بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

عنوان پایان نامه ارشد

تاثیر کود بیولوژیک و بیوچار بر رشد و عملکرد

گیاه لوبیا چشم بلبلی

دانشجو

مهری یعقوبی

اساتید راهنما:

دکتر محمد رضا عامریان

دکتر حمید رضا اصغری

اساتید مشاور

مهندس مهدی رحیمی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

دی ماه ۱۳۹۳

تقدیم به:

همسر و فرزندان عزیزم،

به پاس همه خوبی ها و مهربانی ها و استواریهایتان، سپاس ناچیز مرا بپذیرید که، شایسته ترین تقدیم همین است.

تقدیر و تشکر

من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق

حمد و سپاس خدای را که انسان را فکرت آموخت و به او توان تفکر بخشید.

اکنون که با عنایت پروردگار متعال این پژوهش به پایان رسید، بر خود واجب می دانم به سهم خویش مراتب سپاس و قدردانی خود را از عزیزانی که در این راه مرا مورد لطف و مرحمت خود قرار داده اند، ابراز نمایم .

قبل از هر چیز، بر خود لازم می دانم از زحمات و راهنمایی های اساتید محترم و گرانقدر **جناب آقای دکتر محمد رضا عامریان و جناب آقای دکتر حمید رضا اصغری** که تقبل زحمت فرموده و راهنمایی پایان نامه اینجانب را پذیرفته اند و افتخار شاگردی در محضر ایشان را داشته ام ، تشکر و سپاسگزاری نمایم ،که دلسوزانه مجموعه دانش خود را در اختیار من گذاشتند ،پژوهش جاری بی شک ،نتیجه دقت نظر، راهنمایی ها و عنایات مستمر ایشان بوده و بطور مسلم این پژوهش بدون مساعدت ایشان راه به جایی نمی برد.

همچنین از زحمات و عنایات استاد محترم و ارجمند **جناب آقای مهندس مهدی رحیمی** ، استاد مشاور، گرانقدر و ارزنده که اینجانب را با ارائه نظرات علمی و عنایات بی دریغ خود در بارور نمودن این پژوهش یاری رساندند و با بزرگواری تمام نهایت همکاری را با اینجانب نمودند، تشکر و سپاسگزاری می نمایم .

همچنین تقدیر و تشکر می نمایم از اساتید محترم داور **جناب آقای دکتر احمد غلامی و جناب آقای دکتر حمید عباس دخت** ، که افتخار شاگردی در محضر ایشان را داشته، و با مطالعه این پایان نامه و دقت نظر خود در جهت بهبود این کار مرا یاری نمودند. همچنین جا دارد از همکاری و مساعدت کلیه عزیزانی که در اجرای این تحقیق همکاری صمیمانه و بیدریغی را با اینجانب داشته اند تشکر و قدردانی نمایم . در پایان، از همسر فداکار و صبورم که مجموعه مشکلات دوران تحصیل اینجانب را تحمل نموده و همواره مشوق اینجانب در ادامه تحصیل بوده اند تشکر می نمایم .

توفیق، سعادت و بهروزی همگان را از خداوند منان مسئلت می نمایم.

تعهدنامه

اینجانب **مهری یعقوبی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **اگرو اکولوژی** دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه تاثیر کود بیولوژیک و بیوچار بر رشد و عملکرد گیاه لوبیا چشم بلبلی (*Phaseolus vulgaris*) تحت راهنمائی **آقایان دکتر محمدرضا عامریان و دکتر حمیدرضا اصغری** متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در بدست آوردن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت های آن ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ:

امضای دانشجو:

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

کاربرد کودهای شیمیایی باعث بروز مشکلات زیست محیطی، بهداشتی، اقتصادی شده است و تاثیر سویی بر چرخه زیستی و خود پایدار بوم نظام های زراعی دارد. کاربرد گسترده کودهای شیمیایی سبب آلودگی منابع آب و خاک و ایجاد بیماریهای مختلف در انسان می شود بنابراین استفاده از کودهای بیولوژیک و اصلاح کننده های خاک در بهبود شرایط حاصلخیزی خاک مانند بیوچار امروزه مورد توجه قرار گرفته است.براین اساس به منظور بررسی تاثیر کود بیولوژیک و بیوچار بر رشد و عملکرد لوبیا چشم بلبلی آزمایشی در سال ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شاهرود و اقع در بسطام صورت گرفت . آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. فاکتورهای این آزمایش، کودهای بیولوژیک در چهار سطح (شاهد، باکتریهای حل کننده فسفات، مزوریزوبیوم، *PGPR*) و بیوچار در سه سطح (صفر،۲۰ و ۴۰ تن در هکتار) می باشد. جهت آنالیز های رشد سطح برگ و وزن خشک اندام ها با فواصل زمانی ۱۴ روز اندازه گیری شدند عملکرد و اجزای عملکرد در انتهای آزمایش مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثر اصلی کاربرد بیوچار بر متغیرهای اندازه گیری شده به غیر از تعداد غلاف لوبیا، تعداد دانه در غلاف، میزان کارتنوئید و کلروفیل b معنی دار شده است همچنین اثر اصلی کاربرد کود بیولوژیک بر تمامی متغیرهای اندازه گیری شده به غیر از تعداد غلاف لوبیا، تعداد دانه در غلاف، میزان کارتنوئید، وزن صددانه و فسفر قابل دسترس خاک معنی دار شده است. کاربرد توام بیوچار و کود بیولوژیک نیز موجب بهبود عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، ارتفاع بوته و وزن خشک غلاف و وزن خشک برگ شده است.

کلمات کلیدی: بیوچار، کود بیولوژیک، لوبیا چشم بلبلی

مقالات چاپ شده از این پایان نامه عبارتند از:

- تاثیر بیوچار در همزیستی قارچ مایکوریزا در زراعت لوبیا چشم بلبلی در مناطق خشک. دومین همایش ملی بیابان با رویکرد مدیریت مناطق خشک و بیابانی ۲۰ الی ۲۱ آبان ماه ۱۳۹۳ در دانشگاه سمنان.

- مقایسه تاثیر کود بیولوژیک و بیوچار بر برخی صفات فیزیولوژیک در زراعت لوبیا چشم بلبلی در مناطق خشک. دومین همایش ملی بیابان با رویکرد مدیریت مناطق خشک و بیابانی ۲۰ الی ۲۱ آبان ماه ۱۳۹۳ در دانشگاه سمنان.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه و کلیات	
مقدمه	۲
۱- ۱- گیاه شناسی لوبیا	۳
۱- ۲- اهمیت لوبیا	۴
۱- ۳- نیاز کودی در کشت لوبیا	۵
۱- ۴- عوامل محیطی موثر بر رشد لوبیا چشم بلبلی	۶
۱- ۵- کودهای بیولوژیک	۶
۱- ۵-۱ - باکتری ریزوبیوم	۷
۱- ۵- ۲ - باکتریهای محرک رشد گیاه (PGPR)	۸
۱- ۵-۳ میکرو ارگانیسم های حل کننده فسفات	۸
۱- ۶- بیوچار	۹
۱- ۶-۱ - مواد اولیه بالقوه برای تولید بیوچار	۱۱
۱- ۶- ۲- ویژگی ساختاری بیوچار	۱۲
اهداف تحقیق	۱۳
فصل دوم: مرور منابع	
۲- ۱- تاثیر ریزوبیوم بر رشد گیاه	۱۶
۲- ۱-۱ - تاثیر باکتری ریزوبیوم بر عملکرد گیاه	۱۶
۲- ۱-۲ - تولید سیدروفورها،فیتوهورمون ها و سیانید	۱۷
۲- ۱- ۳ - توانایی حل فسفاتهای معدنی نامحلول	۱۸
۲- ۱- ۴- توانایی حل فسفات های آلی نامحلول	۱۹
۲- ۲- تاثیرPGPR بر رشد گیاهان	۱۹

۲-۳- تثبیت زیستی نیتروژن توسط باکتری های محرک رشد ۲۰
۲- ۴ – توان تولید سیدروفور درحضور باکتری های محرک رشد ۲۱
۲- ۵- تولید اتیلن در گیاه ۲۱
۲- ۶ – تاثیر باکتری های محرک رشد بر مورفولوژی ریشه ۲۱
۲- ۷ – حل فسفات های معدنی و آلی نامحلول ۲۲
۲- ۸- جذب عناصر غذایی ۲۲
۲- ۹- جوانه زنی بذور ۲۳
۲- ۱۰- میکروارگانیسم های حل کننده فسفات ۲۳
۲- ۱۰-۱- انحلال فسفات آلی توسط باکتریها ۲۶
۲- ۱۰- ۲- نقش باکتریهای حل کننده فسفات در بهبود جذب فسفر و افزایش رشد گیاه ۲۶
۲- ۱۱- محتوای مواد مغذی بیوچار ۳۰
۲- ۱۲- تاثیر بیوچار بر بهبود خاک ۳۰
۲- ۱۲-۱ تاثیر بیوچار بر فعالیتهای بیولوژیک خاک ۳۲
۲- ۱۲-۲- تاثیر بیوچار بر قابلیت دسترسی به عناصر غذایی ۳۲
۲- ۱۲-۲-۱- نیتروژن ۳۲
۲- ۱۲-۲-۲- فسفر ۳۳
۲- ۱۳- تاثیر بیوچار بر رشد گیاهان ۳۴

فصل سوم:مواد و روش‌ها

۳- محل انجام پژوهش ۳۸
۳- ۱- ویژگی های آب و هوایی ۳۸
۳- ۲- مشخصات خاک مورد آزمایش ۳۸
۳- ۳- مشخصات طرح آزمایش ۴۰

۳- ۴- عملیات اجرایی ۴۰
۳- ۴- ۱- نقشه کاشت ۴۰
۳- ۴- ۲- آماده سازی زمین و کاشت ۴۱
۳- ۴- ۳- آماده سازی بذرها ۴۱
۳- ۵- عملیات داشت ۴۲
۳- ۶- نمونه برداری ۴۲
۳- ۷- ارزیابی صفات مرفولوژیک ۴۲
۳- ۸- شاخص برداشت(HI) ۴۳
۳- ۹- روش رنگ آمیزی میکوریزا و تعیین کلونیزاسیون ریشه ۴۳
۳- ۱۰- اندازه گیری فسفرقابل جذب خاک به روش اولسن(خاک های خنثی و قلیایی) ۴۴
۳- ۱۰-۱- روش تهیه محلولهای شیمیایی مورد نیاز در این تحقیق برای اندازه گیری فسفر ۴۴
۳- ۱۱- اندازه گیری مقدار کلروفیل ۴۶
۳- ۱۲- اندازه گیری پروتئین دانه ۴۷
۳- ۱۳- تجزیه و تحلیل اطلاعات ۴۷

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴- ۱- عملکرد دانه ۵۰
۴- ۲- عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی ۵۲
۴- ۳- وزن صد دانه لوبیا ۵۴
۴- ۴- تعداد غلاف لوبیا ۵۵
۴- ۵- تعداد دانه در غلاف ۵۶
۴- ۶- وزن خشک غلاف لوبیا ۵۶

۴- ۷- شاخص برداشت لوبیا ۵۷
۴- ۸- ارتفاع بوته لوبیا ۵۹
۴- ۹- وزن خشک ساقه ۶۰
۴- ۱۰- وزن خشک برگ ۶۲
۴- ۱۱- درصد کلونیزاسیون ریشه لوبیا ۶۳
۴- ۱۲- میزان کلروفیل کل ، کلروفیل a ،کلروفیل b در لوبیا ۶۵
۴- ۱۳- میزان کارتنوئید در برگ لوبیا ۷۰
۴-۱۴- پروتئین دانه ۷۰
۴- ۱۵- فسفر دانه ۷۲
۴- ۱۶- سطح برگ ۷۴
۴- ۱۷- فسفر قابل دسترس خاک ۷۶

نتیجه‌گیری ۷۸
پیشنهادات ۷۹
منابع ۸۱
پیوست ۸۹

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
۳-۱ نقشه کاشت	۴۰
۴-۱- تأثیر متقابل کاربرد بیوچار و کود بیولوژیک بر عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی	۵۰
۴-۲- تأثیر متقابل کاربرد بیوچار و کود بیولوژیک بر عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی	۵۳
۴-۳- تأثیر متقابل کاربرد بیوچار و کود بیولوژیک بر وزن صد دانه لوبیا چشم بلبلی	۵۴
۴-۴- تأثیرمتقابل کاربرد بیوچار و کود بیولوژیک بر وزن خشک غلاف لوبیا چشم بلبلی	۵۷
۴-۵- تأثیرمتقابل کاربرد بیوچار و کود بیولوژیک بر شاخص برداشت لوبیا چشم بلبلی	۵۸
۴-۶- تأثیرمتقابل کاربرد بیوچار و کود بیولوژیک بر ارتفاع ساقه لوبیا چشم بلبلی	۵۹
۴-۷- تأثیرکاربرد بیوچار بر وزن خشک ساقه لوبیا چشم بلبلی	۶۱
۴- ۸- تأثیرکاربرد کود بیولوژیک بر وزن خشک ساقه لوبیا چشم بلبلی	۶۲
۴-۹- تأثیربیوچار وکود بیولوژیک بر وزن خشک برگ لوبیا چشم بلبلی	۶۳
۴-۱۰- تأثیرکاربرد بیوچار بر درصد کلونیزاسیون ریشه لوبیا چشم بلبلی	۶۴
۴-۱۱- تأثیرکاربرد بیوچار برکلروفیل کل لوبیا چشم بلبلی	۶۶
۴-۱۲- تأثیر کاربرد کود بیولوژیک بر کلروفیل کل لوبیا چشم بلبلی	۶۷
۴-۱۳- تأثیرکاربرد بیوچار بر کلروفیل a لوبیا چشم بلبلی	۶۸
۴-۱۴- تأثیر کود بیولوژیک برکلروفیل a لوبیا چشم بلبلی	۶۸
۴-۱۵- تأثیرکاربرد کود بیولوژیک برکلروفیل b لوبیا چشم بلبلی	۶۹
۴-۱۶- تأثیر کاربرد بیوچاربر پروتئین دانه لوبیا چشم بلبلی	۷۱
۴-۱۷- تأثیرکاربرد کود بیولوژیک بر پروتئین دانه لوبیا چشم بلبلی	۷۲

۴-۱۸- تأثیر کاربرد بیوچار و کود بیولوژیک بر فسفر دانه لوبیا چشم بلبلی ۷۳
۴-۱۹- تأثیر کاربرد بیوچار بر سطح برگ لوبیا چشم بلبلی ۷۴
۴-۲۰- تأثیر کاربردکود بیولوژیک بر سطح برگ لوبیا چشم بلبلی ۷۵
۴-۲۱- تأثیرکاربردبیوچار بر فسفرقابل دسترس خاک ۷۷

فهرست جداول

جدول	صفحه
جدول ۳-۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش	۳۹

فهرست جدول‌های پیوست

جدول ضمیمه ۱- میانگین مربعات برخی از خصوصیات لوبیا چشم بلبلی	۹۰
جدول ضمیمه ۲- میانگین مربعات برخی از خصوصیات لوبیا چشم بلبلی	۹۱
جدول ضمیمه ۳- میانگین مربعات برخی از خصوصیات لوبیا چشم بلبلی	۹۲
جدول ضمیمه ۴- میانگین مربعات فسفر قابل دسترس خاک	۹۳
جدول ضمیمه ۵- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات لوبیا چشم بلبلی	۹۴
جدول ضمیمه ۶- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات لوبیا چشم بلبلی	۹۵
جدول ضمیمه ۷- مقایسه میانگین اثرات اصلی برخی از خصوصیات لوبیا چشم بلبلی	۹۶
جدول ضمیمه ۸- مقایسه میانگین اثرات اصلی برخی از خصوصیات لوبیا چشم بلبلی	۹۷
جدول ضمیمه ۹- مقایسه میانگین فسفرقابل دسترس خاک	۹۸

فصل اول

مقدمه و کلیات

مقدمه:

پس از غلات دومین منبع مهم غذایی بشر حبوبات می باشد. یکی از مهمترین حبوبات در جهان لوبیا است که از نظر سطح زیرکشت جهان مقام اول را داراست. حبوبات نیتروژن اتمسفری را تثبیت نموده و بخش اعظم نیتروژن مورد نیاز خود را از این روش تامین می نمایند. کشت حبوبات از طریق تاثیر بر خواص شیمیائی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک، موجب حاصلخیزی و باروری خاک می شود (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

در بین حبوبات لوبیا از مهمترین حبوبات ایران و جهان بوده و به دلیل قابلیت نگهداری طولانی مدت به شکل دانه خشک شده، مصرف وسیع آن به صورت کنسرو و ارزش غذائی بالا(حدود ۲۲٪ پروتئین و ۵۷/۸٪ هیدرات کربن) اهمیت زیاد دارد (مجنون حسینی، ۱۳۷۲). ارزش زیستی پروتئین حبوبات به سبب دارا بودن بسیاری از اسیدهای آمینه ضروری بالا است (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). وجود مقادیر بالایی از اسید آمینه لیزین[۱] در حبوبات می‌تواند مقدار کم این اسید آمینه را در غلات جبران نماید (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). دانه حبوبات از لحاظ عناصر معدنی مانند آهن و کلسیم غنی هستند، و مقادیر کمی از ویتامین‌های کاروتن، ریبوفلاوین، اسید آسکوربیک و مقدار متوسطی نیاسین و تیامین نیز دارند که در سلامتی مؤثر هستند (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

افزایش جمعیت جهان و تخریب منابع طبیعی و به دنبال آن نیاز مبرم به افزایش تولیدات غذایی از مشکلات اساسی دنیای امروز به شمار می رود. افزایش عملکرد گیاهان زراعی به منظور پاسخ به این تقاضای روز افزون منابع غذایی ضروری است که این امر منجر به ایجاد فشار بر روی منابع طبیعی گشته و پایداری سیستم های کشاورزی را تهدید می کند. بنابراین، نیاز به طراحی و اجرای سیستم های برخوردار از پایداری و عملکرد بالا به تدریج افزایش می یابد. در طی سی سال اخیر، مراکز دانشگاهی و تحقیقاتی با توجه به این موارد، اجرای پژوهشهایی را در زمینه کشاورزی پایدار سوق داده اند. طراحی و در مرحله بعد، مدیریت یک بوم نظام در کشاورزی پایدار مستلزم ایجاد تغییراتی در

[۱]- Lysine

نظام رایج کشاورزی است، که این تغییرات شامل افزایش کارایی مصرف نهاده ها، جایگزینی نهاده های تجدیدناپذیر و زیان بار با نهاده ها و عملیات بوم سازگار و در نهایت طراحی مجدد نظام کشاورزی براساس اصل بوم شناختی است (مهدوی دامغانی و همکاران، ۱۳۸۵).

چون زیانهای اقتصادی و زیست محیطی ناشی از استفاده بی رویه کودهای شیمیایی در کشاورزی در سطح جهانی مطرح می باشد. منطق حکم می کند که جایگزین مناسب تری برای این کودها در نظر گرفته شود در حال حاضر کودهای بیولوژیک به عنوان گزینه ای برای کودهای شیمیایی به منظور افزایش حاصل خیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح شده اند.که منجر به توسعه ی سیستم ریشه ای و جوانه زنی بهتر بذورمی گردند(چن، ۲۰۰۶).

۱-۱- گیاه شناسی لوبیا :

لوبیا با نام علمی *Phaseolus vulgaris* می باشد. لوبیا گیاهی دو لپه ای است که متعلق به خانواده بقولات، نخودیان یا *Fabaceae* است تمام گونه های لوبیا متعلق به دو جنس عمده است. جنس *Phaseolus* که نام جنس تمام گونه های بذر درشت آمریکایی است *(Wild Bean)* و جنس *Vigna* که شامل گونه های آسیایی است (کوچکی و بنایان، ۱۳۷۵). لوبیا به طور پراکنده در آمریکای مرکزی و جنوبی اهلی شده است. مک کلین و همکاران منطقه پرو در آمریکای مرکزی را به عنوان مبدأ لوبیا گزارش کرده‌اند (شارون اندرسون، ۲۰۰۳). لوبیا دارای ۲۲ کروموزوم بوده و گیاهی، یکساله، بالا رونده یا بوته‌ای، با ریشه عمودی و جانبی توسعه یافته و گاهی دارای گره‌های کروی است. ساقه آن گوشه‌دار یا شبه استوانه‌ای می‌باشد. برگ‌های لوبیا متناوب و سه قسمتی است پرچم‌ها دیادلفوس۲ (۹+۱) و تخمدان با ۱۲ تا ۲۱ عدد تخمک فشرده و چسبیده از طرفین (بدون پایه) و کمی کرک‌دار می‌باشد. گل‌ها به رنگ سفید، زرد یا بنفش دیده می‌شوند. غلاف‌ها، آویزان، خطی و به طول ۱۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر هستند. دانه‌ها از نظر شکل، اندازه و رنگ متفاوت می‌باشند. جوانه زنی

[۲]-Diadelphous

لوبیا چشم بلبلی نیز به صورت اپی‌جیل[۳] است. وزن هزاردانه از ۶۰ تا ۳۰۰ گرم متغیر است (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

ارقام لوبیا چشم بلبلی مورد کشت در ایران عبارتند از کامران، مشهد و ۲۹۰۰۵ است. از ارقام خارجی آن می‌توان ارقام دیررس *Yard Long*، *New Era* و کالیفرنیا را نام برد (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۳).

۱-۲- اهمیت لوبیا

لوبیا چشم بلبلی را با نامهای دیگری مانند لوبیا چشم سیاه، نخود چشم سیاه، نخود جنوبی، نخود چینی و نخود تیله ای یا مرمری می شناسند. در غرب آسیا و آفریقا مراکز متنوعی از کاشت لوبیا چشم بلبلی وجود دارد که این لوبیا در مصرف دانه و لگوم علوفه ای در سیستم های مختلف کشاورزی در بسیاری از کشورهای آسیایی، آفریقایی و آمریکای لاتین کشت می شود. ضمن اینکه کیفیت بالای پروتئین در لوبیا چشم بلبلی، مکمل طبیعی برای مواد خام دانه ای غلات می باشد چرا که بیشتر حاوی آمینون اسید لیزین است ولیکن همانند سایر لگومها از نظر اسیدهای گوگرد دار (میتونین و سیستین) فقیر می باشند و کشورهایی همچون برزیل، نیجریه و هند از عمده ترین تولیدکننده لوبیا چشم بلبلی در جهان می باشند (سامرفیلد و همکاران ،۱۹۸۳).

لوبیا با داشتن حدود ۲۲ درصد پروتئین و ۵۰ تا ۶۰ درصد کربوهیدارت، از نظر ارزش غذایی جایگزین خوبی برای گوشت می‌باشد (باقری و همکاران، ۱۳۸۰). این محصول در بین حبوبات جهان دارای بیشترین سطح زیر کشت است. متوسط آمار سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴ بیانگر آن است که سطح زیر کشت این محصول ۲۶/۴ میلیون هکتار با تولید کل ۱۸/۸ میلیون تن و عملکرد ۷۱۱ کیلوگرم در هکتار بوده است (فائو، ۲۰۰۴). قاره آسیا و آمریکا به ترتیب با بیش از ۴۰ و ۳۰ درصد بالاترین سطح زیر کشت لوبیا را به خود اختصاص داده‌اند (مجنون حسینی، ۱۳۷۸). سطح زیر کشت لوبیا در ایران در سال ۸۳ تا ۸۴، ۱۱۱ هزار هکتار گزارش شده است (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

[۳]- Epigial = Epigel

۱-۳ نیاز کودی در کشت لوبیا

لوبیا نیز مانند سایر لگوم‌ها تثبیت نیتروژن انجام می‌دهند که شاید فقط ۵۰ درصد نیاز خود به نیتروژن را بتواند از این فرآیند تأمین نمایند. لذا مصرف کود نیتروژن به افزایش تثبیت نیتروژن و افزایش عملکرد لوبیا به میزان ۸/۵ درصد کمک خواهد نمود (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

در زمین‌هایی که لوبیا کاری می‌شود باید مواد معدنی خاک به حد کافی باشد و مواد آلی خاک محافظت شود (یادگاری و برزگر،۱۳۸۶) وجود عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر، روی، مولیبدن و آهن در افزایش گره‌بندی لوبیا بسیار مهم است (مکنزی و همکاران، ۲۰۰۱) .

کمبود فسفر یکی از مهمترین عوامل محدود کننده تثبیت نیتروژن مولکولی محسوب می‌شود. گیاهانی که قادر به تثبیت نیتروژن مولکولی هستند، در مقایسه با گیاهان مصرف کننده نیتروژن معدنی، به مقادیر بیشتری از عنصر فسفر نیازمندند. این نیاز شدید به فسفر نشان دهنده نقش حیاتی آن در انتقال انرژی در تثبیت نیتروژن می‌باشد (لیونگ و باتوملی، ۱۹۸۷).

مصرف غلظت‌های کم نیتروژن، از طریق تحریک تشکیل گره‌زایی، تحریک فعالیت نیتروژناز و افزایش رشد گیاه می‌تواند اثر تشدید کنندگی بر تثبیت نیتروژن داشته باشد (لیند و انسون، ۱۹۹۰). اما افزودن مقدار زیاد نیتروژن باعث کاهش نفوذ باکتری به تارهای کشنده ریشه، کاهش تعداد و توده گره و کاهش فعالیت تثبیت نیتروژن ریشه‌های گره‌دار و مقدار کل نیتروژن تثبیت شده در بقولات می‌گردد (اگلیشام و همکاران، ۱۹۸۳).

۱-۴ عوامل محیطی مؤثر بر رشد لوبیا چشم بلبلی

از آنجائیکه مبدأ لوبیا چشم بلبلی در آفریقای مرکزی است لذا لوبیا به عنوان گیاه آب و هوای گرم بشمار می‌رود و می تواند حرارت را بهتر از حبوبات دیگر در این شرایط آب وهوایی تحمل می‌کند. مناسب‌ترین گرمای خاک برای رشد اولیه گیاه لوبیا ۱۴ درجه سانتی گراد می باشد. برای جوانه زدن لوبیا چشم بلبلی به دمای بین ۱۵– ۱۲ درجه سانتی گراد نیاز دارد و در دمایی بین ۳۵-۲۷ درجه سانتی گراد می تواند دارای بهترین رشد و نمو باشد. این گیاه به سرما حساس بوده و در یخبندان از بین می‌رود. لوبیا چشم بلبلی مقاوم به خشکی هوا بوده ولی خشکی خاک بر روی تولید محصول اثر نامطلوب می‌گذارد. آبیاری در هنگام گلدهی و تشکیل بذر تأثیر مثبتی بر عملکرد لوبیا دارد. این نبات نیاز مخصوصی به خاک نشان نداده، و به خوبی در خاک‌های شنی و رسی می‌تواند رشد کند (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۱-۵-کودهای بیولوژیک :

استفاده از کودهای بیولوژیک در کشاورزی از قدمت بسیار زیادی برخوردار است و در گذشته نه چندان دور تمام مواد غذایی مورد استفاده انسان با استفاده از چنین منابع ارزشمندی تولید می‌شده است. ولی بهره برداری علمی از این گونه منابع سابقه چندانی ندارد. ولی امروزه با توجه به مشکلاتی که مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی بوجود آورده است، استفاده از کود های بیولوژیک در کشاورزی مجدداً مطرح شده است. بدون تردید کاربرد کودهای بیولوژیک علاوۀ بر اثرات مثبتی که بر کلیه خصوصیات خاک دارد، از جنبه‌های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی نیز مثمر ثمر واقع شده و می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی باشد. در حال حاضر نگرش‌های جدیدی که در ارتباط با کشاورزی تحت عنوان کشاورزی پایدار، ارگانیک و بیولوژیک مطرح می‌باشد به بهره برداری از چنین منابعی استوار است (صالح راستین، ۱۳۸۰).

