

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته



دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته آگرواکولوژی

عنوان

اثر کاربرد براسینو استروئید، اسید هیومیک و ازتوباکتر بر عملکرد و
اجزای عملکرد نخود دیم

نگارنده

علیرضا دهقان

استاد راهنما

دکتر محمدرضا عامریان

اساتید مشاور

مهندس مهدی رحیمی

دکتر یوسف محمدی

پاییز ۱۴۰۰

با سپاس از خداوند بزرگ در توفیق انجام امور و قدردانی و تقدیر از زحمات استاد
راهنما و مشاورین ارجمند، این اثر را به همسر فداکارم که حامی و مشوق من
بوده، فرزندان عزیزم، پدر و مادرم که دعای خیر آنان همیشه همراه من در تمام
مراحل زندگی بوده است تقدیم مینمایم.

تعهدنامه

اینجانب علیرضا دهقان دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی گرایش کشاورزی اکولوژیک دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، نویسنده پایان نامه اثر کاربرد براسینو استروئید، اسید هیومیک و ازتوباکتر بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود دیم

تحت راهنمایی دکتر محمدرضا عامریان

متعهد می‌شوم:

- تحقیقات این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محقق‌های دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا افراد دیگر برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج پایان نامه تأثیرگذار بوده‌اند 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.



امضاء: علیرضا دهقان

تاریخ: ۱۴۰۰/۱۲/۹

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. 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 نمی‌باشد.

چکیده

به منظور مقابله و تطابق محصول نخود (*Cicer arietinum L*) در مواجهه با تنشهای مهم غیرزنده که موجب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد نخود در کشور گردیده، استفاده از مواد کودی و برخی تنظیم کننده های رشد گیاهی میتواند یکی از راهکارهای مهم درسازگاری این محصول باشد. با توجه به اهمیت این گیاه و همچنین مفید بودن ترکیبات هیومیک، براسینو استروئیدی و باکتری ها این آزمایش با هدف تاثیر آنها بر خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک نخود در مزرعه ای در شهرستان گرگان در سال زراعی ۹۸-۹۹ به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اول باکتری با دو سطح کاربرد (آغشته شدن بذرها) و عدم کاربرد، فاکتور دوم اسید هیومیک با دو سطح (صفر و ۶ لیتر در هکتار) و فاکتور سوم براسینو استروئید با سه سطح (صفر، ۴ و ۶ میکرومولار) در دو مرحله قبل از گلدهی و ۵۰ درصد گلدهی محلول پاشی شدند. نتایج این آزمایش نشان داد کاربرد باکتری و ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک باعث بدست آمدن بیشترین مقدار برای وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و ارتفاع بوته شد، همچنین اثر متقابل باکتری و براسینو استروئید نشان داد با افزایش در کاربرد براسینو استروئید صفاتی نظیر وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، عملکرد پروتئین، درصد پروتئین دانه، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه نسبت به شاهد افزایش معنی داری نشان می داد. به طور کلی بر اساس نتایج این آزمایشات باید بیان کرد فاکتورهای مانند اسید هیومیک، باکتری و براسینو استروئید به دلیل ویژگی های خاصی که داشته باعث بهبود صفات مورفولوژیک و اجزای عملکرد دانه نخود گردیده، که این امر در نهایت باعث افزایش در میزان عملکرد دانه نخود به عنوان مهمترین صفت شده است.

کلمات کلیدی: صفات مورفولوژیک، درصد پروتئین، محلول پاشی

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه و کلیات	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- بیان مسئله	۴
۳-۱- اهداف	۶
فصل دوم: بررسی منابع	۷
۱-۲- اسید هیومیک و اهمیت آن	۸
۲-۲- اثرات اسید فولویک و اسید هیومیک بر خصوصیات گیاهان	۹
۳-۲- باکتریهای محرک رشد و گیاهان زراعی	۱۵
۴-۲- براسینو استروئیدها	۲۶
فصل سوم: مواد و روش‌ها	۲۹
۱-۳- زمان و مکان انجام آزمایش	۳۰
۲-۳- آماده سازی زمین و کاشت	۳۰
۳-۳- طرح آزمایش	۳۰
۴-۳- نقشه کاشت	۳۱
۵-۳- اندازه‌گیری‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک	۳۳
۶-۳- تجزیه و تحلیل داده ها	۳۴

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳۵	فصل چهارم: نتایج و بحث
۳۶	۴-۱- ارتفاع بوته
۳۸	۴-۲- وزن خشک برگ و ساقه
۴۲	۴-۳- شاخص سطح برگ
۴۶	۴-۴- درصد پروتئین دانه و عملکرد پروتئین
۵۰	۴-۵- اجزای عملکرد دانه
۵۷	۴-۶- عملکرد بیولوژیک
۶۰	۴-۷- عملکرد دانه
۶۲	۴-۸- نتیجه گیری کلی
۶۳	۴-۹- پیشنهادات
۷۱	منابع

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۳-۱- نقشه کاشت	۳۱
شکل الف ۴-۱- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد و عدم کاربرد باکتری با اسید هیومیک بر ارتفاع بوته.....	۳۷
شکل ب ۴-۱- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد باکتری با براسینواستروئید بر ارتفاع بوته	۳۸
شکل ۴-۲- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد و عدم کاربرد باکتری با اسید هیومیک بر وزن خشک برگ نخود	۳۹
شکل ۴-۳- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد و عدم کاربرد باکتری با اسید هیومیک وزن خشک ساقه	۴۰
شکل ۴-۴- مقایسه میانگین اثر براسینواستروئید بر وزن خشک برگ نخود.....	۴۱
شکل ۴-۵- مقایسه میانگین اثر براسینواستروئید بر وزن خشک ساقه نخود	۴۱
شکل ۴-۶- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد و عدم کاربرد باکتری با اسید هیومیک بر شاخص سطح برگ نخود	۴۵
شکل ۴-۷- مقایسه میانگین اثر ساده براسینواستروئید بر شاخص سطح برگ نخود.....	۴۵
شکل ۴-۸- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد و عدم کاربرد باکتری و اسید هیومیک بر درصد پروتئین دانه	۴۷
شکل ۴-۹- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد و عدم کاربرد باکتری و اسید هیومیک بر عملکرد پروتئین نخود	۴۸

- شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری و براسینو استروئید بر درصد پروتئین دانه و عملکرد پروتئین..... ۴۹
- شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد و عدم کاربرد باکتری و اسید هیومیک بر تعداد غلاف در بوته نخود ۵۲
- شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین اثر ساده براسینو استروئید بر تعداد غلاف در بوته نخود ۵۲
- شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین اثر ساده براسینو استروئید، باکتری و اسید هیومیک بر تعداد دانه در غلاف نخود..... ۵۴
- شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین اثر ساده اسید هیومیک و اثر متقابل باکتری و براسینو استروئید بر وزن صد دانه نخود..... ۵۶
- شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد و عدم کاربرد باکتری و اسید هیومیک بر عملکرد بیولوژیک نخود ۵۹
- شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین اثر ساده براسینو استروئید بر عملکرد بیولوژیک نخود ۵۹
- شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد و عدم کاربرد باکتری و اسید هیومیک بر عملکرد دانه نخود ۶۰
- شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین اثر ساده براسینو استروئید بر عملکرد دانه نخود ۶۲

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول پیوست ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر باکتری، اسید هیومیک، براسینو استروئید و اثرات متقابل بر ارتفاع بوته نخود.....	۶۵
جدول پیوست ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر باکتری، اسید هیومیک و براسینو استروئید بر شاخص سطح برگ نخود.....	۶۶
جدول پیوست ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر باکتری، اسید هیومیک و براسینو استروئید بر وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه نخود	۶۷
جدول پیوست ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر باکتری، اسید هیومیک و براسینو استروئید بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صدادانه نخود	۶۸
جدول پیوست ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر باکتری، اسید هیومیک و براسینو استروئید بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نخود	۶۹
جدول پیوست ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر باکتری، اسید هیومیک و براسینو استروئید بر درصد پروتئین دانه و عملکرد پروتئین نخود	۷۰

فصل اول

مقدمه و کلیات

ایران به دلیل موقعیت مکانی (عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۳۸ درجه شمالی)، وضعیت اقلیمی و ساختار طبیعی خود و با دارا بودن متوسط نزولات آسمانی میلی‌متر در سال از جمله ۶۰ کشور جهان است که در کمربند خشکی قرار گرفته است بنابراین تولیدات کشاورزی آن متأثر از شرایط نامطلوب کمربند خشکی و نیز متأثر از شرایط اقلیمی است که هر چند سال یکبار اتفاق می‌افتد و همچنین به دلیل موقعیت جغرافیایی، در اکثر نقاط آن تنش‌های مهم غیر زنده موجب کاهش عملکرد و در مواردی نیز موجب عدم موفقیت در کشاورزی گردیده است (حلاجی، ۱۳۸۴). با توجه به شرایط اقلیمی کشور و وقوع خشکسالی‌ها و تغییر اقلیم، کمبود آب مهمترین عامل محدودکننده تولید گیاهان زراعی مانند نخود می‌باشد (راعی و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین اثر معنی داری بر تعداد غلاف دربوته، وزن دانه در تک بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه و ماده خشک کل دارد. موسوی و همکاران (۲۰۰۴) بیان کرده اند مصادف شدن مرحله پر شدن دانه با درجه حرارت‌های نسبتاً بالا در انتهای فصل رشد، تولید زیست توده و عملکرد دانه نخود را به ترتیب به میزان ۶۶ و ۸۹ درصد کاهش می‌دهد.

نخود (*Cicer arietinum* L.) محصولی است که به شرایط آب و هوایی متفاوت از معتدل تا گرم و از مرطوب تا خشک در سرتاسر دنیا سازگار شده است. خصوصیات همچون تثبیت نیتروژن، ریشه‌دهی عمیق و استفاده از نزولات جوی سبب شده است که این گیاه نقش مهمی در ثبات تولید نظام‌های زراعی در کشاورزی پایدار ایفا کند. در ایران نخود یکی از مهمترین حبوبات است و بیش از ۵۰ درصد از سطح زیر کشت حبوبات را به خود اختصاص داده است (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۱).

یکی از راه‌های مقابله و تطابق، استفاده از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی است (اوزدامیر و همکاران، ۲۰۰۴). اولین بار براسینو استروئیدها از دانه گرده گیاه کلزا استخراج (گروو و همکاران، ۱۹۷۹) و به

عنوان ششمین گروه از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی در نظر گرفته شد (روهینی و سنکارا، ۲۰۰۰). این ترکیبات موجب تحریک رشد و تقسیم سلولی می‌شوند (اسکالر، ۲۰۰۳). از جمله ترکیبات مفید دیگر که می‌تواند باعث بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی شوند ترکیبات هیومیکی به خصوص اسید هیومیک می‌باشد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۹)، اسید هیومیک از ترکیبات دارای کربن آلی موجود در خاک، آب‌های شیرین و اقیانوس‌ها به دست می‌آید که حاصل شکسته شدن و تجزیه بیولوژیکی و شیمیایی گیاهان و جانوران است و حدوداً ۷۵ درصد مواد آلی بیشتر خاک‌های معدنی را تشکیل می‌دهد. اسید هیومیک نقش مستقیمی در تعیین پتانسیل تولیدی خاک دارد. اسید هیومیک به روش‌های مختلفی می‌تواند تاثیر مثبتی بر رشد گیاه داشته باشد.

علاوه بر دو گروه بالا باکتری‌ها نیز می‌توانند اثرات مطلوبی بر گیاهان زراعی در شرایط تنش و شرایط طبیعی داشته باشند (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۸)، ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR^۱) از مهم‌ترین کودهای زیستی بوده و با محلول کردن و افزایش فراهمی زیستی عناصر معدنی، به‌طور مستقیم با تثبیت نیتروژن و تولید هورمون‌های رشد و به‌طور غیر مستقیم با کاهش یا پیشگیری از اثرات زیان آور بیماری‌زایی ریزجاندارهای دیگر، از طریق تولید انواع مواد آنتی بیوتیک و سیدروفورها سبب افزایش رشد گیاهان شده و عملکرد گیاهان زراعی را بهبود می‌بخشند (هان و لی، ۲۰۰۵؛ توران و همکاران، ۲۰۰۶). این باکتری‌ها قادرند تا از طریق تولید و ترشح تنظیم کننده‌های رشد مثل اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین باعث افزایش درصد جوانه‌زنی بذرها، ریشه‌زایی و گسترش ریشه شده و از این طریق با فراهم نمودن عناصر غذائی مورد نیاز گیاه از جمله نیتروژن و فسفر سبب افزایش رشد گیاه شوند (هادی و همکاران، ۱۳۸۸ و آستارائی و کوچکی، ۱۳۷۵).

¹ Promot growth plant rizhobactria

۱-۲- بیان مسئله

براسینو استروئیدها تحمل گیاهان را در محدوده وسیعی از استرس‌های محیطی افزایش داده‌اند. استفاده از براسینو استروئید در عدس تحت شرایط اقلیمی مختلف موجب افزایش عملکرد محصول شد (حیات و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین پژوهش‌ها نشان می‌دهد که براسینو استروئیدها می‌توانند موجب طیف گسترده‌ای از پاسخ‌های سلولی مثل طویل شدن ساقه، رشد لوله دانه گرده، تشکیل ریشه، القاء بیوسنتز اتیلن، فعال کردن پمپ پروتون و تنظیم بیان ژن شود (کاگال و کریشنا، ۲۰۰۷). کاربرد نوعی براسینو استروئید موجب افزایش محتوای نسبی آب، فعالیت نترات ردوکتاز، محتوای کلروفیل و میزان فتوسنتز شد. در این پژوهش در گیاهان تیمار شده با براسینو استروئید اثرات مفید در قالب ویژگی‌هایی هم چون سطح برگ بیشتر، تولید زیست توده زیادتر، عملکرد دانه و اجزای عملکرد قابل مشاهده بود (سایرام، ۱۹۹۴). همچنین تیمار بوته‌های گندم با نوعی براسینو استروئید در تنش شوری باعث بهبود رشد گندم در شرایط شور و غیر شور شد (شهباز و اشرف، ۲۰۰۷). صفاری و شوهر (۲۰۱۴) گزارش کردند که کاربرد براسینو استروئید در گیاه کلزا از راه افزایش بیان ژن‌های مربوط به آنزیم کاتالاز و کلروفیل موجب افزایش تحمل گیاه کلزا به خشکی شده و عکس‌العمل‌های رشدی گیاه را ارتقا داده است.

بیگس و همکاران (۱۹۸۹) نشان داده‌اند این مواد می‌تواند جوانه‌زنی دانه‌ها را در چندین گونه تحریک کند. همچنین آنها دریافتند اسید هیومیک موجب افزایش جذب نیتروژن بوسیله گیاهان و تحریک و افزایش جذب P ، Mg ، Ca و K می‌گردد. امروزه کاربرد اسید هیومیک رو به افزایش است و اکثر اوقات اسید هیومیک به صورت مستقیم در خاک و یا محلول پاشی روی اندام هوایی استفاده می‌شود. اسید هیومیک از نظر مواد معدنی و آلی غنی است و هر دوی این مواد برای رشد گیاه ضروری هستند در نتیجه، عملکرد کیفی و کمی گیاه در اثر استفاده از اسید هیومیک افزایش می‌یابد (گد و همکاران، ۲۰۱۲). اسید هیومیک سبب افزایش نفوذپذیری، نگهداری آب در حد ظرفیت زراعی، تبادل

یون‌ها و حفظ pH بافري خاک می‌شود (سليم و همکاران، ۲۰۱۰). محلول پاشی اسيد هیومیک روی نخود سبب افزایش تعداد و وزن غلاف در بوته، کلروفیل و میزان پروتئين از طریق افزایش تجمع مواد غذایی در نخود شد (آذريپور و همکاران، ۲۰۱۱). در بررسی ساکل نژاد و همکاران (۲۰۱۱) مصرف اسيد هیومیک با جذب عناصر پر مصرفی مانند فسفر و پتاسيم عملکرد دانه را در نخود افزایش داد. گد و همکاران (۲۰۱۲) گزارش دادند که با محلول پاشی اسيد هیومیک عملکرد دانه، وزن ۱۰۰۰ دانه و درصد پروتئين دانه افزایش یافت. نتایج بررسی خان و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که افزودن اسيد هیومیک سبب افزایش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن تر غلاف نخود شد. در بررسی حیدری و همکاران (۲۰۱۴) مصرف ۱/۵ لیتر اسيد هیومیک باعث افزایش بیوماس گیاه گاوزبان (*Borago officinalis*) شد.

گونه‌های مختلف باکتری دارای میزبان‌های تخصصی هستند (استفان، ۲۰۰۰). نخستین مرحله تجمع باکتری بر روی ریشه شناسایی گیاه میزبان توسط باکتری است طوری که از طریق ترشح مواد پلی‌اگزوپلی‌ساکاریدی توسط باکتری شامل ساکاریدها و لیپوپلی‌ساکاریدها و ارتباط آن با بعضی مواد پروتئينی ترشح شده توسط گیاه مانند مواد پروتئينی غیرآنزیمی به نام لیگنین یون‌ها یا مواد چسباننده ادهزین با واسطه کلسیم، اتصال باکتری با محل‌های مناسب بر روی ریشه انجام می‌گیرد. نتیجه‌ی این همزیستی در حبوبات، تبدیل نیتروژن اتمسفری به آسپاراژین و گلوتامین است (مارشور و بن رومدهان، ۲۰۰۸) باکتری همراه با بذر در خاک قرار می‌گیرد و می‌تواند ریشه‌های اولیه را آلوده کند (هورن و همکاران، ۱۹۹۶) در کشت زودتر با فصل رشد طولانی‌تر به دلیل مدت زمان بیشتر فعالیت باکتری‌ها در همزیستی گیاه، تثبیت نیتروژن بیشتر است (مک‌کنزی و هیل، ۱۹۹۵)، نخود سومین بقول دانه‌ای مورد کشت در جهان و مهمترین بقول دانه‌ای کشت شده در ایران بوده و سطح زیر کشت دیم آن در ایران نزدیک به ۶۰۰ هزار هکتار است (وزارت خانه جهاد کشاورزی).

با توجه به اهمیت گیاه نخود و همچنین مفید بودن ترکیبات هیومیک، براسینو استروئیدی و باکتری‌ها این آزمایش با هدف‌های زیر انجام شد.

۱-۳- اهداف

- بررسی اثرات ساده هریک از فاکتورهای آزمایش بر خصوصیات فیزیولوژیک و مرفولوژیک گیاه نخود.
- بررسی تأثیر متقابل اسید هیومیک، براسینو استروئید بر خصوصیات فیزیولوژیک و مرفولوژیک نخود در حضور باکتری.

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- اسید هیومیک و اهمیت آن

محققان بیان کرده‌اند یکی از راه‌های بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی استفاده از ترکیبات شیمیایی مفید می‌باشد، که این ترکیبات همچنین می‌توانند به منظور مقابله با تنش‌های محیطی برای کاهش اثرات منفی تنش‌ها محیطی نیز به کار روند (ما و همکاران، ۲۰۰۷ و اشرف و فولاد، ۲۰۱۷). ترکیبات شیمیایی سازگار با وزن مولکولی پایین و در غلظت‌های بالای سلولی غیرسمی 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 سیالیت 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 پسایدگی از دست دادن آب حفظ می‌کنند، و موجب بهبود شرایط رشد و نمو گیاهان در شرایط طبیعی و تنش می‌شوند (اشرف و فولاد، ۲۰۱۷). برای مقابله با آثار ناشی از تنش‌های محیطی محققان به دنبال راهکارهایی برای کاهش اثرات نامطلوب آن هستند، به‌طوری که گزارش کرده‌اند افزایش تحمل گیاهان از راه‌های مختلف شامل به‌نژادی، استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد و ترکیبات بهبود دهنده فرایندهای فیزیولوژیک گیاهان عملی است. در مقایسه با روش‌های به‌نژادی که اغلب بلندمدت و هزینه‌بردار هستند، استفاده از مواد شیمیایی شامل اسید فولویک، اسید سالیسیلیک، اسید هیومیک، سدیم نیتروپروساید، اسید آسکوربیک، گلیسین بتائین و اسید جاسمونیک آسانتر و ارزانتر است (الطیب، ۲۰۱۵).

