

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده کشاورزی
پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت

بررسی اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر رشد و عملکرد دانه ارقام مختلف ارزن

نگارنده: طیبه رجبی

استاد راهنما:

دکتر احمد غلامی

اساتید مشاور:

دکتر حمید عباس دخت

دکتر محمدرضا عامریان

بهمن ۱۳۹۹

شماره: ۱۱۲۱
تاریخ: ۴۰۰/۳/۵

باسمه تعالی



فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای طیبه رجبی با شماره دانشجویی ۹۷۰۷۵۷۴ رشته زراعت گرایش اگرواکولوژی تحت عنوان بررسی تأثیر محلول پاشی سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر رشد و عملکرد دانه ارقام مختلف ارزن که در تاریخ ۱۳۹۹/۱۱/۲۸ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

☐ الف) درجه عالی: نمره ۱۹-۲۰	☐ ب) درجه خیلی خوب: نمره ۱۸/۹۹-۱۸
☐ ج) درجه خوب: نمره ۱۶-۱۷/۹۹	☐ د) درجه متوسط: نمره ۱۴-۱۵/۹۹
☐ ه) کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول و نیاز به دفاع مجدد دارد	
نوع تحقیق: ☐ نظری ☒ عملی	

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر احمد غلامی	دانشیار	
۲- استاد مشاور اول	دکتر محمد رضا عامریان	دانشیار	
۳- استاد مشاور دوم	دکتر حمید عباس دخت	دانشیار	
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر پرویز حیدری	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر مهدی برادران فیروز آبادی	دانشیار	
۶- استاد ممتحن دوم	دکتر حمیدرضا اصغری	دانشیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:



تقدیم اثر

تقدیم به پدر بزرگوار و مادر مهربانم

تشکر و قدردانی

با سپاس و تقدیر ویژه از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر احمد غلامی

که در مراحل مختلف این پژوهش، راهنمایی‌های ارزنده و سازنده خود را بر من ارزانی داشته و از هیچ کوششی در این زمینه دریغ ننمودند.

همچنین از اساتید مشاور گرامیم دکتر حمید عباس‌دخت و دکتر محمدرضا عامریان که کمک شایانی به انجام این پایان‌نامه کردند، سپاس‌گذاری می‌کنم و توفیق روز افزون برای ایشان خواستارم.

تهدنامه

اینجانب **طیبه رجبی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر رشد و عملکرد دانه ارقام مختلف ارزن تحت راهنمایی **دکتر احمد غلامی** 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

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 شود . استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

ایجاد شرایط مطلوب به منظور افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی یکی از مهم‌ترین اهداف علم زراعت است. از آنجاکه گیاهان زراعی در طول فصل رشد با تنش‌های محیطی متنوعی روبرو شده و با توجه به این مورد که ارزن از جمله گیاهان زراعی مهم در مناطق خشک و نیمه‌خشک است، ایجاد شرایط مطلوب رشد و نهایتاً افزایش عملکرد دانه این محصول به نظر بسیار ضروری و مهم است. به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر رشد و عملکرد دانه ارقام مختلف ارزن آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۸ در مزرعه آموزشی- پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شد. آزمایش به صورت اسپلینت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اصلی رقم (اکرائینی، باستان و پیشاهنگ) و فاکتورهای فرعی آزمایش شامل کاربرد اسید سالیسیلیک و کاربرد اسید هیومیک بود. آبیاری پس از کشت به صورت جوی و پشته با دور آبیاری ۷ روز انجام شد و تمام کرت‌های آزمایش در هر مرحله آبیاری به میزان برابر آبیاری شدند. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (۰، ۴۰۰ میلی گرم در لیتر) و اسید هیومیک (۰، ۶۰۰ میلی گرم در لیتر) در دو مرحله انجام شد. در این آزمایش صفاتی از قبیل رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوی نسبی آب برگ، عملکرد و اجزای عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک اندازه‌گیری شدند. نتایج این آزمایش نشان داد اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک باعث بهبود صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش شدند به طوری که رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت تأثیر این دو ترکیب به طور معناداری نسبت به حالت عدم استفاده از این ترکیبات افزایش پیدا کردند. همچنین محتوی نسبی آب برگ و پرولین نیز با کاربرد اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک افزایش پیدا کردند. نتایج این آزمایش نشان داد وزن هزار دانه و تعداد دانه در بوته ارزن با کاربرد سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید به طور معناداری افزایش پیدا کرد. بیشترین مقدار برای عملکرد دانه در رقم اکرائینی و تیمار اسید هیومیک ۶۰۰ میلی گرم در لیتر مشاهده شد که برابر ۱۴۲۶ کیلوگرم در هکتار بود. به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد کاربرد هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید باعث افزایش عملکرد دانه در تمام ارقام مورد مطالعه شده و رقم اکرائینی نسبت به دو رقم باستان و پیشاهنگ در صفات مورد مطالعه مناسب‌تر می‌باشد.

کلمات کلیدی: محتوی نسبی آب برگ، پرولین، ارتفاع بوته، اجزای عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک.

فهرست مطالب

۱	فصل اول مقدمه
۱-۱ - مقدمه	۲
۲-۱ - گیاهشناسی ارزن	۳
۳-۱ - انواع ارزن	۴
۱-۳-۱ - ارزن معمولی (Panicum) (Panicum)	۴
۲-۳-۱ - ارزن دم‌رواهی (Setaria italica)	۵
۳-۳-۱ - ارزن مرواریدی (Pennisetum glaucum)	۶
۱-۴ - اکولوژی	۷
۱-۴-۱ - آب و هوا	۷
۲-۴-۱ - دما	۷
۳-۴-۱ - نور	۷
۴-۴-۱ - خاک	۸
۵-۱ - مزایای ارزن نسبت به سایر غلات	۸
۱-۶ - کشاورزی پایدار و استفاده از کودهای آلی	۹
۷-۱ - سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید و اهمیت آن‌ها	۱۰
۸-۱ - اهداف پژوهش	۱۲
۱۳	فصل دوم بررسی منابع
۲-۱ - هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید	۱۴
۲-۲ - خصوصیات مواد هیومیکی و سالیسیلیک اسید	۱۵
۲-۳ - پایداری هوموس	۱۶

- ۲-۴ - تجزیه ذرات هیومیک اسید ۱۷
- ۲-۵ - میزان مصرف اسیدهای هیومیک ۱۷
- ۲-۶ - مزایای اسیدهای هیومیک ۱۸
- ۷-۲ - اثرات سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر خصوصیات گیاهان ۱۹
- ۸-۲ - اثرات سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر رنگیزه‌های فتوسنتزی ۲۰
- ۹-۲ - اثرات سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر خصوصیات فیزیولوژیک گیاهان زراعی ۲۲
- ۱۰-۲ - اثرات سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر عملکرد گیاهان زراعی ۲۹

فصل سوم مواد و روشها ۳۵

- ۱-۳ - زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش ۳۶
- ۲-۳ - خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش ۳۶
- ۳-۳ - مشخصات طرح آزمایشی ۳۷
- ۴-۳ - عملیات اجرایی ۳۸
- ۱-۴-۳ - کاشت و کوددهی ۳۸
- ۲-۴-۳ - داشت ۳۸
- ۳-۴-۳ - برداشت ۳۹
- ۵-۳ - صفات زراعی و مورفولوژیک ۳۹
- ۱-۵-۳ - ارتفاع بوته ۳۹
- ۲-۵-۳ - عملکرد و اجزای عملکرد ۳۹
- ۳-۵-۳ - شاخص برداشت ۳۹
- ۶-۳ - صفات فیزیولوژیک ۴۰
- ۱-۶-۳ - محتوای نسبی آب برگ (RWC) ۴۰
- ۲-۶-۳ - اندازه‌گیری درصد پروتئین ۴۰

۴۱	اندازه‌گیری کلروفیل ۳-۶-۳
۴۱	اندازه‌گیری پرولین ۳-۷
۴۲	تجزیه و تحلیل داده‌ها ۳-۸
۴۳	فصل چهارم نتایج و بحث
۴۴	۱-۴ صفات بیوشیمیایی
۴۴	۴-۱-۱ رنگ‌های فتوسنتزی
۵۰	۴-۲ پروتئین دانه
۵۱	۴-۳ ارتفاع بوته
۵۴	۴-۴ محتوای نسبی آب برگ و پرولین
۵۷	۴-۵ اجزای عملکرد
۶۳	۴-۶ نتیجه‌گیری
۶۴	۴-۷ پیشنهادها
۷۲	فهرست منابع

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۳-۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش -----	۳۶
جدول ۴-۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رقم، سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر رنگیزه‌های فتوسنتزی --	۶۵
جدول ۴-۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رقم، سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر پروتئین دانه و ارتفاع بوته	۶۶
جدول ۴-۳- تجزیه واریانس اثر رقم، سالیسیلیک اسید ، هیومیک اسید بر محتوی نسبی آب (RWC) و پرولین -----	۶۶
جدول ۴-۴- تجزیه واریانس اثر رقم، سالیسیلیک اسید ، هیومیک اسید بر اجزای عملکرد دانه ارزن -----	۶۷
جدول ۴-۵- مقایسه میانگین اثر اسید سالیسیلیک بر عملکرد بیولوژیک و وزن هزار دانه-----	۶۷
جدول ۴-۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رقم، سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر عملکرد دانه، عملکرد	۶۸
بیولوژیک و شاخص برداشت -----	۶۸
جدول ۴-۷- مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک -----	۶۸

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۳-۱- نقشه اجرای طرح آزمایش در سه بلوک V_1 : رقم باستان، V_2 : رقم پیشاهنگ، V_3 : رقم اکراینی، S_1 : سالیسیلیک اسید با غلظت صفر، S_2 : سالیسیلیک اسید با غلظت ۴۰۰ میلی گرم در لیتر، h_1 : هیومیک اسید با غلظت صفر و h_2 : هیومیک اسید با غلظت ۶۰۰ میلی گرم در لیتر.	۳۸
شکل ۴-۱- مقایسه میانگین‌های کلروفیل a تحت برهمکنش رقم و محلول‌پاشی هیومیک اسید در برگ ارزن	۴۵
شکل ۴-۲- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تیمار سالیسیلیک اسید در برگ ارزن.	۴۵
شکل ۴-۳- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تیمار سالیسیلیک اسید در برگ ارزن	۴۶
شکل ۴-۴- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تیمار هیومیک اسید در برگ ارزن	۴۷
شکل ۴-۵- مقایسه میانگین‌های کاروتنوئید تحت محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در برگ ارزن	۴۹
شکل ۴-۶- مقایسه میانگین‌های کاروتنوئید تحت برهمکنش رقم و محلول‌پاشی هیومیک اسید در برگ ارزن	۵۰
شکل ۴-۷- مقایسه میانگین‌های پروتئین دانه تحت محلول‌پاشی هیومیک اسید	۵۱
شکل ۴-۸- مقایسه میانگین‌های ارتفاع تحت تأثیر برهمکنش محلول‌پاشی هیومیک اسید و رقم	۵۳
شکل ۴-۹- مقایسه میانگین‌های ارتفاع تحت محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید	۵۳
شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین اثر رقم بر درصد محتوی نسبی آب برگ ارزن	۵۶
شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین محتوی نسبی آب برگ تحت محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید	۵۶
شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین محتوی نسبی آب برگ تحت تأثیر برهمکنش محلول‌پاشی هیومیک اسید و رقم	۵۷
شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین پرولین تحت محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید	۵۷
شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین تعداد دانه در خوشه تحت تأثیر برهمکنش محلول‌پاشی هیومیک اسید و رقم ارزن	۵۸
شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین وزن هزار دانه تحت تأثیر برهمکنش محلول‌پاشی هیومیک اسید و رقم در ارزن	۵۹
شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و هیومیک اسید بر عملکرد دانه ارزن	۶۲

فصل اول

مقدمه

۱-۱ - مقدمه

جمعیت کره‌ی زمین پیوسته در حال افزایش است. جمعیت کره‌ی زمین در سال ۱۹۳۰ میلادی تنها دو میلیارد نفر بود، در سال ۱۹۹۰ به ۵/۳ میلیارد نفر رسید و در سال ۲۰۰۰ از ۶ میلیارد نفر تجاوز کرد و پیش‌بینی می‌شود که در سال ۲۰۵۰ میلادی به ۹/۵ میلیارد نفر برسد (فائو، ۲۰۱۹). از جمعیت کره‌ی زمین بیش از سه‌چهارم در کشورهای در حال توسعه زندگی می‌کنند که امروزه با مشکل گرسنگی و سوءتغذیه دست‌به‌گریبان هستند. گرسنگی کنونی بشره نظر متخصصان عمدتاً به دلیل توزیع ناعادلانه‌ی غذا می‌باشد ولی اگر همچنان جمعیت به صورت بی‌رویه افزایش یابد، ممکن است گرسنگی آینده‌ی بشر به دلیل کافی نبودن تولید غذا باشد (گلاهی، ۱۹۸۴). به همین دلیل به منظور کاهش خطر سوءتغذیه فزاینده‌ی و گرسنگی در سطح دنیا، افزایش تولید محصولات کشاورزی و دامی ضروری به نظر می‌رسد (کارلتو و همکاران، ۲۰۱۳).

ارزن (Millet) از کلمه لاتین millesimum به معنی یک‌هزارم ریشه استخراج شده است و کلمه (Mill) به معنای خرد و کوچک عمدتاً اشاره به چیزهای بسیار کوچک دارد، نام علمی گیاه ارزن *Panicum miliaceum* L می‌باشد. گیاه ارزن دارای دانه‌های بسیار کوچک می‌باشد که دانه‌های آن از سورگوم بسیار کوچک‌تر می‌باشد و از غلات دانه‌ریز است. گیاه ارزن در مناطق خشک به خصوص در آسیا و آفریقا به طور مطلوب رشد و تولید عملکرد می‌کند، استفاده مهم از دانه ارزن به عنوان غذای طیور می‌باشد، اما دانه ارزن برای انسان نیز مصرف خوراکی دارد و در تعداد زیادی از کشورها از جمله چین، آفریقا و هند به کار می‌رود (موحد، ۱۳۹۵). ارزن از نظر اندازه کوچک می‌باشد و شکل کروی دارد که به رنگ‌های سفید، زرد کم‌رنگ، قهوه‌ای، خاکستری یا بنفش می‌باشد، ارزن از نظر طعم، شیرینی کمی دارد و حاوی مواد مغذی مفید است (موحد، ۱۳۹۵).

دانه ارزن به دلیل ویژگی‌های خاص، دارای ارزش تغذیه‌ای بالا و اثر سلامتی بخش مورد توجه محققان قرار گرفته است. ارزن در دنیا دارای تاریخچه چند هزارساله می‌باشد و به عنوان غذای اصلی

مردم در برخی مناطق خشک جهان می‌باشد. در ایران کاشت ارزن از قرن سیزدهم میلادی مرسوم بوده است و عمدتاً ارزن معمولی (پروسو) و گاورس (ارزن دم‌روباهی) در ایران کاشت می‌شده‌اند. مناطق مهم کاشت ارزن در ایران شامل استان‌های خراسان جنوبی، خراسان شمالی، سیستان و بلوچستان، کرمان، گلستان، یزد، خوزستان، مازندران، اصفهان و کرمانشاه بوده است (سالکی و همکاران، ۱۳۹۷).

ارزن غنی از فیبر، پروتئین، موادمعدنی و ویتامین بوده و از این لحاظ با غلات متداول قابل‌مقایسه است، از طرفی دانه ارزن دارای مقادیر نسبتاً زیاد روغن (حدود سه تا شش درصد) در مقایسه با سایر غلات است، البته وجود این مقدار روغن حاوی اسیدهای چرب غیراشباع موجب می‌شود که دانه ارزن پوست‌گیری شده و آرد حاصل از آن از انبارمانی کوتاهی برخوردار باشد که دلیل عمده آن تجزیه تری گلیسیریدها توسط آنزیم لیپاز و در نتیجه افزایش اسیدهای چرب آزاد می‌باشد (موحد، ۱۳۹۵). از طرفی هیدرولیز چربی‌ها منجر به ایجاد تغییرات نامطلوب حسی، ظاهری، تغذیه‌ای و ایجاد طعم تلخ در فرآورده می‌گردد، فرآوری دانه‌ها یا آرد حاصل از دانه با تیمارهای حرارتی موجب غیرفعال شدن آنزیم لیپاز موجود در دانه ارزن شده و انبارمانی آرد و یا دانه را افزایش می‌دهد (خواجه‌پور، ۱۳۹۳).

دانه‌های ارزن علاوه بر ارزش تغذیه‌ای دارای پتانسیل بهبود سلامت انسان از جمله پیشگیری از سرطان و بیماری‌های قلبی-عروقی، کاهش فشارخون و کلسترول است و همچنین یک غذای مناسب برای تولید محصولات بدون گلوتن می‌باشد (موحد، ۱۳۹۵).

۲-۱ - گیاه‌شناسی ارزن

ارزن گیاهی یک‌ساله، دگرگشن و از خانواده غلات (Gramineae) است و ارتفاع این گیاه ممکن است به یک تا سه متر برسد. ارزن از نظر تولید گل و دانه گیاهی روزکوتاه و مخصوص مناطق گرمسیری است. از نظر مقاومت به خشکی از سورگوم هم مقاوم‌تر است و در مناطق گرم هیچ غله‌ای به‌خوبی ارزن سازگار نیست (خدابنده، ۱۳۹۲).

ریشه‌های ارزن مانند ریشه‌های سایر غلات افشان و پراکنده است. در زمان جوانه‌زنی ریشه اولیه از بذر خارج شده به داخل خاک نفوذ می‌کند. ریشه اولیه شامل تعداد زیادی ریشه نازک و جانبی است و زمانی که گیاه به مرحله دو تا سه برگی برسد ریشه‌های ثانویه هم خارج می‌شود. از نظر تولید ارقام هیبرید ارزن ممکن است تا شش تن دانه در هکتار هم تولید کنند، اما عملکرد آن‌ها در مناطق شمالی استرالیا نزدیک به ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار است (سیادت و همکاران، ۱۳۹۳).

ارزن مانند سایر غلات دارای ریشه افشان و ساقه‌های ماشوره‌ای و بدون انشعاب و گره‌دار می‌باشد. برگ‌های ارزن باریک، کشیده و به‌طور متناوب روی ساقه قرار دارند و به نیامی منتهی می‌شوند که ساقه را در برگرفته است. گل‌آذین ارزن به‌صورت خوشه سنبل بوده، میوه آن گندمه و دارای دانه‌های ریز و کوچک و گرد است، دانه‌های ارزن به‌وسیله پوشینه کاملاً پوشیده شده و رنگ‌دانه در نژادهای مختلف متفاوت است (ایران‌نژاد و شهبازیان، ۱۳۹۲).

بذر ارزن بعد از برداشت یک دوره خواب چند هفته‌ای دارد که در این دوره سبز نمی‌شود. اگر در شرایط دما و رطوبت پایین قرار بگیرند بذر ارزن تا ۱۲ ماه در رکود باقی می‌ماند. برای شکستن خواب بذره‌ای برداشت‌شده بذور را به مدت یک ساعت در دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد در محلول یک تا دو درصد کلرواتانول و نیم درصد هیپوکلریت سدیم قرار می‌دهند (ترابی و رهجو، ۱۳۹۷).

۳-۱ - انواع ارزن

۱-۳-۱ - ارزن معمولی (پرسو) (*Panicum miliaceum*)

ارزن معمولی بیشتر به‌منظور تولید دانه مورد کشت قرار می‌گیرد و دوره رشد آن ۶۵ تا ۸۰ روز است. از نظر گرده‌افشانی خودگشن است. وزن هزار دانه آن پنج تا نه گرم است. مبدأ این ارزن از آسیا و به‌خصوص چین بوده و زراعت آن در کشورهای شرق آسیا مانند چین، ژاپن و کره، آمریکا، بریتانیا، هندوستان، پاکستان، عراق و اروپای مرکزی و روسیه رایج است. در حدود ۱۵ درصد از سطح زیر کشت ارزن‌ها در جهان را به خود اختصاص داده است و اصلی‌ترین گونه زراعی ارزن در ایران است

(ترابی و رهجو، ۱۳۹۷).

دانه ارزن معمولی در صنعت پرورش طیور گوشتی مانند بوقلمون، قرقاول، کبک و بلدرچین کاربرد وسیعی دارد. از نظر پروتئین دانه با گندم و سورگوم در رقابت بوده و نسبت به ذرت از کمیت و کیفیت بالاتری برخوردار است. از علوفه آن در پرورش دام استفاده می‌شود. می‌توان از آن به‌عنوان محصول پوششی و کود سبز استفاده کرد. درکشت مخلوط با سویا و گروه لوبیاها نیز رشد خوبی دارد (امام و همکاران، ۱۳۹۰).

۱-۳-۲ - ارزن دم‌روباهی (*Setaria italica*)

ارزن دم‌روباهی دارای ساقه نسبتاً بلند (ارتفاع ساقه ۶۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر)، پربرگ با برگ‌هایی به طول ۳۰ تا ۳۵ سانتی‌متر و عرض دو تا سه سانتی‌متر، سنبله استوانه‌ای طویل و کرک دار و با بذرهایی کوچک در داخل پوسته است. قدرت پنجه‌زنی کم تا متوسط داشته و ممکن است تا گره چهارم ساقه، تولید پنجه کند. گل‌آذین زرد برخی اوقات بنفش بوده و گیاه خودگشن است. وزن هزار دانه بسته به رقم بین ۶/۱ تا ۴ گرم است (ترابی و رهجو، ۱۳۹۷).

ارزن دم‌روباهی یکی از قدیمی‌ترین ارزن‌های اهلی‌شده است و منشأ آن جنوب آسیا است. در تولید جهانی، ارزن دم‌روباهی مقام دوم را بعد از ارزن مرواریدی دارد. در حدود ۲۵ درصد از سطح زیر کشت ارزن‌ها در جهان متعلق به این گروه است. ارزن دم‌روباهی به‌صورت علوفه‌ای و دانه‌ای به‌طور گسترده در چین، ژاپن، هند، اروپا، آمریکا و روسیه کشت می‌شود (خدابنده، ۱۳۹۰).

بیشترین استفاده از ارزن دم‌روباهی به‌عنوان علوفه تابستانه است. اگرچه میزان علوفه آن کمتر از ارزن علوفه‌ای است ولی بالغ‌بر ۴۰ تن در هکتار، علوفه تر تولید می‌کند. ارزن دم‌روباهی به‌عنوان علوفه در شرایط اضطراری مطرح است زیرا در یک دوره کوتاه‌مدت ۶۰ تا ۶۵ روزه می‌تواند علوفه کامل فاقد هرگونه موارد سمی تولید نماید و به‌صورت چرای مستقیم استفاده شود. اگر علوفه آن به‌تنهایی برای چهارپایان تک معده‌ای مانند اسب، قاطر و الاغ مصرف شود ملین بوده و بنابراین بهتر است به‌صورت

مخلوط با سایر علوفه‌ها مصرف شود (محمدخانی، ۱۳۹۳). دانه ارزن دمروباهی در جیره غذایی جوجه مرغ‌های گوشتی و تخم‌گذار نقش ویژه‌ای دارد. از نظر پروتئین دانه نسبت به ذرت از کمیت و کیفیت بالاتری برخوردار است، می‌توان از آن به‌عنوان محصول پوششی و کود سبز نیز استفاده کرد. درکشت مخلوط با سویا و گروه لوبیاها یا ماشک‌های تابستانه نیز رشد خوبی دارد (محمدخانی، ۱۳۹۳).

۱-۳-۳ - ارزن مرواریدی (*Pennisetum glaucum*)

ارزن مرواریدی در مناطق خشک کشت می‌شود و ریشه آن ممکن است تا عمق ۲۰۰ سانتی‌متری برسد. برگ‌های آن طویل و به طول ۱۰۰ سانتی‌متر و به عرض ۵-۷ سانتی‌متر است و حاشیه آن‌ها مضرس است. غلاف برگ‌ها کرک دار است و ساقه‌های آن به قطر ۲-۳ سانتی‌متر می‌رسد و ارتفاع آن بین ۱۵۰-۳۰۰ سانتی‌متر متغیر است (ترابی و رهجو، ۱۳۹۷). اکثر واریته‌های ارزن مروارید از تیپ‌های گیاهی مخلوط تشکیل شده‌اند و از نظر وضع رشد، اندازه و زمان رسیدن متفاوت می‌باشند و این خصوصیات برای یک گیاه دگرگشن ضروری است (خواجه‌پور، ۱۳۹۳).

ارزن مرواریدی گیاهی سازگار با مناطق گرم است؛ از نظر مقاومت به خشکی، از سورگوم هم مقاوم‌تر است و در مناطق گرم و خشک هیچ نوع غله‌ای به‌خوبی آن رشد نمی‌کند. بعضی ارقام زودرس آن تنها به ۲۰۰ میلی‌متر بارندگی در طول دوره رشد نیاز دارند. همه تیپ‌های ارزن مرواریدی مقاوم به خشکی هستند و می‌توانند دوره‌های خشکی ۲ تا ۳ هفته را تحمل کنند. در خاک‌های شنی و اسیدی نیز قابل کشت است (امام و همکاران، ۱۳۹۰). منشأ ارزن مرواریدی مناطق گرمسیری غرب آفریقا است، عمده سطح زیر کشت ارزن مرواریدی در هند است (بالغ بر ۱۲ میلیون هکتار) و اولین رقم هیبرید این گیاه در سال ۱۹۶۵ در این کشور معرفی شده است، ارزن مرواریدی در کشورهای شرق، غرب و جنوب آفریقا در سطح وسیعی کشت می‌شود. از حدود ۵۰ سال پیش در آمریکا و کشورهای آمریکای جنوبی کشت می‌شود (محمدخانی، ۱۳۹۳).

۴-۱ - اکولوژی

۱-۴-۱ - آب و هوا

ارزن گیاهی مخصوص مناطق گرم بوده و در مقابل خشکی بسیار مقاوم است. بدین جهت نژادهای زودرس ارزن برای کاشت در نقاط کم آب مناسباند. عوامل آب و هوایی که در دوره رشد این گیاه مؤثر می‌باشند عبارتند از: دما و نور (ایران‌نژاد و شهبازیان، ۱۳۹۲).

۱-۴-۲ - دما

ارزن جهت رشد و نمو خود باید در مناطق معتدل و یا گرم که حداقل درجه حرارت محیط حدود ۱۷ درجه سانتی‌گراد باشد کشت گردد. حداقل درجه حرارت لازم برای تولید جوانه و خروج جوانه اولیه آن از خاک بین ۱۰ تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد است (ایران‌نژاد و شهبازیان، ۱۳۹۲). نیاز کلی ارزن به حرارت در ارقام مختلف متفاوت است. انواع زودرس که طول دوره زندگی آنها ۸۰ تا ۱۰۰ روز است به ۲۱۰۰ تا ۲۵۵۰ درجه روز-رشد و انواع دیررس که دوره زندگی آنها به ۱۵۰ روز می‌رسد بین ۲۳۵۰ تا ۲۸۸۰ درجه روز-رشد نیاز دارند (امام و همکاران، ۱۳۹۰).

بهترین و مناسب‌ترین درجه حرارت برای رشد و نمو کامل ارزن در دوره زندگی حدود ۲۷ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد است. به‌طورکلی حداکثر درجه حرارت در دوره رشد این گیاه در ارقام مختلف متفاوت بوده و حداکثر تحمل آن در برابر گرما حدود ۴۴ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد است (محمدخانی، ۱۳۹۳).

