

## بررسی امکان تولید مینی تیوبر در روش کشت آئروپونیک (هواکشت) و مقایسه آن با روش کشت معمولی

داود حسن پناه<sup>۱</sup> و علی فرامرزی<sup>۲</sup>

### چکیده

این تحقیق به منظور بررسی امکان تولید مینی تیوبر دو رقم سیب زمینی، در روش هواکشت و مقایسه آن با روش کشت معمولی در سال ۱۳۸۸ در شرکت تولید بذر دشت زرین اردبیل انجام شد. گیاهچه‌های تولیدی از کشت بافت به اتاق تطابق‌پذیری منتقل شدند و سپس در محیط گلخانه‌ای و آزمایشگاهی کشت گردیدند. در روش هواکشت و معمولی، گیاهچه‌های دو رقم سیب زمینی (آگریا و ساوالان) براساس طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و با تراکم کاشت  $10 \times 10$  سانتی متر کشت شدند. در طی دوره رشد و بعد از برداشت صفات طول ریشه، طول استولون، ارتفاع بوته، تعداد و وزن مینی تیوبر در بوته و در مترمربع، متوسط اندازه مینی تیوبر و وضعیت انبارمانی مینی تیوبرها بررسی شد. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی نشان داد که بین روش کشت، ارقام و اثر متقابل آن‌ها از لحاظ صفات تعداد و وزن مینی تیوبر در متر مربع، متوسط اندازه مینی تیوبر، ارتفاع بوته و طول استولون اختلاف معنی دار وجود دارد. رقم ساوالان در روش هواکشت تعداد و وزن مینی تیوبر در متر مربع، طول استولون و طول ریشه بیشتری نسبت به رقم آگریا داشت. تعداد و وزن مینی تیوبر در متر مربع در روش هواکشت نسبت به روش معمولی به ترتیب ۱۱۰ و ۳۸ درصد بود. در این آزمایش با توجه به افزایش تعداد ۴۹۳ مینی تیوبر در مترمربع روش هواکشت انتخاب و توصیه می‌شود.

---

واژه‌های کلیدی: هواکشت، مینی تیوبر، سیب زمینی، صفات، رقم.

---

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۲/۳۱ تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۲۸

۱- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل [d\\_hassanpanah@yahoo.com](mailto:d_hassanpanah@yahoo.com)

۲- عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد میانه، میانه، ایران.

## مقدمه

سیب زمینی از نظر اهمیت غذایی سومین محصول پس از گندم و برنج در کشور ما به شمار می‌رود. با توجه به این که در بسیاری از محصولات کشاورزی به ویژه سیب زمینی بیماری های ویروسی سهم به سزایی در کاهش عملکرد و کیفیت محصول دارند. اهمیت ایجاد گیاهچه های سالم و مینی تیوبرهای عاری از ویروس و ازدیاد و تکثیر سریع آنها در سطح وسیع کاملاً روشن است، به طوری که حدود ۳۰۰ عامل بیماری و آفت در این گیاه شناخته شده که انتقال آن ها از طریق غده های آلوده به نسل بعد می تواند باعث کاهش محصول حتی تا ۹۰ درصد گردد. گیاهچه ها و مینی تیوبرهای عاری از عوامل بیماری زا در سیب زمینی که از طریق کشت بافت تولید شده اند، می تواند به عنوان یکی از بهترین منابع در فرآیند تولید بذورگواهی شده مورد استفاده قرار گیرد (Pajohandeh, 2001).

بر اساس آخرین آمار وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیرکشت سیب زمینی کشور حدود ۱۵۴ هزار هکتار با تولید حدود ۴/۱۱ میلیون تن و متوسط عملکرد غده آبی ۲۷ تن در هکتار برآورد شده است (Anonymous, 2010). با توجه به سطح زیر کشت فعلی سیب زمینی در کشور، سالانه حدود ۴۸۰ هزار تن غده بذری مورد نیاز است که بر این اساس بایستی هر سال ۶ هزار تن غده بذری سالم مادری تولید شود. استان اردبیل با سطح زیرکشت حدود ۲۸ هزار هکتار و تولید بیش از ۸۰۰ هزار تن سیب زمینی با توجه به شرایط آب و هوایی یکی از مناطق مساعد و مناسب کشت و کار این محصول می باشد (Hassanpanah and Azimi, 2011).

قدرت توتیپتَنسی<sup>۱</sup> در اکثر گیاهان وجود دارد (Mascarenhas, 1993) اگر از این خاصیت در جهت تولید مینی تیوبر استفاده شود، مسلماً کارآیی تولید محصول بذری به خصوص بذر سالم را افزایش می دهد. تا سال ۱۹۹۰ روش هوا کشت برای تولید سیب زمینی عاری از ویروس فقط در تعدادی از کشورها انجام می شده است. بیشتر غده های تولید شده در این روش وزن کوچک تر از ۱۰ گرم داشتند (Caspersen et al., 1999). نیکولس و همکاران (Nichols et al., 2004) استفاده از روش هواکشت را یک روش سریع برای تولید بذر

