

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

عنوان پایان نامه ارشد

تأثیر کود بیولوژیک و بیوجار بر رشد و عملکرد

گیاه لوبیا چشم بلبلی

دانشجو

مهتری 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

دانشگاه شاهرود

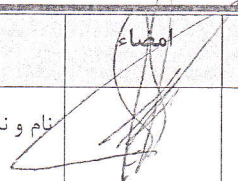
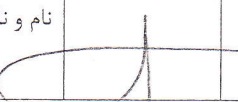
دانشکده کشاورزی

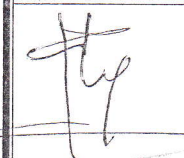
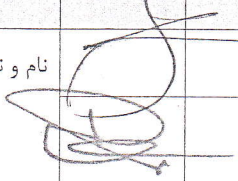
گروه: زراعت و اصلاح نباتات

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای / خانم مری یسوی به شماره دانشجویی: ۹۱۰۸۰۷۴

تحت عنوان: تاثیر کود بیولوژیک و یوچار بر رشد عملکرد گیاه لوبیا چشم بلبلی

در تاریخ ۱۳۹۳/۱۱/۵ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد اکرواکولوژی مورد ارزیابی و با درجه عالی..... مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی: مهندس مدی رحیمی		نام و نام خانوادگی: دکتر محمد رضا عابریان
	نام و نام خانوادگی:		نام و نام خانوادگی: دکتر حمید رضا سنبری

امضاء	نمایندة تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی: دکتر حسن نکاریان		نام و نام خانوادگی: دکتر احمد غلامی
			نام و نام خانوادگی: دکتر حمید عباس دوست
			نام و نام خانوادگی:
			نام و نام خانوادگی:

تقدیم بہ:

ہمسرو فرزند ان عزیزم،

بد پاس ہرہ خوبی او مہربانی او استوار ہیاتان، پاس ناچیز مر اپیزید کہ، شاید ترین تقدیم ہمین است.

# تقدیر و شکر

## من لم یسکر المخلوق لم یسکر الخالق

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

الکون که با عنایت پروردگار متعال این پژوهش به پایان رسید، بر خود واجب می دانم به سمخویش 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 کرانه در جناب آقای دکتر محمد رضا عامریان و جناب آقای دکتر حمید رضا صغری که تقبل زحمت فرموده و راهنمایی پایان نامه اینجانب را پذیرفته اند و افتخار نگار دی در محضر ایشان را داشته ام، شکر و سپاسگزاری نمایم، که دلسوزانه مجموعه دانش خود را در اختیار من گذاشتند، پژوهش جاری بی شک، نتیجه وقت نظر، راهنمایی ها و عنایات مستمر ایشان بوده و بطور مسلم این پژوهش بدون مساعدت ایشان راه به جایی نمی برد.

بعینین از زحمات و عنایات اساتید محترم و ارجمند جناب آقای مهندس مهدی رحیمی، استاد مشاور، کرانه در و ارزنده که اینجانب را با ارائه نظرات علمی و عنایات بی دریغ خود در باره نمودن این پژوهش یاری رسانند و بازرگاری تمام نیت بکاری را با اینجانب نمودند، شکر و سپاسگزاری می نمایم.

بعینین تقدیر و شکر می نمایم از اساتید محترم داور جناب آقای دکتر احمد غلامی و جناب آقای دکتر حمید عباس دخت، که افتخار نگار دی در محضر ایشان را داشته، با مطالعه این پایان نامه و وقت نظر خود در جهت بهبود این کار مریاری نمودند. بعینین جادار و از بکاری و مساعدت کلیه عزیزانی که در اجرای این تحقیق بکاری صیانه و بیدرینجی را با اینجانب داشته اند شکر و قدردانی نمایم. در پایان، از بهسرفداکار و صبورم که مجموعه مشکلات دوران تحصیل اینجانب را تحمل نموده و همواره مشوق اینجانب در ادامه تحصیل بوده اند شکر می نمایم.

توفیق، سعادت و بهر فزونی بندگان را از خداوند منان مسئلت می نمایم.

## تجدیدنامه

ایجناب مہری یستوبی دانشجوی دورہ کارشناسی ارشد رشته اکرواکولوژی دانشکدہ کشاورزی دانشگاہ شہرود نویسنده پیمان نامتاسیر کودیولوژیگک و بیوجار بررشد و عملکرد

گیاه لویا چشم بلبلی (*Phaseolus vulgaris*) تحت راهنمایی آقایان دکتر محمد رضا عامریان و دکتر حمید رضا اصغری تجدیدی شوم.

- تحقیقات در این پیمان نامہ توسط ایجناب انجام شدہ است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفادہ از نتیجہ پژوهش ہای محققان دیگر بہ مرجع مورد استفادہ استناد شدہ است.
- مطالب مندرج در پیمان نامہ تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت نتیجہ نوع مد رک یا امتیازی در بیج جا ار لہ نشدہ است.
- حقوق معنوی تمام افرادی کہ در بدست آوردن نتیجہ اصلی پیمان نامہ تأسیر گذار بودہ اند در مقالات مستخرج از پیمان نامہ رعایت می کردہ.
- در کلیہ مراحل انجام این پیمان نامہ، در مواردی کہ از موجود زندہ (بیانات ہی آن ہا) استفادہ شدہ است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شدہ است.
- در کلیہ مراحل انجام این پیمان نامہ، در مواردی کہ بہ حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافتہ است استفادہ شدہ است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شدہ است.

تاریخ:

امضای دانشجو:

### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیہ حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامہ های رایانہ ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شدہ است ) متعلق بہ دانشگاہ صنعتی شاہرود می باشد . این مطلب باید بہ نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطہ ذکر شود .
- استفادہ از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامہ 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. برای این 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 صدانه 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 میکوریزا 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

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

۲۰	۳-۲- تثبیت زیستی نیتروژن توسط باکتری های محرک رشد
۲۱	۲- ۴- توان تولید سیدروفور در حضور باکتری های محرک رشد
۲۱	۲- ۵- تولید اتیلن در گیاه
۲۱	۲- ۶- تاثیر باکتری های محرک رشد بر مورفولوژی ریشه
۲۲	۲- ۷- حل فسفات های معدنی و آلی نامحلول
۲۲	۲- ۸- جذب عناصر غذایی
۲۳	۲- ۹- جوانه زنی بذور
۲۳	۲- ۱۰- میکروارگانسیم های حل کننده فسفات
۲۶	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
۳۰	۲- ۱۱- محتوای مواد مغذی بیوچار
۳۰	۲- ۱۲- تاثیر بیوچار بر بهبود خاک
۳۲	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
۳۳	۲- ۱۲-۲-۲- فسفر
۳۴	۲- ۱۳- تاثیر بیوچار بر رشد گیاهان

### فصل سوم: مواد و روش ها

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

۴۰	۳-۴- عملیات اجرایی
۴۰	۳-۴-۱- نقشه کاشت
۴۱	۳-۴-۲- آماده سازی زمین و کاشت
۴۱	۳-۴-۳- آماده سازی بذرها
۴۲	۳-۵- عملیات داشت
۴۲	۳-۶- نمونه برداری
۴۲	۳-۷- ارزیابی صفات مرفولوژیک
۴۳	۳-۸- شاخص برداشت (HI)
۴۳	۳-۹- روش رنگ آمیزی میکوریزا و تعیین کلونیزاسیون ریشه
۴۴	۳-۱۰- اندازه گیری فسفر قابل 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
۴۶	۳-۱۱- اندازه گیری مقدار کلروفیل
۴۷	۳-۱۲- اندازه گیری پروتئین دانه
۴۷	۳-۱۳- تجزیه و تحلیل اطلاعات

#### فصل چهارم: نتایج و بحث

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

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

## فهرست شکل‌ها

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

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

#### فهرست جداول

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

## فهرست جدول‌های پیوست

---

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

# 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 غذایی 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<sup>۱</sup> در حبوبات می تواند 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 ویتامین های 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

---

<sup>۱</sup> - 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 بذور می 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 بنیان، 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 کرده اند (شارون اندرسون، ۲۰۰۳). لوبیا دارای ۲۲ کروموزوم بوده و گیاهی، یکساله، بالا رونده یا بوته ای، با ریشه عمودی و جانبی توسعه یافته و گاهی دارای گره های کروی است. ساقه آن گوشه دار یا شبه استوانه ای می باشد. برگ های لوبیا متناوب و سه قسمتی است پرچم ها دیادلفوس ۲ (۱+۹) و تخمدان با ۱۲ تا ۲۱ عدد تخمک فشرده و چسبیده از طرفین (بدون پایه) و کمی کرک دار می باشد. گل ها به رنگ سفید، زرد یا بنفش دیده می شوند. غلاف ها، آویزان، خطی و به طول ۱۰ تا ۱۰۰ سانتی متر هستند. دانه ها از نظر شکل، اندازه و رنگ متفاوت می باشند. جوانه زنی

---

<sup>۲</sup>-Diadelphous

لوبیا چشم بلبلی نیز به صورت اپی‌جیل<sup>۳</sup> 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 *New Era*، *Yard Long* و کالیفرنیا را نام برد (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۳).

## ۲-۱- اهمیت لوبیا

لوبیا چشم بلبلی را با نامهای دیگری مانند لوبیا چشم سیاه، نخود چشم سیاه، نخود جنوبی، نخود چینی و نخود تپله ای یا مرمی می‌شناسند. 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 می‌شود. ضمن اینکه کیفیت بالای پروتئین در لوبیا چشم بلبلی، مکمل طبیعی برای مواد خام دانه ای غلات می‌باشد چرا که بیشتر حاوی آمینون اسید لیزین است ولیکن همانند سایر لگومها از نظر اسیدهای گوگرد دار (میتونین و سیستین) فقیر می‌باشند و کشورهای همچون برزیل، نیجریه و هند از عمده ترین تولیدکننده لوبیا چشم بلبلی در جهان می‌باشند (سامرفیلد و همکاران، ۱۹۸۳).

لوبیا با داشتن حدود ۲۲ درصد پروتئین و ۵۰ تا ۶۰ درصد کربوهیدرات، 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).

<sup>۳</sup> - Epigial = Epigel

### ۳-۱ 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).

#### ۴-۱ 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 می‌تواند حرارت را بهتر از حبوبات دیگر در این شرایط آب و هوایی تحمل می‌کند. مناسب‌ترین گرمای خاک برای رشد اولیه گیاه لوبیا ۱۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. برای جوانه زدن لوبیا چشم بلبلی به دمای بین ۱۵-۱۲ درجه سانتی‌گراد نیاز دارد و در دمایی بین ۳۵-۲۷ درجه سانتی‌گراد می‌تواند 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).

#### ۵-۱- 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 علاوه بر اثرات مثبتی که بر کلیه خصوصیات خاک دارد، از جنبه‌های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی نیز مثر 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 می‌گیرد. 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 ریزوبیوم 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 بر روی ریشه‌ها، شناسایی گیاه میزبان توسط باکتری است، به طوری که از طریق ترشح مواد پلی ساکاریدی توسط باکتری شامل اگزوپلی ساکاریدها و لیپوپلی ساکاریدها و ارتباط آن با بعضی مواد پروتئینی ترشح شده توسط گیاه مانند مواد غیر آنزیمی به نام لیگنین‌ها یا مواد چسباننده ادهیژین با واسطه یون کلسیم، اتصال باکتری به محل‌های مناسب بر روی ریشه انجام می‌گیرد (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 نمو گیاه می‌گردند توانایی باکتری‌های همزیست با گیاهان یا انواع آزادزی یا همیار در تامین عناصر غذایی (نظیر نیتروژن) در گیاهان از اولین جنبه‌های امیدبخش بود. از مهمترین باکتری‌های این گروه می‌توان به، *Azospirillum*، *Bacillus*، *Enterobacter*، *Clostridium*، *Serratia*، *Arthrobacter* اشاره نمود که این اصطلاح اولین بار توسط کلپرو همکاران در اواخر دهه ۱۹۷۰ در 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 می‌شود علاوه بر این این باکتری‌ها از خاک گرفته شده و منشاء طبیعی دارند، بنابراین نوعی رجوع به طبیعت و بهره برداری از طبیعت برای بهتر ساختن آن محسوب می‌شود و همچنین این کودها آلودگی زیست محیطی کودهای شیمیایی را نداشته و موجب احیاء و حفظ محیط زیست می‌شوند (لاکی و همکاران، ۲۰۰۴).

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

## ۱-۵-۳ میکروارگانیزم‌های 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 از گروهی از باکتری‌هایی که دارای خاصیت حل‌کنندگی فسفات می‌باشند استفاده نمود. استفاده از میکروارگانیسم های حل‌کننده فسفات برای بسیاری از محصولات از جمله گندم و ذرت آزمایش شده و نتایج خوبی به دست آمده است. استفاده از حل‌کننده 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 درصد استفاده 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 اسپرژیلوس و پنسیلیوم (موتسارا و همکاران، ۱۹۹۵) و باکتری‌های جنس باسیلوس و سودو مونس از انواع مهم میکروارگانیسم های حل‌کننده ی 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 می‌باشد.

