بسم الله الرحمن الرحیم

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

دانشکده کشاورزی
گروه زراعت و اصلاح نباتات

پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد
رشته مهندسی کشاورزی-زراعت

عنوان:

تأثیر تراکم کاشت و نوع بستر بر تولید مینی‌تیوبر سیب‌زمینی در سیستم هیدروپونیک کشت در ماسه

استاد راهنما:
دکتر حمید محمدی
دکتر بابک درویشی چقاملکی

استاد مشاور:
دکتر امیررضا صادقی بختوری

پژوهشگر:
جاوید کاردان

شهریور ۱۳۹۳
تبریز- ایران

تقدیم به:

پدر بزرگوار و مادر مهربانم

که دعای خیرشان، همواره بدرقه راهم بوده

و حقیر خاضعانه به دستان پر مهرشان بوسه می زنم.

سپاسگزاری:

حمد و سپاس بی پایان پروردگار جهانیان را که به انسان فکرت آموخت و با اعطای بزرگترین نعمت خود یعنی عقل و خرد و دانش وی را بر سایر مخلوقات برتری بخشید.

در آغاز وظیفه ی خود می دانم از اساتید فرهیخته و فرزانه، جناب آقای دکتر حمید محمدی، جناب آقای دکتر بابک درویشی که زحمت راهنمائی این پایان نامه را به عهده گرفتند و از دکتر بیاتی مدیر عامل شرکت بافت غرب همدان که امکانات گلخانه ای را برای این پژوهش فراهم کردند همچنین از اساتید، جناب آقای دکتر امیر رضا صادقی بختوری که استاد مشاوره این پژوهش بودند و جناب آقای دکتر وحید سرابی بعنوان داور پایان نامه و دیگر اساتید گرانقدر گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی و سایر همکاران و کادر شاغل در دانشگاه شهید مدنی آذربایجان نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

از تک تک اعضاء خانواده ام که در تمام مراحل زندگی، یار و پشتیبانم بوده اند کمال تشکر و قدردانی را دارم. باشد که بتوانم بخشی از زحمات آنان را سپاس گویم.

در پایان از همه کسانی که بنده را در پیشبرد این پایان نامه یاری دادند صمیمانه سپاسگذارم.

خداوندا آنچنانم کن که جز کسب رضای تو، بر من حاکم نشود و مصداق پندار، گفتار و کردار نیک باشم

چکیده

سیستم هیدروپونیک کشت در ماسه یک روش نسبتاً کم هزینه برای تولید ریزغده سیب-زمینی است. تولید فشرده در سیستم هیدروپونیک کشت در ماسه نیاز به استفاده از بستر کاشت و تراکم بوته مناسب دارد. یک آزمایشی جهت ارزیابی تأثیر ترکیب بستر کاشت و تراکم بوته روی رشد گیاهچه‌های تولید شده با استفاده از کشت بافت، غده‌زایی و غلظت فسفر دمبرگ و نیتروژن برگ تحت شرایط هیدروپونیک کشت در ماسه در گلخانه شرکت بافت غرب همدان تحت شرایط کنترل شده انجام شد.د آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد.فاکتورهای مورد مطالعه شامل سه ترکیب متفاوت بستر کاشت ماسه‌ای (ریز، متوسط و درشت) و دو تراکم بوته (۱۰۰ و ۱۵۰ بوته در مترمربع) بودند. نتایج نشان داد که استقرار و عملکرد بیولوژیک بوته‌های سیب‌زمینی رشد یافته در ترکیب ماسه‌ای درشت به طور معنی‌داری نسبت به ترکیب‌های دیگر بالاتر بود. تراکم بوته اثر معنی‌داری روی تعداد غده در هر بوته و تعداد غده بذری در هر کرت نداشت. وزن خشک غده و تعداد غده در هر بوته به طور معنی‌داری در ترکیب ماسه‌ای درشت افزایش یافت. ترکیب ماسه‌ای ریز، قابلیت دسترسی فسفر را کاهش داد و منجر به غلظت بالاتر فسفر دمبرگ گیاهان کشت شده در ترکیب ماسه‌ای درشت شد. بستر کاشت، با ترکیب ماسه‌ای درشت بهترین ترکیب برای تولید مینی‌تیوبر در سیستم هیدروپونیک کشت در ماسه شد.

کلمات کلیدی: مینی‌تیوبر سیب‌زمینی، سیستم هیدروپونیک کشت در ماسه، ، تراکم کاشت، نوع بستر

مقدمه

سیب‌زمینی[1] به شکل گسترده‌ای در نواحی مختلف جهان کاشته شده و از نظر سطح زیر کشت پس از گندم، ذرت و برنج چهارمین محصول زراعی مهم در جهان به شمار می‌رود که سالانه حدود ۳۲۱ میلیون تن از این محصول تولید می‌شود (Chatzivassiliou *et al.* 2008). سطح زیر کشت سیب‌زمینی در ایران در سال ۱۳۸۹ بیش از ۱۵۰ هزار هکتار بوده و میزان کل تولید این محصول در کشور به بیش از چهار میلیون تن می‌رسد (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی ۱۳۸۹).

