دانشکده کشاورزی
گروه زراعت و اصلاح نباتات

**پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی زراعت**

# بررسی تأثیر تراکم کشت روی رشد و عملکرد ارقام سیب‌زمینی در منطقه عجبشیر

***استاد راهنما:***

دکتر منوچهر قلی‌پور

***اساتید مشاور:***

دکتر فرخ رحیم‌زاده خویی و دکتر احمد غلامی

***پژوهشگر:***

سیف اله کریمی

آبان ۱۳۸۶

بسم الله الرحمن الرحيم

# تقدیم

## به روان پاک پدرم:

او که بی دریغ کوشید تا دانش بجویم.

## به مادرم:

که فروغ محبتش شورانگیز و امید بخش است.

## به همسرم:

که با صبر و شکیبایی مشکلات تحصیلم را تحمل نمود.

## به شکوفه‌های زندگی‌ام:

امیر رضا و سنا، که در کاستی‌ها و کوتاهی‌هایم صبور بودند.

**تقدیر و تشکر:**

اکنون که این مقطع تحصیلی را به اتمام می‌رسانم، خداوند یکتا را شاکرم که لطف و عنایت خویش را شامل حال بنده حقیر نمود. در ابتدا بر خود لازم می‌دانم که از استاد راهنما، آقای دکتر منوچهر قلی‌پور که از رهنمودهای ارزنده‌اش در طول تحصیل و تحقیق بهره‌مند بوده‌ام، از اساتید مشاور آقایان دکتر فرخ رحیمزاده خویی و دکتر احمد غلامی که در اجرای پایان نامه به من کمک نمودند و نیز از آقای دکتر حمید عباس دخت که دلسوزانه در طول تحصیل به بنده کمک نمودند تقدیر و تشکر نمایم.

از اساتید محترم گروه زراعت و اصلاح نباتات و گروه خاکشناسی که در دوران تحصیل در مقطع کارشناسی ارشد از محضرشان کسب علم نموده‌ام سپاسگزاری می‌کنم.

از مرکز تحقیقات کشاورزی اردبیل و سازمان تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان-شرقی، ریاست محترم دانشکده کشاورزی دانشگاه اردبیل آقای دکتر اصغری زکریا و آقای مهندس جعفری مسؤل شرکت دشت زرین که در تهیه بذر سیب‌زمینی، به بنده کمک نمودند تشکر می‌کنم.

از اداره جهاد کشاورزی شهرستان عجبشیر و ریاست محترم این اداره آقای حسین صنوبر و نیز مهندس محمدی که در ارائه اطلاعات اقلیمی، جغرافیایی منطقه به بنده کمک کردند.

از ریاست محترم دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز آقای دکتر حسین‌پور، دکتر محمد مقدم و دکتر مطلبی‌آذر مدیران گروه زراعت و اصلاح نباتات و باغبانی این دانشکده و دکتر هوشنگ آلیاری عضو هئیت علمی دانشکده کشاورزی که امکان استفاده از امکانات آزمایشگاهی آن دانشکده را برای بنده فراهم نمودند و در طول تحقیق از تجربیات و رهنمودهایشان استفاده کردم، تقدیر و تشکر می‌کنم.

از همکار عزیز مهندس ابراهیم ارجمند و از برادران عزیز و بزرگوارم، ستار و محمدرضا کریمی که در کلیه مراحل اجرای پایان نامه بنده را یاری نمودند و در نهایت از خانواده‌ام به خاطر تحمل سختی‌های دوران تحصیل سپاسگزاری می‌نمایم.

## چکیده

به منظور بررسی تأثیر تراکم کشت روی رشد و عملکرد ارقام سیب‌زمینی در شرایط منطقه عجبشیر واقع در جنوب غربی استان آذربایجان‌شرقی آزمایشی در سال زراعی ۱۳۸۵ اجرا گردید. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. در این آزمایش فاکتور رقم در چهار سطح شامل کایزر (k)، آگریا (a)، سانته (s)، مارکیز (m) و فاکتور تراکم در سه سطح شامل ۴۱۷۰۰، ۵۰۰۰۰ و ۶۲۵۰۰ بوته (فاصله بوته روی ردیف به ترتیب ۳۰، ۲۵ و ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف ۸۰ سانتی‌متر) در هکتار مطالعه شدند.

برای محاسبه مدت سبز کردن و شروع غده‌دهی و تجزیه رشد اقدام به شمارش بوته‌های سبز شده (بصورت روزانه) و نمونه برداری گردید. در هر بار نمونه برداری علاوه بر سنجش وزن خشک و سطح برگ، تعداد ساقه‌های اصلی (n)، انشعابات n+۱ و n+۲ و طول ساقه اصلی اندازه‌گیری شد. در معادلات تجزیه رشد، درجه روزهای رشد به عنوان معیاری از زمان استفاده گردید. برداشت نهایی در دو مرحله انجام شد در مرحله اول هشت بوته متوالی از هر پلات برداشت و تعداد ساقه، تعداد و وزن تر غده‌های هر بوته، تعداد و وزن تر غده‌های بازارپسند (با قطر بزرگتر از ۶۰ میلی‌متر)، ریز یا غیر قابل فروش (با قطر کوچکتر یا مساوی ۳۵ میلی‌متر) و متوسط (با قطر مساوی یا کوچکتر از ۶۰ و بزرگتر از ۳۵ میلی‌متر) را در هر بوته شمارش، توزین و دیگر اجزای عملکرد مورد محاسبه قرار گرفت. در مرحله دوم غده‌های واقع در سه ردیف که به همین منظور اختصاص یافته بودند جهت تخمین عملکرد غده در واحد سطح برداشت شدند.

نتایج مربوط به تجزیه رشد نشان داد که در تمام ارقام مورد بررسی، شاخص سطح برگ (LAI) درکل و یا در بیشتر طول دوره رشد، برای تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار بیشتر از تراکم‌های پایین بود. ولی تأثیر تراکم بر سرعت رشد محصول (CGR) در ارقام مختلف یکسان بدست نیامد. در کلیه ارقام، سرعت رشد نسبی با افزایش سن گیاه به علت سایه‌اندازی و رقابت بیشتر گیاهان با یکدیگر کاهش یافت. NAR به دلیل سایه‌اندازی متقابل برگ‌ها و افزایش سن برگ، با گذشت زمان روند نزولی داشت و میزان جذب خالص در تراکم‌های پایین بیشتر از تراکم‌های بالا بود. نتایج تجزیه

واریانس داده‌ها نشان داد که تفاوت بین ارقام از نظر میانگین مدت سبز کردن، متوسط تعداد انشعابات n+۱ و n+۲، طول و تعداد ساقه اصلی در بوته، تعداد غده در بوته و در متر مربع، تعداد غده‌های متوسط و ریز در بوته، درصد غده‌های متوسط و بازارپسند بوته، عملکرد غده‌های ریز و متوسط در متر مربع، وزن غده‌های ریز و متوسط بوته، درصد کلسیم و پتاسیم غده، درصد ماده خشک غده، متوسط وزن هر غده و شاخص برداشت معنی‌دار است. اثر تراکم بر تعداد انشعابات n+۱ و طول ساقه اصلی در بوته معنی‌دار بود. و با افزایش فاصله کاشت روی ردیف از ۲۰ به ۳۰ سانتی-متر تعداد انشعابات n+۱ بوته افزایش، ولی طول ساقه اصلی در بوته کاهش یافت. اثرات متقابل رقم و تراکم برای نسبت وزن برگ به ساقه در بوته، وزن تر و خشک غده در بوته، عملکرد غده، وزن خشک کل تک بوته، وزن خشک کل در واحد سطح و وزن غده‌های بازارپسند در بوته و در واحد سطح معنی‌دار بود. تجزیه همبستگی صفات نشان داد عملکرد غده‌های بازارپسند با متوسط وزن هر غده در بوته، عملکرد غده در واحد سطح، میانگین مدت سبز کردن و شاخص برداشت همبستگی مثبت و با تعداد ساقه اصلی در بوته و وزن خشک کل بوته همبستگی منفی دارد.

بطور کلی عملکرد غده در واحد سطح در رقم کایزر و سانته به ترتیب در تراکم‌های ۶۲۵۰۰ و ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار (d1k و d2s) بیشتر بود. اما عملکرد غده‌های بازارپسند در واحد سطح در تیمار d1k بیشتر بدست آمد. بنابراین برای تولید غده‌های قابل عرضه به بازار، کشت رقم کایزر با تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار (الگوی کشت ۸۰×۲۰) برای منطقه قابل توصیه می‌باشد. و برای تولید غده‌های بذری یا جهت مصارف خانگی کشت رقم سانته با تراکم ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار (الگوی کشت ۸۰×۲۵) توصیه می‌شود.

**کلمات کلیدی:** ارقام سیب‌زمینی، تراکم کشت، عملکرد و اجزای عملکرد.

## فهرست مطالب


عنوان — صفحه

تقدیم ..... یک

تقدیر و تشکر ..... دو

چکیده ..... سه

مقدمه ..... ۱


### فصل ۱- بررسی منابع


۱-۱- تاریخچه سیب‌زمینی ..... ۳

۱-۲- نگاهی بر وضعیت کشت و تولید سیب‌زمینی در جهان ..... ۳

۱-۳- نگاهی بر وضعیت کشت و تولید سیب‌زمینی در ایران ..... ۴

۱-۴- اهمیت غذایی سیب‌زمینی ..... ۵

۱-۵- خصوصیات گیاهی سیب‌زمینی ..... ۶

۱-۶- اکولوژی و سازگاری سیب‌زمینی ..... ۹

۱-۷- مراحل رشد و نمو سیب‌زمینی ..... ۱۱

۱-۸- کیفیت غده سیب‌زمینی ..... ۱۲

۱-۹- تراکم بوته در گیاهان زراعی ..... ۱۷

۱-۱۰- تراکم بوته در سیب‌زمینی ..... ۱۹

۱-۱۱- اثرات مورفولوژیکی و اکوفیزیولوژیکی تراکم ..... ۲۱

۱-۱۲- تأثیر تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی ..... ۲۵

۱-۱۳- ارقام سیب‌زمینی ..... ۲۸

۱-۱۴- تأثیر رقم در عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی ..... ۲۹

۱-۱۵- تجزیه و تحلیل رشد ..... ۳۱

۱-۱۵-۱- سرعت رشد محصول (CGR) ..... ۳۲

۱-۱۵-۲- میزان جذب خالص (NAR) ..... ۳۳

۱-۱۵-۳- شاخص سطح برگ (LAI) ..... ۳۴
۱-۱۵-۴- دوام سطح برگ (LAD) ..... ۳۵
۱-۱۵-۵- سرعت رشد نسبی (RGR) ..... ۳۶
۱-۱۵-۶- نسبت سطح برگ (LAR) ..... ۳۶
۱-۱۵-۷- سطح ویژه برگ (SLA) ..... ۳۷
۱-۱۵-۸- وزن ویژه برگ (SLW) ..... ۳۷

## فصل ۲- مواد و روشها

۲-۱- موقعیت جغرافیایی و وضعیت اقلیمی محل اجرای آزمایش ..... ۳۸
۲-۲- مشخصات خاک محل اجرای آزمایش ..... ۳۸
۲-۳- نوع آزمایش و عملیات زراعی ..... ۳۹
۲-۴- روش نمونه برداری و اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه ..... ۳۹
۲-۵- محاسبه درجه روزهای رشد و میانگین مدت سبز کردن..... ۴۱
۲-۶- تجزیه آماری داده‌ها و محاسبه ضرایب همبستگی..... ۴۱
۲-۷- محاسبه شاخص‌های رشد ..... ۴۲

## فصل ۳- بحث و نتایج

۳-۱- تجزیه رشد
۳-۱-۱- وزن خشک کل (TDW) ..... ۴۴
۳-۱-۲- وزن خشک غده (TUDW) ..... ۴۷
۳-۱-۳- شاخص سطح برگ (LAI) ..... ۶۹
۳-۱-۴- سرعت رشد محصول (CGR) ..... ۷۹
۳-۱-۵- سرعت رشد نسبی (RGR) ..... ۸۹
۳-۱-۶- سرعت جذب خالص (NAR) ..... ۹۷
۳-۲- تجزیه واریانس داده‌ها ..... ۱۰۷
۳-۳- مقایسه میانگین‌ها
۳-۳-۱- میانگین مدت زمان سبز کردن وتعداد ساقه اصلی در بوته ..... ۱۱۶

۳-۳-۲- انشعابات فرعی و طول ساقه اصلی ..... ۱۱۷
۳-۳-۳- نسبت وزن خشک برگ به ساقه در بوته ..... ۱۱۸
۳-۳-۴- تعداد غده ..... ۱۱۹
۳-۳-۵- وزن غده در بوته ..... ۱۲۰
۳-۳-۶- درجات مختلف غده‌ها ..... ۱۲۱
۳-۳-۶-۱- غده‌های ریز یا غیر بازارپسند ..... ۱۲۱
۳-۳-۶-۲- غده‌های متوسط ..... ۱۲۲
۳-۳-۶-۳- غده‌های بازارپسند ..... ۱۲۲
۳-۳-۷- متوسط وزن هر غده در بوته ..... ۱۲۴
۳-۳-۸- درصد ماده خشک، عناصر کلسیم و پتاسیم غده ..... ۱۲۵
۳-۳-۹- عملکرد غده ..... ۱۲۶
۳-۳-۱۰- شاخص برداشت ..... ۱۲۸
۳-۳- نتیجه‌گیری و پیشنهادات ..... ۱۲۸
فهرست منابع ..... ۱۳۱

## مقدمه

سیب‌زمینی *(Solanum tuberosum L.)* از محصولات غده‌ای است که نقش مهمی در تغذیه مردم جهان دارد. از نظر تولید مواد غذایی در واحد سطح هیچ محصول زراعی قادر به رقابت با سیب زمینی نیست (خلقانی، ۱۳۷۳). غده‌های تازه سیب‌زمینی دارای ۷۵ تا ۸۰ درصد آب، ۱۲ تا ۲۰ درصد نشاسته، یک درصد چربی و یک درصد خاکستر است. فرآورده‌های سیب‌زمینی حاوی اسید آمینه‌های ضروری و ویتامین‌های مورد نیاز انسان می‌باشد و از نظر اهمیت و ارزش غذایی، بعد از تخم مرغ قرار می‌گیرد (بی‌نام، ۱۳۷۶). اگرچه سیب‌زمینی فقط ۲ درصد پروتئین دارد ولی مقدار کل پروتئین تولیدی آن در هکتار با توجه به عملکرد بالای غده در واحد سطح رقم قابل توجهی را تشکیل می‌دهد (کوچکی، ۱۳۶۸).

سیب‌زمینی در بسیاری از کشورهای پیشرفته از نظر صنعت و کشاورزی، جایگاه مهمی را در ردیف محصولات استراتژیک دارا می‌باشد. در کشور ما نیز استعداد بالقوه‌ای در زمینه رشد این محصول وجود دارد. لذا می‌تواند در حد زیادی جایگزین مصرف گندم شود. ارقام سیب‌زمینی از نظر طول دوره رسیدگی، گستردگی شاخ و برگ و نوع رشد (روزت یا ایستاده)، کیفیت مصرفی و موارد دیگر با یکدیگر متفاوت هستند. انتخاب رقم مناسب برای هر ناحیه باید با توجه به بازارپسندی و موارد استفاده غده، بیماریهای شایع، طول فصل رشد مؤثر موجود (اولین تاریخ کاشت ممکن تا آخرین زمان برداشت و سرعت تجمع واحد گرمائی مورد نیاز رقم) و زمان مناسب ارائه محصول به بازار (با توجه به قیمت و عملکرد محصول) انجام گیرد (خواجه‌پور، ۱۳۸۳).

از آنجا که تعداد بوته در واحد سطح تأثیر زیادی در میزان دسترسی گیاه به منابع مورد استفاده از جمله تشعشع خورشیدی و مواد غذایی دارد (دیسون و واتسون، ۱۹۷۱)، لذا تنظیم جمعیت گیاهی نیز یکی از عوامل مهم و مؤثر بر افزایش عملکرد غده سیب‌زمینی به شمار می‌رود. از طرف دیگر اندازه غده در مقایسه با کل عملکرد غده شاخص مهمتری از عملکرد قابل عرضه به بازار است و تراکم یکی از عوامل مؤثر در اندازه غده‌های تولیدی است (رضایی و سلطانی، ۱۳۷۵). بنابراین دستیابی به تراکم گیاهی صحیح از این نظر هم می‌تواند اهمیت زیادی داشته باشد.

بطور کلی شرایط رشد مثل تراکم، ممکن است بر خصوصیاتی از رشد اثر گذاشته و در نتیجه باعث افزایش یا کاهش عملکرد غده یا عملکرد قابل عرضه به بازار شود. با توجه به تفاوتهای فیزیولوژیکی، اکولوژیکی و مورفولوژیکی ارقام مختلف، واکنش آنها به تراکم می‌تواند متفاوت باشد. بنابراین انتخاب رقم مناسب، سازگار و پر محصول و تعیین تراکم مطلوب، سبب استفاده بهینه از امکانات و عوامل محیطی و افزایش عملکرد در واحد سطح خواهد شد. برای دستیابی به چنین هدفی بررسی برخی از خصوصیات رشد گیاهان با استفاده از روش تجزیه رشد که مهمترین روش در تجزیه تحلیل عوامل مؤثر بر عملکرد می‌باشد، اهمیت زیادی دارد.

هدف کلی در این آزمایش بررسی تأثیر تراکم کشت روی رشد و عملکرد ارقام سیب‌زمینی در شرایط منطقه عجبشیر می‌باشد که در این میان از تجزیه تحلیل برخی از شاخص‌های رشد سیب زمینی در سطوح متفاوت تراکم و رقم بر مبنای درجه روزهای رشد و تعیین روند تغییرات آنها در طول فصل رشد کمک گرفته شده است. همچنین اجزای عملکرد و عملکرد غده در واحد سطح نیز در تیمارهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است.

# فصل ۱- بررسی منابع

## ۱-۱- تاریخچه سیب‌زمینی

منشاء گیاه سیب‌زمینی در آمریکای جنوبی پرو یا بولیوی می‌باشد. در این نواحی گونه‌های وحشی سیب‌زمینی یافت می‌شوند. سابقه استفاده از سیب‌زمینی در پرو به بیش از دو هزار سال می‌رسد. سیب‌زمینی در قرن شانزدهم به وسیله اسپانیایی‌های جهانگرد از کیتو پایتخت اکوادور در آمریکای جنوبی به اروپا از جمله آلمان، ایتالیا، بلژیک و غیره برده شده و به طور گسترده‌ای پراکنده گردید به نحوی که در اواخر دهه ۱۷۰۰ به عنوان یک غذای عمده دراروپا پذیرفته شد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۲). برخی دیگر معتقد هستند که سیب‌زمینی را اولین بار یک نفر انگلیسی به نام سروالتر راله در مزرعه خود نزدیک کرک کاشته و بعدها از آنجا به آلمان، اتریش و روسیه برده شده است (طباطبایی، ۱۳۶۵). در اوایل، تولید تجاری سیب‌زمینی عمدتاً در نیوانگلند و ایالتهای آتلانتیک میانه صورت می‌گرفت (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۲). سیب‌زمینی توسط سفیر ایران در انگلستان به ایران آورده شده و کاشت آن از دوران فتحعلی شاه قاجار آغاز گردید (طباطبایی، ۱۳۶۵). هم اکنون کشت سیب‌زمینی در اکثر نقاط کشور از جنوب تا شمال متداول می‌باشد.

## ۱-۲- نگاهی بر وضعیت کشت و تولید سیب‌زمینی در جهان

امروزه سیب‌زمینی از نظر مقدار تولید چهارمین محصول جهان پس از گندم، برنج و ذرت می‌باشد و تقریباً در تمام نقاط جهان کشت می‌شود. بر اساس گزارش فائو، سطح زیر کشت سیب زمینی در جهان طی سال ۲۰۰۰ حدود ۱۹۵۹۷۴۲۰ هکتار با میانگین عملکرد ۱۶/۴ تن در هکتار بوده است (خواجه پور، ۱۳۸۳). بنابر آمار سازمان خواروبار و کشاورزی جهانی در سال ۲۰۰۳ بیش از ۳۱۱ میلیون تن سیب‌زمینی در ۱۹ میلیون هکتار زمین زراعی در جهان تولید شد. بیش از یک

سوم این تولید مربوط به کشورهای در حال توسعه می‌باشد، در حالی که در ابتدای دهه ۱۹۶۰ میلادی تنها ۱۱ درصد میزان کل تولید در جهان متعلق به این کشورها بود. آموزش کشاورزان و ورود تکنولوژی‌های جدید و نیز برنامه‌های اصلاحی بر روی ارقام مختلف در شرایط اقلیمی این کشورها از عوامل این افزایش تولید می‌باشد (رشیدی، ۱۳۸۳).

در جهان، کل تولید سیب‌زمینی، علیرغم کاهش سطح زیر کشت آن، به علت افزایش بازده در واحد سطح زمین در حال افزایش است. بیشترین سطح زیر کشت این گیاه در دنیا متعلق به کشور چین با ۴/۵۰۱/۶۶۷ هکتار می‌باشد و پس از آن روسیه با ۳/۲۹۰/۰۰۰ هکتار در مقام دوم قرار دارد. در قاره آسیا پس از چین، هند با ۱/۴۰۰/۰۰۰ رتبه بعدی را به خود اختصاص داده است. کشور چین با تولید ۶۶/۸۱۳/۳۳۱ تن، روسیه با ۳۵/۹۰۰/۰۰۰ تن و هند با ۲۴/۰۰۰/۰۰۰ تن به ترتیب در مقام‌های اول تا سوم قرار دارند. بیشترین عملکرد تولید با متوسط برداشت ۵۰/۰۰۰ کیلوگرم در هکتار متعلق به کشور نیوزیلند می‌باشد. پس از آن هلند با ۴۰/۷۲۴ کیلوگرم در هکتار و سپس دانمارک با ۴۰/۵۹۱ کیلوگرم در هکتار رتبه‌های بعدی را به خود اختصاص داده‌اند (رشیدی، ۱۳۸۳).

## ۱-۳- نگاهی بر وضعیت کشت و تولید سیب‌زمینی در ایران

بنابر آمار وزارت کشاورزی در سال ۱۳۷۸ سطح زیر کشت سیب‌زمینی در کشور ما حدود ۱۶۳ هزار هکتار برآورد شده است که ۹۶/۷ درصد اراضی آن آبی و بقیه دیم بوده است. در بین استانها، استان اردبیل با ۱۵/۷ درصد اراضی تحت کشت سیب‌زمینی در مقام نخست و استان اصفهان با ۱۴/۵ درصد در جایگاه بعدی قرار گرفته است. استان‌های همدان، آذربایجان‌شرقی، فارس، خراسان و سمنان به ترتیب با ۸، ۶/۷، ۶/۲، ۶/۱ و ۴/۷ درصد رتبه‌های سوم تا هفتم را به خود اختصاص داده‌اند.

در سال ۱۳۷۸ میزان تولید سیب‌زمینی در کشور ۳/۴ میلیون تن برآورد شده است که ۹۸/۵ درصد آن از اراضی آبی بدست آمده است. استان‌های اردبیل و اصفهان به ترتیب با ۱۶/۶ و ۱۶/۲ درصد از کل تولید کشور از نظر تولید نیز جایگاه ویژه‌ای داشته‌اند. استان‌های همدان، آذربایجان-

شرقی، خراسان، فارس و سمنان به ترتیب با ۱۰/۳، ۸/۴، ۶/۶، ۶/۲ و ۳/۹ درصد از سهم تولید سیب‌زمینی کشور، در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. متوسط تولید سیب‌زمینی آبی کشور در یک هکتار برابر با ۲۱/۵ تن و متوسط تولید دیم ۹/۳ تن می‌باشد. بنابر آمار وزارت کشاورزی در سال ۱۳۸۲ تولید سیب‌زمینی بالغ بر ۴/۱ میلیون تن بوده است که این میزان محصول از سطح ۱۶۷ هزار هکتار زمین کشاورزی بدست آمده است (رشیدی، ۱۳۸۳).

## ۱-۴- اهمیت غذایی سیب‌زمینی

سیب‌زمینی از نظر میزان انرژی و پروتئین تولیدی در هکتار در بین محصولات غذایی عمده در ردیف اول قرار دارد و مهمترین غذای غیر غله‌ای در دنیا به حساب می‌آید (باجاج، ۱۹۸۷). بر اساس گزارش وزارت کشاورزی در سال ۱۳۷۶، فرآورده‌های سیب‌زمینی حاوی اسید آمینه‌های ضروری و ویتامین‌های مورد نیاز انسان می‌باشد و از نظر اهمیت و ارزش غذایی، بعد از تخم مرغ قرار می‌گیرد. مصرف سرانه آن حدود۱۴۰ کیلوگرم در سال است (حجازی، ۱۳۷۳). ترکیبات مختلف موجود در غده سیب‌زمینی در جدول ۱-۱ آورده شده است.

جدول۱-۱- ترکیبات شیمیایی غده سیب‌زمینی (بیوکما و واندرزاگ، ۱۹۹۰)

| مواد تشکیل دهنده | مقدار(٪) |
|---|---|
| رطوبت | ۷۸ |
| پروتئین خام | ۱/۹۴ |
| چربی | ۰/۱ |
| کربوهیدرات | ۱۷/۱ |
| فیبر خام | ۱/۹۴ |
| خاکستر | ۰/۹۲ |

سیب‌زمینی تنها برای تغذیه مستقیم انسان مورد استفاده قرار نمی‌گیرد بلکه بخشی از سیب-زمینی پس از تولید وارد چرخه صنعت می‌شود و به صورت فرآورده‌های خوراکی مثل چیپس و پفک و... به بازار عرضه می‌شود و یا پس از تبدیل به نشاسته در صنایع پارچه بافی و کاغذ سازی و... استفاده می‌گردد و مقداری برای تغذیه حیوانات، یا بعنوان بذر مورد استفاده قرار می‌گیرد (رضایی و سلطانی، ۱۳۷۵). در جدول ۱-۲ مقدار مصرف سیب‌زمینی در موارد مختلف در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه نشان داده شده است.

جدول ۱-۲- مصرف غده سیب زمینی در زمینه های مختلف در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه (نقل از قلی پور، ۱۳۷۵)

| مورد مصرف | کشور های توسعه یافته (٪) | کشور های در حال توسعه (٪) |
|---|---|---|
| غذا | ۶۱ | ۷۲ |
| تغذیه دام | ۱۴ | ۲ |
| بذر | ۹ | ۱۴ |
| تولید مواد صنعتی (الکل و نشاسته) | ۹ | ۰ |
| ضایعات | ۷ | ۱۲ |

## ۱-۵- خصوصیات گیاهی سیب‌زمینی

سیب‌زمینی گیاهی است یکساله از جنس سولانوم[1]، گونه توبرزوم[2] و خانواده سولاناسه[3] که برای استفاده از غده زیرزمینی آن کشت می‌شود (طباطبایی، ۱۳۶۵). مشخصه سیب‌زمینی وجود ساقه‌های خزنده زیرزمینی به طول ۵ تا ۴۵ سانتی‌متر است که از گره‌های پایین و زیر خاک ساقه-های هوایی بوجود می‌آیند. ساقه‌های خزنده زیرزمینی دارای برگهای کوچک و فلسی شکل بوده و چنانکه در معرض نور قرار گیرند به ساقه‌های هوایی تبدیل می‌شوند.

1- Solanum
2- tuberosum
3- Solanaceae

رأس ساقه خزنده زیرزمینی متورم گشته و به غده سیب‌زمینی تبدیل می‌گردد. بنابراین هر غده سیب‌زمینی ساقه تغییر شکل یافته است که جوانه‌های جانبی آن در نقاط فرو رفته‌ای به نام چشم متمرکز گردیده است. هر چشم سیب‌زمینی دارای حداقل سه جوانه ساقه است که بوسیله فلسهایی احاطه گشته است. جوانه‌های ساقه با قرار گرفتن در شرایط مساعدی از رطوبت و دما رشد نموده و هر جوانه تولید یک ساقه هوایی می‌نماید. ساقه‌های هوایی سیب‌زمینی ضخیم، مستقیم و زاویه‌دار بوده و تولید شاخه‌های جانبی زیادی می‌کنند. در مراحل اولیه، رشد ساقه بصورت عمودی می‌باشد، ارتفاع ساقه به ۶۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر می‌رسد. تراکم ساقه‌ها بر ارتفاع ساقه تأثیر می‌گذارد. بطوریکه با افزایش تراکم، ارتفاع ساقه‌ها افزایش می‌یابد و در این حالت تعداد ساقه‌های جانبی بسیار کمتر می‌شود و پتانسیل فتوسنتز در تک بوته به شدت کاهش می‌یابد. ساقه معمولاً سبز است، اما می‌تواند قرمز تا ارغوانی، زاویه دار و غیر چوبی باشد. با وجود این در اواخر فصل رشد، قسمتهای تحتانی می‌توانند نسبتاً چوبی شوند.

سه نوع ساقه در سیب‌زمینی وجود دارد که ممکن است در بیرون از خاک ظاهر شوند. ساقه اصلی مستقیماً از غده بذری بوجود می‌آید و بنابراین ممکن است از جوانه‌های انتهایی یا جانبی چشم رشد کند (کریچس، ۱۹۵۵). ساقه‌های ثانویه از غده بذری بوجود نمی‌آیند بلکه ممکن است یا از جوانه‌های موجود در قسمت زیرزمینی ساقه اصلی و یا از استولونهایی که از خاک بیرون زده و تولید برگ کرده‌اند بوجود بیایند. اگر یک ساقه ثانویه از ساقه اصلی، نزدیک به غده بذری به وجود آید و تشکیل استولون و غده آن مشابه ساقه اصلی باشد، در این صورت ممکن است این ساقه ثانویه را به عنوان یک ساقه اصلی در نظر گرفت. ساقه‌های اصلی تولید غده می‌کنند ولی ساقه‌های ثانویه ممکن است غده تولید نکنند (آلن و وئور، ۱۹۷۳). آلن و همکاران (۱۹۷۹) گزارش کردند که متفاوت بودن سرعت و طول دوره سبز شدن باعث می‌شود نسبت‌های متفاوتی از هر یک از این نوع ساقه‌ها ایجاد شوند. آنها نشان دادند که دوره سبز شدن کوتاه منجر به تولید ساقه‌های اصلی زیاد شده در حالیکه دوره سبز شدن طولانی باعث بوجود آمدن ساقه‌های اصلی نسبتاً کم ولی ساقه‌های ثانویه متعدد می‌شود.

یک ساقه سیب‌زمینی بعد از تولید جوانه گل و احتمالاً یک گل، ممکن است در طول رشد خود چندین بار تولید انشعابات نماید و هر انشعاب بعد از تولید تعدادی برگ ممکن است یک جوانه گل و انشعابات دیگری به وجود بیاورد. تحت شرایط مزرعه، تمامی انشعابات انتهایی اولیه نمو یافته و گل‌ها اغلب سقط می‌شوند. یک ساقه منشعب از این نوع که دارای چند گل است، نمونه مناسبی از یک ساقه اصلی منفرد همراه با انشعابات جانبی است.

برگ‌ها مهمترین واحد فتوسنتز کننده به حساب می‌آیند و تولید کربوهیدرات و تأمین مواد مورد نیاز بخش‌های مختلف گیاه بویژه غده‌ها (بعنوان محل انباشتگی یا sink) را به عهده دارند (شکیبا، ۱۳۷۴). اهمیت دیگر برگ‌ها در تشخیص ارقام است. انواع برگ در میان بسیاری از گونه‌ها و ارقام زراعی تفاوت بسیار دارند، برگ‌ها ممکن است بلند، کوتاه، پهن یا باریک باشند. روزنه‌ها در سطح زیرین برگ‌ها بسیار زیاد هستند و انواع مختلف کرک بر روی قسمت هوایی وجود دارد. شاخه‌های فرعی از جوانه‌های محوری برگ بوجود می‌آیند. بطور کلی الگوی برگ دهی در گیاه سیب‌زمینی مرکبِ پر مانند می‌باشد. همراه با ۶ تا ۱۲ برگچه بیضی شکل متناوب، به همراه یک برگچه انتهایی، حاشیه برگ‌ها مضرس یا صاف می‌باشد. در فواصل این برگچه‌ها نیز برگچه‌های کوچک‌تری جای دارند که بدان ظاهری مشخص می‌دهند بطوریکه وجود آنها سبب می‌شود این گیاه بسهولت از گونه‌های دیگر سولانوم تشخیص داده شود. میزان شکل‌گیری این برگچه‌ها در گیاه سیب‌زمینی تعیین کننده پتانسیل عملکرد یک رقم می‌باشد (رشیدی، ۱۳۸۳). بوته‌هایی که دارای برگ‌های متعددی هستند ظاهراً فشرده به نظر می‌رسند (تاتم و همکاران، ۱۹۵۳). گسترش سطح برگ در این گیاه به طور عمده به توسعه برگ‌های موجود از قبل و تولید شاخه‌های جانبی بستگی دارد. چون برگ‌ها در اندک مدتی پس از سبز کردن شروع به رشد می‌کنند، گسترش سطح برگ در سیب‌زمینی در مقایسه با بسیاری از گیاهان دیگر نسبتاً سریع‌تر است. دماهای حداقل و مطلوب برای گسترش سطح برگ به ترتیب ۷ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (شبستری و مجتهدی، ۱۳۶۹).

بوته‌ای که از غده سیب‌زمینی بوجود می‌آید دارای ریشه افشان و نابجا است که ممکن است تا عمق بیش از یک متر در خاک نفوذ کند، اما حدود ۸۰ درصد فعالیت جذبی ریشه تا عمق ۶۰

سانتی‌متری خاک اتفاق می‌افتد. ریشه‌ها نیز همانند ساقه‌های خزنده زیرزمینی از ناحیه پایینی و زیر خاک ساقه‌های هوایی بوجود می‌آیند.

گل‌های سفید، قرمز یا ارغوانی سیب‌زمینی با دم گلهای بلند بطور متراکمی در انتهای ساقه و با گل‌آذین گرزن دیده می‌شود. لقاح بصورت خودگشن انجام می‌گیرد و میوه‌ای شبیه گوجه فرنگی به قطر حداکثر ۲ سانتی متر بوجود می‌آید. از بذر سیب‌زمینی عمدتاً در زراعت استفاده نمی‌شود بلکه از غده آن برای تکثیر استفاده می‌شود (خواجه‌پور، ۱۳۷۰). تشکیل گل برعکس غده‌بندی در روزهای بلند تسریع می‌شود، از اینرو سیب‌زمینی را از نظر گلدهی، گیاه روز بلند می‌نامند (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۲). لازم به ذکر است که گلدهی توسط دمای پایین شب ممانعت شده و یا به تأخیر انداخته می‌شود (الیزابت، ۱۹۹۱ ).

## ۱-۶- اکولوژی و سازگاری سیب‌زمینی

سیب‌زمینی در اکثر نواحی جهان و در محدوده عرض جغرافیایی ۶۵ درجه شمالی تا ۴۵ درجه جنوبی و از سطح دریا تا ارتفاع بیش از ۳۵۰۰ متر از سطح دریا (بسته به عرض جغرافیایی) مورد کشت قرار می‌گیرد. اغلب مطالعات انجام شده در مورد تجزیه تحلیل رشد[1] سیب‌زمینی در عرضهای جغرافیایی بالاتر از ۴۰ درجه شمالی صورت گرفته است (دیسون و واتسون، ۱۹۷۱ ؛ کانکل و راسل، ۱۹۷۳؛ سلطانپور، ۱۹۶۹). الگوی رشد و تجمع مواد غذایی در چنین مناطقی با مناطق گرمسیر متفاوت است (اینگرام و مکلاود، ۱۹۸۴؛ مک کلوم، ۱۹۷۸؛ اوهایر، ۱۹۸۵).

سیب‌زمینی تقریباً در تمام نواحی ایران و تا ارتفاع حدود ۲۵۰۰ متر از سطح دریا (بسته به عرض جغرافیایی) کشت می‌شود، زیرا بر اساس تلفیق عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا و در نتیجه وضعیت دما می‌توان تاریخ کاشت و فصل رشد مناسبی (از پاییز تا اواسط بهار) برای سیب-زمینی پیدا کرد (خواجه پور، ۱۳۸۳). سیب‌زمینی گیاهی است که طالب آب و هوای خنک بوده و حساس به گرما می‌باشد بطوریکه رشد خوبی را در دمای شبانه‌روزی حدود ۱۸ تا ۲۰ درجه سانتی-گراد دارد، بهترین رشد را در مناطقی دارد که میانگین درجه حرارت هوا در گرمترین ماه فصل رشد

1- Growth analysis

حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد یا کمتر باشد (خواجه‌پور، ۱۳۷۰). شروع رشد جوانه در دمای ۷ تا ۹ درجه سانتی‌گراد به کندی آغاز می‌شود، در دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد در حداکثر است و در دمای ۶ درجه سانتی‌گراد متوقف می‌شود. دمای مناسب خاک برای شروع غده‌دهی ۱۶ تا ۱۹ درجه سانتی‌گراد است. افزایش دمای خاک تا بیش از ۲۰ درجه سانتی‌گراد باعث کاهش سرعت رشد غده شده و در ۳۰ درجه سانتی‌گراد یا بیشتر عملاً متوقف می‌شود. مصادف شدن مرحله تشکیل غده‌ها و توسعه آنها با هوای گرم موجب کاهش محصول و نیز بد شکل شدن غده‌ها می‌شود. این مرحله از رشد گیاه که دوره بحرانی آن است در مناطق سرد بسته به زمان کشت در ماههای مرداد و شهریور خواهد بود. کاهش محصول غده در زمانی که دما زیاد می‌باشد به این علت است که در دمای بالا گیاه مقدار زیادی از کربوهیدراتهایی را که در مرحله فتوسنتز تولید کرده است از طریق تنفس از دست می‌دهد. بنابراین افزایش درجه حرارت در زمان غده بستن منجر به کاهش ذخیره هیدراتهای کربن مورد نیاز برای رشد و توسعه غده‌ها می‌گردد (کوچکی و همکاران، ۱۳۶۶).

پوشش کامل سطح خاک توسط اندام‌های هوایی و وجود مقدار مناسبی از رطوبت خاک، از افزایش دمای خاک جلوگیری می‌کند. دمای بالا سبب تحریک رشد رویشی و کاهش راندمان رشد رویشی یا شاخص برداشت و تولید غدد بزرگ شده و دمای پایین سبب افزایش تعداد غده می‌گردد (خواجه‌پور، ۱۳۸۳). به طوریکه اشاره شد، سیب‌زمینی از نظر گل‌دهی گیاهی روز بلند و از نظر غده‌بندی گیاهی روز کوتاه به شمار می‌رود. این دو صفت کاملاً از هم مستقل می‌باشند. هر چه رقم از نظر غده‌بندی دیررس‌تر باشد، حساسیت زیادتری نسبت به طول روز دارد. روزهای بلند، هوای گرم و ازت فراوان منجر به توسعه و رشد اندام‌های هوایی شده و نسبت اندامهای هوایی به غده را افزایش می‌دهد. در مقابل روزهای کوتاه، هوای خنک و کمبود ازت موجب تسریع در غده بندی و زودرسی محصول شده و نسبت اندام‌های هوایی به غده را کاهش می‌دهد. شدت نور زیاد برای غده-دهی زود هنگام مناسب است و موجب افزایش عملکرد و درصد ماده خشک غده می‌شود. اما شدت نور خیلی زیاد می‌تواند موجب تنش رطوبتی، زودرسی و کاهش عملکرد گردد.

سیب‌زمینی به بافت خاک حساس است. خاک‌های سبک تا متوسط، ظرفیت آبگیری کمی دارند، اما بهتر گرم می‌شوند و برداشت محصول در آنها آسان‌تر است. بافتهای شن لومی و لوم شنی با ماده آلی ۲ تا ۵ درصد برای سیب‌زمینی ایده‌آل محسوب می‌شوند. در شرایط ایران که ماده آلی

خاک‌ها غالباً کمتر از ۱ درصد است، بافتهای متوسط مانند لومی، لوم سیلتی و لوم رسی شنی مناسب به نظر می‌رسد. سیب‌زمینی حساسیت زیادی به pH خاک ندارد و در محدوده pH حدود ۶ تا ۷/۵ به خوبی رشد می‌کند. در صورتی که pH به میزان قابل توجهی کمتر از ۶ باشد باید به حدود ۶ رسانده شود. سیب‌زمینی از گیاهان حساس به شوری محسوب می‌شود. به تنش رطوبتی، بخصوص از مرحله شروع غده‌بندی تا شروع زرد شدن برگ‌ها حساس است. بیشترین حساسیت در اواسط دوران رشد غده و حدود ۳ تا ۶ هفته پس از شروع غده‌بندی مشاهده می‌گردد. این گیاه به آب ایستادگی و عدم تهویه خاک حساس است. فراوانی رطوبت خاک موجب سردی خاک، محدودیت تهویه، تحریک رشد رویشی، تسریع رشد غده و تولید غدد درشت با حفره‌های خالی در مرکز مغز می‌شود (خواجه‌پور، ۱۳۸۳).

## ۱-۷- مراحل رشد و نمو سیب‌زمینی

براساس رشد و نمو اندام‌های برون خاکی و درون خاکی، رشد و نمو سیب‌زمینی را می‌توان به چهار مرحله مشخص به شرح زیر تقسیم کرد (ایفنکو و آلن، ۱۹۷۸).

### ۱-۷-۱- مرحله رشد رویشی اولیه

این مرحله از کاشت تا شروع غده‌دهی خلاصه می‌شود و با توجه به رقم و شرایط محیطی از ۳۰ تا ۶۰ روز طول می‌کشد. بعد از کاشت، یک تا چند جوانه سبز کرده و با ظهور ساقه‌ها، ریشه-های جانبی به سرعت توسعه پیدا می‌کنند. غده‌های بذری بعنوان منبع غذایی برای گیاه جوان در طی این مرحله از رشد مورد استفاده قرار می‌گیرد. تشکیل و طویل شدن ریزوم‌ها در طی همین مرحله شروع و پراکنش ریشه‌ها بطور کاملاً گسترده در خاک و به فاصله ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر از غده مادری قابل رد یابی است. در این مرحله غده تشکیل نمی‌شود.

### ۱-۷-۲- مرحله تشکیل غده

شروع تشکیل غده، بلافاصله بعد از ختم رشد اولیه اتفاق می‌افتد بیشتر غده‌ها در طی یک دوره زمانی دو هفته‌ای تشکیل می‌شوند، طویل شدن ساقه‌ها ادامه یافته و جوانه‌های گل در گیاه ظاهر می‌شوند. در این مرحله از رشد، توسعه ریشه نیز ادامه یافته و نفوذ و تراکم ریشه به حداکثر می‌رسد.

### ۱-۷-۳- مرحله حجیم شدن غده‌ها

این مرحله از رشد شامل افزایش اندازه غده‌ها تا حوالی مرحله رسیدگی می‌باشد. بزرگ شدن غده‌ها طی ۳۰ تا ۶۰ روز تقریباً بصورت خطی صورت می‌گیرد. رشد ساقه با ایجاد انشعابات ادامه می‌یابد و گل‌ها بر روی ساقه اصلی و انشعابات ظاهر می‌شوند.

### ۱-۷-۴- مرحله رسیدگی

در ۱۰ تا ۲۴ روز آخر رشد؛ رسیدگی با پیر شدن اندام‌های هوایی وکاهش همزمان ماده خشک برگ‌ها، ساقه‌ها و ریشه‌ها مشخص می‌شود. بر اثر انتقال مواد غذایی از بخش‌های هوایی به غده‌ها، این اندام‌ها به حداکثر رشد خود می‌رسند. ارقام زودرس درطی ۹۰ تا ۱۰۰ روز پس از کاشت به مرحله رسیدگی می‌رسند در صورتیکه ارقام خیلی دیررس در مدت ۱۵۰ روز و یا بیشتر به مرحله رسیدگی می‌رسند.

## ۱-۸- کیفیت غده سیب‌زمینی

کیفیت سیب‌زمینی به نوع استفاده از آن مثل مصارف خانگی، تولید چیپس[1] یا فرنچ فرایز[2]، بستگی دارد. ویژگی‌های کیفی در وحله اول به ژنوتیپ بستگی دارد. اما هیچ تردیدی نیست که محیط و خصوصاً عناصر غذایی که محصول در طول رشد از آنها استفاده می‌کند در کیفیت غده سیب‌زمینی نقش مهمی دارند. شاید از ساده‌ترین ویژگی‌های کیفی و مشخص غده سیب‌زمینی،

1- Cnips 2- French fries

اندازه، شکل و ظاهر بیرونی مثل رنگ و لکه‌ها و ترک‌های موجود در روی پوست آن می‌باشد.

شکل غده عمدتاً ژنتیکی بوده ولی ممکن است تحت تأثیر ویژگی‌های فیزیکی خاک، وقوع تنش آبی و زمان وقوع این تنش‌ها قرار گیرد. کودها تأثیر کمی در شکل غده دارند. کودها علاوه بر تأثیر در تعداد و عملکرد غده، اندازه غده را هم تحت تأثیر قرار می‌دهند و در کل، اندازه غده را افزایش می‌دهند. در اکثر آزمایشها که توسط پیرناود (۱۹۸۳) مرور و باز خوانی شده است؛ ثابت شده که نیتروژن و پتاسیم عملکرد غده‌های درشت را افزایش می‌دهند در حالیکه فسفر تعداد غده را افزایش داده و اثر کمتر روی اندازه و سایز غده دارد.

