"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد هفتم، شماره ۲، پاییز و زمستان ۹۷
(ص ۱۵۲-۱۴۳)

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 7, No.: 2, Autumn and Winter 2018
(pp: 143-152)
DOI: 10.22034/ijsst.2018.108058.1019

اثر مزرعه‌ای بذرمال کودهای زیستی بایوفارم و پروبیو۹۶ بر بهبود کیفیت و عملکرد گندم دیم پاییزه در شهرستان فراهان

سلیمان قاسمی[۱]، مسعود احمدزاده[۲*]، سیاوش ترابی[۳]، مجید حسینی[۳]

۱. دکتری بیماری‌شناسی گیاهی و مدیر تحقیق و توسعه شرکت فن‌آوری زیستی طبیعت گرا (بایوران)
۲. استاد گروه گیاهپزشکی دانشگاه تهران
۳. به ترتیب مدیر کنترل کیفیت و مدیر تولید پروبیوتیک‌های گیاهی شرکت فن‌آوری زیستی طبیعت گرا (بایوران)

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۰۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۳۰)

چکیده

این پژوهش در سال ۱۳۹۴ با هدف بررسی کودهای میکروبی بایوفارم و پروبیو۹۶ مبتنی بر چند باکتری پروبیوتیک گیاهی (به عنوان دو تیمار آزمایشی در مقایسه با شاهد در سه تکرار) بر پارامترهای کمی و کیفی گندم در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی در بخش خنجین استان مرکزی اجرا شد. نتایج نشان داد تیمار محصول پروبیو۹۶ با ۳۶۶/۸ بوته در متر مربع بیشترین تعداد جوانه‌زنی را دارد. در این بررسی محصول پروبیو ۹۶ با ۴۷ سانتی‌متر بالاترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص داد. از نظر پنجه‌زنی بایوفارم با متوسط ۳/۱۴ پنجه در هر بوته در رتبه نخست قرار گرفت. کاربرد هر دو پروبیوتیک گیاهی سبب بهبود وزن هزاردانه نسبت به تیمار شاهد شد. تیمار بذرها با بایوفارم و پروبیو۹۶ سبب بهبود وزن هزار دانه به ترتیب تا ۴۱/۱ و ۳۹/۸ گرم شدند. این در حالی است که وزن هزاردانه در مورد تیمار شاهد ۳۴/۶ گرم بود. نتایج نشان داد که عملکرد گندم در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌دار و چشمگیری نسبت به شاهد دارد. کاربرد هر دو کود بیولوژیک سبب افزایش عملکرد نسبت به شاهد داشت. تیمار بذرها با بایوفارم و پروبیو۹۶ سبب افزایش عملکرد به ترتیب به میزان ۹۰و ۵۴ درصد نسبت به شاهد شدند. میزان عملکرد نیز به ترتیب ۱۸۶۷/۹ و ۱۵۲۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. این در حالی است که عملکرد گندم در شاهد ۹۸۲ کیلوگرم در هکتار بود. این تحقیق، اثربخشی دو محصول تجاری مبتنی بر باکتری‌های پروبیوتیک گیاهی در تولید محصول بیشتر و با کیفیت‌تر را به‌خوبی نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: کشاورزی زیستی، باکتری، پروبیوتیک گیاهی، کود زیستی، ریزوسفر

Improvement of the yield and quality of wheat by seed treatment of biological fertilizers Biofarm and Probio96 under field conditions

S. Ghasemi[1], M. Ahmadzadeh[2], S. Torabi[3] and M. Hosseini[3]

1- Head of R&D Department, Nature Biotechnology Company (Biorun), Alborz, Iran; Ph.D. of plant pathology
2- Professor of plant probiotics at University of Tehran, Tehran, Iran
3- Nature Biotechnology Company (Biorun), Alborz, Iran

(Received: Oct. 24, 2016– Accepted: Jun. 20, 2018)

Abstract

In this study, the effects of two biological products including Biofarm and Probio96 based on some plant probiotic bacteria (considered as two treatments in comparison with control) were evaluated on quality and yield of wheat. The pilot was considered a farm about 5,000 m2 at Khenejin city (Markazi province) during 2015. A complete randomized block design was used. The bacterial treatments were the company-recommended concentrations of Biofarm, Probio96 and corresponded amount of water as control. In this study quantitative and qualitative parameters were examined. The results showed that Probio96 with 366.8 plants per m^2 resulted in the highest number of germination. The highest plant height (47.33 cm) was related to treatment Probio96. Considering the tillering, Biofarm was recorded as the most effective treatment with an average of 3.14 tillers per plant. Seed treatment by Biofarm and Probio96 improved thousand seed weight to 41.1 and 39.8 gram respectively. This is despite the fact that control resulted in 37.2 g. The results showed that wheat yield in different treatments has significant difference compared to the control. The application of both biological fertilizer increased yield compared to control. Seed treatment with Probio96 and Biofarm increased wheat yield about 44 and 64 percent respectively. The results showed that Probio96, Biofarm and control resulted in 1900.9, 1661.7 and 1152.8 kg of yield per hectare, respectively. Qualitative analysis of wheat production under three different treatments showed that the treatments had no significant effect on wheat grain quality characteristics.