سالم سیب زمینی پیشنهاد نمودند. روش هواکشت برای تولید سیب زمینی عاری از ویروس مورد استفاده قرار گرفت (Kang and Han, 2005). در روش هواکشت دسترسی به ریشه امکان پذیر است و ریشه در هوا و بدون فشار مکانیکی رشد می کند و تهویه ریشه ها به خوبی انجام شده و باعث افزایش محصول می شود (Gysi and Allmen, 1997). در این روش می توان از بیماری های خاکی جلوگیری کرده و با افزایش ذخیره آب و مواد معدنی در اطراف ریشه، تولید محصولات را بهینه نمود (Lugt et al., 1964). در این روش به علت دسترسی آسان به ریشه می توان اقدام به برداشت مینی تیوبرهای تولید شده نمود. این روش کاشت در تولید گیاهان مثل کاهو (Gysi and Allmen, 1997)، گوجه فرنگی (Biddinger et al., 1998)، خیار (Park et al., 1997)، گل داوودی (Molitor et al., 1999) و گیاه فرفیون مکزیک (Scoggins and Mills, 1998)، آکاسیا مانجیوم<sup>۲</sup> (Martin and Farran, 1997) و سیب زمینی (Mingo-Castel, 2006; Kang and Han, 2005; Nichols et al., 2004; Nugaliyadde et al., 2005) موفق بوده است.

لومن (Lommen, 1995) با استفاده از روش برداشت مکرر، بیش از ۳۵۰۰ غده با اندازه کوچک (کمتر از ۵ میلی متر) تولید نمود. علت آن این است که با برداشت مینی تیوبرهای بزرگ، اجازه تولید مینی تیوبرهای جدید و هم چنین رشد به آن ها می دهد. ریتزر و همکاران (Ritter et al., 2001) با بررسی مینی تیوبرهای تولیدی در روش کشت هیدروپونیک و هوا کشت نتیجه گرفتند که وزن مینی تیوبر در بوته در روش هوا کشت ۷۰ درصد و تعداد مینی تیوبر بیش از ۲/۵ برابر بود. همچنین گزارش کردند در این روش وزن غده ۳۳ درصد کاهش می یابد. کنگ و هان (Kang and Han, 2005) با بررسی سه نوع تغذیه گیاهی گزارش کردند استفاده از محلول تغذیه شامل ۱۲ درصد ازت کل، ۵ درصد فسفر، ۲۰ درصد پتاسیم و ۲ درصد منیزیم باعث افزایش ۱۳ درصد عملکرد غده در متر مربع می شود. نوگالیده و همکاران (Nugaliyadde et al., 2005) گزارش کردند که روش هوا کشت برای تولید بذر بهتر از سیب زمینی مناسب می باشد و هم چنین نتیجه گرفتند که طول استولون و تعداد مینی تیوبر در بوته در این روش بیشتر

<sup>2</sup> *Acacia mangium*

<sup>1</sup> Totipotency

تصادفی در سه تکرار کشت شدند. آب و عناصر غذایی ضروری به ریشه گیاه توسط پمپاژ و وسایل ریزکننده به صورت مه پاش انجام گردید و ریشه‌ها مرتباً در معرض ارسال محلول غذایی قرار گرفتند (Lommen and Struik, 1992).

آب مورد نیاز قبل از مصرف به خاطر موجودات ریز بیماری زا و جلبک ها از صافی عبور داده شد. pH محلول ۷-۵/۵ و EC آن کمتر از ۲ بود. برای ضد عفونی محلول غذایی از دو لامپ ۱۶ وات (UV) استفاده گردید. زمان محلول پاشی به ریشه‌ها در هر ۱۵ دقیقه ۳ ثانیه بود. نور مورد نیاز توسط لامپ‌های مهتابی (ترکیب نور متال هالید و سدیم) تامین شد. درجه حرارت بین ۲۲-۱۸ درجه سلسیوس بود. به منظور جلوگیری از رشد قارچ‌های انگلی، کپک و بیماری‌های گیاهی در طول انجام آزمایش، گردش هوا برای خنک سازی، گرم کردن، رساندن CO<sub>2</sub> به گیاه، خارج کردن گازهای نامطلوب مانند اتیلن انجام شد. در طی دوره رشد و بعد از برداشت صفات طول ریشه، طول استولون، ارتفاع بوته، تعداد و وزن مینی تیوبر در بوته و در متر مربع، متوسط اندازه مینی تیوبر و وضعیت انبارمانی اندازه‌گیری و یادداشت برداری شد.

#### ب- روش کشت معمولی در شرایط گلخانه

گیاهچه‌های دو رقم آگریا و ساوالان در بستر کاشت با پوکه معدنی به نسبت حجمی ۱:۱ براساس طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار کشت شدند. بلافاصله پس از اتمام عملیات کاشت، کلیه گیاهچه‌ها آبیاری شدند. در طی مراحل رشد عملیات آبیاری و وجین علف‌های هرز به طور منظم انجام شد. مصرف محلول غذایی مشابه روش هواکشت بود (Lommen and Struik, 1992). برای مبارزه با آفات از حشره‌کش کنفیدور به مقدار ۲/۵ میلی لیتر در ۱۰۰ مترمربع و برای مبارزه با بیماری‌های قارچی از قارچ کش مانکوزب به مقدار ۱۰ گرم در ۱۰۰ مترمربع استفاده گردید. قسمت‌های هوایی ۱۰ روز قبل از برداشت مینی تیوبرها سربرداری شدند. پس از سپری شدن حدود ۸۰ روز، مینی تیوبرها برداشت شدند و صفات طول ریشه، طول استولون، ارتفاع بوته، تعداد و وزن مینی تیوبر در بوته و در متر مربع، متوسط اندازه مینی تیوبر و وضعیت انبارمانی اندازه‌گیری شدند.

