بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی زراعت

تأثیر نانو کود بور، بیوچار و میکوریزا بر رشد و عملکرد بادام زمینی

نگارنده: بهروز قربانی قاضی محله

استاد راهنما:

دکتر محمدرضا عامریان

اساتید مشاور:

دکتر احسان کهنه

مهندس مهدی رحیمی

تیر ۱۳۹۷

شماره: ۱۷۴/ک
تاریخ: ۱۳۹۷/۶/۷

باسمه‌تعالی

دانشگاه صنعتی شاهرود

مدیریت تحصیلات تکمیلی

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

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای بهروز قربانی قاضی محله با شماره دانشجویی ۹۴۱۴۰۰۴ رشته مهندسی کشاورزی گرایش زراعت تحت عنوان: تاثیر نانو کود بور، بیوچار و میکوریزا بر رشد و عملکرد بادام‌زمینی که در تاریخ ۱۳۹۷/۴/۱۱ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه: عالی) ☐ مردود ☐

نوع تحقیق: نظری ☐ عملی ☑

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

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: دکتر محمدرضا عامریان

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده

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

تقدیم به آنان که:

عشق ورزیدن به آنها هنر من،

زندگی در کنار آنها افتخار من

و خدمتگزاری به آنها هدف من است.

تقدیر و تشکر:

خداوند بزرگ را سپاس که به من این توان را داد تا بتوانم با کمک و همکاری جمعی از عزیزان این پایان نامه را به پایان برسانم و اینک بر خود لازم می‌دانم که از همه این بزرگواران تشکر و قدردانی نمایم.

در ابتدا از خانواده خوب و مهربانم که چه در مدت انجام این پایان نامه و چه در سایر مراحل زندگی‌ام همراه و پشتیبان من بودند، بسیار سپاسگزارم.

پایان نامه حاضر ثمره زحمات بی شائبه و همکاری دلسوزانه عزیزانی است که بر من منت نهاده و افتخار شاگردی و دانش‌اندوزی در محضرشان را داشته‌ام.

از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر محمدرضا عامریان که کار راهنمایی این پایان نامه را بر عهده داشتند و در اجرای مراحل مختلف آن بنده را راهنمایی کرده و از همفکری‌های علمی و تخصصی خود مرا بهره‌مند ساختند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از برادر و استاد بزرگوار جناب آقای دکتر احسان کهنه که کار مشاوره پایان نامه را برعهده داشتند و با وجود مشغله زیاد از زمان شروع تا پایان آن همواره در کنار بنده حضور داشتند و چه در تکمیل این پروژه و چه در سایر موارد از راهنمایی‌های ارزشمند خود بنده را بی نصیب نگذاشتند خالصانه سپاسگزاری و قدردانی می‌نمایم.

از جناب آقای مهندس مهدی رحیمی که به‌عنوان استاد مشاور در اجرای پایان نامه بنده را راهنمایی کرده و از توصیه‌های ارزنده و تجربیاتشان بهره‌مند شدم تشکر می‌نمایم.

از اساتید داور جناب آقایان دکتر حمیدرضا اصغری و دکتر حسن مکاریان و همچنین نماینده محترم تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر پرویز حیدری که زحمت داوری این کار را متقبل شدند و با ارائه نقطه نظرات ارزشمند موجب بهبود هرچه بهتر پایان نامه شدند سپاسگزارم.

از سایر اساتید محترم گروه زراعت که در طی دوران تحصیلم از علم و راهنمایی‌هایشان بهره بردم متواضعانه سپاسگزارم.

از دوستان عزیزم بویژه مهندس ابراهیم اسکندری و همکلاسی‌هایم مهندسین آقایان رحمان براری، مهدی مرادی، علی آشوری، ابوالفضل عباسیان، محمدحسین نجاری، خانم‌ها مریم جلالی، نسترن حیدری، مریم حسن‌نیا و جواهر حلفی که در این دوره سعادت آشنایی با آنها را داشتم تشکر نموده و آرزوی پیروزی و سربلندی در تمام مراحل زندگی را از خداوند مهربان خواستارم.

بهروز قربانی قاضی محله- تیرماه ۱۳۹۷

تعهدنامه

اینجانب **بهروز قربانی قاضی محلـه** دانشـجوی دوره کارشناسـی ارشـد رشـته **مهندسـی زراعـت دانشکده کشاورزی** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامـه" **تأثیر نانو کـود بـور، بیوچـار و میکوریزا بر رشد و عملکرد بادام زمینی**" تحت راهنمائی آقای **دکتر محمدرضا عامریـان**متعهـد 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

به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی نانو کود بور، کاربرد بیوچار پوسته بادام زمینی و آزولا و تلقیح قارچ میکوریزا بر رشد و عملکرد بادام زمینی، آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ در شهر شلمان استان گیلان اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل: ۱- محلول‌پاشی نانو کود بور در دو سطح صفر و سه در هزار ۲- بیوچار شامل سه سطح عدم کاربرد، کاربرد بیوچار حاصل از پوسته بادام زمینی و بیوچار آزولا ۳- قارچ میکوریزا شامل عدم تلقیح و تلقیح با قارچ گونه *Glomus mosseae* بود. بیوچارهای تهیه شده به‌صورت نواری در کرت‌های مشخص‌شده اضافه و لایه نازکی از خاک روی آن ریخته شد. قارچ میکوریزا نیز در محل کاشت و زیر بذرها در کرت‌های مشخص‌شده قرار داده شد. رقم مورداستفاده رقم محلی نورث کارولینا (NC2) یا گلی از ارقام رایج منطقه بود. محلول‌پاشی نانو کود بور به‌صورت افشانه برگی و در یک مرحله (قبل از گلدهی) صورت گرفت. نتایج آزمایش نشان داد که اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور، کاربرد بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر صفات کمی مورد مطالعه مانند عملکرد غلاف خشک، عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن صددانه و صفات کیفی مانند مقدار نیتروژن و فسفر دانه و درصد پروتئین دانه معنی‌دار بوده و با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها عملکرد غلاف خشک (۱۳۲۳۰ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد دانه (۸۹۵۳ کیلوگرم در هکتار)، تعداد دانه در بوته (۱۶۰/۳ عدد) در تیمار محلول‌پاشی نانو کود بور، عدم کاربرد بیوچار و عدم تلقیح قارچ میکوریزا در رتبه نخست قرار گرفت. همچنین محلول‌پاشی نانو کود بور، کاربرد بیوچار آزولا و عدم تلقیح میکوریزا بالاترین مقدار نیتروژن (۵/۴۲ درصد) و پروتئین دانه (۳۳/۸۷ درصد) که نسبت به شاهد با افزایش ۳۶/۲ درصدی همراه بود از خود نشان داد. بنابراین با توجه به نتایج این آزمایش می‌توان بیان داشت که مدیریت تغذیه مناسب و متعادل بادام زمینی در جهت تولید بهتر و عملکرد اقتصادی مؤثر می‌باشد. محلول‌پاشی کود بور می‌تواند در افزایش عملکرد کمی و کیفی بادام

زمینی کمک نموده و کاربرد بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا با حفظ و بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و حفظ منابع موجود می‌تواند سبب افزایش کمیت و کیفیت دانه بادام زمینی گردد.

واژه‌های کلیدی: آزولا، پروتئین، عملکرد، محلول‌پاشی.

لیست مقالات مستخرج از پایان‌نامه:

تأثیر بیوچار، میکوریزا و نانو کود بور بر برخی صفات رشدی گیاه بادام زمینی، چهارمین همایش ملی گیاهان دارویی، دانشگاه صنعتی شاهرود، اسفندماه ۱۳۹۵

تأثیر محلول‌پاشی نانو کود بور و بیوچار بر برخی صفات رشدی بادام زمینی، چهارمین همایش نانو فناوری در کشاورزی، چشم‌اندازها و افق‌های نوین، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، تیرماه ۱۳۹۶

فهرست مطالب

فصل اول مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه ----------۲

فصل دوم بررسی منابع

۲-۱-تولید بادام زمینی در جهان و ایران ----------۶
۲-۲-اهمیت غذایی و کاربردهای مهم بادام زمینی ----------۸
۲-۳- ویژگی‌های گیاه‌شناسی بادام زمینی ----------۹
۲-۳-۱-مرفولوژی بادام زمینی ---------- ۱۰
۲-۳-۲-دانه بادام زمینی ---------- ۱۱
۲-۴-مراحل رشد و نمو بادام زمینی ---------- ۱۳
۲-۴-۱-سبز شدن ---------- ۱۳
۲-۴-۲-مراحل رشد رویشی ---------- ۱۳
۲-۴-۳-شروع گل‌دهی ---------- ۱۴
۲-۴-۴-شروع تولید پگ ---------- ۱۴
۲-۴-۵-شروع تشکیل غلاف ---------- ۱۴
۲-۴-۶-شروع رسیدن دانه ---------- ۱۵
۲-۴-۷-رسیدگی کامل ---------- ۱۵
۲-۵- اکولوژی و سازگاری بادام زمینی ---------- ۱۶
۲-۶-مراحل کاشت بادام زمینی ---------- ۱۸
۲-۶-۱-آماده‌سازی زمین ---------- ۱۸
۲-۶-۲-کاشت بادام زمینی ---------- ۱۹
۲-۶-۳-داشت بادام زمینی ---------- ۲۱
۲-۷-اهمیت بور در گیاهان ---------- ۲۱

۲-۸-اثرات متقابل بور بر سایر عناصر غذایی ---------- ۲۳
۲-۹-بیوچار ---------- ۲۳
۲-۱۰-میکوریزا ---------- ۲۶
۲-۱۰-۱-تعریف میکوریزا ---------- ۲۶
۲-۱۱-نانوتکنولوژی ---------- ۲۷
۲-۱۱-۱-کاربرد فناوری نانو در کشاورزی ---------- ۲۷
۲-۱۱-۲-کاربرد نانو کود ---------- ۲۸
۲-۱۲-جذب برگی عناصر غذایی ---------- ۳۰
۲-۱۲-۱-ویژگی‌های کلی ---------- ۳۰
۲-۱۲-۲-مزایای روش اسپری عناصر غذایی روی سطح برگ‌ها ---------- ۳۲
۲-۱۲-۳- معایب روش استفاده از عناصر غذایی روی سطح برگ‌ها ---------- ۳۳
۲-۱۳-نقش بور در گیاه بادام زمینی ---------- ۳۶
۲-۱۴-تأثیرات عمومی میکوریزای آرباسکولار ---------- ۳۹
۲-۱۴-۱-تأثیر قارچ میکوریزا بر عملکرد ---------- ۴۰
۲-۱۴-۲- میکوریزا و اثرات تغذیه‌ای آن بر گیاه میزبان ---------- ۴۳
۲-۱۵-آزولا ---------- ۴۵
۲-۱۶-پوسته بادام زمینی ---------- ۴۸
۲-۱۷ بیوچار ---------- ۴۹
۲-۱۷-۱-بیوچار و ظرفیت نگهداری آب ---------- ۵۰
۲-۱۷-۲-تأثیر بیوچار بر فعالیت‌های بیولوژیکی خاک ---------- ۵۰
۲-۱۷-۳-ترسیب کربن ---------- ۵۱
۲-۱۷-۴-کاهش آلودگی آب از طریق کاهش آبشویی عناصر ---------- ۵۲
۲-۱۷-۵-کاهش تحرک و فراهمی فلزات سنگین و آفت‌کش‌ها ---------- ۵۲
۲-۱۷-۶-تأثیر بیوچار بر عملکرد و کیفیت گیاهان زراعی ---------- ۵۳

فصل سوم مواد و روش‌ها

۳-۱- ویژگی‌های جغرافیایی منطقه ---------- ۵۸

۳-۱-۱- زمان و موقعیت محل اجرای تحقیق ---------- ۵۸

۳-۱-۲- اطلاعات هواشناسی منطقه مورد آزمایش ---------- ۵۸

۳-۱-۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ---------- ۶۰

۳-۲-قالب طرح آزمایشی ---------- ۶۰

۳-۳- روش تهیه بیوچار، قارچ میکوریزا و نانو کود بور ---------- ۶۱

۳-۴- آماده‌سازی زمین و اجرای نقشه طرح ---------- ۶۵

۳-۵-معرفی رقم مورد کشت ---------- ۶۸

۳-۶- نمونه‌برداری و اندازه گیری صفات موردمطالعه ---------- ۶۸

۳-۷-اندازه گیری عملکرد و اجزای عملکرد ---------- ۶۸

۳-۷-۱- عملکرد غلاف بادام زمینی ---------- ۶۸

۳-۷-۲- تعداد غلاف در بوته ---------- ۶۹

۳-۷-۴-شاخص برداشت ---------- ۷۱

۳-۸- اندازه گیری خصوصیات کیفی بادام زمینی ---------- ۷۲

۳-۸-۱-اندازه گیری مقدار بور، پتاسیم و فسفر دانه ---------- ۷۲

۳-۸-۲- اندازه گیری مقدارنیتروژن و پروتئین دانه ---------- ۷۲

۳-۹- محاسبات آماری ---------- ۷۲

فصل چهارم نتایج و بحث

۴-۱- صفات کمی ---------- ۷۴

۴-۱-۱-عملکرد غلاف خشک ---------- ۷۴

۴-۱-۲-عملکرد دانه ---------- ۷۵

۴-۱-۳-تعداد غلاف در بوته ---------- ۷۸

۴-۱-۴-تعداد دانه در بوته ---------- ۸۰
۴-۱-۵-طول دانه ---------- ۸۲
۴-۱-۶-وزن صد دانه ---------- ۸۴
۴-۱-۷-شاخص برداشت ---------- ۸۶
۴-۲-صفات کیفی ---------- ۸۸
۴-۲-۱-مقدار عناصر معدنی دردانه ---------- ۸۸
۴-۲-۱-۱نیتروژن ---------- ۸۸
۴-۲-۱-۲- فسفر ---------- ۹۱
۴-۲-۱-۳- پتاسیم ---------- ۹۴
۴-۲-۱-۴- بور ---------- ۹۴
۴-۲-۲- درصد پروتئین ---------- ۹۷
۴-۳-نتیجه‌گیری ---------- ۱۰۲
۴-۴-پیشنهادات ---------- ۱۰۳
منابع **۱۰۵**

فهرست اشکال

شکل ۲-۱- نمودار شماتیک تجزیه حرارتی برای تهیه بیوچار (پیرولیز) (روبرتز و همکاران ۲۰۱۰) ------- ۲۵

شکل ۲-۲(a: پوسته خام بادام زمینی. b: بیوچار تهیه‌شده از پوسته بادام زمینی)---------- ۴۹

شکل۴-۱- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر عملکرد غلاف خشک بادام زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد. ------- ۷۵

شکل ۴-۲- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر عملکرد دانه بادام زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد. ---------- ۷۸

شکل ۴-۳- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر تعداد غلاف در بوته بادام زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد. ---------- ۸۰

شکل ۴-۴- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر تعداد دانه در بوته بادام زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد. ---------- ۸۱

شکل ۴-۵- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور و کاربرد بیوچار بر طول دانه بادام زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد. ---------- ۸۳

شکل ۴-۶- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور و تلقیح قارچ میکوریزا بر طول دانه بادام زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.---------- ۸۳

شکل ۴-۷- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر طول دانه بادام زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.---------- ۸۴

شکل ۴-۸- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر وزن صد دانه بادام زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد. ---------- ۸۶

شکل ۴-۹- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور و بیوچار بر مقدار نیتروژن دانه بادام زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد. ---------- ۸۹

شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور، تلقیح قارچ میکوریزا بر مقدار نیتروژن دانه بادام زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.---------- ۹۰

شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر مقدار نیتروژن دانه بادام زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد. ------- ۹۰
شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین اثر متقابل بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر مقدار فسفر دانه بادام زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد. ---------- ۹۳
شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور و بیوچار بر مقدار فسفر دانه بادام زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد. ---------- ۹۳
شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر مقدار فسفر دانه بادام زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد. ---------- ۹۴
شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین اثر اصلی محلولپاشی نانو کود بور بر مقدار بور دانه بادام زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد. ---------- ۹۶
شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر مقدار بور دانه بادام زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد. ---------- ۹۶
شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور و بیوچار بر مقدار پروتئین دانه بادام زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد. ---------- ۹۹
شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانوکود بور و تلقیح قارچ میکوریزا بر مقدار پروتئین دانه بادام زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد. ---------- ۹۹
شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر مقدار پروتئین دانه بادام زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد. ------۱۰۰

فهرست جداول

جدول ۱-۱- سطح زیر کشت، تولید و عملکرد بادام زمینی در استان گیلان. مأخذ: (سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان) ----------۷

جدول ۳-۱- اطلاعات مربوط به داده‌های هواشناسی (مأخذ: سازمان هواشناسی استان گیلان ۱۳۹۵)----- ۵۹

جدول ۳-۲- برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش ---------- ۶۰

جدول ۴-۱- نتایج تجزیه واریانس اثر نانو کود بور، بیوچار و میکوریزا بر صفات کمی بادام زمینی --------- ۸۷

جدول ۴-۲- نتایج تجزیه واریانس صفات کیفی بادام زمینی تحت تأثیر محلول‌پاشی نانو کود بور، کاربرد بیوچار و تلقیح میکوریزا ----------۱۰۱

فهرست عکس‌ها

عکس ۲-۱- گل بادام زمینی ---------- ۳۴
عکس ۲-۲- مراحل تشکیل غلاف بادام زمینی ---------- ۳۴
عکس ۲-۳- نفوذ پگ به داخل خاک جهت تشکیل غلاف ---------- ۳۵
عکس ۲-۴- بوته برداشت شده بادام زمینی ---------- ۳۵
عکس ۲-۵- Vivipary در بادام زمینی---------- ۳۵
عکس ۳-۲- استقرار کوره ساخته شده در محل روشن کردن آتش ---------- ۶۳
عکس ۳-۱- جمع‌آوری آزولا از مرداب های منطقه ---------- ۶۳
عکس ۳-۳- خشک کردن آزولا بر روی سطح سیمانی ---------- ۶۳
عکس ۳-۴- روشن نمودن آتش جهت سوختن زیست‌توده درون کوره ---------- ۶۴
عکس ۳-۵- خروج گاز از سوراخ های تعبیه‌شده در لوله و استفاده به عنوان سوخت مکمل ---------- ۶۴
عکس ۳-۶- بیوچارهای تولید شده پس از فرآیند پیرولیز ---------- ۶۵
عکس ۳-۷- بوته های بادام زمینی بعد از وجین دوم و خاک دهی پای بوته ---------- ۶۷
عکس ۳-۸- مزرعه بادام زمینی ---------- ۶۷
عکس ۳-۹- خشک کردن غلاف بادام زمینی در هوای آزاد ---------- ۶۹
عکس ۳-۱۰- دانه های بادام زمینی ---------- ۷۰
عکس ۳-۱۱- اندازه گیری طول دانه به وسیله کولیس ورنیه ---------- ۷۱

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

جمعیت فعلی جهان نزدیک به ۶ میلیارد نفر می‌باشد که ۵۰ درصد از این میزان در قاره آسیا زندگی می‌کنند و بخش عمده‌ای از این جمعیت ساکن کشورهای در حال توسعه هستند که نسبت بالایی از این جمعیت با کمبود مواد غذایی و مسائل زیست‌محیطی روبرو هستند (جوزسف و ماریسون، ۲۰۰۶). آلودگی‌های زیست‌محیطی یکی از جدی‌ترین مشکلات پیش روی دنیای امروز است که منشأ و علل فراوانی دارد. یکی از مهم‌ترین علل آلودگی‌های محیط‌زیست و به‌ویژه آب‌وخاک، مصرف بیش از اندازه سموم کشاورزی و کودهای شیمیایی با روش‌ها و فرمولاسیون مختلف است. فناوری نانو یکی از پویاترین و پیشرفته‌ترین علوم موجود است که ظرفیت‌های بالا، کارآمد و فراوانی جهت استفاده در علوم مختلف ازجمله کشاورزی و محیط‌زیست دارد (جوزسف و ماریسون، ۲۰۰۶).

کودهای شیمیایی به‌طورمعمول از طریق محلول‌پاشی یا به‌صورت خاک کاربرد، مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این میان، به دلیل وقوع معضلاتی مانند، آبشویی، رواناب و تبخیر، بخش اندکی از عناصر مؤثره کود به نقطه هدف می‌رسند که بسیار کمتر از حداقل غلظت مؤثر موردنیاز گیاه است. از این‌رو، به‌منظور اعمال کنترل مؤثر بر وضعیت تغذیه‌ای گیاه به کاربرد کودهای شیمیایی نیاز است که این کاربرد پی‌درپی می‌تواند موجب بروز برخی اثرات جانبی نامطلوب، مانند آلودگی آب‌وخاک شود. بنابراین باید با به‌کارگیری فناوری‌های نوین اقدام به طراحی و ساخت کودهایی که از ویژگی‌هایی مانند رهاسازی کنترل‌شده عناصر در پاسخ به محرک‌های ویژه، فعالیت هدف‌گیری ارتقاءیافته، سمیت زیستی محیطی کمتر و رسانش آسان و ایمن عناصر برخوردارند و بدین روش مانع از کاربرد مکرر کودهای شیمیایی شد (نادری و همکاران، ۲۰۱۱).

امروزه با افزایش تقاضا برای مواد غذایی، محققین بخش کشاورزی را با چالش بزرگی روبرو نموده است به همین جهت در شرایطی که توسعه اراضی کشور مقدور نیست بیشتر نگاه‌ها به افزایش عملکرد در واحد سطح معطوف شده است. یکی از راه‌های افزایش عملکرد محصولات کشاورزی مصرف

بیشتر نهاده‌ها به‌ویژه کودهای شیمیایی است. در بسیاری از موارد کاربرد کودهای شیمیایی باعث بروز مشکلات زیست‌محیطی، بهداشتی و اقتصادی شده است که تأثیر سوئی بر چرخه زیستی و خود پایداری بوم نظام‌های زراعی دارد. کاربرد گسترده کودهای شیمیایی به‌ویژه نیتروژن سبب آلودگی منابع آب‌وخاک و ایجاد بیماری‌های مختلف در انسان می‌شود. با توجه به اینکه کودهای شیمیایی پرهزینه‌اند و می‌توانند منبع آلودگی آب‌وهوا باشند باید به دنبال راهکاری برای کاهش این مخاطرات باشیم. و باید از منابع و نهاده‌هایی استفاده کرد که علاوه بر حداکثر تولید توجه به کیفیت خاک و رعایت بهداشت و ایمنی محیط‌زیست لحاظ گردد. یکی از این راه‌ها استفاده از بیوچار و کودهای زیستی مانند قارچ‌های میکوریزا می‌باشد. بیوچار زغال تهیه‌شده از زیست‌توده گیاهی و ضایعات کشاورزی است که سوختن آن‌ها در حضور کم یا عدم حضور اکسیژن انجام می‌شود. این ماده به علت سرعت تجزیه بسیار کند نسبت به سایر مواد آلی ظرفیت زیادی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای از قبیل کربن و متان که از ضایعات آزاد می‌شوند دارد و می‌تواند کربن را برای دوره‌های طولانی ذخیره کند. بیوچار مقاومت بالایی در برابر تجزیه داشته و توانایی بسیار زیادی در جذب یون‌ها در مقایسه با سایر اشکال مواد آلی خاک دارا می‌باشد.

کشت دانه های روغنی از دیرباز بخش مهمی از کشاورزی کشورهای جهان به‌خصوص مشرق زمین را به خود اختصاص داده است. سرزمین ایران مستعد کشت دانه های روغنی بوده به‌طوری‌که در زمینه‌ی تولید برخی از این دانه‌ها از قبیل گلرنگ، کرچک و کنجد سابقه طولانی دارد (ناصری، ۱۳۷۵). بادام زمینی یکی از گیاهان روغنی محسوب می‌شود (خواجه پور، ۱۳۷۵؛ صفرزاده، ۱۳۷۸؛ فتحی، ۱۳۷۸). بادام زمینی گیاهی است که جهت روغن‌گیری از دانه آن، تولید کره بادام زمینی و نیز مصرف آجیلی کشت می‌گردد. بادام زمینی یک از گیاهان دنیای جدید بوده که منشأ آن آمریکای جنوبی می‌باشد. امروزه این گیاه از عرض‌های جغرافیایی ۴۰ درجه شمال تا ۴۰ درجه جنوب از خط استوا تا جایی که میانگین بارندگی ۱۲۰۰-۵۰۰ میلی‌متر و متوسط دمای روزانه بالاتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد است

کشت می‌شود. دانه بادام زمینی منبع غنی از روغن خوراکی است و حاوی ۵۵-۴۳ درصد روغن و ۲۸-۲۵ درصد پروتئین می‌باشد. دانه بادام زمینی ازنظر پروتئین و روغن بسیار خوب است. پروتئین بادام زمینی می‌تواند نقش مهمی در بهبود تغذیه مردم کشورهای فقیر داشته باشد (خواجه پور، ۱۳۸۶). حدود دوسوم تولید جهانی بادام زمینی برای استخراج روغن بکار می‌رود که این بیانگر اهمیت این گیاه به‌عنوان یک گیاه روغنی است. این گیاه روغنی در حالی در ایران کشت می‌شود که تحقیقات انجام‌شده روی آن پاسخگوی نیاز ناشی از توسعه سطح زیر کشت نبوده و در زمینه‌ی نیازهای کودی آن نیز بررسی‌های زیادی در کشور انجام نگرفته است.

تولید بالای محصول توسط بادام زمینی باعث می‌شود که مقادیر قابل‌ملاحظه‌ای از عناصر از خاک خارج شود. البته عکس‌العمل‌های مشاهده‌شده از این گیاه در قبال مصرف کودها بسیار متنوع است به همین دلیل به بادام زمینی لگوم غیرقابل‌پیش‌بینی گفته می‌شود.

نکته قابل‌توجه در مورد این گیاه این است که بادام زمینی توانایی استفاده از عناصر موجود در خاک را که برای محصولات دیگر نسبتاً غیرقابل دسترس‌اند را دارد. بنابراین می‌تواند از کودهای باقی‌مانده ناشی از محصول قبل استفاده کند. فراهم کردن مواد غذایی ضروری به میزان کافی برای حصول به عملکرد بالا در بادام زمینی لازم است. بنابراین ایجاد برنامه تغذیه‌ای مناسب و متعادل با تکیه‌بر مقادیر کافی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، بر، گوگرد، روی، کلسیم و سایر عناصر در زراعت بادام زمینی ضروری به نظر می‌رسند. لذا با توجه به اهمیت تغذیه مطلوب در بالا بردن کمیت و کیفیت دانه بادام زمینی، بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و حفظ منابع موجود، تحقیق حاضر با هدف مطالعه اثر محلول‌پاشی نانو کود بور، کاربرد بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر رشد و عملکرد بادام زمینی در استان گیلان طراحی و اجرا شد.

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱-تولید بادام زمینی در جهان و ایران

بیش از نیمی از نواحی زیر کشت بادام زمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد (پاندی و همکاران، ۲۰۰۲). سطح زیر کشت بادام زمینی در ۱۰۸ کشور جهان حدود ۲۳/۵ میلیون هکتار است که سالانه بیش از ۳۷ میلیون تن محصول بادام زمینی از آن برداشت می‌شود. آسیا با تولید ۲۵/۹ میلیون تن بادام زمینی حدود ۷۰ درصد تولید این محصول را به خود اختصاص داده است (مایتی و همکاران، ۲۰۰۲؛ اسماعیل‌پور و همکاران، ۱۳۹۲). مصرف جهانی بادام زمینی در حدود ۳ درصد در سال افزایش می‌یابد، در سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۲ تولید بادام زمینی در جهان ۳۵ میلیون تن بود (یو اس دی ای ۲۰۱۲).

بر اساس آمار سازمان خواربار و کشاورزی جهانی، کشورهای هند، چین، نیجریه و آمریکا عمده‌ترین تولیدکنندگان بادام زمینی هستند و حدود ۷۰ درصد بادام زمینی جهان در این کشورها کشت می‌شود (میسرا و همکاران، ۲۰۰۴؛ امیر و همکاران، ۲۰۰۵؛ اسماعیل‌پور و همکاران، ۱۳۹۲). علی‌رغم اینکه بادام زمینی تولیدشده در آمریکا تقریباً ۱۰ درصد تولید جهانی را شامل می‌شود، این کشور از پیشگامان صادرات جهانی این محصول به شمار می‌رود، به‌طوری‌که حدود ۳۳ درصد کل صادرات جهانی بادام زمینی را بر عهده دارند (صفرزاده، ۱۳۷۸؛ دانش وکیلی و صادقی، ۱۳۹۲).

این گیاه را نخستین بار استاد و اندیشمند گرانمایه شادروان پورداوود در سال ۱۲۸۹ خورشیدی هنگام بازگشت از اروپا به زادگاه خود شهر رشت آورد و در ملک پدرش مرحوم حاج داوود در روستای آتشگاه رشت کاشت (صفرزاده، ۱۳۷۸). پس از کشت بادام زمینی در رشت، زراعت آن در برخی دیگر از مناطق استان گیلان گسترش یافت. هم‌اکنون کشت بادام زمینی در اراضی اطراف سپیدرود و در مناطق و شهرستان‌هایی از قبیل آستانه‌اشرفیه، لشت نشاء، آبکنار، انزلی، حوزه تالش و صومعه‌سرا در استان گیلان و به‌طور محدودی نیز در اطراف گرگان، دزفول و جیرفت رواج دارد (دانش وکیلی و صادقی، ۱۳۹۲؛ صفرززاده، ۱۳۷۸). در سال ۱۳۶۱، سطح زیر کشت بادام زمینی حدود ۲۰۰۰ هکتار با

میانگین حدود ۱ تن بود (خواجه پور، ۱۳۸۶). سطح زیر کشت بادام زمینی در ایران هم‌اکنون برابر با ۳۰۰۰ هکتار و میزان تولید آن ۱۰۰۰۰ تن دانه می‌باشد. از این مقدار ۲۵۰۰ هکتار آن در استان گیلان و بقیه در استان‌های گلستان و خراسان شمالی واقع شده است. شهرستان‌های آستانه‌اشرفیه و بندر کیاشهر مراکز اصلی کشت و تولید بادام زمینی در استان گیلان می‌باشند و بادام زمینی تولیدشده در این مناطق از کیفیت بسیار بالایی برخوردار است (صفرزاده، ۱۳۷۸). بیشترین سطح زیر کشت و مقدار تولید مربوط به شهرستان آستانه‌اشرفیه می‌باشد (سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان، ۱۳۹۶). در جدول زیر سطح زیر کشت بادام زمینی در شهرستان‌های مختلف استان گیلان آورده شده است.

جدول ۱-۱- سطح زیر کشت، تولید و عملکرد بادام زمینی در استان گیلان. مأخذ: (سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان)

ردیف	نام شهرستان	سطح زیر کشت (هکتار)	میزان تولید (تن)
۱	آستانه‌اشرفیه	۲۵۰۷	۹۵۶۶/۶
۲	بندر انزلی	۲۰	۹۰
۳	رشت	۲۲۰	۷۷۰
۴	رودبار	۴۰	۳۶
۵	صومعه‌سرا	۴	۱۰/۶
۶	تالش	۳۵	۸۷/۵
۷	رضوانشهر	۰/۵	۱/۳

در گیلان یک جمعیت گیاهی با منشأ نامشخص بانام بومی گیلان کشت می‌شود که از تیپ خزنده می‌باشد و پتانسیل عملکرد دانه آن به سه تن در هکتار می‌رسند (صادقی و همکاران، ۱۳۹۵). میزان روغن در این جمعیت حدود ۴۶ درصد است. رقم دیگری که در گیلان کشت می‌شود فلوری

اسپانیش با تیپ رشد خوشه‌ای است که پتانسیل عملکرد دانه آن به سه تن در هکتار و میزان روغن آن به حدود ۵۱ درصد می‌رسند (صادقی و همکاران، ۱۳۹۵). ارقام دیگری که به‌طور پراکنده در ایران کشت می‌شوند عبارت‌اند از: نورث کارولینا-۲ (North Carolina-2)، ایمپرود ۳۰۶ (Improd306)، شولامیت (Shulamit)، فیلر (Filer)، آلتیکا (Altica) و فلورانر (Floruner). از خصوصیات رشد و پتانسیل عملکرد این ارقام اطلاع دقیقی در دست نیست (صادقی و همکاران، ۱۳۹۵).

۲-۲-اهمیت غذایی و کاربردهای مهم بادام زمینی

بادام زمینی ازنظر اهمیت، سیزدهمین محصول غذایی و چهارمین گیاه روغنی در جهان است. در بیش از ۱۰۰ کشور دنیا این گیاه کشت شده و کشاورزان از آن استقبال می‌کنند (صادقی و همکاران، ۱۳۹۵). موارد مصرف و کاربردهای بادام زمینی در کشورهای مختلف متفاوت است. یک محصول مهم مصرفی در چین و کشورهای جنوب شرقی آسیا از قبیل اندونزی، برمه و تایلند است. تولید آن در هند عمدتاً برای استحصال روغن می‌باشد. در آمریکا بیشتر برای تولید کره استفاده می‌گردد ولی مقادیر قابل‌توجه ای از آن به کشورهای اروپای غربی صادر می‌شود. در بسیاری از کشورها نیز از بادام زمینی، فرآورده‌های پروتئینی و لبنی مختلفی تهیه می‌شود (صادقی و همکاران، ۱۳۹۵). بادام زمینی گیاهی چندمنظوره بوده و قسمت‌های مختلف آن برای اهداف گوناگون ازجمله مصارف خوراکی، استحصال روغن، تولید مواد پروتئینی و تهیه خوراک دام مورداستفاده قرار می‌گیرد (صادقی و همکاران، ۱۳۹۵). در دنیا حدود دوسوم بادام زمینی تولیدی به مصارف روغن‌گیری می‌رسند. بسته به درصد روغن و فرآیند استحصال آن، از هر تن بادام زمینی حدود ۲۵۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم روغن به دست می‌آید. روغن بادام زمینی زرد کم‌رنگ بوده و اغلب مزه خاصی ندارد. روغن بادام زمینی مایع بوده و به‌طور میانگین حاوی ۱۴ تا ۲۰ درصد اسیدهای چرب اشباع‌شده، ۴۰ تا ۶۵ درصد اسید اولئیک و ۲۰ تا ۴۰ درصد اسید لینولئیک و کلسترول می‌باشد (خواجه پور، ۱۳۸۶). این روغن در دمای بالا پایداری زیادی داشته و طعم ماده سرخ شدنی را نیز به خود نمی‌گیرد. روغن بادام

زمینی برای مصارف سالاد و سرخ‌کردنی و نیز در تهیه مارگارین در لوازم آرایشی کاربرد دارد. بادام زمینی در ایران بیشتر مصرف آجیلی دارد. دانه بادام زمینی دارای ۴۰ تا ۵۰ درصد روغن و ۲۵ تا ۳۵ درصد پروتئین است و پوسته آن به‌عنوان سوخت، تولید کمپوست و مقوا کاربرد دارد (ناصری، ۱۳۷۵). مقدار انرژی قابلیت هضم و کیفیت پروتئین دانه خوب می‌باشد و نیز ازنظر فسفر و ویتامین‌های گروه B غنی است (خواجه پور، ۱۳۸۶). دانه های درجه دو و آسیب‌دیده بادام زمینی مورد روغن‌گیری قرار می‌گیرند. کنجاله بادام زمینی که پس از روغن‌گیری به دست می‌آید (به دلیل دارا بودن ارزش غذایی ۲ تا ۴ درصد روغن، ۴۵ تا ۵۵ درصد پروتئین و ۴ تا ۱۰ درصد فیبر) در جیره طیور کاربرد داشته و علوفه خشک آن نیز برای تغذیه دام مصرف می‌شود (خواجه پور، ۱۳۸۶).

۲-۳- ویژگی‌های گیاه‌شناسی بادام زمینی

بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L) که به نام پسته زمینی، پسته‌شامی، بادام خاکی و در زبان انگلیسی به نام‌های معروف *peanut,groundnut,earthnut,monkeynut* معروف است، یک محصول لگومی یک‌ساله جهت تأمین غذا و به حفظ و باروری خاک از طریق تثبیت نیتروژن کمک می‌کند (بوگینو و همکاران ۲۰۰۶). یکی از بقولات گرمسیری با رشد نامحدود می‌باشد و می‌تواند غذای انسان و دام را تأمین نموده و در صورت نبودن گوشت می‌تواند بخش باارزش از پروتئین برنامه غذایی را تشکیل دهد. لگوم از کلمه "*Legumen*" منشأ گرفته که به معنی بذوری است که از غلاف برداشت می‌شوند یا میوه یک برچه‌ای که با دو شکاف طولی باز می‌شود. اولین بار روبرت (۱۹۷۰) کلمه "*food legume*" را برای گونه‌هایی از این خانواده (*bean family* یا *pea*) که به‌صورت بذور خشک رسیده و گاهی اوقات سبز نارس یا غلاف‌های سبز با بذور نرسیده داخل آن‌ها، توسط انسان مستقیماً مصرف می‌شود پیشنهاد نمود (دانش وکیلی و صادقی، ۱۳۹۱). بر اساس نظر فائو (سازمان خواروبار و کشاورزی جهان)، بادام زمینی با توجه به مقدار تقریباً بالای روغن موجود در بذر آن و نیز ارزش تجاری آن به‌عنوان (بذور روغنی لگومینوزه) شناخته می‌شود (دانش وکیلی و صادقی، ۱۳۹۱).

بادام زمینی به نام‌های لاتین *peanut*، *groundnuts*، *earth nuts*، *goobers*، *goober peas*، *ground peas*، *pindas*، *monly nuts*، *Chinese nuts* نامیده می‌شود. اغلب، عناوین peanut و groundnuts کاربرد بیشتری دارد (دانش وکیلی و صادقی، ۱۳۹۱).

بادام زمینی گیاهی یک‌ساله و طبیعتاً روزکوتاه است. ارقام زراعی این گیاه نسبت به طول روز بی‌تفاوت می‌باشند (دانش وکیلی و صادقی، ۱۳۹۱). بادام زمینی کوتاه‌قد و با ۲۰ جفت کروموزوم (2n=40) از گیاهان زراعی تتراپلوئید به شمار می‌آید که احتمالاً به‌وسیله آلوپلی پلوئیدی (ازدیاد جفت‌های کروموزوم یک دورگه) از گونه‌های اولیه دیپلوئید پدید آمده است. بادام زمینی گرمادوست و حساس به سرما است. شاید ارقام وحشی آن خشکی‌پسند بوده و در دشت‌های گرم می‌روییده‌اند و سپس خود را همراه با باردهی (میوه) به لایه‌های زیرین خاک سازش داده‌اند (صادقی و همکاران، ۱۳۹۵؛ دانش وکیلی و صادقی، ۱۳۹۱).

۲-۳-۱-مرفولوژی بادام زمینی

بادام زمینی دارای ریشه اولیه و توسعه یافته‌ای است که معمولاً تا عمق ۵۰ الی ۱۰۰ سانتی‌متری در خاک نفوذ می‌کند. ریشه بادام زمینی تارهای کشنده کمی دارد. به همین دلیل بخش بزرگی از عمل جذب آب و املاح در منطقه‌ای ۸ تا ۱۰ سانتی‌متر بالاتر از رأس ریشه انجام می‌شود. علاوه برریشه اولیه، تعدادی ریشه نابجا نیز از ناحیه محور زیر لپه بادام زمینی به وجود می‌آیند (خواجه پور، ۱۳۷۵؛ رستگار، ۱۳۸۵). ریشه‌های موئین بادام زمینی نسبت به ریشه‌های موئین سایر لگوم ها کمی نازک‌تر است و ریشه‌های فرعی کرک‌های کمی دارند که به نظر می‌رسند گونه *Hypogaea* فاقد آن است (صفرزاده، ۱۳۷۸). روی ریشه بادام زمینی گره‌های تثبیت نیتروژن هوا حاوی باکتری‌های *Bradyrhizobiom sp* مشاهده می‌شود. نحوه همزیستی و تأمین نیتروژن توسط ریزوبیوم ها در بادام زمینی، مشابه با لوبیا روغنی است (خواجه پور، ۱۳۸۶). بادام زمینی دارای یک ساقه مرکزی کرک دار است و مقطع ساقه به‌صورت دایره‌ای و از کرک‌های نازک فراوان پوشیده شده

است و دارای میانگره‌های کوتاه برای تسهیل رسیدن تخمدان‌ها به سطح خاک می‌باشد (خواجه پور، ۱۳۷۵؛ رستگار، ۱۳۸۵). طول ساقه به ۳۰ تا ۸۰ سانتی‌متر می‌رسند و شاخه‌های جانبی زیادی از ساقه اصلی انشعاب می‌یابند. بر اساس استواری ساقه اصلی و شاخه‌های جانبی تیپ‌های رشدی بوته‌ای و خزنده در بادام زمینی دیده می‌شود (دانش وکیلی و صادقی، ۱۳۹۱). بر اساس وضعیت ساقه، نحوه رشد بادام زمینی را به دو حالت طبقه‌بندی کرده‌اند:

۱- حالت گسترده و پهن‌شده در روی زمین (رونده، خزنده یا خوابیده روی زمین)

۲- حالت عمودی و ایستاده (خوشه‌ای، خوشه‌ای عمودی یا ایستاده بوته‌ای)

برگ‌های پر مانند بادام زمینی با آرایش مارپیچی و به‌صورت متناوب روی ساقه قرار گرفته‌اند و روی دم برگ اصلی هر برگ، غالباً دو جفت برگچه بیضی شکل متقابل به رنگ سبز روشن دیده می‌شود. گاهی برگچه پنجمی نیز در انتهای دم برگ اصلی مشاهده می‌شود. رنگ برگ‌ها از سبز مایل به زرد تا سبز روشن دیده می‌شوند. برگچه‌ها به شکل تخم‌مرغی وارونه و دارای کرک‌های نرم می‌باشند که طولی بین ۳ تا ۵ سانتی‌متر دارند. طول دم برگ اصلی ۳ تا ۷ سانتی‌متر است. وجود بافت خرطومی در زانویی دم برگ اصلی و دم برگچه‌ها اجازه باز و بسته شدن برگچه‌ها و خواب شبانه را به برگ‌ها می‌دهند. برگ‌ها همزمان با رسیدگی محصول و از پائین به بالای بوته شروع به ریزش می‌کنند (خواجه پور، ۱۳۸۶؛ صفرزاده، ۱۳۷۸).

