نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد پانزدهم، شماره ۱(۵۷)، بهار ۱۴۰۰، صفحه ۳۸-۲۱

**مقاله پژوهشی** DOI: 10.30495/jcep.2021.681004

# پاسخ سه ژنوتیپ گندم (*Triticum aestivum* L.) به کود زیستی فلاویت و گوگرد در استان مازندران

**علی جباری[۱]، ناصر لطیفی[۲]، مجتبی محمودی[۳*]، ابوالفضل فرجی[۴] و محمدرضا داداشی[۵]**

**تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱/۹ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۵/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۸/۱۰**


## چکیده

به‌منظور بررسی اثرات کود زیستی و گوگرد بر عملکرد و صفات فیزیولوژیک سه رقم گندم، آزمایشی در سال زراعی ۹۶-۹۵ در دو ایستگاه تحقیقات زراعی قراخیل و بابع‌کلا استان مازندران، انجام شد. آزمایش در دو سطح کود زیستی فلاویت و سه سطح گوگرد به‌صورت آزمایش اسپیلت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک-های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای گوگردی شامل صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار (به همراه تیوباسیلوس) و تیمارهای کود زیستی صفر و دو لیتر در هکتار (به‌صورت بذر مال) بودند که روی ارقام گنبد، احسان و تیرگان اعمال شدند. صفات مورد بررسی شامل، ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، تعداد سنبله بارور، عملکرد دانه، وزن تر و خشک بوته و درصد پروتئین دانه گندم بودند. نتایج نشان داد که کود زیستی فلاویت بر شاخص سطح برگ، وزن خشک بوته، تعداد سنبله بارور و عملکرد اثر معنی‌داری داشت و کاربرد دو لیتر کود زیستی سبب بهبود این صفات شد. بیشترین ارتفاع گیاه گندم در رقم تیرگان با دریافت دو کیلوگرم در هکتار کود زیستی فلاویت و ۲۵۰کیلوگرم گوگرد بیشترین ارتفاع گیاه (۱۱۷/۷ سانتی‌متر) مشاهده شد. در هر سه رقم گنبد، احسان و تیرگان مصرف دو لیتر در هکتار فلاویت و ۲۵۰ کیلوگرم گوگرد موجب افزایش وزن خشک گندم در مقایسه با شاهد (عدم مصرف کود زیستی فلاویت و گوگرد) گردید. رقم تیرگان با عملکرد ۵۲۹۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه گندم را در تیمار مصرف دو لیتر فلاویت و ۲۵۰ کیلگرم گوگرد در هکتار تولید کرد. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، در مجموع می‌توان نتیجه گرفت در بین سه رقم مطالعه شده در مناطق مرکزی و شرقی استان مازندران، استفاده از ۲۵۰ کیلوگرم گوگرد و کاربرد دو لیتر در هکتار کود زیستی فلاویت بیشترین عملکرد را در رقم تیرگان تولید می‌کند.


**واژگان کلیدی**: بابع‌کلا، رقم گندم، قراخیل، کود زیستی، گوگرد، مازندران.


**۱-دانشجوی دکتری، گروه زراعت، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران.**

**۲-استاد گروه زراعت، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران.**

**۳-استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران. (نگارنده‌ی مسئول)** m.mahmoudip@areeo.ac.ir

**۴-استاد پژوهش، بخش تحقیقات زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.**

**۵- استادیار گروه زراعت، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران.**

## مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از محصولات استراتژیک کشور است که بالغ بر ۴۵ درصد پروتئین و ۵۵ درصد کالری مور نیاز کشور را تأمین می‌کند (Momen *et al.*, 2011). لذا، بالا بردن راندمان تولید در واحد سطح و ارتقای کیفیت آن از اهمیت بالایی برخوردار است. بر اساس آمار وزارت جهاد کشاورزی، استان مازندران با دارا بودن ۶۶۷۰۰ هکتار سطح زیر کشت گندم در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ یکی از مناطق مهم تولید گندم در کشور می‌باشد. کیفیت گندم تولیدی استان مازندران به لحاظ داشتن پروتئین بیشتر نسبت به گندم سایر استان‌ها ارجحیت دارد (Ebadzadeh *et al.*, 2016). افزایش قیمت کودهای شیمیایی در بازارهای جهانی سبب بروز معضلاتی در تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گندم در کشور شده است. ضمن اینکه تأمین یارانه این کودها نیز مثل گذشته امکان‌پذیر نیست. استفاده از ریزجانداران مفید در سیستم‌های تولید زراعی حدود ۶۰ سال پیش شروع شد و هم‌اکنون مدارک و شواهدی که دلالت بر توانایی این موجودات در افزایش میزان تحمل گیاهان نسبت به تنش‌های زنده و غیرزنده نظیر خشکی، شوری، کمبود عناصر غذایی و سمیت فلزات نماید در حال افزایش است (Dimkpa *et al.*, 2009).

ریزوباکتری‌های بهبوددهنده رشد گیاه (PGPR)[1]، گروهی از باکتری‌ها هستند که قادرند به‌طور فعال ریشه‌های گیاه را کلونیزه کرده و رشد گیاه را افزایش دهند (Mozafari *et al.*, 2015). مصرف باکتری‌های PGPR جهت تحریک تحمل گیاهان زراعی نسبت به تنش‌های زنده و به‌عنوان یک استراتژی جذاب توسط محققین زیادی مورد بررسی قرارگرفته است (Dimkpa *et al.*, 2009, Kasim *et al.*, 2013). تلقیح گونه‌های مختلف گیاهی با باکتری‌های PGPR باعث افزایش رشد ریشه و یا افزایش تشکیل ریشه‌های فرعی از طریق ترشح هورمون اکسین توسط این باکتری‌ها شده و به دنبال آن سطح مؤثر ریشه افزایش یافته و نهایتاً جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاه زراعی افزایش می‌یابد (Ahmed, and Kibret, 2014, Gupta *et al.*, 2015). باکتری‌های PGPR با تولید آنزیم ۱-آمینوسیکلوپروپان-۱-کربوکسیلات دآمیناز می‌توانند از پیش‌ساز ۱-آمینوسیکلوپروپان-۱-کربوکسیلات که برای تولید اتیلن استفاده می‌شود به‌عنوان منبعی از نیتروژن، بلافاصله استفاده کرده و با هیدرولیز ۱-آمینوسیکلوپروپان-۱-کربوکسیلات باعث کاهش میزان اتیلن در گیاه شده که به دنبال آن رشد ریشه افزایش می‌یابد (Belimov *et al.*, 2009, Ansari *et al.*, 2013, Ju *et al.*, 2018). بدین ترتیب تنظیم ۱-آمینوسیکلوپروپان-۱-کربوکسیلات (ACC) مکانیسم مهمی است که باکتری‌های PGPR به‌وسیله آن اثرات مثبتی را بر روی گیاهان در معرض تنش ایجاد می‌کنند (Saleem *et al.*, 2007). زیدی و خان (Zaidi and Khan, 2005) در خاک‌های مزارع هند در آزمایشی تأثیر تلقیح جداگانه و ترکیبی باکتری‌های ازتوباکتر کروکوکوم و سودوموناس را روی گندم مورد بررسی قراردادند. رابطه سینرژیستی بین ازتوباکتر کروکوکوم و سودوموناس به افزایش فسفر قابل دسترس گیاه در خاک، تثبیت بیولوژیکی گاز نیتروژن، افزایش قابلیت دسترسی بعضی عناصر کم‌مصرف از قبیل آهن و روی و تولید مواد افزایش دهنده رشد گیاه