Keywords: Biofarming, Biological fertilizers, Plant probiotics, Bacterium, Rhizosphere

* Email: ahmadz@ut.ac.ir

مقدمه

حدود ۶۰ درصد سطح مزارع جهان به کشت غلات اختصاص دارد. در کشور ما نیز سطح وسیعی از مزارع کشور به کشت دیم و آبی گندم اختصاص دارد و از طرفی گندم مهمترین محصول راهبردی کشور است. یکی از راه‌های افزایش عملکرد گندم استفاده از کودهای شیمیایی است. اما استفاده از این کودها شاید در کوتاه مدت باعث افزایش عملکرد شود، ولی در بلندمدت نه تنها باعث مسمومیت خاک و آسیب به کیفیت خاک می‌شود، بلکه سبب آسیب جدی به محیط زیست و سلامتی انسان نیز می‌گردد (Turan *et al.* 2010). به جهت اینکه باکتری‌های پروبیوتیک گیاهی توانایی در اختیار قراردادن عناصر مغذی جهت تغذیه گیاه را دارند، استفاده از این باکتری‌ها خواهد توانست هم استفاده بهینه از کودهای شیمیایی را افزایش دهد و هم از آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از استفاده بی‌رویه آن جلوگیری کند (Rana *et al.*, 2012).

کودهای بیولوژیک به عنوان ترکیباتی شناخته می‌شوند که حاوی میکروارگانیسم‌های زنده‌ای هستند که زمانی که در بذر، سطح گیاه یا خاک استفاده می‌شوند، فضای ریزوسفری یا سطح گیاه را کلنیزه کرده و رشد گیاه را از طریق فراهم نمودن یا تسهیل دسترسی مواد غذایی برای گیاه فراهم می‌کنند (Vessey 2003). کودهای بیولوژیک به عنوان یکی از ابزارهای مهم در مدیریت تلفیقی تغذیه گیاهان جهت دستیابی به یک تولید پایدار کشاورزی و بهبود عملکرد شناخته می‌شوند (Narula *et al.*, 2005; Wu *et al.*, 2005). رشد گیاه، متأثر از محیط اطراف خود به ویژه میکروارگانیسم‌های همزیست می‌باشد که در میان جوامع میکروبی، باکتری‌های پروبیوتیک گیاهی از قبیل جنس‌های *Pseudomonas*، *Azospirillium*، *Azotobacter*، *Bacillus*، *Burkholderia*، *Enterobacter*، *Rhizobium* و *Flavobacterium* از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (Ahmadzadeh, 2014; Rodriguez and Fraga, 1999).

بدون تردید کاربرد این میکروارگانیسم‌ها، علاوه بر اثرات مثبتی که بر کلیه خصوصیات خاک دارد، از جنبه‌های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی نیز مثمر ثمر واقع شده و می‌تواند به عنوان مکملی مناسب جهت استفاده بهینه و مطلوب برای کودهای شیمایی باشد. باکتری‌های پروبیوتیک گیاهی تأثیر قابل ملاحظه‌ای هم بر خصوصیات رشدی گیاه و هم بر میزان عنصر جذب شده که در اختیار گیاه قرار می‌گیرد دارند (Ahmadzadeh, 2014). این میکروارگانیسم‌ها در کشاورزی با هدف تحریک چرخه غذایی و کاهش نیاز به کودهای شیمیایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (Turanet *et al.*, 2010).

در حال حاضر برخی از باکتری‌هایی که در دنیا به عنوان عوامل محرک رشد گیاه مطرح هستند، در قالب کودهای بیولوژیک مانند بایوفارم و رشدافزا و پروبیو۹۶ تولید و عرضه می‌شوند. این محصولات اثرات خوبی در بهبود عملکرد محصولات مختلف در سال‌های اخیر داشته‌اند و می‌توان از آنها در افزایش عملکرد گندم و جو بهره برد. ماده مؤثره این محصولات تلفیقی از سویه‌های *Azotobacter*، *Azospirillum*، گونه‌های مختلف *Pseudomonas* و گونه *Bacillus subtilis* می‌باشد. این ماده موثره، واجد باکتری‌های مولد هورمون‌های محرک رشد گیاه و اصلاح کننده ساختمان خاک است و در عین حال نقش مهمی در کاهش استفاده از کودهای شیمیایی ایفا می‌کند. لذا در این تحقیق کاملاً میدانی و کاربردی سعی شد تا اثرات این کودها بر پارامترهای مختلف تولید گندم مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این بررسی در سال ۱۳۹۴در استان مرکزی، شهرستان فراهان و بخش خنجین صورت پذیرفت (شکل۱). بخش خنجین در طول جغرافیایی ۴۹:۳۱ و عرض جغرافیایی

۳۴:۴۵ قرار دارد. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۸۰۰ متر می‌باشد زمین مورد آزمایش به مساحت ۵۵۰۰ متر مربع یا حدود نیم هکتار در سمت شمال شرقی شهر خنجین در نظر گرفته شد.

طرح آزمایش

برای انجام این آزمایش به دلیل وجود شیب و ناهمگن بودن زمین از طرح بلوک‌های کامل تصادفی استفاده گردید. بلوک‌ها عمود بر شیب زمین در نظر گرفته شد. در این طرح ۳ تیمار، ۳ بلوک و ۳ تکرار مطابق شکل ۲ در نظر گرفته شد. تیمارها شامل کاربرد کود زیستی بایوفارم (T_1)، کود زیستی پروبیو ۹۶ (T_2) و شاهد (T_3) بود.

