دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

سال سیزدهم شماره‌ی ۴۹
بهار ۱۴۰۱، صفحات ۳۹-۳۱

# بررسی پتانسیل تولید میکروتیوبر از گیاهچه‌های ارقام مختلف Solanum tuberosum L. در شرایط آزمایشگاهی

مصطفی جهانی‌جلودارلو *
گروه بیوتکنولوژی، دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور تهران، تهران، ایران
E-mail: jahani.mostafa@chmail.ir

محمدعلی ابراهیمی
گروه بیوتکنولوژی، دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور تهران، تهران، ایران

داود حسن‌پناه کلور
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، ایران

ارسال: ۱۴۰۱/۰۷/۲۷ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۲۵ پذیرش:۱۴۰۱/۰۹/۰۲

## چکیده

این تحقیق به‌منظور بررسی پتانسیل تولید میکروتیوبر از گیاهچه‌های ارقام مختلف سیب‌زمینی در شرایط آزمایشگاهی اجراء شد. گیاهچه‌های پنج رقم سیب‌زمینی (آگریا، سانته، مارفونا، ساوالان و کایزر) حاصل از کشت مریستم درشرایط درون شیشه‌ای به روش قلمه‌های تک جوانه تکثیر شدند و از این گیاهچه‌ها برای تولید میکروتیوبر استفاده شد. نتایج تجزیه واریانس حاصل از اندازه‌گیری صفات نشان داد که ارقام سیب-زمینی از نظر صفات تعداد، وزن و قطر میکروتیوبر در گیاهچه، تعداد برگ در گیاهچه، ارتفاع گیاهچه دارای اختلاف معنی‌دار بودند. بیش‌ترین قطر میکروتیوبر در گیاهچه مربوط به ارقام مارفونا و کایزر، وزن میکروتیوبر در گیاهچه مربوط به ارقام سانته و مارفونا، تعداد میکروتیوبر در گیاه‌چه مربوط به ارقام سانته، مارفونا، آگریا و ساوالان، تعداد برگ در گیاهچه مربوط به ارقام سانته، ساوالان، مارفونا و کایزر و ارتفاع گیاهچه مربوط به ارقام کایزر، ساوالان و مارفونا بود. ضرایب همبستگی خطی بین صفات مورد مطالعه نشان داد که وزن میکروتیوبر تولیدی در هر گیاه‌چه با تعداد میکروتیوبر در هر گیاهچه و تعداد برگ در هر گیاهچه و قطر میکروتیوبر با تعداد برگ در هر گیاه‌چه رابطه مثبت و معنی‌دار داشتند. براساس نتایج تجزیه خوشه‌های گروه دوم با ارقام سانته، ساوالان، کایزر و مارفونا به‌عنوان ارقام برتر انتخاب شدند.

**کلید واژه:** Solanum tuberosum، گیاهچه، میکروتیوبر، رقم.

**مقدمه**

سیب‌زمینی یکی از گیاهان مهم بین محصولات زراعی جهان است. جنبه تغذیه‌ای، اجتماعی و اقتصادی این گیاه مهم جالب و قابل توجه بوده است (لومن ۱۹۹۵). سیب‌زمینی (Solanum tuberosum L.) چهارمین محصول مهم زراعی پس از گندم، برنج و ذرت در جهان می باشد و در رژیم غذایی بشر از جایگاه خاصی برخوردار است به‌طوری‌که سازمان ملل و سازمان غذا و کشاورزی سال ۲۰۰۸ را به‌عنوان "سال جهانی سیب‌زمینی" نام نهادند (کره‌ا و همکاران ۲۰۱۹). این گیاه نقش عمده‌ای در تغذیه مردم جهان دارد و به‌خاطر عملکرد بالا، مقدار انرژی و پروتئین آن در واحد سطح بیش از گندم و برنج مورد توجه است (ماچاکوا و همکاران ۱۹۹۸، خواجه پور ۱۳۸۳). از نظر ارزش غذایی بعد از تخم مرغ در ردیف دوم منابع غذایی ساده جهان قرار دارد (ویرسما ۲۰۱۸).

این محصول با دارا بودن نشاسته و اسیدهای آمینه ضروری و مورد نیاز انسان به‌خصوص ویتامین‌های B و C دارای ارزش غذایی بالایی است (حسن‌پناه و همکاران ۱۳۹۷). بهترین رشد این گیاه در مناطق سرد که دارای شب‌های خنک و روزهای معتدل بوده و از تابش کامل برخوردار می‌باشد، صورت می‌گیرد (سیبروک ۲۰۰۵). این گیاه بیش از ۲۰۰ سال است که در ایران کشت می‌شود و روز به روز مصرف سرانه آن افزایش می‌یابد. سطح زیرکشت سیب زمینی در ایران حدود ۱۸۹ هزار هکتار با تولید حدود ۵/۲ میلیون تن و متوسط عملکرد ۲۵ تن در هکتار گزارش شده است (فائو ۲۰۱۱).

سطح زیرکشت سیب زمینی در جهان حدود ۱۹ میلیون هکتار و تولید جهانی آن بیش از ۳۰۰ میلیون تن می‌باشد. متوسط تولید در واحد سطح (هکتار) در جهان حدود ۱۶ تن می‌باشد. دلیل پایین بودن متوسط جهانی تولید این محصول در کشورهای مناطق حاره‌ای با آب و هوای نامساعد و تکنولوژی پایین می‌باشد که در آن‌ها عملکرد سیب‌زمینی پایین می‌باشد.

