

بسم الله الرحمن الرحيم



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : کشاورزی

گروه : زراعت

اثر متقابل تنش خشکی و کاربرد اسید هیومیک بر رشد و عملکرد سیب زمینی

دانشجو: عباس خواجه

اساتید راهنما:

دکتر منوچهر قلی پور

دکتر علی درخشان شادمهری

اساتید مشاور:

دکتر حمید عباس دخت

دکتر محمد رضا عامریان

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۱

شماره: ۱۳۹۱/۱۲/۸
تاریخ: ۱۳۹۱/۱۲/۸
ویرایش:

بسمه تعالی

ریت تحصیلات تکمیلی
فرم شماره (۶)

فرم صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

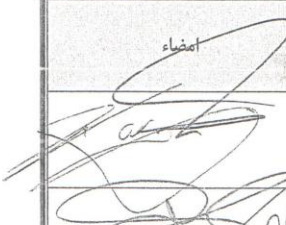
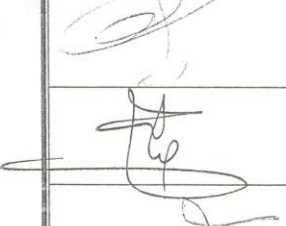
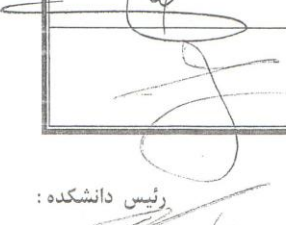
با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای عباس خواجه رشته کشاورزی گرایش اکولوژی تحت عنوان: "اثر متقابل تنش کم آبی و اسید هومیک بر رشد و عملکرد سیب زمینی" که در تاریخ ۱۳۹۱/۱۱/۲۳ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه: امتیاز) ☐ دفاع مجدد ☐ مردود ☐

۱- عالی (۲۰ - ۱۹) ۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

۳- خوب (۱۶ - ۱۷/۹۹) ۴- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

اعضاء	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	عضو هیأت داوران
	دانشیار استادیار	منوچهر قلی پور علی درخشان شادمهری	۱- اساتید راهنما
	دانشیار استادیار	حمید عباس دخت محمد رضا عامریان	۲- اساتید مشاور
	استادیار	مهدی برادران	۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی
	استادیار	حسن مکاریان	۴- استاد ممتحن
	دانشیار	احمد غلامی	۵- استاد ممتحن

رئیس دانشکده:

تقدیم ہے

”پدر فداکار، مادر عزیز و ہمسر مہربانم“

ستایش خدای را سزااست که در یکاکی اش بلند مرتبه و در تنهایی اش به آفریدگان نزدیک است؛ سلطنتش پر جلال و در ارکان آفرینش اش بزرگ است. بی آنکه مکان گیرد و جابه جا

شود، بر همه چیز احاطه دارد و بر تمامی آفریدگان به قدرت و برهان خود چیره است.

از اساتید را به نامی خود، جناب آقای دکتر منوچهر قلی پور و دکتر علی در شان شاد مری به خاطر را به نامی و مساعدت بی دریغ شان در طی انجام این تحقیق، نیات شکر را دارم. همچنین از اساتید محترم دکتر حمید عباس دخت و

دکتر محمد رضا عامریان به خاطر مشاوره ها و کمک های شان، بسیار متکرم. از جناب آقای دکتر احمد غلامی و دکتر حسن مکاریان که داوری این پایان نامه را عهده دار بودند نهایت سپاس گزارم.

و نیز از تمامی دوستانم در دانشگاه صنعتی شاهرود بویژه دوست عزیزم مهندس ابراهیم نعمتی ثانی شکر می نمایم، کسانی که بدون حمایت و حضور آنها، انجام این تحقیق، میسر نبود. از خانواده ام به خاطر حمایت های معنوی و مادی که در

طی انجام این تحقیق و کل زندگی ام از من داشته اند، شکر ویژه می نمایم.

جاس خواجه

بهمن ۱۳۹۱

تعهد نامه

- اینجانب عباس خواجه دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته اگرواکولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه اثر متقابل تنش خشکی و کاربرد اسید هیومیک بر رشد و عملکرد سیب زمینی تحت راهنمایی دکتر منوچهر قلی پور متعهد می شوم .
- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ ۱۳۹۲/۱۱/۲۳

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

رشد جمعیت و استفاده بیش از حد از منابع آبی موجب کاهش منابع آبی اختصاص یافته به بخش کشاورزی شده است. لذا دست یابی به راه حل های مناسب برای افزایش بهره وری آب در بخش کشاورزی ضروری به نظر می رسد. از طرف دیگر استفاده از نهاده های آلی نظیر اسید هیومیک با حداقل آسیب به محیط زیست که توانایی فعالیت شبه هورمونی دارند، باعث افزایش جذب آب و مواد معدنی توسط گیاه می شود. به همین منظور، این تحقیق جهت بررسی اثر متقابل اسید هیومیک و تنش خشکی بر رشد و عملکرد سیب زمینی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در دانشکده کشاورزی بسطام انجام پذیرفت. فاکتورهای آزمایش شامل ۴ سطح محلول پاشی اسید هیومیک {صفر (شاهد)، ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ میلی لیتر در هکتار} و ۳ سطح دور آبیاری {۷ روز (شاهد)، ۱۴ روز و ۲۱ روز یکبار} بودند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثرات فاکتور های آزمایش بر صفات اندازه گیری شده معنی دار گردیده است. کاربرد ۲۴۰۰ میلی لیتر در هکتار اسید هیومیک موجب افزایش قطر، وزن خشک و عملکرد غده ها شد. دور آبیاری نیز در هر سطحی موجب کاهش عملکرد غده ها در مقایسه با شاهد شد. اثر متقابل اسید هیومیک و مدار آبیاری نیز بر صفات عملکرد غده معنی دار گردید. با توجه به نتایج به دست آمده می توان گفت که کاربرد اسید هیومیک در غلظت های مختلف سبب کاهش اثرات تنش خشکی می گردد. همچنین در هر سطحی از دور آبیاری کاربرد غلظت های مختلف اسید هیومیک موجب افزایش سطح برگ و بیوماس کل گیاه شد. اثر متقابل محلول پاشی اسید هیومیک در هر سطحی از دور آبیاری باعث افزایش سطح فتوسنتزی گیاه و بیوماس کل گیاه سیب زمینی شد. نتایج این آزمایش نشان داد که محلول پاشی اسید هیومیک در هر سطحی می تواند اثرات تنش خشکی را کاهش دهد.

کلمات کلیدی: سیب زمینی، تنش کم آبی، اسید هیومیک، عملکرد و اجزای عملکرد

صفحه	عنوان
۱	۱- فصل اول: مقدمه
۷	۲- فصل دوم: بررسی منابع
۸	۱-۲- مبدأ اولیه و تاریخچه سیب زمینی
۹	۲-۲- اهمیت سیب زمینی
۱۱	۳-۲- نگاهی به وضعیت کشت و کار سیب زمینی در جهان
۱۱	۲-۳-۲- تولید
۱۱	۲-۳-۲- سطح زیر کشت
۱۲	۳-۳-۲- میانگین عملکرد
۱۳	۴-۲- نگاهی به وضعیت کشت و کار سیب زمینی در ایران
۱۳	۱-۴-۲- سطح زیر کشت
۱۳	۲-۴-۲- تولید
۱۳	۳-۴-۲- عملکرد در هکتار
۱۴	۵-۲- گیاه شناسی سیب زمینی
۱۴	۱-۵-۲- شاخ و برگ و ساقه
۱۵	۲-۵-۲- برگ
۱۶	۳-۵-۲- ریشه
۱۷	۶-۲- اکولوژی و سازگاری سیب زمینی

- ۷-۲- کیفیت غده سیب زمینی ۲۰
- ۱-۷-۲- درصد ماده خشک ۲۰
- ۲-۷-۲- اندازه غده سیب زمینی ۲۲
- ۳-۷-۲- شکل غده ۲۲
- ۴-۷-۲- درصد قند های احیایی ۲۳
- ۵-۷-۲- بد رنگ شدن بعد از پوست کندن و لکه سیاه ۲۳
- ۸-۲- کشاورزی پایدار ۲۴
- ۱-۸-۲- اهمیت کشاورزی پایدار ۲۴
- ۲-۸-۲- ضرورت کاربرد و حفظ مواد آلی در کشاورزی پایدار ۲۶
- ۳-۸-۲- تشکیل هوموس ۲۷
- ۴-۸-۲- اسید هیومیک ۲۸
- ۵-۸-۲- تفاوت اسید هیومیک و اسید فولویک ۲۹
- ۶-۸-۲- نقش مواد هیومیک در جذب یون های مغذی ۳۱
- ۷-۸-۲- تأثیر مواد هیومیک بر رشد گیاهان ۳۲
- ۸-۸-۲- اسید هیومیک و تنش خشکی ۳۴
- ۹-۲- تنش های محیطی ۳۵
- ۱-۹-۲- تنش خشکی ۳۵
- ۲-۹-۲- تعریف خشکی ۳۸
- ۳-۹-۲- مکانیسم های مقابله با تنش خشکی ۳۸

۳۹	اثر تنش خشکی بر گیاه.....	۴-۹-۲
۴۱	فصل سوم: مواد و روش ها.....	۳-
۴۲	مشخصات محل آزمایش.....	۱-۳-
۴۲	وضعیت اقلیمی محل اجرای آزمایش.....	۲-۳-
۴۴	مشخصات خاک مزرعه.....	۳-۳-
۴۴	مشخصات طرح آزمایش.....	۴-۳-
۴۵	مشخصات پلات ها.....	۵-۳-
۴۵	آماده سازی زمین و اعمال تیمارها.....	۶-۳-
۴۶	کاشت غده ها.....	۷-۳-
۴۶	اعمال تیمارها.....	۸-۳-
۴۷	عملیات داشت.....	۹-۳-
۴۷	روش نمونه برداری و اندازه گیری صفات مورد مطالعه.....	۱۰-۳-
۴۹	فصل چهارم: نتایج و بحث.....	۴-
۵۰	روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI).....	۱-۴-
۵۴	درصدماده خشک غده.....	۲-۴-
۵۷	قطر بزرگ ترین غده.....	۳-۴-
۶۱	عملکرد غده.....	۴-۴-
۶۶	تسهیم بیوماس به ساقه و برگ.....	۵-۴-
۸۰	نتیجه گیری.....	۶-۴-

۷-۴-پیشنهادات ۸۲

۵-فصل پنجم: منابع و مراجع ۸۳

فهرست شکل ها

صفحه

عنوان

شکل ۱-۲	شکل شیمیایی اسید هیومیک.....	۲۹
شکل ۱-۳	نقشه کاشت	۴۵
شکل ۱-۴	روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) در دور آبیاری ۷ روز یکبار (S1) و سطوح مختلف اسید هیومیک بر مبنای تعداد روزهای پس از کاشت	۵۱
شکل ۲-۴	روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) در دور آبیاری ۱۴ روز یکبار (S2) و سطوح مختلف اسید هیومیک بر مبنای تعداد روزهای پس از کاشت	۵۱
شکل ۳-۴	روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) در دور آبیاری ۲۱ روز یکبار (S3) و سطوح مختلف اسید هیومیک بر مبنای تعداد روزهای پس از کاشت	۵۲
شکل ۴-۴	روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) در سطح صفر میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار (H1) و دوره های مختلف آبیاری بر مبنای تعداد روزهای پس از کاشت (S1، S2 و S3 به ترتیب دور آبیاری ۷، ۱۴، ۲۱ روز)	۵۲
شکل ۵-۴	روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) در سطح ۸۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار (H2) ، و دوره های مختلف آبیاری بر مبنای تعداد روزهای پس از کاشت (S1، S2 و S3 به ترتیب دور آبیاری ۷، ۱۴، ۲۱ روز)	۵۳
شکل ۶-۴	روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) در سطح ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار (H3) ، و دوره های مختلف آبیاری بر مبنای تعداد روزهای پس از کاشت (S1، S2 و S3 به ترتیب دور آبیاری ۷، ۱۴، ۲۱ روز)	۵۳
شکل ۷-۴	روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) در سطح ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار (H3) ، و دوره های مختلف آبیاری بر مبنای تعداد روزهای پس از کاشت (S1، S2 و S3 به ترتیب دور آبیاری ۷، ۱۴، ۲۱ روز)	۵۴
شکل ۸-۴	مقایسه میانگین استفاده از سطوح مختلف اسید هیومیک بر تجمع ماده خشک غده سیب زمینی	۵۷
شکل ۹-۴	مقایسه میانگین دوره های مختلف آبیاری بر تجمع ماده خشک غده سیب زمینی	۵۷
شکل ۱۰-۴	مقایسه میانگین دوره های مختلف آبیاری بر قطر بزرگ ترین غده سیب زمینی	۶۰
شکل ۱۱-۴	مقایسه میانگین استفاده از سطوح مختلف محلول پاشی اسید هیومیک بر قطر بزرگ ترین غده سیب زمینی	۶۰
شکل ۱۲-۴	مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف محلول پاشی اسید هیومیک و تنش خشکی بر عملکرد غده سیب زمینی.....	۶۶

شکل ۱۳-۴ رابطه وزن خشک ساقه با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۷ روز و محلول پاشی صفر میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار ۶۷

شکل ۱۴-۴ رابطه وزن خشک ساقه با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۱۴ روز و محلول پاشی صفر میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار ۶۷

شکل ۱۵-۴ رابطه وزن خشک ساقه با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۲۱ روز و محلول پاشی صفر میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار ۶۸

شکل ۱۶-۴ رابطه وزن خشک ساقه با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۷ روز و محلول پاشی ۸۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار ۶۸

شکل ۱۷-۴ رابطه وزن خشک ساقه با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۱۴ روز و محلول پاشی ۸۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار ۶۹

شکل ۱۸-۴ رابطه وزن خشک ساقه با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۲۱ روز و محلول پاشی ۸۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار ۶۹

شکل ۱۹-۴ رابطه وزن خشک ساقه با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۷ روز و محلول پاشی ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار ۷۰

شکل ۲۰-۴ رابطه وزن خشک ساقه با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۱۴ روز و محلول پاشی ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار ۷۰

شکل ۲۱-۴ رابطه وزن خشک ساقه با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۲۱ روز و محلول پاشی ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار ۷۱

شکل ۲۲-۴ رابطه وزن خشک ساقه با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۷ روز و محلول پاشی ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار ۷۱

شکل ۲۳-۴ رابطه وزن خشک ساقه با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۱۴ روز و محلول پاشی ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار ۷۲

شکل ۲۴-۴ رابطه وزن خشک ساقه با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۲۱ روز و محلول پاشی ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار ۷۲

شکل ۴-۲۵ رابطه وزن خشک برگ با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۷ روز و محلول پاشی صفر میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار ۷۳

شکل ۴-۲۶ رابطه وزن خشک برگ با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۱۴ روز و محلول پاشی صفر میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار ۷۳

شکل ۴-۲۷ رابطه وزن خشک برگ با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۲۱ روز و محلول پاشی صفر میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار ۷۴

شکل ۴-۲۸ رابطه وزن خشک برگ با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۷ روز و محلول پاشی ۸۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار ۷۴

شکل ۴-۲۹ رابطه وزن خشک برگ با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۱۴ روز و محلول پاشی ۸۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار ۷۵

شکل ۴-۳۰ رابطه وزن خشک برگ با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۲۱ روز و محلول پاشی ۸۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار ۷۵

شکل ۴-۳۱ رابطه وزن خشک برگ با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۷ روز و محلول پاشی ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار ۷۶

شکل ۴-۳۲ رابطه وزن خشک برگ با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۱۴ روز و محلول پاشی ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار ۷۶

شکل ۴-۳۳ رابطه وزن خشک برگ با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۲۱ روز و محلول پاشی ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار ۷۷

شکل ۴-۳۴ رابطه وزن خشک برگ با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۷ روز و محلول پاشی ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار ۷۷

شکل ۴-۳۵ رابطه وزن خشک برگ با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۱۴ روز و محلول پاشی ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار ۷۸

شکل ۴-۳۶ رابطه وزن خشک برگ با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۲۱ روز و محلول پاشی ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار ۷۹

شکل ۴-۳۷ ضریب ماده خشک اختصاص یافته به برگ (ضریب برگ) در ترکیبات تیماری مورد آزمایش (H1, H2, H3, H4 به

ترتیب محلول پاشی صفر، ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار و S1، S2 و S3 به ترتیب دور آبیاری ۷، ۱۴

و ۲۱ روز) ۷۹

شکل ۴-۳۸ رابطه بین ضریب برگ و عملکرد غده سیب زمینی ۸۰

فهرست جداول

صفحه

عنوان

جدول ۱-۳	مشخصات اقلیمی و جغرافیایی شاهرود	Error! Bookmark not defined.
جدول ۲-۳	آمار هواشناسی ایستگاه شاهرود	۴۳
جدول ۳-۳	مشخصات خاک مزرعه	۴۴
جدول ۴-۳	وضعیت کشت زمین در سه سال قبل از آزمایش	Error! Bookmark not defined.
جدول ۱-۴	تجزیه واریانس اثرات اسید هیومیک و تنش خشکی بر تجمع ماده خشک در غده	۵۵
جدول ۲-۴	تجزیه واریانس اثرات اسید هیومیک و تنش خشکی بر قطر بزرگ ترین غده	۵۸
جدول ۳-۴	تجزیه واریانس اثرات اسید هیومیک و تنش خشکی بر عملکرد غده سیب زمینی	۶۱

فصل اول

مقدمه

با وجود اینکه آب فراوان ترین ترکیب در سطح کره زمین می باشد، اما با این حال کمبود آن یا به عبارت دیگر در دسترس بودن آن در خارج از فصل رشد یکی از مهم ترین عوامل محدود کننده عملکرد گیاهان زراعی در ایران و سایر نقاط جهان می باشد. از مجموع ۱۴۹ میلیون کیلومتر مربع سطح قاره های کره زمین نزدیک به یک سوم آن را مناطق خشک و نیمه خشک پوشانده است (وهابزاده، ۱۳۷۹). کمربند خشک جغرافیایی و نوار بیابانی که در ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی واقع شده است، از شرایط آب و هوایی برخوردار است که جزو مناطق کم باران جهان بشمار می آید. کشور ما نیز با دارا بودن مساحتی برابر با ۱۶۵ میلیون هکتاری در موقعیت جغرافیایی ۴۵ تا ۶۱ درجه طول شرقی و ۲۵ تا ۳۸ درجه عرض شمالی واقع شده است که دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک با بارش پراکنده است (اصغریور و اژدری، ۲۰۱۱). از مجموع ۳۷ میلیون هکتار زمین های حاصلخیز ایران تنها ۱۸/۵ میلیون هکتار آن زیر کشت می رود و از این مقدار تنها ۸/۵ میلیون هکتار، معادل ۴۶ درصد اراضی زیر کشت، به کشت آبی اختصاص دارد (علیمحمدی، ۱۳۸۱). تحقیقات نشان می دهد که تنوع قابل توجه آب و هوایی در محیط های خشک و نیمه خشک ایران وجود دارد (مدرس و رودریگرز، ۲۰۰۷). متوسط بارندگی در ایران ۲۵۰ میلی متر است در حالی که متوسط بارندگی در جهان ۸۸۰ میلی متر می باشد. از طرفی اغلب بارندگی های ایران در فصل پاییز و زمستان واقع می شود که معمولاً منطبق بر نیاز گیاهان زراعی نمی باشد و گیاهان را دچار تنش های موقت یا شدید می کند. این بارندگی های ناکافی و غیر یکنواخت در طی سال، باعث شده تا برای کشت گیاهان زراعی در اکثر مناطق کشور، برای نیل به عملکرد اقتصادی مجبور به آبیاری گیاهان زراعی باشیم.

از سوی دیگر به لحاظ جوان بودن هرم سنی، جمعیت ایران تا حدود سال ۱۴۰۰ از افزایش قابل توجهی برخوردار خواهد بود. بر اساس برآورد صورت گرفته جمعیت ایران در سال ۱۴۰۰ به حدود ۱۰۰ میلیون نفر خواهد رسید. ازدیاد جمعیت در سرزمینی با شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک و

کم آب مانند ایران که دو سوم پهنه آن فاقد ریزش های مناسب جوی می باشد، مشکلات زیادی را ایجاد می کند. رشد سریع جمعیت و بهبود استانداردهای زندگی، تقاضا برای آب، که حجم آن محدود است را به شدت افزایش می دهد و رقابت بین مصرف کنندگان آب (شرب، کشاورزی، صنعت) را تشدید می کند. با افزایش جمعیت سهم هر ایرانی از منابع آب تجدید شونده از ۱۷۰۰۰ متر مکعب در ۵۰ سال گذشته به ۱۹۰۰ متر مکعب در حال حاضر رسیده است و پیش بینی می شود که در سال ۲۰۲۵ این سرانه به حدود ۱۳۰۰ متر مکعب کاهش پیدا کند (کشاورز و صادق زاده، ۱۳۷۹). علاوه بر این موارد افزایش بهره برداری بیش از حد از منابع آبی و کاهش کیفیت آب به علت افزایش شوری آن نیز مشکلات کشور را در بخش آب مضاعف می کند.

فقدان منابع آب و بروز خشکسالی های متوالی یکی از مشکلات عمده و اساسی کشاورزی در ایران و جهان به شمار می آید. این امر باعث می شود که گیاهان زراعی در طول فصل رشد خود با شدت های متفاوتی از تنش خشکی و کم آبی مواجه شوند. محدودیت منابع آب از یک سو و از سوی دیگر نبود مدیریت صحیح و مناسب در استفاده از منابع موجود می تواند عملکرد محصولات زراعی را تحت تأثیر قرار دهد. تنش خشکی از مهم ترین و رایج ترین تنش های محیطی است که در بیشتر مزارع با شدت های مختلف به چشم می خورد و گیاهان زراعی را با محدودیت روبرو ساخته و بازده و موفقیت در تولید را کاهش داده و با به خطر انداختن امنیت غذایی، جوامع بشری را با خطر جدی سوء تغذیه، قحطی و جنگ مواجه کرده است. بنابراین مدیریت منابع آب و خاک یک موضوع بسیار مهم برای مدیریت خشکسالی و کاهش خسارت های وارده آن می باشد.

تنش خشکی از تنش های عمومی می باشد که بر رشد و عملکرد گیاهان اثرات نامطلوبی دارد (عزیزی نیا و همکاران، ۱۳۸۴). نتایج بررسی های انجام شده نشان می دهد که مواجه شدن مراحل مختلف رشد ونمو با تنش خشکی، موجب کاهش در اکثر صفات وابسته به عملکرد می شود (جین، ۱۹۹۲). همچنین گزارشات زیادی در مورد اثر تنش رطوبتی از شدت های کم تا شدید بر ایجاد

اختلال در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان و تغییر در متابولیسم کربوهیدرات ها، ترکیبات نیتروژنه و ساختمان پروتئین و آنزیم ها وجود دارد (برار و همکاران، ۱۹۹۰). از طرف دیگر در خاک های تحت تنش خشکی، میزان مواد غذایی در دسترس گیاه دچار تغییرات قابل ملاحظه ای می گردد (فرنچ و همکاران، ۱۹۹۱)، که مدیریت صحیح و مناسب تغذیه گیاهان در این گونه شرایط از اهمیت بسیاری برخوردار می باشد. هرچند کمبود آب موجب بروز اثرات سوء زیادی در گیاهان می شود، اما فعالیت هایی که به افزایش حجم سلول (فشار تورگر) وابسته هستند حساسیت بیشتری به کمبود آب دارند. از بین این فرایندها می توان به تبادل گازی برگ که به حجم (فشار تورمی) سلول های محافظ وابسته است و دیگری افزایش سطح برگ که به گسترش سلولی متکی است اشاره کرد، که بازداري این فرایندها در شرایط تنش خشکی از عوامل مهم در کاهش عملکرد گیاهان زراعی می باشد (سلطانی و همکاران، ۱۳۷۹).

در حال حاضر نزدیک به سه دهه از توجه جهانی به موضوع حفاظت و صیانت از محیط زیست و حدود دو دهه از توجه به توسعه پایدار می گذرد. در دهه های دورتر، در تمامی پروژه های توسعه، صرفاً دیدگاه اقتصادی و ایجاد درآمد و بازده اقتصادی بیشتر، مد نظر بود. اما در دهه هفتاد میلادی این ذهنیت در افکار متفکران توسعه مطرح گردید که نگاه کاملاً اقتصادی به منابع طبیعی در نهایت منجر به بروز مشکلاتی نظیر تخریب محیط زیست، نابرابری اجتماعی، کاهش منابع و از همه مهم تر به خطر افتادن امنیت غذایی نسل های آینده می گردد، که جبران این معضلات در دراز مدت موجب ضررهای فراوان اقتصادی خواهد شد و چه بسا بخش اعظم این خسارت ها قابل جبران نباشد.

کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه در سال ۱۹۸۷، توسعه پایدار را چنین تعریف کرد: « نوعی توسعه که بدون مخاطره انداختن توان نسل های آینده برای رفع نیازهای خود، پاسخگوی نیازهای حال حاضر باشد » (سازمان ملل متحد، ۱۹۸۷). این مفهوم طی تعریف زیر برای بخش های

مواد غذایی و کشاورزی دقیق تر بیان شد و توسط شورای فائو مورد پذیرش قرار گرفت و بدین صورت تعریف شد:

« توسعه پایدار، مدیریت و حفاظت از منابع طبیعی پایه و تغییر جهت تکنولوژیکی و نهادی در چنین شیوه ای برای اطمینان از حصول و رضایت مستمر از نیازهای بشر برای نسل های حال و آینده است. چنین توسعه پایدار (در بخش کشاورزی، جنگلداری و شیلات) منابع ژنتیکی، زمین، آب، گیاه و حیوانات را حفظ می کند و از نظر محیط زیست غیر مخرب، از نظر فنی مناسب، از لحاظ اقتصادی قابل دوام و از نظر اجتماعی قابل قبول است » (فائو، ۱۹۸۸).

نگرانی ها در مورد کمبود مواد غذایی برای بخش مهمی از مردم جهان و بی ثباتی در کشور های کم درآمد، باعث شده که توجه به محصول پایداری که بتواند فشار را در این ناحیه کم کند، زیاد شده است (نیکخواه، ۱۳۸۸). تناژ بالای سیب زمینی و مقدار انرژی تولید شده توسط آن در واحد سطح و همچنین مناسب بودن آن برای کشت در زمین هایی که دچار فرسایش شده اند، نگاه ها را به سیب زمینی جلب کرده است. اهمیت سیب زمینی آنچنان بوده است که فائو سال ۲۰۰۸ را بعنوان سال جهانی سیب زمینی نام گذاری کرد. نام گذاری آن سبب افزایش آگاهی مردم و رسانه ها از نقش کلیدی این محصول برای تأمین بخش مهمی از غذای بشر به خصوص در کشورهای در حال توسعه در دهه های آینده خواهد شد.

با توجه به اهمیت و جایگاه ویژه مواد آلی در کشاورزی پایدار، بایستی به کمک روش های مدیریتی صحیح مقدار این مواد را در اکوسیستم های زراعی افزایش داد. از جمله این روش ها می توان به خاکورزی حفاظتی، تناوب زراعی، کود سبز، گیاهان پوششی و غیره اشاره کرد. علاوه بر این با استفاده از کودهای حیوانی و افزودنی های آلی نظیر کمپوست، ورمی کمپوست و مشتقات هیومیکی می توان فقر مواد آلی را در اراضی کشاورزی جبران نمود (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۸).

اسید هیومیک به عنوان یک اسید آلی حاصل از هوموس و سایر منابع طبیعی، از طریق اثرات هورمونی و بهبود جذب عناصر غذایی، سبب افزایش بیوماس ریشه و اندام های هوایی می گردد. این ماده فعالیتی شبه هورمونی دارد، به طوری که باعث افزایش رشد گیاه و جذب مواد مغذی شده و در نتیجه موجب افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش های محیطی نظیر تنش خشکی می گردد. اسید هیومیک تنها به صورت منبع محدود از مواد مغذی عمل نمی کند، بلکه این اسید آلی می تواند به عنوان تنظیم کننده رشد برای تنظیم سطح هورمون ها و بهبود رشد گیاهان مورد استفاده قرار گیرد (ناردی و همکاران، ۲۰۰۲).

موارد زیادی برای نحوه اثر اسید هیومیک در منابع آمده است، از جمله این تأثیرات می توان به مواردی مانند تشکیل پیوندهای کمپلکس بین اسید هیومیک و یون های معدنی، تجزیه اسید هیومیک به آنزیم ها در بافت های گیاهی، اثر اسید هیومیک بر فرایندهای تنفس و فتوسنتز و نیز بر تحریک متابولیسم اسیدهای نوکلئیک اشاره نمود (چن و همکاران، ۲۰۰۴).

هدف از انجام این آزمایش، بررسی اثر متقابل دوره های مختلف آبیاری (تنش خشکی) و محلول پاشی غلظت های مختلف اسید هیومیک بر رشد و عملکرد سیب زمینی رقم اگر یا بوده است. با توجه به اثرات مثبت ذکر شده در مورد کاربرد اسید هیومیک و اثرات سوء تنش خشکی، به ویژه در زراعت سیب زمینی و همچنین اهمیت تغذیه در زراعت این محصول از یک طرف، و از جهت دیگر در راستای اهداف زیست محیطی و حرکت به سمت کشاورزی پایدار و کم نهاده، انجام این آزمایش ضروری به نظر می رسد تا اینکه بتوان سطوح مؤثر این ماده آلی را در زراعت سیب زمینی در شرایط کم آبی مشخص نمود.

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- مبدأ اولیه و تاریخچه سیب زمینی

سیب زمینی که به خانواده سولاناسه تعلق دارد مانند اغلب گیاهان زراعی این خانواده از قاره آمریکا به سایر نقاط جهان برده شده است. منشأ گیاه سیب زمینی آمریکای جنوبی به خصوص پرو و بولیوی می باشد. تحقیقات نشان داده است که در حدود ۷۰۰۰ تا ۸۰۰۰ سال قبل، جوامع انسانی شکارچی و کشاورز که در اطراف دریاچه تیتیکاکا ساکن بودند، گونه های وحشی سیب زمینی را که در این منطقه به وفور یافت می شد را اهلی نمودند. نتایج این پژوهش که بر اساس آنالیز ژنتیکی توده های وحشی و ۳۶۵ رقم محلی به دست آمده است به سال ها بحث در مورد منشأ پیدایش سیب زمینی پایان داد و بر این اساس سیب زمینی فقط یک سر منشأ دارد و آن در شمال دریاچه تیتیکاکا در مرز پرو و بولیوی و در ارتفاع ۳۸۰۰ متری از سطح دریا قرار دارد (سیپ، ۲۰۱۳).

سیب زمینی در قرن شانزدهم به وسیله ی اسپانیایی ها از کیتو پایتخت اکوادور در آمریکای جنوبی به اروپا از جمله آلمان، ایتالیا و بلژیک برده شد و به تدریج به عنوان یک ماده غذایی مورد کشت و کار گسترده قرار گرفت (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۴). عده ای دیگر معتقدند اولین بار یک شخص انگلیسی به نام سر والتر واله سیب زمینی را در مزرعه خود در نزدیکی کوک کاشت و از آنجا به آلمان، روسیه و اتریش برده شد (طباطبایی، ۱۳۶۵). در طی قرن نوزدهم به تدریج سیب زمینی توسط استعمارگران از اروپا به چند کشور گرمسیری و نیمه گرمسیری برده شد (رضایی و سلطانی، ۱۳۸۳).

تا پایان دهه ۹۰ میلادی در حدود ۲۰۰ گونه وحشی سیب زمینی در منطقه آند شناسایی و طبقه بندی شدند (هیجمنز و اسپونر، ۲۰۰۱)، زیستگاه بخش عمده ایی از این ارقام در بخش جنوبی این رشته کوه است، ناحیه ایی که به شکل کمان از شمال آرژانتین شروع شده و تا جنوب شرقی

بولیوی امتداد دارد. از خصوصیات جلگه های این منطقه، ارتفاع ۳۰۰۰ تا ۴۱۳۰ متری از سطح دریا و آفتاب حاره ایی و باد های سرد را می توان نام برد (بنتون، ۱۹۹۹).

برای اولین بار سیب زمینی در زمان فتحعلی شاه قاجار، توسط سرجان ملکم، سفیر ایران در انگلیس به کشور آورده شد و کشت و کار آن ابتدا در مرحله پشند واقع در اطراف تهران آغاز گردید (طباطبایی، ۱۳۶۵). در حال حاضر سیب زمینی در اکثر نواحی کشور به خصوص در نواحی شمال غربی مورد کشت و کار قرار می گیرد. اکثر ارقام سیب زمینی که در ایران کشت و کار می شوند منشأ اروپایی دارند و با توجه به زیستگاه اصلی آن در آمریکای جنوبی و استفاده از ذخایر عظیم ژنتیکی این گیاه، می توان برخی از نیاز های کشور برای بهبود عملکرد کمی و کیفی ارقام موجود در کشور را برآورده کرد (ترابی و همکاران، ۱۳۸۷).