برای بذرمال کردن بذرهای رقم سرداری از روش توصیه‌شده براساس دستورالعمل شرکت تولیدکننده استفاده شد. مقدار مورد نظر از هر کدام از پروبیوتیک‌های گیاهی در داخل ظرف اسپری ریخته شد و سپس در حالی که بذرها هم زده می‌شدند بر روی آنها اسپری گردید. عمل هم‌زدن بذور تا جایی ادامه یافت که از یکنواختی توزیع باکتری‌ها اطمینان حاصل شد. مقدار به‌کار رفته از دو کود بیولوژیک جهت عملیات بذرمال ۲ لیتر در ۱۰۰ کیلوگرم بذر بود. در مورد نمونه شاهد از آب فاقد مایه تلقیح جهت بذرمال کردن بذور استفاده شد. پس از آغشته شدن بذرها با سوسپانسیون کودها، اجازه داده شد تا در شرایط سایه کاملا خشک شوند. بذرها سپس در زمین کاشته شدند. زمین مورد آزمایش در بهار مانند همه زمین‌های دیم در منطقه شخم شد و در پاییز آماده کاشت گردید. و بذرها به صورت یکنواخت در زمین توزیع گردیدند. پس از پاشش بذور عمل شخم و پوشاندن بذور با استفاده از چیزل قلمی انجام گرفت.

ارزیابی شاخص‌ها

جهت اندازه‌گیری ارتفاع بوته‌ها حدفاصل بین طوقه و بخش انتهایی بوته مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. جهت سنجش درصد جوانه‌زنی تعداد بوته‌های رشد کرده در واحد متر مربع با استفاده از کوادرات مورد شمارش قرار گرفت. به منظور بررسی میانگین تعداد پنجه‌ها در هر بوته تعداد پنجه‌ها در بوته‌ها شمارش و میانگین آن به‌دست آمد. وزن هزار دانه هر کدام از تیمارها با توزین ۱۰۰۰ عدد از بذرهای بدست آمده از آنها محاسبه گردید. به منظور محاسبه عملکرد گندم در تیمارهای مختلف میزان محصول برداشت شده در هر متر مربع محاسبه و به هکتار تعمیم داده شد. لازم به توضیح است که برای این منظور از هر تکرار ۳ نمونه (سه مرتبه کادر اندازی) اخذ شد که در مجموع برای هر تیمار ۹ نمونه به‌دست آمد. شاخص‌های مختلفی از قبیل درصد پروتئین بذر، عدد زلنی، ورآمدن، درصد جذب رطوبت، درصد و شاخص گلوتن در آزمایشگاه موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر براساس روش‌های استاندارد ICC اندازه‌گیری شد. جهت محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ و مقایسه میانگین نیز بصورت LSD در سطح ۵ درصد به‌کار برده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان داد که باکتری‌های پروبیوتیک بر عملکرد و مولفه های رویشی گندم تاثیر معنی‌دار داشته است (جدول ۱).

ارزیابی ارتفاع بوته های گندم

نتایج حاصل نشان داد که محصول پروبیو ۹۶ با میانگین ۴۷/۳ سانتیمتر بالاترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص داد. این درحالی بود که محصول بایوفارم از این نظر در رتبه دوم قرار گرفت و ارتفاع بوته ۴۱/۱ سانتی‌متری را به خود اختصاص داد. در بوته‌های شاهد ارتفاع ۳۶/۹ سانتی‌متری ثبت گردید (شکل‌های ۱ و ۲). نتایج حاصل با یافته‌های شهزاد و همکاران (Shahzad *et al.*, 2013) که بر روی ذرت انجام دادند و دریافتند که جدایه SFT3 ارتفاع گیاه را به ۱۶۶ سانتی‌متر (۱۲٪افزایش) نسبت به شاهد رساند. در تلفیق باکتری جدایه SFT3 به همراه ۵۰ درصد، ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد کود توصیه شده به‌ترتیب ارتفاع

گیاه ذرت به ۱۹۰ سانتی‌متر (۲۸٪ افزایش) ۲۰۵ سانتی‌متر (۳۸٪ افزایش) و ۲۱۸ سانتی‌متر (۴۷٪ افزایش) نسبت به شاهد رسید که این امر باعث سطح فتوسنتز کننده بیشتر تاج پوشش گیاهی گردیده و سوخت وساز را از طریق افزایش سطح برگ و فتوسنتز افزایش داده و پتانسیل صعودی زیست توده را افزایش می‌دهد. همچنین عباسی و همکاران (Abbasi *et al.*, 2011) دریافتند که کاربرد باکتری‌ها به طور معنی‌داری باعث افزایش ارتفاع گیاه، وزن تر ساقه، و وزن خشک ساقه بترتیب به میزان ۲۵، ۴۵ و ۸۶ درصد گردید، در حالیکه طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه را ۲۷، ۱۰۲ و ۷۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد.

جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات مطالعه شده در گندم تحت باکتری‌های پروبیوتیک

Table 1- Analysis of variance mean square of the studied traits in wheat under probiotic bacteria

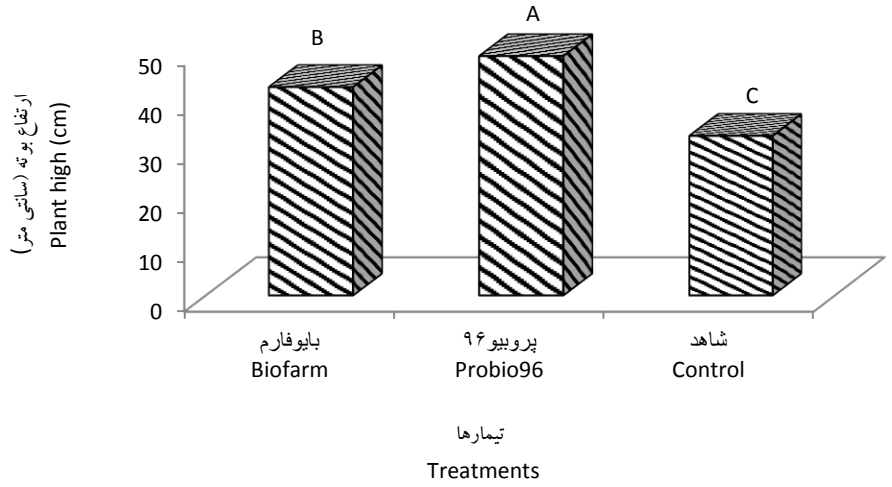
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد (کیلوگرم وزن دانه در هکتار) Yield (kg/h)	وزن هزار دانه (گرم) grain weight	تعداد پنجه Number of tiller	تعداد بذور جوانه‌زده در متر مربع Number of germinated seeds	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)
تکرار Replication	2	7493.238	8.11	469.78	0.007	1.87
پروبیوتیک (A) Probiotic	2	596405.7**	50.33**	29987.1**	1.59*	198.76**
اشتباه آزمایشی Error	4	2337.491	0.4528	411.11	0.136	2
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		3.3	5.5	7.1	14.6	4.23

Ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد

Ns, *, ** No-significant and significant at 1 and 5 percent level, respectively

شکل ۱- اثر کاربرد کودهای بیولوژیک بر ارتفاع بوته‌های گندم. A) کود بیولوژیک بایوفارم، B) کود بیولوژیک پروبیو۹۶ و C) شاهد

Figure 1- Effect of application of biological fertilizers on wheat plant height.
A) Biofarm, B) Probio 96, and C) Control

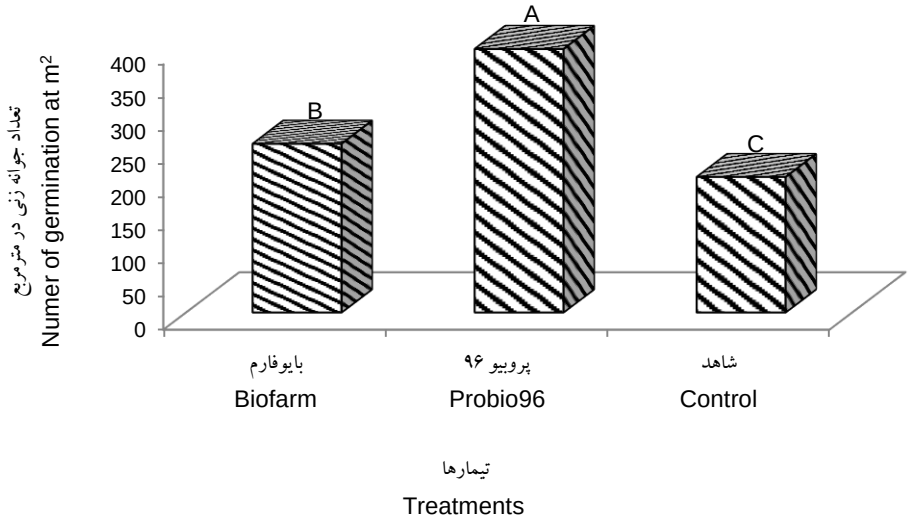


شکل ۲- مقایسه میانگین اثر کاربرد کودهای بیولوژیک بایوفارم و پروبیو۹۶ بر ارتفاع بوته‌های گندم

Figure 2- Mean comparisons for the eeffect of biofarom and Probio96 as biological fertilizers on wheat height.

ارزیابی جوانه‌زنی بذور

نمونه‌های جمع‌آوری شده از نظر تعداد بذرهای جوانه زده که منجر به تولید بوته گندم شده بود مورد بررسی و شمارش قرار گرفتند که نتایج در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد تیمار محصول پروبیو۹۶ با ۳۶۶/۸ بوته در متر مربع بیشترین تعداد جوانه‌زنی را دارد. نظر به اینکه باکتری‌های پروبیوتیک توانایی تولید متابولیت‌های همچون سیدورفور و اسیدهای آلی را دارند و از طرفی باعث آزادسازی عناصر مغذی و در اختیار قرار دادن آن برای بذر و گیاه می‌باشند، نظر به اینکه اکثر بذرها دارای قدرت بذر پایین می‌باشند، این باکتری‌های از طریق بهبود کیفیت بذر و همچنین تحریک متابولیت‌های درونی بذر باعث جوانه‌زنی سریع‌تر و یکنواخت تر بذرها می‌گردد (Morgan *et al.*, 2005).

