

# تجزیه و تحلیل رشد سه رقم سیب زمینی در سطوح مختلف الگوی کاشت و تراکم بوته

سید عطاء... سیادت، سید ابوالحسن هاشمی دزفولی، مصطفی ولی زاده و

سعید صادق زاده حمایتی

به ترتیب دانشیاران مجتمع آموزش عالی آموزشی و پژوهشی کشاورزی رامین (ملاثانی)، اهواز

استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز و

کارشناس ارشد زراعت ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل

تاریخ پذیرش مقاله ۷۸/۲/۱

## خلاصه

به منظور تعیین اثرات دو فاصله ردیف (۵۵ و ۷۰ سانتی متر) و چهار سطح تراکم بوته (۳/۰، ۴/۵، ۶/۰ و ۷/۵ بوته در مترمربع) روی خصوصیات فیزیولوژیکی سه رقم سیب زمینی (دراگا، آنولا و کاسموس) در منطقه اردبیل، آزمایش کرتهای دوبار خرد شده در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با چهار تکرار طی سال زراعی ۱۳۷۵ در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی اردبیل اجراء شد. در مجموع شش نمونه برداری در تاریخهای ۳۱، ۵۹، ۸۷، ۱۱۰، ۱۲۷ و ۱۵۶ روز پس از کاشت بعمل آمد و با اندازه گیری سه پارامتر وزن خشک برگ، شاخص سطح برگ و وزن خشک کل مؤلفه های مختلف رشد محاسبه شدند. بیشترین سرعت رشد گیاه زراعی مربوط به رقم کاسموس بود که از الگوی کاشت ۵۵ سانتی متر و تراکم ۶/۰ بوته در واحد سطح بدست آمد که معادل ۱۴/۰۳ گرم در هر مترمربع در هر روز بود. مناسبترین شاخص سطح برگ در منطقه معادل ۱/۹۵ تعیین شد که توسط رقم کاسموس حدود ۷۰ روز پس از کاشت همزمان با به حداکثر رسیدن مقدار سرعت رشد گیاه زراعی بدست آمد. سرعت جذب خالص در طول زمان روند نزولی داشته و علاوه بر آن بوته های مورد کاشت در تراکم های بالای بوته مدت زمان بیشتری قابلیت تولید آسیمیلات را حفظ کردند. بیشترین سرعت رشد غده مربوط به رقم آنولا با الگوی کاشت ۵۵ سانتی متر و تراکم ۷/۵ بوته در واحد سطح بدست آمد که معادل ۱۰/۴۴۳ گرم در مترمربع در هر روز بود. در این آزمایش نتیجه گرفته شد که مقدار عملکرد با سرعت رشد گیاه زراعی همخوانی بیشتری در مقایسه با سرعت رشد غده داشته و بیشترین عملکرد غده مربوط به رقم کاسموس با الگوی کاشت ۷۰ سانتی متر و تراکم ۶/۰ بوته در مترمربع بود که معادل ۲۳۳۱/۶۸ گرم در واحد سطح بود.

واژه های کلیدی: سیب زمینی، الگوی کاشت x وزن خشک برگ، شاخص سطح برگ، وزن خشک کل، سرعت زراعی، سرعت خالص

تجزیه و تحلیل رشد، مطالعه ریاضی تغییرات موجود در ساختمان و شکل یک گیاه در طول دوره رشد بوده و اساس درک نحوه رشد یک گیاه کامل محسوب می شود (۱۱). بنابراین تجزیه و تحلیل کمی

## مقدمه

رشد گیاه و یا هر یک از اندامهای گیاهی را می توان با استفاده از روش رگرسیون بر اساس یک متغیر زمانی مدل سازی کرد (۱۴).

بیش از ۴، سرعت رشد گیاه زراعی نیز افزایش یافته و سپس با کاهش شدت نور در پایین سایه‌انداز از این مقدار کاسته شد (۲۴).

برمنر و راثوبری و برمنروپه طی مطالعات خود دریافتند که در مرحله رشد رویشی، بین میزان رشد گیاه زراعی و سطح برگ تولید شده، تا زمانی که شاخص سطح برگ به نزدیک ۵ برسد، یک رابطه خطی برقرار است. در تراکمهای بالا و مصرف زیاد ازت، سطح برگ بیشتری تولید شده و در نتیجه سرعت رشد محصول افزایش می‌یابد. در مرحله بعد از غده‌زایی، سرعت رشد گیاه زراعی با رشد غده‌ها ارتباط داشته و لذا در این مرحله به طور معکوس با شاخص سطح برگ ارتباط دارد (۵ و ۶).

بر اساس نظریه آلن و ترفلوین، آغازش غده در اوایل دوره رشد صورت می‌پذیرد، این زمان حدود ۳ هفته پس از کاشت تشخیص داده شده است (۱۸). میلترپ و رادلی مشاهده کردند که مدت کوتاهی پس از آغازش، غده‌ها به حداکثر میزان رشد خود دست می‌یابند و علی‌رغم تغییر در مقدار شاخص سطح برگ، مقدار آن ثابت باقی می‌ماند (۲۸). انگل و مارشتر نیز نشان دادند که سیب‌زمینی طی دوره خطی از رشد، دارای ظرفیت انتقال بالایی است و محدودیتی از لحاظ انتقال مواد به غده‌ها به چشم نمی‌خورد (۱۴). روند تغییرات میزان رشد غده، در ابتدای دوره رشد بطبی بوده و برای دو تا سه هفته بعد از غده‌زایی به صورت نمایی افزایش می‌یابد، و سپس برای چند هفته به صورت خطی افزایش یافته و با رسیدن به حد نهایی خود، شروع به کاهش می‌کند (۱۰ و ۱۲).

در بررسی تأثیر تراکم روی آغازش و تجمع مواد در غده‌ها، مشاهده می‌شود که با افزایش تراکم بوته، غده‌ها زودتر تشکیل می‌شوند (۱۸) و این موضوع در نواحی با فصل رشد کوتاه، به عنوان یک مزیت محسوب می‌شود (۲۲). علی‌رغم این تأثیر، ایفنگوی و آلن اشاره کرده‌اند که تراکم بوته و فاصله ردیف تأثیری روی زمان آغازش غده‌ها نداشته است (۱۸). میزان انباشت مواد در غده‌ها، در تراکمهای پایین بوته، افزایش سریعی نداشته و به آهستگی صورت می‌پذیرد (۱۰، ۱۸، ۲۴ و ۲۸) اما روند افزایشی دارد. بنابراین در تراکمهای بالای بوته، علاوه بر آغازش سریع غده‌ها، مقدار تجمع مواد نیز بیشتر بوده و در مجموع میزان عملکرد غده افزایش می‌یابد (۱۸).

میزان جذب خالص، نشان دهنده کارایی سیستم فتوسنتزی

رشد، روشی است برای توجیه و تفسیر عکس‌العملهای گیاه نسبت به شرایط محیطی که گیاه در طول دوره حیات خود با آنها مواجه می‌شود. به کمک این روش، شناخت بهتری از نحوه توزیع و انباشت مواد ساخته شده فتوسنتزی در اندامهای مختلف بدست می‌آید (۱۵، ۳۰). اندازه‌گیری سه مؤلفه سطح برگ، وزن خشک کل گیاه و وزن خشک برگ در طول دوره رشد با فواصل زمانی معین، لازمه تجزیه و تحلیل رشد است و به کمک این سه داده دیگر کمیتهای رشد محاسبه و بدست می‌آیند (۲۹ و ۳۲).

مک‌لارن و کورانا دریافتند که مقدار تشعشع فعال فتوسنتزی دریافت شده به طور خطی با افزایش شاخص سطح برگ تا بیش از ۲/۲۵ افزایش می‌یابد و مقدار [L5] مقدار شاخص سطح برگ مورد نیاز برای دریافت ۹۵ درصد از مقدار تشعشع فعال فتوسنتزی که برای گیاهان زراعی از ۲/۹ برای پلانوفیلها (شبدر) تا ۱۱/۵ برای ارکتوفیلها (ریگراس چندساله) متفاوت است [آن برای سیب‌زمینی ۴ است (۱۶). ایفنگوی و آلن (۱۸) اثر تراکم بر شاخص سطح برگ را مطالعه و دریافتند که با افزایش تراکم، شاخص سطح برگ افزایش می‌یابد. از سوی دیگر پس از رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ، شدت افت سطح برگ در تراکمهای بالا بیشتر است (۱۰).

لینچ و راثوبری (۲۴) در مطالعه روند تغییرات شاخص سطح برگ دریافتند که مقدار این شاخص تا ۴۷ روز پس از ظهور گیاهچه‌ها افزایش می‌یابد. اندازه این افزایش با تراکم بوته رابطه معکوسی داشته و حداکثر مقدار آن معادل ۴/۲۵ بود.

علاوه بر سطح برگ و اهمیت آن در تولید عملکرد غده، دوام سطح برگ و نحوه آرایش برگها روی ساقه نیز بر این امر تأثیر می‌گذارد (۳). هریس نشان داد که جهت بهبود کارایی گیاه برای تبدیل انرژی نورانی دریافت شده به ماده خشک، گیاه زراعی نیازمند دسترسی به سطح برگ کافی در اوایل دوره رشد همراه با پیری دیررس است (۸).

معمولاً همبستگی خوبی بین عملکرد غده و دوام سطح برگ وجود دارد (۹ و ۲۳) و با توسعه سریعتر سطح برگ و مرگ دیرنگام، بر میزان عملکرد غده‌ها افزوده می‌شود (۹). برمنروپه عنوان کرده‌اند که عملکرد بیش از مقدار شاخص سطح برگ، به دوام سطح برگ ارتباط دارد (۲۳).

لینچ و راثوبری دریافتند که با افزایش شاخص سطح برگ به

شد. خاک آزمایش سیلتی رسی و در سال قبل از اجرای آزمایش، زیر کشت جو قرار داشت.

ترکیب سه سطح رقم (دراگا، آتولا و کاسموس)، دو اصله ردیف (۵۵ و ۷۰ سانتی‌متر) و چهار سطح تراکم (۳/۰، ۴/۵، ۶/۰ و ۷/۵ بوته در متر مربع)، بیست و چهار ترکیب تیماری را ایجاد کرد که در آزمایش کشتهای دوبار خرد شده در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی و در چهار تکرار پیاده شد. غده‌های بذری از ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان اردبیل تهیه شده بودند و به منظور حفظ یکنواختی در اجرای آزمایش، براساس قطر بزرگشان به چهار گروه کمتر از ۳۵، ۳۵ تا ۴۵، ۴۵ تا ۵۵ میلی‌متر و بیش از ۵۵ میلی‌متر تفکیک شده بودند. کشت به صورت دستی و با فاصله بین بوته ۶۰/۶ (۴۷/۶)، ۴۰/۴ (۳۱/۷)، ۳۰/۳ (۲۳/۸) و ۲۴/۲ (۱۹/۰) سانتی‌متر به ترتیب در الگوهای کاشت ۵۵ (۷۰) سانتی‌متر انجام گرفت.

عملیات خاک‌ورزی شامل شخم نیمه عمیق بهاره و دیسک همراه با کودپاشی بود. کود فسفره معادل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت فسفات آمونیم و ازت طی دو مرحله، هنگام کاشت (معادل ۱۰۰ کیلوگرم ازت در هکتار به صورت اوره) و حدود ۶۰ روز پس از کاشت (۷۵ کیلوگرم ازت در هکتار به صورت اوره) به طور یکنواخت برای تمام قطعات آزمایشی مصرف و با خاک مخلوط شد. کاشت در تاریخ ۷۵/۲/۲۰ و در عمق ۱۵ سانتی‌متری صورت گرفت. عملیات داشت علاوه بر کودپاشی سرک، شامل آبیاری و مبارزه با علفهای هرز (شیمیایی و مکانیکی) و حشرات (شیمیایی) بود. جهت کنترل شیمیایی علفهای هرز در یک نوبت (۳۵ روز پس از کاشت) با استفاده از علفکش سنکور به میزان ۱/۵ کیلوگرم در هکتار و برای کنترل شیمیایی آفت سوسک کلرادو با بهره‌گیری از سم زولون طی دو مرحله (۳۵ و ۶۵ روز پس از کاشت) به میزان ۲ لیتر در هکتار، طرح مورد سمپاشی قرار گرفت. دو ردیف از هر کرت، برای نمونه‌برداری، یک ردیف برای برداشت نهایی و سه ردیف بعنوان حاشیه در نظر گرفته شد. برداشت نهایی نیز در تاریخهای بیست و چهارم و بیست و پنجم مهر انجام گرفت.

