

اثر غلظت‌های مختلف پاکلوبوترازول و تراکم کاشت گیاهچه بر تولید ریز غده در سیب زمینی رقم سانته

فرشاد دشتی^{۱*}، خسرو پرویزی^۲، حامد اشراف^۳، مهرداد چایچی^۴ و محمود اثنی عشری^۵
۳، ۱، ۵، استادیار، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ۴، ۲، ۴، مریمان و
اعضاء هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان
(تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۱۷ - تاریخ تصویب: ۹۱/۴/۲۵)

چکیده

در این پژوهش اثر غلظت‌های مختلف پاکلوبوترازول (۰، ۲۵۰، ۳۵۰ و ۴۵۰ میلی گرم در لیتر) و تراکم کاشت گیاهچه (۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ گیاهچه در متر مربع) بر تولید ریزغده از سیب زمینی رقم سانته بصورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در چهار تکرار مورد بررسی قرار گرفت. پاکلوبوترازول در اوایل استولون زایی روی برگها پاشیده شد. نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که پاکلوبوترازول میزان کلروفیل کل، a و b در برگ و نسبت وزن تر ریزغده به شاخساره را افزایش، اما طول میانگره، ساقه، استولون و قطر ساقه را کاهش داد. درحالیکه تراکم کاشت طول میانگره، ساقه و استولون را افزایش، ولی وزن تر غده به شاخساره را کاهش داد. اثرات متقابل تیمارها روی طول میانگره، ساقه و استولون معنی دار گردید. تراکم کاشت و غلظت پاکلوبوترازول بر روی تعداد ریزغده در واحد سطح، عملکرد برحسب کیلوگرم در مترمربع، تولید ریزغده در هر گیاهچه و تعداد ریز غده بالای ۵ گرم تأثیر معنی دار داشت. ضمناً اثرات متقابل آنها بر تعداد ریزغده بالای ۵ گرم معنی دار شد. بررسی مقایسه میانگین ها نشان داد که با افزایش تراکم کاشت، تعداد و وزن ریزغده در واحد سطح و تعداد ریزغده بالای ۵ گرم افزایش یافته، ولی تعداد و وزن ریز غده در هر گیاهچه کاهش یافت. پاکلوبوترازول عملکرد برحسب تعداد و وزن ریز غده در واحد سطح، وزن متوسط ریزغده و تعداد ریزغده بالای ۵ گرم را افزایش داد و بین غلظت‌های مختلف آن تفاوت معنی داری وجود نداشت.

واژه های کلیدی: ریزغده، سیب زمینی، پاکلوبوترازول، تراکم کاشت گیاهچه

مقدمه

گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت در گلخانه هایی که از شته‌ها و دیگر ناقلین ایجاد کننده آلودگی محافظت شده‌اند، ایجاد می‌گردد. چون ریزغده عاری از بیماری بوده و هزینه بسته‌بندی، حمل و نقل و انبارداری آن نسبت به غده بذری کمتر می‌باشد، استفاده از آن به-

روش تجاری تولید سیب‌زمینی کاشت غده است و در حال حاضر عملی‌ترین روش جهت تولید غده بذری سالم استفاده از تکنیک ریزغده می‌باشد. ریزغده عبارت است از غده‌هایی با قطر متوسط ۵ تا ۲۵ میلی‌متر که از

آن بر طول ساقه مشاهده شد. با تحقیق Barrett & Bartuska (1982) مشخص شد که گیاهانی که پاکلوبوترازول روی ساقه آنها پاشیده شده بود نسبت به آنهایی که پاکلوبوترازول روی برگهایشان پاشیده شده بود، کوتاه تر بودند.

میزان اثر پاکلوبوترازول بر رشد رویشی گیاهچه سیب زمینی به زمان و روش کاربرد بستگی دارد. محلول پاشی پاکلوبوترازول ۱۴ روز بعد از کاشت نسبت به ۲۱ روز بعد از کاشت، اثر قابل توجه بیشتری بر کاهش طول میانگره ها داشت (Hughes & Keith, 2003). در پژوهش دیگری محلول پاشی پاکلوبوترازول با غلظت ۴۵۰ میلی گرم در لیتر در اوایل آغاز استولون دهی، بدون اینکه تأثیری بر عملکرد کل داشته باشد تعداد ریز غده ها را تقریباً دو برابر نمود (Bandra & Tanino, 1995). Lim et al. (2004) با مصرف پاکلوبوترازول با غلظت ۱۵۰ میلی گرم در لیتر بصورت محلول پاشی روی گیاهچه سیب زمینی رقم آتلانیکا و نوروالی تعداد ریز غده ها را بصورت بسیار معنی دار افزایش دادند. اگر چه طول دوره رکود ریز غده هایی که بوسیله پاکلوبوترازول تیمار شده بود نیز ۵ تا ۲۰٪ افزایش پیدا کرد.

روش دیگر بالا بردن ضریب تکثیر و افزایش تعداد ریز غده ها، افزایش تراکم کاشت می باشد. اما بکارگیری آن باید به گونه ای باشد که وزن ریزغده های حاصله از دامنه مورد نظر پایین تر نیاید. زیرا با افزایش تراکم کاشت، عملکرد بر حسب تعداد ریز غده در واحد سطح افزایش یافته ولی وزن متوسط ریز غده کاهش می یابد (Ewing, 1997). Abdulnour et al. (2003)، اثر دو تراکم کاشت ۱۰۰ و ۲۰۰ گیاه در متر مربع را بر عملکرد ریزغده در واحد سطح بررسی کرده و گزارش دادند که تراکم ۲۰۰ گیاه در متر مربع، تعداد ریزغده در واحد سطح را از ۳۶۷ به ۴۴۰ افزایش داده، ولی وزن متوسط آنها را از ۷/۵ به ۶ گرم کاهش داد. در آزمایشی دیگر با کاشت میکروتیوبر با تراکم تعداد ۱، ۲، ۳، میکروتیوبر در ۱۵۰ سانتی مترمربع در شرایط گلخانه، تعداد ریزغده های به دست آمده به ترتیب ۲۲۹، ۲۹۱ و ۳۲۸ عدد در مترمربع گزارش گردید (Gallardo et al., 1998). Maher (1998) و نیز Van der veecken & Iommen (2009) گزارش کردند که افزایش تراکم

عنوان بذر پایه در اکثر نقاط سیب زمینی خیز دنیا متداول شده است. باتوجه به اینکه این تکنیک در ایران نیز قابل اجرا می باشد، می توان با انجام تحقیقات مختلف نسبت به پایین آوردن هزینه تمام شده آن اقدام نمود (Otroshy, 2006).

