**علوم باغبانی ایران**
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۴ (ص ۱۵۶-۱۴۱)

# اثر ۶- بنزیل آمینوپورین و سایکوسل بر تولید ریزغده در دو رقم سیب‌زمینی در شرایط درون‌شیشه‌ای

**حمیدرضا روستا[1*]، سمیرا وزیری‌نسب[2] و محمود رقامی[3]**
۱، ۲ و ۳. دانشیار، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ولیعصر(عج) رفسنجان
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۲۵ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۵/۴)

## چکیده

**به‌منظور بررسی اثر غلظت‌های مختلف ۶-بنزیل آمینوپورین (BAP) و سایکوسل (CCC) بر تولید ریزغده (میکروتیوبر) در دو رقم سیب‌زمینی در شرایط درون‌شیشه‌ای، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل با طرح پایهٔ کاملاً تصادفی در ۴ تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل BAP در ۴ غلظت صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر، CCC در ۴ غلظت صفر، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و رقم سیب‌زمینی در دو سطح (سانته[1] و آریندا[2]) بود. نتایج نشان داد که بهترین رقم برای تولید ریزغدهٔ رقم آریندا و بهترین ترکیب تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی از نظر تعداد ریزغده، غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر BAP+۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر CCC بود. اگرچه بیشترین عملکرد ریزغده در غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP و بدون حضور CCC به دست آمد. وزن خشک و قطر غده در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر BAP و بدون حضور CCC به بیشترین مقدار خود رسید. از سوی دیگر عملکرد و تعداد ریزغدهٔ بالا و اندازهٔ بزرگ‌تر آن‌ها که ناشی از تیمار BAP و CCC بود، با کاهش طول شاخساره و ریشه همراه بود.**

**واژه‌های کلیدی:** **ریزغده، BAP (۶- بنزیل آمینوپورین)، CCC (سایکوسل).**

### مقدمه

کشت سیب‌زمینی در ایران از دو قرن پیش مرسوم شده و به‌تدریج توسعه یافته است، به‌طوری‌که اوایل دههٔ ۱۳۴۰، سطح زیر کشت این محصول ۲۰ هزار هکتار بوده است ولی در طول سه دههٔ اخیر سیب‌زمینی جایگاه ویژه‌ای در الگوی تغذیهٔ مردم کشور پیدا کرده و موجب توسعهٔ سطح زیر کشت محصول تا حدود ۱۴۶ هزار هکتار با متوسط عملکرد غده ۲۹/۴ تن در هکتار شده است. با توجه به سطح زیر کشت سیب‌زمینی در کشور که حدود ۱۴۶ هزار هکتار و متوسط نیاز بذری هر هکتار سه تن است، به‌طور متوسط نیاز بذری سالیانهٔ کشور در حدود ۴۵۰ هزار تن سیب‌زمینی بذری است (Dashtban & Laei, 1997).

در سیستم‌های مرسوم و سنتی عمدتاً برای تکثیر و تولید سیب‌زمینی از غده‌های بذری استفاده می‌شود، این روش تکثیر معایبی ازقبیل سرعت تکثیر پایین، بازدهی کم و خطر انتقال بیماری‌ها دارد (Struik & Wiersema, 1999). از سوی دیگر حدود ۱۵ درصد از سطح زیر کشت سیب‌زمینی دنیا برای تولید غده‌های بذری به شیوهٔ سنتی صرف می‌شود (FAO, 2000). غدهٔ بذری یکی از عوامل بسیار مهمی است که در خواص کمّی و کیفی تولید سیب‌زمینی نقش مؤثری دارد. غده‌های بذری سالم و مناسب علاوه بر افزایش کمّی به میزان شایان توجهی در کاهش ضایعات محصول مؤثرند، بنابراین با توجه به اهمیت آن لازم است راهکارهای مناسب به‌منظور دستیابی به غدهٔ بذری بیشتر با کیفیت بهتر به کار گرفته شود.

* تلفن: ۰۹۱۳۹۸۷۸۱۰۱
E-mail: roosta_h@yahoo.com

1. Sante
2. Arinda

Archive of SID
www.SID.ir

برای تکثیر جنسی سیب‌زمینی می‌توان از بذر حقیقی استفاده کرد (Akita & Takayama, 1994). در مقایسه با غده‌های بذری، بذور حقیقی مشکلاتی ازجمله شرایط ویژه برای جوانه‌زنی بذر، کم‌بودن قدرت گیاهچه، توسعهٔ اولیه ضعیف گیاه، کوچک‌بودن غده‌های تولیدشده و تفاوت ژنتیکی بین گیاهچه‌ها دارند (Struik & Wiersema, 1999). البته استفاده از بذور حقیقی زیاد کاربرد ندارد و به‌منظور جایگزینی گیاهانی که سلامت خود را از دست داده‌اند و نیز برای ایجاد ارقام جدید استفاده می‌شود (Sharma *et al*., 1998). استفاده از غده‌های بذری برای کشت نیز مشکلاتی دارد، ازجمله اینکه این غده‌های بذری می‌توانند ناقل انواع بیماری‌ها و آفت‌ها باشند که این عوامل موجب کاهش وزن غده‌های بذری و کیفیت آن‌ها می‌شود. درواقع غدهٔ بذری منبع اصلی آلودگی است و می‌تواند سبب شیوع آفت‌ها و بیماری‌ها شود. بنابراین، آفت‌ها و بیماری‌ها از نسلی به نسل دیگر توسط تکثیر غیرجنسی منتقل می‌شوند و شیوع پیدا می‌کنند. در شرایط طبیعی کشت، حدود ۲۵ ویروس و یک ویروئید سیب‌زمینی را آلوده می‌سازند که از این ویروس‌ها، ویروس‌های S، A، Y و X در آلوده‌سازی سیب‌زمینی تأثیر بیشتری دارند. تقریباً تمام غده‌های بذری استفاده‌شده برای کاشت آلودگی ویروسی دارند. استفاده از بذرهای با کیفیت مطلوب و عاری از ویروس مانند بذر مادری در شروع تولید غدهٔ بذری، شرط موفقیت تولید غدهٔ بذری سالم است. برای تهیهٔ غده‌های عاری از ویروس باید اقدام به تهیهٔ گیاه مادری عاری از ویروس کرد (Struik & Wiersema, 1999). یکی از روش‌ها برای تولید بذر سیب‌زمینی گواهی‌شده و عاری از ویروس، استفاده از کشت بافت است که با این روش می‌توان در تمام طول سال غدهٔ بذری باکیفیت تولید کرد. ریزغدهٔ (میکروتیوبر) سیب‌زمینی برای اولین‌بار در اواسط دههٔ ۱۹۵۰ به روش کشت بافت تولید شد. ریزغده‌ها ساختارهای در حال رکودی هستند که برای شکستن رکودشان، آن‌ها را در کیسه‌های پلی‌اتیلن سوراخ‌دار در شرایط خشک و تاریک و در دمای ۵ـ۶ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۳ـ۴ ماه نگهداری می‌کنند. محدودهٔ وزنی ریزغده‌ها بین ۱ـ۰/۲گرم است. رایج‌ترین روش تولید ریزغده استفاده از کشت تک‌گره گیاه عاری از ویروس در محیط کشت مایع یا جامد است که از هر گره یک میکروغده تولید می‌شود. اساس بیولوژیکی برای غده‌زایی و تولید ریزغده در شرایط درون‌شیشه‌ای عبارت است از: ساکارز بالا، استفاده از هورمون سیتوکینین، القای روزکوتاه یا تاریکی مطلق، دمای پایین یا استفاده از ضد جیبرلین‌هایی نظیر کلروکولین‌کلراید (سایکوسل) (Leclerc *et al*., 1994). در پژوهشی در استفاده از ریزغده‌ها برای کاشت مستقیم در مزرعه نشان داده شد که گیاهان حاصل از ریزغده رشد بهتری داشتند و ۷ روز زودتر از بذرهای رایج استفاده‌شده، غده تشکیل دادند و وزن تازهٔ غده هم بیشتر بود با وجود این محدودیت‌های خاص خودشان را داشتند (Kawakami *et al*., 2003).

نوع رقم استفاده‌شده در هدف تولید ریزغده مؤثر است. ارقام سیب‌زمینی از نظر تعداد، وزن و اندازهٔ غدهٔ تولیدی با همدیگر متفاوت‌اند. بعضی تعداد غدهٔ کم با اندازهٔ بزرگ و بعضی تعداد غدهٔ زیاد با اندازهٔ کوچک تولید می‌کنند (Rolot *et al*., 2002). حتی واکنش ارقام به تولید غده در کشت بافت متفاوت است. بعضی ارقام در کشت درون‌شیشه‌ای واکنش خوبی دارند و تعداد غدهٔ مطلوب با اندازهٔ مناسب می‌دهند. از طرفی برخی ارقام واکنش مناسبی به تولید ریزغده در کشت درون‌شیشه‌ای نداشته‌اند (Nistor *et al*., 2010).

تنظیم‌کننده‌های رشدی نظیر سیتوکینین‌ها ازجمله BAP و کینتین، اکسین‌ها ازجمله NAA و یا کندکننده‌های رشدی نظیر آلار، آنسیمیدول، سایکوسل و کومارینو فلوریدون در غده‌زایی در شرایط درون‌شیشه‌ای نقش دارند (Donnelly *et al*., 2003). استفاده از سیتوکینین خارجی در محیط غده‌زایی در کشت بافت سبب تحریک غده‌زایی و رشد غده شد، هرچند که بسته به رقم آزمایش‌شده گاهی ممکن است کاربرد خارجی سیتوکینین‌ها در برخی ارقام فقط سبب رشد غده شود. در پژوهشی با بررسی اثر مقدار ساکارز و BAP بر القای غده‌زایی در رقم سانته[1] در کشت بافت مشاهده شد که افزایش ساکارز و BAP منجر به هدایت الگوی رشد و تمایز جوانه به سمت تشکیل ریزغده می‌شود. با اینکه بالاترین وزن تر ریزغده‌ها در محیط BAP ۵ میلی‌گرم بر لیتر و ساکارز ۶۰ گرم بر لیتر وجود

1. Sante

Archive of SID

www.SID.ir

داشت، محیط کشت دارای ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر BAP و ۸۰ گرم بر لیتر ساکارز از برتری‌های نسبی بیشتری برای تکثیر ریزغده‌ها برخوردار بود. این برتری‌ها عبارت بودند از: خفتگی ریزغده‌ها در محیط القایی طولانی و بین ۳ تا ۴ ماه بود که از نظر انبارداری اهمیت زیادی دارد. در این تیمار ریزغده‌ها با وجود وزن و ابعاد کمتر، از سلامت بیشتری برخوردار بودند و میزان ازدست‌دهی آب آن‌ها کمتر و میزان ماده‌سازی در آن‌ها در مقایسه با دیگر تیمارها بیشتر بود (Ebadi & Iranbakhsh, 1999).

در آزمایشی استفاده از BAP به میزان ۵ میلی‌گرم بر لیتر و ساکارز ۸ درصد سبب القای غده‌زایی و افزایش تعداد ریزغده در دو رقم سیب‌زمینی دیامونت[1] و ردنورلند[2] شد و افزایش BAP به مقدار ۶ میلی‌گرم بر لیتر و کاهش ساکارز به ۷ درصد سبب افزایش وزن ریزغدهٔ رقم دیامونت شد. در رقم ردنورلند استفاده از کینتین به مقدار ۲ میلی‌گرم بر لیتر و ساکارز به میزان ۶ درصد بهترین نتیجه را از نظر القای غده‌زایی، وزن و تعداد ریزغده داشت (Aslam & Iqbal, 2010).

