مجله کشاورزی بوم‌شناختی (1) 5 (1394) 62- 47

ارزیابی تاثیر تلقیح کودهای زیستی بر ویژگی‌های کمّی و کیفی دو رقم گندم در تناوب با یونجه

حسین زارع*، علیرضا کوچکی، مهدی نصیری‌محلاتی و پرویز رضوانی‌مقدم

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

*نویسنده مسئول: h_zare@stu.um.ac.ir

تاریخ دریافت: 1392/04/20

تاریخ پذیرش: 1393/10/10

زارع، ح.، ع. کوچکی، م. نصیری‌محلاتی و پ. رضوانی‌مقدم. 1394. ارزیابی تاثیر تلقیح کودهای زیستی بر ویژگی‌های کمّی و کیفی دو رقم گندم در تناوب با یونجه. مجله کشاورزی بوم شناختی. 5 (1): 62- 47.

چکیده

به منظور بررسی و ارزیابی واکنش عملکرد و اجزای عملکرد گندم در پاسخ به کاربرد کودهای زیستی (بیولوژیک)، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی 90-1389 به‌صورت اسپلیت پلات- فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 3 تکرار اجرا شد. عامل اصلی آزمایش شامل کشت در زمین آیش و کشت پس از برداشت یونجه در کرت‌های اصلی و عامل‌های فرعی رقم در دو سطح (فلات و پارسی) و کودهای زیستی در چهار سطح (نیتروکسین، میکوریزا (قارچ‌ریشه)، نیتروکسین و میکوریزا و شاهد) در کرت-های فرعی قرار گرفتند. صفات اندازه گیری شده شامل شاخص سطح برگ، ماده خشک، سرعت رشد نسبی، ارتفاع بوته، شمار پنجه و عدد کلروفیل متر (سبزینه سنج)، عملکرد و اجزای عملکرد، شاخص برداشت و میزان گلوتن دانه گندم بود. نتایج نشان داد که تناوب بر همه‌ی صفات مورد بررسی به جز شاخص برداشت تاثیر معنی‌داری داشت. از بین دو رقم مورد بررسی رقم پارسی از نظر ارتفاع بوته و عملکرد دانه برتری نشان داد و این در حالی است که تفاوت معنی‌داری از نظر میزان گلوتن بین دو رقم وجود ندارد. همچنین کودهای زیستی باعث افزایش سطح برگ، روند تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول شدند. تاثیر کودهای زیستی نیز بر عدد کلروفیل متر، عملکرد دانه، شمار دانه در سنبله و میزان گلوتن معنی‌دار بود. در حالی‌که کودهای زیستی بر ارتفاع بوته، شمار پنجه بارور، عملکرد ماده خشک و عملکرد کاه تاثیر معنی‌داری نداشتند. بیشترین عملکرد دانه در رقم پارسی و تیمار مخلوط نیتروکسین- میکوریزا در تناوب با یونجه به میزان 435 گرم در متر مربع بود.

واژه‌های کلیدی: تناوب، ازتوباکتر، کشاورزی اکولوژیک (بوم شناختی)، گلوتن، میکوریزا.

مقدمه

کاربرد نامتعادل و بی‌رویه کودهای شیمیایی نه تنها باعث افزایش هزینه انرژی‌های سوختی برای تولید محصولات کشاورزی شده است (Jury, 2010; Lund, 2007) بلکه کاهش کارایی و بازتاب‌های منفی زیست محیطی را به‌همراه داشته است. بررسی‌های بلند مدت گویای این مسئله است که استفاده بیش از اندازه موردنیاز (بی‌رویه) از کودهای شیمیایی، عملکرد گیاهان زراعی را با افت چشمگیری همراه ساخته است (Koocheki and Khajehosseini, 2008)، که از دلایل این کاهش می‌توان به نامتعادل بودن pH خاک، کاهش فعالیت‌های زیستی خاک، افت ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک، کاهش تنوع زیستی و بروز آلودگی آب‌های سطحی و زیر زمینی (Brar *et al*., 2008) اشاره کرد. کشاورزی مبتنی بر کاربرد کودهای زیستی با هدف کاهش و حذف نهاده‌های شیمیایی یک راهکار مطلوب در جهت چیرگی بر این چالش‌ها به شمار می‌آید (Smith and Read, 1997). کودهای زیستی حاوی جمعیتی متراکم از یک یا چند نوع موجود سودمند خاکزی و یا به‌صورت فراورده های سوخت‌وسازی (متابولیتی) این موجودها بوده که به منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب‌تر عنصرهای غذایی مورد نیاز گیاه در یک نظام کشاورزی پایدار به کار می‌روند (Smith and Read, 1997).

آزوسپیریلوم و ازتوباکتر جزء باکتری‌های آزادزی بوده که به تقریب در همه جای کره زمین یافت می‌شود (Emtiazi *et al*., 2004). تحقیقات زیادی نشان داده است که این دو جنس قادر به تحریک رشد و افزایش عملکرد گیاهان زراعی هستند، این باکتری ها افزون بر تثبیت بیولوژیک نیتروژن هوا بوسیله هورمون‌های گیاهی که در افزایش رشد ریشه موثرند، منجر به افزایش جذب آب و مواد غذایی نیز می شوند (Bashan *et al*., 2006). Zaid *et al*. (2003) نشان دادند که برخی از گونه‌های ازتوباکتر با افزایش شمار پنجه بارور و وزن هزار دانه در بوته‌های گندم، منجر به افزایش عملکرد شدند، هرچند پاسخ گندم به گونه‌های مختلف ازتوباکتر متفاوت است. Hegazi *et al*. (1983) اثرگذاری‌های تلقیح با باکتری‌های محرک رشد را در گیاهان جو و گندم ارزیابی و مشاهده کردند که در هر دو گیاه کارآیی میزان تثبیت نیتروژن افزایش می‌یابد، به ویژه آزوسپیریلوم و ازتوباکتر، ماده خشک گیاهی را 8 تا 16٪ افزایش می‌دهد.

قارچ‌های میکوریزا به عنوان جزء کلیدی در بوم نظام های زراعی، اثرگذاری‌های مثبتی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاهان همزیست دارند. افزایش سطح فعال ریشه‌ایی گیاه برای جذب بهتر مواد غذایی از خاک، به‌ویژه در شرایط نبود فسفر (Cardoso and Kuyper, 2006; Kapoor *et al*., 2007, 2004)، افزایش فتوسنتز (Morone-Fortunato and Avato, 2008)، افزایش کارایی مصرف آب در گیاهان (Estrada-Luna and Davies, 2003) افزایش غلظت هورمون های گیاهی و محتوای کلروفیل (Cardoso and Kuyper, 2006) نمونه هایی از نقش این قارچ‌ها در بوم نظام‌های زراعی هستند. Roesti *et al*. (2006) بیان داشته اند که تلقیح میکوریزا با ریشه گندم هرچند منجر به افزایش معنی داری در عملکرد آن نشد ولی کیفیت آن را به میزان قابل توجهی افزایش داد، به‌طوریکه محتوای پروتئین بذرها از 9/2 به 11/6 درصد افزایش یافت و همچنین میزان فسفر و آهن آن به ترتیب از 35/4 و 0/48 به 65/5 و 1/35 میلی‌گرم بر کیلوگرم افزایش پیدا کرد. Zhu *et al*. (2001) بیان داشتند، رقم‌های قدیمی‌تر گندم نسبت به رقم‌های جدیدتر پاسخ بهتری به همزیستی با میکوریزایی نشان می دهند. Bhattarai and Hess (1993) اظهار کردند که برخی از سویه‌های آزوسپیریلوم تا 39/5 درصد پروتئین خام دانه برخی از رقم‌های گندم را افزایش داده‌اند. El-sirafy *et al*. (2006) نشان دادند کاربرد کودهای زیستی حاوی آزوسپیریلوم و ازتوباکتر منجر به افزایش عملکرد دانه گندم به میزان ناچیزی شد در حالی که باعث افزایش معنی داری در عملکرد زیست‌توده گندم شد و از سویی این کود زیستی نقش موثری بر جذب عناصر ریز مغذی روی، منگنز، آهن و مس داشت.

کشت پی‌درپی یک گیاه زراعی مانند گندم و جو اغلب موجب کاهش کربن آلی و نفوذپذیری خاک نسبت به آب و هوا می‌شود (Kemper, 1993). تحقیقات گسترده‌ای برای جایگزینی تناوب کاشت آیش- غلات صورت گرفته و هدف این تحقیقات نیز بررسی امکان جایگزین کردن آیش با کشت بقولات به عنوان گیاه پوششی یا کود سبز (Biederbeck and Bouman, 1994) یا تامین علوفه بوده است.

در گزارش Oram and Belaid (1990) اعمال روش هایی مانند قرار دادن غلات در تناوب با گیاهان علوفه‌ای تیره بقولات و استفاده از گیاهان تیره بقولات به عنوان کود سبز یا کشت مخلوط توصیه شده، اما لازم است تا دوره رویشی و تجزیه مواد آلی با نیازهای گیاه زراعی بعدی همخوانی داشته باشد. از سویی Biederbeck and Bouman (1994) خاطر نشان کردند که با توجه به این که بقولات از رطوبت ذخیره شده در خاک استفاده می‌کنند، باید میزان تولید این محصولات به حدی باشد که تولید اقتصادی نظام زراعی را تضمین کند.