تولید بذر جوان و عاری از بیماری به منظور پایداری تولید محصول استراتژیکی همچون سیب‌زمینی حیاتی بوده و از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. امروزه در ایران و بسیاری دیگر از کشورهای پیشرفته جهان برای تولید بذر سیب‌زمینی از تکنیک کشت بافت و انتقال گیاهچه‌های کشت بافتی به گلخانه استفاده می‌شود (Darvish *et al.* 2012).

تولید گلخانه‌ای ریزغده سیب‌زمینی تکنیکی برای تولید تعداد زیاد ریز غده سالم و عاری از بیماری است. این سیستم تولید تجاری ریزغده هم تعداد چرخه تکثیر را کاهش می‌دهد و هم باعث افزایش تعداد غده در واحد سطح شده و درنتیجه به‌شرط آنکه مواد گیاهی پایه عاری از بیماری باشند از آلودگی غده جلوگیری می‌کند. در حال حاضر در کشور ایران برای تولید ریز غده سیب‌زمینی از بسترهای مختلفی همچون خاک، پیت ماس و یا کوکوپیت استفاده می‌شود که هرکدام دارای معایب خاص خود هستند. بستر پیت ماس و کوکوپیت وارداتی بوده و هزینه تولید در آن‌ها بالا است و به دلیل منشاء گیاهی، می‌توانند حامل بیماری‌های قارچی و باکتریایی باشند. از طرف دیگر کمتر بودن ضریب تکثیر، ماهیت اسیدی، احتمال ورود بیماری‌های قرنطینه‌ای به کشور، فشرده و نامناسب بودن برای غده‌زایی، عدم امکان مدیریت تغذیه‌ای و عدم تعادل حرکت افقی و عمودی آب در این بسترها از معایب بسترهای گیاهی هست. تولید ریز غده سیب‌زمینی در بستر خاک که هم‌اکنون به دلیل ارزان‌تر بودن رواج بیشتری دارد با مشکلاتی همچون دشوار بودن مبارزه با علف‌های هرز، احتمال آلودگی به بیماری‌های قارچی و باکتریایی و عدم امکان ضدعفونی ارزان و بی‌خطر همراه است(Darvish *et al.* 2012).

[1]-*Solanum tuberosu*m L.

برای تولید ریز غده سیب‌زمینی می‌توان از تکنیک فیلم تغذیه[1] و یا تکنیک هواکشت[2] استفاده نمود و از مزایای آن‌ها می‌توان به استفاده دقیق از مواد تغذیه‌ای، سرعت بالای تکثیر غده، جلوگیری از آلودگی و کنترل علف هرز اشاره نمود. علی‌رغم تولید تعداد بیشتری غده تحت این شرایط، چنین تکنیک‌هایی پرزحمت و پرهزینه می‌باشند؛ بنابراین استفاده از این سیستم‌ها در کشورهای در حال توسعه کاربردی و تجاری نیست؛ بنابراین معرفی یک روش نسبتاً کم‌هزینه و درعین‌حال دانش‌بنیان که از کارایی لازم برخوردار بوده و قابلیت تجاری شدن داشته باشد برای تولید ریز غده سیب‌زمینی ضروری به نظر می‌رسد (Seutine and Rolot 1999).

در پژوهش‌هایی که پیش از این انجام شده روش آبکشت در ماسه به عنوان یک روش جایگزین و مناسب برای تولید ریز غده سیب‌زمینی معرفی شده است. ماسه یک محیط رشد طبیعی با خلل و فرج زیاد (انتقال اکسیژن بیشتر) و ساختار ثابت را فراهم نموده و سبب دسترسی بیشتر گیاهچه به آب می‌شود. در کل، بستر ماسه مورد استفاده در این روش هزینه کمتری داشته و می‌تواند به آسانی شستشو و ضدعفونی شود و در مقایسه با خاک و انواع بسترهای وارداتی به طور نسبی عاری از بیماری‌های قارچی و باکتریایی است. ماهیت ماسه طوری است که می‌تواند از طریق ایجاد یک مقاومت مکانیکی در برابر رشد و نمو استولون[3]، غده‌زایی بوته‌های سیب‌زمینی را تحریک نماید (Seutine and Rolot 1999).

باید توجه داشت که تولید متمرکز تحت شرایط هیدروپونیک (به‌ویژه تحت شرایط هیدروپونیک کشت در ماسه) نیازمند تأمین همه مواد غذایی ضروری گیاه با دقت بالا و به صورت متناسب است. ماسه عاری از مواد غذایی است و اگر به عنوان محیط رشد انتخاب شود، یک برنامه تغذیه‌ای دقیق برای تولید ریزغده سیب‌زمینی باید بکار گرفته شود (Darvish *et al.* 2012).