بررسی اثر کینتین و BAP بر روی تولید ریزغده در دو رقم دیامونت و آریندا در کشت بافت نشان داد که در محیط کشت پایهٔ MS با میزان ۸ گرم بر لیتر آگار و ۸۰ گرم بر لیتر ساکارز در ۴ غلظت از کینتین و BAP (۰/۲۵، ۰/۵۰، ۰/۷۵و ۱ میلی‌گرم بر لیتر)، کینتین سبب افزایش تعداد ریزغده به‌ویژه در رقم دیامونت شد که این بیانگر اثر آن بر روی القای غده‌زایی بود. BAP به‌ویژه در غلظت‌های ۰/۷۵ و ۱ میلی‌گرم بر لیتر سبب افزایش اندازه و وزن ریزغده‌ها در هر دو رقم شد (Aryakia & Hamidoghli, 2010).

Tovar *et al.* (1985) محیط مناسب برای تکثیر گیاهان مادری را MS دارای ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP و ۰/۴ میلی‌گرم بر لیتر $GA_3$ و ۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر NAA و محیط مناسب برای القای غده‌زایی را MS حاوی ۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر CCC و ساکارز ۸ درصد بیان کردند. با بررسی محیط‌های غده‌زایی در کشت بافت دارای مقادیر ساکارز ۳، ۶، ۹ و ۱۲ درصد بهترین نتیجه در محیط دارای مقادیر ۶ درصد ساکارز و BAP به دست آمد. افزودن ساکارز به میزان ۸ درصد با توقف طویل‌شدن شاخه‌ها و متورم‌شدن ناحیهٔ زیر رأسی هر یک از شاخه‌ها همراه بود. یافته‌ها در یک آزمایش نشان داد که دامینوزاید سبب مهار رشد ریزغده‌ها شد در حالی‌که CCC موجب توسعهٔ غده‌زایی و کاهش ارتفاع گیاهان در شرایط کشت بافت شد (Vreugdenhil, 2007).

بنابراین، این آزمایش به‌منظور شناسایی مؤثرترین غلظت ۶-بنزیل آمینوپورین (BAP) و سایکوسل (CCC) برای تولید ریزغده در دو رقم سیب‌زمینی در شرایط کشت بافت، اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف بررسی اثر ۶- بنزیل آمینوپورین و سایکوسل بر تولید ریزغده در دو رقم سیب‌زمینی در شرایط درون‌شیشه‌ای در آزمایشگاه کشت بافت دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل با ۳ فاکتور BAP، CCC و رقم، و طرح پایهٔ کاملاً تصادفی در۴ تکرار اجرا شد. تیمارها شامل کاربرد برگی ۴ غلظت ۶-بنزیل آمینوپورین (۰، ۵، ۱۰، ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر) و ۴ غلظت سایکوسل (۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بر روی دو رقم سیب‌زمینی (سانته و آریندا) بود.

بهترین مواد گیاهی‌ای که برای تهیهٔ ریزغده در شرایط درون‌شیشه‌ای استفاده می‌شوند گیاهچه‌های عاری از ویروس حاصل از کشت مریستم‌اند (Sanchez *et al.*, 1991). در این آزمایش برای رقم آریندا از مینی‌تیوبرهای عاری از ویروس و برای رقم سانته از گیاهچه‌های درون‌شیشه‌ای حاصل از کشت مریستم تهیه‌شده از مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر کرج استفاده شد. محیط کشت پایهٔ MS استفاده‌شده در این آزمایش در جدول۱ آمده است.

در مرحلهٔ اول محیط کشت برای باززایی نمونه‌های گیاهی تهیه شد. برای انجام این کار از محیط کشت پایهٔ MS استفاده شد. به‌ترتیب از ویتامین‌های نیکوتینیک اسید و پیرودوکسین ۰/۵ میلی‌لیتر، تیامین ۰/۱ میلی‌لیتر، گلایسین ۲ میلی‌لیتر و میواینوزیتول ۱۰۰ میلی‌گرم در

1. Diamont
2. Red norland

Archive of SID

www.SID.ir

لیتر استفاده شد. میزان ساکارز ۳۰ گرم بر لیتر بود. میزان هورمون‌های اکسین و بنزیل آدنین به‌ترتیب عبارت بودند از میزان ۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر NAA و ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر BA و غلظت آگاری که استفاده شد ۸ گرم بر لیتر بود (Naik & Karihaloo, 2007).

مرحلهٔ دوم، محیط کشت برای تولید ریزغده تهیه شد، برای ساخت محیط کشت از محیط کشت پایهٔ MS استفاده شد. میزان هورمون‌های BAP در چهار سطح ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر و CCC نیز در چهار سطح ۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و میزان ساکارز ۸۰ گرم بر لیتر استفاده شد. محیط کشت به‌صورت نیمه‌جامد حاوی ۶ گرم بر لیتر آگار بود.

بعد از تهیه، محیط کشت داخل ظروف کشت شیشه‌ای ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد (داخل هر ظرف ۴۰ میلی‌لیتر) و سپس به همراه آب دوبار تقطیر و وسایل مورد نیاز در اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجهٔ سانتی‌گراد و به‌مدت ۲۰ دقیقه استریل شد. سپس ظروف حاوی محیط کشت به زیر هود لامینار منتقل شدند (Naik & Karihaloo, 2007).

در مرحلهٔ اول برای رقم آریندا ابتدا مینی‌تیوبرها در سیستم هیدروپونیک در محیط استریل‌شده (پرلایت) کشت شدند، بعد از یک ماه از کاشت غده‌ها اقدام به گرفتن تک‌گره (قلمهٔ ساقه) از گیاهان شد. پس از تهیهٔ نمونه‌های گیاهی و قطعه‌قطعه کردن آن‌ها به اندازهٔ مناسب (قلمهٔ ساقهٔ تک‌گره‌هایی که یک جوانه داشتند و بدون برگ بودند و از ۱ تا ۱/۵ سانتی‌متر پایین جوانه و حدود ۰/۵ سانتی‌متری بالای جوانه بریده شدند) نمونه‌ها به‌مدت ۳۰ دقیقه زیر آب جاری قرار داده و سپس با مایع ظرفشویی شسته شدند. پس از شست‌وشو و آبکشی، نمونه‌ها برای مراحل بعدی استریل و کاشت زیر هود منتقل شدند.

برای ضدعفونی کردن نمونه‌ها از الکل ۷۰ درصد و هیپوکلریدسدیم ۲۵ درصد استفاده شد، به این صورت که ابتدا نمونه‌ها به‌مدت ۱ دقیقه در الکل ۷۰ درصد شسته شدند، سپس به‌مدت ۱۰ دقیقه در هیپوکلریدسدیم ۲۵ درصد قرار گرفتند و بعد از آن ۳ بار با آب استریل‌شده هر بار به‌مدت ۳ دقیقه شست‌وشو شدند. سپس برای گرفتن آب نمونه‌ها آن‌ها را روی یک دستمال کاملاً استریل‌شده قرار داده و پس از آن اقدام به کشت داخل محیط کشت تهیه‌شده برای باززایی شدند. بعد از نجام عمل کشت، نمونه‌ها به اتاق رشد منتقل شدند. برای رقم سانته نیاز به ضدعفونی کردن گیاهچه‌های درون‌شیشه‌ای نبود. برای باززایی گیاهچه‌ها در زیر هود در شرایط کاملاً استریل از آن‌ها قلمه گرفته شد و داخل محیط کشت باززایی کشت شدند. عمل باززایی نمونه‌ها در دو رقم چندین مرتبه تکرار شد. در مرحلهٔ بعدی نمونه‌های حاصل از باززایی به داخل محیط کشت مورد نظر برای تولید ریزغده منتقل شدند و در هر ظرف کشت، ۴ تک‌گره کشت شد و برای هر تیمار ۴ تکرار در نظر گرفته شد (Naik & Karihaloo, 2007).

نمونه‌ها در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد و شدت نور ۵ هزار لوکس و طول روز ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در اتاق رشد به‌مدت ۳ الی ۴ هفته نگهداری شدند. این مرحله چندین مرتبه تکرار شد (Naik & Karihaloo, 2007). در مرحلهٔ دوم برای تولید ریزغده شرایط به این صورت بود: شرایط تاریکی کامل و دمای ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد و بسته به رقم به‌مدت ۶۰ الی ۷۰ روز در اتاق رشد نگهداری شدند.

برداشت ریزغده‌ها در یک مرحله و بسته به رقم حدود ۶۰ الی ۷۰ روز بعد از کشت نمونه‌ها انجام شد. پارامترهای رویشی که در این آزمایش ارزیابی شد عبارت بودند از: تعداد، اندازه، وزن تازهٔ ریزغده‌ها، وزن خشک ریزغده‌ها، طول ریشه، طول شاخساره، وزن تر کل (ریشه و شاخساره)، وزن خشک کل، تعداد چشم بر روی غده، تعداد استولون و عملکرد ریزغده. اندازهٔ ریزغده‌ها با استفاده از کولیس برحسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد. طول ریشه و شاخساره هم با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد. وزن تر و خشک ریزغده‌ها و شاخساره با ترازوی حساس با دقت ۰/۰۰۰۱ اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک ابتدا نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۲ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس وزن شدند.

تجزیهٔ واریانس داده‌های آماری حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و ترسیم نمودارها نیز توسط نرم‌افزار Sigma Plot 12 انجام گرفت. مقایسهٔ بین میانگین تیمارها در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن صورت پذیرفت.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. محیط کشت موراشیگ و اسکوک

| شمارهٔ محلول پایه | مواد شیمیایی | غلظت محلول پایه (گرم بر لیتر) | مقدار استفاده‌شده برحسب میلی‌لیتر | غلظت نهایی (میلی‌گرم بر لیتر) |
|---|---|---|---|---|
| $MS_1$ | $NH_4.NO_3$ | ۸۲/۵ | ۲۰ | ۱۶۵۰/۰ |
| | $KNO_3$ | ۹۵/۰ | | ۱۹۰۰/۰ |
| $MS_2$ | $MgSO_4.7H_2O$ | ۳۷/۰ | ۱۰ | ۳۷۰/۰ |
| | $MnSO_4.4H_2O$ | ۲/۲۳ | | ۲۲/۳ |
| | $ZnSO_4.4H_2O$ | ۰/۸۶ | | ۸/۶ |
| | $CuSO_4.5H_2O$ | ۰/۰۰۲۵ | | ۰/۰۲۵ |
| $MS_3$ | $CaCL_2.2H_2O$ | ۴۴/۰ | ۱۰ | ۴۴۰/۰ |
| | KI | ۰/۰۸۳ | | ۰/۸۳ |
| | $CoCL_2.6H_2O$ | ۰/۰۰۲۵ | | ۰/۰۲۵ |
| $MS_4$ | $KH_2.PO_4$ | ۱۷/۰ | ۱۰ | ۱۷۰/۰ |
| | $H_3BO_3$ | ۰/۰۶۲ | | ۶/۲ |
| | $Na_2MoO_4.2H_2$ | ۰/۰۲۵ | | ۰/۲۵ |
| $MS_5$ | $Na_2.EDTA$ | ۳/۷۲۴ | ۱۰ | ۳۷/۲۵ |
| | $FeSO_4.7H_2O$ | ۲/۷۸۴ | | ۲۷/۸۵ |