ترکیبات هیومیکی می‌توانند باعث افزایش عملکرد گیاهان زراعی و تعدیل اثرات تنش‌های محیطی شوند (گادال 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 به طور مستقیم سبب 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 اسیدهیومیک و اسیدفولویک 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 زغال سنگ استخراج می‌شوند (داوودی و همکاران، ۲۰۱۲ و قاسمی و کافی، ۲۰۱۰).

۲-۲- اثرات اسیدفولویک و اسید هیومیک بر خصوصیات گیاهان

در میان ترکیبات شیمیایی مفید برای گیاهان در شرایط طبیعی و تنش‌های محیطی اسید فولویک و اسید هیومیک نسبت به سایر ترکیبات ارزانتر و پرکاربردتر بوده‌اند، همچنین ترکیبات داری این دو اسید نیز در دسترس آسان می‌باشند (قام و همکاران، ۲۰۱۳). لازم به یادآوری است که تنش‌های محیطی به صورت افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی بر یاخته‌های گیاه تأثیر گذاشته، به طوری که بر پایه گزارش منابع مختلف یکی از ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی مهم در گیاهان ترکیبات هیومیک می‌باشند و احتمال دارد که کاربرد برونزای آن‌ها بتواند در کاهش تنش‌های زنده و محیطی نقش داشته باشد (سنارانتا و همکاران، ۲۰۰۰ و سودا و همکاران، ۲۰۱۶ و باقی زاده و همکاران، ۲۰۰۹ و سماوات و ملکوتی، ۲۰۰۶).

محققان بیان کرده‌اند اسید هیومیک یکی از کودهای مناسب مورد استفاده در نظام کشاورزی ارگانیک می‌باشد. با توجه به ملاحظات زیست محیطی اخیرا 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 قابل ملاحظه‌ای 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). اسیدهیومیک با وزن مولکولی ۳۰۰۰۰-۳۰۰۰۰۰ دالتن و اسید فولیک هم با وزن مولکولی کمتر از ۳۰۰۰۰ دالتن سبب تشکیل کمپلکس‌های پایدار و نامحلول و کمپلکس‌های محلول با عناصر میکرو می‌گردند (مایکل، ۲۰۰۱).

فرناندز و همکاران (۱۹۹۶) با محلول‌پاشی ترکیبات داری اسید هیومیک بر زیتون در شرایط گلخانه‌ای و مزرعه دریافتند که تجمع پتاسیم، بر، منیزیم و آهن در برگ‌ها افزایش می‌یابد و رشد ساقه‌ها بیشتر می‌شود، ایشان بیان کردند افزایش آهن و منیزیم در برگ باعث افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی به خصوص 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) نشان دادند پاشش اسید هیومیک و اسیدهای آمینه روی گیاهان مارچوبه توانست جذب اغلب عناصر کم مصرف به‌خصوص آهن و پر مصرف به‌خصوص 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 محلول پاشی اسید هیومیک موجب افزایش نگهداری آب برگ و میزان فتوسنتز شده و متابولیسم آنتی اکسیدانی را کاهش می‌دهد (فوجیو و همکاران، ۱۹۹۵). در تحقیقی که توسط لی و ایون (۲۰۰۰) صورت گرفت مشخص گردید که کاربرد اسید هیومیک 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).

اسید فولویک و اسید هیومیک با کاهش میزان تنش اکسایشی و افزایش مقدار پرولین نیز در حفاظت از غشاها و اندامک‌های سلولی از جمله ماشین پروتئین سازی سلول و ساختار پروتئین‌ها و آنزیم‌ها موفق عمل می‌کند و از اکسایش یا تجزیه آن‌ها می‌کاهد. افشانه سازی اسید فولویک و اسید هیومیک با افزایش توان آنتی اکسیدانی از جمله کاروتنوئیدها موجب کاهش مقدار پراکسایش لیپیدها و مقدار آب اکسیژنه و حفاظت بیشتر از غشاهای سلولی و فتوسنتزی و رنگیزه های فتوسنتزی می‌شود و از کاتابولیسم کلروفیل جلوگیری می‌کند (کوستا و همکاران، ۲۰۱۵). افزایش محتوای کلروفیل به دنبال کاربرد خارجی اسید فولویک و اسید هیومیک در بسیاری از گیاهان از جمله ذرت، کلزا، گندم و جو گزارش شد (قای و ستیا، ۲۰۰۲؛ اسرینگو و همکاران، ۲۰۱۵). در مطالعه‌ای محلول پاشی اسید فولویک و اسید جاسمونیک موجب افزایش مقاومت به خشکی و افزایش کلروفیل‌های a و b در گیاه بادرشبو شد (عباسپور و رضایی، ۲۰۱۴). کاربرد ترکیبات هیومیکی بر روی گیاه لوبیا چشم بلبلی سبب ایجاد برگ‌های انبوه و تیره شدن رنگ سبز برگ‌ها شد (آستارایی و ایوانی، ۲۰۰۸).

استفاده از اسیدهیومیک باعث رشد اندام هوایی می‌شود که دلیل آن افزایش جذب عناصری نظیر ازت، کلسیم، فسفر، پتاسیم، منگنز، آهن، روی و مس است، این پژوهشگران بیان کردند اسید هیومیک همچنین باعث افزایش در تولید اکسین در گیاه می‌شود که اثر افزایش ارتفاع و سرعت رشد را تشدید می‌کند (هارپر و همکاران، ۲۰۰۰). در پژوهشی کاربرد اسیدهیومیک در سویا باعث افزایش جذب آب، سرعت جوانه زنی و تنفس تاریکی شد (ایسوارن و چونکار، ۱۹۷۱). هم چنین تیمار اسید هیومیک 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 غیر زنده اکوسیستم‌های آبی و خاکی می‌باشند (کلاپ و همکاران، ۱۹۹۳). نتایج پژوهش‌ها نشان داده که اسید هیومیک دارای اثرات مستقیم و غیرمستقیم در گیاهان می‌باشد. اثر غیر مستقیم اسید هیومیک

عموماً به شکل تغییر در شرایط محیطی از جمله در دسترس قرار دادن برخی از عناصر غذایی (به دلیل افزایش محلولیت آن ها) تعادل نمک، خصوصیات فیزیکی و فیزیکوشیمیایی خاک، ساختمان خاک، هوادهی، زهکشی، ظرفیت نگه داری آب، دمای خاک و غیره می باشد، از طرف دیگر اسید هیومیک دارای اثرات مستقیم شامل افزایش تجمع بیوماس، جذب عناصر غذایی، بیوسنتز، فعالیت انتی اکسیدانی، فعالیت های ضد ویروسی و غیره می باشد (کوکو و همکاران، ۲۰۰۰). همچنین فولویک اسید، در گیاهانی که با این هورمون تیمار شده اند، باعث تحریک جوانه زنی، افزایش محتوی رطوبت نسبی آب، وزن خشک، فعالیت کربوکسیلازی روبیسکو و افزایش میزان کلروفیل شده است (سینگ و یوشا، ۲۰۰۳). عمل حفاظتی اسید سالیسیلیک در برابر تنش خشکی با افزایش پاسخ های ضد اکسیدانی، کاهش تعرق و افزایش فتوسنتز همراه بوده و به افزایش کارایی مصرف منجر شده است (سینگ و یوشا، ۲۰۰۳). در گل داوودی کاربرد اسید هیومیک به صورت محلول پاشی از طریق بهبود سرعت فتوسنتز گیاه، صفات رشدی گیاه را بهبود بخشید (فان و همکاران، ۲۰۱۴). در گیاه کالاتیا (*Calathea insignis*) استفاده از اسید هیومیک سبب بهبود صفات رشدی، افزایش فتوسنتز و افزایش تولید ATP شد (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۴).

نتایج مطالعات نشان داده است که اسید هیومیک می تواند به عنوان تنظیم کننده رشد برای تنظیم سطح هورمون ها، بهبود رشد گیاهان و افزایش تحمل به تنش مورد استفاده قرار گیرد (سرنا و همکاران، ۲۰۰۲). افزایش تولید مالون دی آلدئید و کاهش آن در اثر مصرف سالیسیلیک اسید تحت تنش شوری در عدسک آبی مشاهده شده است (کوپنگوا و ژوین، ۲۰۰۸). اسید فولویک خود از ترکیبات فنلی در گیاهان است و نقش محوری در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان ایفا می کند (پییر و همکاران، ۲۰۰۸). که القاکننده تجمع PAL ترکیبات فنولیک کل به واسطه افزایش فعالیت آنزیم است. همچنین، طبق گزارش ها، کاربرد برون زای اسید سالیسیلیک در انگور تجمع پلی فنل ها را در تنش دمای بالا القا می کند (ژو و همکاران، ۲۰۰۵).

ترکیبات هیومیکی به خصوص اسید فولویک و اسید هیومیک به عنوان اسیدهای آلی حاصل از هوموس و همچنین موجود در سایر ترکیبات مانند ملاس از طریق اثرات هورمونی و بهبود جذب عناصر غذایی سبب افزایش بیوماس ریشه و اندام هوایی می‌شود (سبزواری، ۲۰۰۹). قربانی و همکاران (۲۰۱۰) به منظور بررسی کاربرد اسید هیومیک در آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays L.*) آزمایشی شامل سطوح مختلف اسید هیومیک (صفر، ۵۰۰، ۱۵۰۰، ۲۵۰۰، ۳۵۰۰ و ۴۵۰۰ گرم در هکتار) را به اجرا درآوردند، نتایج آن‌ها نشان داد که اسید هیومیک بر شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در ردیف و طول بلال تأثیر معنی‌داری داشت، تیمارهای ۳۵۰۰ و ۴۵۰۰ گرم در هکتار اسید هیومیک، به دلیل شاخص و دوام سطح برگ بالاتر، عملکرد دانه بالاتری را به خود اختصاص دادند، آن‌ها نتیجه‌گیری کردند که اسید هیومیک از طریق افزایش دوام بافت‌های فتوسنتزی موجب بهبود عملکرد دانه شد (قربانی و همکاران، ۲۰۱۰). در تحقیق یلدرم (۲۰۰۷) محلول پاشی اسید هیومیک به مقدار صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی لیتر بر روی گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum L.*) نتایج نشان داد که اسید هیومیک باعث افزایش مقدار اسید اسکوربیک در میوه‌های گوجه فرنگی شد، بیشترین میزان افزایش عملکرد میوه، تعداد میوه و اسید اسکوربیک مربوط به مصرف ۲۰ میلی لیتر اسید هیومیک بود.

در تحقیقی دیگر استفاده از اسید هیومیک سبب افزایش تعداد گل در گل‌گلایول شده است (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 بر روی گل همیشه بهار انجام شد مشخص گردید که استفاده از اسید هیومیک به همراه فسفر در این گیاه، سبب افزایش عملکرد گل خشک، تعداد گل، درصد اسانس، عملکرد بذر و روغن بذر شد (فرجامی و نبوی، ۲۰۱۴). اسید هیومیک در غلظت‌های پایین ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر سبب افزایش وزن تر نسبی در گل بریده آلسترومیا می‌شود (چمنی و همکاران، ۲۰۱۲). محققین بیان کرده‌اند که کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش طول وزن

ریشه در گیاه هویج شد (تیلر و کوپر، ۲۰۰۴). کاربرد اسید هیومیک به مقدار ۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته در نشاء گوجه فرنگی نسبت به شاهد شد (حسینی و کاووسی، ۲۰۱۴). حق پرست و همکاران (۲۰۱۰) بیان کرده‌اند که کاربرد ۵۰ میلی گرم در لیتر اسید هیومیک و اسید فولیک باعث افزایش طول ساقه و ریشه گیاهچه فلفل شد، همچنین در گیاه گندم کاربرد ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک باعث اثر معنی‌دار بر روی 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 اسید هیومیک سبب افزایش وزن تر و خشک برگ و ساقه در گیاه فلفل شد (گالسر و همکاران، ۲۰۱۰). محققان بیان کردند در شرایط خشکی محلول پاشی گندم با اسید هیومیک و تغذیه با نیتروژن باعث پر شدن دانه‌ها می‌شود (یانگ و شو، ۲۰۰۰).

خان و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که مصرف اسید هیومیک سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته نخود نسبت به شاهد شد. در آزمایشی دیگر کاربرد اسید هیومیک به همراه کود اوره عملکرد سیب زمینی شیرین را ۲۹/۶ درصد نسبت به کاربرد کود اوره افزایش داد (چن و همکاران، ۲۰۱۷). اثر سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک 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 (۱۳۹۴) اثر اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک را در افزایش رشد گیاه دارویی پروانش (*Catharanthus roseus L.*) مثبت و معنی‌دار گزارش کردند.

۲-۳- باکتری‌های محرک رشد و گیاهان زراعی

برگ‌های یک گیاه اندام‌های اصلی آن برای فتوسنتز هستند و شاخص سطح برگ بهترین معیار از ظرفیت یک گیاه زراعی برای تولید ماده خشک است که آن را سرمایه تولیدی می‌نامند و همچنین، سطح برگ یکی از مهم‌ترین متغیرهایی است که در بررسی رشد و شبیه‌سازی و بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیک و بوم‌شناختی از جمله فتوسنتز، تعرق و بیلان انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد (اکرم قادری و سلطانی، ۱۳۸۵).

سطح برگ مهم‌ترین عامل در جذب نور و اسیملاسیون کربن می‌باشد. مطالعه رشد و تجمع ماده خشک در گیاهان زراعی مختلف نشان داده است که تولید ماده خشک به شاخص سطح برگ و مقدار تشعشع دریافت شده در طول دوره رشد (یانو و همکاران، ۲۰۰۷) و کارایی گیاه در تبدیل تشعشع دریافت شده (سینکلر و ماشو، ۱۹۹۹) وابسته است.

توسعه و گسترش سطح برگ در گیاهان زراعی به عوامل مختلفی مانند دما، تراکم بوته در واحد سطح، میزان مواد غذایی در دسترس و خصوصیات ریخت‌شناسی نژادگان بستگی دارد که این عوامل باعث به وجود آمدن تفاوت‌هایی در شاخص سطح برگ می‌گردد (اوزونی‌دوجی و همکاران، ۲۰۰۸). گزارش شده طی فرآیند پیری روند تجزیه مولکول‌های بزرگ به‌ویژه پروتئین‌ها، چربی‌ها و اسیدهای نوکلئیک صورت گرفته و انتقال مواد از برگ‌های مسن به دانه و اندام ذخیره‌ای انجام می‌شود (گریگز و همکاران،). میزان ماده خشک کل نتیجه کارایی جامعه گیاهی از نظر استفاده از تابش خورشید در طول فصل رویشی است که مستلزم سطح برگ کافی جامعه گیاهی می‌باشد تا حداکثر جذب نوری را فراهم آورد (اوزونی‌دوجی و همکاران، ۲۰۰۸).

تغییرات رشد محصول در شرایط مزرعه با شاخص‌های رشدی متفاوتی اندازه‌گیری می‌شود و به این ترتیب با استفاده از این شاخص‌ها می‌توان تجزیه و تحلیل مناسب‌تری از رشد گیاه داشت. از جمله این

شاخص‌ها شاخص سطح برگ است که از یک طرف بیانگر میزان دارایی برگ گیاه و از سوی دیگر میزان انرژی ورودی به واحد سطح برگ و تعیین کننده ظرفیت فتوسنتزی گیاه است. سرعت تولید ماده خشک در واحد سطح زمین نیز یکی از مهم‌ترین شاخص‌های رشد است که نشان دهنده قابلیت و سرعت رشد می‌شوند (لیو و همکاران، ۲۰۰۵).

راهبردهای عمده افزایش رشد ناشی از باکتری‌های محرک رشد کاملاً شناخته نشده است، اما بسیاری از پژوهشگران، این پدیده را به دو گروه اثرات مستقیم و غیر مستقیم تقسیم‌بندی می‌کنند (گلیک، ۱۹۹۵؛ وسی، ۲۰۰۳). در اثرات مستقیم، این باکتری‌ها رشد گیاه را با تولید ترکیبات مختلف، تسهیل جذب عناصر، تثبیت نیتروژن اتمسفری، حل کردن مواد معدنی مانند فسفات، تولید سیدروفور، تولید هورمون‌های گیاهی از قبیل اکسین‌ها و جیبرلین‌ها که باعث افزایش رشد گیاه در مراحل مختلف رشدی گیاه می‌شود و یا از طریق ساخت آنزیم‌های دخیل در رشد و نمو گیاه، افزایش می‌دهند (لوسی و گلیک، ۲۰۰۴؛ گری و اسمیت، ۲۰۰۵). در تحریک غیر مستقیم، اثرات کاربرد کودهای بیولوژیک در ترکیب با کود شیمیایی اغلب این باکتری‌ها از قبیل سودوموناس‌ها با کاهش یا حذف اثرات زیان بار عوامل بیماری‌زا از طریق مکانیزم‌های مختلفی همچون القای سیستم مقاومت به گیاه در مقابل عوامل بیماری‌زا، رشد و نمو گیاه را بهبود می‌بخشند (ون‌لون، ۲۰۰۷). علاوه بر اثرات مثبت این باکتری‌ها بر عملکرد گیاهان مختلف، نقش این ریزموجودات بر میزان تجمع مواد فتوسنتزی در طول دوره رشد و تغییرات شاخص‌های مختلف فیزیولوژیک نیز مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (یساری، ۱۳۹۲).

گوسلینگ و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کرده‌اند که در شرایط محدودیت آبی، ریزجاندارهای محرک رشد از طریق افزایش دوام سطح برگ، فتوسنتز و تثبیت کربن در طول فصل، رشد را افزایش داد. غلامی و همکاران (۲۰۰۹) افزایش سطح برگ ذرت در پاسخ به تلقیح با ازتوباکتر^۲ را تا حدود درصد گزارش نمودند. سید شریفی و همکاران (۲۰۱۱) بیشترین شاخص سطح برگ ذرت را در تلقیح بذر با

² Azotobacter

ازتوباکتر و کمترین آن را در عدم تلقیح گزارش نمودند. وو و همکاران (۲۰۰۵) دلیل افزایش سرعت رشد محصول ذرت را در تلقیح با کودهای بیولوژیک، به افزایش جذب و دسترسی بیشتر عناصر غذایی توسط گیاه نسبت دادند.

بررسی‌های کاپولینگ و همکاران (۱۹۸۲) افزایش وزن تر و خشک برگ‌های بوته ذرت در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های جنس آزوسپیریلام^۳ را نشان داد. ریحانی تبار (۱۳۷۹) نشان داد که پاسخ گندم به تلقیح با سویه‌های سودمونس فلورسنس اغلب شاخص‌های رشد مثبت بود. یافته‌های غلامی و همکاران (۲۰۰۹) نیز حاکی از آن است که بسیاری از صفات رشدی گیاه ذرت از جمله وزن خشک اندام‌های هوایی تحت تاثیر باکتری‌های افزاینده رشد افزایش می‌یابند. افزایش وزن تر بخش‌های هوایی بوته و تعداد برگ جو و نیز گسترش سطح برگ در گیاه جو، در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد توسط محققین مختلفی گزارش شده است (دوبلرس و همکاران، ۲۰۰۳؛ کاکمکی و همکاران، ۲۰۰۵). برخی بررسی‌ها نشان داده‌اند که تلقیح بذر برخی غلات توسط آزوسپیریلام موجب تغییرات معنی‌داری در شاخص‌های مختلف رشدی از قبیل افزایش در ماده خشک گیاه و اندازه برگ می‌شود (باشان و همکاران، ۲۰۰۴).

گایند و گاوور (۱۹۹۱) گزارش کردند که تلفیق خاک فسفات با باکتری حل‌کننده فسفات و تیوباسیلوس باعث تجمع ماده خشک در گیاه لوبیا می‌شود، زیرا اسیدهای آلی تولید شده به وسیله باکتری‌های حل‌کننده فسفات و همچنین تولید آنزیم فسفاتاز به وسیله این باکتری‌ها و اسید فسفریک تولید شده توسط فعالیت باکتری‌های تیوباسیلوس می‌توانند بر خاک فسفات اثر گذاشته و باعث حلالیت فسفر و در نتیجه افزایش تجمع ماده خشک شوند. ملکوتی (۱۳۷۹) نیز گزارش کرد که بین تراکم و فعالیت ریشه و مقدار جذب فسفر، رابطه مثبتی وجود دارد و تارهای کشنده نقش عمده‌ای در

³ Azospirillum

جذب فسفر و در نتیجه افزایش سرعت رشد محصول ایفا می کنند. از آنجا که باکتری های محرک رشد ریشه زایی در گیاهان را تحریک کرده باعث افزایش رشد محصول می شوند.