۲-۳-۲-دانه بادام زمینی

دانه بادام زمینی به شکل استوانه‌ای تا کروی و در برش عرضی دایره‌ای یا بیضی‌شکل می‌باشند. طول دانه ۱۰ تا ۲۵ میلی‌متر و قطر آن ۱۰ تا ۱۵ میلی‌متر است. پوشش دانه بسیار نازک و کاغذ مانند بوده و لایه خارجی آن به رنگ‌های صورتی، قرمز و یا قهوه‌ای می‌باشد. رنگ پوسته دانه از مشخصات رقم به شمار می‌رود. دانه فاقد آندوسپرم است و لپه‌های درشت غنی از روغن هستند. وزن هزار دانه در اکثر شرایط از ۳۵۰ تا ۶۰۰ گرم متغیر است (خواجه پور، ۱۳۸۶).

خواب دانه در اثر انبارداری از بین می‌رود. چنانچه بذر در شرایطی مطلوب نگهداری شود، قدرت حیاتی آن برای ۳ تا ۶ سال حفظ خواهد شد (صفرزاده، ۱۳۸۷).

پروتئین ۱۲-۳۶/۴ درصد وزن خشک دانه بادام زمینی را تشکیل می‌دهد درحالی‌که روغن ۵۸/۶-۴۲ درصد وزن خشک دانه را شامل می‌شود. بادام زمینی از کاشت تا برداشت بسته به تیپ و رقم کاشته شده، به ۱۱۰ تا ۱۸۰ روز زمان نیاز دارد (اسمارت و همکاران، ؛ مایتی، ۲۰۰۲؛ خواجه پور، ۱۳۷۵). اندازه و وزن بذر از خصوصیات مهم اقتصادی در بادام زمینی به شمار می‌رود. طول بذر بادام زمینی از ۷ تا ۱۲ میلی‌متر و قطر آن از ۵ تا ۱۳ میلی‌متر و وزن آن نیز بین ۰/۵ تا ۲/۵ گرم متغیر می‌باشند. از تیپ‌های دانه‌درشت بیشتر برای مصارف شیرینی‌پزی و از تیپ‌های دارای دانه‌متوسط تا ریز برای تولید روغن استفاده می‌شود (صفرزاده، ۱۳۷۸).

بادام زمینی حاوی انرژی و مواد غذایی متنوعی می‌باشد. در ذیل مجموع انرژی و مواد غذایی مختلف در ۱۰۰ گرم قسمت خوراکی بذور کاملاً رسیده بادام زمینی آورده شده است:

آب ۷/۳ درصد، انرژی ۵۴۸ کالری، پروتئین ۲۳/۴ گرم، چربی ۴۵/۳ گرم، کربوهیدرات ۲۱/۶ گرم، خاکستر ۲/۴ گرم، کلسیم ۵۸ گرم، آهن ۲/۲ میلی‌گرم، تیامین ۱ میلی‌گرم، ریبوفلاوین ۰/۱۳ میلی‌گرم و اسید نیکوتینیک ۱۶/۸ میلی‌گرم.

عامل تبدیل ازت به پروتئین در گیاه بادام زمینی ۵/۴۶ می‌باشد. همچنین مقدار کربوهیدرات برابر است با مجموع رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر منهای ۱۰۰ و شامل الیاف نیز می‌باشد (مجنون حسینی، ۱۳۷۲).

۲-۴-مراحل رشد و نمو بادام زمینی

مراحل نمو بادام زمینی مشابه لوبیا روغنی یا لوبیا زراعی است با این تفاوت که نیام‌ها در زیرخاک فرم می‌گیرند (خواجه پور، ۱۳۸۶). مراحلی از نمو بادام زمینی که ازنظر تصمیم‌گیری‌های زراعی ممکن است مهم باشد شامل موارد ذیل می‌باشد:

۲-۴-۱-سبز شدن

در پی جذب آب توسط بذر، جوانه زدن آغاز می‌شود. میزان جذب آب در اطراف سطح دانه یکنواخت است و با افزایش دما زیاد می‌شود. هنگامی‌که رطوبت دانه به ۳۵ درصد رسید، جوانه زدن شروع می‌شود. دانه بادام زمینی در خاکی با دمای ۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد جوانه می‌زند، اما بهترین دما برای جوانه‌زنی بین ۲۰ تا ۳۴ درجه سانتی‌گراد است (صادقی و همکاران، ۱۳۹۵). در این مرحله لپه‌ها خود را به سطح خاک رسانده و در همان‌جا متوقف می‌شوند. به‌طورکلی، زمان سبز شدن، اولین روزی است که در ۵۰ درصد **بوته های** کاشته شده، لپه‌ها قابل‌مشاهده باشند. طول این دوره بسته به رقم، بافت خاک، کیفیت بذر و شرایط محیطی (دما و رطوبت)، از یک تا سه هفته متغیر می‌باشد (نیگام و همکاران، ۱۹۹۴).

۲-۴-۲-مراحل رشد رویشی

پس از سبز شدن، برگ‌های حقیقی (غیر لپه‌ای) ظاهر می‌شوند. بر اساس تعداد ظهور این برگ‌ها روی ۵۰ درصد ساقه اصلی **بوته های** کاشته شده، می‌توان آن‌ها را به مراحل یک‌برگی، دوبرگی و ... تقسیم نمود (گاردنر و همکاران، ۱۹۸۹). رشد شاخ و برگ بادام زمینی به‌صورت ایستاده (خوشه‌ای)، خزنده (خزشی) و یا خوابیده (رونده) است. شاخه‌های انواع ایستاده این گیاه چون انواع تجاری اسپانیش و والنسیا، به‌طرف بالا می‌رویند. شاخه‌های انواع خوابیده این گیاه چون ارقام مختلف ویرجینیا، به‌صورت خوابیده رشد می‌کنند. رشد خزشی نمایشی از تلفیق دو حالت رشد ایستاده و خوابیده است (صادقی و همکاران، ۱۳۹۵).

۲-۴-۳-شروع گل‌دهی

شروع گل‌دهی زمانی است که اولین گل روی ۵۰ درصد بوته‌ها ظاهر شود. زمان شروع این مرحله به نوع رقم، زمان کاشت و شرایط آب‌وهوایی (اقلیمی) بستگی دارد. گل‌دهی در بادام زمینی با رشد رویشی و ایجاد شاخه‌های فرعی، روندی تدریجی و مداوم دارد و دارای مراحل مختلف اوج و کاهش می‌باشد (باکر و همکاران، ۲۰۰۰؛ نیگام و همکاران، ۱۹۹۴؛ دانش وکیلی و صادقی، ۱۳۹۱).

۲-۴-۴-شروع تولید پگ

زمانی که اولین پگ در ۵۰ درصد بوته‌ها مشاهده شد، شروع این مرحله می‌باشد. اغلب شروع این مرحله حدود ۱ الی ۲ هفته پس از گلدهی می‌باشد. در این مرحله پگ ها در خاک شروع به نفوذ می‌نمایند (نیگام، ۱۹۹۴؛ دانش وکیلی و صادقی، ۱۳۹۱). تخمدان بارورشده در مسیر طولی رشد می‌کند و به دلیل پدیده زمین‌گرایی به‌طرف سطح خاک خم می‌شود و از قسمت‌های گره‌های مولد موجود در شاخه‌ها به‌طرف پائین گسترش می‌یابد. این عضو به وجود آمده، پایک (*peg*) و یا ساقه تخمدان نامیده می‌شود و یک هفته بعد از باروری قابل‌رؤیت است. گل خشک‌شده قبل از افتادن برای چند روز بر روی نوک پایک باقی می‌ماند. پایک‌ها ۸ تا ۱۲ روز پس از گرده‌افشانی وارد خاک می‌شوند (صادقی و همکاران، ۱۳۹۵)

۲-۴-۵-شروع تشکیل غلاف

پس از نفوذ پگ به داخل خاک، رشد آن جهت تشکیل نیام آغاز می‌شود. شروع این مرحله، زمانی است که ۵۰ درصد بوته‌ها، دارای یک غلاف به طول حداقل ۵ میلی‌متر باشند (گاردنر و همکاران، ۱۹۸۹؛ دانش وکیلی و صادقی، ۱۳۹۱). نوک پایک تیز است و این امر نفوذ آن در خاک را تسهیل می‌کند. میوه در حال رشد بر روی نوک پایک قرار دارد و پس از ورود به خاک، در صورت وجود آب و کلسیم کافی، خیلی زود شروع به حجیم شدن می‌کند. رشد چند

پایک بر روی یک گره میسر است. بعد از رشد پایک، میوه‌ای به نام نیام (غلاف) تشکیل می‌شود. به دلیل تشکیل میوه نامنظم در بادام زمینی، نیام‌هایی با درجات رسیدگی و اندازه متفاوت بر روی یک گره به وجود می‌آید (صادقی و همکاران، ۱۳۹۵).

۲-۴-۶-شروع رسیدن دانه

زمانی که ۵۰ درصد **بوته های** کاشته شده حداقل دارای یک غلاف رسیده باشند، مرحله رسیدن آن آغاز گردیده است. درواقع با رسیدن غلاف، دانه نیز به مرحله رسیدگی واردشده است (آرنون، ۱۹۸۹). هر دانه هنگامی رسیده است که از پوسته نیام فاصله پیدا کند. رنگ پوسته دانه مشخصه رقم را نشان می‌دهد. در این زمان، پوسته نیام به رنگ قهوه‌ای درآمده و دسته‌های آوندی سطح داخلی نیام تیره‌رنگ می‌گردد (خواجه پور، ۱۳۸۶؛ دانش وکیلی و صادقی، ۱۳۹۱). در شرایط مطلوب دما، رطوبت و مواد غذایی، طی ۹ تا ۱۲ هفته بعد از ورود پایک به خاک، نیام کاملاً می‌رسند. گونه‌های مختلف بادام زمینی ازنظر زمان موردنیاز برای تولید نیام‌های رسیده، با یکدیگر اختلاف دارند. آب و مواد غذایی جذب‌شده توسط نیام، تحت تأثیر پدیده انتشار، به داخل دانه در حال رشد وارد می‌شوند. در طول رشد نیام، دانه به‌وسیله ساقه تخمچه (ساق) به لایه داخلی پوسته میوه چسبیده است. ساقه تخمچه مانند یک طناب بطنی عمل کرده و آب و مواد غذایی را به هسته می‌رساند (صادقی و همکاران، ۱۳۹۵).

۲-۴-۷-رسیدگی کامل

بادام زمینی در این مرحله آماده برداشت می‌باشد. رسیدگی کامل زمانی است که در ۵۰ درصد **بوته های** کاشته شده، ۹۵ درصد غلاف‌ها رسیده باشند. در این مرحله اغلب برگ‌ها زردرنگ می‌شوند. هرچند شکل ظاهری بوته در این مرحله ممکن است بسته به رقم، زمان کاشت و شرایط محیطی و آب‌وهوایی متغیر باشد (آرنون، ۱۹۸۹؛ نیگام و همکاران، ۱۹۸۹؛ دانش وکیلی و صادقی، ۱۳۹۵).

رسیدن فیزیولوژیکی و یا تنش‌های آخر فصل ممکن است باعث خشک و چروکیده شدن ساقه تخمچه و جدا شدن دانه از پوسته شود که این امر باعث قطع جریان آب و مواد غذایی و توقف رشد دانه می‌گردد. دمای بسیار بالا (بالاتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد) باعث افزایش سرعت تنفس و متعاقباً کاهش کارایی سیستم‌های آنزیمی و تأخیر رشد گیاه می‌شود. به طرز مشابهی دمای بسیار بالا نیز موجب آسیب به غشای سلولی و تراوشات یونی می‌شود. دمای بسیار بالای سطح خاک می‌تواند سرشاخه‌های پایک را بسوزاند که این امر باعث کاهش تعداد نیام می‌گردد. درمجموع دمای مطلوب خاک بین ۲۷ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته می‌شود (صادقی و همکاران، ۱۳۹۵).

۲-۵- اکولوژی و سازگاری بادام زمینی

بادام زمینی در محدوده جغرافیایی ۴۰ درجه جنوبی تا ۴۵ درجه شمالی و از ارتفاع صفر تا حداکثر ۲۰۰۰ متری از سطح دریا (بسته به عرض جغرافیایی) کاشته می‌شود و عملکرد دانه و درصد روغن در نواحی سردسیر پائین تر است (خواجه پور، ۱۳۸۶؛ دانش وکیلی و صادقی، ۱۳۹۱). بادام زمینی مانند سایر دانه های روغنی یک‌ساله، با دامنه وسیعی از شرایط اقلیمی سازگاری دارد. به‌طورکلی تغییرات آب‌وهوا، انواع تیپ ایستاده را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهد و بر انواع رونده حداقل تأثیر را دارد (مایتی، ۲۰۰۲؛ اسماعیل‌پور، ۱۳۹۲). بادام زمینی گیاهی گرمادوست، حساس به سرما و غیر حساس به طول روز می‌باشد (دونست و همکاران، ۱۹۷۸). بادام زمینی بسته به رقم، در فصل رشد به حدود ۱۵۰ روز بدون یخبندان برای رشد و نمو نیاز دارد (استاکر، ۱۹۹۷؛ دانش وکیلی و صادقی، ۱۳۹۱).

این گیاه هرچند تحمل روزهای ابری را دارد ولی حداکثر عملکرد آن در هوای گرم و آفتابی است به‌طوری‌که کاهش شدت نور قبل از گلدهی رشد رویشی را کند کرده و در مرحله رشد سریع ارتفاع ساقه اصلی را افزایش می‌دهد ولی میزان گلدهی کاهش می‌یابد (رمن و همکاران، ۲۰۰۱؛

دونسن و همکاران، ۱۹۷۸). شدت کم نور در زمان تولید پگ، باعث کاهش تعداد وزن غلاف‌ها می‌شود (فلوهی و همکاران، ۱۹۹۰؛ دانش وکیلی و صادقی، ۱۳۹۱).

صفر فیزیولوژیک بادام زمینی حدود ۱۳ درجه سانتی‌گراد است. این رقم در خصوص انواع مختلف بادام زمینی متفاوت است (باگنال و کینگ، ۱۹۹۱). میانگین درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد در طول شبانه‌روز برای این گیاه مطلوب است. دمای کمتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد و بیشتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد، سبب کاهش رشد آن می‌شود. میانگین دمای سالیانه کمتر از ۱۴ درجه سانتی‌گراد برای این گیاه مطلوب نیست همچنین افزایش بیش از ۳۵ درجه سانتی‌گراد سبب کاهش تعداد گل و میزان باروری آن می‌گردد (خواجه پور، ۱۳۸۶). همچنین تلفات دانه گرده در دمای بیش از ۳۳ درجه سانتی‌گراد نیز گزارش‌شده است (دبرا و والیر، ۱۹۹۹). با این وجود دیده‌شده است که در بسیاری از واریته‌های رونده، نژادهایی وجود دارند که در برابر خشکی و دمای بالا مقاوم‌اند. بادام زمینی، هنگامی‌که مستقر شود در برابر خشکی نسبتاً مقاوم است و می‌تواند درجه حرارت‌های بالا را نیز تحمل کند (اسماعیل‌پور و همکاران، ۱۳۹۲). به‌طورکلی حداکثر رشد زایشی در دمای ۲۴ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد و مناسب‌ترین رشد نیز در دمای ۱۲ تا ۲۳ درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد (ویلیامز و بوت، ۱۹۹۵).

بارندگی به میزان ۱۰۰۰-۵۰۰ میلی‌متر تولید تجاری بادام زمینی دیم را امکان می‌سازد. دیم‌کاری بادام زمینی به حداقل ۵۵۰-۴۵۰ میلی‌متر باران با توزیع یکنواخت در طی فصل رشد (بسته به پتانسیل تبخیر و تعرق منطقه) نیاز دارد (اسمارت و همکاران، ۱۹۹۴؛ مایتی و همکاران، ۲۰۰۲؛ صفرزاده، ۱۳۷۸). بارش زیاد باران و افزایش رطوبت برای گیاه مناسب نیست زیرا سبب کاهش کیفیت، پوسیدگی نیام‌ها در خاک، جوانه‌زنی فاقد خواب، تداوم رشد رویشی، افزایش آفلاتوکسین، ایجاد مشکل در برداشت و خشک‌کردن آن می‌نماید (خواجه پور، ۱۳۸۶). از طرفی، در مراحل انتهایی رشد بادام زمینی، فراوانی باران مطلوب نیست، زیرا موجب افت کیفیت دانه

می‌شود. به‌عبارت‌دیگر هنگامی‌که غلاف‌ها رسیدند بهتر است باران نبارد، زیرا دانه برخی واریته-های بادام زمینی دوره خواب بسیار کوتاهی دارند که با ریزش باران بذرها ممکن است قبل از برداشت به‌صورت روی بوته‌ای یا *Vivipary* (شکل ۱-۶) جوانه بزنند (صفرزاده، ۱۳۷۸).

بادام زمینی پس از استقرار در زمین مقاومت نسبی در برابر خشکی دارد لذا عدم بارندگی پس از رسیدن غلاف‌ها برای گیاه مطلوب است (آرنون، ۱۹۸۹).

میزان ماده آلی اکثر خاک‌های زراعی ایران به‌اندازه‌ای نیست که برای کشت بادام زمینی مشکل ایجاد نماید (خواجه پور، ۱۳۸۶). بادام زمینی با خاک‌های pH کمی اسیدی (۶/۵-۶) را ترجیح می‌دهد، اما pH در دامنه ۷-۵/۵ نیز قابل‌قبول است. خاک‌های شور برای بادام زمینی مناسب نیستند و از این نظر این گیاه در گروه گیاهان حساس به شوری قرار دارد. به‌طورکلی نمک باعث کاهش اندازه و تعداد غلاف‌ها و نیز کاهش خروج گیاهچه و رشد گیاه بادام زمینی می‌شود (اسمارت و همکاران، ۱۹۹۴؛ سینگ و همکاران، ۱۹۹۵؛ بیسلی و همکاران، ۲۰۰۲؛ اسماعیل‌پور و همکاران، ۱۳۹۲). بادام زمینی ماهیتاً روزکوتاه است، برخی ارقام اصلاح‌شده نسبت به طول روز بی‌تفاوت هستند، بااین‌حال طول روزهای کوتاه نسبت اندام‌های زایشی به رویشی را در این گیاه افزایش می‌دهد (اسمارت و همکاران، ۱۹۹۴؛ مایتی و همکاران، ۲۰۰۲؛ خواجه پور، ۱۳۷۵). بادام زمینی در کلیه نواحی اقلیمی ایران به‌صورت بهاره کاشته می‌شود. به نظر نمی‌رسد کاشت پائیز-تابستانه آن در نواحی با زمستان ملایم و تابستان گرم موفقیت‌آمیز باشد (خواجه پور، ۱۳۸۶).

۲-۶-مراحل کاشت بادام زمینی

۲-۶-۱-آماده‌سازی زمین

هدف از آماده‌سازی زمین، تهیه شرایط مناسب برای جوانه‌زنی سریع و یکنواخت، رشد و نفوذ مناسب ریشه در خاک و داشتن بوته‌ها و نیام‌های یکنواخت است. خروج نامنظم از خاک و رشد نامنظم به تولید نیام‌های نابرابر می‌انجامد. در آماده‌سازی زمین باید مطمئن شد که تمام

بقایای گیاهی و علف‌های هرز کاملاً از بین رفته‌اند (صادقی و همکاران، ۱۳۹۵). بسیاری از کشاورزان، ردیف‌های کشت بادام زمینی را در بهار یا پاییز آماده می‌کنند. درهرصورت آماده‌سازی ردیف‌ها باید چندین هفته قبل از کاشت انجام گیرد تا خاک فرصت گرم شدن و رسیدن به رطوبت یکنواخت را داشته باشد. بسیاری از کشاورزان کشت ردیفی را به کشت مسطح ترجیح می‌دهند. ردیف‌کاری باعث جوانه زدن سریع‌تر، رشد به‌موقع محصول و فراهم آمدن امکان زه کشی می‌شود و همچنین در هنگام برداشت، موجب کاهش خسارات وارده به نیام‌ها می‌گردد. یک شیب ملایم برای ردیف‌ها باید در نظر گرفته شود. یک الی دو ماه قبل از کاشت لازم است کودهای ازته، فسفاته و پتاس بر اساس نتایج آزمایش تجزیه خاک استفاده شوند. پس‌ازآن یک علف‌کش پیش رویشی استفاده‌شده و با دیسک سبک تا عمق حدود ۵ الی ۷ سانتی‌متر در خاک مخلوط می‌شود (صادقی و همکاران، ۱۳۹۵).

۲-۶-۲-کاشت بادام زمینی

نوع بستر بادام زمینی در کشت آبی به نوع بافت خاک بستگی دارد. در شرایط آبیاری بارانی کاشت به‌صورت مسطح و بسته به رقم فاصله کاشت می‌تواند ۴۰ تا ۴۵ سانتی‌متر باشد. این در حالی است که تحت شرایط آبیاری سطحی نیز در صورت وجود خاک مناسب می‌توان کشت مسطح را انجام داد ولی در صورت وجود سله و تراکم خاک، کاشت باید به‌صورت جوی و پشته صورت گیرد. در این حالت باید رأس پشته‌ها به‌صورت مسطح و یا کمی گود در نظر گرفته شود که برای این کار می‌توان از شیار ساز استفاده نمود. در این روش کاشت فاصله ردیف‌های کاشت بسته به نوع رقم و بافت خاک، ۶۰ تا ۷۰ سانتی‌متر می‌باشد. این روش کاشت برای ارقام خزنده مناسب نیست (دانش وکیلی و صادقی، ۱۳۹۱؛ صادقی و همکاران، ۱۳۹۵).

بادام زمینی را می‌توان در مناطق گیلان به‌صورت مسطح کشت نمود و یا در صورت وجود مشکلاتی چون آب ایستادگی به دلیل محدودیت زهکشی، کاشت را روی پشته‌های کم ارتفاع (۵

تا ۷ سانتی‌متر) با را س مسطح انجام داد. فاصله ردیف‌های کاشت در این حالت به میزان خزندگی رقم بستگی داشته و بین ۴۰ تا ۵۵ سانتی‌متر می‌باشد (صادقی و همکاران، ۱۳۹۵).

به‌طورکلی فاصله **بوته های** بادام زمینی روی ردیف‌های کاشت بسته به تیپ ارقام مورد کاشت و فاصله ردیف‌های کاشت از ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر متغیر بوده، به‌طوری‌که در هر مترمربع می‌تواند ۱۲ تا ۲۵ بوته وجود داشته باشد. عمق کاشت بذر بسته به‌اندازه بذر و بافت خاک بین ۳ تا ۱۰ سانتی‌متر می‌باشد. دانه‌ها به‌طور یکنواخت در زمین‌های شنی در عمق ۶ تا ۸ سانتی‌متر و در زمین‌هایی با خاک سنگین‌تر در عمق ۴ تا ۶ سانتی‌متر کاشته می‌شوند (دانش وکیلی و صادقی، ۱۳۹۱؛ صادقی و همکاران، ۱۳۹۵).

مقدار بذر مصرفی در هر هکتار، بستگی به تراکم بوته در واحد سطح، وزن هزار دانه و درصد سبز شدن دارد. در این حالت بسته به میزان بارندگی و رقم، فاصله بین ردیف‌ها ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف‌ها نیز ۱۵ تا ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود (دانش وکیلی و صادقی، ۱۳۹۱). به‌طورکلی مقدار بذر مصرفی برای هر هکتار زراعت بادام زمینی، بسته به شرایط ذکرشده در شرایط دیم، ۵۰ تا ۱۲۰ کیلوگرم و در شرایط آبی ۶۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم می‌باشد (دانش وکیلی و صادقی، ۱۳۹۱). کاشت بذر ممکن است با دست یا ماشین‌های مخصوص صورت گیرد. در صورت استفاده از ماشین‌های کاشت، دانه باید از غلاف جدا و سپس در ماشین قرار داده شود. در این حالت رطوبت دانه نباید کمتر از ۸ درصد باشد. بذرهای مورداستفاده باید تازه بوده و در زمان کاشت از غلاف‌ها خارج شوند تا قدرت نامیه آن‌ها حفظ شود. همچنین بذرهای مورد کاشت باید دارای اندازه متوسط بوده و برای جلوگیری از بیماری‌های قارچی پس از کاشت و تلفات بوته، بذرها قبل از کاشت با قارچ‌کش (تیرام یا کاپتان) به نسبت ۱ در هزار ضدعفونی گردند (دانش وکیلی و صادقی، ۱۳۹۱؛ صادقی و همکاران، ۱۳۹۵).

در استان گیلان که از مناطق عمده کشت بادام زمینی در ایران می‌باشد اغلب کشت دستی و به‌صورت کپه‌ای صورت می‌گیرد. به‌طوری‌که در هر کپه ۲ تا ۳ عدد بذر سالم (که از غلاف جدا شده است) در عمق مناسب کاشته می‌شود. نوع کشت در گیلان معمولاً دیم بوده و اوایل اردیبهشت‌ماه شروع و تا اوایل خردادماه ادامه دارد. مقدار بذر مصرفی نیز بسته به شرایط ذکرشده متغیر می‌باشد. برخی از کشاورزان در این استان اقدام به کشت مخلوط این محصول بین ردیف‌های باقلا، هندوانه و یا درختان جوان صنوبر می‌کنند. هرچند که تحقیقاتی در خصوص کشت مخلوط این گیاهان صورت نگرفته ولی به نظر می‌رسند علاوه بر عدم حصول عملکرد مناسب، این عمل ممکن است باعث بروز بیماری‌های مشترک روی بادام زمینی گردد (دانش وکیلی و صادقی، ۱۳۹۱).

۲-۶-۳-داشت بادام زمینی

مزرعه بادام زمینی نیاز به وارسی، تنک کردن، سله شکنی، آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز و مدیریت آفات و بیماری‌ها دارد. رطوبت مناسب خاک و آبیاری یکی از جنبه‌های بسیار تأثیرگذار بر میزان محصول بادام زمینی می‌باشد. کنترل علف‌های هرز به‌خصوص در چند هفته اول رشد محصول اهمیت حیاتی داشته و غفلت در مدیریت آن‌ها، باعث رشد بیش‌ازاندازه و غالب شدن علف‌های هرز در مزرعه شده و عملکرد به‌شدت پائین می‌آید.

۲-۷-اهمیت بور در گیاهان

نقش بور در گیاهان شامل: ازدیاد طول لوله گرده، افزایش میوه و عملکرد می‌باشد و همچنین غیرمستقیم مسئول فعال شدن آنزیم دهیدروژناز، انتقال قند هورمون گیاهی نوکلئیک اسید می‌باشد (برادی و ویل، ۱۹۹۶؛ ال شیخ و همکاران، ۲۰۰۷؛ مارشنر، ۲۰۱۲). بور به‌سرعت توسط گل جذب می‌شود (ساروی و همکاران ۲۰۱۲) و کود دهی بور می‌تواند بر مجموعه میوه و توسعه و یا دیگر فرایندهای متابولیک مانند انتقال کربوهیدرات تأثیرگذار باشد (پرزواریز، ۱۹۸۳؛

منگل و کیرکبی، ۲۰۰۱؛ مارشنر، ۲۰۱۲). این عنصر در جابجایی قندها بین غشاهای سلولی نقش داشته و میزان تعرق را کنترل می‌کند. بور بر رشد و طویل شدن سلول‌ها نیز مؤثر است. بور در سوخت‌وساز کربوهیدرات‌ها، تشکیل اسیدهای آمینه و سنتز پروتئین‌ها نیز نقش دارد. نیاز دولپه‌ای‌ها به بور در مقایسه با تک‌لپه‌ای‌ها سه تا چهار برابر بیشتر است این عنصر به‌صورت $B(OH)3$ جذب می‌شود و یکی از دو عنصر ضروری است که در محلول خاک به‌صورت مولکول غیرقابل تجزیه وجود دارد (داشادی، ۱۳۹۵).

بور یکی از مهم‌ترین عناصری است که در جوانه زدن دانه گرده، تشکیل میوه و انتقال مواد فتوسنتزی به محل مصرف نقش اساسی ایفا می‌کند (داشادی، ۱۳۹۵). بور در تشکیل و ترمیم بافت‌های آوندی، متابولیسم قند و مواد هیدروکربنی و انتقال آن‌ها، انتقال کلسیم در گیاه و تنظیم نسبت کلسیم به پتاسیم در بافت‌های گیاهی، تنظیم مقدار آب و هدایت آن در سلول نقش دارد (داشادی، ۱۳۹۵). این عنصر یک شبه‌فلز می‌باشد و در هیچ بسته آنزیمی وجود ندارد اما بر فعالیت چند آنزیم نظیر اکسیداز و ساکاراز تأثیر می‌گذارد. بر همچنین در قسمت‌هایی از مراحل گلدهی و میوه دهی، سوخت‌وساز ازت، تحرک هورمون‌ها، فعالیت و تقسیم سلول نقش دارد. ثابت شده است که بور نقش ویژه‌ای در رشد لوله گرده دارد و سبب تحریک در جذب اکسیژن و جذب قند در رشد دانه گرده می‌شود (داشادی، ۱۳۹۵). بور در روابط آب در سلول نقش دارد. جلوگیری از نفوذ یون‌های نامطلوب و مضر و تقویت ریشه از آن جمله است. اخیراً ثابت‌شده که کاهش بور سبب کاهش RNA در ریشه گیاهان می‌شود (داشادی، ۱۳۹۵). وقتی تحرک بور در گیاه کم می‌شود غلظت متوسط بور در برگ‌ها کاهش می‌یابد و تا حد ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌رسند (داشادی، ۱۳۹۵). کمبود بور بر نقاط رویشی ریشه‌ها، ساقه‌ها و برگ‌های جوان تأثیر می‌گذارد. برگ‌های جوان تغییر شکل داده و حالت روزت به خود می‌گیرند. با کمبود بور فاصله میان گره‌ها

کاهش یافته و در صورت ادامه کمبود، تولید غنچه، گل و بذر کاهش می‌یابد (ملکوتی و متشرع زاده، ۱۳۷۸).

۲-۸-اثرات متقابل بور بر سایر عناصر غذایی

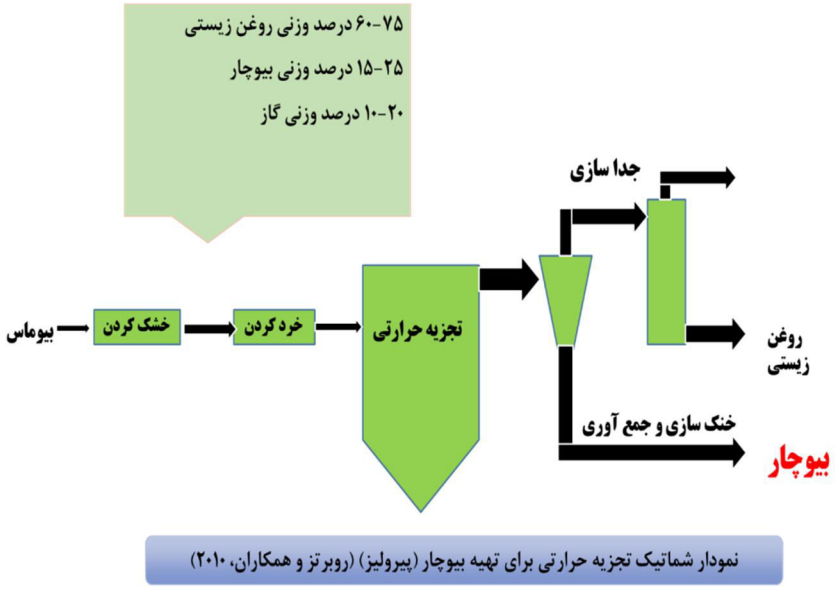
محتوی بور در گیاهان کمبود یا سمیت آن، در جذب سایر مواد غذایی توسط گیاه و برداشت آن تأثیر می‌گذارد. در شرایط کمبود بور، غلظت فسفر افزایش می‌یابد و نسبت فسفر معدنی به فسفر کل در ساقه و برگ زیاد می‌شود. در تحقیق دیگری مشخص شد که افزایش فسفر، جذب بور توسط گیاه را کاهش می‌دهد. فسفر بکار رفته در این حالت به‌صورت فسفات کلسیم بود. افزایش پتاسیم به خاک سبب افزایش غلظت و سمیت بور می‌شود در مورد کلسیم باید گفت تحقیقات انجام‌شده حاکی است که با افزایش غلظت کلسیم از میزان جذب بور کاسته شده و در این حالت غلظت بور در گیاه بستگی به میزان کلسیم محیط دارد؛ بنابراین در مجموع در خاک‌های آهکی سمیت بور در گیاهان محدود است. بین بور و منگنز نیز اثرات متقابل وجود دارد و زیادی بور سبب ظهور علائم کمبود منگنز در گیاه می‌شود (داشادی، ۱۳۹۵).

۲-۹-بیوچار

بیوچار نوعی زغال چوب و مواد غنی از کربن (ژیائو و همکاران، ۲۰۱۴؛ یانگ و همکاران، ۲۰۱۶) است که براثر تجزیه حرارتی (حرارت بیشتر از ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد) طیف گسترده‌ای از مواد اولیه، ازجمله گیاه، چوب، زباله شهری و کودها در محفظه‌ای دربسته که در آن جریان هوا یا وجود ندارد و یا بسیار کم است به دست می‌آید (ماجور، ۲۰۱۱). با تبدیل ضایعات کشاورزی و حیوانی به بیوچار درواقع نه‌تنها انرژی آزاد شده بلکه حجم و مواد زائد و اثرات نامطلوب شیرابه تا حد قابل‌توجهی کاهش می‌یابد (لهمن و جوزف، ۲۰۱۵). بیوچار حاوی مقادیر بالایی از کربن (۹۰/۸ درصد) اکسیژن (۷/۲ درصد) و هیدروژن (۱/۷ درصد) می‌باشد (چنگ و همکاران، ۲۰۰۸). تبدیل زیست‌توده ضایعات غنی از مواد مغذی به بیوچار، برای استفاده زراعی، یک فرصت ایده‌آل

برای بازگشت مواد مغذی به خاک و کمک به بستن چرخه‌های مواد مغذی در سیستم‌های زراعی است (ژو و همکاران، ۲۰۱۵).

مطالعاتی در زمینه‌ی تهیه بیوچار با استفاده از تکنیک اشعه ماکروویو صورت گرفته که موفقیت‌آمیز بوده است (لی و همکاران، ۲۰۱۶) و در زمینه‌ی فعال‌سازی و اصلاح بیوچار (نمازی و همکاران، ۲۰۱۶). بیوچار تولیدشده از پیرولیز ماکروویو دارای سطح و منافذ بیشتری نسبت به بیوچارهایی که از فرآیندهای حرارتی متداول تولید می‌شود دارد (لوکیو، ۲۰۱۲؛ ژو و همکاران، ۲۰۱۵). بنابراین، پیرولیز ماکروویو می‌تواند تکنیک جدیدی برای ساخت بیوچار متخلخل فراهم کند که می‌تواند در جذب سطحی مورداستفاده قرار گیرد (لی و همکاران، ۲۰۱۶). بیوچار تولیدشده توسط فرآیند پیرولیز از زیست‌توده در اکسیژن محدود، بسیار پایدار و مقاوم در برابر فرسایش میکروبی است. بنابراین علاقه‌مندی زیادی با استفاده از این زیست‌توده به‌عنوان یک منبع و سینک طولانی مدت کربن، وجود دارد (پرایوگو، ۲۰۱۴). حاصلخیزی خاک باگذشت زمان به علت برداشت گیاهان از خاک کاهش می‌یابد. مواد آلی در طول زمان کاهش‌یافته و ظرفیت تبادل کاتیونی آن نیز کم می‌شود (لرد و همکاران، ۲۰۱۰). اصلاح خاک را می‌توان از طریق کودها انجام داد اما این عوامل به‌راحتی در خاک ازدست‌داده می‌شود و یا توسط میکروب‌ها شکسته می‌شوند و از طرف دیگر گران و وقت‌گیر می‌باشند (اوزوما و همکاران، ۲۰۱۱). جایگزین این مواد افزودنی که دوام هم دارد می‌تواند بیوچار باشد. بیوچار، کربن فعال و یا کربن سیاه (ایتون و همکاران، ۲۰۱۲) در خاک بسیار پایدار می‌باشد و می‌تواند برای صدها و یا هزاران سال در خاک باقی بماند (اسکو و همکاران، ۲۰۰۹). استفاده از بیوچار قدمت حداقل ۲۰۰۰ ساله دارد (اونیل و همکاران، ۲۰۰۹).



شکل ۲-۱- نمودار شماتیک تجزیه حرارتی برای تهیه بیوچار (پیرولیز) (روبرتز و همکاران ۲۰۱۰)

موهان و همکاران (۲۰۰۶) بیان کردند در فرایند تجزیه حرارتی بسته به نوع مواد خام و درجه حرارت فرایند تجزیه، ۷۵-۶۰ درصد وزنی نفت زیستی، ۲۵-۱۵ درصد وزنی بیوچار و ۲۰-۱۰ درصد وزنی گاز تولید می‌گردد. به‌عبارت‌دیگر تولید بیوچار همیشه با تولید انرژی‌های تجدید پذیر یعنی گرما و سوخت همراه است. این گرما و سوخت می‌تواند جایگزینی برای سوخت‌های فسیلی (به‌عنوان‌مثال برای گرم کردن یک ساختمان یا به‌عنوان سوخت کوره‌های تجزیه حرارتی) استفاده گردد (ماجور، ۲۰۱۱). علت استفاده روبه رشد بیوچار در سراسر جهان به دلایل: (۱) تجزیه در اثر حرارت می‌تواند یک منبع از سوخت‌های زیستی قابل‌تجزیه باشد. (۲) بسیاری از مواد زائد می‌توانند توسط تجزیه در اثر حرارت به یک منبع سوخت تبدیل شود. (۳) جداسازی و ترسیب طولانی‌مدت دی‌اکسید کربن و (۴) کمک به بهبود حاصلخیزی خاک و بهره‌وری محصول و ... می‌باشد.

