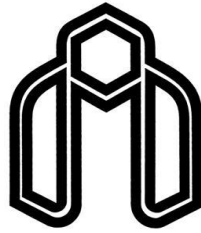


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی زراعت

بررسی تاثیر قارچ میکوریزای آرباسکولار، پسماند کمپوست قارچ خوراکی (SMC)

و کود شیمیایی نیتروژنه بر برخی صفات فیزیولوژیکی و عملکرد گیاه لوبیا چشم

بلبلی

نگارنده: زینب جولانژادیان

استاد راهنما

دکتر احمد غلامی

اساتید مشاور

دکتر حمید رضا اصغری

دکتر حمید عباس دخت

تیر ماه ۱۳۹۷

شکر و قدردانی

پاس از آن اوست که نعمت عظامی کند و منت نمی‌کند

هم او که اسرار را در نهاد هستی و جوهره کاوش را در ذات انسان بیافرید

پاس بی‌کران پروردگاری که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش را بنمونان شد و به بهمنشینی رحروان علم و دانش مستحقرمان نمود و خوشه‌چینی از علم و معرفت را روزی‌ان ساخت.

تقدیم به:

بهراتن بی‌منت

پدر بزرگوار و مادر مهربانم

از شما آموختم چگونه زندگی کنم تا بجز تم نیز سبک‌بال باشد. این بال‌های پرواز قناعت، امید و عشق را شما به من بخشیدید، همه وجودم برایتان رنج بود و وجودتان برایم همه مهر، توانتان رفت تا به توانایی برسم، آرام نگر قنید تا آرام بگیرم، می‌تان سپیدی گرفت تا رویم سپید بماند، شما که راستی قائم در سنگینی قامتان تجلی یافت!

و ممنونم از برادران عزیز و از شمندم و خواهر دوست داشتنی ام برای همه‌ی محبت و سکینایی که نشانم کردید. به پاس آن همه عشق بی‌دیغی که چراغ پرفروغ این راه دور و صعب بود، قلمم لبریز از عشق به شماست و خوشبختی‌تان منهای آرزویم.

تقدیر و تشکر:

به مصداق آیه شریفه ((من لم یسکر الخلق لم یسکر الخالق)) بسی شایسته است از استاد راهنمای گرامر تقدیرم جناب آقای دکتر احمد غلامی که در طول انجام این تحقیق نهایت همکاری و راهنمایی را داشتند صمیمانه تقدیر و تشکر کنم. همچنین از اساتید محترم مشاورم جناب آقای دکتر حمیدرضا صغری و دکتر حمید عباس دخت که با کرامتی چون خورشید، سرزمین دل را روشنی بخشیدند و گلشن سرای علم و دانش را با راهنمایی‌های کارساز و سازنده بارور ساختند، تقدیر و تشکر نمایم. همچنین از اساتید محترم داور، جناب آقای دکتر حامد میان و آقای دکتر برادران که داورای جلسه دفاع را قبل از تقدیر و با دیده اغاض بر تقایص کار نگریسته‌اند و نمانده محترم تحصیلات تکمیلی سرکار خانم دکتر پارسلیان پاس کزازی می‌نمایم. همچنین از دکتر مکاریان مدیر گروه محترم زراعت کمال تشکر را دارم. و از دوستان گرامی و ارزشمندم، خانم باجوهر حلفی، رقیه وزیر، مهران خلکیان، زهراتقی زاده، نرگس رشیدی، فریده بغیری و تمام عزیزانی که مراد این راه یاری نمودند و در سختی‌ها و دشواری‌ها همواره یاری دلسوز و فداکار و پشتیبانی محکم و مطمئن برایم بوده‌اند کمال تشکر را دارم و برایشان آرزوی موفقیت روزافزون از خداوند منان دارم. با آرزوی سربلندی و سرفرازی برای بگی‌گلی شما عزیزان.

باساس، زینب جولانژادیان

تیرماه ۱۳۹۷

تعهدنامه

اینجانب زینب جولانژادیان دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی- گرایش اگرواکولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه " بررسی تاثیر قارچ میکوریزای آرباسکولار، پسماند کمپوست قارچ خوراکی (SMC) و کود شیمیایی نیتروژنه بر برخی صفات فیزیولوژیکی و عملکرد گیاه لوبیا چشم بلبلی" تحت راهنمایی جناب آقای دکتر احمد غلامی متعهد می‌شوم:

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

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه‌های رایانه‌ای ، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

یکی از ارکان اساسی کشاورزی پایدار استفاده از کودهایی با منشا آلی و زیستی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی است. این پژوهش به منظور بررسی تاثیر قارچ میکوریزای آرباسکولار، پسماند کمپوست قارچ خوراکی (SMC) و کود شیمیایی نیتروژنه بر برخی صفات فیزیولوژیکی و عملکرد گیاه لوبیا چشم بلبلی، به صورت اسپلینت پلات فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۱۳۹۵ انجام گردید. فاکتورهای آزمایش شامل کود نیتروژن در دو سطح (۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان عامل اصلی، SMC در سه سطح (۰، ۱۰ و ۲۰ تن) و قارچ میکوریزای آرباسکولار در دو سطح (عدم تلقیح و تلقیح) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج این بررسی نشان داد که اثر اصلی پسماند کمپوست قارچ بر اکثر صفات مورد اندازه‌گیری در این پژوهش شامل: درصد کلونیزاسیون میکوریزایی، تنفس میکروبی خاک، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، تعداد دانه در غلاف، ارتفاع ساقه اصلی، شاخص سطح برگ، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئید، فسفر قابل جذب خاک و پروتئین دانه معنی‌دار و بر این صفات اثر افزایشی داشته و آنها را بهبود بخشید. کاربرد توام پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزا اثر مثبت و معنی‌داری در افزایش وزن خشک برگ، عملکرد دانه، وزن صد دانه، ارتفاع ساقه اصلی، شاخص سطح برگ و شاخص برداشت داشت. اثر متقابل کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ توانست به میزان قابل توجهی درصد کلونیزاسیون میکوریزایی، تنفس میکروبی خاک، وزن خشک برگ، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئید، فسفر قابل جذب خاک و پروتئین دانه را افزایش دهد. به‌طور کلی بر اساس این آزمایش اثر متقابل سه‌گانه کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزا را می‌توان به‌عنوان بهترین ترکیب تیماری برای صفات وزن خشک ساقه، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه، کلروفیل b، کاروتنوئید، شاخص سطح برگ، پروتئین دانه و شاخص برداشت معرفی کرد.

کلمات کلیدی: عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، همزیستی میکوریزایی

مقالات مستخرج از پایان نامه

بررسی تأثیر استفاده از کود آلی پسماند کمپوست قارچ خوراکی، قارچ میکوریزای آرباسکولار و کود شیمیایی نیتروژنه بر کلونیزاسیون میکوریزایی و برخی خصوصیات خاک. پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۶ الی ۸ شهریور ماه ۱۳۹۶.

بررسی تأثیر استفاده از کود آلی پسماند کمپوست قارچ خوراکی، قارچ میکوریزای آرباسکولار و کود شیمیایی نیتروژنه بر تجمع ماده خشک و عملکرد دانه گیاه لوبیا چشم بلبلی. پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۶ الی ۸ شهریور ماه ۱۳۹۶.

صفحه	
۱	فصل اول
۱	مقدمه
۲	۱-۱- مقدمه
۱۱	فصل دوم
۱۱	بررسی منابع
۱۲	۲-۱- لوبیا چشم بلبلی
۱۲	۲-۲- مبدا و تاریخچه
۱۳	۲-۳- تولید لوبیا چشم بلبلی در ایران و جهان
۱۴	۲-۴- گیاه شناسی لوبیا چشم بلبلی
۱۶	۲-۴-۱- مراحل رشد و نمو لوبیا چشم بلبلی
۱۶	۲-۴-۲- وضعیت رویشی و زایشی لوبیا چشم بلبلی
۱۸	۲-۵- خصوصیات اکولوژیکی و عوامل موثر بر رشد لوبیا چشم بلبلی
۲۰	۲-۶- ترکیبات شیمیایی دانه ی لوبیا چشم بلبلی
۲۰	۲-۷- اهمیت اقتصادی و موارد استفاده
۲۱	۲-۸- اهمیت و نقش نیتروژن در گیاهان
۲۲	۲-۹- نقش کودهای شیمیایی (نیتروژنه) و اثرات منفی آنها
۲۴	۲-۱۰- وضعیت مواد آلی در خاکهای ایران
۲۵	۲-۱۱- اهمیت کودهای آلی
۲۶	۲-۱۲- کمپوست
۲۷	۲-۱۳- پسماند کمپوست قارچ
۲۸	۲-۱۳-۱- خصوصیات پسماند کمپوست قارچ
۳۰	۲-۱۳-۲- مزایا و معایب پسماند کمپوست قارچ
۳۲	۲-۱۴- کودهای بیولوژیک یا زیستی
۳۴	۲-۱۵- قارچ میکوریزای آرباسکولار (AMF)

۳۹	۱۶-۲- تاثیرات عمومی میکوریزای آرباسکولار
۳۹	۱-۱۶-۲- رشد گیاه
۳۹	۲-۱۶-۲- جذب عناصر غذایی
۴۰	۳-۱۶-۲- تاثیر قارچ میکوریزا بر عملکرد
۴۱	۴-۱۶-۲- میکوریزا و اثرات تغذیه‌ای آن بر گیاه میزبان
۴۳	۵-۱۶-۲- نقش میکوریزا در بهبود جذب آب
۴۳	۶-۱۶-۲- میکوریزا و واکنش‌های مرفوفیزیولوژیکی
۴۳	۷-۱۶-۲- میکوریزا و اختصاص مواد فتوسنتزی
۴۴	۸-۱۶-۲- مواد آلی و بقایای ریشه
۴۴	۱۷-۲- تاثیر مصرف توام کود آلی، شیمیایی و زیستی
۴۷	فصل سوم
۴۷	مواد و روش‌ها
۴۸	۱-۳- زمان، موقعیت جغرافیایی و مشخصات آب و هوایی محل اجرای پروژه
۴۸	۲-۳- خصوصیات خاک مزرعه
۵۰	۴-۳- عملیات کشاورزی
۵۰	۱-۴-۳- آماده سازی زمین
۵۰	۲-۴-۳- کاشت
۵۰	۱-۲-۴-۳- مصرف تیمارهای آزمایش
۵۱	۳-۴-۳- داشت
۵۱	۴-۴-۳- برداشت
۵۲	۱-۴-۴-۳- نمونه برداری عملکرد و اجزای عملکرد
۵۲	۵-۳- اندازه‌گیری صفات کمی
۵۲	۱-۵-۳- وزن خشک برگ و ساقه و غلاف
۵۳	۲-۵-۳- شاخص سطح برگ (LAI)
۵۳	۳-۵-۳- شاخص برداشت (HI)
۵۳	۶-۳- اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک

۵۳	..... ۱-۶-۳- میزان کلروفیل و کاروتنوئید
۵۵	..... ۲-۶-۳- درصد پروتئین دانه
۵۶	..... ۷-۳- اندازه گیری برخی خصوصیات خاک
۵۶	..... ۱-۷-۳- تنفس میکروبی خاک
۵۷	..... ۲-۷-۳- تعیین میزان کلونیزاسیون میکوریزایی ریشه
۵۸	..... ۳-۷-۳- اندازه گیری فسفر قابل جذب خاک
۵۸	..... ۸-۳- تجزیه و تحلیل داده ها
۵۹	..... فصل چهارم
۵۹	..... نتایج و بحث
۶۰	..... ۱-۴- صفات کمی لوبیا چشم بلبلی
۶۰	..... ۱-۱-۴- ارتفاع ساقه اصلی
۶۳	..... ۲-۱-۴- وزن خشک برگ
۶۶	..... ۳-۱-۴- وزن خشک ساقه
۶۹	..... ۴-۱-۴- وزن خشک غلاف
۷۰	..... ۵-۱-۴- عملکرد بیولوژیک
۷۲	..... ۶-۱-۴- شاخص سطح برگ
۷۵	..... ۷-۱-۴- تعداد غلاف در بوته
۷۵	..... ۸-۱-۴- تعداد دانه در غلاف
۷۷	..... ۹-۱-۴- وزن صد دانه
۷۸	..... ۱۰-۱-۴- عملکرد دانه
۸۲	..... ۱۱-۱-۴- شاخص برداشت
۸۵	..... ۲-۴- صفات فیزیولوژیک و کیفی لوبیا چشم بلبلی
۸۵	..... ۱-۲-۴- کلروفیل a
۸۸	..... ۲-۲-۴- کلروفیل b
۹۰	..... ۳-۲-۴- کاروتنوئید
۹۳	..... ۴-۲-۴- کلروفیل کل

- ۹۶..... پروتئین دانه ۵-۲-۴
- ۹۹..... صفات اندازه گیری شده خاک ۳-۴
- ۹۹..... تنفس میکروبی خاک ۱-۳-۴
- ۱۰۱..... درصد کلونیزاسیون ریشه ۲-۳-۴
- ۱۰۲..... فسفر قابل دسترس خاک ۳-۳-۴
- ۱۰۴..... نتیجه گیری:
- ۱۰۵..... پیشنهادها
- ۱۰۸..... منابع

فهرست اشکال

صفحه

- شکل ۳-۱ نقشه کاشت ۴۹
- شکل ۴-۱ مقایسه میانگین ارتفاع ساقه اصلی لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر کود نیتروژن و قارچ میکوریزای آرباسکولار ۶۲
- شکل ۴-۲ مقایسه میانگین ارتفاع ساقه اصلی لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار ۶۲
- شکل ۴-۳ مقایسه میانگین وزن خشک برگ لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ ۶۵
- شکل ۴-۴ مقایسه میانگین وزن خشک برگ لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار ۶۵
- شکل ۴-۵ مقایسه میانگین وزن خشک ساقه لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر کود نیتروژن و قارچ میکوریزای آرباسکولار ۶۸
- شکل ۴-۶ مقایسه میانگین وزن خشک ساقه لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای ۶۸
- شکل ۴-۷ مقایسه میانگین وزن خشک غلاف لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار ۷۰
- شکل ۴-۸ مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار ۷۲
- شکل ۴-۹ مقایسه میانگین شاخص سطح برگ لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار ۷۴
- شکل ۴-۱۰ مقایسه میانگین شاخص سطح برگ لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار ۷۴
- شکل ۴-۱۱ مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار ۷۶
- شکل ۴-۱۲ مقایسه میانگین وزن صد دانه لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار ۷۸
- شکل ۴-۱۳ مقایسه میانگین عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار ۸۱
- شکل ۴-۱۴ مقایسه میانگین عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار ۸۲
- شکل ۴-۱۵ مقایسه میانگین شاخص برداشت لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار ۸۴

- شکل ۴-۱۶ مقایسه میانگین شاخص برداشت لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار..... ۸۴
- شکل ۴-۱۷ مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ..... ۸۷
- شکل ۴-۱۸ مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تاثیر کود نیتروژن و قارچ میکوریزای آرباسکولار..... ۸۷
- شکل ۴-۱۹ مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ..... ۸۹
- شکل ۴-۲۰ مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار..... ۹۰
- شکل ۴-۲۱ مقایسه میانگین کاروتنوئید تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ..... ۹۲
- شکل ۴-۲۲ مقایسه میانگین کاروتنوئید تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار..... ۹۲
- شکل ۴-۲۳ مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ..... ۹۵
- شکل ۴-۲۴ مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تاثیر کود نیتروژن و قارچ میکوریزا..... ۹۶
- شکل ۴-۲۵ مقایسه میانگین پروتئین دانه تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ..... ۹۸
- شکل ۴-۲۶ مقایسه میانگین پروتئین دانه تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار..... ۹۹
- شکل ۴-۲۷ مقایسه میانگین تنفس میکروبی خاک تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ..... ۱۰۰
- شکل ۴-۲۸ مقایسه میانگین کلونیزاسیون ریشه تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ..... ۱۰۲
- شکل ۴-۲۹ مقایسه میانگین فسفر قابل جذب خاک تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ..... ۱۰۳

فهرست جداول

صفحه

- جدول ۱-۳ نتایج فیزیکی و شیمیایی آزمون خاک ۴۸
- جدول ۲-۳ نتایج تجزیه شیمیایی پسماند کمپوست قارچ مورد استفاده در آزمایش ۵۱
- جدول پیوست ۱- جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر کود نیتروژن، پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار ۱۰۶
- جدول پیوست ۲- جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) سطح برگ، عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر کود نیتروژن، پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار ۱۰۶
- جدول پیوست ۳- جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص برداشت و کلروفیل برگ لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر کود نیتروژن، پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار ۱۰۷
- جدول پیوست ۴- جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) پروتئین دانه لوبیا چشم بلبلی و صفات اندازه‌گیری شده خاک تحت تاثیر کود نیتروژن، پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار ۱۰۷

فصل اول

مقدمه

مهم‌ترین چالش موجود در کشاورزی افزایش تولید غذا همگام با نیازهای جمعیت در حال افزایش و در قالب یک نظام کشاورزی پایدار است. دستیابی به این هدف غیر ممکن نیست زیرا در حال حاضر در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، کشاورزی به صورت غیر فشرده انجام می‌گیرد و بنابراین پتانسیل برای افزایش تولید در مناطق وسیع وجود دارد. برخی از زمین‌های بلا استفاده هنوز هم می‌توانند تحت عملیات زراعی قرار گیرند، اما افزایش تولید غذا عمدتاً باید بر مبنای افزایش عملکرد در زمین‌های موجود استوار شود (جامی الاحمدی، ۱۳۸۵). آخرین گزارش جهانی بحران مواد غذایی حاکی از افزایش سطح گرسنگی حاد در جهان است. در سال ۲۰۱۷ حدود ۱۲۴ میلیون نفر در ۵۱ کشور جهان در شرایط ناامنی حاد غذایی بسر می‌برند که این میزان ۱۱ میلیون نفر بیشتر از سال گذشته می‌باشد. یافته‌های گزارش مذکور نشان می‌دهد که بحران غذایی به‌طور فزاینده‌ای به دلیل عوامل پیچیده همانند درگیری‌ها، شوک‌های شدید آب و هوایی و قیمت‌های بالای محصولات اصلی غذایی که اغلب بطور همزمان عمل می‌کنند، بارز می‌گردد و نشانگر نیاز فوری به اقدام همزمان و هماهنگ برای نجات جان افراد، معیشت و حل ریشه‌های علل بحران مواد غذایی می‌باشد (فائو، ۲۰۱۸).

برای جلوگیری از کمبود مواد غذایی باید تولید محصول را افزایش داد. محدودیت اراضی مستعد و قابل کشت همراه با افزایش تقاضا برای مواد غذایی، محققین بخش کشاورزی را با چالش بزرگی روبه‌رو نموده است. به همین جهت، در شرایطی که عملاً توسعه اراضی کشور مقدور نیست، بیش‌ترین نگاه‌ها به افزایش عملکرد در واحد سطح معطوف شده است. از مولفه‌های اساسی افزایش عملکرد محصولات، مصرف بیش‌تر نهاده‌ها به ویژه کودهای شیمیایی است (قربانی، ۱۳۸۶). همچنین بکارگیری روش‌های نوین علمی، امری ضروری است. بر این اساس مدیریت نظام‌های کشاورزی باید مورد بازنگری جدی قرار بگیرد و نظام‌های

نوبنی طراحی شوند که اولویت آنها پایداری دراز مدت در عین حفظ تولید در کوتاه مدت باشد. از همه این روش‌های نوین علمی، کشاورزی بر مبنای اصول بوم شناختی می‌باشد (خرم دل و همکاران، ۱۳۸۷).

هدف اصلی، حفظ تولید غذا برای تامین نیازهای رشد جمعیت و عدم تخلیه و تخریب منابع موجود می‌باشد. جمعیت جهان، همچنان در حال افزایش است و تولیدات کشاورزی جدید بر پایه‌ی استفاده از سوخت‌های فسیلی و دیگر منابع محدود و غیر قابل تکرار می‌باشد. ترس روز افزونی از این امر وجود دارد که بهره برداری پیوسته و بدون وقفه از نهاده‌های خارجی در دراز مدت، ظرفیت تولید در کشاورزی را کاهش می‌دهد و افزایش تولید مواد غذایی که در چند دهه‌ی گذشته مشاهده شده است، ادامه نیابد (جامی الاحمدی، ۱۳۸۵). این موضوع در دو دهه اخیر باعث شده است تا مصرف مواد پروتئینی به‌ویژه پروتئین‌های گیاهی که منابع ارزشمندتری در تغذیه هستند اجتناب ناپذیر شود (خوفی و انویه تکیه، ۱۳۸۸). نیاز بشر به انرژی به طور متوسط روزانه معادل ۲۸۰۰ کالری است. در کشورهای توسعه یافته مصرف روزانه کالری ۳۵۰۰ و در کشورهای جهان سوم این میزان به ۲۲۰۰ کالری برای هر فرد کاهش می‌یابد. کمبود پروتئین نیز در تغذیه میلیون‌ها نفر انسان در کشورهای رشد نیافته امروزه یکی از مشکلات حاد تغذیه‌ای محسوب می‌شود (پارسا و همکاران، ۱۳۸۷).

با توجه به رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای غذا و به منظور تامین امنیت غذایی، حبوبات مهم‌ترین منبع غذایی پروتئینی در تغذیه انسان به شمار می‌روند. حبوبات در رژیم غذایی گیاه خواری دارای ارزش غذایی کاملی می‌باشند. تاکید رژیم غذایی غذایی گیاه خواری مبتنی بر حبوبات به عنوان منبع اصلی پروتئین باعث شده است که تقاضا برای این دسته از مواد غذایی گیاهی بیش‌تر شود. اما متأسفانه بر خلاف غلات میزان تولید حبوبات در حال حاضر جوابگوی نیاز در حال رشد برای آنها نمی‌باشد. تولید حبوبات در سراسر جهان پایین است و کشت آن اکثراً در کشورهای در حال توسعه متمرکز است (ارادتمند اصلی و مهرپناه، ۱۳۸۸). پس از غلات دومین منبع مهم غذایی بشر حبوبات می‌باشد. یکی از

مهمترین حبوبات در جهان لوبیا است که از نظر سطح زیر کشت جهان مقام اول را داراست. حبوبات نیتروژن اتمسفری را تثبیت نموده و بخش اعظم نیتروژن مورد نیاز خود را از این روش تامین می‌نمایند. کشت حبوبات از طریق تاثیر بر خواص شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک، موجب حاصلخیزی و باروری خاک می‌شود (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). حبوبات دانه‌های خوراکی لگوم‌ها هستند و اصطلاحاً به دانه‌های خشک رسیده و یا غلاف‌های سبز و نارسی گفته می‌شوند که مورد استفاده انسان قرار می‌گیرند. لگوم از کلمه یونانی Legumen گرفته شده که به معنی میوه‌های غلاف‌داری است که با دو شکاف طولی باز می‌شوند (اردتمند اصلی و مهرپناه، ۱۳۸۸).

حبوبات با ۱۰ تا ۳۲ درصد پروتئین بعد از گندم و برنج از مهم‌ترین محصولات کشاورزی هستند که به مصرف تغذیه مردم جهان می‌رسند. بذور رسیده و خشک حبوبات دارای ارزش غذایی زیاد و قابلیت نگهداری خوبی هستند. طبق مطالعات انجام شده، ترکیب مناسبی از پروتئین حبوبات با غلات می‌تواند سوء تغذیه و کمبود اسیدهای آمینه را برطرف سازد. از طرف دیگر با توجه به توانایی تثبیت نیتروژن در این گیاهان، قرار دادن آنها در تناوب به پایداری سیستم‌های زراعی کمک می‌کند (باقری و همکاران، ۱۳۷۷).

حبوبات سرشار از پروتئین، روغن، کربوهیدرات، فیبر، مواد معدنی و ویتامین هستند. رژیم غذایی که فیبر داشته باشد اثرات سودمندی در کاهش خطر ریسک بیماری‌های قلبی، دیابت و چاقی و انواع سرطان‌ها دارند. حبوبات در مقایسه با غلات در دانه هایشان پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌های غنی از انرژی دارند. در نتیجه میزان انرژی در دانه‌های آنها بیش‌تر از غلات می‌باشد (اردتمند اصلی و مهرپناه، ۱۳۸۸). گیاهان تیره بقولات ظاهری کاملاً متفاوت با تیره‌ی گیاهان گندمیان داشته و اختلاف ظاهری نسبتاً قابل ملاحظه‌ای بین جنس و حتی گونه‌های گیاهان این تیره را می‌توان مشاهده نمود. برگ‌های گیاهان لگومینوز سه برگچه‌ای بوده و معمولاً به طور متناوب در روی ساقه قرار دارند. در قاعده محور برگ‌های

آن‌ها نیز گوشوارک‌های بلند و مشخصی دیده می‌شود. ساقه‌های این تیره در گونه‌های مختلف از نظر طول، اندازه، انشعابات شاخه و چوبی و غیر چوبی بودن کاملاً با هم اختلاف دارند (کریمی، ۱۳۷۵). بذور رسیده و خشک بقولات دارای ارزش غذایی زیاد و قابلیت نگهداری خوبی هستند و در رژیم غذایی بیش‌تر مردم جهان نقش مهمی را بازی می‌کنند. این بذور بعد از غلات دومین منبع مهم غذایی انسان و دام به شمار می‌روند. حبوبات جز اصلی رژیم غذایی بسیاری از مردم فقیر جهان را تشکیل می‌دهد چرا که مقادیر قابل توجه پروتئین مرغوب موجود در دانه این محصولات در ترکیب با غلات می‌تواند یک ترکیب زیستی ارزشمند غذایی فراهم نماید (باقری و پارسا، ۱۳۸۷). حبوبات گوشت مردم فقیر نامیده شده است. دانه حبوبات با داشتن حدود ۱۸_۳۲ درصد پروتئین نقش مهمی در تامین مواد پروتئینی مورد نیاز انسان دارد. حبوبات علاوه بر تامین پروتئین به علت یک ویژگی که تقریباً خاص گیاهان خانواده بقولات است، یعنی وجود باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن اتمسفری در ریشه‌ی آنها، در حاصلخیزی خاک موثرند و هر ساله مقادیر زیادی نیتروژن بعد از برداشت این محصولات به خاک افزوده می‌شود. سایر قسمت‌های بعضی از گیاهان لگوم مثل برگ‌ها، ساقه‌ها، گل‌ها، غلاف‌های نارس، غده‌ها به اضافه‌ی بذور جوانه زده به عنوان غذای انسان، دام و کود سبز برای تقویت و بهبود وضع فیزیکی زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند. حبوبات حتی از نظر نگهداری و انبار کردن نسبت به سایر محصولات زراعی مناسب‌تر بوده و آسیب پذیری کمتری در برابر حشرات و آفات انباری دارند و بدین جهت آن‌ها را برای مدت‌های طولانی می‌توان ذخیره نمود که خود در زمان جنگ از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مقدار پروتئین موجود در بذور حبوبات ۲ تا ۳ برابر بیش‌تر از پروتئین موجود در دانه‌های غلات (دانه گندم ۷_۲۱٪، دانه ذرت ۷_۱۵٪، دانه برنج ۷_۸٪) و ۱۰ تا ۲۰ برابر بیش‌تر از پروتئین موجود در گیاهان غده‌ای (نشاسته‌ای) می‌باشد (مجنون حسینی، ۱۳۸۳؛ داتا و دایال، ۱۹۹۱). لوبیا چشم بلبلی منبع خوبی از پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، ویتامین‌ها، مواد معدنی محلول و نامحلول و فیبر می‌باشد (زیایوای هاکیو و همکاران، ۲۰۱۳) به همین

دلیل لوبیا مهم‌ترین عضو خانواده‌ی حبوبات به شمار می‌آید. لوبیا چشم بلبلی محصول زراعی مهمی است که به طور وسیعی در مناطق گرم آفریقا، آسیا و آمریکا رشد می‌کند و به عنوان یک منبع مهم غذایی در نظر گرفته می‌شود و شامل ارقامی است که به شرایط مختلف آب و هوایی سازگار است (اهلرس و هال، ۱۹۹۷؛ سیلوریا و همکاران، ۲۰۰۱).

افزایش جمعیت دنیا و لزوم تولید بیش‌تر محصولات کشاورزی در سال اخیر، موجب فشار بر زمین‌های کشاورزی از طریق کاربرد مقادیر بیش‌تر کودهای شیمیایی شده است. مواد شیمیایی، کودها و سموم شیمیایی اهمیت زیادی در ازدیاد محصول و تقویت حاصلخیزی خاک‌ها دارند، اما هزینه زیاد و نیز تاثیر نامطلوب آن‌ها بر محیط زیست و کیفیت محصولات کشاورزی منجر به توجه بیش‌تر به استفاده از روش‌هایی شده است که در آن‌ها نیاز به مصرف نهاده‌های شیمیایی کم بوده و یا نباشد (السن، ۲۰۰۰).

در صورت وجود مقدار کافی نیتروژن در خاک، گیاهان زراعی دارای رشد رویشی، سطح برگ بیشتر و عملکرد مناسب خواهند بود. با توجه به اینکه کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد، میزان مواد آلی خاک‌های آن پایین بوده و در نتیجه دارای سطوح پایین نیتروژن می‌باشند. اغلب گیاهان در چنین مناطقی دچار کمبود نیتروژن می‌شوند و به همین دلیل تامین نیتروژن از طریق کودهای شیمیایی و آلی ضروری است (نورقلی‌پور و همکاران، ۱۳۷۵). به نظر بسیاری از محققان از گزینه‌های مناسب که می‌تواند بدون تخریب محیط زیست، باروری خاک و نهایتاً افزایش عملکرد گیاهان را تضمین کند، استفاده از کودهای بیولوژیک است (فصیحی و همکاران، ۱۳۸۵). بطور کلی در چند دهه اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معطلات زیست محیطی عدیده‌ای از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصلخیزی خاک‌ها گردیده است (شارما، ۲۰۰۲). همچنین امروزه به دلیل استفاده بی رویه از کود شیمیایی، مواد آلی زمین‌های کشاورزی در ایران کاهش یافته و ترکیب خاک به بافت سخت و نامطلوب تبدیل شده است (نقوی مرمتی و همکاران، ۲۰۰۷).

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 بهره‌برداری علمی از این گونه منابع سابقه چندانی ندارد. اگرچه کاربرد کودهای بیولوژیک به علل مختلف در طی چند دهه گذشته کاهش یافته است ولی امروزه با توجه به مشکلاتی که مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی بوجود آورده است، استفاده از آنها 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 مثمر ثمر واقع شده و می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی باشد. در حال حاضر نگرش‌های جدیدی که در ارتباط با کشاورزی تحت عنوان کشاورزی پایدار، ارگانیک و بیولوژیک مطرح می‌باشد به بهره‌برداری از چنین منابعی استوار است (صالح راستین و همکاران، ۱۳۸۰). مطالعات بلند مدت نشان می‌دهند که استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی، عملکرد گیاهان زراعی را به واسطه اسیدی شدن خاک، کاهش فعالیت‌های بیولوژیک و کاهش خصوصیات فیزیکی خاک و عدم وجود ریز مغذی‌ها کاهش می‌دهد (اصغر و همکاران، ۲۰۰۴). بنابراین اجتناب از فشارهای منفی به محیط زیست، بهبود بخشیدن برنامه‌های توسعه‌ای که نیازهای کودی گیاهان را تامین می‌کند لازم است. بهبود کیفیت خاک می‌تواند بر اساس بهبود شاخص‌های کمی و کیفی جامعه زیستی آن ارزیابی شود به همین دلیل استفاده از کودهای بیولوژیک از موثرترین شیوه‌های مدیریتی برای حفظ کیفیت خاک در سطح مطلوب محسوب می‌شود (بوریل و همکاران، ۲۰۰۶).

از جمله کودهای بیولوژیک که می‌توان نام برد قارچ میکوریزای آرباسکولار است که بخش نسبتاً مهمی از موجودات خاکزی را شامل می‌شود. همزیستی این قارچ با ریشه گیاه میزبان و تشکیل سیستم میکوریزایی نقش مهمی در حاصلخیزی و پایداری اکوسیستم خاک دارد (رابرت و همکاران، ۲۰۰۸). میکوریزا از مهم‌ترین قارچ‌های موجود در خاک هستند. بر اساس برخی از برآوردها میکوریزا ۷۰ درصد کل بیوماس قارچ-

های موجود در خاک را شامل می‌شوند (قربانیان و همکاران، ۲۰۱۲). شاه حسینی و همکاران (۲۰۱۲) اظهار داشتند که قارچ‌های میکوریزا منجر به افزایش کمی و کیفی گیاهان زراعی می‌گردند و همچنین سطح جذب ریشه‌ها را افزایش می‌دهند و در نتیجه منجر به بهبود جذب مواد غذایی به خصوص تحت شرایط کمبود فسفر شده و ظرفیت فتوسنتزی گیاه را افزایش می‌دهند. این قارچ‌ها همچنین مقاومت به شوری، خشکی و آفات و بیماری‌ها را افزایش داده و ساختار خاک را بهبود می‌بخشند. تلقیح میکروبی از جمله قارچ میکوریزای آرباسکولار موجب انحلال فسفر و افزایش جذب فسفر در خاک می‌شود که به نوبه-ی خود عملکرد را افزایش می‌دهد (کانبولات و همکاران، ۲۰۰۶؛ آسری و همکاران، ۲۰۰۸). و همچنین قادرند که جذب عناصری مانند نیتروژن، مس و روی را افزایش دهند (کلارک و زتو، ۲۰۰۰). خاک یکی از اجزای مهم و منابع پایه است که به عنوان بستر اصلی کشت گیاه و نیز محیطی منحصر به فرد برای انواع حیات محسوب می‌شود (ملکوتی و همکاران، ۲۰۰۵).

در راستای توسعه کشاورزی پایدار و کاهش مصرف کوه‌های شیمیایی، لازم است از کودهای آلی یا بیولوژیک استفاده گردد (سیکورا و اسمیت، ۲۰۰۱). کشاورزی مدرن به شدت به نهاده‌های شیمیایی به ویژه کودها و آفت‌کش‌ها وابسته است. کودها در حال تبدیل شدن به اجزای ضروری کشاورزی به منظور تامین مواد غذایی مورد نیاز گیاه می‌باشند. نگرانی‌های بسیاری در مورد سلامت انسان و محیط زیست وجود دارد که با استفاده کم‌تر از کودهای شیمیایی و استفاده از کودهای آلی می‌تواند رفع گردد (هرزوغ و همکاران، ۲۰۰۸).

باز یافت از ضایعات زیستی نقش اساسی در کاهش آلودگی‌های زیست محیطی دارد. با توجه به حجم بالای ضایعات و پسماندهای بستر پرورش قارچ، پسماند کمپوست قارچ^۱ (SMC) می‌تواند به عنوان کود آلی مورد استفاده قرار گیرد (اوزگون، ۱۹۹۸). کمپوست قارچ یکی از فرآورده‌های جانبی صنعت تولید قارچ

¹ Spent Mushroom compost

خوراکی است که به بقایای بستر پرورش قارچ اطلاق می‌شود (فروتوس، ۲۰۱۰). اجزای اصلی باقی‌مانده کمپوست قارچ شامل: کاه گندم، کود اسبی، کلش، کود مرغی، پوست دانه پنبه و سنگ گچ است (گریتس، ۱۹۸۸). پسماند کمپوست قارچ می‌تواند در موارد مختلف کشاورزی و باغبانی به عنوان اصلاح کننده خاک، بهبود ساختمان خاک، کاهش فشردگی خاک، بهبود شرایط زهکشی و افزایش فعالیت میکروبی در خاک مورد استفاده قرار گیرد. همچنین می‌تواند به دلیل وجود عناصر غذایی قابل استفاده، به عنوان یک منبع غذایی مهم برای گیاه محسوب و به کار گرفته شود. پسماند کمپوست قارچ، دارای مقادیر قابل توجهی هوموس و عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم و همچنین دامنه گسترده‌ای از عناصر غذایی کم مصرف می‌باشد. مهم‌ترین خصوصیت پسماند کمپوست قارچ مقدار آلی بالای آن است (لور و همکاران، ۱۹۸۴).

بدیهی است که استفاده از کودهای آلی ضمن تامین عناصر غذایی گیاه، می‌تواند به کاهش هزینه‌های مربوط به تولید و جلوگیری از آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف نادرست کودهای شیمیایی موثر باشد. در این پژوهش بررسی تاثیر قارچ میکوریزای آرباسکولار، پسماند کمپوست قارچ خوراکی و کود شیمیایی نیتروژنه بر برخی صفات فیزیولوژیکی و عملکرد گیاه لوبیا چشم بلبلی مورد بررسی قرار گرفت.

مهم‌ترین اهدافی که در این پژوهش مدنظر می‌باشد عبارتند از:

- ✓ بررسی اثرات متقابل کودهای شیمیایی، آلی و زیستی بر رشد و عملکرد لوبیا چشم بلبلی
- ✓ مقایسه کاربرد و امکان جایگزینی کودهای آلی و زیستی با کود شیمیایی در زراعت لوبیا چشم بلبلی
- ✓ ارزیابی تاثیر ترکیب کودهای شیمیایی، آلی و زیستی در برخی خصوصیات شیمیایی و بیولوژیکی خاک

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- لوبیا چشم بلبلی

لوبیا چشم بلبلی با نام علمی (*Vigna unguiculata* L.) از جمله حبوباتی است که در کشورهای گرمسیری و نیمه گرمسیری به خصوص کشورهای آسیایی، آفریقایی و آمریکای جنوبی مورد کشت قرار می‌گیرد و به عنوان منبع تغذیه‌ای مهم به شمار می‌آید (سینگ و همکاران، ۱۹۹۷). واریته‌های زودرس آن را در مناطق نیمه گرمسیر شوروی و خاورمیانه می‌توان مشاهده کرد. لوبیا چشم‌بلبلی گیاهی است دو لپه و یکساله علفی با رشد کم، بوته‌ای و تا حدودی رونده است این گیاه دارای ۱۱ جفت کروموزوم $2n=2x=22$ است. دارای یک ریشه راست به طول ۵۰ یا ۸۰ سانتی‌متر است. لوبیا چشم‌بلبلی گیاهی روز کوتاه است. رنگ ساقه آن بسته به نوع واریته متفاوت است برگ‌های آن دمبرگ بلندی داشته و سه برگچه‌ای است (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

در کنار ارزش غذایی، لوبیا چشم بلبلی دارای تنوع ژنتیکی بالا، تحمل بالا، بهره‌وری بالا و همچنین ظرفیت بالا برای بهره‌گیری از همزیستی با ریزوبیوم برای دریافت بیشتر نیتروژن از طریق تثبیت نیتروژن است. با توجه به این صفات، لوبیا چشم بلبلی یک منبع ژنتیکی مهم به ویژه برای مناطق نیمه خشک و یک منبع ژن برای پروژه‌های مهندسی ژنتیک است (کلارک و همکاران، ۲۰۰۵).

۲-۲- مبدا و تاریخچه

منشا این گیاه آفریقا بوده و از آنجا به هندوستان و چین و قسمت‌های مرکزی و شمال آفریقا منتقل شده است. لوبیا چشم‌بلبلی گیاهی علفی، یکساله، روز کوتاه و بوته‌ای شکل می‌باشد (کاباس و همکاران، ۲۰۰۷). واویلوف هندوستان را به عنوان خاستگاه لوبیا چشم بلبلی و آفریقا و چین را به عنوان مراکز تنوع ثانویه مطرح کرد. بیشترین تنوع لوبیا چشم بلبلی در اتیوپی است. لوبیا چشم بلبلی پراکنش وسیعی در سرتاسر مناطق حاره (حد فاصل ۳۰ درجه شمالی و ۳۰ درجه جنوبی عرض جغرافیایی) به ویژه در آفریقا

دارد. خارج از آفریقا، این محصول همچنین در آسیا به ویژه در هند، استرالیا، کارائیب، جنوب ایالات متحده و مناطق پست و نواحی ساحلی جنوب و مرکز آمریکا کشت می‌شود. گفته می‌شود که کشت و کار لوبیا چشم بلبلی ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد در آفریقای مرکزی برقرار بوده، در حالی که لوبیا چشم بلبلی همراه با سورگوم از طریق دریا و همچنین راه‌های زمینی حدود ۱۵ سال قبل از میلاد به هندوستان رسید که از آن‌جا به چین و آسیای جنوب شرقی راه یافت. ورود این گیاه به اروپا احتمالاً حدود ۳۰۰ سال قبل از میلاد و از طریق مصر و ورود آن به دنیای جدید در قرن شانزدهم بوده است (باقری و پارسا، ۱۳۸۷).