نخستین هدف از این پژوهش دستیابی به مناسب‌ترین تراکم کاشت گیاهچه‌های کشت بافتی در سیستم هیدروپونیک کشت در ماسه است. به شرط اینکه با افزایش تراکم گیاهچه در واحد سطح تعداد ریز غده تولیدشده در هر بوته کاهش پیدا نکند، امکان استفاده بهینه از نهاده‌ها

[1]- Nutrient film technique
[2]- Aeroponic
[3] - stolon

(سوخت، بستر، محلول غذایی، نیروی کارگری و ...) در طول دوره کشت فراهم خواهد آمد. همچنین تأثیر افزایش تراکم کاشت بر توزیع اندازه غده‌ها نیز مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

هدف دوم پژوهش بررسی تأثیر اندازه ذرات ماسه بر میزان غده‌زایی و توزیع اندازه ریزغده‌های سیب‌زمینی است. چنین پارامتری ممکن است میزان مصرف محلول غذایی و نیز میزان استقرار گیاهچه‌های کشت بافتی را نیز تحت تأثیر قرار دهد که دستیابی به این تأثیرات نیز از دیگر اهداف پژوهش است.

فصل ۱

بررسی منابع

۱-۱- تاریخچه و خاستگاه سیب‌زمینی و مینی‌تیوبر سیب‌زمینی

سیب‌زمینی عمدتاً از قسمت مرکزی پرو جنوبی و شمال بولیوی و ناحیه کوچکی از جزیره شیلی منشاء گرفته و گسترش یافته است (حسن پناه و همکاران ۱۳۸۷). بر اساس مطالعات باستان‌شناسی از حدود هفت تا هشت هزار سال قبل، کشاورزان مناطقی از کشور پرو، گونه‌های وحشی سیب‌زمینی را مورد کشت و کار قرار می‌داده‌اند. بر این اساس، محققین منشأ این گیاه را منطقهٔ آند در کشور پرو اعلام داشتند (رحیمیان و بنایان ۱۳۷۵). سیب‌زمینی امروزه از ۵۰ درجه‌ی عرض جغرافیایی شمالی تا ۵۰ درجه‌ی جنوبی در بیش از ۱۳۲ کشور جهان کشت می‌شود. در سال‌های اخیر سیب‌زمینی به کشورهای زیادی که دارای اقلیم گرم‌تر و خشک‌تر هستند وارد شده است و در مناطقی چون آفریقای شمالی، دشت‌های هندوستان، بنگلادش، پاکستان، آمریکای جنوبی، چین، آرژانتین، اروگوئه و دشت‌های ساحلی پرو گسترش یافته است (حسن پناه و همکاران ۱۳۸۷).

ریزغده عبارت است از غده‌هایی با قطر ۵ تا ۲۰ میلی‌متر که از گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت در گلخانه‌های کاملاً ایزوله تولید می‌شود. میزان واردات غده‌های بذری سالانه حدود ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ تن است که از کشورهایی نظیر هلند، آلمان استرالیا وارد می‌شوند. با توجه به این‌که این روش در ایران نیز قابل اجرا است، می‌توان با انجام پژوهش‌های مختلف نسبت به پائین آوردن هزینه تمام‌شده‌ی آن انجام می‌گیرد(حسن پناه و همکاران ۱۳۸۷).

یکی از مهم‌ترین مشکلات تولید سیب‌زمینی موجود در جهان بیماری‌های ویروسی هستند(Jellis 1992). لذا به منظور صرفه‌جویی در خروج ارز از کشور و قطع وابستگی، شناسایی ارقام مقاوم به بیماری و تکثیر آن‌ها و تولید هسته بذری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا که آفات و بیماری‌ها خسارات جبران ناپذیری را بر کمیت و کیفیت محصول وارد می‌کنند(Karp 1990). علاوه بر روش‌های کلاسیک و سنتی، استفاده از تکنیک‌های نوین مهندسی ژنتیک و کشت بافت، نویدی جهت تسریع در رسیدن به اهداف اصلاحی در سیب‌زمینی می‌باشد. ذخیره و نگهداری ژرم‌پلاسم و تولید گیاهان سالم و عاری از ویروس و صرفه‌جویی در وقت، هزینه و تولید

گیاهان هاپلوئید از جمله موارد استفاده کشت بافت می‌باشند (Karp 1990). کشت مریستم سیب-زمینی درشرایط درون شیشه‌ای تقریباً از اواسط دهه ۱۹۷۰ آغاز شده است.

تحقیقات زیادی روی کشت سیب‌زمینی در مزرعه انجام شده است؛ اما متأسفانه این شرایط رشد قابل مقایسه با شرایط کشت محیط بسته هیدروپونیک نیست. از این رو، نتایج از کشت مزرعه به طور مستقیم قابل انتقال نیست. برای اولین بار سازمان ملی هوانوردی و فضایی ایالات‌متحده[1] با استفاده از کشت هیدروپونیک شروع به آزمایشات در شرایط محیط بسته کرد. اولین آزمایش به‌وسیله تد تیبیتس[2] در دانشگاه ویسکانسین در طی سال‌های ۱۹۸۲ تا ۱۹٤٤ انجام شد. آزمایش نشان‌دهنده مناسب بودن رشد گیاهان و غده‌های تشکیل شده با استفاده از روش فیلم مواد غذایی بود (Molders *et al.* 2012). آئروپونیک یکی دیگر از روش‌های کشت هیدروپونیک است که در دهه اخیر گسترش زیادی یافته و به آن توجه زیادی شده است. برای اولین بار در ایران در سال ۱۳۸۷ از این سیستم برای کشت گیاه سیب‌زمینی و تولید ریزغده استفاده شد (هسراک ۱۳۸۹).