پس از انجام آزمون یکنواختی اشتباه آزمایشی دو روش کشت با آزمون بارتلت، تجزیه واریانس مرکب برای صفات

بود. فارن و مانگوکاستل (Farran and Mingo-Castel, 2006) با بررسی تراکم ۶۰ و ۱۰۰ بوته در مترمربع و زمان برداشت هر ۷، ۱۰ و ۱۴ روز نتیجه گرفتند در برداشت هر ۷ روز بیشترین عملکرد غده کل با ۱۱۸/۶ گرم در بوته و ۱۳/۴ غده در بوته با وزن ۸/۱ گرم مشاهده شد. در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع بیشترین تعداد مینی تیوبر (۸۰۰ مینی تیوبر در متر مربع) تولید گردید.

واردات بذر سیب‌زمینی از کشورهایی نظیر آلمان، هلند و فرانسه، که علاوه بر خروج ارز، باعث ورود آفات و امراض جدیدی به داخل کشور می‌گردد و از آنجایی که قطع وابستگی از اهداف ملی کشورهای در حال توسعه از جمله ایران می‌باشد، انجام تحقیقات کاربردی در زمینه تأمین گیاهچه، مینی تیوبر و بذر سالم سیب‌زمینی در کلاس‌های مختلف بذری از اهمیت زیادی برخوردار است. نتایج تحقیقات کاربردی در این خصوص کمک موثری در زمینه تأمین بذر سالم سیب‌زمینی به کشاورزان و حتی امکان فروش و صادرات به کشورهای منطقه نیز می‌باشد.

هدف از این پژوهش بررسی امکان تولید مینی تیوبر دو رقم سیب‌زمینی در روش هواکشت و مقایسه آن با روش کشت معمولی از لحاظ تعداد، وزن و انبارمانی مینی تیوبرهای تولیدی می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

در سال ۱۳۸۸، این تحقیق به منظور بررسی امکان تولید مینی تیوبر دو رقم سیب‌زمینی (آگریا و ساوالان) از گیاهچه‌های عاری از ویروس، در روش هواکشت در شرایط درون شیشه‌ای و مقایسه آن با روش کشت معمولی در شرایط گلخانه ای در شرکت تولید بذر دشت زرین اردبیل انجام شد. در این آزمایش پس از سالم‌سازی گیاهچه‌های دو رقم ساوالان و آگریا به روش کشت مریستم، تکثیر آن‌ها به روش قلمه‌های تک جوانه انجام شد. گیاهچه‌های تولید شده پس از ساقه‌زایی و ریشه‌زایی به اتاق تطابق‌پذیری منتقل شدند و به دو روش کشت معمولی و هواکشت در دو آزمایش جداگانه به شرح ذیل کشت شدند.

#### الف- روش کشت آتروپونیک (هواکشت) در شرایط

##### درون شیشه‌ای

گیاهچه‌های دو رقم سیب‌زمینی آگریا و ساوالان در روی جعبه‌های نشا با تراکم ۱۰×۱۰ سانتی‌متر براساس طرح کاملاً

و اين روش براى توليد بذر پيش پايه سيب زميني مناسب مي باشد. افزايش وزن ميني تيوبر در روش هواكشت در مقايسه با روش كشت معمولي توسط ساير محققين نيز گزارش شده است ( Cho *et al.*, 1996; Ritter *et al.*, 2001; Soffer and Burger, 1988).

در روش هواكشت، در اولين مرحله برداشت تعداد ميني تيوبر كمتر و وزن آن بيشتر و در آخرين برداشت (بعد از ۴ ماه) تعداد ميني تيوبر بيشتر و وزن كمتر توليد شد. در اين روش، برداشت ميني تيوبرها باعث افزايش تشكيل استولون هاى جديد و ميني تيوبرها در گياه شد (Ritter *et al.*, 2001). نتايج مشابه توسط لومن (Lommen, 1995) و حسن پناه و عظيمي (Hassanpanah and Azimi, 2011) در برداشت هاى تكرارى ميني تيوبر در روش معمولي و ريتر و همكاران (Ritter *et al.*, 2001) و مورو و همكاران (Muro *et al.*, 1997) در روش هيدروپونيك و هواكشت گزارش شده است.