در مرحله رشد غده، گیاه سیب‌زمینی برای دستیابی به عملکرد بالا به مقدار زیادی آب نیاز دارد. حصول عملکرد مطلوب تنها در صورتی امکان پذیر است که غلظت $CO_2$ در بافت برگ در اثر مقاومت روزنه‌ای کاهش نیابد. کمبود آب می‌تواند به طور مستقیم و غیر مستقیم بر میزان آسیمیلاسیون خالص اثر بگذارد. اثر غیر مستقیم از طریق تسریع پیری برگ صورت می‌گیرد. علاوه بر این، پیر شدن زود هنگام برگ دوره رشد را کوتاه می‌کند. بنابراین، یک دوره خشکی می‌تواند مجموع نور دریافت شده توسط گیاه و راندمان استفاده از این نور برای تولید ماده خشک را کاهش دهد. کمبود آب نه تنها عملکرد غده بلکه کیفیت آن را نیز کاهش می‌دهد. تأمین نامنظم آب به رشد نامنظم غده منتهی خواهد شد. بطوریکه ممکن است موجب تشکیل غده‌های بد شکل و ایجاد ترک روی غده شود. تأمین آب بر مقدار ماده خشک غده نیز اثر می‌گذارد. مقدار ماده خشک غده توسط عوامل متعددی کنترل می‌شود که با یکدیگر اثر متقابل دارند.

حمزه‌ئی (۱۳۸۱) با بررسی واکنش سه واریته آگریا، مورن و کوزیما به سه سطح آبیاری (۸۰۰، ۶۰۰ و ۴۰۰ میلی‌متر)، گزارش کرد که تنش خشکی موجب کاهش اندازه غده‌ها می‌شود.

در این حالت محصول را باید زمانی برداشت کرد که هنوز نارس است. در نتیجه این امر عملکرد کل پایین خواهد بود. متوسط اندازه غده مورد نظر عمده‌ترین عامل تعیین کننده تراکم بوته مورد نیاز است (رضایی و سلطانی، ۱۳۷۵).

فاصله زیاد بین بوته‌ها در سیب‌زمینی، منجر به تنوع بیشتر در اندازه غده‌ها و همچنین تولید غدد درشت می‌شود که نه تنها با هدف تولید منطبق نیست، بلکه غدد بزرگ حاصله در جریان برداشت و انبارداری آسیب پذیرتر خواهند بود. در صورت پایین بودن تراکم بوته و ساقه در واحد سطح، غدد بسیار درشتی بوجود می‌آیند که دارای حفره‌ای در ناحیه مغز می‌باشند (توخالی شدن غده[1]). این حفره دارای دیواره سفید یا قهوه‌ای روشن می‌باشد و حساسیت ارقام مختلف به تولید حفره یکسان نیست (خواجه‌پور، ۱۳۸۳). تراکم پایین همچنین باعث ایجاد ترک[2] و بد شکل شدن غده‌ها[3] شده و امکان وقوع رشد ثانویه را افزایش می‌دهد.

شرایط هوایی فوق‌العاده[4]، نیز بر عملکرد و کیفیت غده اثر می‌گذارد. دمای بالا یکی از این شرایط هوایی فوق‌العاده می‌باشد. رشد ثانویه توسط دمای بالا تحریک می‌شود. بُدلندر و همکاران (۱۹۶۴) رشد ثانویه را در دمای ۲۲ الی ۲۷ درجه سانتی‌گراد القا کردند. در این مورد تأثیر دمای زیاد خاک بیشتر از دمای شاخ و برگ است. واریته‌های مختلف در دماهای مختلف واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهند. با شروع رشد ثانویه غده، رشد غده‌های اولیه متوقف می‌شود، ولی مواد پرورده تولید شده توسط شاخ و برگ در رشد غده‌های ثانویه مصرف می‌شود. اگر غده‌های ثانویه و اولیه به یکدیگر متصل باشند و شاخ و برگ گیاه از بین رفته باشد، ممکن است غده‌های ثانویه به رشد خود با استفاده از کربوهیدرات غده‌های اولیه ادامه دهند. ابتدا، نشاسته از انتهایی که محل اتصال غده‌های اولیه است تقلیل می‌یابد (غده‌های شیشه‌ای[5] ، پوسیدگی ژله‌ای[6]) کیفیت پخت این غده‌های شیشه‌ای پایین است ولی غده‌های اولیه ممکن است هنوز برای استفاده به عنوان بذر مناسب باشند، بشرطی که مقدار زیادی کربوهیدرات از آنها خارج نشده باشد. دمای زیاد خاک مخصوصاً در خاک‌های شنی می‌تواند موجب قهوه‌ای شدن قسمت داخلی سیب‌زمینی شود (لکه قهوه‌ای داخلی[7]). بعضی از واریته‌ها به این اختلال خیلی حساس هستند.

1-Hollow heart
2- Growth cracks
3- Mis-shaped tuber
4- Extreme
5- Glassy tuber
6- Jelly-end rot
7- Internal brown spot

مهمترین عامل کیفی درونی بخصوص در سیب‌زمینی‌هایی که به صورت سرخ کرده مورد استفاده و یا فرآوری قرار می‌گیرند محتوای ماده خشک (DM) و قندهای احیاء شده است. برای تولید چیپس یا فرنچ فرایز دارا بودن ماده خشک زیاد یا وزن مخصوص بالا ترجیح داده می‌شود. چرا که این باعث می‌شود فرآیندهایی که توأم با سرخ کردن سیب‌زمینی می‌باشند از نظر اقتصادی با صرفه باشند. هر چه درصد ماده خشک بالاتر باشد، آب کمتری تبخیر می‌شود و در نتیجه میزان تولید فرآورده از غده‌هایی که دارای درصد ماده خشک بالا هستند بیشتر از غده‌هایی خواهد بود که مقدار ماده خشک آنها پایین است. برای تهیه چیپس و فرنچ فرایز نیز درصد بیشتر ماده خشک به معنی جذب کمتر روغن است. با این حال مشخص شده است که صنعت کنسرو سازی صرفاً می‌تواند از غده‌هایی با درصد پایین ماده خشک استفاده کند (رضایی و سلطانی، ۱۳۷۵).

تقریباً همه عواملی که بر کل ماده خشک ذخیره شده در غده‌ها تأثیر دارند، بر عملکرد غده نیز مؤثرند. تأثیر عوامل مختلف بر درصد ماده خشک غده بسیار پیچیده است. ممکن است تحت شرایط معینی، یک عامل اثر مثبت و تحت شرایط دیگر (همیشه قابل توجه نیست) اثر منفی داشته باشد. درصد ماده خشک تحت تأثیر درجه بلوغ، نوع رشد و جذب آب و مواد معدنی توسط گیاه است. تأثیر واریته بر درصد ماده خشک متفاوت است. در طول فصل رشد سیب‌زمینی، درصد ماده خشک افزایش می‌یابد، ولی در پایان فصل رو به کاهش می‌گذارد. اثر نوع رشد، جذب آب و مواد معدنی بر درصد ماده خشک بسیار پیچیده است. عموماً عواملی که رشد شاخ و برگ را تحریک می‌کنند، درصد ماده خشک را کاهش می‌دهند، و عواملی که رشد غده را تحریک می‌کنند، درصد ماده خشک را افزایش می‌دهند. دمای بالا این درصد را کاهش می‌دهد. به این علت در اقلیم‌های گرم درصد ماده خشک پایین است (رضایی و سلطانی، ۱۳۷۵).

برای دستیابی به درصد ماده خشک بالا باید از واریته‌ای استفاده کرد که این خصوصیت در آن قابل توجه باشد. لازم است چنین واریته‌ای با آب و مواد غذایی کافی تأمین شود بطوری که در زمان برداشت تقریباً تمام برگ‌ها زرد یا قهوه‌ای باشد بدون آنکه اثری از وقوع آفات یا بیماریها دیده شود. تأثیر نیتروژن و پتاسیم بر درصد ماده خشک غده مهم است. پیرناود (۱۹۸۳) با مرور مقالات در این مورد دریافت که در همه گزارشها به غیر از یک مورد، نیتروژن باعث کاهش میزان ماده خشک غده

می‌شود. پتاسیم نیز چنین اثری را دارد با این تفاوت که اثر کمتری نسبت به نیتروژن بجای می‌گذارد.

عناصر معدنی موجود در غده هم در کیفیت غده مؤثرند. گزارش‌ها حاکی از آن است که درصد ماده خشک غده و عناصر غذایی ماکرو، مثل نیتروژن، فسفر ، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در کیفیت پخت و طعم غده[1] سیب‌زمینی نقش مهمی دارند (پی آیکی و همکاران، ۲۰۰۶).

## ۱-۹- تراکم بوته در گیاهان زراعی

برای دستیابی به حداکثر محصول، گیاه باید بتواند از کلیه عوامل تولید مانند آب، مواد غذایی، نور و $CO_2$ حداکثر استفاده را بکند. تعداد بوته در واحد سطح بستگی به ماهیت گیاه و محیط طبیعی آن دارد. تعداد گیاه در واحد سطح نمی‌تواند خیلی کم باشد زیرا از ظرفیت تولید حداکثر استفاده نخواهد شد و اگر این تعداد خیلی زیاد باشد رقابت بین گیاهان باعث کاهش کارآیی آنها می‌گردد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۱؛ کوچکی و علیزاده، ۱۳۶۵). تراکم مطلوب، تراکمی است که در نتیجه آن رقابت‌های بین و درون بوته‌ای به حداقل برسد و ترکیب مناسبی از عوامل محیطی، برای حصول حداکثر عملکرد ممکن با کیفیت مطلوب تأمین گردد و در عین حال فضای کافی برای انجام عملیات داشت وجود داشته باشد (خواجه پور، ۱۳۷۵).

افزایش تعداد بوته در واحد سطح باعث کاهش حجم هوا و خاکی می‌شود که هر گیاه به تنهایی می‌تواند مورد استفاده قرار دهد و بدین ترتیب بین گیاهان از نظر دسترسی به مواد غذایی، رطوبت، $CO_2$ و نور رقابت ایجاد می‌شود. رقابت از نظر فضای فیزیکی بندرت عامل محدود کننده است (کوچکی و علیزاده، ۱۳۶۵). انتخاب تراکم مناسب بوته بایستی بر اساس عوامل گیاهی و محیطی به شرح زیر استوار باشد:

### ۱-۹-۱- اندازه بوته و زاویه برگ‌ها

اندازه بوته و زاویه برگ‌ها به طور عمده نمایانگر سطح برگ در هر گیاه می‌باشند. سطح برگ در هر گیاه نشان می‌دهد که چه مقدار بوته لازم است تا شاخص سطح برگ به حد بحرانی برسد.

---

1- Aesthatice and sensory qualities

### ۱-۹-۲- پنجه دهی و یا منشعب شدن

پنجه‌دهی یک راه مؤثر برای افزایش سطح برگ در هر گیاه می‌باشد و به این لحاظ پنجه‌دهی از حساسیت عملکرد نسبت به تراکم بوته می‌کاهد.

### ۱-۹-۳- خوابیدگی (ورس)

افزایش تراکم گیاه موجب کوچک و ضعیف شدن ساقه‌ها و غالباً بلند شدن ارتفاع گیاه می‌گردد. بنابراین بایستی برای کاهش ورس از ارقامی استفاده کرد که دارای ساقه‌های قوی باشند.

### ۱-۹-۴- کاهش لقاح

وقتی تراکم زیاد می‌شود گل‌ها و میوه‌هایی که بالقوه می‌توانند تشکیل شوند، بوجود نیامده یا عقیم می‌شوند. این امر باعث کاهش عملکرد محصولات دانه‌ای می‌شود (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۷۹).

گزارش شده است که تراکم مطلوب به عواملی دیگر مثل تاریخ کاشت و اهداف کاشت نیز بستگی دارد (نقل از ارجمند، ۱۳۸۴). عوامل محیطی بر تراکم مطلوب بوته مورد نیاز جهت تولید عملکرد قابل قبول اثر می‌گذارند (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۷۹) این عوامل عمدتاً عبارتند از:

۱- تشعشع خورشیدی

۲- رطوبت

۳- حاصلخیزی خاک

بازده انرژی نورانی در فتوسنتز به توزیع نور در داخل جامعه گیاهی بستگی دارد. در شرایط و محیط مناسب زراعی، افزایش تراکم بوته برای بهره‌گیری کامل از امکانات بالقوه و دستیابی به حداکثر عملکرد، ضروری است. افزایش تعداد گیاه در واحد سطح به علت سایه‌اندازی بیشتر موجب کاهش نور قابل استفاده برای هر گیاه خواهد شد (ارجمند، ۱۳۸۴). در مراحل مختلف رشد و نمو، رقابت گیاهان برای نور و سایر منابع لازم برای رشد، یکسان نیست. در مراحل اولیه رشد، سایه‌اندازی گیاهان بر روی یکدیگر کم می‌باشد و حتی در شدت‌های نسبتاً کم نور، گیاه قادر خواهد بود که با کارآیی کامل فتوسنتز کند. با رشد گیاه سایه‌اندازی افزایش یافته و نور عامل محدود کننده می‌شود.

موقعی که گیاه به مرحله گلدهی می‌رسد در روزهای ابری ممکن است حتی کاهش وزن پیدا کند (وئور و آلن، ۱۹۷۴).

رقابت برای نور ممکن است بین بوته‌ها نیز وجود داشته باشد و آن زمانی است که یک گیاه بر روی گیاه دیگر سایه می‌اندازد. این امر ممکن است در خود گیاه نیز روی دهد و آن موقعی است که یک برگ بر روی برگ دیگر از همان گیاه سایه می‌اندازد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۱؛ کوچکی و علیزاده، ۱۳۶۵).

## ۱-۱۰- تراکم بوته در سیب‌زمینی

برای تمام بازارهای فروش سیب‌زمینی، اندازه غده‌ها یک معیار مهم کیفی است و تراکم یکی از عوامل مؤثر در اندازه غده‌های تولیدی به شمار می‌آید. بنابراین دستیابی به تراکم گیاهی صحیح اهمیت زیادی دارد. در عمل، تراکم گیاهی در محصول سیب‌زمینی از طریق تعداد و اندازه غده‌های بذری کاشته شده رابطه مستقیم دارد. هر چند این مسئله به نظر ساده می‌رسد ولی واحد مناسب‌تری برای تراکم گیاهی لازم است که بتواند تأثیر تمامی اجزاء کشت از قبیل اندازه غده بذری، فاصله بین بوته‌ها در روی ردیف و بین ردیفها، تعداد ساقه‌ها و الگوی کشت را بر عملکرد کل و بر عملکرد غده با اندازه‌های مختلف بیان کند. واحدهای تراکم که ممکن است در گیاه سیب‌زمینی بکار گرفته شوند به شرح زیر می‌باشند (آلن و وئور، ۱۹۹۲):

### ۱-۱۰-۱- تعداد چشم‌های روی غده بذری

اکثریت چشم‌ها روی غده رشد نمی‌کنند. از مدارک محدود موجود چنین استنباط می‌شود که تفاوت اندکی بین چشم‌هایی که رشد می‌کنند وجود دارد (آلن و وئور، ۱۹۷۳). استفاده از چشم‌ها، بعنوان مقیاس تراکم توسط بلیسدال (۱۹۶۵) پیشنهاد شد، اما اطلاعات در مورد رشد و توسعه چشمها کم بوده و معلوم شده است که تعداد چشمهایی که توسعه می‌یابند، تحت تأثیر رژیم جوانه زنی است. ضمناً مشکلات مهم عملی وجود دارد، چرا که شمردن چشمها خیلی مشکل است.

### ۱-۱۰-۲- تعداد جوانه‌ها

اگر غده‌های بذری جوانه زده و همچنین غده‌های فاقد جوانه ظاهر شده، مورد کشت قرار گیرند تعداد جوانه‌هایی که به ساقه تبدیل می‌شوند متغیر بوده و قابل پیش‌بینی نیست. بنابراین استفاده از تعداد جوانه‌ها به عنوان واحد تراکم گیاهی عملی نخواهد بود.

### ۱-۱۰-۳- تعداد غده‌های بذری

استفاده از تعداد غده بذری به عنوان مقیاس تراکم مستلزم آن است که تمامی اندازه‌های غده، دارای تعداد جوانه یکسانی باشند و چون نشان داده شده که چنین وضعیتی دیده نمی‌شود مقیاس مذکور غیر قابل توجیه است.

### ۱-۱۰-۴- مقدار غده بذری

منظور از مقدار غده بذری، وزن غده کاشته شده در واحد سطح است و از طریق ضرب کردن تعداد غده کاشته شده در وزن متوسط آنها بدست می‌آید. کشاورزان با این واحد تراکم گیاهی آشنا هستند. زیرا آنها غده را به وزن می‌خرند. استفاده از هر واحد دیگری برای تراکم گیاهی، لزوماً باید بوسیله کاشت تعداد مناسبی از غده‌ها با اندازه بذری مشخص بدست بیاید. در عمده گزارش‌های مربوط به آزمایش روی تراکم سیب‌زمینی، از مقدار بذر به عنوان مقیاس تراکم استفاده کرده‌اند (آلن و وئور، ۱۹۹۲).

### ۱-۱۰-۵- ساقه‌ها

ساقه‌ها به عنوان واحد تراکم در سیب‌زمینی مهم هستند. آرتور (۱۹۸۲) گزارش کرد که افزایش تعداد ساقه‌های هر پشته، عملکرد را افزایش می‌دهد. همانطور که قبلاً ذکر شد سه نوع ساقه وجود دارد که ممکن است در بیرون از خاک ظاهر شوند ولی در تولید غده یکسان عمل نمی‌کنند. با اینکه نوع تراکم ساقه، کار را مشکل می‌کند ثبت دقیق آن ضروری است. با این حال اطلاعات در مورد تراکم ساقه در مزرعه و همچنین در مورد دوام و عمر ساقه‌ها محدود است (آلن و وئور، ۱۹۷۳).

در سیب‌زمینی، تراکم ساقه هوایی اصلی در واحد سطح اهمیت دارد. این تراکم توسط ظرفیت تولیدی محیط، رقم، قدرت رشد و تولید هر ساقه و هدف تولید تعیین می‌گردد. تراکم ساقه هوایی

در واحد سطح تابعی از تعداد جوانه‌ای که روی غده رشد می‌کند و فاصله کاشت دو غده می‌باشد. بنابراین چنانچه نقطه کاشت از دست رفته وجود داشته باشد، تراکم ساقه مورد نظر حاصل نخواهد گردید. (خواجه پور، ۱۳۸۳).

## ۱-۱۱- اثرات مورفولوژیکی و اکوفیزیولوژیکی تراکم

شکل و ساختار کانوپی که نشان دهنده مقدار و توزیع برگ‌ها و ساقه‌ها و سطح برگ‌ها می‌باشد از طریق جذب تشعشع و تبخیر و تعرق می‌تواند روابط متقابل گیاه و محیط را متأثر نماید. اگر چه تنوع وسیعی در اندازه اندام هوایی ارقام جدید سیب‌زمینی وجود دارد، اما اطلاعات کمی در مورد اهمیت بیوماس اندام‌های هوایی در بدست آوردن عملکرد پایدار غده وجود دارد و برای تعیین شکل و ساختار مطلوب کانوپی جهت تولید بیشتر و پایدار غده، تحقیقات کمی روی سیب‌زمینی صورت گرفته است. دلیل توجه کم و محدود به مقدار بیوماس و ویژگی‌های قسمت هوایی احتمالاً مقدار کم بیوماس اندام هوایی نسبت به بیوماس غده است که از بالا بودن شاخص برداشت این محصول حکایت دارد (زیگفرید و همکاران، ۲۰۰۶).

در آزمایشی در شمال آلمان مشخص شد که در شرایط مزرعه ارقام جدید از نظر وزن خشک برگ، ساقه، نسبت وزن برگ به ساقه، تعداد برگ، سطح برگ و دیگر پارامترهای ساختار کانوپی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال کمتر از ۵ درصد دارند. ارقامی که نسبت برگ به ساقه در آنها بیشتر بود، نسبت به ارقام برخوردار از نسبت پایین‌تر، بیوماس کمتری داشتند. (زیگفرید و همکاران، ۲۰۰۶). در بررسی تأثیر تراکم و اندازه غده بذری در رشد و عملکرد سیب‌زمینی در استان خارطوم سودان گزارش شد که تعداد ساقه در بوته تحت تأثیر فاصله دو بوته در روی ردیف کاشت قرار نمی‌گیرد (خلفلا، ۲۰۰۱). ایفنکو (۱۹۷۵) گزارش کرد که افزایش تراکم ساقه سیب‌زمینی منجر به افزایش ارتفاع گیاه و کاهش انشعابات جانبی می‌شود. در آزمایشهای مشابه نشان داده شده است که استفاده از ردیف‌های عریض‌تر با تراکم ساقه یکسان باعث افزایش ارتفاع گیاه و محدود شدن انشعابات جانبی می‌شود. بعضی مواقع این تغییرات در مورفولوژی گیاه را می‌توان در کل فصل رشد

رؤیت نمود (تایلور، ۱۹۵۳). با این حال این مطلب در مطالعه اثر تراکم ساقه روی رشد محصول مورد توجه قرار نگرفته است.

رضایی و سلطانی (۱۳۷۵) در بیان عوامل مؤثر در رشد غده و شاخ و برگ در سیب‌زمینی اشاره می‌کنند که رشد شاخ و برگ و غده علاوه بر رقم، طول روز، دما، شدت نور، سن فیزیولوژیکی غده بذری، ازت و آب، تحت تأثیر تراکم بوته نیز قرار می‌گیرد. رشیدی (۱۳۸۳) در بررسی اثر تراکم‌های مختلف کاشت گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت بر رشد و تولید غده‌های ریز[1] در دو رقم سیب‌زمینی، گزارش کرد تراکم ساقه‌ها بر ارتفاع ساقه تأثیر می‌گذارد، بطوریکه با افزایش تراکم ارتفاع ساقه‌ها افزایش می‌یابد و در این حالت تعداد ساقه‌های جانبی بسیار کمتر می‌شود و پتانسیل فتوسنتز به شدت کاهش می‌یابد. هارا، (۱۹۸۴)، اشمیت و ولف (۱۹۹۳) معتقدند گیاهان در پاسخ به تعداد گیاهان مجاور یا تراکم، انعطاف‌پذیری مورفولوژیکی وسیعی را از خود نشان می‌دهند. برای مثال ارتفاع گیاه متناسب با افزایش تراکم و جمعیت گیاهی افزایش می‌یابد. شواهد و مدارک آزمایشگاهی و تجربی زیادی نشان داده است که عکس‌العمل مذکور گیاهان به محیط‌های رقابتی مربوط به فیزیولوژی و عمل فیتوکروم‌ها می‌باشد که توانایی جستجوی نور را در گیاه ایجاد می‌کند (اشمیت و ولف، ۱۹۹۳؛ اسمیت، ۱۹۹۴).

سکیمورا و همکاران (۲۰۰۰)، با آنالیز یک مدل ریاضی که تعدادی از عوامل مهم کلیدی مؤثر بر مورفولوژی اندام هوایی از جمله تشعشع جذب شده توسط برگ‌ها و سایه‌اندازی گیاهان مجاور را مشخص می‌کرد نشان دادند که طول مطلوب میانگره ساقه که باعث جذب ماکزیمم نور توسط برگ‌ها می‌شود با تراکم جمعیت گیاهی افزایش می‌یابد. بعلاوه آنها نشان دادند که این مدل ساده می‌تواند برای کمی سازی انعطاف پذیری مورفولوژیکی سایر گیاهان علفی مورد استفاده قرار گیرد.

علیخانی و همکاران (۱۳۸۴) در بررسی تأثیر تراکم بوته در عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم و یک لاین ماش سبز در منطقه کرج گزارش کردند که تراکم با ارتفاع بوته همبستگی مثبت و با شاخص برداشت و تعداد شاخه فرعی همبستگی منفی دارد. بهدانی و راشد (۱۳۷۷) در مطالعه تأثیر تراکم بر عملکرد و اجزاء عملکرد سه رقم کنجد نشان دادند که ارتفاع گیاه و تعداد شاخه‌های فرعی

1-Mini-tuber

تحت تأثیر تراکم کاشت قرار می‌گیرد. احسان زاده و زارعیان (۱۳۸۲) در بررسی تأثیر تراکم بوته بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی ویژگی‌های رشد دو رقم گلرنگ در شرایط آب و هوایی اصفهان گزارش کردند تعداد شاخه‌های فرعی و شاخص برداشت با افزایش تراکم بوته به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. مجیری و ارزانی (۱۳۸۲) با بررسی تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد در آفتابگردان نشان دادند تراکم زیاد بر میانگین ارتفاع بوته اثر افزایشی، ولی بر قطر ساقه و طبق اثر کاهشی دارد.

با مقایسه اثر فاصله ردیف کشت بر رشد، عملکرد کل و قابلیت فرآوری غده‌های ارقام مختلف سیب‌زمینی، در دو سال نشان داده شده است که فاصله کشت اثرات متفاوتی را روی دما، رطوبت خاک، ارتفاع، تعداد ساقه و بیوماس گیاه به جای می‌گذارد، اثرات ساده و متقابل عوامل مورد بررسی روی شکل، تعداد و اندازه غده‌های هر بوته معنی‌دار بدست آمده است. نتایج این بررسی نشان داد که در شرایط آب و هوایی نیمه خشک حتی با وجود آبیاری مزرعه، تنش خشکی و سایر شرایط آب و هوایی فصل رشد مثل دمای هوا و خاک، منجر به رشد ثانویه می‌گردد. (http://www.actahort.org/books/533/533_23.htm). وقتی سیب‌زمینی در آب و هوای گرمسیری کشت می‌شود، طول دوره رشد و نمو آن بندرت از ۱۱۰ روز فراتر می‌رود (میدمور، ۱۹۸۷). توان گیاه در پوشاندن کامل خاک و تکمیل سریع‌تر تاج پوشش، می‌تواند به واسطه جذب بیشتر تشعشع در طول فصل رشد کوتاه و همچنین در خنک نمودن خاک از طریق سایه‌اندازی واجد اهمیت باشد. در این شرایط تکمیل سریع‌تر تاج پوشش می‌تواند در کوتاه مدت از طریق سایه-اندازی بیشتر، دمای خاک را پایین آورده و تبخیر را تقلیل دهد.

خنک شدن خاک در نواحی گرمسیری از طریق انعکاس گرما (میدمور، ۱۹۸۴)، استفاده از مالچ‌ها (میدمور و همکاران، ۱۹۸۶)؛ ظهور و سبز شدن سریع گیاهچه‌ها و در نتیجه پوشش سریعتر خاک (میدمور و همکاران، ۱۹۸۸) می‌تواند به طور مستقیم و غیر مستقیم منجر به افزایش عملکرد گردد. میدمور (۱۹۸۸) با انجام آزمایشی در سه منطقه گرمسیری پرو برای بررسی تأثیر جمعیت گیاهی و تراکم روی دمای خاک، رشد و عملکرد غده سیب‌زمینی گزارش کرد که جذب تشعشع در تراکم بالا، بیشتر بوده و خنک شدن خاک متناسب با مقدار پوشش خاک توسط محصول می‌باشد،

ندارد. این نتایج نشان داد که دریافت نور زیاد، منجر به کاهش رشد گیاه شده و نور یکی از عوامل کنترل کننده گیرنده‌های نوری و رشد عمودی در گیاه می‌باشد. کازا و همکاران (۱۹۹۹)، با مطالعه اثر عوامل محیطی و تراکم روی عملکرد بذرکتان طی چهار سال در ایتالیا گزارش کردند که عملکرد بذر در پاسخ به نوع خاک و آب و هوا بطور خیلی زیاد تغییر کرد اما تأثیر تراکم در عملکرد بذر خیلی ناچیز بود چرا که تعداد کپسول در هر گیاه با کاهش تراکم افزایش یافت و به این ترتیب کاهش عملکرد در نتیجه کاهش تعداد گیاه با افزایش تعداد کپسول جبران شد. تمام اجزای عملکرد تحت تأثیر شرایط آب و هوایی سال کشت قرار گرفت. آنالیز رشد نشان داد که تعداد برگ در تراکم کم، بیشتر است که نشان می‌دهد خود سایه‌اندازی در تراکم بالا تولید شاخ و برگ را تقلیل می‌دهد. بعلت تأثیر دما در سرعت رشد، نمو و تکامل گیاه و در نتیجه کوتاهی دوره رشد و شاید کمبود آب؛ دما از عوامل محیطی است که بیشتر از بقیه عوامل، عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تأثیر دوام سطح برگ در عملکرد مهمتر از داشتن شاخص سطح برگ بالا است.

احمدوند و کوچکی (۱۳۷۷) در بررسی اثر تراکم و آرایش کشت بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک سویا در مشهد گزارش کردند که با افزایش تراکم کاشت درصد جذب تشعشع، شاخص سطح برگ، تداوم شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و عملکرد دانه افزایش می‌یابد. زرین آبادی و احسان‌زاده (۱۳۸۲) در بررسی تأثیر تراکم‌های مختلف کاشت (۲۰۰، ۲۷۵، ۳۵۰، ۴۲۵ و ۵۰۰ بذر در متر مربع) در رشد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه در سه ژنوتیپ گندم دوروم در اصفهان، نشان دادند که با افزایش تراکم بر شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت به طور معنی‌داری افزوده می‌شود.

## ۱-۱۲- تأثیر تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی

بر اساس مطالعات ایفینکو و آلن (۱۹۷۸b)، وئور و آلن (۱۹۷۴)، وئور و همکاران (۱۹۹۰ و ۱۹۹۲)، مشخص گردید که تراکم بوته بر تعداد غده تولید شده در هر بوته اثر می‌گذارد و با افزایش تراکم بوته، تعداد غده‌های تولید شده در هر بوته کاهش پیدا می‌کند. این می‌تواند به دلیل کاهش تعداد ساقه در هر بوته و افزایش رقابت درون و برون بوته باشد. با افزایش تراکم بوته، بر تعداد غده-

های تولید شده در واحد سطح افزوده می‌شود (ایفینکو و آلن ۱۹۷۸b و ۱۹۷۸a؛ آسانوما و همکاران ۱۹۸۴؛ ساندرسون و وایت ۱۹۸۲؛ شاکیا و لورنزن ۱۹۹۳). علی‌رغم این موضوع واندرزاگ و دورنبوس (۱۹۸۷) نشان دادند از آنجایی که با کاهش تراکم بوته، وزن متوسط غده‌ها افزایش می‌یابد، تعداد غده تولید شده در هر ساقه تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد.

ایفینکو و آلن (۱۹۷۸a و ۱۹۷۸b)، طی مطالعه‌ای اثر سطوح مختلف تراکم کاشت (۲۴۹۶۰ ، ۲۹۹۵۰ ، ۳۷۴۴۰ ، ۴۹۹۲۰ و ۷۴۸۸۰ بوته در هکتار) بر روی دو رقم سیب‌زمینی گزارش نمودند که اثر تراکم کاشت بر وزن و اندازه غده مؤثر می‌باشد و با افزایش تراکم بوته، وزن و اندازه غده‌های تولیدی در هر بوته کاهش پیدا می‌کند. تغییر در تراکم بوته با تغییر در اندازه غده‌ها و نیز عملکرد در واحد سطح، عامل مهمی در بدست آوردن عملکرد قابل قبول و تولید غده‌هایی با اندازه دلخواه است (تراویس، ۱۹۸۷).

یکی از عوامل مهم و مؤثر بر اندازه متوسط غده‌ها، تعداد بوته در واحد سطح یا همان تراکم بوته است (استروئیک و همکاران، ۱۹۹۰). علاوه بر تراکم بوته عواملی چون تعداد ساقه تولید شده در هر بوته، تعداد غده تولید شده در هر ساقه، میزان و طول دوره پر شدن غده نیز بر این عامل تأثیر دارد. با این حال تراکم بوته با تأثیر مستقیم روی اندازه متوسط غده‌ها و نیز تأثیر غیر مستقیمی که روی هر یک از سایر عوامل ذکر شده دارد، عامل مهمی در تعیین اندازه متوسط غده‌ها محسوب می‌شود. تا جایی که وارن (۱۹۸۱) نشان داده است که با تغییر در تراکم بوته می‌توان اندازه متوسط غده‌های به دست آمده را تغییر داد. در مجموع، افزایش تراکم بوته احتمالاً به دلیل وقوع تنش مواد غذایی، افزایش تعداد ساقه و رقابت درون بوته‌ای یا به دلیل تعداد غده‌های زیادی که در تراکم بالای ساقه تولید می‌شود؛ باعث کاهش اندازه متوسط غده‌ها می‌شود (آسانوما و همکاران، ۱۹۸۴). با این حال یک گزارش در مورد عدم تأثیر تراکم بوته روی اندازه غده وجود دارد (شاکیا و لورنزن، ۱۹۹۳).

وئور و آلن (۱۹۷۴) با بررسی اثر تراکم بر درصد ماده خشک غده گزارش نمودند که درصد ماده خشک غده‌ها، تحت تأثیر تراکم کاشت قرار می‌گیرد و با افزایش تراکم کاشت درصد ماده خشک غده در هر بوته کاهش پیدا می‌کند. ایفنکوی و آلن (۱۹۷۸) نیز نشان دادند که با افزایش تراکم بوته، بر مقدار ماده خشک غده در واحد سطح افزوده می‌شود. صادق‌زاده حمایتی و همکاران

(۱۳۸۰) نشان دادند با افزایش تراکم از ۳۰۰۰۰ به ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار وزن خشک کل در هر بوته کاهش می‌یابد. زاهدی اول (۱۳۷۵) با انجام آزمایشاتی طی دو سال دریافت که اثر تراکم بوته بر عملکرد غده معنی‌دار است، بطوریکه متوسط محصول در شرایطی که فاصله دو بوته در روی ردیف کاشت ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر بود به ترتیب ۳۰۰۰۵ و ۲۶۰۴۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد، در نتیجه با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، عملکرد غده افزایش یافت. فتحی (۱۳۷۸) گزارش کرده است که افزایش تراکم از ۲/۷ به ۳۱/۷ بوته در متر مربع منجر به افزایش عملکرد غده می‌گردد.

اصل گرگانی و دماوندی (۱۳۸۳)، با بررسی اثر رقم و تراکم بوته بر اجزای عملکرد و عملکرد غده سیب‌زمینی در منطقه بستان آباد تبریز گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته در واحد سطح تعداد غده در بوته، قطر غده، متوسط وزن هر غده، وزن غده در بوته و درصد ماده خشک کاهش ولی تعداد غده در متر مربع بطور معنی‌داری افزایش می‌یابد. عملکرد غده در هکتار نیز با افزایش تراکم بوته از ۵۰۰۰۰ به ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار افزایش و با افزایش تراکم بوته از ۶۲۵۰۰ به ۷۵۰۰ بوته در هکتار کاهش نشان داد. این دو محقق نشان دادند که عملکرد غده با تعداد غده در بوته، تعداد غده در متر مربع و با وزن غده در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد.

در بعضی از آزمایش‌ها عملکرد غده از تراکم بوته متأثر نشده است (ایفینکو و آلن، ۱۹۷۸a). با توجه به تأثیر اندکی که افزایش تراکم بوته بر عملکرد غده‌های قابل فروش دارد (کولینز، ۱۹۷۷)، می‌توان گفت که تأثیر مثبت تراکم بیشتر مربوط به اثر بر عملکرد غده‌های غیر قابل فروش خواهد بود (رکس، ۱۹۹۰). بدیهی است بخشی از کاهش عملکرد به علت کاهش تراکم بوته از طریق افزایش تعداد غده‌های درشت، جبران می‌شود (رکس و همکاران، ۱۹۸۷). خلفلا (۲۰۰۱) با بررسی تأثیر فاصله دو بوته روی ردیف کاشت و اندازه غده بذری بر رشد و عملکرد سیب‌زمینی در دو منطقه از استان خارطوم سودان، گزارش کرد با افزایش فاصله بوته‌ها در روی ردیف از ۱۵ به ۲۵ و ۳۵ سانتی‌متر، عملکرد کاهش یافت. نشان داده شده که علاوه بر عملکرد کل، بعضی پارامترها مثل تعداد و وزن غده‌های بازارپسند در هر بوته نیز تحت تأثیر فاصله بوته‌ها در روی ردیف قرار می‌گیرد.

نسبت ماده خشک غده‌ها به ماده خشک کل؛ به شاخص برداشت موسوم است. گزارشها حاکی از آن است که با افزایش تراکم، بر مقدار شاخص برداشت افزوده شود (ایفینکو و آلن، ۱۹۷۸a؛ واندرزاگ و دورنبوس، ۱۹۸۷). صادق‌زاده حمایتی و همکاران (۱۳۸۰) طی آزمایشی در منطقه

اردبیل، اثرات دو فاصله ردیف کاشت (۵۵ و ۷۰ سانتی‌متر) و چهار تراکم بوته (۳/۰، ۴/۵، ۶/۰ و ۷/۵ بوته در متر مربع) را بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و عملکرد غده در سه رقم سیب‌زمینی مورد مطالعه قرار داده و نشان دادند که با کاهش فاصله ردیف، بر تعداد غده‌های تولید شده در واحد سطح افزوده می‌شود. این در حالی است که تغییر در فاصله بین ردیف‌ها تأثیر اندک و قابل اغماضی بر وزن متوسط، وزن خشک غده و همچنین عملکرد غده در واحد سطح و شاخص برداشت، به جای گذاشت. افزایش تراکم بوته باعث افزایش تعداد غده، وزن خشک غده، عملکرد غده در واحد سطح و شاخص برداشت شد، اما واکنش این صفات در قبال آخرین سطح تغییر تراکم بوته بسیار جزئی و در پاره‌ای موارد همراه با کاهش صفات فوق بود.

## ۱-۱۳- ارقام سیب‌زمینی

ارقام سیب‌زمینی را می‌توان بر اساس خصوصیات گیاهشناسی، موارد استفاده و طول دوره رسیدگی گروه بندی نمود. ارقام مختلف سیب‌زمینی از نظر گستردگی شاخ و برگ، رنگ گل، رنگ و شکل برگ، وجود و میزان کرک روی برگ و ساقه، رشد روزت یا ایستاده، شکل غده، رنگ چشم و جوانه، میزان فرورفتگی چشم، رنگ و بافت پوسته چوب پنبه‌ای و رنگ و بافت مغز (خشک و آبدار) با یکدیگر متفاوتند. ارقام همچنین از لحاظ کیفیت مصرفی برای مصارف خانگی، چیپس و سرخ کرده با یکدیگر فرق دارند (خواجه پور، ۱۳۸۳).

بعضی از ارقام سیب‌زمینی تولید میوه می‌کنند. این ارقام سطح برگ، سرعت رشد غده و ضریب تخصیص فتوآسیمیلات به غده در حال رشد کمی دارند. اما NAR وCGR بالاتری را دارا هستند. ارقام مختلف از نظر عملکرد، تعداد، توزیع اندازه غده‌ها، وزن ویژه، میزان ماده خشک و ترکیب مواد غذایی موجود در غده نیز یکسان نیستند. میوه دهی، وزن ویژه و ماده خشک غده را کاهش می‌دهد در حالی که محتوای Mn، Fe، Mg، K وP غده‌ها را افزایش می‌دهد. رشد زایشی تأثیری در غلظت Zn، Cu، S و Ca ندارد (تکلین و هامز، ۲۰۰۵).

بر مبنای مورفولوژی اندام هوایی، ارقام سیب‌زمینی به نوع ساقه‌ای و برگی تقسیم می‌شوند در مقایسه با نوع برگی، نوع ساقه‌ای نسبت برگ به ساقه کمتر، تعداد برگ‌های کوچک بیشتر، میانگره-

های طویل‌تر و ساقه‌های درازتر دارد. نوع ساقه‌ای به علت داشتن ساقه‌های درازتر به نظر می‌رسد خود سایه‌اندازی کمتری نسبت به نوع برگی داشته و از محیط جوی (بالای خاک) بهتر استفاده بکند. شکل کانوپی نوع ساقه‌ای باز و نوع برگی تحت عنوان بسته رده بندی می‌شود. در یک کانوپی باز نسبت به کانوپی بسته، ورود نور به قسمت‌های پایین کانوپی بهتر انجام می‌شود. در نتیجه می‌توان گفت کارآیی فتوسنتزی و بیوماس کل در نوع ساقه‌ای بیشتر از نوع برگی است. گزارش‌ها حاکی از آن است که در غالب موارد، تحمل به خشکی ارقام ساقه‌ای بیشتر از ارقام برگی است. بنابراین در نواحی با بارش کم ، برای نوع ساقه‌ای جذب نور و عملکرد بیشتری نسبت به نوع برگی مورد انتظار است. پتانسیل ژنتیکی نوع ساقه‌ای در تولید بالای بیوماس اندام هوایی در آینده می‌تواند مهم باشد. چون به علت گرم شدن زمین، زارعین کراراً با تابستان‌های گرم و خشک مواجه می‌شوند. با این حال رشد بیش از حد اندام هوایی در شرایط وجود آب کافی و عدم وجود محدودیت‌های رشدی، به واسطه شاخص برداشت کم‌تر منجر به پایین آمدن عملکرد غده می‌شود (زیگفرید و همکاران، ۲۰۰۶).

مشابه سیب‌زمینی ساقه‌ای، در دیگر محصولات کشاورزی نیز کانوپی باز (در حد مناسب) ارجحیت دارد. اخیراً در مرکز تحقیقات بین المللی برنج، ارقامی با برگ‌های راست و عمودی برای توزیع مطلوب نور در کانوپی اصلاح شده‌اند (مورچی و همکاران، ۱۹۹۹). همچنین در ذرت گزینش برای عملکرد بطور غیرمستقیم منجر به عمودی شدن بیشتر برگ‌های بالایی شده که نفوذ نور به برگ‌های پایین‌تر را افزایش می‌دهد ( دوویک و کاسمن، ۱۹۹۹).

## ۱-۱۴- تأثیر رقم در عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی

وئور و همکاران (۱۹۹۰) در یکسری مطالعات چند ساله در مناطقی با شرایط آب و هوایی متفاوت، تأثیر وزن‌های مختلف غده بذری (۳۵، ۷۰ و ۱۰۵ گرم) بر عملکرد و شاخص‌های دیگر رقم رکورد را بررسی کردند. آنها گزارش نمودند که تعداد غده‌های تولیدی در هر بوته از سالی به سال دیگر و در شرایط آب و هوایی مناطق مختلف مورد آزمایش، تغییر پیدا می‌کند. همچنین مشاهده گردید که با افزایش وزن غده‌های بذری، تعداد غده‌های تولیدی در هر بوته افزایش پیدا می‌کند.

آنها دلیل افزایش غده را افزایش تعداد ساقه دانستند و بیان نمودند که با افزایش وزن غده بذری تعداد چشم‌ها و جوانه‌های موجود بر روی غده افزایش یافته و تعداد ساقه‌های تولیدی و در نهایت غده در هر بوته افزایش پیدا می‌کند.

ایفینکو و آلن (۱۹۷۸) با انجام آزمایشاتی طی دو سال اقدام به مقایسه دو رقم ماریس پی‌پر و دزیره نمودند. آنها دریافتند که بین ارقام از لحاظ تعداد غده‌های تشکیل شده در هر بوته تفاوتهایی وجود دارد. وئور و همکاران (۱۹۹۲) تعداد ۳۲ آزمایش را طی سالهای ۱۹۸۵- ۱۹۸۰، برای مقایسه ارقام سیب‌زمینی پنتلند اسکوئر، کارا، ایستیما، ماریس پی‌پر و کینگ ادوارد به اجرا گذاشتند و گزارش نمودند که اثر رقم بر وزن غده در بوته معنی‌دار می‌باشد. مشاهدات وئور و آلن (۱۹۷۴) حاکی از آن است که وزن و اندازه غده تحت تأثیر خصوصیات ژنتیکی ارقام قرار می‌گیرند. آنها با مقایسه دو رقم پنتلند کرون و ماریس پی‌پر گزارش کرده‌اند که در رقم پنتلند کرون، وزن غده و اندازه غده از رقم ماریس پی‌پر بیشتر می‌باشد.

مقدار ماده خشک غده بسته به تراکم بوته (ایفینکو و آلن، ۱۹۷۸a و ۱۹۷۸b)، رقم (ایفینکو و آلن، ۱۹۷۸a و وئور، ۱۹۷۷) و اندازه غده (وئور، ۱۹۷۷) متفاوت است. وئور (۱۹۷۷) نشان داد، رقم‌هایی که تعداد زیادی غده تولید می‌کنند، درصد ماده خشک بالایی نیز دارند. نتایج مشابهی نیز توسط وئور و آلن (۱۹۷۴) گزارش شده است. دلیل این امر به تفاوت در اندازه و وزن غده‌های تولیدی نسبت داده شده است. صادق‌زاده حمایتی و همکاران (۱۳۸۰) در مطالعات خود روی سه رقم سیب‌زمینی (دراگا، آئولا و کاسموس) در منطقه اردبیل، گزارش کردند که واکنش ارقام مختلف سیب‌زمینی به شرایط محیطی یکسان نمی‌باشد. اصل گرگانی و دماوندی (۱۳۸۳) در آزمایشی با ارقام آلفا، دراگا، کوزیما، مورن و آئولا، در منطقه بستان آباد تبریز، نشان دادند بین ارقام از نظر تعداد غده در بوته و تعداد غده در متر مربع، قطر غده، متوسط وزن هر غده، وزن غده در بوته و عملکرد غده تفاوت معنی‌داری وجود دارد. در مطالعات سونسون (۱۹۶۲)، بلیسدال (۱۹۶۵) و ایفینکو و آلن (۱۹۷۸a و ۱۹۷۸b) مشخص گردید که بین ارقام از نظر عملکرد غده در هکتار تفاوتهایی وجود دارد. در مطالعات فوق تفاوت بین ارقام به دلیل تفاوت در طول دوره رشد، سرعت توسعه شاخص سطح برگ، دوام برگ و کارآیی استفاده از تشعشعات خورشیدی، نحوه توزیع مواد فتوسنتزی بین اندامهای رویشی و ذخیره‌ای، تفاوت ژنتیکی ارقام در تولید اجزای عملکرد و ضریب

برداشت دانسته شد. نتایج مطالعات مختلف (وئور و آلن، ۱۹۷۴؛ وئور و همکاران، ۱۹۹۰ و وئور و همکاران، ۱۹۹۲) نیز مشابه نتایج فوق بوده است.