۲-۲- اهمیت سیب زمینی

مجمع عمومی سازمان ملل متحد در دسامبر سال ۲۰۰۵ تصمیم به نام گذاری سال ۲۰۰۸ به عنوان سال بین المللی سیب زمینی (IYP) گرفت. با رسیدن تولید جهانی سیب زمینی به رکورد ۳۲۵ میلیون تن در سال ۲۰۰۷ میلادی، سیب زمینی جایگاه نخست کالای غذایی غیر دانه ایی را به دست آورده است (فائو، ۲۰۰۸). مصرف سیب زمینی در کشورهای در حال توسعه به طور پیوسته در حال گسترش است که باعث شده سیب زمینی به طور فزاینده ایی سهم مهمی از منبع غذایی، اشتغال و درآمد را به دست آورد. با افزایش شدید قیمت جهانی غذا در سال ۲۰۰۸، که موجب تهدید امنیت غذایی و ثبات کشورهای کم درآمد شد، منافع جهانی سیب زمینی به شدت افزایش یافته است. بر خلاف غلات، سیب زمینی کالایی با داد و ستد در سطح جهانی نیست و قیمت ها معمولاً با هزینه های تولید محلی تعیین می شود. بنابراین به طور فزاینده ای، از سیب زمینی به عنوان محصول

حیاتی و تضمین کننده امنیت غذایی یاد می شود و به عنوان جایگزینی مهم برای واردات غلات پر هزینه نیز محسوب می شود (لاتالادیو و کاستالدی، ۲۰۰۹).

در سطح جهانی، سیب زمینی تنها حدود ۲ درصد از عرضه انرژی غذا را به خود اختصاص داده، با این حال جزء اصلی برنامه غذایی در بسیاری از کشورها می باشد. در کشورهای توسعه یافته، سیب زمینی ۵۴۰ کیلوژول (۱۳۰ کیلوکالری) به ازای هر فرد در هر روز انرژی تأمین می کند، در حالی که این مقدار در کشورهای در حال توسعه، تنها ۱۷۰ کیلوژول (۴۲ کیلوکالری) به ازای هر فرد در هر روز می باشد؛ بعلاوه این مقدار انرژی تقریباً به طور کامل از محتوای کربوهیدرات آن مشتق شده است. بسیاری از گونه های سیب زمینی مقادیر مواد مغذی مهم از فیبر غذایی (تا ۳/۳ درصد)، اسید اسکوربیک (بیش از ۴۲ میلی گرم در ۱۰۰ گرم)، پتاسیم (بیش از ۶۹۳/۸ میلی گرم در ۱۰۰ گرم)، کاروتنوئیدها کل (بیش از ۲۷۰۰ میکروگرم در ۱۰۰ گرم) و فنل های آنتی اکسیدان مانند اسید chlorogenic (بیش از ۱۵۷۰ میکروگرم در ۱۰۰ گرم) و پلیمرهای آن، و مواد غیرمغذی مانند α -solanine (۴۷/۲ - ۰/۰۰۱ میلی گرم در ۱۰۰ گرم) و مقادیر کمتری از پروتئین (۴/۲ - ۰/۸۵ درصد)، اسیدهای آمینه، مواد معدنی و ویتامین ها، و سایر اجزای فعال مفید و مضر را دارا هستند (بورلینگام و همکاران، ۲۰۰۹).

مواد مغذی موجود در سیب زمینی به تعدادی از عوامل بستگی دارد که تنوع در این میان مهم ترین است. تنوع زیستی سیب زمینی، با بیش از ۴۰۰۰ گونه شناخته شده گسترده است، که اغلب متعلق به گونه *Solanum tuberosum*، اما ۱۰ گونه دیگر نیز کشت می شوند و ۲۰۰ گونه وحشی نیز شناخته شده است. شیوه های مدرن کشاورزی و تغییرات آب و هوایی با کمک به از دست رفتن تنوع زیستی سیب زمینی، باعث از دست دادن ژن های مفید برای مسیر بیوسنتز مواد مغذی است. آگاهی از نقش تنوع ژنتیکی در ترکیب مواد مغذی موجود در سیب زمینی، به راهبرد های راهنمایی که

ممکن است از دست رفتن تنوع زیستی را کاهش دهند و باعث بهبود امنیت غذایی و تغذیه گردند، کمک می کند (بورلینگام و همکاران، ۲۰۰۹).

۲-۳- نگاه‌ی به وضعیت کشت و کار سیب زمینی در جهان

۲-۳-۱- تولید

بر اساس گزارش فائو، در سال ۲۰۱۰ میلادی ۳۲۴ میلیون تن سیب زمینی در دنیا تولید شده که این مقدار تولید، سیب زمینی را پس از نیشکر، برنج، ذرت و گندم در رده پنجم تولید محصولات کشاورزی جهان قرار داد. بنابر همین گزارش چین با تولید ۷۴/۷۹ میلیون میلیون تن سیب زمینی در رده اول و هند با ۳۶/۵۷ میلیون میلیون تن و روسیه با ۲۱/۱۴ میلیون تن به ترتیب در رده ی دوم و سوم بزرگ ترین تولید کنندگان سیب زمینی در دنیا قرار داشتند.

ایران نیز با تولید ۴/۰۵ میلیون تن سیب زمینی در رده ی شانزدهم جهان و پس از چین، هند، بنگلادش و ترکیه در رده ی پنجم آسیا جای گرفت.

۲-۳-۲- سطح زیر کشت

بنابر گزارش فائو، سطح زیر کشت سیب زمینی در جهان طی سال ۲۰۱۰ میلادی حدود ۱۸/۶ میلیون هکتار بوده که نسبت به سال ۲۰۰۰ با سطح زیر کشت ۲۰ میلیون هکتار، ۷/۳ درصد کاهش داشته است، با این حال سیب زمینی تولیدی در سال ۲۰۱۰ نسبت به سال ۲۰۰۰ با تولید ۳۲۷ میلیون تن، تنها ۰/۹ درصد کاهش داشته است که نشان از افزایش عملکرد در واحد سطح می باشد. بیشترین سطح زیر کشت سیب زمینی در دنیا به کشور چین با ۵/۰۷ میلیون هکتار تعلق داشت. پس از چین، روسیه با ۲/۱ میلیون هکتار و هند با ۱/۸۳ میلیون هکتار در رده دوم و سوم قرار داشتند.

ایران نیز با ۱۴۶ هزار هکتار سطح زیر کشت سیب زمینی در رده ی بیست و یکم جهان قرار گرفت.

۲-۳-۳- میانگین عملکرد

بنابر گزارش فائو، میانگین عملکرد سیب زمینی در دنیا در سال ۲۰۱۰ میلادی ۱۷/۴۳ تن در هکتار بوده است، که میانگین عملکرد نسبت به سال ۲۰۰۰ با ۱۶/۳۱ تن در هکتار، ۶/۸۶ درصد و نسبت به سال ۱۹۹۰ با ۱۵/۱۳ تن در هکتار، ۱۵/۲ درصد رشد داشته است. بنا بر همین گزارش در سال ۲۰۱۰ آمریکا با میانگین عملکرد ۴۴/۹۵ تن در هکتار رتبه اول و انگلستان با ۴۳/۸۸ تن در هکتار و هلند با ۴۳/۵۹ تن در هکتار به ترتیب رتبه های دوم و سوم بالاترین میانگین عملکرد در واحد سطح در دنیا را کسب کرده اند. در همین سال ایران با میانگین عملکرد ۲۷/۷۱ تن در هکتار در رده بیست و چهارم دنیا قرار داشت که نسبت به سال ۲۰۰۰ با میانگین عملکرد ۲۱/۶۶ تن در هکتار و جایگاه چهل و یکمی، پیشرفت خوبی داشته است.

در ابتدای دهه ی ۱۹۶۰ تنها ۱۱ درصد تولید سیب زمینی در جهان متعلق به کشور های در حال توسعه بوده است، اما همراه با بهبود کمی و کیفی سطح آموزش کشاورزان، ورود فناوری های جدید و برنامه های اصلاحی بر روی ارقام مختلف در شرایط اقلیمی این کشور ها باعث افزایش تولید شده است (رشیدی، ۱۳۸۳). به طوری که از ۳۲۴ میلیون تن سیب زمینی تولیدی جهان در سال ۲۰۱۰ میلادی ۷۲/۵۶ درصد مربوط به کشورهای در حال توسعه می باشد. نکته جالب آن که طی نیم قرن اخیر یعنی از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰ سطح زیر کشت سیب زمینی در دنیا از ۲۲/۱۴ میلیون هکتار به ۱۸/۶ میلیون هکتار رسیده، که حاکی از کاهش ۱۶/۰۳ درصدی می باشد. با این حال تولید با رشد ۱۹/۸۲ درصدی از ۲۷۰ میلیون تن به ۳۲۴ میلیون تن رسیده است. این مهم به علت افزایش بازده و میانگین عملکرد از ۱۲/۲۱ تن در هکتار در سال ۱۹۶۱ به ۱۷/۴۳ تن در هکتار در سال ۲۰۱۰ حاصل شده است.

۴-۲- نگاهی به وضعیت کشت و کار سیب زمینی در ایران

۴-۲-۱- سطح زیر کشت

سطح زیر کشت سیب زمینی کشور در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ حدود ۱۴۶ هزار هکتار برآورد شده است که ۹۸/۸۵ درصد آن به کشت آبی و ۱/۵ درصد آن به کشت دیم اختصاص داشته است. استان همدان با دارا بودن ۱۶/۲۳ درصد اراضی زیر کشت در رده نخست قرار داشت و استان های اردبیل، اصفهان، کرمان، زنجان، آذربایجان شرقی و کردستان به ترتیب با ۱۰/۷۲، ۹/۹۷، ۷/۴۱، ۷/۱۹، ۶/۶۱ و ۶/۵۶ درصد در رده های دوم تا هفتم قرار دارند. هفت استان مزبور در مجموع ۶۴/۷۱ درصد اراضی زیر کشت سیب زمینی کشور را به خود اختصاص دادند (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۰).

۴-۲-۲- تولید

میزان تولید سیب زمینی کشور در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸، ۴/۲۷ میلیون تن برآورد شده است که ۹۹/۶۲ درصد آن از اراضی آبی به دست آمده است. استان همدان با تولید ۲۳/۴۸ درصد سیب زمینی تولیدی کشور در رده نخست قرار داشت. استان های اردبیل، اصفهان، آذربایجان شرقی، کردستان، کرمان و زنجان به ترتیب با دارا بودن ۹/۴۴، ۸/۱۹، ۷/۴۹، ۷/۴۷ و ۶/۸۳ و ۶/۳۴ درصد از تولید سیب زمینی کشور در رده های دوم تا هفتم قرار گرفتند. هفت استان یادشده در مجموع ۶۹/۲۴ درصد تولید سیب زمینی کشور را به خود اختصاص دادند (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۰).

۴-۲-۳- عملکرد در هکتار

عملکرد سیب زمینی آبی در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸، ۲۹/۴۴ تن و سیب زمینی دیم ۹/۵۱ تن در هکتار بوده است. بیشترین عملکرد آبی متعلق به استان همدان با تولید ۴۲/۲۶ تن در هکتار و کمترین به استان قم با تولید ۶/۶ تن در هکتار بوده است. همچنین استان گیلان با تولید ۲۱/۲۵ تن در هکتار

و استان مازندران با تولید ۸/۲ تن در هکتار سیب زمینی به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دیم را در کشور داشتند (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۰).

۲-۵- گیاه شناسی سیب زمینی

سیب زمینی گیاهی علفی است که به طور کلی غده آن مورد استفاده قرار می گیرد. این گیاه، یک ساله، دو لپه ای و از جنس سولانوم (*Solanum*)، گونه توبرزوم (*Tuberosum*) و خانواده سولاناسه (*Solanaceae*) می باشد. بیش از ۹۰ جنس و ۲۸۰۰ گونه از این گیاه وجود دارد (مایر و همکاران، ۲۰۰۲).

سیب زمینی از بخش های زیر تشکیل شده است:

الف) شاخ و برگ و ساقه

ب) غده و استولون

ج) ریشه

۲-۵-۱- شاخ و برگ و ساقه

ساقه های هوایی در سیب زمینی ممکن است منشعب باشند و در برش عرضی سه گوش به نظر می رسند و عموماً توخالی هستند (رضایی و سلطانی، ۱۳۸۳). به طور کلی سه نوع ساقه در سیب زمینی دیده می شود. ساقه اصلی که مستقیماً از غده بذری به وجود می آید و از جوانه های انتهایی یا جانبی چشم رشد می کند (کریجس، ۱۹۵۵).

ساقه های ثانویه از غده بذری به وجود نمی آیند، بلکه از انشعابات جانبی تحتانی ساقه ی اصلی حاصل شده اند. در صورتی که یک ساقه ی ثانویه در فاصله نزدیکی به غده بذری و از ساقه ی اصلی

به وجود بیاید و تشکیل استولون و غده بدهد و غده آن مشابه ساقه ی اصلی باشد، این ساقه ثانویه را نیز یک ساقه ی اصلی به حساب می آورند (آلن و وور، ۱۹۷۳).

تفاوت سرعت و طول دوره سبز شدن، باعث به وجود آمدن نسبت های متفاوتی از هر یک از این ساقه ها می شود، به طوری که دوره سبز شدن کوتاه باعث تولید ساقه های اصلی زیاد و دوره سبز شدن طولانی باعث به وجود آمدن ساقه های اصلی کم، ولی ساقه های ثانویه ی زیادی می شود (کریمی، ۱۳۸۶). ساقه سیب زمینی در طول رشد خود چندین بار منشعب شده و هر انشعاب بعد از تولید تعدادی برگ ممکن است گل و انشعاب دیگری تولید کند.

قسمت تحتانی ساقه همراه با برگ های آن تا محل نخستین گل، سطح اول نامیده می شود. فاصله بین نخستین گل و اولین گروه از گل ها، سطح دوم و به همین ترتیب سطح های بعدی به وجود می آیند. تعداد سطوح و طول ساقه به وارسته، طول روز، میزان نیتروژن و غده بستگی دارد. در وارسته های زود رس سیب زمینی، تعداد سطوح کمتر و طول ساقه کوتاه تر می باشد، ولی در وارسته های دیررس تعداد سطوح زیادتر و هر سطح نیز طویل تر می شود (رضایی و سلطانی، ۱۳۸۳).

۲-۵-۲- برگ

برگ ها مهم ترین واحد فتوسنتزکننده در گیاه سیب زمینی به حساب می آیند و تولید کربوهیدرات و تأمین مواد مورد نیاز گیاه به خصوص غده ها را بر عهده دارند (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۰). برگ ها در تشخیص ارقام مختلف نیز اهمیت بسیاری دارند. برگ ها ممکن است کوتاه، بلند، باریک یا پهن باشند. در سطح زیرین برگ ها تعداد زیادی روزنه وجود دارد و انواع مختلف کرک نیز در اندام های هوایی وجود دارد. الگوی برگ دهی در گیاه سیب زمینی مرکب پر مانند، به همراه ۶ تا ۱۲ برگچه بیضی شکل متناوب با یک برگچه ی انتهایی می باشد، حاشیه برگ ها نیز مژرس یا صاف می باشد. بوته هایی که دارای برگ های متعددی هستند ظاهراً فشرده به نظر می رسند (تاتم و

همکاران، ۱۹۴۵). اندکی پس از سبز شدن، برگ ها شروع به رشد می کنند، بنابراین گسترش سطح برگ در سیب زمینی در مقایسه با سایر گیاهان نسبتاً سریع تر است.

دمای حداقل و مطلوب برای گسترش سطح برگ در سیب زمینی به ترتیب ۷ و ۲۰ درجه سانتی گراد می باشد (مجتهدی و مودب شبستری، ۱۳۸۷). ثابت شده است که با افزایش دما از حد مطلوب، میزان فتوسنتز کاهش می یابد. با این حال نسبت مناسب درجه حرارت روزانه به شبانه حدود ۲۳ به ۱۲ درجه سانتی گراد است، با افزایش درجه حرارت روزانه، برای دست یافتن به رشد مطلوب اختلاف دمای روزانه و شبانه باید بالا باشد (تورنتون، ۲۰۰۲). در درجه حرارت های بالا دوره رشد برگها طولانی تر می شود در نتیجه سهم انتقال مواد فتوسنتزی به غده ها کاهش می یابد (جکسون، ۱۹۹۹). تحت شرایط تهویه مناسب لایه های برگ نسبتاً به خوبی سازماندهی شده و همراه با فضای کوچک بین سلولی هستند. در سیستم آوندی برگ تحت شرایط تهویه، آوند چوبی به خوبی توسعه می یابد (محمد و آلسادون، ۲۰۱۰).

۲-۵-۳- ریشه

سیب زمینی دارای هر دو سیستم ریشه ایی راست و افشان است. بوته ایی که از بذر حقیقی سیب زمینی بوجود می آید، دارای سیستم ریشه ای راست است، اما بوته ای که از غده بذری بوجود می آید دارای سیستم ریشه ای افشان و نابجا می باشد. در هر گره ساقه اصلی چندین ریشه کم قطر بوجود می آید. به دلیل آنکه میانگره ها رشد نیافته اند، ریشه ها در روی ساقه اصلی و در ناحیه نزدیک به غده مادری به صورت متراکم دیده می شوند. با افزایش رشد میانگره ها، امکان رشد ریشه ها به صورت هلالی در بالای محل خروج ساقه های خزنده زیر زمینی دیده می شود و به این دلیل ریشه ها به صورت مطبق از روی ساقه های اصلی منشأ یافته و از اعماق مختلف خاک به جذب آب و مواد غذایی می پردازند. بخش مهمی از ریشه ها تا حدود ۳۰ روز پس از سبز شدن به خوبی در خاک گسترش می یابند، اما ریشه ها به دلیل انتقال مواد غذایی از قسمت های هوایی به اندام های زیر زمینی

و در صورت مساعد بودن شرایط و فراوانی رطوبت خاک و عدم محدودیت های رشدی دیگر، معمولاً تا اواخر دوره رشد به توسعه خود ادامه می دهند. نهایت پتانسیل عمق توسعه ریشه در خاکهای نفوذ پذیر به یک متر می رسد. اما ۸۵ درصد ریشه تا عمق ۳۰ سانتی متری عمق خاک تجمع پیدا کرده است (اوندر و همکاران، ۲۰۰۵). ریشه ها حتی قادر به جذب نیترات نشان دار در عمق ۶۴ سانتی متری هم خاک شده اند (مرخام، ۱۹۷۴).

۲-۶- اکولوژی و سازگاری سیب زمینی

سیب زمینی گیاهی است که با توجه به سازگاری زیاد آن، هم اکنون در بیش از ۱۴۰ کشور جهان کشت و کار می شود (رضایی و سلطانی، ۱۳۸۳). سیب زمینی در بیشتر نقاط جهان و در محدوده عرض جغرافیایی ۶۵ درجه شمالی تا ۴۵ درجه جنوبی و از سطح دریا تا ارتفاع بیش از ۳۵۰۰ متر از سطح دریا (بسته به عرض جغرافیایی) مورد کشت قرار می گیرد. اما به علت اثرات محدود کننده حرارت و تنش آبی بر روی رشد و عملکرد سیب زمینی (پیرا و شک، ۲۰۰۷)، بیشترین میزان تولید این گیاه در مناطق معتدله به دست می آید (رضایی و سلطانی، ۱۳۸۳). بیشتر تحقیقات انجام شده در مورد تجزیه و تحلیل رشد سیب زمینی در عرض های جغرافیایی بالاتر از ۴۰ درجه شمالی صورت گرفته است، در چنین مناطقی الگوی رشد و تجمع مواد غذایی با مناطق گرمسیر متفاوت است (مک کولوم، ۱۹۷۸؛ اوهایر، ۱۹۸۵؛ اینگرام و مک کلود، ۱۹۸۴).

سیب زمینی تقریباً در تمام نواحی ایران و تا ارتفاع حدود ۲۵۰۰ متر از سطح دریا (بسته به عرض جغرافیایی) کشت می شود، زیرا بر اساس تلفیق عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا و در نتیجه وضعیت دما می توان تاریخ کشت و فصل رشد مناسبی (از پاییز تا اواسط بهار) برای سیب زمینی پیدا کرد (خواجه پور، ۱۳۸۹). سیب زمینی گیاهی است که خواهان آب و هوای خنک بوده و حساس به گرما می باشد، و به طور کلی در درجه حرارت های پایین تر، از رشد مطلوب تری برخوردار

است (تورنتون، ۲۰۰۲). درجه حرارت مطلوب برای فتوسنتز برگ در سیب زمینی حدود ۲۴ درجه سانتی گراد می باشد و ثابت شده است که میزان فتوسنتز با افزایش دما کاهش می یابد. درجه حرارت بر سرعت نمو نیز اثر می گذارد به طوری که حداکثر نمو سیب زمینی در درجه حرارت بین ۱۴ تا ۲۲ درجه سانتی گراد گزارش شده است (تیملین و همکاران، ۲۰۰۶). سیب زمینی بهترین رشد را در مناطقی دارد که میانگین درجه حرارت هوا در گرمترین ماه فصل رشد حدود ۲۵ درجه سانتی گراد یا کمتر باشد (خواجه پور، ۱۳۸۹). شروع رشد جوانه در دمای ۷ تا ۹ درجه سانتی گراد به کندی آغاز می شود، در دمای ۱۸ درجه سانتی گراد در حداکثر است و در دمای ۶ درجه سانتی گراد متوقف می شود. دمای مناسب خاک برای شروع غده دهی ۱۶ تا ۱۹ درجه سانتی گراد است. افزایش دمای خاک تا بیش از ۲۰ درجه سانتی گراد باعث کاهش سرعت رشد غده ها و توسعه آنها با هوای گرم موجب کاهش محصول و نیز بد شکل شدن غده ها می شود. کاهش محصول غده در زمانی که دما زیاد باشد به این علت است که در دمای بالا گیاه مقدار زیادی از کربوهیدرات هایی را که در مرحله فتوسنتز تولید کرده است از طریق تنفس از دست می دهد. بنابراین افزایش درجه حرارت در زمان غده بستن منجر به کاهش ذخیره کربو هیدرات های مورد نیاز برای رشد و توسعه غده ها می گردد (کوچکی و همکاران، ۱۳۶۶). اوینگ و استروک در سال ۱۹۹۲ گزارش کردند که دمای زیاد خاک مانع نمو استولون به غده در سیب زمینی می شود، زمانی که دمای خاک بالا باشد استولون به سمت بالا رشد کرده و در این حالت در مجاورت هوای خنک تشکیل غده های هوایی می دهند. همچنین با افزایش دمای محیط تا ۲۲ درجه سانتی گراد، دوره نموی سبز شدن تا آغاز غده دهی کوتاه تر شده و در درجه حرارت های بالاتر از این مقدار این مدت افزایش می یابد (کومان و همکاران، ۱۹۹۶).

پوشش کامل سطح خاک توسط اندام های هوایی و وجود مقدار مناسبی از رطوبت خاک، از افزایش دمای خاک جلوگیری می کند. دمای بالا سبب تحریک رشد رویشی، کاهش راندمان رشد

رویشی یا شاخص برداشت و تولید غدد بزرگ شده و دمای پایین سبب افزایش تعداد غده می گردد (خواجه پور، ۱۳۸۹).

سیب زمینی از نظر گل دهی گیاهی روز بلند و از نظر غده بندی گیاهی روز کوتاه به شمار می رود. این دو صفت کاملاً از هم مستقل می باشند. هر چه رقم از نظر غده بندی دیررس تر باشد، حساسیت زیادتری نسبت به طول روز دارد. روزهای بلند، هوای گرم و نیتروژن فراوان منجر به توسعه و رشد اندام های هوایی شده و نسبت اندام های هوایی به غده را افزایش می دهد. در مقابل روزهای کوتاه، هوای خنک و کمبود نیتروژن موجب تسریع در غده بندی و زودرسی محصول شده و نسبت اندام های هوایی به غده را کاهش می دهد. نور کم غده دهی سیب زمینی را به تاخیر می اندازد. اثر نور کم بر غده دهی شبیه تأثیر درجه حرارت بالا بر غده دهی می باشد (جکسون، ۱۹۹۹). شدت نور زیاد برای غده دهی زود هنگام مناسب است و موجب افزایشی عملکرد و درصد ماده خشک غده می شود. اما شدت نور خیلی زیاد می تواند موجب تنش رطوبتی، زودرسی و کاهش عملکرد گردد (کریمی، ۱۳۸۶). منزل در سال ۱۹۸۵ گزارش داد که با کاهش شدت نور و تشعشع، تسهیم مواد فتوسنتزی به غده ها کاهش می یابد. بر این اساس سیب زمینی، هنگامی که پس از شروع غده دهی در شرایط نور کم واقع می شود، ادامه غده دهی با شدت افزونتری به تاخیر می افتد، وی دلیل این موضوع را تولید موادی نظیر جیبرلیک اسید در چنین شرایطی می داند (منزل، ۱۹۸۵).

گام نخست در تغذیه صحیح گیاه برای دست یافتن به محصول حداکثری و با کیفیت، اطلاع از حاصلخیزی خاک می باشد. حاصلخیزی خاک در درجه اول به ماهیت ذاتی خاک و در درجه دوم به عملیاتی بستگی دارد که به منظور اصلاح و بهبود کیفیت خاک صورت می پذیرد. سیب زمینی گیاهی است که به بافت خاک حساس می باشد. خاک های سبک تا متوسط، با اینکه ظرفیت آگیری کمی دارند، اما بهتر گرم می شوند و برداشت محصول در آنها آسان تر می باشد. سیب زمینی در خاک هایی با بافت سبک (لومی شنی) با ماده آلی ۲ تا ۵ درصد رشد بهتری دارد. در شرایط ایران که ماده

آلی خاک ها کمتر از ۱ درصد است، بافت های متوسط لومی، سیلتی و لوم رسی شنی مناسب به نظر می رسد. سیب زمینی حساسیت زیادی به pH خاک ندارد اما در محدوده pH حدود ۶ تا ۷/۵ رشد بهتری دارد. سیب زمینی از گیاهانی است که حساسیت زیادی به شوری خاک دارد. همچنین به تنش رطوبتی، بخصوص از مرحله شروع غده بندی تا شروع زرد شدن برگ ها حساس است. بیشترین حساسیت در اواسط دوران رشد غده و حدود ۳ تا ۶ هفته پس از شروع غده بندی مشاهده می گردد. این گیاه به آب ایستادگی و عدم تهویه خاک حساس است. فراوانی رطوبت خاک موجب سردی خاک، محدودیت تهویه، تحریک رشد رویشی، تسریع رشد غده و تولید غده های درشت با حفره هایی در مرکز غده می شود (خواجه پور، ۱۳۸۹).

۷-۲ - کیفیت غده سیب زمینی

ترکیب و وضعیت ظاهری غده نوع استفاده از آن را تعیین می کند. ویژگی های مهم غده که کیفیت آن را تعیین می کنند عبارتند از: درصد ماده خشک، بد رنگ شدن پس از کندن پوست، حساسیت به لکه سیاه و بد رنگ شدن پس از پخت، مقدار قند های احیایی و همچنین خصوصیات ظاهری چون، اندازه، شکل غده و ظاهر بیرونی آن مثل رنگ و لکه ها و ترک های موجود در روی پوست. ژنوتیپ عامل اصلی در ویژگی های کیفی سیب زمینی است. اما بدون هیچ تردیدی محیط و خصوصاً عناصر غذایی که محصول در طول رشد از آنها استفاده می کند در کیفیت غده سیب زمینی نقش مهمی دارند.

۱-۷-۲ - درصد ماده خشک

ماده خشک سیب زمینی بخش جامد باقیمانده پس از خشک شدن غده ها می باشد (لیو و همکاران، ۲۰۰۷)، که نحوه محاسبه آن به این صورت می باشد که کل ماده خشک غده را تقسیم بر وزن کل غده ها قبل از خشک کردن کرده و در عدد صد ضرب می کنیم (رضایی و سلطانی، ۱۳۸۳).

میزان ماده خشک غده با نرمی آن در ارتباط است. بنابراین برای مصارف کنسرو سازی از غده هایی با درصد ماده خشک پایین می توان استفاده کرد (رضایی و سلطانی، ۱۳۸۳). واضح است هرچه درصد ماده خشک بالاتر باشد در هنگام فرآوری، آب کمتری تبخیر می شود و میزان تولید فرآورده از آن بالاتر خواهد بود. از طرفی به میزان انرژی کمتری برای تبخیر آب اضافی نیاز می باشد. همچنین هرچه میزان ماده خشک بالاتر باشد به هنگام فرآوری میزان مصرف روغن پایین خواهد آمد و به سلامت مصرف کننده نیز کمک می کند (هاورکورت و همکاران، ۲۰۰۲).

مقدار ماده خشک غده توسط عوامل متعددی کنترل می شود که با یکدیگر اثر متقابل دارند. تقریباً تمام عواملی که بر عملکرد غده تأثیر دارند بر درصد ماده خشک نیز تأثیر می گذارند. در درجه حرارت های بالاتر و هوای گرم تر، مقدار ماده فتوسنتزی تولیدی اختصاص یافته به برگها بیشتر شده و عملکرد و درصد ماده خشک نیز کاهش می یابد. همچنین سیب زمینی تولید شده در روز های کوتاه تر در مقایسه با سیب زمینی تولید شده در روز های بلند تر دارای کیفیت فرآوری بالاتری خواهد بود (هاورکورت و همکاران، ۲۰۰۲).

تأمین آب نیز بر مقدار ماده خشک غده اثر می گذارد. تأمین آب کافی برای تولید سیب زمینی با کیفیت بالا ضروری می باشد. گزارش شده است که مصرف زیاد آب باعث کاهش کیفیت، درصد ماده خشک و وزن مخصوص سیب زمینی می شود (موسسه اسپکتروم آنالیتیک، ۲۰۱۲). مسعودی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش دادند که دوره های آبیاری اثر معنی داری بر روی درصد ماده خشک سیب زمینی دارد به طوری که در تیمار ۱۸ روز آبیاری، درصد ماده خشک نسبت به تیمار شاهد (دور آبیاری ۶ روز) ۲۵ درصد کاهش نشان داد. همچنین تنش آبی موجب می شود که درصد ماده خشک سیب زمینی افزایش یابد (محمدی و فائزینیا، ۱۳۸۰)، که این یافته ها توسط جفریز (۱۹۹۳) نیز تأیید شده است. سهندی و همکاران (۱۳۸۷) گزارش دادند که با افزایش مصرف کود نیتروژن درصد ماده خشک کاهش می یابد.

۲-۷-۲- اندازه غده سیب زمینی

برای تولید چیپس سیب زمینی می بایست از سیب زمینی هایی با اندازه کوچک تر استفاده کرد، بنابراین می توان تراکم گیاهی را بیشتر در نظر گرفت. اما برای تولید فرنچ فرایز بایستی از سیب زمینی هایی با ابعاد بزرگ تر استفاده کرد در این صورت بایست تراکم سیب زمینی را کمتر در نظر گرفت. هاورکورت و همکاران (۲۰۰۲) گزارش دادند که اندازه غده ها را می توان با تغییر فاصله کاشت بوته ها و تراکم، تغییر داد. تراکم کم و فاصله زیاد بین بوته ها، باعث تنوع بیشتر در اندازه غده ها می شود و همچنین تولید غده درشت را افزایش می دهد که نه تنها با هدف تولید منطبق نیست، بلکه غدد بزرگ به دست آمده در جریان برداشت و انبارداری آسیب پذیرتر خواهند بود. کودها نیز تعداد و عملکرد غده را تحت تأثیر قرار می دهند و در کل اندازه غده را نیز افزایش می دهند. ثابت شده که پتاسیم و نیتروژن عملکرد غده های درشت را افزایش می دهند، در حالی که فسفر تعداد غده را افزایش داده و اثر کمتری روی اندازه غده دارد (پرنود، ۱۹۸۳).

اسپارو و چاپمن (۲۰۰۳) گزارش دادند که کاربرد کود سرک نیتروژن عملکرد غده رقم راست بربانک را افزایش می دهد اما این افزایش عملکرد بیشتر ناشی از اندازه غده است تا تعداد غده. شجاعی و جواهری (۱۳۸۲) نشان دادند که رقم آگريا در صورت مساعد بودن شرایط محیطی توانایی درشت کردن غده های خود و افزایش عملکرد را دارد. حمزه ای (۱۳۸۴) گزارش کرد که تنش خشکی موجب کاهش اندازه غده ها می شود، علت کاهش در اندازه غده می تواند در اثر کاهش سرعت رشد گیاه به علت تنش خشکی باشد.

۲-۷-۳- شکل غده

شکل غده بیشتر تحت تأثیر ژنتیک بوده ولی ممکن است ویژگی های فیزیکی خاک، تنش خشکی و زمان وقوع این تنش ها آن را تحت تأثیر قرار دهد. کمبود آب علاوه بر آنکه عملکرد غده را تحت تأثیر قرار می دهد، کیفیت آن را نیز کاهش می دهد. تأمین نامنظم آب به رشد نامنظم غده

منجر خواهد شد، که خود ممکن است موجب تشکیل غده های بدشکل و ایجاد ترک روی غده شود. تأثیر کودها بر شکل غده ها اندک است، اما کاربرد کود سرک باعث افزایش عملکرد غده های بد شکل می شود (خزاعی و ارشدی، ۱۳۸۷).

تراکم پایین بوته و ساقه در واحد سطح، باعث افزایش غده های بسیار درشت می شود که دارای حفره ای در ناحیه مغز می باشند (تو خالی شدن غده). این حفره دارای دیواره سفید یا قهوه ای روشن می باشد. حساسیت ارقام مختلف به تولید حفره یکسان است (خواجه پور، ۱۳۸۹). تراکم پایین هم چنین باعث ایجاد ترک و بد شکل شدن غده ها شده و امکان وقوع رشد ثانویه را افزایش می دهد.