به منظور محاسبه معادلات مربوط به تغییرات هر یک از صفات اندازه‌گیری شده نسبت به زمان، در طول فصل رشد در مجموع شش بار نمونه‌برداری از ۳۱ تا ۱۵۶ روز پس از کشت از ردیفهایی که به همین منظور اختصاص یافته بودند، صورت پذیرفت.

است (۲۵). موربی گزارش داده است که با به حداکثر رسیدن شاخص سطح برگ، سرعت جذب خالص به حداقل مقدار خود می‌رسد و با شروع غده‌دهی و رشد غده‌ها بر این مقدار افزوده می‌شود (۲۷).

موربی پیشنهاد کرده است که افزایش سرعت جذب خالص نشان می‌دهد که عامل اصلی کنترل‌کننده فتوسنتز در سیب‌زمینی، میزان رشد غده است (۲۷ و ۲۸) و اینکه میزان رشد یکسان یا یکنواخت غده تنها در صورتی می‌تواند حفظ شود که تغییراتی در تدارک مواد تولید شده گیاهی برای رشد غده وجود نداشته باشد (۲۸). سیل نیز اشاره کرده است که مقدار تولید آسمیلاتها به تعداد غده‌های در حال توسعه ارتباط دارد و مقدار فعالیت فتوسنتزی تحت کنترل اندازه مخزنها است (۲۸).

کولینز نشان داد که از چهار تا شش هفته پس از کاشت بوته‌ها به واسطه افزایش سریع برگ و عدم سایه‌اندازی، مقدار سرعت رشد نسبی، افزایش یافته و حتی دو برابر می‌شود و سپس مقدار آن به شدت کاهش می‌یابد تا هفته دوازدهم که میزان رشد به ده درصد می‌رسد (۱۰ و ۲۴). البته چنین واکنشی عادی بوده و معمولاً با افزایش شاخص سطح برگ و به واسطه سایه‌اندازی برگها روی هم به وقوع می‌پیوندد (۲۴).

مک کلام نشان داد که نسبت سطح برگ از ۲۸ تا ۷۲ روز پس از ظهور گیاهچه به میزان ۴ تا ۵ برابر کاهش می‌یابد و کولینز نیز با تجزیه رشد سیب‌زمینی مشاهده کرد که از ۶ تا ۱۶ هفته پس از کاشت، این نسبت حدود ۱۲ برابر کاهش می‌یابد (۱۰).

در طول دوره رشد ابتدا افزایش و سپس کاهش است. افزایش سطح برگ ناشی از کاشت دیر هنگام، به واسطه افزایش سطح ویژه برگ و تعداد برگ در هر بوته روی می‌دهد (۲۱). به منظور بررسی و تعیین مناسبترین الگوی کاشت و تراکم بوته در ارقام (دراگا، آتولا و کاسموس) که معمولاً در منطقه اردبیل مورد کشت قرار می‌گیرند و نیز تجزیه و تحلیل رشد آنها آزمایش فوق مورد اجرا قرار گرفت.

### مواد و روشها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۷۵ در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی اردبیل (واقع در عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه) اجراء

$$10^4 \times \frac{\text{شاخص سطح برگ}}{\text{وزن خشک کل}} = \text{نسبت سطح برگ}$$

$$\text{دوام سطح برگ} = (m^2 / PI) \cdot dt$$

### نتایج و بحث

شاخص سطح برگ: در مطالعات متعددی ارتباط نزدیکی بین دو ویژگی شاخص سطح برگ (۱ و ۲۷) و دوام سطح برگ (۳، ۹ و ۲۴) با عملکرد غده و به طور کلی تولید ماده خشک مشاهده شده است. از سوی دیگر با توجه به پیشنهاد بورستال و هریس (۷) ارتباط موجود بین شاخص سطح برگ و مقدار نور دریافت شده به عواملی چون رقم و الگوی کاشت ارتباط دارد. در این مطالعه همچنانکه در شکل ۱a دیده می شود، شاخص سطح برگ رقم دراگا از ابتدای دوره رشد تا حدود ۴۵ روز پس از کاشت، بیشتر از دو رقم دیگر بود و از آن پس رقم آتولا و حدود ده هفته پس از کاشت رقم کاسموس از شاخص سطح برگ بالاتری در مقایسه با رقم دراگا برخوردار شدند. بیشترین مقدار شاخص سطح برگ در رقمهای دراگا، آتولا و کاسموس به ترتیب معادل ۱/۵۷، ۳/۱۵ و ۱/۹۱ بود که حدود ۸۳ تا ۸۹ روز پس از کاشت بدست آمد (شکل ۱a). شاخص سطح برگ بدست آمده برای رقم آتولا (۳/۱۵) به خوبی با یافته های اسکات و ویلکوکسون (۱۹۷۸) و مک کرون و وایستر (۱۹۸۲) قابل مقایسه است (۱۶). گو اینکه طبق پیشنهاد مک لارن و کورانا (۱۹۸۲) که مقدار  $L_5$  را برای گیاه سیب زمینی چهار تعیین کرده بودند (۱۶)، هیچ یک از رقمهای مورد آزمایش قادر به حصول چنین شاخص سطح برگی نشدند.

مطابق یافته های برمنروپه (۶) با افزایش فاصله ردیفهای کاشت بر طول مدت زمانی که شاخص سطح برگ در نقطه اوج باقی می ماند، افزوده می شود (۱۸). در مطالعه کنونی همچنانکه در شکل ۲a دیده می شود و شاید به دلیل تفاوت اندکی که سطوح فاصله ردیف از همدیگر داشتند، چنین اختلافی بین الگوهای کاشت به چشم نخورد و تنها در اواسط دوره رشد، مقدار شاخص سطح برگ در الگوی کاشت ۵۵ سانتی متر (۲/۲۸) اندکی بیش از فاصله ردیف ۷۰ سانتی متر (۲/۲۲) بود.

در مطالعه حاضر از یک سو با افزایش تراکم بر مقدار شاخص سطح برگ افزوده شد و از سوی دیگر چنین افزایشی تا تراکم ۶/۰ بوته در مترمربع ادامه داشت و با رسیدن آن به ۷/۵ بوته در

نمونه برداری به روش تخریبی و با فواصل زمانی غیر منظم و به ترتیب ۳۱، ۵۹، ۸۷، ۱۱۰، ۱۲۷ و ۱۵۶ روز پس از کاشت انجام شد. در هر بار نمونه گیری، دو بوته از هر کرت به طور کامل برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد.

برای محاسبه مؤلفه های رشد، وزن خشک کل، وزن خشک غده، وزن خشک برگ و شاخص سطح برگ بدست آمده برای هر تیمار در هر نمونه برداری، ابتدا بر حسب واحد سطح (مترمربع) و سپس به لگاریتم طبیعی ( $\ln$ ) تبدیل شدند. آنگاه از طریق روش حداقل مربعات برای تعیین مدل ریاضی که بتواند تغییرات وزن و سطح را نسبت به زمان بیان کند با استفاده از نرم افزار رایانه ای STATGRAPHICS (نسخه ششم) مدل های چند جمله ای متفاوتی مورد آزمون قرار گرفتند تا مدلی که بهترین برازش را با داده های مشاهده شده داشته باشد، بدست آید. در بین مدل های چند جمله ای مورد آزمون، مدل های زیر بهترین ضریب تشخیص ( $R^2$ ) را نشان دادند:

$$\text{وزن خشک کل} = \text{EXP}(a + bt + ct^2 + dt^3)$$

$$\text{وزن خشک غده} = \text{EXP}(a' + b't + c't^2 + d't^3)$$

$$\text{وزن خشک برگ} = \text{EXP}(a'' + b''t + c''t^2)$$

$$\text{شاخص سطح برگ} = \text{EXP}(a''' + b'''t + c'''t^2)$$

در معادلات فوق وزن خشک کل، وزن خشک غده، وزن خشک برگ، شاخص سطح برگ به عنوان متغیرهای وابسته و  $t$  یا روزهای پس از کاشت به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. شاخصهای رشد براساس روابط زیر و با استفاده از نرم افزار رایانه ای QUATRO PRO (نسخه چهارم) برای هر واحد تیمار محاسبه و تغییرات آنها در طول فصل رشد، ترسیم شد:

$$\text{سرعت رشد گیاه زراعی} = \frac{d(\text{وزن کل خشک})}{dt} = b + 2ct + 3dt^2$$

$$\text{سرعت رشد نسبی} = \frac{d(\ln \text{ وزن کل خشک})}{dt} = b + 2ct + 3dt^3$$

$$\text{سرعت رشد غده} = \frac{d(\text{وزن خشک غده})}{dt} = b' + 2c't + 3d't^2 e^{(a' + b't + c't^2 + d't^3)}$$

$$\text{سرعت رشد نسبی غده} = \frac{d(\ln \text{ وزن خشک غده})}{dt} = b' + 2c't + 3d't^3$$

$$\text{سرعت جذب خالص} = \frac{d(\text{شاخص سطح برگ}) \times d(\ln \text{ وزن کل خشک})}{dt \times d(\text{شاخص سطح برگ})} =$$

$$b + 2ct + 3dt^2 e^{(a - a'') + (b - b'')t + (c - c'')t^2 + dt^3}$$

$$10^4 \times \frac{\text{شاخص سطح برگ}}{\text{وزن خشک برگ}} = \text{سطح ویژه برگ}$$

نگذاشت (شکل ۲b)، در آزمایش حاضر بیشترین کل ماده خشک بوته در واحد سطح در الگوهای کاشت ۵۵ و ۷۰ سانتی متر به ترتیب ۵۱۳/۷۷ و ۵۰۴/۳۷ گرم در هر مترمربع بود که حدود ۱۲۸ روز پس از کاشت بدست آمد.

روند تغییرات کل ماده خشک بوته در واحد سطح در سطوح مورد مطالعه تراکم در شکل ۲c نشان داده شده است. افزایش تراکم بوته تا ۶/۰ بوته در مترمربع به مقدار کل ماده خشک بوته در واحد سطح افزود و با افزایش بعدی مقدار آن کاهش یافت. در واقع با افزایش تراکم بوته به دلیل افزایش رقابت بین بوته‌ای (۲۰) بر مقدار ماده خشک در واحد سطح افزوده شده و از این مقدار به ازای بوته کاسته می‌شود (۲). بیشترین مقدار کل ماده خشک بوته در واحد سطح در سطوح مختلف تراکم به ترتیب معادل ۴۰۱/۲۱، ۵۱۳/۹۷، ۵۵۲/۹۶ و ۵۸۳/۱۵ گرم در مترمربع بود که حدود ۱۲۸ تا ۱۳۶ روز پس از کاشت بدست آمد.

سرعت رشد گیاه زراعی: شکل ۳a روند تغییرات سرعت رشد گیاه زراعی را در سه رقم مورد آزمایش نشان می‌دهد. در مطالعه کنونی نیز مطابق یافته‌های بسیاری از پژوهشگران، افزایش سطح برگها در ابتدای دوره رشد باعث افزایش سرعت رشد گیاه زراعی شده و حدود دو تا سه هفته پس از به حداکثر رسیدن مقدار شاخص سطح برگ به دلیل کاهش دریافت نور در پایین سایه‌انداز افت شدیدی را نشان داد (۱۰ و ۲۵). در این آزمایش رقمهای دراگا، آتولا و کاسموس به ترتیب به بیشترین سرعت رشد گیاه زراعی ۷/۲۵، ۱۰/۶۲ و ۱۴/۰۳ گرم در مترمربع در هر روز دست یافتند. پایین بودن سرعت رشد گیاه زراعی در رقمهای دراگا و آتولا، نشانگر شرایط نامناسبی است که از نقطه نظر توسعه سطح برگها یا تولید ماده خشک وجود داشته است.