۱- Plant growth-promoting rhizobacteria

منجر می‌شود و در نتیجه ماده خشک و عملکرد دانه افزایش می‌یابد. آزادی و همکاران (Azadi *et al.*, 2013) نشان دادند که عملکرد دانه گندم در نتیجه تلقیح بذر گندم با کودهای زیستی به دلیل تولید هورمون‌های محرک رشد و توسعه سطح فعال سیستم ریشه‌ای و در نتیجه افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی افزایش یافت. در بین روش‌های کاربرد کود زیستی فولزایم، کاربرد ترکیبی بذرمال و آبیاری بالاترین تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه گندم را تولید نمود (Eslami *et al.*, 2014). نتایج بررسی ایلیاس و بانو (Ilyas and Bano, 2010) نشان داد با تلقیح باکتری آزوسپریلیوم به گیاه گندم تعداد پنجه‌های بارور و تعداد سنبله به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. مظفری و همکاران (Mozafari *et al.*, 2015) اثر باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم نان در شرایط نرمال آبیاری و تنش خشکی را بررسی نمودند. نتایج آزمایش نشان داد کاربرد این باکتری‌ها در مقایسه با تیمار شاهد توانست عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت بیشتری در هر دو شرایط نرمال و تنش خشکی تولید نماید. تحقیق دلشادی و همکاران (Delshadi *et al.*, 2017) نشان داد در گیاه مرتعی علف‌بام (گرامینه) کاربرد باکتری محرک رشد (*Azotobacter vinelandii*) باعث افزایش طول و وزن خشک ریشه شد. بیشترین طول اندام هوایی گیاه در تیمار مصرف توأم باکتری‌های *Azotobacter vinelandii*، *Pantoea agglomerans* و *P. putida* مشاهده شد. وزن خشک اندام هوایی در نتیجه مصرف باکتری‌های *P. putida* و *Pantoea agglomerans* کاهش یافت. اسدی رحمانی و همکاران (Asadi Rahmani *et al.*, 2016)، کارایی چهار سویه فلاوباکتریوم را بر روی عملکرد و رشد گندم بررسی کردند. نتایج نشان داد باکتری‌های جنس فلاوباکتریوم در ریزوسفر گندم در ایران حضور دارند و می‌توانند سبب بهبود مشخصات رشدی و عملکرد گندم شوند.

میکروباکتریوم جنس هوازی و گرم مثبت، باکتری‌هایی از شاخه اکینوباکتریا هستند. باکتری‌های میکروباکتریوم SPP، باسیل‌های گرم مثبت و با رنگ‌دانه زرد هستند. برخی از این باکتری‌ها بیماری‌زا هستند. جنس مذکور در محیط‌های متنوعی شامل خاک سطح محل‌های دفن زباله، گیاهان نمکی مرداب، قارچ‌ها، خاک، هوا و آب دریا یافت می‌شوند (Kalsi *et al.*, 2019).

گوگرد پس از عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم، چهارمین عنصر عمده مورد نیاز اکثر گیاهان زراعی می‌باشد. این عنصر جزو تشکیل‌دهنده اسیدهای آمینه سیستئین، متیونین و بخشی از پروتئین‌ها است که نقش مهمی را در ساخت ویتامین‌ها در سلول‌های گیاهی ایفا می‌کند و در نتیجه کمبود آن، رشد گیاه به تأخیر و عملکرد کمّی و کیفی آن کاهش می‌یابد (Motior *et al.*, 2011). بررسی پاسخ پروتئین دانه گندم (*Triticum monococcum*) به مقادیر مختلف نیتروژن و گوگرد در طی دوره تکامل دانه نشان داد که ترکیب پروتئین ذخیره‌ای دانه به‌طور آشکاری تحت تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای قرار گرفت که علت آن تغییرات اولیه در شدت تجمع پروتئین ذخیره‌ای طی مرحله پر شدن دانه می‌باشد. نتایج نشان داد که اختلال در نسبت نیتروژن به گوگرد روی مجموع پروتئین دانه تأثیر فراوانی دارد. تأمین گوگرد انواع پروتئین‌های غنی از گوگرد را به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش داده و

فراوانی سایر پروتئین‌هایی که در متابولیسم گلوتامین نقش دارند را نیز می‌افزاید (Bonnot *et al.*, 2017). تحقیق تائو و همکاران (Tao *et al.*, 2018) نشان داد که مصرف گوگرد عملکرد و پروتئین دانه، وزن دانه، پروتئین کل، اسیدهای آمینه و نشاسته کل گندم را افزایش می‌دهد. گوگرد یکی از اقتصادی‌ترین و رایج‌ترین مواد اسیدزا معرفی شده است که علاوه بر نقش تغذیه‌ای، نقش مهمی در اصلاح خاک‌های آهکی و تغییر اسیدیته خاک دارد (Chaghazardi *et al.*, 2013).