مهم‌ترین کشورهای تولیدکننده سیب‌زمینی از نظر مقدار تولید به‌ترتیب کشورهای چین، هند، هلند، بلژیک، آمریکا، آلمان، دانمارک و انگلستان می‌باشند، ایران از لحاظ تولید سیب‌زمینی در جهان رتبه ۱۲ و در آسیا سومین تولید کننده بعد از چین و هندوستان می‌باشد (فائو ۲۰۱۱). تکثیر سریع سیب‌زمینی معمولاً به‌وسیله تکنیک قلمه گره‌دار انجام می‌گیرد که محصول آن یک گیاهچه آزمایشگاهی است (یو ۲۰۰، حسن‌پناه و همکاران ۱۳۹۷).

گیاهچه‌های سیب‌زمینی گیاهان کوچکی هستند که معمولاً از طریق کشت قلمه‌های سیب‌زمینی دارای جوانه در شرایط درون شیشه تولید می‌شوند (رانالی ۲۰۱۸). کشت بافت ابزاری را جهت تکثیر سریع تعداد زیادی از گیاهان یکنواخت، در عین حفظ ژنوتیپ آن‌ها فراهم کرده است (آریکات و همکاران ۲۰۰۴). استفاده از کشت بافت سیب‌زمینی باعث ذخیره و نگهداری ژرم‌پلاسم سیب‌زمینی، کاربرد آن در مهندسی ژنتیک، استفاده از آن برای تولید گیاهان عاری از ویروس، تکثیر سریع ارقام سالم‌سازی، دسترسی به مواد گیاهی در تمام طول سال و عدم انتقال بیماری‌ها و جلوگیری از گسترش آن می‌شود (حسن‌پناه، ۱۳۹۷).

با استفاده از تکنیک کشت بافت تقریباً ۱۰۰٪ ویروس‌ها از برنامه تولید بذر سیب‌زمینی برطرف می‌شوند. ریزغده‌های کوچک تولید شده از طریق تکنیک کشت به‌دلیل سهولت در نگهداری، انتقال و کشت‌وکار اهمیت ویژه‌ای در مسیر تولید بذر سیب‌زمینی دارند. در واقع تولید ریزغده‌های سیب‌زمینی از طریق کشت بافت انقلابی در صنعت تولید سیب‌زمینی در جهان بوده است (کنث ۲۰۰۴، کانوال و شعیب ۲۰۰۶).

مطالعات زیادی در زمینه میکروتیوبر در سطح جهان انجام شده است، در داخل کشور پناهنده و همکاران (۱۳۹۴) تأثیر میکروتیوبر را بر صفات رویشی و باروری دانه گرده در چندین خانواده حاصل از بذر حقیقی سیب‌زمینی شامل فانتا، آندیژنای، کایز، ساوالان، بک‌کراس بررسی کردند نتایج نشان داد که خانواده ساوالان بیشترین عملکرد غده در تک

بوته را دارد. در مطالعه‌ای دنلی و همکاران (۲۰۰۳) گزارش دادند پتانسیل غده‌زایی ریزنمونه‌های گیاهی سیب‌زمینی تحت شرایط روز بلند (۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) در مقایسه با شرایط روز کوتاه (۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی) بیش‌تر است و در صورت قرار دادن ریزنمونه‌ها در طول روز کم‌تر و یا تاریکی مداوم پتانسیل غده‌زایی کاهش می‌یابد. در تحقیق دیگر سبروک و همکاران (۱۹۹۳) گزارش کردند که رژیم فتوپریودی روز بلند- کوتاه (۱۶ساعت روشنایی و ۸ساعت تاریکی) به شدت غده زایی را در گیاه تحریک نموده و غده‌های تشکیل شده نیز دارای قطر بزرگتر و وزن تر بیش‌تری می‌باشند.

باتوجه به پتانسیل تولید سیب‌زمینی در استان اردبیل و شرایط حاکم بر مزارع این منطقه که سالانه چندین میلیارد خسارت ناشی از آفت، سرمازدگی و عوامل دیگر ایجاد می‌شود، هدف از این تحقیق بررسی پتانسیل تولید میکروتیوبر از گیاهچه‌های ارقام مختلف سیب‌زمینی در شرایط آزمایشگاهی است. با تولید و تکثیر میکروتیوبر مناسب با شرایط منطقه می‌توان بر بسیاری از این مشکلات غلبه کرد.

## مواد و روش‌ها

در این آزمایش گیاهچه‌های حاصل از کشت مریستم پنج رقم سیب زمینی شامل آگریا، سانته، مارفونا، ساوالان و کایزر به روش قلمه‌های تک جوانه در داخل لوله‌های آزمایش تکثیر و از آن‌ها برای تولید میکروتیوبر استفاده شد. این تحقیق در آزمایشگاه بیوتکنولوژی و کشت بافت شرکت بهپرور سبلان تحت شرایط درون شیشه‌ای انجام شد. مراحل انجام آزمایش در ادامه توضیح داده شده است.