تغییر در فاصله بین ردیفها از آنجایی که تأثیر چندانی روی مقدار شاخص سطح برگ و نیز مقدار ماده خشک تولید شده نداشت، بر میزان رشد گیاه زراعی نیز مؤثر نبود (شکل ۳b). ۴ هر حال بیشترین سرعت رشد گیاه زراعی بدست آمده برای الگوهای کاشت ۵۵ و ۷۰ سانتی متر به ترتیب ۹/۰ و ۸/۷۵ گرم در مترمربع در روز بود.

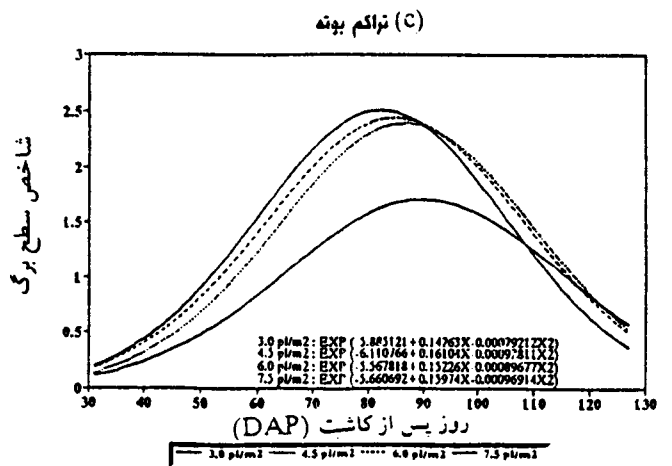
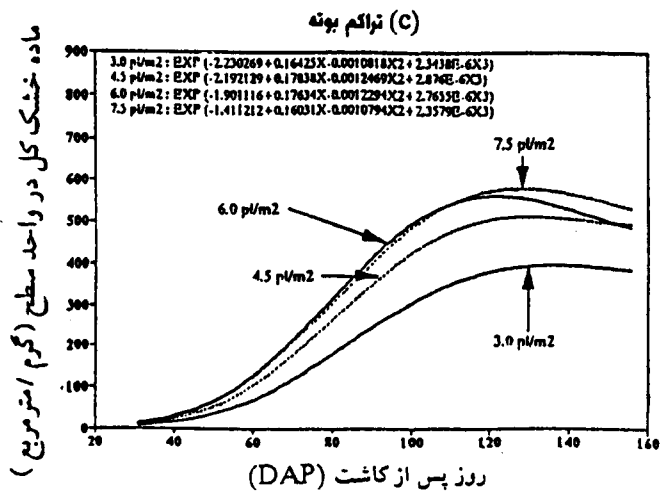
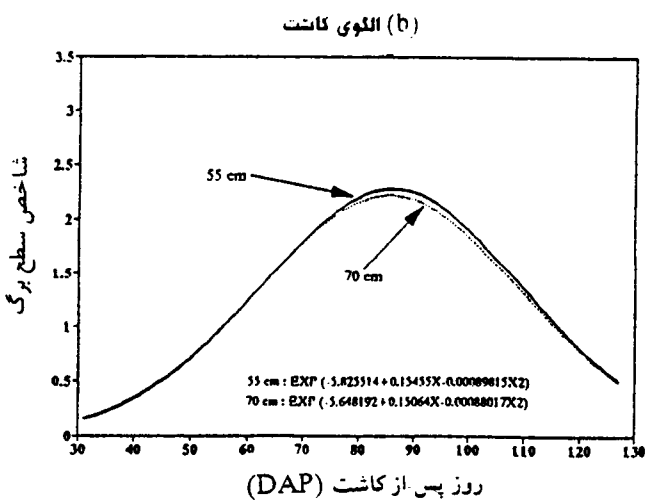
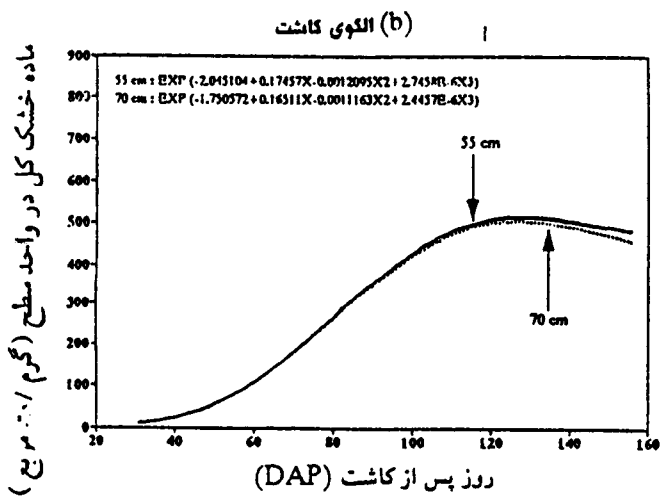
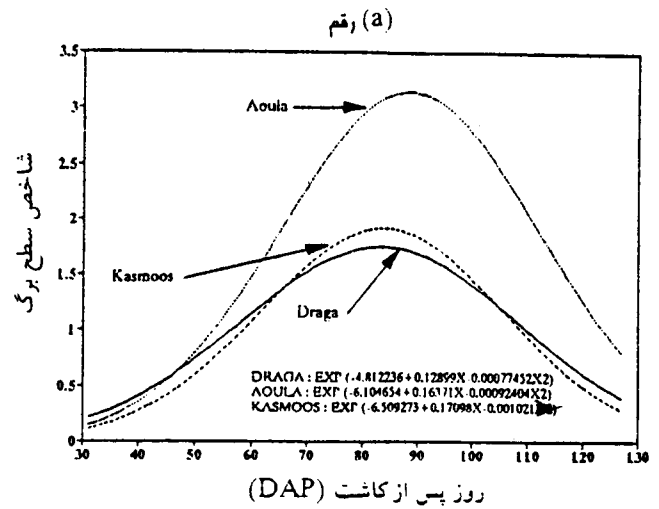
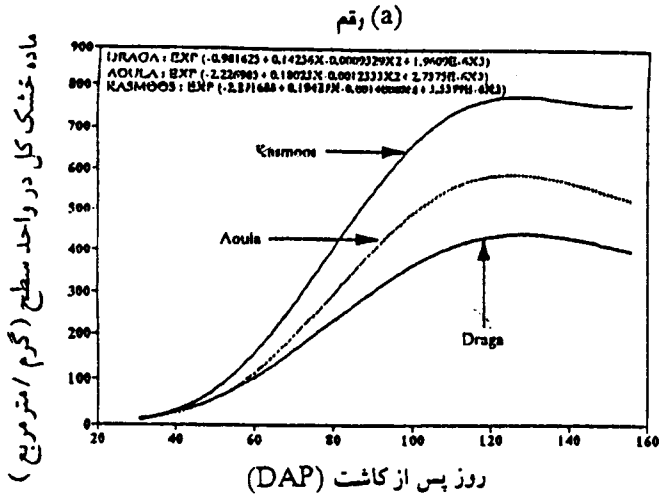
مقایسه روند تغییرات سرعت رشد گیاه زراعی در سطوح مختلف تراکم در شکل ۳c نشان داده شده است. افزایش تراکم بوته

واحد سطح از مقدار شاخص سطح برگ نیز کاسته شد (شکل ۱c). پژوهشگران متعددی وجود چنین رابطه‌ای را بین تراکم و شاخص سطح برگ گزارش کرده‌اند (۱۰، ۱۸، ۲۴ و ۲۶). بیشترین شاخص سطح برگ در تراکمهای ۳/۰، ۴/۵، ۶/۰ و ۷/۵ بوته در مترمربع به ترتیب ۱/۷۱، ۲/۴۰، ۲/۵۱ و ۲/۴۵ بود که در فاصله ۸۲ تا ۹۰ روز پس از کاشت بدست آمد. علاوه بر این، با افزایش تراکم، از یک سو حداکثر شاخص سطح برگ دیرتر حاصل شده و از سوی دیگر شدت افت سطح برگ در تراکمهای بالا افزایش می‌یابد (۱۰ و ۱۸) که چنین شرایطی نیز در مطالعه حاضر به چشم خورد (شکل ۱c).

دوام سطح برگ: با توجه به اهمیتی که دوام سطح برگ در تولید ماده خشک و عملکرد غده داشته (۳، ۹ و ۲۳) و از آنجایی که عملکرد بیش از شاخص سطح برگ با دوام سطح برگ ارتباط دارد (۲۳) و توسعه سریعتر و مرگ دیر هنگام برگها موجب افزایش عملکرد غده می‌شود (۹) در این مطالعه نیز تفاوت قابل توجهی از این لحاظ بین تیمارهای مورد مطالعه مشاهده شد (جدول ۱). همچنانکه در این جدول دیده می‌شود، دوام سطح برگ در رقمهای دراگا و کاسموس به ترتیب ۵۰ و ۱۷ درصد نسبت به رقم آتولا کمتر بوده است. از سوی دیگر افزایش فاصله بین ردیفها تأثیری روی دوام سطح برگ باقی نگذاشت. در سطوح مورد مطالعه تراکم با افزایش تعداد بوته در واحد سطح تا ۶/۰ بوته در مترمربع بر دوام سطح برگ افزوده شد و سپس با تداوم افزایش تراکم از مقدار آن کاسته شد.

کل ماده خشک بوته در واحد سطح: در مطالعه حاضر تولید ماده خشک در بین رقمهای مختلف تفاوت قابل ملاحظه‌ای داشت و همچنانکه در شکل ۲a دیده می‌شود، رقم آتولا از ماده خشک بیشتری برخوردار بود. روند تغییرات کل ماده خشک بوته در واحد سطح در رقمهای مختلف نسبت به زمان از معادله درجه سوم پیروی کرد (شکل ۲a). این روند به نحوی بود که ابتدا با شیب بسیار کند بر مقدار آن افزوده شد و از حدود ۶۰ روز پس از کاشت به سرعت این مقدار افزایش یافت و این افزایش تا ۱۲۰ روز پس از کاشت ادامه داشت و سپس به صورت نسبتاً ثابتی باقی ماند. رقمهای دراگا، آتولا و کاسموس بیشترین کل ماده خشک بوته در واحد سطح را به ترتیب معادل ۴۴۳/۰۶، ۵۸۸/۸۳ و ۷۷۰/۶۳ گرم در واحد سطح حدود ۱۲۰ روز پس از کاشت بدست آوردند.

تغییر در فاصله ردیفها تأثیری روی تولید ماده خشک باقی



« تجزیه و تحلیل رشد سه رقم سیب زمینی در سطوح مختلف الگوی کاشت و تراکم بوته »

شکل ۲ - روند تغییرات وزن خشک کل در سطوح مورد آزمایش (a) رقم، (b) الگوی کاشت و (c) تراکم بوته نسبت به زمان

شکل ۱ - روند تغییرات شاخص سطح برگ در سطوح مورد آزمایش (a) رقم، (b) الگوی کاشت و (c) تراکم بوته نسبت به زمان

جدول ۱ - دوام سطح برگ در سطوح تیمارهای مورد مطالعه

تیمار	رقم		الگوی کاشت (سانتی متر)				تراکم (بوته در متر مربع)	
	آئولا	کاسموس	۷۰	۳/۰	۴/۵	۶/۰	۷/۵	
دوام سطح برگ	۱۲	۱۰	۲۲	۴	۲۴	۳۰	۳۰	
نسبت (%)	۵۰	۸۳	۱۰۰	۱۳	۸۰	۱۰۰	۶۷	