## نتایج

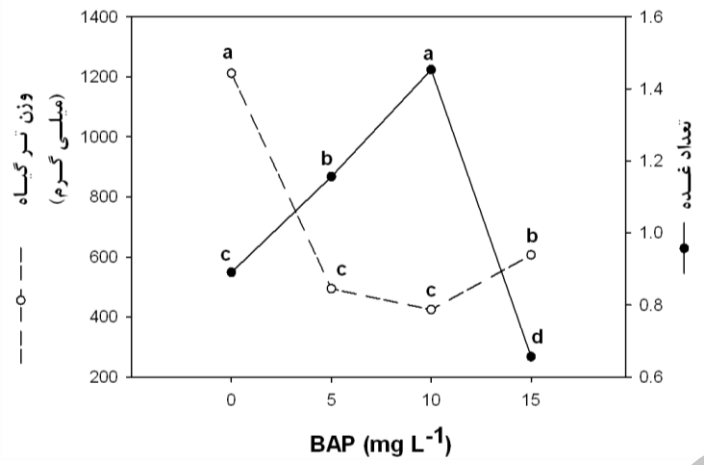
### پارامترهای رویشی

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که اثر BAP، CCC و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد غده، قطر غده، وزن تر و خشک گیاه و تعداد چشم در هر غده در سطح احتمال ۱ درصد معنادار شد (جدول۲). براساس نتایج این آزمایش رقم آریندا نسبت به سانته ۱۴/۵۸ درصد افزایش در تعداد غده نشان داد (جدول۳). گیاهان تیمارشده با ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر BAP و ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر CCC بیشترین تعداد غده را داشتند که نسبت به شاهد ۳۲۰/۹۳ درصد افزایش در تعداد غده نشان دادند و گیاهان تیمارشده با ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر CCC کمترین تعداد غده را داشتند (جدول۴). از بررسی برهمکنش بین رقم و BAP مشخص شد که گیاهان تیمارشده با BAP با غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر در رقم آریندا بالاترین تعداد غده را داشتند که نسبت به شاهد همان رقم ۸۶/۲۰ درصد افزایش در تعداد غده نشان دادند و تیمار BAP در غلظت ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر در رقم آریندا پایین‌ترین تعداد غده را داشت (جدول۵). با توجه به شکل۱ هرچه غلظت BAP از صفر به ۵ و سپس به ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر افزایش می‌یابد تعداد غده نیز افزایش می‌یابد به‌طوری‌که گیاهان تیمارشده با BAP در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین تعداد غده (۱/۴۵) را داشتند ولی پس از آن تعداد غده در غلظت ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP به‌شدت کاهش پیدا کرده و کمترین تعداد غده (۰/۶۵) را در این غلظت داشته است. هرچه غلظت BAP از صفر به ۵ و سپس به ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر افزایش می‌یابد وزن تر گیاه کاهش می‌یابد و کمترین وزن تر گیاه (۴۲۴/۶۹ میلی‌گرم) مربوط به BAP در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر است که با وزن تر گیاه در غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP تفاوت معناداری ندارد. ولی پس از آن در غلظت ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP وزن تر گیاه دوباره افزایش می‌یابد. به‌طورکلی، از شکل ۱ چنین استنباط می‌شود که هرچه تعداد غده زیاد می‌شود وزن تر گیاه کاهش می‌یابد.

زمانی که غلظت CCC از صفر به ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر افزایش یافت تعداد غده نیز افزایش پیدا کرد به‌طوری‌که گیاهان تیمارشده با CCC در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین تعداد غده (۱/۲۹) را داشت ولی پس از آن تعداد غده در غلظت ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر CCC تا اندازه‌ای کاهش نشان داد (شکل۲). شکل۲ همچنین نشان می‌دهد که هرچه غلظت CCC از صفر به ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر افزایش یابد مجموع طول شاخه‌ها کاهش می‌یابد و کمترین طول شاخساره (۴۵/۴۸ میلی‌متر) مربوط به CCC در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر است که البته با مقدار طول شاخساره در غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر CCC تفاوت معناداری ندارد. به‌طورکلی، از شکل۲ چنین استنباط می‌شود که افزایش تعداد غده سبب کاهش طول شاخساره شده است.

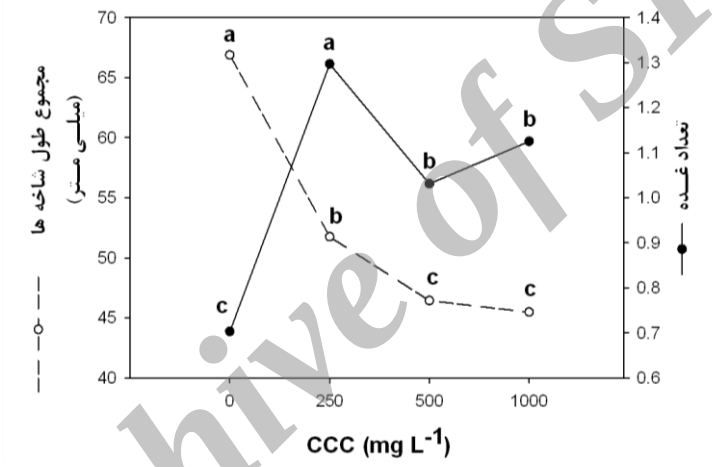
Archive of SID

www.SID.ir




شکل ۱. اثر غلظت‌های مختلف BAP بر تعداد غده و وزن تر گیاه بدون در نظر گرفتن دیگر تیمارها

* حروف متفاوت نشانهٔ اختلاف معنادار میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.




شکل ۲. اثر غلظت‌های مختلف CCC بر تعداد غده و مجموع طول شاخه‌ها بدون در نظر گرفتن سایر تیمارها

* حروف متفاوت نشانهٔ اختلاف معنادار میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

جدول ۲. خلاصهٔ نتایج تجزیهٔ واریانس پارامترهای رویشی (تعداد غده در هر گیاه، قطر کوچک و بزرگ غده، وزن تر و خشک گیاه و تعداد چشم در هر غده)

| منابع تغییرات | درجهٔ آزادی | میانگین مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | تعداد غده در هر گیاه | قطر کوچک غده | قطر بزرگ غده | وزن تر گیاه | وزن خشک گیاه | تعداد چشم در هر غده |
| ۶- بنزیل آمینوپورین (BAP) | ۳ | ۱۱/۳۲$^{**}$ | ۴۱/۴۷$^{**}$ | ۴۲/۴۹$^{**}$ | ۱۲۴۰۴۴۰۹/۳$^{**}$ | ۶۴۸۶۰۸/۹$^{**}$ | ۸/۶۲$^{**}$ |
| سایکوسل (CCC) | ۳ | ۵/۹۷$^{**}$ | ۵/۴۵$^{**}$ | ۵/۴۶$^{**}$ | ۱۱۱۶۵۵۳/۱$^{**}$ | ۲۸۶۴۷/۱$^{**}$ | ۸/۶۹$^{**}$ |
| رقم | ۱ | ۰/۶۳$^{*}$ | ۱/۴۷$^{**}$ | ۱/۴۳$^{**}$ | ۹۵۷۰۳/۱$^{**}$ | ۴۵۴۸/۱$^{*}$ | ۰/۷۴$^{*}$ |
| BAP × CCC | ۹ | ۶/۹۴$^{**}$ | ۱۵/۷۸$^{**}$ | ۱۴/۶۰$^{**}$ | ۶۷۰۷۰۹/۳$^{**}$ | ۱۲۸۵۳۱/۱$^{**}$ | ۱۴/۹۳$^{**}$ |
| رقم × BAP | ۳ | ۲/۱۳$^{**}$ | ۲/۸۰$^{**}$ | ۱۴/۳$^{**}$ | ۱۸۰۲۵۶/۳$^{**}$ | ۱۹۳۱۱/۴$^{**}$ | ۰/۷۹$^{ns}$ |
| رقم × CCC | ۳ | ۰/۶۶$^{ns}$ | ۱/۷۰$^{**}$ | ۱/۴۷$^{*}$ | ۸۰۴۰۳/۱$^{**}$ | ۱۴۰۲۶/۱$^{**}$ | ۵/۲۸$^{**}$ |
| رقم × BAP × CCC | ۹ | ۱/۰۰$^{ns}$ | ۵/۳۲$^{**}$ | ۴/۷۸$^{**}$ | ۱۳۰۳۳۴/۳$^{*}$ | ۳۴۲۶۳/۲$^{**}$ | ۸/۲۴$^{**}$ |
| خطا | ۹۶ | ۸/۸ | ۱۱/۷۵ | ۱۲/۰۴ | ۵۸۶۹۵۰/۰ | ۶۴۰۹۱/۱ | ۱۷/۰۸ |
| ضریب تغییرات (CV٪) | - | ۲۹/۲۹ | ۱۲/۸۸ | ۱۲/۷۱ | ۱۱/۴۲ | ۱۶/۰۴ | ۲۷/۴۴ |

*، **، ns به‌ترتیب نشانهٔ معناداربودن در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و غیرمعنادار بودن است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳. اثر رقم بر تعداد غده در هر گیاه، قطر کوچک و بزرگ غده، وزن تر و خشک گیاه و تعداد چشم در هر غده

| رقم | تعداد غده در هر گیاه | قطر کوچک غده (میلی‌متر) | قطر بزرگ غده (میلی‌متر) | وزن تر گیاه (میلی‌گرم) | وزن خشک گیاه (میلی‌گرم) | تعداد چشم هر غده |
|---|---|---|---|---|---|---|
| آریندا | ۱/۱۰$^{a}$ | ۲/۸۲$^{a}$ | ۲/۸۹$^{a}$ | ۷۱۱/۵۶$^{a}$ | ۱۶۶/۹۵$^{a}$ | ۱/۶۱$^{a}$ |
| سانته | ۰/۹۶$^{b}$ | ۲/۶۰$^{b}$ | ۲/۶۷$^{b}$ | ۶۵۶/۸۸$^{b}$ | ۱۵۵/۰۳$^{b}$ | ۱/۴۶$^{b}$ |

* حروف متفاوت نشانهٔ اختلاف معنادار میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

جدول ۴. برهمکنش بین BAP و CCC بر تعداد غده در هر گیاه، قطر کوچک و بزرگ غده، وزن تر و خشک گیاه و تعداد چشم در هر غده

| BAP (mg/L) | CCC (mg/L) | تعداد غده در هر گیاه | قطر کوچک غده (میلی‌متر) | قطر بزرگ غده (میلی‌متر) | وزن تر گیاه (میلی‌گرم) | وزن خشک گیاه (میلی‌گرم) | تعداد چشم در هر غده |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰ | ۰ | ۰/۴۳$^{o}$ | ۱/۴۴$^{p}$ | ۱/۵۹$^{p}$ | ۱۱۳۶$^{c}$ | ۳۱۰/۳$^{a}$ | ۱/۲۰$^{l}$ |
| | ۲۵۰ | ۱/۳۷$^{d}$ | ۲/۶۴$^{j}$ | ۲/۷۱$^{j}$ | ۱۲۸۰$^{b}$ | ۲۸۵/۶$^{b}$ | ۲/۱۲$^{c}$ |
| | ۵۰۰ | ۱/۰۰$^{i}$ | ۲/۸۰$^{g}$ | ۲/۸۳$^{g}$ | ۱۳۶۸$^{a}$ | ۲۷۲/۴$^{c}$ | ۲/۰۸$^{d}$ |
| | ۱۰۰۰ | ۰/۷۵$^{l}$ | ۲/۷۸$^{h}$ | ۲/۸۲$^{h}$ | ۱۰۶۳$^{d}$ | ۲۱۱/۳$^{e}$ | ۱/۹۳$^{e}$ |
| ۵ | ۰ | ۱/۲۵$^{e}$ | ۲/۶۴$^{k}$ | ۲/۷۱$^{k}$ | ۴۶۹$^{i}$ | ۸۱/۵$^{n}$ | ۰/۹۰$^{o}$ |
| | ۲۵۰ | ۱/۱۲$^{h}$ | ۳/۴۴$^{d}$ | ۳/۵۱$^{d}$ | ۴۵۹$^{k}$ | ۵۴/۸$^{p}$ | ۱/۳۷$^{j}$ |
| | ۵۰۰ | ۱/۱۲$^{f}$ | ۳/۲۱$^{e}$ | ۳/۳۹$^{e}$ | ۶۶۰$^{f}$ | ۱۵۳/۴$^{g}$ | ۲/۳۱$^{b}$ |
| | ۱۰۰۰ | ۱/۱۲$^{g}$ | ۲/۷۱$^{i}$ | ۲/۷۵$^{i}$ | ۳۸۹$^{o}$ | ۱۹۹/۰$^{j}$ | ۱/۳۷$^{i}$ |
| ۱۰ | ۰ | ۰/۶۲$^{m}$ | ۳/۸۰$^{a}$ | ۳/۸۸$^{a}$ | ۴۲۴$^{n}$ | ۱۱۰/۱$^{k}$ | ۱/۵۰$^{g}$ |
| | ۲۵۰ | ۱/۸۱$^{a}$ | ۳/۴۸$^{c}$ | ۳/۵۴$^{c}$ | ۳۸۳$^{p}$ | ۸۷/۰$^{m}$ | ۲/۴۵$^{a}$ |
| | ۵۰۰ | ۱/۶۲$^{c}$ | ۳/۶۹$^{b}$ | ۳/۷۳$^{b}$ | ۴۵۰$^{l}$ | ۹۹/۸$^{l}$ | ۱/۵۰$^{h}$ |
| | ۱۰۰۰ | ۱/۷۵$^{b}$ | ۲/۹۰$^{f}$ | ۲/۹۷$^{f}$ | ۴۴۳$^{m}$ | ۷۵/۰$^{o}$ | ۱/۲۵$^{k}$ |
| ۱۵ | ۰ | ۰/۵۰$^{n}$ | ۲/۲۷$^{m}$ | ۲/۳۳$^{m}$ | ۴۶۹$^{j}$ | ۱۳۳/۶$^{i}$ | ۱/۱۲$^{n}$ |
| | ۲۵۰ | ۰/۸۷$^{k}$ | ۲/۳۱$^{l}$ | ۲/۳۵$^{l}$ | ۴۷۸$^{h}$ | ۱۳۷/۳$^{h}$ | ۱/۶۲$^{f}$ |
| | ۵۰۰ | ۰/۳۷$^{p}$ | ۱/۷۵$^{n}$ | ۱/۷۹$^{n}$ | ۹۰۱$^{e}$ | ۲۰۷/۶$^{f}$ | ۰/۶۲$^{p}$ |
| | ۱۰۰۰ | ۰/۸۷$^{j}$ | ۱/۵۴$^{o}$ | ۱/۶۰$^{o}$ | ۵۷۹$^{g}$ | ۲۳۷/۵$^{d}$ | ۱/۱۸$^{m}$ |