کودهای بیولوژیک میکروارگانیسم‌هایی هستند که قادرند عناصر غذایی را از شکل غیر قابل استفاده به شکل قابل استفاده تبدیل کنند و این تبدیل در یک فرآیند بیولوژیکی انجام می گیرد. هزینه تولید کودهای بیولوژیک کم و در اکوسیستم آلودگی بوجود نمی‌آورند (رحمانی و همکاران،۱۳۸۴).

یکی از مهمترین چرخه‌های بیوشیمیایی خاک همزیستی باکتری‌های ریزوبیوم با بقولات است که در اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی دارای اهمیت فراوانی است (فلاح ، ۱۳۸۵).

۱-۵-۱ باکتری ریزوبیوم :

بین باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن جنس‌های *Sinorhizobium ,Bradyrhizobium* *Rhizobium, Mesorhizobium* یا *Azorhizobium* (که مجموعاً به عنوان رایزوبیوم شناخته می‌شوند) و با بیش از ۳۰۰۰ گونه بقولات رابطه همزیستی دارند (پل، ۲۰۰۷). نخستین کود باکتریایی که به بازار عرضه شد نیتراژین می‌باشد که بیشتر در رابطه با عنصر نیتروژن بوده و 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 برروی ریشه‌ها ،شناسایی گیاه میزبان توسط باکتری است، به طوری که ازطریق ترشح مواد پلی ساکاریدی توسط باکتری شامل اگزوپلی ساکاریدها و لیپوپلی ساکاریدها وارتباط آن با بعضی مواد پروتئینی ترشح شده توسط گیاه مانند موادغیر آنزیمی به نام لیگنین‌هایا مواد چسباننده ادهیژین با واسطه یون کلسیم، اتصال باکتری به محل‌های مناسب برروی ریشه انجام می گیرد (بن رودهن و همکاران، ۲۰۰۸).

۱-۵-۲ باکتری‌های محرک رشد گیاه(PGPR)

باکتری‌های محرک رشد گیاه*PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria)* باکتری‌های ریزوسفری هستند که با استفاده از یک یا چند مکانیسم خاص موجب بهبود شاخص‌های رشد و نموگیاه می‌گردند توانایی باکتری‌های همزیست با گیاهان یا انواع آزادزی یا همیار در تامین عناصر غذایی (نظیر نیتروژن) در گیاهان از اولین جنبه‌های امیدبخش بود. ازمهمترین باکتریهای این گروه می توان به، *Arthrobacter*، *Serratia*، *Clostridium*، *Enterobacter*، *Bacillus*، *Azospirillum*، *Azotobacter* اشاره نمود که این اصطلاح اولین بارتوسط کلوپرو همکاران دراواخردهه۱۹۷۰در آمریکا بکار برده شد (گلیک، ۱۹۹۵). استفاده از باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش شاخص‌های متعددی مانند سرعت جوانه‌زنی، رشد ریشه، میزان تولید در واحد سطح، بیوکنترل عوامل بیماری زا، سطح برگ، محتوی کلروفیل، مقاومت به خشکی، وزن ریشه و اندام هوایی و فعالیت میکروبی می شود علاوه بر این این باکتری ها از خاک گرفته شده و منشاء طبیعی دارند، بنابراین نوعی رجوع به طبیعت و بهره برداری از طبیعت برای بهتر ساختن آن محسوب می شود و همچنین این کودها آلودگی زیست محیطی کودهای شیمیایی را نداشته و موجب احیاء و حفظ محیط زیست می شوند (لاکی و همکاران، ۲۰۰۴).

توانایی میکرو ارگانیسم‌های خاک زی در تولید انواع مواد محرک رشد مانند سیدروفورها، مواد هورمونی مانند گروه اکسین‌ها و ژیبرلین‌ها، آزادسازی عناصر مغذی گیاهان مانند فسفر و پتاسیم، تجزیه‌ی ترکیبات آلی پیچیده در خاک و کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی می باشد که امروزه به نحو مطلوبی در جهت کشاورزی پایدار مورد استفاده‌ی کشورهای پیشرو در این امر قرار می گیرد (عباس زاده، ۱۳۸۸).

۱-۵-۳ میکروارگانیسم‌های حل کننده‌ی فسفات

فسفر عنصری ضروری است که به شکل فسفات از خاک جذب می‌شود. ترکیب فسفر با مواد موجود در خاک موجب محدود شدن انتشار فسفر به سیستم ریشه می‌شود بنابراین حتی در غلظت‌های بالای فسفر خاک، ممکن است فسفر در دسترس گیاه نباشد از آنجایی که استفاده از کودهای بیولوژیکی در

جایگزینی کودهای شیمیایی حائز اهمیت است می توان ازگروهی از باکتری‌هایی که دارای خاصیت حل کنندگی فسفات می‌باشند استفاده نمود. استفاده از میکروارگانیسم های حل کننده فسفات برای بسیاری از محصولات از جمله گندم و ذرت آزمایش شده و نتایج خوبی به دست آمده است. استفاده از حل کننده فسفات در مقایسه با خرید کودهای شیمیایی مقرون به صرفه است. تحقیقات نشان می‌دهد که از این کود میکروبی می‌توان برای کاهش مصرف کود فسفره تا مرز ۵۰ درصداستفاده نمود. این کود میکروبی شامل انواع مختلفی از میکروارگانیسم‌های خاکزی هستند که ترکیبات نامحلول فسفر را به فرم محلول تبدیل می‌کنند (راجو و ردی ۱۹۹۹). قارچ های آسپرژیلوس و پنسیلیوم (موتسارا و همکاران، ۱۹۹۵) و باکتری‌های جنس باسیلوس و سودو موناس از انواع مهم میکروارگانیسم های حل کننده‌ی فسفات می‌باشند (اسچیپرز، ۱۹۹۸). موتسارا و همکاران (۱۹۹۵) گزارش کردند که برخی از سویه‌های معینی از باکتری‌های ریزوبیومی نیز می‌توانند فسفات‌های آلی و غیر آلی نامحلول را حل کنند .

۱-۶ بیوچار

بیوچارکربن غنی شده می‌باشد که بر اثر حرارت بیشتر از ۲۵۰ درجه سانتی گراد ماده آلی در محیط با اکسیژن محدود (ترجیحاً بدون اکسیژن) بدست می‌آید (انتل و گرونلی، ۲۰۰۳). و توانایی باقی ماندن طولانی مدت در خاک را دارا می باشد.

بیوچار را می توان تقریبا از هر نوع زیست توده‌ای از جمله بقایای‌گیاهی، تراشه‌ی چوب، کود و ضایعات حیوانی و فاضلاب و زباله‌های شهری و صنعتی به دست آورد (کومر و همکاران، ۲۰۱۲). در فرایند تجزیه حرارتی مواد آلی علاوه بر بیوچار، حرارت ،گاز زیستی (مونوکسیدکربن، هیدروژن، متان) و روغن زیستی نیز تولید می گردد.

استفاده از بیوچار قدمت حداقل۲۰۰۰ ساله دارد (اونیل و همکاران، ۲۰۰۹) در حوزه آمازون، مشاهدات استفاده گسترده از بیوچاررا در خاک های بسیار حاصلخیز معروف به ترا پرتا و ترا مولاتا، در

بر داشت (اونیل و همکاران، ۲۰۰۹) با توجه به وجود مقادیر زیادی از بیوچار در این خاک ها، این منطقه با وجود گذشت قرن ها و آبشویی در اثر باران های سنگین هنوز هم بسیار بارور باقی مانده است.

به طور کلی از فواید بیوچار می توان به کاهش اثر تغییرات آب و هوا، تولید انرژی، مدیریت بقایا و مزایای زراعی آن اشاره نمود. مزایای زراعی بیوچار شامل بهبود حاصلخیزی خاک از طریق تاثیر بر ظرفیت نگهداری آب و ظرفیت تبادل یونی در نتیجه افزایش تولید محصول می باشد افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک را به ساختار بسیار متخلخل بیوچار نسبت می دهند (اوگاوا و همکاران، ۲۰۰۶). سطح داخلی بیوچار بسیار زیاد است سوگی اورا و کی شی موتا (۱۹۸۵) مساحت سطح داخلی ذغال را که در درجه حرارت ۱۰۰۰ – ۴۰۰ درجه سانتی گراد به دست آمده را ۴۰۰ – ۲۰۰ متر مربع بر گرم برآورد کرده اند. همچنین دارای میزان بالایی از خلل و فرج در محدوده ۵۰– ۰/۲ میکرومتر می باشد (کی نی و همکاران، ۲۰۱۲).

بیوچار با حفظ و نگهداری آمونیوم (یانگ و همکاران، ۲۰۰۶) و نیترات (چنگ و همکاران، ۲۰۰۸) و کاهش دنیتریفیکاسیون (یانای و همکاران، ۲۰۰۷) باعث کاهش انتشار اکسید نیتروژن می‌شود.

تخلخل حاصل از کاربرد بیوچار باعث افزایش غلظت اکسیژن در خاک وکاهش تولید متان و افزایش اکسیداسیون متان در خاک می‌شود (وایتن و همکاران، ۲۰۰۹). راندون و همکارانش (۲۰۰۵) گزارش کردند که بیوچار ۵۰ درصد تولید اکسید نیتروژن را کاهش و از انتشار متان در کشت سویا در خاک های اسیدی کلمبیا جلوگیری کرد.

بیوچار به عنوان یک کاتالیزور می باشد. که باعث افزایش جذب مواد مغذی و آب می شود. سطح زیاد و تخلخل بیوچار را قادر به جذب و حفظ مواد مغذی و آب می سازد و یک زیستگاه برای میکروارگانیسم های مفید است. بیوچار یک اصطلاح جدید است ولی یک ماده جدید نیست، این ماده بر اثر حوادث طبیعی و آتش سوزی جنگل و مراتع به وجود می آید. بیوچار در تثبیت بیولوژیکی و روابط مایکوریزایی مفید است. در لوبیا، بیوچار خاک را قلیایی می کند که این برای خاکهای بسیار

اسیدی خوب است و در pH بیش از حد قلیایی گیاهان با کمبودمواد غذایی مواجه می شوند. میزان مصرف بیوچار به نوع خاک و مدیریت محصول بستگی دارد. کاربرد ۲۰-۵٪ حجم خاک از بیوچار نتایج مثبت را نشان داده است. می توان بیوچار را به همراه کود بکار برد (داپونت و همکاران، ۲۰۱۰).

۱-۶-۱ مواد اولیه بالقوه برای تولید بیوچار

بیوماس و ضایعات آلی، مواد اولیه ارزشمندی برای تولید بیوچار می باشد(کاواپینس کی و همکاران،۲۰۱۰). موادخام تاثیر زیادی روی خواص فیزیکی و شیمیایی بیوچار دارد. مانند اندازه ذرات، ترکیب و اندازه منافذ، ترکیب چوب وکلش سلولز و همی سلولز و لیگنین می باشد. مقادیر این مولفه ها بین گونه های مختلف متفاوت می باشد. همچنین با توجه به نوع خاک، زمان برداشت و شرایط آب وهوایی این مولفه ها در گیاهان متفاوت می باشد (براون، ۲۰۰۹).

سلولز مقاومتر از همی سلولز در تجزیه حرارتی است، در حالی که لیگنین از سلولز و همی سلولز سخت تر است. با افزایش نسبت لیگنین میزان بیوچار بیشتر می شود بنابراین برای حداکثر تولید بیوچار انواع چوب یا محتوی لیگنین بالا مثل بقایای کارخانه های چوب بری و ضایعات جنگل مطلوبترمی باشد (دمیرباس، ۲۰۰۴).

بیوچار می تواند از کودها و سایر ضایعات حیوانی، از جمله استخوان بدست آید. تجزیه حرارتی ضایعات هم انرژی و هم بیوچار تولید می کند با سطوح بالاتری از موادغذایی مثل فسفر، پتاسیم، نیتروژن، منیزیم و کلسیم استفاده از کودهای غنی از مواد مغذی و تولیدات حیوانی برای تولید بیوچار اثرات مثبت زیست محیطی شامل کاهش هدر رفت عناصر غذایی و کاهش انتشار گازهای گلخانه ای (متان واکسید نیتروژن) می باشد.

۱-۶-۲ ویژگی های ساختاری بیوچار

ساختار بیوچار کیفیت برخی از ویژگی های بیوچار را تحت تاثیر قرار می دهد تخلخل و سطح ویژه بیوچار نقش زیادی را در کارایی بیوچار دارد. تجزیه حرارتی باعث حذف ترکیبات فرار می شود. ماکرواستراکچربیوماسی است که به میزان بالایی در بیوچار حفظ شده است. فشار ساختاری باعث ترک در ماکرواستراکچر ، رهایی و تبخیر گازها می شود که باعث ایجاد خلل و فرج در مواد می شود (داونی و همکاران، ۲۰۰۹).

سطح ویژه و تخلخل بیوچار در دماهای مختلف تجزیه حرارتی اثرات قابل توجهی در ظرفیت جذب و نگهداری آب و توانایی حفظ مواد مغذی دارند (داونی وهمکاران، ۲۰۰۹؛ سوهی و همکاران، ۲۰۱۰). (بگریو و همکاران، ۲۰۰۱) نشان دادند که افزایش تخلخل در سطح ویژه بیوچار مربوط به درجه تجزیه حرارتی است. (بوان، ۲۰۰۷) دریافت که سطح ویژه بیوچار حاصل از علف، ۷/۹ به ۷/۷ متر مربع در هر گرم کاهش یافته است.

افزایش دما از ۴۰۰ به ۹۰۰ درجه سطح ویژه را از ۴۱ به ۹۹ متر مربع در هر گرم افزایش داد (بگریو وهمکاران ،۲۰۰۱).تمام مواد زاید کشاورزی برای تولید بیوچار مناسبند (لهمن و همکاران، ۲۰۰۶؛ هنری، ۲۰۰۹).

برخی از شرایط تولید و انواع مواد اولیه باعث می شود بیوچار بی اثر تولید شود بسته به نوع منبع بیوماس، برخی از بیوچارها (زباله های شهری) حاوی سطوح بالایی از مواد سمی هستند (لهمن و همکاران، ۲۰۰۶). بطور کلی دمای ماکزیمم کمتر، میزان حرارت کمتر و فشار بالا در تجزیه حرارتی و نسبت بالاتر لیگنین در مواد اولیه باعث می شود میزان بیشتری بیوچار تولید شود(دمیرباس، ۲۰۰۴؛ داونی و همکاران، ۲۰۰۹).

شرایط تجزیه حرارتی روی کیفیت بیوچار موثر است دردمای بالای ۱۲۰ درجه سانتی گراد رطوبت آزاد می شود در حالیکه در ۲۶۰-۲۰۰ درجه سلولز وهمی سلولز شروع به تجزیه می کند (داونی و همکاران، ۲۰۰۹).

اهداف تحقیق

اهداف عمده این تحقیق عبارتند از :

۱) بررسی تاثیر کود بیولوژیک بر رشد و عملکرد گیاه لوبیا چشم بلبلی.

۲) بررسی تاثیر بیوچار بر رشد و عملکرد گیاه لوبیا چشم بلبلی.

۳) بررسی اثرات متقابل استفاده از کودهای بیولوژیک و بیوچار در گیاه لوبیا چشم بلبلی

۴) بررسی تغییرات فیزیولوژیک گیاه در استفاده از بیوچار، کود بیولوژیک و مصرف توام آن

فصل دوم

بررسی منابع

۲ ـ ۱ ـ تاثیر ریزوبیوم بررشد گیاه

ریزوبیوم ها علاوه بر اثر گذاری مطلوب بر تثبیت نیتروژن، محرک رشد گیاه نیز می باشند (آستروم و همکاران، ۱۹۹۳). این باکتری‌ها از طریق سنتز هورمون‌های محرک رشد مثل ایندول استیک اسید، جیبرلین‌ها و سیتوکنین‌ها باعث رشد گیاهان، جوانه زنی بذرها، ریشه‌زایی و گسترش ریشه می‌گردند (کارلتی، ۲۰۰۲). همچنین با سنتز انواع ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه رشد و کیفیت محصول را افزایش و از طریق فرآیندهای مختلف باعث ایجاد مقاومت سیستمیک در گیاهان می‌شوند. این مقاومت باعث می‌شود گیاه، تنش‌های محیطی مانند عدم تهویه، آلودگی به عناصر سنگین، شوری، تنش‌های خشکی، آفات و بیماری‌ها را تحمل کند. این باکتری‌ها با ایجاد حالت آنتی‌بیوز، تولید سیدروفورها و ترشح آنزیم‌های کیتیناز و گلوکوناز قادرند میزان نماتدها، آفات و عوامل بیماری‌زای گیاهی را در خاک کاهش یا فعالیت آن‌ها را متوقف کنند (گلیک و همکاران، ۲۰۰۲).

۲-۱-۱ تاثیر باکتری ریزوبیوم بر عملکرد گیاه

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 تعدادغلاف 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. در شرایطی که عوامل محیطی بهینه هستند، گیاهان لوبیا که با ریزوبیوم مؤثر گره دار شده‌اند می‌توانند مقادیر قابل توجهی نیتروژن تثبیت کنند (گیلر، ۲۰۰۱).

همچنین سیداختر و صدیقی زکی(۲۰۰۸) گزارش کردند که کاربرد باکتری مناسب درنخود موجب افزایش معنی‌دار در وزن خشک اندام هوایی و عملکرد می شود. همچنین باکتری ریزوبیوم موجب افزایش رشد، عملکرد، ارتفاع گیاه، و تعداد گره در ریشه نسبت به گیاهان بدون تلقیح در شرایط

مزرعه می‌شود (ساهاران، ۲۰۱۱). محمود و اتار (۲۰۰۸) طی مطالعاتی که روی ماش انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که تلقیح باریزوبیوم موجب افزایش معنی‌داروزن خشک کل اندام هوایی نسبت به تیمار شاهد شد.

(سارهان و همکاران، ۲۰۱۱) علاوه بر این نتایج گزارشات حاکی از آن است که باکتری ریزوبیوم می تواند موجب افزایش وزن خشک برگ شود.

۲-۱-۲ تولید سیدروفورها ، فیتوهورمون‌ها و سیانید

سیدروفورها *(Siderophores)* ترکیبهای آلی با وزن مولکولی کم و لیگاندهای شیمیایی با میل ترکیبی شدید و اختصاصی برای پیوند شدن با آهن III هستند (رمضانیان، ۱۳۸۴). اهمیت ویژه سیدروفورها در بین انواع متابولیت‌های میکروبی که در ریزوسفر آزاد می‌شوند، از یک سو به دلیل نقش کلیدی آهن در فرایندهای متابولیک حیاتی در گیاهان و از سوی دیگر ویژگی‌های خاص عنصر آهن در خاک ارتباط پیدا می‌کند. از جمله فعالیت‌های دیگر مفید این باکتری می‌توان به تولید هورمون‌های محرک رشد به ویژه اکسین، جیبرلین و سیتوکنین و یا از طریق فراهم نمودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از جمله فسفر و نیتروژن انجام می‌دهند (اعتصامی و همکاران، ۲۰۰۹).

نقش باکتری‌های مولد سیدروفورهای میکروبی در افزایش رشد گیاه می‌تواند به صورت غیر مستقیم و از طریق بیوکنترل عوامل بیمارگر گیاهی و یا تحریک مستقیم رشد گیاه بواسطه افزایش جذب آهن توسط گیاه باشد (آنتون و همکاران، ۲۰۰۲). در سال‌های اخیر توانایی تولید سیدروفور توسط سویه-های متعددی از گونه‌های مختلف باکتری‌های ریزوبیومی به اثبات رسیده است (گورینتو، ۱۹۹۱). آنتون و همکاران (۲۰۰۲) برخی از سویه‌های ریزوبیومی را نیز به عنوان باکتری‌های مولد سیانید معرفی نموده‌اند. بسیاری از گونه‌های ریزوبیومی توانایی تولید IAA (ایندول اسیتیک اسید) از خود نشان داده‌اند و برخی از مطالعات نشان می‌دهد که هورمون اکسین و سیتوکنین نقش کلیدی در گره-زایی گیاهان لگوم و به طور کلی برقراری همزیستی ریزوبیوم - لگوم به عهده دارد. همچنین ثابت

شده است که فلاونوئیدها (محرک ژنهای گره زایی) نیز تولید هورمون IAA توسط ریزوبیوم‌ها را تشدید می‌کند. به علاوه مشخص شده که ریشه‌های گره‌دار در مقایسه با ریشه‌های فاقد گره حاوی مقادیر بیشتری هورمون IAA می‌باشند و این هورمون در توسعه سیستم ریشه و نگهداری آن ایفای نقش می‌نماید.

به عقیده باگناسکو (۱۹۹۸) سویه های مولد HCN (سیانید هیدروژن) می‌توانند به صورت مطمئن در بیوکنترل عوامل بیمارگر خاکزی مورد استفاده قرار گیرند زیرا تأثیر سوء بر دیگر جوامع میکروبی خاک و یا بر رشد گیاهان ندارند. کریمر و سوئیسی (۲۰۰۱) پیشنهاد کرده اند که توانایی تولید HCN توسط باکتریهای محرک رشد PGPR[۴] یک قابلیت بالقوه و مکانیزمی مناسب برای کنترل بیولوژیک علفهای هرز می‌باشد که باید به عنوان یک جنبه جدید در روشهای تقویت و تحریک رشد گیاه و افزایش عملکرد محصول مورد توجه بیشتر قرار گیرد.

۲-۱-۳ توانایی حل فسفاتهای معدنی نامحلول

گزارشات متعددی وجود دارد که توانایی سویه‌های مختلف باکتریایی را برای انحلال ترکیبات معدنی فسفات‌های نامحلول نشان می‌دهد (رمضانیان، ۱۳۸۴). هالدر و همکاران (۱۹۹۰) نشان دادند که اسیدهای آلی جداشده از محیط کشت باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم موجب انحلال فسفات‌های معدنی می‌گردد، ضمناً مقدار فسفات‌های محلول شده در نتیجه اثر این اسیدها در محلول‌های فاقد سلول باکتری تقریباً مشابه مقدار فسفات‌های انحلال یافته در محیط‌های کشت حاوی سلول‌های باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم بوده است. با توجه به نتایج تحقیقات مشخص شده است که انحلال فسفات‌های معدنی یک فرایند آنزیمی نمی‌باشد. مکانیزم اصلی انحلال فسفات‌های معدنی در نتیجه اثر اسیدهای آلی تولید شده به وسیله باکتری های خاک تشخیص داده شده است. تولید اسیدهای

[۴] Plant Growth-promoting Rhizobacteria

آلی موجب اسیدی شدن محیط اطراف سلول‌های باکتری شده و در نتیجه فسفر عنصری می تواند در اثر جایگزینی یون +H با یونهای کلسیم در محیط آزاد گردد (ایلمر و اسچینر، ۱۹۹۵).

از میان اسیدهای آلی به نظر می رسد که اسید گلوکونیک فراوان ترین عامل در انحلال فسفات‌های معدنی باشد (رمضانیان، ۱۳۸۴).

۲-۱-۴ توانایی حل فسفات‌های آلی نامحلول

کابوت و همکاران (۱۹۹۶) ثابت کردند که توانایی حل فسفات در باکتری‌های ریزوبیومی مهمترین مکانیزم تحریک رشد گیاه در خاکهای با حاصلخیزی متوسط تا زیاد می باشد. بنابراین باکتری‌های ریزوبیوم یک نقش دوگانه بسیارمهم درتامین دو عنصرحیاتی، نیتروژن و فسفر ایفا می‌کند و خاک حاوی طیف وسیعی از مواد آلی است که می‌تواند به عنوان یک منبع فسفر مورد استفاده گیاه قرار گیرد. برای اینکه فسفر آلی به فرم قابل جذب گیاه در آید باید ابتدا از طریق هیدرولیز مواد آلی به فرم معدنی تبدیل گردد. معدنی شدن اغلب ترکیبات آلی فسفره توسط آنزیم‌های فسفاتاز که فسفرهیدرولازها نیز نامیده می‌شوند انجام می‌پذیرد (رودریگیز، ۱۹۹۹).

۲-۲-تاثیر PGPRبررشدگیاهان

اثرات باکتری های محرک رشد برای رشد و نمو گیاهان به دو صورت اثرات مستقیم و اثرات غیر مستقیم می باشد.(زهیر وهمکاران، ۲۰۰۴). در درحالت مستقیم انواع باکتری های محرک رشد با استفاده از مکانیزم های تثبیت زیستی نیتروژن، افزایش جذب وفراهمی یا محلول کردن عناصرغذایی، تولید هورمون های رشدگیاهی، تولید انواع ویتامین ها، تولیدسیدروفورهای کلاته کننده آهن و محلول ساختن فسفات باعث تحریک و افزایش رشدگیاهان می شوند (حاجیلو ۱۳۸۹ به نقل از شیمون).

در حالت غیرمستقیم، با استفاده از مکانیسم های مختلف آنتاگونیستی اثرات مضر بیمارگرهای گیاهی راخنثی یا تعدیل نموده و بدین طریق موجب افزایش رشد گیاه می شوند. رقابت برای جذب مواد واشغال جایگاه های مناسب برای فعالیت پاتوژن ها، تولیدآنتی بیوتیک، سیانیدهیدروژن (HCN) ازمهمترین مکانیزم های مورداستفاده در این روش می باشند (گلیکوهمکاران۱۹۹۵).کلوپر و همکاران (۱۹۸۰) گزارش کردند که کاربرد باکتری های محرک رشد باعث افزایش رشد و عملکرد سیب زمینی در شرایط مزرعه ای می شود.

۲-۳- تثبیت زیستی نیتروژن توسط باکتری های محرک رشد

نیتروژن عنصر غذایی کلیدی برای تولید گیاهان زراعی محسوب می گردد و از جمله اجزا اصلی سنتز پروتئین ها، اسیدهای نوکلئیک ودیگر ترکیبات سلولی به حساب می آید.کمبود نیتروژن یکی از عوامل مهم محدود کننده رشد گیاهان می باشد. بسیاری از باکتری های منسوب به باکتری های محرک رشد توانایی تثبیت نیتروژن مولکولی هوا (N_2) را دارند. اما مدارک و شواهد اواخر دهه ۷۰ و اویل دهه ۸۰ نشان داد که در بسیاری از موارد، اثر باکتری های محرک رشد بر رشد بیشتر گیاهان به واسطه تثبیت بیولوژیک نیتروژن معنی دار نبوده است. به عنوان مثال سالها تصور می شد که اثر آزوسپریلیوم بررشدگیاهان غیر لگوم عمدتا به واسطه تثبیت بیولوژیک نیتروژن بوده است. اما تحقیقات بعدی نشان داد که این تاثیر بیشتر به واسطه تولید مواد محرک رشد گیاه توسط این باکتری ها بوده است. شواهد و مدارک زیادی وجود دارد که باکتری های محرک رشد بواسطه افزایش قابلیت دسترسی عناصر بر رشد گیاه تاثیر می گذارند (خسروی ۱۳۸۹ به نقل ازگلیک).

۲-۴- توان تولید سیدروفور در حضور باکتری های محرک رشد:

بعضی از سویه های باکتری های محرک رشد قادرند درشرایط کمبود آهن سیدروفور ترشح کنند این ساز و کار علاوه بر تامین آهن مورد نیاز گیاه اثر غیر مستقیمی هم بر رشد گیاها ن می گذارد. این تاثیر از طریق کاهش رشد عوامل بیماری زای گیاهی و کاهش دسترسی پاتوژن ها به آهن می شود (گورینوت، ۱۹۹۱). سیدروفورها توسط گروه های مختلف میکروبی خاک تولید می شوند از مهمترین تولیدکنندگان سیدروفور باکتری جنس سودوموناس*Pseudomonas* می باشد(نلسون، ۲۰۰۴). اهمیت ویژه سیدروفورها در بین انواع متابولیت های میکروبی که در ریزوسفر آزاد می شوند، از یک سو به دلیل نقش کلیدی آهن در فرایندهای متابولیک حیاتی در گیاهان و از سوی دیگر ویژگی های خاص عنصر آهن در خاک ارتباط پیدا می کند نقش سویه های توانمند در تولید سیدروفور در کنترل عوامل بیماری زای گیاهی نیز به اثبات رسیده است (رمضانیان، ۱۳۸۴).