کودهای زیستی می‌توانند ضمن جایگزینی با تمام و یا بخشی از کودهای شیمیایی تأثیر به سزایی در بهبود رشد و نمو گیاه و همچنین بهبود صفات کمّی و کیفی محصول داشته باشند. با توجه به تنوع ارقام و نیز شرایط مختلف اقلیمی مازندران و بالا بودن pH خاک‌های تحت کشت گندم در استان مازندران، بررسی اثرات گوگرد و کود زیستی فلاویت بر ارقام گندم اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. لذا، این تحقیق با هدف ارزیابی اثر گوگرد و کود زیستی فلاویت بر صفات مورفولوژی و عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم در مناطق مرکزی و شرق مازندران صورت گرفته است.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در دو ایستگاه تحقیقات کشاورزی قراخیل (منطقه مرکزی) و بایع‌کلا (منطقه شرقی) استان مازندران انجام شد. ایستگاه قراخیل در عرض '۲۷ °۳۶ شمالی و طول '۴۶ °۵۲ شرقی با ۱۴/۷ متر ارتفاع از سطح دریا در ناحیه دشت ساحلی دریای خزر قرار دارد. ایستگاه بایع‌کلا در عرض '۴۴ °۳۶ شمالی و طول'۱۴ °۵۳ شرقی واقع است. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۱ متر می‌باشد. جدول ۱ میانگین، بیشینه و کمینه بارش را در دو ایستگاه مذکور نشان می‌دهد.

آزمایش با سه رقم گندم در دو سطح کود زیستی فلاویت (صفر و دو لیتر در هکتار به‌صورت بذر مال) و سه سطح گوگرد (شامل صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار، به ازای هر ۱۰۰ کیلو گوگرد دو کیلوگرم تیوباسیلوس مصرف شد) به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. دو فاکتور کود زیستی و گوگرد به‌صورت فاکتوریل با هم ترکیب و کرت‌های اصلی آزمایش را تشکیل دادند. سه ژنوتیپ گندم نیز در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های گندم شامل ارقام گنبد، احسان و تیرگان بودند. کود زیستی فلاویت تولیدی شرکت رویان فن‌آوری نصر اراک بوده و دارای ترکیب گونه میکروباکتریوم (*Microbacterium sp.*) می‌باشد. باکتری‌های موجود در این کود شامل گروهی از باکتری‌های ریزوسفری مفید هستند که از قدرت کلنی شدن خوبی در اطراف ریشه برخوردار هستند. این کود زیستی به‌دلیل دارا بودن باکتری‌های محرک رشد ($۱۰^{۷}$-$۱۰^{۸}$ CFU در هر میلی‌لیتر) و تولید هورمون‌های رشد طبیعی سبب افزایش عملکرد گنم در شرایط دیم و آبی می‌شود.

جهت اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از کاشت از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نقاط مختلف مزرعه نمونه‌ی خاک مرکب تهیه شد. نتایج آنالیز خاک در جدول ۲ ارایه شده است. پس از شخم بر مبنای نتایج آزمون خاک، اقدام به مصرف کود گردید. کود مصرفی در ایستگاه بایع‌کلا شامل ۲۵۰ کیلوگرم کود اوره، ۱۰۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم در هکتار و در

ایستگاه قراخیل شامل ۲۲۰کیلوگرم کود اوره، ۱۹۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل و ۷۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم در هکتار بود. تمامی کود فسفری و پتاسیم و یک سوم از کود نیتروژنی قبل از کاشت در سطح خاک پاشیده شده و توسط دیسک با خاک مخلوط گردید. دو سوم کود نیتروژنی باقیمانده به‌صورت سرک (در مراحل پنجه‌دهی و خوشه‌دهی) مصرف شد. پس از انجام دو دیسک عمود بر هم وتسطیح زمین توسط لولر، تیمارها به‌طور تصادفی در کرت‌هایی به طول دو و عرض ۱/۲ متر، در چهار بلوک (به فاصله یک و نیم متر از یکدیگر) اعمال شدند. قبل از کاشت بذور به‌وسیله قارچ‌کش کاربوکسین تیرام به نسبت دو در هزار ضدعفونی شدند. عمل وجین علف‌های هرز به‌صورت مکانیکی در سه نوبت انجام شد. در مرحله بلوغ فیزیولوژیک ۲۰ بوته از ردیف‌های وسط کرت با رعایت ۰/۵ متر حاشیه از دو طرف هر ردیف به‌طور تصادفی انتخاب و ارتفاع گیاه، سطح برگ توسط سطح سنج برگ (مدل Lam 2000) اندازه‌گیری و سپس شاخص سطح برگ محاسبه شد. برای تعیین وزن تر و خشک بوته، بوته‌ها از سطح زمین برداشت شده و نمونه‌ها بعد از تعیین وزن، جهت خشک شدن به مدت ۷۲ ساعت در آون فن‌دار در درجه حرارت ۷۵ درجه سلسیوس قرار داده شد. برای محاسبه عملکرد دانه، دانه‌ها از سنبله جدا، بوجاری و سپس توسط ترازوی دیجیتالی (۰/۰۱ گرم) وزن شدند. برای اندازه‌گیری غلظت نیتروژن دانه از روش کلدال استفاده شد. از ضریب ۵/۸ برای تبدیل درصد نیتروژن به درصد پروتئین استفاده گردید. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از برنامه نرم‌افزاری SPSS استفاده شد. با توجه به اینکه آزمایش در دو منطقه اجرا گردید و اثر مکان تصادفی فرض گردید لذا آزمون F بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات انجام شد. همچنین، مقایسه میانگین‌های مربوطه با روش آزمون دانکن و رسم شکل‌ها به وسیله نرم‌افزار Excel 2010 انجام شد.