۲-۱۰-میکوریزا

۲-۱۰-۱-تعریف میکوریزا

بیشتر گونه‌های گیاهی با قارچ‌های مفید خاکزی، رابطه همزیستی ایجاد می‌کنند، در این حالت ریشه‌ها به‌وسیله قارچ‌ها کلنیزه می‌شوند. ترکیب ریشه گیاه و قارچ‌ها، میکوریز نامیده می‌شود. واژه میکوریزا (*Mycorrhiza*) منشأ یونانی دارد و از دو واژه میکو به معنی قارچ و ریزا به معنی ریشه تشکیل‌شده است، پس میکوریز نوعی قارچ نیست بلکه یک ترکیب ساختمانی است (جان، ۲۰۰۰) و بیان‌کننده رابطه همزیستی به وجود آمده بین ریشه گیاه میزبان و قارچ‌های میکوریزا می‌باشد (جفریس و همکاران، ۲۰۰۳). واژه میکوریز اولین بار در سال ۱۸۸۵ میلادی، توسط فرانک، گیاه‌شناس آلمانی، برای نوعی همزیستی دوجانبه مفید (*MutualisticSymbiotic*) بین انواع خاصی از قارچ‌های خاکزی و سیستم ریشه‌ای گیاهان وضع گردید. در این نوع همزیستی، قارچ در مقابل اخذ کربن از گیاه، عناصر غذایی و آب به گیاه داده و از این طریق احتیاجات غذایی گیاه را به شکل آرمانی‌تر ازآنچه در فقدان همزیستی وجود دارد برآورده می‌کند (حق پرست تنها، ۱۹۹۱؛ علی اصغرزاده، ۱۳۷۸). میکوریزا از رایج‌ترین و سابقه‌دارترین، ارتباط‌های همزیستی در سلسله گیاهی است، به‌طوری‌که اکثر گیاهان (حدود ۹۵ درصد گونه‌های گیاهان آوندی) حداقل یکی از انواع قارچ‌های میکوریزی را دارا هستند. گسترده‌ترین نوع رابطه همزیستی در جهان طبیعت رابطه‌ای است که بین قارچ‌های میکروسکوپی خاصی در خاک به نام قارچ‌های آرباسکولار میکوریزا با ریشه بیش از ۸۰ درصد از خانواده‌های گیاهی به وجود آمده است. در این همزیستی قارچ با گرفتن کربن آلی و همچنین ترکیبات ناشناخته دیگر از گیاه میزبان به رشد خود ادامه داده و از طرف دیگر در شرایط مختلف و بخصوص در مواردی که گیاه با محدودیت‌ها و تنش‌های محیطی روبرو می‌شود، بقاء رشد و توسعه گیاه میزبان را با تأمین عناصر غذایی و آب موردحمایت قرار می‌دهد. قارچ‌های میکوریزی موجب افزایش توانایی گیاه میزبان در جذب فسفر و عناصر معدنی از خاک و بخصوص از منابع غیرقابل دسترس آن‌ها

می‌شوند. لذا به این میکروارگانیسم‌های مفید لفظ *Biofertilizer* اطلاق شده و عقیده بر این است که این قارچ‌ها می‌توانند جایگزین خوبی برای قسمتی از کودهای شیمیایی مصرف‌شده مخصوصاً کودهای فسفاته در اکوسیستم‌های مختلف باشد (ماکرجی و کمول، ۲۰۰۳). میکوریزا از بااهمیت‌ترین قارچ‌های موجود در اغلب خاک‌های تخریب شده است. برآورد می‌شود در حدود ۷۰ درصد از توده زنده جامعه میکروبی خاک را میسیلیوم این قارچ‌ها تشکیل می‌دهند (رجایی، ۱۳۸۶). امروزه مشخص‌شده که قارچ‌های میکوریزا به روش‌های مستقیم مانند بهبود تغذیه گیاه از طریق جذب عناصر غذایی و همچنین افزایش جذب آب توسط گیاه و غیرمستقیم مانند کاهش تنش‌های زیستی (بیماری‌های گیاهی) و غیر زیستی (شوری، خشکی و عناصر سنگین) سبب افزایش رشد گیاه میزبان می‌گردند (تاهات و سیجان، ۲۰۱۲).

۲-۱۱-نانوتکنولوژی

۲-۱۱-۱-کاربرد فناوری نانو در کشاورزی

یکی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در زمینه‌ها و گرایش‌های مختلف کشاورزی در بخش آب‌وخاک، استفاده از نانو کودها (*Nano fertilizers*) برای تغذیه گیاهان می‌باشد (رضایی و همکاران، ۱۳۸۸). در سال‌های اخیر تحقیق در حوزه فناوری نانو به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. فناوری نانو می‌تواند راه‌هایی را برای بالا بردن ارزش محصولات کشاورزی و رفع مشکلات محیطی ارائه دهد (بی‌نام، ۱۳۸۸). یکی از راهکارهای جدید برای افزایش امنیت غذایی استفاده از فناوری نانو می‌باشد. فناوری نانو کاربردهای بالقوه نوظهور و تازه‌ای درزمینه‌ی علوم کشاورزی ایجاد کرده است. با استفاده از این دانش می‌توان شیوه‌های فعلی مدیریت محصول را بهبود بخشید. بنیاد نانوتکنولوژی در آمریکا، واژه نانوتکنولوژی را چنین توصیف می‌کند، تحقیق و توسعه هدفمند برای درک و درستکاری و اندازه گیری‌های موردنیاز در سطح مواد با ابعاد در حد اتم (رینولدز، ۲۰۰۲). نانوتکنولوژی به‌عنوان یک علم بین‌رشته‌ای می‌تواند کاربرد وسیعی در بخش

کشاورزی داشته و در مواردی ازجمله افزایش تولیدات زراعی، کم کردن مصرف سموم و کودها، طولانی‌تر کردن مدت نگهداری محصول کشاورزی تولیدشده و شاید بتوان گفت در تمامی مراحل و نهاده‌ها و ابزار کشاورزی انقلابی در جهت بهبود ایجاد نماید (خیام نکویی و همکاران، ۱۳۸۸). معاونی و خیری (۲۰۱۱) نشان دادند تأثیر نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر عملکرد ذرت قابل‌ملاحظه بود. در آزمایش دیگری، ترکیبی از نانو اکسید سیلیس و نانو ذرات نقره فعالیت نیترات ریداکتاز را در سویا افزایش داد و توانایی جذب و استفاده از آب و کود را تشدید نمود (لئو و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین مظاهری نیا و همکاران (۲۰۱۰) در آزمایشی گلخانه‌ای دریافتند که کاربرد پوراکسید آهن نانو به اکسید آهن معمولی افزایش معنی‌داری در غلظت آهن گیاه، طول سنبله، ارتفاع گیاه، وزن دانه در سنبله، کل وزن خشک کاه و کلش، وزن هزار دانه و وزن دانه در گندم داشته است. ممکن است این افزایش به دلیل خاصیت نانو ذرات و حلالیت بیشتر آن‌ها و سبک و کوچک بودن آن‌ها و شانس برخورد بیشتر ریشه‌ها به ذرات نانو به ذرات اکسید آهن معمولی باشد. همچنین مشاهده‌شده که تیمار نانو نقره (۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) باعث افزایش درصد جوانه‌زنی طول ساقه چه و ریشه‌چه و درنهایت بهبود و استقرار گندم گردید (صالحی و تمسکنی، ۲۰۰۸).

۲-۱۱-۲-کاربرد نانو کود

نانو کودها یکی از جنبه‌های استفاده از فناوری نانو می‌باشند که عناصر ریزمغذی را با خود حمل می‌کنند و کاملاً سازگار با محیط‌زیست می‌باشند. استفاده از فناوری نانو در کلیه عرصه‌ها ازجمله کشاورزی در حال گسترش می‌باشد. فرآورده‌های نانو شامل مخلوطی از ذره‌هایی با ابعاد بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر هستند که می‌توانند خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مواد اولیه خود را تغییر دهند (مونیکا و کرمونینی، ۲۰۰۹). از سوی دیگر بسیاری از مشکلات در زمینه‌های مختلف علم و صنعت با استفاده از فن‌آوری نانو حل شده است (اسکات و چن، ۲۰۰۳). برنامه‌های

کاربردی از این تکنولوژی جدید وارد بخش کشاورزی شده است و نانو فن‌آوری در حال حاضر به تولید، پردازش، ذخیره‌سازی، بسته‌بندی و حمل‌ونقل محصولات کشاورزی به کار گرفته‌شده است (اسکات و چن، ۲۰۰۳؛ ویسنر و همکاران، ۲۰۰۶).

مهم‌ترین کاربرد فناوری نانو در تولید محصول کشاورزی درزمینه‌ی نانو کود می‌باشد که گیاهان می‌توانند به‌تدریج و به‌صورت کنترل‌شده مورد تغذیه قرار گیرند. برعکس آنچه در مورد کود دهی مرسوم رخ می‌دهد، نانو کود می‌تواند کارآمدتر باشد، باعث کاهش آلودگی خاک و سایر خطرات زیست‌محیطی که ممکن است در هنگام استفاده از کودهای شیمیایی رخ دهد، بشود (نادری و همکاران، ۲۰۱۱). یکی از مزایای استفاده از نانو کود این است که می‌توان با استفاده از مقادیر کمتر، آن را نسبت به کودهای مرسوم بکار برد (سیلوانف و زورین، ۲۰۰۱؛ رینولدز، ۲۰۰۲؛ رایکووا و همکاران، ۲۰۰۶؛ باتسمانوا و همکاران، ۲۰۱۳؛ سوبرامانیان و همکاران، ۲۰۱۵).

یکی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو، استفاده از نانو کودها (*Nano-fertilizer*) برای تغذیه گیاهان می‌باشد. با استفاده از نانو ذرات (*Nanoparticles*)، ذراتی که در سه بعد در مقیاس نانو یعنی کوچک‌تر از ۱۰۰nm باشند، می‌توان کودهای کنترل‌شده و یا کودهایی با تأخیر در انتشار تولید کرد. نانو ذرات به علت سطوح ویژه بیشتر، چگالی بیشتر و نواحی واکنش زیاد به سطوح ذره از واکنش‌پذیری زیادی برخوردار هستند. این ویژگی‌ها، جذب کودها و آفت‌کش‌ها یا کود در مقیاس نانو تولیدشده را آسان می‌سازد (ویس وانادان، ۲۰۰۹).

عرضه کودهای شیمیایی به شکل نانو ذرات اخیراً موردتوجه قرار گرفته است. نتایج مطالعات موجود بیانگر واکنش متفاوت گونه‌های مختلف گیاهان به مواد غذایی تهیه‌شده به شکل نانو می‌باشد (ژو، ۲۰۰۸). برای مثال در مطالعه (ژو، ۲۰۰۸) درحالی‌که گیاه *Cucurbita Maxiama* قادر به جذب، انتقال و تجمع مواد نانو در بافت‌های خود بود جذب و انتقال این مواد توسط گیاه *Phaseolus Limensis* انجام نشد. گزارشات محدودی مبنی بر تأثیر مثبت مواد غذایی نانو بر رشد برخی از گیاهان

ازجمله بادام زمینی (پراساد و همکاران، ۲۰۱۲)، نخود (پاندی و همکاران، ۲۰۱۰)، اسفناج (یانگ و همکاران، ۲۰۰۶) و ریحان (پیوندی و همکاران، ۲۰۱۱) وجود دارد. لو و همکاران (۲۰۰۲) اثر مثبت نانو سیلیسیم را بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه سویا گزارش کردند. افزایش در جوانه‌زنی، وزن خشک گیاه، تشکیل کلروفیل، فعالیت آنزیم روبیسکو و سرعت فتوسنتز در اسفناج در اثر تیمار با نانو اکسید تیتانیوم مشاهده شد (گائو و همکاران، ۲۰۰۶). با توجه به قطر نانو ذرات انتظار می‌رود سرعت جذب، انتقال و تجمع ذرات نانو بسیار بیشتر از ذرات معمول باشد. بالا بودن کارایی جذب و سطح مخصوص نانو ذرات در مقایسه با ذرات معمول، اثرگذاری بیشتر این ذرات را می‌تواند توجیه کند (مونیکا و کرمونینی، ۲۰۰۹). به دلیل اثرات مضری که کودهای شیمیایی در محیط‌زیست و کیفیت غذا ایجاد می‌کنند، مدت‌هاست که استفاده از آن‌ها مورد نکوهش قرارگرفته است. در نانو کودها، به‌عنوان جایگزین کودهای مرسوم، عناصر غذایی به‌تدریج و به‌صورت کنترل‌شده آزاد می‌شوند، درنتیجه از آلوده شدن آب‌های زیرزمینی جلوگیری به عمل خواهد آمد. در حقیقت با بهره‌گیری از فناوری نانو در طراحی و ساخت نانو کودها، فرصت‌های جدیدی به‌منظور افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی و به حداقل رساندن هزینه‌های حفاظت از محیط‌زیست، پیش روی انسان گشوده است (نادری و عابدی، ۲۰۱۲). ازجمله مزایای استفاده از نانو کودها در مقایسه با کودهای مرسوم می‌توان به افزایش راندمان و کیفیت منابع غذایی به‌واسطه سرعت جذب بالاتر، عدم اتلاف کودها به‌وسیله آبشویی و جذب کامل کود به‌وسیله گیاه به دلیل رهاسازی عناصر غذایی با سرعت مطلوب، در تمام طول فصل رشد، کاهش آلودگی و بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه اشاره کرد (نادری و شهرکی، ۱۳۹۰).

۲-۱۲-جذب برگی عناصر غذایی

۲-۱۲-۱-ویژگی‌های کلی

کود دهی برگ‌ها عبارت است از استفاده از کود بر روی سطح برگ‌ها که درنتیجه آن گیاه هم از این کود استفاده خواهد کرد. در این روش شرایط خوبی برای رشد و نمو گیاهان

زراعی فراهم می‌آید (داشادی، ۱۳۹۵)، توکی و ویتور (۱۹۵۰) با انجام تحقیقات رادیو ایزوتوپی برای اولین بار این روش را تشریح کردند که طی آن مواد غذایی جذب برگ‌های گیاه می‌شوند و سپس ازآنجا به سایر اجزا گیاه انتقال داده می‌شوند. در این روش مواد غذایی به‌وسیله‌ی مه روی برگ‌ها و ساقه‌های گیاه قرار می‌گیرند. گیاهان می‌توانند از طریق اندام‌های هوایی خود مثل روزنه‌ها، خلل و فرج گیاهی اکتودسماتا مواد غذایی را جذب کنند. در گیاهان زراعی روزنه‌ها محل تبادل اکسیژن و دی‌اکسید کربن با اتمسفر است (داشادی، ۱۳۹۵). تغذیه برگی روشی مناسب جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و خطرات زیست‌محیطی آن‌ها می‌باشد. با تغذیه برگی می‌توان عناصر غذایی را در اسرع وقت در اختیار گیاه قرار داد و در این روش عناصر غذایی مستقیماً در اختیار شاخه و برگ یا میوه قرار می‌گیرد. در بعضی از موارد مخصوصاً مواقعی که پدیده ناسازگاری (آنتاگونیستی) مواد از طریق ریشه اشکال ایجاد می‌کند و یا افزودن موادی به خاک موجودات زنده خاک را از بین می‌برد، تغذیه برگی اهمیت زیادی پیدا می‌کند (ملکوتی، ۱۳۷۹). در شرایط خاک‌های ایران محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی از کاربرد آن‌ها در خاک به دلیل برطرف نمودن سریع کمبود، مصرف آسان‌تر، کاهش سمیت ناشی از تجمع و جلوگیری از تثبیت این عناصر در خاک مناسب‌تر است. تغذیه برگی از راه‌های مؤثر در رفع نیاز غذایی گیاهان به عناصر کم‌مصرف است (اشوایدر، ۲۰۰۰). مصرف برگی و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز بهتر از مصرف خاکی می‌تواند در افزایش عملکرد گیاه مؤثر واقع شود (طاهر، ۲۰۰۸).

نورآبادی و همکاران (۲۰۰۴) در بررسی تأثیر میزان‌های مختلف مصرف عناصر ریزمغذی بر شاخص‌های رشد ذرت، به افزایش سطح برگ، تعداد دانه در بلال، شاخص برداشت بلال و افزایش وزن هزار دانه با مصرف عناصر ریزمغذی به‌صورت تغذیه برگی نسبت به مصرف خاکی و آغشته سازی بذر اشاره و محلول‌پاشی برگی را توصیه نمودند. در آزمایشی که میرزاشاهی و همکاران (۲۰۰۶) در خوزستان روی ذرت سینگل کراس ۷۰۴ انجام دادند گزارش کردند که بیشترین طول

بلال از تیمار مصرف بور به‌صورت محلول‌پاشی به دست آمد. (آلوین، ۲۰۰۳) طی آزمایشی به ضرورت بهره‌گیری از عناصر غذایی به روش مصرف برگی اشاره کرد و از راهکارهای مهم دستیابی به محصولات ارگانیک را مصرف عناصر غذایی از طریق محلول‌پاشی گزارش نمود. محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی علاوه بر مزایای استفاده از این روش تغذیه که مواد غذایی را سریع و با صرف هزینه کم در اختیار گیاه قرار می‌دهد، باعث ایجاد تعادل در تغذیه گیاه می‌شود و فرایندهای رشد و نمو گیاه را با تأثیر بر آنزیم‌های آن کنترل کرده و بهبود می‌بخشد. محلول‌پاشی برگی با کود ازجمله عناصر کم‌مصرف مانند مس، روی، بر، منگنز و آهن در گیاهان نشان داد که بهتر و درست‌تر می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد و سریع‌تر توسط گیاه جذب و واکنش نشان دهد (فرناندز و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین محلول‌پاشی برگی به جلوگیری از علائم مسمومیت که ممکن است بعد از استفاده از عناصر کم‌مصرف به‌صورت خاکی اتفاق بیفتد بشود (اوبرزا و همکاران، ۲۰۱۰). به‌طورکلی گیاهان می‌توانند از طریق اندام‌های هوایی خود مقادیر کمتری از مواد غذایی را جذب کنند هرچند که این حالت برای جذب عناصر کم‌نیاز بسیار اثربخش است به خاطر اینکه این قبیل عناصر غذایی در مقادیر بسیار کمی موردنیاز هستند ممکن است با روش پاشیدن روی برگ‌های گیاه تأمین شوند (داشادی، ۱۳۹۵).

گیاهان ممکن است عناصر غذایی پرنیاز را نیز از طریق برگ جذب کنند ولی در این حالت مقادیر کافی از مواد غذایی تأمین نمی‌شود و باید از طریق ریشه جذب شوند. کودی که قرار است روی برگ پاشیده شود باید محلول در آب باشد در غیر این صورت بافت مزوفیل قادر به جذب عناصر غذایی نخواهد بود (داشادی، ۱۳۹۵).

۲-۱۲-۲-مزایای روش اسپری عناصر غذایی روی سطح برگ‌ها

در صورت استفاده مناسب از عناصر غذایی روی سطح برگ‌ها میزان محصول از ۱۲ الی ۲۵ درصد می‌تواند افزایش داشته باشد. با این روش می‌توان به طرز مؤثری مشکلات کوتاه‌مدت

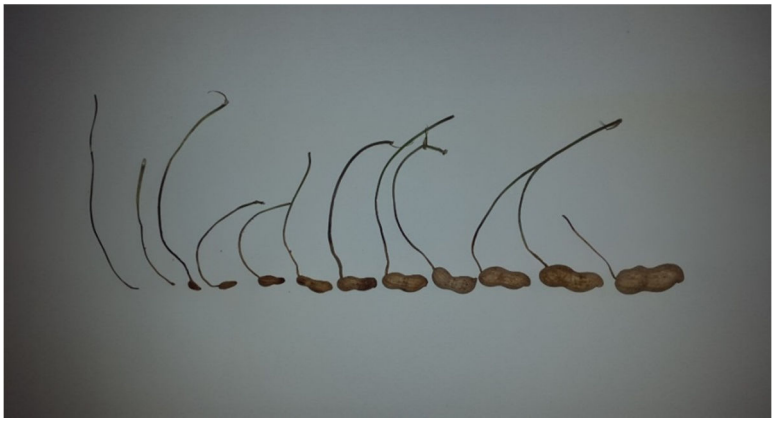
محصولات مثل خشک‌سالی و سیلاب‌های ناگهانی را برطرف کرد. اگر عناصر غذایی بر روی برگ‌ها استفاده شوند سریع‌تر از حالت ریشه جذب می‌شوند. در خاک‌های پیچیده یعنی خاک‌هایی که فاقد برخی عناصر غذایی هستند استفاده از روش محلول‌پاشی و جذب برگی نسبت به جذب به‌وسیله ریشه خیلی مفیدتر و مؤثرتر است. به‌عنوان مثال در خاک‌های آهکی آهن کمتری وجود دارد و در خاک‌های اسیدی میزان فسفر کمی فسفر تثبیت می‌شود و یا کمتر است. در چنین شرایطی عناصر غذایی به‌جای استفاده در خاک (ریشه) روی سطح برگ‌ها پاشیده می‌شوند زیرا باعث گل‌دهی زودهنگام گیاه و افزایش کیفیت گل‌ها می‌شوند (داشادی، ۱۳۹۵). همچنان که کوسا و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقات خود در گرابرا به همین نتایج دست یافتند.

۲-۱۲-۳- معایب روش استفاده از عناصر غذایی روی سطح برگ‌ها

در مواردی بعضی کودها با آفت‌کش‌ها سازگار نیستند و در صورت مخلوط شدن آن‌ها با همدیگر ممکن است صدمات و آسیب‌های جدی نظیر سوختگی به گیاهان وارد شود (داشادی، ۱۳۹۵). استفاده از کودها روی سطح برگ‌ها و دیگر اندام گیاه می‌تواند باعث سوختگی در زمانی شود که این کود در هنگام ظهر و در زیر نور مستقیم آفتاب و در هوای گرم استفاده شود. این کودها که همراه با لایه آب روی سطح برگ پاشیده می‌شود براثر تبخیر خشک‌شده ولی یون‌های غذایی به شکل متمرکز انباشته می‌شوند و این خود عامل سوختگی بافت اپیدرم خواهد بود. می‌توان با استفاده از غلظت‌های کمتر مواد غذایی و همچنین افزودن خیس‌کننده‌ها جهت حفظ آب بیشتر از چنین آسیب‌هایی جلوگیری کرد (داشادی، ۱۳۹۵). کودهایی که قرار است به روش اسپری روی برگ‌ها استفاده می‌شوند باید محلول در آب باشند و به میزان مناسبی بکار برده شوند. اکثر این کودها نمک بوده و در صورت استفاده با غلظت بسیار زیاد باعث سوختگی بافت‌های مختلف گیاه می‌شود. وقتی این مواد به روش اسپری بکار برده می‌شوند امکان شسته

شدن آن‌ها وجود دارد. بارش سنگین باران می‌تواند باعث شسته شدن آن‌ها و درنتیجه از دست رفتن عناصر غذایی موردنیاز گیاه شود (داشادی، ۱۳۹۵).

عکس ۲-۱- گل بادام‌زمینی



عکس ۲-۲- مراحل تشکیل غلاف بادام‌زمینی

عکس ۲-۳- نفوذ پگ به داخل خاک جهت تشکیل غلاف

عکس ۲-۴- بوته برداشت شده بادام زمینی

عکس ۲-۵- Vivipary در بادام‌زمینی

۲-۱۳-نقش بور در گیاه بادام زمینی

بور یکی از عناصر ضروری ریزمغذی است که برای رشد طبیعی همه گیاهان موردنیاز است. این عنصر تنها شبه‌فلز در بین عناصر کم‌مصرف است. بور نقش مهمی در کیفیت و کمیت دانه بادام زمینی دارد. کمبود بور ممکن است در خاک‌های شنی و خاک‌های عمیق در **بوته های** بادام زمینی مشاهده شود. دانه های دارای کمبود بور به‌صورت توخالی درمی‌آیند علاوه بر این سطوح داخلی لپه‌ها به‌صورت فشرده درآمده و معمولاً به رنگ تیره هستند به‌گونه‌ای که این دانه‌ها در گروه دانه های صدمه‌دیده قرار می‌گیرند. محلول‌پاشی بور باعث کاهش درصد غلاف‌های توخالی که نشانه‌ای از کمبود بور می‌باشد شده است (کونساینا و همکاران، ۲۰۰۹؛ موسی پور و همکاران، ۱۳۹۳). توصیه می‌شود بور به‌صورت محلول‌پاشی روی قسمت‌های هوایی جهت برطرف کردن کمبود بور استفاده شود. برخی از کشاورزان بور را با علف‌کش‌های قبل از کاشت مخلوط نموده و به خاک می‌دهند. برخی دیگر از زارعین نیز بور را با سایر کودها مخلوط نموده و به خاک می‌دهند (موسی پور و همکاران، ۱۳۹۳). اگر کمبود بور در مزرعه وجود داشته باشد ۰/۵ پوند در ایکر بور جهت برطرف کردن کمبود این عنصر موردنیاز است (اسمارت، ۱۹۹۴). کمبود بور معمولاً از رشد طبیعی دانه های بادام زمینی جلوگیری می‌کند و باعث توخالی شدن دانه‌ها می‌گردد. توخالی شدن دانه‌ها یک حالت غیرعادی در دانه‌ها بوده که معمولاً با تیره شدن قسمت داخلی بذرهای بادام زمینی همراه است. آزمایش‌های خاک با مقادیر کمتر از ۱/۱۲ کیلوگرم در هکتار بور باید برای مصرف بور موردتوجه قرار گیرد. نکته‌ای که باید به آن توجه داشت این است که فقط زمانی به مصرف بور مبادرت نمود که کمبود بور وجود داشته باشد، زیرا مصرف زیاد بور نیز می‌تواند مضر بوده و باعث کاهش عملکرد و کیفیت دانه های بادام زمینی شود (اسمارت، ۱۹۹۴؛ صفرزاده، ۱۳۷۸). کمبود بور یکی از مهم‌ترین و گسترده‌ترین کمبودهای عناصر غذایی در دنیا می‌باشد که باعث محدود شدن عملکرد و تولید محصولات زراعی می‌شود. بعد از مصرف بور، به‌طورمعمول در یک دوره چندساله اثرات باقیمانده آن به‌عنوان یک ذخیره غذایی برای گیاهان

بوده که طول این دوره به طبیعت خاک و سیستم کشت گیاهان بستگی دارد (کالایسی، ۱۹۹۹). نتایج بسیاری از مطالعات نشان می‌دهد که در تیمارهایی با سطح پائین بور، غلظت روی در گیاه تا حد سمیت افزایش یافته است، درحالی‌که فراهمی روی در خاک تا حدود زیادی توانسته غلظت بور در گیاه را کاهش دهد (پهلوان، ۲۰۰۹). علائم کمبود عنصر بور، نقش مهمی در دیواره سلولی دارد، کاهش فعالیت آنزیم کربنیک آنهیدراز نیز به دلیل کمبود بور می‌تواند منجر به کاهش میزان فتوسنتز خالص شود (کالایسی، ۱۹۹۹). این عنصر در بیوسنتز کلروفیل نیز موردنیاز است و در سنتز تریپتوفان که یک پیش ماده سنتز اکسین است نقش دارد. با کاربرد بور علاوه بر بالا رفتن عملکرد، غلظت بور و پروتئین در دانه و اندام هوایی افزایش یافته و باعث کیفیت بهتر محصول می‌شود (کالایسی، ۱۹۹۹). گزارش‌ها از افزایش عملکرد دانه بادام زمینی با استفاده از مصرف کود بور حکایت دارد (هوبز، ۱۹۷۴؛ ناصف و همکاران، ۲۰۰۶). مصرف عنصر بور موجب افزایش محتوای کلروفیل و شدت فتوسنتز برگ‌ها، افزایش تجمع ماده خشک در گیاه و بهبود انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های رویشی به زایشی می‌شود (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۰). گزارش‌ها علت افزایش روغن در بادام زمینی در پی مصرف عنصر بور را به نقش این عنصر در واکنش‌های متابولیکی اساسی در گیاه و همچنین در تعدادی از مسیرهای متابولیکی مثل انتقال قند، تعرق، متابولیسم کربوهیدرات‌ها، ایندول استیک اسید، RNA و فنول نسبت داده‌اند (ناصف و همکاران، ۲۰۰۶). بور نقش مهمی در متابولیسم گیاهان دارد، محققان معتقدند بور نقش مهم‌تری در انتقال مولکول‌های قندی ایفا می‌کند (ماتوه و همکاران، ۱۹۹۷). نور و همکاران (۱۹۹۷) اهمیت استفاده از بور برای افزایش عملکرد بادام زمینی را ثابت کردند. دوئینگ کیونگ (۲۰۰۲) گزارش کرد که کاربرد بور باعث افزایش محتوای کلروفیل و شدت فتوسنتز برگ‌ها، افزایش ماده خشک گیاهی، افزایش حمل‌ونقل مواد فتوسنتزی از ارگان‌های رویشی به اندام‌های زایشی می‌شود. بنابراین بهبود قابل‌ملاحظه‌ای در عملکرد بادام زمینی مشاهده شد.

در تولید بادام زمینی، بور نقش مهمی در ارتقاء رشد، کیفیت دانه و عملکرد بازی می‌کند و همچنین از ریزش گل‌ها جلوگیری کرده و تأثیر بسزایی در تقسیم سلولی در مراحل تشکیل غلاف داشته و در سنتز کربوهیدرات و چربی نقش دارد (الایاراجا و سینگاول، ۲۰۱۰). کاربرد عنصر بور بر عوامل رشد گیاه بادام زمینی تأثیر گذاشته و عملکرد غلاف، عملکرد زیستی، عملکرد کاه و شاخص برداشت را افزایش می‌دهد (کبیر و همکاران، ۲۰۱۳). کاربرد بور باعث جذب نیتروژن توسط بادام زمینی می‌شود و ارتفاع بوته، وزن خشک گیاه و تعداد کل غلاف‌ها را افزایش می‌دهد (جینگ و همکاران، ۱۹۹۴). بور یک ماده مغذی مهم است که باعث افزایش رشد و عملکرد رویشی محصولات ازجمله بادام زمینی می‌شود (ام دی کوامروزامان و همکاران، ۲۰۱۶). این محقق بیان نمود که عملکرد غلاف، رشد رویشی و سرعت جوانه‌زنی بادام زمینی در استفاده از بور به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. کاربرد بور باعث تأثیر مثبت بر رشد و باروری بادام زمینی و افزایش عملکرد غلاف شد (جنا و همکاران، ۲۰۰۹). نایکناوار و همکاران (۲۰۱۵) بیان داشتند که استفاده از بور باعث افزایش تعداد پگ و غلاف شده که در نهایت موجب حداکثر عملکرد غلاف بادام زمینی شد. نتایج حاصل از مطالعات انصاری و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که مصرف خاکی و محلول‌پاشی کود بور، اثر مثبت و معنی‌داری بر صفات رشدی و عملکرد غلاف بادام زمینی داشته است. نقش بور در بهبود کیفیت از طریق دخالت آن در سنتز پروتئین و اسیدآمینه بیشتر باعث افزایش عملکرد غلاف بادام زمینی گردید (چیتدشواری و همکاران، ۲۰۰۳). به علت عدم پویایی بور در گیاه علائم کمبود ابتدا در برگ‌های جوان بروز می‌کند. اولین علامت قابل‌مشاهده در گیاه توقف رشد جوانه انتهایی است که بلافاصله پس‌ازآن برگ‌های جوان می‌میرند جوان‌ترین برگ‌ها سبز کمرنگ می‌شوند و رنگ‌پریدگی برگ‌ها در قاعده بیشتر از نوک برگ‌هاست به‌طوری‌که برگ‌های دچار کمبود بور یک کلروز عمومی خفیف نشان می‌دهند (داشادی، ۱۳۹۵). مقادیر کم بور به‌طور مشخص سرعت جذب و انتقال ساکارز را افزایش می‌دهد.

به‌طورکلی بور به علت نقش خاص در جوانه انتهایی، لوله گرده و جوانه‌زنی، بر عملکرد و کیفیت محصولات زراعی و باغی تأثیر می‌گذارد (داشادی، ۱۳۹۵).

کمبود بور و ریزمغذی‌ها یک مشکل مشترک بخش کشاورزی است که درنتیجه در عملکرد و کیفیت محصول اختلال ایجاد می‌کند (بارکر و پیل بیم، ۲۰۰۶). کمبود عناصری از قبیل بر، مس و روی در تشکیل گره ریشه نقش داشته و باعث ایجاد علائم کمبود ازت در گیاه می‌شوند (دانش وکیلی و صادقی، ۱۳۹۱). کمبود بور در بادام زمینی باعث می‌شود برگ‌ها به رنگ سبز تیره درآیند و رشد گیاه کاهش یابد. برگ‌های انتهایی کوچک و دفرمه شوند. طول میانگره ها به دلیل تولید شاخه‌های ثانویه کاهش می‌یابد. بوته‌ها کپه‌ای و کوتاه به نظر می‌رسند. گلدهی و میوه دهی کاهش‌یافته و عارضه مغز پوکی *hollow heart* ایجاد می‌شود. چنین دانه هایی رشد مناسبی نداشته و فقط یک توده فشرده در وسط نیام می‌ماند که غالباً قهوه‌ای رنگ است (صادقی و همکاران، ۱۳۹۵).

۲-۱۴-تأثیرات عمومی میکوریزای آرباسکولار

قارچ‌های میکوریزای آرباسکولار به داشتن تأثیر مثبت بر رشد گیاه میزبان خود و به‌طور مشهودتر در خاک‌هایی با سطح عناصر غذایی پائین، معروف می‌باشند (موس، ۱۹۷۳). این تأثیر به دلیل جذب بیشتر عناصر غذایی و 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 ممکن است گاهی اوقات همزیستی میکوریزای آربوسکولار باعث کاهش رشد گیاه شود (فیلر، ۱۹۹۱؛ جانسن، ۱۹۹۷). بخش برون ریشه‌ای میکوریزا به‌عنوان یک سیستم ریشه‌ای اضافه برای جذب عناصر غذایی به‌ویژه عناصر نسبتاً کم‌تحرک در محلول خاک مثل فسفر، روی و مس عمل می‌نماید. ناحیه جذب فسفر از خاک برای ریشه گیاهان غیر میکوریزی درواقع دقیقاً محدود به ناحیه‌ای به طول یک تار کشنده است که در

بسیاری از موارد حدود ۱ الی ۲ میلی‌متر می‌باشد (جانگ و کلاسن، ۱۹۸۶). لیکن هیف های قارچ‌های میکوریزای آربوسکولار می‌توانند تا بیش از ۱۴ سانتی‌متر از ریشه فراتر روند (مظفر و همکاران، ۲۰۰۱). و بدین‌صورت به نحو مؤثری حجم بیشتری از یک خاک را برای جذب عناصر غذایی در اختیار گیرند (خاوازانی و ملکوتی، ۱۳۸۰). (اورتاس، ۲۰۰۴) اظهار داشت که استفاده از قارچ میکوریزا سرعت رشد گیاه را افزایش داده و در تخصیص و انتقال بیوماس بین ریشه و ساقه اثر می‌گذارد به‌طوری‌که با جذب بیشتر عناصر غذایی و انتقال آن‌ها وزن خشک اندام‌های هوایی افزایش می‌یابد. قارچ میکوریزا دارای رابطه همزیست با ریشه اغلب گیاهان زراعی می‌باشد که از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مانند فسفر و برخی از عناصر کم‌مصرف، افزایش جذب آب، کاهش تأثیر منفی تنش‌های محیطی، مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا و غیره، باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه در سیستم کشاورزی پایدار می‌شود (شارما، ۲۰۰۲). میکوریزا راهکار اصلی برای گیاهان همزیست جهت به دست آوردن عناصر غذایی کم‌تحرک می‌باشد (کوچکی، ۱۳۷۷). توحیدی مقدم و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که حلالیت فسفر توسط میکوریزا و درنتیجه افزایش قابلیت دسترسی ریشه به فسفر می‌تواند در افزایش تعداد دانه در گیاه و نیز سایر اجزاء عملکرد گیاه سویا مؤثر باشد.

۲-۱۴-۱-تأثیر قارچ میکوریزا بر عملکرد

کودهای بیولوژیک انواع مختلفی دارند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و قارچ‌های میکوریزایی اشاره کرد. استفاده از کودهای زیستی نظیر قارچ‌های میکوریزی وزیکولار آربوسکولار و میکروارگانیسم‌های محرک رشد در کشاورزی، علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک در جهت فراهم کردن عناصر غذایی موردنیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم عمل نموده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌گردند (آرانکون و همکاران، ۲۰۰۴). با گسترش کلنیزاسیون قارچ و رشد هیف‌های آن، جذب

عناصر و انتقال آن‌ها از خاک به سمت ریشه‌های گیاه میزبان افزایش می‌یابد در این صورت می‌توان انتظار افزایش عملکرد دانه را داشت (مرزبان و همکاران، ۱۳۹۳). قارچ‌های گلوموس در بین میکروارگانیسم‌هایی که محیط ریشه را اشغال می‌کنند، منحصربه‌فرد بوده و با ایجاد رابطه همزیستی با ریشه اغلب گیاهان زراعی که اصطلاحاً همزیستی میکوریزایی گفته می‌شود موجب افزایش جذب عناصر غذایی مثل فسفر و برخی عناصر کم‌مصرف همچون روی و مس، افزایش جذب آب، کاهش تأثیر منفی تنش‌های محیطی و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا شده و سبب بهبود در رشد و عملکرد گیاهان میزبان در سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌شوند (شارما، ۲۰۰۲؛ امیدی و همکاران، ۲۰۰۹؛ جهان و نصیری، ۲۰۱۲). تلقیح ریشه‌های گیاهان با قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار می‌تواند در افزایش عملکرد محصولات زراعی مؤثر باشد (الکاراکی و رید، ۱۹۹۷؛ لکاراکی و کلارک، ۱۹۹۸). تلقیح با قارچ میکوریزا نسبت بر عدم تلقیح باعث افزایش عملکرد در بادام زمینی گردیده است (گیلانپور راد و همکاران، ۱۳۹۲). فرجی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که استفاده از قارچ میکوریزا عملکرد دانه، وزن هزار دانه، حداکثر شاخص سطح برگ و حداکثر ماده خشک کل را در بادام زمینی افزایش داد. نتایج حاصل از یک بررسی در ژنو تیپ‌های بادام زمینی در هم‌زیستی با قارچ میکوریزا گونه *G.mosseae* نشان داد که عملکرد دانه در مقایسه با گیاهان غیر همزیست به میزان ۶۶ درصد افزایش یافت (آتایسه، ۲۰۰۷). پیرزاد و همکاران (۱۳۸۸) بیان داشتند عملکرد دانه ماش در شرایط تلقیح با دو گونه قارچ میکوریزا *G.mosseae* و *G.intraradices* نسبت به شاهد و با کاهش شدت خسارت تنش از طریق بهبود اجزای عملکرد، باعث افزایش عملکرد دانه ماش شدند. الخلیل (۲۰۱۰) در تحقیقی که بر روی قارچ *G.mosseae* انجام داد نشان داد که این قارچ جذب مواد معدنی و مواد فتوسنتزی در خاک را افزایش داده و درنتیجه منجر به افزایش عملکرد شده است. افزایش عملکرد می‌تواند به دلیل شرکت فسفر در تمام فرآیندهای بیوشیمیایی، ترکیبات انرژی‌زا و دخالت آن در مکانیسم‌های انتقال انرژی باشد (ملکوتی، ۱۳۷۸). صالح راستین (۲۰۰۱) در تحقیقی اعلام داشتند که حضور

کودهای زیستی و بیولوژیک باعث حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی موردنیاز گیاه و درنتیجه افزایش عملکرد را به دنبال دارد. شیرانی راد 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. جمشیدی و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که قارچ *G.mosseae* دارای قدرت همزیستی بیشتری در مقایسه با قارچ *G.hoei* در گیاه آفتابگردان می‌باشد. حقیقت نیا و همکاران (۱۳۹۱) اعلام کردند که کلنی سازی میکوریزایی به‌ویژه توسط گونه *G.mosseae* سبب بهبود مقاومت به تنش خشکی و جبران بخشی از کاهش عملکرد می‌شود. جمشیدی و همکاران (۱۳۸۹) بیان داشتند که کاربرد میکوریزا باعث افزایش وزن هزار دانه و از این طریق عملکرد دانه آفتابگردان در شرایط تنش خشکی و نرمال افزایش می‌یابد. راعی و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی گیاه گلرنگ گزارش کردند که کاربرد میکوریزا باعث افزایش تعداد دانه در طبق می‌شود. حلالیت فسفر توسط میکوریزا و درنتیجه افزایش قابلیت دسترسی ریشه به فسفر می‌تواند در افزایش تعداد دانه در گیاه و نیز سایر اجزای عملکرد گیاه سویا مؤثر باشد (توحیدی مقدم، ۲۰۰۴). شارما (۲۰۰۳) گزارش کرده است که تلقیح با قارچ میکوریزا باعث بالا رفتن کارایی جذب نیتروژن و فسفر و درنتیجه افزایش رشد و عملکرد در گیاه می‌شود. هانگ و همکاران (۲۰۰۹) بیان داشتند که قارچ میکوریزا سبب افزایش میزان بیوماس ذرت شد. در یک بررسی بر روی گیاه ماش نشان دادند که کلونیزاسیون میکوریزایی به‌طور معنی‌داری وزن صد دانه را در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزایی افزایش داد (نسیم و همکاران، ۲۰۰۷). الیاس و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که تلقیح سویا با قارچ میکوریزا موجب افزایش وزن خشک ساقه و قطر ساقه گردید. رابطه همزیستی بین قارچ میکوریزا آربوسکولار و ریشه‌های گیاه میزبان به میزان قابل‌توجهی رشد و جذب عناصر غذایی گیاه را افزایش می‌دهد (اوگ، ۲۰۰۱). استفاده از دو گونه قارچ میکوریزا نسبت به حالت عدم استفاده از قارچ باعث افزایش عملکرد دانه و بهبود صفات

کیفی دانه شد (قلی نژاد، ۱۳۹۶). نتایج حاصل از یک تحقیق بر روی گیاه روغنی کنجد نشان داد که جهت بهبود صفات کیفی مانند درصد روغن و پروتئین، تلقیح با قارچ‌های میکوریزا به‌خصوص *G.mosseae* توصیه می‌گردد (قلی نژاد، ۱۳۹۴). افزایش اجزای عملکرد رازیانه تحت تأثیر تلقیح با قارچ میکوریزا به بهبود شرایط تغذیه‌ای برای بوته‌ها به‌ویژه افزایش فراهمی فسفر گزارش شد (کاپور و همکاران، ۲۰۰۴). همزیستی با میکوریزا به دلیل افزایش سرعت و مدت فتوسنتز (ریچر و همکاران، ۲۰۰۵؛ کوپتا و همکاران، ۲۰۰۶)، موجب افزایش بازده انتقال مواد فتوسنتزی به مخزن شد که این امر به افزایش عملکرد می‌انجامد.