۲-۱- اهمیت و ارزش غذایی سیب‌زمینی

سیب‌زمینی بعد از گیاهانی مانند گندم، برنج و ذرت چهارمین محصول زراعی از نظر حجم تولید هست (Faberio *et al.* 2001). در جهان و در کشور ما سیب‌زمینی یکی از محصولات زراعی اساسی به شمار می‌رود و هم‌اکنون یکی از مهم‌ترین مواد غذایی مردم است و بعد از غلات نیاز کشور به این محصول اساسی در درجه‌ی دوم اهمیت قرار دارد. سیب‌زمینی ماده‌ی غذایی با ارزشی است که با تولید حدود ۵ تن ماده‌ی خشک، ۲/٦ مگاژول انرژی و ۱/٤ کیلوگرم پروتئین در هکتار از مهم‌ترین محصولات کشاورزی محسوب می‌شود. این محصول با دارا بودن نشاسته و اسیدهای آمینه ضروری و مورد نیاز انسان به خصوص ویتامین‌های B و C دارای ارزش غذایی بالایی است (حسن پناه و همکاران ۱۳۸۷). وجود انواع ویتامین‌ها به ویژه ویتامین C (به مقدار ۱۵ میلی‌گرم در صد گرم)، همراه با دیگر املاح و پروتئین‌های ضروری در سیب‌زمینی مصرف آن را به عنوان یک ماده‌ی غذایی با ارزش و سرشار از کربوهیدرات در جهان کرده است، به طوری که ۵/۲

[1]- NASA
[2] - Ted Tibbits

درصد انرژی مصرفی روزانه جمعیت جهان از سیب‌زمینی تأمین می‌شود (پارسا پور و همکاران ۱۳۸۳). سیب‌زمینی به عنوان یکی از مناسب‌ترین محصولات قابل کشت در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری و از بهترین محصولات تولید پروتئین است و با توجه به ویژگی‌هایی مانند دوره‌ی رویشی کوتاه، رشد در شرایط روز کوتاه و بازده زیاد در تولید انرژی و پروتئین برای تناوب‌هایی که در آن‌ها به گیاهانی با دوره‌ی رشد کوتاه نیاز بوده، محصول مناسبی است (فروتن ۱۳۷۸). کربوهیدرات‌های قابل استفاده در سیب‌زمینی به شکل نشاسته[1] یا قندهای آزاد[2] و کربوهیدرات‌های غیر قابل استفاده به شکل فیبرهای غذایی[3] مشاهده می‌شوند. میزان نشاسته بسته به ژنوتیپ (رقم مورد کشت) و شرایط محیطی متغیر است. بااین‌حال میزان آن به طور متوسط حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد وزن‌تر غده است. میزان نشاسته مقاوم[4] در سیب‌زمینی خام بالا است. این نشاسته برای هضم توسط انسان مناسب نیست. میزان نشاسته مقاوم پس از پخت در سیب‌زمینی بسیار کم و ناچیز است (کاظمی و همکاران ۱۳۹۰).

۳-۱- نحوه تولید و مراحل رشد ریزغده سیب‌زمینی

سیستم صحیح و فعال در صنعت تولید بذر سیب‌زمینی موضوعی محوری برای موفقیت تولید است. هدف از تولید و تکثیر بذر سیب‌زمینی، استفاده از مواد سالم با کمترین کاهش سلامت اولیه و با هزینه پایین است. همچنین هدف این سیستم، فراهم کردن مواد گیاهی سالم از رقم سازگار و پر محصول برای استفاده تولیدکننده‌های بذر پایه یا بذر تجاری و یا چند نوبت تکثیر غده‌های بذری پایه در شرایط محلی برای تولیدکننده‌های سیب‌زمینی خوراکی است(شاطریان و نیامنش ۱۳۸٦). روش کشت مصنوعی، به انواع روش‌های محیط کشت پروتوپلاست، سلول، بافت، عضو گیاهی، جنین گیاهی و گیاهچه در محیط رشد حاوی مواد - مغذی گیاهی و عاری از میکروب در محیط کشت مصنوعی گفته می‌شود. روش‌های بسیاری در محیط کشت مصنوعی مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما همه آن‌ها با کشت قطعه گیاهی در شرایط عاری از میکروب و محیط مصنوعی شروع می‌شوند و با رشد قطعه و تفکیک بافت‌های مختلف و تولید گیاه چه ادامه می‌یابند. هدف نهایی در کشت محیط مصنوعی تولید گیاهچه یا غده از

[1] - Starch
[2] - Sugar free
[3] - Fiber dietary
[4] - Starch resistant

قطعات گیاهی است. گیاهچه‌های کوچکی که به طور انحصاری در محیط کشت مصنوعی تولید می‌شوند دارای ریشه و ساقه‌ی عاری از میکروب هستند. استفاده از روش‌های کشت در محیط مصنوعی به سرعت گسترش یافته‌اند که این روش‌ها به‌ویژه برای تکثیر سریع، حذف عامل بیماری‌زا، کنترل بیماری و اصلاح نباتات به کار می‌روند. (Haverkort 2007).