- ارزیابی‌های آزمایشگاهی

در این مرحله اتاق کار و فضای کشت، ظروف کشت و سایر وسایل، محیط کشت و مواد گیاهی ضدعفونی شد. برای ضدعفونی کردن از ترکیبات وایتکس و بوژنه جهت شستشوی در و دیوارها استفاده شد. لامپ UV اتاق کشت نیم ساعت قبل از وارد شدن به اتاق کشت روشن گذاشته شد. متذکر می‌شود که اشعه ماوراء بنفش میکروب کش است ولی قابلیت نفوذ به پوست بدن انسان را دارا است و به همین دلیل احتیاط‌های لازم به عمل آمد. برای ضدعفونی کردن لباس‌ها از دستگاه اتوکلاو استفاده شد. ظروف شیشه‌ای که فاقد محیط کشت بودند، در محیط خشک و ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت سه ساعت استریل شدند. وسایل مورد نیاز مثل گیره‌ها، تیغ ها، سوزن ها و قاشقک هنگام کار و به ترتیب با فرو بردن آنها در اتانول ۹۶ درصد، حرارت دادن و سرد کردن استریل شدند.

- تهیه محیط کشت

جهت تهیه محیط کشت، ابتدا استوک های مورد نیاز (محلول های پایه) برای تهیه محیط کشت آماده شدند. سپس در یک ارلن به میزان ۵۰ درصد از حجم نهایی محیط، آب مقطر ریخته و میزان لازم از هر یک از استوک‌ها به آن اضافه گریدند. میواینوزیتول به صورت پودری و ساکارز به آن اضافه گردید و پس از آن محیط به حجم رسانده شد. پس از این مرحله pH محیط به کمک اسید کلریدریک و سود ۱ نرمال تنظیم و سپس آگار به محیط اضافه شد.

در مواردی که محیط درون لوله های آزمایش و شیشه مربایی مورد نیاز باشد، پس از اضافه کردن آگار، ارلن حاوی محیط در داخل ماکروفر یا روی هات پلیت قرار گرفته تا آگار ذوب شود و سپس توزیع محیط در ظروف (شیشه مربایی و لوله آزمایش) صورت گرفت. پس از این مرحله ظروف حاوی محیط کشت در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ اتمسفر به مدت ۱۵ دقیقه اتوکلاو شدند.

پس از سرد شدن و جامد شدن محیط کشت درب‌های آن‌ها بسته شده و با بستن پارافیلم به دور آن‌ها محکم شدند. غلظت نهایی برای تهیه یک لیتر محیط کشت در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- غلظت نهایی در محیط کشت MS

| استوک‌ها | فرمول شیمیایی | mg/lit | استوک‌ها | فرمول شیمیایی | mg/lit |
|---|---|---|---|---|---|
| | $KNO_3$ | ۱۹۰۰ | | $H_3BO_3$ | ۶/۲ |
| | $NH_4NO_3$ | ۱۶۵۰ | | $MnSO_4.H_2O$ | ۲۲/۳۰ |
| نمک‌های ماکرو | $MgSO_4.7H_2O$ | ۳۷۰ | نمک‌های ماکرو | $ZnSO_4.7H_2O$ | ۸/۶۰ |
| | $CACH_2.2H_2O$ | ۴۴۰ | | KI | ۰/۸۳ |
| | $KH_2PO_4$ | ۱۷۰ | | $Na_2MoO_4.2H_2O$ | ۰/۲۵ |
| آهن | $Na_2EDTA.2H_2O$ | ۳۷/۲۶ | | $CuSO_4.5H_2O$ | ۰/۰۲۵ |
| | $FeSO_4.7H_2O$ | ۲۷/۸۰ | | $CoCL_2.6H_2O$ | ۰/۰۲۵ |
| | Niconinic acid | ۰/۵ | میواینوزیتول | MyoInositol | ۱۰۰ |
| ویتامین‌ها و | Thiamin HCL | ۰/۱ | قند | Sucrose | ۳۰ |
| اسیدهای آمینه | Pyridoxine HCL | ۰/۵ | | | |
| | Glycin | ۲ | | | |

پس از به هم زدن، حجم را به یک لیتر رسانده و pH در ۵/۷۸-۵/۸۲ تنظیم شد. در صورت اسیدی با NaOH یک نرمال و در صورت قلیایی با HCL یک نرمال به صورت قطره قطره در روی هات پلت مگنت‌دار (جهت حل و یکنواخت کردن) تنظیم شدند. سپس از ساکارز به اندازه ۳۰ گرم استفاده شد. پس از اضافه کردن آگار، در روی هات پلت مگنت دار به مدت ۲۰-۱۵ دقیقه قرار داده تا آگار حل شود. دما نباید بیش از ۴۰ درجه باشد، چون بعضی مواد تجزیه می شوند. پس از ضدعفونی کردن ساقه‌های جوان حاوی جوانه، پوشش اطراف جوانه با استفاده از بینوکولر در شرایط کاملاً استریل داخل اطاقک رشد و با دقت با پنس و تیغ تیز (اسکالپل) جدا شدند. سپس قسمت انتهایی ساقه‌های در حال رشد به قطعاتی به طول ۶-۵ سانتی‌متر بریده شد و قطعات حاصل تحت شرایط استریل به مدت ۲۰ دقیقه در محلول حاوی ۲/۵ درصد هیپوکلریت سدیم فعال قرار داده شد. قطعات ساقه سه تا چهار بار با آب مقطر استریل شستشو شدند. مریستم انتهایی به اندازه ۰/۱ میلی‌متر یا کوچک‌تر از آن جدا شده و روی پل کاغذی M شکل، در ۱۰ میلی‌لیتر محیط کشت مایع MS حاوی ۰/۱ میلی گرم در لیتر NAA ، ۲/۵ میلی گرم در لیتر جیبرلیک اسید، ۲ قسمت در میلیون کلسیم پانتوتنیک اسید، ۰/۶ درصد آگار و ۳ درصد ساکارز قرار داده شدند. ساقه‌های حاصل از رشد مریستم پس از کشت، نمونه‌های آماده شده به اطاقک رشد انتقال یافتند و تحت تیمار ۱۶ ساعت نور با شدت ۵۰۰۰ لوکس در دمای ۲۲-۱۸ درجه سانتی‌گراد و ۸ ساعت در شرایط تاریکی در دمای ۱۸-۱۷ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۷۵-۶۵ درصد قرار گرفتند. پس از تایید سلامتی گیاهچه‌های حاصل از رشد مریستم‌ها با آزمون ELISA، ساقه‌ها به روش قلمه‌های تک جوانه تکثیر شدند. گیاهچه‌ها زمانی که به ارتفاع چهار سانتی‌متر رسیدند، مجدداً از طریق قلمه تک جوانه تکثیر شدند و عمل واکشت متوالی صورت گرفت. سپس گیاهچه ها زیر لامینار ایرفلو به وسیله اسکالپل به قطعاتی که حاوی یک برگ و گره بودند تقسیم شدند و به‌وسیله پنس از داخل لوله آزمایش بیرون آورده شدند و به لوله آزمایش دیگری که حاوی محیط کشت MS بود انتقال داده شد و جوانه ها در داخل لوله آزمایش حاوی محیط کشت MS رو به بالا قرار گرفتند و سپس دهانه لوله آزمایش با پنبه های استریل شده بسته شد و به اتاق کشت منتقل شد و بعد از گذشت یک