به هر حال، در روش هواكشت براى توليد ميني تيوبر با برداشت چند مرحله اى قادر به افزايش وزن و تعداد ميني تيوبر در مترمربع مي شود. در هر دو روش، برداشت چند مرحله اى در روش معمولي و هواكشت تعداد و وزن ميني تيوبر در مترمربع بيشترى توليد مي شود. با اين تفاوت كه در روش هواكشت، آسيب پذيرى ريشه ها به دليل عدم برداشت و كاشت مجدد بوته ها، جلوگیری می شود. در روش هواكشت دسترسی به ريشه امکان پذیر است و ريشه ها در هوا و بدون فشار مكانيكى رشد می کند و آسيب به ريشه در حداقل بوده و تهويه ريشه ها به خوبي انجام شده و باعث افزايش تعداد ميني تيوبر در متر مربع می شود (Gysi and Allmen, 1997). تكنيك برداشت در روش هواكشت آسان بوده و تكرار و برداشت چند مرحله اى امکان توليد غده ها در اندازه مورد نظر را می دهد (Ritter *et al.*, 2001). روش هواكشت براى توليد ميني تيوبر سيب زميني در شرايط آب و هوايى گرمسير مناسب می باشد (Kang *et al.*, 1996).

بيشترين متوسط اندازه ميني تيوبر در رقم آگريا در روش كشت معمولي مشاهده شد (شكل ۳). با توجه به اين كه متوسط اندازه ميني تيوبر از تقسيم وزن ميني تيوبر بر تعداد ميني تيوبر حاصل می شود و هر چه تعداد ميني تيوبر كمتر باشد اندازه ميني تيوبرها بيشتر خواهد شد. در اين آزمايش حداقل ميني تيوبر در رقم آگريا در روش كشت معمولي توليد شده و

مورد مطالعه محاسبه گرديد. تجزيه واريانس، مقايسه ميانگين داده هاى حاصل از اندازه گيري هاى آزمايشگاهي و گلخانه اى و همبستگي بين صفات با استفاده از نرم افزار MSTATC و SPSS محاسبه گرديد. هم چنين از نرم افزار Excel براى رسم نمودارها استفاده شد.

## نتايج و بحث

نتايج تجزيه واريانس صفات مورد ارزيابى نشان داد كه بين روش كشت، ارقام و اثر متقابل آن ها از لحاظ صفات تعداد و وزن ميني تيوبر در متر مربع، متوسط اندازه ميني تيوبر، ارتفاع بوته و طول استولون اختلاف معنى دار وجود دارد. بين اثر متقابل روش كشت و رقم از لحاظ صفت طول ريشه و بين ارقام از لحاظ صفت ميزان افت انبارى اختلاف معنى دار مشاهده شد (جدول ۱).

نتايج اثر متقابل رقم و روش كشت نشان داد كه رقم ساوالان در روش هواكشت داراى بيشترين تعداد و وزن ميني تيوبر در متر مربع می باشد (شكل ۱ و ۲). اختلاف تعداد و وزن ميني تيوبر در متر مربع رقم ساوالان در روش هواكشت نسبت به روش معمولي به ترتيب ۴۹۳ عدد و ۱۲۴۰ گرم بود. در بخش هاى توليدكننده ميني تيوبر در استان و كشور ميزان برداشت ميني تيوبر از هر گياهچه در گلخانه به طور متوسط حدود ۲-۳ عدد می باشد. در حالى كه ميزان برداشت ميني تيوبر از هر گياهچه در كشورهاى خارج ۳-۴ برابر در روش معمولي گزارش شده است. در اين آزمايش تعداد ميني تيوبر در مترمربع رقم ساوالان در روش هواكشت نسبت به روش معمولي ۴۹۳ ميني تيوبر بيشتر بود. كه علاوه بر درآمد اقتصادى، هزينه توليد پايين آمده و ميني تيوبرها با قيمت پايين ترى به دست زارعين پيشرو خواهد رسيد. تا گام مؤثر در قطع وابستگي به كشورهاى بيگانه از نظر واردات بذر سيب زميني برداشته شود.

در اين آزمايش افزايش تعداد و وزن ميني تيوبر در متر مربع در روش هواكشت نسبت به روش معمولي به ترتيب ۱۱۰ درصد (۲/۱ برابر) و ۳۸ درصد بود. ريتر و همكاران (Ritter *et al.*, 2001) ميزان افزايش تعداد و وزن ميني تيوبر در متر مربع را به ترتيب ۱۵۳ درصد (بيش از ۲/۵ برابر) و ۷۰ درصد در روش هواكشت گزارش كردند. نوگاليد و همكاران (Nugaliyadde *et al.*, 2005) نتيجه گرفتند كه در روش هواكشت تعداد و وزن ميني تيوبر در بوته بيشترى توليد می شود

در غده زایی زمانی مشاهده می شود که در محیط استولون تنش مکانیکی وجود ندارد (Lugt et al., 1964). این حالت در روش هوا کشت مشاهده می شود که ریشه ها با مقاومت مکانیکی برخورد نمی کنند.