بیوچار را می‌توان تقریباً از هر نوع زیست توده‌ای از جمله بقایای گیاهی، 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 می‌گردد.

استفاده از بیوچار قدمت حداقل ۲۰۰۰ ساله دارد (اونیل و همکاران، ۲۰۰۹) در حوزه آمازون، مشاهدات استفاده گسترده از بیوچار را 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 بیوپچار در این خاک ها، این منطقه با وجود گذشت قرن ها و آبیویی در اثر باران های سنگین هنوز هم بسیار بارور باقی مانده است.

به طور کلی از فواید بیوپچار می توان به کاهش اثر تغییرات آب و هوا، تولید انرژی، مدیریت بقایا و مزایای زراعی آن اشاره نمود. مزایای زراعی بیوپچار 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 بیوپچار نسبت می دهند (اوگوا و همکاران، ۲۰۰۶). سطح داخلی بیوپچار 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).

بیوپچار با حفظ و نگهداری آمونیوم (یانگ و همکاران، ۲۰۰۶) و نترات (چنگ و همکاران، ۲۰۰۸) و کاهش دنیتریفیکاسیون (یانای و همکاران، ۲۰۰۷) باعث کاهش انتشار اکسید نیتروژن می شود. تخلخل حاصل از کاربرد بیوپچار باعث افزایش غلظت اکسیژن در خاک و کاهش تولید متان و افزایش اکسیداسیون متان در خاک می شود (وایتن و همکاران، ۲۰۰۹). راندون و همکارانش (۲۰۰۵) گزارش کردند که بیوپچار ۵۰ درصد تولید اکسید نیتروژن را کاهش و از انتشار متان در کشت سویا در خاک های اسیدی کلمبیا جلوگیری کرد.

بیوپچار به عنوان یک کاتالیزور می باشد. که باعث افزایش جذب مواد مغذی و آب می شود. سطح زیاد و تخلخل بیوپچار را قادر به جذب و حفظ مواد مغذی و آب می سازد و یک زیستگاه برای میکروارگانیسم های مفید است. بیوپچار 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. بیوپچار در تثبیت بیولوژیکی و روابط مایکوریزایی مفید است. در لوبیا، بیوپچار خاک را قلیایی می کند که این برای خاکهای بسیار

اسیدی خوب است و در pH بیش از حد قلیایی گیاهان با کمبود مواد 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). مواد خام تاثیر زیادی روی خواص فیزیکی و شیمیایی بیوچار دارد. مانند اندازه ذرات، ترکیب و اندازه منافذ، ترکیب چوب و کلس 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 مطلوبتری 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 مواد غذایی 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 و اکسید 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. ماکرواستراکچر بیوماسی 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 و همکاران، 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 و همکاران، 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

## ۲-۱- تاثیر ریزوبیوم بر رشد گیاه

ریزوبیوم ها علاوه بر اثر گذاری مطلوب بر تثبیت نیتروژن، محرک رشد گیاه نیز می باشند (آستروم و همکاران، ۱۹۹۳). این باکتری ها از طریق سنتز هورمون های محرک رشد مثل ایندول استیک اسید، جیبرلین ها و سیتوکنین ها باعث رشد گیاهان، جوانه زنی بذرها، ریشه زایی و گسترش ریشه می گردند (کارلتی، ۲۰۰۲). همچنین با سنتز انواع ویتامین ها و اسیدهای آمینه رشد و کیفیت محصول را افزایش و از طریق فرآیندهای مختلف باعث ایجاد مقاومت سیستمیک در گیاهان می شوند. این مقاومت باعث می شود گیاه، تنش های محیطی مانند عدم تهویه، آلودگی به عناصر سنگین، شوری، تنش های خشکی، آفات و بیماری ها را تحمل کند. این باکتری ها با ایجاد حالت آنتی بیوز، تولید سیدروفورها و ترشح آنزیم های کیتیناز و گلوکوناز قادرند میزان نماتدها، آفات و عوامل بیماری زای گیاهی را در خاک کاهش یا فعالیت آن ها 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 معنی دار وزن خشک گیاه، و تعداد غلاف نسبت به تیمار شاهد شد. تلقیح تنها و دوگانه باکتری ریزوبیوم و باکتری حل کننده فسفات وزن ریشه و خشک گیاه، ارتفاع گیاه طول سنبله و عملکرد دانه و محتوی فسفر دانه و پروتئین برگ را در گندم افزایش داد. در شرایطی که عوامل محیطی بهینه هستند، گیاهان لوبیا که با ریزوبیوم مؤثر گره دار شده اند می توانند مقادیر قابل توجهی نیتروژن تثبیت کنند (گیلر، ۲۰۰۱).

همچنین سیداختر و صدیقی زکی (۲۰۰۸) گزارش کردند که کاربرد باکتری مناسب درنخود موجب افزایش معنی دار 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 (سهاران، ۲۰۱۱). محمود و اتار (۲۰۰۸) طی مطالعاتی که روی ماش انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که تلقیح باریزوبیوم موجب افزایش معنی‌دار وزن 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 می‌تواند 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 سیدروفورها 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 سویه‌های 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) سویه‌های 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 سوئسی (۲۰۰۱) پیشنهاد کرده‌اند که توانایی تولید HCN توسط باکتریهای محرک رشد<sup>۴</sup> PGPR یک قابلیت بالقوه و مکانیزی 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.

## ۳-۱-۲ توانایی حل فسفاتهای معدنی نامحلول

گزارشات متعددی وجود دارد که توانایی سویه‌های مختلف باکتریایی را برای انحلال ترکیبات معدنی فسفات‌های نامحلول نشان می‌دهد (رضانیان، 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 باکتری‌های خاک تشخیص داده شده است. تولید اسیدهای

<sup>۴</sup>Plant Growth-promoting Rhizobacteria

آلی موجب اسیدی شدن محیط اطراف سلول‌های باکتری شده و در نتیجه فسفر عنصری می‌تواند در اثر جایگزینی یون  $H^+$  با یونهای کلسیم در محیط آزاد گردد (ایلمر و اسپینر، ۱۹۹۵).  
از میان اسیدهای آلی به نظر می‌رسد که اسید گلوکونیک فراوان‌ترین 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 می‌باشد. بنابراین باکتری‌های ریزوبیوم یک نقش دوگانه بسیار مهم در تامین دو عنصر حیاتی، 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).

## ۲-۲-۲ تاثیر PGPR بر رشد گیاهان

اثرات باکتری‌های محرک رشد برای رشد و نمو گیاهان به دو صورت اثرات مستقیم و اثرات غیر مستقیم می‌باشد. (زهیر و همکاران، ۲۰۰۴). در درحالت مستقیم انواع باکتری‌های محرک رشد با استفاده از مکانیزم‌های تثبیت زیستی نیتروژن، افزایش جذب و فراهمی یا محلول کردن عناصر غذایی، تولید هورمون‌های رشد گیاهی، تولید انواع ویتامین‌ها، تولید سیدروفورهای کلاته‌کننده آهن و محلول ساختن فسفات باعث تحریک و افزایش رشد گیاهان می‌شوند (حاجیلو ۱۳۸۹ به نقل از شیمون).

در حالت غیرمستقیم، با استفاده از مکانیسم های مختلف آنتاگونیستی اثرات مضر بیمارگرهای گیاهی راخنشی 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) از مهمترین مکانیزم های مورد استفاده در این روش می باشند (گلیکوهمکاران ۱۹۹۵). کلپر 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 و دیگر 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 اوایل 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 بر رشد گیاهان 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 از گلیک).

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

بعضی از سویه های باکتری های محرک رشد قادرند در شرایط کمبود آهن سیدروفور ترشح کنند این ساز و کار علاوه بر تامین آهن مورد نیاز گیاه اثر غیر مستقیمی هم بر رشد گیاهان 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 در گیاه:

لیجر و همکاران، (۱۹۸۶) اعلام کردند که افزایش شدید تولید اتیلن در ریشه های گیاه یونجه بلافاصله پس از تلقیح با باکتری سینوریزوبیوم میلیوتی باید نشانه ای از پاسخ دفاعی گیاه لگوم درمقابل با تهاجم باکتری به سلول های ریشه گیاه باشد. تحقیقات نشان می دهد که 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، اسیدگزالیک و اسیدسیتریک 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 و همکاران، 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 Cu و N, P, K, Fe, zn 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 (کلویر و همکاران ۱۹۸۶) 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 افزایش دهنده ظهور گیاهچه نامیدند.

## ۲-۱۰ میکروارگانیزم های حل کننده فسفات :

باکتری ها نسبت به قارچ ها در انحلال فسفر مؤثرترند (علم و همکاران، ۲۰۰۲). در بین جوامع میکروبی خاک، باکتری های حل کننده فسفات ۱ تا ۵۰ درصد و قارچ ها ۱/۰ تا ۵/۰ درصد توانایی انحلال دارند (چن و همکاران، ۲۰۰۶). سویه های از جنس *Bacillus*، *Pseudomonas* و *Rhizobium* به عنوان توانمندترین حل کننده های فسفر هستند (وایتلو، ۲۰۰۰). تعداد باکتری های حل کننده فسفات به شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک، ماده آلی، مقدار فسفر موجود در خاک و فعالیت های زراعی بستگی دارد (کیم و همکاران، ۱۹۹۸). در شمال ایران، جمعیت باکتری های حل کننده فسفات در حدود ۰ تا ۱۰۷ سلول در هر گرم خاک می باشد که ۳/۹۸ درصد از جمعیت کل باکتری هاست (فلاح، ۲۰۰۶).

روابط همزیستی بین باکتری‌های حل‌کننده 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).

میکروارگانیسیم‌های حل‌کننده فسفات و سایر میکروارگانیسیم‌هایی 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 میکروارگانیسیم‌های حل‌کننده فسفات در انحلال فسفات‌های نامحلول پیچیده است، ولی براساس نظر محققان، این میکروارگانیسیم‌ها 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 میکروارگانیسیم‌های حل‌کننده 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 میکروارگانیسیم‌ها 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 می‌باشند (رودریگز و فراگا، ۱۹۹۹). گرچه فسفر به مقدار فراوانی در خاکها به دو شکل آلی و معدنی دیده می‌شود (خان و همکاران، ۲۰۰۷). اما در مقایسه با سایر عناصر غذایی در بیشتر خاکها تحرک و قابلیت جذب کمی دارد غلظت فسفر محلول در خاک معمولاً خیلی پایین است در حدود یک میلی گرم در کیلو گرم یا کم تر می‌باشد (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 نمایند (گلدستین و همکاران ، ۱۹۹۳).

تنها راه عملی برای استفاده از فسفر تجمع پیدا کرده در اراضی بکار گیری کود های بیولوژیک فسفات می باشد این نهاده های بیولوژیک در واقع حاوی میکروارگانسیم 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 میکروارگانسیم 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 کاملاً ثابت شده می باشد و به عنوان مکانیسم اصلی انحلال فسفات معدنی توسط باکتری 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 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 می شوند (خان و همکاران، ۲۰۰۷).

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

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

آزاد سازی فسفر به وسیله باکتری‌های حل‌کننده 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<sup>۵</sup> فسفر تثبیت شده در خاک را حل کرده و باعث بهبود عملکرد گیاه می‌شوند (گال و همکاران، ۲۰۰۴؛ زیدی، ۱۹۹۹). میکروارگانیسم‌ها 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 کلات‌کننده، تولید اسیدهای معدنی از قبیل اسید سولفوریک، اسید نیتریک و کربنیک به وسیله ریزجانداران می‌باشد (رودریگز و فراگا، ۱۹۹۹؛ دوبل و مریچ، 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 ACC-د-آمیناز دریافتند که سویه‌ها رشد و زیست توده ریشه را افزایش

<sup>۵</sup> - 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 حل‌کننده 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.

رائی‌پور (۱۳۸۱) با بررسی اثر سه فاکتور، میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات (چهار سطح: بدون میکروارگانیسم و سه میکروارگانیسم با پتانسیل انحلال بالا (*Pseudomonasputida*، *Bradyrhizobiumjapanicum* و *Aeromonashydrophila* و *Pseudomonasfluorescens*)، باکتری 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 ( $P < 0.01$ ) و بر غلظت روی بخش هوایی گیاه ( $P < 0.05$ ) 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، ۲۰۰۸)، 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 *Bacillus subtilis*، *Bacillus megaterium* و *Pseudomonas corrugate* 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 *Bacillus megaterium* 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.

## ۲-۱۱ محتوای مواد مغذی بیوپچار

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

خاکستر بیوپچار 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 به ۱.۶ درصد کاهش می یابد. هنگامی که درجه حرارت از ۴۰۰ به ۸۰۰ درجه سانتیگراد افزایش می یابد (بگریو و همکاران، ۲۰۰۱). مقدار کربن در بیوپچارهای مختلف متغیر است. که به ماده خام و شرایط تجزیه حرارتی واسطه است. افزایش غلظت کربن در دماهای بالاتر با کاهش در عملکرد بیوپچار همراه است (لهمن و همکاران، ۲۰۰۶؛ سوهمی و همکاران، ۲۰۰۹). کربن موجود در بیوپچار پایدارتر و با ثبات تر از کربن موجود در بیوماس است از طریق تبدیل زیست توده به بیوپچار 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 و همکاران، 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) در نتیجه تا حد زیادی 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 می شود. 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 تبدالی (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 نترات 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 و کاهش 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 .