ماه از رشد گیاهچه ها در داخل لوله آزمایش عمل فویل بندی ارقام سانته، آگریا، ساوالان، مارفونا و کایزر صورت گرفت تا میکروتیوبرهای ارقام مورد مطالعه از گیاهچه‌های حاصل از کشت مریستم در تاریکی کامل و دمای ۲۲-۱۸ درجه سانتی‌گراد در محیط کشت MS تولید شوند. بعد از فویل بندی لوله‌های آزمایش حاوی گیاهچه به اتاق کشت انتقال داده شد. در طی دوره رشد در آزمایشگاه صفاتی از قبیل طول ساقه، وزن میکروتیوبر، تعداد برگ، قطر میکروتیوبر یادداشت برداری گردید. داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار SAS تجزیه واریانس انجام داده و مقایسه میانگین‌ها با روش دانکن با یکدیگر مقایسه شدند. رسم نمودارها با نرم افزار Excel صورت گرفت.

## نتایج و بحث

صفات مختلف میکروتیوبرها با استفاده از تجزیه واریانس مورد بررسی قرار گرفتند که نتایج به‌دست آمده در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که بین ارقام مورد مطالعه از نظر صفات قطر میکروتیوبر، وزن میکروتیوبر تولیدی، تعداد میکروتیوبر، تعداد برگ و طول ساقه اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد که با مطالعات پناهنده و همکاران (۱۳۹۴) در شرایط آزمایشگاهی مطابقت دارد. این امر حاکی از تنوع زنتیکی بالای بین ارقام به‌منظور گزینش برای صفات مورد نظر می‌باشد (جهانی و همکاران، ۱۳۹۲).

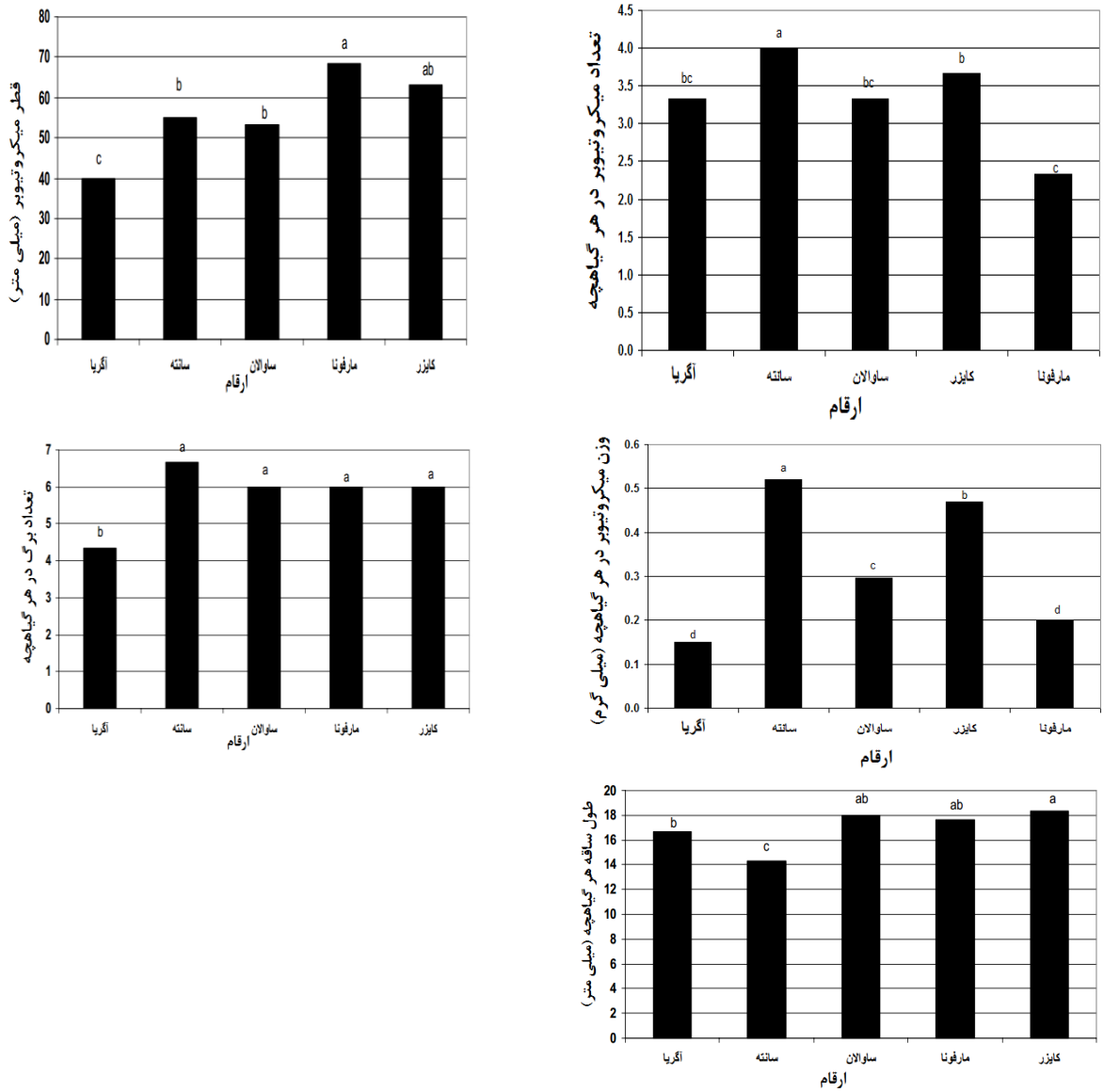
جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در ارقام مختلف سیب‌زمینی