۲-۷-۴- درصد قند های احیایی

به منظور تولید چیپس و تا حدی تولید فرنچ فرایز به غده هایی نیاز است که درصد قند های احیایی آنها (مانند فروکتوز و گلوکز) پایین باشد. غده هایی که دارای قند های احیایی بالایی هستند در هنگام سرخ کردن بین اسید های آمینه و قند های احیایی واکنشی که به واکنش میلارد معروف است روی می دهد که باعث تولید آکریل آمید و تیرگی فرآورده می شود که خیساندن تکه های سیب زمینی به مدت ۱۵ تا ۶۰ دقیقه در محلول دو درصد تورین میزان تشکیل آکریل آمید را کاهش می دهد (چول شین و همکاران، ۲۰۱۰). البته تهیه فرنچ فرایز در دمای بالا میزان تیرگی فرآورده را افزایش می دهد (پدرچی و همکاران، ۲۰۰۶). درصد قند های احیایی به عواملی چون شرایط رشد گیاه، واریته، درجه بلوغ غده ها و دمای انبار بستگی دارد (رضایی و سلطانی، ۱۳۸۳).

۲-۷-۵- بد رنگ شدن بعد از پوست کندن و لکه سیاه

از ویژگی های مهم مربوط به مدیریت کیفیت غده سیب زمینی حساسیت به کبودی ناشی از تولید ملانین (black spot) پس از قرار گرفتن در معرض استرس شدید مکانیکی است. پس از پوست کندن، تیروزین که یک اسید فنولی فاقد رنگ می باشد توسط آنزیم فنولاز و طی یک سری از واکنش

های هیدرولیز و اکسیداسیون آنزیمی، به ملانین سیاه رنگ تبدیل می شود. میزان تیرگی و بد رنگ شدن آن به مقدار تیروزین و فعالیت آنزیم فنولاز بستگی دارد (استرمحل و همکاران، ۲۰۱۰). پتاسیم مقدار تیروزین را کاهش می دهد ولی گاهی در اثر نیتروژن مقدار تیروزین افزایش می یابد. بارندگی نیز مقدار تیروزین را افزایش می دهد. تمام عواملی که درصد ماده خشک را کاهش می دهد مانند کاربرد پتاسیم، نیتروژن و برداشت غده های نارس، حساسیت به لکه سیاه را نیز کاهش می دهند (رضایی و سلطانی، ۱۳۸۳).

۲-۸- کشاورزی پایدار

۲-۸-۱- اهمیت کشاورزی پایدار

در سال های اخیر با افزایش تمایل مردم روستاها برای سکونت در شهرها و ارتقاء فرهنگ شهرنشینی و از سوی دیگر با افزایش تصاعدی جمعیت جهان و سرعت بالای رشد جمعیت، کشاورزی به عنوان تنها راه تأمین نیازهای غذایی جوامع انسانی اهمیت بسیار زیادی پیدا کرده است. در سال های بعد از جنگ جهانی دوم، کشاورزی که به شکل سنتی و جهت رفع مایحتاج خانواده ها انجام می شد در اثر افزایش رشد جمعیت شهرها و در نتیجه بدلیل آنکه شهرنشینان بیش از گذشته به مواد غذایی نیاز داشتند، دچار تغییر و تحول اساسی شد و نیاز به اعمال تغییر در سیستم های کشاورزی بیش از پیش احساس می شد (کوچکی و خیابانی، ۱۳۸۶).

بر همین اساس افزایش تولید و عملکرد در محصولات کشاورزی در دستور کار پژوهشگران قرار گرفت تا بتوانند زمینه های تأمین نیازهای روزافزون جوامع انسانی را فراهم نمایند. به منظور افزایش تولید محصولات کشاورزی، از یک سو سطح زیر کشت محصولات، بخصوص محصولات استراتژیک نظیر گندم، ذرت، سیب زمینی، برنج و غیره که بیشترین میزان مصرف را در جوامع مختلف داشتند افزایش یافت و بسیاری از زمین های غیر زراعی مثل جنگل ها، مراتع و غیره به زمین های زراعی

تبدیل شدند (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶)، از سوی دیگر تکنیک های مختلفی در راستای افزایش تولید محصول در واحد سطح نظیر روش های به زراعی و به نژادی مورد توجه محققان علم کشاورزی قرار گرفت (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۷).

در چند دهه اخیر پیامدهای نامطلوب کشاورزی رایج مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است و آنها دریافته اند که افزایش تولید بدون در نظر گرفتن اثرات نامطلوب آن زیان های جبران ناپذیر و خطرات جدی را متوجه جوامع بشری نموده است. اثرات منفی کشاورزی رایج بر منابع آب، خاک، محیط زیست و تنوع زیستی کاملاً آشکار است (کامکار و همکاران، ۱۳۸۸). به عنوان مثال تخریب جنگل های مناطق حاره جهان برای افزایش سطح زیر کشت محصولات کشاورزی، موجب کاهش تنوع بیولوژیکی شده و زمین را در معرض فرسایش قرار داده است (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۷).

از سوی دیگر استفاده بی رویه و نادرست از ذخایر آب موجود، اکثر مناطق دنیا را با خطر کم آبی و خشکسالی مواجه ساخته است. همچنین استفاده بی رویه از آفت کش ها و سایر سموم صنعتی، بسیاری از موجودات مفید را از بین برده و سبب آسیب رساندن به خود انسان گردیده است و نیز ایجاد سویه های مقاوم به آفات، بیماری ها و علف های هرز را به دنبال داشته است. نبود مدیریت های صحیح و برنامه های دقیق از یک سو و کاربرد ناصحیح کودهای شیمیایی از سوی دیگر موجب آلوده شدن آب های سطحی و زیر زمینی شده است. از آثار سوء این کودها بر خاک می توان به کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش تنوع زیستی خاک، افزایش شوری خاک، افزایش آلودگی خاک، تخریب خاک، تغییر در املاح خاک و غیره اشاره نمود. علاوه بر این تداوم استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی موجب تجمع برخی از ترکیبات و عناصر نظیر نیترات، کادمیوم و غیره در محصولات شده و کاهش شدید کیفیت محصول را به دنبال داشته است (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۷).

۲-۸-۲- ضرورت کاربرد و حفظ مواد آلی در کشاورزی پایدار

معضلات زیست محیطی عدیده ای در چند دهه اخیر بر اثر استفاده بی رویه از نهاده های شیمیایی در مزارع کشاورزی به وجود آمده است. از جمله این مشکلات می توان به کاهش کیفیت محصولات کشاورزی، آلودگی آب های سطحی و زیرسطحی و کاهش حاصلخیزی خاک های زراعی اشاره کرد (شارما، ۲۰۰۲). کشاورزی پایدار بر پایه حفظ بقایای گیاهی و مصرف کودهای آلی با هدف حذف یا به حداقل رساندن مصرف کودهای شیمیایی، راه حل مناسبی برای مقابله با این مشکلات به شمار می آید (افضلی نیا و همکاران، ۱۳۹۰).

مواد آلی منبع مناسبی برای تأمین عناصر غذایی می باشند. عناصر غذایی ماکرو و میکرو که در ساختمان این مواد به شکل آلی در آمده اند، پس از تجزیه به گیاهان عرضه می شوند (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶). همچنین مواد آلی علاوه بر عرضه کربن و حفظ چرخه پایدار این عنصر در طبیعت، منبع اصلی تغذیه میکروارگانیسم های خاک نیز می باشند و در فقدان این مواد، تنوع زیستی و پویایی خاک به شدت کاهش می یابد (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۰). از سوی دیگر حضور مواد آلی در زمین های زراعی موجب بهبود ساختمان خاک، افزایش نفوذپذیری خاک، بهبود ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و در نهایت باعث افزایش پایداری خاک می گردد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶).

یکی از مهم ترین مزایای حفظ مواد آلی و بقایای گیاهی در سطح خاک جلوگیری از تبخیر رطوبت خاک یا به عبارت دیگر حفظ رطوبت خاک به واسطه ممانعت از تابش مستقیم نور خورشید و خنک نگه داشتن خاک در فصل گرما می باشد. در کشاورزی مرسوم بقایای گیاهی به طور کامل از سطح خاک حذف می شوند و در نتیجه سطح خاک، بدون پوشش در معرض آفتاب قرار می گیرد که این امر باعث افزایش تبخیر آب و کاهش رطوبت خاک می شود. با افزایش سرعت تبخیر آب از سطح خاک و از دست رفتن رطوبت، دور آبیاری کاهش یافته (دفعات آبیاری بیشتر) و در نتیجه حجم کل آب مصرفی در زمین زراعی افزایش می یابد (افضلی نیا و همکاران، ۱۳۹۰). با توجه به اهمیت و

جایگاه ویژه مواد آلی در کشاورزی پایدار، بایستی به کمک روش های مدیریتی صحیح مقدار این مواد را در اکوسیستم های زراعی افزایش داد. از جمله این روش ها می توان به خاکورزی حفاظتی، تناوب زراعی، کود سبز، گیاهان پوششی و غیره اشاره کرد. افزون بر این با استفاده از کودهای حیوانی و افزودنی های آلی نظیر کمپوست، ورمی کمپوست، و مشتقات هیومیکی می توان فقر مواد آلی را در اراضی کشاورزی جبران نمود (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۸).

۲-۸-۳- تشکیل هوموس

مواد آلی قبل از اینکه به طور کامل تجزیه شوند به مواد پایداری به نام هوموس تبدیل می شوند. هوموس ماده ای با رنگ قهوه ای تا سیاه است که وزن مولکولی آن نسبتاً زیادی است و از طریق سنتز ثانویه تشکیل می شود (لکزیان و میلانی، ۱۳۸۹). در خصوص چگونگی تشکیل هوموس تئوری های مختلفی وجود دارد که در ادامه به چهار مورد از آنها اشاره می کنیم.

الف. تئوری لیگنین-پروتئین واکسمن (نظریه تغییر گیاهان): این نظریه بیان می کند که لیگنین موجود در بافت گیاهی به وسیله میکروارگانیسم های خاک مصرف می شود و آنچه که باقی می ماند هوموس است. هوموس باقی مانده، اکسایش یافته و با مواد آمینی ترکیب می شود تا اسید هیومیک تولید نماید، در نهایت اسید هیومیک به دست آمده به اسید فولویک اکسید می شود.

ب. تئوری کوئینون مشتق شده از لیگنین: در اثر تجزیه لیگنین، ترکیبات فنلی آزاد می شوند که دچار تغییرات آنزیمی شده و به ترکیبات کوئینونی تبدیل می شوند. سپس این کوئینون ها در پیوند با ترکیبات آمینی، هوموس را تشکیل می دهند.

ج. تئوری قند احیایی: در اثر تجزیه میکروبی، اسیدهای آمینه و قندهای احیایی به عنوان محصولات جانبی و ثانویه ساخته می شوند، این ترکیبات دچار پلی مریزاسیون غیرآنزیمی شده و هوموس را می سازند.

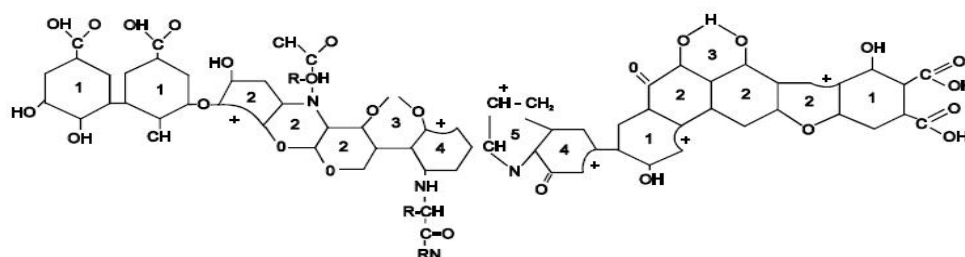
د. تئوری سنتز میکروبی: پلی فنل ها توسط قارچ ها از مواد آلی غیر لیگنینی سنتز شده و سپس از طریق فعالیت های آنزیمی به کوئینون تبدیل می گردند. پس از آن این ماده در اثر پیوند با ترکیبات آمینی، هوموس را به وجود می آورند (استیونسون، ۱۹۹۴).

ترکیبات هوموسی مواد آلی مختلف، دارای دو نوع اسید آلی با وزن مولکولی متفاوت به نام های اسید هیومیک و اسید فولویک هستند. این دو اسید آلی با تشکیل کمپلکس های پایدار با عناصر ریزمغذی آنها را در ترکیب خود حفظ نموده و این عناصر را به آرامی و در طولانی مدت در اختیار گیاهان قرار می دهند (دورسان و همکاران، ۲۰۰۲).

۲-۸-۴- اسید هیومیک

اسید هیومیک اسید آلی است که در اثر تجزیه شیمیایی و میکروبی اجساد موجودات در پیکره خاک، موجودات مرده درون آب ها و رسوبات رودخانه ها و دریاها به وجود می آید. معمولاً این ماده را در اکثر خاک های پویا و فعال می توان دید. ترکیب، ساختمان و خصوصیات اسید هیومیک خاک به ماهیت، مبدأ و سرعت استفاده از مکمل های آلی بستگی دارد، به عنوان مثال وقتی که مواد هیومیک استخراج شده از کمپوست زباله شهری به خاک اضافه می شوند، سریع تر وارد واکنش های هومیفیکاسیون شده و تبدیل به اسید هیومیک می گردد (برونتی و همکاران، ۲۰۰۷). اسید هیومیک می تواند نمایانگر بخش اعظمی از مواد آلی خاک باشد در حالی که درون آب مقدار این ترکیب بسیار کم بوده و به شکل ناهمگن با وزن مولکولی ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلو دالتون یافت می شود (اسلی و پیتز، ۲۰۱۰). این اسید بخشی از مواد هوموسی خاک است که وزن مولکولی آن از بقیه اجزای هوموس بیشتر می باشد. وزن مولکولی مواد هیومیک از پارامترهای تعیین کننده در میزان تأثیر این مواد بر فعالیت های بیولوژیکی خاک محسوب می گردد به طوری که مواد هیومیک با وزن مولکولی بالاتر تأثیر بیشتری بر فعالیت آنزیم های پروتئولیتیک خاک دارند (باتلر، ۲۰۰۲). اسید هیومیک در pH های بالاتر از ۲ محلول بوده و در pH های کمتر از این رسوب می کند (سماوات و همکاران، ۱۳۸۴).

در کشاورزی پایدار از این اسید به عنوان کود مکمل استفاده می شود. این ماده آلی علاوه بر تأمین عناصر ماکرو مانند فسفر برای گیاه (سیمرین و ایلماز، ۲۰۰۵)، توانایی تحویل عناصر میکرو و فلزاتی نظیر آهن، روی، نیکل، مولیبدن و غیره را به گیاهان دارد (دورسان و همکاران، ۲۰۰۲). اسید هیومیک را به صورت محلول پاشی، پرایمینگ بذر، مخلوط با آب آبیاری و خاک مورد استفاده قرار می دهند (یلدیریم، ۲۰۰۷). محلول پاشی اسید هیومیک در محصولات مختلف عملکرد را ۸۰-۲۰ درصد افزایش می دهد. همچنین استفاده از این ترکیبات مصرف کودهای نیتروژنه را تا ۵۰ درصد کاهش می دهد و راندمان جذب پتاسیم و نیتروژن را به دلیل افزایش نفوذپذیری غشاء سلولی، تا ۱۰۰ درصد بالا می برد (بالاگر و همکاران، ۱۳۸۹).



شکل ۱-۲ شکل شیمیایی اسید هیومیک

(اقتباس از قهری و همکاران، ۱۳۸۹)

۲-۸-۵- تفاوت اسید هیومیک و اسید فولویک

اسید هیومیک و اسید فولویک عمده ترین فرآورده های هوموسی هستند که در نتیجه تجزیه مواد آلی به وجود می آیند. این دو اسید آلی از نظر ماهیت کلی دارای شباهت های زیادی هستند، اما تفاوت هایی نیز در ساختار مولکولی، وزن مولکولی، ویژگی های شیمیایی و حلالیت پذیری آنها وجود دارد که این دو ماده آلی را از هم متمایز می سازد.

تفاوت های اصلی که در ساختمان این دو فرآورده وجود دارد اختلاف در تعداد شاخه های هیدروکربنی و گروه های CO_2H آنهاست به طوری که تعداد حلقه های آروماتیک در اسید هیومیک کمی بیشتر از اسید فولویک است اما گروه های CO_2H در اسید فولویک به مراتب بیشتر از اسید هیومیک می باشد. اسید هیومیک از لحاظ کربن پارافینی غنی بوده ولی تعداد شاخه های هیدروکربنی آن از اسید فولویک کمتر است. گروه های آلیفاتیک در هر دو این اسیدها تقریباً یکسان است (ناردی و همکاران، ۲۰۰۲).

به طور کلی وزن مولکولی مواد هیومیک به شرایط محیطی، سرعت تجزیه، جنس مواد آلی اولیه، نوع میکروارگانیزم و ماکروارگانیزم های تجزیه کننده و بسیاری از عوامل دیگر بستگی دارد. اسید هیومیک در ساختمان خود کربن بیشتری دارد اما تعداد اکسیژن اسید فولویک بیشتر است. وزن مولکولی اسید هیومیک (حدود ۳۰۰۰-۳۰۰۰۰ دالتون) بیشتر از اسید فولویک (کمتر از ۳۰۰۰ دالتون) است (سماوات و همکاران، ۱۳۸۴).

خصوصیات شیمیایی مواد هیومیک تا حدود زیادی به گروه های عامل (اتر، استر، کتون، آمین، اسید کربوکسیلیک و الکل ها) متصل به این مواد بستگی دارد. اسید هیومیک بر خلاف اسمش دارای pH حدود ۹ است (سماوات و همکاران، ۱۳۸۴)، این ماده دارای رنگ قهوه ای سوخته تا سیاه بوده و در محلول های قلیایی به راحتی حل می شود اما در محیط های اسیدی رسوب می کند. برای شناسایی این مواد در هوموس خاک از معرف NaOH ۰/۵ مولار استفاده می شود. اما بر خلاف آن اسید فولویک به رنگ زرد دیده می شود و ترکیبی است اسیدی که در pH های ۲ تا ۳ محلول است (لکزیان و میلانی، ۱۳۸۹).

۲-۸-۶- نقش مواد هیومیک در جذب یون های مغذی

عموماً مواد هیومیک به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم بر متابولیسم و رشد و نمو گیاهان تأثیر می گذارند. معمولاً تأثیر ترکیبات هیومیک بر جذب یون ها و عناصر غذایی متغیر بوده و به غلظت، وزن مولکولی و اسیدیته این مواد مرتبط است. مواد هیومیک نظیر اسید هیومیک با افزایش نفوذپذیری غشاء سلولی در منطقه ریشه باعث افزایش جذب (غیر فعال) مواد غذایی در ریشه گیاهان می گردند. در بررسی گلدانی گیاه کاسنی مشخص شد که استفاده از اسید هیومیک علاوه بر افزایش رشد رویشی گیاه می تواند جمعیت میکروارگانیسم های تثبیت کننده نیتروژن را در ناحیه ریشه سپهر (رایزوسفر) افزایش دهد و موجب دسترسی بیشتر ریشه ها به نیتروژن گردد (والدریگی و همکاران، ۱۹۹۹). مالکولوم و واگان (۲۰۰۲) میزان جذب فسفر را در سلول های ریشه گندم زمستانه در حضور اسید هیومیک بررسی کردند و دریافتند که غلظت های ۵ تا ۵۰ میلی گرم در لیتر اسید هیومیک سبب افزایش معنی داری در جذب فسفر شد. وان و مک دونالد (۱۹۷۶) نشان دادند که اسید هیومیک کارایی جذب ریشه های چغندر قند را برای جذب کاتیون های Na^+ و Ba^{2+} بالا می برد، اما تأثیری بر جذب Ca^{2+} و Zn^{2+} ندارد. علاوه بر این اسید هیومیک موجب افزایش جذب یون های NO_3^- ، SO_4^{2-} و K^+ در بوته های یولاف و جو می شود (ماگیونی و همکاران، ۱۹۸۷). ناردی و همکاران (۱۹۸۸) گزارش دادند افزایش جذب این یون ها به فعالیت شبه هورمونی مواد هیومیک مربوط می شود.

در آزمایش دیگری ناردی و همکاران (۲۰۰۰) بیان نمودند که مواد هیومیک (با وزن مولکولی کم) فعالیت شبه جیبرلینی دارد و جذب NO_3^- را افزایش می دهند اما درمقابل سبب بازدارندگی فعالیت ATP آز شده و خروج H^+ را در ریشه ها کند می کند. کاربرد اسید هیومیک تصفیه شده، غلظت NO_3^- را در اندام های هوایی خیار افزایش داده و به واسطه فعالیت هورمونی این اسید درصد بیشتری از نترات جذب شده در ریشه به شاخساره منتقل می گردد (مورا و همکاران، ۲۰۱۰).

استفاده زیاد از مواد هیومیک موجب کاهش عناصر غذایی در اطراف ریشه ها می گردد. این ترکیبات در مقادیر بالا از طریق تشکیل کمپلکس با عناصر غذایی جذب آنها را با مشکل مواجه می سازد. به عنوان مثال در کشت گندم غلظت های بالای اسید هیومیک جذب کلسیم را کاهش داد (گروسل و همکاران، ۱۹۹۱؛ حبیبی، ۱۳۹۰).

۷-۸-۲- تأثیر مواد هیومیک بر رشد گیاهان

مواد هیومیک شکل ناهمگنی از مواد آلی داخل خاک هستند که حاصل متابولیسم میکروبی درون خاک می باشند. تا کنون دامنه وسیعی از اثرات مختلف این مواد بر رشد و متابولیسم گیاهان به ثبت رسیده است که این اثرات بر اندازه مولکول ها، مبدأ اولیه، خصوصیات شیمیایی آنها بستگی دارد (تان، ۲۰۰۳). اثرات سودمند مواد هیومیک بر رشد گیاهان ممکن است به اثرات غیرمستقیم (افزایش حاصلخیزی و کاهش فشردگی خاک) و یا به صورت اثرات مستقیم (بهبود بیوماس کلی گیاه) این ترکیبات مرتبط باشند، از سوی دیگر قابلیت این مواد در افزایش رشد گیاهان به شرایط زیستی و تنوع گونه ای آنها بستگی دارد (چن و همکاران، ۲۰۰۴). مواد هیومیک رشد گیاهان را از طریق بهبود شرایط بیولوژیکی خاک در عرضه مواد مغذی به ویژه آهن و روی، تحت تأثیر قرار می دهد (چن و همکاران، ۲۰۰۴). مطالعات انجام شده بر روی اثرات مواد هیومیک در گیاهان، تحت شرایط مناسب تغذیه مواد معدنی، تحریک مداوم رشد گیاه را نشان می دهد، همچنین تأثیرپذیری مثبت ریشه از مواد هیومیک بیشتر از اندام هوایی است (کلاپ و همکاران، ۲۰۰۱).

در بسیاری از موارد نقش مفید مواد هیومیک در گیاهان به تملک آهن توسط گیاه نسبت داده می شود (پینتون و همکاران، ۱۹۹۹). این تأثیر به خصوصیات پیچیده مواد هیومیک مربوط می شود که دسترسی به عناصر میکرو را از هیدرواکسیدهای با حلالیت کم، افزایش می دهد (استیونسون، ۱۹۹۴). همچنین این مواد در صورتی که دارای وزن مولکولی کم باشند می توانند جذب گیاه شده و به طور همزمان تغییراتی در متابولیسم گیاه ایجاد نماید (موسکولو و همکاران، ۱۹۹۹) و از این طریق

بر جذب مواد غذایی توسط ریشه ها، آسیمیلاسیون و نمو گیاهان تأثیر بگذارد (روبو و همکاران، ۲۰۰۹). این تأثیرات بر کارایی و نقش غشاء سلولی در افزایش جذب مواد غذایی نیز اطلاق می شود (وارانینی و پینتون، ۲۰۰۱)، در گزارش دیگری افزایش رشد و نمو گیاه به فعالسازی مواد شبه هورمونی توسط اسید هیومیک، نسبت داده شد (ناردی و همکاران، ۱۹۹۶). اسید هیومیک تجمع یافته در اطراف ریشه گیاهان ممکن است موجب تحریک شیمیایی رشد و نمو گیاه شده، و یا به صورت یک تنظیم کننده رشد عمل نماید (اسلی و پیتز، ۲۰۱۰). مورا و همکاران (۲۰۱۰) اظهار داشتند که استفاده از اسید هیومیک رشد اندام های هوایی را به طور معنی داری افزایش می دهد که این امر با افزایش فعالیت آنزیم $ATP-H^+$ همراه است. فعالیت آنزیم روبیسکو و در پی آن سرعت فتوسنتز گیاهانی که با اسید هیومیک تیمار شدند بیشتر از گیاهانی بود که این اسید را دریافت نکردند (دلفاین و همکاران، ۲۰۰۵).

یلدریم و همکاران (۲۰۰۷) طی آزمایشی که دو سال پیاپی انجام شد، نشان دادند که محلول پاشی بوته های گوجه فرنگی با اسید هیومیک، عملکرد را به طور معنی داری افزایش می دهد. همچنین کیفیت میوه ها با کاربرد این اسید به مراتب بیشتر از تیمار شاهد بود. در آزمایشی که بر روی گندم انجام شد، پس از ۸۰ روز مشاهده شد که غلظت هورمون های اکسین و آبسزیک اسید در بوته هایی که اسید هیومیک دریافت کرده اند به ترتیب ۳ و ۳۶ درصد بیشتر است (ابو علی و مادی، ۲۰۰۹). ناردی و همکاران (۲۰۰۰) اثبات کردند که کاربرد اسید هیومیک با اندازه مولکولی کمتر قادر است تجمع کربوهیدرات ها را در گیاه ذرت افزایش دهد. همچنین آنها نتیجه گرفتند که استفاده از اسید هیومیک در هر اندازه ای سنتز آنزیم های مرتبط با گلیکولیز و چرخه تری کربوکسیلیک اسید و مسیر متابولیت های اولیه را تحت تأثیر قرار می دهد، که هر یک از این مکانیسم ها به نوبه خود تولید نهایی گیاه را دچار تغییر می کند. تیمار غده های سیب زمینی با هومات پتاسیم قبل از کاشت و همچنین محلول پاشی روی غده های جوانه زده باعث افزایش رشد بوته، گسترش سیستم ریشه ای و

افزایش مقاومت گیاه به بیماری ها و در نتیجه افزایش ۲۲ درصدی عملکرد می شود (چن و همکاران، ۱۹۹۰).

۲-۸-۸- اسید هیومیک و تنش خشکی

در شرایط تنش محیطی مانند تنش خشکی، مقداری اکسیژن فعال تولید شده که توانایی غلبه بر مکانیسم های دفاعی گیاه را داشته و با آسیب رساندن به نقاط کلیدی مکانیسم ها باعث تنش اکسیداتیو می شود. در این حالت مکانیسم های دفاعی گیاه شامل آنزیم های آنتی اکسیدان و آنتی اکسیدان می باشد (هربینگر و همکاران، ۲۰۰۲). هر چند در شرایط مطلوب محیطی نیز مقداری اکسیژن فعال تولید شده که به بیومولکول های حیاتی گیاه آسیب می رساند (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۸۸)، اما در این شرایط مکانیسم های دفاعی گیاه توانایی غلبه بر آسیب های وارده را دارند. اسید هیومیک بعنوان یک اسید آلی که نقش شبه هورمونی دارد علاوه بر بهبود رشد گیاه و جذب مواد معدنی، باعث افزایش تحمل به خشکی نیز می شود (ناردی و همکاران، ۲۰۰۲).

اثرات اسیدهای هیومیک در نفوذپذیری غشای سلول های سیب زمینی و گذار فاز در لیپوزوم ها (HA) (DPPC) $\text{phosphatidylcholine dipalmitoyl}$ مورد مطالعه قرار گرفت، غلظت ۴۰ میلی گرم اسید هیومیک برای تولید حداکثر جریان K^+ از سلول های سیب زمینی کافی بود. در نتیجه اسید هیومیک با استفاده از فعالیت های سطحی خود، می تواند خواص غشای سلول از جمله سیالیت غشاء را تغییر دهد (سامسون و ویسر، ۱۹۸۹).

در شرایطی که مقدار استفاده از اسید هیومیک در گلدان های زیتون از ۲۰۰ به ۱۰۰۰ میلی لیتر افزایش یافت، نسبت ریشه ها به اندام های هوایی گیاه به طور معنی داری افزایش پیدا کرد (تاتینی و همکاران، ۱۹۹۰).

۲-۹- تنش های محیطی

تنش های محیطی اثرات زیانباری بر موجودات زنده به جای می گذارند، اما گیاهان به علت ساکن بودن و عدم تحرک از سایر موجودات شدیدتر آسیب می بینند. تنش های محیطی، از مهم ترین عوامل کاهش رشد و نمو و تولید محصولات کشاورزی در جهان هستند و امنیت غذایی انسان را تهدید می کنند. می توان به جرات گفت اگر تنش های محیطی در جهان روی نمی داد گیاهان می توانستند عملکردی برابر با عملکرد پتانسیل خود داشته باشند. دوره رشد گیاهان عالی به طور متناوب با تنش های محیطی مختلفی مواجه می شود. خشکی، شوری زیاد، فلزات سنگین و دماهای بالا، تنش های متداول (abiotic) هستند که رشد و نمو گیاهان را مختل می کنند (چو و هونگ، ۲۰۰۵). در برخی از نقاط جهان به علت شرایط خاص یک یا چند تنش محیطی، کشاورزی در آن مناطق با هزینه بیشتر و بازده کمتر صورت می گیرد. یکی از این مناطق کشور ما ایران است. ایران به علت قرار گرفتن در منطقه خشک و بیابانی با محدودیت منابع آبی مواجه است. پایین بودن میزان نزولات آسمانی در کشور ما، تولید میزان کافی مواد غذایی به تناسب افزایش جمعیت را با چالش مواجه ساخته است. متوسط بارندگی در ایران ۲۵۰ میلی لیتر است که معادل نصف بارندگی در آسیا و یک چهارم بارندگی جهان می باشد. پتانسیل کل آب کشور سالیانه ۱۳۵ میلیارد متر مکعب می باشد که سهم سرانه مصرف آب با جمعیت ۷۵ میلیونی برابر با ۱۸۰۰ متر مکعب است. به دلیل کمبود منابع آبی و راندمان پایین آبیاری تنها ۲۶٪ از اراضی مستعد کشاورزی ایران مورد بهره برداری قرار می گیرد (رحیمیان، ۱۳۸۷). بنابراین با توجه به کمبود آب در کشور و استان سمنان، مدیریت صحیح منابع آب با استفاده از علوم نوین اهمیت مضاعفی پیدا کرده است.

۲-۹-۱- تنش خشکی

خشکسالی، وقوع کمبود آب در خاک و یا در جو، محدودیت های هشدار دهنده به بهره وری و ثبات برداشت محصول در سراسر جهان است. تنش خشکی، تنش عمده محیط زیست در کشاورزی

جهان است و باعث خسارت در عملکرد محصول، احتمالاً بیش از ضررهای ناشی از تمام علل دیگر است. اثرات سوء تنش خشکی بر انواع فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی حیاتی در گیاه، منجر به کاهش رشد شده و بر عملکرد محصول نهایی تأثیر می گذارد. یکی از عوامل محدودکننده رشد و نمو و پراکنش گیاهان در بیوسفر، تنش خشکی است. استراتژی های مختلفی به منظور تسهیل در تولید محصولات کشاورزی در شرایط خشکسالی پیشنهاد شده است، به خصوص توسعه انواع ارقام جدید برای افزایش تحمل به خشکی، بهبود ژنتیکی گیاهان برای افزایش تحمل به خشکی، به یک تلاش طولانی مدت نیاز دارد، که علاوه بر عوامل دیگر، در دسترس بودن منابع ژنتیکی تحمل، آگاهی از مکانیسم های فیزیولوژیکی و کنترل ژنتیکی صفات تحمل در مراحل مختلف رشد و غربالگری ژرم پلاسما است. استراتژی جایگزین و سریعتر برای ترویج تحمل به خشکی گیاه، کاربرد اگزوزن از ترکیبات مختلف، از جمله املاح آلی، تنظیم کننده های رشد گیاه و مواد معدنی است. اخیراً این استراتژی توجه زیادی به دلیل بهره وری، امکان سنجی آن، و هزینه و اثر کار آن به خود جلب کرده است.

تنش خشکی اغلب بعنوان یک عامل بیرونی محسوب می شود که بر رشد و عملکرد گیاه اثرات نامطلوبی دارد. تنش خشکی در یک یا چند فعالیت فیزیولوژیکی گیاه مانند فتوسنتز، تعرق، طویل شدن بافت و اندام و یا فعالیت آنزیمی سلول اختلال ایجاد کرده و یا در مواردی موجب توقف آن می شود. تنش رطوبتی و دما دو عامل مهم در کاهش عملکرد سیب زمینی در دنیا هستند (ون لون، ۱۹۸۱). با اینکه مصرف آب در زراعت سیب زمینی به ازای تولید پروتئین، نشاسته و ماده خشک نسبت به گندم و جو کمتر است، اما سیب زمینی در بین گیاهان زراعی به عنوان گیاهی حساس به کم آبی و تنش خشکی به حساب می آید، زیرا در شرایط تعرق شدید یا کمبود رطوبت، محتوی آب نسبی سیب زمینی از بسیاری از گیاهان زراعی مانند چغندر و گوجه فرنگی کمتر است. کم بودن محتوی آب نسبی گیاه باعث می شود جبران شبانه کمبود آب نسبت به سایر گیاهان زراعی مانند

سورگوم و پنبه کمتر باشد (ون لوون، ۱۹۸۱). از طرفی عمق ریشه دهی سیب زمینی کم می باشد به طوری که ۸۵ درصد حجم ریشه تا عمق ۳۰ سانتی متری سطح زمین پراکنده است (اوندر، ۲۰۰۵).