رخزادی (۱۳۸۷) اظهار داشت وجود باکتری سودوموناس فلورسنس در ترکیب مایه های تلقیح، نقش موثری در افزایش جذب نیتروژن در مرحله گلدهی، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و عملکرد عناصر دانه در واحد سطح در گیاه نخود داشته است. شنگ (۲۰۰۵) با اضافه کردن باکتری باسیلوس ادافیکوس به خاک در کشت گلدانی پنبه و کلزا به ترتیب افزایش ۱۹ تا ۲۴ درصد و ۱۹ تا ۲۱ درصد در وزن خشک ریشه و اندام هوایی مشاهده کرد. همچنین غلظت پتاسیم در پنبه ۳۱ تا ۳۴ درصد و در کلزا ۲۸ تا ۳۱ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد.

باکتری باسیلوس پومیلیس از طریق تولید هورمون های محرک رشد گیاه قادر است ماده خشک، طول و سطح ریشه گیاهان را افزایش دهد (ازکون و همکاران، ۱۹۷۶). چهار گونه مختلف باکتری باسیلوس جداسازی شده از ریزوسفر گندم و جو توانستند از طریق تثبیت نیتروژن و انحلال فسفات های نامحلول رشد گیاهچه های آنها را افزایش دهند و قابلیت دسترسی فسفات در خاک توسط بذور تلقیح شده با این باکتری ها، وزن ریشه را به ترتیب ۱۶/۷، ۱۲/۵، ۸/۹ و ۱۲/۵ درصد و وزن اندام هوایی به ترتیب ۳۴/۷، ۳۳/۷، ۲۸/۶ و ۳۲/۷ درصد در مقایسه با شاهد (بدون باکتری و کود معدنی افزایش دادند (مصطفی و همکاران، ۲۰۰۵). نشاء های تلقیح شده با باکتری های حل کننده فسفات رشد بهتری نسبت به نشاء های بدون تلقیح داشته و باعث افزایش جذب مواد می گردند. مایه زنی گیاه با باکتری های افزایش دنده رشد گیاه موجب افزایش سطح ریشه ها می شود (باشان و همکاران، ۲۰۰۰). که یافته های مشابهی نیز توسط پونت و باشان (۲۰۰۴) گزارش گردید.

در گیاه ذرت (*Zea mays* L.) نیز میزان تجمع ماده خشک بوته در فاصله ۴۵ تا ۱۰۵ روز پس از کاشت تحت تاثیر کاربرد گونه های ریزجاندارهای محرک رشد قرار گرفت و به طور چشمگیری افزایش

یافت (احمدی، ۲۰۱۱). همچنین رجب‌زاده مطلق (۱۳۹۰) افزایش وزن خشک اندام هوایی، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و شاخص سطح برگ را در اثر تلقیح بذر لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) با ریزجاندارهای محرک رشد گزارش کرد. وبر و همکاران (۱۹۹۳) بیان کردند در مرحله گلدھی تلقیح میکوریزا وزن خشک اندام هوایی نخود را به‌طور معنی داری نسبت به گیاهان تلقیح نشده افزایش داد. در تحقیق دیگری تلقیح قارچ گلوموس اینترادیس^۴ وزن خشک اندام هوایی نخود را نسبت به شاهد افزایش داد (اختر و صدیقی،). در گیاه ذرت، روز بعد از کاشت کاربرد کود فسفر و تلقیح میکوریزا به‌طور معنی داری، سطح برگ، ارتفاع گیاه و وزن خشک اندام هوایی را نسبت به شاهد افزایش داد (فارودی، ۲۰۱۰).

باکتری‌های محرک رشد در ریزوسفر، سطح ریشه‌ها و فضای بین سلول‌های پوست ریشه و حتی در درون نظام‌های آوندی گیاه نیز مشاهده می‌شوند، ضمن استفاده از مواد کربنی فتوسنتزی (کاکمکی و همکاران، ۲۰۰۵؛ کریستوس و همکاران، ۲۰۰۸) با تأمین بخشی از نیتروژن و یا تولید مواد محرک رشد به گیاه میزبان سود می‌بخشند (کندی و همکاران، ۲۰۰۴ و سینگ و همکاران، ۲۰۱۱ و همکاران، ۲۰۰۷). در بررسی باکتری حل‌کننده فسفات گونه باسیلوس بر رشد ذرت مشاهده شد وزن خشک اندام‌های هوایی و ارتفاع گیاه به واسطه حضور این باکتری‌ها به طور قابل توجهی افزایش یافت (وو و همکاران، ۲۰۰۵). در بررسی اثرات آزوسپیریلوم بر سویا گزارش شد که تلقیح آزوسپیریلوم طول ریشه، وزن خشک، گرھک‌زایی و وزن خشک ساقه را به‌طور معنی داری نسبت به شاهد افزایش داد (مولا و همکاران، ۲۰۰۱). علاوه بر تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد گیاهان، نقش این ریز اندامگان‌ها بر میزان تجمع مواد فتوسنتزی در طول دوره رشد و تغییرات فیزیولوژیکی گیاه نیز مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (آدسمویی و همکاران، ۲۰۰۹ و ساهاران و نهرا، ۲۰۱۱).

^۴ *Glomus intraradices*

در آزمایشی اثر متقابل بین میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات و کود فسفره در افزایش کلنی زایی توسط قارچ‌های اندومایکوریز مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که استفاده از این میکروارگانیسم‌ها باعث افزایش معنی دار ماده خشک ریشه گندم و درصد کلنی زایی گردید. استفاده از باکتری سودوموناس به همراه مایکوریزا باعث ظهور سریع تر جوانه‌ها گردید و عملکرد ماده خشک ریشه ۱۲۸ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. همچنین قارچ‌های آسپرژیلوس آواموری^۵ و پنسیلیوم چریسوجنوم^۶ توانستند عملکرد ماده خشک ریشه گندم را به ترتیب ۴۴ و ۶۴ درصد افزایش دهند (بابانا و آنتون، ۲۰۰۵).

در پژوهشی که فرزانا و رادیزه (۲۰۰۵) در مورد تأثیر باکتری‌های ریزوسفری بر عملکرد سیب‌زمینی انجام دادند، افزایش معنی‌داری در وزن خشک ساقه و ریشه را در گیاهان تلقیح شده با باکتری گزارش کردند. جذب عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم و فسفر در گیاهان تلقیح شده با باکتری‌های ریزوسفری افزایش معنی‌داری نسبت به گیاهان تلقیح نشده داشتند. این محققان اظهار داشتند که افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و آب، باعث افزایش رشد می‌شود. گزارش شده است که بوته‌های تلقیح شده با باکتری‌های تولید کننده ACC دآمیناز در شرایط شور رشد بیشتری نسبت به تولیدکننده گیاهان تلقیح نشده داشتند (پنروس و همکاران، ۲۰۰۳). واگار و همکاران (۲۰۰۴) در بررسی اثر تلقیح باکتری‌های تولید کننده آنزیم ACC دآمیناز بر رشد و عملکرد گندم دریافتند که باکتری‌های دارای این آنزیم عملکرد دانه، کاه، وزن ریشه، طول ریشه، تعداد پنجه، جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در کاه و دانه را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌دار افزایش دادند. آنها تمامی این اثرات را به دلیل کاهش سطح اتیلن در گیاه در اثر تلقیح با باکتری تولیدکننده ACC دآمیناز دانستند. البته فعالیت این آنزیم در جدایه‌های مختلف متفاوت بود.

^۵ *Aspergillus awamori*

^۶ *Penicillium chrysogenum*

انرژی نوری که توسط مولکول کلروفیل جذب می‌شود یکی از سه مسیر زیر را طی می‌کند، ممکن است که همه انرژی کلروفیل برانگیخته در واکنش‌های فتوشیمیایی و فتوفیزیولوژیک مصرف شود، ممکن است انرژی به صورت گرما پخش شود و یا بخشی از انرژی به صورت گرما و بقیه آن به صورت تشعشع گسیل گردد. بخشی از انرژی تشعشعی گسیل شده نسبت به انرژی تشعشعی جذب شده دارای انرژی کمتر و در نتیجه طول موج بالاتری است. اگر این گسیل تشعشع بین 10^{-8} تا 10^{-9} ثانیه انجام شود، فلورسانس نامیده می‌شود (سلطانی، ۱۳۸۳).

بالا بودن میزان کلروفیل در گیاهان تلقیح شده با قارچ احتمالا به علت وجود رابطه مثبت بین غلظت فسفر و مقدار کلروفیل در گیاهان تلقیح شده می‌باشد. زیرا گزارش‌های مکرر از افزایش جذب فسفر توسط این قارچ به گیاه میزبان ارائه گردیده است. (زارع و همکاران، ۲۰۱۲). رسولی صدقیانی و همکاران (۲۰۰۸) و کاوینو و همکاران (۲۰۱۲) بیان نمودند کلروفیل با آهن همبستگی مثبت دارد، می‌تواند گویای این نکته باشد که در اثر مایه زنی باکتری‌های افزایشنده رشد گیاه، جذب آهن افزایش یافته و این امر منجر به افزایش ساخت کلروفیل شده است. همچنین علی پور و سبحانی پور (۲۰۱۲) بیان داشتند مایه‌زنی باکتری سودوموناس فلورسانس سبب افزایش جذب آهن و افزایش کلروفیل گیاه ذرت می‌شود. میشر و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند که مایه زنی سویه‌های سودوموناس به گیاه عدس موجب افزایش کلروفیل و جذب فسفر و آهن در گیاه عدس گردید. ماریوس و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که تلقیح باکتری‌یابی در گیاه آفتابگردان، موجب افزایش غلظت کلروفیل و کاروتن گردید. همچنین محققان در آزمایشی تاثیر کودهای بیولوژیک ازتوباکتر، آزوسپریلوم و حل کننده فسفات را بر رشد گیاه مرزنجوش مثبت گزارش نمودند، ایشان دلیل این امر را افزایش در مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی به‌ویژه کلروفیل a و b بیان کردند (فاتما و همکاران، ۲۰۰۶).

ریزجاندارهای محرک رشد هم به‌طور مستقیم از طریق تولید کلات‌ها، سیدروفورها، حل کردن عناصر نامحلول مانند فسفر و غیره و هم به‌صورت غیر مستقیم از طریق افزایش رشد گیاه و تولید

بیشتر مواد فتوسنتزی باعث افزایش جذب عناصر غذایی می‌شوند. در این رابطه پژوهشگران بسیاری اثر مثبت ریزجاندارهای محرک رشد بر جذب عناصر غذایی را گزارش کرده‌اند.

استمفورد و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی کودهای زیستی روی تشکیل گره و جذب مواد غذایی در لوبیا چشم بلبلی، بیشترین مقدار عنصر فسفر و پتاسیم در گیاه را در حضور کودهای زیستی، گزارش کردند. زهیر و همکاران (۲۰۰۵) نیز به افزایش ۴۰ درصدی جذب نیتروژن در ذرت در تیمارهای حاوی ازتوباکتر اشاره کردند. توانایی ازتوباکتر کروکوکوم نیز برای آزادسازی پتاسیم از ارتوکلاز به اثبات رسیده است، به‌طوری‌که این باکتری توانست در مدت دو هفته حدود هفت درصد پتاسیم موجود در ارتوکلاز را آزاد کند (میشوستین و همکاران، ۱۹۸۱). محسن و همکاران (۲۰۰۵) نیز در بررسی تأثیر کاربرد باکتری آزوسپیریلوم و ازتوباکتر در گندم، دریافتند که بالاترین غلظت فسفر در حضور هر دو باکتری مشاهده شد. گونه‌های سودوموناس باعث افزایش تعداد گره‌ها، وزن خشک گره‌ها، عملکرد دانه و اجزا عملکرد، در دسترسی و جذب عناصر در محصول سویا شدند (سان و همکاران، ۲۰۰۶).

نتایج رحمتی‌خورشیدی و اردکانی (۲۰۱۱) در مورد تأثیر باکتری سودوموناس و آزوسپیریلوم بر عملکرد برنج طارم نشان داد که بیشترین عملکرد برنج در تلقیح باکتری سودوموناس همراه با کود نیتروژن در مقایسه با کود نیتروژن به تنهایی به دست می‌آید. تلقیح با باکتری همچنین موجب افزایش غلظت نیتروژن و فسفر در گیاه شد. آنها جذب بیشتر عناصر غذایی به وسیله گیاهان تلقیح شده با باکتری را به تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه (اکسین) در نزدیک ریشه گیاه توسط باکتری نسبت دادند که این امر باعث توسعه رشد ریشه و در نتیجه جذب بهتر آب و عناصر غذایی از خاک می‌شود. تولید اسیدهای آلی مثل گلوکونیک باعث اسیدی شدن محیط اطراف ریشه و آزادسازی فسفر می‌شود، سازوکارهای دیگری برای انحلال فسفر پیشنهاد شده‌اند که عبارت از تولید مواد کلات‌کننده، تولید اسیدهای معدنی از قبیل اسیدسولفوریک، اسیدنیتریک و اسیدکربنیک به وسیله ریزجانداران خاک می‌باشد (گیانشوار و همکاران، ۲۰۰۲).

تلقیح با باکتری‌های جنس باسیلوس و حل کننده فسفر به‌طور معنی داری محتوای پروتئین بذّر خود را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد (ال کوکا و همکاران، ۲۰۰۸). در آزمایشی بر روی گیاه گلرنگ با مصرف باکتری باسیلوس میزان پروتئین دانه و روغن دانه، ارتفاع و قطر ساقه نسبت به شاهد افزایش یافت (نور بخش و همکاران، ۱۳۹۳).

در پژوهشی گیاه گلرنگ در اثر مصرف سویه‌های مختلف سودوموناس نسبت به شاهد تعداد شاخه-های اصلی و فرعی در بوته، ارتفاع بوته و قطر ساقه افزایش یافت (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۲). تلقیح بذرهای گیاهی با یک سودوموناس فلورسنت با نام RBT13 نشان داد که بذور تلقیح شده دارای سرعت جوانه‌زنی بیشتری نسبت به بذور غیر تلقیحی داشت و همچنین وزن خشک و تر، طول اندام‌های هوایی و طول ریشه در گیاهان تلقیح شده رشد بیشتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده نشان دادند. امانی و رئیسی (۱۳۸۷) نشان دادند که کاهش pH ناشی از مصرف گوگرد، سبب افزایش رشد و افزایش جذب فسفر و نیتروژن توسط سویا می‌شود، که اثر مستقیم آن بر افزایش درصد پروتئین دانه بود. باکتری‌های جنس باسیلوس مخصوصاً تیو باسیلوس با اکسایش گوگرد در خاک‌های آهنکی و قلیایی می‌توانند در کاهش واکنش خاک و اصلاح خاک، انحلال برخی عناصر غذایی و افزایش قابلیت جذب آنها موثر واقع شوند. ایشان بیان کردند در گیاه گندم درصد پروتئین دانه با کاربرد باکتری باسیلوس در خاک نسبت به تیمارهای شاهد افزایش یافت (بشارتی، ۱۳۸۶).

نتایج بررسی ارهان و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که بهره‌گیری از باکتری باسیلوس به‌طور معنی داری باعث افزایش عملکرد، جذب فسفر، نیتروژن و آهن گردیده ولی تاثیر معنی داری روی جذب پتاسیم و مس نداشت، ایشان همچنین با بررسی مقدار کلروفیل موجود در برگ بیان کردند افزایش میزان کلروفیل در تیمارهای تلقیح شده به‌دلیل افزایش جذب نیتروژن و آهن در گیاه می‌باشد که این امر در نهایت درصد پروتئین دانه را افزایش داد.

کاربرد همزمان فسفات، گوگرد و تیوباسیلوس باعث افزایش عملکرد و درصد ماده خشک ذرت می- شود (خاوازی و همکاران، ۲۰۰۱، ایرانی پور و همکاران، ۱۳۸۲). در تلقیح بذور سویا با باکتری‌های فلورسنت و پوتیدا به‌صورت با هم وزن صد دانه، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه در مقایسه با مصرف کود شیمیایی فسفره افزایش یافته است (یساری، ۱۳۹۲). مصرف توام باکتری‌های حل‌کننده فسفات و مصرف ۵۰ درصد کود فسفره میزان عملکردی برابر با میزان مصرف کود کامل فسفره در ذرت بدست آمد (یزدانی و همکاران، ۲۰۱۰). مصرف باکتری‌های گروه سودوموناس تاثیر معنی‌داری بر رشد اندام‌های هوایی و عملکرد ماده خشک سویا به همراه داشته است (ووهویدی و همکاران، ۲۰۱۱). استفاده توام اسید هیومیک و باکتری‌های حل‌کننده فسفات (سودوموناس و پوتیدا) باعث کاهش pH خاک شده و باعث افزایش قابلیت دسترسی فسفر می‌گردد که این امر منجر به افزایش تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته و همچنین افزایش عملکرد در سویا گردیده است (وینارسو و همکاران، ۲۰۱۱).

استفاده از باکتری‌های محرک رشد منجر به افزایش وزن خشک گیاه می‌گردند (والنتین و همکاران، ۲۰۰۶). تلقیح بذور جو با باکتری‌های حل‌کننده فسفات سودوموناس فلورسنت بر عملکرد کمی و کیفی علوفه گیاه از طریق افزایش جذب مواد غذایی به ویژه فسفر اثر مثبتی داشت (احتشامی و همکاران، ۱۳۹۳). مصرف توام سویه‌های باکتری سودوموناس و باکتری رایزوبیوم به‌طور معنی‌داری عملکرد و اجزای عملکرد و همچنین تشکیل گره را در سویا افزایش داد (آرگاو، ۲۰۱۲). افزودن باکتری سودوموناس فلورسنت باعث افزایش عملکرد در گیاهان مختلف شده است (کمال و همکاران، ۲۰۰۸؛ علی پور و سبحانی پور، ۲۰۱۲). مهناز و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند باکتری‌های سودوموناس فلورسنت با تولید اندول استیک اسید و اسیدهای حل‌کننده فسفات موجب افزایش عملکرد و وزن خشک گیاهان مختلف می‌گردند. یو و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند کاربرد تلفیقی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و خاک فسفات، وزن خشک نهال‌های گردو را به طور معنی‌داری افزایش داده است.

استیکن و همکاران (۲۰۱۰) بیان داشتند کاربرد باکتری باسیلوس M3 در کشت توت فرنگی توانست باعث افزایش قابل توجه محتوای فسفر برگ این گیاه نسبت به شاهد و سایر تیمارهای باکتری شود که این امر عملکرد را تا حد زیادی افزایش داد. وی گزارش کرد علت این افزایش، توان این باکتری در حل فسفر نامحلول است.

علیدادی عبدل آباد و همکاران (۱۳۸۷) به منظور بررسی اثر کود فسفر و باکتری‌های حل کننده فسفات بر ذرت دانه‌ای آزمایشی انجام دادند و گزارش نمودند که تحت تاثیر باکتری‌های محرک رشد و آزاد کننده فسفر ارتفاع بوته، طول بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه و عملکرد افزایش معنی‌داری از خود نشان داده است و عملکرد دانه تحت تیمار باکتری نسبت به شاهد ۱۶ درصد افزایش نشان داد. همچنین مصرف باکتری‌های آزاد کننده فسفر مصرف کود فسفر را می‌تواند تا ۵۰ درصد کاهش دهد بدون آنکه در عملکرد دانه افت معنی‌دار مشاهده گردد.

بر اساس مطالعات انجام شده باکتری‌های حل کننده فسفات همراه با سایر باکتری‌های محرک رشد گیاه، مصرف کودهای فسفاته را تا ۵۰ درصد کاهش دادند بدون اینکه کاهش معنی‌داری در تولید محصولات مشاهده گردد (جیلانی و همکاران، ۲۰۰۷ و یزدانی و همکاران، ۲۰۰۹). تاثیر باکتری‌های حل کننده فسفات در افزایش عملکرد غلات از جمله برنج مورد تایید قرار گرفته است (یانی و همکاران، ۱۹۹۷ و بیسواس و همکاران، ۲۰۰۰). بر اساس تحقیق انجام شده بر روی برنج، گزارش شد که در نتیجه استفاده از ریز جانداران حل کننده فسفات، عملکرد دانه و کاه و کلش به‌طور معنی‌داری افزایش یافته و جذب فسفر نسبت به تیمار شاهد و بدون مصرف کود فسفر افزایش می‌یابد (کوندو و گاور، ۱۹۸۴). همچنین تلقیح بذر ارقام مختلف برنج با سودوموناس فلورسنت‌های با توان تولید اکسین، عملکرد دانه، اجزا عملکرد و جذب عناصر غذایی را در گیاه و دانه برنج افزایش می‌دهد (رمضانپور و همکاران، ۲۰۱۰).