گندم از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی و مهم‌ترین غله‌ایی است که در نقاط مختلف جهان به منظور تولید دانه برای تهیه نان، تغذیه دام‌ها و کاربردهای صنعتی کشت می‌شود و به عنوان غذای اصلی نیمی از جمعیت جهان اهمیت بسیار بالایی دارد، به همین دلیل یک گیاه و محصول راهبردی (استراتژیک) تلقی می‌شود (Emam, 2007). با توجه به اهمیت گیاه گندم از نظر کاربرد و سطح زیر کشت گسترده آن در ایران و دیگر نقاط جهان Emam (2007) در نظر گرفتن مسایل زیست‌محیطی و نیز افزایش قیمت نهاده‌های شیمیایی ضرورت دارد، تا در مورد اثرگذاری‌های انواع کودهای زیستی و تناوب به‌صورت توام، در گیاه گندم تحقیقات جامعی صورت گیرد. بنابراین هدف از اجرای این تحقیق بررسی تاثیر کودهای زیستی و تناوب بر رشد، عملکرد، اجزای عملکرد و همچنین کیفیت دانه دو رقم گندم در شرایط آب و هوایی دانشگاه فردوسی مشهد بود.

مواد و روش ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در 10 کیلومتری شرق مشهد در سال زراعی 90-1389 به‌صورت اسپلیت پلات-فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. میانگین بارندگی منطقه، 286 میلی متر و بیشینه و کمینه دمای مطلق سالانه به ترتیب 42 و 27/8- درجه‌ی سلسیوس است.

دو تناوب آیش-گندم و یونجه-گندم در کرت‌های اصلی قرار گرفتند. عامل رقم در دو سطح فلات و پارسی وکودهای زیستی در چهار سطح نیتروکسین (حاوی باکتری های Azospirillum و Azotobacter)، میکوریزا، مخلوط نیتروکسین و میکوریزا و شاهد(بدون تلقیح با کودهای زیستی)، به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی تصادفی شدند.

با استفاده از شیارساز جوی و پشته‌هایی به عمق 20 سانتی‌متر و فاصله بین دو ردیفِ 50 سانتی‌متر آماده شد. کرت‌هایی به ابعاد 2×3 متر ایجاد شد، به‌طوری‌که به منظور جلوگیری از اختلاط تاثیر تیمارها فاصله بین هر کرت با کرت کناری یک ردیف نکاشت (0/5 متر) در نظر گرفته شد. بر روی هر پشته دو ردیف به فاصله 25 سانتی‌متر و به عمق 3-4 سانتی‌متر در تاریخ 15 آبان 1389 با دست کاشته شد (به‌طوری‌که میزان بذر مصرفی در هکتار حدود 150 کیلوگرم بود). از آنجا که بذرها می-بایستی در دو زمین آیش و یونجه کشت می‌شدند، از زمین یونجه واقع در مزرعه که سه سال از کشت آن گذشته بود و همچنین زمین آیش مجاور آن استفاده شد. بدین صورت که بخشی از زمین یونجه مورد نظر درو شد و پس از انجام شخم به‌عنوان یکی از کرت‌های اصلی در آن کشت شد. پیش از اجرای آزمایش دو نمونه از عمق 30-0 سانتی‌متری خاک محل مورد نظر گرفته شد و در آزمایشگاه آب و خاک تجزیه شد (جدول 1).

کود نیتروکسین حاوی مجموعه ای از باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن از جنس آزوسپیریلوم و ازتوباکتر بوده و در هر میلی‌لیتر آن شمار 10^8 سلول زنده وجود داشت. تلقیح بذرها با این کود پیش از کاشت و در شرایط سایه انجام گرفت. بدین منظور، درآغاز میزان بذر مورد نیاز برای هر تیمار توزین، آن‌گاه بذرها درون کیسه‌های پلاستیکی جداگانه قرار داده شد. برای آسانگری در چسبیدن مایه تلقیح با بذرها، لازم بود تا درآغاز سطح بذرها توسط یک ماده بی اثر و چسبنده خیس شود، بدین منظور از مقداری

جدول 1- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک پیش از کاشت.

محل نمونه برداری	بافت خاک	نیتروژن (%)	فسفر (میلی‌گرم در لیتر)	پتاسیم (میلی‌گرم در لیتر)	هدایت الکتریکی (میلی موس بر سانتی متر)	اسیدیته	ماده آلی (%)
زمین آیش	لومی رسی	0/07	13	124	3/34	7/4	0/06
زمین یونجه	لومی رسی	0/28	35	98	3/42	7/5	1/2

شکر حل شده در آب گرم (10 گرم شکر در 100گرم آب) استفاده شد. پس از اطمینان از خیس شدن بذرها توسط محلول آب و شکر، مایه تلقیح به بذرها اضافه و به خوبی مخلوط شد. سپس بذرها درون پاکت‌های جداگانه منتقل شد و برای خشک شدن به مدت دو ساعت در همان محل (سایه) قرار داده شدند (Krishna *et al*., 2008). کود میکوریزا نیز به صورت خاک حاوی قارچ‌های از گونه موسه‌آ[1] بود که از شرکت زیست فناور توران تهیه شده بود. این کود پیش از کاشت در محل قرار گرفتن بذر به خاک مزرعه اضافه شد.

برای نمونه برداری و بررسی صفات موردنظر، هر کرت به دو قسمت تقسیم شد، نیمی از آن برای نمونه برداری تخریبی و نیمی دیگر برای عملکرد در نظر گرفته شد. برای بررسی روند سطح برگ، از آغاز رشد دوباره بوته‌ها در اواخر فروردین هر دو هفته یکبار با استفاده از چهارگوشه اندازه‌گیری (کوادرات) 25×25 سانتی‌متر به‌طورتصادفی چندین بوته از هر کرت برداشت شد و ارتفاع بوته، شمار پنجه، سطح برگ و وزن خشک آن اندازه گیری شد. به منظور اندازه گیری وزن خشک نیز پس از ثابت شدن وزن نمونه‌ها (قرار دادن نمونه ها به مدت 48 ساعت در آون و در دمای 75 درجه سلسیوس) از ترازویی با دقت 0/001 گرم استفاده شد. بوسیله دستگاه کلروفیل‌متر[2] از یک سوم میانی برگ پرچم چهار بوته که به‌طور کامل باز شده بود، شاخص اسپد اندازه گیری شد. پیش از برداشت دانه، 5 بوته به‌طور تصادفی گزینش و ویژگی‌های آنها از جمله ارتفاع بوته و اجزای عملکرد تعیین شد. برای محاسبه عملکرد نهایی در هر کرت، دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای کرت به‌عنوان اثر حاشیه‌ای حذف شد، و از سطح باقی‌مانده برداشت محصول انجام و عملکرد ماده خشک اندام‌های هوایی گیاه(عملکرد زیست‌توده)، عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت[3] تعیین شد. اندازه گیری گلوتن به روش استاندارد موسسه ملی استاندارد انجام شد (ISIRI, 2009).

تجزیه واریانس و تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده از آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و MS-Excel انجام شد و میانگین‌ها بوسیله آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شد.

[1] *Glomus mosseae*
[2] Spad- Minolta
[3] Harvest Index

نتایج و بحث

شاخص‌های رشدی

شاخص سطح برگ: بیشترین شاخص سطح برگ به میزان 4/7 مربوط به رقم پارسی، هنگامی به‌دست‌آمد که گندم در تناوب با یونجه کاشته شده و بوسیله کودهای نیتروکسین و میکوریزا تغذیه شده بود. همواره بیشترین سطح برگ در رقم پارسی و تناوب یونجه-گندم و کمترین شاخص سطح برگ در رقم فلات و تناوب آیش-گندم مشاهده شد (شکل 1). در اغلب تیمارهای تغذیه ای تناوب یونجه-گندم سطح برگ بالاتری داشتند. شکل 1 (ب و د) نشان می‌دهد که دامنه تغییرات LAI[4] برای کودهای زیستی نیتروکسین و مخلوط نیتروکسین و میکوریزا نسبت به دو تیمار کودی دیگر بیشتر است. این نتایج بیانگر این است که نیتروکسین و مخلوط نیتروکسین و میکوریزا در شرایط مختلف تناوب و رقم‌های متفاوت، سودمندی‌های متفاوتی دارند.

