

## The Effect of Nitrogen Biofertilizers on Yield and Yield Components of Two Wheat Cultivars (Chamran and Shiroodi)

SEYED MASHAALLAH HOSSEINI<sup>\*1</sup>, ALI TASLIMI<sup>2</sup>, YGHOOBALI KARAMI<sup>1</sup>, AND MANUCHR DASTFAL<sup>3</sup>

1. Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran.
2. Islamic Azad University, Fars Science and Research Branch, Department of Agronomy and expert in agriculture affairs of Jihad-e-Agriculture Organization of Fars, Shiraz, Iran.
3. Seed and Plant Improvement Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Darab, Iran.

(Received: Dec. 9, 2018- Revised: March. 25, 2019- Accepted: May. 5, 2019)

### ABSTRACT

A field experiment was carried out in order to investigate the effect of several types of nitrogen biofertilizer on yield and yield components of two wheat cultivars (Chamran and Shiroudi) as split plots based on randomized complete block design with three replications in Darab city. Wheat cultivars (spring type Chamran and Shiroudi) were considered as main plots and biological fertilizers (General Nitragin (A<sub>1</sub>) – Nitragin special Cereal (A<sub>2</sub>) – Nitrokara (A<sub>3</sub>) – Nitroxin (A<sub>4</sub>) – Nitrogy (A<sub>5</sub>) – Nitrogen biofarm (A<sub>6</sub>) – 100% pure Nitrogen (A<sub>7</sub>= 400 kg ha<sup>-1</sup> as urea) – without Nitrogen application (A<sub>8</sub>)) as subplots. The measured indices included plant height, number of spikes per square meter, number of seeds per spike, 1000 grain weight and yield per unit area. According to the results, there was a significant difference between wheat cultivars ( $P \leq 0.05$ ) and fertilizers ( $P \leq 0.01$ ). The treatment A<sub>4</sub> (nitroxin + 60% pure nitrogen from urea source) obtained the highest values for the measured indices. The A<sub>2</sub>, A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>6</sub> and A<sub>5</sub> treatments were arranged in the next step, respectively. A<sub>7</sub> treatment, which was exclusively urea, was arranged in the next step. Generally, the biofertilizers applied in this study containing nitrogen fixation bacteria (NFB) from Azotobacter and Azospirillum genuse, if accompanied with nitrogen fertilizer like Urea, could be a suitable and safe alternative for supplying a part of nitrogen chemical Fertilizers.

**Key words:** Azotobacter, Azosperilium, Nitrogen fixation, Sustainable agriculture, Urea

## تأثیر کودهای زیستی نیتروژنی بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گندم (چمران و شیرودی)

سید ماشاءالله حسینی<sup>\*</sup>، علی تسلیمی<sup>۱</sup>، یعقوبعلی کریمی<sup>۱</sup> و منوچهر دستغال<sup>۲</sup>

۱. بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.

۲. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات فارس، گروه زراعت و کارشناس مسئول امور زراعت سازمان جهاد کشاورزی فارس، شیراز، ایران.

۳. بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، داراب، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۱۸ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۱/۵ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۲/۱۵)

### چکیده

آزمایشی مزرعه‌ای به منظور بررسی تأثیر چند نوع کود زیستی نیتروژنی بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گندم چمران و شیرودی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در شهرستان داراب اجرا گردید. ارقام گندم (چمران و شیرودی) به عنوان کرت‌های اصلی و کودهای زیستی (نیتراژین عمومی + ۶۰٪ نیتروژن خالص از منبع اوره (A1) - نیتراژین ویژه غلات + ۶۰٪ نیتروژن خالص از منبع اوره (A3) - نیتروکسین + ۶۰٪ نیتروژن خالص از منبع اوره (A4) - نیتروچی (ازتوباکتر) + ۶۰٪ نیتروژن خالص از منبع اوره (A5) - بیوفارم نیتروژنی + ۶۰٪ نیتروژن خالص از منبع اوره (A6) - مصرف ۱۰۰٪ نیتروژن خالص از منبع اوره (A7) - توصیه کودی بر اساس آزمون خاک بدون مصرف نیتروژن (A8)) به عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شد. شاخص‌های اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد در واحد سطح بودند. نتایج نشان داد که از لحاظ عملکرد اختلاف معنی‌داری بین ارقام گندم ( $P \leq 0.05$ ) و کودها ( $P \leq 0.01$ ) وجود دارد. تیمار A4، بیشترین مقادیر را در شاخص‌های اندازه‌گیری شده به خود اختصاص داد. تیمارهای A6، A3، A1، A2 و A5 به ترتیب در مرحله بعد قرار گرفتند. تیمار A7 که منحصراً کود شیمیایی اوره بود در جایگاه بعدی قرار گرفت. بطور کلی کودهای زیستی استفاده شده در این تحقیق حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس ازتوباکتر و آزوسپریلوم، در صورت همراهی با کود شیمیایی نیتروژنی اوره می‌تواند جایگزین مناسب و مطمئنی برای تأمین بخشی از کودهای شیمیایی مصرفی نیتروژنه باشند.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر، آزواسپریلوم، اوره، تثبیت نیتروژن، کشاورزی پایدار

### مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از غلات بسیار مهم است که در سراسر جهان کشت می‌شود. طی سال‌های ۲۰۱۷-۲۰۱۸ مقدار تولید گندم در جهان ۷۵۷/۹۲ میلیون تن بوده است (The Statistics Portal, 2018). در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ سطح زیر کشت گندم در ایران ۵۹۲۸۷۲۸ هکتار و میزان تولید آن تقریباً ۱۴۵۹۲۰۰۳ تن بوده است. استان فارس یکی از عمده‌ترین قطب‌های تولید این محصول در کشور است. در این سال سطح تولید گندم در استان فارس ۳۴۳۰۰۰ هکتار و تولید آن نیز ۱۱۷۳۸۴۵ تن با میانگین عملکرد ۴۳۵۰ کیلوگرم در هکتار بوده است (Ahmadi et al., 2016). گندم به دلیل نیاز غذایی بالا و تولید بالای آن، تهدیدی جدی برای پایداری بلندمدت می‌باشد.