۲-۳- تولید لوبیا چشم بلبلی در ایران و جهان

لوبیا به خاطر درصد پروتئین و سایر ویژگی‌های مطلوب زراعی، بیشترین سطح زیر کشت را در بین حبوبات به خود اختصاص داده است (فرخ بخت و همکاران، ۱۳۹۰). لوبیا چشم بلبلی در مناطق گرمسیری آفریقا، آسیا، آمریکا، اروپا، اقیانوسیه و در ۹۷ کشور جهان رشد می‌کند (مورال و همکاران، ۲۰۱۲). 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، ۱۳۸۷). در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴، حدود ۷۸۷/۳ هزار هکتار معادل ۶/۶۹ درصد سطح برداشت محصولات زراعی به حبوبات اختصاص یافته است. از این مقدار نخود ۶۳/۵، لوبیا ۱۳/۷، عدس ۱۶/۷ و سایر حبوبات ۶/۱ درصد از کل سطح برداشت حبوبات می‌باشد (کریم احمدی و همکاران، ۱۳۹۶). در حال حاضر در بسیاری از کشورهای گرمسیر با سطح زیر کشت جهانی ۴/۵ میلیون هکتار کشت می‌شود. تولید آن بیش از ۵/۴ میلیون تن در سراسر جهان گزارش شده است. در مناطق استوایی پس از بادام زمینی و لوبیا سودانی سومین لگوم است (یودو و آکیان، ۲۰۱۲).

۲-۴- گیاه شناسی لوبیا چشم بلبلی

لوبیا چشم بلبلی لگوم یک ساله‌ی تابستانه است (پاک مهر و همکاران، ۱۳۹۰). که دارای ساقه بلند و بوته‌ای شکل یا پیچک‌دار می‌باشد که نوع اخیر احتیاج به قیم دارد. جوانه‌زنی لوبیا چشم بلبلی به صورت اپی جیل است (باقری و پارسا، ۱۳۸۷). لوبیا چشم بلبلی دارای ریشه عمیق با ریشه‌های جانبی پراکنده در سطح خاک است. گره‌های روی ریشه بزرگ، کروی و به اندازه دانه نخود فرنگی و معمولا به صورت گروهی در روی ریشه قرار دارند (مجنون حسینی، ۱۳۸۳). به طور کلی لوبیا چشم بلبلی دارای ریشه عمودی و قوی می‌باشد که طول ریشه اصلی آن به ۸۰-۵۰ سانتی‌متر می‌رسد. البته طول ریشه بستگی به رقم و شرایط محیطی دارد. معمولا گره‌های تثبیت نیتروژن به شکل کروی و مدور به صورت گروهی بر روی ریشه قرار می‌گیرند. اندازه غده‌ها به اندازه یک لوبیای کوچک با سطحی صاف است که به تعداد زیاد بر روی ریشه اصلی و انشعابات اولیه و به تعداد کم‌تر روی ریشه‌های ثانویه قرار می‌گیرند (کریمی، ۱۳۷۵). بیش‌ترین رشد ریشه در لایه تحت الارض خاک روی می‌دهد و در زمان وقوع خشکی طول ریشه می‌تواند حداکثر به ۲/۵ متر نیز برسد. لوبیا چشم بلبلی دارای برگ‌های سه برگچه‌ای می‌باشد که به صورت متناوب رشد می‌کنند، رنگ برگ‌ها سبز تیره می‌باشد. برگ‌ها نرم و به ندرت کرک‌دار هستند و عموما برگچه‌های انتهایی بزرگ‌تر از برگچه‌های جانبی هستند و از لحاظ اندازه و شکل برگ تنوع زیادی وجود دارد (ارادتمند اصلی و مهرپناه، ۱۳۸۸). بسته به وارسته و شرایط کشت، طول ساقه‌ی آن از ۶۰ تا ۸۰ سانتی‌متر و عرض آن از ۰/۵ تا ۱/۵ سانتی‌متر متغیر است. رنگ ساقه‌ی آن زرد، سبز روشن یا قهوه‌ایی است (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۲). گل آذین لوبیا چشم بلبلی خوشه‌ای جانبی و بطور متناوب در نزدیکی گره‌های ساقه است. گل‌ها معمولا به صورت جفتی با تعداد ۲-۴ گل بر روی دمگلی بلند قرار دارد، رنگ گل‌ها سفید، زرد یا بنفش می‌باشند. از خواص جالب گیاه چشم بلبلی این است که اگر گل‌ها در اثر آسیب آفات از بین بروند دوره گلدهی تجدید می‌شود. گلدهی در لوبیا چشم بلبلی پس از ۵۰ الی ۶۰ روز

بعد از کاشت شروع شده و اولین چین محصول را یک ماه بعد از گلدهی می‌توان برداشت کرد (مجنون حسینی، ۱۳۸۳). اگر چه اکثر گل‌ها خودگشن هستند احتمالا کمی دگرگشنی نیز در آن‌ها اتفاق می‌افتد، به خصوص در هوای مرطوب که حشرات رنگ گل‌ها را بهتر تشخیص می‌دهند (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۲). وجود دو گل بلند وجه تمایز لوبیا چشم بلبلی است و این خصوصیت باعث تسهیل در امر برداشت محصول می‌گردد. به طور کلی لوبیا چشم بلبلی نسبت به طول روز بی تفاوت است و از هر جوانه گل ۲ تا ۳ غلاف به وجود می‌آید. گاهی ۴ غلاف یا بیشتر نیز بر روی یک دمگل مشاهده می‌شود. غلاف میوه طویل و باریک و دارای مقطع گردی است. طول غلاف در ارقام مختلف متفاوت، و معمولا بلندتر از غلاف لوبیای معمولی است (ارادتمند اصلی و مهرپناه، ۱۳۸۸؛ مجنون حسینی، ۱۳۸۳). غلاف‌های آن پهن یا استوانه‌ای بوده، نسبتا بلند (۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر) و به سادگی باز می‌شوند. غلاف‌های نارس آن سبز یا سبز تیره هستند و انواع رسیده‌ی آن زرد یا قهوه‌ای رنگ می‌شوند. بر روی هر گیاه تقریبا بیشتر از ۵۰ غلاف دیده می‌شود و هر غلاف دارای بیش از ۱۶ بذر است (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۲). در بعضی انواع شکل نیام راست و در بعضی انواع دیگر آویزان است. لوبیا چشم بلبلی دارای نیام بلند و معلق یا آویزان با دانه‌های به طول بیش از ۱ سانتی‌متر است (کریمی، ۱۳۷۵). وزن هزار دانه‌ی آن بین ۶۰ تا ۳۰۰ گرم متغیر است (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۲). بذرها بیضوی، گرد، لوزی و یا قلوهای شکل با علامتی V شکل در انتها با سطحی صاف و به ندرت چروکدار به رنگ‌های سفید، کرم، زرد، سبز، قرمز، قهوه‌ای یا سیاه دیده می‌شوند (کاباس و همکاران، ۲۰۰۷). بذور آن به شکل کروی یا استوانه و یا قلوهای شکل با سطحی صاف و چروکیده و به رنگ‌های مختلف می‌باشند. رنگ دانه و رنگ چشم در ارقام مختلف متفاوت است و معمولا رنگ‌های سفید یا کرم با چشم یا ناف سیاه، رنگ‌های قرمز، قهوه‌ای روشن تا سیاه نیز در بین آن‌ها دیده می‌شود (مجنون حسینی، ۱۳۸۳).

۲-۴-۱- مراحل رشد و نمو لوبیا چشم بلبلی

مراحل مختلفی در طول دوره رشد و تکامل حبوبات یکساله قابل تشخیص است که عبارتند از: متورم شدن بذر، جوانه زدن، سبز شدن، غنچه‌دهی، گل‌دهی، غلاف‌دهی و رسیدن بذر. حبوبات مناطق گرمسیر دوره رشد سبزینه‌ای طولانی‌تری نسبت به حبوبات مناطق معتدله دارند. لوبیا چشم‌بلبلی مانند سایر گیاهان زراعی مراحل فنولوژیکی خاصی داشته و هر یک از این مراحل دوره رشد مشخصی نیاز دارند. بنابراین با تعیین شرایط لازم برای رشد این گیاه می‌توان منطقه مناسب برای زراعت آن را مشخص نمود. این دوره در لوبیا چشم‌بلبلی حدود ۹۰ تا ۱۵۰ روز به طول می‌انجامد.

اندام‌های هوایی گیاه در هنگام غنچه‌دهی رشد خیلی بیشتری دارند. تشکیل گل، شکفتن گل و رسیدن بذر در طول ساقه اصلی و شاخه‌های جانبی اغلب از قسمت انتها تا بالای بوته به طور متوالی صورت می‌گیرد. در دوره تمایز، تشکیل برگ‌های حقیقی، ساقه‌های جانبی، شاخه‌های زاینده و در نهایت تشکیل گل‌ها بین ۲ تا ۴ هفته در ارقام زودرس و ۲ تا ۲/۵ ماه در ارقام دیررس به طول می‌انجامد. آخرین مرحله رشد با گل‌دهی، تلقیح گل‌ها، تشکیل بذر و رسیدن آن مشخص می‌گردد. این دوره طولانی‌ترین دوره رشد در گیاهان خانواده حبوبات محسوب می‌شود و ممکن است تا ۳ ماه به طول انجامد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۲-۴-۲- وضعیت رویشی و زایشی لوبیا چشم بلبلی

به طور کلی مراحل مختلف رشد و نمو لوبیا را می‌توان به دو مرحله کلی شامل: رشد رویشی (V) و رشد زایشی (R) تقسیم کرد.

مرحله رشد رویشی (Vegetative)

مرحله V_0 جوانه‌زنی، این مرحله زمانی که بذر مقدار کافی رطوبت برای جوانه‌زنی در اختیار داشته باشد آغاز می‌شود که منطبق با اولین آبیاری است.

مرحله V_1 سبز شدن، با ظاهر شدن لپه‌های گیاه در سطح خاک آغاز می‌شود.

مرحله V_2 تشکیل برگ‌های اولیه: این مرحله هنگامی آغاز می‌شود که برگ‌های اولیه گیاه ظاهر شوند. برگ‌های اولیه تک برگگی و متقابل هستند.

مرحله V_3 تشکیل اولین سه برگچه، این مرحله هنگامی آغاز می‌شود که اولین سه برگچه‌ای کاملاً ظاهر شده و برگ‌ها باز و مسطح باشند.

مرحله V_4 سومین سه برگچه‌ای، مرحله‌ای که سومین سه برگچه ظاهر می‌شود از این مرحله به بعد برخی از ساختمان‌های رویشی از قبیل ساقه، ساقه‌های فرعی و برگ‌های سه برگچه‌ای تشکیل می‌شوند. این مرحله یکی از طولانی‌ترین مراحل رشد لوبیا است و تا زمان تشکیل غنچه ادامه دارد.

مرحله رشد زایشی (Reproductive)

مرحله R_5 غنچه‌دهی، با تشکیل اولین غنچه آغاز می‌شود.

مرحله R_6 گل‌دهی، هنگامی آغاز می‌شود که اولین گل در گیاه باز شود. اولین گل باز شده در محلی است که اولین جوانه گل تشکیل شده باشد. این مرحله کوتاه است و ۴ تا ۶ روز به طول می‌انجامد.

مرحله R_7 تشکیل غلاف، زمانی است که اولین غلاف در گیاه تشکیل شود.

مرحله R8 پرشدن دانه در غلاف، زمانی است که حفره‌های غلاف‌ها از نظر اندازه کامل شده و حداکثر وزن خود را داشته باشند و پرشدن دانه‌ها یا غلاف شروع شود.

مرحله R9 رسیدگی، در این مرحله غلاف‌ها تغییر رنگ داده و می‌رسند. برگ‌ها در تمامی قسمت‌های گیاه زرد و خشک شده و ریزش می‌کنند و محتوای آب بذر ۱۵ درصد یا کمتر می‌شود.

۲-۵- خصوصیات اکولوژیکی و عوامل موثر بر رشد لوبیا چشم بلبلی

با توجه به منشا حاره‌ای لوبیا چشم‌بلبلی، این گیاه برای رشد طبیعی خود نیاز به حرارت دارد و این حرارت نبایستی کمتر از ۱۸ درجه سانتی‌گراد باشد. بیشترین نیاز حرارتی آن حد فاصل گل‌دهی تا رسیدگی است. رسیدگی دانه‌ها چنانچه دما کمتر از ۱۵ الی ۱۸ درجه سانتی‌گراد باشد به خوبی انجام نمی‌شود. لوبیا چشم‌بلبلی به خشکی هوا مقاوم بوده ولی خشکی خاک بر تولید محصول آن اثر نامطلوبی می‌گذارد. در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری کاشت لوبیا چشم‌بلبلی فقط در شرایط فاریاب موفقیت‌آمیز است اما قادر به تحمل آب اضافی خصوصا در طی جوانه‌زنی و رسیدن بذرها نمی‌باشد. هرچه طول دوره زایشی در گیاه طولانی‌تر شود، تعداد میوه بیشتر شده و محصول بیشتری تولید می‌گردد. شرایط محیطی که این دوره را کوتاه می‌کنند عبارتند از: حرارت بالای روز، اختلاف زیاد حرارت روز و شب و تنش خشکی در طی پرشدن دانه‌ها در غلاف (کوچکی و بنیان اول، ۱۳۷۳).

لوبیا چشم بلبلی نسبت به خشکی هوا مقاوم‌تر از سایر حبوبات است و تحمل خوبی نسبت به سایه اندازی دارد. این محصول در دامنه‌ی وسیعی از بافت‌های خاکی از رسی سنگین (در صورتی که زهکشی خوبی داشته باشند) تا شنی رشد می‌کند. لوبیا چشم بلبلی بهترین رشد را در خاک‌های کمی اسیدی تا کمی قلیایی (pH=5/5-8/3) دارد (ولونزئولا و اسمیت، ۲۰۰۲).

لوبیا چشم‌بلبلی یکی از مهم‌ترین حبوبات تغذیه‌ای و از محصولات متنوع غذایی است که در جغرافیای ۳۵ درجه شمالی و ۳۰ درجه جنوبی مورد کشت و کار قرار می‌گیرد (سوکوتو و سینگ، ۲۰۰۸). از آنجایی که مبدا لوبیا چشم‌بلبلی آفریقای مرکزی است لذا گیاه آب و هوایی گرم بشمار می‌رود و حرارت را بهتر از حبوبات دیگر تحمل می‌کند. مناسب‌ترین گرمای خاک برای رشد اولیه آن ۱۴ درجه سانتی‌گراد است. برای جوانه زدن لوبیا چشم‌بلبلی به دمای بین ۱۲ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد نیاز دارد و در دمایی بین ۲۷ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد دارای بهترین رشد و نمو خواهد بود. این گیاه به سرما حساس بوده و در یخبندان از بین می‌رود. لوبیا چشم‌بلبلی مقاوم به خشکی هوا بوده ولی خشکی خاک بر روی تولید محصول اثر نامطلوب می‌گذارد. آبیاری در هنگام گل‌دهی و تشکیل بذر تاثیر نیکویی خواهد داشت. عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی در مناطق مرطوب نیز به علت خسارت آفات و بیماری‌ها کاهش می‌یابد. این نبات نیاز مخصوصی به خاک نشان نداده و به خوبی در خاک‌های شنی و رسی می‌تواند رشد کند. لوبیا چشم‌بلبلی خاک‌های اسیدی با اسیدیته ۵-۵/۵ را تحمل می‌کند و در برخی مواقع به عنوان اصلاح کننده‌ی خاک-های اسیدی کشت می‌شود اما خاک‌های آهکی و خنثی با اسیدیته ۶/۵-۷ برای رشد آن مناسب‌تر است (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

این گیاه تحمل کمی نسبت به شوری خاک دارد. همانند سایر حبوبات به شرایط غرقابی یا زه آب مقاومت ندارد. به خصوص در مرحله جوانه‌زنی نسبت به شرایط غرقابی حساس می‌باشد. مهم‌ترین عوامل موثر بر رشد زایشی لوبیا چشم بلبلی شرایط آب و هوایی و دوره نوری می‌باشد. کم آبی و یا خشکی باعث تاخیر در گلدهی می‌شود (ارادتمند اصلی و مهرپناه، ۱۳۸۸؛ باقری و پارسا، ۱۳۸۷).

۲-۶- ترکیبات شیمیایی دانه‌ی لوبیا چشم بلبلی

لوبیا چشم بلبلی به علت دارا بودن دانه‌های سرشار از پروتئین و سایر مواد غذایی یکی از گیاهان لگوم با ارزش محسوب می‌شود (باکری و همکاران، ۲۰۰۹). پروتئین لوبیا چشم بلبلی در مقایسه با غلات غنی از اسیدهای آمینه لیزین و تریپتوفان می‌باشد ولی در با مقایسه با پروتئین‌های حیوانی از نظر اسیدهای آمینه میتیونین و سیستئین فقیر می‌باشد (ارادتمند اصلی و مهرپناه، ۱۳۸۸). دانه لوبیا چشم بلبلی بر اساس وزن خشک، دانه آن محتوی ۲۲/۴ درصد پروتئین، ۱/۸ درصد چربی و ۶۰/۳ درصد کربوهیدرات (نشاسته) و همچنین فیبر، سدیم، کلسیم و آهن است (مجنون حسینی، ۱۳۸۳؛ کویین، ۱۹۹۷).

۲-۷- اهمیت اقتصادی و موارد استفاده

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^۱ در حبوبات می‌تواند مقدار کم این اسید آمینه را در غلات جبران نماید (باقری و پارسا، ۱۳۸۷). دانه حبوبات از لحاظ عناصر معدنی مانند آهن و کلسیم غنی هستند، و مقادیر کمی از ویتامین‌های کاروتن، ریبوفلاوین، اسید آسکوربیک و مقدار متوسطی نیاسین و تیامین نیز دارند که در سلامتی موثر هستند (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

^۱ Lysine

از لوبیا چشم بلبلی به عنوان کود سبز، علوفه، سیلو و گیاه پوششی نیز استفاده می‌کنند. غلاف‌های سبز آن به منظور سبزی خوراکی مورد استفاده قرار می‌گیرند و گاهی دانه‌های آن به صورت کنسرو شده نیز در آمریکا به فروش می‌رسد. در آفریقا برگ‌ها و ساقه‌های جوان آن را معمولاً خشک کرده و برای تغذیه در فصول خشکسالی ذخیره می‌کنند. این گیاه در سطح جهان سالانه حدود ۱/۵ تا ۲ میلیون تن بذر خشک تولید می‌کند (ارادتمند اصلی و مهرپناه، ۱۳۸۸؛ گیامی، ۲۰۰۵). علوفه خشک آن محتوی ۱۴ درصد پروتئین، ۴۵/۵ درصد کربوهیدرات، ۴/۱ درصد چربی و ۲۶/۱ درصد سلولز است (کوبین، ۱۹۹۷).

۲-۸- اهمیت و نقش نیتروژن در گیاهان

نیتروژن یکی از مهمترین عناصر غذایی در تولید گیاهان زراعی است که مقدار آن در گیاهان بعد از کربن و هیدروژن بیش از سایر عناصر غذایی بوده (ملکوتی و همکاران، ۱۳۷۰). منبع اصلی نیتروژن که به وسیله گیاهان استفاده می‌شود گاز N_2 است که ۷۸ درصد هوا را تشکیل می‌دهد این عنصر نقش اساسی در رشد گیاهان ایفا می‌کند زیرا یک ترکیب اصلی در اسید آمینه، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و کلروفیل می‌باشد. به علاوه نیتروژن نقش ویژه‌ای در استقرار گیاه و کسب توانایی‌های فتوسنتزی و فیزیولوژیکی متعدد دارد که در نهایت تاثیر مستقیمی بر روی عملکرد خواهد داشت (اندرسون، ۱۹۸۴). وظیفه اصلی نیتروژن تکثیر سلولی، افزایش طول سلول و تمایز سلول است. با تامین نیتروژن کافی گیاه بلندتر شده، شاخه‌ها و برگ‌های با کلروفیل بیشتری تولید نموده و سطح فتوسنتز کننده افزایش می‌یابد که نتیجه این امر، تولید بیشتر ماده خشک در گیاه می‌باشد. همچنین افزایش نیتروژن در گیاه سبب افزایش بنزل آدنین می‌گردد که می‌تواند پیری را به تاخیر انداخته و شکل میوه را نیز تغییر دهد (صالحی، ۱۳۸۰).

نیتروژن در خاک و گیاه پویا می‌باشد و کمبود آن در گیاه سبب تجزیه پروتئین در برگ‌های مسن و تبدیل آن به اسیدهای آمینه محلول و انتقال آن به قسمت‌های جوان‌تر و مریستم می‌گردد. از علائم ظاهری کمبود این عنصر پریدگی رنگ یا زردی برگ‌ها، ریزش قبل از موعد برگ‌های مسن، کوچک ماندن و رشد کم گیاه، ساقه‌های راست و کشیده، کم شدن شاخه دهی، کوچکی گل‌ها و بالاخره افت کمی و کیفی محصول می‌باشد که معلول تجزیه کلروپلاست ناشی از تجزیه پروتئین و کاهش کلروفیل است (منگل و کرکی، ۱۳۷۶).

۹-۲- نقش کودهای شیمیایی (نیتروژنه) و اثرات منفی آنها

بر اساس گزارش فائو (سازمان خوار و بار جهانی) طی سه دهه گذشته بین ۴۰ تا ۶۰ درصد افزایش تولیدات کشاورزی در جهان رخ داد که این افزایش تولید به دلیل استفاده از کودهای شیمیایی بوده است. با اینکه کودهای شیمیایی در ۵۰ سال اخیر نقش بسزایی در افزایش تولید و عملکرد محصولات داشته‌اند اما امروزه به طور تدریجی اثرات زیان بار ناشی از مصرف بی‌رویه این کودها مشاهده شده است و به اثرات منفی آن پی برده‌اند. وارد شدن نیترات به آب‌های زیرزمینی و محیط‌زیست و بروز انواع بیماری‌ها و یا انباشت عناصر مضر در خاک و ورود آنها به چرخه غذایی، که سبب ایجاد مسمومیت‌ها می‌شوند (خاوازی و همکاران، ۱۳۸۴). متأسفانه میزان مواد آلی خاک‌های زراعی کشور عمدتاً کمتر از یک درصد است که این امر معلول مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به خصوص کودهای نیتروژنه و عدم استفاده از کودهای آلی در چند سال اخیر است (ملکوتی، ۱۳۷۵). با وجود ضرورت تأمین عناصر غذایی خاک و گیاه زراعی، فراهمی عناصر غذایی باید به شکلی باشد که ضمن تأمین نیازهای زراعی، از اتلاف منابع و آلودگی آنها جلوگیری شود. گزارش‌هایی نشان داده‌اند که بیش از نیمی از نیتروژن معدنی مصرف‌شده در سیستم‌های

کشاورزی از طریق آبخویی، تصعید، رواناب و فرسایش تلف و موجب آلودگی می‌شود (بیسواس و همکاران، ۲۰۰۸)

در جهان سالانه نزدیک به ۴۰ میلیون تن کودشیمیایی نیتروژنه به خاک داده می‌شود. با سابقه‌ترین و در حال حاضر رایج‌ترین انواع کودهای زیستی مربوط به تثبیت‌کننده‌های نیتروژن است که در سطح جهانی مجموع مقدار نیتروژنی که از این طریق به خاک افزوده می‌شود حدود ۱۴۰ میلیون تن در سال برآورد شده است. در چند دهه اخیر با توجه به افزایش جمعیت و تقاضای روز افزون برای مواد غذایی از کودهای شیمیایی به عنوان ابزاری برای نیل به حداکثر تولید در واحد سطح، استفاده بی‌رویه شده است. از جمله پیامدهای آن می‌توان به اتلاف سرمایه، آلودگی خاک و منابع آبی، به هم خوردن تعادل عناصر غذایی خاک، کاهش بازده محصولات کشاورزی در اثر کمبود یا سمی بودن عناصر، تجمع مواد آلاینده در اندام‌های مصرفی محصولات زراعی و به طور کلی به خطر افتادن حیات و سلامتی انسان‌ها و سایر موجودات زنده اشاره کرد (فلاح، ۱۳۸۹).

از جمله معایب این کودها می‌توان به هزینه‌های بالای تولید، تخریب و تغییر کیفیت خاک، ورود آلودگی به زنجیره‌های غذایی و کاهش کیفیت محصولات کشاورزی اشاره کرد. ونس (۲۰۰۱) گزارش کرد آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، آلودگی جوی، کاهش تنوع زیستی و جلوگیری از عملکرد طبیعی اکوسیستم از دیگر اثرات منفی این کودهاست. اگر چه کاربرد کودهای شیمیایی در ابتدا تاثیر بسزایی در افزایش عملکرد دارد، لیکن استفاده بیش از حد این نهاده‌ها منجر به کاهش حاصلخیزی خاک شده و تخریب محیط زیست را در پی خواهد داشت (اهامد، ۱۹۹۵). از طرفی کودهای شیمیایی با کاهش مواد آلی خاک باعث تغییر در خواص خاک می‌شوند، یعنی نفوذپذیری خاک را نسبت به هوا و آب کم می‌کنند و اصطلاحاً خاک را سخت‌تر می‌کنند (پور محمد سخا و همکاران، ۲۰۱۰). تغییر واکنش خاک، افزایش

درجه شوری خاک و کاهش فعالیت موجودات زنده از دیگر مضرات کودهای شیمیایی است (تیموری و همکاران، ۱۳۸۴).

پایین بودن کارایی نیتروژن به دلیل هدر رفت آن از طریق نیترات زدایی، آبشویی، خروج نیتروژن از گیاه و تصعید آمونیوم می‌باشد. این هدر رفت منجر به کاهش کارایی استفاده از نیتروژن می‌گردد و اثرات مخربی بر انسان و محیط زیست دارد. از دیدگاه اقتصادی لازم است تا کارایی نیتروژن افزایش یابد که در آن صورت حفظ محیط زیست هم حاصل خواهد شد (وو و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین استفاده از ارقامی با کارایی بالای مصرف نیتروژن، رعایت تناوب زراعی، توصیه دقیق کودی با توجه به نیاز گیاه، مصرف به موقع کودها از نظر زمان و تقسیط با توجه به مرحله رشد گیاه، شکل کود، نوع کود (کودهای نیتروژنه کند رها شونده)، تغییر میزان نیتراتی شدن و نیترات زدایی با استفاده از مواد شیمیایی، شیوه کاربرد کود و روش آبیاری از جمله راه‌های افزایش کارایی استفاده از نیتروژن می‌باشند.

۲-۱۰- وضعیت مواد آلی در خاک‌های ایران

به طور کلی ماده آلی خاک یکی از شاخص‌های عمومی شناخت حاصلخیزی خاک می‌باشد. خصوصیات فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی خاک متأثر از کمیت و کیفیت مواد آلی خاک است. بنابراین بایستی به وضعیت مواد آلی خاک توجه جدی گردد. حدود ۶۳/۲ درصد خاک‌های کشور کمتر از یک درصد کربن آلی دارند، این مسئله با توجه به اهمیت ماده آلی در تولید محصولات کشاورزی و محیط زیست می‌تواند چالشی مهم برای آینده کشاورزان ایران باشد. عدم توجه به افزایش و نگهداری مواد آلی خاک می‌تواند در آینده نزدیک خسارت جبران ناپذیری به تولید پایدار کشاورزی وارد کند. مقدار مواد آلی خاک تابعی از عوامل مختلفی از جمله اقلیم، خصوصیات خاک، مدیریت زراعی می‌باشد و واقف شدن ایران در منطقه خشک و نیمه خشک (به استثنای استان‌های شمالی کشور) سبب گردیده تا بخش قابل توجهی

از اراضی کشور از نظر مواد آلی وضعیت مطلوبی نداشته باشند. بنابراین توجه به حفظ و افزایش میزان مواد آلی خاک‌ها برای افزایش پایداری تولید و همچنین تولید سالم، امری اجتناب ناپذیر است (شهبازی و بشارتی، ۱۳۹۲).

۲-۱۱- اهمیت کودهای آلی

ماده آلی نه تنها تامین کننده بخشی از نیاز گیاه به عناصر غذایی می‌باشد بلکه با تشدید فعالیت زیستی در خاک به چرخش بهتر مواد غذایی کمک می‌کند. از سویی مصرف مواد آلی در خاک منجر به بهبود وضعیت فیزیکی خاک می‌گردد که این امر به نوبه خود به رشد و نمو بهتر گیاه کمک می‌نماید. با عنایت به اثر مثبتی که مواد آلی بر باروری خاک دارد، مصرف این مواد مجدداً مورد توجه قرار گرفته به طوری که مدیریت مطلوب مواد آلی در خاک، قلب کشاورزی پایدار نام گرفته است (استیونسون، ۱۹۹۴). ماده آلی به علت اثرات مفیدی که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک دارند، به عنوان یکی از ارکان باروری خاک شناخته شده‌اند (کلباسی، ۱۳۷۵).

ماده آلی خاک به وسیله فعالیت انواع میکروارگانیسم‌های موجود در آن تغییر می‌کند. به گفته وانگ و دیک (۲۰۰۴) میکروارگانیسم‌های خاکزی نقش کلیدی در چرخه زیست- زمین- شیمیایی، حفظ بوم نظام خاک و تولیدات کشاورزی دارند، به طوری که حفظ این میکروارگانیسم‌ها باعث حرکت در جهت رسیدن به اهداف کشاورزی پایدار و حفظ محیط‌زیست می‌شود (فولت و همکاران، ۱۹۹۵). در برخی مطالعات نشان داده شده است که حفظ کیفیت و بهبود حاصلخیزی خاک، نیازمند مدیریت صحیح عناصر غذایی و بهره‌گیری مطلوب از نهاده‌های آلی در خاک است (پدل و همکاران، ۲۰۰۱؛ فرچنا و همکاران، ۲۰۰۳). کمیت و کیفیت تولید در کاربرد توام کود شیمیایی و آلی وضعیت مطلوب‌تری را نسبت به

سیستم رایج دارد و این سیستم می‌تواند راهی مناسب به سمت کشاورزی پایدار باشد (شریفی عاشور آبادی و همکاران، ۱۳۸۱).

۲-۱۲- کمپوست

استفاده از منابع قابل تجدید به همراه کاربرد بهینه از مواد معدنی، نقش مهمی در حفظ حاصلخیزی و ساختمان خاک ایفا می‌کند. مواد آلی به علت اثرات سازنده‌ای که بر خصوصیات فیزیکی- شیمیایی و حاصلخیزی و کیفیت خاک دارند به عنوان یکی از ارکان مهم باروری خاک شناخته شده‌اند (ریگی و رونقی، ۱۳۸۲). در بسیاری از نظام‌های کشاورزی پایدار جهت حفظ و بهبود حاصلخیزی خاک و کیفیت آن از کودهای آلی و کمپوست استفاده می‌شود. اخیراً فرآیند تولید کمپوست به عنوان راهکاری ساده و حامی طبیعت برای به دست آوردن کودهای آلی از مواد زاید، بسیار مورد توجه قرار گرفته است (کلودیو و همکاران، ۲۰۰۹).

در برخی خاک‌ها به دلیل مصرف مداوم و بیش از حد کودهای شیمیایی خاک از نظر ماده آلی فقیر شده و کاربرد مواد آلی مانند کمپوست می‌تواند موجب افزایش حاصلخیزی خاک شود. کاربرد کودهای آلی موجب افزایش عملکرد دانه گندم و بهبود پایداری خاکدانه و کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک شد (ردریگوس و همکاران، ۱۹۹۶).

مدت زمان طولانی است که از کودهای آلی برای افزایش عملکرد گیاهان در سراسر جهان استفاده می‌شود. مطالعات نشان داده که کاربرد کودهای غیر آلی می‌تواند اثرات منفی بر خاک مانند اسیدی شدن، افزایش تلفات آبشویی، کاهش مواد آلی و نیز کاهش جوامع میکروبی بگذارد. جایگزین کردن کودهای غیر آلی و اصلاح خاک با مواد آلی به شکل کمپوست، منجر به کاهش این اثرات منفی می‌شود. کمپوست‌ها مواد آلی هستند که مزیت آن‌ها در ثبات و همگن بودن آن است (نگو و همکاران، ۲۰۱۲).

در همین راستا کمپوست، به عنوان یک ترکیب آلی شناخته شده است که به طور عام طیف وسیعی از فضولات دامی، طیور، لجن فاضلابها، ضایعات جامد شهری، صنایع غذایی و کاغذ سازی و غیره را در بر می‌گیرد که به تنهایی و یا به صورت مخلوطی از این ضایعات استفاده می‌شود. کمپوست کردن شامل تجزیه مواد آلی توسط مجموعه‌های از ریز موجودات در یک محیط گرم، مرطوب و هوایی (دالزل و همکاران، ۱۹۸۷) یا تجزیه بیولوژیکی توده ضایعات آلی در شرایط کنترل شده می‌باشد (هارتمن و همکاران، ۱۹۹۷). کمپوست تولید شده دارای ترکیبات شیمیایی است که به عناصر مصرفی آن بستگی دارد (آستارایی، ۱۳۸۵). نتایج مطالعات در مورد افزایش کمپوست به خاک نشان می‌دهد که کمپوست باعث حاصلخیزی خاک، تغذیه گیاه و پوشش گیاهی می‌شود (لارجویک و همکاران، ۲۰۰۵). علاوه بر این می‌تواند ثبات خاکدانه‌ها و مقاومت در برابر فرسایش را بهبود بخشد (برسن و همکاران، ۲۰۰۱). گلاستین (۱۹۹۸) گزارش کرده که کمپوست و عصاره آن‌ها، مکانیسم مقاومت به آفات و بیماری‌ها را در گیاهان فعال کرده و سبب افزایش مقاومت گیاهان نسبت به بیماری‌ها و آفات و خسارات ناشی از آنها می‌شود. در بین کودهای آلی کمپوست به عنوان اقتصادی‌ترین منبع تولید نیتروژن مطرح شده است (گسکل، ۱۹۹۹).

۲-۱۳- پسماند کمپوست قارچ

تولید قارچ خوراکی در کشور، در سال‌های اخیر توسعه یافته و بخصوص در مناطق شهری و پرجمعیت مصرف آن زیاد شده است. تولید کنندگان قارچ خوراکی از کمپوست به عنوان محیط کشت برای تولید قارچ استفاده می‌کنند. بعد از چرخه برداشت قارچ خوراکی، حاصلخیزی بستر کاهش می‌یابد که اصطلاحاً به آن پسماند کمپوست قارچ می‌گویند. به طور معمول، این بستر استفاده شده بعد از استفاده به عنوان ضایعات دور ریخته می‌شود، اگر چه از آن می‌توان در موارد دیگر استفاده نمود. طبق آمار ارائه شده توسط مرکز آمار ایران در کشور ما سالانه ۳۰ هزار تن قارچ تولید می‌شود که برای تولید این قارچ به طور تقریب

۱۸۰ هزار تن کمپوست مورد نیاز است که با توجه به روند رو به رشد واحدهای تولیدی قارچ، این رقم تا سال ۱۴۰۴ به بیش از ۵۰۰ هزار تن افزایش پیدا می‌کند (عزیزی، ۱۳۸۷). این مقدار کمپوست پس از استفاده در جریان تولید قارچ به صورت بلا استفاده باقی‌مانده و دور ریخته می‌شود و نیز فضای بسیار زیادی را در مزارع قارچ به خود اختصاص می‌دهد که این مهم یکی از دغدغه‌های پرورش دهندگان قارچ در کشور ما می‌باشد و ضروری است که راه‌های کاربرد آنها بررسی شود. به علاوه مدیریت کنترل و دفع این مواد از مراکز قارچ خوراکی به نحوی که سبب آلودگی خاک و آب و محیط زیست نگردد، اهمیت تحقیقات را در این زمینه بیشتر می‌کند (وهایی، ۱۳۸۶). بنابراین با توجه به حجم بالای ضایعات و پسماندهای بستر پرورش قارچ، کمپوست قارچ می‌تواند به عنوان کودهای آلی مورد استفاده قرار گیرد (اوزگوان، ۱۹۹۸). به طور کلی کمپوست قارچ یکی از فراورده‌های جانبی صنعت تولید قارچ خوراکی است که به بقایای پسماند بستر پرورش قارچ اطلاق می‌شود و می‌تواند به عنوان یکی از اصلاح‌کننده‌های آلی با کیفیت، نقش موثری در افزایش پایداری سیستم زراعی داشته باشد (فروتوس و همکاران، ۲۰۱۰).

۲-۱۳-۱- خصوصیات پسماند کمپوست قارچ

SMC کمپوستی است که حاصل کشت و تولید قارچ است. این ماده شامل اجزاء مختلف مانند کاه گندم، کود اسبی، کلش، کود مرغی، پوست دانه پنبه و سنگ گچ است. گریتس و همکاران (۱۹۸۸) اظهار داشتند که اجزای اصلی SMC، کاه، علف یونجه، پیت، کود اسبی، کود مرغی پوسیده شده به همراه سنگ گچ است. پسماند کمپوست قارچ، باقی‌مانده کمپوست قارچ پس از مصرف شدن در تولید قارچ می‌باشد که دارای مقادیر قابل توجهی هوموس و عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر، پتاسیم و همچنین دامنه گسترده‌ای از عناصر غذایی کم مصرف می‌باشد (لور و همکاران، ۱۹۸۴). SMC می‌تواند در موارد مختلف کشاورزی و باغبانی به عنوان اصلاح‌کننده خاک، به عنوان بستر کشت مجدد در تولید قارچ، بهبود ساختمان خاک، کاهش فشردگی خاک، بهبود شرایط زهکشی خاک و افزایش فعالیت میکروبی در خاک

مورد استفاده قرار گیرد. همچنین می‌تواند به دلیل وجود عناصر غذایی قابل استفاده، به عنوان یک منبع غذایی مهم برای گیاه محسوب و به کار گرفته شود. اگر چه با اهمیت‌ترین خصوصیت SMC مقدار مواد آلی بالای آن است. بر اساس گزارش‌های موجود SMC حاوی میزان زیادی عناصر غذایی مهم و ضروری گیاه می‌باشد که این مواد غذایی در خاک باقی می‌مانند (لوهر و همکاران، ۱۹۸۴) و باعث افزایش حاصلخیزی خاک می‌گردند همچنین ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی قابل قبولی دارد (ویزنيسکا و همکاران، ۱۹۸۹). ضایعات برجای مانده از کمپوست به علت دارا بودن N,P,K و همچنین به علت داشتن قدرت بیشتر در جذب آب نسبت به دیگر مواد آلی و داشتن اسپور قارچ می‌توان از آن‌ها جهت افزایش حاصلخیزی خاک در کشاورزی استفاده کرد (استوارت و همکاران، ۱۹۹۸). بقایای کمپوست قارچ را می‌توان در کشاورزی ارگانیک برای بهبود نفوذپذیری آب در خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، افزایش نفوذپذیری و تهویه خاک مورد استفاده قرار داد (اوزون، ۲۰۰۴). کادوس و مورگان (۱۹۹۶) نشان دادند که استفاده از این مواد به علت داشتن نیتروژن می‌تواند باعث افزایش کارایی مصرف نیتروژن در محصولات شود. فروتوس و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقات خود به اثرات مثبت استفاده از کمپوست قارچ در بهبود خصوصیات خاک‌های آلوده به عناصر سنگین اشاره کردند. میزان اسیدیته (pH)، SMC بین ۶ تا ۸ می‌باشد که در بعضی مواقع نادر ممکن است به بالاتر و پایین‌تر تغییر پیدا کند. میزان رطوبت SMC مهم است مخصوصاً زمانی که می‌خواهیم خاک مخلوط کنیم، مقداری رطوبت مطلوب است. کمپوست مصرف شده قارچ با رطوبت ۳۰ تا ۵۰ درصد برای جا به جا کردن، کاربرد سطحی، و اضافه کردن به خاک مطلوب است. کمپوست‌های خیس (بیش از ۶۰ درصد رطوبت)، گرایش به کلوخه شدن دارند و به طور مساوی و مطلوب در سطح زمین‌های چمن پخش نمی‌شوند. اضافه کردن مواد پسماند کمپوست قارچ خیس به زمین باعث مخلوط شدن ضعیف با خاک و استقرار ناهموار گیاه در سطح خاک می‌شود. ضمن

اینکه پسماند کمپوست قارچ خیس سنگین و غیر قابل حمل و اداره کردن است (سلیمی و همکاران، ۱۳۸۹).

آزمایش‌های مختلف در رابطه با SMC نشان می‌دهد که این کمپوست در موارد گوناگون کشاورزی، باغبانی و فضای سبز کاربرد وسیعی دارد که می‌توان از آن‌ها به عنوان اصلاح کننده خاک، استفاده مجدد به عنوان بستر کاشت در تولید قارچ، بهبود ساختمان خاک، کاهش فشردگی خاک، بهبود شرایط زهکشی خاک، افزایش فعالیت میکروبی در خاک به دلیل وجود عناصر غذایی مورد استفاده در آن و غیره اشاره نمود (وهابی، ۱۳۸۶). پسماند کمپوست قارچ پس از فراوری می‌تواند به عنوان یک اصلاح کننده مکمل خاک، جهت بهبود رشد چمن مورد استفاده قرار گیرد (حقیقی و همکاران، ۲۰۰۶).

۲-۱۳-۲- مزایا و معایب پسماند کمپوست قارچ

در سال‌های اخیر صنعت پرورش قارچ در ایران به سرعت گسترش یافته است، به طوری که مصرف قارچ دکمه‌ای نسبت به انواع دیگر قارچ‌های خوراکی بالاتر و در نتیجه تولید آن هم بیشتر شده است. کمپوست بقایای بستر در سالن‌های پرورش قارچ خوراکی و در واقع پسماند این کارخانجات است که به علت طی کردن مراحل کمپوست‌سازی و پاستوریزه شدن، عاری از عوامل بیماری‌زا، بذر علف‌های هرز و تخم حشرات است و به علت دارا بودن املاح تغذیه‌ای مختلف از جمله پتاسیم، خاک را از اضافه نمودن کودهای شیمیایی پتاسه بی‌نیاز می‌کند و می‌تواند به عنوان جایگزینی بوم‌سازگار برای سایر کودهای آلی و کودهای شیمیایی در نظر گرفته شود (پیتر، ۲۰۰۱؛ ماینارد، ۱۹۹۸).