## ۱-۱۵- تجزیه و تحلیل رشد

تجزیه و تحلیل کمّی رشد، روشی است برای توصیف و تفسیر عکس‌العمل‌های گیاه نسبت به شرایط محیطی مختلف که گیاه در طول دوره حیات خود با آنها مواجه می‌گردد. به کمک این روش شناخت بهتری از چگونگی انتقال و انباشت مواد ساخته شده فتوسنتزی در اندام‌های مختلف از طریق اندازه‌گیری ماده خشک تولید شده در طول فصل رشد گیاه بدست می‌آید (ایوانس،۱۹۷۲؛ تزر،۱۹۸۴).

تجزیه و تحلیل رشد، با هدف شناخت نیروهای پویا در جهت افزایش محصول در گیاهان، در واقع با تحقیقات بالز و هلتون (۱۹۱۵a و ۱۹۱۵b) روی محصول پنبه در دره نیل شروع شد. این افراد اثر فاصله بوته و تاریخ کاشت را روی رشد و عملکرد پنبه مصری در یک جامعه گیاهی و نه روی تک بوته، تجزیه و تحلیل کردند. بالز (۱۹۱۷) در مقاله سوم خود اثر عوامل محیطی مختلف را روی محصول تجزیه و تحلیل کرد و اعلام داشت که با تحقیق و بررسی مراحلی از دوره زندگی گیاه، که از نقطه نظر عملکرد مهم و به شرایط نامطلوب محیطی حساس می‌باشند، می‌توان بسیاری از پدیده‌های به ظاهر متناقض را توجیه کرد. آنالیزهای رشد که توسط بلک من (۱۹۱۹) پیشنهاد گردیدند، وسیله ارزشمندی در تجزیه و تحلیل کمی رشد گیاه محسوب می‌شوند. بلک من (۱۹۱۹) سرعت رشد مطلق (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR )، نسبت سطح برگ (LAR )، میزان جذب خالص (NAR) و سایر شاخص‌های مشابه را که در تجزیه و تحلیل کمی رشد گیاه مؤثر هستند برای تجزیه رشد گیاه، مورد استفاده قرار داد.

اندازه‌گیری سه پارامتر سطح برگ (LA)، وزن خشک کل گیاه (TDW) و وزن خشک برگ (LDW) در دوره رشد گیاه با فواصل زمانی (معمولا یک یا دو هفته‌ای) لازمه تجزیه و تحلیل رشد است. دیگر کمیت‌های تجزیه و تحلیل رشد توسط محاسبه بدست می‌آیند (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۸؛ سیواکمار و شاو، ۱۹۷۸؛ وارن ویلسون، ۱۹۸۱). عمده‌ترین کمیت‌هایی که در تجزیه و

تحلیل‌های کمی رشد اجتماعات گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند شامل سرعت رشد محصول (CGR)، میزان جذب خالص (NAR)، شاخص سطح برگ (LAI)، دوام سطح برگ (LAD)، سرعت رشد نسبی (RGR)، نسبت سطح برگ (LAR)، سطح ویژه برگ (SLA) و وزن ویژه برگ (SLW) می‌باشد (ایوانس و همکاران، ۱۹۷۵ و رادفورد، ۱۹۶۷).

### ۱-۱۵-۱- سرعت رشد محصول (CGR)

با معناترین کمیت در تجزیه و تحلیل رشد جوامع گیاهی سرعت رشد محصول است که نمایانگر میزان تجمع ماده خشک در گیاهان در یک واحد زمانی مشخص در واحد سطح می‌باشد. به عبارت دیگر سرعت رشد محصول، افزایش وزن خشک یک اجتماع گیاهی در واحد سطح در واحد زمان می‌باشد. سرعت رشد محصول معمولاً بر حسب گرم (وزن خشک کل گیاه) در متر مربع (سطح زمین) در روز بیان می‌گردد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۸).

در مراحل اولیه رشد به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و درصد کم نور خورشید که توسط گیاهان جذب می‌شود، سرعت رشد محصول کم می‌باشد. با نمو گیاهان افزایش سریعی در CGR پدید می‌آید، زیرا سطح برگ، توسعه یافته و نور کمتری از لابلای شاخ و برگ به سطح خاک نفوذ می‌کند (کوچکی و همکاران، ۱۳۶۷). حداکثر سرعت رشد محصول برای هر گونه معین و در شرایط مطلوب محیط هنگامی پدید می‌آید که پوشش برگ‌ها کامل باشد. این حالت نشان دهنده حداکثر توانایی تولید ماده خشک و حداکثر میزان تبدیل انرژی خورشیدی در گیاه است (کوچکی و همکاران، ۱۳۶۷). میانگین سرعت رشد محصول (CGR) برابر ۲۰ گرم در متر مربع در روز جهت اکثر گیاهان سه کربنه مورد تأیید می‌باشد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۸).

در مرحله قبل از تشکیل غده (مرحله رشد رویشی)، بین سرعت رشد محصول و سطح برگ تولید شده تا زمانی که شاخص سطح برگ به نزدیک ۵ برسد، یک رابطه خطی بر قرار است. در تراکمی بیشتر از حد مطلوب و مصرف زیاد ازت سطح برگ بیشتری تولید شده و در نتیجه سرعت رشد محصول کاهش می‌یابد. در مرحله بعد از ظهور غده (مرحله بزرگ شدن غده‌ها)، سرعت رشد محصول که تا بحال عمدتا مربوط به رشد قسمت هوایی بوده است به رشدی که منحصراً غده را

شامل می‌شود؛ تغییر می‌یابد. مرحله خطی رشد غده‌ها، تا زمانی که شاخص سطح برگ به نزدیک ۱ کاهش پیدا می‌کند، ادامه می‌یابد. لذا در این مرحله سرعت رشد محصول به طور معکوس با شاخص سطح برگ ارتباط دارد (برمنر و تاها، ۱۹۶۶ و برمنر و رادلی، ۱۹۶۶). لورنز (۱۹۴۴) حداکثر سرعت رشد محصول برای سیب‌زمینی را در یک فاصله زمانی کوتاه ۳۷ گرم در متر مربع در روز گزارش نمود. مک کلوم (۱۹۷۸) بیشترین سرعت رشد محصول برای سیب‌زمینی را در فاصله زمانی ۴۲ تا ۴۹ روز بعد از سبز شدن؛ ۲۴ گرم در متر مربع در روز گزارش نمود. این مقدار در تراکمی برابر ۴۰ هزار بوته و ۱۴۸ کیلوگرم ازت در هکتار بدست آمد.

### ۱-۱۵-۲- میزان جذب خالص (NAR)

میزان جذب خالص عبارت از مقدار مواد خالص ساخته شده (غالباً فتوسنتزی) در واحد سطح برگ در واحد زمان است که معمولاً بر حسب گرم (وزن خشک کل گیاه) در متر مربع (سطح برگ) در روز بیان می‌شود (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۸).

میزان جذب خالص، تخمینی از میانگین کارآیی فتوسنتزی برگ‌ها در یک گیاه یا در یک جامعه گیاهی است. میزان جذب خالص زمانی به بالاترین مقدار خود می‌رسد که تمام برگ‌ها در معرض نور کامل خورشید قرار بگیرند. این مقدار با زمانی که جثه گیاهان کوچک و برگ‌ها به اندازه‌ای هستند که هیچ کدام در سایه دیگری قرار نمی‌گیرند مطابقت می‌کند. با رشد گیاهان و افزایش سطح برگ، برگ‌های بیشتری در سایه یکدیگر قرار می‌گیرند؛ از این رو میزان جذب خالص در طول فصل رشد کاهش می‌یابد (کوچکی و همکاران، ۱۳۶۷). هانت (۱۹۷۸) ملاحظه کرد هنگامی که برگ‌های جدید اضافه می‌شوند، به علت افزایش سایه‌اندازی متقابل[1]، وزن خشک بدست آمده به ازای هر واحد سطح برگ کاهش می‌یابد.

موربی (۱۹۷۸) در زمان شروع غده‌دهی افزایشی را در میزان جذب خالص مشاهده کرد و زمانی که شاخص سطح برگ به حداکثر رسید میزان جذب خالص به حداقل خود رسید و بالاخره در اواخر مرحله سوم رشد، افزایش یافت. برمنر و تاها (۱۹۶۶) نیز قبلاً افزایش میزان جذب خالص

1-Mutual shading

در زمان شروع غده‌دهی را نشان داده‌اند. موربی (۱۹۷۸)، موربی و میلتورپ (۱۹۷۵) دریافتند که میزان جذب خالص در سیب‌زمینی تحت کنترل اندازه مخزن یا تعداد غده‌های در حال توسعه می‌باشد. کشت متراکم یا مصرف زیاد ازت موجب افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه کاهش میزان جذب خالص می‌گردد (برمنر و تاها، ۱۹۶۶؛ برمنر و رادلی، ۱۹۶۶). برتون (۱۹۷۲) در مطالعه‌ای بر روی سیب‌زمینی گزارش کرد که میزان جذب خالص تحت تأثیر درجه حرارت نیز می‌باشد. وی ملاحظه کرد که میزان جذب خالص در ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد به حداکثر رسیده و سپس در ۳۶ تا ۳۸ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد.

### ۱-۱۵-۳- شاخص سطح برگ (LAI)

شاخص سطح برگ بیان کننده نسبت سطح برگ (فقط یک طرف) به سطح زمین اشغال شده توسط محصول است (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۸). شاخص سطح برگ یک، مساوی یک واحد از مساحت سطح برگ در واحد سطح زمین است که به طور نظری می‌تواند تمام نور رسیده به خودش را دریافت کند. ولی با توجه به شکل برگ، ضخامت، زاویه و مقدار عمودی بودن؛ برگ‌ها بندرت تمام نور را دریافت می‌کنند (ایوانس و همکاران، ۱۹۷۵).

تئورر، (۱۹۷۹) نشان داد که منحنی تغییرات سطح برگ یک منحنی لگاریتمی رشد است که در اواسط فصل رشد به حداکثر رسیده و سپس با مرگ برگ‌های پیرتر کاهش می‌یابد. سطح برگ تحت تأثیر عوامل اقلیمی، خاک و گیاه است و سطح برگ مطلوب بر اساس عوامل خاک، اقلیم و گیاه تغییر می‌کند. برای مثال در سویا تقریباً ۳/۲، ذرت ۵ و گندم ۸/۸ - ۶ می‌باشد (آلن و اسکات، ۱۹۸۰).

از آنجا که افزایش وزن خشک محصول بستگی زیادی به توسعه سطح برگ آن دارد لذا سطح برگ یکی از پارامترهای اصلی در اندازه‌گیری رشد گیاه است. در شرایط معمولی مزرعه که تلفات تشعشع در مراحل اولیه رشد زیاد است افزایش سطح برگ با استفاده از روشهای زراعی از قبیل مصرف کود، مطلوب به نظر می‌رسد. همچنین می‌توان تلفات تشعشع را بوسیله تنظیم فاصله کشت و تراکم گیاه به حداقل مقدار خود کاهش داد (علیزاده و کوچکی، ۱۳۶۸). محققان ژاپنی شاخص سطح برگی را که در آن حداکثر CGR بدست آمده بود شاخص سطح برگ مطلوب، نامیدند. چون

با افزایش شاخص سطح برگ از حد مطلوب سرعت رشد محصول کاهش یافت (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۸). گوناسنا و هاریس (۱۹۷۱) در مطالعه‌ای بر روی سیب‌زمینی نشان دادند که حداکثر سرعت رشد محصول در شاخص سطح برگ ۵/۷ به دست می‌آید.

ایفنکو و آلن (۱۹۷۸) اثر تراکم بر شاخص سطح برگ را مطالعه و دریافتند که با افزایش تراکم، شاخص سطح برگ افزایش می‌یابد. این دو مشاهده کردند که بعد از رسیدن به شاخص سطح برگ حداکثر، سرعت افت سطح برگ در تراکم‌های بالا بیشتر است. کولینز (۱۹۷۷) با تجزیه رشد سیب‌زمینی، حداکثر شاخص سطح برگ مساوی ۶/۴ را در حدود ده هفته بعد از کاشت بدست آورد. مونتایت (۱۹۶۲) با افزایش تراکم و اندازه‌گیری میزان تشعشع جذب شده، حداکثر جذب تشعشع را در شاخص سطح برگ ۵ بدست آورد. در تراکم‌های بالاتر که منجر به شاخص سطح برگ بیشتر گردید جذب تشعشع افزایش نیافت.

در ارقام سیب‌زمینی هر چقدر سطح برگ در زمان تشکیل غده کوچکتر باشد به همان میزان، سرعت رشد غده کندتر و عملکرد نهایی پایین‌تر خواهد بود (مودب شبستری و مجتهدی، ۱۳۶۸). گوناسنا و هاریس (۱۹۷۱) حداکثر شاخص سطح برگ را برای رقم کرایگز رویال[1] حدود ۵/۲ و برای رقم پنتلند دل[2]، حدود ۸/۵ گزارش نمودند.

### ۱-۱۵-۴- دوام سطح برگ (LAD)

دوام سطح برگ بیان کننده تداوم سطح برگ یا پر برگی در طول زمان رشد محصول است. دوام سطح برگ معمولاً برحسب زمان بیان می‌شود مثل LAD در روز یا هفته. میانگین دوام سطح برگ (LAD) جمع نور دریافت شده در طول فصل را منعکس می‌کند. دوام سطح برگ هم میزان سطح برگ و هم دوام بافتهای جامعه گیاهی را در بر می‌گیرد و چون ارتباط زیادی با عملکرد دارد، بنابراین می‌تواند شاخصی از تولید باشد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۸).

واتسون (۱۹۴۷) در مطالعه‌ای بر روی چهار محصول زراعی جو، سیب‌زمینی، گندم و چغندر قند دریافت که در این چهار محصول میانگین جذب خالص در طول مرحله رشد سریع کاملاً مشابه بوده ولی دوام سطح برگ در آنها بطور معنی‌داری اختلاف دارد. مک کلوم (۱۹۷۸) با تجزیه رشد

1-Graig's Royal 2- Penteland dell

سیب‌زمینی در سطوح مختلف فسفر مشاهده کرد که گیاهان تحت تیمار فسفر کافی دارای دوام سطح برگ مساوی ۲۸ در صورتی که گیاهان تحت تیمار فسفر کم دوام سطح برگ برابر ۱۳ روز دارند. وی نشان داد که بین عملکرد ماده خشک غده و دوام سطح برگ رابطه خطی وجود دارد.

**۱-۱۵-۵- سرعت رشد نسبی (RGR)**

سرعت رشد نسبی بیان کننده وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی است (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۸). به بیان دیگر سرعت رشد نسبی عبارت از تغییر در وزن به ازای واحد وزن است که قبلاً در گیاه یا اندام در حال رشد وجود داشته است و معمولاً بر حسب گرم بر گرم در روز بیان می‌شود (دیسون و واتسون، ۱۹۷۱).

با افزایش سن گیاه، سرعت رشد نسبی کاهش می‌یابد. این کاهش به این علت است که قسمت‌هایی که به گیاه افزوده می‌شوند، بافت‌های ساختمانی هستند نه بافت‌های متابولیکی و چنین بافت‌هایی سهمی در رشد ندارند. کاهش سرعت رشد نسبی همچنین تا اندازه‌ای مربوط به در سایه قرار گرفتن و افزایش سن برگ‌های پایین‌تر گیاه نیز می‌باشد (کوچکی و همکاران، ۱۳۶۷).

کولینز (۱۹۷۷) با تجزیه رشد سیب‌زمینی مشاهده کرد که سرعت رشد نسبی، در اوایل دوره رشد، در تراکم‌های پایین‌تر بیشتر است. مک کلوم (۱۹۷۸) حداکثر سرعت رشد نسبی برای سیب-زمینی را ۰/۱۱ گرم بر گرم در روز در فاصله بین ۱ تا ۲۸ روز پس از سبز شدن گزارش کرد. سینگ و همکاران (۱۹۸۸) اظهار داشتند که با افزایش تراکم گیاهی، میانگین RGR در باقلا کاهش می-یابد و بیشترین مقادیر RGR در تراکم‌های پایین‌تر و در مرحله ۳۵ تا ۷۰ روز بعد از کشت گیاه حاصل می‌شود.

**۱-۱۵-۶- نسبت سطح برگ (LAR)**

نسبت سطح برگ بیان کننده نسبت سطح پهنک یا بافت‌های فتوسنتز کننده به کل بافتهای تنفس کننده یا وزن کل گیاه است و بر حسب سانتی‌متر مربع بر گرم بیان می‌شود. نسبت سطح برگ نشان دهنده میزان پر برگی یک گیاه می‌باشد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۸). کولینز (۱۹۷۷) با

تجزیه رشد سیب‌زمینی دریافت که از ۶ تا ۱۶ هفته پس از کاشت نسبت سطح برگ حدود ۱۲ برابر کاهش می‌یابد.

### ۱-۱۵-۷- سطح ویژه برگ (SLA)

سطح ویژه برگ عبارت از نسبت سطح برگ به وزن خشک آن است و بر حسب سانتی‌متر مربع بر گرم بیان می‌شود (کلاوسون و همکاران، ۱۹۸۶). مک کلوم (۱۹۷۸) مشاهده کرد که سطح ویژه برگ در سیب‌زمینی درطول فصل رشد ابتدا افزایش و سپس کاهش پیدا می‌کند.

### ۱-۱۵-۸- وزن ویژه برگ (SLW)

وزن ویژه برگ عبارت از نسبت وزن برگ به سطح آن است. وزن ویژه برگ معمولاً بر حسب گرم (وزن خشک برگ) بر مترمربع (سطح برگ) بیان می‌شود (ایوانس و همکاران، ۱۹۷۵). وزن ویژه برگ اغلب رابطه مثبتی با میزان جذب خالص دارد و به همین دلیل است که اغلب بین میزان جذب خالص و شاخص سطح برگ رابطه منفی مشاهده می‌شود (ایوانس، ۱۹۸۴). دورن‌هاف و شیبلز (۱۹۷۶)، کاپلن و کالر (۱۹۷۷)، شیبلز و وبر (۱۹۶۵) رابطه مثبتی بین میزان جذب خالص و وزن ویژه برگ گزارش کرده‌اند.

# فصل ۲- مواد و روشها

## ۲-۱- موقعیت جغرافیایی و وضعیت اقلیمی محل اجرای آزمایش

این آزمایش در سال ۱۳۸۵ به منظور بررسی تأثیر تراکم کشت روی رشد و عملکرد ارقام مختلف سیب‌زمینی در منطقه عجبشیر واقع در جنوب غربی استان آذربایجان‌شرقی انجام گرفت. این شهرستان در طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و ارتفاع حدود ۱۲۸۰ متر از سطح دریا واقع شده است. حداکثر دمای مطلق ثبت شده موردی ۴۲ درجه و حداقل دمای مطلق ثبت شده ۱۶- درجه سانتی‌گراد است، میانگین حداکثر دما در تیر ماه ۳۲/۷ و میانگین حداقل دما در دیماه ۶/۲ – درجه سانتی‌گراد می‌باشد. طول دوره یخبندان حداکثر ۱۱۶ روز و حداقل ۳۷ و بطور متوسط ۹۳ روز و میزان بارندگی سالانه ۲۷۳ میلی‌متر می‌باشد. حداکثر رطوبت نسبی در دیماه حدود ۹۱ درصد و حداقل آن در خرداد ماه نزدیک به ۴۳ درصد و میزان تبخیر و تعرق سالانه حدود ۱۲۰۰ میلی‌متر است (بخش آمار و اطلاعات جهاد کشاورزی شهرستان عجبشیر در تماس شخصی).

## ۲- ۲ - مشخصات خاک محل اجرای آزمایش

جهت تجزیه خاک قبل از انجام آزمایش نمونه‌ای از عمق‌های ۰ تا ۲۵ سانتی متر از ۸ نقطه مزرعه تهیه گردید. نوع بافت خاک لوم شنی[1] ، pH آن برابر ۸ و هدایت الکتریکی خاک ۰/۴۸ دسی زیمنس بر متر، میزان کربن آلی خاک ۰/۳۶ درصد، ازت ۰/۰۴ درصد، فسفر ۱۴/۶ و پتاسیم ۲۴۱/۸ ppm بود.

1- Sandy loam

## ۲-۳- نوع آزمایش و عملیات زراعی

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور رقم در چهار سطح شامل کایزر (k)، آگریا (a)، سانته (s) و مارکیز (m) با فاکتور تراکم بوته در سه سطح شامل ۴۱۷۰۰، ۵۰۰۰۰ و ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار، به ترتیب با فاصله دو بوته در روی ردیف ۳۰ (d3)، ۲۵ (d2) و ۲۰ (d1) سانتی‌متر و با فاصله بین ردیف ۸۰ سانتی‌متر تلفیق شدند. هر کرت شامل ۱۰ ردیف کاشت به طول ۳/۱۵ متر بود. خطوط کاشت ۱، ۴، ۶ و ۱۰ به عنوان حاشیه و ردیف‌های ۲، ۳ و ۵ برای نمونه برداری جهت آنالیز رشد و سه ردیف باقی مانده برای برداشت نهایی و برآورد عملکرد غده در واحد سطح در نظر گرفته شد. زمین در سال قبل از آزمایش زیر کشت گندم قرار گرفته بود. عملیات تهیه بستر شامل شخم، در دو مرحله و ایجاد جوی و پشته با گاوآهن در پاییز مطابق معمول منطقه انجام شد.

کاشت غده‌ها در ششم فروردین ماه ۱۳۸۵ با دست صورت گرفت عمق کاشت غده‌ها ۱۰ تا ۱۲ سانتی‌متر انتخاب شد. کود دهی نوزده روز پس از کشت در کنار ردیفهای کاشت و در داخل شیارهایی که به همین منظور در مجاورت کپه‌ها ایجاد شد؛ صورت گرفت و سپس شیارها با خاک پر شدند. کود دهی بر اساس تجزیه خاک و مشاوره با متخصصین حاصلخیزی خاک صورت گرفت. کنترل علفهای هرز قبل از سبز شدن و بعد از آن در چندین مرحله و با وجین دستی انجام گرفت. خاک‌دهی پای بوته حدود ۴۵ روز پس از کاشت انجام شد. سه روز بعد اولین آبیاری انجام و آبیاری‌های بعدی در فاصله هر ۶ الی ۷ روز صورت گرفت.

## ۲-۴- روش نمونه برداری و اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه

برای محاسبه مدت زمان سبز شدن گیاهچه‌ها، اقدام به شمارش روزانه تعداد گیاهچه‌های سبز شده گردید و این عمل از شروع ظهور گیاهچه‌ها در سطح خاک (۲۵ روز پس از کاشت) تا ثابت ماندن تعداد گیاهچه‌های سبز شده انجام شد.

برای محاسبه درجه روزهای رشد، دماسنج ماکزیمم و مینیمم از زمان کاشت تا برداشت نهایی در مزرعه به کار گذاشته شد و دماهای حداقل و حداکثر روزانه ثبت گردید. جهت تعیین سطح برگ

و وزن خشک اندام‌های هوایی و غده‌های حاصله، نمونه‌برداری از ۶۰ تا ۱۰۳ روز پس از کشت از ردیف‌هایی که به همین منظور اختصاص یافته بودند انجام گرفت. نمونه برداری بر اساس روش کار برخی از محققین (خلقانی، ۱۳۷۳؛ قلی‌پور، ۱۳۷۵؛ حمزه‌ئی،۱۳۸۱) به روش تخریبی[1] و در فواصل زمانی متفاوت ۵، ۶ و ۷ روز صورت گرفت. در هر نمونه‌برداری، از هر پلات دو بوته که در شرایط طبیعی رقابت رشد کرده بودند برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه ضمن شمارش تعداد ساقه‌های اصلی (n)، انشعابات فرعی یا ثانویه (n+۱ )، ثالثیه (n+۲) و اندازه‌گیری طول ساقه اصلی، ابتدا پهنک برگ‌های سبز از دمبرگ جدا شده و سطح برگ‌ها (LA) بوسیله دستگاه اندازه-گیری سطح برگ اندازه‌گیری و سپس برگ‌های سبز، برگ‌های زرد و خشک، دمبرگ‌ها، ساقه‌ها و غده‌ها بطور جداگانه در پاکت‌های کاغذی قرار داده و اتیکت گذاری شدند. پاکت‌ها به مدت ۳۶ الی ۷۲ ساعت در آون‌های تهویه‌دار تا ثابت ماندن وزن آنها قرار داده شدند. سپس نمونه‌های خشک شده با ترازوی حساس با دقت یکصدم گرم توزین و وزن خشک برگ‌های سبز، برگ‌های زرد و خشک شده، ساقه‌ها، دمبرگ‌ها و غده‌ها اندازه‌گیری شد.

مطابق با روش کار برخی محققین (اصل گرگانی و دماوندی، ۱۳۸۳) دو روز قبل از برداشت نهایی هشت بوته متوالی از هر پلات برداشت گردید. سپس تعداد ساقه، تعداد و وزن تر غده‌های هر بوته، متوسط وزن هر غده در بوته، تعداد غده در متر مربع و بر اساس روش کار خلفلا (۲۰۰۱) تعداد و وزن تر غده‌های با قطر بزرگتر از ۶۰ میلی‌متر (غده‌های بازارپسند)، کوچکتر یا مساوی ۳۵ میلی‌متر (غیر قابل فروش یا ریز) و همچنین تعداد و وزن غده‌هایی که قطر مساوی یا کوچکتر از ۶۰ و بزرگتر از ۳۵ میلی‌متر داشتند (غده‌هایی که مصرف خانگی دارند یا غده‌های متوسط) در هر بوته و در هر متر مربع محاسبه گردید. از هشت بوته مذکور سه بوته در محاسبه شاخص برداشت نهایی، وزن خشک کل و غده در بوته و درصد ماده خشک غده نیز استفاده گردید.

در برداشت نهایی که ۱۱۸ روز پس از کشت صورت گرفت، جهت تخمین عملکرد غده در واحد سطح، غده‌های واقع در سه ردیف که به همین منظور اختصاص یافته بودند برداشت شدند. در برداشت نهایی نمونه‌هایی از هر پلات جهت تعیین درصد پتاسیم و کلسیم غده‌ها انتخاب شده و به

1- Destructive

آزمایشگاه تخصصی خاک، آب و گیاه دلجوان تبریز انتقال یافتند. برای تعیین درصد پتاسیم و کلسیم غده به ترتیب از روشهای فلیم فتومتری و جذب اتمی استفاده شد.

## ۲-۵- محاسبه درجه روزهای رشد[1] و میانگین مدت سبز کردن

برای محاسبه GDD، از فرمول زیر استفاده شد (رحیم‌زاده خویی، ۱۳۷۳؛ قلی‌پور، ۱۳۷۵؛ حمزه‌ئی، ۱۳۸۱).

$$GDD = [(T_d max + T_d min)/2] - Tb \qquad (۱-۲)$$

در این معادله، $T_d max$ دمای ماکزیمم روزانه، $T_d min$، دمای مینیمم روزانه و $T_b$ دمای پایه (۴ درجه سانتی‌گراد) می‌باشد. مقادیر GDD روزانه، از کاشت تا برداشت محاسبه گردید. برای محاسبه GDD تجمعی برای یک روز بخصوص و مرحله نموی مشخص، مقادیرGDD از کاشت تا آن روز یا مرحله نموی جمع زده شد.

برای محاسبه میانگین مدت سبز کردن گیاهچه‌ها از روش زیر استفاده شد (رحیم‌زاده خویی، ۱۳۷۳ و قلی‌پور، ۱۳۷۵).

$$\overline{D} = \frac{\sum DN}{\sum N} \qquad (۲-۲)$$

D : روزهای پس از سبز کردن

N : تعداد گیاهچه‌های سبز شده

$\overline{D}$: میانگین مدت سبز کردن

## ۲-۶- تجزیه آماری داده‌ها و محاسبه ضرایب همبستگی

تجزیه آماری داده‌ها، براساس آزمایش فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام گردید و از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. تجزیه آماری داده‌ها و محاسبه ضرایب همبستگی به کمک نرم افزار MSTATC و رسم شکل‌ها به کمک نرم افزار Excell صورت گرفت.

1- Growing degree-days (GDD)

## ۲-۷- محاسبه شاخص‌های رشد

برای محاسبه شاخص‌های رشد مقادیر وزن خشک کل (TDW)، وزن خشک غده (TUDW) و سطح برگ (LA) بدست آمده برای هر ترکیب تیماری در هر بار نمونه‌برداری بر حسب واحد سطح زمین (متر مربع) محاسبه شدند. شاخص سطح برگ از تقسیم LA به سطح زمین (هر دو بر حسب متر مربع) که هر بوته در اختیار داشت بدست آمد در مرحله بعد با استفاده از نرم افزار SAS بهترین معادله‌ای که بتواند تغییرات وزن خشک کل، وزن خشک غده و شاخص سطح برگ را بر حسب درجه روزهای رشد (GDD)، بیان کند، با توجه به ضرایب تبیین بالا ($R^2$) و معنی‌دار بودن ضرایب معادله تعریف شد. از بین معادلاتی که مورد آزمون قرار گرفتند معادله‌های زیر به ترتیب برای پیش بینی تغییرات وزن خشک کل (TDW)، وزن خشک غده (TUDW) و شاخص سطح برگ (LAI) نسبت به درجه روزهای رشد مناسب تشخیص داده شد:

$$TDW = aX^3 + bX^2 + cX + d \qquad (۳-۲)$$

$$TUDW = a'X^3 + b'X^2 + c'X + d' \qquad (۴-۲)$$

$$LAI = a''X^2 + b''X + c'' \qquad (۵-۲)$$

در این معادلات TDW، TUDW، LAI به عنوان متغیرهای وابسته و X (درجه روزهای رشد) به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. a، a′، a″ ، b، b′، b″، c، c′، c″، d و d′ ضرایب معادلات مذکور می‌باشند (جداول ۳-۱، ۳-۲ و ۳-۴). سپس شاخص‌های رشد بر اساس روابط زیر برای هر ترکیب تیماری محاسبه و تغییرات آنها در طول فصل رشد رسم و مورد بررسی قرار گرفت:

$$CGR = \frac{d(TDW)}{dx} \qquad (۶-۲)$$

$$RGR = \frac{CGR}{TDW} \qquad (۷-۲)$$

$$NAR = \frac{CGR}{LAI} \qquad (٨-٢)$$

$$TGR = \frac{d(TUDW)}{dx} \qquad (٩-٢)$$

# فصل ۳- نتایج و بحث

## ۳-۱- تجزیه رشد

### ۳-۱-۱- وزن خشک کل (TDW)

وزن خشک کل در طول فصل رشد بصورت تجمعی افزایش می‌یابد و یکی از فاکتورهای مهمی است که در محاسبه مربوط به شاخص‌های رشد گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. تجمع ماده خشک در مراحل اولیه رشد گیاه به دلیل کم بودن سطوح برگی بعنوان سطوح دریافت کننده تشعشع خورشیدی آهسته‌تر است ولی با گسترش سطح برگ، سرعت تجمع ماده خشک نیز افزایش می‌یابد و به حداکثر مقدار خود می‌رسد. در اواخر فصل رشد به دلیل پیری و ریزش برگ‌ها، سرعت تجمع ماده خشک کاهش می‌یابد.

شکل‌های ۳-۱ الی ۳-۱۶ روند تغییرات فصلی وزن خشک کل را در ترکیبات تیماری مختلف بر حسب درجه روزهای رشد نشان می‌دهند. چنانکه مشاهده می‌شود تغییرات وزن خشک کل گیاه شامل اندام‌های هوایی و غده‌ها روندی سیگموئیدی داشته و از معادله درجه سوم پیروی می‌کنند. ضرایب معادله چند جمله‌ای تغییرات وزن خشک کل در جدول ۳-۱ آمده است. با توجه به شکل-های ۳-۱ الی ۳-۱۶ و مقادیر وزن خشک کل در مرحله اول نمونه برداری مشخص است که ترکیب تیماری رقم سانته - تراکم ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار در مراحل اولیه رشد نسبت به ترکیبات تیماری دیگر از وزن خشک کل بیشتری در واحد سطح برخوردار می‌باشد و در این مرحله ترکیبات تیماری آگریا – تراکم ۶۲۵۰۰، سانته – تراکم ۶۲۵۰۰، مارکیز – تراکم ۶۲۵۰۰، مارکیز – تراکم ۵۰۰۰۰، کایزر – تراکم ۶۲۵۰۰، آگریا – تراکم ۵۰۰۰۰، مارکیز – تراکم ۴۱۷۰۰، کایزر – تراکم ۵۰۰۰۰، آگریا – تراکم ۴۱۷۰۰، سانته – تراکم ۴۱۷۰۰ و کایزر – تراکم ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار به ترتیب ۲٪، ۱۴٪، ۱۸/۷٪، ۲۵/۹٪، ۲۷/۷٪، ۲۸٪، ۳۲٪، ۴۵٪، ۵۵٪، ۵۶٪ و ۵۹٪ وزن خشک کمتری در

واحد سطح نسبت به رقم سانته در تراکم ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار (d2s) دارند. به نظر می‌رسد در مراحل اولیه فصل رشد میزان تجمع ماده خشک در همه ارقام به جز در رقم سانته، در تراکم‌های بالا بیشتر از تراکم‌های پایین می‌باشد.

بررسی روند تغییرات فصلی وزن خشک کل همچنین نشان می‌دهد که در اواخر فصل رشد ترکیب تیماری مارکیز – تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار، بیشترین وزن خشک کل را در واحد سطح داشته است و ترکیب تیماری سانته – تراکم ۵۰۰۰۰ مارکیز – تراکم ۵۰۰۰۰، سانته – تراکم ۶۲۵۰۰، مارکیز – تراکم ۴۱۷۰۰، کایزر – تراکم ۵۰۰۰۰، کایزر – تراکم ۶۲۵۰۰، سانته – تراکم ۴۱۷۰۰، کایزر – تراکم ۴۱۷۰۰، آگریا – تراکم ۴۱۷۰۰، آگریا – تراکم ۶۲۵۰۰ و آگریا – تراکم ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار، به ترتیب ۱/۴٪، ۵/۵٪، ۷٪، ۱۶٪، ۱۸/۵٪، ۲۰/۸٪، ۲۳/۹٪، ۲۷٪، ۲۷/۴٪ ۳۲/۶٪ و ۳۳٪ کمتر از ترکیب تیماری مارکیز – تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار (d1m)، عملکرد کل داشتند. با توجه به توضیحات بالا مشخص است که سه ترکیب تیماری سانته – تراکم ۵۰۰۰۰، سانته – تراکم ۶۲۵۰۰ و مارکیز – تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار که در اوایل فصل، وزن خشک بیشتری داشتند در اواخر فصل نیز از این برتری برخوردار می‌باشند. همچنین به نظر می‌رسد رقم آگریا در مقایسه با بقیه ارقام در هر سه تراکم عملکرد کل پایین‌تری داشته است..

با توجه به منحنی‌های تغییرات وزن خشک کل همه ترکیبات تیماری، یک سیر نزولی در وزن خشک کل در نمونه‌برداری آخر نسبت به نمونه‌برداری ما قبل دیده می‌شود که این کاهش می‌تواند بعلت ریزش برگ‌ها در اواخر فصل رشد و تنفس یا رشد ثانویه غده‌ها باشد. میزان این کاهش در رقم آگریا در تراکم ۶۲۵۰۰ بوته (d1a)، ۱۵ و در تراکم ۵۰۰۰۰ بوته (d2a) ۱۲ درصد و در رقم کایزر در تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار (d1k)، ۹ درصد بود که نسبت به میزان کاهش ترکیبات تیماری دیگر مقادیر قابل ملاحظه‌ای می‌باشند. این بدین معنی است که زوال، پیری و ریزش برگ-ها و یا افت وزن خشک غده بعلت تنفس و رشد ثانویه یا هر دو، در سه ترکیب تیماری d1a، d2a و d1k بیشتر بوده است.

نتایج حاصله در مرحله برداشت نهایی نشان می‌دهد که اثر رقم و تراکم و اثر متقابل رقم در تراکم بر تولید وزن خشک کل در بوته و در متر مربع در سطح احتمال کمتر از ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳-۵). ترکیب تیماری d1m (رقم مارکیز در فاصله کشت ۲۰ سانتی‌متر یا به بیان

دیگر، تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار) با میانگین وزن خشک کل ۱۱۷۵/۱۲ گرم در متر مربع بیشترین و ترکیبات تیماری d1a و d2a (رقم آگریا در فاصله کشت ۲۰ و ۲۵ سانتی‌متر) به ترتیب با میانگین ۸۰۷/۲۵ و ۷۹۸/۹۱ کمترین مقدار وزن خشک کل را در واحد سطح دارا بودند (جدول ۳-۸). مقایسه میانگین وزن خشک کل تک بوته در ترکیبات تیماری مختلف نیز نشان داد که وزن خشک کل تک بوته در ترکیب تیماری d3m، ۲۴۵/۸ گرم می‌باشد و این مقدار بطور معنی‌داری بیشتر از ترکیبات تیماری دیگر بوده و کمترین وزن خشک کل تک بوته مربوط به ترکیب تیماری آگریا - تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار یا d1a (۱۲۹/۱۶ گرم) می‌باشد. همچنین از این مقایسه چنین استنباط می‌شود که در همه ارقام به غیر از رقم سانته با کاهش تراکم وزن خشک کل تک بوته افزایش می‌یابد در مورد رقم سانته کاهش تراکم از ۶۲۵۰۰ به ۵۰۰۰۰ بوته منجر به افزایش و از ۵۰۰۰۰ بوته به ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار باعث کاهش وزن خشک کل تک بوته می‌شود ولی این کاهش به اندازه‌ای نیست که از وزن خشک کل تک بوته مربوط به تراکم ۶۲۵۰۰ پایین‌تر باشد (جدول۳-۸). پایین بودن وزن خشک کل تک بوته در تراکم‌های بالا به علت وجود رقابت بین بوته-ها می‌باشد. صادق‌زاده حمایتی و همکاران (۱۳۸۰) نشان دادند که با افزایش تراکم، وزن خشک کل در هر بوته کاهش می‌یابد. مطالعات برخی دانشمندان حاکی از آن است که نیتروژن و تراکم بوته در هکتار تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر تجمع ماده خشک در گیاه سیب‌زمینی دارند (لینچ و روبری، ۱۹۷۷ ؛ وئور، ۱۹۷۴؛ روبرتز و همکاران، ۱۹۸۲). اریتانی و همکاران (۱۹۷۲)، رکس و همکاران (۱۹۸۷) نیز گزارش کردند که افزایش تراکم منجر به افزایش عملکرد کل در گیاه سیب‌زمینی می‌شود. به اعتقاد رکس و همکاران (۱۹۸۷)، افزایش عملکرد کل به علت افزایش تراکم با تولید بیشتر غده در واحد سطح ارتباط دارد.

در این مطالعه وزن خشک کل تک بوته با وزن تر غده در بوته و درصد ماده خشک غده همبستگی مثبت و با شاخص برداشت و عملکرد غده‌های بازارپسند در واحد سطح همبستگی منفی معنی‌داری نشان داد (جدول ۳-۹).

### ۳-۱-۲- وزن خشک غده (TUDW)

وزن خشک غده در سیب‌زمینی عبارت از آن مقدار مواد فتوسنتزی است که به غده‌ها اختصاص یافته است، افزایش وزن خشک غده در سیب‌زمینی در طول فصل رشد نیز از یک منحنی سیگموئیدی پیروی می‌کند (اوجالا و همکاران، ۱۹۹۰ ؛ مک کلوم، ۱۹۷۸). وزن خشک غده یکی از عوامل مهم در محاسبه شاخص‌های رشد گیاه سیب‌زمینی می‌باشد. نتایج تحقیقات نشان داده که تراکم بوته تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر چگونگی تخصیص مواد فتوسنتزی به غده‌های سیب‌زمینی دارد (لینچ و روبری، ۱۹۷۷؛ وئور، ۱۹۷۴).

در این مطالعه تغییرات وزن خشک غده‌ها برحسب درجه روزهای رشد در طول فصل رشد روند سیگموئیدی داشت (شکلهای ۳-۱ الی ۳-۱۶). چنین روندی توسط محققین دیگری نیز برای سیب‌زمینی گزارش شده است (خلقانی، ۱۳۷۳؛ قلی‌پور، ۱۳۷۵؛ حمزه‌ئی، ۱۳۸۱). ضرایب معادلات مربوط به تجمع وزن خشک غده در طول فصل رشد در جدول ۳-۲ نشان داده شده است. با توجه به منحنی‌های تغییرات وزن خشک غده، در مراحل اول رشد، مشخص می‌شود که در این مرحله وزن خشک غده در ترکیب تیماری رقم سانته – تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار (d1s)، ۹۶/۴۸ گرم در متر مربع بوده که این مقدار، از وزن خشک غده مربوط به ترکیب تیماری سانته – تراکم ۵۰۰۰۰، مارکیز – تراکم ۶۲۵۰۰، آگریا – تراکم ۶۲۵۰۰ و مارکیز – تراکم ۴۱۷۰۰، آگریا – تراکم ۵۰۰۰۰، مارکیز – تراکم ۵۰۰۰۰، کایزر – تراکم ۶۲۵۰۰، سانته – تراکم ۴۱۷۰۰، کایزر – تراکم ۴۱۷۰۰ وآگریا – تراکم ۴۱۷۰۰ و در نهایت کایزر – تراکم ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار به ترتیب، ۱۳/۷٪، ۴۷/۶٪، ۶۴٪، ۶۵٪، ۸۱٪، ۸۹٪، ۹۴/۴٪، ۹۸٪ و ۱۰۰٪ بیشتر است (درصد مربوط به ترکیب تیماری آگریا – تراکم ۶۲۵۰۰ با مارکیز – تراکم ۴۱۷۰۰ و همچنین کایزر – تراکم ۴۱۷۰۰ با آگریا – تراکم ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار در این مورد برابر می‌باشد). با توجه به این مقایسه می‌توان گفت که در تمام ارقام مورد مطالعه در مراحل اول رشد، وزن خشک غده در واحد سطح در تراکم ۶۲۵۰۰ بوته بیشتر از دو تراکم دیگر می‌باشد به عبارت دیگر شروع رشد غده در تراکم بالا زودتر از تراکم‌های پایین صورت می‌گیرد. گزارش‌هایی مبنی بر اینکه در تراکم زیاد بوته، رشد زود هنگام

غده تحریک می‌شود و محصول نیز زودرس‌تر می‌گردد منتشر شده است (رضایی و سلطانی، ۱۳۷۵). این امر می‌تواند به داشتن انشعابات جانبی کم و تجمع کمتر نیتروژن در هر ساقه، نسبت داده شود.

بر اساس نتایج مربوط به زمان شروع غده‌دهی نیز مشخص شد که رقم کایزر در حدود ۷۷۰ الی ۸۰۰، آگریا ۷۵۰ الی ۸۰۰، سانته ۷۰۰ الی ۷۷۰ و رقم مارکیز در ۷۳۰ الی ۷۶۰ درجه روز رشد (GDD) شروع به غده‌دهی کرده‌اند (جدول ۳-۳). بطور متوسط رقم کایزر در ۷۹۰، آگریا در ۷۶۶/۷، سانته در ۷۲۳/۳۳ و مارکیز در ۷۴۶/۶۶ درجه روز رشد شروع به غده‌دهی نموده‌اند.