* حروف متفاوت نشانهٔ اختلاف معنادار میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

جدول ۵. برهمکنش رقم و BAP بر تعداد غده، قطر کوچک و بزرگ غده، وزن تر و خشک گیاه و تعداد چشم در هر غده

| BAP (mg/L) | رقم | تعداد غده در هر گیاه | قطر کوچک غده (میلی‌متر) | قطر بزرگ غده (میلی‌متر) | وزن تر گیاه (میلی‌گرم) | وزن خشک گیاه (میلی‌گرم) | تعداد چشم در هر غده |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰ | آریندا | ۰/۸۷$^{f}$ | ۲/۷۸$^{e}$ | ۲/۸۶$^{e}$ | ۱۲۴۱$^{a}$ | ۲۳۸/۱$^{a}$ | ۱/۸۶$^{a}$ |
| | سانته | ۰/۹۰$^{e}$ | ۲/۰۶$^{f}$ | ۲/۱۲$^{f}$ | ۱۱۸۲$^{b}$ | ۲۵۶/۶$^{b}$ | ۱/۸۱$^{b}$ |
| ۵ | آریندا | ۱/۳۷$^{b}$ | ۲/۹۹$^{d}$ | ۳/۰۶$^{d}$ | ۵۷۶e | ۱۲۲/۵$^{e}$ | ۱/۷۰$^{d}$ |
| | سانته | ۰/۹۳$^{d}$ | ۳/۰۰$^{c}$ | ۳/۱۲$^{c}$ | ۴۱۲$^{g}$ | ۸۱/۸$^{h}$ | ۱/۲۸$^{f}$ |
| ۱۰ | آریندا | ۱/۶۲$^{a}$ | ۳/۵۲$^{a}$ | ۳/۵۹$^{a}$ | ۴۴۶$^{f}$ | ۹۵/۵$^{f}$ | ۱/۷۲$^{c}$ |
| | سانته | ۱/۲۸$^{c}$ | ۳/۴۱$^{b}$ | ۳/۴۷$^{b}$ | ۴۰۴$^{h}$ | ۹۰/۵$^{g}$ | ۱/۶۲$^{e}$ |
| ۱۵ | آریندا | ۰/۵۶$^{h}$ | ۱/۹۸$^{g}$ | ۲/۰۴$^{g}$ | ۵۸۳$^{d}$ | ۱۶۶/۷$^{d}$ | ۱/۱۵$^{g}$ |
| | سانته | ۰/۷۵$^{g}$ | ۱/۹۵$^{h}$ | ۱/۹۹$^{h}$ | ۶۳۰$^{c}$ | ۱۹۱/۳$^{c}$ | ۱/۱۲$^{h}$ |

براساس نتایج جدول مقایسهٔ میانگین‌ها رقم آریندا نسبت به سانته ۰/۲۲ میلی‌متر افزایش در قطر بزرگ غده نشان داد (جدول۳). قطر کوچک غدهٔ رقم آریندا نیز نسبت به سانته ۰/۲۲ میلی‌متر بیشتر بود. گیاهان تیمارشده با ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر BAP بدون حضور CCC بیشترین قطر بزرگ و قطر کوچک غده را داشتند به‌طوری‌که نسبت به

Archive of SID

www.SID.ir

شاهد به‌ترتیب ۲/۲۹ و ۲/۳۶ میلی‌متر افزایش در قطر بزرگ و قطر کوچک غده نشان دادند و گیاهان شاهد کمترین قطر بزرگ و قطر کوچک غده را داشتند (جدول۴). گیاهان تیمارشده با BAP در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر در رقم آریندا بالاترین قطر بزرگ و قطر کوچک غده را داشتند که نسبت به شاهد همان رقم به‌ترتیب ۰/۷۳ و ۰/۷۴میلی‌متر افزایش نشان داد و گیاهان تیمارشده با ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP در رقم سانته کمترین قطر بزرگ و قطر کوچک غده را داشتند (جدول۵). با توجه به جدول‌های ۴ و ۵ گیاهان تیمارشده با BAP در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر بالاترین قطر بزرگ و قطر کوچک غده را داشتند و نسبت به شاهد به‌ترتیب ۱/۰۴ و ۱/۰۵ میلی‌متر افزایش نشان داد و گیاهان تیمارشده با BAP در غلظت ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر کمترین قطر بزرگ و قطر کوچک غده را نشان دادند و گیاهان تیمارشده با CCC در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بالاترین قطر بزرگ و قطر کوچک غده را داشتند و نسبت به شاهد به‌ترتیب ۰/۴ و ۰/۳۲ میلی‌متر افزایش قطر نشان دادند. نتایج مربوط به برهمکنش CCC و رقم نشان می‌دهد که گیاهان تیمارشده با CCC در غلظت۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در رقم آریندا نسبت به شاهد همان رقم بالاترین قطر بزرگ و قطر کوچک غده را داشتند و CCC در غلظت۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در رقم سانته کمترین قطر بزرگ و قطر کوچک را داشتند (جدول۶).

جدول ۶. برهمکنش رقم و CCC بر تعداد غده در هر گیاه، قطر کوچک و بزرگ غده، وزن تر و خشک گیاه و تعداد چشم در هر غده

| CCC (mg/L) | رقم | تعداد غده در هر گیاه | قطر کوچک غده (میلی‌متر) | قطر بزرگ غده (میلی‌متر) | وزن تر گیاه (میلی‌گرم) | وزن خشک گیاه (میلی‌گرم) | تعداد چشم در هر غده |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰ | آریندا | ۰/۸۷$^{g}$ | ۲/۴۹$^{g}$ | ۲/۵۹$^{g}$ | ۶۳۵/۶$^{e}$ | ۱۶۰/۴$^{d}$ | ۱/۱۵$^{h}$ |
| | سانته | ۰/۵۳$^{h}$ | ۲/۵۸$^{f}$ | ۲/۶۶$^{f}$ | ۶۱۳/۱$^{f}$ | ۱۵۷/۳$^{f}$ | ۱/۲۱$^{g}$ |
| ۲۵۰ | آریندا | ۱/۳۷$^{a}$ | ۳/۰۰$^{b}$ | ۳/۰۷$^{b}$ | ۷۱۱/۹$^{c}$ | ۱۵۹/۲$^{e}$ | ۲/۳۲$^{a}$ |
| | سانته | ۱/۲۱$^{b}$ | ۲/۹۳$^{c}$ | ۲/۹۹$^{c}$ | ۵۸۷/۵$^{g}$ | ۱۲۳/۱$^{h}$ | ۱/۴۶$^{e}$ |
| ۵۰۰ | آریندا | ۱/۰۰$^{f}$ | ۳/۰۹$^{a}$ | ۳/۱۵$^{a}$ | ۸۴۱/۹$^{b}$ | ۱۷۴/۴$^{b}$ | ۱/۶۰$^{c}$ |
| | سانته | ۱/۰۶$^{d}$ | ۲/۶۳$^{e}$ | ۲/۷۲$^{e}$ | ۸۴۷/۵$^{a}$ | ۱۹۲/۲$^{a}$ | ۱/۶۵$^{b}$ |
| ۱۰۰۰ | آریندا | ۱/۱۸$^{c}$ | ۲/۶۹$^{d}$ | ۲/۷۴$^{d}$ | ۶۵۶/۹$^{d}$ | ۱۷۳/۸$^{c}$ | ۱/۳۷$^{f}$ |
| | سانته | ۱/۰۶$^{e}$ | ۲/۲۸$^{h}$ | ۲/۳۳$^{h}$ | ۵۷۹/۴$^{h}$ | ۱۴۷/۶$^{g}$ | ۱/۵۰$^{d}$ |

* حروف متفاوت نشانهٔ اختلاف معنادار میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

رقم آریندا نسبت به سانته به‌ترتیب ۷/۶۸ و ۸/۳۲ درصد افزایش در وزن خشک و تر گیاه **را** نشان داد (جدول۳). برهمکنش بین BAP و CCC نشان داد که گیاهان تیمار شاهد بیشترین وزن خشک را داشتند و گیاهان تیمارشده با BAP در غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر و CCC در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کمترین وزن خشک را داشتند (جدول۴). نتایج جدول۵ نشان می‌دهد که گیاهان شاهد در رقم آریندا بالاترین وزن خشک را داشتند و گیاهان تیمارشده با ۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP در رقم سانته کمترین وزن خشک را داشتند. نتایج مربوط به برهمکنش CCC و رقم نشان می‌دهد که گیاهان تیمارشده با CCC در غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در رقم سانته نسبت به شاهد همان رقم (۳۱/۸ میلی‌گرم) بالاترین وزن خشک را داشتند و گیاهان تیمارشده با CCC در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر در رقم سانته کمترین وزن خشک را داشتند (جدول۶).

رقم آریندا نسبت به سانته ۱۰/۲۷ درصد افزایش در تعداد چشم هر غده را نشان داد (جدول۳). برهمکنش بین BAP و CCC نشان داد که گیاهان تیمارشده با ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر BAP و ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر CCC بیشترین تعداد چشم غده را داشتند که نسبت به شاهد ۱۰۴/۱۶ درصد افزایش در تعداد چشم غده را نشان دادند و گیاهان تیمارشده با BAP در غلظت ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر و CCC در غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کمترین تعداد چشم غده را داشتند (جدول۴). نتایج مربوط به برهمکنش CCC و رقم نشان می‌دهد که

Archive of SID

www.SID.ir

گیاهان تیمارشده با CCC در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر در رقم آریندا نسبت به شاهد همان رقم افزایش (۱۰۱/۷۳ درصد) تعداد چشم غده را نشان دادند (جدول۶).