۱-۴-۳ - نور

ارزن در طول زندگی برای آنکه به‌طور کامل رشد و نمو نماید به نور زیادی نیاز دارد. در محیط‌هایی که طول روز ۱۲ ساعت باشد به‌خوبی رشد می‌نماید و از نظر کلی گیاهی روزکوتاه است (محمدخانی، ۱۳۹۳). ارزن پس از آنکه به‌اندازه کافی حرارت کسب نمود شروع به گل دادن خواهد کرد. هرگاه طول روز در منطقه‌ای که ارزن کاشته می‌شود بیش از ۱۲ ساعت باشد، گل‌دهی نبات به تعویق

افتاده و گیاه دیررس می‌شود. همچنین در مناطقی که آسمان پوشیده از ابر باشد رشد با سرعت کمتری انجام خواهد شد (ایران‌نژاد و شهبازیان، ۱۳۹۲).

۱-۴-۴ - خاک

این گیاه در مقابل خاک‌های مختلف مقاومت زیادی دارد، به‌طوری‌که می‌توان آن را در انواع خاک‌ها کشت کرد. لکن از نظر کلی در خاک‌های سبک بهترین نتیجه را می‌دهد. اگر ارزن در خاک‌هایی که از نظر مواد غذایی قوی بوده و مواد مختلف به‌اندازه کافی در خاک وجود داشته باشد، کشت گردد، محصول خوبی تولید می‌نماید. خاک‌های سنگین و رسی برای کشت این گیاه مناسب نیستند خاک باید عمق کافی داشته و تهویه در آن به‌خوبی انجام شود (خواجه‌پور، ۱۳۹۳).

۱-۵ - مزایای ارزن نسبت به سایر غلات

طول دوره رویش کوتاه (از کاشت تا گلدهی جهت برداشت علوفه تر ۶۰ تا ۵۰ روز) ازجمله مزایای کشت ارزن این است که در فاصله زمانی بین دو گیاه بهاره و پاییزه که در زمین کشتی صورت نمی‌گیرد می‌توان اقدام به کشت کرد.

میزان پروتئین ۱۸ تا ۲۲ درصد.

امکان استفاده به‌صورت چرای مستقیم، علوفه سبز و سیلو.

موارد مصرف برای انواع دام‌های تک معده‌ای و چندمعدده‌ای.

عملکرد کمی گیاه در منطقه‌ای همچون کرج ۱۰۰ تن علوفه در دو تا سه چین و در مازندران که به‌صورت دیم کشت می‌شود حدوداً ۶۰ تن و در مناطق گرم همچون دزفول در چین‌های بیشتر (حدود شش چین) به بیش از ۱۴۰ تن علوفه سبز می‌رسد. عملکرد علوفه خشک هفت تن در هکتار عملکرد دانه حدود ۱/۵ تن در هکتار در مناطق خشک.

میانگین عملکرد علوفه به صورت قصیل ۳۵ تن در هکتار است (ترابی و رهجو، ۱۳۹۷)

۱-۶- کشاورزی پایدار و استفاده از کودهای آلی

کشاورزی پایدار باید از نظر اکولوژیکی مناسب، از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر و از نظر اجتماعی مطلوب باشد. معضل عمده کشاورزی امروز آن است که چگونه می‌توان به تولید پایدار در محصولات کشاورزی و دامی رسید. برای این کار لازم است تا در زمینه تولید غذا یک رویکرد بوم‌شناختی در پیش گرفته شود. کشاورزی پایدار یک سیستم تلفیقی کشاورزی بر پایه اصول اکولوژیکی است که هدف آن حفاظت از منابع آب، خاک و منابع طبیعی و در نهایت فراهم کردن امنیت غذایی همراه با افزایش کمی و کیفی آن ضمن در نظر گرفتن نیازهای نسل‌های بعدی است. تفاوت کشاورزی پایدار با کشاورزی متداول که به صورت فشرده از نهاده‌های کشاورزی استفاده می‌کنند، در این است که در کشاورزی پایدار بر ثبات عملکرد در طولانی مدت با حداقل تأثیر بر محیط تأکید می‌شود، درحالی که کشاورزی تجاری بر اهداف کوتاه مدت و حداکثر عملکرد متکی است. باید به این نکته توجه کرد که کشاورزی پایدار به معنی بازگشت به گذشته نیست، چراکه با استفاده از علوم جدید بیولوژی به بالاترین میزان و مناسب‌ترین روش تولید در کشاورزی می‌توان رسید (کوچکی و سرمدنی، ۱۳۹۰).

برای داشتن یک سیستم کشاورزی پایدار، استفاده از نهاده‌هایی که جنبه‌های اکولوژیکی سیستم را بهبود بخشند و مخاطرات زیست‌محیطی را کاهش دهند، ضروری به نظر می‌رسد (تهامی زرنندی و همکاران، ۱۳۸۹). در همین راستا، به منظور استقرار یک سیستم کشاورزی پایدار، استفاده از کودهای آلی در کشاورزی مطرح شده و از اهمیت بسزایی برخوردار است (شاهارونا و همکاران، ۲۰۰۶).

تحقیقات مختلفی به نقش مواد آلی در بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی پرداخته است به طوری که در تحقیقی، نگارستان (۱۳۷۰) گزارش کرد که مواد آلی باعث کاهش تراکم (وزن مخصوص ظاهری خاک) و افزایش نفوذپذیری نسبت به هوا، آب و ریشه گیاه می‌شوند و نیز در نگهداری آب و حفظ عناصر غذایی از طریق افزایش مکان‌های تبدالی در سطوح کانی‌های رسی، کمک مؤثری به تغذیه بهینه گیاه می‌کنند. برای حفظ سطح حاصلخیزی و قدرت تولید یک خاک، میزان ماده آلی آن همواره بایستی در سطح مناسبی حفظ شود. لذا استفاده عملی از کلیه راه‌هایی که بتواند مواد

آلی خاک را افزایش دهد و یا حداقل مواد موجود در خاک را در حد قابل قبولی حفظ نماید از اولویت خاصی برخوردار است. یکی از این راه‌ها، مصرف انواع کودهای آلی است. کودهای آلی علاوه بر اثرات مثبت بیولوژیک و اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (شیندو و همکاران، ۲۰۱۱) به این علت که به آهستگی آزاد شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرند، آلودگی کمتری را در محیط‌زیست ایجاد می‌کنند. این کودها به منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک سیستم کشاورزی پایدار به کار می‌روند. هنگامی که منابع آلی به عنوان کود استفاده بشود، فعالیت قارچ‌ها و باکتری‌ها در خاک افزایش می‌یابد. مواد غذایی که به صورت آلی در اختیار گیاه قرار گرفته‌اند، به کندی از خاک شسته می‌شوند (محمدی و همکاران، ۲۰۰۷؛ صباحی و همکاران، ۲۰۰۸).

کودهای آلی، قادر به افزایش قدرت نگهداری آب توسط خاک، کاهش تنش‌ها از جمله تنش خشکی (مکیلوان، ۲۰۰۴) افزایش تنوع میکروبی خاک (اوهل و همکاران، ۲۰۰۴) بهبود ساختمان فیزیکی (پولمن و همکاران، ۲۰۰۳) و جلوگیری از فرسایش خاک می‌باشد (پینامونتی، ۱۹۹۸) که به همراه تأمین بخشی از مواد غذایی مورد نیاز گیاه (تورکمن و همکاران، ۲۰۰۵) رشد و عملکرد گیاه را بهبود داده (کرامر و همکاران، ۲۰۰۲) و کیفیت و سلامت محصول را افزایش می‌دهد (گیلس، ۲۰۰۴). با توجه به نتایج بسیاری از پژوهش‌ها، بهبود حاصلخیزی و کیفیت خاک، به خصوص در شرایط استفاده از سیستم‌هایی که در آن حجم ورودی مواد و انرژی پایین است، نیازمند ورود مواد آلی به خاک می‌باشد (پالم و همکاران، ۲۰۰۱) مصرف کودهای آلی در یک سیستم مبتنی بر کشاورزی پایدار، ضمن حفظ سلامت محیط‌زیست، موجب افزایش کیفیت و پایداری عملکرد در گیاهان می‌شود (شارما، ۲۰۰۲؛ کاپور و همکاران، ۲۰۰۴).

۷-۱ - سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید و اهمیت آن‌ها

یکی از راه‌های بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی استفاده از ترکیبات شیمیایی مفید است که این ترکیبات می‌توانند به منظور مقابله با تنش‌های محیطی برای کاهش اثرات منفی تنش‌ها محیطی نیز به کار روند (اشرف و فولاد، ۲۰۱۷؛ ما و همکاران، ۲۰۰۷). ترکیبات شیمیایی سازگار با وزن

مولکولی پایین و در غلظت‌های بالای سلولی غیر سمی هستند. به‌طور کلی، این مواد گیاهان را در شرایط طبیعی کمک کرده و در شرایط مواجهه با تنش، طی دوره‌های مختلف تعادل اسمزی را حفظ کرده و موجب حفظ سیالت غشا و ثبات پروتئین‌ها یا آنزیم‌ها می‌شوند (اقبال و همکاران، ۲۰۱۸).

بر اساس نظر محققان نقش عمده این ترکیبات شیمیایی، عایق کردن سلول‌های گیاهی از صدمات ناشی از تنش توسط تعدیل اسمزی، تثبیت ساختار پروتئین‌های کلیدی مانند رابیسکو و حفظ دستگاه فتوسنتزی می‌باشد. بنابراین، بیان شده است که برخی از این ترکیبات اجزای سلولی را از صدمه از دست دادن آب حفظ می‌کنند و باعث بهبود شرایط رشد و نمو گیاهان در شرایط طبیعی و تنش می‌شوند (طویلی و همکاران، ۱۳۹۲؛ اشرف و فولاد، ۲۰۱۷).

برای مقابله با آثار ناشی از تنش‌های محیطی محققان به دنبال راهکارهایی برای کاهش اثرات نامطلوب آن هستند. به طوری که افزایش تحمل گیاهان از راه‌های مختلف شامل به‌نژادی، استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد و ترکیبات بهبوددهنده فرایندهای فیزیولوژیک گیاهان عملی است. در مقایسه با روش‌های به‌نژادی که اغلب بلندمدت و هزینه‌بردار هستند، استفاده از مواد شیمیایی شامل سالیسیلیک اسید، اسید هیومیک، سدیم نیتروپروساید، اسید آسکوربیک، گلايسين بتاين و اسید جاسمونیک آسان‌تر و ارزان‌تر هستند (الطیب، ۲۰۱۵).

سالیسیلیک اسید متعلق به گروهی از ترکیبات فنولی است که به‌طور وسیعی در گیاهان وجود دارد و امروزه ماده‌ای هورمونی محسوب می‌شود که نقش مهمی در رشد و نمو گیاهان دارد (سینگ و همکاران، ۲۰۱۲). این ترکیب یکی از مولکول‌های مهم در گیاه است که عامل واکنش گیاه در برابر تنش‌های محیطی است و همانند یک آنتی‌اکسیدان غیر آنزیمی تأثیر زیادی در تنظیم فعالیت‌های فیزیولوژیکی و مقاومت سیستمیک در گیاه دارد (الحکیمی، ۲۰۰۸؛ عرفان و همکاران، ۲۰۰۷).

بر اساس نظر محققان، سالیسیلیک اسید از جمله ترکیبات فنولیکی است که نقش تنظیم‌کنندگی در فرآیندهای زیستی و بیوشیمیایی گیاهان دارد (حیات و همکاران، ۲۰۱۰؛ طویلی و همکاران، ۱۳۹۲) که از آن جمله می‌توان به تنظیم تعرق، بسته شدن روزنه‌ها، تراوایی غشاء، رشد و

فتوسنتز اشاره کرد (بلخدی و همکاران، ۲۰۱۰). به‌طور کلی، یافته‌های پژوهشگران نشان می‌دهد که این ترکیب از جوانه‌زنی تا پیری گیاه، می‌تواند تأثیرگذار باشد و منجر به افزایش کارایی فتوسنتز و محصول نهایی می‌گردد (الطیب، ۲۰۱۵).

علاوه بر سالیسیلیک اسید، ترکیبات هیومیکی نیز می‌توانند باعث افزایش عملکرد گیاهان زراعی و تعدیل اثرات تنش‌های محیطی شوند (گاد ال هاک و همکاران، ۲۰۱۲). قربانی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند اسیدهای آلی یکی از منابع مهم مواد آلی هستند. یکی از فراوان‌ترین اشکال مواد آلی در طبیعت، ترکیبات هوموسی هستند (فرقانی و جوانمرد، ۲۰۰۵) که در تمام محیط‌های آبی و خاکی یافت شده (خورسند و کاووسی، ۲۰۱۲) و نقش مهمی در تبادل کاتیونی، رهاسازی عناصر غذایی و ظرفیت بافری فسفر و ابقاء مولکول‌های آلی فلزی و سمی دارند. هوموس به‌طور مستقیم باعث افزایش جذب عناصر غذایی ماکرو مثل نیتروژن، فسفر، گوگرد و عناصر میکرو مثل آهن، روی، منگنز و مس می‌شود و با تحرک بخشی و افزایش فعالیت‌های میکروبیولوژیکی، جذب کانی‌ها را افزایش می‌دهد (فرقانی و جوانمرد، ۲۰۰۵).

ترکیبات هوموسی مواد آلی، دارای دو نوع اسید آلی مهم به نام‌های هیومیک اسید و فولویک اسید هستند (سبزواری و همکاران، ۲۰۱۰) که از لحاظ ساختار شیمیایی و اندازه مولکولی باهم متفاوت‌اند و از منابع مختلفی نظیر خاک، هوموس، پیت، لیگنیت اکسید شده و زغال‌سنگ استخراج می‌شوند (داوودی و همکاران، ۲۰۱۲؛ قاسمی و کافی، ۲۰۱۰).

۸-۱ - اهداف پژوهش

- ۱- بررسی اثر هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارزن.
- ۲- بررسی تغییرات بر رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط استفاده از ترکیبات هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید.
- ۳- مقایسه تغییرات عملکرد و اجزای عملکرد دانه در رقم‌های مختلف ارزن.

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱ - هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید

از هیومیک اسید به عنوان کود آلی دوست دار طبیعت نام برده می شود. مقادیر بسیار کم از اسیدهای آلی به دلیل وجود ترکیبات هورمونی اثرات مفیدی در افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارند (سماوات و ملکوتی، ۲۰۰۵). اسیدهای آلی یکی از منابع مهم مواد آلی می باشند و هیومیک اسید به عنوان یک اسید آلی حاصل از هوموس و سایر منابع طبیعی، بدون اثرات مخرب زیست محیطی جهت بالا بردن عملکرد به خصوص در شرایط متغیر محیطی می تواند موثر واقع شود (سبزواری و همکاران، ۱۳۸۹). هیومیک اسید محصول نهایی تجزیه مواد آلی توسط موجودات هوازی است (گاتس، ۲۰۱۲).

هیومیک اسید و اسید فولویک از منابع مختلف نظیر خاک، هوموس، پیت، لیگنیت اکسید شده، زغال سنگ استخراج می شوند (سباهتین و نکدت، ۲۰۰۵) و با وزن مولکولی ۳۰۰۰۰-۳۰۰۰۰۰ دالتون سبب تشکیل کمپلکس پایدار و نامحلول با عناصر میکرو می گردد (مکویاک و همکاران، ۲۰۰۱). ساختمان مولکولی هیومیک اسید از زنجیره های کربن تشکیل یافته که دارای مقادیر زیادی حلقه های آروماتیک است که مستقیماً و یا از طریق پل های اکسیژن و نیتروژن به یکدیگر متصل شده اند. گروه های اتر، استر، کتو، آمین و آمید در محل اتصال ذرات هیدروکربن قرار دارند و سبب می گردند که قسمتی از مولکول هیدروفیلیک شود ولی قسمتی از مولکول که فقط دارای کربن و هیدروژن است خاصیت هیدروفوبیک (آب گریز) پیدا می کنند. ساختمان مواد هیومیک بر اساس pH و نوع فلزات موجود در محیط تغییر می کند. در pH بالا زنجیره کربن آن از هم باز می شود و در pH کم زنجیره آن جمع می گردد. مواد هیومیک فلزات سمی را به صورت نامحلول در آورده و از محیط خارج می نمایند (دی، ۲۰۰۰).

سالیسیلیک اسید یا ارتوهیدروکسی بنزوئیک یک ترکیب فنلی است که در طبیعت وجود داشته و در برخی بافت های گیاهی هم به فراوانی یافت می شود (حسین و همکاران، ۲۰۱۸). این ترکیب در ۳۶ گونه گیاهی به خوبی شناخته شده ولی در برخی گیاهان مثل برنج (*Oryza sativa*)، جو (*Hordeum*)

vulgaris) و سویا (*Glycine max* L) بیشترین مقدار را دارد که تقریباً یک میلی گرم بر گرم وزن تر می باشد (حسین و همکاران، ۲۰۱۸).

از ترکیب سالیسیلیک اسید برای اولین بار در سال ۱۸۹۸ پرفروش ترین داروی مسکن ساخته شد که آسپرین (استیل سالیسیلیک اسید) نام دارد. درنهایت در سال ۱۹۹۰، راسکین سالیسیلیک اسید را به عنوان یک تنظیم کننده رشد گیاهی معرفی کرد (تایز و زایگر، ۲۰۰۶) ولی هنوز نقش هورمونی این ترکیب شناخته نشده و برخی محققین مثل (پوپووا و همکاران، ۲۰۱۹) آن را به عنوان یک مولکول علامت دهنده می شناسند. به هر حال خواص فیزیکی سالیسیلیک اسید نشان می دهد که می تواند انتقال یافته، متابولیزه شده و یا در گیاهان تولید شود (سینگ و یوشا، ۲۰۱۳).

۲-۲ - خصوصیات مواد هیومیکی و سالیسیلیک اسید

سالیسیلیک اسید یا ارتوهیدروکسی بنزوئیک اسید و ترکیبات متعلق به آن از مشتقات فنل های گیاهی می باشند که معمولاً در آب و حلال های قطبی آلی خیلی محلول اند (پوپووا و همکاران، ۲۰۱۹). یکی دیگر از مشتقات سالیسیلیک اسید، متیل سالیسیلیک اسید است که استر نیمه فرار بنزوئیک اسید بوده و این روغن از گیاه چای کوهستان به دست آمده است. این ترکیب در اتمسفر به سرعت جذب گیاهان شده و در سیگنال های ارتباطی بین سلول ها، گیاهان، حیوانات و میکروارگانیسم ها شرکت می کند (شاکیرووا و همکاران، ۲۰۱۴). همچنین این ترکیب به عنوان یک سیگنال داخلی گیاهی باعث افزایش مقاومت گیاه به تنش های شوری، خشکی، سرما و گرما می شود (الیزابت و همکاران، ۲۰۰۸). آنالوگ های دیگر سالیسیلیک اسید، ۲ و ۶ دی هیدروکسی بنزوئیک اسید، ۲ و ۶ دیکلروایزونی کوتینیک اسید، ۷ کربوکسی بنزوئیدایازول، و متوکسی بنزوئیک اسید می باشند؛ که مسیر طبیعی دفاع در گیاهان را فعال می کنند (الیزابت و همکاران، ۲۰۰۸).

مواد هیومیکی مواد سنتز شده در هنگام تجزیه ی بقایای گیاهان و حیوانات، با استفاده یا بدون استفاده از میکروارگانیسم ها می باشند. این مواد از متابولیت های بیوشیمیایی یا شیمیایی محیط زیست و

یا اجزای تشکیل دهنده‌ی زیست توده، سنتز می‌شوند (نادی و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین این مواد آب دوست، اسیدی، دارای وزن مولکولی بالا، آمورف و مواد با رنگ زرد مایل به قهوه‌ای مشکی هستند (ایکسایر و همکاران، ۲۰۱۲). خصوصیات مواد هیومیکی بستگی به گروه‌های عاملی دارد که به زنجیر کربن آن متصل می‌باشند. این گروه‌ها ممکن است اسیدی (اسید کربوکسیلیک) و یا قلیایی (آمین و ایمین) و یا خنثی (الکل، آلدئید، کتون، اتر، استر و آمید) باشند. وجود این گروه‌های عامل سبب خاصیت هیدروفیلیک در ماده هوموسی شده و قسمت‌های دیگر (لیپوفیلیک) آب‌گریز می‌باشند. این خصوصیت صابونی مواد هوموسی سبب اتصال مواد غیر محلول در آب به آن می‌شود (چربی‌ها، روغن‌ها و مولکول‌های آلی محلول در آن‌ها) و انتقال آن‌ها را، در محلول کلوئیدی خاک فراهم آورده و در نتیجه عبور آن‌ها به ریشه و جذب توسط گیاه تسهیل می‌شود. ترکیبات هوموسی مواد آلی مختلف دارای دو نوع اسید آلی مهم به نام‌های هیومیک اسید و اسید فولویک می‌باشند، ۶۰ درصد هوموس خاک از دو پلیمر هیومیک اسید و اسید فولویک تشکیل می‌شود. کلوئیدی بودن ذرات و شکل‌پذیری کم و چسبندگی زیاد هوموس از عوامل برجسته آن‌ها در ساختار خاک به شمار می‌رود. به علت حضور گروه‌های فعال اسیدی ضعیف، هوموس قادر است که pH خاک را در محدوده تغییرات وسیع pH تثبیت کند (لیو و هانگ، ۱۹۹۹) با افزایش درجه هومیفیکاسیون، مقادیر زیادی از ازت‌های تثبیت شده توسط میکروارگانیسم‌ها، در ترکیبات هوموسی وارد گشته و بر مقدار ازت هوموس افزوده می‌شود (کلاپ، ۲۰۰۱).

۳-۲ - پایداری هوموس

در مطالعاتی که از مواد پرتوزا استفاده شده نشان داده‌اند که بعضی از کربن‌های آلی تبدیل شده به هوموس در هزاران سال قبل هنوز در خاک حضور دارند که حاکی از مقاومت بسیار مواد هوموسی در برابر تجزیه میکروبی است. این مقاومت مواد هوموسی به اکسید شدن در حفظ میزان مواد آلی و نگهداری نیتروژن و سایر عناصر غذایی همراه آن در مقابل معدنی شدن و هدر رفت در داخل خاک مهم

است. هوموس به‌رغم مقاومت نسبی به تجزیه شدن در معرض حمله مداوم میکروبی قرار دارد. بدون افزایش سالانه پسماندهای گیاهی کافی، اکسایش میکروبی سبب کاهش میزان ماده آلی خاک خواهد شد. هر سه گروه از مواد هیومیکی در خاک نسبتاً پایدار می‌باشند. حتی اسید فولویک که به‌آسانی قابل تجزیه است در مقابل حمله میکروبی مقاوم‌تر از اکثر پسماندهای گیاهی تازه افزوده به خاک است. بسته به شرایط محیطی، نیمه‌عمر در اسید فولویک ممکن است ۵ تا ۱۰ سال باشد. در صورتی که نیمه‌عمر هیومیک اسید معمولاً برحسب قرن بیان می‌شود (برادی و ویل، ۲۰۰۶).

۴-۲ - تجزیه ذرات هیومیک اسید

تجزیه ذرات هیومیک اسید در خاک در شرایط مختلف گزارش شده است. سرعت تجزیه در اسیدیت ۴-۵ خیلی آرام صورت می‌گیرد و سال‌های متعددی جهت رسیدن به حد تعادل نیاز دارد. سرعت تجزیه با افزایش pH زیاد شده و در $pH=11$ سرعت حل شدن در مدت ۳۰ دقیقه حاصل می‌شود. مونوکربوکسیلیک اسید و علف‌کش‌های یونی مانند گلایفوزیت و توفوردی نیز سرعت تجزیه را زیاد می‌کنند. ولی برعکس حضور کاتیون‌های غیر آلی مثل باریم، کلسیم و منیزیم باعث کاهش سرعت تجزیه هیومیک اسید می‌شوند (برانت و همکاران، ۲۰۰۹).

۵-۲ - میزان مصرف اسیدهای هیومیک

با توجه به نوع گیاه و نحوه مصرف، مقادیر مختلفی برای این مواد توصیه شده است. مقدار قابل توصیه به روش خیساندن بذر $0/3$ درصد مقدار مصرف حاکی اسیدهای فوق در هر هکتار ۱۰ تا ۳۰ لیتر در دو یا سه نوبت مرحله رشدی گیاه توصیه می‌گردد. در کشت‌های گلدانی نیز غلظت ۱۰ تا ۳۰ میلی گرم در لیتر مناسب است (سماواتی و همکاران، ۱۳۸۷).

رشد گیاهان با مصرف ۵۰ تا ۵۰۰ میلی گرم در کیلوگرم هیومیک اسید افزایش می‌یابد ولی با مصرف بیش از ۵۰۰ میلی گرم در کیلوگرم به‌طور معنی‌داری رشد گیاهان کاهش می‌یابد (اتیه و همکاران، ۲۰۰۳).

۲-۶ - مزایای اسیدهای هیومیک

اسید هیومیک سبب بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌گردند که در زیر به مواردی اشاره کرد:

الف: بهبود خصوصیات فیزیکی از طریق افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک، افزایش تهویه خاک، کاهش فرسایش خاک و افزایش مقاومت گیاه به خشکی (مارشدر، ۲۰۱۶).

ب: بهبود خصوصیات شیمیایی خاک از طریق افزایش درصد ازت کل در خاک، متعادل نمودن خاک‌های اسیدی و قلیایی، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، افزایش یافتن جذب مواد غذایی و فراهمی مواد غذایی مورد نیاز گیاه در طول دوره رشد (مارشدر، ۲۰۱۶).

ج: مزایای بیولوژیکی اسیدهای هیومیک مربوط به موارد زیر است. افزایش تقسیم سلولی و رشد گیاه، افزایش قطر دیواره سلولی و مقاومت به آفات و بیماری‌ها، افزایش درصد جوانه‌زنی بذر، افزایش میکروب‌های مفید خاک، افزایش میزان ویتامین‌ها در گیاه، افزایش رشد ریشه، افزایش میزان آنزیم‌ها در گیاه و افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه (مارشدر، ۲۰۱۶). همچنین فرضیه‌های دیگری برای اثرات هیومیک اسید پیشنهاد شده‌اند که برخی از آن‌ها عبارتند از: شکل‌گیری کمپلکس بین هیومیک اسید و یون‌های معدنی، تجزیه هیومیک اسید به آنزیم‌ها در گیاهان، اثر مفید بر تنفس، فتوسنتز و همچنین باعث تحریک متابولیسم اسیدهای نوکلئیک و فعال‌سازی هورمون‌های دیگر می‌شود (دورسان و همکاران، ۲۰۰۲؛ دوگان و دیمر، ۲۰۰۴؛ ترکمن و همکاران، ۲۰۰۴).

کاتیون‌ها توسط بار منفی مواد هوموسی جذب می‌شوند ولی به علت اینکه بار منفی ریشه بیشتر از بار منفی مواد هوموسی است، لذا این کاتیون‌ها به راحتی در اختیار ریشه قرار گرفته و جذب می‌شوند. سال‌های زیادی اثرات تحریک‌کننده مواد هیومیکی به مواد شبه هورمونی نسبت داده می‌شد؛ زیرا عمل مواد هیومیکی شبیه به اکسین، سیتوکسین و آبسزیک اسید بود ولی این فرضیه مدت زیادی دوام نیاورد (کلاپ و همکاران، ۲۰۰۱).