غده زایی در سبب زمینی یک فرآیند پیچیده است که علاوه بر ژنتیک و رقم، به عوامل محیطی، تغذیه، شرایط فیزیولوژیکی غده بذری و سطوح هورمونها وابسته می باشد (Rodriguez et al., Ewing, 1997). در میان هورمونهای گیاهی، هورمون اسید جیبرلیک نقش واضح و مشخص تری در فرآیند غده زایی دارد. اسید جیبرلیک محرک توسعه استولونها بوده و از غده زایی ممانعت میکند. (Machackova et al., 1998).

یکی از روش های بالا بردن ضریب تکثیر استفاده از تنظیم کننده های رشد گیاهی محرک انگیزش غده است. از اینگونه تنظیم کننده ها می توان به کند کننده های رشد یا بازدارنده های سنتز اسید جیبرلیک اشاره نمود. از آنجائیکه اسید جیبرلیک از غده زایی جلوگیری می کند، می توان با جلوگیری از سنتز آن غده زایی را بالا برد (Ewing, 1997; Fernie & Willmitzer, 2001; Rodriguez et al., 2006). تری آزولها (Triazole) از فعال ترین کند کننده های رشد گیاهی می باشند که در غلظتهای کم بدون بروز علائم نکروزه شدن برگ از سنتز اسید جیبرلیک جلوگیری می نمایند و شاخص ترین این دسته پاکلوبوترازول (Paclobutrazole) می باشد که با ممانعت از تشکیل کائورونیک اسید و در نهایت کاهش سنتز اسید جیبرلیک غده زایی را افزایش می دهد (Fletcher et al., 2000; Tekalign & Hammes, 2004; Bandra & Tanino, 1995; Brown et al., 2003). Tekalign & Hammes (2004) نشان دادند بدون توجه به روش کاربرد، پاکلوبوترازول بطور معنی داری میزان کلروفیل a و b بافتهای برگ را افزایش می دهد. بیشترین میزان کلروفیل در بیشترین غلظت پاکلوبوترازول به دست آمد و با افزایش غلظت پاکلوبوترازول میزان کلروفیل نیز افزایش یافت. سبب زمینی های تیمار شده با پاکلوبوترازول ۵۰ درصد از شاهد کوتاه تر بوده و یک اثر متقابل بین غلظت و روش کاربرد

قرار داده شد. حدود دو هفته پس از انتقال گیاهچه‌ها به سینی، لیوانهای یکبار مصرف از روی گیاهچه‌ها برداشته شدند. گیاهچه‌ها هر ده روز یکبار با کود کامل فلورال (Floral) (۲۰:۲۰:۲۰) با غلظت ۳ در هزار بطوری که با برگها تماس پیدا نکنند، تغذیه شدند. جهت مبارزه با بیماریها (قارچ کش ریدومیل) و آفات بخصوص شته و زنجره (سم کنفیدور) عملیات سمپاشی در طول دوره رشد به دفعات صورت گرفت. با توجه به اینکه در موقع کاشت گیاهچه فقط نیمی از حجم سینی با مخلوط بستر کاشت پر شده بود، بقیه حجم سینی در طول دوره رشد طی ۳ مرحله خاکدهی، پر شد. گیاهچه‌ها در اوایل آغاز استولون دهی با پاکلوبوترازول در غلظتهای ۰، ۲۵۰، ۳۵۰ و ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر محلول پاشی شدند. در این آزمایش چهار غلظت پاکلوبوترازول وسه تراکم کاشت ۸۰، ۱۰۰، و ۱۲۰ گیاهچه در مترمربع به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی به اجرا درآمد. متوسط طول میانگره و ساقه (از قاعده تا نوک شاخساره) و قطر ساقه در تیمار و تکرارهای مختلف طی دو مرحله شامل دو هفته بعد از تیمار و نه هفته بعد از تیمار، بوسیله خط‌کش دقیق اندازه‌گیری شد. قبل از انجام آزمایش اصلی در یک پیش آزمایش اثر پاکلوبوترازول روی میزان رشد رویشی گیاهچه‌ها بررسی شد و باتوجه به میزان اثر این ماده، زمانهای دو و نه هفته پس از تیمار جهت اندازه‌گیری صفات رشدی انتخاب شد. اندازه‌گیری کلروفیل به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر به روش Arnon (1946) صورت گرفت. کلروفیل در استون ۸۰٪ استخراج شده و میزان کلروفیل کل، a و b بر حسب میلی گرم بر گرم ماده تر با استفاده از ضرایب زیر به دست آمد.

$$Chl_a (mgmg^{-1}) = 12.7 \times (A663) - 2.69 \times (A645)$$

$$Chl_b (mgmg^{-1}) = 22.97 \times (A645) - 4.68 \times (A663)$$

$$Chl_{total} (mgmg^{-1}) = Chl_a + Chl_b$$

در هنگام برداشت، گیاهچه‌ها با دقت از محیط کشت خارج شده و طول استولون، وزن تر شاخساره و غده های گیاهچه اندازه‌گیری شدند. تعداد چشمه‌ها بر اساس کلاسه‌بندی وزنی، شمارش و ثبت گردید. ریزغده های هر سینی مربوط به تیمارهای مختلف و در تکرارهای مختلف بصورت جداگانه برداشت و بر اساس قطر ریزغده

گیاهی، متوسط وزن غده‌های برداشت‌شده را کاهش داده اما تعداد غده‌های با قطر بیش از ۱۵ میلی‌متر را افزایش می‌دهد. در تحقیق Georgakis et al. (2008) ریز غده‌ها در چهار تراکم ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ عدد در مترمربع کاشته شدند. نتایج نشان داد که با افزایش تراکم کاشت، غده‌های بزرگ کاهش یافته، ولی تعداد غده‌های کوچک افزایش یافت. با توجه به اهمیت موارد ذکر شده به نظر میرسد افزایش تراکم کاشت تا حدی قادر به افزایش عملکرد در تولید ریز غده می‌باشد اما می‌بایستی در افزایش عملکرد کیفیت ریزغده های تولیدی بخصوص اندازه آنها نیز مد نظر قرار گیرد. لذا در این پژوهش بکارگیری پاکلوبوترازول و چگونگی تأثیر آن در تراکمهای مختلف کاشت گیاهچه بمنظور تعدیل اثرات افزایش تراکم و بهبود کیفیت تولید ریزغده مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