تنش خشکی، رشد و نمو اندام هوایی، ریشه و غده سیب زمینی را تحت تأثیر قرار می دهد. کاهش رشد برگ ها و پیری زودرس واکنش معمول گیاهان در برابر تنش خشکی می باشد (واسکوئز و همکاران، ۲۰۰۸)، در نتیجه سطح فتوسنتز کننده و سطح جذب نور توسط گیاه کاهش یافته و میزان مواد فتوسنتزی کم می شود (لالو و لدنت، ۲۰۰۳). واکنش سیب زمینی برای کاهش سطح فتوسنتز کننده در واقع روشی برای مقابله با خشکی است (واسکوئز و همکاران، ۲۰۰۸). در نتیجه پس از کاهش سطح برگ ها و یا تعداد آن ها به دلیل کم شدن میزان مواد فتوسنتزی، رشد غده ها و عملکرد کاهش می یابد. در این میان رطوبت خاک و میزان آبی که در اختیار گیاه قرار می گیرد نیز برای بزرگ شدن غده ها اهمیت بسزایی دارد (قسان و همکاران، ۲۰۰۱).

نتیجه یک تحقیق نشان می دهد که تنش رطوبتی بر روی فزاینده آفات سیب زمینی نیز تأثیر معنی داری دارد، بدین صورت که در شرایط تنش کرم مفتولی و در تیمار شاهد، بید سیب زمینی بیشترین تراکم را نشان دادند. همچنین در شرایط تنش جمعیت زنجرفک ها، تریپس و آگروتیس در چند هفته اول و آخر نمونه برداری کاهش اما در هفته های میانی جمعیت بیشتری از آفات مشاهده شد (حاتمی و همکاران، ۱۳۸۴).

به طور کلی سیب زمینی گیاهی حساس به تنش کم آبی و خشکی می باشد و ممکن است در طی دوران رشد خود بارها دچار تنش رطوبتی گردد (لالو و لدنت، ۲۰۰۳). با این حال از نظر میزان تحمل به خشکی بین ارقام مختلف سیب زمینی تفاوت وجود دارد که این نشان دهنده انعطاف پذیری بالای سیب زمینی برای کشت و کار در نواحی مختلف است.

۲-۹-۲- تعریف خشکی

خشکی یک دیدگاه مطلق و دقیق نیست بلکه یک اصطلاح قیاسی می باشد. از دیدگاه یک هواشناس، خشکی به عنوان یک دوره (بعنوان مثال ۱۵ روزه) بدون باران قابل ملاحظه توصیف می شود (بسرا، ۱۹۹۷). معمول ترین تعریف از خشکی در کشاورزی توسط ادمیدز و همکاران (۱۹۸۹) مطرح شده است، بدین صورت که تنش خشکی هنگامی روی می دهد که تبخیر و تعرق پتانسیل (تقاضای تبخیری اتمسفری بالای برگ گیاه) از تبخیر و تعرق حقیقی (ظرفیت و توانایی ریشه ها برای استخراج آب از خاک) تجاوز نماید.

۲-۹-۳- مکانیسم های مقابله با تنش خشکی

یکی از دغدغه های پژوهشگران بخش کشاورزی تأمین غذای مورد نیاز جمعیت در حال افزایش جهان می باشد. از مهم ترین اولویت ها برای رسیدن به این هدف مهم که ممکن است سرنوشت ملت ها و تمدن ها را در دهه های آینده دچار تغییر و تحول کند، افزایش عملکرد در هکتار می باشد. بدین منظور شناخت فرایند ها و مکانیسم های سازگاری گیاهان به شرایط نامطلوب محیطی از اهمیت زیادی برخوردار است (چیمنتی، ۲۰۰۲). این مکانیسم ها براساس طبقه بندی ولودو و موجو (۱۹۹۰) (نقل از بسرا، ۱۹۹۷) صورت گرفته است.

۱. فرار (اجتناب) از خشکی

توانایی (ساختمانی یا اختیاری) گیاهان در کامل کردن چرخه رشد قبل از شدید شدن خشکی و ادامه بقای گیاه به صورت بذر (در غلات و علوفه های یکساله) و یا به صورت خواب، شبه خواب یا حالت رکورد (در علوفه های چند ساله، بوته ها یا درختان) را فرار (اجتناب) از خشکی گویند.

۲. مقاومت در برابر خشکی

توانایی رشد و داشتن عملکرد در شرایط خشک که به شیوه های ذیل بروز می کند:

I. اجتناب یا تاخیر در پسابیدگی

در این مکانیسم محتوی نسبی آب (RWC) و حجم پروتوپلاسم در طی مدت خشکی حفظ می شود. در این مدت ممکن است رشد کاهش پیدا کند یا کاهش پیدا نکند ولی در هر صورت فرایند های متابولیکی ادامه پیدا می کنند. از مواردی که منجر به حفظ آماس می شوند می توان به موارد ذیل اشاره کرد: کنترل جذب آب و مواد معدنی از خاک، رشد ریشه، کنترل تلفات آب، تنظیم اسمزی برای حفظ آماس و تغییر در خصوصیات دیواره و اندازه سلول.

II. تحمل پسابیدگی

در این مکانیسم گیاه توانایی تحمل دوره های کاهش محتوی نسبی آب را داشته و پس از آن توانایی بهبود کاهش آماس ناشی از خشکی را دارد. از مواردی که منجر به تحمل پسابیدگی می شوند می توان به موارد ذیل اشاره کرد:

تغییر در شکل دیواره سلولی برای جلوگیری از پلاسمولیز، ثبات غشاء، تقویت دستگاه فتوسنتزی، ذخیره کربن تثبیت شده و نیتروژن و غیره برای بهبود سریع پس از برطرف شدن خشکی همچنین حفظ اعمال حیاتی بافت برگ در شرایطی که محتوی نسبی آب پایین است.

۲-۹-۴- اثر تنش خشکی بر گیاه

عموماً شرایط حاکم بر مناطق نیمه خشک (بارش های غیرقابل پیش بینی، دماهای بالا و تشعشع خورشیدی طولانی) سبب تشدید خشکی می شوند (میلر و همکاران، ۲۰۰۲). خشکی هوا به نوبه خود موجب افزایش تبخیر آب از سطح خاک می شود و خشکی خاک باعث ایجاد تغییراتی در خصوصیات

فیزیکی مانند تشکیل سله و افزایش فضاهای بین ریشه و خاکدانه ها می شود. این امر مانع توسعه طبیعی سیستم ریشه و افزایش محدودیت جذب آب و عناصر غذایی می گردد (سخن و سینگ، ۲۰۰۷). تنش خشکی سطح برگ را کاهش داده، سبب کاهش سطح فتوسنتز کننده گیاه شده و در نتیجه تولید مواد فتوسنتزی کاهش پیدا می کند (لالو و لدنت، ۲۰۰۳).

فصل سوم

مواد و روش ها

۳-۱- مشخصات محل آزمایش

به منظور بررسی اثرات متقابل تنش خشکی و کاربرد اسید هیومیک بر رشد و عملکرد سیب زمینی آزمایشی در سال ۱۳۹۰ در دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، واقع در شهر بسطام انجام گرفت. دانشکده به فاصله ۲/۵ کیلومتری بسطام و ۸ کیلومتری شاهرود قرار دارد. موقعیت جغرافیایی زمین آزمایش، ۵۵ درجه شرقی و ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی می باشد که در ارتفاع حدود ۱۴۰۵ متری از سطح دریا واقع شده است.

جدول ۳-۱ مشخصات اقلیمی و جغرافیایی شاهرود

مشخصات اقلیمی		مشخصات جغرافیایی	
۱۵۳/۹	میانگین بارندگی (میلی متر)	گرم خشک	نوع اقلیم
۱۸۷	تبخیر (میلی متر)	۱۴۰۵	ارتفاع از سطح دریا (متر)
۱۴/۶	میانگین دما (سانتی گراد)	۵۵/۰۰	طول جغرافیایی
۳۹/۸	حداکثر مطلق (سانتی گراد)	۳۶/۳۰	عرض جغرافیایی
-۹/۴	حداقل مطلق (سانتی گراد)	سندی لوم	نوع خاک
۳۱۲۲/۹	تعداد ساعات آفتابی	۷/۹۷	اسیدیته

۳-۲- وضعیت اقلیمی محل اجرای آزمایش

شاهرود از نظر اقلیمی جزء مناطق گرم خشک با زمستانی سرد می باشد. در زمستان برودت هوا به ۱۴- درجه سانتی گراد و گرمای هوا نیز در تابستان تا ۴۲ سانتی گراد می رسد. بیشتر نزولات آسمانی در فصل پاییز، زمستان و بهار و اغلب به صورت باران می باشد. بارش در سال زراعی از اوایل پاییز شروع شده و در فصل زمستان به حداکثر خود می رسد و غالباً تا اواسط فصل بهار ادامه پیدا می کند. در سال زراعی ۸۹-۹۰ تنها یک سوم بارش سالانه طی فصول بهار و تابستان روی داده است. همچنین متوسط بارندگی دراز مدت ۱۵۷ میلی متر می باشد (جدول ۳-۲).

جدول ۲-۳ آمار هواشناسی ایستگاه شاهرود

نام ایستگاه : شاهرود												
شهرستان : شاهرود												
سال : ۱۳۹۰												
سمت	سرعت	تعداد	فشار	تبخیر	آفتابی	روزهای یخبندان	بارندگی دریک روز	بارندگی میلیمتر	بارندگی	معدل	معدل	معدل
درجه	متر بر ثانیه	روز								ساعت ۶-۳۰	ساعت ۱۲-۳۰	ساعت ۱۸-۳۰
۲۲۰	۱۹	۱	۸۶۶.۶	۲۱۲.۲	۳۷۷.۲	۰	۶.۲	۱۰		۴۵	۲۰	۲۵
۳۰۰	۲۵	۱	۸۶۶.۱	۲۸۲.۶	۲۵۸.۵	۰	۴.۸	۱۳.۴		۴۶	۲۵	۲۹
۲۱۰	۹	۱	۸۶۴.۷	۳۷۹.۷	۳۳۶.۶	۰	۳.۶	۶.۸		۴۵	۲۳	۳۱
۳۳۰	۱۴	۱	۸۶۳.۶	۴۳۱.۷	۳۲۸.۱	۰	۰.۸	۱.۷		۴۴	۲۴	۳۰
۶	۱۶	۱	۸۶۴.۸	۴۲۸.۴	۳۳۱.۲	۰	۰.۵	۰.۵		۴۱	۲۲	۲۹
۳۰۰	۲۳	۱	۸۶۷.۳	۲۷۲.۴	۲۹۷	۰	۶.۵	۱۷.۱		۵۴	۲۹	۳۷
۳۱۰	۲۰	۱	۸۶۹	۱۸۵.۸	۲۸۸	۰	۱.۲	۱.۲		۵۱	۲۶	۳۳
۳۰۰	۱۴	۱	۸۷۰.۱	۴۵۴	۱۶۵.۸	۵	۱۷.۶	۴۷.۳		۷۲	۴۷	۵۷
۲۷۰	۶	۱	۸۷۳.۶	۰	۱۹۶.۲	۲۶	۶.۸	۷.۶		۷۳	۵۵	۶۰
۳۰۰	۱۷	۱	۸۶۹.۳	۰	۲۲۸.۳	۲۸	۱.۵	۲.۳		۷۳	۵۲	۶۱
۳۳۰	۲۲	۱	۸۶۷.۵	۰	۱۸۶.۳	۲۶	۳.۳	۴۲.۲		۷۰	۵۱	۴۹
۳۰۰	۲۲	۱	۸۶۶.۶	۰	۲۲۹.۷	۲۰	۳.۳	۳.۸		۶۲	۳۹	۳۹
۳۰۰	۲۵	۱	۸۶۷	۱۸۷	۳۱۲۲.۹	۱۰۵	۲۳	۱۵۳.۹		۵۶	۳۴	۴۰

ماه های سال

درجه

حرارت (سانتیگراد)

نسبی رطوبت (درصد)

معدل

حداکثر

مطلق

معدل

حداکثر

مطلق

معدل

حداکثر

مطلق

معدل

حداکثر

مطلق

معدل

حداکثر

مطلق

معدل

حداکثر

مطلق

معدل

حداکثر

مطلق

معدل

حداکثر

مطلق

معدل

حداکثر

مطلق

معدل

حداکثر

مطلق

معدل

حداکثر

مطلق

معدل

حداکثر

مطلق

معدل

حداکثر

مطلق

۳-۳- مشخصات خاک مزرعه

به منظور تشخیص خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از شروع عملیات اجرایی طرح، نمونه برداری از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری سطح زمین انجام شد. نمونه ها مورد تجزیه قرار گرفتند، که نتایج در جدول ۳-۳ نشان داده شده است. مطابق اطلاعات به دست آمده بافت خاک شنی لومی تعیین شد.

جدول ۳-۳ مشخصات خاک مزرعه

pH	EC dS/m	OC%	N%	P(AV)ppm	k(AV)ppm	Sand%	Silt%	Clay%
۷/۷۳	۷/۵۶	۰/۳۵	۰/۰۲۴	۴/۸۹	۱۷۷	۵۵	۳۴	۱۱

۳-۴- مشخصات طرح آزمایش

آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اسید هیومیک (H) در چهار سطح {صفر (شاهد، H1)، ۸۰۰ (H2)، ۱۶۰۰ (H3) و ۲۴۰۰ میلی لیتر در هکتار (H4)} با فاکتور دور آبیاری (S) در سه سطح شامل {دور آبیاری ۷ روز (شاهد، S1)، دور آبیاری ۱۴ روز (S2)، دور آبیاری ۲۱ روز (S3)} تلفیق شدند. نقشه کاشت در شکل ۱-۳ آورده شد.

تکرار I	H1	H2	H1	H4	H1	H2	H2	H3	H3	H4	H4	H3
	S2	S3	S1	S3	S3	S2	S1	S2	S3	S1	S2	S1
تکرار II	H4	H2	H3	H1	H2	H3	H4	H1	H1	H3	H2	H4
	S2	S2	S2	S1	S1	S3	S3	S2	S3	S1	S3	S1
تکرار III	H4	H1	H3	H1	H2	H4	H2	H3	H3	H4	H1	H2
	S1	S3	S1	S2	S2	S2	S1	S3	S2	S3	S1	S3

شکل ۳-۱ نقشه کاشت

۳-۵- مشخصات پلات ها

طول هر پلات ۵/۵ متر و عرض ۲/۴ متر در نظر گرفته شد، که مساحت هر پلات به ۱۳/۲ متر مربع رسید. فاصله بین پلات ها نیز ۱۲۰ سانتی متر شامل دو ردیف کاشت نشده، تعیین شد. هر پلات شامل چهار ردیف کاشت، که فاصله دو بوته در روی ردیف ۲۲ سانتی متر و فاصله بین ردیف ها ۶۰ سانتی متر بود. خطوط کاشت ۱ و ۴ به عنوان حاشیه و ردیف های ۲ و ۳ برای نمونه برداری جهت آنالیز رشد و برداشت نهایی و برآورد عملکرد غده در نظر گرفته شدند.

۳-۶- آماده سازی زمین و اعمال تیمارها

زمین سه سال قبل از آزمایش زیر کشت گندم قرار داشته و طی دو سال قبل از آزمایش آیش بوده است (جدول شماره ۳-۴) و پاییز همان سال شخم زده شد. عملیات آماده سازی زمین با مساعد شدن شرایط آب و هوایی و گاورو شدن زمین در اوایل خرداد ماه ۱۳۹۰ صورت گرفت. ابتدا زمین مورد نظر توسط گاواهن برگرداندار شخم زده شد. سپس عملیات تسطیح زمین انجام گردید. در پایان به وسیله فارور، جوی و پشته هایی به فاصله ۶۰ سانتی متر در جهت غرب به شرق ایجاد گردید و در انتها جوی های آبیاری تعبیه شدند.

جدول ۳-۴ وضعیت کشت زمین در سه سال قبل از آزمایش

وضعیت کشت زمین در سه سال قبل از آزمایش			
سال ۱۳۸۷	سال ۱۳۸۸	سال ۱۳۸۹	سال ۱۳۹۰ (سال اجرای طرح)
گندم	آیش	آیش	سیب زمینی

۳-۷- کاشت غده ها

کاشت غده ها در تاریخ ۱۵ خرداد ۱۳۹۰ با دست صورت گرفت. قبل از کاشت به منظور کاهش آلودگی غده ها و کاهش احتمال ابتلا گیاه زراعی به بیماری های قارچی عملیات ضدعفونی کردن غده های سیب زمینی با سموم قارچ کش بنومیل و زینب به نسبت دو در هزار انجام پذیرفت. کاشت غده ها در عمق ۱۰-۷ سانتی متری و با فاصله روی ردیف ۲۲ سانتی متر و بین ردیف ۶۰ سانتی متر در وسط پشته ها انجام گرفت.

۳-۸- اعمال تیمارها

اولین آبیاری دو روز بعد از کاشت صورت گرفت. ۳۰ روز پس از کاشت و سبز شدن ۸۰ درصد بوته ها تنش کم آبی اعمال شد. مصرف اسیدهیومیک به صورت محلول پاشی برگ ها در سه نوبت ۳۵ و ۵۵ و ۷۵ روز پس از کاشت هنگام صبح بین ساعت ۹-۱۱ صورت گرفت. محلول پاشی توسط سمپاش دستی انجام می شد. قبل از محلول پاشی، یک پلات نمونه که در کنار مزرعه قرار داشت، به طور آزمایشی با آب خالص اسپری شد تا مقدار آب مورد نیاز برای محلول پاشی به دست آید. پس از کالبراسیون دستگاه سمپاش، مقادیر تعیین شده اسید هیومیک در آب حل و محلول پاشی انجام شد.

۳-۹- عملیات داشت

طی تمام مراحل رشد گیاه ، عملیات داشت به صورت مداوم انجام پذیرفت و نمونه برداری نیز همزمان با آن صورت می گرفت. خاک دهی پای بوته ها ۴۵ روز پس از کاشت انجام شد. کنترل علف های هرز قبل از سبز شدن و بعد از آن طی ۴ مرحله و به صورت وجین دستی و هر بار دو روز پس از اعمال تیمار S3 صورت گرفت. مهم ترین گونه های علف هرز مزرعه به ترتیب فراوانی آنها در سطح زمین شامل، پیچک صحرایی، خرفه، تاج ریزی و خارشتر بودند. بیماری و حشره ای که آفت سیب زمینی باشد در مزرعه آنقدر شیوع نداشت که احتیاجی به مبارزه شیمیایی باشد.

۳-۱۰- روش نمونه برداری و اندازه گیری صفات مورد مطالعه

به منظور اندازه گیری وزن خشک برگ ۷ مرتبه نمونه برداری صورت گرفت. اولین نمونه برداری ۴۰ روز پس از کاشت انجام شد و هر ۱۰ روز یکبار نمونه گیری تکرار می شد. برای نمونه برداری دو ردیف کناری و ۵۰ سانتی متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان حاشیه حذف شدند. سپس ۲ بوته به نحوی انتخاب شدند که بتوانند تا حد زیادی خصوصیات کرت مربوطه را نشان دهند. در هر نمونه برداری، بوته ها از عمق خاک با دقت خارج و پس از جدا کردن غده ها و ریشه ها، درون پاکت های مخصوص و شماره گذاری شده قرار می گرفتند. به منظور اندازه گیری اجزای عملکرد، ۱۳۰ روز پس از کاشت، زمانی که گیاه کاملاً خشک شد، غده ها از زمین خارج و در داخل پاکت شماره دار گذاشته شدند، پس از انتقال به آزمایشگاه بلافاصله تمیز شده، شمارش و اندازه گیری وزن تر غده ها انجام گرفت. سپس غده ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد درون آون قرار داده شدند تا کاملاً خشک گردند. پس از خشک شدن با ترازوی حساس به دقت ± 0.01 گرم توزین شدند. در این آزمایش صفاتی نظیر سطح برگ، تعداد غده در هر بوته، عملکرد غده و درصد ماده خشک غده ها

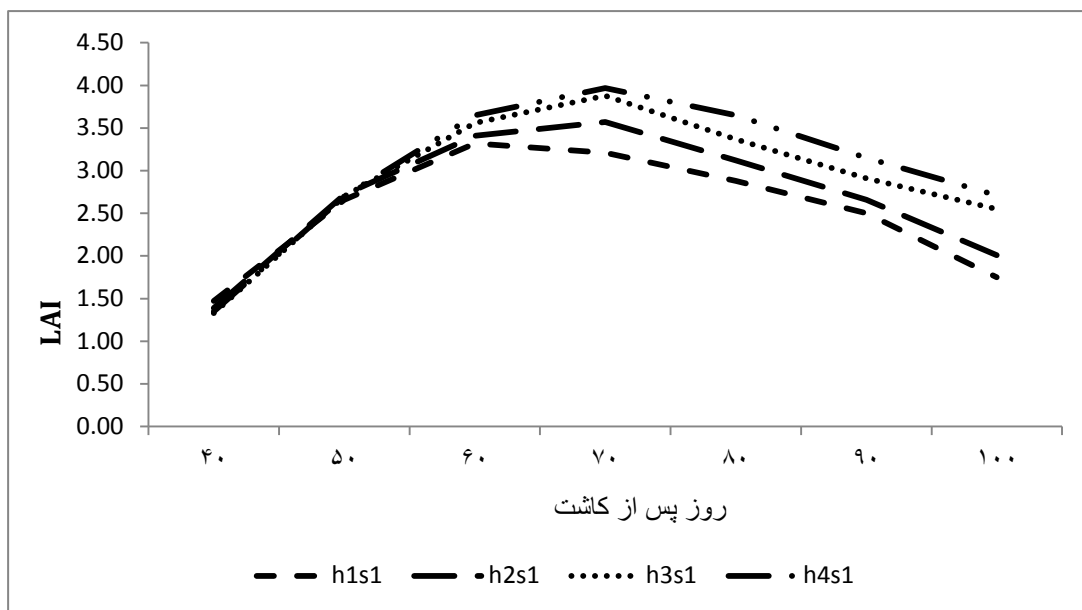
مورد ارزیابی قرار گرفت. در پایان برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزارهای Excel و MSTATC استفاده شد.

فصل چہارم

نتیجہ و بحث

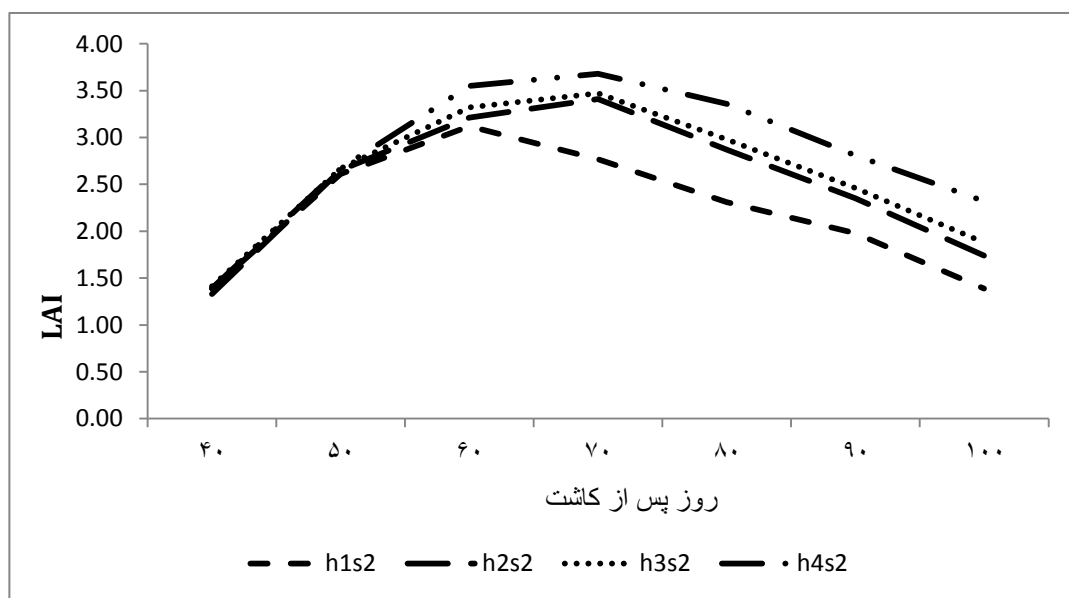
۴-۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI)

به طور کلی گیاه برای تولید عملکرد بیشتر به مواد فتوسنتزی تولید شده توسط برگها وابسته است. شاخص سطح برگ نشان دهنده نسبت سطح برگ به سطح زمینی است که توسط آن مقدار از برگ اشغال شده است، و واحد آن بر حسب متر مربع (سطح برگ) بر متر مربع (سطح زمین اشغال شده) سنجیده می شود. منحنی تغییرات سطح برگ به صورت لگاریتمی می باشد، بدین صورت که با شروع سبز شدن گیاه و افزایش سطح برگ، این شاخص افزایش می یابد. در اواسط فصل رشد با به اوج رسیدن سطح برگ گیاه، این شاخص به حداکثر رسیده و سپس با پیر شدن برگها و ریزش آنها و عدم افزایش سطح برگ به اندازه سطح برگ از بین رفته، این شاخص هم روند نزولی پیدا می کند. در مراحل اولیه رشد گیاه سیب زمینی، نیازهای تغذیه ای گیاه در حد کمی می باشد و از طرفی گیاه در مراحل ابتدایی رشد به آب و مواد غذایی غده وابستگی زیادی دارد. در این مرحله، اثر سطوح مختلف دوره های آبیاری بر شاخص سطح برگ زیاد نیست (شکل های ۴-۱؛ ۴-۲ و ۴-۳). اما با افزایش سطح برگ و همزمان با افزایش نیازهای گیاه به آب، اثر دور آبیاری زیاد می شود. دور آبیاری ۲۱ روز به علت اعمال محدودیت بسیار بر منابع آبی در دسترس گیاه، باعث کاهش شدید سطح برگ گیاه شد. اما محلول پاشی اسید هیومیک، اثرات تنش را تعدیل می کند و به گیاه برای مقابله با این شرایط محدود کمک می کند. در مراحل اولیه رشد به علت آنکه سطح برگ کم می باشد و در نتیجه گیاه برای جذب اسید هیومیک محلول پاشی شده با محدودیت سطح جذب مواجه است و از طرفی نیازهای آبی گیاه و اثرات تنش محدود می باشد سطوح مختلف اسید هیومیک اثر زیادی بر شاخص سطح برگ نداشت، ولی در اواسط فصل رشد به علت افزایش نیاز گیاه و از طرفی افزایش سطح جذب کننده اسید هیومیک به دلیل گسترش سطح برگ، اثرات استفاده از اسید هیومیک زیاد می شود. نتایج تحقیقات قاسمی و همکاران (۱۳۸۹) نشان داد که محلول پاشی اسید هیومیک باعث افزایش ۱۳ درصدی سطح برگ سیب زمینی می شود.



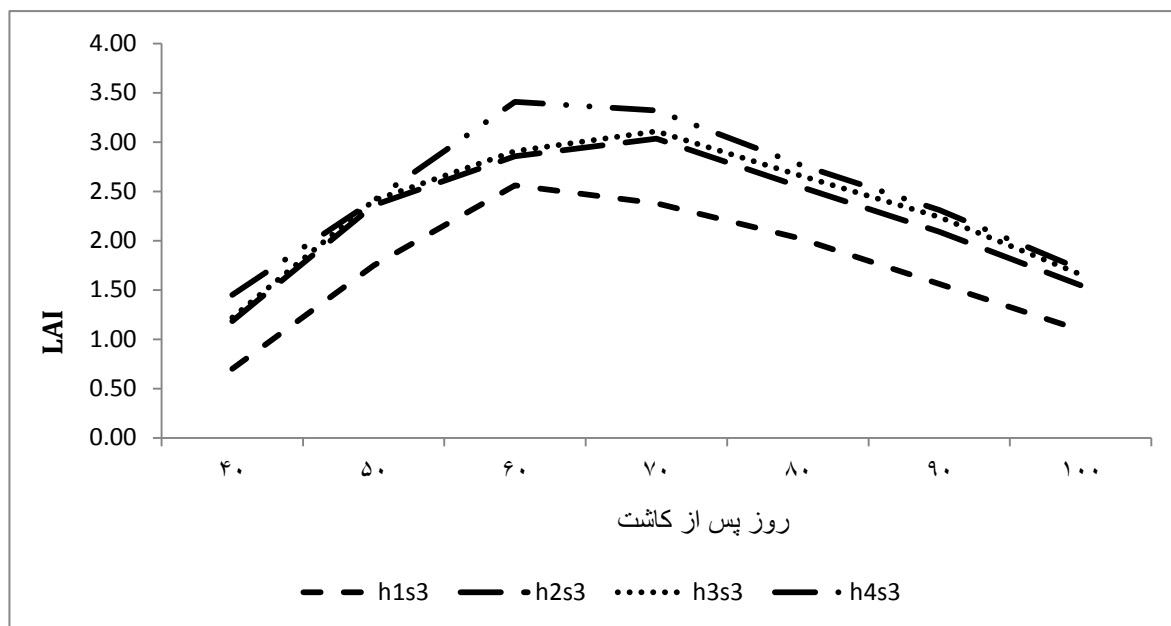
شکل ۴-۱ روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) در دور آبیاری ۷ روز یکبار (S1) و سطوح مختلف اسید هیومیک بر مبنای تعداد روزهای پس از کاشت

(H1, H2, H3, H4 به ترتیب محلول پاشی صفر، ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار)



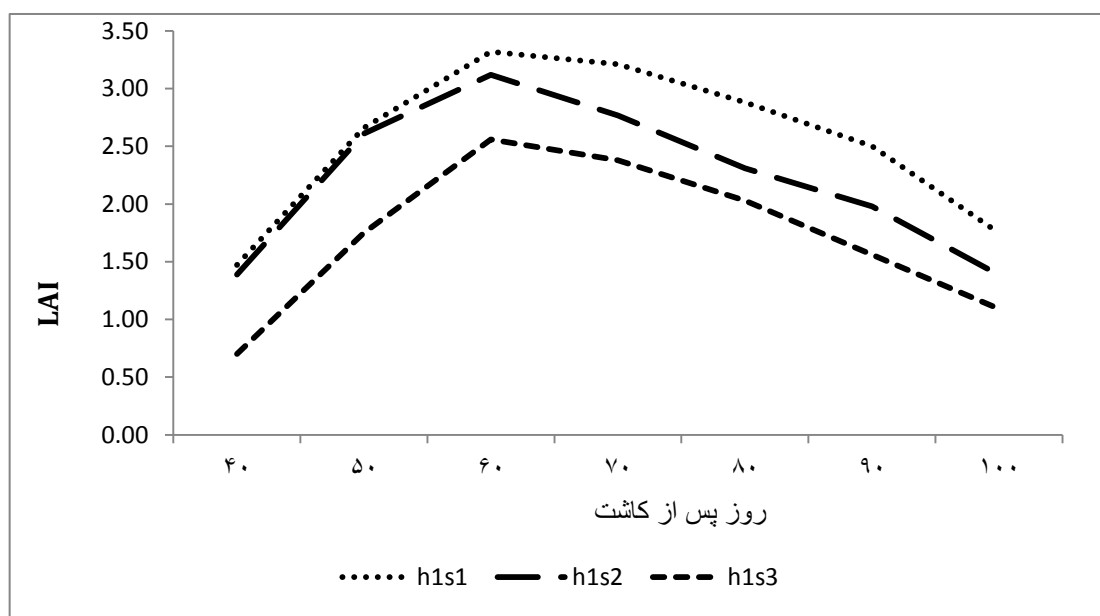
شکل ۴-۲ روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) در دور آبیاری ۱۴ روز یکبار (S2) و سطوح مختلف اسید هیومیک بر مبنای تعداد روزهای پس از کاشت

(H1, H2, H3, H4 به ترتیب محلول پاشی صفر، ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار)

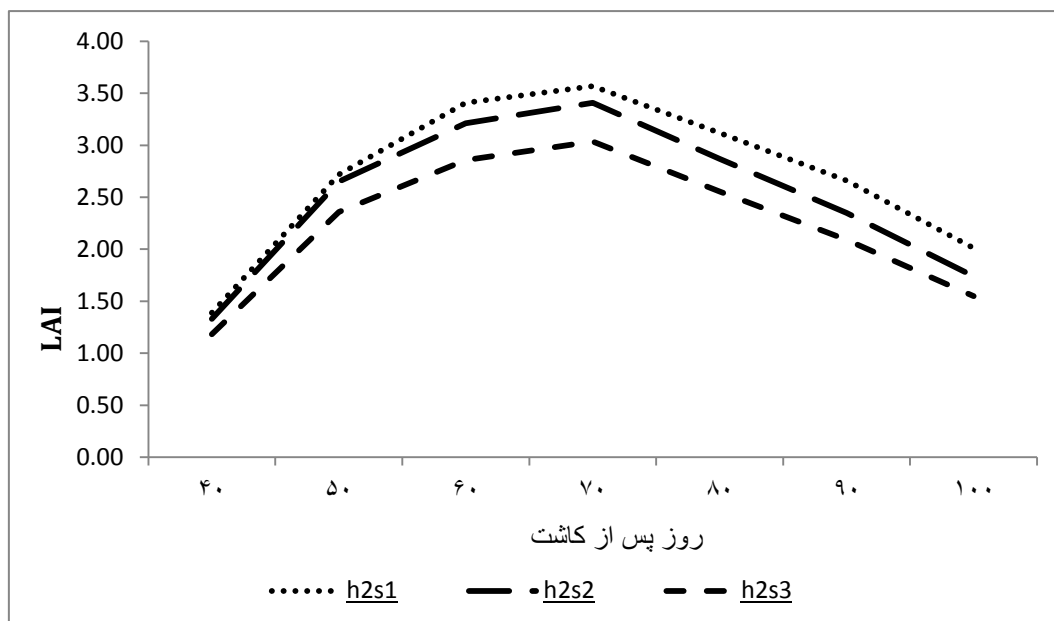


شکل ۳-۴ روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) در دور آبیاری ۲۱ روز یکبار (S3) و سطوح مختلف اسید هیومیک بر مبنای تعداد روزهای پس از کاشت