۲-۵- تولید اتیلن درگیاه:

لیجر و همکاران، (۱۹۸۶) اعلام کردند که افزایش شدید تولید اتیلن درریشه های گیاه یونجه بلافاصله پس ازتلقیح با باکتری سینوریزوبیوم ملیلوتی باید نشانه ای از پاسخ دفاعی گیاه لگوم درمقابله با تهاجم باکتری به سلول های ریشه گیاه باشد. تحقیقات نشان می دهدکه باکتری های ریزوبیومی می توانند از افزایش غلظت اتیلن در گیاهان لگوم و غیر لگوم جلوگیری نموده و سبب کاهش اثرات منفی این هورمون در رشد و توسعه اندام های گیاهی بویژه ریشه شوند (گلیک و همکاران، ۱۹۹۵).

۲-۶- تاثیر باکتری های محرک رشد بر مورفولوژی ریشه:

تحقیقات نشان داده است که تلقیح ذرت با *Azospirillum brasilense* منتج به تکثیر ریشه های موئین و در نتیجه افزایش سطح ریشه می شود (فالیکوهمکاران، ۱۹۹۴). در بررسی دیگری (ملا و

همکاران، ۲۰۰۱) نشان دادند که تلقیح ریشه های سویا با *Azospirillum brasilense* موجب افزایش شش برابری طول ریشه شد.

۲-۷- حل فسفات های معدنی و آلی نامحلول:

گزارشات متعددی وجود دارد که توانایی سویه های مختلف باکتریایی را برای انحلال ترکیبات معدنی فسفات های نامحلول نشان می دهد (خان و همکاران، ۲۰۰۹). باکتری های حل کننده فسفات از طریق سازوکارهایی از جمله با ترشح اسیدهای آلی همانند اسیدگلوکونیک، اسیداگزالیک واسیدسیتریک موجب کاهش pH خاک در منطقه ریزوسفر شده و در نتیجه سبب افزایش حلالیت فسفر نامحلول می شوند (ایلمر، ۱۹۹۵).

ازمهمترین باکتریهای حل کننده فسفات می توان به گونه *Enterobacter agglomerans* و گونه های مختلف جنس باسیلوس *Bacillus polymixa* ، *Bacillus subtilis* ، *Bacillus circulance،megaterium* اشاره کرد.(وسی وهمکاران، ۲۰۰۳). معدنی شدن اغلب ترکیبات آلی فسفره توسط آنزیم های فسفاتاز که فسفر هیدرولازها نیز نامیده می شوند انجام می پذیرد (رودریجیوز، ۱۹۹۹) باکتریهای خاکزی از جنس های مختلف ریزوبیا، سودوموناسها و باسیلوسها توانایی تولید مقادیر قابل توجهی آنزیم های فسفاتاز را دارند(کریچنر، ۱۹۹۳).

۲-۸- جذب عناصر غذایی

تحقیقات(شرمن،۲۰۰۴) نشان داد که تیمار گیاه ذرت با باکتری محرک رشد به طور معنی داری ارتفاع گیاه، وزن خشک ساقه و دانه، وزن خشک خوشه، طول و تعداد دانه ها در هر ردیف را افزایش داد و همچنین جذب عناصر غذایی مثل N, P, K, Fe, zn و Cu توسط گیاه به طور معنی داری با

کاربرد باکتری های محرک رشد افزایش یافته همچنین نتایج مشخص کردند که تلقیح بعضی باکتری های محرک رشد این پتانسیل را دارد که عملکرد رشد ذرت و جذب عناصر غذایی را افزایش دهند.

(خسروی و همکاران، ۲۰۰۹) در یک آزمایش گلدانی اثر تلقیح ریشه نهال سیب با چند سویه باکتری های بومی خاک بر جذب عناصر و برخی شاخص های رشد را بررسی کردند که نتایج نشان داد که تلقیح، جذب پتاسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی و بر را توسط برگ ها و همچنین مقادیر جذب ازت، پتاسیم، فسفر، منگنز و روی توسط ریشه را افزایش داده است.

۲-۹- جوانه زنی بذور

برای نخستین بار (کلوپر و همکاران۱۹۸۶) سویه هایی از باکتری های محرک رشد را یافتند که در شرایط گلخانه ای درون گلدان های حاوی محیط کشت خاک و نیز مزرعه موجب افزایش ظهور گیاهچه های سویا و کلزا می گردیدند. و این باکتری ها را با اصطلاح باکتری های افزاینده ظهور گیاهچه نامیدند.

۲-۱۰ میکروارگانیسم های حل کننده فسفات :

باکتری‌ها نسبت به قارچ‌ها در انحلال فسفر مؤثرترند (علم و همکاران، ۲۰۰۲). در بین جوامع میکروبی خاک، باکتری‌های حل کننده فسفات ۱ تا ۵۰ درصد و قارچ‌ها ۰/۱ تا ۰/۵ درصد توانایی انحلال دارند (چن و همکاران، ۲۰۰۶). سویه‌های از جنس *Pseudomonas*، *Bacillus* و *Rhizobium* به عنوان توانمندترین حل کننده‌های فسفر هستند (وایتلو، ۲۰۰۰). تعداد باکتری‌های حل کننده فسفات به شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک، ماده آلی، مقدار فسفر موجود درخاک و فعالیت‌های زراعی بستگی دارد (کیم و همکاران، ۱۹۹۸). در شمال ایران، جمعیت باکتری‌های حل کننده فسفات در حدود ۰ تا ۱۰۷ سلول در هر گرم خاک می‌باشد که ۳/۹۸ درصد از جمعیت کل باکتری‌هاست (فلاح، ۲۰۰۶).

روابط همزیستی بین باکتری‌های حل کننده فسفات و گیاهان یک رابطه سینرژیستی است. همانگونه که باکتری فسفر محلول را در اختیار گیاه قرار می‌دهد گیاهان هم، ترکیبات کربنه را برای باکتری فراهم می‌کنند که برای رشد باکتری استفاده می‌شود (پرز و همکاران، ۲۰۰۷).

میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات و سایر میکروارگانیسم‌هایی که به طرق مختلف باعث حل شدن فسفات می‌شوند، می‌توانند به عنوان عوامل مؤثر در بهبود تأثیر خاک فسفات، در خاک به کار روند. مکانیسم اثر میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات در انحلال فسفات‌های نامحلول پیچیده است، ولی براساس نظر محققان، این میکروارگانیسم‌ها با اکسیداسیون ناقص قندها، اسیدهای آلی تولید می‌کنند که باعث کاهش pH محیط می‌شود (کیانی راد، ۱۳۷۴).

با ترشح ترکیبات قندی در منطقه ریشه، توسط گیاهان میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات فعالیت خود را تشدید کرده و با تولید اسیدهای آلی موجب کاهش pH در محدوده اطراف خود شده و اسید تولید می‌کنند. اسید حاصل طی انجام واکنش با یون کلسیم اثر آن را در غیر فعال کردن فسفر خنثی می‌کند (کیانی راد، ۱۳۷۴). به غیر از تأثیر اسیدهای آلی در انحلال فسفات‌های نامحلول نمی‌توان اثر واکنش آنزیمی به ویژه آنزیم‌های گروه فسفاتاز تولید شده توسط برخی از این میکروارگانیسم‌ها را از نظر دور داشت. این آنزیم‌ها نقش اصلی را در معدنی شدن فسفر آلی در خاک بازی می‌کنند.

فسفر یکی از عناصر غذایی پر مصرف اصلی برای رشد و نمو گیاهان است و مقدار کل آن در خاک ۱۲۰۰-۴۰۰ میلی گرم در کیلو گرم می باشند (رودریگز و فراگا، ۱۹۹۹). گرچه فسفر به مقدار فراوانی در در خاکها به دو شکل آلی و معدنی دیده می شود (خان وهمکاران،۲۰۰۷). اما در مقایسه با سایر عناصر غذایی در بیشتر خاکها تحرک و قابلیت جذب کمی دارد غلظت فسفر محلول در خاک معمولا خیلی پایین است در حدود یک میلی گرم در کیلو گرم یا کم تر می باشد (رودریگز و فراگا، ۱۹۹۹، خان و همکاران، ۲۰۰۷).

بر اساس تخمین های تئوری میزان فسفر تجمع پیدا کرده در اراضی کشاورزی در صورت قابل جذب شدن گیاه می توانند نیاز گیاهان به فسفر را برای داشتن حداکثر عملکرد تا یکصد سال آینده تضمین نماید(گلدستین و همکاران ، ۱۹۹۳).

تنها راه عملی برای استفاده از فسفر تجمع پیدا کرده در اراضی بکار گیری کود های بیولوژیک فسفاته می باشد این نهاده های بیولوژیک در واقع حاوی میکروارگانیسم هایی هستند که از طریق فرآیند های ویژه ای می توانند حلالیت ترکیبات فسفره رسوب کرده در خاک را افزایش داده و بدین صورت بخشی از فسفر مورد نیاز گیاه را تامین نمایند این میکروارگانیسم ها به دو گروه باکتری ها و قارچ های حل کننده فسفات تقسیم می شوند.

گزارشات متعددی وجود دارد که توانایی سویه های مختلف باکتریایی را برای انحلال فسفات های معدنی نامحلول همچون تری کلسیم فسفات، دی کلسیم فسفات، دی هیدروکسی آپاتید و خاک فسفات، نشان می دهد (گلدستین، ۱۹۸۶) در میان انواع باکتری که توان حل فسفات آنها ثابت شده است، میتوان جنس های فلاو باکتریوم، سودوموناس، باسیلوس، اگروباکتریوم، میکروکوکوس، انتروباکترو، همچنین جنس های مختلف باکتریهای ریزوبیومی را نام برد (کاتنلسون و همکاران ،۱۹۶۲).

مکانیسم های انحلال فسفات معدنی نامحلول مورد مطالعه قرار گرفته است. تولید اسید های آلی توسط باکتری های حل کننده فسفات معدنی کاملا ثابت شده می باشد و به عنوان مکانیسم اصلی انحلال فسفات معدنی توسط با کتری های خاک تشخیص داده شده است (رودریگز و فراگا، ۱۹۹۹). از میان اسید های آلی اسید گلوکونیک به عنوان یکی از مهمترین عوامل در انحلال فسفات های معدنی محسوب می شود (دالا، ۱۹۷۷). تولید این اسید آلی به وسیله باکتریهای حل کننده فسفات متعلق به جنس های سودوموناس، ریزوبیوم، اروینیا و بورکولدریا گزارش شده است . اسید های آلی تولید شده از دو طریق باعث افزایش فسفر قابل دسترس می شود که یکی از از طریق کاهش pH در

منطقه ریزوسفر است و دیگری از طریق کلاته شدن یون آلومینیم در خاکهای اسیدی و یون کسیم در خاکهای قلیایی است (کاسی ،۱۹۸۳).

۲-۱۰-۱ انحلال فسفات آلی توسط باکتریها

خاک حاوی طیف وسیعی از مواد آلی است که می تواند به عنوان یک منبع فسفر، در تغذیه و رشد گیاه نقش مهمی به عهده داشته باشند. برای اینکه فسفر آلی به فرم قابل جذب گیاه در آید می بایست ابتدا از طریق هیدرولیز مواد آلی به فرم معدنی تبدیل گردد. انحلال فسفاتهای آلی، معدنی شدن فسفر آلی نیز نامیده می شود. معدنی شدن اغلب ترکیبات آلی فسفره توسط آنزیم های فسفاتاز انجام می پذیرد (رودریگز و فراگا، ۱۹۹۹).

وجود مقادیر قابل توجهی از آنزیمهای فسفاتاز فعال و دارای منشاء میکروبی در خاک گزارش شده است (کایریچنر و همکاران ،۱۹۹۳).

۲-۱۰-۲ نقش باکتری های حل کننده فسفات در بهبود جذب فسفر و افزایش رشد گیاه

گرچه باکتری های حل کننده فسفات متعددی در خاک وجود دارند ولی معمولاً تعداد این باکتری ها در مقایسه با دیگر باکتریهای معمول و مستقر در ریزوسفر گیاهان مختلف قابل توجه نمی باشد (رودریگز و فراگا، ۱۹۹۹). امروزه ریزجانداران حل کننده فسفات در سطوح وسیع به عنوان کود زیستی به منظور افزایش تولید و حفظ سلامت خاک استفاده می‌شوند (خان و همکاران، ۲۰۰۷).

توانایی ریز موجودات برای حل کردن فسفر خاک و تبدیل آن به حالت قابل دسترس برای گیاه ابتدا به وسیله گرستن در سال ۱۹۴۸ ثابت شد آزمایش‌های وی نشان داد که ریزموجودات ریزوسفری در جذب فسفر توسط گیاه مؤثرند (به نقل از خاوازی و ملکوتی، ۱۳۸۴). پس از آن دانشمندان تحقیقات

زیادی را برای جداسازی ریزموجودات حل‌کننده فسفر و استفاده از آنها برای ساختن مایه تلقیح فسفاته جهت افزایش فسفر قابل دسترس در کشاورزی انجام دادند.

آزاد سازی فسفر به وسیله باکتری‌های حل کننده فسفات از شکل‌های نامحلول و غیر قابل جذب، یکی از جنبه‌های رهاسازی و قابلیت دسترسی فسفر در خاک‌ها می‌باشد (خان و جورجنسن، ۲۰۰۹). بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که PSM[۵] فسفر تثبیت شده در خاک را حل کرده و باعث بهبود عملکرد گیاه می‌شوند (گال و همکاران، ۲۰۰۴؛ زیدی، ۱۹۹۹). میکروارگانیسم ها با توانایی حل‌کنندگی فسفات، رشد محصول را از طریق بهبود تثبیت بیولوژیکی نیتروژن نیز افزایش می‌دهند (پانمیورگن و گوپی، ۲۰۰۶).

میکروارگانیسم‌ها فسفر قابل جذب را از طریق معدنی کردن فسفر و حلالیت فسفات‌های ته‌نشین شده، افزایش می‌دهند (چن و همکاران، ۲۰۰۶؛ کنگ و همکاران، ۲۰۰۲؛ پرادهن و ساکلا، ۲۰۰۵). یکی از علت‌های عمده حل‌کنندگی فسفات تولید اسیدهای آلی توسط ریزجانداران می‌باشد. تولید اسیدهای آلی باعث اسیدی شدن سلول میکروبی و محیط اطراف آن می‌شود در نتیجه فسفر در اثر جایگزینی پروتون به جای کلسیم آزاد می‌شود. اسید گلوکونیک یکی از این اسیدها می‌باشد. مکانیزم‌های دیگری که برای حل‌کنندگی فسفر پیشنهاد شده‌اند عبارتند از تولید مواد کلات کننده، تولید اسیدهای معدنی از قبیل اسید سولفوریک، اسید نیتریک و کربنیک به وسیله ریزجانداران می‌باشد (رودریگز و فراگا، ۱۹۹۹؛ دوبل و مربچ، ۲۰۰۵).

باکتری‌های حل‌کننده فسفات ایندول تری استیک اسید تولید می‌کنند. ایندول تری استیک اسید هورمونی است که در شکل‌گیری ریشه، تقسیم سلولی و توسعه سلولی نقش دارد (بارازانی و فریدمن، ۱۹۹۹). پونگوزالی و همکاران (۲۰۰۵) ضمن بررسی ۱۰ سویه سودوموناس با توان حل‌کنندگی فسفات و همچنین تولید ACCد-آمیناز دریافتند که سویه‌ها رشد و زیست توده ریشه را افزایش

[۵] - Phosphate Solubilizing Microorganisms

دادند، اما اثری بر جذب فسفر توسط گیاه نداشتند. آنها نتیجه‌گیری کردند که تحریک رشدی گیاه در اثر عوامل دیگری به جز از حل‌کنندگی فسفر رخداد داده است.

تحقیقات نشان داده است که استفاده از PSM جوانه‌زنی، جذب عناصر، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه، گره‌بندی، بیوماس کل و عملکرد نخود را نسبت به شاهد افزایش داده است (رودرش و همکاران، ۲۰۰۵). گال و همکاران (۲۰۰۴) نیز مشاهده کردند استفاده از باکتری حل کننده فسفات باعث افزایش ۱/۵ تا ۲ برابری تعداد گره در نخود شد. مکانیسم ایجاد چنین اثرات مثبتی می‌تواند به علت فراهمی عناصر غذایی توسط این ریزجانداران (زیدی و همکاران، ۲۰۰۳؛ زیدی و خان، ۲۰۰۶)، ترشح مواد محرک رشد (زیدی و همکاران، ۲۰۰۳) و همچنین تغییر در ساختمان ریشه (برتا و همکاران، ۲۰۰۲) باشد.

راثی‌پور (۱۳۸۱) با بررسی اثر سه فاکتور، میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات (چهار سطح: بدون میکروارگانیسم و سه میکروارگانیسم با پتانسیل انحلال بالا *Pseudomonasputida*، *Aeromonashydrophila* و*Pseudomonasfluorescens*)، باکتری *Bradyrhizobiumjapanicum* (بدون باکتری و با باکتری)، کود فسفر (سه سطح: بدون کود، نصف مقدار کود فسفر توصیه شده برای سویا، کود فسفر توصیه شده برای سویا) روی سویا در گلخانه به این نتیجه رسید که میکروارگانیسم‌های حل‌کننده بر روی وزن خشک، درصد فسفر، پتاسیم، ازت، غلظت آهن و مس بخش هوایی گیاه، تعداد، وزن تر و وزن خشک گره‌های ریشه (P<۰/۰۱) و بر غلظت روی بخش هوایی گیاه (P<۰/۰۵) تأثیر معنی‌داری دارند. مقایسه میانگین اثر میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات در مورد پتاسیم، غلظت مس و روی در بخش هوایی گیاه مشخص کرد که باکتری*Pseudomonasputida* بیشترین تأثیر را بر روی صفات فوق دارد.

بررسی‌های مختلف نشان داده‌اند که استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات باعث افزایش ارتقاء شاخص‌های عملکرد محصولاتی چون گندم (شاهارونا و همکاران، ۲۰۰۸)، ذرت (شاهارونا و همکاران، ۲۰۰۶؛ شاهارونا و همکاران، ۲۰۰۶)، سیب زمینی (آمد و حسنین، ۲۰۰۸) و بادام زمینی (دی و

همکاران، ۲۰۰۴) گردید. در گیاه فلفل قرمز قطر ساقه، طول ریشه، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد بر اثر تلقیح با *Bacillus* در یک مطالعه مزرعه‌ای افزایش یافته بود (میریک و همکاران، ۲۰۰۸).

در گیاه ذرت نیز تلقیح با باکتری‌های *Bacillusmegaterium*، *Bacillus subtilis* و *Pseudomonascorrugate* به ترتیب باعث افزایش عملکرد به میزان ۱۲۲، ۱۳۵ و ۱۹۴ درصد شد. رویهم رفته اثرات مفید مایه تلقیح باکتری‌ها مربوط به بقا و کلونیزاسیون آنها و تحریک میکروفلورهای بومی در رایزوسفر می‌باشد (کومار و همکاران، ۲۰۰۷). شارما و همکاران (۲۰۰۷) نیز مشاهده کردند که تلقیح بذور نخود با*Pseudomonas fluorescens* و *Bacillusmegaterium* منجر به افزایش جوانه زنی بذور و رشد گیاهچه‌ها شد.

نتایج حاصل از مصرف کود زیستی فسفاته در مقایسه با کودهای سوپرفسفات تریپل در ذرت، سویا و گندم مؤید تأثیر رضایت بخش این کود می‌باشد، به طوری که مشخص شده است که کود فسفاته نه تنها بازده جذب کود را بالا می‌برد بلکه باعث افزایش قابل ملاحظه عملکرد نیز می‌شود (صالح راستین، ۱۳۷۷). با استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات و مقادیر مختلف کودهای NPK مشخص گردید که حداکثر عملکرد دانه در تیمار حاوی باکتری‌ها و میزان کود مصرفی ۰: ۵۰ : ۳۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (اشرف و همکاران، ۲۰۰۳). نتایج تحقیقی در *Phaseolus mungo L.* با استفاده از تیمارهای مختلف کود فسفر و کودهای زیستی (رایزوبیوم و باسیلوس) نشان داد که اثر متقابل بین میزان کود فسفر و کودهای زیستی معنی‌دار است، همچنین تلقیح با هر دو مایه تلقیح به علاوه کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر باعث بالاترین تعداد گره در گیاه و عملکرد بذر شد (تانوار و همکاران، ۲۰۰۲). در گیاه گندم نیز تلقیح *PSB* به تنهایی و تلقیح مضاعف آن با ریزوبیوم، همراه با کود فسفر عملکرد دانه را نسبت به استفاده از کود فسفر به تنهایی، ۳۰ تا ۴۰ درصد بهبود داد. در حالی که تلقیح مضاعف آنها بدون استفاده از کود فسفر عملکرد دانه را تا ۲۰ درصد افزایش داد (افضل و بنو، ۲۰۰۸).

برخی از محققین گزارش کرده‌اند که بعضی از این ریزموجودات، رشد گیاه را کاهش می‌دهند (آندراد و همکاران، ۱۹۹۸). مهرورز و همکاران (۲۰۰۸) نیز مشاهده کردند استفاده از باکتری *Pseudomonas putida (S۴۱)* در گیاه جو باعث کاهش وزن هزار دانه شد که با شاهد اختلاف معنی‌داری داشت.

۲-۱۱محتوای مواد مغذی بیوچار

بیوچار حاصل از کود و محصولات دامی در مقایسه با بیوچار حاصل از مواد گیاهی بخصوص آنهایی که از چوب به دست آمده اند مواد مغذی بیشتری دارند. بیوچار به عنوان اصلاح کننده خاک مورد توجه است نه به عنوان منبعی از مواد مغذی (دلوکا و همکاران،۲۰۰۹)

خاکستر بیوچار مقداری عناصر غذایی به خاک اضافه می کند (ماجور، ۲۰۱۱). که این خاکستر شامل مواد معدنی (کلسیم، منگنز و کربنات معدنی) و عناصر موجود در ترکیبات آلی (کربن، هیدروژن و نیتروژن) می باشد. (ژوزف و همکاران ،۲۰۰۹)

تجزیه حرارتی بر مقدار مواد مغذی و دسترسی آنها موثر است. تجزیه در دمای بالا میزان نیتروژن و دسترسی آن را کاهش می دهد. مقدار کل ازت از ۳.۸ به۱.۶ درصد کاهش می یابد. هنگامی که درجه حرارت از ۴۰۰ به ۸۰۰ درجه سانتیگراد افزایش می یابد (بگریو و همکاران، ۲۰۰۱). مقدارکربن در بیوچارهای مختلف متغیر است. که به ماده خام و شرایط تجزیه حرارتی واسطه است. افزایش غلظت کربن در دماهای بالاتر با کاهش در عملکرد بیوچار همراه است (لهمن و همکاران، ۲۰۰۶؛ سوهی و همکاران، ۲۰۰۹). کربن موجود در بیوچار پایدارتر و با ثبات تر از کربن موجود در بیوماس است از طریق تبدیل زیست توده به بیوچار حدود ۵۰ درصد کربن اولیه باقی می ماند میزان کربن باقی مانده بعد از سوختن ۳درصد می باشد میزان کربن باقی مانده بعد از تجزیه حرارتی ۲۰-۱۰ درصد بعد از ۲۰-۵ سال می باشد (لهمن وهمکاران، ۲۰۰۶).

۲-۱۲ تاثیر بیوچار بر بهبود خاک

استفاده از بیوچار به عنوان اصلاح کننده خاک یک ابزار ارزشمند برای بهبود خاکهای نابارور و اراضی تخریب شده است. بیوچار باعث بهبود تامین مواد مغذی برای گیاهان می شود و خصوصیات فیزیولوژیکی و بیولوژیکی خاک را بهبود می بخشد. بیوچار اغلب با تاثیر بر خواص خاک، تغییر pH و CEC، حفظ مواد مغذی و رطوبت خاک و همچنین روی موجودات زنده خاک، ریشه و جذب عناصر غذایی خاک تاثیر می گذارد (لهمن و همکاران، ۲۰۱۱) درنتیجه تا حدزیادی عملکرد محصول راتحت تاثیر قرار می دهد (چان و همکاران، ۲۰۰۷).

بیشتر محققین معتقد هستند که اضافه کردن بیوچار به خاکهای نابارور باعث کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک می شود و از طرفی اضافه کردن بیوچار به خاک باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک می‌شود. که آن را به ساختار بسیار متخلخل بیوچار نسبت می دهند (اوگاوا و همکاران، ۲۰۰۶). زمانی که بیوچار تازه در معرض اکسیژن و آب در محیط خاک قرار گیرد اکسیداسیون رخ داده، میزان بار منفی خالص افزایش می یابد که نتیجه آن افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی است (ژوزف و همکاران ۲۰۰۹،)

اینیانگ و همکاران در (۲۰۱۰) ظرفیت تبادل آنیونی را در بیوچار باگاس اندازه گیری کردند و نشان دادند که اضافه کردن بیوچار باعث بهبود معنی داری در ظرفیت تبادلی (آنیونی و کاتیونی) در خاک و بهبود ظرفیت نگهداری مواد مغذی می شود. بیوچار باعث حفظ آمونیوم از طریق ظرفیت تبادل کاتیونی می شود (لیانگ و همکاران، ۲۰۰۶) بیوچار تازه می تواند آنیون هایی مثل نیترات را هم نگهدارد (چنگ و همکاران، ۲۰۰۸). یانای و همکاران (۲۰۰۷) کاهش دنیتریفیکاسیون در کاربرد بیوچار را گزارش کردند. اشتاینر و همکارانش (۲۰۰۷) بیان کردند بیوچار باعث کاهش آبشویی حفظ بیشتر آمونیوم وکاهش دنیتریفیکاسیون می شود (یانیا و همکاران، ۲۰۰۷)

در آزمایش ستون خاک بعد از اضافه کردن بیوچار به خاک دسترسی به کلسیم، پتاسیم، منگنز و کربن آلی افزایش و دسترسی به گوگرد و روی کاهش یافت .

۲-۱۲-۱تاثیر بیوچار بر فعالیت های بیولوژیک خاک

در مقایسه با دیگر اصلاح کننده های خاک، سطح ویژه بالا و تخلخل بیوچارآن را قادر به جذب یا حفظ مواد مغذی و آب و همچنین ایجاد یک زیستگاه برای میکروارگانیسم های مفید رشد می کند (گلاسر و همکاران، ۲۰۰۲؛ لمان و راندون، ۲۰۰۶؛ وارناک و همکاران، ۲۰۰۷).

بیوچار بر فراوانی، فعالیت و تنوع جوامع زنده خاک موثر است. بیوچار می تواند فعالیت میکروارگانیسم های خاک را تحریک کند. و بطور بالقوه بر خواص میکروبیولوژیکی خاک موثر باشد (هامنس زواسشیمیت، ۲۰۰۹). بیوچار بجای ایجاد منبع اصلی از مواد مغذی با بهبود محیط فیزیکی و شیمیایی خاک باعث بهبود زیستگاه میکروب ها می شود. (کرول وهمکاران،۲۰۱۰) بدلیل ماهیت متخلخل بیوچار ، سطح ویژه بالا و توانایی آن در جذب مواد آلی محلول و مواد مغذی معدنی، یک زیستگاه بسیار مناسب برای میکروب ها فراهم می کند. منافذ بیوچار به عنوان یک پناهگاه برای برخی از میکروب ها عمل می کند و از آن در برابر رقابت و شکار محافظت می کند. با توجه به نوع مواد اولیه و شرایط تولید برخی از بیوچارها ممکن است روغن زیستی داشته باشند. که این ترکیبات به رشد و تولید مثل برخی از گروه های میکروبی کمک می کند.