ویژگی‌های SMC تا حد زیادی به فرآیند کمپوست شدن، تکنیک‌های کشت و شرایط آب و هوایی بستگی دارد. به علت افزایش دما طی فرآیند کمپوست شدن، SMC عاری از آفات و بذور علف‌های هرز است و حاوی سطوح بسیار کمی از فلزات سنگین و آفت‌کش‌هاست (اوزون، ۲۰۰۴). در دنیا ۵/۶ میلیون تن

SMC در صنعت تولید قارچ دکمه‌ای تولید می‌شود (لانکینن و همکاران، ۲۰۰۴)، که به‌طور متوسط به ازای هر کیلوگرم قارچ تولید شده، ۵ کیلوگرم SMC تولید می‌شود (ولوسامی و همکاران، ۲۰۰۷).

پسماند کمپوست قارچ دارای مزایا و معایب فراوانی می‌باشد که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد. پسماند کمپوست قارچ را می‌توان به همراه موادی مانند: کلش گندم، کود اسب، گچ، و موادی از این قبیل، مخلوط و پس از اعمال مراحل کمپوست سازی مجدد به عنوان یک اصلاح کننده خاک و کود آلی در کشاورزی و باغبانی استفاده نمود. پسماند کمپوست قارچ پس از فرآوری می‌تواند به عنوان یک اصلاح کننده مکمل خاک، جهت بهبود رشد چمن مورد استفاده قرار بگیرد (حقیقی و همکاران، ۲۰۰۶). پسماند کمپوست قارچ ممکن است دارای یکسری آلودگی‌های قارچی و باکتریایی و یا آفات باشد. در صورتی که اگر پسماند کمپوست قارچ قبل از خروج از سالن‌های تولید، در حرارت بالا مرحله پاستوریزاسیون نهایی انجام شود، مشکل آلودگی‌های احتمالی تا حدود زیادی حل خواهد شد. میزان محتویات عناصر غذایی در نمونه پسماند کمپوست قارچ کمپوست شده به مراتب بیشتر از نمونه تازه می‌باشد، بنابراین بدیهی است که تبدیل، فرآوری و کمپوست سازی مجدد پسماند کمپوست قارچ می‌تواند بسیار کارآمد بوده و مورد استفاده بهینه تری قرار گیرد (بیر، ۲۰۰۹).

استفاده دیگر SMC، به کارگیری مجدد در صنعت پرورش قارچ به عنوان خاک پوششی می‌باشد. پسماند کمپوست قارچ حاوی سطوح بالایی از ازت، پتاسیم، فسفر و کلسیم و مقادیر کمی از عناصر دیگر به ویژه آهن و سایر عناصر سنگین است که این مواد تا حدودی باعث آلودگی محیط می‌شوند (حسن زاده، ۱۳۸۴).

تنها عیب مهم و قابل توجه پسماند کمپوست قارچ محتوای نمک بالای آن می‌باشد که آن هم با کمپوست سازی مجدد به همراه مقادیر زیادی کودهای آلی، سبز، کلش گندم و موادی این چنین مشکل تا حدود زیادی رفع می‌شود. در ضمن اینکه پسماند کمپوست قارچ را نباید در گلخانه‌ها که به آب باران دسترسی

ندارند استفاده کرد. بهتر است که از آن در مناطقی که بارندگی کافی وجود دارد استفاده شود تا نمک‌های محلول موجود در آن به وسیله آب باران شسته شده و باعث خسارت زایی نشود (سلیمی و همکاران، ۱۳۸۹). پسماند کمپوست قارچ دارای فواید و کاربردهای بسیاری می‌باشد که در زیر مواردی از آنها آورده می‌شود.

به عنوان مالچ برای گیاهان تزئینی، گل‌ها و سبزی‌ها (ماهر و همکاران، ۲۰۰۰؛ دوگان و همکاران، ۱۹۹۴)، زیست پالایی آلودگی‌ها از آب‌های زیر زمینی و زمین‌ها (لا و همکاران، ۲۰۰۳؛ چن و همکاران، ۲۰۰۵)، افزایش ظرفیت نگهداری آب و بهبود نفوذ آب و زهکشی در خاک و همچنین محتوای ماده آلی بالا (حدود ۶۰ درصد) (ویسنیوسکا و پانکیز، ۱۹۸۹)، تثبیت ازت و کاهش آبشویی نترات، آزاد سازی تدریجی عناصر غذایی، استفاده به عنوان کود آلی (موره و همکاران، ۲۰۰۲؛ دوگان و همکاران، ۱۹۹۸)، یک منبع آلی تجدید شونده (ماهر و همکاران، ۲۰۰۰؛ ویلیام، ۲۰۰۱؛ ریو و همکاران، ۲۰۰۹)، بهبود و انتشار اکسیژن در خاک و وزن مخصوص ظاهری کم (وهابی ماشک و همکاران، ۱۳۸۷)، به عنوان ماده خام هیدرولیزهای آنزیمی (جوردن و مولن، ۲۰۰۷)، کنترل آفات و بیماری‌های خاکزی (روماین و هولکومپ، ۲۰۰۰؛ یوهالم و همکاران، ۱۹۹۴)، افزایش سطوح میکروبی خاک (ویسنیوسکا و پانکیز، ۱۹۸۹)، اصلاح کننده خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک (مال، ۱۹۸۱)، کاهش فشردگی خاک (وهابی ماشک و همکاران، ۱۳۸۷؛ ویسنیوسکا و پانکیز، ۱۹۸۹) کاهش سله در سطح خاک و بهبود گسترش و رشد ریشه در خاک است.

۲-۱۴- کودهای بیولوژیک یا زیستی

کیفیت خاک نه تنها به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن وابسته است، بلکه ارتباط بسیار نزدیکی با خصوصیات بیولوژیکی آن نیز دارد (فلاح، ۱۳۸۵). پیشینه کاربرد کودهای زیستی به قدمت آغاز کشاورزی

بوده و مخلوط کردن بذر نیام دارانی چون یونجه با خاک یونجه‌زار قبل از کشت نمونه‌های بارز استفاده از کودهای زیستی در کشاورزی سنتی می‌باشد (وسی و همکاران، ۲۰۰۳).

ریزوسفر محیط زیست پویایی است که در آن باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها و میکروارگانیسم‌ها رشد و نمو می‌کنند، بر یکدیگر اثر متقابل می‌گذارند و از ماده آلی آزاد شده از ریشه سود می‌برند. پی‌آمد این رابطه یک فعالیت شدید میکروبی است که منجر به تغییر در نمو ریشه و رشد کل گیاه می‌شود. موفقیت تکاملی همزیستی میکوریزایی آرباسکولار، منعکس‌کننده همزیستی منحصر به فردی است که در آن قارچ به کربن گیاه دست می‌یابد و گیاه، برای جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر، از شریک قارچی خود بهره می‌گیرد (جهان، ۱۳۹۰). کودهای زیستی از یک یا چند نوع میکروارگانیسم مفید به همراه مواد نگهدارنده و یا فراورده‌های متابولیک آنها ساخته شده است که با هدف تامین عناصر غذایی گیاهان استفاده می‌شود (وسی، ۲۰۰۳). ریز جانداران زیادی در محیط رشد ریشه (ریزوسفر) وجود دارند که ریشه گیاهان با این ریز جانداران کنش متقابل دارند (عبدالجلیل و همکاران، ۲۰۰۷). در بین این ریز جانداران برخی اثرات مفیدی بر بهبود رشد گیاه دارند و به عنوان ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR)^۱ شناخته می‌شوند.

گرچه 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 بهره‌برداری علمی از اینگونه منابع سابقه چندانی ندارد. اگرچه کاربرد کودهای بیولوژیک به علل مختلف در طی چند دهه‌ی گذشته کاهش یافته است و امروزه با توجه به مشکلاتی که مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به‌وجود آورده است، استفاده از آنها در کشاورزی مجدداً مطرح شده است. بدون تردید کاربرد کودهای بیولوژیک علاوه بر اثرات مثبتی که بر کلیه خصوصیات خاک دارد، از جنبه‌های اقتصادی،

¹ Plant growth promoting rhizobacteria

زیست محیطی و اجتماعی نیز متمر ثمر واقع شده و می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی باشد (رحمانی و همکاران، ۱۳۸۴). کودهای زیستی به صورت مایه تلقیح میکروبی و به عنوان یک ترکیب حاصل از سوش‌های میکروبی موثر و با راندمان بالا برای تامین یک یا چند عنصر غذایی مورد نیاز گیاه تعریف می‌شوند (صالح راستین، ۱۳۸۰). یک سیستم ریشه‌ای فعال، ترکیب آلی را به طور منظم به محیط ریشه گیاه آزاد می‌کند. این ترکیبات سبب رشد و افزایش جامعه میکروبی خاک شده که به دنبال آن تنوع کارکردی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (فلاح، ۱۳۸۵). تعداد قابل توجهی از گونه‌های باکتریایی و قارچی خاک دارای روابط کارکردی با گیاهان بوده است و اثرات مفیدی بر رشد آنها دارند (وسی، ۲۰۰۳).

۲-۱۵- قارچ میکوریزی آرباسکولار^۱ (AMF)

یکی از ارکان اساسی کشاورزی پایدار استفاده از کودهایی با منشاء آلی و زیستی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی است (شارما، ۲۰۰۲). کود زیستی به ماده‌ای جامد، مایع یا نیمه جامد حاوی موجودات زنده مفید خاکزی یا متابولیت‌های آنها اطلاق می‌شود که قادر است به نحوی در تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، افزایش عملکرد و یا بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک موثر باشد (کریمی نیا، ۱۳۷۶). یکی از بهترین شیوه‌های مدیریتی برای حفظ کیفیت خاک، استفاده از این نوع کودها است که علاوه بر کاهش آلودگی آب‌های زیر زمینی، مزیت‌هایی مانند افزایش تولید پروتئین گیاهی و حاصلخیزی خاک را به دنبال خواهد داشت (تیموری و همکاران، ۲۰۰۴). در حال حاضر کودهای زیستی در برخی از موارد به عنوان جایگزین و در اکثر موارد به عنوان مکمل کود-

¹ Arbuscular Mycorrhiza Fungi

های شیمیایی می‌توانند به منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح شوند و پایداری تولید نظام‌های کشاورزی را تضمین کنند (هن و همکاران، ۲۰۰۶).

خاک بر اساس طبیعت خود به صورت یک اکوسیستم پویا (دینامیک) است که مواد و انرژی در آن جریان پیدا می‌کنند. گیاهان و موجودات خاکزی از اجزاء اصلی این سیستم محسوب می‌شوند و روابط همزیستی متقابل مفید بین این اجزاء از عوامل اصلی تنظیم کننده‌ی زنجیره‌های غذایی و چرخه‌های حیاتی است (صالح راستین، ۱۳۸۰). یکی از اهداف اصلی پژوهش‌های بنیادی در زمینه مسایل بیولوژی خاک، استفاده از موجودات مفید خاکزی برای تولید کودهای زیستی، به منظور تحریک رشد و بهبود تغذیه گیاهان است (بی نام، ۱۳۸۳). قارچ‌های میکوریزا از با اهمیت‌ترین میکروارگانیسم‌های موجود در اغلب خاک‌های تخریب نشده می‌باشند، به طوریکه بر طبق تخمین‌های موجود حدود ۷۰ درصد از توده‌ی زنده جامعه میکروبی خاک‌ها را میسلیوم این قارچ‌ها تشکیل می‌دهند (موکرجی و چامولا، ۲۰۰۳).

کامینسکی (۱۸۸۱) عنوان نمود که اطراف سیستم ریشه‌ای برخی از درختان با لایه‌ای از قارچ پوشیده شده است و عناصر غذایی موجود در خاک با عبور از این لایه به وسیله سیستم ریشه‌ای گیاه جذب می‌شوند. فرانک (۱۸۸۵) ساختمان حاصل از فعالیت مشترک ریشه گیاه میزبان و قارچ‌های میکوریزای همزیست را شناسایی و آن را میکوریزا نامید (پاوول و کلارک، ۱۹۸۹). اصطلاح میکوریزا در واقع از دو کلمه تشکیل شده است یکی از کلمه یونانی *Mikes* به معنی قارچ و دیگری کلمه‌ای با ریشه لاتین *rhiza* که به معنی ریشه می‌باشد و بیان کننده رابطه‌ی همزیستی به وجود آمده بین ریشه گیاه میزبان و قارچ‌های میکوریزا است (موکرجی، ۱۹۹۶). میکوریزا نشان دهنده مشارکت در همزیستی بین قارچ و ریشه گیاه میزبان می‌باشد (تهت و همکاران، ۲۰۰۹). در این سیستم قارچ پوشش گسترده‌ای از رشته‌های نخ مانند به هم تابیده به نام میسلیوم را در اطراف ریشه گیاه میزبان تشکیل می‌دهد در این همزیستی قارچ، قند، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها و برخی مواد آلی دیگر را از میزبان دریافت و در مقابل مواد معدنی و

بیشتر از سایر مواد فسفات را از خاک جذب و در اختیار گیاه قرار می‌دهد (بارا، ۲۰۰۵). همزیستی میکوریزایی یکی از شناخته شده‌ترین و در عین حال گسترده‌ترین و مهمترین رابطه همزیستی موجود در کره زمین است (آلن، ۱۹۹۱). رابطه همزیستی میکوریزایی تمامی جنبه‌های زیستی سیستم ریشه گیاه میزبان را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد. همچنین تمامی گیاهان به نحوی در ارتباط با رابطه همزیستی میکوریزا می‌باشند (آلن، ۱۹۹۲). قارچ‌های میکوریزا از با اهمیت‌ترین ریزموجودات در اغلب خاک‌های تخریب نشده می‌باشند، به طوری که بر طبق تخمین‌های موجود، حدود ۷۰ درصد از توده‌ی زنده‌ی جامعه‌ی میکروبی خاک‌ها را میسلیموم این قارچ‌ها تشکیل می‌دهد (موکرجی و چامولا، ۲۰۰۳). میکوریزا یک جنبه‌ی ضروری از زیست‌شناسی و بوم‌شناسی اکثر گیاهان خشکی می‌باشد و رشد، جذب آب و مواد غذایی توسط آنها را تحت تاثیر قرار می‌دهد و این گیاهان را از بیماری‌های ریشه محافظت می‌کند. AMF همزیست با ریشه گیاهان میزبان، شبکه میسلیمومی گسترده‌ای را در خاک ایجاد می‌کنند و باعث افزایش سطح جذب ریشه شده، عناصر غذایی معدنی را جذب و به ریشه‌ها منتقل و یک نقش اساسی در جذب عناصر غذایی گیاه ایفا می‌کند (جهان، ۱۳۹۰). میکوریزا رابطه‌ی همزیستی با بیش از ۸۰ درصد گیاهان آوندی را دارند و در طی این همزیستی، میکوریزا لیپیدها و کربوهیدرات‌های خود را از ریشه گیاه میزبان به دست می‌آورد. این تخصیص ذخایر کربنی به میکوریزاها باعث افزایش ۱۵ تا ۳۰ درصد وزن خشک ریشه‌های آلوده می‌شود (اسمیت و رید، ۲۰۰۸).

تلقیح ریشه‌ها توسط قارچ میکوریزا آرباسکولار می‌تواند از سه منبع اصلی تلقیح در خاک به وجود آید: ۱- اسپور، ۲- قطعات ریشه‌های آلوده، ۳- هیف‌هایی که پروپاگول نامیده می‌شوند.

قارچ‌های میکوریزایی، بافت‌های ریشه را کلونیزه کرده و با میزبان‌شان ارتباط دو طرفه برقرار می‌کنند. در طی این رابطه قارچ با کلونیزه کردن پوست ریشه و توسعه رادیکال‌های آزاد میسلیمومی که در خاک اطراف ریشه گیاه نفوذ کرده‌اند فعالیت خود را آغاز می‌کند. این میسلیموم‌ها به شکل یک شبکه‌ی تخصصی جهت

دستیابی به آب و مواد معدنی از خاک، به ویژه برای آن دسته از موادی که به شکل یونی بوده و دارای تحرک ضعیفی هستند و یا با غلظت کمی در محلول خاک یافت می‌شوند مانند فسفات و آمونیوم کار آمد می‌باشند (بارا و همکاران، ۲۰۱۱).

تمامی گیاهان به نحوی در ارتباط با رابطه همزیستی میکوریزا می‌باشند. با توجه به اینکه گیاهان، اولین تولید کنندگان در هر اکوسیستم می‌باشند، لذا می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تمامی موجودات زنده و تمامی اکوسیستم‌ها از باکتری گرفته تا انسان، از اراضی مرطوب تا صحراهای خشک، به نوعی وابسته به روابط همزیستی میکوریزا می‌باشند (آلن، ۱۹۹۱).

در گیاهان دارای همزیستی میکوریزا فسفر عنصر اصلی در جذب عناصر معدنی از خاک است، همچنین نتایج تحقیقاتی که اخیراً صورت گرفته است، موید نظرات قبلی مبنی بر نقش کلیدی قارچ‌های میکوریزا در استقرار گیاهان اولیه در خشکی‌ها می‌باشد (اسمیت و رید، ۱۹۹۷). از آنجایی که قارچ‌های میکوریزا موجب افزایش توانایی گیاه میزبان در جذب فسفر و عناصر معدنی از خاک و بویژه از منابع غیر قابل دسترس آن‌ها می‌شوند، لذا به این ریز موجودات مفید کودهای زیستی اطلاق می‌شود و عقیده بر این است که قارچ‌های میکوریزا می‌توانند جایگزین خوبی برای بخشی از کودهای شیمیایی مصرف شده در اکوسیستم‌های مختلف باشند (موکرجی و چامولا، ۲۰۰۳).

قارچ‌های میکوریزای نوع آرباسکولار همزیست اجباری می‌باشند بدین معنی که فقط در حضور گیاه میزبان مناسب قادر به اسپورزایی و تکمیل سیکل زندگی خود می‌باشند در حالیکه وابستگی گیاه میزبان به این قارچ‌ها با توجه به نوع گونه گیاه به دو صورت اختیاری و اجباری است. تمامی این قارچ‌ها اندام خاصی را به نام آرباسکول در پوست ریشه گیاه میزبان به وجود می‌آورند که در واقع محل تبادل عناصر غذایی بین دو همزیست می‌باشد. اندام خاص دیگری که در این نوع همزیستی به وجود می‌آید وزیکول نام

دارد که در واقع مملو از مواد غذایی بوده و نقش ذخیره‌ای یا کلونیزه کردن گیاه میزبان را ایفا می‌نماید (شارما و جهری، ۲۰۰۲؛ اسمیت و رید، ۱۹۹۷).

از مهمترین آثار قارچ‌های میکوریزا افزایش عملکرد گیاهان زراعی به خصوص در خاک‌های با حاصلخیزی پایین است. این عملکرد ممکن است به دلیل افزایش سطح جذب ریشه‌ها از طریق نفوذ میسلیوم قارچ‌ها در خاک و به طبع دسترسی گیاه زراعی به حجم بیشتری از خاک باشد (هایمن، ۱۹۸۳). اورتاس (۱۹۹۶) اظهار داشت که استفاده از قارچ میکوریزا سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر تخصیص و انتقال بیوماس بین ریشه و ساقه اثر می‌گذارد به طوری که با جذب بیشتر عناصر غذایی و انتقال آنها وزن خشک اندام‌های هوایی افزایش می‌یابد. مهمترین و معتبرترین تاثیر رابطه همزیستی میکوریزای آرباسکولار، افزایش جذب عناصر معدنی و به ویژه فسفر در گیاه میزبان می‌باشد. همزیستی میکوریزا علاوه بر افزایش جذب غذایی و بهبود رشد و عملکرد گیاه، مقاومت گیاه میزبان را به شرایط خشکی نیز افزایش می‌دهد (دیویس و همکاران، ۱۹۹۲). شوری باعث کاهش جذب فسفر در گیاه می‌شود. لذا قارچ‌های میکوریزا می‌توانند با افزایش جذب فسفر توسط گیاه از اثرات منفی شوری بکاهند (اجالا و همکاران، ۱۹۸۳). قارچ‌های میکوریزا به طور مستقیم با ایجاد یک مانع فیزیکی روی ریشه (ایجاد غلاف قارچی در مورد اکتومیکوریزها) و یا تولید مواد ضد رشد عوامل بیماری‌زای گیاهی مانند بعضی آنتی بیوتیک‌ها و ترکیب‌های شیمیایی دیگر رشد میکروارگانیسم‌های عامل بیماری‌زا را محدود می‌نمایند و در نتیجه موجب افزایش مقاومت گیاه به عوامل بیماری‌زای ریشه نیز می‌شوند. قارچ میکوریزا می‌تواند سنتز هورمون‌های رشد مثل ایندول بوتریک اسید و آبسزیک اسید را در گیاه کنترل نمایند. همچنین هیف این قارچ‌ها قادر به تولید این ماده می‌باشند (اِش و همکاران، ۱۹۹۴). افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های ناشی از تراکم خاک و اصلاح ساختمان خاک از دیگر فواید همزیستی میکوریزا است. بدین صورت که در خاک‌های متراکم، رشد ریشه گیاه

محدود شده و جذب عناصر غذایی و آب نیز کاهش می‌یابد و رشد و عملکرد گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. و همچنین افزایش کارایی مصرف کودهای شیمیایی (لال، ۲۰۰۲).

۲-۱۶- تاثیرات عمومی میکوریزای آرباسکولار

۲-۱۶-۱- رشد گیاه

قارچ‌های میکوریزای آرباسکولار به داشتن تاثیر مثبت بر رشد گیاه میزبان خود و به‌طور مشهودتر در خاک‌هایی با سطح عناصر غذایی پایین، معروف می‌باشند (موس، ۱۹۷۳). این تاثیر به دلیل جذب بیشتر عناصر غذایی، بهبود روابط آبی گیاه میزبان و افزایش مقاومت در برابر بیماری‌ها است. این اثرات مفید غالباً به شرایط محیطی بستگی دارد و در مواقعی که میزان عناصر غذایی و آب کافی در اختیار گیاه قرار گیرد و عامل بیماری‌زای گیاهی وجود نداشته باشد ممکن است گاهی اوقات همزیستی میکوریزای آرباسکولار بیشتر از فواید آن باشد که در این صورت ممکن است عملاً قارچ میکوریزای آرباسکولار باعث کاهش رشد گیاه شود (جانسن و همکاران، ۱۹۹۷).

۲-۱۶-۲- جذب عناصر غذایی

میسلیوم‌های بیرونی میکوریزا به‌عنوان یک سیستم ریشه‌ای اضافه برای جذب عناصر غذایی بویژه عناصر نسبتاً کم تحرک در محلول خاک مثل فسفر، روی و مس عمل می‌نماید. ناحیه جذب فسفر از خاک برای ریشه گیاهان غیر میکوریزی در واقع دقیقاً محدود به ناحیه‌ای به طول یک تا چند سانتی‌متر است که در بسیاری از موارد حدود ۱ الی ۲ میلی‌متر می‌باشد (جانق و کلاسن، ۱۹۸۶). لیکن هیف‌های قارچ‌های میکوریزای آرباسکولار می‌توانند تا بیش از ۱۴ سانتی‌متر از ریشه فراتر روند (مظفر و همکاران، ۲۰۰۱) و بدین صورت به نحو موثری حجم بیشتری از یک خاک را برای جذب عناصر غذایی در اختیار گیرند (خوازی و ملکوتی، ۱۳۸۰). اورتاس (۲۰۰۴) اظهار داشت که استفاده از قارچ میکوریزا سرعت رشد گیاه را

افزایش داده و بر تخصیص و انتقال بیوماس بین ریشه و ساقه اثر می‌گذارد به طوری که با جذب بیشتر عناصر غذایی و انتقال آن‌ها وزن خشک اندام‌های هوایی افزایش می‌یابد. مهمترین تاثیر رابطه همزیستی میکوریزای آرباسکولار، افزایش جذب عناصر معدنی و بویژه فسفر در گیاه میزبان می‌باشد. همزیستی میکوریزا علاوه بر جذب عناصر غذایی و بهبود رشد و عملکرد گیاه، مقاومت گیاه میزبان را به شرایط خشکی نیز افزایش می‌دهد (دیویس و همکاران، ۱۹۹۲)، (هاردی و لیتون، ۱۹۸۱). شوری باعث کاهش جذب فسفر در گیاه می‌شود. لذا قارچ‌های میکوریزا می‌توانند با افزایش جذب فسفر توسط گیاه از اثرات منفی شوری بکاهند (اجالا و همکاران، ۱۹۸۳).

۲-۱۶-۳- تاثیر قارچ میکوریزا بر عملکرد

شیرانی‌راد و همکاران (۱۳۸۱) گزارش کردند که کاربرد میکوریزا در زراعت گندم، سبب افزایش تعداد سنبله در واحد سطح گردیده است، همچنین آنها در یک آزمایش دیگر در زراعت سویا به افزایش تعداد غلاف در واحد سطح به علت کاربرد میکوریزا اشاره نموده‌اند. هانگ و همکاران (۲۰۰۹) بیان داشتند که قارچ میکوریزا سبب افزایش میزان زیست توده ذرت شد. شیرانی‌راد و همکاران (۱۳۸۱) گزارش کردند که قارچ‌های میکوریزا در تنش خشکی در زراعت گندم، باعث افزایش وزن هزار دانه گردیده است. در یک بررسی بر روی گیاه ماش نشان داده شد که کلونیزاسیون میکوریزایی به طور معنی‌داری وزن صد دانه را در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزایی افزایش داد (نسیم و همکاران، ۲۰۰۷). الباس و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که تلقیح سویا با قارچ میکوریزا موجب افزایش وزن خشک ساقه و قطر ساقه گردید. رابطه همزیستی بین قارچ میکوریزای آرباسکولار و ریشه‌های گیاه میزبان به میزان قابل توجهی رشد و جذب عناصر غذایی گیاه را افزایش می‌دهد (اوگ، ۲۰۰۱). لیو و همکاران (۲۰۰۳) اظهار داشتند که ارقام برگ ایستاده ذرت و در سطوح پایین فسفر گیاهان میکوریزی در مقایسه با سایر تیمارها وزن تاج گل بیشتری داشتند.

۲-۱۶-۴- میکوریزا و اثرات تغذیه‌ای آن بر گیاه میزبان

تورو و همکاران (۱۹۹۸) اظهار نمودند که نقش اصلی قارچ‌های میکوریزا تامین فسفر برای ریشه گیاه است، زیرا فسفر در خاک عنصری فوق‌العاده کم‌تحرک است. حتی در صورتی که فسفر به شکل محلول به خاک اضافه شود به سرعت در اشکال فسفات کلسیم یا دیگر اشکال تثبیت شده و به صورت غیرمتحرک در می‌آید. لذا قارچ‌های میکوریزا در افزایش جذب مواد معدنی به‌ویژه فسفر و تجمع زیست توده بسیاری از محصولات در خاک‌های با فسفر کم، تاثیر مثبت دارند. بعلاوه هیف‌ها از راه افزایش سطح تماس یا از راه افزایش طول موثر ریشه جذب عناصر غذایی را به شدت افزایش می‌دهند (پاول، ۲۰۰۷). مهم‌ترین و بارزترین اثر مفید قارچ‌های میکوریزا، افزایش رشد گیاه میزبان است که معمولا به واسطه افزایش جذب عناصر غیرمتحرک از خاک صورت می‌گیرد (بولان، ۱۹۹۱). این همزیستی سبب تسریع تبادل عناصر غذایی بین گیاه میزبان و قارچ می‌شود (لیکس و همکاران، ۱۹۹۱). از این‌رو استفاده از این همزیستی در گیاهان استراتژیک و مهم که سطح کشت وسیعی در ایران دارند، می‌تواند بسیار مفید باشد.

اورتاس (۱۹۹۶) اظهار داشت که استفاده از قارچ میکوریزا سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر تخصیص و انتقال بیوماس بین ریشه و ساقه اثر می‌گذارد به طوری که با جذب بیشتر عناصر غذایی و انتقال آنها وزن خشک اندام‌های هوایی افزایش می‌یابد.

قارچ‌های میکوریزا به دلیل اینکه می‌توانند شرایط رضایت‌بخشی را در شرایط کمبود فسفر ایجاد کنند اثرات مثبت آن‌ها بر روی و تثبیت نیتروژن به نقش آنها در تامین بخشی از فسفر مورد نیاز گیاه نسبت داده شده است. تحریک فعالیت غده‌ها به وسیله قارچ‌های میکوریزا ممکن است یا به واسطه افزایش مستقیم فعالیت غده و یا به خاطر متعادل کردن تغذیه گیاه میزبان باشد (اردکانی، ۱۳۷۸). قارچ‌های میکوریزا پس از برقراری همزیستی با گیاهان میزبان بر جنبه‌های مختلف فیزیولوژی و بیوشیمی گیاه تاثیر گذاشته و موجب بهبود رشد و نمو آن می‌شود. آنها از راه‌های مختلف بر بهبود خواص کیفی و کمی

فرآورده‌های زراعی نیز موثرند (علیزاده، ۱۳۸۶، مهربان و همکاران، ۱۳۸۶). بسیاری از محققان گزارش کرده‌اند که همزیستی با قارچ میکوریزا مقاومت به بیماری‌ها و آفات (گراتان و همکاران، ۱۹۹۱) و تنش-هایی از قبیل شوری و خشکی (بودز و همکاران، ۲۰۰۰) را افزایش می‌دهند. آنها معتقدند که این افزایش مقاومت‌ها به دلیل افزایش جذب مواد غذایی نظیر نیتروژن (دوپونویز و همکاران، ۲۰۰۱) فسفر (گراتان و همکاران، ۱۹۹۱). عناصر کم‌مصرف و جذب آب می‌باشد (غلامی و همکاران، ۱۳۷۸، مهربان و همکاران، ۱۳۸۶). قارچ‌های میکوریزا تنش قابل توجهی در حفظ ثبات و استحکام ساختمان خاک، بهبود روابط آبی، بهبود ساختمان خاک (اسمیت و همکاران، ۱۹۹۷) و تحمل به فزونی pH را افزایش می‌دهد (بودز و همکاران، ۲۰۰۰) وجود چنین تسهیلاتی جهت گیاهان موجب شده تا مبحث میکوریزا در زمینه‌های مختلف کشاورزی پایدار و تحقیقات ژنتیکی و تولید انبوه میکوریزا مورد توجه بسیار قرار گیرد.

اورتاس (۲۰۰۴) گزارش کرد میکوریزا افزایش سطح جذب مواد مغذی را بالا می‌برد و در جایی که منابع فسفر قابل دسترس محدود است فسفر غیر قابل جذب را برای گیاه قابل جذب می‌کند. نتایج نشان داده است استفاده از میکوریزا راه مناسبی برای تولید گیاهان در خاک‌هایی با کمبود فسفر است. حضور فرایندهای جذبی چون افزایش سطح جذب ریشه، کاهش pH محیط ریشه و فعالیت زیاد آنزیم فسفاتاز در میسلیوم قارچ‌های میکوریزا و اثر این قارچ در حلالیت فسفر آلی موجب شده که قارچ‌های میکوریزا از منابع فسفر غیر قابل استفاده گیاه نظیر سنگ فسفات و فسفات کلسیم و فسفات آلی استفاده کنند و از طریق همزیستی در اختیار گیاه قرار دهند. قارچ‌های میکوریزا فسفات موجود در محلول خاک را توسط ناقل‌های فسفات موجود در میسلیوم و خارج ریشه جذب شده به صورت بی‌فسفات در ریشه تجمع می‌یابد و توسط جریان پروتوپلاسمی سلول‌های میسلیوم به میسلیوم‌های داخلی ریشه انتقال می‌یابد. درون ریشه پلی‌فسفات هیدرولیز شده و به صورت فسفات در اندام‌های قارچی درون ریشه بخصوص آریاسکول‌ها به داخل ریشه رها می‌شود به همین دلیل در گیاهان میکوریزی فسفر بیشتری دیده می‌شود (فلاح، ۱۳۸۵).

۲-۱۶-۵- نقش میکوریزا در بهبود جذب آب

شواهد زیادی موجود است که بیان‌گر این است که میکوریزا می‌تواند سبب تغییراتی در روابط آبی گیاه و بهبود مقاومت به خشکی و یا تحمل در گیاه میزبان شود (اوگ، ۲۰۰۱، عامریان، ۲۰۰۱) بسیاری از پژوهشگران این خصوصیت را یک واکنش ثانویه در نتیجه بهبود جذب عناصر غذایی می‌دانند (اوگ، ۲۰۰۴).

۲-۱۶-۶- میکوریزا و واکنش‌های مرفولوزی بولژیکی

هنگامی که گیاهان با میکوریزا ارتباط برقرار می‌کنند، در غلظت ترکیبات تنظیم‌کننده رشد مانند اکسین، جیبرلین و سیتوکنین تغییراتی رخ می‌دهد و سرعت فتوسنتز افزایش پیدا کرده و تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های هوایی و ریشه تغییر پیدا می‌کند. آلن و همکاران (۱۹۸۲) بیان کردند که تغییرات هورمونی در گیاه با آلودگی میکوریزایی در ارتباط است و تغییرات مرفولوزیک برگ را در نتیجه واکنش به تغییرات هورمون‌های گیاهی گزارش کردند. همچنین این دانشمندان در سال ۱۸۹۰ افزایش غلظت سیتوکنین را در برگ‌ها و ریشه کراس‌ها که همزیستی میکوریزایی داشتند گزارش کردند. کریشنا و همکاران (۱۹۸۱) گزارش کردند که میکوریزا پیچش و زاویه برگ‌ها را تغییر می‌دهد و گیاه این واکنش را در جهت تنظیم و محدودیت جذب تشعشع و برقراری تعادل انرژی در برگ انجام می‌دهد. در این شرایط گیاهان غیر میکوریزایی از زیادی جذب تشعشع و گرما به شدت آسیب دیده و کاهش رشد نشان دادند.

۲-۱۶-۷- میکوریزا و اختصاص مواد فتوسنتزی

شواهد زیادی وجود دارد که گیاهان قادر هستند سرعت فتوسنتز خود را افزایش دهند تا نیازهای همزیست خود را تامین نمایند این عمل از طریق افزایش سطح برگ و افزایش مقدار تثبیت CO₂ به ازای واحد وزن برگ انجام می‌گیرد (اختر و صدیقی، ۲۰۰۸). با انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به ریشه‌ها در

گیاهان میکوریزایی این انتقال تاثیری بر وزن خشک نمی‌گذارد این محققین تایید کردند که بخشی از فتوسنتز اضافی در گیاهان میکوریزایی به وسیله خود میکوریزا مصرف می‌شود. بنابراین افزایش فتوسنتز توسط قارچ میکوریزا نه تنها به بهبود جذب عناصر غذایی توسط قارچ، بلکه به نقش هیف‌های موجود در خاک به عنوان اندام‌های اضافه کننده کربن به خاک بستگی دارد (فلاح، ۱۳۸۵). برخی از محققان افزایش در سرعت فتوسنتز گیاهان میکوریزایی شده را گزارش کردند. همچنین افزایش سرعت فتوسنتز گیاهان میکوریزایی شده در شرایط تنش خشکی را به افزایش وزن مخصوص برگ، فعالیت بیشتر آنزیم رابیسکو و میزان انتقال الکترون نسبت دادند (والتین و همکاران، ۲۰۰۶). میلر (۲۰۰۰) گزارش نموده است که در گیاهان میکوریزایی به دلیل افزایش فتوسنتز و تولید بیشتر مواد فتوسنتزی به ازای واحد آب مصرفی کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد. برخی از محققین افزایش در سرعت فتوسنتز گیاهان میکوریزایی شده را گزارش کردند (والتین و همکاران، ۲۰۰۶).

۲-۱۶-۸- مواد آلی و بقایای ریشه

مواد آلی برساختمان خاک، pH، ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی تاثیر می‌گذارند که همه یا به تنهایی بر کلونیزاسیون میکوریزایی و میزان آن تاثیر می‌گذارد. این موضوع بخصوص در مناطق گرمسیری که در آن زوال و فاسد شدن بقایای گیاهی در خاک به سرعت انجام می‌شود اهمیت دارد. کودهای آلی اغلب توسعه میکوریزایی را در خاک‌های گرمسیری افزایش می‌دهد (باجوا و همکاران، ۲۰۰۲).

۲-۱۷- تاثیر مصرف توام کود آلی، شیمیایی و زیستی

امروزه توجه ویژه‌ای به ساماندهی تلفیقی تغذیه گیاهی معطوف گردیده است که در آن از منابع آلی و زیستی به همراه مصرف بهینه کودهای شیمیایی مورد نظر بوده و منجر به بهبود و حفظ حاصلخیزی، ساختمان، فعالیت‌های زیستی، ظرفیت تبادل کاتیونی و ظرفیت نگهداری رطوبت خاک می‌شود (بنائی و

همکاران، ۱۳۸۳). اگر چه کاربرد کودهای شیمیایی در ابتدا تاثیر بسزایی در افزایش عملکرد داشت، لیکن استفاده بیش از حد این نهاده‌ها منجر به کاهش حاصلخیزی خاک شده و تخریب محیط زیست را در پی داشته است. علاوه بر این، کارایی مصرف کودهای شیمیایی هم اکنون از لحاظ تئوری به بالاترین سطح خود رسیده است، بدین معنی که استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی به سختی می‌تواند عملکرد را افزایش دهد (اهامد، ۱۹۹۵).

بررسی‌ها نشان داده‌اند که کودهای شیمیایی و یا دامی به تنهایی برای تولید پایدار کشاورزی نمی‌توانند مفید واقع شوند، از این رو تامین تلفیقی عناصر غذایی با استفاده از کودهای شیمیایی و زیستی، کمبود مواد غذایی را جبران کرده و موجب حفظ حاصلخیزی خاک شده و تولید پایدار محصول را به همراه دارد (وو و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین منابع زیستی (ارگانیک) مانند کودهای آلی مخلوط با کودهای شیمیایی می‌تواند به حاصلخیزی خاک و افزایش تولید محصول منجر شود. زیرا این نظام اکثر نیازهای گیاه را تامین نموده و کارایی جذب مواد غذایی توسط گیاه را افزایش می‌دهد (بویور و بلاک، ۱۹۹۴). در آزمایش‌های بلند مدت مشخص شده است که استفاده از کودهای آلی و نیتروژن می‌تواند یک نظام تولید فشرده را پایدار سازد. دلیل این امر بهبود ویژگی‌های کیفی خاک و احتمالاً همزمانی آزاد سازی نیتروژن با نیاز گیاه می‌باشد (پراساد، ۱۹۹۶). کودهای آلی با تولید هوموس عوارض نامطلوب کود شیمیایی را کاهش داده و کارایی مصرف کود شیمیایی را افزایش می‌دهند (شاتا و همکاران، ۲۰۰۷). محمدیان و ملکوتی (۱۳۸۱) تاثیر توام دو نوع کمپوست را بر ویژگی‌های خاک و عملکرد ذرت بررسی و گزارش نمودند که تیمار مصرف توام کمپوست و کود شیمیایی عملکرد بیشتری نسبت به مصرف کود شیمیایی به تنهایی داشت. افزایش فراهمی عناصر غذایی با مصرف توام کودهای آلی و نیتروژن و جذب بیشتر آن توسط گیاه از عوامل افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در تیمارهای نظام مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه می‌باشد. حسن زاده قورت پنبه و قلاوند (۱۳۸۱) بیان داشتند که با روش تغذیه تلفیقی نه تنها عملکرد

دانه آفتابگردان در واحد سطح افزایش می‌یابد، بلکه مصرف کودهای نیتروژن به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. با توجه به کمبود مواد آلی و شرایط نامطلوب در اکثر مناطق کشور، انجام مطالعات روی پسماندهای آلی تولید شده در کشور و تلفیق آن با کود شیمیایی، ضمن کاهش مصرف کود شیمیایی، باعث افزایش ماده آلی خاک و کاهش خطرات زیست محیطی گردد (کلباسی، ۱۳۷۵).

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- زمان، موقعیت جغرافیایی و مشخصات آب و هوایی محل اجرای پروژه

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، در شهر بسطام واقع در ۸ کیلومتری شمال شرقی شاهرود به اجرا درآمد. از لحاظ موقعیت جغرافیایی شهرستان شاهرود در طول شمالی ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی و عرض ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی دارای اقلیم سرد و خشک می‌باشد. ارتفاع شهرستان شاهرود از سطح دریا ۱۳۶۷ متر و ارتفاع محل اجرای آزمایش ۱۳۴۹ متر است. میانگین سالانه دما در این منطقه ۱۴/۴ درجه سانتی‌گراد، میانگین بارندگی ۱۶۰ میلی‌متر در سال و رطوبت نسبی ۶۳ درصد می‌باشد.