عملیات اجرای این طرح در گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان و آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا انجام گرفت. رقم سیب زمینی مورد استفاده در این پژوهش سانته بود. ابتدا گلخانه و سپس سینی های کاشت شسته شده و با استفاده از هیپوکلریت سدیم ضدعفونی گردید و جهت حذف بقایای کلر تهویه صورت گرفت. محیط کشت که ترکیبی از پیت خزه و پرلایت با نسبت مساوی بود تهیه شده و بوسیله دستگاه ضدعفونی خاک (با استفاده از بخار آب) ضدعفونی گردید. سپس محیط کشت مرطوب با قارچکش مانکوزب با غلظت ۱ در هزار ضد عفونی شد. گیاهچه‌های عاری از عوامل بیماریزای رقم سانته که از طریق کشت قلمه‌های تک-گره در آزمایشگاه کشت بافت مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان پرورش یافته و دارای طول ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر بودند، به گلخانه منتقل گردید و در سینی‌هایی به ابعاد ۱۲×۳۶×۵۶ سانتی‌متر نشاء شدند. طول روزها استفاده از نور مصنوعی روی ۱۶ ساعت تنظیم شد و به منظور ایجاد سازگاری گیاهچه با محیط گلخانه و جلوگیری از تبخیر رطوبت اطراف گیاهچه‌ها، روی هر گیاهچه کشت شده، یک لیوان یکبار مصرف

و وزن آنها طبقه‌بندی شدند. تعداد کل ریزغده و ریزغده بالای ۵ گرم نیز شمارش گردید. عملکرد کل برحسب تعداد و وزن در هر تیمار و تکرار مختلف بر تعداد گیاهچه‌ها تقسیم و عملکرد هر گیاهچه محاسبه شد. وزن متوسط ریزغده از تقسیم وزن ریزغده‌ها در هر سینی بر تعداد آنها به دست آمد. اعداد به دست آمده با استفاده از برنامه آماری SAS تجزیه و تحلیل شدند. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گردید و نمودارها با EXCEL رسم شدند.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر پاکلوبوترازول و تراکم کاشت و نیز اثرات متقابل آن‌ها در

مرحله اول اندازه‌گیری (۲ هفته بعد از تیمار پاکلوبوترازول)، بر طول میانگرمه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد ولی در مرحله دوم اندازه‌گیری (۹ هفته بعد از تیمار پاکلوبوترازول)، اثر تراکم کاشت در سطح ۵ درصد و اثر بقیه تیمارها در سطح ۱ درصد بر طول میانگرمه معنی‌دار شدند. در مورد طول ساقه، در مرحله اول، اثر تراکم کاشت و اثرات متقابل در سطح ۵ درصد و اثر پاکلوبوترازول در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید ولی در مرحله دوم اثر همه تیمارها در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. در مرحله اول فقط اثر پاکلوبوترازول بر قطر ساقه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد ولی در مرحله دوم اثر تراکم کاشت علاوه بر اثر پاکلوبوترازول در سطح ۱ درصد نیز معنی‌دار شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر پاکلوبوترازول و تراکم کاشت بر برخی ویژگی‌های رشدی شاخساره

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول میانگرمه دو هفته بعد از تیمار	طول میانگرمه نه هفته بعد از تیمار	طول ساقه دو هفته بعد از تیمار	طول ساقه نه هفته بعد از تیمار	قطر ساقه دو هفته بعد از تیمار	قطر ساقه نه هفته بعد از تیمار
تکرار	۳	۰/۰۲۵ ^{ns}	۰/۰۳۱ ^{ns}	۰/۳ ^{ns}	۲/۷ ^{ns}	۰/۰۲۲ ^{ns}	۰/۰۱۱ ^{ns}
تراکم کشت	۲	۰/۱۸ ^{**}	۰/۱۵۳ [*]	۱۲/۸۲ [*]	۵۲/۱۲۵ ^{**}	۰/۰۷۲ ^{ns}	۱/۴۹۷ ^{**}
پاکلوبوترازول	۳	۹/۴۵۶ ^{**}	۲۲/۹۴۸ ^{**}	۳۵۸/۰۱۵ ^{**}	۴۰۶۰/۹۲۸ ^{**}	۸/۶۷۶ ^{**}	۷/۹۰۷ ^{**}
تراکم × پاکلوبوترازول	۶	۰/۱۳۴ ^{**}	۰/۱۶ ^{**}	۱۰/۱۸۶ [*]	۴۸/۴۷۲ ^{**}	۰/۰۱۶ ^{ns}	۰/۱۸۵ ^{ns}
خطا	۳۳	۰/۰۳۰	۰/۰۴۳	۴/۳۵۳	۵/۷۷۶	۰/۱۳۶	۰/۲۶۶
CV در صد	-	۱۶/۵۷	۲۰/۳۶	۱۴/۰۵	۱۰/۴۴	۱۰/۶۶	۱۱/۷۲

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ns عدم اختلاف معنی‌دار

با بررسی اثرات متقابل تیمارها بر طول میانگرمه (جدول ۲) مشخص شد که بین تراکم ۱۰۰ و ۱۲۰ گیاهچه در مترمربع بدون تیمار پاکلوبوترازول در هر دو مرحله تفاوت معنی‌دار وجود نداشت، و در هر سه تراکم با حضور غلظت‌های مختلف پاکلوبوترازول تفاوت معنی‌داری از نظر طول میانگرمه مشاهده نشد. این اثر پاکلوبوترازول احتمالاً به دلیل کاهش غلظت اسید جیبرلیک درونزاد می‌باشد، زیرا اسید جیبرلیک طول میانگرمه را از طریق تسریع تقسیم سلولی و افزایش تعداد سلول‌ها، افزایش می‌دهد که با نتایج Tekalign (2006)

و Hughes & Keith (2003) مطابقت دارد. در بررسی اثرات متقابل تیمارها بر طول ساقه (جدول ۲) مشخص شد کوتاه‌ترین گیاهچه با طول ۱۲/۰۳ سانتی‌متر در ۹ هفته بعد از تیمار مربوط به بالاترین تراکم و بیشترین غلظت پاکلوبوترازول بود که با سایر تراکم‌ها و حضور پاکلوبوترازول تفاوت معنی‌دار نداشت. لذا می‌توان نتیجه گرفت که پاکلوبوترازول اثر تراکم کاشت بر رشد طولی ساقه را احتمالاً با جلوگیری از سنتز GA و در نتیجه کاهش رشد طولی میانگرمه‌ها، به کلی حذف نموده و امکان کاشت گیاهچه در تراکم بالا را فراهم می‌نماید.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر پاکلوبوترازول و تراکم کاشت بر برخی ویژگی‌های رشدی شاخساره

