانید (۵۰٪). بعد از هفته دوم، محلول غذایی کامل باید تهیه شود و حجم نهایی آن باید ۴۰۰ لیتر باشد. ظهور هر گونه علائم سمیت در برگ‌ها نشان دهنده این است که مواد غذایی برای گیاهان مناسب نبوده و باید بلافاصله تغییر یابد. همچنین اسیدیته آب و محلول غذایی کنترل شود. اسیدیته مطلوب، باعث جذب بهتر عناصر غذایی به وسیله گیاه می‌شود. اگر اسیدیته بالاتر از ۷/۳ باشد می‌توان آن را با اسید سولفوریک یا اسید فسفریک رقیق شده تا ۶/۸ کاهش داد.

۴- روش‌های جایگزین

دانشگاه کشاورزی پرو در لامولینا به صورت تجارتي محلول‌های استوک غلیظ شده را به فروش می‌رساند. در مرکز بین‌المللی تحقیقات سیب‌زمینی این مواد برای آب‌کشت مصرف می‌شوند اما آنها برای هواکشت نیز مناسبند. طرز تهیه این مواد در صفحه بعد شرح داده شده است.

محلول‌های استوک غلیظ، برای عناصر غذایی پرمصرف تحت عنوان محلول A و برای عناصر غذایی کم‌مصرف تحت عنوان محلول B تهیه می‌شود. آنها تا زمان ساخت محلول نهایی در بطری‌های جداگانه نگهداری می‌شوند.

محلول پایه A

در یک ظرف پلاستیک که حاوی مقدار کافی آب می‌باشد (۵۰۰ میلی لیتر)، ۱۸۰ گرم کلسیم سوپر فسفات را برای مدت ۲۴ ساعت خیس کنید.

در یک هاون، همه دانه‌ها را له کنید تا بیشتر آنها قابل حل گردد. مواد خنثی غیر قابل حل را دور بریزید.

در ظرف جداگانه‌ای ۵۵۰ گرم نیترات پتاسیم به ۳ لیتر آب اضافه کنید، آن سریع حل می‌شود.

به همان ظرف ۳۵۰ گرم نیترات آمونیوم اضافه و حل کنید.

هر دو محلول را با هم مخلوط و حجم نهایی را به ۵ لیتر برسانید. این محلول را در بطری پلاستیک مات به عنوان محلول A نگه دارید.

محلول پایه B

عناصر غذایی کم‌مصرف را به نسبت ۱:۱ با آب مقطر تهیه کنید: در حدود ۳۰۰ میلی لیتر آب به ترکیب زیر اضافه کنید:

- ۱ گرم سولفات مس، ۱/۷ گرم سولفات روی، ۰/۲ گرم مولیبدات آمونیوم، ۳ گرم اسید بوریک و ۵ گرم سولفات منگنز را به آب اضافه می‌کنیم (به ترتیب گفته شده). حجم محلول نهایی را با افزودن آب مقطر به ۱ لیتر برسانید و در یک بطری تمیز نگهداری کنید.
- در ۱ لیتر آب، ۲۲۰ گرم سولفات منیزیم را حل کنید.
- به این محلول ۴۰۰ میلی لیتر عناصر غذایی کم‌مصرف اضافه کرده و مخلوط نمایید.
- ۱۷ گرم کلات آهن EDTA ۶ درصد اضافه کنید.
- آب کافی اضافه و حجم نهایی را به ۲ لیتر برسانید. محلول نهایی محلول B می‌باشد.

آماده سازی نهایی

قبل از ترکیب دو محلول، هر دو بطری را به خوبی تکان دهید. برای غلظت نهایی ۵ میلی‌لیتر از محلول A را با ۲ میلی لیتر محلول B برای هر لیتر از محلول عنصر غذایی مخلوط کنید. برای ۱۰۰ لیتر محلول غذایی باید ۵۰۰ میلی‌لیتر محلول A را با ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول B ترکیب کنید.