۷-۲ - اثرات سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر خصوصیات گیاهان

پژوهشگران گزارش کرده‌اند در میان ترکیبات شیمیایی مفید برای گیاهان در شرایط طبیعی و تنش‌های محیطی سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید در مقابل سایر ترکیبات ارزان‌تر بوده‌اند (قای و همکاران، ۲۰۱۷). لازم به ذکر است که تنش‌های محیطی به‌صورت افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی بر یاخته‌های گیاه تأثیر گذاشته، بدین صورت که بر پایه گزارش منابع مختلف یکی از ترکیب‌های آنتی-اکسیدانی مهم در گیاهان، سالیسیلیک اسید و گلايسين بتایین است و احتمال دارد که کاربرد برون‌زای آن‌ها بتواند در کاهش تنش‌های زنده و محیطی نقش داشته باشد (سنارانتا و همکاران، ۲۰۰۲؛ سودا و همکاران، ۲۰۱۶؛ باقی زاده و همکاران، ۱۳۸۹؛ سماوات و کلکوتی، ۲۰۰۶).

محققان بیان کرده‌اند سالیسیلیک اسید یک ترکیب فنولی است و با داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان نقش دارد. سالیسیلیک اسید به‌عنوان یک مولکول پیام‌رسان مهم در پاسخ‌های گیاه به تنش‌های زیستی و غیر زیستی شناخته‌شده است (الطیب، ۲۰۰۵؛ خان و همکاران، ۲۰۱۲)؛ که با تأثیر بر آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیدازها و تنظیم‌کننده‌های اسمزی مثل پرولین، گلايسين و بتائين آثار ناشی از تنش خشکی، فلزات سنگین، گرما، سرما و شوری را کاهش می‌دهد (سنارانتا و همکاران، ۲۰۰۲). بنابراین می‌توان از ترکیب سالیسیلیک اسید برای پرایمینگ و محلول‌پاشی بر گیاهان در جهت کاهش اثرات ناشی از تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه استفاده کرد (ارزندی و همکاران، ۱۳۹۴). هیومیک اسید یکی دیگر از ترکیبات مناسب مورد استفاده در نظام کشاورزی ارگانیک است. با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی اخیراً استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج فراوان یافته است. مقادیر بسیار کم از اسیدهای آلی اثرات قابل‌ملاحظه‌ای در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک داشته و به دلیل وجود ترکیبات هورمونی اثرات مفیدی در افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارد (سماوات و کلکوتی، ۲۰۰۶؛ مایکل، ۲۰۰۱).

۸-۲ - اثرات سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر رنگیزه‌های فتوسنتزی

نتایج مطالعه خوداری (۲۰۰۴) بر روی گیاه ذرت (*Zea mays*) و گیاه خردل (*Sinapis arvensis*) نشان داد که فعالیت روبیسکو و سرعت فتوسنتز تحت تنش و هنگامی که با سالیسیلیک اسید تیمار شدند افزایش پیدا کرد و این امر منجر به افزایش عملکرد در مقایسه با گیاهانی شد که با سالیسیلیک اسید تیمار نشده بودند. فرناندز و همکاران (۱۹۹۶) با محلول‌پاشی ترکیبات داری هیومیک اسید بر زیتون در شرایط گلخانه‌ای و مزرعه گزارش کردند که تجمع پتاسیم، بر، منیزیم و آهن در برگ‌ها بالا می‌رود و رشد ساقه‌ها افزایش می‌یابد. ایشان بیان کردند بالا رفتن آهن و منیزیم در برگ باعث افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی به‌خصوص کلروفیل a می‌شود که این امر در نهایت با افزایش در مواد فتوسنتزی باعث افزایش رشد بوته‌ها می‌شود. در همین رابطه تجادا و گونزالز (۲۰۰۳) بیان کردند محلول‌پاشی هیومیک اسید و اسیدهای آمینه روی گیاهان مارچوبه توانست جذب بسیاری از عناصر کم‌مصرف به‌خصوص آهن و عناصر پرمصرف به‌ویژه نیتروژن را در اندام‌های هوایی، برگ‌ها و ریزوم‌ها افزایش دهد و از طرف دیگر باعث بالا رفتن کلروفیل و کاروتنوئید ساقه‌های خوراکی شود. در شرایط تنش کمبود آب محلول‌پاشی هیومیک اسید باعث افزایش نگهداری آب برگ و میزان فتوسنتز شده و متابولیسم آنتی‌اکسیدانی را کاهش می‌دهد (فوجیو و همکاران، ۱۹۹۵).

خاوری نژاد و همکاران (۱۳۸۴) در بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر میزان برخی از متابولیت‌های ثانویه (ساپونین‌ها و آنتوسیانین‌ها) و القای مقاومت ضد میکروبی در گل مینای چمنی (*Bellis perennis* L.) بیان کردند که نتایج این آزمایش حاکی از آن است که مقدار ترکیبات ثانویه در گیاهان تیمار شده با غلظت‌های ۳، ۷ و ۱۱ میکرومولار از سالیسیلیک اسید نسبت به گیاهان شاهد با و بدون آلودگی افزایش یافت، طول عمر گیاهان آلوده تیمار شده با سالیسیلیک اسید، بیشتر از گیاهان آلوده شده و تیمار نشده با سالیسیلیک اسید بود و همچنین سالیسیلیک اسید باعث افزایش در مقدار کلروفیل برگ شد که این امر تجمع مواد فتوسنتزی را افزایش داد، استفاده از تیمار سالیسیلیک اسید در گیاه مینای چمنی به‌طور معنی‌داری در کاهش شدت بیماری و افزایش میزان ترکیب‌های ثانویه در

گیاهان آلوده و بدون آلودگی، نسبت به گیاهان کنترل شد.

در آزمایش دیگری حامدا (۲۰۰۱) گزارش کردند بذرهای گندم که در استیل سالیسیلیک اسید پیش تیمار شده بودند از مقاومت بیشتری در برابر تنش خشکی برخوردار بودند. بررسی هانشان داده است که در شرایط تنش خشکی، سالیسیلیک اسید علاوه بر افزایش رشد گیاه، میزان تعرق، تنظیم روزنه‌ای، فتوسنتز و جذب و انتقال یون‌ها را نیز بهبود می‌بخشد (حیات و احمد، ۲۰۱۰). اعتقاد بر این است که سالیسیلیک اسید می‌تواند به عنوان یک تنظیم کننده مهم برای بهبود رشد در شرایط تنش‌های محیطی مورد استفاده قرار گیرد. در پژوهشی که توسط لی و ایون (۲۰۰۰) انجام گرفت مشخص شد که کاربرد هیومیک اسید سبب تحریک رشد در گیاه جعفری (*Petroselinum crispum*)، بنفشه (*Viola odorata*)، شمعدانی (*Pelargonium Geranium*) و حنا (*Lawsonia inermis*) شده و رشد ریشه را بهبود بخشیده است. این محققان گزارش کردند تحریک رشد ریشه باعث افزایش جذب عناصر غذایی و در نهایت سبزمانی برگ‌ها (هم از نظر دوام و هم از نظر مقدار) را افزایش داد.

کوستا و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید با کاهش میزان تنش اکسیداتیو و افزایش مقدار پرولین در حفاظت از غشاها و اندامک‌های سلولی و ساختار پروتئین‌ها و آنزیم‌ها موفق عمل می‌کنند و از اکسایش یا تجزیه پروتئین‌ها می‌کاهد. محلول پاشی اسید سالیسیلیک و هیومیک اسید با افزایش توان آنتی‌اکسیدانی از جمله کاروتنوئیدها موجب کاهش مقدار پراکسید لیپیدها و مقدار آب‌اکسیژنه و حفاظت بیشتر از غشاهای سلولی می‌شود. بالا رفتن محتوای کلروفیل پس از کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید در بسیاری از گیاهان از جمله ذرت، کلزا، گندم و جو تایید شده است (قای و همکاران، ۲۰۱۷؛ اسرینگو و همکاران، ۲۰۱۵).

افزایش در گیرنده‌های فتوسنتزی به خصوص در شرایط تنش به همراه افزایش محتوای قند در گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک اسید، می‌تواند دلیلی برای بهبود رشد گیاهان مذکور باشد (الطیب، ۲۰۱۵). اثر مثبت سالیسیلیک اسید بر فتوسنتز و رشد گیاه، تحت شرایط تنش‌های محیطی و کاهش آسیب ناشی از شوری و خشکی و تسریع در رشد مجدد پس از رفع تنش نیز در گیاهان گندم محلول

پاشی شده مشاهده شد (سخابوتیدوا و همکاران، ۲۰۰۳). در مطالعه آستارایی و ایوانی (۲۰۰۸) محلول پاشی سالیسیلیک اسید و اسید جاسمونیک باعث افزایش مقاومت به تنش کمبود آب و افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه بادرشبو (*Dracocephalum moldavica*) شد.

۹-۲ - اثرات سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر خصوصیات فیزیولوژیک گیاهان زراعی

هیومیک اسید با مکانیسم‌های زیادی به جذب بهتر عناصر غذایی و بهبود کیفیت محصول کمک می‌کند. هیومیک اسید با افزایش تولید کربوهیدرات، پروتئین و ویتامین در گیاه و نیز تأثیر مثبتی که بر جنبه‌های مختلف فتوسنتز دارد، محتوای ترکیبات مفید محصولات کشاورزی را افزایش می‌دهد (شریف و همکاران، ۲۰۰۲). این نتایج در مورد ذرت (آلبوزیو و همکاران، ۱۹۹۴) و گوجه‌فرنگی (آدانی و همکاران، ۱۹۹۸) نیز تأیید شدند. هیومیک اسید با افزایش نفوذپذیری سلول‌های ریشه به جذب بهتر مواد غذایی و توسعه بیشتر گیاه کمک می‌نماید. هیومیک اسید با تولید بیشتر اسیدهای نوکلئیک و اسیدهای آمینه تکثیر سلولی را در کل گیاه و بخصوص در ریشه‌ها افزایش می‌دهد (دورسون و همکاران، ۲۰۰۲). مطالعات نشان داده است که هیومیک اسید می‌تواند به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد برای تنظیم سطح هورمون‌ها، بهبود در رشد گیاهان و افزایش تحمل به تنش مورد استفاده قرار گیرد (سرنلا و همکاران، ۲۰۰۲).

بر اساس نظر محققان تیمار با سالیسیلیک اسید نمی‌تواند از آسیب ناشی از تنش به‌طور کامل جلوگیری کند، اما تا حدودی سبب کاهش آسیب‌های وارد به گیاهان می‌شود (سخابوتیدوا و همکاران، ۲۰۰۳). سالیسیلیک اسید باعث افزایش رشد در گیاهان دارویی مرزنجوش و ریحان در تنش خشکی شد (اللطیف، ۲۰۰۶). نظر و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند سالیسیلات اثرات مهمی در گیاهان تحت تنش از جمله اثر بر جذب مواد غذایی، پایداری غشاء و روابط آبی، عملکرد روزنه‌ها و جلوگیری از تولید اتیلن و بهبود رشد دارد (بارکوسکی و ایهلینگ، ۱۹۹۳) و بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی و رشد گیاهان را تنظیم و باعث سازگاری گیاهان به تنش‌های محیطی می‌شود (رهبریان و صالحی، ۲۰۱۴).

در تحقیقی توسط یلدریم (۲۰۰۷) انجام شد هیومیک اسید به مقدار ۰ و ۲۰،۱۰ میلی لیتر بر روی گوجه فرنگی به دو صورت محلول پاشی و همراه با آب آبیاری در سه مرحله مورد استفاده قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که هیومیک اسید باعث بالا رفتن مقدار اسید آسکوربیک میوه های گوجه فرنگی شد. بیشترین میزان افزایش اسید آسکوربیک مربوط به مصرف ۲۰ میلی لیتر هیومیک اسید به صورت محلول پاشی بود. هیومیک اسید با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی در گندم شد (دلفین و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین ولف و همکاران (۱۹۹۸) بیان کردند که هیومیک اسید باعث سبزمانی و افزایش عملکرد دانه ذرت می شود.

عالم و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید در خردل در شرایط تنش خشکی باعث تقویت دفاع آنتی اکسیدانی در گیاهان می شود و آن ها را نسبت به شرایط خشک مقاوم می سازد. بهاری و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند بالا رفتن فعالیت آنزیم های تنش آنتی اکسیدان در گیاه آویشن همانند کاتالاز، پراکسیداز، اسکورات پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز در شرایط خشکی با کاربرد سالیسیلیک اسید شده اند. علاوه بر این، ثابت شده است که سالیسیلیک اسید به طور معنی داری نشت یونی و انباشت یون های سمی را در گیاهان کاهش می دهد (شنگزو و همکاران، ۲۰۰۹؛ حیات و همکاران، ۲۰۱۰؛ کرانتو و همکاران، ۲۰۰۸) و این امر موجب کاسته شدن از اثرات تنش های محیطی از راه افزایش هورمون های تنظیم کننده رشد از جمله اکسین ها، جیبرلیک اسیدها و سیتوکسین ها می شود (شاکیرووا و همکاران، ۲۰۱۴).

لیو و همکاران (۱۹۹۶) در بررسی اثر هیومیک اسید بر شبدر نشان دادند که هیومیک اسید به صورت معنی داری سرعت فتوسنتز، توسعه زیست توده ریشه و محتوی عناصر غذایی گیاه را افزایش داد که این افزایش به خصوص در ۴۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید بود. محققین اثر هیومیک اسید بر گیاه بنت گراس (*Euphorbia pulcherrima*) را بررسی کردند و دریافتند کاربرد برگی مواد هیومیکی به میزان معنی داری غلظت آنتی اکسیدان ها در برگ را افزایش می دهد و همچنین سبب افزایش در فتوسنتز، تنفس، سنتز نوکلئیک اسیدها و جذب یون ها شد (اشمیت، ۱۹۹۷). نتایج آزمایش

ولف و همکاران (۱۹۹۸) نشان داد محلول پاشی لوبیا چشم‌بلبلی در مرحله دو برگچه‌ای با ترکیبات آلی اثر معنی‌داری بر رشد رویشی دارد.

عبدل موگد و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند کاربرد هیومیک اسید در گیاه به‌صورت محلول‌پاشی و کاربرد خاکی موجب افزایش هورمون‌های اکسین، سیتوکنین و جیبرلین در گیاه می‌شود. همچنین افزایش ۳/۱ درصدی اکسین با کاربرد هیومیک اسید در گیاه گندم در ۸۰ روز پس از کاشت در بخش هوایی در فصل رشد گزارش شده است (ابو علی و همکاران، ۲۰۰۹).

در بررسی گلخانه‌ای تأثیر ترکیبات هیومیکی بر محتوی کلروفیل برگ‌ها در گندم بررسی شد و نشان داده شد که اسپری برگی اسیدفولیک روی گندم موجب افزایش معنی‌داری در محتوی رنگدانه‌های فتوسنتزی برگ‌ها شد (زودان، ۱۹۹۶). بر اساس نتایج آزمایشات کربلایی اسماعیل و همکاران (۱۳۸۸) در ذرت علوفه‌ای مصرف هیومیک اسید باعث بالارفتن معنی‌دار محتوی کلروفیل برگ شد. در مطالعه‌ای مشخص شد که هیومیک اسید بیش از اسید فولویک و اسید هیومیک بر فعالیت رنگیزه‌ها اثر می‌گذارد (ناردی و همکاران، ۲۰۰۲). هیومیک اسید با استفاده از اثرات مثبت فیزیولوژیکی مانند اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت رنگیزه‌های برگ باعث افزایش عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (ناردی و همکاران، ۲۰۰۲). گروسل و همکاران (۱۹۹۱) د پژوهش‌های خود مشاهده کردند که هیومیک اسید باعث افزایش جذب عناصر ریز مغذی مثل آهن، روی، مس و منگنز توسط خیار رشد یافته در محلول هوگلند شد که افزایش در آهن و منگنز را می‌توان دلیل مناسبی برای افزایش غلظت کلروفیل برگ دانست.

در ایجاد تعادل عناصر غذایی توسط هیومیک اسید معلوم شده است که غلظت بالای هیومیک اسید در تولید گندم باعث ترکیب شدن بیش از حد کلسیم به‌وسیله هیومیک اسید و کاهش جذب آن می‌گردد (گروسل و همکاران، ۱۹۹۱). همچنین فرناندز اسکوبار و همکاران (۲۰۰۶) افزایش غلظت آهن را در برگ‌های زیتون تیمار شده با مواد هیومیکی، گزارش کردند.

نقی زاده و غلامی توران پشته (۲۰۱۴) بیان کردند کاربرد سالیسیلیک اسید در غلظت ۰/۵

میلی مولار باعث افزایش ۱۵ درصدی وزن هزار دانه در گندم شد. شاکوریوا و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند سالیسیلیک اسید باعث افزایش بعضی از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی شامل اکسین و سیتوکنین شده و از این طریق باعث بهبود رشد و افزایش فتوسنتز می‌شود و در نتیجه روی عملکرد و اجزای عملکرد تأثیر می‌گذارد. همچنین، نورین و اشرف (۲۰۰۸) گزارش کردند اثر محلول پاشی سالیسیلیک اسید در گیاه آفتابگردان باعث افزایش فتوسنتز و ایجاد دانه‌های بزرگ‌تر در پایان فصل رشد شد.

وانگ و همکاران (۱۹۹۵) نیز در آزمایش مزرعه‌ای، هیومیک اسید را به همراه کود فسفر به کار بردند و مشاهده کردند که میزان جذب فسفر ۲۵ درصد نسبت به عدم حضور هیومیک اسید افزایش یافت. سانچز و همکاران (۲۰۰۶) اعلام نمودند که در درختچه انگور تأثیرات مواد هیومیکی بر تحرک بخشیدن یون‌ها و نیز بر متابولیسم و فیزیولوژی گیاه، سبب بهبود جذب عناصر آهن و فسفر شده و این امر باعث افزایش وزن حبه می‌گردد. در مطالعه‌ای گلخانه‌ای جونز و همکاران (۲۰۰۴) اثر هیومیک اسید را بر قابلیت جذب عناصر غذایی خاک و عملکرد پیاز (*Allium cepa*) بررسی کردند و دریافتند که کاربرد ۲۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید به همراه NPK (۲۰۰ کیلوگرم اوره، ۱۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم) بیشترین عملکرد پیاز را به همراه ۱۳ درصد افزایش در جذب NPK به همراه داشت. در مطالعه‌ای دیگر جونز و همکاران (۲۰۰۴) در آزمایشی در بررسی اثر هیومیک اسید بر عملکرد گندم بهاره دریافتند که هیومیک اسید دسترسی به فسفر و سایر عناصر غذایی را افزایش داد و همچنین سبب افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه شد. در پژوهشی، مقادیر ۱۰۰۰ میلی گرم هیومیک اسید بر کیلوگرم خاک سبب افزایش غلظت عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در اندام‌های گیاه گوجه‌فرنگی شد (ترکمن و همکاران، ۲۰۰۵). در مطالعه‌ای مکویاک و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند هیومیک اسید سبب افزایش فسفر و نیتروژن در گیاه بنت گراس شده و تجمع ماده خشک را افزایش داده است هیومیک اسید با اسیدی کردن خاک سبب تسهیل در انحلال آهن و پتاسیم گشته و میزان دسترسی به عناصر غذایی را افزایش می‌دهد. در بسیاری از منابع در مورد اثرات مفید مواد هیومیکی بر رشد ریشه و

ریشه‌های موپین اشاره شده است. افزایش سطح ریشه‌ها و ریزوسفر سبب جذب بهتر برخی عناصر نظیر پتاسیم یا فسفر می‌گردد. در یک بررسی روی گیاه ذرت کاربرد هیومیک اسید در محلول غذایی موجب افزایش محتوای نیتروژن در اندام هوایی شد (تان، ۲۰۰۳).

سانچز و همکاران (۲۰۰۲) در تحقیقی که به بررسی اثر ترکیبات هیومیک بر بهبود کارایی کلات آهن روی درختان لیمو پرداختند و اعلام کردند که درختانی که توسط مخلوطی از کلات آهن با مواد هیومیک (لئوناردیت) کود دهی شده بودند در جذب نسبت به درختانی که با کلات آهن به تنهایی تغذیه شده بودند، بیشتر توانسته بودند جذب آهن داشته باشند. همچنین ترکیبات هیومیکی باعث افزایش وزن میوه گردید. مکویاک و همکاران (۲۰۰۱) دریافتند که هیومیک اسید سبب پایداری و نگهداری بیشتر عناصر غذایی برای گیاهان می‌شوند که این کار را از طریق ممانعت از تثبیت یا شستشوی عناصر غذایی انجام می‌دهد. تاتینی و همکاران (۱۹۹۱) نیز گزارش کردند که هیومیک اسید در بهبود کارایی مصرف نیتروژن توسط گیاه نقش دارد و این کار را از طریق اصلاح فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک انجام می‌دهد و از شستشوی بیش از حد آن جلوگیری می‌کند. پینتون و کسکو (۱۹۹۹) اثر مواد هیومیکی را در جذب نیترات توسط ریشه ذرت را مطالعه کردند. نتایج بررسی این محققان نشان داد که هیومیک اسید جذب نیترات و فعالیت آنزیم ATP آز را در غشاء پلاسمایی سلول‌های ریشه به طور معنی‌داری افزایش داد که به نظر می‌رسد فعال شدن پمپ پروتون غشاء، پاسخ اولیه به هیومیک اسید در جذب عناصر غذایی باشد.

استفاده از اسید هیومیک باعث رشد اندام هوایی می‌شود که دلیل آن افزایش جذب عناصری نظیر نیتروژن، کلسیم، فسفر، پتاسیم، منگنز، آهن، روی و مس است. این پژوهشگران بیان کردند هیومیک اسید باعث افزایش در تولید هورمون اکسین در گیاه می‌شود که باعث تشدید شدن اثر افزایش ارتفاع و سرعت رشد می‌شود (هارپر و همکاران، ۲۰۰۰). در پژوهشی گزارش شد کاربرد اسید هیومیک در سویا باعث افزایش جذب آب، سرعت جوانه‌زنی و تنفس تاریکی می‌شود (ایسوارن و چونکار، ۱۹۷۱). همچنین تیمار هیومیک اسید در گندم از طریق کلات کردن عناصر کلسیم و منیزیم در خاک باعث

افزایش دسترسی ریشه به این عناصر شد (ماکویاک و همکاران، ۲۰۰۱؛ یانگ و چن، ۱۹۹۷).

مواد هیومیکی ترکیبات طبیعی آلی هستند که حاوی ۵۰ تا ۹۰ درصد از مواد ارگانیک پیت، ذغال چوب، مواد پوسیده و همچنین مواد ارگانیک غیرزنده اکوسیستم‌های آبی و خاکی می‌باشند (کلاپ و همکاران، ۱۹۹۳). نتایج پژوهش‌ها نشان داده که هیومیک اسید دارای اثرات مستقیم و غیرمستقیم در گیاهان می‌باشد. اثر غیرمستقیم هیومیک اسید عموماً به شکل تغییر در شرایط محیطی از جمله در دسترس قرار دادن برخی از عناصر غذایی (به دلیل افزایش محلولیت آن‌ها) تعادل نمک، خصوصیات فیزیکی و فیزیکوشیمیایی خاک، ساختمان خاک، هوادهی، زهکشی، ظرفیت نگه‌داری آب، دمای خاک و غیره می‌باشد. از طرف دیگر هیومیک اسید دارای اثرات مستقیم شامل افزایش تجمع بیوماس (وزن خشک)، جذب عناصر غذایی، بیوسنتز، فعالیت آن‌تی اکسیدانی، فعالیت‌های ضدویروسی و غیره می‌باشد (کوکو و همکاران، ۲۰۰۰).

سالیسیلیک اسید در گیاهانی که با این هورمون تیمار شده‌اند، باعث تحریک جوانه‌زنی، افزایش محتوی رطوبت نسبی آب، وزن خشک، فعالیت کربوکسیلازی روبیسکو و افزایش میزان کلروفیل شده است (سینگ و یوشا، ۲۰۰۳). عمل حفاظتی سالیسیلیک اسید در برابر تنش خشکی با افزایش پاسخ‌های ضد اکسیدانی، کاهش ترق و افزایش فتوسنتز همراه بوده و به افزایش کارایی مصرف آب منجر شده است (سینگ و یوشا، ۲۰۰۳). در گل داوودی کاربرد هیومیک اسید به صورت محلول‌پاشی از طریق بهبود سرعت فتوسنتز گیاه، صفات رشدی گیاه را بهبود بخشید (فان و همکاران، ۲۰۱۴). در گیاه کالاتیا (*Calathea insignis*) استفاده از هیومیک اسید سبب بهبود صفات رشدی، افزایش فتوسنتز و افزایش تولید ATP شد (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۴).

ابراهیمی و جعفری حقیقی (۲۰۱۲) در پژوهشی روی گیاه ذرت بیان کردند که سالیسیلیک اسید بر شاخص سطح برگ، وزن هزار دانه و عملکرد دانه اثر مثبت معنی‌داری داشت، ایشان توصیه کردند غلظت ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید می‌تواند برای کاشت ذرت دانه‌ای جهت دستیابی به شاخص سطح برگ مطلوب مناسب باشد.

نتایج مطالعات نشان داده است که هیومیک اسید می‌تواند به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد برای تنظیم سطح هورمون‌ها، بهبود رشد گیاهان و افزایش تحمل به تنش مورد استفاده قرار گیرد (سرنلا و همکاران، ۲۰۰۲). افزایش تولید مالون دی‌آلدئید و کاهش آن در اثر مصرف سالیسیلیک اسید تحت تنش شوری در عدسک آبی مشاهده شده است (کونگوا و ژوین، ۲۰۰۸). اسید سالیسیلیک خود از ترکیبات فنولی در گیاهان است و نقش محوری در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان ایفا می‌کند (پیر و همکاران، ۲۰۰۸)، که القاکننده تجمع فنیل آلانین آمونیالیز ترکیبات فنولیک کل به‌واسطه افزایش فعالیت آنزیم است. همچنین، طبق گزارش‌ها، کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک در انگور تجمع پلی‌فنل‌ها را در تنش دمای بالا القا می‌کند (ژو و همکاران، ۲۰۰۵).

راسکین (۱۹۹۹) بیان نمود که سالیسیلیک اسید از کاهش مقدار اکسین و سیتوکنین در گیاه جلوگیری کرده و با افزایش سطح اسید آبسزیک در ریشه یک پیش‌تطابق به تنش ایجاد می‌کند. همچنین، از طریق اثر بر پلی‌آمین‌ها باعث ایجاد کمپلکس‌های پایدار با غشاء شده و حفاظت از غشاء را در شرایط تنش سبب می‌شود. در تحقیق کبیری و نقی‌زاده (۲۰۱۵) سالیسیلیک اسید اثرات تنش خشکی را کاهش داده و عملکرد بذر، محتوای نسبی آب برگ و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را افزایش داد. در مطالعه عظیمی و همکاران (۲۰۱۳) نیز کاربرد سالیسیلیک اسید باعث کاهش تنش خشکی در گندم گردید. در آزمایش دانشمند و همکاران (۲۰۱۴) تنش خشکی درصد، سرعت و متوسط زمان جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه را تحت تأثیر قرارداد، ولی تیمار ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید باعث افزایش معنی‌دار کلیه صفات و کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی گردید، این محققان بیان کردند تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید با تأثیر بر بیوسنتز جیبرلین بر جوانه‌زنی تأثیر می‌گذارد. به‌طور کلی بر اساس پژوهش‌های محققان به نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک بتواند سبب بهبود جذب عناصر غذایی در شرایط تنش‌های محیطی به خصوص خشکی و شوری شود که این خود افزایش رشد صفات ظاهری از جمله ارتفاع گیاه، طول و تعداد میانگره را به همراه دارد (ارسلان و همکاران، ۲۰۰۷).