۲-۱۲-۲ تاثیر بیوچار برقابلیت دسترسی به عناصر غذایی

۲-۱۲-۲-۱ نیتروژن

کاربرد بیوچار باعث افزایش و بهبود دسترسی نیتروژن برای گیاه می شود. جوامع میکروبی مسیر تثبیت نیتروژن مولکولی هستند. دلوکا و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که بیوچار دسترسی و جذب نیتروژن توسط گیاه را افزایش می دهد و قادر به اتصال به یون آمونیوم محلول خاک است در نتیجه غلظت آن در محلول خاک را کاهش می دهد. نیتروژن با تبدیل به گاز نیتروژن یا اکسید نیتروژن از

دسترس خارج می شود. بیوچار از طریق کاهش آمونیوم موجود در محلول خاک از این عمل جلوگیری می کند در نتیجه بیوچار مانع ورود اکسید نیتروژن که از گازهای مهم گلخانه ای است به جومی شود. (دلوکا و همکاران ،۲۰۰۹؛ وان زیتن و همکاران ، ۲۰۰۹) راندون و همکاران (۲۰۰۷) دریافتند اضافه کردن بیوچار بطور قابل توجهی تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط ریزوبیوم را در تمام مقادیر کاربردی (۳۰، ۶۰، ۹۰ گرم به ازای هر کیلوگرم) افزایش داد.

اضافه کردن بیوچار به خاک تثبیت نیتروژن توسط دیازوتروف های آزاد زی و همزیست را افزایش می دهد (اوگاوا ۱۹۹۴ و راندون و همکاران ۲۰۰۷).

۲-۱۲-۲-۲ فسفر

مطالعات نشان داده که افزایش جذب فسفر توسط گیاهان در حضور بیوچار افزایش یافته است. مکانیسم های بیوچار شامل: منبع تغذیه مستقیم از فسفر، ذخیره فسفر از طریق اتصال به سطح از طریق ظرفیت تبادل کاتیونی، اصلاح pH در نتیجه تغییر حلالیت فسفر، فعالیت میکروبی و معدنی شدن فسفر(دلوکا و مکاران،۲۰۰۹)

اثرگذاری مستقیم و غیر مستقیم بیوچار روی فسفر به عبارت زیر هستند.

بیوچار منبعی از نمک های محلول فسفر و فسفر قابل تغییر است .

بیوچاربه عنوان اصلاح کننده ی pH خاک و بهبود دهنده ی فلزات ترکیبی فسفر به حساب می آید

بیوچار بهبود دهنده ی فعالیتهای میکروبی است که به تغذیه فسفر کمک می کند.

بیوچار می تواند اثر غیر مستقیمی روی فسفر و جذب آن دارد این کار را از طریق فراهم آوردن محیطی مفید برای میکرو ارگانیسمها صورت می گیرد. که به نوبه خود :

دسترسی بهتری به فسفر از مخازن ارگانیک و غیر ارگانیک قابل حل فسفر فراهم می کنند.

مخازن وسیعی از فسفر ارگانیک را تولید و بازیابی می کنند.

از طریق بهبود فعالیتهای مایکوریزا دسترسی گیاهان را به فسفر بهبود می بخشد (واردل وهمکاران، ۱۹۹۸؛ پتیکاننت و همکاران، ۲۰۰۰؛ دلوکاو همکاران،۲۰۰۶)

تاثیر اضافه کردن بیوچار به خاک بر مواد مغذی به نظر می رسد مربوط به افزایش توانایی خاک در ذخیره و نگهداری مواد مغذی می باشد تا بطور مستقیم افزایش محتوی مواد مغذی.

۲-۱۳- تاثیر بیوچار بر رشدگیاهان

شواهد جمع آوری شده از آزمایشات گلخانه ای و مزرعه ای نشان می دهد که اضافه کردن بیوچار به خاکهای اسیدی و فقیر از نظر مواد مغذی به همراه کود بازده بیشتری از استفاده از کود یا بیوچار به تنهایی دارد. اثر بیوچار بر رشد محصول بستگی به میزان کاربرد و نوع خاک دارد. یکی از ویژگی های مهم اضافه کردن بیوچار، افزایش کارایی استفاده از نیتروژن در گیاهان است. با استفاده از بیوچار کاهش قابل ملاحظه ای در کاربرد کود نیتروژن بدست می آید در حالی که عملکرد مشابه مصرف کود است. در مزرعه استفاده از بیوچار عملکرد بسیاری از گیاهان را افزایش می دهد به خصوص جاهایی که همراه با کود معدنی یا کود آلی مثل کود دامی استفاده می شود (بلک ویل وهمکاران، ۲۰۰۹).

استفاده از باکتری های محرک رشد یک جایگزین برای کودهای شیمیایی است که باعث افزایش رشد و عملکرد محصولات مختلف می شود اما اگر با بیو چار اضافه شود آنها نه تنها باعث افزایش تولید محصول می شود بلکه سبب جلوگیری از هدر رفتن مواد مغذی ،حفظ رطوبت وکمک به گیاهان تحت تنش می گردد بیو چار باعث افزایش قابل توجه زیست توده ریشه، ساقه و عملکرد دانه و جذب عناصر غذایی در دانه لوبیا می گردد. علاوه بر این مشاهدات نشان داده است بیو چار به همراه باسیلوس و یا کود های تجاری به طور مثبت تری این فاکتورها را افزایش داده است. خاک مخلوط شده با بیوچار به همراه باسیلوس بیشترین تعداد باکتری های حل کننده فسفات در ریزوسفر و بیشترین در صد نیتروژن را در شاخه گیاه لوبیا نشان داده است (ساکسنا و همکاران، ۲۰۱۳).

ماجور و همکاران (۲۰۱۰) دریافتند، هنگامی که ۲۳ تن در هکتار بیوچار به خاک کلمبیا اضافه شد میزان بیوماس ذرت بیش از ۱۸۹ درصد افزایش یافت. واکاریا و همکارانش در بررسی اثرات کاربرد بیوچاردر تولید گندم دوروم در دو سال ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ دریافتند که در هر دو سال با کاربرد بیوچار تولید گندم نسبت به شاهد افزایش یافت.کلاسر و همکاران ۲۰۰۲ و بارونتی و همکاران ۲۰۱۰ مشاهده کردند با کاربرد ۱۰ تن در هکتار بیوچار عملکرد گندم دوروم ۱۰ درصد افزایش یافت.

اوگانتوند و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی اثر ذغال چوب بر عملکرد ذرت در غنا گزارش کردند که عملکرد دانه و زیست توده ذرت ۴۴ و ۹۱ درصد افزایش یافته است. چان و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که در صورت وجود کود نیتروژن استفاده از بیوچار ماده خشک را افزایش داد. در نبود کود نیتروژن در استفاده از بیوچار عملکرد کمی نسبت به شاهد بیشتر بود و کود نیتروژن در حضور بیوچار عملکرد را به طور قابل توجهی افزایش داد. به طوری که وزن خشک تربچه در خاک با بیوچار بیشتر از خاک بدون بیوچار بود. در حضور نیتروژن هر چه بیوچار بیشتر باشد عملکرد هم بیشتر خواهد بود.

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳- محل انجام پژوهش

این آزمایش در سال ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود به اجرا در آمـد. شهرستان شاهرود در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیـایی ۵۵ درجـه و ۵۷ دقیقه شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۶۶ متـر است.

۳-۱ ویژگی‌های آب و هوایی

بر اساس تقسیم‌بندی‌های اقلیمی شهرستان بسطام دارای اقلیمی سرد و خشک می‌باشد. که میانگین بارندگی سالانه آن بین ۱۶۰-۱۵۰ میلی‌متر بوده و بارندگی‌ها عمدتاً در فصل پاییز و بهار رخ می‌دهد. بر اساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی شهرستان شـاهرود میـانگین سـالانه دمـا در ایـن منطقه ۱۴/۴ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است.

۳-۲ مشخصات خاک مورد آزمایش

در ارتباط با تحقیق مورد نظر و به منظور تعیین بافت خاک و وضعیت عناصر غذایی از جمله NPK از عمق ۳۰- ۰ سانتی متر خاک مزرعه چندین نمونه یک کیلـوگرمی گرفتـه شـد کـه پـس از اخـتلاط نمونه‌ها با یکدیگر یک نمونه به میزان یک کیلوگرم که در بر گیرنده کل نمونه ها بـود بـه آزمایشـگاه دانشکده منتقل شد.که نتایج حاصل از تجزیه مکانیکی و شیمیایی خاک در جدول (۳-۱) نشان داده شده است.

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

پارامترهای اندازه گیری شده	مقدار	واحد
هدایت الکتریکی($Ec\times ۱۰^{۳}$)	۲	میکرو زیمنس بر سانتی‌متر
اسیدیته گل اشباع(pH of pasta)	۷/۸۹	-
درصد مواد خنثی شونده(T.N.V.)	۲۷	درصد
کربن آلی(O.C)	۰/۷۹	درصد
ازت کل(Total N)	۰/۰۵۷	درصد
فسفر قابل دسترس P (ava)	۱۴	پی‌پی‌ام
پتاسیم قابل دسترس K (ava)	۱۴۳	پی‌پی‌ام
رس (Clay)	۲۲	درصد
لای (Silt)	۴۴	درصد
شن (Sand)	۳۲	درصد
درصد رطوبت	۱/۵	درصد
نسبت جذب سدیم[۶] (SAR)	۴/۱	-
مجموعه کاتیون‌ها	۸۱/۲	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Na^{+}	۲۲/۲	میلی‌اکی‌والان در لیتر
$Mg^{۲+}$	۲۶	میلی‌اکی‌والان در لیتر
$Ca^{۲}+$	۳۳	میلی‌اکی‌والان در لیتر
مجموع آنیون‌ها	۸۰/۶	میلی‌اکی‌والان در لیتر
$SO_{٤}^{۲-}$	۲۸/۶	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Cl^{-}	۴۷/۵	میلی‌اکی‌والان در لیتر
$HCO_{۳}^{-}$	۴/۵	میلی‌اکی‌والان در لیتر
CO	۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر
درصد اشباع(S.p)	۳۰/۶	درصد

[۶] Sodium Absorption Ratio

۳- ۳ مشخصات طرح آزمایش

آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار اجراء شد.فاکتورهای این آزمایش، کودهای بیولوژیک (فاکتور A) در چهار سطح (شاهد، باکتریهای حل کننده فسفات، مزوریزوبیوم، PGPR) و بیوچار (فاکتورB) در سه سطح ، صفر،۲۰ و ۴۰ تن در هکتار می باشد.

۳-۴ عملیات اجرایی

۳-۴ -۱ نقشه کاشت

در هر تکرار ۱۲ کرت هر یک به مساحت۱۰ متر مربع قرار گرفت هر کرت شامل ۴ ردیف کاشت و به طول۴ متر بود و فاصله بین ردیفها۵۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. مرز بین کرت ها با یک پشته کشت نشده مشخص شد.

a۲b۳	a۲b۲	a۳b۳	a۳b۲	a۳b۱	a۴b۳	a۴b۱	a۴b۲	a۱b۳	a۲b۱	a۱b۱	a۱b۲

a۴b۱	a۴b۲	a۲b۳	a۲b۲	a۱b۱	a۱b۲	a۱b۳	a۳b۳	a۴b۳	a۳b۱	a۳b۲	a۲b۱

a۲b۱	a۴b۳	a۲b۲	a۴b۱	a۳b۳	a۲b۳	a۴b۲	a۱b۱	a۳b۱	a۱b۲	a۱b۳	a۳b۲

a۳b۳	a۱b۱	a۴b۲	a۱b۲	a۴b۱	a۳b۲	a۳b۱	a۲b۲	a۲b۳	a۴b۳	a۲b۱	a۱b۳

شکل ۳-۱ نقشه کاشت

۳-۴-۲ آماده سازی زمین و کاشت

عملیات آماده سازی زمین در اوایل اردیبهشت ماه انجام شد در ابتدا زمین مورد نظر توسط گاوآهن برگردان دار شخم زده شد و سپس اقدام به تسطیح زمین گردید.در ابتدا تعداد کرتها در زمین مشخص شد و بعد از تعیین کرتها جوی های آبیاری تعبیه شدند. فاصله بذور روی ردیفها۱۰ سانتی متردر نظر گرفته شد با توجه به شرایط خاک، نوع آبیاری و...بذور در عمق ۵ سانتی متری خاک قرار داده جوی های آبیاری به نحوی تعبیه شده که آب اضافی هر تکرار توسط یک جوی خروجی در انتهای کرتها از مزرعه خارج می گردید.

۳-۴-۳ آماده‌سازی بذرها

بذر مورد استفاده، لوبیا چشم بلبلی بود. پیش از کاشت برای اطمینان از عدم هرگونه همزیستی قبلی، بذور چندین بار شتسشو و ضد عفونی شدند همچنین به منظور جلوگیری از کاهش جمعیت باکتریها حداقل فاصله زمانی بین تلقیح بذور تا کاشت قریب به یک ساعت در نظر گرفته شد. متناسب با سطح کاشت در تیمارهای مختلف مقدار مشخصی از بذور وزن شده و با محلول ۲۰ درصد آب قند آغشته گردید. در مرحله بعد مقدار تعیین شده از کود بیولوژیک مزورایزوبیوم و حل کننده فسفات و PGPR به بذور افزوده و به طور کامل مخلوط شدند

پس از فرآیند تلقیح، بذور در سایه خشک شده وکشت بذور در تاریخ ۲۷ خرداد انجام شد مقداری کود اوره به عنوان استارتر نیز اضافه شد. و در نهایت با اضافه نمودن بیوچار در هنگام کشت لوبیا بر اساس نقشه کاشت این عمل انجام پذیرفت

۳-۵ عملیات داشت

پس از کاشت بلافاصله آبیاری انجام شد، به گونه‌ای که پشته‌ها کاملا مرطوب و سیاه شدند. آبیاری-های بعدی هم در طول فصل رشد هر هفت روز صورت گرفت. وجین علف‌های هرز به صورت دستی در مرحله ۴-۲ برگی گیاه به صورت دستی انجام شد. از مهمترین علف‌های هرز مزرعه می‌توان به شلمی، تاج ریزی، خار شتر و پیچک صحرایی اشاره کرد. آفت و بیماری خاصی در مزرعه در طول فصل رشد مشاهده نگردید. حدوداً دو هفته پس از کاشت عمل واکاری در نقاطی که بذور سبز نشده بود صورت گرفت و همزمان در نقاطی که هر دو بذر کشت شده سبز گردیده بودند عمل تنک صورت گرفت.

۳-۶ نمونه برداری

نمونه برداری ۴۰ روز پس از کاشت آغاز شد و ۵ نمونه برداری به فاصله ۱۴ روز یکبار تا پایان فصل رشد گیاه در مزرعه انجام شد. نحوه نمونه‌برداری از گیاه به این صورت بود که، دو ردیف کناری در هرکرت و به فاصله ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای دو ردیف وسط هر کرت به عنوان حاشیه حذف شدند. سپس ۲ بوته از هر کرت جهت نمونه برداری به طور تصادفی انتخاب شد، قطع بوته‌ها از سطح خاک و از ناحیه طوقه انجام و نمونه ها به آزمایشگاه منتقل گردید.

۳-۷ ارزیابی صفات مرفولوژیک

پس ازآنکه که نمونه برداری انجام شد بوته‌ها در پاکت‌هایی که بدین منظور در نظر گرفته شده بود و شماره‌گذاری شده بود به آزمایشگاه انتقال داده شد. در آزمایشگاه وزن خشک برگ و ساقه ، وزن تر برگ و ساقه، طول ساقه، تعداد برگ، تعداد انشعابات جانبی، سطح برگ اندازه گیری شد، و در نمونه

های نهایی که دارای غلاف بودند، وزن خشک بذر، وزن خشک غلاف، وزن صد دانه لوبیا، تعداد غلاف لوبیا، به طور جداگانه اندازه گیری و ثبت گردید.

برای اندازه گیری وزن خشک اندام گیاهی، هر نمونه در داخل پاکت های شماره گذاری شده قرار داده شد و اندام های هوایی مورد نظر در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند. پس از اعمال زمان لازم، پاکت‌ها به مدت ۲۰ تا ۲۵ دقیقه در هوای آزمایشگاه نگهداری شدند تا با محیط به تعادل دمایی برسند و در نهایت با ترازوی حساس به دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند.

۳-۸ شاخص برداشت(HI)[۷] ٪

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

$$\textbf{شاخص برداشت}\ (٪) = \frac{\text{عملکرد اقتصادی}}{\text{عملکرد بیولوژیک}} \times ۱۰۰$$

۳-۹ روش رنگ آمیزی میکوریزا و تعیین کلونیزاسیون ریشه

ریشه های نمونه برداری شده با آب به خوبی شسته شدند، بطوریکه تمامی خاک و باقیمانده گیاهی از ریشه ها حذف گردیدند. بعد از نمونه برداری از ریشه های شسته شده، ریشه ها بداخل ظروف شیشه ای شفاف به حجم ۵۰ میلی لیتر منتقل شدند. سپس محلول KOH ۱۰ درصدی به ریشه ها اضافه شده و در درجه حرارت اتاق به مدت ۵-۳ روز نگهداری شدند (مدت زمان نگهداری در محلولKOH به قطر ریشه ها بستگی داشت). جهت خنثی کردن محیط قلیایی ریشه های رنگبری شده حاصل از روش قبل ، ریشه ها با آب مقطر شسته شده و به مدت ۲-۱ دقیقه در محلول HCL یک مولار قرار داده شدند.

[۷] Harvest Index

جهت رنگ آمیزی ریشه از روش حذف فنل از محلول رنگ استفاده گردید (فیلیپس و هایمن، ۱۹۷۰). در این روش ریشه های رنگبری شده به مدت ۱۲-۶ ساعت در محلول رنگ آمیزی تریپن بلو ۰/۰۱ درصد در درجه حرارت اتاق نگهداری شدند. ریشه ها پس از خارج کردن از محلول رنگ و شستو با آب مقطر تعیین میزان کلونیزاسیون بودند. برای نگهداری ریشه ها تا زمان اندازه گیری میزان کلونیزاسیون از محلول اسید لاکتیک، گلیسرول و آب استفاده گردید.

برای تعیین میزان کلونیزاسیون قارچ میکوریزا با ریشه گیاهان مورد بررسی از روش (جیوانتی و همکاران، ۱۹۸۰) استفاده گردید. بر اساس این روش ریشه های رنگ آمیزی شده به قطعات یک سانتیمتری تقسیم شده و در سطح یک پتری دیش مشبک پخش گردیدند. سپس با استفاده از میکروسکوپ با بزرگنمایی ۴۰ تعداد برخورد هریک از اندام قارچی (شامل ریسه، آرباسکول، کویل و وزیکل) با خطوط شبکه پتری دیش شمارش و بر حسب درصد محاسبه گردید.

۳-۱۰ اندازه گیری فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن(خاک‌های خنثی و قلیایی)

بعد از برداشت محصول نمونه برداری خاک از عمق ۳۰ - ۵ سانتی‌متری ناحیه توسعه ریشه جهت اندازه گیری فسفر خاک انجام شد.

۳-۱۰-۱ روش تهیه محلول‌های شیمیایی مورد نیاز در این تحقیق برای اندازه گیری فسفر

محلول استخراج کننده بی‌کربنات سدیم ۰/۵ مولار: مقدار ۴۲ گرم بی‌کربنات سدیم خالص را در یک لیتر آب مقطر تازه تهیه شده حل کرده و با اضافه کردن سود یا اسید کلریدریک، pH آن را در ۸/۵ تنظیم می کنند. در صورت تجاوز pH بیش از۸/۵ می‌توان از محلول بی کربنات سدیم ۰/۵ مولار برای پایین آوردن آن استفاده نمود.

اسید سولفوریک چهار مول: ۵۶ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ را به آرامی به ۱۵۰ میلی لیتر آب مقطر در ضمن بهم زدن اضافه کرده بعد از سرد شدن حجم آن را به ۲۵۰ میلی لیتر رسانده شد.

۳) مولیبدات آمونیوم چهار درصد: چهار گرم مولیبدات آمونیوم $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$ در صد میلی لیتر آب مقطر حل گردید.

۴) پتاسیم آنتیمونی تارتارات ۰/۲۷۵ درصد : ۰/۲۷۵ گرم پتاسیم آنتیمونی تارتارات $KSbOC_4H_4O_6$ در صد میلی لیتر آب مقطر حل گردید.

۵) اسید آسکوربیک ۱/۷۵درصد: ۱/۷۵ گرم اسید آسکوربیک را در آب مقطر حل سپس به حجم صد میلی لیتر رسانده شد. این محلول روزانه باید تهیه شود.

۶) محلول مخلوط مواد زیر را به ترتیب با مزور به درون ظرف پانصد میلی لیتری اضافه گردید و به آرامی مخلوط گردید تا کاملاً یکنواخت شود

الف) پنجاه میلی لیتر اسید سولفوریک چهار مول

ب) پانزده میلی لیتر محلول مولیبدات آمونیوم

ج) سی میلی لیتر اسید آسکوربیک

د) پنجاه میلی لیتر پتاسیم آنتیمونی تارتارات

ه) دویست میلی لیتر آب مقطر

این محلول باید روزانه تهیه شود.

۷)محلول استاندارد: ۵۰۰ ppm فسفر- مقدار ۱/۰۹۸۴ گرم پتاسیم دی هیدروژن فسفات در پانصد میلی لیتری آب مقطر حل گردید.

۸)محلول ۲۰ppm فسفر- چهل میلی لیتری از محلول ۵۰۰ppm فسفر را با محلول عصاره‌گیری (بی-کربنات سدیم) به حجم یک لیتر رسانده شد.

۹) سری استانداردها: از محلول ۲۰ppm فسفر به ترتیب ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰،۶۰ و ۷۰ میلی لیتری برداشته با بی‌کربنات سدیم به حجم یک لیتر برسانیم (با توجه به غلظت فسفر در هر منطقه می‌توان غلظت استانداردها را تغییر داد) برای استاندارد صفر از بی‌کربنات سدیم استفاده می‌شود. این محلول دارای ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸، ۱، ۱/۲، ۱/۴ پی پی ام فسفر می‌باشد.(اولسن، ۱۹۷۶)

۳-۱۱ اندازه گیری مقدار کلروفیل

به منظور اندازه‌گیری کلروفیل برگ در مرحله ۵۰ درصد گلدهی مزرعه از برگ‌های بالائی و کاملاً باز بوته‌ها نمونه برداری انجام شد. ابتدا ۰/۰۲ گرم از نمونه تازه برگ را با ۵ میلی لیتر دی متیل سولفوکسید درون یک ظرف ریخته و به مدت ۳۰ دقیقه در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت. و بعد از سرد شدن، نمونه‌ها در یک مکان تاریک قرار داده شدند. در این مرحله با استفاده از اسپکتروفتومتر، جذب محلول در طول موج‌های ۶۴۹ ، ۶۶۵ و۴۸۰ نانومتر اندازه گیری شد و از ماده دی متیل سولفوکسید نیز به عنوان محلول شاهد برای تنظیم صفر جذب نوری اسپکتروفتومتر استفاده شد (ولبرن و همکاران،۱۹۹۴). برای انجام محاسبات مربوط به تعیین میزان کلروفیل a، کلروفیل b و مجموع کلروفیل های a و b بر حسب میلی گرم در میلی لیتر به ترتیب از روابط زیر استفاده شد:

Chl a = (۱۲/۴۷ × A ۶۶۵) – (۳/۶۲× A۶۴۹)

Chl b = (۲۵/۶ ×A ۶۴۹)– (۳/۶۲ A۶۶۵)

Chl T = Chla + Chlb

Carotenoids= (۱۰۰۰A ۴۸۰ - ۱/۲۹ Chl a - ۵۳/۷۸ Chl b) /۲۲۰

در روابط فوق A۶۴۹، A۶۶۵ و A۴۸۰ به ترتیب میزان جذب در طول موج های ۶۴۹ ، ۶۶۵ و ۴۸۰ نانومتر می‌باشند. در نهایت غلظت کلروفیل‌ها و کاروتنوئید با توجه به وزن تر هر نمونه بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر ارزیابی شد.

۳-۱۲اندازه گیری پروتئین دانه :

اندازه‌گیری پروتئین دانه به روش کجلدال انجام شد. ۱ گرم از بافت خوب پودر شده به بالن‌های مخصوص کجلدال منتقل گردید. برای عمل هضم ۲۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ و سپس ۷ گرم سولفات سدیم و ۱ گرم سولفات مس (به عنوان کاتالیزور) اضافه گردید. مخلوط حاصل تا بی‌رنگ شدن حرارت داده شد. عمل تقطیر توسط دستگاه نیمه اتوماتیک کجلدال مدل WPI۲۰S شش کاناله ساخت شرکت Gerhard کشور آلمان انجام شد. تیتراسیون با استفاده از اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال به صورت دستی انجام شد. بورات آمونیوم حاصل از مرحله تقطیر توسط این اسید تیتر گردید. حجم اسید مصرف شده برای رسیدن به رنگ ارغوانی در رابطه زیر قرار گرفت تا درصد نیتروژن حاصل گردد. سپس از طریق ضریب تبدیل پروتئین در گیاه لوبیا چشم بلبلی که ۶/۲۵ می‌باشد، درصد پروتئین به‌دست آمد(بریمر و مولوانی، ۱۹۸۲).

وزن نمونه (گرم)/(A × ۰/۱۴)= درصد نیتروژن

فاکتور پروتئینی × درصد نیتروژن= درصد پروتئین

A = حجم اسید کلریدریک ۰/۱ مولار مصرفی بر حسب میلی‌لیترش

۳-۱۳ تجزیه و تحلیل اطلاعات

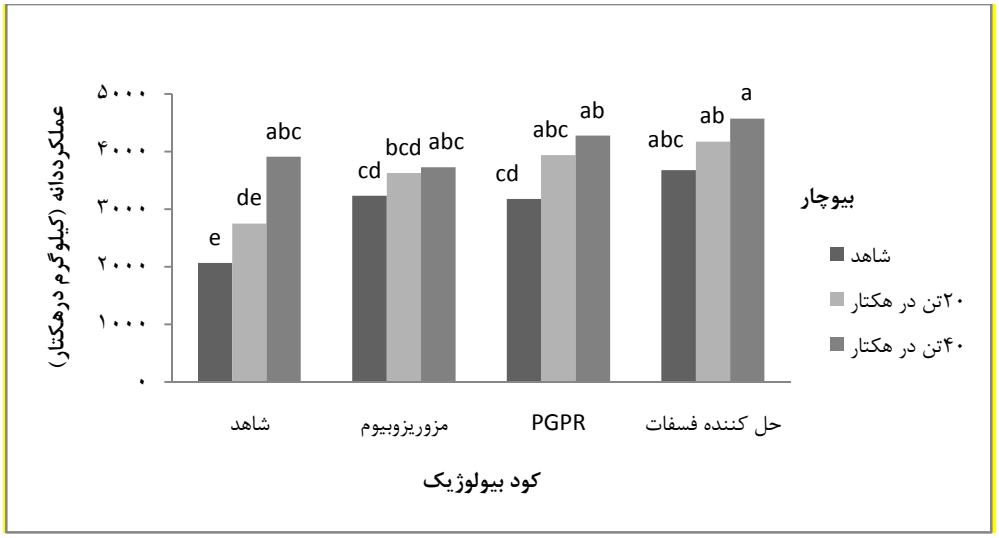
تحلیل داده ها ی حاصل از آزمایش و نمونه برداری های مختلف به روش تجزیه و تحلیل واریانس با استفاده از نرم افزار SAS صورت گرفت. میانگین صفات مورد بررسی به روش آزمون حداقل اختلافات معنی دار (LSD) مقایسه شدند نمودارها با استفاده از نرم افزار EXCEL رسم شد

فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱ عملکرد دانه

عملکرد دانه از مهمترین شاخص‌های اقتصادی در گیاهان دانه‌ای محسوب می‌گردد بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ضمیمه ۱) اثر اصلی کاربردکود بیولوژیک و اثر اصلی کاربرد بیوچار، همچنین اثر متقابل کاربردکود بیولوژیک و بیوچار بر عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی در سطح یک درصد معنی دار شد. نتایج بیانگر یک روند افزایشی در عملکرد دانه در اثر استفاده توام بیوچار و کود بیولوژیک می باشد به طوری که کاربرد توام چهل تن در هکتار بیوچار و *PGPR* موجب افزایش ۳۰ در صدی عملکرد دانه نسبت به تیمار *PGPR* شده است (شکل ۴-۱).