دلایل گسترش سریع با اهداف تکثیر گیاهی به شرح زیر است:

تعداد زیادی گیاهچه عاری از بیماری در مدت کوتاهی تولید می‌شود. تکثیر را می‌توان در محیط کوچک با کنترل دقیق محیطی انجام داد، بنابراین تولید در تمام طول سال امکان‌پذیر بوده و علاوه بر آن انبارداری نتاج تکثیر یافته اغلب آسان است. تولید ریز غده در شرایط مصنوعی تنها در شرایط عاری از میکروب انجام می‌شود (شاطریان و نیامنش ۱۳۸٦).

درجنس سیب‌زمینی تعداد کروموزوم پایه در جنس سولانوم[1] ، دوازده است. سیب‌زمینی گیاهی علفی و چندساله است، اما در کشاورزی به عنوان یک گیاه یک‌ساله مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. این گیاه معمولاً از طریق غده‌های بذری تکثیر می‌شود. از جوانه‌های روی غده بذری انشعابات و اندام‌های هوایی ایجاد می‌شود و ریشه‌ها از پرایموردیای[2] روی جوانه‌ها به وجود می‌آیند. روی این انشعابات و اندام‌های هوایی، ساقه، شاخه و برگ، استولون، ریشه، گل-آذین و نیز نسل بعدی غده‌ها شکل می‌گیرد. البته سیب‌زمینی از طریق کشت سلول، مریستم، بافت، جوانه، اجزای غده، بذر حقیقی، برگ و یا برش‌های ساقه نیز ممکن است تکثیر شود (کاظمی و همکاران ۱۳۹۰). روش مرسوم تکثیر سیب‌زمینی به صورت همسانه کردن[3] یعنی استفاده از غده‌های بذری است، اما می‌توان سیب‌زمینی را با استفاده از بذر گیاه‌شناسی واقعی آن نیز پرورش داد. در بعضی مناطق، تولید بذر سالم سیب‌زمینی و یا ذخیره‌ی آن مشکل است. تحت چنین شرایطی، استفاده از بذر واقعی سیب‌زمینی که مخفف آن TPS است، جایگزین عملی برای تکثیر بذر بوده و در کشت سیب‌زمینی قابل استفاده است (Haverkort 2007). گیاهچه‌های عاری از ویروس که در شرایط درون شیشه‌ای روی محیط کشت پایه MS کشت می‌شوند به عنوان ماده گیاهی استفاده می‌شوند. گیاهچه‌ها پس از گذراندن حدود یک ماه هنگامی‌که دارای ۵– ٦ میانگره

[1] - *Solanum*
[2] - Primordia
[3]-Cloning

شدند از محیط کشت خارج و به ریز قلمه‌های کوچک که دارای یک تک گره[1] بودند تقسیم می-شوند و تک گره‌ها سپس به داخل ارلن‌های ۲۵۰ سی‌سی که محتوی ۵۰ سی‌سی محیط کشت MS هستند، منتقل شده و به آن ۵۰ گرم در لیتر ساکارز و ۷ گرم آگار اضافه می‌گردد. به محیط کشت مزبور قبل از انجام مرحله اتوکلاو مقدار ۲۲/۱۹ میکرومول بنزیل آمینوپورین (BAP) و ۲/۲٦ میکرو مول توفوردی (2,4–D) جهت تولید ریزغده اضافه می‌کنند. pH محیط نیز روی ۵/۷ تنظیم می‌شود (بلندی و حمیدی ۱۳۸۷). ریزغده‌های سیب‌زمینی غده‌های کوچک عاری از بیماری‌ها هستند که از گیاهچه‌های آزمایشگاهی پس‌از انتقال به گلخانه تولید می‌شوند و غده‌های بذری سالم و با کیفیت خوب تولید می‌کنندریزغده‌ها معمولاً قطر ۵ تا ۲۰ میلی‌متر و وزن ۰/۱ تا ۱۰ گرم دارند (Hassanpanah and Allahyari 2009). سیستم آبکشت، امکان تولیدریزغده سیب‌زمینی عاری از ویروس را افزایش می‌دهد (Seutine and Rolot 1999). مینی‌تیوبر از گیاهچه درون شیشه‌ای یا میکروتیوبر تولید می‌شود. وقتی ارتفاع گیاهچه‌های درون شیشه‌ای به ٤ تا ۵ سانتی‌متر رسید، آن‌ها را به گلخانه انتقال می‌دهند (Morrenhof 1998).

