بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی زراعت

تاثیر محلول‌پاشی اکسین و جیبرلین در حضور باکتری ریزوبیوم بر دو توده لوبیا

نگارنده: فاطمه صابری نسب

استاد راهنما

دکتر محمدرضا عامریان

اساتید مشاور

مهندس مهدی رحیمی

بهمن ۱۳۹۹

شماره: ۰۰/آ/ک
تاریخ: ۱۳۹۹/۱۲/۲۴

باسمه‌تعالی

دانشگاه صنعتی شاهرود
مدیریت تحصیلات تکمیلی

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

با نامو یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد سرکار خانم فاطمه صابری نسب با شماره دانشجویی۹۶۰۹۴۰۴رشته زراعت تحت عنوان **تاثیر محلول‌پاشی اکسین و جیبرلین در حضور باکتری ریزوبیوم بر دو توده لوبیا** که در تاریخ ۱۳۹۹/۱۱/۲۵ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

الف) درجه عالی: نمره ۲۰-۱۹ ☐ ب) درجه خیلی خوب: نمره ۱۸/۹۹ – ۱۸ ☐
ج) درجه خوب: نمره۱۷/۹۹– ۱۶ ☐ د) درجه متوسط: نمره ۱۵/۹۹-۱۴ ☐
ه)کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول و نیاز به دفاع مجدد دارد ☐

نوع تحقیق: نظری ☐ عملی ☐

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنمای اول	دکتر محمدرضا عامریان	دانشیار	
۲- استادراهنمای دوم			
۳- استاد مشاور	مهندس مهدی رحیمی	مربی	
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر حمیدرضا اصغری	دانشیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر حسن مکاریان	دانشیار	
۶-ـ استاد ممتحن دوم	دکتر مصطفی حیدری	دانشیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: دکتر علی درخشان شادمهری

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

تقدیم به بی بدیل‌ترین گنجینه‌های هستی

پدرم، مادرم، همسرم و فرزندم

قدردانی و تشکر

اکنون که با یاری خداوند بزرگ مقطع دیگری از تحصیل خود را به پایان می‌برم شایسته‌تر آن است که از زحمات استاد بزرگوارم **جناب آقای دکتر محمدرضا عامریان** که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و اساتید مشاور **جناب آقای مهندس مهدی رحیمی** و **جناب آقای دکتر متین جامی معینی** کمال تشکر و قدردانی را ابراز دارم. صمیمانه‌ترین مراتب قدردانی خود را از پدر و مادرم و همسرم، دوستان عزیز و خوبم که در این دوره یاری‌ام کردند، ابراز می‌دارم.

فاطمه صابری نسب

بهمن ۱۳۹۹

تعهد نامه

اینجانب فاطمه صابری نسب دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه تاثیر محلول‌پاشی اکسین و جیبرلین در حضور باکتری ریزوبیوم بر دو توده لوبیا تحت راهنمایی دکتر محمدرضا عامریان متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « **Shahrood University of Technology** » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ:

امضا دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

در دهه‌های اخیر با توجه به اهمیت کشاورزی پایدار، کاربرد هورمون‌های گیاهی و کودهای بیولوژیک مورد توجه قرار گرفته است و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی به عنوان ابزارهای اگروشیمیایی مفید به همراه باکتری‌ها یکی از روش‌هایی است که در جهت افزایش عملکرد در کشاورزی استفاده می‌شود. پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی اکسین و جیبرلین در حضور باکتری ریزوبیوم بر دو توده لوبیا انجام شد. جهت بررسی این موضوع آزمایشی در سال ۱۳۹۷ به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی مرکز جهاد کشاورزی، شهرستان جوین انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۲ سطح کود بیولوژیک ریزوبیوم (عدم کاربرد و کاربرد)، رقم در ۲ سطح (محلی بسطام، محلی سبزوار)، محلول‌پاشی هورمون در ۳ سطح (صفر، ۱۰۰ پی پی ام اکسین، ۱۰۰ پی پی ام جیبرلین) بودند. در ۶۶ روز پس از کاشت (قبل از گلدهی) محلول-پاشی انجام شد. نتایج نشان داد با کاربرد ریزوبیوم و استفاده از هر دو هورمون اکسین و جیبرلین توانست نیتروژن بذر را افزایش دهد. وزن صد دانه در گیاهانی که اکسین و جیبرلین را در هر دو سطح ریزوبیوم (عدم کاربرد و کاربرد) دریافت کرده بودند در بالاترین مقدار بود. بین دو رقم مورد استفاده در این تحقیق از لحاظ عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری دیده نشد. در نهایت در محدوده پژوهش انجام شده می‌توان پیشنهاد کرد مصرف هورمون اکسین و جیبرلین سبب افزایش عملکرد دانه لوبیا می‌شود و کاربرد آن به صورت محلول‌پاشی روی گیاهان توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: باکتری، عملکرد، لوبیا، هورمون.

فهرست مطالب

فصل اول ۱

مقدمه و کلیات ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ لوبیا چشم بلبلی ۶

۱-۲-۱- گیاه شناسی ۶

۱-۲-۲ اهمیت و موارد مصرف ۶

۱-۲-۳ سازگاری ۷

۱-۲-۴ کود و نیاز غذایی ۸

۱-۲-۵ مراحل رشد و نمو ۸

۱-۳ هورمونهای گیاهی ۹

۱-۳-۱- اکسینها ۱۰

۱-۳-۱-۱ بیوسنتز اکسینها ۱۰

۱-۳-۱-۲ جیبرلینها ۱۱

۱-۳-۱-۲-۱ بیوسنتز جیبرلینها ۱۲

۱-۴ باکتری ریزوبیوم ۱۳

۱-۴-۱- ورود باکتریها از طریق تارهای کشنده ریشه ۱۴

فصل دوم ۱۷

بررسی منابع ۱۷

۲-۱ تاثیر اکسین بر عکسالعملهای فیزیولوژیک ۱۸

۲-۲- تاثیر اکسین بر عکسالعملهای رشدی ۱۹

۲-۳ تاثیر جیبرلین بر عکسالعملهای فیزیولوژیک ۲۰

۲-۴ تاثیر جیبرلین بر عکسالعملهای رشدی ۲۲

۲-۵ تاثیر باکتری ریزوبیوم بر عکسالعملهای فیزیولوژیک ۲۳

۲-۶ تاثیر باکتری ریزوبیوم بر عکسالعملهای رشدی ۲۴

فصل سوم ۲۷
مواد و روش ۲۷
۳-۱ زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش ۲۸
۳-۲ مشخصات طرح آزمایشی ۲۸
۳-۳ عملیات اجرایی ۲۹
۳-۳-۱ آمادهسازی زمین ۲۹
۳-۳-۲ کاشت ۲۹
۳-۳-۳ داشت ۳۰
۳-۳-۴ اعمال تیمارها ۳۰
۳-۳-۵ برداشت ۳۱
۳-۴ صفات اندازه گیری شده ۳۱
۳-۴-۱ تعداد گره ۳۱
۳-۴-۲ وزن خشک ساقه، برگ، غلاف و کل بوته ۳۲
۳-۴-۳ قطر و ارتفاع ساقه ۳۲
۳-۴-۴ رنگدانههای فتوسنتزی ۳۲
۳-۴-۵ درصد نیتروژن دانه ۳۳
۳-۴-۶ شاخص برداشت (HI) ۳۴
۳-۴-۷ عملکرد ۳۴
۳-۵ تجزیه و تحلیل دادهها ۳۴
فصل چهارم ۳۵
نتایج و بحث ۳۵
۴-۱ تعداد گره ۳۶
۴-۲ وزن خشک برگ ۳۷
۴-۳ وزن خشک ساقه ۳۸
۴-۴- وزن خشک کل بوته ۴۲

۴-۵ ارتفاع بوته ۴۴
۴-۶ قطر ساقه ۴۸
۴-۷ رنگدانههای فتوسنتزی ۴۹
۴-۷-۱ کلروفیل a ۴۹
۴-۷-۲ کلروفیل b ۵۰
۴-۷-۳ کلروفیل کل ۵۳
۴-۷-۴- کارتنوئید ۵۵
۴-۸ نیتروژن بذر ۵۶
۴-۹ اجزای عملکرد ۵۸
۴-۹-۱ تعداد غلاف در بوته ۵۸
۴-۹-۲ تعداد دانه در غلاف ۵۹
۴-۹-۳ وزن صد دانه ۶۰
۴-۱۰ عملکرد دانه ۶۳
۴-۱۱ عملکرد بیولوژیک ۶۶
۴-۱۲ شاخص برداشت ۶۷
۴-۱۳ نتیجه گیری نهایی ۶۸
۴-۱۴ پیشنهادات ۶۹
پیوست ها ۷۰
منابع ۷۳

فهرست جداول

جدول ۳-۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک (شرکت کشاورزی برکت جوین) ۲۸
جدول ۳-۲- ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش ۲۹
جدول ۳-۳- روش درجه گرهبندی برای لگومها (کوربین و همکاران، ۱۹۹۷) ۳۲
جدول ۴-۱- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر اثرات ۳ جانبه هورمون، ریزوبیوم و رقم ۳۷
جدول ۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر اثرات ۳ جانبه هورمون، ریزوبیوم و رقم ۴۱
جدول ۴-۳- مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تأثیر اثرات ۳ جانبه هورمون، ریزوبیوم و رقم ۴۷
جدول ۴-۴- مقایسه میانگین کلروفیل b تأثیر اثرات ۳ جانبه هورمون، ریزوبیوم و رقم ۵۳
جدول ۴-۵- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر اثرات ۳ جانبه هورمون، ریزوبیوم و رقم ۶۲
جدول پیوست ۱- میانگین مربعات تعداد گره، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک کل بوته، ارتفاع بوته و قطر ساقه تحت تأثیر هورمون، ریزوبیوم و رقم ۷۰
جدول پیوست ۲- مقایسه میانگین تعداد گره تحت تاثیر ریزوبیوم ۷۰
جدول پیوست ۳- میانگین مربعات کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کارتنوئید و نیتروژن بذر تحت تأثیر هورمون، ریزوبیوم و رقم ۷۱
جدول پیوست ۴- میانگین مربعات تعداد غلاف دربوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تحت تأثیر هورمون، ریزوبیوم و رقم ۷۲

فهرست اشکال

شکل ۴-۱- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تاثیر هورمون و ریزوبیوم ۳۸

شکل ۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تاثیر هورمون و رقم..... ۳۹

شکل ۴-۳- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تاثیر ریزوبیوم و رقم ۴۰

شکل ۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک کل تحت تاثیر هورمون و رقم ۴۲

شکل ۴-۵- مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تاثیر هورمون و ریزوبیوم..... ۴۴

شکل ۴-۶- مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تاثیر هورمون و رقم ۴۵

شکل ۴-۷- مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تاثیر ریزوبیوم و رقم..... ۴۶

شکل ۴-۸- مقایسه میانگین قطر ساقه تحت تاثیر هورمون و ریزوبیوم..... ۴۸

شکل ۴-۹- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تاثیر هورمون و ریزوبیوم ۴۹

شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تاثیر هورمون و رقم ۵۰

شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تاثیر هورمون و ریزوبیوم ۵۱

شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تاثیر هورمون و رقم..... ۵۲

شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تاثیر هورمون و ریزوبیوم ۵۴

شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تاثیر هورمون و رقم..... ۵۵

شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین کارتنوئید تحت تاثیر هورمون و ریزوبیوم..... ۵۶

شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین نیتروژن بذر تحت تاثیر هورمون و ریزوبیوم ۵۷

شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته تحت تاثیر هورمون ۵۹

شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت تاثیر هورمون..... ۶۰

شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تاثیر هورمون و ریزوبیوم..... ۶۱

شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تاثیر هورمون و ریزوبیوم..... ۶۴

شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تاثیر رقم و ریزوبیوم..... ۶۴

شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر هورمون و رقم..... ۶۶

شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین شاخص برداشت تحت تاثیر هورمون و ریزوبیوم..... ۶۷

شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین شاخص برداشت تحت تاثیر رقم و ریزوبیوم..... ۶۸

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه

آنچه امروزه کشورهای توسعه یافته را تشویق به تولید و مصرف کودهای بیولوژیک می‌نماید توجه جدی آن‌ها به عوارض زیست محیطی ناشی از بکارگیری بی رویه و نامتعادل کودهای شیمیایی است. باتوجه به مصرف سالانه بیش از هشتاد و پنج هزار تن کود شیمیایی در اراضی تحت کشت گیاهان تیره لگوم در ایران ضرورت دارد تا با یک برنامه ریزی صحیح، مایه‌های تلقیح کارا و مؤثری برای هر یک از لگوم‌های زراعی مهم کشود از جمله لوبیا که جزء مهم‌ترین محصول مورد استفاده انسان از تیره لگوم هاست در اختیار زارعین قرار گیرد (اسدی و فلاح، ۱۳۸۶). امروزه توجه به کودهای بیولوژیک حاوی باکتری‌های محرک رشد گیاه رو به افزایش است. این باکتری‌ها قادرند به واسطه مکانیسم‌های مختلف مانند تولید تنظیم کننده‌های رشد، ویتامین‌ها، اسیدهای آمینه، آنتی بیوتیک‌ها و سیدروفورها به طریق مستقیم و غیر مستقیم سبب افزایش رشد گیاه شوند.

لوبیا به لحاظ نقش برجسته‌ای که همانند بسیاری از تیره نخودیان در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن دارد، در تناوب زراعی از اهمیت خاصی برخوردار است، متاسفانه یافته‌های به‌زراعی کمی در این زمینه در دسترس کشاورزان می‌باشد به طوری که مصرف نامتعادل کود به ویژه کودهای نیتروژنه مشکلاتی را در منطقه ایجاد کرده است. لوبیا در بین حبوبات از نظر سطح زیر کشت و میزان تولید در کشور مقام اول را دارا می‌باشد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). اگرچه این محصول توان برآورده نمودن مقدار زیادی از نیتروژن مورد نیاز خود به واسطه تثبیت بیولوژیکی را دارد، اما متأسفانه این موضوع کمتر مورد توجه کشاورزان قرار گرفته و بامصرف نامتعادل کودهای نیتروژنه که اثر منفی (به لحاظ ایجاد مسمومیت ناشی از نیترات) بر فعالیت آنزیم‌های تثبیت کننده نیتروژن دارند، عملکرد رضایت بخشی حاصل نمی‌کنند و علی رغم مصرف نهاده، انرژی و نیروی کار بسیار، نتیجه قابل قبولی حاصل نمی‌گردد. عمده هدف طرح کاهش مصرف کودهای نیتروژنه استفاده از کودهای بیولوژیک می‌باشد ارزیابی و تجزیه و تحلیل عملکرد کمی وکیفی محصول، وضعیت تشکیل گرهک‌های تثبیت کننده نیتروژن اجزای عملکرد

از اهداف اجرای طرح مذکور می‌باشد. لوبیا حدود ۱۶۶ تا ۱۵۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از خاک برداشت می‌کند که از این مقدار قسمت اعظم آن توسط باکتری‌های هم زیست تأمین می‌شود. از این رو مقدار ۵۶ تا ۱۶۶ کیلوگرم در هکتار اوره (۲۵ تا ۵۶ کیلوگرم نیتروژن خالص) با توجه به نوع خاک و میزان مواد آلی و نیتروژن قابل جذب آن به عنوان کود پایه جهت تحریک رشد اولیه گیاه (تا زمانی که ریشه به اندازه کافی با باکتری‌های ریزوبیوم آلوده شود) لازم می‌باشد (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

نخستین کود بیولوژیکی که به بازار عرضه شد نیتراژین بود که بیشتر در رابطه باعنصر نیتروژن بوده لذا باکتری استفاده شده در آن ریزوبیوم است. این کود بیولوژیک حدود یک قرن پیش تولید شده و به فروش رسیده است (اسدی و فلاح، ۱۳۸۶). نیتروژن به عنوان عنصر اصلی در بیومولکول‌های نظیر اسید نوکلئیک، مولکول‌های آدنوزین تری فسفات (ATP)، نیکوتین آمید دی نوکلئوتید NAD (پروتئین‌ها و در بسیاری از ترکیبات دیگر وجود دارد. تثبیت نیتروژن اتمسفری (N2) به آمونیوم بخش عمده‌ای نیتروژن قابل استفاده زیست کره را تولید می‌کند. به طوری که سیستم‌های همزیستی ریزوبیوم و لگومینوز قادر است حدود ۷۰ تا ۸۵ میلیون تن که حدود ۵۰ درصد کل نیتروژن تثبیت شده در مقیاس جهانی است و تقریبا با میزان تولید مجموع کارخانه‌های کود شیمیایی برابری می‌کند را تولید نمایند (بن رودهن و همکاران، ۲۰۰۸).

ریزوبیوم به طور طبیعی در خاک و در محیط ریشه گیاهان بقولات و هم‌چنین غیر بقولات قادر به حیات است شواهد نشان داده که باکتری‌ها بر روی اضافات ریشه گیاهان به خوبی رشد می‌کند. ریزوبیوم از خود سلول‌های پلی‌ساکاریدی فراوانی را تراوش می‌کند که در چسبانیدن ذرات خاک به یکدیگر می‌تواند مؤثر باشد. عوامل محیطی مختلفی از قبیل درجه حرارت خاک، غلظت اکسیژن خاک، طول روز بر تشکیل گره تاثیر می‌گذارند. چندین ماده غذایی نیز برتشکیل گره تاثیر می‌گذارند که کودهای نیتروژن بیشترین اثر را بر تشکیل گره دارند نتیجه این همزیستی در حبوبات، تبدیل نیتروژن اتمسفری به آسپاراژین و گلوتامین است (بن رودهن و همکاران، ۲۰۰۸). کود ریزوبین در درجه حرارت‌های پایین قادر به زندگی است و می‌تواند تا درجه حرارت ۵۰ درجه

سانتی‌گراد را برای چندین ساعت تحمل کند. ریزوبین‌ها از طریق تارهای ریشه و یا مستقیماً از نوک ریشه‌های جانبی وارد ریشه‌های بقولات می‌شوند.

عوامل بیرونی و درونی زیادی در رشد گیاهان موثرند، از مهم‌ترین عوامل درونی، هورمون‌ها و از مهم‌ترین عوامل بیرونی نور و دما را می‌توان نام برد. هورمون‌ها عهده‌دار تنظیم و هماهنگی فرآیندهایی هستند که در نقاط مختلف پیکر گیاهان صورت می‌گیرند. این مواد از ترکیبات آلی هستند که در بافت‌های ویژه‌ای ساخته می‌شوند و مستقیماً از سلولی به سلول دیگر و یا از طریق آوندها در سراسر گیاه انتقال می‌یابند و در محل هدف تأثیر می‌گذارند (احمدی و همکاران، ۱۳۸۷). بعضی از هورمون‌ها نیز اثر بازدارندگی دارند. به طور کلی رشد و نمو طبیعی یک گیاه، بیشتر توسط اعمال متقابل هورمون‌های تحریک کننده و بازدارنده تنظیم می شود. بعضی ازهورمون‌های گیاهی محرک رشد هستند، در حالی که هورمون‌های دیگری همین فرآیندها را کند می‌کنند یا به تأخیر می اندازند (احمدی و همکاران، ۱۳۸۷). اکسین گروهی از مواد را که در ساختمان به اسید ایندول استیک اسید شباهت دارند ولی در گروه‌های مختلفی قرار می‌گیرند، افزایش ابعاد و وزن تر سلول‌های ساقه یا کولئوپتیل در نتیجه رشد طولی سلول‌ها را رشد توسعه‌ای می‌گویند را شامل می‌شود.

چون سلول‌های گیاهی به وسیله دیواره یا دیواره‌هایی احاطه شده‌اند افزایش ابعاد سلولی باید در نتیجه افزایش وسعت این دیواره صورت گیرد و یکی از نقاطی که اکسین ممکن است اثر خود را آشکار نماید این منطقه از سلول است. بعلاوه چون با رشد طولی سلول‌ها ضخامت دیواره آن‌ها تقریباً ثابت مانده و تراکم این دیواره تغییر نمی‌کند بنابراین رشد طولی باید با سنتز دیواره یعنی تشکیل پلی ساکاریدها و قرار گرفتن آن‌ها در دیواره همراه باشد و به همین علت شناسایی اثر اکسین در توسعه دیواره و بررسی این بخش از سلول توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است.

امروزه جیبرلین‌ها به عنوان یکی از مهم ترین تنظیم کننده‌های رشد گیاهی شناخته شده‌اند که به طور طبیعی در گیاهان عالی وجود دارد. در حال حاضر ۱۲۵ نوع جیبرلین مختلف در گیاهان عالی و یا قارچ‌های تولید کننده جیبرلین شناخته شده است (رادماچر، ۲۰۱۲). که تنها تعداد کمی از آن‌ها دارای فعالیت زیستی می‌باشند. نتایج تحقیقات نشان داده است که بافت‌های منبع این توانایی را دارند که فرآورده‌های حاصل از فتوسنتز را در بافت‌های آبکش انباشته کنند و آن را برای مسافت‌های طولانی‌تر انتقال دهند. استعمال برگی GA3 انباشته شدن مواد فتوسنتزی را در آوندهای آبکش تسریع می‌کند (بتراند و ارنستن، ۲۰۱۱). جیبرلین‌ها ترکیبات ترپنوئیدی هستند که از واحدهای ایزوپرن ساخته شده‌اند. جیبرلین‌ها هم رشد طولی هم تقسیم سلولی را افزایش می‌دهند، اثرات فیزیولوژیکی دیگر GA شامل تغییرات در جوانی، جنسیت گل‌ها، تحریک رسیدن میوه، رشد میوه و جوانه زدن دانه باشد. جیبرلین‌ها توسعه پذیری سلول‌های گیاهی را افزایش می‌دهد. میزان رشد طولی می‌تواند بوسیله توسعه پذیری دیواره سلولی و میزان جذب آب تحت تاثیر قرار بگیرد. مشخص شده است که GA میزان جذب آب را افزایش نمی‌دهد بلکه شل شدن و توسعه پذیر ی دیواره سلولی را افزایش می‌دهد. مشاهده شده که اکسین در تسریع تولید اتیلن در بافت‌ها با دیگر مواد رشد گیاهی در ارتباط متقابل است.

در این تحقیق از اکسین و جیبرلین به عنوان دو نمونه از هورمون‌های تنظیم کننده رشد و ریزوبیوم استفاده شده است و تأثیر محلول‌پاشی این دو ماده بر خصوصیت مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و عملکرد دو گونه لوبیا محلی بسطام و لوبیا محلی سبزوار مورد بررسی قرار گرفته است.

اهداف این تحقیق شامل موارد زیر است:

۱- بررسی تأثیر باکتری ریزوبیوم بر خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک دو توده لوبیا.
۲- بررسی تأثیر محلول‌پاشی اکسین بر خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک دو توده لوبیا.
۳- بررسی محلول‌پاشی جیبرلین بر خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک دو توده لوبیا.

۴- بررسی اثر متقابل اکسین و جیبرلین به همراه ریزوبیوم بر خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک دو توده لوبیا.