در اواخر فصل رشد در همه ترکیبات تیماری کاهشی در وزن خشک غده مشاهده گردید که مقدار این کاهش در ترکیبات تیماری رقم کایزر – تراکم ۶۲۵۰۰، کایزر- تراکم ۵۰۰۰۰ و کایزر – تراکم ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار به ترتیب ۴/۴، ۳ و ۱/۵ درصد، در ترکیبات تیماری رقم آگریا – تراکم۶۲۵۰۰، آگریا – تراکم ۵۰۰۰۰ و آگریا – تراکم ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار به ترتیب ۹، ۷ و ۳/۶ درصد، در ترکیبات تیماری رقم سانته – تراکم ۶۲۵۰۰، سانته – تراکم۵۰۰۰۰ و سانته – تراکم ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار به ترتیب ۴/۶، ۱/۶ و ۱/۵ درصد و در نهایت در ترکیبات تیماری رقم مارکیز – تراکم ۶۲۵۰۰، مارکیز – تراکم ۵۰۰۰۰ و مارکیز – تراکم ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار به ترتیب ۰/۱، ۴/۶ و ۲/۲ درصد بوده است. به نظر می‌رسد در همه ارقام به غیر از مارکیز کاهش وزن خشک غده در آخر فصل در تراکم‌های بالا بیشتر از تراکم‌های پایین بود یعنی گیاه زودتر به مرحله رسیدگی - رسید. و همینطور می‌توان گفت که درصد کاهش وزن خشک غده در رقم آگریا در دو تراکم ۶۲۵۰۰ و ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار بیشتر از ترکیبات تیماری دیگر است و لذا با توجه به توضیحات قبلی مربوط به وزن خشک کل می‌توان چنین استنباط کرد که نقش تنفس و رشد ثانویه غده در کاهش وزن خشک کل در دو تیمار d1a و d2a بیشتر بوده است بطوریکه از ۱۵ و ۱۲ درصد کاهشی که به ترتیب در ترکیبات تیماری d1a و d2a در وزن خشک کل دیده شد به ترتیب ۹ و ۷ درصد مربوط به تنفس و رشد ثانویه غده و بقیه به ریزش برگ‌ها مربوط می‌شود لازم به توضیح است که در اثر رشد ثانویه ممکن است غده‌های ریزی ایجاد شوند که در موقع برداشت در خاک مدفون شده و احتمالاً برداشت نشوند و یا در اثر رشد ثانویه غده‌های نیش زده‌ای ایجاد شوند که در برداشت این نیش‌ها ریزش کرده و در محاسبه وزن خشک غده وارد نشوند (رضایی و سلطانی،

۱۳۷۵). از مطالعه نمودارهای مربوط به وزن خشک غده چنین بر می‌آید که ترکیب تیماری رقم سانته – تراکم ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار در مراحل آخر فصل رشد با داشتن ۸۵۴ گرم، وزن خشک غده بیشتری نسبت به ترکیبات تیماری دیگر در واحد سطح داشته است که این مقدار، از وزن خشک غده ترکیبات تیماری رقم کایزر – تراکم ۶۲۵۰۰، سانته – تراکم ۶۲۵۰۰، مارکیز – تراکم ۴۱۷۰۰، مارکیز – تراکم ۵۰۰۰۰، مارکیز – تراکم ۶۲۵۰۰، آگریا – تراکم ۶۲۵۰۰، سانته – تراکم ۴۱۷۰۰، آگریا – تراکم ۵۰۰۰۰ و آگریا – تراکم ۴۱۷۰۰ و کایزر – تراکم ۵۰۰۰۰ و در نهایت کایزر – تراکم ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار به ترتیب ۹/۳٪، ۹/۹٪، ۱۳/۸٪، ۱۵٪، ۱۶٪، ۱۹/۹٪، ۲۱٪، ۲۶٪ و ۳۷٪ بیشتر بود (لازم به ذکر است درصد مربوط به رقم آگریا – تراکم ۵۰۰۰۰ و آگریا – تراکم ۴۱۷۰۰ و کایزر – تراکم ۵۰۰۰۰ در این مورد با هم برابر می‌باشند). بنابراین در رقم کایزر با افزایش تراکم وزن خشک غده در واحد سطح نیز افزایش یافته است این افزایش از پایین‌ترین تا بالاترین سطح تراکم، حدود ۲۸ درصد بوده است. در رقم آگریا با افزایش تراکم از ۴۱۷۰۰ بوته به ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار وزن خشک غده در متر مربع ثابت ولی با افزایش تراکم تا ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار حدود ۶ درصد افزایش یافته است. در رقم سانته با افزایش تراکم از ۴۱۷۰۰ بوته به ۵۰۰۰۰ بوته، ۲۱ درصد بر وزن خشک غده در واحد سطح افزوده شده و با افزایش تراکم از ۵۰۰۰۰ تا ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار حدود ۱۰ درصد وزن خشک غده کاهش یافته است. در رقم مارکیز با افزایش تراکم وزن خشک غده در واحد سطح کاهش نشان داده است. این کاهش از تراکم ۴۱۷۰۰ بوته به ۵۰۰۰۰ بوته حدود ۱/۲ درصد و از تراکم ۵۰۰۰۰ بوته به ۶۲۵۰۰ بوته، ۱ درصد بود. بنابراین با تغییر تراکم، واکنش دو رقم کایزر و سانته در تولید وزن خشک غده در واحد سطح، شدیدتر از ارقام دیگر بوده است (نتایج مربوط به مقایسه میانگین وزن خشک غده‌ها در بخش‌های بعدی آورده شده است). بطور کلی می‌توان گفت که ترکیبات تیماری که در مراحل اول رشد از وزن خشک غده بیشتری در واحد سطح برخوردار بودند یا به عبارت دیگر شروع غده‌دهی زودتری داشتند ممکن است در انتهای فصل وزن خشک غده در آنها بیشتر نباشند چرا که احتمال دارد سرعت و مدت زمان رشد غده، و میزان تخصیص مواد فتوسنتزی برای غده در آنها متفاوت باشد و همچنین می‌شود چنین استنباط نمود که پاسخ ارقام مختلف به سطوح متفاوت تراکم در ارتباط با تولید وزن خشک غده در واحد سطح یکسان نمی‌باشد. مطالعات وئور و آلن (۱۹۷۴)، وئور و

همکاران (۱۹۹۲)، وئور و همکاران (۱۹۹۰)، صادق‌زاده حمایتی و همکاران (۱۳۸۰) نشان داده که واکنش ارقام مختلف سیب‌زمینی به شرایط محیطی از جمله تراکم یکسان نمی‌باشد.

جدول ۳-۱- ضرایب معادله چند جمله‌ای تغییرات وزن خشک کل (TDW) نسبت به درجه روزهای رشد (X) همراه با ضرایب تشخیص ($R^2$) در ترکیبات تیماری مختلف

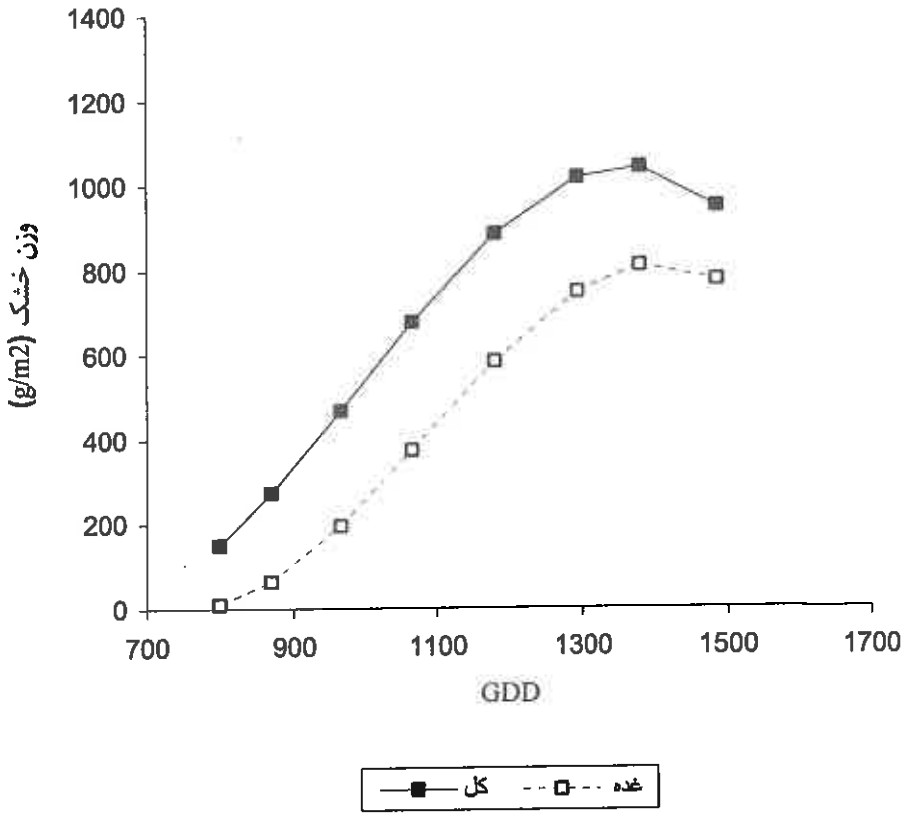
| رقم | فاصله دو بوته در روی ردیف (cm) | تراکم (بوته در هکتار) | $a$ | $b$ | $c$ | $d$ | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کایزر | ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۵ | ۰/۰۱۴۸ | -۱۲/۴۸۶ | ۳۲۲۷/۴ | ۰/۹۹ |
| | ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۴ | ۰/۰۱۲۲ | -۱۰/۴۸۶ | ۲۷۴۳/۲ | ۰/۹۹ |
| | ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۵ | ۰/۰۱۵۵ | -۱۴/۱۰۴ | ۴۰۰۸/۳ | ۰/۹۸ |
| آگریا | ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۶ | ۰/۰۱۸۲ | -۱۶/۵۰۴ | ۴۸۳۱/۱ | ۰/۹۷ |
| | ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۶ | ۰/۰۱۸۶ | -۱۷/۳۵۱ | ۵۱۹۸/۸ | ۰/۹۹ |
| | ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۵ | ۰/۰۱۶۱ | -۱۵/۴۸۹ | ۴۷۴۰/۵ | ۰/۹۹ |
| سانته | ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۵ | ۰/۰۱۵۴ | -۱۳/۶۶۱ | ۳۸۱۱/۲ | ۰/۹۹ |
| | ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۵ | ۰/۰۱۴۹ | -۱۲/۴۶ | ۳۲۰۰/۴ | ۰/۹۹ |
| | ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۵ | ۰/۰۱۶ | -۱۵/۱۹۶ | ۴۵۶۸/۴ | ۰/۹۹ |
| مارکیز | ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۶ | ۰/۰۱۸۷ | -۱۷/۰۲۸ | ۴۸۹۵/۹ | ۰/۹۷ |
| | ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۶ | ۰/۰۱۸۶ | -۱۶/۸۷۴ | ۴۸۲۱/۶ | ۰/۹۶ |
| | ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۶ | ۰/۰۱۸۵ | -۱۶/۸۱۲ | ۴۸۲۳/۳ | ۰/۹۸ |

جدول ۳-۲- ضرایب معادله چند جمله‌ای تغییرات وزن خشک غده (TUDW) نسبت به درجه روزهای رشد (X) همراه با ضرایب تشخیص ($R^2$) در ترکیبات تیماری مختلف

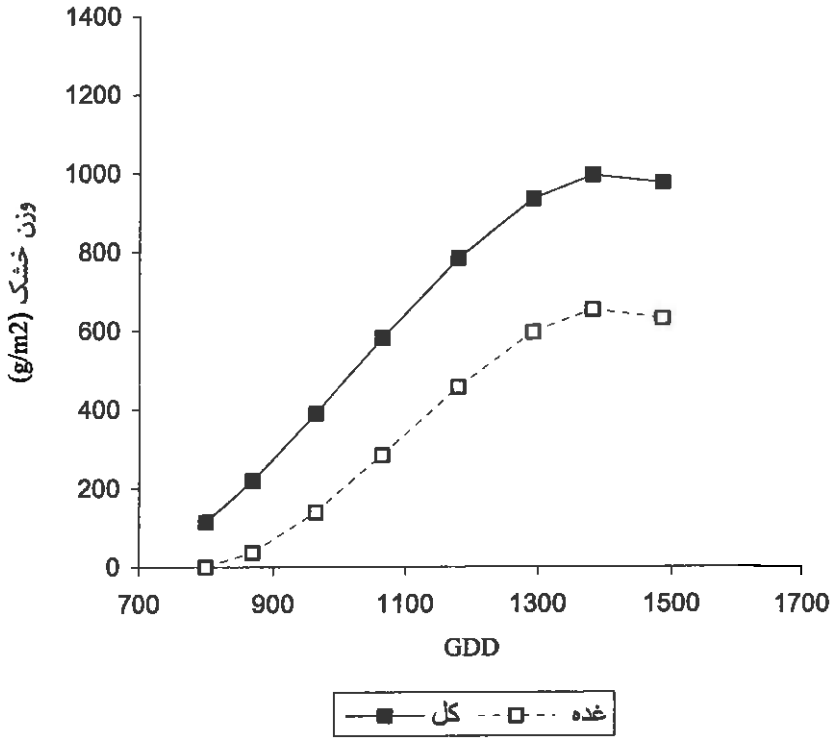
| رقم | فاصله دو بوته در روی ردیف (cm) | تراکم (بوته در هکتار) | $a'$ | $b'$ | $c'$ | $d'$ | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کایزر | ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۶ | ۰/۰۱۹۵ | -۱۹/۲۴۱ | ۵۹۹۵/۲ | ۰/۹۸ |
| | ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۵ | ۰/۰۱۶۴ | -۱۶/۳۸۵ | ۵۱۷۲ | ۰/۹۷ |
| | ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۴ | ۰/۰۱۳۲ | -۱۳/۲۵۱ | ۴۲۰۳/۱ | ۰/۹۸ |
| آگریا | ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۵ | ۰/۰۱۵۶ | -۱۴/۵۳۱ | ۴۲۳۵/۹ | ۰/۹۷ |
| | ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۴ | ۰/۰۱۲۴ | -۱۱/۳۲۷ | ۳۲۰۷/۳ | ۰/۹۷ |
| | ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۵ | ۰/۰۱۶۴ | -۱۶/۳۸۴ | ۵۱۷۳/۵ | ۰/۹۷ |
| سانته | ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۳ | ۰/۰۰۸۷ | -۶/۷۹۶۴ | ۱۵۰۱/۶ | ۰/۹۶ |
| | ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۴ | ۰/۰۱۲۵ | -۱۱/۳۰۳ | ۳۱۷۳/۷ | ۰/۹۸ |
| | ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۵ | ۰/۰۱۶۵ | -۱۶/۵۶۴ | ۵۲۵۶/۶ | ۰/۹۶ |
| مارکیز | ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۴ | ۰/۰۱۳ | -۱۲/۶۰۶ | ۳۸۶۳/۳ | ۰/۹۸ |
| | ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۵ | ۰/۰۱۶ | -۱۵/۳۶۴ | ۴۶۲۹/۲ | ۰/۹۶ |
| | ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۵ | ۰/۰۱۶۳ | -۱۶/۰۵۵ | ۵۰۰۶/۷ | ۰/۹۸ |

جدول ۳-۳- GDD تا شروع غده‌دهی در ترکیبات تیماری مختلف

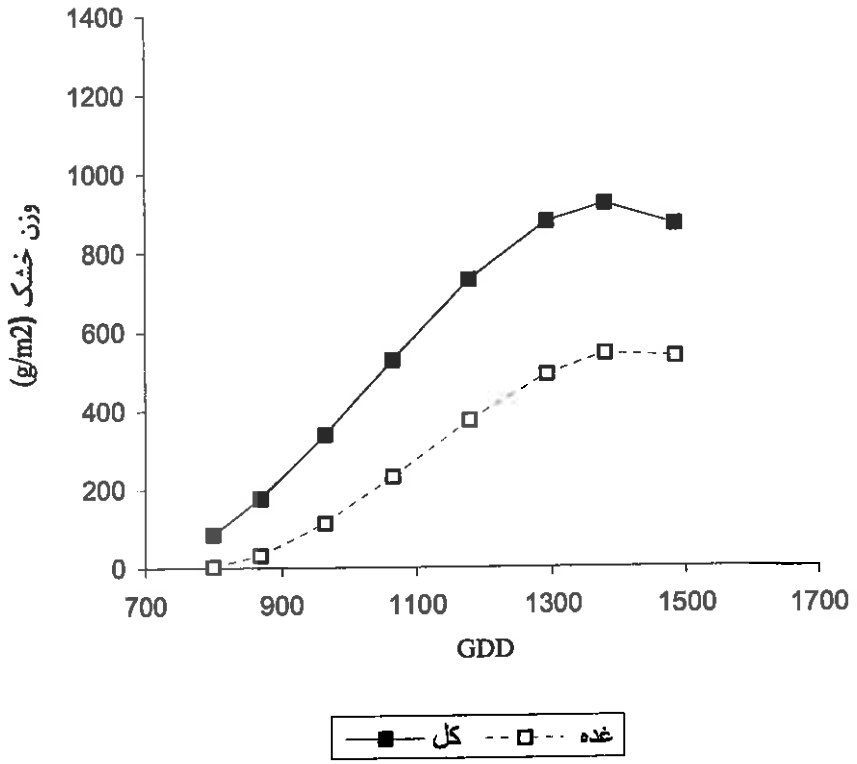
| رقم | فاصله دو بوته در روی ردیف (cm) | تراکم (بوته در هکتار) | GDD تا شروع غده‌دهی |
|---|---|---|---|
| کایزر | ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | ۷۷۰ |
| | ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | ۸۰۰ |
| | ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | ۸۰۰ |
| آگریا | ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | ۷۵۰ |
| | ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | ۷۵۰ |
| | ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | ۸۰۰ |
| سانته | ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | ۷۰۰ |
| | ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | ۷۰۰ |
| | ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | ۷۷۰ |
| مارکیز | ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | ۷۳۰ |
| | ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | ۷۶۰ |
| | ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | ۷۵۰ |



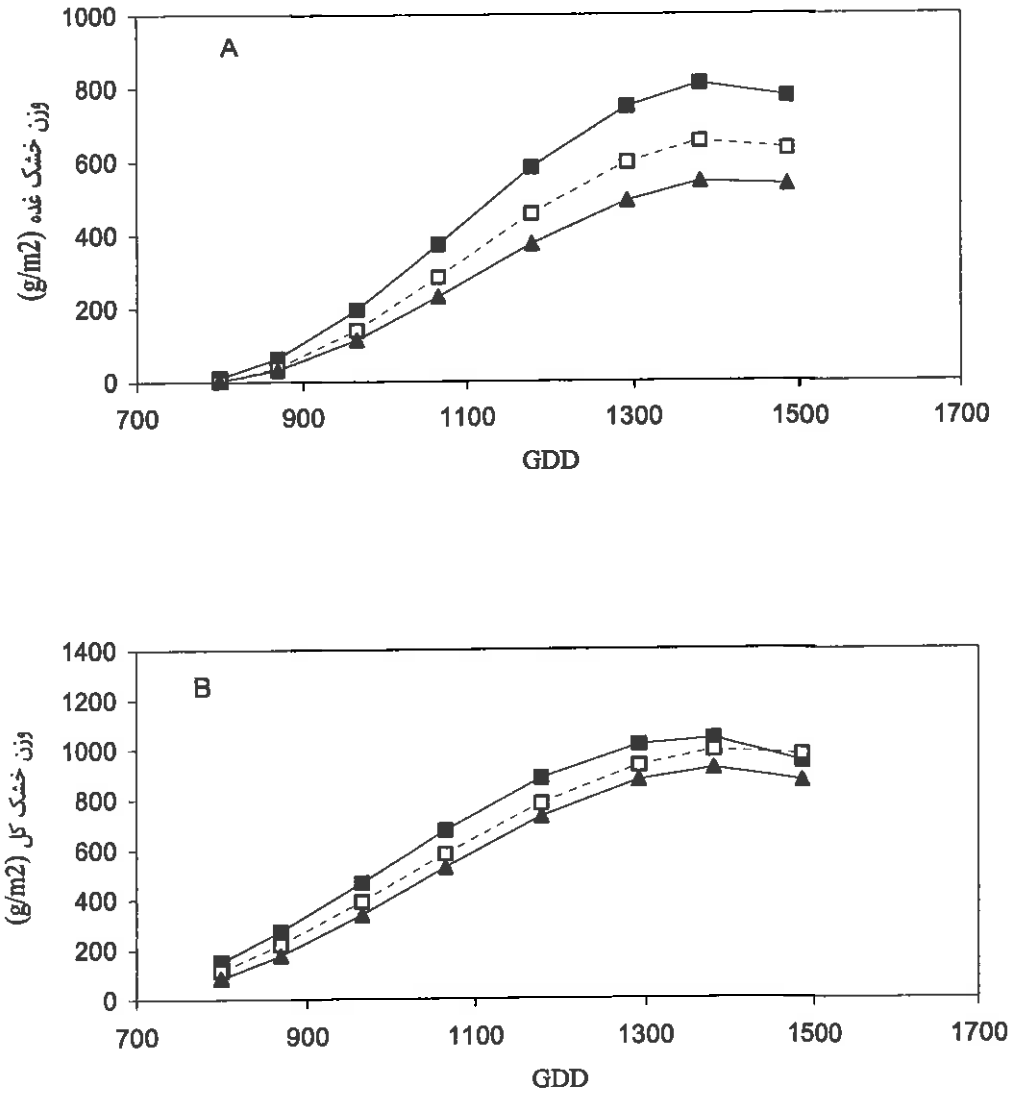

شکل ۳-۱- روند تغییرات وزن خشک کل و غده رقم کایزر در تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)



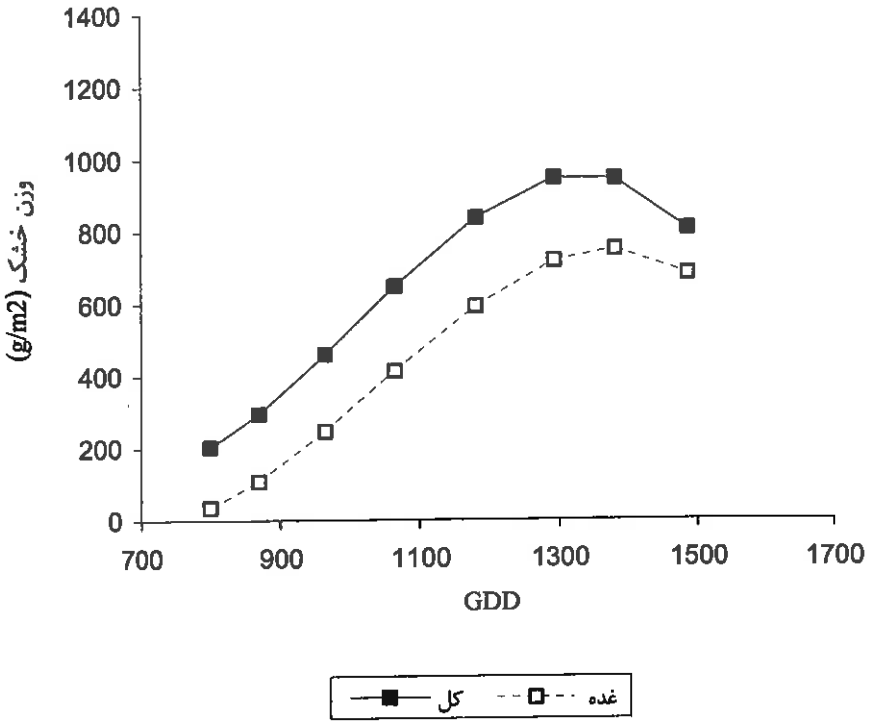

شکل ۳-۲- روند تغییرات وزن خشک کل و غده رقم کایزر در تراکم ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)



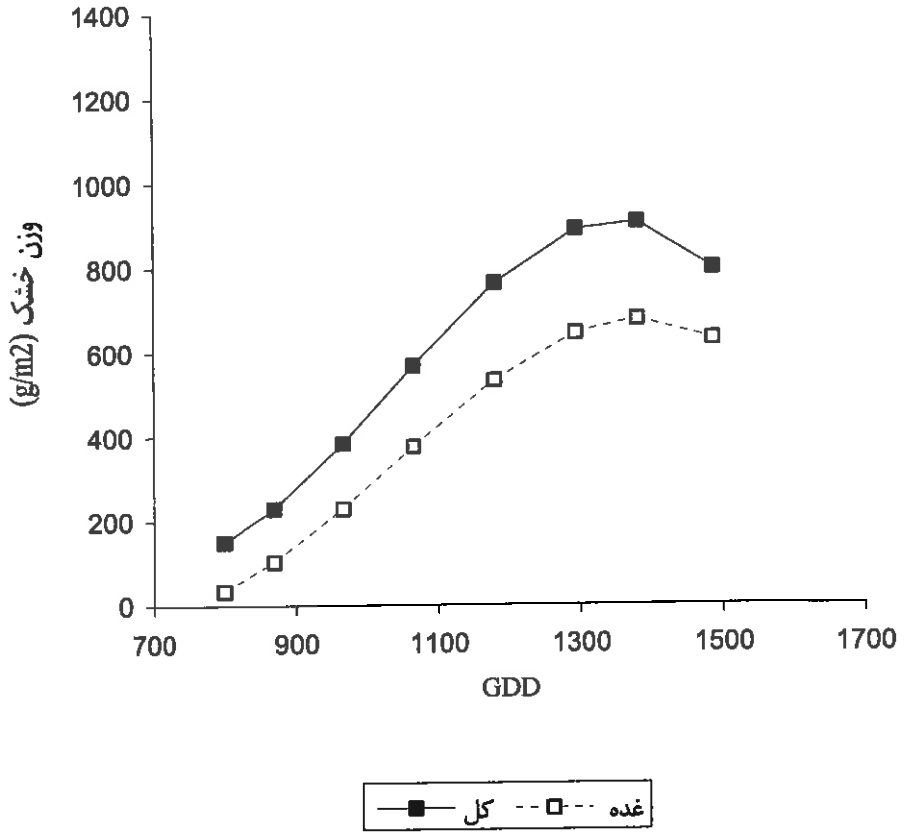

شکل ۳-۳- روند تغییرات وزن خشک کل و غده رقم کایزر در تراکم ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)



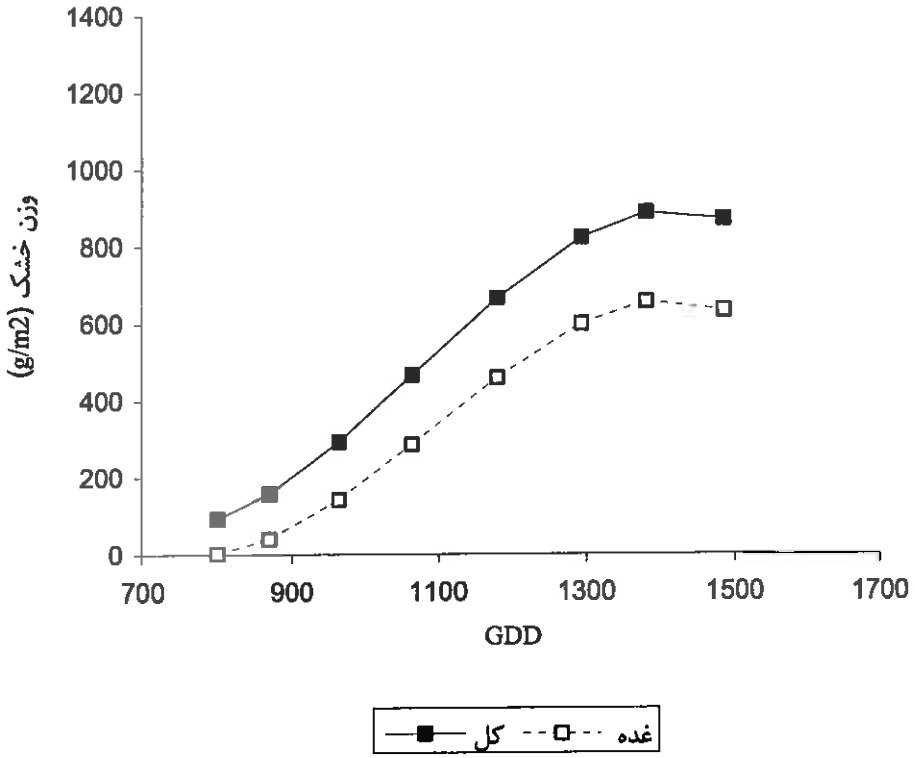

شکل ۳-۴- روند تغییرات وزن خشک غده (A) و کل (B) رقم کایزر (k) در سه تراکم ۶۲۵۰۰ (d1)، ۵۰۰۰۰ (d2) و ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار بر حسب درجه روزهای رشد (GDD)



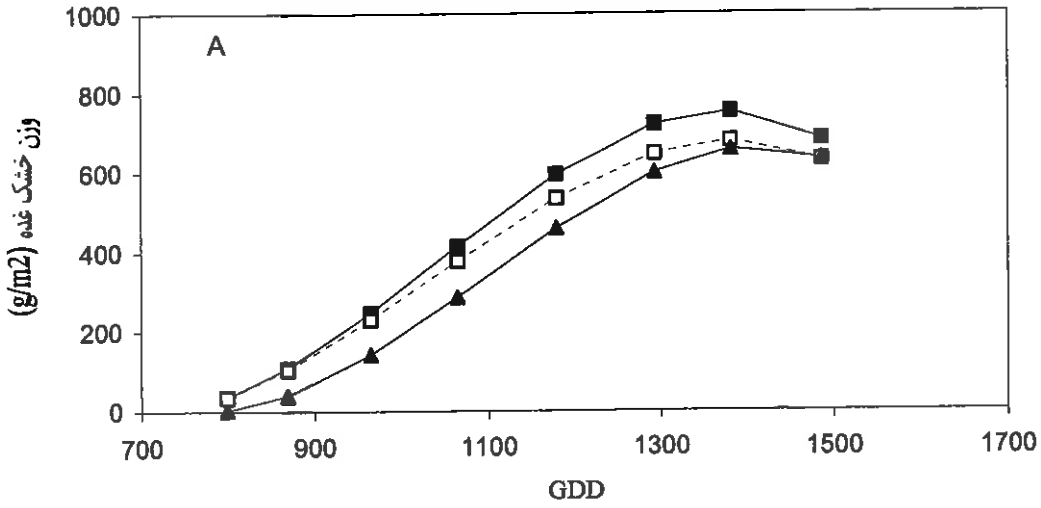

شکل ۳-۵- روند تغییرات وزن خشک کل و غده رقم آگریا در تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)

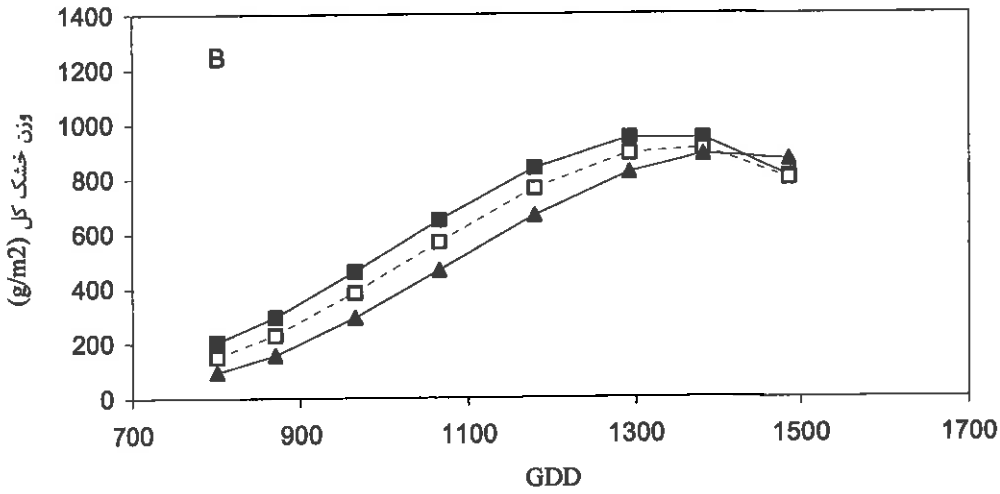


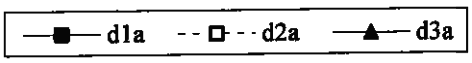

شکل ۳-۶- روند تغییرات وزن خشک کل و غده رقم آگریا در تراکم ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)



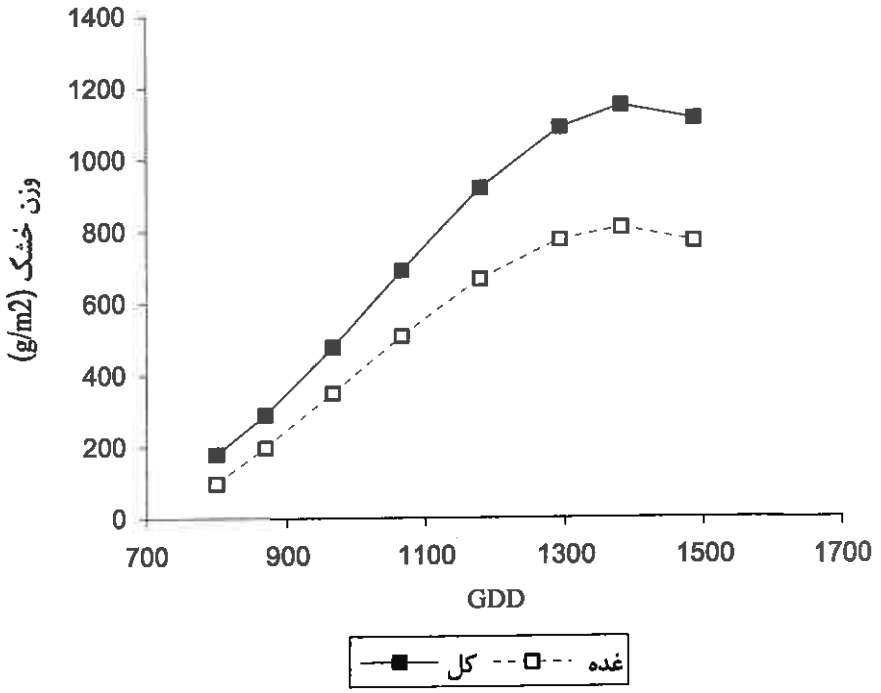

شکل ۳-۷- روند تغییرات وزن خشک کل و غده رقم آگریا در تراکم ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)



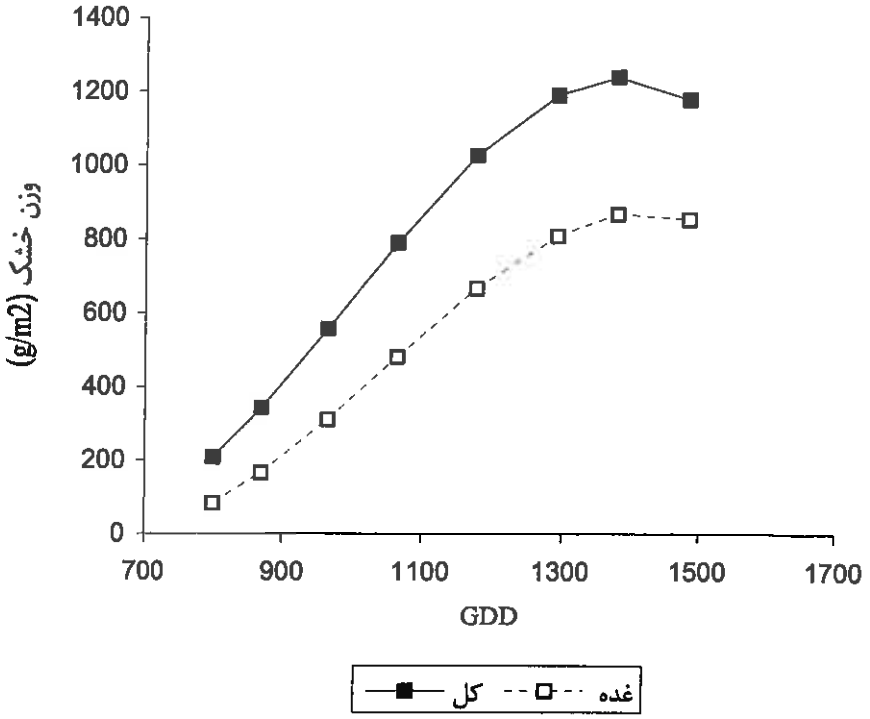



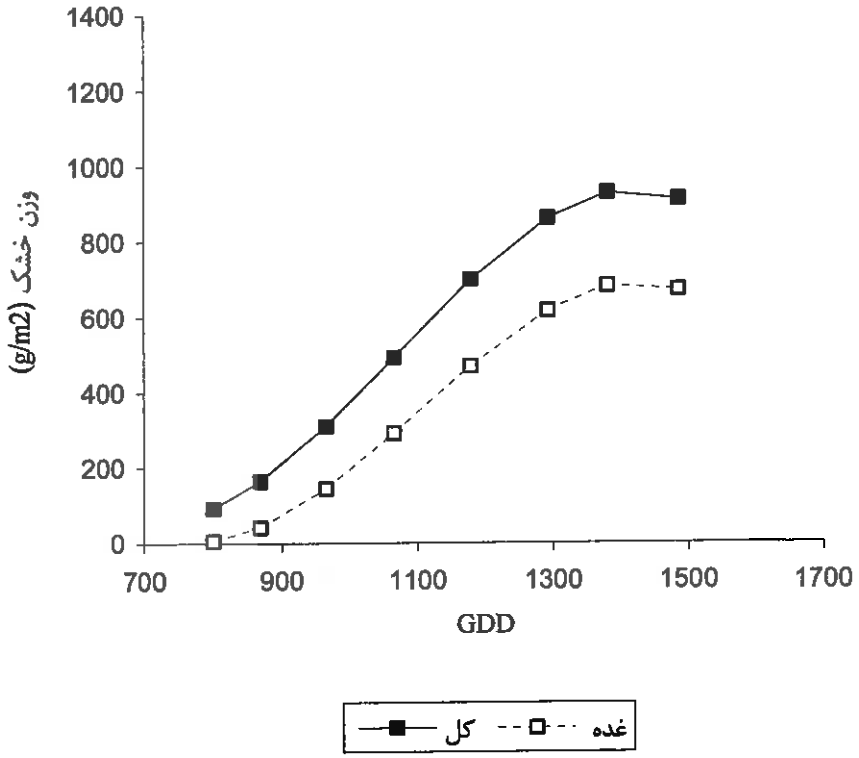

شکل ۳-۸- روند تغییرات وزن خشک غده (A) و کل (B) رقم آگریا (a) در سه تراکم ۶۲۵۰۰ (d1)، ۵۰۰۰۰ (d2) و ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار بر حسب درجه روزهای رشد (GDD)



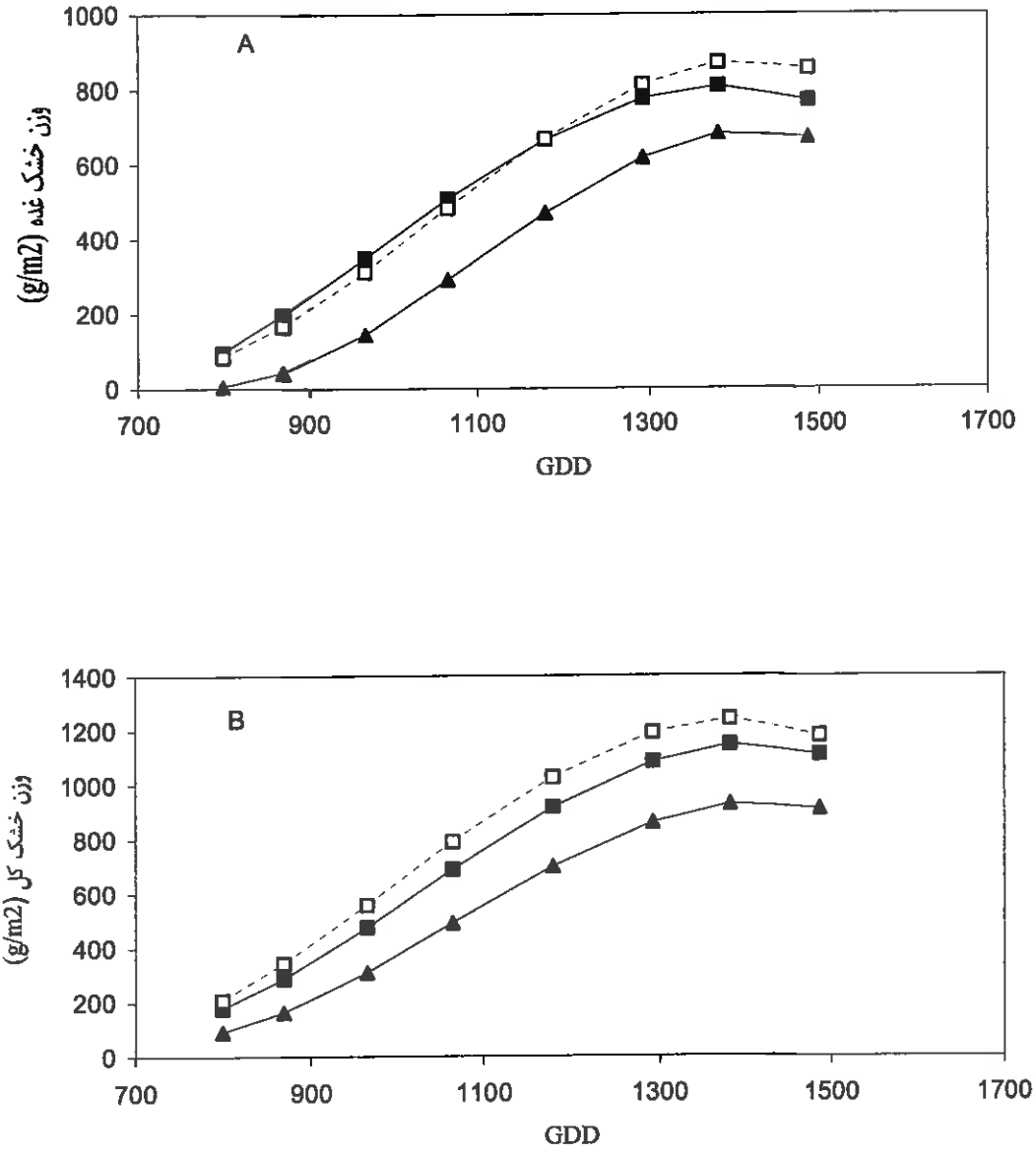

شکل ۳-۹- روند تغییرات وزن خشک کل و غده رقم سانته در تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار
برحسب درجه روزهای رشد (GDD)



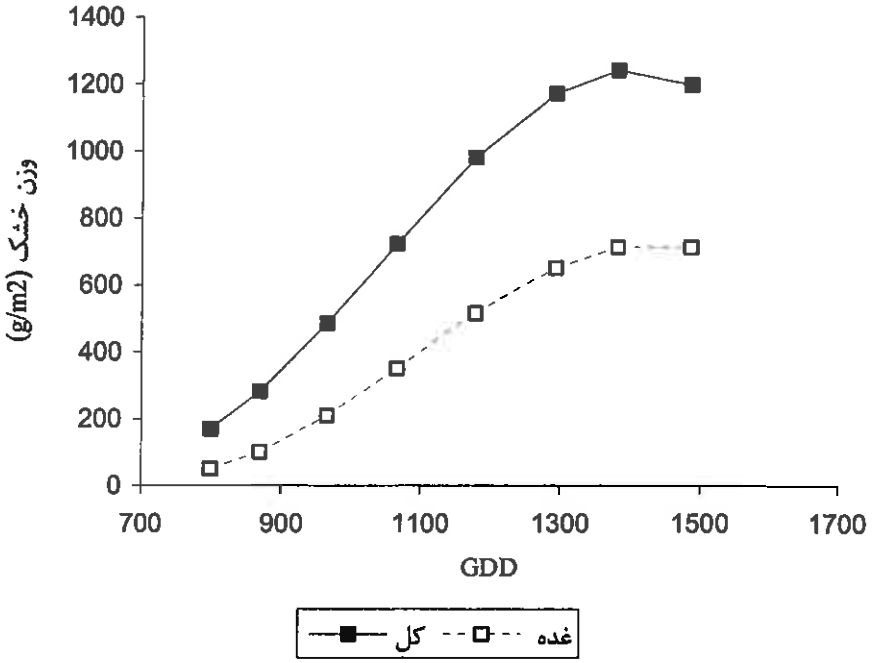

شکل ۳-۱۰- روند تغییرات وزن خشک کل و غده رقم سانته در تراکم ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)



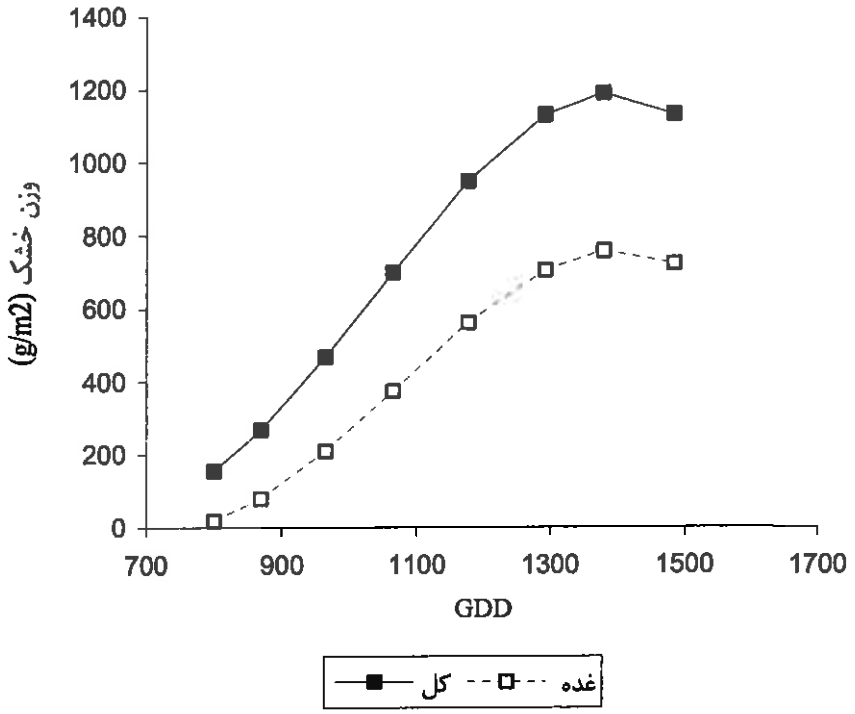

شکل ۳-۱۱- روند تغییرات وزن خشک کل و غده رقم سانته در تراکم ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)



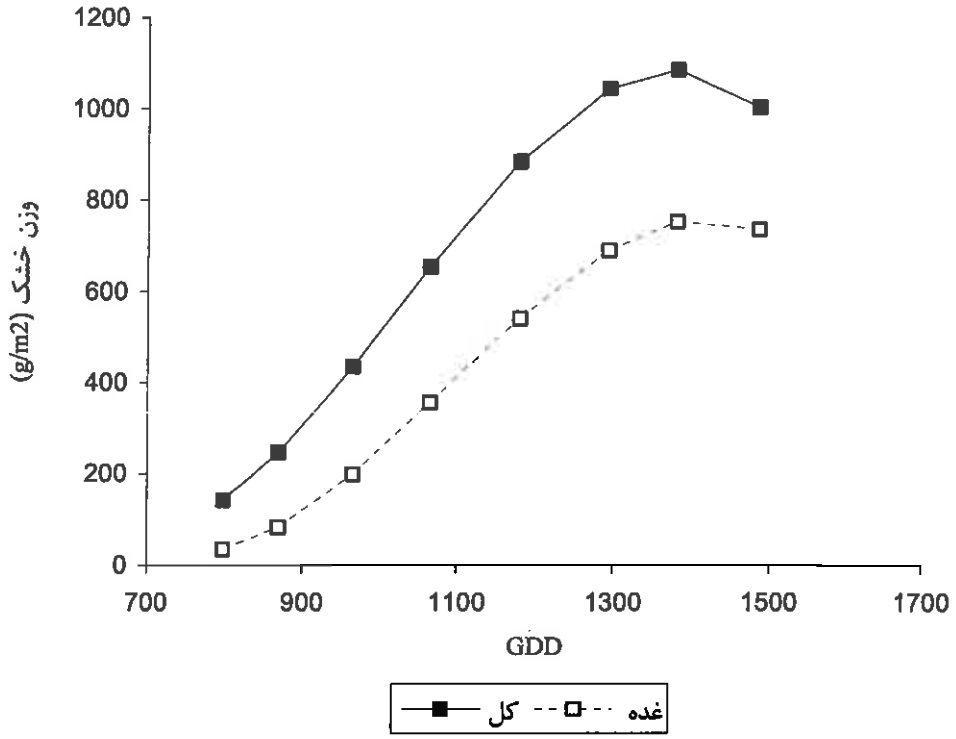

شکل ۳-۱۲- روند تغییرات وزن خشک غده (A) و کل (B) رقم سانته (s) در تراکم ۶۲۵۰۰ (d2)، ۵۰۰۰۰ (d1) و ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار بر حسب درجه روزهای رشد (GDD)



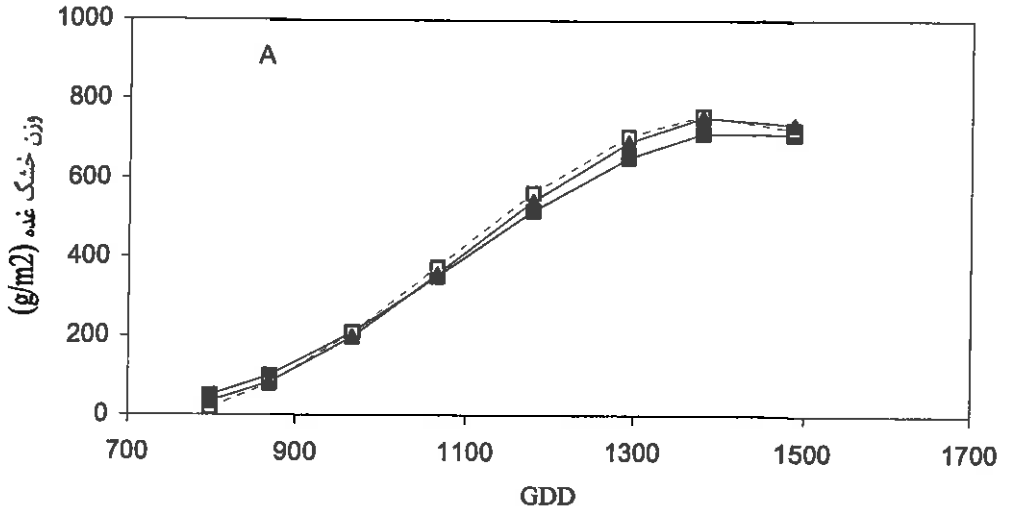

شکل ۳-۱۳- روند تغییرات وزن خشک کل و غده رقم مارکیز در تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)

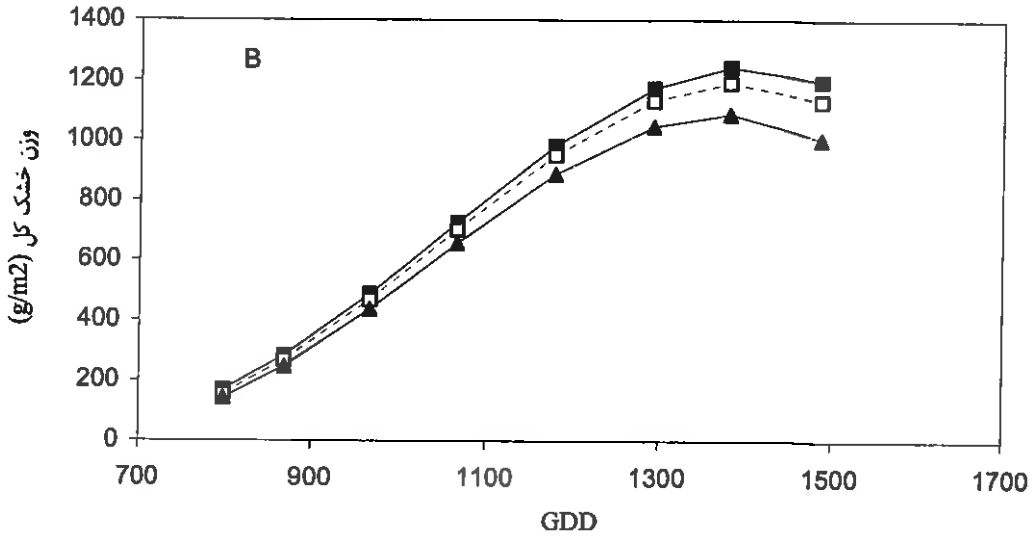


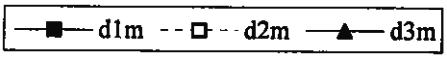

شکل ۳-۱۴- روند تغییرات وزن خشک کل و غده رقم مارکیز در تراکم ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)




شکل ۳-۱۵- روند تغییرات وزن خشک کل و غده رقم مارکیز در تراکم ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)




شکل ۳-۱۶- روند تغییرات وزن خشک غده (A) و کل (B) رقم مارکیز (m) در تراکم ۶۲۵۰۰ (d1) ۵۰۰۰۰ (d2) و ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار بر حسب درجه روزهای رشد (GDD)

### ۳-۱-۳- شاخص سطح برگ (LAI)

شاخص سطح برگ بیان کننده نسبت سطح برگ به سطح زمین اشغال شده توسط گیاه است و برحسب متر مربع (سطح برگ) در متر مربع (سطح زمین) بیان می‌شود (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۸). از آنجا که افزایش وزن خشک محصول بستگی زیادی به توسعه سطح برگ آن دارد، لذا سطح برگ یکی از پارامترهای اصلی در اندازه‌گیری رشد گیاه است (علیزاده و کوچکی، ۱۳۶۸). تئورر (۱۹۷۹) نشان داد که منحنی تغییرات سطح برگ یک منحنی لگاریتمی رشد است که در اواسط فصل رشد به حداکثر رسیده و سپس با مرگ برگ‌های پیرتر کاهش می‌یابد.