نیتрат کلسیم

در برخی از کشورها، نیترات آمونیوم در دسترس نیست، بنابراین به دو محلول جایگزین نیاز دارید. در این حالت، آماده‌سازی محلول پایه به صورت زیر می‌باشد:

- در ۱۰ لیتر آب ترکیبات زیر را مخلوط کنید.
- ۱۱۸ گرم نیترات کلسیم، ۶۸ گرم فسفات پتاسیم، ۲۵۲ گرم نیترات پتاسیم، ۲۴۶ گرم سولفات منیزیم، ۱۱/۷ گرم آهن EDTA و ۰/۷ گرم بور، ۱/۵ گرم کلرید منگنز، ۰/۳ گرم سولفات روی، ۰/۱ گرم سولفات مس و ۰/۱ گرم مولیبدن. برای تهیه ۱ لیتر محلول، ۲۰ میلی‌لیتر محلول پایه استفاده می‌شود (۲ درصد). برای ۱۰۰ لیتر محلول، ۲ لیتر محلول پایه اضافه می‌شود.

۵- مدیریت مواد غذایی و گیاهان

زمانی که گیاهان برای کشت در سیستم هواکشت آماده شدند باید به وسیله پنس‌های بزرگ و با احتیاط از ظروف شن خارج شوند. سپس به کمک یک برس نرم، ریشه‌ها از بقایای شن پاک و به وسیله یک پیست یا آبافشان شسته شوند. طوقه گیاه به وسیله یک اسفنج نازک پوشیده شده و داخل منفذ موجود در فوم قرار داده می‌شود. بعد به وسیله یک جفت پنس، اسفنج را گرفته و گیاه همراه با اسفنج را داخل منفذ به حدی می‌بریم که ریشه‌ها در معرض پاشش محلول غذایی قرار گیرند. در نهایت منفذ باید به وسیله یک لایه پلاستیک نازک سیاه پوشیده شود. زمانی که عملیات نشا به پایان رسید باید منافذ عبور نور به جعبه و هم‌چنین در معرض قرار گرفتن ریشه‌ها با محلول غذایی کنترل شود و یک سیستم قیم نیز باید تهیه شود. در ابتدا گیاهان قادرند به مدت ۲ تا ۳ هفته سرپا باقی بمانند. بعد از این مدت آنها رشد سریع داشته و به قیم نیاز خواهند داشت مانند قیم سیمی (شکل ۲۸ و ۲۹) یا قیم شبکه نایلونی (شکل ۳۰). بعد از گذشت ۱ ماه یا بیشتر، برگ‌های پایینی به وسیله یک تیغ تیز و با رعایت اصول بهداشتی حذف شوند. در صورتی که استولون‌ها در قسمت بالایی ریشه تشکیل شده باشند، باید گیاه عمیق‌تر قرار گیرد. برخی از ارقام، استولون‌های سطحی تشکیل می‌دهند که ممکن است داخل اسفنج درون لوله پی‌وی‌سی تشکیل شده و در صورت رشد یکی از غده‌ها، به ساقه گیاه فشار آمده و