گونه‌های سودوموناس باعث افزایش تعداد گره‌ها، وزن خشک گره‌ها، عملکرد دانه و اجزا عملکرد در دسترسی و جذب عناصر در محصول سویا می‌گردد (سان و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین یزدانی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش نمودند که تلقیح ذرت با باکتری‌های محرک رشد و ریزجاندارهای حل‌کننده فسفات مصرف درصد کود فسفاته را کاهش داد و بر روی عملکرد تاثیر مثبتی داشت. ساندر و همکاران (۲۰۰۲) گزارش نمودند که تلقیح نیشکر با باکتری‌های حل‌کننده فسفات ۱۲/۶ درصد عملکرد را افزایش داد. ریزجاندارهای ریزوسفری توانستند اثر مثبتی در تحریک رشد گیاه و همچنین افزایش جذب نیتروژن و فسفر گردند (زیدی و خان، ۲۰۰۶).

۲-۴- براسینو استروئیدها

جهت بهبود تولید محصولات کشاورزی تحت شرایط محدودیت آب، افزایش تحمل گیاهان زراعی به تنش خشکی ضروری است، برای کاهش اثر سوء تنش آبی بر گیاهان زراعی، روش‌های زراعی و فیزیولوژیکی مختلفی به کار می‌روند که در این میان استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد یکی از مناسب‌ترین و کاربردی‌ترین روش‌ها است، مواد تنظیم‌کننده رشد به طور گسترده‌ای برای القای تحمل به خشکی در محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند (انجوم و همکاران، ۲۰۱۱). براسینو استروئیدها اولین هورمون‌های براسینو استروئیدی کشف شده در گیاهان هستند که دارای فعالیت محرک رشد می‌باشند. علاوه بر تحریک رشد، این هورمون‌ها نقش مهمی در سایر فرآیندهای نمو از قبیل جوانه زنی بذر، ریشه زایی، گل دهی، زوال، ریزش و رسیدگی ایفا می‌کنند. هم چنین براسینو استروئیدها در کاهش اثر نامطلوب تنش‌های محیطی مؤثرند (قیوم و همکاران، ۲۰۰۷). در بین مواد شیمیایی مختلف که برای کاهش اثر نامطلوب تنش آبی به کار می‌روند، مشخص شده که براسینولید یکی از فرم‌های فعال و پایدار براسینو استروئیدها رشد و تولید گیاهان را تحت شرایط کم آبی تنظیم میکند. براسینولید به عنوان ماده کاهش دهنده اثر تنش‌های مختلف زیستی و غیرزیستی شناخته شده است، کاربرد خارجی آن به طور مشخصی موجب تحریک رشد می‌شود، براسینولید فرآیندهای

فیزیولوژیکی و متابولیکی مانند فتوسنتز، اسیدهای نوکلئیک، تجمع پرولین و ساخت پروتئین را تحریک می‌کند، هم چنین ثابت شده که این ماده، در مراحل رونویسی ژن و ترجمه نقش داشته و بنابراین سطوح پروتئینها، آنزیمها و در نهایت عملکرد دانه را بهبود می‌بخشد، با وجود این که بسیاری از مطالعات روی بهبود تحمل گیاهان به تنش‌های شوری و دمای بالا متمرکز شده‌اند، گزارش‌های محدودی در خصوص قابلیت براسینولید در کاهش اثر خشکی در گیاهان زراعی وجود دارد (انجوم و همکاران، ۲۰۱۱). برای مثال گزارش شده که روابط آبی و تبادلات گازی در گندم تحت تنش خشکی با کاربرد براسینولید بهبود یافته است (سایرام، ۱۹۹۴) هم چنین در عدس، استفاده از براسینولید عملکرد محصول را در شرایط خشکی افزایش داد (حیات و احمد، ۲۰۰۳).

مطالعات نشان داد گیاهان گوجه‌فرنگی و برنج تحت تنش دمای پایین به‌وسیله براسینو استروئیدها رشد بهتری را نسبت به گیاهان شاهد نشان دادند، این ترکیبات دارای اثرات فیزیولوژیک مختلف در رشد و نمو گیاهان بوده و موجب تحریک رشد و نمو می‌شوند (اوزدامیر و همکاران، ۲۰۱۲). بیان شده موتانه‌های مختلف براسینو استروئیدها موجب افزایش سازگاری گیاهان در برابر شرایط نامساعد محیطی می‌شوند (باجاز، ۲۰۰۰). در گیاه شمعدانی افزایش رشد در نتیجه کاربرد اپی براسینو استروئید به-دلیل افزایش سرعت فتوسنتز برگ‌ها و نهایتاً افزایش تجمع بیوماس اندام هوایی گزارش شده است (ساوامی و رائو، ۲۰۰۹).

در پژوهشی ژانگ و همکاران (۲۰۰۸) گزارش دادند که تیمار ۲۴ اپی براسینو استروئید فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را افزایش داده که باعث کاهش اثرات تنش اکسیداتیو گردید، براسینو استروئیدها سبب تحریک رشد، افزایش محتوای متابولیت‌های سازگاری، تغییرات رونوشت و بیان ژن، تحریک افزایش ساخت ژن‌های فعال در تنش، افزایش ظرفیت و فعالیت‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گردیده که همگی سبب کاهش اثرات تنش در گیاهان شده و به حفظ، بقا و تولید عملکرد اقتصادی گیاهان کمک می‌کند. تحقیقات نشان دادند که کمبود آب، وزن تازه و خشک گیاه گوجه فرنگی را

کاهش می‌دهد در حالیکه کاربرد ۲۴- اپی براسینو استروئید به‌طور معنی‌داری وزن تازه گیاه و ماده خشک گیاه را تحت شرایط تنش و شاهد افزایش داد (لی و همکاران، ۲۰۰۸ و بهنامی نیا و همکاران، ۲۰۰۹).

همچنین محققان دیگری نیز نشان دادند که برخی از انواع تنظیم کننده‌های رشد گیاهی از جمله براسینو استروئیدها، به‌عنوان گروه مهمی از هورمون‌های براسینو استروئیدی، می‌توانند به بالاتر رفتن تحمل گیاهان به‌ویژه با تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی و هومئوستازی یونی کمک شایانی کنند (کریشنا، ۲۰۰۳). این ترکیبات، پتانسیلی قوی در تعدیل بسیاری از تنش‌ها با تنظیم سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاه دارند (آلیمنی و همکاران، ۲۰۱۳) و نیز آرورا و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که اسپری برگ گیاه براسیکا و ذرت توسط هوموبراسینولید به‌ترتیب می‌تواند موجب کاهش اثر شوری با افزایش کارایی فتوسنتزی و فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها گردد.

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- زمان و مکان انجام آزمایش

آزمایش در سال ۱۳۹۸ در مزرعه ای در استان گلستان و منطقه گرگان با مختصات جغرافیایی ۵۴/۴۷۲۶۱۴ و ۳۶/۸۵۴۴۷۶ اجرا شد.

۳-۲- آماده سازی زمین و کاشت

زمین مورد نظر برای کشت در پائیز سال ۱۳۹۸ توسط گاواهن با شخم عمیق برگردانده شد و عملیات تکمیلی تهیه بستر شامل شخم سطحی، دیسک، تسطیح و آماده سازی کرت‌ها در اوایل اسفند ماه ۹۸ انجام گرفت. کاشت بذر نخود در اواسط اسفند بصورت دستی و در عمق ۳-۴ سانتی انجام شد.

۳-۳- طرح آزمایش

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش عبارتند از :

فاکتور اول باکتری (ازتوباکتر) با دو سطح کاربرد (بذر مال) و عدم کاربرد

فاکتور دوم اسید هیومیک با دو سطح (صفر و ۶ لیتر در هکتار)

فاکتور سوم براسینو استروئید با سه سطح (صفر، ۴ و ۶ میکرومولار) بودند.

در مجموع در هر تکرار ۱۲ ترکیب تیماری با فاصله هر تکرار یک متر و تعداد کل کرت‌های آزمایشی ۳۶ کرت بود. در هر کرت ۴ ردیف با فاصله ۵۰ و روی ردیف ۲۵ سانتی متر کشت شد. فاصله هر کرت نیم متر بود.

۳-۴- نقشه کاشت

نقشه کشت در شکل ۳-۱ زیر ترسیم گردیده است.

a ₁	a ₂	a ₂	a ₁	a ₂	a ₁	a ₁	a ₂	a ₂	a ₁	a ₂	a ₁
b ₁	b ₂	b ₁	b ₃	b ₂	b ₃	b ₂	b ₁	b ₃	b ₂	b ₃	b ₁
c ₂	c ₂	c ₁	c ₁	c ₁	c ₂	c ₂	c ₂	c ₂	c ₁	c ₁	c ₁
a ₁	a ₁	a ₂	a ₂	a ₂	a ₁	a ₂	a ₁	a ₂	a ₁	a ₂	a ₁
b ₂	b ₃	b ₁	b ₃	b ₂	b ₁	b ₃	b ₂	b ₂	b ₃	b ₁	b
c ₂	c ₁	c ₂	c ₂	c ₁	c ₁	c ₁	c ₁	c ₂	c ₂	c ₁	c ₂
a ₂	a ₂	a ₁	a ₁	a ₁	a ₂	a ₂	a ₂	a ₂	a ₁	a ₁	a ₁
b ₁	b ₁	b ₁	b ₂	b ₃	b ₃	b ₂	b ₂	b ₃	b ₂	b ₃	b ₁
c ₁	c ₂	c ₁	c ₁	c ₂	c ₂	c ₂	c ₁	c ₁	c ₂	c ₁	c ₂

↑N

شکل ۳-۱- نقشه کاشت

این نقشه کاشت در سه تکرار که بصورت افقی مشخص است، طراحی و اجرا گردید. بین هر تکرار فاصله یک متری و بین کرتها هم فاصله نیم متری بعنوان راهرو در نظر گرفته شده است. با عنایت به ترکیب تیمار باکتری برای جلوگیری از خطای آزمایش، زه آب هرکرت از آزمایش بوسیله یک جوی فرعی ایجاد شده از شرق به غرب خارج شد.

فاکتور اول : a_1 (تیمار باکتری)، a_2 (عدم استفاده از باکتری)

فاکتور دوم : اسید هیومیک (لیتر در هکتار): c_1 (صفر)، c_2 (۶ لیتر در هکتار)

فاکتور سوم : کاربرد براسینو استروئید : b_1 (صفر)، b_2 (۴) میکرومولار، b_3 (۶) میکرومولار

در تیمار مصرف اسید هیومیک مقدار مورد نیاز این ماده که بصورت مایع بوده تهیه شد، بوته‌ها در دو مرحله قبل از گلدهی و ۵۰ درصد گلدهی با اسید هیومیک (غلظت ۶ لیتر در هکتار) محلول پاشی شدند.

همچنین برای اعمال تیمار باکتری قبل از کاشت بذرها با ازتوباکتر مایع با غلظت دو در هزار آغشته و به صورت سایه خشک آماده کشت گردید و بلافاصله در ۱۲ اسفند کشت شد.

بذر نخود مورد استفاده از رقم محلی کرمانشاهی بوده است. تهیه اسید هیومیک مایع و ازتوباکتر مایع با توجه به زمان تولید آن، از شرکت معتبر داخلی (زیست فناور) انجام شده است.

تیمار براسینو استروئید در دو مرحله قبل از گلدهی و ۵۰ درصد گلدهی به حالت محلول پاشی بر روی برگ‌ها با غلظت ۴ و ۶ میکرومولار استفاده گردیدند.

۳-۵- اندازه‌گیری‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک

وزن خشک برگ و ساقه، ارتفاع ساقه، شاخص سطح برگ، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد پروتئین و درصد پروتئین دانه اندازه‌گیری شد.

نمونه‌های مورد آزمایش از دو ردیف میانی هر کرت در مراحل مختلف برداشت و جهت ارزیابی صفات و دستیابی به داده‌های مورد نیاز در چند مرحله به آزمایشگاه منتقل گردید.

درصد پروتئین به روش کجلدال اندازه‌گیری شد، بدین صورت که نمونه‌ها ابتدا آسیاب شده و همراه با کاتالیزور در دستگاه قرار داده شد و مرحله هضم نمونه‌ها انجام شد و پس از آن با تقطیر نمونه‌ها درصد پروتئین دانه بدست آمد.

مرحله اول : هضم ماده غذایی در این مرحله ابتدا ۰/۷ تا ۵/۳ گرم از ماده غذایی را وزن نموده آن را داخل بالن کجلدال ریختیم. سپس ۷ گرم از سولفات سدیم و ۱ گرم سولفات مس بعنوان کاتالیزور وزن نموده و به نمونه داخل بالن اضافه نمودیم. مجموعه را با اضافه کردن ۲۰ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ کامل گردید. بعد از آن درب بالن را بوسیله حباب جمع آوری گاز و قیف مخصوص آن که محتوی مقدار معینی سود ۵۰٪ می باشد پوشانده و حالا مجموعه برای حرارت دادن آماده شد. مجموعه را روی هیتر قرار داده و حرارت داده تا نمونه بطور کامل هضم شده و محتویات بالن به رنگ سبز درخشان در آمد. روئیت این حالت نشانه پایان عملیات هضم می باشد محتویات داخل بالن را در گوشه ای قرار دادیم تا سرد شد. در این هنگام حدود ۳۰۰ سی سی آب مقطر به محلول حاصل از هضم داخل بالن اضافه کردیم. در این حالت رنگ محلول حاصل تقریباً سبز کمرنگ شد. مرحله دوم، مرحله تقطیر در این مرحله دستگاه کجلدال را برای مرحله تقطیر آماده کرده و قطعات را به هم متصل کرده و اتصالات آن را خوب محکم شدند. حداقل ۷۵ سی سی سود ۵٪ را از طریق قیف بالای سه راهی به محتویات داخل بالن به آرامی اضافه نمودیم. رنگ محلول بعد از اضافه شدن سود از آبی تا

سیاه متغیر شد. در طرف دیگر دستگاه داخل ارلن ۳۰۰ میلی لیتری ۵۰ سی سی اسید بوریک ۲٪ تهیه کرده و چند قطره متیل رد بعنوان نشانگر به آن اضافه نموده و زیر قطره چکان قرار دادیم بطوری که نوک قطره چکان حتماً داخل محلول قرار داشت. شیر آب مبرد را باز نموده و شعله هیتر را روشن کردیم و منتظر بودیم تا محلول بجوشد در این مرحله رنگ محلول کاملاً سیاه شد. توجه داشته باشید که شعله را طوری تنظیم شود که محلول به آرامی بجوشد در غیر این صورت اگر سرعت جوشیدن محلول بیشتر باشد سرعت تولید گاز آمونیاک از سرعت میعان شدن آن بیشتر می شود در نتیجه فشار گاز در دستگاه بالا می رود و این باعث انفجار در دستگاه می شود. تقطیر را تا زمانی که حجم محلول داخل ارلن به حدود ۳۰۰ میلی لیتر برسد ادامه داده، بعد از آن بطور تمام آمونیاک موجود در نمونه استخراج شده و بصورت مایع وارد اسید بوریک موجود در ارلن گردید و با آن ترکیب شده و بورات آمونیوم بوجود آورد. در این مرحله بورات آمونیوم موجود در ارلن را با اسید هیدروکلریک ۰/۱ نرمال تیتتر کردیم. بدین صورت که بالن را روی هات پلیت قرار داده و یک عدد مگنت داخل آن انداختیم. سپس محلول را که برنگ زرد شده در حال هم زدن تا بوجود آمدن رنگ ارغوانی با اسید یاد شده تیتتر نمودیم. حجم اسید مصرف شده را یادداشت نموده و در فرمول زیر قرار میدهیم.

$$\times 14 \times 100 \text{ حجم اسید مصرفی} \times \text{نرمالیتة اسید}$$

$$\text{گرم وزن نمونه} \times 1000$$

$$\text{فاکتور پروتئینی} \times \text{درصد نیتروژن} = \text{درصد پروتئین}$$

۳-۶- تجزیه و تحلیل داده ها

پس از جمع آوری داده‌ها و ثبت آنها در اکسل، داده‌ها با نرم افزار SAS 9.1 مورد تجزیه تحلیل قرار گرفتند و مقایسه میانگین بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

فصل چهارم

نتایج و بحث

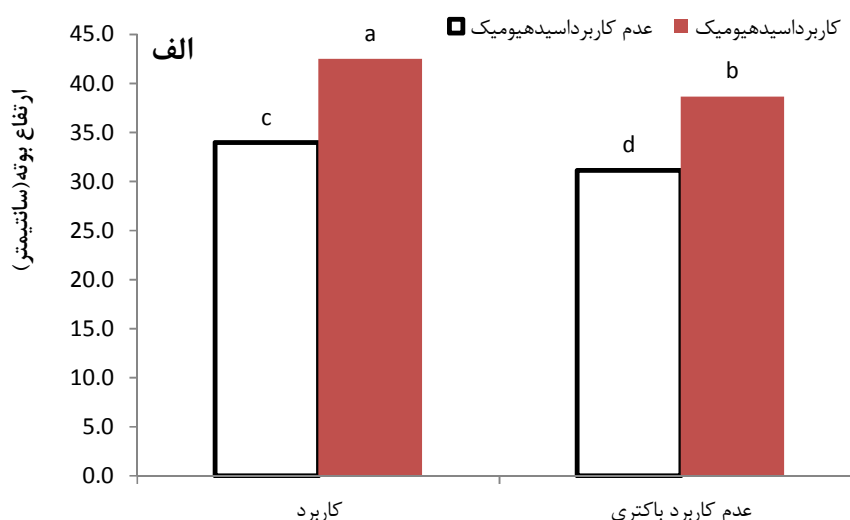
۴-۱- ارتفاع بوته

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر ساده باکتری، براسینو استروئید، اسید هیومیک و اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل باکتری و براسینو استروئید بر ارتفاع بوته نخود در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول پیوست ۱).

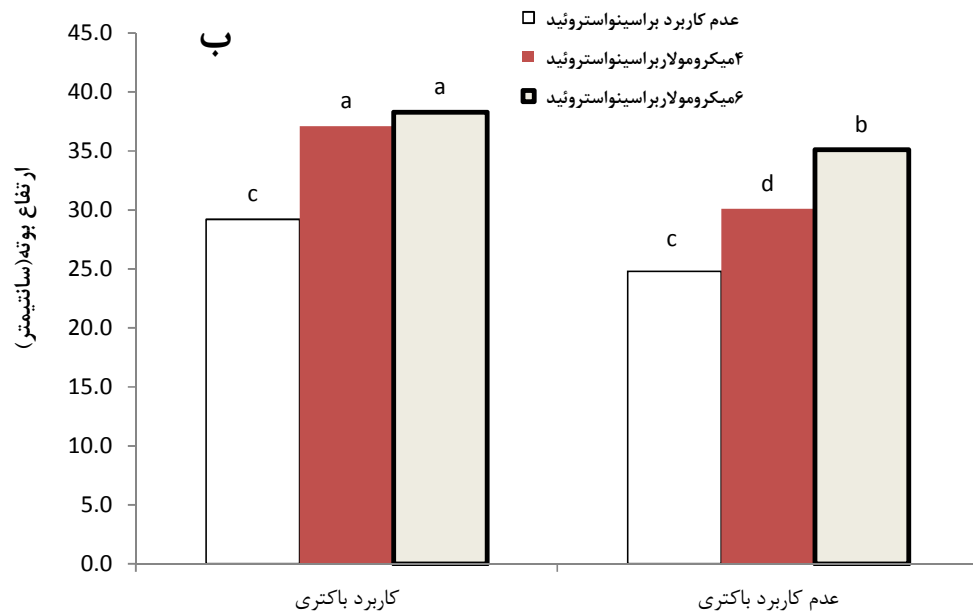
نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک بر ارتفاع بوته نخود نشان داد در هر دو سطح اسید هیومیک کاربرد باکتری باعث افزایش در ارتفاع بوته نسبت به عدم کاربرد باکتری شده است، همچنین ارتفاع بوته با کاربرد ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک در هر دو حالت عدم کاربرد و کاربرد باکتری به طور معنی داری نسبت به شرایط عدم کاربرد اسید هیومیک افزایش پیدا کرد، به طوری که بیشترین ارتفاع بوته در کاربرد باکتری و استفاده از ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک مشاهده شد که برابر ۴۲/۵ سانتی متر بود (شکل الف ۴-۱). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری و براسینو استروئید نشان داد در کاربرد و عدم کاربرد باکتری با کاربرد براسینو استروئید ارتفاع بوته به صورت معنی‌داری افزایش پیدا کرد به طوری که بیشترین ارتفاع بوته در تیمار کاربرد باکتری و استفاده از ۶ میکرومولار براسینو استروئید بدست آمد و برابر ۳۸/۳ سانتیمتر بود و کمترین ارتفاع بوته در تیمار عدم کاربرد باکتری و براسینو استروئید مشاهده شد و برابر ۲۴/۸ سانتی متر بود که با تیمار کاربرد باکتری و عدم کاربرد براسینو استروئید اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ب ۴-۱).