تیمارها	طول میانگره دو هفته بعد از تیمار (سانتیمتر)	طول میانگره نه هفته بعد از تیمار (سانتیمتر)	طول ساقه دو هفته بعد از تیمار (سانتیمتر)	طول ساقه نه هفته بعد از تیمار (سانتیمتر)	قطر ساقه دو هفته بعد از تیمار (میلیمتر)	قطر ساقه نه هفته بعد از تیمار (میلیمتر)
تراکم (گیاه در متر مربع)						
۸۰	۰/۹۲۷۵ ^b	۰/۹۰۵ ^b	۱۳/۸۴ ^b	۲۱/۰۷ ^b	۴/۷۵ ^a	۳/۵۲ ^a
۱۰۰	۱/۰۸۴ ^a	۱/۰۳۷ ^{ab}	۱۵/۱۵ ^{ab}	۲۳/۳۴ ^a	۴/۲۵ ^b	۳/۴۷ ^a
۱۲۰	۱/۱۳ ^a	۱/۰۹۶ ^a	۱۵/۵۵ ^a	۲۴/۶۳ ^a	۴/۱۹ ^b	۳/۳۹ ^a
پاکلوبوترازول (mg/L)						
۰	۲/۳۸ ^a	۳/۰۸۶ ^a	۲۲/۹۸ ^a	۵۰/۵۴ ^a	۵/۵۹ ^a	۴/۷۳ ^a
۲۵۰	۰/۶۴۸ ^b	۰/۳۷۴ ^b	۱۲/۸ ^b	۱۵/۲۱ ^b	۴/۲۰ ^b	۳/۱۱ ^b
۳۵۰	۰/۶۰۴ ^b	۰/۳۳ ^b	۱۲/۴ ^b	۱۴/۲۰ ^b	۳/۹۷ ^b	۳/۰۵ ^b
۴۵۰	۰/۵۵۹ ^b	۰/۲۶ ^b	۱۱/۲ ^b	۱۲/۱۰ ^c	۳/۸۳ ^b	۲/۹۶ ^b
اثرات متقابل						
۸۰×۰	۱/۹۴۷ ^b	۲/۶۵ ^b	۱۹/۲۵ ^b	۴۲/۹۷ ^c	۶/۲۰ ^a	۴/۸۵ ^a
۸۰×۲۵۰	۰/۶۵ ^c	۰/۳۶۷ ^c	۱۲/۶ ^c	۱۵/۰۷ ^d	۴/۷۳ ^{bc}	۳/۲۲ ^b
۸۰×۳۵۰	۰/۵۸۵ ^c	۰/۳۴ ^c	۱۲/۳ ^c	۱۴/۱۰ ^d	۴/۱۶ ^{cd}	۳/۰۶ ^b
۸۰×۴۵۰	۰/۵۲۸ ^c	۰/۲۶ ^c	۱۱/۱۳ ^c	۱۲/۱۲ ^d	۳/۹۷ ^{cd}	۲/۹۶ ^b
۱۰۰×۰	۲/۵۲ ^a	۳/۱۸ ^a	۲۴/۲ ^a	۵۱/۸ ^b	۵/۳۱ ^b	۴/۷۳ ^a
۱۰۰×۲۵۰	۰/۶۴۵ ^c	۰/۳۸ ^c	۱۲/۸ ^c	۱۵/۲۰ ^d	۳/۹۶ ^{cd}	۳/۱۳ ^b
۱۰۰×۳۵۰	۰/۶۰۵ ^c	۰/۳۳ ^c	۱۲/۴ ^c	۱۴/۲۰ ^d	۳/۸۹ ^{cd}	۳/۰۶ ^b
۱۰۰×۴۵۰	۰/۵۷ ^c	۰/۲۷ ^c	۱۱/۱ ^c	۱۲/۱۶ ^d	۳/۸۳ ^d	۲/۹۷ ^b
۱۲۰×۰	۲/۶۷ ^a	۳/۴۳ ^a	۲۵/۴۸ ^a	۵۶/۸۵ ^a	۵/۲۸ ^b	۴/۶۳ ^a
۱۲۰×۲۵۰	۰/۶۴۸ ^c	۰/۳۷۵ ^c	۱۲/۹۵ ^c	۱۵/۳۵ ^d	۳/۹۱ ^{cd}	۲/۹۷ ^b

حروف یکسان در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی دار در تیمارهای مربوطه می باشد

رقم و شرایط محیطی و همچنین غلظت، زمان و روش کاربرد پاکلوبوترازول نیز بستگی داشته باشد. این اثرات با نتایج Fletcher et al (2000) که حاکی از کاهش قطر بنت قنسول و داودی در اثر تیمار پاکلوبوترازول بود، مطابقت داشت. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر تراکم کاشت بر طول استولون و وزن تر غده به شاخساره و اثر پاکلوبوترازول بر میزان کلروفیل کل، a و b، طول استولون و وزن تر غده به شاخساره در سطح ۱ درصد معنی دار شد، ولی اثرات متقابل تیمارها صرفاً بر طول استولون معنی دار شد. هیچکدام از تیمارها بر تعداد چشم در غده تاثیر معنی دار نداشتند. با مقایسه میانگین داده های حاصل (نتایج جدول ۴) پاکلوبوترازول میزان کلروفیل کل، a و b را افزایش داده و با افزایش غلظت آن میزان کلروفیل کل، a و b بطور معنی داری افزایش یافت.

بیشترین میزان کلروفیل در برگها مربوط به غلظت ۴۵۰ میلی گرم در لیتر بود که در کلروفیل کل با غلظت ۳۵۰ میلی گرم در لیتر

در بررسی اثر تراکم بر قطر ساقه (جدول ۲) مشخص شد که با افزایش تراکم کاشت در مرحله اول اندازه گیری تفاوتی بین قطر ساقه در تیمارهای مختلف مشاهده نشد که این امر می تواند بدلیل کوچکی بوته در این مرحله و عدم رقابت گیاهان برای نور باشد. اما در مرحله دوم اندازه گیری، با افزایش تراکم، قطر ساقه ها کاهش یافت و کمترین قطر ساقه مربوط به بیشترین تراکم بود. پاکلوبوترازول بصورت معنی دار در هر دو مرحله قطر ساقه ها را کاهش داد و بین غلظت‌های مختلف آن تفاوت معنی دار وجود نداشت. با توجه به اینکه پاکلوبوترازول رشد طولی ساقه را کاهش می دهد شاید انتظار بود که قطر ساقه افزایش یابد ولی نتیجه آزمایش نشان داد که قطر ساقه نیز مانند طول آن کاهش می یابد. این اثر احتمالاً به دلیل نقش پاکلوبوترازول در توزیع آسمیلاتها باشد. به نحوی که پاکلوبوترازول توزیع آسمیلاتها را به سمت غده افزایش می دهد و در نتیجه رشد رویشی اندام هوایی چه از نظر طولی و چه از نظر قطری کاهش می یابد. البته این نتیجه می تواند به نوع

تفاوت معنی دار نداشت ولی با غلظت ۲۵۰ میلیگرم در لیتر تفاوت معنی دار داشت.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر پاکلوبوترازول و تراکم کاشت بر میزان کلروفیل، طول استولون و وزن تر غده به شاخساره