در نهایت باعث مرگ گیاه شود. مرحله فرو بردن گیاه به زیر فوم، بسیار مهم و مشابه خاک‌دهی پای بوته در مزرعه است. زمانی که این کار انجام شد، ساقه‌ها آزاد می‌شوند و نیاز به قیم دارند. همچنین در این مرحله، جلوگیری از ورود نور به داخل جعبه‌ها بسیار مهم است. یک لایه کلفت از پلاستیک سیاه به این کار کمک می‌کند. جمع‌آوری نمونه‌های برگی برای آزمون ELISA مهم است تا از عدم آلودگی ویروسی اطمینان حاصل شود. به طور مرتب، محلول غذایی کنترل شود. هدایت الکتریکی و اسیدیته شاخص‌های مفیدی هستند. هدایت الکتریکی نباید از ۲ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر و همچنین اسیدیته محلول از ۷/۳ بیشتر شود. اسید فسفریک رقیق شده به آرامی pH را به ۶/۵ تا ۶/۸ می‌رساند. هر ماه محلول غذایی باید تعویض شود. این امر می‌تواند به وسیله روشن کردن پمپ زمانی که دو شیر به ترتیب باز می‌شوند، انجام شود (شکل ۲۴). شیر معمولی (آبی روشن) را بسته و شیر آبی تیره را جهت حذف محلول غذایی ناخواسته باز می‌شود. وقتی که بعداً گیاهان ساقه و برگ زیاد تولید می‌کنند، مصرف غذایی آنها بالا می‌رود. زمانی که مصرف مواد غذایی غیرطبیعی باشد نشان دهنده این است که محلول از جایی میان اتصالات چسبی نشت می‌کند. یک صافی ثابت شده در انتهای لوله زه‌کش که وارد مخزن می‌شود ضروری است تا قطعات ریشه یا سایر مواد جامد دیگر جمع‌آوری شوند (چسب، پلاستیک و غیره). یک قطعه توری ضد شته که به دور لوله پیچیده شده

باشد جهت جمع‌آوری ناخالصی‌ها خوب عمل می‌کند. صافی سیاه نیاز به نگهداری و پاک‌سازی ماهانه دارد.

زمانی که فصل به پایان رسید باید یک ضدعفونی و تمیزکاری عمومی در لوله‌ها، جعبه‌ها، مه‌پاش‌ها و مخازن انجام شود. نمک‌ها معمولا در صافی‌ها و مه‌پاش‌ها جمع می‌شوند. یک اسید ضعیف مانند اسید استیک یا اسید سولفوریک رقیق شده، برای پاک‌سازی نمک‌ها کافی است. 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.



شکل ۲۸- نصب قیم‌های مختلف برای بوته‌ها ضروری است. چوب نازک، سیم و سیم دو لایه نیز به کار برده می‌شود. برخی ارقام شاخ و برگ زیادی تولید می‌کنند.



شکل ۲۹- استفاده از سیم به عنوان قیم برای گیاهان هواکشت در مالاوی.



شکل ۳۰- استفاده از شبکه نایلونی به عنوان قیم در GTIL نایروبی.

برداشت و انبارداری

ارقام زودرس بعد از گذشت ۲ ماه از انتقال، تولید مینی تیوبر می کنند. غده‌هایی که بیش از ۸ گرم وزن دارند، قابل برداشت هستند (شکل ۳۱). برای جلوگیری از وارد شدن صدمه به ریشه‌ها ابتدا پرده بیرونی باز و سپس پرده داخلی با احتیاط برداشته شود. برداشت باید برای صبح زود و زمانی که هوا خنک است، برنامه‌ریزی شود. تایمرها برای مدت نیم ساعت غیرفعال شوند. می‌توان برای هر ۱۰ تا ۱۴ روز برنامه برداشت تهیه کرد. برداشت مینی تیوبرهای حاصل از هواکشت با برداشت آنها در سیستم سنتی متفاوت است. در روش سنتی تنها یک برداشت نهایی وجود دارد. بسته به رقم می‌توان از هر کشت هواکشت ۱۰ و بیشتر برداشت انجام داد. بعد از هر برداشت، باید مینی تیوبرها با محلول هیپوکلریت سدیم ۱/۰ درصد و به دنبال آن یک یا دو بار با آب معمولی شسته شوند؛ این امر به خاطر جلوگیری از آلودگی باکتریایی انجام می‌گیرد. در صورتی که در طول فصل مسایل بهداشتی به خوبی رعایت شوند و مشکلات آلودگی پیش نیاید تیمار بذرها با استفاده از دیگر آفت‌کش‌ها ضروری نیست. سپس بذرها باید در محیطی پاک و خشک به مدت سه هفته قبل از انبار کردن در شرایط سرد و یا انبار با نور کاهش یافته قرار گیرند. قبل از این امر بذرها باید از لحاظ اندازه طبقه‌بندی شوند (شکل ۳۲). غده‌های کوچک (کمتر از ۵ گرم) بهتر است در انبارهای سرد نگهداری شوند. در صورت استفاده از

انبارهای دارای روشنایی کم، باید جعبه‌های مورد استفاده در این انبارها به وسیله توری‌های ضد شته محافظت شوند (شکل ۳۲).

