Archive of SID

نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار/ جلد ۳۰ شماره ۱ / بهار ۱۳۹۹

کاربرد تلفیقی ریزو باکتری های محرک رشد و قارچ میکوریزا بر عملکرد دانه، جذب عناصر غذایی پرمصرف و برخی از شاخص‌های بیولوژی خاک در کشت مخلوط بزرک (*Linum usitatissimum* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.)

خدیجه علیزاده[۱]، اسماعیل رضائی چیانه[۲*]، رضا امیرنیا[۲]، محسن برین[۳]

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/٦ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۷

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه ارومیه
۲- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
۳-استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
*مسئول مکاتبه: Email: e.rezaeichiyaneh@urmia.ac.ir

چکیده

به‌منظور بررسی عملکرد دانه، جذب عناصر غذایی پرمصرف و برخی از شاخص‌های بیولوژی خاک در کشت مخلوط بزرک و باقلا تحت تاثیر کودهای زیستی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه در سال زراعی ۱۳۹٦ انجام شد. عامل اول شامل الگوی کشت در پنج سطح شامل کشت خالص بزرک، کشت خالص باقلا، کشت مخلوط یک ردیف بزرک + یک ردیف باقلا، دو ردیف بزرک + دو ردیف باقلا و سه ردیف بزرک + سه ردیف باقلا و عامل دوم مصرف کودهای زیستی شامل ترکیب قارچ میکوریزا (حاوی سه نوع قارچ از جنس *Glomus mossea+ Glomus intraradices+ Glomus etunicatum*) + باکتری‌های تامین کننده نیتروژن (ازتو بارور۱، حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن از گونه *Azotobacter vinelandii*)، فسفر (فسفات بارور-۲، حاوی دو نوع باکتری حل‌کننده فسفات از گونه‌های*agglomerans Pantoea* و *Pseudomonas putida*)، پتاسیم (پتابارور-۲، حاوی باکتری‌های آزاد کننده پتاسیم ازگونه‌های *Pseudomonas vancouverensis* و *Pseudomonas koreensis*) و گوگرد (سولفوبارور-۱، حاوی باکتری تیوباسیلوس *Thiobacillus*) و عدم مصرف کود بود. نتایج نشان داد که الگوی کشت بر عملکرد دانه، جذب عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم اثر معنی‌دار داشت. بیشترین عملکرد دانه باقلا (٤۲۸۰ $kg.ha^{-1}$) و بزرک (۲۲۳۰$kg.ha^{-1}$) از کشت خالص حاصل شد اما، میزان جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در کشت مخلوط در مقایسه کشت خالص هر دو گونه بالاتر بود و میزان جذب این عناصر در تیمار با کود زیستی نسبت به عدم مصرف کود (شاهد) افزایش معنی‌داری را نشان داد. بیشترین تنفس میکروبی خاک، زیست توده میکروبی خاک و نسبت برابری زمین در جذب عناصر غذایی از الگوی کشت مخلوط دو ردیف بزرک + دو ردیف باقلا همراه با کاربرد کودهای زیستی به دست آمد. به‌طور کلی چنین استنباط می‌شود که این الگوی کشت (۲:۲) همراه با کاربرد کود زیستی به دلیل بالا بودن نسبت برابری زمین در جذب عناصر غذایی و بهبود بیولوژیکی خاک توصیه می‌شود.

واژه های کلیدی: تلقیح میکروبی، تنفس خاک، زیست توده میکروبی خاک، قارچ میکوریزا، کلروفیل برگ

www.SID.ir

Archive of SID

Combined Application of PGPR and Mycorrhizal Fungi on Seed yield, Macronutrients Uptake and Soil Biological Index in Intercropping Linseed (*Linum usitatissimum* L.) with Faba bean (*Vicia faba* L.)

Khadijeh Alizadeh[1], Esmaeil Rezaei-chiyaneh[2*], Reza Amirnia[2], Mohsen Barin[3]

Received: January 26, 2019 Accepted: December 28, 2019

1-Graduate Student of Agronomy, Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
2- Assoc. Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
3-Assist. Prof., Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran.
*Corresponding Author Email: e.rezaeichiyaneh@urmia.ac.ir

Abstract

In order to investigate the seed yield, uptake of macronutrients and some properties of the biological soil indices in intercropping of linseed and faba bean under biofertilizers application, a field experiment was conducted as factorial based on randomized complete block design with three replications at the Research Farm of the Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran, during growing season of 2017. The first factor included five intercropping patterns consist of 1 row linseed + 1 row faba bean, 2 rows linseed + 2 rows faba bean, 3 rows linseed + 3 rows faba bean, and solecropping of each crop and the second factor was included control (no fertilizer), and biofertilizers application of mycorrhizal fungi (*Glomus mossea*+ *Glomus intraradices*+ *Glomus etunicatum*) plus nitrogen-fixing soil bacteria (*Azotobacter vinelandii*), P-solubilizing bacteria (the combination of *Pseudomonas putida* and *Pantoea agglomerans*, respectively), K-solubilizing bacteria (the combination of *Pseudomonas koreensis* and *Pseudomonas vancouverensis*, and sulfur supplier bacteria (containing *Thiobacillus*, respectively)].The results showed that the effect of cropping pattern had a significant effect on the seed yield, absorption of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium nutrients. The highest seed yield of faba bean (4280 $kg.ha^{-1}$) and linseed (2230 $kg.ha^{-1}$) were obtained from solecropping but nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium absorption in intercropping were higher than solecropping of both species. Also, the amount of absorption of these elements in the inoculation with biofertilizer showed a significant increase compared to control (no use of fertilizer).The highest soil microbial respiration, soil microbial biomass and nutrient LER were related to the two rows linseed + two rows of fababean with biofertilizer application. This cropping pattern (2:2) because of the high proportion of equality in the absorption of nutrients and improve the biological soil is recommended.

Keywords: Chlorophyll of Leaf, Microbial Inoculation, Mycorrhizal Fungi, Soil Microbial Biomass, Soil Microbial Respiration

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

بزرک (*Linum usitatissimum* L.) گیاهی یک ساله علفی، از تیره کتان (Linaceae) و به‌منظور تولید روغن کشت می‌شود. مقدار روغن موجود در دانه بزرک بین ۳۰ تا ٤۰ درصد است. از لحاظ پروتیین، فیبر، لیگنین، ویتامین‌ها و اسیدهای چرب ضروری برای انسان غنی می‌باشد. (مرادی تلاوت وسیادت ۲۰۱۲). میزان تولید بزرک در ایران حدود ۷۷ تن که در سطحی معادل ۲۱۳ هکتار به‌دست می آید. عملکرد این محصول در کشور معادل ۳٦۲ کیلوگرم بذر در هکتار است (فائو ۲۰۱٦).

بقولات گروه مهمی از گیاهان هستند و در سراسر جهان به عنوان محصولات غذایی و علوفه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. باقلا (*Vicia faba* L.) یکی از حبوبات غنی از پروتئین (۲۳/٤ درصد) در تغذیه انسان به‌کار می‌رود و علاوه بر این با دارا بودن پتانسیل تثبیت زیستی نیتروژن بالا می‌تواند نقش اساسی در افزایش حاصلخیزی خاک داشته باشد (پارسا و باقری ۲۰۰۸). میزان تولید باقلا در ایران حدود ٤٦ هزار تن است که از سطحی معادل ۳٦ هزار هکتار به‌دست می‌آید. عملکرد این محصول در کشور معادل ۱۲٦۳ کیلو گرم در هکتار است (فائو ۲۰۱٦).

کودهای شیمیایی با آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی وتخریب ساختمان خاک موجب از بین رفتن تعادل متوازن عناصر ضروری خاک و اختلال در حلالیت و جذب عناصر غذایی می‌شوند(کو و همکاران ۲۰۰٤). ترکیب نظام‌های کم‌نهاده و اکولوژیک و تلقیح توام قارچ میکوریزا آربوسکولار و باکتری‌های آزادزی و همزیست، می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی و نظام‌های پرنهاده باشد. کودهای زیستی متشکل از قارچ‌ها و باکتری‌های خاک زیست هستند که توانایی کلون نمودن ریشه گیاهان را دارند و موجب تحریک رشد گیاه از طرق مختلف می‌گردد. این باکتری‌ها از طریق تولید هورمونهای گیاهی مانند اکسین و غیره و نیز توانایی آن‌ها در تثبیت زیستی نیتروژن قادرند نیتروژن مورد نیاز گیاه میزبان را تامین نمایند و همچنین از طریق رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم و آهن از ترکیبات نامحلول آنها تولید می‌شوند (سید شریفی و نامور ۲۰۱۵).

رویکرد دیگری که در این راستا می‌تواند مفید واقع شود کاربرد کودهای زیستی در سیستم کشت مخلوط می‌باشد. کشت مخلوط به کاشت دو و یا چند گیاه زراعی به‌طور همزمان در یک مزرعه اطلاق می‌شود. در این سیستم کاشت هدف افزایش عملکرد در ابعاد زمان و مکان بوده و گیاهان با بیشترین کارایی از منابع محیطی استفاده می‌کنند (وریگنون برناس و همکاران ۲۰۱٦). در چنین سیستم‌های به علت مورفولوژی مختلف ریشه‌ها و افزایش حجم ریشه‌ها در واحد سطح خاک زمینه برای تحریک رشد جوامع میکروبی ریزسفر و جذب عناصر غذایی نیز زیاد می‌شود. کشت مخلوط همچنین باعث استفادهٔ کارآمدتر از عوامل محیطی از قبیل زمین، نور، آب و عناصر غذایی، کاهش مشکلات آفات و بیماری‌ها، افزایش ثبات نظام وتغذیه مطلوب‌تر انسان و دام و برتری اقتصادی، افزایش کمیت و کیفیت محصول و غیره می‌شود (میکیک و همکاران ۲۰۱۵؛ ویسانی ۲۰۱٦). در ارزیابی کشت مخلوط تریتیکاله با لگوم‌های یکساله مشخص شد که جذب عناصر غذایی در کشت مخلوط بهبود پیدا کرد؛ به طوری که میزان جذب نیتروژن، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در ماشک در کشت مخلوط با تریتیکاله در مقایسه با سایر لگوم‌ها بالاتر بود (صالحی و همکاران ۲۰۱۸). نوربخش و همکاران (۲۰۱٦) گزارش کردند که افزایش تنوع محصولات به صورت کشت مخلوط منجر به افزایش زیست توده میکروبی خاک نسبت به سیستم‌های تک‌کشتی می‌شود.

با توجه به اهمیت جمعیت میکروبی خاک و نقش آن ها در چرخه عناصر غذایی و همچنین نقش قارچ‌های میکوریزا و باکتری‌ها در بهبود فعالیت بیولوژی خاک در کشت مخلوط، هدف از اجرای این آزمایش، ارزیابی تلفیقی کودهای زیستی (دارای باکتری‌های تامین کننده نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد + قارچ میکوریزا) بر

www.SID.ir

Archive of SID

جذب و مصرف عناصر غذایی و برخی خصوصیات بیولوژی خاک در کشت مخلوط بزرک و باقلا در شرایط آب و هوایی ارومیه در راستای اهداف کشاورزی پایدار بود.