## نتایج و بحث

**ارتفاع گیاه:** بر اساس داده‌های جدول ۳، اثر کود زیستی فلاویت بر ارتفاع گیاه معنی‌دار نبود. اثر گوگرد بر ارتفاع گیاه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد. به‌طوری‌که ارتفاع در تیمار مصرف ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد با ۱۱۰/۴ سانتی‌متر به بالاترین مقدار خود رسید. مقایسه ارقام نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه (۱۰۴ سانتی‌متر) با اختلاف معنی‌دار نسبت به دو ژنوتیپ دیگر در رقم تیرگان مشاهده شد و کمترین ارتفاع گیاه نیز (۹۹/۹ سانتی‌متر) مربوط به رقم گنبد بود. اثر متقابل کود زیستی، گوگرد و ژنوتیپ در سطح یک درصد بر ارتفاع گیاه معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۶) نشان داد که رقم تیرگان با دریافت دو کیلوگرم در هکتار کود زیستی فلاویت و ۲۵۰ کیلوگرم گوگرد بیشترین ارتفاع گیاه (۱۱۷/۷ سانتی‌متر) را به خود اختصاص داد. دلیل اختلاف ارتفاع بین ارقام احتمالاً به‌خاطر واکنش به اختلاف ژنتیکی ارقام درارتفاع ساقه می‌باشد. اثر متقابل ژنوتیپ در گوگرد بر ارتفاع گیاه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد. به‌طوری‌که رقم تیرگان با مصرف ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بالاترین ارتفاع (۱۱۴سانتی‌متر) را داشت.

پاسخ گندم به کاربرد گوگرد می‌تواند به‌دلیل سنتز بیشتر کلروفیل باشد. گیاه با استفاده از گوگرد از رشد رویشی بهتری برخوردار شده و این سبب افزایش ارتفاع گندم شده است (Martínez-Viveros *et al.*, 2010). رسول و همکاران

(Rasool *et al.*, 2013) گزارش نمودند که گوگرد جزیی از سوکسینیل کوآنزیم A است که در بیوسنتز کلروفیل در برگ‌ها دخیل است و فعالیت آن در سطح سلولی از طریق افزایش فتوسنتز دخیل است که سبب افزایش رشد رویشی و افزایش شاخص سطح برگ و ارتفاع گیاه می‌شود.

**شاخص سطح برگ:** اثر کود زیستی بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود (در سطح یک درصد). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد دو لیتر در هکتار کود زیستی فلاویت باعث افزایش ۲۴ درصدی شاخص سطح برگ گندم نسبت به شاهد شده است. ترشح مواد تنظیم‌کننده‌ی رشد گیاه و تحریک‌کننده‌های رشد مانند اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و ایندول استیک اسید در کنار سیتوکینین، به‌دلیل همیاری با ریشه مهم‌ترین سازوکار کودهای زیستی برای افزایش رشد رویشی برگ‌ها می‌باشند. سطح برگ تعیین‌کننده ظرفیت فتوسنتزی گیاه است که تحت تأثیر غلظت و فراهمی عناصر غذایی، نوع ژنوتیپ و محیط است (Saberi *et al.*, 2015). افزایش سطح برگ، شاخصی از افزایش رشد رویشی گیاه محسوب می‌شود و توسعه آن در افزایش تولید و عملکرد نقش به‌سزایی دارد (Gholami *et al.*, 2009). باکتری‌های کود زیستی فلاویت با تولید جیبرلین و اسید ایندول استیک در گیاه باعث افزایش طول و پهنای برگ و درنتیجه سطح برگ گیاه می‌شود. در گیاهان تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد به‌دلیل افزایش هدایت هیدرولیکی ریشه، جذب آب و مواد غذایی افزایش می‌یابد و رشد و سطح برگ افزایش می‌یابد (Hu *et al.*, 2007; Azadi *et al.*, 2013). سطوح مختلف گوگرد نیز موجب افزایش شاخص سطح برگ شدند. داده‌های مقایسه میانگین حاکی از افزایش ۲۹ و ۱۹ درصدی شاخص سطح برگ در نتیجه مصرف به ترتیب ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار می‌باشد (جدول ۵). این نتیجه با نتایج سایر محققان مطابقت دارد. مومن و همکاران (Momen *et al.*, 2011) با بررسی روی گندم در منطقه سمنان نشان دادند با افزایش میزان گوگرد مصرفی سطح برگ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین مقدار آن مربوط به مصرف ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بود. چقازردی و همکاران (Chaghazardi *et al.*, 2013) گزارش نمودند که با کاربرد گوگرد سطح برگ و شاخص سطح برگ به‌طور معنی‌داری افزایش‌یافت.

**وزن تر بوته:** وزن تر گندم تحت تأثیر مصرف کود زیستی و گوگرد قرار نگرفت. ژنوتیپ-های مختلف تحت بررسی تفاوت معنی‌داری در وزن تر بوته تولید شده نشان ندادند (جدول ۳). اما اثر متقابل مکان و کود زیستی فلاویت بر وزن‌تر بوته گندم در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل مکان و کود زیستی فلاویت بر وزن تر گندم نشان داد که مصرف دو لیتر در هکتار کود زیستی در منطقه بایع‌کلا بیشترین وزن تر بوته (۲/۳ کیلوگرم در مترمربع) را تولید کرد.

**وزن خشک بوته:** وزن خشک بوته گیاه با کاربرد دو لیتر در هکتار کود زیستی فلاویت ۱۳/۶ درصد نسبت به عدم کاربرد کود زیستی فلاویت بیشتر شد (جدول ۴). اثر متقابل کود زیستی فلاویت و گوگرد بر وزن خشک گندم در سطح یک درصد معنی‌دار شد. داده‌ها نشان دادند که میانگین وزن خشک گندم در هر سه رقم با مصرف دو لیتر در هکتار فلاویت و ۲۵۰ کیلوگرم گوگرد با اختلاف معنی‌دار نسبت به عدم مصرف

این دو نهاده (تیمار شاهد) افزایش یافته‌است (جدول ۶).