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که اثر BAP، CCC و اثر متقابل آن‌ها بر وزن تر و خشک هر غده، عملکرد غده، طول شاخساره و ریشه و طول استولون در سطح احتمال ۱ درصد معنادار شد (جدول۷).

جدول ۷. خلاصهٔ نتایج تجزیهٔ واریانس پارامترهای رویشی (وزن تر و خشک هر غده، عملکرد، طول شاخساره و ریشه و تعداد استولون)

| منابع تغییرات | درجهٔ آزادی | میانگین مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | وزن تر هر غده | وزن خشک هر غده | عملکرد | طول شاخساره | طول ریشه | تعداد استولون |
| ۶- بنزیل آمینوپورین(BAP) | ۳ | ۲۵۰۶۶۲۸/۳$^{**}$ | ۵۴۹۶۹/۲$^{**}$ | ۶۲۹۵۲۵۵/۴$^{**}$ | ۱۳۳۰۵/۹$^{**}$ | ۷۵۶۰۷/۸$^{**}$ | ۲۱/۸۴$^{**}$ |
| سایکوسل (CCC) | ۳ | ۸۴۴۵۱/۳$^{**}$ | ۳۲۰۶۸/۸$^{**}$ | ۸۰۴۲۱۴/۰$^{**}$ | ۹۳۸۶/۳$^{**}$ | ۲۰۶/۴$^{*}$ | ۲۳/۹۰$^{**}$ |
| رقم | ۱ | ۱۶۰۶۷۳/۶$^{**}$ | ۱۹۸/۲$^{ns}$ | ۱۲۸۱۶۰۰/۵$^{**}$ | ۴۱۵/۱$^{**}$ | ۲۴۵/۱$^{**}$ | ۶/۱۲$^{**}$ |
| BAP × CCC | ۹ | ۱۸۲۷۸۰۰/۴$^{**}$ | ۱۳۲۲۰۱/۴$^{**}$ | ۳۲۶۶۶۶۴/۲$^{**}$ | ۴۳۷۸۵/۹$^{**}$ | ۲۲۱۶۸/۷$^{**}$ | ۷۸/۹۶$^{**}$ |
| رقم × BAP | ۳ | ۸۷۴۲/۷$^{ns}$ | ۲۹۷۰۴/۵$^{**}$ | ۹۳۵۶۹۴/۱$^{**}$ | ۵۶۳/۲$^{**}$ | ۲۵۲/۱$^{*}$ | ۱۵/۵۰$^{**}$ |
| رقم × CCC | ۳ | ۷۰۲۰۷/۸$^{**}$ | ۲۳۰۲۵/۸$^{**}$ | ۱۸۸۸۹۸/۰$^{**}$ | ۵۰۷/۱$^{*}$ | ۲۳۹/۷$^{*}$ | ۱۰/۱۸$^{**}$ |
| رقم × BAP × CCC | ۹ | ۳۱۷۰۹۹/۱$^{**}$ | ۱۱۵۹۶۴/۸$^{**}$ | ۱۶۴۵۵۲۹/۰$^{**}$ | ۱۹۸۲/۰$^{**}$ | ۴۱۶/۲$^{*}$ | ۲۸/۴۳$^{**}$ |
| خطا | ۹۶ | ۱۵۶۷۳۷/۷ | ۱۱۷۰۹/۱ | ۶۹۱۲۹۵/۵ | ۴۱۷۲/۴ | ۲۱۳۰/۰ | ۹/۲۳ |
| ضریب تغییرات (CV٪) | - | ۹/۵۵ | ۲۰/۴۱ | ۱۷/۶۳ | ۱۲/۵۲ | ۱۳/۶۸ | ۲۰/۴۵ |

*، **، ns به‌ترتیب نشانهٔ معناداربودن در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و غیرمعنادار بودن است.

برهمکنش بین BAP و CCC نشان داد که بالاترین وزن تر هر غده در غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP بدون حضور CCC به دست آمد که نسبت به شاهد ۶۵۱/۹ میلی‌گرم افزایش وزن نشان داد (جدول۸). بالاترین وزن خشک هر غده در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر BAP بدون حضور CCC به دست آمد که نسبت به شاهد ۱۷۱ میلی‌گرم افزایش وزن خشک غده را داشت (جدول۸). براساس نتایج جدول ۹ رقم آریندا نسبت به سانته ۷۰/۸۶ میلی‌گرم افزایش در وزن تر غده نشان داد. برهمکنش بین رقم و CCC نشان داد که در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر CCC در رقم آریندا بالاترین وزن تر هر غده مشاهده شد که نسبت به شاهد همان رقم ۶۹/۴ میلی‌گرم افزایش وزن تر غده را نشان داد؛ پایین‌ترین وزن تر هر غده مربوط به غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر CCC در رقم سانته بود (جدول۱۰). گیاهان شاهد در رقم سانته بالاترین وزن خشک هر غده را داشتند؛ و پایین‌ترین وزن خشک هر غده مربوط به غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر CCC در رقم سانته بود (جدول۱۰). با توجه به جدول۱۱ گیاهان تیمارشده با BAP در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر در رقم سانته بالاترین وزن خشک هر غده را داشت که نسبت به شاهد همان رقم ۶۹/۱۷ میلی‌گرم افزایش وزن خشک غده نشان دادند. پایین‌ترین وزن خشک هر غده مربوط به ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP در رقم آریندا بود.

بالاترین عملکرد ریزغده در غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP و بدون حضور CCC به دست آمد که نسبت به شاهد ۹۳۱/۹ میلی‌گرم افزایش عملکرد را داشت (جدول۸). رقم آریندا نسبت به سانته ۲۰۰/۱۳ میلی‌گرم افزایش در عملکرد نشان داد (جدول۹). برهمکنش بین رقم و CCC نشان داد که در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر CCC در رقم آریندا بالاترین عملکرد را داشت که نسبت به شاهد همان رقم ۲۱۷/۴ میلی‌گرم افزایش عملکرد را نشان داد؛ پایین‌ترین عملکرد در گیاهان شاهد رقم سانته مشاهده شد (جدول۱۰). با توجه به جدول۹ گیاهان تیمارشده با BAP در غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر در رقم آریندا بالاترین عملکرد را داشتند که نسبت به شاهد همان رقم ۴۷۵/۶ میلی‌گرم افزایش عملکرد را نشان دادند. پایین‌ترین عملکرد مربوط به ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP در رقم سانته بود.

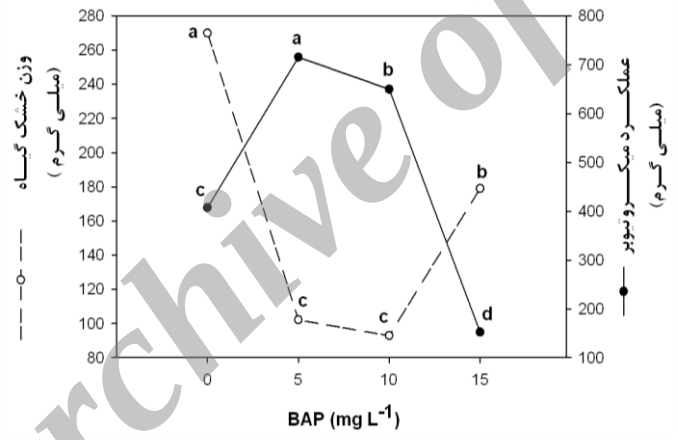
شکل ۳ نشان می‌دهد زمانی که غلظت BAP از صفر به ۵ میلی‌گرم بر لیتر افزایش یافت میزان عملکرد افزایش پیدا کرد و به ۷۱۵/۳۱ میلی‌گرم رسید. سپس

Archive of SID

www.SID.ir

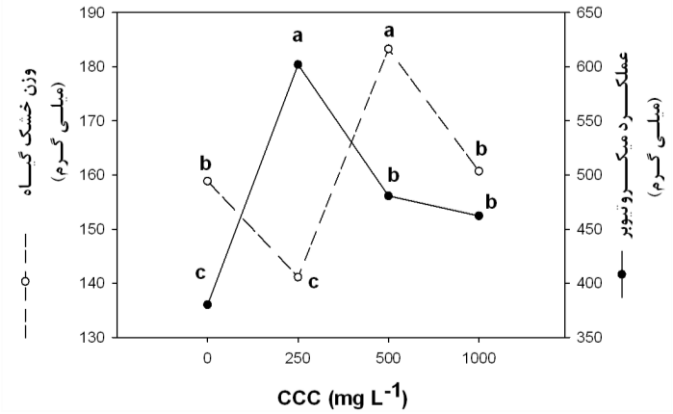
در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر BAP اندکی کاهش پیدا کرد و به ۶۴۹/۷۸ میلی‌گرم رسید، پس از آن در غلظت ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP افت شدید عملکرد را شاهد هستیم. همچنین زمانی که غلظت BAP از صفر به ۵ میلی‌گرم بر لیتر افزایش یافت، میزان وزن خشک گیاه کاهش پیدا کرد و به ۱۰۲/۱۶ میلی‌گرم رسید. کمترین میزان وزن خشک مربوط به غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر BAP بود و به ۹۲/۹۵ میلی‌گرم رسید که با مقدار وزن خشک در غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP تفاوت معناداری نداشت. پس از آن در غلظت ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP مجدداً افزایش وزن خشک را شاهد هستیم. به‌طورکلی، می‌توان نتیجه گرفت که وقتی عملکرد افزایش یافته است وزن خشک گیاه کاهش یافته است.

شکل۴ نشان می‌دهد زمانی که غلظت CCC از صفر به ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر افزایش یافته است عملکرد نیز افزایش یافته به‌طوری‌که گیاهان تیمارشده با CCC در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین عملکرد (۶۰۱/۸۸ میلی‌گرم) را داشته است ولی پس از آن عملکرد در غلظت ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر CCC کاهش می‌یابد که این کاهش بین غلظت ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر CCC معنادار نبوده است. همچنین هرچه غلظت CCC از صفر به ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر افزایش یافته است، وزن خشک گیاه کاهش یافته و به ۱۴۱/۱۴ میلی‌گرم رسیده است. سپس وزن خشک گیاه در غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر CCC افزایش یافته و به ۱۸۳/۲۸رسیده است؛ پس از آن وزن خشک کاهش پیدا کرده و در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر CCC به ۱۶۰/۶۹ میلی‌گرم رسیده است. به‌طورکلی از این دو شکل (۳ و ۴) می‌توان نتیجه گرفت که هرچه عملکرد افزایش یافته، وزن خشک گیاه کاهش پیدا کرده است.




شکل ۳. اثر غلظت‌های مختلف BAP بر عملکرد و وزن خشک گیاه بدون در نظر گرفتن سایر تیمارها

* حروف متفاوت نشانهٔ اختلاف معنادار میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.




شکل ۴. اثر غلظت‌های مختلف CCC بر عملکرد و وزن خشک گیاه بدون در نظر گرفتن سایر تیمارها

* حروف متفاوت نشانهٔ اختلاف معنادار میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

Archive of SID

www.SID.ir

بالاترین طول شاخساره در گیاهان شاهد به دست آمد و کمترین طول شاخساره در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر BAP بدون حضور CCC به دست آمد که نسبت به شاهد ۹۰ میلی‌متر کاهش نشان داد (جدول۸).

