بسم الله الرحمن الرحيم
الحمد لله رب العالمين الرحمن الرحيم مالك يوم الدين
اياك نعبد واياك نستعين اهدنا الصراط المستقيم
صراط الذين انعمت عليهم غير المغضوب عليهم
ولا الضالين

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

عنوان پایان نامه:

بررسی تاثیر نحوه ی کاربرد باکتری های محرک رشد(سودوموناس) و هیومیک اسید بر رشد عملکرد

و اجزاء عملکرد سیب زمینی

نگارش:

نازیلا باقریان

اساتید راهنما:

دکتر احمد غلامی

دکتر حسن مکاریان

اساتید مشاور:

دکتر مهدی برادران فیروزآبادی

دکتر علیرضا فلاح

بهمن ۱۳۹۰

تقدیم به بیکرانه های مهر و عطوفت

به دستان پر سخاوت پدرم و به چشمان پر مهر تا همیشه نگران مادرم

تقدیم به امیرحسین، محمدجواد، مهرسا و آیناز عزیزم

که موفقیتشان آرزویم و لبخندشان دلیل بودنم است

تشکر و قدردانی

یارب

سر به آستان تو می سایم و تو را شکر می گویم که با مهربانی و رحمت خود قطره ای از دریای بیکران دانش خود را به من عنایت کردی.

اکنون که به یاری خداوند مراحل این پژوهش به پایان رسیده است بر خود می دانم سپاسگذار تمامی کسانی باشم که در این راه مرا مورد لطف خود قرار داده و همراه من بودند.

ستایش می کنم معلمی را که اندیشیدن را به من آموخت نه اندیشه ها را، از استاد نمونه ی دانشگاه، راهنمای عزیزم جناب آقای دکتر احمد غلامی که ارتقای سطح علمی دانشکده مرهون دانش و تلاش ایشان است و شاگردی ایشان افتخار دوران تحصیل من می باشد کمال تشکر را دارم همچنین از راهنمای ارجمند دکتر حسن مکاریان و مشاور گرانقدر دکتر مهدی برادران فیروزآبادی که از هیچگونه همکاری و مساعدت دریغ ننموده اند سپاسگذارم. مراتب احترام و سپاس خود را به اساتید محترم دکتر حمید عباس دخت و دکتر منوچهر قلی پور که زحمت داوری این پایان نامه را تقبل و با نظرات سازنده ی خود در بهبود کار یاریم رساندند ابراز می دارم و از زحمات سایر اساتید گروه زراعت و کارشناسان محترم دانشکده کشاورزی کمال تشکر را دارم.

توفیق روزافزون همه ی دوستانم مخصوصا رو جافر هودیان همراه خوب روزهای خوب و بد دوران تحصیلم را از قادر متعال خواستارم.

چکیده:

سیب زمینی به دلیل عملکرد بالا در واحد سطح و انرژی تولیدی آن نقش مهمی در تغذیه مردم جهان دارد و با توجه به جایگاه سیب زمینی و مصرف بی رویه کود ها و سموم شیمیایی، استفاده از ترکیبات آلی و کودهای زیستی اجتناب ناپذیر است. این آزمایش به منظور بررسی تأثیر مصرف و روش های مصرف باکتری های محرک رشد و اسید هیومیک بر سیب زمینی به اجرا درآمد. تیمارهای این آزمایش شامل باکتری های محرک رشد سودوموناس فلورسنس و سودوموناس پوتیدا با سه روش مصرف خاک دهی، برگ مصرف و مصرف توأم همچنین اسید هیومیک با سه روش مصرف خاک دهی، برگ مصرف و مصرف توأم به همراه یک تیمار شاهد بود. نتایج آزمایش نشان داد، مصرف باکتری های محرک رشد و اسید هیومیک عملکرد، وزن خشک کل بوته، وزن خشک غده، وزن خشک اندام هوایی و ... را نسبت به شاهد افزایش داد. بررسی ها نشان داد، حداکثر میانگین تعداد برگ در بوته، وزن خشک برگ، ارتفاع ساقه و تعداد ساقه در تیمار مصرف توأم سودوموناس پوتیدا و مصرف توأم اسید هیومیک حاصل شد، همچنین حداکثر وزن خشک ساقه، وزن خشک کل بوته و وزن خشک اندام هوایی در تیمار مصرف توأم سودوموناس فلورسنس و مصرف توأم اسید هیومیک بدست آمد. بررسی عملکرد محصول نشان داد، تیمار مصرف توأم سودوموناس فلورسنس و مصرف توأم اسید هیومیک عملکرد را ۲/۹ برابر، وزن کل بوته را ۴/۶ برابر و وزن خشک غده را ۳/۱ برابر نسبت به شاهد افزایش داد. با اجرای این پژوهش مشخص شد که روش مصرف باکتری های محرک رشد و اسید هیومیک بر ویژگی های مورد بررسی در سیب زمینی موثر بوده و بیشترین تأثیر در مصرف توأم بدست آمد.

کلمات کلیدی: سیب زمینی، باکتری های محرک رشد، اسید هیومیک

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده ..... ب

فهرست مطاب ..... ج

فهرست شکلها ..... د

فهرست جداول ..... و

فصل اول : مقدمه

مقدمه ۱

فصل دوم : بررسی منابع

۲-۱- سیب زمینی ۶

۲-۲- مراحل رشد و نمو سیب زمینی در ارتباط با تولید غده ۸

۲-۲-۱- دوره رشد رویشی ۸

۲-۲-۲- مرحله تشکیل غده و حجیم شدن غده ها ۹

۲-۲-۳- انتقال مجدد مواد به غده ها ۱۱

۲-۳- تغذیه سیب زمینی ۱۲

۲-۴- کودهای زیستی ۱۶

۲-۴-۱- تاریخچه و سابقه تولید ۱۶

۲-۴-۲- انواع کودهای زیستی ۱۶

۲-۴-۳- باکتریهای ریزوسفری محرک رشد گیاه (PGPR) ۱۷

۲-۴-۴- نقش کودهای زیستی محرک رشد گیاه در افزایش کمی و کیفی ۲۰
۲-۵- اسید هیومیک ۲۶

فصل سوم- مواد و روش‌ها

۳-۱- موقعیت و وضعیت محل اجرای آزمایش ۳۱
۳-۲- طرح و تیمارهای آزمایشی ۳۱
۳-۳- بذر و مشخصات آن ۳۴
۳-۴- آماده سازی زمین و کاشت ۳۴
۳-۵- عملیات داشت ۳۵
۳-۶- نمونه برداری ۳۵
۳-۷- ارزیابی صفات ۳۶
۳-۸- برآورد شاخص های فیزیولوژیکی ۳۷
۳-۹- روش تجزیه تحلیل نتایج ۳۸

فصل چهارم- نتایج و بحث

۴-۱- شاخص سطح برگ ۴۰
۴-۲- تعداد برگ در بوته ۴۱
۴-۳- وزن خشک برگ ۴۲
۴-۴- ارتفاع ساقه ۴۵
۴-۵- تعداد ساقه در بوته ۴۵
۴-۶- وزن خشک ساقه ۴۸
۴-۷- وزن خشک اندام هوایی ۵۰
۴-۸- تعداد غده در بوته ۵۳

۴-۹- عملکرد محصول (وزن تر غده) ۵۴
۴-۱۰- وزن خشک غده ۵۴
۴-۱۱- سرعت رشد غده ۵۸
۴-۱۲- درصد ماده خشک غده ۵۹
۴-۱۳- وزن ماده خشک کل ۶۱
۴-۱۴- تجزیه همبستگی صفات با عملکرد محصول ۶۳
۴-۱۵- تجزیه عناصر برگ و غده ۶۴
نتیجه گیری نهایی ۶۶

جداول ضمیمه ۶۷
منابع مورد استفاده ۷۲

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل ۴- ۱- منحنی روند افزایش شاخص سطح برگ تیمارهای آزمایشی در تاریخهای مختلف نمونه برداری ۴۴

شکل ۴-۲- مقایسه روند حداکثر و حداقل شاخص تعداد برگ ۴۴

شکل ۴-۳- مقایسه ارتفاع بوته تیمارهای مختلف آزمایشی در آخرین مرحله نمونه برداری..... ۴۷

شکل ۴- ۴-مقایسه تعداد ساقه در بوته تیمارهای مختلف آزمایشی در آخرین مرحله نونه برداری ۴۷

شکل ۴- ۵- وزن خشک ساقه تیمارهای آزمایشی در آخرین مرحله نمونه برداری ۵۰

شکل ۴-۶- روند افزایش وزن ماده خشک اندام هوایی تیمارهای آزمایشی در تاریخهای نمونه برداری ۵۲

شکل ۴-۷- تعداد غده در بوته تیمارهای آزمایشی در آخرین مرحله نمونه برداری ۵۳

شکل ۴-۸- مقایسه وزن تر غده تیمارهای مختلف آزمایشی در آخرین مرحله نمونه برداری ۵۷

شکل ۴ -۹- روند افزایش وزن تر غده تیمارهای آزمایشی در تاریخهای مختلف نمونه برداری ۵۷

شکل ۴-۱۰- نمودار روند سرعت رشد غده تیمارهای آزمایشی در تاریخهای مختلف نمونه برداری ۵۹

شکل ۴-۱۱-روند افزایش وزن ماده خشک کل تیمارهای آزمایشی در تاریخ‌های مختلف نمونه برداری ۶۳

شکل۴-۱۲- مقایسه درصد عناصر فسفر برگ و غده تیمارهای مختلف آزمایشی ۶۵

شکل ۴-۱۳- مقایسه درصد ازت غده تیمارهای مختلف آزمایشی ۶۵

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش ۳۲

جدول ۳-۲- تیمارهای اعمال شده در طرح آزمایشی ۳۳

جدول۴-۱- میانگین شاخص سطح برگ تیمارهای آزمایشی در تاریخهای مختلف نمونه برداری ۴۳

جدول ۴-۲- میانگین ارتفاع بوته و تعداد ساقه در بوته در آخرین مرحله نمونه برداری ۴۶

جدول ۴-۳- میانگین وزن خشک ساقه تیمارهای آزمایشی در تاریخهای مختلف نمونه برداری ۴۹

جدول ۴-۴- میانگین وزن خشک اندام هوایی تیمارهای آزمایشی در تاریخهای مختلف نمونه برداری ۵۱

جدول ۴-۵- میانگین وزن تر غده تیمارهای آزمایشی در تاریخهای مختلف نمونه برداری ۵۵

جدول ۴-۶- میانگین وزن خشک غده تیمارهای آزمایشی در تاریخهای مختلف نمونه برداری ۵۶

جدول۴-۷- میانگین درصد ماده خشک غده تیمارهای آزمایشی در تاریخهای مختلف نمونه برداری ۶۰

جدول۴-۸- میانگین وزن ماده خشک کل تیمارهای آزمایشی در تاریخهای مختلف نمونه برداری ۶۲

فصل اول

مقدمه

مقدمه:

کشف و مصرف کودهای شیمیایی در سال ۱۹۱۵ و حشره کشها و قارچ کشها در سال ۱۹۴۵ و نیز علف‌کش‌ها در سال ۱۹۷۰ میلادی، منجر به ایجاد انقلابی عظیم در کشاورزی سنتی شد به طوری که افزایش قابل توجه در میزان تولید و عملکرد محصولات مختلف در واحد سطح را به ارمغان آورد. متاسفانه افزایش بی‌رویه ی مصرف کودها و سموم شیمیائی در تولیدات کشاورزی باعث آلودگی اکوسیستم‌های طبیعی، کشاورزی، انسانی و بروز بیماریهای مختلف ناشی از مصرف مستقیم یا غیر مستقیم فرآورده ها و تولیدات کشاورزی آلوده به سموم شیمیائی گردید. چندی نگذشت که انواع سرطان، بیماریهای قلبی-عروقی، ناراحتیهای پوستی، آلودگی آبهای زیر زمینی، آلودگی هوا و خاک افزایش یافت.

پیشروان کشاورزی ارگانیک در دنیا اقدام به تولید و مصرف انواع کودهای آلی و ترکیبات بیولوژیک نمودند و امروزه سیستم های کشاورزی ارگانیک توجه زیادی را در سراسر دنیا به خود جلب کرده و هر ساله بر مشتاقان تولید و مصرف محصولات آلی افزوده می‌شود. اکثر کشورهای توسعه یافته دنیا مانند ایرلند، ایتالیا، استرالیا، نیوزلند، سوئد، دانمارک، آلمان، فنلاند، فرانسه، انگلستان، ایالات متحده و ژاپن از اعضای کمیته CODEX می‌باشند که این کمیته یک سازمان مشترک بین‌المللی مابین سازمانهای WTO و FAO بوده و وظیفه استاندارد سازی تولیدات کشاورزی ارگانیک و فراورده های حاصل از آن را به عهده دارد. ضرورت حرکت به سمت کشاورزی ارگانیک در دنیای امروز اجتناب‌ناپذیر است. علاوه بر کمیت تولید مواد غذائی، سلامت و کیفیت غذا ، حفظ آهنگ طبیعت، توسعه پایدار و در نهایت سلامت انسان از دلایل توسعه کشاورزی ارگانیک است.

افزایش تولیدات کشاورزی در سالهای اخیر در کشور مرهون تلاشهای مسئولان و محققان در بخشهای مختلف مرتبط با این رشته و افزایش آشنایی کشاورزان با روشهای نوین تولید محصول و استفاده معقولانه از کود و سم بوده است. با این حال وضعیت کنونی کماکان مطلوب نبوده و با توجه

به پیش بینی هایی که در برنامه ایران ۱۴۰۰ در زمینه کشاورزی وجود دارد، هنوز ناگزیر از تلاش و تولید بیشتر هستیم.

در کشاورزی پایدار که منظر دیدگاه و هدف تلاشهای مسئولان و متخصصان کشاورزی است، سعی می‌شود که ضمن اقتصادی کردن امر تولید از طریق افزایش مواد آلی و فعالیت بیولوژیکی خاکها، حفاظت از محیط زیست که متعلق به نسلهای کنونی و آتی بوده و ضامن سلامت یکایک افراد جامعه می باشد نیز در نظر گرفته شود. توجه به کیفیت محصولات تولیدی با عنایت به استانداردهای امروزی که جهت باقی ماندن در صحنه رقابتهای بین المللی اجتناب ناپذیر می باشد، در پایداری سیستم های کشاورزی نقش اساسی دارد. در کشور ما نیز به تبع سایر کشورها مشخص شده است که استفاده از روشهای سنتی کشاورزی و مصرف کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات نباتی برای رسیدن به حداکثر تولید و تولید محصول سالم کارساز نبوده و بعلاوه متضمن دستیابی به کشاورزی پایدار و اقتصادی نخواهد بود.

خاک یکی از پیچیده ترین اکوسیستم های جهان خلقت می باشد، به طوری که علی رغم پیشرفت‌های بسیار چشم‌گیر بشر در زمینه علوم و فن آوری‌های مختلف، به جرات می توان گفت که هنوز برخورد دانشمندان و محققین سراسر دنیا با خاک به صورت "جعبه سیاه" می‌باشد. قسمت عمده‌ای از این پیچیدگی را می توان به دلیل بخش زنده خاک دانست که دنیای اسرارآمیز و پیچیده-ای از روابط بین موجودات و گیاه را در خود جای داده است.

بیوتکنولوژی خاک به علم مطالعه و بکارگیری موجودات زنده خاکزی و فرآیندهای متابولیکی آنها برای افزایش عملکرد گیاه اطلاق می گردد. در این علم سعی می گردد موجودات زنده و بالاخص ریز جانداران خاکزی که به نحوی در افزایش قابلیت استفاده گیاه از عناصر غذایی، بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و به طور کلی افزایش عملکرد گیاه نقش دارند، انتخاب شده و به صورت کودهای زیستی[۱] در اختیار زارعین قرار گیرند.

[۱] Biofertilizer

تولیدات زیستی در برخی موارد به عنوان جایگزین و در بیشتر موارد بـه عنـوان مکمـل کودهـای شیمیایی از یک طرف پایداری تولید را تضمین نموده و از طرف دیگر باعث جلوگیری از آلودگی منابع آب و خاک و حفظ سلامت جامعه می شوند.

در سیستم زنده خاک، فرآورده های زیستی و مواد آلی نقشی مشابه خون در رگ‌هـای یـک پیکـر زنده برای تغذیه سلول ها و بافتهای مختلف آن و نقشی معادل مـواد سـوختی و انـرژی زا، بـه عنـوان نیروی محرکه لازم برای به گردش درآوردن چرخه های حیاتی را بر عهده دارند. در درون خاک زراعی و سیستم های کشت فشرده[۱]، عدم تعادل شدیدی بین تولید و مصرف مواد آلی انـرژی زا وجـود دارد. بنابراین کمک به برقراری توازن بین تولید و مصرف، از طریق اضافه نمودن مداوم و متعادل مواد آلـی به درون سیستم، از شرایط اصلی حیات و پایداری آن به حساب می آیـد. اسـتفاده از ترکیبـات آلـی و کودهای زیستی از جمله باکتری های محرک رشد باعث تولید هورمون های گیاهی، مقاومت در برابـر عوامل بیماریزا، افزایش تحرک عناصر غذایی غیرمحلول و در نتیجه بهبود جـذب مـواد غـذایی توسـط گیاهان می شوند.

سیب زمینی از محصولات غده ای است که نقش مهمـی در تغذیـه مـردم جهـان دارد و بـه دلیـل عملکرد بسیار بالا در واحد سطح، انرژی، کالری و مقدار پروتئین تولیدی آن در واحد سطح، بیشـتر از گندم و برنج است. متوسط مصرف سرانه سیب زمینی در کشور ما حدود ۳۵ کیلوگرم می باشد کـه بـا توجه به روند افزایش جمعیت، روز به روز بر این مقدار افزوده می شود. با توجه به جایگاه سیب زمینی در تغذیه مردم کشور ما و مصرف بی رویه کودها و سموم شیمیایی در تولیـد ایـن محصـول، ضـرورت توجه به تولید و مصرف ترکیبات آلی و فرآورده های زیستی اجتناب ناپذیر است.

در این تحقیق، تاثیر سویه های باکتری سودوموناس[۲] شامل فلورسنس[۳] و پوتیدا[۴] و نیز ترکیب آلی

---

[۱] Intensive cropping
[۲] *Pseudomonas*
[۳] *Fluorescens*
[۴] *Putida*

اسید هیومیک[1] بر عملکرد و رشد سیب زمینی مورد بررسی قرار گرفت. هـدف از اجـرای آزمـایش، مقایسه روش های مصرف باکتری های محرک رشد و اسید هیومیک (محلـول پاشـی، خـاک کـاربرد، مصرف توام) بر عملکرد و اجزای عملکرد سیب زمینی بود.

[1] Humic Acid

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- سیب زمینی

سیب زمینی با نام علمی *Solanum tuberosum L.* گیاهی علفی، یکساله، دو لپه و از خانواده *Solanaceae* است. سیب زمینی در ارتفاعات ۱۲۰۰ تا ۱۸۰۰ متری کوههای آند در منطقه پرو و بولیوی اهلی گشته است. سابقه سیب زمینی در این منطقه به حدود ۷۰۰۰ سال پیش می رسد. این گیاه توسط اسپانیائی ها به قاره اروپا معرفی شد و بعدا در اروپای غربی به طور گسترده پراکنده شده و از ایرلند وارد آمریکا شد و سپس در تمام مناطق دنیا گسترش یافت (۲۵).

سیب زمینی بعد از گندم، جو، برنج و ذرت پنجمین محصول غذایی جهان به شمار می رود و بعد از ذرت دارای گسترده ترین توزیع کشت در دنیا می باشد. این محصول در ۱۴۰ کشور جهان کشت می شود که بیش از ۱۰۰ کشور آن در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری واقع هستند. یک سوم سطح زیر کشت این محصول در کشورهای در حال توسعه و عمدتا در آسیا می باشد (۱۸). سطح زیر کشت آن در جهان در حدود ۲۲ میلیون هکتار با عملکرد ۱۶ تن در هکتار می باشد (۲۴). کشورهای روسیه، آلمان و لهستان از بزرگترین تولید کنندگان سیب زمینی هستند. سیب زمینی از نظر ارزش اقتصادی در آمریکا هشتم و از نظر مصرف مستقیم غذایی مقام اول را دارد (۱۲). علاوه بر مصرف غذایی، سیب زمینی بعنوان یک گیاه صنعتی در صنایع تبدیلی، تولید نشاسته و نیز خوراک دام مصرف می شود (۱۴). امروزه بیشتر محصول تولیدی در کشورهای پیشرفته فرآیندسازی شده و عمدتا به صورت منجمد، چیپس خشک و کنسرو شده به مصرف می رسد. نقش سیبب زمینی در تغذیه انسان و امنیت غذایی تا حدی است که کمبود آن در سال ۱۹۴۵ در اثر بیماری بلایت در ایرلند باعث قحطی و مرگ و میر و مهاجرت مردم زیادی از این کشور شد (۳).

احتمالاً سیب زمینی در قرن هفدهم به ایران وارد گردیده است. در حال حاضر، کشت سیب زمینی در اکثر نقاط کشور متداول است. بر اساس آمار وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۷۸، سطح زیر کشت سیب‌زمینی آبی حدود ۱۵۷۰۰۰ هکتار با عملکرد حدود ۲۱/۶۳ تن در هکتار و سطح زیر کشت سیب زمینی دیم حدود ۴۰۰۰ هکتار با میانگین عملکرد حدود ۸/۵ تن در هکتار بوده است.

استانهای اردبیل، اصفهان، همدان، آذربایجان شرقی، خراسان، گلستان، کرمان، سمنان، فارس و تهران به ترتیب مهمترین تولیدکنندگان سیب زمینی آبی در کشور به شمار می روند. تولید سیب زمینی دیم در استانهای مازندران، گیلان و گلستان انجام می شود. در ایران کمتر از ۵٪ تولیدات سیب زمینی برای مصارف صنعتی و علوفه، ۱۵٪ بعنوان بذر، ۱۰٪ ضایعات و ۷۰ تا ۷۵٪ باقیمانده مستقیما به مصرف غذایی می رسد.

از نظر تنوع ارقام، اگرچه در دنیا بالغ بر یکصد رقم سیب زمینی کشت می شود، ولی حدود ۴ تا ۵ رقم سیب زمینی، بیش از ۷۰درصد سطح زیر کشت را به خود اختصاص می دهند. ارقام سیب زمینی ظاهرا ایرانی که به نامهای استانبولی، باسمنج، اقلید، پشندی، ابلق، اصفهانی، شاهرودی و غیره در نقاط مختلف کشور کشت می گردند، از تکثیر غددی به دست آمده اند که از نقاط مختلف دنیا به کشور وارد شده و تحت تاثیر موتاسیون، انتخاب طبیعی و انتخاب فردی دچار تغییرات و ناخالصی گشته اند. از این ارقام که تا حدی خلوص دارند، می توان به استانبولی و بامسنج اشاره نمود. از مهمترین ارقام خارجی که کم و بیش در ایران کشت گردیده و یا کشت می شوند، می توان به آلفا، کوزیما، دراگا، مورن، آئولا، مارفونا، آگریا، ماردونا، دیامونت و ساتانا اشاره نمود (۱۶). میانگین عملکرد سیب زمینی در ایران در حدود ۲۱/۵ تن در هکتار بوده که با پتانسیل عملکرد آن (۱۰۰-۷۰ تن در هکتار) فاصله زیادی دارد (۱۶).

سیب زمینی محصول مناطق معتدله و نسبتا خنک است و از گرمای شدید، بادهای گرم و سوزان و نیز خشکی صدمه می بیند. اصولا سیب زمینی گیاهی سرما دوست است، اما در نواحی گرمسیری با ارتفاع ۲۰۰۰ متر بالاتر از سطح دریا هم می تواند رشد کند. بیشترین میانگین عملکرد در کشورهایی به دست می آید که طول روز آنها در طی فصل رشد ۱۳ تا ۱۷ ساعت و متوسط درجه حرارت آنها حدود ۱۵ تا ۱۸ درجه سانتیگراد همراه با امکان آبیاری باشد (۶۲).

درجه حرارت مطلوب برای گسترش برگها در حدود ۲۵ درجه سانتیگراد و برای طویل شدن ساقه ها ۳۱ درجه سانتیگراد می باشد. در هنگام ظهور استولون، زمانی که ارتفاع بوته به حدود ۲۰

سانتیمتر می رسد، حرارت مطلوب برای حجیم شدن اولیه غده ها حدود ۲۷ درجه سانتیگراد است. افزایش درجه حرارت در زمان غده بستن باعث افزایش تنفس و مصرف کربوهیدراتهای تولیدی و کاهش رشد و توسعه غده ها می شود (۴۴).

سیب زمینی به کمبود آب بسیار حساس است و تنش آب در زمان حجیم شدن غده ها عملکرد را بیشتر از مراحل دیگر رشد گیاه کاهش می دهد. آبیاری و تامین عناصر غذایی بخصوص نیتروژن، شرط موفقیت در تولید سیب زمینی است (۹۷).

سیب زمینی در محدود وسیعی از شرایط خاکی رشد می کند با این وجود خاکهای اسیدی را با اسیدیته حدود ۵/۲ تا ۶/۵ ترجیح می دهد. خاکهای شنی لومی با زهکشی خوب و مواد آلی کافی از بهترین خاکهای کشت سیب زمینی هستند. این گیاه به شوری خاک نسبتا حساس بوده و در هدایت الکتریکی محلول خاک بالاتر از ۴ میلی موس بر سانتیمتر خسارت می بیند (۷۶ و ۷۷).