۳-۲- خصوصیات خاک مزرعه

پیش از اجرای آزمایش و عملیات آماده سازی زمین جهت تعیین بافت و عناصر مصرفی خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری از خاک محل کشت نمونه برداری شد. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در جدول ۳-۱ نشان داده شده است.

جدول ۳-۱ نتایج فیزیکی و شیمیایی آزمون خاک

اسیدیته (pH)	بافت خاک	هدایت الکتریکی (EC) (ds/m)	کربن آلی (درصد)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	فسفر قابل جذب (ppm)	نیترژن کل (درصد)
۷/۸	لوم سیلتی	۱/۲	۰/۷۶	۲۵۰	۵/۵۴	۰/۰۶

۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی و تیمارهای آزمایش

آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ فاکتور و ۳ تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل کود نیتروژن از منبع اوره در دو سطح (۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) به عنوان عامل اصلی و ترکیبات تیماری پسماند کمپوست قارچ در سه سطح (۰، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار) و قارچ میکوریزای آرباسکولار گونه‌ی *Glomus mosseae* در دو سطح (عدم تلقیح و تلقیح) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند.

نقشه کاشت

نقشه طرح به شکل زیر می‌باشد:

I.

N0	N0	N0	N0	N0	N0	N1	N1	N1	N1	N1	N1
S2M1	S1M1	S2M0	S0M1	S0M0	S1M0	S0M0	S0M1	S1M1	S2M0	S2M1	S1M0

II.

N1	N1	N1	N1	N1	N1	N0	N0	N0	N0	N0	N0
S2M1	S1M0	S2M0	S1M1	S0M0	S0M1	S0M0	S2M1	S1M1	S0M1	S1M0	S2M0

III.

N1	N1	N1	N1	N1	N1	N0	N0	N0	N0	N0	N0
S2M0	S2M1	S2M0	S1M0	S0M1	S1M1	S2M1	S2M0	S1M0	S1M1	S0M0	S0M1

شکل ۳-۱- نقشه کاشت

S0 = عدم مصرف SMC

N0 = عدم استفاده از کود نیتروژن

S1 = مصرف ۱۰ تن در هکتار SMC

N1 = استفاده از کود نیتروژن

S2 = مصرف ۲۰ تن در هکتار SMC

M0 = عدم تلقیح قارچ میکوریزا

M1 = تلقیح قارچ میکوریزا

۳-۴- عملیات کشاورزی

۳-۴-۱- آماده سازی زمین

نیمه اول خرداد ماه سال ۱۳۹۵ عملیات آماده‌سازی بستر کاشت آغاز شد. عملیات تهیه بستر بذر به ترتیب شامل شخم با گاوآهن برگردان‌دار، دیسک‌زنی و تسطیح زمین بود. سپس با استفاده از فاروئر زمین به صورت جوی و پشته در آمد. در نهایت توسط نهرکن، جوی آبیاری و زهکشی برای هر تکرار ایجاد شد. آنگاه عملیات پته‌بندی خطوط کاشت و جوی‌های آبیاری برای سهولت در فرآیند آبیاری انجام گرفت. به منظور جلوگیری از تداخل آب به کرت‌های دیگر، یک خط به صورت نکاشت بین هر کرت در نظر گرفته شد. ابعاد کرت‌ها پس از اندازه‌گیری تعیین شد.

۳-۴-۲- کاشت

عملیات کاشت لوبیا چشم بلبلی رقم بسطامی به شیوه‌ی دستی در اواسط خرداد ۱۳۹۵، به صورت ۳۶ کرت با سه تکرار در نظر گرفته شد. هر تکرار شامل ۱۲ کرت و هر کرت به طول ۶ متر و عرض ۳ متر که شامل ۴ خط کشت بود که با یک ردیف نکاشت از هم تفکیک شدند و بین تکرارها ۲ متر فاصله در نظر گرفته شد، فاصله‌ی بین ردیف‌های کاشت نیز ۶۰ سانتی متر و روی ردیف ۱۰ سانتی متر بود.

۳-۴-۲-۱- مصرف تیمارهای آزمایش

کود نیتروژن که نیمی از آن به شکل استارتر در مرحله‌ی کاشت و نیمی دیگر به شکل سرک در مرحله‌ی گلدهی استفاده شد. ماده تلقیح میکوریزای آرباسکولار شامل خاک، بقایای ریشه‌ای، و اندام قارچ بود. روش مصرف میکوریزا و SMC به صورت مصرف در خاک قبل از کاشت بود، بدین صورت که ردیف‌ها شکافته شده و SMC در قسمت داغ آب پشته و قارچ میکوریزا در زیر منطقه کاشت بذر ریخته

شده و سپس حدود ۳ تا ۵ سانتی متر خاک روی آن ریخته و سپس به کاشت بذر اقدام شد. خصوصیات شیمیایی پسماند کمپوست قارچ در جدول ۲-۳ نشان داده شده است.

جدول ۲-۳ نتایج تجزیه شیمیایی پسماند کمپوست قارچ مورد استفاده در آزمایش

عنوان نمونه	EC dS.m ⁻¹	pH	K (%)	P (%)	N (%)
پسماند کمپوست قارچ	۱/۲۲	۷/۸۵	۶/۴	۳۸۰۰	۲/۳۳

۳-۴-۳- داشت

آبیاری بلافاصله پس از کاشت به روش سطحی و با دور ۷ روز به طور یکسان در تمامی تیمارها انجام گرفت. به منظور رسیدن به تراکم مناسب بوته در متر مربع، در مرحله ۲-۴ برگه اقدام به تنک و وجین علف‌های هرز گردید و بوته‌هایی که ضعیف‌تر بودند حذف شدند. مبارزه با علف‌های هرز در چندین نوبت تا پیش از شروع گلدهی به صورت وجین دستی انجام گرفت. کود نیتروژن از منبع اوره به شکل سرک در مرحله‌ی گلدهی استفاده شد.

۳-۴-۴- برداشت

برداشت نهایی ۱۱۴ روز پس از کاشت و زمانی که ۷۰ درصد بوته‌ها و غلاف‌ها خشک و قهوه‌ایی شده بودند انجام گرفت. در انتهای دوره رشد به منظور اندازه‌گیری صفات مورد نظر در هر کرت، با رعایت اثر حاشیه از هر واحد آزمایشی ۵ بوته به‌طور تصادفی انتخاب گردید و به آزمایشگاه انتقال داده شد. همچنین در انتهای فصل رشد لوبیا چشم بلبلی نمونه برداری از خاک خشک و مرطوب و ریشه‌ها جهت اندازه‌گیری کلونیزاسیون میکوریزایی برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد.

۳-۴-۱- نمونه برداری عملکرد و اجزای عملکرد

اجزای عملکرد در یک گیاه زراعی مؤلفه‌های میزان تولید نهایی گیاه می‌باشند و در هر گیاه زراعی دارای اجزای خاص خود است. در انتهای دوره‌ی رشد به منظور اندازه‌گیری اجزای عملکرد ۵ بوته به‌طور تصادفی انتخاب گردید و به آزمایشگاه منتقل شد قبل از برداشت برای عملکرد نهایی و اجزای عملکرد در هر کرت، در آخر فصل رشد دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای کرت به عنوان اثر حاشیه‌ایی حذف شد و از سطوح باقی‌مانده ۵ بوته لوبیا چشم بلبلی به طور تصادفی انتخاب گردید و عملکرد نهایی محاسبه شد. در آزمایشگاه تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه اندازه‌گیری شد و نهایتاً عملکرد نهایی، بر حسب گرم بر مترمربع برآورد گردید.

۳-۵- اندازه‌گیری صفات کمی

۳-۵-۱- وزن خشک برگ و ساقه و غلاف

به منظور اندازه‌گیری وزن خشک بوته‌ها در انتهای دوره رشد، ۵ بوته به عنوان نمونه از هر کرت برداشته شد. نمونه‌های منتقل شده به آزمایشگاه به سه بخش برگ و ساقه و غلاف تفکیک شدند. اجزاء تفکیک شده به طور مجزا و به منظور تعیین ماده خشک، به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی-گراد در آون قرار گرفتند. پس از آن، پاکت‌ها به مدت ۲۵ - ۲۰ دقیقه در هوای آزمایشگاه قرار گرفتند تا با محیط به تعادل دمایی برسند و در نهایت با ترازوی حساس به دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند. مقادیر به دست آمده بر حسب گرم بر متر مربع محاسبه گردید.

۳-۵-۲- شاخص سطح برگ^۱ (LAI)

سطح برگ نمونه‌ها پس از جداسازی برگ‌ها، توسط دستگاه سنجش سطح برگ، ساخت کشور انگلستان اندازه‌گیری شد. سپس بر حسب متر مربع سطح برگ به متر مربع سطح زمین محاسبه گردید. براساس تعریف واژه شاخص سطح برگ شامل نسبت سطح برگ محصول به سطح زمینی است که محصول روی آن سایه می‌اندازد. از آنجا که تشعشع خورشیدی به‌طور یکنواخت روی سطح زمین پخش می‌شود. لذا LAI یک معیار تقریبی از مساحت برگ‌ها در واحد سطح است که تشعشع خورشیدی برای آن‌ها قابل دسترس می‌باشد.

۳-۵-۳- شاخص برداشت^۲ (HI)

در مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیک، به منظور تعیین شاخص برداشت، ۵ بوته از هر کرت کف‌بر شدند شاخص برداشت عبارت است از وضعیت تخصیص مواد فتوسنتزی بین رشد رویشی و زایشی گیاه می‌باشد و با استفاده از فرمول زیر شاخص برداشت محاسبه گردید:

$$HI = (EY/BY) * 100 \quad (۷-۳)$$

که در آن: HI = شاخص برداشت، EY = عملکرد اقتصادی، BY = عملکرد بیولوژیکی است.

۳-۶- اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک

۳-۶-۱- میزان کلروفیل و کاروتنوئید

جهت سنجش این پارامتر از روش آرنون (۱۹۴۹) استفاده گردید. برای این منظور ۰/۲۵ گرم وزن تر

^۱ Leaf Area Index

^۲ Harvest Index

برگ که از برگ‌های کاملاً توسعه یافته فوقانی برداشت گردیده بود با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی ساییده و هموژنیزه گردید. آنگاه در داخل لوله سانتریفیوژ ریخته و به مدت ۵ دقیقه با شدت ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. فاز بالایی (شفاف) برداشته و در داخل لوله داخل بالون ژوزه ۲۵ میلی‌لیتر ریخته شد. مواد ته لوله سانتریفیوژ مجدداً به‌همراه ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد دوباره ساییده و سپس سانتریفیوژ گشت. فاز بالایی شفاف به بالون ژوزه اضافه شد. این عمل تا خاکستری شدن بافت برگ و رسیدن بالون به حجم ۲۵ میلی‌لیتر ادامه یافت. سپس با دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل Jenway 6305 ساخت کشور آلمان، میزان جذب نمونه‌های حاوی کلروفیل در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت شد. میزان کلروفیل a و b و کاروتنوئید طبق معادلات محاسبه گردید. قبل از قرائت در این طول موج‌ها ابتدا با شاهد استون ۸۰ درصد صفر شد.

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 * A_{663} - 0.86 * A_{645}) V/100W \quad \text{معادله ۱-۳}$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 * A_{645} - 3.6 * A_{663}) V/100W \quad \text{معادله ۲-۳}$$

$$\text{Carotenoides} = 100 (A_{470}) - 3.27 (\text{mg chl. a}) - 104(\text{mg chl b})/227 \quad \text{معادله ۳-۳}$$

V = حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)

W = وزن تر برگ بر حسب گرم

A = جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر

کلروفیل کل نیز از رابطه ذیل به دست می‌آید.

$$Cl_t = ch_a + ch_b \quad (۴-۳)$$

۳-۶-۲- درصد پروتئین دانه

برای اندازه‌گیری میزان پروتئین دانه ابتدا میزان نیتروژن موجود در دانه اندازه‌گیری شد و با استفاده از فرمول پروتئین دانه اندازه‌گیری شد. مقدار نیتروژن موجود در نمونه‌های مورد آزمایش با استفاده از دستگاه کج‌دال نیمه اتوماتیک مدل Vapodest 45S ساخت شرکت Gerhardt کشور آلمان انجام شد. این دستگاه از دو بخش هضم و تقطیر تشکیل شده است. بخش هضم در این مدل شامل ۱۲ لوله است. برای انجام هضم نمونه‌ها، ۰/۵ گرم از نمونه خشک و پودر شده را با ۷ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ (۹۶٪) و ۱/۱ گرم کاتالیزور (مخلوطی از ۱۰۰ گرم سولفات پتاسیم و ۱۰ گرم سولفات مس و ۱ گرم سلنیوم (برای ۱۰۰ نمونه) و در لوله‌ها ریخته و در جایگاهشان در دستگاه هضم قرار داده شد. درجه دستگاه ابتدا روی ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید و سپس دما به ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد و در نهایت به ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد رسانده شد و آنقدر حرارت ادامه پیدا کرد تا نمونه‌ها به رنگ سبز شفاف در آیند و عمل هضم نمونه‌ها کامل شود. این عمل حدود ۳ ساعت به طول انجامید. لازم به ذکر است که در سری اول که نمونه‌ها در دستگاه هضم قرار داده شد احتیاج به نمونه شاهد نیز بود که نمونه شاهد حاوی مخلوط بالا به جز نمونه خاک یا گیاه می‌باشد. در مرحله بعد نمونه‌ها برای انجام عمل تقطیر، کاملاً سرد گردیدند. بخش تقطیر، دارای دستگاهی با دو جایگاه می‌باشد که در یکی، لوله مربوط به بخش هضم و در دیگری ارلنی حاوی ترکیبی از ۵۰ میلی‌لیتر اسید بوریک ۲ درصد که برای هر نمونه ۲۴ سی سی مورد استفاده قرار می‌گیرد، با شروع کار دستگاه تقطیر، در درون لوله حاوی نمونه هضم شده با اضافه شدن اسید، رنگ سبز لجنی ظاهر شده که این صحت انجام آزمایش را می‌رساند و بعد از اتمام کار دستگاه (حدود ۴ دقیقه)، رنگ محلول داخل ارلن سبز می‌شود که هر چه این رنگ تیره‌تر باشد نشان دهنده غلظت نیتروژن بیشتر در نمونه خاک یا گیاه است. و برای عمل تیتراسیون، چند قطره معرف متیل رد (حاوی ۶۶ میلی گرم متیل رد و ۹۹ میلی گرم بروموکروزول گرین در ۱۰۰ سی سی اتانول، بارنگ قرمز)

و اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال به صورت دستی انجام گرفت، که اضافه کردن اسید سولفوریک تا زمانی که رنگ نمونه آلبالویی یا صورتی شود، ادامه داشت، حجم اسید مصرفی را یادداشت نموده و از فرمول زیر مقدار کل نیتروژن موجود در نمونه محاسبه گردید. سپس از طریق ضریب تبدیل پروتئین که در گیاه لوبیا چشم بلبلی ۶/۲۵ می باشد، درصد پروتئین به دست آمد (والینگ و همکاران، ۱۹۸۹).

$$\%N = 0/56 * t * (a-b) * V/W * 100/DM \quad \text{معادله ۳-۶}$$

T = غلظت اسید، a = میزان اسید مصرفی جهت نمونه بر حسب ml، b = میزان اسید مصرفی جهت شاهد بر حسب ml، V = حجم عصاره حاصل از عمل هضم بر حسب ml، W = وزن نمونه گیاه جهت هضم بر حسب گرم، DM = درصد ماده خشک گیاه.

۳-۷- اندازه گیری برخی خصوصیات خاک

۳-۷-۱- تنفس میکروبی خاک

تنفس میکروبی خاک از روش ایزر مایر (۱۹۵۲) با استفاده از ظروف سر بسته به روش تیتراسیون برگشتی با سود باقی مانده اندازه گیری شد (پارکین و همکاران، ۱۹۹۶). در این روش ۲۵ گرم از خاک مرطوب تازه مزرعه در کیسه نایلونی در بسته ریخته شد و در ظرف های درداری که هر کدام حاوی ۲۰ میلی لیتر محلول هیدروکسید سدیم ۰/۵ نرمال (محلول سود به طور جداگانه در ظرف های کوچکتر در باز ریخته شده بود و این ظرف درون ظرف حاوی خاک قرار داده شد) هستند، قرار داده شد و سپس در ظرف ها بسته شد و در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار می دهیم. سپس محلول هیدروکسید را از داخل شیشه برداشته به آن ۲ میلی لیتر کلرید باریوم (۱۰/۴ گرم کلرید باریوم در ۱۰۰ سی سی آب مقطر) اضافه کرده محلول رسوب می کند در مرحله بعد به آن چند قطره فنل فتالین اضافه

می‌کنیم محلول ارغوانی رنگ می‌شود. در نهایت دی‌اکسید کربن پدید آمده از تنفس میکروبی که در سود جمع شده با محلول HCL تیترا می‌نماییم تا رنگ محلول سفید گردد. میزان اسید مصرفی را یادداشت می‌نماییم. یک نمونه هم بدون خاک به عنوان بلانک تهیه و تیترا گردید و در پایان مقدار CO₂ با استفاده از معادله زیر بر حسب میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در روز به دست آمد.

$$C = \frac{(c - s) \times 2/2 \times 100}{sw \times \%dm} \quad (5-3)$$

C = میانگین حجم اسید مصرفی به وسیله شاهد (میلی لیتر)

S = میانگین حجم اسید HCL مصرفی به وسیله نمونه (میلی لیتر)

۲/۲ = فاکتور تبدیل (۱ میلی لیتر از HCL ۰/۱ مولار معادل ۲/۲ میلی گرم CO₂ است)

SW = وزن اولیه خاک %dm = فاکتور تبدیل برای خاک خشک

۳-۷-۲- تعیین میزان کلونیزاسیون میکوریزایی ریشه

به منظور تعیین درصد همزیستی میکوریزایی ریشه‌ها، از هر کرت آزمایشی به صورت تصادفی پس از کنار زدن خاک از عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی متری نمونه ۵ گرمی از ریشه گرفته شد. ریشه‌های نمونه برداری شده با آب شسته شده، به طوری که تمامی خاک و باقی‌مانده گیاهی از ریشه‌ها حذف گردید. پس از تمیز کردن ریشه‌ها از بخش‌های مختلف ریشه حدود یک گرم نمونه تهیه و در ظرف حاوی آب و الکل نگهداری شد. سپس به منظور رنگ بری ریشه‌ها را در محلول ۱۰٪ KOH به مدت ۳ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد استفاده شد. جهت خنثی نمودن محیط ریشه‌ها آن‌ها را به مدت ۴ دقیقه در محلول اسید کلریدریک (HCL) ۰/۱ مولار قرار داده شدند. برای رنگ آمیزی، ریشه‌ها را به مدت ۱۲ ساعت در محلول تریپان بلو (۰/۰۱ درصد) در دمای آزمایشگاه نگهداری شدند (فلیپس و هایمن، ۱۹۷۰). سپس ریشه در

محلول لاکتوگلیسییرین-تریپان بلو به مدت ۸ ساعت قرار داده شد تا ریشه‌ها رنگ شوند. به منظور تعیین درصد کلونیزاسیون، ریشه‌های رنگ آمیزی شده به ۲۵ قطعه یک سانتی متری برش داده شدند و زیر میکروسکوپ با بزرگ نمایی ۲۰۰ وجود هر یک از اندام قارچ (وزیکول، آرباسکول و هیف) به عنوان یک درصد حساب می‌شد (گارسیا و همکاران، ۲۰۱۲).

۳-۷-۳- اندازه‌گیری فسفر قابل جذب خاک

روش مورد استفاده در اندازه‌گیری فسفر قابل جذب، روش اولسن (۱۹۵۴) بود. ۱ گرم از نمونه خاک را توزین و در لوله ۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد. به ازای هر نمونه ۰/۰۲ گرم زغال اکتیو به خاک اضافه گردید و سپس ۲۰ میلی‌لیتر از محلول عصاره‌گیری بیکربنات سدیم به آنها اضافه شد بعد از نیم ساعت شیکر با دور ۲۰۰، با کاغذ صافی شماره ۴۲ صاف شد. بعد از صاف شدن نمونه‌ها به ترتیب ۲۰۰۰، ۶۰۰ و ۶۰۰ میکرولیتر از آب مقطر و استانداردها و Reagent B با استفاده از sampler به کووت اضافه شد و بعد از کامل شدن رنگ آبی با دستگاه اسپکتروفتومتر روی طول موج ۸۸۲ نانومتر قرائت گردید. برای نمونه‌ها به جای استانداردها از عصاره تهیه شده استفاده می‌شود. غلظت فسفر با استفاده از یک منحنی استاندارد تعیین شد (بلاک، ۱۹۸۹).

۳-۸- تجزیه و تحلیل داده‌ها

محاسبه داده‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید. شکل‌ها نیز با استفاده از نرم افزار Excel ترسیم شدند.

فصل چہارم

نتایج و بحث

۴-۱ صفات کمی لوبیا چشم بلبلی

۴-۱-۱- ارتفاع ساقه اصلی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد علاوه بر معنی‌دار شدن اثر ساده SMC در سطح احتمال پنج درصد، اثر ساده قارچ میکوریزا و اثرات متقابل کود نیتروژن و قارچ میکوریزا و همچنین SMC و قارچ میکوریزا نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱).

در مقایسه میانگین حاصل از ترکیبات تیماری کود نیتروژن و قارچ میکوریزا، کمترین میزان ارتفاع بوته معادل ۸۲ سانتی‌متر در گیاهان شاهد مشاهده شد. در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن، تلقیح قارچ میکوریزا ارتفاع بوته را افزایش داد به طوری که بیشترین میزان ارتفاع بوته معادل ۱۱۱/۸ سانتی‌متر در این ترکیب تیماری مشاهده شد که نسبت به شاهد ۳۶/۳۴ درصد افزایش داشت (شکل ۴-۱).

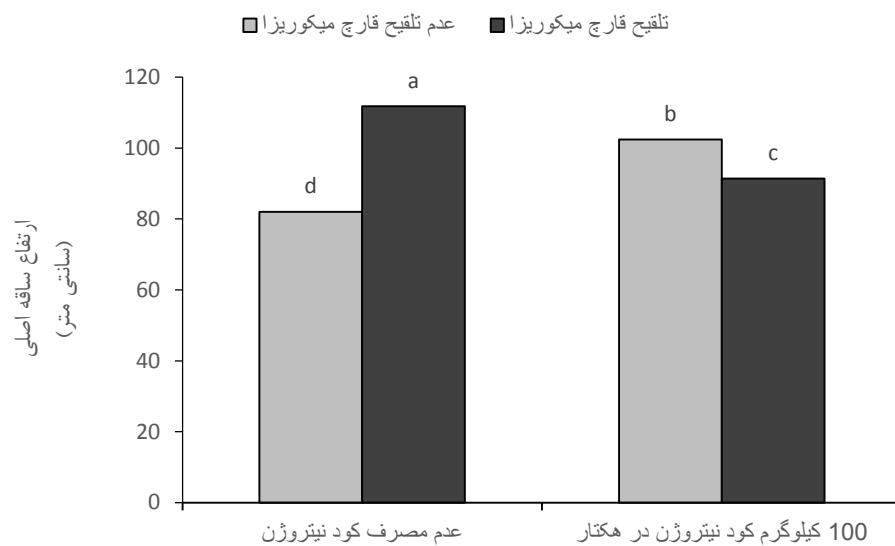
با توجه به شکل (۴-۲) بیشترین میزان ارتفاع ساقه معادل ۱۱۱/۶ سانتی‌متر از ترکیب تیماری ۲۰ تن SMC و تلقیح قارچ میکوریزا حاصل شد که نسبت به شاهد ۳۸/۱۰ درصد افزایش یافت و با ترکیبات تیماری عدم مصرف SMC و تلقیح قارچ میکوریزا و همچنین ۱۰ تن SMC و عدم تلقیح قارچ میکوریزا از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند و سبب بهبود این صفت شدند. کمترین میزان ارتفاع بوته معادل ۸۰/۸۱ سانتی‌متر در گیاهان شاهد مشاهده شد.

افزایش ارتفاع گیاه در تیمارهای کود آلی و بیولوژیک می‌تواند ناشی از بهبود ساختمان خاک، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک و تأمین عناصر غذایی باشد (تهامی، ۲۰۱۰). پسماند کمپوست قارچ دارای مقادیر قابل توجهی هوموس و عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر، پتاسیم و همچنین دامنه گسترده‌ای از عناصر غذایی کم مصرف می‌باشد (لور و همکاران، ۱۹۸۴) که بر همین اساس می‌تواند از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی در خاک و تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه توسط میکروارگانیسم‌ها و جذب بیشتر

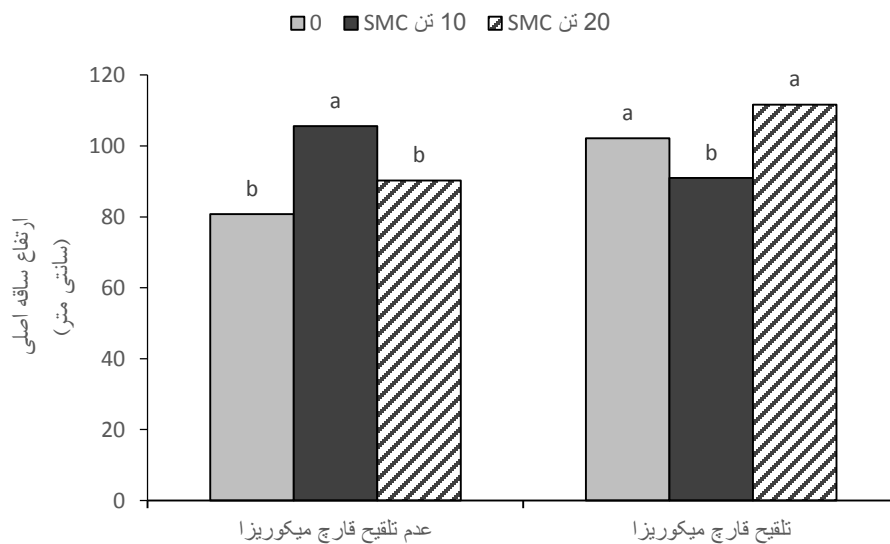
عناصر غذایی، سبب افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاهی می‌شود که در نهایت منجر به افزایش ارتفاع و بهبود شاخص‌های رشدی در گیاهان از جمله گیاه دارویی بابونه شود (آتیه و همکاران، ۲۰۰۰). نتایج این تحقیق در مورد تاثیر کمپوست بر افزایش ارتفاع با نتایج بدست آمده روی بادمجان، بامیه و گوجه فرنگی و همیشه بهار مطابقت دارد (آرانکون و همکاران، ۲۰۰۴).

اثرات مثبت میکوریزا بر افزایش ارتفاع در گیاهان مختلف به اثبات رسیده است (کیانشنک و همکاران، ۲۰۰۶، جاویتو و همکاران، ۲۰۰۶) همزیستی میکوریزایی از طریق تغییر در اختصاص منابع بین ریشه و قسمت‌های هوایی منجر به افزایش سطح برگ و افزایش ارتفاع می‌گردد، همچنین گیاهان میکوریزایی انرژی کمتری برای تشکیل ریشه صرف می‌کنند، لذا این گیاهان ساقه بزرگتری را تولید کرده و نسبت ریشه به ساقه پایین‌تری دارند (اسکالتنر، ۲۰۰۱). در یک بررسی دیگر بر گیاه آفتابگردان نشان داد که کلونیزاسیون میکوریزایی به طور معنی‌داری ارتفاع گیاه را در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزی افزایش داد (سعید و همکاران، ۲۰۱۱). عباسپور و همکاران (۲۰۱۲) براین باورند که قارچ میکوریزا از طریق افزایش جذب آب و فراهمی مطلوب عناصر غذایی بر میزان فتوسنتز و تولید بیوماس تاثیر مثبت گذاشته و موجب افزایش ارتفاع بوته می‌گردد. اثرات مثبت میکوریزا بر افزایش رشد رویشی در گیاه آفتابگردان نیز گزارش شده است (حیدری و کرمی، ۲۰۱۲؛ غلامحسینی و همکاران، ۲۰۱۳).

تیمارهای شاهد به علت کمبود مواد غذایی مورد نیاز، از رشد کمتری برخوردار بوده در حالی که میزان مواد غذایی در سایر تیمارهای کودی مورد استفاده برای رشد رویشی گیاه مناسب بوده که این نتیجه با آزمایش‌های تماتی و همکاران (۱۹۸۷) مطابقت دارد.



شکل ۴-۱ مقایسه میانگین ارتفاع ساقه اصلی لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر کود نیتروژن و قارچ میکوریزای آرباسکولار



شکل ۴-۲ مقایسه میانگین ارتفاع ساقه اصلی لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار

۴-۱-۲- وزن خشک برگ

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده SMC در سطح احتمال پنج درصد و اثرات متقابل کود نیتروژن و SMC و همچنین SMC و قارچ میکوریزا در سطح احتمال یک درصد تاثیر معنی‌داری بر وزن خشک برگ داشتند (جدول پیوست ۱).

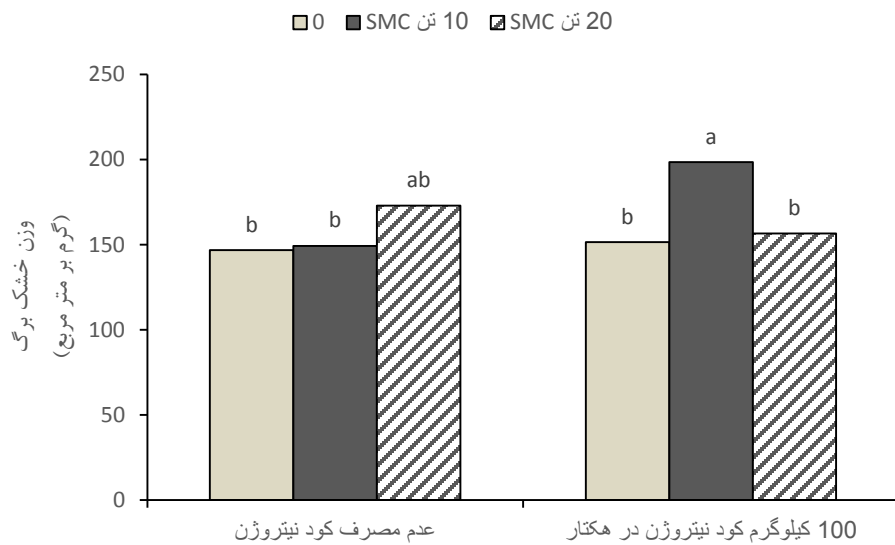
در مقایسه میانگین حاصل از ترکیبات تیماری کود نیتروژن و SMC، در صورت عدم مصرف کود نیتروژن، افزایش سطوح SMC اثر مثبتی بر وزن خشک برگ داشت. در ترکیب تیماری مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و ۱۰ تن SMC، بیشترین مقدار وزن خشک برگ معادل ۱۹۸/۵ گرم بر متر مربع مشاهده شد که این مقدار نسبت به شاهد افزایش ۳۵/۳۱ درصدی داشت. کمترین وزن خشک برگ معادل ۱۴۶/۷ گرم بر مترمربع مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۴-۳).

در یک بررسی که مدینا و همکاران (۲۰۰۹) بر روی کاربرد SMC انجام دادند مشاهده کردند که با افزایش کاربرد SMC میزان جذب عناصر غذایی میکرو و ماکرو در گیاهان تیمار شده به طور چشمگیری افزایش یافت. که می‌توان دلیل این امر را افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی و آب دانست (پرگرینا و همکاران، ۲۰۰۹). سیدی و رضوانی مقدم (۲۰۱۱) به نقش مؤثر سطوح مختلف کمپوست قارچ در بهبود ویژگی‌های رشدی گندم اشاره کرده‌اند. با توجه به نقش نیتروژن در تحریک و افزایش رشد رویشی، افزایش رشد برگ در بوته که نشان دهنده تحریک رشد رویشی می‌باشد را می‌توان به افزایش میزان جذب نیتروژن نسبت داد. قابلیت دسترسی کم نیتروژن موجود در کمپوست، ضرورت استفاده از یک کود شیمیایی به عنوان منبع نیتروژن همراه با کمپوست را ایجاد می‌کند (مخابلا، ۲۰۰۵). کاربرد کودهای آلی منجر به افزایش غلظت عناصر پرمصرف در خاک و گیاه گردید. با توجه به کم بودن غلظت نیتروژن و فسفر در بافت‌های گیاه نسبت به سطوح بحرانی این عناصر، بایستی گفت که کودهای آلی به تنهایی نمی-

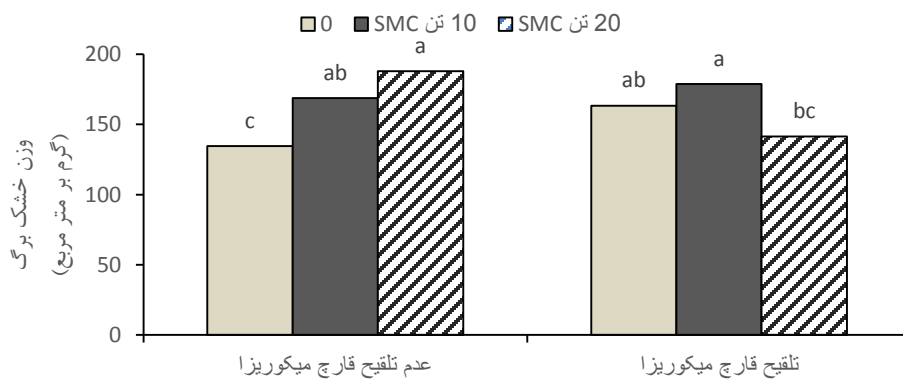
توانند نیاز گیاه را به عناصر پرمصرف فراهم کنند، لذا استفاده از کودهای شیمیایی مخصوصا نیتروژن به عنوان مکمل ضروری می‌باشد.

مقایسه میانگین حاصل از ترکیبات تیماری SMC و قارچ میکوریزا نشان داد که وزن خشک برگ در گیاهان شاهد کمترین مقدار معادل ۱۳۴/۷ گرم بر متر مربع را داشت. در صورت عدم تلقیح قارچ میکوریزا با افزایش سطوح SMC، وزن خشک برگ افزایش یافت به طوری که بیشترین مقدار وزن خشک برگ معادل ۱۸۷/۹ گرم بر مترمربع در گیاهانی ثبت شده که با ۲۰ تن SMC و عدم تلقیح قارچ میکوریزا تیمار شده بودند این مقدار نسبت به شاهد ۳۹/۴۹ درصد افزایش داشت. به غیر از ترکیب تیماری ۲۰ تن SMC و تلقیح قارچ میکوریزا، سایر ترکیبات تیماری با شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند (شکل ۴-۴).

کوبیلای و همکاران (۲۰۰۷) در یک آزمایش گلدانی SMC را با مقادیر مختلف ۰، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار را با خاک گلدان‌های فلفل مخلوط نمودند و در پایان آزمایش پس از تجزیه و آنالیز گیاه فلفل، متوجه شدند که SMC تاثیر معنی‌داری را در افزایش مقدار ماده خشک و محتوای عناصر غذایی همچون N, P, K, Fe و Zn داشته است. اضافه کردن SMC تا ۳۰ تن در هکتار باعث افزایش عملکرد و محتوای عناصر غذایی می‌شود ولی مقدار بیشتر از ۳۰ تن در هکتار به علت شوری بالا باعث پژمردگی گیاه می‌شود. با افزایش کاربرد SMC مواد غذایی، ساختمان، مواد آلی و نفوذپذیری خاک افزایش یافته و گیاه می‌تواند عناصر غذایی بیشتری را جذب کند و کیفیت محصول تولید شده افزایش یابد (لوهر و همکاران، ۱۹۸۴). قارچ‌های میکوریزا پس از برقراری همزیستی با گیاهان میزبان بر جنبه‌های مختلف فیزیولوژی و بیوشیمی گیاه تاثیر گذاشته و موجب بهبود رشد و نمو آن می‌شود. آنها از راه‌های مختلف بر بهبود خواص کیفی و کمی فراورده‌های زراعی نیز موثرند (علیزاده، ۸۶؛ مهربان و همکاران، ۸۶). در تحقیق دیگر بیان شده مصرف کودهای بیولوژیک افزایش وزن تر و خشک برگ و ساقه و افزایش تعداد شاخه و گل به لیمو را سبب شد (محمدی و همکاران، ۲۰۱۳).



شکل ۳-۴ مقایسه میانگین وزن خشک برگ لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ



شکل ۴-۴ مقایسه میانگین وزن خشک برگ لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار

۴-۱-۳- وزن خشک ساقه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده تیمار SMC و اثر متقابل کود نیتروژن و قارچ میکوریزا بر وزن خشک ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند. همچنین اثر متقابل سه‌گانه عوامل کود نیتروژن و SMC و قارچ میکوریزا بر وزن خشک ساقه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید و سایر منابع تغییر تاثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول پیوست ۱).

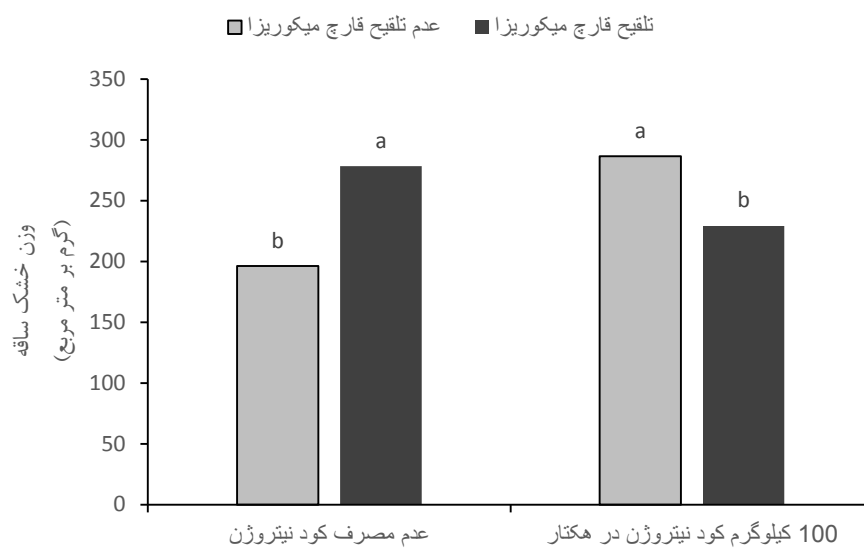
مقایسه بر هم‌کنش کود نیتروژن و قارچ میکوریزا نشان داد که کمترین مقدار وزن خشک ساقه معادل ۱۹۶/۲ گرم بر مترمربع در گیاهان شاهد مشاهده شد که با تیمار مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و تلقیح قارچ میکوریزا اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین بیشترین وزن خشک ساقه معادل ۲۸۶/۷ گرم بر مترمربع در گیاهانی که با ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و عدم تلقیح قارچ میکوریزا تیمار شده بودند به دست آمد که ۴۶/۱۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت و با ترکیب تیماری عدم مصرف کود نیتروژن و تلقیح قارچ میکوریزا در یک سطح آماری قرار داشتند و موجب بهبود این صفت شدند (شکل ۴-۵). در این راستا، اوزتورک و همکاران (۲۰۰۳) بیان کردند که افزایش میزان نیتروژن در خاک با تاثیر منفی بر فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌تواند سبب کاهش اثرات مفید میکروارگانیسم‌ها بر عملکرد گندم شود. به نظر می‌رسد که استفاده از کودهای زیستی در سیستم‌های رایج فاقد کارایی بوده و تنها در سیستم‌های کم‌نهاده ممکن است تاثیر گذار باشد. الباس و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که تلقیح سویا با قارچ میکوریزا موجب افزایش وزن خشک ساقه و قطر ساقه گردید.

مقایسه میانگین حاصل از ترکیبات تیماری کود نیتروژن، SMC و قارچ میکوریزا نشان داد که بیشترین مقدار وزن خشک ساقه معادل ۳۸۰/۶ گرم بر مترمربع در گیاهانی مشاهده شد که با ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و ۱۰ تن SMC و عدم تلقیح قارچ میکوریزا تیمار شده بودند که ۱۰۵/۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داشتند که از لحاظ آماری با ترکیب تیماری عدم مصرف کود نیتروژن و ۱۰ تن SMC و تلقیح

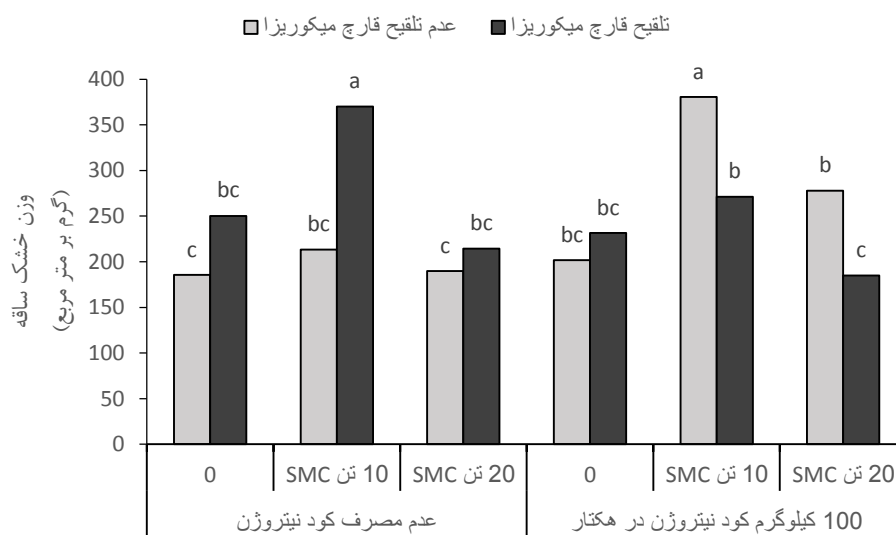
قارچ میکوریزا در یک سطح قرار دارند. کمترین مقدار وزن خشک ساقه معادل ۱۸۴/۸ گرم بر مترمربع در گیاهانی مشاهده شد که با ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و ۲۰ تن SMC و تلقیح قارچ میکوریزا تیمار شده بودند که با شاهد در یک سطح آماری قرار دارند. کاربرد توام ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن، ۱۰ تن SMC، تلقیح میکوریزا و ترکیب تیماری ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن، ۲۰ تن SMC، عدم تلقیح میکوریزا سبب بهبود وزن خشک ساقه شدند که به ترتیب ۴۶/۱۹ درصد و ۴۹/۷۰ درصد نسبت به شاهد افزایش پیدا کردند و سایر ترکیبات تیماری با شاهد اختلاف معنی داری نداشتند (شکل ۴-۶).