جدول ۸. برهمکنش بین BAP و CCC بر وزن تر و خشک هر غده، عملکرد و طول شاخساره و ریشه، تعداد استولون

| BAP (mg/L) | CCC (mg/L) | وزن تر هر غده (میلی‌گرم) | وزن خشک هر غده (میلی‌گرم) | عملکرد (میلی‌گرم) | طول شاخساره (میلی‌متر) | طول ریشه (میلی‌متر) | تعداد استولون |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰ | ۰ | ۶۴/۴$^{p}$ | ۵/۰$^{p}$ | ۲۸/۱$^{p}$ | ۱۰۹/۲$^{a}$ | ۵۳/۱۲$^{e}$ | ۴/۳۷$^{a}$ |
| | ۲۵۰ | ۵۸۰/۰$^{d}$ | ۳۸/۸j | ۸۱۰/۰$^{b}$ | ۷۶/۵$^{c}$ | ۸۷/۹۰$^{a}$ | ۰/۶۲$^{n}$ |
| | ۵۰۰ | ۵۲۳/۸$^{g}$ | ۸۴/۹$^{c}$ | ۵۱۱/۳$^{i}$ | ۳۴/۹$^{n}$ | ۸۲/۴۸$^{b}$ | ۰/۶۲$^{o}$ |
| | ۱۰۰۰ | ۳۷۲/۵ | ۵۳/۴$^{f}$ | ۲۸۰/۰$^{k}$ | ۴۵/۵$^{h}$ | ۷۷/۹۱$^{c}$ | ۰/۷۵$^{m}$ |
| ۵ | ۰ | ۷۱۶/۳$^{a}$ | ۱۱۳/۵$^{b}$ | ۹۶۰/۰$^{a}$ | ۹۷/۶$^{b}$ | ۶۲/۵۲$^{d}$ | ۱/۶۲$^{f}$ |
| | ۲۵۰ | ۶۰۵/۰$^{c}$ | ۵۰/۶$^{g}$ | ۶۷۸/۸$^{f}$ | ۳۳/۲$^{o}$ | ۹/۲۷$^{o}$ | ۱/۰۰$^{k}$ |
| | ۵۰۰ | ۵۴۲/۵$^{f}$ | ۷۱/۴$^{d}$ | ۶۱۰/۰$^{h}$ | ۵۷/۴$^{d}$ | ۱۳/۴۱$^{l}$ | ۱/۳۷$^{h}$ |
| | ۱۰۰۰ | ۵۵۱/۳$^{e}$ | ۵۵/۹$^{e}$ | ۶۱۲/۵$^{g}$ | ۴۴/۲$^{i}$ | ۱۱/۱۶$^{n}$ | ۰/۳۷$^{p}$ |
| ۱۰ | ۰ | ۶۷۲/۵$^{b}$ | ۱۷۶/۰$^{a}$ | ۴۰۸/۸$^{j}$ | ۱۹/۲$^{p}$ | ۳/۳۱$^{p}$ | ۱/۸۷$^{d}$ |
| | ۲۵۰ | ۳۸۵/۶$^{j}$ | ۴۸/۹$^{i}$ | ۶۹۵/۰$^{d}$ | ۵۴/۳$^{f}$ | ۱۳/۶۴$^{k}$ | ۱/۳۷$^{g}$ |
| | ۵۰۰ | ۴۱۵/۸$^{i}$ | ۴۹/۳$^{h}$ | ۶۷۸/۸$^{e}$ | ۵۵/۶$^{e}$ | ۱۶/۵۳$^{j}$ | ۲/۶۲$^{c}$ |
| | ۱۰۰۰ | ۴۵۱/۴$^{h}$ | ۲۱/۵$^{m}$ | ۸۰۱/۰$^{c}$ | ۴۹/۸$^{g}$ | ۱۳/۱۱$^{m}$ | ۲/۷۵$^{b}$ |
| ۱۵ | ۰ | ۲۷۲/۵$^{l}$ | ۱۲/۵$^{o}$ | ۱۲۳/۸$^{n}$ | ۴۱/۵$^{l}$ | ۲۶/۵۹$^{g}$ | ۱/۱۲$^{i}$ |
| | ۲۵۰ | ۲۶۲/۵$^{m}$ | ۱۷/۹$^{n}$ | ۲۲۳/۸$^{l}$ | ۴۳/۰$^{j}$ | ۲۵/۶۳$^{h}$ | ۱/۷۵$^{e}$ |
| | ۵۰۰ | ۱۷۲/۵$^{n}$ | ۳۸/۸$^{k}$ | ۱۰۷/۵$^{o}$ | ۳۷/۹$^{m}$ | ۲۴/۸۲$^{i}$ | ۱/۰۰$^{l}$ |
| | ۱۰۰۰ | ۱۷۶/۳$^{o}$ | ۲۷/۳$^{l}$ | ۱۵۵/۰$^{m}$ | ۴۲/۴$^{k}$ | ۲۹/۱۹$^{f}$ | ۱/۰۰$^{j}$ |

* حروف متفاوت نشانهٔ اختلاف معنادار میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

در صورتی‌که بالاترین طول ریشه در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم CCC بدون حضور BAP به دست آمد که نسبت به شاهد ۳۴/۷۸ میلی‌متر افزایش نشان داد و کمترین طول ریشه در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر BAP بدون حضور CCC به دست آمد (جدول۸). رقم آریندا نسبت به سانته به‌ترتیب ۳/۶ و ۲/۷۷ میلی‌متر افزایش در طول شاخساره و ریشه را نشان داد (جدول۹). در برهمکنش بین رقم و CCC بالاترین طول شاخساره و ریشه را گیاهان شاهد در رقم آریندا داشتند (جدول۱۰). پایین‌ترین طول شاخساره و ریشه به‌ترتیب مربوط به غلظت ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر CCC در رقم سانته بود. برهمکنش بین رقم و BAP نشان داد که گیاهان تیمارشده با غلظت ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP در رقم سانته کمترین طول شاخساره را داشتند و بالاترین طول شاخساره مربوط به گیاهان شاهد در رقم سانته بود (جدول۹). در برهمکنش بین رقم و BAP گیاهان در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر BAP در رقم آریندا کمترین طول ریشه را داشتند و بالاترین طول ریشه مربوط به گیاهان شاهد در رقم آریندا بود (جدول۱۱).

بیشترین تعداد استولون در گیاهان شاهد مشاهده شد و کمترین تعداد استولون در غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP و غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر CCC به دست آمد (جدول۸). رقم آریندا نسبت به سانته ۳۴/۱۰ درصد افزایش در تعداد استولون نشان داد (جدول۹). در برهمکنش بین رقم و CCC بالاترین تعداد استولون را گیاهان شاهد در رقم سانته داشتند (جدول۱۰). پایین‌ترین تعداد استولون مربوط به غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر CCC در رقم آریندا بود. گیاهان شاهد در رقم آریندا کمترین تعداد استولون را داشتند و بالاترین تعداد استولون مربوط به گیاهان شاهد در رقم سانته بود (جدول۱۱).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۹. اثر رقم بر وزن تر و خشک هر غده، عملکرد، طول شاخساره و ریشه و تعداد استولون

| رقم | وزن تر هر غده (میلی‌گرم) | وزن خشک هر غده (میلی‌گرم) | عملکرد (میلی‌گرم) | طول شاخساره (میلی‌متر) | طول ریشه (میلی‌متر) | تعداد استولون |
|---|---|---|---|---|---|---|
| آریندا | ۴۵۸/۲۱$^{a}$ | ۵۵/۳۳$^{a}$ | ۵۸۱/۳۰$^{a}$ | ۵۴/۴۳$^{a}$ | ۳۵/۷۹$^{a}$ | ۱/۷۳$^{a}$ |
| سانته | ۳۸۷/۳۵$^{b}$ | ۵۲/۸۴$^{a}$ | ۳۸۱/۱۷$^{b}$ | ۵۰/۸۳$^{b}$ | ۳۳/۰۲$^{b}$ | ۱/۲۹$^{b}$ |

* حروف متفاوت نشانهٔ اختلاف معنادار میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

جدول ۱۰. برهمکنش رقم و CCC بر وزن تر و خشک هر غده، عملکرد، طول شاخساره و ریشه و تعداد استولون

| CCC (mg/L) | رقم | وزن تر هر غده (میلی‌گرم) | وزن خشک هر غده (میلی‌گرم) | عملکرد (میلی‌گرم) | طول شاخساره (میلی‌متر) | طول ریشه (میلی‌متر) | تعداد استولون |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰ | آریندا | ۴۴۹/۷$^{c}$ | ۵۴/۵۶$^{c}$ | ۵۱۸/۲$^{c}$ | ۷۱/۳۷$^{a}$ | ۴۰/۰۳$^{a}$ | ۱/۵۶$^{b}$ |
| | سانته | ۴۱۳/۱$^{d}$ | ۹۸/۹۶$^{a}$ | ۲۴۲/۱$^{h}$ | ۶۲/۳۹$^{b}$ | ۳۲/۷۴$^{g}$ | ۲/۹۳$^{a}$ |
| ۲۵۰ | آریندا | ۵۱۹/۱$^{a}$ | ۴۱/۸۱$^{e}$ | ۷۳۵/۶$^{a}$ | ۵۱/۱۶$^{d}$ | ۳۴/۱۶$^{c}$ | ۱/۰۰$^{h}$ |
| | سانته | ۳۹۷/۵$^{e}$ | ۳۶/۲۵$^{h}$ | ۴۶۸/۱$^{e}$ | ۵۲/۳۴$^{c}$ | ۳۴/۰۶$^{d}$ | ۱/۳۷$^{d}$ |
| ۵۰۰ | آریندا | ۴۶۹/۷$^{b}$ | ۷۶/۰۶$^{b}$ | ۵۶۴/۴$^{b}$ | ۴۹/۲۸$^{e}$ | ۳۴/۹۴$^{b}$ | ۱/۴۳$^{c}$ |
| | سانته | ۳۵۷/۶$^{h}$ | ۴۶/۰۶$^{d}$ | ۳۹۶/۹$^{g}$ | ۴۳/۶۰$^{h}$ | ۳۳/۶۸$^{f}$ | ۱/۳۷$^{e}$ |
| ۱۰۰۰ | آریندا | ۳۹۴/۴$^{f}$ | ۳۸/۹۴$^{g}$ | ۵۰۷/۰$^{d}$ | ۴۵/۹۴$^{f}$ | ۳۴/۰۵$^{e}$ | ۱/۱۸$^{g}$ |
| | سانته | ۳۸۱/۳$^{g}$ | ۴۰/۰۶$^{f}$ | ۴۱۷/۵$^{f}$ | ۴۵/۰۲$^{g}$ | ۳۱/۶۳$^{h}$ | ۱/۲۵$^{f}$ |

* حروف متفاوت نشانهٔ اختلاف معنادار میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

جدول ۱۱. برهمکنش رقم و BAP بر وزن تر و خشک هر غده، عملکرد، طول شاخساره و ریشه و تعداد استولون

| BAP (mg/L) | رقم | وزن تر هر غده (میلی‌گرم) | وزن خشک هر غده (میلی‌گرم) | عملکرد (میلی‌گرم) | طول شاخساره (میلی‌متر) | طول ریشه (میلی‌متر) | تعداد استولون |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰ | آریندا | ۴۱۵/۳$^{e}$ | ۶۳/۱۳$^{d}$ | ۴۳۳/۲$^{e}$ | ۶۵/۲۲$^{b}$ | ۷۸/۰۹$^{a}$ | ۰/۸۱$^{h}$ |
| | سانته | ۳۵۵/۰$^{f}$ | ۲۷/۸۹$^{g}$ | ۳۸۱/۵$^{f}$ | ۶۷/۸۲$^{a}$ | ۷۲/۶۱$^{b}$ | ۲/۳۷$^{a}$ |
| ۵ | آریندا | ۶۴۸/۱$^{a}$ | ۷۹/۷۵$^{b}$ | ۹۰۸/۸$^{a}$ | ۶۲/۶۳$^{c}$ | ۲۵/۰۷$^{d}$ | ۰/۹۳$^{g}$ |
| | سانته | ۵۵۹/۴$^{b}$ | ۶۵/۹۴$^{c}$ | ۵۲۱/۹$^{c}$ | ۵۳/۵۷$^{d}$ | ۲۳/۱۱$^{f}$ | ۱/۲۵$^{e}$ |
| ۱۰ | آریندا | ۵۲۳/۸$^{c}$ | ۵۰/۷۵$^{e}$ | ۸۲۶/۴$^{b}$ | ۴۷/۲۰$^{e}$ | ۱۰/۹۱$^{h}$ | ۲/۱۲$^{c}$ |
| | سانته | ۴۳۸/۸$^{d}$ | ۹۷/۰۶$^{a}$ | ۴۷۳/۲$^{d}$ | ۴۲/۲۵$^{g}$ | ۱۲/۳۸$^{g}$ | ۲/۱۸$^{b}$ |
| ۱۵ | آریندا | ۲۴۵/۶$^{g}$ | ۱۷/۷۵$^{h}$ | ۱۵۶/۹$^{g}$ | ۴۲/۷۱$^{f}$ | ۲۹/۱۱$^{c}$ | ۱/۳۱$^{d}$ |
| | سانته | ۱۹۶/۳$^{h}$ | ۳۰/۴۴$^{f}$ | ۱۴۸/۱$^{h}$ | ۳۹/۷۰$^{h}$ | ۲۴/۰۰$^{e}$ | ۱/۱۲$^{f}$ |

* حروف متفاوت نشانهٔ اختلاف معنادار میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

## بحث

براساس یافته‌های بسیاری از پژوهشگران اساس بیولوژیکی برای غده‌زایی و تولید ریزغده در شرایط درون‌شیشه‌ای عبارت‌اند از: ساکارز بالا، استفاده از هورمون سیتوکینین، القای روز کوتاه یا تاریکی مطلق، دمای پایین یا استفاده از ضد جیبرلین‌هایی نظیر کلروکولین‌کلراید (سایکوسل) (Donnelly *et al.*, 2003).