۲-۲- مراحل رشد و نمو سیب زمینی در ارتباط با تولید غده

۲-۲-۱- دوره رشد رویشی

این دوره شامل نمو اولیه گیاه از کاشت تا شروع غده دهی است. این مرحله با توجه به رقم و شرایط محیطی ۳۰ تا ۶۰ روز طول می کشد. بعد از کاشت معمولا یک یا چند جوانه سبز می شود و با ظهور ساقه ها ریشه های جانبی به سرعت توسعه پیدا می کنند. قطعه بذری بعنوان منبع غذایی گیاهچه جوان در طی نمو اولیه ایفای نقش می کند که در طی این مرحله، ساقه تا شش گره تولید می کند. تشکیل و طویل شدن استولون در طی این مرحله شروع می شود و پراکنش ریشه ها در خاک در فاصله ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتری از بذر کاملا گسترش یافته ولی غده ای به وجود نمی آید.

سیستم ریشه ای سیب زمینی جانبی افشان و سطحی است و عمق ریشه دهی آن از ۱۲۰ سانتیمتر تجاوز نمی کند. بیشتر حجم ریشه در عمق ۳۰ سانتیمتری است و عمق موثر ریشه هم ۴۰ تا ۶۰ سانتیمتر است (۷). الگوی رشد ریشه سیب زمینی در مزرعه نشان می دهد که دو هفته بعد از

سبز شدن، ریشه ها به عمق ۲۰ سانتیمتری نفوذ می کنند. البته حداکثر تراکم و نفوذ ریشه‌ها در عمق ۳۰ سانتیمتری محدود می شود. سیستم ریشه ای افشان ظرف مدت هفت هفته بعد از کاشت به حداکثر وزن خشک خود می رسد که به آب و مواد غذایی قابل دسترس در خاک بستگی دارد (۸۲).

۲-۲-۲- مرحله تشکیل غده و حجیم شدن غده ها

طویل شدن ساقه ها تا ۱۰ گره یا بیشتر ادامه می یابد و جوانه های گل ظاهر می شوند. در این مرحله شاخص سطح برگ بین ۱ تا ۲ می باشد. توسعه ریشه نیز ادامه می یابد و در طی نفوذ، تراکم ریشه به حداکثر می رسد. هر قطعه بذری قادر به تولید بیش از یک ساقه است. رشد طولی در طی دو یا سه مرحله رشد گیاه ادامه می یابد. اولین گل آذین در انتهای ساقه اصلی و گل آذین های بعدی در انتهای شاخه های ثانویه ساقه اصلی تشکیل می شوند (۲۹).

بیشتر غده هایی که به اندازه قابل برداشت می رسند، در طی یک دوره زمانی دو هفته ای تولید می شوند. بین سن گیاه و تشکیل غده رابطه مستقیم وجود دارد (۹۳). تغییرات به وجود آمده در نوک ساقه های زیرزمینی منجر به تولید غده می شود که به شرایط محیطی روز کوتاه، دما و تشعشع کم روزانه واکنش بیشتری نشان می دهد (۳۴).

به نظر می رسد که دو مکانیزم برای تشکیل غده وجود دارد. یکی در ارتباط با فعالیت هورمون ها و فتوپریود و دیگری شرایط تغذیه ای است. در واقع هر عاملی که غلظت مواد فتوسنتزی را در نوک ساقه های زیرزمینی افزایش دهد، تشکیل غده را تحریک می کند. بکاربردن اسید جیبرلیک روی قسمت های هوایی، تشکیل غده را کند می سازد در صورتی که مواد بازدارنده رشد مانند تری متیل آمونیوم کلراید (CCC) تشکیل غده را تحریک می کند که علت این امر اثر این مواد بر رشد قسمت های هوایی گیاه است (۵۷).

تشکیل غده با غلظت جیبرلین رابطه عکس و با میزان اکسین رابطه مستقیم دارد. هورمون اکسین، با تغییراتی که در ساختمان اسید نوکلئیک در سلول های نوک ساقه زیرزمینی به وجود می آورد در تشکیل غده ها موثر است (۷۶).

در ارقام مختلف سیب زمینی هر قدر طول روز طولانی تر باشد مدت زمان سبز کردن تا تشکیل غده طولانی تر خواهد بود. بعلاوه با افزایش طول روز، ارقام دیررس برای تکمیل مراحل رشدی خود به مدت زمان طولانی تری نیاز دارند. هر قدر رشد قسمت هوایی در زمان تشکیل غده بیشتر باشد، عملکرد محصول بیشتر خواهد بود (۴۵).

مصرف مقادیر بالای کود های نیتروژنه باعث افزایش بیش از حد رشد اندام هوایی و به تاخیر افتادن تشکیل غده می شود. تشکیل غده با درجه حرارت رابطه عکس دارد و در حرارت های پایین تعداد غده بیشتری تشکیل می شود (۴۷).

غده ها در هنگام تقسیم سلولی در نوک استولونها شکل می گیرند و در نتیجه با تقسیم سلولی سریع، حجم سلول های آن افزایش می یابد. بعد از وارد شدن گیاه به دوره گلدهی، مواد فتوسنتزی و معدنی، به سرعت به درون غده ها انتقال می یابند (۶۲). به طور کلی سرعت رشد غده ها بسته به تراکم آنها برای ۲ تا ۳ هفته به صورت غیر خطی افزایش می یابد و سپس حالت خطی به خود می گیرد. سرعت رشد غده ها در حدود ۲۵ گرم در مترمربع در روز گزارش شده است (۸۰). به طور کلی شدت رشد غده ظرف یکی دو هفته اول نمایی و از آن پس خطی می شود. در مدت کوتاهی پس از آنکه شدت بزرگ شدن غده ها خطی شد، سرعت تولید شاخه های جانبی کاهش می یابد و این امر به تدریج به کاهش سرعت تولید برگ جدید منتهی می شود. همچنین به خاطر انتقال بعضی از عناصر از برگهای قدیمی، برای رشد و نمو اندام های جدید، پیر شدن برگهای قدیمی تشدید می شود (۷۶).

هرچه قدر سطح برگ در زمان تشکیل غده بیشتر باشد، عملکرد نهایی بالاتر است (۲۸). تحریک رشد قسمت های هوایی تشکیل غده را کند یا به تاخیر می اندازد ولی وقتی غده تشکیل شد، سطح بیشتر اندام هوایی باعث رشد بیشتر غده و تداوم تولید آن می شود. رشد غده ها از گسترش سطح برگ

جدید جلوگیری می کند و در نهایت باعث پیری بخش هوایی و توقف رشد غده می شود (۵۵). در مرحله بعد از تشکیل غده سرعت رشد گیاه با سطح برگ رابطه عکس دارد (۸۰).

۲-۲-۳- انتقال مجدد مواد به غده ها

این مرحله که تعیین کننده و تکمیل کننده مراحل رشد است، با پیر شدن بخش های هوایی و کاهش همزمان ماده خشک برگ، ساقه و ریشه ها مشخص می شود و ۱۰ تا ۲۴ روز آخر رشد را در بر می گیرد. در اثر انتقال مواد غذایی از بخش های هوایی به غده ها این اندام ها به حداکثر توسعه خود می رسند. البته در ابتدای این مرحله مقداری فعالیت فتوسنتزی وجود دارد. ارقام زودرس ظرف ۹۰ تا ۱۰۰ روز بعد از کاشت به مرحله رسیدگی می رسند در حالیکه ارقام دیررس به ۱۵۰ روز یا بیشتر نیاز دارند (۸۲).

مهمترین عوامل تعیین کننده تولید ماده خشک، شامل کارایی فتوسنتز گیاه، ارقام مناسب، شرایط محیطی و شاخص سطح برگ می باشند. معمولاً شاخص سطح برگ ۴ تا ۵ برای حصول حداکثر عملکرد غده، کافی است (۴۳).

تولید برگ و ساقه اولیه در ابتدای مراحل رشدی صورت می گیرد و حداکثر تجمع ۱۰۰ روز بعد از کاشت است. افزایش فصلی و مداوم ماده خشک ناشی از افزایش اندازه غده ها می باشد. کاهش ماده خشک بخش های هوایی و ریشه در انتهای مرحله رشد بعلت انتقال مواد غذایی این بخش ها به اندام های ذخیره ای است (۲۷). مقادیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم از قسمت هوایی به غده ها منتقل می شود و وزن خشک قسمت هوایی کاهش می یابد. در این زمان میزان افزایش وزن خشک غده اغلب بیش از افزایش وزن خشک گیاه است (۲۸).

خدادای و مسیحا در آزمایشی تاثیر سه زمان برداشت و روشهای حذف اندام هوایی دو هفته قبل از برداشت (مکانیکی، شیمیایی و بدون حذف) را بر روی سیب زمینی رقم آئولا بررسی کردند. نتایج نشان داد که در تیمار حذف شیمیایی و مکانیکی نسبت به بدون حذف، عملکرد و درصد ماده خشک

کمتر ولی درصد غده های بذری بیشتری تولید شد و عدم حذف اندام هوایی موجب افـزایش عملکـرد گردید. بعلاوه، حذف اندام هوایی بعلت توقف رشد، سبب افزایش درصد غده های بذری گردید. حـذف مکانیکی یا شیمیایی اندام هوایی با کاهش فتوسنتز همراه بوده و باعث نقصان درصد ماده خشک غـده ها می گردد (۱۴).

۲-۳- تغذیه سیب زمینی

نیاز سیب زمینی به عناصر غذایی خاک زیاد است. کمبود نیتروژن خـاک سـبب کـاهش عملکـرد، گسترش بیماریها و پیری زودرس گیاه می شود. از سوی دیگر، زیادی نیتـروژن خـاک باعـث تحریـک رشد رویشی، تاخیر در غده بندی و رسیدگی، کاهش وزن مخصوص غده، افزایش درصد غدد درشت و قندهای احیا کننده می گردد همچنین مقدار عناصر غذایی خاک بر میزان رشد رویشـی، زمـان غـده-بندی، زمان رسیدگی، اندازه و وزن مخصوص غده، توسعه بافت چوپ پنبه ای و آسـیب پـذیری غـدد سیب زمینی از ضربات مکانیکی تاثیر می گذارد (۱۶).

مقدار عنصر جذب شده از خاک به ازای هر تن غده سیب زمینی تولیدی به میـزان رشـد رویشـی، شاخص برداشت و میزان عناصر غذایی موجود در خاک و اندام های گیـاهی بسـتگی دارد. در شـرایط متعادلی از رشد و تولید عملکردهای معقولی از سیب زمینی، به ازای هر تن غده تولیدی حدود ۲/۳ تا ۶ کیلوگرم نیتروژن، ۰/۳ تا ۰/۴۴ کیلوگرم فسفر و ۲/۷ تا ۸/۳ کیلـوگرم پتاسـیم از خـاک خـارج مـی شود. ضرایب پایین‌تر نشانگر شرایط مناسب‌تر رشد و راندمان بالاتر عناصر غذایی می باشد (۱۶).

در بین عناصر ضروری برای رشد، نیتروژن اثر بیشتری نسـبت بـه دیگـر مـواد غـذایی ضـروری در افزایش سطح برگ، دوام سطح برگ، سرعت رشـد قسـمت هـوایی و غـده بـذری سـیب زمینـی دارد. مصرف کافی کودهای نیتروژن دار باعث افزایش سریع رشد برگها در ابتدای فصل شـده کـه ایـن امـر برای جذب هر چه بیشتر تشعشع و انجام فتوسـنتز ضروریسـت. از طـرف دیگـر مصـرف زیـاد از حـد نیتروژن باعث می شود که نیتروژن به فرم قابل استفاده در خاک باقی مانـده و در اواخـر فصـل، رشـد

رویشی قسمت های هوایی را تحریک نموده و بدین ترتیب در مرحله غده بندی و حجیم شدن غده ها قسمت اعظم تولید گیاه به جای ذخیره شدن در غده ها، صرف تنفس، متابولیسم و رشد غیر اقتصادی ساقه های هوایی و برگها می شود. این موضوع خصوصا در مناطقی که طول فصل رشد محدودی دارند و زمان غده بندی با ماههای گرم سال مصادف می شود از اهمیت خاصی برخوردار است (۹).

در مرحله رشد رویشی، بین میزان رشد گیاه زراعی و سطح برگ تولید شده، تا زمانی که شاخص سطح برگ به ۵ نزدیک شود، یک رابطه خطی برقرار است. در نتیجه با مصرف زیاد نیتروژن و در تراکمهای بالا، سطح برگ بیشتری تولید شده و سرعت رشد گیاه افزایش می یابد (۶ و ۴۶).

سیب زمینی از جمله گیاهانی است که توان بالایی در تولید دارد. بنابراین متناسب با تولید زیاد به مواد غذایی کافی نیز احتیاج دارد. علاوه بر آن توسعه سیستم ریشه ای گیاه در همان ابتدای رشد به میزان نیتروژن قابل دسترس وابسته است (۲۵). از طرفی رشد سریع اندام های هوایی به عنوان شراط لازم جهت افزایش عملکرد، مستلزم وجود نیتروژن کافی در ابتدای فصل رشد است. سیب زمینی در روزهای پس از گلدهی نیتروژن مورد نیاز جهت رشد غده ها را از برگها دریافت می کند و دریافت نیتروژن زیاد از خاک، رشد ثانویه را تحریک کرده که اثر منفی بر عملکرد و کیفیت غده دارد. نیتروژن علاوه بر عملکرد، بر صفات کیفی غده سیب زمینی نظیر قابلیت نگهداری در انبار، میزان نشاسته و نیترات غده نیز موثر است (۱۵).

خلقانی و همکاران (۱۵) گزارش نمودند که بیشترین ماده خشک کل سیب زمینی در تیمار ۲۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تولید شد، در حالیکه بالاترین عملکرد غده در نتیجه مصرف ۱۴۰ کیلوگرم نیتروژن حاصل گردید. مقدار نیتروژن در ماده خشک گیاهی در حدود دو درصد بوده اما دامنه تغییرات آن در گیاهان مختلف بسیار وسیع است. متوسط غلظت نیتروژن در غده سیب زمینی ۲۸٪ و در شاخ و برگ ۵۷/۲ درصد است. سیب زمینی با عملکرد ۲۰ تن در هکتار قادر است مقدار ۵۶ کیلوگرم نیتروژن خالص را از خاک خارج کند.

مصرف مقادیر مختلف نیتروژن نشان داد که اگر چه تعداد غده با افزایش نیتروژن از ۱۲۰ بـه ۱۶۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت، ولی تیمارهای ۱۶۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتـار تفـاوت معنـی داری از نظر تعداد غده نداشت و تیمار ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار عملکرد اقتصادی بالاتری (۳۱ تن در هکتار) تولید نمود (۱۱).

خدادادی و مسیحا (۱۴) نشان دادند که مصرف نیتروژن تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار باعـث افـزایش معنی‌دار عملکرد سیب زمینی شد ولی افزایش بیشتر از ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن تـاثیری در افزایش عملکرد نداشت.

فسفر بعنوان یک عنصر غذایی پرمصرف برای انتقـال انـرژی در گیـاه در قالـب ATP, NADPH و ذخیره اطلاعات ژنتیکی (RNA , DNA) مورد نیاز است. در ضمن فسفر در ساخته شدن فسفولیپیدها و در نتیجه انسجام و پیوستگی غشای سلولی و استحکام گیاه نقش اساسـی و مهمـی دارد (۸۵). یـک منبع کافی فسفات برای توسعه و ریشه دهی زودتر و تولید شاخ و بـرگ بیشـتر لازم اسـت. فسـفر در ظهور و آغازش غده ها نقش اساسی دارد که یکی از دلایل این امر افزایش فعالیت آنزیم هـای منطقـه راس استولون ها است که در زمان آغازش غده ها تولید می شوند و تولید این آنریم ها رابطه تنگاتنگی با فسفر قابل دسترس دارد (۸۵).

آلیسون و همکاران (۳۹) به این نتیجه رسیدند که کـود فسـفاته میـزان عملکـرد غـده را بـه طـور معنی‌داری افزایش داد و استعمال۳۷-۴۸ کیلوگرم فسفر خالص در هکتـار، حـداکثر عملکـرد را تولیـد نمود همچنین تعداد غده در بوته نیز با مصرف کود فسفره افزایش یافت.

پتاسیم از نظر فراوانی در گیاه برابر نیتروژن و در برخی موارد حتی فراوان تـر از آن اسـت، اگرچـه پتاسیم در گیاه مانند نیتروژن نقش ساختمانی نـدارد، امـا وجـود آن بـرای گیـاه بسـیار ضروریسـت، بخصوص اثر شگفت انگیزی که بر خصوصیات کیفی گیاه دارد، بـه گونـه ای کـه آنـرا عنصـر کیفیـت نامیده‌اند. سیستم ریشه‌ای گیاه سیب زمینی محدود بـوده کـه بـا برداشـت پتاسـیم از محـیط ریشـه،

منطقه تهی از پتاسیم ایجاد می شود در این شرایط افزایش کود پتاسیمی و عکس العمل مثبت گیاه نسبت به آن امری دور از انتظار نمی باشد (۲۲).

پتاسیم در سیب زمینی باعث افزایش مقاومت به بیماریها، تنش سرما و خشکی، افزایش تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، عملکرد بیشتر و افزایش قابلیت انبارداری در اثر افزایش ضخامت پوست می شود. از طرف دیگر در سیب زمینی نشان داده شده که اگر پتاسیم به مقدار کافی مصرف گردد به دلیل افزایش مقدار نسبی اسید سیتریک، سیاه شدن غده سیب زمینی به فوریت اتفاق نمی افتد (۳۰). در سیب زمینی مصرف سولفات پتاسیم بر کلرور پتاسیم ارجح است، زیرا کلر موجب کاهش وزن مخصوص غده (درصد ماده خشک) می شود (۱۶).

در سیب زمینی افزایش پتاسیم باعث تولید اسید آمینه‌ای به نام آرژینین[۱] می شود. هرچه میزان این اسید بیشتر باشد، جوانه زدن اسپور قارچ فیتوفترا[۲] که باعث مرگ و میر شدید سیب زمینی می شود کمتر خواهد شد (۲۰).

برای برداشت حداکثر محصول در سیب زمینی، مقدار پتاسیم در دمبرگ در سنین ۴۵ تا ۷۵ روز، باید بین ۶/۵ تا ۷/۵ درصد باشد (۳۱). بای‌بوردی و همکاران (۸) نشان دادند که مصرف کلرور پتاسیم در مقایسه با تیمار شاهد (۱۸/۳ تن در هکتار) با عث افزایش معنی دار عملکرد غده (۳۷/۹ تن در هکتار) گردید. این در حالی است که مصرف سولفات پتاسیم باعث تولید ۳۴ تن غده در هکتار گردید. در تحقیق دیگری مصرف توام کودهای پتاسیمی همراه با سولفات روی باعث کاهش غلظت کادمیم غده شد.

رضوی (۲۰) اثر متقابل آب و پتاسیم را بر روی عملکرد کمی و کیفی و کارایی مصرف آب در زراعت سیب‌زمینی بررسی کرد و نتیجه گرفت که استفاده از ۲۰۰ کیلوگرم پتاس خالص در هکتار، علاوه بر افزایش درصد پروتئین غده (۲/۳ درصد) و افزایش عملکرد (۴۰/۷ تن در هکتار)، باعث افزایش راندمان مصرف آب به مقدار ۵/۶۵ کیلوگرم بر مترمکعب گردید.

---

[۱] Arginine
[۲] Phytophthora infestants

۲-۴- کودهای زیستی

۲-۴-۱- تاریخچه و سابقه تولید

کودهای زیستی مواد نگه دارنده‌ای با انبوه متراکم یک یا چند نوع موجود مفید خاکزی و یا به صورت فرآورده های متابولیت این موجودات می باشند که در ناحیه اطراف ریشه و یا بخش های داخلی گیاه تشکیل کلونی داده و رشد گیاه میزبان را با روشهای مختلف تحریک می کنند (۹۵).

اولین مایه تلقیح را "هیتنر"[۱] و "نوبه"[۲] آمریکایی در سال ۱۸۹۵ تحت نام تجاری نیتراژین[۳] (حاوی باکتری ریزوبیوم) به بازار عرضه نمودند. پس از آن در سال ۱۹۰۵ تولید کود زیستی در کانادا و در سال ۱۹۱۴ در استرالیا و سوئد شروع شد. با اوج گیری بهای نفت و مواد سوختی در اوائل دهه ۱۹۷۰ که افزایش بهای کودهای شیمیایی را در پی داشت، مسئله اقتصادی نبودن مصرف این کودها برای محصولات کشاورزی ارزان قیمت و لزوم استفاده از جایگزین‌های مناسب‌تر، مطرح گردید. بعلاوه اثرات منفی ناشی از مصرف غیر اصولی این کودها بر کیفیت خاک، محصولات زراعی و سایر عوارض زیست محیطی آنها، زمینه‌های مناسبی را برای آغاز تحولاتی نوین در تولید مواد زیستی فراهم نمود. سالهای مقارن با اوج بهای نفت خام (۷۴-۱۹۷۳) را زمان تجدید حیات یا رنسانس تحقیقات کود های زیستی شناخته اند. اکنون تعداد زیادی از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه اقدام به تولید کودهای زیستی می نمایند (۱۳).

۲-۴-۲- انواع کودهای زیستی

به طور معمول، ارگانیسم های مورد استفاده برای تولید کودهای زیستی، از خاک منشاء می گیرند و در اغلب خاک ها حضور فعال دارند. با این وجود در بسیاری از موارد، کمیت و کیفیت آنها در حد

---

[۱] Hitner
[۲] Nobbe
[۳] Nitragin

مطلوب نیست و به همین دلیل استفاده از مایه تلقیح آنها ضرورت پیدا می کند. در این قبیل کودهای میکروبی، تراکم جمعیت سلولی در حدی است که می توان تا بیش از یک میلیون سلول زنده را برای دامنه تلقیح شده با آن، فراهم کند در حالی که به طور طبیعی چنین تعدادی به خصوص در حوزه فعالیت سیستم ریشه ای گیاه حضور ندارند. عوامل زیادی می توانند موجب تشدید فقدان یا کمبود ارگانیسم مورد نظر در خاک یک منطقه باشند از جمله، تنش های محیطی بلند مدت خشکی، غرقابی، حرارت زیاد و یخ بندان، استفاده مکرر و زیاد از سموم شیمیایی و عدم حضور گیاه میزبان به مدت طولانی در سیستم های تک کشتی و یا وارد کردن گونه یا واریته ای خاص از یک گیاه غیر بومی همانند ارقام اصلاح شده و معرفی شده جدید.

رایج ترین کودهای زیستی با استفاده از ارگانیسم های مربوط به گروه های زیر تهیه می شوند:

۱- باکتری های تثبیت کننده نیتروژن مولکولی (دیازوتروف‌ها)[۱]

۲- قارچهای میکوریزی

۳- میکروارگانیسم های حل کننده فسفات های نامحلول

۴- باکتری های ریزوسفری محرک رشد گیاه

۵- میکروارگانیسم های تبدیل کننده مواد زائد آلی به کمپوست

۶- کرم های خاکی تولید کننده ورمی کمپوست

۲-۴-۳- باکتری های ریزوسفری محرک رشد گیاه (PGPR)[۲]

اصطلاح PGPR در سال ۱۹۷۸ توسط "کلوپر و اسکروت"[۳] وضع گردید. این اصطلاح ابتدا برای باکتری های ریزوسفری متعلق به گروه سودوموناس (گونه های فلورسنس و پوتیدا) وضع گردید و دلیل آن افزایش قابل توجه در رشد گیاهان تلقیح شده با این باکتری ها بود (۷۳). نکته جالب اینکه این افزایش رشد، همیشه با کاهش برخی بیماریهای گیاهی همراه بود. به همین دلیل در بررسی‌های

[۱] *Diazotrophs*
[۲] *Plant Growth Promoting Rhizobacteria*
[۳] *Klopper and Schroth*

مقدماتی، نقش این باکتری ها به طور غیر مستقیم و از طریق کنترل پاتوژنهایی مانند عامل پوسیدگی نرم سیب زمینی[1] و قارچ های بیماری زا مانند عامل مرگ گیاهچه یا پوسیدگی سیاه ریشه و همین طور توقف فعالیت پاتوژن های ضعیف، شناخته شد (۷۳، ۷۴). با پیگیریهای بعدی به منظور تشخیص نحوه این تاثیر، ارتباط مشخصی بین کنترل بیماریها و مقدار سیدروفور[2] تولید شده توسط این باکتری ها به دست آمد که در مطالعات بعد این توانایی مورد تایید قرار گرفت (۴۱، ۶۵، ۷۴).

سیدروفورها، مولکولهای آلی نسبتا درشتی با وزن مولکولی حدود ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ دالتون هستند که میل ترکیبی شدیدی برای پیوند شدن با Fe^{3+} دارند و نوعی کلات آهن قابل جذب برای میکروارگانیسم تولید کننده فراهم می کنند. معمولا تمام باکتری های هوازی و بی هوازی اختیاری، همین طور قارچها در صورتی که غلظت یون فریک در محیط رشد آنها کمتر از ۲۰ پی پی ام باشد، قادر به تولید سیدروفور اختصاصی در حد تامین آهن مورد نیاز خود هستند و فقط بعضی از انواع سودوموناس های فلورسنت، مقداری خیلی بیش از حد مورد نیاز خود تولید و در محیط رشد خود آزاد می کنند (۷۴ و ۸۱).

در مورد سودوموناس های فلورسنت (گروه باکتری های محرک رشد)، اینطور عنوان شده که این باکتری ها در شرایط کمبود Fe^{3+} در محیط، با تولید مقدار زیادی سیدروفورهای اختصاصی (مانند سودوباکتین، پایوکلین و ...) که برای پاتوژنها قابل استفاده نیستند، این موجودات را با کمبود شدید آهن مواجه ساخته و از فعالیت باز می دارند و در نتیجه به طور مستقیم با حذف و یا کاهش بیماری و به طور غیرمستقیم رشد بهتر گیاه را موجب می‌شوند. به طور مثال در آزمایشی مشخص شد که تلقیح سیب زمینی با سودوموناس مولد سودوباکتین (سویه Bio)، ضمن کنترل بیماری پوسیدگی نرم، موجب دو برابر شدن تولید محصول شده است. با استفاده از سودوباکتین خالص شده، نتیجه مشابهی به دست آمد در حالیکه افزودن کلات آهن به محیط رشد گیاه تلقیح شده، موجب حذف اثرات مفید باکتری در کنترل بیماری و تحریک رشد گیاه شده است. بر این اساس در سالهای اخیر سیدروفورهای

[1] Soft-Rot
[2] Siderophores

میکروبی در ارتباط با تاثیر مستقیم در تغذیه گیاه از نظر تامین آهن قابل جذب مطرح شده اند (۳۸ و ۵۰).