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

در مقایسه با دیگر اصلاح کننده های خاک، سطح ویژه بالا و تخلخل بیوچار آن 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 و همکاران، 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 بر قابلیت دسترسی به عناصر غذایی

### ۲-۱۲-۱-۱ 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 (اوگوا ۱۹۹۴ و راندون و همکاران ۲۰۰۷).

## ۲-۲-۱۲-۲ 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 .

بیوچار به 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 میکوریزا دسترسی گیاهان را به فسفر بهبود می بخشد (واردل وهمکاران، ۱۹۹۸؛ پتیکانت 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 رشد گیاهان

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 بیوچار اضافه شود آنها نه تنها باعث افزایش تولید محصول می شود بلکه سبب جلوگیری از هدر رفتن مواد مغذی، حفظ رطوبت و کمک به گیاهان تحت تنش می گردد بیوچار 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 بیوچار 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 بیوچار در 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 ترپچه 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 روش ها

### ۳- محل انجام پژوهش

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

### 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 شاهرود میانگین سالانه دما در این 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 ۰-۳۰ سانتی متر خاک مزرعه چندین نمونه یک کیلوگرمی گرفته شد که پس از اختلاط نمونه‌ها با یکدیگر یک نمونه به میزان یک کیلوگرم که در بر گیرنده کل نمونه‌ها بود به آزمایشگاه 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

واحد	مقدار	پارامترهای اندازه گیری شده
میکرو زیمنس بر سانتی متر	۲	هدایت الکتریکی ( $10^3 \times Ec$ )
-	۷/۸۹	اسیدیته گل اشباع (pH of pasta)
درصد	۲۷	درصد مواد خنثی شونده (T.N.V.)
درصد	۰/۷۹	کربن آلی (O.C)
درصد	۰/۰۵۷	ازت کل (Total N)
پی پی ام	۱۴	فسفر قابل دسترس P (ava)
پی پی ام	۱۴۳	پتاسیم قابل دسترس K (ava)
درصد	۲۲	رس (Clay)
درصد	۴۴	لائی (Silt)
درصد	۳۲	شن (Sand)
درصد	۱/۵	درصد رطوبت
-	۴/۱	نسبت جذب سدیم <sup>۶</sup> (SAR)
میلی اکی والان در لیتر	۸۱/۲	مجموعه کاتیون‌ها
میلی اکی والان در لیتر	۲۲/۲	Na <sup>+</sup>
میلی اکی والان در لیتر	۲۶	Mg <sup>۲+</sup>
میلی اکی والان در لیتر	۳۳	Ca <sup>۲+</sup>
میلی اکی والان در لیتر	۸۰/۶	مجموع آنیون‌ها
میلی اکی والان در لیتر	۲۸/۶	SO <sub>4</sub> <sup>۲-</sup>
میلی اکی والان در لیتر	۴۷/۵	Cl <sup>-</sup>
میلی اکی والان در لیتر	۴/۵	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
میلی اکی والان در لیتر	۰	CO
درصد	۳۰/۶	درصد اشباع (S.p)

<sup>۶</sup>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، مزوریوبیوم، PGPR) و بیوچار ( فاکتور B ) 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 مساحت ۱۰ متر مربع قرار گرفت هر کرت شامل ۴ ردیف کاشت و به طول ۴ متر بود و فاصله بین ردیفها ۵۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. مرز بین کرت ها با یک پشته کشت نشده مشخص شد.

a۳b۳	a۲b۲	a۳b۳	a۲b۲	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 گاواهن 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 ردیفها ۱۰ سانتی متر در 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 آماده سازی بذرها

بذر مورد استفاده، لوبیا چشم بلبلی بود. پیش از کاشت برای اطمینان از عدم هرگونه همزیستی قبلی، بذور چندین بار شستشو 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 و کشت 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 کاملاً 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 ۲-۴ 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 هر کرت 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 نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل گردید.

### ۳-۷ ارزیابی صفات مرفولوژیک

پس از آنکه 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 اندازه‌گیری 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 سانتی گراد 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) %<sup>۱</sup>

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

$$\text{شاخص برداشت (\%)} = \frac{\text{عملکرد اقتصادی}}{\text{عملکرد بیولوژیک}} \times 100$$

### 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 ۳-۵ روز نگهداری شدند (مدت زمان نگهداری در محلول KOH 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.

<sup>۱</sup> 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 ترین 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 (حیوانتی 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 ریشه، آرباسکول، کوپل 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 ( خاک های خنثی و قلیایی)

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

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

محلول استخراج کننده بی کربنات سدیم ۰/۵ مولار: مقدار ۴۲ گرم بی کربنات 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 از ۸/۵ می توان 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  $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$  در صد میلی لیتر آب مقطر حل گردید.

۴) پتاسیم آنتیمونی تارتارات ۰/۲۷۵ درصد: ۰/۲۷۵ گرم پتاسیم آنتیمونی تارتارات  $KSbO_6 \cdot H_2O$  در صد میلی لیتر آب مقطر حل گردید.

۵) اسید آسکوربیک ۱/۷۵ درصد: 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) دوپست 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 ۲۰ ppm فسفر- چهل میلی لیتری از محلول ۵۰۰ ppm فسفر را با محلول عصاره گیری (بی- کربنات سدیم) به حجم یک لیتر رسانده شد.

۹) سری استانداردها: از محلول ۲۰ ppm فسفر به ترتیب ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰ میلی لیتری برداشته با بی کربنات سدیم به حجم یک لیتر برسانیم (با توجه به غلظت فسفر در هر منطقه می توان غلظت استانداردها را تغییر داد) برای استاندارد صفر از بی کربنات سدیم استفاده می شود. این محلول

دارای ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸، ۱، ۱/۲، ۱/۴ پی پی ام فسفر می باشد. (ولسن، ۱۹۷۶)

### ۳-۱۱ اندازه گیری مقدار کلروفیل

به منظور اندازه‌گیری کلروفیل برگ در مرحله ۵۰ درصد گلدهی مزرعه از برگ‌های بالایی 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 و ۴۸۰ 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:

$$\text{Chl a} = (12/47 \times A_{665}) - (3/62 \times A_{649})$$

$$\text{Chl b} = (25/6 \times A_{649}) - (3/62 \times A_{665})$$

$$\text{Chl T} = \text{Chla} + \text{Chlb}$$

$$\text{Carotenoids} = (1000 \times A_{480} - 1/29 \times \text{Chl a} - 53/78 \times \text{Chl b}) / 220$$

در روابط فوق  $A_{649}$ ،  $A_{665}$  و  $A_{480}$  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.

### ۳-۱۲ اندازه گیری پروتئین دانه :

اندازه گیری پروتئین دانه به روش کجلدال انجام شد. ۱ گرم از بافت خوب پودر شده به بالن های مخصوص کجلدال منتقل گردید. برای عمل هضم ۲۰ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ و سپس ۷ گرم سولفات سدیم و ۱ گرم سولفات مس (به عنوان کاتالیزور) اضافه گردید. مخلوط حاصل تا بی رنگ 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 تیترا 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 می باشد، درصد پروتئین به دست 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 میلی لیترش

### ۳-۱۳ تجزیه و تحلیل اطلاعات

تحلیل داده های 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



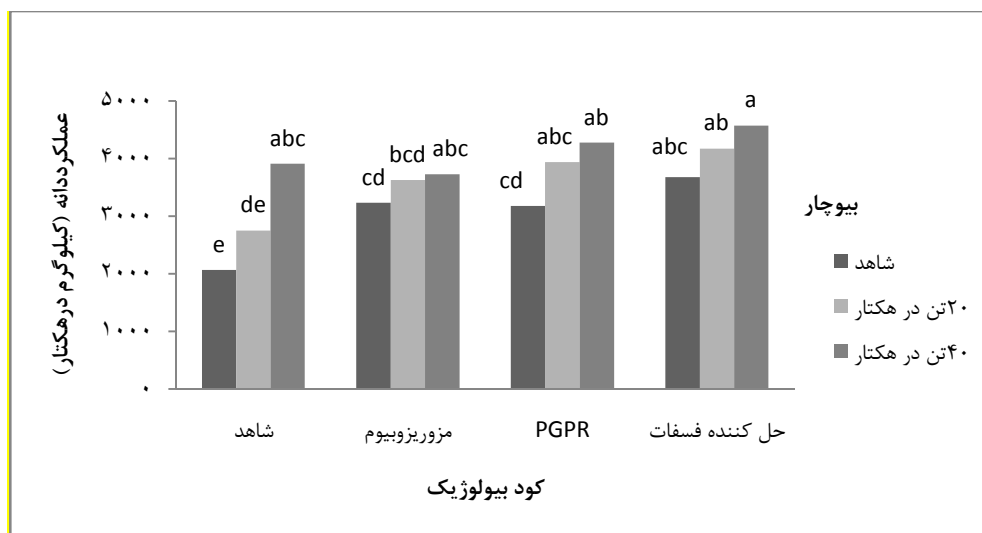
فصل چہارم

نتیجہ 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 کاربرد کود بیولوژیک و اثر اصلی کاربرد بیوچار، همچنین اثر متقابل کاربرد کود 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 توأم بیوچار و کود بیولوژیک می باشد به طوری که کاربرد توأم چهل تن در هکتار بیوچار و *PGPR* موجب افزایش ۳۰ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار *PGPR* شده است (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱- تأثیر متقابل کاربرد بیوچار و کود بیولوژیک بر عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی

به کارگیری 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 درصدی 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

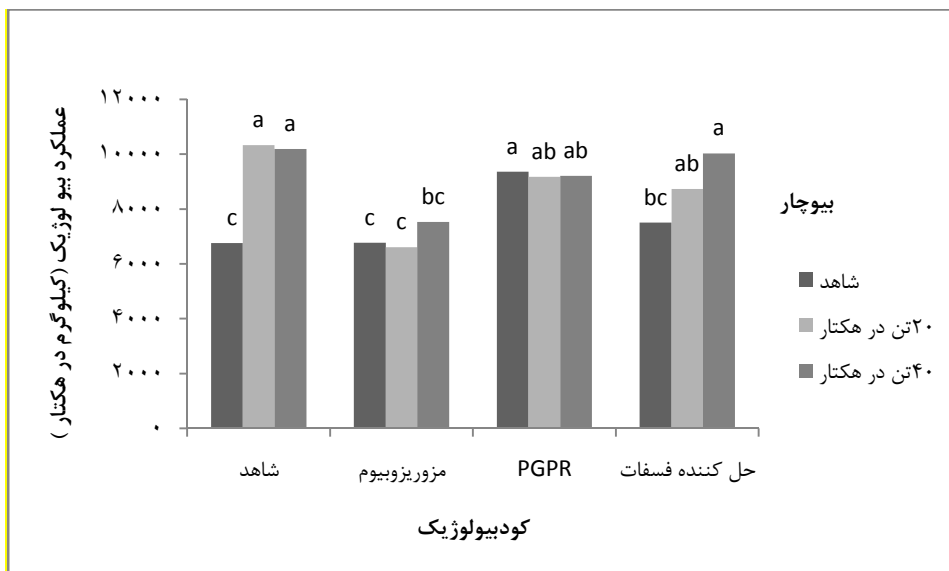
همکاران، ۲۰۰۷؛ چان و زو، ۲۰۰۹)، بهبود pH خاک (یاماتو و همکاران، ۲۰۰۶؛ اشتاینر و همکاران، ۲۰۰۷؛ نوواک و همکاران، ۲۰۰۹)، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک (چنگ و همکاران، ۲۰۰۶؛ یاماتو و همکاران، ۲۰۰۶؛ نوواک و همکاران، ۲۰۰۹)، جابه جایی و تغییر شکل عناصر فسفر و گوگرد در خاک (پایتیکاینن و همکاران، ۲۰۰۰؛ دی 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)، ارتقاء کیفی قارچ میکوریزا (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 احتمالاً 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 همکاران (۱۳۸۸) بیانگر اثر مثبت و معنی‌دار باکتری حل‌کننده فسفات بر عملکرد دانه نخود و گندم بود.

نتایج تحقیقات اینجانب نشان می‌دهد که کاربرد توام بیوچار در حضور کود بیولوژیک مانند حل‌کننده‌های فسفات، افزایش دهنده رشد، و تثبیت‌کننده ازت عملکرد بهتری نسبت به تیمار شاهد داشته باشد که این موضوع می‌تواند اثر ترکیبی آنها در بهبود شرایط تغذیه ای گیاه مانند فسفر قابل دسترس خاک و افزایش فرایندهای 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 معنی‌داری در سطح یک درصد بر عملکرد بیولوژیک لوبیا نشان دهد (جدول ضمیمه ۱). شکل شماره ۴-۲ بیانگر تاثیر متقابل استفاده از چهل تن در هکتار بیوچار به همراه باکتری حل‌کننده فسفات می‌باشد که موجب افزایش ۴۸ درصدی عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی نسبت به تیمار شاهد شده است، هرچند کاربرد چهل تن در هکتار بیوچار به همراه باکتری حل‌کننده فسفات با تیمار بیست تن در هکتار بیوچار به همراه باکتری حل‌کننده فسفات در یک سطح آماری قرار دارند، و کاربرد بیست تن در هکتار بیوچار به همراه باکتری حل‌کننده فسفات نیز با تیمار باکتری حل‌کننده فسفات در یک سطح آماری قرار دارند.