غده‌زایی در سیب‌زمینی همراه با تغییرات ریختی و بیوشیمیایی گسترده در بخش‌های هوایی و زیرزمینی آن است (Davies, 1988). از دیرباز مشخص شده است که این تغییرات به‌واسطهٔ هورمون‌ها صورت می‌پذیرد. در شرایط کشت بافت القا و تشکیل ریزغده با تقسیمات سلولی در بخش‌های رأسی و زیررأسی سبب رشد طولی و قطری استولون شدند (Ebadi & Iranbakhsh, 1999). تولید و القای ریزغده در شرایط درون‌شیشه‌ای به‌طور عمده بر استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد متمرکز شده است و نتایج به‌طور قابل ملاحظه‌ای متنوع بوده است. پاسخ‌های گیاه به شماری از عوامل ازجمله غلظت ساکارز،

Archive of SID

www.SID.ir

دما، دورهٔ نوری، شدت نور و رقم وابسته بوده است (Hussain *et al*., 2006). از اثرات مهم سیتوکینین‌ها تقسیم سلولی و طویل‌شدن سلول است که با توجه به همین اثرشان سبب القا و توسعهٔ ریزغده می‌شوند (Kefi *et al*., 2000) و در غلظت‌های متفاوت سبب افزایش تعداد غده می‌شوند (Ebadi & Iranbakhsh, 1999). ظاهراً تأثیر سیتوکینین‌ها بر تقسیمات سلولی در دو مرحله به شرح زیر صورت می‌پذیرد: ۱. مرحلهٔ دو برابر شدن کروموزوم‌ها: در این مورد بررسی‌های متعددی صورت پذیرفته است و نشان می‌دهند که سیتوکینین‌ها به‌طور شایان توجهی بر میزان DNA می‌افزایند. . مرحلهٔ تقسیم سیتوپلاسم یعنی تبدیل یک یاخته به دو سلول: با اینکه کشت سلول‌ها در محیط فاقد سیتوکینین‌ها و در حضور اُکسین‌ها به مضاعف‌شدن کروموزوم‌ها منجر می‌شود و حتی این روند تا مرحلهٔ ایجاد دو هسته (dicaryons) پیش می‌رود اما تشکیل دیوارهٔ عرضی سلول‌ها در محیط کشت تنها در حضور سیتوکینین‌ها امکان‌پذیر است. سیتوکینین‌ها همچنین می‌توانند بر افزایش اندازهٔ سلول‌ها اثر بگذارند که البته این عمل باید توسط اکسین‌ها انجام گیرد ولیکن مشاهده می‌شود در مواردی که اکسین‌ها بر برخی از سلول‌ها نظیر سلول‌های حاصل از برگ‌های بالغ بی‌تأثیرند آنگاه سیتوکینین‌ها برای چنین اعمالی مؤثر واقع می‌شوند. سیتوکینین‌ها بر رشد طولی ریشه‌ها و ساقه‌ها تأثیر بازدارندگی دارند اما رشد عرضی آن‌ها را افزایش می‌دهند. رشد عرضی در این اندام‌ها نظیر ریشه‌های ذخیره‌ای تربچه بدون وقوع رشد طولی و از طریق ضخیم‌شدن آن‌ها صورت می‌گیرد. سیتوکینین‌ها ساختن پروتئین‌ها را میسر می‌سازند. این مواد بخش کامل‌کنندهٔ RNA ناقل (t-RNA) هستند وRNA ناقل مسئول قراردادن آمینواسیدها در زنجیرهٔ پروتیدی است. شاید اثرات متفاوت سیتوکینین‌ها در کنترل بیوسنتز پروتئین‌ها و درنتیجه ساخت آنزیم‌هایی که در حیات سلول‌ها دخالت می‌کنند، به دلیل وجود سیتوکینین‌ها در ساختمان t-RNA باشد (Zhang *et al*., 2005).

ترغیب غده‌زایی در کشت بافت توسط سیتوکینین به‌ویژه BAP از سوی بسیاری از پژوهشگران تأیید شده است. القا و تولید ریزغده در شرایط کشت بافت فرایند پیچیده‌ای است که توسط تنظیم‌کنندهٔ رشدی نظیر BAP کنترل می‌شود (Hussy & Stacey, 1984). BAP سبب القای غده‌زایی در کشت درون‌شیشه‌ای می‌شود و نقش کلیدی در غده‌زایی سیب‌زمینی در شرایط درون‌شیشه‌ای ایفا می‌کند (Zhang *et al*., 2005). سایکوسل یک کندکنندهٔ رشد است که با تغییر میزان محتوای هورمون‌های درون‌زا سبب مهار سنتز $GA_3$ می‌شود و همچنین با کاهش ABA و افزایش سیتوکینین درونی زآتین سبب القای غده‌زایی در سیب‌زمینی می‌شود (Wang *et al*., 2010). CCC با مهار بیوسنتز $GA_3$ و افزایش سنتز تیوبرونیک اسید سبب افزایش تعداد ریزغده در کشت بافت شد (Hussain *et al*., 2006). براساس نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش در رابطه با تعداد غدهٔ بهترین تیمار ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر BAP و ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر CCC بوده است. همچنین تیمار ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر BAP بدون حضور CCC اندازهٔ غده را به بیشترین مقدار افزایش داد. بالاترین وزن غده در تیمار ۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP بدون حضور CCC مشاهده شد. این یافته‌ها با یافته‌های Ebadi & Iranbakhsh (1999) و Husain *et al*. (2006) و Peng *et al*. (2010) هم‌خوانی داشت. با توجه به پژوهش‌های Husain *et al*. (2006) افزایش CCC بالاتر از ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سبب کاهش وزن غده می‌شود، این پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که CCC تا غلظت معینی سبب افزایش اندازهٔ غده می‌شود به‌طوری‌که غلظت‌های بالاتر یا پایین‌تر موجب کاهش تعداد، وزن و اندازهٔ غده می‌شوند.

سیتوکینین‌ها در غلظت‌های مختلف موجب افزایش اندازه و وزن ریزغده می‌شوند و رابطهٔ خطی بین اندازه و وزن وجود دارد (Liu & Xie, 2001). در برخی پژوهش‌ها با افزایش غلظت BAP تعداد غده کم شده است که دلیل آن برهم خوردن سطح هورمون‌های درونی بر اثر استعمال خارجی هورمون‌هاست (Gopal *et al*., 1998). سیتوکینین‌ها در مراحل اولیهٔ رشد غده فعالیت آنزیم اسید اینورتاز را تحریک می‌کنند و به‌طورکلی، سبب تحریک و افزایش متابولیسم نشاسته می‌شوند (Kefi *et al*., 1998). درنتیجه غده را تبدیل به یک مخزن متابولیکی قوی می‌کنند درنهایت سبب تجمع نشاسته در غده و تورم آن می‌شوند و بدین گونه

Archive of SID

www.SID.ir

موجب افزایش اندازه و وزن غده می‌شوند (Aryakia & Hamidoghli, 2010). ریزغده‌های بزرگ برای تولید تجاری مناسب هستند زیرا می‌توان آن‌ها را به‌طور مستقیم در مزارع کاشت بدون آنکه نیازی به سازگاری داشته باشد و همچنین دورهٔ خواب آن‌ها کوتاه‌تر است و نیاز به دورهٔ انبارداری کمتری دارند همچنین ازدست‌دهی آب ریزغده‌های بزرگ کمتر است (Piao *et al.*, 2003). براساس پژوهش حاضر رقم آریندا نسبت به سانته بالاترین وزن، تعداد و اندازهٔ غده را داشت. در تمامی پارامترهای رویشی رقم آریندا از سانته بهتر بود که دلیل آن پتانسیل ژنتیکی این رقم است. این یافته‌ها با نتایج Aryakia & Hamidoghli (2010) مطابقت دارد. پژوهش‌های زیادی نشان داده است که ارقام مختلف پاسخ متفاوتی به تولید ریزغده در کشت بافت دارند و تولید ریزغده در ژنوتیپ‌های مختلف به پتانسیل و ظرفیت ژنتیکی آن‌ها در تولید تنظیم‌کننده‌های رشد درونی بستگی دارد (Al-Safadi *et al.*, 2000). رقم آریندا با توجه به ویژگی‌های ژنتیکی آن از نظر غده‌دهی سبب افزایش تعداد، اندازه و وزن ریزغده می‌شود (Aryakia & Hamidoghli, 2010).

با توجه به پژوهش انجام‌شده BAP در غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر بدون حضور CCC در رقم آریندا دارای بالاترین عملکرد و بعد از آن BAP در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر وCCC در غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در رقم آریندا قرار دارد و تیمارCCC در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بدون حضور BAP در رقم آریندا در ردیف سوم قرار دارد. به‌طورکلی، بهترین تیمار افزایش عملکرد برای BAP در غلظت‌های ۵ و۱۰ میلی‌گرم بر لیتر و برای CCC در غلظت‌های ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد. با توجه به یافته‌های Husain *et al.* (2006)، CCC تا غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سبب افزایش تعداد ریزغده شد و البته با افزایش تعداد ریزغده وزن آن‌ها کم شد. به‌طورکلی، با توجه به نتایج این پژوهش CCC بیشتر در القای ریزغده نقش دارد تا رشد و حجیم‌شدن آن زیرا در تیمارهای CCC بدون حضور BAP هرچه CCC زیاد شده است میزان عملکرد و وزن تازه غده کم شده است. همچنین تعداد غده نیز با افزایش میزان CCC کاهش یافته است و از این نتایج این‌طور برداشت می‌شود که CCC در غلظت‌های بالاتر از ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اثر مثبتی روی غده‌زایی سیب‌زمینی در کشت بافت ندارد. این یافته‌ها با نتایج Husain *et al.* (2006) هم‌خوانی دارد. CCC مانع تبدیل GG پیروفسفات به انت‌کائورن می‌شود. به‌طورکلی، اثر CCC بر پارامترهای غده‌زایی در ارقام مختلف متفاوت است (Wang & Xiao, 2009).

وزن خشک غده در تیمار ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر BAP بدون حضور CCC بالاترین مقدار را داشت، همچنین با بررسی نسبت وزن خشک غده به وزن خشک گیاه تیمار BAP در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر بالاترین نسبت را دارد. همچنین هرچه عملکرد در تیمارهای ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر BAP زیاد شد میزان وزن خشک گیاه کاهش داشت. این نتیجه با یافته‌های Ebadi & Iranbakhsh (1999) هم‌خوانی دارد.