بر اساس نظر محققان عدم شرایط مطلوب محیطی برای رشد گیاه باعث کاهش رشد رویشی و در مواردی باعث توقف در رشد رویشی می‌شود که این امر موجب کاهش بیومس و کاهش ارتفاع بوته می‌شود (حیدری و همکاران، ۲۰۱۵). از این رو هر عاملی که باعث کاهش اثرات نامطلوب محیطی شود در نهایت می‌تواند بیومس و ارتفاع گیاه را افزایش دهد، محققان بیان کرده اند کاربرد مواد هیومیکی می‌تواند باعث بهبود شرایط محیطی و افزایش فعالیت بیولوژیک خاک شود، محققان دلیل این امر را

وجود اسید هیومیک و اسید فولویک فراوان در ترکیبات هیومیکی بیان کردند که می‌توانند رشد رویشی را تحریک کنند (ساماتاو و ساماتاو، ۲۰۱۴). همچنین محققین گزارش کرده‌اند براسینو استروئیدها گروهی از هورمون‌ها هستند که بسیاری از شبکه‌های متابولیسمی پیچیده در تکوین، رشد رویشی و تمایزدایی در گیاهان را کنترل می‌کنند، که می‌توانند رشد رویشی را تحریک کنند، همچنین براسینو استروئیدها برای حفاظت گیاهان در برابر تنش گرمایی، خشکی، شوری و اکسیداتیو از اهمیت بالایی برخوردار هستند و می‌توانند در این شرایط باعث حفظ رشد در گیاه شوند (پوسیچا و همکاران، ۲۰۱۶). نتایج آزمایش حاضر نیز نشان داد کاربرد اسید هیومیک و براسینو استروئید در حضور باکتری اثر مثبتی بر رشد رویشی دارد و باعث بهبود ارتفاع ساقه می‌شود (شکل الف وب ۴-۱).



شکل الف ۴-۱ - مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد باکتری با اسید هیومیک



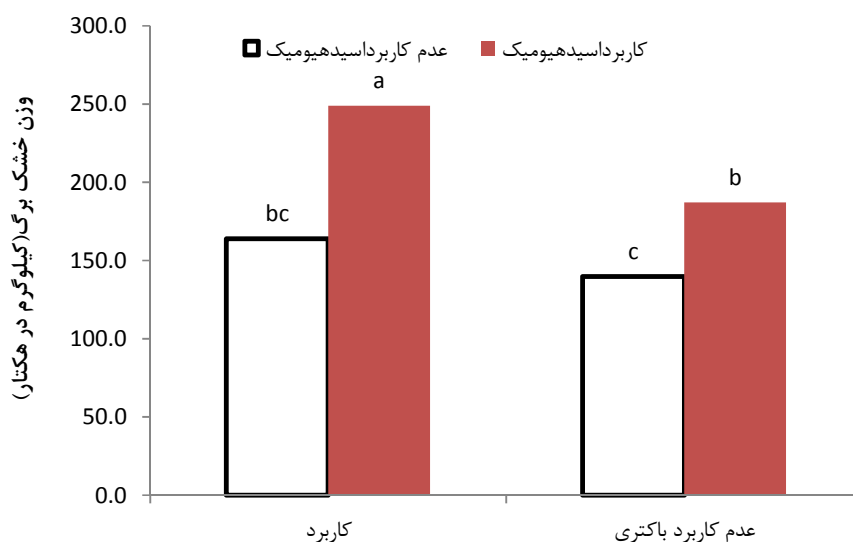
شکل ب ۴-۱- اثر متقابل کاربرد باکتری با براسینواستروئید بر ارتفاع بوته

۴-۲- وزن خشک برگ و ساقه

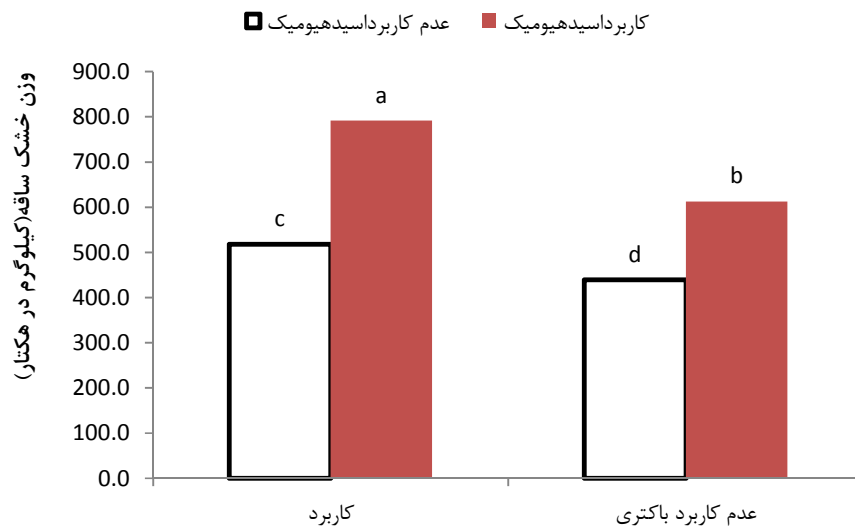
نتایج تجزیه واریانس اثر باکتری، براسینواستروئید، اسید هیومیک و اثر متقابل آنها بر وزن خشک برگ و ساقه نخود در جدول پیوست ۳ آورده شده است، بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر ساده باکتری و اسید هیومیک در سطح احتمال یک درصد و اثر ساده براسینواستروئید و اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک بر وزن خشک برگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول پیوست ۳).

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر ساده باکتری، براسینواستروئید، اسید هیومیک بر وزن خشک ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود، همچنین اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک بر وزن خشک ساقه در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول پیوست ۳).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک نشان داد با کاربرد اسید هیومیک در هر دو سطح باکتری وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه به طور معنی داری افزایش پیدا کرد که این افزایش در کاربرد باکتری بیشتر از عدم کاربرد باکتری بود بر همین اساس بیشترین وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه در تیمار کاربرد باکتری و استفاده از ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک مشاهده شد که به ترتیب برابر ۲۴۸/۸ و ۷۹۱/۳ کیلوگرم در هکتار بود و کمترین میزان برای وزن خشک ساقه در تیمار عدم کاربرد باکتری و اسید هیومیک مشاهده شد که برابر و ۴۳۹/۲ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۲-۴ و شکل ۳-۴).



شکل ۲-۴- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد باکتری با اسید هیومیک بر وزن خشک برگ نخود

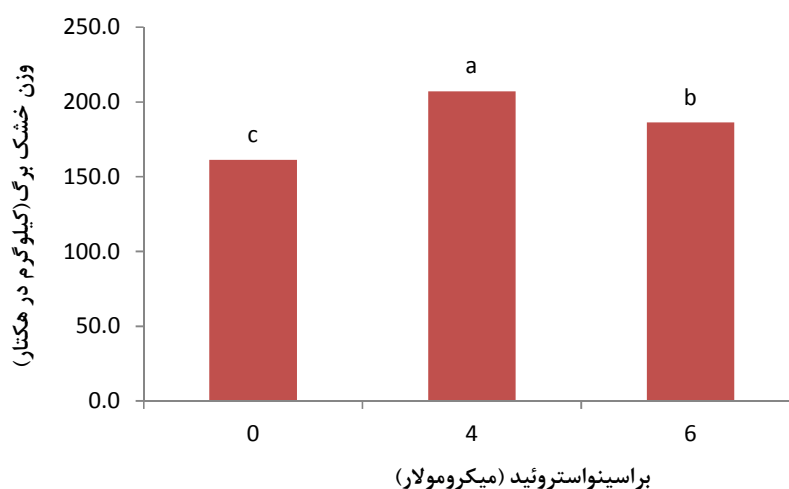


شکل ۴-۳- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد باکتری با اسید هیومیک وزن خشک ساقه

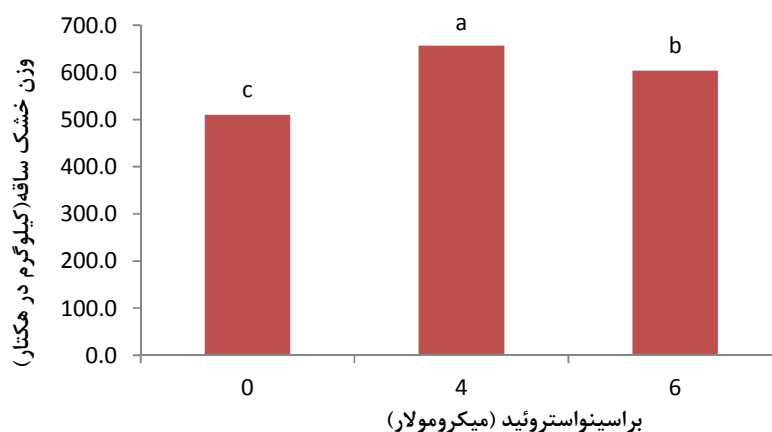
یانگ و همکاران (۲۰۱۸) نشان داده‌اند مواد هیومیکی می‌تواند باعث بهبود جوانه‌زنی بذر را در چندین گونه تحریک کند، همچنین آنها دریافتند اسید هیومیک باعث افزایش جذب نیتروژن بوسیله گیاهان می‌شود و جذب K و P، Mg، Ca را تحریک کرده و افزایش می‌دهد این امر باعث افزایش در رشد رویشی گیاه شود (جینگ مینگ و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین نتایج بررسی‌های دیگر نشان داده که کاربرد ملاس باعث افزایش رشد گیاه، تحریک رشد ریشه، تاخیر در پیری و بهبود تحمل به تنش-های محیطی از قبیل خشکی، شوری و درجه حرارت می‌شود (چاندراجو و همکاران، ۲۰۰۸). در رابطه با براسینو استروئید بیان شده است کاربرد خارجی ۰/۱ میلی گرم بر لیتر براسینو استروئید بر یک رقم ذرت تحت تنش خشکی در گلدان باعث بهبود کارایی مصرف آب، فعالیت آن‌تی اکسیدانی، ارتفاع گیاه و شاخص عملکرد دانه در مراحل رویشی و زایشی گردید، همچنین کاربرد براسینو استروئید در شرایط عدم تنش نیز باعث افزایش در صفات رویشی ذرت گردید (انجوم و همکاران، ۲۰۱۱)، همچنین نتایج این آزمایش نشان داد کاربرد براسینو استروئید باعث افزایش در وزن خشک برگ و ساقه نخود می‌شود

به طوری که با کاربرد براسینو استروئید میزان وزن خشک برگ و ساقه نخود به طور معنی داری نسبت به شرایط عدم کاربرد براسینو استروئید افزایش پیدا کرد (شکل ۴-۴ و ۵-۴).

به طور کلی بر اساس نتایج این آزمایش می توان بیان کرد کاربرد ساده براسینو استروئید و اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک باعث افزایش در وزن خشک برگ و ساقه شده است که با نتایج سایر محققان هم راستا می باشد (شکل های ۲-۴، ۳-۴، ۴-۴ و ۵-۴).



شکل ۴-۴- مقایسه میانگین اثر براسینو استروئید بر وزن خشک برگ نخود



شکل ۵-۴- مقایسه میانگین اثر براسینو استروئید بر وزن خشک ساقه نخود

۴-۳- شاخص سطح برگ

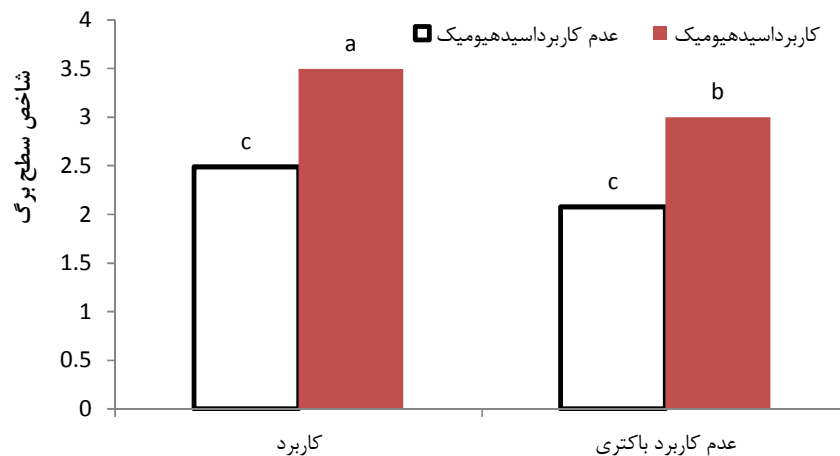
بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر شاخص سطح برگ نخود، اثر ساده باکتری، براسینو استروئید، اسید هیومیک در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک بر شاخص سطح برگ نخود در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول پیوست ۲).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک نشان داد بیشترین مقدار برای شاخص سطح برگ در تیمار کاربرد باکتری و استفاده از ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک بدست آمد که برابر ۳/۵۱ واحد بود پس از تیمار استفاده از باکتری و اسید هیومیک بیشترین شاخص سطح برگ در تیمار عدم کاربرد باکتری و استفاده از ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک مشاهده شد که برابر ۳ واحد بود، کمترین شاخص سطح برگ در تیمار عدم کاربرد اسید هیومیک و باکتری بدست آمد که برابر ۲/۰۷ واحد بود و با تیمار کاربرد باکتری و عدم کاربرد اسید هیومیک اختلاف معنی داری نداشت (شکل ۴-۶). تسلیاتس و همکاران (۲۰۱۰) معتقدند که مطالعه تغییرات سطح برگ، حجم و وزن خشک گونه‌های گیاهی مختلف مقیاسی از مقدار نسبی، قابلیت تولید و ظرفیت فتوسنتزی گونه‌ها را نشان می‌دهد که ممکن است توانایی رقابتی آنها را تحت تأثیر قرار دهد. غلامی و همکاران (۲۰۰۹) افزایش سطح برگ ذرت در پاسخ به تلقیح با آرتوباکتر براسیلنز دی -س ام، ۱۹۶۰ را تا حدود ۶۵ درصد گزارش نمودند.

شاخص سطح برگ (LAI) نشان دهنده مواد موجود برگ در یک بوم سازگان است که میزان تولید خالص، فتوسنتز، تنفس، تبخیر و تعرق، ربایش تاجی و دیگر فرایندهای بوم شناختی مرتبط بین رستنی ها و اقلیم را به مقدار زیادی کنترل می کند. اخیراً شاخص سطح برگ به عنوان یک متغیر کلیدی در مدل هایی که عکس العمل رستنی ها را در برابر تغییرات محیطی نشان می دهند به کار گرفته شده است، به ویژه شاخص سطح برگ در چرخه کربن، نیتروژن و موازنه آب استفاده شده است. شاخص سطح برگ اولین بار در سال ۱۹۷۴ تعریف شد و در این تعریف کل مجموع سطح بافت

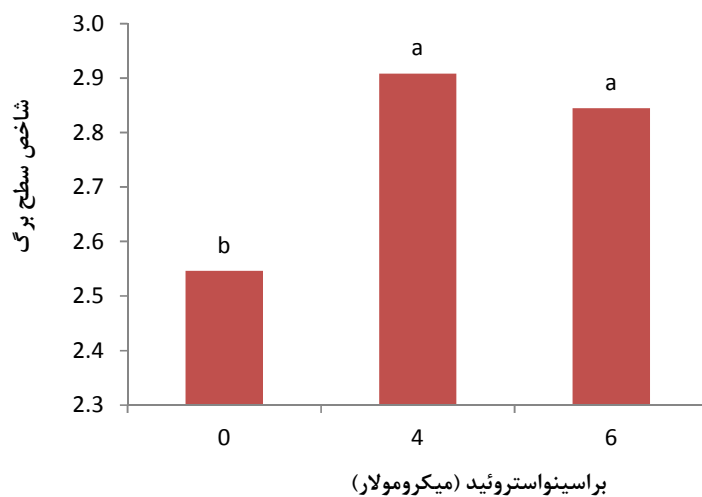
فتوسنتز کننده برگ که معادل سطح رویی برگ است در واحد سطح زمین محاسبه شد. بعد از ارائه تعاریف متعدد، دیگر پژوهشگران زیادی مانند چن و بلک، ۱۹۹۲؛ فاسناخت و همکاران، ۱۹۹۴؛ چن، ۱۹۹۶؛ ژونخر و همکاران، ۲۰۰۴؛ شاخص سطح برگ را به عنوان نصف کل سطح برگ در واحد سطح زمین تعریف نمودند که این تعریف در مورد پهن برگان صدق می کند و برای سوزنی برگان که برگ های سوزنی آن ها سیلندری یا نیمه سیلندری هستند اغلب مشکل می باشد. شاخص سطح برگ واحد ندارد یا می توان آن را بر حسب متر مربع در مترمربع بیان نمود. شاخص سطح برگ وابسته به نوع و ترکیب گونه ای، مرحله تحولی یا توالی و فصل تغییر می کند و از سوی دیگر بسته به شرایط غالب رویشگاه و عملیات مدیریتی، میزان شاخص سطح برگ نیز تغییر خواهد نمود. شاخص سطح برگ بین (صفر) در زمین لخت تا ۴۰ (در جنگل های سوزنی برگ متراکم) تغییر می نماید. روش های مستقیم و غیرمستقیم برای اندازه گیری شاخص سطح برگ تعریف و ایجاد شده اند. روش های مستقیم روش هایی دقیق هستند اما اغلب اجرای آن ها بسیار سخت و زمان بر است و بنا براین به صورت محدودی مورد استفاده قرار می گیرند. در روش های غیرمستقیم مساحت برگ با استفاده از مشاهدات متغیرهای دیگری تخمین زده می شود. مهم ترین متغیرهایی که در این روش مورد استفاده قرار می گیرند شامل وضعیت هندسی تاج، میزان ربایش نوری، طول و عرض برگ هستند. تخمین شاخص سطح برگ بر اساس تصاویر ماهواره ای، جزء روش های غیرمستقیم است که بر اساس رابطه شاخص سطح برگ و مشخصات انعکاس اشعه از تاج پوشش اندازه گیری شده توسط حسگر ماهواره ها بدست می آید. از آنجاییکه نور رابطه متقابلی درون تاج دارد؛ داده های ماهواره ای تحت تأثیر اختلالات اتمسفری، میزان دقت و مشخصات نوع حسگر و فرایند دریافت سیگنال ها قرار دارند. رهیافت های مختلفی برای تبدیل داده های ماهواره ای به شکل یک نقشه ارائه شده است. در حالیکه استاندارد از روش یا محصولاتی که بدست می آید وجود ندارد، پیشرفت هایی در این مسیر به خصوص در تبدیل اعتبارسنجی و مقایسه روش های مختلف به وجود آمده است. فرید حسینی و همکاران (۲۰۱۲) از

رابطه NDVI و شاخص سطح برگ درختان سیب، آلو، گلابی و گیلان استفاده نمود و با ضریب همبستگی $0/53$ و مقدار خطای باقیمانده $0/67$ توانست شاخص سطح برگ را تخمین بزند. در این مطالعه شاخص سطح برگ بین ۱ تا ۵ متغیر بود. موریست و همکاران (۲۰۰۶) فنونی که در کشورهای مختلف برای تخمین شاخص سطح برگ با استفاده از اندازه‌گیری های ماهواره ای استفاده شده است را مرور نموده اند. به واسطه تغییرات مکانی و زمانی در تاج پوشش توده های جنگلی، روش های مبتنی بر داده های ماهواره ای روش های کم هزینه برای تخمین شاخص سطح برگ در مقیاس جهانی یا چشم انداز هستند. از سوی دیگر با توجه به تغییرات ویژگی های بوم سازگان، مشخصه های غیرمستقیم تخمین شاخص سطح برگ با استفاده از داده های ماهواره ای و تنوع اندازه‌گیری ها و تحلیل های ماهواره ای، شاخص سطح برگ تولید شده از عناصر مورد نیاز برای یک استراتژی دارای ثبات و کیفیت جهانی در تولید شاخص سطح برگ است. سید شریفی و همکاران (۲۰۱۱) بیشترین شاخص سطح برگ ذرت را در تلقیح بذر با ازتوباکتر و کمترین آن را در عدم تلقیح گزارش نمودند. وو و همکاران (۲۰۰۵) دلیل افزایش سرعت رشد محصول ذرت را در تلقیح با کودهای بیولوژیک، به افزایش جذب و دسترسی بیشتر عناصر غذایی توسط گیاه نسبت دادند. در این آزمایش نیز تیمارهایی که با باکتری‌های محرک رشد تلقیح شده بودند توانستند شاخص سطح برگ بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشته باشند.