یکی از معایب برداشت‌های پی در پی این است که؛ در انتهای فصل بذور از لحاظ جوانه‌زنی یکنواخت نخواهند بود. غده‌هایی که در ماه‌های اولیه برداشت شده‌اند، اول جوانه می‌زنند و سپس غده‌هایی که بعدا برداشت شده‌اند دیرتر جوانه می‌زنند. این امر، باعث عدم یکنواختی ظهور گیاهان بعد از کاشت می‌شود. اگرچه این عدم یکنواختی بر میزان محصول تأثیری ندارد، می‌تواند به وسیله انبار بذره‌های برداشت شده اولیه در شرایط سرد بهبود یابد. سپس این بذور قبل از پایان فصل، در انبارهای دارای روشنایی قرار داده می‌شوند. مینی‌تیوبرهای بسیار کوچک (۲-۱ گرم) می‌توانند جهت تکثیر سنتی بذر (گلخانه یا بستر) مورد استفاده قرار گیرند.



شکل ۳۱- مینی تیوبرهای برداشت شده از سیستم هواکشت رقم کانچان از پرو



شکل ۳۲- سه اندازه مختلف مینی تیوبر رقم کروزا و کانچان (چپ) صندوق مشبک پوشیده شده با تور ضد شته در انبار دارای روشنایی (راست)

- Boersig, M.R., and Wagner, S.A. 1988. Hydroponic system for production of seed tubers. *American Potato Journal*. 65:470-71.
- Cadhia, C. 1998. *Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales*, Ed. Mundi-Prensa. Barcelona, Espana. 475 p.
- Chuquillanqui, C., Tenorio, J., and Salazar, L. 2007. Seed potato production hydroponics (in Spanish). In: *Alternativas al uso de bromuro de Metilo en la produccion de semilla de papa de calidad*. International Potato Center (CIP), Lima, Perú. Documento de trabajo 2007-2. pp 26-34.
- CIP, Integrated Crop Management Division 2008. *Alternatives to the use of Methyl Bromide in potato seed quality production (in Spanish)* Lima, Perú. CIP. 53p. Documento de trabajo 2007-2.
- Duarte, R., and Hidalgo, O. 1997. Greenhouse design for potato seed production in highland conditions (in Spanish). In: O. Hidalgo, ed. *Produccion de tubérculos semillas de papa*, CIP Manual de capacitacion. Lima, Per. Fasciculo 4.4.
- Farran, L., and Mingo-Castel, A.M. 2006. Potato minituber production using aeroponics: effects of plant density and harvesting intervals. *American Journal of Potato Research* 83:47-53.
- Gullino, M.L., Camponogara, A., Gasparri, G., Rizzo, V., Clini, C., and Garibaldi, A. 2003. Replacing methyl bromide for soil disinfestations. *Plant Disease* 87:1012-21.
- He, J., and Lee, S.K. 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. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 73:173-80.