در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر CCC گیاهان بالاترین عملکرد را داشتند. با بررسی نسبت میزان عملکرد به وزن خشک گیاه این نتیجه به دست می‌آید که در بالاترین میزان عملکرد پایین‌ترین وزن خشک گیاه را شاهد هستیم. این موضوع بیانگر این مطلب است که CCC سبب تجمع نشاسته و مادهٔ خشک بیشتر در غده شده و میزان مادهٔ خشک گیاه را کاهش داده است. با توجه به اینکه غده‌ها مخزن قوی هستند اختصاص مواد به غده‌ها سبب کاهش مواد اختصاص‌یافته به اندام‌های رویشی گیاه سیب‌زمینی شده است. این نتایج با یافته‌های Wang & Xiao (2009) هم‌خوانی دارد.

CCC از طریق مهار سنتز $GA_3$ و ممانعت از تبدیل پیروفسفات به انت‌کائورن سبب کاهش ارتفاع گیاه شده است. همچنین طول شاخه‌ها نسبت به ریشه‌ها کاهش بیشتری داشته است، البته وزن تازهٔ اندام هوایی و ریشه افزایش یافته، گیاه قطورتر شده و وزن خشک ریشه هم افزایش یافت. این نتایج توسط دیگر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Aphalo *et al.*, 1997). سیتوکینین‌ها با از بین بردن غالبیت انتهایی از رشد طولی گیاه جلوگیری می‌کنند و رشد عرضی و جانبی گیاه را افزایش می‌دهند. سیتوکینین‌ها همچنین با کنترل اندازهٔ مریستم و تمایز سلول در ناحیه انتقالی و همچنین با ایجاد سیگنال‌هایی سبب کاهش رشد ریشه می‌شوند (Lioi *et al.*, 2007).

Archive of SID

www.SID.ir

در این آزمایش هرچه میزان هورمون BAP از صفر به ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر افزایش یافت طول شاخساره کاهش پیدا کرد. کمترین طول ریشه نیز مربوط به تیمار ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر BAP بود. با توجه به نتایج Zhang *et al.* (2005) افزایش غلظت BAP از ۵ به ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سبب کاهش طول ساقهٔ گیاهچه‌های سیب‌زمینی شد. طبق یافتهٔ همین پژوهشگران اثر BAP بر روی اندام هوایی سیب‌زمینی در کشت دورن‌شیشه‌ای بیشتر معطوف به تشکیل جوانه و شاخه‌های جانبی و تقسیم سلولی بوده است. همچنین هرچه میزان CCC از صفر به سمت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر افزایش یافت طول شاخساره نیز کاهش پیدا کرد. سیتوکینین از طریق تغییر تعادل و بالانس $GA_3$ و جلوگیری از افزایش طول ساقه و مهار تشکیل ریشه و انتقال مواد به استولون سبب ایجاد ریزغده می‌شود (Shibli *et al.*, 2001). اساس بیولوژیکی غده‌زایی توسط سیتوکینین‌ها تحریک فعالیت آنزیم اینورتاز در استولون‌های موجود بر روی محیط کشت است که سبب تبدیل سریع مرحلهٔ قلابی‌شکل به مرحلهٔ متورم‌شدن در انتهای استولون می‌شود و بعد از این مرحله فعالیت اینورتاز کمی کاهش پیدا می‌کند و زمانی که غده شروع به رشد کرد دوباره فعالیت آن زیاد می‌شود. سیتوکینین‌ها فعالیت اولیهٔ آنزیم‌ها را در انتهای استولون تحریک می‌کنند و افزایش می‌دهند، همین امر موجب کوتاه‌ماندن استولون‌ها و تولید غده می‌شود (Aslam & Iqbal, 2010).

تعداد چشم در تیمار ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر BAP و ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر CCC در رقم آریندا بالاترین میزان را داشت. تعداد چشم بر روی ریزغده به عوامل ژنتیکی در ارقام سیب‌زمینی بستگی دارد، هرچه تعداد چشم بیشتر باشد پتانسیل ریزغده برای جوانه‌زنی و رشد بالاتر می‌رود.

**نتیجه‌گیری کلی**

نتایج این آزمایش نشان داد که به‌طورکلی، بهترین رقم در این پژوهش از هر نظر برای تولید ریزغده رقم آریندا بود که بهترین عملکرد و بهترین واکنش به دو هورمون کاربردی را داشت. با توجه به این پژوهش بیشترین تعداد ریزغده در محیط کشت حاوی BAP در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر و CCC در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد. بزرگ‌ترین اندازهٔ ریزغده در تیمار BAP در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر و بدون حضور CCC به دست آمد. بیشترین عملکرد در گیاهان محیط کشت حاوی BAP در غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر و بدون حضور CCC به دست آمد. از نظر طول شاخه و ریشه و وزن تر و خشک گیاه بهترین تیمارها آن‌هایی بودند که کمترین طول شاخه و ریشه و وزن تر و خشک گیاه را داشتند زیرا در این تیمارها اثرات دو هورمون CCC و BAP سبب غده‌زایی به بهترین شکل شده بود. بهترین تیمار از این نظر BAP در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر و بدون حضور CCC بود.

## REFERENCES


1. Akita, M. & S. Takayama. (1994). Stimulation of potato (*Solanum tuberosum* L.) tuberization by semicontinuous liquid medium surface level control. *Plant Cell Report*, 3, 184-187.
2. Al-Safadi, B., Ayyoubi Z. & Jawdat. D. (2000). The action on effect of gamma irradiation on potato microtuber production *in vitro*. *Plant Cell, Tissue and Organ Plant Cell, Culture*, 61, 183-187.
3. Aphalo, P., Rikala, R. & Sa´nchez, R.A. (1997). Effect of CCC on th morphology and growth potential of containerised silver birch seedlings. *New Forestery*, 14, 167-177.
4. Aryakia, Y. & Hamidoghli, E. (2010). Comparison of Kinetin and 6- Banzyl Amino Purine Effect on *in vitro* Microtuberization of Two Cultivars of Potato (*Solanum tuberosum* L.). *American-Eurasian Journal Agriculture & Environment Science*, 8(6), 710-714.
5. Aslam, A. & Iqbal, J. (2010). Combined effect of cytokinin and sucrose on in vitro tuberization parameters of two cultivars i.e., diamant and red norland of potato (*Solanum tuberosum*). *Pakistan Journal of Botany*, 42(2), 1093-1102.
6. Dashtban, A. & laei, Gh. (1997) Investigation of the methods of potato storing into the soil. 5th congress of Horticultural Sciences, Shiraz University, Shiraz, pp 415. (in Farsi)
7. Davies, H.V. (1988) Rapid determination of glucose, fructose and sucrose in potato tubers by capillary gas chromatography. *Potato Research*, 31, 569-572.
8. Donnelly, D., Coleman, K. & Ecoleman, S. (2003). Potato microtuber production and performance. *American Journal of Potato*, 80, 103-115.


Archive of SID

www.SID.ir

9. Ebadi, M. & Iranbakhsh, A. (1999). Induction and growth of potato microtubers cv Sante in response to the different concentration of banzylaminopurine and sucrose in tissue culture condition. *Journal of Basic Sciences of Islamic Azad University*, 78(1), 1-14. (in Farsi)
10. FAO. (2000). FAO Yearbook Production, Food and Agriculture Organization of United Nation, Rome.
11. Gopal, J., Minocha, L. & Dhaliwal, H.S. (1998). Microtuberization in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Cell Report*, 17, 794-798.
12. Hussain, I., Chaudhery, Z., Muhamad, A., Asghar, R. & Rashid, H. (2006). Effect of chlorocholine chloride, sucrose and BAP on *in vitro* tubrization in potato (*Solanum tuberosum* L. CV. Cardinal). *Pakistan Journal of Botany*, 38(2), 275-282.
13. Hussey, G. & Stacey, N.J. (1984). Factors affecting the formation of *in vitro* tubers of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Annual Botany*, 53, 565-578.
14. Kawakami, J., Kazuto, I., Toshihiro, H. & Yutaka, J. (2003). Growth and yield of potato plants grown from microtubers in fields. *American Journal of Potato Research*, 80, 371-378.
15. Kefi, S., Pavlista, A.D. Read P.E. & Kachman, S.D. (2000). Comparsion of thidiazuron and two nitroguanidines to kinetin on potato micrituberization *in vitro* under short and long days. *Plant Growth Regulators*, 19, 429-436.
16. Leclerc Y., Doimelly, D. & Seabrook, J.E.A. (1994). Microtuberization of layered shoots and nodal cuttings of potato: The influence of growth regulators and incubation periods. *Plant, Cell, Tissue and Organ Culture*, 37, 113-120.
17. Liu, J. & Xie, C. (2001). Correlation of cell division and cell expansion to potato microtuber growth *in vitro. Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 67, 159-164.
18. Naik, P. & Karihaloo, J. (2007). Micropropagation for Production of Quality Potato Seed in Asia-Pacific. Asia-Pacific Consortium on Agricultural Biotechnology, New Delhi, India. 54 P.
19. Nistor, A., Campeanu, G., Atanaslu, N., Chiro, N. & Karcsony, D. (2010). Influence of Genotype over Microtubers Production. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(1), 209-212.
20. Peng, M., Wang, X. & Li, L. (2010). The Effect of Plant Growth Regulator and Active Charcoal on the Development of Microtubers of Potatoes. *American Journal of Plant Sciences*, 3, 1535-1540.
21. Piao, X.C., Chakrabarty, D., Hahn, E.J. & Paek, K.Y. (2003). A simple method for mass production of potato microtubers using a bioreactor system. *Current Scientists*, 84, 1129-1132.
22. Rolot, J. L., Seutine, H. & Michelant, D. (2002). Production de minituber cules depomme de terre par hydroponic. *Biotechnology Agronomy Society and Enviroment*, 6(3), 155-161.
23. Sanchez, G.E., Slack, S.A. & Dodds, J.H. (1991). Response of selected Solanum species to virus eradication therapy. *American Potato Journal*, 68, 299-315.
24. Sharma, S., Kaure, N. & Gupta, A. (1998). Effect of chlorocholine chloride sprays on the carbohydrate composition and activities of sucrose metabolising enzymes in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Growth Regulation*, 26, 97-103.
25. Shibli, R.A., Abu-Ein, A.M. & Ajlouni, M.M. (2001). *In vitro* and *in vivo* multiplication of virus free 'Spunta' potato. *Pakistan Botany*, 33, 35-41.
26. Struik, P.C. & Wiersema, S.G. (1999). Seed Potao technology. Wageningen Perss, Wageningen. *Plant Cell, Tissus and Organ Culture*, 65, 173-174.
27. Tovar, P., Estrada, R., Schilde-Rentschler, L. & Dodds, J. H. (1985). Induction and use of in vitro potato tubers. *CIP Circular*, 13(4), 1-5.
28. Vreugdenhil, D. (2007). *Potato biology and biotechnology advances and perspectives*. Elsevier. 2td, Oxford, UK.
29. Wang, H.Q. & Xiao, L.T. (2009). Effects of chlorocholine chloride on phytohormones and photosynthetic characteristics in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Plant Growth Regulators*, 28, 21-27.
30. Wang, H., Xiao, L., Tang, J. & Liu, F. (2010). Foliar application of chlorocholine chloride improves leaf mineral nutrition, antioxidant enzyme activity, and tuber yield of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Scientia Horticulturae*, 125, 521-523.
31. Zhang, Z., Zhou, W. & Li, H. (2005). The role of GA, IAA and BAP in the regulation of *in vitro* shoot growth and microtuberization in potato. *ACTA Physiologiae Plantarum*, 27 (3B), 363-369.

Archive of SID

www.SID.ir