جم و همکاران (۱۰) گزارش دادند که غلظت های مختلف کودهای حاوی عناصر آهن و روی تاثیر معنی داری بر صفات مرتبط با عملکرد و کیفیت سیب زمینی رقم آگریا در منطقه اردبیل از جمله عملکرد غده، تعداد غده در بوته، اندازه غده، ضخامت پوسته و وزن حجمی غده ها در سطح آماری ۱٪ داشتند. بالاترین عملکرد غده (۴۸/۱ تن در هکتار) و بیشترین ضخامت پوسته از تیمار کودی دو در هزار آهن و هشت در هزار روی به دست آمد.

در تحقیق دیگری مشخص شد که اگروباکتین تولید شده توسط سویه خاصی از اگروباکتریوم، می تواند موجب تشدید جذب Fe^{3+} توسط گیاه جوان نخود و لوبیا شده و در نتیجه سنتز کلروفیل را در این گیاهان افزایش دهد (۷۴).

اصطلاح PGPR در سالهای اخیر در معنای وسیعتری به کارگرفته شده و جز گونه های سودوموناس، برای برخی دیگر از باکتری های فعال ریزوسفری که تاثیر مشخصی در افزایش رشد گیاه نشان داده اند مانند آزوسپیریلوم، نیتروژنوباکترپالسپالی، فسفوباکترها و ... نیز استفاده شده است. به همین دلیل برای گروه PGPR نقش های مفید دیگری نیز اضافه شده اند (۳۵، ۶۳، ۷۴). از جمله نقش های مفید باکتری های محرک رشد گروه PGPR می توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- تولید هورمون های محرک رشد گیاه که نتیجه آن بهبود جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاه است.

۲- تاثیر در بهبود جوانه زنی و ظهور گیاهک: این تاثیر روی دانه گیاهانی مانند سویا و کلزا که کیفیت ضعیفی داشتند، پس از تلقیح با سودوموناس و کاشت در شرایط مزرعه ای در کانادا، گزارش شده است.

۳- تاثیر سینرژیستی با ریزوبیومها: مشاهده شده که بذر لگوم های مختلف مانند سویا، لوبیا، یونجه و شبدر هنگامی که ضمن تلقیح با ریزوبیم به طور همزمان با باکتری های PGPR نیز

تلقیح گردد، موجب افزایش تعداد غده های ریشه ای و وزن آنها، همین طـور افـزایش تثبیـت نیتروژن و بالا رفتن تولید محصول گیاهان فوق شده است. اصطلاح NPR [1] بـرای ایـن قبیـل باکتری های محرک گره بندی و تثبیت نیتروژن در لگوم ها توصیه شده است (۶۳).

۴- تولید بعضی ترکیبات آنتی بیوتیک مانند باکتریوسین ها برای حذف عوامـل بیمـاریزا و همـین طور تحریک ژن های دفاعی گیاه برای فعال شدن مکانیسم های انـواع طبیعـی و تولیـد فیتـو الکسین ها نیز از جمله فواید این گروه از باکتری های ریزوسفری ذکر شـده انـد. بـه خصـوص سودوموناس فلورسنت به عنوان عوامل بسیار موثری در کنترل بیماریهای ریشه شـناخته شـده اند. این خصوصیت علاوه بـر تولیـد سـیدروفور، بـه دلیـل ترشـح آنتـی بیوتیـک و اسـتفاده از مکانیسم حذف رقابتی است (۶۳).

۲-۴-۴- نقش کودهای زیستی محرک رشد گیاه در افزایش کمی و کیفی محصول

نتایج برخی تحقیقات نشان داد که تلقیح گیاه با باکتری های گـروه سـودوموناس هـای فلورسـنت (گونه های فلورسنس و پوتیدا)، حتی در نبود عوامل بیماریزا نیز می تواند موجب افـزایش رشـد گیـاه گردد. هر چند در زمینه اثرات مستقیم این باکتری ها بر رشد گیاه، در مقایسه بـا نقـش غیرمسـتقیم آنها، بررسیهای کمتری انجام شده ولی در عین حال، کارهای انجام شده نمایانگر این هستند که لااقل برخی از سویه های سودوموناس فلورسنس می تواننـد از طـرق مختلـف ماننـد تولیـد هورمـون هـای محرک رشد گیاه و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی، به طور مستقیم نیز در افزایش رشد گیاه موثر واقع شوند (۷۳).

ریحانی تبار و همکاران (۱۳) اثرات محرک رشد سویه های بومی سودوموناس را بر شاخصهای رشد گندم در مزارع مختلف مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از شـمارش سـودوموناس فلورسـنت حاکی از وجود جمعیت قابل توجه این باکتری ها در ریزوسفر گندم استانهای تهران، گرمسار و دشـت

[1] *Nodulation promoting Rhizobacteria*

قزوین است. نتایج آزمایشهای گلدانی نشان داد که پاسخ گندم به تلقیح با سویه های بومی سودوموناس فلورسنس در اکثر موارد مثبت بوده و در خاک غیر سترون افزایش معنی داری در طول گیاه، تعداد پنجه و تعداد خوشه، نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد.

گروس (۹۸) طی آزمایشی نشان داد تلقیح سیب زمینی با سودو موناس با بهبود شرایط محیطی و کنترل بیولوژیک عوامل بیماری زا باعث افزایش ۶۴ درصدی سبز شدن سیب زمینی و دو برابر شدن عملکرد شد، همچنین در اثر تلقیح بذر گندم با سودو موناس، سیستم ریشه ای گندم توسعه یافته و امکان دسترسی و جذب بهتر عناصر مختلف غذایی فراهم می شود به طوریکه جذب آهن، منیزیم، روی، مس، نیتروژن، فسفر و پتاسیم افزایش می یابد. طی آزمایش دیگری بذور سویای تلقیح شده با سودو موناس که دارای کیفیت ضعیف بودند، پس از کاشت از شرایط بهبود جوانه زنی برخوردار شدند. باکتری های محرک رشد را می توان همراه با خاک و یا از طریق محلول پاشی در اختیار گیاه قرار داد، با ارتباط بین برگها و باکتری ها از طریق محلول پاشی مواد غذایی سریعتر در اختیار گیاه قرار گرفته و فرایندهای رشدی بهبود می یابد به طور مثال زمانی که ویجایان وهمکارانش (۹۴) سودوموناس را روی برگ محلول پاشی کردند ویژگی های بیو شیمیایی و ریخت شناسی بهبود یافت، همچنین طی آزمایشی که روی گیلاس انجام شد محلول پاشی سودوموناس باعث تحریک رشد شد و درمقایسه با تیمار شاهد میزان آهن، روی، نیتروژن، پتاسیم و فسفر و عملکرد گیاه در مقایسه با شاهد افزایش یافت (۳۷). همچنین گارتن (۶۷) آزمایش محلول پاشی برگی سودوموناس را روی زردآلو بررسی کرد که طی این آزمایش بیماری ها کاهش و رشد جوانه ها افزایش یافت و در نتیجه کیفیت و کمیت محصول بهبود یافت. در تحقیقات دیگری بکارگیری سویه های پوتیدا و فلورسنس باعث افزایش عملکرد سیب زمینی، ترب، برنج، چغندر، کاهو، سیب درختی، مرکبات، لوبیا، سبزیجات و گندم گردید (۶۸).

تامین فسفر مورد نیاز گیاهان توسط باکتری ها از دو منبع مختلف فسفاتهای معدنی و ترکیبات آلی حاوی فسفر و تبدیل آنها به فرم های قابل دسترس صورت می گیرد انحلال فسفاتهای معدنی

توسط باکتری ها با تولید انواع مختلفی از اسیدهای آلی انجام می شود (۷۲ و ۸۷). در بین انواع اسیدهای آلی تولید اسید گلوکونیک، عمومی ترین ترکیب برای محلول کردن فسفات معدنی است. این ترکیب اصلی ترین اسید آلی است که توسط باکتری هایی چون سودوموناس تولید می شود (۳۳).

این باکتری ها قادرند فسفاتهای غیرمحلول خاک را به فرم های محلول تبدیل نمایند. عمل تبدیل به وسیله تولید یون H^+ و انواع اسیدهای آلی انجام می شود. نقش این اسیدها ابتدا کاهش اسیدیته است و سپس پیوند موجود در فرمهای فسفات را تجزیه می کنند. اگر چه میکروارگانسیم های حل کننده فسفات درصد کمتری از جمعیت میکروبی خاک را به خود اختصاص می دهند ولی در اکثر خاکها وجود دارند به طوری که بیش از ۹۰ درصد خاکها حاوی این گونه باکتری ها می باشند.

آزمایشات متعددی نشان داده است که استفاده از میکروارگانیسم های حل کننده فسفات به عنوان کود زیستی باعث افزایش جذب نیتروژن و فسفر می شود (۸۶، ۸۸، ۹۰، ۹۱). در آزمایشی، سودوموناس به همراه سنگ فسفات و سوپر فسفات باعث افزایش قابل توجه عملکرد سیب زمینی شد (۴). استفاده از سویه های فلورسنس و پوتیدا طویل شدن ساقه ها، شاخه ها و ریشه ها را در محصول کلزا، کاهو و گوجه فرنگی افزایش می دهند (۶۱).

شهاتا و ال-خاواز (۹۱) با آزمون انواع کودهای زیستی بخصوص باکتری های حل کننده فسفات بر روی آفتابگردان دریافتند که پارامترهای رشدی آفتابگردان افزایش معنی داری یافت به طوری که بهبود شاخص های رشدی در نهایت منجر به افزایش تولید محصول به میزان ۱۰۵ تا ۱۲۶ درصد شد. بنابر گفته رودریگز و فراگا (۸۳) مکانیسم اصلی حلال سازی فسفات معدنی، تولید اسیدهای ارگانیک و اسید فسفاتاز می باشد که نقش اساسی در معدنی کردن فسفر آلی در خاک بازی می کنند.

تولید انواع مختلفی از تنظیم کننده های رشد گیاهی توسط باکتری های محرک رشد، یکی از مهمترین تاثیرات آنها بر بهبود رشد گیاهان گزارش شده است (۵۴). تاثیر مثبت IAA که یکی از فعال ترین اکسین هاست بر شکل گیری ریشه، تقسیم سلول و توسعه سلول های گیاه مشخص شده

است. IAA حاصل متابولیسم تریپتوفان است که عموما توسط باکتری های محرک رشد نیز ترشح می گردد (۴۲). مطالعات لینهو و واک (۷۲). نشان داد که انواعی از سویه های سودوموناس جدا شده از ریزوسفر گندم و چاودار به میزان ۰/۰۱ تا ۳/۹۸ میلی گرم در لیتر IAA تولید کردند. IAA تولید شده توسط باکتری سودوموناس پوتیدا باعث افزایش ۲ تا ۳ برابری طول ریشه گیاه کلزا و افزایش رشد گیاه سویا گردید (۵۹).

در تحقیق دیگری نشان داده شده است که تلقیح با باکتری سودوموناس، وزن ریشه گندم بهاره را بالا برده و سازگاری آن را نسبت به محیط افزایش داد (۷۹ و ۹۶). توانایی تولید آنتی بیوتیک ها توسط باکتری های محرک رشد از جمله سودوموناس، نقش مهمی در جلوگیری و کنترل بیماریهای قارچی ایفا می کند (۵۱). بر همین اساس گزارش شده است که سودوموناس فلورسنس با تولید آنتی بیوتیک با پوسیدگی سیب زمینی ناشی از *Erwinia carotovora* مقابله می کند (۵۲).

لیو و همکاران (۳۶) در مطالعات خود نشان دادند که تلقیح بذور خیار و لوبیا با سودوموناس پوتیدا با عث افزایش مقاومت خیار در برابر بیماری فوزاریوم و نیز مقاومت بوته های لوبیا در مقابل بیماری بلایت باکتریایی گردید. میرسلاو وستانکا و همکاران (۷۸) نتیجه گرفتند که تلقیح سیب زمینی با باکتری سودموناس نقش قابل توجهی در رشد سیب زمینی و سطح فسفات دارد. کتان اسپ و همکاران (۶۹) تأثیر سویه های مختلف باکتری های محرک رشد باسیلوس و سودوموناس را بر بیماریهای دو رقم سیب زمینی اگریا و گرانولی بررسی کردند و نتیجه گرفتند که این باکتری ها باعث کنترل بیماریهای غده می شوند. احمت اسیتکن و همکاران (۳۷) نتیجه گرفتند که مصرف برگی سودوموناس و باسیلوس هر کدام به تنهایی و در ترکیب با هم دارای پتانسیل خوبی برای افزایش عملکرد، رشد و تغذیه گیاه گیلاس بوده و در افزایش عملکرد، سطح مقطع تنه، وزن میوه و طول ساقه نقش مهمی دارند (۳۷).

رودریگو کست و همکاران (۸۴) تأثیر سودوموناس فلورسنس را بر ذرت بررسی کردند و نتیجه گرفتند که این باکتری باعث کنترل بیماریهای ذرت می شود. سینقای و همکاران (۵۳) نتیجه گرفتند که سودوموناس باعث جلوگیری از بیماریهای سیب‌زمینی و افزایش رشد این گیاه و شکل گیری بهتر پوست غده می شود.

شهریاری و همکاران (۲۳) در آزمایشی ، توان آنتاگونیستی سویه باکتری سودوموناس فلورسنس جدا شده از ریزوسفر سیب زمینی جهت کنترل عامل بیماری ساق سیاه سیب زمینی را ارزیابی کردند و نتیجه گرفتند که اکثر این استرین ها وزن تر کل گیاه در هر گلدان را به میزان دو تا سه برابر افزایش دادند. تمام این استرین های بررسی شده در گلخانه، روی محیط کشت قادر به تولید آنتی بیوتیک و سیدروفور بودند که به احتمال قوی توانایی آنها در جلوگیری از رشد این پاتوژن به دلیل اثر این متابولیتهای ثانویه است.

نظارت (۳۳) تاثیر باکتری های محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد و شاخص‌های رشد ذرت را مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت که ارتفاع بوته، وزن خشک بلال و عملکرد دانه با کاربرد سویه های سودوموناس فلورسنس و پوتیدا به طور معنی داری در مقایسه با شاهد افزایش یافت. از طرف دیگر ایشان گزارش دادند که کاربرد سویه های سودوموناس باعث افزایش معنی دار میزان عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، اهن، روی و مس در دانه ذرت شد.

کشاورز افشار و همکاران (۲۶) تاثیر سویه های باکتری های سودوموناس فلورسنس و پوتیدا را بر عملکرد و شاخص های فیزیولوژیک سورگوم علوفه ای مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که کاربرد باکتری ها به صورت محلول پاشی نقش مفید، موثر و قابل توجهی را در افزایش عملکرد و بهبود شاخصهای فیزیولوژیک سورگوم علوفه ای از جمله عملکرد علوفه خشک و شاخص سطح برگ داشته است.

اسلامی فرد و همکاران (۵) اثر کودهای معدنی و زیستی را بر روی رشد و اجزای عملکرد نخود فرنگی در کشت دوم مطالعه کرده و نتیجه گرفتند که تلقیح بذر با کودهای زیستی در مقایسه با عدم تلقیح، اثرات مثبتی بر روی ارتفاع، بیوماس تر، وزن صددانه تر، تعداد دانه در غلاف و وزن تر دانه در غلاف داشت. در این مطالعه استفاده از کودهای زیستی همراه با کودهای معدنی توصیه شد.

سرابی و همکاران (۲۱) تاثیر انواع مایه تلقیح حاوی باکتری های محرک رشد گیاه و دیازوتروفها را بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم جو مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که اثر باکتری سودوموناس پوتیدا بر عملکرد دانه و بیولوژیک معنی دار شد و بالاترین میزان عملکرد بیولوژیک از کاربرد باکتری سودوموناس پوتیدا و به میزان ۱۸/۲۸ تن در هکتار حاصل شد.

انصاری جوینی و همکاران (۷) تاثیر روش محلول پاشی، تلقیح و کاربرد توام محلول پاشی و تلقیح سویه های مختلف باکتری سودوموناس فلورسنس و پوتیدا را بر روی عملکرد علوفه و شاخص های رشد سورگوم علوفه ای رقم اسپید فید مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که در تمامی باکتری ها، تلفیق محلول پاشی و تلقیح، بالاترین عملکرد علوفه را داشتند و روش محلول پاشی در مقام دوم قرار گرفت. نتایج بیانگر این مطلب بود که همگی باکتری ها نسبت به شاهد عملکرد بالاتری داشتند.

رحمتی خورشیدی و همکاران (۱۸) تاثیر باکتری های محرک رشد سودوموناس فلورسنس و آزوسپریلوم لیپوفروم را بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج را در ترکیب با سطوح مختلف کود نیتروژن بررسی کردند. نتایج نشان داد که استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن به همراه باکتری سودوموناس و بدون حضور آزوسپیریلوم باعث افزایش معنی دار عملکرد به مقدار ۵۷۳۳ کیلوگرم در هکتار گردید .

در آزمایش دیگری که توسط احتشامی و همکاران (۱) انجام شد، اثر محلول پاشی باکتری های جنس سودوموناس بر صفات کمی و اجزای عملکرد ارقام برنج مورد مطالع قرار گرفت و نتایج نشان داد که طول و عرض برگ پرچم، تعداد دانه در خوشه و خصوصیات کیفی گیاهچه برنج و سرعت جوانه زنی بذر تحت تاثیر قرار گرفت و نسبت به تیمار شاهد برتری قابل توجهی داشت.

۲-۵- اسید هیومیک

حاصلخیزی به کیفیتی از خاک گفته می شود که خاک قادر به عرضه مواد غذایی به مقدار کافی و به نسبت مناسب برای رشد و نمو طبیعی گیاه باشد. خاک حاصلخیز، خاکی است که از نظر بافت، ساختمان، ظرفیت تبادل کاتیونی، pH، EC، عمق و ... مناسب باشد و زمانی این شرایط حاکم خواهد بود که خاک دارای مواد آلی باشد (۳۰).

مواد آلی سطح خاک قبل از تجزیه بیولوژیکی به هوموس خام[۱] موسوم است، ولی در اثر فعالیت میکروارگانیسم های خاکزی تغییر ماهیت داده و به هوموس تبدیل می شود. هوموس از مواد آلی مختلفی مرکب است و معیاری از حاصلخیزی خاک است زیرا اولاً نیتروژن مورد نیاز گیاه را تامین می‌کند، ثانیاً با بهبود ساختمان خاک، باعث جریان بهتر آب و هوا در خاک می گردد. خاک بدون هوموس یا ماده آلی، محیط زنده ای محسوب نمی شود. ترکیبات هوموس دارای وزن مولکولی زیاد است و از نظر شیمیایی دارای ساختمان حلقوی آروماتیک و یا آلیفاتیک است. کلوئیدی بودن ذرات و شکل پذیری کم و چسبندگی زیاد هوموس از مزایای عمده ساختار خاک هستند. بعلت حضور گروه های فعال اسیدی ضعیف، هوموس قادر است که اسیدیته خاک را در محدوده تغییرات وسیع اسیدیته تثبیت کند. هوموس مقدار زیادی آب جذب می کند. یک هوموس کاملا سنتز شده خاک می تواند ۸۰ تا ۹۰ درصد وزن خود آب جذب کند. ۶۰٪ هوموس خاک از دو پلیمری به نامهای اسید هیومیک و فولویک اسید تشکیل شده است (۳۲).

اسید هیومیک از اجزای اصلی هوموس است. اگر به محلولی که هوموس در آن حل شده است، اسیدی قوی اضافه کنیم قسمتی از آن که مجددا رسوب می کند را اسید هیومیک می نامند. این ماده ماکرومولکولی جامد می باشد که در آب، الکل و اسیدها نامحلول است. دو نوع اسید هیومیک خاکستری و قهوه ای تشخیص داده می شود. مقادیر زیادی از نیتروژنهای تثبیت شده توسط

[۱] *Raw Humus*

میکروارگانیسم ها در ترکیبات هوموسی وارد گشته و بر مقدار نیتروژن هوموس افزوده می شود. از این رو با ازدیاد نیتروژن، سهم اسید هیومیک های خاکستری نیز افزایش می یابد. مقدار نیتروژن اسید هیومیک خاکستری بسته به تیپ خاکها متفاوت بوده و حداکثر تا ۷/۵ درصد می رسد.

اسید هیومیک نیز همانند هوموس هنگام جذب آب متورم شده و می تواند دو تا شش برابر وزن خود آب جذب نماید. اسید هیومیک در تغذیه گیاهان اهمیت بسیار زیادی دارد از جمله: منبع عناصر غذایی و انرژی برای موجودات ریز خاک؛ با داشتن ظرفیت بالای تبادل یونی، تاثیر قابل توجهی در تغذیه گیاهان دارد؛ ظرفیت نگه داری و هدایت آب را در خاک افزایش می دهد؛ باعث کاهش آبشویی و فرسایش خاک می شود؛ تاثیر قابل توجهی در جذب سطحی عناصر میکرو از جمله روی (Zn) دارد. بنابراین وجود اسید هیومیک در خاکهای کشاورزی و یا استفاده از اسید هیومیک تجاری در خاک، باعث افزایش حاصلخیزی خاک، رشد بهتر گیاه و تولید بیشتر محصول می گردد.

علاوه بر کود های بیولوژیک در کشاورزی پایدار استفاده از کود های آلی از جمله اسید هیومیک نیز حائز اهمیت می باشد. هیومیک اسید مخلوط نا همگنی است که باعث افزایش مواد آلی می شود اسید هیومیک می‌تواند جوانه زدن و رشد ریشه را تحریک کرده و مقاومت به تنش های محیطی را در گیاهان بهبود بخشد. مزیت وجود هیومیک اسید در سیستم کشاورزی توانائی ترکیب یون های فلزی می باشد، یکی از روش های مصرف اسید هیومیک محلول پاشی برگی آن است که مصرف برگی هیومیک اسید باعث افزایش شاخص سطح برگ می شود، همچنین استفاده ی برگی هیومیک اسید باعث پایداری آب برگ شده و متابولیسم فتوسنتز را افزایش داده در نتیجه باعث افزایش شاخص سطح برگ ، افزایش طول ریشه و ساقه می شود (۳۲). امچیم (۳۲) طی آزمایشی نشان داد مصرف برگی هیومیک اسید باعث افزایش پروتئین دانه گندم می شود.

هاپکینس و استرک (۴۸) اثر اسید هیومیک را بر رشد سیب زمینی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که اسید هیومیک بر رشد بوته و عملکرد محصول تأثیر مثبت دارد اما بر وزن مخصوص غده بی‌تأثیر است.

سینتیامیل (۵۳) به این نتیجه رسید که اسید هیومیک با غلظت پایین تأثیر معنی داری بر تولید ندارد اما غلظت بالای این اسید بر رشد و عملکرد فتوسنتز اثری مثبت می گذارد.

جنارو و همکاران (۵۸) اثر کاربرد برگی اسید هیومیک را بر رشد و کیفیت دانه گندم بررسی کردند. کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش فتوسنتز و انتقال ماده‌ی خشک تولید شده گردید. آنها گزارش کردند که اسید هیومیک باعث افزایش عملکرد دانه، سنبله بارور و محتوای پروتئین دانه می شود.

جنز و همکاران (۶۴) تأثیر اسید هیومیک بر تنباکو را بررسی کردند و پی بردند که اسید هیومیک باعث افزایش سطح فسفات سلول ها می شود.

سلیم و همکاران (۸۹) تاثیر کاربرد اسید هیومیک همراه با آب آبیاری را در ترکیب با کودهای شیمیایی بر خصوصیات رشد و عملکرد سیب زمینی در مصر مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند که کاربرد اسید هیومیک علاوه بر افزایش ۱۶/۵ درصدی عملکرد غده، باعث کاهش آبشویی نیتروژن و پتاسیم و نیز افزایش فراهمی فسفر در خاک شنی می گردد.

آسما و ماگدا (۴۰) گزارش کردند که استفاده از اسید هیومیک همراه با آب آبیاری در سیب زمینی، باعث افزایش معنی دار پارامترهای رشد رویشی (ارتفاع بوته، تعداد برگ و ساقه، وزن خشک و وزن تر برگ)، عملکرد و کیفیت غده (وزن، اندازه، طول، قطر و وزن مخصوص) و نیز سطوح عناصر غذایی سیب زمینی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم و پروتئین) گردید.

ال سید حامدا و همکاران (۵۶) تاثیر مقادیر مختلف فسفر و روشهای مختلف کاربرد اسید هیومیک را بر خصوصیات رشد، کیفیت و عملکرد سیب زمینی شیرین مطالعه کردند و نتیجه گرفتند که روشهای مختلف مصرف اسید هیومیک، تاثیر معنی داری بر کلیه صفات مورد مطالعه داشت به

طوری که خاک دهی اسید هیومیک دارای تاثیر معنی داری بر رشد گیاه، رنگدانـه هـای فتوسـنتزی، عملکرد غده و بازارپسندی و کیفیت غده داشت. بعلاوه مصرف خاکی اسـید هیومیـک باعـث افـزایش ترکیب غده و کاهش تلفات و پوسیدگی ریشه ها و غده ها گردید. بهترین نتیجه زمانی حاصل شد کـه اسید هیومیک در ترکیب با کود فسفر مصرف گردید. نکته قابل توجـه اینکـه کـاربرد اسـید هیومیـک باعث کاهش ۳۳ درصدی مصرف کود های فسفره ، کـاهش هزینـه تولیـد و کـاهش آلـودگی محـیط زیست نیز می شود.