با توجه به اینکه باکتری‌های PGPR مورد بررسی در این پژوهش دارای توان تولید مواد تحریک‌کننده رشد گیاه بوده و نظر به اینکه چنین موادی از توانایی تأثیر بر توزیع مواد فتوسنتزی و تسهیم ماده خشک در گیاه برخوردارند، کاربرد محرک‌های رشد گیاه توانسته است رشد و گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه را افزایش داده و در نتیجه، وزن خشک بوته بیشتری در گیاه تولید شده است. علاوه بر این، احتمالاً این افزایش به سبب افزایش جذب آب و مواد غذایی به‌واسطه توسعه بیشتر ریشه‌ها و انجام فرآیند تثبیت زیستی نیتروژن می‌باشد زیرا باکتری‌های افزاینده رشد در محیط ریشه گندم توانایی ساخت و ترشح مقداری مواد بیولوژیکی فعال مانند اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتنیک، بیوتین، ویتامین های ب، اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و غیره را دارند که در افزایش رشد ریشه و جذب آب و عناصر غذایی نقش به‌سزایی دارند، خواهد داشت (AsadiRahmani *et al.*, 2016; Kader *et al.*, 2002). در آزمایش مرادی و همکاران (Moradi *et al.*, 2012) نیز افزایش وزن بوته گندم در اثر استفاده از PGRP گزارش شده است. داده‌های جدول ۵ نشان می‌دهند که وزن خشک بوته در تیمار مصرف ۲۵۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار به ترتیب ۴۶ و ۱۸درصد نسبت به تیمار ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد و عدم مصرف آن بیشتر بود. با مصرف گوگرد علاوه بر افزایش ماده غذایی در خاک در نتیجه فعالیت باکتری‌های اکسید کننده گوگرد به‌ویژه تیوباسیلوس، pH محلول خاک کاهش یافته و متعاقباً حلالیت عناصر با انحلال کم و عناصر ریزمغذی افزایش می‌یابد. با افزایش فراهمی عناصر غذایی جذب آنها و تولید ماده خشک در گیاه افزایش می‌یابد. بررسی‌ها نشان داد که با کاربرد گوگرد وزن خشک کل به‌طور معنی‌داری افزایش‌یافت (Chaghazardi *et al.*, 2013). وزن خشک بوته در منطقه قراخیل بیشتر شد. خاک قراخیل آهک و pH بیشتری نسبت به خاک بایع‌کلا داشته و از نظر قابلیت دسترسی به عناصر غذایی به‌ویژه فسفر قابل جذب در سطح پایین‌تری قرار دارد (جدول ۱). به نظر می‌رسد مصرف گوگرد و کود زیستی در این خاک فقیر از نظر حاصل‌خیزی، اثرات مثبت‌تری از خود نشان داده و وزن خشک بیشتری تولید نموده است. اثر متقابل کود زیستی فلاویت و گوگرد بر وزن خشک گندم در سطح یک درصد معنی‌دار شد. داده‌ها نشان دادند که میانگین وزن خشک گندم در هر سه رقم با مصرف دو لیتر در هکتار فلاویت و ۲۵۰ کیلوگرم گوگرد با اختلاف معنی‌دار نسبت به عدم مصرف این دو نهاده (تیمار شاهد) افزایش یافته‌است (جدول ۶).

**تعداد سنبله بارور:** اثر متقابل کود زیستی فلاویت، گوگرد و رقم برتعداد سنبله بارور نشد. اثر متقابل گوگرد و ژنوتیپ و اثر متقابل گوگرد، ژنوتیپ و مکان بر تعداد سنبله بارور معنی‌دار بودند. بر خلاف نتایج این تحقیق، مومن و همکاران (Momen *et al.*, 2011) دریافتند با افزایش میزان گوگرد مصرفی، تعداد دانه در سنبله گندم به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین تعداد دانه در سنبله مربوط به تیمار مصرف ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بود.

**عملکرد دانه:** داده‌های جدول ۶ نشان داد که اثر متقابل کود زیستی فلاویت و گوگرد بر عملکرد ارقام مختلف گندم معنی‌دار بود. رقم تیرگان با عملکرد ۵۲۹۸ کیلوگرم در هکتار

بیشترین دانه گندم را در تیمار مصرف دو لیتر فلاویت و ۲۵۰ کیلگرم گوگرد در هکتار تولید کرد. این رقم در مقایسه با زمانی که فلاویت و گوگرد دریافت نکرد ۴۲ درصد افزایش عملکرد دانه نشان می‌دهد. در مطالعات مختلف مشخص‌شده است کودهای زیستی تأثیر مثبتی در عملکرد و رشد گیاه به‌واسطه رقابت مثبت کلونی‌های تشکیل‌شده در ریشه گیاه دارند (Bhattacharyya and Jha, 2012). آزمایش‌ها نشان داد که میکروباکتریوم می‌تواند به‌عنوان بهبود دهنده برای محصول گندم، عناصر غذایی بیشتری را با تولید ایندول استیک اسید و در نتیجه افزایش سیستم ریشه‌ای جذب نماید (Etesami *et al.*, 2009). به‌نظر می‌رسد افزایش عملکرد ناشی از مصرف گوگرد به اسیدی شدن موضعی خاک و افزایش قابلیت انحلال عناصر غذایی و افزایش کارایی جذب عناصر غذایی مربوط باشد. در چنین شرایطی، با استفاده از گوگرد و اکسایش آن، عناصر غذایی نامحلول موجود در بخش جامد خاک آزاد می‌شوند. فراهمی و درنتیجه جذب سایر عناصر غذایی سبب می‌شود مواد غذایی و کربوهیدرات بیشتری از طریق ساقه و برگ‌ها انتقال یابد و شرایط برای افزایش تعداد دانه در سنبله فراهم شود. از سوی دیگر با افزایش دسترسی به عناصر غذایی، تعداد گلچه‌های بارور در سنبله افزایش یافته و با افزایش تعداد دانه در سنبله در نهایت عملکرد دانه افزایش می‌یابد. این نتایج با یافته‌های گودرزی (Godarzi, 2010) که نشان داد مصرف گوگرد عملکرد گندم را در خاک‌های آهکی به میزان ۱۹۰ کیلوگرم در هکتار افزایش می‌دهد مطابقت دارد. مؤمن و همکاران (Momen *et al.*, 2011) طی بررسی در منطقه سمنان بر روی گندم نشان دادند با افزایش میزان گوگرد مصرفی، عملکرد دانه افزایش یافت و بیشترین عملکرد دانه (۴۲۶۲ کیلوگرم در هکتار) بود. در مطالعه جلیلی (Jalili, 2017) اثر گوگرد بر عملکرد دانه معنی‌دار شد و با افزایش در گوگرد عملکرد دانه افزایش یافت. بین سطوح گوگرد بیشترین عملکرد مربوط به مصرف ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۵۲۳۴ کیلوگرم بود که نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. مقایسه عملکرد ارقام مختلف تحت بررسی نشان داد که عملکرد دانه رقم تیرگان به‌ترتیب ۱۲/۴۱ و ۷/۱ درصد از رقم احسان و رقم گنبد بیشتر بود.