- Maldonado, L., Thiele, G., and Otazu, V. 2008. Cost analysis of conventional quality potato seed production and production by aeroponics (in Spanish). In: *Alternativas al uso del bromuro de metilo en la produccion de semilla de papa de calidad*. Lima, Peru. International Potato Center (CIP). Documento de trabajo 2007-2. pp. 46-53.
- Otazu, V. 2008. Steam sterilization of greenhouse substrates (in Spanish). In: *Alternativas al uso del bromuro de metilo en la produccion de semilla de papa de calidad*. Lima, Peru. International Potato Center (CIP). Documento de trabajo 2007-2. pp. 15-25.
- Otazu, V. 2009. *Produccion de semilla de calidad en invernaderos para la zona Andina* (book in press).
- Otazu, V., Barker, I., and Chujoy, E. 2008. Innovation in seed potato production for developing countries using aeroponics. *Potato Science for the Poor Conference*, 25-28 March, 2008, Cusco, Peru.
- Otazu, V., and Chuquillanqui, C. 2007. Quality seed potato production by aeroponics (in Spanish). In: *Alternativas al uso del bromuro de metilo en la produccion de semilla de papa de calidad*. Lima, Perú. International Potato Center (CIP). Documento de trabajo 2007-2. pp. 35-45.
- Rolot, J.L., and Seutin, H. 1999. Soilless production of potato minitubers using hydroponic technique. *Potato Research* 42:457-469.
- Soffer, H., and Burger, D.H. 1988. Effects of dissolved oxygen concentration in aerohydroponics on the formation and growth of adventitious roots. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 113: 218-21.

پیوست

اصطلاحات تخصصی کاربردی در هواکشت

- **توری ضد شته:** توری معمولاً از پلی اتیلن، نایلون یا مواد آکریلی ساخته می‌شود که در مقابل ورود شته مقاوم باشد و اجازه ورود آفت را به داخل گلخانه ندهد. همچنین سقف‌های توری حشرات هم وجود دارد که دارای عرض‌های مختلفی می‌باشند.
- **ضد عفونی کردن:** تمیز کردن، که از ورود هر گونه آلودگی جلوگیری می‌کند.
- **شن ریزه:** تکه‌هایی از سنگ شکسته که اندازه‌ها و زوایای مختلفی دارد که در تهیه بتون و یا کف گلخانه استفاده می‌شود.
- **شستشو:** محلول ۳-۶ درصدی هیپوکلریت سدیم معمولاً برای شستشو و میکروزدایی استفاده می‌شود.
- **پودر شستشو:** کلسیم هیپوکلریت
- **جعبه:** شامل فضای تاریک سیستم ریشه‌ای گیاهان در گلخانه‌هایی که هواکشت انجام می‌پذیرد.
- **تخته‌های سقفی:** مواد فشرده شده‌ای که به عنوان پانل‌های سقفی مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- **رقم:** رقمی از سیب زمینی

• **پخشیدگی نور ذخیره شده:** اتاقی با تشعشعات نوری غیرمستقیم جهت

ذخیره سیبزمینی بذری

• **زانو:** قطعه لوله کشی که از فلز یا پی‌وی‌سی به شکل L ساخته شده است.

• **هدایت الکتریکی:** برآورد کل نمک‌های محلول یا کل مقدار یون‌های محلول

در آب

• **ورودی:** پیش اتاقک، قسمت مهمی از در ورودی گلخانه که برای جلوگیری از

ورود حشرات استفاده می‌شود.

• **گیاهچه‌های درون شیشه‌ای:** گیاهچه‌های تولید شده در آزمایشگاه تحت

شرایط درون شیشه‌ای. این گیاهچه‌ها داخل لوله‌های آزمایشی یا ظروف قرمز رشد

می‌کنند.

• **موانع نوری:** تکه‌هایی از پوشش پلاستیکی سیاه رنگ که سوراخ‌های محل نشا

را در سیستم هواکشت می‌پوشاند و برای جلوگیری از ورود نور به داخل جعبه‌ها

استفاده می‌گردد.

• **عناصر غذایی ماکرو (پرمصرف):** عناصر ضروری که مقادیر نسبتاً زیادی از

آنها برای رشد گیاه مورد نیاز است. به ویژه N, P, K, Ca, Mg جزو عناصر

ماکرو محسوب می‌شوند.