فصــل ســوم

مواد و روش ها

۳-۱- موقعیت و وضعیت محل اجرای آزمایش

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود واقع در شهر بسطام به اجرا در آمد. شهر بسطام در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۵ دقیقه طول شمالی و ارتفاع ۱۳۶۶ متر از سطح دریا واقع شده است.

بر اساس تقسیم‌بندی‌های اقلیمی، منطقه بسطام دارای اقلیم سرد و خشک است. میانگین بارندگی سالانه بین ۱۶۰-۱۵۰ میلی‌متر بوده و بارندگی‌ها عمدتاً در فصل پاییز و بهار رخ می‌دهد. بر اساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی شاهرود، میانگین سالانه دما در این منطقه ۱۴/۴ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است.

به منظور اندازه‌گیری خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه، نمونه مرکبی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه جمع‌آوری و برای تجزیه به آزمایشگاه موسسه خاک و آب منتقل شد. مشخصات خاک مورد آزمایش در جدول ۳-۱ آمده است.

۳-۲- طرح و تیمارهای آزمایشی

این آزمایش در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با ۱۹ تیمار و ۳ تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل ترکیبی از سویه های باکتری محرک رشد سودوموناس فلورسنس (A_1) و سودوموناس پوتیدا (A_2)، روش مصرف باکتری به صورت مصرف در خاک (B_1)، برگ مصرف (B_2) و مصرف در خاک و برگ مصرف به صورت توام (B_3) و روش مصرف اسید هیومیک به صورت مصرف در خاک (C_1)، برگ مصرف (C_2) و مصرف در خاک و برگ مصرف به صورت توام (C_3) به علاوه تیمار شاهد بدون مصرف باکتری و اسید هیومیک و تنها استفاده از کودهای شیمیایی بودند که در جدول ۳-۲ نشان داده شده است.

جدول ۳-۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

پارامتر های اندازه گیری شده	مقدار	واحد
درصد اشباع	۳۰/۶	درصد
هدایت الکتریکی($Ec\times ۱۰^{۳}$)	۸/۰۹	دسی‌زیمنس بر متر
اسیدیته گل اشباع	۷/۸۹	-
درصد مواد خنثی شونده(T.N.V.)	۲۷	درصد
کربن آلی(O.C)	۰/۷۹	درصد
نیتروژن کل(Total N)	۰/۰۵۷	درصد
فسفر قابل جذب(ava) P	۱۴	پی‌پی‌ام
پتاسیم قابل جذب (ava) K	۱۴۳	پی‌پی‌ام
رس (Clay)	۲۲	درصد
لای (Silt)	۴۴	درصد
شن (Sand)	۳۲	درصد
درصد رطوبت	۱/۵	درصد
نسبت جذب سدیم[۱] (SAR)	۴/۱	-
مجموعه کاتیون‌ها	۸۱/۲	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Na+	۲۲/۲	میلی‌اکی‌والان در لیتر
$Mg^{۲+}$	۲۶	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Ca۲+	۳۳	میلی‌اکی‌والان در لیتر
مجموع آنیون‌ها	۸۰/۶	میلی‌اکی‌والان در لیتر
$SO_{۴}^{۲-}$	۲۸/۶	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Cl-	۴۷/۵	میلی‌اکی‌والان در لیتر
$HCO_{۳}^{-}$	۴/۵	میلی‌اکی‌والان در لیتر
CO۳-	۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر

[۱] *Sodium Absorption Ratio*

جدول ۳-۲- تیمارهای اعمال شده در طرح آزمایشی

$A_1B_1C_1$	سودوموناس فلورسنس به صورت خاک مصرف، اسید هیومیک به صورت خاک مصرف
$A_1B_1C_2$	سودوموناس فلورسنس به صورت خاک مصرف، اسید هیومیک به صورت برگ مصرف
$A_1B_1C_3$	سودوموناس فلورسنس به صورت خاک مصرف، اسید هیومیک به صورت مصرف توام
$A_1B_2C_1$	سودوموناس فلورسنس به صورت برگ مصرف، اسید هیومیک به صورت خاک مصرف
$A_1B_2C_2$	سودوموناس فلورسنس به صورت برگ مصرف، اسید هیومیک به صورت برگ مصرف
$A_1B_2C_3$	سودوموناس فلورسنس به صورت برگ مصرف، اسید هیومیک به صورت مصرف توام
$A_1B_3C_1$	سودوموناس فلورسنس به صورت مصرف توام، اسید هیومیک به صورت خاک مصرف
$A_1B_3C_2$	سودوموناس فلورسنس به صورت مصرف توام، اسید هیومیک به صورت برگ مصرف
$A_1B_3C_3$	سودوموناس فلورسنس به صورت مصرف توام، اسید هیومیک به صورت مصرف توام
$A_2B_1C_1$	سودوموناس پوتیدا به صورت خاک مصرف،اسید هیومیک به صورت خاک مصرف
$A_2B_1C_2$	سودوموناس پوتیدا به صورت خاک مصرف،اسید هیومیک به صورت برگ مصرف
$A_2B_1C_3$	سودوموناس پوتیدا به صورت خاک مصرف،اسید هیومیک به صورت مصرف توام
$A_2B_2C_1$	سودوموناس پوتیدا به صورت برگ مصرف، اسید هیومیک به صورت خاک مصرف
$A_2B_2C_2$	سودوموناس پوتیدا به صورت برگ مصرف، اسید هیومیک به صورت برگ مصرف
$A_2B_2C_3$	سودوموناس پوتیدا به صورت برگ مصرف، اسید هیومیک به صورت مصرف توام
$A_2B_3C_1$	سودوموناس پوتیدا به صورت مصرف توام، اسید هیومیک به صورت خاک مصرف
$A_2B_3C_2$	سودوموناس پوتیدا به صورت مصرف توام، اسید هیومیک به صورت برگ مصرف
$A_2B_3C_3$	سودوموناس پوتیدا به صورت مصرف توام، اسید هیومیک به صورت مصرف توام
$A_0B_0C_0$	شاهد

۳-۳- بذر و مشخصات آن

در این آزمایش از رقم سیب زمینی آگریا استفاده شد. در حال حاضر رقم آگریا به دلیل کیفیت، ماندگاری و عملکرد مناسب در سطح وسیعی در ایران کشت می شود. آگریا یک رقم وارداتی با شکل بیضوی، بافت زرد رنگ، متوسط تا دیررس و درصد ماده خشک بالا با عملکرد مناسب می باشد، که جهت مصارف غذایی، فرآیندسازی و صادرات مورد استفاده قرار می گیرد. بذور قبل از کشت با آب شستشو و خشک شدند سپس به اندازه‌های مشخص شامل دو چشم برش داده شدند. در مرحله‌ی بعد غده های مربوط به کرت های دارای تیمار باکتری به صورت خاک مصرف با آب مرطوب شدند و سپس مقدار تعیین شده از مایه تلقیح (با جمعیت تقریبی $۱۰^{۸}$ باکتری در هر میلی‌متر) به بذور افزوده و به طور کامل مخلوط شد و پس از فرآیند تلقیح بلافاصله کشت شدند.

۳-۴- آماده‌سازی زمین و کاشت

در اواسط اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۹ عملیات آماده‌سازی مزرعه‌ی آزمایشی صورت گرفت و زمین مورد نظر شخم و دیسک زده شد. بعد از آماده‌سازی اولیه خط‌های کشت با پشته‌هایی به عرض ۶۰ سانتی‌متر در جهت شمالی جنوبی به وسیله‌ی فاروئر ایجاد گردید. در مجموع ۵۷ کرت آزمایشی در نظر گرفته شد، که هر کدام شامل ۴ ردیف کاشت به طول ۶ متر بود. پس از تعیین ابعاد کرت در مزرعه‌ی آزمایشی جوی‌های آبیاری تعبیه گردیدند. فاصله‌ی بذور روی ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و با توجه به شرایط خاک، نوع آبیاری و.... بذور در عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک قرار داده شدند.

برای محافظت از کرت‌ها و جلوگیری از تداخل باکتری‌ها و آلودگی یک خط به صورت نکاشت بین کرت‌ها قرار گرفت و جوی‌های آبیاری به نحوی تعبیه شدند که آب آبیاری اضافی مربوط به هر بلوک

توسط یک جوی خروجی در انتهای کرت‌ها از مزرعه خارج شود. تلقیح بذور و کاشت در تاریخ ۲۸ اردیبهشت به پایان رسید و اولین آبیاری در همان روز صورت گرفت.

۳-۵- عملیات داشت

در طول فصل رشد عملیات داشت شامل آبیاری و کنترل علفهای هرز به منظور تامین شرایط مناسب برای رشد گیاه در مزرعه انجام شد. وجین علفهای هرز به صورت دستی انجام شد و آبیاری کرت‌ها به صورت جداگانه از طریق نهرها و جوی‌های ایجاد شده با دور آبیاری هفت روز یکبار انجام گرفت.

ضمن عملیات داشت در ابتدای گلدهی بوته های سیب‌زمینی، تیمارهای محلول‌پاشی باکتری (سودوموناس و پوتیدا) و مصرف اسید هیومیک (خاک مصرف، برگ مصرف و مصرف توام) اعمال شد.

به این منظور در تاریخ ۲۸ تیرماه اسید هیومیک با ماده‌ی موثره‌ی ۱۲ درصد و با مصرف توصیه شده‌ی ۳۰ لیتر در هکتار به میزان ۶ گرم در لیتر رقیق‌سازی شد و در کرت‌های مورد نظر مصرف شد، در تیمارهای خاک مصرف پای بوته و در تیمارهای برگ مصرف محلول پاشی صورت گرفت همچنین در مصرف توام مقدار مصرف مربوط به آن کرت دو قسمت شد و نیمی از آن پای بوته و قسمت دیگر محلول پاشی شد. در تاریخ ۲۹ تیر محلول پاشی باکتری در کرت‌های دارای تیمارهای مصرف برگی باکتری و مصرف توام آن صورت گرفت.

۳-۶- نمونه‌برداری

با توجه به زمان اعمال تیمار اولین نمونه‌برداری بوته در ۸۷ روز پس از کاشت صورت گرفت و چهار نمونه‌برداری به فاصله‌ی ۱۴ روز یکبار تا پایان فصل رشد انجام شد و در تاریخ ۲۰ مهر نمونه ی عملکرد برداشت شد. در زمان نمونه‌برداری دو ردیف کناری و ۰/۵ متر ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان حاشیه حذف شدند. سپس برای نمونه‌برداری بوته‌ها از دو ردیف وسط به صورت تصادفی برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند.

۳-۷- ارزیابی صفات

۳-۷-۱- صفات زراعی

در آزمایشگاه بوته‌ها به اجزای مختلف شامل برگ ، ساقه ، غده جدا شدند. پس از اندازه‌گیری سطح برگ، وزن تر برگ و وزن تر غده اجزای تفکیک شده به طور جداگانه در پاکت‌های شماره گذاری شده قرار گرفت و برای خشک شدن در آون با دمای ۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. سپس وزن اندام های گیاه با ترازوی حساس به دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. همچنین صفات دیگری از قبیل تعداد ساقه، تعداد غده، ارتفاع بوته و ... نیز اندازه‌گیری شد.

۳-۷-۲-سنجش نیتروژن

همچنین نمونه های برگ و غده ی مربوط به نمونه ی آخر برای اندازه گیری فسفر و نیتروژن به آزمایشگاه خاکشناسی منتقل شد. نمونه ها در آزمایشگاه شستشو، خشک و آسیاب شد، ابتدا با آب معمولی سپس با اسید هیدروکلریک ۰/۱ مولار و سپس دوباره با آب مقطر شستشو گردید و به مدت ۴۸ ساعت در آون با حرارت ۷۰ درجه سانتی گراد خشک و سپس آسیاب شد. نمونه آسیاب شده از الک ۰/۵میلی متری عبور داده شد و میزان عناصر نیتروژن و فسفر آن اندازه گیری شد. از نمونه های برگ و غده ی آماده شده به ترتیب زیر برای سنجش عناصر عصاره گیری شد. برای عصاره گیری هضم در بالن ژوژه با اسید سولفوریک، اسید سالسیلیک و آب اکسیژنه انجام شد.

۰/۳ گرم نمونه گیاه با دقت ۰/۰۰۱گرم توزین و به لوله های هضم(بالن ژوژه ۱۰۰میلی لیتر) منتقل شد، سپس ۲/۵میلی لیتر از مخلوط اسید ها اضافه و ۲۴ ساعت به حال خود قرار داده شد. لوله ها بعد از این مدت به مدت ۲ساعت تا ۱۸۰درجه سانتی گراد حرارت دید و سپس بعد از خنک شدن ۳ بار و هر بار ۱ میلی لیتر آب اکسیژنه به لوله ها اضافه شد، مجددا لوله ها روی تا ۳۳۰درجه سانتیگراد به مدت ۳ ساعت گذاشته تا عصاره بیرنگ شد. عصاره در بالن به حجم ۱۰۰میلی لیتر رسانیده شد و از آن برای اندازه گیری نیتروژن کل به روش تیتراسیون بعد از تقطیر استفاده شد.

۳-۷-۳- سنجش فسفر

اندازه گیری فسفر به روش کالریمتری(رنگ زرد مولیبدات وانادات) انجام شد. مقدار ۵ سی سی از محلول عصاره حاصل از هضم به داخل بالن ژوژه ۲۵ میلی لیتر ریخته شد، و به آن ۵ سی سی محلول آمونیوم مولیبدات وانادات اضافه شد و به حجم رسانده شد. سپس میزان جذب محلول حاصل با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. میزان فسفر در نمونه خشک گیاه بر حسب گرم از رابطه زیر محاسبه شد.

a*b*V/۲۰۰۰W * ۱۰۰/D.M

غلظت فسفر نمونه=a

غلظت فسفر شاهد=b

حجم نهایی محلول=V

وزن نمونه خشک گیاه =W

۳-۸- برآورد شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد

به منظور بررسی تأثیر عوامل آزمایش بر پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه سیب زمینی و تجزیه و تحلیل رشد آن برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی مورد ارزیابی قرار گرفت. اندازه‌گیری دو عامل سطح برگ و وزن خشک اندام های هوایی در فواصل مشخص لازمه تجزیه و تحلیل رشد است. کمیت‌های مورد بررسی برای تجزیه و تحلیل رشد در این آزمایش شامل شاخص سطح برگ و سرعت رشد غده بود.

شاخص سطح برگ (LAI) نسبت سطح برگ محصول به سطح زمینی است که محصول روی آن سایه می‌اندازد. LAI یک معیار تقریبی از مساحت برگ‌ها در واحد سطح است که تشعشع خورشید برای آنها قابل دسترسی است.

سرعت رشد گیاه (CGR) میزان تجمع ماده‌ی خشک گیاه در واحد سطح خاک و در واحد زمان می‌باشد و از رابطه زیر محاسبه شد.

$$CGR = (W_۲ - W_۱)/(SA(t_۲ - t_۱)\ ) \qquad ۱ـ۳$$

در این رابطه SA سطح زمین، W۱ و W۲ وزن خشک گیاه در زمان‌های t۱ و t۲ است.

۳-۹- روش تجزیه و تحلیل نتایج

در این آزمایش برای وارد کردن داده ها و ترسیم نمودارها از نرم‌افزار EXCEL و برای تجزیه واریانس و آنالیز آماری داده‌ها از نرم‌افزار MSTATC و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون LSD در سطح آماری ۵٪ استفاده شد.

فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱- شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس داده های آزمایشی نشان داد که تیمارهای آزمایشی در نمونه‌برداری دوم(۱۰۳ روز بعد از کاشت)، دارای اختلاف معنی داری ($P <۰/۰۵$) بر شاخص سطح برگ بودند (جدول ضمیمه ۱) به طوری که تیمار $A_۱B_۳C_۳$ (باکتری سودوموناس فلورسنس+ مصرف توام باکتری + مصرف توام اسید هیومیک) با شاخص سطح برگ ۱/۶ بیشترین و تیمار شاهد با شاخص سطح برگ ۰/۵ کمترین بود. البته در این مرحله تیمار $A_۱B_۱C_۱$ (باکتری سودوموناس فلورسنس به صورت خاک مصرف و اسید هیومیک به صورت خاک مصرف) نیز همانند تیمار شاهد از شاخص سطح برگ کمتری برخوردار بود. بررسی داده های آزمایشی نشان داد که حداکثر شاخص سطح برگ در مرحله سوم نمونه برداری یعنی ۱۱۹روز بعد از کاشت به دست آمد که در این بین، تیمار $A_۲B_۳C_۳$ (مصرف توام باکتری سودوموناس پوتیدا و مصرف توام اسید هیومیک) با حداکثر شاخص سطح برگ ۵/۲ بیشترین بود (جدول ۴-۱ و شکل ۴-۱).

از طرف دیگر، روند پیر شدن برگها و کاهش سطح برگ نیز در تیمارهای آزمایشی متفاوت بود. طوری که در آخرین مرحله نمونه برداری، ۱۳۵روز بعد از کشت، تیمار $A_۱B_۳C_۲$ (باکتری سودوموناس فلورسنس + مصرف توام باکتری + محلول پاشی اسید هیومیک) با شاخص سطح برگ ۳/۴، بیشترین و تیمار شاهد، با شاخص سطح برگ ۱/۱، کمترین بود (جدول ۴-۱).

روند افزایش شاخص سطح برگ نشان می دهد که مصرف توام باکتری همراه با مصرف توام اسید هیومیک باعث افزایش قابل توجه سرعت رشد سطح برگ در مقایسه با شاهد گردید (شکل ۴-۲). اگرچه مصرف باکتری پوتیدا باعث شاخص سطح برگ بیشتری در سومین مرحله نمونه برداری شد، اما نتایج نشان داد که مصرف باکتری سودوموناس فلورسنس در طول دوره رشد و تاریخ های اول، دوم و چهارم نمونه برداری، تاثیر بیشتری بر افزایش شاخص سطح برگ و حفظ سطح سبز گیاه داشت.

نتایج به دست آمده با گزارش های کشاورز افشار و همکاران(۲۶)، فیگلیولیا، فوجیو و یانگ مطابقت دارد. آنها نتیجه گرفتند که مصرف برگی اسید هیومیک باعث افزایش شاخص سطح برگ می

شود. همچنین استفاده ی برگی اسید هیومیک باعث پایداری آب برگ می‌شود، فتوسنتز را افزایش می‌دهد در نتیجه باعث افزایش شاخص سطح برگ، افزایش طول ریشه و ساقه می شود و همچنین سویه های باکتری های سودوموناس فلورسنس و پوتیدا نقش مفید، موثر و قابل توجهی را در بهبود شاخص‌های فیزیولوژیک از جمله شاخص سطح برگ داشته است (۲۶).

۴-۲-تعداد برگ در بوته

تعداد برگ فعال در بوته، نشان دهنده ظرفیت فتوسنتزی گیاه زراعی بوده و در طول دوره رشد غده، تاثیر قابل توجهی بر عملکرد محصول دارد. روند افزایش تعداد برگ و ظهور برگهای جدید در ارتباط با دوره رشد غده و نیز زمان توقف تولید برگ جدید بر سرعت و طول دوره فرآیندهای نموی سیب زمینی بسیار مهم و اثرگذار هستند.

تجریه واریانس تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی داری را در تعداد برگ نشان نداد (جدول ضمیمه۱).

بررسی تعداد برگ درتیمار های مختلف نشان داد که حداکثر تعداد برگ در بوته معادل ۲۲۳/۷ برگ، در تیمار $A_2B_3C_3$ (مصرف توام باکتری سودوموناس پوتیدا و مصرف توام اسید هیومیک) به دست آمد و حداقل تعداد برگ در بوته متعلق به تیمار شاهد با ۶۲ برگ در بوته بود (جدول ۴-۲).

باکتری های محرک رشد گونه پوتیدا همراه با بکارگیری اسید هیومیک به صورت برگ مصرف و خاک مصرف توانستند باعث افزایش سرعت تشکیل و ظهور برگ در طول دوره غده بندی و رشد غده ها شوند اما باکتری های گونه فلورسنس باعث حفظ تعداد برگ بیشتری در اواخر دوره رشد شدند. همه تیمارها از نظر تعداد برگ در بوته، نسبت به تیمار شاهد برتری داشتند.

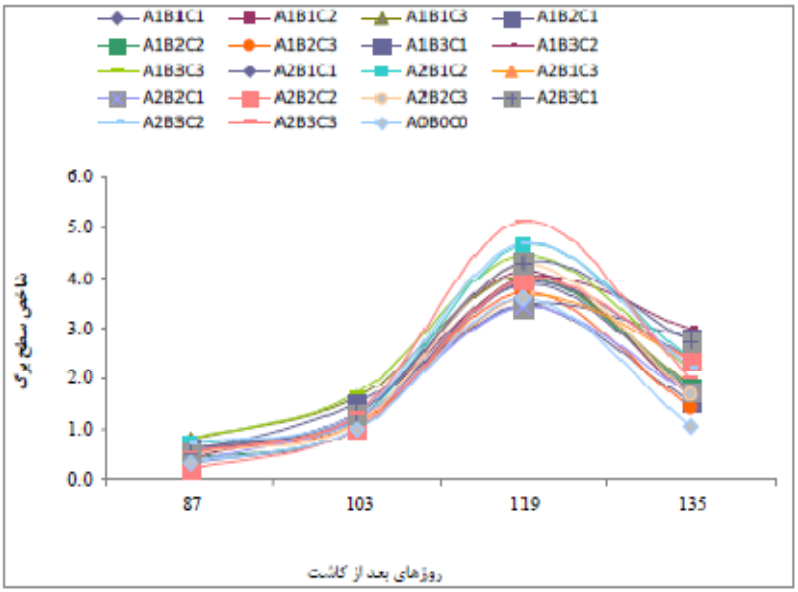
جدول ۴-۱- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی در تاریخهای مختلف نمونه برداری

تیمار	شاخص سطح برگ			
	۸۷	۱۰۳	۱۱۹	۱۳۵
$A_1B_1C_1$	۰/۵	۰/۵^{e}	۳/۹	۱/۷
$A_1B_1C_2$	۰/۶	۱/۲^{abc}	۴/۱	۱/۷
$A_1B_1C_3$	۰/۹	۱/۴^{ab}	۴/۱	۱/۸
$A_1B_2C_1$	۰/۷	۱/۰^{bcde}	۳/۵	۱/۵
$A_1B_2C_2$	۰/۶	۰/۶^{de}	۴/۰	۱/۸
$A_1B_2C_3$	۰/۶	۰/۸^{bcde}	۳/۷	۱/۴
$A_1B_3C_1$	۰/۷	۱/۴^{ab}	۳/۵	۳/۰
$A_1B_3C_2$	۰/۶	۱/۲^{abcd}	۴/۰	۳/۴
$A_1B_3C_3$	۱/۰	۱/۶^{a}	۴/۴	۲/۲
$A_2B_1C_1$	۰/۸	۰/۸^{cde}	۳/۹	۲/۴
$A_2B_1C_2$	۰/۸	۰/۹^{bcde}	۴/۷	۲/۴
$A_2B_1C_3$	۰/۶	۱/۰^{bcde}	۳/۶	۲/۴
$A_2B_2C_1$	۰/۵	۱/۱^{abcd}	۳/۴	۱/۷
$A_2B_2C_2$	۰/۵	۰/۸^{bcde}	۴/۰	۲/۳
$A_2B_2C_3$	۰/۷	۱/۰^{bcde}	۴/۲	۱/۷
$A_2B_3C_1$	۰/۷	۱/۲^{abc}	۴/۳	۲/۸
$A_2B_3C_2$	۰/۹	۱/۲^{abcd}	۴/۷	۲/۲
$A_2B_3C_3$	۰/۶	۱/۲^{abcd}	۵/۲	۲/۰
$A_0B_0C_0$	۰/۵	۰/۵^{e}	۳/۶	۱/۰
LSD ۵٪	۰/۵۶	۰/۵۹	۱/۶۶	۱/۴۹

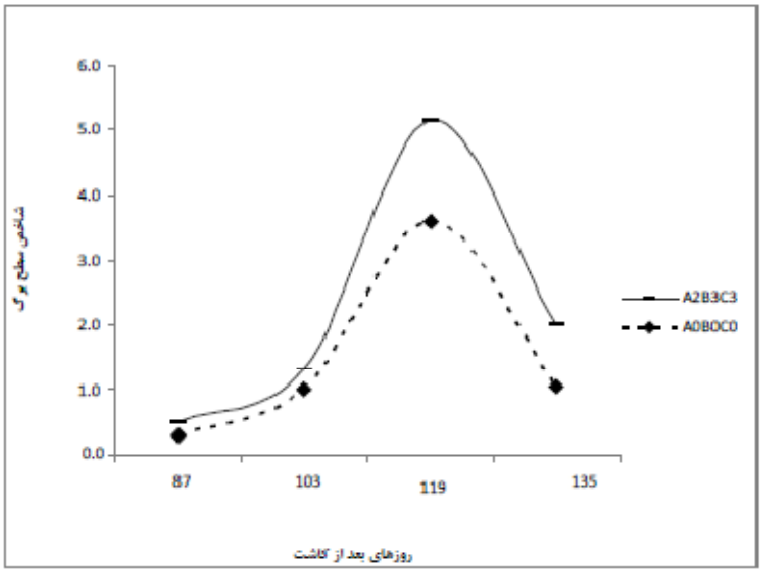
A_1و A_2 : به ترتیب باکتری سودوموناس فلورسنس و سودوموناس پوتیدا