۲-۱۴-۲- میکوریزا و اثرات تغذیه‌ای آن بر گیاه میزبان

ترو و همکاران (۲۰۰۶) اظهار نمودند که نقش اصلی قارچ‌های میکوریزی تأمین فسفر برای ریشه گیاه است، زیرا فسفر در خاک عنصری فوق‌العاده کم‌تحرک است. حتی درصورتی‌که فسفر به شکل محلول به خاک اضافه شود به‌سرعت در اشکال فسفات کلسیم یا دیگر اشکال تثبیت‌شده و به‌صورت غیر متحرک درمی‌آید. لذا قارچ‌های میکوریزی در افزایش جذب مواد معدنی به‌ویژه فسفر و تجمع زیست‌توده بسیاری از محصولات در خاک‌های با فسفر کم تأثیر مثبت دارند. بعلاوه هیف ها از راه افزایش سطح تماس یا از راه طول مؤثر ریشه جذب عناصر غذایی را به‌شدت افزایش می‌دهند (پل، ۲۰۰۷). مهم‌ترین و مؤثرترین اثر مفید قارچ‌های میکوریزا، افزایش رشد گیاه میزبان است که معمولاً به‌واسطه افزایش جذب عناصر غیر متحرک از خاک صورت می‌گیرد (بولان، ۱۹۹۱). این همزیستی سبب تسریع تبادل عناصر غذایی بین گیاه میزبان و قارچ می‌شود (بولان، ۱۹۹۱؛ لیک و همکاران، ۱۹۹۱). ازاین‌رو 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 به‌طوری‌که با جذب بیشتر عناصر غذایی

و انتقال آن‌ها وزن خشک اندام‌های هوایی افزایش می‌یابد (هایمان، ۱۹۸۳). قارچ‌های میکوریزا پس از برقراری همزیستی با گیاه میزبان بر جنبه‌های مختلف فیزیولوژی و بیوشیمی گیاه تأثیر گذاشته و موجب بهبود رشد و نمو آن می‌شود. آن‌ها از راه‌های مختلف به بهبود خواص کیفی و کمی فرآورده‌های زراعی نیز مؤثرند (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؛ دانیل و همکاران، ۲۰۰۱) و تنش‌هایی 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 (دوپونوبزو همکاران، ۲۰۰۱) فسفر (گراتان و همکاران، ۱۹۹۱) عناصر کم‌مصرف و جذب آب می‌باشد (غلامی و همکاران، ۱۳۷۸؛ مهربان و همکاران، ۱۹۹۱). قارچ‌های میکوریزا نقش قابل‌توجهی در حفظ ثبات و استحکام ساختمان خاک، بهبود روابط آبی، بهبود ساختمان خاک (اسمیت و همکاران، ۱۹۹۷) و تحمل به افزایش pH خاک 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 موردتوجه بسیار قرار گیرد. اورتاس (۲۰۰۴) گزارش کرد میکوریزا افزایش سطح جذب مواد مغذی را بالا می‌برد و در جایی که منابع فسفر قابل‌دسترس محدود است فسفر غیرقابل جذب را برای گیاهان قابل‌جذب می‌کند. نتایج نشان داده است استفاده از میکوریزا راه مناسبی برای تولید گیاهان در خاک‌هایی با کمبود فسفراست (اورتاس، ۲۰۰۴).

حضور فرآیندهای جذبی چون افزایش سطح جذب ریشه، کاهش pH محیط ریشه و فعالیت زیاد آنزیم فسفاتاز در میسیلیوم قارچ‌های میکوریزا و اثر این قارچ در حلالیت فسفر آلی موجب شده که قارچ‌های میکوریزا از منابع فسفر غیرقابل 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 میسیلیوم و خارج ریشه جذب‌شده، به‌صورت بی فسفات در ریشه تجمع می‌یابد و توسط جریان پروتوپلاسمی سلول‌های میسیلیوم، به میسیلیوم های داخلی ریشه انتقال می‌یابد. درون ریشه پلی فسفات هیدرولیز شده و به‌صورت فسفات در اندام‌های قارچی درون ریشه به‌خصوص آرباسکولار به داخل ریشه، رها می‌شود. به همین دلیل در گیاهان میکوریزی، فسفر بیشتری دیده می‌شود (فلاح، ۱۳۸۵).

۲-۱۵-آزولا

آزولا ازجمله گونه‌های متعلق به خانواده *Azollaceae* با ساقه‌های ریز و منشعب، برگ‌های کوچک و ریشه معلق به طول ۲ تا ۵ سانتی‌متر است که دارای گونه‌ها و زیرگونه‌های متفاوتی بوده و از سازگاری و سرعت تکثیر بالایی برخوردار می‌باشد. این گیاه قادر است تمام سطح آب را در زمان کوتاهی پس از استقرار به نحوی اشغال نماید که نور خورشید قادر به نفوذ به اعماق نباشد. عدم نفوذ نور به لایه‌های زیرین آب در این شرایط موجب توقف و یا کاهش رشد گیاهان غوطه‌ور و تغییر در زیست‌بوم آبگیر می‌گردد (واگنر، ۱۹۹۷؛ هیل، ۱۹۹۸؛ آرورا و همکاران، ۲۰۰۶). خواستگاه اولیه سرخس آبی آزولا کالیفرنیا بوده که در سال ۱۳۶۶ خورشیدی باهدف تثبیت طبیعی ازت در شالیزارهای استان گیلان از کشور فیلیپین به ایران وارد شد. فقدان عامل کنترل طبیعی و عدم مطالعات بوم‌شناسی مناسب باعث گردید تا سطح وسیعی از آبگیرهای طبیعی و شالیزارهای شمال درزمانی کوتاه به‌وسیله این گیاه اشغال گردد (هاشم لوئیان، ۲۰۰۸؛ خسروی، ۲۰۰۵). شرایط مناسب آب‌وهوایی استان گیلان موجب شده تا آزولا در سطح تالاب‌ها و آبگیرهای منطقه از رشد خوبی برخوردار باشد و با توجه به غنی بودن آن ازنظر برخی عناصر غذایی بتواند به‌عنوان کود سبز مورداستفاده قرار گیرد. برخی از انواع آزولا حاوی قارچ سبز در برگ‌های مرکب خود است که قادر به تثبیت ازت می‌باشد و در مزارع غرقاب شده برنج مانند یک گیاه شناور سریعاً رشد می‌کند و با تولید بیوماس ۴۰ تا ۶۰ تن می‌توان ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم

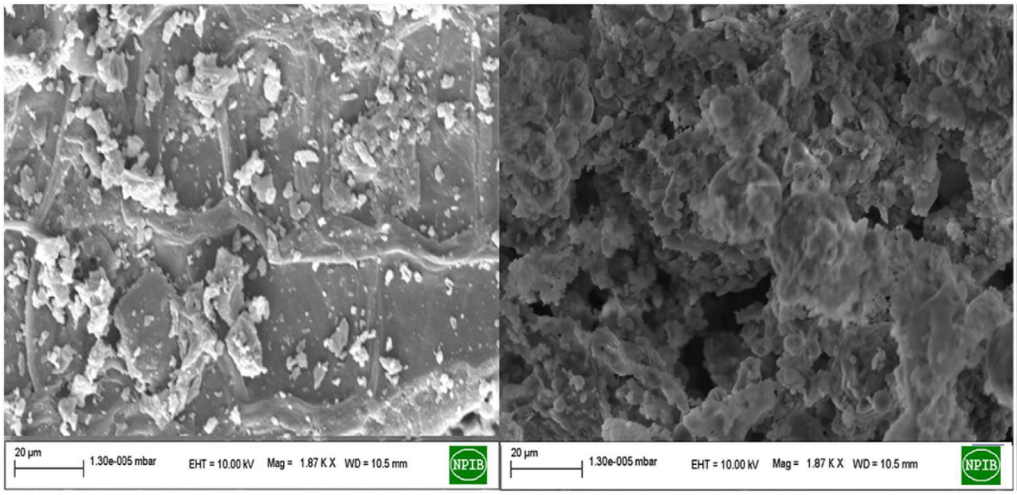
ازت در هکتار تثبیت نماید. آزولا به‌عنوان تجمع دهنده مواد غذایی مانند فسفر، پتاسیم و مواد معدنی و در دسترس قرار دادن این عناصر پس از تجزیه شناخته شده است. از آزولا به‌عنوان غنی کننده نیتروژن خاک به‌صورت کود در مزارع برنج استفاده می‌شود. آزولا مواد معدنی و قندها را برای همزیست فراهم می‌کند و باکتری به‌ویژه، جنس آنابنا به‌صورت زیستی نیتروژن اتمسفر را تثبیت و در اختیار گیاه قرار می‌دهد (سرمد نیا و کوچکی، ۱۳۸۹). راهکارهای مختلفی تاکنون برای مقابله با مشکلات ناشی از ورود این گیاه به آبگیرهای شمال ایران ارائه گردیده که نتیجه قابل‌توجهی داشته است. برای مثال، استفاده از روش‌های مکانیکی جلوگیری از گسترش این گیاه در برخی مناطق به دلیل دفع ضایعات باعث بروز مشکلات جدیدی شده است (خسروی، ۲۰۰۵). تالاب انزلی یکی از زیستگاه‌های منحصربه‌فردی است که ارزش‌های بسیار زیادی ازلحاظ تنوع گونه‌های جانوری و گیاهی دارد. هجوم آزولا طی سال‌های اخیر باعث بروز مشکلات متعددی در تالاب انزلی و سایر منابع آبی حفاظت‌شده استان‌های شمالی ایران شده که ادامه این روند همراه با دیگر فشارهای بوم‌شناختی منجر به نابودی کامل آن‌ها خواهد گردید (هاشم لوئیان، ۲۰۰۹). جمع‌آوری آزولا از سطح شالیزارها، تالاب‌ها و دیگر منابع آبی به‌عنوان منبع غذایی برای انسان و دام یا تولید کود زیستی موردتوجه می‌باشد (خسروی ۲۰۰۵، هاشم لوئیان ۲۰۰۸، لترمه و همکاران، ۲۰۰۹). آزولا *Azolla sp* درگذشته صرفاً به‌عنوان علف هرز مزارع برنج مطرح بود ولی با گسترش آن و آگاهی مردم مشرق زمین از مزایای آن در حاصلخیزی خاک مزارع، سال‌هاست که به‌عنوان کود سبز استفاده می‌شود (توسلی و باغستانی، ۱۳۸۵؛ محمدی و همکاران، ۱۳۸۸). این گیاه علاوه بر تثبیت بیولوژیکی نیتروژن با کاهش تبادلات گازی و نوری در شرایط غرقاب از رشد علف‌های هرز جلوگیری می‌کند (منجم و حاجی پور، ۱۳۸۹). نتایج حاصل از یک آزمایش نشان داد که استفاده از کمپوست آزولا در کشت برنج نه‌تنها باعث کاهش عملکرد نمی‌شود بلکه با استفاده توأم آن با کود شیمیایی اوره، عملکرد بیشتری به دست خواهد آمد. با این روش از مصرف کودهای شیمیایی و درنتیجه آلودگی ناشی از مصرف آن‌ها نیز به مقدار قابل‌ملاحظه‌ای کاسته

شده و گام مؤثری در حفظ محیط‌زیست و ایجاد کشاورزی پایدار و ارگانیک برداشته می‌شود (رضوی پور، ۱۳۸۷). استفاده از آزولا در آزمایش‌هایی در منطقه رشت، عملکرد تیمار برنج همراه با آزولا را با افزایش عملکردی بالغبر ۶۷ درصد نسبت به شاهد مواجه ساخته که همین آزمایش‌های نشان داد که آزولا می‌تواند جانشین ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن دار گردد (شریف فر و حسن پور، ۱۳۸۷). سونگمانگ و همکاران (۱۹۸۵) پی بردند بهترین عملکرد، به‌وسیله ترکیب کمپوست آزولا با کود شیمیایی به دست می‌آید. کمپوست آزولا در ترکیب با کود شیمیایی نتیجه خوبی برای حفظ حاصلخیزی شلتوک و عملکرد برنج می‌دهد. گوپتا و پوتالیا (۱۹۹۰) اظهار نمودند که کمپوست آزولا اثر مثبتی روی رشد گیاه و عملکرد دارد که ظرفیت مواد آلی را بالابرده و خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی کمپوست آزولا موجب می‌شود عناصر غذایی بیشتر قابل‌دسترس شوند و کمپوست، عملکرد دانه برنج را افزایش می‌دهد. سرور و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که وقتی کمپوست به کار می‌رود مقدار نیتروژن و فسفر دانه را افزایش می‌دهد. احمد و همکاران (۲۰۰۸) دریافتند که کاربرد کمپوست آزولا جذب نیتروژن دانه را بالا می‌برد. ریضوان و همکاران (۲۰۰۷) پی بردند که کاربرد کمپوست آزولا افزایش معنی‌داری در مقدار فسفر و پتاسیم دانه ایجاد می‌کند. سرور و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند که با به‌کارگیری کمپوست آزولا افزایش معنی‌داری در مقدار پتاسیم دانه ایجاد می‌شود. این محققین پی برده بودند که مقدار پتاسیم دانه افزایش معنی‌داری در کاربرد کمپوست آزولا به‌تنهایی یا به همراه کود شیمیایی می‌یابد. استفاده از کمپوست آزولا می‌تواند باعث افزایش میزان ماده آلی خاک شده و چون دارای برخی عناصر موردنیاز گیاه می‌باشد، در طولانی‌مدت جایگزین کودهای شیمیایی و درنتیجه موجب ایجاد کشاورزی پایدار با حفظ محیط‌زیست می‌شود (ولدآبادی، ۱۳۸۸).

۲-۱۶-پوسته بادام زمینی

پیله بادام زمینی نیز به‌عنوان ضایعات به‌جامانده از کشت بادام زمینی حجم قابل‌توجهی دارند که با تهیه بیوچار و کمپوست از آن می‌توان به‌عنوان منبع قابل‌دسترسی برای بستر کشت گیاهان مورداستفاده قرار گیرد. سطح زیر کشت بادام زمینی در ایران حدود ۳۲۱۸ هکتار است که ۲۸۲۶/۵ هکتار آن در استان گیلان قرار دارد. برداشت غلاف در استان گیلان حدود ۱۹۸۰ الی ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و میزان ۱۰۵۶۲ تن می‌باشد (آمارنامه جهاد کشاورزی استان گیلان). وجود ضایعات پیله بادام زمینی به ازای هر کیلوگرم عملکرد این محصول بین ۳۵ تا ۴۰ درصد بوده که با پیش‌بینی تولید ۹۶۸۲ تن غلاف در ایران، ضایعات این محصول در حدود ۳۳۸۸ تا ۳۸۷۳ تن برآورد می‌شود (آمارنامه جهاد کشاورزی آستانه، ۱۳۸۹). علاوه بر تولید داخلی بادام زمینی، میزان قابل‌توجهی واردات این محصول وجود دارد ولی متأسفانه قسمت اعظم آن سوزانده شده یا در گوشه‌ای رها گردیده و موجبات آلودگی محیط‌زیست را فراهم می‌نمایند. پوسته بادام زمینی به‌عنوان ضایعات در صنعت تولید بادام زمینی، می‌تواند تبدیل به بیوچار شده تا از مزایای آن نظیر بازیافت مواد مغذی، بهبود خاک، تولید انرژی و تولید کربن استفاده شود (ژو و همکاران، ۲۰۱۵). بیوچار پوسته بادام زمینی بسیار قلیایی است، با pH برابر ۱۰.۱، کربن ۶۷/۴ درصد، نیتروژن ۱/۳ درصد، غنی از مواد مغذی آلی، بدون سمیت آلومینیوم، سرب، کادمیم و کروم (ژو و همکاران، ۲۰۱۵). نسبت مولی پائین هیدروژن به کربن و اکسیژن به کربن، بیانگر کامل شدن فرآیند پیرولیز و پایداری بالای بیوچار است (ژو و همکاران، ۲۰۱۵). مطالعات قبلی نشان می‌دهد که بیوچار پوسته بادام زمینی دارای مقدار زیادی از بازدارنده نیتروژن است که در کوتاه‌مدت تجزیه نمی‌شوند (گاسکین و همکاران، ۲۰۱۰؛ اسشومبرگ و همکاران، ۲۰۱۲). شکل (۲-۱) توسط میکروسکوپ الکترونی گرفته‌شده است، شکل (a) پوسته خام بادام زمینی را نشان می‌دهد که دارای ساختار ضعیف و فشرده شده‌ای است و شکل (b) که بیوچار تهیه‌شده از پوسته بادام زمینی را نشان می‌دهد که دارای ساختار ریز و متراکم و منافذ ریز می‌باشد که بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که بیوچار تهیه‌شده

از پوسته بادام زمینی دارای مرفولوژی متخلخل، پر منفذ و خلل و فرج دار می‌باشد (بیهادری و همکاران، ۲۰۱۶).



شکل ۲-۲- (a: پوسته خام بادام‌زمینی. b: بیوچار تهیه‌شده از پوسته بادام‌زمینی)

۲-۱۷ بیوچار

مشاهدات در حوزه آمازون، استفاده گسترده از بیوچار را در خاک‌های بسیار حاصلخیز معروف به ((ترا)) در برداشت (اونیل و همکاران، ۲۰۰۹). مقادیر زیادی بیوچار در خاک این مناطق وجود دارد که با گذشت قرن و آبشویی در اثر باران‌های سنگین خاک این مناطق هنوز هم بسیار بارور است. ماجور و همکارانش (۲۰۱۰) متوسط بقای بیوچار در خاک را ۶۰۰ سال (در متوسط دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد) برآورد کردند. همچنین چانگ و همکاران (۲۰۰۸) میزان کربن موجود در بیوچار را بعد از ۵۰ و ۱۰۰ سال ۹۷-۹۵ درصد گزارش کردند. بیوچار را می‌توان تقریباً از هر نوع زیست‌توده‌ای ازجمله بقایای گیاهی، تراشه چوب، کود و ضایعات حیوانی، فاضلاب و زباله‌های شهری و صنعتی به دست آورد (کومر و همکاران، ۲۰۱۲؛ کارهو و همکاران، ۲۰۱۱؛ لمان و همکاران، ۲۰۰۹). در فرآیند تجزیه حرارتی مواد آلی، علاوه بر حرارت و بیوچار، گاز زیستی (شامل مونوکسید کربن، هیدروژن، متان) و روغن زیستی تولید می‌گردد (براون، ۲۰۰۹؛ رابرتز و همکاران، ۲۰۱۰؛ سوهای و همکاران، ۲۰۰۹).

۲-۱۷-۱-بیوچار و ظرفیت نگهداری آب

بیشتر محققین معتقدند که اضافه کردن بیوچار به خاک باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک می‌شود که آن را به ساختار بسیار متخلخل بیوچار نسبت می‌دهند (اوگاوا و همکاران، ۲۰۰۶). بیوچار همچنین ظرفیت جذب بالا برای رطوبت خاک و مواد مغذی ایجاد می‌کند (لیو و همکاران، ۲۰۱۲؛ نوواک و همکاران، ۲۰۱۲). وزن مخصوص ظاهری و یا وزن خاک در واحد حجم، به دلیل تأثیر آن بر رشد ریشه، هوادهی خاک، آب خاک، رواناب و فرسایش یکی از معیارهای مهم کیفیت خاک است (لعل و همکاران، ۲۰۰۱). بیوچار دارای تخلخل بالا و وزن مخصوص ظاهری کمی می‌باشد (ماجور، ۲۰۱۱، برادی و ویل، ۲۰۰۴). بسته به نوع مواد اولیه و شرایط تولید، وزن مخصوص ظاهری بیوچار از حدود ۰/۰۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب (گندال و دلوکا، ۲۰۰۶) تا ۱/۷ گرم می‌باشد (ابرلین، ۲۰۰۲). با کاهش وزن مخصوص ظاهری تخلخل کل در خاک افزایش می‌یابد. در فرایند تولید بیوچار تخلخل براثر حذف مواد فرار با وزن مولکولی کم از میان ساختارهای کربنی افزایش می‌یابد (لمان و جوزف، ۲۰۰۹). با توجه به ساختار متخلخل، بیوچار می‌تواند ۴/۵ برابر وزن خشک خود آب را نگه دارد (موکاهی، ۲۰۰۹). بیوچار همچنین دارای میزان بالایی از خلل و فرج در محدوده ۵۰-۰/۲ میکرومتر می‌باشد (هاس و همکاران، ۲۰۰۹). ماجور و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که بیوچار به دلیل مقادیر بالای منافذ کوچک دارای ظرفیت بالایی برای حفظ آب می‌باشد.

۲-۱۷-۲-تأثیر بیوچار بر فعالیت‌های بیولوژیکی خاک

بیوچار بر فراوانی فعالیت و تنوع جوامع زنده خاک مؤثر است. بیوچار می‌تواند فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک را تحریک کند؛ و به‌طور بالقوه بر خواص میکروبیولوژیکی خاک مؤثر باشد. بیوچار به‌جای ایجاد منبع اصلی از مواد مغذی با بهبود محیط فیزیکی و شیمیایی خاک، باعث بهبود زیستگاه میکروب‌ها می‌شود (کرول و همکاران، ۲۰۱۰). به دلیل ماهیت متخلخل بیوچار، سطح ویژه بالا و توانایی آن در جذب مواد آلی محلول و مواد مغذی معدنی، یک زیستگاه بسیار مناسب برای

میکروب‌ها را فراهم می‌کند. منافذ بیوچار به‌عنوان یک پناهگاه برای برخی از میکروب‌ها در برابر رقابت و شکار می‌باشد (گلاسر و همکاران، ۲۰۰۲؛ لمان و راندون، ۲۰۰۶؛ وارناک و همکاران، ۲۰۰۷). منافذ بیوچار به‌عنوان پناهگاه و محافظت از تمام میکروارگانیسم‌های خاک مهم است، باکتری‌ها با (۰/۳ تا ۳ میلی‌متر)، قارچ‌ها (۲ تا ۸۰ میلی‌متر)، پروتوزوا (۷ تا ۳۰ میلی‌متر) و ماکروپورهای بزرگ‌تر از ۲۰۰ نانومتر، بهترین سایز برای تجمع باکتری‌ها هستند (کوئیلان و همکاران، ۲۰۱۲؛ جعفر و همکاران؛ ۲۰۱۴). با توجه به نوع مواد اولیه و شرایط تولید برخی از بیوچارها ممکن است روغن زیستی داشته باشند که این ترکیبات به رشد و تولیدمثل برخی از گروه‌های میکروبی کمک می‌کند. مطالعات آزمایشگاهی نشان‌دهنده ترجیح خاک اصلاح‌شده با بیوچار (به دلیل کاهش اسیدیته خاک) توسط کرم خاکی و اثرات مثبت کرم خاکی است (بوش و همکاران، ۲۰۱۱). همچنین فراوانی قارچ میکوریزا آربوسکولار (بلک ول و همکاران، ۲۰۱۰؛ سلیمان و همکاران، ۲۰۱۰) و قارچ اندو میکوریزا (هاسک و عمده، ۲۰۱۰) در استفاده از بیوچار افزایش می‌یابد.

۲-۱۷-۳-ترسیب کربن

ترسیب کربن شامل جذب و ذخیره‌سازی آن در خاک و جلوگیری از انتشار در هوا می‌باشد. تبدیل کربن زیست‌توده به بیوچار، منجر به ترسیب ۵۰ درصدی کربن اولیه در مقایسه با سه درصد ترسیب حاصل از سوختن و کمتر از ۲۰ درصد تجزیه بیولوژیکی می‌شود (اشتاینر و همکاران، ۲۰۰۸). خاک جهان شامل ۲۵۰۰ گیگاتن کربن می‌باشد که این مقدار ۳/۳ برابر میزان کربن موجود در جو و تقریباً پنج برابر کربن موجود در ساختارهای زنده می‌باشد. از دست دادن کربن اولیه خاک تأثیر منفی بر حاصل خیزی خاک، عملکرد محصول و کیفیت آب خواهد داشت. در فاصله سال‌های ۱۸۵۰ تا ۱۹۹۸، براثر تخریب و فرسایش خاک ۷۸ درصد کربن خاک به‌صورت CO_2 به اتمسفر منتشر شده است (لعل، ۲۰۰۴). بقای طولانی‌مدت کربن یکی از شرایط ترسیب کربن می‌باشد. لمان

و همکاران (۲۰۰۶) بیان کردند میزان کربن باقی‌مانده در بیوچار تولیدشده ۵۰ درصد می‌باشد و بعد از ۱۰۰ سال مقدار کربن باقیمانده (بیوچار) بیشتر از ۴۰ درصد می‌باشد. سوکارتونو و همکاران (۲۰۱۱) مشاهده کردند در خاک حاوی بیوچار میزان کربن آلی بیشتر از خاک دارای کود گاوی بود و محتوی بالای کربن آلی در خاک دارای بیوچار بعد از برداشت محصول دوم هنوز وجود داشت درحالی‌که کربن موجود در کود گاوی تقریباً به‌طور کامل طی یک فصل تجزیه شد. وکاری و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند که ۶۰-۳۰ تن بیوچار در هکتار معادل ۱۸۴-۹۲ تن CO_2 در جو می‌باشد که گیاهان از جو از طریق فتوسنتز دریافت کرده‌اند. تجزیه‌وتحلیل ولف و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که کاربرد بیوچار به‌طور بالقوه می‌تواند ۱۲ درصد تولید CO_2 حاصل از فعالیت انسان در سطح جهان را کاهش دهد. بیوچار می‌تواند تجزیه مواد آلی خاک را مهار کند و این به افزایش کربن خاک نیز کمک می‌کند (لو و همکاران، ۲۰۱۴).

۲-۱۷-۴-کاهش آلودگی آب از طریق کاهش آبشویی عناصر

از دست رفتن عناصر غذایی از خاک‌های کشاورزی به‌صورت آبشویی می‌تواند باعث کاهش محصولات زراعی و اثرات منفی زیست‌محیطی ازجمله انباشت این مواد در آب‌های سطحی شود. بیوچار به دلیل ظرفیت تبادل آنیونی قابل‌ملاحظه، باعث جذب مواد غذایی آنیونی مثل نیترات و فسفات و به دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی باعث جذب مواد مغذی کاتیونی می‌شود. درنتیجه باعث کاهش عناصر به‌ویژه نیتروژن و فسفر در خاک و آب می‌شود. مکانیسم دیگر برای کاهش آبشویی مربوط به حفظ فیزیکی آب، در خاک می‌باشد که با استفاده از بیوچار افزایش می‌یابد (متزو ۲۰۱۳).

۲-۱۷-۵-کاهش تحرک و فراهمی فلزات سنگین و آفت‌کش‌ها

بیوچار یک جاذب فوق‌العاده برای ترکیبات آلی آب‌گریز می‌باشد (ژو و همکاران ۲۰۰۹؛ لرد و همکاران، ۲۰۰۹) و نقش مهمی در جذب آفت‌کش‌ها در خاک بازی می‌کند (شنگ و همکاران، ۲۰۰۵). مزیت بزرگ بیوچار کاهش فراهمی زیستی، سمیت و تحرک آلاینده‌های آلی در خاک‌های

آلوده می‌باشد. یو و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی تأثیر بیوچار بر جذب باقیمانده آفت‌کش‌های پیازچه مشاهده کردند با استفاده از بیوچار غلظت باقی‌مانده حشره‌کش کاهش‌یافته است. هوبن و همکارانش (۲۰۱۳) نیز مشاهده کردند با استفاده از بیوچار غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیم و روی در خاک کاهش یافت. همچنین مشاهده کردند در تیمار بدون بیوچار گیاه کلزا در خاک آلوده به فلزات سنگین بعد از دو هفته از بین رفت ولی در تیمار دارای بیوچار گیاه دارای رشد نرمالی بود. یائو و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی تأثیر بیوچار در افزایش حذف سولفامتوکسازول مشاهده کردند تنها در حدود ۱۴-۲ درصد سولفامتوکسازول در زه کشی خروجی از خاک دارای بیوچار وجود دارد. همچنین کائو و همکاران (۲۰۰۹) و بیزلی و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که بیوچار ظرفیت جذب بالایی نسبت به کمپوست برای جذب سرب را دارد. نوگی و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی اثر استفاده از بیوچار بر رشد کاهو در خاک‌های آلوده به کروم، کاهش قابل‌توجهی در جذب کروم با استفاده از بیوچار را مشاهده کردند.

۲-۱۷-۶-تأثیر بیوچار بر عملکرد و کیفیت گیاهان زراعی

هرچند اثرات مثبت بیوچار بر عملکرد محصول به‌طور گسترده‌ای گزارش شده است (آتکینسون، ۲۰۱۰؛ ژها و همکاران، ۲۰۱۰؛ لمان و همکاران، ۲۰۱۱؛ اسپوکاس و همکاران، ۲۰۱۲؛ گرابر و همکاران، ۲۰۱۴). تعداد کمی از مطالعات به تأثیر بیوچار بر کیفیت محصولات کشاورزی پرداخته‌اند. برخی محققین گزارش دادند که استفاده از بیوچار کیفیت محصولات را بهبود می‌بخشد، مانند غلظت اسیدیته قابل‌جذب گوجه‌فرنگی (اختر و همکاران، ۲۰۱۴)، افزایش وزن دانه گندم و سویا (بلک ول و همکاران، ۲۰۱۰؛ سوپادیت و همکاران، ۲۰۱۰)، افزایش مواد مغذی سویا (سوپادیت و همکاران، ۲۰۱۰؛ راو و همکاران، ۲۰۱۴). معیارهای کیفی برای تعیین ارزش تجاری محصولات کشاورزی مهم هستند، اما تأثیر بیوچار بر کیفیت محصول به‌خوبی موردبررسی قرار نگرفته است (ژو و همکاران، ۲۰۱۵). استفاده از بیوچار پوسته بادام زمینی در خاک‌های فروسول و ردوکسی هیدروسول

نیز باعث بهبود عملکرد بادام زمینی شده است (چنگ یوان ژو و همکاران، ۲۰۱۴). بر اساس گزارش گتاچو آگگنهو و همکاران (۲۰۱۵) مصرف بیوچار و کمپوست باعث افزایش ۲۳ تا ۲۴ درصدی عملکرد دانه بادام زمینی شده است. بیوچار پوسته بادام زمینی باعث بهبود کربن آلی خاک می‌شود (ژو و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین باعث بهبود در دسترس بودن مواد مغذی و بالا بردن کیفیت دانه بادام زمینی تحت شرایط مختلف آبیاری و روش‌های کود دهی در شرایط مزرعه می‌شود (ژو و همکاران، ۲۰۱۵). بیوچار پوسته بادام زمینی که از مواد مغذی غنی است، عملکرد ذرت (گاسکین و همکاران، ۲۰۱۰) و همچنین پتاسیم خاک را در شرایط عدم کود دهی را بهبود بخشید. کاربرد بیوچار در کشت گیاه کینوا، موجب افزایش عملکرد زراعی و عملکرد دانه شد (کامان، ۲۰۱۱). بلک ول و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند زمانی که بیوچار، در ترکیب با کود در زمان خشکی استفاده شود وزن دانه گندم را افزایش می‌دهد، نگهداری رطوبت خاک توسط بیوچار سبب کاهش تنش خشکی و تسهیل جذب کود، منجر به بهبود کیفیت دانه گندم می‌شود. ساپودیت (۲۰۱۲) گزارش کرد وزن دانه سویا در تیمار بیوچار افزایش یافت و تأثیر آن بر روی آب و حفظ مواد مغذی اشاره نمود. بیوچار عموماً باعث افزایش عملکرد محصولات لگومینوز در مقایسه با غلات و سبزیجات می‌شود (لیو و همکاران، ۲۰۱۳). بهبود ۳۵ تا ۵۰ درصدی در عملکرد بادام زمینی با استفاده از بیوچار در شرایط مزرعه توسط یاماتو و همکاران (۲۰۰۶)، اسلامی و همکاران (۲۰۱۱) و افزایش ۲۰۰ درصدی در شرایط گلدانی توسط ژو و همکاران (۲۰۱۵) مشاهده گردید. افزایش عملکرد محصول به‌طور عمده به ورودی مواد مغذی، نگهداری بیوچار و پایداری بیولوژیکی نیتروژن مربوط است (یاماتو و همکاران، ۲۰۰۶؛ ژو و همکاران، ۲۰۱۵). بیوچار از طریق بهبود خواص فیزیکی و بیولوژیکی خاک ازجمله بهبود هدایت هیدرولیکی و افزایش نگهداری آب، جذب و نگهداری مواد غذایی در خاک، افزایش pH خاک و بهبود شرایط برای میکروارگانیسم‌ها موجب افزایش رشد و عملکرد در گیاهان می‌گردد (دوکو و همکاران، ۲۰۱۱). تأثیر بیوچار در افزایش ارتفاع بوته یولاف (شولتز و همکاران، ۲۰۱۳) و مالوس (وانگ و همکاران، ۲۰۱۴)، افزایش تعداد برگ برنج (نوگوارا و همکاران، ۲۰۱۲)، افزایش سطح برگ گنه گنه

(کامن و همکاران، ۲۰۱۱) و پنبه (برک و همکاران، ۲۰۱۴)، افزایش بیوماس ساقه در برنج (نوگوارا و همکاران، ۲۰۱۲) پنبه (برک و همکاران، ۲۰۱۲) و ذرت (اسمیدر و سینگ، ۲۰۱۴) و همچنین افزایش وزن خشک برگ پنبه (برگ و همکاران، ۲۰۱۲) مشاهده شده است. افزایش رشد گیاه و عملکرد زمانی که از بیوچار استفاده می‌شود برای گیاهان مختلف گزارش شده است. تربچه (چان و همکاران، ۲۰۰۸)، لوبیا (راندون و همکاران، ۲۰۰۷) و ذرت (یاماتو و همکاران، ۲۰۰۶). به‌علاوه افزایش عملکرد در بقولات با کاربرد بیوچار توسط جونز و همکاران (۲۰۱۲) گزارش گردیده است. لیو و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش کردند که کاربرد ۴۰ تن در هکتار بیوچار عملکرد کلزا و سیب‌زمینی شیرین ۳۳/۰۲ و ۵۳/۷۷ در صد افزایش یافت. نتایج تجربی سانگ و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی تأثیر بیوچار حاصل از تجزیه حرارتی فاضلاب نشان داد که با کاربرد بیوچار عملکرد سیر بهبود یافت. اختر و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند که عملکرد و کیفیت گوجه‌فرنگی در کاربرد بیوچار در مقایسه با عدم کاربرد آن بهبود یافته است. لای و همکاران (۲۰۱۳) نیز عدم تأثیر بیوچار بر رشد محصول، عملکرد دانه برنج را گزارش کردند درحالی‌که pH و K در دسترس با کاربرد بیوچار افزایش یافته بود. راندون و همکاران (۲۰۰۷) مشاهده کردند که عملکرد باقلا با کاربرد ۹۰ گرم بیوچار ۴۶ درصد افزایش یافت همچنین گزارش کردند که اضافه کردن بیوچار به‌طور قابل‌توجهی تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط ریزوبیوم را در تمام مقادیر کاربردی (۳۰، ۶۰ و ۹۰ گرم بیوچار به ازای هر کیلوگرم خاک) افزایش داد. تتارکووا و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند که بیوچار به‌طور قابل‌توجهی در آفتابگردان موجب کاهش محتوای رنگ‌دانه های فتوسنتزی (کلروفیل a و b) گردید. کاهش کلروفیل در کاربرد بیوچار در گیاه گنه گنه توسط کامن و همکاران (۲۰۱۱) در پنبه توسط برک و همکاران (۲۰۱۴) و در برنج توسط آمای و همکاران (۲۰۰۹) گزارش شده است. این کاهش احتمالاً به دلیل جذب آمونیوم در سطح بیوچار که ممکن است منجر به کاهش دسترسی بوته به نیتروژن شده و یا به دلیل افزایش نسبت C/N خاک با کاربرد بیوچار باشد (اختر و همکاران، ۲۰۱۴).

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- ویژگی‌های جغرافیایی منطقه

۳-۱-۱- زمان و موقعیت محل اجرای تحقیق

این طرح در سال زراعی ۱۳۹۵ در شهر شلمان، شهرستان لنگرود استان گیلان اجرا شد. شهر شلمان در فاصله ۷۴ کیلومتری شرق شهرستان رشت، ۷ کیلومتری شرق شهرستان لنگرود و ۵ کیلومتری غرب شهرستان رودسر و ۸ کیلومتری شمال شهرستان املش قرار گرفته است. شهر شلمان ازنظر طول و عرض جغرافیایی در جنوب دریای خزر و در ارتفاع ۵ متری از سطح دریا در ۳۷ درجه و ۱۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی واقع شده است.

۳-۱-۲- اطلاعات هواشناسی منطقه مورد آزمایش

بر اساس تقسیمات هواشناسی این منطقه جز مناطق معتدل و مرطوب می‌باشد. داده‌های هواشناسی موردنیاز از اداره کل هواشناسی استان گیلان تهیه و مورد استفاده قرار گرفت که تغییرات دما، بارندگی و سایر پارامترهای آن منطقه در طی فصل رشد گیاه بادام زمینی به‌صورت ماهانه در جدول (۳-۱) ارائه شده است.

جدول ۳-۱- اطلاعات مربوط به داده‌های هواشناسی (مأخذ: سازمان هواشناسی استان گیلان ۱۳۹۵)

ماه	میزان بارندگی	میانگین حداکثر دما	میانگین حداقل دما	میانگین دما	میانگین رطوبت نسبی	سرعت باد	مجموع ساعات آفتابی	مجموع تبخیر
	میلی‌متر		سانتی‌گراد		درصد	متر بر ثانیه	ساعت	میلی‌متر
اردیبهشت	۲۸	۱۹/۶	۱۴/۴	۱۷/۱	۸۴	۹	۱۴۶	۸۳/۳
خرداد	۲۰/۵	۲۵/۷	۱۸/۷	۲۲/۲	۷۸	۱۴	۲۴۵/۲	۱۱۹/۵
تیر	۱۵۰/۵	۲۹	۱۹/۹	۲۴/۵	۷۶	۸	۲۲۶/۲	۱۵۴
مرداد	۳۹/۵	۲۹/۹	۲۰/۵	۲۵/۲	۷۸	۸	۲۴۳/۹	۱۴۱/۲
شهریور	۱۷۰	۲۸/۳	۲۸/۳	۲۴/۱	۷۹	۶	۱۹۴/۵	۱۲۶/۶
مهر	۲۳۶	۲۲/۸	۱۵/۳	۱۹/۱	۸۲	۱۰	۱۴۴/۱	۵۷/۱

۳-۱-۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

جهت تهیه ویژگی‌های خاک محل آزمایش ۴ نمونه خاک از نقاط مختلف از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر به‌طور تصادفی برداشته شده و از ترکیب آن‌ها نمونه مرکبی تهیه شد. روی این نمونه پارامترهایی نظیر بافت خاک، *pH*، *EC*، مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل‌جذب، بور و مواد آلی خاک در آزمایشگاه خاکشناسی، اندازه گیری شدند که نتایج آن‌ها در جدول (۳-۲) ارائه شده است.

جدول ۳-۲- برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک	pH	هدایت الکتریکی	کربن آلی خاک	نیتروژن کل خاک	فسفر قابل‌جذب	پتاس قابل جذب	بور قابل جذب	اندازه ذرات خاک			بافت خاک
								رس	سیلت	شن	
cm		ds/m	درصد		mg/kg			درصد			
۳۰-۰	۸/۰۳	۰/۹۶۵	۲/۴۲	۰/۲۱	۱۵/۴۶	۲۹۲/۳۱	۰/۱۲	۱۴	۳۴	۵۲	لومی

۳-۲-قالب طرح آزمایشی

برای این مطالعه از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار استفاده شد. فاکتورهای آزمایش شامل: ۱- نانو کود بور در دو سطح صفر و محلول‌پاشی سه در هزار ۲- بیوچار شامل سه سطح صفر، بیوچار از پوسته بادام زمینی به میزان ۱۰ تن در هکتار و بیوچار آزولا به میزان ۱۵ تن در هکتار ۳- قارچ میکوریزا شامل تلقیح با قارچ *Glomoss mosseae* به میزان ۲۰ گرم در محل کاشت بذرها و عدم تلقیح است. درمجموع ۳۶ کرت آزمایشی با ابعاد ۳×۳ متر آماده گردید.