۲-۱۰ - اثرات سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر عملکرد گیاهان زراعی

عملکرد گیاهان زراعی تحت تأثیر عوامل محیطی و ژنتیکی قرار دارد که در این رابطه عملکرد مطلوب باوجود مقادیر مناسبی از نهاده‌ها و عملیات زراعی حاصل می‌شود. محققین به مطالعه روی اثرات کودهای زیستی و معدنی و مواد هیومیک بر رشد و عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی پرداختند و گزارش کردند که کودهای شیمیایی با استفاده از مواد هیومیک رشد و عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی را افزایش می‌دهد (مرادیتوچایی، ۲۰۱۲).

کرکوت و همکاران (۲۰۰۸) اثر هیومیک اسید را در ۵ غلظت بر عملکرد و کیفیت میوه‌های فلفل به‌صورت تیمار برگ و خاکی بررسی کردند و دریافتند هیومیک اسید اثر معنی‌داری را بر طول و قطر میوه‌ها نداشت اما کاهش میزان قند میوه‌ها با کاربرد هیومیک اسید به هر دو طریق افزایش یافت. نعمتی (۱۳۹۰) گزارش نمود که عملکرد دانه در ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ با مصرف هیومیک اسید نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار پیدا نمود. ایشان علت آن را افزایش فتوسنتز و جذب مواد غذایی از طریق برگ و نیز زیاده‌شدن فعالیت هورمونی و آنتی‌اکسیدانی ذرت بیان کردند.

شریف (۲۰۰۳) در مطالعه اثر هیومیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم و ذرت مشخص کردند که اضافه کردن ۵/۰ تا ۱ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید به ترتیب عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک گندم و ذرت را به طور معنی‌داری افزایش داد. ترکمن و همکاران (۲۰۰۴) افزایش عملکرد فلفل را با مصرف هیومیک اسید گزارش کردند.

در یک آزمایش مزرعه‌ای برون و همکاران (۱۹۹۳) گزارش کردند که هیومیک اسید متوسط عملکرد گوجه‌فرنگی و پنبه را به ترتیب به میزان ۱۰ و ۱۱ درصد نسبت به شاهد (عدم استفاده از اسید هیومیک) افزایش داد.

واگان و لینه‌هان (۲۰۰۴) در تحقیقات خود دریافتند که تیمار غده‌های سیب‌زمینی با محلول ۱۰ درصد هیومیک اسید سبب افزایش عملکرد به میزان ۳۰ تا ۴۰ درصد نسبت به شاهد شد و هر دو تیمار سیب‌زمینی با هیومیک اسید سبب افزایش معنی‌داری در تعداد و کیفیت غده‌های سیب‌زمینی شد.

همچنین در پژوهشی دیگر مشاهده شد که هیومیک اسید اثرات مستقیم و مثبتی را بر رشد و عملکرد گندم داشت (واگان و لینه هان، ۲۰۰۴).

جونز و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیقی در بررسی اثر هیومیک اسید بر عملکرد گندم بهاره بیان کردند که هیومیک اسید دسترسی به فسفر و سایر عناصر غذایی را افزایش داد و همچنین سبب افزایش معنی داری در عملکرد دانه شد. البته نتایج نشان داد که افزایش غلظت هیومیک اسید مصرفی سبب کاهش دسترسی به فسفر و مقادیر خیلی بالا اثر معنی داری بر عملکرد نداشتند و هیومیک اسید بهترین اثر را در مقادیر پایین نشان داد.

در آزمایش سماوات و همکاران (۱۳۷۸) مشاهده شد که خيساندن بذر سیب زمینی به مدت ۲۴ ساعت در محلول ۰/۰۲ درصد اسیدهای هیومیک میزان عملکرد را ۲۳ درصد افزایش داده، کیفیت غده افزایش یافت و میزان نیترات در غده کاهش نشان داد. در آزمایشی دیگر کاربرد هیومیک اسید در گیاهان گندم، برنج و تربچه به ترتیب باعث ۲۰، ۲۰، ۱۴ و ۴۴ درصد افزایش عملکرد دانه شد (های و همکاران، ۱۹۹۸).

طی آزمایشی هم سالیسیلیک اسید و هم استیل سالیسیلیک اسید، به طور مؤثری گیاهان گوجه فرنگی و لوبیا را در برابر تنش خشکی محافظت کردند که در نهایت باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان در این شرایط شد (سنارانتا و همکاران، ۲۰۱۰).

بر اساس گزارش صالحی و همکاران (۱۳۹۸) از بین چهار سطح ۰، ۱، ۱/۵ و ۲ کیلوگرم هیومیک اسید در هکتار، بالاترین عملکرد تک میوه، تعداد میوه و وزن خشک میوه در سه رقم گوجه فرنگی در سطح ۱/۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. آیوسو (۱۹۹۶) بیان کرد که مصرف هیومیک اسید سبب افزایش عملکرد دانه جو می شود. در شرایط خشکی محلول پاشی گندم با هیومیک اسید و تغذیه خاکی با منبع ازت باعث پر شدن دانه ها می شود (یانگ و همکاران، ۲۰۰۰).

در آزمایشی اثر ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم هیومیک اسید در هکتار بر سیب زمینی بررسی شد که این مقدار هیومیک اسید از طریق آبیاری قطره ای و سطحی و زیر سطحی به خاک اضافه گردید نتایج نشان

داد که مصرف ۱۲۰ کیلوگرم هیومیک اسید در هکتار به روش زیرسطحی نه تنها از آبشویی مواد غذایی جلوگیری کرد بلکه باعث افزایش کیفیت و عملکرد سیب زمینی نسبت به کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار شد. همچنین بعد از برداشت محصول نیز مقدار ترکیبات آلی خاک افزایش یافت (سلیم و همکاران، ۲۰۰۹).

هاکان و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهش اثر هیومیک اسید را بر رشد ذرت در خاک های آهکی مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش آن ها نشان داد که غلظت های مختلف محلول پاشی هیومیک اسید تأثیر متفاوت و معنی داری در وزن خشک ذرت دارد. بر طبق نتایج آزمایش کربلایی اسماعیل و یوسفی راد (۱۳۸۸) در ذرت علوفه ای مصرف هیومیک اسید سبب افزایش علوفه گیاه شد. نتایج آزمایش قاسمی و همکاران (۱۳۹۸) بر خصوصیات مورفولوژیک مینی تیوبر سیب زمینی رقم ساوالان نشان داد که کاربرد هیومیک اسید موجب افزایش ۱۳ درصدی تعداد برگ و افزایش ۱۰ درصدی وزن خشک غده شد. بر اساس نتایج به دست آمده می توان بیان کرد که با کاربرد هیومیک اسید همراه با کودهای نیتروژن و پتاسیم می توان تولید محصولات زراعی را افزایش داد. گاراژیان و همکاران (۱۳۸۹) بیان کردند مصرف ۹۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید به صورت برگ پاشی بیشترین میزان وزن تر و خشک شاخساره و همچنین ریشه را در توت فرنگی ایجاد کرد.

در مطالعه ای کاربرد هیومیک اسید به میزان ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک موجب افزایش طول هیپوکوتیل، قطر ساقه، طول ساقه، وزن خشک، میزان عناصر غذایی گیاه فلفل شد (ترکمن و همکاران، ۲۰۰۴).

طاهر و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقات خود به بررسی اثر مقادیر مختلف هیومیک اسید بر گندم پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که در سطوح مختلف هیومیک اسید اختلاف معنی داری بین وزن ساقه و ارتفاع بوته و میزان جذب نیتروژن در گندم مشاهده شد.

بغروز و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی در گیاه *Ocimum basilicum* L نشان دادند که مصرف هیومیک اسید به بالاترین ارتفاع بوته منجر شد. استفاده از هیومیک اسید موجب افزایش ارتفاع گیاه

پسته و تعداد برگ نسبت به شاهد شد (اسمایل و همکاران، ۲۰۱۱).

در رابطه با تنش خشکی، مطالعات نشان می‌دهد گیاهانی که با سالیسیلیک اسید تیمار شده‌اند به‌طور کلی مقاومت بهتری نسبت به خشکی از خود نشان می‌دهند و عملکرد دانه و رشد این گیاهان بیشتر از گیاهان تیمار نشده (شاهد) می‌باشد (کادیگلو و همکاران، ۲۰۱۱). محققان بیان کرده‌اند القای بردباری به انواع تنش‌ها در گیاهان، از راه تیمار با سالیسیلیک اسید و مشتقات آن در زراعت، باغبانی و جنگلداری امکان‌پذیر است (سنارانتا و همکاران، ۲۰۱۰). در لوبیا و گوجه‌فرنگی افزایش تحمل به تنش خشکی و افزایش عملکرد توسط تیمار با سالیسیلیک اسید مشاهده شده است (سنارانتا و همکاران، ۲۰۱۶). ژو و همکاران (۱۹۹۹) افزایش ۹ درصدی وزن دانه را در اثر کاربرد سالیسیلیک اسید ناشی از انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه‌ها گزارش کردند.

هیومیک اسید به‌عنوان یک اسید آلی حاصل از هوموس از طریق اثرات هورمونی و بهبود جذب عناصر غذایی سبب افزایش بیوماس ریشه و اندام هوایی می‌شود (سبزواری، ۲۰۰۹). قربانی و همکاران (۲۰۱۰) به‌منظور بررسی کاربرد هیومیک اسید در آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) آزمایشی شامل سطوح مختلف هیومیک اسید (صفر، ۵۰۰، ۱۵۰۰، ۲۵۰۰، ۳۵۰۰ و ۴۵۰۰ گرم در هکتار) را به اجرا در آوردند، بر اساس نتایج ایشان هیومیک اسید اثر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در ردیف و طول بلال دارد، تیمارهای ۳۵۰۰ و ۴۵۰۰ گرم در هکتار اسید هیومیک، به دلیل بالاتر بودن شاخص و دوام سطح برگ عملکرد دانه بالاتری را به خود اختصاص دادند، این محققان نتیجه‌گیری کردند که هیومیک اسید از طریق افزایش دوام بافت‌های فتوسنتزی موجب بهبود عملکرد دانه شد (قربانی و همکاران، ۲۰۱۰). در تحقیق یلدرم (۲۰۰۷) محلول‌پاشی هیومیک اسید به مقدار صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی‌لیتر بر روی گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) باعث افزایش مقدار اسید آسکوربیک در میوه‌های گوجه‌فرنگی شد، بیشترین میزان افزایش عملکرد میوه، تعداد میوه و اسید آسکوربیک مربوط به مصرف ۲۰ میلی‌لیتر هیومیک اسید بود.

در پژوهشی دیگر استفاده از هیومیک اسید سبب افزایش تعداد گل در گل گلابول شده (پین و همکاران، ۲۰۱۱). دادلی و همکاران (۲۰۰۴) مشخص نمودند که کاربرد مواد هیومیکی تأثیر مثبتی بر تولید گل در اطلسی و جعفری داشته است. در پژوهشی که توسط فرجامی و نبوی (۲۰۱۴) بر روی گل همیشه‌بهار انجام شد مشخص گردید که استفاده از هیومیک اسید به همراه فسفر در این گیاه، سبب افزایش عملکرد گل خشک، تعداد گل، درصد اسانس، عملکرد بذر و روغن بذر شد. اسیدهیومیک در غلظت‌های پایین ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سبب افزایش وزن تر نسبی در گل بریده آلسترومیا می‌شود (چمنی و همکاران، ۲۰۱۲). محققین بیان کرده‌اند که کاربرد اسیدهیومیک سبب افزایش طول وزن ریشه در گیاه هویج شد (تیلر و کوپر، ۲۰۰۴). کاربرد هیومیک اسید به مقدار ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته در نشاء گوجه‌فرنگی نسبت به شاهد شد (حسینی و کاووسی، ۲۰۱۴).

حق‌پرست و همکاران (۲۰۱۰) بیان کرده‌اند که کاربرد ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک و اسیدفولویک باعث افزایش طول ساقه و ریشه گیاهچه فلفل شد، همچنین در گیاه گندم کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدهیومیک باعث اثر معنی‌دار بر وزن خشک و تر اندام هوایی، ارتفاع ساقه و سطح برگ در گیاه گندم شد (سبزواری و همکاران، ۲۰۰۹). در پژوهشی دیگر مشخص شد که مصرف هیومیک اسید سبب افزایش وزن تر و خشک برگ و ساقه در گیاه فلفل شد (گالسر و همکاران، ۲۰۱۰). محققان بیان کردند در شرایط خشکی محلول‌پاشی گندم با هیومیک اسید و تغذیه با نیتروژن باعث پر شدن دانه‌ها می‌شود (یانگ و شو، ۲۰۰۰).

دانشمند و همکاران (۲۰۱۴) گزارش نمودند که سالیسیلیک اسید در غلظت ۰/۱ میلی‌مولار موجب افزایش وزن تر و خشک علوفه به ترتیب به میزان ۲۵ و ۳۰ درصد گردیده و این نشان‌دهنده توانایی سالیسیلیک اسید جهت بهبود رشد است.

خان و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که مصرف هیومیک اسید سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته نخود نسبت به شاهد شد. در آزمایشی دیگر کاربرد هیومیک اسید به همراه کود اوره عملکرد

سیبزمینی شیرین را ۲۹/۶ درصد نسبت به کاربرد کود اوره تنها افزایش داد (چن و همکاران، ۲۰۱۷). اثر سطوح مختلف سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید در بررسی مشایخی و همکاران (۱۳۹۸) بر تمام صفات مورد بررسی معنی‌دار بود، اما اثر متقابل آن‌ها فقط بر قطر کاپیکوتیل، وزن خشک برگ و عملکرد بیولوژیک بابونه موثر بود. در تحقیقی دیگر چمنی و همکاران (۲۰۱۶) اثر سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید را در افزایش رشد گیاه دارویی پروانش (*Catharanthus roseus* L.) مثبت و معنی‌دار گزارش کردند.

فصل سوم

مواد و روش ها

۳-۱ - زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۸ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، واقع در شهر بسطام (کیلومتر ۸ جاده شاهرود - آزادشهر) اجرا شد. شهرستان شاهرود در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۶۶ متر است. منطقه بسطام دارای اقلیم سرد و خشک است. میانگین بارندگی سالانه در این منطقه بین ۱۵۰ تا ۱۶۰ میلی‌متر است و بارندگی عمدتاً در فصل پاییز و زمستان رخ می‌دهد. حداقل و حداکثر دمای منطقه به ترتیب ۹/۶- و ۴۰ درجه سانتی‌گراد است.

۳-۲ خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

به منظور تعیین بافت خاک و وضعیت عناصر غذایی از جمله NPK از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر خاک مزرعه چندین نمونه یک کیلوگرمی گرفته شد و نهایتاً پس از اختلاط نمونه‌ها یک نمونه یک کیلوگرمی که در برگیرنده کل نمونه‌ها بود به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در جدول ۳-۱ نشان داده شده است.

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

واحد	مقدار	
درصد	۳۲/۲	درصد اشباع
دسی‌زیمنس بر متر	۳/۰۴	قابلیت هدایت الکتریکی
-	۷/۰۵	اسیدیته گل اشباع
درصد	۲۶/۵	درصد مواد خنثی شونده
درصد	۰/۵۵	کربن آلی
درصد	۰/۲۰۵	نیتروژن کل
پی پی ام	۴۲/۵	فسفر قابل جذب
پی پی ام	۱۲۱/۰	پتاسیم قابل جذب
درصد	۳۴	رس
درصد	۵۰/۰	لای

درصد	۱۶/۰	شن
-	۲/۸	نسبت جذب سدیم
میلی اکی والان در لیتر	۶۴/۰	مجموع کاتیون‌ها
میلی اکی والان در لیتر	۲۰/۰	Na^{+}
میلی اکی والان در لیتر	۲۲/۰	Mg^{2+}
میلی اکی والان در لیتر	۴۲/۰	Ca^{2+}
میلی اکی والان در لیتر	۶۳/۲	مجموع آنیون‌ها
میلی اکی والان در لیتر	۴۸/۰	SO_4^{2-}
میلی اکی والان در لیتر	۲۰/۰	Cl^{-}
میلی اکی والان در لیتر	۷/۲	HCO_3^{-}
میلی اکی والان در لیتر	۰	CO_3^{2-}

۳-۳ - مشخصات طرح آزمایشی

این آزمایش به صورت اسپلایت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی رقم ارزن که شامل سه رقم پیشاهنگ، باستان و اکراینی و عوامل فرعی شامل محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در دو غلظت صفر (شاهد) و ۴۰۰ میلی گرم در لیتر و هیومیک اسید نیز در دو غلظت صفر (شاهد) و ۶۰۰ میلی گرم در لیتر بود. محلول‌پاشی (با استفاده از سمپاش موتوری پستی شارژی با نازل تی جت خطی پاش) در دو مرحله آغاز گلدهی در صبح و قبل از گرم شدن هوا و هفته بعد از آغاز گلدهی در بعدازظهر و شروع شدن هوای خنک شب انجام گردید. در مجموع در هر تکرار ۱۲ ترکیب تیماری وجود داشت و تعداد کل کرت‌های آزمایشی ۳۶ کرت بود.

در شکل ۱-۳ نقشه طرح این آزمایش نشان داده شده است.

تکرار ۱	V ₂ S ₁ h ₁	V ₂ S ₂ h ₁	V ₂ S ₁ h ₂	V ₂ S ₂ h ₂	V ₃ S ₁ h ₂	V ₃ S ₂ h ₁	V ₃ S ₁ h ₁	V ₃ S ₂ h ₂	V ₁ S ₁ h ₂	V ₁ S ₁ h ₁	V ₁ S ₂ h ₂	V ₁ S ₂ h ₁
تکرار ۲	V ₃ S ₁ h ₂	V ₃ S ₂ h ₂	V ₃ S ₁ h ₁	V ₃ S ₂ h ₁	V ₁ S ₂ h ₂	V ₁ S ₁ h ₁	V ₁ S ₁ h ₂	V ₁ S ₂ h ₁	V ₂ S ₂ h ₂	V ₂ S ₂ h ₁	V ₂ S ₁ h ₂	V ₂ S ₁ h ₁
تکرار ۳	V ₁ S ₂ h ₁	V ₁ S ₁ h ₁	V ₁ S ₂ h ₂	V ₁ S ₁ h ₂	V ₂ S ₂ h ₁	V ₂ S ₁ h ₂	V ₂ S ₂ h ₂	V ₂ S ₁ h ₁	V ₃ S ₂ h ₁	V ₃ S ₂ h ₂	V ₃ S ₁ h ₁	V ₃ S ₁ h ₂

شکل ۳-۱- نقشه اجرای طرح آزمایش در سه بلوک V₁: رقم باستان، V₂: رقم پیشاهنگ، V₃: رقم اکراینی، S₁: سالیسیلیک اسید با غلظت صفر، S₂: سالیسیلیک اسید با غلظت ۴۰۰ میلی گرم در لیتر، h₁: هیومیک اسید با غلظت صفر و h₂: هیومیک اسید با غلظت ۶۰۰ میلی گرم در لیتر.

۴-۳ - عملیات اجرایی

۳-۴-۱ - کاشت و کوددهی

عملیات کاشت در تاریخ ۱۸ تیرماه ماه ۱۳۹۸ با دست انجام شد. عمق کاشت بذر ۷-۵ سانتی متر بود. در هر کرت آزمایشی شش خط کاشت به طول شش متر قرار داشت. فاصله بین خطوط ۵۰ سانتی متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی متر بود. دو خط کناری به عنوان حاشیه و چهار خط وسط جهت تعیین پارامترهای آزمایش در نظر گرفته شد.

۳-۴-۲ - داشت

مزرعه پس از عملیات کاشت آبیاری شد و این عمل مجدداً با فاصله زمانی ۵ روز تکرار گردید. آبیاری‌های بعدی هر ۷ روز انجام شد. مقادیر آب مصرفی گیاه برای تمام تیمارها یکسان بود. طی دوران داشت، وجین علف‌های هرز در کل دوره رشد به صورت دستی انجام شد. مهم‌ترین گونه‌های علف هرز به ترتیب فراوانی آن‌ها در سطح زمین شامل شلمی، سوروف، خارشتر، سلمه‌تره، پیچک صحرایی و اویارسلام بودند.

۳-۴-۳ - برداشت

در این زمان ساقه‌ها و غلاف‌ها کاملاً خشک شده و رطوبت دانه‌ها به حدی کاهش یافته که در تماس با دست خشک و شکننده به نظر می‌رسد. (۱۰۴ روز پس از کاشت)

۳-۵ - صفات زراعی و مورفولوژیک

۳-۵-۱ - ارتفاع بوته

به هنگام برداشت، تعداد سه بوته از هر کرت پس از در نظر گرفتن حاشیه انتخاب شد. ارتفاع بوته به وسیله متر و بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. سپس از ارتفاع این بوته‌ها میانگین گرفته شد و به عنوان ارتفاع بوته‌های آن ترکیب تیماری در نظر گرفته شد.

۳-۵-۲ - عملکرد و اجزای عملکرد

برای اندازه‌گیری اجزای عملکرد، ۱۰ بوته از هر تکرار در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک برداشت شد و به آزمایشگاه انتقال داده شد. در آزمایشگاه پس از وزن کردن کل بوته، تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد (لازم به ذکر است هنگام برداشتن ۱۰ بوته در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بوته‌های ارزن دارای برگ بود و اگر برگی روی زمین ریخته بود همراه با ده بوته جمع شدند و به آزمایشگاه انتقال داده شدند). برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، فقط خوشه‌های بوته‌های دو مترمربع از هر تکرار برداشت شد (عملکرد دانه بر اساس ۱۴ درصد رطوبت دانه).

۳-۵-۳ - شاخص برداشت

دو اصطلاحی که برای تعیین ماده خشک در گیاه به کار می‌روند عملکرد بیولوژیکی و عملکرد اقتصادی می‌باشند. آن نسبت از عملکرد بیولوژیکی که عملکرد اقتصادی را تشکیل می‌دهد به نام شاخص برداشت نامیده می‌شود. بدین منظور در پایان مرحله رسیدگی در هر کرت تعدادی بوته که برای تعیین عملکرد در نظر گرفته شده بود ابتدا ماده خشک کل (عملکرد بیولوژیکی) در متر مربع

محاسبه و سپس عملکرد اقتصادی محاسبه گردید. آنگاه شاخص برداشت با استفاده از فرمول زیر تعیین گردید.

$$(1-3) \quad \text{عملکرد اقتصادی} = \frac{\text{عملکرد بیولوژیکی}}{\text{شاخص برداشت (HI)}} \times 100$$

۳-۶ - صفات فیزیولوژیک

۳-۶-۱ - محتوای نسبی آب برگ (RWC)

به منظور تعیین مقدار محتوای نسبی آب برگ، از هر کرت سه بوته به طور تصادفی انتخاب شد و از هر بوته یک برگ جوان و کاملاً رشد یافته قطع گردید. برگ‌ها بلافاصله درون پوشش‌های پلاستیکی داخل یخدان قرار داده و به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از توزین با ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم (وزن تر)، به مدت ۲۴ ساعت درون آب مقطر و در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند (روش کرامر، ۱۹۸۳). سپس برگ‌ها از آب مقطر خارج و آب روی آن‌ها با دستمال گرفته و خشک گردیدند و دوباره توزین شدند (وزن اشباع)، در نهایت نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری گردید (وزن خشک). محتوای نسبی آب برگ با استفاده از معادله ۳-۲ محاسبه شد.

$$(2-3) \quad 100 \times \left\{ \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن اشباع}}{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}} \right\} = \text{محتوای نسبی آب برگ}$$

۳-۶-۲ - اندازه‌گیری درصد پروتئین

جهت تعیین درصد نیتروژن دانه از دستگاه کجلدال (مدل Behr- D- 40599 Duss eld orf) و روش شومان و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد. بدین منظور ابتدا مقدار نیتروژن هر نمونه توسط دستگاه تعیین و سپس توسط ضریب مربوطه به درصد پروتئین تبدیل گردید (شومان و همکاران، ۱۹۷۳).

۳-۶-۳ - اندازه‌گیری کلروفیل

جهت اندازه‌گیری مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئیدها از روش آرنون (۱۹۴۹) استفاده گردید. برای این منظور ۰/۲۵ گرم وزن تر برگ از برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته فوقانی برداشت گردیده با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی ساییده و هموژنیزه گردید. سپس در داخل لوله سانتریفیوژ ریخته و به مدت ۱۰ دقیقه با شدت ۶۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. فاز بالایی (شفاف) بعد از سانتریفیوژ برداشته و در داخل بالون ژوژه ۲۵ میلی‌لیتر ریخته شد و با استون ۸۰ درصد به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسید، سپس با اسپکتوفتومتر مدل UNICO UV/2150 در طول موج‌های ۴۸۰، ۵۱۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت شد. میزان کلروفیل a و b و کارتنوئید با استفاده از معادلات زیر محاسبه گردید. قبل از قرائت عدد اسپکتروفتومتر در این طول موج‌ها ابتدا با شاهد (استون ۸۰ درصد) صفر شد.

$$Cl_a (\mu g/ml) = (12/25 A_{663}) - (2/25 A_{645}) \quad (۴-۰)$$

$$Cl_b (\mu g/ml) = (20/31 A_{645}) - (4/91 A_{663}) \quad (۵-۳)$$

$$Carotenoids (\mu g/ml) = (1000 A_{470} - 1/90 cl_a - 63/14 cl_b) / 214 \quad (۶-۳)$$

پس از جایگزین کردن داده‌ها در روابط بالا، اعداد بدست آمده در $v/w \times 1000$ ضرب گردید تا اعداد بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر به دست آیند. V حجم محلول کلروفیلی بر حسب میلی‌لیتر و W وزن تر برگ بر حسب گرم می‌باشد.

۷-۳ - اندازه‌گیری پرولین

برای اندازه‌گیری پرولین ابتدا ۱۳ میلی‌لیتر اسید فسفریک ۸۵٪ به آب مقطر افزوده و سپس به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانیده شد، سپس سه گرم پودر سولفوسالسیلیک اسید را در آب مقطر حل

نموده و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر می‌رسانیم. در ادامه ۱/۲۵ گرم پودر اسید نین‌هیدرین را در ۳۰ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال حل نموده و سپس ۲۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک شش مولار آماده‌شده به آن اضافه گردید.

برای آماده‌سازی پرولین استاندارد ۰/۱ گرم پرولین را در آب مقطر حل نموده و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر می‌رسانیم.

۰/۵ گرم ماده تر گیاهی را با هاون خردشده و درون یک تیوب ریخته شد، سپس ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالسیلیک اسید ۳٪ آماده‌شده را به آن اضافه نموده و نمونه را درون یخ قرار داده شد. تیوب را در ۱۵۰۰۰ دور به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ نموده تا مواد اضافی از محلول جدا گردید. مقدار دو میلی‌لیتر از عصاره صاف‌شده را درون تیوب جدید ریخته و دو میلی‌لیتر اسید نین‌هیدرین و دو میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال به آن افزوده و سپس خوب مخلوط شد. هم‌زمان مقدار دو میلی‌لیتر از محلول استاندارد پرولین را درون تیوب‌های جدید ریخته و دو میلی‌لیتر اسید نین‌هیدرین و دو میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال به آن‌ها افزوده و سپس خوب مخلوط شد.

نمونه‌ها را در حمام آب گرم به مدت یک ساعت حرارت داده و سپس درون حمام یخ قرار داده شد. مقدار چهار میلی‌لیتر تولوئن به محلول اضافه نموده و آن را به مدت ۲۰ ثانیه با دستگاه ورتکس به هم زده شد. پرولین محلول در فاز تولوئن را به‌اندازه لازم در کووت دستگاه اسپکتروفتومتر ریخته و مقدار پرولین را در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت کرده و منحنی استاندارد رسم شد. سپس میزان جذب در نمونه‌های گیاهی را قرائت نمود (بیتس و همکاران، ۱۹۷۳).