B_1، B_2 و B_3: به ترتیب خاک مصرف، برگ مصرف و مصرف توام باکتری

C_1، C_2 و C_3 : به ترتیب خاک مصرف، برگ مصرف و مصرف توام اسید هیومیک



شکل ۴-۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی



شکل ۴-۲- مقایسه روند حداکثر و حداقل شاخص سطح برگ بین تیمار مصرف باکتری و اسید هیومیک در مقایسه با شاهد

جدول ۴-۲- میانگین تعداد برگ در بوته تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی در تاریخهای مختلف نمونه برداری

تیمار	تعداد برگ در بوته			
	۸۷	۱۰۳	۱۱۹	۱۳۵
$A_1B_1C_1$	۴۴/۳	۵۰/۳	۱۰۸/۳	۱۲۰/۰
$A_1B_1C_2$	۶۶/۰	۸۷/۵	۱۳۴/۰	۱۲۲/۰
$A_1B_1C_3$	۸۹/۷	۱۰۵/۵	۱۵۲/۳	۱۱۸/۳
$A_1B_2C_1$	۵۶/۰	۷۸/۲	۸۹/۷	۹۳/۷
$A_1B_2C_2$	۵۴/۷	۷۶/۲	۱۲۰/۰	۱۲۵/۷
$A_1B_2C_3$	۵۶/۷	۶۰/۰	۱۲۴/۰	۱۲۰/۳
$A_1B_3C_1$	۵۸/۷	۱۲۷/۰	۱۰۴/۷	۲۰۱/۰
$A_1B_3C_2$	۸۲/۳	۸۸/۳	۱۳۰/۳	۱۵۸/۷
$A_1B_3C_3$	۹۴/۷	۱۲۷/۵	۱۴۲/۰	۱۲۷/۰
$A_2B_1C_1$	۹۱/۳	۶۷/۸	۱۰۸/۷	۱۶۶/۷
$A_2B_1C_2$	۷۱/۰	۷۷/۲	۱۵۹/۷	۱۴۳/۰
$A_2B_1C_3$	۳۸/۳	۸۱/۸	۹۱/۷	۱۷۶/۷
$A_2B_2C_1$	۳۹/۳	۹۵/۵	۱۰۸/۳	۱۲۶/۷
$A_2B_2C_2$	۵۲/۳	۷۹/۸	۱۱۱/۳	۱۷۵/۳
$A_2B_2C_3$	۵۹/۰	۸۱/۳	۱۳۲/۷	۱۲۷/۳
$A_2B_3C_1$	۵۷/۰	۸۱/۰	۱۵۷/۳	۱۷۲/۰
$A_2B_3C_2$	۹۵/۰	۹۲/۵	۱۴۵/۷	۱۳۹/۷
$A_2B_3C_3$	۵۳/۷	۶۵/۰	۲۲۳/۷	۱۳۰/۳
$A_0B_0C_0$	۴۱/۷	۳۵/۳	۹۴/۰	۶۲/۰
LSD ۵٪	۵۶/۰۶	۵۴/۸۲	۱۲۰/۷۶	۹۲/۸۴

A_1 و A_2 : به ترتیب باکتری سودوموناس فلورسنس و سودوموناس پوتیدا

B_1 ، B_2 و B_3: به ترتیب خاک مصرف ، برگ مصرف و مصرف توام باکتری

C_1، C_2 و C_3 : به ترتیب خاک مصرف، برگ مصرف و مصرف توام هیومیک اسید

۴-۳- وزن خشک برگ

وزن خشک برگ یکی از شاخص‌ها و اجزای رشد رویشی گیاه است که خود متاثر از تعداد، سطح و ضخامت برگها می باشد. تجریه واریانس تیمارهای آزمایشی نشان داد که وزن خشک برگ در مترمربع اختلاف معنی داری را نشان نداد (جدول ضمیمه ۲). بررسی میانگین تیمار ها نشان داد، حداکثر وزن خشک برگ در مرحله سوم نمونه برداری (۱۱۹ روز بعد از کاشت) به دست آمد و پس از آن به دلیل انتقال مواد به غده از وزن برگ کاسته شد. در مرحله ی سوم تیمار $A_۲B_۳C_۳$ (مصرف توام باکتری سودوموناس پوتیدا و مصرف توام اسید هیومیک) با حداکثر وزن خشک برگ ۴۱۸/۷ گرم در مترمربع بیشترین بود. نکته مهم دیگر اینکه در آخرین مرحله نمونه برداری تیمار $A_۱B_۳C_۲$ (مصرف توام باکتری سودوموناس فلورسنس و محلول پاشی اسید هیومیک) با وزن خشک برگ ۲۷۴/۷ گرم در متر مربع، بیشترین و تیمار شاهد با ۸۱/۵ گرم در مترمربع، از کمترین وزن خشک برگ برخوردار بود (۴-۳). با توجه به افزایش تعداد برگ در بوته دراثر مصرف باکتری های محرک رشد و اسید هیومیک، افزایش وزن خشک برگ نیز دور از انتظار نیست و نتایج حاکی از تاثیر قابل توجه روش مصرف توام باکتری و اسید هیومیک بر وزن خشک برگ نسبت به تیمار شاهد می باشد.

جدول ۴-۳- میانگین وزن خشک برگ تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی در تاریخهای مختلف نمونه برداری

تیمار	وزن خشک برگ، (گرم درمترمربع)			
	۸۷	۱۰۳	۱۱۹	۱۳۵
$A_1B_1C_1$	۴۲/۷	۴۸/۷	۳۱۶/۲	۱۴۲/۸
$A_1B_1C_2$	۵۳/۱	۱۰۱/۱	۳۳۶/۴	۱۳۵/۰
$A_1B_1C_3$	۸۰/۱	۱۱۹/۳	۳۷۵/۴	۱۵۲/۹
$A_1B_2C_1$	۵۷/۰	۷۷/۶	۲۸۲/۲	۱۲۳/۹
$A_1B_2C_2$	۴۹/۵	۶۷/۷	۳۲۲/۸	۱۴۷/۹
$A_1B_2C_3$	۵۷/۲	۶۹/۳	۳۲۰/۸	۱۲۸/۹
$A_1B_3C_1$	۵۹/۱	۱۱۵/۷	۲۸۲/۳	۲۶۶/۱
$A_1B_3C_2$	۵۰/۳	۹۶/۲	۲۷۰/۷	۲۷۴/۷
$A_1B_3C_3$	۸۳/۲	۱۳۱/۴	۳۶۳/۴	۱۷۸/۷
$A_2B_1C_1$	۶۷/۲	۶۵/۷	۳۱۸/۶	۱۹۷/۲
$A_2B_1C_2$	۶۹/۷	۷۴/۸	۳۷۸/۶	۱۹۶/۱
$A_2B_1C_3$	۵۴/۶	۸۷/۴	۲۹۵/۹	۱۹۵/۷
$A_2B_2C_1$	۳۱/۳	۸۹/۹	۲۷۸/۴	۱۴۰/۰
$A_2B_2C_2$	۳۴/۰	۷۱/۵	۳۲۳/۵	۱۸۹/۶
$A_2B_2C_3$	۵۶/۷	۸۳/۱	۳۴۷/۸	۱۳۷/۴
$A_2B_3C_1$	۵۸/۱	۹۲/۹	۳۵۱/۹	۲۲۳/۳
$A_2B_3C_2$	۷۵/۲	۹۸/۲	۳۸۴/۶	۱۸۹/۴
$A_2B_3C_3$	۵۴/۷	۹۶/۷	۴۱۸/۷	۱۶۳/۶
$A_0B_0C_0$	۴۴/۳	۴۱/۲	۲۹۲/۸	۸۱/۵
LSD ٪۵	۴۷/۵۹	۴۸/۴	۱۵۴/۵۶	۱۲۶/۱۳

A_1 و A_2 : به ترتیب باکتری سودوموناس فلورسنس و سودوموناس پوتیدا

B_1، B_2 و B_3: به ترتیب خاک مصرف، برگ مصرف و مصرف توام باکتری

C_1 ، C_2 و C_3 : به ترتیب خاک مصرف، برگ مصرف و مصرف توام اسید هیومیک

۴-۴- ارتفاع ساقه

تجزیه آماری داده ها نشان می دهد که تیمارهای آزمایشی از نظر ارتفاع نهایی ساقه دارای اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد بودند (جدول ضمیمه ۴). مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی نشان داد که تیمارهای $A_1B_3C_2$ (مصرف توام باکتری سودوموناس فلورسنس و مصرف برگی اسید هیومیک)

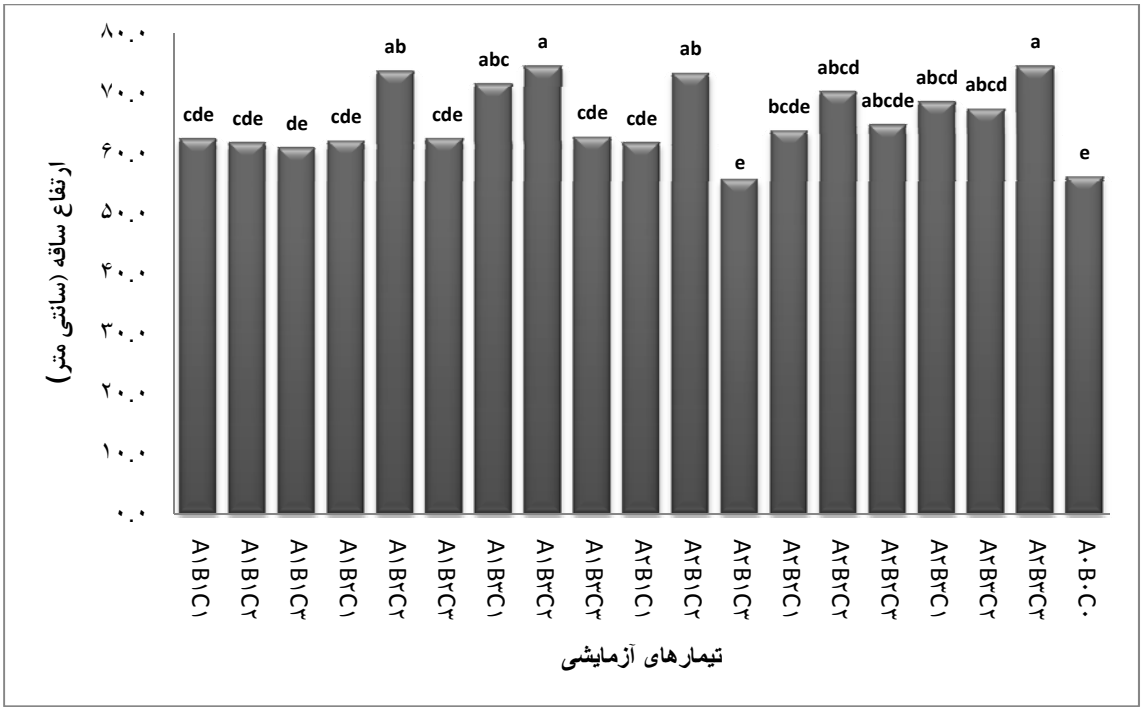
و $A_2B_3C_3$ (مصرف توام باکتری سودوموناس پوتیدا و مصرف توام اسید هیومیک) با ارتفاع ساقه ۷۴/۷ سانتی متر بیشترین و تیمارهای شاهد و $A_2B_1C_3$ با ارتفاع ساقه به ترتیب ۵۶/۲ و ۵۵/۷ سانتی متر ، کمترین بودند. در اکثر تیمارهایی که دارای بیشترین ارتفاع ساقه بودند مصرف اسید هیومیک به صورت برگ مصرف بود. بر اساس نتایج حاصله، همه تیمارهای آزمایشی نسبت به شاهد برتری داشتند (شکل ۴-۳).

دانشمندان زیادی تاثیر باکتری های محرک رشد گونه فلورسنس و استفاده از ترکیبات و مواد آلی به تاثیر کاربرد سویه های فلورسنس و پوتیدا بر طویل شدن ساقه ها، شاخه ها و ریشه ها را در محصول کلزا، کاهو و گوجه فرنگی اشاره نمود (۵۵). همچنین فوجیو و یانگ (۹۹) گزارش دادند که استفاده ی برگی هیومیک اسید باعث افزایش جذب آب، تورژسانس سلولی و افزایش طول ساقه می شود.

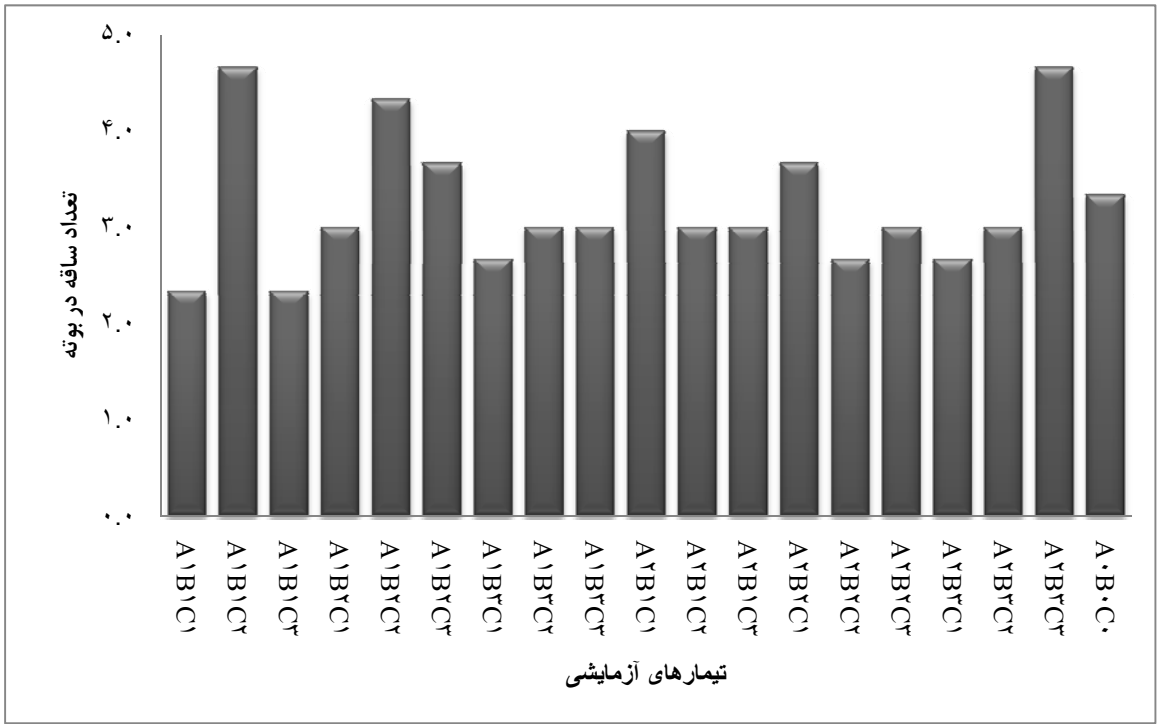
۴-۵- تعداد ساقه در بوته

با توجه به اینکه غده های سیب زمینی از استولون های متصل به ساقه های هوایی منشا می گیرند، تعداد ساقه در بوته نقش قابل توجهی در تعداد غده در بوته و ظرفیت عملکردی محصول خواهد داشت.

تیمارهای آزمایشی از نظر تعداد ساقه در بوته اختلاف معنی داری نداشتند (جدول ضمیمه ۴) اما بررسی داده ها نشان داد به طوری که تیمارهای $A_2B_3C_3$ (مصرف توام باکتری سودوموناس پوتیدا و مصرف توام اسید هیومیک) و $A_1B_1C_2$(باکتری سودوموناس فلورسنس به صورت خاک مصرف ومصرف برگی اسید هیومیک) با میانگین تعداد ۴/۷ ساقه در بوته، بیشترین بودند و تیمار های $A_1B_1C_1$ و $A_1B_1C_2$ با ۲/۳ ساقه در بوته کمترین بودند و پایین تر از شاهد قرار گرفتند (شکل ۴-۴).



شکل ۴-۳- مقایسه ارتفاع بوته تحت تاثیر تیمارهای مختلف آزمایشی در آخرین مرحله نمونه برداری (۱۳۵ روز بعد از کاشت)



شکل ۴-۴- مقایسه تعداد ساقه در بوته تحت تاثیر تیمارهای مختلف آزمایشی در آخرین مرحله نمونه برداری (۱۳۵ روز بعد از کاشت)

۴-۶- وزن خشک ساقه

وزن خشک ساقه تحت تاثیر ارتفاع ساقه، تعداد ساقه و قطر آن است. با توجه به تاثیر باکتری های محرک رشد و اسید هیومیک بر افزایش ارتفاع ساقه، انتظار بر این است که وزن خشک ساقه نیز تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گیرد.

تجزیه واریانس داده های آماری اختلاف معنی داری در وزن خشک ساقه نشان نداد، اما بررسی داده ها با توجه به جدول ۴-۴ نشان داد در اواین مرحله نمونه برداری (۸۷ روز بعد از کاشت)، اگرچه مصرف باکتری های محرک رشد و اسید هیومیک بر وزن خشک ساقه در مجموع بیشتر از تیمار شاهد بود، اما تیمار شاهد در این مرحله در پایین ترین رتبه قرار نگرفت. این درحالی است که در مرحله دوم نمونه برداری اختلاف تیمار شاهد با تیمارهای دیگر بیشتر شد و در پایین ترین رتبه قرار گرفت. همچنین در آخرین مرحله نمونه برداری(۱۳۵ روز بعد از کاشت) نیز وزن خشک ساقه در تیمارهای مختلف متفاوت بودند به طوری که تیمار $A_1B_3C_2$ (مصرف توام باکتری سودوموناس فلورسنس و اسید هیومیک به صورت برگ مصرف) با ۲۷۸/۶ گرم در مترمربع بیشترین و تیمار شاهد با ۷۸/۴ گرم درمترمربع کمترین وزن خشک ساقه را داشت. همانطور که تیمار های مصرف برگی اسید هیومیک موجب ارتفاع ساقه ی بیشتر شده بود بیشترین وزن خشک ساقه نیز در این تیمارها دیده شد، همچنین کاربرد باکتری سودوموناس پوتیدا وزن خشک بیشتری نسبت به سودوموناس فلورسنس نشان داد (شکل ۴-۵).

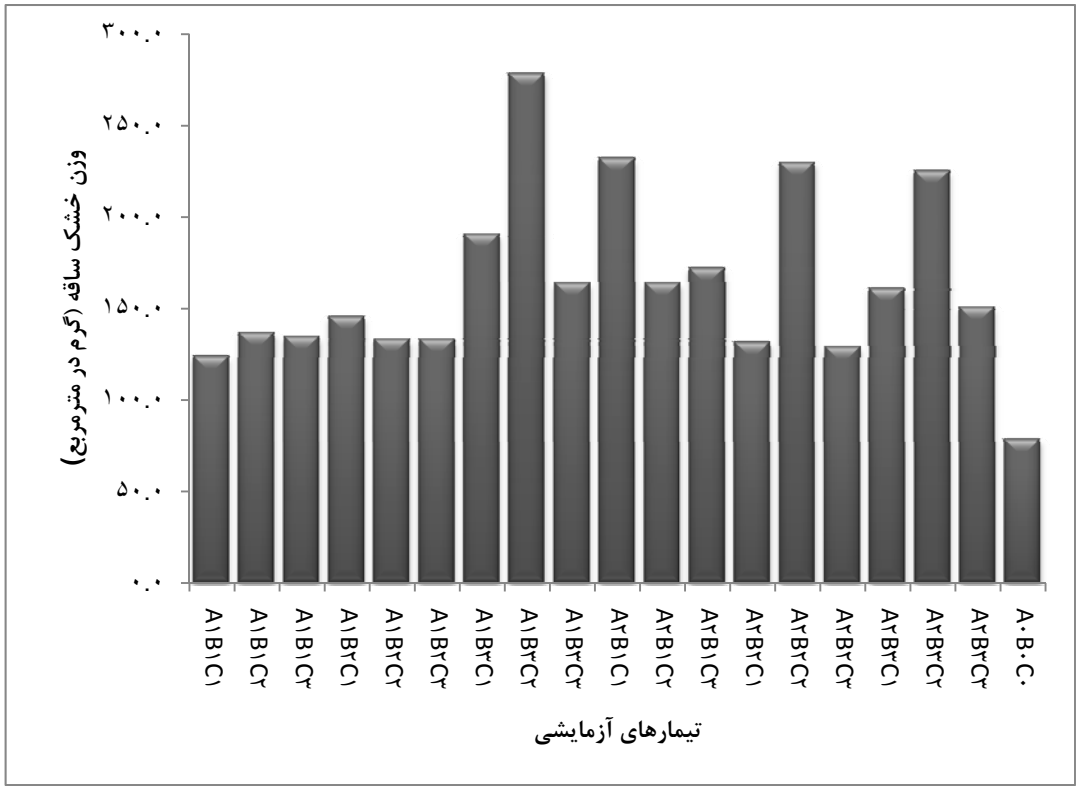
جدول ۴-۴- میانگین وزن خشک ساقه تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی در تاریخ های مختلف نمونه برداری

تیمار	وزن خشک ساقه، (گرم در مترمربع)		
	۸۷	۱۰۳	۱۱۹
$A_1B_1C_1$	۲۴/۵	۳۶/۱	۷۱/۲
$A_1B_1C_2$	۴۵/۸	۶۵/۳	۹۶/۷
$A_1B_1C_3$	۷۹/۴	۸۲/۱	۱۲۱/۹
$A_1B_2C_1$	۶۳/۲	۶۵/۴	۶۰/۹
$A_1B_2C_2$	۴۱/۸	۶۹/۹	۸۰/۶
$A_1B_2C_3$	۳۶/۹	۵۳/۸	۱۰۹/۴
$A_1B_3C_1$	۴۱/۰	۹۳/۸	۹۹/۹
$A_1B_3C_2$	۳۵/۱	۵۸/۵	۸۷/۷
$A_1B_3C_3$	۵۲/۷	۱۰۴/۴	۱۱۰/۳
$A_2B_1C_1$	۴۹/۶	۴۹/۰	۷۸/۹
$A_2B_1C_2$	۴۱/۳	۴۶/۵	۱۲۲/۰
$A_2B_1C_3$	۳۱/۹	۶۵/۱	۶۶/۹
$A_2B_2C_1$	۲۰/۴	۷۳/۹	۵۹/۴
$A_2B_2C_2$	۲۷/۱	۲۸/۶	۱۱۸/۸
$A_2B_2C_3$	۴۶/۵	۵۲/۶	۹۷/۸
$A_2B_3C_1$	۲۴/۰	۵۸/۱	۱۲۱/۲
$A_2B_3C_2$	۶۲/۳	۸۵/۹	۱۳۵/۹
$A_2B_3C_3$	۲۷/۲	۸۳/۱	۱۱۷/۷
A.B.C.	۲۷/۶	۲۵/۱	۷۴/۷
LSD ۵٪	۴۶/۲۴	۴۴/۸۴	۸۷/۹

A_1و A_2 : به ترتیب باکتری سودوموناس فلورسنس و سودوموناس پوتیدا

B_1، B۲ و B_3: به ترتیب خاکدهی، محلول پاشی و مصرف توام باکتری

C_1، C_2 و C_3 : به ترتیب خاکدهی، محلول پاشی و مصرف توام هیومیک اسید



شکل ۴-۵- وزن خشک ساقه تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی در آخرین مرحله نمونه برداری

۴- ۷- وزن خشک اندام هوایی

وزن ماده خشک اندام هوایی متاثر از وزن خشک برگ و ساقه است. در طول دوره حجیم شدن غده، به ویژه در مراحل پایانی رشد ماده خشک اندام هوایی در سیب زمینی کاهش می یابد. کاهش ماده خشک بخش های هوایی و ریشه در انتهای مرحله رشد بعلت انتقال مواد غذایی این بخش ها به اندام های ذخیره ای (غده ها) است (۲۷). مقادیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم از قسمت هوایی به غده ها منتقل می شود و وزن خشک قسمت هوایی کاهش می یابد و به وزن خشک غده اضافه می شود.

تیمارهای آزمایشی از نظر وزن خشک اندام هوایی در مرحله دوم نمونه برداری (۱۰۳ روز بعد از کاشت)، دارای اختلاف معنی داری در سطح آماری ۵٪ بودند (جدول ضمیمه ۵). در این مرحله بیشترین وزن ماده خشک مربوط به تیمار $A_1B_3C_3$ (مصرف توام باکتری سودوموناس فلورسنس و مصرف توام اسید هیومیک) با میزان ۲۳۵/۷ گرم در متر مربع بود و نسبت به شاهد که کمترین مقدار بود وزن خشک اندام هوایی را به میزان ۳/۵ برابر افزایش داد. در اکثر تیمارهایی که وزن خشک اندام هوایی بیشتری را نشان دادند مصرف باکتری به صورت توام بود همچنین علاوه بر شاهد کمترین میزان وزن خشک اندام هوایی در تیمارهایی که مصرف باکتری به صورت برگ مصرف بود دیده شد. اما در آخرین مرحله نمونه برداری، تیمار $A_1B_3C_2$ (مصرف توام باکتری سودوموناس فلورسنس و مصرف برگی اسید هیومیک) بیشترین بود و نسبت به شاهد وزن خشک اندام هوایی را ۳/۴ برابر افزایش داد (جدول ۴-۵).

اما نکته قابل توجه اینکه روند کاهشی ماده خشک اندام هوایی در تیمارهای آزمایشی در آخرین مرحله نمونه برداری متفاوت بود. به طوری که برخی از تیمارهای آزمایشی از جمله تیمار $A_1B_3C_1$ (مصرف توام باکتری سودوموناس فلورسنس و مصرف خاکی اسید هیومیک) و $A_1B_3C_2$ (مصرف توام باکتری سودوموناس فلورسنس و مصرف برگی محلول اسید هیومیک) همچنان به تولید شاخ و برگ و رشد اندام هوایی خود ادامه دادند این در حالی است که در اکثر تیمارهای آزمایشی، زیست توده اندام هوایی از مرحله سوم نمونه برداری روند کاهش داشت (شکل ۴-۶).