مواد و روش ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه با طول جغرافیایی ٤٥ درجه و ۲ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی، ارتفاع ۱۳۳۲ از سطح دریا، و با میانگین دما و بارندگی سالیانه درطی یک دوره ده ساله به ترتیب برابر ۸/۹ درجه سانتی گراد و ۲۳۸/۲ میلی متر اجرا شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

پتاسیم قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	درصد موادآلی	نیتروژن کل (٪)	هدایت الکتریکی $EC \times 10^3$ ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	بافت خاک
۲٦۰/۲۰	۱۲/٥	۱/۲٥	۱/۱۰	۰/۹۸	۷/۷۹	رس سیلتی

تیمارهای آزمایش شامل پنج الگوی کاشت شامل کشت مخلوط با نسبت یک ردیف باقلا+ یک ردیف بزرک، دو ردیف باقلا+ دو ردیف بزرک، سه ردیف باقلا+ سه ردیف بزرک و کشت خالص دو گونه و دو سطح کود: مصرف کود زیستی (دارای باکتری‌های تامین کننده نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد + قارچ میکوریزا)، و عدم مصرف کود بودند. بذر مورد استفاده باقلا رقم برکت بود که از سازمان تحقیقات و کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و بذر بزرک از توده بومی شاهین دژ بود که از سازمان تحقیقات و کشاورزی و منابع طبیعی ارومیه، مورد استفاد قرار گرفت.

فاصله بین ردیف‌های هر دو گونه ٤٠ سانتی‌متر و روی ردیف‌ها برای باقلا ۱۲/٥ سانتی‌متر و بزرک سه سانتی متر به طول ۳ متر برای دو گونه در نظر گرفته شد. در نتیجه تراکم نهایی در کشت خالص برای باقلا ۲۰ بوته و بزرک ۸۳ بوته در متر مربع بود. کاشت باقلا و بزرک به‌طور همزمان در اواخر فروردین ماه انجام گرفت. بذر هر دو گیاه یک ساعت قبل از کشت با کود زیستی ازتو بارور۱ (حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن از گونه *Azotobacter vinelandii* با تعداد 10^9 باکتری زنده و فعال در هر گرم کود بیولوژیک)، فسفاته بارور-۲ (حاوی دو نوع باکتری حل‌کننده فسفات از گونه‌های *Pantoea agglomerans* و *Pseudomonas putida* با تعداد 10^9 باکتری زنده و فعال در هر گرم کود بیولوژیک)، و پتا بارو -۲ (حاوی باکتری‌های آزاد کننده پتاسیم از گونه‌های *Pseudomonas vancouverensis*و *Pseudomonas koreensis* با تعداد 10^8 باکتری زنده و فعال در هر گرم کود بیولوژیک) هر سه به صورت پودر با نسبت‌های مشخص (۱۰۰ گرم در هکتار) بر اساس دستور العمل توصیه شده شرکت زیست فناور سبز تلقیح شدند. همچنین، در تیمار کود زیستی از سولفوبارور-۱ (حاوی باکتری تیوباسیلوس با تعداد 10^8 باکتری زنده و فعال در هر گرم کود بیولوژیک) که به صورت پودر می‌باشد، به میزان ۷ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. برای اطمینان از اثر بخشی آن سه هفته قبل از کاشت به تیمارهای حاوی سولفوبارور-۱ به طور متوسط ٥٠ کیلوگرم در هکتار گوگرد جهت فعالیت باکترهای موجود در این کودها اضافه و با خاک مخلوط گردید. همچنین مصرف قارچ‌های میکوریزا با نام تجاری مایکورت حاوی

www.SID.ir

Archive of SID

سه نوع قارچ از جنس *Glomus mossea+ Glomus intraradices+ Glomusetuni catum* به‌صورت بذرمال اعمال شد.

عملیات وجین علف‌های هرز به‌طور مرتب به صورت دستی و در هنگام لزوم انجام شد. بلافاصله بعد از کاشت آبیاری صورت گرفت و در نوبت‌های بعدی آبیاری بر حسب شرایط اقلیمی و نیاز گیاه به طور متوسط هر ۱۰-۷ روز یکبار انجام گرفت. به‌منظور بررسی آزمایش در شرایط کم‌نهاده و بیشتر نمود پیدا-کردن تاثیر کودهای زیستی در زمان آماده‌سازی زمین و در طول دوره رشد از هیچگونه کود شیمیایی استفاده نشد.

در مرحله ۵۰ درصد گلدهی هرگونه، برای تعیین مقادیر کلروفیل‌های a و b، مقدار ۰/۲ گرم از بافت تازه برگی با پنج میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به تدریج در هاون سائیده شد تا کلروفیل وارد محلول استونی شد و در نهایت، حجم محلول با استون ۸۰ درصد به ۲۵ میلی‌لیتر رسانیده شد. محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در ٤۰۰۰ دور سانتریفیوژ و جذب نوری کلروفیل‌های a، bبه ترتیب در طول موج‌های ٦٤٥ و ٦٦٣ نانومتر توسط اسپکتوفتومتر مدل UV 2100 قرائت شد و با استفاده از معادلات مربوطه غلظت کلروفیل محاسبه شد (آرنون ۱۹٤۹).

$$a_{\text{کلروفیل}} = \frac{\left[۱۲/۷(D۶۶۳) - ۲/۶۹(D۶۴۵)\right] \times V}{۱۰۰۰W}$$

معادله (۱)

$$b_{\text{کلروفیل}} = \frac{\left[۲۲/۹(D۶۴۵) - ۴/۶۸(D۶۶۳)\right] \times V}{۱۰۰۰W}$$

معادله (۲)

که در این معادلات، D: جذب در طول موج خاص،V: حجم نمونه بر حسب میلی‌متر و W: وزن تر نمونه بر حسب گرم می‌باشد.

جهت محاسبه عملکرد دانه، برداشت بوته‌ها با رعایت شرایط حذف اثر حاشیه از هر طرف در کرت‌ها از مساحت ۳/٦۰ متر مربع صورت گرفت. برداشت بزرک و باقلا به‌ترتیب در ۳۰ تیر ماه و ۲۵ مرداد ماه زمانی که رنگ کپسول‌های بزرک و نیام‌های باقلا به زردی گرایش پیدا کرده بودند، صورت گرفت.

برای تعیین عناصر غذایی از بخش دانه استفاده شد. به طوری که نیتروژن به روش کجدال (مدل BUCHI-B 324، ساخت کشور سوئیس) (نلسون و سومرز ۱۹۸۰) و فسفر به روش کالیمتری اندازه‌گیری شد (تاندون و همکاران ۱۹٦۸). میزان پتاسیم با استفاده از دستگاه فلم‌فتومتر (مدل620G فاطر الکترونیک ساخت ایران) (جونز ۱۹۷۲) تعیین شد. از دستگاه جذب اتمی مدل Shimadzu AA-6300 (ساخت کشور ژاپن) برای اندازه گیری میزان منیزیم و کلسیم استفاده شد (جونز ۱۹۷۲). برای اندازه گیری تنفس میکروبی خاک از روش اندرسون و دوموسوچ استفاده گردید (آندرسن و دوموسوچ ۱۹۹۳). از روش گازدهی (تدخین) با کلروفرم نیز برای اندازه‌گیری زیست توده میکروبی خاک بهره‌گیری شد (جنکینسون و پاولسون ۱۹۷٦).

برای ارزیابی کشت مخلوط باقلا و بزرک در مقایسه با کشت خالص بر اساس شاخص نسبت برابری زمین (بر اساس جذب عناصر غذایی) از معادله ۱ استفاده گردید:

$$LER = \frac{Y_1}{F_1} + \frac{Y_2}{S_2}$$

معادله ۱

در این معادله، Y_1 وY_2: به ترتیب جذب عناصر غذایی گونه‌های اول و دوم در کشت خالص و F_1 و S_2: نیز جذب عناصر غذایی اول و دوم در کشت مخلوط است.

www.SID.ir

Archive of SID

جهت تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده از نرم افزار SAS 9.4 و مقایسه میانگین‌ها آماری توسط آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

بحث و نتایج

عملکرد دانه و صفات فیزیولوژیکی باقلا

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثر الگوی کاشت و کود زیستی بر عملکرد دانه، کلروفیل a و کلروفیل b معنی‌دار بود، اما اثر متقابل بین الگوی کاشت و نوع کود بر هیچ یک از صفات مذکور معنی‌دار نشد (جدول۲).

عملکرد دانه

بالاترین عملکرد دانه (٤٢٨٠ کیلوگرم در هکتار) از کشت خالص باقلا و کمترین عملکرد دانه (۲۵۹۰ کیلوگرم در هکتار) از کشت مخلوط ۱ ردیف بزرک و ۱ ردیف باقلا به‌دست آمد، ولی اختلاف عملکرد بین کشت مخلوط ۲ ردیف بزرک و ۲ ردیف باقلا با کشت مخلوط ۳ ردیف بزرک و ۳ ردیف باقلا معنی‌دار نبود (جدول۳). چنین به نظر می‌رسد که در کشت خالص به دلیل عدم وجود رقابت بین گونه‌ها تمامی منابع موجود در اختیار باقلا قرار گرفته است. بنابراین تحت این شرایط هر بوته از منابع در دسترس بیشترین بهره‌برداری را کرده که این موضوع می‌تواند یکی از عوامل افزایش عملکرد این گیاه در واحد سطح باشد. رضایی چیانه (۲۰۱٦) در تحقیقی که روی کشت مخلوط لوبیا چیتی و بزرک انجام داد به این نتیجه رسید که بیشترین عملکرد دانه لوبیا چیتی از کشت خالص به‌دست آمد. در کشت مخلوط بادرشبی، رازیانه با لوبیا تحت تاثیر مصرف اسید هیومیک مشخص شد که عملکرد دانه در کشت مخلوط کاهش یافت، ولی مصرف اسید هیومیک باعث افزایش ۱٦ درصدی عمکرد دانه لوبیا شد (امامی ماچیانی ۲۰۱۹).

بین تیمارهای کودی مورد استفاده از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت؛ به طوری که بیشترین میزان عملکرد دانه (٤١٢٠ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کود زیستی و کمترین عملکرد دانه (۲۸٤۰ کیلوگرم در هکتار) از تیمار عدم مصرف کود حاصل شد (جدول٤). تیمار کودی نسبت به عدم مصرف کود زیستی عملکرد دانه را به میزان ۳۱ درصد افزایش داد. در گیاهان میکوریزای به‌دلیل جذب بیشتر فسفر و عناصر کم مصرف که همگی در فرآیند تثبیت نیتروژن مولکولی و فتوسنتز تاثیرگذار می‌باشند. بنابراین بهبود رشد گیاهان بقولات پس از برقراری رابطه همزیستی میکوریزی به افزایش تثبیت نیتروژن و بهبود جذب آن از خاک خصوصاً به فرم NH_4 نسبت داده شده است که همین امر موجب ذخیره بیشتر مواد غذایی در دانه شده و در نهایت عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد (سید شریفی و نامور ۲۰۱۵). زمانی و همکاران (۲۰۱۷) در ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد دانه رازیانه با کاربرد تلفیقی باکتری‌های تأمین کننده نیتروژن، فسفر و پتاسیم با قارچ میکوریزا در یک نظام زراعی کم نهاده گزارش کرد که بیشترین عملکرد دانه در تیمار تلفیقی کود زیستی باکتریایی +قارچ میکوریزا حاصل شد که با نتیجه تحقیق حاضر مطابقت دارد.