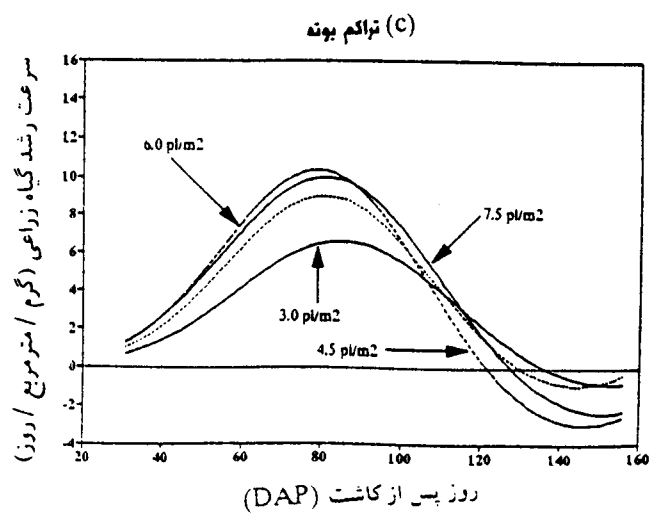
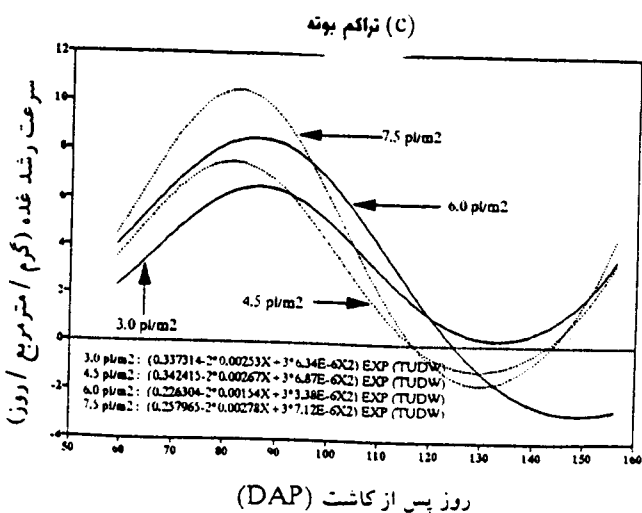
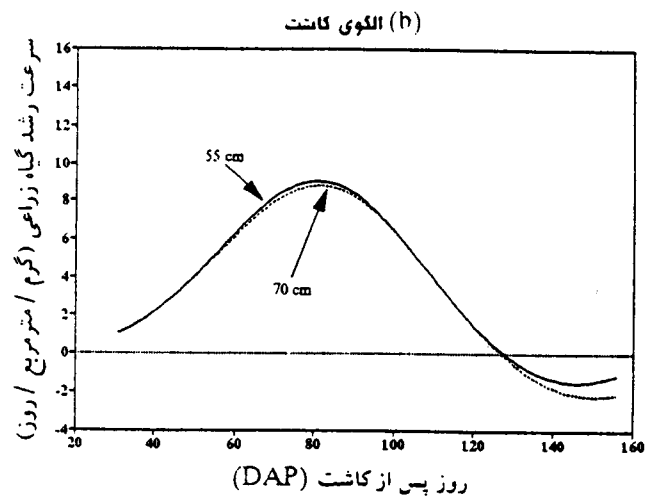
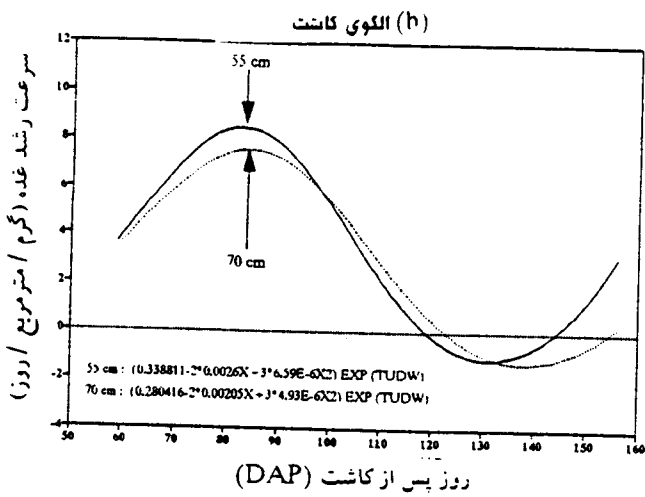
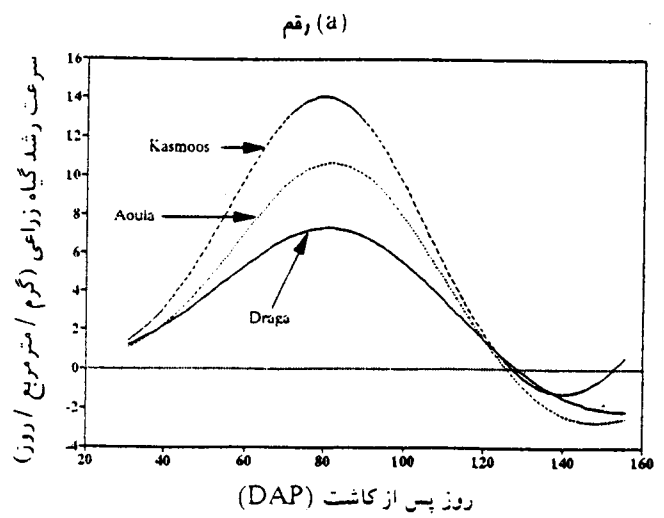
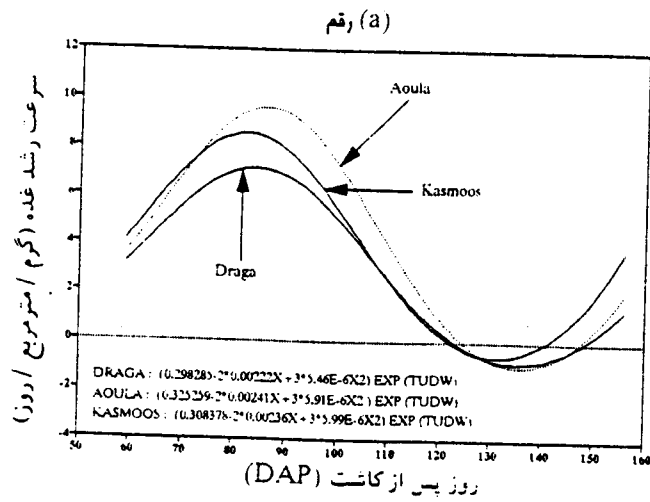
احتمالاً به دلیل بازجذب مواد غذایی ذخیره شده در سایر اندامها بود که بر مقدار این مؤلفه افزود که تحت چنین شرایطی رقم کاسموس از مقدار بیشتری در مقایسه با دو رقم دیگر برخوردار بود. بهر حال بیشترین مقدار سرعت رشد غده در رقمهای دراگا، آئولا و کاسموس به ترتیب معادل ۷/۱۲۷، ۹/۶۰۲ و ۸/۵۳۸ گرم در واحد سطح و در هر روز بود که حدود ۸۲ تا ۸۶ روز پس از کاشت بدست آمد (شکل ۴ا).

تغییرات مقدار سرعت رشد غده در الگوهای کاشت مورد مطالعه در شکل ۴ب دیده می شود. همچنانکه در این شکل می بینیم مقدار سرعت رشد غده در الگوی کاشت ۵۵ سانتی متر به نحو چشمگیری بیش از ۷۰ سانتی متر بود، که این برتری طی دوره افزایش خطی آن تا حدود ۸۵ روز پس از کاشت و حتی در اوایل دوره کاهش مقدار سرعت رشد غده (۱۰۰ روز پس از کاشت) ادامه داشت و سپس بر مقدار سرعت رشد غده در فاصله ردیف ۷۰ سانتی متر افزوده شد. بیشترین مقدار سرعت رشد غده نیز در دو الگوی کاشت ۵۵ و ۷۰ سانتی متر به ترتیب معادل ۸/۴۸۲ و ۷/۵۶۶ گرم در واحد سطح در هر روز بود که حدود ۸۴ روز پس از کاشت بدست آمد (شکل ۴ب).

شکل ۴c تغییرات سرعت رشد غده را در طول زمان و در چهار سطح مورد مطالعه تراکم نمایش می دهد. همانگونه که در این شکل دیده می شود، مقدار سرعت رشد غده با افزایش تراکم بیشتر شد و از سوی دیگر روند تغییرات سرعت رشد غده در سطوح متفاوت تراکم، بسیار متغیر بود. علیرغم یافته های تعدادی از پژوهشگران مبنی بر تشکیل زودهنگام غده ها در تراکمهای بالای بوته (۲، ۷ و ۲۲) و مطابق نظریه ایفنگوی و آلن (۷) در این آزمایش نیز تراکم بوته و فاصله ردیف تأثیری روی زمان آغازش غده ها نداشت (شکل ۴c)، گرچه افزایش تراکم بوته موجب افزایش سرعت رشد غده شد. تأثیر عمده تراکم روی زمان به حداکثر رسیدن مقدار

به دلیل سطح برگ بیشتری که در واحد سطح و در تراکمهای بالای بوته حاصل می شود، بر مقدار سرعت رشد گیاه زراعی می افزاید و از سوی دیگر طول دوره افزایش سرعت رشد گیاه زراعی نیز همراه با افزایش تراکم طولانی تر شده و حداکثر سرعت رشد گیاه زراعی دیرتر بدست می آید (۵ و ۶). در مطالعه حاضر نیز افزایش تراکم بوته باعث افزایش سرعت رشد گیاه زراعی شد تا جایی که حداکثر سرعت رشد گیاه زراعی به ترتیب معادل ۶/۵۶، ۸/۹۶، ۱۰/۳۳ و ۹/۹۵ گرم در مترمربع در روز در تراکمهای ۳/۰، ۴/۵، ۶/۰ و ۷/۵ بوته در مترمربع بدست آمد. علیرغم یافته کولینز (۱۰) مبنی بر کاهش شیب افول سرعت رشد گیاه زراعی همراه با افزایش تراکم بوته، در این مطالعه شیب کاهش منحنی تغییرات سرعت رشد گیاه زراعی با بالا رفتن تراکم بیشتر شد به نحوی که در انتهای دوره رشد، بوته های مورد کاشت طی تراکم ۳/۰ بوته در مترمربع از سرعت رشد گیاه زراعی بالاتری نسبت به سایر سطوح تراکم برخوردار شد (شکل ۴c).

سرعت رشد غده: در این آزمایش همچنانکه در شکل ۴a دیده می شود از ابتدای دوره رشد تا حدود ۹۰ روز پس از کاشت بر مقدار سرعت رشد غده در هر سه رقم افزوده شد و از آن پس تا حدود ۱۲۵ روز پس از کاشت از مقدار آن کاسته شده و سپس مقدار این مؤلفه روند افزایشی در پیش گرفت. مقایسه روند تغییرات این شاخص در رقمهای مورد کاشت نشان داد که رقم آئولا که در ابتدای دوره رشد غده از مقدار سرعت رشد غده کمتری نسبت به کاسموس برخوردار بود، طی دوره خطی افزایش این مؤلفه، از رقم کاسموس پیشی گرفت و جایگاه برتر خود را تا انتهای دوره رشد حفظ کرد. این در حالی بود که رقم کاسموس تا حدود ۱۰۵ روز پس از کاشت از مقدار سرعت رشد غده بیشتری در مقایسه با رقم دراگا برخوردار بود و پس از آن منحنی تغییرات این مؤلفه در هر دو رقم بر هم منطبق شد. افزایش پایانی که در حدود ۱۴۰ روز پس از کاشت روی داد،



شکل ۴ - روند تغییرات سرعت رشد غده در سطوح مورد آزمایش (a) رقم، (b) الگوی کاشت و (c) تراکم بوته نسبت به زمان

شکل ۳ - روند تغییرات سرعت رشد گیاه زراعی در سطوح مورد آزمایش (a) رقم، (b) الگوی کاشت و (c) تراکم بوته نسبت به زمان



در آزمایش حاضر (شکل ۵c) با بالا رفتن تراکم به دلیل افزایش سایه‌اندازی متقابل از مقدار سرعت رشد نسبی کاسته شد. اختلافاتی نیز بین سطوح مورد مطالعه تراکم به ویژه در ابتدای دوره رشد دیده شد و بیشترین سرعت رشد نسبی به ترتیب در تراکمهای ۴/۵ (۰/۱۰۹)، ۶/۰ (۰/۱۰۸)، ۳/۰ (۰/۱۰۳) و ۷/۵ (۰/۱۰۰) باست آمد.

سرعت رشد نسبی غده: سرعت رشد نسبی غده نشان دهنده مقدار افزایش وزن خشک غده به ازای هر گرم وزن خشک موجود در غده است که مفهوم آن با سرعت رشد نسبی قابل مقایسه است. روند ات سرعت رشد نسبی غده در مطالعه حاضر علی‌رغم یافته‌های کول (۳) مبنی بر افزایش این مقدار همزمان با رسیدن سایه‌انداز به حداکثر توسعه خود حدود ده هفته پس از کاشت، در طول دوره رشد روند نزولی نشان داد (شکل ۶a و b, c).