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل کل	کلروفیل a	کلروفیل b	طول استولون	وزن تر غده به شاخساره	تعداد چشم در غده
تکرار	۳	ns./۰.۵۵	ns./۰.۳۵	ns./۰.۰۱	ns./۰.۷۱	ns./۰.۰۵	ns./۰.۸۸
تراکم کشت	۲	ns./۰.۶۸	ns./۰.۱۴	ns./۰.۰۱	**/۱۷۰.۷	**/۱۸۷	ns./۰.۵۱
پاکلوبوترازول	۳	**/۱۰.۶۸	**/۰.۶۳۹	**/۰.۵۷	**/۲۴/۹۷۵	**/۲/۰.۳	ns./۰.۴۲
تراکم کاشت × پاکلوبوترازول	۶	ns./۰.۱۵	ns./۰.۱۸	ns./۰.۰۲	**/۰.۴۵۲	ns./۰.۱	ns./۰.۵۵
خطا	۳۳	۰/۰.۵۱	۰/۰.۲۲	۰/۰.۰۳	۰/۰.۴۶	۰/۰.۲	۰/۲۳۳
CV در صد	-	۱۱/۶۳	۱۰/۶	۱۰/۳۲	۶/۵۴	۱۰/۲۶	۱۱/۵۹

* معنی دار در سطح احتمال ۵ در صد، ** معنی دار در سطح احتمال ۱ در صد، ns عدم اختلاف معنی دار

سنتز کلروفیل را افزایش داده است. سیتوکینین به مقدار بیشتری در ریشه‌ها ساخته شده و از طریق آوند چوبی به برگها منتقل می‌شود با توجه به اینکه پاکلوبوترازول ریشه‌ها را گسترش می‌دهد در نتیجه سبب ساخت بیشتر سیتوکینین و در نهایت افزایش سنتز کلروفیل می‌شود.

این نتایج با تحقیقات Hughes & Keith (2003) و همچنین Hammes & Tekalign (2004) در تاثیر پاکلوبوترازول بر میزان کلروفیل a و b در برگ های سیب زمینی همخوانی دارد. احتمالاً پاکلوبوترازول با کاهش سطح برگها سبب افزایش میزان کلروفیل در برگها شده یا اینکه با افزایش میزان سیتوکینین میزان

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر پاکلوبوترازول و تراکم کاشت بر میزان کلروفیل، طول استولون و وزن تر غده به شاخساره

تراکم (گیاه در متر مربع)	کلروفیل کل (میلیگرم در گرم برگ)	کلروفیل a (میلیگرم در گرم برگ)	کلروفیل b (میلیگرم در گرم برگ)	طول استولون (سانتیمتر)	وزن تر غده به شاخساره
۸۰	۱/۹۸ ^a	۱/۴۳ ^a	۰/۵۴ ^a	۲/۹ ^c	۱/۵۳ ^a
۱۰۰	۱/۹۷ ^a	۱/۴۲ ^a	۰/۵۴ ^a	۳/۳۷ ^b	۱/۳۷ ^b
۱۲۰	۱/۸۶ ^a	۱/۳۸ ^a	۰/۵۳ ^a	۳/۵۳ ^a	۱/۳۳ ^b
پاکلوبوترازول (mg/L)					
۰ mg/L	۱/۵۳ ^c	۱/۰۹ ^c	۰/۴۴ ^c	۵/۳۷ ^a	۰/۸۷ ^d
۲۵۰ mg/L	۱/۹۳ ^b	۱/۴۵ ^b	۰/۵۴ ^b	۲/۹۸ ^b	۱/۳۳ ^c
۳۵۰ mg/L	۲/۰۵ ^{ab}	۱/۵۰ ^b	۰/۵۵ ^b	۲/۵۷ ^c	۱/۶۳ ^b
۴۵۰ mg/L	۲/۲۴ ^a	۱/۶۳ ^a	۰/۶۱ ^a	۲/۱۴ ^d	۱/۸۱ ^a

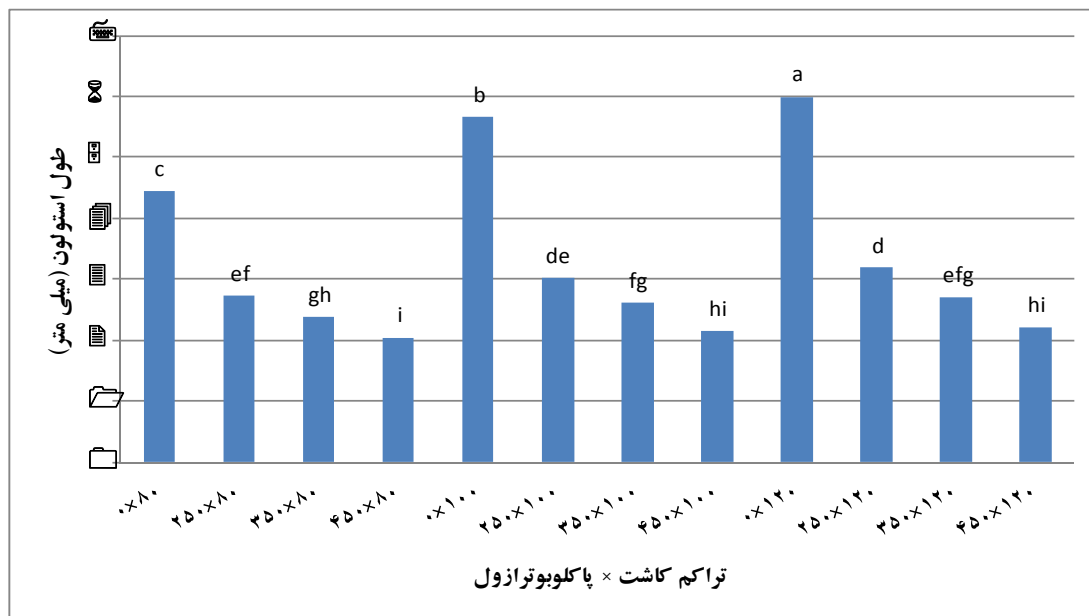
حروف یکسان در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی دار در تیمارهای مربوطه می باشد

پاکلوبوترازول تفاوت معنی دار نداشت. این نتایج بیانگر این است که پاکلوبوترازول اثر تراکم کاشت بر افزایش طول استولون را کاهش داده و حتی در مواردی بدون تشکیل استولون سبب غده‌زایی می‌شود. با توجه به نتایج Escalante & Langille (1995) مبنی بر اینکه اسید جیبرلیک از برگهای نابالغ و جوانه انتهایی ترشح شده و سبب آغازش استولون از جوانه‌های جانبی می‌شود و همچنین با افزایش غلظت آن تا ۲ میلی گرم در لیتر تعداد و طول استولونهای تولیدی در سیب‌زمینی