در روش هواکشت مخزن تولید مینی تیوبر توسط پلاستیک سیاه پوشانده شده و تولید مینی تیوبر در تاریکی صورت گرفت. تاریکی مطلق برای تشکیل مینی تیوبر ضروری است در غیر این صورت با نور حداقل، توسعه نوک استولون کمتر و اندازه برگ ها کوچک و سفید می شود و در نهایت هیچ مینی تیوبری تشکیل نمی گردد (Ritter et al., 2001). در این آزمایش در محلول غذایی از نیتروژن که برای رشد گیاه و از کلسیم که برای توسعه نوک استولون و شروع غده زایی ضروری می باشد، استفاده گردید. ریتز و همکاران (Ritter et al., 2001) و کانگ و همکاران (Kang et al., 1996) نیز گزارش کردند که استفاده از نیتروژن در محلول غذایی باعث افزایش رشد محصول سیب زمینی می شود. استفاده از کلسیم می تواند توانایی بهبود تغذیه در نوک استولون ها برای شروع غده زایی را افزایش دهد (Balamani et al., 1986). به هر حال تغذیه، تراکم کاشت، تعداد برداشت، فواصل برداشت مناسب و افزایش شدت نور و غنی سازی CO<sub>2</sub> باعث افزایش تولید در روش هوا کشت می شود که باید مد نظر قرار گیرد.

نتایج حاصل از همبستگی خطی بین صفات نشان داد که وزن مینی تیوبر در متر مربع با صفات متوسط اندازه مینی تیوبر و ارتفاع بوته مثبت و معنی دار و با میزان افت انباری منفی و معنی دار و میزان افت انباری با طول استولون و ریشه رابطه منفی و معنی دار دارند (جدول ۲).

در این آزمایش استفاده از روش هواکشت در رقم ساوالان باعث افزایش ۴۹۳ عدد مینی تیوبر در متر مربع شد. براساس مصوبات سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل هر عدد مینی تیوبر در سال ۱۳۹۰ به مبلغ ۲۴۰۰ ریال می باشد. با توجه به نتایج دست آمده در این آزمایش، در صورت کشت رقم ساوالان تعداد ۴۹۳ مینی تیوبر در متر مربع با مبلغ حدود ۱۱۸۳۲۰۰ ریال سود بیشتری عاید تولید کنندگان مینی تیوبر خواهد شد.

به همین جهت متوسط اندازه مینی تیوبرها در این تیمار بیشتر بوده است. در این آزمایش متوسط اندازه مینی تیوبر در روش هواکشت کمتر بود. نتایج مشابه توسط ریتز و همکاران (Ritter et al., 2001) گزارش شده است. آن ها میزان کاهش را ۳۳ درصد بیان نمودند.

رقم ساوالان در روش معمولی دارای بیشترین ارتفاع بوته نسبت به هواکشت داشت (شکل ۴). اما کو و همکاران (Cho et al., 1996)، سوفر و بورگر (Soffer and Burger, 1988) و ریتز و همکاران (Ritter et al., 2001) گزارش کردند که ارتفاع بوته در روش هواکشت در مقایسه با روش معمولی بیشتر است. به نظر می رسد علت افزایش ارتفاع بوته در این آزمایش در روش معمولی استفاده به موقع از مواد غذایی ضروری گیاه می باشد.

بیشترین طول استولون در رقم ساوالان در روش هواکشت مشاهده شد (شکل ۵). تعداد و وزن مینی تیوبر در متر مربع در این تیمار نیز بیشتر بود. نوگالیده و همکاران (Nugaliyadde et al., 2005) گزارش کردند که در روش هوا کشت طول استولون بیشتر می شود. هم چنین ریتز و همکاران (Ritter et al., 2001) گزارش کردند که در روش هواکشت برداشت مینی تیوبرها باعث افزایش تشکیل استولون های جدید و غده ها می گردد. طول ریشه در روش هواکشت در هر دو رقم بیشتر بود (شکل ۶).

بیشترین میزان افت انباری در رقم ساوالان مشاهده گردید (شکل ۷). بین اثر متقابل رقم و روش کاشت از لحاظ صفت میزان افت انباری اختلاف معنی دار مشاهده نشد. اختلاف غیر معنی داری بین انبارمانی مینی تیوبرها در روش کشت معمولی و هواکشت توسط کیم و همکاران (Kim et al., 1999) و ریتز و همکاران (Ritter et al., 2001) نیز گزارش شده است.

در این آزمایش در روش کشت معمولی مینی تیوبرها ۴۰ روز زودتر برداشت شدند. غده زایی و توسعه مینی تیوبرها در روش هواکشت دیرتر اتفاق افتاد. تاخیر در غده زایی در روش هواکشت توسط ریتز و همکاران (Ritter et al., 2001) نیز گزارش شده است. وروگدنهیل و استروئیکی (Vreugdenhil and Struik, 1989) گزارش کردند با شروع غده زایی، رشد استولون متوقف می شود که این مربوط به سنتز اتیلن بود. تأخیر

حسن پناه و فرامرزى. بررسى امکان توليد ميني تيوير در روش كشت آئروپونيك (هواكشت)...

جدول ۱- تجزيه واريانس صفات مورد ارزيايى در روش كشت معمولى و هواكشت دو رقم سيب زمينى

**Table 1. Mean squares of evaluated traits in aeroponic and conventional cultivation systems in two potato cultivars**

S.O.V.	D.F.	Mean of squares		
		Mini-tuber number	Mini-tuber weight	Average of mini-tuber size
Cultivation system (A)	1	421575**	2701803*	19.89**
Error	4	3475	436586.67	0.96
Cultivar (B)	1	143008**	873720.33*	5.73*
A×B	1	42008*	354043.00*	6.024*
Error	4	3408	63306.67	0.925
C.V. (%)		9.94	6.96	14.36

\* و \*\*: به ترتيب معنى دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

\* and \*\*: Significant at 5 and 1% of probability levels, respectively.