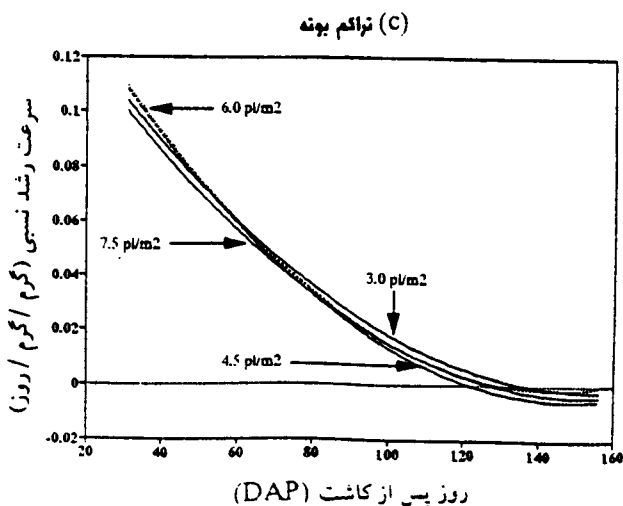
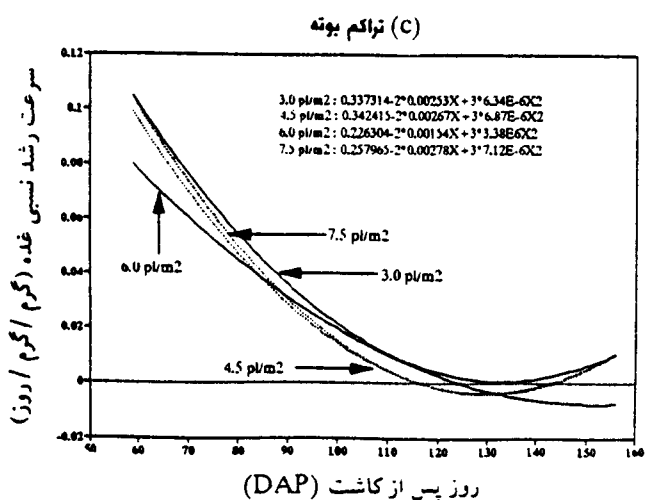
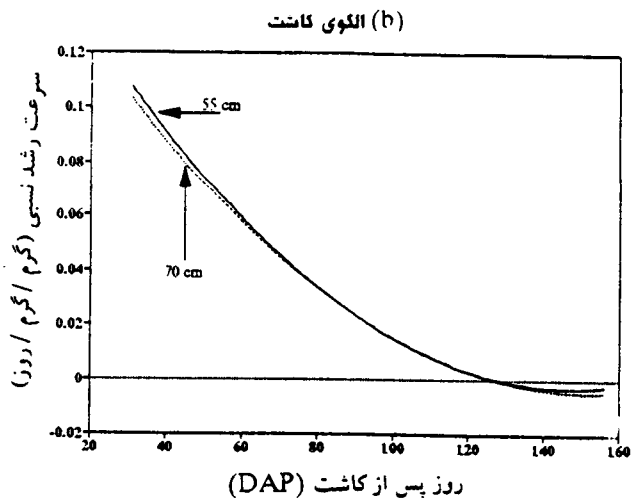
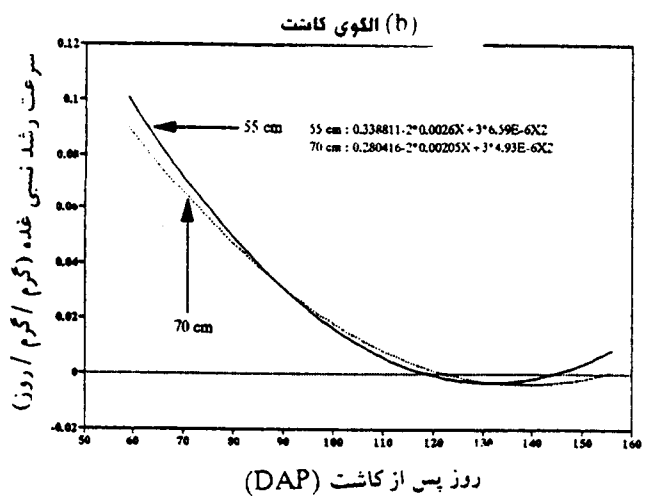
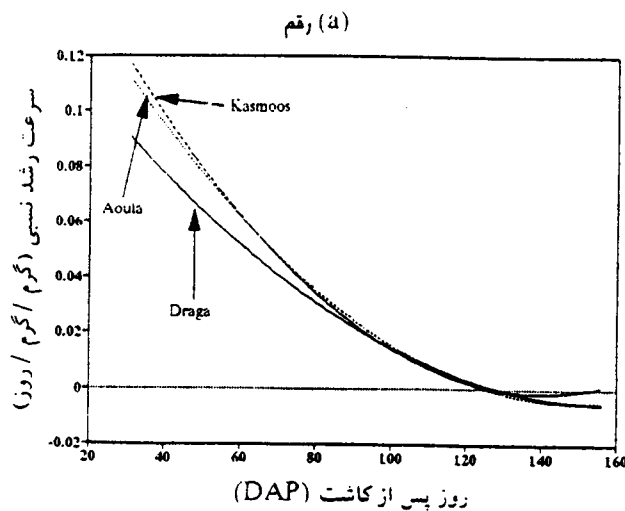
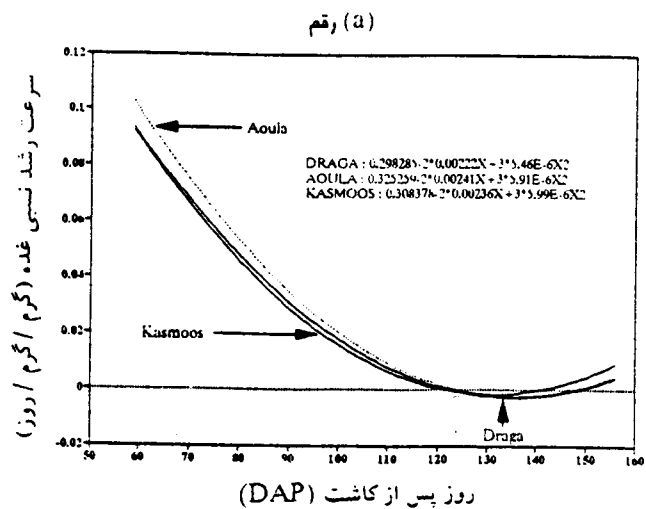
رقمهای مورد مطالعه در این آزمایش از سرعت رشد نسبی غده متفاوتی برخوردار بودند به این ترتیب که رقم آثولا در هر واحد وزن خشک غده مقدار افزوده بیشتری در مقایسه با دو رقم دراگا و کاسموس نشان داد (شکل ۶a). تغییر در الگوی کاشت و افزایش مقدار آن نیز در ابتدای دوره رشد موجب کاهش سرعت رشد نسبی غده شده اما از اواسط دوره رشد، این مقدار در فاصله ردیفهای عریضتر بیشتر بود (شکل ۶b). در نهایت مقایسه سطوح مورد بررسی تراکم نشان داد که افزایش تراکم موجب افزایش سرعت رشد نسبی غده شده و در تراکمهای پایین تر بوته مقدار افزوده ماده خشک غده در واحد وزن خشک موجود، کمتر از کاشت تراکم بود (شکل ۶c).

سرعت جذب خالص: شکل ۷a نحوه تغییرات سرعت جذب خالص در سه رقم مورد کاشت را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل درمی‌یابیم که از یکسو علیرغم گزارش موربی (۶ و ۲۷) مبنی بر وقوع حداقل سرعت جذب خالص همزمان با به حداکثر رسیدن شاخص سطح برگ و افزایش مجدد سرعت جذب خالص با شروع غده‌دهی، روند تغییرات این شاخص در طول زمان نزولی بوده و از سوی دیگر برخلاف یافته‌های وینکلر، هنگر، دول و همکاران، دول و واندرزاگ و بورتون (۳۱) مبنی بر وجود اختلاف بسیار جزئی در بین رقمها، در این آزمایش تفاوت فاحشی از نقطه نظر مقدار سرعت جذب خالص در بین رقمهای مورد مطالعه مشاهده شد. به عبارتی رقم کاسموس با دارا بودن مقدار سرعت رشد گیاه زراعی بالاتر نسبت به

سرعت رشد غده است و با افزایش تعداد بوته در واحد سطح، طول دوره خطی افزایش تجمع مواد درون غده‌ها به طول می‌انجامد که همین موضوع می‌تواند به عنوان عاملی برای افزایش عملکرد غده در تراکمهای بالای بوته محسوب شود (۲۰)، و در واقع در تراکمهای بالای بوته بیشتر بودن مقدار سرعت رشد غده همراه با تداوم بیشتر مرحله خطی افزایش مواد به عنوان عوامل اصلی مؤثر بر عملکرد بالای غده در چنین تراکمهایی شمرده می‌شود. به هر حال بیشترین مقدار سرعت رشد غده در تراکمهای ۳/۰، ۴/۵، ۶/۰ و ۷/۵ بوته در مترمربع به ترتیب معادل ۶/۴۴۳، ۷/۴۵۳، ۸/۴۴۴ و ۱۰/۴۴۳ گرم در هر مترمربع و در هر روز بود که حدود ۸۳ تا ۸۶ روز پس از کاشت بدست آمد.

سرعت رشد نسبی: سرعت رشد نسبی عبارت است از تغییر در وزن به ازای وزنی که قبلاً در گیاه یا اندام در حال رشد وجود داشته است و معمولاً بر حسب گرم در هر گرم وزن خشک موجود در هر روز بیان می‌شود (۴). روند تغییرات سرعت رشد نسبی در سطوح مورد مطالعه رقم در شکل ۵a دیده می‌شود. با توجه به این شکل درمی‌یابیم که مقدار سرعت رشد نسبی در طول دوره رشد، روند نزولی داشته و مطابق یافته‌های دونالد (۸) به دلیل بالا رفتن سن برگها و در نتیجه کاهش کارآیی فتوسنتزی، وقوع سایه‌اندازی روی افقهای تحتانی سایه‌انداز و نیز افزایش بافتهای غیر فتوسنتزی (استولون و غده) در طول زمان از مقدار آن کاسته شده است. همچنانکه در شکل ۵a مشاهده می‌شود در اوایل دوره رشد به ترتیب رقمهای کاسموس، آثولا و دراگا بیشترین مقدار سرعت رشد نسبی را داشتند و از حدود ۷۰ روز پس از کاشت از مقدار سرعت رشد نسبی رقم کاسموس کاسته شده و به پایین تر از رقم آثولا رسید. به هر حال در حوالی ۱۳۰ روز پس از کاشت مقدار سرعت رشد نسبی در رقمهای مورد بررسی به صفر رسیده و به عبارتی تولید ماده خشک به حداکثر مقدار خود دست یافت.

مقایسه منحنی تغییرات سرعت رشد نسبی در الگوهای کاشت مورد بررسی در طول زمان در شکل ۵b نشان می‌دهد که مقدار این مؤلفه در ابتدای دوره رشد در الگوی کاشت ۵۵ سانتی‌متر بیش از ۷۰ سانتی‌متر بود که با گذشت زمان و حدود ۸۰ روز پس از کاشت مقدار سرعت رشد نسبی در هر دو فاصله ردیف بر هم منطبق شده و به روند نزولی خود ادامه داد.