با بررسی اثرات متقابل تراکم کاشت و غلظت پاکلوبوترازول (شکل ۱) مشخص شد که با افزایش تراکم کاشت طول استولون افزایش پیدا کرد و این افزایش طول در غلظتهای مختلف پاکلوبوترازول متفاوت بود. بیشترین طول استولون (۶ سانتیمتر) در تراکم ۱۲۰ گیاهچه در متر مربع بدون کاربرد پاکلوبوترازول و کمترین آن (۲/۰۵ سانتیمتر) در تراکم ۸۰ گیاهچه در متر مربع همراه با ۴۵۰ میلیگرم در لیتر پاکلوبوترازول بدست آمد که البته با تراکم های کمتر در همین غلظت

طولی استولونها می‌شود و حتی اگر قبل از آغاز استولون پاشیده شود از آغاز آن جلوگیری می‌کند.

افزایش می‌یابد، می‌توان نتیجه گرفت که پاکلوبوترازول با ممانعت از سنتز اسید جیبرلیک سبب کاهش رشد



شکل ۱- اثر متقابل غلظت‌های مختلف پاکلوبوترازول و تراکم کاشت بر طول استولون (میلی متر)

تر غده به شاخساره با مصرف پاکلوبوترازول (تا ۶۰٪) بالا رفت که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. تجزیه واریانس اثر پاکلوبوترازول و تراکم کاشت بر عملکرد ریز غده و اجزای آن (جدول ۵) نشان داد که اثر تراکم کاشت بر تعداد ریزغده ۵ گرم به بالا، تعداد ریزغده در مترمربع، عملکرد بر حسب کیلوگرم در مترمربع، تعداد ریزغده و عملکرد بر حسب گرم در هر گیاهچه در سطح ۱ درصد معنی دار می‌باشد. درحالی‌که اثر پاکلوبوترازول بر تعداد ریزغده ۵ گرم به بالا، عملکرد بر حسب کیلوگرم در مترمربع، عملکرد بر حسب گرم در هر گیاهچه و وزن متوسط ریزغده‌ها در سطح ۱ درصد ولی بر تعداد ریز غده در مترمربع در سطح ۵ درصد معنی دار شد. اثر متقابل این دو تیمار فقط بر تعداد ریزغده ۵ گرم به بالا در سطح ۵ درصد معنی دار شد. با بررسی اثرات متقابل تیمارها (شکل ۲) مشخص شد که بیشترین تعداد ریزغده ۵ گرم به بالا در تراکم ۱۲۰ گیاهچه در مترمربع با حضور پاکلوبوترازول بدست آمد و در این تراکم بین غلظت‌های مختلف پاکلوبوترازول تفاوت معنی دار وجود نداشت که با نتایج Brown et al. (۲۰۰۳) مبنی بر اینکه پاکلوبوترازول غده‌های دارای قطر ۳۰ تا ۶۰

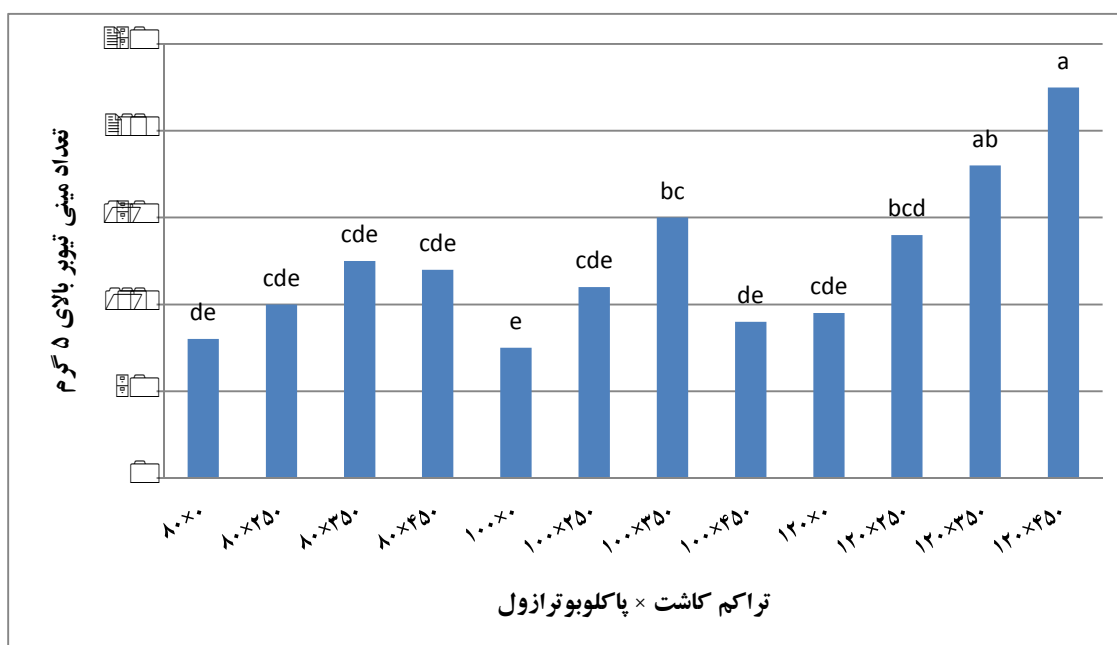
بر اساس نتایج جدول ۴ وزن تر غده به شاخساره با افزایش تراکم کاشت، کاهش یافت. بطوریکه کمترین میزان این نسبت در کمترین تراکم بدست آمد و بین تراکم ۱۰۰ و ۱۲۰ گیاهچه در متر مربع تفاوت معنی دار وجود نداشت. با توجه به اینکه با افزایش تراکم کاشت توزیع آسمیلاتها به سمت شاخساره افزایش می‌یابد لذا نسبت وزن تر غده به شاخساره در هر گیاهچه کاهش می‌یابد. با افزایش غلظت پاکلوبوترازول، وزن تر غده به شاخساره بطور معنی دار افزایش یافت، بطوریکه در کمترین غلظت پاکلوبوترازول، وزن تر غده به شاخساره با نسبت ۰/۸۷ کمترین میزان و در غلظت ۴۵۰ میلی-گرم در لیتر پاکلوبوترازول، با نسبت ۱/۸۱ بیشترین میزان را داشت. اسید جیبرلیک در اختصاص دادن کربوهیدراتها به اندامهای هوایی نقش مهمی دارد لذا پاکلوبوترازول احتمالاً با جلوگیری از سنتز آن، توزیع آسمیلاتها را به سمت غده افزایش می‌دهد. Tekalign & Hammes (۲۰۰۵) گزارش دادند که پاکلوبوترازول بیشترین درصد آسمیلاتها (تقریباً حدود ۳۲٪) را به غده‌ها می‌فرستد و از طرفی بر اساس نتایج Poovaiyah & Balamani (1985) وزن خشک غده‌ها و نسبت وزن

میلیمتر را افزایش می‌دهد، مطابقت داشت. لذا می‌توان نتیجه گرفت که پاکلوبوترازول نقش بسیار مهم (حتی در غلظتهای پایین) در افزایش اندازه ریزغده دارد.