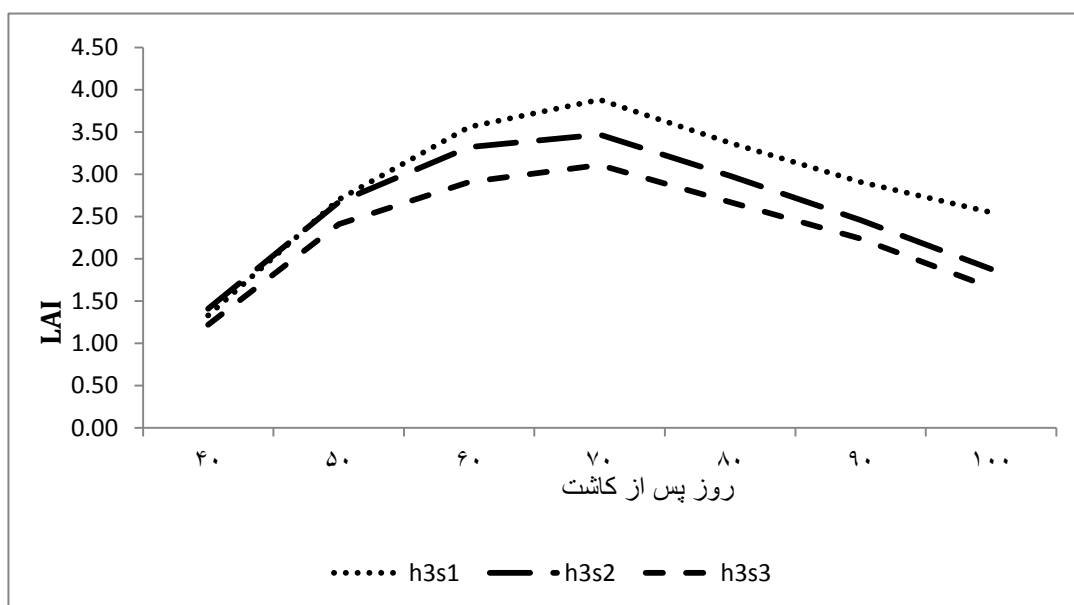
(H1, H2, H3, H4 به ترتیب محلول پاشی صفر، ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار)



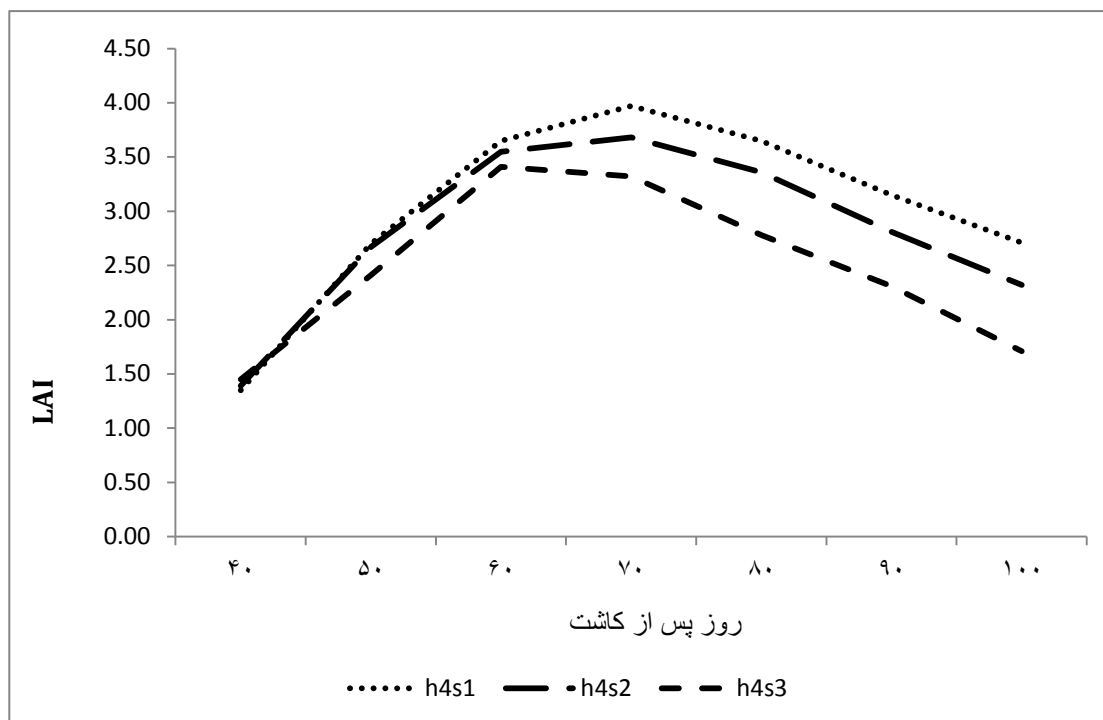
شکل ۴-۴ روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) در سطح صفر میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار (H1) و دوره‌های مختلف آبیاری بر مبنای تعداد روزهای پس از کاشت (S1, S2, S3 به ترتیب دور آبیاری ۷، ۱۴، ۲۱ روز)



شکل ۴-۵ روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) در سطح ۸۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار (H2)، و دوره‌های مختلف آبیاری بر مبنای تعداد روزهای پس از کاشت (S1، S2 و S3 به ترتیب دور آبیاری ۷، ۱۴، ۲۱ روز)



شکل ۴-۶ روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) در سطح ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار (H3)، و دوره‌های مختلف آبیاری بر مبنای تعداد روزهای پس از کاشت (S1، S2 و S3 به ترتیب دور آبیاری ۷، ۱۴، ۲۱ روز)



شکل ۴-۷ روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) در سطح ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار (H3)، و دوره‌های مختلف آبیاری بر مبنای تعداد روزهای پس از کاشت (S1، S2 و S3 به ترتیب دور آبیاری ۷، ۱۴، ۲۱ روز)

۴-۲- درصد ماده خشک غده

نتایج تجزیه واریانس تجمع ماده خشک در غده سیب زمینی در جدول ۴-۱ نشان داده شده است. نتایج حاصل نشان می دهد که اثر محلول پاشی اسید هیومیک و اعمال تنش خشکی بر تجمع ماده خشک در غده سیب زمینی در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شده است، اما اثر متقابل استفاده از اسید هیومیک و تنش خشکی بر تجمع ماده خشک در غده سیب زمینی معنی داری نبود. در بین فاکتورهای تنش خشکی، دور آبیاری ۲۱ روز یکبار بیشترین تأثیر را بر درصد ماده خشک داشت. در بین سطوح مختلف محلول پاشی اسید هیومیک، استفاده از ۲۴۰۰ میلی لیتر در هکتار، توانست اثر بیشتری بر تجمع ماده خشک در غده داشته باشد.

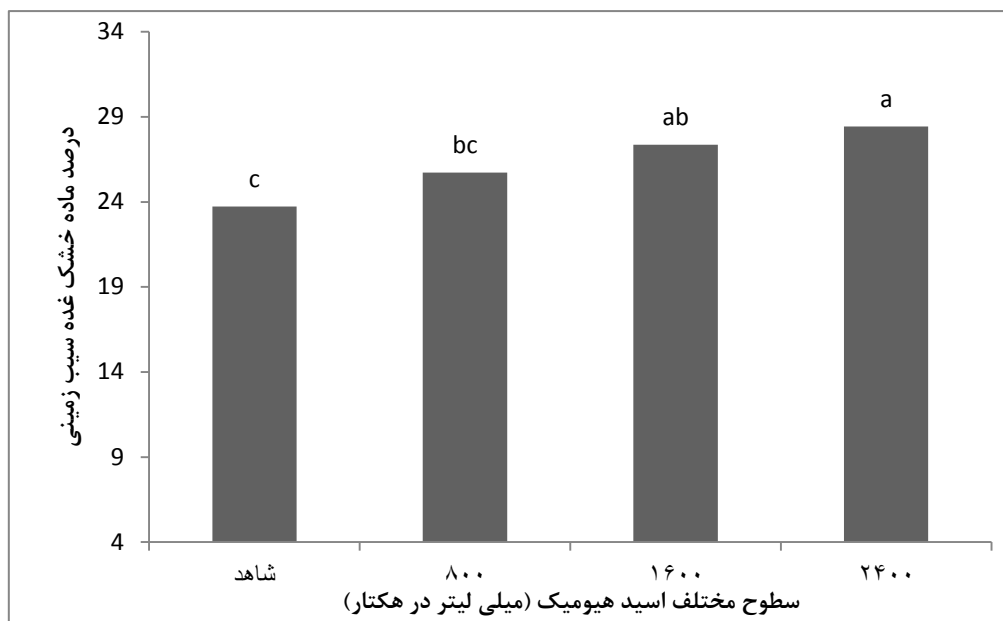
جدول ۱-۴ تجزیه واریانس اثرات اسید هیومیک و تنش خشکی بر تجمع ماده خشک در غده

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات درصد ماده خشک غده
تکرار	۲	۱۷۴/۸۸**
اسید هیومیک (H)	۳	۳۷/۸۲۹*
تنش خشکی (S)	۲	۳۵/۴۸۴*
H×S	۶	۰/۷۷۸
خطا	۲۲	۶/۶۷۴

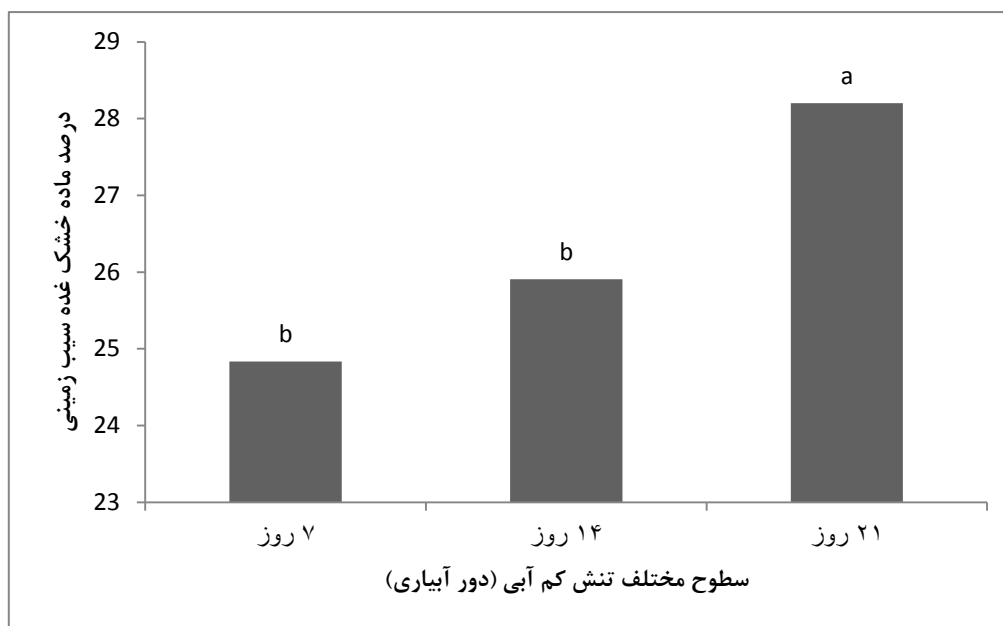
درصد ماده خشک غده، یکی از صفات مهم عملکردی سیب زمینی می باشد. ارقام دارای درصد ماده خشک بالاتر به لحاظ صنعتی و اقتصادی و همچنین از لحاظ خاصیت انبارداری از اهمیت زیادی برخوردار هستند. اگر ماده خشک خیلی کم باشد میزان جذب روغن زیاد و کیفیت چیپس تولیدی به علت نرمی آن پایین می آید (ربیع مطمن، ۱۳۷۶). در مقابل بالا بودن ماده خشک، مصرف روغن را پایین آورده و برای پایین آوردن رطوبت فرآورده به منظور بالا بردن کیفیت محصول تولیدی به انرژی کمتری برای تبخیر آب اضافی احتیاج است (هاورکرت و همکاران، ۲۰۰۲). مقادیر زیاد آب موجب می شود وزن خشک غده ها و کیفیت آن پایین بیاید (اسپکتروم آنالیتیک، ۲۰۱۲). به طور کلی بالا بودن درصد ماده خشک غده در ارزیابی کیفیت سیب زمینی صفتی مثبت و مفید می باشد. درصد ماده خشک غده تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار دارد و به علت آنکه ممکن است یک عامل در شرایط معینی اثر مثبت و همان عامل در شرایط دیگر اثر منفی بر درصد ماده خشک داشته باشد مطالعه تأثیر این عوامل بر درصد ماده خشک پیچیده می باشد.

نتایج به دست آمده نشان داد که اعمال تنش خشکی باعث بالا رفتن درصد ماده خشک می شود، به طوری که بالاترین درصد ماده خشک به مقدار ۲۸/۲ درصد به دور آبیاری ۲۱ روز تعلق دارد. در دور آبیاری ۲۱ روز درصد ماده خشک نسبت به دور آبیاری ۷ روز و ۱۴ روز به ترتیب ۱۳/۵۵ و ۸/۸۴ درصد رشد نشان می دهد. تنش خشکی، کل ماده خشک غده و عملکرد را کاهش می دهد، ولی درصد ماده خشک غده های سیب زمینی را افزایش می دهد (جفریز و مک کرون، ۱۹۸۷)، که با نتایج به دست آمده در این آزمایش مشابه می باشد. اما بر خلاف این تحقیق در آزمایش دیگر ثابت شد که اعمال تنش باعث کاهش معنی دار درصد ماده خشک غده سیب زمینی می شود (خورشیدی بنام و همکاران، ۱۳۸۵)، به عبارت دیگر افزایش میزان مصرف آب، درصد ماده خشک غده سیب زمینی را افزایش می دهد. هیور و نادلر (۱۹۹۸) اظهار داشتند که تنش خشکی اثر چندانی بر درصد ماده خشک غده سیب زمینی ندارد. اسکندری و همکاران (۱۳۹۰) نیز اظهار داشتند هر چند افزایش حجم آبیاری باعث کاهش وزن مخصوص غده ها می شود، اما این تغییر در بین تیمارهای رژیم آبیاری معنی داری نداشت.

نتایج به دست آمده در این آزمایش نشان می دهد که کاربرد اسید هیومیک باعث بالا رفتن درصد ماده خشک غده می شود و در این میان محلول پاشی ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار بالاترین درصد ماده خشک غده را نشان داد، هرچند که با فاکتور H3 یعنی محلول پاشی ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار تفاوت معنی داری نداشت. اسید هیومیک می تواند باعث بالا رفتن میزان جذب عناصر توسط ریشه ها شود و توانایی گیاه را برای بالا بردن غلظت ماده خشک در غده ها افزایش دهد. به عنوان مثال کاربرد اسید هیومیک در تربچه توانست قطر ریشه ها و طول ویژه ریشه را افزایش دهد (باندیرا و همکاران، ۲۰۰۹).



شکل ۴-۸ مقایسه میانگین استفاده از سطوح مختلف اسید هیومیک بر تجمع ماده خشک غده سیب زمینی



شکل ۴-۹ مقایسه میانگین دوره‌های مختلف آبیاری بر تجمع ماده خشک غده سیب زمینی

۴-۳- قطر بزرگ‌ترین غده

نتایج تجزیه واریانس اثرات محلول پاشی اسید هیومیک و اعمال سطوح مختلف تنش خشکی

بر قطر بزرگ‌ترین غده سیب زمینی در جدول ۴-۲ نشان داده شده است. اثر محلول پاشی اسید

هیومیک و اعمال سطوح مختلف تنش خشکی بر قطر بزرگ ترین غده سیب زمینی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شده است. با افزایش دور آبیاری، قطر غده ها کاهش پیدا کرده است که در این میان بین دور آبیاری ۱۴ روز و دور آبیاری ۲۱ روز اختلاف معنی داری وجود ندارد (شکل ۴-۱۰). سبحانی و همکاران (۱۳۸۱) نیز نشان دادند که تنش کم آبی تعداد غده و متوسط وزن غده ها را کاهش می دهد و باعث کاهش عملکرد، به سبب کمتر شدن عملکرد غده های درشت و بیشتر شدن عملکرد غده های ریز می شود.

جدول ۴-۲ تجزیه واریانس اثرات اسید هیومیک و تنش خشکی بر قطر بزرگ ترین غده

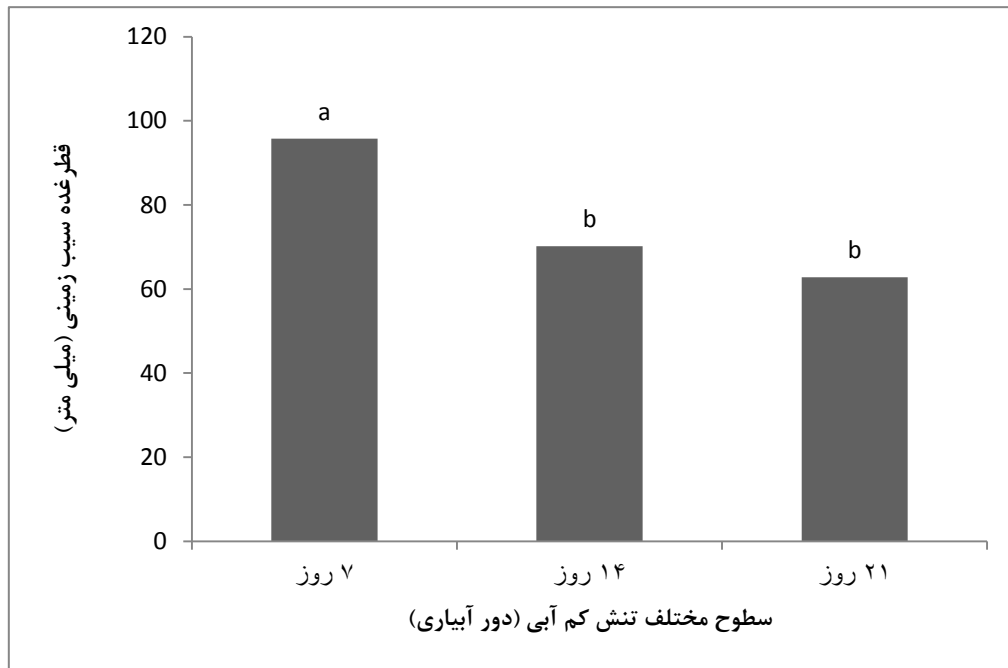
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات قطر بزرگ ترین غده
تکرار	۲	۱۵/۶۱۶**
اسید هیومیک (H)	۳	۱۰/۳۳۳**
تنش خشکی (S)	۲	۳۵/۸۳۶**
H×S	۶	۰/۲۴۸
خطا	۲۲	۱/۴۶۲

دبلوند و لدنت (۲۰۰۱) نیز در آزمایش مشابهی نشان دادند که در تنش کم آبی تعداد غده ها و وزن متوسط غده ها کاهش می یابد. این امر می تواند به این دلیل باشد که با افزایش دور آبیاری دمای خاک افزایش می یابد و شرایط برای رشد و نمو غده ها نامساعد می گردد. همچنین در شرایط تنش کم آبی میزان مواد غذایی اختصاص یافته به غده ها کاهش می یابد و گیاه برای مقابله با این

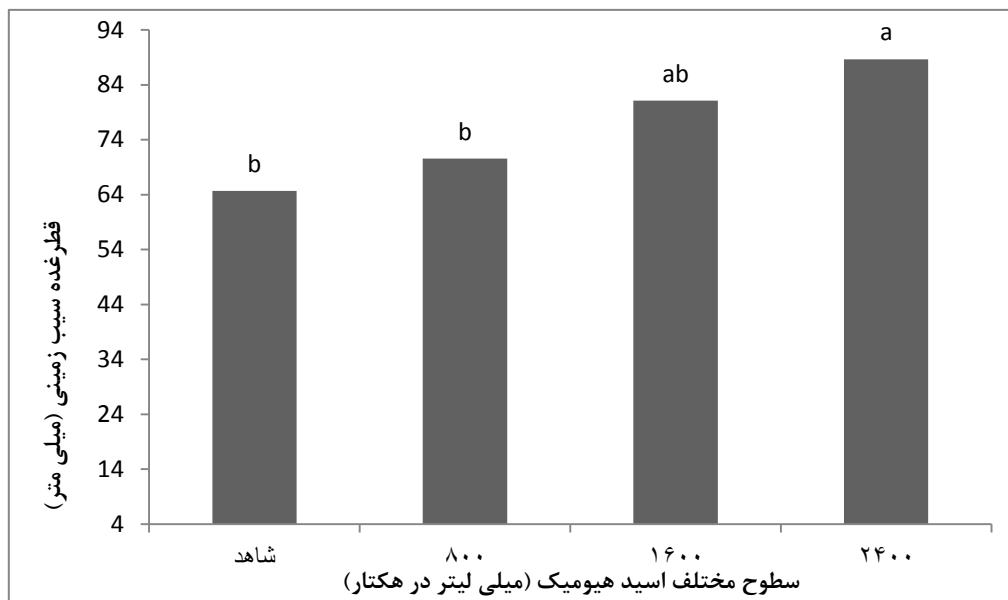
شرایط نامساعد محیطی مقدار بیشتری مواد غذایی را به رشد ریشه ها اختصاص می دهد (خورشیدی بنام و همکاران، ۱۳۸۵).

محلول پاشی اسید هیومیک بر قطر بزرگ ترین غده در سطح یک درصد معنی دار شد. در این میان کاربرد ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار بیشترین اثر را بر قطر بزرگ ترین غده دارد به طوری که کاربرد آن، قطر بزرگ ترین غده را نسبت به تیمار شاهد ۳۷/۱۱ درصد افزایش داده است (شکل ۴-۱۱). اما کاربرد ۸۰۰ و ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار به ترتیب ۹/۱ و ۲۵/۴۲ درصد قطر بزرگ ترین غده را نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند. همچنین نتایج نشان داده است که بین تیمار شاهد (عدم استفاده از اسید هیومیک) و کاربرد ۸۰۰ و ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار اختلاف معنی داری از نظر این صفت وجود ندارد. مواد هیومیکی اثرات مستقیم و غیرمستقیمی بر گیاه دارند، از اثرات مستقیم آن می توان به رشد بهتر گیاه و توسعه بیشتر ریشه و از اثرات غیر مستقیم آن به جذب بهتر آب، بهبود بافت خاک و جذب بهتر مواد غذایی می توان اشاره کرد (آیاس و گولسر، ۲۰۰۵). یکی از ویژگی های مهم اسید هیومیک انحلال و آزاد سازی عناصر غذایی تثبیت شده به خصوص در خاک های قلیایی است. از طرفی خاصیت بافری اسید هیومیک، از تغییرات pH جلوگیری می کند (داعی و سرداری، ۱۳۸۹). در نتیجه بهبود شرایط تغذیه ای گیاه در اثر استفاده از اسید هیومیک، مواد غذایی بیشتری در برگ ها ساخته شده و به ریشه ها انتقال می یابد. برقراری تعادل بین نیاز گیاه به مواد غذایی و فراهمی و قابلیت دسترسی آن در خاک برای ریشه موجب رشد متعادل گیاه و بازار پسندی بیشتر آن می شود. تحقیقات نشان داده است، تأمین ۷۵ درصد آب مورد نیاز گیاه باعث افزایش درصد غده های متوسط و کاهش درصد غده های ریز و درشت می شود (موسوی فضل و فائزینیا، ۱۳۸۰)، که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. علت کاهش در اندازه غده ها را می توان به تاخیر افتادن سرعت رشد گیاه در اثر تنش نسبت داد (الدرگ و همکاران، ۱۹۹۲). همچنین شجاعی و همکاران (۱۳۸۲) نشان دادند که اگر شرایط محیطی مناسب باشد رقم

اگر با توانایی افزایش عملکرد از طریق افزایش وزن غده ها را دارد. در این آزمایش اثر متقابل محلول پاشی اسید هیومیک و تنش خشکی بر تجمع ماده خشک غده سیب زمینی معنی دار نشده است.



شکل ۴-۱۰ مقایسه میانگین دوره های مختلف آبیاری بر قطر بزرگ ترین غده سیب زمینی



شکل ۴-۱۱ مقایسه میانگین استفاده از سطوح مختلف محلول پاشی اسید هیومیک بر قطر بزرگ ترین غده سیب زمینی

۴-۴- عملکرد غده

نتایج تجزیه واریانس اثرات محلول پاشی اسید هیومیک و تنش خشکی بر عملکرد غده سیب زمینی در جدول ۳-۴ نشان داده شده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می دهد که اثر تنش خشکی و کاربرد اسید هیومیک و اثرات متقابل آنها بر عملکرد غده سیب زمینی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شده است.

جدول ۳-۴ تجزیه واریانس اثرات اسید هیومیک و تنش خشکی بر عملکرد غده سیب زمینی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات عملکرد غده
تکرار	۲	۱۳۵۱۶۷۱۵,۵۷۲
اسید هیومیک (H)	۳	۱۶۰۹۱۴۹۰۷,۵۱۹ **
تنش خشکی (S)	۲	۱۳۵۵۷۶۳۵۲۲,۳۳۱ **
H×S	۶	۳۵۳۰۴۱۶۲,۱۲۳ **
خطا	۲۲	۶۰۶۲۲۹۶,۲۱۳

نتایج به دست آمده از این آزمایش نشان داد که افزایش دور آبیاری از ۷ به ۱۴ و ۲۱ روز، عملکرد غده سیب زمینی را به شدت کاهش می دهد. در دور آبیاری ۷ روز (شاهد) عملکرد ۲۲۸۹۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که با افزایش دور آبیاری از ۷ روز به ۱۴ روز با کاهش ۲۱/۲۲ درصدی، عملکرد به ۱۸۸۸۲ کیلوگرم در هکتار رسید. همچنین در دور آبیاری ۲۱ روز عملکرد با کاهش ۸۷/۷۴ درصدی نسبت به شاهد (S1)، به ۲۸۰۶ کیلوگرم در هکتار رسید. نتایج به دست آمده اختلاف معنی داری بین دور آبیاری ۱۴ روز (S2) و ۲۱ روز (S3) نشان نداد.

اثر محلول پاشی اسید هیومیک بر روی عملکرد غده سیب زمینی معنی دار گردید و در این میان فاکتور H4 دارای بیشترین تأثیر و پس از آن به ترتیب فاکتور های H3 و H2 بیشترین تأثیر مثبت بر عملکرد غده سیب زمینی نسبت به شاهد را نشان دادند. در فاکتور شاهد عملکرد ۸۹۸۴ کیلوگرم در هکتار بوده است اما با اعمال فاکتورهای H2، H3 و H4، به ترتیب ۱۵۰۴۰، ۱۶۵۱۰ و ۱۸۹۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد به دست آمد. بین فاکتور H3 با فاکتور H2، همچنین فاکتور H3 با فاکتور H4 اختلاف معنی داری مشاهده نشد. فاکتور های H2، H3 و H4 به ترتیب باعث افزایش ۶۷/۴، ۸۳/۷۷ و ۱۱۰/۳۷ درصدی عملکرد نسبت به فاکتور H1 یعنی عدم محلول پاشی اسید هیومیک شدند.

اثر متقابل محلول پاشی اسید هیومیک و تنش خشکی در سطح ۱ درصد معنی دار شده است (شکل ۴-۱۲). بیشترین عملکرد مربوط به ترکیب تیماری H4S1 به مقدار ۳۰۸۶۴ کیلوگرم در هکتار بوده است. در هر سطحی از تنش خشکی، محلول پاشی اسید هیومیک باعث افزایش عملکرد غده سیب زمینی نسبت به تیمار شاهد شد. در سطح نخست تنش خشکی (دور آبیاری ۷ روز)، محلول پاشی ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک باعث بیشترین تأثیر بر افزایش عملکرد غده سیب زمینی گردید اما بین ترکیبات تیماری H4S1 و H3S1 همچنین بین ترکیبات تیماری H3S1 و H2S1 اختلاف معنی داری مشاهده نشد. در سطح دوم تنش خشکی (دور آبیاری ۱۴ روز)، محلول پاشی ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک باعث افزایش بیشتری بر عملکرد غده سیب زمینی گردید هرچند بین ترکیبات تیماری H2S2، H3S2 و H4S2 اختلاف معنی داری مشاهده نشد. در سطح سوم تنش خشکی (دور آبیاری ۲۱ روز)، محلول پاشی ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک باعث بیشترین درصد افزایش عملکرد غده سیب زمینی گردید هر چند بین ترکیبات تیماری H2S3، H3S3 و H4S3 با H1S3 اختلاف معنی داری به دست نیامد.

سیب زمینی در بین گیاهان زراعی به عنوان گیاهی حساس به تنش کم آبی شناخته می شود، این به دلیل سیستم ریشه ایی سطحی و محدود سیب زمینی می باشد. به طوری که ۸۵ درصد طول ریشه سیب زمینی تا عمق ۳۰ سانتی متری لایه سطحی خاک پراکنده می باشد (اوندرو و همکاران، ۲۰۰۵). یوان و همکاران (۲۰۰۳) نیز بیان داشتند که تنش رطوبتی در مراحل مختلف فنولوژیکی سیب زمینی موجب کاهش رشد و نمو، تعداد غده در هر بوته، اندازه و کیفیت غده و در نتیجه کاهش عملکرد غده ها می شود. تنش خشکی سبب کاهش طول دوره رشد به علت پیری زودرس، کاهش دریافت تابش خورشیدی به علت کاهش رشد و نمو اندام های هوایی، کاهش رشد ریشه ها و غده ها و در نتیجه کاهش عملکرد می شود (لالو و همکاران، ۲۰۰۳). کاهش سطح فتوسنتز کننده، در واقع سازوکاری برای مقابله با شرایط تنش کم آبی به شمار می رود (واسکوز رابینت و همکاران، ۲۰۰۸). در آزمایش دیگر مشخص شد که، تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی سیب زمینی در شرایط آب و هوایی مشهد نسبت به تأمین ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی موجب افزایش معنی دار عملکرد غده می شود (باغانی، ۱۳۸۸). نتایج آزمایش اسکندری و همکاران (۱۳۹۰) نیز نشان داد که در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه سیب زمینی، عملکرد رقم اگر یا بهبود می یابد اما در شرایطی که تا ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه در کل فصل رشد یا تا قبل از آغازش غده سیب زمینی تأمین شود، عملکرد کاهش می یابد. کمبود رطوبت خاک به طور کلی موجب افزایش مقاومت روزنه ای برگ، کاهش میزان فتوسنتز، بیوماس اندام هوایی، رشد غده، و نهایتاً عملکرد غده تولیدی می شود (ایرنا و مائرومیکال، ۲۰۰۶). در شرایط تنش کم و ملایم وزن خشک رقم اگر یا نسبت به شاهد کاهش معنی داری را پیدا نمی کند اما در شرایط تنش متوسط و شدید روند کاهش وزن خشک ریشه یکسان است (خورشیدی، ۱۳۸۵).

اسید هیومیک رشد گیاهان را از طریق تغییر در فیزیولوژی گیاه و بهبود نسبی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژی گیاه بهبود می بخشد. مصرف هومات پتاسیم در شرایط آبیاری ۷ روز یک بار بر عملکرد غده تأثیر معنی داری ندارد اما در شرایط آبیاری ۱۰ روز یک بار باعث افزایش معنی

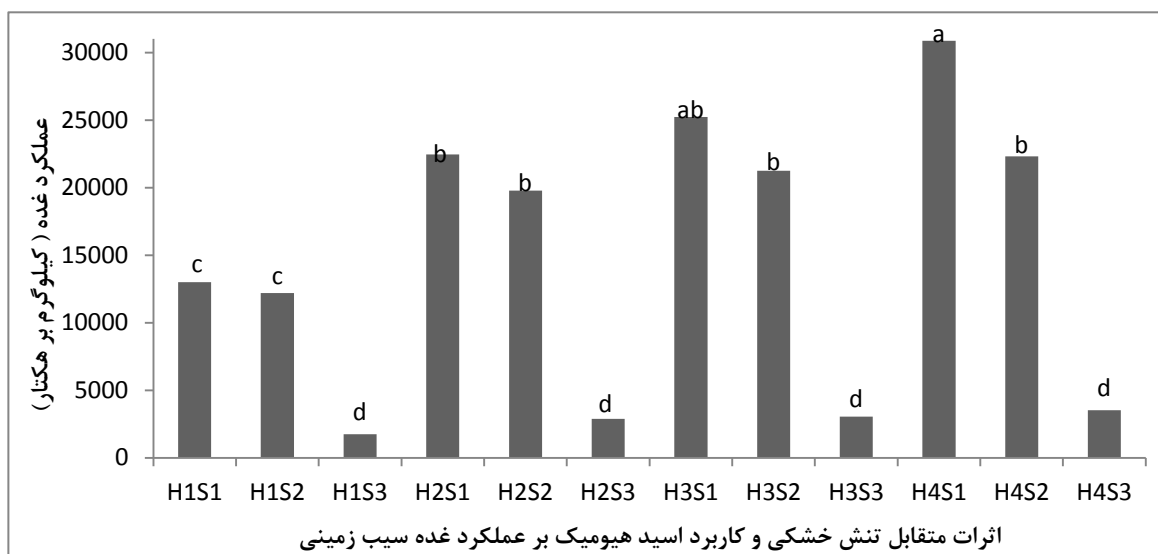
دار عملکرد غده ارقام اگریا و کاریز شده است (حسینی و همکاران، ۱۳۸۸). اسید هیومیک باعث افزایش آنزیم روبیسکو شده و در نتیجه باعث افزایش فتوسنتز می شود (دلفاین و همکاران، ۲۰۰۵). اسید هیومیک همچنین از ایجاد نمک های غیر محلول فسفات کلسیم جلوگیری کرده و سبب افزایش در دسترس بودن پتاسیم و کلسیم می شود (گروسل، ۱۹۹۱).