کلروفیل a و b

نتایج نشان داد که میزان کلروفیل a و b برگ باقلا در کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین مقدار کلروفیل a و b در الگوی کشت مخلوط ۱:۱ به ترتیب به میزان ۲/۵۸ و ۱/۳٦ میلی‌گرم بر گرم و کمترین میزان کلروفیل a و b در کشت خالص به ترتیب به میزان ۰/۹۰ و ۰/۸۸ میلی‌گرم بر گرم مشاهده گردید (جدول ۳). از نظر کلروفیل a و b بین الگوی ۱:۱ با الگوی ۲:۲ اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۳). احتمالاً دلیل افزایش میزان کلروفیل در کشت مخلوط، افزایش سایه‌اندازی بوته‌ها روی یکدیگر باشد. به عبارت دیگر، گیاه زراعی در شرایط سایه‌اندازی برای به دام انداختن هر چه بیشتر نور برای تولید فتوآسمیلات میزان

www.SID.ir

Archive of SID

کلروفیل برگ خود را افزایش می‌دهد (لین و همکاران ۲۰۰۷ و سینگ و همکاران ۲۰۱۳). فلاح و همکاران (۲۰۱۵) نیز در کشت مخلوط نخود فرنگی و کلزا مشاهده نمود که کشت مخلوط سبب افزایش معنی‌دار کلروفیل b نخود فرنگی نسبت به کشت خالص شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کود زیستی و کشت مخلوط بر صفات مورد بررسی باقلا

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	کلروفیل a	کلروفیل b	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم
تکرار	۲	٤٧٣٨٥٩/٢٩ n.s	٠/٠١٦ n.s	٠/٠١٤ n.s	٠/١٣٥ ns	٠/٠٠١ n.s	٠/٠٠٨ n.s	٠/٠١٠ n.s	٠/٠١٣ n.s
الگوی کشت	۳	٢٩٤٧١٠٢/٢٧ **	٠/٥٦٦ **	٠/٢٧٧ **	٠/٥٣٢ *	٠/٠١١ **	٠/١٥٢ *	٠/٠٤٨ **	٠/١٧٣ **
کود	۱	٩٩٣٨٢١٤/٠١ **	١/٢٨٨ **	٠/١٦٧ **	٠/٩٣٦ **	٠/٠١٨ **	٠/٧٦٣ **	٠/١٩٤ **	٠/٣٦٨ **
الگوی کشت × کود	۲	٣٢٢٣/٤٤ n.s	٠/٠٥٦ n.s	٠/٠٠٤ n.s	٠/٠١٥ n.s	٠/٠٠٠ n.s	٠/٠٣٥ n.s	٠/٠١٥ n.s	٠/٠١٣ n.s
خطا	۱۵	١٧٧٠٥١/٧٢	٠/٠٢٩	٠/٠٠٥	٠/٠٢٠	٠/٠٠١	٠/٠٣٩	٠/٠٠٧	٠/٠١٠
ضریب تغییرات (٪)	-	١٢/٠١	٧/٥٣	٦/٠٤	٤/٣٦	١٠/٩٨	١٤/٥٣	٩/٠٦	٩/٧٠

- *، ** وns: بترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار می باشد.

جدول۳- مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی باقلا در الگوهای مختلف کشت مخلوط با بزرک

الگوی کشت	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	کلروفیلa ($mg.g^{-1}$)	کلروفیلb ($mg.g^{-1}$)	نیتروژن (٪)	فسفر (٪)	پتاسیم (٪)	کلسیم (٪)	منیزیم (٪)
کشت خالص	٤٢٨٠ a	١/٩٠ c	٠/٨٨٢ c	٢/٨٧ c	٠/٢٢ b	١/٣٠ b	/٧١c	/٨٠ b
کشت مخلوط ۱:۱	٢٥٩٠ c	٢/٥٨ a	١/٣٦٣ a	٣/٥٤a	٠/٣٠ a	١/٦٣ a	١/٢٤ a	/٩٩ a
کشت مخلوط ۲:۲	٣٦٥٠ b	٢/٤٤ a	١/٣٠٥ a	٣/٤١a	٠/٣٢ a	١/٦٥ a	/٨٣ b	/٩١ a
کشت مخلوط ۳:۳	٣٤١٠b	٢/١٢ b	١/٥٧ b	٣/١٥ b	٠/٣١ a	١/٥٦ a	١ b	/٩٨ a

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

جدول۴- مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی باقلا در تیمارهای کودی و عدم مصرف کود

تیمار کودی	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	کلروفیلa ($mg.g^{-1}$)	کلروفیلb ($mg.g^{-1}$)	نیتروژن (٪)	فسفر (٪)	پتاسیم (٪)	منیزیم (٪)	کلسیم (٪)
عدم مصرف کود	٢٨٤٠ b	٢/٠٣ b	١/٩ b	٣/٠٤ b	/٢٦١b	١/١٦b	/٨٣b	/٩١b
کود زیستی	٤١٢٠ a	٢/٥٤ a	١/٢٦a	٣/٤٤ a	/٣١٥ a	١/٥١a	١/١٠ a	١/١٦a

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

www.SID.ir

Archive of SID

قمری و همکاران (۲۰۱۷) طی تحقیقی که روی بالنگو (*Lallemantia iberica* L.) و خرفه (*Portulaca oleracea* L.) انجام دادند به این نتیجه رسیدند که بیشترین میزان کلروفیل در کشت مخلوط و کمترین میزان آن در کشت خالص بدست آمد که با نتیجه تحقیق حاضر مطابقت دارد. بر طبق نتایج به دست آمده، بیشترین غلظت کلروفیل a و b به ترتیب به میزان ۲/٥٤ و ۱/۲٦ میلی‌گرم بر گرم مربوط به کاربرد کود زیستی و کمترین مقادیر آن نیز به ترتیب ۲/۰۳ و ۱/۹ میلی‌گرم بر گرم مربوط به تیمار عدم استفاده از تیمار کودی بود (جدول ٤). مطالعات انجام شده بر روی خیار، پنبه و یونجه نشان داد که عرضه کافی عناصر غذایی غلظت کلروفیل را افزایش می‌دهد (ژائو و همکاران ۲۰۰۱). با توجه به اینکه در تحقیق حاضر از تلفیق باکتری و قارچ میکوریزا استفاده شده بود، دسترسی بهتر و بیشتر گیاهان به عناصر غذایی ازجمله پتاسیم و نیتروژن، سبب بهبود رشد، افزایش فتوسنتز و تولیدات مواد فتوسنتزی گشته و می‌تواند از این طریق موجب افزایش کلروفیل نیز گردد. بخشنده و همکاران (۲۰۱٤) گزارش کردند که بیشترین میزان کلروفیل a و b در گیاه ریحان تحت تاثیر تیمار تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن + کود زیستی ازتوباکتر و سودوموناس به دست آمد.

غلظت عناصر غذایی باقلا

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثر الگوی کاشت و کود زیستی بر عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم دانه باقلا معنی‌دار بود، اما اثر متقابل بین الگوی کاشت و کود بر هیچ یک از صفات مذکور معنی‌دار نشد (جدول۲).

نیتروژن

بیشترین غلظت نیتروژن در الگوی کشت مخلوط ۱:۱ به میزان ۳/٥٤ درصد و کمترین میزان آن در کشت خالص به میزان ۲/۸۷ درصد بود (جدول ۳). تفاوت در عمق توسعه ریشه، میزان توسعه جانبی و تراکم ریشه عواملی هستند که میزان رقابت اجزای کشت مخلوط برای جذب عناصر غذایی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (میکیک و همکاران ۲۰۱٥). صالحی و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که عملکرد و جذب نیتروژن در کشت‌های مخلوط تریتیکاله با ماشک به دلیل استفاده بهینه ازمنابع بیش‌تر از کشت خالص آن‌ها بود. در تحقیق حاضر، بالاتر بودن جذب نیتروژن در کشت مخلوط را احتمالاً چنین می‌توان توجیه کرد که بزرک از نیتروژن معدنی خاک استفاده کرده و باقلا بیشتر نیتروژن خود را از طریق تثبیت بیولوژیکی حاصل کرده است و بنابراین، راندمان جذب عنصر نیتروژن افزایش یافته است. بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها، بیشترین غلظت نیتروژن (۳/٤٤ درصد) در تلقیح با کود زیستی و کمترین غلظت آن در تیمار بدون کودی (۳/۰٤ درصد) مشاهده شد (جدول ٤). از مهمترین مزایای کودهای زیستی، کمک به دسترسی آسان ریشه گیاهان به عناصر غذایی و افزایش حلالیت، بهبود کیفیت و حفظ سلامت خاک می‌باشد (صالح راستین ۲۰۰۱). بیروا و همکاران (۲۰۱۲) با مطالعه روی گیاه شنبلیله نشان دادند که تلقیح باکتری‌های ریزوبیوم و حل‌کننده فسفر منجر به افزایش نیتروژن و فسفر قابل دسترس شده است.

فسفر

بیشترین (۰/۳۲ درصد) و کمترین (۰/۲۲ درصد) میزان فسفر در الگوی کشت ۲:۲ و در کشت خالص به‌دست آمد. بین الگوهای مختلف کشت مخلوط از نظر میزان غلظت فسفر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). حد بحرانی فسفر (با روش اولسن) برای گیاهان مورد نظر و گیاهان هم‌خانوادهای آنها حدود ۱۰ الی ۱۳ می‌باشد که نسبت به رقم گیاه، موقعیت جغرافیایی محل، نحوه مدیریت، مقدار رس، نحوه نمونه-

www.SID.ir

Archive of SID

برداری و عملکرد متفاوت می‌باشد (بلای لاک ۱۹۹۵ و خودشناس و همکاران ۲۰۱۹). با توجه به نتایج آزمون خاک، خاک زیر کشت گیاهان مورد نظر در محدوده حد بحرانی و حتی پایین‌تر بوده که به همین دلیل به افزایش فسفر به هر طریق (کود زیستی و یا ریشه گیاهان) سبب پاسخ مثبت گیاهان شده است. افزایش فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز در ریشه و خاک سبب افزایش جذب فسفر در کشت مخلوط می‌شود (سید شریفی و نامور ۲۰۱۵). پاک‌گوهر و قنبری (۲۰۱۳) گزارش کردند در کشت مخلوط خلر(*Lathyrus sativa* L.) و ارزن (*Panicum miliaceum* L.) نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند. بیشترین غلظت فسفر (۰/۳۱۵درصد) در تلقیح با کود زیستی و کمترین غلظت آن در تیمار بدون کودی (۰/۲۶۱ درصد) مشاهده شد (جدول ٤). کاربرد کودهای زیستی در خاک سبب افزایش جمعیت ریزجانداران مفید شده و از این طریق نیز بر فراهمی و جذب فسفر به وسیله ریشه گیاه اثر می‌گذارد (فاجریا ۲۰۰۹). همچنین، به نظر می‌رسد که افزایش غلظت فسفر ناشی از آزادسازی فسفر بر اثر معدنی شدن فسفر آلی موجود در کودهای زیستی، تولید اسیدهای آلی مانند اسید سیتریک و افزایش فسفر قابل جذب گیاه در خاک بر اثر کاهش تثبیت فسفر می‌باشد. در کشت مخلوط آفتابگردان و گونه‌ای از سیر عنوان شده است که همزیستی میکوریزایی، سبب افزایش جذب عناصر غذایی کم‌تحرک همچون فسفر شده و آنها را به‌صورت قابل جذب برای گیاه درمی‌آورد (ژانگ و همکاران ۲۰۱۹). ویسانی و همکاران (۲۰۱٦) در کشت مخلوط شوید (*Anethum graveolens* L.) و لوبیا (*Phaesolus vulgaris* L.) گزارش کردند که میزان عنصر فسفر در کشت مخلوط با کاربرد قارچ میکوریزا بیشتر از کشت خالص بود.