شکل ۴-۲- 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.

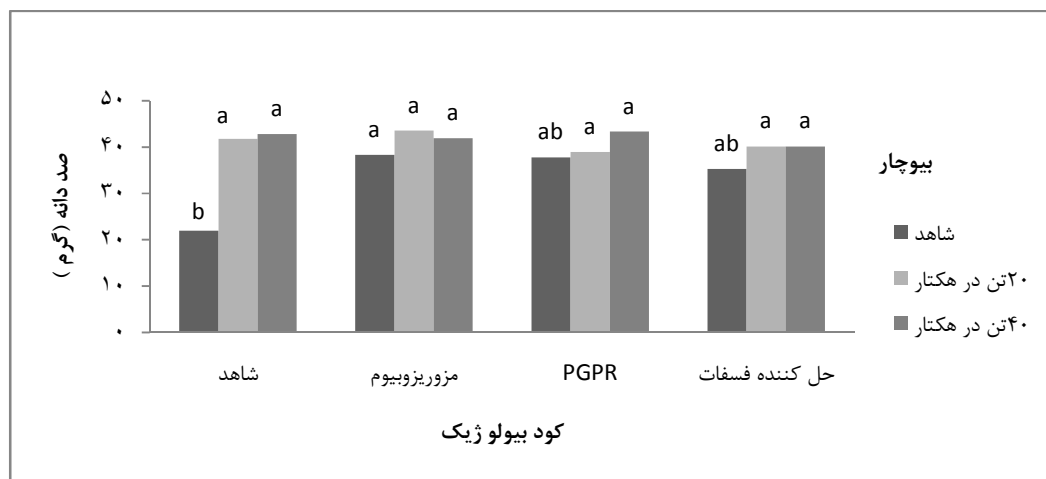
باکتری ازتوباکتر از طریق تولید متابولیت های محرک رشد مانند اکسین، سیتوکینین، جیبرلین می تواند بر رشد رویشی گیاه تأثیر گذاشته و وزن اندام های هوایی را افزایش دهد (کارلتنی، ۲۰۰۲). به نظر می رسد تولید این قبیل متابولیت ها باعث افزایش رشد رویشی و عملکرد ماده خشک در گیاه گردیده است. از طرف دیگر، نیتروژن هم نقش بسیار پر رنگی را در افزایش رشد رویشی گیاه دارد و با افزایش دسترسی به آن، وزن خشک گیاه افزایش می یابد. (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 به دلیل فراهم آوردن عناصر غذایی موجب افزایش عملکرد بیولوژیک گردیده است.

#### ۳-۴ 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 صد دانه لوبیا چشم بلبلی معنی داری نبود. در حالیکه اثر اصلی کاربرد بیوچار بر وزن صد دانه در سطح یک در صد معنی دار شد. همچنین اثر متقابل کود بیولوژیک و بیوچار توانست اختلاف معنی داری را در سطح پنج در صد بر وزن صد دانه لوبیا ایجاد کند (جدول ضمیمه ۱). شکل ۳-۴ 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.



شکل ۳-۴- 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 (ص ۶۲) 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 (رودریگز 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 اندام های گیاهی به ویژه دانه، موجب افزایش وزن دانه ها می گردد (سالاردینی و مجتهدی، ۱۳۷۶). بنابراین، باکتری های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم با افزایش دسترسی گیاه به نیتروژن می توانند نقش مهمی در افزایش وزن صد دانه داشته باشند.

#### ۴-۴ تعداد غلاف لوبیا

تعداد غلاف در گیاه مهمترین ویژگی تعیین کننده عملکرد لوبیا می باشد. 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 ضمیمه ۱).

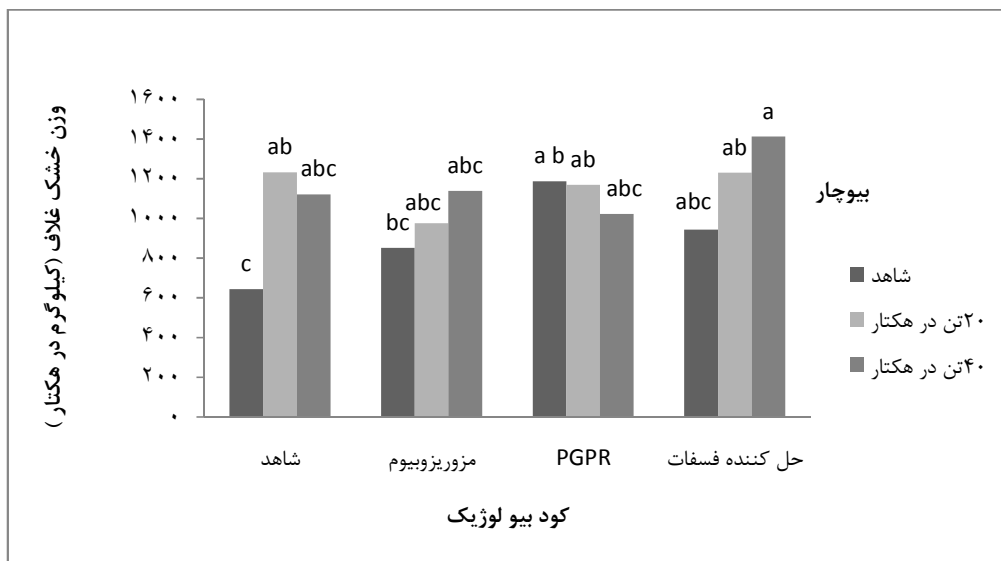
آنتونز و مکاران، (۲۰۰۶) طی مطالعاتی که روی لوبیا انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که تلقیح با باکتری رایزوبیوم موجب افزایش معنی دار عملکرد دانه، تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف نسبت به تیمار شاهد شد. هر چند که در این آزمایش تفاوت معنی دار با شاهد مشاهده نشد.

#### ۴-۵ تعداد دانه در غلاف

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان که اثر اصلی کاربرد کود بیولوژیک و اثر اصلی بیوچار و اثر متقابل کود بیولوژیک و بیوچار بر تعداد دانه در غلاف لوبیا معنی دار نشد (جدول ضمیمه ۱). کاظمی پشت‌مساری و همکاران (۱۳۸۶) اثر باکتری حل‌کننده فسفات (کود زیستی فسفات‌ه بارور-۲) را بر روی باقلا بررسی کردند و به نتایج مشابهی دست یافتند و اثر باکتری حل‌کننده فسفات بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار نبود. ولی کارلیر و همکاران (۲۰۰۸) و مرادی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که باکتری حل‌کننده فسفات اثر مثبت و معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله گندم و تعداد دانه در طبق 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 معنی‌دار شد و اثر اصلی بیوچار و اثر متقابل کود بیولوژیک و بیوچار نیز توانستند اختلاف معنی‌داری بر وزن خشک غلاف لوبیا در سطح یک درصد ایجاد کنند. بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ضمیمه ۶) وزن خشک غلاف لوبیا با میانگین ۱۴۱۲ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار باکتری حل‌کننده فسفات به همراه بیوچار (چهل تن در هکتار) می‌باشد و میانگین وزن خشک غلاف لوبیا با میانگین ۶۴۴/۶ کیلوگرم در هکتار متعلق به شاهد می‌باشد. که در نتیجه کاربرد باکتری حل‌کننده 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 حل‌کننده فسفات و حل‌کننده فسفات در یک سطح آماری قرار دارند (شکل ۴-۴).



شکل ۴-۴- تأثیر متقابل کاربرد بیوچار و کود بیولوژیک بر وزن خشک غلاف لوبیا چشم بلبلی

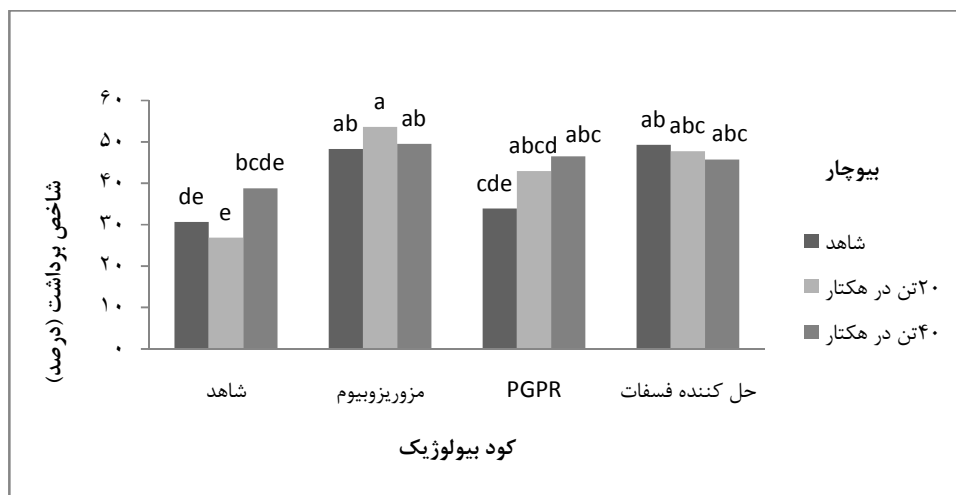
کاربرد باکتری *Pseudomonas ssp* و *Bradyrhizobium Japonicum* می تواند تعداد غلاف، وزن خشک غلاف، اجزای عملکرد دانه، فراهمی عناصر غذایی خاک و جذب آن هارا در سویا را افزایش دهد (سان و همکاران، ۲۰۰۶). در نتیجه به نظر می رسد کاربرد توام بیوچار و کود های بیولوژیک به دلیل بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک، افزایش قابلیت 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 می باشد. 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 عمده ای 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 درصد معنی دار شد (جدول ضمیمه ۱). با توجه به نتایج مقایسات میانگین (جدول ضمیمه ۵) شاخص برداشت لوبیا با میانگین ۵۳/۶۱ 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 در یک 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).

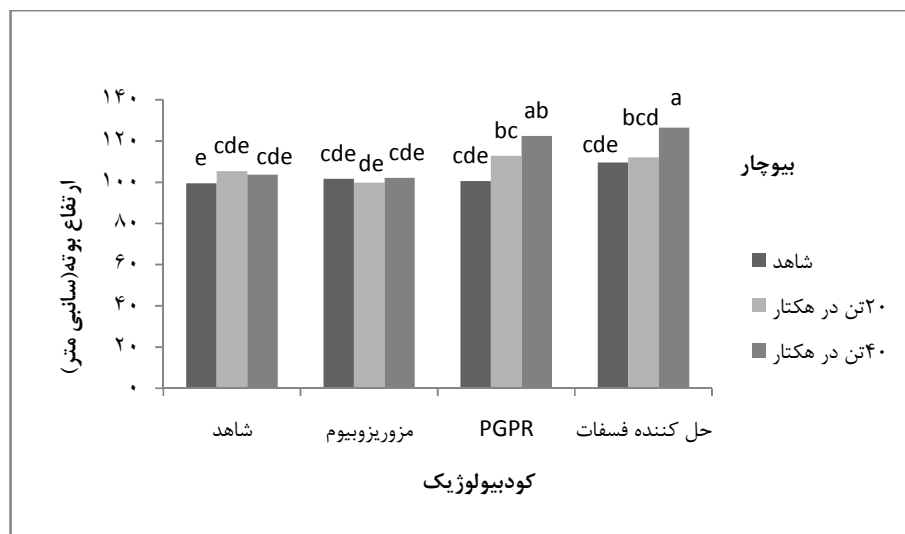


شکل ۴-۵- تأثیر متقابل کاربرد بیوچار و کود بیولوژیک بر شاخص برداشت لوبیا چشم بلبلی

باکتری ریزوبیومی همزیست لوبیا موجب افزایش جذب برخی عناصر نیز می شود (یحیی آبادی، ۲۰۰۸). به نظر میرسد کاربرد توام بیوچار و کود بیولوژیک به دلیل تاثیر بر فرایندهای 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 - ۱۲۶/۶ سانتی 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 می‌دهد، تیمار باکتری حل کننده فسفات به همراه بیوچار (چهل تن در هکتار) موجب افزایش ۲۷ درصدی ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد شده است. کاربرد توام بیوچار و کود بیولوژیک روند افزایشی بر ارتفاع بوته داشته است (شکل ۴-۶).