شکل۴-۱- تأثیر متقابل کاربرد بیوچار و کود بیولوژیک بر عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی

به کار گیری جداگانه ۲۰ تن در هکتار بیوچار از خاک ساوانای کلمبیا در مقایسه با محیط کشت غیر اصلاح شده و تحت کنترل به افزایش ۲۸ تا ۱۴۰ در صدی مقدار محصول ذرت در دومین و چهارمین سال بعد از اصلاح انجامید (ماجور و همکاران،۲۰۱۰). بیوچار از طریق تاثیرات مستقیم که همان فراهم آوردن مواد مغذی است (سیلبر و همکاران،۲۰۱۰)، و نیز تاثیرات غیر مستقیم عملکرد محصول را بهبود می بخشد. این تاثیرات غیر مستقیم عبارتند از: حفظ مواد مغذی افزایش یافته (چان و

همکاران، ۲۰۰۷؛ چان و زو، ۲۰۰۹)، بهبود pHخاک (یاماتو و همکاران، ۲۰۰۶؛ اشتاینر و همکاران، ۲۰۰۷؛ نوواک و همکاران، ۲۰۰۹)، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک (چنگ و همکاران، ۲۰۰۶؛ یاماتو و همکاران، ۲۰۰۶؛ نوواک و همکاران، ۲۰۰۹)، جابه جایی و تغییر شکل عناصر فسفر و گوگرد در خاک (پایتیکاینن و همکاران ،۲۰۰۰؛ دی لوکا و همکاران ،۲۰۰۹)، خنثی سازی ترکیبات مسموم کننده گیاهی در خاک (واردل و همکاران ، ۱۹۹۸)، بهبود خواص فیزیکی خاک که شامل حفظ آب می باشد (ایسواران و همکاران، ۱۹۸۰؛ بالستر و دوگلاس، ۱۹۹۶؛ گلاسر، ۲۰۰۲؛ چان، ۲۰۰۸؛ لایرد، ۲۰۰۹؛ نوواک، ۲۰۰۹)، ارتقاءکیفی قارچ مایکوریزا (یاماتو و همکاران، ۲۰۰۶؛ راندون و همکاران، ۲۰۰۷؛ وارناک و همکاران، ۲۰۰۷)، و اصلاح جمعیت و عملکرد میکروبی خاک (پای تیکاینن و همکاران، ۲۰۰۰؛ اشتاینر و همکاران، ۲۰۰۸؛ گرابر و همکاران، ۲۰۱۰؛ کلتن، ۲۰۱۱)، بسیاری از این تاثیرات با هم در ارتباط هستند و احتمالا با همکاری یکدیگر بازده محصول را بهبود می بخشد. افزایش کود فسفر باعث افزایش تجمع اسیمیلات‌ها در دانه می‌شود و در نهایت منجر به افزایش وزن دانه می‌گردد باکتری های حلال فسفات می توانند با سنتز هورمون های گیاهی موجب افزایش رشد گیاه شوند. به این ترتیب که این باکتری ها مراحل اولیه رشد گیاه را تحت تاثیر قرار می دهند در نتیجه ریشه حجم بیشتری از خاک را اشغال می کند و در نهایت سطح جذب افزایش می یابد.

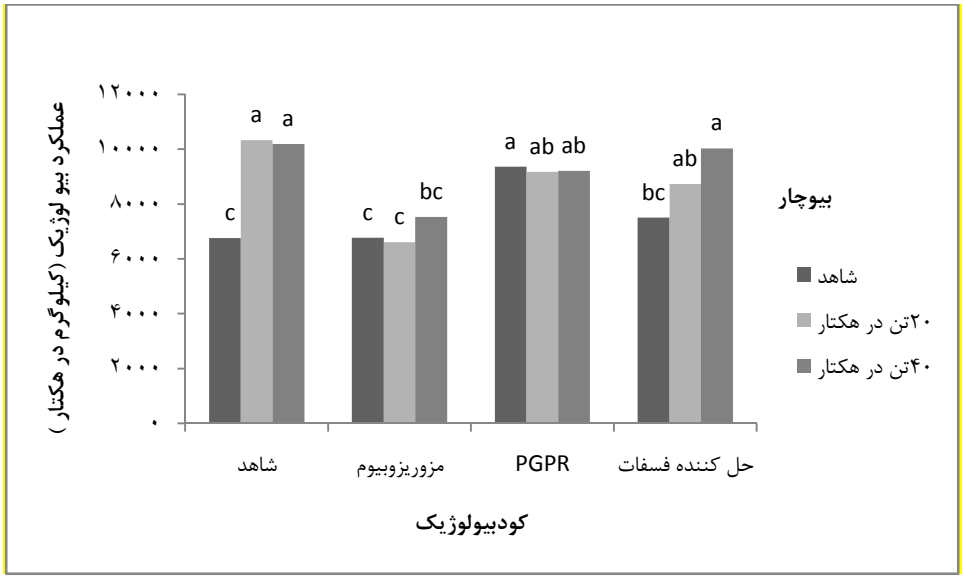
افزایش قابلیت دسترسی فسفر برای گیاه توسط کودهی، موجب افزایش تثبیت نیتروژن در لوبیا می شود و عملکرد دانه افزایش می یابد(آراجو و همکاران، ۱۹۹۶). مانجی و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که تلقیح بذور لوبیا اثر مطلوبی بر افزایش کل ماده خشک می گذارد و اندازه و کیفیت بذر مطلوب تر می‌گردد و تثبیت نیتروژن در خاک بیشتر می‌شود. این نتایج کارایی باکتری‌های موجود در کودهای زیستی را در تامین بخشی از نیتروژن مورد نیاز گیاه تایید می‌کند. به طور کلی، استفاده از کودهای زیستی باعث افزایش اجزای عملکرد و به تبع آن عملکرد دانه می‌شود که دلیل آن به وجود باکتری های تثبیت کننده عناصر مورد نیاز گیاه در فرایند تثبیت و ترشح هورمون های رشد گیاهی بر می‌گردد (زهیر و همکاران ۲۰۰۴).

نتایج تحقیقات رخزادی و توشی (۲۰۱۱) و رضوان بیدختی و همکـاران (۱۳۸۸) بیـانگر اثـر مثبـت و معنی‌دار باکتری حل کننده فسفات بر عملکرد دانه نخود و گندم بود.

نتایج تحقیقات اینجانب نشان می دهد که کاربرد توام بیوچار در حضـور کـود بیولوژیـک ماننـد حـل کننده های فسفات، افزایش دهنده رشد، و تثبیت کننده ازت عملکرد بهتری نسبت بـه تیمـار شـاهد داشته باشد که این موضوع می تواند اثر ترکیبی آنها در بهبود شرایط تغذیه ای گیاه مانند فسفر قابل دسترس خاک و افزایش فرایند های فیزیولوژیک مانند فتوسنتز از طریق افزایش میزان کلروفیل باشد که سبب افزایش عملکرد دانه شده است.

۴-۲ عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی کاربرد کود بیولوژیک و اثر اصلی کاربرد بیوچار و همچنین اثر متقابل کاربرد کود بیولوژیک و بیوچار توانست اختلاف معنی داری در سطح یـک درصـد برعملکرد بیولوژیک لوبیا نشان دهد (جدول ضمیمه ۱). شکل شماره ۴-۲ بیانگر تاثیر متقابل استفاده از چهل تن در هکتار بیوچار به همراه باکتری حل کننـده فسـفات مـی باشـدکه موجـب افـزایش ۴۸ درصدی عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی نسبت به تیمار شاهد شده است، هرچند کاربرد چهل تن در هکتار بیوچار به همراه باکتری حل کننده فسفات با تیمار بیست تن درهکتـار بیوچـار بـه همـراه باکتری حل کننده فسفات در یک سطح آماری قرار دارند، و کاربرد بیسـت تـن درهکتـار بیوچـار بـه همراه باکتری حل کننده فسفات نیز با تیمار باکتری حل کننده فسـفات در یـک سـطح آمـاری قـرار دارند.



شکل۴-۲- تأثیر متقابل کاربرد بیوچار و کود بیولوژیک بر عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی

حجم های مختلف بیوچار (۳۰ و ۶۰ تن در هکتار) در آبگیر های مدیترانه بیوماس و مقدار محصول گندم دوروم را به بیش از ۳۰ درصد افزایش داد و این تاثیری بود که برای دو فصل متوالی ادامه داشت (واکاری و همکاران، ۲۰۱۱). طبق مطالعات(لهمان، ۲۰۰۳) افزودن بیوچار می تواند میزان باروری گیاه را به دو صورت بهبود ببخشد: اولاً به طور مستقیم و در اثر محتویات مواد مغذی و ویژگی های منتشر شده و ثانیاً به طور غیر مستقیم و از طریق حفظ مواد مغذی بهبود یافته است.

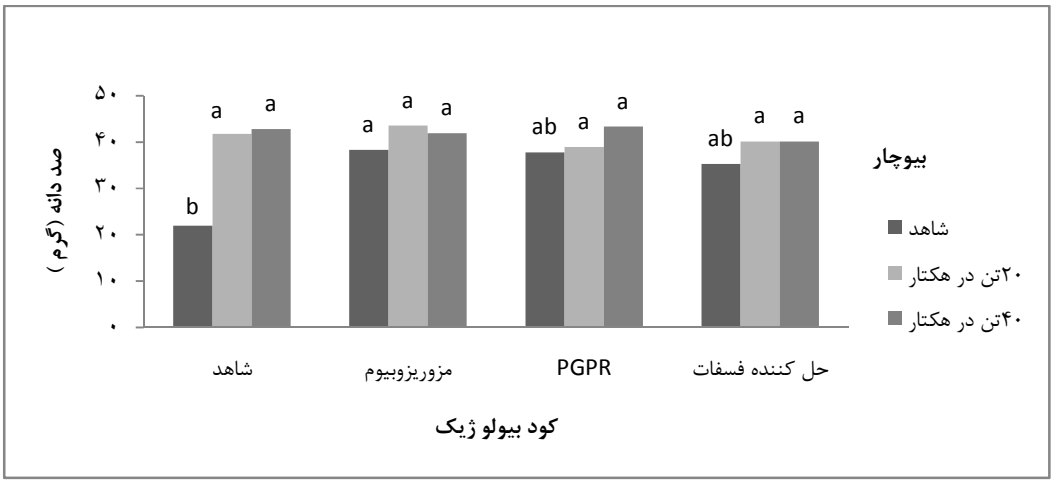
باکتری ازتوباکتر از طریق تولید متابولیت‌های محرک رشد مانند اکسین، سیتوکینین، جیبرلین می-تواند بر رشد رویشی گیاه تأثیر گذاشته و وزن اندام‌های هوایی را افزایش دهد (کارلتی، ۲۰۰۲). به نظر می‌رسد تولید این قبیل متابولیت‌ها باعث افزایش رشد رویشی و عملکرد ماده خشک در گیاه گردیده است. از طرف دیگر، نیتروژن هم نقش بسیار پر رنگی را در افزایش رشد رویشی گیاه دارد و با افزایش دسترسی به آن، وزن خشک گیاه افزایش می‌یابد. (بشان و همکاران، ۲۰۰۴)

(آراژو و همکاران، ۱۹۹۶) آنها گزارش کردند که سطوح مختلف مصرف فسفر بیشتر،عملکرد ماده خشک در لوبیا را افزایش داد. یزدانی و همکاران (۲۰۱۰) مشاهده نموده اند که مصرف توام باکتری های حل کننده فسفات و باکتری های محرک رشد، رشد اندام های هوایی و عملکرد ماده خشک لوبیا

افزایش داد. به نظر می رسد کاربرد بیوچار بدون کود بیولوژیک و یا به همراه کود بیولوژیک بـه دلیـل فراهم آوردن عناصر غذایی موجب افزایش عملکرد بیولوژیک گردیده است.

۴-۳ وزن صد دانه لوبیا

وزن صد دانه یکی از عوامل مؤثر در شکل گیری عملکرد دانه است. نتایج تجزیه واریانس صفات نشان می دهد اثر اصلی کاربرد کود بیولوژیک بر وزن صددانه لوبیا چشم بلبلی معنی داری نبود. در حالیکه اثر اصلی کاربرد بیوچار بر وزن صددانه در سطح یک در صد معنی دار شد. همچنین اثر متقابل کود بیولوژیک و بیوچارتوانست اختلاف معنی داری را در سطح پنج در صد بر وزن صد دانه لوبیا ایجاد کند (جدول ضمیمه ۱). شکل ۴-۳ بیانگر اثر متقابل مصرف بیوچار و کود بیولوژیک بر وزن صد دانه لوبیا چشم بلبلی است. همانطور که در شکل مشاهده می شود مصرف بیوچار سبب ایجاد یک روند افزایشی بر وزن صد دانه در تمام سطوح کود بیولوژیک نسبت به تیمار شاهد شده است. هر چند کاربرد توام بیوچار و کود بیولوژیک با کاربرد کود بیولوژیک به تنهایی در یک سطح آماری قرار می گیرند.



شکل۴-۳- تأثیر متقابل کاربرد بیوچار و کود بیولوژیک بر وزن صد دانه لوبیا چشم بلبلی

کود های بیولوژیک با تاثیر بر فیزیولوژی گیاهان قادرند سبب تجمع اسیمیلات ها در بخش اقتصادی گیاهان گردند این کود ها قادرند با تثبیت نیتروژن تولید محرک رشد (هورمون ، ویتامین ، آنزیم) و

همچنین حل کردن عناصر غیر محلول در خاک سبب جذب بیشتر عناصر غذایی و در نتیجه رشد بیشتر گیاهان گردند به نظر می رسد این کودها با افزایش جذب عناصر و تجمع آنها مانند فسفر (ص ۷۳) و افزایش فرایند های فیزیولوژیک مانند فتوسنتز از طریق افزایش کلروفیل (ص۶۲) توانسته اند سبب افزایش صد دانه شوند .

کود های زیستی متشکل از میکروارگانیسم های مفیدی هستند که هر یک به منظور خاصی مانند تثبیت نیتروژن، رها سازی یون فسفات ،پتاسیم ،آهن و غیره تولید می شوند این ارگانیسم ها معمولا در اطراف ریشه هستند و گیاه را در جذب عناصر یاری می کنند (رودریگرز و رونالدو، ۱۹۹۹؛ ویلیام و همکاران، ۲۰۰۴). عنصر نیتروژن به دلیل نقش مهمی که در فرایندهای سوخت و ساز گیاه دارد، با شرکت در متابولیسم گیاه و با افزایش میزان تجمع ماده خشک در اندام‌های گیاهی به‌ویژه دانه، موجب افزایش وزن دانه‌ها می‌گردد (سالاردینی و مجتهدی، ۱۳۷۶). بنابراین، باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم با افزایش دسترسی گیاه به نیتروژن می‌توانند نقش مهمی در افزایش وزن صد دانه داشته باشند.

۴-۴ تعداد غلاف لوبیا

تعداد غلاف در گیاه مهمترین ویژگی تعیین‌کننده عملکرد لوبیا می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر اصلی کاربرد کود بیولوژیک و اثر اصلی بیوچار و اثر متقابل کود بیولوژیک و بیوچار بر تعداد غلاف لوبیا معنی دار نبود (جدول ضمیمه۱).

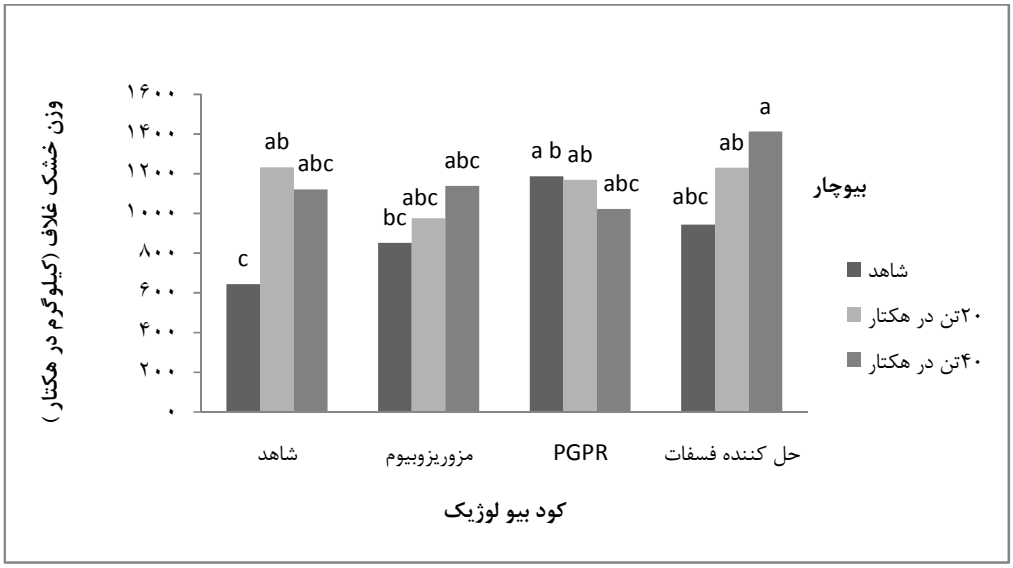
آنتونز و مکاران، (۲۰۰۶) طی مطالعاتی که روی لوبیا انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که تلقیح با باکتری رایزوبیوم موجب افزایش معنی‌دارعملکرد دانه، تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف نسبت به تیمار شاهد شد. هر چند که در این آزمایش تفاوت معنی دار با شاهد مشاهده نشد.

۴-۵ تعداد دانه در غلاف

نتایج تجزیه واریانس دادها نشان که اثر اصلی کاربرد کود بیولوژیک و اثر اصلی بیوچار و اثر متقابل کود بیولوژیک و بیوچار بر تعداد دانـه در غـلاف لوبیـا معنـی دار نشـد (جـدول ضـمیمه ۱). کـاظمی پشت‌مساری و همکاران (۱۳۸۶) اثر باکتری حل کننده فسفات (کود زیستی فسـفاته بـارور-۲) را بـر روی باقلا بررسی کردند و به نتایج مشابهی دست یافتند و اثر باکتری حل کننده فسفات بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار نبود. ولی کارلیر و همکاران (۲۰۰۸) و مرادی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که باکتری حل کننده فسفات اثر مثبت و معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله گندم و تعداد دانه در طبـق آفتابگردان داشته‌اند.

۴-۶ وزن خشک غلاف لوبیا

نتایج جدول ضمیمه یک نشان داد اثر اصلی کاربرد کود بیولوژیک بر وزن خشک غلاف لوبیا در سطح پنج درصد معنی دار شد و اثر اصلی بیوچار و اثر متقابل کود بیولوژیک و بیوچار نیز توانستند اختلاف معنی داری بر وزن خشک غلاف لوبیا در سطح یک درصد ایجاد کنند. بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ضمیمه۶) وزن خشک غلاف لوبیا با میانگین۱۴۱۲کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار باکتری حل کننده فسفات به همراه بیوچار (چهل تن در هکتار) می باشد و میانگین وزن خشک غلاف لوبیا با میانگین ۶۴۴/۶ کیلوگرم در هکتار متعلق به شاهد می باشد. که در نتیجه کاربرد باکتری حل کننده فسفات به همراه بیوچار (چهل تن در هکتار) باعث افزایش ۲/۱۹ برابری وزن خشک غلاف لوبیا نسبت به تیمار شاهد شده است. هرچند این تیمار با تیمار بیوچار(بیست تن در هکتار) به همراه باکتری حل کننده فسفات و حل کننده فسفات در یک سطح آماری قرار دارند (شکل۴-۴).



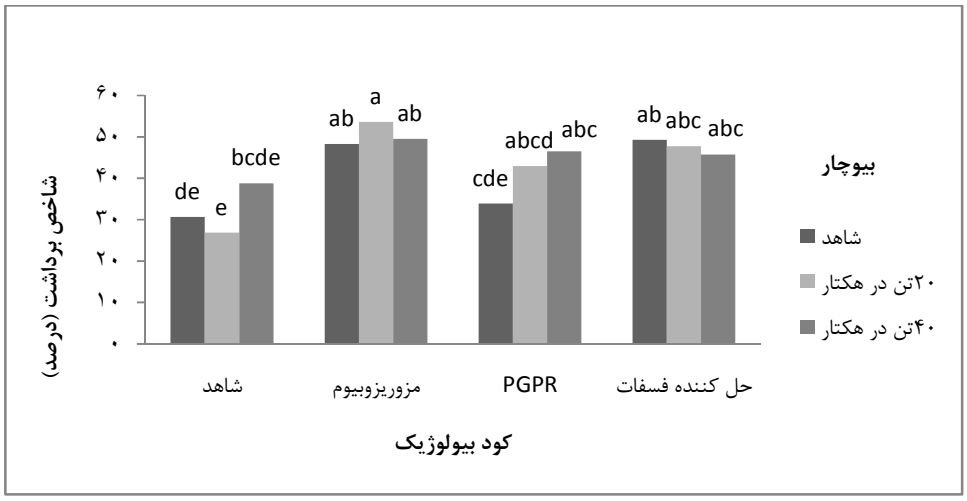
شکل۴-۴- تأثیرمتقابل کاربرد بیوچار و کود بیولوژیک بر وزن خشک غلاف لوبیا چشم بلبلی

کاربرد باکتری*Pseudomonas ssp* و*BradyrhizobiumJaponicum* می تواند تعداد غلاف، وزن خشک غلاف، اجزای عملکرد دانه، فراهمی عناصر غذایی خاک و جذب آن هارا در سویا را افزایش دهد (سان و همکاران، ۲۰۰۶). در نتیجه به نظر می رسد کاربرد توام بیوچار و کود های بیولوژیک به دلیل بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی موجب افزایش وزن خشک غلاف لوبیا شده است.

۴-۷ شاخص برداشت لوبیا

شاخص برداشت در واقع نشان دهنده وضعیت تخصیص مواد فتوسنتزی بین رشد رویشی و رشد زایشی گیاه می‌باشد. هرچه شاخص برداشت بالاتر باشد نشان دهنده آن است که گیاه درصد بیشتری از مواد فتوسنتزی را به قسمت محصول اقتصادی اختصاص داده است. البته شاخص برداشت بالا زمانی مناسب است که گیاه از لحاظ عملکرد دانه و چه از لحاظ عملکرد بیولوژیک به پتانسیل ژنتیکی خود نزدیک شده باشد و سهم عمده‌ای از عملکرد بیولوژیک، مربوط به عملکرد اقتصادی گیاه باشد

(کوچکی و همکاران، ۱۳۷۸). براساس نتایج تجزیه واریانس، اثر اصلی بیوچار بر شاخص برداشت لوبیا در سطح پنج درصد معنی دار شد، و اثر اصلی کود بیولوژیک و اثر متقابل کود بیولوژیک و بیوچار بر شاخص برداشت لوبیا در سطح یک در صد معنی دار شد (جدول ضمیمه ۱). با توجه به نتایج مقایسات میانگین (جدول ضمیمه ۵) شاخص برداشت لوبیا با میانگین۵۳/۶۱ درصد مربوط به تیمار مزوریزوبیوم به همراه بیوچار (بیست تن در هکتار) بود. و این تیمار با تیمار مزوریزوبیوم و کاربرد توام بیوچار (چهل تن در هکتار) و مزوریزوبیوم دریک سطح آماری قرار دارند. در حالیکه تیمار شاهد رقمی معادل ۳۰/۶۸ درصد را نشان داد. کاربرد توام کود بیولوژیک و بیوچار روند افزایشی در شاخص برداشت نشان داده است. (شکل ۴-۵).

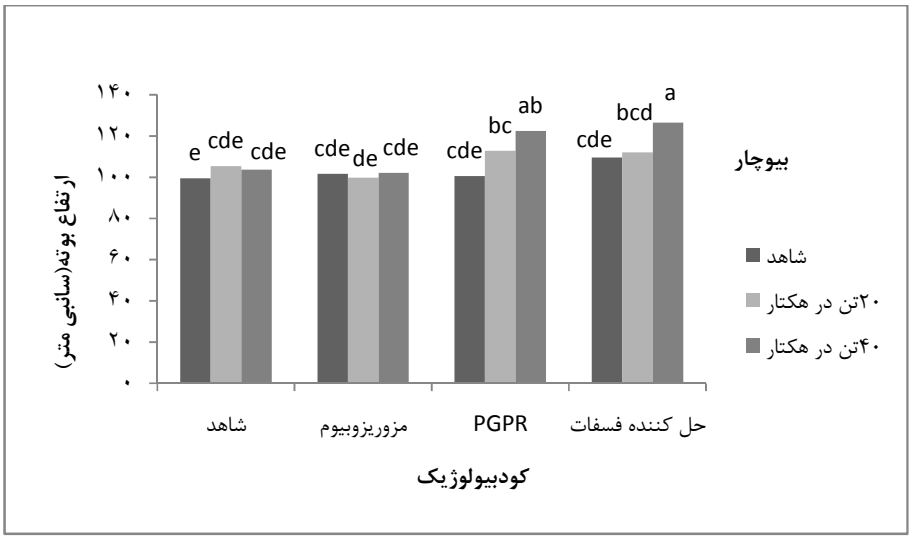


شکل۴-۵- تأثیرمتقابل کاربرد بیوچار و کود بیولوژیک بر شاخص برداشت لوبیا چشم بلبلی

باکتری ریزوبیومی همزیست لوبیا موجب افزایش جذب برخی عناصر نیز می شود (یحیی آبادی، ۲۰۰۸). به نظر میرسد کاربرد توام بیوچار و کود بیو لوژیک به دلیل تاثیر بر فرایند های فیزیولوژیک گیاه از جمله فتوسنتز گیاه از طریق افزایش کلروفیل توانسته موجب افزایش شاخص برداشت گردد.

۴-۸ ارتفاع بوته لوبیا

ارتفاع نهایی گیاه معمولاً تحت تأثیر عوامل ژنتیکی می‌باشد ولی محیط نیز ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ارتفاع جزء مهمی در تعیین عملکرد نمی‌باشد، ولی احتمالاً ارقام با ارتفاع بلندتر عملکرد ماده خشک بیشتری دارند (سلیمی، ۱۳۸۹). اثر اصلی کود بیولوژیک و اثر اصلی بیوچار و همچنین اثر متقابل این دو توانست اختلاف معنی داری را در ارتفاع بوته گیاه لوبیا چشم بلبلی ایجاد کند (جدول ضمیمه ۲). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد (جدول ضمیمه ۶) که ارتفاع بوته با میانگین -۱۲۶/۶سانتی متر در بوته مربوط به تیمار باکتری حل کننده فسفات به همراه بیوچار (چهل تن در هکتار) است در حالیکه میانگین ارتفاع بوته در تیمار شاهد ۹۹/۳۷ سانتی متر در بوته است نتایج این آزمایش نشان می دهد، تیمار باکتری حل کننده فسفات به همراه بیوچار (چهل تن در هکتار) موجب افزایش ۲۷ درصدی ارتفاع بوته نسبت به تیمارشاهد شده است. کاربرد توام بیوچار و کودبیولوژیک روند افزایشی بر ارتفاع بوته داشته است (شکل ۴-۶).