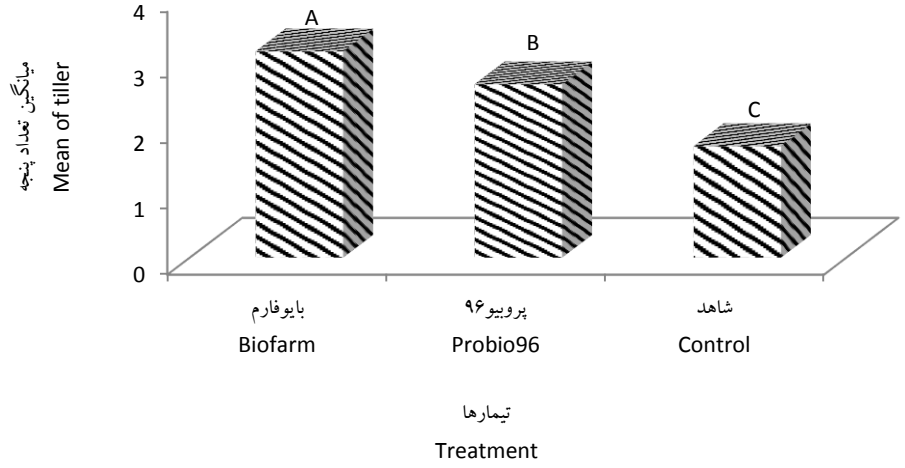


شکل ۳- مقایسه میانگین اثر کاربرد کودهای بیولوژیک بایوفارم و پروبیو۹۶ بر تعداد جوانه‌زنی گندم

Figure 3- Mean comparisons for the effect of application of biofarm and Probio96 (as biological fertilizers) on seed germination of wheat.

ارزیابی تعداد پنجه در هر بوته

از نظر پنجه‌زنی بایوفارم با متوسط ۳/۱۴ پنجه در یک بوته در رتبه نخست قرار گرفت. این در حالی است که پروبیو ۹۶ از این نظر با ۲/۷۵ پنجه در رتبه دوم قرار گرفت (شکل ۴).



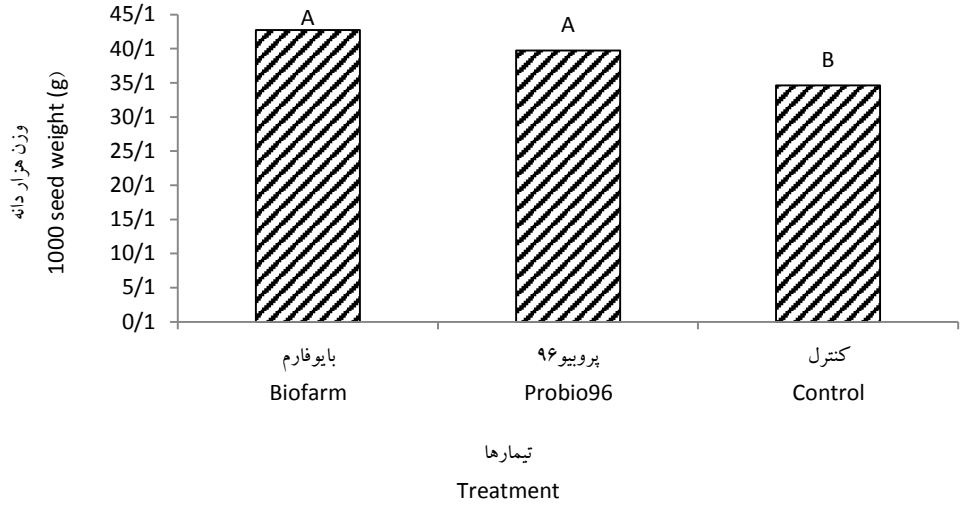
شکل ۴- مقایسه اثر کاربرد کودهای بیولوژیک بایوفارم و پروبیو۹۶ بر میانگین پنجه‌زنی گندم

Figure4- Mean comparisons for the effect of application of biofarm and Probio96 (as biological fertilizers) on wheat tiller.

دومین نمونه‌برداری جهت بررسی عملکرد نهایی گندم در فصل برداشت گندم در منطقه فراهان در تاریخ ۱۸ تیرماه ۱۳۹۵ انجام گرفت. نمونه‌برداری از مزرعه بر اساس بلوک‌بندی و تیماربندی صورت گرفته، انجام شد. برای این منظور از یک کادر فلزی با مساحت یک متر مربعی استفاده شد. کادر به صورت تصادفی در کرت‌های تحت تیمار و شاهد انداخته شد و نمونه‌برداری داخل کادر انجام گرفت. در این مرحله از هر تکرار تیمارها ۳ نمونه کادر گرفته شد بدین ترتیب که ۹ کادر برای یک تیمار انداخته شد. مجموعا برای سه تیمار ۲۷ کادراندازی صورت پذیرفت. در هر کادراندازی کل خوشه‌های گندم داخل کادر برداشت و برای ارزیابی پارامترهای مختلف از جمله وزن هزاردانه و عملکرد گندم در هکتار به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج حاصل با یافته‌های بایگ و همکاران (۲۰۱۲) که از باکتری‌هایی که هم خاصیت حلالیت فسفر و هم خاصیت تولید آنزیم ACC دآمیناز را داشتند در گندم مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه دست یافتند باکتری‌هایی که خاصیت دوگانه دارند دارای تاثیر بیشتری بر ویژگی‌های عملکردی و هم بر میزان جذب فسفر در کاه و عملکرد هم در شرایط مزرعه و هم در شرایط گلخانه داشتند. به طوریکه باعث افزایش ۴ برابری وزن و طول ریشه گندم و باعث افزایش ۵۶ درصدی پنجه‌زنی، ۴۰ درصدی عملکرد و ۷۷ درصدی فسفر دانه گردید.