از آنجا که تولید پایدار بدون تغییر در سلامت خاک و بهره‌وری محصول به دست می‌آید، استفاده توأم از کود آلی، کود شیمیایی و کود بیولوژیکی می‌تواند منجر به این پایداری گردد (Kumar, 2018). در سال‌های اخیر، بدون شک افزایش تولید کشاورزی، به دلیل افزایش رشد جمعیت و در نتیجه نیاز به غذای بیشتر، قابل توجه (Hassen et al., 2016) و اثرات سوء استفاده از کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها و اختلال ایجاد شده توسط آن‌ها در تعادل محیط‌زیست و آلودگی محیط طبیعی نیز امری مبرهن بوده است. در واقع استفاده مداوم از کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها و علف-کش‌ها موجب کاهش باروری و بهره‌وری خاک، خسارت خاک، از دست دادن تنوع زیستی، بازده اقتصادی نامطلوب، مسمومیت غذایی و خطرات جدی زیست‌محیطی شده (Meena et al.,

آزوسپیریلوم، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه ۵ رقم گندم (داراب ۲، استار، شیراز، مرودشت و چمران) نداشت و فقط برخی از اجزای کمی عملکرد از جمله وزن هزاردانه و اجزای کیفی آن از جمله پروتئین دانه را افزایش دادند. نظر به جایگاه و اهمیت گندم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات مهم و راهبردی (استراتژیک) و با توجه به اهمیت موضوع و ضرورت به‌کارگیری روش‌های مناسب برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی در شرایط یادشده، هدف از انجام این آزمایش بررسی تأثیر مصرف کودهای زیستی نیتروژنی توأم با کود شیمیایی اوره بر عملکرد و اجزا عملکرد دو رقم گندم است.

### مواد و روش‌ها

#### ویژگی‌های محل اجرای آزمایش

منطقه فسارود شهرستان داراب در فاصله ۲۵ کیلومتری از مرکز شهرستان و در طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۴۴ دقیقه و ارتفاع ۱۱۱۰ متر از سطح دریا واقع شده است.

#### نمونه‌برداری خاک

قبل از اجرای آزمایش از عمق ۳۰ - ۰ سانتیمتری خاک زمین مورد نظر، نمونه مرکب خاک تهیه و برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال گردید. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول (۱) آورده شده است. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مانند بافت خاک به روش هیدرومتر (Gee & Bauder, 2002)، pH به روش گل اشباع با استفاده از الکترود شیشه‌ای (McLean, 1982)، EC در عصاره اشباع با استفاده از دستگاه EC متر (Carter & Gregorich, 2006)، کربن آلی به روش والکی - بلک (Tandon, 1998)، نیتروژن کل به روش کج‌لدال (Bremner, 1965)، پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیوم عصاره گیری و توسط شعله سنج به روش چاپمن و پرت (Chapman & Pratt, 1961) و فسفر قابل جذب به روش اولسن (Olsen & Sommers, 1982) و عناصر کم‌مصرف به روش لیندسی و نورول (Lindsay & Norvell, 1978) اندازه‌گیری شد.

#### انجام آزمایش مزرعه‌ای و اعمال تیمارها

به منظور ارزیابی تأثیر کودهای زیستی نیتروژنی توأم با کود شیمیایی اوره بر عملکرد و اجزا عملکرد دو رقم گندم (تیپ بهاره چمران و شیرودی)، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در شهرستان داراب در طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۷ دقیقه و عرض

محصولات تولید شده نیز تحت تأثیر استفاده از چنین مواد شیمیایی قرار گرفته و لزوم کاهش استفاده از آن‌ها نیز به اثبات رسیده است (Szilagyi-Zecchin *et al.*, 2016). به همین دلیل جایگزین‌های زیادی به‌جای استفاده از کودهای شیمیایی پیشنهاد شده که می‌تواند با هدف دستیابی به کشاورزی پایدار و حفاظت از محیط‌زیست مورد استفاده قرار گیرد. کشاورزان می‌توانند از تناوب زراعی، مدیریت یکپارچه آفات و یا خاک‌ورزی حفاظتی استفاده کنند. البته در این مورد، یکی از دست‌یافتنی‌ترین روش‌ها با یک پتانسیل عالی، استفاده از کودهای زیستی است. ریزوسفر، منطقه‌ای از خاک اطراف ریشه‌های گیاهی است که با افزایش فعالیت‌های میکروبی مشخص می‌شود. این منطقه از یک جمعیت بزرگ و فعال میکروبی از جمله گونه‌های *Pseudomonas*، *Enterobacter*، *Klebsiella*، *Azotobacter*، *Azospirillum*، *Burkholderia*، *Arthrobacter*، *Alcaligenes* و *Bacillus* (Kumar *et al.*, 2012) برخوردار است که قادر به تأثیر مفید، خنثی و یا زیان‌آور برای گیاهان هستند. این ریزوموجودات می‌توانند از طریق بهبود باروری خاک، تولید هورمون‌های رشد گیاه، محلول‌سازی فسفات، تثبیت نیتروژن و غیره، بهره‌وری خاک را افزایش دهند (Ahemad & Kibret, 2014; Kumar & Gopal, 2015). این گروه از ریزوباکترهای تحریک‌کننده رشد گیاه (PGPR) به طور گسترده‌ای به عنوان کود زیستی استفاده می‌شوند. در این رابطه، توجه ویژه‌ای به همپارهای آزادزی از جمله آزوسپیریلوم و ازتوباکتر معطوف شده است. طی آزمایشی در استرالیا با بررسی دو باکتری ازتوباکتر و آزوسپیریلوم همراه با مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن مشاهده شد که در بسیاری از موارد، استفاده از باکتری‌ها، تأثیر مثبت دارد. در این بررسی معلوم شد که ازتوباکتر مؤثرتر از آزوسپیریلوم است (Das & Saha, 2000). کاربرد توأم *Azotobacter* و *Azospirillum* به همراه ۷۵٪ نیتروژن مورد نیاز گیاه گندم، بطور معنی‌داری باعث افزایش تعداد سنبله، وزن دانه، اندازه دانه، طول سنبله و غیره شد (Chauhan *et al.*, 2011). همچنین گزارش شده است که *Azotobacter* باعث افزایش ۱۲-۱۰ درصدی عملکرد محصولات کشاورزی می‌گردد (Jaga & Singh, 2010).

*Ram et al.* (1999) و *Ridge* (1970) بر اثرات مثبت ازتوباکتر بر رشد و عملکرد گندم تأکید دارند. آن‌ها تأثیر کود ازتوباکتر بر افزایش عملکرد گندم را از حداقل ۷٪ تا حداکثر ۳۹٪ گزارش نمودند. البته گزارش‌هایی مبنی بر عدم تأثیر این باکتری-ها بر عملکرد گندم نیز وجود دارد (Bahrani *et al.*, 2007). آن‌ها اساس نتایج آزمایشی اظهار نمودند که، باکتری‌های ازتوباکتر و

جغرافیایی ۲۸ درجه و ۴۴ دقیقه اجرا گردید. ارقام گندم به عنوان کرت‌های اصلی و کودهای زیستی جدول (۱) به عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شد.