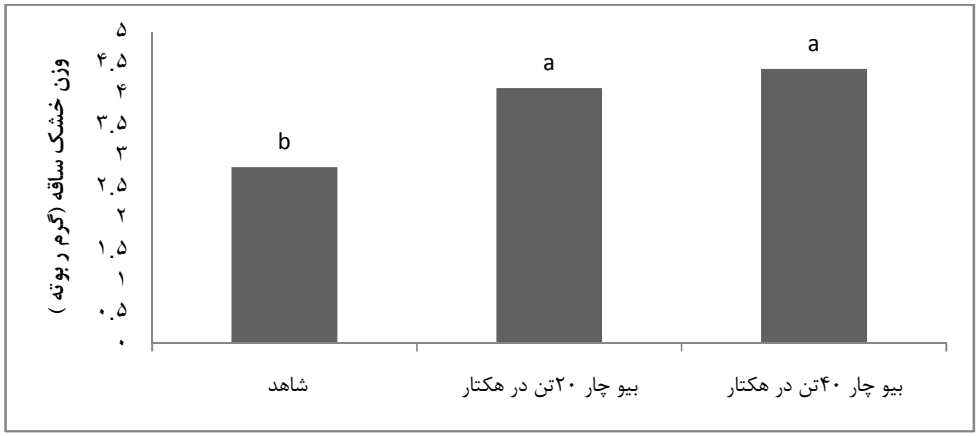
شکل۴-۶- تأثیر متقابل کاربرد بیوچار و کود بیولوژیک بر ارتفاع ساقه لوبیا چشم بلبلی

دلایل این تاثیر علاوه بر توانایی این میکروارگانیسم ها در انحلال فسفات های نا محلول خاک مربوط به سایر توانایی های این باکتری ها نظیر سنتز هورمون های محرک رشد نظیر ایندول استیک اسید، جیبرلین، سیتوکنین ها و همچنین سنتز ویتامین ها و اسید های آمینه نیز می تواند باشد که باعث افزایش رشد و کیفیت محصول می شود. غلامی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که کاربرد باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن موجب افزایش ارتفاع بوته ذرت می‌شود. ویژگی‌های رویشی گیاهان مانند ارتفاع بوته شدیدا تحت تأثیر عناصر غذایی و آب قرار می گیرد و با دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی (مخصوصا نیتروژن)، از طریق تأثیر بر روی تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها در افزایش ارتفاع بوته بسیار مؤثر می‌باشد (اسماعیلی و پادواردهان ۲۰۰۶). از این رو، با استناد به مطالعات صورت گرفته، کودهای زیستی می‌توانند نقش زیادی در افزایش دسترسی به نیتروژن و بنابراین افزایش ارتفاع گیاه داشته باشند. نتایج این مطالعه نشان دادکه کاربرد توام کود بیولوژیک و بیوچار به دلیل افزایش قابلیت دسترسی به عناصر غذایی از جمله فسفر قابل دسترس موجب بهبود ارتفاع بوته لوبیا چشم بلبلی گردید.

۴-۹ وزن خشک ساقه

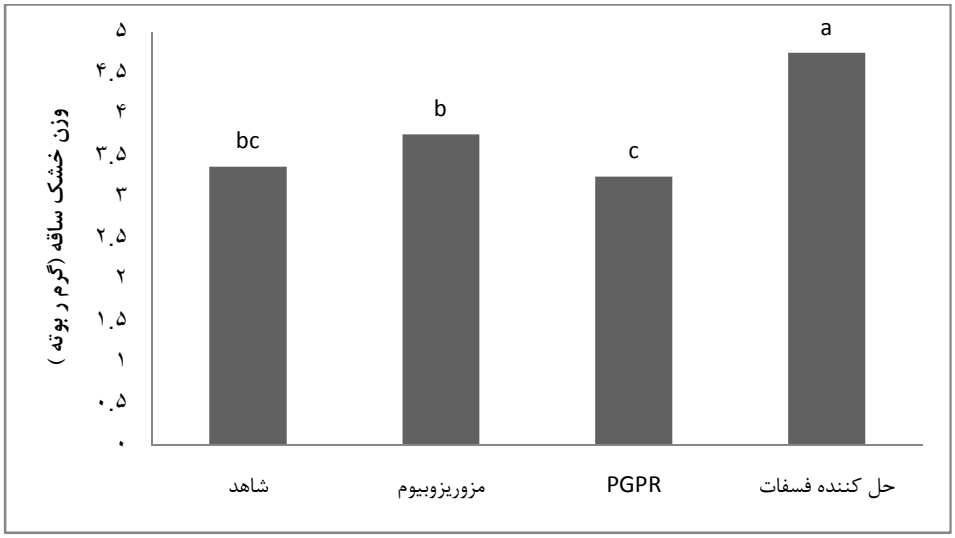
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل بیوچار و کود بیولوژیک بر وزن خشک ساقه معنی دار نشد. در حالیکه اثر اصلی بیوچار بر وزن خشک ساقه اختلاف معنی داری در سطح یک در صد به وجود آورد (جدول ضمیمه ۳). بر اساس نتایج مقایسات میانگین (جدول ضمیمه ۸) اثر کاربرد بیوچاردرمیزان وزن خشک ساقه با میانگین های ۱،۴/۴/ ۴ گرم در بوته به ترتیب مربوط به تیمارهای بیوچار چهل تن در هکتار و بیوچار بیست تن در هکتار می باشد. و هردو تیمار در یک سطح آماری قرار دارند. و کمترین میزان وزن خشک ساقه با میانگین ۲/۸۳گرم در بوته مربوط به

تیمار شاهد می باشد. نتایج این پژوهش نشان می دهد کاربرد چهل تن در هکتار بیوچار موجب افزایش ۵۵ درصدی وزن خشک ساقه نسبت به تیمار شاهد شده است (شکل ۴-۷).



شکل۴-۷- تأثیرکاربرد بیوچار بر وزن خشک ساقه لوبیا چشم بلبلی

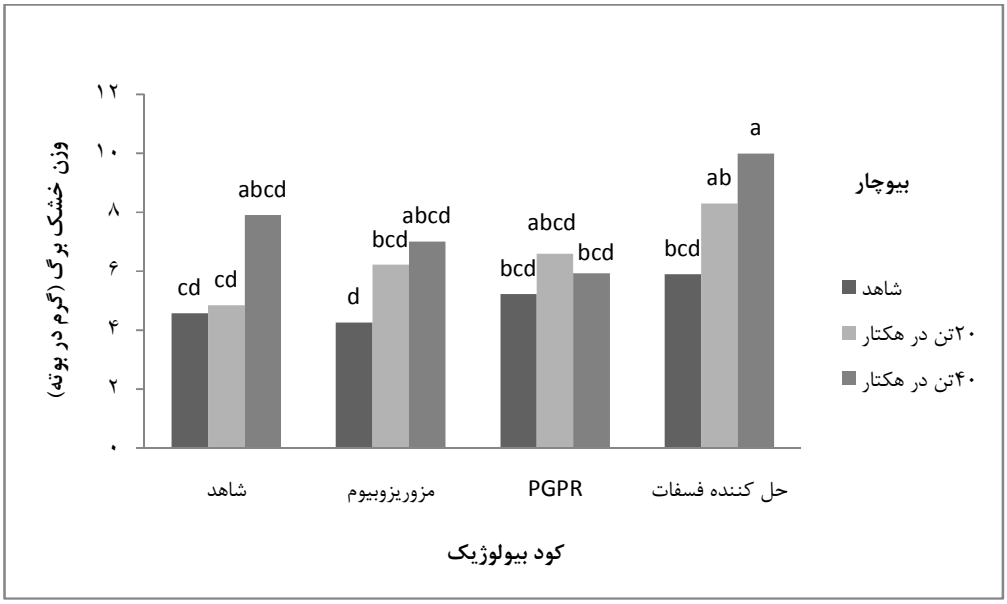
همچنین اثراصلی کاربرد کود بیولوژیک بروزن خشک ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. میانگین نتایج نشان داد که میزان وزن خشک ساقه با میانگین ۴/۴۷۵ گرم در بوته مربوط به تیمار باکتری حل کننده فسفات می باشد. و باکتری *PGPR* و تیمار شاهد هر دو در یک سطح آماری قرار دارند و مزوریزوبیوم و تیمار شاهد نیز در یک سطح آماری قرار دارند. درنتیجه کاربرد حل کننده فسفات موجب افزایش۳۲ درصدی وزن خشک ساقه نسبت به تیمار شاهد شده است (شکل ۴-۸).



شکل۴-۸- تأثیرکاربرد کود بیولوژیک بر وزن خشک ساقه لوبیا چشم بلبلی

۴-۱۰ وزن خشک برگ

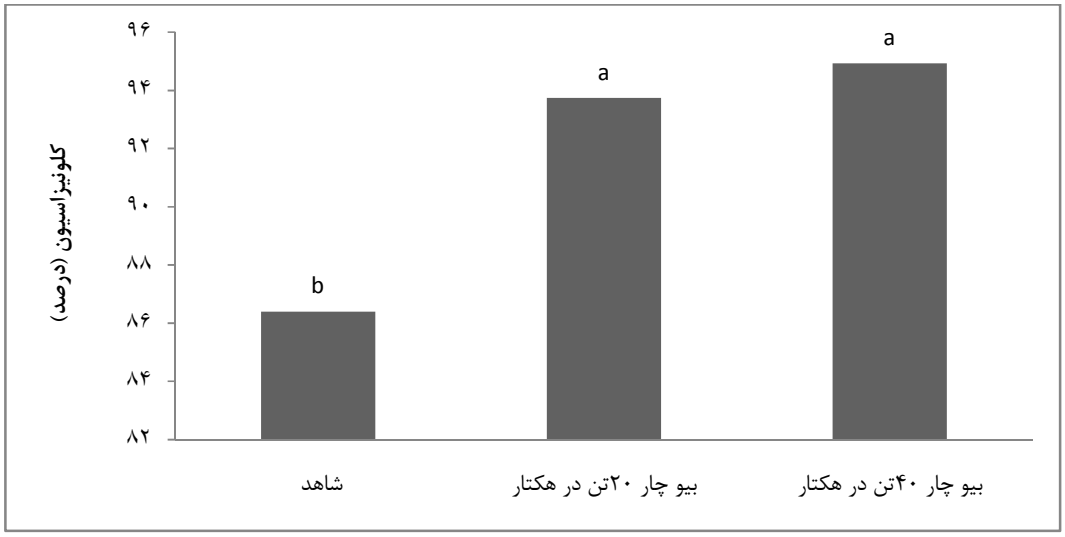
نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی کاربرد کود بیولوژیک و اثر اصلی بیوچار و همچنین اثر متقابل کاربرد بیوچار و کودبیولوژیک بر وزن خشک برگ در هر بوته لوبیا اختلاف معنی داری در سطح یک درصد ایجاد کردند (جدول ضمیمه۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ضمیمه ۶) وزن خشک برگ لوبیا با میانگین۹/۹۹ گرم در بوته مربوط به تیمار باکتری حل کننده فسفات به همراه بیوچار (چهل تن در هکتار) می باشد و وزن خشک برگ لوبیا با میانگین ۴/۲۶ متعلق به باکتری مزوریزوبیوم می باشد. کاربرد توام حل کننده فسفات و چهل تن در هکتار بیوچار موجب افزایش۲/۱ برابری وزن خشک برگ لوبیا نسبت به تیمار شاهد شده است هرچند این تیمار با تیمار بیست تن در هکتار بیوچار به همراه حل کننده فسفات در یک سطح آماری قرار دارند (شکل۴-۹).



شکل۴-۹- تأثیر بیوچار وکود بیولوژیک بر وزن خشک برگ لوبیا چشم بلبلی

۴-۱۱ درصد کلونیزاسیون ریشه لوبیا

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس اثر کاربرد بیوچار بر درصد کلونیزاسیون ریشه لوبیا سبب ایجاد اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد شد ولی سایر اثرات معنی دار نشد (جدول ضمیمه ۲). بر اساس نتایج مقایسات میانگین صفات (جدول ضمیمه ۷) درصد کلونیزاسیون ریشه در حضور بیوچار (چهل تن در هکتار) با میانگین ۹۴/۹۳ درصد مشاهده شد و میانگین در صد کلونیزاسیون ریشه در شاهد ۸۶/۴ درصد مشاهده شد.کاربرد بیوچار (چهل تن در هکتار) موجب افزایش ۹ درصدی کلونیزاسیون ریشه نسبت به تیمار شاهد شده است همچنین میزان کلونیزاسیون ریشه بین تیمار بیوچار (چهل تن در هکتار) و بیوچار (بیست تن در هکتار) اختلاف معنی داری مشاهده نشد و هر دو در یک سطح آماری قرار دارند (شکل۴-۱۰).



شکل۴-۱۰- تأثیرکاربرد بیوچار بر درصد کلونیزاسیون ریشه لوبیا چشم بلبلی

طبق بررسی اخیر لهمان و همکاران (۲۰۱۱) شواهدی زیادی وجود دارد که نشان می دهند وجود بیوچار در خاک تاثیرات بسیارمهمی بر میکروارگانیسم های خاک داشته است.خانواده اصلی میکرو ارگانیسم های خاک که به خاطر تاثیر مثبتش بر باروری گیاه شناخته شده است قارچ مایکوریزا آربسکولار نام دارد. قارچ مایکوریزا آربسکولار قارچ های همزیست واجب الوجودی هستند که با ریشه گیاهان آوندی همزیستی می کنند (موس ،۱۹۵۷). یک ارزیابی محتاطانه نشان می دهد که ۸۰ درصد گیاهان خاکزی میزبانان بالقوه این قارچ ها هستند (بن فانته و فاسولو، ۱۹۸۷). افزودن بیوچار به خاک غالبا به افزایش تعاملات همزیستانه بین قارچ میکوریزا و گیاه منتج می شود (وارناک و همکاران، ۲۰۰۷). برای مثال همزیستی ریشه های گندم و مقدار محصول غله ای گندم به خاطر استفاده از بیو چار و کود معدنی افزایش قابل ملا حظه ای پیدا کردند. استفاده از بیو چار و کود همچنین به افزایش همزیستی میکوریزا در گیاه شبدر انجامید و این طور نتیجه گیری شد که بیوچار شرایط مناسبی را برای قارچ میکوریزا فراهم می آورد تا ریشه گیاه را تحریک به همزیستی کند(سولایمن و همکاران ،۲۰۱۰). وارناک (۲۰۰۷) با بیان چهار مکانیسم نحوه تاثیر گذاری بیوچار را بر فراوانی میکوریزی و عملکرد آن توضیح می دهد :

۱) اصلاح خواص فیزیکی و شیمیایی خاک.

۲) تاثیرات غیر مستقیم بر میکوریزا در نتیجه تاثیرات بر سایر میکروب های خاک.

۳) دخالت علامت دهنده گیاه و قارچ و سم زدایی عناصر سمی در بیوچار.

۴) تامین سد و پناه در مقابل خطرات ناشی از قارچ خورها .

این مکانیسم ها احتمالا سایر قارچ های خاکزی را نیز تحت تاثیر قرار می دهند و از آن جمله می توان به پاتوژن های گیاهی اشاره نمود.

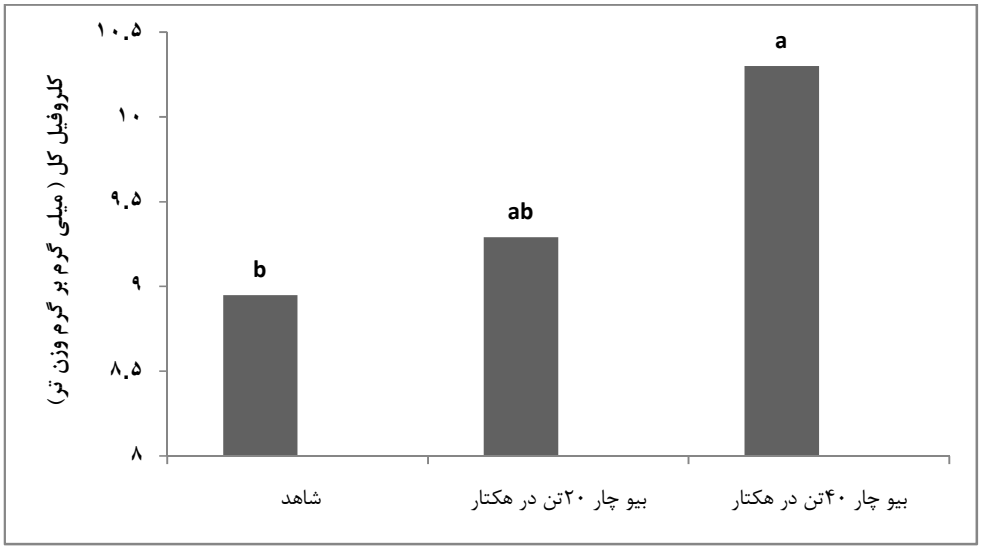
ایشی و کادویا(۱۹۹۴)، استدلال می کنند که افزودن بیوچار خواص فیزیکی و شیمیایی خاک را تغییر می دهد و این امر منجر به افزایش دسترسی گیاه به مواد مغذی خاک و تقویت همزیستی ریشه میکوریزا می شود. به همین سان سایتو(۱۹۹۰)، افزایش بیش از ۳۰۰ درصد در ایجاد همزیستی میکوریزا را در دانه های سویا که در زمین رویانیده شده بودند مشاهده کرد.

۴-۱۲میزان کلروفیل کل، کلروفیلa و کلروفیل b برگ لوبیا

کلروفیل کل:

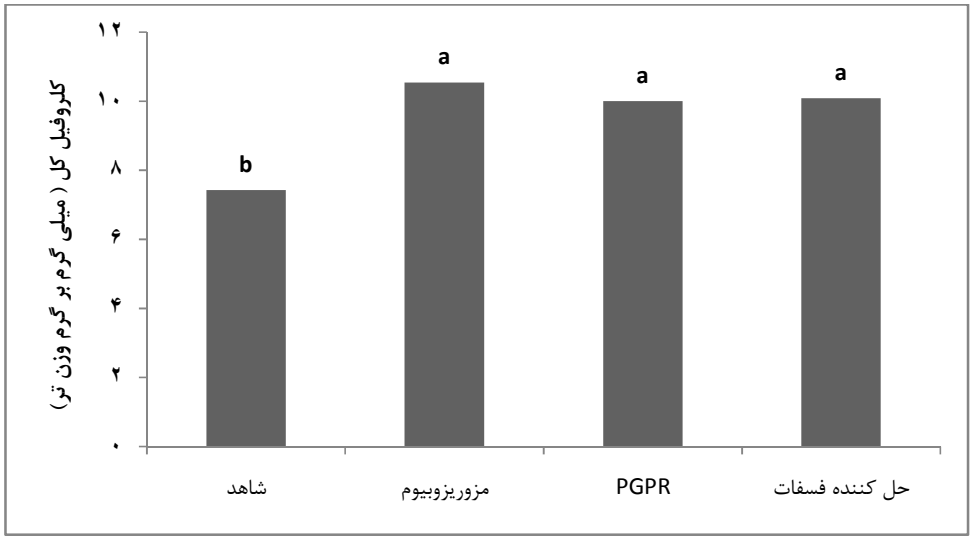
رنگیزه‌های درون غشای کلروپلاست عمدتاً از دو نوع کلروفیل (a و b) و دو نوع رنگیزه نارنجی و زرد به نام کاروتنوئید (کاروتن و گزانتوفیل) تشکیل شده است (سرمدنیا و همکاران،۱۳۷۲). با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل کاربرد بیوچار و کود بیولوژیک بر کلروفیل کل معنی دار نشد. ولی اثر اصلی کاربرد بیوچار برکلروفیل کل در سطح احتمال پنج درصد معنی دارشد (جدول ضمیمه ۲). مقایسه میانگین نتایج نشان داد (جدول ضمیمه ۷) که میزان کلروفیل کل با میانگین ۱۰/۳ میلی گرم بر گرم وزن تر مربوط به تیمار بیوچار چهل تن در هکتار می باشد و میزان کلروفیل کل با میانگین ۸/۹۵ میلی گرم بر گرم وزن تر مربوط به تیمار شاهد می باشد در نتیجه کاربرد چهل تن در هکتار بیوچار و بیست تن در هکتار بیوچار اختلاف معنی داری مشاهده نشد و هر دو در یک سطح آماری

قرار دارند همچنین بیست تن در هکتار بیوچار نیز با تیمار شاهد نیز در یک سطح آماری قرار دارند (شکل ۴-۱۱).



شکل۴-۱۱- تأثیرکاربرد بیوچار بر کلروفیل کل لوبیا چشم بلبلی

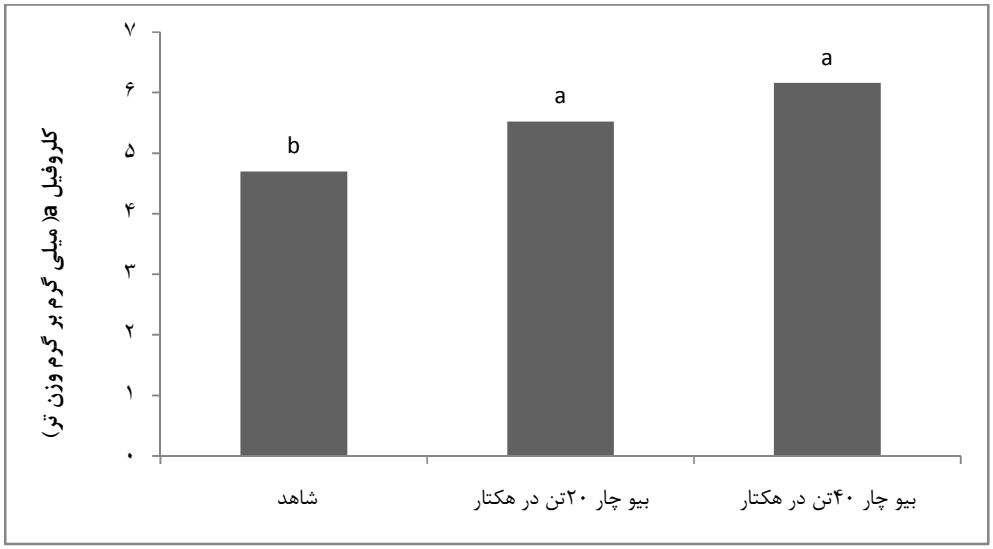
نیتروژن در ساختار کلروفیل، پروتئین، آنزیم و اسید نوکلئیک نقش کلیدی دارد (اسمیل و همکاران ،۲۰۰۰). بیوچار دارای ظرفیت تبادل آنیونی قابل ملاحظه ای است در نتیجه باعث جذب مواد آنیونی مثل نیترات و فسفات می شود، در نتیجه کاربرد بیوچار به دلیل افزایش نیترات و فسفر موجب افزایش کلروفیل کل شده است. همچنین اثر کاربرد کود بیولوژیک بر کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد(جدول ضمیمه ۲). مقایسه میانگین نتایج نشان داد (جدول ضمیمه ۷) که میزان کلروفیل کل با میانگین های ۱۰/۵۴، ۱۰/۰۸، ۱۰/۰۱ میلی گرم بر گرم وزن تر به ترتیب مربوط به تیمار های باکتری مزوریزوبیوم و حل کننده فسفات و *PGPR* بود و میزان کلرفیل کل با میانگین ۷/۴۳ میلی گرم بر گرم وزن تر مربوط به تیمار شاهد می باشد در واقع بین سطوح مختلف کود بیولوژیک اختلاف معنی داری مشاهده نشد و در یک سطح آماری قرار گرفته اند (شکل ۴-۱۲).



شکل۴-۱۲- تأثیرکاربردکودبیولوژیک بر کلروفیل کل لوبیا چشم بلبلی

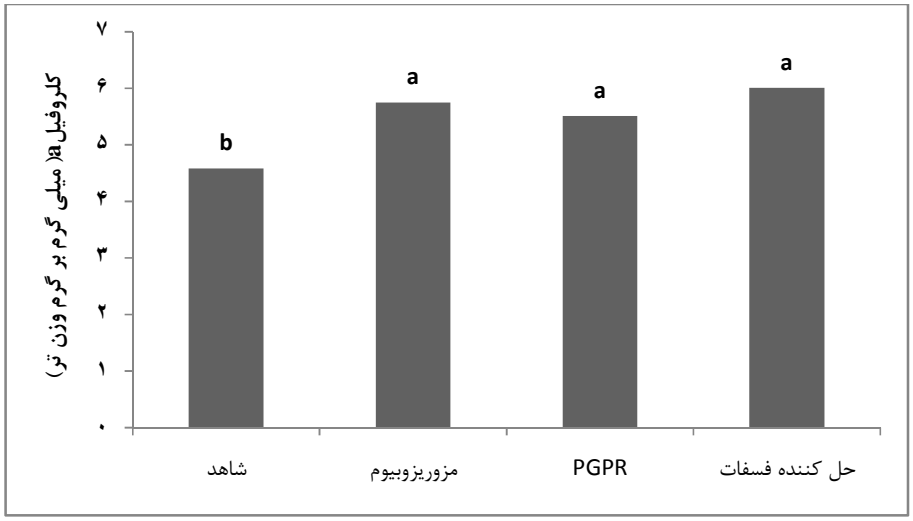
کلروفیل a :

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل کاربرد بیوچار و کود بیولوژیک بر کلروفیل a معنی دار نبود ولی اثر کاربرد بیوچار برکلروفیل a در سطح احتمال یک درصد معنی دارشد (جدول ضمیمه ۲). نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد (جدول ضمیمه ۷) که میزان کلروفیل a با میانگین ۶/۱۶ میلی گرم برگرم وزن تر مربوط به تیمار بیوچار (چهل تن در هکتار) می باشد هرچند این تیمار از لحاظ آماری اختلاف معنی داری با تیمار بیوچار (بیست تن در هکتار) نداشت و هر دو در یک سطح آماری قرار دارند. و کمترین میزان کلروفیل a با میانگین ۴/۷ میلی گرم برگرم وزن تر مربوط به تیمار شاهد می باشد (شکل ۴-۱۳).



شکل۴-۱۳- تأثیرکاربرد بیوچار بر کلروفیل a لوبیا چشم بلبلی

همچنین اثر اصلی کاربرد کود بیولوژیک بر کلروفیل a در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ضمیمه ۲). نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد (جدول ضمیمه ۷) بین سطوح مختلف کود بیولوژیک اختلاف معنی داری مشاهده نشد و هر سه سطح کود بیولوژیک در یک سطح آماری قرار دارند و کمترین میزان کلروفیل a مربوط به تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۴-۱۴).