شکل ۴-۶- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد باکتری با اسید هیومیک بر شاخص سطح برگ نخود

نتایج آزمایش حاضر همچنین نشان داد با کاربرد براسینو استروئید شاخص سطح برگ نسبت به شرایط شاهد افزایش پیدا کرد، اما اختلاف معنی داری بین سطوح نیست. بر همین اساس شاخص سطح برگ در تیمارهای ۰، ۴ و ۶ میکرومولار براسینو استروئید به ترتیب برابر ۲/۵، ۲/۹ و ۲/۸ واحد بود که دوسطح کاربرد نسبت به هم اختلاف معنی داری ندارند. (شکل ۴-۷).



شکل ۴-۷- مقایسه میانگین اثر ساده براسینو استروئید بر شاخص سطح برگ نخود

۴-۴- درصد پروتئین دانه و عملکرد پروتئین

نتایج تجزیه واریانس اثر اسید هیومیک، براسینو استروئید و باکتری بر درصد پروتئین و عملکرد پروتئین گیاه نخود نشان داد اثر ساده باکتری، براسینو استروئید، اسید هیومیک و اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک بر درصد پروتئین دانه نخود در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل باکتری و براسینو استروئید بر درصد پروتئین دانه نخود در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول پیوست ۶).

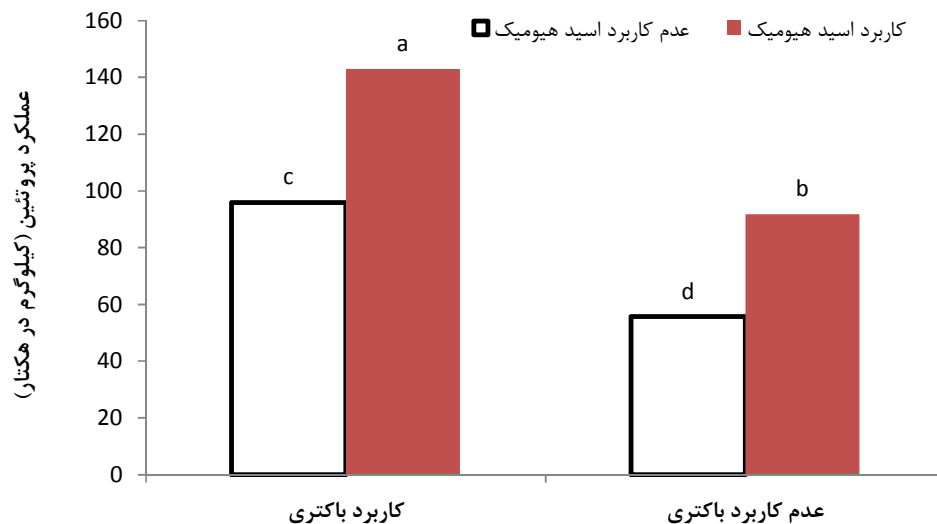
همچنین بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر ساده باکتری، براسینو استروئید، اسید هیومیک بر عملکرد پروتئین نخود در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک، اثر متقابل باکتری و براسینو استروئید و اثر متقابل براسینو استروئید و اسید هیومیک بر عملکرد پروتئین نخود در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول پیوست ۶).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک درصد پروتئین با استفاده از اسید هیومیک در شرایط کاربرد و عدم کاربرد باکتری افزایش پیدا کرد به طوری که بیشترین میزان برای درصد پروتئین در تیمارهای کاربرد باکتری و ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک بود البته با تیمار بدون مصرف اسید هیومیک اختلاف معنی داری نداشت. که به ترتیب برابر ۲۲/۶ و ۲۱/۴ درصد بود، کمترین درصد پروتئین در تیمار عدم کاربرد باکتری و اسید هیومیک مشاهده شد که برابر ۱۵/۷ درصد بود (شکل ۴-۸)، تغییرات عملکرد پروتئین نیز همانند درصد پروتئین دانه بود به طوری که با کاربرد باکتری و اسید هیومیک میزان عملکرد پروتئین دانه افزایش پیدا کرد و بیشترین عملکرد پروتئین در تیمار کاربرد باکتری و ۶ لیتر اسید هیومیک مشاهده شد که برابر ۱۴۳ کیلوگرم در هکتار بود و کمترین عملکرد پروتئین نیز در تیمار عدم کاربرد باکتری و عدم کاربرد اسید هیومیک بدست آمد و برابر ۵۵/۷ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۴-۹). بر اساس نتایج این آزمایش عدم کاربرد اسید هیومیک باعث افت بسیار شدید در میزان عملکرد پروتئین می شود، که به نظر می رسد به دلیل

خصوصیات مطلوبی که مواد هیومیک دارند این امر باعث افزایش در عملکرد پروتئین می‌شود، در همین رابطه تجادا و گونزالز (۲۰۰۳) نشان دادند پاشش اسید هیومیک و اسیدهای آمینه روی گیاهان مارچوبه توانست جذب اغلب عناصر کم مصرف به‌خصوص آهن و پر مصرف به‌خصوص 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 محلول پاشی اسید هیومیک باعث افزایش نگهداری آب برگ و میزان فتوسنتز شده و متابولیسم آنتی اکسیدانی را کاهش می‌دهد (فوجیو و همکاران، ۱۹۹۵). در تحقیقی که توسط لی و ایون (۲۰۰۰) صورت گرفت مشخص گردید که کاربرد اسید هیومیک 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).

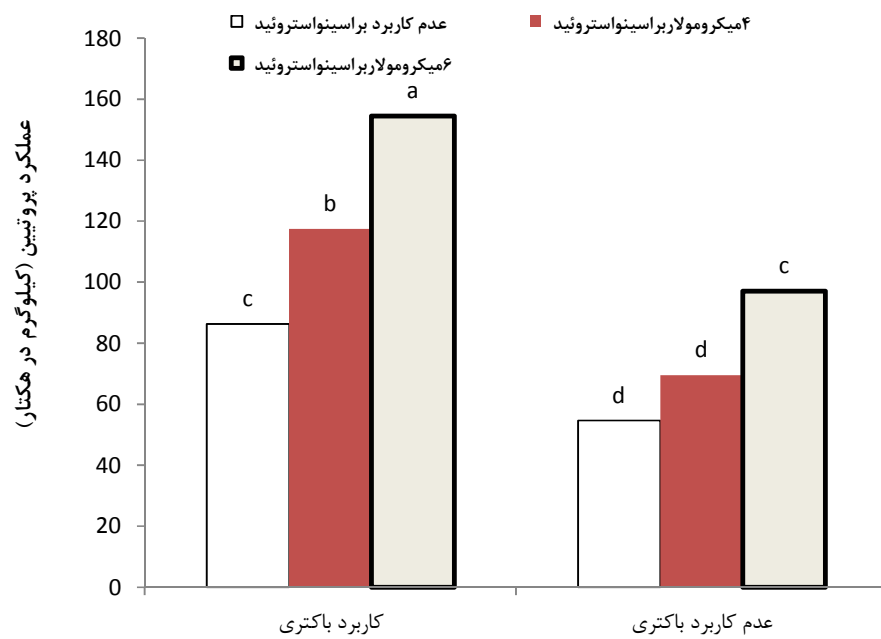
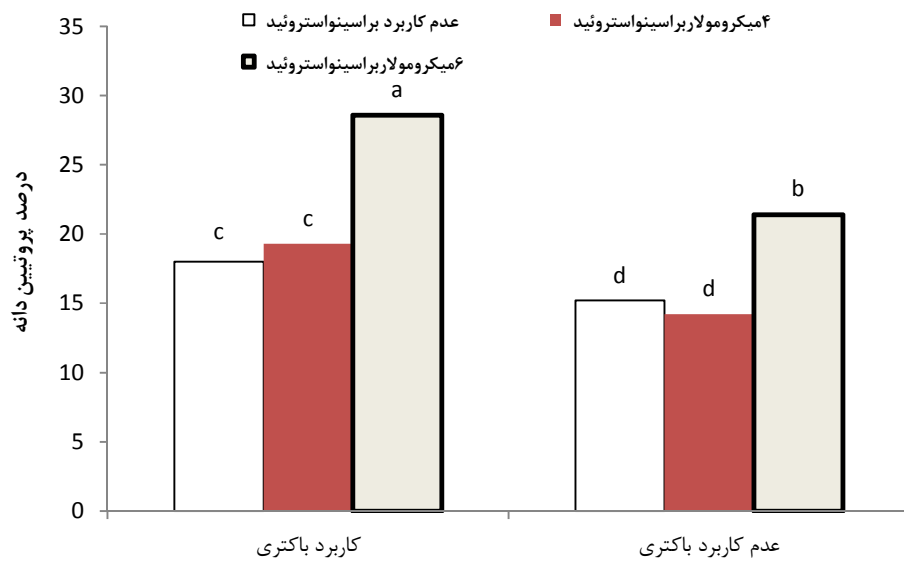


شکل ۴-۸- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد باکتری و اسید هیومیک بر درصد پروتئین دانه نخود



شکل ۴-۹- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد باکتری و اسید هیومیک بر عملکرد پروتئین نخود

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری و براسینو استروئید نشان داد با افزایش در کاربرد براسینو استروئید در هر دو سطح کاربرد و عدم کاربرد باکتری میزان عملکرد پروتئین و درصد پروتئین دانه نخود افزایش پیدا کرد، همچنین نتایج این آزمایش نشان داد با کاربرد باکتری در تمام سطوح براسینو استروئید میزان عملکرد پروتئین و درصد پروتئین دانه افزایش پیدا کرد، بر همین اساس بیشترین مقدار بر درصد پروتئین دانه و عملکرد پروتئین در تیمار کاربرد باکتری و کاربرد ۶ میکرومولار براسینو استروئید مشاهده شد که به ترتیب برابر ۲۸/۶ درصد و ۱۵۴/۵ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۴-۱۰).



شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری و براسینو استروئید بر درصد پروتئین دانه و عملکرد

پروتئین

بر اساس نظر محققان براسینو استروئیدها و سیتوکینین‌ها برهمکنش نزدیکی با یکدیگر دارند، براسینو استروئیدها با القای فعالیت آنزیم سیتوکینین گلوکوزیداز و کاهش بیان ژن سیتوکینین اکسیداز باعث افزایش سطح سیتوکینین درونی می‌شوند، در این بین غلظت براسینو استروئید در این برهمکنش تعیین کننده است، افزایش سیتوکینین باعث افزایش سطح درونی سیتوکینین‌ها و افزایش عملکرد آن‌ها نظیر تحریک تقسیم سلولی می‌شود (تانور و همکاران، ۲۰۱۹)، این افزایش تقسیم در ریشه باعث افزایش جذب عناصر غذایی به خصوص نیتروژن شده که اثر مستقیم بر میزان پروتئین بخش هوایی دارد (باجگاز و همکاران، ۲۰۱۴).

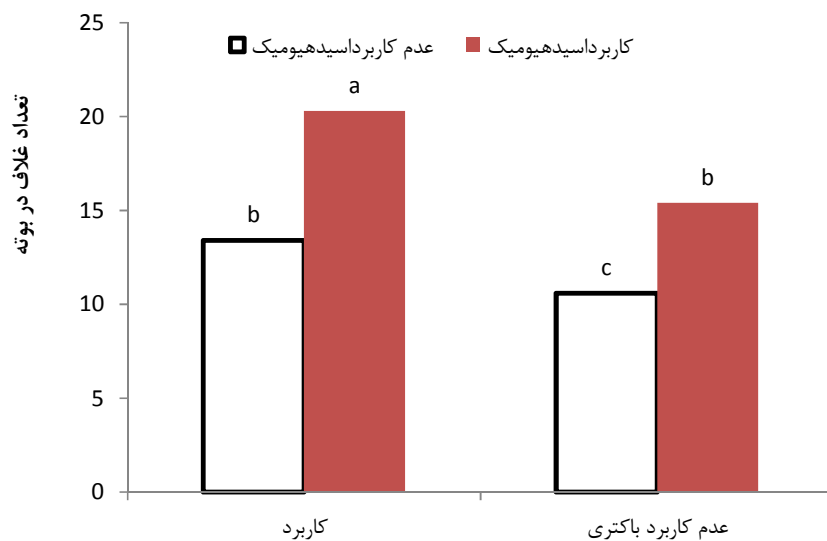
۴-۵- اجزای عملکرد دانه

۴-۵-۱- تعداد غلاف در بوته

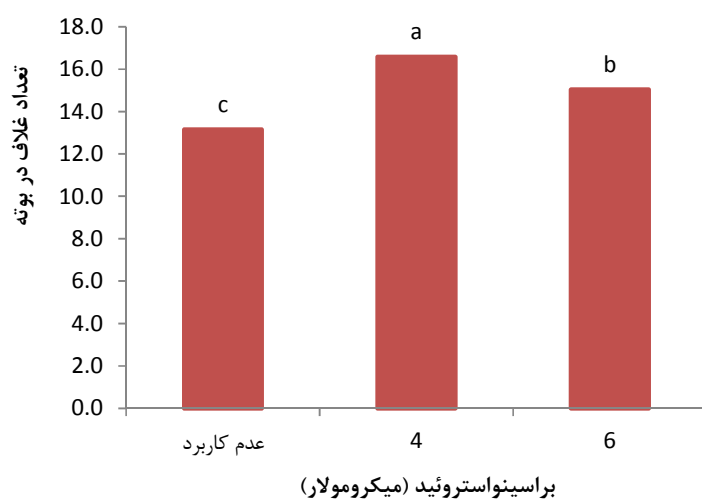
بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتورهای آزمایش از جمله باکتری، براسینو استروئید و اسید هیومیک بر تعداد غلاف در بوته نخود در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود، همچنین اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک نیز بر تعداد غلاف در بوته نخود در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول پیوست ۴).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک بر تعداد غلاف در بوته نشان داد با کاربرد اسید هیومیک در هر دو سطح کاربرد و عدم کاربرد باکتری تعداد غلاف در بوته نخود به طور معنی داری افزایش پیدا کرد، همچنین باید بیان شود در زمان کاربرد باکتری و اسید هیومیک تعداد غلاف در بوته نخود بیشتر از عدم کاربرد باکتری و اسید هیومیک بود به طوری که بیشترین تعداد غلاف در بوته نخود در تیمار کاربرد باکتری و استفاده از ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک مشاهده شد (شکل ۴-۱۱)، همچنین بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر براسینو استروئید بر تعداد غلاف در بوته با کاربرد براسینو استروئید تعداد غلاف در بوته نیز افزایش پیدا کرد به طوری که بیشترین تعداد غلاف در بوته

در هنگام کاربرد ۴ میکرومولار براسینو استروئید مشاهده شد و برابر ۱۶/۶ عدد بود و کمترین تعداد برای غلاف در بوته در تیمار عدم کاربرد براسینو استروئید مشاهده شد و برابر ۱۳/۱ عدد بود (شکل ۴-۱۲). بطور کلی باید بیان کرد کاربرد مواد هیومیک، باکتری و براسینو استروئیدها به دلیل ترکیبات مفیدی که دارند باعث بهبود رشد نخود شده است که این امر باعث افزایش در تعداد غلاف در بوته نخود شده است (شکل ۴-۱۱ و ۴-۱۲). در تحقیق یلدرم (۲۰۰۷) محلول پاشی اسید هیومیک به مقدار صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی لیتر بر روی گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) مشخص شد که اسید هیومیک باعث افزایش افزایش عملکرد میوه و تعداد میوه گوجه فرنگی شد، بیشترین میزان افزایش عملکرد میوه و تعداد میوه مربوط به مصرف ۲۰ میلی لیتر اسید هیومیک بود. در تحقیقی دیگر استفاده از اسید هیومیک سبب افزایش تعداد گل در گل گلابول شده است (پین و همکاران، ۲۰۱۱). در پژوهشی که بر روی گل همیشه بهار انجام شد مشخص گردید که استفاده از اسید هیومیک به همراه فسفر در این گیاه، سبب افزایش عملکرد گل خشک، تعداد گل، درصد اسانس، عملکرد بذر و روغن بذر شد (فرجامی و نبوی، ۲۰۱۴). حیات و احمد (۲۰۰۳) بیان کرده‌اند کاربرد براسینو استروئیدها در گیاه عدس باعث افزایش در میزان عملکرد دانه شده است که عمده آن به دلیل افزایش در تعداد غلاف در بوته و وزن دانه بوده است. در رابطه با باکتری یزدانی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند مصرف توام باکتری‌های حل کننده فسفات و مصرف ۵۰ درصد کود مصرفی فسفر توانست میزان عملکردی برابر با عملکرد مصرف کود کامل فسفر در زراعت ذرت تولید کند که این امر به دلیل افزایش در اجزای عملکرد ذرت بود. استفاده توام اسید هیومیک و باکتری‌های حل کننده فسفات (سودوموناس و پوتیدا) باعث کاهش pH خاک شده و باعث افزایش قابلیت دسترسی فسفر می‌گردد که این امر منجر به افزایش تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته و همچنین افزایش عملکرد در سویا گردیده است (وینارسو و همکاران، ۲۰۱۱).



شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد باکتری و اسید هیومیک بر تعداد غلاف در بوته نخود



شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین اثر ساده براسینو استروئید بر تعداد غلاف در بوته نخود

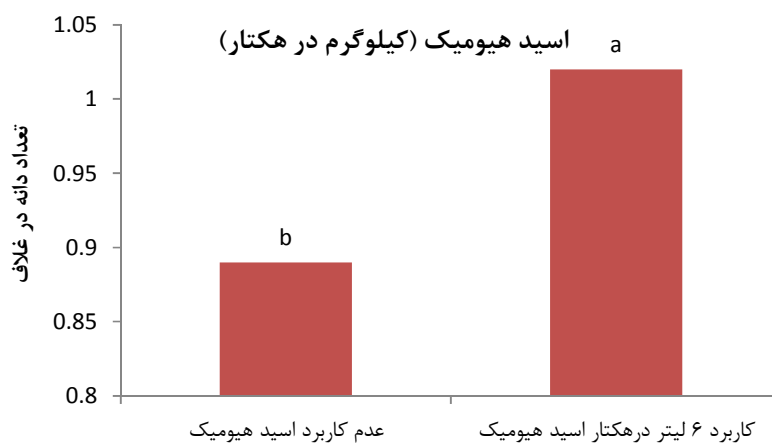
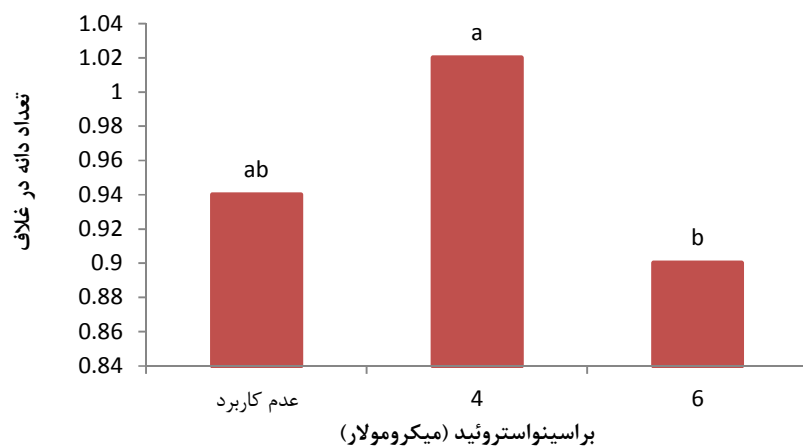
۴-۵-۲- تعداد دانه در غلاف

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر ساده باکتری، براسینو استروئید در سطح احتمال ۵ درصد و اثر اسید هیومیک بر تعداد دانه در غلاف نخود در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود و اثرات متقابل بر تعداد دانه در غلاف نخود معنی دار نبودند (جدول پیوست ۴).