نتایج به دست آمده با تحقیقات اسلامی فرد و همکاران (۵)، سرابی و همکاران (۲۱) و انصاری جوینی و همکاران (۷) مطابقت دارند.

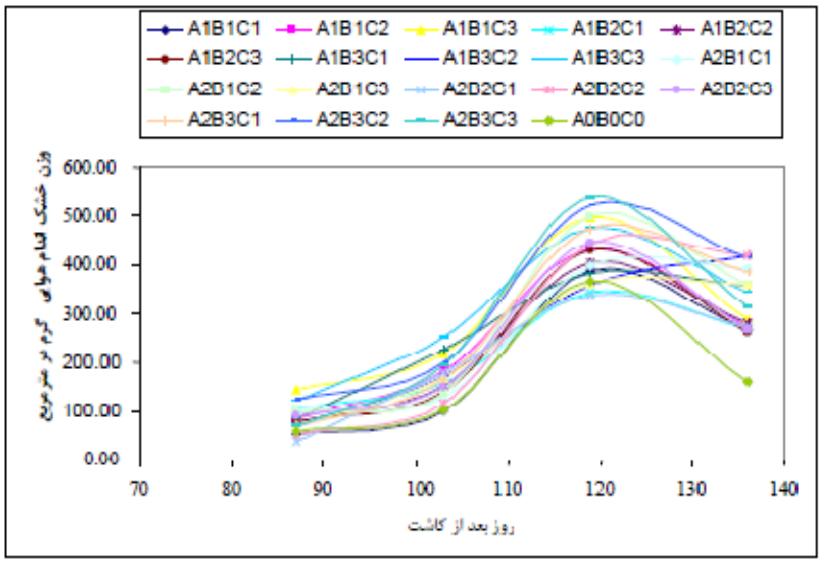
جدول ۴-۵- مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی در تاریخهای مختلف نمونه برداری

تیمار	وزن خشک اندام هوایی، گرم درمترمربع			
	۸۷	۱۰۳	۱۱۹	۱۳۵
$A_1B_1C_1$	۶۷/۲	۸۴/۸ef	۳۸۷/۳	۲۶۶/۵
$A_1B_1C_2$	۹۹/۱	۱۶۶/۴abcde	۴۳۳/۱	۲۷۱/۶
$A_1B_1C_3$	۱۵۹/۵	۲۰۱/۴abc	۴۹۷/۴	۲۸۷/۷
$A_1B_2C_1$	۱۲۰/۲	۱۴۳/۰bcdef	۳۴۳/۱	۲۶۹/۴
$A_1B_2C_2$	۹۱/۴	۱۳۷/۶bcdef	۴۰۳/۴	۲۸۱/۲
$A_1B_2C_3$	۹۴/۱	۱۲۳/۱cdef	۴۳۰/۱	۲۶۲/۳
$A_1B_3C_1$	۱۰۰/۱	۲۰۹/۶ab	۳۸۲/۲	۴۵۶/۸
$A_1B_3C_2$	۸۵/۴	۱۵۴/۷abcde	۳۵۸/۴	۵۵۳/۳
$A_1B_3C_3$	۱۳۶/۰	۲۳۵/۷a	۴۷۳/۷	۳۴۲/۶
$A_2B_1C_1$	۱۱۶/۸	۱۱۴/۶def	۳۹۷/۵	۴۲۹/۶
$A_2B_1C_2$	۱۱۱/۰	۱۲۱/۳cdef	۵۰۰/۶	۳۶۰/۲
$A_2B_1C_3$	۸۶/۵	۱۵۲/۵abcde	۳۶۲/۸	۳۶۷/۷
$A_2B_2C_1$	۵۱/۷	۱۶۳/۷abcde	۳۳۷/۸	۲۷۱/۴
$A_2B_2C_2$	۶۷/۰	۱۰۰/۲def	۴۴۲/۴	۴۱۹/۵
$A_2B_2C_3$	۱۰۳/۱	۱۳۵/۶bcdef	۴۴۵/۷	۲۶۶/۴
$A_2B_3C_1$	۸۲/۱	۱۵۱/۰bcde	۴۷۳/۲	۳۸۴/۲
$A_2B_3C_2$	۱۳۷/۴	۱۸۴/۱abcd	۵۲۰/۵	۴۱۴/۸
$A_2B_3C_3$	۸۲/۰	۱۷۹/۹abcd	۵۳۶/۵	۳۱۴/۳
$A_0B_0C_0$	۷۲/۰	۶۶/۳f	۳۶۶/۹	۱۵۹/۹
LSD%	۸۹/۰۸	۸٤/٦۷	۲۳۰	۵۳/۲۲

A۱و A۲ : به ترتیب باکتری سودوموناس فلورسنس و سودوموناس پوتیدا

B۱، B۲ و B۳: به ترتیب خاکدهی، محلول پاشی و مصرف توام باکتری

C۱ ، C۲ و C۳ : به ترتیب خاکدهی، محلول پاشی و مصرف توام هیومیک اسید

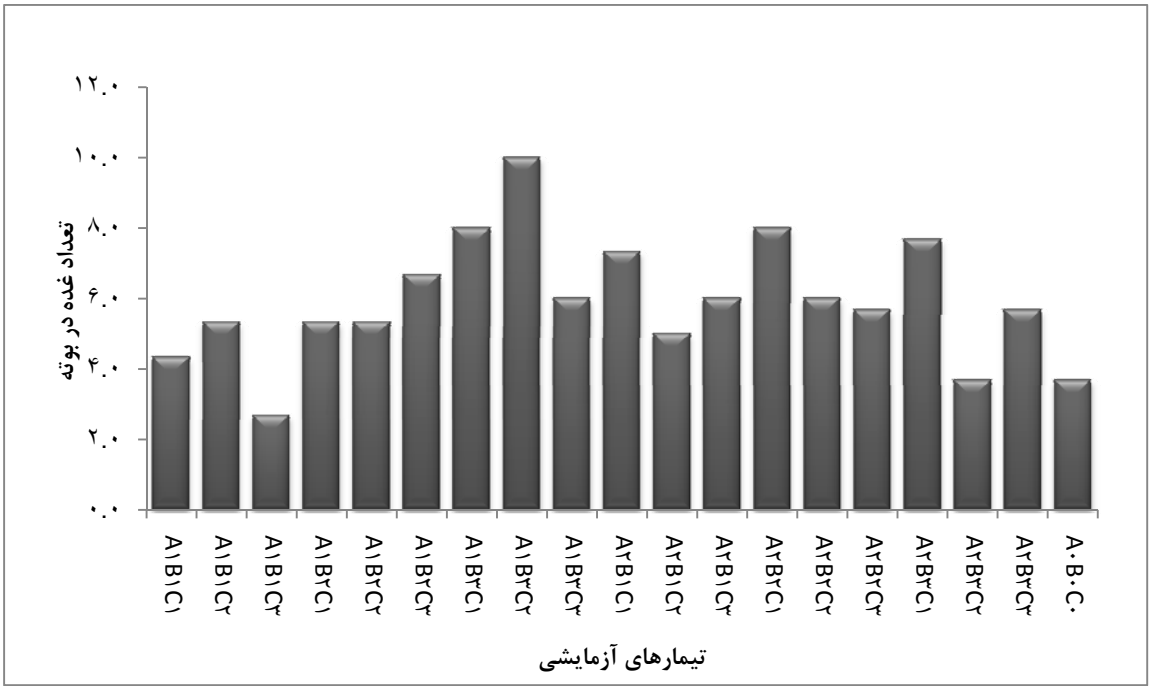


شکل ۴-۶- روند افزایش وزن ماده خشک اندام هوایی تیمارهای آزمایشی در تاریخهای مختلف نمونه‌برداری

۴-۸- تعداد غده در بوته

تحقیقات نشان داده تغذیه گیاهی و رژیم های غذایی بر تعداد غده سیب زمینی موثر است. باکتری های محرک رشد و بکارگیری مواد آلی با افزایش فعالیت میکروبی خاک و با تاثیر بر افزایش ترشح هورمون های گیاهی و انتقال آن به نوک استولون‌ها باعث تحریک غده بندی و افزایش تعداد غده می شوند، هورمون اکسین که یکی از ترکیبات موثر حاصل فعالیت باکتری های محرک رشد است، با تغییراتی که در ساختمان اسید نوکلئیک در سلول های نوک ساقه زیرزمینی به وجود می آورد در تشکیل غده ها موثر است (۷۳).

تجزیه واریانس داده های آماری، اختلاف معنی داری در تعداد غده در بوته نشان نداد، بررسی داده ها نشان می دهد که اگر چه تیمار $A_1B_3C_2$ (مصرف توام باکتری سودوموناس فلورسنس و مصرف برگی اسید هیومیک) با ۱۰غده در بوته بیشترین تعداد بود اما اکثر تیمارهایی که دارای بیشترین تعداد غده بودند اسید هیومیک در آن ها به صورت خاک مصرف بود (شکل ۴-۷).



شکل ۴-۷- مقایسه تعداد غده در بوته تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی در آخرین مرحله نمونه برداری

۴-۹- عملکرد محصول (وزن تر غده)

نتایج تجزیه واریانس داده های آماری نشان داد که تیمارهای آزمایشی در نمونه برداری دوم (۱۰۳ روز بعد از کاشت) دارای اختلاف معنی داری ($P <$ ۰/۰۱) بر وزن تر غده بودند، اما در سایر نمونه برداری ها اختلاف معنی داری در وزن تر غده نشان ندادند (جدول ضمیمه ۳)، مقایسه میانگین داده-ها، تیمارهای آزمایشی را از نظر وزن تر غده در گروه های مجزای آماری قرار داد، به طوری که تیمار $A_۱B_۳C_۳$ (مصرف توام باکتری سودوموناس فلورسنس و مصرف توام اسید هیومیک) با وزن تر غده ۵۲۸/۴ گرم در متر مربع (۲۰ برابر بیشتر نسبت به شاهد) بیشترین مقدار بود و تیمارهای دارای باکتری سودوموناس فلورسنس عملکرد بیشتری نسبت به سودوموناس پوتیدا داشتند. همچنین بررسی داده های آخرین مرحله نمونه برداری نشان داد که بیشترین عملکرد در تیمار های دارای باکتری سودوموناس فلورسنس به صورت مصرف توام به دست آمد و تیمار $A_۱B_۳C_۳$ (مصرف توام

باکتری سودوموناس فلورسنس و مصرف توام اسید هیومیک) با وزن تر غده ۳۸۲۱ گرم در مترمربع (عملکرد ۳۸/۲۱ تن در هکتار) بیشترین بود (جدول ۴-۶ و شکل ۴-۸).

روند تغییرات وزن تر غده نشان داد که در تاریخ های سوم و چهارم نمونه برداری یعنی ۱۱۹ و ۱۳۵ روز بعد از کاشت، سرعت رشد غده افزایش داشت که در این بین، تیمارهای $A_1B_3C_3$ (مصرف توام باکتری سودوموناس فلورسنس و مصرف توام اسید هیومیک)، و تیمار $A_1B_3C_1$ (مصرف توام باکتری سودوموناس فلورسنس و اسید هیومیک به صورت خاک مصرف) از بیشترین سرعت افزایش وزن تر غده برخوردار بودند (شکل ۴-۹).

با توجه به نتایج به دست آمده چنین استنباط می شود که مصرف توام باکتری و مصرف توام اسید هیومیک بهترین نتیجه را حاصل نمود و در یک نگاه کلی گونه فلورسنس نمایش بهتری از خود نشان داد. اختلاف قابل توجه عملکرد محصول سیب زمینی در تیمارهای آزمایشی نسبت به شاهد، نشان دهنده کارایی بالای باکتری های محرک رشد و اسید هیومیک در فراهمی عناصر غذایی و شرایط مناسب رشد برای گیاه می‌باشد. نتایج به دست آمده با گزارش های زیادی مطابقت دارد از جمله گروس (۹۷)، نظارت (۳۳)، کشاورز افشار و همکاران (۲۶]، سرابی و همکاران (۲۱) کلویپر (۶۸) و یمینگ (۹۸).

۴-۱۰-وزن خشک غده

تجزیه واریانس داده های وزن خشک غده در متر مربع حاصل از تیمارهای آزمایشی، اختلاف معنی داری را بین تیمارهای آزمایشی نشان نداد (جدول ضمیمه ۳)، بررسی تیمارها در آخرین مرحله نمونه برداری نشان داد تیمار $A_1B_3C_3$ (مصرف توام باکتری سودوموناس فلورسنس و مصرف توام اسید هیومیک) با ۸۵۲/۶ گرم درمترمربع (۸/۵۲ تن در هکتار) بیشترین و تیمار شاهد با وزن خشک غده ۲۷۳/۶ گرم درمترمربع (۲/۷۳ تن در هکتار)، کمترین بود (جدول ۴-۷).

جدول ۴-۶- میانگین وزن تر غده تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی در تاریخهای مختلف نمونه بردار

تیمار	وزن تر غده، (گرم درمترمربع)		
	۸۷	۱۰۳	۱۱۹
$A_1B_1C_1$	۴/۷	۱۳۴/۵	۹۵۴/۰
$A_1B_1C_2$	۰/۹	۴۵۱/۰	۷۷۱/۷
$A_1B_1C_3$	۱۲۹/۸	۳۲۷/۹	۱۵۱۴/۸
$A_1B_2C_1$	۰/۰	۳۱۲/۴	۷۹۰/۹
$A_1B_2C_2$	۱۵/۳	۴۵۶/۲	۱۰۳۷/۳
$A_1B_2C_3$	۰/۰	۲۱۴/۲	۶۷۶/۱
$A_1B_3C_1$	۰/۰	۴۵۷/۹	۱۰۴۱/۳
$A_1B_3C_2$	۰/۰	۴۵۲/۵	۹۶۵/۱
$A_1B_3C_3$	۱۱۱/۴	۵۲۸/۴	۹۷۲/۷
$A_2B_1C_1$	۲۱/۳	۳۳۳/۶	۵۰۳/۴
$A_2B_1C_2$	۰/۰	۲۰۸/۷	۷۷۷/۴
$A_2B_1C_3$	۰/۰	۷۹/۴	۶۴۴/۷
$A_2B_2C_1$	۰/۰	۱۵۷/۱	۵۰۳/۴
$A_2B_2C_2$	۳/۰	۱۹۰/۷	۱۰۶۵/۸
$A_2B_2C_3$	۱۳/۸	۱۹۵/۵	۷۶۶/۲
$A_2B_3C_1$	۳۳/۹	۲۷۳/۶	۱۰۸۲/۱
$A_2B_3C_2$	۸/۰	۶۰۴/۴	۱۴۳۸/۸
$A_2B_3C_3$	۰/۰	۲۶۲/۴	۴۹۱/۶
$A_0B_0C_0$	۰/۰	۲۶/۱	۴۳۵/۰
LSD ٪۵	۱۱۶۶/۳	۳۷۲۲/۲	۸۱۰۰/۴

A_1و A_2 : به ترتیب باکتری سودوموناس فلورسنس و سودوموناس پوتیدا

B_1، B_2 و B_3: به ترتیب خاک مصرف، برگ مصرف و مصرف توام باکتری

C_1 ، C_2 و C_3 : به ترتیب خاک مصرف، برگ مصرف و مصرف توام اسید هیومیک

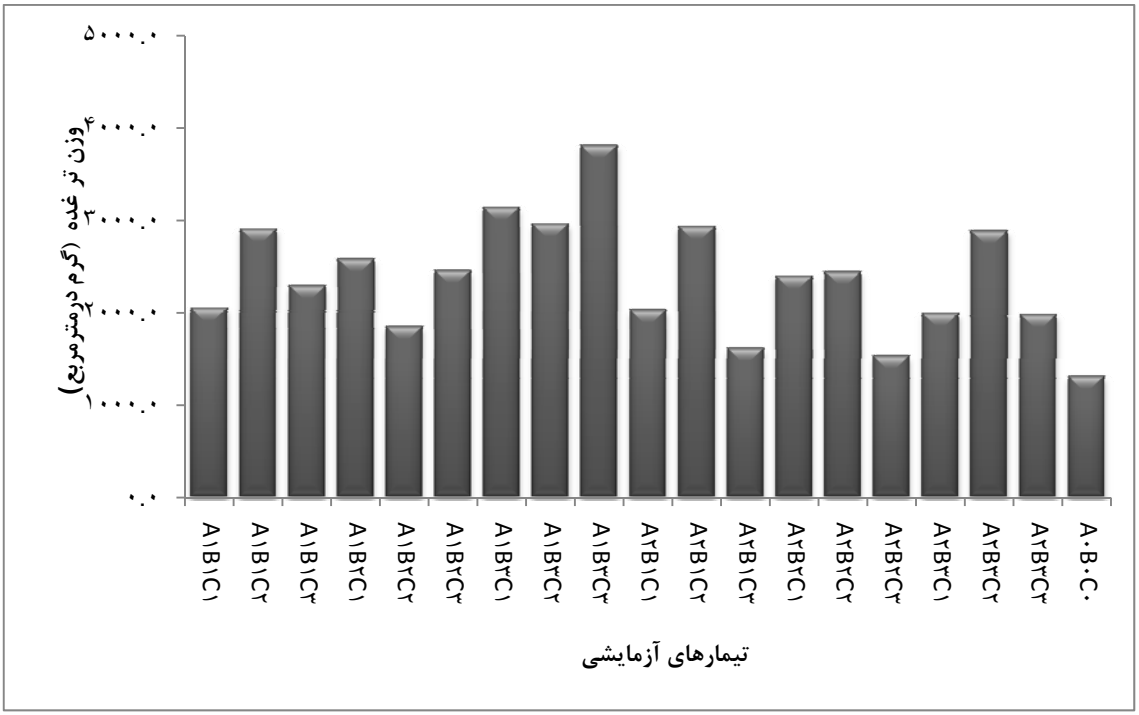
جدول۴-۷- میانگین وزن خشک غده تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی در تاریخهای مختلف نمونه برداری

تیمار	وزن خشک غده، گرم درمترمربع			
	۸۵	۱۰۳	۱۱۹	۱۳۵
$A_1B_1C_1$	۰/۸۳	۲۲/۵	۳۵۴/۴	۴۳۵/۶
$A_1B_1C_2$	۰/۱۳	۱۰۱/۲	۳۰۷/۸	۵۶۷/۶
$A_1B_1C_3$	۲۸/۸	۸۵/۲	۵۴۴/۲	۵۱۵/۹
$A_1B_2C_1$	۰/۰	۸۱/۳	۳۰۶/۵	۵۳۵/۳
$A_1B_2C_2$	۳/۵	۷۷/۴	۳۰۴/۱	۳۸۲
$A_1B_2C_3$	۰/۰	۳۶/۲	۲۶۷/۹	۵۴۰/۶
$A_1B_3C_1$	۰/۰	۷۶/۳	۳۲۶/۰	۶۲۲/۵
$A_1B_3C_2$	۰/۰	۷۹/۷	۳۸۲/۷	۵۶۶/۷
$A_1B_3C_3$	۲۲/۷	۹۱/۵	۳۶۵/۷	۸۵۲/۶
$A_2B_1C_1$	۲/۵	۷۹/۴	۱۷۴/۴	۴۰۸/۴
$A_2B_1C_2$	۰/۰	۲۹/۸	۳۵۰/۴	۶۵۲
$A_2B_1C_3$	۰/۰	۱۴/۰	۲۶۰/۲	۳۳۹/۱
$A_2B_2C_1$	۰/۰	۱۳/۸	۳۱۱/۷	۴۹۲/۱
$A_2B_2C_2$	۰/۴۷	۲۸/۸	۳۵۲/۱	۴۷۴/۴
$A_2B_2C_3$	۳/۵	۴۶/۲	۲۹۹/۷	۳۳۴/۹
$A_2B_3C_1$	۷/۲	۷۹/۰	۴۶۳/۳	۳۵۸/۸
$A_2B_3C_2$	۱/۵	۱۳۰/۰	۳۶۳/۹	۵۸۴/۱
$A_2B_3C_3$	۰/۰	۳/۱	۲۸۱/۹	۴۰۲/۸
$A_0B_0C_0$	۰/۰	۲/۶	۲۱۰/۸	۲۷۳/۶
LSD ۵٪	۲۴/۹۵	۸۵/۸۳	۲۷۹/۲۷	۳۳۹/۴۴

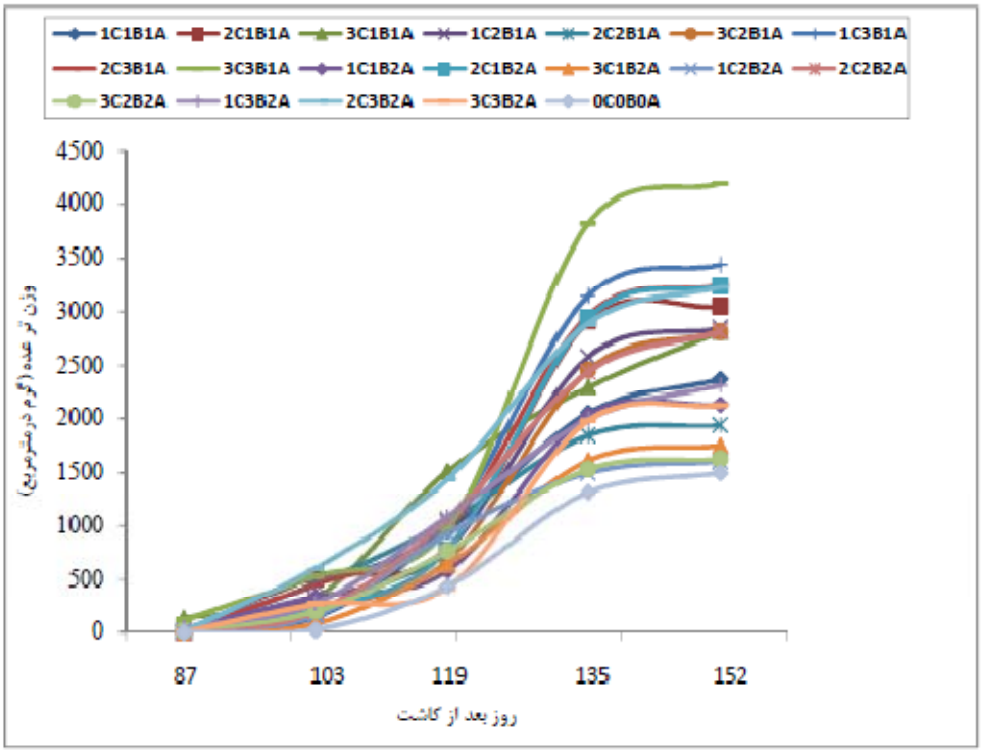
A۱و A۲ : به ترتیب باکتری سودوموناس فلورسنس و سودوموناس پوتیدا

B۱، B۲ و B۳: به ترتیب خاک مصرف، برگ مصرف و مصرف توام باکتری

C۱ ، C۲ و C۳ : به ترتیب خاک مصرف، برگ مصرف و مصرف توام اسید هیومیک



شکل ۴-۸- مقایسه وزن تر غده تحت تاثیر تیمارهای مختلف آزمایشی در آخرین مرحله نمونه برداری



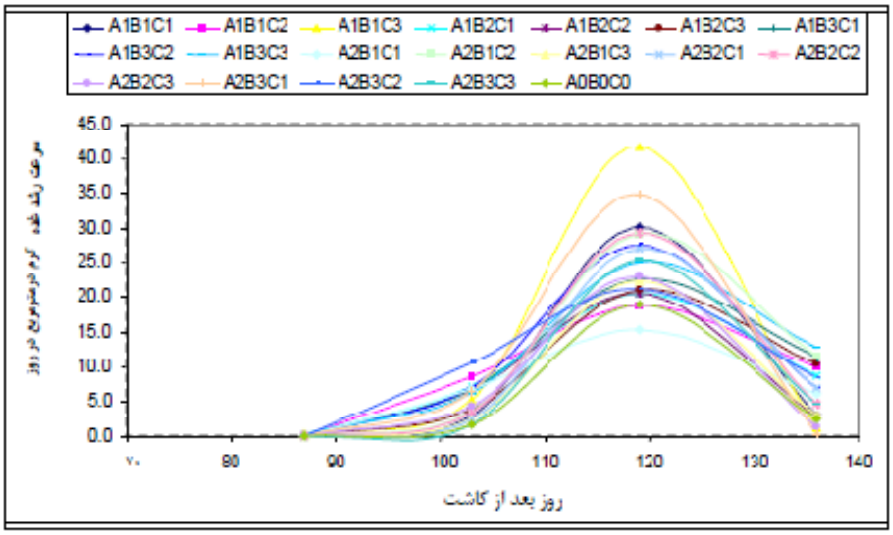
شکل ۴-۹- روند تغییرات وزن تر غده تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی در تاریخهای مختلف نمونه برداری

۴-۱۱- سرعت رشد غده

تغییرات ماده خشک غده نسبت به زمان، نشان دهنده سرعت رشد غده می باشد. روند تغییرات سرعت رشد غده در بین تیمارهای آزمایشی و مراحل مختلف رشد از تنوع زیادی برخوردار بود. در مرحله اول نمونه‌برداری (۸۷ روز بعد از کاشت) تعداد بسیار معدودی از تیمارها، غده بندی خود را آغاز نموده بودند و اکثر تیمارها وارد مرحله غده بندی نشده بودند. در این مرحله تنها تیمارهای $A_1B_1C_3$, $A_1B_3C_3$, $A_2B_3C_1$ رشد غده آنها آغاز شده بود. اما در مرحله دوم نمونه برداری (۱۰۳ روز بعد از کاشت) سرعت رشد غده در همه تیمارها افزایش یافت. اگرچه در این مرحله، تیمار $A_2B_3C_3$ (باکتری پوتیدا + مصرف توام باکتری و توام اسید هیومیک) از بیشترین سرعت رشد غده (۹/۲ گرم در مترمربع در روز) برخوردار بود، البته به طور میانگین، سرعت رشد غده در تیمارهای باکتری فلورسنس بیشتر از گونه پوتیدا بودند. در مرحله سوم نمونه برداری (۱۱۹ روز بعد از کاشت)، حداکثر سرعت رشد غده‌ها مشاهده شد که در این بین، تیمار $A_1B_1C_3$ (باکتری سودوموناس فلورسنس به صورت خاک مصرف و مصرف توام اسید هیومیک)، با سرعت رشد غده ۴۱/۷ گرم در متر مربع در روز از بیشترین سرعت رشد محصول برخوردار بود. این در حالی است که تیمار شاهد با سرعت رشد غده ۱۸/۹ گرم در مترمربع در روز در رتبه پایینی قرار داشت. البته در این مرحله به طور میانگین سرعت رشد غده‌ها در گونه های فلورسنس و پوتیدا تقریبا یکسان بود.