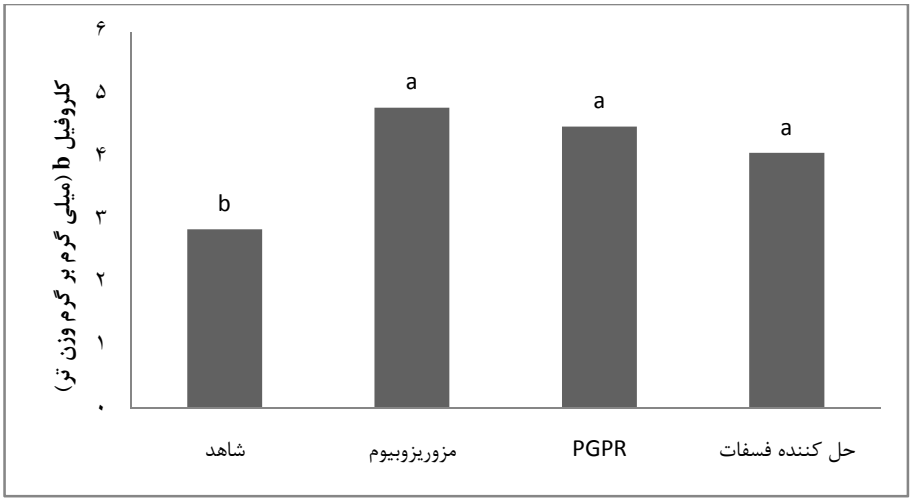


شکل۴-۱۴- تأثیر کود بیولوژیک برکلروفیل a لوبیا چشم بلبلی

بررسی های انجام شده نیز نشان دهنده نقش باکتری های حل کننده فسفات مانند سودوموناس و باسیلوس در بهبود جذب فسفر و در نتیجه افزایش رشد ریشه است. افزایش رشد در ریشه موجب بهبود جذب عناصر ی که در کلروفیل نقش دارند، مانند منیزیوم، منگنز، و روی از طریق فرایند جذب ریشه ای می گردد (خان و همکاران، ۲۰۰۹؛ بابر، ۱۹۹۵).

کلروفیل b:

نتایج به دست آمده نشان داد اثر اصلی کاربرد بیوچار و اثر متقابل بیوچار و کود بیولوژیک بر کلروفیل b معنی دار نبود ولی اثر اصلی کاربرد کود بیولوژیک در سطح آماری یک در صد بر میزان کلروفیل b معنی دار شد(جدول ضمیمه ۲). بین سطوح مختلف کود بیولوژیک بر میزان کلروفیل b اختلاف معنی داری مشاهده نشد و هر سه سطح کود بیولوژیک در یک سطح آماری قرار گرفتند در حالیکه کمترین میزان کلروفیل b در تیمار شاهد با میانگین ۲/۸۵ میلی گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد (شکل۴-۱۵).



شکل۴-۱۵- تأثیرکاربردکود بیولوژیک برکلروفیل b لوبیا چشم بلبلی

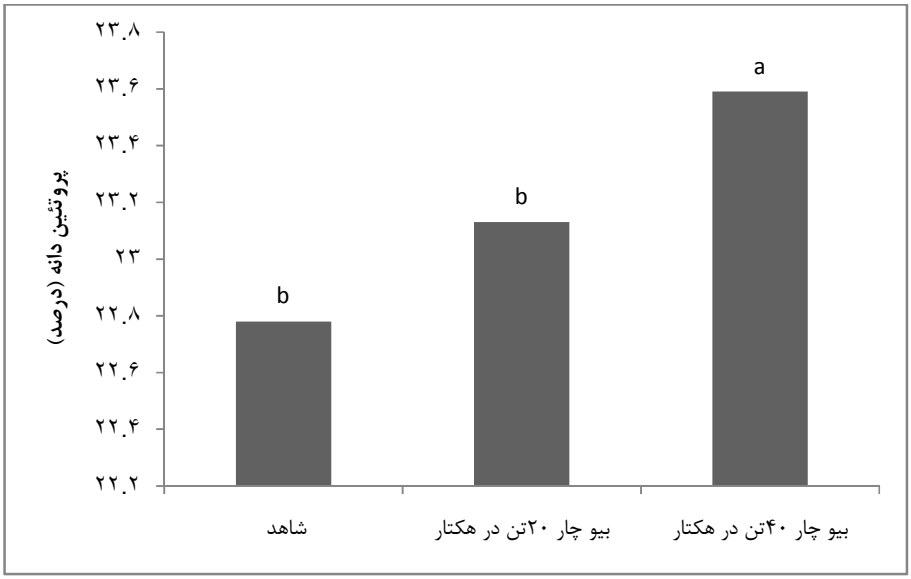
(کاویون و همکاران ،۲۰۱۰) گزارش کردند که باکتری سودوموناس بر میزان کلروفیل تاثیر معنی دار داشته است، این افزایش کلروفیل را به افزایش فعالیت آنزیم هایی مانند کاتالاز و پراکسیداز نسبت داده اند نقش این آنزیم ها در سنتز کلروفیل یک فاکتور مهم محسوب می شود .

۴-۱۳ میزان کاروتنوئید در برگ لوبیا

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی کاربرد بیوچار و اثر اصلی کود بیولوژیک و اثر متقابل کود بیولوژیک و بیوچار بر میزان کاروتنوئید برگ لوبیا اختلاف معنی داری ایجاد نکرد (جدول ضمیمه ۲).

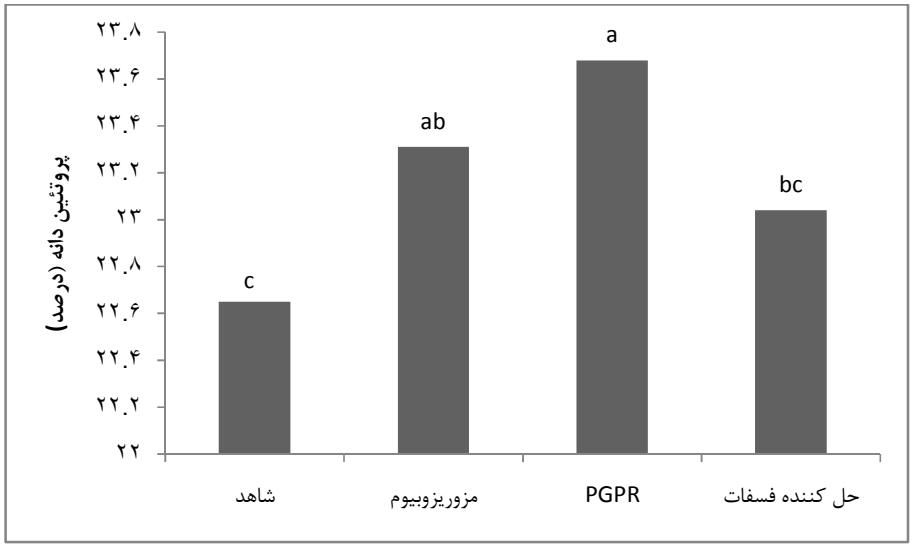
۴-۱۴پروتئین دانه

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل بیوچار و کود بیولوژیک بر پروتئین دانه لوبیا نبوده است ولی اثراصلی کاربرد بیوچار بر پروتئین دانه در سطح احتمال یک در صد معنی دار شد (جدول ضمیمه ۳). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد (جدول ضمیمه ۸) که حداکثر پروتئین دانه با میانگین ۲۳/۵۹درصد مربوط به تیمار مصرف چهل تن در هکتار بیوچار می باشد. و پروتئین دانه با میانگین۲۲/۷۸ درصد مربوط به تیمار شاهد بود. و تیمار شاهد با تیمار بیست تن در هکتار بیوچار اختلاف معنی داری نداشته و در یک سطح آماری قرار گرفته اند (شکل ۴-۱۶).



شکل۴-۱۶- تأثیر کاربرد بیوچاربر پروتئین دانه لوبیا چشم بلبلی

همچنین اثراصلی کاربرد کودهای بیولوژیک برمیزان پروتئین دانه در سطح آماری یک در صد معنی دار شد (جدول ضمیمه ۳). نتایج مقایسه میانگین، (جدول ضمیمه ۸) نشان داد که میزان پروتئین دانه با میانگین ۲۳/۸۶ درصد مربوط به کاربرد باکتری محرک رشد می باشد و این تیمار با باکتری مزوریزوبیوم در یک سطح آماری قرار گرفته و باکتری حل کننده فسفات نیز با مزوریزوبیوم در یک سطح آماری قرار گرفته اند. و میزان پروتئین دانه با میانگین ۲۲/۶۵ درصد مربوط به تیمار شاهد بوده است. همچنین شاهد نیز با باکتری حل کننده فسفات در یک سطح آماری قرار گرفته اند. و استفاده از کود بیولوژیک حل کننده فسفات نتوانست اختلاف معنی داری بر میزان پروتئین دانه لوبیا چشم بلبلی ایجاد کند (شکل ۴-۱۷).



شکل۴-۱۷- تأثیرکاربرد کود بیولوژیک بر پروتئین دانه لوبیا چشم بلبلی

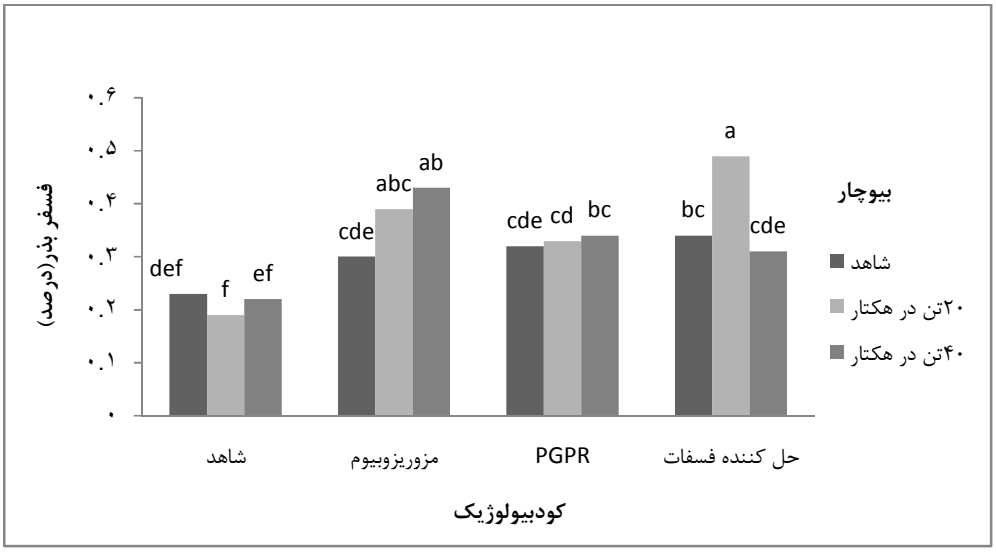
این نتایج تاثیر مثبت کود زیستی را در بهبود شرایط تغذیه ای گیاه ثابت می کند که در نتیجه می تواند پیامد تلقیح باکتری ها در این تیمار کارایی تنظیم کنندگی مناسب رشد، فعالیت فیزیولوژیکی و متابولیسمی در گیاه باشد (رام و همکاران، ۲۰۰۲).

(ناصری و همکاران، ۲۰۱۱)گزارش کردند که میزان پروتئین دانه ذرت در اثر کاربرد توام آزوسپریلیوم و ازتوباکتر به میزان ۴/۵ در صد افزایش یافته است .

۴-۱۵ فسفر دانه

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد اثر اصلی کاربردکود بیولوژیک و اثر اصلی کاربرد بیوچار و همچنین مصرف توام آن ها بر فسفر دانه در هر بوته لوبیا در سطح آماری یک در صد معنی دار شد (جدول ضمیمه ۳). بر اساس نتایج مقایسات میانگین، (جدول ضمیمه ۸) فسفر دانه با میانگین ۰/۴۹درصد مربوط به تیمار باکتری حل کننده فسفات به همراه بیوچار(بیست تن در هکتار) می باشد. کاربرد توام باکتری حل کننده فسفات به همراه بیوچار(بیست تن در هکتار) باعث افزایش

۲/۱۳ برابری غلظت فسفر دانه نسبت به تیمار شاهد شده است. در واقع تیمار فوق با کاربرد توام بیوچار (چهل تن درهکتار) و مزوریزوبیوم، و کاربرد توام بیوچار (بیست درهکتار) ومزوریزوبیوم در یک سطح آماری قرار دارند (شکل ۴-۱۸).

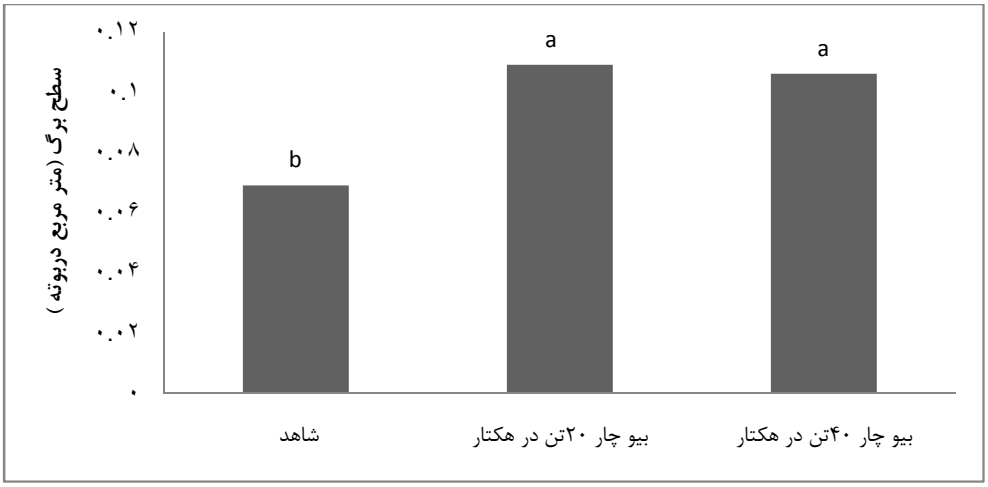


شکل۴-۱۸- تأثیر کاربرد بیوچار و کود بیولوژیک بر فسفر دانه لوبیا چشم بلبلی

با توجه به نقش باکتری های حل کننده فسفات در افزایش حلالیت و میزان فراهمی فسفر و همچنین گسترش سیستم ریشه ای و به دنبال آن بهبود جذب فسفر توسط گیاه این امر قابل توجیه است . امیر آبادی و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند که میزان فسفر دانه ذرت در اثر کاربرد کودهای زیستی نسبت به تیمار شاهد (بدون تلقیح)افزایش یافته است.می توان گفت کاربرد توام کود بیولوژیک و بیوچار بهبود دهنده فعالیت های میکروبی است که منجر به افزایش قابلیت دسترسی به فسفر می گردد و افزایش جذب فسفر و بهبود فسفر دانه گردد.

۴-۱۶- سطح برگ

سطح برگ تعیین کننده ظرفیت فتوسنتزی گیاه است که تحت تاثیر ژنوتیپ، تراکم بوته، آب و هوا و حاصلخیزی خاک قرار دارد . نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل کود بیولوژیک و بیوچار اختلاف معنی داری بر سطح برگ ایجاد نکرد ولی اثر اصلی کاربرد بیوچار بر سطح برگ اختلاف معنی داری در سطح آماری یک درصد به وجود آورد. (جدول ضمیمه ۳). براساس نتایج مقایسات میانگین (جدول ضمیمه ۸) اثر کاربرد بیوچار برسطح برگ با میانگین ۰/۱۰۹ مترمربع در بوته مربوط به تیمار مصرف بیست تن در هکتار بیوچار مشاهده شد، هر چند که این تیمار از لحاظ آماری اختلاف معنی داری با تیمار بیوچار چهل تن در هکتار نداشته و در یک سطح آماری قرار دارند. همچنین کمترین سطح برگ مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۰/۰۶۹ متر مربع در بوته بود. میزان سطح برگ در اثر کاربرد بیست تن در هکتار بیوچار حدود ۵۷ درصد افزایش داشت(شکل ۴-۱۹).

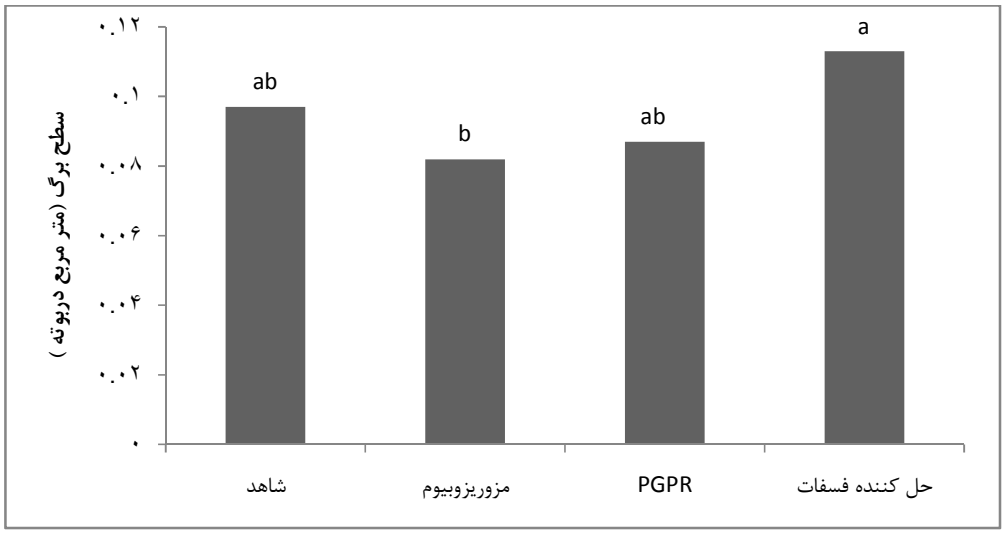


شکل۴-۱۹- تأثیر کاربرد بیوچار بر سطح برگ لوبیا چشم بلبلی

گرابر و همکاران (۲۰۱۰)بهبود پارامتر های رشد (ارتفاع ، سطح برگ ،کانوپی) را بین یک تا پنج درصد در دوگیاه گوجه و فلفل که تحت تیمار بیوچار گزارش کردند، آن ها پیشنهاد کردند افزودن بیوچار باعث یک جابه جایی در میان جمعیت میکروبی می شود و این اتفاق برای رشد گیاه مفید

ارزیابی می شود و همچنین باعث پیشرفت ریزوباکتریها *PGPR* یا قارچ ها می شوند و این اتفاق اخیر یا به سبب خواص فیزیکی و شیمیایی بیوچار و یا به خاطر مقادیر پایین عناصر شیمیایی حمل شده توسط بیوچار است که بسیار ی از این عناصر یا مسموم کننده گیاه هستند و یا زیست کش که حجم انبوهی از آن ها مسبب رشد گیاه با دوزهای پایین می باشند.

همچنین اثر کاربرد کود بیولوژیک بر میزان سطح برگ در سطح آماری پنج درصد معنی دار بود .به طوری که سطح برگ با میانگین ۰/۱۱۳ مترمربع در بوته مربوط به تیمار باکتری حل کننده فسفات بود. هر چند با تیمارهای شاهد و مصرف *PGPR* در یک سطح آماری قرار داشتند، و مزوریزوبیوم نیز با شاهد و باکتری*PGPR* در یک سطح آماری قرارگرفته اند (شکل ۴-۲۰).



شکل۴-۲۰- تأثیر کاربردکود بیولوژیک بر سطح برگ لوبیا چشم بلبلی

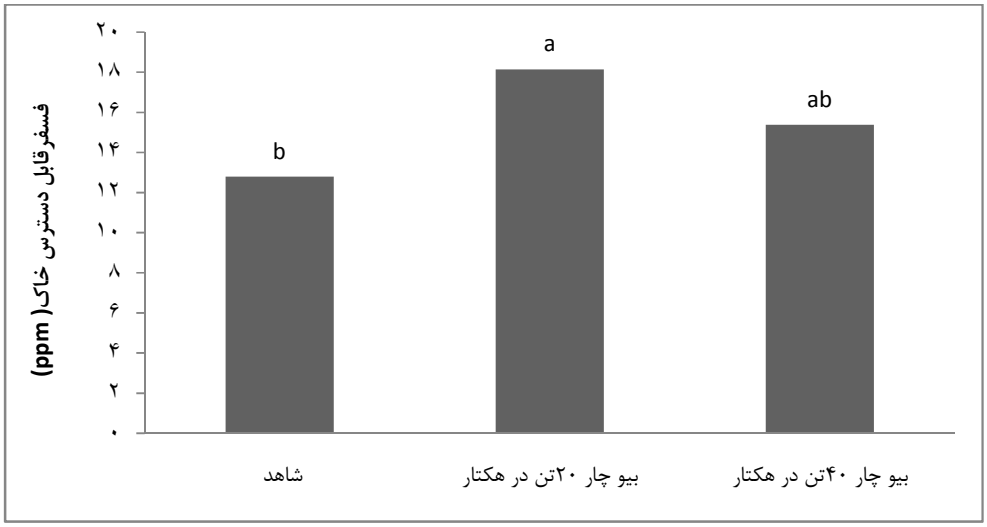
علت افزایش سطح برگ را می‌توان به نقش تغذیه‌ای فسفر نسبت داد. پور ابراهیمی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که کود فسفر سطح برگ شبدر برسیم و ذرت را به طور معنی‌داری افزایش می دهد.

علی و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که افزودن کود فسفر (۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل) به محیط کشت نخود باعث افزایش شاخص سطح برگ گردید. کولومب و

همکاران (۲۰۰۰) نیز اظهار داشتند با افزایش میزان فسفر رشد گیاه ذرت تحت تأثیر قرار گرفته، شاخص سطح برگ و فتوسنتز گیاه افزایش یافته و در نهایت موجب افزایش عملکرد گردید.با توجه به نتایج بدست آمده از آن مطالعه که نشان می دهد که بیوچار توانسته مقدار فسفر قابل دسترسی را در خاک افزایش دهد، به نظر می رسد بهبود شرایط تغذیه دو گیاه در شرایط مصرف بیوچار و کود بیولوژیک می توانند دلیل افزایش سطح برگ باشد.

۴- ۱۷ فسفرقابل دسترس خاک

با توجه به جدول تجزیه واریانس ضمیمه۴ اثر اصلی کود بیولوژیک و اثر متقابل بیوچار وکود بیولوژیک بر فسفر قابل دسترس خاک معنی دار نبود در حالیکه تاثیر بیوچار میزان فسفرقابل دسترس خاک اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد ایجاد کرد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد (جدول ضمیمه ۹) که فسفرقابل دسترس خاک در تیمار بیوچار بیست تن در هکتار (*ppm*۱۸/۱۴) مشاهد شد و مقدار فسفرقابل دسترس خاک در تیمار شاهد (*ppm*۱۲/۷۹) مشاهده شد در نتیجه کاربرد بیو چار (بیست تن در هکتار) موجب افزایش ۴۱ درصدی فسفر قابل دسترس خاک نسبت به تیمار شاهد شده است. هر چند به لحاظ آماری میزان فسفر قابل دسترس خاک بین تیمار مصرف بیست تن در هکتار بیوچار و چهل تن در هکتار بیوچار اختلافی مشاهده نشد همچنین بیوچار چهل تن درهکتار نیز با تیمار شاهد در یک سطح آماری قرار گرفته است (شکل ۴-۲۱).



شکل۴-۲۱- تأثیر کاربرد بیوچار بر فسفر قابل دسترس خاک

ترکیب مواد مغذی و در دسترس بودن آن ها در بیوچار تاحد زیادی متفاوت است و این بستگی به ماهیت مواد اولیه و شرایط تجزیه گرمایی دارد (چان و زو، ۲۰۰۹؛ حسین و همکاران، ۲۰۱۱). بااین وجود در حال حاضر اطلاعات کمی درباره ی تغییر شکل فسفر در خلال فرایند تجزیه ی گرمایی و تاثیر آن بر دسترسی زیستی فسفر وجود دارد (چان و زو ،۲۰۰۹).

دسترسی زیستی فسفر افزوده شده به خاک تحت تاثیر عوامل زیر است

۱) ماهیت منابع تامین کننده فسفر (لوپز- مارتینزوهمکاران ،۲۰۰۴؛گون گورو همکاران ،۲۰۰۷؛هانگر و همکاران ،۲۰۰۸).

۲) مجموعه ای از خواص خاک (pH، سطوح باری متغیر به ویژه هیدروکسیدهای فلزی، حضور ترکیبات کمپلکس دهنده و فضاهای منفذ دار پر شده با آب) .

۳) بزرگ شدن ریشه گیاه(هینسینگرو همکاران ۲۰۰۱؛ هدلی و مک لاف لین، ۲۰۰۵). به نظر می رسد بیوچار به عنوان اصلاح کننده pH خاک و بهبوددهنده فلزات ترکیبی فسفر به حساب می آید. همچنین از طریق بهبود فعالیت های مایکوریزا دسترسی گیاه را به فسفر افزایش می دهد.

نتیجه گیری :

نتایج بدست آمده از این تحقیق به طور خلاصه بشرح ذیل می باشد.

بیوچار توانست از طریق افزایش فسفر قابل دسترس خاک و به تبع آن دسترسی به سایر عناصر غذایی باعث بهبود تغذیه گیاه گردد به طوریکه کاربرد توام بیوچار و کود بیولوژیک سبب بهبود بسیاری از صفات رشدی و عملکردی گیاه لوبیا از جمله افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن صد دانه، وزن خشک برگ گردد.

بیوچار به دلیل تاثیرات مستقیم در فراهم کردن عناصر غذایی و اثرات غیر مستقیم از جمله افزایش کلونیزاسیون قارچ مایکوریزا بسیاری از صفات گیاه را از جمله کلروفیل، وزن خشک ساقه، پروتئین دانه، را افزایش داده است.

کودهای مختلف بیولوژیک نیز به دلیل سنتز هورمون های رشد، توسعه سیستم ریشه، و قابلیت دسترسی به عناصر غذایی مانند فسفرصفات فیزیولوژیک و مرفولوژیک گیاه را تحت تاثیر قرار داده است.

کاربرد بیوچار به همراه کود بیولوژیک نسبت به کود های شیمیایی نوید بخش کشاورزی پایدار و کاهش آلودگی های زیست محیطی در آینده می باشد.

پیشنهادات:

۱) این تحقیق در یک سال زراعی و در یک مکان صورت گرفته و می تواند در شرایط دیگر نتایج متفاوتی داشته باشد ، بنابراین پیشنهاد می شود آزمایش یک بار دیگر در مکان دیگری به اجراء در آید.

۲) مطالعات گسترده تری در مورد اثرات متقابل کود بیولوژیک و بیوچار برای دیگر گیاهان زراعی انجام شود.

۳) تحقیق بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بیوچار تولیدی و تعیین ارتباط با ویژگی های رشدی گیاهان و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک صورت پذیرد.

۴) تحقیق روی خصوصیات فیزیولوژیکی باکتریهای مورد آزمایش و تعیین ارتباط آنها با ویژگی های رشدی گیاه میزبان.

۵) بررسی تاثیر بیوچار بر وضعیت بقاء باکتری ها و قارچ های موجود در خاک پس از برداشت محصول نیز تحقیقاتی صورت گیرد.

منابع

۱) بـاقری، ع.، محمـودی، ع.ا. و قزلـی، ف. (۱۳۸۰) **"زراعــت و اصــلاح لوبیــا"** (ترجمـه). انتشـارات جهـاد دانشگاهی مشهد. ۵۵۶ ص.

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

۳) خودشناس م، دادیور م. و خاوازی ک، (۱۳۸۲) **"بررسی کارآیی باکتری ریزوبیوم در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در خاکهای زیر کشت لوبیا"** هشتمین کنگره علوم خاک ایران ص ۸-۶، رشت ،

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

۵) 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).

۶) رضوان‌بیدختی، ش. (۱۳۸۳)**" مقایسه ترکیب‌های مختلف کشت در مخلوط ذرت و لوبیا".** پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد رشته زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۲۴ ص.

۷) رمضانیان ع،(۱۳۸۴)**" معرفی باکتریهای ریزوبیومی به عنوان عوامل محرک رشد گیاه *(PGPR)"*،** اوّلین همایش ملّی حبوبات ص ۴۰۷، مشهد مقدس

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

۹) صالح‌راستین، ن. (۱۳۸۰) **"کودهای بیولوژیک و نقش آن‌ها در راستای نیل به کشاورزی پایدار"** مجموعه مقالات ضرورت تولید کودهای بیولوژیک در کشور. صفحات ۱ تا ۵۴.

۱۰) فلاح ع. و بشارتی ح وخسروی ه.(۱۳۸۵) **"میکروبیولوژی خاک** (ترجمه) ". آییژ. ص ۱۸۰

۱۱) کوچکی ع. بنایان اول م.(۱۳۷۶) **"زراعت حبوبات".** انتشارت جاوید. ص ۲۳۶.