شکل ۶ - روند تغییرات سرعت رشد نسبی غده در سطوح مورد آزمایش (a) رقم، (b) الگوی کاشت و (c) تراکم بوته نسبت

به زمان

شکل ۵ - روند تغییرات سرعت رشد نسبی گیاه زراعی در سطوح مورد آزمایش (a) رقم، (b) الگوی کاشت و (c) تراکم بوته نسبت

به زمان

خشک برگ بود که حدود ۶۲ تا ۶۵ روز پس از کاشت بدست آمد. تغییر در الگوی کاشت تأثیری روی این مؤلفه باقی نگذاشت و همچنانکه در شکل ۸b دیده می شود بیشترین مقدار سطح ویژه برگ در الگوهای کاشت مورد بررسی معادل  $۳۳۴/۷۹$  (۵۵ سانتی متر) و  $۳۳۳/۴۰$  (۷۰ سانتی متر) سانتی مترمربع در هر گرم بود که ۶۴ روز پس از کاشت بدست آمد. مقایسه سطوح مورد بررسی تراکم نیز نشان داد که با افزایش تعداد بوته در واحد سطح بر مقدار سطح ویژه برگ افزوده شده و به عبارتی از ضخامت برگها کاسته شد (شکل ۸c). این موضوع نشانگر افزایش ضخامت برگها در سطوح پایین تر تراکم است که در نتیجه دسترسی چنین بوته هایی به مقدار نور بیشتر و در نهایت تولید لایه های سلولی مزوفیلی بیشتر است. بر همین اساس در زمان به حداکثر رسیدن این مؤلفه، مقدار آن در تراکمهای  $۳/۰$ ،  $۴/۵$ ،  $۶/۰$  و  $۷/۵$  بوته در مترمربع به ترتیب معادل  $۳۱۹/۵۱$ ،  $۳۳۷/۸۵$ ،  $۳۱۹/۸۷$  و  $۳۶۹/۳۱$  سانتی مترمربع در هر واحد وزن خشک برگ بود (شکل ۸c).

نسبت سطح برگ: روند تغییرات نسبت سطح برگ و به عبارتی مقدار سطح برگ موجود در هر گرم ماده خشک گیاه براساس مطالعات موجود روند نزولی دارد. کولینز (۳) مشاهده کرد که ۶ تا ۱۶ هفته پس از کاشت این نسبت به حدود  $\frac{۱}{۱۳}$  کاهش یافته است. در مطالعه حاضر و در رقمهای مورد مطالعه، مقدار نسبت سطح برگ تا اواسط دوره رشد روند نزولی با شیب کمتر داشته ولی پس از آذنازش غده ها و همزمان با شروع رشد سریع غده ها این مقدار به نحو فزاینده ای کاهش یافت (شکل ۹a). از سوی دیگر مقدار نسبت سطح برگ در بین رقمهای مختلف متفاوت بوده و رقم کاسموس بیشترین نسبت سطح برگ را به خود اختصاص داد. تغییر در فاصله ردیفها، تأثیری روی مقدار نسبت سطح برگ باقی نگذاشت (شکل ۹b) اما در سطوح مختلف تراکم با افزایش تعداد بوته در واحد سطح از مقدار نسبت سطح برگ کاسته شد (شکل ۹c).

عملکرد غده: مقدار عملکرد غده در واحد سطح، صرف نظر از اندازه متوسط غده های تولید شده به عنوان شاخص مهم اقتصادی و در واقع هدف اصلی از تولید سیب زمینی محسوب می شود. همچنانکه نتایج این آزمایش نشان داد (شکل ۱۰a)، رقم کاسموس از جایگاه برتری نسبت به دو رقم دیگر برخوردار بود و علیرغم غیرممنی دار بودن عامل رقم (جدول ۲)، رقم کاسموس از عملکرد غده بالاتری

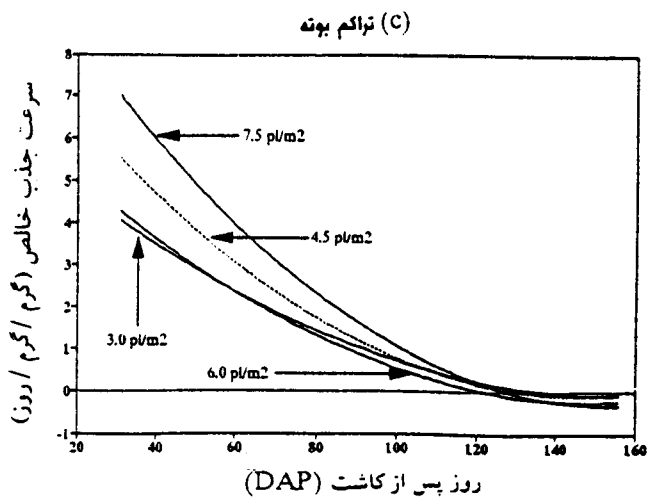
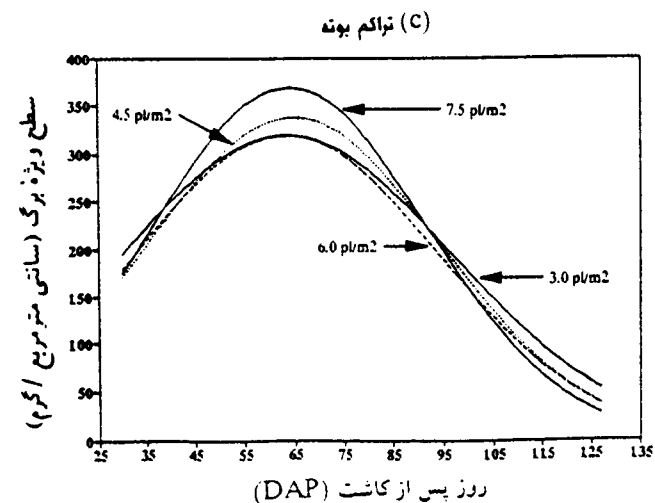
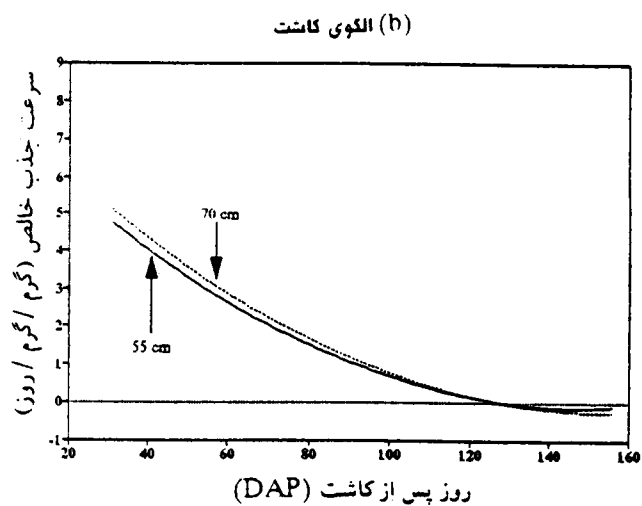
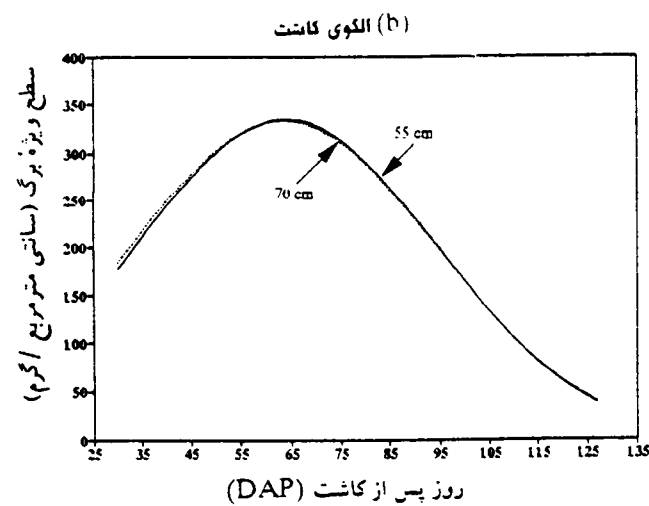
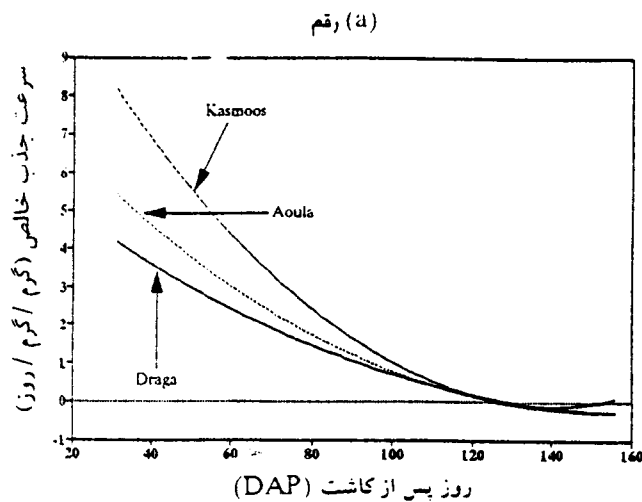
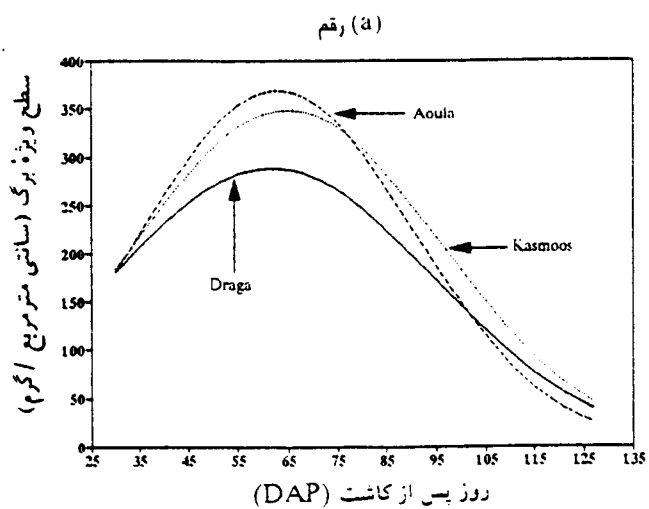
دو رقم آتولا و دراگا از میزان سرعت جذب خالص بالاتری نیز برخوردار بود و در واقع عاملی که علی رغم پایین بودن مقدار شاخص سطح برگ و کل ماده خشک بوته در واحد سطح در رقم کاسموس باعث افزایش عملکرد این رقم نسبت به آتولا شد را می توان بالا بودن مقدار سرعت رشد گیاه زراعی و سرعت جذب خالص در این رقم نسبت به رقم آتولا فرض کرد. در نهایت مقدار سرعت جذب خالص در رقمهای مورد مطالعه بهتر از مقادیر گزارش شده برای مناطق معتدل (۵ تا ۷ گرم به ازای هر مترمربع از سطح برگ در هر روز) بود (۲۵)، به نحوی که رقم کاسموس در آزمایش حاضر از سرعت جذب خالص معادل ۸ تا ۹ گرم به ازای هر مترمربع از سطح برگ در هر روز برخوردار بود (شکل ۷a).

شکل ۷b نحوه تغییرات سرعت جذب خالص در الگوهای کاشت مورد مطالعه را نشان می دهد. همانگونه که در این شکل پیداست، بوته های مورد کاشت در ردیفهای عریضتر احتمالاً به دلیل پایین بودن مقدار سایه اندازی متقابل در طول دوره رشد از مقدار سرعت جذب خالص بالاتری نسبت به الگوی کاشت ۵۵ سانتی متر برخوردار بودند (شکل ۷b).

براساس مطالعات انجام شده در تراکمهای بالای بوته اصولاً به دلیل افزایش شاخص سطح برگ از مقدار سرعت جذب خالص کاسته می شود (۵ و ۶). در مطالعه حاضر با افزایش تراکم بوته بر مقدار سرعت جذب خالص افزوده شد (شکل ۷c). گرچه رابطه درخور تأملی نیز بین میزان تراکم و مقدار سرعت جذب خالص به چشم نخورد و به عنوان مثال، مقدار سرعت جذب خالص در تراکم  $۴/۵$  بوته در مترمربع بیش از تراکم  $۶/۰$  بوته در مترمربع بود (شکل ۷c). به هر حال در بسیاری از مطالعات دیگر چنین اختلالاتی را به نقش تعیین کننده میزان رشد غده ها به عنوان عامل اصلی تعیین کننده فتوسنتز نسبت داده اند (۲۷ و ۲۸).

سطح ویژه برگ: روند تغییرات سطح ویژه برگ و به عبارتی مقدار سطح برگ در هر واحد وزن خشک برگ در ابتدای دوره رشد افزایشی و سپس کاهش است (۲۱).