در این بررسی روند تغییرات شاخص سطح برگ هر یک از ترکیبات تیماری در درجه روزهای رشد ۸۰۰ تا ۱۵۰۰ اندازه‌گیری شد. همانطور که در شکلهای ۳-۱۷ الی ۳-۲۳ دیده می‌شود تغییرات شاخص سطح برگ در تمام تیمارها از روند مشابهی برخوردار است بطوریکه با رشد گیاه افزایش یافته و پس از رسیدن به حداکثر مقدار خود با از بین رفتن برگ‌های پیرتر کاهش می‌یابد. بنابراین می‌توان گفت که LAI در تمام تیمارها به صورت نمایی افزایش یافته به نحوی که تغییرات شاخص سطح برگ نسبت به درجه روزهای رشد از یک معادله درجه دوم تبعیت می‌کند (شکل‌های ۳-۱۷ تا ۳-۲۳ و جدول ۳-۴). محققین زیادی رابطه نمایی بین شاخص سطح برگ و زمان یا درجه روزهای رشد را برای گیاه سیب‌زمینی و برخی از گیاهان زراعی دیگر گزارش نموده‌اند (کلاوسون و همکاران، ۱۹۸۶؛ مک کلوم، ۱۹۷۸؛ هربرت و لیچتیلد، ۱۹۸۴؛ حمزه‌ئی، ۱۳۸۱).

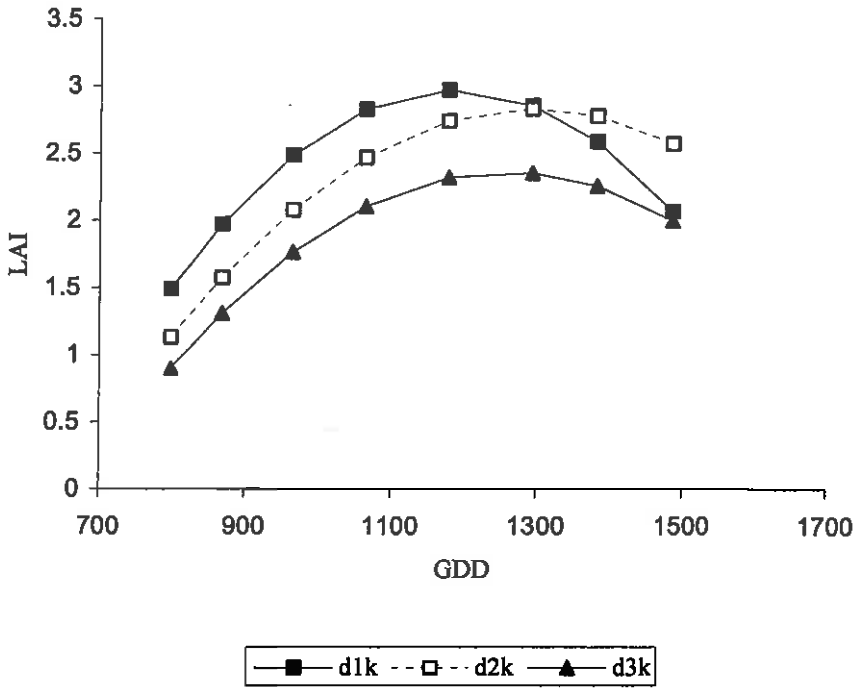
اندازه‌گیری شاخص سطح برگ در درجه روزهای رشد مشابه برای تیمارهای مختلف نشان داد که در تمام ترکیبات تیماری به غیر از رقم کایزر – تراکم ۵۰۰۰۰، کایزر – تراکم ۴۱۷۰۰ و سانته – تراکم ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار تقریباً از ۱۱۸۰ درجه روز رشد به بعد شاخص سطح برگ روند نزولی داشته است. در سه ترکیب تیماری ذکر شده روند افزایش شاخص سطح برگ تا ۱۲۹۳ درجه روز رشد صورت گرفته است و پس از آن کاهش محسوسی در این شاخص دیده می‌شود. در تمام ارقام نیز در کل یا در بیشتر طول دوره رشد با افزایش تراکم، شاخص سطح برگ افزایش نشان داده است. تعداد زیادی از محققین (آلن و اسکات، ۱۹۸۰؛ کولینز، ۱۹۷۷؛ دیسون و واتسون، ۱۹۷۱؛ گوناسنا و هاریس، ۱۹۷۱؛ ایفینکو و آلن، ۱۹۷۸؛ لینچ و روبری، ۱۹۷۷؛ وئور، ۱۹۷۴) نیز

کاهش شاخص سطح برگ را با کاهش تراکم گزارش نموده‌اند. در GDD حدود ۱۵۰۰ تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین d3k (رقم کایزر در تراکم ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار) و d1k ( رقم کایزر در تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار) وجود ندارد. این در حالی است که در GDD های دیگر، LAI بدست آمده برای d1k به مراتب بیشتر از شاخص سطح برگ مربوط به d3k است. این امر نشان می‌دهد که پیری و ریزش برگ در d1k بیشتر از d3k بوده است. در رقم آگریا تا GDD قبل از ۱۳۰۰، d2a (رقم آگریا در تراکم ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار) بطور نسبی LAI بیشتری از d3a داشته ولی از GDD ۱۳۰۰ به بعد تقریباً از شاخص سطح برگ مشابهی برخوردار بودند. یعنی ریزش برگ در d2a نسبتاً بیشتر از d3a بوده است در صورتیکه تیمار d1a در تمام GDD ها از دو تیمار d2a و d3a بطور قابل ملاحظه‌ای شاخص سطح برگ بیشتری داشته است. در رقم سانته تفاوت شاخص سطح برگ d3s با d1s و d2s در GDD ۱۵۰۰ کمتر از GDD های دیگر است یعنی ریزش برگ‌ها در تراکم‌های بالا بیشتر بوده است در رقم مارکیز تفاوت LAI تمام سطوح تراکم در کلیه GDD ها تقریباً مشابه بوده است بنابراین در این رقم افزایش تراکم تأثیری در شدت ریزش برگ‌ها نداشته است. مقایسه روند تغییرات شاخص سطح برگ ارقام مختلف در تراکم ۶۲۵۰۰ نشان می‌دهد که همه ارقام در GDD ۱۱۸۰ به حداکثر LAI رسیده‌اند و در طول فصل رشد سانته بیشترین و مارکیز کمترین شاخص سطح برگ را داشتند. همچنین در تراکم ۵۰۰۰۰ بوته تا GDD ۱۱۸۰، سانته بیشترین و آگریا کمترین LAI را دارا بودند ولی از این GDD تا آخر فصل رشد رقم کایزر از بیشترین مقدار شاخص سطح برگ برخوردار بود به نظر می‌رسد ریزش برگ‌ها در رقم کایزر کمتر بوده و زوال برگ‌ها نسبت به بقیه دیرتر شروع شده است. در تراکم ۴۱۷۰۰ بوته نیز تا GDD ۱۱۰۰، مارکیز از بیشترین و سانته از کمترین مقادیر شاخص سطح برگ برخوردار بودند از این به بعد تا آخر فصل رشد کاهش سریعی در شاخص سطح برگ رقم مارکیز صورت گرفته بطوریکه در نهایت کایزر بیشترین و مارکیز کمترین LAI را داشته‌اند. حداکثر LAI برابر ۳/۱۳ مربوط به رقم سانته در تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار (d1s) بود. این مقدار برای ارقام کایزر، ۲/۹۷؛ آگریا، ۲/۹۲ و مارکیز، ۲/۵۹ بود که باز در تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار بدست آمد. بیشترین شاخص سطح برگ گزارش شده برای سیب-زمینی ۲/۵ تا ۸/۵ می‌باشد (برمنر و رادلی، ۱۹۶۶؛ برمنر و تاها، ۱۹۶۶؛ کولینز، ۱۹۷۷؛ دیسون و واتسون، ۱۹۷۱؛ گوناسنا و هاریس، ۱۹۷۱؛ لینچ و روبری، ۱۹۷۷؛ سال، ۱۹۷۳). مقادیر LAI بیشتر

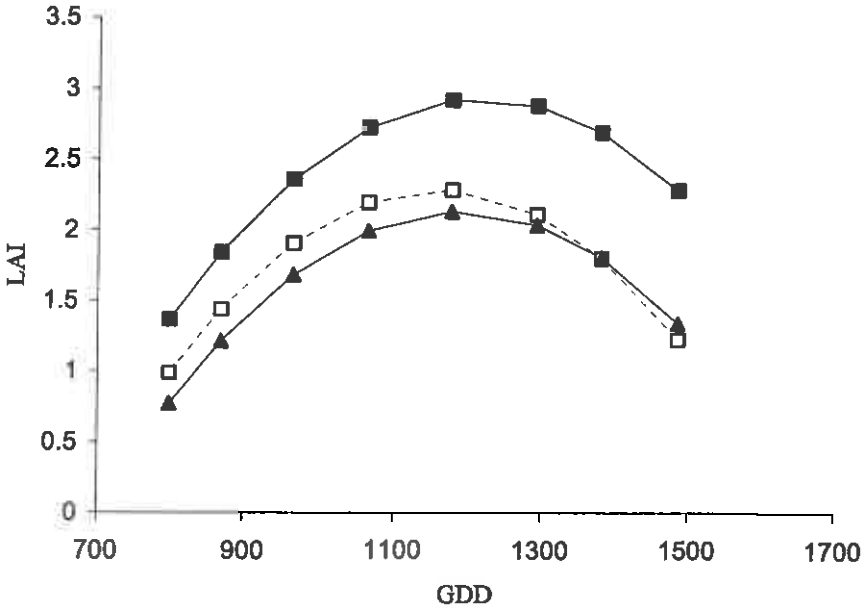
از ۳/۵ به طور کلی مربوط به تراکم‌های بالاتر از ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار یا واریته‌های دیررس بوده است. اکثر محققین به این نتیجه رسیده‌اند که مقادیر LAI، ۳ تا ۳/۵ برای تولید حداکثر مقدار ماده خشک کافی است (دیسون و واتسون، ۱۹۷۱؛ فیرمن و آلن، ۱۹۸۹؛ لینچ و روبری، ۱۹۷۷؛ نکاس، ۱۹۶۸). نتایج به دست آمده در این بررسی نیز با چنین نقطه نظراتی مطابقت دارد.

جدول ۳-۴- ضرایب معادله چند جمله‌ای تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) نسبت به درجه روزهای رشد (X) همراه با ضرایب تشخیص ($R^2$) در ترکیبات تیماری مختلف

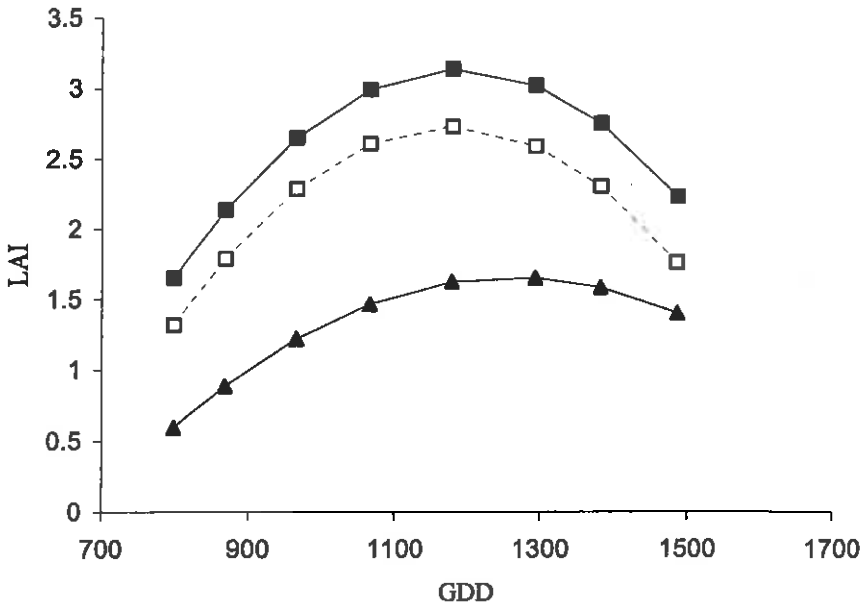
| رقم | فاصله دو بوته در روی ردیف (cm) | تراکم (بوته در هکتار) | $a''$ | $b''$ | $c''$ | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کایزر | ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | -۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۲۳۷ | -۱۱/۰۶۹ | ۰/۷۰ |
| | ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۷ | ۰/۰۱۸۱ | -۸/۸۶۷ | ۰/۹۳ |
| | ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۷ | ۰/۰۱۷۶ | -۸/۶۹۷۹ | ۰/۸۲ |
| آگریا | ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۹ | ۰/۰۲۱۹ | -۱۰/۳۹۱ | ۰/۸۹ |
| | ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | -۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۲۳۲ | -۱۱/۱۶۹ | ۰/۹۸ |
| | ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۹ | ۰/۰۲۱۴ | -۱۰/۵۸۶ | ۰/۸۸ |
| سانته | ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | -۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۲۳۷ | -۱۰/۹۰۷ | ۰/۸۳ |
| | ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | -۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۲۳۵ | -۱۱/۰۷۹ | ۰/۹۷ |
| | ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۵ | ۰/۰۱۲۶ | -۶/۲۸۲۱ | ۰/۹۷ |
| مارکیز | ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | -۰/۰۰۰۰۰۹ | ۰/۰۲۰۹ | -۹/۵۴۰۴ | ۰/۸۷ |
| | ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | -۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۲۳۴ | -۱۱/۱۳۷ | ۰/۸۱ |
| | ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | -۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۲۲۹ | -۱۰/۸۶۳ | ۰/۹۹ |



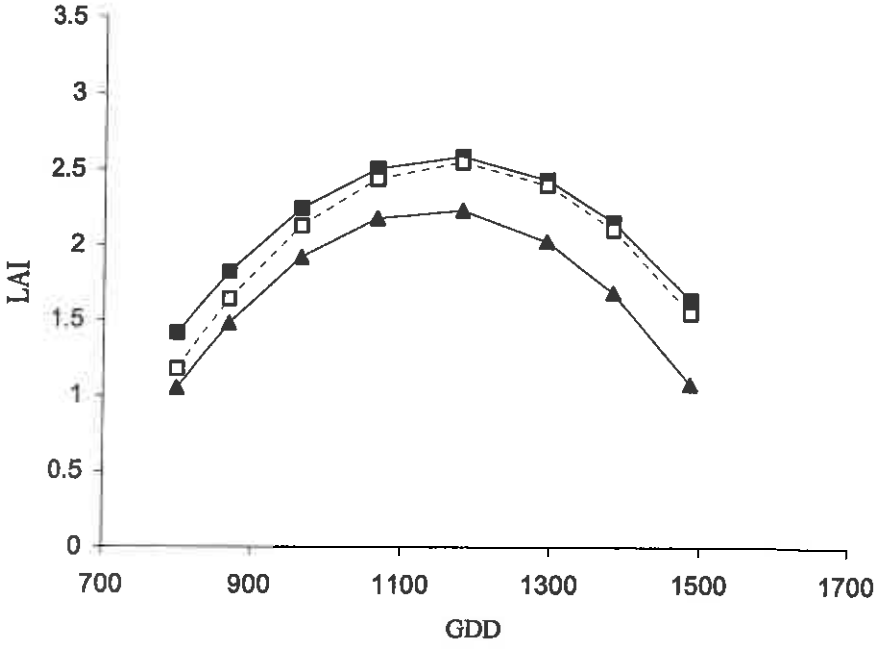

شکل ۳-۱۷- روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) رقم کایزر (k) در سطوح تراکم ۶۲۵۰۰ (d1)، ۵۰۰۰۰ (d2) و ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)



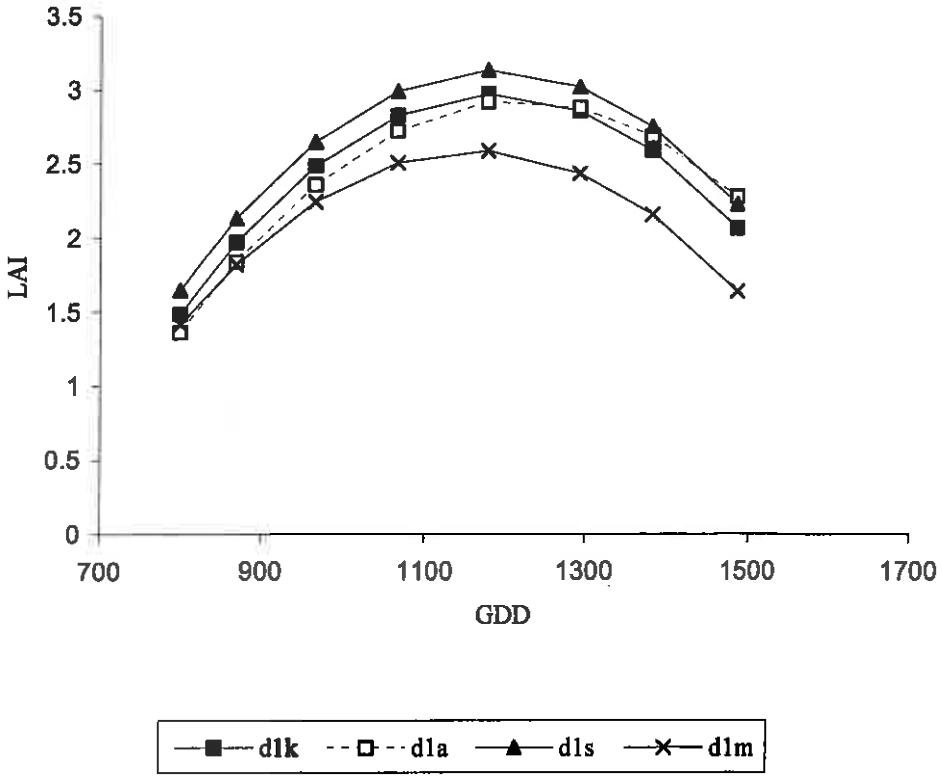

شکل ۳-۱۸- روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) رقم آگریا (a) در سطوح تراکم ۶۲۵۰۰ (d1)، ۵۰۰۰۰ (d2) و ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)



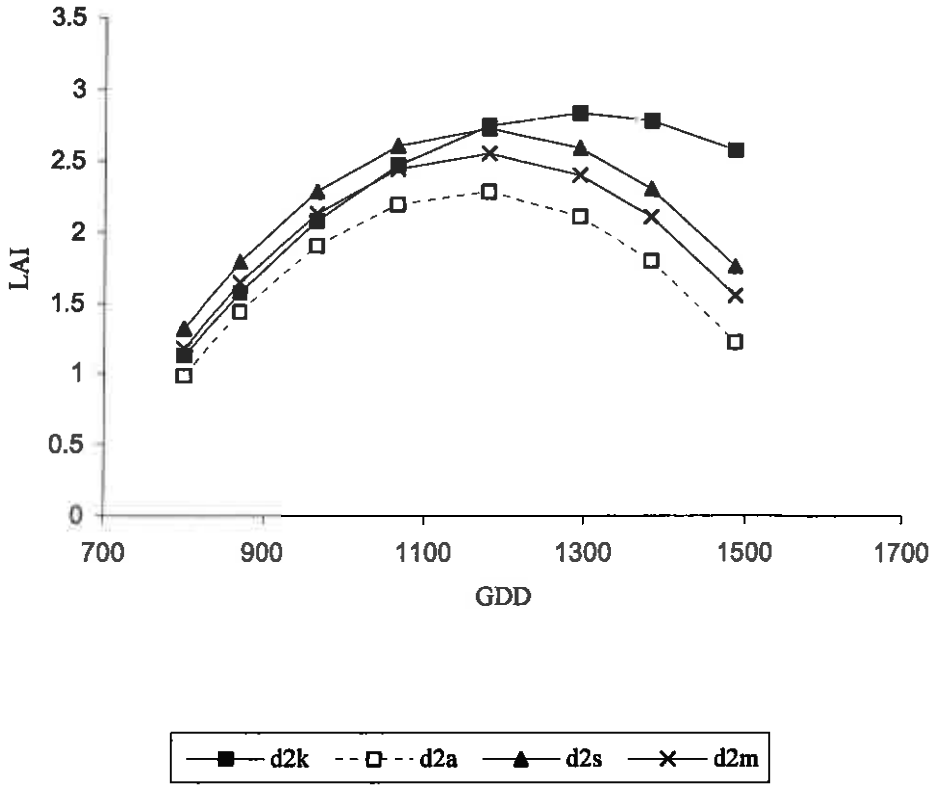

شکل ۳-۱۹- روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) رقم سانته (s) در سطوح تراکم ۶۲۵۰۰ (d1)، ۵۰۰۰۰ (d2) و ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)



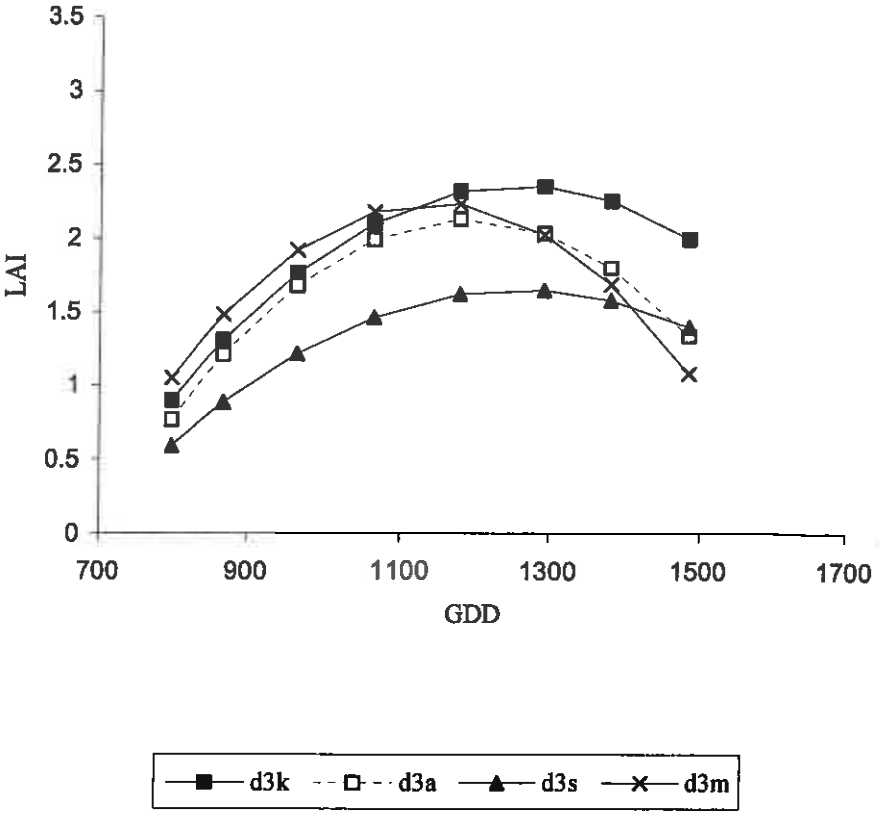

شکل ۳-۲۰- روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) رقم مارکیز (m) در سطوح تراکم ۶۲۵۰۰ (d1)، ۵۰۰۰۰ (d2) و ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)




شکل ۳-۲۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) ارقام کایزر (k)، آگریا (a)، سانته (s) و مارکیز (m) در تراکم ۶۲۵۰۰ (d1) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)




شکل ۳-۲۲- روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) ارقام کایزر (k)، آگریا (a)، سانته (s) و مارکیز (m) در تراکم ۵۰۰۰۰ (d2) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)




شکل ۳-۲۳- روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) ارقام کایزر (k)، آگریا (a)، سانته (s) و مارکیز (m) در تراکم ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)

### ۳-۱-۴- سرعت رشد محصول (CGR)

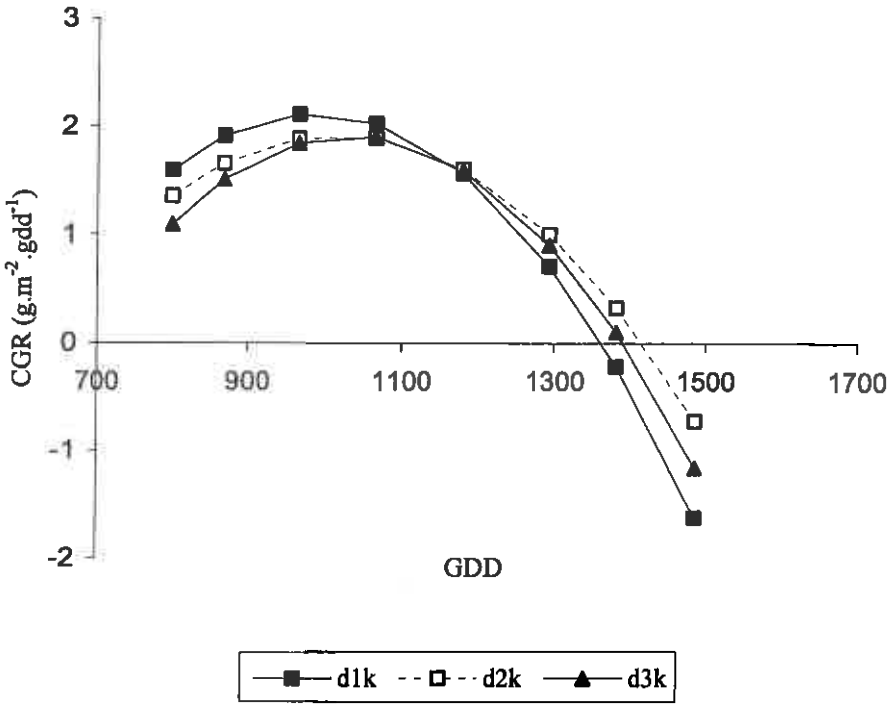
سرعت رشد محصول، افزایش وزن خشک یک اجتماع گیاهی در واحد سطح زمین و در واحد زمان می‌باشد و بطور وسیعی در تجزیه و تحلیل رشد گیاهان به کار گرفته می‌شود (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۸).

تغییرات سرعت رشد محصول بر مبنای درجه روزهای رشد (GDD)، برای ارقام مورد مطالعه در سطوح متفاوت تراکم در شکل های ۳-۲۴ تا ۳-۳۰ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در اوایل فصل رشد CGR همراه با افزایش شاخص سطح برگ (LAI) به سرعت افزایش یافته و پس از رسیدن به حداکثر مقدار خود روند نزولی نشان می‌دهد. روند تغییرات CGR در این مطالعه مشابه گزارشهای تعداد زیادی از محققین می‌باشد (کولینز، ۱۹۷۷؛ مک کلوم، ۱۹۷۸؛ لوکاس و میلبورن، ۱۹۷۶؛ مانریکو، ۱۹۸۹؛ ماچاو و چارلز ادواردس، ۱۹۸۲a و ۱۹۸۲b؛ پیل‌بیم و همکاران، ۱۹۹۱). مشاهده چنین روندی به علت افزایش تدریجی و فزاینده جذب تشعشع همزمان با افزایش سطح برگ در اوایل فصل رشد و در نتیجه افزایش سرعت تجمع ماده خشک در گیاهان می‌باشد؛ بطوریکه با گذشت زمان، سرعت تجمع ماده خشک پس از رسیدن به حد نهایی خود با پیر شدن و اتلاف برگ‌ها ،کاهش یافته و CGR رو به تنزل می‌گذارد (کوچکی و همکاران، ۱۳۶۷).

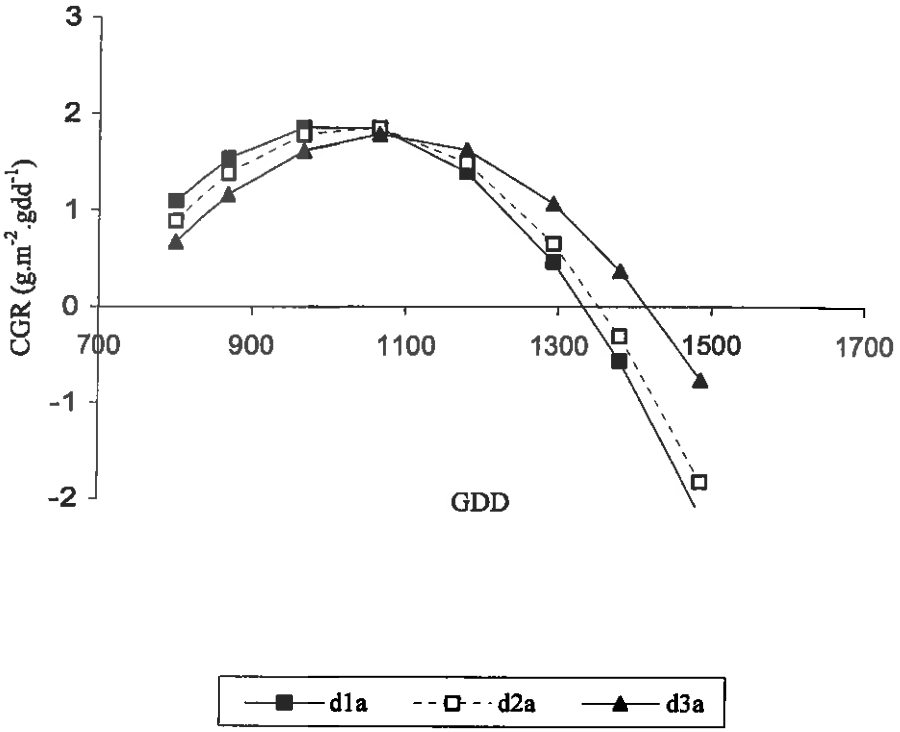
در ارقام کایزر و آگریا در اوایل فصل رشد با افزایش تراکم CGR نیز افزایش یافته است که می‌تواند به بالا بودن شاخص سطح برگ آنها و جذب بهتر تشعشع خورشیدی نسبت داده شود. با این حال در اواخر فصل رشد، سرعت رشد محصول این ارقام در تراکم بالا کاهش شدیدتری نسبت به تراکم‌های دیگر دارد که می‌تواند به پیری، ریزش برگ‌ها و یا سایه اندازی برگ‌ها نسبت داده شود. در مورد رقم سانته چنین روندی دیده نمی‌شود. به نظر می‌رسد در این رقم سایه‌اندازی برگ-ها بر روی همدیگر و وجود رقابت مانع از افزایش CGR در کشت متراکم می‌گردد بطوریکه بالاترین CGR، در تراکم ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار یا فاصله کشت ۲۵ سانتی‌متر دیده شده و بطور مشخص در اوایل فصل رشد CGR آن بیشتر از دو تراکم دیگر می‌باشد. بیشترین CGR محاسبه شده در بین ترکیبات تیماری مورد مطالعه مربوط به ترکیب تیماری d1m (رقم مارکیز - تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار) به مقدار ۲/۳۹، d2s و d2m (به ترتیب رقم سانته و مارکیز در تراکم ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار)

به میزان ۲/۳۳ و d3m (رقم مارکیز - تراکم ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار) به مقدار ۲/۱۸ گرم در متر مربع در روز درجه بوده که در رقم مارکیز در تراکم‌های ۶۲۵۰۰، ۵۰۰۰۰ و ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار (به ترتیب ترکیبات تیماری d1m، d2m و d3m) در ۱۰۷۰ روز درجه و در ترکیب تیماری رقم سانته در تراکم ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار (d2s) در GDD ۹۷۰ بدست آمده است. لورنز (۱۹۴۴) حداکثر سرعت رشد محصول برای سیب‌زمینی را در یک فاصله زمانی کوتاه ۳۷ گرم در متر مربع در روز و مک کلوم (۱۹۷۸) مقدار ۲۴ گرم در متر مربع در روز را در فاصله زمانی ۴۲ تا ۴۹ روز بعد از سبز شدن گزارش نموده‌اند. با بررسی روند تغییرات سرعت رشد محصول و مقادیر بدست آمده برای ترکیبات تیماری مختلف در اوایل فصل رشد مشخص شد که در تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار سرعت رشد محصول در رقم کایزر ۱/۶ گرم در متر مربع در روز درجه بوده که از CGR ارقام سانته، مارکیز و آگریا به ترتیب ۱۳، ۱۴ و ۳۱ درصد بیشتر بود. در تراکم ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار رقم سانته با داشتن CGR برابر ۱/۷۸ گرم در متر مربع در روز درجه بیشترین سرعت رشد محصول را داشته است که حدود ۲۳ درصد از رقم مارکیز و ۲۴ درصد از کایزر و ۵۰ درصد از CGR رقم آگریا بیشتر بود و در نهایت در تراکم ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار رقم مارکیز دارای CGR برابر ۱/۲۷ گرم در متر مربع در روز درجه بوده که از CGR ارقام کایزر، سانته و آگریا به ترتیب ۱۳/۶، ۳۶/۶ و ۴۷ درصد بیشتر بود.

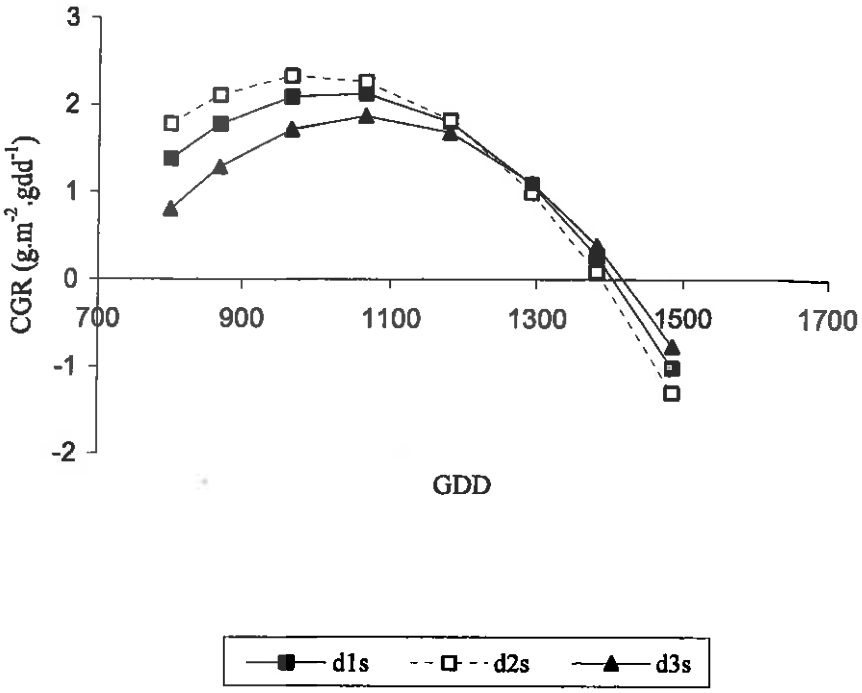
نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که بین سرعت رشد محصول و سرعت رشد غده (TGR) یک رابطه خطی برقرار است و تیمارهایی که دارای CGR بالایی هستند از TGR بیشتری نیز برخوردارند (شکل ۳-۳۱).