۱-۲ لوبیا چشم بلبلی

۱-۲-۱- گیاه شناسی

لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis* L.) گیاهی علفی، یکساله متعلق به خانواده نخودیان[1]، با رشد کم، بوته‌ای، نیمه بالارونده یا پیچک‌دار است. ریشه مستقیم به طول ۶۰ تا ۸۰ سانتی‌متر و ریشه‌های جانبی کاملاً توسعه یافته دارد. گرهک‌های روی ریشه آن بزرگ و کروی است که معمولا به صورت گروهی روی ریشه قرار می‌گیرند (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). ساقه به قطر ۰/۵ تا ۱/۵ سانتی‌متر و به طول ۳۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر بسته به رقم و شرایط محیطی کشت، به رنگ‌های زرد، سبز روشن یا قهوه‌ای است. برگ‌های آن سه برگچه‌ای با دمبرگ بلند و متناوب می‌باشند. گل‌آذین به صورت خوشه جانبی، به طور متناوب از محل گره‌های ساقه تشکیل می‌شود و گل‌ها به رنگ سفید، زرد یا بنفش دیده می‌شوند. غلاف‌ها پهن یا استوانه‌ای و نسبتا طویل به طول ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر با نوکی پهن به طرف پایین که به سادگی شکفته می‌شوند. غلاف‌های نارس سبز رنگ، و غلاف‌های رسیده به رنگ زرد یا قهوه‌ای تغییر می یابند. در هر بوته تا حدود ۵۰ غلاف تشکیل می‌شود. دانه‌ها از نظر شکل، اندازه و رنگ متفاوت می‌باشند. جوانه زنی لوبیا چشم بلبلی نیز به صورت اپی‌جیل است. وزن هزار دانه از ۶۰ تا ۳۰۰ گرم متغیر است (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

۱-۲-۲ اهمیت و موارد مصرف

لوبیا چشم بلبلی از سازگارترین، متنوع‌ترین و مقوی‌ترین لگوم‌ها به شمار می رود که در سطحی بالغ بر ۷ میلیون هکتار در مناطق گرمسیری جهان کشت و کار می شود. لوبیا چشم بلبلی به صورت لوبیا سبز، دانه خشک، سبزیجات، علوفه سبز مورد استفاده قرار می گیرد. دانه آن سرشار از عناصر غذایی شامل پروتئین‌ها (۲۲/۴ درصد)،

[1] - Fabaceae

چربی (۱/۸ درصد) و کربوهیدرات‌ها (۶۰/۳ درصد) است. همچنین منبع غنی از کلسیم و آهن می‌باشد. ترکیبات غذایی دانه لوبیا چشم بلبلی و لوبیای معمولی مشابه است، اما لوبیا چشم بلبلی اسید فولیک و عوامل تولید نفخ بیشتری دارد. ارزش علوفه خشک آن با یونجه برابر است و حاوی ۱۴ درصد پروتئین، ۴۵/۵ درصد کربوهیدرات، ۴/۱ درصد چربی و ۲۶/۱ درصد سلولز است. لوبیا چشم بلبلی با رشد رویشی خیلی زیاد و پوشاندن سطح خاک مانع فرسایش می‌گردد و بقایای آن به عنوان کود سبز در اصلاح خاک‌های اسیدی به کار گرفته می‌شود (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۱-۲-۳ سازگاری

لوبیا چشم بلبلی سازگاری خوبی به دمای بالا و خشکی در مقایسه با سایر لگوم‌ها دارد. مناسب‌ترین دمای خاک برای رشد اولیه آن ۱۹ درجه سانتی‌گراد است و چنانچه دمای خاک کمتر شود جوانه زنی بذر خوب و سریع نخواهد بود. حداقل دمای هوا برای جوانه زدن ۱۲ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد است و در دمای بین ۲۷ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد بهترین رشد و نمو را خواهد داشت. این گیاه به سرما حساس است و در یخبندان از بین می‌رود. لوبیا به خشکی هوا مقاوم است ولی خشکی خاک بر تولید محصول آن اثر نامطلوب می‌گذارد. آبیاری به هنگام گلدهی و تشکیل بذر تاثیر بسزایی بر عملکرد محصول خواهد داشت. عملکرد لوبیا چشم بلبلی در مناطق مرطوب نیز به علت خسارت آفات و بیماری‌ها کاهش می‌یابد. در خاک‌های شنی رسی با زهکشی مناسب محصول خوبی می‌توان برداشت کرد. خاک‌هایی که رطوبت متوسط داشته و غنی از مواد آلی باشند بهترین محیط کشت برای این محصول به شمار می‌آید. خاک‌های اسیدی با اسیدیته ۵/۵- ۵ را تحمل می‌کند و در برخی مواقع به عنوان اصلاح کننده خاک‌های اسیدی کشت می شود. خاک‌های آهکی و خنثی با اسیدیته ۷- ۶/۵ برای آن مطلوب است. لوبیا چشم بلبلی گیاهی روز کوتاه است و به راحتی سایه را تحمل می‌کند و به همین دلیل در برخی مناطق در سیستم کشت مخلوط مورد استفاده قرار می‌گیرد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۱-۲-۴ کود و نیاز غذایی

بررسی‌های متعدد جهت مشاهده عکس العمل گیاه لوبیا به مصرف انواع مختلف کودهای شیمیایی پرمصرف و کم‌مصرف انجام شده است. این گیاه حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از خاک جذب می‌نماید که بخش عمده‌ی آن توسط باکتری‌های تثبیت کننده‌ی نیتروژن تأمین می‌شود. لذا مقدار ۵۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره (۲۵ تا ۵۰ کیلوگرم نیتروژن) با توجه به نوع خاک و مقدار ماده آلی و نیتروژن آن، جهت تحریک رشد اولیه گیاه لازم است. در مواقعی که خاک از لحاظ میزان مواد آلی و نیتروژن بسیار فقیر باشد تا ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار نیز توصیه شده است. اغلب عناصر غذایی برای گیاه در محدوده اسیدیته ۶/۵ تا ۷ که اسیدیته مناسب جهت کشت لوبیا است، قابل جذب می‌باشند. در بین گیاهان زراعی، لوبیا بیش از سایرین به مصرف عناصر کم مصرف واکنش نشان می دهد. کمبود عناصری مانند روی، بر، آهن، مولیبدن و مس موجب اختلال در رشد و نمو طبیعی گیاه و سبب کاهش عملکرد آن می‌شود (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

۱-۲-۵ مراحل رشد و نمو

مراحل رشد و نمو حبوبات را می توان به سه مرحله رشد رویشی، تمایز اندام‌های زایشی و تشکیل غلاف، بذر و رسیدن تقسیم کرد. طی دوره رویشی برگ‌های حقیقی، ساقه و جوانه‌های جانبی رویشی تشکیل می شود. این دوره در لوبیا چشم بلبلی ۹۰ تا ۱۵۰ روز به طول می‌انجامد. در دوره تمایز اندام‌های زایشی برگ‌های حقیقی بیشتری تشکیل می‌شوند، ساقه‌های جانبی شاخه‌های زاینده را تولید می‌کنند و در نهایت گل‌ها تشکیل خواهند شد. این دوره بین ۲ تا ۴ هفته در ارقام زودرس و ۲ تا ۲/۵ ماه در ارقام دیررس به طول می‌انجامد. در گونه‌های رشد محدود حبوبات، رشد رویشی با آغاز گلدهی متوقف می‌شود در حالی که در گونه‌های رشد نامحدود رشد رویشی در زمان گلدهی و حتی پس از آن ادامه می‌یابد. سومین مرحله رشد با گلدهی و تلقیح گل‌ها، تشکیل غلاف‌ها و دانه‌ها و در نهایت رسیدگی توام است (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۱-۳ هورمون‌های گیاهی

واژه هورمون به مواد معینی اطلاق می‌شود که در بخشی از موجود زنده ساخته شده و پس از انتقال اثرات فیزیولوژیکی محسوسی در دیگر قسمت‌های آن به جا می‌گذارد و در تراکم‌های بسیار کم فعالند. در گیاهان ترکیبات مترادف ولی از نظر شیمیایی کاملاً متفاوت یافت می‌شود و واژه هورمون بطور صحیح آن‌ها را در بر می‌گیرد هورمون‌های گیاهی که اغلب فیتو هورمون خوانده می‌شود در بافت‌های مریستمی و یا لااقل جوان از هر نوع ساخته می‌شوند و غالبا اثرخود را پس از انتقال می‌گذارندکه تا حدودی دورتر از بافتی که ساخته شده‌اند. هورمون ها با آنزیم‌ها و تیامین‌ها و DNA در این خاصیت مشترکند که به غلظت بسیار کم یا ناچیز باعث ایجاد اثرات فیزیولوژیکی عمیق می‌شوند. اصولاً واژه هورمون باید به ترکیباتی محدود شود که به طور طبیعی در درون موجود زنده ساخته می‌شود (فردریک و فیشل، ۲۰۰۹). لذا در تعریف هورمون گیاهی می‌توان گفت مواد آلی می‌باشد که توسط گیاهان تولید می‌شود و در غلظت‌های کم فرآیند فیزیولوژیکی را تنظیم می‌کند. آن‌ها در درون گیاه، از محل تولید به محل اثر، انتقال می‌یابد اما گاهاً موادی که بطور طبیعی در گیاه وجود ندارند اثرات مشابه و بعضی اوقات عیناً نظیر یکی از هورمون‌های طبیعی گیاهی را دارند که از نام نهادن هورمون گیاهی می‌بایست خود داری نمود بلکه واژه برتر برای این چنین ترکیباتی که اثر هورمون مانند روی گیاه دارند تنظیم کننده رشد می‌باشد و در تعریف آن می‌توان گفت ترکیبات سنتز شده یا هورمون‌های گیاهی هستند که فرآیندهای فیزیولوژیکی را تغییر می‌دهد این مواد تقلید کردن از هورمون‌ها، تاثیر روی (سنتز شدن) هورمون‌ها و از بین بردن و یا انتقال و یا (به احتمال) تغییر دادن محل تاثیر هورمونی رشد را تنظیم می‌کند. با این وصف برای متمایز کردن آن‌ها می‌توان گفت تمام هورمون‌ها، تنظیم کننده رشد هستند اما تمام تنظیم کننده‌های رشد هورمون نیستند (اشرف و کریم، ۲۰۰۲).

۱-۳-۱- اکسین‌ها

اکسین‌ها اولین هورمون‌های گیاهی بودند که کشف شدند. اکسین‌ها در جوانه‌های انتهایی ساقه و ریشه ساخته شده و از طریق محور گیاه منتقل می‌شوند. ویژگی اصلی آن‌ها این است که سبب طویل شدن سلول در ساقه یا کولئوپتیل بریده شده می‌شوند، ولی همچنین بر بسیاری دیگر از وقایع نموی گیاه شامل تشکیل ریشه، تمایز بافت‌های آوندی، پاسخ‌های تروپیسمی و پیدایش جوانه‌های جانبی، گل و میوه تاثیر می‌گذارد (فردریک و فیشل، ۲۰۰۹). اکسین اصلی و پایه در گیاهان ایندول استیک اسید است. علاوه بر IAA مشتقات متعدد دیگری از ایندول، از جمله ایندول ۳- اتانول، ۳- استالدئید و ایندول ۳ استونیتریل به صورت طبیعی در گیاه وجود داشته و معلوم شده که قادرند اثراتی شبیه اکسین داشته باشند. ولی این ترکیبات همگی در گیاه به عنوان پیش ماده IAA عمل کرده و از این رو احتمالا اثر آن‌ها بر گیاه در پی تبدیل آن‌ها به IAA است (مارشنر، ۱۹۹۵). پیدایش IAA در گیاهان و پی بردن به نقش آن در رشد و نمو سبب انجام تحقیقات گسترده‌ای به منظور دستیابی به سایر مواد شیمیایی که نقشی شبیه ایندول ۳- استیک اسید داشته باشند، شد. این تحقیقات منجر به دستیابی به ترکیبات شیمیایی ساختگی متعددی شد که اثراتی شبیه اکسین را بر جای می‌گذارند. یکی از این ترکیبات یعنی ایندول بوتیریک اسید در ابتدا صرفا به عنوان یک ترکیب ساختگی شناخته می‌شد، ولی این ترکیب از بذر و برگ‌های ذرت و برخی گونه‌های گیاهی استخراج شده است (گالاوتی و همکاران، ۲۰۰۸).

۱-۳-۱-۱ بیوسنتز اکسین‌ها

اکسین در نواحی رشد فعال گیاهان از اسید آمینه تریپتوفان ساخته می‌شود. انتقال اکسین، قطبی[1] است و جهت آن عمدتاً از بالا به پایین[2] است. اکسین به سادگی به فرم‌های غیرفعال اکسید می‌شود. اکسین عموماً در همه قسمت‌های گیاه وجود دارد. بالاترین غلظت‌های هورمون، در نواحی مریستمی و اندام‌های فعال رشدی مانند انتهای

[1] - polar
[2] - Basipetal

کلئوپتیل، نوک ریشه‌ها، جوانه‌های انتهای ساقه‌های در حال رشد و بذور در حال جوانه‌زنی قابل تشخیص است. هم‌چنین برگ‌های جوان و در حال رشد سریع، گل‌آذین جوان و جنین‌های حاصل بعد از گرده‌آفشانی و باروری مکان‌های عمده سنتز اکسین هستند. سلول‌های برگ‌ها، ساقه‌ها و ریشه‌های مسن‌تر مقادیر قابل توجهی اکسین تولید نمی‌کنند. در بیشتر گیاهان سنتز اکسین در ۳ مرحله اتفاق می‌افتد که با تبدیل تریپتوفان به ایندول-۳-پیرووِیک اسید[۱] شروع می‌شود. این واکنش ترانس آمیناسیون به وسیله تریپتوفان آمینوترانسفراز [۲] کاتالیز می‌شود که به وفور در گیاه پراکنده است. مرحله دوم، دکربوکسیلاسیون ایندول-۳- پیرویک اسید به فرم ایندول-۳-استالدئید[۳] است. آنزیمی که این مرحله را کاتالیز می‌کند ایندول-۳-پیروات دکربوکسیلاز است. این آنزیم در چندین بافت گیاهی و عصاره‌های سلولی توصیف شده است. پرانجام ایندول-۳- استالدئید به وسیله ایندول-۳-استالدئید دهیدروژناز وابسته به NAD به اکسین اکسید می‌شود (احمدی و همکاران، ۱۳۸۷).

۱-۳-۱-۲ جیبرلین‌ها

جیبرلین‌ها تنها گروه هورمون‌های گیاهی‌اند که می‌توان آن‌ها را بیش از آن که از طریق فعالیت‌های بیولوژیکی شناخت، بر اساس ساختمان شیمیایی تعریف کرد. جیبرلین‌ها یک خانواده بزرگ شیمیایی‌اند که اساس ساختارشان انت-جیبرلان[۴] است. بیش از ۸۰ جیبرلین تا کنون شناخته شده‌اند و تقریبا هر ساله تعداد جدیدی نیز شناخته می‌شوند. کمی بیش از یک سوم جیبرلین‌هایی که تا امروز شناخته شده‌اند، هر ۲۰ عدد اتم کربن را حفظ کرده و از این رو به آن‌ها جیبرلین‌های C_{20} می‌گویند. بقیه جیبرلین‌ها اتم کربن شماره ۲۰ خود را از دست داده‌اند و از این رو به آن‌ها جیبرلین‌های C_{19} می‌گویند (برهو، ۲۰۰۰).

[1] - IPA
[2] - Tryptophanamino transferase
[3] - IAA1d
[4] - Ent-gibberellane

جیبرلین‌ها گروهی از مواد رشد گیاهی می‌باشند که از نظر ساختاری دارای اسکلتی از جیبرلان می‌باشند. این مواد، تقسیم سلولی و طویل شدن سلول را تحریک می‌کنند و دیگر اعمال تنظیم‌کنندگی آن‌ها به روشی مشابه جیبرلیک اسید انجام می شود (اشرف و کریم، ۲۰۰۲).

GA_3 اولین جیبرلین تجارتی قابل دسترس بود. این ترکیب از لحاظ قدمت تاریخی نیز اسید جیبرلیک نامیده شده است و در سیستم‌های سنجش زیستی به عنوان یک شاخص استاندارد از آن استفاده شده است و به همین دلیل فرمول ساختمانی این ترکیب نماینده بیش از ۹۰ نوع جیبرلین شناخته شده امروزی است. به طور کلی پذیرفته شده است که جیبرلین‌ها از طریق مسیر مالونیک اسید در شاخه‌های متوسط جوان در حال رشد فعال و دانه‌های در حال نمو سنتز می‌شوند. نشان داده شده است که جیبرلین‌ها در تعدادی از فرآیندهای فیزیولوژیک گیاهان به کار گرفته می‌شوند. اما جنس و گونه به اضافه دیگر عوامل تعیین خواهند کرد که کدام یک از جیبرلین‌ها بیشترین تاثیر در انجام پاسخ را در گیاهان دارد (اشرف و کریم، ۲۰۰۲).

۱-۳-۱-۲-۱ بیوسنتز جیبرلین‌ها

جیبرلین‌ها از دی ترپنوئیدها هستند، از لحاظ بیوسنتزی به کارتنوئیدها و سایر مشتقات ایزوپرن وابسته‌اند. جیبرلین‌ها از طریق تبدیل به فرم‌های غیر فعال از بخش ذخیره فعال هورمونی حذف می‌شوند و تبدیل به فرم غیر فعال یا از طریق ۲ بتا هیدروکسیلاسیون است یا از طریق تبدیل به فرم‌های پیوندی گلوکوزید است. عموما پذیرفته شده است که سه مکان اصلی برای بیوسنتز جیبرلین‌ها وجود دارد: بذور و میوه‌های در حال نمو، برگ‌های جوان جوانه‌های انتهایی در حال نمو و بخش‌های هوایی در حال طویل شدن و نواحی انتهایی ریشه‌ها. بذور و میوه‌های نابالغ مکان‌های بارز بیوسنتز جیبرلین هستند. زیرا مشاهده می‌شود که میوه‌ها، بذور جوان و بخش‌های مختلف بذر به خصوص در طی افزایش سریع اندازه حاوی مقادیر زیادی جیبرلین هستند. به علاوه محتویات تهیه شده از سلول بسیاری از بذور، به عنوان مثال نخود قادر به سنتز فعال جیبرلین می‌باشد. محل بیوسنتز جیبرلین ممکن است اندوسپرم در حال توسعه، همانند کدوییان، لپه‌های جوان لگوم‌ها یا اسکوتلوم دانه غلات باشد. هم‌چنان

که بذر به سمت بلوغ پیش می‌رود، متابولیسم هورمون به سمت تشکیل فرم‌های پیوندی جیبرلین- قند افزایش می‌یابد (جلر و همکاران، ۲۰۱۱). جیبرلین‌ها اسیدهای دی ترپنوئید[1] هستند که از نظر شیمیایی به گروه بزرگی از ترکیبات طبیعی که ترپنوئید نامیده می‌شوند، تعلق دارند. ترپنوئیدها ممکن است معمولا بر اساس ساختار شیمیایی‌شان که ممکن است از تعداد مناسبی از واحدهای پنج کربنی ایزوپرن تشکیل شده باشند، تشخیص داده شوند. برای سادگی، بیوسنتز جیبرلین‌ها در سه مرحله مورد بررسی قرار می‌گیرد. مرحله اول در سنتز جیبرلین‌ها همان مسیر موالونیک اسید که منجر به ایجاد سایر ترپنوئیدها می‌شود. در این مسیر واحد ایزوپرنوئید[2] ۵-کربنه ایزوپنتنیل پیروفسفات از استیل کوآنزیم آ ساخته می‌شود و در تشکیل گرانیل گرانیل پیروفسفات[3] بیست کربنه مورد استفاده قرار می‌گیرد. مرحله دوم در سنتز جیبرلین‌ها بیوسنتز انت کائورن از GGPP و تبدیل آن به GA_{12}-۷- آلدئید است. GA_{12}- ۷- آلدئید نخستین ترکیب این مسیر است که دارای سیستم حلقوی جیبرلین است و اعتقاد بر این است که پیش ماده سایر جیبرلین‌های شناخته شده است. مسیر GA_{12} – ۷ آلدئید به طور وسیعی مورد مطالعه قرار گرفته است و به نظر می‌رسد که این مسیر در قارچ *G. fujikuri* و تمام گیاهان عالی‌تر مورد مطالعه، مشابه است. مرحله سوم بیوسنتز تمام جیبرلین‌ها از GA_{12} – ۷- آلدئید است (اشرف و کریم، ۲۰۰۲).

۱-۴ باکتری ریزوبیوم

گونه‌های باکتریایی خاک که در ریزوسفر گیاهان زندگی می‌کنند قادرند رشد گیاهان را بهبود ببخشند. در همزیستی گیاهان خانواده نخودیان با باکتری‌های جنس ریزوبیوم علاوه بر اینکه بخش اصلی نیتروژن تثبیت شده به مصرف گیاه می‌رسد، خاک نیز از لحاظ نیتروژن تقویت می‌شود (دادیور و خودشناس، ۱۳۸۴). بین باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن جنس‌های *Rhizobium, Bradyrhizobium, Sinorhizobium Mesorhizobium* یا *Azorhizobium* (که مجموعاً به عنوان ریزوبیوم شناخته می‌شوند) و با بیش از ۳۰۰۰ گونه

[1] - Diterpenoid acid
[2] - Isopernoid
[3] - GGPP

بقولات رابطه همزیستی دارند (پل، ۲۰۰۷) نخستین کود میکروبی که به بازار عرضه شد نیتراژین می‌باشد که بیشتر در رابطه با عنصر نیتروژن بوده لذا باکتری استفاده شده در آن ریزوبیوم است. این کود بیولوژیک حدود یک قرن پیش تولید شده و به فروش هم رسیده است. بدنبال تهیه آن انواع و اقسام ریزوبیوم‌ها را معرفی کردند (رحمانی و همکاران، ۱۳۸۴). در خاک‌های اسیدی گواتمالا با استفاده از مایه تلقیح ریزوبیوم توانستند حدود ۷۳ درصد معادل ۱۲۵ کیلوگرم نیتروژن خالص مورد نیاز لوبیا را تأمین کنند. نخستین مرحله تجمع ریزوبیوم بر روی ریشه‌ها، شناسایی گیاه میزبان توسط باکتری است، به طوریکه از طریق ترشح مواد پلی ساکاریدی توسط باکتری شامل اگزوپلی ساکاریدها و لیپوپلی ساکاریدها و ارتباط آن با بعضی مواد پروتئینی ترشح شده توسط گیاه مانند مواد غیرآنزیمی به نام لیگنین‌ها یا مواد چسباننده ادهیژین با واسطه یون کلسیم، اتصال باکتری به محل‌های مناسب بر روی ریشه انجام می گیرد (بن رودهن و همکاران، ۲۰۰۸). درون گره باکتروئیدهای حاوی آنزیم تثبیت کننده نیتروژن یعنی نیتروژناز وجود دارد که با محلول قرمز رنگ لگ‌هموگلوبین احاطه شده است، نقش آن تسهیل انتشار اکسیژن به باکتروئیدها است. عوامل محیطی مختلفی از قبیل درجه حرارت خاک، غلظت اکسیژن خاک، طول روز بر تشکیل گره تأثیر می‌گذارند، چندین ماده غذایی نیز بر تشکیل گره تأثیر می‌گذارد که کودهای نیتروژنه بیشترین اثر را بر تشکیل گره دارند نتیجه‌ی این همزیستی در حبوبات، تبدیل نیتروژن اتمسفری به آسپاراژین و گلوتامین است (بن رودهن و همکاران، ۲۰۰۸).

۱-۴-۱- ورود باکتری‌ها از طریق تارهای کشنده ریشه

به دنبال آزاد شدن فلاونوئیدها توسط میزبان و آزاد شدن عوامل گره توسط ریزوبیوم، باکتری‌ها به سعت در ریزوسفر تکثیر می‌شوند. باکتری‌ها به تارهای کشنده ریشه چسبیده و تارهایی را که رشدشان به تازگی متوقف شده است را تحت تأثیر قرار می‌دهند. سپس دیواره سلولی تارهای کشنده‌ای که تحت تأثیر قرار گرفته‌اند از رأس تا حدودی تجزیه می‌شوند، در این فرآیند تارهای کشنده پیچیده می‌شوند و باکتری‌ها به آن‌ها می‌چسبند. در مناطقی از تارهای ریشه که به علت وجود ریزوبیوم‌ها تغییر شکل یافته‌اند، دیواره سلولی تجزیه شده و امکان ورود باکتری‌ها به ریشه فراهم می‌شود. یک رشته همزیستی با پیچ خوردن دیواره سلولی تشکیل می‌شود. این

رشته شامل اجزای دیواره سلولی است که مشابه اجزای دیواره سلولی تارهای طبیعی ریشه می‌باشند. رشته همزیستی با سرعت ۷ تا ۱۰ میکرومتر در ساعت به سمت تارهای ریشه رشد کرده و مجرایی برای رسیدن باکتری‌ها به کورتکس ایجاد می‌کند. به نظر می‌رسد نوک رشته باز است. مسدود بودن نوک رشته منجر به بی اثر شدن رشته همزیستی می‌شود. تشکیل رشته همزیستی ممکن است کاملا مشابه طویل شدن دیواره سلولی اپیدرمی باشد که در واکنش به نفوذ عوامل بیماری‌زا صورت می‌گیرد (ساهاران، ۲۰۱۱).

فقط ۱ تا ۵ درصد کل تارهای ریشه آلوده می‌شوند و فقط ۲۰ درصد این همزیستی‌ها منجر به تشکیل گره می‌شود. دلیل این امر احتمالا ناشی از تولید کیتینازها توسط گیاه میزبان می‌باشد. این آنزیم‌ها عامل گره شبه کیتینی را تجزیه می‌کنند.

اگر همزیستی موفقیت آمیز باشد، ژن‌های ویژه سپس در پوست و دایره محیطیه فعال می‌شوند. تقسیمات سلولی در پوست بر خلاف قطب‌های نخستین آوندهای چوبی آغاز می‌شود و در نتیجه به دلیل وجود ریزوبیوم‌ها یک مریستم تازه شکل می‌گیرد. این مریستم باعث تشکیل گره ریشه می‌شود. رشته همزیستی به سمت داخل رشد می‌کند و سرانجام باکتری‌ها به سیتوپلاسم سلول‌های پرانشیمی مرکز گره در حال شکل‌گیری می‌رسند. در داخل سلول گیاه میزبان آلوده باکتری‌ها تا مدتی به تقسیم ادامه می‌دهند و به باکتروئید تمایز می‌یابند (وانس، ۲۰۰۰).

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱ تاثیر اکسین بر عکس‌العمل‌های فیزیولوژیک

به طور کلی تاثیر اکسین در رشد سلول و طویل شدن ساقه به عنوان نقش اصلی آن پذیرفته شده است. منحنی واکنش گیاه به اکسین به صورت افزایش واکنش به افزایش غلظت هورمون تا جایی که به یک غلظت اپتیمم برسد، است. چنان‌چه غلظت از حد اپتیمم فراتر رود سبب کاهش در رشد می‌شود. چنان‌چه غلظت اکسین خیلی زیاد باشد، رشد گیاه در مقایسه با شاهد کاسته می‌شود. یکی دیگر از خصوصیات فیزیولوژیکی اکسین این است که ساقه‌ها یا کولئوپتیل‌های طبیعی و دستکاری نشده واکنش قابل ملاحظه‌ای به کاربرد خارجی هورمون نشان نمی‌دهند. علاوه بر تحریک رشد سلول، اکسین‌ها در تنظیم تمایز سلولی نیز نقش دارند. مثلا ایجاد تمایز در بافت آوندی ساقه، تحت کنترل اکسینی است که از برگ‌های جوان در حال رشد تولید می‌شود (احمدی و همکاران، ۱۳۸۷).

ریزش برگ در نتیجه پیدایش یک لایه خاص از سلول‌ها به نام لایه ریزش در نزدیکی قاعده دمبرگ به وقوع می‌پیوندد. ظاهراً ریزش به غلظت نسبی اکسین در دو طرف لایه ریزش بستگی دارد. تاثیر اکسین بر روی ریزش را می‌توان با قطع پهنک برگ و در عین حال باقی گذاشتن دمبرگ بر روی گیاه نشان داد. اگر اکسین به سطح برش یافته دمبرگ که دور از لایه ریزش است، استعمال شود. ریزش برگ در مقایسه با شاهد به تاخیر می‌افتد. آزمایشات نشان داده که چنان‌چه اکسین در مراحل اولیه نمو برگ استعمال شود، سبب تاخیر در ریزش و چنان‌چه در مراحل آخر نمو برگ به کار رود، موجب تسریع آن می‌شود (کلند و همکاران، ۱۹۹۵).

با وجودی که اکسین به طور معمول سبب کاهش طویل شدن ریشه می‌شود، غلظت بالای اکسین موجب تحریک تولید ریشه‌های ثانویه یا شاخه در ریشه می‌شود. بر عکس، برداشتن برگ‌های جوان یا جوانه‌ها که هر دو منبع اکسین محسوب می‌شوند، اغلب سبب کاهش تشکیل ریشه‌های ثانویه می‌شود. چنین نتایجی نشان می‌دهند که تولید ریشه‌های ثانویه معمولا در کنترل اکسین تولید شده از بخش هوایی گیاه است. اکسین هم‌چنین سبب تحریک تشکیل ریشه‌های نابجا بر روی ساقه می‌شود (سودهالاکشمی و همکاران، ۲۰۰۷).