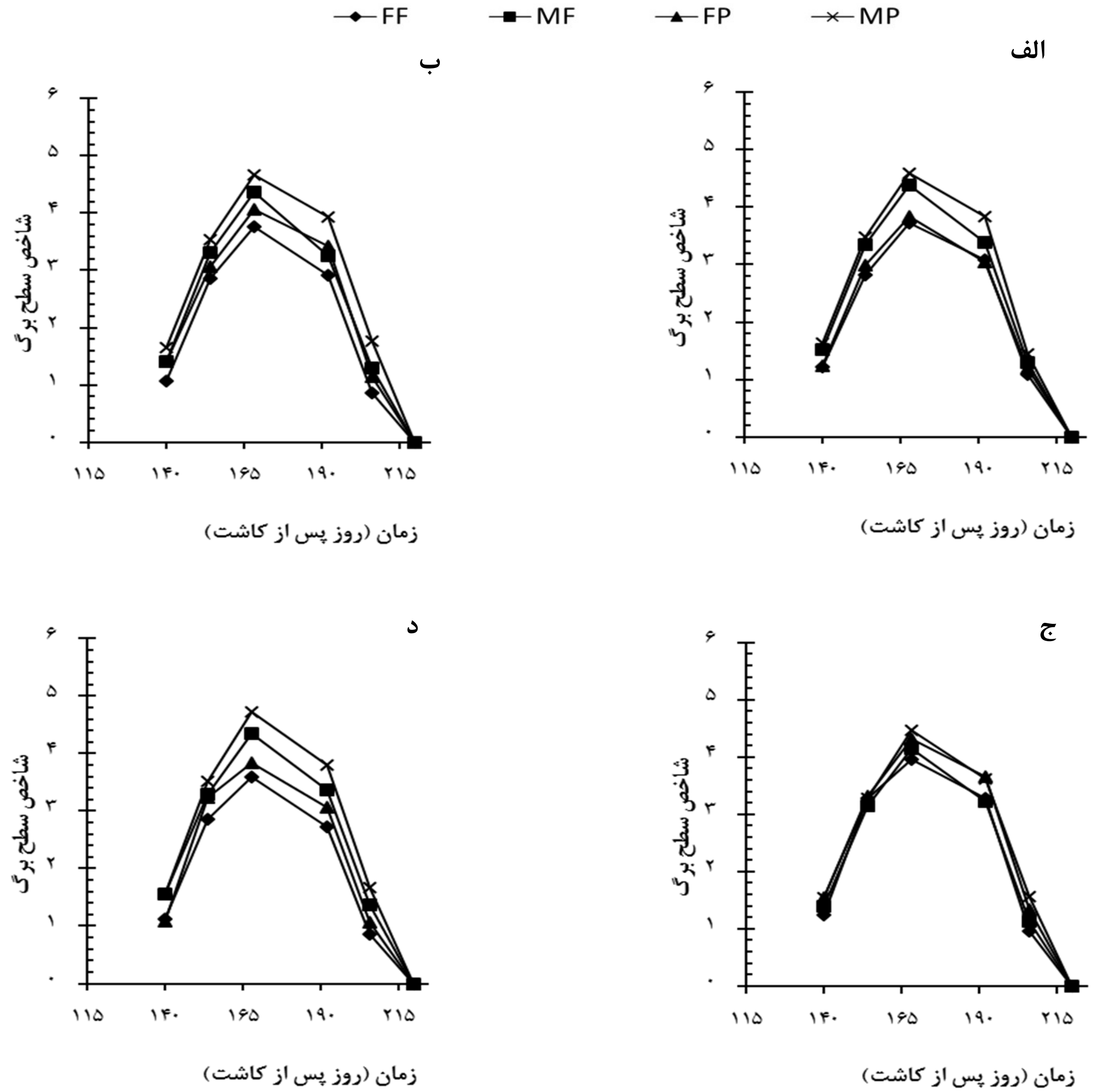
بیشینه میزان LAI درتیمار کودی میکوریزا و شاهد در شرایط تناوب آیش-گندم و به‌ترتیب برابر 4/14 و 3/8 بود، در حالیکه بیشینه میزان LAI در این دو تیمار در تناوب یونجه-گندم به‌دست‌آمد که تاحدودی یکسان است. این نتایج نشان می‌دهد که میکوریزا در تناوب آیش-گندم دارای سودمندی بیشتری نسبت به شرایط یونجه-گندم بود. با توجه به این موضوع که عنصرهای غذایی خاک به‌ویژه فسفر، در تیمار آیش-گندم نسبت به تیمار یونجه-گندم کمتر بود (جدول1)، به نظر می‌رسد میکوریزا در شرایط تنش مواد غذایی کارایی بالاتری داشته باشد (Smith and Read, 1997).

تجمع ماده خشک: بیشترین ماده خشک در رقم پارسی و تناوب یونجه-گندم مشاهده شد. در بین تیمارهای تغذیه‌ای کمترین وزن خشک گیاه در تیمار شاهد و بیشترین آن در تیمار مخلوط نیتروکسین و میکوریزا دیده شد (شکل 2). تحقیقات نشان داده است که به‌طور کلی گیاهان تلقیح شده بوسیله میکوریزا عنصرهای غذایی بیشتری را از خاک جذب می‌کنند و تلقیح توأم این ریزموجود و باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن می‌تواند باعث افزایش تجمع ماده خشک شود (Biro *et al*., 2000). با مقایسه شکل‌های 2(الف) و 2(ج) می‌توان

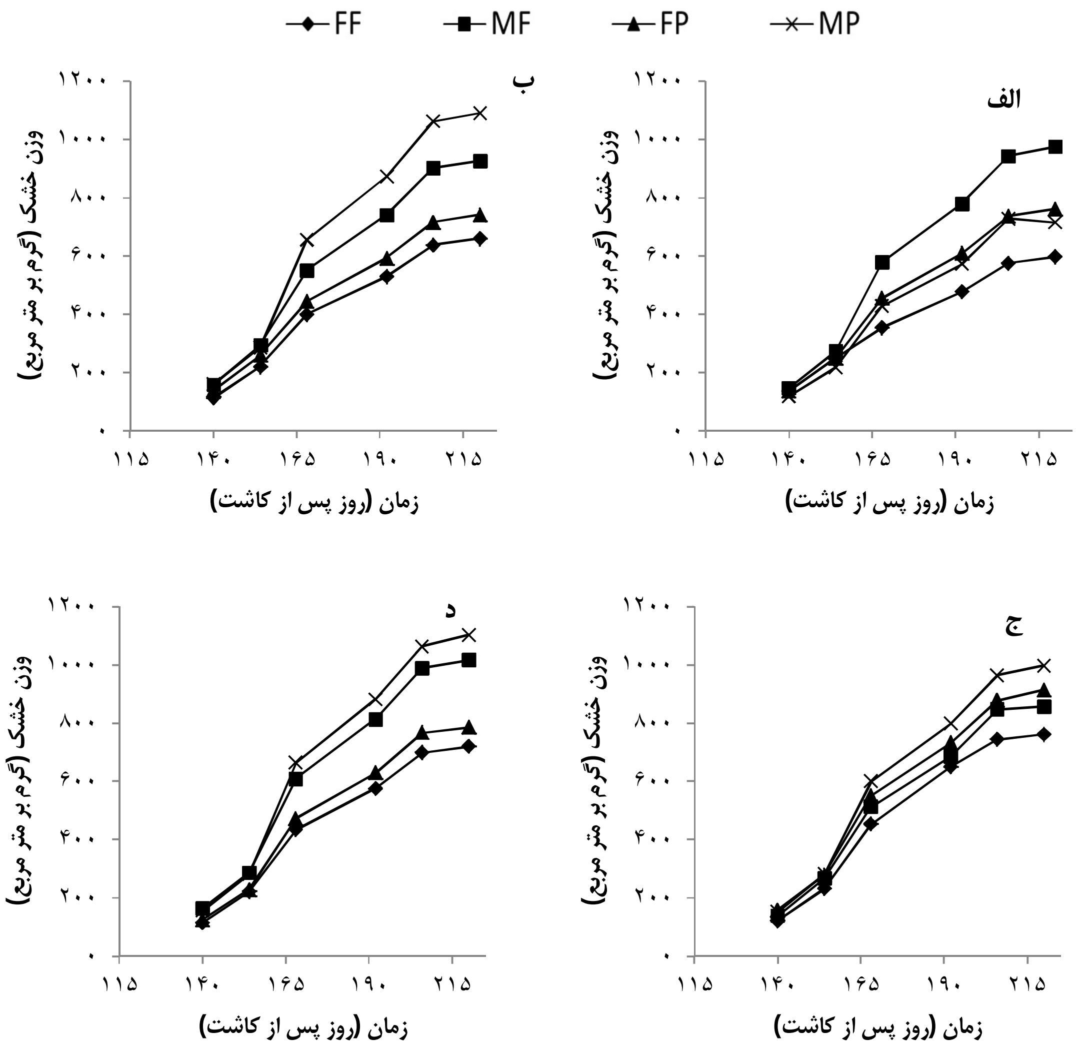
[4] Leaf Area Index

دریافت که رقم فلات در شرایط آیش-گندم در تیمار میکوریزا ماده خشک بیشتری نسبت به شاهد تولید کرد، در حالی که همین رقم در شرایط تناوب یونجه-گندم در تیمار شاهد ماده خشک بیشتری نسبت به میکوریزا دارد. Smith and Read (1997) بیان کردند که گیاهان در هنگامی که فسفر قابل جذب در خاک کم باشد گرایش بیشتری برای همزیستی با قارچ‌های میکوریزا دارند. با توجه به نتایج تجزیه خاک (جدول 1) به نظر می‌رسد علت کاهش فعالیت میکوریزا در تیمار یونجه-گندم نسبت به تیمار آیش-گندم، بیشتر بودن فسفر خاک در این تیمار بود.