ارزیابی وزن هزاردانه

نتایج نشان داد که وزن هزاردانه در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری دارد (شکل ۵). کاربرد هر دو کود بیولوژیک سبب بهبود وزن هزار دانه نسبت به تیمار شاهد شد. همچنان که در شکل ۸ نشان داده شده است تیمار بذرها با پروبیوتیک‌های گیاهی بایوفارم و پروبیو۹۶ سبب بهبود وزن هزاردانه به ترتیب تا ۴۱/۱ و ۳۹/۸ گرم شدند. این در حالی است که وزن هزار دانه در مورد تیمار شاهد ۳۴/۶ گرم بود.



شکل۵- اثر کاربرد کودهای بیولوژیک بایوفارم و پروبیو۹۶ بر وزن هزاردانه گندم تحت تیمار و شاهد

Figure 5- Effect of application biological fertilizer of biofarm and Probio96 on grain weight of wheat.

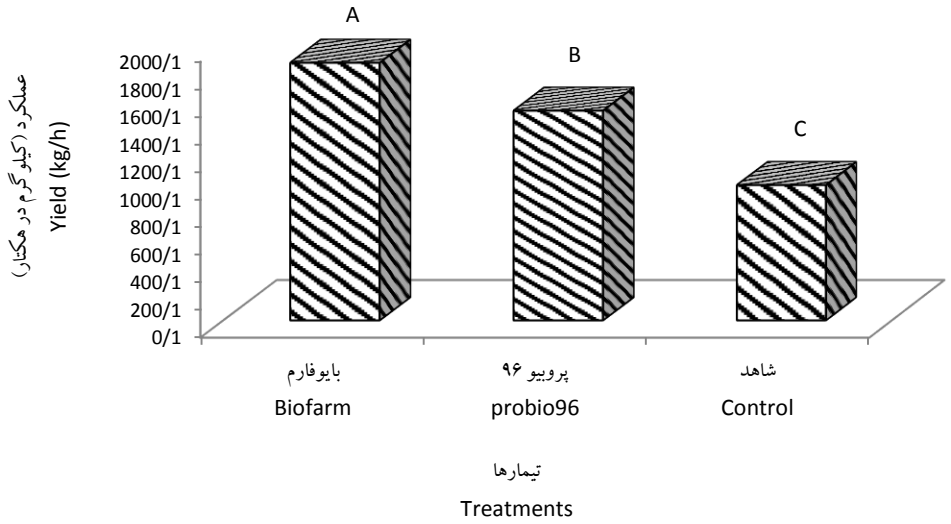
ارزیابی عملکرد

نتایج نشان داد که عملکرد گندم در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌دار و چشمگیری نسبت به شاهد دارد. کاربرد هر دو کود بیولوژیک سبب افزایش چشمگیر عملکرد گندم نسبت به تیمار شاهد شد. همچنان که در شکل ۶ نشان داده شده است، تیمار بذرها با پروبیوتیک‌های گیاهی بایوفارم و پروبیو۹۶ سبب افزایش عملکرد به ترتیب به میزان ۹۰ و ۵۴ درصد نسبت به شاهد شدند. میزان عملکرد در این بررسی به ترتیب ۱۸۶۷/۲ و ۱۵۲۰/۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. این در حالی است که عملکرد گندم در مورد تیمار شاهد ۹۸۲/۳ کیلوگرم در هکتار بود. نتایج حاضر با یافته‌های رانا و همکاران (۲۰۱۲) تأثیر باکتری‌ها را بر جذب عناصر پرصرف و کم مصرف بر عملکرد گندم و باعث بهبود ۱۴ تا ۳۴ درصدی در پارامترهای بیومتریک گیاه و ۲۸ تا ۶۰ درصدی در محتوی عناصر ریزمغذی و همچنین با نتایج عباسی و همکاران (۲۰۱۱) که باعث افزایش ارتفاع گیاه، وزن تر ساقه، و وزن خشک ساقه به ترتیب به میزان ۲۵، ۴۵ و ۸۶ درصد و طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه را ۲۷، ۱۰۲ و ۷۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد، همسو بود. دلیل این مهم مکانیزم‌های مستقیم اثر بخشی انواع باکتری‌های مفید مانند تولید فیتوهورمون‌ها، اکسین‌ها (Piromyou *et al.*, 2011)، سیتوکینین‌ها (Aslantas *et al.*, 2007) و جیبرلین‌ها (Gutierrez-Manero *et al.*, 2001)، افزایش دسترسی گیاه به مواد غذایی از جمله فسفر از طریق حل آنزیمی و غیر آنزیمی فسفات‌های نامحلول آلی و معدنی و تسهیل جذب آهن با تولید سیدروفور توسعه سیستم ریشه‌ای (Zahir *et al.*, 2004)، تولید ریزوبیتوکسین به منظور کاهش اثرات منفی اتیلن استرسی و افزایش گره‌زایی به اثبات رسیده است (Antoun and Kloepper, 2001).