۳-۳- روش تهیه بیوچار، قارچ میکوریزا و نانو کود بور

استانداردی برای میزان استفاده از بیوچار وجود ندارد. کاربرد ۲۰-۵ درصد حجم خاک از بیوچار نتایج مثبتی را نشان داده است. می‌توان بیوچار را ابتدا به‌صورت یکنواخت در سطح خاک پخش کرد سپس با دست یا ماشین‌آلات با خاک مخلوط کرد (هانت و همکاران، ۲۰۱۰) و یا به‌صورت نواری بکار برد (ماجور، ۲۰۱۱). در باغات که امکان انجام شخم وجود ندارد می‌توان بیوچار را در سطح خاک قرار داد و روی آن را با مواد آلی پوشاند و یا به‌صورت دوغاب و یا مخلوط با کمپوست بکار برد (هانت و همکاران، ۲۰۱۰). بیوچارهای موردنیاز از طریق تجزیه حرارتی پوسته بادام زمینی و آزولاهای جمع‌آوری‌شده از مزارع و مرداب‌های منطقه تهیه گردید. پوسته بادام زمینی نیز از کارگاه‌های پوست‌کنی بادام زمینی واقع در شهرستان آستانه‌اشرفیه تهیه شد. آزولاهای جمع‌آوری‌شده ابتدا به مدت یک هفته بر روی سطح سیمانی و در معرض نور آفتاب قرار گرفت تا رطوبت خود را از دست داده و خشک شود. جهت انجام فرآیند تجزیه حرارتی یک کوره دست‌ساز ساخته شد. بدین منظور از یک محفظه سربسته فلزی (بشکه فلنچ دار) استفاده شد. از قسمت فوقانی کوره، خروجی به‌منظور هدایت گاز حاصل از فرآیند تجزیه حرارتی، تعبیه گردید تا گاز خروجی از محفظه به‌عنوان سوخت مکمل مورداستفاده قرار گیرد. بیوچار پوسته بادام زمینی و آزولا در دمای حدود ۳۵۰ تا ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد تهیه شده که خواص آن را ژو و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کرده‌اند. به‌طور خلاصه بیوچار پوسته بادام زمینی بسیار قلیایی است. pH برابر ۱۰/۱، کربن برابر ۶۴/۴ درصد، نیتروژن برابر با ۱/۳ درصد، غنی از مواد مغذی و بدون سمیت آلومینیوم، سرب، کادمیم و کروم که نشان‌دهنده کامل شدن فرآیند پیرولیز و پایداری زیستی بیوچار می‌باشد (آی بی آی، ۲۰۱۳). بعد از حدود ۵ تا ۷ ساعت حرارت دهی و خاموش شدن آتش، کوره به قسمت دیگری منتقل شده تا خنک شود. جهت جلوگیری کردن از ورود اکسیژن به داخل کوره تا زمان سرد شدن بر روی آن ماسه ریخته شد. روز بعد و پس از خنک شدن کامل کوره، درب آن باز شد. سپس بیوچارهای حاصله از کوره خارج و پس از خرد کردن، به‌صورت نواری پای بوته، مورد استفاده قرار گرفت. میکوریزای مورد استفاده از جنس *Glomoss*

mosseae بود که از شرکت زیست فناوران توران تهیه شد. منبع نانو کود مورداستفاده نیز نانو کود کلات بور ۹ درصد خضرا (تولید شرکت صدور احرار شرق) با نام تجاری خضراء و شماره ثبت کودی ۵۲۴۸۳ بود.

عکس ۳-۱- جمع‌آوری آزولا از مرداب‌های منطقه

عکس ۳-۲- استقرار کوره ساخته شده در محل روشن کردن آتش

عکس ۳-۳- خشک کردن آزولا بر روی سطح سیمانی

عکس ۳-۴- روشن نمودن آتش جهت سوختن زیست‌توده درون کوره

عکس ۳-۵- خروج گاز از سوراخ‌های تعبیه‌شده در لوله و استفاده به‌عنوان سوخت مکمل

عکس ۳-۶- بیوچارهای تولید شده پس از فرآیند پیرولیز

۳-۴- آماده‌سازی زمین و اجرای نقشه طرح

جهت تهیه بستر کاشت، شخم نسبتاً عمیقی در اوایل بهار زده شد و قبل از کاشت در اردیبهشت‌ماه عملیات دیسک زنی جهت خرد کردن کلوخه‌ها و زیر خاک کردن علف‌های هرز سبز شده انجام پذیرفت. بعد از آن کرت‌های آزمایش در ابعاد ۳×۳ متر و بافاصله ۶۰ سانتی‌متر از واحدهای آزمایشی مجاور ایجاد شدند. بین تکرارها نیز فاصله‌ای حدود ۸۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کاشت بادام زمینی در تاریخ بیست و نهم اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۵، به‌صورت مسطح و در شرایط دیم انجام گرفت. بذرهای بادام زمینی بر اساس مطالعات انجام‌شده (اسماعیل‌پور و همکاران، ۱۳۹۰؛ کیومرثی و همکاران، ۱۳۹۳) با آرایش کاشت مربع و با فاصله ۴۰×۴۰ سانتی‌متر و در عمق ۴ سانتی‌متری خاک کاشته شدند، به‌طوری‌که تعداد ردیف‌ها و **بوته های** هر ردیف به ترتیب هشت و هشت بودند. بر اساس تراکم کاشت معادل ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار بود. برای دستیابی به این تراکم در هر حفره یک بذر قرار داده شد. در همین مرحله سطوح بیوچار به‌صورت نواری در کرت‌های مشخص‌شده اضافه و

لایه نازکی از خاک روی آن ریخته شد. قارچ میکوریزا نیز در محل کاشت و زیر بذرها در کرت‌های مشخص‌شده قرار داده شد. به‌طوری‌که قارچ میکوریزا طبق توصیه شرکت تولیدکننده میزان ۲۰ گرم اینوکولوم در عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک قرار گرفت. رقم مورداستفاده رقم محلی نورث کارولینا (NC2) یا گلی از ارقام رایج منطقه بود. مبارزه با علف‌های هرز با دست انجام گرفت و در طی دوره رشد، مزرعه دو بار وجین شد. خاک‌دهی پای بوته نیز بعد از وجین دوم و در یک مرحله صورت پذیرفت. زمان محلول‌پاشی نانو کود بور روی قسمت‌های هوایی **بوته های** بادام زمینی قبل از شروع گلدهی در نظر گرفته شد. محلول‌پاشی بوته‌ها تا زمان جاری شدن قطره‌های محلول مورداستفاده از روی بوته‌ها ادامه یافت. نازل سم‌پاش در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری بالای بوته‌ها نگه‌داشته شد. زمان محلول‌پاشی بوته‌ها ساعت ۱۸ تا ۱۹ عصر اعمال شد تا از سوختگی برگ‌ها جلوگیری شود. محصول همه کرت‌ها در تاریخ هشتم مهرماه ۱۳۹۵ برداشت شدند.

n1b1m0	n1b1m1	n1b0m0	n1b2m0	n1b2m1	n0b2m1	n0b0m0	n0b1m0	n1b0m1	n0b2m0	n0b0m1	n0b1m1

تکرار یک

n1b2m1	n0b2m1	n1b1m0	n1b1m1	n1b0m0	n1b2m0	n0b0m1	n0b2m0	n0b1m1	n0b1m0	n0b0m0	n1b0m1

تکرار دو

n1b0m0	n1b2m0	n1b2m1	n0b0m0	n1b1m0	n0b1m0	n1b0m1	n1b1m1	n0b0m1	n0b2m1	n0b1m1	n0b2m0

تکرار سه

نقشه طرح آزمایش موردمطالعه

n0 = شاهد بدون محلول‌پاشی نانو کود بور، n1= محلول‌پاشی سه در هزار نانو کود بور m0 = عدم تلقیح قارچ میکوریزا، m1 = تلقیح با قارچ میکوریزا، b0 = عدم استفاده از بیوچار، b1 = بیوچار حاصل از پوسته بادام زمینی، b2 = بیوچار حاصل از آزولا

عکس ۳-۷- بوته های بادام زمینی بعد از وجین دوم و خاک‌دهی پای بوته

عکس ۳-۸- مزرعه بادام زمینی

۳-۵-معرفی رقم مورد کشت

در گیلان رقم غالب بادام زمینی، رقم NC2 یا گلی است. هرچند که رقم فلوری اسپانیش نیز به مقدار اندکی کشت می‌گردد. دانه های این دو رقم درشت و ازلحاظ شکل ظاهری و اندازه تقریباً یکسان هستند. رقم NC2 در گیلان به نام گلی و نوع فلوری اسپانیش به اسپانیش معروف است. رقم NC2 از نوع بوته‌ای رشد نامحدود است و وزن هر دانه آن ۰/۸ تا ۰/۹ گرم و وزن هر غلاف آن نیز حدود ۱/۸ گرم می‌باشد (دانش وکیلی و صادقی، ۱۳۹۱).

۳-۶- نمونه‌برداری و اندازه گیری صفات موردمطالعه

برای اجرای صحیح نمونه‌برداری و حذف اثر حاشیه، ردیف‌های کناری هر کرت و نیز **بوته های** واقع در ابتدا و انتهای ردیف‌های میانی در نظر گرفته نشدند. جهت نمونه‌برداری و اندازه گیری صفات موردمطالعه فضای دو مترمربع از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و از هر کرت ۴ بوته از ردیف میانی پس از حذف نیم متر اثرات حاشیه از طرفین برداشت شد (بل و همکاران، ۱۹۸۷) و بعد **بوته های** برداشت شده هر کرت در داخل پاکت قرار داده شد.

۳-۷-اندازه گیری عملکرد و اجزای عملکرد

۳-۷-۱- عملکرد غلاف بادام زمینی

برای تعیین عملکرد غلاف بادام زمینی ابتدا غلاف‌های رسیده از **بوته های** واقع در منطقه برداشت، جدا شدند. بعد از تمیز کردن غلاف‌ها و زدودن خاک، به مدت یک هفته در هوای آزاد جهت کاهش رطوبت قرار گرفتند. سپس این غلاف‌ها تا رسیدن به وزن خشک ثابت داخل آون تهویه دار در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. پس از خارج کردن غلاف‌ها از آون، وزن خشک آن‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی ثبت گردید. سپس مقدار عملکرد غلاف برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

عکس ۳-۹- خشک کردن غلاف بادام‌زمینی در هوای آزاد

۳-۷-۲- تعداد غلاف در بوته

جهت جداسازی غلاف‌های رسیده از غلاف‌های نارس، از قهوه‌ای شدن قسمت داخلی غلاف و رنگ قسمت بیرونی آن که معیاری برای جداسازی غلاف‌های رسیده از غلاف‌های نارس می‌باشد، استفاده گردید. این روش توسط میلر و همکاران و ویلیامز و همکاران نیز گزارش شده است (اسمارت و همکاران، ۱۹۹۴؛ نائوتیوال و همکاران، ۲۰۰۲؛ موسی پور و همکاران، ۱۳۹۱). تعیین تعداد غلاف رسیده در هر بوته با استفاده از فرمول زیر انجام گرفت:

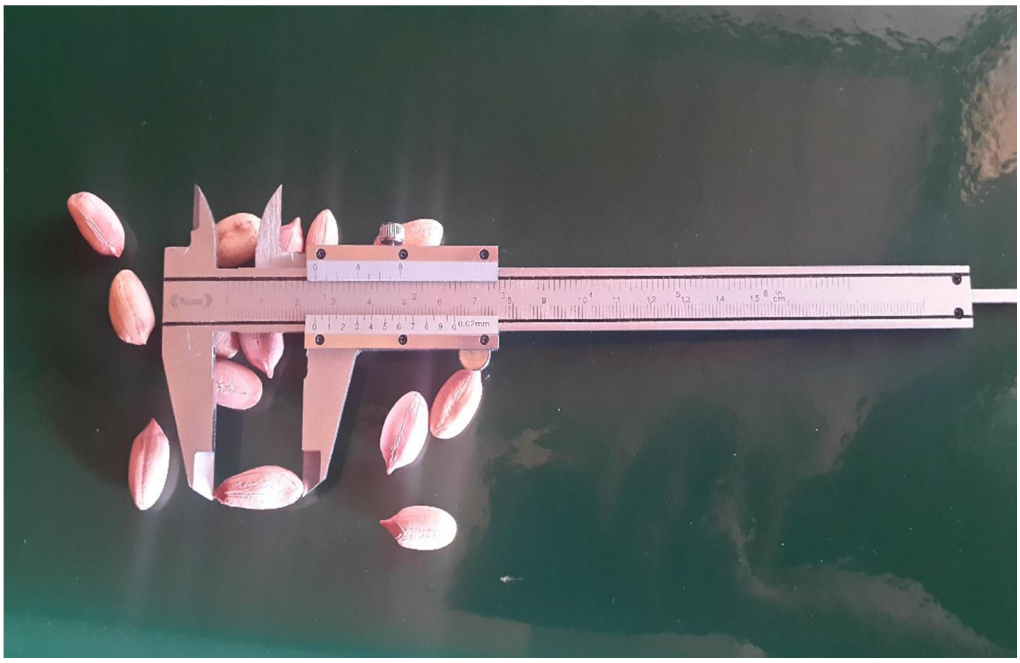
تعداد غلاف رسیده در هر بوته = M/N

که در آن، M برابر تعداد غلاف‌های رسیده از منطقه برداشت هر کرت و N برابر با تعداد گیاهان واقع در منطقه برداشت هر کرت می‌باشد.

عکس ۳-۱۰- دانه‌های بادام‌زمینی

۳-۷-۳- طول دانه

جهت اندازه گیری طول دانه، ابتدا تعداد ۱۰ عدد از دانه های منطقه برداشت هر کرت، به‌طور تصادفی انتخاب و با دستگاه کولیس ورنیه با دقت ۰/۰۲ میلی‌متر اندازه گیری و میانگین ۱۰ عدد به‌صورت میلی‌متر بیان شد.



عکس ۳-۱۱- اندازه‌گیری طول دانه به‌وسیله کولیس ورنیه

۳-۷-۴-شاخص برداشت

برای محاسبه شاخص برداشت از رابطه زیر استفاده شد (نتانوس و کوتروباس، ۲۰۰۲).

$$HI\% = GY/BY \times 100$$

که در آن HI: شاخص برداشت، GY: عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) و BY: عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار) می‌باشد.

۳-۸- اندازه گیری خصوصیات کیفی بادام زمینی

۳-۸-۱-اندازه گیری مقدار بور، پتاسیم و فسفر دانه

برای تعیین غلظت فسفر و پتاسیم پس از هضم خشک نمونه‌ها و عصاره‌گیری با اسیدکلریدریک ۲ نرمال، مقدار فسفر به روش رنگ سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر و مقدار پتاسیم با قرائت با دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه گیری شد (موتسارا و روی، ۲۰۰۸). برای اندازه گیری مقدار بور نمونه‌ها از روش رنگ سنجی (بینگهام، ۱۹۸۲) با دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده شد.

۳-۸-۲- اندازه گیری مقدارنیتروژن و پروتئین دانه

برای تعیین مقدار پروتئین دانه ابتدا مقدار نیتروژن کل موجود در دانه بادام زمینی به روش تیتراسیون بعد از تقطیر با استفاده از سیستم اتوماتیک کجلدال (مرشد اعلم، ۲۰۰۲؛ امیر و همکاران، ۲۰۰۷) تعیین شد. سپس برای مشخص کردن مقدار پروتئین دانه های خشک از حاصل‌ضرب کل نیتروژن در ضریب ۶/۲۵ استفاده گردید (لورنس و همکاران، ۱۹۷۶؛ استوارت، ۱۹۸۲؛ امیر و همکاران، ۲۰۰۵).

۳-۹- محاسبات آماری

کلیه محاسبات آماری شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و ترسیم نمودارها با نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۶ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون LSD و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

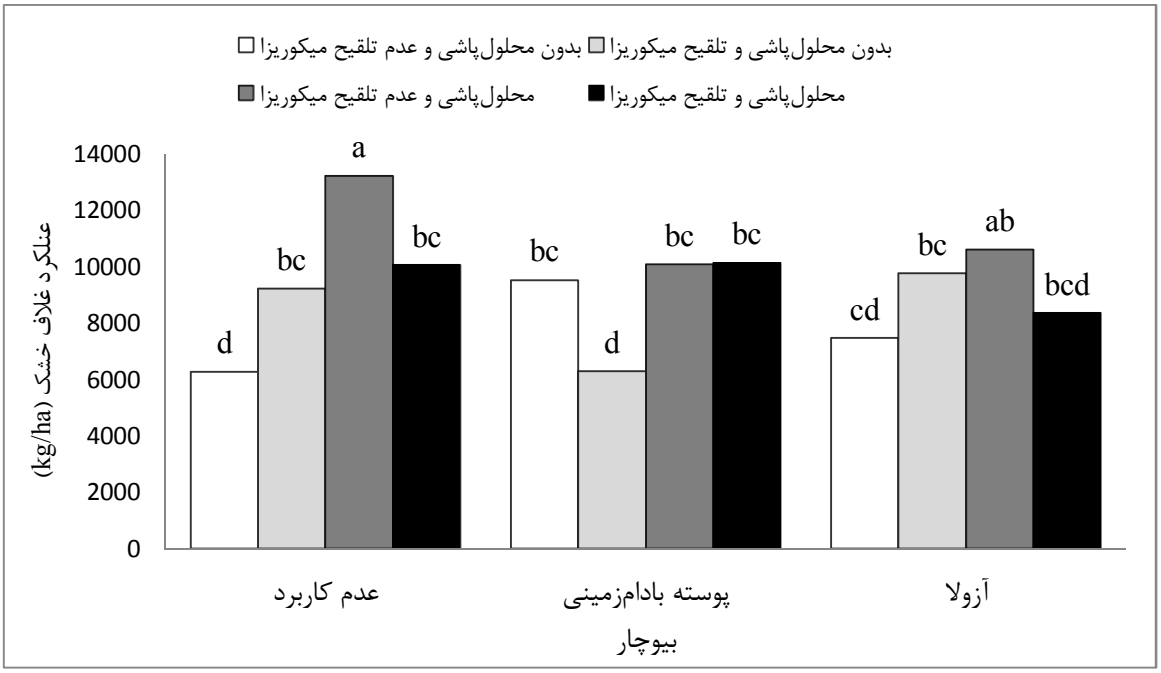
فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱- صفات کمی

۴-۱-۱-عملکرد غلاف خشک

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴-۱) نشان داد که اثر اصلی محلول‌پاشی نانو کود بور در سطح احتمال یک درصد بر این صفت معنی‌دار بود. اثر متقابل نانو کود بور و میکوریزا نیز در سطح احتمال آماری پنج درصد بر صفت مذکور معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل سه گانه محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار و میکوریزا در سطح احتمال یک درصد بر صفت عملکرد غلاف خشک معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۴-۱) بیانگر این بود که بیشترین عملکرد غلاف در شرایط محلول‌پاشی نانو کود بور، عدم کاربرد بیوچار و عدم تلقیح قارچ میکوریزا با عملکرد ۱۳۲۳۰ کیلوگرم در هکتار در رتبه اول قرار گرفت که نسبت به شاهد دارای اختلاف معنی‌داری بود. کمترین عملکرد در شاهد بود که به لحاظ آماری با تیمارهای عدم کاربرد نانو کود، کاربرد بیوچار پوسته بادام زمینی و تلقیح قارچ میکوریزا، کاربرد بیوچار آزولا به‌تنهایی و محلول‌پاشی نانو کود، بیوچار آزولا و تلقیح میکوریزا در یک گروه قرار گرفتند. تحقیقات نشان می‌دهد که افزایش سرعت رشد گیاه، افزایش سرعت رشد غلاف و نیز بالا بودن ضریب تسهیم از دلایل عمده افزایش عملکرد غلاف می‌باشد (اسمارت، ۱۹۹۴). محلول‌پاشی بور منجر به افزایش عملکرد غلاف و برخی از اجزای عملکرد شده است و محلول‌پاشی برگی عناصر روی و بور به‌تنهایی یا ترکیب با یکدیگر به‌طور قابل‌توجهی عملکرد دانه را افزایش داده و همچنین منجر به افزایش اجزاء عملکرد شده است (ال کادر و گاد، ۲۰۱۳).



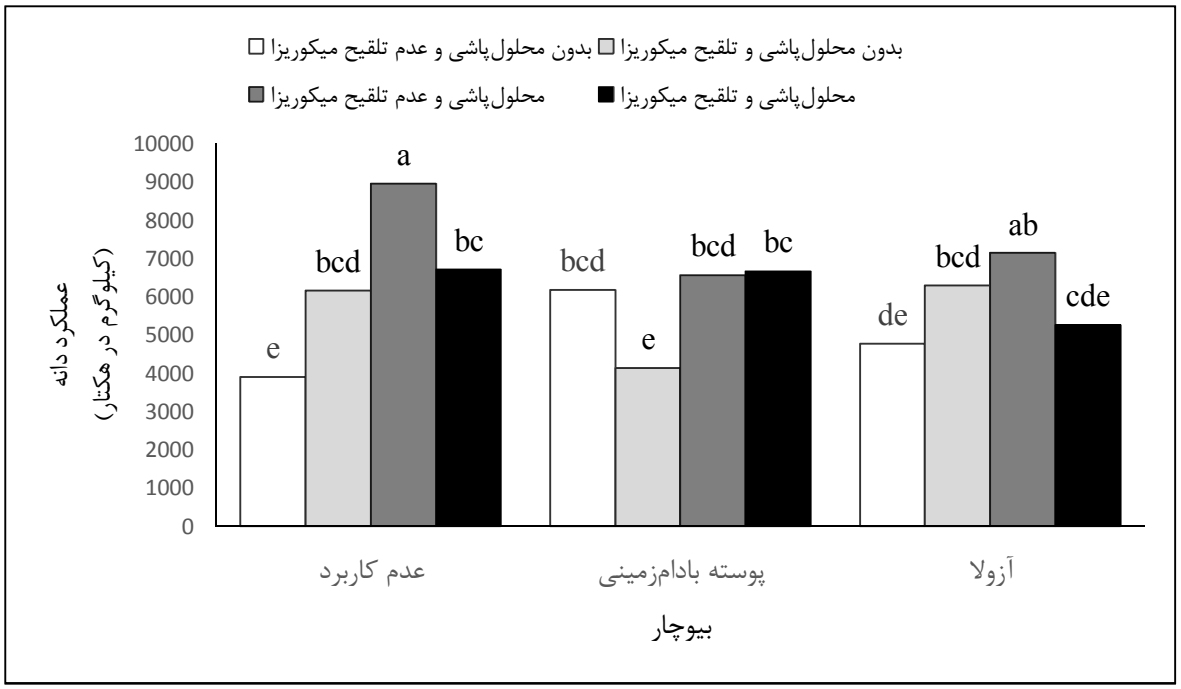
شکل ۴-۱- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر عملکرد غلاف خشک بادام‌زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.

۴-۱-۲-عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴-۱) نشان داد که اثر اصلی محلول‌پاشی نانو کود بور و اثر اصلی قارچ میکوریز در سطح احتمال آماری یک درصد و اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور و تلقیح میکوریزا در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید. همچنین اثر متقابل سه گانه محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار و میکوریزا در سطح احتمال یک درصد بر صفت عملکرد دانه بادام زمینی معنی‌دار بود. مقایسه میانگین عملکرد دانه (شکل ۴-۲) نشان‌دهنده این است که محلول‌پاشی نانو کود بور، عدم کاربرد بیوچار و عدم تلقیح قارچ میکوریزا با عملکرد ۸۹۵۳ کیلوگرم در هکتار در رتبه بالاتری نسبت به سایر تیمارها قرار گرفت که موجب افزایش ۲/۲۹ برابری عملکرد نسبت به شاهد شد. به‌غیراز تیمارهای عدم محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار پوسته بادام زمینی و تلقیح قارچ میکوریزا، کاربرد بیوچار آزولا بدون محلول‌پاشی و میکوریزا و محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار آزولا و تلقیح میکوریزا که با شاهد در یک گروه آماری قرار گرفتند سایر تیمارها با شاهد اختلاف آماری معنی‌داری

داشتند. کاربرد بور باعث افزایش محتوی کلروفیل و شدت فتوسنتز در برگ‌ها، افزایش تجمع ماده خشک در گیاه، بهبود انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های رویشی به اندام‌های زایشی، رویش دانه گرده، جلوگیری از تخریب بافت‌ها، انتقال قندها، تراوایی غشای سلولی و تنظیم هورمون‌های گیاهی می‌شود. بنابراین می‌تواند باعث افزایش معنی‌داری در عملکرد گردد (کسرایی، ۱۳۷۲؛ ناصف و همکاران، ۲۰۰۶). افزایش حدود ۱۲۸/۹۲ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد با مصرف بور در این آزمایش مؤید این مطلب می‌باشد. همچنین افزایش عملکرد در اثر مصرف بور شاید به علت میزان کم بور قابل‌دسترس برای گیاه در خاک و نقش اساسی این عنصر در گیاه باشد که در متابولیسم گیاهی و سنتز اسیدهای نوکلئیک نقش دارد. موسی پور و همکاران (۱۳۹۱) به این نتیجه دست یافتند که محلول‌پاشی نانو کود بور تأثیر معنی‌داری بر صفت عملکرد دانه خشک بادام زمینی دارد و می‌تواند باعث افزایش عملکرد گردد. ازآنجاکه بور می‌تواند باعث رشد و توسعه در بادام زمینی شود (انصاری و همکاران، ۲۰۱۳)، بیشترین عملکرد بادام زمینی در تیمار بور ثبت شد. یافته‌های فعلی با نتایج نیک ناوار و همکاران (۲۰۱۵)، کوام روزامان (۲۰۱۷) همسو بود. کوام روزامان (۲۰۱۷) بیان نمود که استفاده از بور تأثیر مثبت و قابل‌توجهی در رشد فیزیولوژیکی و عملکرد بالای بادام زمینی دارد، بنابراین توصیه می‌شود که از بور در کشت بادام زمینی استفاده گردد تا عملکرد بالاتری در واحد سطح به دست آید. ریفعت و همکاران (۲۰۰۴) اظهار داشتند که مصرف روی و بور اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه و غلاف بادام زمینی دارد. هلمای و همکاران (۲۰۰۸) نیز به کاربرد بور در افزایش عملکرد دانه بادام زمینی اشاره نمودند. نور و همکاران (۱۹۹۷) اهمیت استفاده از بور برای افزایش عملکرد بادام زمینی را ثابت کردند. در دانه های روغنی نظیر خردل، کاربرد بور سبب افزایش ۳۶ تا ۴۳ درصدی عملکرد نسبت به شاهد شد (کشاورز و ملکوتی، ۱۳۸۲). با توجه به ترکیبات متفاوت بقایای گیاهی، بیوچار تولیدشده از آن‌ها نیز می‌تواند ویژگی‌های متفاوتی داشته باشد (تانگ و همکاران، ۲۰۱۳). بهبود ۳۵ تا ۵۰ درصدی در عملکرد بادام زمینی با استفاده از بیوچار در شرایط مزرعه توسط یاماتو و همکاران (۲۰۰۶)، اسلامی و همکاران (۲۰۱۱) و افزایش ۲۰۰ درصدی در شرایط گلدانی

توسط ژو و همکاران (۲۰۱۵) مشاهده گردید. خالصی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند زمانی که بیوچار و نیتروژن باهم استفاده می‌شوند وزن دانه ذرت تفاوت معنی‌داری با کاربرد نیتروژن به‌تنهایی دارد. افزایش عملکرد محصول به‌طور عمده به ورودی مواد مغذی، نگهداری بیوچار و پایداری بیولوژیکی نیتروژن مربوط است (یاماتو و همکاران، ۲۰۰۶؛ ژو و همکاران، ۲۰۱۵). به‌طور خاص بیوچار وضعیت مواد مغذی را در منطقه غلاف بادام زمینی بهبود بخشیده و درنتیجه به بهبود عملکرد دانه کمک می‌کند (ژو و همکاران، ۲۰۱۵). تلقیح قارچ میکوریزا نسبت به عدم تلقیح دارای عملکرد بیشتری بود. گیلانپور راد و همکاران (۱۳۹۲) نیز به همین نتیجه دست یافته بودند و عنوان داشتند که استفاده از قارچ میکوریزا با توجه به نتایج به‌دست‌آمده باعث افزایش پارامترهای اجزای عملکردی به‌خصوص صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه گردید که نهایتاً با افزایش رشد گیاه (اندام‌های زمینی و هوایی) باعث افزایش عملکرد بادام زمینی شده است. مصرف قارچ میکوریزا در مقایسه با حالت عدم مصرف میکوریزا، باعث افزایش اجزای عملکرد دانه شده و برآیند آن‌ها افزایش عملکرد دانه می‌باشد (قلی نژاد و درویش زاده، ۱۳۹۴)، دلیل این امر ممکن است مرتبط با تأثیر میکوریزا بر جذب فسفر، ماندگاری بیشتر برگ‌ها روی گیاه، حفظ و افزایش اندازه برگ و نیز بهبود میزان فتوسنتز به‌واسطه کلروفیل بیشتر باشد (مارولاندا و همکاران، ۲۰۰۳؛ خلوتی و همکاران، ۲۰۰۵؛ حبیب زاده و همکاران؛ ۲۰۱۲). شارما (۲۰۰۳) گزارش کرده است که تلقیح با قارچ میکوریزا باعث بالا رفتن کارایی جذب نیتروژن و فسفر، افزایش رشد و عملکرد دانه در گیاه می‌شود. در تحقیق حاضر همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه گیاه بادام زمینی احتمالاً از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی و تسریع بهبود این روابط به‌واسطه بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه شده است. از طرفی از نتایج به‌دست‌آمده می‌توان چنین برداشت نمود که محلول‌پاشی نانو کود بور با در دسترس قرار دادن سریع مواد غذایی در طی مراحل رشد گیاه و به علت کمک به افزایش رشد رویشی، سیستم فتوسنتزی، افزایش سبزینگی و احتمالاً دوام سطح برگ منجر به افزایش کارایی فتوسنتزی برگ شده که نتیجه آن افزایش عملکرد گیاه است.

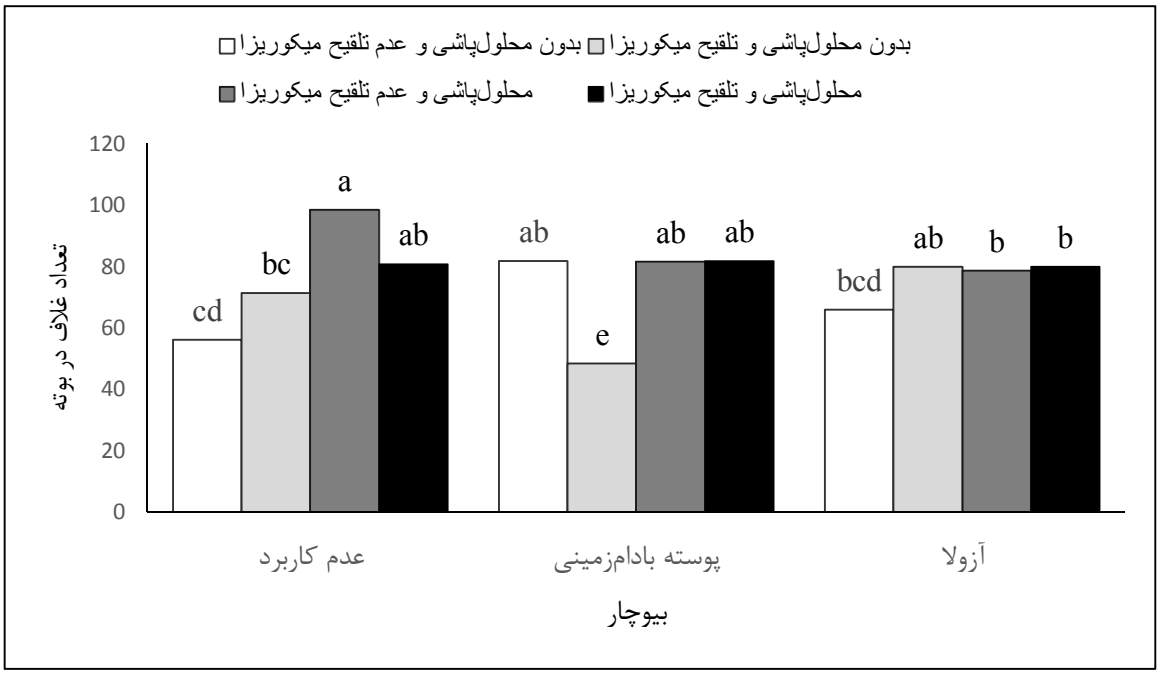


شکل۴-۲- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر عملکرد دانه بادام‌زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.

۴-۱-۳-تعداد غلاف در بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴-۱) نشان داد فقط اثر اصلی محلول‌پاشی نانو کود بور در سطح احتمال آماری یک درصد بر صفت تعداد غلاف در بوته بادام زمینی معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل بیوچار و میکوریزا در سطح احتمال آماری پنج درصد و اثر متقابل سه گانه محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار و میکوریزا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. نمودار مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته (شکل۴-۳) حاکی از آن است که تیمارهای عدم محلول‌پاشی نانو کود بور، عدم کاربرد بیوچار و تلقیح میکوریزا، تیمار عدم محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار پوسته بادام زمینی و تلقیح میکوریزا و تیمار بیوچار آزولا، عدم محلول‌پاشی نانو کود و عدم تلقیح قارچ میکوریزا

که نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند سایر تیمارها نسبت به شاهد دارای اختلاف معنی‌داری بودند. به‌طوری‌که در اثر متقابل نانو کود بور، بیوچار و میکوریزا تعداد بیشتری غلاف در بوته در تیمار محلول‌پاشی نانو کود بور بدون کاربرد بیوچار و عدم تلقیح میکوریزا با ۹۸/۵۰ عدد غلاف در بوته بود. بور به دلیل تأثیر در فرآیندهای زایشی و ماده سازی باعث افزایش تعداد غلاف در بوته می‌گردد. انتقال مواد فتوسنتزی به سمت غلاف‌های در حال رشد با کاربرد عنصر بور افزایش می‌یابد و باعث می‌شود که تعداد غلاف‌های رسیده بادام زمینی افزایش یابد (ود و همکاران، ۲۰۰۲؛ ناصف و همکاران، ۲۰۰۶). در یک تحقیق مصرف عنصر بور سبب افزایش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه در سویا شد که علت آن نقش بور در تقسیم و رشد سلولی و انتقال مواد فتوسنتزی و تنظیم‌کننده‌های رشد از منبع به مخزن است (دوی و همکاران، ۲۰۱۲). کیومرثی و همکاران (۱۳۹۳) نیز به این نتیجه دست یافتند که مصرف بور به‌تنهایی و ترکیب با روی و مولیبدن باعث افزایش تعداد غلاف در بادام زمینی می‌شود. ناتال و همکاران (۱۹۸۷) نیز گزارش کردند که بور باعث کاهش تعداد گلچه‌های عقیم و بهبود توسعه غلاف‌ها در گیاه کانولا می‌شود. بور همچنین باعث تولید بیشتر کلروفیل و IAA و درنتیجه تأخیر در پیری و سپس طولانی شدن دوره فتوسنتز می‌شود. درنتیجه رقابت بین غلاف‌های در حال شکل‌گیری برای دسترسی به مواد غذایی کاهش می‌یابد زیرا تنش آب یا کمبود عناصر غذایی علاوه بر اینکه در گلدهی اختلال به وجود می‌آورد احتمال تبدیل گل به غلاف را کاهش می‌دهد (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۵). کاربرد بور باعث جذب نیتروژن توسط بادام زمینی می‌شود و ارتفاع گیاه، وزن خشک گیاه و تعداد کل غلاف‌ها را افزایش می‌دهد (جینگ و همکاران، ۱۹۹۴). میکوریزا به‌وسیله تولید هیف های خارجی و درنتیجه امکان گستردگی بیشتر ریشه به گیاه میزبان این امکان را می‌دهد که به عناصر غذایی تا شعاع ۲۰ سانتی‌متری یا دورتر از ریشه، دست یابد (صباحی و همکاران، ۱۳۸۴). به‌طورکلی در این تحقیق، دسترسی بهتر به عناصر غذایی و وجود مواد آلی در اثر کاربرد تلفیقی کودها باعث فراهمی شرایط بهتر در زمان گلدهی شد و درنتیجه تعداد غلاف در بوته افزایش یافت.

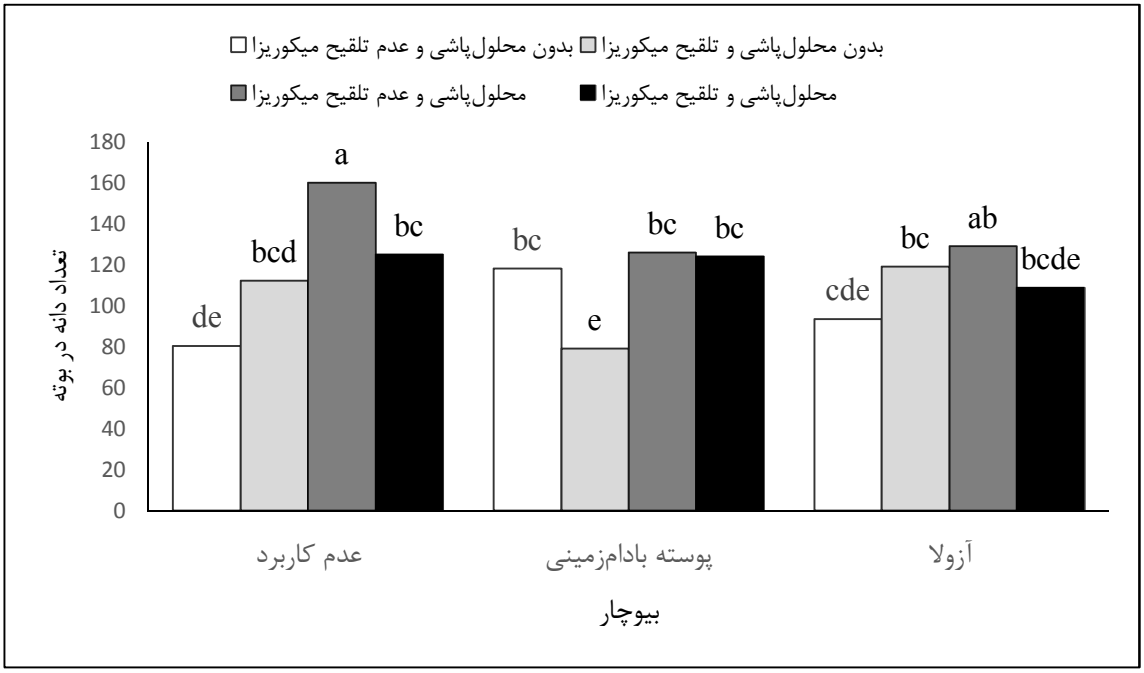


شکل ۴-۳-مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر تعداد غلاف در بوته بادام‌زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.

۴-۱-۴-تعداد دانه در بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴-۱) نشان می‌دهد که اثر اصلی محلول‌پاشی نانو کود بور در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل سه گانه محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار و میکوریزا در سطح احتمال یک درصد بر صفت تعداد دانه در بوته بادام زمینی معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر تعداد دانه در بوته بادام زمینی (شکل ۴-۴) بیانگر آن است که در شرایط محلول‌پاشی نانو کود بور، عدم مصرف بیوچار و عدم تلقیح میکوریزا تعداد دانه در بوته ۱۶۰/۳ عدد می‌باشد که با سطح محلول‌پاشی نانو کود بور، کاربرد بیوچار آزولا و عدم تلقیح میکوریزا در یک گروه آماری قرار گرفتند و نسبت به شاهد دارای اختلاف معنی‌دار شدند. نانو کود بور اثر معنی‌داری بر صفات تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه خشک، عملکرد غلاف، شاخص برداشت و وزن صد دانه گذاشت (موسی پور و همکاران، ۱۳۹۲). ازآنجاکه ازجمله خصوصیات ذرات نانو قابلیت حل‌پذیری و جذب بالا در گیاه می‌باشد (گرین

و بیسمن، ۲۰۰۷) به نظر می‌رسد که نانو کود به دلیل ثبات و پایداری بالا، بیشتر در اختیار گیاه قرارگرفته و با تأثیر مثبت بر گرده‌افشانی در تشکیل دانه مؤثر بوده است. از طرف دیگر کاربرد کود میکوریزا با توسعه سیستم ریشه‌ای سبب افزایش دسترسی گیاه بادام زمینی به آب و مواد غذایی شده درنتیجه فتوسنتز بهبودیافته و متعاقباً تعداد دانه در بوته افزایش یافته است. تلقیح میکوریزا تعداد دانه بالاتری نسبت به سطح عدم تلقیح برخوردار بود که این امر می‌تواند به دلیل زندگی همزیستی قارچ و ریشه و درنتیجه جذب بیشتر آب و مواد غذایی با ایجاد ظرفیت افزوده در گیاه باشد (آلن و آلن، ۱۹۸۶). گیلانپورراد و همکاران (۱۳۹۲) نیز به اثر مثبت قارچ میکوریزا بر صفت تعداد دانه در مترمربع نسبت به شاهد اشاره داشتند. تلقیح میکوریزا در مقایسه با عدم تلقیح (شاهد) تعداد دانه در واحد سطح را افزایش داد به‌طوری‌که تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *G.mosseae* نسبت به عدم مصرف میکوریزا تعداد دانه در واحد سطح را به میزان ۴۴ درصد افزایش داد (قلی نژاد و درویش زاده، ۱۳۹۴).