۳-۸ - تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای محاسبات آماری از نرم‌افزار MSTAT C استفاده شد، برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel

و همچنین مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

فصل چہارم

نتیجہ و بحث

۴-۱ صفات بیوشیمیایی

۴-۱-۱ رنگیزه‌های فتوسنتزی

۴-۱-۱-۱ کلروفیل a

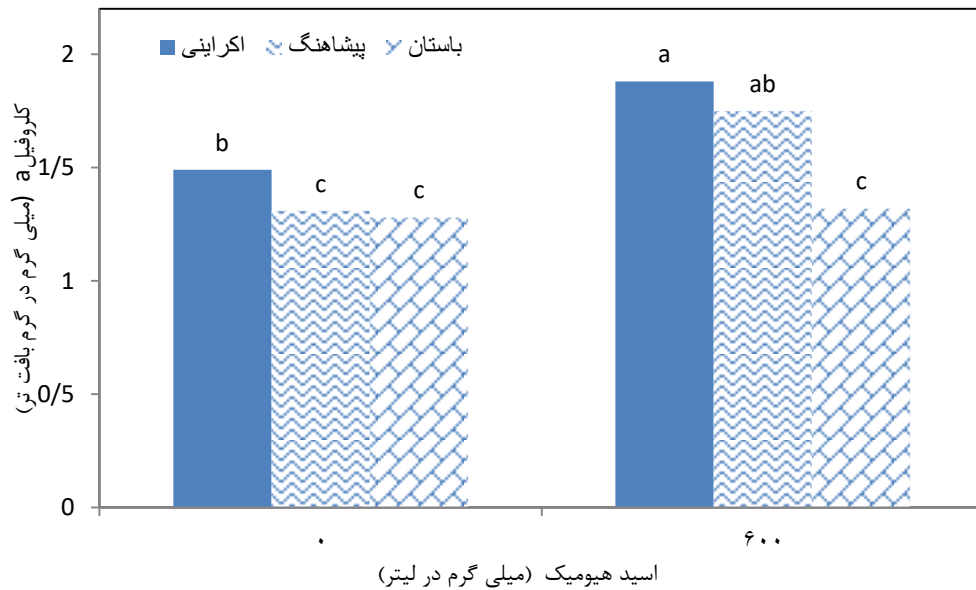
نتایج تجزیه واریانس اثر رقم، سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید و اثرات متقابل آن‌ها در جدول ۴-۱ آورده شده است، بر اساس نتایج جدول ۴-۱ اثر اصلی رقم، سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید و اثر متقابل رقم $\times$ هیومیک اسید بر کلروفیل a معنی‌دار بود و سایر اثرات متقابل اثر معنی‌داری بر محتوای کلروفیل a برگ ارزن نداشتند.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و هیومیک اسید، بیشترین مقدار کلروفیل a در رقم‌های اکرائینی و پیشاهنگ و در هنگام مصرف ۶۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید به دست آمد که به ترتیب در ارقام اکرائینی و پیشاهنگ محتوای کلروفیل a برگ برابر ۱/۸۸ و ۱/۷۵ میلی گرم در بافت تر بود (شکل ۴-۱).

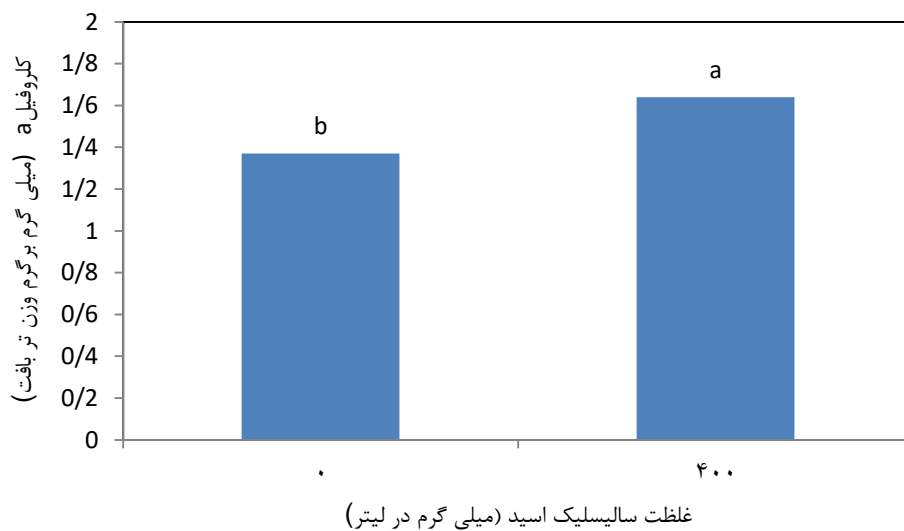
نتایج مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید بر محتوای کلروفیل a برگ ارزن نشان داد کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش معنی‌داری در محتوای کلروفیل a ارزن شد به طوری که در هنگام عدم کاربرد سالیسیلیک اسید محتوای کلروفیل a برابر ۱/۳۷ میلی گرم در بافت تر بود و در تیمار استفاده از ۴۰۰ میلی گرم در لیتر سالیسیلیک اسید محتوای کلروفیل a برابر ۱/۶۴ میلی گرم در بافت تر بود (شکل ۴-۲).

راسان و اشنیتزر (۱۹۸۱) در طی تحقیقات خود پی بردند که هیومیک اسید سبب افزایش جذب آهن، روی، مس و منگنز توسط خیار رشد یافته در محلول هوگلند شد که افزایش جذب آهن و منگنز را می‌توان دلیل مناسبی برای افزایش غلظت کلروفیل برگ دانست. جینگ مین و همکاران (۲۰۱۰) اثر هیومیک اسید بر صنوبر را مطالعه نمودند و نتایج نشان داد که با افزایش آب و هیومیک اسید میزان

کلروفیل در گیاه صنوبر افزایش یافته است. از طرفی رابطه نیتروژن با کلروفیل نیز در گیاه اسفناج در آزمایش شیخی و رونقی (۱۳۹۲) به خوبی نشان داده شده، با کاربرد نیتروژن، قرائت کلروفیل در هفته هفتم در تمام سطوح به طور معنی داری بیشتر از هفته چهارم (عدم مصرف نیتروژن در هفته چهارم) بود.



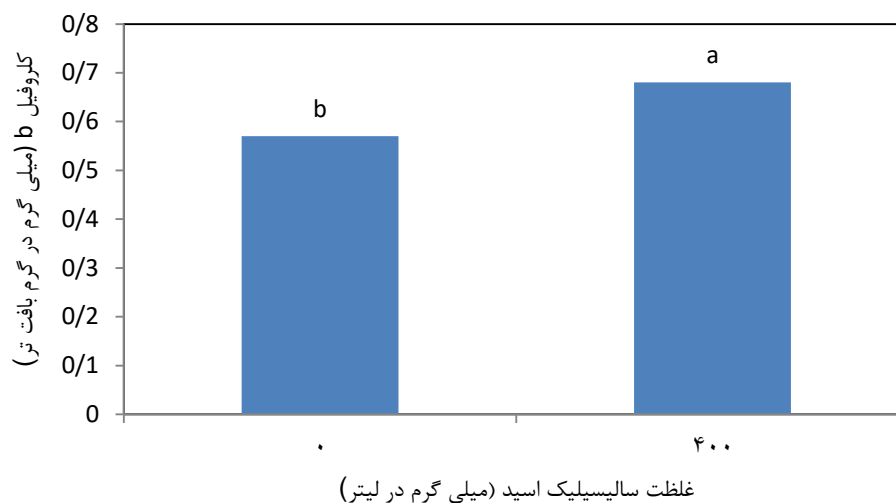
شکل ۴-۱- مقایسه میانگین های کلروفیل a تحت برهمکنش رقم و محلول پاشی هیومیک اسید در برگ ارزن



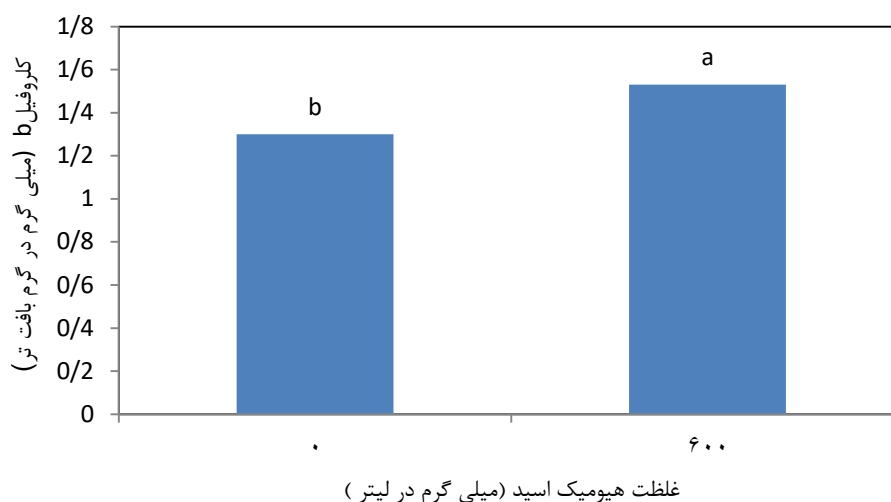
شکل ۴-۲- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تیمار سالیسیلیک اسید در برگ ارزن.

۴-۱-۱-۲ - کلروفیل b

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر رقم، سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید بر محتوی کلروفیل b معنی‌دار بود. اما اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه اثر معنی‌داری بر محتوی کلروفیل b برگ ارزن نداشتند (جدول ۴-۱). نتایج مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر محتوی کلروفیل b نشان داد با کاربرد هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید میزان محتوی کلروفیل b برگ ارزن نیز به‌طور معنی‌داری نسبت به عدم کاربرد هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید افزایش پیدا می‌کند، بدین‌صورت که در هنگام عدم کاربرد سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید به ترتیب محتوی کلروفیل b برابر ۰/۵۷ و ۰/۴۹ میلی‌گرم در بافت تر بود و در هنگام استفاده از ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید محتوی کلروفیل b به ترتیب برابر ۰/۶۸ و ۰/۶۱ میلی‌گرم در بافت تر بود (شکل ۴-۳، شکل ۴-۴).



شکل ۴-۳- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تیمار سالیسیلیک اسید در برگ ارزن



شکل ۴-۴- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تیمار هیومیک اسید در برگ ارزن

۴-۱-۱-۳ - کاروتنوئید

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر ساده رقم، سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید بر محتوای کاروتنوئید برگ ارزن معنی دار شد، همچنین اثر متقابل رقم در اسید هیومیک نیز معنی دار شد، اما اثر متقابل سالیسیلیک اسید در اسید هیومیک و اثر متقابل سالیسیلیک اسید در رقم و اثر متقابل سه جانبه رقم در سالیسیلیک اسید و اسید هیومیک معنی دار نشدند (جدول ۴-۱).

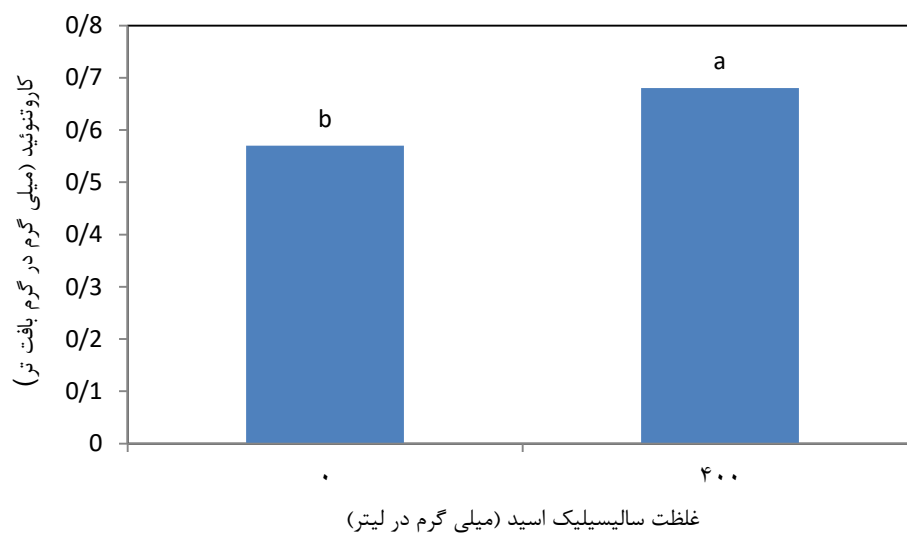
بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید بر کاروتنوئید بیشترین مقدار برای کاروتنوئید در هنگام کاربرد ۴۰۰ میلی گرم در لیتر سالیسیلیک اسید به دست آمد که برابر ۰/۴۰ میلی گرم در بافت تر بود و در هنگام عدم مصرف سالیسیلیک اسید میزان کاروتنوئید برابر ۰/۴۸ میلی گرم در بافت تر بود (شکل ۴-۵).

طبق شکل ۴-۶ مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و هیومیک اسید بر مقدار کاروتنوئید برگ ارزن نشان داده شده است، بر اساس نتایج این شکل با افزایش کاربرد هیومیک اسید در ارقام پیشاهنگ و اکراینی مقدار کاروتنوئید برگ نیز افزایش پیدا کرد، اما در مورد رقم باستان نتایج به این صورت نبود و در یک گروه آماری قرار گرفت. به طوری که در ارقام اکراینی و پیشاهنگ مقدار کاروتنوئید در ۶۰۰ میلی گرم به طور معنی داری بیشتر از عدم کاربرد آن بود.

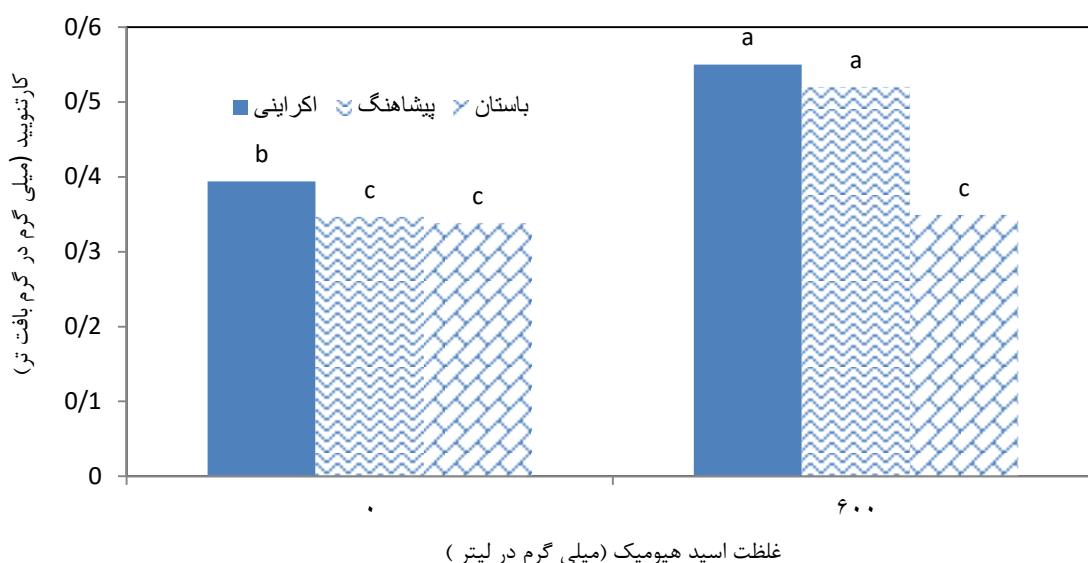
کاروتنوئیدها گروه بزرگی از مولکول‌های ایزوپروپونوئید هستند که توسط تمامی اندام‌های فتوسنتزی و بسیاری از اندام‌های غیرفتوسنتزی ساخته می‌شوند (آندرو و همکاران، ۲۰۰۸). کاروتنوئیدها یک رنگیزه کلیدی و مهم در سیستم آنتی اکسیدانی گیاهان به شمار می‌روند، اما به تخریب اکسیداتیو بسیار حساس می‌باشند. بتاکاروتن نیز در تمامی گیاهان سبز وجود دارد و به فتوسیستم I و II متصل می‌باشد. بنابراین، حفاظت در مقابل صدمات رادیکال‌های اکسیژن فعال در این محل برای کلروپلاست‌ها حیاتی است. در این محل، بتاکاروتن علاوه بر این که به‌عنوان رنگدانه کمکی عمل می‌کند، به‌عنوان آنتی‌اکسیدانت موثر در حفاظت از فرآیندهای فتوشیمیایی و پایداری آن‌ها نقش دارد (هاواوکس، ۱۹۹۸).

به‌طور کلی بر اساس نتایج این آزمایش باید بیان کرد کاربرد سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید باعث اثر مثبت بر رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید) می‌شوند، به‌طوری‌که با کاربرد هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید رنگیزه‌های فتوسنتزی به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد، همچنین در ارقام مورد استفاده رقم اکرائینی نسبت به دو رقم دیگر (باستان و پیشاهنگ) از نظر رنگیزه‌های فتوسنتزی مطلوب‌تر بود (شکل ۴-۱). در این رابطه بیان شده است فعالیت رایبیسکو و سرعت فتوسنتز تحت تنش و زمانی که با سالیسیلیک اسید تیمار شدند افزایش پیدا کرد و این امر منجر به افزایش عملکرد در مقایسه با گیاهانی شد که با سالیسیلیک اسید تیمار نشده بودند (خوداری، ۲۰۰۴). بررسی‌ها مؤید آن است که در شرایط تنش خشکی، سالیسیلیک اسید علاوه بر تأثیر بر رشد گیاه، میزان تعرق، تنظیم روزه‌ای، فتوسنتز و جذب و انتقال یون‌ها را نیز بهبود می‌بخشد (حیات و احمد، ۲۰۱۰). در تحقیقی که توسط لی و ایون (۲۰۰۰) صورت گرفت مشخص گردید که کاربرد هیومیک اسید سبب تحریک رشد در جعفری، بنفشه، شمعدانی و حنا شده و رشد ریشه را بهبود بخشیده است، ایشان بیان کردند تحریک رشد ریشه باعث افزایش جذب عناصر غذایی و در نهایت سبزی‌نگی برگ‌ها را افزایش داد (هم از نظر دوام و هم از نظر مقدار).

افزایش محتوای کلروفیل به دنبال کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید در بسیاری از گیاهان از جمله ذرت، کلزا، گندم و جو گزارش شد (قای و ستیا، ۲۰۱۷) که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد. افزایش در گیرنده‌های فتوسنتزی به خصوص در شرایط تنش به همراه افزایش محتوای قند در گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک اسید، ممکن است توجیهی برای بهبود رشد گیاهان مذکور باشد (الطیب، ۲۰۱۵). اثر مثبت سالیسیلیک اسید بر فتوسنتز و رشد گیاه، تحت شرایط تنش و کاهش آسیب ناشی از شوری و خشکی و تسریع در رشد مجدد پس از رفع تنش نیز در گیاهان گندم تیمار شده مشاهده شد (روسالس سرنا و همکاران، ۲۰۰۲؛ سخاوتیدوا و همکاران، ۲۰۰۳).



شکل ۴-۵- مقایسه میانگین‌های کاروتنوئید تحت محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در برگ ارزن



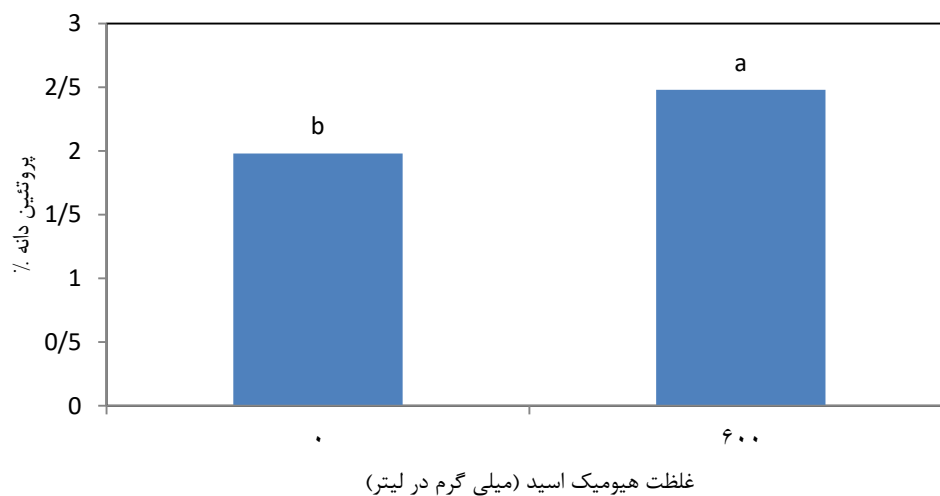
شکل ۴-۶- مقایسه میانگین‌های کاروتنوئید تحت برهمکنش رقم و محلول پاشی هیومیک اسید در برگ ارزن

۲-۴ - پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس صفت پروتئین دانه نشان داد که اثر هیومیک اسید بر پروتئین دانه ارزن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴-۲). نتایج مقایسه میانگین اثر هیومیک اسید بر پروتئین دانه نشان داد کاربرد هیومیک اسید باعث افزایش معنی‌دار در درصد پروتئین دانه ارزن می‌شود، پروتئین دانه ارزن در عدم کاربرد هیومیک اسید و کاربرد ۶۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید به ترتیب برابر ۱/۹۸ و ۲/۴۸ درصد بود (شکل ۴-۷).

محققان بیان کرده‌اند هیومیک اسید با اثر بر خصوصیات رشدی ریشه باعث افزایش جذب عناصر غذایی به خصوص نیتروژن می‌شوند که این امر در نهایت میزان پروتئین بخش هوایی بوته‌ها را افزایش می‌دهد، همچنین بر اساس نظر محققان سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید با افزایش سنتز کلروفیل باعث افزایش در نیتروژن بخش هوایی بوته‌ها می‌شوند (فرناندز و همکاران، ۱۹۹۶) که این امر در آزمایش حاضر نیز مشاهده شد (شکل ۴-۷). تجادا و گونزالز (۲۰۰۳) نشان دادند پاشش هیومیک اسید و اسیدهای آمینه روی گیاهان مارچوبه توانست جذب اغلب عناصر کم‌مصرف به خصوص آهن و پرمصرف به خصوص نیتروژن را در اندام‌های هوایی، برگ‌ها و ریزوم‌ها افزایش دهد و از طرف دیگر باعث

افزایش کلروفیل و کاروتنوئید ساقه‌های خوراکی شود. در شرایط تنش خشکی محلول‌پاشی هیومیک اسید باعث افزایش نگهداری آب برگ و میزان فتوسنتز شده و متابولیسم آنتی‌اکسیدانی را کاهش می‌دهد (فوجیو و همکاران، ۱۹۹۵). گزارش شده درصد پروتئین تابع نیتروژن گیاه است و هیومیک اسید به دلیل افزایش نیتروژن گیاه (شریف، ۲۰۰۲)، سبب افزایش سطح برگ و افزایش سطح فتوسنتز کننده شده و محتوی پروتئین گیاه را افزایش می‌دهد. بر اساس تحقیقات باکری و همکاران (۲۰۱۳) کاربرد برگی سالیسیلیک اسید سبب افزایش عملکرد پروتئین در گندم گردید. شریف و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که با مصرف خاکی اسید هیومیک، محتوای عناصر غذایی ازجمله پروتئین در گیاه ذرت افزایش یافت. این نتایج با یافته‌های دلفین و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد آن‌ها چنین عنوان کردند که مصرف مواد هیومیکی سبب بهبود جذب آب و املاح معدنی توسط گیاه شده و محتوای پروتئین دانه افزایش می‌یابد.



شکل ۴-۷- مقایسه میانگین‌های پروتئین دانه تحت محلول‌پاشی هیومیک اسید

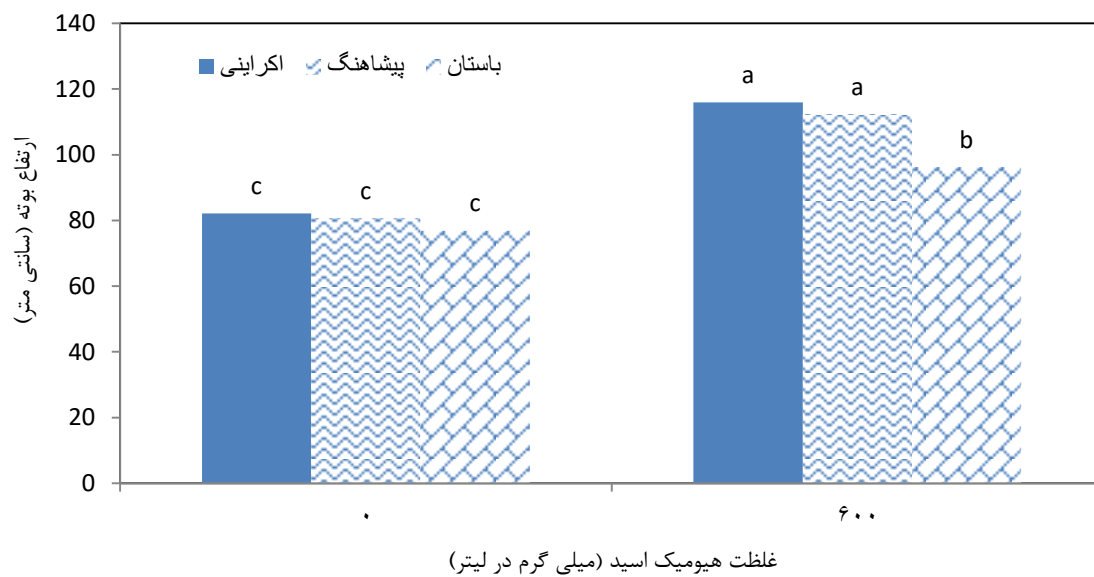
۳-۴- ارتفاع بوته

تجزیه واریانس (جدول ۴-۲) نشان داد ارتفاع بوته ارزن تنها تحت تأثیر کاربرد سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید و اثر متقابل رقم و هیومیک اسید قرار گرفت.

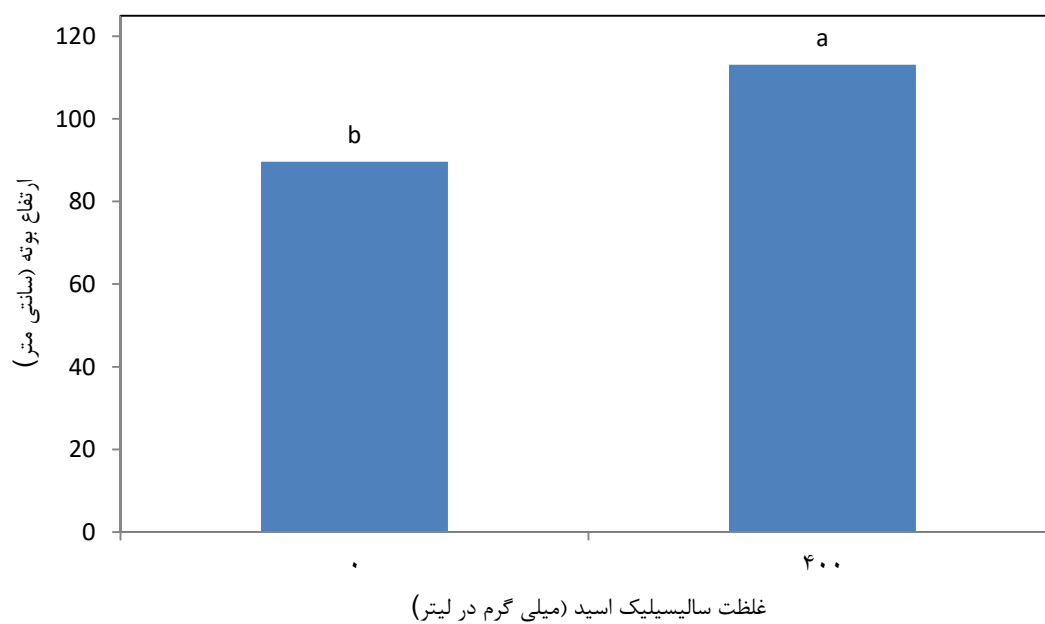
بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و هیومیک اسید در تمام ارقام مورد مطالعه استفاده از هیومیک اسید باعث افزایش ارتفاع بوته ارزن شد، بدین صورت که در هر سه رقم پیشاهنگ، باستان و اکرائینی استفاده از هیومیک اسید به طور معنی داری باعث افزایش در ارتفاع بوته ارزن شد. بیشترین ارتفاع بوته در رقم اکرائینی به دست آمد که برابر ۱۱۵/۹ سانتی متر بود که با رقم پیشاهنگ در سطح ۶۰۰ در یک سطح معنی داری قرار داشت و کمترین ارتفاع بوته در رقم باستان با ۷۶/۹ سانتی متر مشاهده شد (شکل ۴-۸).