با توجه به نقش نیتروژن در تحریک و افزایش رشد رویشی، افزایش رشد ساقه و برگ در بوته که نشان دهنده تحریک رشد رویشی می باشد را می توان به افزایش میزان جذب نیتروژن نسبت داد. علاوه بر این مصرف همزمان کودهای آلی در ترکیب با کود شیمیایی از هدر رفت عنصر نیتروژن موجود در این کودها به طریق آبشویی، جلوگیری کرده و در نتیجه ضمن افزایش کارایی کود شیمیایی، نیتروژن بیشتری در اختیار گیاه قرار می دهد. از آن جایی که عنصر نیتروژن نقش بسزایی در مولکول کلروفیل و رشد سبزینه-ای دارد افزایش میزان نیتروژن تا حد مطلوب گیاه، سبب افزایش عملکرد می شود (سینگ و آگاروال، ۲۰۰۱).

محققان زیادی اثر کود کمپوست را در بهبود رشد رویشی و عملکرد گیاهان زراعی را مورد تایید قرار دادند. همچنین گزارش نمودند که کود کمپوست باعث افزایش عناصر پر نیاز و کم نیاز در خاک شده که این موضوع سبب افزایش میزان جذب این عناصر در گیاهان شده و در نتیجه باعث بهبود عملکرد و اجزای عملکرد می گردد (پرز-مورسیا و همکاران، ۲۰۰۶؛ هوو و همکاران، ۲۰۰۴؛ سهنی و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین اثرات مثبت میکوریزا بر افزایش رشد رویشی در گیاه آفتابگردان نیز گزارش شده است (حیدری و کرمی، ۲۰۱۲؛ غلامحسینی و همکاران، ۲۰۱۳).



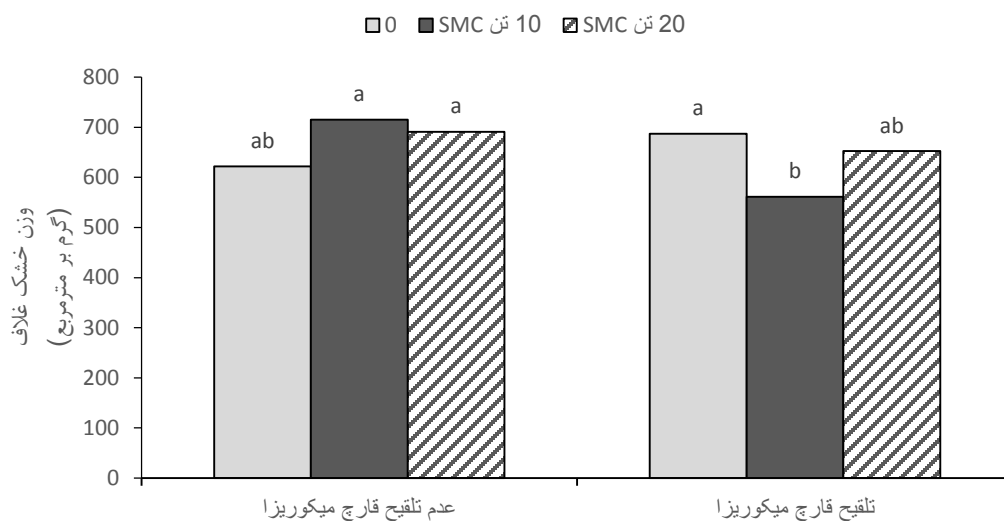
شکل ۴-۵ مقایسه میانگین وزن خشک ساقه لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر کود نیتروژن و قارچ میکوریزای آرباسکولار



شکل ۴-۶ مقایسه میانگین وزن خشک ساقه لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزا

۴-۱-۴- وزن خشک غلاف

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل SMC و قارچ میکوریزا بر وزن خشک غلاف در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود و سایر ترکیبات تیماری اثر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول پیوست ۱). مقایسه میانگین حاصل از ترکیبات تیماری SMC و قارچ میکوریزا نشان داد که بیشترین مقدار وزن خشک غلاف معادل ۷۱۵/۲ گرم بر متر مربع در گیاهانی ثبت شده که با ۱۰ تن SMC و عدم تلقیح قارچ میکوریزا تیمار شده بودند که ۱۵/۰۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داشتند و از لحاظ آماری با ترکیبات تیماری عدم مصرف SMC، تلقیح قارچ میکوریزا و مصرف ۲۰ تن SMC، عدم تلقیح میکوریزا در یک سطح قرار دارند. کمترین مقدار وزن خشک غلاف معادل ۵۶۱/۱ گرم بر مترمربع در گیاهانی مشاهده شد که با ۱۰ تن SMC و تلقیح قارچ میکوریزا تیمار شده بودند که با شاهد در یک سطح آماری قرار دارند (شکل ۴-۷). نتایج مطالعه شیرزادی و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که مصرف توام کمپوست و قارچ میکوریزا باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد گل آذین در بوته، قطر ساقه، عملکرد وزن خشک و عملکرد وزن تر اندام هوایی گیاه ریحان شد. گزارش مومنی فیلی و همکاران (۲۰۱۴) نیز حاکی از اثر مثبت کمپوست بر تعداد غلاف در بوته، تعداد غلاف در مترمربع، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت سویا بود.



شکل ۴-۷ مقایسه میانگین وزن خشک غلاف لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار

۴-۱-۵- عملکرد بیولوژیک

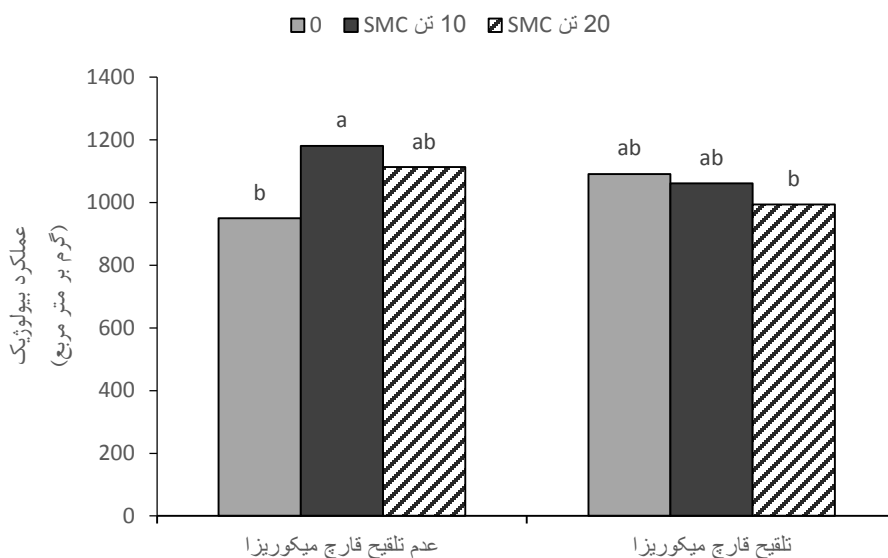
نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل SMC و قارچ میکوریزا تاثیر معنی داری در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد بیولوژیک داشت و سایر ترکیبات تیماری اثر معنی داری بر این صفت نداشتند (جدول پیوست ۱).

مقایسه میانگین حاصل از ترکیبات تیماری SMC و قارچ میکوریزا نشان داد که عملکرد بیولوژیک در گیاهان شاهد کمترین مقدار معادل ۹۴۹/۹ گرم بر متر مربع را داشت. همچنین بیشترین عملکرد بیولوژیک معادل ۱۱۸۱ گرم بر مترمربع در گیاهانی ثبت شده که با ۱۰ تن SMC و عدم تلقیح میکوریزا تیمار شده بودند این مقدار نسبت به شاهد ۲۴/۳۲ درصد بیشتر بود که البته از لحاظ آماری با ترکیبات تیماری ۲۰ تن SMC و عدم تلقیح میکوریزا و کاربرد توام تلقیح میکوریزا در سطح ۰ و ۱۰ تن SMC اختلاف معنی داری نداشتند (شکل ۴-۸).

کلخوران و همکاران (۱۳۸۹) اظهار داشتند که سیستم تغذیه تلفیقی بیشترین عملکرد بیولوژیک را در گیاه آفتابگردان بین سایر سیستم‌های تغذیه‌ای شیمیایی و آلی تولید کردند علت این امر را می‌توان به نقش کودهای آلی در فراهمی عناصر غذایی قابل دسترس خصوصاً نیتروژن در طول فصل رشد (به دلیل آزاد سازی تدریجی عناصر از کود آلی) و بهبود خصوصیات فیزیکی، بیولوژیکی و بهبود ظرفیت رطوبتی، که تاثیر غیر مستقیمی بر عملکرد داشته و باعث افزایش فعالیت‌های رشدی گیاه شده و در نتیجه عملکرد بیولوژیک گیاه را افزایش می‌دهد.

می‌توان دلیل افزایش ماده خشک تولیدی را در تیمار کاربرد SMC به دلیل افزایش حاصلخیزی و نگهداری آب و مواد غذایی دانست که منجر به تولید زیست توده بیشتر در مقایسه با تیمار عدم کاربرد SMC می‌شود (ویزنیوسکا و همکاران، ۱۹۸۹)

کاتلین و گراس (۲۰۰۶) اعلام کردند عملکرد بیولوژیک بسیاری از گیاهان که با قارچ میکوریزایی همزیستی دارند نسبت به گیاهانی که در محیط رشدشان قارچ میکوریزا وجود ندارد بالاتر است. ساجدی و رجالی (۲۰۱۱) عنوان داشتند که با افزایش کلونیزاسیون ریشه، سیستم ریشه‌ای گیاه میزبان توسعه یافته و باعث افزایش سطح جذب ریشه ها می‌شود. همچنین به علت نفوذ هیف‌های قارچ در خاک، ریشه به حجم بیشتری از خاک دسترسی پیدا می‌کند و کارایی جذب آب و عناصر غذایی افزایش می‌یابد در نتیجه میکوریزا می‌تواند از طریق فراهم‌آوری حجم بیشتر مواد اولیه (آب و عناصر غذایی) زمینه افزایش تولید در گیاه میزبان را فراهم کند. نادیان (۱۳۸۴) گزارش نمود که وزن ماده خشک شبدر برسیم تلقیح شده با قارچ میکوریزا از گیاه شاهد به طور معنی‌داری بیشتر شد، به نظر می‌رسد همزیستی میکوریزایی با افزایش فراهمی فسفر مورد نیاز و بهبود شرایط فیزیکی خاک ضمن ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش رشد اندام‌های هوایی نظیر ساقه، برگ و غلاف و متعاقب آن افزایش تولید ماده خشک (عملکرد بیولوژیک) را فراهم می‌کند.



شکل ۴-۸ مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار

۴-۱-۶- شاخص سطح برگ

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس این صفت نشان داد که اثر ساده تیمار SMC در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. همچنین اثر ساده تیمار کود نیتروژن و اثر متقابل SMC و قارچ میکوریزا و اثر متقابل سه گانه عوامل کود نیتروژن و SMC و قارچ میکوریزا در سطح احتمال پنج درصد تاثیر معنی داری بر شاخص سطح برگ داشتند (جدول پیوست ۲).

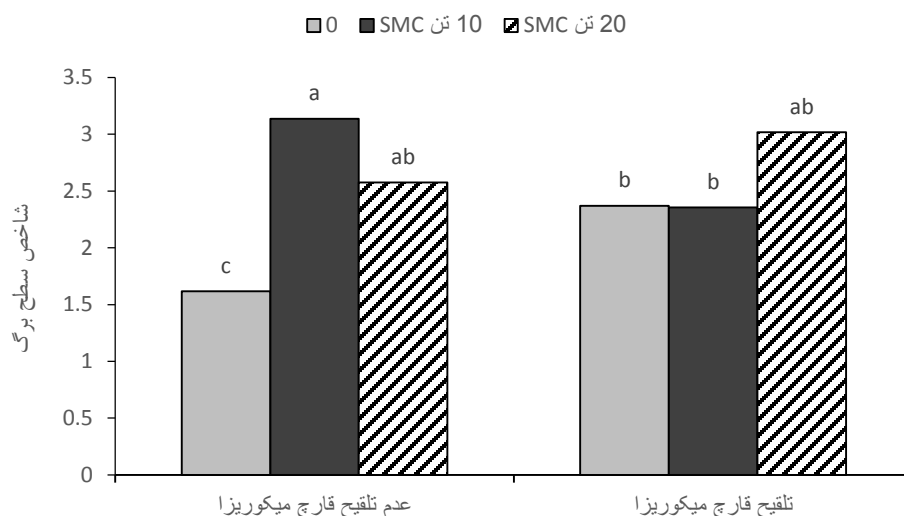
در مقایسه میانگین ترکیب تیماری SMC و قارچ میکوریزا کمترین میزان شاخص سطح برگ در گیاهان شاهد دیده شد. همچنین بیشترین میزان شاخص سطح برگ در گیاهانی ثبت گردید که با ۱۰ تن SMC و عدم تلقیح قارچ میکوریزا تیمار شده بودند که ۹۳/۸۱ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشتند و با مصرف توام ۲۰ تن SMC و تلقیح قارچ میکوریزا و ترکیب تیماری ۲۰ تن SMC و عدم تلقیح قارچ میکوریزا در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۴-۹).

سطح برگ، به عنوان دریافت کننده نور خورشید و عضو فتوسنتز کننده، عاملی تاثیر گذار در سرعت رشد محصول، تجمع ماده و عملکرد گیاه محسوب می‌گردد. نتایج سایر تحقیقات نشان می‌دهد که با افزایش میزان مواد غذایی موجود در خاک، گیاه سریعتر تعداد و سطح برگ خود را افزایش داده که این امر موجب افزایش سرعت رشد محصول و در نهایت ماده خشک می‌گردد (سومار و همکاران، ۲۰۰۳). در بررسی اثرات کمپوست بر گیاه ذرت در یک آزمایش دو ساله نتایج مشابهی به دست آمد، به طوری که کاربرد کمپوست در خاک موجب افزایش سرعت رشد، محتوای ازت برگ و شاخص سطح برگ ذرت شد (لوکی و همکاران، ۲۰۰۴).

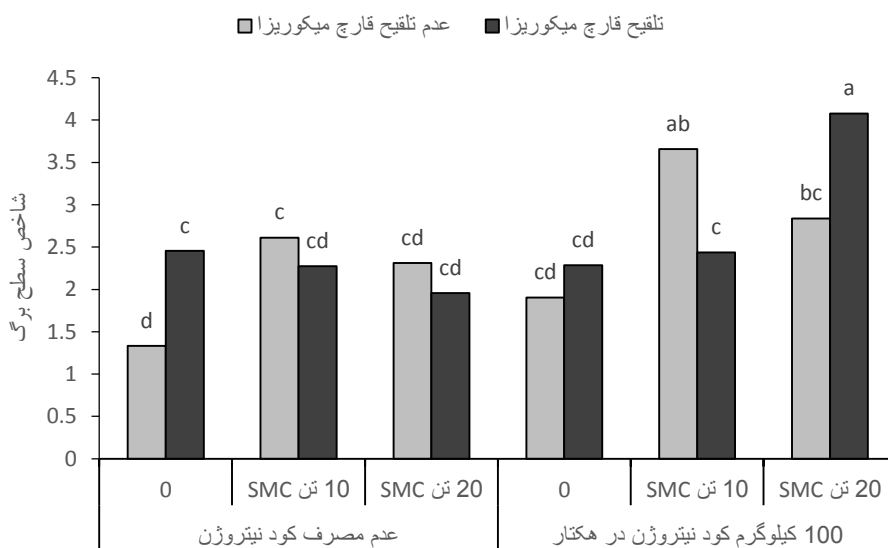
نتایج مقایسه میانگین حاصل از ترکیبات تیماری کود نیتروژن، SMC و قارچ میکوریزا نشان داد که شاخص سطح برگ در گیاهان شاهد کمترین مقدار معادل ۱/۳۳۲ را داشت. بیشترین میزان شاخص سطح برگ معادل ۴/۰۷۸ از ترکیب تیماری ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و ۲۰ تن SMC و تلقیح میکوریزا حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد افزایش قابل ملاحظه ای معادل ۲۰۶/۱۵ درصد را داشت که با ترکیب تیماری ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و ۱۰ تن SMC و عدم تلقیح میکوریزا در یک سطح معنی‌داری قرار گرفتند. کاربرد توام ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن، ۲۰ تن SMC و عدم تلقیح قارچ میکوریزا اثر مثبت معنی‌داری بر شاخص سطح برگ داشت (شکل ۴-۱۰).

گزارش‌های زیادی مبنی بر افزایش نیتروژن گیاه در نتیجه استفاده از قارچ‌های میکوریزا وجود دارد و عاملی همچون نیتروژن شاخص سطح برگ را افزایش می‌دهد و موجب افزایش رشد رویشی و بالا رفتن میزان تولید ماده خشک در گیاه خواهد شد (ایوب و همکاران، ۲۰۰۳). قارچ میکوریزا اولین کاری که انجام می‌دهد جذب فسفر است که به نوبه‌ی خود منجر به گسترش ریشه می‌شود که این امر موجب جذب بیشتر مواد غذایی می‌شود که با توجه به فتوسنتز بیشتر سطح برگ را نیز افزایش می‌دهد. سینگر و همکاران (۲۰۰۴) نیز با بررسی تأثیر کمپوست بر عملکرد ذرت، گزارش کردند که با افزایش سطوح

کمپوست عملکرد ذرت افزایش چشمگیری پیدا کرد. آنها بیان کردند که کمپوست با آزادسازی تدریجی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه که متناسب با رشد آن است باعث بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده و در نهایت موجب افزایش رشد رویشی و عملکرد گیاه خواهد شد.



شکل ۹-۴ مقایسه میانگین شاخص سطح برگ لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار



شکل ۱۰-۴ مقایسه میانگین شاخص سطح برگ لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار

۴-۱-۷- تعداد غلاف در بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرات اصلی و متقابل عوامل به کار برده شده در این پژوهش اثر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته نداشته است (جدول پیوست ۲). برخلاف نتایج بدست آمده در این آزمایش بهت و همکاران (۲۰۱۰) اعلام کردند که تلقیح با قارچ میکوریزا موجب افزایش تعداد غلاف در لوبیا نسبت به تیمار شاهد شد.

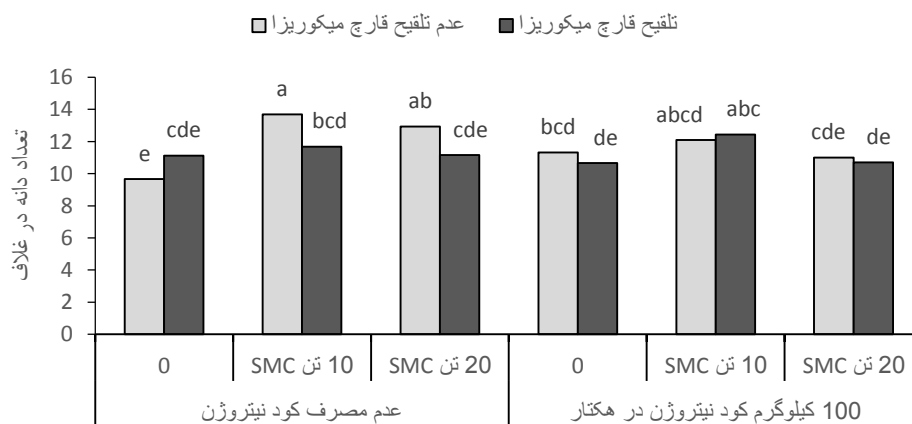
۴-۱-۸- تعداد دانه در غلاف

تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر SMC در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل سه‌گانه عوامل کود نیتروژن و SMC و قارچ میکوریزا در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول پیوست ۲). نتایج مقایسه میانگین حاصل از ترکیبات تیماری کود نیتروژن، SMC و قارچ میکوریزا نشان داد که کمترین تعداد دانه در غلاف در گیاهان شاهد به میزان ۹/۶۶۷ دانه به دست آمد و بیشترین تعداد دانه در غلاف به میزان ۱۳/۷۰ دانه در گیاهانی ثبت گردید که با عدم مصرف کود نیتروژن و ۱۰ تن SMC و عدم تلقیح میکوریزا تیمار شده بودند که نسبت به شاهد ۴۱/۷۱ درصد افزایش داشتند. ترکیب تیماری عدم مصرف کود نیتروژن، ۲۰ تن SMC و عدم تلقیح قارچ میکوریزا تاثیر مثبت معنی‌داری بر این صفت داشت (شکل ۴-۱۱).

پولات و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی اثر SMC بر خصوصیات کمی خیار گزارش کردند که SMC ضمن بهبود مواد آلی خاک، عملکرد کل میوه و عرض میوه‌ی آن را به میزان قابل توجهی افزایش داد. احیایی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که کاربرد ۴۰ تن در هکتار SMC موجب افزایش ارتفاع، تعداد برگ، طول خوشه، ماده خشک تولیدی و تعداد دانه در بوته گندم شد. افزودن کمپوست به خاک نه تنها فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش می‌دهد بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک با ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه و همچنین از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و

تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه توسط این موجودات و نیز فراهمی جذب عناصر غذایی، سبب افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک این گیاه می‌گردد که این مسأله در نهایت باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود.

افزایش تعداد دانه در غلاف در تیمار کود آلی نسبت به تیمارهای کود شیمیایی و زیستی را می‌توان به افزایش فعالیت میکروبی خاک و بهبود فراهمی جذب عناصر غذایی مانند فسفر در خاک برای گیاه لوبیا چشم بلبلی به‌خصوص در مرحله زایشی و باروری نسبت داد که باعث بهبود رشد گیاه و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتری به غلاف شده است. نتایج تحقیقات شیواراموس و همکاران (۱۹۹۴) و هاتی و همکاران (۲۰۰۶) نیز مبین همین مطلب است. این محققین نشان دادند که افزایش میزان عناصر غذایی غیر متحرک و افزایش قابلیت دسترسی به این عناصر در خاک در نتیجه افزایش فعالیت میکروبی خاک باعث افزایش میزان فسفر در پیکره رویشی گیاهان می‌شود. همچنین دیگر محققان در تحقیقات خود نشان دادند که با کاربرد مواد آلی، فسفر و پتاس قابل دسترس خاک افزایش یافته و در نهایت باعث افزایش جذب این عناصر توسط گیاه می‌شود، اما احتمالاً هرگاه مقادیر این عناصر در خاک فراوان باشد گیاه نسبت به مقادیر اضافی از این عناصر عکس العمل نشان نخواهد داد (دومادار و همکاران، ۲۰۰۰).



شکل ۴-۱۱ مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار

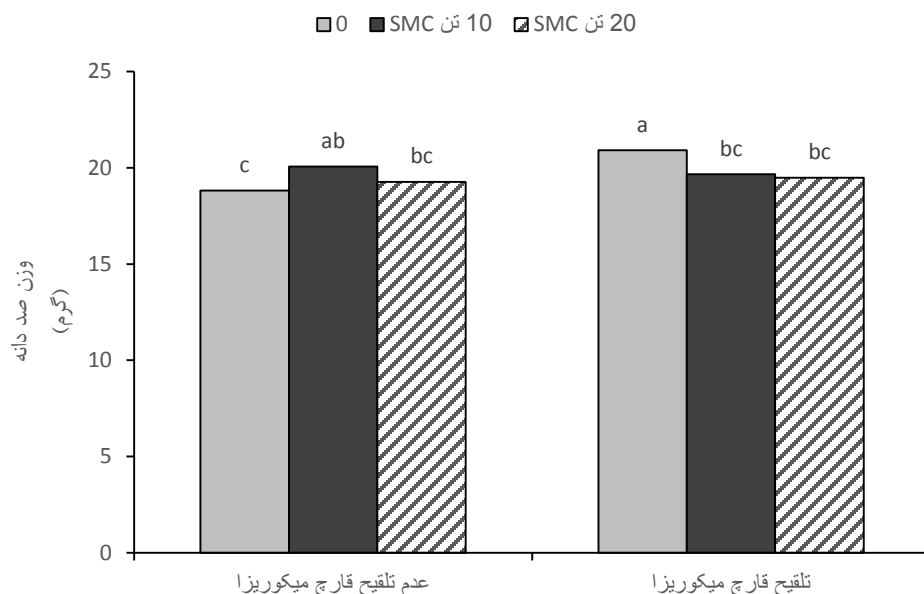
۴-۱-۹- وزن صد دانه

همان طور که در جدول تجزیه واریانس (جدول پیوست ۲) مشاهده می‌شود اثر ساده قارچ میکوریزا تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و همچنین اثر متقابل SMC و قارچ میکوریزا تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر وزن صد دانه داشتند و سایر ترکیبات تیماری اثر معنی‌داری بر این صفت نداشتند.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین به دست آمده از ترکیبات تیماری SMC و قارچ میکوریزا نشان داد که بیشترین وزن صد دانه معادل ۲۰/۹۰ گرم از ترکیب تیماری عدم مصرف SMC و تلقیح قارچ میکوریزا حاصل شد که نسبت به شاهد ۱۱/۱۱ درصد افزایش داشت. ترکیب تیماری ۱۰ تن SMC و عدم تلقیح میکوریزا تاثیر مثبتی در وزن صد دانه داشت. کمترین وزن صد دانه معادل ۱۸/۸۱ گرم مربوط به تیمار شاهد بود. سطح ۲۰ تن SMC و عدم تلقیح قارچ میکوریزا و ترکیبات تیماری سطح ۱۰ و ۲۰ تن SMC و تلقیح قارچ میکوریزا در یک گروه آماری قرار داشتند که با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۴-۱۲).

وزن صد دانه از شاخص‌های مهم زراعی در بذور گیاهان محسوب می‌شود. این شاخص بیان‌کننده‌ی میزان تخصیص مواد غذایی به ازای هر واحد بذر است و افزایش آن موجب بیشتر شدن عملکرد دانه می‌شود. این صفت در هر گیاه تحت تأثیر عوامل متفاوتی است. مهم‌ترین این عوامل توانایی گیاه برای انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها و شرایط محیطی در زمان پر شدن دانه می‌باشد. احتمال می‌رود مصرف کودها سبب رشد بیشتر گیاه شده تا بتواند مواد فتوسنتزی بیشتری را تولید کند. مطالعات اخیر نشان داده است که تلقیح کودهای بیولوژیک از جمله قارچ میکوریزا سبب بهبود تغذیه و افزایش بهره‌وری صفات می‌شوند (آرمان و همکاران، ۲۰۱۱). اوزگوان (۱۹۹۸) اثر کمپوست قارچ را در بهبود عملکرد توت فرنگی مثبت گزارش کرد. رضائیان و پاسبان (۲۰۰۷) گزارش کردند که استفاده از کودهای آلی عملکرد کلله‌ی زعفران

را در مقایسه با شاهد افزایش داد، بنابراین می‌توان گفت که کودهای زیستی و آلی با افزایش میزان فتوسنتز و افزایش جذب آب و عناصر غذایی موجب بهبود عملکرد گیاه می‌شوند.



شکل ۴-۱۲ مقایسه میانگین وزن صد دانه لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار

۴-۱-۱-۱۰- عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده تیمار کود نیتروژن بر عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل SMC و قارچ میکوریزا و همچنین اثر متقابل سه‌گانه عوامل کود نیتروژن و SMC و قارچ میکوریزا بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول پیوست ۲).

مقایسه بر هم کنش ترکیب تیماری SMC و قارچ میکوریزا نشان داد که عملکرد دانه در گیاهان شاهد کمترین مقدار معادل ۴۱۶/۲ گرم بر متر مربع را داشت. همچنین بیشترین مقدار عملکرد دانه معادل ۶۰۹/۶ گرم بر مترمربع در گیاهانی ثبت گردید که با عدم مصرف SMC و تلقیح قارچ میکوریزا تیمار شده

بودند که نسبت به تیمار شاهد ۴۶/۴۶ درصد افزایش داشتند و با ترکیب تیماری ۱۰ تن SMC و عدم تلقیح قارچ میکوریزا در یک گروه آماری قرار گرفتند. ترکیب تیماری ۲۰ تن SMC و عدم تلقیح قارچ میکوریزا و همچنین ترکیب ۲۰ تن SMC و تلقیح قارچ میکوریزا هر دو تاثیر مثبت و معنی داری در افزایش عملکرد دانه داشتند (شکل ۴-۱۳).

افزودن کمپوست به خاک نه تنها فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش می دهد بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک با ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه و همچنین از طریق بهبود فعالیت های میکروبی خاک و تولید تنظیم کننده های رشد گیاه توسط این موجودات و نیز فراهمی جذب عناصر غذایی، سبب افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک این گیاه می گردد که این مسأله در نهایت باعث افزایش عملکرد دانه می شود. طی آزمایشی که روی گیاه ذرت انجام گرفت، گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزا ماده خشک بیشتر و عملکرد دانه بالاتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده نشان دادند (غلامحسینی و همکاران، ۲۰۱۳). پژوهشگران ذکر کردند که برقراری ارتباط میکوریزایی از طریق افزایش جذب آب و املاح غذایی و نیز افزایش فتوسنتز برگ ها، همچنین افزایش اجزا عملکرد، سبب افزایش عملکرد دانه می گردد (اسمیپسون، ۱۹۹۰).

نتایج مقایسه میانگین حاصل از ترکیبات تیماری کود نیتروژن، SMC و قارچ میکوریزا نشان داد که عملکرد دانه در گیاهان شاهد کمترین مقدار معادل ۳۱۸ گرم بر متر مربع را داشتند. ترکیب تیماری ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن، ۱۰ تن SMC و تلقیح قارچ میکوریزا اختلاف معنی داری با تیمار شاهد نداشت. همچنین بالاترین مقدار عملکرد دانه معادل ۶۷۲/۲ گرم بر مترمربع در گیاهانی ثبت گردید که با عدم مصرف کود نیتروژن و عدم مصرف SMC و تلقیح میکوریزا تیمار شده بودند که نسبت به تیمار شاهد افزایش قابل ملاحظه ای معادل ۱۱۱/۳۸ درصد داشتند. کاربرد توام ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن، ۱۰ تن

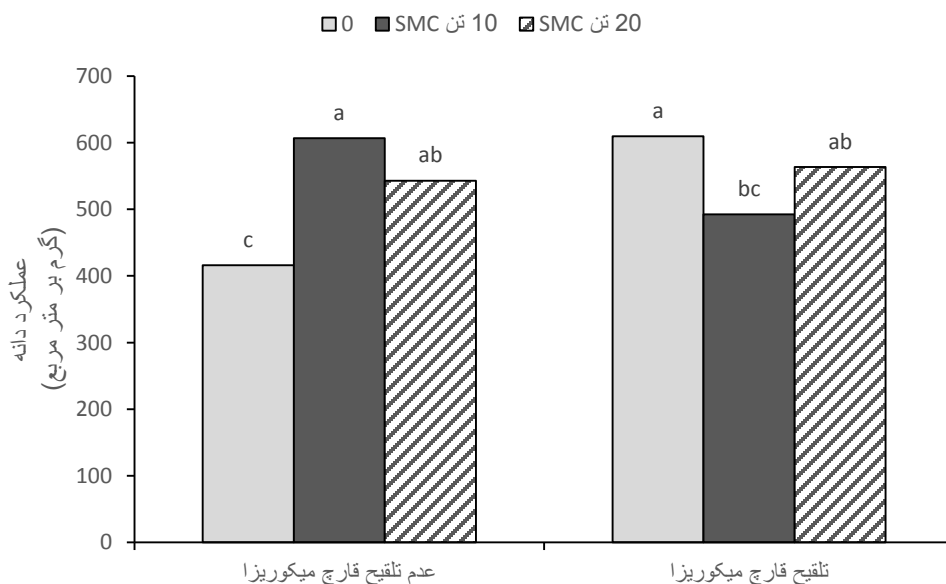
SMC و عدم تلقیح قارچ میکوریزا و ترکیب تیماری ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن، ۲۰ تن SMC و تلقیح قارچ میکوریزا اثرات مثبت معنی داری بر عملکرد دانه داشتند (شکل ۴-۱۴).

یک اصل اساسی در فیزیولوژی گیاهان این است که گیاهان برای تولید عملکرد بالای دانه به مقدار نسبتاً زیادی نیتروژن نیاز دارند. پژوهشگران دلیل افزایش عملکرد در سطوح کود تلفیقی را ناشی از مطابقت بیشتر بین نیتروژن قابل دسترس خاک با نیازهای گیاه در سیستم تلفیقی می‌دانند (مولکی و همکاران، ۲۰۰۴). رفیعی و همکاران (۱۳۸۴) نیز بیان کردند که با افزایش دسترسی گیاه به ازت و انتقال نیتروژن بیشتر به دانه، وزن هزار دانه افزایش می‌یابد. همچنین در گیاهانی که نیتروژن کم‌تری دریافت کرده‌اند، کمبود ازت باعث کاهش انتقال مواد غذایی به دانه‌ها و در نتیجه پوکی دانه‌ها می‌شود و با افزایش مقدار پوکی دانه‌ها وزن هزار دانه نیز کاهش می‌یابد. بیندرا و همکاران (۲۰۰۰) نیز در تحقیقات خود نشان دادند که بالاترین سطح کودی مورد استفاده (۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بیشترین عملکرد دانه را ایجاد کرده است.

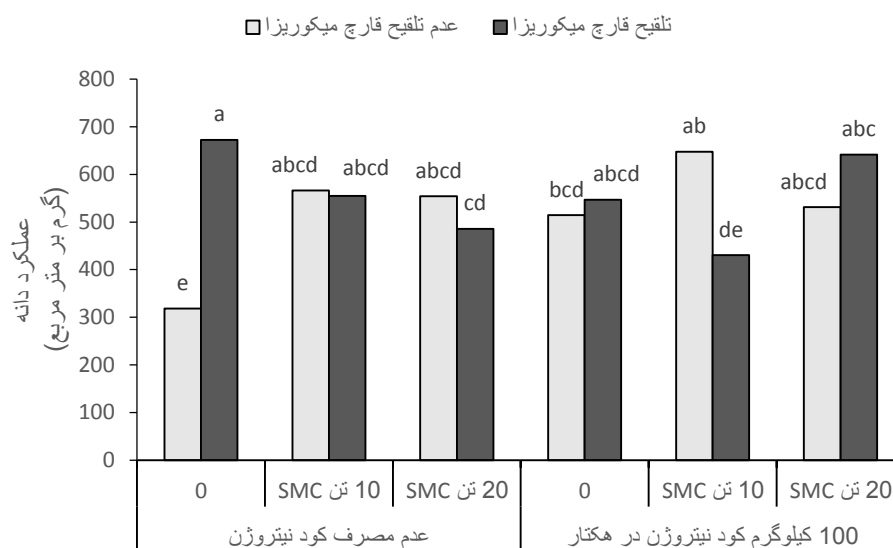
طی آزمایشی که روی گیاه ذرت انجام گرفت، گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزا ماده خشک بیشتر و عملکرد دانه بالاتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده نشان دادند (غلامحسینی و همکاران، ۲۰۱۳) همچنین درزی و همکاران (۱۳۸۸) نشان دادند که کاربرد میکوریزا سبب افزایش عملکرد دانه و همچنین افزایش غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم نسبت به تیمار شاهد شد. اورتاز (۱۹۹۶) علت افزایش عملکرد را به افزایش اجزای عملکرد مرتبط دانست و افزایش اجزای عملکرد را نیز به تاثیر مثبت میکوریزا در افزایش سطح جذب ریشه‌ها از طریق نفوذ میسیلیوم قارچ در خاک و بالطبع دسترسی گیاه زراعی به حجم بیشتری از خاک و انتقال آب و مواد غذایی به اندام‌های هوایی و بهبود رشد و نمو گیاه دانست.

به نظر می‌رسد SMC به عنوان اصلاح کننده، موجب بهبود ساختمان و شرایط زهکش، کاهش فشردگی و در نهایت افزایش فعالیت میکروبی در خاک (فروتوس و همکاران، ۲۰۱۰) و همچنین یک منبع غنی از

کربن و کاتیون‌های فراوان معدنی نظیر پتاسیم، سدیم، کلسیم، منیزیوم و آنیون‌های کلرید، سولفات، فسفات و نیترات است که به همراه کاربرد توام کود اوره موجب تقویت و رشد گیاه و در نهایت موجب افزایش عملکرد قابل توجه گیاه شده است. در تفسیر این موضوع این گونه می‌توان بیان کرد که کاربرد همزمان کودهای آلی و زیستی و شیمیایی شرایط تغذیه‌ای و رشدی را برای انجام فرآیندهای حیاتی مانند (جذب عناصر، انتقال و اختصاص، فتوسنتز و) مساعدتر کرده و از این طریق افزایش فرایندهای مذکور سبب افزایش زیست توده شده که در مجموع میزان انتقال و اختصاص مواد به بخش زایشی بیشتر شده و عملکرد دانه را افزایش می‌دهد.



شکل ۴-۱۳ مقایسه میانگین عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار



شکل ۴-۱۴ مقایسه میانگین عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار

۴-۱-۱۱- شاخص برداشت

براساس نتایج تجزیه واریانس شاخص برداشت لوبیا چشم بلبلی، اثر ساده تیمار قارچ میکوریزا و اثر متقابل SMC و قارچ میکوریزا بر شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد همچنین اثر متقابل سه گانه عوامل کود نیتروژن و SMC و قارچ میکوریزا بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی دار گردید (جدول پیوست ۳).

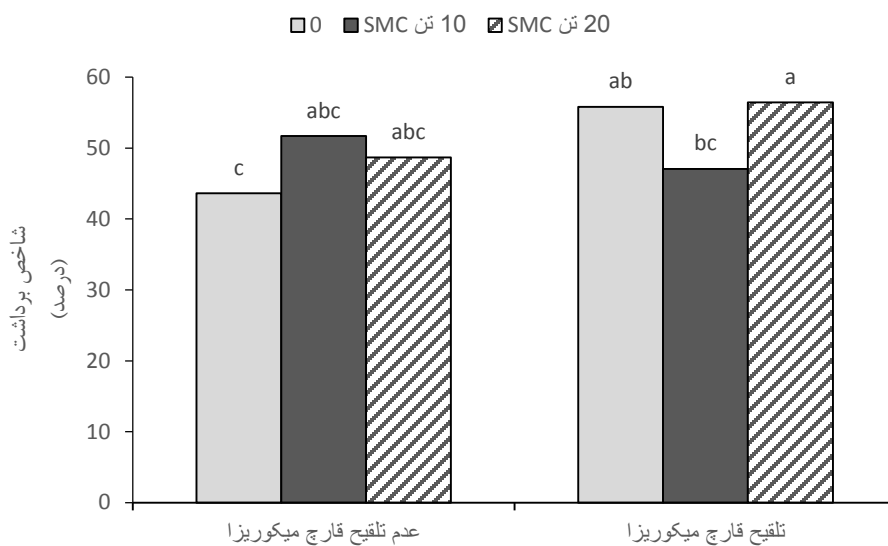
با توجه به شکل ۴-۱۵ پایینترین درصد شاخص برداشت معادل ۴۳/۶۳ درصد در گیاهان شاهد دیده شد. همچنین بالاترین درصد شاخص برداشت معادل ۵۶/۴۳ درصد در گیاهانی ثبت گردید که با مصرف ۲۰ تن SMC و تلقیح قارچ میکوریزا تیمار شده بودند که نسبت به تیمار شاهد ۱۲/۸ درصد افزایش داشتند.