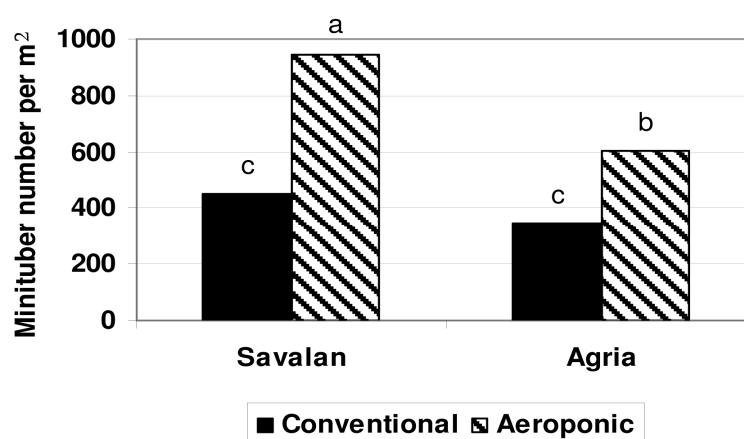
**Table 1 Continued**

ادامه جدول ۱

S.O.V.	D.F.	Mean of squares			
		Plant height	Stolon length	Root length	Rate of storage damage
Cultivation system (A)	1	0.33	675.00**	252.08**	381.60*
Error	4	1.33	8.42	2.17	33.38
Cultivar (B)	1	5.33**	12.00	10.08**	564.85*
A×B	1	0.33	160.33*	18.75**	314.55*
Error	4	0.33	4.42	0.17	29.47
C.V. (%)		13.32	11.90	3.63	12.35

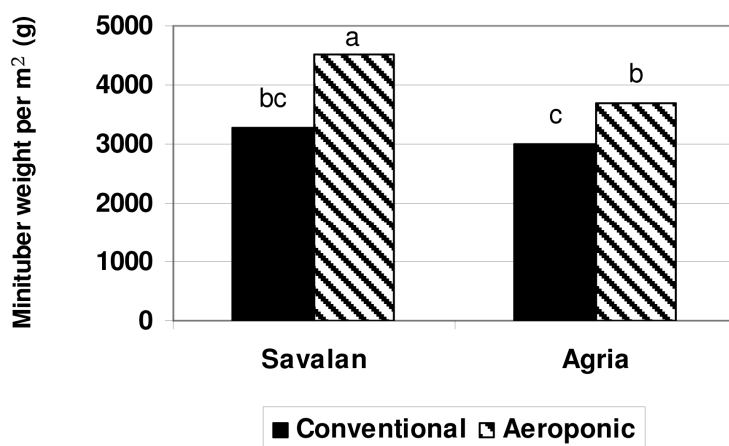
\* و \*\*: به ترتيب معنى دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

\* and \*\*: Significant at 5 and 1% of probability levels, respectively.



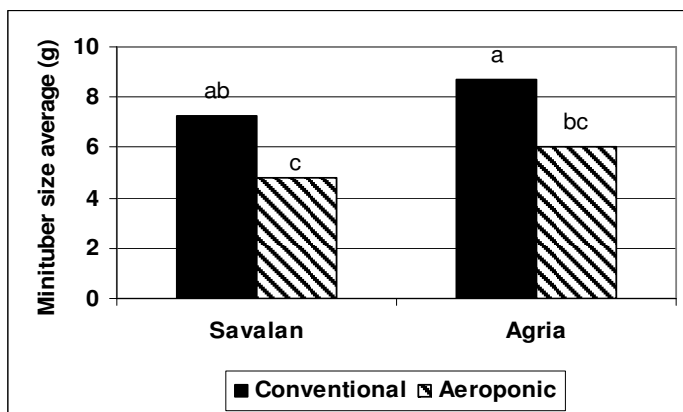
شکل ۱- میانگین تعداد مینی تیوبر در متر مربع در دو رقم و روش های کشت معمولی و هواکشت

**Figure 1. Mean of mini-tuber numbers per m<sup>2</sup> for two cultivars in aeroponic and conventional cultivation systems**



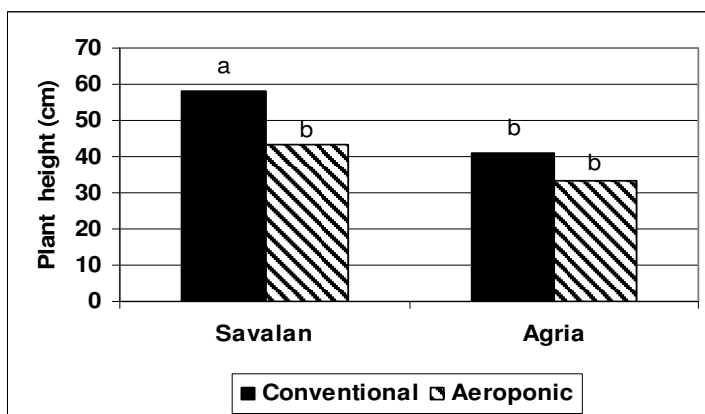
شکل ۲- میانگین وزن مینی تیوبر در متر مربع در دو رقم و روش های کشت معمولی و هواکشت