پتاسیم

بیشترین غلظت پتاسیم در کشت مخلوط ۲:۲ به میزان ۱/٦٥ درصد و کمترین غلظت آن از کشت خالص به میزان ۱/۳۰ درصد به‌دست آمد. بین الگوهای کشت مخلوط از نظر غلظت پتاسیم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). در کشت مخلوط ترشحات ریشه دو گیاه در محیط رایزوسفر جذب و فراهمی عناصرغذایی را افزایش می‌یابد. گزارش شده است که محیط ریزوسفر با ریشه‌های ذرت و بادام زمینی اصلاح شد و در نهایت، قابلیت دسترسی آهن، فسفر، پتاسیم، روی و منگنز بهبود یافته است (اینال و همکاران ۲۰۰۷). بیشترین غلظت پتاسیم (۱/۵۱ درصد) در تیمار تلقیحی با کود زیستی و کمترین میزان آن در تیمار عدم مصرف کودی به میزان (۱/۱٦ درصد) به‌دست آمد (جدول ٤). این افزایش را می‌توان به نقش باکترهای آزاد کننده پتاسیم و قارچ مایکوریزا نسبت داد. پارسا مطلق و همکاران (۲۰۱٦) در بررسی تأثیر قارچ میکوریزا بر عناصر غذایی لوبیا مشاهده کردند که قارچ مایکوریزا منجر به افزایش غلظت عنصر پتاسیم برگ لوبیا شد.

کلسیم

بیشترین غلظت کلسیم در کشت مخلوط ۱:۱ به میزان ۱/۲٤ درصد و کمترین آن در کشت خالص به میزان ۰/۷۱درصد مشاهده گردید. بین الگوهای کشت مخلوط ۲:۲ و ۳:۳ از نظر غلظت کلسیم اختلاف معنی-داری وجود نداشت (جدول ۳). نتایج تحقیقات نشان داده است که ظرفیت تبادل کاتیونی ریشه لگوم‌ها حدود دو برابر ریشه غلات می‌باشد. گیاهی که ظرفیت تبادل کاتیونی آن بیشتر باشد، قادر است عناصر دو ظرفیتی را به مقدار بیشتری جذب کند به همین دلیل، قدرت رقابت باقلا در جذب عناصر دو ظرفیتی کلسیم و منیزیم بالاتر است (اسکندری و قنبری ۲۰۱۱). در تیمار کودی غلظت کلسیم ۱/۱٦ درصد و در تیمار غیر کودی به میزان ۰/۹۱ درصد به‌دست آمد. (جدول ٤). با افزایش

www.SID.ir

Archive of SID

ریزجانداران (باکتری سودوموناس)، رشد بهتر گیاه و جذب بهتر عناصرغذایی به‌خصوص کلسیم فراهم می-گردد (حبیبی و همکاران ۲۰۱۷). داس و همکاران (۱۹۹۱) گزارش کردند که با مصرف کود زیستی کلسیم قابل جذب گیاه در خاک افزایش یافت.

منیزیم

بیشترین غلظت منیزیم در کشت مخلوط ۱:۱ به میزان ۰/۹۹ درصد و کمترین آن در کشت خالص به میزان ۰/۸۰ درصد به‌دست آمد (جدول ۳). آینال و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که در کشت مخلوط، محیط ریزوسفر به وسیله ریشه‌های ذرت (از طریق آزادسازی فیتوسایدروفور از ریشه آن) و بادام زمینی (از طریق افزایش فعالیت آنزیم فریک ردوکتاز ریشه آن) سبب افزایش فراهمی عناصری مثل منیزیم در خاک گردید. غلظت منیزیم (۱/۱ درصد) در تیمار کاربرد کود زیستی نسبت به تیمار عدم مصرف (۰/۸۳ درصد) به میزان ۲٤/٥٤ درصد افزایش یافت (جدول ٤). افزایش جذب مواد غذایی بر اثر تلقیح با باکتری‌های محرک رشد را می‌توان به تغییرات مورفولوژیکی در ریشه گیاهان به ویژه افزایش تعداد، طول، ضخامت ریشه و ظرفیت تبادل کاتیونی بالای ریشه گیاهان تلقیح شده نسبت داد (ماهانتا و همکاران ۲۰۱٤). قارچ‌های میکوریزا با نفوذ در منافذ ریز خاک که مقدار آب قابل جذب بالاتری نیز دارند موجب افزایش جذب عناصر غذایی می‌شود (سید شریفی و نامور ۲۰۱۵).

صفات زراعی و فیزیولوژیکی بزرک

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثرالگوی کاشت و کود زیستی بر عملکرد دانه، کلروفیل a و کلروفیل b بزرک معنی‌دار بود، اما اثر متقابل بین الگوی کاشت و نوع کود بر صفات مذکور معنی‌دار نشد (جدول ٥).

عملکرد دانه

الگوهای مختلف کاشت اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه بزرک داشتند. بیشترین عملکرد دانه از کشت خالص (۲۲۳۰ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقادیر عملکرد دانه از الگوی کشت مخلوط ۳ ردیف بزرک و ۳ ردیف بزرک (۱۰٤۰ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد (جدول ٦). هر چند اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد دانه بین کشت مخلوط ۲ ردیف بزرک و ۲ ردیف باقلا و کشت مخلوط ۱ ردیف بزرک و ۱ ردیف باقلا وجود نداشت. بررسی-های مختلف نشان داده است که در صورت انتخاب آرایش کاشت و تراکم مناسب در کشت مخلوط جذب آب، مواد غذایی و نور به‌دلیل تفاوت در توانایی رقابت بین گیاهان مختلف افزایش می‌یابد که در این حالت تخصیص منابع و توزیع آنها بین گونه‌ها با کارآیی بیشتری صورت گرفته و این امر به بهبود رشد و فتوسنتز و به‌تبع آن افزایش عملکرد اقتصادی منجر می-شود (فرانکو و همکاران ۲۰۱۵). محققان دیگری در کشت مخلوط نخود و بزرک گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه هر دو گونه از تیمار کشت خالص به دست آمد اما مصرف منابع کودی (کود شیمیایی، کود زیستی و ورمی کمپوست) باعث بهبود عملکرد دانه هر دو گونه گردید (اسدی و همکاران ۲۰۱۹). رضائی چیانه و همکاران (۲۰۲۰) در کشت مخلوط رازیانه و لوبیا نیز افزایش عملکرد دو گونه را تحت تاثیر کاربرد کودهای زیستی گزارش کردند که با نتیجه تحقیق حاضر مطابقت دارد.

نتایج تیمار کودی نشان داد که کمترین مقدار عملکرد دانه (۱۱۳۰ کیلوگرم در هکتار) در شرایط عدم کاربرد کود زیستی و بیشترین میزان عملکرد دانه (۱۸٤۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کود زیستی حاصل شد (جدول ۷). به‌طوری که تیمار کودی در مقایسه با شاهد عملکرد دانه را ۳۸/۵۸ درصد افزایش داد. محققان بر این باورند که میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات به همراه سایر ریزو باکترهای محرک رشد، از طریق

www.SID.ir

Archive of SID

تولید هورمون‌های گیاهی همانند ایندول استیک اسید سبب افزایش رشد گیاه می‌شوند. همچنین، تلقیح با میکوریزا علاوه براینکه باعث افزایش مقادیر سیتوکنین و کلروفیل در گیاهان می‌شود، گیاه میزبان عناصر غذایی و آب بیشتری نیز از خاک جذب می‌نمایند و در نهایت رشد گیاه افزایش و به دنبال آن عملکرد گیاهان بهبود می‌یابد (سید شریفی و نامور ۲۰۱۵). محققان دیگری اظهار داشتند که در صورت استفاده کمتر از کودهای شیمیایی، احتمالاً زمینه برای افزایش فعالیت میکروارگانیسمهای مورد نظر فراهم شده و این امر منجر به بهبود سیستم ریشه‌ای و متعاقباً جذب بهتر عناصر غذایی مورد نیاز برای گیاه به‌دنبال داشته و در نهایت، منجر به افزایش عملکرد گیاهان نیز می‌گردد (رضائی چیانه و همکاران ۲۰۲۰).

جدول۵- تجزیه واریانس اثر کود زیستی و کشت مخلوط بر صفات فیزیولوژیکی بزرک

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	کلروفیل a	کلروفیل b	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم
تکرار	۲	۲۵۲/۷۰ $^{n.s}$	۰/۱۶۱ *	۰/۱۰۸ **	۰/۰۸۲ $^{n.s}$	۰/۰۰۰ $^{n.s}$	۰/۰۴۸ **	۰/۰۰۹ *	۰/۰۰۵ $^{n.s}$
الگوی کشت	۳	۱۷۶۰۱/۹۱ **	۰/۲۳۹ **	۰/۱۶۴ **	۰/۸۹۲ **	۰/۰۰۵ **	۰/۱۶۲ **	۰/۱۰۰ **	۰/۰۳۳ **
کود	۱	۳۰۲۷۱/۵۶ **	۰/۵۶۷ **	۰/۲۸۸ **	۱/۲۰۲ **	۰/۰۲۷ **	۰/۷۳۹ **	۰/۲۱۳ **	۰/۱۳۱ **
الگوی کشت × کود	۲	۹۷۴/۹۸ $^{n.s}$	۰/۰۰۷ $^{n.s}$	۰/۰۱۰ $^{n.s}$	۰/۰۲۷ $^{n.s}$	۰/۰۰۱ *	۰/۰۰۳ $^{n.s}$	۰/۰۰۴ $^{n.s}$	۰/۰۰۳ $^{n.s}$
خطا	۱۵	۳۷۹/۴۸	۰/۰۲۶	۰/۰۱۰	۰/۰۳۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۳/۱۶	۹/۷۷	۸/۸۴	۶/۵۸	۷/۶۸	۳/۳۳	۵/۵۶	۴/۶۸

- *، ** وns: بترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار می باشد.