جدول ۱- کودهای زیستی استفاده شده در آزمایش

نماد کود	ترکیب کود زیستی
A <sub>1</sub>	نیتروژین عمومی + ۶۰٪ نیتروژن خالص از منبع اوره
A <sub>2</sub>	نیتراژین ویژه غلات + ۶۰٪ نیتروژن خالص از منبع اوره
A <sub>3</sub>	نیتروکارا + ۶۰٪ نیتروژن خالص از منبع اوره
A <sub>4</sub>	نیتروکسین + ۶۰٪ نیتروژن خالص از منبع اوره
A <sub>5</sub>	نیتروچی (ازتوباکتر) + ۶۰٪ نیتروژن خالص از منبع اوره
A <sub>6</sub>	بیوفارم نیتروژنی + ۶۰٪ نیتروژن خالص از منبع اوره
A <sub>7</sub>	مصرف ۱۰۰٪ نیتروژن خالص برابر ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره
A <sub>8</sub>	توصیه کودی بر اساس آزمون خاک بدون مصرف نیتروژن

در زمان مقرر نسبت به آماده‌سازی بستر مناسب با استفاده از ادوات خاک‌ورزی اقدام گردید. مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل، ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم سولفات روی در همه کرت‌ها به کار برده شد. عملیات بذرکاری، در کرت‌هایی به ابعاد ۳ × ۵ متر به مساحت ۱۵ مترمربع جمعاً ۴۸ کرت، با مصرف ۲۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار معادل ۵۰۰ بوته در هر مترمربع در تاریخ پانزدهم آذرماه انجام گرفت. در مرحله چهار برگی با علف‌های هرز نازک برگ، با علف‌کش تاپیک مبارزه گردید. در مرحله پنجه رفتن کلیه کودهای زیستی کاربردی تیمار A<sub>1</sub> تا A<sub>6</sub> برابر توصیه شرکت سازنده به ترتیب به میزان ۵، ۳، ۵، ۳، ۵ و ۳ لیتر در هکتار طی یک مرحله و همراه با آب آبیاری مصرف گردید. در این مرحله همچنین یک سوم از کود شیمیایی نیتروژنی (اوره) در کلیه تیمارهایی که کود نیتروژنه باید در آن‌ها مصرف می‌شد استفاده شد. در تیمار A<sub>7</sub> نیز یک سوم کود شیمیایی نیتروژنی (اوره) مصرف شد. در تیمار A<sub>8</sub> هیچ‌گونه کود نیتروژنی اعم از شیمیایی و زیستی مصرف نگردید. مرحله دوم کود دهی اوره در زمان ساقه رفتن گندم و مرحله سوم در ابتدای مرحله خوشه رفتن و قبل از گلدهی همراه با آب آبیاری در تیمارهای مشمول استفاده از کود نیتروژنی انجام گرفت. عملیات مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ در اواخر مرحله ساقه رفتن و با استفاده از علف‌کش توتال انجام شد. به دلیل عدم مشاهده بیماری و آفات به‌ویژه آفت سن، هیچ‌گونه اقدام خاصی در این زمینه صورت نگرفت. در کلیه مراحل کاشت و داشت ضمن نظارت مستمر بر مزرعه، یادداشت‌برداری‌های لازم در مراحل

مختلف به‌صورت هفتگی انجام گرفت. در پایان فصل و پس از رسیدن بوته‌ها به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، بوته‌های ناحیه مرکزی در هر کرت با کمباین مخصوص آزمایش‌های غلات (ویژه گندم و جو) برداشت شد. ارتفاع بوته، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد در واحد سطح مورد ارزیابی و اندازه‌گیری قرار گرفت.

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

اطلاعات به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل آماری شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن مقایسه شدند.

### نتایج و بحث

جدول (۲) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را نشان می‌دهد. خاک محل آزمایش خاکی غیر شور، دارای واکنش قلیایی و دارای کمبود پتاسیم، فسفر و روی بود. این خاک دارای بافت لوم رسی بود. بافت لوم رسی جزء بافت‌های مناسب برای گندم می‌باشد و در کلاس S1 برای کشت گندم قرار دارد (Sys et al., 1991). بافت خاک به عنوان یک عامل غیر زیستی، از عوامل مهمی است که بر توزیع مواد معدنی، ذخیره مواد آلی، توده زنده میکروبی و دیگر خصوصیات خاکی اثر می‌گذارد. در خاک‌های مرطوب (به عنوان مثال، در حد ظرفیت زراعی)، در منافذ بزرگ‌تر لایه‌های آب با کشش سطحی بر روی سطوح و در لبه‌های منافذ دانه‌های خاک نگهداری می‌شوند. منافذ کوچک‌تر که در آن نیروهای موینگی قوی‌تر هستند، ممکن است در رطوبت در حد ظرفیت زراعی اشباع شوند. مطالعات در مورد جوامع باکتریایی در خاک و رسوبات نشان می‌دهد که جداسازی فضایی هیدرولیکی در خاک‌های خشک‌تر منجر به تنوع بیشتر نسبت به خاک‌های مرطوب‌تر می‌شود. در واقع تکه‌تکه شدن آب در فضای خالی سه بعدی در خاک باعث افزایش تعداد مکان‌های هیدراته بیشتری برای کلونیزاسیون ریزموجودات می‌شود. این مسئله به نوبه خود پتانسیل زیست را برای گونه‌های چندگانه بدون رقابت مستقیم برای منابع افزایش می‌دهد. افزایش فضاهای جدا شده در سامانه‌های خاک باعث افزایش تنوع باکتری‌ها می‌شود. (Treves et al., 2003)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات مستقیم مصرف کودهای زیستی و رقم بر ارتفاع بوته، تعداد روز تا گلدهی، تعداد سنبله در هر مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد تأثیر معنی‌داری داشت، اما اثرات متقابل کود زیستی و رقم تأثیر معنی‌داری بر این صفات نداشت (جدول ۳).