در آزمایشی بر روی گندم مشاهده شد که تلقیح این گیاه با ازتوباکتر تاثیر معنی‌داری بر افزایش ماده خشک داشت و باعث افزایش معنی‌دار ماده خشک نسبت به شاهد شد (Khosravi and salehrastin,1998). Hegazi *et al.* (1983) افزایش معنی‌دار تجمع ماده خشک در ذرت تلقیح شده با آزوسپیریلوم را گزارش کردند. آنان این تأثیر را در به افزایش سطح و گسترش ریشه گیاه در تأثیر تلقیح با این کود زیستی و همچنین تاثیرگذاری‌های هورمونی آزوسپیریلوم بر رشد و توسعه اندام‌های هوایی نسبت دادند.

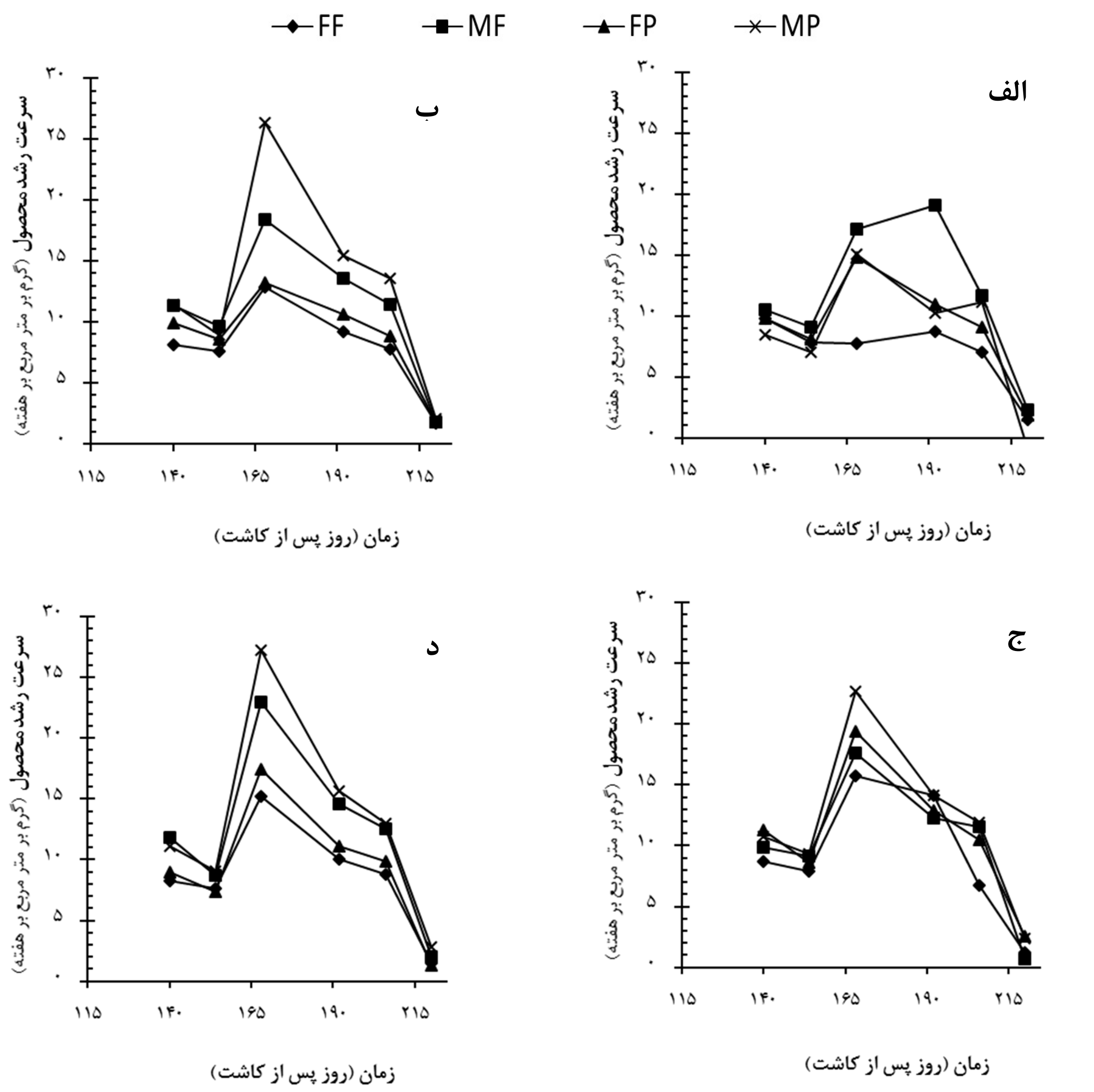


شکل 1- روند شاخص سطح برگ گندم در طی زمان برای الف) شاهد، ب) نیتروکسین، ج)میکوریزا و د) مخلوط نیتروکسین و میکوریزا. (FF: تناوب آیش-گندم ، رقم فلات. MF: تناوب یونجه-گندم ، رقم فلات. FP: تناوب آیش-گندم ، رقم پارسی. MP: تناوب یونجه-گندم ، رقم پارسی).



شکل 2- روند تغییرات وزن خشک بوته گندم در طی زمان برای الف) شاهد، ب) نیتروکسین، ج)میکوریزا و د) مخلوط نیتروکسین و میکوریزا. (FF: تناوب آیش-گندم ، رقم فلات. MF: تناوب یونجه-گندم ، رقم فلات. FP: تناوب آیش-گندم و رقم پارسی. MP: تناوب یونجه-گندم و رقم پارسی).

سرعت رشد گیاه: مخلوط کود زیستی میکوریزا و نیتروکسین بالاترین سرعت رشد گیاه به میزان 27/6 گرم بر متر مربع در روز را داشت و پس از آن نیتروکسین به میزان 26/4 گرم بر متر مربع در روز در رتبه دوم قرار گرفت (شکل 3). تناوب یونجه-گندم در همه‌ی سطوح کودهای زیستی سرعت رشد بالاتری نسبت به آیش-گندم داشت. این امر می‌تواند به دلیل بیشتر بودن نیتروژن خاک در این عامل باشد (جدول 1). Antunes *et al*. (2005) و Kennedy *et al*. (2004) گزارش کردند که سرعت فتوسنتز گیاهان در تلقیح توأم با باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن افزایش یافت و این می‌تواند به دلیل تولید هورمون‌های گیاهی توسط این میکروارگانیسم‌ها باشد که باعث افزایش رشد در گیاهان تلقیح شده نسبت به شاهد شده است. به‌طورکلی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم موجب تولید هورمون‌های گیاهی همچون اکسین و ژیبرلین می‌شوند (Bashan *et al*., 1993)، تلقیح توأم این باکتری‌ها با میکوریزا نیز باعث بهبود جذب این هورمون‌ها می‌شود. به‌نظر می‌رسد در این تیمار افزایش فتوسنتز و سرعت رشد به همین دلیل باشد. Barea (2002) گزارش کرد که باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن تأثیر هم‌افزایی بر فعالیت قارچ‌های میکوریزا دارند.



شکل 3- روند تغییرات سرعت رشد گندم در طی زمان برای الف) شاهد، ب) نیتروکسین، ج)میکوریزا و د) مخلوط نیتروکسین و میکوریزا. (FF: تناوب آیش-گندم ، رقم فلات. MF: تناوب یونجه-گندم ، رقم فلات. FP: تناوب آیش-گندم ، رقم پارسی. MP: تناوب یونجه-گندم ، رقم پارسی).

صفات مورفولوژیک (ظاهری و ساختاری)

ارتفاع بوته: نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که تیمار یونجه-گندم باعث افزایش 14 سانتی‌متری ارتفاع گیاهان نسبت به تیمار آیش-گندم شد (جدول 3). از شرایط لازم اصلی برای بهبود ارتفاع گیاه، تأمین عنصرهای غذایی مورد نیاز گیاه، به‌ویژه نیتروژن است (Emam, 2007)، تیمار یونجه-گندم با تأمین تدریجی عنصرهای غذایی، این عمل را به خوبی انجام داده و باعث افزایش ارتفاع گیاه شد. از بین دو رقم به‌کار برده شده، رقم پارسی در همه‌ی تیمارها ارتفاع بوته بالاتری نسبت به رقم فلات داشت ($p \leq 0/01$) (جدول 2). اگرچه کودهای زیستی در افزایش شاخص سطح برگ موثر بودند، ولی در ارتفاع گیاهان تاثیر معنی‌داری نداشتند. با این حال تیمار میکوریزا با 74/1 سانتی‌متر بیشترین ارتفاع را داشت (جدول 3). به نظر می‌رسد که تخصیص در این تیمارها بیشتر به سمت اندام زایشی گیاه بوده، تا اندام رویشی.

جدول2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تاثیر تیمارهای آزمایشی بر ویژگی‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و عملکرد گندم.