محققان در تحقیقی به بررسی تأثیر اکسین و سیتوکینین بر ذرت پرداختند (دوانی و همکاران، ۱۳۹۵). نتایج نشان داد که میزان کلروفیل، کارتنوئید و محتوای نشاسته با مصرف تنظیم کننده‌های رشد افزایش نشان داد و بیشترین مقدار با مصرف اکسین به دست آمد.

ماهرخ و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی تأثیر محلول‌پاشی اکسین در گیاه ذرت سینگل کراس ۷۰۴ پرداختند. نتایج نشان داد هورمون اکسین با غلظت ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر به ترتیب سبب افزایش غلظت کلروفیل a به میزان ۲۲/۷۸ درصد و کاهش پرولین به میزان ۱۸/۰۲ درصد شد. به نظر می‌رسد با توجه به هماهنگی هورمون اکسین با انتقال مواد فتوسنتزی از مبدا به مقصد از طریق افزایش تبدیل ساکارز به نشاسته و افزایش شیب غلظت انتقال مواد پرورده از مبدا به مقصد، با مصرف هورمون اکسین تا غلظت ۲۰ میلی گرم در لیتر و حرکت بیشتر مواد فتوسنتزی به سمت دانه انرژی کمتری در برگ برای حفظ کلروفیل باقی مانده باشد.

۲-۲- تاثیر اکسین بر عکس‌العمل‌های رشدی

کریمی و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی اثر برخی مواد محرک رشد گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت گزارش کردند ارتفاع ساقه با کاربرد تیمار مواد محرک رشد اختلاف معنی‌داری نشان داد. بیشترین افزایش مربوط به تیمار اکسین و بیشترین کاهش طول ساقه مربوط به تیمار اتفون بود.

در تحقیقی اکبری چرمهینی و معلمی (۲۰۱۲) گزارش کردند که مصرف مواد محرک رشد در هر دو حالت کاربرد برگی و پیش تیمار باعث افزایش عملکرد می‌شوند و این افزایش ناشی از مواد ریز مغذی و اسیدهای مورد نیاز گیاه می‌باشد که در اغلب موارد در خاک کمبود آن‌ها احساس می‌شود و محرک‌های رشد این کمبود را جبران می‌کنند و در بسیاری موارد وجود هورمون‌های گیاهی در فرمول این مواد باعث تحریک رشد می‌شوند.

در تحقیقی به بررسی تأثیر محلول‌پاشی و پرایمینگ بذر با محرک‌های رشد بر گیاه کتان پرداخته شد (پوریوسف و اسمعیل زاده، ۱۳۹۵). نتایج نشان داد اختلاف معنی‌داری بین ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته، وزن نیام، عملکرد بیولوژیک عملکرد دانه و درصد روغن از نظر محلول‌پاشی اکسین و جیبرلین وجود دارد.

کشاورزی و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیق هورمون اکسین را در ۴ سطح صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ppm ۱۵۰ بر روی گیاه ذرت علوفه‌ای بررسی کردند. نتایج نشان داد که هورمون اکسین بر صفاتی از جمله ارتفاع بوته، وزن تر گیاه، وز تر بلال و وزن تر علوفه در هکتار در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. بیشترین میزان وزن تر علوفه و وزن تر تک بوته مربوط به کاربرد هورمون اکسین به میزان ppm ۱۰۰ و ppm ۱۵۰ بود. نتایج حاصل از اندازه‌گیری صفات کیفی از جمله میزان پروتئین ساقه و برگ و کربوهیدرات بلال نیز نشان داد که با افزایش غلظت هورمون مقدار صفات کیفی افزایش یافت.

محبتی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که محلول‌پاشی اکسین سبب افزایش ۹۴ درصدی وزن دانه در برنج شد.

زند و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی تاثیر محلول‌پاشی اکسین روی ذرت پرداختند. این محققان بیان داشتند که استفاده از این هورمون سبب افزایش وزن خشک ریشه و اندام هوایی شد.

۲-۳ تاثیر جیبرلین بر عکس‌العمل‌های فیزیولوژیک

رشد افراطی بافت ساقه هنوز یکی از بارزترین تأثیرات جیبرلین‌ها در گیاهان عالی است. بر خلاف اکسین‌ها که سبب طویل شدن سلول‌ها در بافت‌های قطع شده می‌شوند، جیبرلین‌ها سبب تشدید رشد طولی در گیاهان سالم می‌شوند. تأثیر جیبرلین‌ها در رشد طولی گیاهانی که به صورت ژنتیکی پاکوتاه‌اند از بارزترین اثرات این ترکیبات است (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۷).

ایفای نقش جیبرلین‌ها در تحرک مواد ذخیره‌ای در طی جوانه‌زنی بذر اولین بار در اواخر دهه ۱۹۵۰ میلادی مطرح شد. بذور در حال جوانه‌زنی غلات گروهی از آنزیم‌های هیدرولیز کننده‌ها از جمله آلفا آمیلاز و پروتئاز را آزاد می‌کنند. هضم کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها توسط این آنزیم‌ها صورت می‌گیرد. جیبرلین سبب تولید آلفا آمیلاز می‌گردد (یاماگوچی و شینجیرو، ۲۰۰۸).

جیبرلین علاوه بر تحریک رشد، موجب افزایش توان فتوسنتز (اشرف و کریم، ۲۰۰۲)، افزایش رشد طولی برگ (ماهسوایر، ۲۰۰۹) و بردباری در برابر تنش خشکی (جلر و همکاران، ۲۰۱۱) می‌شود.

پرمون (۲۰۱۴) اثر پیش تیمار هورمونی را بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بابونه در شرایط تنش بررسی کردند نتیجه گرفتند که پیش تیمار اسید جیبرلیک- سالیسیلیک بیشترین تاثیر را بر درصد جوانه زنی و فعالیت آنزیم کاتالاز دارد. افزایش ساخت و آزاد سازی هورمون اسید جیبرلیک در بذر موجب شکسته شدن نشاسته بذر و تبدیل آن به مواد قابل استفاده جنین شده و جوانه زنی شروع می‌شود. اسید جیبرلیک باعث فعال سازی متابولیسم، هضم مواد ذخیره‌ای و انتقال به جنین، تقسیم رشد سلولی شده و هم‌چنین در تنظیم فرآیندهایی مانند رشد ساقه‌چه و جوانه‌زنی نقش به سزایی دارد (پرمون، ۲۰۱۴).

می‌توان گفت که تغییرپذیری میزان رشد به وسیله جیبرلین‌ها ممکن است به دلیل افزایش در سطح موثر برگ، تحریک میزان فتوسنتز افزایش فعالیت برخی آنزیم‌ها، یا تغییر در توزیع مواد فتوسنتزی و یا اثر مشارکتی این موارد باشد و از طرفی جیبرلین‌ها با تحریک فعالیت برخی آنزیم‌های پروتئاز موجب تبدیل پروتئین‌ها به اسیدها آمینه از جمله تریپتوفان که پیش‌ساز اکسین است، می‌شوند. بنابراین برخی اثرات خود را به صورت غیر مستقیم از طریق اکسین نیز اعمال می‌کنند (اکبری چرمهینی و معلمی، ۲۰۱۲).

پرامانیک و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی اثر مواد محرک رشد بر کنجد دریافتند که کاربرد جیبرلین به صورت معنی‌داری ارتفاع بوته، تولید زیست توده هوایی، محتوای کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ، تعداد شاخه‌های اولیه گیاهی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، عملکرد دانه، عملکرد ساقه، و شاخص برداشت را افزایش داد.

جیبرلین‌ها سبب افزایش رشد در گیاهان کامل می‌شوند. رشد طولی اندام‌های هوایی که به واسطه جیبرلین‌ها در گیاهان مختلف رخ می‌دهد، در نتیجه افزایش تقسیم سلولی، طویل شدن سلول‌ها و یا هر دو با هم می‌باشد. به واسطه جیبرلین فعالیت آنزیم اینورتاز در گیاه نخود افزایش یافته است که این امر موجب افزایش هگزوزهای

مورد نیاز برای رشـد دیواره سـلولی می‌شـود و به این ترتیب موجب رشـد طولی بخش هوایی می‌شـود (بتراند و ارنستن، ۲۰۱۱).

۲-۴ تاثیر جیبرلین بر عکس‌العمل‌های رشدی

جیبرلین‌ها سبب افزایش رشد در گیاهان می‌شود. رشد طولی اندام‌های هوایی که به واسطه جیبرلین‌ها در گیاهان مختلف رخ می‌دهد، در نتیجه افزایش تقسیم سلولی، طویل شدن سلول‌ها و یا هر دو با هم می‌باشد. به واسطه GA_1 فعالیت آنزیم اینورتاز در گیاه نخود افزایش یافته که این امر موجب افزایش هگزوزهای مورد نیاز برای رشد دیواره سلولی می‌شود و به این ترتیب موجب رشد طولی بخش هوایی می‌شود (بتراند و ارنستن، ۲۰۱۱).

اشرف و فولاد (۲۰۰۵) گزارش کردند که جیبرلین می‌تواند از طریق افزایش سطح برگ و بالا بردن سطوح فتوسنتزی و تثبیت بیشتر CO2 از طریق باز شدن بیشتر روزنه‌ها و افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و بالا بردن فعالیت آنزیم ساکارز فسفات سنتتاز رشد و نمو را تسریع نموده و موجب افزایش عملکرد بیولوژیک شود. طباطبایی (۱۳۹۱) طی تحقیقی گزارش کرد که اسید جیبرلیک باعث افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز در گیاهان ذرت تحت تنش خشکی شد.

پازکی و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیقی گزارش کردند که کاربرد جیبرلین سـبب افزایش وزن خشـک ریشـه، وزن خشک اندام هوایی، تعداد شاخه فرعی و سطح برگ در گیاه آویشن گردید.

نوشـابادی و شـریف زاده (۱۳۹۴) گزارش کردند که پیش تیمار با اسـید جیبرلیک سـبب بهبود کارایی جوانه‌زنی بذر علف گندمی به ویژه در شرایط تنش خشکی می‌شود.

عیسوند و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که پیش تیمار اسـید جیبرلیک موجب افزایش طول ریشه‌چه در گیاه می‌شود.

آزادی و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی اثر غلظت‌های مختلف اسید جیبرلیک بر شاخص‌های جوانه‌زنی چاودار گزارش کردند که تیمار ۵۰ پی پی ام اسید جیبرلیک توانست شاخص‌های جوانه زنی را به طور معنی داری افزایش دهد.

محققان گزارش کردند که اسید جیبرلیک سبب افزایش سطح برگ و عملکرد اقتصادی بالاتر در نخود گردید(آذرنیا و عیسوند، ۱۳۹۲). قهرمانی و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی به بررسی تاثیر اسید جیبرلیک بر فعالیت بذور کدوی تخم کاغذی پرداختند. نتایج نشان داد که این تیمار سبب کاهش تاثیر فرسودگی و بهبود درصد و سرعت جوانه زنی گردید. در تحقیقی که به بررسی تاثیر اسید جیبرلیک بر کلزا تحت تنش شوری پرداخته شد، نتایج حاکی از آن بود که پیش تیمار با اسید جیبرلیک سبب افزایش شاخص سطح برگ، افزایش یون پتاسیم و کاهش یون سدیم در گیاهان تحت تنش گردید (نظر بیگی و ناصری، ۱۳۹۳).

۲-۵ تاثیر باکتری ریزوبیوم بر عکس‌العمل‌های فیزیولوژیک

اثرات تشدید کننده‌ی رشد گیاهانی که با باکتری ریزوبیوم تلقیح شده‌اند عمدتاً به دلیل فیتوهورمون، محدود شدن رشد قارچ‌های بیماری‌زا، تثبیت ازت مولکولی و سایر عناصر می‌باشد. یکی از راه‌هایی که این باکتری بر رشد و نمو گیاه اثر می‌گذارد سنتز اکسین می‌باشد. این هورمون باعث توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه و به دنبال آن افزایش جذب عناصر غذایی توسط آن می‌گردد. این اکسین تولید شده اثر چشمگیری بر رشد گیاه دارد (اعتصامی و همکاران، ۲۰۰۹). تثبیت ازت مولکولی و افزایش غلظت نیتروژن، به واسطه تحریک سنتز سیتوکینین و صدور آن از ریشه به بخش‌های هوایی گیاه سبب افزایش تقسیمات سلولی و متعاقب آن افزایش ارتفاع، تعداد شاخه، و سطح برگ گیاه می‌شود (کوچکی و نجیب نیا، ۱۳۸۷).

بامبارا و همکاران (۲۰۱۰) طی مطالعاتی که روی لوبیا انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که تلقیح با باکتری ریزوبیوم موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک گیاه، و تعداد غلاف نسبت به تیمار شاهد شد. تلقیح تنها و دوگانه

باکتری ریزوبیوم و باکتری حل کننده فسفات وزن ریشه و خشک گیاه، ارتفاع گیاه طول سنبله و عملکرد دانه و محتوی فسفر دانه و پروتئین برگ را در گندم افزایش داد (ساهاران و همکاران، ۲۰۱۱)

۲-۶ تاثیر باکتری ریزوبیوم بر عکس‌العمل‌های رشدی

یک اصل اساسی در فیزیولوژی گیاهی این است که گیاهان برای تولید عملکرد بالای دانه به مقدار نسبتاً زیادی نیتروژن نیاز دارند. یکی از راه‌های افزایش نیتروژن استفاده از باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن به ویژه باکتری ریزوبیوم است. در شرایطی که عوامل محیطی بهینه هستند، بوته‌های لوبیا که با ریزوبیوم گره‌دار شده‌اند می‌توانند مقادیر قابل توجهی نیتروژن تثبیت کنند (گیلر، ۲۰۱۱). محققان ثابت کردند که توانایی حل فسفات در باکتری‌های ریزوبیومی مهمترین مکانیزم تحریک رشد گیاه در خاک‌های با حاصلخیزی متوسط تا زیاد می‌باشد. بنابراین باکتری‌های ریزوبیوم یک نقش دوگانه بسیار مهم در تأمین دو عنصر حیاتی، نیتروژن و فسفر ایفاء می‌کنند. یکی از دلایل دیگری که می‌توان به نقش باکتری ریزوبیوم اشاره کرد تولید سیدروفورها می‌باشد. سیدروفورهای میکروبی می‌توانند در افزایش رشد گیاه به صورت غیر مستقیم و از طریق بیوکنترل عوامل بیماری‌زای گیاهی و یا تحریک مستقیم رشد گیاه بواسطه افزایش جذب آهن توسط گیاه موثر باشند. همچنین بین رشد گیاه و میزان عملکرد دانه رابطه مستقیم وجود دارد با افزایش رشد گیاه عملکرد دانه افزایش می‌یابد. تلقیح با باکتری ریزوبیوم موجب افزایش رشد، عملکرد، ارتفاع گیاه، و تعداد گره در ریشه نسبت به گیاهان بدون تلقیح در شرایط مزرعه می‌شود (ساهاران، ۲۰۱۱).

فیضیان و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیقی به بررسی اثرات سویه‌های باکتری ریزوبیوم در عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا پرداختند. نتایج نشان داد که سویه‌های باکتری ریزوبیوم اثر معنی داری بر عملکرد و اجزای عملکرد نشان دادند. در تحقیقی دیگر عباسی سیهجانی و همکاران (۱۳۹۷) اثر باکتری ریزوبیوم را بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز بررسی کردند و گزارش کردند که باکتری ریزوبیوم سبب افزایش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، کلروفیل و عملکرد دانه گردید.

نتایج بدست آمده از تحقیقات مختلف حاکی از آن است که وزن خشک شاخساره یکی از معیارهای پذیرفته شده برای تعیین کارایی همزیستی لگوم و ریزوبیوم است (ژائو و همکاران، ۲۰۰۷).

مطالعات انجام شده روی لوبیا نشان داد، که تلقیح بذر با باکتری رایزوبیوم موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک گیاه و تعداد غلاف نسبت به تیمار شاهد شد (بامبارا و همکاران ۲۰۱۰). بیشترین نیتروژن تثبیت شده به روش بیولوژیک در کشاورزی توسط ریزوبیوم در همزیستی با لگوم تولید می‌شود. بنابراین باکتری‌های ریزوبیوم یک نقش دو گانه بسیار مهم در تأمین دو عنصرحیاتی، نیتروژن و فسفر ایفا می‌کنند. در پژوهشی که روی ماش انجام شد، نتایج نشان داد که تلقیح با باکتری ریزوبیوم موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک کل اندام هوایی نسبت به تیمار شاهد شد (محمود و اتار، ۲۰۰۸). در پژوهشی که روی لوبیا چشم بلبلی انجام شد، نتایج نشان داد که تلقیح با باکتری ریزوبیوم موجب افزایش تعداد غلاف در لوبیا نسبت به تیمار شاهد شد (بهت و همکاران، ۲۰۱۰).

گزارشات حاکی از آن است که باکتری ریزوبیوم موجب افزایش وزن خشک برگ شد (فرانزینی و همکاران، ۲۰۰۹).

نوین و همکاران (۲۰۰۸) و اردکانی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که کاربرد ریزوبیوم سبب افزایش رشد بیشتر اندام‌های هوایی می‌گردد. اسدی رحمانی و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند تلقیح بذر با ریزوبیوم اثر معنی‌داری بر بیوماس اندام هوایی دارد.

فصل سوم

مواد و روش

۳-۱ زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش

آزمایش در سال ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی مرکز جهاد کشاورزی، واقع در شهرستان جوین اجرا شد. شهرستان جوین در فاصله ۷۵ کیلومتری شمال غربی شهرستان سبزوار، در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۱۰۰ متر است. منطقه جوین دارای اقلیم معتدل سرد است و میانگین بارندگی سالانه در این منطقه ۱۸۵ میلی متر است و بارندگی‌ها عمدتاً در فصل پاییز و بهار رخ می‌دهد. حداقل و حداکثر دمای منطقه به ترتیب ۱۰- و ۴۱ درجه سانتی‌گراد است. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه نیز در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری گردید که در جدول ۳-۱ نشان داده شده است.

جدول ۳-۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک (شرکت کشاورزی برکت جوین)

عمق خاک	بافت	Ec	pH	T.N.V	O.C	N	P	K
		(dS/m)		(%)	(%)	(%)	(mg/kg)	(mg/kg)
۳۰-۰	Si.L	۴/۲	۷/۹۶	۱۹/۲	۰/۴۸	۰/۰۴۴	۱۰/۶	۲۲۳/۰۰

نمونه خاک دارای واکنش آستانه قلیائی که دارای شوری نسبتا کم می‌باشد. در این خاک ماده آلی و نیتروژن نسبتا کم، پتاس و فسفر متوسط می‌باشد. هم‌چنین بافت و مقدار آهک متوسط دارد. در مجموع خاک با محدودیت کمبود ماده آلی و پتاس مواجه می‌باشد.

۳-۲ مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۲ سطح کود بیولوژیک ریزوبیوم *Rizobium leguminosarum* (عدم کاربرد و کاربرد)، رقم در ۲ سطح (محلی بسطام، محلی سبزوار (برغمد))، محلول‌پاشی هورمون در ۳ سطح (صفر، ppm ۱۰۰ اکسین، ppm

۱۰۰جیبرلین) بودند. تعداد تیمارها در مجموع ۱۲ و تعداد کل کرت‌های آزمایشی ۳۶ کرت بود. برای هر تیمار ۴ کرت در نظر گرفته شد که طول کرت‌ها ۵ متر و فاصله بین دو کرت ۵۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

جدول ۳-۲- ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش

a1b1c1	عدم کاربرد هورمون، عدم کاربرد ریزوبیوم، رقم محلی سبزوار
a1b1c2	عدم کاربرد هورمون، عدم کاربرد ریزوبیوم، رقم محلی بسطام
a1b2c1	عدم کاربرد هورمون، کاربرد ریزوبیوم، رقم محلی سبزوار
a1b2c2	عدم کاربرد هورمون، کاربرد ریزوبیوم، رقم محلی بسطام
a2b1c1	محلول‌پاشی اکسین، عدم کاربرد ریزوبیوم، رقم محلی سبزوار
a2b1c2	محلول‌پاشی اکسین، عدم کاربرد ریزوبیوم، رقم محلی بسطام
a2b2c1	محلول‌پاشی اکسین، کاربرد ریزوبیوم، رقم محلی سبزوار
a2b2c2	محلول‌پاشی اکسین، کاربرد ریزوبیوم، رقم محلی سبزوار
a3b1c1	محلول‌پاشی جیبرلین، عدم کاربرد ریزوبیوم، رقم محلی سبزوار
a3b1c2	محلول‌پاشی جیبرلین، عدم کاربرد ریزوبیوم، رقم محلی بسطام
a3b2c1	محلول‌پاشی جیبرلین، کاربرد ریزوبیوم، رقم محلی سبزوار
a3b2c2	محلول‌پاشی جیبرلین، کاربرد ریزوبیوم، رقم محلی بسطام

۳-۳ عملیات اجرایی

۳-۳-۱ آماده‌سازی زمین

زمین در سال قبل به صورت آیش بود. ده روز قبل از کاشت در تاریخ ۱۷ خرداد ۱۳۹۷ اقدام به آماده‌سازی زمین با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار و دیسک گردید. سپس ابعاد کرت‌ها تعیین شد. هر کرت شامل ۴ خط به طول ۵ متر با فاصله بین ردیف ۵۵ سانتی‌متر و روی ردیف ۱۰ سانتی متر بود. تراکم ۱۸ بوته در متر مربع بود. دو خط کناری به عنوان حاشیه و دو خط وسط جهت تعیین پارامترهای آزمایش در نظر گرفته شد.

۳-۳-۲ کاشت

عملیات کاشت در تاریخ ۲۷ خرداد ۱۳۹۷ با دست و در عمق ۲ سانتی‌متری انجام شد.

آماده‌سازی بذرها

بذور مورد استفاده، لوبیا چشم بلبلی رقم بسطامی و محلی سبزوار بود. پیش از اقدام به کاشت، برای اطمینان از عدم آغشته بودن به هر گونه آلودگی، بذور شستشو و با آب ژاول ۱ درصد ضدعفونی شدند. به منظور جلوگیری از کاهش جمعیت باکتری‌ها حداقل فاصله زمانی بین تلقیح بذور تا کاشت کمتر از ۱ ساعت در نظر گرفته شد. میزان کود ریزوبیوم مورد استفاده در این تحقیق ۱ کیلوگرم برای ۳۸۰۰ بذر بود. متناسب با سطح کاشت در تیمارهای مختلف مقدار مشخصی از بذور توزین شده و با روغن آغشته گردید. در مرحله بعد مقدار تعیین شده از ریزوبیوم (تهیه شده از دانشگاه گرگان) به بذور افزوده و به طور کامل مخلوط شدند. پس از فرآیند تلقیح، بذور در سایه خشک شده و برای کشت به مزرعه منتقل شدند.

۳-۳-۳ داشت

آبیاری به صورت جوی و پشته انجام شد. یک هفته پس از کاشت از کود اوره ۴۶ درصد به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار (۵ کیلوگرم برای ۱۰۰۰ متر در تحقیق حاضر) به عنوان استارتر استفاده شد. در مرحله ۴ تا ۵ برگی نیز کود دی آمونیوم فسفات به میزان ۵ کیلوگرم به ۱۰۰۰ متر زمین داده شد. علت استفاده از کود دی آمونیوم فسفات در این مرحله زرد شدن برگ گیاه بود. آبیاری به طور مرتب هر ۸ روز یکبار انجام شد. سه بار وجین کامل علف‌های هرز توسط دست انجام شد. به منظور مقابله با شته سیاه کنفیدور استفاده گردید.

۳-۳-۴ اعمال تیمارها

ریزوبیوم همزمان با کشت استفاده شد. قبل از کشت بذور توسط باکتری ریزوبیوم تلقیح شدند و برای چسبندگی بهتر باکتری‌ها از روغن زیتون استفاده شد. در نهایت بذور در سایه و به دوراز تابش خورشید خشک و بلافاصله اقدام به کشت گردید.

منبع جیبرلین تهیه شده با نام Gibberllic acid و اکسین با نام indol-3-acetic acid بود و برای حل کردن ابتدایی جیبرلین از اتانول ۹۶ درصد و برای حل کردن اولیه اکسین از سود ۱ نرمال استفاده شد و سپس توسط آب مقطر، غلظت‌های مورد نظر تهیه شد. محلول‌پاشی با اکسین با میزان ppm ۱۰۰ و جیبرلین با میزان ppm ۱۰۰ در تاریخ ۱ شهریور (۶۶ روز پس از کاشت و قبل از گلدهی) انجام شد. محلول‌پاشی‌ها در ساعت ۶ بعد از ظهر و در هوای صاف و ملایم اعمال شد. طوری که برگ‌های گیاه کاملاً خیس شدند.

۳-۳-۵ برداشت

در تاریخ ۲۵ شهریور (۹۱ روز پس از کاشت) تعداد ۵ بوته به طور تصادفی از هر کرت توسط دست برداشت شد و نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال داده شد و صفات وزن خشک، قطر و ارتفاع ساقه، رنگدانه‌های فتوسنتزی بررسی و اندازه‌گیری گردید. برداشت نهایی همزمان با رسیدگی فیزیولوژیک (زرد شدن غلاف) از طریق برداشت ۱۰ بوته در هر کرت انجام شد به این صورت که ابتدا در هر دو طرف کرت حاشیه کنار گذاشته شد و به طور تصادفی ۱۰ بوته انتخاب گردید. درصد نیتروژن، عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت اندازه‌گیری شد.

۳-۴ صفات اندازه گیری شده

۳-۴-۱ تعداد گره

برای شمارش تعداد گره پس از برداشت گیاه ریشه را به آرامی در آب قرار داده و پس از شستشوی کامل سیستم ریشه‌ای تعداد گره‌ها شمارش شدند. درجه‌بندی گره به روش کوربین و همکاران (۱۹۹۷) مطابق جدول ۳-۳ اندازه‌گیری شد.