یکی دیگر از دلایل دخیل بودن اسید هیومیک در بالا بردن عملکرد در شرایط تنش، نقش شبه هورمونی آن می باشد. هورمون های گیاهی بخصوص اکسین نقش مهمی در کنترل و تنظیم رشد و نمو گیاهان دارند. کاهش حجم اکسین، سیتوکینین و جبریلین مواد بازدارنده رشد را بالا برده و مانع از رشد کافی گیاه می شود (فرانکن برگر، ۱۹۹۵). کاهش محتوی سیتوکینین و جبریلین و افزایش اسید آبسزیک در شرایط تنش خشکی گزارش شده است (پنگ، ۲۰۰۴). کاربرد اسید هیومیک نسبت به شاهد باعث افزایش ۱۲/۳ درصد هورمون اکسین، ۷/۶ درصدی هورمون جبریلین، ۲۰/۲ درصدی هورمون سیتوکینین در گندم شد. با اینکه اثر اسید هیومیک بر سطح هورمون اکسین، سیتوکینین و جبریلین معنی دار بود اما اثر آن بر عملکرد دانه گندم فقط در شرایط کاربرد آن در هنگام تنش شوری معنی دار گزارش شده است (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۰).

از دلایل دیگر افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در اثر کاربرد اسید هیومیک، افزایش تولید آنتی اکسیدان و آنزیم های آنتی اکسیدان است که باعث کاهش اثرات سوء تنش در گیاه می شود. در شرایط تنش های محیطی تولید انواع اکسیژن فعال افزایش می یابد که به دلیل احیای ناقص اکسیژن در فرایندهای حیاتی گیاه مانند فتوسنتز، تنفس و تنفس نوری می باشد (میلر، ۲۰۰۲). اکسیژن فعال برخلاف اکسیژن اتمسفری دارای میل ترکیبی بالایی با بیومولکول های حیاتی سلول است که می تواند اسید آمینه هایی مانند تریپتوفان، متیونین و هیستیدین را اکسیده نماید (بروسژم و همکاران، ۲۰۰۱). یکی از مکانیسم های مقابله گیاهان با افزایش تولید اکسیژن فعال، تولید آنزیم های آنتی اکسیدان و آنتی اکسیدان است (هربینگر و همکاران، ۲۰۰۲). در آزمایشی کاربرد اسید هیومیک

با افزایش محتویات ترکیبات آنتی اکسیدان و فعالیت های خاصی از آنزیم های آنتی اکسیدان باعث بهبود عملکرد انگور شد (کسبا و البلتاجی، ۲۰۱۲).

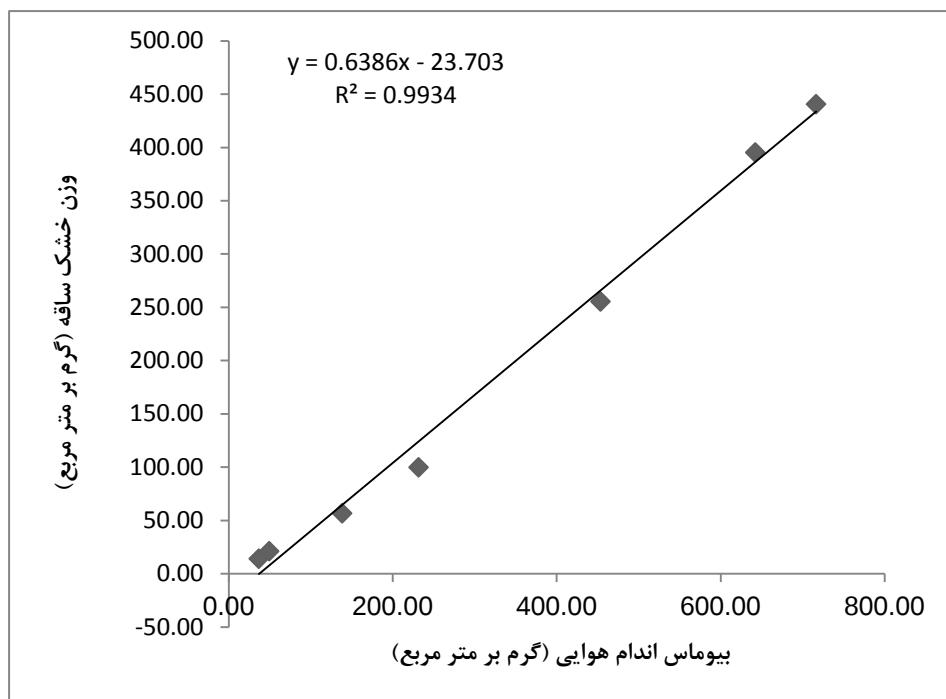
همچنین از دلایل دیگر افزایش عملکرد در اثر کاربرد اسید هیومیک، کمک به افزایش فرایند ریشه زایی در گیاه می باشد. از دلایل حساسیت سیب زمینی به کمبود آب عمق محدود ریشه دهی آن می باشد (مسعودی و همکاران، ۱۳۸۹). از طرفی تنش خشکی موجب کاهش رشد و شاخص های مربوط به آن مانند وزن خشک ریشه می شود (باسو و همکاران، ۱۹۹۰). لالو و لدنت (۲۰۰۵) نیز نشان دادند که در شرایط تنش خشکی بیوماس کل ریشه و تعداد ریشه های نابجا کاهش می یابد. همچنین مطالعه بر روی اثر تنش خشکی و شوری بر روی رقم آگریا نشان داد که مقدار پرولین در تنش شوری و خشکی افزایش یافت و این افزایش در تنش خشکی بیشتر مشاهده شد، این بررسی نشان داد که رقم آگریا به هر دو تنش حساس است اما به تنش خشکی حساس تر از شوری می باشد (دانشمند و همکاران، ۱۳۸۸). مالیکارجوانا و همکاران (۱۹۸۷) نشان دادند که کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش وزن خشک ساقه و ریشه در سورگوم می شود که این افزایش در ریشه بیشتر از ساقه است. در بررسی اثر اسید هیومیک بر روی گندم، مشاهده شد که غلظت های مختلف اسید هیومیک موجب افزایش وزن خشک ریشه ها می شود (سبزواری و همکاران، ۱۳۸۸). قاسمی و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که کاربرد اسید هیومیک، وزن خشک اندام های زیرزمینی سیب زمینی را افزایش می دهد.



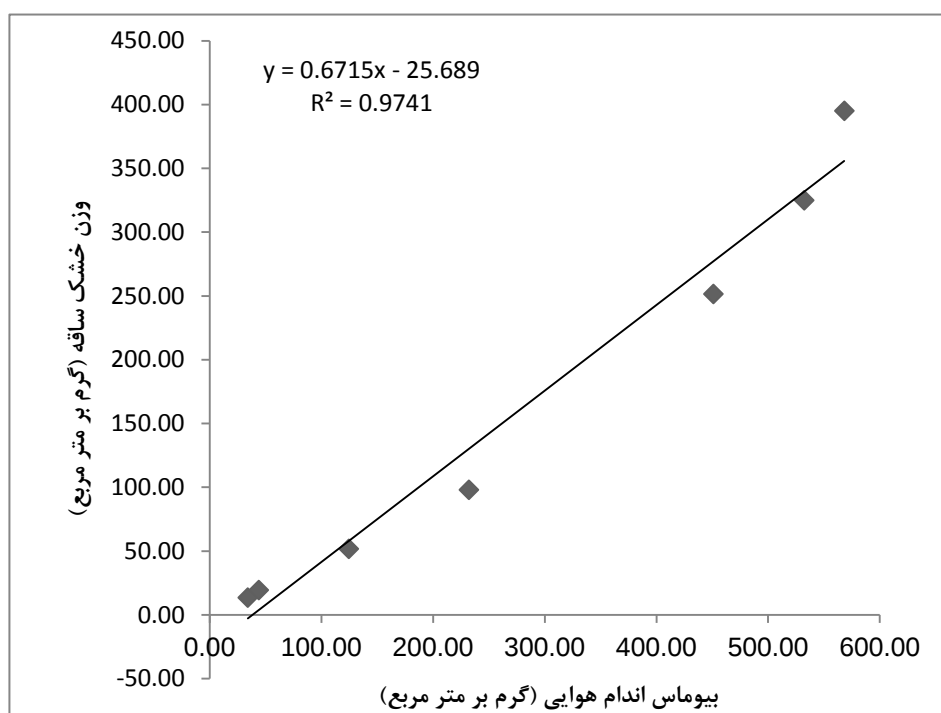
شکل ۴-۱۲ مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف محلول پاشی اسید هیومیک و تنش خشکی بر عملکرد غده سیب زمینی

۴-۵- تسهیم بیوماس به ساقه و برگ

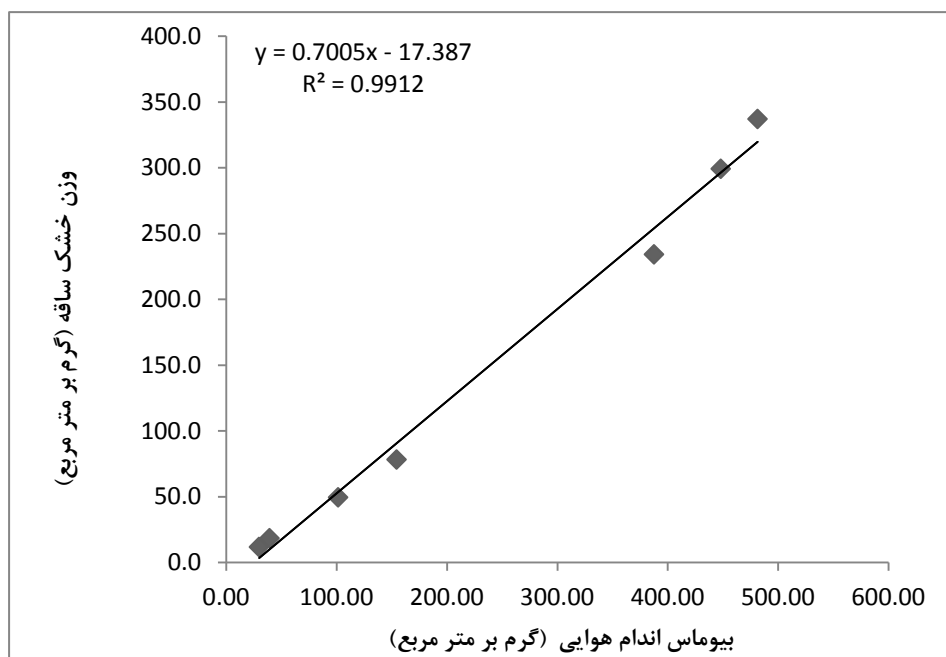
نسبت تسهیم بیوماس اندام هوایی بین برگ و ساقه در ترکیبات تیماری مورد آزمایش در شکل های ۴-۱۳ تا ۴-۳۶ آورده شده است. همان طور که در این شکل ها مشاهده می گردد، یک رابطه خطی قوی بین بیوماس کل و برگ ها و ساقه ها وجود دارد. از ضریب X به عنوان شاخصی برای نشان دادن میزان تسهیم ماده خشک به برگ و ساقه استفاده گردیده است. در ترکیبات تیماری مورد آزمایش، کمیت این ضریب برای ساقه بیشتر از برگ می باشد، به دلیل آنکه سهم ساقه از بیوماس اندام هوایی در سیب زمینی همواره بیشتر از برگ می باشد.



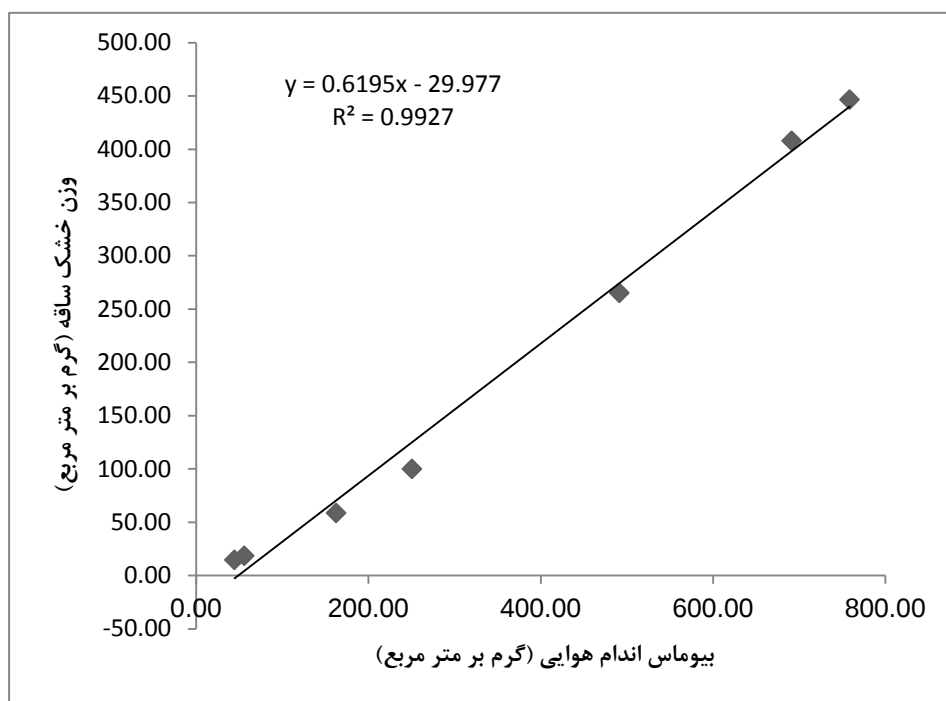
شکل ۴-۱۳ رابطه وزن خشک ساقه با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۷ روز و محلول پاشی صفر میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار



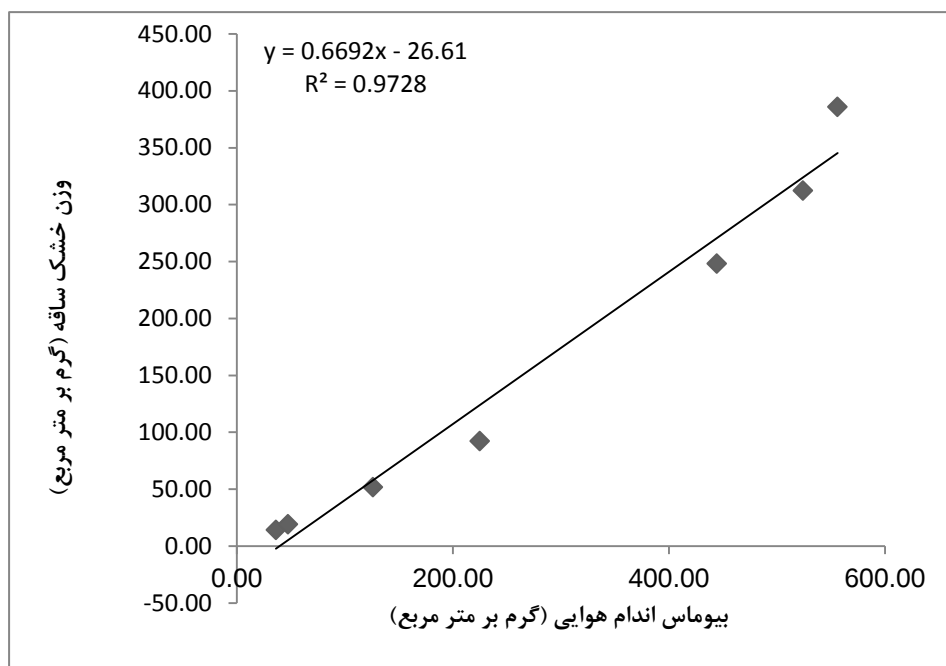
شکل ۴-۱۴ رابطه وزن خشک ساقه با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۱۴ روز و محلول پاشی صفر میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار



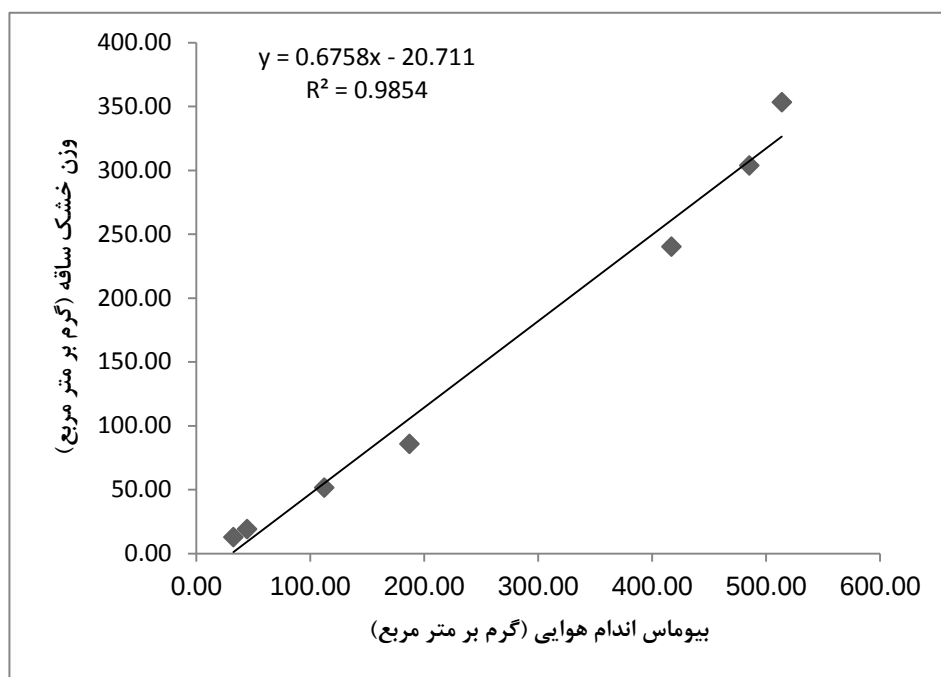
شکل ۴-۱۵ رابطه وزن خشک ساقه با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۲۱ روز و محلول پاشی صفر میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار



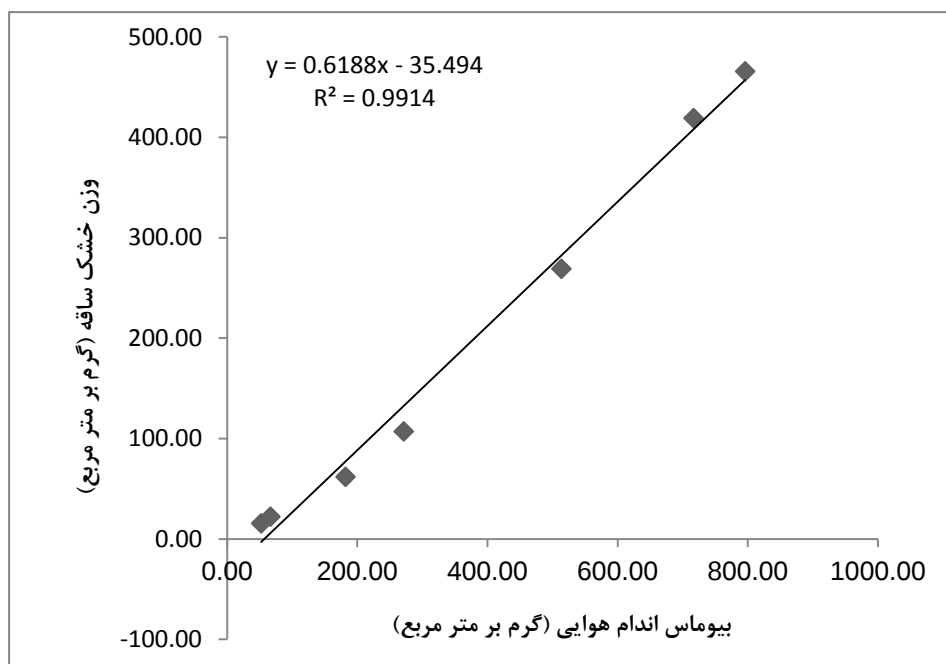
شکل ۴-۱۶ رابطه وزن خشک ساقه با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۷ روز و محلول پاشی ۸۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار



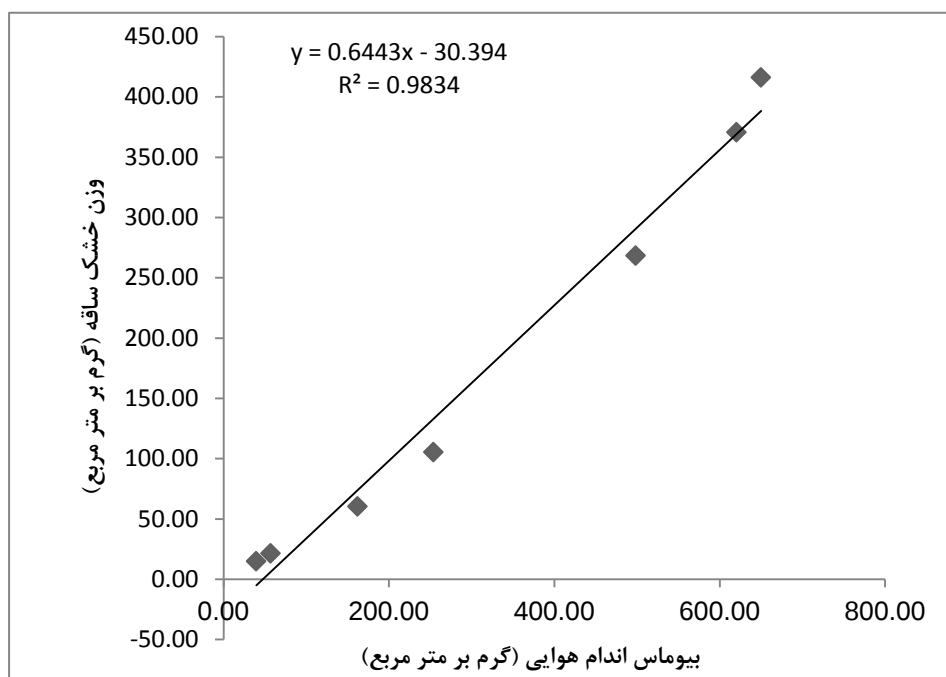
شکل ۴-۱۷ رابطه وزن خشک ساقه با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۱۴ روز و محلول پاشی ۸۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار



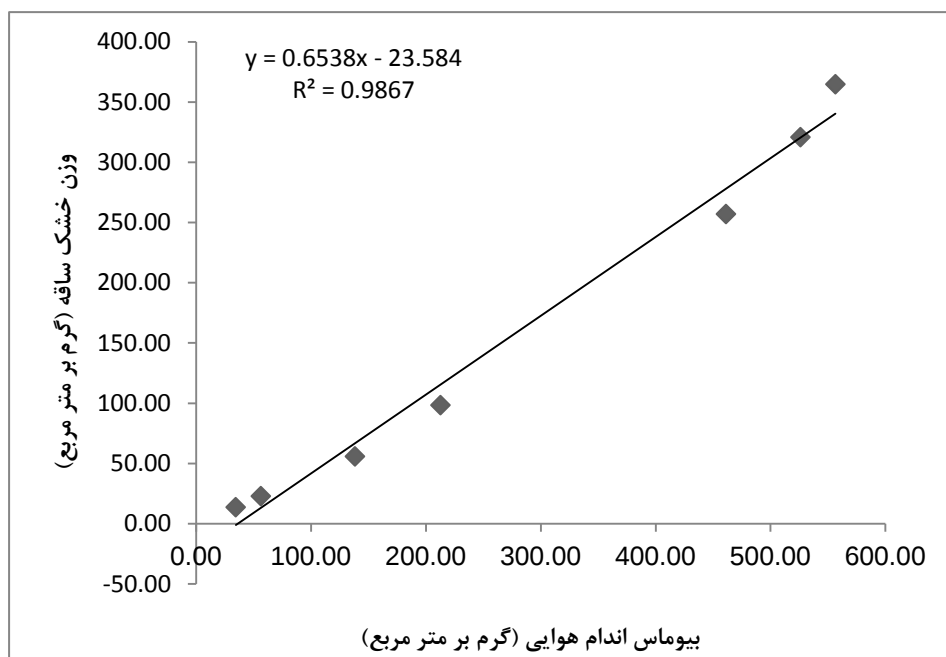
شکل ۴-۱۸ رابطه وزن خشک ساقه با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۲۱ روز و محلول پاشی ۸۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار



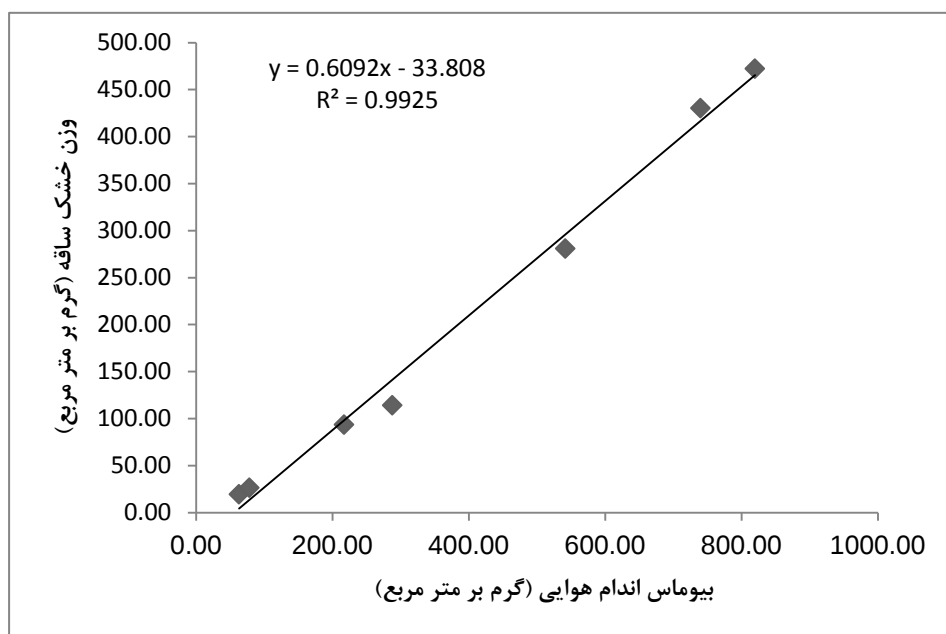
شکل ۴-۱۹ رابطه وزن خشک ساقه با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۷ روز و محلول پاشی ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار



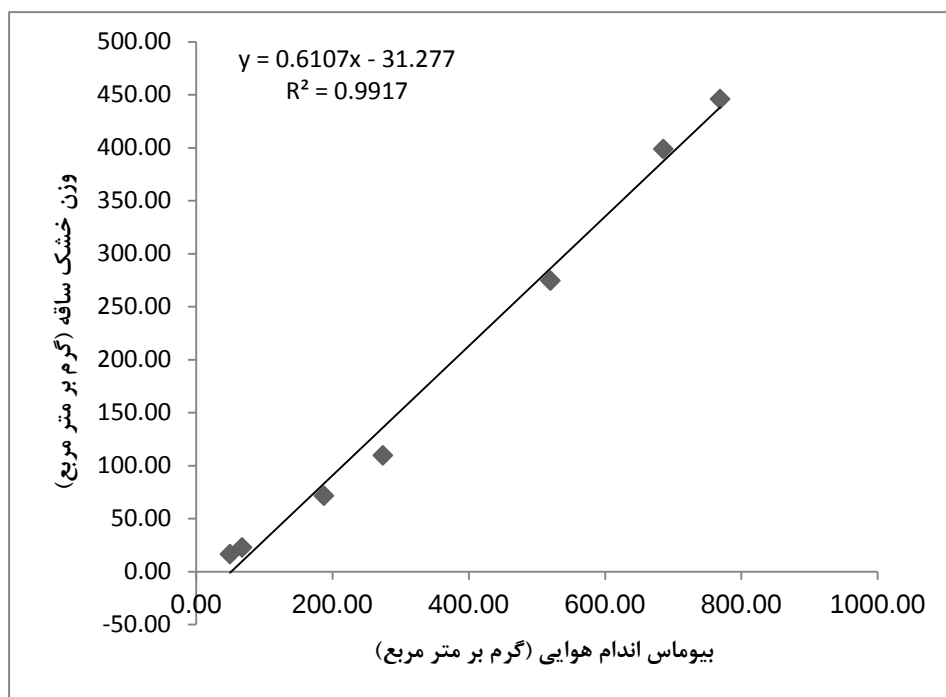
شکل ۴-۲۰ رابطه وزن خشک ساقه با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۱۴ روز و محلول پاشی ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار



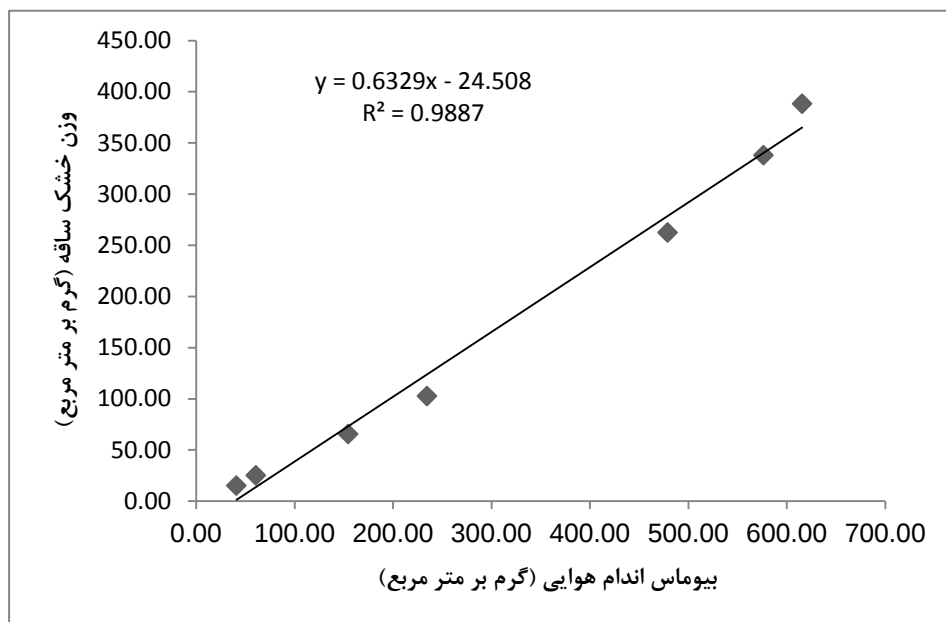
شکل ۴-۲۱ رابطه وزن خشک ساقه با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۲۱ روز و محلول پاشی ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار



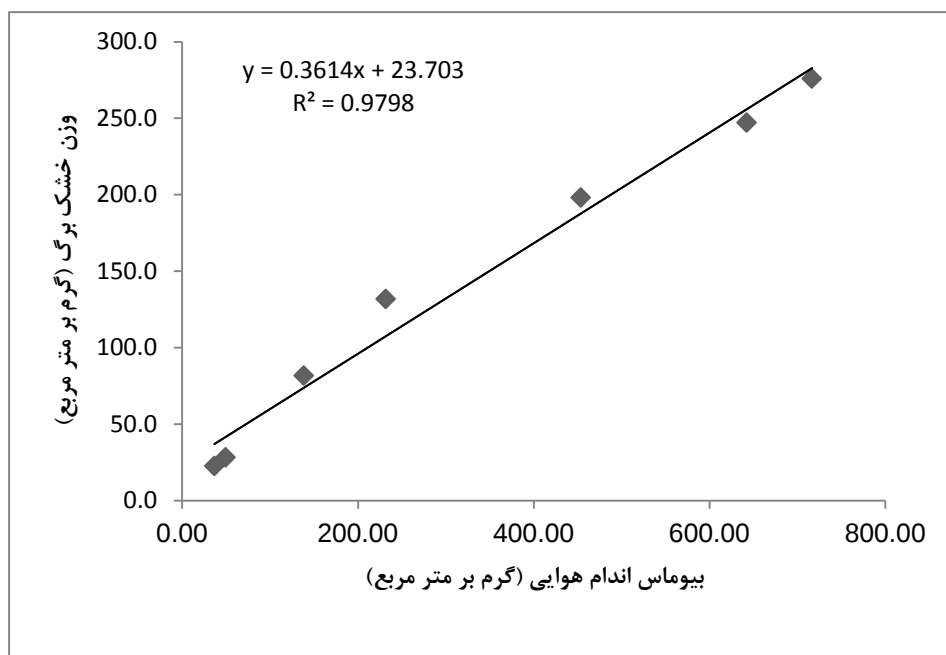
شکل ۴-۲۲ رابطه وزن خشک ساقه با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۷ روز و محلول پاشی ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار



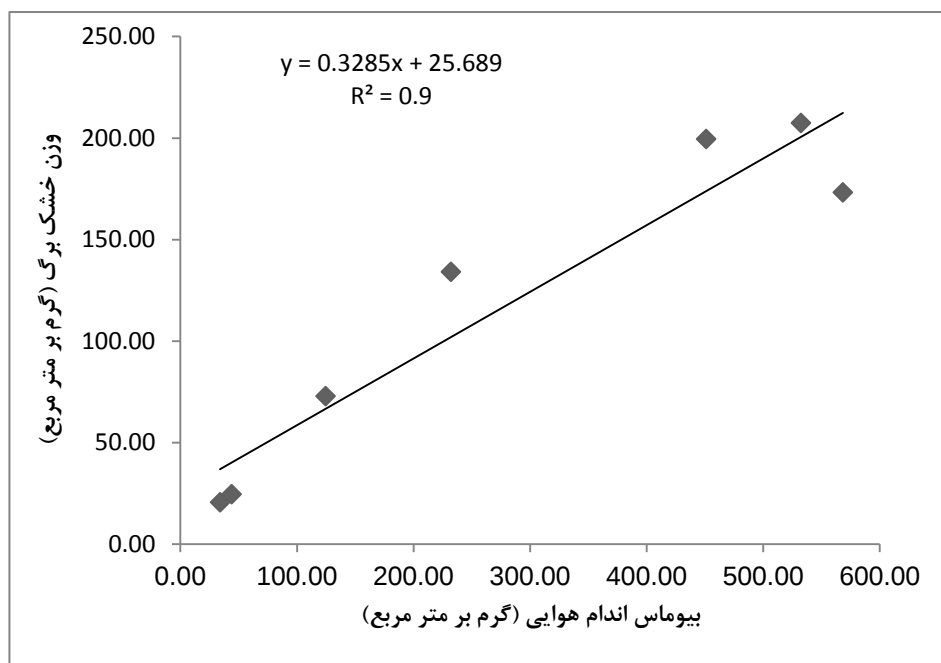
شکل ۴-۲۳ رابطه وزن خشک ساقه با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۱۴ روز و محلول پاشی ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار



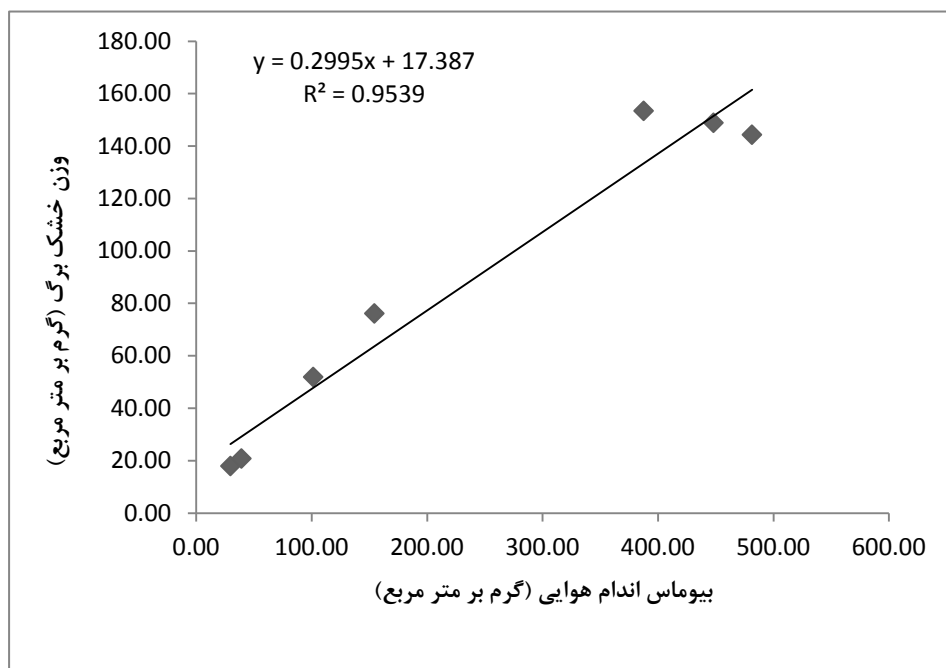
شکل ۴-۲۴ رابطه وزن خشک ساقه با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۲۱ روز و محلول پاشی ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار



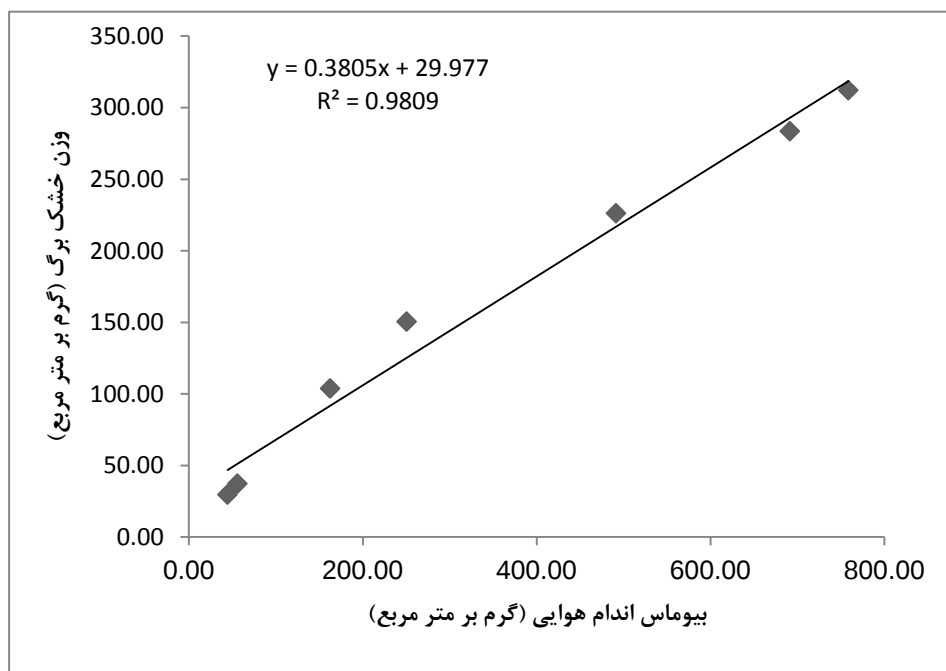
شکل ۴-۲۵ رابطه وزن خشک برگ با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۷ روز و محلول پاشی صفر میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار



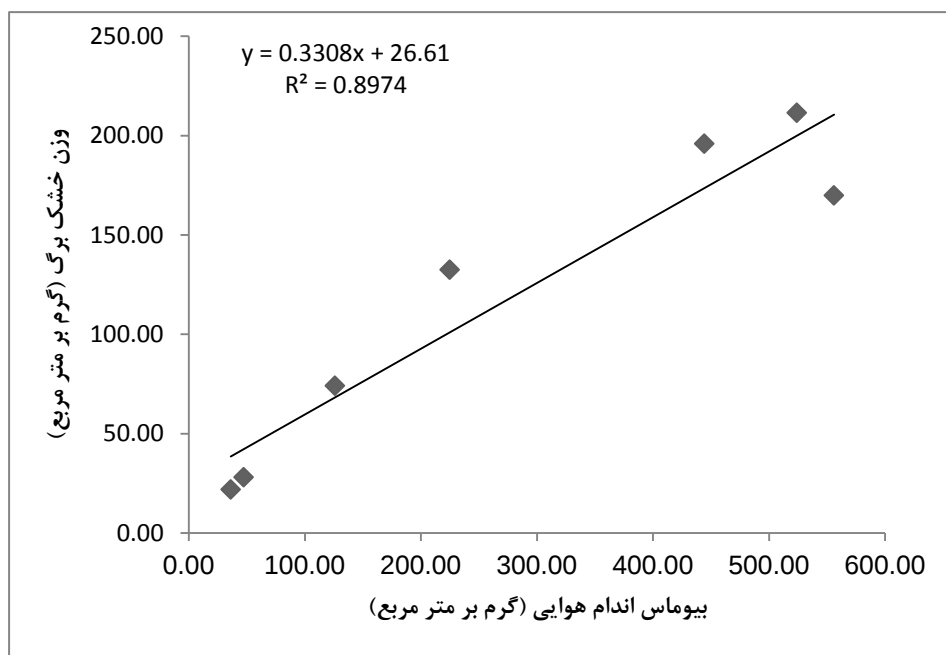
شکل ۴-۲۶ رابطه وزن خشک برگ با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۱۴ روز و محلول پاشی صفر میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار



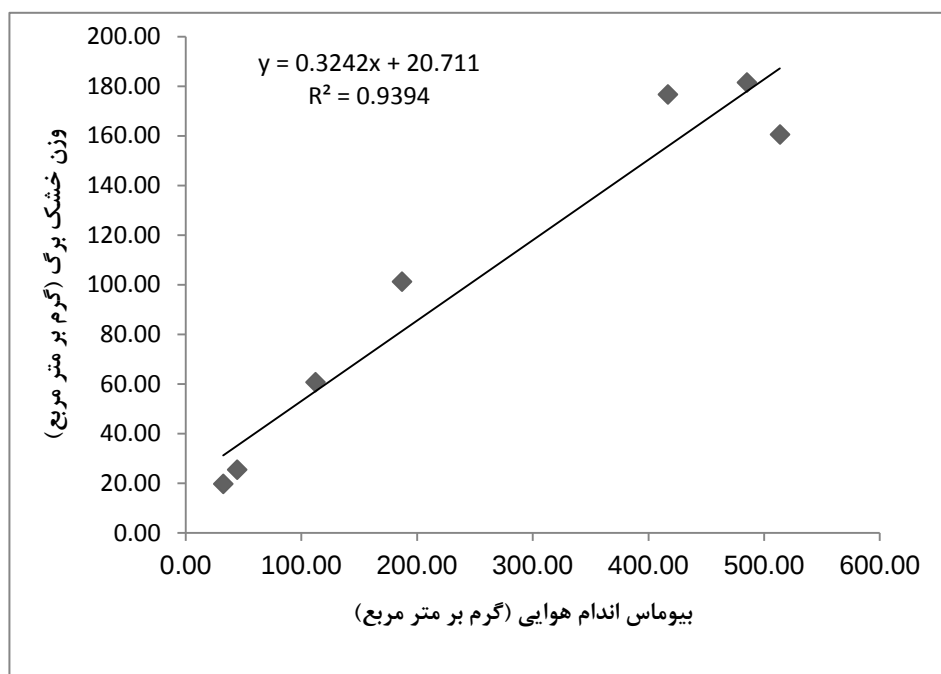
شکل ۲۷-۴ رابطه وزن خشک برگ با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۲۱ روز و محلول پاشی صفر میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار



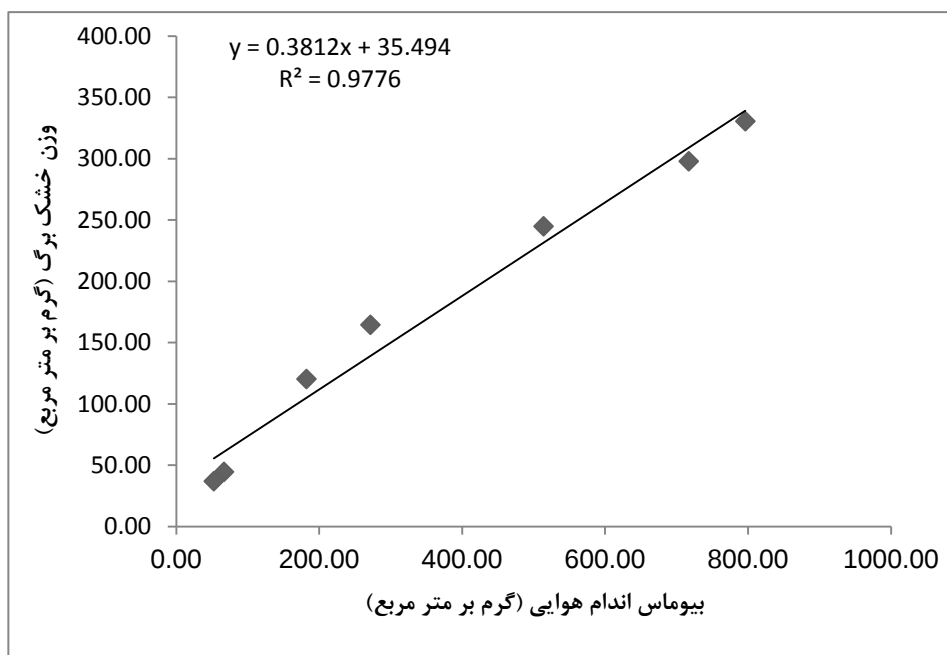
شکل ۲۸-۴ رابطه وزن خشک برگ با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۷ روز و محلول پاشی ۸۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار



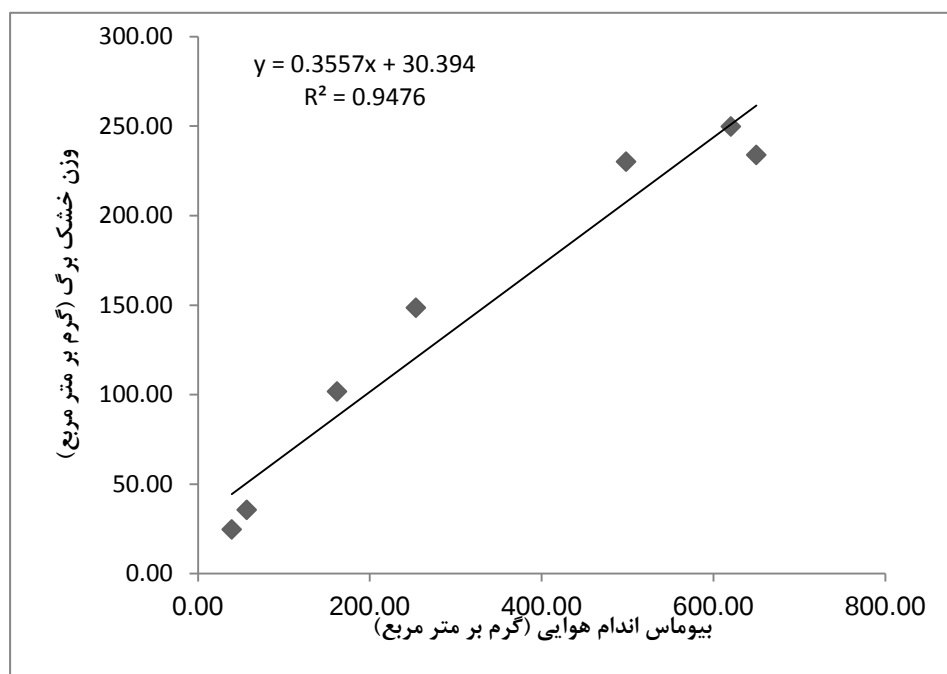
شکل ۴-۲۹ رابطه وزن خشک برگ با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۱۴ روز و محلول پاشی ۸۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار



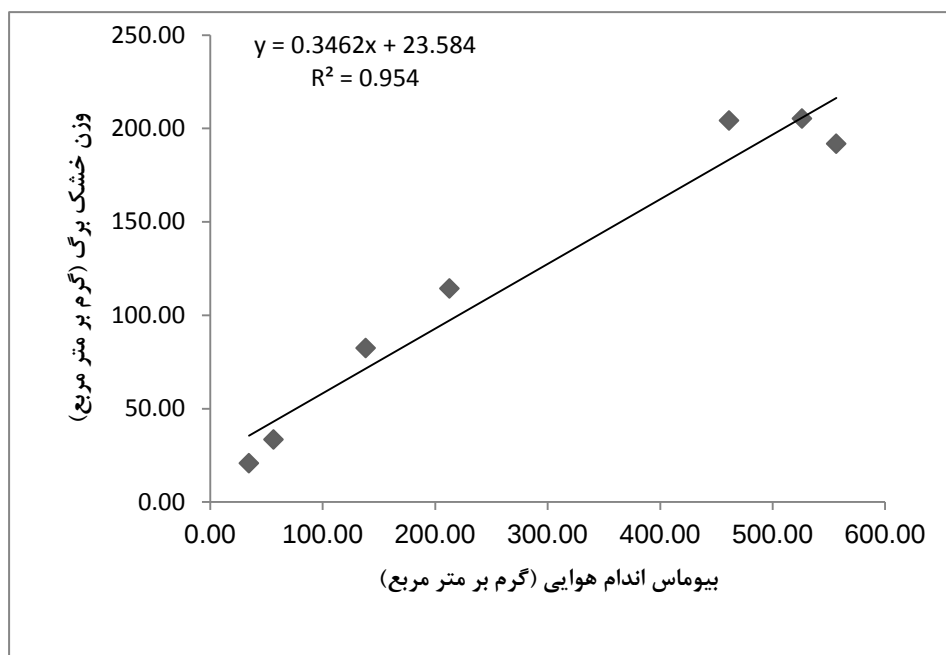
شکل ۴-۳۰ رابطه وزن خشک برگ با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۲۱ روز و محلول پاشی ۸۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار



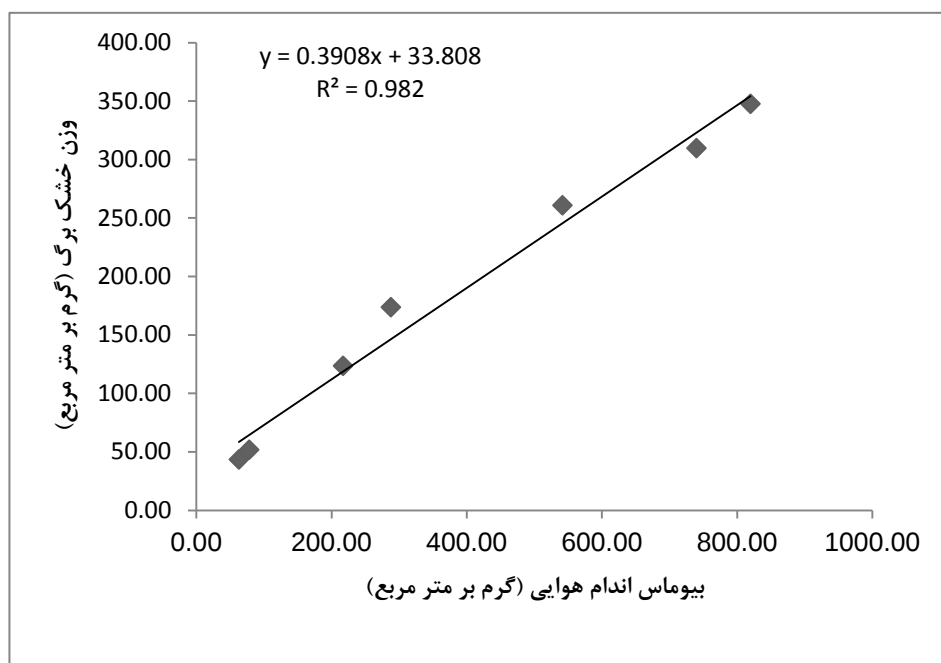
شکل ۳۱-۴ رابطه وزن خشک برگ با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۷ روز و محلول پاشی ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار



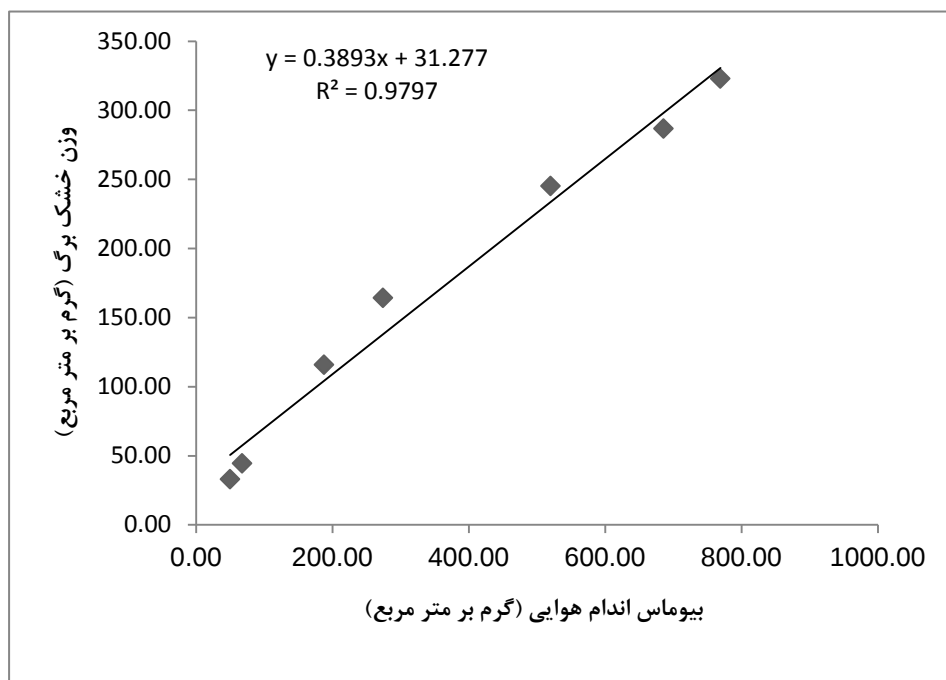
شکل ۳۲-۴ رابطه وزن خشک برگ با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۱۴ روز و محلول پاشی ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار



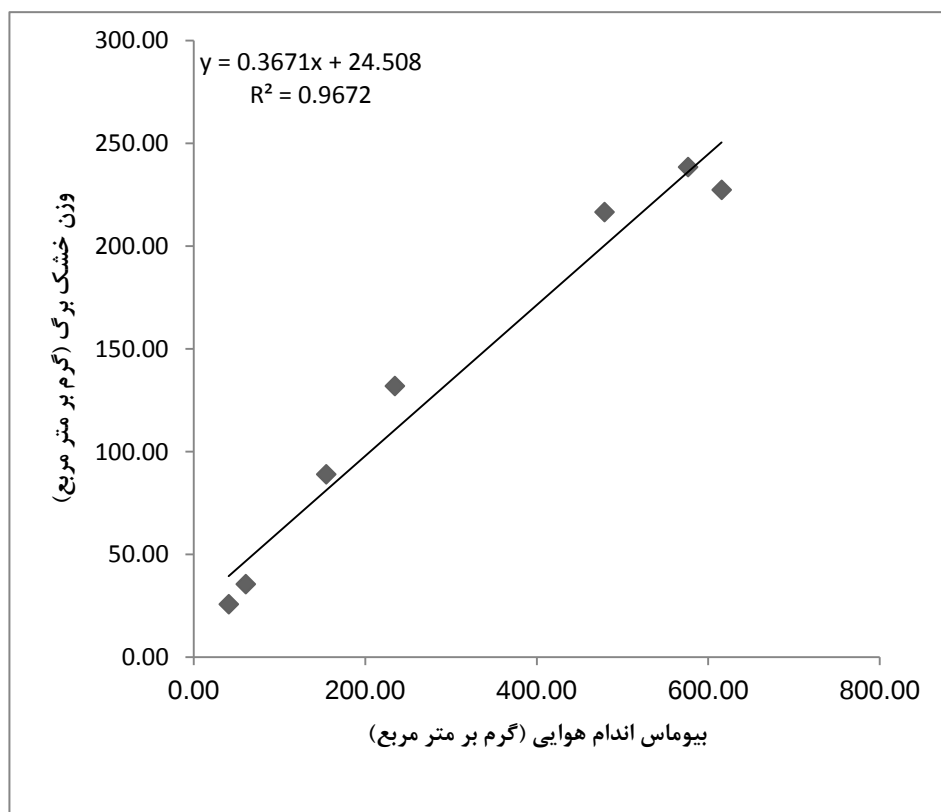
شکل ۳۳-۴ رابطه وزن خشک برگ با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۲۱ روز و محلول پاشی ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار



شکل ۳۴-۴ رابطه وزن خشک برگ با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۷ روز و محلول پاشی ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار

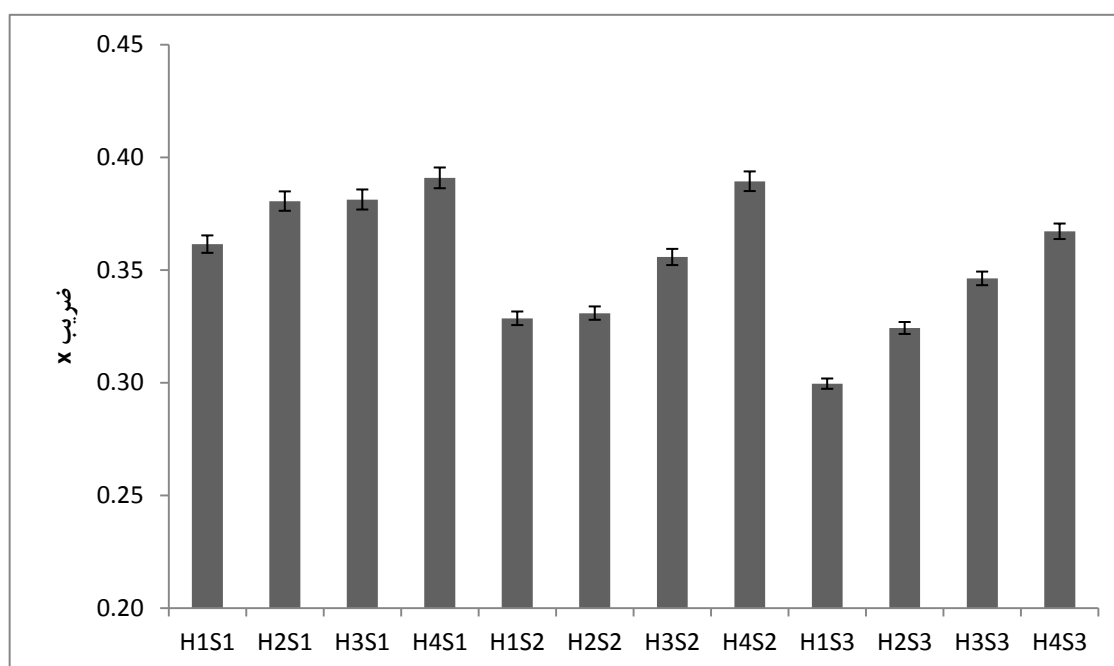


شکل ۴-۳۵ رابطه وزن خشک برگ با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۱۴ روز و محلول پاشی ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار

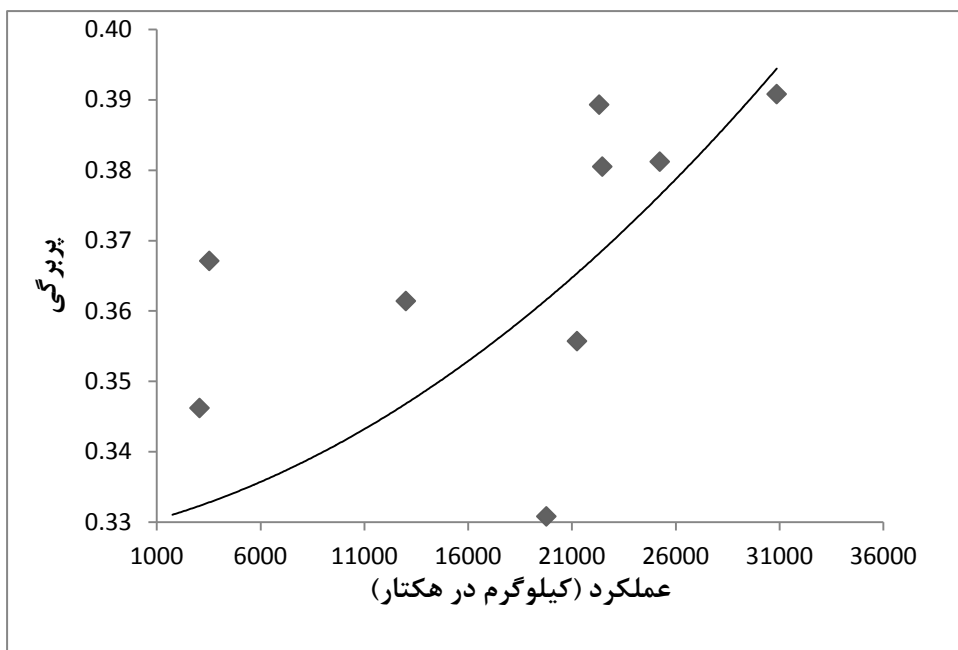


شکل ۴-۳۶ رابطه وزن خشک برگ با بیوماس اندام هوایی در شرایط دور آبیاری ۲۱ روز و محلول پاشی ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار

ضرایب اختصاص ماده خشک به برگ برای ترکیبات تیماری مورد آزمایش در شکل ۴-۳۷ ارائه شده است. به طوری که در این شکل دیده می شود در مقایسه با شاهد (H1S1) بالاترین ضریب اختصاص ماده خشک به برگ در H4S1 و H4S2 به دست آمد. نتایج نشان می دهد که در حالت کلی با افزایش شدت تنش خشکی، میزان اختصاص ماده خشک به برگ کاهش می یابد اما در هر دور آبیاری، اعمال تیمارهای H2، H3 و H4 این مقدار را نسبت به تیمار H1 (شاهد) افزایش می دهند که بالاترین نسبت را تیمار H4 نشان داده است.



شکل ۴-۳۷ ضریب ماده خشک اختصاص یافته به برگ (ضریب برگ) در ترکیبات تیماری مورد آزمایش (H1، H2، H3، H4 به ترتیب محلول پاشی صفر، ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار و S1، S2 و S3 به ترتیب دور آبیاری ۷، ۱۴ و ۲۱ روز)



شکل ۴-۳۸ رابطه بین ضریب پربرگی و عملکرد غده سیب زمینی

۴-۶- نتیجه گیری

مهم ترین نتایج به دست آمده از این آزمایش را می توان به شرح ذیل خلاصه کرد:

- در تمام سطوح تنش، شاخص سطح برگ (LAI) در طول دوره رشد، برای محلول پاشی ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار نسبت به محلول پاشی ۸۰۰ و ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار و همچنین عدم محلول پاشی اسید هیومیک بیشتر بود.
- در تمام سطوح محلول پاشی اسید هیومیک، بیشترین شاخص سطح برگ (LAI) در طول دوره رشد، برای دور آبیاری ۷ روز به دست آمد، بعد از آن دور آبیاری ۱۴ روز قرار داشت.
- با افزایش سن گیاه، در تمام ترکیبات تیماری به علت ریزش برگ ها و همچنین کاهش بیشتر سطح برگ در مقایسه با کاهش رشد سطح برگ، شاخص سطح برگ (LAI) کاهش یافت. اما در شرایط محلول پاشی ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار، روند نزولی شاخص سطح برگ (LAI) با شیب کمتری مواجه شد.

- نتایج به دست آمده در این آزمایش نشان می دهد که کاربرد اسید هیومیک باعث بالا رفتن درصد ماده خشک می شود و در این میان محلول پاشی ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار بالاترین درصد ماده خشک را دارد، هرچند که با H3 یعنی محلول پاشی ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار تفاوت معنی داری نداشت.
- اعمال تنش خشکی باعث بالا رفتن درصد ماده خشک می شود، به طوری که بالاترین درصد ماده خشک به مقدار ۲۸/۲ درصد به دور آبیاری ۲۱ روز تعلق داشت. در دور آبیاری ۲۱ روز درصد ماده خشک نسبت به دور آبیاری ۷ روز و ۱۴ روز به ترتیب ۱۳/۵۵ و ۸/۸۴ درصد رشد نشان داد.
- با افزایش دور آبیاری، قطر غده ها کاهش پیدا کرده است که در این میان بین دور آبیاری ۱۴ روز و دور آبیاری ۲۱ روز اختلاف معنی داری وجود نداشت.
- محلول پاشی اسید هیومیک بر قطر بزرگ ترین غده در سطح یک درصد معنی دار شد. در این میان فاکتور H4 بیشترین اثر را بر قطر بزرگ ترین غده نشان داد به طوری که کاربرد آن، قطر بزرگ ترین غده را نسبت به تیمار شاهد ۳۷/۱۱ درصد افزایش داده است.
- نتایج به دست آمده نشان داد که افزایش دور آبیاری از ۷ به ۱۴ و ۲۱ روز ، عملکرد غده سیب زمینی را به شدت کاهش داد.
- کاربرد اسید هیومیک اثر معنی داری بر روی عملکرد غده نشان داد و در این میان فاکتور H4 بیشترین اثر را نشان داد.
- در ترکیب تیماری H4S1 (دور آبیاری ۷ روز و محلول پاشی ۲۴۰۰ میلی لیتر در هکتار اسید هیومیک) بیشترین عملکرد غده به دست آمد، همچنین ترکیب تیماری H3S1 (دور آبیاری ۷ روز و ۱۶۰۰ میلی لیتر در هکتار اسید هیومیک) در رده بعدی بیشترین مقدار عملکرد قرار دارد.

- در ترکیبات تیماری مورد آزمایش، نسبت تسهیم بیوماس اندام هوایی بین برگ و ساقه، برای ساقه بیشتر از برگ می باشد. همچنین تسهیم بیوماس اندام هوایی بین برگ و ساقه، یک رابطه خطی با ضریب تبیین بالا می باشد.
- رابطه معنی داری بین ضریب پربرگی و عملکرد غده سیب زمینی مشاهده شد.

۷-۴- پیشنهادات

- آزمایش برای چند سال متوالی و در مناطق متعددی و گیاهان دیگر اجرا گردد.
- اسید هیومیک به روش های مختلف مانند استفاده در خاک، آغشته کردن غده ها هنگام کاشت و همراه با آب آبیاری نیز مورد آزمایش قرار گیرد.
- اثرات تنش خشکی و استفاده از اسید هیومیک بر ترکیبات غده ارزیابی شود.
- اثرات استفاده از اسید هیومیک بر سایر تنش های محیطی مانند تنش شوری مورد ارزیابی قرار گیرد.