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

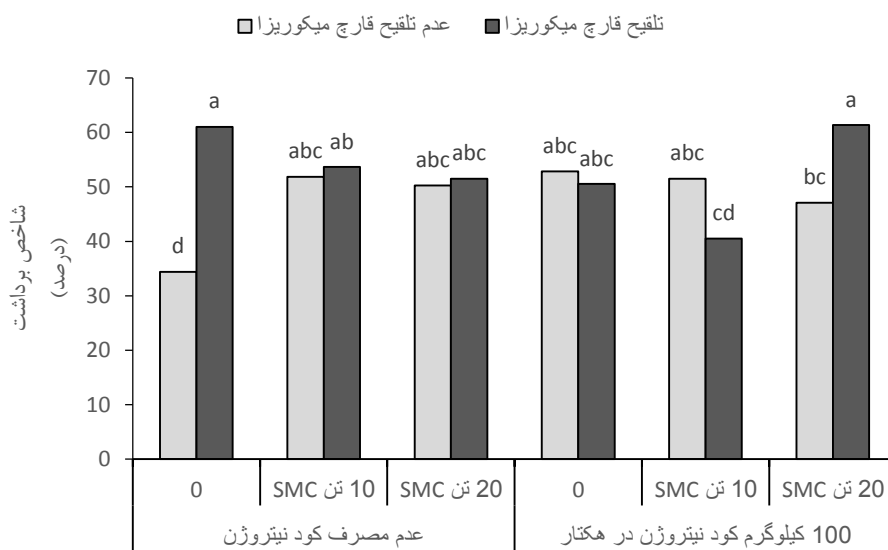
فتوسنتزی را به قسمت محصول اقتصادی اختصاص داده است. البته شاخص برداشت بالا زمانی مناسب است که گیاه از لحاظ عملکرد دانه و چه از لحاظ عملکرد بیولوژیک به پتانسیل ژنتیکی خود نزدیک شده باشد و سهم عمده‌ای از عملکرد بیولوژیک، مربوط به عملکرد اقتصادی گیاه باشد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۸). رامشوار و سینگ (۱۹۸۸) علت افزایش شاخص برداشت ذرت را در تیمار تلفیقی به جذب بهتر عناصر غذایی نسبت دادند، زیرا گیاه با جذب بهتر عناصر غذایی و افزایش شاخص سطح برگ می‌تواند از تشعشع خورشیدی بهتر استفاده نماید و مواد فتوسنتزی بیشتری را به دانه ارسال نماید و در نتیجه نسبت دانه به ماده خشک را افزایش دهد.

بررسی نتایج مقایسه میانگین حاصل از ترکیبات تیماری کود نیتروژن، SMC و قارچ میکوریزا نشان داد که شاخص برداشت در گیاهان شاهد کمترین مقدار معادل ۳۴/۴۰ درصد را داشتند که با ترکیب تیماری ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن، ۱۰ تن SMC و تلقیح قارچ میکوریزا اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین بالاترین مقدار شاخص برداشت معادل ۶۱/۳۸ درصد در گیاهانی ثبت گردید که با ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن، ۲۰ تن SMC و تلقیح قارچ میکوریزا تیمار شده بودند که نسبت به تیمار شاهد افزایش قابل ملاحظه‌ای معادل ۲۶/۹۸ درصد داشتند. سایر ترکیبات تیماری اثرات مثبت معنی‌داری بر شاخص برداشت داشتند (شکل ۴-۱۶).

حبیبی و مجیدیان (۲۰۱۴) گزارش دادند که کاربرد سطوح تلفیقی کودها سبب افزایش عملکرد بلال و دانه کنسروی ذرت شیرین شد. به نظر می‌رسد که کاربرد توأم کودها نسبت به کاربرد جداگانه آن‌ها، نقاط ضعف موجود در هر یک از کودها اعم از کمبود مواد آلی، وجود محرک‌های نوع رشد یا تفاوت در محتوی عناصر غذایی را جبران می‌نماید و با تامین بهتر عناصر غذایی همراه با بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، شرایط را برای افزایش جذب عناصر غذایی، بهبود تولید و افزایش عرضه مواد پرورده به بلال و در نهایت افزایش میزان عملکرد دانه در واحد سطح، فراهم می‌آورد (سوجاتا و همکاران، ۲۰۰۸).



شکل ۴-۱۵ مقایسه میانگین شاخص برداشت لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار



شکل ۴-۱۶ مقایسه میانگین شاخص برداشت لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار

۴-۲- صفات فیزیولوژیک و کیفی لوبیا چشم بلبلی

کلروفیل

۴-۲-۱- کلروفیل a

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده SMC و اثر متقابل کود نیتروژن و قارچ میکوریزا تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و همچنین اثر متقابل دوگانه کود نیتروژن و SMC تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر کلروفیل a داشتند و سایر منابع تغییر تاثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول پیوست ۳).

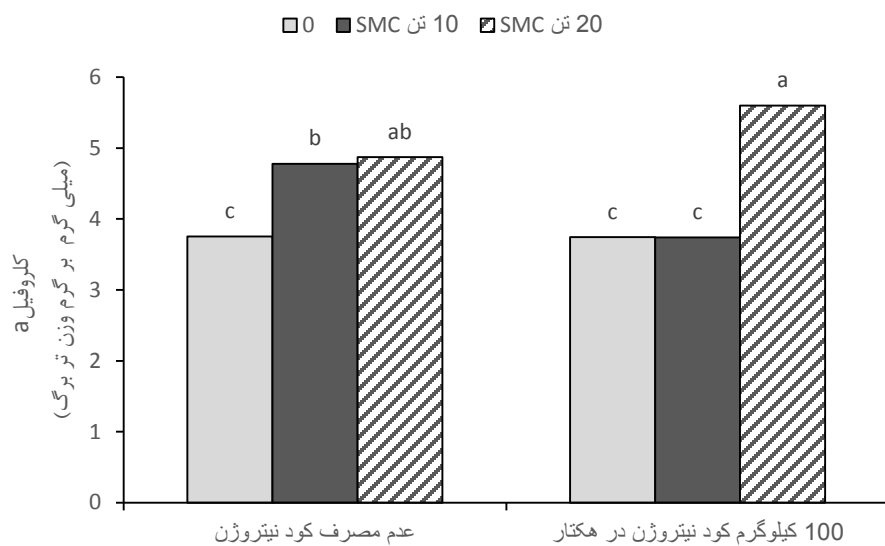
نتایج حاصل از مقایسه میانگین برهم کنش کود نیتروژن و SMC در این آزمایش نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a از ترکیب تیماری مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و ۲۰ تن SMC به میزان ۵/۵۹۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شد، این ترکیب تیماری نسبت به شاهد ۴۹/۰۵ درصد افزایش داشت. گیاهانی که با عدم مصرف کود نیتروژن و ۲۰ تن SMC تیمار شده بودند از لحاظ آماری در رتبه بعدی قرار گرفتند که سبب بهبود این صفت شدند. کمترین میزان کلروفیل a معادل ۳/۷۳۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ در گیاهانی با ترکیب تیماری ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و ۱۰ تن SMC مشاهده شد که با شاهد (۳/۷۵۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) و ترکیبات تیماری ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن، عدم مصرف SMC و ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن، ۱۰ تن SMC از لحاظ آماری در یک سطح معنی‌داری قرار گرفتند (شکل ۴-۱۷).

فتوسنتز یکی از فرآیندهای مهم فیزیولوژیکی گیاه است. نیتروژن از مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید محصولات زراعی است. رنگیزه‌های درون غشای کلروپلاست عمدتاً از دو نوع کلروفیل (a و b) و دو نوع رنگیزه نارنجی و زرد به نام کارتنوئید (کاروتن و گزانتوفیل) تشکیل شده است (سرمدنیا و همکاران،

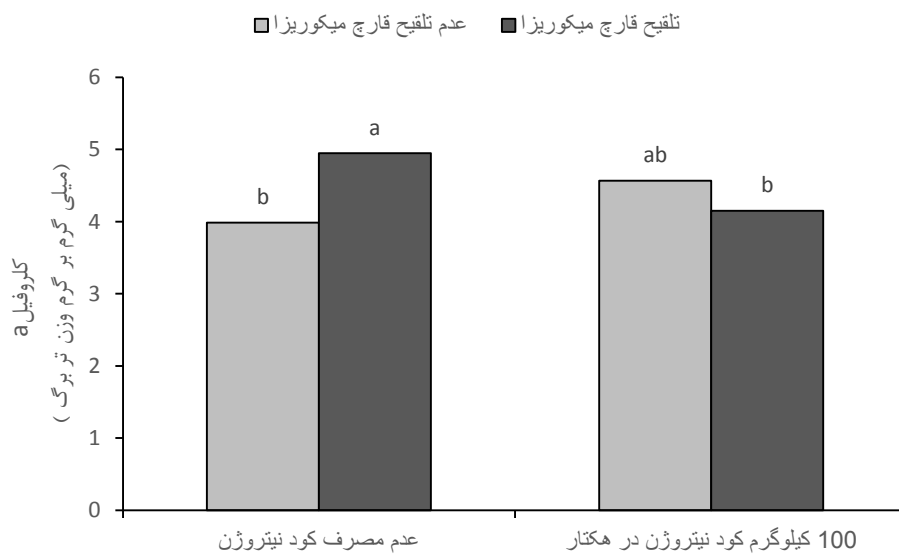
۱۳۷۲). از آنجا که بین میزان کلروفیل کل برگ و میزان نیتروژن آن رابطه مستقیم وجود دارد می‌توان استنباط کرد که هر قدر دسترسی گیاه به نیتروژن مناسب‌تر باشد کلروفیل برگ به طور مناسب‌تری افزایش می‌یابد و میزان فتوسنتز آن بهبود می‌یابد. از این رو مصرف توام کود شیمیایی نیتروژن و کمپوست باعث تامین نیتروژن مورد نیاز در گیاه و بهبود رنگدانه‌های فتوسنتزی گردید به طوری که میزان کلروفیل a را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داد.

در بررسی برهم کنش کود نیتروژن و قارچ میکوریزا بیشترین میزان کلروفیل a از ترکیب تیماری عدم مصرف کود نیتروژن و تلقیح قارچ میکوریزا (۴/۹۴۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد ۲۴/۱۵ درصد افزایش داشت و پس از آن بهترین تیمار از نظر آماری ترکیب تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و عدم تلقیح قارچ میکوریزا (۴/۵۶۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) بود. کمترین میزان کلروفیل a مربوط به تیمار شاهد بود که با ترکیب تیماری ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و تلقیح قارچ میکوریزا از نظر آماری در یک سطح معنی‌داری قرار گرفت (شکل ۴-۱۸).

تامین کافی نیتروژن از طریق استفاده از کود شیمیایی نیتروژن و همچنین کود زیستی باعث افزایش میزان فتوسنتز و همچنین میزان تولید کلروفیل گردید. همچنین به نظر می‌رسد که فراهمی فسفر تأثیر معنی‌داری بر افزایش کلروفیل برگ داشته است، کمبود فسفر باعث کاهش کلروفیل برگ و فلورسانس آن می‌گردد (لیما و همکاران، ۱۹۹۹). شایان ذکر است که میزان کلروفیل برگ گیاهان به ویژگی‌های ژنتیکی و ذاتی هر گیاه نیز بستگی دارد و بسته به خصوصیات ژنتیکی هر وارسته، غلظت کلروفیل در برگ تغییر می‌نماید (دیمر، ۲۰۰۴).



شکل ۴-۱۷ مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ



شکل ۴-۱۸ مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تاثیر کود نیتروژن و قارچ میکوریزای آرباسکولار

۴-۲-۲- کلروفیل b

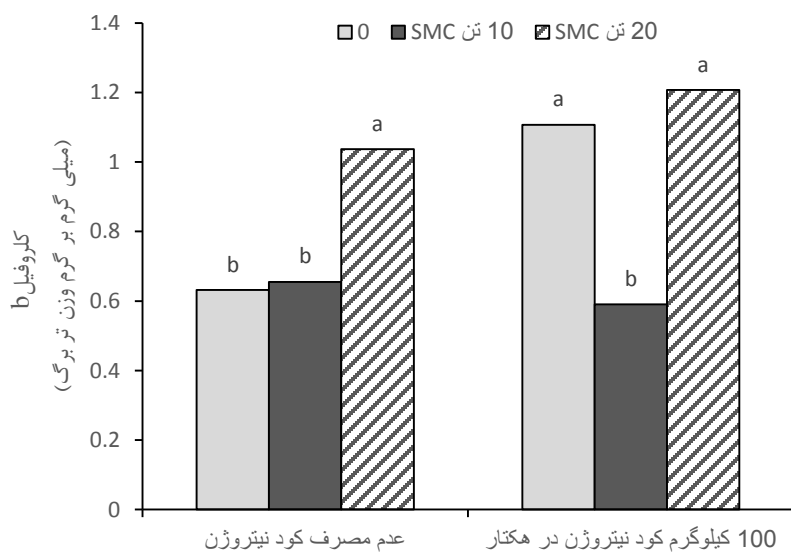
نتایج حاصل از جدول پیوست ۳ نشان داد که اثرات ساده تیمارهای مورد بررسی شامل کود نیتروژن، SMC، قارچ میکوریزا و اثر متقابل سه‌گانه عوامل کود نیتروژن و SMC و قارچ میکوریزا تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و همچنین اثر متقابل کود نیتروژن و SMC تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر کلروفیل b داشتند.

با توجه به شکل ۴-۱۹ بالاترین میزان کلروفیل b از ترکیب تیماری ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و ۲۰ تن SMC به میزان ۱/۲۰۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۹۰/۹۸ درصد افزایش داشت که با ترکیبات تیماری عدم مصرف کود نیتروژن، ۲۰ تن SMC و ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و عدم مصرف SMC اختلاف معنی‌داری نداشت و به طور کلی سبب افزایش میزان کلروفیل b شدند. کمترین میزان کلروفیل b را در ترکیب تیماری ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و ۱۰ تن SMC مشاهده کردیم که به میزان ۶/۵۶ درصد نسبت به شاهد کاهش داشته است و با شاهد و ترکیب تیماری عدم مصرف کود نیتروژن و ۱۰ تن SMC در یک گروه آماری قرار دارند.

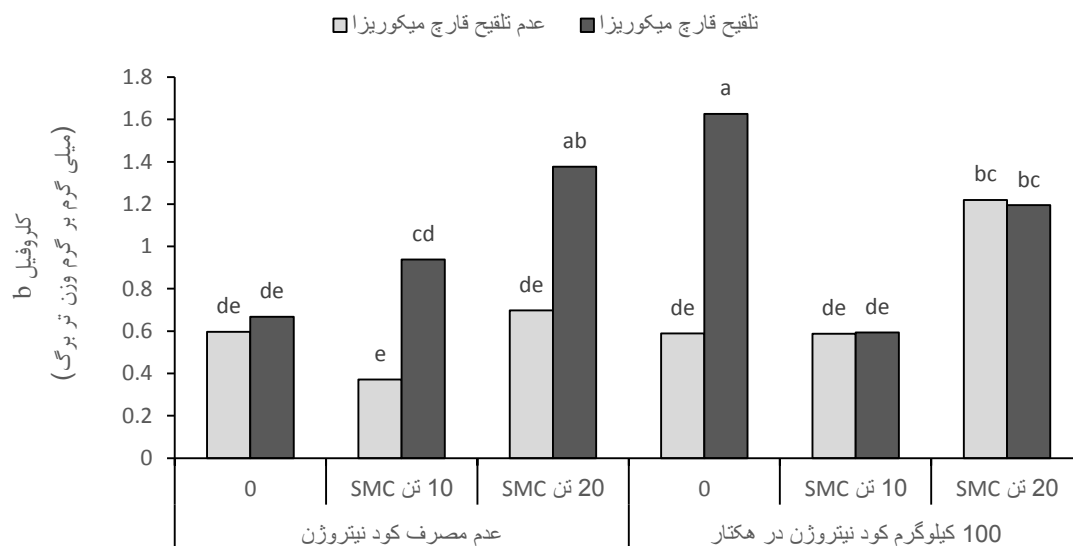
در صورت عدم مصرف کود نیتروژن، افزایش سطوح SMC و تلقیح قارچ میکوریزا تاثیر مثبتی در افزایش میزان کلروفیل b داشت در صورتی که کمترین میزان کلروفیل b در ترکیب تیماری عدم مصرف کود نیتروژن و ۱۰ تن SMC و عدم تلقیح میکوریزا مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ۳۷/۶۸ درصد کاهش داشت. بیشترین میزان کلروفیل b معادل ۱/۶۲۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ در گیاهانی ثبت گردید که با ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و عدم مصرف SMC و تلقیح قارچ میکوریزا تیمار شده بودند که نسبت به شاهد ۱۷۲/۳۶ درصد افزایش داشتند و با ترکیب تیماری عدم مصرف کود نیتروژن و ۲۰ تن SMC و تلقیح قارچ میکوریزا از نظر آماری در یک سطح معنی‌داری قرار گرفتند و سبب افزایش میزان کلروفیل b شد (شکل ۴-۲۰).

برخی پژوهشگران معتقدند با افزایش میزان کود آلی در ترکیب با کود شیمیایی با افزایش عناصر غذایی مانند نیتروژن، آهن و منیزیم که در کلروفیل سازی موثر می‌باشند، محتوی کلروفیل برگ افزایش می‌یابد و در آزمایش آن‌ها کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی و یا آلی، محتوی کلروفیل در گیاه را بیشتر از مصرف جداگانه کودها افزایش داد (مقصودی و همکاران، ۲۰۱۲).

بررسی شریفی و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد که تلقیح قارچ میکوریزای آرباسکولار با ریشه گیاه ریحان به‌طور معنی‌داری سبب افزایش شاخص‌های رشد و کلروفیل a و b در مقایسه با بوته‌های شاهد شد. بر اساس گزارش دیمر (۲۰۰۴) همزیستی با قارچ میکوریزا میزان فتوسنتز در فلفل را نسبت به گیاه شاهد بهبود می‌بخشد. افزایش میزان فتوسنتز در گیاهان تلقیح شده با میکوریزا به علت بهبود جذب فسفر و افزایش محتوای کلروفیل می‌باشد (حبیب زاده و همکاران، ۱۳۹۲).



شکل ۴-۱۹ مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ



شکل ۴-۲۰ مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار

۴-۲-۳- کاروتنوئید

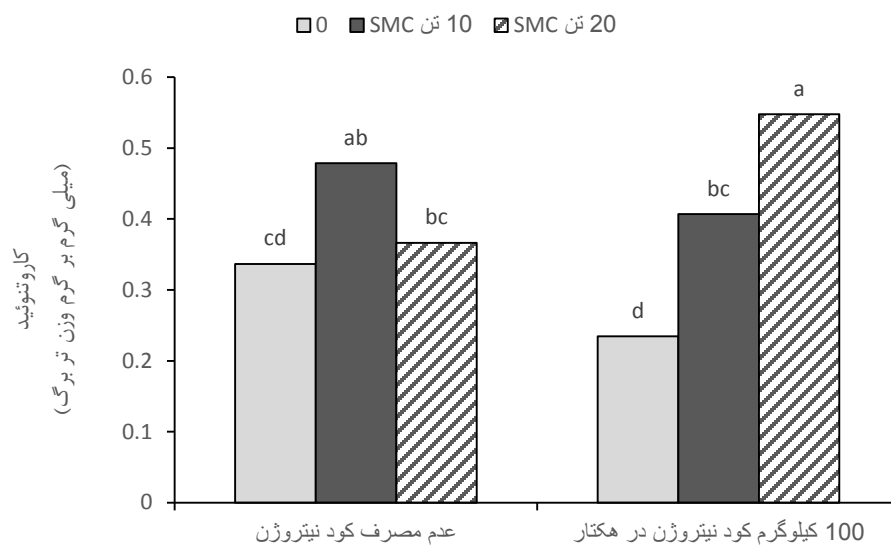
نتایج حاصل از تجزیه واریانس جدول پیوست ۳ نشان داد که اثر ساده قارچ میکوریزا بر کاروتنوئید برگ لوبیا چشم بلبلی در سطح احتمال پنج درصد و اثر ساده SMC و اثر متقابل کود نیتروژن و SMC و همچنین اثر متقابل سه گانه عوامل کود نیتروژن و SMC و قارچ میکوریزا در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد.

نتایج مقایسه میانگین شکل ۴-۲۱ حاکی از آن است که اثر متقابل ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و مصرف ۲۰ تن SMC به طور معنی داری کاروتنوئید برگ را افزایش داد به طوری که بیشترین میزان کاروتنوئید برگ معادل ۰/۵۴۷۷ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ در این ترکیب تیماری به دست آمد که اختلاف معنی داری به میزان ۶۲/۶۶ درصد نسبت به شاهد داشت. کمترین میزان کاروتنوئید مربوط به ترکیب تیماری ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و عدم مصرف SMC به میزان ۰/۲۳۴۵ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ بود که با شاهد اختلاف معنی داری نداشت.

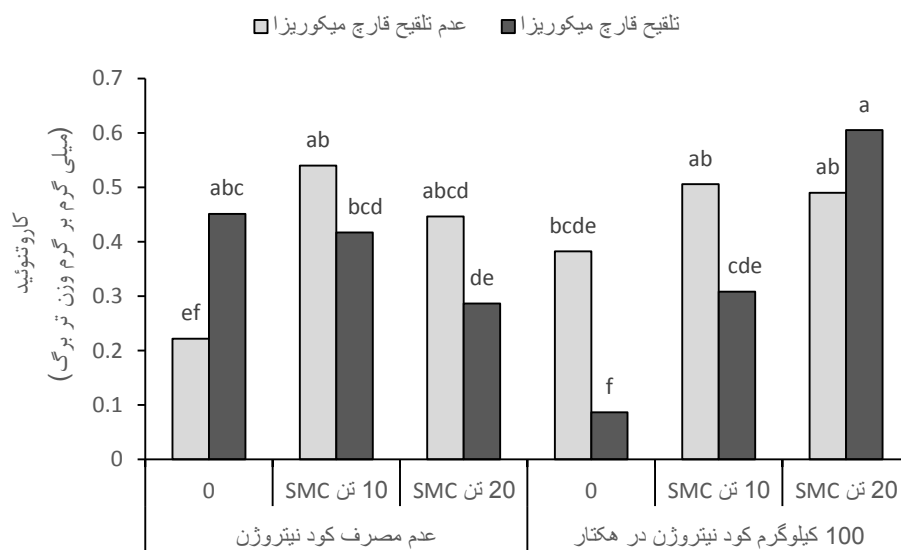
شکل ۴-۲۲ نشان می‌دهد بیشترین میزان کاروتنوئید برگ معادل 0.6053 میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ از ترکیب تیماری ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و ۲۰ تن SMC و تلقیح قارچ میکوریزا حاصل شد که نسبت به شاهد $172/65$ درصد افزایش داشت. کمترین میزان کاروتنوئید برگ مربوط به ترکیب تیماری ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و عدم مصرف SMC و تلقیح قارچ میکوریزا به میزان 0.08667 میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بود که با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت. در ترکیبات تیماری ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و SMC و تلقیح قارچ میکوریزا با افزایش سطوح SMC میزان کاروتنوئید برگ روند افزایشی داشت.

کارتنوئید به‌عنوان رنگیزه کمکی در گیاهان شناخته شده است. علاوه بر نقش کارتنوئید به‌عنوان رنگیزه کمکی، دارای یک نقش الزامی در پدیده حفاظت نور می‌باشد. اگر انرژی نورانی نتواند توسط واکنش‌های فتوشیمیایی ذخیره شود مقادیر زیادی انرژی جذب شده به وسیله رنگیزه‌ها به سهولت به غشا فتوسنتزی صدمه می‌زند. به‌همین علت وجود یک سازوکار حفاظتی ضروری است. به‌نظر می‌رسد که کارتنوئیدها می‌تواند به‌عنوان یک دریچه اطمینان، انرژی اضافه را قبل از اینکه به اندام صدمه بزند تخلیه کند (سرمدنیا و همکاران، ۱۳۷۲). از سوی دیگر، کاروتنوئیدها که به‌عنوان رنگیزه‌های برداشت‌کننده نور در فتوسنتز عمل می‌کنند، می‌توانند به‌عنوان یک عامل آنتی‌اکسیدانی در از بین بردن اثر رادیکال‌های آزاد در گیاه به کار رفته و در نتیجه موجب بهبود تنش‌های اکسیداتیو وارد شده بر گیاه سازگاری گردند (کریشنا و همکاران، ۲۰۰۵).

سلواراج و همکاران (۲۰۰۶) اظهار کردند که تیمارهای میکوریزایی دارای سطح کلروفیل و کاروتنوئید بالاتری نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی می‌باشند. بالا بودن سطح کلروفیل در نمونه‌های میکوریزایی را می‌توان به بالا بودن جذب فسفر به‌عنوان یک حامل انرژی در طی فرایند فتوسنتز نسبت داد.



شکل ۴-۲۱ مقایسه میانگین کاروتنوئید تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ



شکل ۴-۲۲ مقایسه میانگین کاروتنوئید تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار

۴-۲-۴- کلروفیل کل

بررسی نتایج این تحقیق نشان داد که اثر ساده SMC و اثر متقابل کود نیتروژن و قارچ میکوریزا تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و همچنین اثر ساده قارچ میکوریزا و اثر متقابل دوگانه کود نیتروژن و SMC تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر کلروفیل کل برگ لوبیا چشم بلبلی داشت (جدول پیوست ۳).

نتایج این پژوهش نشان داد بیشترین میزان کلروفیل کل معادل $6/804$ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ مربوط به ترکیب تیماری ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و ۲۰ تن SMC بود که نسبت به شاهد $55/12$ درصد افزایش داشت. در صورت عدم مصرف کود نیتروژن با افزایش سطوح SMC میزان کلروفیل کل افزایش یافت، به طوری که ترکیب تیماری عدم مصرف کود نیتروژن و ۲۰ تن SMC ($5/908$ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) اثر مثبت معنی‌داری در میزان کلروفیل کل داشت. کمترین میزان کلروفیل کل معادل $4/328$ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ در گیاهانی با ترکیب تیماری ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و ۱۰ تن SMC مشاهده شد که با شاهد ($4/386$ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در یک گروه آماری قرار دارند (شکل ۴-۲۳).

در بین فرآیندهای گیاهی، فتوسنتز فرآیندی مهم و کلیدی در زندگی گیاهان به شمار می‌آید و محتوای کلروفیل برگ‌ها یکی از عوامل کلیدی در تعیین شدت فتوسنتز می‌باشد (گوش و همکاران، ۲۰۰۴). فراهمی عناصری نظیر آهن، منیزیم و منگنز با کاربرد کمپوست و کود شیمیایی نیتروژن و با توجه به نقش کلیدی عناصری مانند نیتروژن، آهن و منیزیم در ساختمان کلروفیل، به نظر می‌رسد که تأمین این عناصر دلیل اصلی افزایش کلروفیل باشد. همبستگی مثبت بین افزایش فراهمی نیتروژن و میزان کلروفیل برگ در مطالعات مختلفی گزارش شده است (دینگ و همکاران، ۲۰۰۵. داماتا و همکاران، ۲۰۰۲). صدقی و میرزایی (۱۳۸۷) در تحقیقات خود دریافتند که اضافه کردن کمپوست به خاک، جذب نیتروژن توسط

گیاه را افزایش داد که به تبع آن میزان رشد رویشی و تولید برگ افزایش یافته و در نتیجه سطح فتوسنتزی گیاه بیشتر شده و میزان مواد هیدروکربنی و کلروفیل در گیاه افزایش می‌یابد. به‌طور کلی هر چه شرایط تغذیه‌ای و محیطی، از جمله عناصر غذایی، نور، رطوبت، آفات و بیماری‌ها برای رشد گیاه مناسب‌تر باشد، توان گیاه در تولید کلروفیل در برگ‌ها و تولید انرژی بیشتر می‌شود. از این‌رو عواملی که سبب بهبود این شرایط می‌شوند، احتمالاً بر میزان کلروفیل نیز مؤثر هستند (دیمر، ۲۰۰۴).

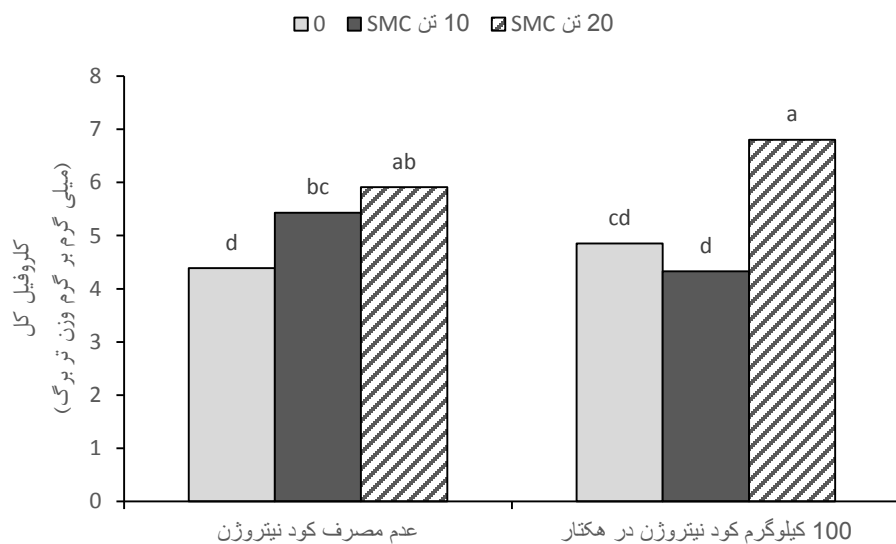
با توجه به شکل ۴-۲۴ کمترین میزان کلروفیل کل معادل ۴/۵۴۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ مربوط به تیمار شاهد بود. در صورت عدم مصرف کود نیتروژن، تلقیح قارچ میکوریزا باعث افزایش میزان کلروفیل کل شد به طوری که بیشترین میزان کلروفیل کل معادل ۵/۹۴۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ در این ترکیب تیماری مشاهده شد که نسبت به شاهد ۳۰/۸۷ درصد افزایش داشت و با ترکیبات تیماری ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن، عدم تلقیح قارچ میکوریزا (۵/۳۶۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) و ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن، تلقیح قارچ میکوریزا در یک گروه آماری قرار دارند.

تحقیقات نشان داده است که در حدود ۷۰ درصد نیتروژن برگ در کلروپلاست‌های آن انباشته می‌شوند و در نتیجه مقدار کلروفیل همبستگی زیادی با مقدار نیتروژن دارد (مجیدیان و همکاران، ۲۰۰۷). لذا در بیان علت برتری تیمار ترکیب کودهای زیستی و شیمیایی می‌توان اظهار داشت تامین مناسب، کافی و تدریجی نیتروژن هم از طریق استفاده از کود نیتروژن و هم به واسطه حضور کود زیستی، باعث گردید که گیاه، نیتروژن کافی جهت تولید کلروفیل در اختیار داشته باشد، سایر عناصر مورد نیاز در فتوسنتز و سنتز کلروفیل نیز تا حدود زیادی به واسطه استفاده از این کودها تامین گردید.

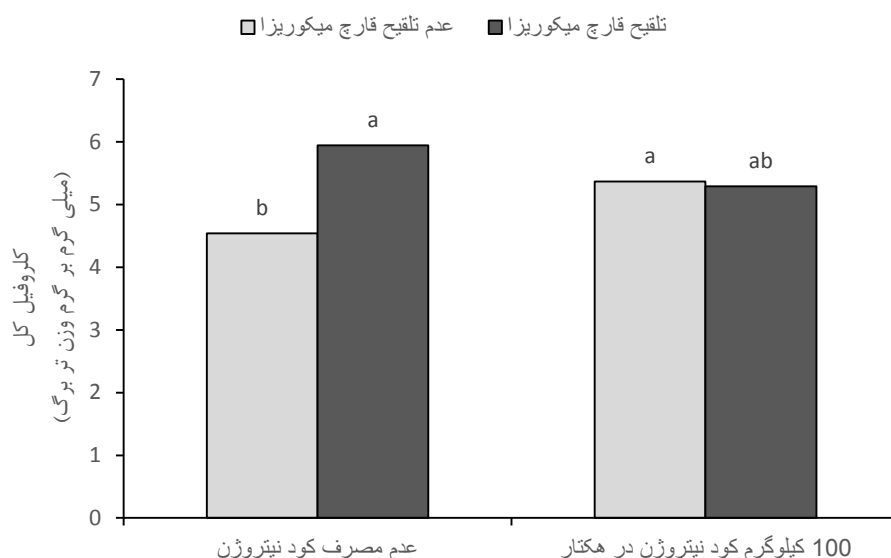
همزیستی با قارچ‌های میکوریز می‌تواند موجب افزایش در جذب عناصر غذایی مانند منیزیم و آهن که جهت فتوسنتز ضروری می‌باشند گردد (کریشنا و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین این قارچ‌ها نقش مهمی در

جذب فسفر توسط گیاه داشته و از این طریق می‌تواند موجب بهبود فتوسنتز و در نتیجه افزایش در محتوا و سازمان‌دهی کلروپلاست‌های برگ‌ها در این گیاهان شوند (سلواراج و همکاران، ۲۰۰۶). بیان و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که تلقیح گیاه با قارچ گونه‌ی *G.mosseae* به تنهایی منجر به افزایش قابل توجهی در محتوی کلروفیل در مقایسه با گیاهان شاهد شد.

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت مصرف کود با افزایش میزان نیتروژن در گیاه، باعث افزایش میزان کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها شده که به دنبال آن سبزینه گی، توانایی جذب نور خورشید، تولید مواد فتوسنتزی و در نهایت رشد و عملکرد گیاه افزایش یافته است.



شکل ۴-۲۳ مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ



شکل ۴-۲۴ مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تاثیر کود نیتروژن و قارچ میکوریزا

۴-۲-۵- پروتئین دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس جدول پیوست ۴ نشان داد که اثرات ساده SMC و قارچ میکوریزا بر پروتئین دانه لوبیا چشم بلبلی در سطح احتمال یک درصد و اثر ساده کود نیتروژن و اثر متقابل کود نیتروژن و SMC و همچنین اثر متقابل سه گانه عوامل کود نیتروژن و SMC و قارچ میکوریزا در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد.

نتایج مقایسه میانگین شکل ۴-۲۵ حاکی از آن است که اثر متقابل ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و مصرف ۱۰ تن SMC به طور معنی داری پروتئین دانه لوبیا چشم بلبلی را افزایش داد به طوری که بیشترین میزان پروتئین دانه معادل ۲۵/۸۳ درصد در این ترکیب تیماری به دست آمد که اختلاف معنی داری به میزان ۵/۱ درصد نسبت به شاهد داشت و با ترکیب تیماری ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و عدم مصرف SMC در یک گروه آماری قرار دارند و اختلاف معنی داری نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. کمترین میزان

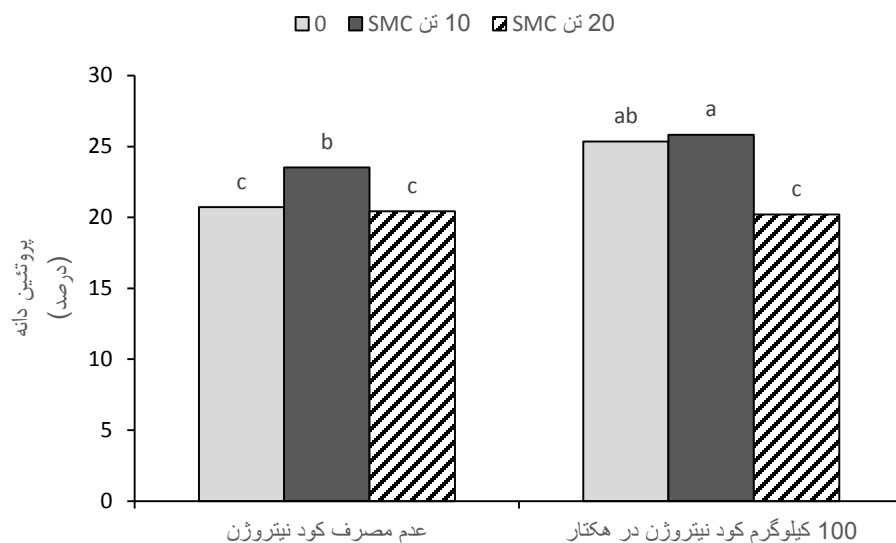
پروتئین دانه مربوط به ترکیب تیماری ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و مصرف ۲۰ تن SMC به میزان ۲۰/۲۰ درصد بود که با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت.

نیتروژن در تشکیل ماده خشک و شکل‌گیری اجزاء اساسی از جمله نوکلئیک اسیدها، آمینواسیدها، آنزیم‌ها و رنگدانه‌های فتوسنتزی نقشی تعیین‌کننده دارد (بونگارد و همکاران، ۱۹۹۹). سنتز پروتئین در غلات به جذب نیتروژن خاک قبل از گلدهی و ادامه آن در زمان پر شدن دانه بستگی دارد (سودی و همکاران، ۲۰۰۷). کاربرد کودهای آلی سبب افزایش فعالیت آنزیمی و میکروبی خاک و فراهمی نیتروژن برای گیاه می‌گردد (هاتچ و همکاران، ۲۰۰۷). مامان و همکاران (۱۹۹۹) در آزمایشی با افزایش نیتروژن مصرفی از ۱۰۰ کیلوگرم به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار شاهد افزایش میزان پروتئین شد. در مطالعه کوکس و همکاران (۱۹۹۳) نیز در اثر افزایش مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن، پروتئین دانه ذرت افزایش یافت. نیتروژن از اجزای اساسی تشکیل دهنده پروتئین‌ها محسوب می‌شود در نتیجه می‌توان گفت میزان پروتئین با غلظت نیتروژن در بافت‌های گیاهی رابطه مستقیم دارد و با افزایش میزان نیتروژن، پروتئین در بافت‌های گیاهی نیز افزایش می‌یابد. در این آزمایش نیز با مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن و کمپوست به دلیل داشتن میزان زیادی نیتروژن، افزایش میزان پروتئین دانه لوبیا چشم بلبلی مشاهده شد.

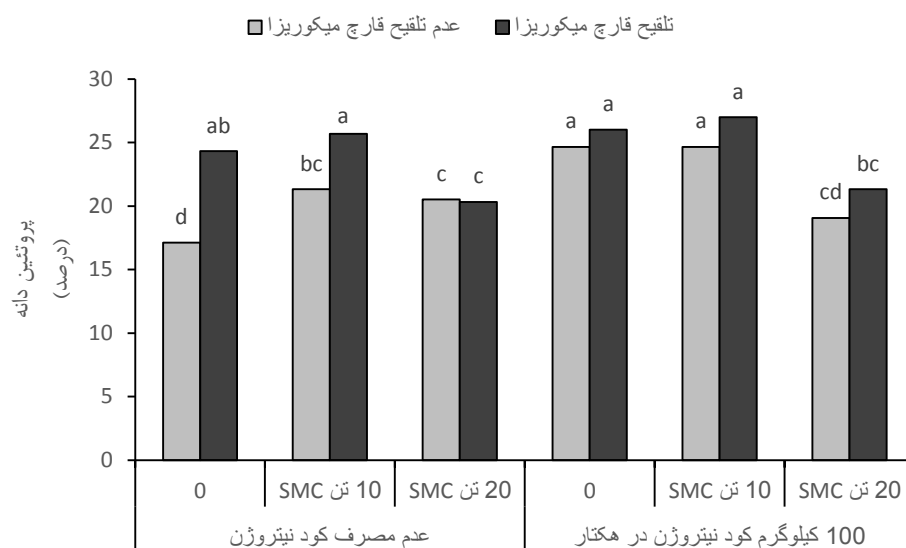
شکل ۴-۲۶ نشان می‌دهد بیشترین میزان پروتئین دانه معادل ۲۷/۰۰ درصد از ترکیب تیماری ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و ۱۰ تن SMC و تلقیح قارچ میکوریزا حاصل شد که نسبت به شاهد ۹/۸۷ درصد افزایش داشت. کمترین میزان پروتئین دانه (۱۷/۱۳ درصد) مربوط به تیمار شاهد بود.

به نظر می‌رسد که با مصرف تلفیقی کودها از طریق جلوگیری از هدرروی نیتروژن به علت وجود کود آلی، نیتروژن بیشتری در اختیار گیاه قرار گرفته و لذا میزان پروتئین در تیمارهای تلفیقی نسبت به سایر تیمارها بیشتر بوده است. در تحقیقات مختلف نیز به نقش کودهای شیمیایی و آلی در افزایش پروتئین دانه گیاهان اشاره شده است. شوقی کلخوران و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که تیمار تغذیه تلفیقی

کود آلی و کود شیمیایی در آفتابگردان سبب افزایش معنی‌دار میزان پروتئین دانه نسبت به سایر تیمارها گردید. ناظری و همکاران (۲۰۱۰) در لوبیا سفید گزارش کردند که تیمار استفاده از کود زیستی و کود شیمیایی بیشترین میزان پروتئین دانه را داشت. رشیدی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی موجب افزایش میزان پروتئین دانه گندم نان گردید. جهان و همکاران (۲۰۰۸) در کدو پوست کاغذی و سجادی نیک و همکاران (۲۰۱۱) در کنجد نیز به نتایج مشابهی دست یافتند که با نتیجه آزمایش حاضر مطابقت دارد.