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	پنجه بارور	خواندن کلروفیل متر	عملکرد زیست‌توده	وزن کاه	عملکرد دانه	شاخص برداشت	وزن هزار دانه	شمار دانه در خوشه	درصد گلوتن
بلوک	2	25/5^{ns}	0/77^{ns}	4/33^{ns}	11768^{ns}	8630^{ns}	437^{ns}	0/0013^{ns}	9/50^{ns}	77/0^{ns}	10/08^{ns}
تناوب(A)	1	2268**	18/75**	315**	732849**	291720**	99827**	0/0010^{ns}	109**	82/68**	325**
خطای a	2	32/8	0/18	4/75	3791	1135	801	0/0008	9/16	3/56	0/08
رقم (B)	1	602**	0/33^{ns}	0/02^{ns}	129688**	39905**	25715**	0/0005^{ns}	168**	35/02*	13/02^{ns}
کود زیستی (C)	3	18/75^{ns}	0/27^{ns}	57/29**	15728^{ns}	4060^{ns}	4789*	0/0007^{ns}	12/44^{ns}	46/24**	37**
B×C	3	24/3^{ns}	0/94^{ns}	4/68^{ns}	3954^{ns}	1677^{ns}	1124^{ns}	0/0006^{ns}	14/82^{ns}	0/68^{ns}	15/8^{ns}
A×C	3	13/19^{ns}	0/69^{ns}	10/07^{ns}	33806*	12690*	5460**	0/0002^{ns}	6/14^{ns}	3/13^{ns}	4/52^{ns}
A×B	1	52/08^{ns}	2/08^{ns}	13/02^{ns}	1716^{ns}	12^{ns}	2015^{ns}	0/0015^{ns}	9/54^{ns}	4/68^{ns}	22/6^{ns}
A×B×C	3	52/08^{ns}	0/13^{ns}	1/46^{ns}	9984^{ns}	6754^{ns}	1107^{ns}	0/0012^{ns}	15/00^{ns}	4/57^{ns}	1/90^{ns}
خطای b	28	17/26	1/40	10/37	7819	4595	1107	0/0009	7/71	7/71	7/7

ns، * و ** به ترتیب به معنای معنی‌دارنبودن و معنی‌دار بودن مقادیر مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمالی 5 و 1 درصد می‌باشد.

جدول 3- مقایسه میانگین تأثیر کودهای زیستی، تناوب و رقم بر ارتفاع بوته، شمار پنجه بارور و عدد کلروفیل‌متر در گندم.

تیمار	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	پنجه بارور (شمار در بوته)	خواندن کلروفیل متر
تناوب			
آیش	65/8b	3/70b	48/0b
یونجه	79/5a	4/95a	53/1a
رقم			
فلات	69/1b	4/25a	50/62a
پارسی	76/2a	4/41a	50/58a
منبع کودی			
شاهد	73/3a	4/1a	48c
نیتروکسین	71a	4/4a	51/5ab
میکوریزا	74/1a	4/5a	49/8bc
مخلوط نیتروکسین و میکوریزا	72a	4/25a	53/0a

* میانگین‌های دارای دست‌کم یک حرف مشترک در هر ستون و برای هر عامل، در سطح احتمال 5 درصد برای آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

شمار پنجه بارور: در این آزمایش شمار پنجه بارور تنها تحت تاثیر معنی‌دار بودن تناوب قرار گرفت (جدول 2). تناوب یونجه-گندم تاثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر شمار پنجه بارور داشت و منجر به افزایش 33% شمار پنجه بارور گندم در مقایسه با تناوب آیش-گندم شد (جدول 2). هر چند کودهای زیستی تاثیر مثبتی در افزایش سطح برگ داشتند، ولی در افزایش شمار پنجه بارور معنی‌دار نبود. با این وجود تیمار میکوریزا و پس از آن نیتروکسین بیشترین شمار پنجه را داشتند (جدول 3). تحقیقات چندی نشان داده‌اند که شمار پنجه بارور در غلات تحت تاثیر عامل‌هایی چون میزان رطوبت و نیتروژن خاک قرار می‌گیرد (Shahsavar and Safari, 2005; Taghizadeh *et al*., 2008)، به‌نظر می‌رسد که علت اصلی افزایش شمار پنجه در تناوب یونجه-گندم میزان بالای نیتروژن تثبیت شده در خاک بوسیله باکتری‌های موجود در ریشه یونجه و بالا بودن رطوبت خاک به علت بیشتر بودن ماده آلی و وجود کاه و کلش یونجه در زمین، می‌باشد.

عدد کلروفیل‌متر: همان‌گونه که پیش بینی می‌شد به علت بیشتر بودن نیتروژن خاک در تناوب یونجه-گندم، این تیمار باعث افزایش معنی‌دار عدد کلروفیل‌متر شد ($p\leq 0/01$) (جدول 2). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بین دو رقم گندم تحت بررسی تفاوتی از نظر میزان سبزینگی برگ وجود نداشت. ترکیب تیمار تغذیه‌ای گیاهان باعث تغییر معنی‌دار عدد کلروفیل‌متر شد ($p\leq 0/01$) (جدول 2). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار مخلوط میکوریزا و نیتروکسین و تناوب یونجه-گندم با عدد 53 بالاترین عدد کلروفیل‌متر را داشته و پس از آن تیمار نیتروکسین با عدد 51 در جایگاه بعدی قرار داشت، بین این دو تیمار تفاوت معنی‌داری در این صفت وجود نداشت (جدول 3). Bradmeier (2005) گزارش کرد که همبستگی بالایی میان میزان نیتروژن برگ و عدد کلروفیل‌متر وجود دارد، به‌طوری‌که بالاترین سطوح نیتروژن، بیشترین اعداد کلروفیل متر و پایین ترین سطوح نیتروژن، کمترین اعداد کلروفیل‌متر را در گیاهان نشان می‌دهد.

عملکرد و اجزای عملکرد

وزن کل ماده خشک: تجمع ماده خشک در گیاه تحت تاثیر تناوب قرار گرفت ($p\leq 0/01$) (جدول 2). تناوب یونجه-گندم زیست‌توده گیاهی را به میزان 247 کیلوگرم بر متر مربع نسبت به تیمار آیش-گندم افزایش داد. عملکرد زیست‌توده رقم پارسی 12٪ بیشتر از رقم فلات بود و این میزان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول 2). کودهای زیستی تاثیر معنی‌داری از نظر آماری بر روی عملکرد ماده خشک نداشتند، با این وجود عملکرد ماده خشک در تیمار مخلوط میکوریزا-نیتروکسین 10% بیشتر از تیمار شاهد بود. پس از تیمار مخلوط میکوریزا-نیتروکسین، تیمار میکوریزا با 882 گرم در متر مربع و سپس تیمار نیتروکسین با 854 گرم در متر مربع، در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول 4). Zaid *et al*. (2003) اظهار داشتند ریزوباکترها بوسیله‌ی افزایش جذب عنصرهای غذایی عملکرد ماده خشک گیاه را افزایش می‌دهند. نیتروژن باقی مانده در خاک در تناوب یونجه-گندم باعث افزایش سطح برگ، ارتفاع بوته و شمار پنجه بارور شد که با افزایش این صفات، فتوسنتز نیز افزایش یافته و در نهایت عملکرد ماده خشک را بهبود بخشیده است. Sharifi and Haghnia (2006) نیز نشان دادند که کاربرد کود نیتروکسین در شرایط آب و هوایی قوچان باعث افزایش ماده خشک گندم در مقایسه با شاهد شد.

جدول 4- مقایسه میانگین تأثیر ساده کودهای زیستی، تناوب و رقم بر وزن کل ماده خشک، وزن کاه و عملکرد دانه گندم.

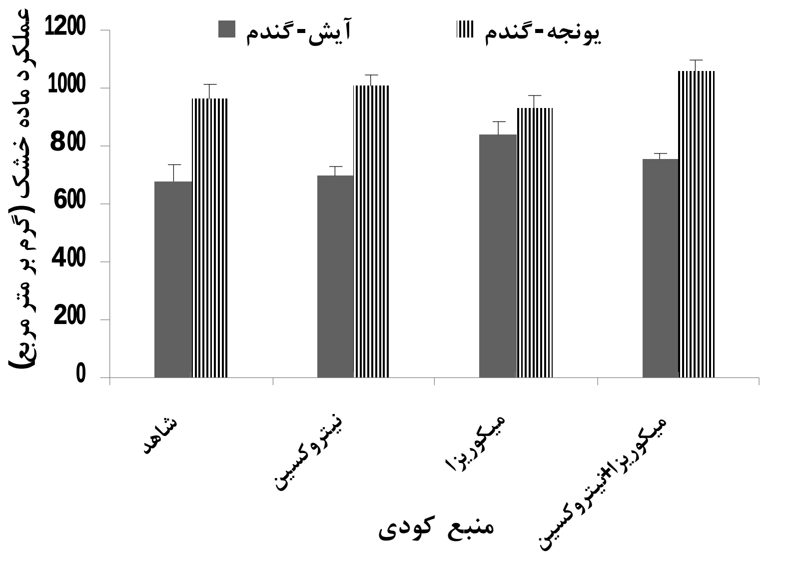
	تیمار	وزن ماده خشک (گرم بر متر مربع)	وزن کاه (گرم برمتر مربع)	عملکرد دانه (گرم برمتر مربع)
تناوب	آیش	742b	440b	301b
	یونجه	989a	596a	392a
رقم	فلات	813b	489b	324b
	پارسی	917a	547a	370a
منبع کودی	شاهد	821a	498a	323b
	نیتروکسین	854a	507a	346ab
	میکوریزا	882a	535a	347ab
	مخلوط نیتروکسین و میکوریزا	905a	533a	372a

* میانگین‌های دارای دست‌کم یک حرف مشترک در هر ستون و برای هر عامل، در سطح احتمال 5 درصد برای آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

عامل‌های تناوب و کودهای زیستی دارای تأثیر متقابل در تولید ماه خشک بودند. تاثیر متقابل تناوب و کود زیستی بر میزان ماده خشک معنی‌دار شد (p≤ 0/05). نتایج نشان داد که در تناوب آیش-گندم بیشترین عملکرد را تیمار کودی میکوریزا به میزان 837 گرم در متر مربع داشت و سه تیمار دیگر اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (شکل 4). در حالی‌که در تناوب یونجه-گندم بیشترین عملکرد مربوط به تیمار مخلوط نیتروکسین و میکوریزا به میزان 1059 گرم در متر مربع بود که با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. پس از آن تیمار نیتروکسین، شاهد و سپس میکوریزا قرار داشت (شکل 4). این نتایج نشان می‌دهد که فعالیت ریزوباکتری‌ها در شرایط محیطی تناوب یونجه-گندم بهتر از تناوب آیش-گندم بود. Bakhshaei (2010) اظهار داشت که بوته‌های گندم تلقیح شده با ازتوباکتر هنگامی که در معرض کود اوره قرار می-گیرند نتایج بهتری را نسبت به حالتی که ازتوباکتر و کود اوره به تنهایی در اختیار گیاه قرار گیرد، نشان می‌دهد. با توجه به این موضوع به نظر می‌رسد یکی از دلایل افزایش کارایی کود نیتروکسین در شرایط تناوبی یونجه-گندم، میزان نیتروژن خاک بوده است.