جدول ۳-۳- روش درجه گره‌بندی برای لگوم‌ها (کوربین و همکاران، ۱۹۹۷)

درجه گره‌بندی	توزیع و تعداد گره‌های موثر	
	در ناحیه تاج ریشه[1]	در سایر قسمت‌های ریشه
۰	۰	۰
۱	<۵	۰
۲	۱۰-۵	۰
۳	>۱۰	۰
۴	>۱۰	<۵
۵	>۱۰	>۱۰

۳-۴-۲ وزن خشک ساقه، برگ، غلاف و کل بوته

نمونه‌های منتقل شده به آزمایشگاه تفکیک شدند و به طور مجزا در پاکت قرار داده شده و توسط دستگاه آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند. سپس با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ وزن شدند. مقادیر به دست آمده بر حسب گرم در متر مربع محاسبه گردیدند.

۳-۴-۳ قطر و ارتفاع ساقه

قطر ساقه اصلی از فاصله ۵ سانتی‌متری از سطح زمین، با استفاده از کولیس دیجیتالی روی ۵ بوته اندازه‌گیری شد. سپس میانگین آن محاسبه گردید. ارتفاع ساقه اصلی در هر ۵ بوته با استفاده از خط‌کش معمولی اندازه‌گیری شد و سپس میانگین آن‌ها محاسبه گردید و مورد استفاده قرار گرفت.

۳-۴-۴ رنگدانه‌های فتوسنتزی

به منظور اندازه‌گیری کلروفیل برگ، در ۹۱ روز پس از کاشت به طور تصادفی از چند گیاه در هر کرت، از برگ‌های همسن نمونه برداری انجام شد.

[1] - تاج ریشه عبارت است از ۷ سانتی‌متر بالایی ابتدای ریشه.

اندازه‌گیری میزان کلروفیل و کاروتنوئید با استفاده از روش بدون لهیدگی صورت گرفت. به این طریق که نمونه‌های برگی (۰/۵ گرم) در ۵ میلی‌لیتر از دی متیل سولفوکسید، در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴ ساعت قرار داده شدند. سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، کلروفیل اندازه‌گیری گردید. میزان جذب در طول موج‌های ۶۶۵، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر ثبت گردید. سپس با استفاده از روابط موجود میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید محاسبه گردید (پروچازکا و همکاران، ۱۹۹۸).

$$Chl\ a = (12.19\ A665) - (3.45\ A645)$$ فرمول (۳-۱)

$$Chl\ b = (21.99\ A645 - 5.32\ A665)$$ فرمول (۳-۲)

$$Chl\ t = Chl\ a + Chl\ b$$ فرمول (۳-۳)

$$Carotenoeid = (1000\ A470 - 2.14\ Chl\ a - 70.16\ Chl\ b) / 220$$ فرمول (۳-۴)

۳-۴-۵ درصد نیتروژن دانه

درصد نیتروژن دانه با استفاده از دستگاه کجلدال مدل گرهارت[1] ساخت آلمان اندازه‌گیری گردید. به این صورت که ۰/۵ گرم نمونه آسیاب شده به همراه ۸ گرم کاتالیزور و ۲۰ میلی لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد در تیوپ دستگاه ریخته شد و تیوپ در دستگاه هضم کجلدال قرار گرفت. ابتدا درجه دستگاه هضم روی ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید. بعد از آن به تدریج دما به ۳۸۰ درجه سانتی‌گراد رسانده شد و از زمانی که دمای ۳۸۰ درجه سانتی‌گراد ثابت شد حدود یک ساعت و نیم عمل هضم ادامه یافت. با مشاهده رنگ محلول سبز شفاف مرحله هضم به اتمام رسیده پس از سرد شدن محلول‌ها، محلول سفید رنگی به دست آمد. در مرحله بعد تیوپ‌های حاصل از مرحله هضم، در دستگاه تقطیر قرار گرفتند. در ارلن جمع آوری کننده گازها، ۶۰ میلی لیتر اسید بوریک ۲ درصد به همراه معرف متیل رد، بروموکروزول سبز (۳ تا ۵ قطره) و سود سوز آور ۴۰ درصد وجود داشت.

[1] - Gerhardt

در نهایت طی مرحله تیتراسیون، ارلن حاوی گازهای جمع‌آوری شده با اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال تیتر شد. سپس با استفاده از فرمول ۳-۵ درصد نیتروژن موجود در نمونه محاسبه گردید.

فرمول (۳- ۵) درصد نیتروژن = { ۱/۴۰۰۸ * نرمالیته اسید مصرفی * $(V_s - V_b)$} / وزن نمونه

V_s مقدار اسید مصرفی برای تیتراسیون نمونه (اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال)

V_b مقدار اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال مصرفی برای تیتراسیون نمونه شاهد.

۳-۴-۶ شاخص برداشت (HI)[1]

شاخص برداشت عبارت است از وضعیت تخصیص مواد فتوسنتزی بین رشد رویشی و زایشی گیاه می‌باشد که با استفاده از معادله زیر بدست می‌آید :

شاخص برداشت = (عملکرد بیولوژیک/ عملکرد اقتصادی) *۱۰۰

۳-۴-۷ عملکرد

مهم‌ترین عامل در تولید گیاهان زراعی میزان عملکرد دانه محسوب می‌شود. عملکرد توسط تعداد ۱۰ بوته برداشت شده از هر کرت تعیین گردید. به این صورت که غلاف‌های هر بوته جدا شد و سپس دانه‌های موجود در هر طبق جداسازی شد و با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ اندازه‌گیری شد و در نهایت عملکرد بر حسب تن در هکتار محاسبه گردید. در این آزمایش وزن صد دانه، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته نیز اندازه گیری شد.

۳-۵ تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای SAS 9.1 و MSTATC و رسم نمودارها توسط نرم افزار Excel انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها به روش دانکن صورت پذیرفت.

[1] Harvest Index

فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱ تعداد گره

تعداد گره در این تحقیق تحت تاثیر ریزوبیوم (P<۰/۰۱) قرار گرفت و سایر تیمارها تاثیری بر این صفت نشان ندادند (جدول پیوست ۱). تعداد گره در گیاهانی که با ریزوبیوم تلقیح شده بودند معادل ۳/۹۴ بود و اختلاف معنی‌داری با گیاهان شاهد (معادل صفر عدد) داشت (جدول پیوست ۲). تعداد گره تشکیل شده در این تحقیق خیلی کم بود. با اینکه میزان pH خاک به سمت قلیایی بود و می‌بایست از نظر همزیستی ریزوبیوم مشکلی ایجاد نکند ولی تعداد کم گرهک تشکیل شده در ریشه‌ها می‌تواند ناشی از ایراد در ماده تلقیح تهیه شده باشد و یا به دلیل عدم تلقیح مناسب این اتفاق رخ داده است.

باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن، از طریق ریشه‌های مویین به گیاه وارد می‌شوند. در شرایط مناسب مزرعه گره‌های متورم صورتی رنگ را می‌توان روی ریشه گیاهچه‌های آغشته شده به راحتی مشاهده کرد. در ابتدا گره‌ها نیز متفاوت بوده ولی تعداد کم آن‌ها توسط اندازه بزرگ گره‌ها جبران می‌شود. هر دو عامل اندازه و تعداد گره‌ها تحت تأثیر شرایط محیطی هستند. گره‌های فعال را می‌توان با برش مقطعی آن‌ها و مشاهده رنگ صورتی تشخیص داد. غده‌های غیر فعال، سفید تا سبز رنگ هستند. در مراحل نهایی رشد، رنگ گره‌ها به سبز گرایش پیدا می‌کنند که نشانه پیر شدن آن‌هاست. پس از این مرحله گره‌ها چروکیده و خشک می‌شوند، اما عمدتا به ریشه چسبیده باقی می‌مانند. در این مرحله باکتری‌ها از گره‌ها جدا شده و به خاک باز می‌گردند (علی اصغر زاده، ۱۳۸۶).

باکتری‌ها با تولید اکسین و سیتوکنین، موجب ایجاد و رشد گره می شوند (شیرانی راد،۱۳۸۱). درون گره تشکیل شـده، باکتروئیدهای حاوی آنزیم تثبیت کننده نیتروژن یعنی نیتروژناز وجود دارند که با محلول قرمز رنگ لگ هموگلوبین احاطه شـده اند و نقش آن تسـهیل انتشـار اکسـیژن به باکتروئیدها اسـت. عوامل محیطی مختلفی از قبیل درجه حرارت خاک، غلظت اکسـیژن خاک، طول روز بر تشـکیل گره تأثیر می‌گذارند. چندین ماده غذایی نیز بر تشکیل گره تأثیر می‌گذارند.

۴-۲ وزن خشک برگ

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است که وزن خشک برگ تحت تاثیر هورمون (P<۰/۰۱)، رقم (P<۰/۰۵) و اثر سه جانبه عامل‌ها (P<۰/۰۱) قرار گرفت (جدول پیوست ۱).

بررسی اثرات سه‌جانبه نشان داد که بیشترین میزان وزن خشک برگ مربوط به ترکیب تیماری a2b1c1 (اکسین، عدم کاربرد ریزوبیوم و رقم محلی سبزوار)، a3b1c2 (جیبرلین، عدم کاربرد ریزوبیوم و رقم محلی بسطام) و a3b2c1 (جیبرلین، کاربرد ریزوبیوم و رقم محلی سبزوار) بود. این در حالی است که کمترین وزن خشک برگ در هر دو رقم در شرایط عدم کاربرد ریزوبیوم و عدم کاربرد هورمون مشاهده شد که با برخی دیگر از ترکیبات تیماری نیز اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴-۱). از لحاظ رتبه بندی به ترتیب از بیشترین به کمترین مقدار ترکیبات تیماری a2b1c1، a3b2c1، a3b1c2، a2b2c2، a2b2c1، a3b1c1، a2b1c2، a1b2c1، a1b1c2، a1b2c2 و a1b1c1 قرار گرفتند (جدول ۴-۱).

جدول ۴-۱- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر اثرات ۳ جانبه هورمون، ریزوبیوم و رقم

هورمون	ریزوبیوم	رقم		وزن خشک برگ (گرم در متر مربع)
شاهد	عدم کاربرد	رقم محلی سبزوار	a1b1c1	۳۸۸/۰۰ e
		رقم محلی بسطام	a1b1c2	۳۹۴/۰۰ de
شاهد	کاربرد ریزوبیوم	رقم محلی سبزوار	a1b2c1	۴۰۰/۰۰ cde
		رقم محلی بسطام	a1b2c2	۳۸۸/۰۰ e
اکسین	عدم کاربرد	رقم محلی سبزوار	a2b1c1	۴۶۶/۶۷ a
		رقم محلی بسطام	a2b1c2	۴۱۰/۰۰ cde
اکسین	کاربرد ریزوبیوم	رقم محلی سبزوار	a2b2c1	۴۱۸/۶۷ cde
		رقم محلی بسطام	a2b2c2	۴۳۰/۰۰ bcd
جیبرلین	عدم کاربرد	رقم محلی سبزوار	a3b1c1	۴۱۲/۰۰ cde
		رقم محلی بسطام	a3b1c2	۴۳۶/۰۰ abc
جیبرلین	کاربرد ریزوبیوم	رقم محلی سبزوار	a3b2c1	۴۶۰/۰۰ ab
		رقم محلی بسطام	a3b2c2	۳۹۳/۳۳ de

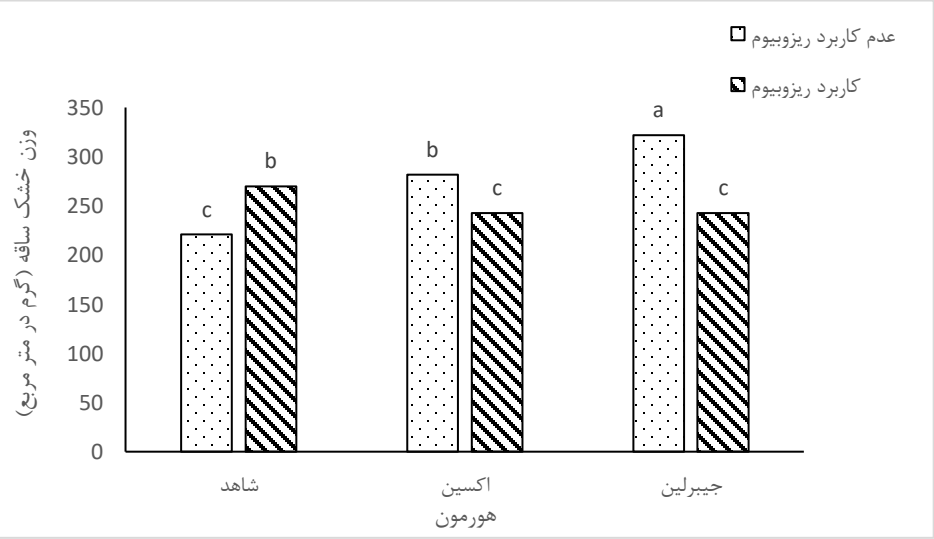
دلیل افزایش وزن خشک برگ توسط هورمون اکسین را می‌توان را به نقش اکسین در فتوسنتز مرتبط دانست (اشرف و همکاران، ۲۰۰۶).

کاربرد جیبرلین در این تحقیق سبب افزایش وزن خشک برگ گردید که این مطلب نشان دهنده این است جیبرلین در مسیر فتوسنتز گیاه نقش دارد و از این رو افزایش وزن خشک برگ در گیاه مشهود است (اشرف و همکاران، ۲۰۰۵).

۴-۳ وزن خشک ساقه

وزن خشک ساقه تحت تاثیر اثرات متقابل هورمون در ریزوبیوم، هورمون در رقم، ریزوبیوم در رقم و اثر ۳ جانبه آن‌ها همگی در سطح احتمال P<۰/۰۱ معنی‌دار شد.

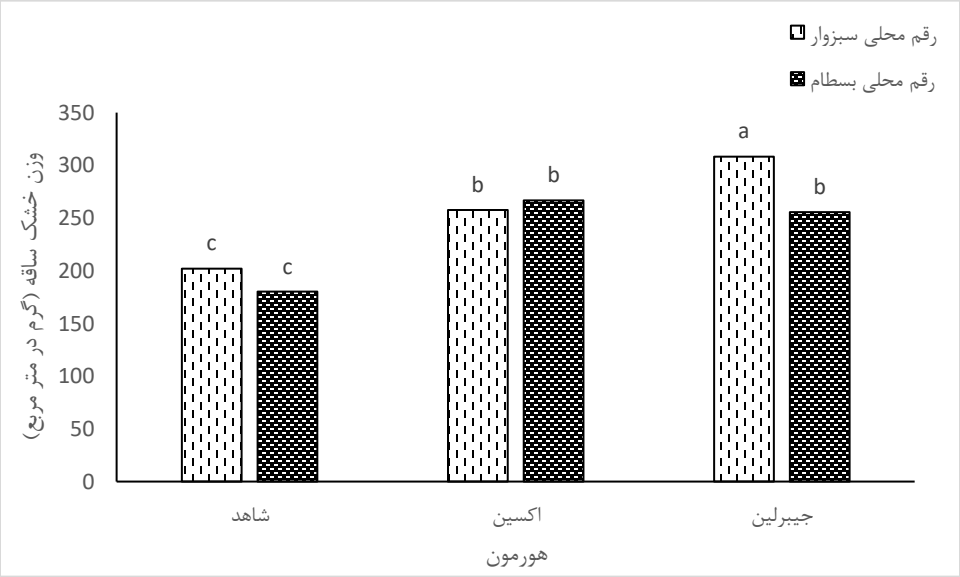
مقایسه میانگین‌ها نشان داد بالاترین وزن خشک ساقه را که معادل ۳۲۱/۶۷ گرم در متر مربع بود متعلق به گیاهان تیمار شده با جیبرلین و بدون ریزوبیوم بود. کمترین وزن خشک در تیمار شاهد بدون کاربرد ریزوبیوم و هورمون (۲۲۰/۸۳ گرم) مشاهده شد که با ترکیب تیماری اکسین و جیبرلین با کاربرد ریزوبیوم تفاوت معنی‌دار نداشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تاثیر هورمون و ریزوبیوم

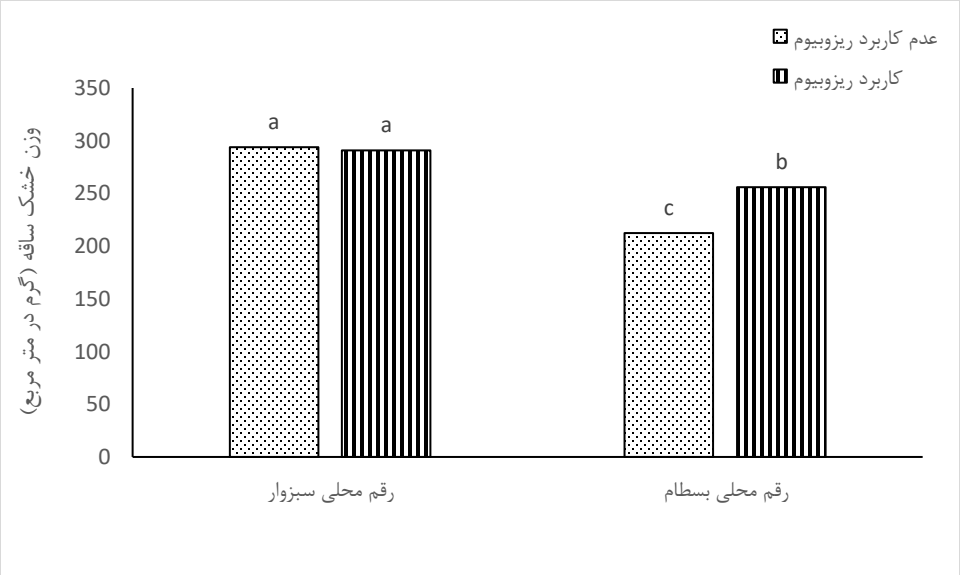
مقایسه میانگین‌های اثر دوگانه هورمون و رقم نشان داد که استفاده از هورمون‌های اکسین و جیبرلین در هر دو رقم محلی سبزوار و بسطام سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک ساقه شد (شکل ۴-۲).

دلیل افزایش وزن خشک ساقه با کاربرد جیبرلین و اکسین نیز به دلیل نقش این دو هورمون در فتوسنتز است (اشرف و همکاران، ۲۰۰۲).



شکل ۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تاثیر هورمون و رقم

نتایج مقایسه میانگین‌ها در اثر دوگانه رقم و ریزوبیوم در صفت وزن خشک ساقه نشان داد که بیشترین وزن خشک ساقه (۲۹۳/۶۱ گرم) متعلق به رقم محلی سبزوار بود و بین کاربرد و عدم کاربرد ریزوبیوم در این رقم اختلاف معنی‌دار وجود نداشت و استفاده از ریزوبیوم در رقم محلی بسطام سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک ساقه نسبت به عدم کاربرد ریزوبیوم شد (شکل ۴-۳).



شکل ۴-۳- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تاثیر ریزوبیوم و رقم

بررسی اثرات سه‌جانبه نشان داد بیشترین وزن خشک ساقه در رقم محلی سبزوار و شرایط بدون کاربرد هورمون و در شرایط تلقیح با ریزوبیوم به دست آمد (۳۳۸/۳ گرم در متر مربع) که با ترکیبات تیماری a3b1c2، a3b2c1 و a3b1c1 در یک گروه آماری بودند و کمترین میزان وزن خشک ساقه در رقم محلی بسطام در شرایط عدم کاربرد هورمون و ریزوبیوم (۱۵۸/۳۳ گرم) به دست آمد که به میزان ۵۳/۲ درصد کاهش نشان داد نسبت به بیشترین وزن خشک ساقه که گزارش شد (جدول ۴-۲).

جدول ۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر اثرات ۳ جانبه هورمون، ریزوبیوم و رقم

هورمون	ریزوبیوم	رقم		وزن خشک ساقه (گرم در متر مربع)
شاهد	عدم کاربرد	رقم محلی سبزوار	a1b1c1	۲۸۳/۳۳ bc
		رقم محلی بسطام	a1b1c2	۱۵۸/۳۳ g
شاهد	کاربرد ریزوبیوم	رقم محلی سبزوار	a1b2c1	۳۳۸/۳۳ a
		رقم محلی بسطام	a1b2c2	۲۰۱/۶۷ ef
اکسین	عدم کاربرد	رقم محلی سبزوار	a2b1c1	۲۸۳/۳۳ bc
		رقم محلی بسطام	a2b1c2	۲۸۰/۰۰ bc
اکسین	کاربرد ریزوبیوم	رقم محلی سبزوار	a2b2c1	۲۳۱/۶۷ de
		رقم محلی بسطام	a2b2c2	۲۵۳/۳۳ cd
جیبرلین	عدم کاربرد	رقم محلی سبزوار	a3b1c1	۳۱۴/۱۷ ab
		رقم محلی بسطام	a3b1c2	۳۲۹/۱۷ a
جیبرلین	کاربرد ریزوبیوم	رقم محلی سبزوار	a3b2c1	۳۰۲/۵۰ ab
		رقم محلی بسطام	a3b2c2	۱۸۲/۵۰ fg

آروین (۱۳۹۴) گزارش کرد که جیبرلین بر طویل شدن و تقسیم سلولی اثر گذاشته و این امر منجر به طویل شدن میانگره‌های ساقه و به دنبال آن افزایش وزن تر و خشک اندام گیاه می‌گردد. چنین نتایجی توسط ردا و همکاران (۲۰۰۷) روی آویشن نیز گزارش گردیده است.

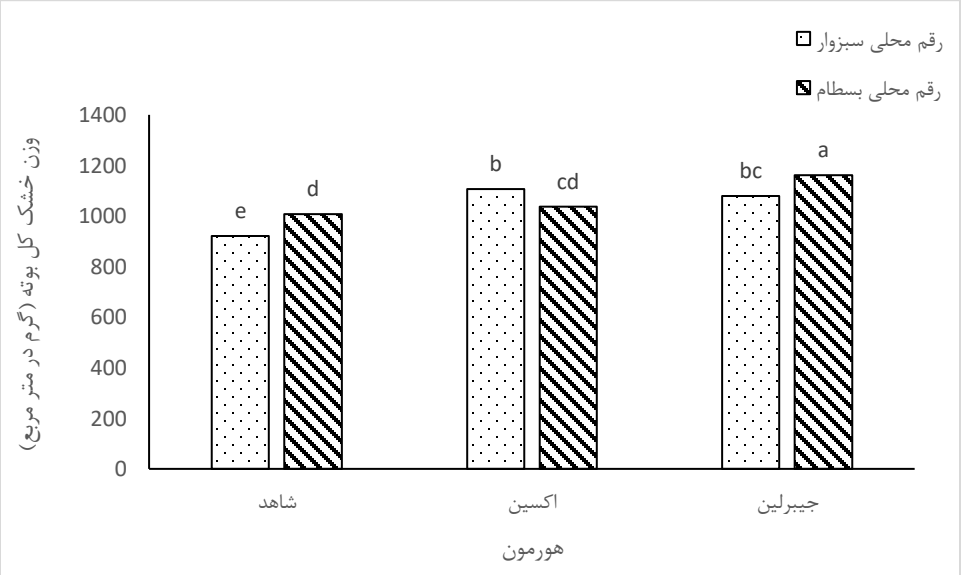
فیروزه و همکاران (۱۳۹۷) گزارش کردند که کاربرد جیبرلین از یک سو با بزرگ کردن سلول‌ها به دلیل اثر آن بر دیواره سلولی و از سوی دیگر با افزایش تقسیم سلولی به دلیل اثر بر سنتز ریزوبیوم، لیزوزوم و شبکه آندوپلاسمی باعث افزیش رشد سلول شده و این منجر به طویل شدن و رشد بیشتر میانگره‌های ساقه و به دنبال آن افزایش وزن خشک اندام گیاهی می‌شود.

اشرف و همکاران (۲۰۰۲) نیز گزارش کردند که کاربرد جیبرلین سبب افزایش وزن خشک ساقه در گوجه فرنگی شد. قاسمی پیربلوطی و همکاران (۱۳۸۳) گزارش کردند که وزن خشک ساقه لوبیا تحت تأثیر کاربرد ریزوبیوم افزایش معنی‌داری نشان داد. احتمالا این افزایش مربوط به میزان فراهمی نیتروژن و توان تثبیت نیتروژن توسط باکتری ریزوبیوم می‌باشد. مشابه تحقیق حاضر، معینی و همکاران (۱۳۸۸) نیز گزارش کردند که وزن خشک ساقه در لوبیا تحت تأثیر رقم قرار می‌گیرد.

۴-۴- وزن خشک کل بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل دوگانه هورمون و رقم در صفت وزن خشک کل بوته معنی‌دار شد ($P<0/01$) (جدول پیوست ۱).

مقایسه میانگین وزن خشک کل تحت تاثیر هورمون و رقم نشان داد که کاربرد جیبرلین در رقم محلی بسطام وزن خشک کل بوته را افزایش داد و ۱۱۶۲/۲ گرم در متر مربع بود. کمترین میزان این صفت در رقم محلی سبزوار و عدم کاربرد هورمون به ثبت رسید که ۹۲۱/۶ گرم در متر مربع بود (شکل ۴-۴).



شکل ۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک کل تحت تاثیر هورمون و رقم

تأثیر اسید جیبرلیک بر افزایش میزان ماده خشک گیاه را می‌توان به تأثیر آن بر افزایش میزان فتوسنتز و کاهش تنفس نوری نسبت داد. به طور کلی جیبرلین با تحت تأثیر قرار دادن فرآیندهای سلولی از جمله تحریک تقسیم سلولی و طویل شدن سلول‌ها سبب افزایش رشد رویشی می‌گردد (لستر و همکاران، ۲۰۰۲).

تحقیقات نشان داده است که کاربرد برگی جیبرلین موجب افزایش فتوسنتز می‌شود که این امر می‌تواند به دلیل افزایش سطح برگ یا افزایش آهنگ فتوسنتز در واحد سطح برگ باشد که افزایش وزن خشک را به دنبال دارد. هم‌چنین ثابت شده است که اسید جیبرلیک فعالیت آنزیم ریبولوز بی فسفات کربوکسیلاز- اکسیژناز (روبیسکو) که آنزیم عمده فتوسنتزی در گیاهان است، را افزایش می‌دهد. جیبرلین موجب تحریک سنتز ساکارز و انتقال آن از برگ به آوند آبکش می‌شود. احتمالا تحریک سنتز ساکارز و انتقال آن از برگ به آوند آبکش در اثر اعمال تیمار جیبرلین نه تنها موجب افزایش رشد در بخش‌های هوایی گیاه که به عنوان محل مصرف مطرح هستند، می‌گردد بلکه بخش دیگری از مواد به درون اندام‌های زیرزمینی نیز منتقل می‌شود که باعث افزایش رشد ریشه می‌گردد (اکبری چرمهینی و معلمی، ۱۳۸۹).