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

مقدار عناصر قابل دسترس (ppm)	عناصر	نیتروژن کل (%)	عمق خاک ۳۰-۰	خصوصیات خاک
۸/۹	N	۰/۰۸	۸/۰۹	واکنش خاک (pH)
۲۶۲	P		۰/۸۶	هدایت الکتریکی (dS/m)
۹/۷	K		۰/۷۵	(%) ماده آلی
۴/۶	Fe		۲۶/۶	(%) شن
۰/۲۸	Mn		۴۰/۴	(%) سیلت
۱/۱۴	Zn		۳۳	(%) رس
	Cu			

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به اثر تیمارهای مختلف بر عملکرد، اجزای عملکرد و سایر پاسخ‌های گیاهی

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	ارتفاع بوته	وزن هزار دانه	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله
تکرار	۲	۰/۹۱ ns	۱۸/۸۱ ns	۰/۷۷ ns	۸/۱۱ ns	۷/۳۱*
رقم	۱	۱/۸۹*	۱۴۸۵/۱*	۲۰۲/۵*	۲۵/۴۴ ns	۳۳/۶**
خطای اصلی	۲	۰/۰۹	۱۶۹۳	۵/۳۱	۰/۲۶	۰/۱۸
کود زیستی	۷	۴/۵۷**	۳۰۸/۵**	۴۰/۱**	۹۱/۸*	۸۲/۹**
رقم* کود زیستی	۷	۰/۰۱ ns	۹/۱ ns	۰/۵۹ ns	۱/۸۶ ns	۱/۶۸ ns
خطای فرعی	۲۸	۰/۱۶	۳۳/۵	۱۰/۲۹	۲/۸۸	۷/۸۲
C.V		۱۴	۱۲	۱۳	۱۱/۹	۱۶

ns و \*\*\*,\* به ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر رقم بر عملکرد، اجزای عملکرد و سایر پاسخ‌های گیاهی

رقم	عملکرد دانه (Kg/ha)	وزن هزار دانه (g)	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	ارتفاع بوته (Cm)
چمران	۵۵۱۰a	۳۲/۵b	۵۲۱a	۳۵/۸a	۹۴a
شیرودی	۵۱۵۰b	۳۶/۷a	۴۷۵b	۳۴/۴b	۹۳b

میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال کمتر از ۵ درصد در آزمون دانکن ندارند

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر منابع مختلف کود زیستی نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و سایر پاسخ‌های گیاهی

کود زیستی	عملکرد دانه (Kg/ha)	وزن هزار دانه (g)	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	ارتفاع بوته (Cm)
A <sub>1</sub>	۵۷۱۰ab	۳۵/۹ab	۵۲۸b	۳۷b	۹۴a
A <sub>2</sub>	۵۸۴۰ab	۳۶/۵ab	۵۳۰b	۳۸b	۹۵a
A <sub>3</sub>	۵۶۵۰ab	۳۵ab	۵۲۰b	۳۶b	۸۷b
A <sub>4</sub>	۵۹۵۰a	۳۸/۲a	۵۵۲a	۴۱a	۹۸a
A <sub>5</sub>	۵۵۰۰ab	۳۳/۹ab	۴۹۵cd	۳۲cd	۸۵a
A <sub>6</sub>	۵۵۴۰ab	۳۴/۸ab	۵۱۰bc	۳۵bc	۸۷b
A <sub>7</sub>	۵۳۵۰b	۳۲/۸bc	۴۹۵cd	۳۲cd	۸۳b
A <sub>8</sub>	۳۲۴۰c	۲۹/۷c	۶۴۰d	۳۰d	۷۸c

میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال کمتر از ۵ درصد در آزمون دانکن ندارند

جدول ۶ - مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و کود بر عملکرد، اجزای عملکرد و سایر پاسخ‌های گیاهی

رقم	کود زیستی	عملکرد دانه (Kg/ha)	وزن هزار دانه (g)	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	ارتفاع بوته (Cm)
چمران	A <sub>1</sub>	۵۹۳۲abc	۳۳/۹bcde	۳۷bcd	۵۲۸bcd	۹۸abc
	A <sub>2</sub>	۶۰۸۵ab	۳۴abcde	۳۹abc	۵۴۳abc	۱۰۲ab
	A <sub>3</sub>	۵۹۰۴abc	۳۳/۳bcde	۳۶bcde	۵۲۰bcde	۹۲bcd
	A <sub>4</sub>	۶۱۴۷a	۳۵/۷a	۴۳a	۵۶۲a	۱۰۳a
	A <sub>5</sub>	۵۷۰۹abc	۳۲cde	۳۲def	۴۹۵def	۹۲bcd
	A <sub>6</sub>	۵۷۶۳abc	۳۲/۷cde	۳۶bcde	۵۲۰bcde	۹۳abcd
	A <sub>7</sub>	۵۷۰۷abc	۳۰/۹de	۳۳def	۵۰۲def	۹۰cde
	A <sub>8</sub>	۳۳۶۵d	۲۷/۹e	۳۰f	۴۶۰f	۸۰efg
شیرودی	A <sub>1</sub>	۵۵۰۰abc	۳۷/۹abc	۳۶bcde	۵۲۰bcde	۹۰cde
	A <sub>2</sub>	۵۶۰۲abc	۳۹ab	۳۷bcd	۵۲۸bcd	۸۸cdef
	A <sub>3</sub>	۵۴۰۴abc	۳۶/۸abcd	۳۵cdef	۵۱۰cdef	۸۲defg
	A <sub>4</sub>	۵۷۶۸abc	۴۰/۸a	۴۰ab	۵۴۴ab	۹۳abcd
	A <sub>5</sub>	۵۳۱۰bc	۳۵/۸abcd	۳۲def	۴۹۵def	۷۸fg
	A <sub>6</sub>	۵۳۲۴bc	۳۶/۹abcd	۴۳cdef	۵۰۸cdef	۸۱efg
	A <sub>7</sub>	۵۲۰۹c	۳۴/۶bcd	۳۱ef	۴۵۸ef	۷۷g
	A <sub>8</sub>	۳۱۲۲d	۳۱/۴de	۳۰f	۴۶۰f	۷۲g

میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال کمتر از ۵ درصد در آزمون دانکن ندارند