نتایج مقایسه میانگین کاربرد اسید هیومیک نیز نشان داد کاربرد ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک باعث افزایش معنی دار در تعداد دانه در غلاف نخود می‌شود، تعداد دانه در غلاف نخود در ۰ و ۶ لیتر در هکتار کاربرد اسید هیومیک به ترتیب برابر ۰/۸۹ و ۱/۰۲ عدد دانه در غلاف بود.

نتایج مقایسه میانگین اثر کاربرد باکتری بر تعداد دانه در غلاف با کاربرد باکتری تعداد دانه در غلاف به طور معنی داری افزایش پیدا کرد و تعداد دانه در غلاف در تیمارهای کاربرد و عدم کاربرد باکتری به ترتیب برابر ۱/۱۱ و ۰/۸۵ بود.

نتایج مقایسه میانگین کاربرد براسینو استروئید نیز نشان داد استفاده از ۴ میکرومولار براسینو استروئید موجب افزایش تعداد دانه در غلاف گردید گرچه اختلاف معنی داری با عدم کاربرد براسینو استروئید نداشت. در واقع باید بنا بر نتایج این آزمایش بیان کرد با کاربرد هر سه فاکتور باکتری، براسینو استروئید و اسید هیومیک تعداد دانه در غلاف نیز به دلیلی ویژگی‌های مطلوب این ترکیبات بهبود پیدا کرده و افزایش یافته است (شکل ۴-۱۳).



شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین اثر ساده براسینو استروئید، باکتری و اسید هیومیک بر تعداد دانه در

غلاف نخود

۴-۵-۳- وزن صد دانه

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر ساده باکتری، اسید هیومیک بر وزن صد دانه نخود در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود و اثر ساده براسینو استروئیدو اثر متقابل باکتری و براسینو استروئید بر وزن صد دانه نخود در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول پیوست ۴).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری و براسینو استروئید نشان داد با کاربرد براسینو استروئید در هر دو سطح باکتری وزن صد دانه نخود افزایش پیدا کرد که فقط با عدم کاربرد باکتری اختلاف معنی داری مشاهده گردید، نکته مهم دیگر این است که بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری و براسینو استروئید این می باشد که با کاربرد باکتری وزن صد دانه نخود در تمام سطوح براسینو استروئید بیشتر از عدم کاربرد باکتری بود به طوریکه افزایش مقدار این صفت در عدم کاربرد باکتری و براسینو استروئید اختلاف معنی داری داشت که این امر نشان دهنده آن است که باکتری و براسینو استروئید اثر سینرژیک دارند و با کاربرد باکتری و براسینو استروئید وزن صد دانه بیشتر افزایش پیدا می کند نسبت به کاربرد تنهایی هر کدام از تیمارهای باکتری و براسینو استروئید. همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر ساده اسید هیومیک بر وزن صد دانه نخود نشان داد با کاربرد اسید هیومیک وزن صد دانه به طور معنی داری افزایش پیدا کرد، به طوری که وزن صد دانه در ۰ و ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک به ترتیب برابر ۱۷/۸ و ۱۹/۹ گرم بود (شکل ۴-۱۴).



شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین اثر ساده اسید هیومیک و اثر متقابل باکتری و براسینواستروئید بر وزن

صد دانه نخود

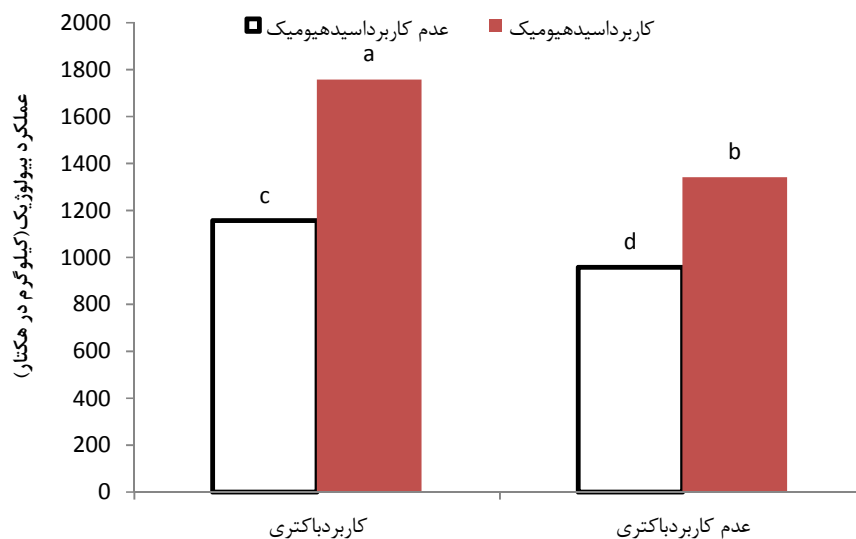
۴-۶- عملکرد بیولوژیک

در جدول پیوست ۵ نتایج تجزیه واریانس فاکتورهای آزمایش بر عملکرد بیولوژیک نخود نشان داده شده است، بر اساس نتایج این جدول اثر ساده باکتری، براسینو استروئید و اسید هیومیک در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک بر عملکرد بیولوژیک نخود در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول پیوست ۵).

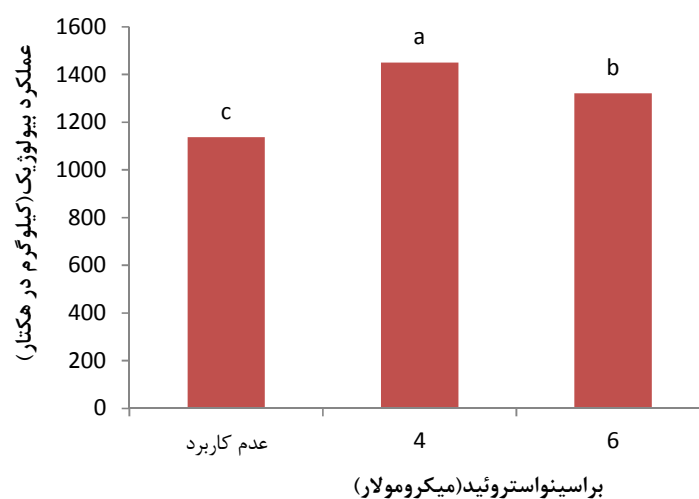
نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک بر عملکرد بیولوژیک نشان داد با کاربرد باکتری در هر دو سطح کاربرد اسید هیومیک میزان عملکرد بیولوژیک نخود به طور معنی داری افزایش پیدا کرد، به طوری که بیشترین میزان برای عملکرد بیولوژیک بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک برابر ۱۷۵۷ کیلوگرم در هکتار بود که در تیمار کاربرد باکتری و کاربرد ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک مشاهده شد و کمترین میزان عملکرد بیولوژیک در تیمار عدم کاربرد باکتری و عدم کاربرد اسید هیومیک مشاهده شد و برابر ۹۵۷ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۴-۱۵). همچنین بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک باید بیان کرد در هنگامی که باکتری مورد استفاده قرار نمی گیرد کاربرد اسید هیومیک می تواند تا حد زیادی کارساز باشد و باعث افزایش در عملکرد بیولوژیک می شود (شکل ۴-۱۵). نتایج مقایسه میانگین اثر براسینو استروئید بر عملکرد بیولوژیک نخود با افزایش در کاربرد براسینو استروئید میزان عملکرد بیولوژیک ابتدا افزایش و سپس کاهش پیدا کرد (شکل ۴-۱۶)، به طوری که بیشترین میزان برای عملکرد بیولوژیک در تیمار ۴ میکرومولار براسینو استروئید مشاهده شد و برابر ۱۴۵۱ کیلوگرم در هکتار بود و به طور معنی داری از میزان عملکرد بیولوژیک در تیمار عدم کاربرد و کاربرد ۶ میکرومولار براسینو استروئید بیشتر بود (شکل ۴-۱۶). هر سه فاکتور براسینو استروئید، اسید هیومیک و باکتری بر اساس نتایج این آزمایش توانسته اند باعث بهبود در میزان تولید بیومس یا ماده خشک در گیاه شوند، در رابطه با اثر براسینو استروئیدها در گیاه گزارش شده است برخی از انواع تنظیم کننده های رشد گیاهی از جمله

براسینوبراسینو استروئیدها، به عنوان گروه مهمی از هورمون های براسینو استروئیدی، می توانند به بالاتر رفتن تحمل گیاهان به ویژه با تقویت سیستم آنتی اکسیدانی و هومئوستازی یونی کمک شایانی کنند، این ترکیبات در شرایط عدم تنش نیز باعث افزایش در ماده خشک گیاهی از طریق افزایش در تولید مواد فتوسنتزی می شوند (کریشنا، ۲۰۰۳). براسینو استروئیدها پتانسیلی قوی در تعدیل بسیاری از تنش ها با تنظیم سیستم آنتی اکسیدانی گیاه دارند (آلیامنی و همکاران، ۲۰۱۳). آرورا و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که اسپری برگی گیاه براسیکا و ذرت توسط - هوموبراسینولید به ترتیب می تواند موجب کاهش اثر شوری با افزایش کارایی فتوسنتزی و فعالیت آنتی اکسیدان ها گردد که این امر در نهایت باعث افزایش ماده خشک تولیدی و افزایش عملکرد بیولوژیک می شود. در رابطه با باکتری های محرک نیز بررسی اثر تلقیح باکتری های محرک رشد (سودوموناس، باسیلوس و اکتونوماست)^۷ بر رشد گیاه ذرت (*Zea mays L.*) و اثر متقابل این باکتری ها با سایر ریزجاندارهای خاک (قارچ های میکوریزا) نشان داد که اثر هر کدام از باکتری های محرک رشد به صورت جداگانه نسبت به حالت ترکیب دو به دو باکتری ها بر عملکرد، ارتفاع گیاه، طول ریشه و وزن اندام هوایی کمتر بود. آنها همچنین بیان کردند هنگامی که هر سه باکتری محرک رشد و قارچ های میکوریزا همزمان بکار گرفته شد میزان صفات ذکر شده بسیار بیشتر افزایش پیدا می کرد (سانجیتا و همکاران، ۲۰۱۳).

⁷ Actinomycetes



شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد باکتری و اسید هیومیک بر عملکرد بیولوژیک نخود

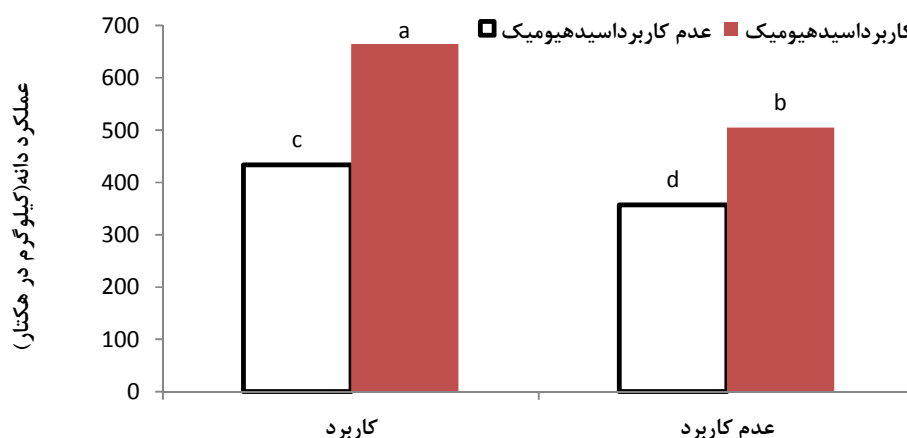


شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین اثر ساده براسینو استروئید بر عملکرد بیولوژیک نخود

۷-۴- عملکرد دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس فاکتور های آزمایش بر عملکرد دانه نخود، اثر ساده باکتری، براسینو استروئید و اسید هیومیک و اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه نخود معنی دار بود و سایر اثرات متقابل اثر معنی داری بر عملکرد دانه نخود نداشتند (جدول پیوست ۵).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک نشان داد با کاربرد اسید هیومیک در هر دو سطح کاربرد و عدم کاربرد باکتری میزان عملکرد دانه افزایش پیدا می کند، بر همین اساس بیشترین میزان برای عملکرد دانه در تیمار کاربرد باکتری و کاربرد ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک مشاهده شد که برابر ۶۶۴/۲ کیلوگرم در هکتار بود و کمترین میزان برای عملکرد دانه در تیمار عدم کاربرد باکتری و اسید هیومیک مشاهده شد و برابر ۳۵۷/۴ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۴-۱۷). همچنین بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر براسینو استروئید بر عملکرد دانه نخود کاربرد براسینو استروئید باعث افزایش در عملکرد دانه شد اما بیشترین عملکرد دانه با مقدار ۵۴۴/۱ کیلوگرم در هکتار در کاربرد ۴ میکرومولار براسینو استروئید بدست آمد (شکل ۴-۱۸).

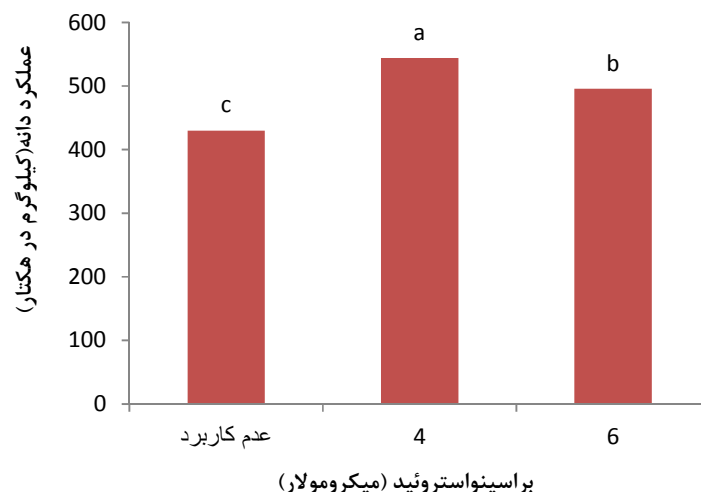


شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد باکتری و اسید هیومیک بر عملکرد دانه نخود

عملکرد دانه در گیاهان زراعی مهمترین صفت می‌باشد که محققان به دنبال راهی برای افزایش در این صفت می‌باشند، در واقع تمام تحقیقات در رابطه با گیاهان زراعی که محصول آنها دانه می‌باشد افزایش در عملکرد دانه به وسیله فاکتورهای مختلف می‌باشد، نتایج آزمایش حاضر نیز نشان داد برای افزایش و بهبود عملکرد دانه کاربرد اسید هیومیک، براسینو استروئید و باکتری محرک رشد می‌تواند مفید باشد و باعث افزایش در عملکرد دانه شود، در همین رابطه بابوی و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی تاثیر باکتری‌های محرک رشد (سراتیا مارسسنس^۸ و تریکودرما هارزیانوم^۹) (و ترکیب این دو باکتری با هم) را بر عملکرد و تثبیت زیستی نیتروژن در گیاه بادام زمینی مورد مطالعه قرار دادند آنها بیان کردند در تیمارهای تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد عملکرد، تعداد گره در ریشه، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و محتوی نیتروژن بخش هوایی به‌صورت بسیار معنی‌داری (در سطح احتمال ۰/۱ درصد) نسبت به گیاهان شاهد افزایش پیدا کرد. آنها دلیل این افزایش تثبیت نیتروژن را افزایش حجم و وزن خشک ریشه در تیمارهای تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد بیان کردند که بطور غیر مستقیم باعث افزایش تثبیت زیستی نیتروژن در گیاه شد. انجوم و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند کاربرد براسینو استروئیدها به دلیل ویژگی‌های مفیدی که دارند به خصوص محرک رشد بودن ابتدا باعث افزایش وزن خشک گیاه شده و در نهایت عملکرد دانه را افزایش می‌دهند.

^۸ *Serratia marcescens*

^۹ *Trichoderma harzianum*



شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین اثر ساده براسینو استروئید بر عملکرد دانه نخود

۴-۸- نتیجه گیری کلی

بر اساس نتایج این آزمایش تیمار براسینو استروئید، باکتری (ازتوباکتر) و اسید هیومیک اثر معنی داری بر صفات اندازه گیری شده از جمله ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، شاخص سطح برگ، درصد پروتئین دانه، عملکرد پروتئین، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک داشت.

نتایج این آزمایش نشان داد با کاربرد باکتری (ازتوباکتر) و ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک باعث بدست آمدن بیشترین مقدار برای وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و ارتفاع بوته شد، همچنین اثر متقابل ازتوباکتر و براسینو استروئید نشان داد با افزایش در کاربرد براسینو استروئید صفاتی نظیر وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، عملکرد پروتئین، درصد پروتئین دانه، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه نسبت به شاهد افزایش معنی داری دارد.

در رابطه با عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نیز کاربرد اسید هیومیک، ازتوباکتر و براسینو استروئید باعث بهبود عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه نخود شد، بیشترین میزان برای عملکرد بیولوژیک بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل ازتوباکتر و اسید هیومیک برابر ۱۷۵۷ کیلوگرم در هکتار بود که در تیمار کاربرد ازتوباکتر و کاربرد ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک مشاهده شد. بیشترین میزان برای عملکرد دانه در تیمار کاربرد ازتوباکتر و کاربرد ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک مشاهده شد که برابر ۶۶۴/۲ کیلوگرم در هکتار بود.

به طور کلی بر اساس نتایج این آزمایش باید بیان کرد فاکتورهایی مانند اسید هیومیک، ازتوباکتر و براسینو استروئید به دلیل ویژگی های خاصی که دارند باعث بهبود صفات مورفولوژیک و اجزای عملکرد دانه نخود می شوند که این امر در نهایت باعث افزایش در میزان عملکرد دانه نخود به عنوان مهمترین صفت می شود.

۴-۹- پیشنهادات

ارزیابی روش های مختلف دیگر برای افزایش در عملکرد نخود دیم با رعایت اصول کشاورزی ارگانیک
بررسی اثر سایر ترکیبات بهبود دهنده رشد در افزایش عملکرد نخود دیم با رعایت اصول کشاورزی ارگانیک.