گیاهچه‌ها به فاصله‌ی ۱۰ سانتیمتر از یکدیگر کشت می‌شوند. پس از کشت و آبیاری، به‌منظور سازگاری گیاهچه‌ها با شرایط هوای آزاد و جلوگیری از تلفات آن‌ها، پوشش پلاستیکی به مدت هفت روز در ارتفاع ٤۰ سانتی‌متری بر روی گیاهچه‌ها قرار داده می‌شود. در طی مراحل رشد، عملیات آبیاری به طور منظم انجام می‌گیرد. برای مبارزه با آفات از سم کنفیدور و برای مبارزه با بیماری‌های قارچی از قارچ‌کش مانکوزب[2] استفاده می‌شود. جهت تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاهچه‌ها از ریزمغذی‌ها استفاده می‌شود. شرایط رشد محیطی در کلیه‌ی مراحل در گلخانه با طول دوره‌ی روشنایی ١٦ ساعت و ۸ ساعت تاریکی با استفاده از ترکیب لامپ‌های فلورسنت و سدیمی (شدت نور ۲۰۰۰۰ لوکس)، درجه حرارت گلخانه با استفاده از سیستم فن و پد، دستگاه هیتر و همچنین نصب کولرهای آبی در محدوده دمایی ۱۸ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ٦۵–۷۵ درصد کنترل می‌شود (حسن پناه و همکاران ۱۳۸۷). عملیات خاک‌دهی پای بوته‌ها در طول فصل رشد باید سه بار با فواصل زمانی ۲۰ روز انجام گیرد. با توجه به نوع رقم و شرایط محیطی، سه تا چهار ماه پس از کاشت نسبت به سر برداری بوته‌ها و سپس برداشت ریز غده‌ها

[1] - Single node
[2] - Mancozeb

اقدام می‌شود. در طول فصل رشد و همچنین پس از برداشت، سلامت و عاری از ویروس بودن گیاهچه‌ها و ریزغده‌های تولیدشده بایستی مورد تأیید موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر کشور قرار گیرد. درنهایت غده‌های تولیدشده پس از سپری شدن دوره خواب و جوانه‌دار شدن آن‌ها در اختیار کشاورزان قرار می‌گیرد (بلندی و حمیدی ۱۳۸۷).

٤-١- روش‌های مورد استفاده برای کشت ریزغده

امروزه تکثیر سیب‌زمینی با استفاده از کلون‌هایی که به صورت هیدروپونیک (Medeiros *et al.* 2002) و آئروپونیک (Farran and Mingocastel 2006) به وجود می‌آیند انجام می‌گیرد. این سیستم‌ها باعث افزایش عملکرد می‌شوند اما پرهزینه و پرزحمت هستند. اضافه کردن مواد بستر به سیستم، ابزاری برای افزایش سکون فیزیکی و شیمیایی است که پیامد آن صرفه‌جویی در انرژی و نیروی کار است (Rolot and Seutin 1999). در کل از انواع محیط کشت برای تولید ریزغده سیب‌زمینی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد (شاطریان و نیامنش ١٣٨٦).

١- کشت ائروپونیک (کشتی که ریشه‌ها در باران ریز قرار می‌گیرند).

٢- کشت هیدروپونیک در محیط‌های کشت تهویه شده و خنثی از نظر شیمیایی مانند چوپ، پشم شیشه، فیبر، پرلیت، ورمیکولیت و رس ورآمده[1] که با استفاده از آبیاری نشتی، قطره‌ای و زیرزمینی صورت می‌گیرد.

٣- کشت بر روی ورقه‌ای از مواد غذایی، برای مثال سیستم هیدروپونیکی که ریشه‌ها یا به طور مستقیم در محلول خالص غذایی قرار می‌گیرند که مدام در حال تعویض است و یا محلول مواد غذایی در حال تعویض که حاوی مقدار بسیار کمی مواد حامل جامد است.

١-٤-١- سیستم ائروپونیک

آئروپونیک یکی از روش‌های هیدروپونیک است که در دهه اخیر گسترش زیادی یافته و به آن توجه زیادی شده است. این روش به هیچ سوبسترا یا مواد دیگری نیاز ندارد و ریشه گیاهان در هوا معلق می‌باشند.همچنین این روش از زمان ابداع اولیه برای اهداف گوناگون مورد