#### عملکرد دانه

بر اساس نتایج از لحاظ عملکرد دانه، اختلاف معنی‌داری بین ارقام گندم ( $P \leq 0.05$ ) و تیمارهای کود ( $P \leq 0.01$ ) مشاهده شد. (جدول ۳). رقم چمران، عملکرد دانه بیشتر و معادل ۵۵۱۰ کیلوگرم در هکتار را به خود اختصاص داد (جدول ۴). از نظر تیمارهای کودی، گرچه کودهای زیستی با تیمار مصرف ۱۰۰٪ نیتروژن خالص معادل ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره برابری کرده‌اند و تفاوت آماری معنی‌داری ندارند ولی بیشترین عملکرد دانه (۵۹۵۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کودی A<sub>4</sub> (نیتروکسین) مشاهده شد و تیمارهای کودی نیتراژین ویژه غلات (A<sub>2</sub>)، نیتراژین عمومی (A<sub>1</sub>)، نیتروکارا (A<sub>3</sub>)، نیتروچی (A<sub>5</sub>) و بیوفارم از ته (A<sub>6</sub>) به ترتیب با ۵۸۴۴، ۵۷۱۶، ۵۶۵۴، ۵۵۰۹ و ۵۵۴۳ کیلوگرم در هکتار عملکرد در مرحله بعدی قرار گرفتند (جدول ۵). کمترین عملکرد از تیمار A<sub>8</sub> (توصیه کودی برابر آزمون خاک بدون مصرف کود نیتروژن) به مقدار ۳۲۴۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۵). بر اساس نتایج تجزیه واریانس تأثیر متقابل تیمارهای کودی و رقم بر عملکرد معنی‌دار نشد (جدول ۳)، معادلک بیشترین عملکرد دانه از تیمار کودی نیتروکسین در رقم چمران به مقدار ۶۱۴۷ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و کمترین عملکرد دانه در تیمار شاهد به مقدار ۳۱۲۲ کیلوگرم در هکتار از رقم شیرودی به دست آمد (جدول ۶). بر اساس گزارشی در

تیمارهایی که از کود زیستی نیتراژین استفاده شد، در سطح پایین کود اوره، عملکرد دانه هر دو رقم گندم بهبود یافت و با افزایش مصرف کود اوره، عملکرد در هکتار کاهش یافت (Najari Sadeghi et al. 2008). بر اساس اظهارات آن‌ها، در شرایط آزمایش و کاربرد کود زیستی نیتراژین با سطح پایین کود اوره می‌توان ضمن بهبود عملکرد، در مصرف کود شیمیایی اوره تا حداقل حدود ۳۳ درصد مقدار توصیه شده، صرفه‌جویی کرد.

نتایج این آزمایش با نتایج تحقیق Singh et al. (2004) که حداکثر تولید در ارقام مختلف گندم را در تلقیح با ازتوباکتر مشاهده کردند و همچنین با تحقیق Talik et al. (2005) که افزایش بیشتر عملکرد دانه ذرت را با تلقیح بذر ذرت با دو باکتری ازتوباکتر و آزوسپیریوم و مصرف کود اوره در مقایسه با مصرف کود اوره به تنهایی یا تلقیح بذر با هر یک از این باکتری‌ها بدون مصرف کود اوره مشاهده کردند، مطابقت دارد. Tohidi et al. (2008) Moghadam نشان دادند که کاربرد باکتری‌های همیار تثبیت‌کننده نیتروژن از طریق تولید هورمون‌های تحریک‌کننده رشد گیاه نیز می‌توانند سبب افزایش اکثر صفات اندازه‌گیری شده و عملکرد ذرت علوفه‌ای شوند. Rabian et al. (2009) نشان دادند که عملکرد دانه نخود رقم پیروز با مصرف توأم دو کود زیستی (نیتروژنی و فسفری) نسبت به حالت عدم مصرف کودهای فوق باعث افزایش شده است. در تحقیق مشابهی که روی گیاه ذرت

جیبرلین و کینین که توسط برخی از سویه‌های ازتوباکتر محرز شده است (Singh *et al.*, 2004) می‌تواند دلیل این برتری باشد. دانه‌های سیاه‌دانه (*Nigella sativa*) آلوده به کودهای بیولوژیکی مانند آزواسپریلیوم و ازتوباکتر نیز منجر به بهبود صفات رشدی گیاه همچون ارتفاع شد (Shaalan, 2005).

#### وزن هزار دانه

نتایج جدول (۳) نشان داد که اثر رقم بر وزن هزاردانه معنی‌دار بود ( $P \leq 0.01$ ). همچنین اثر کود زیستی نیز بر وزن هزاردانه معنی‌دار بود ( $P \leq 0.05$ ). در رقم شیروودی در مقایسه با رقم چمران وزن هزار دانه بیشتری (۳۶/۷ گرم) مشاهده شد (جدول ۴). از نظر تیمارهای کودی، بیشترین تأثیر بر وزن هزار دانه در تیمار کودی نیتروکسین ( $A_4$ ) به مقدار ۳۸/۲۲ گرم مشاهده شد و در مرحله بعدی تیمارهای نیتراژین ویژه غلات ( $A_2$ )، نیتراژین عمومی ( $A_1$ ) و نیتروکارا ( $A_3$ ) به ترتیب ۳۶/۵، ۳۵/۹ و ۳۵ گرم قرار گرفتند. البته بین تیمارهای نیتروکسین ( $A_4$ )، نیتراژین ویژه غلات ( $A_2$ )، نیتراژین عمومی ( $A_1$ ) و نیتروکارا ( $A_3$ ) اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید و کمترین تأثیر وزن هزار دانه مربوط به تیمار ( $A_8$ ) به مقدار ۲۹/۷ گرم بود (جدول ۵). تأثیر متقابل کود و رقم بر وزن هزار دانه معنی‌دار نشد (جدول ۳). بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار نیتروکسین در رقم شیروودی به مقدار ۴۰/۸ گرم بود (جدول ۶). گزارش شده است که اثر کود زیستی نیتراژین بر روی وزن هزار دانه گندم در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (Najari Sadeghi *et al.* 2008). نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که استفاده از کود زیستی نیتراژین به روش بذرمال وزن هزار دانه را بطور میانگین در دو رقم گندم کاهش جزئی داد. آن‌ها احتمال دادند که کود نیتراژین با افزایش تعداد دانه ناشی از افزایش تعداد سنبله بارور در هر بوته، موجب افزایش محل‌های مصرف آسمیلات‌ها شده و در نتیجه افزایش رقابت بین بذرها در یک بوته برای دریافت مواد فتوسنتزی باعث کاهش وزن هزار دانه شده است. نتایج آزمایشی دیگر نشان داد که مصرف توأم دو کود زیستی (نیتراژین و بیوسوپر) نسبت به تیمار عدم مصرف کود، باعث افزایش ۷/۲ درصدی در تعداد سنبله بارور در هر بوته شده است (Rabian *et al.* 2009).