۱۲) کاظمی، ز. (۱۳۸۹) **"بررسی تلقیح همزمان باکتری ریزوبیوم و حل کننده فسفات در شرایط کم آبی بر لوبیا".** پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود.

۱۳) کوچکی، ع.، و نجیب نیا، س. (۱۳۸۷) **"نقش تنوع در کشاورزی پایدار"** انتشارات فردوسی مشهد. ۲۷۵ ص.

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

۱۵) مهدوی دامغانی، ع.، کوچکی، ع. و زند، ا (۱۳۸۵) **"طراحی و مدیریت بوم نظام در کشاورزی پایدار" .** مقالات کلیدی نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران .پردیس ابوریحان -دانشگاه تهران ۵ -۷ . شهریور

۱۶) یادگاری، م و برزگر، ر. (۱۳۸۶) **"زراعت ارگانیک لوبیا"** چاپ اول. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی شهرکرد. ۱۶۸ ص.

۱۷) یزدانی، م.، ه. پیردشتی، م.ع. اسماعیلی و م.ع. بهمنیار. ۱۳۸۹. **اثر تلقیح باکتری‌های حل کننده فسفر و محرک رشد بر کارایی مصرف کودهای ازته و فسفره در کشت ذرت سینگل کراس ۶۰۴**. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۳(۲): ۶۵-۸۰.

١٨) **Antoun H. and Kloepper J. (٢٠٠٢)** .Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR).

١٩)**Astrom, B., A. Gustafsson, and B. Gerhardson. (١٩٩٣)**. "Characteristics of a plant deleterious rhizosphere pseudomonas and its inhibitory metabolite (s)". J. Appl. Bacteriol. ٧٤:٢٠-٢٨.

٢٠)**Bambara S. and Ndakidemi P. A. (٢٠١٠)** "Phaseolus vulgaris response to Rhizobium inoculation,lime and molybdenum in selected low pH soil in Western Cape" J. of**. Agricultural Research**., ٥, pp ١٨٠٤.

٢١)**Bagnasco P. (١٩٩٨)** "Fluorescent pseudomonas spp. As biocontrol agents against forage legume root pathogenic fungi" J. of. **Soil. Biol. Biochem**., ٣٠, pp ١٣١٧

٢٢)**Bagreev, A., Bandosz,T. J. and Locke,D.C. (٢٠٠١)** Pore structure and surface chemistry of adsorbents 'obtained by pyrolysis of sewage-derived fertiliser', Carbon, vol ٣٩, pp١٩٧١–١٩٧٩

٢٣)**Ben Romdhane S. and Aouani M.E. and Trabelsi M. and Lajudie P. and Hamdi R. (٢٠٠٨)** "Selection of high nitrogen-fixing Rhizobia nodulating chickpea (Cicer arietinum) for " J. of **Agron. Crop Sci**., ١٩٤, pp ٤١٣

٢٤)**Blackwell P, Riethmuller G, Collins M (٢٠٠٩)** Biochar application for soil. Chapter ١٢. In: Lehmann J, Joseph S (eds) Biochar for environmental management science and technology. Earthscan, London, pp ٢٠٧–٢٢٦

٢٥)**Chabot R. (١٩٩٦)** "Growth promotion of maize and lettuce by P solubilizing R. l. biovar. Phaseoli". J. of. **Plant and Soil**., ١٨٤, pp ٣١١.

٢٦)**Chen, J. ٢٠٠٦.** The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop Growth and soil fertility. International workshop on sustained management of the soil Rhizosphere system for Efficient crop production and fertilizer use. October, ١٦- ٢٠. Thailand. LIPP

٢٧)**Chen, J. ٢٠٠٦**. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop Growth and soil fertility. International workshop on sustained management of the soil Rhizosphere system for Efficient crop production and fertilizer use. October, ١٦- ٢٠. Thailand. LIPP

٢٨)**Chan, K.Y.,Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A. and Joseph, S. (٢٠٠٧)** ‘Agronomic Downie, A. and Joseph, S. (٢٠٠٧) ‘Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment’, Australian Journal of Soil Research, vol ٤٥, pp٦٢٩–٦٣٤

٢٩)**Cheng, C. H., Lehmann, J.,Thies, J. E. and Burton, S.D. (٢٠٠٨)** ‘Stability of black carbon in soils across a climatic gradient’, Journal of Geophysical Research, vol ١١٣, G٠٢٠٢٧

٣٠)**Cheng, C.-H., Lehmann, J. and Engelhard, M. H. (٢٠٠٨)** ‘Natural oxidation of black carbon in soils: Changes in molecular form and surface charge along a climosequence’, Geochimica et Cosmochimica Acta, vol ٧٢, pp١٥٩٨–١٦١٠

٣١)**Cheng, C.-H., Lehmann, J. and Engelhard, M. (٢٠٠٨)** ‘Natural oxidation of black carbon in soils: Changes in molecular form and surface charge along a climosequence’, Geochimica et Cosmochimica Acta, vol ٧٢, pp١٥٩٨–١٦١٠

٣٢)**Chan KY, Xu Z (٢٠٠٩)** Biochar: nutrient properties and their enhancement. Chapter ٥. In: Lehmann J, Joseph S (eds) Biochar for environmental management science and technology. Earthscan, London, pp ٦٧–٨٤

٣٣)**DeLuca TH, MacKenzie MD, Gundale MJ (٢٠٠٩)** Biochar effects on soil nutrient transformation. Chapter ١٤. In: Lehmann J, Joseph S (eds) Biochar for environmental management science and technology. Earthscan, London, pp ٢٥١–٢٨٠

٣٤)**Downie A, Crosky A, Munroe P (٢٠٠٩)** Physical properties of biochar. Chapter ٢. In: Lehmann J, Joseph S (eds) Biochar for environmental management science and technology. Earthscan, London, pp ١٣–٣٢

٣٥)**Eaglisham, A.R.J., S. Hassouna, and R. Seegers. (١٩٨٣).** "Fertilizer-N effects on N٢ fixation by cowpea and soybean". J. Agro. ٧٥:٦١-٦٦.

٣٦) **FAO**. (٢٠٠٤). Agricultural production year book. Rome, Italy

٣٧)**Giller KE (٢٠٠١)** Nitrogen fixation in tropical cropping systems. (CABI Publishing, Wallingford, UK

٣٨)**Giovannetti M. and Mosse B. (١٩٨٠)** "An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots" J. of. **New Phytol**,. ٨٤. pp ٤٨٩

٣٩)**Glaser B, Lehmann J, Zech W (٢٠٠٢)** Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – a review. Biol Fert Soils ٣٥:٢١٩–٢٣٠

٤٠)**Gilick, B. R., D. Penrose and M. Wenbo. ٢٠٠١.** Bacterial promotion of plant growth. Biotechnology Advances, ١٩: ١٣٥- ١٣٨.

٤١)**Halder A. K. (١٩٩٠)** "Solubilization of rock phosphate by Rhizobium and Bradyrhizobium". J. of. **Appl. Microbiol**., ٣٦, pp ٨١.

٤٢)**Ishii,T. and Kadoya, K. (١٩٩٤)** 'Effects of charcoal as a soil conditioner on citrus and vesicular-arbuscular mycorrhizal development', Journal of the Japanese Society of Horticultural Science, vol ٦٣, pp٥٢٩–٥٣٥

٤٣)**Kremer R. and Souissi T. (٢٠٠١)** "Cyanide production by rhizobacteria and potential for suppression of weed seedling growth" J. of. **Microbiol**., ٤٣,١٨٢.

٤٤)**Kim, N.I., and G.M. Paulsen. (١٩٨٦).** "Response of yield attributes of isogenic tall, semi dwarf, and double dwarf winter wheats to nitrogen fertilizer and seeding rates". **Crop Sci**. ١٥٦(٣):١٩٧-٢٠٥.

٤٥)**Krull ES, Baldock JA, Skjemstad JO, Smernik RJ (٢٠٠٩)** Characteristics of biochar: organo-chemical properties. Chapter ٤. In: Lehmann J, Joseph S (eds) Biochar for environmental management science and technology. Earthscan, London, pp ٥٣–٦٥

٤٦)**Lehmann J, Rondon M (٢٠٠٦)** Bio-char soil management on highly weathered soils in the humid tropics. In: Uphoff N et al. (eds) Biological approaches to sustainable soil systems. CRC Press,Boca Raton, FL, pp. ٥١٧–٥٣٠

٤٧)**Lehmann J, Kern DC, German LA, McCann J, Martins GC, Moreira A (٢٠٠٣)** Soil fertility and production potential. In: Lehmann J, Kern DC, Glaser B, Woods WI (eds) Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, pp. ١٠٥–١٢٤

٤٨)**Liang, B., Lehmann, J., Solomon,D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'Neill, B., Skjemstad, J.O., Thies, J., Luizão, F. J., Petersen, J. and Neves, E. G. (٢٠٠٦)** 'Black carbon increases cation exchange capacity in soils', Soil Science Society of America Journal, vol ٧٠, pp١٧١٩–١٧٣٠

٤٩)**Lynd, J.G., and T.R. Anson, (١٩٩٠)**. "Soil conditions with distinctive coralloid nodulation and nitrogen fixation of Mecca alfalfa". **J. Plant Nutr**. ١٣:٧٧-٩٤.

٥٠)**Mahmood A. and Athar M. (٢٠٠٨)** "Cross inoculation studies: Response of Vigna mungo to inoculation with rhizobia from tree legumes growing under arid Environment" J. of. **Int. J. Env. Sci. Tech**., **٥**, pp **١٣٥**.

٥١)Mckenzie, R.H., A.B. Middleton, K.W. Seward, R. Gaudiel, C. Wildschut, and E. Bremer. (٢٠٠١). "Fertilizer responses of dry bean in southern Alberta". **Can. J. Plant Sci**. **٨١:٣٤٣–٣٥٠**.

٥٢)Molla, A. H., Z. H. Shamsuddin, M. S. Halimi, M. Morziah and A. B. Puteh. ٢٠٠١. Potential for enhancement of root growth and nodulation of soybean coinoculated with Azospirillum and Bradoyrhizobacterium in laboratory systems. Soil Biology and Biochemistry, ٣٣: ٤٥٧-٤٦٣.

٥٣)Major J, Rondon M, Molina D, Riha SJ, Lehmann J (٢٠١٠) Maize yield and nutrition during ٤ years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. Plant and Soil (in press)

٥٤)Novak JM, Busscher WJ, Watts DW, Laird DA, Ahmedna MA, Niandou MAS (٢٠١٠) Short-term CO٢ mineralisation after additions of biochar and switchgrass to a typic Kandiudult. Geoderma ١٥٤:٢٨١–٢٨٨

٥٥)Olsen, S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe, and L.A. Dean. (١٩٥٤). "Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate". United States Department of Agriculture Circular. ٩٣٩:١-١٩.

٥٦)O'Neill B, Grossman J, Tsai MT, Gomes JE, Lehmann J, Peterson J, Neves E, Thies JE (٢٠٠٩) Bacterial community composition in Brazilian anthrosols and adjacent soils characterized using culturing and molecular identification. Microb Ecol ٥٨:٢٣–٣٥

٥٧)Parsa M. and Bagheri A. (٢٠٠٨) Pulses. Ferdowsi University of Mashhad Press. ٥٢٢ pp. (In Persian)

٥٨)Paul A. (٢٠٠٧) "Soil Microbiology,Ecology, and Biochemistry".pp٥١٤.

٥٩)Phillips J.M. and D.S. Hayman. (١٩٧٠) " Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection " **T. Brit. Mycol. Soc**. ٥٥. pp ١٥٨.

٦٠)Pietikäinen, J., Kiikkilä,O. and Fritze, H. (٢٠٠٠) 'Charcoal as a habitat for microbes and its effect on the microbial community of the underlying humus', Oikos, vol ٨٩, pp٢٣١–٢٤٢

٦١)Rodriguez H. and Fraga R. (١٩٩٩) "Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion" J. of. **Biotech**., ١٧, ٣١٩

٦٢)**Rondon, M. A., Lehmann J., Ramirez J. and Hurtado, M. (٢٠٠٧)** 'Biological nitrogen fixation by common beans (Phaseolus vulgaris L.) increases with bio-char additions', Biology and Fertility of Soils, vol ٤٣, pp٦٩٩–٧٠٨

٦٣)**Rondon, M., Ramirez, J. A. and Lehmann, J. (٢٠٠٥) '**Charcoal additions reduce net emissions of greenhouse gases to the atmosphere', in Proceedings of the Third USDA Symposium on Greenhouse Gases and Carbon Sequestration, Baltimore,MD, ٢١–٢٤ March ٢٠٠٥, p٢٠٨

٦٤)**Saharan B.S . and Nehra V. (٢٠١١)** "Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A Critical Review" J. of. **Life Sciences and Medicine Research**, Volume., LSMR-٢١١.

٦٥)**Vessey K. (٢٠٠٣)** "Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers" J. of. **Plant and soil**., ٢٥٥, pp ٥٧١.

٦٦)**Warnock,D.D., Lehmann, J., Kuyper,T.W. and Rillig, M. C. (٢٠٠٧)** 'Mycorrhizal response to biochar in soil – concepts and mechanisms', Plant and Soil, vol ٣٠٠, pp٩–٢٠

٦٧)**Yanai,Y.,Toyota, K. and Okazaki, M. (٢٠٠٧)** 'Effects of charcoal addition on N٢O emissions from soil resulting from rewetting air-dried soil in short-term laboratory experiments', Soil Science and Plant Nutrition, vol ٥٣, pp١٨١–١٨٨

٦٨)**Yamato, M., Okimori,Y.,Wibowo, I. F., Anshiori, S. and Ogawa, M. (٢٠٠٦)** 'Effects of the application of charred bark of Acacia mangium on the yield of maize, cowpea and peanut, and soil chemical properties in South Sumatra, Indonesia', Soil Science and Plant Nutrition, vol ٥٢, pp٤٨٩–٤٩٥

پیوست‌ها

جدول ضمیمه ۱- میانگین مربعات برخی از خصوصیات لوبیا چشم بلبلی

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	وزن صد دانه	تعداد غلاف	تعداد دانه در غلاف	وزن خشک غلاف	شاخص برداشت
تکرار	۳	۵۹۶۱۶/۷۷	۳۶۴۲۲۵/۲۵	۲۴/۷۱	۲۲۳/۲۹	۱/۰۴	۱۰۸۵۱/۵۸	۱۶/۱۴
کود بیولوژیک	۳	۳۲۵۲۲۱۰ /۹۶**	۱۳۳۵۴۵۲۶/۱۵**	۷۳/۸۱ n.s	۹/۳n.s	۱/۹۲ ns	۱۲۱۰۵۹/۵۷ *	۷۹۷/۰۵ **
بیوچار	۲	۴۶۷۰۵۵۶/۴۵**	۱۱۳۰۶۵۵۳/۵۸**	۱۱/۳۹۶**	۳۱/۶ns	۱/۵۳n.s	۳۵۰۷۶۸/۰۳**	۸۴/۸۴*
کود بیولوژیک *بیوچار	۶	۳۷۴۰۳۵/۰۵**	۴۱۶۴۸۰۹/۸۳**	۹۰/۶۸*	۲۷/۱ns	۰/۷۱n.s	۱۲۵۷۸۴/۰۳**	۹۲/۰۱ **
خطا	۳۳	۹۹۰۰۴/۶۱	۳۷۰۳۲۷/۱	۳۰/۷۷	۸۸/۷	۲/۲۸	۳۰۴۸۴/۱۱	۲۴/۰۰۵
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۷۵	۷/۱۴	۱۴/۲۲	۳۱/۸	۱۷/۵۶	۱۶/۲۰	۱۱/۴۳

n.s ، * ، ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪

جدول ضمیمه ۲- میانگین مربعات برخی از خصوصیات لوبیا چشم بلبلی

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	کلونیزاسیون ریشه	کلروفیل کل برگ	کلروفیل a برگ	کلروفیل b برگ	کاروتنوئید برگ
تکرار	۳	۵۷/۴۹	۶۱/۷۴	۰/۹۷	۲/۰۰۴	۰/۵۱	۰/۰۳
کود بیولوژیک	۳	۶۱۷/۲۱ **	۱۴۸/۳۷ n.s	۲۳/۸۵ **	۴/۶۴ **	۸/۷۴ **	۰/۰۰۵ n.s
بیوچار	۲	۴۷۹/۹۸ **	۳۴۱/۷۱ *	۷/۹۲*	۸/۵۸۷ **	۱/۰۱ n.s	۰/۰۱۵ n.s
کود بیولوژیک *بیوچار	۶	۱۲۷/۸۶**	۶۶/۵۸ ns	۲/۶۱ n.s	۱/۲۸ n.s	۱/۱۰ n.s	۰/۰۱۳ n.s
خطا	۳۳	۱۹/۰۲	۶۵/۱۲	۲/۳۹	۰/۹۱	۰/۹۵	۰/۰۱۴
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۰۳	۸/۸	۱۶/۲۴	۱۷/۴۸	۲۴/۰۴	۲۶/۸۹

n.s ، * ، ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪

جدول ضمیمه ۳- میانگین مربعات برخی از خصوصیات لوبیا چشم بلبلی

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک برگ	پروتئین دانه	فسفر دانه	سطح برگ	وزن خشک ساقه
تکرار	۳	۲/۰۰۱	۰/۴۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۴۷
کود بیولوژیک	۳	۱۴/۸۱**	۲/۲۹**	۰/۰۷۲ **	۰/۰۰۲*	۵/۵۷**
بیوچار	۲	۲۹/۷۵ **	۲/۶۰**	۰/۰۱**	۰/۰۰۷**	۱۱/۲۵**
کود بیولوژیک *بیوچار	۶	۳/۵۹**	۰/۴۰n.s	۰/۰۱۴**	۰/۰۰۱ns	۰/۵۶n.s
خطا	۳۳	۱/۴۳	۰/۲۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۶	۰/۲۶
ضریب تغییرات (درصد)		۱۸/۷۰	۲/۲۶	۱۰/۸۹	۲۷.۵۷	۱۳/۷۱

n.s، * ، ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪

جدول ضمیمه ۴- میانگین مربعات فسفرقابل دسترس خاک

منابع تغییر	درجه آزادی	فسفرقابل دسترس خاک
تکرار	۳	۳/۸
کود بیولوژیک	۳	۳۲/۶۱ n.s
بیوچار	۲	۱۱۴/۶۴*
کود بیولوژیک *بیوچار	۶	۱۲/۶۶ n.s
خطا	۳۳	۱۹/۲۸
ضریب تغییرات (درصد)		۲۸/۴۴

n.s ، * ، ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪

جدول ضمیمه ۵- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات لوبیا چشم بلبلی

تیمارها		عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلو گرم در هکتار)	وزن صد دانه (گرم)	درصد شاخص برداشت
شاهد	$a_1 b_1$	۲۰۶۸e	۶۷۵۸c	۲۱/۹۴b	۳۰/۶۸de
بیو چار۲۰تن در هکتار	$a_1 b_2$	۲۷۵۲de	۱۰۳۳۰a	۴۱/۷۴a	e۲۶۸۶
بیوچار ۴۰تن در هکتار	$a_1 b_3$	۳۹۰۹abc	۱۰۱۹۰a	۴۲/۸۲a	۳۸/۷۷bcde
باکتری مزوریزوبیوم	$a_2 b_1$	۳۲۳۴cd	۶۷۶۳c	۳۸/۲۹a	۴۸/۳۱ab
باکتری مزوریزوبیوم وبیوچار۲۰ تن در هکتار	$a_2 b_2$	۳۶۲۸bcd	۶۵۹۹c	۴۳/۵۶a	۵۳/۶۱a
باکتری مزوریزوبیوم وبیوچار۴۰ تن در هکتار	$a_2 b_3$	۳۷۲۴abc	۷۵۲۶bc	۴۱/۹۲a	۴۹/۵۳ab
باکتری ***PGPR***	$a_3 b_1$	۳۱۷۹cd	۹۳۵۵a	۳۷/۸۲ab	۳۳/۸۹cde
باکتری ***PGPR*** و بیو چار ۲۰ تن در هکتار	$a_3 b_2$	۳۹۴۲abc	۹۱۷۵ab	۳۸/۹۳a	۴۲/۹۳ abcd
باکتری ***PGPR*** وبیو چار ۴۰ تن در هکتار	$a_3 b_3$	۴۲۷۵ab	۹۲۱۳ab	۴۳/۳۶a	۴۶/۵۲abc
باکتری حل کننده فسفات	$a_4 b_1$	۳۶۸۱abc	۷۴۹۸bc	۳۵/۲۵ab	۴۹/۳۱ab

میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترکند، اختلاف آماری معنی داری در آزمون **LSD** در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

جدول ضمیمه ۶- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات لوبیا چشم بلبلی

تیمارها		فسفر دانه (در صد)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	وزن خشک برگ (گرم در متر مربع)	وزن خشک غلاف (کیلوگرم در هکتار)
شاهد	$a_1 b_1$	۰/۲۳def	۹۹/۳۷e	۴/۵۷cd	۶۴۴/۶c
بیو چار۲۰تن در هکتار	$a_1 b_2$	۰/۱۹f	۱۰۵/۴cde	۴/۸۵cd	۱۲۳۲ab
بیوچار ۴۰تن در هکتار	$a_1 b_3$	۰/۲۲ef	۱۰۳/۶cde	۷/۹۱abcd	۱۱۲۱abc
باکتری مزوریزوبیوم	$a_2 b_1$	۰/۳۰cde	۱۰۱/۶cde	۴/۲۶d	۸۵۱/۵bc
باکتری مزوریزوبیوم وبیوچار۲۰ تن در هکتار	$a_2 b_2$	۰/۳۹bc	۹۹/۸۲**de**	۶/۲۲bcd	۹۷۶/۴abc
باکتری مزوریزوبیوم وبیوچار۴۰ تن در هکتار	$a_2 b_3$	۰/۴۳ab	۱۰۲/۲cde	۷/۰۱abcd	۱۱۴۰abc
باکتری **PGPR**	$a_3 b_1$	۰/۳۲**cd**	۱۰۰/۶cde	۵/۲۲bcd	۱۱۸۸ab
باکتری **PGPR** و بیو چار ۲۰ تن در هکتار	$a_3 b_2$	۰/۳۳**c**	۱۱۲/۹bc	۶/۵۹**a**bcd	۱۱۶۹ab
باکتری **PGPR** و بیو چار ۴۰ تن در هکتار	$a_3 b_3$	۰/۳۴bc	۱۲۲/۵ab	۵/۹۳bcd	۱۰۲۲abc
باکتری حل کننده فسفات	$a_4 b_1$	۰/۳۴bc	۱۰۹/۶cde	۵/۹bcd	۹۴۴/۳abc
باکتری حل کننده فسفات و بیو چار ۲۰ تن در هکتار	$a_4 b_2$	۰/۴۹a	۱۱۲/۱bcd	۸/۳ab	۱۲۳۰ab
باکتری حل کننده فسفات و بیو چار۴۰ تن در هکتار	$a_4 b_3$	۰/۳۱cde	۱۲۶/۶a	۹.۹a	۱۴۱۲a

میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترکند، اختلاف آماری معنی داری در آزمون **LSD** در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

جدول ضمیمه ۷- مقایسه میانگین اثرات اصلی برخی از خصوصیات لوبیا چشم بلبلی

تیمارها		کلونیزاسیون ریشه (درصد)	کلروفیل کل (میلی گرم برگرم وزن تر)	کلروفیل **a** (میلی گرم برگرم وزن تر)	کلروفیل **a** (میلی گرم برگرم وزن تر)
شاهد	a۱		۷/۴۳b	۴/۵۸b	۲/۸۵b
باکتری مزوریزوبیوم	a۲		۱۰/۵۴a	۵/۷۵a	۴/۷۹a
باکتریPGPR	a۳		۱۰/۰۱a	۵/۵۱a	۴/۴۹a
حل کننده فسفات باکتری	a۴		۱۰/۰۸a	۶/۰۱a	۴/۰۷a
شاهد	b۱	۸۶/۴b	۸/۹۵b	۴/۷۰b	
بیو چار۲۰تن در هکتار	b۲	۹۳/۷۴a	۹/۲۹ab	۵/۵۲a	
بیوچار ۴۰تن در هکتار	b۳	۹۴/۹۳a	۱۰/۳a	۶/۱۶a	

میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترکند، اختلاف آماری معنی داری در آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

جدول ضمیمه ۸- مقایسه میانگین اثرات اصلی برخی از خصوصیات لوبیا چشم بلبلی

تیمارها		پروتئین دانه (درصد)	سطح برگ (متر مربع در بوته)	وزن خشک ساقه (گرم در بوته)
شاهد	a۱	۲۲/۶۵b	۰/۰۹۷ab	۳/۳۷bc
باکتری مزوریزوبیوم	a۲	۲۳/۳۱ab	۰/۰۸۲b	۳/۷۶b
باکتریPGPR	a۳	۲۳/۶۸a	۰/۰۸۷b	۳/۲۵c
حل کننده فسفات باکتری	a۴	۲۳/۰۴bc	۰/۱۱۳a	۴/۷۵a
شاهد	b۱	۲۲/۷۸b	۰/۰۶۹b	۲/۸۳b
بیو چار۲۰تن در هکتار	b۲	۲۳/۱۳b	۰/۱۰۹a	۴/۱۰a
بیوچار ۴۰تن در هکتار	b۳	۲۳/۵۹a	۰/۱۰۶a	۴/۴۱a

میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترکند، اختلاف آماری معنی داری در آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

جدول ضمیمه ۹- مقایسه میانگین فسفرقابل دسترس خاک

تیمارها		فسفرقابل دسترس خاک (**ppm**)
شاهد	**a**۱	
باکتری مزوریزوبیوم	**a**۲	
باکتریPGPR	**a**۳	
حل کننده فسفات باکتری	**a**۴	
شاهد	**b**۱	۱۲/۷۹**b**
بیو چار۲۰تن در هکتار	**b**۲	۱۸/۱۴**a**
بیوچار ۴۰تن در هکتار	**b**۳	۱۵/۳۸**ab**

میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترکند، اختلاف آماری معنی داری در آزمون **LSD** در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Abstract

The use of chemical fertilizers causes environmental problems, health, economy and its adverse effect on the life cycle and ecology of sustainable farming systems. Extensive use of chemical fertilizers pollute soil and water resources and cause various diseases in humans The use of biological fertilizers and soil amendments to improve soil fertility conditions are taken into consideration as Biochar Ast.brayn biological basis to evaluate the effect of fertilizer on growth and yield of cowpea Biochar test in Mesorhizobium at the University Research Farm anymore Bastam was in actuality.

A factorial experiment based on randomized complete block design with four replications. The treatments, bio fertilizers in four levels (PSB, Mesorhizobium, PGPR) and Biochar at three levels (zero, ٢٠ and ٤٠ tones per hectare) is.

To analyze the growth of leaf area and dry weight were measured at intervals of ١٤ days yield at the end of the experiment were analyzed. The results showed that the main effect on the measured variables other than Biochar bean pods, number of seeds per pod, a significant amount of carotenoids and chlorophyll b is The main application of biological effect on all measured variables except the bean pods, number of seeds per pod, the carotenoids, ١٠٠ seed weight of soil available P was significant. Biochar combined use of biological fertilizers and improved seed yield, biological yield, harvest index, plant height and pod dry weight and leaf dry weight is.

Key word: Keywords: Biochar, biological fertilizer, cowpea

Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

Department of Agronomy

M. Sc. Thesis

Effect of Some Biological Fertilizer and Biochar on plant growth and yield of Cowpea

Mehri Yaghoobi

Supervisors:

Dr. M. R. Ameriyan

Dr. H. R. Asghari

Advisors:

Eng:Mehdi rahime

January ۲۰۱۵

۱۰۰