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | قطر میکروتیوبر | وزن میکروتیوبر | تعداد میکروتیوبر | تعداد برگ | طول ساقه |
| ارقام | ۴ | ۳۴۸/۹** | ۰/۰۸** | ۱/۱۷** | ۲/۲۷** | ۷/۸۳** |
| اشتباه | ۱۰ | ۴۱/۹ | ۰/۰۰۳ | ۰/۱۱۷ | ۰/۳۱۷ | ۰/۴۸۳ |
| ضریب تغییرات ٪ | | ۱۹/۲۸ | ۲۹/۷۵ | ۱۸/۷۱ | ۱۴/۹۹ | ۹/۵۱ |
| ضریب تبیین | | ۰/۸۱۸ | ۰/۹۳۴ | ۰/۸۷۳ | ۰/۸۲۴ | ۰/۸۹۸ |

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪

در بین صفات مورد بررسی، وزن میکروتیوبر تولیدی در هر گیاه‌چه با ۲۹/۷۵ درصد بیش‌ترین و طول ساقه گیاه‌چه با ۹/۵۱ درصد کم‌ترین ضریب تغییرات را دارا بودند که با مطالعات ارباب (۱۳۹۲) و چاله و همکاران (۱۳۹۴) مطابقت دارد.

میکروتیوبرهای ارقام سانته و آگریا بعد از گذشت ۷۲ روز و میکروتیوبرهای ارقام ساوالان، مارفونا و کایزر بعد از گذشت ۵۸ روز برداشت شدند. نتایج تجزیه واریانس حاصل از اندازه گیری صفات نشان داد که ارقام سیب‌زمینی از نظر صفات تعداد، وزن و قطر میکروتیوبر در گیاهچه، تعداد برگ در گیاهچه، ارتفاع گیاهچه دارای اختلاف معنی‌دار بودند. نتایج حاصل از صفات مختلف در ارقام‌های مطالعاتی در شکل ۱ ارائه شده است. بیش‌ترین تعداد و وزن میکروتیوبر در گیاهچه مربوط به رقم سانته و کم‌ترین آن مربوط به رقم آگریا می‌باشد (شکل ۱ و ۲). در مطالعات موسی‌پورگرجی و شواخی (۱۳۸۶) به بالا بودن تعداد و وزن میکروتیوبر در گیاه‌جه رقم سانته اشاره شده است.




شکل ۲: میانگین صفات مختلف مورد بررسی در پنج رقم مختلف سیب زمینی.

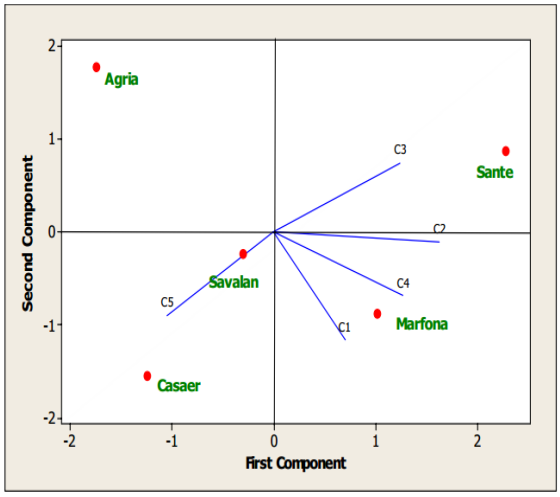
بررسی ضرایب همبستگی خطی نشان داد که بین وزن میکروتیوبر تولیدی با تعداد میکروتیوبر و تعداد برگ و قطر میکروتیوبر با تعداد برگ رابطه مثبت و معنی‌داری وجود دارد.