در آخرین مرحله نمونه برداری (۱۳۵روز بعد از کاشت) سرعت رشد غده‌ها روند کاهشی به خود گرفت و نکته قابل توجه اینکه روند کاهشی سرعت رشد غده نیز در تیمارهای آزمایشی متفاوت بود. به طوری که تیمار $A_1B_3C_3$ (باکتری سودوموناس فلورسنس+ مصرف توام باکتری+ مصرف توام اسید هیومیک) در آخرین مرحله نمونه برداری در ۱۳۵ روز بعد از کاشت، توانست سرعت رشد غده را حفظ نماید و با سرعت رشد غده ۱۸/۷ گرم در مترمربع در مقایسه با تیمارهای دیگر از سرعت رشد غده بیشتری برخوردار بود. در این مرحله نیز به طور میانگین، تیمارهای حاوی باکتری های گونه

فلورسنس در مقایسه با گونه پوتیدا از سرعت رشد غده بیشتری برخوردار بودند. در همه مراحل رشد تیمار شاهد از سرعت رشد غده کمتری برخوردار بود (شکل ۴-۱۰).



شکل ۴-۱۰- روند تغییرات سرعت رشد غده تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی در تاریخ های مختلف نمونه برداری

۴-۱۲- درصد ماده خشک غده

درصد ماده خشک غده نشان دهنده وزن مخصوص غده است که تاثیر قابل توجهی بر قابلیت انبارداری و ماندگاری سیب زمینی و کاهش آسیب پذیری غدد سیب زمینی از ضربات مکانیکی دارد (۱۶).

تیمارهای آزمایشی از نظر درصد ماده خشک غده در مرحله دوم نمونه برداری، یعنی ۱۰۳ روز بعد از کاشت، دارای اختلاف معنی داری در سطح آماری ۵٪ بودند اما در مراحل دیگر اختلاف معنی داری مشاهده نشد (جدول ضمیمه ۴). به طوری که در این مرحله، تیمار $A_1B_2C_1$ (محلول پاشی باکتری سودوموناس فلورسنس و اسید هیومیک به صورت خاک مصرف) با ۲۵/۹ درصد بیشترین و تیمار شاهد با ۴ درصد، از کمترین درصد ماده خشک غده برخوردار بودند البته بین تیمارهایی که از

نظر این صفت در محدوده ۲۵/۹ تا ۱۴/۳ قرار داشتند، اختلاف معنی داری وجود نداشت جدول (۴-۸).

جدول۴-۸ - مقایسه میانگین درصد ماده خشک غده تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی در تاریخ های مختلف نمونه برداری

تیمار	درصد ماده خشک غده			
	۸۷	۱۰۳	۱۱۹	۱۳۵
$A_1B_1C_1$	۵/۹	۱۱/۱ cdef	۳۷/۳	۲۱/۰
$A_1B_1C_2$	۴/۹	۱۷/۷ abcde	۴۰/۴	۲۰/۱
$A_1B_1C_3$	۷/۴	۱۹/۵ abcd	۴۱/۰	۲۲/۵
$A_1B_2C_1$	۴/۹	۲۵/۹ a	۵۱/۵	۲۰/۳
$A_1B_2C_2$	۷/۷	۱۵/۲ abcdef	۳۴/۰	۲۱/۰
$A_1B_2C_3$	۰/۰	۱۸/۶ abcd	۴۱/۰	۲۲/۱
$A_1B_3C_1$	۰/۰	۱۶/۸ abcde	۳۶/۱	۱۹/۸
$A_1B_3C_2$	۰/۰	۱۷/۹ abcde	۴۱/۳	۱۹/۲
$A_1B_3C_3$	۶/۸	۱۶/۸ abcde	۴۰/۷	۲۲/۵
$A_2B_1C_1$	۱۱/۹	۲۱/۲ abc	۳۴/۴	۱۹/۹
$A_2B_1C_2$	۰/۰	۱۴/۳ abcdef	۴۲/۶	۲۲/۲
$A_2B_1C_3$	۰/۰	۷/۰ ef	۴۴/۲	۲۰/۵
$A_2B_2C_1$	۰/۰	۸/۵ def	۳۵/۶	۲۰/۲
$A_2B_2C_2$	۱۰/۲	۱۴/۳ abcdef	۳۴/۰	۱۸/۴
$A_2B_2C_3$	۸/۵	۱۱/۹ bcdef	۴۰/۲	۲۱/۲
$A_2B_3C_1$	۱۱/۱	۲۲/۹ ab	۴۱/۱	۱۷/۹
$A_2B_3C_2$	۶/۳	۱۸/۵ abcde	۲۵/۸	۲۰/۲
$A_2B_3C_3$	۰/۰	۴/۳ f	۵۷/۲	۲۰/۴
$A_0B_0C_0$	۰/۰	۴/۰ f	۳۹/۶	۱۹/۴

A۱و A۲ : به ترتیب باکتری سودوموناس فلورسنس و سودوموناس پوتیدا

B۱، B۲ و B۳: به ترتیب خاک مصرف، برگ مصرف و مصرف توام باکتری

C۱ ، C۲ و C۳ : به ترتیب خاک مصرف، برگ مصرف و مصرف توام اسید هیومیک

۴-۱۳- وزن ماده خشک کل

رشد بخش‌های هوایی و زمینی در گیاه سیب زمینی که در قالب وزن ماده خشک کل بیان می شود، نشان دهنده تجمع ماده خشک از زمان کاشت تا برداشت محصول در کل گیاه می باشد.

تیمارهای آزمایشی از نظر وزن ماده خشک کل در مرحله دوم نمونه‌برداری یعنی ۱۰۳ روز بعد از کاشت، دارای اختلاف معنی داری در سطح آماری ۵٪ بودند (جدول ضمیمه ۵). مقایسه میانگین داده ها نشان داد که در این مرحله تیمار$A_1B_3C_3$ (مصرف توام باکتری سودوموناس فلورسنس و مصرف توام اسید هیومیک) با وزن خشک کل ۳۶۷/۱ گرم در مترمربع بیشترین و تیمار شاهد با ۷۸/۹ گرم در مترمربع کمترین بود. در آخرین مرحله نمونه برداری ، ۱۳۵ روز بعد از کاشت، وزن خشک کل تیمارها در گروه های مجزای آماری قرار گرفتند. به طوری که باز هم تیمار $A_1B_3C_3$ (مصرف توام باکتری سودوموناس فلورسنس و مصرف توام اسید هیومیک) با وزن خشک کل ۱۲۵۶/۴ گرم در متر مربع بیشترین و تیمار شاهد با ۴۷۱/۵ گرم در متر مربع کمترین بود (جدول ۴-۹).

روند افزایش ماده خشک کل نشان می دهد که در مرحله اول نمونه برداری با توجه به اینکه در تعداد زیادی از تیمارهای آزمایشی غده بندی آغاز نشده بود، وزن ماده خشک کل بیشتر تحت تاثیر رشد اندام هوایی (ساقه و برگ) بوده است. در این مرحله تیمار $A_1B_1C_3$ (باکتری فلورسنس به صورت خاک مصرف و مصرف توام اسید هیومیک) با وزن ماده خشک کل ۲۰۶/۱ گرم در مترمربع بیشترین بود، اما تیمار شاهد کمترین نبود. این در حالی است که در مرحله دوم نمونه برداری روند افزایش ماده خشک کل در تیمارهای مصرف باکتری و اسید هیومیک در مقایسه با شاهد تفاوت معنی داری داشت و تیمار شاهد از کمترین وزن ماده خشک کل برخوردار بود، این روند تا زمان برداشت ادامه یافت (شکل ۴-۱۱).

با توجه به شکل (۴-۱۱) افزایش وزن ماده خشک کل در تیمارهای آزمایشی در اواخر دوره رشد روند افزایشی داشتند. یکی از علت های این امر، تدوام رشد ساقه و برگ و نیز حجیم شدن غده در این تیمارها در اثر مصرف باکتری های محرک رشد و اسید هیومیک می باشد.

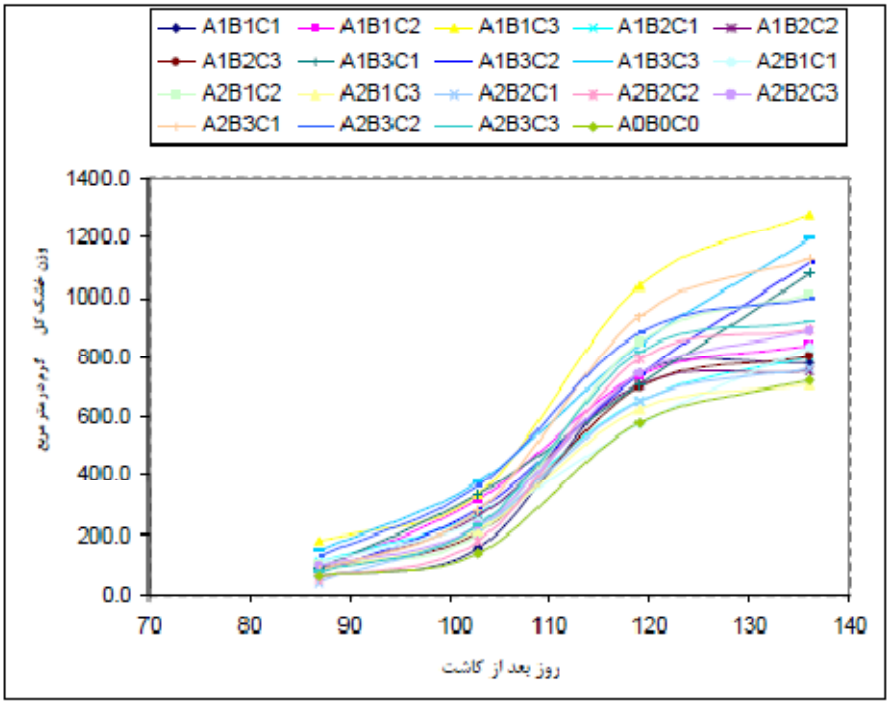
جدول ۴-۹- مقایسه میانگین وزن ماده خشک کل تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی در تاریخ های مختلف نمونه برداری

تیمار	وزن ماده خشک کل (گرم در مترمربع) (روز بعد از کاشت)			
	۸۷	۱۰۳	۱۱۹	۱۳۵
$A_1B_1C_1$	۷۹/۷	۱۲۱/۹^{ef}	۷۷۲/۸	۷۴۵/۳
$A_1B_1C_2$	۱۱۶/۸	۲۸۴/۳^{abcd}	۷۶۹/۴	۸۸۵/۳
$A_1B_1C_3$	۲۰۶/۱	۳۰۸/۱^{abc}	۱۰۷۱/۲	۸۴۷/۱
$A_1B_2C_1$	۱۴۱/۸	۲۴۸/۲^{abcde}	۶۷۱/۵	۸۴۸/۰
$A_1B_2C_2$	۱۲۲/۹	۲۴۰/۵^{abcde}	۷۴۵/۳	۶۹۹/۹
$A_1B_2C_3$	۱۰۸/۸	۱۸۰/۶^{cdef}	۷۱۹/۹	۸۵۷/۳
$A_1B_3C_1$	۱۱۴/۰	۳۰۹/۳^{abc}	۷۴۰/۵	۱۱۳۲/۱
$A_1B_3C_2$	۹۸/۷	۲۵۰/۹^{abcde}	۷۶۳/۱	۱۱۷۴/۲
$A_1B_3C_3$	۱۷۶/۹	۳۶۷/۱^{a}	۸۶۵/۷	۱۲۵۶/۴
$A_2B_1C_1$	۱۳۸/۶	۲۱۲/۶^{bcdef}	۵۹۵/۹	۸۹۷/۱
$A_2B_1C_2$	۱۲۶/۹	۱۷۰/۲^{cdef}	۸۸۴/۷	۱۰۶۳/۰
$A_2B_1C_3$	۱۰۴/۳	۱۹۴/۶^{bcdef}	۶۴۸/۳	۷۶۴/۱
$A_2B_2C_1$	۶۱/۶	۲۰۳/۹^{bcdef}	۶۷۲/۴	۸۱۳/۹
$A_2B_2C_2$	۷۷/۹	۱۴۶/۵^{def}	۸۲۴/۴	۹۵۴/۸
$A_2B_2C_3$	۱۲۷/۷	۲۰۰/۲^{bcdef}	۷۷۹/۲	۶۴۲/۰
$A_2B_3C_1$	۱۰۲/۵	۲۴۹/۹^{abcde}	۹۷۷/۱	۸۰۱/۳
$A_2B_3C_2$	۱۶۰/۱	۳۳۶/۲^{ab}	۹۱۸/۴	۱۰۵۵/۲
$A_2B_3C_3$	۹۹/۳	۲۱۲/۷^{bcdef}	۸۶۳/۱	۷۸۰/۸
$A_0B_0C_0$	۸۷/۷	۷۸/۹^{f}	۵۹۵/۵	۴۷۱/۵
LSD ۵٪	۱۱۳/۷۸	۱۴۴/۵	۴۵۵	۴۹۷/۲۶

A_1 و A_2 : به ترتیب باکتری سودوموناس فلورسنس و سودوموناس پوتیدا

B_1، B_2 و B_3: به ترتیب خاکدهی، محلول پاشی و مصرف توام باکتری

C_1 ، C_2 و C_3 : به ترتیب خاکدهی، محلول پاشی و مصرف توام هیومیک اسید



شکل ۴-۱۱- روند تغییرات وزن ماده خشک کل تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی

۴-۱۵- تجزیه عناصر برگ و غده

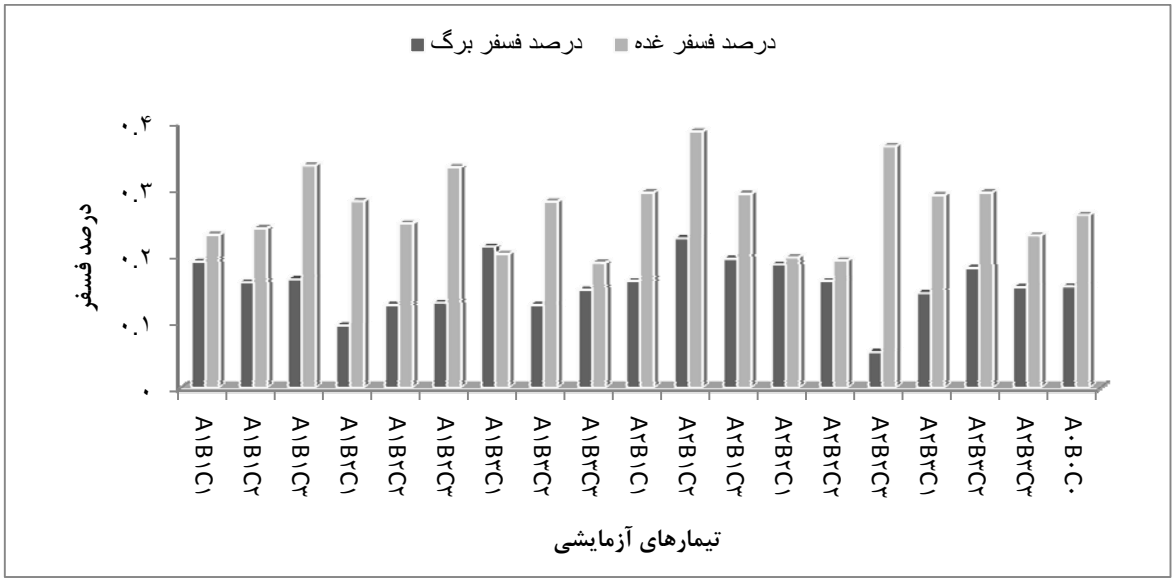
نتایج تجزیه برگ و غده نشان داد که درصد فسفر و نیتروژن در تیمارهای مختلف آزمایشی متفاوت بود. مقایسه تیمارهای آزمایشی با آزمون t نشان داد که از نظر درصد فسفر برگ و غده اختلاف معنی داری بین تیمارها وجود ندارد. تیمار $A_2B_1C_2$ (باکتری سودوموناس پوتیدا به صورت خاک مصرف و اسید هیومیک به صورت برگ مصرف) از بیشترین درصد فسفر غده ۰/۳۸۷ و فسفر (۰/۲۲۶) برگ برخوردار بود به طوری که به ترتیب ۰/۱۳ و ۰/۰۷ درصد نسبت به شاهد برتری داشت (شکل ۴-۱۲). تیمارهای آزمایشی از نظر درصد نیتروژن غده دارای اختلاف معنی داری در سطح آماری ۱٪ بودند، که در این بین تیمار $A_2B_2C_3$ (باکتری سودوموناس پوتیدا به صورت خاک مصرف و مصرف توام اسید هیومیک) از بیشترین درصد نیتروژن غده ۲/۴۵۶ برخوردار بود و نسبت به شاهد

۱/۱۴ درصد برتری داشت (شکل۴-۱۳). تجزیه همبستگی نشان داد که بین فسفر برگ و غده همبستگی منفی و غیر معنی داری وجود داشت(r = -۰/۲۱) اما نکته قابل توجه اینکه بین فسفر برگ و نیتروژن غده همبستگی منفی و معنی داری در سطح ۱ درصد وجود داشت(r= -۰/۶۴) بین درصد عناصر غده و برگ و سایر صفات گیاه همبستگی معنی داری وجود نداشت.

تحقیقات دانشمندان نشان داده است که ظرفیت جذب و نگه داری عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف در اندام های مختلف گیاه سیب زمینی به خصوص برگ و غده، با بکارگیری باکتری های محرک رشد و نیز با استفاده از ترکیبات آلی همچون اسید هیومیک، افزایش می یابد (۴۸).

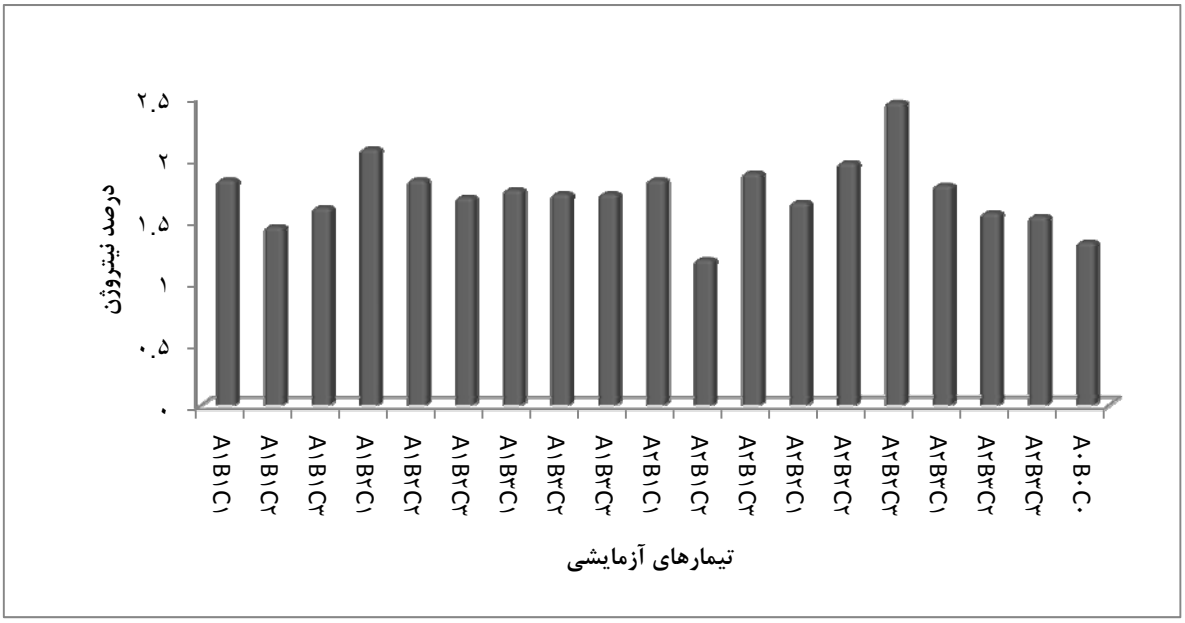
ریزک و همکاران[۱] (۸۲) اشاره کردند که بکارگیری اسید هیومیک باعث افزایش فعالیت مواد شیمیایی و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، به خصوص فسفر، در خاک می شود.

آسما و مگدا (۴۰) گزارش دادند که بکارگیری اسید هیومیک باعث افزایش معنی داری در خصوصیات فیزیکی و مقادیر عناصر غذایی سیب زمینی نسبت به شاهد شده است.



شکل ۴-۱۲- مقایسه درصد عناصر فسفر برگ و غده بین تیمارهای مختلف آزمایشی

[۱] -Rizk et al



شکل ۴-۱۳- مقایسه درصد نیتروژن غده بین تیمارهای مختلف آزمایشی

نتیجه گیری

نتایج به دست آمده در این تحقیق حاکی از تاثیر قابل توجه بکارگیری باکتری های محرک رشد و اسید هیومیک بر خصوصیات رشد و عملکرد محصول سیب زمینی در مقایسه با مصرف کودهای شیمیایی می باشد.

مصرف باکتری های محرک رشد و اسید هیومیک تاثیر قابل توجهی بر خصوصیات رشد و صفات موثر در عملکرد محصول از جمله شاخص سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی، سرعت رشد غده و وزن تر و خشک غده سیب زمینی داشتند.

با توجه به نتایج به دست آمده چنین استنباط می شود که مصرف توام باکتری و اسید هیومیک به صورت محلول پاشی و مصرف خاکی، باعث افزایش قابل توجه سرعت رشد بخش های هوایی و غده سیب زمینی در مقایسه با شاهد شده و بهترین نتیجه را حاصل نمود و در یک نگاه کلی و به طور میانگین، باکتری سویه فلورسنس، در مقایسه با سویه پوتیدا، نمایش بهتری را از خود نشان داد. اختلاف قابل توجه عملکرد محصول سیب زمینی در تیمارهای آزمایشی نسبت به شاهد، نشان دهنده کارایی بالای باکتری های محرک رشد و اسید هیومیک در فراهمی عناصر غذایی و شرایط مناسب رشد برای گیاه می‌باشد.