**درصد پروتئین:** اثر کود زیستی فلاویت بر درصد پروتئین گندم معنی‌دار نشد (جدول ۳). اثر متقابل کود زیستی فلاویت، ژنوتیپ و مکان بر درصد پروتئین گندم در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. داده‌ها نشان دادند رقم تیرگان در ایستگاه بایع‌کلا با مصرف دو لیتر در هکتار کود زیستی فلاویت بیشترین درصد پروتئین (۱۵/۱ درصد) را تولید کرد (شکل ۱). کودهای زیستی به سبب تثبیت نیتروژن سبب افزایش پروتئین دانه می‌شوند (Mohsennia and Jalilian, 2012). اسید آمینه واحد سازنده پروتئین است و سنتز اسید آمینه یکی از خصوصیات مهم کودهای زیستی است. سنتز اسید آمینه توسط کود زیستی فلاویت شامل سنتز متیونین گلوتامین، گلوتامیک اسید، ایزولوسین، لوسین و آسپارتیک اسید می‌شود (Babalola, 2010). با بالا رفتن این مواد سنتز پروتئین نیز افزایش می‌یابد. همچنین نتایج این تحقیق با نتایج ایولین و همکاران (Evelin *et al.*, 2009)، خان و همکاران (Khan *et al.*, 2011) و کانگ و همکاران (Kang *et al.*, 2012) مطابقت دارد. اثر گوگرد بر درصد پروتئین در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). درصد

پروتئین با کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار به‌ترتیب ۳۷ و ۱۵/۶ درصد نسبت به عدم مصرف و مصرف ۲۵۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار بیشتر بود (جدول ۴). سیستئین و متیونین هر دو اسید آمینه‌های حاوی گوگرد هستند و در ساختار و تشکیل پروتئین‌ها و آنزیم‌ها نقش مهمی دارند و مقادیر بالایی از این اسید آمینه‌ها در پروتئین‌های ذخیره شده در دانه وجود دارد. گروه‌های تیول سیستئین می‌توانند اکسید شوند و منجر به ایجاد پل‌های دی سولفیدی با دیگر زنجیره‌های جانبی سیستئین و ایجاد پیوندهای پلی پپتیدی گردند. پل‌های دی سولفیدی نقش مهمی در ساختار پروتئین‌ها دارند. گروه‌های تیول نیز اهمیت زیادی در پیوند آنزیمی و تشکیل مجموعه‌های گوگرد-فلز در پروتئین همانند فرودوکسین و پروتئین‌های تنظیم‌کننده مثل تیوردوکسین دارند (Hawkesford and De Kok, 2006; De Kok *et al.*, 2012). جلیلی (Jalili, 2017) گزارش نمود اثر سطوح گوگرد بر میزان پروتئین دانه درسطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطوح گوگرد میزان پروتئین دانه افزایش یافت و بیشترین مقدار پروتئین (با میانگین ۱۱/۵۶ درصد) مربوط به مصرف ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد بود.

## نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی می‌توان گفت که کود زیستی فلاویت بر شاخص سطح برگ، تعداد سنبله بارور، وزن خشک و عملکرد دانه اثر معنی‌داری داشت. کاربرد دو لیتر کود زیستی فلاویت سبب بهبود این صفات گردید. اثر گوگرد بر تمامی صفات مورد غیر از وزن تر و تعداد سنبله بارور معنی‌دار شد. نتایج نشان داد که رقم تیرگان بهترین و بالاترین عملکرد دانه و درصد پروتئین را تولید کرد. استفاده از گوگرد اثر مثبتی در عملکرد دانه داشت و کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم گوگرد بالاترین مقدار عملکرد را تولید نمود. درصد پروتئین در تیمار مصرف ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار بیشترین مقدار را نشان داد. با توجه به نتایج حاصله برای رسیدن به بیشترین عملکرد دانه و پروتئین، رقم تیرگان با کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم گوگرد همراه با مقدار دو لیتر در هکتار کود زیستی فلاویت توصیه می‌شود.

## سپاسگزاری

بدینوسیله از همکاری مدیریت و کارکنان ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی قراخیل و بایع‌کلا که در اجرای این پروژه تحقیقاتی همکاری صمیمیانه داشتند تشکر می‌گردد.

**جدول ۱**- مقادیر بارش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی قراخیل و بایع‌کلا در دوره آماری ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۲

**Tables 1-** Amount of precipitation at the agricultural research stations of Gharakhail and Baykola in the period of 1970 to 2012

| ایستگاه Station | | بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | بیشینه ۲۴ ساعته 24 hours Maximum | بیشینه سالیانه Annual Maximum | کمینه سالیانه Annual Minimum | معدل سالانه Annual Average |
| Gharakhail | قراخیل | 113.4 | 1155.9 | 493.6 | 783.5 |
| Baykola | بایع‌کلا | 115.9 | 1256.1 | 496.5 | 823.8 |

**جدول ۲** - مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک تحت آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی قراخیل و بایع‌کلا

**Table 2-** Soil physico-chemical characteristics at the agricultural research stations of Gharakhail and Baykola

| ایستگاه Station | اسیدیته pH | هدایت الکتریکی EC | کربنات کلسیم معادل C.C.E | رس Clay | لای Silt | ماسه Sand | کربن آلی OC | نیتروژن کل Total Nitrogen | فسفر قابل استفاده Available P | پتاسیم قابل استفاده Available K |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ($dS\ m^{-1}$) | | | | (%) | | | ($mg\ kg^{-1}$) | |
| Gharakhail قراخیل | 7.8 | 0.55 | 45 | 44 | 39.1 | 16.9 | 1.65 | 0.071 | 5.09 | 193 |
| Baykola بایع‌کلا | 7.6 | 0.68 | 22.2 | 34.4 | 56.6 | 10 | 1.30 | 0.095 | 11 | 234.2 |