در تحقیقی گزارش شده است که کاربرد هیومیک اسید به صورت محلول پاشی و کاربرد در خاک موجب افزایش جذب عناصر غذایی از خاک به خصوص نیتروژن می شود و این امر باعث افزایش معنی دار ارتفاع بوته شد (آدانی و همکاران، ۱۹۹۸) گولسر و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی دیگر اثر مصرف خاکی هیومیک اسید را در گیاه فلفل بررسی نمودند. نتایج تحقیق نشان داد که ارتفاع، وزن تر و خشک ساقه تحت تأثیر هیومیک اسید افزایش می یابد. همچنین، طی آزمایشی دیده شد که ارتفاع بوته و وزن خشک ساقه گیاه ذرت به طور معنی داری در ۱۵۰ میلی گرم هیومیک اسید در کیلوگرم خاک افزایش یافت (شریف، ۲۰۰۲). قاسمی و همکاران (۱۳۹۸) گزارش کردند که محلول پاشی هیومیک اسید سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی و ارتفاع بوته سیب زمینی شده است.

مصرف هیومیک اسید به صورت محلول پاشی و خاکی به علت افزایش غلظت هورمون هایی چون اکسین، جیبرلین و سیتوکنین نقش بارزی در افزایش ارتفاع گیاه دارد (عبدل ماگود و همکاران، ۲۰۰۷) نتیجه فوق با نتایج تحقیقات آتیه و همکاران (۲۰۰۲) بر روی گیاه همیشه بهار و ییلدریم (۲۰۰۷) بر روی گوجه فرنگی مطابقت دارد. آياس و گالسر (۲۰۰۵) گزارش کردند که مصرف خاکی هیومیک اسید از طریق افزایش در محتوای نیتروژن سبب افزایش رشد و ارتفاع می شود. افزایش ارتفاع گیاه در یک جامعه گیاهی با تشکیل برگ های جدید که دارای کارایی بیشتری هستند و سبب افزایش جذب تشعشع بیشتر می شوند، منجر به افزایش قدرت رقابتی گیاه با سایر گیاهان می گردد.



شکل ۴-۸- مقایسه میانگین‌های ارتفاع تحت تأثیر برهمکنش محلول‌پاشی هیومیک اسید و رقم



شکل ۴-۹- مقایسه میانگین‌های ارتفاع تحت محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید

۴-۴ - محتوای نسبی آب برگ و پرولین

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر ساده رقم و سالیسیلیک اسید بر محتوای نسبی آب برگ در ارزن معنی‌دار بود (جدول ۳-۴) همچنین بر اساس نتایج جدول ۳-۴ اثر اصلی سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید و اثر متقابل رقم و هیومیک اسید بر مقدار پرولین معنی‌دار بود و رقم و سایر اثرات متقابل اثر معنی‌داری بر مقدار پرولین نداشتند (جدول ۳-۴).

ارقام مورد آزمایش در این پژوهش از نظر محتوی نسبی آب برگ دارای اختلاف معنی‌دار بودند، در بین ارقام استفاده‌شده بیشترین محتوی نسبی آب برگ مربوط به رقم اکرائینی بود (۸۷/۷ درصد) که نسبت به سایر ارقام به‌طور معنی‌داری دارای محتوی نسبی آب برگ بیشتری بود، پس از رقم اکرائینی بیشترین محتوی نسبی آب برگ (۸۳/۲ درصد) مربوط به رقم پیشاهنگ بود و کمترین محتوی نسبی آب برگ (۷۹/۷ درصد) در رقم باستان به دست آمد (شکل ۴-۱۰).

نتایج مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید بر محتوی نسبی آب برگ نشان داد، کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش معنی‌دار در محتوی نسبی آب برگ ارزن می‌شود. محتوی نسبی آب برگ در تیمارهای عدم کاربرد سالیسیلیک اسید و کاربرد ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید به ترتیب برابر ۸۱/۹ و ۸۵/۲ درصد بود (شکل ۴-۱۱).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و هیومیک اسید بیشترین میزان پرولین در تیمار رقم اکرائینی و استفاده از ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید مشاهده شد که برابر ۸۸/۷ بود، پس‌ازاین تیمار بیشترین میزان پرولین در تیمار رقم پیشاهنگ و کاربرد ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید مشاهده شد که برابر ۷۹/۸ میلی‌گرم در لیتر بود که البته با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند، کمترین میزان برای پرولین در تیمار رقم پیشاهنگ و عدم کاربرد هیومیک اسید مشاهده شد که برابر ۶۰/۷ میلی‌گرم در لیتر بود (شکل ۴-۱۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید بر میزان پرولین، کاربرد ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید باعث افزایش

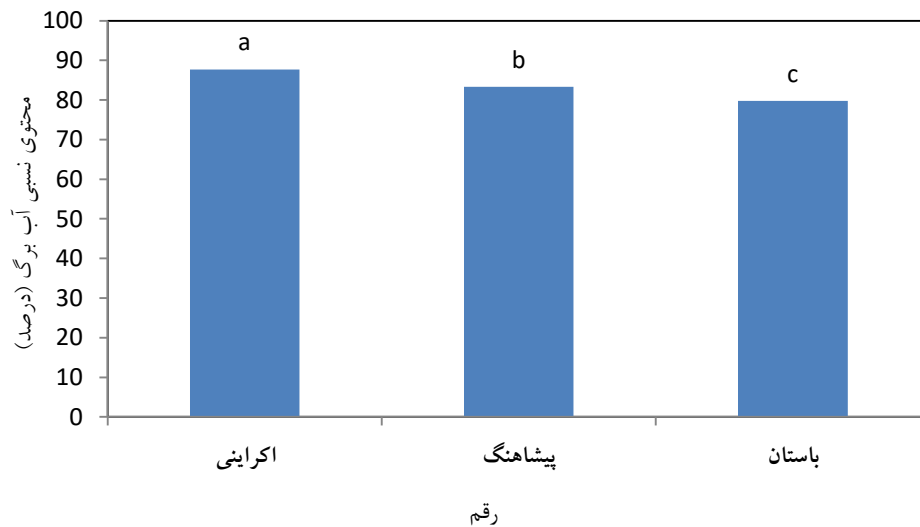
معنی داری در مقدار پرولین شد که در سطوح ۰ و ۴۰۰ میلی گرم در لیتر میزان پرولین به ترتیب برابر ۶۷/۷ و ۷۶/۲ میلی گرم در لیتر (شکل ۴-۱۳).

محققان بیان کرده‌اند گونه‌های اکسیژن فعال همیشه در سلول تولیدشده و وجود دارند و علت اصلی مرگ سلول می‌باشند در این میان بعضی از ترکیبات باعث کاهش اثرات مخرب گونه‌های اکسیژن فعال می‌شوند که پرولین از آن دسته ترکیبات است، به عبارت دیگر پرولین با کاهش اثر گونه‌های اکسیژن فعال و جلوگیری از تخریب غشاها باعث افزایش محتوی نسبی آب در سلول می‌شود (خان و همکاران، ۲۰۱۲)، بنابراین هر عاملی که باعث افزایش در میزان پرولین در سلول شود در نهایت محتوی نسبی آب برگ را نیز افزایش خواهد داد. نتایج این آزمایش نیز نشان داد افزایش پرولین در نهایت سبب افزایش محتوی نسبی آب سلول می‌شود.

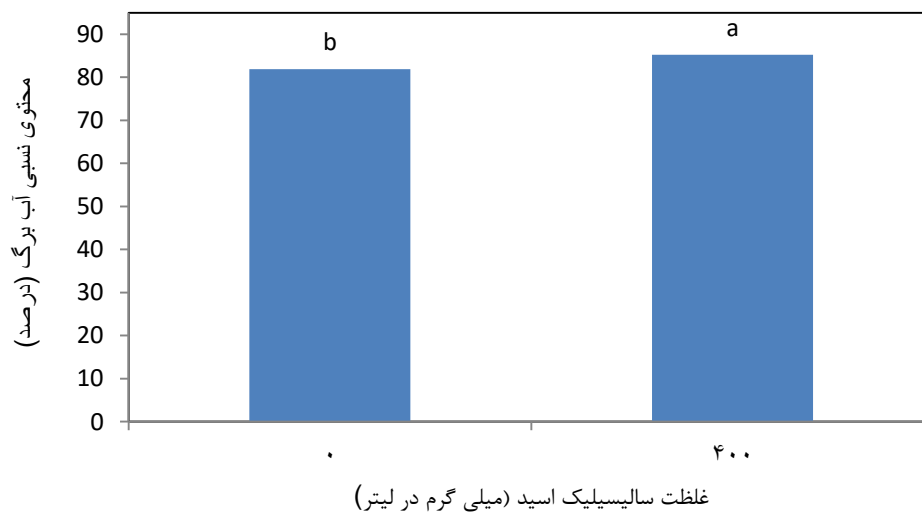
اسید سالیسیلیک و هیومیک اسید با کاهش میزان تنش اکسایشی و افزایش مقدار پرولین نیز در حفاظت از غشاها و اندامک‌های سلولی از جمله ماشین پروتئین‌سازی سلول و ساختار پروتئین‌ها و آنزیم‌ها موفق عمل می‌کند و از اکسایش یا تجزیه آن‌ها می‌کاهد. افشانه سازی اسید سالیسیلیک و هیومیک اسید با افزایش توان آنتی‌اکسیدانی از جمله کاروتنوئیدها موجب کاهش مقدار پراکسایش لیپیدها و مقدار آب اکسیژنه و حفاظت بیشتر از غشاهای سلولی و فتوسنتزی و رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌شود و از کاتابولیسم کلروفیل جلوگیری می‌کند (کوستا و همکاران، ۲۰۱۵).

بر اساس نظر پژوهشگران سالیسیلیک اسید یک ترکیب فنلی است و با داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان نقش دارد، سالیسیلیک اسید به عنوان یک مولکول پیام‌رسان مهم در پاسخ‌های گیاه به تنش‌های زیستی و غیرزیستی شناخته شده است (الطیب، ۲۰۰۵؛ خان و همکاران، ۲۰۱۲) که با تأثیر بر آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیدازها و تنظیم‌کننده‌های اسمزی مثل پرولین، گلايسين و بتائين آثار ناشی از تنش خشکی، فلزات سنگین، گرما، سرما و شوری را کاهش می‌دهد (سنارانتا و همکاران، ۲۰۰۲). بنابراین می‌توان از ترکیب سالیسیلیک اسید برای پرایمینگ و محلول‌پاشی بر گیاهان در جهت کاهش اثرات ناشی از تنش خشکی بر عملکرد و اجزای

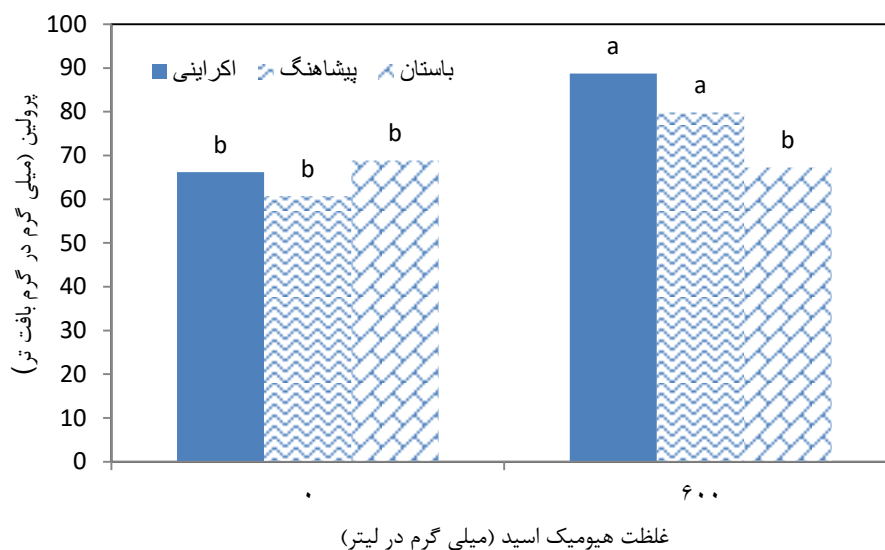
عملکرد گیاه استفاده کرد. همچنین در شرایط طبیعی نیز سالیسیلیک اسید باعث بهبود کارکرد گیاهان و افزایش در عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه گیاه می‌شود (ارزندی، ۲۰۱۴).



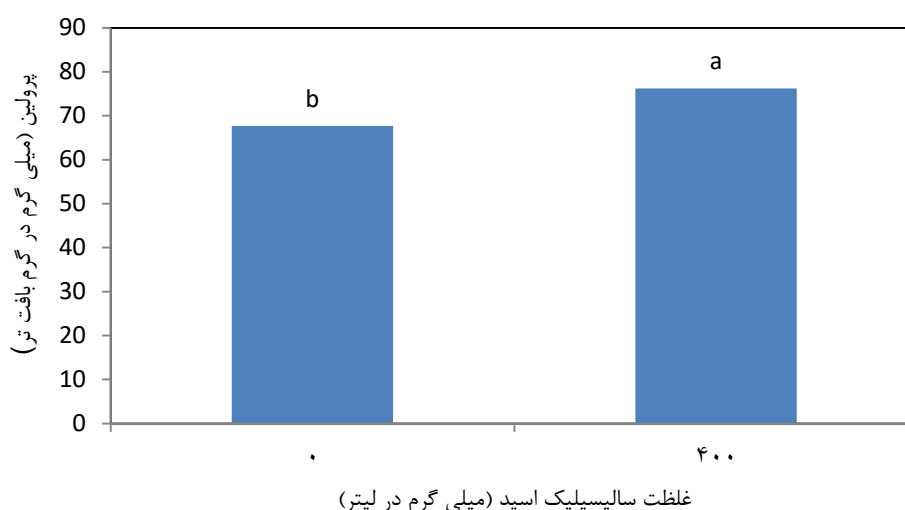
شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین اثر رقم بر درصد محتوی نسبی آب برگ ارزن



شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین محتوی نسبی آب برگ تحت محلول پاشی سالیسیلیک اسید



شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین محتوی نسبی آب برگ تحت تأثیر برهمکنش محلول پاشی هیومیک اسید و رقم



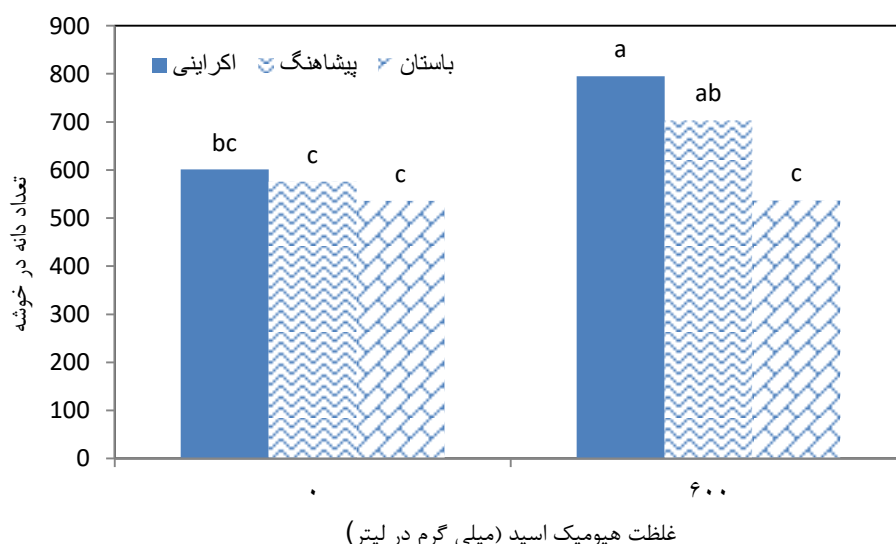
شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین پرولین تحت محلول پاشی سالیسیلیک اسید

۴-۵ - اجزای عملکرد

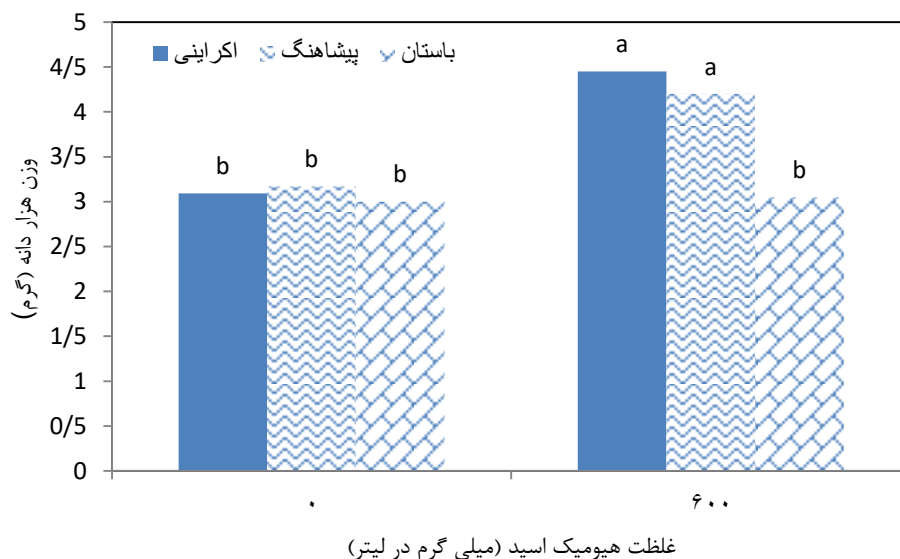
نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر رقم و هیومیک اسید بر تعداد دانه در خوشه ارزش معنی دار بود و سایر منابع تغییر بر تعداد دانه در خوشه اثر معنی داری نداشتند. تعداد خوشه در بوته تحت تأثیر معنی دار هیچ کدام از منابع تغییر قرار نگرفت، اثر رقم، سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید و اثر متقابل

هیومیک اسید و رقم بر وزن هزار دانه ارزش معنی دار بود و سایر اثرات متقابل بر وزن هزار دانه ارزش اثر معنی داری نداشت (جدول ۴-۴).

بر اساس نتایج اثر متقابل رقم و هیومیک اسید بیشترین تعداد دانه در خوشه در رقم اکرائینی و کاربرد ۶۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید مشاهده شد که برابر ۷۹۱/۵ بود که با تعداد دانه در خوشه در رقم پیشاهنگ و کاربرد ۶۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید اختلاف معنی داری نداشت (شکل ۴-۱۴). کمترین تعداد دانه در خوشه در رقم باستان و عدم کاربرد هیومیک اسید مشاهده شد (۵۳۶/۲) که با تعداد دانه در خوشه در رقم باستان و کاربرد ۶۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید اختلاف معنی داری نداشت (شکل ۴-۱۴). در رابطه با وزن هزار دانه ارزش نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و هیومیک اسید نشان نیز داد با کاربرد هیومیک اسید وزن هزار دانه ارزش در رقم اکرائینی و پیشاهنگ افزایش پیدا می کند، دامنه تغییرات وزن هزار دانه ارزش در ارقام مختلف بین ۴/۴۵ تا ۳ گرم بود، بیشترین وزن هزار دانه در رقم اکرائینی و کاربرد ۶۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید مشاهده شد که برابر ۴/۴۵ گرم بود و کمترین وزن هزار دانه در رقم باستان و عدم کاربرد هیومیک اسید مشاهده شد که برابر ۳ گرم بود (شکل ۴-۱۴).



شکل ۴-۱۴ - مقایسه میانگین تعداد دانه در خوشه تحت تأثیر برهمکنش محلول پاشی هیومیک اسید و رقم ارزش



شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین وزن هزار دانه تحت تأثیر برهمکنش محلول پاشی هیومیک اسید و رقم در ارزن

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید بر وزن هزار دانه ارزن کاربرد سالیسیلیک اسید به میزان ۴۰۰ میلی گرم در لیتر باعث افزایش معنی دار در وزن هزار دانه ارزن شد، بدین صورت که در عدم کاربرد سالیسیلیک اسید وزن هزار دانه برابر ۳/۲۷ گرم و در کاربرد ۴۰۰ میلی گرم در لیتر سالیسیلیک اسید وزن هزار دانه برابر ۳/۷۱ گرم بود (شکل ۴-۱۵).

ابراهیمی و جعفری حقیقی (۲۰۱۲) در آزمایشی روی گیاه ذرت بیان کردند که سالیسیلیک اسید بر شاخص سطح برگ، وزن هزار دانه و عملکرد دانه اثر مثبت معنی داری داشت. ایشان پیشنهاد کردند غلظت ۱ میلی گرم در لیتر مولار سالیسیلیک اسید می تواند برای کشت ذرت دانه ای جهت دستیابی به شاخص سطح برگ مطلوب مناسب باشد. نقی زاده و غلامی توران پستی (۲۰۱۴) گزارش نمودند کاربرد سالیسیلیک اسید در غلظت ۰/۵ میلی گرم در لیتر مولار باعث افزایش ۱۵ درصدی وزن هزار دانه گندم گردید. شاکوریوا و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند سالیسیلیک اسید باعث افزایش بعضی از هورمون های گیاهی شامل اکسین و سیتوکنین شده و از این طریق باعث بهبود رشد و افزایش

فتوسنتز می‌شود و در نتیجه روی عملکرد و اجزای عملکرد تأثیر می‌گذارد. همچنین، اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در گیاه آفتابگردان باعث افزایش فتوسنتز و ایجاد دانه‌های بزرگ‌تر در پایان فصل رشد شد (نورین و اشرف، ۲۰۰۸). دانشمند و همکاران (۲۰۱۴) گزارش نمودند که سالیسیلیک اسید در غلظت ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر مولار موجب افزایش وزن تر و خشک علوفه به ترتیب ۲۵ و ۳۰ درصد گردیده و این نشان‌دهنده توانایی سالیسیلیک اسید جهت بهبود رشد می‌باشد. خان و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که مصرف هیومیک اسید سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته نخود نسبت به شاهد شد. در آزمایشی دیگر کاربرد هیومیک اسید به همراه کود اوره عملکرد سیب‌زمینی شیرین را ۲۹/۶ درصد نسبت به کاربرد کود اوره افزایش داد (چن و همکاران، ۲۰۱۷).

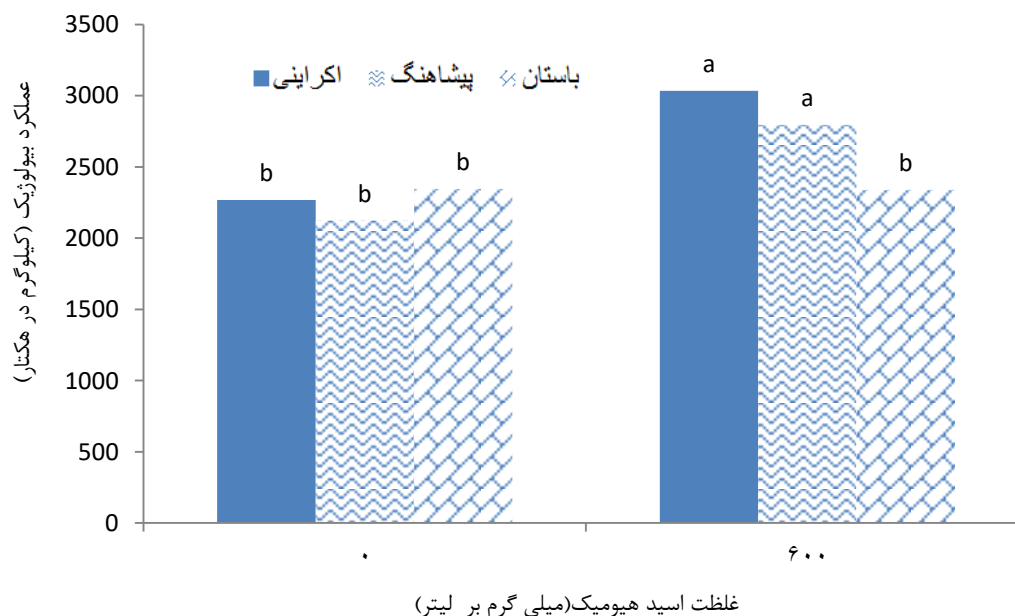
۴-۴- عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس اثر رقم، سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید و اثرات متقابل آن‌ها بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ارزن و شاخص برداشت در جدول ۴-۶ آورده شده است. بر اساس نتایج جدول ۴-۶ اثر رقم، سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید و اثر متقابل هیومیک اسید و رقم بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ارزن معنی‌دار شد. اما سایر اثرات متقابل اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ارزن نداشتند (جدول ۴-۶). همچنین اثر رقم، سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید و اثرات متقابل آن‌ها بر شاخص برداشت ارزن معنی‌دار نبود (جدول ۴-۶).

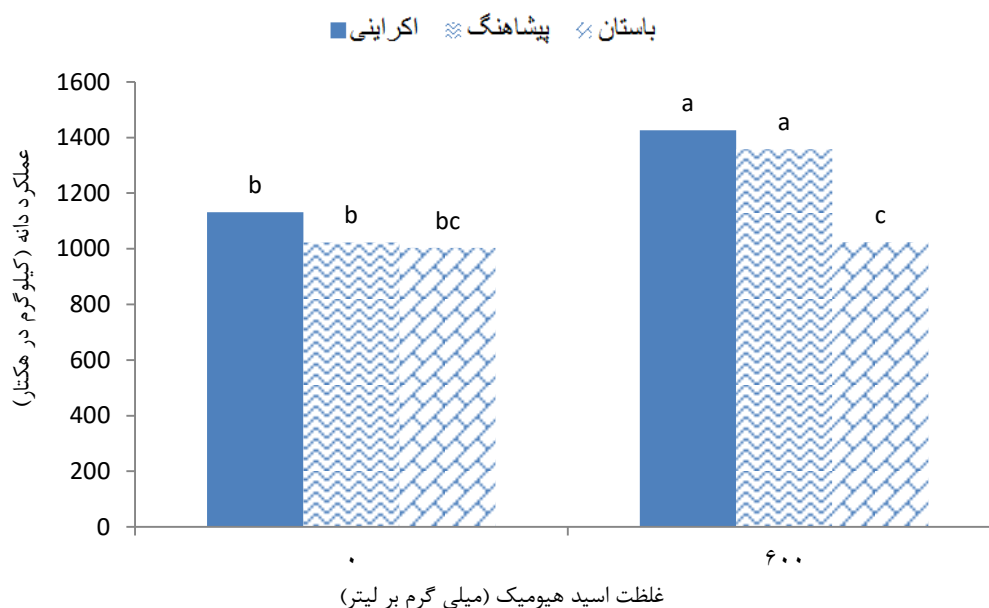
بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و هیومیک اسید کاربرد هیومیک اسید در سه رقم مورد مطالعه در این آزمایش باعث افزایش معنی‌دار در عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک شد به‌طوری‌که در رقم اکرائینی و پیشاهنگ بیشترین مقدار برای عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در هنگام استفاده از هیومیک اسید به دست آمد و در رقم باستان اختلافی مشاهده نشد. بیشترین عملکرد دانه در رقم اکرائینی و کاربرد ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید به دست آمد که برابر

۱۴۲۶/۸ کیلوگرم در هکتار بود، که با عملکرد دانه در رقم پیشاهنگ و کاربرد ۶۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید (۱۳۵۸/۱ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی دار از نظر آماری نداشت (شکل ۴-۱۶).