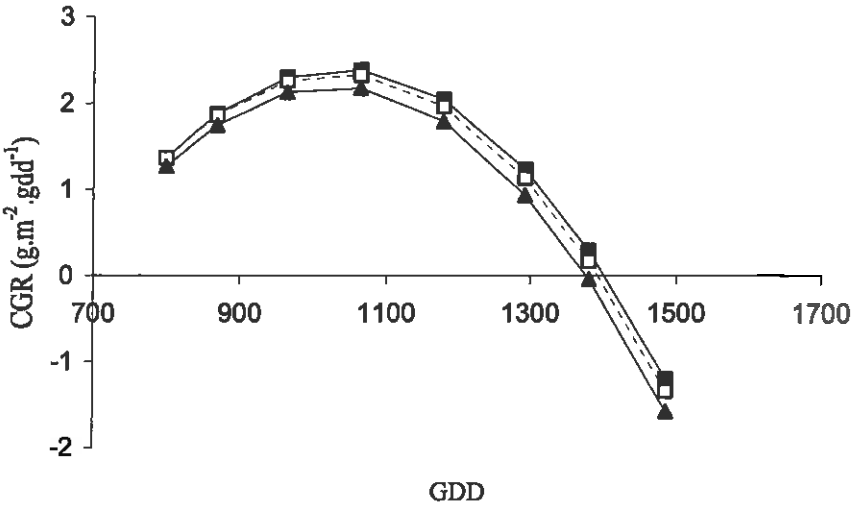

شکل ۳-۲۴- روند تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) رقم کایزر (k) در سطوح تراکم ۶۲۵۰۰ (d1)، ۵۰۰۰۰ (d2) و ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)



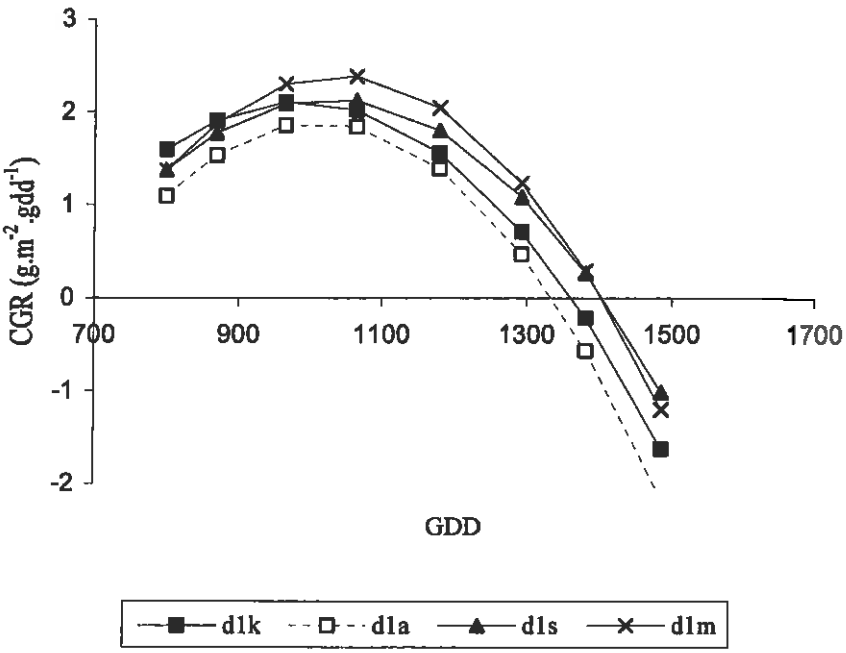

شکل ۳-۲۵- روند تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) رقم آگریا (a) در سطوح تراکم ۶۲۵۰۰ (d1) ۵۰۰۰۰ (d2) و ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)



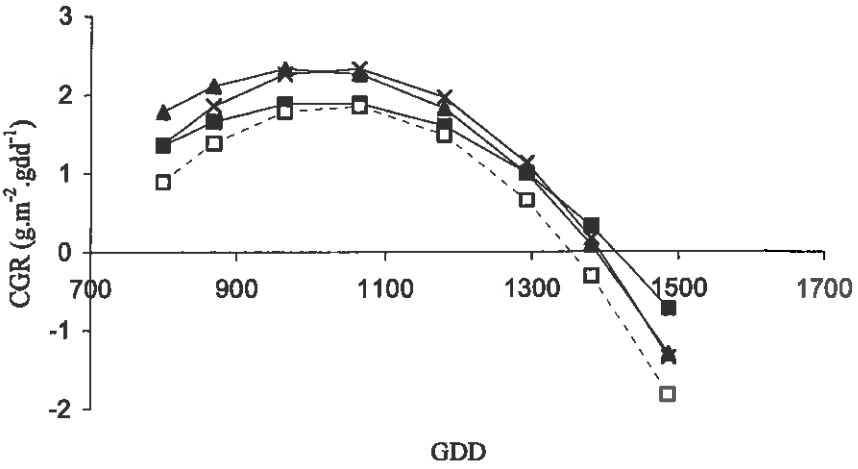

شکل ۳- ۲۶- روند تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) رقم سانته (s) در سطوح تراکم ۶۲۵۰۰ (d1)، ۵۰۰۰۰ (d2) و ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)



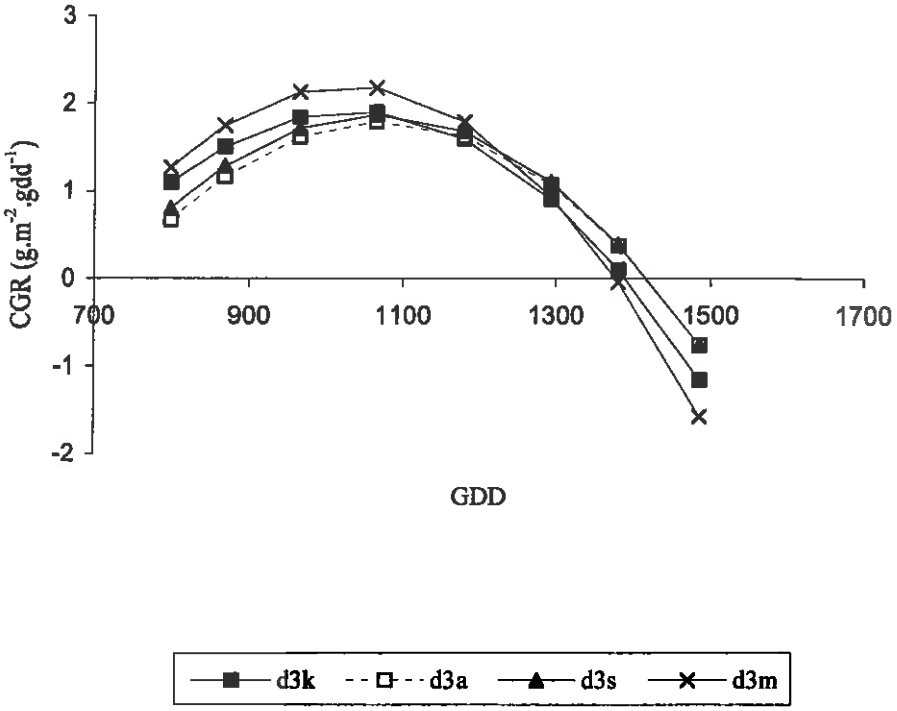

شکل ۳-۲۷- روند تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) رقم مارکیز (m) در سطوح تراکم ۶۲۵۰۰ (d1) ۵۰۰۰۰ (d2) و ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)



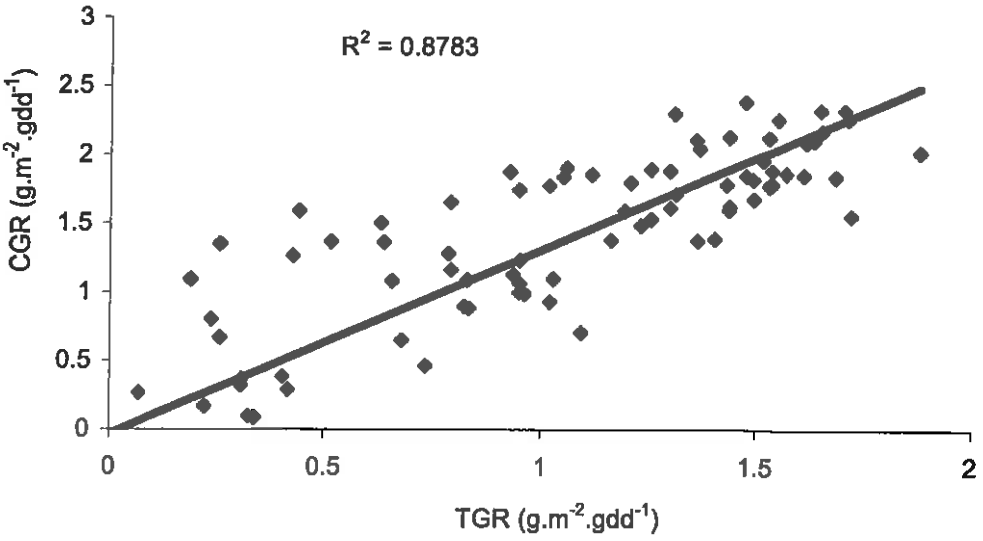

شکل ۳-۲۸- روند تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) ارقام کایزر (k)، آگریا (a)، سانته (s) و مارکیز (m) در تراکم ۶۲۵۰۰ (d1) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)




شکل ۳-۲۹- روند تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) ارقام کایزر (k)، آگریا (a)، سانته (s) و مارکیز (m) در تراکم ۵۰۰۰۰ (d2) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)




شکل ۳-۳۰- روند تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) ارقام کایزر (k)، آگریا (a)، سانته (s) و مارکیز (m) در تراکم ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)



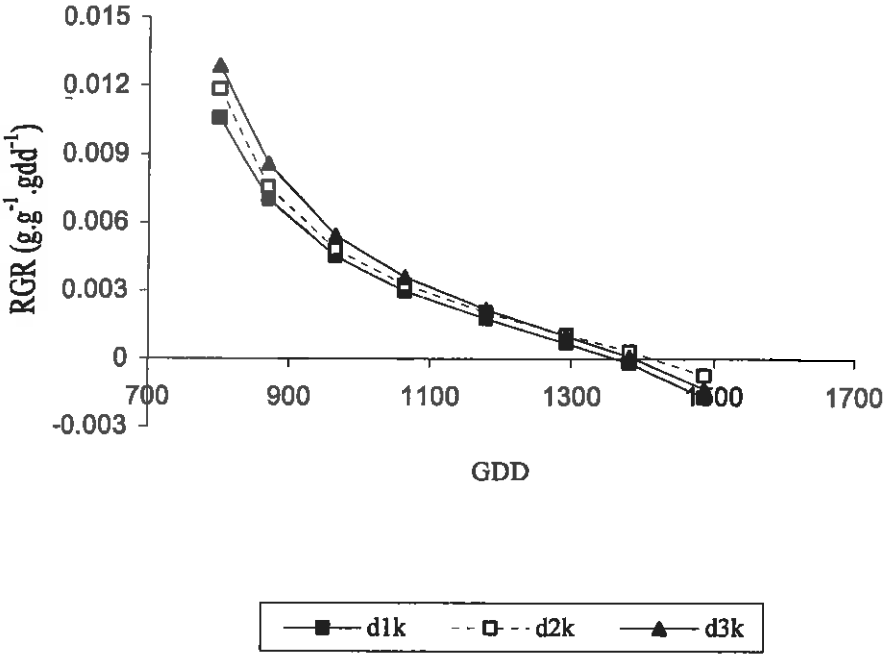

شکل ۳-۳۱- رابطه بین سرعت رشد محصول (CGR) و سرعت رشد غده (TGR) در گیاه سیب زمینی

### ۳-۱-۵- سرعت رشد نسبی (RGR)

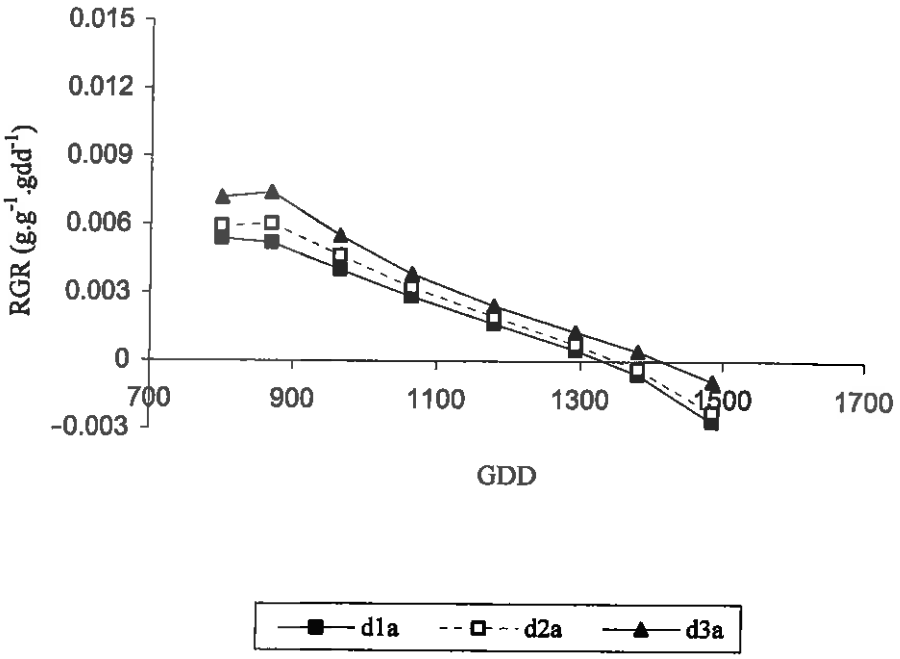
سرعت رشد نسبی بیان کننده وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی است و معمولاً بر حسب گرم بر گرم در روز بیان می‌شود (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۸).

تغییرات سرعت رشد نسبی بر مبنای درجه روزهای رشد در ترکیبات تیماری مختلف نشان می‌دهد که در تمام ترکیبات تیماری، RGR با افزایش سن گیاهان کاهش یافته است (شکل‌های ۳-۳۲ تا ۳-۳۸). این کاهش در طول فصل رشد می‌تواند به پیری برگ‌های پایینی، در سایه قرار گرفتن آنها و همچنین افزایش بافت‌های ساختمانی که در فتوسنتز نقش ندارند نسبت داده شود (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۸؛ فانژول و همکاران، ۱۹۸۲). از طرف دیگر با مسن‌تر شدن گیاهان رقابت بین آنها برای آب، مواد غذایی و نور افزایش یافته و به این ترتیب RGR کاهش می‌یابد (کوچکی و همکاران، ۱۳۶۷).

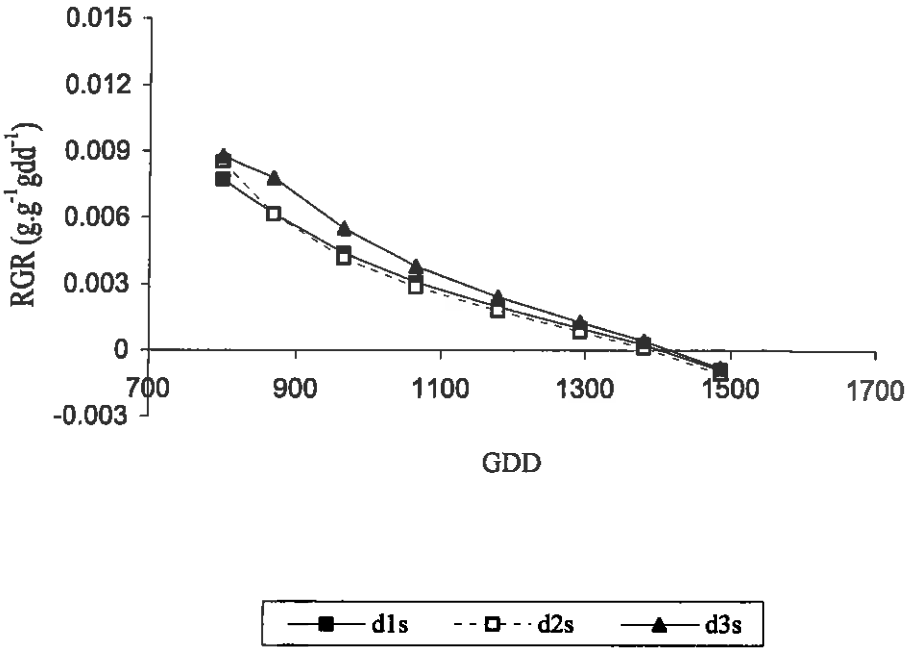
نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که RGR در ارقام کایزر، آگریا و سانته در درجه روزهای رشد مشابه، با افزایش تراکم کاهش می‌یابد. در رقم مارکیز این مورد تا حدودی در اوایل فصل رشد دیده می‌شود. ممکن است علت اصلی کاهش RGR همراه با افزایش تراکم، سایه‌اندازی و رقابت بیشتر گیاهان با یکدیگر باشد. کولینز (۱۹۷۷) با تجزیه رشد گیاه سیب‌زمینی در تراکم‌های متفاوت نشان داد که RGR در اوایل فصل رشد در تراکم‌های پایین بیشتر است. همچنین خلقانی (۱۳۷۳) گزارش کرد که با افزایش تراکم در سیب‌زمینی RGR کاهش می‌یابد. روند تغییرات سرعت رشد نسبی در این بررسی نیز نزدیک به نتایج این محققین می‌باشد. بررسی روند تغییرات RGR ارقام مختلف در تراکم‌های مشابه نشان می‌دهد که ارقام به جز در اوایل فصل رشد روند تقریباً مشابهی داشته‌اند بطوریکه در اوایل فصل رشد در هر سه تراکم ۶۲۵۰۰، ۵۰۰۰۰ و ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار، رقم کایزر از بیشترین و رقم آگریا از کمترین مقدار سرعت رشد نسبی برخوردار بودند.



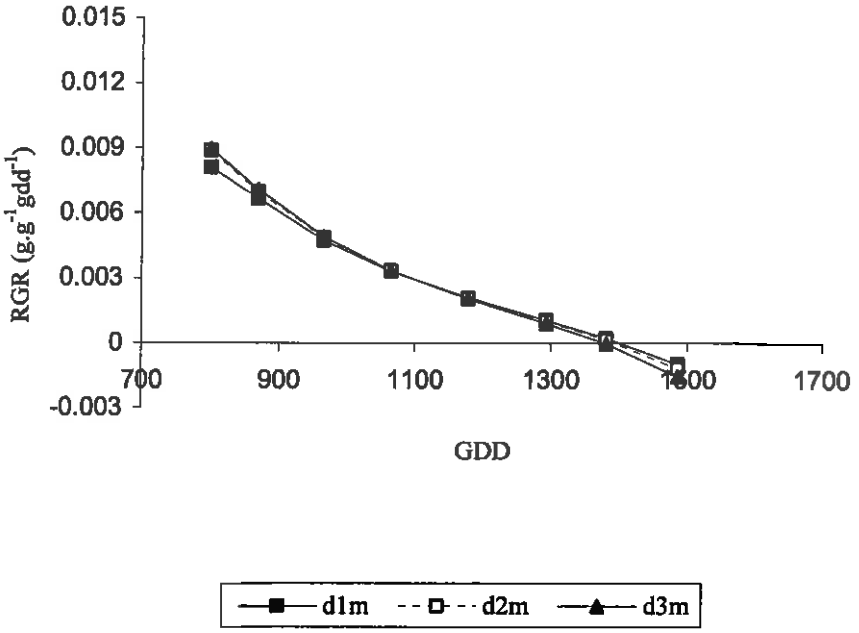

شکل ۳-۳۲- روند تغییرات سرعت رشد نسبی (RGR) رقم کایزر (k) در سطوح تراکم ۶۲۵۰۰ (d1)، ۵۰۰۰۰ (d2) و ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)



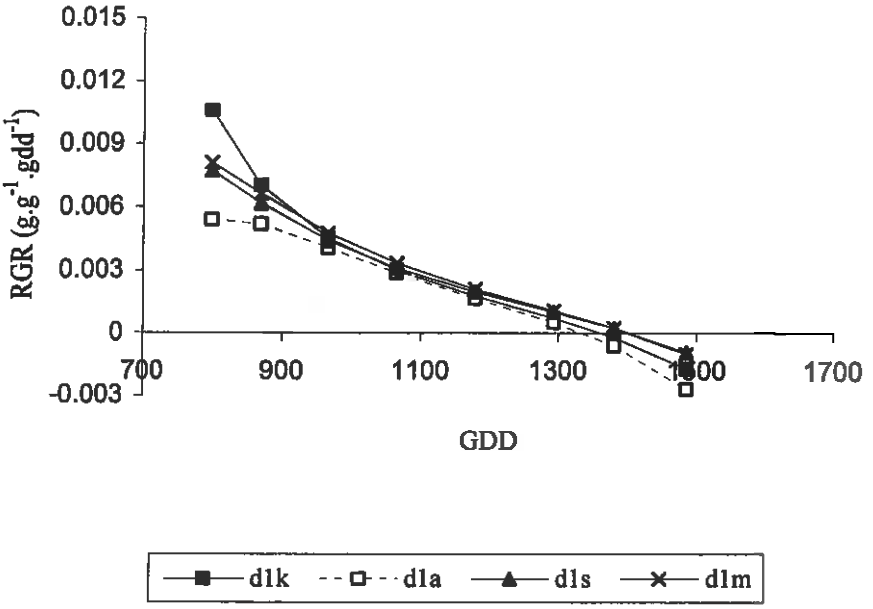

شکل ۳-۳۳- روند تغییرات سرعت رشد نسبی (RGR) رقم آگریا (a) در سطوح تراکم ۶۲۵۰۰ (d1) ۵۰۰۰۰ (d2) و ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)



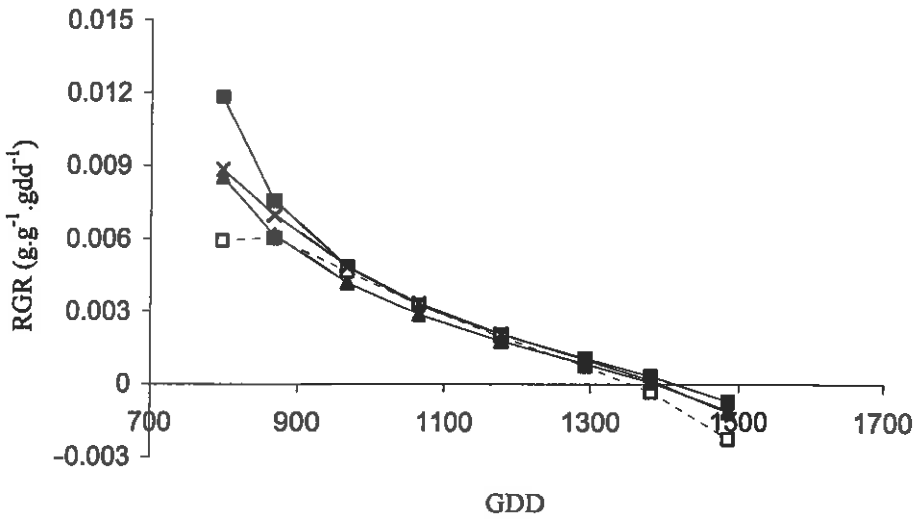

شکل ۳-۳۴- روند تغییرات سرعت رشد نسبی (RGR) رقم سانته (s) در سطوح تراکم ۶۲۵۰۰ (d1)، ۵۰۰۰۰ (d2) و ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)



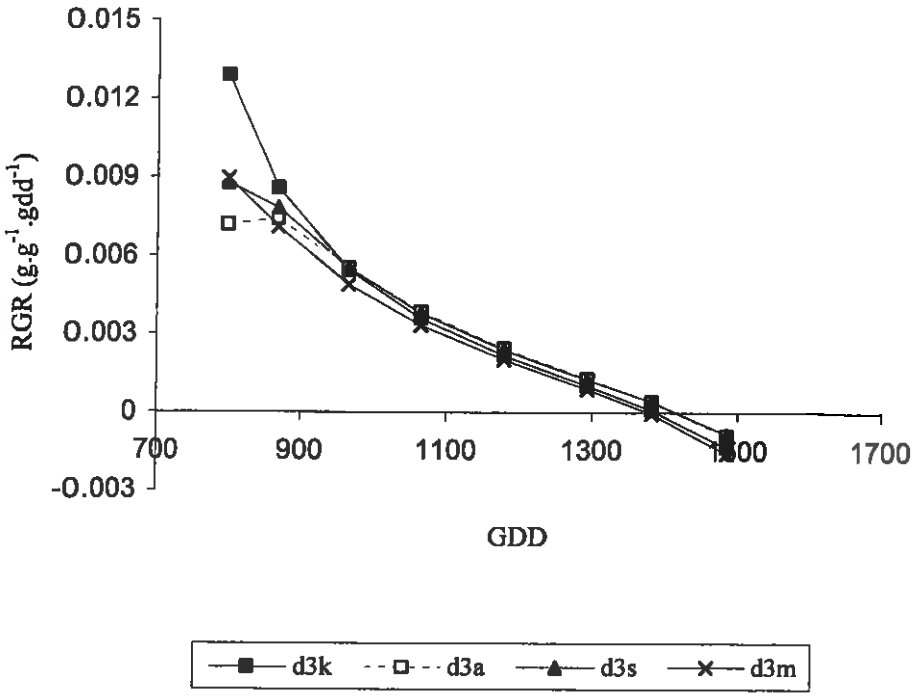

شکل ۳-۳۵- روند تغییرات سرعت رشد نسبی (RGR) رقم مارکیز (m) در سطوح تراکم ۶۲۵۰۰ (d1)، ۵۰۰۰۰ (d2) و ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)




شکل ۳-۳۶- روند تغییرات سرعت رشد نسبی (RGR) ارقام کایزر (k)، آگریا (a)، سانته (s) و مارکیز (m) در تراکم ۶۲۵۰۰ (d1) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)




شکل ۳-۳۷- روند تغییرات سرعت رشد نسبی (RGR) ارقام کایزر (k)، آگریا (a)، سانته (s) و مارکیز (m) در تراکم ۵۰۰۰۰ (d2) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)




شکل ۳-۳۸- روند تغییرات سرعت رشد نسبی (RGR) ارقام کایزر (k)، آگریا (a)، سانته (s) و مارکیز (m) در تراکم ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)

### ۳-۱-۶- سرعت جذب خالص (NAR)

میزان جذب خالص عبارت است از مقدار مواد ساخته شده خالص (غالباً فتوسنتزی) در واحد سطح برگ در واحد زمان و معمولاً برحسب گرم در متر مربع در روز بیان می‌شود. NAR تخمینی از میانگین کارآیی فتوسنتزی برگ‌ها در یک گیاه یا در یک جامعه گیاهی است (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۸).

تغییرات میزان جذب خالص بر مبنای درجه روزهای رشد در سطوح متفاوت تراکم و رقم در شکلهای ۳-۳۹ الی ۳-۴۵ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در کل، NAR با گذشت زمان و افزایش GDD روند نزولی داشته است. کاهش جذب خالص با گذشت زمان به افزایش سایه‌اندازی متقابل برگ‌ها به علت افزایش سطح برگ نسبت داده می‌شود (باتری و بازل، ۱۹۷۴؛ کالر و همکاران، ۱۹۷۰). هانت (۱۹۷۸) ملاحظه کرد هنگامی که برگ‌های جدید گیاه اضافه می‌شوند وزن خشک به دست آمده به ازای هر واحد سطح برگ کاهش می‌یابد.

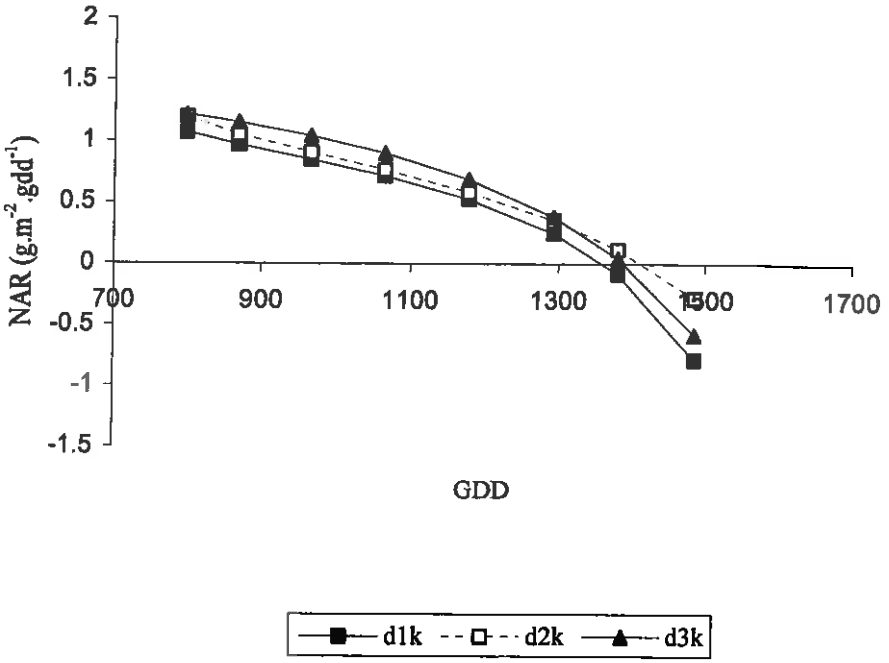
بررسی روند تغییرات NAR ارقام مورد مطالعه در سطوح متفاوت تراکم نشان می‌دهد که در ارقام کایزر، آگریا و سانته در اکثر طول فصل رشد در درجه روزهای رشد مشابه، با کاهش تراکم، سرعت جذب خالص افزایش می‌یابد چنین روندی در رقم مارکیز محدود به اوایل فصل رشد است. به نظر می‌رسد علت بالا بودن NAR در تراکم‌های پایین با کم بودن سایه‌اندازی متقابل برگ‌ها ارتباط داشته باشد. برمنر و رادلی (۱۹۶۶) و همچنین برمنر و تاها (۱۹۶۶) نشان دادند کشت متراکم یا مصرف زیاد نیتروژن باعث افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه کاهش میزان جذب خالص می‌گردد.

در رقم مارکیز به جز در اوایل فصل رشد تفاوت میزان جذب خالص در تراکم‌های مختلف کمتر است. این امر نشان می‌دهد که سایه‌اندازی متقابل برگ‌ها در این رقم در سه تراکم تقریباً مشابه بوده و از انعطاف پذیری مورفولوژیکی نسبتاً زیادی برخوردار بوده است. برای تیمارهای d1a، d2a، d3a ( به ترتیب رقم آگریا در تراکمهای ۶۲۵۰۰، ۵۰۰۰۰ و ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار)، d3s (رقم سانته در تراکم ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار) و d1m (رقم مارکیز در تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار) در اوایل فصل رشد افزایشی در میزان جذب خالص دیده می‌شود که می‌تواند به علت تقاضای غده‌ها

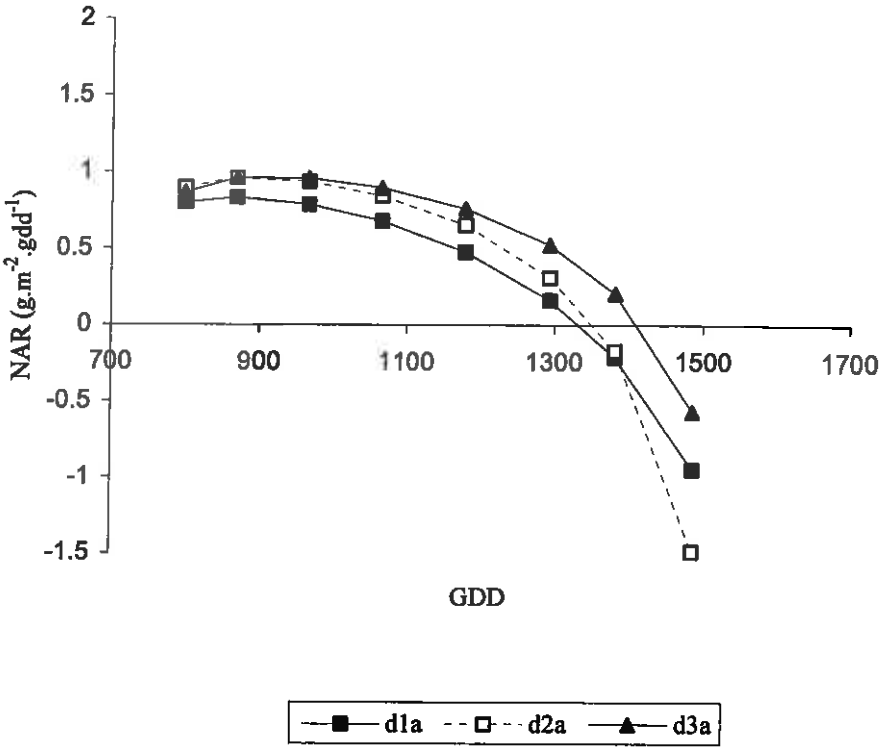
برای جذب آسیمیلات باشد. موربی (۱۹۷۸)، موربی و میلتروب (۱۹۷۵) نیز معتقداند NAR در سیب‌زمینی تحت کنترل اندازه مخزن یا تعداد غده‌های در حال توسعه می‌باشد. برمنر و تاها (۱۹۶۶) افزایش در میزان جذب خالص در زمان شروع غده دهی را گزارش کرده‌اند. برتون (۱۹۷۲) در مطالعه خود روی سیب‌زمینی تأثیر دما را بر سرعت جذب خالص بررسی نمود و نشان داد که جذب خالص در ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد به حداکثر مقدار خود می‌رسد. بیشترین میزان جذب خالص برای ترکیب تیماری رقم سانته – تراکم ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار (d3s) به میزان۱/۴۴ گرم بر متر مربع در روز درجه و در اوایل فصل رشد بدست آمد.

رابطه بین NAR و CGR گیاه سیب‌زمینی در این بررسی، در شکل ۳-۴۶ نشان داده شده است چنانکه ملاحظه می‌شود با افزایش NAR تا حدود ۰/۸ گرم بر متر مربع در روز درجه، CGR به صورت خطی افزایش یافته و پس از این، تغییر قابل ملاحظه‌ای در CGR ایجاد نشده است.

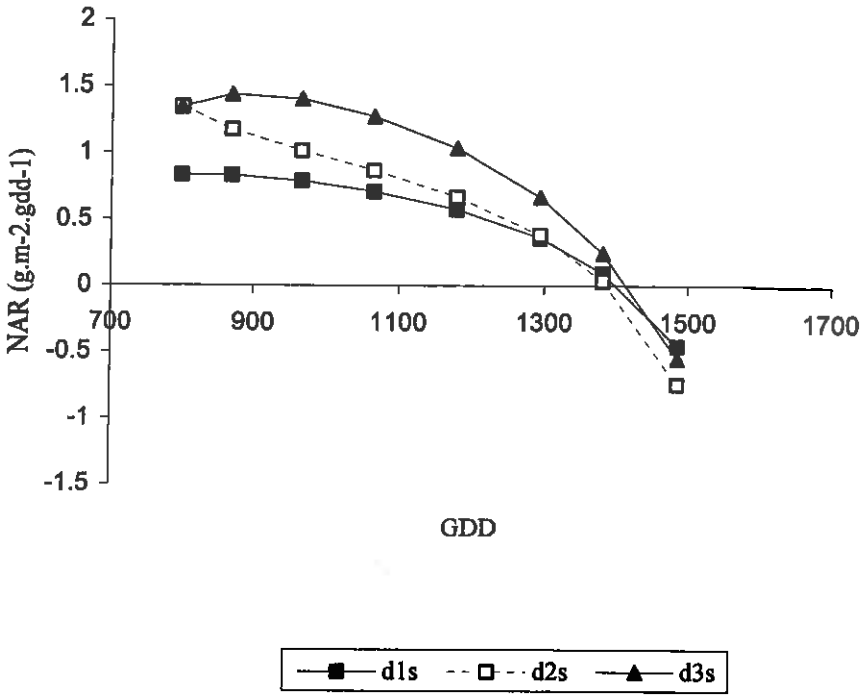
گزارشات منتشر شده در مورد تغییرات NAR در سیب‌زمینی در طول فصل رشد متفاوتند. موربی (۱۹۷۰) در انگلستان و سال (۱۹۷۳) در استرالیا نتیجه گرفتند که روند تغییرات NAR شبیه یک منحنی U شکل می‌باشد، در حالیکه دیسون و واتسون (۱۹۷۱) دریافتند که NAR با گذشت زمان بطور یکنواخت کاهش می‌یابد. مک کلوم (۱۹۷۸) با تجزیه رشد سیب‌زمینی در سطوح متفاوت فسفر مشاهده نمود که NAR در طول فصل رشد ابتدا به شدت کاهش یافته و سپس برای مدت چند هفته به مقدار نسبتاً ثابتی رسیده، آنگاه در اواخر فصل رشد مجدداً کاهش می‌یابد. روند تغییرات NAR در این بررسی در بعضی ترکیبات تیماری نزدیک به نتایج مک کلوم (۱۹۷۸) و در برخی دیگر نزدیک به نتایج دیسون و واتسون (۱۹۷۱) می‌باشد.



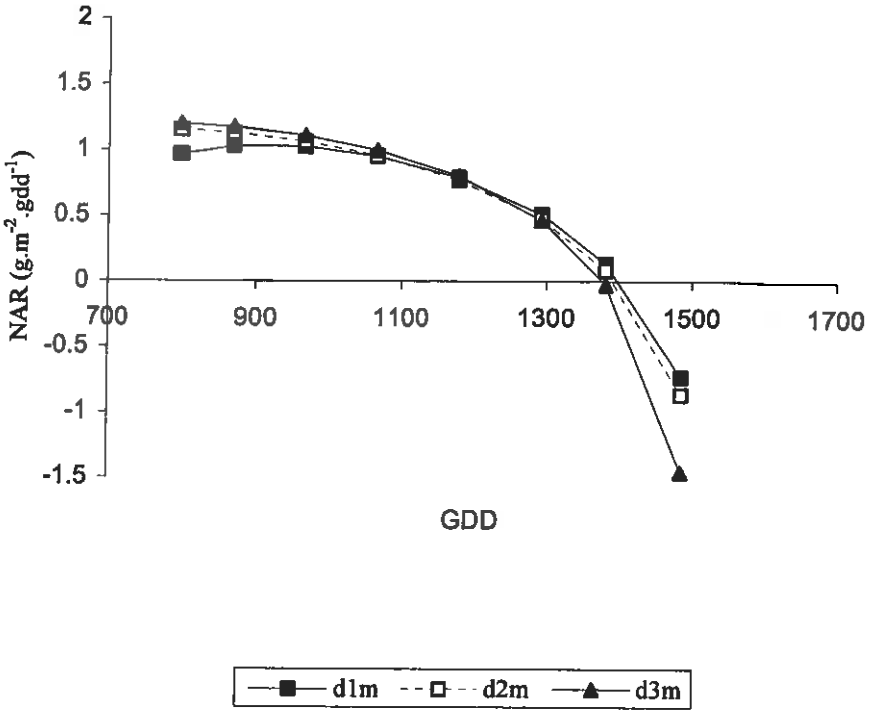

شکل ۳-۳۹- روند تغییرات جذب خالص (NAR) رقم کایزر (k)، در سطوح تراکم ۶۲۵۰۰ (d1)، ۵۰۰۰۰ (d2) و ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)



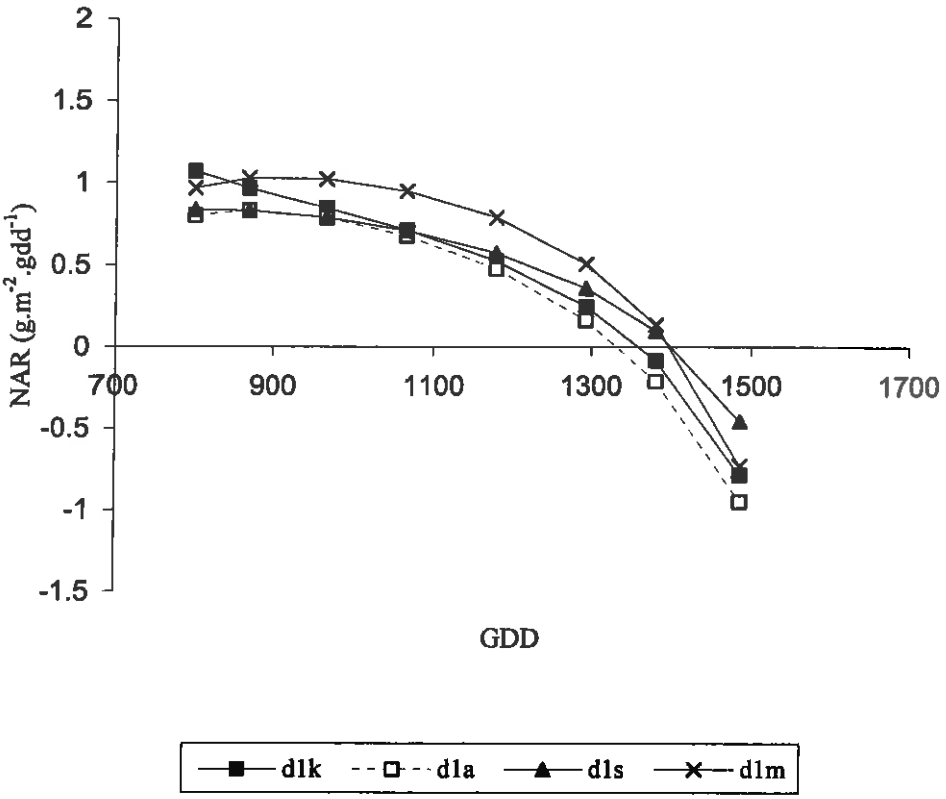

شکل ۳-۴۰- روند تغییرات جذب خالص (NAR) رقم آگریا (a) در سطوح تراکم ۶۲۵۰۰ (d1)، ۵۰۰۰۰ (d2) و ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)



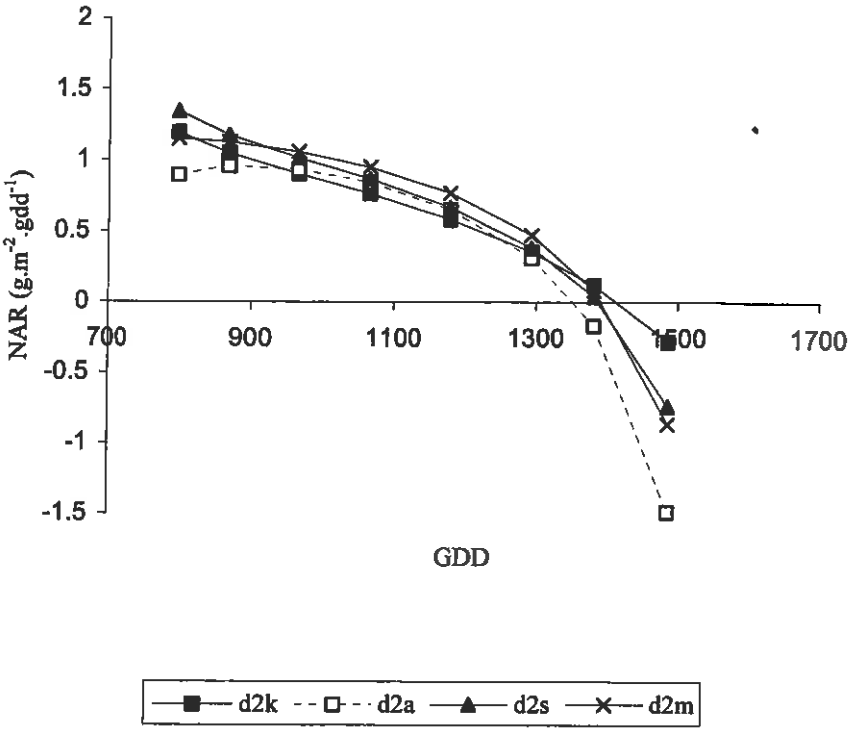

شکل ۳-۴۱- روند تغییرات جذب خالص (NAR) رقم سانته (s) در سطوح تراکم ۶۲۵۰۰ (d1)، ۵۰۰۰۰ (d2) و ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)



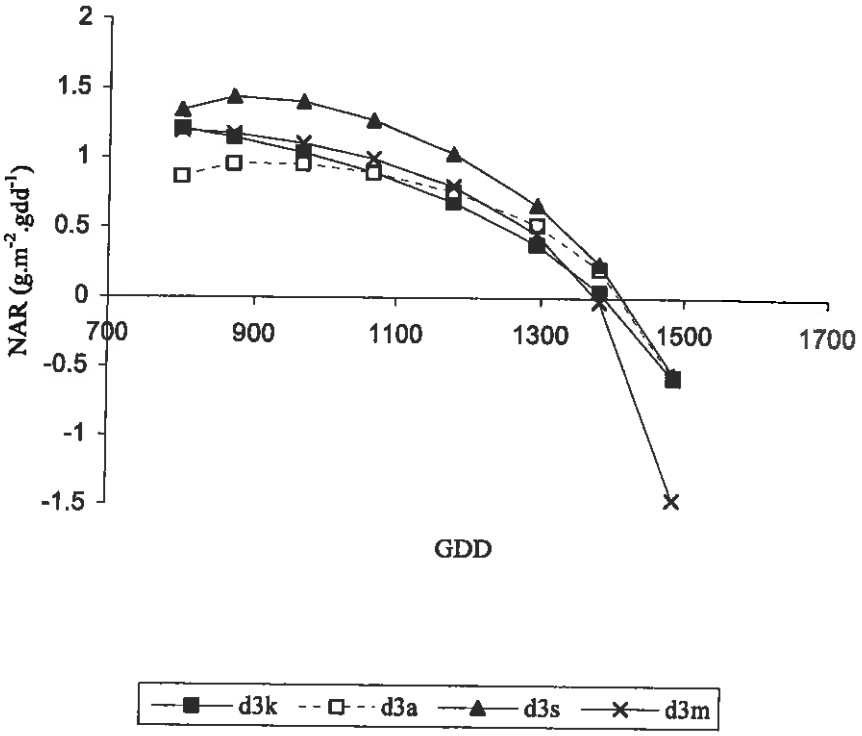

شکل ۳-۴۲- روند تغییرات جذب خالص (NAR) رقم مارکیز (m) در سطوح تراکم ۶۲۵۰۰ (d1)، ۵۰۰۰۰ (d2) و ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)



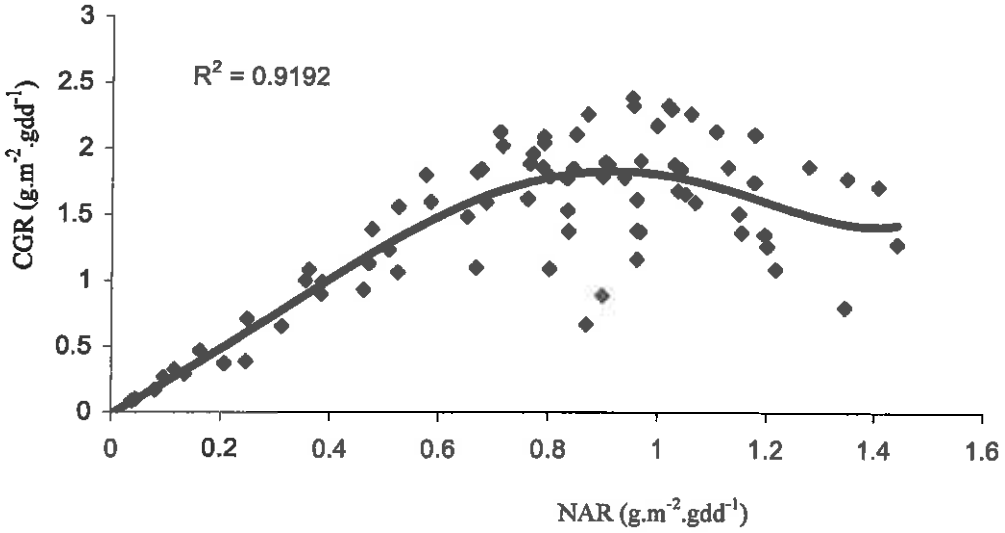

شکل ۳-۴۳- روند تغییرات جذب خالص (NAR) ارقام کایزر (k)، آگریا (a)، سانته (s) و مارکیز (m) در تراکم ۶۲۵۰۰ (d1) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)




شکل ۳-۴۴- روند تغییرات جذب خالص (NAR) ارقام کایزر (k)، آگریا (a)، سانته (s) و مارکیز (m) در تراکم ۵۰۰۰۰ (d2) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)




شکل ۳-۴۵- روند تغییرات جذب خالص (NAR) ارقام کایزر (k)، آگریا (a)، سانته (s) و مارکیز (m) در تراکم ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار برحسب درجه روزهای رشد (GDD)




شکل ۳-۴۶- رابطه بین سرعت رشد محصول (CGR) و میزان جذب خالص (NAR) در گیاه سیب زمینی

## ۳-۲- تجزیه واریانس داده‌ها

نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مختلف در جدول ۳-۵ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود بین ارقام از نظر تعداد غده در بوته و در متر مربع، وزن تر و خشک غده در بوته، تعداد و درصد غده‌های متوسط در بوته، درصد غده‌های بازارپسند در بوته، وزن غده-های ریز، متوسط و بازار پسند در بوته و در واحد سطح، متوسط وزن هر غده در بوته، وزن خشک کل در بوته و در متر مربع، درصد پتاسیم موجود در خاکستر غده، درصد ماده خشک غده، میانگین مدت سبز کردن، تعداد و طول ساقه اصلی در بوته، متوسط تعداد انشعابات n+۱ و n+۲ در بوته، نسبت وزن خشک برگ به ساقه و عملکرد غده در واحد سطح، در سطح احتمال ۱ درصد و از نظر تعداد غده‌های ریز در بوته، درصد کلسیم خاکستر غده و شاخص برداشت در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد.

بین سطوح تراکم از نظر وزن تر و خشک غده در بوته، وزن غده‌های بازارپسند در بوته و در متر مربع، وزن خشک کل در بوته و در متر مربع، طول ساقه اصلی و عملکرد غده در واحد سطح در سطح احتمال ۱ درصد و از نظر متوسط تعداد انشعابات n+۱ در بوته، نسبت وزن خشک برگ به ساقه در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری به دست آمده است. اثرات متقابل رقم و تراکم برای وزن تر و خشک غده در بوته، وزن غده‌های بازارپسند در بوته و در متر مربع، وزن خشک کل در بوته و در متر مربع، عملکرد غده در واحد سطح و نسبت وزن خشک برگ به ساقه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود.