[1] -expanded clay

استفاده قرارگرفته است که می‌توان به مطالعات مورفولوژیکی ریشه، بررسی جذب عناصر غذایی، مطالعه استرس‌های مواد غذایی و خشکی و ... اشاره کرد. در سیستم ائروپونیک از فضای عمودی گلخانه استفاده می‌شود. ریشه و اندام هوایی در این روش نسبت به روش سنتی بیشتر رشد می‌کنند. دلیل نسبی عدم محبوبیت کشت ائروپونیک، خطر شکست سیستم در صورت توقف موقت فعالیت سیستم مه پاش است. بسیاری از شرکت‌های تکثیرکننده بذر سیب‌زمینی، سیستم هیدروپونیک مطلوب خودشان را برای تولید ریز غده ابداع کرده‌اند. شرکت‌های متعددی سیستم پیشرفته تولید ریزغده‌ای به بازار ارائه داده‌اند که برخی از آن‌ها در سطح دنیا موردقبول واقع شده است. در این سیستم‌های نیمه تجاری یا کاملاً تجاری، گیاهان یا در شرایط کاملاً هیدروپونیک که ریشه‌ها و ساقه‌های زیرزمینی در محلول غذایی قرار می‌گیرند و یا در نوعی محیط کشت خنثی از نظر شیمیایی، کشت می‌شوند (شاطریان و نیامنش ۱۳۸٦). با توجه به بررسی‌های انجام شده در مورد سیستم‌های مختلف تولید بذر سیب‌زمینی می‌توان نتیجه گرفت که در میان آن‌ها سیستم آئروپونیک بهترین روش برای تولید بذر سیب‌زمینی است. محصول سیستم آئروپونیک نسبت به سایر سیستم‌ها ۱۰ برابر بیشتر است. شرایط نسبتاً مطلوب رشد نظیر هوادهی کامل ریشه‌ها، تنظیم مواد غذایی با توجه به نیاز گیاه، رشد و توسعه اندام‌های هوایی و درنتیجه افزایش رشد رویشی، عدم محدودیت مواد غذایی در سیستم آئروپونیک موجب می‌شود که ریزغده‌های تولیدشده از وزن بیشتری برخوردار باشند. علاوه بر این به دلیل امکان برداشت متناوب و برداشت غده‌هایی با اندازه موردنظر، وزن ریزغده‌های برداشت شده از سیستم آئروپونیک نسبت به کشت‌های دیگر از یکنواختی بیشتری برخوردار هستند. برای اولین بار در ایران در سال ۱۳۸۷ از این سیستم برای کشت گیاه سیب‌زمینی و تولیدریزغده استفاده شد سیستم طراحی شده به عنوان یک دستگاه کامل برای رشد گیاهان است و همه شرایط محیطی مورد نیاز برای رشد گیاهان را فراهم می‌کند، به طوری که نیازی به استفاده از گلخانه برای پرورش گیاهان با استفاده از این سیستم وجود ندارد. با توجه به کامل بودن شرایط محیطی رشد گیاهان در این دستگاه، امکان پرورش گیاهان در هر مکانی فراهم می‌شود که درنتیجه‌ی آن کاهش هزینه برای تولیدکنندگان را به همراه دارد. علاوه بر این در مناطقی که کشاورزی به دلیل شرایط نامساعد محیطی و نبود خاک مناسب امکان‌پذیر نباشد نیز می‌توان به تولید محصولات کشاورزی پرداخت (هسراک ۱۳۸۹).

۲ -٤-۱- سیستم هیدروپونیک

در سیستم هیدروپونیک بسته به مواد بستر شن، افزایش غلظت مواد محلول تا EC= 5/8 ($dS.m^{-1}$) بر تعداد ریزغده تأثیر نمی‌گذارد، اما وزن تازه و متوسط وزن ریزغده کاهش می‌یابد. احتمالا غلظت مواد محلول در حدود ($dS.m^{-1}$) ۱ برای تکثیر بذور سیب‌زمینی در گیاهان منشأگرفته از گیاهچه و ریزغده مناسب است (Novella *et al*. 2008).

از مزایای استفاده سیب‌زمینی برای کشت در یک محیط هیدروپونیک تحت شرایط کشت محیط بسته می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- در دسترس بودن انواع زیادی از ارقام توزیع شده سیب‌زمینی در سراسر جهان که هر کدام دارای خصوصیات بخصوص بخود هستند.

۲- سیب‌زمینی می‌تواند به‌سرعت بدون تقاضای انرژی زیاد در مقایسه با سایر محصولات اصلی فرآوری شود.

۳- در یک سیستم هیدروپونیک، سیب‌زمینی می‌تواند به طور مداوم برای فراهم کردن منابع غذایی مستمر برداشت شود (Molders *et al*. 2012).

۳-٤-۱- سیستم تولید در محیط کشت جامد بدون برداشت مکرر

روش‌های مختلفی برای تولید ریز غده در محیط کشت جامد وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

سیستم برداشت نهایی

سیستم برداشت مکرر.

انتخاب نوع سیستم تولید به اندازه مطلوب غده‌های تولیدی (برداشت مکرر غده سبب کوچک شدن غده‌ها می‌شود)، هزینه تولید گیاهچه‌ی آزمایشگاهی، فضای موجود گلخانه‌ای، نیروی کار تعداد و قیمت تمام‌شده‌ی غده‌های تولیدشده بستگی دارد. کشت گیاهان آزمایشگاهی

در گلخانه و زیرتوری در خاک گلدان معمولی و برداشت یک مرحله‌ای غده‌ها در آخر دوره رشد، متداول‌ترین و عملی‌ترین روش تولید ریز غده است که با سهولت و ارزانی انجام می‌پذیرد. در شرایط خاصی از مزرعه و کشت زیر توری‌های قابل جابه‌جایی برای ریز غده استفاده می‌شود. عوامل متعدد تأثیرگذار بر افزایش تعداد غده به ازای هر بوته، شامل عوامل کنترل‌کننده‌ی محیط رش مانند درجه حرارت، دوره روشنایی، تعداد بوته، خاک‌دهی مکرر و استعمال مواد شیمیایی کنترل‌کننده‌ی غده‌زایی است (Jones 1998). استفاده از این سیستم جدید به طور متوسط سبب افزایش اندازه‌ی ریزغده‌ها تا ۱۵ گرم وزن‌تر غده‌ها می‌شود. سیستم تولیدی که در آن از محیط کشت جامد با برداشت‌های مکرر غده استفاده شود، کمتر در دنیا مطرح است، ولی دارای امکانات بسیار خوبی مانند افزایش تعداد غده است. برای مثال، تولید ریز غده با این روش را که توسط دپارتمان علوم محصولات مزرعه‌ای و مراتع در دانشگاه کشاورزی واگنینگن[1] هلند اجرا شده است را می‌توان نام برد (Ranalli 1997).