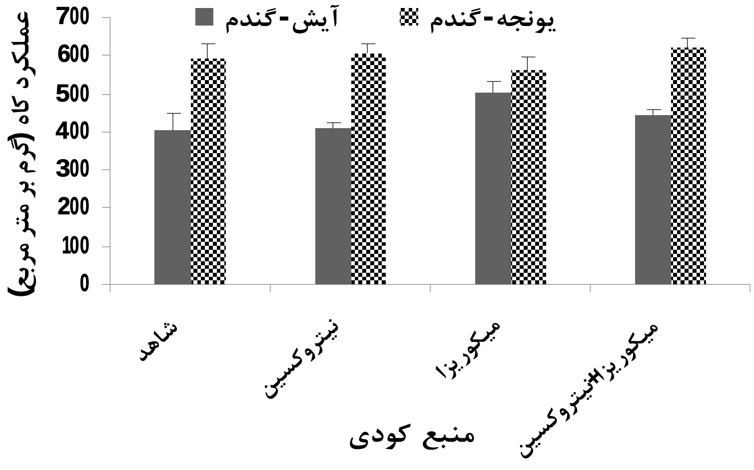
عملکرد کاه: عملکرد کاه گندم تحت تاثیر معنی‌دار تناوب و رقم قرار گرفت (p≤ 0/05) (جدول 2). تناوب یونجه-گندم عملکرد کاه را به میزان 26٪ افزایش داد (جدول 4). همان‌طور که رقم پارسی عملکرد زیستی بیشتری نسبت به فلات داشت، عملکرد کاه در این رقم نیز بیشتر بود. کودهای زیستی تاثیر معنی‌داری بر تولید کاه نداشتند، با این حال تیمار میکوریزا و مخلوط نیتروکسین و میکوریزا بیشترین عملکرد کاه و شاهد کمترین را داشت (جدول 4).

تأثیر متقابل تناوب و کود زیستی نشان می‌دهد که در شرایط آیش-گندم بیشترین عملکرد کاه مربوط به تیمار کودی میکوریزا بود (شکل 5). وزن کاه در این تیمار 505 گرم در متر مربع بود و با دیگر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت. در شرایط تناوب یونجه-گندم بیشترین عملکرد در تیمارهای مخلوط نیتروکسین و میکوریزا، نیتروکسین مشاهده شد و کمترین عملکرد مربوط به تیمار کودی میکوریزا بود. این نتایج بیان از کاهش فعالیت میکوریزا در شرایط تناوبی یونجه-گندم و افزایش کارایی نیتروکسین در این شرایط و تأثیر هم‌افزایی بین این دو میکروارگانیسم دارد. Smith and Read (1997) در بررسی‌های خود اظهار داشتند که همزیستی قارچ‌های میکوریزا تحت تاثیر میزان فسفر قابل جذب خاک می‌باشد. آنان بیان کردند، در شرایطی که فسفر قابل جذب در خاک بالا باشد گیاهان گرایش چندانی به برقراری همزیستی با میکوریزا ندارند. با توجه به نتایج تجزیه خاک (جدول 1)، به نظر می‌رسد علت کاهش فعالیت قارچ‌های میکوریزا در تناوب یونجه-گندم همین امر بوده است.



شکل 4- تأثیر متقابل تناوب و کود زیستی بر عملکرد ماده خشک گندم.

میانگین‌های دارای دامنه همپوشانی یکسان برای هر جزء تفاوت معنی‌داری بر پایه آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.



شکل 5- تأثیر متقابل تناوب و کود زیستی بر عملکرد کاه گندم.

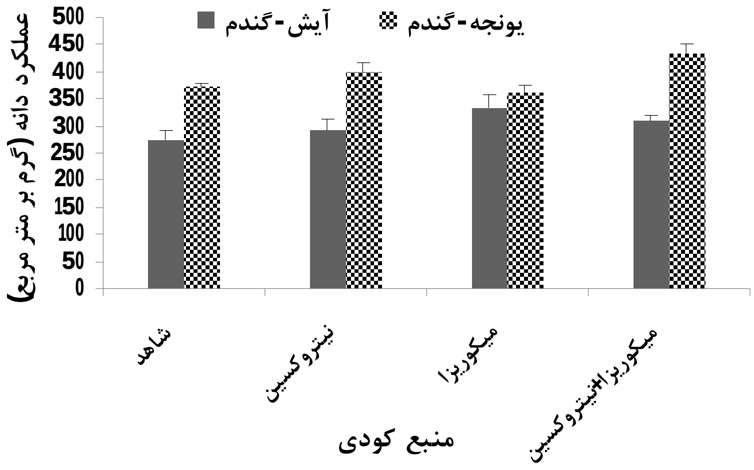
میانگین‌های دارای دامنه همپوشانی یکسان برای هر جزء تفاوت معنی‌داری بر پایه آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

عملکرد دانه: عملکرد دانه گندم تحت تاثیر معنی‌دار ($p\leq 0/05$) همه‌ی عامل‌های آزمایشی قرار گرفت (جدول 2). تناوب یونجه-گندم منجر به افزایش 30٪ عملکرد شد. عملکرد در رقم پارسی 15٪ بیشتر از رقم فلات مشاهده شد (جدول 4). هرچند کودهای زیستی تاثیر معنی‌داری در عملکرد زیست‌توده نداشتند، ولی تاثیر آنها بر عملکرد دانه گندم معنی‌دار شد. بالاترین عملکرد دانه در تیمار مخلوط میکوریزا و نیتروکسین به میزان 372 گرم در متر مربع مشاهده شد. عملکرد در این تیمار 15٪ بیشتر از تیمار شاهد بود. پس از آن، تیمارهای میکوریزا و نیتروکسین قرار داشت. از نظر آماری بین این سه تیمار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و کمترین عملکرد را شاهد با 323 گرم در متر مربع داشت (جدول 4).

عملکرد دانه گندم همچنین تحت تاثیر برهمکنش تناوب و کودهای زیستی قرار گرفت. همان‌طور که در شکل 6 نشان داده شده است عملکرد دانه گندم در همه‌ی تیمارهای کودی در تناوب یونجه-گندم بیشتر از آیش-گندم بود. با این تفاوت که در تناوب آیش-گندم بیشترین عملکرد مربوط به تیمار کودی میکوریزا با 332 گرم در متر مربع و کمترین عملکرد مربوط به تیمار شاهد با 273 گرم در متر مربع بود. در حالی که در تناوب یونجه-گندم بیشترین عملکرد مربوط به تیمار مخلوط نیتروکسین و میکوریزا با 435 گرم در متر مربع و سپس تیمار کودی نیتروکسین بود. Russo *et al.* (2005) نشان دادند که کاربرد توأم آزوسپیریلوم و میکوریزا باعث افزایش معنی‌دار تلقیح مایکویرزا در ریشه‌های گندم و ذرت شد. همچنین Roesti *et al.* (2006) بیان داشتند که تلقیح توام میکوریزا و باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار جذب عناصر غذایی، ارتفاع و عملکرد چند رقم گندم شد.

عملکرد غلات پس از بقولات تا حد زیادی وابسته به میزان نیتروژن اضافه شده به خاک توسط بقولات خواهد بود، میزان نیتروژن تثبیت شده در این شرایط متغیر بوده و بین 78 تا 504 کیلوگرم در هکتار می‌باشد (Basirizadeh, 2009). به طور کلی بقولات در هر الگوی تناوبی علاوه بر تاثیر مشخص بر عملکرد گیاهان زراعی، به واسطه افزایش فرآیند معدنی شدن مواد آلی و فراهمی نیتروژن زیستی (به عنوان منبع نیتروژن برای گیاهان در تناوب پس از خود) نقش مهمی در کاهش تقاضای انرژی مصرفی را نیز دارند (Biederbeck and Bouman, 1994).