با توجه به شکل ۸a، مشاهده می شود که به ترتیب رقمهای کاسموس، آتولا و دراگا از لحاظ مقدار سطح ویژه برگ با هم تفاوت فاحشی داشته و بیشترین مقدار سطح ویژه برگ معادل  $۳۶۸/۰۲$ ،  $۳۴۸/۱۰$  و  $۲۸۸/۳۴$  سانتی مترمربع به ازای هر گرم وزن



شکل ۸ - روند تغییرات سطح ویژه برگ در سطوح مورد آزمایش (a) رقم، (b) الگوی کاشت و (c) تراکم بوته نسبت به زمان

شکل ۷ - روند تغییرات سرعت جذب خالص در سطوح مورد آزمایش (a) رقم، (b) الگوی کاشت و (c) تراکم بوته نسبت به زمان

ردیف در واحد سطح و تسریع عملیات زراعی، کاهش خسارت ناشی از حرکت ماشین آلات در طول فصل زراعی، کاهش تعداد غده‌های سبزرنگ و کاهش خوابیدگی بوته‌ها اشاره کرد (۱۹)، استفاده از فاصله ردیفهای ۷۰ سانتی‌متر توصیه می‌شود. البته لازم به ذکر است حتی در صورت کاهش جزیی مقدار عملکرد غده با افزایش فاصله ردیفها، افزایش عملکرد اقتصادی ناشی از کاهش تعداد غده‌های سبز و نیز افزایش عملکرد غده‌های درشت، چنین نقیصه‌ای را جبران خواهد کرد (۱۸). بهرحال در آزمایش کنونی بیشترین عملکرد غده در الگوهای کاشت ۵۵ و ۷۰ سانتی‌متر به ترتیب معادل ۱۸۲۴/۷۱ و ۲۰۴۱/۵۸ گرم در واحد سطح بود که حدود ۱۱۲ تا ۱۲۴ روز پس از کاشت بدست آمد (شکل ۱۰b).

در نهایت افزایش تراکم موجب افزایش عملکرد غده در واحد سطح می‌شود (۲، ۲۳ و ۲۴). در آزمایش حاضر نیز افزایش

نسبت به دو رقم دیگر برخوردار بود. بیشترین مقدار عملکرد غده در رقمهای دراکا، آتولا و کاسموس به ترتیب معادل ۱۸۳۶/۵۸، ۱۸۶۴/۹۹ و ۲۰۶۸/۶۳ گرم در هر مترمربع بود.

تغییر در فاصله ردیفها نیز تأثیری روی میزان عملکرد غده نگذاشت (جدول ۲). عموماً در صورت مناسب بودن شرایط، تغییر در الگوی کاشت تأثیری روی میزان عملکرد غده باقی نمی‌گذارد و تنها در مواردی عملکرد غده را محدود خواهد ساخت که بوته‌ها قادر به پوشش فاصله ردیف افزوده شده نباشند (۴) و این در حالی است که در این آزمایش تفاوتی از لحاظ شاخص سطح برگ (شکل ۱b) و نیز دوام سطح برگ (جدول ۱) بین دو سطح الگوی کاشت مورد بررسی وجود نداشت. در مجموع به دلیل عدم تفاوت بین فاصله ردیفهای مورد آزمایش و از سوی دیگر مزایای ارزشمندی که استفاده از ردیفهای عریضتر دارد و از جمله می‌توان به کاهش تعداد

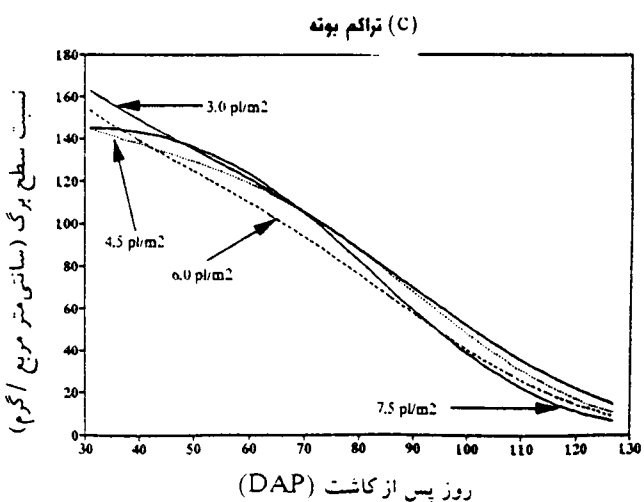
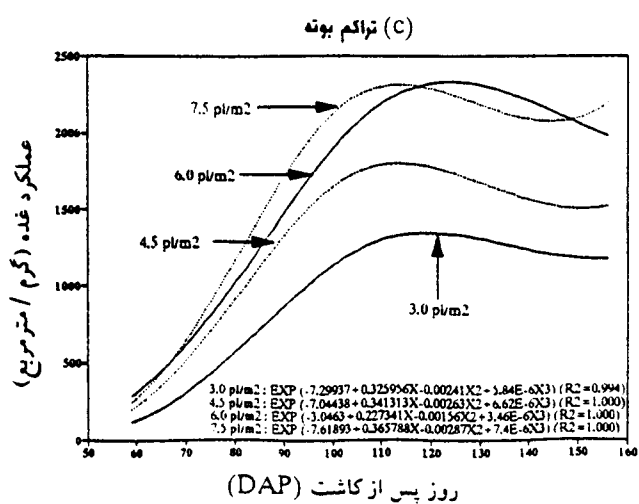
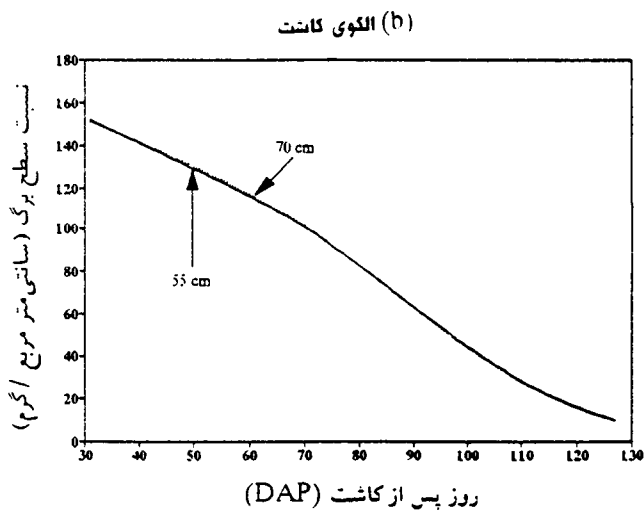
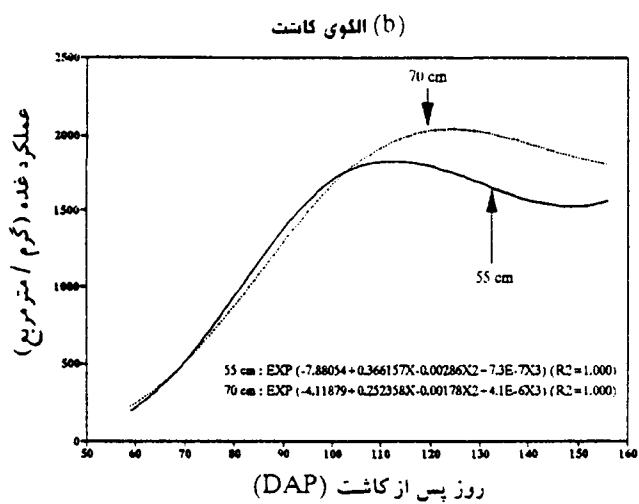
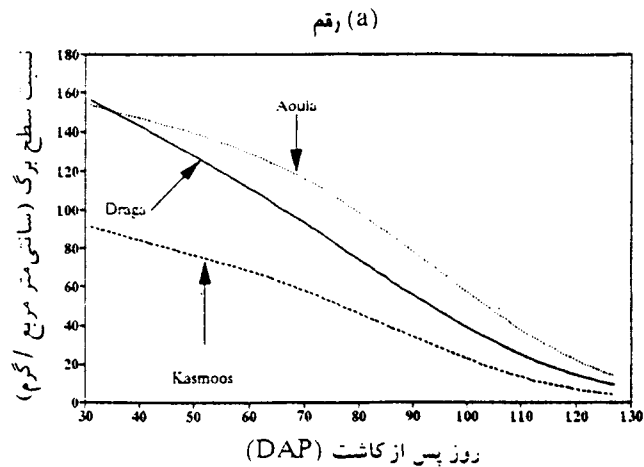
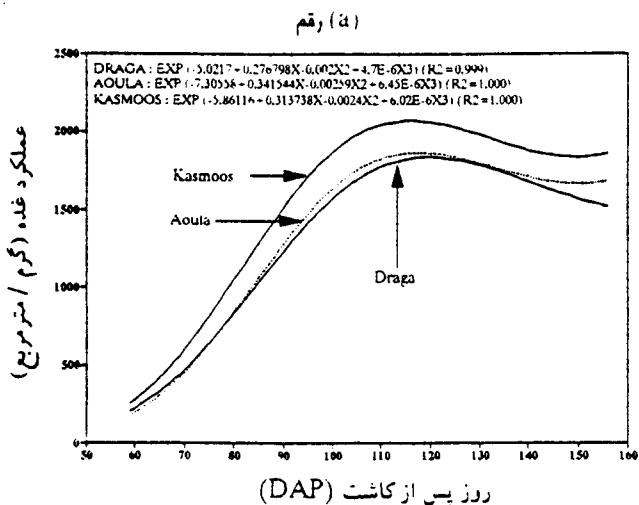
جدول ۲ - خلاصه تجزیه واریانس عملکرد غده در واحد سطح

میانگین مربعات در زمانهای (MS) نمونه‌برداری (روز پس از کاشت)					درجه آزادی	منبع تغییر
۱۵۶ (L)	۱۲۷ (S)	۱۱۰ (S)	۸۷ (S)	۵۹ (S)	df	S.V.
۰/۱۰۷ <sup>ns</sup>	۵۰۶/۴۰۶ <sup>ns</sup>	۱۵۶/۶۶۴ <sup>ns</sup>	۱۲۸/۵۹۸*	۱۳۸/۱۶۲ <sup>ns</sup>	۳	تکرار (R)
۰/۰۹۳ <sup>ns</sup>	۱۳۲/۰۰۹ <sup>ns</sup>	۱۴۱/۰۲۷ <sup>ns</sup>	۱۶۰/۴۳۳*	۹۴/۲۲۵ <sup>ns</sup>	۲	رقم (V)
۰/۰۷۵	۳۵۷/۹۷۱	-	-	۱۳۷/۷۷۷	۶	اشتباه I (E)
۰/۰۰۴ <sup>ns</sup>	۲۱/۲۸۴ <sup>ns</sup>	۱۵/۱۳۲ <sup>ns</sup>	۱۱۳/۰۳۲ <sup>ns</sup>	۲۲/۶۹۵ <sup>ns</sup>	۱	الگوی کاشت (P)
۰/۰۳۱ <sup>ns</sup>	۱۲۶/۲۴۴ <sup>ns</sup>	۳۵/۲۲۰ <sup>ns</sup>	۸۱/۴۶۸ <sup>ns</sup>	۱۰/۸۶۲ <sup>ns</sup>	۲	VxP
۰/۰۳۷	۱۱۹/۸۵۲	-	-	۱۴/۷۶۶	۹	اشتباه II (E)
۰/۱۶۸**	۴۳۴/۸۷۷*	۸۵۶/۴۴۸**	۳۲۶/۱۶۰**	۱۵۴/۱۱۵ <sup>ns</sup>	۳	تراکم (D)
۰/۵۰۱**	۸۱۰/۵۱۶**	۲۴۹۴/۷۲۱**	۸۵۴/۵۰۷**	۳۱۰/۴۸۹**	۱	خطی (L)
۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۴۱۰/۵۹۳ <sup>ns</sup>	۶۱/۳۱۲ <sup>ns</sup>	۹۰/۱۶۴ <sup>ns</sup>	۱۳۹/۷۱۸**	۱	درجه ۲ (Q)
۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۸۳/۵۲۲ <sup>ns</sup>	۱۳/۳۱۰ <sup>ns</sup>	۳۳/۸۰۸ <sup>ns</sup>	۱۲/۱۳۸*	۱	درجه ۳ (C)
۰/۰۱۴ <sup>ns</sup>	۲۳۲/۶۴۲ <sup>ns</sup>	۵۵/۶۷۳ <sup>ns</sup>	۱۱/۴۵۶ <sup>ns</sup>	۱۲/۳۹۱ <sup>ns</sup>	۶	VxD
۰/۰۱۳ <sup>ns</sup>	۳۸/۰۴۸ <sup>ns</sup>	۱۹۶/۰۲۶ <sup>ns</sup>	۱۰۶/۸۵۶ <sup>ns</sup>	۹/۲۳۵ <sup>ns</sup>	۳	PxD
۰/۰۱۴ <sup>ns</sup>	۵۲/۰۳۷ <sup>ns</sup>	۹۶/۵۷۹ <sup>ns</sup>	۶۴/۷۱۱ <sup>ns</sup>	۳۱/۴۳۸ <sup>ns</sup>	۶	VxPxD
۰/۰۱۰	۱۱۷/۰۵۰	۷۴/۷۸۶(۶۹)	۳۹/۴۰۹(۶۹)	۱۹/۹۴۲	۵۴	اشتباه III (E)
۳/۱۳	۲۶/۰۵	۲۰/۷۹	۱۸/۴۲	۳۳/۶۸	(%CV)	ضریب تغییرات

ns \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

اعداد داخل پرانتز درجه اشتباه III را به واسطه پولینگ نشان می‌دهد.