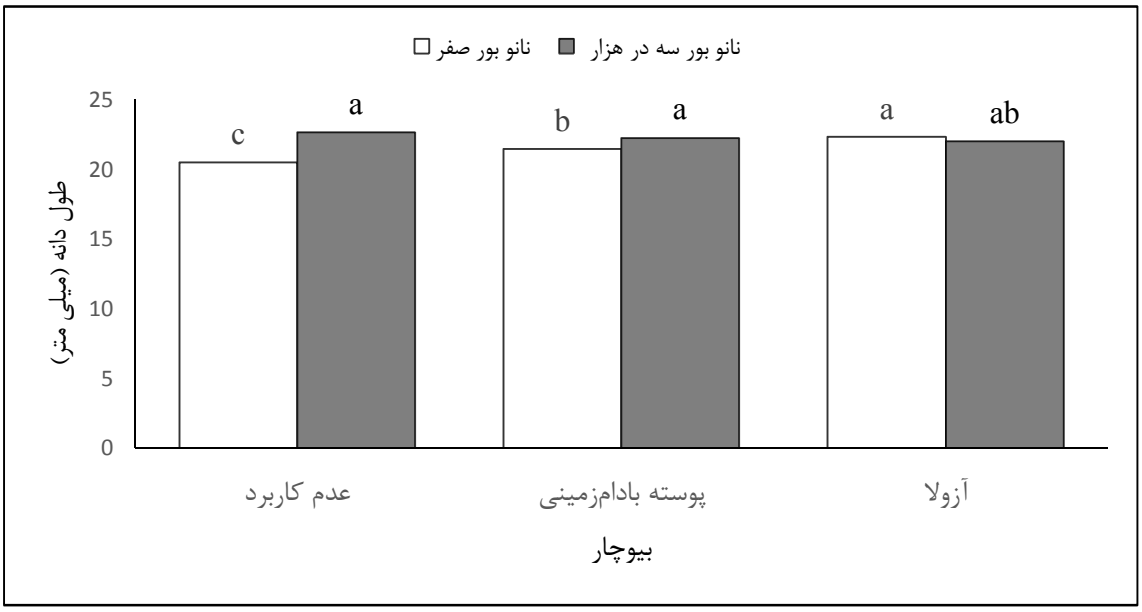


شکل۴-۴- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر تعداد دانه در بوته بادام‌زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.

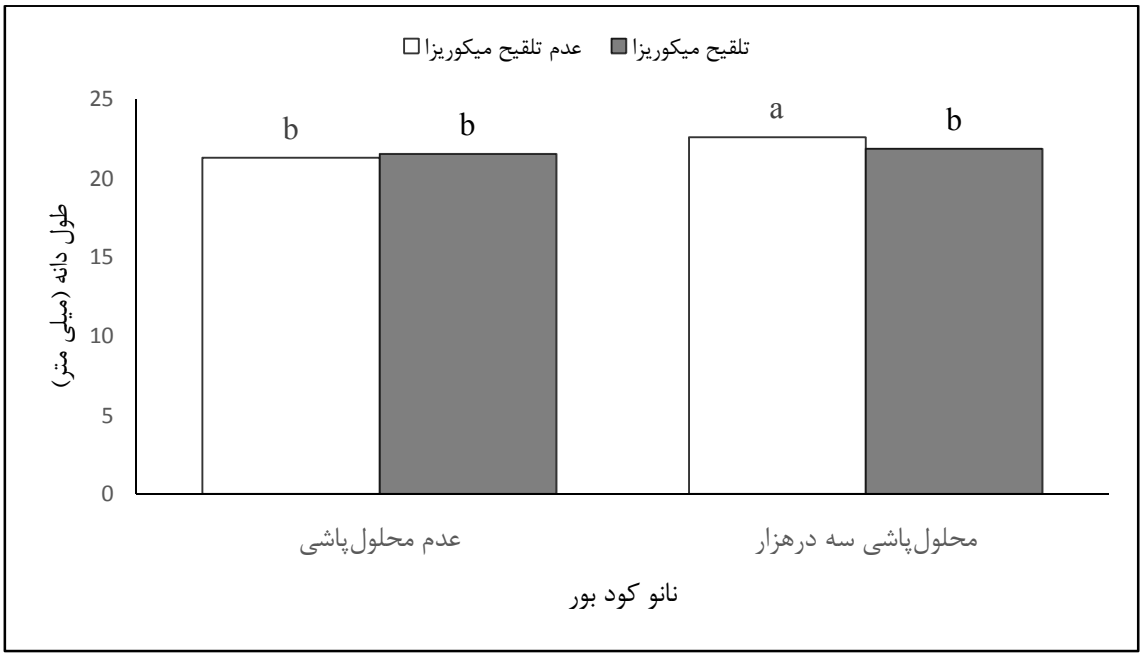
۴-۱-۵-طول دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴-۱) نشان می‌دهد که اثر اصلی محلول‌پاشی نانو کود بور و اثر اصلی کاربرد بیوچار در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل بیوچار و نانو کود بور و اثر متقابل نانو کود بور و میکوریزا در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل بیوچار و میکوریزا در سطح احتمال پنج درصد بر صفت طول دانه بادام زمینی معنی‌دار بود، اما اثر متقابل سه‌گانه فاکتورها معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور و مصرف بیوچار نشان می‌دهد (شکل ۴-۵) که تمامی تیمارها نسبت به شاهد دارای اختلاف آماری معنی‌داری می‌باشند به طوریکه کمترین طول دانه با ۲۰/۵ میلی‌متر در تیمار شاهد بود. همچنین کاربرد بیوچار آزولا بدون محلول‌پاشی نانو کود بور با طول دانه ۲۲/۳۲ میلی‌متر نسبت به کاربرد بیوچار پوسته بادام زمینی بدون محلول‌پاشی نانو کود بور با ۲۱/۴۶ میلی‌متر که در بین تیمارهای آزمایشی کمترین اثر مثبت را نشان می دهد دارای اختلاف آماری معنی‌داری بود. مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر طول دانه بادام زمینی (شکل ۴-۶) نشان می‌دهد که کاربرد بیوچار آزولا و عدم تلقیح میکوریزا و بیوچار پوسته بادام زمینی و عدم تلقیح میکوریزا نسبت به شاهد دارای اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند. استفاده از بیوچار پوسته بادام زمینی و آزولا بدون تلقیح قارچ میکوریزا نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری دارد. همان‌طور که در شکل (۴-۷) مشاهده می‌شود تیمار محلول‌پاشی نانو کود بور بدون تلقیح قارچ میکوریزا دارای بیشترین طول، با ۲۲/۶۱ میلی‌متر است. اختلاف معنی داری در سایر تیمارها نسبت به شاهد مشاهده نشد و همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند. در اثر متقابل نانو کود بور و قارچ میکوریزا مقایسه میانگین‌ها نشان داد که محلول‌پاشی نانو کود بور به‌تنهایی اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد داشت. افزایش طول دانه یکی از عوامل تأثیرگذار در وزن صد دانه و به‌طورکلی افزایش عملکرد بوده است. ازآنجاکه طول دانه اختلاف معنی‌داری نسبت به اثر متقابل هر ۳ تیمار از خود نشان نداده است ممکن است به دلایل فیزیولوژیکی باشد. محققان گزارش کردند محلول‌پاشی بور باعث افزایش فاکتورهای کمی نظیر وزن

تک‌دانه میوه، درصد مغز بادام، طول میوه بادام و عرض میوه بادام گردید. وقتی بور به‌اندازه کافی وجود نداشته باشد، فرآیند تقسیم سلول در تمام گیاهان من‌جمله بادام دچار مشکل شده و به‌طور کامل انجام نمی‌شود (بای بوردی و ملکوتی، ۱۳۸۴).



شکل ۴-۵-مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور و کاربرد بیوچار بر طول دانه بادام‌زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.



شکل ۴-۶-مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور و تلقیح قارچ میکوریزا بر طول دانه بادام‌زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.

شکل ۴-۷-مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر طول دانه بادام‌زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.

۴-۱-۶-وزن صد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴-۱) نشان می‌دهد که اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور و تلقیح میکوریزا در سطح احتمال آماری پنج درصد معنی‌دار شد. اثر سه گانه محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار و میکوریزا نیز در سطح احتمال پنج درصد بر صفت وزن صد دانه بادام زمینی معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر وزن صد دانه (شکل ۴-۸) مبین این مطلب بود که بیشترین وزن صد دانه مربوط به فاکتور محلول‌پاشی نانو کود بور، عدم کاربرد بیوچار و عدم تلقیح قارچ میکوریزا به مقدار ۸۹/۶۳ گرم می‌باشد که نسبت به تیمار شاهد و تیمار محلول‌پاشی نانوکود، بیوچار آزولا و تلقیح قارچ میکوریزا دارای اختلاف آماری معنی دار بود اما با سایر تیمارها اختلاف معنی دار نداشت. کاربرد عنصر بور باعث تولید دانه های بزرگ‌تر شده که این امر ناشی از افزایش سرعت رشد غلاف و همچنین تولید و انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به سمت دانه های در حال رشد می‌باشد. یکی از دلایل عمده افزایش

وزن صد دانه، افزایش ضریب تسهیم و نیز افزایش دوام سطح برگ بادام زمینی می‌باشد (دانکن و همکاران، ۱۹۷۸). نتایج آزمایش موسی پور و همکاران (۱۳۹۱) و کیومرثی و همکاران (۱۳۹۳) نشان می‌دهد که کاربرد عنصر بور به‌صورت محلول‌پاشی باعث افزایش وزن صد دانه بادام زمینی نسبت به شاهد شده است. اثر مثبت بیوچار بر وزن دانه بادام زمینی با سایر مطالعات بر وزن دانه بادام زمینی همخوانی دارد (بلکول و همکاران، ۲۰۱۰؛ ساپودیت و همکاران، ۲۰۱۲). به نظر می‌رسند که قارچ میکوریزا آرباسکولار به‌واسطه انشعابات میسلیومی خود سطحی اضافه را برای جذب آب و عناصر غذایی به وجود آورده است و درنتیجه دریافت آب و مواد معدنی افزایش‌یافته بنابراین فرآیند فتوسنتز نیز بهبود می‌یابد در گیاهان میکوریزای سرعت فتوسنتز افزایش می‌یابد بنابراین افزایش فتوسنتز توسط قارچ میکوریزا جذب عناصر غذایی در خاک را افزایش می‌دهد و همین امر موجب ذخیره بیشتر مواد غذایی در دانه شده و درنهایت وزن هزار دانه نیز افزایش می‌یابد (مرزبان و همکاران، ۱۳۹۰؛ جهان و نصیری، ۲۰۱۲). نتایج پژوهشی روی ذرت نشان داد که تلقیح گیاه با قارچ *G. mosseae* موجب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه نسبت به شاهد شد که نشان‌دهنده تأمین مواد فتوسنتزی مورد تقاضای دانه‌ها توسط قارچ میکوریزا می‌باشد (ثمربخش، ۲۰۰۹).

۰شکل ۴-۸-مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر وزن صد دانه بادام‌زمینی.
حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.

۴-۱-۷-شاخص برداشت

شاخص برداشت عبارت است از نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک که یکی از خصوصیات ژنتیکی و ثابت یک رقم می‌باشد. (جدول ۴-۱) تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که هیچیک از اثرات ساده و متقابل روی شاخص برداشت دانه بادام زمینی معنی‌دار نبود. کبیر و همکاران (۲۰۱۳) بیان داشتند که با مصرف بور شاخص برداشت در بادام زمینی نسبت به شاهد دارای اختلاف معنی‌دار بوده و افزایش می‌یابد. موسی پور و همکاران (۱۳۹۱) نیز گزارش کردند نانو کود بور اثر معنی‌داری بر صفت شاخص برداشت بادام زمینی داشته است. سارکر و همکاران (۲۰۰۲) نیز مشاهده کردند که بالاترین عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت در تیمارهایی که کود بور را به مقدار یک کیلوگرم در هکتار دریافت کرده بودند، دیده شد.

جدول ۴-۱- نتایج تجزیه واریانس اثر نانو کود بور، بیوچار و میکوریزا بر صفات کمی بادام زمینی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		عملکرد غلاف‌تر	عملکرد غلاف خشک	عملکرددانه خشک	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در بوته	طول دانه	وزن صد دانه	شاخص برداشت
بلوک	۲	۳۵۹۱۲۱۳۰/۷*	۸۹۸۳۴۳۳/۳۱^{ns}	۳۲۳۳۵۶۶/۵۶^{ns}	۱۰۰۳/۹۹**	۱۴۲۴/۷۰۱*	۲/۰۳**	۱۱۰/۰۵۶**	۲۲۸/۲۷۰*
بیوچار	۲	۲۹۴۳۳۱۱/۶^{ns}	۱۷۹۵۶۰۲/۲۵^{ns}	۱۲۲۰۱۷۹/۱۴^{ns}	۳۸/۶۲^{ns}	۲۰۹/۴۸۰^{ns}	۱/۴۲**	۱۵/۵۴۹^{ns}	۳۴/۱۶۳^{ns}
بور	۱	۹۹۳۴۴۸۱۳/۷**	۴۸۵۷۷۱۳۶/۰۱**	۲۴۰۹۶۸۸۹/۱۸**	۲۳۷۷/۰۵**	۷۲۸۷/۴۶۸**	۵/۹۸**	۳۰/۸۷۷^{ns}	۱۵۵/۱۲۷^{ns}
میکوریز	۱	۶۵۳۷۰۷۲/۱^{ns}	۲۷۹۱۸۹۵/۶۱^{ns}	۱۳۰۶۹۷۱/۰۷**	۱۰۴/۹۶^{ns}	۳۸۲/۲۰۳^{ns}	۰/۵۴^{ns}	۰/۸۵۳^{ns}	۵۲/۵۳۸^{ns}
بیوچار×بور	۲	۲۱۲۴۲۲۳۵/۲^{ns}	۶۹۲۸۴۷۲/۹۸^{ns}	۳۴۸۷۱۳۵/۴۷^{ns}	۲۸۶/۶۱^{ns}	۸۶۱/۹۰۱^{ns}	۳/۸۴**	۲۶/۲۳۲^{ns}	۹/۳۶۲^{ns}
بیوچار×میکوریز	۲	۱۴۷۰۵۰۲۷/۶^{ns}	۲۴۱۰۴۸۲/۴۱^{ns}	۸۱۶۵۳۹/۹۴^{ns}	۴۵۱/۸۱*	۴۵۴/۳۶۱^{ns}	۰/۶۵*	۵۰/۶۸۳^{ns}	۴۷/۸۳۷^{ns}
بور×میکوریز	۱	۵۱۷۳۲۵۹/۹^{ns}	۱۳۵۳۶۷۳۳/۲۵*	۸۳۱۰۶۰۳/۲۲*	۳۷/۱۵^{ns}	۱۴۲۲/۵۴۷^{ns}	۲/۲۱**	۱۴۴/۴۸۰*	۲۱۷/۳۱۷^{ns}
بیوچار×بور×میکوریز	۲	۴۹۰۷۵۲۹۹/۸**	۱۹۰۴۱۰۴۵/۷۵**	۹۴۸۱۸۴۴/۹۲**	۸۷۳/۱۹**	۲۲۶۸/۸۰۵**	۰/۵۲^{ns}	۷۰/۱۹۴*	۹۲/۱۴۸^{ns}
خطا	۲۲	۸۵۱۶۰۵۲/۷	۲۷۱۶۷۹۰/۰۲	۱۱۹۸۶۶۲/۹۴	۱۱۹/۴۴	۳۷۵/۳۱۶	۰/۱۷۲	۱۸/۶۵۸	۵۱/۷۴۴
ضریب تغییرات٪		۱۸/۹۴	۱۷/۸۲	۱۸/۰۴	۱۴/۴۹	۱۶/۸۹	۱/۹	۵/۱۳	۱۲/۹۹

ns، * و **: به ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال آماری پنج درصد، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال آماری یک درصد.

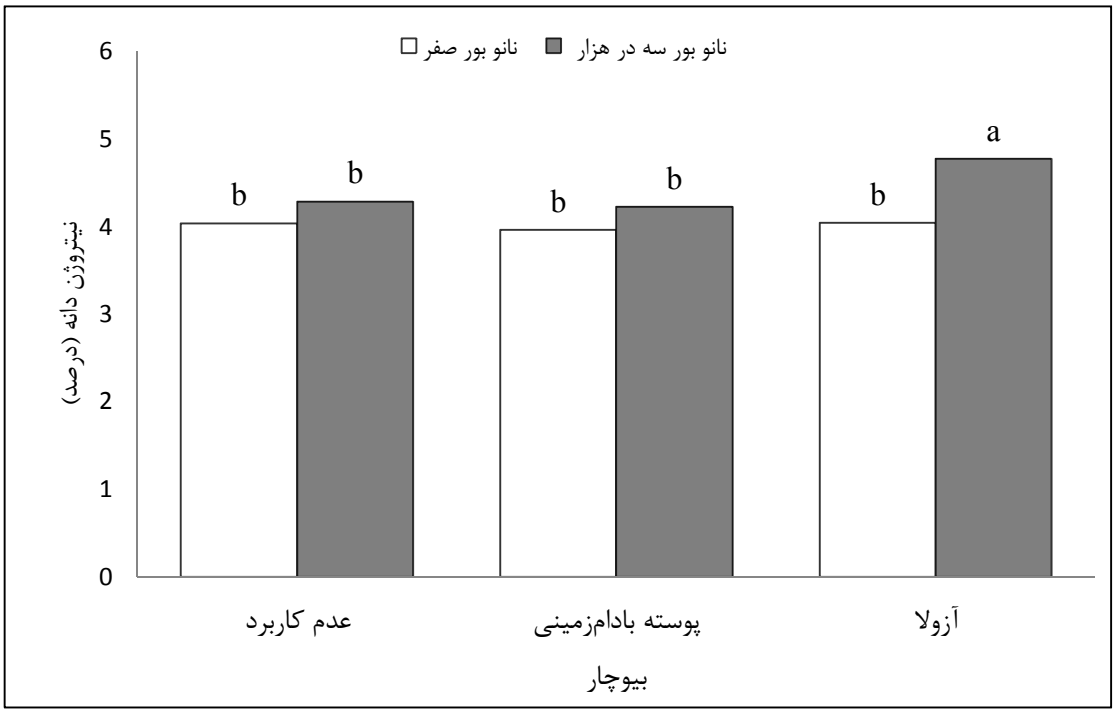
۴-۲-صفات کیفی

۴-۲-۱-مقدار عناصر معدنی دردانه

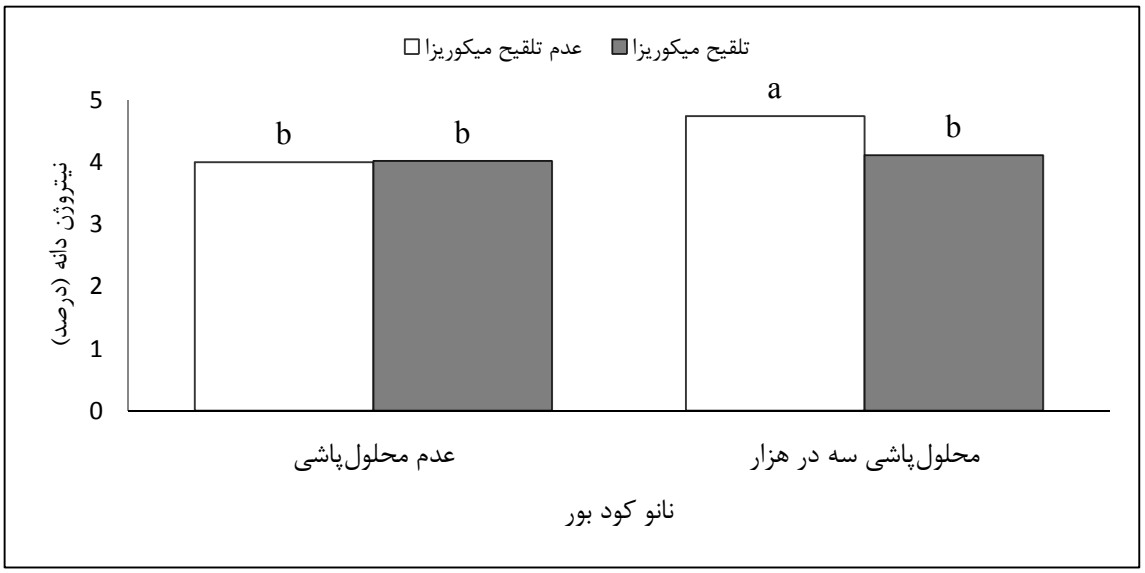
۴-۲-۱-۱نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴-۲) نشان داد که به غیر از اثر متقابل کاربرد بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا، سایر اثرات اصلی و متقابل معنی دار شدند. بررسی اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود و کاربرد بیوچار (شکل ۴-۹) نشان داد که تیمار محلول‌پاشی نانو کود * بیوچار آزولا بیشترین مقدار نیتروژن دانه را به خود اختصاص داده که با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی داری بود. مقایسه میانگین اثر دوگانه نانوکود بور و تلقیح قارچ میکوریزا نمودار (شکل ۴-۱۰) بیانگر این بود که بیشترین مقدار نیتروژن دانه در تیمار محلول‌پاشی نانو کود بور و عدم تلقیح میکوریزا وجود دارد و با شاهد اختلاف معنی داری داشت. همان‌طور که در مقایسه میانگین اثر سه گانه (شکل ۴-۱۱) مشاهده می‌شود تیمار محلول‌پاشی نانو کود بور، کاربرد بیوچار آزولا و عدم تلقیح قارچ میکوریزا دارای بیشترین مقدار نیتروژن دردانه به میزان ۵/۴۲ درصد می‌باشد که نسبت به شاهد افزایش ۳۶/۲ درصدی را نشان می‌دهد. هلمای و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند با مصرف بور مقدار نیتروژن دانه بادام زمینی نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری پیدا کرد. غلظت نیتروژن دانه با کاربرد بور، معادل ۱۰/۳ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد (نژادحسینی و همکاران، ۱۳۹۰). بور در ساخت آمینواسیدها، پروتئین و متابولیسم نیتروژن نقش دارد (عبید و همکاران، ۲۰۰۷). هاپمن و کلرهان (۱۹۹۱)، جیانگ و همکاران (۱۹۹۴) و ریزک و همکاران (۱۹۹۵) اعلام کردند که افزایش کاربرد بور باعث افزایش جذب فسفر، نیتروژن و پتاسیم توسط چغندرقند و بادام زمینی شده است. در تحقیقی، آرگوئلو و همکاران (۲۰۰۶) عنوان نمودند که کاربرد دو گونه قارچ میکوریزا *G.mosseae* و *G.deserticola* سبب بهبود معنی‌دار غلظت نیتروژن در گیاه اکالیپتوس در مقایسه با شاهد شد. پژوهشگران در این آزمایش، افزایش غلظت نیتروژن را به بهبودی که در رشد، نمو و مقدار کلروفیل

برگ و متعاقب آن وزن خشک گیاه که در اثر همزیستی میکوریزایی حاصل شده بود نسبت دادند. احمد و همکاران (۲۰۰۸) دریافتند که کاربرد کمپوست آزولا جذب نیتروژن دانه را بالا می‌برد. نتایج حاصل از این آزمایش بر روی نیتروژن دانه بادام زمینی با کاربرد بیوچار آزولا مؤید این است که بیوچار آزولا سبب افزایش نیتروژن دانه بادام زمینی می‌شود. نیگوسی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش نمودند که بیوچار در سطوح ۵ و ۱۰ تن در هکتار سبب افزایش نیتروژن گیاه کاهو گردید. مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که بیوچار می‌تواند ذخایر مواد مغذی خاک را افزایش دهد (بارونتی و همکاران، ۲۰۱۰؛ ژنگ و همکاران، ۲۰۱۳). وان زویتن و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که اضافه کردن بیوچار به خاک به‌طور قابل‌توجهی جذب نیتروژن را توسط گیاه افزایش داد.



شکل ۴-۹- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور و بیوچار بر مقدار نیتروژن دانه بادام‌زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.



شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور، تلقیح قارچ میکوریزا بر مقدار نیتروژن دانه بادام زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.

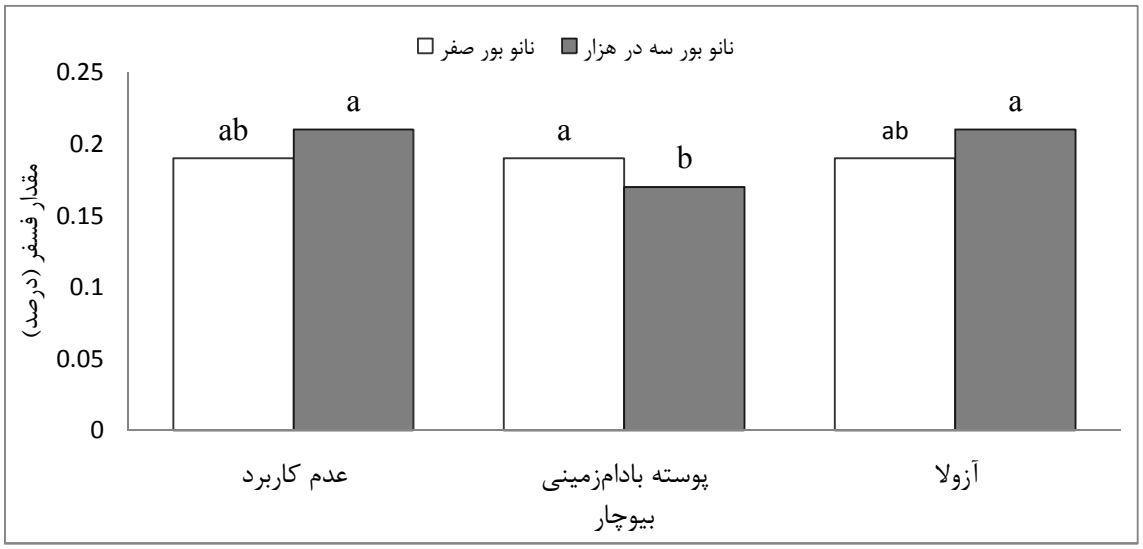
شکل ۴-۱۱-مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر مقدار نیتروژن دانه بادام‌زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.

۴-۲-۱-۲- فسفر

فسفر فتوسنتز گیاه را افزایش داده و به تبع آن موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود. این اثر به دلیل نقش‌های حیاتی فسفر در گیاه است. فسفر در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه درگیر است و به‌خصوص در مراحل گرده‌افشانی و پر شدن دانه ضروری است (بابایی و همکاران، ۲۰۱۲). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴-۲) نشان می‌دهد که اثر اصلی کاربرد بیوچار و اثر اصلی تلقیح میکوریزا در سطح احتمال آماری یک درصد و همچنین اثر متقابل کاربرد بیوچار و محلول‌پاشی نانو کود بور و اثر متقابل کاربرد بیوچار و تلقیح میکوریزا به ترتیب در سطح احتمال آماری یک و پنج درصد بر فسفر دانه معنی‌دار شد. اثر سه گانه تیمارها نیز در سطح احتمال آماری یک درصد معنی دار گردید. مقایسه محلول‌پاشی نانو کود با سطوح بیوچار نشان داد که تیمار محلول-پاشی نانو کود × بیوچار آزولا با تیمار نانو کود × بیوچار پوسته بادام زمینی اختلاف آماری معنی‌داری داشت ولی با سایر ترکیبات تیماری در یک گروه قرار گرفت (شکل ۴-۱۲). مقدار بالایی فسفر دانه در تیمار تلقیح قارچ میکوریزا و عدم کاربرد بیوچار مشاهده شد که البته با تیمارهای بیوچار آزولا × عدم تلقیح و بیوچار آزولا × تلقیح میکوریزا اختلاف معنی‌داری نداشت. بین تیمارهای کاربرد بیوچار آزولا × عدم تلقیح و بیوچار پوسته بادام زمینی × عدم تلقیح قارچ میکوریزا اختلاف معنی‌داری مشاهده می‌شود (شکل ۴-۱۳). مقایسه میانگین اثر سه گانه (شکل ۴-۱۴) نشان‌دهنده این است که بین تیمارهای کاربرد بیوچار بادام زمینی، عدم محلول‌پاشی نانو کود و عدم تلقیح میکوریزا، محلول‌پاشی نانو کود، بیوچار پوسته بادام زمینی و عدم تلقیح میکوریزا، تیمار کاربرد نانو کود بور ، بیوچار پوسته-بادام زمینی و میکوریزا و همچنین عدم کاربرد نانو کود، کاربرد بیوچار آزولا و تلقیح قارچ میکوریزا با تیمار شاهد اختلاف معنی داری وجود نداشت سایر تیمارها با شاهد دارای اختلاف آماری معنی داری بودند. این نتیجه نشان می‌دهد که قارچ میکوریزا گونه *G.mosseae* مقدار فسفر بیشتری از خاک جذب کرده و در اختیار گیاه قرار داده است. درنتیجه این عمل میزان فسفر بالاتری در گیاه ذخیره می‌گردد و از آبشویی و تثبیت آن در خاک جلوگیری می‌گردد. اختلاف معنی‌داری بین کاربرد بیوچار

پوسته بادام زمینی و بیوچار آزولا مشاهده شد. فسفر می‌تواند با بور برهمکنش داشته باشد. بور برای توسعه و طویل شدن نوک ریشه‌ها ضروری است که این فرآیند سبب جذب فسفر می‌شود (پولارد و همکاران، ۱۹۷۷). هلمای و همکاران (۲۰۰۸) نیز به همین نتیجه دست یافتند که مصرف بور به‌تنهایی و ترکیب با روی و پتاسیم باعث افزایش فسفر دانه بادام زمینی می‌شود. ال کادر و همکاران (۲۰۱۳) به افزایش جذب مواد مغذی و تولید بالاترین مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم با استفاده از بور، گوگرد و روی اشاره داشتند. اورتاس (۲۰۰۴) گزارش کرد میکوریزا افزایش سطح جذب مواد مغذی را بالا می‌برد و درجایی که منابع فسفر قابل‌دسترس محدود است، فسفر غیرقابل جذب را برای گیاه قابل‌جذب می‌کند. قارچ‌های میکوریزا پس از برقراری همزیستی با گیاهان میزبان بر جنبه‌های مختلف فیزیولوژی و بیوشیمی گیاه تأثیر گذاشته و موجب بهبود رشد و نمو آن می‌شود. آن‌ها از راه‌های مختلف بر بهبود خواص کیفی و کمی فرآورده‌های زراعی نیز مؤثرند (علیزاده، ۱۳۸۶؛ مهربان و همکاران، ۱۳۸۶). میکوریزا در افزایش توانایی گیاه میزبان برای جذب عناصر غذایی غیر متحرک، خصوصاً فسفر و چندین ریزمغذی دیگر تأثیر مفیدی دارد. نتایج بررسی تأثیر میکوریزا بر گیاه ریحان نشان داد که کاربرد دو گونه قارچ میکوریزا *G.mosseae* و *G.caledonium* سبب افزایش معنی‌داری غلظت فسفر در گیاه شد (توساینت، ۲۰۰۷). در تحقیق کاپور و همکاران (۲۰۰۴) مشخص گردید که میانگین غلظت فسفر در تلقیح رازیانه با قارچ میکوریزا به نحو بارزی نسبت به شاهد بیشتر شد. تلقیح گیاه نعناع با گونه‌های قارچ میکوریزا به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای میزان جذب نیتروژن و فسفر را در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده افزایش داد (گوپتا و همکاران، ۲۰۰۲). حکمت‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند قارچ میکوریزا گونه *G.mossea* باعث افزایش فسفر دانه در لوبیا شده است. ازجمله اثرات مستقیم بیوچار می‌توان به افزایش تأمین و دسترسی به عناصری مانند نیتروژن، پتاسیم و فسفر در داخل خاک اشاره کرد که به تبع افزایش این عناصر، رشد در بخش‌های مختلف گیاهان مشاهده گردیده است. علاوه بر آزاد کردن مستقیم فسفر محلول و برخی عناصر غذایی ضروری، بیوچار می‌تواند ظرفیت تبادل یونی خاک را افزایش دهد (لیانگ و همکاران، ۲۰۰۶) و ممکن است قابلیت

دسترسی فسفر را با مهیا کردن ظرفیت تبادل آنیونی یا با تأثیر بر فعالیت کاتیون‌هایی که در تعامل با فسفر هستند تغییر دهد.



شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور و بیوچار بر مقدار فسفر دانه بادام‌زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.

شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین اثر متقابل بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر مقدار فسفر دانه بادام‌زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.

شکل ۴-۱۴-مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر مقدار فسفر دانه بادام‌زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.

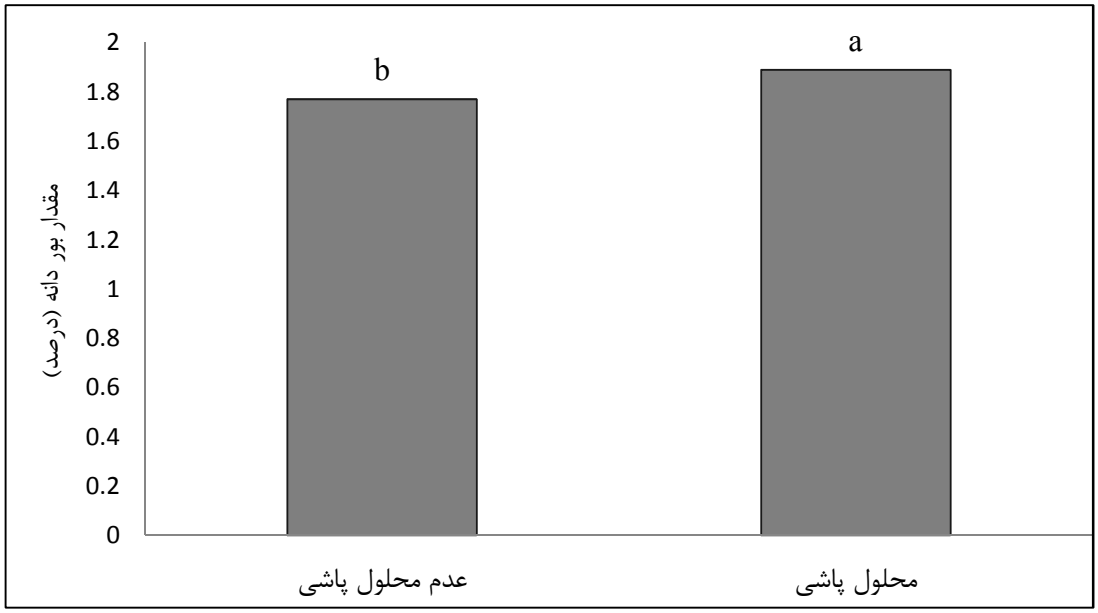
۴-۲-۱-۳- پتاسیم

با توجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها (۴-۲) مشاهده می‌شود که اثر اصلی محلول‌پاشی نانو کود بور نیز در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل کاربرد بیوچار و محلول‌پاشی نانو کود بور نیز در سطح احتمال آماری پنج درصد معنی‌دار بوده است.

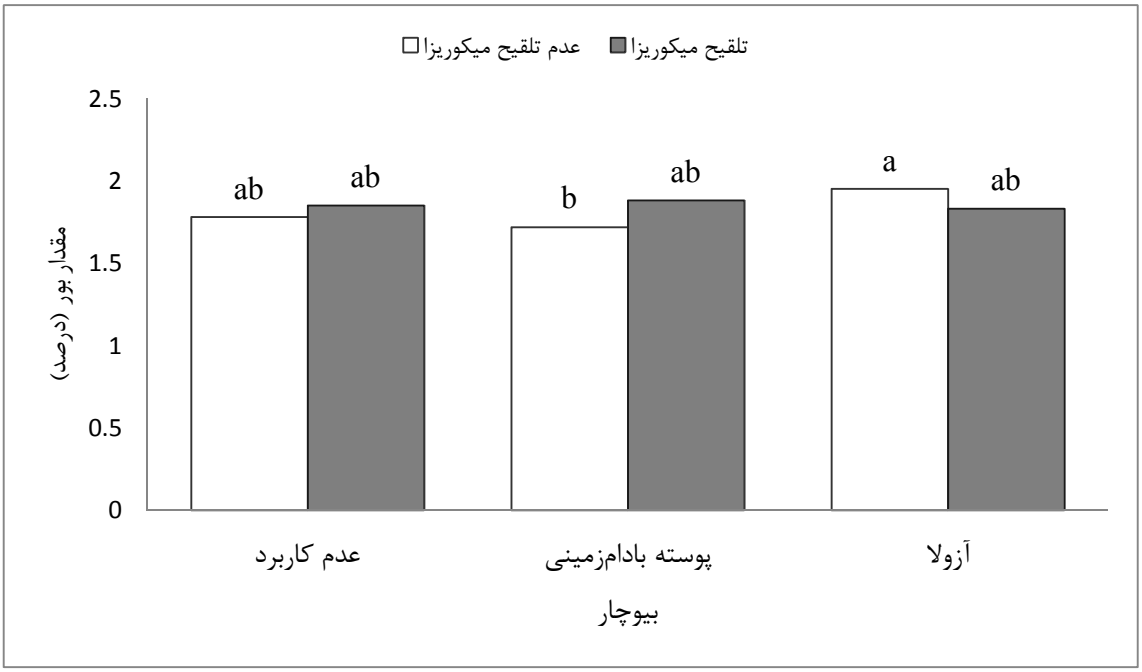
۴-۲-۱-۴- بور

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴-۲) نشان می‌دهد که اثر اصلی محلول‌پاشی نانو کود بور نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. تنها اثر متقابل کاربرد بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر مقدار بور دانه بادام زمینی در سطح احتمال آماری پنج درصد معنی‌دار بوده است. با توجه به (شکل ۴-۱۵) مشاهده شد که بیشترین مقدار بور دانه در تیمار محلول‌پاشی نانو کود بور به مقدار ۱/۸۹ درصد وجود دارد که نسبت به شاهد دارای اختلاف معنی‌دار آماری می‌باشد. مقایسه میانگین

اثرات متقابل کاربرد بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر مقدار بور دانه (شکل ۴-۱۶) نشان داد که تیمارهای آزمایش اختلاف معنی‌داری نسبت به شاهد نداشتند. جیانگ و همکاران (۱۹۹۴) و ناصف وهمکاران (۲۰۰۶) اظهار داشتند که مقدار بور در گیاه بادام زمینی با افزایش میزان کود بور مصرفی افزایش می‌یابد. نژاد حسینی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که کاربرد بور مقدار عنصر بور دانه را ۹۳/۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. با کاربرد بور، مقدار بور دانه بادام زمینی نسبت به شاهد افزایش را نشان داد (هلمای و همکاران، ۲۰۰۸).



شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین اثر اصلی محلول‌پاشی نانو کود بور بر مقدار بور دانه بادام زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.

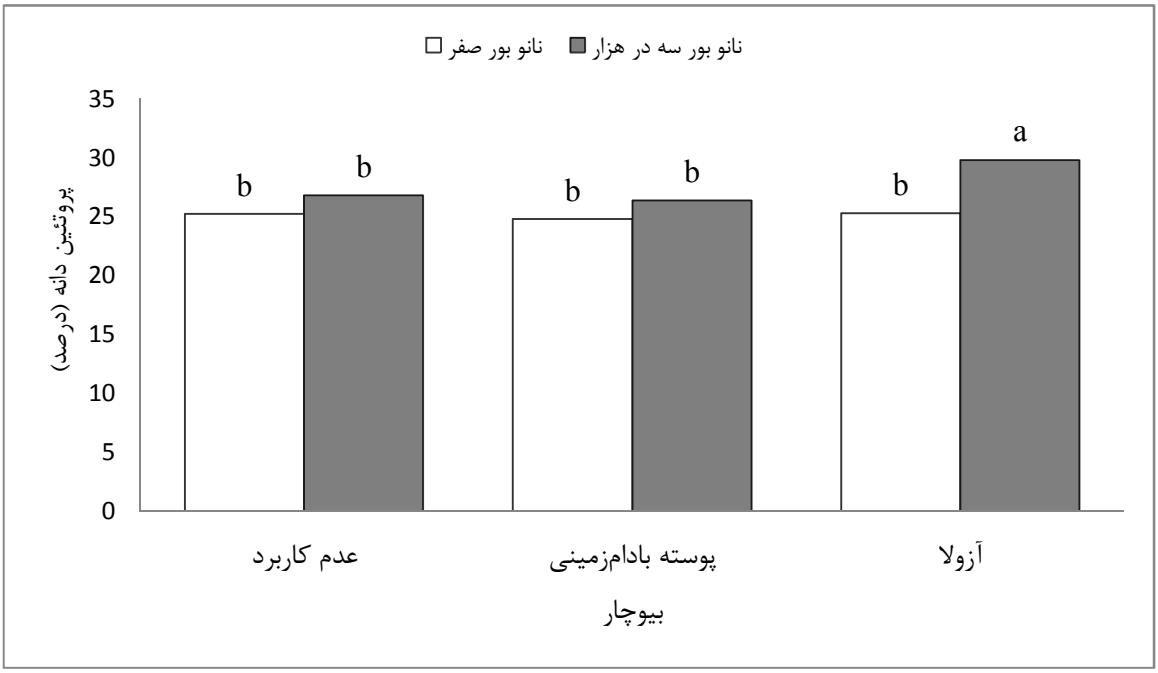


شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر مقدار بور دانه بادام‌زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.