شاخص برداشت، شمار دانه در سنبله و وزن هزار دانه: تنها صفتی که در این آزمایش تحت تاثیر معنی‌دار تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت شاخص برداشت بود (جدول 2). هرچند تناوب یونجه-گندم عملکرد ماده خشک را به میزان 33٪ افزایش داد (جدول 5) اما نقش آن در افزایش عملکرد دانه نیز در همین حدود بود. به عبارتی دیگر تناوب عملکرد کاه و دانه را نزدیک به یک میزان افزایش داد. بهمین دلیل شاخص برداشت تغییر چندانی نداشت. با این وجود شاخص برداشت در تیمار مخلوط نیتروکسین و میکوریزا به میزان 41٪ بالاترین و در تیمار میکوریزا به میزان 38٪ کمترین بود.



شکل 6- تأثیر متقابل تناوب و کود زیستی بر عملکرد دانه گندم

میانگین‌های دارای دامنه همپوشانی یکسان برای هر جزء تفاوت معنی‌داری بر پایه آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

جدول 5- مقایسه میانگین تأثیر تناوب، رقم و کود زیستی بر شاخص برداشت، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و محتوای گلوتن دانه گندم.

	تیمار	شاخص برداشت	وزن هزار دانه (گرم)	دانه (شمار در سنبله)	محتوای گلوتن (%)
تناوب	آیش	0/40a	36b	25b	16b
	یونجه	0/39a	40a	29a	21a
رقم	فلات	0/39a	36b	24b	18a
	پارسی	0/40a	40a	28a	19/5a
منبع کودی	شاهد	0/39a	38a	25b	17/1b
	نیتروکسین	0/40a	39a	26b	19/5ab
	میکوریزا	0/38a	37a	30b	17/6b
	مخلوط نیتروکسین و میکوریزا	0/41a	39a	29a	21/1a

* میانگین‌های دارای دست‌کم یک حرف مشترک در هر ستون و برای هر عامل، ، در سطح احتمال 5 درصد برای آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

تناوب یونجه-گندم باعث افزایش شمار دانه در سنبله شد. شمار دانه در سنبله در این تیمار نسبت به تناوب آیش-گندم 16٪ افزایش داشت. شمار دانه در سنبله در رقم پارسی نیز نسبت به رقم فلات بیشتر بود و این افزایش در سطح احتمال 5٪ معنی‌دار شد. کودهای زیستی نیز در افزایش شمار دانه موثر بودند (جدول 5). کمترین شمار دانه در سنبله در تیمار شاهد مشاهده شد. بیشترین شمار دانه در سنبله در تیمار میکوریزا و سپس در تیمار مخلوط نیتروکسین و میکوریزا مشاهده شد. بررسی‌های Mazaheri *et al.* (1998) نشان می دهد که میان کود نیتروژن و شمار دانه در سنبله ارتباط معنی داری وجود دارد و شمار دانه در سنبله ظرفیت مخزن را تعیین می‌کند. بنابراین هرچه شمار دانه بیشتر باشد گیاه دارای مخزن بالاتری برای دریافت مواد فتوسنتزی بوده، که در نهایت سبب افزایش عملکرد گیاه خواهد بود.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تناوب و رقم بر وزن هزار دانه تاثیر معنی‌داری ($p\leq 0/01$) داشتند (جدول 2). الگوی کشت یونجه-گندم باعث افزایش 10% وزن هزار شد. افزایش شاخص سطح برگ و ارتفاع به معنای افزایش میزان فتوسنتز است. از آنجایی که در تناوب یونجه-گندم شاخص سطح برگ (شکل 1) و ارتفاع (جدول 3) به میزان قابل توجهی از تیمارهای دیگر بیشتر بود، بنابراین به نظر می‌رسد که افزایش وزن دانه‌های تولید شده در این تیمار، به همین دلیل باشد. همچنین نیتروژن تثبیت شده در

ریشه‌های یونجه از نوع آلی می‌باشد، معدنی شدن تدریجی نیتروژن در طول دوره رشد گندم، باعث شده است که همواره گیاهان گندم در همه‌ی طول دوره رشد خود یک منبع نیتروژن در اختیار داشته باشند، این منبع نیتروژن در اواخر دوره رشد باعث افزایش وزن هزار دانه شد.

همچنین وزن هزار دانه در رقم پارسی 10٪ بیشتر از رقم فلات بود (جدول 5). کودهای زیستی باعث تغییر در وزن هزار دانه شدند ولی این تغییر از نظر آماری بی‌معنی بود (جدول 2). با این حال بشترین وزن هزار دانه در تیمار کودی مخلوط نیتروکسین و میکوریزا به میزان 39 گرم و کمترین آن در تیمار میکوریزا به میزان 37 گرم بود. Roesti *et al.* (2006) نشان دادند که به‌رغم اینکه تلقیح میکوریزا و باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن باعث افزایش جذب عنصرهای غذایی در گندم شد ولی تاثیر معنی‌داری در وزن هزار دانه نداشت.

گلوتن آرد

تیمارهای آزمایشی افزون بر افزایش در عملکرد کمی گندم ، در میزان گلوتن که شاخصی از عملکرد کیفی گندم است نیز به طور معنی‌داری ($p\leq 0/01$) تاثیر گذار شدند (جدول 5). تاثیر تناوب در میزان گلوتن معنی‌دار شد. تناوب یونجه-گندم عملکرد گلوتن را به میزان 31% نسبت به آیش-گندم افزایش داد. بین دو رقم فلات و پارسی تفاوت معنی‌داری از نظر میزان گلوتن وجود نداشت. با این وجود، گلوتن در رقم پارسی بیشتر بود. کودهای زیستی باعث افزایش گلوتن شدند. بیشترین میزان گلوتن در تیمار مخلوط نیتروکسین و میکوریزا به میزان 21٪ مشاهده شد. گلوتن در این تیمار 23٪ بیشتر از شاهد بود. پس از آن تیمار نیتروکسین در جایگاه دوم قرار گرفت و بین آن با تیمار مخلوط نیتروکسین و میکوریزا تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. کمترین میزان گلوتن در تیمار شاهد و میکوریزا مشاهده شد. Lerner *et al.* (2006) بیان داشتند با افزایش سطوح کود نیتروژن گلوتن دانه افزایش یافت. افزایش میزان نیتروژن خاک در تناوب یونجه-گندم و همچنین در تیمار کودی مخلوط نیتروکسین و میکوریزا سبب افزایش نیتروژن در گیاه و در نتیجه افزایش گلوتن شد. Bashan *et al.* (1993) بهترین دمای محیط برای تثبیت نیتروژن توسط باکتری آزوسپیریلوم را 28 درجه سلسیوس گزارش کرده است. این گزارش‌ها نشان می‌دهد در انتهای فصل رشد به دلیل وجود شرایط بهینه، باکتری‌های مذکور در بهترین شرایط تثبیت نیتروژن قرار می‌گیرند و از آنجایی که در این زمان گیاه در مرحله‌ای قرار دارد که دیگر رشد رویشی چندانی ندارد، این نیتروژن دریافتی باعث افزایش درصد پروتئین در دانه می‌شود.

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق بخوبی تاثیر مثبت تناوب یونجه-گندم و کودهای زیستی را در رشد و عملکرد گندم نشان داد. به طوری که تناوب یونجه-گندم باعث افزایش تاثیر کودهای زیستی شد. علت این نتیجه ممکن است بهبود ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک باشد. افزایش ماده آلی در تناوب یونجه-گندم باعث شد که بستر مناسبی برای فعالیت کودهای زیستی به‌وجود آید. تناوب یونجه-گندم نه تنها باعث افزایش عملکرد کمی گندم شد، بلکه در افزایش کیفیت دانه گندم نیز تاثیر معنی‌داری داشت. کودهای زیستی منجر به افزایش سطح برگ، روند تجمع ماده خشک و سرعت رشد گیاه شدند. همچنین تاثیر کودهای زیستی بر عدد کلروفیل متر، عملکرد دانه، شمار دانه در سنبله و میزان گلوتن معنی‌دار بود. در حالیکه کودهای زیستی بر ارتفاع بوته، تعداد پنجه بارور، عملکرد ماده خشک و عملکرد کاه تاثیر معنی‌داری نداشتند. همه‌ی کودهای زیستی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شدند. کاربرد توأم کودهای زیستی نشان داد که قارچهای میکوریزا، ازتوباکتر و آزوسپیریلوم تأثیر هم‌افزایی بر یکدیگر دارند.

منابع

Antunes, P.M., Deaville, D. and Goss, M.J., 2005. Effect of two AMF life strategies on the tripartite symbiosis with *Bradyrhizobium japonicum* and soybean. Mycorrhiza. 16, 167-173.

Bakhshaei, S., 2010. Effects of nitrogen biofertilizer and different amounts of nitrogen fertilizer and impact on some morphological characteristics, grain yield, yield components and growth indices of wheat. MS.c. Thesis. Ferdowsi University of Mashhad, Mashad, Iran.

Barea, J.M., Azcon, R. and Azcon-Aguilar, C., 2002. Mycorrhizosphere interactions to

improve plant fitness and soil quality. Antonie van Leeuwenhoek. 81, 343-351 .

Bashan, Y. and Holguin, G., 1997. Azospirillum-plant relationships: environmental and physiological advances. Canadian Journal of Microbiology. 43, 103–121.