#### تعداد دانه در سنبله

بر اساس نتایج تجزیه واریانس جدول (۳) اثر مستقیم رقم و کود هر دو بر صفت تعداد دانه در سنبله معنی‌دار شد ( $P \leq 0.01$ ). رقم چمران تعداد دانه در سنبله بیشتری برابر با ۳۵/۸ دانه را به خود اختصاص داد (جدول ۴). در بین تیمارهای کودی، بیشترین تعداد دانه در سنبله از تیمار کودی نیتروکسین ( $A_4$ ) به مقدار ۴۱ دانه

انجام شد، اظهار گردید که نمی‌توان این انتظار را داشت که کود زیستی می‌تواند جایگزین کود شیمیایی اوره گردد، اما مصرف کود زیستی توأم با کود شیمیایی نه تنها باعث افزایش عملکرد، بلکه سبب کاهش مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنی نیز می‌گردد (Yar mahmudi *al.* 2009). همچنین گزارش شد که تلقیح بذر گندم با ازتوباکتر، عملکرد آن را به میزان ۱/۹۲ تا ۲ درصد در مقایسه با بذور بدون تلقیح افزایش داد (Katiyar *et al.* 2011). بر اساس نتایج این آزمایش بطور کلی میزان عملکرد و اجزاء عملکرد در تیمار کودی نیتروکسین توأم با کود شیمیایی نیتروژنی اوره در مقایسه با سایر تیمارهای کودزیستی و شاهد از وضعیت مطلوب‌تری در هر دو رقم گندم برخوردار بود. ضمن اینکه این موضوع در خصوص تیمارهای نیتراژین ویژه غلات، نیتراژین عمومی و نیتروکارا که در مرحله بعدی قرار داشتند نیز صادق بود.

#### ارتفاع بوته

اثر رقم ( $P \leq 0.05$ ) و اثر کود زیستی ( $P \leq 0.01$ ) بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین ارتفاع بوته از رقم چمران به مقدار ۹۴ سانتیمتر به دست آمد (جدول ۴). از نظر تیمار کودی، بیشترین ارتفاع بوته از تیمار کودی  $A_4$  به مقدار ۹۸ سانتیمتر به دست آمد. این تیمار کودی با تیمارهای کودی  $A_2$ ،  $A_1$  و  $A_5$  در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۵). بر این اساس بالاترین ارتفاع بوته مربوط به تیمارهای کودی نیتروکسین ( $A_4$ )، نیتراژین ویژه غلات ( $A_2$ )، نیتراژین عمومی ( $A_1$ ) و نیتروژی ( $A_5$ ) به ترتیب برابر ۹۸، ۹۵، ۹۴ و ۸۵ سانتیمتر بود که بین آن‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید، ولی با دیگر تیمارهای کودی اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۵). تأثیر متقابل تیمارهای کودی و رقم بر ارتفاع بوته معنی‌دار نشد (جدول ۳). اما بیشترین ارتفاع بوته (۹۸ سانتیمتر) از تیمار کودی نیتروکسین در رقم چمران به دست آمد (جدول ۶). Rabian *et al.* (2009) دریافتند که صفت ارتفاع بوته به استفاده از کود زیستی نیتراژین نسبت به عدم مصرف آن پاسخ مثبت داده و بطور معنی‌داری افزایش یافت. نتایج آزمایشی نشان داد که بالاترین ارتفاع بوته از تیماری که در آن از باکتری آزواسپریلوم به همراه ازتوباکتر به همراه نصف میزان کود شیمیایی نیتروژن توصیه شده استفاده شده بود، به دست آمد (Tohidi Moghadam *et al.* 2008). در آزمایشی، تلقیح دانه گندم با ازتوباکتر در ایلام منجر به افزایش ۱۴ درصدی ارتفاع بوته گندم شد (Esmailpour *et al.*, 2013). آن‌ها این افزایش ارتفاع را به جذب بیشتر مواد غذایی توسط گیاه، بهبود ویژگی‌های خاک مانند محتوای مواد آلی و افزایش نیتروژن قابل دسترس نسبت دادند. همچنین سنتز انواع هورمون‌ها مانند اکسین،

تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر متقابل تیمارهای کودی و رقم بر تعداد سنبله معنی دار نبود (جدول ۳)، معذالک بیشترین تعداد سنبله در مترمربع در تیمار کودی نیتروکسین به تعداد ۵۶۲ سنبله و در رقم چمران به دست آمد (جدول ۶). Bhattarai & Hess (1993) دلیل افزایش عملکرد دانه در تیمارهای کود زیستی آزوسپیریلیوم را افزایش تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله اعلام کردند. بطور کلی کودهای زیستی از جمله ازتوباکتر شاخص‌های رشد نظیر تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک اندام‌های رویشی را افزایش می‌دهند (El-Zieny *et al.* 2001) که می‌تواند سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گردد. گزارش شده است کودهای زیستی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم بر تعداد غلاف در گیاه کلزا اثر مثبت داشتند (Yasari & Patwardhan, 2007). نتایج آزمایشی در ایلام نیز نشان داد که کود زیستی تحریک‌کننده رشد گیاه، باعث افزایش معنی دار در تعداد سنبله در مترمربع شده است (Moradi *et al.* 2011).

### نتیجه‌گیری کلی

کاربرد کودهای زیستی نیتروژنی مورد آزمایش نه تنها باعث افزایش عملکرد و اجزاء عملکرد گردید، بلکه باعث صرفه‌جویی در مصرف کود شیمیایی نیتروژنی اوره شد. بطور کلی میزان عملکرد و اجزاء عملکرد در تیمار کودی نیتروکسین توأم با کود شیمیایی اوره در مقایسه با مصرف اوره به تنهایی بیشتر بود. این موضوع در خصوص تیمارهای نیتراژین ویژه غلات، نیتراژین عمومی و نیتروکارا که در مرحله بعدی قرار داشتند نیز صادق بود. براساس نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری نمود که کودهای زیستی استفاده شده در این تحقیق حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم، در صورت همراهی با کود شیمیایی نیتروژنی اوره می‌تواند جایگزین مناسب و مطمئنی برای کودهای شیمیایی نیتروژنی باشد. مصرف این نوع کودها علاوه بر صرفه‌جویی اقتصادی با فعال نمودن بخش زنده خاک می‌تواند باعث جلوگیری از آلودگی‌های زیست‌محیطی و کاهش بسیاری از بیماری‌های خطرناک ناشی از تجمع نترات در محصول یا آب‌های شرب باشد که این موضوع خود حرکتی در راستای اهداف کشاورزی پایدار می‌باشد.