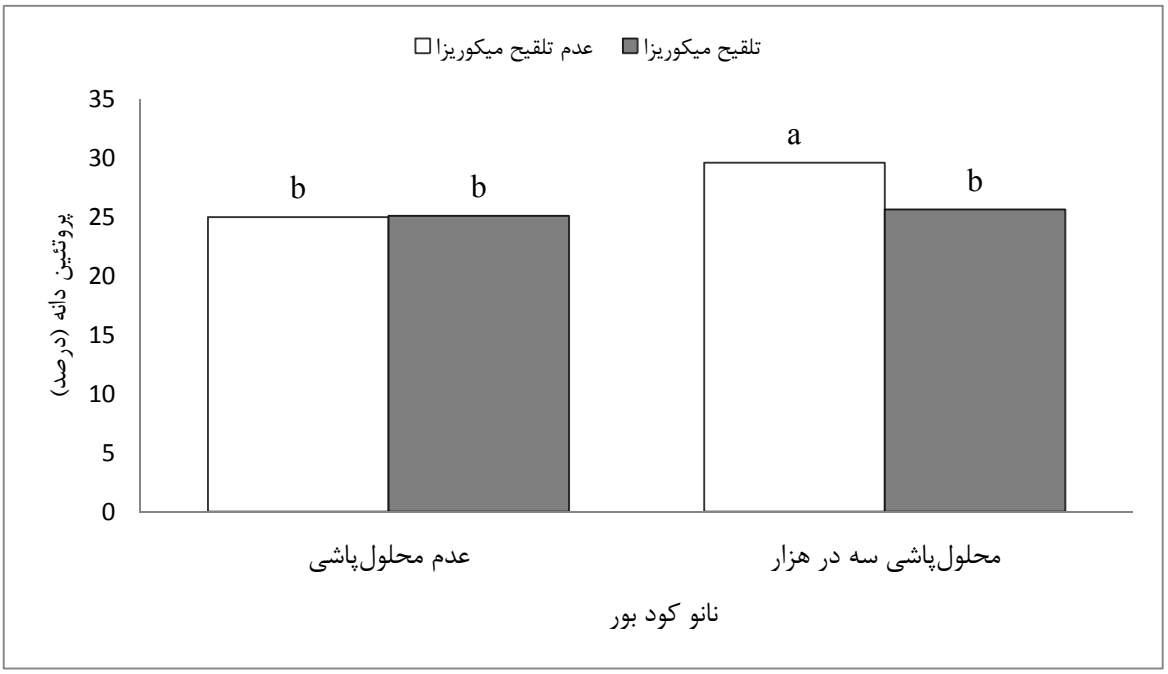
۴-۲-۲- درصد پروتئین

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴-۲) نشان داد که اثرات اصلی کاربرد بیوچار در سطح احتمال پنج درصد، محلول‌پاشی نانو کود بور در سطح احتمال آماری یک درصد و تلقیح قارچ میکوریزا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثرات متقابل کاربرد بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا معنی‌دار نبود اما اثر متقابل کاربرد بیوچار و محلول‌پاشی کود بور در سطح احتمال پنج درصد و محلول‌پاشی کود بور و کاربرد میکوریزا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل سه گانه فاکتورها در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار شد. بالاترین مقدار پروتئین در ترکیب تیماری محلول‌پاشی نانو کود و کاربرد بیوچار آزولا با میانگین ۲۹/۸۱ درصد به دست آمد که نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده می‌شود. البته بین سایر ترکیبات تیماری با تیمار شاهد اختلاف معنی-داری وجود ندارد (شکل ۴-۱۷). محلول‌پاشی نانو کود بور به تنهایی بیشترین درصد پروتئین با میانگین ۲۹/۶۴ درصد را نشان داد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۴-۱۸). در مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۴-۱۹) مشاهده شد که ترکیب تیماری محلول‌پاشی نانو کود بور، کاربرد بیوچار آزولا و عدم تلقیح قارچ میکوریزا دارای بیشترین درصد پروتئین در دانه به میزان ۳۳/۸۷ درصد می‌باشد که نسبت به شاهد به مقدار ۲۴/۸۶ درصد، افزایش ۳۶/۲ درصدی را نشان می‌دهد. تیمار محلول‌پاشی نانو کود به تنهایی نیز توانست این صفت را بهبود بخشیده و نسبت به گیاهان شاهد اختلاف معنی‌داری داشته باشد. در فاکتور محلول‌پاشی نانو کود بور به‌تنهایی نیز اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد مشاهده می‌شود. سایر تیمارها نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند. درصد پروتئین و روغن با کاربرد بور به شکل فزاینده‌ای افزایش می‌یابد، سودمندی اثر محلول‌پاشی با بور ممکن است به خاطر نقش این عنصر روی واکنش‌های متابولیکی و تسریع سنتز پروتئین باشد (ال کادر، ۲۰۱۳). محلول‌پاشی بور باعث افزایش محتوی پروتئین در بادام زمینی شد (ناصف و همکاران، ۲۰۰۶). تأثیر محلول‌پاشی بور ممکن است به نقش این عنصر در واکنش‌های متابولیکی اساسی و تسریع در سنتز پروتئین مربوط باشد. از طرفی بور در سنتز یکی از

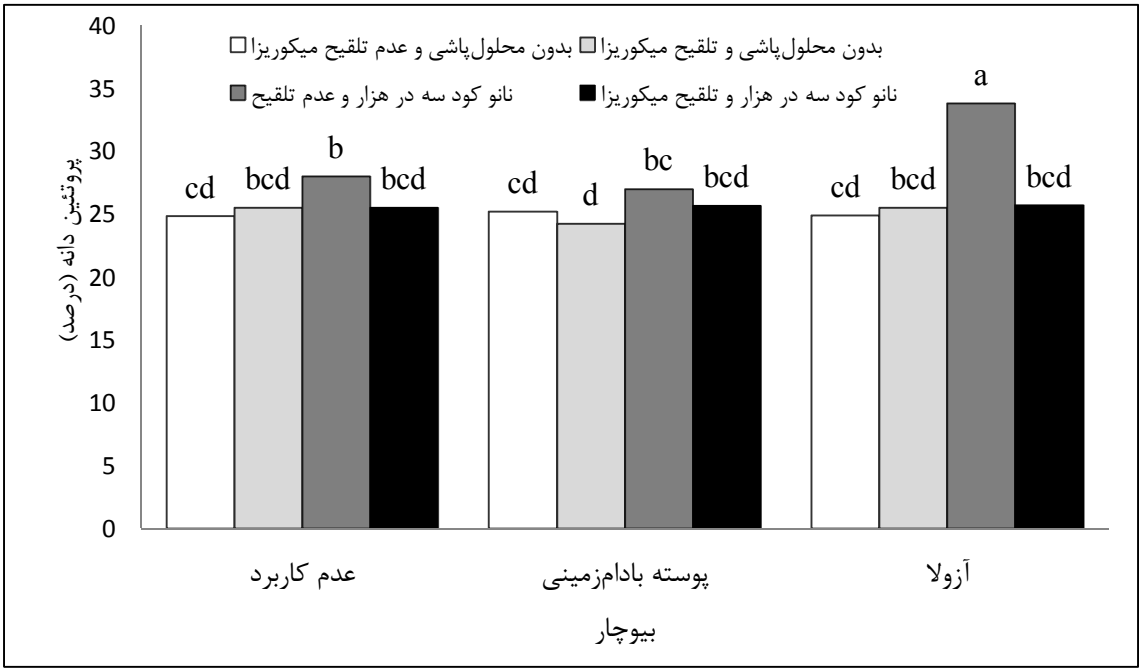
بازهای سازنده RNA (اوراسیل) نقش دارد (میرنیا و حبیب زاده، ۱۳۸۶). نتایج فوق با گزارش ریفعت و همکاران (۲۰۰۴) و خلیفا (۲۰۰۵) همسو بود که اظهار داشتند بیشترین مقدار پروتئین و روغن در گیاه بادام زمینی با محلول‌پاشی ۳۰۰ppm کود بور به دست آمده است. عزیزی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی که روی کلزا با سطوح مختلف مصرف روی و بور داشتند بیان نمودند که اثرات اصلی مصرف بور بر صفت درصد پروتئین بذرها اثر معنی‌داری داشته است. همچنین محلول‌پاشی بور با غلظت چهار در هزار اسید بوریک حداکثر درصد پروتئین دانه‌ها را در کلزا سبب شده است (خیاوی و همکاران، ۱۳۸۹). مصرف قارچ میکوریزا گونه *G.mosseae* نسبت به عدم مصرف قارچ میکوریزا، درصد پروتئین را به میزان ۵ درصد در دانه کنجد افزایش داد (قلی نژاد، ۱۳۹۶). آرینس و همکاران (۱۹۹۹) در یک مطالعه نشان دادند که میزان پروتئین در گیاهان شبدر میکوریزی افزایش می‌یابد. ساپودیت و همکاران (۲۰۱۰) عنوان کردند که استفاده از بیوچار موجب افزایش پروتئین دانه سویا و همچنین محتوی نیتروژن دانه شده است.



شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور و بیوچار بر مقدار پروتئین دانه بادام‌زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.



شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانوکود بور و تلقیح قارچ میکوریزا بر مقدار پروتئین دانه بادام‌زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.



شکل ۴-۱۹-مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کود بور، بیوچار و تلقیح قارچ میکوریزا بر مقدار پروتئین دانه بادام‌زمینی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.

جدول ۴-۲- نتایج تجزیه واریانس صفات کیفی بادام زمینی تحت تأثیر محلول‌پاشی نانو کود بور، کاربرد بیوچار و تلقیح میکوریزا

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		نیتروژن	فسفر	پتاسیم	بور	پروتئین
بلوک	۲	۰/۰۲۹۵^{ns}	۰/۰۰۰۱۸^{ns}	۰/۰۶۹**	۰/۰۶۳*	۱/۱۵۵^{ns}
بیوچار	۲	۰/۳۲۸۲*	۰/۰۰۱۴۷**	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۲۶^{ns}	۱۲/۸۲۶*
بور	۱	۱/۵۲۵۲**	۰/۰۰۰۲۳^{ns}	۰/۰۳۲*	۰/۱۲۰**	۵۹/۶۲۴**
میکوریزا	۱	۰/۸۶۱۸**	۰/۰۰۴۲۳**	۰/۰۱۱^{ns}	۰/۰۱۱^{ns}	۳۳/۶۵۹**
بیوچار×بور	۲	۰/۲۲۳۲*	۰/۰۰۱۶۳**	۰/۰۲۹*	۰/۰۳۶^{ns}	۸/۷۲۷*
بیوچار×میکوریزا	۲	۰/۱۹۵۴^{ns}	۰/۰۰۱۰۳*	۰/۰۱۶^{ns}	۰/۰۶۳*	۷/۶۲۸^{ns}
بور×میکوریزا	۱	۰/۹۶۳۶**	۰/۰۰۰۰۷^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۴۷^{ns}	۳۷/۶۳۸**
بیوچار×بور×میکوریزا	۲	۰/۳۵۰۶**	۰/۰۰۱۸۱**	۰/۰۱۵^{ns}	۰/۰۲۱^{ns}	۱۳/۶۷۸**
خطا	۲۲	۰/۰۶۰۸۸	۰/۰۰۰۱۹	۰/۰۰۷۳۴	۰/۰۱۴۲۶	۲/۳۷۷۸۱
ضریب تغییرات ٪		۵/۸۵	۷/۱۶	۵/۶۱	۶/۵۱	۵/۸۵

ns، * و **: به ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۵ درصد و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۱ درصد.

۴-۳-نتیجه‌گیری

با توجه به افزایش روزافزون کاربرد کودهای شیمیایی و خسارت جبران‌ناپذیری که استفاده بی‌رویه از این ترکیبات به محیط‌زیست و سلامت انسان وارد می‌کند و توجه جهانی به مفاهیم کشاورزی پایدار، فناوری نانو و کاربرد کودهای بیولوژیک می‌توانند به‌عنوان یک جایگزین مناسب برای کودهای شیمیایی موردتوجه و استفاده قرار گیرند. با توجه به مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها، محلول‌پاشی نانو کود بور به‌تنهایی باعث افزایش عملکرد غلاف تر، غلاف خشک، عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته و بیشترین طول دانه در بادام زمینی شد. کاربرد بیوچار آزولا افزایش عملکرد غلاف، طول دانه، فسفر دانه و همچنین در ترکیب با نانو کود بور افزایش پروتئین دانه بادام زمینی را به همراه داشت. کاربرد بیوچار پوسته بادام زمینی عملکرد غلاف و دانه، تعداد غلاف و دانه در بوته و طول دانه را در مقایسه با شرایط عدم کاربرد بهبود بخشید. تلقیح قارچ میکوریزا سبب افزایش عملکرد غلاف و دانه، وزن صد دانه و فسفر دانه بادام زمینی شد. با توجه به نتایج این آزمایش تلقیح قارچ میکوریزا گونه *G.mosseae* مقدار فسفر بیشتری از خاک جذب کرده و در اختیار گیاه قرار داده است و این عمل سبب شد میزان فسفر بالاتری در گیاه ذخیره شود. استفاده از پوسته بادام زمینی و تبدیل آن به بیوچار می‌توان در کشت بادام زمینی استفاده نمود. از مزایای استفاده از بیوچار پوسته بادام زمینی می‌توان به بهبود چرخه نیتروژن، بهبود خاک، تولید انرژی و تجزیه کربن اشاره نمود.

۴-۴-پیشنهادات

استفاده از عناصر ریزمغذی جهت دست یافتن به عملکرد بالاتر در زراعت بادام زمینی ترویج شود.

استفاده از فناوری نانو و کاربرد کودهای بیولوژیک به‌عنوان یک جایگزین مناسب برای مصرف کودهای شیمیایی در کشت بادام زمینی مورد توجه قرار گیرد.

بعد از برداشت بادام زمینی و جداسازی دانه از آن، پوسته بادام زمینی معمولاً در طبیعت رها شده و مورد بهره‌برداری قرار نمی‌گیرد. بنابراین پیشنهاد می‌شود در صورت ایجاد صنایع جانبی در استان گیلان و با توجه به حجم زیاد ضایعات سایر محصولات می‌توان از آنها به‌عنوان بیوچار، سوخت، تهیه مالچ برای رشد گیاهان، استفاده جهت پولیش و براق کردن استیل و آلومینیوم، استفاده به‌عنوان روکش و استفاده به‌عنوان زغال مورد توجه قرار گیرد.

به کشاورزان توصیه می‌شود با توجه به شرایط آب‌وهوایی منطقه و وجود آزولا در سطح تالاب‌ها و آبگیرها که از رشد خوبی برخوردار است به‌دلیل غنی بودن آزولا از نظر برخی عناصر غذایی، می‌توان از آن به‌عنوان بیوچار و کمپوست در کشت بادام زمینی استفاده نمود.

کاربرد کود بور به‌صورت بذر مال و مقایسه آن با روش محلول‌پاشی در گیاه بادام زمینی انجام شود.

کاربرد غلظت‌های مختلف نانو کود بور و مشاهده عکس‌العمل گیاه بادام زمینی نسبت به این غلظت‌ها بررسی گردد.

با توجه به اینکه مقدار بارندگی سالانه در منطقه و آبشویی عناصر غذایی از خاک بالا می‌باشد، ضرورت استفاده از عناصر ریزمغذی دیگری مانند روی، آهن و گوگرد به‌صورت محلول‌پاشی همراه بور که مصرف آنها باعث افزایش عملکرد بادام زمینی می‌شود، مورد ارزیابی قرار گیرد.

برای دستیابی به بهبود عملکرد در گیاه بادام زمینی، ممکن است میزان مصرف بیشتر بیوچار، موردنیاز باشد و در آینده باید بیشتر موردبررسی قرار گیرد.

با توجه به اینکه بیوچار قادر است مواد مغذی را به مدت طولانی در خود نگه‌داشته و به‌مرور در اختیار گیاه قرار دهد پیشنهاد می‌شود آزمایش‌های این‌چنینی در درازمدت و طی چند سال متوالی نیز بررسی گردد.

جنبه‌های اقتصادی تولید بیوچار در منطقه با توجه به حجم زیاد مواد زائد و کم هزینه در دسترس، مورد بررسی قرار گیرد.

ازآنجاکه بخش زیادی از روغن مصرفی کشور از خارج وارد می‌شود، پیشنهاد می‌شود کشت دانه های روغنی ازجمله بادام زمینی و استحصال روغن از آن در سایر تحقیقات دانشگاهی مورد توجه قرار گیرد.

منابع

اسماعیل‌پور, ص؛ اصغری ج؛ صفرزاده ویشگایی م ن و سمیع زاده لاهیجی ح. ۱۳۹۲. تأثیر عناصر گوگرد و روی بر رشد و عملکرد بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L) فصلنامه پژوهش‌های زراعی ایران ۱۱ (۲)، https://www.civilica.com/Paper-JR_JFCR-JR_JFCR-11-2_010.html

بای بوردی ا، ملکوتی م ج. ۱۳۸۴. اثر محلول‌پاشی ازت، بر و روی بر تشکیل و کیفیت میوه بادام، مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی شماره ۶۸ پائیز ۸۴.

بی نام. ۱۳۸۸. فناوری نانو در کشاورزی. مجله کشاورزی و صنعت. ۱۱۴: ۵۴-۶۵.

پیوندی، م.، پرنده، ه. و میرزا، م. ۱۳۹۰. مقایسه تأثیر نانو کلات آهن با کلات آهن بر پارامترهای رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ریحان (*Ocimum Basilicum*). مجله تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی – مولکولی. دوره اول، شماره چهارم، پائیز ۱۳۹۰. ص ۱-۱۱.

توسلی ر؛ و باغستانی م.ع. ۱۳۸۵. آزولا گیاهی مفید یا علفی هرز .م ماهنامه زیتون10:67 .۱

جمشیدی, احسان؛ امیر قلاوند و زینب جمشیدی. ۱۳۸۹. بررسی چگونگی تغییرات عملکرد کمی و کیفی آفتابگردان در شرایط تنش خشکی و تلقیح میکوریزا آربسکولار، سومین سمینار بین‌المللی دانه های روغنی و روغن‌های خوراکی، تهران، کانون هماهنگی دانش و صنعت دانه های روغنی، https://www.civilica.com/Paper-NOILP03-NOILP03_023.html

حقیقت نیا ح، نادیان ح، رجالی ف و توکلی ر. ۱۳۹۱. اثر دو گونه قارچ میکوریز آربسکولار بر رشد رویشی و جذب فسفر پایه مکزیکن لاین، تحت شرایط تنش خشکی (*Citrus aurantifolia*). مجله به زراعی نهال و بذر ۲(۲۸):۴۰۳-۴۱۷

حکمت زاده، نجمه ؛ عامریان، محمد رضا ؛ رحیمی، مهدی. ۱۳۹۵. بررسی تاثیر کاربرد مایکوریزا و باکتری رایزوبیوم سوپر پلاس بر برخی از اجزای عملکرد دو رقم لوبیا چشم بلبلی. پایان-نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی شاهرود. ۱۳۹۵.

خالصی خ.، عامریان م ر.، اصغری ح م. و رحیمی م. ۱۳۹۳. تأثیر نیتروژن و بیوچار بر صفات کمی و کیفی ذرت در شرایط کم آبیاری- پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی شاهرود. بهمن ۱۳۹۳.

خواجه پور م. ۱۳۸۶. گیاهان صنعتی، انتشارات واحد صنعتی اصفهان. صفحات ۱۴۹ تا ۱۷۵

خواجه پور، م. ر. ۱۳۷۵. تولید نباتات صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی اصفهان. ۲۵۰ صفحه.

خیام نکویی، س. م.، شریف نسب، ح.، احمدی صومعه، گ.، برخی، م. و مؤمنی، ر. ۱۳۸۸. نگاهی به فناوری نانو در وزارت جهاد کشاورزی، ویرایش دوم، نشر آموزش کشاورزی.

خیاوی،م، خورشیدی، م ب، اسماعیلی آفتابدری، م.، سیروس آذرآبادی، س.، فرامرزی، ع و جاوید عمارت پرداز. ۱۳۸۹. تأثیر محلول‌پاشی سولفات روی و بور بر عملکرد و برخی صفات کیفی دانهٔ دو رقم کلزا. مجله دانش آب‌وخاک. جلد ۱. شماره ۳.

داشادی، م. ۱۳۹۵. تغذیه گیاهان. انتشارات مرز دانش. ۱۷۰ صفحه

راعی ی، شریعتی ج . و ویسانی و. ۱۳۹۴. تاثیرکودهای بیولوژیک بر درصد روغن، عملکرد و اجزای عملکرد دانه گلرنگ در سطوح مختلف آبیاری. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار،۲۵ (۱):۶۵-۸۴

رستگار، م. ع. ۱۳۸۵. زراعت گیاهان صنعتی. انتشارات برهمند. ۴۶۹ صفحه.

رضایی ر، حسینی س م. شعبانعلی قمی ح و صفا ل. ۱۳۸۸. شناسایی و تحلیل موانع توسعه فناوری نانو در بخش کشاورزی ایران از دیدگاه محققان. فصلنامه علمی – پژوهشی سیاست علم و فن‌آوری ۲(۱):۱۷-۲۶.

رضوی پور، ت. ۱۳۸۷. اثر استفاده از آزولا تازه کمپوست شده بر عملکرد دانه و ساقه برنج، کنگره بازیافت و استفاده از منابع آلی تجزیه شونده در کشاورزی.

سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان. ۱۳۸۹. آمار و اطلاعات محصولات زراعی، انتشارات مدیریت زراعت، گیلان، ایران.

سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان، مدیریت جهاد کشاورزی آستانه‌اشرفیه. ۱۳۸۹. دفتر آمار و اطلاعات، گیلان، ایران.

سرمد نیا، غ. کوچکی، ع. ۱۳۸۹. جنبه فیزیولوژی زراعت دیم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص ۲۴۴.

شریف فر، پ. حسن پور، ز. ۱۳۸۷. مقاله بررسی تأثیرات کاربردهای کودهای سبز و آزولا بر پایداری بیوفیزیکی و آگرواکوسیستم در زراعت برنج

صادقی، ا. قادری، ر. و قاسمی، م. ۱۳۹۵. مدیریت پرورش بادام زمینی. انتشاراتتحقیقات آموزش کشاورزی تهران. ۱۰۸ صفحه

صالح راستین. ن. ۱۳۸۴. مدیریت پایدار از دیدگاه بیولوژیک خاک ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. نشر آموزش کشاورزی سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی تهران – ایران.

صباحی ح، میرزایی تالار پشتی ر، فرزانه س و مهدوی دامغانی ع م .۱۳۸۴. کتاب جامع کود زیستی (ترجمه). انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.

صفرزاده م ن. ۱۳۷۸. بادام زمینی. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت. ۴۶ صفحه.

طایی، م. ۱۳۹۰. نگرشی بر کاربرد فناوری نانو در حیطه علوم کشاورزی. همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی.

عزیزی خ. نوروزیان ع. حیدری س. و یعقوبی م. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر محلول‌پاشی عناصر روی و بر بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد، برخی شاخص‌های رشد، میزان روغن و پروتئین بذر کلزا در شرایط اقلیمی خرم‌آباد. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران ۲۹۸۷-۲۹۸۷

عزیزی، خ، نوروزیان ع حیدری س و یعقوبی م. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر محلول‌پاشی عناصر روی و بر بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد، برخی شاخص‌های رشد، میزان روغن و پروتئین بذر کلزا در شرایط اقلیمی خرم‌آباد .دانش زراعت4(5):1-16.

عزیزی، م.، ا. سلطانی و س. خور ی خراسانی. ۱۳۸۵. کلزا، فیزیولوژی، زراعت، به نژادی و تکنولوژی زیستی (ترجمه). تألیف. دی کیمبر و مک گرگور. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۳۰ صفحه.

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

غلامی، ا.، کوچکی، ع.، مظاهری، د. و قلاوند، ا. ۱۳۷۸. ارزیابی اثرات گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا از نوع وزیکولار بر خصوصیات رشد ذرت. مجله علوم زراعی ایران.

فتحی، ق. ۱۳۷۸. رشد و تغذیه گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۷۲ صفحه.

فرجی آرمان, محمدهادی و علی سپهری. ۱۳۹۳. اثر کودهای زیستی بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد بادام زمینی، سیزدهمین همایش علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران و سومین همایش علوم و تکنولوژی بذر ایران، انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران،

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

قلی نژاد، ا. و درویش زاده، ر. ۱۳۹۴. اثر قارچ میکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد توده‌های محلی کنجد در سطوح مختلف آبیاری. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار/ جلد ۲۵ شماره ۳/ پاییز ۱۳۹

قلی نژاد، اسماعیل. ۱۳۹۶. تأثیر دو گونه قارچ میکوریزا بر عملکرد کمی و کیفی دانه توده‌های محلی کنجد (*Sesamum indicum. L*)در سطوح مختلف تنش خشکی، فصل‌نامه پژوهش‌های زراعی ایران ۱۵ (۱)، https://www.civilica.com/Paper-JR_JFCR-JR_JFCR-15-۱۳۹۶-۱۵۰1_013.html

کسرائی، ر. ۱۳۷۲. چکیده‌ای درباره علم تغذیه گیاهی. ترجمه. انتشارات دانشگاه تبریز. ایران.

کشاورز، پ. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۲. جایگاه بور در تغذیه بهینه گیاهان. معاونت باغبانی وزارت جهاد کشاورزی. تهران. ایران

کیومرثی ر، مجیدیان م، محسن آبادی غ. ۱۳۹۳. اثر محلول‌پاشی عناصر روی، بر و مولیبدن بر عملکرد و اجزا عملکرد بادام زمینی، سومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های کاربردی در علوم کشاورزی، ۱۰-۱.

گیلانپور راد، حسن؛ سید مصطفی صادقی؛ ناصر محمدیان روشن و حسن پورمحمدی آهندانی. ۱۳۹۲. بررسی اثر کود فسفات و کودهای بیولوژیک بر عملکرد گیاه بادام زمینی، دومین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیطزیست سالم، همدان، شرکت هم اندیشان محیطزیست فردا- ۱- ۱۵

لال عرب, مژگان؛ علیرضا آستارائی و امیر لکزیان. ۱۳۹۵. اثر سطوح مختلف بیوچار و ورمی کمپوست بر رشد رویشی و جذب برخی عناصر غذایی در گیاه سویا، دومین همایش ملی مدیریت پایدار منابع خاک و محیطزیست (کیفیت، سلامت و امنیت خاک(، کرمان، گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه شهید باهنر کرمان،۸-۱

مجنون حسینی، ن. ۱۳۷۲. حبوبات در ایران. انتشارات دانشگاه تهران. ۲۳۰ صفحه.

محمدی م.ع.، نقی زاده م.، و مراد نسب بدرآبادی ش. ۱۳۸۸. آزولا بهترین گزینه در گیاه‌پالایی مرداب انزلی .دومین همایش بیوتکنولوژی کشاورزی. دانشگاه شهید باهنر کرمان۷۶-۷۹.

مرزبان، ز.، عامریان، م، ر.، ممرآبادی، م.، عباس دخت، ح.،رحیمی، م.و سیبی، م. ۱۳۹۰. بررسی اثرهای همزیستی توأم قارچ میکوریزای آرباسکولار و باکتری مزوریزوبیوم بر عملکرد کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه- آبان ۱۳۹۰. ۱-۶.

ملکوتی، م. ج. و متشرع زاده، ب. ۱۳۷۸. نقش بور در افزایش کمی و بهبود کیفی تولیدات کشاورزی (مشکلات و راه‌کارها). نشر آموزش کشاورزی. معاونت تات وزارت کشاورزی، کرج، ایران.

منجم س و حاجی پور ع. ۱۳۸۹. نقش آزولا در بهبود پایداری شالیزار .اولین همایش ملی کشاورزی پایدار و تولید محصول سالم .مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان.۳۰۳-۳۰۷

موسی پور، نازنین؛ سید مصطفی صادقی و سیروس بیدریغ. ۱۳۹۲. بررسی اثر نانو کود بر و کلات آهن بر عملکرد بادام زمینی در استان گیلان، دومین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی، ساوه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، https://www.civilica.com/Paper-NCNCA02-NCNCA02_215.html

مهربان، ا. داعی، گ. مهربان، م، ر. ۱۳۸۶. نقش قارچ‌های همزیست میکوریزا در پیکار با خشک‌سالی. مجموعه مقالات اولین همایش خشک‌سالی و راهکارهای مقابله با آن. دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند. اسفند ۱۳۸۶.

میرنیا، س. خ. و ف. حبیب زاده. ۱۳۸۶. راهنمای تغذیه گیاه (ترجمه). تألیف، جی بنتون جونز. انتشارات تکرنگ. ۱۳۱ صفحه.

نادری م ر. شهرکی ع د. ۲۰۱۱. نقش فناوری نانو در بهبود مصرف عناصر غذایی و کودهای شیمیایی. سایت فناوری نانو.

ناصری. ۱۳۷۵. دانه های روغنی (ترجمه) انتشارات آستان قدس رضوی. ۸۱۶ صفحه.

نژاد حسینی، ط.، آستارایی، ع.، خراسانی، ع. و امامی، ح. ۱۳۹۰. بررسی دو نوع کود آلی همراه با عناصر بر و روی بر عملکرد، اجزای عملکرد و غلظت عناصر غذایی در دانه ارزن معمولی. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۹. شماره ۱. فروردین-اردیبهشت ۱۳۹۰. صفحات ۷۷-۷۰

نوروزیان ع. پیری خ. حیدری س. و یعقوبی م. ۱۳۸۹. مطالعه تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی و بر بر میزان روغن دانه، عملکرد و اجزای عملکرد کلزا در شرایط اقلیمی خرم‌آباد. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران ۲۹۸۷-۲۹۸۷

وکیلی، دانش. و صادقی، س، م،. ۱۳۹۱. بادام زمینی. انتشارات ندای سبز شمال. ۱۳۹۱. ۱۰۴ صفحه

ولدآبادی س ع. فرح دهر ف. امیری الف. رضوی پور ت. ۱۳۸۸. اثر کمپوست آزولا بر عملکرد و جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برنج- فصلنامه علمی – پژوهشی اکو فیزیولوژی گیاهان زراعی – دوره ۳- شماره ۴- زمستان ۱۳۹۰- صفحات ۱-۱۰

Abbot, L. K. and Robson, A. D.1981. Infectivity and effectiveness of VAM fungi: effect of inoculum type. Aust. J. Agric. Res. 32:631.

Abid, M., N. Ahmed, A. Ali, M. Akram, C and J. Hussain. 2007. Influence of soil applied boron on yield, fiberquality and leaf boron contents of cotton. Journal of Agriculture and Social Sciences. 3 (1):7-10.

Agegnehu, G. Bass, A M. Nelson, P N. Muirhead, B. Wright, G. Bird, M I. 2015. Biochar and biochar-compost as soil amendment: Effects on peanut yield, soil properties and greenhouse gas emissions in tropical North

Queesnsland, Australia. Agriculture, Ecosystems and Environment 213(2015) 72-85

Ahmad, R., Arshad, M., Zahir, Z. A., Naveed, M., Khalid, M., Asghar, H. N. 2008. Integrating nitrogen enriched compost with biologically active. Substances for improvinggrowth and yield of cereals. Pak. J. Bot., 40 (1):283-293.

Akhtar SS, Li GT, Andersen MN, Liu FL.2014. Biochar enhances yieldand quality of tomato under reduced irrigation. AgricWater Manage138:37–44.

Al Khaliel. A.S. 2010. Effect of Arbuscular Mycorrhization in sterile and Non sterile soils. Tropical Life sciences research21(1):55-70

Al-Ahmer BA, El-Mandoh NE, El-Deeb AA, El-Ghareeb LA. 1989. Reaction of root and pod rotdiseases of peanut (*Arachis hypogaae* L.). Ann. Agr. Sci. Moshtohor. 27:1577–1592.

AL-Karaki, G., McMichael, B. and Zak, J. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza. 14(4): 263-269.

Al-Karaki, G.N. and Al-Raddad, A.1997. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress on growth and nutrient uptake of two wheat genotypes differing in drought resistance. Mycorrhiza. 7: 83–88.

Al-Karaki, G.N. and Clark, R.B. 1998. Growth, mineral acquisition and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress. J. Plant Nutr. 21: 263–276.

Allen, E.B. and M.F., Allen.,1986. Water relations of reric grasses in the field: Interactions of mycorrhizas and competition. New phytol. 101: 559-571.

Alvin, A. 2003. Modern developments in fertilization. IFA-FAO Agriculture Confernce.Rom. Italy.

Amerian MR, Stewart WS and Griffiths H. 2001. Effect of two species of arbuscular mycorrhizal fungi ongrowth, assimilation and leaf water relations in maize (*Zea mays*). Aspects of Applied Biology, 63: 71-76.

Amir, Y., T. L. Benbelkacem, Hadni, and A. Youyou. 2005. Effects of irrigation and fertilization on the characteristics of peanut seeds cultivated near Tizi-ouzou. Electron. J. Environ. Agric. Food Chem., 4 (2): 879-885.

Ansari MA, Prakash N, Singh IM, Sharma PK, Punitha P. 2013. Efficacy of boron sources on productivity, profitability and energyuse efficiency of groundnut (*Arachis hypogaea*) under North EastHill Regions. Indian Journal of Agricultural Sciences 83(9):959-963.

Ansari. M. A, N. Prakash, I. M. Singh, and P. K. Sharma. 2016. "Efficacy of boron sources on groundnut production under North East Hill Regions," Indian Research Journal of Extension Education, vol. 14, no. 2, pp. 123–126, 2016.

Arancon, NQ., Edwards, CA., Atiyeh, RM., and Metzger, JD. 2004. Effects of vermicomposts produced from food waste on greenhouse peppers. Bioresource Technology 93: 139-144.

Arguello, J.A., Ledesma., A., Nunez, S.B., Rodriguez, C.H. and Goldfarb, M.D.D. 2006. Vermicompost effects on bulbing dynamics,

nonstructural carbohydrate content, yield, and quality of Rosado paraguayo garlic bulbs. Horticulture Science. 41(3): 589-592.

Arienes, J., Palma, J.M., and Varion, A. 1993. Comparison protein pattern in nonmycorrhizal and VA mycorrhizal rootsof red clover. New Phytologist 123: 763-768.

Arnon, I. 1998. Processing tropical crops. Mainland press LTD.Pp:120-140

Arora, A., Saxena, S., Kumar Sharma, D. 2006. Tolerance and phytoaccumulation ofChromium by three Azolla species. WorldJournal of Microbiology and Biotechnology,22, 97-100.

Atayese, M.O. 2007. Field response of Groundnut (*Arachis hypogea* L.) cultivars to mycorrhizal inoculation and phosphorus fertilizer in Abekuta, South West Nigeria. American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 2(1): 16-23.

Atkinson CJ, Fitzgerald JD, Hipps NA.2010. Potential mechanisms forachieving agricultural benefits frombiochar application to temperatesoils: a reviewPlant Soil 337:1–18.

Auge, R. M. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbescular mycorrhizal symbiosis. J. of Mycorrhiza, 11. Pp3-42.

Auge, R. M. 2004. Arbuscular mycorrhizae and soil plant water. Canadian Journals of soil science. Pp 373-381.

Baker, R.D ahd R.G, Taylor. 2000. Peanut prodaction Gude.H-648. Pp1-100

Bangnal I, d. G, R.w, King. 1991. Response of peanut (*Arachis Hypogaea*) to field Research.26(3):279-293.

Barker, A.V., Pilbeam, D.J., 2006. Handbook of Plant Nutrition. CRC Press, ISBN9780824759049.

Baronti, S.; Alberti, G.; Vedove, G.D.; Gennaro, F.D.; Fellet, G.; Genesio, L.; Miglietta, F.; Peressotti, A.; Vaccari, F.P. 2010. The Biochar Option to Improve Plant Yields: First Results from SomeField and Pot Experiments in Italy. Ital. J. Agron. 2010, 5, 3–11.

Batsmanova, L.M., Gonchar, L.M., Taran, N.Y., Okanenko, A.A., 2013. Using acolloidal solution of metal nanoparticles as micronutrient fertiliser for cereals. Proceedings of the International Conference Nanomaterials: Applications andProperties.

Beesley, L., Moreno-Jim_enez, E., Gomez-Eyles, J.L., Harris, E., Robinson, B., Sizmur, T. 2011. A review of biochars' potential role in the remediation, revegetation andrestoration of contaminated soils. Environ. Pollut. 159 (12), 3269e3282.

Bhaduri. D, Ajoy Saha, Deepali Desai, H.N. Meena. 2016. Restoration of carbon and microbial activity in salt-induced soil by application of peanut shell biochar during short-term incubation study. Chemosphere 148 (2016) 86e98.

Bingham, F. T., 1982. Boron. In: Page, A.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2, American Society ofAgronomy. Madison, WI. 431-448.

Blackwell P, Krull E, Butler G, Herbert A, Solaiman Z.2010. Effect ofbandebiochar on dryland wheat production and fertiliser use insouth-western Australia: an agronomic and economic perspective. Aust J Soil Res 48:531–545.

Bolan, N. s. 1991. Acritical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plant. Plant and Soil, 134: 189-207.

Bouds, D. D. Gadkar. V, Adholeya. 2000. Mass production of VAM Fungus biofertilizer.

Bourgault, M., Madramootoo, C.A., Webber, H.A., Stulina, G., Horst, M.G. and Smith, D.L. 2010. Effects of deficit irrigation and salinity stress on common bean (*Phaseulus vulgaris* L. Wilczek) and mungbean (Vigna radiata L. Wilczek) grown in a controlled environment. J. Agron. Crop Sci. 196: 262-272.

Brady, N.C., Weil, R.R., 1996. The Nature and Properties of Soils. Prentice-Hall, NewJersey, U.S.A.

Brown P.H. and Hu, H.1997. Does boron play only a structural role in the growing tissues of higher plants. Plant and Soil. 196: 211- 215.

Bu, Ld, Liu Jl, Zhu L, Luo SS, Chen XP, Li SQ.2014. Attainable yield achieved for plastic film-mulched maize in response to nitrogen deficit. 2014.

Burke J M, Longer DE, Oosterhuis DM, Kawakami EM, Loka DA.2014. The Effect of Biochar Source on Cotton Seedling Growth and Development and Association with Conventional Fertilizers. International Journal of Plant & Soil Science; 3(8). Article no. IJPSS.2014.8.006, 2014.

Chan KY, Van Zwieten BL, Meszaros I, Downie D, Joseph S.2008. Using poultry litter biochars as soil amendments. Australian Journal of Soil Research; 46, 437- 444, 2008.

Cheng, C. H., Lehmann, and M. H. Engelhard. 2008. Natural oxidation of black carbon in soils: changes in molecular from and surface charge along a climosequence. Geochim. Cosmochim. Acta 72: 1598-1610.

Chitdeshwari, T. and S Poongothai. 2003. Yield of groundnut and itnutrient uptake as influenced by Zinc, Boron andSulphur. Agril. Sci. Digest, 23 (4): 263-266.

Copetta A, Lingua G and Bert G. 2006. Effect of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs and essential oil production in Ocimum basilicum L. var. Genovese. Mycorrhiza. 16(7): 485-494

Cox, G., Sanders, F. E., Tinker, P. B. and Wild, J. A. 1975. Ultrastructural evidence relating endophyte transfer in a VAM. In: Sanders, F. E., Mosse, B. and Tinker, P. B. (eds.) Endomycorrhizas, p. 297, Academic Press, London.

Das R, et al. 2004. Integration of Photosynthetic Protein Molecular Complexes in Solid-State. Electronic Devices. Nano Letters, 2004; 4 **(**6**)**: 1079 -1083.

Debrah, S. K. and F. walyar. 1998. Groundnut production and ulilization in western Africa: past trade, projection and opportuntites for increasd production. In tersational Arachis Newsletter.18:580.

DeLuca TH, MacKenzie MD, Gundale MJ, Holben WE. 2006. Wildfire-produced charcoal directly influences nitrogen cycling in ponderosa pine forests. Soil Sci. Soc. Am. J; 70:448–453, 2006.

Devi K. N., Singh, L. N. K., Singh, M. S., Singh S.B. and Singh, K.K. 2012. "Influence of sulphur and boron fertilization on yield, quality,

nutrient uptake and economics of soybean (*Glycine max*) under upland conditions", Agriculture Science. 12; 421-431.

Du Ying Qiong, Liao Xin Rong and Hiang Zhiyao. 1999. Influence of B and/or Mo application on thegrowth and yield of peanut. Chillese Journal of OilCrop science. 21: 3, 61-66.