Bashan, Y., Holguin, G. and De-Bashan, L., 2006. Azospirillum -plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997– 2003). Canadian Journal of Microbiology. 50, 521 –577.

Bashan, Y., Holguin, G. and Lifshitz, R., 1993. Isolation and characterization of plant growth-promoting rhizobacteria. In: B.R. Glick and J.E. Thompson Methods(Eds,). in Plant Molecular Biology and Biotechnology. CRC Press, Boca Raton, Fla. pp. 331-345.

Basirizadeh, M. H. 2009. The role of legumes in crop rotation on yield and reduce pest and disease. Daam, Kesht-Va-Sanat. 114, 52-54. (In Persian with English abstract).

Bhattarai, T. and Hess, D., 1993. Yield response of endomycorrhizal plants grown in. Nepalese spring wheat (*T. aestivum*) cultivars to *Azospirillum* spp. Of Nepalese orogon. Plant Soil. 151, 67-76.

Biederbeck, V.O. and Bouman, O.T., 1994. Water use by annual green manure legumes in dryland cropping systems. Agronomy Journal. 86, 543-549.

Biro, B., Köves-Péchy, K., Vörös, I., Takacs, T. and Strasser, R.J., 2000. Interrelations between Azospirillum and Rhizobium nitrogen-fixers and arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of alfalfa at sterile, AMF-free or normal conditions. Applied Soil Ecology. 15(2), 159-168.

Bradmeier, C., 2005. Laser-induced chlorophyll fluorescence sensing as a tool for site-specific nitrogen fertilization: Evaluation under controlled environmental and field conditions in wheat and maize. Ph.D. Thesis. Technical University of Munich, Germany.

Brar, M., Verma, R.D., Tyagi, R.Y. and Surampalli, J.R., 2008. *Bacillus thuringiensis* fermentation of primary and mixed sludge: rheology and process performance. Journal of Environmental Engineering. 134(8), 659–670.

Cardoso, I.M. and Kuyper, T.W., 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystems and Environment. 116, 72-84.

Copetta, A., Lingua, G. and Berta, G., 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. Genovese. Mycorrhiza. 16, 485-494.

El-Sirafy, M.Z., Woodard, H.J. and El-Norjar, E.M., 2006. Contribution of biofertilizers and fertilizer nitrogen to nutrient uptake and yield of egyptian winter wheat. Journal of Plant Nutrition. 29, 587–599.

Emam, Y., 2007. Cereal Production. Shiraz University Press, Shiraz, Iran.

Emtiazi, G., Naderi, A. and Etemadifar, Z., 2004. Effect of nitrogen fixing bacteria on growth of potato tubers. Food Science. 26, 56–58.

Estrada-Luna, A. and Davies, A., 2003. Arbuscular mycorrhizal fungi influence water, relations, gas exchange, abscisic acid and growth of micropropagated chile ancho pepper (*Capscum annuum*) plantlets during acclimatization and post-acclimatization. Journal of Plant Physiology. 160, 1073-1083.

Hegazi, N.A, Monib, M., Amer, H.A. and Shoker, E., 1983. Response of maize plants to inoculation with azospirilla and (or) straw amendment in Egypt. Canadian Journal Microbial. 29, 888-894.

ISIRI, 2009. Wheat and wheat flour – gluten content -Part 4: Determination of dry gluten from wet gluten by a rapid drying method. Available online at: http://www.isiri.org/portal/files/std/9639-4.pdf.

Jury, C., Benetto, E., Koster, D., Schmitt, B. and Welfring, J., 2010. Life cycle assessment of biogas production by monofermentation of energy crops and injection into the natural gas grid. Biomass bioenergy. 34, 54-66.

Kapoor, R., Chaudhary, V. and Bhatnagar, A.K., 2007. Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. Mycorrhiza. 17, 581-587.

Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K.G., 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.

Kemper, W.D., 1993. Effects of soil properties on precipitation use efficiency. Irrigation Science. 14, 65-73.

Kennedy, I.R., Choudhury, A.T.M. and Kecskes, M.L., 2004. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited? Soil Biology and Biochemistry. 36, 1229-1244.

Khosravi, H., Saleh-Rastin, N. and Mohammadi, M., 1998. Effect of azotobacter inoculation as a biological fertilizer on growth and yield of wheat. Iranian Journal of Soil and Water.

12(6), 1-8. (In Persian with English abstract).

Koocheki, A. and Khajehosseini, M., 2008. Modern Agfriculture. Mashhad Jahad-Daneshgahi Press, Mashhad, Iran.

Krishna, A., Patil, C.R., Raghavendra, S.M. and Jakati, M.D., 2008. Effect of bio-fertilizers on seed germination and seedling quality of medicinal plants. Karnataka Journal of Agriculture and Science. 21(4), 588-590.

Lerner, S., Seghezzo, M., Molfese, E., Ponzio, N., Cogliatti, M. and Rogers, W., 2006. N- and S-fertiliser effects on grain composition, industrial quality and end-use in durum wheat. Journal of Cereal Science. 44, 2–11.

Lund, H., 2007. Renewable energy strategies for sustainable development. Energy. 32, 912-920.

Mazaheri, D., Fonoodi, F., Hashemi-Dezfooli, A. and Afsharmanesh, Gh., 1998. Effect of nitrogen levels and times of consumption on barley yield in Jiroft. In 8th Congress of Agronomy and Plant Breeding of Iran, 1st-4th September, Rasht, Iran. p.838.

Morone-Fortunato, I. and Avato, P., 2008. Plant development and synthesis of essential oils in micropropagated and mycorrhiza inoculated plants of *Origanum vulgare* L. ssp. Hirtum (Link) Ietswaart. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 93, 139-149.

Oram, P. and Belaid, A., 1990. Legumes in Farming Systems. Joint ICARDA/IFPRI Report. Syria.

Roesti, D., Gaur, R., Johri, B.N., Imfeld, G., Sharma, S., Kawaljeet, K. and Aragno, M., 2006. Plant growth stage, fertiliser management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. Soil Biology and Biochemistry. 38, 1111-1120.

Russo, A., Felici, C., Götz, M., Toffanin, A., Collados, C., Moënne-Loccoz, Y., Vanderleyden, J., Barea, J.M., Smalla, K. and Nuti, M., 2005. Effect of Azospirillum inoculants on arbuscular mycorrhiza establishment in wheat and maize plants. Biology and Fertility of Soils. 41, 301-309.

Shahsavar, N. and Safari, M., 2005. The effect of N on yield companentson on three wheat cultivars yield. Pajohesh and Sazandegi Journal. 66, 124-140. (In Persian with English abstract).

Sharifi, Z. and Haghnia, G.H., 2006. Effect of nitroxin biofertilizer application on grain yield and yield components of wheat (cv. Sabalan). In 2nd National Conference on Agro Ecology in Iran, 17th-18th October, Gorgan, Iran. pp.1-3.

Smith, S.E. and Read, D.J., 1997. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, London.

Taghizade, M., Esfehani, M., Davatgar, N. and Madani, H., 2008. Effects of irrigation management and nitrogen fertilizer on yield and yield components of rice (*oryza sativa* L.). New Findings in Agriculture. 2(4), 353-364.

Zaid, K.A., Afify, A. and Nassef, M.A., 2003. Yield and nitrogen assimilation of winter wheat inoculated with new recombinant inoculants of rhizobacteria. Pakistan Journal of Biology. 6, 344-358.

Zhu, Y.G., Smith, S.E., Barritt, A.R. and Smith, F.A., 2001. Phosphorus (P) efficiencies and mycorrhizal responsiveness of old and modern wheat cultivars. Plant and Soil. 237, 249-255.

Effects of biofertilizers inoculation on quantitative and qualitative characteristics of two wheat genotypes in rotation with alfalfa

Hossein Zare,* Alireza Koocheki, Mahdi Nasiri Mahallati and Parviz Rezvani Moghadam
Department of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

*Corresponding author: h_zare@stu.um.ac.ir.

Abstract

In order to evaluate the effects of biological fertilizers and crop rotation on yield and the yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.), an experiment was conducted as a split-plot factorial arrangement based on a randomized complete block design, with three replications, in the field during the 2010-2011 growing season. Two crop rotations as alfalfa-wheat and fallow-wheat were assigned to the main plots. Two wheat varieties (Falat and Parsi) and biological fertilizer at four levels, including Nitroxin, Mycorrhizal fungi and Nitroxin+ Mycorrhizal together, and with a control were randomized in subplots. Growth indices, the number of tillers, yield and yield components and the grain glutenin content of wheat were recorded. Results showed that in the wheat-alfalfa rotation all studied traits except the harvest index increased. Parsi increased in plant height and grain yield more than Falat, but seed glutenin content in both varieties was the same. Biological fertilizers increased the leaf area index, dry matter accumulation and crop growth rate. Also, the impact of biological fertilizers on the chlorophyll meter reading, grain yield, grain number per spike and glutenin content of wheat were significant. In contrast, the effects of biological fertilizers on plant height, number of fertile tillers, dry matter yield and straw yield were not significant. The maximum yield was gained with 435 g m^{-2} in the alfalfa-wheat rotation, Parsi variety and Nitroxin+Mycorrhizal fertilizer.

Keyword: Azotobacter, Crop rotation, Ecological agriculture, Glutenin, Mycrrhiza.