جدول ۳-۵- جدول تجزیه واریانس(میانگین مربعات) صفات مختلف در ارقام و تراکم‌های کاشت سیب‌زمینی

| منابع تغییرات | درجات آزادی | تعداد غده درهر بوته | تعداد غده در متر مربع | وزن تر غده در بوته | تعداد غده‌های متوسط در بوته | تعداد غده‌های بازارپسند بوته |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار | ۲ | ۶/۰۶ | ۱۳۶/۰۶۲ | ۱۰۸/۲۶۸ | ۰/۲۴۰ | ۰/۱۴۶ |
| رقم | ۳ | ۳۸/۶۶** | ۹۶۹/۵۲۴** | ۲۵۶۲۲/۱۲۱** | ۹/۸۹۰** | ۰/۱۸۲ |
| تراکم | ۲ | ۳/۸۳۱ | ۵۵۷/۸۶۲ | ۱۰۰۵۹۳/۷۷** | ۱/۰۳۲ | ۰/۸۴۹ |
| رقم × تراکم | ۶ | ۲/۰۶۸ | ۴۶/۶۸۱ | ۱۴۲۷۱/۰۵** | ۰/۳۸۷ | ۰/۸۰۷ |
| خطای آزمایش | ۲۲ | ۶/۵۹۱ | ۱۸۱/۵۱۵ | ۱۱۵/۳۶ | ۰/۸۷۰ | ۰/۵۶۹ |

| منابع تغییرات | درجات آزادی | تعداد غده‌های ریز بوته | درصد غده‌های متوسط بوته | درصد غده‌های بازارپسند بوته | درصد غده‌های ریز بوته | وزن غده‌های متوسط |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار | ۲ | ۳/۲۲۸ | ۲۲/۷۸۶ | ۳۵/۸۰۲ | ۷۶/۴۷۴ | ۱۹۶۸/۶۲ |
| رقم | ۳ | ۱۰/۰۴۱* | ۲۷۱/۲۷۲** | ۸۸۰/۸۸۷** | ۲۳۶/۴۳۱ | ۵۵۵۵۰۹/۴** |
| تراکم | ۲ | ۰/۳۹۲ | ۸۸/۳۵۳ | ۶۵/۱۴۶ | ۱/۹۱۴ | ۱۲۳۰۰۷/۲۵ |
| رقم × تراکم | ۶ | ۰/۸۷۳ | ۲۹/۴۵۵ | ۶۵/۴۹۲ | ۲۷/۲۲۵ | ۱۰۰۰۶/۴۲ |
| خطای آزمایش | ۲۲ | ۳/۱۳۶ | ۵۹/۰۵۹ | ۱۱۸/۷۴۹ | ۱۰۵/۶۹۳ | ۴۲۶۴۶/۳۱ |

| منابع تغییرات | درجات آزادی | وزن غده‌های بازارپسند | وزن غده‌های ریز | وزن غده‌های متوسط در بوته | وزن غده‌های بازارپسند در بوته | وزن غده‌های ریز در بوته |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار | ۲ | ۰/۰۰۲ | ۳۰۴/۶۲ | ۱۰۶/۶۵ | ۳۰۱/۲۰ | ۱۹/۵۷ |
| رقم | ۳ | ۰/۵۳۱** | ۱۵۷۹۳/۵۳** | ۲۲۳۴۰/۶** | ۱۴۱۰۸/۹۶** | ۵۷۵/۰۲** |
| تراکم | ۲ | ۰/۴۵۶** | ۱۵۹۸/۲۴ | ۴۹۱۲/۶۲ | ۸۳۰۹۶/۲۴** | ۲۸/۱۲ |
| رقم × تراکم | ۶ | ۰/۴۲۹** | ۱۰۷۶/۵۶ | ۷۶۷/۷ | ۱۴۸۱۲/۷۳** | ۲۹/۰۶ |
| خطای آزمایش | ۲۲ | ۰/۰۵۲ | ۲۴۸۹/۵ | ۱۶۶۱/۱۹ | ۲۰۸۵/۵۳ | ۹۳/۲۱ |

غده‌های متوسط: غده‌های با قطر بزرگ‌تر از ۳۵ تا ۶۰ میلی‌متر

غده‌های بازارپسند: غده‌های با قطر بزرگتر از ۶۰ میلی‌متر

غده‌های ریز یا غیر بازارپسند: غده‌های با قطر کوچکتر یا مساوی ۳۵ میلی‌متر

*و** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ادامهٔ جدول ۳-۵

| منابع تغییرات | درجات آزادی | متوسط وزن هر غده در بوته | وزن خشک غده در بوته | وزن خشک کل | درصد کلسیم غده | درصد پتاسیم غده |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار | ۲ | ۲۳۰/۶۴۸ | ۴/۶۸۴ | ۳/۱۸۲ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۴۵ |
| رقم | ۳ | ۳۷۳۵/۷۲۸** | ۱۲۰۴/۲۳۵** | ۱۳۸۰۰۷/۹** | ۰/۰۰۰۶* | ۰/۲۶۲** |
| تراکم | ۲ | ۵۴۵/۲۲۸ | ۴۱۰۶/۹** | ۳۶۲۱۲/۸۱** | ۰/۰۰۰۰ | ۰/۰۱۶ |
| رقم × تراکم | ۶ | ۱۵۷/۵۷۴ | ۶۲۴/۳۸۷** | ۱۶۳۵۰/۸۷** | ۰/۰۰۰۴ | ۰/۰۵۷ |
| خطای آزمایش | ۲۲ | ۴۴۶/۵۸۴ | ۴/۱۵ | ۱۰۴/۰۱ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۲۶ |

| منابع تغییرات | درجات آزادی | درصد ماده خشک غده | میانگین مدت سبز کردن ( $\overline{D}$ ) | تعداد ساقه اصلی در بوته | متوسط تعداد انشعابات (n+1) بوته | متوسط تعداد انشعابات (n+2) بوته |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار | ۲ | ۱۲/۱ | ۱/۴۳۰ | ۰/۲۵۰ | ۰/۱۱۶ | ۲۵/۱۲۱ |
| رقم | ۳ | ۳۰/۶۸۵** | ۲۶/۰۷۹** | ۷/۰۲۳** | ۴۰/۶۰۲** | ۱۲۶/۱۹۴** |
| تراکم | ۲ | ۷/۰۹۷ | ۰/۳۰۹ | ۱/۰۳۶ | ۱۲/۵۹* | ۱۶/۰۳۳ |
| رقم × تراکم | ۶ | ۱۴/۷۰۱ | ۱/۱۷۴ | ۰/۷۵۴ | ۲/۵۵۳ | ۵/۴۵۴ |
| خطای آزمایش | ۲۲ | ۵/۸۹ | ۰/۵۴۶ | ۰/۳۸۴ | ۳/۶۰۳ | ۹/۱۲۷ |

| منابع تغییرات | درجات آزادی | طول ساقه اصلی (سانتی متر) | وزن خشک کل تک بوته | نسبت وزن خشک برگ به ساقه در بوته | عملکرد غده | شاخص برداشت |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار | ۲ | ۱۸/۸۶۱ | ۰/۲۸۵ | ۰/۰۵۵ | ۰/۰۰۳ | ۲۲/۹۳ |
| رقم | ۳ | ۴۳۲/۵۲۱** | ۴۹۳۰/۳۷** | ۵/۵۵۱** | ۰/۷۳۲** | ۲۸۰/۷۳* |
| تراکم | ۲ | ۷۰/۸۱۴** | ۱۰۶۰۴/۹۶** | ۰/۲۸۸* | ۰/۷۸۱** | ۵۵/۳ |
| رقم × تراکم | ۶ | ۱۱/۰۳ | ۵۳۹/۰۳** | ۰/۳۹۶** | ۰/۴۱۲** | ۱۶۴/۴۸ |
| خطای آزمایش | ۲۲ | ۱۱/۶۰۵ | ۴/۲۱ | ۰/۰۸۱ | ۰/۰۰۳ | ۷۰/۳۴ |

*و** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۳-۶- مقایسه میانگین‌های صفات مورد مطالعه درفواصل کشت مختلف (آزمون دانکن)

| فاصله کشت در روی ردیف (سانتی‌متر) | تراکم (بوته در هکتار) | طول ساقه اصلی (سانتی متر) | متوسط تعداد انشعابات(n+1) بوته |
|---|---|---|---|
| ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | ۶۰/۱a | ۸/۴۵۸b |
| ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | ۵۶/۴۲b | ۹/۹۵۸ab |
| ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | ۵۵/۵۲b | ۱۰/۴۲a |

میانگین‌های مربوط به هر صفت که حداقل در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

جدول ۳-۷- مقایسه میانگین‌های صفات مورد مطالعه در ارقام مختلف (آزمون دانکن)

| ارقام سیب‌زمینی | تعداد غده درهر بوته | تعداد غده در متر مربع | تعداد غده‌های ریز بوته | وزن غده های ریز ($g/m^2$) | تعداد غده‌های متوسط در بوته | درصد کلسیم غده |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کایزر | ۷/۲۵۰b | ۳۷/۱۴b | ۱/۱۸۱b | ۲۹/۹b | ۱/۶۱۱b | ۰/۰۷۹ab |
| آگریا | ۷/۸۸۹b | ۳۹/۸۹b | ۱/۵۲۸b | ۴۷/۵b | ۱/۸۸۹b | ۰/۰۸۳a |
| سانته | ۱۱/۸۸a | ۶۰/۲۳a | ۳/۳۸۹a | ۱۱۶/۹a | ۳/۹۵۸a | ۰/۰۷۳ab |
| مارکیز | ۸/۳۴۷b | ۴۳/۱۵b | ۱/۱۹۴b | ۲۷/۷۱b | ۲/۳۸۹b | ۰/۰۶۴b |

| ارقام سیب‌زمینی | وزن غده‌های متوسط ($g/m^2$) | درصد غده‌های متوسط بوته | درصد غده‌های بازارپسند بوته | طول ساقه اصلی (سانتی متر) | متوسط وزن هر غده در بوته (g) | درصد پتاسیم غده |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کایزر | ۲۷۹/۱b | ۲۱/۹۴b | ۶۲/۳۷a | ۵۷/۵۶b | ۱۳۶/۰a | ۲/۱۳۱a |
| آگریا | ۴۰۶/۵b | ۲۳/۴۹b | ۵۸/۲۸a | ۶۰/۵۶ab | ۱۱۶/۴ab | ۲/۱۶۲a |
| سانته | ۸۵۷/۲a | ۳۴/۲۱a | ۴۰/۲۷b | ۴۷/۶۴c | ۸۷/۸c | ۱/۸۷۳b |
| مارکیز | ۴۸۴/۱b | ۲۷/۸۰ab | ۵۸/۴۳a | ۶۳/۶۴a | ۱۰۳/۹bc | ۲/۲۷۸a |

میانگین‌های مربوط به هر صفت که حداقل در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

ادامهٔ جدول ۳-۷

| ارقام سیب‌زمینی | تعداد ساقه اصلی در بوته | متوسط تعداد انشعابات(n+1) بوته | متوسط تعداد انشعابات(n+2) | میانگین مدت سبز کردن ($\overline{D}$) |
|---|---|---|---|---|
| کایزر | ۲/۵۲۸c | ۱۲/۴۷a | ۸/۸۱۶a | ۱۱/۲۷a |
| آگریا | ۳/۲۷۸b | ۹/۰۸۳bc | ۱/۷۰۳c | ۱۰/۰۹b |
| سانته | ۳/۲۲۲b | ۷/۳۶۱c | ۰/۵۱۸c | ۸/۲۶۲c |
| مارکیز | ۴/۶۳۹a | ۹/۵۲۸b | ۵/۲۲۱b | ۷/۵۳۳d |

| ارقام سیب‌زمینی | وزن غده‌های ریز در بوته (g) | وزن غده‌های متوسط در بوته (g) | شاخص برداشت | درصد ماده خشک غده |
|---|---|---|---|---|
| کایزر | ۵/۸۹b | ۵۵/۰۷b | ۶۸/۸۳b | ۱۷/۸۶b |
| آگریا | ۹/۴۷۶b | ۷۹/۴۵b | ۷۸/۳۸a | ۱۸/۷۹b |
| سانته | ۲۲/۵۳a | ۱۷۰/۶a | ۷۳/۲۵ab | ۱۹/۳۸b |
| مارکیز | ۵/۴۸۲b | ۹۴/۷b | ۶۵/۵b | ۲۲/۱۵a |

جدول ۳-۸- مقایسه میانگین‌های صفات مورد مطالعه در ترکیبات تیماری مختلف (آزمون دانکن)

| ارقام | فاصله بوته در روی ردیف (cm) | تراکم (plant/ha) | عملکرد غده ($kg/m^2$) | وزن تر غده در بوته (g) | وزن خشک غده در بوته (g) | نسبت وزن خشک برگ به ساقه در بوته |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کایزر | ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | ۴/۳۲۷a | ۶۹۲/۳e | ۱۲۳/۷gh | ۱/۸۴۹cd |
| | ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | ۳/۵۲۶d | ۷۰۵/۰de | ۱۲۶/۰۰fg | ۱/۷۲۳d |
| | ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | ۲/۹۸۷h | ۷۱۶/۷d | ۱۲۷/۹f | ۱/۴۹۷d |
| آگریا | ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | ۳/۶۲۸c | ۵۸۱/۱h | ۱۰۹/۱j | ۱/۹۵cd |
| | ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | ۳/۳۵۳e | ۶۷۰/۳f | ۱۲۶/۰fg | ۲/۰۳۴cd |
| | ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | ۳/۳۴۹e | ۸۰۳/۰c | ۱۵۰/۹d | ۲/۳۵c |
| سانته | ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | ۳/۹۴۱b | ۶۳۰/۳g | ۱۲۲/۲h | ۲/۹۰۷b |
| | ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | ۴/۳۱۷a | ۸۶۳/۳a | ۱۶۷/۳b | ۳/۰۶۷b |
| | ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | ۳/۴۵۱d | ۸۲۷/۷b | ۱۶۰/۴c | ۴/۰۲۵a |
| مارکیز | ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | ۳/۱۸۷g | ۵۰۹/۷i | ۱۱۳/۰i | ۱/۴۹۲d |
| | ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | ۳/۲۰۷fg | ۶۴۱/۳g | ۱۴۲/۱e | ۱/۹۰۹cd |
| | ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | ۳/۲۸۹ef | ۷۸۸/۳c | ۱۷۴/۷a | ۱/۵۶۱d |

میانگین‌های مربوط به هر صفت که حداقل در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند

ادامه جدول ۳-۸

| ارقام | فاصله بوته در روی ردیف (cm) | تراکم (plant/ha) | وزن خشک کل تک بوته (g) | وزن خشک کل ($g/m^2$) | وزن غده‌های بازارپسند در بوته (g) | وزن غده‌های بازارپسند ($kg/m^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کایزر | ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | ۱۵۳/۶۸j | ۹۶۰/۵۲f | ۶۳۹/۰b | ۳/۹۹a |
| | ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | ۱۹۴/۷۸f | ۹۷۳/۹۱f | ۶۴۰/۹b | ۳/۲۰۳b |
| | ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | ۲۰۸/۷۶e | ۸۷۰/۵۵h | ۶۵۱/۲ab | ۲/۷۱۳cd |
| آگریا | ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | ۱۲۹/۱۶k | ۸۰۷/۲۵i | ۵۰۹/۵c | ۳/۱۸۳b |
| | ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | ۱۵۹/۷۸i | ۷۹۸/۹۱i | ۵۴۷/۷c | ۲/۷۳۷cd |
| | ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | ۲۰۸/۲۷e | ۸۶۸/۵۱h | ۷۳۰/۳a | ۳/۰۴۷bc |
| سانته | ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | ۱۷۴/۴h | ۱۰۹۰/۲۲d | ۴۷۶/۷cd | ۲/۹۸bcd |
| | ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | ۲۲۹/۸b | ۱۱۴۹/۰۲b | ۶۳۸/۲b | ۳/۱۹b |
| | ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | ۲۱۴/۰۳d | ۸۹۲/۵۳g | ۶۲۷/۶b | ۲/۶۱۷cd |
| مارکیز | ۲۰ | ۶۲۵۰۰ | ۱۸۸/۰۲g | ۱۱۷۵/۱۲a | ۴۲۳/۷d | ۲/۶۴۷cd |
| | ۲۵ | ۵۰۰۰۰ | ۲۲۳/۸۶c | ۱۱۱۹/۳۱c | ۵۱۷/۶c | ۲/۵۸۷d |
| | ۳۰ | ۴۱۷۰۰ | ۲۴۵/۸۱a | ۱۰۲۵/۰۴e | ۷۰۴/۲ab | ۲/۹۱bcd |

جدول ۳-۹- ضرایب همبستگی دو به دو بین صفات اندازه گیری شده (ضرب در ۱۰۰۰)

| صفت | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱- تعداد غده در هر بوته | ۱۰۰۰ | | | | | | | | | |
| ۲- تعداد غده در متر مربع | ۸۷۳** | ۱۰۰۰ | | | | | | | | |
| ۳-درصد غده‌های بازارپسند بوته | -۷۹۹** | -۷۵۳** | ۱۰۰۰ | | | | | | | |
| ۴- درصد غده‌های ریز بوته | ۷۴۰** | ۷۰۸** | -۷۵۶** | ۱۰۰۰ | | | | | | |
| ۵- وزن تر غده در بوته | ۳۴۴* | -۴۶ | -۱۶۳ | ۱۴۲ | ۱۰۰۰ | | | | | |
| ۶- وزن غده‌های بازارپسند | -۳۴۶* | -۱۶۸ | ۴۷۴** | -۱۸۵ | ۱۰۰ | ۱۰۰۰ | | | | |
| ۷- وزن غده‌های ریز | ۸۰۰** | ۸۲۴** | -۸۰۰** | ۸۵۶** | ۱۸۷ | ۱۲۲ | ۱۰۰۰ | | | |
| ۸- متوسط وزن هر غده در بوته | -۷۵۲** | -۷۶۵** | ۸۳۵** | -۵۷۶** | -۱ | ۵۳۵** | -۶۶۳** | ۱۰۰۰ | | |
| ۹- درصد ماده خشک غده | ۳۸ | -۴۹ | ۲۴ | -۸۱ | ۱۲۴ | -۱۶۳ | -۲۳ | -۱۵۸ | ۱۰۰۰ | |
| ۱۰- عملکرد غده | ۲۲۰ | ۴۱۳** | -۱۸۸ | ۱۷۹ | ۲۳۱ | ۷۰۴** | ۴۲۰** | -۱۲۸ | -۱۰۸ | ۱۰۰۰ |
| ۱۱- درصد کلسیم غده | ۱۱۶ | ۱۵۸ | -۳۳ | ۱۱۰ | ۱۲۴ | ۲۶۳ | ۲۰۲ | ۱۲۲ | -۳۷۳* | ۲۷۱ |
| ۱۲- درصد پتاسیم غده | -۲۱۸ | -۲۵۷ | ۳۱۲ | -۳۱۲ | -۱۹۷ | -۲۰۷ | -۴۹۷** | ۱۲۳ | -۱۹ | -۴۶۳** |
| ۱۳-میانگین مدت سبز کردن | -۳۷۹* | -۴۲۴** | ۴۲۰** | -۲۱۲ | ۷۰ | ۳۸۴* | -۳۵۲* | ۵۶۰** | -۴۰۱* | ۲۰ |
| ۱۴- تعداد ساقه اصلی در بوته | ۳۸ | ۱۰۳ | -۱۳ | -۱۰۳ | -۲۷۴ | -۳۴۴* | -۱۱۱ | -۳۷۹* | ۳۴۲* | -۱۸۳ |
| ۱۵- تعداد انشعابات (n+1) بوته | -۳۸۱* | -۴۸۱** | ۵۵۶** | -۳۴۹* | ۹۲ | ۱۷۶ | -۳۹۹* | ۶۰۱** | -۱۲۸ | -۲۷۶ |
| ۱۶- تعداد انشعابات (n+2) بوته | -۳۸۷* | -۴۴۶** | ۴۵۹** | -۳۶۵* | -۲۲ | ۹۶ | -۴۰۲* | ۵۹۲** | -۳۱ | -۲۹۹ |
| ۱۷- طول ساقه اصلی | -۳۹۳* | -۲۰۱ | ۳۷۸* | -۲۰۴ | -۶۰۴ | -۵۶ | -۳۲۶* | ۱۸۳ | ۲۶۹ | -۳۷۹* |
| ۱۸- نسبت وزن خشک برگ به ساقه در بوته | ۵۸۴** | ۴۲۸** | -۵۷۶** | ۳۷۵* | ۴۹۰** | -۱۲۹ | ۵۳۳** | -۴۸۸** | -۶۷ | ۳۶۱* |
| ۱۹- وزن خشک کل تک بوته | ۲۹۰ | ۵۴ | -۱۳۹ | ۴ | ۶۱۶** | -۳۶۹* | ۱۵ | -۱۴۷ | ۳۲۶* | -۲۶۳ |
| ۲۰- شاخص برداشت | ۴۲ | -۳ | ۴۵ | ۱۰ | ۱۶۷ | ۳۸۷* | ۶ | ۱۸ | ۲۶ | ۴۵۹** |

*و** به ترتیب نشانگر معنی دار بودن همبستگی بین صفات در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد

(ادامه جدول ۳-۹)

| صفت | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ | ۱۴ | ۱۵ | ۱۶ | ۱۷ | ۱۸ | ۱۹ | ۲۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۱- درصد کلسیم غده | ۱۰۰۰ | | | | | | | | | |
| ۱۲- درصد پتاسیم غده | ۱۱۸ | ۱۰۰۰ | | | | | | | | |
| ۱۳-میانگین مدت سبز کردن | ۲۹۲ | ۱۱۷ | ۱۰۰۰ | | | | | | | |
| ۱۴- تعداد ساقه اصلی در بوته | -۳۲۰ | ۲۲۷ | -۵۷۳** | ۱۰۰۰ | | | | | | |
| ۱۵- تعداد انشعابات (n+1) بوته | -۱۲ | ۱۰۸ | ۴۶۲** | -۳۹۶* | ۱۰۰۰ | | | | | |
| ۱۶- تعداد انشعابات (n+2) بوته | ۲۵ | ۲۳۷ | ۳۱۵ | -۳۴۶* | ۷۶۴** | ۱۰۰۰ | | | | |
| ۱۷- طول ساقه اصلی | -۳۴ | ۴۵۳** | -۶۲ | ۳۸۴* | ۱۸۴ | ۲۰۹ | ۱۰۰۰ | | | |
| ۱۸- نسبت وزن خشک برگ به ساقه در بوته | -۱۹ | -۴۴۸** | -۱۸۱ | -۱۲۹ | -۴۹۳** | -۵۶۴** | -۷۷۸** | ۱۰۰۰ | | |
| ۱۹- وزن خشک کل بوته | -۱۹۱ | ۹۵ | -۴۰۲* | ۲۰۷ | ۱۱۰ | ۲۰۳ | -۲۵۰ | ۱۴۱ | ۱۰۰۰ | |
| ۲۰- شاخص برداشت | ۱۷ | -۱۲۶ | ۲۲۳ | -۱۷ | -۲۸۰ | -۳۶۱* | -۵۵ | ۲۰۹ | -۳۷۰* | ۱۰۰۰ |

*و** به ترتیب نشانگر معنی دار بودن همبستگی بین صفات در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد

## ۳-۳- مقایسه میانگین‌ها

### ۳-۳-۱- میانگین مدت زمان سبز کردن و تعداد ساقه اصلی در بوته

طی دوره کاشت تا سبز شدن، جوانه رشد کرده و اولین برگ گیاه بطور کامل از خاک خارج می‌شود. طول این دوره به میزان خواب جوانه‌های موجود روی غده، دما و رطوبت خاک، عمق، روش کاشت، بافت و ساختمان خاک بستگی دارد (خواجه پور، ۱۳۸۳). با توجه به اینکه غده‌دهی در سیب‌زمینی تحت تأثیر فتوپرید قرار دارد و با کوتاه‌تر شدن روزها، غده بندی تسریع می‌شود بنابراین هر گونه کاهش رشد و محدود بودن دوره رشد قبل از غده بندی منجر به کاهش عملکرد می‌شود. در نتیجه سرعت سبز کردن بالا تأثیر زیادی در افزایش عملکرد گیاه بخصوص در ارقام زودرس خواهد داشت (خواجه‌پور، ۱۳۷۰).

در این بررسی، اثر تراکم بر میانگین مدت زمان سبز کردن ($\overline{D}$)، غیر معنی‌دار ولی اثر رقم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول۳-۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میانگین مدت سبز کردن ارقام کایزر، آگریا، سانته و مارکیز به ترتیب ۱۱/۲۷ ، ۱۰/۰۹ ، ۸/۲۶۲ و ۷/۵۳۳ روز می‌باشد. بنابراین سرعت سبز کردن رقم مارکیز بیشتر و کایزر کمتر از بقیه ارقام بوده است (جدول۳-۷). میانگین مدت سبز کردن با تعداد انشعابات n+۱ در بوته، همبستگی مثبت و با تعداد ساقه اصلی در بوته و وزن خشک کل بوته همبستگی منفی نشان داد (جدول۳-۹).

اثر رقم در سطح احتمال ۱ درصد بر تعداد ساقه اصلی در بوته معنی‌دار بود (جدول۳-۵). رقم کایزر کمترین تعداد ساقه را در بوته دارا بود (جدول۳-۷). تعداد ساقه اصلی در بوته با تعداد انشعابات n+۱ و n+۲ همبستگی منفی و با طول ساقه اصلی همبستگی مثبت نشان داد (جدول۳-۹). از آنجا که سرعت سبز شدن متفاوت در سیب‌زمینی، باعث بوجود آمدن نسبت‌های متفاوتی از ساقه‌های اصلی و ثانویه می‌شود، بنابراین بیشتر بودن تعداد ساقه‌های اصلی در رقم مارکیز ممکن است مربوط به سبز شدن سریع این رقم باشد (جدول ۳-۷). آلن (۱۹۷۹) نشان داد که دوره سبز شدن کوتاه منجر به تولید ساقه‌های اصلی زیاد می‌شود در حالی‌که دوره سبز شدن طولانی باعث بوجود آمدن ساقه اصلی نسبتاً کم ولی ساقه‌های ثانویه متعدد می‌شود. در این بررسی نیز چنین

نتایجی در مورد تعداد ساقه‌های اصلی بدست آمد و رقم کایزر با داشتن میانگین مدت سبز کردن بالا از کمترین تعداد ساقه اصلی در بوته برخوردار بود.

### ۳-۳-۲- انشعابات فرعی و طول ساقه اصلی

شکل و ساختار کانوپی که مقدار، توزیع و آرایش برگ‌ها و ساقه‌ها را در گیاه نشان می‌دهد از طریق جذب تشعشع و تبخیر و تعرق، تأثیر عمده روی اثر متقابل گیاه و محیط آن دارد. به اعتقاد هارا (۱۹۸۴)، اشمیت و ولف (۱۹۹۳)، گیاهان در پاسخ به محیط از جمله به تعداد گیاهان مجاور یا تراکم، انعطاف پذیری مورفولوژیکی وسیعی را نشان می‌دهند. چنین عکس‌العمل گیاهان، توانایی جستجوی نور را در گیاه تحت تأثیر قرار می‌دهد (اشمیت و ولف، ۱۹۹۳؛ اسمیت، ۱۹۹۴). بنابراین بررسی تأثیر رقم و تراکم بر برخی از ویژگی‌های کانوپی مثل تعداد و طول ساقه اصلی و تعداد انشعابات جانبی می‌تواند مهم باشد.

اثر رقم (در سطح احتمال۱ درصد) و تراکم (در سطح احتمال۵ درصد) بر تعداد انشعابات n+۱ در بوته معنی‌دار بود. این در حالی است که تنها اثر رقم بر تعداد انشعابات n+۲ (در سطح احتمال ۱ درصد) معنی‌دار بدست آمد (جدول۳-۵). رقم کایزر از بیشترین تعداد انشعابات n+۱ و n+۲ برخوردار بود. کمترین انشعابات n+۱ در سانته دیده شد که از لحاظ آماری با رقم آگریا تفاوت قابل اغماضی داشت و بالاخره کمترین انشعابات n+۲ در سانته و آگریا دیده شد (جدول۳-۷).

بالاترین تعداد انشعابات درجه اول در تراکم ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار بدست آمد (جدول ۳-۶). در تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار (فاصله کشت دو بوته در روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر) کمترین تعداد انشعابات n+۱ حاصل گردید. تعداد انشعابات n+۱ با تعداد انشعابات n+۲ همبستگی مثبت و با نسبت وزن خشک برگ به ساقه در بوته همبستگی منفی نشان داد (جدول۳-۹).

اثر رقم و همینطور اثر تراکم کشت بر طول ساقه اصلی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول۳-۵). در تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار طول ساقه اصلی بیشتر از تراکم‌های دیگر بود (جدول ۳-۶). در بین ارقام نیز رقم مارکیز بیشترین و رقم سانته کمترین طول ساقه اصلی را دارا بودند. بین رقم مارکیز و آگریا از نظر طول ساقه، تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری وجود نداشت (جدول

۳-۷). طول ساقه اصلی با نسبت وزن خشک برگ به ساقه در بوته همبستگی منفی نشان داد (جدول ۳-۹). بر اساس ضرایب همبستگی، به نظر می‌رسد افزایش تعداد ساقه باعث کاهش رشد شاخه‌های جانبی و افزایش رشد طولی ساقه اصلی می‌شود. نتایج مشابه توسط ایفینکو (۱۹۷۵)، تایلور (۱۹۵۳) و رضایی و سلطانی (۱۳۷۵) گزارش شده است. بهدانی و راشد (۱۳۷۷)، احسان زاده و زارعیان بغداد آبادی (۱۳۸۲) نیز به ترتیب در گیاهان کنجد و گلرنگ گزارش‌هایی مبنی بر افزایش ارتفاع گیاه و کاهش تعداد شاخه‌های فرعی در اثر افزایش تراکم بوته ارائه کرده‌اند. در آفتابگردان نیز تراکم زیاد بوته بر میانگین ارتفاع بوته اثر افزایشی داشته است (مجیری و ارزانی، ۱۳۸۲).

### ۳-۳-۳- نسبت وزن خشک برگ به ساقه در بوته

چنانکه در فصل اول اشاره شد، بر مبنای مورفولوژی اندام هوایی، ارقام سیب‌زمینی به دو نوع ساقه‌ای و برگی تقسیم می‌شوند. نوع ساقه‌ای نسبت برگ به ساقه کمتر و تعداد برگ‌های کوچک بیشتر، میانگره‌های طویل‌تر و ساقه‌های درازتر نسبت به نوع برگی دارد. به علت داشتن ساقه‌های درازتر، خود سایه‌اندازی کمتری نسبت به نوع برگی دارند و از محیط جوی بهتر استفاده می‌کنند. ورود نور به کانوپی نوع ساقه‌ای بیشتر است که این امر باعث می‌شود کارآیی فتوسنتزی و بیوماس کل بیشتر باشد. اثر منفی برخی شرایط نامساعد روی جذب نور در نوع برگی بیشتر از نوع ساقه‌ای است و در شرایط کمبود رطوبت عملکرد نوع ساقه‌ای بیشتر از نوع برگی است در صورتی‌که در شرایط مطلوب رطوبتی عملکرد پایینی دارند که مربوط به کم بودن شاخص برداشت است (زیگفرید و همکاران، ۲۰۰۶). بنابراین بررسی چنین ویژگی مورفولوژیکی در ارقام و تراکم‌های متفاوت کشت می‌تواند مهم باشد.

اثر رقم، تأثیر متقابل رقم و تراکم (درسطح احتمال۱ درصد) و همچنین اثر تراکم (سطح احتمال ۵ درصد) بر نسبت وزن خشک برگ به ساقه در بوته معنی‌دار بود (جدول۳-۵). به عبارت دیگر نسبت وزن خشک برگ به ساقه علاوه بر اینکه در ارقام مورد بررسی متفاوت بود درهر رقم نیز بطور متفاوت از ارقام دیگر تحت تأثیر تراکم کشت قرار گرفت. در بین ترکیبات تیماری، d3s

(فاصله بوته روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر و رقم سانته) بیشترین نسبت وزن خشک برگ به ساقه را دارا بود (جدول۳-۸). بنابراین می‌توان گفت رقم سانته در فاصله کشت ۳۰ سانتی‌متری، کانوپی بسته-تری داشته و احتمالاً سایه‌اندازی متقابل برگ‌ها در بوته بیشتر است.

### ۳-۳-۴- تعداد غده

غده به عنوان محصول نهایی گیاه سیب‌زمینی از اهمیت شایان توجهی برخوردار است. از جمله ویژگی‌هایی که با عملکرد نهایی ارتباط تنگاتنگی دارد می‌توان به تعداد غده در واحد سطح (استروئیک و همکاران، ۱۹۹۰) و اندازه متوسط غده‌ها (وئور و موریس، ۱۹۷۹) اشاره کرد. از آنجا که مقدار تولید مواد فتوسنتزی با تعداد غده‌های درحال رشد ارتباط دارد و در واقع مقدار فعالیت مواد فتوسنتزی تحت کنترل اندازه مخزن‌هاست (ریکبوست و ماکسول، ۱۹۹۳)، به همین دلیل افزایش تعداد غده موجود در واحد سطح علاوه بر شتاب بخشیدن به فعالیت منبع بر میزان عملکرد نیز می‌افزاید. روند تغییرات تعداد غده به نحوی است که حداکثر آغازش غده‌ها طی دو هفته انجام می‌شود (ایفینکو و همکاران، ۱۹۷۴؛ وایرزما، ۱۹۸۹) و غده‌های باقیمانده امکان دارد در اواخر فصل رشد شروع به رشد کنند، اما در بیشتر موارد باز جذب می‌شوند (ایفینکو و همکاران، ۱۹۷۴). در واقع حدود ۳۰ روز پس از شروع غده‌دهی (کولینز، ۱۹۷۷) یا ۷۵ روز پس از کاشت (ساندرسون و وایت، ۱۹۸۲)، کاهش شدیدی در تعداد غده روی می‌دهد و پس از آن تعداد غده‌ها ثابت باقی می-مانند (ساندرسون و وایت، ۱۹۸۲). این موضوع متأثر از تراکم ساقه و بوته می‌باشد.

در این مطالعه اثر رقم بر تعداد غده در هر بوته و در متر مربع در زمان برداشت نهایی، معنی-دار بود (جدول ۳-۵). رقم سانته بیشترین تعداد غده در بوته و در متر مربع نسبت به ارقام دیگر داشت (جدول ۳-۷). تعداد غده در هر بوته با تعداد غده در متر مربع، درصد غده‌های ریز بوته، وزن غده‌های ریز در واحد سطح، وزن تر غده در بوته و نسبت وزن خشک برگ به ساقه در بوته همبستگی مثبت و با درصد غده‌های بازار پسند در بوته، وزن غده‌های بازارپسند در متر مربع، متوسط وزن هر غده در بوته، میانگین مدت سبز کردن، طول ساقه اصلی، تعداد انشعابات درجه اول و درجه دوم همبستگی منفی نشان داد (جدول ۳-۹). بین تعداد غده در واحد سطح زمین و فاصله دو بوته در روی ردیف نیز یک رابطه معکوس وجود داشت (نتایج ارائه نشده). مطالعات سونسون

(۱۹۶۲)، ایفینکو و آلن (۱۹۷۸a و ۱۹۷۸b)، وئور و همکاران (۱۹۹۰ و ۱۹۹۲) نشان داده که بین ارقام از نظر تعداد غده در هر بوته تفاوت معنی‌داری وجود دارد. این امر به متفاوت بودن خصوصیات ژنتیکی ارقام و پتانسیل تولید غده، نسبت داده شده است.

تغییر فاصله کاشت روی ردیف (تراکم) تأثیر معنی‌داری روی تعداد غده در بوته و در متر مربع نداشت (جدول۳-۵). واندرزاگ و دورنبوس (۱۹۸۷) نیز نشان دادند از آنجایی که با کاهش تراکم بوته، وزن متوسط غده‌ها افزایش می‌یابد، تعداد غده تولید شده در هر ساقه تحت تأثیر تراکم قرار نمی‌گیرد.

### ۳-۳-۵- وزن غده در بوته

اثر رقم، تراکم و تأثیر متقابل رقم و تراکم (در سطح احتمال ۱ درصد) بر وزن تر و خشک غده در بوته، معنی‌دار بود (جدول ۳-۵). ترکیب تیماری d2s (فاصله بوته روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر و رقم سانته) با داشتن ۸۶۳/۳ گرم و d3m (فاصله بوته روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر و رقم مارکیز) با ۱۷۴/۷ گرم به ترتیب بیشترین مقدار وزن تر و خشک غده را در بوته دارا بودند (جدول ۳-۸). در ارقام کایزر، آگریا و مارکیز با افزایش فاصله بوته در روی ردیف از ۲۰ به ۳۰ سانتی‌متر وزن تر و خشک غده در بوته افزایش نشان داده است. در صورتیکه در رقم سانته چنین روندی مشاهده نمی-شود. بطوریکه با افزایش فاصله دو بوته از ۲۰ به ۲۵ سانتی‌متر، ۲۷ درصد بر وزن تر و خشک غده در بوته افزوده می‌شود. و این در حالی است که با افزایش فاصله از ۲۵ به ۳۰ سانتی‌متر، ۴ درصد وزن تر و خشک غده در بوته کاهش می‌یابد. افزایش وزن تر و وزن خشک غده در بوته با کاهش تراکم احتمالاً به این دلیل بوده که در تراکم پایین فضای رشد بیشتر بوده و رقابت بین بوته‌ها جهت جذب نور و سایر عوامل محیطی کمتر است. وزن تر غده در بوته با نسبت وزن برگ به ساقه و وزن خشک کل بوته، همبستگی مثبت نشان داد ( جداول ۳-۹). نتایج مطالعات ایفینکو و آلن (۱۹۷۸a و ۱۹۷۸b) نیز نشان داده که تراکم بوته بر وزن غده در بوته تأثیر می‌گذارد.

### ۳-۳-۶- درجات مختلف غده‌ها

اندازه غده در مقایسه با کل عملکرد غده شاخص مهمتری از "عملکرد قابل عرضه به بازار" است؛ که باید بیشتر مد نظر قرار بگیرد. در بعضی از بازارها، غده‌های بزرگ مطلوب است. این در حالی است که در برخی از بازارها غده‌های کوچک یا غده‌های بذری ترجیح داده می‌شوند. عواملی مثل تعداد غده در متر مربع، دوره پر شدن غده و سرعت پر شدن غده در اندازه غده تأثیر دارند (رضایی و سلطانی، ۱۳۷۵). اندازه غده‌های موجود روی استولون همواره متفاوت از همدیگر است و این اختلاف به زمان تشکیل غده و سرعت رشد غده ارتباط دارد (استروئیک و همکاران، ۱۹۹۰). که در این میان سرعت رشد غده نقش مهمی در افزایش قطر غده خواهد داشت (وایرزما، ۱۹۸۹). آسانوما و همکاران، (۱۹۸۴)؛ استروئیک و همکاران، (۱۹۹۰) و واندرزاگ و دورنبوس، (۱۹۸۷) نشان دادند که قطر غده به تراکم بوته بستگی دارد به نحوی که در تراکم‌های بالای بوته به دلیل وقوع تنش عناصر غذایی یا عوامل دیگر رشد، افزایش تعداد ساقه و از آنجا رقابت درون بوته‌ای یا افزایش تعداد غده از قطر غده‌ها کاسته می‌شود (آسانوما و همکاران، ۱۹۸۴). با این حال گزارش-هایی مبنی بر عدم تأثیر تراکم بوته در قطر غده وجود دارد (شاکیا و لورنز، ۱۹۹۳).

#### ۳-۳-۶-۱- غده‌های ریز یا غیر بازارپسند

اثر رقم بر تعداد غده‌های ریز در بوته (در سطح احتمال ۵ درصد) و وزن آنها در بوته و در متر مربع (در سطح احتمال ۱ درصد) معنی‌دار ولی اثر تراکم غیر معنی‌دار بود (جدول ۳-۵). در رقم سانته تعداد و وزن این غده‌ها در بوته و وزن آنها در متر مربع بطور معنی‌داری بیشتر از بقیه ارقام بود. بین سایر ارقام اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳-۷). درصد این غده‌ها در هر بوته، تحت تأثیر تیمارهای مورد مطالعه قرار نگرفت (جدول ۳-۵).

### ۳-۳-۶-۲- غده‌های متوسط

اثر رقم بر وزن غده‌های متوسط در بوته و در متر مربع و همچنین بر تعداد و درصد آنها در بوته معنی‌دار، ولی اثر تراکم غیر معنی‌دار بدست آمد (جدول۳-۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در رقم سانته تعداد، وزن و درصد این غده‌ها در بوته و همینطور وزن آنها در واحد سطح بیشتر از ارقام دیگر است ( جدول۳- ۷).

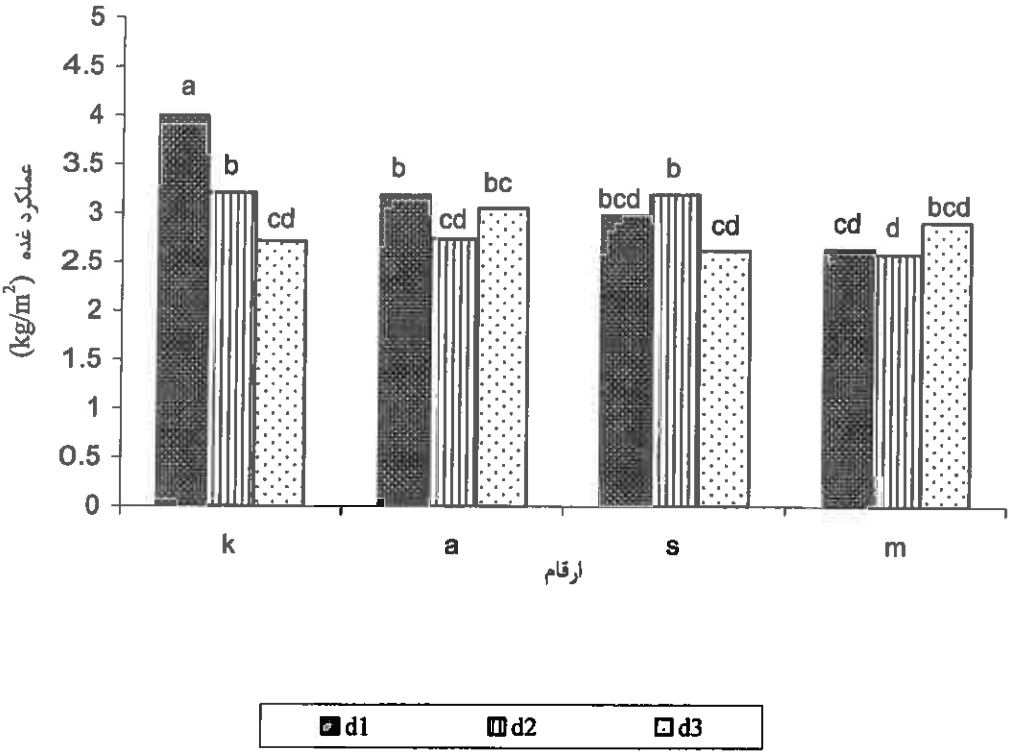
### ۳-۳-۶-۳- غده‌های بازارپسند

اثر رقم و تراکم بر تعداد غده‌های بازارپسند در بوته غیر معنی‌دار بود. ولی اثر رقم بر درصد غده‌های بازارپسند در بوته (در سطح احتمال ۱ درصد) و همچنین اثر رقم، تراکم و تأثیر متقابل رقم و تراکم بر وزن آنها در بوته و در واحد سطح (در سطح احتمال ۱ درصد) معنی‌دار به دست آمد (جدول ۳-۵). درصد غده‌های بازارپسند بوته در رقم سانته در مقایسه با بقیه ارقام بطور معنی‌داری کمتر بود و حدود ۴۰/۳ درصد کل غده‌های بوته را تشکیل داد (جدول ۳-۷). وزن غده‌های بازارپسند در بوته برای ترکیب تیماری d3a (رقم آگریا با تراکم ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار) بیشتر از ترکیبات تیماری دیگر بود (جدول ۳-۸). در رقم کایزر افزایش وزن غده‌های بازارپسند در بوته با افزایش فاصله بوته در روی ردیف از ۲۰ به ۲۵ و ۳۰ سانتی‌متر قابل ملاحظه نبود (غیر معنی‌دار از نظر آماری) ولی در رقم آگریا با افزایش فاصله بوته روی ردیف از ۲۰ به ۲۵ سانتی‌متر، منجر به افزایش غیر معنی‌دار در وزن غده‌های بازارپسند در بوته گردید ولی افزایش تا ۳۰ سانتی‌متر باعث افزایش معنی‌داری در وزن غده‌های بازارپسند بوته شد. در رقم سانته، افزایش فاصله کشت از ۲۰ سانتی‌متر منجر به افزایش قابل توجهی در وزن غده‌های بازارپسند بوته گردید. شایان ذکر است که بین تراکم‌های ۴۱۷۰۰ و ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود نداشت. این در حالی است که در رقم مارکیز با افزایش فاصله دو بوته در روی ردیف (کاهش تراکم)، وزن غده‌های بازارپسند در بوته افزایش نشان داد. وزن غده‌های بازارپسند در واحد سطح، برای ترکیب تیماری d1k (فاصله بوته روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر و رقم کایزر) بیشتر بود (جدول ۳-۸). در رقم کایزر با کاهش تراکم، عملکرد غده‌های بازارپسند در واحد سطح کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است.

درصورتی‌که در ارقام آگریا، سانته و مارکیز چنین روندی مشاهده نگردید (جدول ۳-۸). مقایسه ترکیبات تیماری مختلف از نظر عملکرد غده‌های بازارپسند در واحد سطح در شکل ۳-۴۷ آمده است.

درصد غده‌های بازارپسند بوته با وزن غدهای بازارپسند در واحد سطح، متوسط وزن هر غده در بوته، میانگین مدت سبز کردن، تعداد انشعابات n+1 و n+2، طول ساقه اصلی همبستگی مثبت و با درصد غده‌های ریز بوته، وزن غده‌های ریز در متر مربع و نسبت وزن خشک برگ به ساقه در بوته همبستگی منفی نشان داد (جدول ۳-۹). وزن غده‌های بازارپسند در متر مربع با متوسط وزن هر غده در بوته، عملکرد غده در واحد سطح، میانگین مدت سبز کردن و شاخص برداشت همبستگی مثبت و با تعداد ساقه اصلی در بوته و وزن خشک کل بوته همبستگی منفی داشت (جدول ۳-۹).