جدول ۳- ضرایب همبستگی خطی بین صفات مورد ارزیابی

| صفت | قطر میکروتیوبر | وزن میکروتیوبر | تعداد میکروتیوبر | تعداد برگ | طول ساقه |
|---|---|---|---|---|---|
| قطر میکروتیوبر | ۱ | | | | |
| وزن میکروتیوبر | ۰/۴۲ | ۱ | | | |
| تعداد میکروتیوبر | -۰/۱۲ | ۰/۷۱** | ۱ | | |
| تعداد برگ | ۰/۵۷* | ۰/۶۲** | ۰/۱۹ | ۱ | |
| طول ساقه | ۰/۳۱ | -۰/۳۳ | -۰/۴۲ | ۰/۰۱ | ۱ |

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪، * معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪

تجریه مولفه‌های اصلی نشان داد که صفت وزن میکروتیوبر تولیدی، تعداد میکروتیوبر و تعداد برگ از مؤلفه‌های اصلی می‌باشند به‌طوری‌که دو مؤلفه اول به‌ترتیب با ۵۴/۴ و ۳۵/۷ درصد واریانس نشان دهنده ۹۰/۱ درصد از واریانس تغییرات می‌باشد. همین‌طورتعداد برگ، قطر میکروتیوبر و طول ساقه به‌ترتیب ۷/۵، ۲/۴ و ۰ درصد از واریانس تغییرات را نشان می‌دهند. بنابراین برای سهولت انتخاب بر اساس دو صفت اقدام به انتخاب رقم برتر شد. وکتورهای مربوط به صفات اندازه‌گیری شده، طول، جهت و زاویه بین آن‌ها در شکل ۲ نشان داده شده است. همچنین نتایج تجزیه عامل‌ها با توجه به توجیه منطقی عامل‌ها و تعداد مقادیر ویژه بزرگتر از یک، تعداد دو عامل را مشخص کرد. نتایج حاصل از تجزیه عامل‌ها شامل بردار بار عامل‌های دوران یافته، نسبت واریانس توجیه شده توسط هر عامل، نسبت تجمعی واریانس توجیه شده مقادیر ویژه مربوط به هر عامل در جدول (۴) نشان داده شده است. مقادیر KMO در این بررسی ۰/۵۰۲ به‌دست آمد که بیانگر کافی بودن مقادیر همبستگی متغیرهای اولیه برای انجام تجزیه به عامل‌ها می‌باشد.




شکل ۲: موقعیت ارقام و وکتورصفات برای دو مولفه حاصل ازتجزیه مؤلفه‌های اصلی: $C_1$، قطر میکروتیوبر، $C_2$، وزن میکروتیوبر، $C_3$، تعداد میکروتیوبر، $C_4$، تعداد برگ، $C_5$، طول ساقه

جدول ۴- نتایج تجزیه عامل‌ها در صفات اندازه‌گیری شده

| صفات | | مؤلفه | میزان اشتراک |
|---|---|---|---|
| | ۱ | ۲ | |
| قطر میکروتیوبر | -۰/۲۷۴ | ۰/۹۳۲ | ۰/۹۴۳ |
| وزن میکروتیوبر | ۰/۷۲۲ | ۰/۶۷۷ | ۰/۹۷۹ |
| تعداد میکروتیوبر | ۰/۹۲۷ | ۰/۱۰۲ | ۰/۸۷۱ |
| تعداد برگ | ۰/۲۲۷ | ۰/۸۹۸ | ۰/۸۵۷ |
| طول ساقه | ۰/۰۷۰ | -۰/۹۲۲ | ۰/۸۵۵ |
| درصد واریانس توجیه شده | ۴۵/۸۹ | ۴۴/۱۹۲ | |
| درصد واریانس توجیه شده تجمعی | ۴۵/۸۹ | ۹۰/۰۸۲ | |
| مقادیر ویژه | ۲/۲۹۵ | ۲/۲۱۰ | |

با توجه به نتایج می‌توان بیان داشت که در انتخاب ارقام سیب‌زمینی ابتدا می‌بایست به صفات مربوط به اجزا عملکرد میکروتیوبر (تعداد و وزن میکروتیوبر) بعد به عامل ساختاری (تعداد برگ، قطر میکروتیوبر و طول ساقه) آن توجه نمود.

پائول (۱۹۸۵) با استفاده از ۴۰ ژنوتیپ سیب‌زمینی سه عامل اندازه و وزن میوه و دانه، تعداد میوه و دانه و تعداد میوه در ساقه را گزارش نمودند. امینی و همکاران (۱۳۷۹) با بررسی ژنوتیپ‌های لوبیا، پنج عامل عملکرد و اجزای آن،