جدول۶- مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی بزرک در الگوهای مختلف کشت مخلوط

الگوی کشت	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	کلروفیل a ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل b ($mg.g^{-1}$)	نیتروژن (٪)	پتاسیم (٪)	منیزیم (٪)	کلسیم (٪)
کشت خالص	۲۲۳۰ a	۱/۳۹ c	۰/۸۹ b	۲/۰۹ c	۱/۴۸ c	۰/۶۱ c	۰/۸۵ c
کشت مخلوط ۱:۱	۱۱۳۰ b	۱/۷۳ ab	۱/۱۷ a	۲/۸۸ a	۱/۷۰ b	۰/۸۳ b	۰/۹۷ b
کشت مخلوط ۲:۲	۱۵۴۰ b	۱/۸۶ a	۱/۲۶ a	۲/۹۳ a	۱/۸۴ a	۰/۸۹ a	۱/۰۲ a
کشت مخلوط ۳:۳	۱۰۴۰ c	۱/۶۲ b	۱/۱۹ a	۲/۶۱ b	۱/۵۴ c	۰/۸۸ ab	۰/۹۶ b

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۷- مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی بزرک در تیمارهای کودی و عدم مصرف کود

تیمار کودی	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	کلروفیل a ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل b ($mg.g^{-1}$)	نیتروژن (٪)	پتاسیم (٪)	کلسیم (٪)	منیزیم (٪)
عدم مصرف کود	۱۱۳۰ b	۱/٤۹b	۱/۰۲ b	۲/٤۱ b	۱/٤٦ b	۰/۸۸ b	۰/۷۱ b
کود زیستی	۱۸٤۰a	۱/۸۰ a	۱/۲٤ a	۲/۸٥ a	۱/۸۱ a	۱/۱۲ a	۰/۸۹ a

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

کلروفیلa و کلروفیل b

مقدار کلروفیل a گیاه بزرک به‌طور معنی‌داری نسبت به کشت خالص بالاتر بود؛ به طوری که بیشترین مقدار کلروفیل a و کلروفیل b در الگوی کشت مخلوط ۲:۲ به ترتیب به میزان ۱/۸٦ و۱/۲٦ میلی‌گرم بر گرم و کمترین میزان آن در کشت خالص به ترتیب به میزان ۱/۳۹ و ۰/۸۹ میلی‌گرم بر گرم به‌دست آمد (جدول ٦). چنین به‌نظر می‌رسد که به دلیل تثبیت نیتروژن توسط باقلا و از طرفی دیگر به دلیل استفاده بهینه بزرک از نیتروژن موجود در خاک، میزان کلروفیل برگ افزایش یافته است. کاکولوند و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که در کشت مخلوط سیاهدانه و شنبلیله میزان کلروفیل a وb در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بالاتر بود. در پژوهش نامبرده به موازات افزایش سایه‌اندازی در کانوپی مخلوط و احتمالاً تثبیت نیتروژن توسط شنبلیله و از طرفی دیگر به دلیل استفاده بهینه و بالاتر سیاهدانه از نیتروژن موجود در خاک، میزان کلروفیل برگ افزایش یافته است. بر طبق نتایج به‌دست آمده، بیشترین مقدار کلروفیل a و کلروفیل b به ترتیب به میزان ۱/۸۰ و۱/۲٤ میلی‌گرم بر گرم به تیمار کود زیستی و کمترین آن به ترتیب به میزان ۱/٤۹ و ۱/۰۲ میلی‌گرم بر گرم مربوط به عدم استفاده از کود زیستی (شاهد) تعلق داشت (جدول ۷). برخی از محققان بیان کرده‌اند که قارچ میکوریزا باعث افزایش سرعت فتوسنتز در واحد سطح برگ گیاه میزبان می‌شود و دلیل این امر را افزایش غلظت نیتروژن برگ و به تبع آن افزایش مقدار کلروفیل سیستم فتوسنتزی، افزایش راندمان فتوسنتزی، افزایش فعالیت آنزیم‌هایی چون نیترات ریداکتاز، نیتروژناز و گلوتامین سنتتاز در گیاهان میزبان می‌باشد (بریتو ۲۰۰۸).

غلظت عناصر غذایی بزرک

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثرالگوی کاشت و کود زیستی بر عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم بزرک معنی‌دار بود، و اثر متقابل بین الگوی کاشت و کود به جز فسفر بر سایر عناصر غذایی مورد بررسی معنی‌دار نشد (جدول ۵).

نیتروژن

بیشترین غلظت نیتروژن دانه بزرک در کشت مخلوط ۲:۲ (۲/۹۳ درصد) و کمترین غلظت آن از کشت خالص (۲/۰۹ درصد) به‌دست آمد، اما بین الگوهای کشت مخلوط ۱:۱ با ۲:۲ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول٦). کارایی تثبیت نیتروژن در کشت مخلوط لگوم با گیاهان غیرلگوم نسبت به تک‌کشتی آن‌ها بیش‌تر است چرا که تثبیت نیتروژن جوی به وسیله لگوم‌ها و استفاده غیر لگوم از نیتروژن معدنی خاک منجر به کاهش رقابت برای نیتروژن غیر آلی می‌شود. از طرفی دیگر در بیشتر مواقع لگوم‌ها قادرند مقدار نیتروژن مازاد خود را به غیر لگوم منتقل کنند. این عوامل باعث افزایش جذب نیتروژن در کشت مخلوط

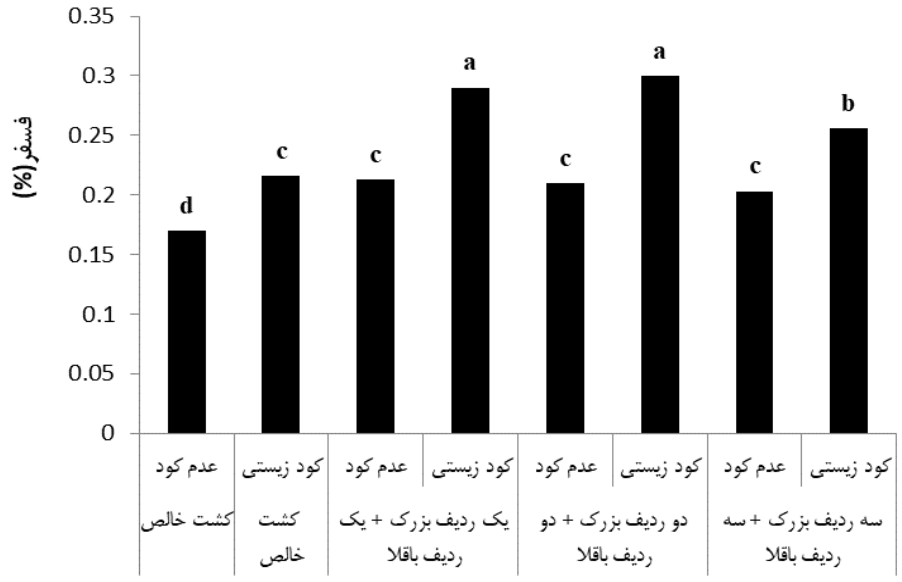
www.SID.ir

Archive of SID

توسط غیر لگوم می‌شود (میکیک و همکاران ۲۰۱۵). بیشترین غلظت نیتروژن (۲/۸۵ درصد) در تیمار تلقیحی با کود زیستی و کمترین میزان آن در تیمار عدم مصرف کودی (۲/٤۱ درصد) به‌دست آمد (جدول ۷). در رابطه با تأثیر معنی‌دار باکتری‌های جنس ازتوباکتر و آزوسپریلیوم و سودوموناس بر نیتروژن و فسفر جذب شده توسط گیاه می‌توان گفت که باکتری‌های ریزوسفری افزایندهٔ رشد گیاه علاوه بر تثبیت نیتروژن باعث آزادسازی هورمون‌های گیاهی از جمله جیبرلیک اسید و اکسین می‌شوند که باعث تحریک رشد گیاه، افزایش فتوسنتز و افزایش جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن و فسفر می‌شود (سید شریفی و نامور ۲۰۱۵).

فسفر

بیشترین میزان جذب فسفر (۰/۳ درصد) از تیمار کشت مخلوط دو ردیف بزرک + دو ردیف باقلا همراه با کاربرد ترکیبی (قارچ میکوریزا و باکتری) به‌دست آمد و کمترین میزان جذب فسفر (۰/۱۷۰ درصد) در تیمار کشت خالص بزرک بدون اعمال کود زیستی مشاهده شد (شکل ۱). جذب عناصر غذایی که در کشت‌های خالص در دسترس نمی‌باشد در سیستم‌های کشت مخلوط می‌تواند با اثرات مکملی اجزای کشت مخلوط در جستجوی عناصر غذایی در طول پروفیل خاک، به دلیل تفاوت در عمق توسعه ریشه و یا تفاوت در طول دوره رشد تحقق یابد. برخی پژوهشگران بر این باورند که نقش اصلی قارچ میکوریزا دسترسی بیشتر عناصری از قبیل فسفر است (ویسانی ۲۰۱٦). همچنین، کود زیستی فسفاته بارور-۲ نیز حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات (سودوموناس و باسیلوس) می‌باشند. این باکتری‌ها با مکانیسم‌هایی مثل تولید و ترشح اسیدهای آلی به ویژه اسید اگزالیک و اسید سیتریک، در حلالیت فسفات‌های معدنی و با تولید آنزیم‌های فسفاتاز در آزاد شدن فسفر از ترکیبات آلی فسفره نقش مهمی دارند (سید شریفی و نامور ۲۰۱۵).



شکل ۱- ترکیب تیماری کودی و الگوی کشت مخلوط بزرک و باقلا برای غلظت فسفر دانه بزرک

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

پتاسیم

بیشترین غلظت پتاسیم در کشت مخلوط ۱:۱ به‌میزان (۱/۸٤ درصد) و کمترین آن در کشت خالص به میزان (۱/٤۸درصد) به‌دست آمد. بین الگوهای کشت مخلوط از نظر غلظت پتاسیم اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ٦). به کارگیری تراکم‌های مطلوب دو گونه در کشت مخلوط موجب اشغال مناسب نیچ های خالی و افزایش جذب عناصرغذایی در واحد سطح و کاهش میزان تلفات می‌گردد که این امر می‌تواند در بهبود میزان کارایی استفاده از عناصر غذایی مؤثر باشد (رضوانی مقدم و سیدی ۲۰۱٤). محققان اظهار داشتند که کشت مخلوط شنبلیله و سیاهدانه سبب افزایش غلظت پتاسیم و فسفر در گیاه سیاهدانه شد (روستایی و فلاح ۲۰۱٦). بیشترین غلظت پتاسیم (۱/۸۱ درصد) در تیمار تلقیحی با کود زیستی و کمترین میزان آن در تیمار عدم مصرف کودی (۱/٤٦ درصد) به‌دست آمد (جدول ۷). ماهانتا و رایی (۲۰۰۸) گزارش دادند که کودهای زیستی، به ویژه باکتری‌های حل‌کننده فسفات از طریق تولید انواع اسیدهای آلی از قبیل اسیدهای کتوبوتاریک-α، سیتریک، گلوتامیک، لاکتیک، اگزالیک گلیواگزالیک، مالیک، فوماریک، تارتاریک pH خاک را کاهش می‌دهند. اسیدی شدن خاک توسط اسیدهای آلی و افزایش مادهٔ آلی خاک ممکن است علت اصلی دسترسی بیشتر عناصری از قبیل فسفر و پتاسیم تثبیت شده باشد. محمودزاده و همکاران (۲۰۱٤) مشاهده کردند که کاربرد قارچ‌های میکوریزا از جنس گلوموس موجب افزایش غلظت عناصر فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) شد.