سنجش شاخص‌های کیفی

نتایج نشان داد که کاربرد این کودها اثر معنی‌داری بر درصد پروتئین گندم نداشته است. براساس دستورالعمل ارائه‌شده توسط انجمن بین‌المللی علوم و تکنولوژی بذر غلات[1]، پروتئین گندم که نان از آن تهیه می‌شود باید بیش از ۱۱/۵ درصد پروتئین داشته باشد (Williams *et al.*, 1998). این عدد برای گندم‌های دوروم ۱۲/۵ درصد می‌باشد.

[1] url: https://www.icc.or.at/



شکل ۶- اثر کاربرد کودهای بیولوژیک بایوفارم و پروبیو۹۶ بر عملکرد گندم

Figure 6- Effect of application biological fertilizer of biofarm and Probio96 on wheat yield.

عدد زلنی ارتباط مستقیمی با پروتئین دارد. یعنی عدد پروتئین به همان نسبت عدد زلنی بالا و پایین می‌رود. در این پژوهش در تیمار بایوفارم این عدد ۲۷، در تیمار پروبیو۹۶ عدد زلنی ۲۹/۶ و در شاهد ۲۸/۳ گزارش شد که تیمار پروبیو۹۶ عدد بهتری بدست داد. در این پژوهش شاخص BV یا ورآمدن و پف کردن خمیر برای ۵۰۰ گرم آرد کالیبره شد. درصد جذب رطوبت مقدار آبی که مجاز هستیم به آرد جهت تهیه خمیر اضافه کنیم ۶۳٪ تا ۶۷٪ می‌باشد که در این پژوهش تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. همانطور که می‌دانیم ۸۰ درصد پروتئین گندم را گلوتن تشکیل می‌دهد. دستگاه گلوتن شور هم سبوس هم نشاسته را از آرد جدا می‌کند و یک توده لاستیکی به ما می‌دهد که همان گلوتن می‌باشد. نتایج سایر شاخص‌های مهم براساس روش‌های استاندارد ICC که در آزمایشگاه موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر انجام گرفت، در جدول ۲ آورده شده‌اند.

جدول ۲- اثر کاربرد کودهای بیولوژیک بایوفارم و پروبیو۹۶ بر برخی شاخص های کیفی بذر گندم های دیم تحت تیمار و شاهد.
درصد پروتئین بذر (PROT %)، عدد زلنی (ZEL)، ور آمدن (BV)، درصد جذب رطوبت (WA%)، درصد گلوتن (W.GLUT)، شاخص گلوتن (GLUT.I) و SDS

Table 2. Effect of Biofarm and Probio 96 on some qualitative parameters of wheat grains. Seed protein percentage (PROT %), Zeleny number (ZEL), (BV), water absorption percentage (WA %), gluten percentage (W.GLUT), gluten index (GLUT.I) and SDS

Treatments	PROT %	ZEL	B.V	WA%	W.GLUT	GLUT.I	SDS
Biofarm	10/77 a	27/00 b	504/33 b	62/03 a	22/00 b	54/00 b	43/67 c
Probio96	10/97 a	29/67 a	495/33 c	62/37 a	23/67 b	56/00 a	48/33 b
Control	10/90 a	28/33 b	517/67 a	62/07 a	27/33 a	52/33 c	50/00 a

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که درصد گلوتن موجود در تیمار شاهد بیشتر از دو تیمار دیگر است. در این پژوهش مشخص شد که این شاخص در تیمار کودی بایوفارم، پروبیو۹۶ و شاهد به ترتیب ۵۴، ۵۶ و ۵۲ به‌دست آمد. اما شاخص آخر عدد SDS است که در این تحقیق، برای تیمار بیولوژیک بایوفارم عدد ۴۳/۶۷، برای تیمار پروبیو۹۶ عدد ۴۸/۳ بود؛ درحالیکه درمورد شاهد، عدد ۵۰ به‌دست آمد. این داده‌ها نشان می‌دهد تیمار شاهد بهتر از دو تیمار دیگر است. باید توجه داشت که عدد SDS ربطی به پروتئین نداشته و بیانگر این خصوصیت است که صفات ژنتیکی ارثی گندم ضعیف، متوسط یا قوی می‌باشد. لذا شاخص SDS قوی‌تر از زلنی می‌باشد. در این پژوهش شش فاکتور درصد پروتئین، عدد زلنی، شاخص ورآمدن، درجه سختی و درصد جذب رطوبت توسط دستگاه NIR انجام شد که بر مبنای اشعه مادون قرمز عمل می‌کند. تمام شاخص‌هایی که در این مقاله به آنها اشاره و استناد شده است، همگی براساس استاندارد و دستورالعمل انجمن بین‌المللی علوم و تکنولوژی بذر غلات می‌باشد. این تحقیق در یک سال زراعی انجام گرفته است و بدیهی است نتایج آن به تنهایی نمی‌تواند منعکس‌کننده توانایی محصول مورد استفاده در رشد گندم باشد اما باتوجه به کارهای مشابهی که در شرایط مختلف انجام گرفته است (منتشرنشده) می‌توان ادعا کرد که محصولات بیولوژیک مورد استفاده در این تحقیق، پتانسیل خوبی برای جایگزین کردن یا کاهش کودهای شیمیایی به منظور تولید محصول سالم‌تر دارند. البته این تحقیق در شرایط زراعی مختلف نیز انجام گرفته یا درحال انجام است تا از کارایی و اثربخشی آنها در شرایط مختلف اطمینان حاصل شود. درخصوص بایوفارم به نظر می‌رسد که چون مخلوطی از چند باکتری پروبیوتیک گیاهی است، اثر تجمعی یا هم-افزایی دارند؛ اگرچه گزارشات منتشرنشده‌ای وجود دارد که حاکی از تاثیر بهتر پروبیو۹۶ در مقایسه با بیوفارم است. شرایط فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی خاک نقش مهمی در رفتار نهایی یک محصول میکروبی دارد.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی واحد R&D شرکت فن‌آوری زیستی طبیعت‌گرا (Biorun) و همکاری گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه تهران انجام گرفته است. از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به دلیل همکاری در تکمیل برخی آزمایش‌های استاندارد، صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