S و L به ترتیب نشانگر تبدیل به جذر و لگاریتم داده‌ها است.



شکل ۸ - روند تغییرات عملکرد غده در واحد سطح در سطوح مورد آزمایش (a) رقم، (b) الگوی کاشت و (c) تراکم بوته نسبت به زمان

شکل ۹ - روند تغییرات نسبت سطح برگ در سطوح مورد آزمایش (a) رقم، (b) الگوی کاشت و (c) تراکم بوته نسبت به زمان

افزایش تعداد غده‌های درشت، جبران می‌شود. در مجموع بیشترین عملکرد غده در تراکمهای ۳/۰، ۴/۵، ۶/۰ و ۷/۵ بوته در مترمربع به ترتیب معادل ۱۳۴۳/۲۸، ۱۷۹۶/۵۹، ۲۳۳۱/۶۸ و ۲۳۱۱/۸۶ گرم در واحد سطح بود که بین ۱۱۵ تا ۱۲۵ روز پس از کاشت بدست آمد (شکل ۱۰C).

به هر حال با توجه به نتایج آزمایش حاضر، برای دستیابی به بیشترین عملکرد غده، استفاده از رقم کاسموس با فاصله ردیف، ۷۰ سانتی‌متر و تراکم ۶/۰ بوته در مترمربع را می‌توان پیشنهاد کرد.

تراکم بوته تا ۶/۰ بوته در واحد سطح موجب افزایش پایدار عملکرد شد (شکل ۱۰C). علت چنین افزایشی به دلیل پوشش سریعتر سطح خاک و جلوگیری از رشد شاخه‌های جانبی و در نتیجه رشد زودتر غده‌هاست (۴). توجه به این نکته شایان اهمیت است که افزایش عملکرد غده طی تراکمهای بالای بوته نه به دلیل افزایش وزن متوسط غده بلکه در نتیجه افزایش تعداد غده بوده (۲) و عموماً چنین افزایشی به واسطه افزایش عملکرد غیرقابل قبول فروش است و از سوی دیگر بخشی از کاهش عملکرد ناشی از تراکمهای پایین بوته به واسطه

## REFERENCES

- 1 - Ajmer, S. B., E. W. Raymon, C. P. Sharad, & A. J. Casimir. 1988. Canopy photosynthesis, stomatal conductance and yield of *Solanum tuberosum* grown in a warm climate. *Am. Potato J.* 65:393-406.
- 2 - Asanuma, K., J. Naka, & K. Kogure. 1984. On the relationship between dry matter production and plant density in spring cropping potato plants. *Technical Bulletin Faculty of Agriculture Kagawa Univ.* 35:53-59.
- 3 - Berga, L., & K. Caesar. 1990. Relationships between numbers of main stems and yield components of potato (*Solanum tuberosum* L. CV. Erntestolz) as influenced by different day length. *Potato Res.* 33:257-267.
- 4 - Beukema, H. P., & D. E. Van der Zaag. 1990. Introduction to potato production. Pudoc Wageningen.
- 5 - Bremner, P. M., & R. W. Radley. 1966. Studies in potato agronomy. 2. The effects of variety and time of planting on growth, development, and yield. *J. Agric. Sci. Camb.* 66:253-261.
- 6 - Bremner, P. M., & M. A. Taha. 1966. Studies in potato agronomy. 1. The effect of variety, seed size, and spacing on growth, development, and yield. *J. Agric. Sci. Camb.* 66:241-252.
- 7 - Burstall, L., & P. M. Harris. 1983. The estimation of percentage light interception from leaf area index and percentage ground cover in potatoes. *J. Agric. Sci. Camb.* 100:241-244.
- 8 - Cho, J. L., & W. M. Iritani. 1983. Comparison of growth and yield parameters of Russet Burbank for a two - year period. *Am. Potato J.* 60:596-576.
- 9 - Clutterbuck, B. J., & K. Simpson. 1987. The interactions of water and fertilizer nitrogen in effects on growth pattern and yield of potatoes. *J. Agric. Sci. Camb.* 91:161-172.
- 10 - Collins, W. B. 1977. Analysis of growth in Kenebek with emphasis on the relationship between stem number and yield. *Am. Potato J.* 54:33-39.
- 11 - Dawers D. S., R. B. Dwelle, G. E. Kleinkopf, & R. K. Steinhorst. 1983. Comparative growth analysis of Russet Burbank potatoes at tow Idaho locations. *Am. Potato J.* 60:717-733.
- 12 - Dyson, P. W., & D. J. Watson. 1971. An analysis of the effects of nutrient supply on the growth of

- potato crops. *Ann. Appl. Biol.* 69:47-63.
- 13 - Edmondson, R. N. 1989. Growth curve analysis for treatment - by - environment intraction effects. *J. Agric. Sci. Camb.* 112:9-17.
- 14 - Engels, C. H., & H. Marschner. 1987. Effects of reducing leaf area and tuber number on the growth rate of tubers on individual potato plants. *Potato Res.* 30:177-186.
- 15 - Evans, G. C. 1972. *The quantitative analysis of plant growth.* University of California Press, Berkley.
- 16 - Firman, D. M., & E. J. Allen. 1989. Estimating individual leaf area of potato from leaf length. *J. Agric. Sci. Camb.* 112:425-426.
- 17 - Hunt, R. 1978. *Plant growth analysis.* London. Edward Arnold.
- 18 - Ifenkwe, O. P. & E. J. Allen. 1978. Effects of row width and planting density on growth and yield of two main crop potato varieties. I. Plant morphology and dry matter accumulation. *J. Agric. Sci. Camb.* 91:265-278.
- 19 - Ifenkwe, O. P., E. J. Allen, & D. C. E. Wurr. 1974. Factors affecting the relationship between tuber size and dry-matter content. *Am. Potato J.* 51:233-242.
- 20 - Iritani, W. M., L. D. Weller, & N. R. Knowles. 1983. Relationships between stem number, tuber set and yield of Russet Burbank potatoes. *Am. Potato J.* 60:423-431.
- 21 - Jones, J. L., & E. J. Allen. 1983. Effects of date of planting on plant emergence, leaf growth, and yield in contrasting potato varieties. *J. Agric. Sci. Camb.* 101:81-95.
- 22 - Juzl, M. 1989. Use of growth analysis to assess the output of very early potato plants. *Acta Universitatis Agriculturae Facultas Agronomica.* 37:103-114.
- 23 - Kleinhenz, M. D., & M. A. Bennett. 1992. Growth and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars Atlantic and Monona as as influenced by seed type and size. *Am. Potato J.* 69:117-129.
- 24 - Lynch, D. R., & R. G. Rowberry. 1977. Population density studies with Russet Burbank II. The effect of fertilization and plant density on growth, development and yield. *Am. Potato J.* 54:57-71.
- 25 - Manrique, L. A. 1989. Analysis of growth of Kennebec potatoes grown under different environment in the tropics. *Am. Potato J.* 66:277-291.
- 26 - Monteith, J. L. 1962. Attenuation of radiation : A climatological study. *Quarterly Journal Of Royal Meterological Society.* 88:508-521.
- 27 - Moorby, J. 1978. The physiology of growth and tuber yield, In : P. M. Harris (ed). *The potato crop.* Chapman & Hall, London. pp. 153-194.
- 28 - Rykbost, K. A., & Maxwell, J. 1993. Effects of plant population on the performance of seven varieties in the Klonath Basin of Oregon. *Am. Potato. J.* 70:463-474.
- 29 - Sivvakumar, M. V. K., & R. H. Shaw. 1978. Methods of growth analysis in field grown soybeans. *Ann. Bot.* 42:213-222.



- 30 - Tesar, M. B. 1984. Physiological basis of crop growth and development. American Society Of Agronomy. Madison, Wisconsin, 291-321.
- 31 - Usik, G. E. 1983. Effect of plant density on tuber and seed tuber yield of potatoes. Kartoplyarstvo, Kiev. No. 14:37-39.
- 32 - Van Ittersum M. K., & P. C. Struik. 1992. Relation between stolon and tuber characteristics and the duration of tuber dormancy in potato. Netherland J. Agric. Sci. 40:159-172.

## Analysis of Three Potato Varieties Growth Under Planting Pattern and Densit.

S. A. SIADAT, S. A. HASHEMI-DEZFOULI, M. VALIZADEH AND  
S. SADEGHZADEH-HEMAYATI

Respectively Associate Professors, Ramin Agricultural Research and Educational  
school, Ahwaz, Professor, Faculty of Agriculture , University of Tabriz  
and Agronomy M. S. , Ardabil Agricultural Reseach Station

Accepted, Apr. 21, 1999

### SUMMARY

In order to determine the effect of two row widths (55 and 70 cm) and four planting densities (3.0, 4.5, 6.0, and 7.5 plants per unit area) on the physiological characteristics of three potato varieties (Draga, Aoula, and Kasmoo), a statistical split-split plot experiment in randomized complete block design with four replications was conducted during the 1996 growing season at the Research Station Of Agricultural Faculty Of The Islamic Azad University Of Ardabil. Sampling was done in 31, 59, 87, 110, 127, and 156 days after planting (DAP), with two plants from each plot. Several polynomial models were tested to ascertain the models which can have the best least squares fit to the observed data for total dry weight (TDW), leaf dry weight (LDW), tuber dry weight (TUDW), and leaf area index (LAI) relative to time (T). Nine growth analysis parameters consistang of crop growth rate (CGR), tuber growth rate (TUGR), relative growth rate (RGR), relative tuber growth rate (RTUGR), net assimilation rate (NAR), specific leaf area (SLA), leaf arearatio (LAR), leaf area index (LAI), and leaf area duration (LAD) were computed. Maximum CGR was obtained with Kasmoo cv., row width 50 cm and plant density of 6.0 pl/m<sup>2</sup> as 14.03, 9.00, and 10.33 g/m<sup>2</sup>/day respectively in 70 days after planting. Optimum LAI for above treatment combination in this region was 1.95. In all treatments, NAR decreased in proportion to time. However, with plants under high density, NAR was high. Furthermore these plants are of high efficiency in assimilation. The highest TUGR went to Aoula cv. (9.602 g/m<sup>2</sup>/day) in planting pattern 55 cm (8.482 g/m<sup>2</sup>/day) and planting density of 7.5 pl/m<sup>2</sup> (10.443 g/m<sup>2</sup>/day). In general, Kasmoo cv. (2068.63 g/m<sup>2</sup>) with row width of 70 cm (2041.58 g/m<sup>2</sup>) and planting density of 6.0 pl/m<sup>2</sup> (2331.68 g/m<sup>2</sup>) was the best and suggestable treatment combination for the Ardabil region.

**Keywords:** Patato, Planting pattern, Leaf dry weight, Leaf area index & Total dry weight.