منیزیم

بیشترین غلظت منیزیم در کشت مخلوط ۲:۲ به میزان ۰/۸۹ درصد و کمترین آن در کشت خالص به میزان ۰/٦۱درصد به‌دست آمد. بین الگوهای کشت مخلوط ۲:۲ با ۳:۳ اختلاف معنی‌داری از نظر غلظت منیزیم وجود نداشت (جدول ٦). جذب و استفاده از عناصر غذایی توسط گیاهان زراعی باید تا حد امکان با کارآیی بالا صورت بگیرد. این امر در سیستم‌های کشت مخلوط می‌تواند با اثرات مکملی و تسهیل کنندگی دو گونه تحقق یابد. اسکندری و قنبری (۲۰۱۱) در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی نشان دادند که جذب عناصر غذایی کلسیم، منیزیم، ، پتاسیم و فسفر در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص افزایش یافت.

بیشترین غلظت منیزیم (۰/۸۹ درصد) در تیمار تلقیحی با کود زیستی و کمترین میزان آن در تیمار عدم مصرف کودی (۰/۷۱ درصد) به‌دست آمد (جدول ۷). این میکروارگانیسم‌ها در اطراف ریشه مستقر شده و با افزایش حاصل‌خیزی خاک، افزایش جذب عناصرمیکرو و ماکرو توسط گیاه را بهبود می‌بخشند (سینگ و همکاران ۲۰۱۱).

کلسیم

بیشترین غلظت کلسیم در کشت مخلوط ۱:۱ به میزان ۱/۰۲ درصد و کمترین آن در کشت خالص به میزان ۰/۸۵درصد به‌دست آمد (جدول ٦). اشغال نیچ-های موجود به‌صورت مطلوب، توزیع بهتر ریشه گیاهان در پروفیل خاک، افزایش توان جذب عناصرغذایی توسط گیاه، افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی و کاهش میزان تلفات عناصر غذایی موجب بهبود کارایی جذب عناصر غذایی در کشت مخلوط می‌گردد (کوچکی و همکاران ۲۰۱۷). بیشترین غلظت کلسیم (۱/۱۲ درصد) در تیمار تلقیحی با کود زیستی و کمترین میزان آن در تیمار عدم مصرف کودی (۰/۸۸ درصد) به‌دست آمد (جدول ۷). قارچ‌های میکوریز در واقع حکم تارهای کشنده برای گیاه را دارند و با افزایش سطح تماس ریشه با خاک جذب آب و مواد غذایی را افزایش می‌دهند. به علاوه باکتری‌های محرک رشد با ترشح اسیدهای آلی و تولید دی‌اکسیدکربن باعث اسیدی شدن منطقه ریشه شده که جذب عناصر غذایی را افزایش می‌دهند (گوپتا ۲۰۰۲).

www.SID.ir

Archive of SID

اورهان و همکاران (۲۰۰٦) افزایش قابلیت دسترسی به عناصری همچون آهن، مس، منگنز، کلسیم، روی، منیزیم و پتاسیم را به کاهش pH از ۷/٦ به ٦ بر اثر باکتری‌های مختلف محرک رشد گزارش کرده‌اند.

تنفس میکروبی خاک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر الگوی کشت، اثر کود زیستی و اثر متقابل بین آنها بر تنفس میکروبی خاک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۸).

جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر الگوهای مختلف کشت و منابع کودی بر تنفس میکروبی و زیست توده میکروبی خاک

منابع تغییر	درجه آزادی	تنفس میکروبی	زیست توده میکروبی
تکرار	۲	۱/۱٦۸$^{n.s}$	۲۷٥٦/٦۳**
الگوی کشت مخلوط	٤	٥۷/۷۹**	۳۹٤۹۸/٥٥ **
کود	۱	۱۰۷/٥٤**	۲۷٥٤۲/۷۰ **
الگوی کشت مخلوط × کود	٤	٥/٦٤**	۷۰۹/٦۱ **
خطا	۱۸	۱/۱٦۱	۱٦۹/۱٥
ضریب تغییرات (٪)	-	۲/٥۱	۲/۰۲

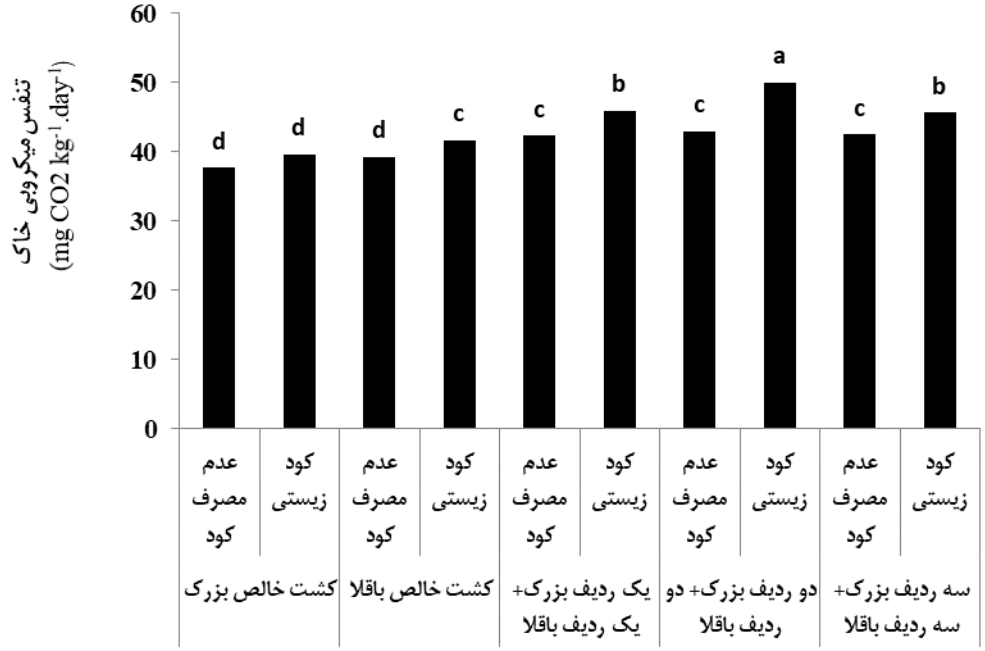
**و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد.

بیشترین میزان تنفس میکروبی خاک (٥۰ میلی‌گرم دی اکسید کربن در کیلو گرم خاک در روز) از کشت مخلوط دو ردیف باقلا+ دو ردیف بزرک همراه با کاربرد ترکیبی کود زیستی به دست آمد و کمترین میزان تنفس میکروبی (۳۷/٦۷ میلی‌گرم دی اکسید کربن در کیلو گرم خاک در روز)، در کشت خالص بزرک بدون مصرف کود زیستی مشاهده شد (شکل ۲).

نتایج این تحقیق بیانگر این بود که کشت مخلوط باقلا و بزرک همراه با کاربرد کودهای زیستی، نقش به سزایی در افزایش تنفس میکروبی خاک داشت. فرآیند تنفس میکروبی یا معدنی شدن کربن آلی خاک، نه تنها نشان‌دهنده فعالیت جمعیت میکروبی خاک است، بلکه بیانگر روند تعادل و چگونگی تجزیه ماده آلی و چرخه برخی عناصر غذایی خاک نیز می‌باشد. زیاد بودن این شاخص بیانگر وضعیت مطلوب جمعیت میکروبی در خاک می‌باشد. محققان دیگری در بررسی اثر الگوی کشت و کود آلی در کشت مخلوط یولاف و نخود فرنگی گزارش کردند که با افزایش تنوع گیاهان زراعی در کشت مخلوط، تنفس خاک به دلیل استقرار بیشتر گیاهان و تجمع مواد آلی در خاک، افزایش یافت (جانورا و همکاران ۲۰۱٤). در کشت مخلوط ذرت و لوبیا مشخص شد که تنفس میکروبی خاک در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص در شرایط کاهش مصرف کودهای شیمیایی افزایش داشت که دلیل آن را به خاطر بالا بودن افزایش و فعالیت جمعیت میکروبی خاک در سیستم کشت مخلوط عنوان نمودند (لاتاتی و همکاران ۲۰۱۷). چنین به نظر می‌رسد که در تحقیق حاضر، استفاده از کشت مخلوط و کودهای زیستی، با بالا بردن جمعیت و فعالیت قارچها و باکتری‌ها در خاک، باعث افزایش کربن زیست‌توده میکروبی و تنفس شده که نشان‌دهنده کارایی بالاتر این تیمارها است که می‌تواند به دلیل اثرات متقابل مثبت بین این میکروارگانیسم‌ها نیز باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲- ترکیب تیمارهای کودی و الگوی کشت مخلوط دو گیاه بزرک و باقلا برای زیست توده میکروبی خاک

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

زیست توده میکروبی خاک

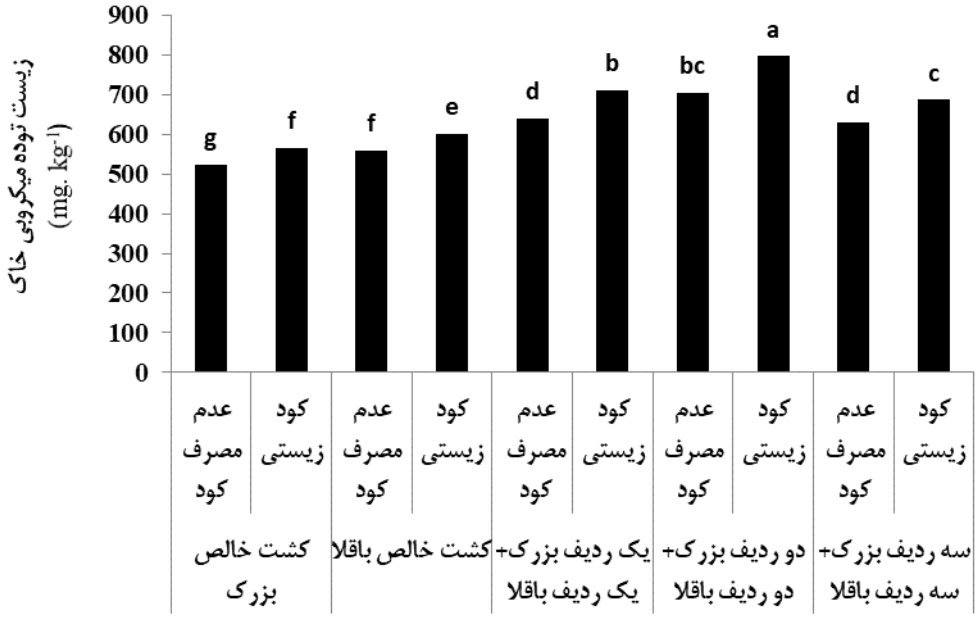
با توجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها اثر الگوهای کشت، اثر کود زیستی و اثر متقابل بین آنها در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان زیست توده میکروبی خاک معنی‌دار گردید (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار زیست توده میکروبی خاک (۷۹٦/۳۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) در کشت مخلوط دو ردیف باقلا+ دو ردیف بزرک همراه با کاربرد کود زیستی مشاهده شد و کمترین مقدار این شاخص (۵۲۳/۳۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) به کشت خالص بزرک بدون کاربرد کود زیستی مربوط بود (شکل ۳).