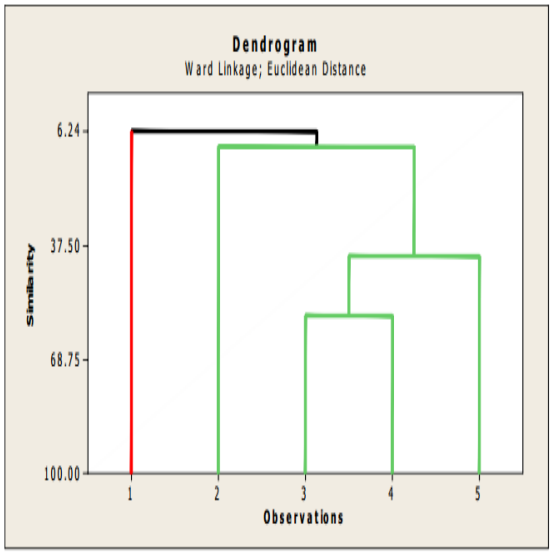
خصوصیات بذر، خصوصیات فیزیکی رشد و نمو گیاه، قدرت رویش گیاه و اندازه غلاف نامگذاری کردند. طاهری طریق و همکاران (۱۳۸۶) با بررسی تنوع ژنتیکی برخی صفات مهم کمی و کیفی در ۲۸۵ کلون با منشا آمریکای جنوبی از طریق تجزیه به عامل‌ها گزارش کردند که سه عامل اول ۶۰/۲۰ درصد از تغییرات را تبیین کردند که در ارتباط با فرم بوته و اجزا عملکرد بودند. همچنین اربابی (۲۰۱۳) و عسگری و فتحی (۱۳۸۵) با انجام تجزیه عامل‌ها بر روی ارقام سیب‌زمینی دو عامل سطح برگ و وضعیت ساختاری را به‌عنوان عوامل مهم تعیین نمودند.

به‌منظور تعیین مهم‌ترین صفات مؤثر در تعداد میکروتیوبر در هر گیاه‌چه ارقام و توجیه بهتر این روابط از رگرسیون گام‌به‌گام استفاده شد (رابطه ۱). صفات وزن میکروتیوبر، قطر میکروتیوبر، تعداد برگ و طول ساقه در ارقام مورد بررسی در انتخاب برای تعداد میکروتیوبر در ارقام مورد بررسی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند.

$$C3 = 3.38 - 0.0462C_1 + 6.15\ C_2 - 0.271\ C_4 + 0.123\ C$$

که در این رابطه $C_1$، قطر میکروتیوبر، $C_2$، وزن میکروتیوبر، $C_3$، تعداد میکروتیوبر، $C_4$، تعداد برگ، $C_5$، طول ساقه می‌باشد.

برای دسته‌بندی ارقام مورد مطالعه از تجزیه خوشه‌ای بر اساس داده‌های استاندارد شده و روش Ward استفاده شد. دندروگرام بر اساس کلیه صفات مورد ارزیابی، بر اساس $\sqrt{N/2}$ و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برش داده شدند و ۵ رقم در دو گروه قرار گرفتند. در گروه اول رقم آگریا و در گروه دوم ارقام سانته، ساوالان، کایزر و مارفونا قرار گرفتند.




شکل ۳: دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward بر اساس کلیه صفات مورد بررسی در ۵ رقم سیب‌زمینی.

## نتیجه‌گیری

در استان اردبیل سیب‌زمینی به‌عنوان یک محصول استراتژیک دارای جایگاه مهمی در بین محصولات کشاورزی می‌باشد. در این تحقیق برای تعیین و بررسی ارقام مختلف سیب‌زمینی با توجه به شرایط استان اردبیل ۵ رقم مهم و رایج سیب‌زمینی در این منطقه انتخاب شدند. این ارقام شامل آگریا، سانته، مارفونا، ساوالان و کایزر می‌باشند. بعد از انتخاب ارقام مختلف سیب‌زمینی صفات مهم و تأثیرگذار در مقدار تولید این محصول نیز تعیین شدند که شامل قطر میکروتیوبر، وزن میکروتیوبر، تعداد میکروتیوبر، تعداد برگ و طول ساقه می‌باشند. در بین ارقام مورد بررسی بیشترین قطر و بیشترین وزن میکروتیوبر در گیاه‌چه مربوط به ارقام مارفونا و کایزر مشاهده شدند، در حالی‌که کمترین مقدار در رقم آگریا مشاهده شدند. همچنین از لحاظ تعداد میکروتیوبر رقم کایزر دارای کم‌ترین مقدار می‌باشد. به‌طورکلی رقم سانته دارای بیش‌ترین تعداد و وزن میکروتیوبر در هر گیاهچه بود. از لحاظ مشخصات ساختاری بیشترین تعداد برگ در گیاه‌چه مربوط به ارقام سانته و ساوالان و کم‌ترین آن در رقم آگریا مشاهده شدند. همچنین ارتفاع گیاه‌چه در رقم آگریا و سانته کوتاه‌تر از بقیه ارقام می‌باشد.

بررسی ضرایب همبستگی خطی بین صفات مورد مطالعه نشان داد که وزن میکروتیوبر با تعداد میکروتیوبر و تعداد برگ رابطه مثبت و معنی‌دار دارد، همین‌طور قطر میکروتیوبر با تعداد برگ در هر گیاه‌چه. از لحاظ تجزیه خوشه‌ای نیز ارقام سانته، ساوالان، کایزر و مارفونا به‌عنوان ارقام برتر شناخته شدند. بنابراین می‌توان بیان داشت که با توجه به نتایج این بررسی و استفاده از رقم سانته در سطح مزارع می‌توان میزان تولید را افزایش داد.

## سپاس‌گذاری

این مقاله پژوهشی برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی دانشگاه پیام نور تهران می‌باشد لذا تشکر صمیمانه می‌نمایم از اساتید ارجمندم و همچنین از سایر همکاران و دوستانیکه هر کدام به نحوی در تهیه این مجموعه با این‌جانب همکاری داشته‌اند تشکر نموده و موفقیت همه آن‌ها را از خداوند متعال خواهانم.

## منابع

[1] Arbabi, Y., 2013, Study the possibility of potato microtuber production under stagnant liquid medium in response to chloro choline chloride and coumarin. M.Sc. thesis, Tehran University. (In Persian).