- **عناصر غذایی میکرو (کم مصرف):** عناصر ضروری که برای رشد گیاه ضروری بوده و مقادیر کمی از آنها مورد نیاز است که شامل $Co, Mo, Zn, S, Mn, B, Cu, Fe, Cl$ می باشد.
- **مه پاش ها:** فواره های کوچکی هستند که از سر لوله (نازل ها) مه (مخلوط مایع با هوا) را به بیرون پخش می کنند.
- **سر لوله (بست):** تکه ای لاستیکی که برای اتصال لوله ها مورد استفاده قرار می گیرد.
- **محلول غذایی:** محلولی با مواد غذایی متعادل که گیاهان برای تغذیه خود از آن استفاده می کنند.
- **pH:** درجه اسیدیته یا قلیائیت محلول
- **پلاستیک:** مواد پلی اتیلنی که ترکیبات و ضخامت های مختلفی دارند و در سقف گلخانه، پوشش داخلی جعبه ها و یا موارد دیگر به کار می رود.
- **پلی کربنات:** نوع سفت تری از پلاستیک که به صورت ورقه های پیچ دار (موجی) به بازار می آید که در سقف گلخانه مورد استفاده قرار می گیرد.
- **بذر پیش پایه:** بذر سیب زمینی که در شرایط عاری از بیماری در گلخانه تولید می شود. معمولاً این نوع بذرها از گیاهچه های درون شیشه ای سالم تولید می گردد.

- **هواگیری:** عمل خارج ساختن هوا از داخل پمپ از طریق جریان آب به داخل پمپ. که این کار باید قبل از شروع به کار پمپ انجام شود.
- **PVC:** پلی وینیل کلراید. ماده‌ای که به طور گسترده‌ای در ادوات لوله‌کشی مثل لوله‌ها و قطعات و مهره‌ها استفاده می‌شود.
- **یون آمونیوم تک‌ظرفیتی:** ترکیبی فعال در ضدعفونی کردن، شستشو و نظافت به کار می‌رود. هم معنی‌های زیادی دارد که از جمله معروف‌ترین آنها بنزالکونیوم کلرید می‌باشد.
- **قطعات تبدیل:** قطعه‌هایی از جنس پی‌وی‌سی یا فلز که برای اتصال لوله‌ها با قطر متفاوت به کار می‌روند.
- **توری‌های سایه‌انداز:** توری‌هایی که برای ایجاد سایه و کاهش دمای داخل گلخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- **صفحه (ورق):** سازه‌های بتونی که در ثابت نگه داشتن برخی لوازم و تجهیزات مثل تلمبه مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- **شیب:** سرازیری که جعبه‌ها باید داشته باشد تا در اثر نیروی جاذبه محلول غذایی اضافی به طرف تانک جریان داشته باشد.
- **استایروفوم:** مواد سفید رنگ عایق که به صورت ورقه‌های $3 \times 1/5$ متری یا $4 \times 2/2 \times 1/2$ متری به بازار می‌آید و ضخامت‌های متفاوتی دارند.

- **توری نگهدارنده:** توری ساخته شده از ریسمان دو لا^۱، نایلون یا سیم که برای بستن یا نگه داشتن شاخه‌های بوته‌های موجود در سیستم هواکشت استفاده می‌شود.
- **زمان سنج:** وسیله‌ای الکتریکی که به طور خودکار عملیات پمپ را کنترل می‌کند.
- **سوپاپ (دریچه شیردار):** وسیله‌ای که (باز و بسته شدن) چرخه جریان سیال را در یک لوله کنترل می‌کند.

^۱ . Twine

اصلی ترین مشکلات و راه‌حل‌های موجود 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 در جعبه‌های شنی	گرم بودن بیش از اندازه گلخانه، نبودن نور کافی	پایش دما قبل از نصب توری‌های 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 مه‌پاش‌ها
پژمرده شدن گیاهچه‌ها حتی با مه‌پاشی کافی	صدمات مکانیکی قسمت‌هایی 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، فیتوفترا، اودیوم معمول ترین 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

مشکل یا علامت کلی	علل ممکنه	راه حل
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 میلی زیمنس بر سانتی متر)	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