فریس و همکاران (۲۰۰۳) اعلام کردند که هورمون‌های گیاهی مانند جیبرلین نیز در تنظیم میزان رشد اندام هوایی و گلدهی و بسیاری از فرآیندهای مهم چرخه زندگی گیاهان نقش دارند.

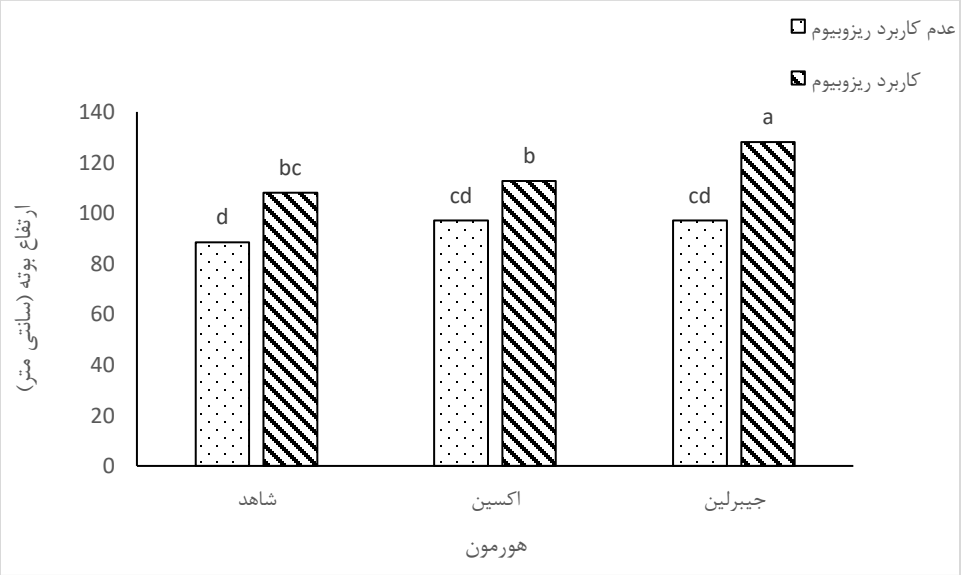
مطالعات انجام شده روی لوبیا نشان داد، که تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک گیاه و تعداد غلاف نسبت به تیمار شاهد شد (بامبارا و همکاران ۲۰۱۰).

در پژوهشی که روی ماش انجام شد، نتایج نشان داد که تلقیح با باکتری ریزوبیوم موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک کل اندام هوایی نسبت به تیمار شاهد شد (محمود و اتار، ۲۰۰۸).

۴-۵ ارتفاع بوته

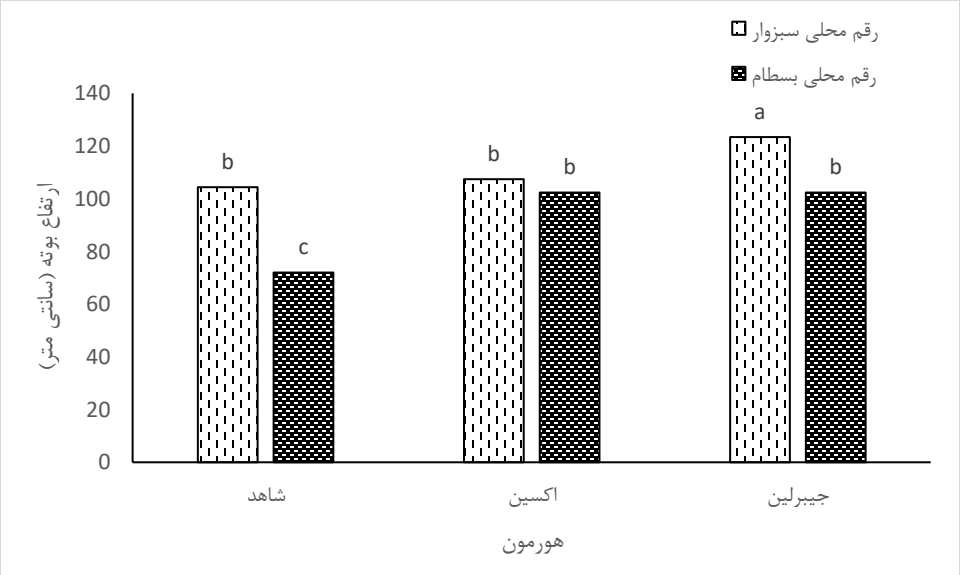
نتایج تجزیه واریانس در صفت ارتفاع بوته نشان داد اثرات متقابل دوگانه هورمون و ریزوبیوم، هورمون و رقم، ریزوبیوم و رقم و اثر ۳ جانبه هورمون و ریزوبیوم و رقم همگی در سطح احتمال P<۰/۰۱ معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱).

نتایج مقایسه میانگین‌ها در صفت ارتفاع بوته در اثر متقابل هورمون و ریزوبیوم نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته در شرایط کاربرد جیبرلین با حضور ریزوبیوم مشاهده شد و کمترین ارتفاع بوته نیز متعلق به گیاهان بدون کاربرد هورمون و در شرایط عدم تلقیح با ریزوبیوم بود (شکل ۴-۵).



شکل ۴-۵- مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تاثیر هورمون و ریزوبیوم

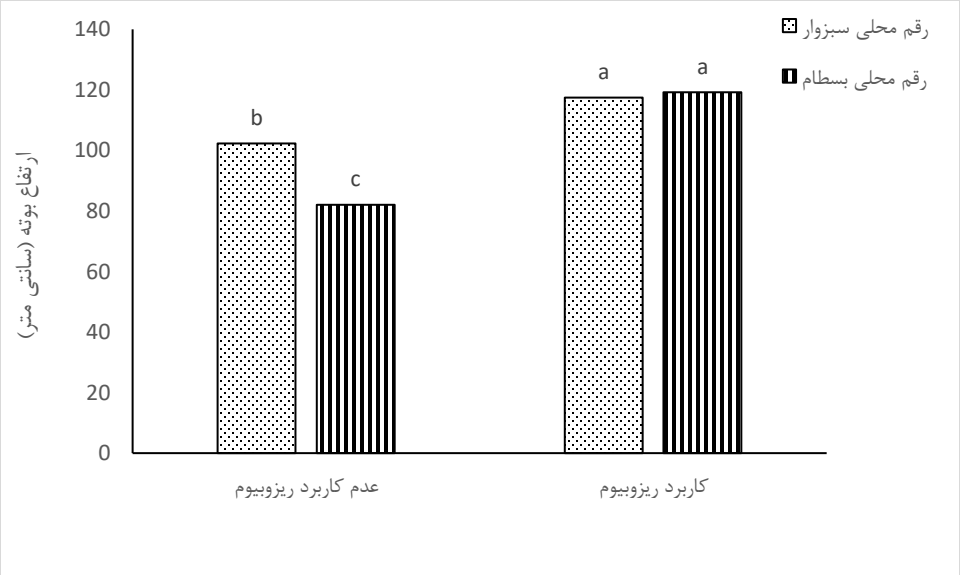
مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته تحت تاثیر هورمون و رقم نشان داد که کاربرد جیبرلین در رقم محلی سبزوار بالاترین ارتفاع را دارا بود. استفاده از اکسین و جیبرلین در رقم محلی بسطام سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته نسبت به شاهد شد ولی اختلاف معنی‌دار بین کاربرد اکسین و جیبرلین در رقم محلی بسطام مشاهده نشد و هر دو در یک گروه آماری بودند (شکل ۴-۶).



شکل ۴-۶- مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تاثیر هورمون و رقم

بررسی نتایج مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تاثیر ریزوبیوم و رقم نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته مربوط به کاربرد ریزوبیوم در هر دو رقم محلی سبزوار و بسطام بود. کمترین میزان این صفت را رقم محلی بسطام و عدم دریافت کود ریزوبیوم به خود اختصاص داد (شکل ۴-۷).

می‌توان افزایش ارتفاع گیاهان با کاربرد ریزوبیوم را به توانایی این باکتری در تثبیت نیتروژن و تولید عوامل محرک رشد گیاه نسبت داد (فوئنتز و همکاران، ۲۰۰۵). در راستای تحقیق حاضر سپهری و همکاران (۱۳۹۴) نیز گزارش کردند که استفاده از ریزوبیوم سبب افزایش ارتفاع در لوبیا شد.



شکل ۴-۷- مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تاثیر ریزوبیوم و رقم

همان‌طور که در جدول ۴-۳ نشان داده شده است در بین اثرات سه جانبه عامل‌ها بیشترین ارتفاع (از حدود ۱۳۵ تا ۱۲۱ سانتی‌متر) مربوط به ترکیبات تیماری a1b2c1 (عدم کاربرد هورمون، کاربرد ریزوبیوم و رقم محلی سبزوار)،a3b1c1 (جیبرلین، عدم کاربرد ریزوبیوم و رقم محلی سبزوار)،a3b1c2 (جیبرلین، عدم کاربرد ریزوبیوم و رقم محلی بسطام) و a3b2c1 (جیبرلین، کاربرد ریزوبیوم و رقم محلی سبزوار) بود. ترکیبات تیماری a1b1c2 (عدم کاربرد هورمون، عدم کاربرد ریزوبیوم و رقم محلی بسطام)، a1b2c2 (عدم کاربرد هورمون، کاربرد ریزوبیوم و رقم محلی بسطام) و a3b2c2 (جیبرلین، کاربرد ریزوبیوم و رقم محلی بسطام) کمترین ارتفاع را دارا بودند.

دلیل افزایش ارتفاع گیاه با کاربرد جیبرلین این است که جیبرلین بر طویل شدن و تقسیم سلولی اثر گذاشته و این امر منجر به طویل شدن میانگره‌های ساقه می‌گردد (آروین، ۱۳۹۴). چنین نتایجی توسط ردا و همکاران (۲۰۰۷) روی آویشن نیز گزارش گردیده است.

جیبرلین‌ها سبب افزایش رشد در گیاهان کامل می‌شود. رشد طولی اندام‌های هوایی که به واسطه جیبرلین‌ها در گیاهان مختلف رخ می‌دهد، در نتیجه افزایش تقسیم سلولی، یا طویل شدن سلول‌ها و یا هر دو با هم می‌باشد، به واسطه GA1 فعالیت آنزیم اینورتاز در گیاه نخود افزایش می‌یابد که این امر موجب افزایش هگزوزهای مورد نیاز

برای رشد دیواره سلولی می‌شود و به این ترتیب موجب رشد طولی بخش هوایی می‌گردد. جیبرلین‌ها با افزایش فعالیت گزیلوگلوکان اندوترانس گلیکوزیلات، قابلیت اتساع دیواره سلول را افزایش می‌دهند که نتیجه آن نرم شدن دیواره سلول است و به سلول اجازه کشیده شدن و طویل شدن تحت تأثیر فشار تورژسانس را می‌دهد (بتراند و ارنستن، ۲۰۱۱). لیت و همکاران (۲۰۱۳) نیز در تحقیقی اعلام کردند که کاربرد جیبرلین سبب افزایش ارتفاع بوته سویا گردید.

به نظر می‌رسد تیمار با ریزوبیوم با افزایش دسترسی گیاه به نیتروژن سبب حصول ارتفاع بیشتر در مقایسه با شاهد می‌شود (دیلیپ کومار و همکاران، ۲۰۰۱).

جدول ۴-۳- مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تأثیر اثرات ۳ جانبه هورمون، ریزوبیوم و رقم

هورمون	ریزوبیوم	رقم		ارتفاع بوته (سانتی متر)
شاهد	عدم کاربرد	رقم محلی سبزوار	a1b1c1	۱۱۳/۳۳ bc
		رقم محلی بسطام	a1b1c2	۶۳/۳۳ f
شاهد	کاربرد ریزوبیوم	رقم محلی سبزوار	a1b2c1	۱۳۵/۳۳ a
		رقم محلی بسطام	a1b2c2	۸۰/۶۶ ef
اکسین	عدم کاربرد	رقم محلی سبزوار	a2b1c1	۱۱۳/۳۳ bc
		رقم محلی بسطام	a2b1c2	۱۱۲/۰۰ bc
اکسین	کاربرد ریزوبیوم	رقم محلی سبزوار	a2b2c1	۱۰۱/۳۳ cd
		رقم محلی بسطام	a2b2c2	۹۲/۶۶ de
جیبرلین	عدم کاربرد	رقم محلی سبزوار	a3b1c1	۱۲۵/۶۶ ab
		رقم محلی بسطام	a3b1c2	۱۳۱/۶۶ a
جیبرلین	کاربرد ریزوبیوم	رقم محلی سبزوار	a3b2c1	۱۲۱/۰۰ ab
		رقم محلی بسطام	a3b2c2	۷۳/۰۰ f

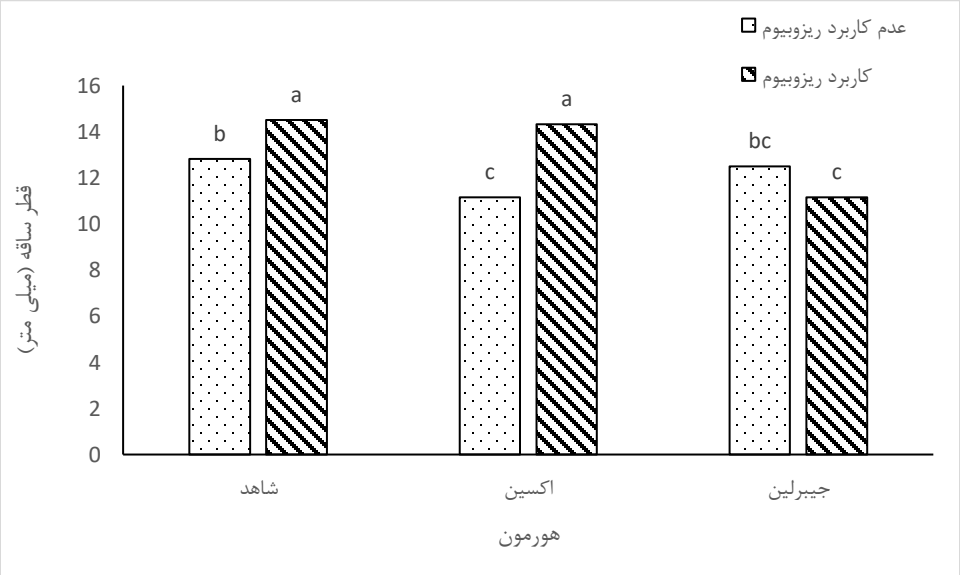
۴-۶ قطر ساقه

قطر ساقه معیاری از رشد رویشی است و قطر بیشتر ساقه در استحکام و مقاومت به عوامل نامساعد محیطی نقش مهمی دارد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر هورمون (P<۰/۰۱)، ریزوبیوم (P<۰/۰۵) و اثر متقابل هوررمون در ریزوبیوم (P<۰/۰۱) در صفت قطر ساقه معنی‌دار بود (جدول پیوست ۱).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد در شرایط کاربرد اکسین، بیشترین قطر ساقه همزمان با تلقیح ریزوبیوم مشاهده شد (شکل ۴-۸).

برومند و همکاران (۱۳۹۱) نیز گزارش کردند که استفاده از ریزوبیوم سبب افزایش قطر ساقه در ذرت گردید. غنایی (۱۳۹۵) نیز بیان داشت که قطر ساقه در سویا با کاربرد ریزوبیوم افزایش نشان داد.

در راستای تحقیق حاضر محققان گزارش کردند که استفاده از اکسین سبب افزایش قطر ساقه در ذرت گردید (دوانی و همکاران، ۱۳۹۵).



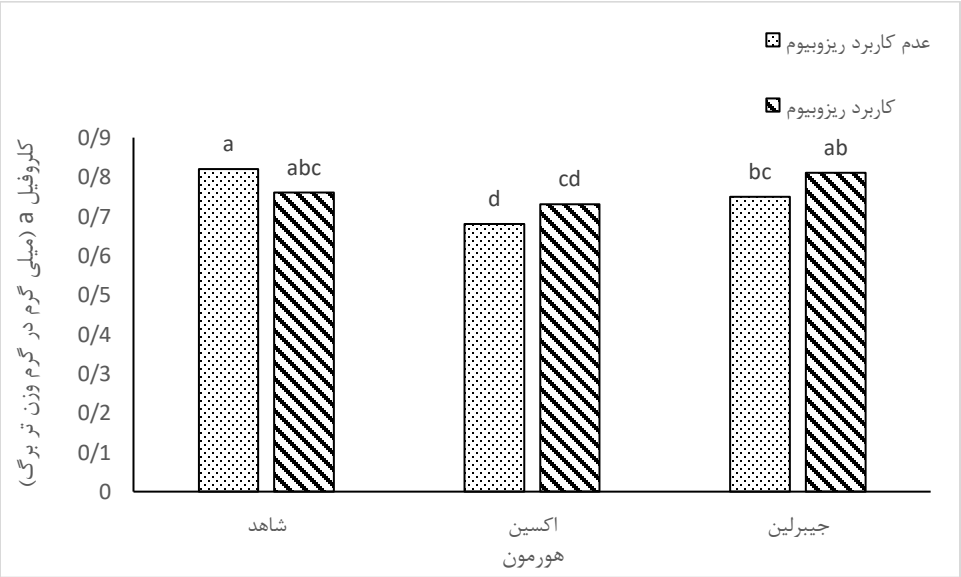
شکل ۴-۸- مقایسه میانگین قطر ساقه تحت تاثیر هورمون و ریزوبیوم

۴-۷ رنگدانه‌های فتوسنتزی

۴-۷-۱ کلروفیل a

بررسی آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد اثرات اصلی هورمون و رقم در صفت میزان کلروفیل a معنی‌دار شد و اثرات متقابل هورمون و ریزوبیوم (P<۰/۰۵) و هورمون و رقم (P<۰/۰۱) در سطوح احتمال ذکر شده معنی‌دار گردیدند (جدول پیوست ۳).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که استفاده از اکسین در هر دو سطح عدم کاربرد و کاربرد ریزوبیوم، میزان کلروفیل a را نسبت به شاهد کاهش داد. کلروفیل a در گیاهان شاهد و ترکیبات تیماری کاربرد ریزوبیوم در شرایط عدم کاربرد هورمون و کاربرد جیبرلین به همراه کاربرد ریزوبیوم بیشتر از سایر تیمار بود (شکل ۴-۹).

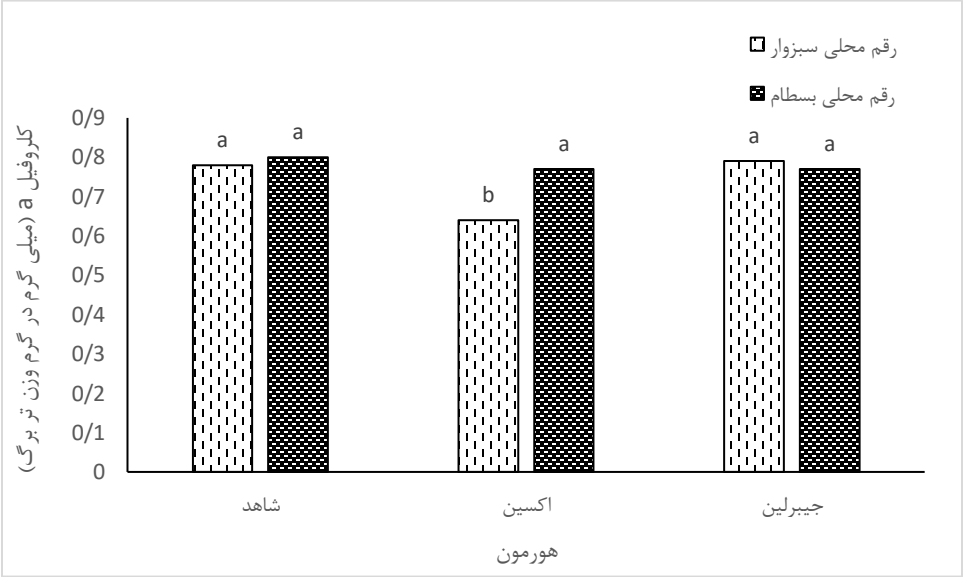


شکل ۴-۹- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تاثیر هورمون و ریزوبیوم

مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تاثیر هورمون و رقم نشان داد که کاربرد اکسین در رقم محلی سبزوار سبب کاهش میزان کلروفیل a شد و ۵ ترکیب تیماری دیگر در بالاترین سطح آماری قرار گرفتند و با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (شکل ۴-۱۰).

در راستای تحقیق حاضر ماهرخ و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند که استفاده از اکسین سبب کاهش میزان کلروفیل a در ذرت شد. این محققان بیان کردند که به نظر می‌رسد با توجه به هماهنگی هورمون اکسین با انتقال مواد فتوسنتزی از مبدا به مقصد از طریق افزایش تبدیل ساکارز به نشاسته و افزایش شیب غلظت انتقال مواد پرورده از مبدا به مقصد، با مصرف هورمون اکسین و حرکت بیشتر مواد فتوسنتزی به سمت دانه انرژی کمتری در برگ برای حفظ کلروفیل باقی مانده باشد.

کشاورزی و همکاران (۱۳۹۲) نیز گزارش کردند که استفاده از هورمون جیبرلین سبب افزایش میزان کلروفیل a در ذرت شد.

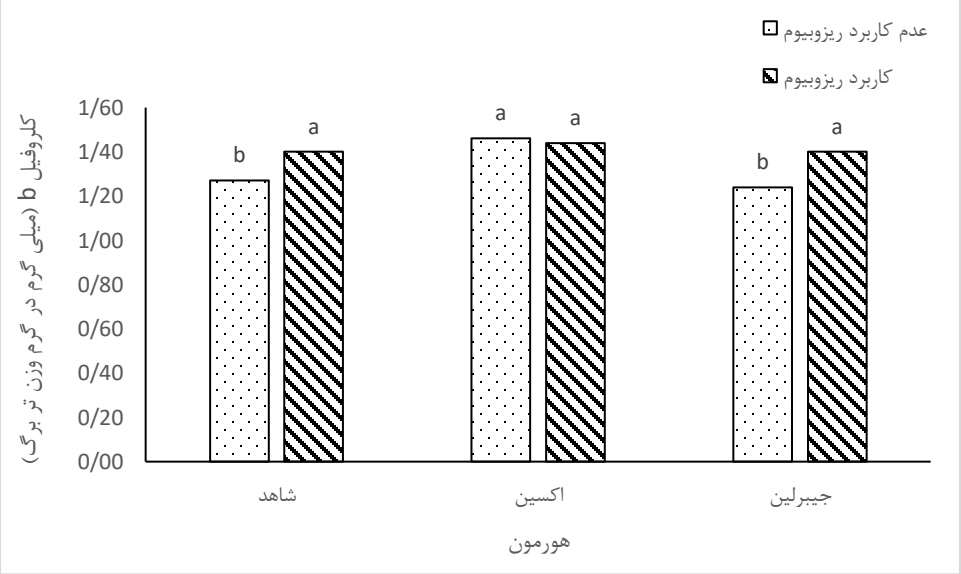


شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تاثیر هورمون و رقم

۴-۷-۲ کلروفیل b

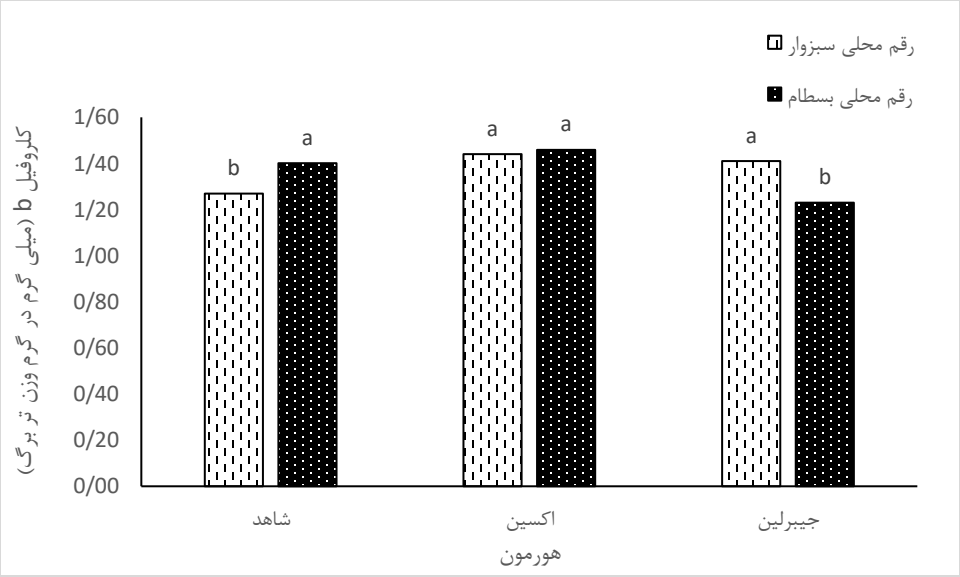
آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل هورمون در ریزوبیوم (P<۰/۰۵)، هورمون در رقم (P<۰/۰۱) و اثرات سه جانبه عامل‌ها (P<۰/۰۱) در صفت میزان کلروفیل b معنی‌دار بود (جدول پیوست ۳).

بررسی نتایج مقایسات میانگین نشان داد که کلروفیل b در گیاهان شاهد و گیاهانی که جیبرلین را به همراه عدم کاربرد ریزوبیوم دریافت کردند در پایین‌ترین سطح بود که به ترتیب معادل ۱/۲۷ و ۱/۲۴ میلی گرم در گرم وزن تر برگ بود. بین ۴ ترکیب تیماری دیگر اختلاف معنی‌داری دیده نشد و در بالاترین سطح آماری قرار گرفتند (شکل ۴-۱۱).



شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تاثیر هورمون و ریزوبیوم

مقایسه میانگین‌ها در اثر متقابل هورمون و رقم بیانگر این است که گیاهان شاهد و کاربرد جیبرلین در رقم محلی بسطام پایین‌ترین میزان کلروفیل b را دارا بودند و ۴ ترکیب تیماری دیگر در یک سطح آماری قرار گرفتند و بالاترین سطح این صفت را به خود اختصاص دادند (شکل ۴-۱۲).



شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تاثیر هورمون و رقم

اثرات سه جانبه در جدول ۴-۴ حاکی از آن است که کلروفیل b در گیاهان شاهد و ترکیب تیماری a3b1c2 (جیبرلین، عدم کاربرد ریزوبیوم و رقم محلی بسطام) به ترتیب معادل ۱/۱۶ و ۱/۱۲ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ بود که کمترین میزان این صفت را دارا بودند و بین سایر ترکیبات تیماری اختلافی به ثبت نرسید. سایر ترکیبات تیماری با یکدیگر اختلافی نداشته و بیشترین میزان این صفت را به خود اختصاص دادند (جدول ۴-۴).

محققان گزارش کردند که جیبرلین سبب افزایش میزان کلروفیل b در گیاهان می‌شود و دلیل آن را می‌توان به اثر جیبرلین بر تحریک مسیر بیوسنتزی این رنگدانه فتوسنتزی دانست (فیروزه و همکاران، ۱۳۹۷).

موذن‌پور و همکاران (۱۳۹۷) نیز بیان داشتند که استفاده از ریزوبیوم سبب افزایش میزان کلروفیل b در لوبیا چشم بلبلی شد.

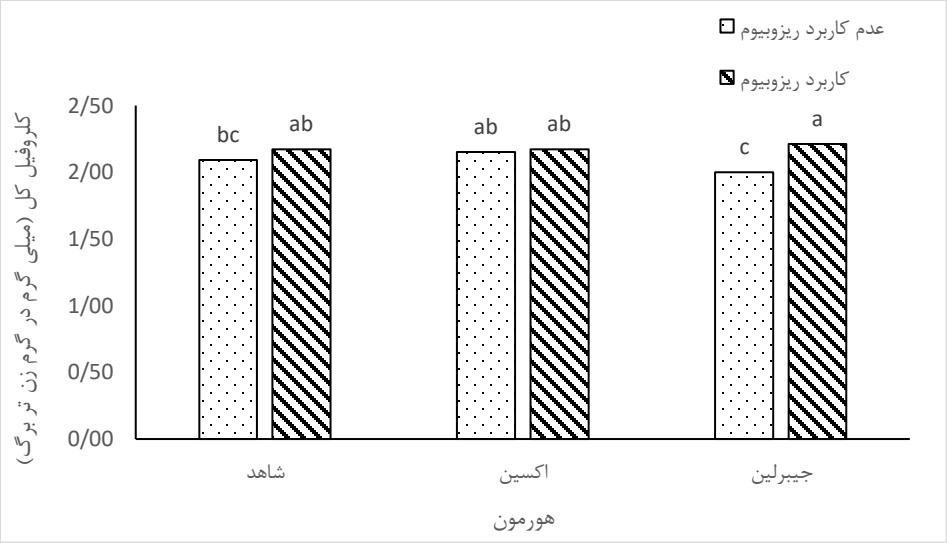
جدول ۴-۴- مقایسه میانگین کلروفیل b تأثیر اثرات ۳ جانبه هورمون، ریزوبیوم و رقم

هورمون	ریزوبیوم	رقم		کلروفیل b
شاهد	عدم کاربرد	رقم محلی سبزوار	a1b1c1	۱/۱۶ b
		رقم محلی بسطام	a1b1c2	۱/۳۷ a
شاهد	کاربرد ریزوبیوم	رقم محلی سبزوار	a1b2c1	۱/۳۷ a
		رقم محلی بسطام	a1b2c2	۱/۴۴ a
اکسین	عدم کاربرد	رقم محلی سبزوار	a2b1c1	۱/۵۰ a
		رقم محلی بسطام	a2b1c2	۱/۴۲ a
اکسین	کاربرد ریزوبیوم	رقم محلی سبزوار	a2b2c1	۱/۳۸ a
		رقم محلی بسطام	a2b2c2	۱/۴۹ a
جیبرلین	عدم کاربرد	رقم محلی سبزوار	a3b1c1	۱/۳۷ a
		رقم محلی بسطام	a3b1c2	۱/۱۲ b
جیبرلین	کاربرد ریزوبیوم	رقم محلی سبزوار	a3b2c1	۱/۴۵ a
		رقم محلی بسطام	a3b2c2	۱/۳۵ a

۴-۷-۳ کلروفیل کل

همان‌طور که در جدول پیوست ۳ مشاهده می‌شود اثرات متقابل هورمون در ریزوبیوم (P<۰/۰۵) و هورمون در رقم (P<۰/۰۱) در صفت کلروفیل کل معنی‌دار شد.

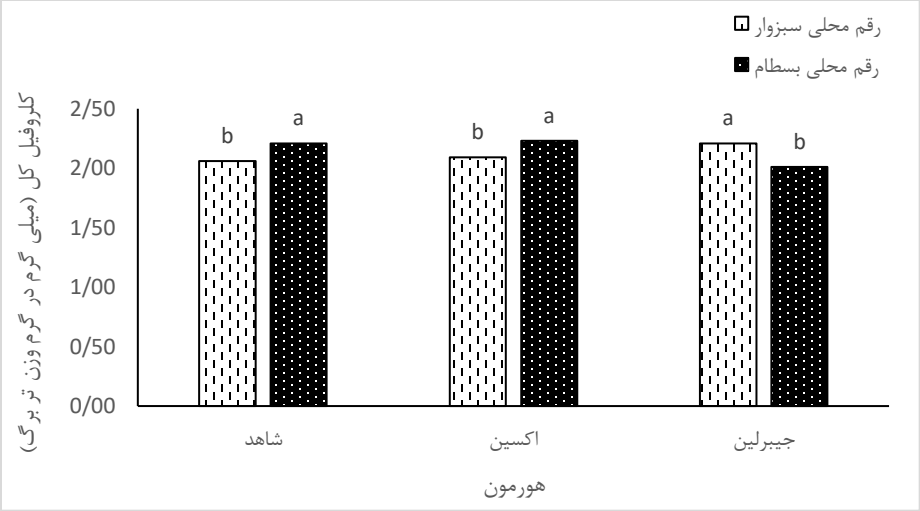
مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین میزان کلروفیل کل در شرایط کاربرد جیبرلین و تلقیح با ریزوبیوم به دست آمد که با بیشتر تیمارهای کاربرد ریزوبیوم در یک گروه آماری قرار داشتند و کمترین میزان کلروفیل کل در گیاه با کاربرد جیبرلین و بدون تلقیح ریزوبیوم مشاهده شد که با شاهد بدون ریزوبیوم در یک گروه آماری قرار داشتند (شکل ۴-۱۳).



شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تاثیر هورمون و ریزوبیوم

مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تاثیر هورمون و رقم نشان داد که بالاترین میزان کلروفیل کل در ترکیبات تیماری عدم کاربرد هورمون در رقم محلی بسطام، کاربرد اکسین در رقم محلی بسطام و کاربرد جیبرلین در رقم محلی سبزوار به ثبت رسید و ۳ ترکیب تیماری دیگر در پایین‌ترین سطح آماری قرار گرفتند. نکته قابل توجه این است که در رقم محلی سبزوار استفاده از جیبرلین توانست میزان کلروفیل کل را افزایش معنی‌دار دهد. این در حالی است که در رقم محلی بسطام استفاده از جیبرلین سبب کاهش معنی‌دار این صفت شد (شکل ۴-۱۴).

فیروزه و همکاران (۱۳۹۷) گزارش کردند که استفاده از جیبرلین سبب افزایش میزان کلروفیل کل در مرزه شد. این محققان بیان کردند که این اثر افزایشی می‌تواند به دلیل تاثیر جیبرلین بر افزایش سطح فتوسنتز کننده، افزایش ظرفیت فتوسنتزی، میزان ماده سازی و در نتیجه آن تامین و افزایش پیش ماده و سوبسترای لازم برای سنتز این مولکول و تحریک هر چه بیشتر مسیر بیوسنتزی این رنگدانه فتوسنتزی باشد.



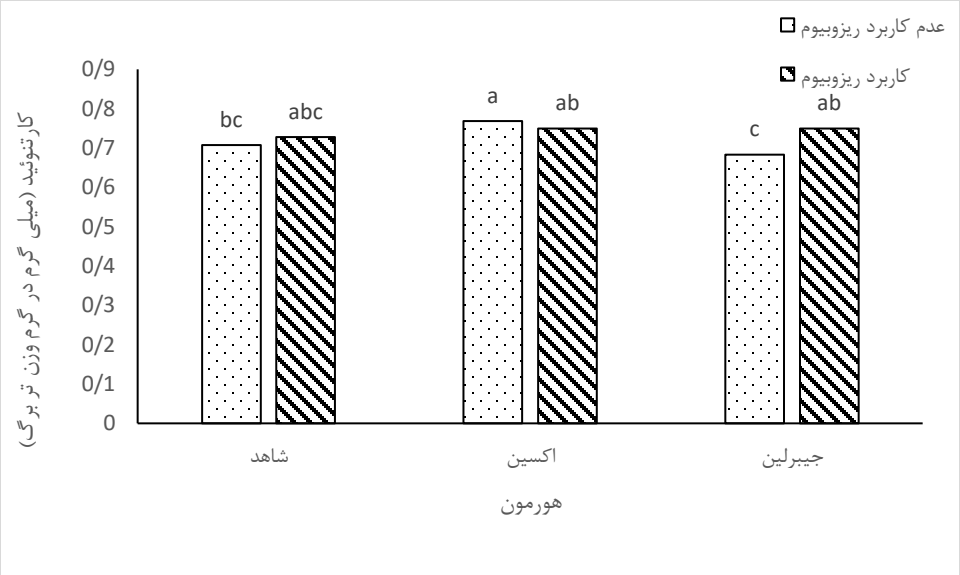
شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تاثیر هورمون و رقم

۴-۷-۴- کارتنوئید

میزان کارتنوئید موجود در برگ لوبیا در این پژوهش تحت تاثیر هورمون (P<۰/۰۵) و اثر متقابل هورمون در ریزوبیوم (P<۰/۰۵) قرار گرفت (جدول پیوست ۳).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد همانند کلروفیل کل، کمترین میزان کارتنوئید در شرایط کاربرد هورمون جیبرلین و عدم تلقیح ریزوبیوم مشاهده شد که با شاهد در یک گروه آماری بودند و بیشترین میزان کارتنوئید در شرایط کاربرد اکسین و عدم تلقیح با ریزوبیوم به دست آمد که با شرایط تلقیح ریزوبیوم و کاربرد اکسین و جیبرلین و شاهد در یک گروه آماری بودند (شکل ۴-۱۵).

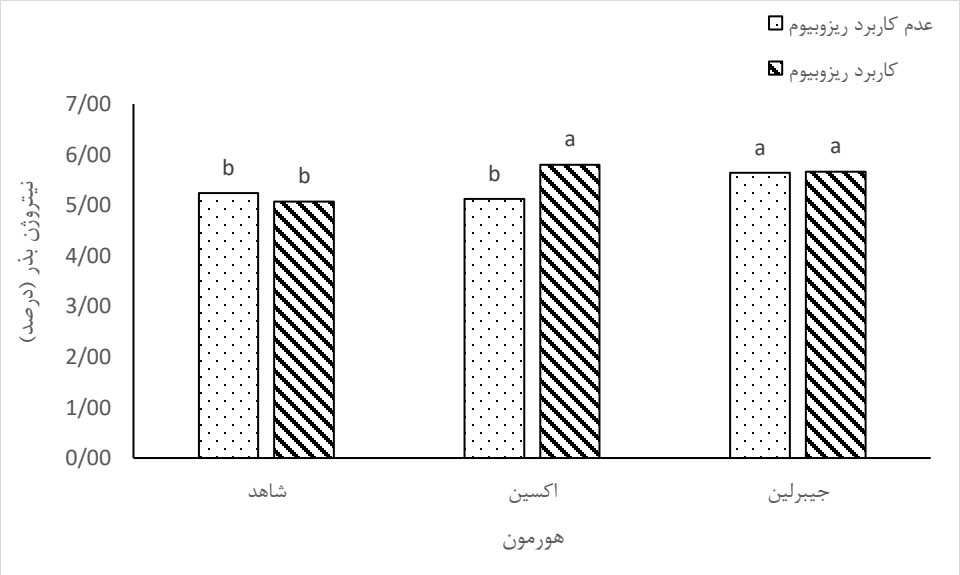
حمزه نژادی و همکاران (۱۳۹۵) نیز گزارش کردند که کاربرد اکسین سبب افزایش میزان کارتنوئید در سویا گردید. آروین و فیروزه (۱۳۹۷) نیز بیان کردند که جیبرلین سبب افزایش میزان کارتنوئید در گشنیز شد.



شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین کارتنوئید تحت تاثیر هورمون و ریزوبیوم

۴-۸ نیتروژن بذر

نیتروژن بذر تحت تاثیر هورمون (P<۰/۰۱) و اثر متقابل هورمون در ریزوبیوم (P<۰/۰۱) قرار گرفت (جدول پیوست ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها در شکل ۴-۱۶ نشان داد که بیشترین میزان نیتروژن بذر در ترکیبات تیماری کاربرد اکسین به همراه کاربرد ریزوبیوم و کاربرد جیبرلین در هر دو سطح ریزوبیوم (عدم کاربرد و کاربرد) مشاهده شد. سه ترکیب تیماری دیگر شامل عدم کاربرد ریزوبیوم و هورمون، کاربرد ریزوبیوم به همراه عدم کاربرد هورمون و کاربرد اکسین به همراه عدم کاربرد ریزوبیوم، کمترین میزان این صفت را دارا بودند. در واقع می‌توان اینطور نتیجه گرفت در شرایط عدم کاربرد ریزوبیوم تنها استفاده از جیبرلین سبب افزایش نیتروژن بذر شد و این در حالی است که با کاربرد ریزوبیوم و استفاده از هر دو هورمون اکسین و جیبرلین توانست نیتروژن بذر را تا سطح معنی‌داری افزایش دهد (شکل ۴-۱۶).



شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین نیتروژن بذر تحت تاثیر هورمون و ریزوبیوم

یک اصل اساسی در فیزیولوژی گیاهی این است که گیاهان برای تولید عملکرد بالای دانه به مقدار نسبتاً زیادی نیتروژن نیاز دارند. یکی از راه‌های افزایش نیتروژن استفاده از باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن به ویژه باکتری ریزوبیوم است. در شرایطی که عوامل محیطی بهینه هستند، بوته‌های لوبیا که با ریزوبیوم گره دار شده‌اند می‌توانند مقادیر قابل توجهی نیتروژن تثبیت کنند (گیلر، ۲۰۰۱).

همتی و همکاران (۱۳۹۷) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند و علت افزایش نیتروژن گیاه توسط باکتری ریزوبیوم را به واسطه افزایش تثبیت زیستی این عنصر توسط باکتری ریزوبیوم گزارش کردند.

مقدار تثبیت نیتروژن از طریق همزیستی از یک مکان به مکان دیگر ممکن است بسیار متفاوت باشد. این امر به عوامل خاک از قبیل pH، فراهم بودن پتاس، فسفر و وجود فلزات سنگین و رطوبت خاک بستگی دارد. طبق نتایج راثی پور و علی اصغر زاده (۱۳۸۶) تلقیح گیاه سویا با باکتری ریزوبیوم موجب افزایش درصد نیتروژن بخش هوایی گیاه و افزایش در عملکرد دانه می‌گردد.

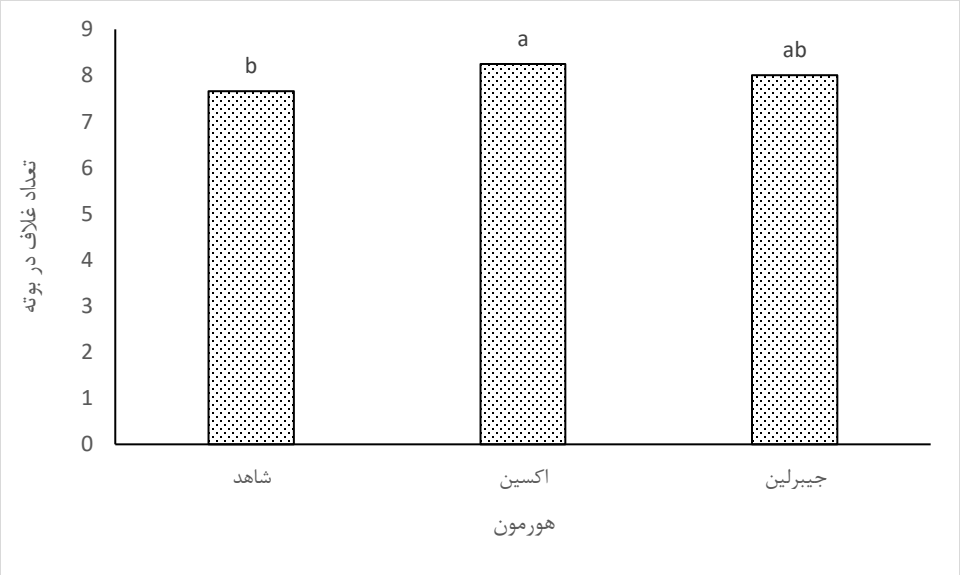
مشابه تحقیق حاضر آلبوکردی و ساکی نژاد (۱۳۹۷۹ گزارش کردند که استفاده از هورمون اکسین سبب افزایش میزان نیتروژن در لوبیا می‌شود. سعدی (۱۳۹۵) نیز در تحقیقی بیان کرد که استفاده از هورمون جیبرلین سبب افزایش میزان نیتروژن در لوبیا چشم بلبلی شد.

۴-۹ اجزای عملکرد

۴-۹-۱ تعداد غلاف در بوته

نتایج جدول تجزیه واریانس حاکی از آن است که تعداد غلاف در بوته تحت تاثیر هورمون (P<۰/۰۵) معنی‌دار شد و سایر تیمارها تاثیری بر این صفت نداشتند (جدول پیوست ۴). مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته تحت تاثیر هورمون نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته در گیاهانی به ثبت رسید که هورمون اکسین را دریافت کردند و معادل ۸/۲۵ عدد بود و از لحاظ آماری با هورمون جیبرلین (معادل ۸ غلاف در بوته) اختلاف معنی‌داری نشان نداد. کمترین تعداد غلاف در بوته در گیاهان شاهد به ثبت رسید که ۷/۶۶ عدد بود و با هورمون جیبرلین از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۴-۱۷).

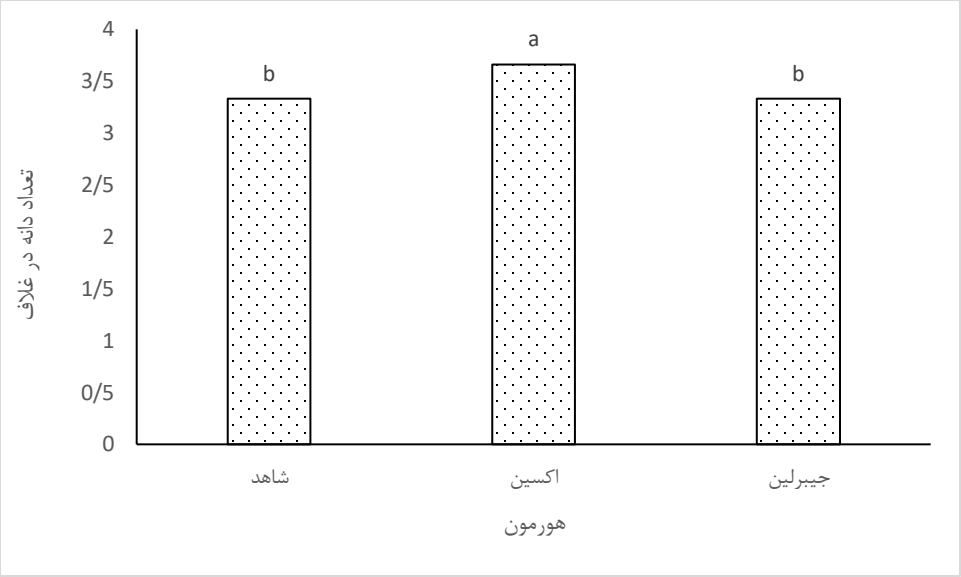
مادا و همکاران (۲۰۰۶) بیان کردند که استفاده از اکسین سبب افزایش تعداد غلاف در بوته در نخود گردد. عاقبت بخیر و همکاران (۱۳۹۳) نیز اعلام کردند که استفاده از اکسین و جیبرلین سبب افزایش تعداد غلاف در بوته در لوبیا قرمز شد.



شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته تحت تاثیر هورمون

۴-۹-۲ تعداد دانه در غلاف

تعداد دانه در غلاف تحت تاثیر هورمون (P<۰/۰۵) قرار گرفت (جدول پیوست ۴). گیاهانی که هورمون اکسین را دریافت کرده بودند، بیشترین تعداد دانه در غلاف را به خود اختصاص دادند. بین گیاهان شاهد و گیاهانی که جیبرلین دریافت کرده بودند از نظر تعداد دانه در غلاف اختلافی دیده نشد (شکل ۴-۱۸). احتمالاً هورمون اکسین بر تعیین پتانسیل تعداد دانه تاثیرگذار بوده است و به این دلیل سبب افزایش تعداد دانه در غلاف شده است (ماهرخ و همکاران، ۱۳۹۵). مشابه این نتایج را زند و همکاران (۱۳۹۳) نیز گزارش کردند. صدقی و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند که محلول‌پاشی اکسین سبب افزایش تعداد دانه در میوه در کدو *Cucurbita pepo* (L.) گردید.

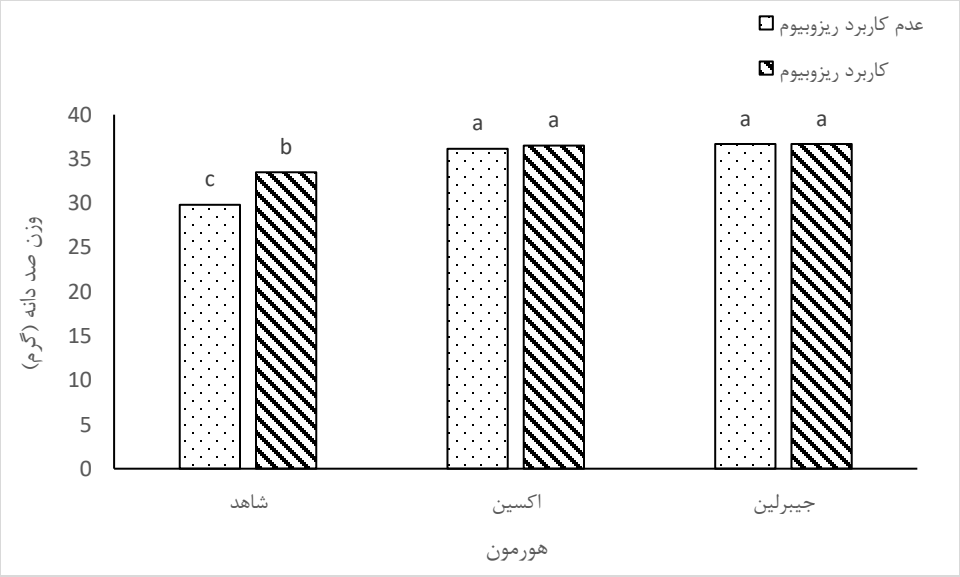


شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت تاثیر هورمون

۴-۹-۳ وزن صد دانه

وزن صد دانه یکی از عوامل مؤثر در شکل‌گیری عملکرد دانه است. در این تحقیق وزن صد دانه لوبیا تحت تاثیر هورمون (P<۰/۰۱)، ریزوبیوم (P<۰/۰۵)، رقم (P<۰/۰۵)، هورمون در ریزوبیوم (P<۰/۰۵) و اثر سه‌جانبه عامل‌ها (P<۰/۰۵) قرار گرفت (جدول پیوست ۴).

نتایج نشان داد که وزن صد دانه در گیاهانی که اکسین و جیبرلین را در هر دو سطح ریزوبیوم (عدم کاربرد و کاربرد) دریافت کرده بودند در بالاترین مقدار بود و با شاهد اختلاف معنی‌دار داشت. این در حالی است که در گیاهان شاهد کمترین وزن صد دانه که معادل ۲۹/۸۳ گرم بود به ثبت رسید (شکل ۴-۱۹).



شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تاثیر هورمون و ریزوبیوم

بررسی اثرات سه‌جانبه نشان داد که وزن صد دانه در ترکیبات تیماری a2b1c1 (اکسین، عدم کاربرد ریزوبیوم و رقم محلی سبزوار)، a2b1c2 (اکسین، عدم کاربرد ریزوبیوم و رقم محلی بسطام)،a2b2c1 (اکسین، کاربرد ریزوبیوم و رقم محلی سبزوار)،a2b2c2 (اکسین، کاربرد ریزوبیوم و رقم محلی بسطام)، a3b1c1 (جیبرلین، عدم کاربرد ریزوبیوم و رقم محلی سبزوار)، a3b1c2 (جیبرلین، عدم کاربرد ریزوبیوم و رقم محلی بسطام) و a3b2c2 (جیبرلین، کاربرد ریزوبیوم و رقم محلی بسطام) در بیشترین مقدار بود و کمترین وزن صد دانه در رقم محلی سبزوار بدون کاربرد ریزوبیوم و هورمون به دست آمد (جدول ۴-۵). سایر ترکیبات تیماری نیز با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۴-۵۹.