[2] Arikat, N.A., Jawad, F.M., Karam, N.S, and Shibli, R.A., 2004, Micropropagation and accumulation of essential oils in wild sage (Salvia fruticosa Mill.). Scientia Hort. 100: 193-202.

[3] Asghari, R., Fathi, M., 2000, Principles and methods of seed potato seed production, Academic Jihad Publications. (In Persian).

[4] Chaleh Chaleh. A, Jalilian A, Zolnoreian H, Khorgami A. 2014. Determination of the most suitable medium for microtubule production by potato culture. Second Conference on New Findings in Environmental and Agricultural Ecosystems, Tehran, Tehran Institute for Renewable Energy and Environment.

[5] Correa, R.M., J.E.B.P. Pinto, V. Faquin, C.A.B.P. Pinto and E.S. Reis., 2019, The production of seed potatoes by hydroponic methods in Brazil. Fruit,Vegetable and Cereal Science and Biotehnology 3 (Special Issue 1). 133-139.

[6] Donnelly, D.J., W.K. Coleman and S.E. Coleman., 2003, Potato microtuber production and performance: A review. American Journal of Potato Research. 80(2):103-115.

[7] Jahani, M., Ebrahimi, M.A., Hasanpanah, Davod., 2013, The study of micro-tubers production potential in potato different cultivars plantlets under in vitro condition. The first national specialized conference on agricultural opportunities, food security, Healthy and Organic Potato Production. Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Training Center. Pp. 10. (In Persian).

[8] FAO., 2011, International year of the potato 2008. Focus on form: Retrieved 2008, from www. Potato 2008.org.

[9] Hasan Panah, D., 2018, Application of biotechnology in potato production, Summary of Articles First National Potato Festival. Ardebil Agricultural Jihad Organization. (In Persian).

[10] Kanwal, A., A. Ali and Shoaib, K., 2006, In vitro microtuberization of potato (Solanum tuberosum L.) cultivar kuroda-a new variety in Pakistan. Agri. Boil. 8(3): 337-340.

[11] Kenneth, A.R, and Charlten, B.A., 2004, Effects of prenuclear mini-tubers seed size on production of Wallowa Russet seed. The Annual Report. Klamath Eeperiment Station, Klamath Falls, Oregon, U.S.A.

[12] Khalafalla, A.M., 2000, Effect of plant density and seed size on growth and yield of potato in Khartoum, Sudan. Fifth Triennial Congress of the African Potato Association. 28 May - 2 June. Kampala, Uganda.

[13] Khavajehpor, M., 2003, Industrial plants, Isfahan University Jihad Publications.

[14] Lizarraga, R., Panta, A., Jayashinge, U, and Doddos, Y.J.H., 1991, Tissue culture for elimination of pathogens. CIP Research Guide 3. International Potato Center (CIP), Lima, Peru.

[15] Lommen, W.J.M. and Struik, P.C., 1995, Field performance of potato minitubers with different fresh weights and conventional seed tubers: Multiplicati on factors and progeny yield variation. Potato Research. 38: 159-169.

[16] Machackova, I., Konstantinova, T.N., L.I. Seergeva, V.N. Lozhnikova, S.A. Golyanovskaya, N.D., Dudko, J., Eder and Aksenova, N.P., 1998, Photoperiodic control of growth, development and phytohormone balance in Solanum tuberosum. Physiology of Plant. 102: 272–278.

[17] Majidi Hervan, A., 2002, Final report of seed production of mini potato native tuber. Agricultural Research, Education and Promotion Organization. (In Persian).

[18] Mousapourgorji, A., Shavakhi, F., 2012, Evaluation of physico-chemical properties of new potato varieties and introducing proper varieties for processing purpose. Agriculture Engineering Research, 8(2): 63-78.

[19] Paul, H.L., 1985, Potato Physiology. Academic Press. INC.

[20] Potter, R.H, and Jones, M.G.K., 1991, An assessment of genetic stability of potato in vitro by molecular and phenotypic analysis, Plant Science. 76: 239-248.

[21] Ranalli, P., 2018, Innovative propagation methods in seed tuber multiplication programmes. Potato Research. 40: 439-453.

[22] Rolot, J., H. Seutin and Michelant, D., 2002, Production de minituber cules de pomme de terre par hydroponie, Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 6(3): 155-161.

[23] Sarkar, D., P.S. Naik and Chandra, R. ,1997, Effect of different light sources on potato microtuberization. Indian Potato J. 23 (1/2): 8-14.

[24] Seabrook, J.E.A., 2005, Light effects on the growth and morphogenesis of potato (Solanum tuberosum) in vitro. American J. of Potato Research. 82:353-367.

[25] Seabrook, J.E.A., S. Coleman and Levy, D., 1993, Effect of photoperiod on in vitro tuberization of potato (Solanum tuberosum L.). Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 34(1):43-51.

[26] Torregrosa, L., A. Bouquet and Goussard, P.G., 2001, In vitro culture and propagation of grapevine. In: Roubeleakis-Angelakis K.A. (ed). Molecular Biology and Biotechnology of Grapevine. Kluwer Academic Pub. Netherlands. Pp 281-326.

[27] Wiersema, S.O., 2018, Physiological development of potato seed tubers Technical information Bulletin 20 International Potato Center. Lima, peru. pp 16.

[28] Yu, W.C.P.J., D.C. Joyce and B.H. Cameron-McCown., 2000, Sucrose utilization during Potato microtuber growth on bioreactors. Plant Cell Rep. 19: 407-13.