در سنبله و در مرحله بعدی از تیمارهای نیتراژین غلات، نیتراژین عمومی (A<sub>1</sub>) و نیتروکارا (A<sub>3</sub>) به ترتیب با ۳۸، ۳۷ و ۳۶ دانه به دست آمد (جدول ۵). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر متقابل تیمارهای کودی و رقم بر این صفت معنی دار نشد (جدول ۳). بیشترین تعداد دانه در سنبله از تیمار کودی نیتروکسین به تعداد ۴۳ در رقم چمران به دست آمد. البته این در حالی است که تعداد دانه در سنبله در تیمار کودی نیتروکسین در رقم شیروودی اختلاف معنی‌داری با این تیمار نداشت. باکتری‌های موجود در کود بیولوژیک نیتروکسین به طرق مختلف، از جمله تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه مانند جیبرلین، سیتوکینین و اکسین می‌توانند به طور مستقیم و غیرمستقیم شرایط مطلوب رشد و نمو گیاه را فراهم سازند (Shanmugan *et al.* 2002). کمترین تعداد دانه در سنبله در تیمار (A<sub>8</sub>) مشاهده شد (جدول ۶). در آزمایشی، استفاده از ۷۵٪ نیتروژن مایع و کود زیستی توأم آزوسپیریلیوم و ازتوباکتر باعث افزایش تعداد دانه در سنبله گندم شد (Chauhan *et al.* 2011) که نتایج آن‌ها با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. گزارش شده است که به‌طور کلی ازتوباکتر همراه با کود شیمیایی می‌تواند با اثرگذاری مثبت خود بر جذب عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم و تأثیر بر بهبود توزیع آب در گیاه و افزایش فعالیت نترات ردکتاز و تأثیر عمده آن در تولید هورمون‌های گیاهی باعث افزایش در عملکرد و اجزای عملکرد شود (Tanwar *et al.* 2002).

### تعداد سنبله در مترمربع

بر اساس نتایج جدول (۳) اثر رقم بر تعداد سنبله در مترمربع معنی‌دار نشد، اما اثر کود بر تعداد سنبله در مترمربع معنی‌دار شد ( $P \leq 0.05$ ) و رقم چمران بیشترین تعداد سنبله در مترمربع (۵۲۱ عدد) را تولید نمود (جدول ۴). همچنین تأثیر تیمارهای مختلف کودی بیانگر این مطلب است که بیشترین تعداد سنبله در مترمربع، مربوط به تیمار کودی نیتروکسین (A<sub>4</sub>) با ۵۵۲ سنبله بود و در مرحله بعدی تیمارهای کودی نیتراژین ویژه غلات (A<sub>2</sub>)، نیتراژین عمومی (A<sub>1</sub>) و نیتروکارا (A<sub>3</sub>) به ترتیب با ۵۳۰، ۵۲۸ و ۵۲۰ سنبله قرار داشت که البته اختلاف معنی‌داری با تیمار کودی نیتروکسین (A<sub>4</sub>) نداشتند. ضمن اینکه کمترین آن مربوط به تیمار (A<sub>8</sub>) و معادل ۴۶۰ سنبله بود (جدول ۵). همچنین نتایج

### REFERENCES

- Ahemad, M. and Kibret, M. (2014). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. *Journal of King Saud University-Science*, 26(1), 1-20.
- Ahmadi, k., Gholizadeh, H. A., Ebadzadeh, H. R., Hatami, F., Hosainpoor, R., Kazemifard, R. and Abdeshah, H. (2016). Agriculture Economic aspects. Iran Statistics Horticultural products. Results of the survey of the sample of garden products. Iran. *Ministry of Jihad Agriculture. Deputy of Planning and Economic. Center of Information and Communication Technology.*