جداول ضمیمه

جدول ضمیمه ۱- میانگین مربعات شاخص سطح برگ و تعداد برگ در بوته تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی در تاریخهای مختلف نمونه برداری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		شاخص سطح برگ				تعداد برگ در بوته			
		۸۷	۱۰۳	۱۱۹	۱۳۵	۸۷	۱۰۳	۱۱۹	۱۳۵
بلوک	۲	۰/۰۱۲۸۰	۱/۶۲۰۵**	۰/۴۲۷۵	۲/۰۱۰	۱۷۷۹/۷۰	۶۷۷۹/۴۷**	۳۴۷۹/۵۹	۳۸۳/۹۱
تیمار	۱۸	۰/۰۶۷۵۸	۰/۲۷۶۶*	۰/۶۶۵۵	۱/۰۷۰۴	۱۰۶۵۴/۷۷	۱۵۳۹/۱۷	۵۴۴۷۵/۶۴	۳۱۴۵/۳۴
خطا	۳۶	۰/۱۱۷۴۳	۰/۱۲۹۹	۱/۰۱۰۸	۰/۸۵۶۱	۱۱۴۶/۲۵	۱۰۹۶/۳۱	۵۳۱۸/۰۵	۳۱۴۳/۳۳

** و * : به ترتیب معنی دار در سطح آماری یک درصد، پنج درصد و عدم اختلاف معنی دار

جدول ضمیمه ۲- میانگین مربعات وزن خشک برگ و ساقه تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی در تاریخ های مختلف نمونه برداری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		وزن خشک برگ				وزن خشک ساقه			
		۸۷	۱۰۳	۱۱۹	۱۳۵	۸۷	۱۰۳	۱۱۹	۱۳۵
بلوک	۲	۱۰۸/۷	۹۳۲۹/۹**	۱۸۴۰/۱	۱۳۹۰۸/۵	۱۲۰/۴۸	۷۲۶۳/۹۸**	۶۲۵۲/۰۴	۷۳۷۸/۱۴
تیمار	۱۸	۵۴۴/۳	۱۵۹۱/۳	۵۱۷۵/۲	۷۰۵۰/۴	۷۲۸/۷۶	۱۳۶۴/۵۲	۱۶۷۶/۳۱	۶۹۹۲/۰۳
خطا	۳۶	۸۲۶/۲	۸۵۴/۳	۸۷۱۱/۷	۵۸۰۱/۷	۷۷۹/۹۳	۷۳۳/۳۱	۲۹۵۲/۲۰	۵۱۹۸/۴۸

** و *: به ترتیب معنی دار در سطح آماری یک درصد، پنج درصد و عدم اختلاف معنی دار

جدول ضمیمه۳- میانگین مربعات وزن تر و وزن خشک غده تحت تیمارهای آزمایشی در تاریخ های نمونه برداری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		وزن تر غده				وزن خشک غده			
		۸۷	۱۰۳	۱۱۹	۱۳۵	۸۷	۱۰۳	۱۱۹	۱۳۵
بلوک	۲	۴۶۳۲/۹	۳۱۱۰۹۸/۳**	۱۳۵۸۹۵/۳	۲۰۱۰۷۲/۱	۲۰۰/۵۸	۱۲۴۰۹/۲۳*	۹۷۲۹/۳۷	۱۱۶۶۴/۹۹
تیمار	۱۸	۴۲۰۳/۷	۷۵۷۲۵/۵*	۲۴۹۱۱۵/۴	۱۱۹۵۹۵۱/۹	۱۹۴/۰۶	۴۱۶۵/۵۹	۲۰۴۵۵/۰۱	۵۶۸۹۲/۳۵
خطا	۳۶	۴۹۶۰/۹	۵۳۱۰۰/۲	۲۱۳۹۴۴/۶	۹۰۷۶۶۱/۲	۲۲۷/۱۲	۲۶۸۷/۱۰	۲۸۴۴۱/۳۸	۴۲۰۱۷/۸

** و *: به ترتیب معنی دار در سطح آماری یک درصد، پنج درصد و عدم اختلاف معنی دار

جدول ضمیمه ۴- میانگین مربعات درصد ماده خشک غده، ارتفاع ساقه، تعداد ساقه و تعداد غده در بوته تیمارهای آزمایشی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		درصد ماده خشک غده (روز بعد از کاشت)				ارتفاع ساقه	تعداد ساقه	تعداد غده
		۸۷	۱۰۳	۱۱۹	۱۳۵	۱۳۵	۱۳۵	۱۳۵
بلوک	۲	۲۵۶/۸*	۲۰۳/۱*	۶۹۲/۲*	۱/۷۷	۶۷/۵۵	۴۲/۱	۰/۲۸
تیمار	۱۸	۵۹/۴	۱۰۸/۹*	۱۶۱/۰	۴/۸۸	۱۰۶/۹۶**	۱/۵۳	۹/۳۶
خطا	۳۶	۵۹/۵	۴۹/۳	۱۷۶/۵	۴/۷	۳۶/۴۸	۱/۰۶۹	۵/۳۱

** و * و: به ترتیب معنی دار در سطح آماری یک درصد، پنج درصد و عدم اختلاف معنی دار

جدول ضمیمه ۵- میانگین مربعات وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک کل تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی در تاریخ های مختلف نمونه برداری

منـــابع تغییر	درجـــه آزادی	میانگین مربعات							
		وزن خشک اندام هوایی				وزن خشک کل			
		۸۷	۱۰۳	۱۱۹	۱۳۵	۸۷	۱۰۳	۱۱۹	۱۳۵
بلوک	۲	۲۰/۰۲	۳۳۰۱۹/۷**	۱۴۸۵۱/۷	۴۱۲۶۳/۹	۳۸۵/۲۸	۴۷۷۴۲/۴۰**	۵۷۲۴۴/۱۰	۸۷۹۱۴/۰۴
تیمار	۱۸	۲۲۳۶/۷۱	۵۵۰۰/۰۱*	۱۱۴۰۹/۱	۲۵۴۰۰/۷	۳۷۶۹/۱۵	۱۶۲۴۱/۷۲*	۴۷۵۴۰/۴۶	۱۱۲۰۵۲/۷۱
خطا	۳۶	۲۸۹۴/۰۷	۲۶۱۴/۵۸	۱۹۲۹۷/۸	۱۸۰۵۷/۰	۴۷۲۰/۷۸	۷۶۲۱/۶۲	۷۵۵۰۵/۸۵	۹۰۱۷۴/۸۹

** و * : به ترتیب معنی دار در سطح آماری یک درصد، پنج درصد و عدم اختلاف معنی دار

فهرست منابع

۱- احتشامی س. م.، امین دلدار ز. و خاوازی ک.، (۱۳۸۹)" اثر باکتری های جنس سودوموناس بر ویژگی های جوانه زنی و رشد گیاهچه ارقام برنج" خلاصه مقالات یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشگاه شهید بهشتی، پژوهشکده علوم محیطی.

۲- احمدی ق.، (۱۳۸۴). " بررسی اثر پیش جوانه‌زنی و تقسیط نیتروژن بر عملکرد سیب زمینی" پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۳- بی نام اداره کل آمار و اطلاعات کشاورزی، (۱۳۷۰)، **آمارنامه کشاورزی**.

۴- آستارایی ع. و کوچکی ع. (۱۳۷۵)." کاربرد کودهای بیولوژیک در راستای نیل به کشاورزی پایدار"، **مجله علوم خاک وآب**. ویژه نامه کودهای بیولوژیک. صفحه ۱۲۷.

۵- اسلامی فرد س.، رحیم زاده خویی ف. و فرح وش ف.، (۱۳۸۹). "اثر کودهای معدنی و زیستی روی رشد و اجزای عملکرد نخود فرنگی در کشت دوم". خلاصه مقالات یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه شهید بهشتی. پژوهشکده علوم محیطی.

۶- اصل گرگانی ر. و دماوندی ع. (۱۳۷۵) "اثر رقم و تراکم بوته بر اجزای عملکرد و عملکرد غده سیب زمینی". **مجله دانش کشاورزی**، جلد ۱۴ ، ۳: ۴۳-۵۰.

۷- انصاری جوینی م.، چایی چی م.، کشاورزافشار ر.، حسینی س. م. ب.، احتشامی س. م. ر. و خاوازی ک.، (۱۳۸۹). "بررسی تاثیر تلقیح بذر و محلول پاشی باکتری های محرک رشد بر عملکرد علوفه و شاخص های رشد سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید". خلاصه مقالات یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه شهید بهشتی. پژوهشکده علوم محیطی.

۸- بای‌بوردی ا.، ملکوتی م. ج.، رنجبر ر.، نوری ا. و طباطبایی س. ج.، (۱۳۸۲)." نقش پتاسیم و روی در افزایش عملکرد، کاهش غلظت نیترات و کادمیم در غده‌های سیب زمینی". خلاصه مقالات سومین همایش ملی توسعه‌ی کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده‌ی بهینه از کود و سم در کشاورزی.

۹- بلالی م. ر. و ملکوتی ج.، (۱۳۸۳). "مصرف بهینه کود راهی برای پایداری در تولیدات کشاورزی". **نشر آموزش کشاورزی کاربردی**.

۱۰- جم ا.، کامل س.، عبادی ع.، فرجامی نژاد ر. و قاسم پور ف.، (۱۳۸۹). "تاثیر عناصر ریز مغذی آهن و روی بر برخی خصوصیات سیب زمینی رقم آگریا در منطقه اردبیل". خلاصه مقالات یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه شهید بهشتی. پژوهشکده علوم محیطی.

۱۱- حسندخت م. ر. و کاشی ع. (۱۳۷۸)." بررسی اثر کود دامی و نیتروزن بر صفات کیفی و کمی سیب زمینی". **نهال و بذر**، سال ۱۵ ، (۴)۳۳۰-۳۲۰.

۱۲- حسین پور ک. (۱۳۷۳). "بررسی اثرات پتاسیم در کمیت و کیفیت دو رقم سیب زمینی در بعضی از مناطق سیب زمینی کاری ایران" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

۱۳- خاوازی ک. و ملکوتی م. ج.، (۱۳۸۰). "**ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور**"، (مجموعه مقالات). انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب.

۱۴- خدادادی م. و مسیحا س.، (۱۳۷۳). "تاثیر تاریخ برداشت و روش حذف اندام های هوایی بر روی بعضی از صفات زراعی و فیزیولوزیکی سیب زمینی". **مجله نهال و بذر**، جلد ۱۲، ۲: ۱۹تا ۲۳.

۱۵- خلقانی ج.، رحیم زاده خویی ف.، مقدم م. و رحیمیان مشهدی ح.، (۱۳۷۲)" تجزیه فرایند رشد سیب زمینی در سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته". **مجله دانش کشاورزی**، جلد ۷، ۲: ۳۳ تا ۵۵.

۱۶- خواجه پور م.، (۱۳۸۵). " **گیاهان صنعتی**" انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان. چاپ دوم. ۵۶۴ صفحه.

۱۷- خوشخوی م.، (۱۳۷۰)." **ازدیاد نباتات، مبانی و روشها** " جلد سوم. انتشارات دانشگاه شیراز.

۱۸- رحمتی خورشیدی، ی.، اردکانی م. ر.، رمضانپور، م. ر. و خاوازی ک. (۱۳۸۹)." بررسی تاثیر باکتری های محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در سطوح مختلف کود نیتروژن". خلاصه مقالات یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه شهید بهشتی. پژوهشکده علوم محیطی.

۱۹- رضایی ع. و سلطانی ا.، (۱۳۷۹)" **زراعت سیب زمینی**". انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۲۰- رضوی ر.، (۱۳۸۲)." اثر متقابل آب و پتاسیم بر روی عملکرد کمی و کیفی و کارایی مصرف آب در زراعت سیب زمینی". خلاصه مقالات سومین همایش ملی توسعه‌ی کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده‌ی بهینه از کود و سم در کشاورزی.

۲۱- سرابی م. ا.، اردکانی م. ر.، نعمتی ن.، خاوازی ک. و نقوی م.، (۱۳۸۹). "بررسی تاثیر انواع مایه تلقیح حاوی باکتری محرک رشد گیاه و دی نیتروژنوتروفها بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم جو". خلاصه مقالات یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه شهید بهشتی. پژوهشکده علوم محیطی.

۲۲- شهابی ع. ا. و ملکوتی م. ج.، (۱۳۷۸). "ضرورت افزودن پتاسیم به خاکهای زراعی کشور". انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب. **نشریه فنی** ۶۹.

۲۳- شهریاری ف. و خداکرمی غ.، (۱۳۸۳) "ارزیابی توان آنتاگونیستی بیووارهای باکتری سودوموناس فلورسنس جدا شده از ریزوسفر سیب زمینی.

۲۴- فتایی ا.، گندمکار س.، ولیزاده م.، حسین زاده ا. و زرگرزاده ف.، (۱۳۷۵). "اثر پیش جوانه دار کردن و تاریخ برداشت بر عملکرد ، کیفیت انباری و سلامت استاندارد سه رقم سیب زمینی". **مجله علوم زراعی ایران**، جلد ۲، (۴): ۱۰-۲۳.

۲۵- فتحی ق.، (۱۳۸۴) "**رشد و تغذیه گیاهان زراعی**". انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۲۶.کشاورز افشار ر.، چایی چی م. ر.، مقدم ح.، احتشامی س. م. ر.، خاوازی ک.، علیپور جهانگیری ع و انصاری جوینی م.، (۱۳۸۹). "تاثیر محلول پاشی باکتری های محرک رشد بر عملکرد و شاخص های فیزیولوژیک سورگوم علوفه‌ای". خلاصه مقالات یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه شهید بهشتی. پژوهشکده علوم محیطی.

۲۷- کوچکی، ع.، راشد محصل ح.، نصیری محلاتی م۰و صدر آبادی ح.ر. ۱۳۷۴." **رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی**". انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۲۸- مودب شبستری م. و مجتهدی م.، (۱۳۶۹)" **فیزیولوژی گیاهان زراعی**". مرکز نشر دانشگاه تهران.

۲۹- میرزاشاهی ک. و سلیم پور س.، (۱۳۷۸)." تعیین مناسب ترین میزان و روش مصرف (تقسیط) نیتروژن در زراعت کلزا". هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران.

۳۰- ملکوتی م. ج. و نفیسی م.، (۱۳۷۳). "**مصرف کود در اراضی زراعی فاریاب و دیم**". انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. چاپ دوم.۳۴۲ صفحه.

۳۱- ملکوتی م. ج.، (۱۳۷۸)."نقش کودهای شیمیایی در کیفیت محصولات کشاورزی". انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب. **نشریه فنی** ۸۶.

۳۲-معارفدوست م.، (۱۳۷۸)، "بررسی تعادل های توزیع zn روی اسید هیومیک استخراج شده از خاک جنگلی نهارخوران گرگان"، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه سیستان و بلوچستان.

۳۳- نظارت س.، (۱۳۸۷). "ارزیابی تاثیر باکتری های محرک رشد بر عملکرد اجزای عملکرد و شاخصهای رشد ذرت"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود.

۳۴- نیلی احمد آبادی ع.، (۱۳۷۲). "بررسی اثرات تاریخ های مختلف برداشت بر عملکرد ارقام مختلف سیب زمینی". اولین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران.

35– Abbass, Z. and Okon. k. (1993). "Plant growth promotion by Azotobacter paspali in the Rizosfer", Soil. Biol. Biochem. 25(8):1075–1083.

36–Alestrom, S.(1991)." Induction of disease resistanse in common bean susceptible to halo blight bacterial pathogen after seed bacterization with rhizosfere pseudomonads". J. Gen. Appl. Microbiol. 37:497–501.

37–Ahmet, E.L. (2006). "Effects of floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrition of sweet cherr". Cited By in Scopus. (**14**): 324–327.

38–Alexander,D.B. and Zuberer, D.A. (1993). Responses by Iron- efficient and inefficient oat cultivar to inoculation with siderofor – prodacing bacteria in calcareous soil, Biol. Fertil. Soils, 16:118–124.

39–Aliison, M.F. flower, J.H. and allen, E.J. ۲۰۰۱. Effect of soil and foliar applied phosphorus fertillzerson potato crop. J. of agric . sci.,137:379–395.

40–Asmaa, R., and Magda M. (2010). "Increasing productivity of potato plants (*solanum tuberosum* L.) by using poyassium fertilizer and humic acid application". inter. J. of academic research. 2(2)

41–Bacer, D.D. and Mullin. B.C. (1992). "Actinorhizal symbiosis, In: Biological Nitrogen Fixation",G, Stacey et al. (Eds), chapman and Hall, London, 259–292.

42–Barazani, O. and Friedman. J. (1999). "Is IAA the major root growth factor secreted from plant-growth-mediating bacteria?" J. Chem. Eco. 25: 2397–2406.

43– Benoit, G.R., Grant W.J. and Derine, J.O. (1986). "Potato top growth as influencedby day-night temperature differences". Agron. J. 78: 264–269.

44– Benoit, G.R., Stanley, W.J. and Torrey, D.B. (1983)." Potato top growth as influenced by temperatures". AM. Potato . J. 60: 489–501.

45–Bodlaender, K.B.A. (1963). "Influence of temperature, radiation and photoperiod on development and yield. Agric. Sci". Univ. Nottigham, 199–210.

46–Bremner, P.M. and Taha, A. M. (1990). "Studies in potato agronomy. The effect of variety, seed size and spacing on growth, development, and yield. J. Agric". Sci. (Camb). 66: 241–252.

47–Burt, R. L. (1964). "Influence of short periods of low temperature on tuber initiation in the potato". Eur. Potato. J. 7:197–208.

48–Hopkinz B. J. (2003)." humic acid effects on potato respons to phosphorios". Presented at the Idaho Potato Conference. 22–23.

49–Chamway, C.P., Hynesc, R.K. and Nelson, L.M. (1989) "Plant growth Promoting rhizobacteria: effect on the growth and nitrogen fixation of lentil and Pea", Soil Biol. Biochem., 21: 511–517.

50–Chen,Y. and Hadar, Y. (1991). "Iron nutrition and Interactions in Plants", Section 4: Microbiol- plant Intraction, Kluwer, Netherlands, 213–311.

51–Chin-A-Woeng, T.F. (2000). "Root colonization by phenazine-1-carboxamide-producing bacterium pseudomonas chloroaphis PCL1391 is essential for biocontrol of tomato foot and root" rot. Mol. Plant. Microbe. Interact. 13(12): 1340–1345.

52.Cronin, D., Moe, Y., Loccoz, A., Dunne, C., Dowling, D.N. and Gara, F.O. (1999) "Ecological intraction of biocontrol pseudomonas flurescens strain producing 2,4-diacetyl phloroglucinol with the soft rot potato pathogen Erwinia carotovora subsp". Aroseptica. FEMS. Microbiol. Eco. 23:95–106.

53– Cynthia, A. L.(2005). "Influence of humic, fulvic and hydrophilic acids on the growth, photosynthesis and respirationof the dinoflagellate *Prorocentrum minimum*" (Pavillard) Schiller

54–De Salamone, I.E., Hynes, G.R.K. and Nelson, L.M. (2001). "Citokinin production by plant growth promoting rhizobacteria and selected mutants". Can. J. Microbiol. 47:404–411.

55– Dyson, P.W. and Wtson, D.J. (1971). "An analysis of the effects of nutrient supply on the growth of potato crop". Ann. Appl. Biol. 69:47–63.

56–El Sayed Hameda, E.A. and El Morsy A. H. A. . (2011)." Responses of productivity and quality of sweet potato to phosphorus fertilizer rates and application methods of the humic acid". Inter. Res. J. of Agric. Sci and Soil Sci. 1(9). 383–393.

57– Gifford, R.M. and. Moorby, J. (1967)." The effect of CCC on the initiation of potato tubers. Eur". Potato J. 10:235–238.

58–Gennaro, B.C. (2005). "Olive Pomace Amendment in Mediterranean Conditions: Effect on Soil and Humic Acid Properties and Wheat (*Triticum turgidum* L.) Yield
59–Glick, B.R. and Pasternak, J.J. (1986)." Physiological effect of plasmid DNA transformation of Azotobacter vinelendi". Can. J. M icrobiol. 32:145–148.
60–Halder, A.K., Mishra, A.K. and Chakrabartty, P.K. (1990). "Solubilization of rock phosphate by Rhizobium and Bradyrhizobium". J.Gen. Appl. Microbiol. 36:81–92.
61–Hall, J.A. and Ghosh, B.R. (1996). "Root elongation in various agronomic crops by the plant growth promoting rhizobacteria Pseudomonas putida". GR 12–2. Isr. J. plant Sci. 44: 37–42
62–Header, H.E. and Beringer, H. (1983). "Potato. pp. 307–317. In ENT environments IRRI (ED) Potential productivity of field crops under different environments". IRRI, Bunos, the Philippines.
63– Hynes, R.K. (1993)." Nodulation- Promoting Rhizobacteria, BNF Bulletin", XLL (1), P.4.
Illmer, P. and F.Schinner. (1992). Solubilization of inorganic phosphates by microorganisms isolated fram forest soil.Soil .Biol .Biochem.24:389–95.
64– Jones, C.A. Jacobsen, J. S. and Mugaas, A. (2008). "Effect of Low-Rate Commercial Humic Acidon Phosphorus Availability, Micronutrient Uptake, and Spring Wheat Yield" Communications in Soil Science and Plant Analysis, 38: 921□933,
65– Kapulnik, Y. (1991). "Plant -Growth- promoting Rhizobacteria", In: Plant Roots, The Hidden Half, Waisel, Y.et al.(Ed s) Marcel Dekker, New York 717–729.
66–Kim, K. Jordan, Y. D. and Mcdonald, G.A. (1998)." Effect of phosphate solubilizing bacteria and Vesicular-arbuscular mycorrhizae on tomato growth and soil microbial activity". Biol. Fertil. Soils. 26:79–87
67–Kloepper, J.W. (1994)."Plant growth promoting bacteria (other system)". In: okons,editor.Azospirillum/plant.Association.Boka Raton, FL: CRC Press, PP. 137–54.
68–Kloepper, J.W., Lifshits, K. and Schroth, M.N. (1988). "Pseudomonas inoculants to benefit plant production". ISI Atlas Sci. Anim. plant. Pp. 60–64.
69–Kotan, R. and Fikrettin, S. (2009). "Biological control of the potato dry rot caused by *Fusarium* species using PGPR strains". pp 194–198.
70–Lemanceau P. (1992). "Effects benefigiues de rhizobacteries sarles plantes: example pseudomonas spp". Fluorescent Agronomie. 12: 413–37.
71–Leong, J., Bitter, W., Koster, M., Marugg, J.D. and Wesbeek, P.J. (1991). "Geneti of iron transport in plant – growth – promoting Psedomonas putida" Wcs 358, In: The Rhizosphere and Plant Growth, Keister, D.L. and cregan, P.B. (Ed.s), Kluwer, The Netherlends, 271–278.
72–Lionho,V. and Vacek, O. (1994). "Biosynthesis of auxins by phosphate solubilizing rhiz·bacteria from wheat (*Triticum aestivum*) and rye (*Secale sereale*)". Microbiol. Res. 149:31–39.
73–Lynch, J.M. (1983). "Soil Biotechnology, Microbiological Factors in Crop Prodactivity", Blackwell, oxford, 191 p.
74–Lynch, J.M., (1990). "The Rhizosphere, John wiley", Chichester, 458 p.
75–Mahendran, P.P. and Chandramani, P. (1998). " NPK uptake, yield andstarch content of potato" CV. Influenced ced certain biofertilizers. J. and potato A SSOC. 25: 50–52.
76– Mackowiak E.A., (2010). "Humic-Acid-Based Soil Conditioners for Soil Cultivation in Arid and Semiarid Climates

77– Mass, E.V. and Hofffman, G.J. (1977). "Crop salt tolerance-current assessment". J. Irrig. Drainage Div. Am. Soc. Civil Eng. 103: 115–134..
78– Miroslav. V. M. (1998)."Treatment with culture fractions from *Pseudomonas putida* modifies the development of *Glomus fistulosum* mycorrhiza and the response of potato and maize plants to inoculation". Applied Soil Ecological. 245–251
79–Misko, A.L. and Germida, J.J (2002). "Taxonomic and functional diversity of Pseudomonads isolated from the roots of field-grown canola". FEMS. Microbiol. Eco. 42: 399–407.
80–Moorby, J. and Milthorpe, F.L. (1973). "Potato". In: L.T. Evans (Ed) Crop Physiology, some case histories. Cambridge University press, landon. pp. 225–257..
81-Neilands, J.B. and Leong, S.A. (1986). "Siderophores in relation to plant growth and disease"s, Ann. Rev. Plant Physiol., 37: 187–208
82–Roberts, S. and Dow, A.J. (1985). "Critical nutrient ranges for petiole phosphorus levels of sprinkler irrigated potatoes". Agron. J. 74:583–585.
83–Rodriguez, H. and Fraga, R. (1999). "Phosphat solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion". Biotech. Adv. 17(4–5): 319–339.
84– Rodrigo, C. and Gomes, C.M. (2006). "Diversity and antagonistic potential of *Pseudomonas* spp. associated to the rhizosphere of maize grown in a subtropical organic farm". pp 2434–2447
85–Rosen, C. and Nearney, M. M. (2003)." Potato yield and tuber setas affected by phosphorus fertilization" www.potatonews.com/articles_categori. ASP ipa genomz 28 source=fertilizer.
86–Sahu, S.N. and Jana. B.B. (2000). "Enhancement of the fertilizer value of rock phosphate engineered through phosphate solubilizing bacteria Ecological Engineering". 15(1–2): 27–39.
87–Salih, H.M., Yahya., A.Y., Abdul-Rahem, A.M. and Munam, B.H. (1989). "Availability of phosphorus in a calcareous soil treated with rock phosphate or super phosphate as affected by phosphate dissolving fung"I. Plant. Soil. 120: 5–181.
88–Sarawagi, S.K. and Tiwari P.K., (2003) "phosphorus in gram(*cicer arietinum*) as influenced by phosphorus biofertilizer and micro nutrients under rain fed condition". Ind. J. Agron, 44: 768–772.
89– Selim E.M., and El-Neklawy, A.S. (2009). "Beneficial Effects of Humic Substances Ferrtigation on Soil Fertility to Potato Grownon Sandy Soil". Australian Journal of Basic and Applied Sci. 3(4): 4351–4358.

90–Sharma, K.N. and Namdeo, K.N. (1999)."Effect of biofertilizers and phosphorus on NPK contents", uptake and nutrient status of Soil. Crop Res. (Hisar). 17: 164–169.
91–Shehata, M.M. and El-khavas, S.A. (2003). "Effect of two Biofertilizers on growth parameters, yield characters, nitrogen components", nucleic acids content, mineral, oil content, protein profiles and DNAbanding pattern of sun flower (*Heliantus annus L.* CV. Vedock) yield. Pak. J. of Biol. Sci. 6(14): 1257–1269.
92– Singhaj, P.K, and Sarma, B.K. (2011). "Biological management of common scab of potato through *Pseudomonas* species and vermicompost". pp 150–157.
93–Stark, J.C., McCann, I.R., Westermann, D.T., Izadi, B. And Tindall, T.A. (1993). "Potato response to split nitrogen timing with varying amounts of excessive irrigation". Am. Potato J. 70: 765–777.
94–Vijayan, S., Chakrabarti, P., and Ghosh P. D, (2007) "Foliar application of Azotoloactor chroococum increases leaf yield under saline conditions in mulberry (Morus SPP .)

95–Von Wiren, N. (2000). "Hydroxylated phytosiderophore species possess an enhanced chelate stability and affinity for iron(III)". Plant Physiol. 124: 1149–1157.
96–Walley, F.L. and Germida, J.J. (1997). "Response of spring wheat (*Triticum Aestivum*) to interactions between Pseudomonas species and Glomus clarum NT4". Bio. Fertil. Soils. 24: 365-371.
97–XU, G.W. and Gross, D.C. (1986) "Selection of fluorescent pweudomonads antogonistic to Erwinia caratovora and suppression of potato seed piece dacay . phyto phyto.
98–Ye Ming J.B. (2009) **.**" Study on the Effect of Winter Potato Yield by the Application"**.** of NutriGrow Humorganic Carbon Based Liquid Fertilizer.(9): 49.
99–Yang, J. J., Kloepper, W. and Choong, M. R. (2000)."Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress". Field of Functional Genomics, University of Science and Technology, Daejeon 305–666, South Korea
100.-Ziechmann, W., et al. (2000). "Humic Substances and Humification". In: E.A. Ghabbour and Davies (eds.), Humic Substances: Versatile Components of Plants, Soil and Water. Royal Society of Chemistry Cambridge, UK. pp. 9–20.