مطالعات وئور و همکاران (۱۹۹۰ و ۱۹۹۲)، ایفینکو و آلن (۱۹۷۸a و ۱۹۷۸b) وئور و آلن (۱۹۷۴) و سونسون (۱۹۶۲) نشان داده که بین ارقام سیب‌زمینی از نظر قطر غده تفاوت‌هایی وجود دارد. در این مطالعات تفاوت بین ارقام به دلیل تفاوت در تعداد ساقه، تعداد غده به ازای هر ساقه، زمان غده بندی و نحوه توزیع مواد فتوسنتزی در جهت رشد رویشی و یا در جهت ذخیره در غده‌ها دانسته شده است. مطالعات ایفینکو و آلن (۱۹۷۸b)، جارویس و شوتون (۱۹۷۱) و لینچ و روبری (۱۹۷۷) نیز نشان داده که تراکم کشت قطر غده را تحت تأثیر قرار می‌دهد.




شکل ۳-۴۷- مقایسه عملکرد غده های بازارپسند در ارقام کایزر (k)، آگریا (a)، سانته (s) و مارکیز در سطوح تراکم ۶۲۵۰۰ (d1)، ۵۰۰۰۰ (d2) و ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار

### ۳-۳-۷- متوسط وزن هر غده در بوته

اثر رقم بر متوسط وزن هر غده در بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳-۵). ارقام کایزر و سانته به ترتیب بیشترین و کمترین متوسط وزن غده را در بوته دارا بودند (جدول ۳-۷). پایین بودن متوسط وزن هر غده دربوته برای رقم سانته نسبت به ارقام دیگر به این علت است که در این رقم تعداد غده در بوته و در متر مربع بیشتر بود. مطالعات برخی از محققان (ایفینکو و آلن، ۱۹۷۸a؛ وئور و آلن، ۱۹۷۴؛ وئور و همکاران، ۱۹۹۰) نیز نشان داده که بین ارقام از نظر

متوسط وزن غده تفاوت‌هایی وجود دارد. در مطالعات فوق، تفاوت بین ارقام را به تفاوت در تعداد ساقه، تعداد غده تولیدی به ازای هر ساقه، تعداد غده در هر بوته و طول دوره رشد غده‌ها نسبت داده‌اند. اثر تراکم بر متوسط وزن هر غده در بوته غیر معنی‌دار بود (جدول ۳-۵). در بررسی‌های دیگران نیز نتایج مشابهی مبنی بر عدم تأثیر تراکم بر اندازه متوسط غده‌ها گزارش شده است (شاکیا و لورنز، ۱۹۹۳؛ صادق‌زاده حمایتی و همکاران، ۱۳۸۰). متوسط وزن هر غده در بوته با میانگین مدت سبز کردن، و تعداد انشعابات درجه اول و دوم همبستگی مثبت و با نسبت وزن خشک برگ به ساقه و تعداد ساقه اصلی در بوته همبستگی منفی نشان داد (جدول ۳-۹).

### ۳-۳-۸- درصد ماده خشک، عناصر کلسیم و پتاسیم غده

به غیر از اندازه و شکل، درصد ماده خشک غده نیز مهمترین ویژگی کیفی غده‌های سیب زمینی به شمار می‌رود، بخصوص اگر غده‌های سیب‌زمینی بصورت سرخ کرده مورد مصرف یا فرآوری قرار گیرند (پیرناود، ۱۹۸۳؛ استوری و دیویس، ۱۹۹۲). محتوای ماده خشک غده با غلظت نیتروژن و پتاسیم غده همبستگی منفی دارد (بودین و اسونسون، ۱۹۹۶). طعم غده سیب‌زمینی با غلظت عناصر غذایی موجود در غده مرتبط است. برای مثال مقادیر بالای نیتروژن باعث می‌شود که بافت غده وضعیت شبیه به حالت خیس شده یا آبدار داشته باشد و غلظت بالای پتاسیم این وضعیت را با تشکیل واکوئل‌ها تشدید می‌کند. غلظت کلسیم موجود در غده برای ساختار دیواره سلولی و بنابراین در حالت و شکل غده پس از پخته شدن مهم خواهد بود. کمبود منیزیم و کلسیم، منجر به تقلیل و کوچک شدن بافت غده در طول پخته شدن می‌گردد (بودین و اسونسون، ۱۹۹۶).

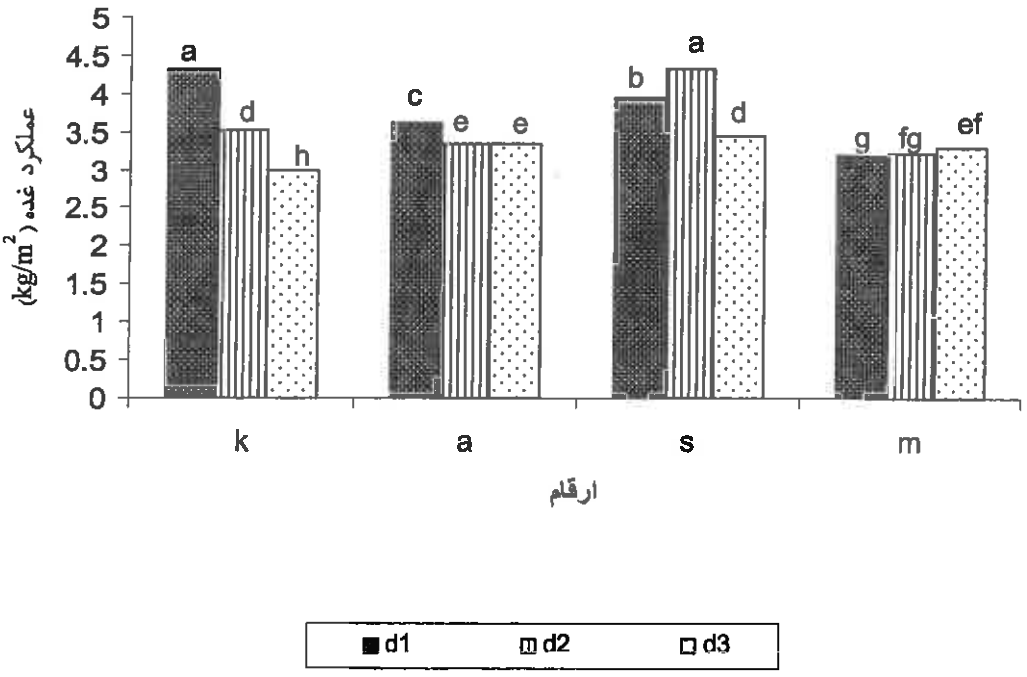
در این بررسی اثر رقم بر درصد کلسیم موجود در خاکستر غده در سطح احتمال ۵ درصد و بر درصد پتاسیم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول۳-۵). رقم آگریا بیشترین و رقم مارکیز کمترین درصد کلسیم را در غده دارا بودند و درصد پتاسیم غده در رقم سانته کمتر از ارقام دیگر بود (جدول۳- ۷). در ارقام مورد بررسی، درصد ماده خشک غده نیز با احتمال ۹۹٪ متفاوت بود (جدول ۳-۵). تأثیر عوامل مختلف بر درصد ماده خشک غده بسیار پیچیده است. ممکن است تحت شرایط معینی، یک عامل اثر مثبت و تحت شرایط دیگر اثر منفی داشته باشد. درصد ماده

خشک تحت تأثیر درجه بلوغ، سرعت رشد و جذب آب و مواد معدنی توسط گیاه است. تأثیر واریته بر درصد ماده خشک نیز متفاوت است. (نقل از رضایی و سلطانی، ۱۳۷۵). این امر توسط پژوهشگران دیگر از جمله وئور و آلن (۱۹۷۴) نیز گزارش شده است. دلیل این امر به متفاوت بودن اندازه و وزن غده‌های تولیدی در ارقام مختلف نسبت داده شده است. ویلکاکسون (۱۹۸۶) در واریته پنتلند کراون نشان داد که با افزایش قطر غده تا ۶۰ میلی‌متر درصد ماده خشک غده افزایش و بعد از آن کاهش می‌یابد. وئور (۱۹۷۷) نیز گزارش کرد، رقم‌هایی که غده‌زایی خود را با تعداد زیادی غده شروع می‌کنند درصد ماده خشک بالایی نیز دارند. این در حالی است که عده‌ای از محققین گزارشاتی مبنی بر عدم تأثیر رقم در مقدار ماده خشک غده داشته‌اند (صادق‌زاده حمایتی و همکاران، ۱۳۸۰؛ اصل گرگانی و دماوندی، ۱۳۸۳). مطابق با نتایج ویلکاکسون (۱۹۸۶) و وئور (۱۹۷۷) در مورد ارقام دیگر، بالا بودن درصد ماده خشک غده در رقم مارکیز می‌تواند با تعداد ساقه اصلی زیادتر در این رقم و در نتیجه شروع غده‌دهی با تعداد زیادی غده مرتبط باشد. درصد ماده خشک غده با درصد کلسیم غده و میانگین مدت زمان سبز کردن، همبستگی منفی و با تعداد ساقه اصلی در بوته و وزن خشک کل بوته همبستگی مثبت نشان داد (جدول ۳-۹).

### ۳-۳-۹- عملکرد غده

اثر رقم، تراکم و تأثیر متقابل رقم و تراکم بر عملکرد غده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بدست آمد (جدول ۳-۵). در بین ترکیبات تیماری، عملکرد غده در d1k (رقم کایزر - تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار) و d2s (رقم سانته - تراکم ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار) بیشتر بود (جدول ۳-۸). در ارقام کایزر و آگریا بیشترین عملکرد غده در تراکم‌های بالا بدست آمد. (شایان ذکر است که در رقم آگریا، بین تراکم ۵۰۰۰۰ و ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار، از این نظر تفاوتی وجود نداشت). این در حالی است که در رقم سانته بیشترین عملکرد در تراکم ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار (فاصله بوته روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر) حاصل گردید (جدول ۳-۸). به نظر می‌رسد تراکم مطلوب برای تولید غده در رقم سانته متفاوت از ارقام کایزر و آگریا بوده است. بیوکما و واندرزاگ، (۱۹۹۰) معتقد بودند علت افزایش عملکرد غده در واحد سطح با افزایش تعداد بوته، پوشش سریع‌تر سطح خاک توسط برگ‌ها و جلوگیری از رشد شاخه‌های جانبی و در نتیجه رشد زودتر غده‌ها می‌باشد. بین عملکرد غده در

واحد سطح و فاصله دو بوته در روی ردیف رابطه معکوس وجود داشت (نتایج ارائه نشده). زاهدی اول (۱۳۷۵)، صادق‌زاده حمایتی (۱۳۸۰)، اصل گرگانی و دماوندی (۱۳۸۳) نیز نشان دادند که اثر تراکم روی عملکرد غده در هکتار معنی‌دار است. عملکرد غده با شاخص برداشت و نسبت وزن خشک برگ به ساقه در بوته همبستگی مثبت و با درصد پتاسیم غده و طول ساقه اصلی همبستگی منفی داشت (جدول ۳-۹). مقایسه عملکرد غده در بین ترکیبات تیماری مختلف در شکل ۳-۴۸ آمده است.




شکل ۳- ۴۸- مقایسه عملکرد غده در واحد سطح در بین ارقام کایزر (k)، آگریا (a)، سانته (s) و مارکیز (m) در سطوح تراکم ۶۲۵۰۰ (d1)، ۵۰۰۰۰ (d2) و ۴۱۷۰۰ (d3) بوته در هکتار

### ۳-۳-۱۰- شاخص برداشت

تغییر در تراکم بوته منجر به تغییر معنی‌دار در شاخص برداشت نگردید. ولی اثر رقم در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول۳-۵). رقم آگریا با ۷۸/۳۸ درصد بطور معنی‌داری (در سطح احتمال ۵ درصد) شاخص برداشت بیشتری نسبت به ارقام دیگر داشت تفاوت آگریا با سانته از این نظر به لحاظ آماری قابل اغماض بود (جدول ۳-۷). بالا بودن شاخص برداشت در رقم آگریا از تخصیص بالای مواد فتوسنتزی در رشد غده‌ها نسبت به رشد اندام‌های هوایی در مقایسه با ارقام دیگر حکایت دارد. صادق‌زاده حمایتی و همکاران نتایج مشابهی را در این خصوص گزارش کرده‌اند (۱۳۸۰).

## ۳-۳- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مهمترین نتایج حاصل از این پژوهش را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

- در تمام ارقام مورد بررسی، شاخص سطح برگ (LAI) درکل، یا در بیشتر طول دوره رشد، برای تراکم ۶۲۵۰۰ بوته بیشتر از دو تراکم ۵۰۰۰۰ و ۴۱۷۰۰ بوته در هکتار بود. ولی تأثیر تراکم بر سرعت رشد محصول (CGR) در ارقام مورد بررسی متفاوت از هم بود.

- بیشترین LAI برابر ۳/۱۳ برای رقم سانته در تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار (d1s) و بیشترین CGR برای ترکیبات تیماری d1m (رقم مارکیز در تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار) به مقدار ۲/۳۹ و d2s و d2m (به ترتیب رقم سانته و مارکیز در تراکم ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار) به میزان ۲/۳۳ گرم در متر مربع در روز درجه حاصل گردید.

- در کلیه ارقام، سرعت رشد نسبی با افزایش سن گیاه به علت سایه‌اندازی و رقابت بیشتر گیاهان با یکدیگر کاهش یافت.

- NAR به دلیل سایه‌اندازی متقابل برگ‌ها، با گذشت زمان روند نزولی داشت و این در حالی بود که در برخی ترکیبات تیماری به علت تسریع در شروع غده دهی و تقاضای غده‌ها برای جذب آسیمیلات، افزایشی در اوایل فصل رشد دیده شد.

- برای ارقام کایزر، آگریا و سانته میزان جذب خالص (در بیشتر طول دوره رشد) حاصل شده در تراکم‌های پایین بیشتر از تراکم‌های بالا بود.

- تغییرات وزن خشک کل و غده در طول فصل و در تمام ترکیبات تیماری روند سیگموئیدی داشت و بین سرعت رشد محصول و سرعت رشد غده رابطه خطی با ضریب تشخیص ($R^2$)، ۰/۸۷ برقرار بود.

- در بین برخی از ارقام مورد بررسی از نظر میانگین مدت سبز کردن، متوسط تعداد انشعابات n+۱ و n+۲، طول و تعداد ساقه اصلی در بوته، تعداد غده در بوته و در متر مربع، تعداد غده‌های متوسط و ریز در بوته، درصد غده‌های متوسط و بازارپسند بوته، عملکرد غده‌های ریز و متوسط در متر مربع، وزن غده‌های ریز و متوسط بوته، درصد کلسیم و پتاسیم غده، درصد ماده خشک غده، متوسط وزن هر غده و شاخص برداشت تفاوت‌هایی وجود داشت.

- با افزایش فاصله کشت دو بوته از ۲۰ به ۳۰ سانتی‌متر تعداد انشعابات n+۱ بوته افزایش، ولی طول ساقه اصلی در بوته کاهش یافت.

- اثرات متقابل رقم و تراکم برای نسبت وزن برگ به ساقه در بوته، وزن تر و خشک غده در بوته، عملکرد غده، وزن خشک کل بوته، وزن خشک کل در واحد سطح و وزن غده‌های بازارپسند در بوته و در واحد سطح معنی‌دار بود. که حاکی از عکس‌العمل متفاوت ارقام به سطوح تراکم در ارتباط با صفات مذکور می‌باشد.

- تعداد غده در بوته با تعداد غده در واحد سطح، وزن تر غده در بوته و نسبت وزن خشک برگ به ساقه در بوته همبستگی مثبت و با درصد غده‌های بازارپسند بوته، وزن غده‌های بازارپسند در واحد سطح، متوسط وزن هر غده در بوته، میانگین مدت سبز کردن، تعداد انشعابات فرعی درجه اول و دوم و طول ساقه اصلی همبستگی منفی معنی‌داری نشان داد. همچنین تعداد ساقه اصلی در بوته با تعداد انشعابات n+۱ و n+۲، میانگین مدت زمان سبز کردن، متوسط وزن هر غده همبستگی منفی و با طول ساقه اصلی و درصد ماده خشک غده همبستگی مثبت داشت. عملکرد غده‌های بازارپسند نیز با متوسط وزن هر غده در بوته، عملکرد غده در واحد سطح، میانگین مدت سبز کردن و شاخص برداشت همبستگی مثبت و با تعداد ساقه اصلی در بوته وزن خشک کل بوته همبستگی منفی نشان داد.

- عملکرد غده در واحد سطح در رقم کایزر و سانته به ترتیب در تراکم‌های ۶۲۵۰۰ و ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار (d1k و d2s) بیشتر از بقیه ترکیبات تیماری بود. قضاوت بر اساس مقدار عددی عملکرد غده سیب‌زمینی در واحد سطح چندان معقول نبوده و باید بیش از مقدار کل عملکرد غده، به نحوه توزیع اندازه غده‌ها در محصول نهایی، غلظت عناصر غذایی و درصد ماده خشک غده توجه کرد.

- عملکرد غده‌های بازارپسند در واحد سطح در ترکیب تیماری d1k (فاصله بوته روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر و رقم کایزر) بیشتر از ارقام و تراکم‌های دیگر بود. بنابراین جهت عرضه به بازار، کشت رقم کایزر با تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار (الگوی کشت ۸۰×۲۰) برای منطقه قابل توصیه می‌باشد.

- با توجه به اینکه در ترکیب تیماری d2s (رقم سانته با تراکم ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار) عملکرد غده‌های ریز و متوسط در واحد سطح زیاد است برای تولید غده بذری و یا تولید غده جهت مصارف خانگی، رقم سانته با الگوی کشت ۸۰×۲۵ قابل توصیه می‌باشد.

- رقم مارکیز درصد ماده خشک (DM) بالایی دارد. بنابراین برای تولید چیپس یا فرنچ فرایز، بهتر از ارقام دیگر خواهد بود.

- ازنظر درصد کلسیم، آگریا و در درجه دوم کایزر و سانته وضعیت خوبی دارند؛ لذا این ارقام به علت لاغر و کوچک نشدن بافت غده در طول پخته شدن بهتر خواهند بود. اما رقم سانته به علت داشتن محتوای پتاسیم کمتر، بافت آبدار نخواهد داشت.

## فهرست منابع


- احمدوند، گ. و ع. کوچکی. ۱۳۷۷. اثر تراکم و آرایش کاشت بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک سویا بعنوان کشت دوم در مشهد. **مجله علمی- پژوهشی علوم و صنایع کشاورزی**، جلد ۱۱، شماره ۱، صفحات ۱۵-۲۲.
- احسان‌زاده، پ. و ع. زارعیان بغداد آبادی. ۱۳۸۲. اثر تراکم بوته بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی ویژگی‌های رشد دو رقم گلرنگ در شرایط آب و هوایی اصفهان. **مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی**، سال هفتم، شماره اول، صفحات ۱۲۹-۱۴۰.
- ارجمند. ا. ۱۳۸۴. بررسی تراکم‌های مختلف بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد کشت دوم رقم ماش در ارومیه. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه ارومیه.
- اصل گرگانی، ر. و ع. دماوندی. ۱۳۸۳. اثر رقم و تراکم بوته بر اجزای عملکرد و عملکرد غده سیب‌زمینی. **مجله دانش کشاورزی**، جلد ۱۴، شماره ۳ ، صفحات ۵۰-۴۱.
- بهدانی، م.ع. و م.ح. راشد. ۱۳۷۷. بررسی اثر تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم کنجد. **مجله علمی- پژوهشی علوم و صنایع کشاورزی**، جلد ۱۲، شماره ۲، صفحات ۵۷-۶۴.
- بی‌نام. ۱۳۷۸. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۷۷- ۱۳۷۶. وزارت کشاورزی. نشریه شماره ۷۸/۰۱.
- بی نام، ۱۳۷۶. شناسنامه تصویری سیب‌زمینی. اداره کل آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی، تهران.
- حجازی، ا. ۱۳۷۳. تکنولوژی بذر (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران.
- حمزه‌ئی. ج. ۱۳۸۱. واکنش ارقام سیب‌زمینی به مقادیر مختلف آب. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.
- خلقانی. ج. ۱۳۷۳. تجزیه رشد سیب‌زمینی در سطوح متفاوت ازت و تراکم بوته. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.
- خواجه‌پور، م.ر. ۱۳۷۰. تولید نباتات صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی. دانشگاه صنعتی اصفهان.
- خواجه‌پور، م. ۱۳۷۵. تولید نباتات صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان.
- خواجه پور، م. ۱۳۸۳. تولید نباتات صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان.
- رحیم‌زاده خویی، ف. ۱۳۷۳. زراعت تکمیلی (متون درسی). دانشگاه تبریز، دانشکده کشاورزی.

- رشیدی. ط. ۱۳۸۳. بررسی اثر تراکم‌های کاشت مختلف گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت برآنالیزهای رشد و تولید مینی توبر در دو رقم سیب‌زمینی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- رضایی، ع. و ا. سلطانی. ۱۳۷۵. زراعت سیب‌زمینی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۷۹صفحه.
- زاهدی اول، م.ج. ۱۳۷۵. اثر تراکم بوته و مقادیر مختلف کود پتاسه بر کمیت و کیفیت دو رقم سیب‌زمینی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی. ۱۲۷ صفحه.
- زرین آبادی، ا. و پ. احسان‌زاده. ۱۳۸۲. رشد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه سه ژنوتیپ گندم دوروم تحت تراکم‌های مختلف کاشت در اصفهان. **مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی**، سال هفتم، شماره چهارم، صفحات ۱۲۹-۱۴۰.
- سرمدنیا، غ. و ع. کوچکی. ۱۳۷۱. جنبه‌های فیزیولوژیک زراعت دیم (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- سرمدنیا، غ. و ع. کوچکی. ۱۳۶۸. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- شکیبا، م.ر. ۱۳۷۴. فیزیولوژی گیاهان زراعی تکمیلی (متون درسی). دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.
- صادق‌زاده حمایتی، س.، ا. هاشمی دزفولی و م. ولی‌زاده. ۱۳۸۰. اثرات فاصله ردیف و تراکم بوته روی رشد و عملکرد سه رقم سیب‌زمینی در منطقه اردبیل. ۱- ریخت شناسی بوته و تجمع ماده خشک. **مجله دانش کشاورزی**، جلد ۱۱، شماره ۳، صفحات ۱۵- ۱ .
- طباطبایی، م. ۱۳۶۵. گیاهشناسی کاربردی برای کشاورزی و منابع طبیعی. انتشارات جهاد دانشگاهی تهران.
- علیخانی، م.ا.، ا. قلاوند و ا. علا. ۱۳۸۴. تأثیر تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم و یک لاین ماش سبز در منطقه کرج. **مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی**، سال نهم، شماره چهارم، صفحات ۱۱۱-۱۲۰.

- علیزاده، الف. و ع. کوچکی. ۱۳۶۸. کشاورزی و آب و هوا. انتشارات جاوید مشهد.
- فتحی. ق. ۱۳۷۸. رشد و تغذیه گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.۳۷۲صفحه.
- قلی‌پور، م. ۱۳۷۵. بررسی اثرات وزن غده بذری و عمق کاشت بر روی سیب‌زمینی با سنجش شاخص‌های رشد. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.
- کوچکی، ع. ۱۳۶۸. غذا و انرژی در جامعه. انتشارات جاوید مشهد.
- کوچکی، ع. و ا. علیزاده. ۱۳۶۵. اصول زراعت در مناطق خشک (جلد دوم) (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- کوچکی، ع.، ح. خیابانی و غ. سرمدنیا. ۱۳۶۶. تولید محصولات زراعی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، شماره ۹۷.
- کوچکی، ع. و غ. سرمدنیا. ۱۳۷۹. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- کوچکی، ع.، م.ح. راشد محصل، م. نصیری ور. صدر آبادی. ۱۳۶۷. مبانی فیزیولوژیکی رشد و نمو گیاهان زراعی. انتشارات آستان قدس رضوی مشهد.
- کوچکی، ع.، م.حسینی و م. نصیری. ۱۳۷۲. رابطه آب وخاک در گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- مجیری، ع. و ا. ارزانی. ۱۳۸۲. اثر سطوح مختلف کود نیتروژن و تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد در آفتابگردان. **مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی**، سال هفتم، شماره دوم، صفحات ۱۱۵-۱۲۴.
- مودب شبستری م. و م. مجتهدی ۱۳۶۹. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران.

Allen, E.J. 1979. Effects of cutting seed tubers on number of stems and tubers and tuber yields on several potato varieties. J. Agric. Sci. Camb. 93: 121-128.

Allen, E.J. and R.K. Scott. 1980. An analysis of growth of the potato crop. J. Agric. Sci. Camb. 94: 583–606.

Allen E. J. and D.C.E. Wurr. 1973. A comparison of two methods of recording stem densities in the potato crop. Potato Res., 16: 10-20.

Allen, E.J. and D.C.E. Wurr. 1992. Plant density. 292-331. In: P. Harris (ed.) The Potato Crop. Harris, P. Chapman & Hall, London. pp.

Allen, E.J. and R.K. Scott. 1980. An analysis of the growth of the potato crop. J. Agric. Sci. camb. 94: 583-606.

Allen, E.J., J.N. Bean, R.L. Griffith and P.J. O'Brien. 1979. Effects of length of sprouting period on growth and yield of contrasting early potato varieties. J. Agric. Sci. Camb., 92: 151-63.

Arthur, J.C. 1982. The relation of number of eyes on the seed tubers of potatoes to the product. Indiana sta. Bulletin., 42: 105-18.

Asanuma, K., J. Naka and 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.

Bajaj, S. 1987. Biotechnology of nutritional improvement of potato In: Y.P.S. Bajaj(ed.). biotechnology in agriculture and forestry. Vol 3, springer veriag .pp. 136-150.

Balls, W. L. 1917. Analysis of agricultural yield. III. The influence of natural environmental factors upon the yield of Egyption cotton. Phil. Trans. Roy. Soc. Ser. B, 208: 157–223.

Balls, W.L. and F.S. Holton. 1915a. Analysis of agricultural yield. I. The spacing experiment with Egyption cotton, 1912. Phil. Trans. Roy. Soc. Ser. B, 206: 103–180.

Balls, W. L. and F.S. Holton. 1915b. Analysis of agricultural yield. II. The sowing date experiment with Egyption cotton, 1913. Phil. Trans. Roy. Soc. Ser. B, 206: 403–480.

Beukema H.P., D.E. Vanderzag. 1990. Introduction to potato production. Pudoc Wagening. pp. 223-240.

Blackman, V.H. 1919. The compound interest law and plant growth. Ann. Bot. 33: 353–360.

Bleasdale, J.K.A. 1965. Relationship between set characters and yield in main crop potatoes. J. Agric. Sci. Camb., 64: 361-366.

Bodin, B. and B. Svensson. 1996. Potatis och Potatisproduktion. Institutionen for vaxtodlingslara, Sveriges Lantbruksuniversitet (In Swedish).

Bodlander, K.B.A., C. Luget and J. Marinus, 1964. The induction of second growth in potato tubers. European potato Journal 7: 57-71.

Bremner, P. M., and M.A. Taha. 1966a. Studies in potato agronomy. I. The effects of variety, seed size, and spacing on growth, development and yield. J. Agric. Sci., 66: 241–252.

Bremner, P. M., and R. W. Radley. 1966b. Studies in potato agronomy. II. The effects of variety and time of planting on growth, development, and yield. J. Agric. Sci., 66: 253–261.

Burton, W.G. 1972. Response of the potato plant and tuber to temperature, In A.R. Rees, K.E. Cockshall, D.W. Hand, and R.G. Hurd (eds.). Crop processes in controlled environments, Accademic press, New york.

Buttery, B.R., and R.I. Buzzell. 1974. Evaluation of methods used in cumpoting net assimilation rates of soybean. Crop Sci. 14: 41-44.

Casa, R., G. Russell, B. Lo Cascio and F. Rossini. 1999. Environmental effects on linseed (*Linum usitatissimum L.*) yield and growth of flax at different stand densities. Eur. J. of Agronomy, 11: 267-278.

Clawson, K.L., J.E. Specht and B.L. Blad. 1986. Growth analysis of soybean isolines differing in pubescence density. Agron. J. 78: 164-172.

Collins, W.B. 1977. Analysis of growth in kenebec with emphasis on the relationship between stem number and yield. Am. Potato J. 54: 33–39.

Donald, C.M. 1963. Competition among crop and pasture plants. Adv. Agron. 15: 1-118.

Dornhoff, G. M. and R.M. Shibles. 1976. Leaf morphology and anatomy in relation to $CO_2$ exchange rate of soybean leaves. Crop Sci. 16: 377–381.

Duvick, D.N. and K.G. Cassman. 1999. Post-green revolution trends in yield potential of temperate maize in the North-central United States. Crop Sci., 39: 1622-1630.

Dyson. P.W. and D.J. Watson. 1971. An analysis of the effects of nutrient supply on the growth of potato crops. Ann. Appl. Biol. 69: 47-63.

Elizabeth G.C. 1991. Structure and development of the potato plant In: P.M. Harris(ed.). the potato crop. Chapman & Hall. London. pp. 65-146.

Evans, G.C. 1972. The quantitative analysis of plant growth. University of California press, Berkeley.

Evans, L.T. 1984. Physiological aspects of varietal improvement. In J.P. Gustafson (ed): Gene manipulation in plant improvement. Plenum corporation

Evans, L.T., I.F. Wardlaw, and R.A. Fisher. 1975. In L.T. Evans(ed.): Crop physiology. London. Combridge university press.

Famiani, F., P. Proiettim, A. Palliotti, F. Ferranti and E. Antognozzi. 2000. Effects of leaf to fruit ratios on fruit growth in chestnut. Sci. Hort. 85: 145-152.

Fanjul, L., K. Shibat and E. Hernandez. 1982. Yield potential and stratified growth analysis of an indetermineate climbing polebean in mexico. Expl. Agric. 18: 167-175.

Firman, D.M. and E.J. Allen. 1989. Relationship between light interception, ground cover and leaf area index in potatoes. J. Agric. Sci. Camb. 113: 355-359.

Fokeera-Wahedally, S.B.M. and M. Bhikajee. 2005. The effects of in situ shading on the growth of a seagrass (*Syringodium isoetifolium*). Estuarine, Coastal and Shelf Science, 64: 149-155.

Francescangeli, N., M.A. Sangiacomo and H. Martl. 2006. Effects of plant density in broccoli on yield and radiation use efficiency. Scientia Horticulturae, 110: 135-143.

Gardner, F.P., R.B. Pearce and R.L. Mitchell. 1985. Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press, USA, pp. 186-208.

Gunasena, H. P. M. and P.M. Harris. 1971. The effect of CCC, nitrogen and potassium on the growth and yield of two varieties of potatoes. J. Agric. Sci. Camb. 76: 33–52.

Hara, T., 1984. Dynamics of stand structure in plant monocultures. J. Theor. Biol. 110, 223-239.

Herbert, S.J. and G.V. Litchtield. 1984. Growth response of short season soybean to variations in row spacing and density. Field Crops Research. 9: 163-171.

Hunt, R. 1978. Plant growth analysis. London. Edward Arnold.

Heuvelink, E., 1997. Effect of fruit load on dry matter partitioning in tomato. Sci. Hort. 69: 51-59.

Ifenkwe, O.P. 1975. Effects of row width and plant density on growth and development of two maincrop potato varieties. Ph.D. Thesis. University College of Wales, Aberystwyth.

Ifenkwe, O. P. and E.J. Allen.1978a . Effects of row width and planting density on growth and yield of two main crop potato varieties . Plant morphology and dry matter accumulation. J. Agric. Sci. Combo., 91: 256-278.

Ifenkwe, O.P. and E.J. Allen.1978b. Effects of row width and planting density on growth and yield of two main crop potato varieties. Number of tubers, total and graded yields and their relationships with above ground stem densities. J. Agric. Sci. Comb., 91: 279-289.

Ifenkwe, O.P., E.J. Allen and D.C.E. Wurr. 1974. Factors effecting the relationship between tuber size and dry-matter content. Am. Potato J. 51: 233-242.

Ingram. K.Y. and D.E. Mccloud. 1984. Simulation of potato growth and development. Crop Sci. 24: 21-27.

Iritani, W.M., R. Thornton, L. Waller and G. O'Leary. 1972. Relationships of seed size, spacing and stem numbers to yield of Russet Burbank potatoes. American Potato Journal 49: 463-469.

Jarvis, R.H. and F.E. shotton. 1971. Population studies with King Edward potatoes. Exp. Husb., 20: 12-29.

Kaplan, S. L. And H.R. Koller. 1977. Leaf area and $CO_2$ exchange rate as determinats of the rate of vegetative growth in soybean plants. Crop. Sci. 17: 35–38.

Khalafalla, A.M., 2001. Effect of plant density and seed size on growth and yield of potato in Khartoum state, Sudan. African Crop Science J. l(9): 77-82.

Koller, W., E. Nyquist, and I.S. Chorush. 1970. Growth analysis of the soybean community. Crop Sci. 10: 407-412.

Krijthe, N. 1955. Observations on the formation and growth of tubers on the potato plant. Neth. J. Agric. Sci., 3: 291-304.

Kunkel, R. N. and T. S. Russel. 1973. Mineral element content of potato plants and tubers vs. yield. Am. Potato J. 50: 275-282.

Lorenz, O.A. 1944. Studies on potato nutrition. II. Nutrient uptake at various stages of growth by kern county potatoes. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 44: 389–394.

Lucas, E.O. and G.M. Milbourn. 1976. The effect of density of planting on the growth of two *Phaseolus vulgaris* varieties in England. J. Agric. Sci. Camb. 87: 89-99.

Lynch, D.R. and R.G. Rowbery. 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.

Manrique, L.A. 1989. Analysis of growth of Kennebc potatoes grown under differing environments in the tropics. Am. potato J. 66: 277-291.

Marcelis, L.F.M. 1996. Sink strength as a determinant of dry matter partitioning in the whole plants. J. Exp. Bot. 47: 1281-1291.

McCollum. R.E. 1978. Analysis of potato growth under differing P regims. I. Tuber yields and allocation of dry matter and P. Agron. J. 70: 51-57.

McCollum. R.E. 1978. Analysis of potato growth under differing P regims. II. Time by P–status interactions for growth and leaf efficiency. Agron. J. 70: 58–67.

Midmore, D.J., 1984. Potato (*Solanum spp.*) in the hot tropics. I. Soil temperature effects on emergence, plant development and yield. Field Crops Res., 8: 255-271.

Midmore, D.J., 1988. Potato (*Solanum spp.*) in the hot tropics. VI. Plant population effects on soil temperature, plant development and tuber yield. Field Crops Res., 19: 183-200.

Midmore, D.J., 1987. Screening potato clones for adaption to warm tropical conditions. Tests of agrochemicals and cultivars. Ann. Appl. Biol., 109: 172-173.

Midmore, D.J., D. Berrios and J. Roca. 1986a. Potato (*Solanum spp.*) in the hot tropics. II. Soil temperature and moisture modification by mulch in contrasting environments. Field Crops Res., 15: 97-108.

Midmore, D.J., J. Roca and D. Berrios. 1986b. Potato (*Solanum spp.*) in the hot tropics. III. Influence of mulch on weed growth, crop development, and yield in contrasting environments. Field Crops Res., 15: 109-124.

Midmore, D.J., J. Roca and D. Berrios. 1988a. Potato (*Solanum spp.*) in the hot tropics. IV. Intercropping with maize and the influence of shad on potato microenvironment and crop growth. Field Crops Res., 18: 141-157.

Midmore, D.J., D. Berrios. And J. Roca. 1988b. Potato (*Solanum spp.*) in the hot tropics. V. Intercropping with maize and the influence of shad on tuber yields. Field Crops Res., 18: 159-176.

Monteith, J.L. 1962. Attenuation of radiation: a climatological study. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 88: 508 – 521.

Moorby, J. and F.L. Milthorpe. 1975. The potato, in L.T. Evans, Ed., Crop physiology: some case histories, Cambridge Univ. press, PP. 225–257.

Moorby, J. 1978. The physiology of growth and tuber yield, In: P.M. Harris (ed). The potato crop. Chapman and Hall, London. PP. 153-194.

Morby, J. 1970. The production, storage, and translocation of carbohydrates in developing potato plants. Ann. Bot. 34: 297-308.

Muchow, R.C., and D.A. Charles-Edwards. 1982a. An analysis of the growth of mung bean at a range of plant densities in tropical Australia. I. Dry matter production. Aust. J. Agric. Res. 33: 41-51.

Muchow, R.C., and D.A. Charles-Edwards. 1982b. An analysis of the growth of mung bean at a range of plant densities in tropical Australia. II. Seed production. Aust. J. Agric. Res. 33: 53-61.

Murchie, E. H. Chen, Y., Hubbart, S., peng, S., Horton, P., 1999. Interactions between senescence and leaf orientation determine in situ patterns of photosynthesis and photoinhibition in field-grown rice. Plant physiol. 119: 553-563.

Necas, J. 1968. Growth analytical approach to the analysis of yielding capacity of potato varieties. Photosynthetica. 2 (2) 85-100.

O'Hair, S.K. 1985. Potato growth in the subtropics of Florida. Am. Potato J. 62: 391-401.

Ojala, J.C., J.C. Stark, and G.E. Kleinkopf. 1990. Influence of irrigation and nitrogen management on potato yield and quality. Am. Potato J. 67: 29-40.

Perrenoud, S. 1983. Potato: fertilizers for yield and quality. International Potash Institute Bulletin, No. 8, 84 pp.

Piikki, K., V. Vorne, K. Ojanpera and H. Pleijel. 2006. Impact of elevated $O_3$ and $CO_2$ exposure on potato tuber macronutrients (N, P, K, Mg, Ca). Agric. Ecosyst. Environ. 2825: 1-10.

Pilbeam, C.J., P.D. Hebblethwaite, T.E. Nyongesa, and H.E. Ricketts. 1991. Effects of plant population density on determinate and indeterminate forms of winter field beans. II. Growth and development. J. Agric. Sci. Camb. 116: 388-393.

Radford, P.J. 1967. Growth analysis formulae their use and abuse. Crop. Sci. 7: 171-175.

Rex B.L. 1990. Effects of seed piece population on the yield and processing quality of Russet Burbank potatoes. Am. Potato J. 67: 473-489.

Rex B.L., W.R. Russel and H.R. Wolfe. 1987. The effect of spacing of seed pieces on yield, quality and economic value for processing of Shepdoy in Manitoba. Am. Potato j. 64: 177-189.

Roberts, S., W.H. Weaver, and J. P. Phelps. 1982. Effect of rate and time of fertilization on nitrogen and yield of Russet Burbank potatoes under center pivot irrigation. Am. Potato J. 59:77-86

Rykbost, K.A. and J. Maxwell. 1993. Effects of plant population on the performance of seven varieties in the Klonath Basin of Oregon. Am. Potato J. 70: 463-474.

Sale, P.J.M. 1973a. Productivity of vegetable crops in a region of high solar input. I. Growth and development of the potato. Aust. J. Agric. Res. 24: 733-749.

Sale, P.J.M. 1973b. Productivity of vegetable crops in a region of high solar in put. II. yields and efficiency of water use and energy. Aust. J. Agric. Res. 24: 757-762.

Salisbury, F.b., C.W. Ross. 1992. Plant physiology, Hormones and Plant Regulators: Auxins and Gibberellins, 4th. ed. Wadsworth Publishing, California, USA, pp. 357-381.

Sanderson L.B. and R.P. White. 1982. Effects of in-row spacing on potato tuber yields, sizes, and numbers measured at ten weekly sampling dates. Am. Potato J. 59: 484.

Schmitt, J. and R.D. Wulff. 1993. Light spectral quality, phytochrome and plant competition. Trends in Ecol. Evol. 8: 47-50.

Sekimura, T., T. Roose, B. Li, P.K. Maini, J.I. Suzuki and T. Hara. 2000. The effect of Population density on shoot morphology of herbs in relation to light capture by leaves. Elsevier Sci. 128: 51-62.

Shakya J.D. and J. II. Lorenzen. 1993. Effects of planting density and seed rate on yield and tuber density of commen cultivars of Nepal. Am. Potato J. 70: 839.

Shibles, R.M. and C.R. Weber. 1965. Leaf area, solar radiation interception and dry matter production by soybeans. Crop Sci. 5: 575–577.

Siegfried, S., S. Heinz. And J.L. Franz. 2006. Drought resistance of potato cultivars with contrasting canopy architecture. Europ. J. Agric. 24: 193-202.

Singh, S.P., N.P. Singh and R.K. Pandey. 1988. Growth analysis in faba bean (*Vicia faba L.*). FABIS Newletter. 22: 25–28.

Sivakumar, M.V.K., and R.H. Shaw. 1978. Methods of growth analysis in field grown soybeans Ann. Bot 42: 213–222.

Smith, H., 1994. Sensing the light environment: the functions of the phytochrome family. In: R.E. Kendrick, G.H.M. Kronenberg, (eds.), photomorphogenesis, 2nd. Kluwer Academic publishers, The Hague, pp. 374-416.

Soltanpour, P.N. 1969. Accumulation of dry matter and N, P, K, by Russet Burbank, Oromonte, and Red Mcclure potatoes Am. Potato J. 46: 111-119.

Storey, R.M.J., H.V. Davies. 1992. Tuber quality. In: Harris, P.M. (ed.), The Potato Crop. the Scientific Basis for Improvement. Chapman & Hall, London, pp. 507-552.

Struik, P.C., A.J. Haverkort, D. Vreugdenhil, C.B. Bus. and R. Dankerts. 1990. Manipulation of tuber- size distribution of a potato crop. Potato Res. 33: 417-432.

Svensson, B. 1962. Some factors effecting stolon and tuber formation in the potato plant. Eur. Potato J., 5: 28-39.

Tatham M., M.P. thomas and F.M. william.1953. The potato in health and disease. Oliver and body LTD., Edinburgh. pp. 170-197.

Taylor, C.E. 1953. The vegetative development of the potato plant. Ann. Appl. Biol., 40: 778-88.

Tekalign, T., P.S. Hammes. 2005. Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth. II. Growth analysis, tuber yield and quality. Sci. Hort. 105: 29-44.

Tesar, M.B. 1984. Physiological basis of crop growth and development. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, 291–321.

Theurer, J.C. 1979. Growth patterns in sugarbeet production. J. Am. Soc. Sugarbeet Technol. 24: 343–367.

Travis, K.Z. 1987. Use of a simple model to study factors affecting the size distribution of tubers in potato crops. J. Agric. Sci. Camb. 109: 563-571.

Vander Zaag D.E., and J.H. Doornbos. 1987. An attempt to explain differences in the yielding ability of potato cultivars based on differences in cumulative light interception, utilization efficiency of foliage and harvest index. Potato Res. 30: 551-568.

Warren W.J. 1981. Analysis of growth photosynthesis, and light interception for single plants and stands. Ann. Bot. 48: 507-512.

Watson, D.J. 1947. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between years. Ann. Bot. 11: 41–76.

Wiersema, S.G. 1989. Comparative performance of three small seed tuber sizes and standard size seed tubers planted at similar stem densities. Potato Res. 32: 81-89.

Wilcockson, S.J., 1986. Effects of defoliation and time of harvest on tuber dry matter content of Pentland Crown potatoes. Journal of Agricultural Science. Cambridge 107: 723-733.

Wurr, D.C.E. 1974a. Some effects of seed size and spacing on the yield and grading of two main crop potato varieties. I. final yield and its relationship to plant population. J. Agric. Sci. Camb. 82: 37-45.

Wurr, D.C.E. 1974b. Some effects of seed size and spacing on the yield and grading of two main crop potato varieties. II. Bulking rate. J. Agric. Sci., Camb. 82: 47-52.

Wurr, D.C.E. 1977. Some observations of patterns of tuber formation and growth in the potato. Potato Res. 20: 63-75

Wurr, D.C.E. And E.J. Allen. 1974. Some effect of planting density and variety relationship between tuber size and tuber dry–matter percentage in potatoes. J. Agric. Sci. Comb., 82 :277–282.

Wurr, D.C.E., J.R. Fellows, and E.J. Allen. 1992. Determination of optimum tuber density in the potato varieties pentland Squir, Cara. Estima, Maris piper and King Edward. J. Agric. Sci. Comb., 119: 35-99.

Wurr, D.C.E., J.R. Fellows, R.A. Suthrland, and E.J. Allen. 1990. Determination of optimum tuber planting density for production of tubers in processing ware grades in the potato variety Record. J. Agric. Sci. Comb., 114: 11-18

Wurr, D.C.E., G.E.L. Morris. 1979. Relationships between the number of stem produced by a potato seed tuber and its weight. J. Agric. Sci Camb. 93: 403-409.

بسمه تعالی

تاریخ :
شماره : ۸۹۶۸
پیوست :
کد : FR/EA/14
شمارة
ویرایش: صفر

## فرم شمارهٔ ۱۱ ـ فرم صورتجلسه دفاع پایان نامه

## تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تاییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر ( عج ) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

خانم / آقای ... رشته ... گرایش ... تحت عنوان

... که در تاریخ ۹۶/۱۰/۲۰ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است :

☑ قبول ( با درجه : عالی امتیاز ۱۹٫۰۰ ) ☐ دفاع مجدد ☐ مردود

۱ـ عالی ( ۲۰ ـ ۱۸ )

۲ـ بسیار خوب ( ۱۷/۹۹ ـ ۱۶ )

۳ـ خوب ( ۱۵/۹۹ ـ ۱۴ )

۴ـ قابل قبول ( ۱۳/۹۹ ـ ۱۲ )

| عضو هیات داوران | نام ونام خانوادگی | رتبهٔ علمی | امضاء |
|---|---|---|---|
| ۱ـ استادراهنما | منوچهر قلی پور | استادیار | |
| ۲ـ استاد مشاور | فرخ رحیمیان خوئی | استاد | |
| ۳ـ نماینده شورای تحصیلات تکمیلی | علی رضائیان زوارم | استادیار | |
| ۴ـ استاد ممتحن | [illegible] | | |
| ۵ ـ استاد ممتحن | [illegible] | | |

تایید رئیس دانشکده :