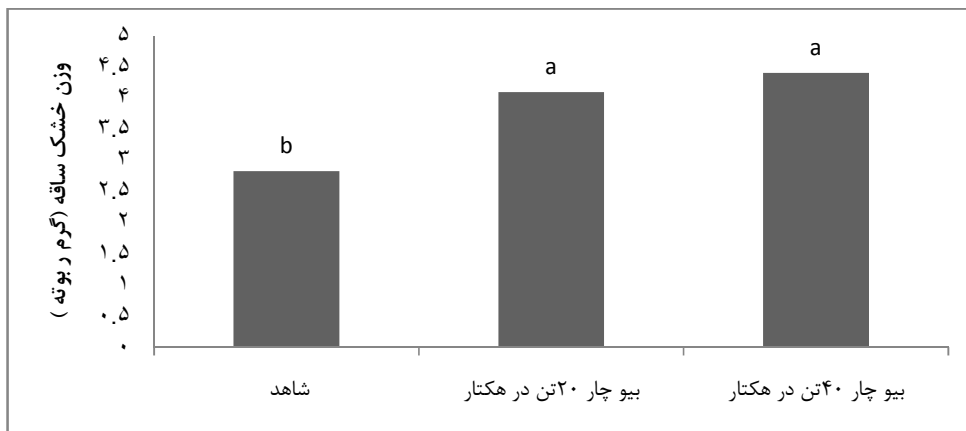
شکل ۴-۶- تأثیر متقابل کاربرد بیوچار و کود بیولوژیک بر ارتفاع ساقه لوبیا چشم بلبلی

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 باکتری های تثبیت کننده نیتروژن موجب افزایش ارتفاع بوته ذرت می شود. ویژگی های رویشی گیاهان مانند ارتفاع بوته شدیداً تحت تأثیر عناصر غذایی و آب قرار می گیرد و با دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی (مخصوصاً نیتروژن)، از طریق تأثیر بر روی تقسیم و بزرگ شدن سلول ها در افزایش ارتفاع بوته بسیار مؤثر می باشد (اسماعیلی و پادواردهان ۲۰۰۶). از این رو، با استناد به مطالعات صورت گرفته، کودهای زیستی می توانند نقش زیادی در افزایش دسترسی به نیتروژن و بنابراین افزایش ارتفاع گیاه داشته باشند. نتایج این مطالعه نشان داد که 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

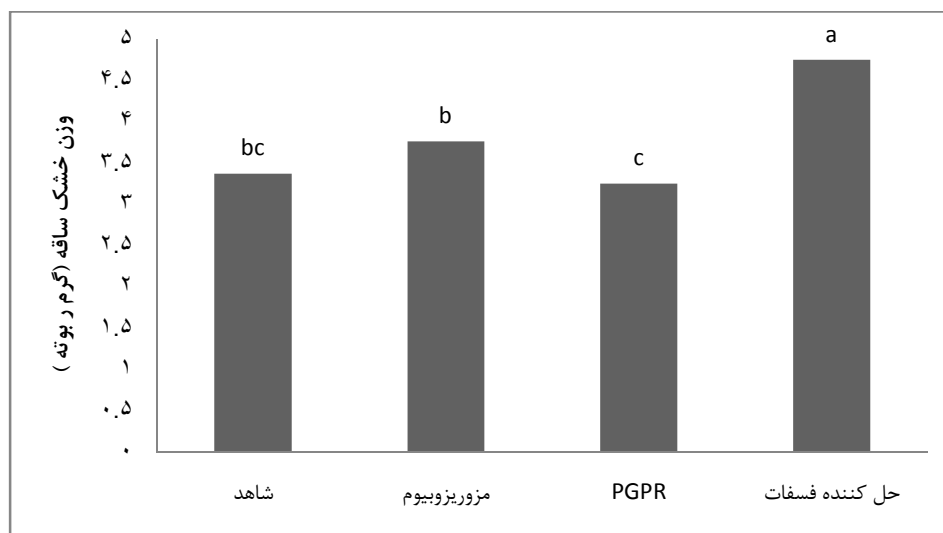
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل بیوچار و کود بیولوژیک بر وزن خشک ساقه معنی دار نشد. در حالیکه اثر اصلی بیوچار بر وزن خشک ساقه اختلاف معنی داری در سطح یک درصد به وجود آورد (جدول ضمیمه ۳). بر اساس نتایج مقایسات میانگین (جدول ضمیمه ۸) اثر کاربرد بیوچار در میزان وزن خشک ساقه با میانگین های ۱/۴/۴ / 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 ۲/۸۳ گرم در بوته مربوط به

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



شکل ۴-۷- تأثیر کاربرد بیوجار بر وزن خشک ساقه لوبیا چشم بلبلی

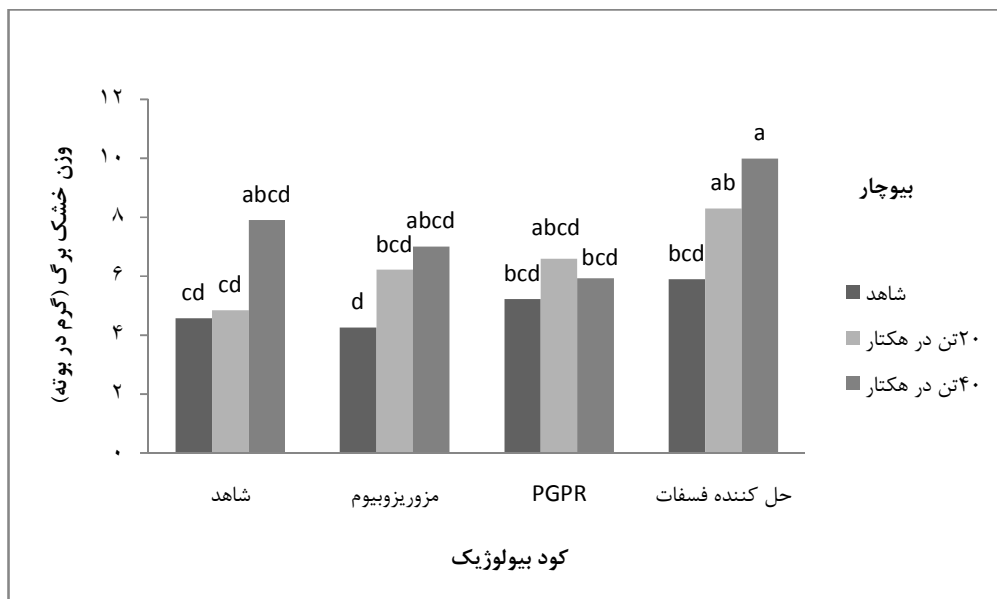
همچنین اثر اصلی کاربرد کود بیولوژیک بر وزن خشک ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. میانگین نتایج نشان داد که میزان وزن خشک ساقه با میانگین ۴/۴۷۵ گرم در بوته مربوط به تیمار باکتری حل کننده فسفات می باشد. و باکتری *PGPR* و تیمار شاهد هر دو در یک سطح آماری قرار دارند و مزوریزوبیوم و تیمار شاهد نیز در یک سطح آماری قرار دارند. در نتیجه کاربرد حل کننده فسفات موجب افزایش ۳۲ درصدی وزن خشک ساقه نسبت به تیمار شاهد شده است (شکل ۴-۸).



شکل ۴-۸- تأثیر کاربرد کود بیولوژیک بر وزن خشک ساقه لوبیا چشم بلبلی

#### ۴-۱۰ وزن خشک برگ

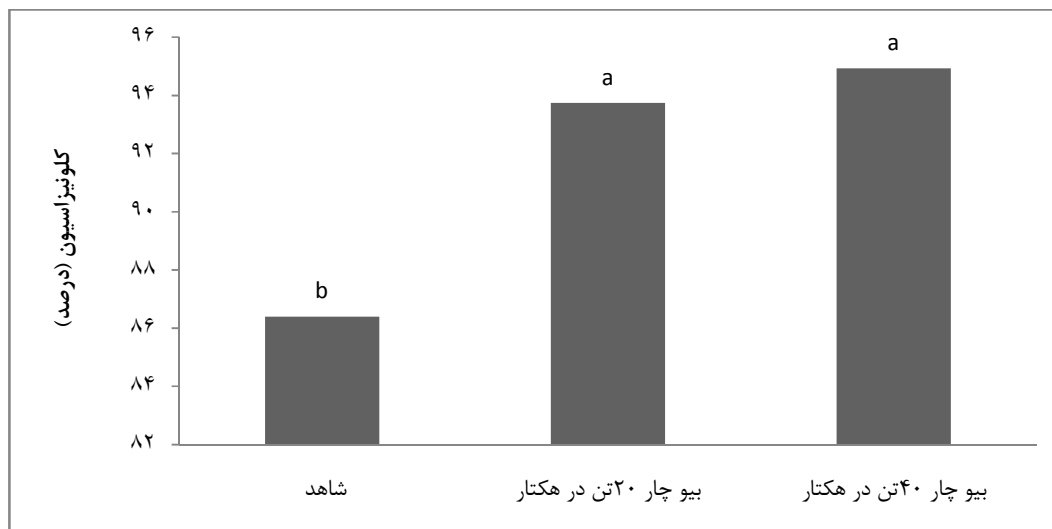
نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی کاربرد کود بیولوژیک و اثر اصلی بیوچار و همچنین اثر متقابل کاربرد بیوچار و کود بیولوژیک بر وزن خشک برگ در هر بوته لوبیا اختلاف معنی داری در سطح یک درصد ایجاد کردند (جدول ضمیمه ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ضمیمه ۶) وزن خشک برگ لوبیا با میانگین ۹/۹۹ گرم در 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 افزایش ۲/۱ 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 (شکل ۴-۹).



شکل ۴-۹- تأثیر بیوچار و کود 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 معنی‌دار 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 درصد 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 معنی‌داری مشاهده نشد و هر دو در یک سطح آماری قرار دارند (شکل ۴-۱۰).



شکل ۴-۱۰- تأثیر کاربرد بیوچار بر درصد کلونیزاسیون ریشه لوبیا چشم بلبلی

طبق بررسی اخیر لهما و همکاران (۲۰۱۱) شواهدی زیادی وجود دارد که نشان می‌دهند وجود بیوچار در خاک تأثیرات بسیار مهمی بر میکروارگانیسم های خاک داشته است. خانواده اصلی میکروارگانیسم های خاک که به خاطر تأثیر مثبتش بر باروری گیاه شناخته شده است قارچ میکوریزا آربسکولار نام دارد. قارچ میکوریزا آربسکولار قارچ های همزیست واجب الوجودی هستند که با ریشه گیاهان آوندی همزیستی می‌کنند (موس، ۱۹۵۷). یک ارزیابی محتاطانه نشان می‌دهد که ۸۰ درصد گیاهان خاکزی میزبانان بالقوه این قارچ ها هستند ( بن فانت و فاسولو، ۱۹۸۷). افزودن بیوچار به خاک غالباً به افزایش تعاملات همزیستانه بین قارچ میکوریزا و گیاه منتج می‌شود (وارناک و همکاران، ۲۰۰۷). برای مثال همزیستی ریشه های گندم و مقدار محصول غله ای گندم به خاطر استفاده از بیوچار و کود معدنی افزایش قابل ملاحظه ای پیدا کردند. استفاده از بیوچار 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 می‌آورد تا ریشه گیاه را تحریک به همزیستی کند (سولایمن و همکاران، ۲۰۱۰). وارناک (۲۰۰۷) با بیان چهار مکانیسم نحوه تأثیر گذاری بیوچار را بر فراوانی میکوریزی و عملکرد آن توضیح می‌دهد:

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 احتمالاً 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.

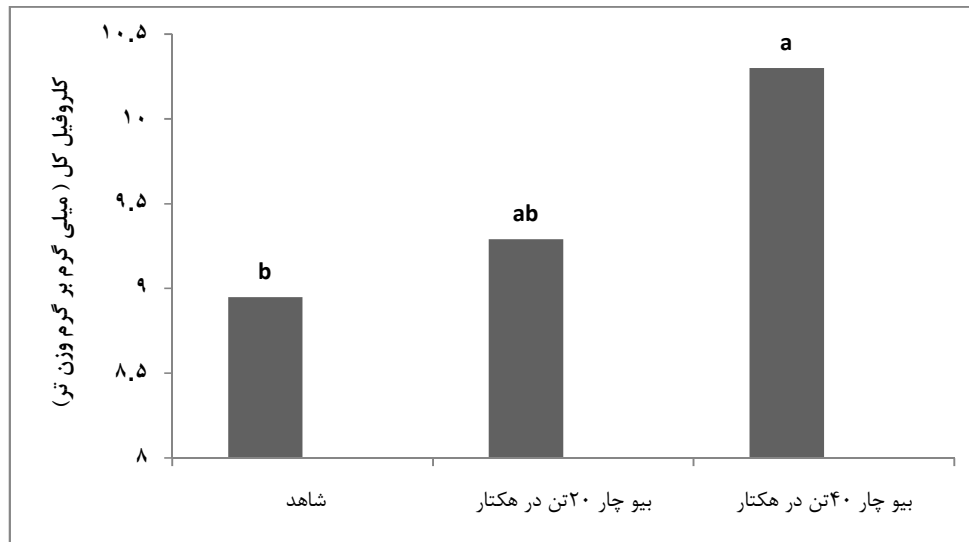
#### ۴-۱۲ میزان کلروفیل کل، کلروفیل a و کلروفیل b برگ لوبیا

##### کلروفیل کل:

رنگیته های درون غشای کلروپلاست عمدتاً از دو نوع کلروفیل (a و b) و دو نوع رنگیته 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 بر کلروفیل کل در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد (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

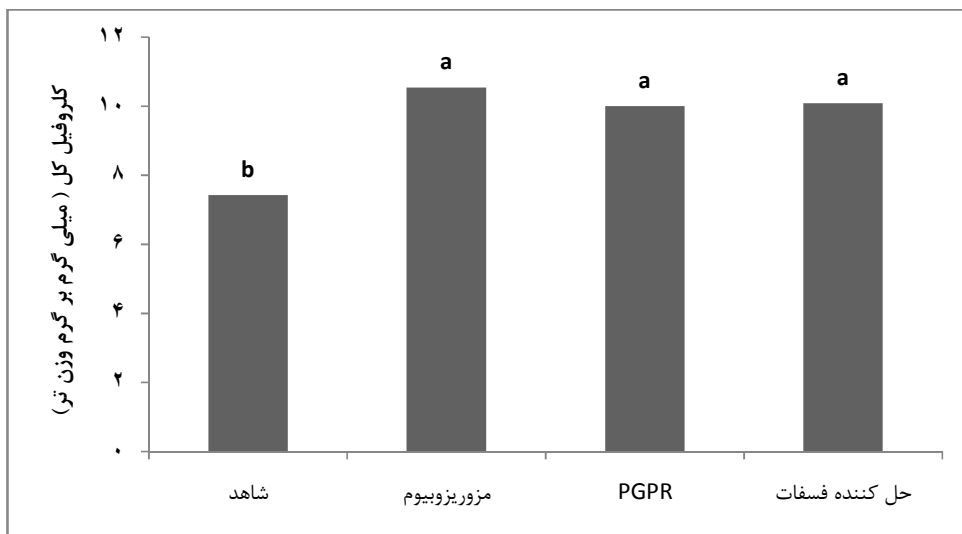


قرار دارند همچنین بیست تن در هکتار بیوچار نیز با تیمار شاهد نیز در یک سطح آماری قرار دارند (شکل ۴-۱۱).