**جدول ۳**- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی گندم در دو ایستگاه قراخیل و بایع‌کلا

**Table 3-** Mean squares of wheat traits studied at the Gharakhail and Baykola agricultural research stations

| منابع تغییرات S.O.V. | درجه آزادی df | ارتفاع گیاه Plant height | شاخص سطح برگ leaf area index | تعداد سنبله بارور Number of fertile spike | عملکرد دانه Yield of seed | وزن تر بوته Fresh weight | وزن خشک بوته Dry weight | درصد پروتئین Protein percentage |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مکان Location | 1 | $175.8^{n.s}$ | $2568.2^{n.s}$ | $1035772094^{n.s}$ | $0.001^{n.s}$ | 2835** | 33.73** | $0.434^{n.s}$ |
| خطا Error | 3 | 56.65 | 0.0001 | 33146.8470 | 7250453 | 7.56 | 0.00006 | 9.13 |
| کود زیستی فلاویت Flawheat biofertilizer | 1 | $1166^{ns}$ | 320.8** | $28768.1175^{**}$ | 1095452727** | $266.74^{ns}$ | 78.93** | $9.91^{ns}$ |
| گوگرد Sulfur | 2 | 2926** | 522.51** | $131866.481^{ns}$ | $263415^{**}$ | $492.7^{ns}$ | 187.9** | 222.5* |
| کود زیستی فلاویت×گوگرد Flawheat biofertilizer×sulfur | 2 | $137.9^{n.s}$ | 33.58** | $25.8382^{n.s}$ | $0.00001^{n.s}$ | $2.11^{ns}$ | 1.12** | $0.71^{n.s}$ |
| کود زیستی فلاویت×مکان Flawheat biofertilizer×location | 1 | $53.64^{n.s}$ | $0.00001^{n.s}$ | $1.1485^{n.s}$ | $0.00001^{n.s}$ | 24.90** | $0.00002^{n.s}$ | $2.81^{n.s}$ |
| گوگرد×مکان Sulfur×location | 2 | $122.1^{n.s}$ | $0.00001^{n.s}$ | $43608.1281^{**}$ | $0.00001^{n.s}$ | 160.9** | $0.00001^{n.s}$ | 48.31** |
| کود زیستی فلاویت×گوگرد×مکان Flawheat× biofertilizer×sulfur location | 2 | $43.00^{n.s}$ | $0.000001^{n.s}$ | $589.9260^{n.s}$ | $389277^{n.s}$ | $1.562^{n.s}$ | $0.00001^{n.s}$ | $0.770^{n.s}$ |
| خطا Error | 30 | 107.0 | 63.11 | 2757.0481 | 2129825 | 5.541 | 1.59 | 2.98 |
| ژنوتیپ Genotypes | 2 | 366.2** | $97.14^{n.s}$ | $26063.1897^{*}*$ | 166168** | $2.797^{n.s}$ | $0.361^{n.s}$ | $0.145^{n.s}$ |
| کود زیستی فلاویت×ژنوتیپ Flawheat biofertilizer×genotype | 2 | $9.69^{n.s}$ | 156.0** | $3036.9050^{n.s}$ | 263422** | $1.064^{n.s}$ | 0.337** | $4.22^{n.s}$ |
| گوگرد×ژنوتیپ Sulfur×genotype | 4 | 214.4** | $84.49^{n.s}$ | 1380.8836** | $92659^{n.s}$ | $1.998^{n.s}$ | 1.386** | $2.81^{n.s}$ |
| کود زیستی فلاویت×گوگرد×ژنوتیپ Flawheat biofertilizer×sulfur×genotype | 4 | 130.2** | 164.33* | $2040.5769^{n.s}$ | $0.000001^{n.s}$ | $1.188^{n.s}$ | 0.614** | 2.78* |
| ژنوتیپ×مکان Genotype×location | 2 | $61.30^{n.s}$ | $0.00001^{n.s}$ | $18182.697^{**}$ | $0.000001^{n.s}$ | $9.661^{n.s}$ | 0.0000001** | $0.88^{n.s}$ |
| کود زیستی فلاویت×ژنوتیپ×مکان Flawheat biofertilizer×genotype×location | 2 | $65.17^{n.s}$ | $0.000009^{n.s}$ | $1662.5399^{n.s}$ | $0.000001^{n.s}$ | $1.346^{n.s}$ | $0.0000002^{n.s}$ | 6.07* |
| گوگرد×ژنوتیپ×مکان Sulfur×genotype×place | 4 | $66.04^{n.s}$ | $0.000001^{n.s}$ | $2908.6711^{**}$ | $0.000001^{n.s}$ | $4.545^{n.s}$ | $0.0000003^{n.s}$ | $1.82^{n.s}$ |
| کود زیستی فلاویت×گوگرد×ژنوتیپ×مکان Flawheat biofertilizer×sulfur×genotype×location | 4 | $82.19^{n.s}$ | $0.0000001^{n.s}$ | $1193.4842^{n.s}$ | $1287.37^{n.s}$ | $1.007^{n.s}$ | $0.0000009^{n.s}$ | $3.41^{n.s}$ |
| خطا (باقی‌مانده) Error (Residual) | 72 | 82.74 | 62.01 | 637.8971 | $271659^{n.s}$ | 5.092 | 1.54 | 1.50 |
| ضریب تغییرات C.V. (%) | | 8.83 | 18.19 | 9.34 | 16.49 | 13.08 | 13.04 | 8.67 |

n.s غیر معنی‌دار و * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح آماری پنج و یک درصد.

ns: not significant and * and **: significant at 5% and 1% level respectively.

**جدول ۴**-مقایسه میانگین صفات مورد بررسی گندم تحت اثر تیمارهای کود زیستی فلاویت

**Table 4-** Mean comparisons of wheat traits studiedunder effects of flawheat biofertilizer treatments

| کود زیستی Biological fertilizer ($L.ha^{-1}$) | ارتفاع گیاه Plant height (cm) | شاخص سطح برگ Leaf area index | وزن‌تر بوته resh weightّ ($kg.m^{-2}$) | وزن خشک بوته Dry weight ($kg.m^{-2}$) |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 99.7b | 4.78b | 1.58b | 0.88b |
| 2 | 104.1a | 5.95a | 1.80a | 1.0a |

حروف یکسان در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

Same letters in each column represent no significant difference at 5% level by Duncan's test.