جدول ۴-۵- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر اثرات ۳ جانبه هورمون، ریزوبیوم و رقم

هورمون	ریزوبیوم	رقم		وزن صد دانه
شاهد	عدم کاربرد	رقم محلی سبزوار	a1b1c1	۲۷/۱۶ d
		رقم محلی بسطام	a1b1c2	۳۲/۵۰ c
شاهد	کاربرد ریزوبیوم	رقم محلی سبزوار	a1b2c1	۳۳/۵۰ bc
		رقم محلی بسطام	a1b2c2	۳۳/۵۰ bc
اکسین	عدم کاربرد	رقم محلی سبزوار	a2b1c1	۳۶/۱۶ ab
		رقم محلی بسطام	a2b1c2	۳۶/۱۶ ab
اکسین	کاربرد ریزوبیوم	رقم محلی سبزوار	a2b2c1	۳۶/۸۳ ab
		رقم محلی بسطام	a2b2c2	۳۶/۱۶ ab
جیبرلین	عدم کاربرد	رقم محلی سبزوار	a3b1c1	۳۶/۵۰ ab
		رقم محلی بسطام	a3b1c2	۳۶/۸۳ ab
جیبرلین	کاربرد ریزوبیوم	رقم محلی سبزوار	a3b2c1	۳۴/۸۳ bc
		رقم محلی بسطام	a3b2c2	۳۸/۵۰ a

در راستای تحقیق حاضر همتی و همکاران (۱۳۹۷) گزارش کردند که استفاده از باکتری ریزوبیوم سبب افزایش وزن صد دانه لوبیا می‌شود. احتمالاً این افزایش وزن صد دانه به دلیل باکتری ریزوبیوم که مولد تولید فیتوهورمون-های ایندولی (IAA) است که این فیتوهورمون‌ها از طریق رشد طولی ریشه و نهایتاً افزایش سیستم ریشه‌ای گیاه لوبیا می‌توان سطح تماس ریشه گیاه با خاک و در نهایت سطح جذب عناصر غذایی را به گونه‌ای افزایش دهند و در نتیجه آن وزن صد دانه در گیاه افزایش می‌یابد.

افزایش وزن صد دانه بر اثر کاربرد جیبرلین و اکسین ناشی از افزایش قدرت مخزن است با کاربرد این هورمون‌ها احتمالا میزان تقسیم سلولی در بذر افزایش یافته و موجب افزایش سلول‌های ذخیره‌ای بذر شده است (تایز و زایگر، ۲۰۰۶).

گونز و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که می‌توان علت کاهش وزن دانه را تغییر در مسیر مواد فتوسنتزی و مواد پرورده در طول پر شدن دانه‌ها بیان کرد. اثرات مفید جیبرلین روی وزن دانه شاید در رابطه با انتقال بیشتر مواد اسمیلات فتوسنتز به دانه‌ها در طول پر شدن دانه‌ها باشد که در نتیجه باعث افزایش وزن دانه می‌شود.

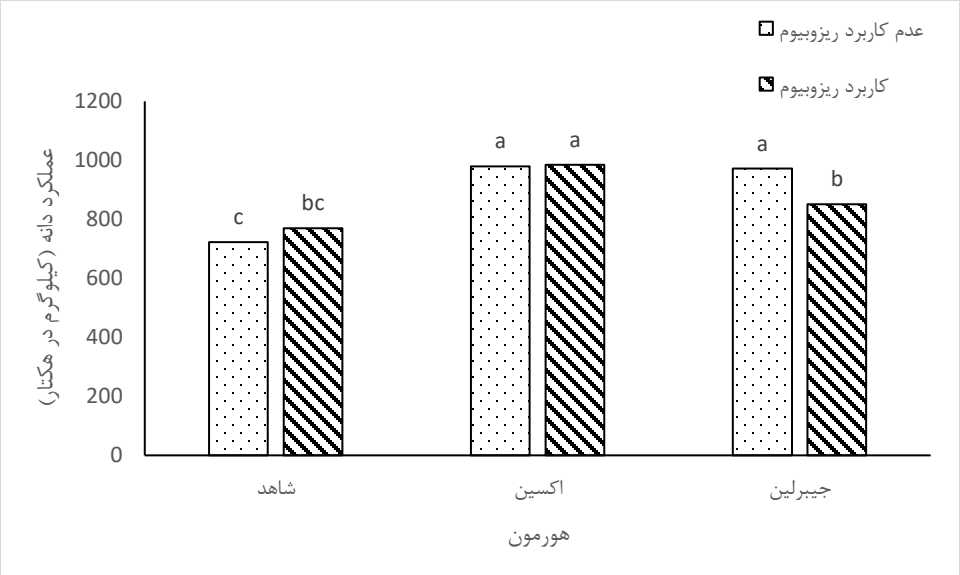
در تحقیقی دوانی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که محلول‌پاشی اکسین سبب افزایش وزن صد دانه ذرت گردید. عیوضی (۲۰۱۴) اظهار داشت که کاربرد اکسین سبب افزایش وزن هزار دانه می‌گردد.

محبتی و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند که کاربرد جیبرلین سبب افزایش وزن هزار دانه برنج گردید.

۴-۱۰ عملکرد دانه

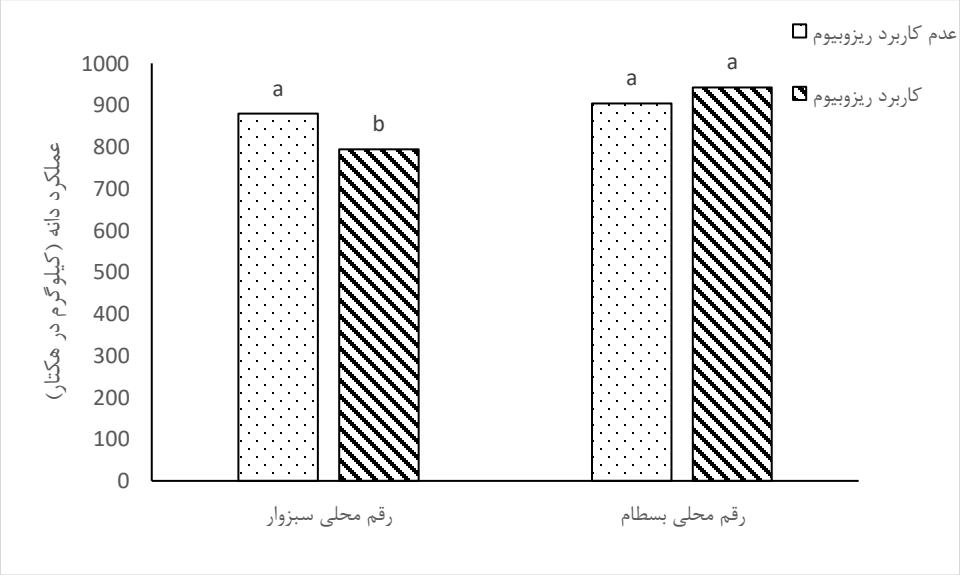
عملکرد دانه یکی از مهم‌ترین صفات گیاه می‌باشد که در واقع نشان دهنده عملکرد اقتصادی گیاه است. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد عملکرد دانه تحت تاثیر اثر متقابل هورمون در ریزوبیوم ($P<۰/۰۵$) و ریزوبیوم در رقم ($P<۰/۰۵$) معنی‌دار شد (جدول پیوست ۴).

سه ترکیب تیماری کاربرد اکسین به همراه عدم کاربرد ریزوبیوم، کاربرد اکسین به همراه کاربرد ریزوبیوم و کاربرد جیبرلین به همراه عدم کاربرد ریزوبیوم بیشترین مقدار عملکرد دانه را نشان دادند. بعد از آن استفاده از جیبرلین به همراه کاربرد ریزوبیوم در سطح دوم آماری قرار گرفت و عملکردی معادل ۷۵۰/۸۳ کیلوگرم در هکتار را نشان داد که با ترکیب تیماری عدم کاربرد هورمون به همراه کاربرد ریزوبیوم (معادل ۷۷۰/۳۳ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین میزان عملکرد دانه مربوط به گیاهان شاهد (عدم کاربرد هورمون و عدم کاربرد ریزوبیوم) بود که معادل ۷۲۳/۵ کیلوگرم در هکتار بود و از لحاظ آماری با ترکیب تیماری عدم کاربرد هورمون به همراه کاربرد ریزوبیوم اختلاف معنی‌دار نشان نداد (شکل ۴-۲۰).



شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تاثیر هورمون و ریزوبیوم

همان‌طور که در شکل ۴-۲۱ مشاهده می‌شود ترکیب تیماری کاربرد ریزوبیوم در رقم محلی سبزوار کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد که معادل ۷۹۴ کیلوگرم در هکتار بود و بین سه ترکیب تیماری دیگر اختلاف معنی‌داری به ثبت نرسید.



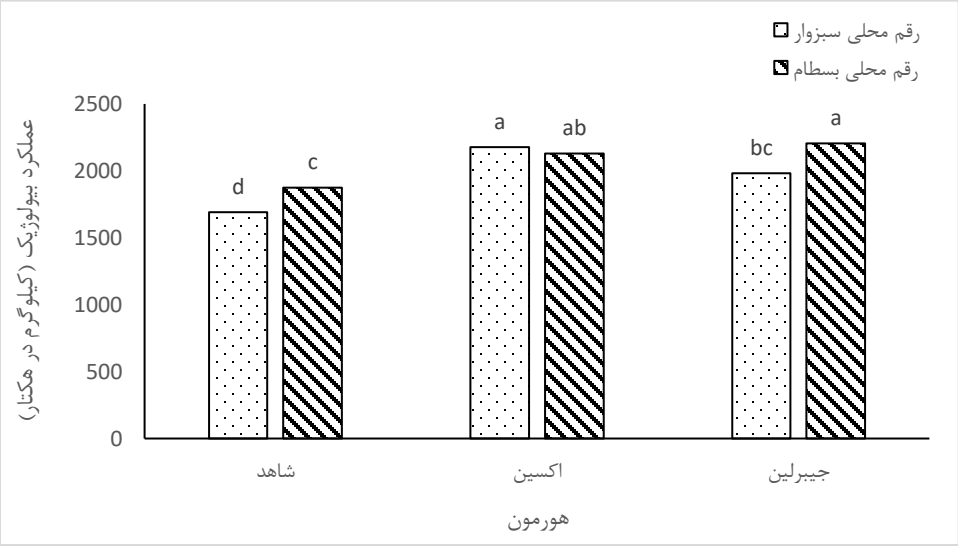
شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تاثیر رقم و ریزوبیوم

هورمون‌ها با تأثیر بر تشـــکیل و نمو گل‌ها و بذرها اثر مهمی در روابط بین مبدا و مقصـــد گیاهان می‌گذارند و ممکن اسـت از طریق تأثیر بر روی نیاز مقصـد به طور غیر مسـتقیم روی سـرعت انتقال اثر بگذارند. اثرات مثبت اکســین در نمو دانه از طریق افزایش انتقال فرآورده‌های فتوســنتزی به اثبات رســیده اســت (دوانی و همکاران، ۱۳۹۳).

محققان گزارش کردند که محلول‌پاشـــی اکســین ســبب افزایش عملکرد دانه در ذرت گردید (دوانی و همکاران، ۱۳۹۳). این محققان هم‌چنین گزارش کردند که اکســین با تأثیر بر تقســیم ســلولی و بزرگ شــدن ســلول‌های اندوسپرم و یا کنترل مواد پرورده به سمت مقصد بر ظرفیت مقصد تأثیرگذار است. اکسین موجب تبدیل بیشتر ســاکارز به نشــاســته و افزایش برقراری شــیب غلظت می‌شــود و از این طریق ظرفیت مخزن (وزن دانه) افزایش می‌یابد. که در این تحقیق نیز هورمون اکســین از طریق افزایش وزن صــد دانه عملکرد را افزایش داد. مصــرف هورمون‌ها در هر دو حالت اســتعمال برگی و پیش تیمار باعث افزایش عملکرد می‌شــوند و این افزایش ناشــی از مواد ریزمغذی و اسیدهای آمینه مورد نیاز گیاه می‌باشد که در اغلب موارد در خاک کمبود آن‌ها احساس می‌شود و محرک‌های رشــد این کمبود را جبران می‌کنند و در بســیاری موارد وجود هورمون‌های گیاهی در فرمول این مواد باعث تحریک رشد می‌شوند. می‌توان گفت که تغییرپذیری میزان رشد به وسیل جیبرلین‌ها ممکن است به دلیل افزایش میزان فتوســنتز، افزایش فعالیت برخی آنزیم‌ها یا تغییر در توزیع مواد فتوســنتزی و یا اثر مشــارکتی این موارد باشــد و از طرفی جیبرلین‌ها با تحریک فعالیت برخی آنزیم‌های پروتئاز موجب تبدیل پروتئین‌ها به اسیدهای آمینه از جمله تریپتوفان که پیش ساز اکسین است، می‌شوند. بنابراین برخی اثرات خود را به صورت غیر مستقیم از طریق اکسین نیز اعمال می‌کنند (پوریوسف و همکاران، ۱۳۹۵). در تحقیق حاضر جیبرلین نیز سبب افزایش عملکرد دانه گردید. می‌توان دلیل افزایش عملکرد با کاربرد هورمون جیبرلین را نقش این هورمون در رشد و فتوسنتز دانست (پوریوسف و همکاران، ۱۳۹۵).

۴-۱۱ عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر متقابل هورمون در رقم (P<۰/۰۵) معنی‌دار شد (جدول پیوست ۴). مقایسه میانگین‌ها در این صفت در ترکیبات تیماری کاربرد اکسین در هر دو رقم محلی بسطام و سبزوار و کاربرد جیبرلین در رقم محلی بسطام بالاترین مقدار را نشان داد. رقم سبزوار زمانی که هورمون دریافت نکرد، کمترین میزان عملکرد بیولوژیک را از آن خود کرد که معادل ۱۶۸۹/۲۷ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۴-۲۲).



شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر هورمون و رقم

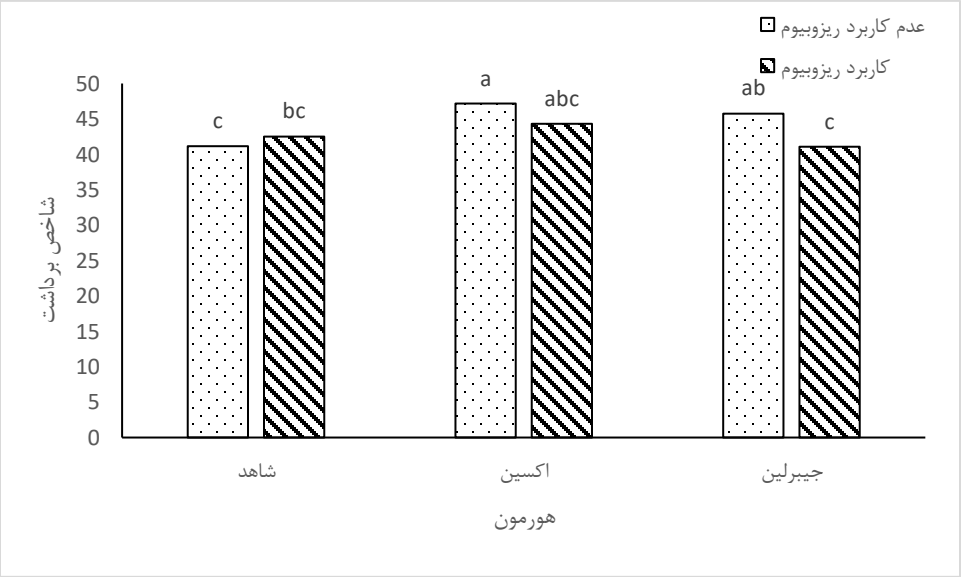
پوریوسف و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند که محلول‌پاشی اکسین و جیبرلین سبب افزایش عملکرد بیولوژیک در کتان گردید. این محققان اظهار داشتند که در تیمارهایی که اکسین و جیبرلین دریافت کرده بودند، ریزش برگ‌ها کمتر بوده و میزان رشد و سبزینگی گیاه هم بیشتر می‌شود و این دلایل منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک در واحد سطح می‌گردد (پوریوسف و همکاران، ۱۳۹۵).

جیبرلین می‌تواند از طریق افزایش سطح برگ و بالا بردن سطوح فتوسنتزی و تثبیت بیشتر CO_2 از طریق باز شدن بیشتر روزنه‌ها و افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و بالا بردن فعالیت آنزیم ساکارز فسفات سنتتاز (SPS) رشد و نمو را تسریع نموده و موجب افزایش عملکرد بیولوژیک شود (اشرف و فولاد، ۲۰۰۵).

فقه نبی (۲۰۰۸) گزارش نمود که عملکرد بیولوژیک یکی از صفاتی است که به شدت تحت تأثیر تیمار بذور با هورمون‌ها قرار می‌گیرد. دوانی و همکاران (۱۳۹۳) نیز گزارش کردند که محلول‌پاشی اکسین توانست عملکرد بیولوژیک ذرت را تا سطح معنی‌داری افزایش دهد.

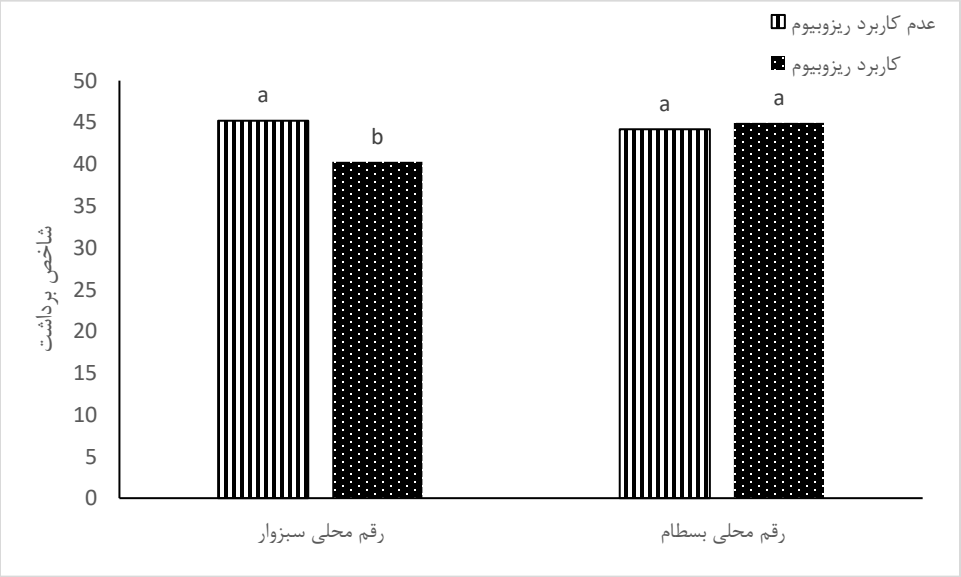
۴-۱۲ شاخص برداشت

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر متقابل هورمون در ریزوبیوم ($P<۰/۰۵$)، ریزوبیوم در رقم ($P<۰/۰۱$) بر شاخص برداشت معنی‌دار شد (جدول پیوست ۴). مقایسه میانگین شاخص برداشت تحت تاثیر هورمون و ریزوبیوم در شکل ۴-۲۳ حاکی از آن است که گیاهانی که اکسین را به همراه عدم کاربرد ریزوبیوم دریافت کردند، بیشترین شاخص برداشت را نشان دادند که معادل ۴۷/۱۶ درصد بود و با ترکیب تیماری کاربرد جیبرلین و عدم کاربرد ریزوبیوم (معادل ۴۵/۷۷ درصد) و ترکیب تیماری کاربرد اکسین به همراه کاربرد ریزوبیوم (۴۴/۲۸ درصد) در یک گروه آماری قرار داشتند. کمترین شاخص برداشت در گیاهان شاهد و گیاهانی که جیبرلین را به همراه ریزوبیوم دریافت کرده بودند به ثبت رسید و از لحاظ آماری با دو ترکیب تیماری عدم کاربرد هورمون به همراه کاربرد ریزوبیوم و هم‌چنین کاربرد اکسین به همراه کاربرد ریزوبیوم اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۴-۲۳).



شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین شاخص برداشت تحت تاثیر هورمون و ریزوبیوم

شاخص برداشت در ترکیب تیماری کاربرد ریزوبیوم در رقم محلی سبزوار کمترین مقدار بود که معادل ۴۰/۲۸ درصد بود و بیشترین شاخص برداشت بین سه ترکیب تیماری دیگر مشاهده شد که در یک گروه آماری بودند و اختلاف معنی‌داری دیده نشد (شکل ۴-۲۴).



شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین شاخص برداشت تحت تاثیر رقم و ریزوبیوم

۴-۱۳ نتیجه گیری نهایی

نتایج این تحقیق به طور خلاصه شامل موارد زیر است:

در خصوص ریزوبیوم، با عنایت به اینکه تعداد گرهک‌های تشکیل شده در ریشه‌ها کم بود، تلقیح ریزوبیوم در بسیاری از موارد نتوانست اثر خود را نشان دهد. اگرچه میزان pH خاک به سمت قلیایی بود و می‌بایست از نظر همزیستی ریزوبیوم مشکلی ایجاد نکند ولی تعداد کم گرهک تشکیل شده در ریشه‌ها می‌تواند ناشی از ماده تلقیح تهیه شده از دانشگاه گرگان باشد که بایستی در مطالعات بعدی مد نظر قرار گیرد.

با توجه به نتایج به دست آمده در موارد کاربرد ریزوبیوم و هورمون در صفات قطر ساقه و عملکرد دانه کاربرد ریزوبیوم به همراه اکسین بهترین پاسخ را داشت و در مورد صفات ارتفاع بوته و کلروفیل a کاربرد ریزوبیوم و جیبرلین پاسخ بهتری داشت. استفاده از ریزوبیوم به همراه هورمون اکسین و جیبرلین در صفات وزن خشک ساقه، کلروفیل b، کلروفیل کل، کارتنوئید، نیتروژن بذر، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت نسبت به سایر تیمارها بهتر بود.

اثر متقابل ریزوبیوم و رقم بر صفات وزن خشک ساقه، ارتفاع بوته، عملکرد دانه و شاخص برداشت تاثیرگذار بود.

رقم محلی بسطام در صفاتی همچون وزن خشک ساقه، وزن خشک کل بوته و عملکرد بیولوژیک با کاربرد هورمون جیبرلین بهترین پاسخ را داشت و در صفات یاد شده بیشترین مقدار را نشان داد. رقم محلی سبزوار با کاربرد جیبرلین بیشترین ارتفاع بوته، کلروفیل b و کلروفیل کل را دارا بود. بین دو رقم محلی بسطام و محلی سبزوار از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری دیده نشد. استفاده از اکسین و جیبرلین در هر دو رقم محلی سبزوار و بسطام سبب افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک شد.

۴-۱۴ پیشنهادات

موارد زیر برای حصول نتایج تکمیلی پیشنهاد می‌شود:

۱- این آزمایش با همین شرایط حداقل یک سال دیگر تکرار شود.

۲- عکس العمل ارقام دیگر لوبیا به محلول‌پاشی اکسین و جیبرلین بررسی شود.

۳- دامنه وسیع‌تری از غلظت‌های هورمون اکسین و جیبرلین و ریزوبیوم بر ارقام لوبیا بررسی شود.

پیوست ها

جدول پیوست ۱- میانگین مربعات تعداد گره، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک کل بوته، ارتفاع بوته و قطر ساقه تحت تأثیر هورمون، ریزوبیوم و رقم

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد گره	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک کل بوته	ارتفاع بوته	قطر ساقه
تکرار	۲	۰/۱۹	۳۱۳/۴۴	۴۵۵/۳۸	۶۴۰۹/۴۸	۸۶/۰۲	۲/۵۸
هورمون (A)	۲	۰/۱۹	۵۲۴۴/۱۱**	۴۰۴۴/۴۴**	۷۷۱۶۶/۷۵**	۶۴۷/۱۱**	۱۰/۰۸**
ریزوبیوم (B)	۱	۱۴۰/۰۲**	۶۹/۴۴	۴۷۸۴/۰۲**	۲۸۰۵۶/۲۵**	۷۶۵/۴۴**	۱۲/۲۵*
رقم (C)	۱	۰/۰۲۷	۲۲۰۹/۰۰*	۳۰۳۳۴/۰۲**	۹۵۳۲/۲۶*	۶۱۳۶/۱۱**	۰/۲۵
هورمون*ریزوبیوم (A*B)	۲	۰/۱۹	۲۸۳/۴۴	۱۲۹۳۶/۱۱**	۵۲۶۹/۲۴	۲۰۶۹/۷۷**	۱۵/۷۵**
هورمون*رقم (A*C)	۲	۰/۰۲	۳۶۲/۳۳	۱۴۷۶۹/۴۴**	۲۳۵۵۶/۳۳**	۱۷۳۹/۱۱**	۳/۲۵
ریزوبیوم*رقم (B*C)	۱	۰/۰۲	۴۱۳/۴۴	۳۷۰۰/۶۹**	۳۹۵۶/۴۱	۱۰۸۹/۰۰**	۱/۳۶
هورمون*رقم*ریزوبیوم (A*B*C)	۲	۰/۰۲	۴۷۳۱/۴۴**	۵۲۶۹/۴۴**	۱۷۶۳/۵۶	۵۷۷/۳۳**	۱/۶۹
خطای آزمایش	۲۲	۰/۰۷۳	۳۶۷/۵۰	۴۳۶/۴۴	۱۵۴۵/۸۳	۹۵/۴۵	۱/۵۵
ضریب تغییرات (درصد)		۱۳/۷۲	۴/۶۰	۷/۹۳	۳/۷۳	۹/۲۸	۹/۷۷

جدول پیوست ۲- مقایسه میانگین تعداد گره تحت تاثیر ریزوبیوم

سطوح ریزوبیوم	تعداد گره
عدم کاربرد	۰/۰ b
کاربرد	۳/۹۴ a

جدول پیوست ۳- میانگین مربعات کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کارتنوئید و نیتروژن بذر تحت تأثیر هورمون، ریزوبیوم و رقم

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئید	نیتروژن بذر
تکرار	۲	۰/۰۰۹۳	۰/۰۴۰	۰/۰۱۹	۰/۰۱۱	۰/۳۵
هورمون (A)	۲	۰/۰۲۵**	۰/۰۵۸**	۰/۰۰۹۲	۰/۰۰۷*	۰/۷۴**
ریزوبیوم (B)	۱	۰/۰۰۲۰	۰/۰۷۴**	۰/۱۰۱**	۰/۰۰۴	۰/۲۷
رقم (C)	۱	۰/۰۱۴*	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۰	۰/۰۰۰۲	۰/۱۴
هورمون*ریزوبیوم (A*B)	۲	۰/۰۱۳*	۰/۰۳۱*	۰/۰۲۸*	۰/۰۰۵*	۰/۶۰**
هورمون*رقم (A*C)	۲	۰/۰۱۸**	۰/۰۷۱**	۰/۱۲**	۰/۰۰۳	۰/۰۸۶
ریزوبیوم*رقم (B*C)	۱	۰/۰۰۸۳	۰/۰۱۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۳۱۱
هورمون*رقم*ریزوبیوم (A*B*C)	۲	۰/۰۰۵۷	۰/۰۲۴*	۰/۰۲۴	۰/۰۰۲	۰/۲۳۲
خطای آزمایش	۲۲	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۶۷	۰/۰۰۷۳	۰/۰۰۱۴	۰/۰۸۸
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۸۰	۶/۰۰	۱۰/۰۰	۵/۱۸	۵/۴۸

جدول پیوست ۴- میانگین مربعات تعداد غلاف دربوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تحت تأثیر هورمون، ریزوبیوم و رقم

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن ۱۰۰ دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۲	۰/۴۲	۰/۱۱	۲/۷۷	۲۸۶۱/۰۲	۴۹۹۵/۴۵	۱۶/۰۷
هورمون (A)	۲	۱/۰۲*	۰/۴۴*	۹۳/۷۷**	۱۷۴۶۹۲/۱۹**	۴۷۶۷۳۴/۵۸**	۴۵/۸۲**
ریزوبیوم (B)	۱	۰/۰۲۷	۰/۴۴	۱۶/۰۰*	۴۸۰۷/۱۱	۱۷۶۸۹/۰۰	۳۸/۷۹*
رقم (C)	۱	۰/۲۵۰	۰/۱۱	۱۸/۷۷*	۶۶۹۰۸/۴۴**	۱۲۷۷۸۲/۴۱**	۲۹/۵۷
هورمون*ریزوبیوم (A*B)	۲	۰/۳۶۱	۰/۱۱	۱۲/۳۳*	۲۲۶۹۵/۰۲*	۳۳۵۰۸/۹۳	۲۹/۴۵*
هورمون*رقم (A*C)	۲	۰/۰۸۳	۰/۱۱	۷/۴۴	۹۱۸۹/۵۲	۶۵۶۸۵/۳۸*	۱/۶۹
ریزوبیوم*رقم (B*C)	۱	۰/۲۵۰	۰/۱۱	۱/۷۷	۳۳۷۳۳/۴۴*	۸۱۷/۹۶	۷۴/۱۰**
هورمون*رقم*ریزوبیوم (A*B*C)	۲	۰/۰۸۳	۰/۱۱	۱۴/۱۱*	۹۰۶/۰۲	۴۴۵۷/۴۰	۲/۳۴
خطای آزمایش	۲۲	۰/۲۰۳	۰/۱۱	۳/۱۴	۴۸۶۶/۲۳	۱۵۵۱۳/۳۹	۷/۲۰
ضریب تغییرات (درصد)		۵/۶۶	۱۵/۵۰	۵/۰۸	۷/۹۲	۶/۱۹	۶/۱۴

منابع

آذرنیا، م. و عیسوند، ح. ۱۳۹۲. بررسی اثر هیدروپرایمینگ و پرایمینگ هورمونی بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۶(۴): ۱-۱۸.