شکل ۴-۱۱- تأثیر کاربرد بیوچار بر کلروفیل کل لوبیا چشم بلبلی

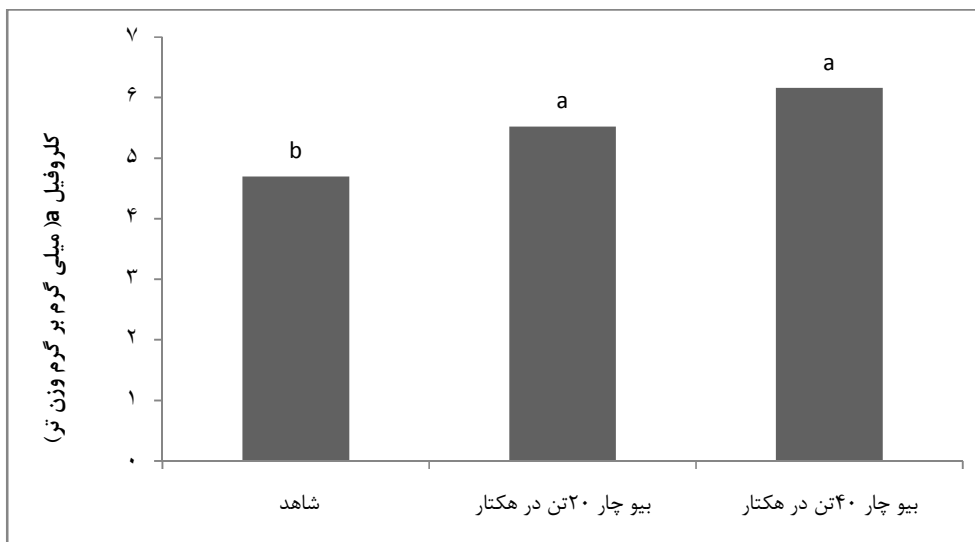
نیترژن در ساختار کلروفیل، پروتئین، آنزیم و اسید نوکلئیک نقش کلیدی دارد (اسمیل و همکاران، ۲۰۰۰). بیوچار دارای ظرفیت تبادل آنیونی قابل ملاحظه ای است در نتیجه باعث جذب مواد آنیونی مثل نترات و فسفات می شود، در نتیجه کاربرد بیوچار به دلیل افزایش نترات و فسفر موجب افزایش کلروفیل کل شده است. همچنین اثر کاربرد 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 کلروفیل 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).



شکل ۴-۱۲- تأثیر کاربرد کود بیولوژیک بر کلروفیل کل لوبیا چشم بلبلی

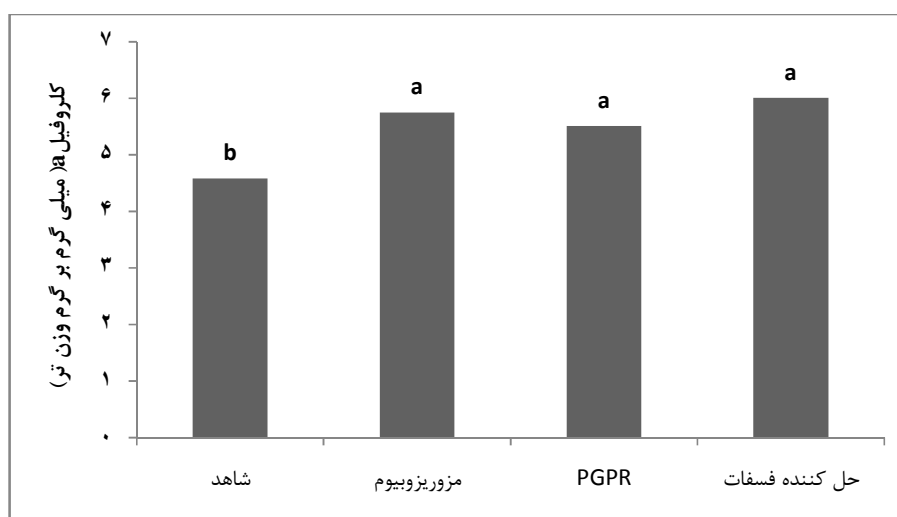
#### کلروفیل a :

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل کاربرد بیوچار و کود بیولوژیک بر کلروفیل a معنی دار نبود ولی اثر کاربرد بیوچار بر کلروفیل a در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (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).



شکل ۴-۱۳- تأثیر کاربرد 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).

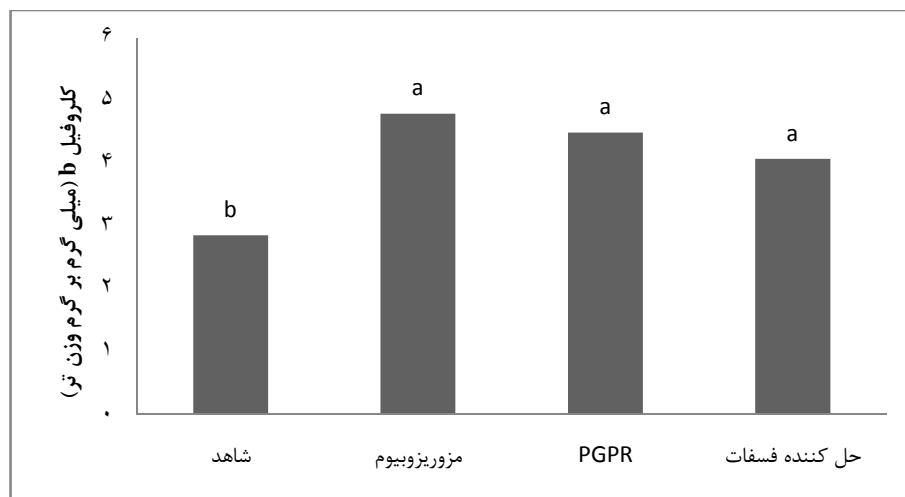


شکل ۴-۱۴- تأثیر کود بیولوژیک بر کلروفیل a لوبیا چشم بلبلی

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 عناصری که در کلروفیل نقش دارند، مانند منیزیم، 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 (شکل ۴-۱۵).



شکل ۴-۱۵- تأثیر کاربرد کود بیولوژیک بر کلروفیل b لوبیا چشم بلبلی

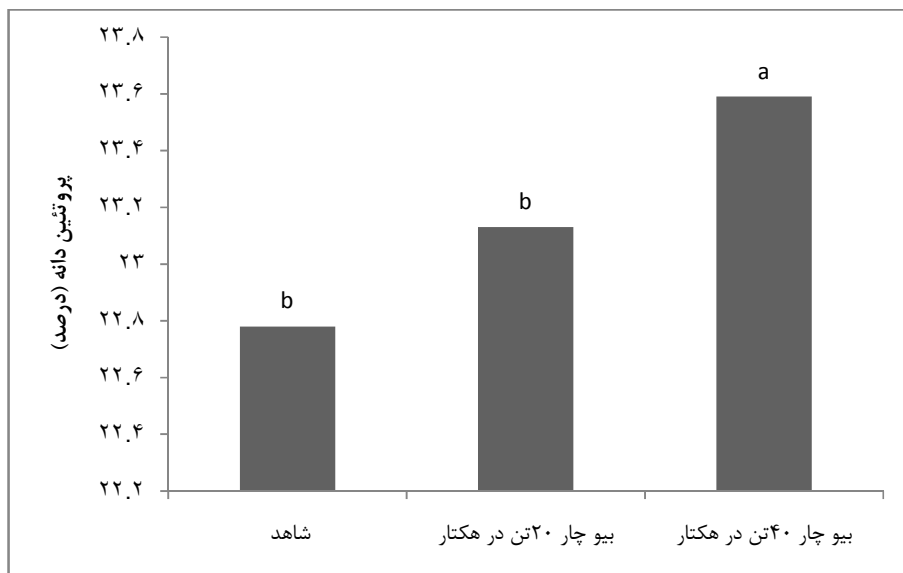
(کاوپون و همکاران، ۲۰۱۰) گزارش کردند که باکتری سودوموناس بر میزان کلروفیل تاثیر معنی دار داشته است، این افزایش کلروفیل را به افزایش فعالیت آنزیم هایی مانند کاتالاز و پراکسیداز نسبت داده اند نقش این آنزیم ها در سنتز کلروفیل یک فاکتور مهم محسوب می شود .

#### 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).

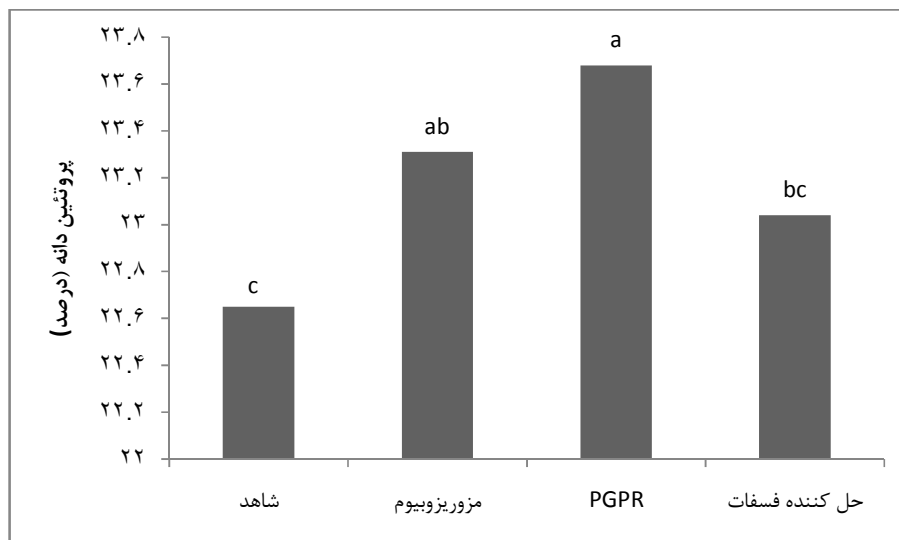
#### ۴-۱۴ پروتئین دانه

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل بیوچار و کود بیولوژیک بر پروتئین دانه لوبیا نبوده است ولی اثر اصلی 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 ۲۳/۵۹ درصد مربوط به تیمار مصرف چهل تن در هکتار بیوچار می باشد. و پروتئین دانه با میانگین ۲۲/۷۸ 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).



شکل ۴-۱۶- تأثیر کاربرد بیوچار بر پروتئین دانه لوبیا چشم بلبلی

همچنین اثر اصلی کاربرد کودهای بیولوژیک بر میزان 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).