Figure 2. Mean of mini-tuber weight per m<sup>2</sup> for two cultivars in aeroponic and conventional cultivation systems



شکل ۳- میانگین متوسط اندازه مینی تیوبر در دو رقم و روش های کشت معمولی و هواکشت

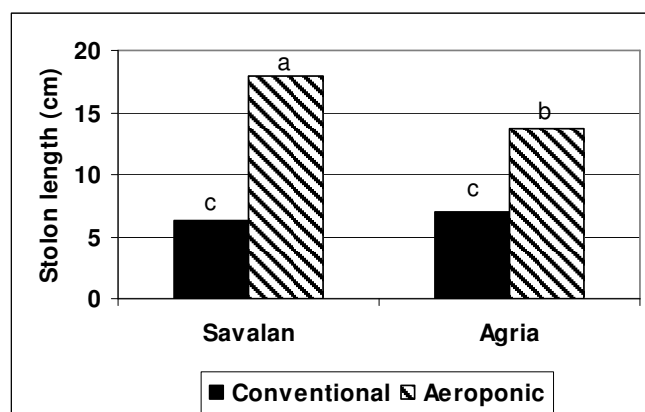
Figure 3. Mean of mini-tuber size average for two cultivars in aeroponic and conventional cultivation systems



شکل ۴- میانگین ارتفاع بوته در دو رقم و روش های کشت معمولی و هواکشت

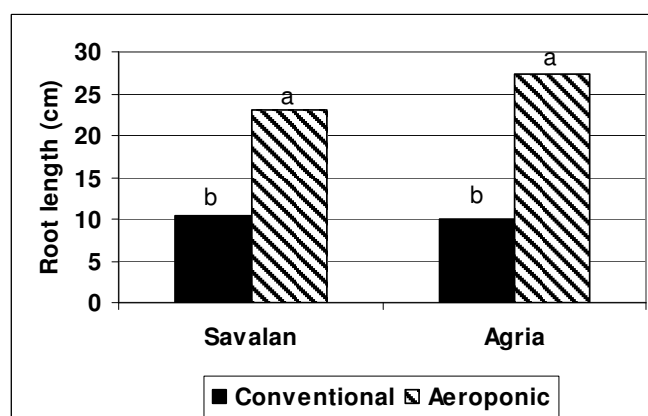
Figure 4. Mean of plant height for two cultivars in aeroponic and conventional cultivation systems

حسن پناه و فرامرزى. بررسى امکان توليد ميني تيوبر در روش كشت آئروپونيك (هواكشت)...



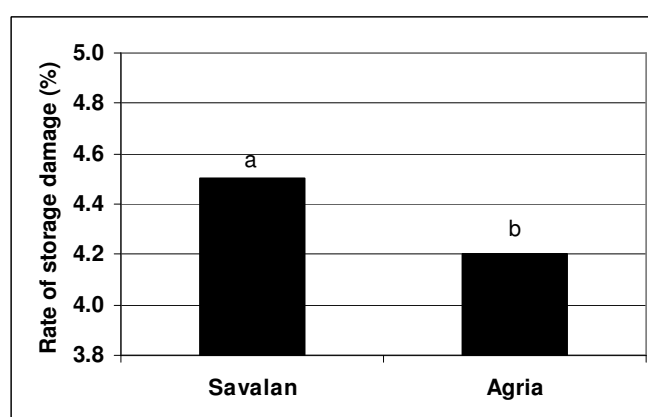
شکل ۵- میانگین طول استولون در دو رقم و روش‌های کشت معمولی و هواکشت

Figure 5. Mean of stolon length for two cultivars in aeroponic and conventional cultivation systems



شکل ۶- میانگین طول ریشه در دو رقم و روش‌های کشت معمولی و هواکشت

Figure 6. Mean of root length for two cultivars in aeroponic and conventional cultivation systems



شکل ۷- میانگین میزان افت انباری در دو رقم سیب‌زمینی مورد مطالعه در دو روش کشت معمولی و هواکشت

Figure 7. Mean of storage damages for two cultivars in aeroponic and conventional cultivation systems



جدول ۲- همبستگی بین صفات مورد ارزیابی برای ارقام و روش های کشت معمولی و هوا کشت

**Table 2. Correlation between traits for cultivars in two aeroponic and conventional cultivation systems**

Correlation	Mini-tuber number m <sup>2</sup>	Mini-tuber weight m <sup>2</sup>	Average of mini-tuber size	Plant height	Storage damages	Root length
Mini-tuber weight per m <sup>2</sup>	0.71	-				
Average mini-tuber size	0.72	0.95*	-			
Plant height	-0.81	0.95*	0.20	-		
Storage damages	-0.68	-0.92*	0.19	-0.21	-	
Root length	-0.32	0.50	-0.25	-0.21	-0.96*	-
Stolon length	0.86	0.11	0.91	0.18	-0.96*	0.99*

\*: معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵

\*: Significant at 5% level of probability.