شکل ۴-۲۵ مقایسه میانگین پروتئین دانه تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ



شکل ۴-۲۶ مقایسه میانگین پروتئین دانه تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار

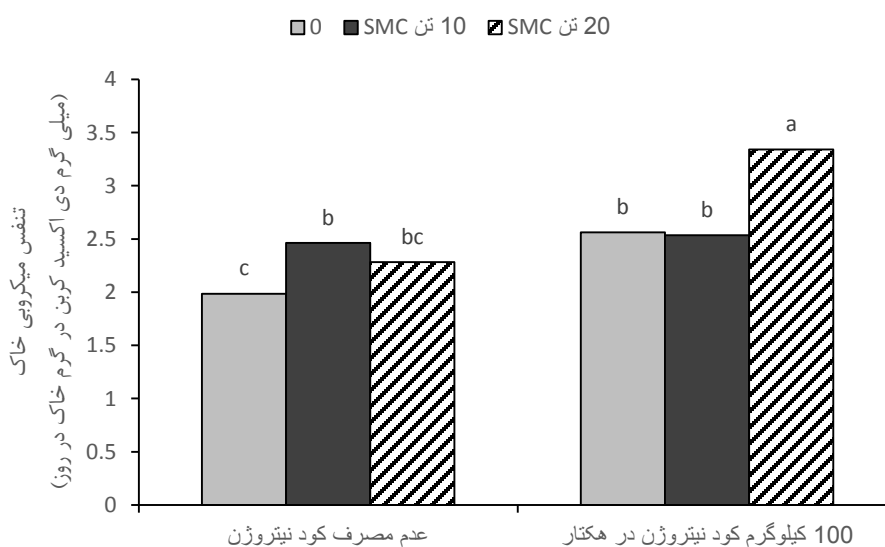
۴-۳- صفات اندازه گیری شده خاک

۴-۳-۱- تنفس میکروبی خاک

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده کود نیتروژن و اثر متقابل کود نیتروژن و SMC در سطح احتمال پنج درصد و اثر ساده SMC در سطح احتمال یک درصد تاثیر معنی داری بر تنفس میکروبی خاک داشتند و سایر ترکیبات تیماری تاثیر معنی داری بر این صفت نداشتند (جدول پیوست ۴). افزودن کود شیمیایی نیتروژن در ترکیب تیماری کود نیتروژن و SMC اختلاف معنی داری نسبت به عدم استفاده از کود نیتروژن در میزان تنفس میکروبی خاک ایجاد کرد. به طوری که بیشترین میزان تنفس میکروبی خاک معادل ۳/۳۴۱ میلی گرم دی اکسید کربن در گرم خاک در روز در ترکیب تیماری ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و مصرف ۲۰ تن SMC بدست آمد که ۶۸/۳۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت و کمترین میزان تنفس میکروبی خاک معادل ۱/۹۸۵ میلی گرم دی اکسید کربن در گرم خاک در روز بود که در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۴-۲۷).

اصغری پور و همکاران (۱۳۸۶)، در تحقیق خود با عنوان اثر مدیریت خاک بر تنوع و زیست توده جامعه میکروبی خاک، ملاحظه کردند که تنفس خاک در مزرعه پر نهاده به طور معنی داری از مرتع و مزرعه کم نهاده بیشتر بود.

برمر و همکاران (۱۹۹۸) بیان داشتند که عامل اصلی افزایش تنفس خاک مربوط به فراهمی کربن آلی در خاک می باشد. افزایش محتوی کربن آلی خاک به عنوان ماده اولیه لازم برای رشد جوامع میکروبی خاک (اگلی ۱۹۹۱؛ برمر و همکاران ۱۹۹۸) سبب بهبود فعالیت های جوامع میکروبی خاک در دراز مدت می شود (کومار و شوتا، ۲۰۱۰). به طور کلی افزودن کود سبب افزایش مواد غذایی به خاک و در نتیجه افزایش فعالیت ریز جانداران می شود. کود آلی نیز با داشتن عناصر غذایی زیاد سبب افزایش جمعیت میکروبی و بالا بردن میزان تجزیه مواد آلی موجود در خاک می شود و سرعت خروج CO₂ از خاک را افزایش می دهد. کاربرد کودهای آلی همچون کمپوست، علاوه بر کاهش استفاده از کودهای شیمیایی با حفظ و ارتقاء حاصل خیزی خاک سبب افزایش تنفس خاک می شود.



شکل ۴-۲۷ مقایسه میانگین تنفس میکروبی خاک تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ

۴-۳-۲- درصد کلونیزاسیون ریشه

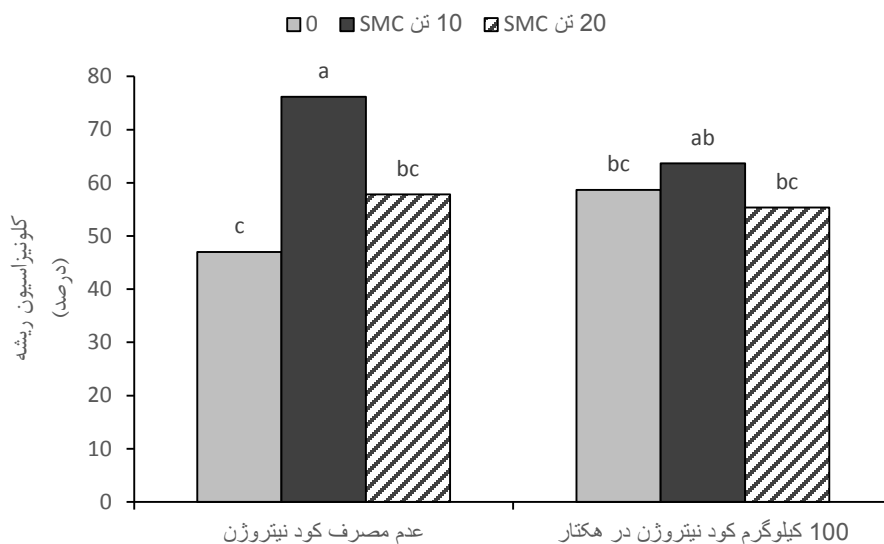
بررسی نتایج حاصل از این تحقیق در جدول پیوست ۴ بیانگر آن است که اثر ساده SMC در سطح احتمال یک درصد و همچنین اثر متقابل کود نیتروژن و SMC در سطح احتمال پنج درصد بر درصد کلونیزاسیون ریشه معنی‌دار شد و سایر ترکیبات تیماری تاثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند.

بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه مربوط به ترکیب تیماری عدم مصرف کود نیتروژن و مصرف ۱۰ تن SMC با ۷۶/۱۷ درصد بود که ۲۹/۱۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت و با ترکیب تیماری ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و ۱۰ تن SMC از نظر آماری در یک سطح معنی‌داری قرار دارند. کمترین درصد کلونیزاسیون ریشه معادل ۴۷ درصد بود که در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۴-۲۸).

ترشحات ریشه گیاهان غیر میزبان فاقد سیگنال‌های ضروری برای کلونیزاسیون توسط قارچ می‌باشند و حتی این ترشحات ممکن است حاوی مواد بازدارنده رشد قارچ‌های میکوریزا باشند. همچنین در میان گونه‌های مختلف میزبان نیز بسته به وضعیت میزبان (مرحله رشد) و سیگنال‌های گیاهی دریافت شده توسط قارچ و وضعیت‌های مختلف محیطی یا سطوح مختلف رقابت بر درجه کلونیزاسیون گونه‌های مختلف، شدت میکوریزایی شدن متفاوت خواهد بود. از این رو همزیستی قارچ‌های میکوریزا آرباسکولار عموماً اختصاصی نیست (چو و همکاران، ۲۰۰۶).

بروندرت و ابوت (۲۰۰۲) گزارش کردند که حتی در غیاب تلقیح میکوریزایی نیز کلونیزاسیون ریشه توسط میکوریزای بومی اتفاق می‌افتد. به نظر می‌رسد تلفیق کودهای آلی و کود شیمیایی تاثیر بیشتری بر کلونیزاسیون میکوریزایی داشته است. همانطور که گریندلر و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که در ذرت، کاربرد کودهای مخلوط متعادل، باعث افزایش کلونیزاسیون میکوریزی شد. علیزاده و همکاران (۱۳۸۶) گزارش کردند نیتروژن جز عناصری است که درصد کلونیزاسیون میکوریزایی را بالا می‌برد. در نتیجه

کاربرد کود نیتروژن و کمپوست قارچ سبب جذب بهتر آب و مواد غذایی و توسعه بیشتر ریشه گردیده است که سبب افزایش فعالیت زیستی و میکوریزایی خاک می‌شود.



شکل ۴-۲۸ مقایسه میانگین کلونیزاسیون ریشه تحت تاثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ

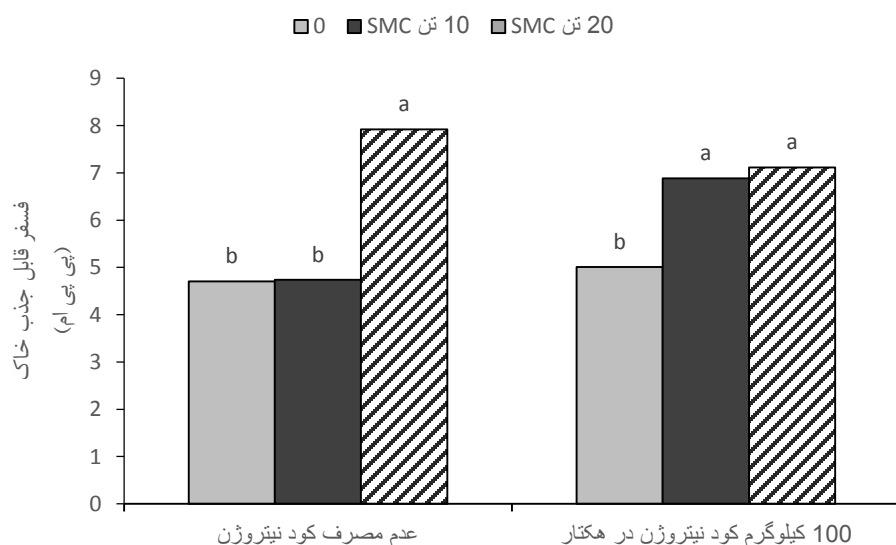
۴-۳-۳- فسفر قابل دسترس خاک

طبق نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس، اثر ساده SMC در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل کود نیتروژن و SMC در سطح احتمال پنج درصد بر میزان فسفر قابل دسترس خاک معنی‌دار شد (جدول پیوست ۴)

مقایسه بر همکنش کود نیتروژن و SMC نشان داد که کمترین میزان فسفر قابل جذب خاک معادل ۴/۷۰۴ پی‌پی‌ام در تیمار شاهد مشاهده شد. بیشترین میزان فسفر قابل جذب خاک معادل ۷/۹۱۸ پی‌پی‌ام در ترکیب تیماری عدم مصرف کود نیتروژن و مصرف ۲۰ تن SMC بدست آمد که ۶۸/۳۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت. در صورت مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن با افزایش سطوح SMC میزان فسفر قابل جذب خاک به طور معنی‌داری افزایش یافت به طوری که با بالاترین میزان فسفر قابل

جذب خاک (ترکیب تیماری عدم مصرف کود نیتروژن و مصرف ۲۰ تن SMC) در یک گروه آماری قرار گرفتند و اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۴-۲۹).

محققین نیز افزایش میزان فسفر قابل جذب در اثر مصرف کودهای آلی را گزارش کردند (اگاروال و همکاران، ۱۹۹۷؛ داموداردی و همکاران، ۲۰۰۰). یکی از دلایل این تأثیر را می‌توان کم بودن ماده آلی خاک قبل از اعمال تیمارها دانست، زیرا کمبود مواد آلی باعث می‌شود فسفر موجود در خاک با کلونیدهای خاک ترکیب شود و از دسترس گیاه خارج شود (کوچکی و خلقانی، ۱۳۷۷). افزایش دسترسی میکروارگانیسیم‌ها به مواد غذایی به دنبال افزودن مواد آلی و افزایش ترشحات ریشه‌ای دلیلی بر افزایش فعالیت فسفاتازهاست (تجادا، ۲۰۰۶). کودهای آلی موجب افزایش ظرفیت جذب فسفر می‌شوند، بنابراین کاربرد کودهای آلی موجب افزایش فراهمی فسفر خاک می‌شود (سیکس و همکاران، ۱۹۹۸). این امر نشان می‌دهد که SMC در طول دوره رشد، فسفر قابل دسترس خاک را برای گیاه فراهم می‌کند (ویلیامز و همکاران، ۲۰۰۱).



شکل ۴-۲۹ مقایسه میانگین فسفر قابل جذب خاک تحت تأثیر کود نیتروژن و پسماند کمپوست فارچ

نتیجه گیری:

امروزه توجه ویژه‌ای به ساماندهی تلفیقی تغذیه گیاهی معطوف گردیده است که در آن از منابع آلی و زیستی به همراه مصرف بهینه کودهای شیمیایی مورد نظر بوده و منجر به تامین عناصر غذایی گیاه، بهبود و حفظ حاصلخیزی خاک، فعالیت‌های زیستی، ظرفیت تبادل کاتیونی و ظرفیت نگهداری رطوبت خاک می‌شود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و آلی و زیستی تاثیر بسزایی بر بهبود خصوصیات رویشی گیاه، عملکرد دانه، شاخص سطح برگ، شاخص برداشت، پروتئین دانه، کلروفیل b و کاروتنوئید داشت. بیشترین میزان عملکرد دانه در کاربرد تلفیقی کودهای نیتروژن، پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزا بدست آمد. حصول حداکثر میزان در بسیاری از صفات دیگر در اثر کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی و زیستی بیانگر قابلیت زیاد کودهای آلی و زیستی در تامین نیاز-های گیاه در حد مطلوب است و البته بیانگر این نکته است که منابع متعدد تامین مواد غذایی ممکن است در رهاسازی عناصر غذایی و قابلیت آماده‌سازی آنها به یکدیگر موثر باشند. بر این اساس می‌توان در برخی شرایط میزان کود شیمیایی مصرفی را کاهش داده و یا کودهای آلی این کاهش را جبران نمود. ضمن این‌که کود آلی توانایی جبران بخش زیادی از نیازهای کودی گیاه لوبیا چشم بلبلی را دارد. با توجه به این‌که بخش عمده‌ی کشور ما شامل مناطق خشک و نیمه خشک است و دارای محتوی ماده آلی بسیار پایین می‌باشد، وجود درصد بالای مواد آلی در این کودها سبب می‌شود تا قابلیت دسترسی عناصر غذایی کود شیمیایی خصوصا نیتروژن که مشکلات عدیده‌ای از نظر آبشویی را دارد، بهبود بخشد. بنابراین کاربرد همزمان این کودها ضمن رسیدن به عملکرد مطلوب و بهبود خصوصیات گیاه راندمان مصرف کود شیمیایی را افزایش داده و به دلیل کاهش آلودگی‌های زیست محیطی می‌تواند نقش بسزایی در جهت نیل به اهداف کشاورزی پایدار ایفا کند.

نتایج آزمایش بیانگر تاثیر مثبت و معنی‌دار کاربرد توام پسماند کمپوست قارچ به همراه قارچ میکوریزا در وزن خشک برگ، وزن خشک غلاف، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، وزن صد دانه، ارتفاع ساقه اصلی، شاخص سطح برگ و شاخص برداشت شد.

همچنین مشخص شد که کاربرد کود شیمیایی به همراه پسماند کمپوست قارچ، منجر به اثر متقابل مثبت و معنی‌دار بر افزایش تنفس میکروبی خاک، درصد کلونیزاسیون میکوریزایی، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئید، وزن خشک برگ، پروتئین دانه و فسفر قابل جذب خاک شد.

پیشنهادها:

- ✓ بررسی کاربرد توأم پسماند کمپوست قارچ و کودهای شیمیایی مختلف از جمله کودهای فسفره و پتاسه
- ✓ استفاده از گونه‌ی دیگر قارچ در تلفیق با کود شیمیایی نیتروژن و پسماند کمپوست قارچ
- ✓ بررسی سطوح مختلف کود نیتروژن
- ✓ انجام این آزمایش بر روی سایر گیاهان با نیازهای غذایی متفاوت
- ✓ بررسی سطوح مختلف پسماند کمپوست قارچ

جدول پیوست ۱- جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر کود نیتروژن، پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزی آرباسکولار

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع ساقه اصلی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک غلاف	عملکرد بیولوژیک
تکرار	۲	۴۱/۱۱۱ ^{ns}	۴۲/۸۷۳ ^{ns}	۶۶۷/۱۰۷ ^{ns}	۷۹۶۵/۴۴۶ ^{ns}	۵۴۲۹/۳۶۴ ^{ns}
کود نیتروژن (N)	۱	۰/۰۰۵ ^{ns}	۱۴۱۵/۶۴۱ ^{ns}	۳۸۴۹/۹۹۶ ^{ns}	۴۶۸۷/۲۲۹ ^{ns}	۲۸۲۷۴/۴۱۴ ^{ns}
E (N)	۲	۹/۷۳۳	۳۷۶/۴۱۵	۱۲۵۱/۷۹۳	۴۵۳۵/۵۱۶	۱۴۳۱۶/۷۳۰
کمپوست قارچ (S)	۲	۲۸۳/۲۰۳*	۱۸۸۴/۵۴۰*	۳۳۷۵۳/۲۰۵**	۳۳۸۶/۶۷۵ ^{ns}	۳۱۳۲۹/۶۸۲ ^{ns}
N*S	۲	۲۵۱/۰۳۱ ^{ns}	۳۳۶۱/۰۲۶**	۱۱۱۲/۵۸۳ ^{ns}	۲۰۲۱/۹۸۹ ^{ns}	۶۹۶۵/۳۲۳ ^{ns}
میکوریزا (M)	۱	۷۹۳/۹۴۴***	۵۹/۵۷۳ ^{ns}	۱۳۶۵/۴۲۵ ^{ns}	۱۶۰۹۸/۵۳۸ ^{ns}	۹۵۴۸/۵۵۱ ^{ns}
N*M	۱	۳۷۳۸/۰۵۹***	۸۶/۳۹۷ ^{ns}	۴۳۸۵۶/۰۲۸**	۱۲۰۸۵/۳۳۳ ^{ns}	۸۱۳۹/۰۳۹ ^{ns}
S*M	۲	۱۲۹۷/۳۳۴***	۴۵۷۷/۳۱۹**	۵۲۶۲/۸۷۱ ^{ns}	۳۶۲۳۲/۲۳۰*	۶۸۲۳۱/۶۷۴*
N*S*M	۲	۱۷۹/۳۲۹ ^{ns}	۸۳۴/۹۷۴ ^{ns}	۱۰۳۱۸/۳۰۲*	۹۴۸۷/۸۷۰ ^{ns}	۱۲۵۷۶/۸۳۵ ^{ns}
خطا	۲۰	۸۵/۶۶۵	۵۲۸/۷۹۶	۲۱۱۵/۴۳۴	۱۰۱۴۰/۴۷۲	۱۹۵۵۱/۴۰۷
ضریب تغییرات (/.)	-	۹/۵۵	۱۴/۱۵	۱۸/۵۸	۱۵/۳۸	۱۳/۱۳

ns, * و ** به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می باشند.

جدول پیوست ۲- جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) سطح برگ، عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر کود نیتروژن، پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزی آرباسکولار

منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه	عملکرد دانه
تکرار	۲	۰/۱۹۳ ^{ns}	۴/۴۲۹ ^{ns}	۰/۰۶۳ ^{ns}	۰/۷۹۰ ^{ns}	۵۷۲۷/۶۱۱*
کود نیتروژن (N)	۱	۴/۵۳۴*	۱۶/۶۹۴ ^{ns}	۱/۰۳۴	۸/۰۲۸ ^{ns}	۶۴۱۸/۹۴۶*
E (N)	۲	۰/۲۶۸	۲/۵۸۵	۰/۲۶۷	۴/۲۲۳	۱۴۹/۹۱۵
کمپوست قارچ (S)	۲	۲/۴۲۱***	۱۵/۴۶۰ ^{ns}	۹/۵۲۸***	۰/۹۱۹ ^{ns}	۵۹۷۲/۹۷۵ ^{ns}
N*S	۲	۰/۹۶۹ ^{ns}	۲۰/۳۹۰ ^{ns}	۲/۴۴۴ ^{ns}	۱/۰۹۴ ^{ns}	۵۹۵۵/۱۶۹ ^{ns}
میکوریزا (M)	۱	۰/۱۷۲ ^{ns}	۱/۴۱۴ ^{ns}	۲/۲۰۰ ^{ns}	۳/۶۳۵*	۱۰۰۰۹/۶۶۸ ^{ns}
N*M	۱	۰/۰۰۰ ^{ns}	۰/۱۱۳ ^{ns}	۰/۷۲۳ ^{ns}	۱/۴۸۸ ^{ns}	۳۰۳۳۶/۹۳۰ ^{ns}
S*M	۲	۱/۹۷۰*	۳۷/۱۵۲ ^{ns}	۱/۸۲۵ ^{ns}	۵/۰۰۲**	۷۱۲۷۷/۶۵۴**
N*S*M	۲	۱/۴۵۵*	۱۱/۸۴۰ ^{ns}	۴/۲۵۲*	۱/۲۲۸ ^{ns}	۵۱۴۵۵/۳۲۲**
خطا	۲۰	۰/۳۵۰	۱۴/۳۰۹	۰/۹۳۰	۰/۷۸۸	۸۴۸۹/۴۰۸
ضریب تغییرات (/.)	-	۲۳/۵۶	۲۰/۹۴	۸/۳۵	۴/۵۱	۱۷/۱۱

ns, * و ** به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می باشند.

جدول پیوست ۳- جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص برداشت و کلروفیل برگ لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر کود نیتروژن، پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار

منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص برداشت	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	کلروفیل کل
تکرار	۲	۱۵/۲۵۹ ^{ns}	۰/۷۱۱ ^{ns}	۰/۰۱۴ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۷۷۲ ^{ns}
کود نیتروژن (N)	۱	۰/۳۲۵ ^{ns}	۰/۱۰۶ ^{ns}	۰/۳۳۸**	۰/۰۰۰ ^{ns}	۰/۰۶۵ ^{ns}
E (N)	۲	۳۴/۲۹۱	۰/۱۴۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۱۶۱
کمپوست قارچ (S)	۲	۳۶/۶۹۲ ^{ns}	۶/۸۴۰**	۰/۷۴۸**	۰/۱۰۹**	۱۰/۵۳۷**
N*S	۲	۱۰۹/۳۱۰ ^{ns}	۲/۳۵۷*	۰/۲۲۰*	۰/۰۷۳**	۳/۳۲۲*
میکوریزا (M)	۱	۲۳۳/۶۰۱*	۰/۶۷۲ ^{ns}	۱/۳۶۱**	۰/۰۴۶*	۳/۹۵۱*
N*M	۱	۲۰۶/۰۸۵ ^{ns}	۴/۲۸۲**	۰/۰۲۲ ^{ns}	۰/۰۲۶ ^{ns}	۴/۹۱۶**
S*M	۲	۲۲۶/۸۲۴*	۰/۲۳۲ ^{ns}	۰/۰۶۲ ^{ns}	۰/۰۱۸ ^{ns}	۰/۵۲۴ ^{ns}
N*S*M	۲	۳۳۷/۲۵۸**	۰/۶۱۷ ^{ns}	۰/۶۴۳**	۰/۱۲۱**	۰/۵۱۶ ^{ns}
خطا	۲۰	۵۳/۴۴۴	۰/۴۲۳	۰/۰۵۵	۰/۰۰۹	۰/۵۸۲
ضریب تغییرات (%)	-	۱۴/۴۶	۱۴/۷۴	۲۶/۸۰	۲۴/۶۶	۱۴/۴۴

ns, * و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می باشند.

جدول پیوست ۴- جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) پروتئین دانه لوبیا چشم بلبلی و صفات اندازه گیری شده خاک تحت تاثیر کود نیتروژن، پسماند کمپوست قارچ و قارچ میکوریزای آرباسکولار

منابع تغییر	درجه آزادی	پروتئین دانه	تنفس میکروبی خاک	کلونیزاسیون میکوریزایی	فسفر قابل جذب خاک
تکرار	۲	۴/۵۷۵ ^{ns}	۱/۲۸۳*	۸۶/۱۱۱ ^{ns}	۱/۶۴۲ ^{ns}
کود نیتروژن (N)	۱	۴۴/۸۹۰*	۲/۹۲۴*	۱۱/۱۱۱ ^{ns}	۲/۷۱۶ ^{ns}
E (N)	۲	۲/۷۵۲	۰/۰۵۵	۶۹/۴۴۴	۱/۳۷۴
کمپوست قارچ (S)	۲	۵۸/۱۷۷**	۰/۸۷۴**	۹۶۷/۳۶۱**	۲۱/۸۳۷**
N*S	۲	۱۷/۶۵۸*	۰/۷۲۹*	۴۴۲/۳۶۱*	۶/۶۵۵*
میکوریزا (M)	۱	۷۵/۱۱۱**	۰/۰۵۲ ^{ns}	۲/۷۷۸ ^{ns}	۰/۶۶۸ ^{ns}
N*M	۱	۷/۲۹۰ ^{ns}	۰/۰۰۰ ^{ns}	۲۲۵/۰۰۰ ^{ns}	۲/۱۰۳ ^{ns}
S*M	۲	۸/۴۰۰ ^{ns}	۰/۲۳۸ ^{ns}	۶۳/۱۹۴ ^{ns}	۴/۵۶۶ ^{ns}
N*S*M	۲	۱۲/۹۴۷*	۰/۲۱۰ ^{ns}	۲۰۲/۰۸۳ ^{ns}	۴/۴۰۶ ^{ns}
خطا	۲۰	۳/۴۷۲	۰/۱۴۷	۱۰۸/۶۱۱	۱/۵۸۳
ضریب تغییرات (%)	-	۸/۲۲	۱۵/۱۴	۱۷/۴۳	۲۰/۷۶

ns, * و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می باشند.

منابع

- احمدی، ک.، قلی‌زاده، ح.، عبادزاده، ح.، حسین‌پور، ر.، عبدشاه، ه.، کاظمیان، آ و رفیعی، م. ۱۳۹۶. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ محصولات زراعی. ۲۱(۱): ۱۱۷.
- آرادتمند اصلی، د. و مهرپناه، ح. ۱۳۸۸. "زراعت حبوبات و تثبیت نیتروژن". انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی ساوه. ۲۸۹ ص.
- اردکانی، م. ر. ۱۳۷۸. قارچ‌های میکوریزا و اهمیت همزیستی آنها با گیاهان، فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی اراک. ۳(۴): ۹۵-۱۰۲.
- آستارائی، ع. ر.، ۱۳۸۵. تاثیر کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست بر اجزای عملکرد و عملکرد اسفزه، فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۲ (۳): ۱۸۷-۱۸۰.
- اصغری پور، م. ر.، ریاحی نیا، ش.، و کوچکی، ع. ۱۳۸۶. اثر مدیریت کاربری زمین بر بیوماس و تنوع جامعه میکروبی خاک. مجله دانش کشاورزی. ۱۷(۲): ۱۵-۲۶.
- آقاعلیپور، ا.، فرحوش، ف.، میرشکاری ب.، و عیوضی، ع. ر. ۱۳۹۱. اثر کود اوره، یاشیل و نیتراژین بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم بلبلی. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۳ (۲۳): ۲۴۸-۲۳۵.
- باقری، ع. نظامی، الف، گنجعلی، ع و پارسا، م. (۱۳۷۷). "زراعت و اصلاح نخود" (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی، مشهد. ایران. ۵۷۷ صفحه.
- بنایی، م. ح. مومنی، ع.، بای بوردی، م. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۳. خاک‌های ایران تحولات نوین در شناسایی، مدیریت و بهره‌برداری، انتشارات سنا، ص ۴۸۲.
- بی نام. ۱۳۸۳. اهم دستاوردهای موسسه تحقیقات خاک و آب در طول برنامه‌های دوم و سوم توسعه، دفتر روابط عمومی و بین المللی موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، زراعت جهاد کشاورزی، انتشارات سنا، تهران، ایران.

- حسن زاده، ح. ۱۳۸۴. پرورش قارچ خوراکی صدفی و تکمهای (جزوه درسی). دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم.
- حسن زاده قورت تپه، ع. و قلاوند، ا. ۱۳۸۱. بررسی تاثیر سیستم‌های مختلف تغذیه بر عملکرد دانه و کارایی نیتروژن در برخی ارقام آفتابگردان در آذربایجان غربی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲ (۶۲): ۱۹-۱۷.
- حبیب زاده، ی.، م. ر. زردشتی، ع. ر. پیرزاد و ج. جلیلیان. ۱۳۹۲. اثر میکوریزا آرباسکولار بر عملکرد و اجزا عملکرد ماش تحت تنش کم آبی. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی) ۱۰۰: ۳۸-۴۷.
- جامی الاحمدی م.، کامکار ب. و مهدوی دامغانی ع. ا. (۱۳۸۵). "کشاورزی، کود و محیط زیست" (ترجمه). چاپ اول. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۷۲ صفحه.
- جهان م. (۱۳۹۰) "فن آوری میکوریزایی در کشاورزی از ژن تا فراورده های زیستی" چاپ اول، نشر واژگان خرد. ۳۳۶ صفحه.
- خاوازی، ک. اسدس رحمانی، ه. و ملکوتی، م. ج. (۱۳۸۴). ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور (مجموعه مقالات - چاپ دوم با بازنگری). انتشارات سنا تهران. ۴۶۰ صفحه.
- خاوازانی ک، ملکوتی م ج، (۱۳۸۰) "ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور" چاپ اول، نشر آموزش کشاورزی، کرج.
- خوفی، م. و انویه تکیه، ل. ۱۳۸۸. بازار جهانی حبوبات و جایگاه ایران در تجارت خارجی محصول. ۳۴: ۲۸-۳۸.
- درزی، م. ت.، قلاوند ا.، رجالی ف. ۱۳۸۸. تاثیر مصرف کودهای بیولوژیک بر روی جذب عناصر N, P, K و عملکرد دانه در گیاه دارویی رازیانه. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۵: ۱۹-۱.
- رحمانی، ا.، خاوازی، ک.، اصغر زاده، ا. و رجالی، ف. (۱۳۸۴). "کودهای بیولوژیک، مکمل یا جایگزین کودهای شیمیایی". مجموعه مقالات ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور: ۳۱-۴۲.
- ریگی، م. ع. رونقی، (۱۳۸۲). ارزیابی گلخانه ای برهمکنش ۲ نوع ورمی کمپوست و نیتروژن بر برخی ویژگی های خاک زیر کشت برنج. مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران ۱۴ صفحه.

شریفی عاشور آبادی، امین غ ر، میرزا م. و رضوانی م، ۱۳۸۱. تاثیر سیستم‌های تغذیه گیاه (شیمیایی، تلفیقی، ارگانیک) بر کیفیت گیاه دارویی رازیانه. مجله پژوهش و سازندگی موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. شماره ۵۷ و ۵۶. ص ۷۸.

شریفی م، محتشمیان م، ریاحی ح، آقایی ا، علوی م، ۱۳۹۰. اثر قارچ اندومیکوریزایی بر برخی شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه ریحان. فصلنامه گیاهان دارویی. سال دهم، (۳۸): ۸۵-۹۴.

شهبازی، ک. بشارتی، ح. ۱۳۹۲. بررسی اجمالی وضعیت حاصلخیزی خاک‌های کشاورزی ایران. مجله مدیریت اراضی، جلد ۱ شماره ۱.

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

سرمدنی پ غ. و کوچکی ع. (۱۳۷۲). "فیزیولوژی گیاهان زراعی". (ترجمه) انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. صفحه ۴۶۸. سلیمی، ح.، عباس دخت، ح.، اصغری، ح. ر.، و عارف بیگی، م. ۱۳۸۹. ارزیابی پسماند کمپوست قارچ خوراکی جهت کاربرد در کشاورزی و باغبانی، اولین کنگره چالش‌های کود در ایران، تهران. صالح راستین ن، (۱۳۸۰). "کودهای بیولوژیک و نقش آنها در راستای نیل به کشاورزی پایدار" مجله علوم خاک و آب، ویژه نامه کودهای بیولوژیک.

صالحی، گ. ۱۳۸۰. تاثیر مقادیر مختلف نیتروژن و فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) در باجگاه. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

صدقی مقدم، م. میرزایی، م. (۱۳۸۷). اثر کمپوست زباله شهری بر عملکرد کمی و کیفی کدو (*Cucurbita* *Moschata* Duch. Ex Poir). اولین کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع آب تجدیدپذیر در بخش کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان، اصفهان. صفحه ۱ تا ۷.

عزیزی ا، ۱۳۸۷. چکیده برنامه راهبردی قارچ‌های خوراکی. سازمان ترویج، آموزش و تحقیقات کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی.

علیزاده، ا. ۱۳۸۶. اثرات میکوریزا در شرایط متفاوت رطوبت خاک بر جذب عناصر غذایی در ذرت. مجله پژوهشی در علوم کشاورزی، سال سوم، شماره اول، تابستان ۱۳۸۶.

غلامی، ا. کوچکی، ع. مظاهری، د. قلاوند، ا. (۱۳۷۸). "ارزیابی اثرات گونه های مختلف قارچ میکوریزا از نوع ویسکولار بر خصوصیات رشد ذرت (VAM) مجله علوم زراعی ایران.

فرخ بخت. ع.، لرزاده. ش. و خدا رحمپور. ز. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر مدیریت تلفیقی علفهای هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم بلبلی در شرایط شمال خوزستان. فصلنامه علمی پژوهشی، علوم به زراعی گیاهی. ۲ (۶): ۱-۱۲.

فصیحی، خ.، طهماسبی سروستانی، ز.، آقاعلیخانی، م.، و مدرس ثانوی، ع. م. (۱۳۸۵). "تأثیر کود سبز یونجه یکساله و کودبیولوژیک بر عملکرد گندم دیم پائیزه در ایلام." مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۱۳، ویژه زراعت و اصلاح نباتات. صفحه ۱۲۴-۱۳.

فلاح، ع. ۱۳۸۹. تثبیت نیتروژن و استفاده از کود بیولوژیک در کشت سویا. سومین سمینار بین المللی دانه های روغنی و روغن های خوراکی. تهران. کانون هماهنگی دانش و صنعت دانه های روغنی.

فلاح، ع. و بشارتی، ح و خسروی، ه. (۱۳۸۵) "میکروبیولوژی خاک (ترجمه)". آبیژ. صفحه ۱۸۰.

قربانی، ه. ۱۳۸۶. مروری بر کودهای بیولوژیک در ایران و نقش آنها در حفظ محیط زیست و سلامت جامعه. خلاصه مقالات دومین همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران. گرگان. ۱۶ تا ۲۲ مهر.

کریمی نیا، آ. ۱۳۷۶. شناسایی گونه های تیوباسیلوس جدا شده از برخی خاک های ایران و بررسی تاثیر آنها در کاهش پ. هاش خاک های مختلف. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

کریمی، ه. ۱۳۷۵. گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه تهران، ۷۱۴ صفحه.

کلباسی، م. (۱۳۷۵). وضعیت ماده آلی در خاکهای ایران و نقش کمپوست. مجموعه مقالات پنجمین کنگره علوم خاک ایران، ۱۵ تا ۱۳ شهریور. آموزشکده کشاورزی کرج. صفحه ۷.

کلخوران، ص.، قلاوند، ا. و مدرس، س. ع. ۱۳۸۹. تاثیر سیستم های مختلف حاصلخیزی بر صفات مورفولوژیک و عملکرد گیاه آفتابگردان. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران ص ۱۸۲، تهران.

- کوچکی، ع. و بنایان اول، م.، ۱۳۷۲. زراعت حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۳۶ صفحه.
- کوچکی ع. و بنایان اول م.، (۱۳۷۳) "زراعت در منطقه خشک" انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. صفحه ۱۶۶.
- مجنون حسینی، ن. ۱۳۸۳. "حبوبات در ایران". انتشارات جهاد دانشگاهی شعبه واحد تهران، ۲۴۰ صفحه.
- مجنون حسینی، ن. ۱۳۸۷. "زراعت و تولید حبوبات"، چاپ چهارم. انتشارات جهاد دانشگاهی تهران. ص ۲۷۳.
- محمدیان م و ملکوتی م-ج، ۱۳۸۱. ارزیابی تأثیر دو نوع کمپوست بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد ذرت. مجله علوم خاک و آب، جلد ۱۶، (۲): ۱۴۴-۱۵۰.
- ملکوتی، م، ج. ۱۳۷۵. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران، چاپ اول. انتشارات نشر آموزش کشاورزی، تهران، ایران.
- ملکوتی، م. ج.، و ریاضی همدانی، س. غ. ۱۳۷۰. کودها و حاصلخیزی خاکها. چاپ اول. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، تهران.
- منگل، ک. و کرکبی، ا. ۱۳۷۶. اصول تغذیه گیاه. جلد دوم، ترجمه سالار دینی، ع. و مجتهدی، م. مرکز نشر دانشگاهی، تهران.
- مهربان، ا. داعی، گ. مهربان، م، ر (۱۳۸۶). مجموعه مقالات اولین "نقش قارچه‌های همزیست میکوریزا در پیکار با خشک سالی". همایش خشک سالی و راهکارهای مقابله با آن، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بیرجند، اول اسفند.
- نورقلی پور، ف.، باقری، ی. ر.، و لطف الهی، م. (۱۳۷۵). "اثر محلولپاشی کود اوره بر عملکرد و اجزاء عملکرد دانه دو رقم" (۲): ۱-۷.
- وهابی ف، ۱۳۸۶. خصوصیات کمپوست قارچ مصرف شده و مقایسه کاربردی آن با کودهای آلی دیگر در خاک، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- وهابی ماشک، فهیمه.، میر سید حسینی، ح.، شرفا، م. و حاتمی، سهیلا. ۱۳۸۷. بررسی اثرات استفاده از کمپوست قارچ مصرف شده در برخی از خصوصیات شیمیایی خاک و آب آبشویی. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) جلد ۲۲، شماره ۲.

Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. (2007). Pseudomonas fluorescens enhances biomass yield and ajmalicine production in Catharanthus roseus under water deficit stress Colloids and Surfaces B: Biointerfaces., 60, 7-11.

Ahmed, S. 1995. Agriculture- Fertilizer Interface in Asia- Issues of Growth and sustainability. Oxford and IBH Publ.Co. New Delhi.

Aggarwal, R.K., Praveen, K. and Power, J.F. (1997). Use of crop residue and manure to conserve water and enhance nutrient availability and pearl millet yields in an arid tropical region. Soil and Tillage Research, 41:43-57.

Akhtar S. and Siddiqui Zaki, A.(2008) Biocontrol of a root-rot disease complex of chickpea by Glomus intraradices, Rhizobium sp. and Pseudomonas striata J. of. Crop Port., 27, 410

Alimadadi, A., Jahansouz, M.R., Besharaty, H., and Tavakkol-Afshari R. (2011). Evaluating the effects of biofertilizers and seed priming on chickpea (*Cicer arietinum* L.) seed quality. J. Soil Res. 24: 156-167. (Translated In Persian)

Allen M. F., Moore T. S., and Christensen M. (1982). Phytohormone changes in *Bouteloua gracilis* infected by vesicular-arbuscular mycorrhiza. II Altered levels of gibberellin like substance's and abscisic acid in the host plant. Canadian Journal of Botany, 60: 468- 471.

Allen M. F. (1991). The Ecology of mycorrhizae. Cambridge University press. P. 184.

Allen M. F. (et). (1992). Mycorrhizal functioning, an Integrative Plant-Fungal process. Chapman. & Hall press. New York, P. 534.

Amerian M. A. and Stewart W. S. and Griffiths H.(2001) Effect of two species of arbuscular mycorrhizae fungi on growth, assimilation and leaf water relation in maize (*Zea mays* L.) J. of. ASP. APPL. Boil., 63, sphaatase and pp73.

Anderson, T.H., and K.H. Domsch. (1993). The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. Soil Biology and biochemistry, 22: 251-255.

Anderson, E. L., Kamprath, E. J., and Moll, R. H. (1984). Nitrogen fertility effects on accumulation, remobilization, and partitioning of N and dry matter in corn genotypes differinly in prolificacy. *Journal of Agronomy*. 76: 397- 440.

Arancon NQ, Edwards CA, Atieyh RM and Metzger JD, (2004). Effect of composts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology*, 93: 139-143.

Aseri, G. K., Jain, N., Panwar, J., Rao, A. V., Meghwal, P.R., (2008). Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of pomegranate (*Punicagranatum L.*) in Indian Thar Desert. *Sci. Hortic.* 117, 130- 135.

Asghar, H.N. Z.A., Zaeir, and M. Arshad. (2004)." Screening rhizobacteria for improving the growth, yield and oil content of canola (*Brassica napus L.*)". *Australian Journal of Agriculture Research*, 55:187-194.

Atieyh RM, Edwards CA, Subler S and Metzger JD, (2000) a. Earthworm-processed organic wastes as components of horticultural potting media for growing marigold and vegetable seedlings. *Compost Science and Utilization*, 8(3): 215-223.

Auge R.M.(2001)"Water relations, drought and vesicular-arbuscularmycorrhizal symbiosis" *J. of Mycorrhiza*. , 11, 3-42

Auge, R.M. (2004). "Arbuscularmycorrhizae and soil/plant water relations. *Canadian Journals of soil science*". Pp373-381.

Ayub, M., Nadeem, M. A., and Tanveer, A. (2003). Influence of different nitrogen levels and harvesting times on dry matter yield and quality of fodder maize. *Pak. J. Life Soc. Sci.* 1: 59-61.