شکل ۴-۱۷- تأثیر کاربرد کود بیولوژیک بر پروتئین دانه لوبیا چشم بلبلی

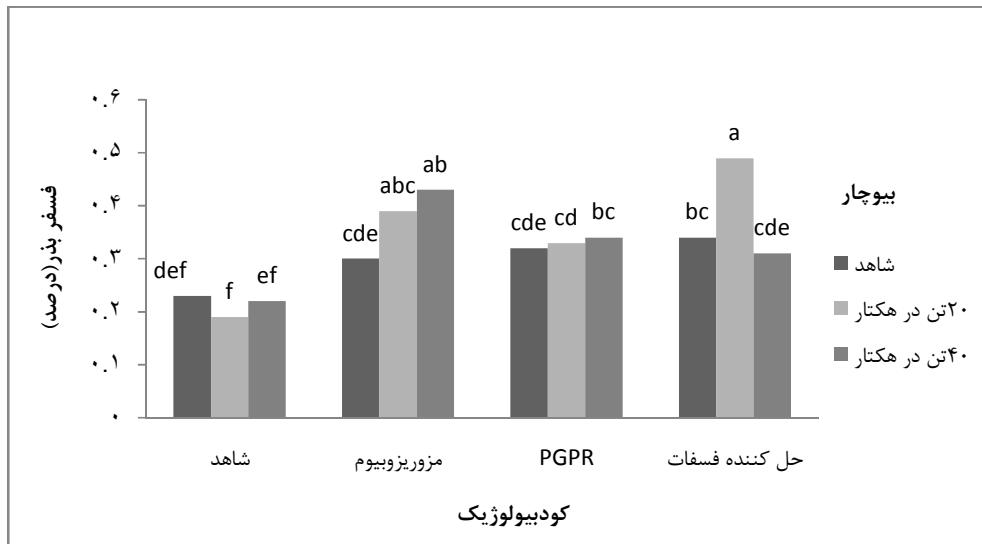
این نتایج تأثیر مثبت کود زیستی را در بهبود شرایط تغذیه ای گیاه ثابت می کند که در نتیجه می تواند پیامد تلقیح باکتری ها در این تیمار کارایی تنظیم کنندگی مناسب رشد، فعالیت فیزیولوژیکی و متابولیسمی در گیاه باشد (رام و همکاران، ۲۰۰۲).

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

#### ۱۵-۴ فسفر دانه

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد اثر اصلی کاربرد کود بیولوژیک و اثر اصلی کاربرد بیوچار و همچنین مصرف توام آن ها بر فسفر دانه در هر بوته لوبیا در سطح آماری یک درصد معنی دار شد (جدول ضمیمه ۳). بر اساس نتایج مقایسات میانگین، (جدول ضمیمه ۸) فسفر دانه با میانگین ۰/۴۹ درصد 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) و مزوریزوبیوم در یک سطح آماری قرار دارند (شکل ۴-۱۸).



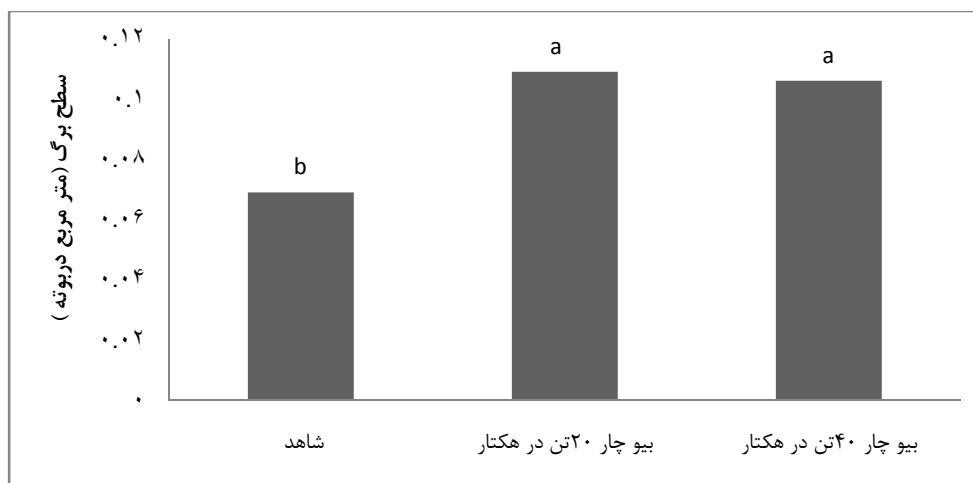
شکل ۴-۱۸- تأثیر کاربرد بیوچار و کود بیولوژیک بر فسفر دانه لوبیا چشم بلبلی

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 توجه 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 بر سطح 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).

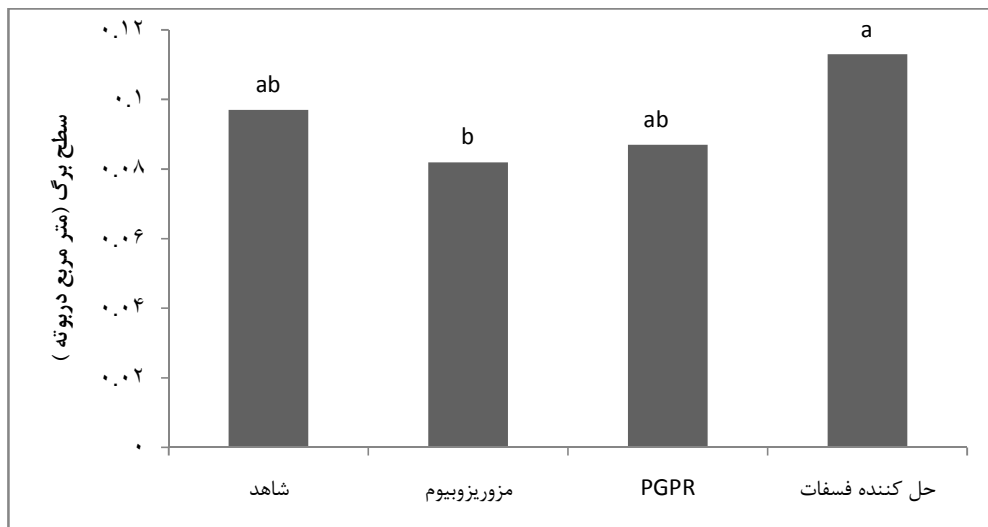


شکل ۴-۱۹- تأثیر کاربرد بیوچار بر سطح برگ لوبیا چشم بلبلی

گراپر و همکاران (۲۰۱۰) بهبود پارامترهای رشد (ارتفاع، سطح برگ، کانوپی) را بین یک تا پنج درصد در دو گیاه گوجه و فلفل که تحت تیمار بیوچار گزارش کردند، آن‌ها 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 بیوجار و یا به خاطر مقادیر پایین عناصر شیمیایی حمل شده توسط بیوجار است که بسیاری 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 قرار گرفته اند (شکل ۴-۲۰).



شکل ۴-۲۰- تأثیر کاربرد کود بیولوژیک بر سطح برگ لوبیا چشم بلبلی

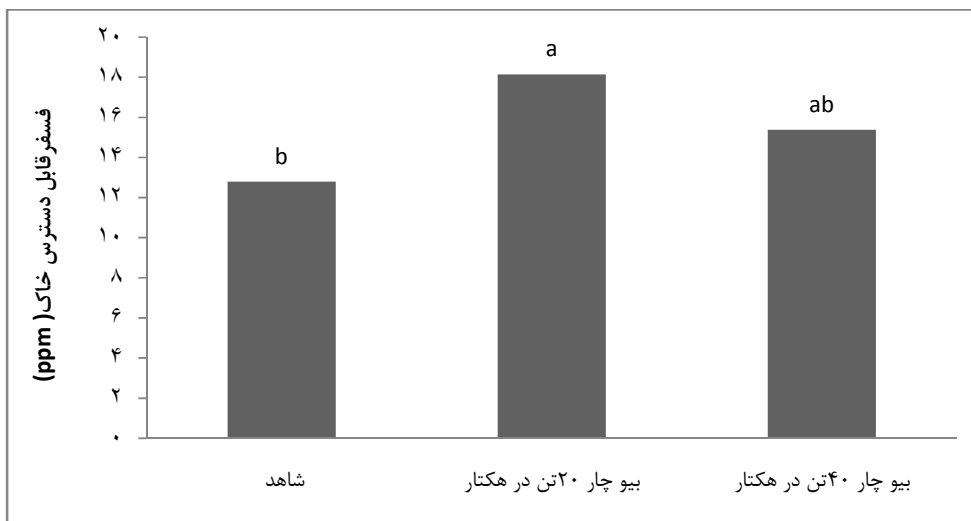
علت افزایش سطح برگ را می توان به نقش تغذیه ای فسفر نسبت داد. پور ابراهیمی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که کود فسفر سطح برگ شبدر برسیم و ذرت را به طور معنی داری افزایش می دهد.

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 فسفر قابل دسترس خاک

با توجه به جدول تجزیه واریانس ضمیمه ۴ اثر اصلی کود بیولوژیک و اثر متقابل بیوچار و کود بیولوژیک بر فسفر قابل دسترس خاک معنی دار نبود در حالیکه تأثیر بیوچار میزان فسفر قابل دسترس خاک اختلاف معنی داری در سطح پنج درصد ایجاد کرد. نتایج این پژوهش نشان می دهد (جدول ضمیمه ۹) که فسفر قابل دسترس خاک در تیمار بیوچار بیست تن در هکتار ( $ppm 118/14$ ) مشاهده شد و مقدار فسفر قابل دسترس خاک در تیمار شاهد ( $ppm 12/79$ ) مشاهده شد در نتیجه کاربرد بیوچار (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 در هکتار نیز با تیمار شاهد در یک سطح آماری قرار گرفته است (شکل ۴-۲۱).



شکل ۴-۲۱- تأثیر کاربرد بیوچار بر فسفر قابل دسترس خاک

ترکیب مواد مغذی و در دسترس بودن آن‌ها در بیوچار تا حد زیادی متفاوت است و این بستگی به ماهیت مواد اولیه و شرایط تجزیه گرمایی دارد (چان و زو، ۲۰۰۹؛ حسین و همکاران، ۲۰۱۱). با این وجود در حال حاضر اطلاعات کمی درباره‌ی تغییر شکل فسفر در خلال فرایند تجزیه‌ی گرمایی و تأثیر آن بر دسترسی زیستی فسفر وجود دارد (چان و زو، ۲۰۰۹).

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

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

(۲) مجموعه‌ای 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 می‌رسد بیوچار به عنوان اصلاح کننده pH خاک و بهبوددهنده فلزات ترکیبی فسفر به حساب می‌آید. همچنین از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی‌زا دسترسی گیاه را به فسفر افزایش می‌دهد.

## 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 میکوریزا 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 فسفر صفات 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) باقری، ع.، محمودی، ع.ا. و قزلی، ف. (۱۳۸۰) "زراعت و اصلاح لوبیا" (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۵۶ ص.
- ۲) پارسا، م. و باقری، ع.ر. ۱۳۸۷. **حبوبات**. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۲۲ صفحه.
- ۳) خودشناس م، دادپور 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) دادپور 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) رضوان بیدختی، 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)". اولین همایش ملی 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 و خسروی ه. (۱۳۸۵) "میکروبیولوژی خاک (ترجمه)". آبیژ. ص ۱۸۰
- ۱۱) کوچکی ع. بنایان اول م. (۱۳۷۶) "زراعت حبوبات". انتشارات جاوید. ص ۲۳۶.
- ۱۲) کاظمی، ز. (۱۳۸۹) "بررسی تلقیح همزمان باکتری ریزوبیوم و حل‌کننده فسفات در شرایط کم آبی بر لوبیا". پایان‌نامه 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.

- 18) **Antoun H. and Kloepper J.** (2002). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR).
- 19) **Astrom, B., A. Gustafsson, and B. Gerhardson.** (1993). "Characteristics of a plant deleterious rhizosphere pseudomonas and its inhibitory metabolite (s)". J. Appl. Bacteriol. 74:20-28.
- 20) **Bambara S. and Ndakidemi P. A.** (2010) "Phaseolus vulgaris response to Rhizobium inoculation, lime and molybdenum in selected low pH soil in Western Cape" J. of. **Agricultural Research.**, 9, pp 180-8.
- 21) **Bagnasco P.** (1998) "Fluorescent pseudomonas spp. As biocontrol agents against forage legume root pathogenic fungi" J. of. **Soil. Biol. Biochem.**, 30, pp 1313
- 22) **Bagreev, A., Badosz, T. J. and Locke, D.C.** (2001) Pore structure and surface chemistry of adsorbents 'obtained by pyrolysis of sewage-derived fertiliser', Carbon, vol 39, pp 1971-1979
- 23) **Ben Romdhane S. and Aouani M.E. and Trabelsi M. and Lajudie P. and Hamdi R.** (2008) "Selection of high nitrogen-fixing Rhizobia nodulating chickpea (Cicer arietinum) for " J. of **Agron. Crop Sci.**, 198, pp 813
- 24) **Blackwell P, Riethmuller G, Collins M** (2009) Biochar application for soil. Chapter 12. In: Lehmann J, Joseph S (eds) Biochar for environmental management science and technology. Earthscan, London, pp 207-226
- 25) **Chabot R.** (1996) "Growth promotion of maize and lettuce by P solubilizing R. l. biovar. Phaseoli". J. of. **Plant and Soil.**, 188, pp 311.
- 26) **Chen, J.** 2006. 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, 16- 20. Thailand. LIPP
- 27) **Chen, J.** 2006. 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, 16- 20. Thailand. LIPP