کمترین عملکرد دانه در رقم باستان و هنگام عدم کاربرد هیومیک اسید مشاهده شد (۱۰۰۴/۹ کیلوگرم در هکتار) که با عملکرد دانه هنگام کاربرد ۶۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید (۱۰۲۵/۲ کیلوگرم در هکتار) از نظر آماری اختلاف معنی داری داشت (شکل ۴-۱۶). عملکرد بیولوژیک با کاربرد ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر هیومیک اسید به طور معناداری در رقم اکرائینی و پیشاهنگ افزایش پیدا کرد، اما در رقم باستان کاهش پیدا کرده است، به طوری که عملکرد بیولوژیک در ارقام اکرائینی، پیشاهنگ و باستان در هنگام عدم استفاده از هیومیک اسید به ترتیب برابر ۲۲۶۸، ۲۱۲۴ و ۲۳۴۷ کیلوگرم در هکتار بود اما در هنگام کاربرد ۶۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید عملکرد بیولوژیک در ارقام اکرائینی، پیشاهنگ و باستان به ترتیب برابر ۳۰۳۴، ۲۷۵۹، ۲۳۴۰ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۴-۱۶).



شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و هیومیک اسید بر عملکرد بیولوژیک ارزن



شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و هیومیک اسید بر عملکرد دانه ارزن

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه ارزن با استفاده از سالیسیلیک اسید، هم عملکرد دانه و هم عملکرد بیولوژیک به‌طور معناداری نسبت به شرایط عدم مصرف سالیسیلیک اسید افزایش پیدا کرد. عملکرد دانه در شرایط عدم استفاده از سالیسیلیک اسید و استفاده از ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید به ترتیب برابر ۱۰۵۳/۵ و ۱۲۷۰ کیلوگرم در هکتار بود و عملکرد بیولوژیک در شرایط عدم استفاده از سالیسیلیک اسید و استفاده از ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید به ترتیب برابر ۲۲۴۶/۷ و ۲۷۲۳/۵ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۴-۷).

اثر سطوح مختلف سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید در بررسی مشایخی و همکاران (۱۳۹۸) روی گیاه بابونه بر تمام صفات موردبررسی معنی‌دار بود، اما اثر متقابل آن‌ها فقط بر قطر کاپیکوتیل، وزن خشک برگ و عملکرد بیولوژیک بابونه موثر بود. در تحقیقی دیگر چمنی و همکاران (۲۰۱۶) در گیاه دارویی پروانش (*Catharanthus roseus* L.) با کاربرد سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک گیاه شدند.

در تحقیق یلدرم (۲۰۰۷) محلول پاشی هیومیک اسید به مقدار صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر بر روی گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) نتایج نشان داد که هیومیک اسید باعث افزایش مقدار اسید آسکوربیک در میوه های گوجه فرنگی شد، بیشترین میزان افزایش عملکرد میوه، تعداد میوه و اسید آسکوربیک مربوط به مصرف ۲۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید بود. طی آزمایشی هم سالیسیلیک اسید و هم استیل سالیسیلیک اسید، به طور مؤثری گیاهان گوجه فرنگی و لوبیا را در برابر تنش خشکی محافظت کردند، که در نهایت باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان در این شرایط شد (سنارانتا و همکاران، ۲۰۱۰). به طور کلی بر اساس نتایج این آزمایش باید بیان کرد که کاربرد هیومیک اسید و هم کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ارزن شد. نتایج مشابه در آزمایش راج و راو (۱۹۹۶)، حافظ و ماگدا (۲۰۰۳)، حسین و همکاران (۲۰۰۷) و بزرگی و همکاران (۲۰۱۱) مشاهده شد. در آزمایشی اثر محلول پاشی هیومیک اسید و نیتروژن بر گندم دوروم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که عملکرد دانه سنبله بارور و محتوای پروتئین دانه در هر دو تیمار افزایش یافت که این افزایش در محلول پاشی نیتروژن با هیومیک اسید به صورت هم زمان بسیار بیشتر بود. همچنین هیومیک اسید با افزایش فعالیت آنزیم رایبوسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه شد (دلفین و همکاران، ۲۰۰۵). در مطالعه ای گلخانه ای (سنگیتا و همکاران، ۲۰۰۶) اثر هیومیک اسید را روی قابلیت جذب عناصر غذایی خاک و عملکرد پیاز بررسی کردند و دریافتند که مصرف ۲۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید به همراه NPK، بیشترین عملکرد پیاز را به همراه ۱۲ درصد افزایش در جذب NPK به همراه داشت.

۴-۶ - نتیجه گیری

نتایج این آزمایش نشان داد سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید باعث بهبود صفات اندازه گیری شده در این آزمایش شدند به طوری که رنگیزه های فتوسنتزی (a, b) تحت تأثیر این دو ترکیب به طور معناداری نسبت به حالت عدم استفاده از این ترکیبات افزایش پیدا کردند، همچنین محتوای نسبی

آب برگ و پرولین نیز با کاربرد سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید افزایش پیدا کردند، بدین صورت که کاربرد ۴۰۰ میلی گرم در لیتر سالیسیلیک اسید و ۶۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید باعث افزایش معنی دار در محتوی نسبی آب برگ و پرولین در گیاه ارزن شد، ارتفاع بوته ارزن نیز تحت تأثیر معنی دار سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید قرار گرفت و با کاربرد سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید افزایش پیدا کرد.

بر اساس نتایج این آزمایش سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید با افزایش و بهبود سایر صفات اندازه گیری شده در این آزمایش همانند رنگیزه های فتوسنتزی، محتوی نسبی آب برگ، پرولین و ... در نهایت باعث افزایش در صفات اجزای عملکرد دانه شدند، به طوری که وزن هزار دانه و تعداد دانه در بوته ارزن با کاربرد سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید به طور معناداری افزایش پیدا کرد، افزایش در اجزای عملکرد دانه ارزن در نهایت باعث افزایش در عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ارزن شد. همچنین نتایج این آزمایش نشان داد از بین ارقام مورد استفاده در این آزمایش رقم اکرائینی از سایر ارقام دارای عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بیشتر را نسبت به سایر ارقام داشت.

۷-۴ پیشنهادها

با توجه به نتایج بدست آمده از این آزمایش موارد زیر پیشنهاد می شود:

- محلول پاشی سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید در مراحل دیگر رشدی ارزن و اثر آن بر عملکرد و اجزای عملکرد ارزن
- بررسی اثر محلول پاشی سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر کیفیت دانه و علوفه تولیدی ارزن.
- بررسی اثر محلول پاشی سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر فعالیت آنزیمی گیاه ارزن.
- بررسی اثر محلول پاشی سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید در شرایط تنش روی گیاه ارزن.

پیوست

جدول ۴-۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رقم، سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر رنگیزه‌های فتوسنتزی

میانگین مربعات			درجه آزادی	منابع تغییر
کارتنویید	کلروفیل b	کلروفیل a		
۰/۰۱۰ ^{ns}	۰/۰۲۱ ^{ns}	۰/۱۲۴ ^{ns}	۲	بلوک
۰/۰۳۹ ^{**}	۰/۰۷۶ ^{**}	۰/۴۳۸ ^{**}	۲	رقم
۰/۰۰۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۹	۴	خطای (رقم)
۰/۰۵۵ ^{**}	۰/۱۱۲ ^{**}	۰/۶۴۰ ^{**}	۱	اسید سالیسیلیک
۰/۰۵۰ [*]	۰/۱۰۵ ^{**}	۰/۶۰۸ ^{**}	۱	اسید هیومیک
۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۱۴ ^{ns}	۲	رقم* اسید سالیسیلیک
۰/۰۱۸ [*]	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۲۰۶ [*]	۲	رقم* اسید هیومیک
۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۱	اسید سالیسیلیک* اسید هیومیک
۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۶ ^{ns}	۰/۰۳۷ ^{ns}	۲	رقم* اسید سالیسیلیک* اسید هیومیک
۰/۰۰۶	۰/۰۱۳	۰/۰۷۳	۱۸	خطا
۱۹/۶	۱۸/۲	۱۷/۹	ضریب تغییرات (CV) %	

^{ns}، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۴-۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رقم، سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر پروتئین دانه و ارتفاع بوته ارزن

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع	پروتئین دانه
بلوک	۲	^{ns} ۰/۳۸	^{ns} ۰/۲۱۶
رقم	۲	^{ns} ۲۷۸/۴۶	^{ns} ۰/۶۵۷
خطای (رقم)	۴	۴۶/۴۳	۰/۱۵۶
اسید سالیسیلیک	۱	[*] ۶۴۷/۷۰	^{ns} ۰/۰۴۵
اسید هیومیک	۱	^{**} ۱۵۹۸/۶۶	^{**} ۲/۳۰۰
رقم [*] اسید سالیسیلیک	۲	^{ns} ۵۳/۴۳	^{ns} ۰/۱۳۶
رقم [*] اسید هیومیک	۲	[*] ۴۸۱/۳۰	^{ns} ۰/۵۹۲
اسید سالیسیلیک [*] اسید هیومیک	۱	^{ns} ۰/۳۸	^{ns} ۰/۰۳۸
رقم [*] اسید سالیسیلیک [*] اسید هیومیک	۲	^{ns} ۱۱/۱۲	^{ns} ۰/۲۶۳
خطا	۱۸	۱۳۹/۲۶	۰/۲۱۲
ضریب تغییرات (%)		۱۷/۷	۲۱/۰۳

جدول ۴-۳- تجزیه واریانس اثر رقم، سالیسیلیک اسید ، هیومیک اسید بر محتوی نسبی آب (RWC) و پرولین

منابع تغییر	درجه آزادی	محتوی نسبی آب	پرولین
بلوک	۲	^{ns} ۲۲/۵۷	^{ns} ۰/۴۲
رقم	۲	^{**} ۱۹۱/۲۰	^{ns} ۲۸۳/۴۸
خطای (رقم)	۴	۷/۳۳	۴۷/۱
اسید سالیسیلیک	۱	[*] ۹۹/۰۶	[*] ۶۵۹/۸۹
اسید هیومیک	۱	^{ns} ۵/۵۵	^{**} ۳۱۶۲۵
رقم [*] اسید سالیسیلیک	۲	^{ns} ۹/۶۰	^{ns} ۵۴/۶۵
رقم [*] اسید هیومیک	۲	^{ns} ۲/۷۰	[*] ۴۹۳/۰۶
اسید سالیسیلیک [*] اسید هیومیک	۱	^{ns} ۸/۱۲	^{ns} ۰/۴۲
رقم [*] سالیسیلیک [*] اسید هیومیک	۲	^{ns} ۴۷/۱۵	^{ns} ۱۱/۲۳
خطا	۱۸	۱۵/۵	۱۴۱/۸
ضریب تغییرات (%)		۴/۹	۱۷/۷

جدول ۴-۴- تجزیه واریانس اثر رقم، سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید بر اجزای عملکرد دانه ارزن

میانگین مربعات			درجه آزادی	منابع تغییر
وزن هزار دانه	تعداد خوشه در بوته	تعداد دانه در خوشه		
۱/۳۲*	۰/۳۹ ^{ns}	۴۸۲۲/۹۶ ^{ns}	۲	بلوک
۱/۹۸*	۱/۴۰ ^{ns}	۷۹۰۳۴/۰۲**	۲	رقم
۰/۱۹	۰/۳۰	۱۰۴۱/۷۸	۴	خطای (رقم)
۱/۷۲*	۲/۲۰ ^{ns}	۴۶۸۸۶/۶۸ ^{ns}	۱	اسید سالیسیلیک
۵/۹۰**	۰/۷۵ ^{ns}	۱۰۱۱۰۲/۸۰**	۱	اسید هیومیک
۰/۱۲ ^{ns}	۰/۵۰ ^{ns}	۸۴۳۵/۳۱ ^{ns}	۲	رقم* اسید سالیسیلیک
۱/۳۵*	۱/۴۹ ^{ns}	۲۷۸۱۰/۰۰**	۲	رقم* اسید هیومیک
۰/۲۸ ^{ns}	۰/۹۰ ^{ns}	۶۵/۶۱ ^{ns}	۱	اسید سالیسیلیک* اسید هیومیک
۰/۳۷ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۱۱۰۸/۹۹ ^{ns}	۲	رقم* اسید سالیسیلیک* اسید هیومیک
۰/۳۸	۰/۸۱	۱۹۸۵۱۸/۷۹	۱۸	خطا
۱۸/۶	۲۴/۰	۱۶/۸۱		ضریب تغییرات (%)

جدول ۴-۵- مقایسه میانگین اثر اسید سالیسیلیک بر عملکرد بیولوژیک و وزن هزار دانه

اسید هیومیک	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)
صفر	۲۳۰۰/۹ b	۳/۲۷ b
۴۰۰	۲۶۶۹/۲ a	۳/۷۱ a

جدول ۴-۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رقم، سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

میانگین مربعات			درجه آزادی	منابع تغییر
شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه		
۰/۰۱۶ ^{ns}	۴۴۲۹۷	۱۱۷۷۹۹ ^{ns}	۲	بلوک
۰/۰۰۹ ^{ns}	۲۸۸۸۲۱ [*]	۲۱۷۳۶۵ ^{**}	۲	رقم
۰/۰۰۲	۱۳۵۴۷۴	۱۸۴۸۱	۴	خطای (رقم)
۰/۰۱۰ ^{ns}	۱۲۲۰۸۰۴ ^{**}	۵۳۷۰۶۹ ^{**}	۱	اسید سالیسیلیک
۰/۰۰۷ ^{ns}	۲۰۴۶۰۴۴ ^{**}	۴۲۲۱۷۵ ^{**}	۱	اسید هیومیک
۰/۰۰۲ ^{ns}	۱۵۶۸ ^{ns}	۷۳۵۷ ^{ns}	۲	رقم [*] اسید سالیسیلیک
۰/۰۰۱ ^{ns}	۵۳۲۳۱۹ [*]	۸۷۹۲۸ [*]	۲	رقم [*] اسید هیومیک
۰/۰۰۴ ^{ns}	۱۲۶۸۰۷ ^{ns}	۱۱۵۹۲۶ ^{ns}	۱	اسید سالیسیلیک [*] اسید هیومیک
۰/۰۰۷ ^{ns}	۱۰۲۵۲۳ ^{ns}	۱۷۲۳۵ ^{ns}	۲	رقم [*] اسید سالیسیلیک [*] اسید هیومیک
۰/۰۰۷	۱۲۱۳۲۴	۲۰۰۹۴	۱۸	خطا
۱۹/۴	۱۳/۸	۱۲/۳	ضریب تغییرات (%)	

جدول ۴-۷- مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک

اسید سالیسیلیک	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)
صفر	۱۰۵۳/۵b	۲۲۴۶/۷ b
۶۰۰	۱۲۷۰a	۲۷۲۳/۵a

منابع

- ارزندی، ب.، پویان فر، م.، نوارفکن، ح و محمودی راد، ز. ۱۳۹۴. اثر محلول هیدرولیکی متانول بر صفات مورفولوژیک بامیه *Hibiscus esculentus* L. دومین کنگره علمی پژوهشی توسعه و ترویج علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست ایران، تهران. ۶ ص.
- امام، ی. ۱۳۹۰. زراعت غلات. مرکز نشر دانشگاه شیراز. ۱۹۴ ص.
- ایران نژاد، ح.، شهبازیان، ن. ۱۳۹۳. زراعت غلات. انتشارات کارنو. ۲۱۵ ص.
- باقی زاده، ا.، یزدان پناه، س.، عباسی، ف. و. ۱۳۸۸. اثر تیمار اسید سالیسیلیک و اسیدآسکوربیک بر میزان پرولین، قند و پروتئین در گیاه مرزه تحت تنش خشکی. اولین همایش ملی تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی، دانشگاه بیرجند. ۷ ص.
- ترابی، م.، رهجو، و. ۱۳۹۵. ارزش‌های زراعی جهان. انتشارات وزارت جهاد کشاورزی. ۱۴۴ ص.
- تهامی زرنندی، م. ک.، رضوانی مقدم، پ. و جهان، م. ۱۳۸۹. تاثیر کودهای آلی بر شاخص‌های رشد، عملکرد و درصد اسانس بخش رویشی گیاه دارویی ریحان. چکیده مقالات یازدهمین کنگره علوم. زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه شهید بهشتی ۲ تا ۴ مرداد. ۱۷ صفحه.
- خاوری نژاد، ر.، اسدی، ا. ۱۳۸۴. بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر میزان برخی از متابولیت‌های ثانویه ساپونین‌ها و آنتوسیانین‌ها و القا مقاومت ضد میکروبی در گیاه دارویی *Bellis perennis* L. گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۱(۵): ۵۸۶-۵۵۳.
- خدابنده، ن. ۱۳۹۲. غلات. ناشر: موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران. ۲۶۴ ص.
- خواجه‌پور، م. ۱۳۹۳. غلات. انتشارات دانشگاه اصفهان. ۷۶۴ ص.
- سالکی، م.، رحیمی، ا.، ترابی، ب.، اخگر، ع.، دادرسی، ا. ۱۳۹۷. اثر کاربرد کود بیولوژیک بر رشد و عملکرد ارزن پرسو در شرایط شور. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۱۱(۳): ۱-۱۴.
- سبزواری، س.، خزاعی، ح. ر.، کافی، م. ۱۳۸۹. مطالعه اثر اسید هیومیک بر جوانه زنی چهار رقم گندم پاییزه (سایونز و سبلان) و بهاره (چمران و پیشتاز). نشریه پژوهش‌های زراعی ایران جلد ۸. شماره ۳، مرداد - شهریور. ۴۷۳-۴۸۰.

سماوات، س.، پازکی، ع. ر.، لادن مقدم، ع. ر.، سماوات، س. ۱۳۸۷. اصول کاربردی مواد آلی در کشاورزی. گرمسار. دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار.

سیادت، ع. ۱۳۹۳. غلات. انتشارات جهاد دانشگاهی. ۴۵۰ ص.

شیخی، ج و رونقی، ع. ۱۳۹۲. اثر شوری و کاربرد ورمی کمپوست بر غلظت عناصر غذایی و عملکرد اسفناج (رقم ویروفلی) در یک خاک آهکی. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۴(۱۳): ۸۱ - ۹۲.

صالحی، ب.، باقرزاده چهارجوبی، ع.، قاسمی، م. ۱۳۹۸. بررسی اثر مقادیر مختلف اسید هیومیک بر عملکرد و اجزاء عملکرد ۳ رقم گوجه فرنگی. اولین همایش ملی کشاورزی پایدار و تولید محصول سالم. ۳ صفحه.

طوبلی، ع.، صابری، م.، شهریاری، ع. و حیدری، م. ۱۳۹۰. بررسی اثر پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر *tomentellus* Bioss در شرایط تنش کادمیوم، مجله پژوهش‌های گیاهی. ۲۶(۲): ۲۰۳-۲۵۶.

قاسمی، الف.، توکلو، م. ر.، ذبیحی، ح. ر. ۱۳۹۸. بررسی تاثیر نیتروژن، پتاسیم و اسید هیومیک بر روی خصوصیات مورفولوژیکی مینی تیوبر سیب زمینی. مجله زراعت و اصلاح نباتات. جلد ۸. شماره ۱. صفحات ۵۶-۳۶.

کربلایی اسمعیل، م. ر.، یوسفی راد، م. ۱۳۸۸. تاثیر استفاده از پساب‌های صنعتی و اسید هیومیک بر ذرت علوفه ای. پنجمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی. ۴ صفحه.

کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ. م. ۱۳۹۰. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۰ صفحه.

گاراژیان، م.، عشقی، س. و تفضیلی، ع. ۱۳۸۹. اثر کاربرد برگساره ای و خاکی اسید هیومیک بر رشد رویشی و زایشی توت فرنگی رقم پاروس. دومین همایش ملی کشاورزی و توسعه پایدار (فرصتها و چالش‌های پیش رو). ۹ صفحه.

محمد خانی، و. ۱۳۹۳. زراعت غلات علوفه‌ای. انتشارات کشاورز. ۲۱۳ ص.

مشایخی، ش.، ابدالی مشهدی، ع.، بخشنده، ع.، لطفی جلال آبادی، ا.، سید نژاد، س. ۱۳۹۸. ارتباط محلول پاشی اسید سالیسیلیک، اسید هیومیک و دفعات برداشت با عملکرد و کیفیت بایونه آلمانی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۹(۱): ۸۵-۷۱.

موحد، س. ۱۳۹۵. تکنولوژی فراورده های غلات. انتشارات جهاد دانشگاهی اردبیل. ۱۸۹ ص.

نعمتی ثانی، ابراهیم. ۱۳۹۰. تاثیر متقابل اسید هیومیک و ورمی کمپوست بر عملکرد ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود. ۱۱۴ ص.

نگارستان، ع. ۱۳۷۰. جزوه درس شیمی خاک. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران. کرج. ۱۸۸ ص.

Abdel-Mawgoud, A.M.R., El-Greadly, N.H.M., Helmy, Y.I., Singer, S.M. 2007. Responses of tomato plants to different rates of humic based fertilizer and NPK fertilization. J. Appl. Sci. Res. 3:169-174.

Abou-Aly, H.E. and M.A. Mady .2009. Complemented effect of humic acid and biofertilizers on wheat (*Triticum aestivum* L.) productivity. Annals of Agric. Sci., Moshtohor, 47 (1):1-12.

Adani, F., P. Genevini., P. Zaccheo. and G. Zocchi. 1998. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. J. plant nutr. 21(3): 561-575.

Alam, M.M., Hasanuzzaman, M., Nahar, K. and Fujita, M., 2013. Exogenous salicylic acid ameliorates short-term drought stress in mustard (*Brassica juncea* L.) seedlings by up-regulating the antioxidant defense and glyoxalase system. Journal of Australian Crop Science, 7(7): 1053-1063.

Albuzio, A. Concheri, G. Nardi, S. and Dell'Agnola, G., 1994. Effect of Humic Fraction of Different Molecular Size on the Development of Oat Seedlings Grown in Varied Nutritional Condition. In: Humic Substances in the Global Environment and Implications on Human Health. Edited by N. Senesi and T.M. Miano. Istituto di Chimica Agraria Università degli Studi-Bari, Bari, Italy. Elsevier Science B.V. pp. 199- 204.

- Al-Hakimi, A.M.A. 2008. Effect of salicylic acid on biochemical changes in wheat plants under khat leaves residues. *Plant Soil Environ*, 54: 288–293.
- Andrew J.S., Moreau H., Kuntz M., Pagny G., Lin C., Tanksley S. and McCarthy J. (2008) An investigation of carotenoid biosynthesis in *Coffea canephora* and *Coffea arabica*. *Journal of Plant Physiology* 165: 1087-1106.
- Arfan, M., Athar, H.R and Ashraf, M. 2007. Does exogenous application salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars salt stress. *Plant Physiology*. 164: 685-694
- Arnon, D.T. 1949. Copper enzymes in isolation chloroplast phenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*. 24: 1-15.
- Ashraf, M., and Foolad, M.R. 2017. Role of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environ. Exp. Bot.*, 59: 206-216.
- Astarai, A. R., Ivani R. 2008. Effect of organic sources as foliar spray and root media on nutrition of cowpea plant. *American-Eurasian J. Agri. Environ. Sci.* 3, 352-356.
- Astarai, A.R and Ivani, R. 2008. Effect of organic sources as foliar spray and root media on nutrition of cowpea plant. *Ame-Eurasian. J. Agric Environ, Sci*, 3(3): 352-356.
- Atiyeh, R.M., Lee, S., Edwards, C.A., Arancon, N.Q., Metzger, J.D. 2003. The influence of humic acids derived from earthworm processed organic wastes on plant growth. *BioresTech* 84, 7-14.
- Ayas, H., and Gulser, F. 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macro nutrient contents of spinach. *J. Biol. Sci.* 5: 801-804.
- Ayuso, M., Hernandez, T., Garcia, C., and Pascual, J.A. 1996. A comparative study of the effect on barley growth of humic substances extracted from municipal wastes and from traditional organic materials 24: 493 – 500.

- Azimi, M. S., Daneshian, J., Sayfzadeh, S., and Zare, S. 2013. Evaluation of amino acid and salicylic acid application on yield and growth of wheat under water deficit. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 5(8): 816-819.
- Bahari, A.A., Sokhtesaraei, R., Chaghazardi, H.R., Masoudi, F. and Nazari, H., 2015. Effect of water deficit stress and foliar application of salicylic acid on antioxidants enzymes activity in leaves of *Thymus daene*^{ns} is subsp. *lancifollius*. *Cercetări Agronomice în Moldova*, 17(1): 57-67.
- Bakry, B. A., D. M. El-Hariri, S. S. Mervat, and H. M. S. El-Bassiouny. 2012. Drought stress mitigation by foliar application of salicylic acid in two li^{ns}eed varieties grown under newly reclaimed sandy soil. *Journal of applied sciences research*, 7: 3503-3514.
- Barkosky, R.R. and Einhellig, F.A. 1993. Effects of salicylic acid on plant–water relatio^{ns}hips. *J. Chem. Ecoll.* 19: 237-247.
- Bates, L.S., Waldern, R.P., and Tear, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil* 39: 205-207.
- Befrozfar M.R., Habibi D., Asgharzadeh A., Sadeghi-Shoae M, and Tookaloo M.R. 2013. Vermicompost, plant growth promoting bacteria and humic acid can affect the growth and essence of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Annals of Biological Research*. 4 (2): 8-12.
- Belkhadi, A., Hediji, H., Abbès, Z., Nouairi, I., Barhoumi, Z., Zarrouk, M., Chaïbi, W. and Djebali, W. 2010. Effects of exogenous salicylic acid pre-treatment on cadmium toxicity and leaf lipid content in *Linum usitatissimum* L.. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 1-8.
- Brady, N.C., Weil, R.R. 2006. The nature and properties of soil. Prentice Hall, New Jersey.
- Brown, P.H., Cakmak, I., and Zhrang, Q. 1993. Form and function of zinc in plants, PP: 93-106. Ed: A.D. Robson (ed). Zinc in soils and plants. Kluwer Academic publisher, Dordrecht, the Netherlands.