زیست‌توده میکروبی، بخش بسیار فعال و ناپایدار کربن آلی خاک است. کربن زیست‌توده میکروبی، یک واحد مستقیم برای بیان تعداد ریزجانداران به ویژه باکتری‌ها بوده و نمایانگر کربن تثبیت شده در سلول‌های میکروبی می‌باشد. تنفس و کربن زیست‌توده میکروبی، تحت تأثیر در دسترس بودن کربن آلی در خاک قرار دارند و هر عاملی که باعث افزایش میزان کربن آلی خاک شود، این دو فاکتور را نیز افزایش می‌دهد (سینگ و گوپتا ۲۰۱٤). همچنین این دو شاخص به شدت، تحت تأثیر جمعیت میکروبی خاک قرار دارند. چون میکروب‌ها نه تنها قادر به ذخیره مواد غذایی هستند، بلکه در چرخه تغییر و تبدیل عناصر غذایی و مواد آلی در خاک دخیل بوده و نقش مهمی در تجزیه ترکیبات پیچیده و آزاد کردن ترکیبات ساده مثل CO_2 و افزایش آنها در خاک دارند. اضافه کردن باکتری‌ها و قارچ‌ها، به دلیل افزایش تعداد و اندازه جمعیت میکروبی در خاک، با افزایش میزان تجزیه مواد آلی و افزایش میزان کربن به شکل CO_2، باعث افزایش تنفس و نیز افزایش کربن تثبیت شده در سلول‌های میکروبی می‌گردد (ژانگ و همکاران ۲۰۱۹). هر گونه تغییر در ترکیب و مقدار تراوش‌های ریشه‌ای، باعث ایجاد تغییرات در فعالیت میکروبی خاک می‌شود. روابط همزیستی ریشه

www.SID.ir

Archive of SID

با قارچ‌های میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد گیاه، میزان تراوشات ریشه را افزایش می‌دهند. گزارش شده است که افزایش مقدار فسفر در داخل بافت‌های آلوده به VAM، کمیت و کیفیت ترشحات ریشه‌ای را تغییر می‌دهد؛ که این عامل سبب ایجاد تغییرات کیفی در جمعیت میکروبی ریزوسفر می‌گردد (نجفی و مصطفایی ۲۰۱۵).



شکل ۳- ترکیب تیمارهای کودی و الگوی کشت مخلوط بزرک و باقلا برای زیست توده میکروبی خاک

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

ژانگ و همکاران (۲۰۱۳) در کشت مخلوط ذرت و برخی از لگوم‌ها دریافتند که اثر متقابل ریشه‌های دو گونه گیاهی، اکولوژی میکروبی خاک را بهبود بخشیده و جمعیت میکروارگانیسم‌های خاک را افزایش می‌دهند.

نسبت برابری زمین برای جذب عناصر غذایی

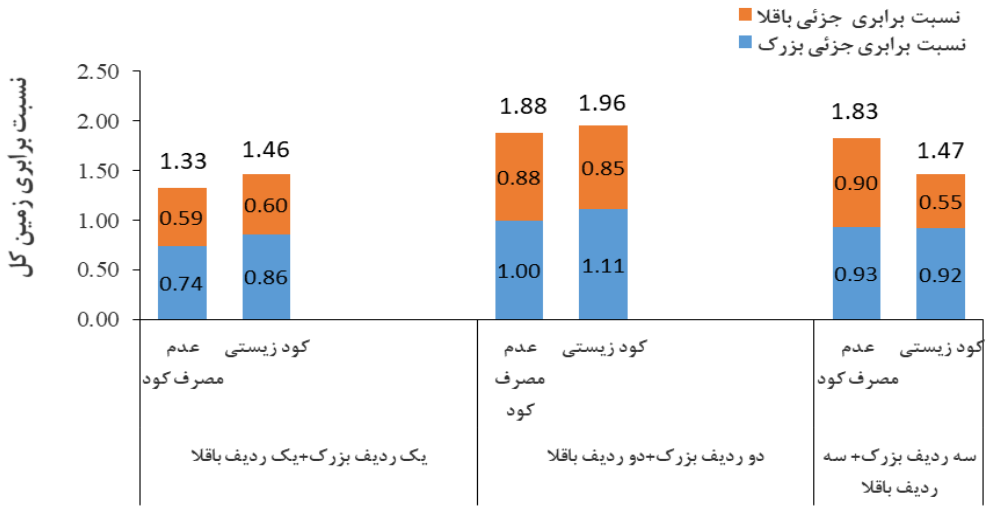
میزان مکملی اجزای کشت مخلوط در جذب و مصرف عناصر غذایی، محاسبه شده با نسبت برابری زمین نشان داد که حداکثر LER جزئی بزرک در الگوی کشت دو ردیف بزرک+ دو ردیف باقلا با مصرف کود زیستی (LERa= ۱/۱۱) و حداکثر LER جزئی باقلا در الگوی کشت سه ردیف بزرک+ سه ردیف باقلا (LERb=۰/۹۰) در شرایط عدم مصرف کود زیستی مشاهده شد (شکل ٤).

به طور کلی LER جزئی در بزرک بالاتر از باقلا بود که می‌توان چنین نتیجه گیری نمود که بزرک از کشت مخلوط با باقلا اثر مثبت بیشتری پذیرفته است و توانسته عناصری غذایی بیشتری را جذب کند. همچنین، نسبت برابری زمین کل در جذب و مصرف عناصر غذایی، در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از یک به دست آمد که نشان دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی در این الگوهای کشت می‌باشد. کشت مخلوط دو ردیف بزرک+ دو ردیف باقلا همراه با کاربرد کود زیستی بیشترین (۱/۹٦) میزان نسبت برابری زمین کل را در بین الگوهای مختلف کشت مخلوط به خود اختصاص داد که معادل ۹٦ درصد افزایش در بهره وری از عناصر غذایی نسبت به کشت خالص دو گونه بود که نشان دهندۀ مکمل بودن این دو

www.SID.ir

Archive of SID

گیاه در استفاده از عناصر غذایی است که نشان می‌دهد هریک از اجزاء در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص در استفاده از منابع موفق بوده‌اند. سرعت رشد گیاه زراعی، تراکم کاشت، تفاوت در عمق توسعه و تراکم ریشه از عواملی هستند که بر میزان رقابت بین اجزاء کشت مخلوط در مصرف عناصر غذایی تأثیر می گذارند. پاک گوهر و قنبری (۲۰۱۳) در ارزیابی میزان رقابت و مصرف عناصر غذایی در کشت مخلوط ارزن و خلر گزارش کردند که میانگین مجموع عملکرد نسبی برای جذب عناصرغذایی در کشت مخلوط برابر ۱/۶۸ بود که نشان دهندۀ برتری کشت مخلوط در استفاده از عناصر غذایی است.



اثر الگوهای های مختلف کشت مخلوط و کاربرد کود زیستی بر نسبت برابری زمین

شکل ۴ – نسبت برابری زمین کل برای جذب عناصر غذایی در کشت مخلوط بزرک و باقلا تحت تاثیر مصرف کود زیستی

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که استفاده همزمان از کشت مخلوط و کود زیستی، سبب افزایش غلظت کلروفیل برگ و جذب عناصر غذایی پر مصرف (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم) در بزرک و باقلا نسبت به تیمارهای شاهد شدند و کاربرد ترکیبی قارچ میکوریزا و کود زیستی باکتریایی نسبت به عدم مصرف، بیشترین تأثیر را در افزایش جذب عناصر غذایی و غلظت کلروفیل برگ داشت. همچنین، تیمارهای کشت مخلوط همراه با کاربرد کود زیستی، موجب افزایش تنفس میکروبی خاک و زیست توده میکروبی خاک شدند و الگوی کشت مخلوط دو ردیف بزرک + دو ردیف باقلا همراه با کاربرد کودهای زیستی، بیشترین میزان این شاخص‌ها را دارا بود. همچنین، با توجه به نتایج نسبت برابری زمین محاسبه شده برای جذب عناصر غذایی در نسبت های مختلف کاشت، این دو گیاه ۹۶ درصد کارایی بیشتری نسبت به کشت خالص داشتند. به‌طور کلی چنین استنباط می‌شود که کشت مخلوط بزرک و باقلا همراه با کاربرد کود زیستی می‌تواند، به مقدار قابل توجهی شرایط بیولوژیکی خاک و جذب عناصر غذایی را بهبود بخشد، و از این طریق با کاهش مصرف کودهای شیمیایی نقش موثری بر پایداری تولید بوم‌نظام‌های زراعی در درازمدت به همراه داشته باشد. در نهایت با توجه به

www.SID.ir

Archive of SID

یافته‌های حاصل از این پژوهش می‌توان اظهار داشت که الگوی کشت مخلوط دو ردیف بزرک + دو ردیف باقلا همراه با کاربرد کودهای زیستی نسبت به سایر تیمارهای کشت برتری داشت.

منابع مورد استفاده

Amani Machiani M, Rezaei- Chiyaneh E, Javanmard A, Maggi F, Morshedloo M R, 2019. Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed yield and quali-quantitative production of the essential oils from fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) in intercropping system under humic acid application. Journal of Cleaner Production. 235: 112-122.

Anderson TH and Domsch KH, 1993. The metabolic quotient for CO2 (qCO2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. Soil Biology and Biochemistry, 25:393-395.

Arnon DI, 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24: 1–15.

Asadi S, Rezaei-chiyaneh E and Amirnia R, 2018. Effect of planting pattern and fertilizer source on plant characteristics of linseed (*Linum usitatissimum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) in intercroppung. Iranian Journal of Crop Sciences. 21(1): 16-30. (In Persian).

Bairva M, Meena SS and Mehta RS, 2012. Effect of bio-fertilizers and plant growth regulators on growth and yield of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). International Journal of Seed Spices, 2(1): 28-33.

Bakhshande Larimi S, Shakiba MR, Dabbagh Mohamadi Nasab A and Moghaddam Vahed M, 2014. Changes in nitrogen and chlorophyll density and leaf area of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) affected by biofertilizer and nitrogen application. International Journal of Biosciences, 5: 256-265.

Blaylock AD, 1995. Nutrient management for dry bean production. University of Wyoming. Cooperative Extension Service. B-1016.

Brito I, Michael Goss J and Carvalho M, 2008. Agronomic management of indigenous mycorrhizas. Universidade de Evora, ICAM, Apartado, 94: 7002 – 554.

Das M, Singh BP and Prasad RN, 1991. Response of maize (*Zea mays* L.) to phosphorus-enriched manures grown in P-deficient Alfisols on terraced land inMeghalaya. Indian Journal of Agricultural Sciences, 61: 383-388.