جدول ۵- تجزیه واریانس مربوط به اثر پاکلوبوترازول و تراکم کاشت بر عملکرد ریز غده و اجزای آن در گیاهچه های سیب زمینی

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد ریز غده پنج گرم به بالا	تعداد ریز غده در متر مربع	عملکرد در متر مربع	تعداد ریز غده در هر گیاهچه	عملکرد در هر گیاهچه	وزن متوسط ریز غده
تکرار	۳	ns ۱۷۲۸/۴۷۲	ns ۲۲۶۱/۸۰۶	ns ۰/۰۶۳	ns ۰/۱۷	ns ۲/۲۳	ns ۰/۲۷۹
تراکم کشت	۲	** ۱۶۴۵۵/۸۵۹	** ۱۱۱۶۸۵/۳۳	** ۱/۴۹۷	** ۳/۳۲۷	** ۵۴/۱۲۳	ns ۰/۴۵۸
پاکلوبوترازول	۳	** ۱۱۴۷۶/۰۴۲	* ۸۳۶۸/۷۵	** ۰/۷۱۲	ns ۰/۸۹۵	** ۷۳/۵۴۵	** ۰/۸۳۸
تراکم کاشت × پاکلوبوترازول	۶	* ۳۲۰۵/۸۵۹	ns ۴۳۹/۵۸۳	ns ۰/۰۷۱	ns ۰/۰۳۷	ns ۴/۷	ns ۰/۰۹۱
خطا	۳۳	۱۲۳۴/۳۴۳	۲۷۲۵/۸۲۱	۰/۰۷۶	۰/۳۴۹	۷/۸۲۹	۰/۱۶۵
CV در صد	-	۲۸/۲۵	۸/۷	۱۲/۶۰	۹/۷۸	۱۲/۶۸	۱۰/۶۹

* معنی دار در سطح احتمال ۵ در صد، ** معنی دار در سطح احتمال ۱ در صد، ns عدم اختلاف معنی دار



شکل ۲- اثر متقابل غلظت پاکلوبوترازول و تراکم کاشت بر تعداد ریزغده ۵ گرم به بالا در مترمربع

معنی دار وجود نداشت (جدول ۳). Tekalign & Hammes (2004) گزارش دادند که تعداد غده در واحد سطح با استفاده از پاکلوبوترازول کاهش می‌یابد ولی عملکرد بر حسب کیلوگرم در مترمربع افزایش می‌یابد در حالیکه Bandra & Tanino (1995)، و Lim et al. (2004) گزارش دادند که پاکلوبوترازول تعداد ریزغده در مترمربع را افزایش می‌دهد. احتمالاً دلیل این تفاوت نظر مربوط به زمان پاشش و شرایط محیطی باشد. زیرا اگر پاکلوبوترازول زودتر از آغازش استولون پاشیده شود، تعداد استولون آغازیده شده کمتر شده و تعداد ریزغده در

بر اساس نتایج جدول ۶ با افزایش تراکم، تعداد ریزغده در مترمربع افزایش یافت. بیشترین تعداد ریزغده به تعداد ۶۷۸/۱ عدد در تراکم ۱۲۰ گیاهچه در مترمربع و کمترین آن به تعداد ۵۱۱/۹ عدد در تراکم ۸۰ گیاهچه در مترمربع بدست آمد. در تراکمهای بالاتر تعداد ساقه بیشتری در واحد سطح تولید می‌گردد و منجر به بالا رفتن عملکرد بر حسب تعداد در واحد سطح می‌شود که با نتایج تحقیق Abdulnour et al. (2003) مطابقت داشت. همچنین پاکلوبوترازول تعداد ریزغده در مترمربع را افزایش داد ولی بین غلظتهای مختلف آن تفاوت

واحد سطح کم می‌شود یا اینکه اگر در مراحل اولیه رشد، طول روز کوتاه و دما پایین باشد، همین شرایط ایجاد شده و تعداد ریزغده تولیدی در واحد سطح کم می‌شود.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر پاکلوبوترازول و تراکم کاشت بر عملکرد ریز غده و اجزای آن در گیاهچه های سیب زمینی.

وزن متوسط ریز غده (گرم)	عملکرد بر حسب گرم در هر گیاه	تعداد ریز غده در هر گیاه	عملکرد بر حسب کیلوگرم در مترمربع	تعداد ریز غده در مترمربع	تیمار ها
۳/۷۵ ^a	۲۴/۱۹ ^a	۶/۴ ^a	۱/۹۴ ^b	۵۱۱/۹ ^c	تراکم (گیاه در متر مربع)
۳/۴۳ ^b	۲۰/۸۸ ^b	۶/۰۹ ^a	۲/۰۹ ^b	۶۰۹/۴ ^b	۸۰
۳/۶۸ ^{ab}	۲۱/۱۴ ^b	۵/۶۴ ^b	۲/۵۳ ^a	۶۷۸/۱ ^a	۱۰۰
					۱۲۰
					پاکلوبوترازول (mg/L)
۳/۲۷ ^b	۱۸/۵۹ ^b	۵/۶۹ ^b	۱/۸۵ ^b	۵۶۶/۷ ^b	۰
۳/۵۸ ^{ab}	۲۲/۰۱ ^a	۵/۹۸ ^{ab}	۲/۱۷ ^a	۵۹۱/۷ ^{ab}	۲۵۰
۳/۸۸ ^a	۲۴/۰ ^a	۶/۲ ^{ab}	۲/۳۷ ^a	۶۱۴/۲ ^a	۳۵۰
۳/۷۶ ^a	۲۳/۶۷ ^a	۶/۳۱ ^a	۲/۳۶ ^a	۶۲۶/۷ ^a	۴۵۰

حروف یکسان در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی دار در تیمارهای مربوطه می باشد.

که با نتایج آزمایش Van der veeken & Iommen (2009) مطابقت دارد. از طرفی با افزایش تراکم، تعداد ریزغده در هر گیاهچه و نیز عملکرد بر حسب گرم در هر گیاهچه کاهش پیدا کرد. با بالا رفتن تراکم، تعداد ساقه-های یک گیاهچه کاهش پیدا کرده و در نتیجه آسیمیلات کمتری تولید می‌شود. لذا تعداد ریزغده در گیاهچه نیز کاهش می‌یابد. اما پاکلوبوترازول عملکرد بر حسب گرم در گیاهچه و نیز وزن متوسط ریزغده ها را افزایش داد.