- 28) **Chan, K.Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A. and Joseph, S. (2007)** 'Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment', *Australian Journal of Soil Research*, vol 40, pp 629-634
- 29) **Cheng, C. H., Lehmann, J., Thies, J. E. and Burton, S.D. (2008)** 'Stability of black carbon in soils across a climatic gradient', *Journal of Geophysical Research*, vol 113, G02027
- 30) **Cheng, C.-H., Lehmann, J. and Engelhard, M. H. (2008)** 'Natural oxidation of black carbon in soils: Changes in molecular form and surface charge along a climosequence', *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol 72, pp 1098-1110
- 31) **Cheng, C.-H., Lehmann, J. and Engelhard, M. (2008)** 'Natural oxidation of black carbon in soils: Changes in molecular form and surface charge along a climosequence', *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol 72, pp 1098-1110
- 32) **Chan KY, Xu Z (2009)** Biochar: nutrient properties and their enhancement. Chapter 9. In: Lehmann J, Joseph S (eds) *Biochar for environmental management science and technology*. Earthscan, London, pp 67-84
- 33) **DeLuca TH, MacKenzie MD, Gundale MJ (2009)** Biochar effects on soil nutrient transformation. Chapter 14. In: Lehmann J, Joseph S (eds) *Biochar for environmental management science and technology*. Earthscan, London, pp 201-210
- 34) **Downie A, Crosky A, Munroe P (2009)** Physical properties of biochar. Chapter 7. In: Lehmann J, Joseph S (eds) *Biochar for environmental management science and technology*. Earthscan, London, pp 13-22
- 35) **Eglisham, A.R.J., S. Hassouna, and R. Seegers. (1983)**. "Fertilizer-N effects on N<sub>2</sub> fixation by cowpea and soybean". *J. Agro.* 70:61-66.
- 36) **FAO. (2004)**. *Agricultural production year book*. Rome, Italy
- 37) **Giller KE (2001)** *Nitrogen fixation in tropical cropping systems*. (CABI Publishing, Wallingford, UK
- 38) **Giovannetti M. and Mosse B. (1980)** "An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots" *J. of. New Phytol.*, 84. pp 489
- 39) **Glaser B, Lehmann J, Zech W (2002)** Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – a review. *Biol Fert Soils* 35:219-230
- 40) **Gilick, B. R., D. Penrose and M. Wenbo. 2001**. Bacterial promotion of plant growth. *Biotechnology Advances*, 19: 130- 138.

- ❶) **Halder A. K.** (1990) "Solubilization of rock phosphate by *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*". J. of. **Appl. Microbiol.**, 36, pp 81.
- ❷) **Ishii, T. and Kadoya, K.** (1994) 'Effects of charcoal as a soil conditioner on citrus and vesicular-arbuscular mycorrhizal development', Journal of the Japanese Society of Horticultural Science, vol 63, pp 29-30
- ❸) **Kremer R. and Souissi T.** (2001) "Cyanide production by rhizobacteria and potential for suppression of weed seedling growth" J. of. **Microbiol.**, 43, 182.
- ❹) **Kim, N.I., and G.M. Paulsen.** (1986). "Response of yield attributes of isogenic tall, semi dwarf, and double dwarf winter wheats to nitrogen fertilizer and seeding rates". **Crop Sci.** 16(3):197-200.
- ❺) **Krull ES, Baldock JA, Skjemstad JO, Smernik RJ** (2009) Characteristics of biochar: organo-chemical properties. Chapter 4. In: Lehmann J, Joseph S (eds) Biochar for environmental management science and technology. Earthscan, London, pp 53-60
- ❻) **Lehmann J, Rondon M** (2006) 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. 517-530.
- ❼) **Lehmann J, Kern DC, German LA, McCann J, Martins GC, Moreira A** (2003) 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. 100-124
- ❽) **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.** (2006) 'Black carbon increases cation exchange capacity in soils', Soil Science Society of America Journal, vol 70, pp 1719-1730.
- ❾) **Lynd, J.G., and T.R. Anson,** (1990). "Soil conditions with distinctive coralloid nodulation and nitrogen fixation of *Mecca* alfalfa". **J. Plant Nutr.** 13:77-94.
- ❿) **Mahmood A. and Athar M.** (2008) "Cross inoculation studies: Response of *Vigna mungo* to inoculation with rhizobia from tree legumes growing under arid Environment" J. of. **Int. J. Env. Sci. Tech.**, 0, pp 130.

- 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 *Bradyrhizobacterium* 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 CO<sub>2</sub> 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". pp ١٤.
- 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, pp ٢٣١-٢٤٢
- 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, pp ٦٩٩-٧٠٨
- 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, p ٢٠٨
- 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, pp ٩-٢٠
- ٦٧) **Yanai, Y., Toyota, K. and Okazaki, M.** (٢٠٠٧) 'Effects of charcoal addition on N<sub>2</sub>O emissions from soil resulting from rewetting air-dried soil in short-term laboratory experiments', *Soil Science and Plant Nutrition*, vol ٥٣, pp ١٨١-١٨٨
- 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, pp ٤٨٩-٤٩٥

پوست ما



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 <sup>n.s</sup>	۹/۳ <sup>n.s</sup>	۱/۹۲ <sup>ns</sup>	۱۲۱۰۵۹/۵۷*	۷۹۷/۰۵**
بیوچار	۲	۴۶۷۰۵۵۶/۴۵**	۱۱۳۰۶۵۵۳/۵۸**	۱۱/۳۹۶**	۳۱/۶ <sup>ns</sup>	۱/۵۳ <sup>n.s</sup>	۳۵۰۷۶۸/۰۳**	۸۴/۸۴*
کود بیولوژیک*بیوچار	۶	۳۷۴۰۳۵/۰۵**	۴۱۶۴۸۰۹/۸۳**	۹۰/۶۸*	۲۷/۱ <sup>ns</sup>	۰/۷۱ <sup>n.s</sup>	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 <sup>n.s</sup>	۲۳/۸۵ **	۴/۶۴ **	۸/۷۴ **	۰/۰۰۵ <sup>n.s</sup>
بیوچار	۲	۴۷۹/۹۸ **	۳۴۱/۷۱ *	۷/۹۲ *	۸/۵۸۷ **	۱/۰۱ <sup>n.s</sup>	۰/۰۱۵ <sup>n.s</sup>
کود بیولوژیک * بیوچار	۶	۱۲۷/۸۶ **	۶۶/۵۸ <sup>ns</sup>	۲/۶۱ <sup>n.s</sup>	۱/۲۸ <sup>n.s</sup>	۱/۱۰ <sup>n.s</sup>	۰/۰۱۳ <sup>n.s</sup>
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

<sup>n.s</sup>، \*، \*\* 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**	۰/۴۰ <sup>n.s</sup>	۰/۰۱۴**	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۵۶ <sup>n.s</sup>
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 فسفر قابل دسترس خاک

منابع تغییر	درجه آزادی	فسفر قابل دسترس خاک
تکرار	۳	۳/۸
کود بیولوژیک	۳	۳۲/۶۱ <sup>n.s</sup>
بیوچار	۲	۱۱۴/۶۴*
کود بیولوژیک * بیوچار	۶	۱۲/۶۶ <sup>n.s</sup>
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 لوییا چشم بلبلی

درصد شاخص برداشت	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک (کیلو گرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)	تیمارها
۳۰/۶۸de	۲۱/۹۴b	۶۷۵۸c	۲۰۶۸e	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> شاهد
e۲۶۸۶	۴۱/۷۴a	۱۰۳۳۰a	۲۷۵۲de	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> بیو چار ۲۰ تن در هکتار
۳۸/۷۷bcde	۴۲/۸۲a	۱۰۱۹۰a	۳۹۰۹abc	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> بیو چار ۴۰ تن در هکتار
۴۸/۳۱ab	۳۸/۲۹a	۶۷۶۳c	۳۲۳۴cd	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> باکتری مزوریزوبیوم
۵۳/۶۱a	۴۳/۵۶a	۶۵۹۹c	۳۶۲۸bcd	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> باکتری مزوریزوبیوم و بیوچار ۲۰ تن در هکتار
۴۹/۵۳ab	۴۱/۹۲a	۷۵۲۶bc	۳۷۲۴abc	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> باکتری مزوریزوبیوم و بیوچار ۴۰ تن در هکتار
۳۳/۸۹cde	۳۷/۸۲ab	۹۳۵۵a	۳۱۷۹cd	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> باکتری <i>PGPR</i>
۴۲/۹۳abcd	۳۸/۹۳a	۹۱۷۵ab	۳۹۴۲abc	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub> باکتری <i>PGPR</i> و بیو چار ۲۰ تن در هکتار
۴۶/۵۲abc	۴۳/۳۶a	۹۲۱۳ab	۴۲۷۵ab	a <sub>3</sub> b <sub>3</sub> باکتری <i>PGPR</i> و بیو چار ۴۰ تن در هکتار
۴۹/۳۱ab	۳۵/۲۵ab	۷۴۹۸bc	۳۶۸۱abc	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub> باکتری حل کننده فسفات

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 <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	۹۹/۳۷e	۴/۵۷cd	۶۴۴/۶c
بیو چار ۲۰ تن در هکتار	a <sub>1</sub> b <sub>۲</sub>	۱۰۵/۴cde	۴/۸۵cd	۱۲۳۲ab
بیو چار ۴۰ تن در هکتار	a <sub>1</sub> b <sub>۲</sub>	۱۰۳/۶cde	۷/۹۱abcd	۱۱۲۱abc
باکتری مزوریزوبیوم	a <sub>۲</sub> b <sub>1</sub>	۱۰۱/۶cde	۴/۲۶d	۸۵۱/۵bc
باکتری مزوریزوبیوم و بیو چار ۲۰ تن در هکتار	a <sub>۲</sub> b <sub>۲</sub>	۹۹/۸۲de	۶/۲۲bcd	۹۷۶/۴abc
باکتری مزوریزوبیوم و بیو چار ۴۰ تن در هکتار	a <sub>۲</sub> b <sub>۲</sub>	۱۰۲/۲cde	۷/۰۱abcd	۱۱۴۰abc
باکتری <b>PGPR</b>	a <sub>۲</sub> b <sub>1</sub>	۱۰۰/۶cde	۵/۲۲bcd	۱۱۸۸ab
باکتری <b>PGPR</b> و بیو چار ۲۰ تن در هکتار	a <sub>۲</sub> b <sub>۲</sub>	۱۱۲/۹bc	۶/۵۹abcd	۱۱۶۹ab
باکتری <b>PGPR</b> و بیو چار ۴۰ تن در هکتار	a <sub>۲</sub> b <sub>۲</sub>	۱۲۲/۵ab	۵/۹۳bcd	۱۰۲۲abc
باکتری حل کننده فسفات	a <sub>۴</sub> b <sub>1</sub>	۱۰۹/۶cde	۵/۹bcd	۹۴۴/۳abc
باکتری حل کننده فسفات و بیو چار ۲۰ تن در هکتار	a <sub>۴</sub> b <sub>۲</sub>	۱۱۲/۱bcd	۸/۳ab	۱۲۳۰ab
باکتری حل کننده فسفات و بیو چار ۴۰ تن در هکتار	a <sub>۴</sub> b <sub>۲</sub>	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	a1	۷/۴۳b	۴/۵۸b	۲/۸۵b
باکتری مزوریزوبیوم	a۲	۱۰/۵۴a	۵/۷۵a	۴/۷۹a
باکتری PGPR	a۳	۱۰/۰۱a	۵/۵۱a	۴/۴۹a
حل کننده فسفات باکتری	a۴	۱۰/۰۸a	۶/۰۱a	۴/۰۷a
شاهد	b1	۸/۹۵b	۴/۷۰b	
بیوچار ۲۰تن در هکتار	b۲	۹/۲۹ab	۵/۵۲a	
بیوچار ۴۰تن در هکتار	b۳	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

تیماها	پروتئین دانه (درصد)	سطح برگ (متر مربع در بوته )	وزن خشک ساقه (گرم در بوته)
شاهد	a۱	۰/۰۹۷ab	۳/۳۷bc
باکتری مزوریزوبیوم	a۲	۰/۰۸۲b	۳/۷۶b
باکتری PGPR	a۳	۰/۰۸۷b	۳/۲۵c
حل کننده فسفات باکتری	a۴	۰/۱۱۳a	۴/۷۵a
شاهد	b۱	۰/۰۶۹b	۲/۸۳b
بیوچار ۲۰تن در هکتار	b۲	۰/۱۰۹a	۴/۱۰a
بیوچار ۴۰تن در هکتار	b۳	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 فسفر قابل دسترس خاک

تیمارها	فسفر قابل دسترس خاک (ppm)
شاهد	a۱
باکتری مزوریزوبیوم	a۲
باکتری PGPR	a۳
حل کننده فسفات باکتری	a۴
شاهد	b۱
بیوچار ۲۰ تن در هکتار	b۲
بیوچار ۴۰ تن در هکتار	b۳
	۱۲/۷۹b
	۱۸/۱۴a
	۱۵/۳۸ab

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. *Aspergillus niger* biological basis to evaluate the effect of fertilizer on growth and yield of cowpea. Biochar test in *Mesorhizobium* at the University Research Farm, Anjuman-e-Agriculture, 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, 10 and 20 tones per hectare) is.

To analyze the growth of leaf area and dry weight were measured at intervals of 15 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, 100 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