فصل پنجم

منابع و مراجع

منابع و مراجع

- اسکندری، ع. خزاعی، ح.ر. نظامی، ا. و کافی، م. ۱۳۹۰. مطالعه تأثیر رژیم آبیاری بر عملکرد و برخی از خصوصیات کیفی سه رقم سیب زمینی. نشریه آب و خاک. دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۵: ۲: صفحات ۲۴۷-۲۴۰.
- اسفندیاری، ع. سلطانعلی، م. شکیبا، م.ر. و آلیاری، ه. ۱۳۸۸. نقش حجم خزانه آنتی اکسیدان های محلول در آب و پرولین در محافظت از غشاهای سلولی در تنش خشکی. مجله دانش کشاورزی. ۱۹: ۲: صفحات ۱۴۷-۱۳۹.
- افضلی نیا، ص. دزفولی، د. دستفال، م. طلعتی، م. ح. میرزاوند، ج. ناهید، ن. و نکوئی، م. ۱۳۹۰. کشاورزی حفاظتی ضرورت یا انتخاب. نشر لوح خیال. ۱۴۶ صفحه.
- باغانی، ج. ۱۳۸۸. آرایش کاشت و مقادیر آب در زراعت سیب زمینی با آبیاری قطره ای در مشهد . نشریه آب و خاک. ۲۳: ۱: صفحات ۱۵۹-۱۵۳.
- بالاگر، ا. خداددی، م. و سماوات، س. ۱۳۸۹. بررسی اثرات مصرف اسید هومیک و کاهش مصرف کودهای نیتروژنه روی عملکرد و نیترات در ارقام سیب زمینی. مجموعه مقالات پنجمین همایش ملی ایده های نو در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان. ۳۳۷۶ صفحه.
- ترابی، ح. حاجیان شهری، م. و کاظمی، م. ۱۳۸۷. ضرورت بررسی وضعیت ذخایر ژنتیکی سیب زمینی در آمریکای جنوبی به منظور استفاده در اصلاح ارقام مورد کشت در ایران. مجموعه مقالات همایش سیب زمینی غذای آینده. دانشگاه پیام نور واحد سروالایت. ۱۹۶ صفحه.
- حاتمی، ب. خواجه علی، ج. مرتضوی، ا.ع. و سبزهعلیان، م.ر. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش های رطوبتی بر جمعیت و خسارت آفات سیب زمینی. مجموعه مقالات چهارمین کنگره علوم باغبانی. دانشگاه فردوسی مشهد. ۸۸۷ صفحه.
- حبیبی، د. فتح الله طالقانی، د. داوودی فرد، م. پازوکی، ع. و چمانی، ف. ۱۳۹۰. بررسی اثرات تنش شوری بر روی رشد و تغییرات فیتوهورمونی گندم تلقیح شده با باکتری های محرک رشد و اسید هیومیک. نشریه اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس. ۳: ۴: صفحات ۳۶۷-۳۵۰.
- حسینی، ا. خورشیدی بنام، م.ب. حسن پناه، د. میر شکاری، ب. و اجلی، ج. ۱۳۸۸. تأثیر هومات پتاسیم بر عملکرد سه رقم سیب زمینی در منطقه ی اردبیل تحت شرایط نرمال و کم آبی.

مجله علمی و پژوهشی علوم کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز. ۳: ۱۱: صفحات ۱۵-۲۶.

حمزه ای، ج. رحیم زاده خویی، ف. قاسمی گلعدانی، ک. و مقدم، م. ۱۳۸۴. واکنش سه رقم سیب زمینی به مقادیر مختلف آب. نشریه دانش کشاورزی. دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز. ۱۵: ۲: صفحات ۶۵-۷۵.

خزاعی، ح.ر. و ارشدی، م. ج. ۱۳۸۷. بررسی اثر کود سرک نیتروژن با استفاده از کلروفیل متر بر عملکرد و خصوصیات کیفی سیب زمینی رقم اگریا در شرایط آب و هوایی مشهد. مجله علوم باغبانی. دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۲: ۲: صفحات ۴۹-۶۲.

خواجه پور، م.ر. ۱۳۸۹. گیاهان صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۵۷۱ صفحه.

خورشیدی بنام، م.ب. رحیم زاده خویی، ف. میر هادی، م.ج. و نور محمدی، ق. ۱۳۸۱. بررسی اثرات تنش خشکی در مراحل رشد ارقام مختلف سیب زمینی. مجله علوم زراعی ایران. انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۴: ۱: صفحات ۴۸-۵۸.

خورشیدی بنام، م.ب. رحیم زاده خویی، ف. میر هادی، م.ج. و نور محمدی، ق. ۱۳۸۵. تأثیر تنش خشکی بر وزن خشک ریشه سه رقم سیب زمینی. مجله دانش نوین کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه. ۲: ۳: صفحات ۳۹-۴۹.

ربیعی مطمئن، ل. ۱۳۷۶. مطالعه خصوصیات فیزیکوشیمیایی برخی از ارقام سیب زمینی استان اصفهان (مورن، مارفونا، اگریا) به صورت خام و فرایند شده طی مدت انبار داری سیب زمینی. پایان نامه ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۳۷ صفحه.

رحیمیان، م. ج. ۱۳۸۷. مروری بر نیاز آبی گیاه سیب زمینی در شهرستان های مختلف استان خراسان رضوی. مجموعه مقالات همایش سیب زمینی غذای آینده. دانشگاه پیام نور واحد سروایت. ۱۹۶ صفحه.

رشیدی، ط. ۱۳۸۳. بررسی اثر تراکم های مختلف کاشت گیاهچه های حاصل از کشت بافت بر آنالیز های رشد و تولید مینی توپر در دو رقم سیب زمینی. پایان نامه ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران. ۱۱۴ صفحه.

رضایی، ع. و سلطانی، ا. ۱۳۸۳. زراعت سیب زمینی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی. دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۷۹ صفحه.

داعی، م.ع. و سرداری مهر آباد، م. ۱۳۸۹. هیومیک اسید و نقش آن در کشاورزی پایدار. مجموعه مقالات اولین همایش ملی کشاورزی پایدار و تولید محصول سالم. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان. ۲۱۲۰ صفحه.

دانشمند، ف. آروین، م.ج. و منوچهری کلانتری، خ. ۱۳۸۸. واکنش سیب زمینی رقم اگریا به تنش های شوری و خشکی. مجموعه مقالات دهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. دانشگاه شهید باهنر کرمان. ۲۳۳۶ صفحه.

سبزواری، س. و خزاعی، ح. ۱۳۸۸. اثر محلول پاشی سطوح مختلف اسید هیومیک بر خصوصیات رشدی عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم پیشتاز. مجله بوم شناسی کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد. ۱: ۲: صفحات ۶۵-۵۳.

سلطانی، ا. رحیم زاده خویی، ف. قاسمی گلعدانی، ک. و مقدم، م. ۱۳۷۹. واکنش تعلق و رشد برگ نخود به کمبود آب. مجله دانش کشاورزی. دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز. ۱۰: ۱: صفحات ۹-۱۵.

سبحانی، ع. نور محمدی، ق. و مجیدی هروان، ا. ۱۳۸۱. اثرات تنش کم آبی و تغذیه پتاسیم بر روی عملکرد و برخی از خصوصیات زراعی سیب زمینی. مجله علوم کشاورزی. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی ایران. ۸: ۳: صفحات ۳۴-۲۳.

سهندي، ح. خدادادی، م. و محمدی، ج. ۱۳۸۷. بررسی اثرات میزان های مصرف نیتروژن و برخی عناصر میکرو بر میزان تولید غده بذری سیب زمینی رقم بورن. مجموعه مقالات همایش سیب زمینی غذای آینده. دانشگاه پیام نور واحد سروالیت. ۱۹۶ صفحه.

سماوات، س. و ملکوتی، م.ج. ۱۳۸۴. ضرورت تولید و استفاده از اسیدهای آلی (هومیک و فلوویک) برای افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی. نشریه ترویجی. موسسه تحقیقات خاک و آب.

شجاعی نوفرست، ک. و جواهری، س. ۱۳۸۲. بررسی اثرات زمان، میزان و روش مصرف کود روی بر عملکرد و اجزاء عملکرد و مقدار جذب روی در دو رقم سیب زمینی. مجله پژوهش های زراعی ایران. دانشگاه فردوسی مشهد. ۱: ۲: صفحات ۱۹۸-۱۹۱.

طباطبایی، م. ۱۳۶۵. گیاه شناسی کاربردی برای کشاورزی و منابع طبیعی. انتشارات واحد فوق برنامه بخش فرهنگی دفتر مرکزی جهاد دانشگاهی. دانشگاه تهران. ۱۱۸۴ صفحه.

عزیزی نیا، ش. قنادها، م.ر. زالی، ع. یزدی صمدی، ب. و احمدی، ع. ۱۳۸۴. بررسی و ارزیابی صفات کمی مرتبط با مقاومت به خشکی در ژنوتیپ های مصنوعی گندم در دو شرایط آبی و دیم. مجله علوم کشاورزی ایران. دانشگاه تهران. ۳۶: ۲: صفحات ۲۹۳-۲۸۱.

علیمحمدی، ر. ۱۳۸۱. بحران آب و راهکارهای مقابله با آن در کشاورزی. فصلنامه علمی-ترویجی خشکی و خشکسالی کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی. ۹: ۶۷-۵۸.

قاسمی، ا. توکلو، م.ر. و ذبیحی، ا.ر. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر نیتروژن، پتاسیم و اسید هیومیک بر روی خصوصیات مورفولوژیکی مینی توپر سیب زمینی. مجموعه مقالات دومین همایش ملی کشاورزی و توسعه پایدار. دانشگاه آزاد اسلامی شیراز. ۳۱۱۵ صفحه.

قهری، ح. سلیمان نژاد، ا. ح. مهاجری، د. و ذاکری، ا. ۱۳۸۹. تأثیر بنتونیت سدیم و اسید هیومیک در کاهش اثرات آفلا توکسین بر آسیب بافتی کلیه و فراسنجه های خونی در جوجه های گوشتی. مجله دامپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز. ۵: ۳: صفحات ۹۱۴-۹۰۷.

کامکار، ب. و مهدوی دامغانی، ع. م. ۱۳۸۷. مبانی کشاورزی پایدار (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی. دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۱۵ صفحه.

کریمی، س. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر تراکم کشت روی رشد و عملکرد ارقام جدید سیب زمینی در منطقه عجب شیر. پایان نامه ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود. ۱۴۳ صفحه.

کشاورز، ع. و صادق زاده، ک. ۱۳۷۹. توصیه هایی بر بهینه سازی مصرف آب در اراضی زراعی کشور. نشریات ترویجی دیسپلین تحقیقات آبیاری و زهکشی و تحت فشار، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی. ۲۹ صفحه.

کوچکی، ع. خیابانی، ح. و سرمدنی، غ. ۱۳۶۶. تولید محصولات زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی. دانشگاه فردوسی مشهد. ۶۵۲ صفحه.

کوچکی، ع. حسینی، م.ر. و نصیری محلاتی، م. ۱۳۷۴. رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی. دانشگاه فردوسی مشهد. ۵۶۰ صفحه.

کوچکی، ع. حسینی، م. و خزاعی، ح.م. ۱۳۷۶. نظام کشاورزی پایدار (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی. دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۸۸ صفحه.

- کوچکی، ع. و خیابانی، ح. ۱۳۸۶. مبانی اکولوژی کشاورزی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی. دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۸۸ صفحه.
- کوچکی، ع. حسینی، م. و هاشمی دزفولی، ا. ۱۳۸۷. کشاورزی پایدار (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی. دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۶۲ صفحه.
- کوچکی، ع. جامی الاحمدی، م. کامکار، ب. و مهدوی دامغانی، ع.م. ۱۳۸۸. اصول بوم شناسی کشاورزی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۶۹ صفحه.
- کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ. ۱۳۹۰. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی. دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۰۰ صفحه.
- لکزیان، ا. میلانی، ن. و نوربخش، ج. ۱۳۸۹. اصول کاربردهای میکروبیولوژی خاک (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی. دانشگاه فردوسی مشهد. ۶۹۶ صفحه.
- محمدی، ع. و فائزینیا، ف. ۱۳۸۰. اثر تنش رطوبتی بر رشد و عملکرد دو رقم سیبزمینی. گزارش پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی سمنان (شاهرود).
- مجتهدی، م. و مودب شبستری، م. ۱۳۸۷. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). مرکز نشر دانشگاهی. ۴۳۶ صفحه.
- مسعودی، ف. زردشتی، م. ر. عبدالحی مندولکانی، ب. رسولی صدقیانی، م. و ح. نظری، ح. ۱۳۸۹. اثر دوره‌های آبیاری بر عملکرد و صفات گیاهی سیب زمینی. مجله علوم زراعی ایران. انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۱۲: ۲۶۵-۲۷۸.
- موسوی فضل، ح. و فائزینیا، ف. ۱۳۸۰. اثر مقادیر مختلف آب و کود نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی سیب زمینی. مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. کمیته ملی آبیاری و زهکشی. تهران. ۶۲۲ صفحه.
- نعمتی، ا. ۱۳۹۰. اثر متقابل اسید هیومیک و ورمی کمپوست بر عملکرد ذرت. پایان نامه ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود. ۱۰۱ صفحه.
- نیکخواه، ش. ۱۳۸۸. آینده نگاری در صنعت : یک عامل پیش برنده در نوآوری (با نگاهی به آینده نگاری در صنعت غذا). مجموعه مقالات هشتمین همایش مراکز تحقیق و توسعه صنایع و معادن. انجمن تخصصی مراکز تحقیق و توسعه صنایع و معادن. تهران. ۲۱۵ صفحه.

وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۹۰. آمارنامه کشاورزی جلد اول محصولات زراعی سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸. دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۷ صفحه.

وهابزاده، ع. و علیزاده، ا. ۱۳۷۹. آخرین واحه، آب مایه حیات (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۵۷ صفحه.

- Abou-Aly, H.E. and Mady, M.A. 2009. Complemented effect of humic acid and biofertilizers on wheat (*Triticum aestivum* L.) productivity. *Annals of Agricultural Sciences*. Moshtohor. 47(1): pp 1-12.
- Allen, E.J. and Wurr, D.C.E. 1973. A comparison of two methods of recording stem densities in the potato crop. *Potato Research*. 16(1): pp 10-19.
- Asli, S. and Peter, M.N. 2010. RhizospHere humic acid interacts with root cell walls to reduce hydraulic conductivity and plant development. *Journal of Plant Soil*. 336: pp 313-322.
- Asgharpour, S.E. and Ajdari, B. 2011. A Case Study on Seasonal Floods in Iran, Watershed of Ghotour Chai Basin. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 19: pp 556-566.
- Ayas, H. and Gulser, F. 2005. The effect of Sulfur and Humic Acid on yield components and macronutrient contents of Spinach. *Journal of biological sciences*. 5(6): pp 801-804.
- Bandiera, M. Mosca, G. and Vamerali, T. 2009. Humic acids affect root characteristics of fodder radish (*raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) in metal-polluted wastes. *Desalination*. 246: pp 78-91.
- Basra, A. S., and R. K. Basra. 1997. Mechanisms of environmental stress resistance in plants. Harwood Academic Publishers. pp 407.
- Basu, P.S., Sharma, A., Garg, I.D. and Sukumaran, N.P. 1999. Tuber sink modifies photosynthetic response in potato under water stress. *Environmental and Experimental Botany*. 42(1): pp 25-39.
- Benton, J. 1999. Agrarian Reform in Theory and Practice: A Study of the Lake Titicaca Region of Bolivia. Ashgate Publishing Ltd. Aldershot, UK. pp 207.

- Brar, G.S., Kar, S., and Singh, N.T. 1990. Photosynthetic response of wheat to soil water deficits in the tropics. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 165: pp 343-348.
- Breusegem, F.V., E. Vranova, J.F. Dat and Inze, D. 2001. The role of active oxygenspecies in plant signal transduction. *Plant Science*. 161: pp 405-414.
- Brunetti, G., Plaz, C., Clapp, C.E. and Senesi, N. 2007. Compositional and functional features of humic acids from organic amendments and amended soils in Minnesota, USA. *Journal of Soil Biology and Biochemistry*. 39: pp 1355-1365.
- Burlingame, B., Mouillé, B. and Charrondière, R. 2009. Nutrients, bioactive non-nutrients and anti-nutrients in potatoes. *Journal of Food Composition and Analysis*. 22(6). pp 494-502.
- Butler, J.H.A. and Ladd, J.N. 2002. Importance of the molecular weight of humic and fulvic acids in determining their effects on protease activity. *Soil Biology and Biochemistry*. 3(3): pp 249–257.
- Chen, Y. and Aviad, T. 1990. Effects of humic substances on plant growth: in: MacCarthy, P., Clapp, C.E., Malcolm, R.L., and Bloom, P.R. (editors). *Humic substances in soil and crop sciences. Selected readings*. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin. pp 161-186.
- Chen, Y., De Nobili, M. and Aviad, T. 2004. Stimulatory effects of humic substances on plant growth. *Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture*. Boca Raton, Florida, CRC Pres. pp 103-129.
- Cho, E.K. and Hong,C.B. 2006. Over-expression of tobacco NtHSP70–1 contributes to drought-stress tolerance in plants. *Plant Cell Reports* 25: pp 349–358.
- Chul Shin, D., Tae Kim, T., Chul Lee,. Jong Choi, W., Jun Na, Y. and Won Lee, K. 2010. Reduction of acrylamide by taurine in aqueous and potato chip model systems. *Food Research International*. 43(5): pp 1356–1360.
- Cimrin, K.M. and Yilmaz, I. 2005. Humic acid applications to lettuce do not improve yield but do improve phosphorus availability. *Acta agriculturae scandinavica, section B, Journal of Soil and Plant Science*. 55: pp 58-63.

- CIP.2013.Available at: <http://cipotato.org/potato/native-varieties>
- Clapp, C.E., Chen, Y., Hayes, M.H.B. and Cheng, H.H. 2001. Plant growth promoting activity of humic substances. Understanding and managing organic matter in soils, sediments and waters. International humic science society, Madison,WI, USA. pp 243-255.
- Deblonde, P.M.K. and Ledent, J.F. 2001. Effects of moderate drought conditions on green leaf number, stem height, leaf length and tuber yield of potato cultivars. European Journal of Agronomy. 14(1): pp 31-41.
- Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E. and Alvino, A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy for Sustainable Development. 25. pp 183-191.
- Dursun, A., Guvenc, I. and Turan, M. 2002. Effects of different levels of humic acid on seedling growth and macro and micronutrient contents of tomato and eggplant. Journal of the Polish Botanical Society. 55(2): pp 81-88.
- Edmeads, G.O., Bolanos, J., Lafitte, H.R., Rajaram, S., Pfeiffer, W. and Fisher, R.A. 1989. Traditional Approaches to Breeding for Drought Resistance in Cereals. CAB International, UK. pp 518.
- Eldredge, E.P., Shock, C.C. and Stieber, T.D. 1992. Plot sprinklers for irrigation research. Agronomy Journal. 84(6): pp 1081-1084.
- Ewing, E.E. and Struik, P.C. 1992. Tuber formation in potato: induction, initiation and growth. Horticultural Reviews. 14: pp 89-197.
- FAO. 1988. Available at: <http://www.fao.org/docrep/W7541E/w7541e04.htm>.
- FAO. 2008. Available at: <http://www.potato2008.org/en/aboutiyp/index.html>
- FAO. 2010. Available at: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- Frankenberger, A. and Arshad, C. 1995. Genetically engineered plants resistant to soil drying and salt stress. 110: pp 1051-1053.
- French, R.J. and Turner, N.C. 1991. Water deficit change dry matter partitioning and seed yield in narrow leafed lupines. Australian Journal of Agricultural Research. 42: pp 471-484.
- Ghassan, A.S., Sully, R. and Hopkinson, H. 2001. Ways to increase tuber number. South Australian Research and Development Institute.

- Grossl, P.R. and Inskip, W.P. 1991. Precipitation of dicalcium phosphate dihydrate in the presence of organic acids. Soil Science Society of America Journal. 55: pp 670-675.
- Haverkort, A.J., van Loon, C.D., van Eijck, P., Scheer, F.P., Schijvens, E.P.H.M., Uitslag, H., Baarveld, H.R., Campobello, E.W.A., Liefink, S.R. and Peeten, H.M.G. 2002. On the road to Potato Processing. NIVAA, The Netherlands Consultative Potato Institute. pp 23.
- Herbinger, K., Tausz, M., Wonisch, A., Soja, G., Sorger, A. and Grill, D. 2002. Complex interactive effects of drought and ozone stress on the antioxidant defense systems of two wheat cultivars. Plant Physiology and Biochemistry. 40: pp 691-696.
- Heuer, B. and Nadler, A. 1998. Physiological response of potato plants to soil salinity and water deficit. Plant Science. 137(1): pp 43-51.
- Hijmans, R.J. and Spooner, D.M. 2001. Geographic Distribution of Wild Potato Species. American Journal of Botany. 88: pp 2101-2112.
- Ingram, K.Y. and Maccloud, D.E. 1984. Simulation of potato growth and development. Crop science. 24: pp 21-27.
- Irna, A. and Mauromicale, G. 2006. Physiological and growth response to moderate water deficit of off-season potatoes in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management. 82: pp 193-209.
- Jackson, S.D. 1999. Multiple Signaling Pathways Control Tuber Induction in Potato. Plant Physiology. 119(1) : pp 1-8.
- Jain, M.P., Dixt, P.V.A. and Khan, R.A. 1992. Effects of sowing date on wheat varieties under late irrigated condition. The Indian Journal of Agricultural Sciences. 62: pp 669-672.
- Jefferies, R.A. 1993. Use of a simulation model to assess possible strategies of drought tolerance in potato (*solanum tuberosum L.*). Agricultural Systems. 41(1): pp 93-104.
- Jefferies, R.A. and Mackerron, D.K.L. 1989. Radiation interception and growth of irrigated and droughted potato (*Solanum tuberosum L.*). Field Crops Research. 22(2): pp 101-112.

- Kesba, H.H. and El-Beltagi, H.S. 2012. Biochemical changes in grape rootstocks resulted from humic acid treatments in relation to nematode infection. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 2(4): pp 287–293.
- Kooman, P.L., Fahem, M., Tegera, P. and Haverkort, A.J. 1996. Effects of climate on different potato genotypes 2. Dry matter allocation and duration of the growth cycle. *European Journal of Agronomy*. 5(3): pp 207-217.
- Krijthe, N. 1955. Observation on the formation and growth of tubers on the potato plant. *Netherlands Journal of Agricultural science*. 3: pp 291- 304.
- Lahlou, O., Ouattar, S. and Ledent, J.F. 2003. The effect of drought and cultivar on growth parameters, yield and yield components of potato. *Agronomie*. 23(3): pp 257-268.
- Lahlou, O. and Ledent, J.F. 2005. Root mass and depth, stolons and roots formed on stolons in four cultivars of potato under water stress. *European Journal of Agronomy*. 22(2): pp 157-173.
- Liu, L., Xie, B., Cao, S., Yang, E., Xu, X. and Guo, S. 2007. A-type procyanidins from *Litchi chinensis* pericarp with antioxidant activity. *Food Chemistry*. 105(4): pp 1446–1451.
- Lutaladio, N. and Castaldi, L. 2009. Potato: The hidden treasure. *Journal of Food Composition and Analysis*. 22(6): pp 491–493.
- Maggioni, A., Varanini, Z., Nardi, S. and Pinton, R. 1987. Action of soil humicmatter on plant roots: stimulation of ion uptake and effects on (Mg²⁺K⁺) ATPase activity. *Science of the Total Environment*. 62: pp 355-363.
- Maier, N.A., Mclaughlin, M.J., Heap, M., Butt, M. and Smart, M K. 2002. Effect of nitrogen source and calcitic lime on soil pH and potato yield, leaf chemical composition, and tuber cadmium concentrations. *Journal of Plant Nutrient*. 25(3): pp 523-544.
- Malcolm, R.E. and Vaughan, D. 2002. Effects of humic acid fractions on invertase activities in plant tissues. *Soil Biology and Biochemistry*. 11(1): pp 65–72.
- Mallikarjuna, M., Govindasamy, R. and Chandrasekaran, S. 1987. Effect of humic acid on sorghum vulgare var.CSH-9. *Current Science*. 56: pp 1273-1282.

- McCollum, R.E. 1978. Analysis of potato growth under differing P regims. *Plant Agronomy journal*. 70(1): pp 51-57.
- Menzel, C.M. 1985. Tuberization in Potato at High Temperatures, Interaction between Temperature and Irradiance. *Annals of Botany*. 55(1): pp 35-39.
- Miller, P.R., McConkey, G., Clayton, G.W., Brandt, S.A., Johnston, A.M., Layfond, G.P., Schatz, B.G., Baltensperger, L.D. and Neill, K.E. 2002. Pulse crop adaptation in the northern Great Plains. *Journal of Agronomy*. 94: pp 261-272.
- Modarres, r. and Rodrigues da Silva, V.P. 2007. Rainfall trends in arid and semi-arid regions of Iran. *Journal of Arid Environments*. 70(2): pp 344-355.
- Mohamed, M.A. and Alsadon, A.A. 2010. Influence of ventilation and sucrose on growth and leaf anatomy of micropropagated potato plantlets. *Scientia Horticulturae*. 123(3): pp 295–300.
- Mora, V., Bacaicoa, E., Zamarreno, A.M., Aguirre, E., Garnica, M. and Fuentes, M. 2010. Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the root-to-shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients. *Journal of Plant Physiology*. 167 : pp 633-642.
- Muscolo, A., Bovalò, F., Gionfriddo, F. and Nardi, S. 1999. Earthworm humic matter produces auxin-like effects on *Daucus carota* cell growth and nitrate metabolism. *Journal of Soil Biology and Biochemistry*. 31: pp 1303-1311.
- Nardi, S., Arnoldi, G. and Dell’Agnola, G. 1988. Release of the hormone-like activities from *Allolobophora rosea* (Sav.) and *Allolobophora caliginosa* (Sav.) faeces. *Canadian Journal of Soil Science*. 68(3): pp 563-567.
- Nardi, S., Concheri, G. and Dell’Agnola, G. 1996. Biological activity of humic substances. *Humic substances in terrestrial ecosystems*. Elsevier, Amsterdam. pp 361-406.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Reniero, F. and Rascio, N. 2000. Chemical and biochemical properties of humic substances isolated from forest soils and plant growth. *Soil Science Society of America Journal*. 64(2): pp 639-645.

- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*. 34: pp 1527-1536.
- O,Hair, S.K. 1985. Potato growth in the subtropics of Florida. *American Potato Journal*. 62(8): pp 391-401.
- Onder, S., Caliskan, M.E., Onder, D. and Caliskan, S. 2005. Different irrigation methods and water stress effects on potato yield and yield components. *Agricultural Water Management*. 73(1): pp 73–86.
- Pedreschi, F., Leon, J., Mery, D. and Moyano, P. 2006. Development of a computer vision system to measure the color of potato chips. *Food Research International*. 39(10): pp 1092-1098.
- Peng, S., Blum, A. and Okon, A. 2004. Improvement of the water status and yeild of fieldgrown grain sorghum (*S.bicolor*) by inoculation with *A.brasilense*. *The Journal of Agricultural Sciencesci*.110: PP 270-277.
- Pereira, A.B. and Shock, C.C. 2007. A review of Agrometeorology and potato production.
- Perrenoud,S. 1983. Patato: fertilizers for yield and quality. *International Potash Institute Bulletin*. Bazel. Switzerland. 8: pp 84.
- Pinton, R., Cesco, S., Iacoletti, G., Astolfi, S. and Varanini, Z. 1999. Modulation of nitrate uptake by water-extractable humic substances, involvement of root plasma membrane H-ATPase. *Journal of Plant Soil*. 215(2): pp 155-161.
- Rubio, V., Bustos, R., Irigoyen, M.L., Cardona-Lopez, X., Rojas-Triana, M. and Paz-Ares, J. 2009. Plant hormones and nutrient signaling. *Journal of Plant Biology*. 69(4): pp 361-373.
- Samson, G. and Visser, S.A. 2002. Surface-active effects of humic acids on potato cell membrane properties. *Soil Biology and Biochemistry*. 21(3): pp 343–347.
- Sekhon, H.S. and Singh, G. 2007. Irrigation management in chickpea. In: *Chickpea Breeding and Management* (ed. S.S. Yadav). International CAB. pp 246-267.
- Sharma, R. 2004. *Biofertilizers for sustainable agriculture*. Daya Publishing House. India. pp 264.

- Sparrow, L.A. and Chapman, K.S.R. 2003. Effects of nitrogen fertilizer on potato (*Solanum tuberosum* L., cv. Russet burbank) in Tasmania. 1. Yield and quality. Australian Journal of Experimental Agriculture. 43(6): pp 631-641.
- Spectrum Analytic Inc. 2012. Factors Affecting Specific Gravity of Potatoes. Spectrum Analytic Inc. Washington Court House, OH. Available at: http://www.spectrumanalytic.com/support/library/rf/Factors_Affecting_Specific_Gravity_for_Potatoes.htm.
- Stevenson, F.J. 1994. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. Wiley, New York, USA. pp 494.
- Stewart, W.S. and Anderson, M.S., 1942. Auxins in some American soils. Journal of Botany Gazette. 103: pp 570-575.
- Strehmel, N., Praeger, U., König, C., Fehrle, I., Erban, A., Geyer, M., Kopka, J. and Dongen, J.T. 2010. Time course effects on primary metabolism of potato (*Solanum tuberosum*) tuber tissue after mechanical impact. Postharvest Biology and Technology. 56(2): pp 109-116.
- Tan, K.H. 2003. Humic Matter in Soil and the Environment. Principles and Controversies, Marcel Dekker Inc.
- Tatham, W., Thomas, P.M. and William, M. 1945. The potato in health and disease. Oliver and body LTD, Edinburgh. pp 400.
- Tattini, M., Bertoni, P., Landi, A. and Traversi, M.L. 1990. Effect of humic acids on growth and nitrogen uptake of container-grown olive plant. Acta Horticulture. 286: pp 125-128.
- Thornton, M.K. 2002. Effect of heat and waterstress on the physiology of potatoes. Idaho Potato Conference, Idaho, USA.
- Timlin, D., Lutfor Rahman, S.M., Baker, J., Reddy, V.R., Fleisher, D. and Quebedeaux, B. 2006. Whole Plant Photosynthesis, Development, and Carbon Partitioning in Potato as a Function of Temperature. Agronomy Journal. 98(5): pp 1195-1203.
- UN. 1978. Available at: <http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm>
- Valdrighi, M., Pera, P., Agnolucci, M., Frassinetti, S., Lunardi, D. and Vallini, G. 1999. Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*)-soil system:

a comparative study. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 58(2-3): pp 133–144.

- Van Loon, C.D. 1981. The effect of water stress on potato growth, development, and yield. *American Journal of Potato Research*. 58(1): pp 51-69.
- Varanini, Z. and Pinton, R. 2001. Direct versus indirect effects of soil humic substances on plant growth and nutrition. In: Pinton, R., Varanini, Z., Nannipieri, P. (Eds.), *The Rhizosphere*, Marcel Dekker, Basel. pp 141-158.
- Vasquez-Robinet, C., Mane, P.S., Ulanov, A.V., Watkinson, J.I., Stromberg, V.K., Koeyer, D.D., Schafleitner, R., Willmot, D.B., Bonierbale, M., Bohnert, H.J. and Grene, R. 2008. Physiological and molecular adaptations to drought in Andean potato genotypes. *Journal of Experimental Botany*. 59(8): pp 2109–2123.
- Yildirim, E. 2007. Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. *Acta agriculturae Scandinavica section B. Journal of Soil and Plant Science*. 57: pp 182-186.
- Yuan, B.Z., Nishiyama, S. and Kang, Y. 2003. Effects of different irrigation regimes on the growth and yield of dripirrigated potato. *Agricultural Water Management*. 63: pp 153–167.

Abstract

Population growth and overuse of water resources have resulted in reduction of agricultural water resources. Therefore it is necessary to achieve appropriate methods to increase productivity in the agricultural sector. The application of organic inputs like Humic acid, which have hormone-like activity, can increase the adsorption of water and minerals by the plant with minimum damage to environment. An experimental research as randomized complete block design with three replications was conducted to study the interaction of factorial arrangement of Humic acid and drought stress on growth and yield of potato in research Farm of Shahrood University of Technology. The factors were 4 foliar application levels of Humic acid {zero (control), 800, 1600 and 2400 ml/ha} and 3 levels of irrigation {7-day surface irrigation (control), 14 days and 21 days respectively}. The results showed that the simple effects of factors were significant on traits. The 2400 ml/ha foliar application of Humic acid increased traits like tuber diameter, tuber dry weight and tuber yield. Irrigation at any level decreased tuber yield compared to control. The interactive effect of Humic acid and irrigation on tuber yield appeared to be significant. The concentration of Humic acid used at each level of irrigation increased leaf area index and plant biomass. The results of this research clearly indicated that the application all levels of Humic acid could alleviate the deleterious effects of drought stress.

Key words: Potatoes, drought stress, Humic acid, Yield, Yield components.



Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

**Interaction of drought stress and humic acid on growth and yield
of potato (*Solanum tuberosum* L.)**

Abbas Khajeh

Supervisor's:

**Dr. Manocher Gholipoor
Dr. Ali Derakhshan Shadmehri**

Advisor's:

**Dr. Hamid Abbasdokht
Dr. Mohammad Reza Amerian**

Date: 2013