Du Ying Qiong, Liao Xin Rong, He Jiang Hua, Hiang Zhiyao and Zhou Xiao Hong, 2002. Effect of boron andmolybdenum on the growth development and yield of peanut. Plant Nutrition and Fertilizer Science,8(2):233.

Duku, M. H., S. Gu, E. B. Hagan. 2011. Biochar production potential in Ghana-A review. Renewableand sustainable energy reviews. 15: 3539-3551.

Duncan, W. G., McCloud, D. E., McGraw, R. L. and Boote, K. J. 1978. "Physiological aspects of Peanut yield improvement", Crop Sciences. 18: 1015-1021.

Duponnois, R., Plenchet. C., Thioulouse. J. and Codet, P. 2001. The mycorrhizal soil infectivity and arbuscular mycorrhizal fungal spore communities in soils of different. Aged fallows in Senegal. Applied soil ecology. 17pp 239-251.

Elayaraja, D. and Singaravel, R. 2010. "Evaluation of boron levels and organics on soil nutrientsand yield of groundnut in coastal sandy soil", Madras Agricultural Journal. 97 (4-6): 142-144.

EL-Kader, A. and Gad, M. 2013. "Effect of sulfur application and foliar spraying with zinc and boron on yield, yield components, and seed quality

of peanut (*Arachis hypogaea* L.)", Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 9(4): 127-135.

El-Sheikh, M.H., Khafgy, S.A.A., Zaied, S.S., 2007. Effect of foliar application withsome micronutrients on leaf mineral content, yield and fruit quality of Floridaprince desert red peach trees. J. Agric. Biol. Sci. 3, 309–315.

FAO, IFAD, WFP,. 2014. The state of food insecurity in the world. Strengthening the enabling environment for food security and nutrition.FAO, Rome.

Fernández, V., Sotiropoulos, T., Brown, P.H., 2013. Foliar fertilization. In: ScientificPrinciples and Field Practices. International Fertilizer Industry Association, Paris.

Flohy, M.L, J.H. Williams and F. Lens. 1990. The effect of photo period on the reproductive development of a photoperiod sensitive peanut (*Arachis Hypogaea*) genotype. Nc. Ac. 1990. EXP. Agric. 26:397:406

Francisco, G. E., Isabela, A., Castro, R.R., Guilherme A., Janice G. and Luiz C. A. 2001. Recycling of soild waste rich in organic nitrogen from leather industry: Mineral nutrition of rice plants. Journal of Hazardouse Material, 186: 1064-1069.

Gao, F., Hong, F., Liu, C., Zheng, L., Su, M., Wu, W., Yang, F., Wu, C. and Yang, P. 2006. Anatase TiO2 promoting photosynthetic carbon reaction of spinach, Biol. Trace Element Res, 111: 239-253.

Gardner, F. P and Auma, E. Q. 1989. Canopy structure light in terception and yield market quality of peanut genotypes as in fluenced by plantingpattern and plating date. Field crop Research.20(1):13-29.

Gaskin J.W, Speir R.A, Harris K, Das K.C, Lee R.D, Morris L.A, Fisher D. S. 2010.) Effect of peanut hull and pine chip biochar on soil nutrients,corn nutrient status, and yield. Agron J 102:623–633.

Glaser B, Lehmann J, Zech W.2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – a review. Biology and Fertility of Soils; 35: 219-230, 2002.

Graber E.R, Frenkel O, Jaiswal A.K, Elad Y. 2014. How may biocharinfluence severity of diseases caused by soilborne pathogens Carbon Manage 5:16183.

Grattan, S. R, Grieve, C. M. 1991. Salinity mineral nutrient relations in horticultural crops. Scientia horticulture.

Green, J. M., and Beestman, G. B. 2007. Recently patented andcommercialized formulation and adjuvanttechnology, Crop Protection 26: 320-327.

Gupta M.L, Prasad A, Ram M and Kumar S. 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus Glomus fasiculatum on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource Technology. 81: 77-79.

Gupta, V. K., Potalia, B.S., 1990. Zinc- cadmium interaction in wheat. J. Indian Soil Sci.48: 452-457.

Habibzadeh Y, Pirzad A, Zardashtai MR, Jalilian J and Eini O, 2012. Effects of Arbuscular MycorrhizalFungi on seed and protein yield under water–deficit stress in Mung Bean. Agronomy Journal, 105(1):79-84.

Hashemloian, B.D., 2008. Alien and exoticAzolla in northern Iran. Biotechnology, 8, 187-190.

Hass A, Gonzalez J.M, Lima I.M, Godwin H.W, Halvorson J.J, Boyer D. G. 2012. Chicken manure biochar as liming and nutrient source foracid Appalachian soil. J Environ Qual 41:1096–1106.

Helmy, A. M. and Kh. A. Shaban. 2008. RESPONSE OF PEANUTS TO K FERTILIZATION AND FOLIAR SPRAYING WITH ZINC AND BORON UNDER SANDY SOIL CONDITIONS. Zagazig J. Agric. Res., Vol. 35 No. (2) 2008 343 – 362.

Hill, M.P., 1998. Life history and laboratoryhost range of Stenopelmus rufinasus, a naturalenemy for Azolla filiculoides in South Africa.BioControl, 43, 215-224.

Hobbs P.R. 1974. Peanut, Annual Report 1973–1974. MultipleCropping Project

Hopman, P. and S. Clerehan, 1991. Growth anduptake of N, P, K and B by Pinus radiata as responseto application of borax. Plant and Soil, 131: 115-127.

Hosseini Bai Sh, Blumfield T.J, Xu Z.H, Chen C.R, Wild C. 2012. Soilorganic matter dynamics and nitrogen availability in response to sitepreparation and management during revegetation in tropical CentralQueensland, Australia. J Soils Sediments 12:386–395.

Huang H. and Zhang S. H. and Wu a N. and Luo L. and Christie P. 2009. Influence of Glomus etunicatum Zea mays mycorrhiza on atrazine degradation, soil phodehyddrogenase activities, and soil microbial community structure, J. of soil Biology & Biochemistry., 41, pp 726.

Hyman, D. S. 1983. The physiology of VA-endo mycorrhizal symphosis. Can. J. Botany. 61: 944-963.

IBI. 2013. Standardized product definition and product testing guidelinesfor biochar that is used in soil. International Biochar Initiative, Westerville.

Islami T, Guritno B, Basuki N, Suryanto A. 2011. Biochar for sustainingproductivity of cassava based cropping systems in the degradedlands of East Java, Indonesia. J Trop Agric 49:40–46.

Jaafar, N.M., Clode, P.L., Abbott, L.K., 2014. Microscopy observations of habitable space in biochar for colonization by fungal hyphae from soil. J. Integr. Agric. 13,483e490.

Jahan, M., and Nassiri Mahallati, M. 2012. Soil fertility and biofertilizers. Ferdowsi University of Mashhad Press.Pp. 250. (in Persian).

Jefferies, P. Gianinazzi, S. Perotto, S. Turnau, K. and Barea, J. M. 2003. The contribution of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility, Biol. Fert. Soils, 37: 1-16.

Jena D, Nayak S.C, Mohanty B, Jena B, Mukhi S.K. 2009. Effect ofboron and boron enriched organic manure on yield and quality ofgroundnut in boron deficient Alfisol. Environment and Ecology27(2):685-688.

Jena. D, S. C. Nayak, B. Mohanty, B. Jena, and S. K. Mukhi. 2009."Effect of boron and boron enriched organic manure on yieldand quality of groundnut in boron deficient Alfisol," Environmentand Ecology, vol. 27, no. 2, pp. 685–688, 2009.

Jha P, Biswas A.K, Lakaria B.L, Rao A.S. 2010. Biochar in agriculture - prospects and related implications. Curr Sci 99:1218–1225.

Jiang, R.F., Q.G. Zhang, L.F. Han, F.S. Zhang andX.Q. Wei, 1994. Effect of boric fertilizer on peanutabsorption of boron and nitrogen. (Chinese) Soils.26:2, 83-86. 4 ref.

Jie Liu, Hardy S, Susanne B, Herbert M, Bernd H, and Bruno G.r. 2012. Short-term effect of biochar and compost on soil fertility and water status of a Dystric Cambisol in NE Germany under field conditions. Plant Nutr. Soil Sci. 2012, 175, 698–707.

Jing. R. F, Q. G. Zhang, L. F. Han, F. S. Zhang and X. Q. Wei. 1994. "Effect of boric fertilizer on peanut absorption of boron and nitrogen", Soils, vol. 26, (1994), pp. 83-86.

Johnson A. 2006. Agriculture and Nanotechnology. Website: http://tahan. com/Charlie/nanosociety,2006.

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

Kabir, R., Yeasmin, S., Islam, M. and Sarkar, A. R. 2013. "Effect of phosphorus, calcium and boron on the growth and yield of groundnut (*Arachis hypogea* L.)", International Journal of Bio-Science and Bio-Technology. 5(3): 51-60.

Kalayci.M., B. Torum, S. Eker, M. Aydin, L.Ozturk and I. Cakmak. 1999.Grain yield, zinc efficiency and zinc concentration of wheat cultivars grown in zinc-deficient calcareous soil in field and greenhouse. Field Crops Research. 63:87-98.

Kammann C.I, Linsel S, Gossling J.W, Koyro H.W. 2011. Influence ofbiochar on drought tolerance of Chenopodium quinoa Willd and onsoil-plant relations. Plant Soil 345:195–210.

Kammann, C. I., S. Linsel, J. W. Gobling, and H. W. Koyro. 2011. Influence of biochar on drought tolerance of chenopodium quinova willd and on soil-plant relations. Plant and soil. 345(1-2): 195-210.

Kapoor R, Giri B and Mukerji KG. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in Foeniculum vulgare Mill. On mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource Technology. 93: 307-311.

Khalifa, R.Kh.M., 2005. Response of peanut plantsto foliar nutrition with some micronutrients. Egypt.J.Appl. Sci.; 20(1)

Khalvati MA, Hu Y, Mozafar A and Schmidhalter U, 2005. Quantification of water uptake by ArbuscularMycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth, water relations and gas exchangeof barelysubjected to drought stress. Plant Biology, 7: 706-712.

Khosa, S. S., Younis, A, Rayit, A, Yasmeen, S. and Riaz, A., 2011. Effect of foliar.

Khosravi, M., 2005. Biosorption of Pb, Cd, Cuand Zn from the wastewater by treated Azollafiliculoides with H2O2/MgCl2. InternationalJournal of Environmental Science &Technology, 1, 265-271.

Konsaeng, S. Dell, B and Rerkasem B. 2010. Boron mobility in peanut (*Arachis hypogaea* L.) Plant Soil (2010) 330:281-289.

Kothari SK, Marschner H. and George E. 1990. Effect of VA mycorrhizal fungi and rhizospheremicroorganisms on root and shoot

morphology, growth, and water relations of maize. New Phytologist,116: 303-311.

Ladjal M, Huc R and Ducrey M, 2005. Drought effects on hydraulic conductivity and xylem vulnerability toembolism in diverse species and provenances of Mediterranean cedars. Tree Physiology, 25: 1109 –1117.

Lai, W.-Y., Lai, C.-M., Ke, G.-R., Chung, R.-S., Chen, C.-T., Cheng, C.-H., Pai, C.-W., Chen, S.-Y., Chen, C.-C., 2013. The effects of woodchip biochar application oncrop yield, carbon sequestration and greenhouse gas emissions from soilsplanted with rice or leaf beet. J. Taiwan Inst. Chem. Eng. 44, 1039e1044.

Lal R. 2010. Beyond Copenhagen: mitigating climate change and achieving food security through soil carbon sequestration. Food Secur 2:169–177.

Laurence, R. C. N. and R. W. Gibbons. 1976. Changes in yield, protein, oil and maturity of groundnut cultivars with the application of sulphur fertilizers and fungicides. J Agric. Science. Cam. 86: 245-250.

Lehmann J, Rillig M.C, Thies J, Masiello C.A, HockadayW.C, Crowley D. 2011. Biochar effects on soil biota - a review. Soil Biol Biochem43:1812–1836.

Lehmann, J., & Joseph, S. (Eds.). 2015. Biochar for environmental management: Science, Technology and Implementation. Routledge, 65: 52-29.

Lehmann, J., Joseph, S., 2009. Biochar for EnvironmentalManagement: an introduction. In: Lehmann, J., Joseph, S. (Eds),Biochar for

Environmental Management: Science and Technology.Earthscan, London, pp. 1e12.

Lentz R.D, Ippolito J.A. 2012. Biochar and manure affect calcareous soiland corn silage nutrient concentrations and uptake. J Environ Qual41:1033–1043.

Leterme, P., Londono, A.M., Munoz, J. E., Suarez, J., 2009. Nutritional value of aquaticferns (*Azolla filiculoides* and *Salvinia molesta Mitchell*) in pigs. Animal Feed Science andTechnology, 149, 135-148.

Li, J., Dai, J., Liu, G., Zhang, H., Gao, Z., Fu, J., He, Y., Huang, Y., 2016. Biochar frommicrowave pyrolysis of biomass: a review. Biomass Bioenergy 94228e244.

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

Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'neill, B., Skjemstad, J., Thies, J., Luizao, F., Petersen, J. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. Soil Science Society of America Journal, 70, 1719-1730.

Liu J, Schulz H, Brandl S, Miehtke H, Huwe B, Glaser B. 2012. Shorttermeffect of biochar and compost on soil fertility and water statusof a dystric cambisol in NE Germany under field conditions. J PlantNutr Soil Sci 175:698–707.

Liu X.Y, Zhang A.F, Ji CY, Joseph S, Bian R.J, Li L.Q, Pan G.X, PazFerreiro J. 2013. Biochar's effect on crop productivity and the

dependenceon experimental conditions-a meta-analysis of literaturedata. Plant Soil 373:583–594.

Lu W. W, Ding W.X, Zhang J.H, Li Y, Luo J.F, Bolan N, Xie Z.B. 2014. Biochar suppressed the decomposition of organic carbon in a cultivatedsandy loam soil: a negative priming effect. Soil Biol Biochem76:12–21.

Lu, C. M., Zhang, C. Y., Wu, J.Q., Tao, M.X., 2002. Research of the effect of nanometer on germination and growth enhancement of Glycine max and its mechanism. Soybean Sci. 21, 168- 172.

Luque, R., Menendez, J.A., Arenillas, A., Cot, J., 2012. Microwave-assisted pyrolysis ofbiomass feedstocks: the way forward? Energy & Environ. Sci. 5, 5481e5488.

Mahmoud E.Y, Shokry S.Y, Hussin Z.N. 2006. Induction of resistance in peanut plants against rootrot diseases under greenhouse conditions by some chemical inducers. J. Agric. Sci. MansouraUniv. 31(6):3511–3524.

Mahmoud E.Y. 2004. Integrated control of pod rot diseases of peanut. PhD Thesis. Fac. of Agric, Ain-Shams Univ. Cairo, Egypt. p. 154.

Maiti, R. and Ebeling, P.W. 2002. The Peanut (*Arachis Hypogaea*) Crop. Science Publishers, Inc.376p.

Major J, Steiner C, Downie A, Lehmann J. Biochar effects on nutrient leaching. In: Lehmann J, Joseph S. (Eds.). 2009. Biochar for Environmental Management – Science and Technology. Earthscan, London; pp. 227–249, 2009.

Major J. 2011. Biochar: a new soil management tool for farmers andgardeners. Appalachian Sustainable Development. http://www.biochar-international.org. 2011.

Marschner, H., 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press LimitedHarcourt Brace and Company, Publishers, London, pp. 347–364, ISBN:978-0-12-384905-2.

Marulanda A, Azcon R and Luizi-Lozano J.M, 2003. Contribution of six Arbuscular Mycorrhizal Fungalisolates to water uptake by Lactuca sativa plants drought stress. Physiology Plant, 119: 526-533.

Matoh, T., 1997. Boron in Plant Cell Walls. Plantand Soil, 193: 59-70.

Mazaherinia, S., Astaraei, A.R., Fotovat, A. 2010. Nano iron oxide particeles efficiency on Fe, Mn, Zn and Cu concentrations in wheat plant. World Appl. Sci. J. 7(1). 36-40.

Md. Quamruzzaman, M.d. Jafar Ullah, Md. Fazlul Karim, Nazrul Islam, Md. Jahedur Rahman, and Md. Dulal Sarkar. 2016. Response of Boron and Light on Morph-Physiology and Pod Yield of Two Peanut Varieties.Hindawi Publishing Corporation International Journal of Agronomy Volume 2016, Article ID 4081357, 9 pages.

Mengel, K., Kirkby, E.A., 2001. Principles of Plant Nutrition. Kluwer AcademicPublisher, ISBN: 978-94-010-1009-2.

Mia S, van Groenigen J.W, van de Voorde T.F.J, Oram N.J, Bezemer T. M, Mommer L, Jeffery S. 2014. Biochar application rate affects biologicalnitrogen fixation in red clover conditional on potassiumavailability. Agric Ecosyst Environ 191:83–91.

Mirzakhani, M., Ardakani, M.R., Ayneband, A., Shiranirad, H., and Rejali, F. 2008. Effects of inoculationwith Azotobacter and mycorrhiza and different levels of nitrogen and phosphorous on grain yield and itscomponents inspring safflower. The 10th Iranian Crop Production and Breeding Congress. Karaj, Iran. 18-20, 413pp. (In Persian).

Misra, U. K., S. K. Saho, R. Das and G. N. Mitra. 1990. Effect of sulphur and lime on yield and oil content of Kharif groundnut grown in an Agric Haplaquept. J. Ind. Soc. Soil Sci., 38 (4): 772-774.

Moaveni, P., Kheiri, T. 2011. Ti O2 Nano Particles Affected on Maize (*Zea mays* L). 2nd International Conference on Agricultural and Animal science in Singapoor by International Proceeding of Chemical, Biological & Environmental Engineering. International Association of Compoter Scince and Information Technology Press. 22: 160-163.

Monica, R.C. & Cremonini, R. 2009. Nanoparticles and higher plants. Caryologia, 62, 161-165.

Morshed Alam, A. T. M., M. A. R. Sarker, M. G. Mostafa, S. M. M. Ali and A. F. Mollah. 2002. Yield and quality of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) as affected by planting geometry and number of plants per hill. Online J. Bio. Sci., 2(6): 392-394.

Mosse, B. 1973. Advances in the study of vesicular-arbescular mycorrhiza. Annual Review of Phytopathology. 11. Pp 1-196.

Mosse, B. and Hepper, C. 1975. VAM infection in root organ culture. Physiol Plant Pathol. 5: 215.

Motsara, M.R., Roy, R.N.2008. Guide to laboratoryestablishment for plantnutrient analysis. FAO, Rome, Italy.

Mukerji, K. G. and Chamola, B. P. 2003. Compendium of mycorrhizal research. A. P. H.

Mukherjee, A., Lal, R., Zimmerman, A.R., 2014. Effects of biochar and otheramendments on the physical properties and greenhouse gas emissions of anartificially degraded soil. Sci. Total Environ. 487, 26e36.

Naderi, M. R. and Abedi, A. 2012. Application of nanotechnology in agriculture and refinement of environmental pollutants. J. Nanotech. 11(1), 18-26. (in Persian with English Summary).

Naderi, M., Danesh Shahraki, A.A., Naderi, R., 2011. Application of nanotechnologyin the optimization of formulation of chemical fertilizers. Iran J. Nanotech. 12,16–23.

Naiknware M.D, Pawar G.R, Murumkar S.B. 2015. Effect of varyinglevels of boron and sulphur on growth, yield and quality of summergroundnut (*Arachis hypogea* L.). International Journal of TropicalAgricultural 33.2 (Part I):471-474.

Namazi, A.B., Allen, D.G., Jia, C.Q., 2016. Benefits of microwave heating method inproduction of activated carbon. Can. J. Chem. Eng. 94, 1262e1268.

Nasef M.A, Badran N.M and Abd El- Hamide A.F. 2006. Response of peanut to foliar spray with boron and/or rhizobium inoculation. AppliedSciences Research. 2(12): 1330-1337.

Nasim G., Bajwa R., Hakeem, A. 2007. Response of arbuscular mycorrhizal mungbean plants to ambient air pollution. J of Environ Sci. Tech., 4, 3. Pp 295.

Nautiyal, P. C., N. R. Rochapoti and Y. C. Joshi. 2002. Moisture-deficit-induced changes in leaf-water content, leaf carbon exchange rate and biomass production in groundnut cultivars differing in specific leaf area. Field Crops Res., 74: 67-79.

Nigam, S.N, and A.C, Nageswararao. 1994. Effect and intraction of temperature and photo period on growth and partitioning in three peanut (*Arachic hypogaea*) genotype. Ann. App.Bio 1.125:541-552.

Nigussi, A., Kissi, E., Misganaw, M. and Ambaw, G. 2011. Effect of biochar application on soil properties and nutrient uptake of Lettuces (*Lectuca Sativa*) grown inchromium polluted soil. American Journal of Enviromental science, 12(3): 369-376.

Noguera, D., S. Barot, K. R. Laossi, J. Cardoso, P. Lavelle, and M. H. Cruz de Carvalho. 2012. Biochar but not earthworms enhances rice growth throught increased protein turnover. Soil Biology and Biochemistry. 52: 13-20.

Noor, S., M.A. Hannan and M.S. Islam, 1997. Effect of molybdenum and boron on the growthand yield of groundnut. Indian J. of Agric. Res.,31: 51-58.

Ntanos, D.A., and Koutroubas, S.D. 2002. Dry matter and N accumulation andtranslocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. FieldCrops Res. 74: 93-101.

Nuttall, W.F., H. Ukrainetz, J.W.B. Stewartand D.T. Spurr. 1987. The effect of nitrogen, sulfur and boron on yield and quality ofrapeseed (*Brassica napus* L. and *Brassica campestris* L.). Can.Journal Soil Science,67: 545-559.

Obreza, T.A., Zekri, M., Hanlon, E.A., Morgan, K., Schumann, A., Rouse, R., 2010. Soiland Leaf Tissue Testing for Commercial Citrus Production. University of FloridaExtension Service SL, pp. 253.04.

Ogawa M, Okimori Y, Takahashi F. 2006. Carbon sequestration by carbonization of biomass and forestation: three case studies. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change; 11 (2): 421– 436, 2006.

Omidi, H., Naghdibadi, H. A., Golzad, A., Torabi, H., and Fotoukian, M. H. 2009. The effect of chemical andbiofertilizer source of nitrogen on qualitative and quantitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal ofMedicinal Plants 8: 98-109. (in Persian with English abstract).

Oram, N.J., van, de, V., oorde, T.F., Ouwehand, G.-J., Bezemer, T.M., Mommer, L., Jeffery, S., Groenigen, J.W.V., 2014. Soil amendment with biochar increases the 84 competitive ability of legumes via increased potassium availability. Agric. Ecosyst. Environ. 191, 92–98.

Ortas, I. 2004. The effect of Mycorrhizal inoculation on forag and non-forage plant growth and nutrient uptake under field conditions. Options Mediterraneennes, Series A, No. 79.

Pahlavan. Rad., R. Mohammad and P. Mohammad. 2009. Response of wheat plants to zinc, Iron and Manganese Applications and Uptake and concentration of zinc, iron and manganese in weath grains, Communication in soil science and plant analysis, Volume40: 1322-1332.

Pandey, A.C., Sanjay, S.S. & Yadav, R.S. 2010. Application of ZnO nanoparticles in influencing the growth rate of Cicer arietinum. Journalof Experimental Nanoscience, 5, 488-497.

Pandy, N., G. C. Pathac., A. K. Sing and C. P. Sharma. 2002. Enzimic changes in response to zinc nutrition. Journal of Plant Physiology. 159:1151-1153.

Paul, A. 2007. Soil Microbiology, Ecology and biochemistry. P 514.

Peres, L.A., Reyes, R.D., 1983. Effect of nitrogen and boron application on Caricapapaya L. 1. Growth and yield. J. Agric. Univ. Puerto Rico 67, 181–187.

Pollard, A.S., A.J. Parr and B.C. Loughman. 1977. Boron in relation to membrane function in higher plants. J. Expt.Bot. 28: 831-841.

Prasad, T.N.V.K.V., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Raja Reddy, K., Sreeprasad, T.S., Sajanlal, P.R. & Pradeep, T. 2012. Effect of nanoscales Zinc Oxide on the germination, growth and yield of peanut. Journal of Plant Nutrition, 35, 905-927.

Prayogo, C., Jones, J.E., Baeyens, J., Bending, G.D., 2014. Impact of biochar onmineralizationof C and N from soil and willow litter and its relationship withmicrobial community biomass and structure. Biol. Fertil. Soils 50, 695e702.

Qian, L., Chen, B., 2013. Dual role of biochars as adsorbents for aluminum: the effectsof oxygen-containing organic components and the scattering of silicateparticles. Environ. Sci. Technol. 130719140420001.

Quamruzzaman M, Ullah M.J, Karim M.F, Islam N, Rahman M. J, Sarkar M.D. 2017. Physiological Growth and Yield of Two Groundnut Varieties as Influenced by Light and Boron. Print ISSN 2067-3205; Electronic 2067-3264 Not Sci Biol, 2017, 9(2):280-286. DOI: 10.15835/nsb9210088.

Quilliam, R.S., Glanville, H.C., Wade, S.C., Jones, D.L. 2013. Life in the 'charosphere'eDoesbiochar in agricultural soil provide a significant habitat for microorganisms?Soil Biol. Biochem. 65, 287e293.

R. F. Jing, Q. G. Zhang, L. F. Han, F. S. Zhang and X. Q. Wei. 1994. "Effect of boric fertilizer on peanut absorption of boron and nitrogen", Soils, vol. 26, (1994), pp. 83-86.

Raave H, Keres I, Kauer K, Noges M, Rebane J, Tampere M, Loit E. 2014. The impact of activated carbon on NO3−-N, NH4+-N, P andK leaching in relation to fertilizer use. Eur J Soil Sci 65:120–127.

Raikova, O.P., Panichkin, L.A., Raikova, N.N. 2006. Studies on the Effect of UltrafineMetal Powders Produced by Different Methods on Plant Growth andDevelopment. Nanotechnologies and Information Technologies in the 21 stCentury. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference,108–111.

Read, D. J. 1991. Mycorrhiza in ecosystems. Experientia; 47: 376-391.

Rehman, A. U, R. wells, T. G. Isleib. 2001. Reproductive allocation on branches of virinatape peanut cultivars bred for yield in North Carolina. Crop Sci.41:72_77.

Reynolds, G.H., 2002. Forward to the future nanotechnology and regulatory policy.Pac. Res. Inst. 24, 1–23.

Richter J, StutzerM. and Schellenberg I. 2005. Effects of mycorrhization on the essential oil content and composition of aroma components of marjoram (*Marjorana hortensis*), thyme (*Thymus vulgaris* L.) and caraway (*Carum carvi* L.). 36th International Symposium on Essential Oils, 4-7th September, Budapest, Hungary.

Rifaat, M.G.M., S.M. El-Basioni and H.M. Hassan, 2004. Zinc and boron for groundnut productiongrown on sandy soil. Zagazig J. Agric. Res., 31(1):139 – 164.W.S. Pisrpoint. Eds., 87 – 107.AcademicPress. London.

Rizk, S.A.M., M.A.M. Sherif and A.A. Sakr, 1995. Effect of nitrogen and boron supply in highlycalcareous soil on the growth and yield of sugar beet.

Rizwan, A., Shahzad, S. M., Khalid, A., Arshad, M., Mahmood, M. H., 2007. Growth andyield response of wheat (*Triticum aestivum* L.) and maize (*Zea mays* L.) to nitrogen and L-Trytophan enriched compost. Pak. J. Bot., 39(2):541-549.

Rizwan, M., Ali, S., Qayyum, M.F., Ibrahim, M., Zia-ur-Rehman, M., Abbas, T., et al.,2016. Mechanisms of biochar-mediated alleviation of toxicity of trace elementsin plants: a critical review. Environ. Sci. Pollut. Res. 23, 2230–2248.

Salehi, M. and Tamaskoni, F. 2008. Effect Nanocid at Seed treatment on germination and seedling growth of weath under salinity. Abstract of the first National Conference of Seed Science and Technology, Iran. P:358. (in Persian with English Summary).

Samarbakhsh, S., Rejali, F., Ardakani, M.R., Pak Nejad, M., and Miransari, M. 2009. The combined effects of ذ fungicides and Arbuscular Mycorrhiza on corn (*Zea mays* L.) growth and yield under field conditions. Journal ofBiological Sciences 9: 372-376.

Sarker, S. K., Chowdhury, M. A. Hand. Zakir, H. M, 2002. Sulphur and boronfertilization on yield quality and nutrient uptake by bangladeesh soybean-4. J. biologicalsci. 2: 729-733.

Sarwar, G., Schmeisky, H., Hussain, N., Muhammad, S., Tahir, M. A., Saleem, U., 2009.Variations in nutrient concentrations of wheat and paddy as affected by different levels ofcompostand chemical fertilizer in normal soil. Pak. Bot., 41(5):2403-2410.

Schomberg H.H, Gaskin J.W, Harris K, Das K.C, Novak J.M, Busscher W. J, Watts D.W, Woodroof R.H, Lima I.M, Ahmedna M, Rehrah D, XingB.S. 2012. Influence of biochar on nitrogen fractions in a coastalplain soil. J Environ Qual 41:1087–1095.

Schulz, H., G. Dunst, B. Glaser. 2013. Positive effects of composted biochar on plant growth and soil fertility. Agronomy for Sustainable Development. 33(4): 817-827.

Scott, N., Chen, H., 2003. Nanoscale Science and Engineering for Agriculture andFood Systems. A Report Submitted to Cooperative State Research, Educationand Extension Service. USDA. National Planing Workshop, Washington.

Selivanov, V.N., Zorin, E.V., 2001. Sustained Action of ultrafine metal powders onseeds of grain crops. Perspekt. Materialy 4, 66–69.

Shaaban, M. M., M. Fouly and A. A. Abdel- Maguid. 2004. Zinc and boron relationship in wheat plants grownunder low of high levels ofcalcium carbonate in the soil. Pak. Journal of Biological Sciences. 7: 633- 639.

Sharma A.K, 2003. Biofertilizersfor sustainable agriculture. Agronomy Bioscience India, 70-79.

Sharma, A. K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrbis India, pp.407.

Smartt, J. 1994. The Groundnut crop – A scientific basic Improvement chapman& Hall London.pp734

Smider, B. and B. Singh. 2014. Agronomic performance of a high ash biochar in two contrasting soils. Agriculture, Ecosystems & Environment. 191: 99-107.

Smith, S. E and Read D. J. 1997. Mycorrhizal symbiosis academic press. P. 587.

Songmuang, Prasert., Luangsirorat, Somsak., Seetanun, Wittaya., Kanareugsa, Chob, Imai, Katsu. 1985. Long term application of rice straw compost and yield of Thai rice, RD7. Japan. Jour. Crop Sci. 54(3): 248-252.

Spokas K.A, Cantrell K.B, Novak J.M, Archer D.W, Ippolito J.A, CollinsH.P, Boateng A.A, Lima I.M, Lamb M.C, McAloon A.J, Lentz R. D, Nichols K.A. 2012. Biochar: asynthesis of its agronomic impactbeyond carbon sequestration. J Environ Qual 41:973–989.

Stalker, H.T. 1997. Peanut (*Arachis Hypogaea*) crop science.53:205-219

Strange R.N, Scott P.R. 2005. Plant disease: a threat to global food security. Annu Rev Phytopathol 43:83–116.

Subramanian, K.S., Manikandan, A., Thirunavukkarasu, M., Sharmila Rahale, C. 2015. Nano-fertilizers for balanced crop nutrition. In: Rai, M., Ribeiro, C, Mattoso, L., Duran, N. (Eds.), Nanotechnologies in Food and Agriculture.Springer International Publishing, Switzerland, pp. 69–80.

Suppadit T, Phumkokrak N, Poungsuk P. 2012. The effect of using quaillitter biochar on soybean (*Glycine max* L. Merr.) production. Chil JAgric Res 72:24251.

Swiader, J. M. 2000. Micronutrient fertilizer recommendation for vegetable crop, Horticulture Facts.

T, joseph, and Marrison m. 2006. Nanotechnology in agriculture and food, Anonoforum report, 14Pp, Availabale: www.nano forum.org,2006.

Taghizadeh-Toosi A, Clough T. J, Sherlock R.R, Condron L.M. 2012. Biochar absorbed ammonia is bioavailable. Plant Soil 350:57–69.

Tahat, M. M. and Sijan, K. 2012. Mycorrhizal funji and abiotic environmental conditions relationship Res. J. Environ. Sci, 6: 125-133.

Taher, M., M. Roshdi., J. Khalili Mahalleh., K. Kharazmi, and N. Haji Hassani Asl.2008. The effect of different methods of micro nutrients usage on yield and yield componentsof grain corn in Khoy city. Research in Agronomy Siensce. 1 (1): 72- 84. (In Persian).

Tang, J., W. Zhu, R. Kookana, A. Katayama. 2013. Characteristicsof biochar and its applicationin remediation of contaminated soil. Journal of Bioscience and Bioengineering. 116(6):653-9.

Tilman D, Cassman K. G, Matson P. A, Naylor R, Polasky S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices.Nature 418:671–677.

Tohidi-Moghaddam H, Sani B, Ghooshchi F.2004. The effect ofnitrogen fixing and phosphate solubilizingmicroorganism on some quantitative parameters on soybean from sustainable agricultural point ofviews.

Proceeding of 8th Agronomy and Plant Breeding Congress of Iran, Guilan University, Iran.

Toussaint, J.P., Smith, F.A. and Smith, S.E. 2007. Arbuscular mycorrhizal fungi can induce the production of phytochemicals in sweet basilirrespective of phosphorus nutrition. Mycorrhiza 17(4): 291-297.

Trung, B.C., Shigekata, Y. and Kobayashi, Y. 1985. Influence of soil moisture stress on the nitrogen nutrition and grain productivity of mungbean. Japan J. Crop Sci. 54(1): 72-78.

USDA, 2012. Global peanut production distributionin 2011/12, USDA, USA.

Uzoma KC, Inoue M, Andry H, Fujimaki H, Zahoor A, Nishihara E. 2011. Effect of cow manure biochar on maize productivity undersandy soil condition. Soil Use Manage 27:205–212.

Valentine, A. J. and Mortimer. P. E. Lintnaar A. and Borgo, R. 2006. Drought responses of arbuscular mycorrhizal grapevines. J. of Symbiosis., 41, p127.

Van Zwieten, L., S. Kimber, S. Morris, K.Y. Chan, A. Downie, J. Rust, *et al*. 2010. Effect of biochar from slow pyrolysis ofpapermill waste on agronomic performance and soil fertility. Plantand Soil 327:235-246.

Varma, A., Hock, B. 1999. Mycorrhiza: Structure, Function, Molecular Biology and Biotechnology, 2nd edition, Springer, Verlag, Berlin.

Wagner, G.M., 1997. Azolla: A Review of ItsBiology and Utilization. Department ofZoology and Marine Biology, 63, 1-26.

Wang, Y., F. Pan, G. Wang, G. Zhang, Y. Wang, X. Chen, and Z. Mao. 2014. Effects of biochar on photosynthesis and antioxidative system of Malus hupehensis Rehd. Seed lings under replant conditions. Scientia Horticulturae.175: 9-15.

Wiesner, M.R., Lowry, G.V., Alvarez, P., Dionysion, D., Biswas, P. 2006. Assessingthe risks of manufactured nanomaterials. Environ. Sci. Technol. 40, 4336–4345.

Williams, j. H. and K.j Boote. 1995. Physiology and modeling preducing predicable legume. In pattee. H. E stajker. H.t eds. Advances in peanut sci. still water. Ok: Aprels, 301-353.

Wiswanathan, B. 2009. "Nanimaterials". Alphasciennce international Limined Landan. 250 pp.

Xiao, X., Chen, B., Zhu, L. 2014. Transformation, morphology, and dissolution ofsilicon and carbon in rice straw-derived biochars under different pyrolytictemperatures. Environ. Sci. Technol. 48, 3411e3419.

Xu, Ch y. Hosseini Bai, Sh. Hao, Y. Rachaputi, R. Xu, Zh and Wallace, H M. 2014. Effect of biochar amendment on yield and photosynthesis of peanut on two types of soils. Environ Sci Pollut Res 2014

Xu, CY., Bai, S.H., Hao, Y. et al. J Soils Sediments. 2015. Peanut shell biochar improves soil properties and peanut kernelquality on a red Ferrosol.J SoilsSediments (2015) 15: 2220. https://doi.org/10.1007/s11368-015-1242-z.

Yamato M, Okimori Y, Wibowo IF, Anshori S, Ogawa M. 2006. Effects of the application of charred bark of Acacia mangiumon the yield of maize,

cowpea and peanut, and soil chemicalproperties in South Sumatra, Indonesia. Soil Sci Plant Nutr 52:489–495.

Yang M, Shi L, Xu F.S, Lu J.W and Wang Y.H. 2009. Effects of B, Mo, Zn and their interactions on seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). Pedosphere. 19(1): 53-59.

Yang, F. and Hong, S. (**2006**). Influence of nano anatase TiO2 on the nitrogen metabolism of growing spinach. Biological Trace Element Research 110: 179-190.

Yang, K., Yang, J., Jiang, Y., Wu, W., Lin, D. 2016. Correlations Correlations andadsorption mechanisms of aromatic compounds on a high heat temperaturetreated bamboo biochar. Environ. Pollut. 210, 57e64.

Zhang, R. Zhang, Y. Song, L. Song, X. Hänninen, H. Jiasheng Wu, J.2017. Biochar enhances nut quality of Torreya grandis and soil fertility undersimulated nitrogen deposition. Forest Ecology and Management 391 (2017) 321–329.

Zheng, H.; Wang, Z.Y.; Deng, X.; Herbert, S.; Xing, B. 2013. Impacts ofadding biochar on nitrogenretention and bioavailability in agricultural soil. Geoderma 2013, 206, 32–39.

Zhu, H., Han, J., Xiao, J.Q. and Jin, Y. 2008. Uptake. Translocation and accumulation of manufactured iron oxide nanoparticeles by pumpkin plants. Journal of Environmental Monitoring, 10, 713-717.

Zhu, L., Lei, H., Wang, L., Yadavalli, G., Zhang, X., Wei, Y., Liu, Y., Yan, D., Chen, S., Ahring, B. 2015. Biochar of corn stover: microwave-assisted pyrolysisconditioninduced changes in surface functional groups and characteristics. J. Anal. Appl.Pyrolysis 115, 149e156.

Zorzete P, Reis TA, Felicio J.D, Baquiao A.C, Makimoto P, Correa B. 2011. Fungi, mycotoxinsand phytoalexin in peanut varieties, during plant growth in the field. Food Chem. 129(3):957–964.

Abstract:

In order to investigate the effect of boron nanoparticle foliar application, biochar application of peanut shells and Azola and inoculation of mycorrhizal fungi on peanut growth and yield, a field experiment was carried out in factorial arrangement based on randomized complete block design with three replications in the year 1395 in Shalaman, Guilan province. The test factors included: 1- Foliar application of nano-fertilizer boron at two levels of zero and three in a thousand. Includes three levels of inactivation, antiseptic application of peanut shell and Azolla biochar. Mycorrhizal fungi with and without inoculation of Glomus mosseae. The extracted biochars were striped in the specified plots and a thin layer of soil was poured onto it. The mycorrhizal fungus was placed at the site of sowing and under the seeds in the designated plots. The cultivator used was North Carolina (NC2) or a flower of common cultivars. Foliar application of boron nanodar spray was carried out in one stage (before flowering). The results of the experiment showed that the interaction of soluble boron nanocomponent, unsustainable application and inoculation of mycorrhizal fungus on quantitative traits such as pod yield, dry pod yield, grain yield, seed number per plant, number of pods per plant, Qualitative traits such as nitrogen and phosphorus content and grain protein percentage were significant. According to the comparison of mean values, the yield of dry pod (13230 kg ha-1), grain yield (8953 kg ha-1)), Number of seeds per plant (160/360) in treatment of boron nano-fertilization, lack of biocavity application and inoculation of mycorrhizal fungus Rosa was in the first place. Foliar spraying of nitrogen fertilizer, Azolla irradiation and inoculation of mycorrhiza showed the highest nitrogen (3.98%) and grain protein (33.87%), which was associated with an increase of 36.2%. Therefore, according to the results of this experiment it can be argued that proper and balanced nutrition management of peanut is effective in producing better and economic performance. Foliar fertilizer application can help to increase the quantitative and qualitative yield of peanut but its use and inoculation of mycorrhiza fungi by maintaining and improving the physical and chemical properties of the soil and maintaining existing resources can increase the quantity and quality of peanut butter.

Keywords: Peanut, Boron, Biochar, Protein, Function, Mycorrhiza.

Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

M.Sc. Thesis in Agronomy

Study effect of nano boron fertilizers, Biochar and mycorrhiza on growth and yield of peanut

By: behrooz Ghorbani Ghazimahalleh

Supervisor:

Dr. Mohammadreza Amerian

Advisor:

Dr. Ehsan Kahneh

Eng. Mehdi Rahimi

July 2018