- Bulent Asik, B., A. Turan, H. Celik, and A. Vahap Katkat. 2009. Effects of Humic Substances on Plant Growth and Mineral Nutrients Uptake of Wheat (*Triticum durum* cv. *Salihli*) Under Conditi^{ns} of Salinity. Asian Journal of Crop Science. 1: 87-95.
- Cacco G., Attina E., Gelsomino A., and Sidari M. 2000. Effect of nitrate and humic substances of different molecular size on kinetic parameters of nitrate uptake in wheat seedlings. Journal. Plant Nutrition. Soil Science, 163: 313-320.
- Carletto, C., Zezza, A. & Banerjee, R. 2013. Towards better measurement of household food security: Harmonizing indicators and the role of household surveys. Global food security. 2(1), 30-40.
- Chamani A., Esmailpoor B., Poor birami Hir Y., Maleki lajayer H., and saadati A. 2012. Effects of humic acid on the vase life of flowers *Lstrvmya thidiazouron* and Knyambh figure. Journal of Horticultural Science (Agricultural Science and Technology), 26 (2): 147- 152.
- Chamani E, Bonyadi M and Ghanbari A, 2016. Effects of salicylic acid and humic acid on vegetative indices of periwinkle (*Catharanthus roseus* L.). Journal of Horticulture Science, 29(4): 631-641.
- Chen, X., Kou, M., Tang., Z., Zhang, A and Li, H. 2017. The use of humic acid urea fertilizer for increasing yield and utilization of nitrogen in sweet potato. Plant, Soil and Environment. 63(5): 201–206.
- Characterizyion on fulvic and humic acids from leavesof eucalyptus comaldule^{ns}is and from decomposed hey. Soil Biochemistry, 32: 1331-1336.
- Clap, C. E. 2001. An organic matter trial: polysaccharides to waste management to nitrogen. / carbon to humic substances.royal society of chemistry, Cambridge, uk. Pp. 3- 17.
- Clapp, C.E., Hayes, M.H.B., and Swift, R.S. 1993. Isolation, fractionation, functionalities, and concepts of structure of soil organic macromolecules, in A J. Beck, K.C. Jones, M.B.H. Hayes, and U. Mingelgrin (eds.),

Organic substances in soil and water. Royal Society of Chemistry, Cambridge.

Costa, M., Civell, P.M., Chaves, A.R., and Martinez, G.A. 2015. Effects of ethephon and 6- benzylaminopurine on chlorophyll degrading enzymes and a peroxidase-linked chlorophyll bleaching during post-harvest senescence of broccoli (*Brassica oleracea* L.) at 20°C. *Postharvest Biology and Technology*. 35: 191-199.

Daneshmand, F., Arvin, M.J., Keramat, B., and Momeni, N. 2014. Interactive effects of salt stress and salicylic acid on germination and plant growth parameters of maize (*Zea mays* L.) under field conditio^{ns}. *Journal of Plant Process and Function*. 1(1): 56-70.

Davoodi fard, M., Habibi, D., and Davoodi, fard F. 2012. Effects of salt stress on cell membrane stability, chlorophyll, and yield components in wheat inoculated with PGPR and humic acid. *Agronomy Journal*, 8(2): 71-86.

Day, B. 2000. Modified atmosphere packaging of selected prepared fruits and vegetables. In P. Zeuthen (Ed.), *Processing and quality of foods*, Vol. 3. *Chilled foods the revolution in freshness* (pp. 230–233). London: Elsevier.

Delfin, S., Tognetti, R., Dsiderio, E., and Alvino, A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agron Sustain Dev*. 25: 183-191

Dogan. E. and Dimer, K. 2004. Determination of yield and fruit characteristics of tomato crop grown in humic acids –added aggregate culture in greenhouse condition. VI. 21 – 24 september, turkey. Pp 218 – 224.

Dudley, J.B., Pertuit, A.J., and Toler, J. E. 2004. Leonardite influences zinnia and marigold growth. *Hort Science*, 39: 251-255.

Dursun, A.Guvenc, I. and Turan, M. 2002. Effects of different levels of humic acid on seeding growth and macro and micronutrient contents of tomato and eggplant. *Acta Agro Botanica*, 56, 81-88

- Ebrahimi, M., and Jafari Haghghi, B. 2012. The effect of salicylic acid application on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) in drought stress condition. *Journal of Plant Ecophysiology*. 4(1): 1-13.
- Eghball, B., Ginting, D., and Gilley, J.E. 2018. Residual effects of manure and compost applicatio^{ns} on corn production and soil properties. *Agronomy Journal* 96: 442-7.
- Elizabeth Abreu, M. and Munne-Bosch, S. 2008. Salicylic acid may be involved in the regulation of drought-induced leaf senescence in perennials: A case study in field grown *salvia officinalis*. L. *Plants. Environmental and Experimental Botany*. 64(2): 105-112.
- El-Lateef Gharib, F. 2006. Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of basil and marjoram. *Int. J. Agri. Biol.* 8(4): 485-492.
- El-Tayeb, M. A. 2015. Respo^{ns}e of barley grai^{ns} to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation*, 45: 215-225.
- Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A. and Alpaslan, M, 2007. Impact of exogenous salicylic acid on growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. *Scientia Horticulturae*. 113: 120- 128.
- Fan H.M., Wang X.W., and Sun X. 2014. Effects of humic acid derived from sediments on growth, photosynthesis and chloroplast ultrastructure in chrysanthemum. *Scientia Horticulturae*, 177: 118-123.
- FAO. 2019. Statistical database. Available online at: <http://faostat.fao.org/>
- Farjami, A.A., and Nabavi kalat, S.M. 2014. Effect of Humic Acid and Phosphorus on the Quantity and Quality of Marigold (*Calendula officinalis* L.) Yield. *Journal of Crop Ecophysiology*, 7(4): 443-452.
- Ferghani, A., and Javanmard, A. 2005. The effect of different additives on the amount of humic and fulvic acids in different soils. Ninth Congress of Soil Science. Karaj.

- Fernandes-Escobar R., Benlloch M., Barranco D., Duenas A., and Guterrez Ganán J.A. 1996. Respo^{ns}e of olive trees to foliar application of humic substances extracted from leonardite. *Scientia Horticulture*, 66: 191-200
- Fujiu, C., Dao, Y., and Quing Sheng, W. 1995. Physiological effects of humic acid on drought resistance of wheat(in Chinese). *Yingyong Shengtai Xuebao* 6: 363-367.
- Gad El-Hak, S.H., A.M. Ahmed, Y.M.M. Moustafa1. 2012. Effect of Foliar Application with Two Antioxidants and Humic Acid on Growth, Yield and Yield Components of Peas (*Pisum sativum* L.). *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants* 4 (3): 318-328.
- Ghai, N. Setia, R. C., Setia, N. 2017. Effect of paclobutrazol and salicylic acid on chlorophyll content, hill activity and yield components in *Brescia napus* L. (cv. GSL-1) *Phytomorphol*, 52: 83-87.
- Ghasemi ghahsareh M and Kafi M. 2010. Scientific and practical floriculture. V.1. 310 p.
- Ghorbani, S., Khazaei, H. R., Kafi, M., and Banayan aval, M. 2010. Effects of humic acid on yield and yield components of maize. *Journal of Agroecology* 2 (1): 111-118.
- Glahir, K. 1984. World food security: a reappraisal of the concepts and approaches, Director General's Report, Rome: Food and Agriculture Organization. 15 p.
- Goats, S. 2012. Possibilities of using humic acid in diets for . T. DEGIRMENCIOGLU: Humic acid in diets of Saanen goats, *Mljekarstvo*, 62 (4): 278-283.
- Groosl, P. R, and W. P. Inkeep. 1991. Precipitation of dicalcium phosphate dehydrate in the presence of organic acids. *Soil sci. Amer. J.* 55:670-675.
- Gulser, F., Sonmez, F., and Boysan, S. 2010. Effects of calcium nitrate and humic acid on pepper seedling growth under saline condition. *Journal of Environmental Biology*. 31(5) 873-87.

- Hafez, M.M. 2004. Effect of some sources of Nitrogen fertilizer and concentration of humic acid on the productivity of squash plant. Egypt. J. Appli. Sci. 19: 293-309.
- Haghparsat, R., Zangane, Sh., and Rajabi, R. 2010 . Humic and fulvic acid treatments on germination of wheat seeds under drought stress. The Sixth National Conference on new ideas in agriculture. Branch. March 1390. Islamic Azad University.
- Hai, S.M., and Mi, R.S. 1998. The lignitic coal derived HA and the prospective utilization in pakistan agriculture and industry. Sci. Technol. Dev. 17: 32–40.
- Hakan, C., A. Vahap Katkat, B. Bulent Asık, and M.A Turan. 2011. Effect of Foliar-Applied Humic Acid to Dry Weight and Mineral Nutrient Uptake of Maize under Calcareous Soil Condition^{ns} C ommunicatio^{ns}. Soil Science and Plant Analysis Volume 42. Issue 1. Pages 29 – 38.
- Hamada, A. M., and Al-Hakimi, A. M. A. 2001. Salicylic acid versus salinity-drought-induced stress on wheat seedlings. Rostlinna výroba. 47: 444-450.
- Harper S.M., Kervin G.L., Edwards D.G. and Ostetk Boczyski Z. 2000
- Havaux M. (1998) Carotenoids as membrane stabilizers in chloroplasts. Trends in Plant Science 3(4): 147–151.
- Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. and Ahmad, A. 2010. Effect of exogenous Salicylic acid under changing environment: A review. Environmental and Experimental Botany. 68: 14-25.
- Hoseini A., and Kavousi B. 2014. Effect of vermicompost and humic acid on growth indices of hybrid tomato seedling SUN 6189. The first national congress on biology and natural sciences.
- Hussain, M., Malik, M.A., Farooq, M., Ashraf, M.Y. and Cheema, M.A. 2018. Improving drought tolerance by exogenous application of glycine betaine and salicylic acid in sun flower. Journal of Agronomy and Crop Science. 194: 193- 199

- Ismail, O.M. and M. Kardoush, 2011. The impact of some nutrients substances on germination and growth seedling of *Pistacia vera* I. Australian J. Basic and Applied Sciences, 5: 115-120.
- Iswaran V. and Chonkar P.K. 1971. Action of sodium humate and dry matter accumulation of soybean in saline alkali soil. In B. Novak et al. Humus et Planta:613-615.
- Jing, C., Cheng, Z., and Zhong, S. 2007. Effect of exogenous salicylic acid on growth and H₂O₂-metabolizing enzymes in rice seedlings under lead stress. Journal of Environmental Sciences, 19(1): 44-49.
- Jing-min, Z., X. Shang-jun, S. Mao-peng, M. Bing-yao, C. Xiu-mei, AND L. Chu^{ns}heng. 2010. Effect of Humic Acid on Poplar Physiology and Biochemistry Properties and Growth under Different Water Level. Journal of Soil and Water Conservation. Journal of Soil and Water Conservation.
- Jones, C.A., Jacobsen, J.S., Mugaas, A., 2004. Effect of humic acid phosphorus availability and spring wheat yield. Fact. Fertilizer. 32.
- Kabiri, R., and Naghizadeh, M. 2015. Exogenous acetyl salicylic acid stimulates physiological changes to improve growth, yield and yield components of barley under water stress condition. Journal of Plant Physiology and Breeding. 5(1): 35-45.
- Kadioglu, A., Saruhan, N., Salam, A., Terzi, R. and Acet, T., 2011. Exogenous salicylic acid alleviates effects of long term drought stress and delays leaf rolling by inducing antioxidant system. Plant Growth Regulation, 64(1): 27-37.
- Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K. G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *foeniculum vulgare* Mill. On mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource Technology. 93: 307-311.
- Kawango, T. and Zhoin, S. 2008. Mechanism of peroxidase action^{ns} for salicylic acid-induced generation of active oxygen species and an increase in cytosolic calcium in tobacco cell suspension culture. Journal of Experimental Botany. 51: 685-693.

- Khan, A., Guramni, A.R., Khan, M.Z., Hussain, F., Akhtar, M.E., and Khan, S. 2012. Effect of humic acid on growth, yield, nutrient composition, photosynthetic pigment and total sugar contents of peas (*Pisum sativum* L). J. Chem. Soc. Pakistan. 6: 56-63.
- Khodary, S.F.A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. Int. J. Agric. Biol. 6: 5 - 8.
- Khorsand H., and Kavooosi B. 2012. The effect of different levels of nitrogen and humic acid on the vegetative characteristics of the grass meadow fescue (*Festuca rubra*) in cold region of Boyer Ahmad. The third national conference on agricultural science and food industry. Fasa. Islamic Azad University.
- Kramer, A. W., Doane, T. A., Horwath, W. R. and Van Kessel, C. 2002. Combining fertilizer and organic inputs to synchronize N supply in alternative cropping system in California. Agriculture Ecosystem and Environmental: 91: 233-243.
- Kramer, P. S. 1983. Water relatio^{ns} of plants. Academic Press. PP. 342-415.
- Krantev, A., Yordanova, R., Janda, T., Szalai, G. and Popova, L. 2008. Treatment with salicylic acid decreases the effect of cadmium on photosynthesis in maize plants. Journal of Plant Physiology, 165(9): 920-931.
- Li G., and Eve^{ns} M.R. 2000. Humic acid substrate treatments and foliar spray application effects on root growth and development of seedlings. Hort Science, 35: 434.
- Liu, C. and Cooper, R.J. 2000. Humic substances influence creeping bentgrass growth. Golf Course Management 49-53
- Liu, C. and P.M. Huang, 1999. Atomic Force Microscopy of pH, Ionic strength and Cadmium Effects on Surface Features of Humic Acid. In: Ghabbour, E.A. and Davies, G. (eds.), Understanding Humic Substances: Advanced Methods, Properties and Applicatio^{ns}. Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK.. pp. 87-128.

- Ma, A.I., Colmer, T.D., Lamber, H. 2007. Short-term waterlogging has long-term effect on the growth and physiology of wheat. *New Phytologist*. 153: 225-235.
- Maccarthy, P. 2001. The principles of humic substances. *Soil Science* 166:738–751. Mathers, A.C., B.A. Stewart and J.D.Thomas.1981. Manure effects on water intake and runoff quality from irrigated grain sorghum plots. *J. Environ Qual*. 10(3):782-785.
- Macilwain, C. 2004. Is organic farming better for the environment? *Nat*, 428: 797-798.
- Mackowiak C.L., Grossl P.R., and Bugbee B.G. 2001. Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. *Soil Science Society of American Journal*, 65: 1744–1750.
- Marschner, H., 2016. Root-induced changes in the availability of micronutrients in the rhizosphere. In: Waisel, Y., Eshel, A., Kafkafi, U. (Eds.), *Plant Roots—the Hidden Half*. Marcel Dekker, Inc., New York, New York, (Ch. 23) , pp. 505–528.
- Michael K. 2001. Oxidized lignites and extracts from oxidized lignites in agriculture. *Soil Science*, 1-23.
- Michael, K. 2001. Oxidized lignites and extracts from oxidized lignites in agriculture. *Soil Sciences*, 1-23
- Mohammadi, K., Kalamian, S. and Nouri, F. 2007. Use of agricultural wastage as compost and its effect on grain yield of wheat cultivars. *National Con. On agri. Wastage*. Tarbiat Modares University, Tehran, Pp: 219-224.
- Moraditochae, M. 2012. Effect of humic acid foliar SPRAYING and NITROGEN Fertilizer Management on yield of Peanut (*Arachis hypogaea* L.) in iran. *ARPAN. Journal of Agricultural and Biological Science*. 7(4): 289- 293.
- Naghizadeh, M., and M. Gholami Turan Poshti. 2014. Effect of seed priming with salicylic acid on yield and yield components of wheat under drought stress. *Journal of Agroecology*. 6: 162-170.

- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry* 34: 1527–1536.
- Nazar, R., Umar, S., Khan, N A., Sarer, O. 2015. Salicylic acid supplementation improves photosynthesis and growth in mustard through changes in proline accumulation and ethylene formation under drought stress. *South Afr J Bot.* 98: 84-96.
- Noreen, S., and M. Ashraf. 2008. Alleviation of adverse effects of salt stress on sunflower (*Helianthus annuus* L.) by exogenous application of salicylic acid: growth and photosynthesis. *Pakistan Journal of Botany.* 40 (4): 1657-1663.
- Oehel, F., E. sieverding, P. Mader, D. Dubois, K. ineichen, T. Boller and A. Wiemken. 2004. impact of long term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. *Oecologia.* 138(4): 574-583.
- Palm, A. C., Gachengo, C. N., Delve, R. J., Cadisch, G. and Giller, K. E. 2001. Organic inputs for soil fertility management in tropical agro-ecosystems: application of an organic resource database. *Agricultural Ecosystem Environment.* 8: 27–42.
- Pinamonti, F. 1998. Compost mulch effects on soil fertility, nutritional status and performance of grapevine. *Nutrition Cycling Agro-ecosystem.* 51:239-248.
- Pinton R., Cesco S., Iacoletti G., Astolfi S., and Varanini Z. (1999). Modulation of NO₃⁻ uptake by water-extractable humic substances: involvement of root plasma membrane H⁺-ATPase. *Plant and soil*, 215:155-161.
- Popova, L. P., Maslenkova. L. T., Yordanova, R. Y., Ivanova, A. P., Krantev, A. P., Szalai, G., and Janda, T. 2019. Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in pea seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry.*

- Pulleman, M. A., Jongma^{ns}, J. and Bouma, J. 2003. Effects of organic versus conventional arable farming on soil structure and organic matter dynamics in a marine loam in the Netherlands. *Soil Use Manage.* 19:157-165.
- Rahbarian, P. and Salehi Sardoei, A. 2014. Effects of drought stress and manure on herb yield and essential oil of dragonhead (*Dracocephalum moldavica*). 2th congress of Organic Agriculture, Ardabi, 212-217.
- Rajasekaran, L.R., Stiles, A., Surette, M.A., Sturz, A.V., Blake, T.J., Caldwell, C., and Nowak, J. 2002. Stand establishment technologies for processing carrots: Effects of various temperatureregimes on germination and the role of salicylates in promoting germination at low temperatures. *Canadian Journal of Plant Science.* 82: 443-450.
- Raskin, I. 1999. Role of salicylic acid in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology.* 43(1): 439-463.
- Rauthan, B.S., and Schnitzer, M. 1981. Effects of a soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Plant and Soil.* 63(3): 491-495.
- Rosales-Serena, R., Kohashi-Shibata, J., Trejo- Lopez, A., Ortiza-Cereceres, C, and Kelly, J.D. 2002. Yield and phonological adjustment in four drought-stressed common bean cultivars. *Annual Red Bean Improvement Crop.* 45: 198-199.
- Sabahi, H., Ghalavand, A., ModarresSanavy, A.M., and Asgharzadeh, A. 2008. Comparing the effects of integrated and conventional fertilization systems on canola (*Brassica napus*) yield and chemical properties of soil. *Water Soil J.* 22(2): 1-15.
- Sabzevari S., Khazai H.R., and Kafi M. 2009. The effect of humic acid on root and shoot growth of Sayonez and Sabalan cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Soil and Water (Agricultural Science and Technology)*, 23(2): 87-94.

- Sakhabutdinova, A., Fatkhutdinova, D., Bezrukova, M. and Shakirova, F.M. 2003. Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. *Bulg J Plant Physiol*, 21: 314-319.
- Samavat, S., malakuti, M. 2005. Samavat, S., and Malakooti, M. 2006. Important use of organic acid (humic and fulvic) for increase quantity and quality agriculture productio^{ns}. Water and soil researchers technical issue 463:1-13.
- Sanchez–Sanchez A., Sanchez–Andreu J., Juarez M., Jorda J., and Bermudez D. 2006. Imporvement of iron uptake in table grape by addition of humic substaneecs. *Journal of Plant Nutrition*. 29(2): 259-272.
- Schuman, G.E., Stanley, A.M. and Kunden, D. 1973. Automated total nitrogen analysis of soil and plant samples. *SSSA Spec. Publ.* 37: 480-481
- Sebahattin, A., Necdet, C. 2005., Effects of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield components of forage Turnip (*Brassica rapa* L.) .*Agronomy. J.* 4, 130-133.
- Selim, AA. mosa, A.M.EL. Jhamry. 2009. faculty agriculture, ma^{ns}. Uraunirersito Egypt.
- Senaranta, T., Teuchela, D., Bumm, E. and Dixon, K., 2010. Acetylsalicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Journal of Plant Growth Regulation*, 30: 157-161.
- Serenella, N., Pizzeghello, D., Muscolob, A., and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology & Biochemistry* 34: 1527-1536
- Sevtha, J., T. Senaratna and K. Sivasithamparam. 2016. Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma): associated changes in gas exchange, water relatio^{ns} and membrane stabilization. *Plant Growth Regul.* 49: 77-83.

- Shaharoona, B., Arshad, M., Zahir, Z. A. and Khalid, A. 2006. Performance of *Pseudomonas* spp. Containing ACC deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays L.*) in the presence of nitrogenous fertilizer. *Soil Biology and Biochemistry*. 38(9): 2971- 2975.
- Shakirova, F.M. and Sahabudinova, A.R. 2014. Changes in the hormonal status of wheat seedling induced by salicylic acid and salinity. *Plant. Sci*. 164: 317- 322.
- Sharif, M. 2003. Effect of lignite coal derived humic acid on growth yield wheat and maize in alkaline soil. *Political Science*: 171.
- Sharif, M., Khattak, R.A., and Sarir, M.S. 2002. Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. *Communicatio^{ns} in Soil Science and Plant Analysis*. 33: 3567-3580.
- Sharma, A. K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India. Pp: 407.
- Sheng Zhou, Z., Guo, K., Abdou Elbaz, A. and Min Yang, Z. 2009. Salicylic acid alleviates mercury toxicity by preventing oxidative stress in roots of *Medicago sativa*. *Environmental and Experimental Botany*, 65(1): 27-34.
- Shindo, H. and Nguyen, T. H. 2011. Quantitative and qualitative changes of humus in whole soils and their particle size fractio^{ns} as influenced by different levels of compost application. *Agri. Sci*. 2: 1-8.
- Singh, B and Usha K. 2015. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant*. 39: 137–141.
- Singh, N. B., Yadan, K., and Amist, N. 2012. Mitigating effects of salicylic acid against herbicide stress. *Journal of Biochemistry Stress Physiology*. 8: 27-35.
- Szmidt RAK. Principles of composting. Technical Note.TN446. Pub.1997. SAC.

- Tahir, M.M., M. Khurshid, M.Z. Khan, M.K. Abbasi, and H.M. Kazmi. 2011. Lignite-derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. *Pedosphere*. 21: 124-131.
- Taize, L. & E. Zeiger. 2006. *Plant Physiology*. Forth Edition. Sinauer Associate, Inc., Publishers Sunderland, Massachusetts. Paper. 738
- Tan, K.H. 2003. *Humic Matter in Soil and the Environment*. Marcel Dekker, New York.
- Tattini, M., Bertoni, P., Landi, A. and Traversim, M.L. 1991. Effect of humic acids on growth and biomass portioning of container grown olive plants. *Acta Horticulturae* 294: 75-80.
- Taylor G and Cooper L. 2004. Humic acid: The root to healthy plant growth. California State Science Fair, 1610.
- Tejada M., and Gonzalez J.L. 2003. Influence of foliar fertilization with amino acids and humic acids on productivity and quality of asparagus. *Biological Agriculture and Horticulture*, 21(3): 277-291.
- Turkmen, O., Demir, S., Se^{ns}oy, S and Dursun, A. 2005. Effect of arbuscular mycorrhizal fungus and humic acid on the seedling development and nutrient content of pepper grown under saline soil conditio^{ns}. *Journal of Biological Sciences* 5 (5): 565- 574.
- Turkmen, O., Dursun, A., Turan, M.,& Eric, C. 2004. Calcium and humic acid affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato. *Acta Agriculture Scandinavia, soil and plant science*, 54, 168 – 174.
- Vaughan, D., Linehan. D.J., 2004. The growth of wheat plants in humic acid solutio^{ns} under axenic conditio^{ns}. *Plant and Soil*. 44, 445-449.
- Wang X.J., Wang Z.Q., and Li S.G.(1995). The effect of humic acids on the availability of phosphorus fertilizers in alkaline soils. *Soil Use Manage*, 11:99-102.
- Wolf, D.W., Henderson, D.W., Hsiao, T. C. and Alvino, A. 1988. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize. I. Leaf

area duration nitrogen distribution and yield. *Agronomy Journal* 80: 859-864

Xavier, D.M., Silva, A.S., Santos, R.P., Mesko, M.F., Costa, S.N., Freire, V.N., Cavada, B.S. and Marti^{ns}, J.L. 2012. Characterization of the coal humic acids from the Candiota Coalfield. Brazil. *International Journal of Agriculture Sciences*. 4(5): 238-242.

Xudan, X. 1996. The effect of foliar application of fulvic acid on water use, nutrient uptake and wheat yield. *Aust. J. Agric. Res.* 37, 343-350.

Yang, W. Z., and Shao, M. A. 2000. *Soil Water of the Loess Plateau*. Science Press, Beijing, China.

Yildirim, E. 2007. Foliar and soil fertilization of humic acid effect productivity and quality of tomato. *Acta Agriculture Scandinavica, B. soil and plant sci.* 57 (2): 182-186.

Young C.C., and Chen L.F.. 1997. Polyamines in humic acid and their effect on radical growth of lettuce seedling. *Plant and Soil*, 195: 143-149.

Zhang L., Sun X.Y., Tian Y., and Gong X.G. 2014. Biochar and humic acid amendments improve the quality of composted green waste as a growth medium for the ornamental plant *Calathea i^{ns}ignis*. *Scientia Horticulturae*, 176:70–78.

Zhou, X., Mackeuzie, A., Madramootoo, C., and Smith, D. 2005. Effect of stem-injected plant growth regulators with or without sucrose on grain production, biomass and photosynthetic activity of fieldgrown corn plants. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 183(2): 103-110.

Zhu, X., Kandola, J., Ghahramani, Z. and Lafferty, J. 2005. Nonparametric tra^{ns}forms of graph kernels for semi-supervised learning. In Saul LK, Weiss Y and Bottou L (eds.). "Advances in Neural Information Processing Systems (nips) 17.

Zhuo, H.J., Lin, X.W., Shi, H.Z., and Chang, S.M. 1999. The regulating effect of phenolic compounds on the physiological characteristics and yield of soybea^{ns}. *Acta Agron. Sin.* 21: 351-35.

Abstract

Creating favorable conditions in order to increase the growth and yield of crops is one of the most important goals of agriculture, since crops face various environmental stresses during the growing season, and given that millet is one of the most important crops in The areas are arid and semi-arid, creating favorable conditions for growth and ultimately increasing the grain yield of this product seems to be very necessary and important. In order to investigate the effect of foliar application of salicylic acid and humic acid on grain growth and grain yield of different millet cultivars in the crop year 2019 in the educational-research farm of the Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology was conducted. The experiment was performed as a factorial split plot in a randomized complete block design with 3 replications. The main factors of cultivar (Ukrainian, Bostan and Peshahang) and the sub-factors of the experiment included the use of salicylic acid and the use of humic acid. Irrigation after planting was done in barley and ridge with irrigation cycle of 7 days and all experimental plots were irrigated equally at each stage of irrigation and salicylic acid (0, 400 mg / l) and humic acid (0, 600 mg / l). Each was sprayed in two stages. In this experiment, traits such as photosynthetic pigments, relative leaf water content, grain yield components, grain yield and biological yield were measured. The results of this experiment showed that salicylic acid and humic acid improved the measured traits in this experiment so that the photosynthetic pigments (a, b) under the influence of these two compounds were significantly increased compared to the non-use of these compounds. Also, the relative content of leaf water and proline increased with the use of salicylic acid and humic acid. Also, the results of this experiment showed that the 1000-seed weight and number of seeds per millet plant increased significantly with the use of salicylic acid and humic acid. Grain yield was observed in the treatment of 600 ml humic acid and Ukrainian cultivar which was equal to 1426 kg / ha. In general, the results of this experiment showed that the application of humic acid and salicylic acid increased grain yield in all studied cultivars and Ukrainian cultivar ratio It is more suitable for both ancient and pioneer cultivars in the studied traits.

Keywords: Relative water content, proline, plant height, grain yield components, biological yield.



Shahrood University of
Technology

Faculty of Agriculture

Evaluation of foliar application of salicylic acid and humic acid on grain growth and grain yield of different millet cultivars

By:
Tayebe Rajabi

Supervisor:
Dr.A. Gholami

Advisors:
Dr. H.Abbasdokht
Dr. M. R. Ameryan

Januray 2021