Baht M.I. and Rashid A. and Faisal-ur-Rasool S. S. and Mahdis S. A. and Rashid A. (2010). "Effect of Rhizobium and Vesicular mycorrhizae Fungi on Green gram (*Vignaradiata L. Wilczek*) under Temperate Conditions" *J. of. Research Journal of Agricultural Sciences.*, 1,2. 113-122.

Bajwa, R., Aslam, N. and Javaid, A. (2002)."Comparisons of three green manure for growth and VAM colonization in maize (*Zea mays L.*). *Online Journal of Biological Sciences*. 2., pp 512-517.

Bakry, M.A.A., Y.R.A. Soliman, and S.A.M. Moussa. (2009). Importance of micronutrients, organic manure and bio-fertilizer for improving maize yield and its components grown in desert sandy soil. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 5: 16-23.

Barea J.M., Palenzuela J., Cornejo P., Sanchez-Castro L., Navarro-Fernandez C., Lopez-Garcia A., Estrada B., Azcon R., Ferrol N. and Azcon-Aguilar C., (2011) "Ecological and functional roles of mycorrhizas in semi-arid ecosystems of Southeast Spain" *J. of Arid Environ.*, 75, pp1292-1301.

Barea . J.M. and Pozo M.J. and Azcon R. and Azcon-Aguilar C. (2005). "Microbial cooperation in the rhizosphere. *J. of Experimental Botany*" pp., 56, 1761

Bauer, A. and Black, A. L. (1994). Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity. *Soil Sci. Am. J.* 58: 185- 193.

Beyer, D. M. (2009). Spent Mushroom Substrate. Pennsylvania State University. Mushroom Research Laboratory.

Bian, X., Hu, L., Li, X., Zhang, F., (2001). Effect of VA mycorrhiza on the turfgrass quality and mineral nutrient uptakes. *Acta Pratacuturae Sinica* 10, 42- 46.

Bindra, A. D., Kalia, B. D., and Kumar, S. (2000). Effect of N- levels and dates of transplanting on growth, yield and yield attributes of second rice. *Advances in Agri. Res. In India*. 10: 45- 48.

Biswas, B., Singh, R., and Mukhopadhyay, A.S.N. (2008). Use of nitrogen-fixing bacteria as biofertilizer for non-legumes: prospects and challenges. *Appl. Microb. Biotechnol.* 80: 199-209.

Bolan N.S. (1991). "A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant and Soil*", 134., pp189–207.

Bouds, D. D. Gadkar. V, Adholeya, (2000). "Mass production of VAM. Fungus biofertilizer. *Mukewj. KC. Chamola BP. Singh, J. mycorrhizal biology*". New York. Kulwer academic publisher

Bresson, L. M., Koch, C., L- Bissonnais, Y., Barriuso, E., Lecomte, V., (2001). Soil surface structure stabilization by municipal waste compost application. *Soil Science Society of America Journal* 65, 1804- 1811.

Brundrett, M.C., and L.K. Abbott. (2002). Arbuscularmycorrhizas in plant communities. In: *Microorganisms in Plant Conservation and Biodiversity*. Sivasithamparam, K., Dixon, K.W., and Barrett, R.L. (Eds.). Kluwer Academic Press. ISBN: 1402007809. pp. 151-193.

Burelle, N., Kloepper, J.W., and M.S. Reddy. (2006). “Plant growthpromotingrhizobacteria as transplant amendments and their effects on indigenous rhizosphere microorganisms”. *Applied Soil Ecology*, 31.,pp91-100.

Bouds, D. D. Gadkar. V, Adholeya, (2000).”Mass production of VAM. Fungus biofertilizer. Mukev. KC. ChamolaBP. Singh, J. mycorrhizal biology”. Newyork. Kulwer academic publishe

Bremer, D.J. Ham, J.M. Owensboy, C.E. and Knapp, A.K. (1998). Responses of Soil respiration to clipping and grazing in a tallgrass prairie. *Journal of Environmental Quality*, 27: 1539-1548.

Brundrett, M.C., and L.K. Abbott. (2002). Arbuscularmycorrhiza in plant communities. In: *Microorganisms in plant Conservation and Biodiversity*. Sivasithamparam, k., Dixon, K., and Barrett, R.L.(Eds). Kluwer Academic press.ISBN:1402007809.pp.151-193

Bungard, R. A., A. Wingler., J. D. Morton, and M. Andrews. (1999). Ammonium can stimulate nitrate and nitrite reductase in the absence of nitrate in *Clematis vitalba*. *Plant Cell Environ.* 22: 859- 866.

Canbolat, M. Y., Bilen, S., Cakmakci, R., Sahin, F., Aydin, A., (2006). Effect of plant growth-promoting bacteria and soil compaction on barley seedling growth, nutrient uptake, soil properties and rhizospheremicroflora. *Biol. Fertil. Soils* 42, 350- 357.

Chen, G-G., Zeng, G- M., Tu, X., Huang, G-H. and Chen, Y- N., (2005). A novel biosorbent: characterization of the spent mushroom compost and its application for removal of heavy metals. *Journal of Environmental Sciences* 17 (5), 756- 760.

Cho K, Toler H, Lee J, Ownely B, Stutz JC, Moore JL and Auge RM, (2006). Mycorrhizal symbiosis and response of sorghum plants to combined drought and salinity stresses. *Journal of Plant Physiology*, 163:517528.

Clark, L. J.; Gowing, D. J. G.; Lark, R. M.; Leedsharrison, P. B.; Miller, A. J.; Wells, D. M.; Whalley, W. R.; Whitmore, A. P. Sensing the physical and nutritional status of the root environment in the field: a review of progress and opportunities. *The Journal of Agricultural Science*, v. 143, n. 5, p. 347- 358, 2005.

Clark, R. B., and Zeto, S. K. (2000). Mineral acquisition by arbuscularmycorrhizal plants. *J. Plant Nut.* 23: 867- 902.

Claudio, P.J., B. Raphael, F. Alves, L.R. Kamiila, S.N. Brunade, and M. Priscila. (2009). Zn adsorption from synthetic solution and kaolin waste water on vermicompost. *The Science of Total Environment*. 5: 548-549.

Cox, W. J., Kalonge, S., Cherney, D. J. R., and Reid, W.S. (1993). Growth, yield, and quality of forage maize under different nitrogen management practices. *Agron. J.* 85:341-347.

Dalzell HW, Biddlestone AJ, Gray KR and Thurairrajan K, (1987). Soil Management: Compost production and use in tropical and subtropical Environments. *FAO Soil Bulletin*, No. 56.

DaMatta, F.M., Loos, R.A., and Loureiro, M.E. (2002). Limitations to photosynthesis in *Coffeacanephoraas* a result of nitrogen and water availability. *Journal of Plant Physiology* 159: 975-981.

DamodarReddy,D., A. Subba and T.R. Rupa . (2000). Effects of continuous use of cattle manure and fertilizer phosphorus on crop yield and soil organic phosphorus in a vertisol. *Bioresource Technology*, 75:113-118.

Davies· F. T. Potter· j. R. and Linderman· R. G. (1992). Drought resistance of mycorrhizal pepper plants independent of leaf p-concentration response in gas exchange and water relations. *Physilologica plantarum*.87:45-53.

Demir, S. (2004). Influence of arbuscularmycorrhiza on some physiological, growth parameters of pepper. *Turkish Journal of Biology* 28: 85-90.

Ding, L. Wang, K.J. Jiang, G.M. Li, L.F. and Li, Y.H. (2005). Effects of nitrogen deficiency on photosynthetic traits of maize hybrids released in different years. *Annals of Botany* 96: 925-930.

Domadar, D., A. Subba and T.R. Rupa (2000). Effect of continuous use of cattle manure and fertilizer phosphorus on crop yield and soil organic in a vertical. *Bioresearch Technology*, 75(3): 113-118.

Duggan, J., Maher, M. J. and Hennerty, M. J., (1994). The effects of spent mushroom compost as a soil amendment on glasshouse tomatoes. Kinsealy Research Report, Teagasc, Dublin, 7- 8.

Duggan, J., Maher, M. J. McCabe, T. and Hennerty, M. J., (1998). The use of spent mushroom compost as an organic manure. Kinsealy Research Report, Teagasc, Dublin, 9-12.

Duponnois. R. plenchette. C. thioulouse. J. and codetp. (2001).”themycorrhizal soil infectivity and arbuscularmycorrhizal fungal spore communities in soils of different”. Aged fallows in Senegal. *Applied soil ecology*. 17pp 239-251.

Egli, T. (1991). On multiple-nutrient-limited growth of microorganisms, with special reference to dual limitation by carbon and nitrogen substrates. *Antonie van Leeuwenhoek*, 60: 225-234.

Ehyaee, H.R., Rezvani Moghaddam, P., Gaemi, M., and Motamedi, M.R. (2010).Investigation of the effects of spent mushroom compost (SMC) application on wheat.The first national symposium on agriculture and sustainable development opportunities and future challenge. (In Persian with English Summary).

Esch,H.·Hundeshagen·B.,Schneiderpoetsch, H. and bothe, H. (1994). Demonstration of abscisic acid in spores and hyphae of the arbuscularmycorrhizalfungasglomus and in the N₂fixing cyanobacterium*Anabaena variabilis*. *Plant science* 99:9-16.

FAO. (۲۰۱۸). Food and Agriculture Organization of the Untied Nation. Global report on food crises.18 march 2018

Follet, R.F. Porter, L.K. and Halvorson, A.D. (1995). 15 N-labeled fertilizer dynamics in soil in a 40year, no-till cropping sequence. In: *Nuclear Techniques in Soil-Plant Studies*.

For Sustainable Agriculture and Environmental Persevation. Vienna, Austria, October 17-21, 1994, pp 165-174.

Fortuna, A. Harwood, R. Kizilkaya, K. and Paul, E.A. (2003). Optimizing nutrient availability and potential carbon sequestration in an agroecosystem. *Soil Biology and Biochemistry*, 35: 1005-1013.

Frutos, I., Garate, A. and Eymar, E. (2010). Applicability of spent mushroom compost (SMC) as organic amendment for remediation of polluted soils. *ActaHorticulturae* 852: 261-268.

Garcia, I., Mendoza, R. and Pomar, M. C. (2012).Arbuscularmycorrhizal symbiosis and dark septateendophytes under contrasting grazing modes in the Magellanic steppe of Tierra Del Fugeo. *Agri, Ecosys and Envir.* 155: 1- 8.

Gaskell, M., (1999). Efficient use of organic nitrogen fertilizer sources. *Organic Farming Research Foundation Project Report*, 98 (04): 17p.

Gerrits, J. P. G. (1988). Nutrition and Compost. P. 29-72. In L.J.L.D. van Griensven (ed.) *The Cultivation of Mushrooms.*

Gholamhoseini M., Ghalavand A., Dolatabadian A., Jamshidi E., and Khodaei-Joghan A.(2013)” Effects of arbuscularmycorrhizal inoculation on growth, yield , nutrient uptake and irrigation water Producttivity of sunflowers grown under drought stress” *Agricultural Water Management.*, 117,pp 106-114

Ghorbanian, D., S. Harutyunyan, D. Mazaheri, V. Rasoli and A. Mohebi. (2012). Influence of arbuscularmycorrhizal fungi and different Levels of phosphorus on the growth of corn in water stress conditions. *African Journal of Agricultural Research.* 7(16). 2575-2580.

Ghosh, P.K., Ajay, K.K., Bandyopadhyay, M.C., Manna, K.G., Mandal, A.K.and Hati, K.M. (2004). Comprativeeffectivence of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping system in vertisols of semi-arid tropics.II. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. *Bioresource Technology.* 95: 85-93.

Giambi, S., (2005). Influence of cowpea (*Vigna unguiculata* L Walp) variety on protein quality and sensory properties of akara, a popular West African cowpea- based food. Journal of Science and food Agriculture, 85: 261- 264.

Golstein, J. (1998). Compost suppresses disease in the lab and on the fields. Bio Cycle. 39: 62- 64.

Grattan, S. R, Grieve, C. M. (1991).”salinity mineral nutrient relations in horticultural crops. Scientia horticulture”.

Gryndler, M. (2000). Interaction of arbuscularmycorrhizal fungi with other soil organisms. In: ArbuscularMycorrhizas: Physiology and Function. Kapulnik Y., and D.D. Douds. (Eds.). pp. 239-262. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. ISBN 0-7923-6444-9.

Habibi, S., and Majidian, M. (2014). Effect of different levels of nitrogen fertilizer and vermi-compost on yield and quality of sweet corn (*Zea mays* Hybrid Chase). Journal of Crop Production and Processing Isfahan University of Technology 4(11): 15-26. (In Persian with English Summary)

Haghighi M, Kafi M and Tehranifar A, (2006). Effect of decay level of SMC (Spent Mushroom Compost) And media diameters and Compound On Trufculture In Hydromulching Method. Agriculture and Biology, 1560- 8530.

Han HS, Supanjani D and Lee KD, (2006). Effect of coin coculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant Soil, and Environment, 52: 130-136.

Hartmann HT, Kester DE, Davies JR and Geneve RI, (1997). Plant Propagation: Principles and practies. Prentice- Hall Inc. New Jersey, 73- 81.

Hatch, D.J., Goodlass, G., Joynes, A., and Shepherd, M.A. (2007). The effect of cutting, mulching and applications of farmyard manure on nitrogen fixation in a red clover grass sward. Bioresource Technology 98: 3243-3248.

Hati, K.M., K.G Mandal, A.K. Misra, P.K. Ghosh and K.K. Bandyopadhyay (2006). Effect of inorganic fertilizer and farmyard manure on soilphysical properties, root

distribution, and water use efficiency of soybean in Vertisols of central India. *Bioresource Technology*, 97: 2182–2188.

Herzog, F., V. Prasuhn., E. Spiess., W. Richner (2008). Environmental cross-compliance mitigates nitrogen and phosphorus pollution from Swiss agriculture. *Environmental Science and Policy*, 11: 655- 668.

Hiscox, J.D., and G.F. Israelstam. (1979). A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Can. J. Bot.* 57:1332-1334. *Pollution*. 131:453-459.

Huang H. and Zhang S.H. and Wu a N. and Luo L. and Christie P (2009)”Influence of *Glomusetunicatum*/*Zea mays* mycorrhiza on atrazine degradation, soil phodehydrogenase activities, and soil microbial community structure” *J. of. Soil Biology&Biochemistry.*, 41, pp 726.

Hu, Y. and Barker, A. (2004). Effects of composts and their combinations with other materials on nutrient accumulation in tomato leaves. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 35: 2809- 2823.

Ilbas A.I. and Sahin S. (2005) “*Glomus fasciculatum* inoculation improves soybean production “ *J. of. Acta Agriculturae Scandinavica.*, 55,4, 287.

Isermeyer, H. (1952). Eine einfache method zur bestimmang der bodenatmung under carbonate im Boden. *Z P Pflanzenernaehr Bodenkd*, 56:26-38.

Jahan, M., NassiriMahallati, M., Salari, M.D. and Ghorbani.R. (2010). The Effects of time of manure application and different biological fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of *Cucurbitapepo* L. *J. Iran. Fiel. Crop Res.* 4 (8): 726- 737.

Janssen AM, Scheffer JJC, BaerheimSvendsen A (1987). Antimicrobial activity of essential oils: a 1976–1986 literature review. Aspects of the test methods. *Planta Med* 53: 395–398.

Johnson NC, Wedin DA (1997). Soil carbon, nutrients and mycorrhizal fungal communities during conversion of a dry tropical forest to grassland. *Ecol Appl* 7:171-182.

Jordan, S. N. and Mullen, G. J., (2007). Enzymatic Hydrolysis of Organic Waste Materials in a Soil- Liquid System. *Waste Management* (in press).

Jungk, A. and Claassen, N, (1986),” Availability of phosphate and potassium as the result of interactions between root and soil in the rhizosphere”,*Zeits, P. fianzenenahrung Bodenkunda*, 149, 411-427.

Kabas O., Yilmaz E., Ozmerzi A. and Akinci I. (2007) “Some physical and nutritional properties of cowpea seed (*Vignasinensis* L.)” *Food Engineering.*, 79, 1405-1409.

Kaddous, F.G.A. and A.S. Morgans (1996). Spent mushroom compost and deep litter fowl manure as a soil ameliorant for vegetables. In surface soil science-Australian Society of Soil Science joint conference, 138-147. Rotorua.

Kolata, E., Beresniiewicz, A., Krezel, J., Nowosielski, L., and Slow, O. (1992). Slow release fertilizers on organic carriers as the source of N for vegetable crops production in the open field. *Acta-Horticultre* 339: 241-249.

Krishna, H., Singh, S.K., Sharma, R.R.,Khawale, R.N., Grover, M. and Patel, V.B. (2005). Biochemical changes in micropropagated grape (*Vitisvinifera*L.) plantlets due to arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculated during ex vitro acclimatization. *Scientia Horticulture*.106:554-567.

Krishna K. R. and Suresh H. M. and Syamsunder J. and Bagyaraj D. J.(1981)”Changes in the leaves of nger millet due to VA mycorrhizal infection “ *J. of. New phytol.*,87,p717.

Kubilayonal, M. and Topcuoglu, B. (2007). The Effect of Spent Mushroom Compost on The Dry Matter And Mineral Content of Peooer (*Piper nigrum*) Grown in Greenhouse. Akdeniz University Vocational High School of Technical Sciences. Turkey.

Kumar, R. and Shweta. (2010). Enhancement of wood waste decomposition by microbial inoculation prior to vermicomposting. *Bioresource Technology*, 102: 1475-80.

Lal, L. 2002. Phosphatic biofertilizer. Agrotech publishing Academy P. 224.

Lankinen, P., Hilden, K., Aro, N., Salkinoja-Salonen, M., and Hattakka, A. (2004). Manganese peroxidase of *Agaricus bisporus*: grain bran-promoted production and gene characterization. *Applied Microbiology and Biotechnology* 66: 401- 407.

Larcheveque, M., Montes, N., Baldy, V., Dupouyet, S. (2005). Vegetation dynamics after compost amendment in a Mediterranean post- fire ecosystem. *Agriculture Ecosystems and Environment* 110, 241- 248.

Law, W. M., Lau, W. N., Lo, K. L., Wai, L. M. and chiu, S. W., (2003). Removal of biocide pentachlorophenol in water system by the spent mushroom compost of *Pleurotus pulmonarius*. *Chemosphere* 52 (9), 1531- 1537.

Lima, J.D. Mosquim, P.R. and DaMatta, F.M. (1999). Leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence parameters in *Phaseolus vulgaris* as affected by nitrogen and phosphorus deficiency. *Photosynthetica* 37: 113-121.

Loecke TD, Liebman M, Cambardella and Richard TL, (2004). Corn growth responses to composted and fresh solid swine manures. *Crop Science*, 44:177-184.

Lohr, V.I., Wang, S.H.I., and Wolt, J.D. (1984). Physical and chemical characteristics of fresh and aged spent mushroom compost. *HortScience* 19(5): 681-683.

Liu A. and Hamel C. and Elmi, A. A. and Zhang, T. and smith, D. L. (2003) "Reduction of the available phosphorus pool in field soils growing maize genotypes with extensive mycorrhizal development" *J. of Plant Sci.*, 83, pp737.

Li X., E. George and H. Marschner. (1991). Extension of the phosphorus depletion zone in VA-mycorrhizal white clover in a calcareous soil, (a). *Plant and Soil*, 136: 41-48.

Maghsudi, E., Ghalavand, A. and Aghalikhani, M. (2012). The effect of different levels of fertilizer (organic, biological and chemical) on morphological traits and yield of maize single cross hybrid 704. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)* No:104 pp: 129-135. (In Persian with English Summary)

Maher, M. J., Smyth, Dodd, V. A., McCabe, T., Magette, W. L., Duggan, J. and Hennert, M. J., (2000). Managing Spent Mushroom Compost. *Teagasc, Dublin*, 1- 40.

Majidian A, Ghalavand M, Haghghati A and Karimian A, (2007). Translation error Effect of drought stress, chemical fertilizer and organic fertilizer at different growth stages on agronomic characteristics of corn. *Proceedings of the 2th National Conference on Ecology.* (In Persian).

Male, R. T., (1981). The use of spent mushroom compost in vegetable production. *Mushroom Science* 6, 111- 121.

Malekouti, M., Moshiri, F., and Geybi, M. (2005). Desirable Concentration of nutrient elements in soil in some farming and garden crops. 405 *Technical Bulletin of soil and water institute.* Sana Publications. Tehran, Iran, Pp: 15- 16. (In Persian)

- Maman, M. Mason, S.C. Galusha, T. and Clegg, M.D. (1999).** Hybrid and nitrogen influence on pearl millet production in Nebraska: yield, growth, and nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency. *Agron. J.* 91:737-743.
- Maynard, A. (1998).** Utilization of MSW compost in nursery stock production. *Compost Science* 6: 38.
- Medina, E., Paredes, C., Pérez-Murcia, M.D., Bustamante, M.A., and Moral, R. (2009).** Spent mushroom substrates as component of growing media for germination and growth of horticultural plants. *Bioresource Technology* 100: 4227–4232.
- Miller R.M. and Jastrow J.D.(2000)**”Mycorrhizal fungi influence soil structure. In:ArbuscularMycorrhizas:physiology and Function”. Kapulnik, Y., Douds, D.D(Eds.).Kluwer Academic, Dordrecht, pp.3-18.
- Mishra, R.H. (2010).** Soil Microbiology. Cbs Publishers and Distributors. 159p.
- M.J., Rejali, F. and Ashraf mehrabi. A. (2011).**Effect of soil tillage and integrated chemical fertilizer and biofertilizer on quantity and quality yield of bread wheat and soil biological activity under dry land farming. *Plant Soil.* 4 (2): 189-206.
- Mkhabela, M. S. and P. R. Warman. (2005).** The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops grown in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia. *Agriculture. Ecosys. and Environ.* 106: 57–67.
- Mohammadi M, Tobeh A, Vahidipour HR,Fakhari R. (2013).**Effects of biological fertilizers on essential oil components and quantitative and qualitative yield of lemon verbena (*Lippiacitriodora*). *Intl. J. Agri. Crop. Sci.* 2013; 5 (12):1374 - 80.
- MomeniFili, P., Khorgami, A., and Sayah Far, M. (2014).** Effect of biological vermicompost fertilizer and plant density on yield and yield components in soybean cropping in Khorramabad, *Journal of Plant Physiology, Islamic Azad University of Ahvaz* 6(23): 113-127. (In Persian with English Summary)
- Mooleki,S. P., J. J. Schoenau, J. L. Charles. And, G. Gwen.(2004).**Effect of retention frequency and incorporation of feedlot cattle manure on soil nitrogen availability crop performance and nitrogen use efficiency in east-central Saskatchewan. *Canadian journal of soil Science.*84:199-210

Moore, J. C., Holden, N. M. and Maher, M. J., (2002).Utilisation of urea formaldehyde-enhanced spent mushroom compost. Proceedings of the Agricultural Research Forum, Tullamore, Co Offaly, 5.

Mosse, B.(1973), “Advances in the study of vesicular-arbuscularmycorrhiza”. Annual Review of Phytopathology”, 11:1-196.

Moural, J. D. O., Rocha, M. D. M., Ferreira Gomes, R, L., FreireFilbo, F. R., Silva, K. J. D. E., and queiroz Ribeiro. V. (2012). Path analysis of iron and zinc contents and others traits in cow pea. Crop Breeding and Applied Biotechnology 12: 245- 252.

Mozafar, A., Jansa, J., Ruh, R., Anken, T., Sanders, I. and Frossard, E. (2001),” Functional diversity of AMF co-existing in agricultural soils subjected to diferent tillage “, Proceeding of the Third International Conference on Mycorrhizae .July., PP8-13, 2001. PP. PI, 32, Adelaide, South Australia.

Mukerji, K. C. (1996). Concepts in Mycorrhizal Research. Klvwer Academic publisher, London, P. 373.

Mukerji, K. G. and Chamola, B. P.(2003).compendium of Mycorrhizal Research. A. P. H. Publisher. New Delhi. P.310.

Naghavimaremati, A., Bahmanyar, M.A., Pirdashti, H., and SalakGilani, S. (2007). Effect of different rate and type of organic and chemical fertilizers on yield and yield components of differentrices cultivars. 10th Iranian Conference of Soil Science, Tehran. pp: 766-767.

Nasim G. Bajwa R. Hakeem A.(2007)”Response of arbuscularmycorrhizalmungbean plants to ambient air pollution” J. of. Environ.Sci. Tech., 4, 3, pp295.

Nazeri, P., Kashani, A., Khavazi, K., Ardakani, M.R., Mirakhori, M. and Pour siahbidi, M. (2010). The effect of biofertilizer and phosphorus fertilizer banding with Zinc on white bean (*Phaseolus vulgaris* L). J. Agroec. 2(1): 175-185. (in Farsi with English Summary).

Nego, P. T., Rumpel, C., Doan, T. T., Jouquet, P. (2012). The effect of earthworms on carbon storage and soil organic matter composition in tropical soil amended with compost and vermicompost. Soil Biology and Biochemistry. 50: 214- 220.

Ojala, J. C., Jarrell, W. M., Menge, J. A. and Johnson, E. L. V. (1983). Influence of mycorrhizal fungi on the mineral nutrition and yield of onion in saline soil. *Agronomy Journal*. 75: 255-258.

Olsen S. R., Cole C. V., Watanabe F. S. and Dean L. A. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular, U. S. Government Printing Office, Washington D. C. 939.

Ortas, I. (2004). "The effect of *Mycorrhizal* inoculation on forage and non-forage plant growth and nutrient uptake under field conditions". *Options Méditerranéennes, Series A*, No. 79.

Ortas, L. (1996). The influence of use of different rates of mycorrhizal inoculums on root infection, plant and phosphorus uptake. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 27:2935-2946.

Ortus, I. and Harris, P. J. (1996). Enhancement uptake of phosphorus by mycorrhizal sorghum plant as influenced by forms of nitrogen, *Plant and Soil*. 184:225-264.

Ozguven, A. I. (1998). The opportunities of using mushroom compost waste in Strawberry Growing. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 22: 601-607.

Ozturk, A., Caglar, O., and Sahin, F. (2003). Yield response of wheat and barley to inoculation of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of nitrogen fertilization. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 166: 262- 266.

Parkin, T. B., J. W. Doran, and E. Franco- Vizcaino. (1996). Field and laboratory tests of soil respiration. In: Doran, J. W., and Jones, A. J., (eds), *Methods for Assessing Soil Quality*, pp. 213- 245, Soil Sci. Soc. Am. Special publication, No. 49, Madison, Wisconsin, USA.

Paul A. (2007) "Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry" .p 514.

Paul, E. A. and Clark, F. E. (1989). *Soil microbiology and biochemistry*, Academic press Incorporation. P. 283.

Peregrina, F., Larrieta, C., Martín, I., Martínez-Vidaurre, J.M., and García-Escudero, E. (2009). Effect of application spent mushroom compost as organic amendment

in vineyard soil of the Origin Denomination Rioja (Spain). Geophysical Research Abstracts 11: 365-368

Perez-Murcia, M.D., Moral, R., Moreno-Caselles, J. and Paredes, A.C. (2006). Use of composted sewage sludge in growth media for broccoli. *Bioresource Technology* 97:123-130.

Peter, J. 2001. Compost utilization in horticultural cropping system. C.R.C. press. U.S.A.

Polat, E., Uzun, I., Topçulu, B., Onal, K., Onus, A.N., and Karaca, M. (2009). Effects of spent mushroom compost on quality and productivity of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown in greenhouses. *African Journal of Biotechnology* 8: 176-180.

Poormohamadsakha, F. RazikordMohale, L. Esmaili, A. (2010). Studying negative effects of chemical fertilizers on environment. First Fertilizers Challenges Congress In Iran. Iran, Tehran.

Poudel, D.D. Horwath, W.R. Mitchell, J.P. and Temple, S.R. (2001). Impacts of cropping systems on soil nitrogen storage and loss. *Agricultural Systems*, 68: 253-268.

Prasad R, (1996). Cropping systems and sustainable of agriculture *Indian Farming* 46: 39-45.

Quin F. M. (1997). Introduction in *Advances in Cowpea Research*. Edited by Singh B. B., Mohan Raj D. R., Dashell K. E., Jackai L. E. N., Sayce Publishing Devenon, UK.

Ramshvar C and Singh M, (1998). Effect of farm yard manure (FYM) and fertilization on the growth and development of maize (*Zea mays*) and wheat (*Triticum aestivum*) in sequence. *Indian*

Journal of Agricultural Science, 32: 65-70.

Rezaian S., and Paseban M. (2007). The effect of micronutrients and manure fertilizers on the quantity and quality of Khorasan saffron. *Second International Symposium on Saffron Biology and Technology*, April 2007.

Ritchie, S.W., Nyvgen, H.I. and Halady, A.S. (1990). Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Sci.* 30: 105-111.

Robert A. and Laird M. and John f.(2008) "Addicott Neutral Indirect Effects of Mycorrhizal Fungi on Specialist Herbivore" *J.of. Environ.Entomol*, 37, 4, 1017.

- Rodrigues, M., Lopez-Real, J., and Lee, H. (1996).** Use of composted societal organic wastes for sustainable crop production. In: De Bertoldi, M., Sequi, P., Lemmes, B., Papi, T. (Eds.), *The Science of Composting*. Blackie Academic & Professional, London, pp. 447–456.
- Romaine, P. C. and E. J. Holcomb. (2000).** Spent mushroom compost novel multifunctional constituent of a potting medium for plants. Department of plant and horticulture. The Pennsylvania University, University Park In: *Spent Mushroom Substrate, Scientific Research and Practical Applications*, 24 p. (www.mushroom-smc.com)
- Ryu, C. Goodson, A, Sharifi, V. N. and Swithenbank J. (2009).** Reuse of spent mushroom compost for energy recovery. Sheffield university waste incineration center (SUWIC), Sheffield university.
- Sahni, S., Sarma, B. K., Singh, D.P., Singh, H. B. and Singh, K. P. (2008).** Vermicompost enhances performance of plant growth- promoting rhizobacteria in Cicerarietinumrhizosphere against Sclerotiumrolfsii. *Crop Protection Journal*. 27: 369- 376.
- Sairam RK and Srivastava GC (2002).** Changes in antioxidant activity in sub-cellular fractions of tolerant and susceptible wheat genotypes in response to long term salt stress. *Plant Science*. 162: 897-904.
- SajadiNik, R., Yadavi, A., Balouchi, H.R. and Farajee, H. (2011).** Effect of chemical (Urea), organic (Vermicompost) and biological (Nitroxin) fertilizers on quantity and quality yield of sesame (*Sesamumindicum L.*). *J. Sustain. Agric. &Prodc. Sci.*, 2 (21):87-101.
- Selvaraj, T. and Chellappan, P. (2006).** Arbuscularmycorrhizae: A diversepersonality. *Journal of Central EuropeanAgriculture*. 7: 349-358.
- Seyedi, M., and RezvaniMoghaddam, P. (2011).** Evaluation of yeild, yeild components and nitrogen use efficiency in application of mashroom compost, biofertilizer and urea in wheat (*Triticumaestivum L.*). *Journal of Agroecology* 3: 309-319
- Shahhosseini, Z., A. gholami, H. Asghari. (2012).** Study the correlation among some growth characteristics of maize and yield under symbiosis with mycorrhizae fungi. *International Journal of Agriculture and Crops Sciences*. 4: 696- 698.

Sharma, A. K. and Johri, B. N. (eds.). (2002).ArbuscularMycorrhizae,Interaction in Plants,Rhizosphere and Soils. Oxford and IBH Publishing. New Delhi. P. 308.

Sharma, A.K.(2002). A handbook of organic farming.Agrobios, India.627pp.

Sharma AK, (2002). Bio-fertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India 407p.

Shata SM, Mahamoud A and Siam S, (2007). Improving calcareous soil productivity by integrated effect of intercropping and fertilizer. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 3: 733- 739.

Shirzadi, F., Ardakani, M.R., Golzardi, F., and Asadirahmani, H. (2013). Investigate the parameters basil growth affectbiological fertilizers in organic farming. Second National Congress of Organic and Conventional Agriculture, 21-22August 2013, Ardabil p. 1-5. (In Persian)

Shivaramus, H.S., K. Shivarashanker and R. Siddarmaapp (1994). Organic and lime amendments on soil physical properties and crop growth. Karnataka Journal Agriculture Science, 7:267-272.

ShoghiKalkhoran, S., Ghalavand, A., Modarres-Sanavy, S. A. M. and Akbari. P. (2010). Effect of nitrogen fertilizer and biofertilizer application on yield and quality of sunflower (*Helianthus annuus L.*). Iran. J. of Crop Sci. 12 (4): 467-481.

Sikora L, Szmidt. (2001). Nitrogen sources, mineralization rates and plant nutrient benefits from compost. In: Stoffella at al. (Edits). Compost utilization in horticultural cropping systems. Pub. CRC Press.

Singer, J.W., Kohler, K.A., Liebman, M., Richard, T.L., Cambardella, C.A., and Buhler, D.D. (2004). Tillage and compost affect yield of corn, soybean, and wheat and soil fertility. Agronomy Journal 96: 531–537

Singh, B. B, D. R. Mohar and K. E. Dashiell(1997)Advances in cowpea researches. IITA-JIRCAS,Ibadan, Nigeria.

Singh, R., and Agarwal, S. K. (2001). Growth and yield of wheat (*Triticumaestivum*) as influenced by levels of farmyard manure and nitrogen. *Indian Journal of Agronomy* 46 (3): 462- 467.

Six, J. Elliott, E.T. Paustain, K. and Doran, J.W. (1998). Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62, 1367–1377.

Smith, S, E. and Read, D. j. (1997). Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press.P. 587.

Smith, S, E. and Read, D. j. (2008). Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, London. 787 pp.

Sokoto A. L. and Singh A.(2008) “ Yield and yield components of cowpea (*Vignaungiculata* (L.)Walp.)as influenced by Sokoto phosphate rock and placement methods in the semi-arid zone of Nigeria” *NutrCycl Agroecosyst.*,81: 255-265

Soumare M, Tack G and Verloo MG (2003). Effects of a municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. *Bioresource Technology*,86:15-20.

Stevenson , F.J., (1994). Humus chemistry. Genesis, composition Reaction wiley, new York.496p.

Stewart, D.P.C., K.C. Cameron and I.S. Cornforth (1998). Inorganic- n release from spent mushroom compost under laboratory and field condition. *Soil Biot .Biochem.* 30 (13): 1689-1699.

Subedi, K.D. Ma, B.L. and Xue, A.G. (2007). Planting date and nitrogen effects on grain yield and protein content of spring wheat. *Crop Science.* 47: 36- 44.

Sujatha, M.G., Lingaraju, B.S., Palled, Y.B., and Ashalatha, K.V. (2008). Importance of integrated nutrient management practices in maize under rain fed condition. *Journal of Agricultural Science* 21: 334-338.

Sullivan, D.M., Bary, A.I., Thomas, D.R, Fransen, S.C. and Cogger, C.G. (2002). Food waste compost effect on fertilizer nitrogen effectively, available nitrogen and tall fescue yield. *Soil Science Society of America Journal* 66: 154-161.

Tahami – Zarandi MK. (2010). Assessment of organic,biologic and fertilizer on yield, yield componentsand essence of basil. MSc. Dissertation, FacultyAgric, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (InPersian). 2010.

Talcukdar, A. S. M., Sufian, M. A., Meisner, C. A., Duxbury, J. M., Lauren, J. G., and Hossain A. B. S. (2002). Rice, wheat and mungbean yield in response ton levels and management under a bed planting system. Wess. Thailand, 1256- 1267.

Tejada. M., Garcia, c., gonzalez, j.l., and hernandez, m.t. (2006). Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: influence on the physical, chemical and biological properties of soil.

Teymoori, S. PirvavliBiranvand, N. and Abbasalian ,H. (2004). Compare different Brady rhyshibum genotypes in early growth stage of soybean aspect of fixation ability and nodulation by N15 isotopic method. Soil Science Congress. Iran. Tehran.

That M.M. and Kamaruzaman S. Radziah O. and Kardir J. and M asdek H.D.(2009)”mechaniams involved in the biological control of tomato bacterial wilt caused by Ralstoniasolanacearum using arbuscularMycorrhizal fungi .ph.dThesis,Universityn Putra Malysia.

Tomati, U. Grappelli, A. and Galli, E. (1987). The hormone-like effect of earthworm on castson plant growth. Biology, Fertilizer, Soil.5: 288-294.

Toro, M., R. Azcon and M. Barea. (1998). The use of isotopic dilution techniques to evaluate the interactive effects of *Rhizobium* genotype, mycorrhizal fungi, phosphate-solubilizing rhizobacteria and rock phosphate on nitrogen and phosphorus acquisition by *Medicago sativa*. New Phytologist, 138: 265–273.

Udo, I. O. and Akpan, E. A. (2012). Evaluation of Local Spices as Biopesticides for the Control of Oothecamauabilis ,Shalbera and Clavigrallatomentosicollis (Stal.) on Cultivated Cow pea (*Vignaunguiculata* L.) in Nigeria. Journal of Agriculturul Science. 4 (10).

Uzun, I. (2004). Use of spent mushroom compost in sustainable fruit production. J.FruitOrnam. Plant ResearchSpecialed, 12: 157-165.

Valentine A. J. and Mortimer P. E. and Lintnaar A. and Borgo , R. (2006)”Drought responses of arbuscularmycorrhizal grapevines” J. of. Symbiosis., 41, p127.

Valenzuela, H., and Smith, J. (2002). Cowpea. Sustainable Agriculture Green Manure Crops. Pp. 1-3.

Vance, C. P. (2001). Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. Plant nutrition in world of declining renewable resources. Journal of Agriculture of Plant Physiology., 127: 390- 397.

Velusami, B., Grogan, H, Curran, T.P., and McGuinness, B. (2007). Dynamics of hydrogen sulphide gas production in spent mushroom compost during storage and handling and its impact on Health and Safety issues. School of Agriculture, Food Science and Veterinary Medicine, University College Dublin, Belfield, Dublin 4, Ireland.

Vessey, J. K. (2003) " Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer plant and soil", 255: 571-586.

Waling, I. VarkW.V.Houba, VJG and Van der lee JJ. (1989). Soil and plant analysis, a series of syllabi. Plant 7. Plant Analysis Procedures, Wageningen Agriculture University, the Netherlands.

Wang, P. and Dick, W.A. (2004). Microbial and genetic diversity in soil environments. Journal of Crop Improvement, 12: 249-287.

Williams, B.C., McMullan, J.T., and McCahey, S. (2001). An initial assessment of spent mushroom compost as a potential energy feedstock. Bio resource technology, 79:227-230.

Williams, B. C., (2001). Energy from spent mushroom compost. The Mushroom People 3a (120), 18.

Wisniewska, G.H., and T. Pankiewicz. 1989. Evaluation of the suitability of Spent mushroom substrate for tulip cultivation. Prace Instytutu Sadownictwa i kwiaciarstwa w Skierniewicach, 14:7-13.

Wu, S. C., Cao, Z. G. Li., Cheung, K. C. and Wong, M. H. (2005). "Effect of bio fertilizer containing N fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth": a greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.

Yohalem, D. S., Harris, R. F. and Andrews, J. H., (1994). Aqueous extracts of spent mushroom substrate for foliar disease control. Compost Science and Utilization 2 (4), 67-74.

Abstract

One of the basic concepts of sustainable agriculture is the use of organic and biological fertilizers with the aim of eliminating or reducing the use of chemical inputs. To evaluate the effects of fungi's compost (SMC), arbuscular mycorrhizal fungi and nitrogen fertilizer on some of soil's characteristics in cowpea, an experiment was design as a factorial split plot base sign on complete randomized block. agriculture college in shahrood university in 2016. Treatments consisted of nitrogen fertilizer at two levels (0 and 100kg/ha) as a main factor, SMC at three levels (0, 10 and 20 ton.ha⁻¹) and arbuscular mycorrhizal fungus at two levels (non-inoculated and inoculated) were considered as sub plots. The main effect of SMC on most traits measured in this research included: Percentage of mycorrhizal colonization, soil microbial respiration, leaf dry weight, stem dry weight, number of seeds per pod, main stem height, leaf area index, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoids, soil phosphorus and protein content were sign meaningful. The combined application of SMC and mycorrhizal fungus had a positive and significant effect on leaf dry weight gain, grain yield, 100 seed weight, main stem height, leaf area index and harvest index. The interaction between nitrogen fertilizer and SMC significantly increased the percentage of mycorrhizal colonization, soil microbial respiration, leaf dry weight, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoids, soil phosphorus and protein content. Generally, based on this study, interaction of nitrogen fertilizer SMC mycorrhizal fungi can be considered as the best treatment for stem dry weight, seed number per pod, grain yield, chlorophyll b, carotenoids, leaf area index , Grain protein and harvest index.

Keywords: biological yield, grain yield, harvest index, Mycorrhizal symbiosis



Faculty of agriculture

M.Sc. Thesis in Agronomy

**The effects of Arbuscular mycorrhizal fungi, spent mushroom compost
and nitrogen fertilizer on some physiological characteristics and yield of
Vigna unguiculata L.**

By: Zainab joulanezhadiyan

Supervisor

Dr. A. Gholami

Advisors

Dr. H. R. Asghari

Dr. H. Abbas dokht

July 2018