آروین، پ. ۱۳۹۴. اثر جیبرلین بر روی برخی صفات رویشی، رنگیزه‌های فتوسنتزی و پرولین در گیاه دارویی مرزه در شرایط تنش شوری. مجله پژوهش‌های به زراعی. ۹۰-۱۱۷.

آروین، پ. و فیروزه، ر. ۱۳۹۷. اثر تراکم و جیبرلین بر برخی صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و محتوای اسانس در گیاه دارویی گشنیز. مجله تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۳۴(۶): ۸۸۸-۸۹۶.

آلبوکردی، ر. و ساکی نژاد، ط. ۱۳۹۷. تاثیر نسبت اختلاط هورمون اکسین با اسید سالیسیلیک و فواصل آبیاری بر تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و مولفه‌های تولیدی لوبیا چشم بلبلی. نشریه علمی علوم و مهندسی آب. ۸(۱۹): ۷۵-۸۹.

احمدی، ع.، احسان زاده، پ .و ف .جباری .۱۳۸۷ . مقدمه ای بر فیزیولوژی گیاهی. ۴۹۸ صفحه.

اسدی، ه. و فلاح، ع. ۱۳۸۶. ضرورت تولید و ترویج کودهای بیولوژیک محرک رشد گیاه . مجموعه مقالات ضرورت تولید صنعتی -کودهای بیولوژیک.

اکبری چرمهینی، س. و معلمی، ن. ۱۳۸۹. تأثیر اسید جیبرلیک بر رشد رویشی نهال‌های زیتون. نشریه علوم باغبانی. ۲۴(۲): ۱۸۴-۱۸۸.

برومند، ع.، ساجدی، ن. و چنگیزی، م. ۱۳۹۱. تاثیر تلفیق کودهای شیمیایی و باکتری‌های محرک رشد گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای در شرایط آب و هوایی اراک. یافته‌های نوین کشاورزی. ۶(۴): ۲۹۵-۳۰۴.

پارسا، م. و باقری، ع. ر. ۱۳۸۷. حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۲۲ صفحه.

پازکی، ع.، رضایی، ح.، حبیبی، د. و پاکنژاد، ف. ۱۳۹۱. اثر تنش خشکی، محلول پاشی آسکوربات و جیبرلین بر روی برخی صفات مورفولوژیکی، محتوای نسبی آب برگ و پایداری غشای سیتوپلاسمی گیاه آویشن. مجله زراعت و اصلاح نباتات. ۸(۱): ۱-۱۳.

پوریوسف، م. و اسمعیل زاده، ف. ۱۳۹۵. تاثیر محلول‌پاشی و پرایمینگ بذر با محرک‌های رشد بر عملکرد و میزان روغن دانه کتان. نشریه علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۰ (۴): ۸۷۴-۸۵۷.

حمزه نژادی، م.، نادرنژاد، ن.، اسرار، ز. و مظفری، ح. ۱۳۹۵. بررسی تاثیر اکسین و تیامین بر میزان فعالیت آنزیم‌ها و محتوای ترکیبات فنلی در دو مرحله رشدی در سویا. زیست شناسی گیاهی ایران. ۹(۳۲): ۵۳-۶۸.

دادیور م، و خودشناس م. ع. ۱۳۸۴. ارزیابی کارایی مایه تلقیح ریزوبیوم در مناطق عمده لوبیاکاری استان مرکزی"ص ۳۶۱ ، مشهد مقدس.

دوانی، د.، نبی‌پور، م.، روشنفکر، ح. ۱۳۹۵. تأثیر اکسین، سیتوکینین و الگوی کاشت بر عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به شوری در ذرت. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۹(۳): ۱۹۱-۲۰۹.

دوانی، د.، نبی‌پور، م. و روشنفکر، .ح. ۱۳۹۵. اثر غلظت‌های مختلف سیتوکینین و اکسین بر عملکرد و اجزا عملکرد ذرت دانه‌ای در شرایط شور. مجله تولیدات گیاهی. ۴۰(۱): ۶۹- ۷۸.

راثی پور، ل. و علی اصغر زاده، ن. ۱۳۸۶. اثرات متقابل باکتری‌های حل کننده فسفات بر شاخص‌های رشد، غده بندی و جذب برخی عناصر غذایی در سویا. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۱(۴): ۲۱-۳۵.

رحمانی، ا.، خاوازی، ک.، اصغرزاده، ا .و رجالی، ف . ۱۳۸۴ . کودهای بیولوژیک، مکمل یا جایگزین کودهای شیمیایی . مجموعه مقالات ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور (چاپ دوم بازنگری بنیادی،۳۱-۴۲).

زند، ب.، سروش‌زاده، ع.، قناتی، ف. مرادی، ف. ۱۳۹۳. تاثیر محلول‌پاشی عنصر روی و هورمون اکسین بر تغییرات هورمونی و رشد گیاه ذرت. زیست شناسی گیاهی ایران. ۶(۲۲): ۶۳-۷۶.

سپهری، م.، جهاندیده، و، اسدی، ه. و صادقی، ع. ۱۳۹۴. اثر باکتری ریزوبیوم بر رشد، فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان و جذب عناصر غذایی گیاه لوبیا در شرایط تنش شوری. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار. ۵(۲): ۱۶۵-۱۷۴.

سرمدنیا پ غ. و کوچکی ع. ۱۳۷۲. فیزیولوژی گیاهان زراعی. (ترجمه) انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ص ۴۶۸.

سعدی، س. ۱۳۹۵. تاثیر اسید هیومیک و جیبرلین بر لوبیا چشم بلبلی در شرایط آب و هوایی اهواز. سومین کنفرانس بین المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی. ۱-۵.

شیرانی راد ا .ح . و دهشیری ، ع. ۱۳۸۱. راهنمای کلزا (کاشت ، داشت و برداشت) سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی"، نشر آموزش کشاورزی، ص ۱۱۶.

طباطبایی، ز. ۱۳۹۱. اثر پیش تیمارهای مختلف بر شاخص‌های جوانه زنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی بذر ذرت تحت شرایط تنش خشکی. مجله علوم و تکنولوژی بذر. ۲(۴): ۷۲-۸۰.

عاقبت بخیر، م.، قوشچی، ف. و اویسی، م. ۱۳۹۳. بررسی تاثیر پرایمینگ اکسین و جیبرلیک اسید بر برخی صفات کمی و کیفی گیاه لوبیا قرمز. پژوهش‌های زراعی در حاشیه کویر. ۱۱(۳): ۱۷۹-۱۸۷.

علی اصغر زاده، ن. ۱۳۸۶. میکروبیولوژی و بیوشیمی خاک .انتشارات دانشگاه تبریز. ۲۰۵ صفحه.

عباسی سیه‌جانی، ا.، یارنیا، م.، فرح‌وش، ف.، خورشیدی، م.ب. و اسدی رحمانی، ه. ۱۳۹۷. اثر بامتری ریزوبیوم فازئولی و قارچ ارباسکولار میکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز تحت تنش کم آبی. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۰(۴۰): ۱۹-۲۹.

غنایی، ص. ۱۳۹۵. بررسی تاثیر باکتری‌های حل کننده فسفر، تاقیح ریزوبیوم و محلول پاشی روی بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا رقم کتول در گلستان. نشریه تولید گیاهان روغنی. ۳(۱): ۲۵-۳۴.

فیروزه، ر.، خاوری نژاد، ر.، نجفی، ف. و سعادتمند، س. ۱۳۹۷. اثرات جیبرلین بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، پرولین، فنل و فلاونوئید در گیاه دارویی مرزه تحت تنش شوری. مجله پژوهش‌های گیاهی. ۳۱(۴): ۸۹۴-۹۰۳.

فیضیان، م.، همتی، ا.، اسدی رحمانی، ه. و عزیزی، خ. ۱۳۹۵. بررسی اثرات سویه‌های باکتری ریزوبیوم در عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چیتی در شرایط تنش خشکی. نشریه زیست شناسی خاک. ۴(۲): ۶۵-۷۴.

قاسمی پیربلوطی، ع.ا.، دادی، د.، اکبری، غ. ۱۳۸۳. تاثیر تلقیح ارقام لوبیا با باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم بر عملکرد دانه و تثبیت نیتروژن در منطقه شهرکرد. پژوهش‌های زراعی ایران. ۲(۱): ۵۵-۶۵.

قهرمانی، ص.، صدقی، م. و توکلی، ح. ۱۳۹۴. تاثیر جیبرلین و اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های جوانه زنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت بذور فرسوده کدو تخم کاغذی. نشریه تحقیقات بذر. ۵(۲): ۲۰-۳۰ .

کشاورزی، م.ص.، جعفری، ب. و باقری، ع. ۱۳۹۲. ارزیابی تأثیر هورمون اکسین و جیبرلین برخصوصیات کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۵(۱۵): ۲۷-۳۸.

کوچکی، ع.، و نجیب نیا، س. ۱۳۸۷. نقش تنوع در کشاورزی پایدار. انتشارات فردوسی مشهد. ۲۷۵ ص.

ماهرخ، ع.، نبی‌پور، م.، روشنفکر، م. و چوکان، ر. ۱۳۹۴. تاثیر محلول‌پاشی هورمون‌های اکسین و سیتوکینین بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و پرولین برگذرت سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط تنش خشکی. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی. ۵(۱۶): ۱۶۵-۱۷۵.

محبتی، ف.، مرادی، ف.، پاکنژاد، ف.، وزان، س.، حبیبی، د.، بهنیا، س. و هاشم‌پور، . ا. ۱۳۹۱. اثر محلول-پاشی هورمون‌های اکسین، اسید ابسیزیک و سیتوکینین بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد سه ژنوتیپ برنج در شرایط دمای پایین. مجله علوم زراعی ایران. ۱۴(۱): ۵۸-۶۷.

مجنون حسینی، ن. ۱۳۸۷. زراعت و تولید حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی شعبه واحد تهران. چاپ چهارم. ۲۸۳ صفحه.

معینی، م.ر.، زند، ا.، کاخکی، ح.، رزازی، ع. و شیخرجه، م. ۱۳۸۸. بررسی عملکرد و اجزاء عملکرد ۳ رقم لوبیا قرمز در الگوهای مختلف کاشت. پژوهش نامه کشاورزی. ۱(۲): ۷۸-۸۸.

موذن‌پور، ن.، یحیی آبادی، س. و دودی، م. ۱۳۹۷. تاثیر سه سویه ریزوبیوم بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه لوبیا چشم بلبلی تحت تنش نیکل. مجله تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی-مولکولی. ۹(۳۳): ۴۹-۵۷.

نظر بیگی، ا. و ناصری، ر. ۱۳۹۳. اثر اسید جیبرلیک و اسید سالیسیلیک تحت تنش شوری بر جذب یونی و ویژگی‌های برگی دو رقم کلزا. نشریه اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۸(۱): ۱-۱۶.

نوشابادی، ج.. و شریف زاده، ف. ۱۳۹۴. اثر پیش تیمار بذور با اسید جیبرلیک بر شاخص‌های جوانه زنی علف گندمی تحت تنش خشکی. فصلنامه بوم شناسی گیاهان زراعی. ۱۱(۱): ۷۵-۸۲.

همتی، ا.، فیضیان، م.، اسدی رحمانی، ه. و عزیزی، خ. ۱۳۹۷. بررسی اثرات باکتری‌های ریزوبیوم بر عملکرد لوبیا چیتی تحت تنش خشکی در شرایط گلخانه و مزرعه. پژوهش‌های حبوبات ایران. ۹(۲): ۵۵-۶۵.

Abdel, F. S., Shaheen, A.M. and Rizk, F,A. 2008. The effect of foliar application of gibberellin and soil dressing of NPK at different levels on the plant productivity of potatoes. Res. J. Agric. Biol. Sci. 4: 384-391.

Akbari charmahini, S. and Moalemi, N. 2012. Effect of gibberellic acid on the growth of seedlings olive (*Olea europaea* L.). J. of Horticultural Science. 24(2): 184-188.

Ardakani, M. R., Pietsch, G., Wanek, W., Schweiger, P., Moghaddam, A. and Friedel, J. K. 2009. Nitrogen fixation and yield of lucerne (*Medicago sativa* L.) as affected by co inoculation with sinorhizobium meliloti and arbuscular mycorrhiza under dry organic farming conditions. American-Eurasian J. Agric. Environ. SCI. 6 (2): 173-183.

Asadi Rahmani, H., Afshar, M., Khavazi, K., Nourgholipour, F. and Otadi, A. 2005. Effect of Common bean nodulating rhizobia native to Iranian soils on the yield and quality bean. J. of water and soil. 19(2): 215-223.

Ashraf, M. and Karim, F. 2002. Interactive effects of gibberellic acid (GA3) and salt stress on growth , ion accumulation and photosynthetic capacity in to spring wheat (L.) cultivars differing in salt tolerance. Plant Growth regul. 36: 49-59.

Ashraf, M., and Foolad, M.R. 2005. Pre-sowing seed treatment-a shotgun approach to improve germination growth and crop yield under saline and none-saline conditions. J. of Advances in Agronomy. 88: 223-271.

Ashraf, M. Y., N. Azhar and M. Hussain. 2006. Indole acetic acid (IAA) induced changes in growth, relative water contents and gas exchange attributes of barley (*Hordeum vulgare* L.) grown under water stress conditions, J. Plant Growth Regulation. 50(1): 85-90.

Azadi, M., Bahari, A. and Yonesi, A. 2012. Preparation wild rye seed with gibberellic acid to improve germination under stress. The 3rd National Conference on Pasture, Watersheds and Desert. Medicine Source Faculty: Iran 39-45.

Bambara, S. and Ndakidemi, P.A. 2010. *Phaseolus vulgaris* response to Rhizobium inoculation, lime and molybdenum in selected low pH soil in Western Cape. J. of. Agric. Res. 5:1804-1811.

Ben Rodhane, 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.

Berhow, A. M. 2000. Effect of early plant growth regulator treatments on flavonoid levels in grapefruit. Plant Growth Regul. 30:225-235.

Betrand , A.M. and Ernstsen, A. 2011. Endogenous gibberellins in *Lolium perenne* and influence of defoliation on their contents in elongating leaf bases and in leaf sheaths. Physiologia Plantarum. 111(1): 123-231.

Bhat, M.I. and Rashid, A. and Faisul-ur-Rasool S. S.and Mahdi S. A. and Raies A. 2010. Effect of rhizobium and vesicular arbuscular mycorrhizae fungi on green gram (*Vigna radiata L. Wilczek*) under temperate conditions. J. of. Res. of Agric. Sci. 1(2): 113-120.

Corbin, E.J., Brockwell, J., and Gault, R.R. 1977. Nodulation studies on chickpea (*Cicer arietinum*). Aust. J. Exp. Agric. Ani Husb. 17: 126-134.

Cleland, R. E. 1995. Auxin and cell elongation. In plant hormones and their role in plant growth and development, 2nd ed., P. J. Ddavies, ed., kluwer, dordrecht, netherlands, pp. 214–227.

Dileep Kumar, SB, Berggen I and Martensson AM (2001) Potential for improving pea production by coinoculation with pseudomonas fluorescens and rhizobium. Plant and Soil. 229: 25-34.

Eisvand, H.R., Tavakol-Afshari, R., Sharifzadeh, F., Maddah Arefi, H. and Hesamzadeh Hejazi, S.M. 2010. Effects of hormonal priming and drought stress on activity and isozyme profiles of antioxidant enzymes in deteriorated seed of tall wheatgrass (*Agropyron elongatum* Host). Seed Sci. and Tech. 38: 2. 280- 297.

Eivazi, A. 2014. Induction of drought tolerance with seed priming in wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Acta Agriculture Slovenica*. 1(99): 21–29.

Etesami, H. and Hossein, A. and Alikhani, A. and Akbari, A. 2009. Evaluation of plant growth hormones production (IAA) ability by iranian soils rhizobial strains and effects of superior strains application on wheat growth indexes. J. World Applied Sci. 6 (11): 1576-1584.

Feghenabi, F. 2008. The effect of different treatments on seed yield, yield components, morphological and physiological traits of safflower. Master's thesis. University of Urmia. 110 pp.

Franzini, I., FernandaLatanze, M. and Ricardo, A. 2009. Interactionsbetween Glomus species and Rhizobium strains affectthe nutritional physiologyofdrought-stressedlegumehosts Vinicius". J. Plant Physiol. 167, pp 614.

Frederick , M. and Fishel, S. 2009. Plant growth regulators. University of Florida.

Frisse, A. Pimenta , M. J. and Lange, T. 2003. Expression studies of gibberellins oxidases in developing pumpkin seeds. Plant Physiol. 131:1220-1227.

Fuentes, L.F. and Cabalero, J. 2005. Bacterial biofertilizers. 143-172.

Gallavotti, A., Yang, Y., Schmidt, R.J. and Jackson, D. 2008. The relationship between auxin transport and maize branching. Plant Physiol.147: 1913-1923.

Giller, K.E. 2011. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. (CABI Publishing, Wallingford, UK).

Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Cicek, N., Guneri, E., Eraslan, F., and Guzelordu, T. 2005. Effects of exogenously applied salicylic acid on the induction of multiple stress tolerance and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.). J. Agron. Soil Sci. 51: 687-695.

Jeller , H. Gualtierres , A.P, Sonia , C.J. 2011. Effect of water and salt stress and gibberellins action in Senna spectabilis seeds. Ciencia Florestal, 11:93-104.

Karimi, A., Tajbakhsh, M., Amirniya, R. and Eivazi, A. 2012. The effect of some plant growth inducers on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). J. Plant Product. 20(2): 161-177.

Leite, V.M., Rosolem, C.A., and Rodrigues, J.D. 2013. Gibberelline and cytokenin effects on soybean growth. Scientia Agricola. 60(3):537-541.

Lester, D.C., Carter, O.G., Kelleher, F.M., and Laing, D.R 2002. The effect of gibberellic acid on apparent photosynthesis and dark respiration of simulated swards of pennisetum clandestinum Hochst. Australian J. of Agric. Res. 23:205-213.

Madah, S., Falahyan, F., Sabakhporand, F. and chalpyan, H. 2006. Effect of auxin on yield and yield components and instruction of chickpea plant. J. Plant Sci. 62(1).61-70.

Maheswair, M. 2009. Effects of GA , ABA , water stress on elongation and XET activity in barly (Hordeum vulgaris L.). Indian J. EXP. Biol. 37:1001-1004.

Mahmood, A. and Athar, M. 2008. Cross inoculation studies: Response of *Vigna mungo* to inoculation with rhizobia from tree legumes growing under arid Environment. J. of. Int. Env. Sci. Tech. 5(1): 135-145.

Marschner, H.1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd edition. Academic Press, London.

Mohabbati, F., Moradi, F. Paknejhad, F., Vazan, S., Habibi, D., Behnia, S. and Pourirandost, H. 2012. Effects of foliar application of auxin, cytokinin and abscisicacid hormoneson grain yield and yield components of three rice genotypes under low temperature stress. *Journal of Iranian Crop Sciences*. 14(1): 58-71.

Neveen, B., Talaat, A. and Abdallah, M. 2008. Response of Faba Bean (*Vicia faba* L.) to Dual Inoculation with Rhizobium and VA Mycorrhiza under Different Levels of N and P Fertilization.

Paul, A. 2007. Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry. pp514.

Permon, G. 2014. Effect of seed priming on chamomile germination and seedling growth at salinity conditions. J. of crop product. 6: 145-164.

Pramanik, K., Adhikari, A., Bera, A.K. and Mandal, B. 2015. Effect of seed priming and mulching on growth and productivity of rain-fed sesame (*Sesamum Indicum* L.) during summer season. J. Bio. Sci. 2l (1): 23-32.

Prochazka, S., Machaackova, I., Kreekule, J. and Sebanek, J. 1998. Plant physiology. Academia. Praha. 484 PP.

Rademacher, W. 2012. Growth retardants: Effects on gibberellins biosynthesis an other metabolic pathways. Annu. Rev. Plant Physiol Mol. Biol. 51:501-531.

Reda, F., Baroty, G., Talaat, I., Abdel Rahim, A. and Ayad, H. 2007. Effect of some growth regulators and vitamins on essential oil, phenolic content and activity of oxidoreductase enzyme of Thymus vulgaris. World J. Agric. Sci. 30: 630- 638.

Saharan, B.S . and Nehra, V. 2011. Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A Critical Review" J. of. Life Sci. Medicine Res. 211.

Sedghi, M. Nemati, A., Khandan Bejandi,T. and Namvar, A. 2010. The effect of growth regulators on grainbiophysicochemical characteristics and yield in medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L.).

Sudhalakshmi, C., Krishnasamy, R. and Rajarajan, A. 2007. Influence of zinc deficiency on shoot/root dry weight ratio of rice genotypes. Res. J. of Agric. Sci. 3(4): 295-298.

Taiz, L. and Zeiger, E. 2006. Plant Physiology. Sinauer Assoc. Inc. 726 pp.

Taslima, K., Hossain, F. and Ara, U. 2011. Effect of indole-3-acetic acid (IAA) on biochemical responses of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) var. bari fellon-1. Bangladesh J. Scientific. Res. 46: 77-82.

Vance, C.P. 2000. Root-becteria. interactions. Symbiotic nitrogen fixation. In:Plant roots: The hidden half Y.Waisel, A. Eshel, and u. kafkaki(eds). Marcel Dekker, New York, pp.723-755.

Yamaguchi, Shinjiro. 2008. Gibberellin Metabolism and its Regulation. Annu. Rev. Plant Biol. 2008. 59:225–51.

Zhang, M., Duan, L., Tian, X., He, Z., Li, J., Wang, B., and Zhaohu Li. 2007. Uniconazole-induced tolerance of soybean to water deficit stress in relation to changes in photosynthesis, hormones and antioxidant system. J. Plant Physiol.164:709-717.

Zhao-Hai , Z. and Wen-Xin, C.,Yue-Gao, H., Xin-Hua, S. and Dan-Ming C. 2007. Screening for highly effective Sinorhizobium meliloti strains for Vector Alfalfa and testing of its competitive nodulation ability in the field. J. of. Pedosphere, 17, pp 219.

Abstract

In the last decad, application of plant hormones and biological fertilizers in the development of sustainable agriculture has been considered. The present study was conducted to investigate the effect of foliar application of IAA and gibberellin with Rhizobium bacteria on bean. In order to investigate this subject, a factorial experiment was designed in 2018 in a completely randomized block design with three replications at Jihad Agricultural Research Center, Jovein. Experimental treatments consisted of 2 levels of rhizobium (non-application), cultivar in 2 levels (local Bastam, local Sabzevar), hormone solubilization at 3 levels (0, 100 ppm auxin, 100 ppm Gibberellin). Solubility was performed in 66 days after planting (before flowering). The results showed that use of gibberellin in the absence of rhizobium increased seed nitrogen, while the use of rhizobium with the use of both auxin and gibberellin was able to increase seed nitrogen to a significant level. 100-seed weight was highest in plants that received auxin and gibberellin at both rhizobium levels (non-application and application). Finally, in the scope of the research, it can be suggested that the use of auxin and gibberellin hormones increases the yield of bean seeds and its use as a foliar spray on plants.

Keywords: Bacteria, Beans, Function, Hormones.

Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

M.Sc. Thesis in Agronomy

Effect of foliar application of Auxin and Gibberelin on bean with Rhizobiom bacteria

By: Fateme Saberi Nasab

Supervisor:

Dr. Mohammadreza Amerian

Advisors:

Mehdi Rahimi

February 2021