Eskandari H and Ghanbari A, 2011. Evaluation of competition and corn (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vignu sinesis* L.) intercropping for nutrient consumption. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 21(2): 67- 75. (In Persian).

Fageria NK, 2009. The use of nutrients in crop plants. CRC Press, Taylor & Francis.

Fallah S, Baharlouie S and Abbasi Surki A, 2015. Evaluation of competitive and economic indices in canola and pea intercropping at different rates of nitrogen fertilizer. Journal of Agroecology, 6(3): 571-581. (In Persian).

FAOSTS, 2016. World Agriculture Datam, http://www.fao.org/

Franco JG, King SR, Masabni JG and Volder A, 2015. Plant functional diversity improves short-term yields in a low-input intercropping system. Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment 203: 1-10.

Ghamari H, Shafagh Kalvanagh J, Sabaghpoor SH and Dabagh Mohamadi Nasab A, 2017. Evaluation of yield and growth of dragon's head (*Lallemantia iberica* (M. Bieb.) isch. & C.A. Mey.) intercropped with purslane (*Portulaca oleracea* L.) under the application of nitroxin biofertilizer and urea. Sustainable Agriculture and Production Science, 27(1): 26-44. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

Gupta ML, Prasad A, Ram M and Kumar S, 2002. Effect of the vesicular-arbuscular nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource Technology, 81: 2. 77-79.

Habibi H, motesharezadeh B, Alikhani HA, 2017. Effect of biochar and biological treatments on nutrient elements content (P, K, Ca, Mg, Fe and Mn) of Amaranthus in oil polluted soil. Iranian Journal of Soil and Water Research, 48(2): 369-384. (In Persian).

Inal A, Gunes A, Zhang F and Cakmak I, 2007. Peanut/ maize intercropping induced changes in rhizosphere and nutrient concentrations in shoots. Plant Physiology and Biochemistry, 20: 1- 7.

Jannoura R, Georg goergensen R and Bruns C, 2014. Organic fertilizer effects on growth, crop yield and microbial biomass indicesin sole and intercropped peas and oats under organic farming condition. European Journal of Agronomy, 52: 259-270.

Jenkinson DS and Powelson DS, 1976. The effect of biocidal treatments of metabolism in soil-V: A method for measuring soil biomass. Soil Biology and Biochemistry, 8: 209-213.

Jones Jr, JB, 1972. Plant tissue analysis for micronutrients. Soil Science Society of America. P.319-344.

Kakulvand R, Fallah S and Abassi Sourki A, 2018. Effects of species competition on photosynthetic pigments, prolin relative water content, and essence fenugreek (*Trigonella foenum graceum*) and black cumin (*Nigella sativa* L.) under drought stress conditions in intercropping system. Journal of Plant Process and Function. Iranin Society of Plant Physiology, 6(19): 255-270. (In Persian).

Khodshenas MA, Ghadbeiklou J and Dadivar M, 2019. Determination of critical level of soil phosphorus for bean. Soil Researches (Soil and Water Science), 33: 25-36. (In Persian).

Koocheki A, Nourbakhsh F and Cheshmi M, 2017. Assessment of yield and use efficiency of nitrogen and phosphorus in row intercropping of wheat and canola. Iranian Journal of Field Crops Research, 15(3): 559-574. (In Persian).

Kuo S, Ortiz Escobar ME, Hue NV and Hummel RL, 2004. Composting and compost utilization for agronomic and container crops. in: pandalai (Ed). Recent research development and environmental biology. Research Signpost, pp. 451-513.

Latati M, Aouiche A, Tellah S, Laribi AK, Benlahrech S, Kaci G, Ouarem F and Ounane SM, 2017. Intercropping maize and common bean enhances microbial carbon and nitrogen availability in low phosphorus soil under mediterranean conditions. European Journal of Soil Biology, 80: 9-18.

Lin CW, Chen YC, Huang J and Tu T, 2007. Temporal variation of plant height, plant cover and leaf area index in intercropped area of Sichuan, China. Chinese Journal of Ecology, 26: 989- 994.

Mahanta D and Rai RK, 2008. Effects of sources of phosphorus and biofertilizers on productivity and profitability of soybean (*Glycine max*) – wheat (*Triticum aestivum*) system. Indian Journal of Agronomy, 53: 279–284.

Mahanta D, Rai RK, Mishra SD, Raja A, Purakayastha TJ and Varghese E, 2014. Influence of phosphorus and biofertilizers on soybean and wheat root growth and properties. Field Crops Research, 166:1-9.

Mahmoudzadeh M, Rasouli-Sadaghiani MH, Hassani A and Barin M, 2014.The role of mycorrhizal inoculation on growth and essential oil of peppermint (*Mentha piperita*). Journal of Horticulture Science, 29(3):342-348. (In Persian).

Mikic A, Cupina B, Rubiales D, Mihailovic V, Sarunaite L, Fustec J, Antanasovic S, Krstic D, Bedoussac L, Zoric L, Dordevic V, Peric V and Srebric M, 2015. Models, developments, and perspectives of mutual legume intercropping. Advances in Agronomy. 130: 337- 419.

Moradi Telavat MR and Ataollah Siadat S, 2012. Introduction and production of oil seed crops. Education and Agricultural Promotion Press, Pp 374. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

Najafi N and Mostafae M, 2015. Improvement of corn plant nutrition by farmyard manure application and intercropping with bean and bitter vetch in a calcareos soil. Journal of Soil Management and Sustainable Production, 5(1): 1- 22. (In Persian)

Nelson, DW, Sommers, LE, 1980. Total nitrogen analysis for soil and plant tissues. Journal of Association of Official Analytical Chemists. 63, 770–778.

Nurbakhsh F, Koocheki A and Nassiri Mahallati M, 2016. Evaluation of species diversity effect on some of agroecosystem services in the intercropping of corn, soybean and marshmallow 2- yield, land equivalent ratio, soil microbial respiration and biomass, carbon sequestration potential. Journal of Crop Production, 9(1): 49-68. (In Persian).

Orhan E, Esitken A, Ercisli S, Turan M and Sahin F, 2006. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents in organically growing raspberry. Scientia Horticulturae, 111: 38–43.

Pakgohar N and Ghanbari A, 2013. Evaluation of competition and nutrient consumption of nutrifid millet and green Pea in intercropping. Journal of Crops Improvement, 15(4), 137-150. (In Persian).

Parsa M and Bagheri A, 2008. Pulses. Mashhad Jadah Daneshghahi Press. 522p. (In Persian).

Parsa-Motlagh B, Mahmoodi S, Sayyari-Zahan M and Naghizadeh M, 2016. Effect of mycorrhizal fungi and phosphorus fertilizer on concentration of leaf nutrients and photosynthetic pigments of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under salinity stress condition. Journal of Agroecology, 3(2): 233-244. (In Persian).

Rezaei- Chiyaneh E, Amirnia R, Amani Machiani M, Javanmard A, Maggi F, Morshedloo M R, 2020. Intercropping fennel (*Foeniculum vulgare* L.) with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by PGPR inoculation: A strategy for improving yield, essential oil and fatty acid composition. Scientia Horticulturae, 261, 10895.

Rezaei Chiyaneh E, Pirzad AR and Farjami A, 2014. Effect of nitrogen, phosphorus and sulfur supplier bacteria on seed yield and essential oil of cumin (*Cuminum cyminum* L.). Journal of Sustainable Agricultural Sciences, 4(24): 71-83. (In Persian).

Rezaei-Chiyaneh E, Rasouli Y, Jalilian J. and Ghodsi M, 2019. Evaluation of quantitative and qualitative yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) in intercropping affected by biological and chemical fertilizers in supplemental irrigation condition. Journal of Agroecology. 11(1):69-85. (In Persian).

Rezvani Moghadam, P and Seyedi M, 2014. The role of organic and biological fertilizers in phosphorus and potassium uptake by Nigella sativa. Horticultural Sciences, 28 (1): 43-53. (In Persian).

Rostaei M and Fallah S, 2016. Assessment of canopy characteristics and essential oil yeild of fenugreek and black cumin in intercropping under application of organic and chemical ferilizer. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 25(4): 1-23. (In Persian).

Saleh Rastin N, 2001. Biological fertilizers and their role in sustainable agriculture. Collection of researches on the necessity of industrial production of bio-fertilizers: 1-54. (In Persian).

Salehi Z, Amirnia R, Rezaeichiyaneh E and Khalilvandi Behrozyar H, 2018. Evaluation of yield and some qualitative traits of forage in intercropping of triticale with annual legumes. Journal of Agricultural Science and Sustainable Proudaction, 28(4): 59-76. (In Persian).

Seyed sharifi R and Namvar A, 2015. Bio fertilizers in agronomy. University of Mohaghegh Ardabili, 280. (In Persian).

Singh JS, Pandey VC and Singh DP, 2011. Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. Agriculture, Ecosystems and Environment, 140: 339–353.

Singh M, Singh UB, Ram M, Yadav A and Chanotiya CS, 2013. Biomass yield, essential oil yield and quality of geranium (*Pelargonium graveolens* L. Her.) as influenced by intercropping with garlic

www.SID.ir

Archive of SID

(*Allium sativum* L.) under subtropical and temperate climate of India. Industrial Crops and Products, 46: 234-237.

Singh SP and Gupta SR. 2014. Soil microbial biomass: A key soil driver in management of ecosystem functioning. Science of the Total Environment. 634: 497-500.

Tandon, HLS, Cescas, MP, Tyner EH, 1968. An acid-free vanadate–molybdate reagent for the determination of total phosphorus in soils. Soil Science Society of America Journal. 32, 48-51.

Vrignon-Brenas S, Celette F, Piquet-Pissaloux A, Jeuffroy MH and Davi C, 2016. Early assessment of ecological services provided by forage legumes in relay intercropping. European Journal of Agronomy, 75: 89-98.

Weisanny W, Raei Y, Zehtab-Salmasi S, Sohrabi Y and Ghassemi-Golezani K, 2016. Arbuscular mycorrhizal fungi induced changes in rhizosphere, essential oil and mineral nutrients uptake in dill/common bean intercropping system. Annals of Applied Biology, 1-14.

Zamani F, Amirnia R, Rezaei-chiyaneh E, Rahimi A, 2017. Evaluation of yield and yield components of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) with the combined application of nitrogen, phosphorus and potassium supplier bacteria with mycorrhizal fungi in low-input cropping system. Journal of Agricultural Science and Sustainable. 27(4): 217-231. (In Persian).

Zhang XP, Huang GQ, Bion XM and Zhao PG, 2013. Effects of nitrogen fertilization and root interaction on the agronomic traits of intercropped maize, and the quantity of microorganisms and activity of enzymesin the rhizosphere. Plant Soil, 368: 407-17.

Zhanga Y, Hua J, Bai JF, Qin H, Wang J, Wang J and Lin X, 2019. Intercropping with sunflower and inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi promotes growth of garlic chive in metal-contaminated soil at a WEEE- recycling site. Ecotoxicology and Environmental Safety, 167: 376–384.

Zhao D, Oosterhuis D and Bednarz C, 2001. Influence of potassium deficiency on photosynthesis, chlorophyll content, and chloroplast ultrastructure of cotton plants. Photosynthetica, 39: 103-109.

www.SID.ir