به طور کلی می توان این گونه نتیجه گرفت که پاکلوبوترازول از طریق افزایش میزان کلروفیل در واحد سطح برگ و توزیع آسیمیلاتها به سمت غده، اثرات منفی افزایش تراکم بر کاهش وزن ریز غده در هر گیاهچه و کیفیت آن را جبران نموده و با افزایش کارایی فتوسنتز در تراکم های بالاتر امکان تولید ریز غده با وزن مناسب را امکان پذیر می نماید.

پاکلوبوترازول عملکرد بر حسب کیلوگرم در مترمربع را افزایش داد و از این نظر بین غلظت‌های مختلف آن تفاوت معنی داری وجود نداشت. در واقع پاکلوبوترازول با بالا بردن میزان کلروفیل در واحد سطح برگ و همچنین افزایش توزیع آسیمیلاتها به سمت غده، عملکرد بر حسب کیلوگرم در مترمربع را افزایش داده است که در این خصوص وضعیتی مشابه با نتایج پژوهش Tekalign & Hammes (۲۰۰۴) دارد (جدول ۶). بر اساس نتایج جدول ۶ با افزایش تراکم، عملکرد بر حسب کیلوگرم در مترمربع افزایش یافت. بیشترین عملکرد به میزان ۲/۵۳ کیلوگرم، در تراکم ۱۲۰ گیاهچه در مترمربع بدست آمد. بین تراکم ۸۰ و ۱۰۰ گیاهچه در مترمربع تفاوت معنی-داری وجود نداشت ولی هر دو با تراکم ۱۲۰ گیاهچه تفاوت معنی داری داشتند. در تراکم بالاتر، تعداد ساقه بیشتری در واحد سطح تولید شده و سطح خاک سریعتر از برگها پوشیده می‌شود، لذا دریافت تابش خورشیدی نیز بیشتر شده و عملکرد در واحد سطح افزایش می‌یابد.

REFERENCES

- Arnon, D. (1946). *Official methods of analysis of the association of official agricultural chemist* (9th ed.). Association of Official Agricultural Chemists, Washington.
- Abdulnour, J., Roy, G. & Desjardins, Y. (2003). Effect of supplemental lighting, substrate (potting mix) and plant densities on potato minituber production during winter greenhouse culture in Quebec. *Acta Horticulturae*, 619, 125-127.
- Balamani, V. & Poovaiah, B.W. (1985). Retardation of shoot growth and promotion of tuber growth of potato plant by paclobutrazole. *American Potato Journal*, 62, 363- 369.
- Bandra, P. M. S. & Tanino, K. K. (1995). Paclobutrazole enhances minituber production in Norland potato. *Journal of Plant Growth Regulators*, 14, 151- 155.

5. Barrett, J. E. & Bartuska, C. A. (1982). PP333 effects on stem elongation depend on site of application. *HortScience*, 17, 737-738.
6. Brown, P., Morris, S. & Smith, K. (2003). Application of the growth regulator Cultar to increase potato number in peed crop. *Potato and vegetable ARAC project*, Abstract.
7. Escalante, B. Z. & Langille, A. R. (1995). Role of growth regulators in *in vitro* rhizome growth of potato. *HortScience*, 30, 1248-1250.
8. Ewing, E.E. (1997) "Potato". In: Wien, H.C. (Ed), *The physiology of vegetable crops*. (pp. 295-340.) CABI publishing.
9. Fernie, A. & Willmitzer, L. (2001). Molecular and biochemical triggers of potato tuber development. *Plant Physiology*, 127, 1459- 1465.
10. Fletcher, R. A., Gilley, A. Sankhla, N. & Davis, T. D. (2000). Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. *Horticultural Review*, 24, 55-118.
11. Gallardo, M., Mogollon, N., Pintero, Z., & Hernandez, N. (1998). Plant density for the production of seed tuber of potato microtuber in greenhouse. In: *Proceeding of the intra meristem society for tropical horticulture*, 41, 24-29.
12. Georgakis, D. N., Karafyllidis, D. I., Stavropoulos, N. I., Nianiou, E. X. & Vezyroglou, I. A. (2008). Effect of planting density and size of potato seed- minituber on the size of the produced potato seed tubers. *Acta Horticulturae*, 462, 423-425.
13. Hughes, B. R. & Keith, C. N. F. (2003). Effect of paclobutrazole treatments on growth and tuber yields in greenhouse-grown Shepody seed potatoes". *Acta Horticulturae*, 619, 323-326.
14. Lim, H. T., Yoon, C. S., Choi, S. P. & Dhital, S. P. (2004). Application of Gibberellic Acid and Paclobutrazole for efficient production of potato minituber and their dormancy breaking under soilless culture system. *Journal of Korean Society for Horticultural Sciences*, 45,189-193.
15. Machackova, I., Konstantinova, T. N., Seergeva, L. I., Lozhnikova, V. N., Golyanovskaya, S. A., Dudko, N. D., Eder, J. & Aksenova, N. P. (1998). Photoperiodic control of growth, development and phytohormone balance in *Solanum tuberosum*. *Physiology of Plant*, 102, 272-278
16. Maher, M. J. (1998). *The effect of planting density on the production potato minituber under protection*, Kinsealy Research Center.
17. Obrien, P.J., Allen, E.J. & Friman, D.M. (1998). A review of some studies into tuber initiation in potato crops. *Journal of Agricultural Science*, 130, 251-270.
18. Otrshy, M. (2006). *Utilization of tissue culture techniques in a seed potato tuber production scheme*, Ph.D. Thesis. Wageningen University. Netherlands.
19. Rodriguez- Falcon, M., Bou, J. & Part, S. (2006). Seasonal control of tuberization in potato: conversed elements with the flowering response. *Annual Review of Plant Biology*, 57,151-80.
20. Tekalign, T. (2006). *Response of potato grown under non-inductive condition to paclobutrozol*, Ph.D. Thesis .Pretoria University. South Africa.
21. Tekalign, T. & Hammes, P. S. (2004). Response of potato grown under non-inductive condition to paclobutrazole: shoot growth, chlorophyll content, net photosynthesis, assimilate partitioning, tuber yield, quality, and dormancy. *Plant Growth Regulation*, 43, 227-236.
22. Van der Veeken, A. J. H. & Lommen, W.J.M. (2009). How planting density affect number and yield of potato minitubers in a commercial glasshouse production system. *Potato Research*, 52,105-119.