منابع

References

Abbasi, M.K., S. Sharif, M. Kazmi, T. Sultan, and M. Aslam. 2011. Isolation of plant growth promoting rhizobacteria from wheat rhizosphere and their effect on improving growth, yield and nutrient uptake of plants. Plant Biosyst. 145 (1): 159-168.

Ahmadzadeh M. 2014. Biological Control of Plant Disease-Plant probiotic bacteria (2th). University of Tehran Press.

Antoun, H. and J.W. Kloepper. 2001. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR), in: S. Brenner, and J.H. Miller (eds). Encyclopedia of Genetics. Academic Press. N.Y. pp: 1477-1480.

Aslantas, R., R.C. akmakci and F. Sahin. 2007. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions. Sci. Horticulturae. 111: 371-377.

Baig, K.S., M. Arshad, B. Shaharoona, A. Khalid and A. Iftikhar. 2012. Comparative effectiveness of *Bacillus* spp. Possessing either dual or single growth-promoting traits for improving phosphorus uptake, growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). Annu. Rev. Microbiol. 62: 1109-1119.

Ghasemi, S. 2011. Application of response surface methodology to optimize cultural conditions of *Bacillus subtilis* UTB96 in the production process. A thesis submitted to the Graduate degree of MSC in Plant Pathology. [Iran]: University of Tehran.

Ghasemi, S. and M. Ahmadzadeh. 2013. Optimization of a cost effective culture medium for the large-scale production of *Bacillus subtilis* UTB96, Arch. Phytopathol. Plant Protec. DOI:10.1080/03235408.2013.771469.

Ghasemi, S., M. Ahmadzadeh and F. Khodaiyan. 2013. Culture medium designing for semi-industrial production of *Bacillus subtilis* UTB96**.** Biol. Control Pests Plant Diseases. 2(2): 149-160.

Ghoreshi S.S. 2011. Study on biological control of *Aspergillus flavus* in pistachio by using some antagonistic bacterial strains. A thesis submitted to the Graduate degree of MSc in Plant Pathology. [Iran]: Tehran University.

Gutierrez-Manero, F.J., B. Ramos-Solano, A. Probanza, J. Mehouachi, F.R. Tadeo and M. Talon. 2001. The plant-growth-promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *B. licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins. Physiologia Plantarum. 111: 206-211.

Kloepper, J.W., J. Leong, M. Teintze and M.N. Schroth. 1980. Enhanced plant growth by siderophores produced by plant growth-promoting rhizobacteria. Nature. 286: 885-886.

Morgan, J.A.W., G.D. Bending and P.J. White. 2005. Biological costs and benefits to plant–microbe interactions in the rhizosphere. J. Experiment. Bot. 56 (417): 1729–1739.

Narula, N., V. Kumar, B. Singh, R. Bhatia and K. Lakshminarayana. 2005. Impact of biofertilizers on grain yield in spring wheat under varying fertility conditions and wheat-cotton rotation. *Arch. Agron. Soil Sci.* 51: 79-89.

Piromyou, P., B. Buranabanyat, P. Tantasawat, P. Tittabutr, N. Boonkerd and N. Teaumroong. 2011. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation on microbial community structure in rhizosphere of forage corn cultivated in Thailand. Eur. J. of Soil Biol. 47: 44-54.

Rana, A., B. Saharan, L. Nain, R. Prasanna and Y.S. Shivay. 2012. Enhancing micronutrient uptake and yield of wheat through bacterial PGPR consortia. Soil Sci. Plant Nutrition. 58: 573-582.

Rodriguez H and R. Fraga. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotechnol. Adv. 17: 319-339.

Shahzad, S.M., M.S. Arif, M. Riaz, Z. Iqbal and M. Ashrafa. 2013. PGPR with varied ACC-deaminase activity induced different growth and yield response in maize (*Zea mays* L.) under fertilized conditions. Eur. J. Soil Biol. 57: 27-34.

Turan M., M. Gulluce, R. Cakmakci, T. Oztas and F. Sahin. 2010. The effect of PGPR strain on wheat yield and quality parameters. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World 1 – 6 August 2010, Brisbane, Australia. Published on DVD.

Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil. 255: 571-586.

Williams, P., D. Sobering and J. Antoniszyn. 1998. Protein testing methods at the Canadian grain Commission. P. 37-47. In: D.B. Fowler, W.E. Geddes, A.M. Johnston, and K.R. Preston. (eds). Wheat protein production and marketing. Wheat protein Symp., Saskatoon, SK. 9-10 March.

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

Zahir, A.Z., M. Arshad and W.F. Frankenberger. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria applications and perspectives in agriculture. Adv. Agron. 81: 97-168.