### References

- Anonymous (2010) Statistics vegetables (potato). Jihad-e-Agriculture Ministry. <http://www.maj.ir>
- Balamani V, Veluthambi K, Poovaiah BW (1986) Effect of calcium on tuberization in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Physiology* 80: 856-858.
- Biddinger EJ, Liu CM, Joly RJ, Raghothama KG (1998) Physiological and molecular responses of aeroponically grown tomato plants to phosphorus deficiency. *Journal of American Society Horticulture Science* 123: 330-333.
- Caspersen S, Sundin P, Munro M, Aoalsteinsson S, Hooker JE, Jensen P (1999). Interactive effects of lettuce (*Lactuca sativa* L.), irradiance and ferulic acid in axenic, hydroponic culture. *Plant Soil* 210: 115-126.
- Cho YD, Kang SG, Kim YD, Shin GH, Kim KT (1996) Effects of culture systems on growth and yield of cherry tomatoes in hydroponics. *Journal of Agricultural Science* 38: 563-567.
- Farran I, Mingo-Castel AM (2006) Potato mini-tuber production using aeroponics: Effect of plant density and harvesting intervals. *American Journal of Potato Research* 83(1): 47-53.
- Gysi C, Allmen FV (1997) Balance of water and nutrients in tomatoes grown on soilless systems. *Agrarforschung* 4:1.
- Hassanpanah D, Azimi J (2011) Mini-tuber production potential of potato cultivars in repeated and conventional harvesting under in vivo condition. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 9(1): 398-403.
- Kang BK, Han SH (2005) Production of seed potato (*Solanum tuberosum* L.) under the recycling capillary culture system using controlled release fertilizers. *Journal of Japan Society Horticulture Science* 74(4): 295-299.
- Kang JG, Yang SY, Kim SY (1996) Effects of nitrogen levels on the plant growth, tuberization and quality of potatoes grown in aeroponics. *Journal of Korean Society Horticulture Science* 37: 761-766.
- Kim HS, Lee EM, Lee MA, Woo IS, Moon CS, Lee YB, Kim SY (1999) Production of high quality potato plantlets by autotrophic culture for aeroponic systems. *Journal of Korean Society Horticulture Science* 123: 330-333.
- Lommen WJM (1995) Basic studies on the production and performance of potato mini-tubers. Ph.D thesis, Wageningen Agriculture University, Wageningen, The Netherlands, 181 pp.
- Lommen WJM, Struik PC (1992) Production of potato mini-tubers by repeated harvesting: Effects of crop husbandry on yield parameters. *Potato Research* 35: 419-432.
- Lugt C, Bodlaender KBA, Goodijk G (1964) Observation on the induction of second growth in potato tubers. *European Potato Journal* 4: 219- 227.
- Martin-Laurent F, Lee SK, Tham FY, He J, Diem HG, Durand P (1997) A new approach to enhance growth and nodulation of *Acacia mangium* through aeroponic culture. *Biological Fertilizer Soils* 25: 7-12.
- Mascarenhas F (1993) Handbook of plant tissue culture, ICAR, New Delpi, 27.
- Molitor HD, Fischer M, Popadopoulos AP (1999) Effect of several parameters on the growth of chrysanthemum stock plants in aeroponics. *Acta Horticulture* 481(1): 179-186.
- Muro J, Diaz V, Goni JL, Lamsfus C (1997) Comparison of hydroponic culture and culture in a peat/sand mixture and the influence of nutrient solution and plant density on seed potato yields. *Potato Research* 40: 431-438.
- Nichols M, Christie B, Jegathees A, Gibson J (2004) Rapid high health seed potato production using aeroponics. Massey University. <http://www.maximumyield.com/viewart.php?article=182>.

- Nugaliyadde MM, De Silva HDM, Perera R, Ariyaratna D, Sangakkara UR (2005) An aeroponic system for the production of pre-basic seeds of potato. *Annals Sri Lanka Department Agriculture* 7: 199-208.
- Pajohandeh M (2001) Creation of in vitro bank of potato virus-free germplasm. M.Sc. thesis, Department of Plant Pathology, Tarbiat Modarres University, Tehran. 210 pp.
- Park HS, Chiang MH, Park HS (1997) Effects of form and concentration of nitrogen in aeroponic solution on growth, chlorophyll, nitrogen contents and enzyme activities in *Cucumis sativum* L. plant. *Journal of Korean Society Horticulture Science* 38: 642-646.
- Ritter E, Angulo B, Riga P, Herran C, Relloso J, Sanjose M (2001) Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato mini-tubers. *Potato Research* 44: 127-135.
- Scoggins HL, Mills HA (1998) Poinsettia growth, tissue nutrient concentration, and nutrient up take as influenced by nitrogen form and stage of growth. *Journal of Plant Nutrition* 21: 191-198.
- Soffer H, Burger DW (1988) Effects of dissolved oxygen concentration in aero-hydroponics on the formation and growth of adventitious roots. *Journal of American Society Horticulture Science* 3: 218-221.
- Vreugdenhil D, Struik PC (1989) An integrated view of the hormonal regulation of tuber formation in potato (*Solanum tuberosum*). *Physiologia Plantarum* 75: 525-531.