۵-۱- تراکم و تولید ریزغده

سیستم تکثیر بذر سیب‌زمینی در دنیا بر اساس تولید گیاهچه یا میکروتیوبر آزمایشگاهی بوده و هزینه بالایی دارد و تولید آن در گلخانه تحت تأثیر رقم، تراکم کاشت، بستر کاشت، نور و تأمین آبیاری قرار دارد (Georgakis *et al*. 2002). با توجه به این که در این پژوهش یکی از تیمارها تراکم است، بنابراین به بررسی اثرات تراکم بر تولید ریزغده سیب‌زمینی می‌پردازیم.

تراکم کشت سیب‌زمینی یکی از عوامل مهم در رابطه با بهره‌وری بهتر و افزایش راندمان تولید این محصول می‌باشد. این عامل به خصوص در رشد اندام‌های زیرزمینی و غده‌دهی تأثیر بسزایی دارد. طبق مطالعات انجام شده فاصله صحیح بوته‌ها روی خطوط کاشت سبب افزایش عملکرد در واحد سطح می‌گردد. همچنین تراکم مناسب باعث می‌گردد مزرعه زودتر به پوشش کامل رسیده و نقش مؤثری نیز در کاهش تبخیر و درجه حرارت خاک داشته باشد. به‌علاوه تراکم مناسب بر اندازه غده و در نتیجه عملکرد مطلوب مؤثر می‌باشد (صادق زاده و همکاران ۱۳۷۷؛ عباسی فر ۱۳۷٤).

[1] -Wageningen

تراکم بوته در هر هکتار تأثیر زیادی بر میزان تکثیر غده دارد. با افزایش تراکم بوته تعداد ساقه‌ای که از یک غده بذری به دست می‌آید تقلیل یافته و همچنین تعداد غده‌های تولیدشده به ازای هر ساقه کمتر می‌شود. با کاهش تراکم بوته، اگرچه تعداد غده در بوته افزایش می‌یابد اما تعداد غده در واحد سطح کمتر شده و درنهایت غده‌ها درشت‌تر می‌شوند.

تراکم بوته بر تعداد غده تولیدشده در هر بوته مؤثر بوده و با افزایش تراکم بوته، تعداد غده‌های تولیدشده در هر بوته کاهش پیدا می‌کند و این می‌تواند به دلیل افزایش تعداد ساقه در هر بوته و افزایش رقابت درون و برون بوته‌ای باشد (Wurr *et al*. 1974). افزایش فاصله‌ی کاشت غده‌های بذری بر روی ردیف، عملکرد سیب‌زمینی در واحد سطح را کاهش می‌دهد. همچنین افزایش فاصله‌ی کاشت موجب تولید غده‌های بذری درشت می‌شود و کشت متراکم مناسب نمی‌باشد (Bohl 2006). افزایش تراکم بوته و ساقه در سیب‌زمینی موجب کاهش اندازه‌ی غده تولیدی شده و نهایتاً منجر به افزایش تعداد غده بذری تولیدشده در واحد سطح می‌شود (Bussan *et al*. 2007). غده‌های سیب‌زمینی کوچک‌تر از ۲ گرم می‌توانند گیاهان بارور وزنده تولیدکنند، بااین حال جمعیت گیاهی غربال شده و حدود ۲۰ درصد از این جمعیت برای تولید تجاری سیب‌زمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد. تفکیک غده‌های تولیدی هر کپه در گیاهان دارای فاصله بیشتر از هم در زمان برداشت به خوبی انجام گرفته و تراکم پایین بوته، دسترسی تک بوته‌ها به رطوبت، عناصر غذایی و نور را بیشتر می‌کند (Kenneth 2004) . با انتخاب تراکم مناسب و تعداد کافی بوته در هکتار، تعداد مناسب ساقه اصلی در واحد سطح از عوامل اصلی و مؤثر بر عملکرد خواهد شد. همچنین تراکم مناسب با کاهش تبخیر و درجه حرارت خاک، میزان آب مصرفی کاهش داده و با تأثیر بر اندازه غده و تعداد آن در بوته، عملکرد مطلوب را به دنبال خواهد داشت. البته فواصل کاشت در سیب‌زمینی بر اساس بافت و حاصلخیزی خاک، ذخیره رطوبت قابل‌استفاده، اندازه بذر، کیفیت ماشین‌آلات کاشت، داشت و برداشت و هدف از کاشت بذری یا خوراکی متغیر است (Beukema *et al*. 1990). به گزارش Misovic و همکاران (۲۰۰۰) تراکم کاشت در ارقام مختلف اثر معنی‌داری بر تعداد غده، شکل و اندازه غده‌ها دارد.

همچنین Khalafalla (۲۰۰۱) گزارش نمود که با افزایش فواصل بوته‌ها به ۳۵ سانتی‌متر عملکرد سیب‌زمینی کاهش‌یافت و مطالعات نشان داد که بهترین فاصله بوته برای کاشت ۱۵ تا