- From <http://amar.maj.ir>.
- Bahrani, A., Hosseini, M., Meamar, S. and Tahmasbi Sarvestani, Z. (2007). The effect of Azospirillum and Azotobacter bacteria along with micronutrients application as spraying and application in soil in quantitative and qualitative characteristics of 5 wheat cultivars after corn cultivation in Fars province. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 367-376. (In Farsi).
- Bhattarai, T. and Hess, D. (1993). Yield responses of Nepalese spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars to inoculation with Azospirillum spp. of Nepalese origin. *Plant and Soil*, 151(1), 67-76.
- Bremner, J. M. (1965). Total Nitrogen 1. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties*, (methodsofsoilanb), 1149-1178.
- Carter, M. R. and Gregorich, E. G. (2006). *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Canadian Society of Science. Lewis Publisher. Raton. Florida. USA.
- Chapman, H. D. and Pratt, P. F. (1961). Methods of Analysis for Soils, Plants, and Waters. Soil Analysis. In: *Methods of Analysis for Soils, Plants, and Waters*, University California press. Riverside, CA, 44-45.
- Chauhan, D. S., Sharma, R. K. and Chhokar, R. S. (2011). News paradigm in tillage technology for wheat production. *Research Bulletin*, NO. 8.
- Das, A. C. and Saha, D. (2000). Influence of diazotrophic inoculations on nitrogen of rice. *Australian Journal of Soil Research*, 41(8), 1543-1554.
- El-Zeiny, O. A. H., El-Behairy, U. A. and Zaky, M. H. (2001). Influence of biofertilizer on growth, yield and fruit quality of tomato grown under plastic house. *Mansoura University Journal of Agricultural Sciences* (Egypt).
- Esmailpour, A., Hassanzadehdelouei, M. and Madani, A. (2013). Impact of Livestock Manure, Nitrogen and Biofertilizer (Azotobacter) on Yield and Yield Components Wheat (*Triticum Aestivum* L.). *Cercetari agronomice in Moldova*, 46(2), 5-15.
- Gee, G.W. and Or, D. (2002) Particle Size Analysis. In: Dane, J.H. and Topp, G.C., Eds., *Methods of Soil Analysis, Part 4, Physical Methods*, *Soils Science Society of America*, Book Series No. 5, Madison, 255-293.
- Hassen, A. I., Bopape, F. L. and Sanger, L. K. (2016). Microbial inoculants as agents of growth promotion and abiotic stress tolerance in plants. In: *Microbial inoculants in sustainable agricultural productivity*. Springer. New Delhi. 23-36.
- Jaga, P. K. and Singh, V. (2010). Effect of biofertilizer, nitrogen and sulphur on sorghum-mustard cropping system. In Proceedings of National Seminar on Soil Security for Sustainable Agriculture held at College of Ariculture, Nagypur (MS on February 27-28, 2010) "XXII SAVETOVANJE O BIOTEHNOLOGIJI" *Zbornik radova, Knjiga*. (Vol. 1, p. 2017).
- Katiyar, N.K., Ranawat, S., Pathak, R.K. and Kumar, A. (2011). Effect of Azotobacter and nitrogen levels on yield and quality of wheat. *Annals of Plant and Soil Research*, 13(2), 152- 155.
- Kumar, A., Devi, S., Patil, S., Payal, C. and Negi, S. (2012). Isolation, screening and characterization of bacteria from Rhizospheric soils for different plant growth promotion (PGP) activities: an in vitro study. *Recent research in science and technology*, 4(1), 1-5.
- Kumar, A. (2018). Impact of biofertilizers in enhancing growth and productivity of wheat: A review. *International Journal of Chemical Studies*, 6(4), 360-362.
- Kumar, B. L. and Gopal, D. S. (2015). Effective role of indigenous microorganisms for sustainable environment. *3 Biotech*, 5(6), 867-876.
- Lindsay, W. L. and Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper 1. *Soil science society of America journal*, 42(3), 421-428.
- McLean, E. O. (1982). Soil pH and lime requirement. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties*. (methodsofsoilan2), 199-224.
- Meena, M. K., Gupta, S. and Datta, S. (2016). Antifungal potential of PGPR, their growth promoting activity on seed germination and seedling growth of winter wheat and genetic variabilities among bacterial isolates. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5(1), 235-243.
- Moradi, M., Siadat, S. A., Khavazi, K., Naseri, R., Maleki, A. and Mirzai, A. (2011). The Effect of Chemical and P Biofertilizers on Quantitative and Qualitative Characteristics of Spring Wheat. *Journal of Ecophysiology of Crops and Weeds*, Vol. 5, No. 18. 51-66.
- Najari Sadeghi, M., Mirashkari, B., Baser Koocheh Baghi, S. and Alhayari, Sh. (2008). Effect of nitrogen and chemical fertilizers on nitrogen use efficiency and harvest index of two wheat cultivars. *Journal of Modern Agricultural Findings*, (3), 190-203. (In Farsi).
- Olsen, S. R. and Sommers, L. E. (1982). Phosphorus. P 403-430, In: Klute, A. (Eds), *Methods of soil Analysis: Chemical and microbiological Properties*, part 2. (2nd ed.). Agron. Monogr, 9, *American Society of Agronomy and Soils Science Society of America*, Madison WI.
- Rabian, Z., Rahimzadeh Khoyi, F., Kazemi Arbat, H. and Yarnia, M. (2009). Effect of nitrogen and phosphorus bio fertilizers on yield and yield components of chickpea cultivar Pirouz under different irrigation levels. *Journal of Research in Crop Sciences*, (6), 94-102. (In Farsi).
- Ram, G., Rai, S.N. and karimandan, S.K. (1999). Influence of Azoto bacterization in presence of

- fertilizer nitrogen in the yield of wheat. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 33, 424-426.
- Ridge, E. H. (1970). Inoculation and survival of *Azotobacter chroococcum* on stored wheat seed. *Journal of Applied Bacteriology*, 33(1), 262-269.
- Sys, C., Ranst, E. and Debareye, Y. 1991. Land evaluation. Part III, General administration for development agriculture, Publication no. 7, Brussels. Belgium.
- Shalan, M. N. (2005). Influence of Biofertilizers and chicken Manure on growth, yield and seeds quality of (*NIGELLA SATIVA*, L.) Plants. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 83(2), 811.
- Shanmugam, V., Senthil, N., Raguchander, T., Ramanathan, A. and Samiyappan, R. (2002). Interaction of *Pseudomonas fluorescens* with *Rhizobium* for their effect on the management of peanut root rot. *Phytoparasitica*, 30(2), 169-176.
- Sharma, I. P. and Sharma, A. K. (2017). Physiological and biochemical changes in tomato cultivar PT-3 with dual inoculation of mycorrhiza and PGPR against root-knot nematode. *Symbiosis*, 71(3), 175-183.
- Singh, R., Behl, R. K., Singh, K. P., Jain, P. and Narula, N. (2004). Performance and gene effects for wheat yield under inoculation of arbuscular mycorrhiza fungi and *Azotobacter chroococcum*. *Plant Soil and Environment*, 50(9), 409-415.
- Szilagyi-Zecchin, V. J., Mógor, Á. F. and Figueiredo, G. G. O. (2016). Strategies for characterization of agriculturally important bacteria. In: *Microbial inoculants in sustainable agricultural productivity*; Singh DP, Singh HB, Prabha R (eds.), Springer, New Delhi, 1-21.
- Tandon, H. L. S. (1998). Method of analysis of soil. Plant. Waters and Fertilizer. Development and Consultation Organization. New Delhi. India. 144p.
- Tanwar, S. P. S., Sharma, G. L. and Chahar, M. S. (2002). Effect of phosphorus and biofertilizers on growth and productivity of blackgram. *Annals of Agricultural Research* (India).
- The Statistics Portal. (2018). <https://www.statista.com/statistics/263977/world-grain-production-by-type>
- Tilak, K. V. B. R., Ranganayaki, N., Pal, K. K., De, R., Saxena, A. K., Nautiyal, C. S. & Johri, B. N. (2005). Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. *Current science*, 136-150.
- Tohidi Moghadam, H., Ghoshchi, F., Zakeri, A. and Hamed, e. (2008). Effect of *Azospirillum* and *Azotobacter* with nitrogen fertilizer application on yield of corn. *Poya Agricultural Journal*, 349-355. (In Farsi).
- Treves, D. S., Xia, B., Zhou, J., and Tiedje, J. M. 2003. A two-species test of the hypothesis that spatial isolation influences microbial diversity in soil. *Microbial Ecology*, 45:20-28.
- Yar Mahmudi, Z., Tadión, M. S. and Jafari Haghighi, B. (2009). Effect of fertilizer containing amino acids on physiological characteristics, yield and yield components of maize in Maxima variety under drought stress conditions. *Journal of Plant Ecophysiology*, 28-32. (In Farsi).
- Yasari, E. and Patwardhan, A. M. (2007). Effects of (*Azotobacter* and *Azospirillum*) inoculants and chemical fertilizers on growth and productivity of canola (*Brassica napus* L.). *Asian Journal of Plant Science*, 6(1), 77-82.