جداول پیوست

جدول پیوست ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر ازتوباکتر ، اسید هیومیک،

براسینو استروئید و اثرات متقابل بر ارتفاع بوته نخود

ارتفاع بوته	درجه آزادی	منابع تغییر
۱۲/۹*	۲	بلوک
۱۰۰/۳**	۱	باکتری
۱۷۲/۶**	۲	براسینو استروئید
۵۷۸/۴**	۱	اسید هیومیک
۱۶/۴*	۲	باکتری* براسینو استروئید
۵/۳	۲	براسینو استروئید* اسید هیومیک
۲۷/۳**	۱	باکتری* اسید هیومیک
۲/۲	۲	باکتری* براسینو استروئید* اسید هیومیک
۳/۶	۲۲	خطا
۵/۲		ضریب تغییرات (درصد)

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تنش ازتوباکتر، اسید هیومیک و براسینو استروئید بر شاخص سطح برگ نخود

منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص سطح برگ
بلوک	۲	۰/۰۶۸
باکتری	۱	۱/۸۵**
براسینو استروئید	۲	۰/۴۴**
اسید هیومیک	۱	۸/۳۶**
باکتری* براسینو استروئید	۲	۰/۰۱
براسینو استروئید* اسید هیومیک	۲	۰/۱۰
باکتری* اسید هیومیک	۱	۰/۲۸*
باکتری* براسینو استروئید* اسید هیومیک	۲	۰/۰۱
خطا	۲۲	۰/۰۵
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۵

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر ازتوباکتر ، اسید هیومیک

و براسینو استروئید بر وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه نخود

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه
بلوک	۲	۴۹۳۵	۲۸۸۴
باکتری	۱	۱۶۵۸۰**	۱۴۸۹۹۶**
براسینو استروئید	۲	۶۳۴۰*	۶۶۶۸۱**
اسید هیومیک	۱	۳۹۳۷۵**	۴۴۹۴۸۰**
باکتری* براسینو استروئید	۲	۱۹۴	۱۸۹۰
براسینو استروئید*اسید هیومیک	۲	۲۳۶	۲۵۹۹
باکتری*اسید هیومیک	۱	۳۱۶۹*	۲۲۶۸۰*
باکتری*براسینو استروئید*اسید هیومیک	۲	۸۴۸	۴۹۲۸
خطا	۲۲	۱۵۵۱	۱۳۸۹۶
ضریب تغییرات (درصد)		۲۱/۳	۱۹/۹

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تنش ازتوباکتر، اسید هیومیک و

براسینو استروئید بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صددانه نخود

منابع تغییر	درجه	تعداد	تعداد	وزن
	آزادی	غلاف	دانه در	صدانه
		دربوته	غلاف	
بلوک	۲	۶/۱۰	۰/۰۱۶	۱/۵۱
باکتری	۱	۱۳۶/۱**	۰/۰۶۴*	۳۲/۴۹*
				*
براسینو استروئید	۲	۳۵/۶**	۰/۰۴۰*	۱۱/۹۱*
اسید هیومیک	۱	۳۰۵/۰**	۰/۱۳۴**	۴۱/۸۱**
باکتری* براسینو استروئید	۲	۰/۶۱	۰/۰۱۶	۱۲/۵۵*
براسینو استروئید* اسید هیومیک	۲	۱/۰۷	۰/۰۰۰۹	۰/۷۸
باکتری* اسید هیومیک	۱	۱۰/۰۲*	۰/۰۱۲	۲/۸۹
باکتری* براسینو استروئید* اسید هیومیک	۲	۳/۴۸	۰/۰۰۰۴	۰/۳۴
خطا	۲۲	۲/۱۷	۰/۰۱۳	۲/۴۰
ضریب تغییرات (درصد)		۹/۸	۱۲/۰	۸/۲

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تنش ازتوباکتر، اسید هیومیک و

براسینو استروئید بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نخود

منابع تغییر	درجه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک
بلوک	۲	۵۲۴	۴۶۰۲۲
باکتری	۱	۱۲۴۵۸۵**	۸۴۷۹۳۴**
براسینو استروئید	۲	۳۹۳۱۹**	۲۹۷۳۳۳**
اسید هیومیک	۱	۳۲۲۰۵۶**	۲۱۸۵۹۶۲**
باکتری* براسینو استروئید	۲	۹۰۵	۱۰۱۳۶
براسینو استروئید*اسید هیومیک	۲	۴۹۹	۸۳۲۷
باکتری*اسید هیومیک	۱	۱۵۴۴۲**	۱۰۵۳۸۶*
باکتری*براسینو استروئید*اسید هیومیک	۲	۵۲۲۸	۲۹۸۰۹
خطا	۲۲	۲۴۰۴	۲۶۹۴۳
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۰	۱۲/۵

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر ازتوباکتر، اسید هیومیک و براسینو

استروئید بر درصد پروتئین دانه و عملکرد پروتئین نخود

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد پروتئین دانه	عملکرد پروتئین
بلوک	۲	۱/۲۰	۳۸/۵
باکتری	۱	۲۲۸/۵**	۱۸۸۰۱/۴**
براسینو استروئید	۲	۲۷۵/۳**	۹۲۷۴/۵**
اسید هیومیک	۱	۴۰/۰**	۱۵۵۵۳/۸**
باکتری* براسینو استروئید	۲	۳۱/۹*	۵۰۴/۴*
براسینو استروئید* اسید هیومیک	۲	۱۴/۷	۵۹۳/۷*
باکتری* اسید هیومیک	۱	۵۹/۰**	۵۹۱/۸*
باکتری* براسینو استروئید* اسید هیومیک	۲	۷/۴	۲۶۶/۶
خطا	۲۲	۹/۰	۱۶۱/۹
ضریب تغییرات (درصد)			
		۱۵/۴	۱۳/۱

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

منابع

- احمدی موسوی، ع.، منوچهری کلانتری، خ.، ترک زاده، م.، ۱۳۸۴. اثر نوعی براسینو استروئید بر مقدار تجمع مالون دآلدید، پرولین، قند و رنگیزه های فتوسنتزی در گیاه کلزا (*Brassica napus* L) تحت تنش کم آبی. زیست شناسی ایران. ۱۸(۴): ۲۹۵-۳۰۶.
- توفیقی، ک.، خاوری نژاد، ر.، نجفی، ف.، رضوی، خ.، رجالی، ف.، ۱۳۹۵. بررسی اثر برهمکنش قارچ میکوریزا آربوسکولار و تنظیم کننده رشد گیاهی براسینو استروئید بر افزایش تحمل گندم به تنش شوری. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۸: ۱۹-۵.
- حسین پور، مطلب، عبادی، علی، نبی زاده، اسماعیل، حبیبی، حسن، جهانبخش گده کهریز، سدابه. ۱۳۹۷. نقش کاربرد براسینو استروئید بر تحمل به تنش کم آبی سرخارگل. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۲(۴): ۵۴۸-۵۲۵.
- حسین پور، م.، عبادی، ع.، نبی زاده، ا.، حبیبی، ح.، جهانبخش گده کهریز، س.، ۱۳۹۷. نقش کاربرد براسینو استروئید بر تحمل به تنش کم آبی سرخارگل. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی (علوم کشاورزی). ۱۲: ۵۴۸-۵۲۵.
- حلاجی، ح. ۱۳۸۴. اثر تنش خشکی و تراکم کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان (رقم آذر گل). پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد. ۱۵۵ صفحه

رضایی حلیمه، سعیدی سار سکینه، عبادی مصطفی، عباسپور حسین. ۱۳۹۷. اثر محلول پاشی متیل جاسمونات و ۲۴-اپی براسینواستروئید بر فتوسنتز، فلورسنس کلروفیل و صفات روزنه ای برگ در گیاه خردل سیاه تحت تنش شوری. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی. ۶۲-۷:۵۳.

سرافراز اردکانی، م.ر. ۱۳۹۸. پاسخ های آنٹی اکسیدانی القاء شده توسط تیمارهای کینتین و اپی براسینواستروئید طی بروز تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه در سه رقم گندم. نشریه فرآیند و کارکرد گیاهی. ۳۱۴-۳۲۷:۲۹.

صادقی پور، ا.، بنکدارهاشمی، ن. ۱۳۹۴. بررسی اثر کاربرد براسینواستروئید در تحمل به خشکی لوبیا چشم بلبلی. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۷: ۷۰-۵۷.

صداقت محمد اسماعیل، امام یحیی. ۱۳۹۵. تأثیر سه تنظیم کننده رشد بر عملکرد دانه ارقام گندم در رژیم های متفاوت رطوبتی. تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۶: ۱۵-۳۳.

محمد رضاخانی، سهیلا، پاک کیش، زهرا، رفیعی، سمیه. ۱۳۹۵. نقش براسینواستروئید روی بهبود ویژگی های کیفی میوه توت فرنگی رقم پارس. علوم باغبانی. ۳۰(۲): ۳۱۶-۳۲۶.

Alyemeni, M.N., Shamsul Hayat, S., Wijaya, L. and Abdullah Anaji, A. 2013. Foliar application of 28-homobrassinolide mitigates salinity stress by increasing the efficiency of photosynthesis in *Brassica juncea*. *Acta Botanica Brasilica*, 27: 502-505.

Anjum, S.A., Wang, L.C., Farooq, M., Hussain, M., Xue, L.L. and Zou, C.M. 2011 a. Brassinolide application improves the drought tolerance in maize through modulation of enzymatic antioxidants and leaf gas exchange. *Journal of Agronomy and Crop Science* 197: 177-185.

- Anjum, S.A., Xie, X.Y., Wang, L.C., Saleem, M.F., Man, C. and Lei, W. 2011 b. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research* 6 (9): 2026-2032.
- Arora, N., Bhradwaj, R., Sharma, P. and Kumar, H. 2008. Effects of 28-homobrassinolide on growth, lipid peroxidation and antioxidative enzyme activities in seedlings of *Zea mays L.* under salinity stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30: 833-839.
- Bajguz, A. and Piotrowska-Niczyporuk, A. 2014. Interactive effect of brassinosteroids and cytokinins on growth, chlorophyll, monosaccharide and protein content in the green alga *Chlorella vulgaris* (Trebouxiophyceae). *Plant Physiology and Biochemistry* 80: 176-183.
- Behnamnia, M., Kh.M. Kalantari, and F. Rezanejad. 2009. Exogenous application of brassinosteroid alleviates drought-induced oxidative stress in *Lycopersicon esculentum L.* *General and Applied Plant Physiology*. 35 (1-2): 22-34.
- Ben Romdhane, S., Aouani, M.E., Trabelsi, M., Lajudie, P., and Hamdi, R. 2008. Selection of high nitrogen-fixing Rhizobia nodulating chickpea (*Cicer arietinum*) for Semi-Arid Tunisia. *J. Agron. Crop Sci.* 194: 413-420. 4
- Biggs, R. H., Obreza, T. A., & Webb. R. G. (1989). Humate material: their effect and use as soil amendment. *Journal of Applied Phycology*, 5, 115-120.
- Elias, N., McInnes, A., and Herridge, D. 2008. Optimizing chickpea nodulation for nitrogen fixation and yield in north-western New South

- Wales, Australia. In: F.D. Dakora (Ed.). Biological nitrogen fixation: Towards poverty alleviation through sustainable agriculture. Springer Science. Netherlands, p. 143.
- Farooq, M., Hussain, M. and Siddique, K. H. M. 2014. Drought Stress in Wheat during Flowering and Grain-filling Periods. *Journal of Critical Reviews in Plant Sciences* 33 (4): 331-349.
- Farooq, M., Wahid, A., Basra, S. M. A. and Din, I. U. 2009. Improving the water relations and gas exchange with brassinosteroids in rice under drought stress. *Journal of Agronomy and Crop Science* 195 (4): 262-269.
- Grove, M. D., Spencer, G. F., Rohwedder, W. K., Mandava, N. B., Worley, J. F. and Wathen, J. D. 1979. Brassinolide a plant growth promoting steroid isolated from canola(*Brassica napus L.*) pollen. *Nature Journal*. 281: 216-217.
- Hayat, S., Alyemeni, M. N. and Hasan, S. A. 2012. Foliar spray of brassinosteroid enhances yield and quality of *Solanum lycopersicum* under cadmium stress. Saudi.
- Horn, C.P., Dalal, R.C., Birch, C.J., and Doughton, J.A. 1996. Nitrogen fixation in chickpea as affected by planting time and tillage practice. In: *Proceeding of the 8th Australian Agronomy Conference*, Jan. 2830, 1996. The University of Toowoomba, Australia. p. 512. 9
- Iranian Ministry of Jihad-e-Agriculture. 2006. Agricultural statistics. First volume: Products of Agronomy and Horticulture. Division of Programming of Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran, *Ir Journal of Biological Sciences*. 19: 325-335.

- Kagale, S., U. K. Divi, J. E. Krochko, W. A. Keller and P. Krishna. 2007. Brassinosteroid confers tolerance in *Arabidopsis thaliana* and *Brassica napus* to a range of abiotic stresses. *Planta* 225(2): 353-364.
- Kaya, C., Akram, N. and Ashraf, M. 2018. Kinetin and indole acetic acid promote antioxidant defense system and reduce oxidative stress in maize (*Zea mays* L.) plants grown at boron toxicity. *Plant Growth Regulation* 37(1): 1258-1266.
- Krishna, P. 2003. Brassinosteroid- mediated stress responses. *Plant Growth Regulation*, 22: 353-364.
- Mahesh, K., Balaraju, P., Ramakrishna, B. and Rao, S. S. 2013. Effect of brassinosteroids on germination and seedling growth of radish (*Raphanus sativus* L.) under PEG- 6000 induced water stress. *American Journal of Plant Science* 4 (12): 2305-2313.
- Mousavi, S. K, & Pezeshkpur, C. (2004). Evaluation of chickpea kabuli type genotypes (*Cicer arietinum* L.) response to sowing date. *Iranian Journal of Agricultural Research*, 4, 141-154.
- Ogwenio, J. O., Hu, W. H., Song, X. S., Shi, K., Mao, W. H., Zhou, Y. H. and Yu, J. Q. 2010. Photoinhibition-induced reduction in photosynthesis is alleviated by abscisic acid, cytokinin and brassinosteroid in detached tomato leaves. *Plant Growth Regulation* 60 (3): 175-182
- Ozdamir, F., M. Bor, T. Demiral, and I. Turkan. 2012. Effects of 24-epibrassinolide on seed germination, seedling growth, lipid peroxidation, proline content and anti oxidative system of rice (*Oriza sativa* L.) under salinity stress. *Plant Growth Regulation*. 42: 203-211.

- Parsa, M. S, Dehamiri, R., & Ganjali, A.(2008). Effect of drought stress at different phenological stages on morphological characteristics and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in greenhouse conditions. *Iranian journal of Field Crops Research*, 8, 157-166.
- Qayyum, B., Shahbaz, M. And Akram, N.A. 2007. Interactive effect of foliar application of 24-epibrassinolide and root zone salinity on morpho-physiological attributes of wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Agriculture and Biology* 9 (4): 584-589.
- Rai, Y. Moghisi, N., & Seeyd Sharifi, R.(2007). Effect of irrigation and plant density on grain yield and yield components in chickpea. *Iranian Journal of Crop Science*, 9, 381-371.
- Rohini, V. K. and Sankara, K. R. 2000. Embryo Transformation, A Practical Approach for realizing Transgenic Plants of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Annals of Botany*. 86: 1043- 1049.
- Saffari, M, J. Ahmad, N. A. Khosh Kholgh Sima and Z. Shobbar. 2014. Influence of brassinosteroid and cytokinin hormones spray on activity and gene expression of catalase and proline in two cultivars of canola under drought stress. *Modern Genetics Journal* 9(3): 329-342.
- Sairam R. 1994. Effects of homobrassinolide application on plant metabolism and grain yield under irrigated and moisture-stress conditions of two wheat varieties. *Plant Growth Regulation* 14: 173-181.
- Samareh, N. H. 2005. Effects of drought stress on growth and yield of barley. *Agronomy for sustainable development*. 25:145-149.
- Schaller, H. 2003. The role of sterols in plant growth and development. *Progress in Lipid Research*. 42:163-175.

- Shahbaz, M. and M. Ashraf. 2007. Influence of exogenous application of brassinosteroid on growth and mineral nutrients of wheat (*Triticum aestivum* L.) under saline conditions. *Pakistan Journal of Botany* 39(2): 513-522.
- Soltani, A., Zeinali, E., Galeshi, S. and Latifi, N. 2001. Genetic variation for and interrelationships among seed vigor traits in wheat from the Caspian Sea Coast of Iran. *Seed Science and Technology*, 29(3): 653-662.
- Stephan, K.B. 2000. Evaluation of granular *Rhizobium* inoculant for Chickpea. Ph.D Thesis. University of Saskatchewan, Canada.
- Swamy, K.N., and S.S.R. Rao. 2009. Effect of 24-Epibrassinolide on growth, photosynthesis, and essential oil content of *Pelargonium graveolens* (L.) Herit. *Russian Journal of Plant Physiology*. 56(5): 616-620.
- Taghi Khani., & H. Momeni, A. (2008). Evaluation of drought tolerance indices indifferent growth stages of Indicators chickpea. Proceeding of 10th Agronomy and Plant Breeding Congress. Karaj. 28-30 .7.
- Talaat, N. B., Shawky, B. and Ibrahim, A. S. 2015. Alleviation of drought-induced oxidative stress in maize (*Zea mays* L.) plants by dual application of 24-epibrassinolide and spermine. *Environmental and Experimental Botany* 113: 47-58.
- Tang, J., Han, Z. and Chai, J. 2016. Q &A: what are brassinosteroids and how do they act in plants? *BMC Biology* 14 (1): 1-5.
- Tanveer, M., Shahzad, B., Sharma, A. and Ahmad Khan, E. 2019. 24-Epibrassinolide application in plants: An implication for improving

- drought stress tolerance in plants. *Journal of Plant Physiology and Biochemistry* 135: 295-303.
- Yuan, G-F., Jia, C-G., Li, Z., Sun, B., Zhang, L-P., Liu, N. and Wang, Q-M. 2010. Effect of brassinosteroids on drought resistance and abscisic acid concentration in tomato under water stress. *Scientia Horticulturae* 126 (2): 103-108.
- Zhang, M., Z. Zhai, X. Tian, L. Duan, and Z. Li. 2008. Brassinolide alleviated the adverse effect of water deficits on photosynthesis and the antioxidant of soybean (*Glycine max* L.). *Plant Growth Regulation*. 56: 257-264.
- Zhang, X. and Ervin, E. H. 2004. CytokininContaining Seaweed and Humic Acid Extracts ssociated with Creeping Bentgrass Leaf Cytokinins and Drought Resistance. *Crop Science*, 44, 1737–1745.
- Zhao, G., Xu, H., Zhang, P., Su, X. and Zhao, H. 2017. Effects of 24-epibrassinolide on photosynthesis and Rubisco activase gene expression in *Triticum aestivum* L. seedling under a combination of drought and heat stress. *Plant Growth Regulation* 8 (3): 377-384.
- Morisette, J.T., Baret, F., Privette, J.L., Myneni, R.B., Nickeson, J.E., Garrigues, S., Shabanov, N.V., Weiss, M., Fernandes, R.A., Leblanc, S.G., Kalacska, M., Sánchez-Azofeifa, G.A., Chubey, M., Rivard, B., Stenberg, P., Rautiainen, M., Voipio, P., Manninen, T., Pilant, A.N., Lewis, T.E., Iiames, J.S., Colombo, R., Meroni, M., Busetto, L., Cohen, W.B., Turner, D.P., Warner, E.D., Petersen, G.W., Seufert, G., and Cook, R. 2006. Validation of global moderate-resolution LAI products: A framework

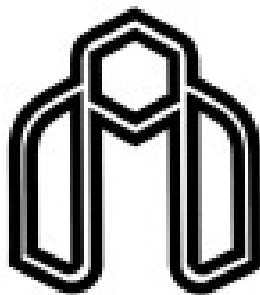
proposed within the CEOS land product validation subgroup. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 44: 1804-1817.

GCOS. 2004. Implementation plan for the global observing system for climate in support of the UNFCCC. Report GCOS-92 (WMO/TD No. 1219). 136p.

Abstract

In order to deal with and adapt the chickpea product (*Cicer arietinum L*) in the face of important non-living stresses that have reduced the yield and yield components of chickpeas in the country, the use of fertilizers and some plant growth regulators can be one of the important strategies for adaptation of this product. Due to the importance of this plant and also the usefulness of humic compounds, brasino steroids and bacteria, this experiment aims to influence their physiological and morphological characteristics of chickpeas in a field in Gorgan in the 99-98 crop year as a factorial in the form of a complete block design. Randomization was performed in 3 replications. The first factor of bacteria with two levels of application (seed impregnation) and non-application, the second factor of humic acid with two levels (zero and 6 liters per hectare) and the third factor of brassino steroid with three levels (zero, 4 and 6 micromolar) in the two stages before flowering And 50% of the flowers were sprayed. The results of this experiment showed that with the application of bacteria and 6 liters per hectare of humic acid, the highest values were obtained for leaf dry weight, stem dry weight and plant height. Leaf dry weight, stem dry weight, plant height, leaf area index, protein yield, seed protein percentage, number of seeds per pod and 100-seed weight showed a significant increase compared to the control. In general, based on the results of these experiments, it should be stated that factors such as humic acid, bacteria and brasino steroid due to their special properties have improved the morphological traits and yield components of chickpea, which ultimately increases the yield. Chickpea seeds have become the most important trait.

Keywords Morphological traits, percentage of protein, foliar application



Shahrood University of

Technology

Faculty of Agriculture

M.Sc. Thesis in Agroecology

**Effect of Brasino Steroid, Humic Acid and Azotobacter Application
on Yield and Yield Components of Dryland Chickpeas**

By: Alireza Dehqan

Supervisor:

Dr. M.R. Amerian

Advisors:

M.Sc. M. Rahimi

Dr. Y. Mohammadi

2022