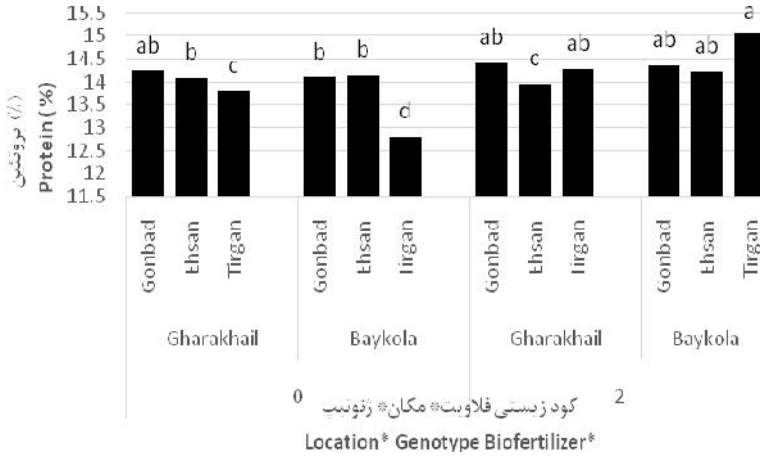
**جدول ۵**- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی گندم تحت اثر تیمارهای گوگرد

**Table 5-** Mean comparisons oftraits studiedunder effects of sulfur treatments

| گوگرد Sulfur ($kg.ha^{-1}$) | ارتفاع گیاه Plant height (cm) | شاخص سطح برگ Leaf area index | وزن‌تر Fresh weight ($kg.m^{-2}$) | وزن خشک بوته Dry weight ($kg.m^{-2}$) | پروتئین Protein percentage |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 94.40b | 4.12b | 1.3b | 0.89c | 11.9c |
| 250 | 109.7a | 4.94a | 1.9a | 1.3a | 14.1b |
| 500 | 104.8a | 5.35a | 1.9a | 1.1b | 16.3a |

حروف یکسان در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

Same letters in each column represent no significant difference at 5% level by Duncan's test.




**شکل ۱**- اثرات کود زیستی فلاویت، ژنوتیپ و مکان بر غلظت پروتئین

**Figure 1-** Effects of flawheat biofertilizer, genotype and location on protein concentration

**جدول ۶**- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی گندم تحت اثرات تیمارهای کود زیستی، گوگرد و ژنوتیپ

**Table 6-** Mean comparisons of wheat traits studied under effects of flawheat biofertilizer, sufur and genotype treatments

| رقم Genotypes | گوگرد Sulfur | فلاویت Flawheat | ارتفاع گیاه Plant height (cm) | شاخص سطح برگ Leaf area index | تعداد سنبله بارور Number of fertile spike ($m^{-2}$) | عملکرد دانه Yield of seed ($kg.ha^{-1}$) | وزن‌تر بوته Fresh weight ($kg.m^{-2}$) | وزن خشک بوته Dry weight ($kg.m^{-2}$) | درصد پروتئین Protein percentage |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| گنبدGonbad | 0 | 0 | 93.55d | 5.22a | 284.4cd | 3139bc | 1.18a | 0.63c | 11.86a |
| احسانEhsan | 0 | 0 | 92.32d | 4.91a | 208.8d | 3092c | 1.20a | 0.64c | 12.53a |
| تیرگانTirgan | 0 | 0 | 92.87d | 4.61a | 249.6cd | 3716bc | 1.23a | 0.65c | 10.47a |
| گنبدGonbad | 250 | 0 | 93.23d | 5.84a | 364.2abc | 4488ab | 1.72a | 1.03ab | 14.15a |
| احسانEhsan | 250 | 0 | 110.2b | 5.46a | 285.6bcd | 3755bc | 1.79a | 1.08ab | 13.69a |
| تیرگانTirgan | 250 | 0 | 111.5b | 4.96a | 345.6abcd | 4676ab | 77a.1 | 0.99ab | 14.11a |
| گنبدGonbad | 500 | 0 | 102.7c | 4.37a | 372.0abc | 3706bc | 78a.1 | 0.97ab | 16.46a |
| احسانEhsan | 500 | 0 | 102.2c | 3.90a | 330.0abcd | 3781b | 75a.1 | 0.96ab | 15.59a |
| تیرگانTirgan | 500 | 0 | 102.7c | 5.70a | 361.2abc | 4160b | 84a.1 | 0.92b | 15.82a |
| گنبدGonbad | 0 | 2 | 96.0cd | 5.471a | 255.6cd | 3565bc | 57a.1 | 0.86bc | 12.27a |
| احسانEhsan | 0 | 2 | 97.20cd | 4.40a | 250.8cd | 3511bc | 41a.1 | 0.77c | 12.08a |
| تیرگانTirgan | 0 | 2 | 94.68d | 4.69a | 302.4abcd | 3793b | 51a.1 | 0.82bc | 12.60a |
| گنبدGonbad | 250 | 2 | 110.77b | 6.02a | 370.8abc | 4837ab | 03a.2 | 1.16a | 13.46a |
| احسانEhsan | 250 | 2 | 114.9ab | 6.12a | 343.2abcd | 4485ab | 07a.2 | 1.23a | 14.44a |
| تیرگانTirgan | 250 | 2 | 117.7a | 4.90a | 374.4abc | 5289a | 07a.2 | 1.18a | 14.78a |
| گنبدGonbad | 500 | 2 | 102.6c | 5.49a | 399.6ab | 4644ab | 99a.1 | 1.06ab | 16.81a |
| احسانEhsan | 500 | 2 | 109.3b | 5.82a | 334.8abcd | 4638ab | 99a.1 | 1.08ab | 16.41a |
| تیرگانTirgan | 500 | 2 | 109.2b | 4.99a | 438.0a | 4733ab | 06a.2 | 1.06 | 16.56a |

حروف یکسان در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

Same letters in each column represent no significant difference at 5% level by Duncan's test.

## References منابع مورد استفاده


- Ahemad, M., and M. Kibret. 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. *Journal of King Saud University-Science*. 26(1): 1-20.
- Ansari, M.W., D.K. Trivedi, R.K. Sahoo, S.S. Gill, and N. Tuteja 2013. A critical review on fungi mediated plant responses with special emphasis to Piriformospora indica on improved production and protection of crops. *Plant Physiology and Biochemistry*. 70: 403-410. (In Persian).
- Asadi Rahmani, H., A. Lakzian, J. Ghaderi, P. Keshavarz, H. Haghighatnia, K. Mirzashahi, M. Ramezanpour, A. Arayi, and A. Torkashv. 2016. Potential of flavobacterium as biofertilizer to increase wheat yield. *Journal of Water and Soil* 30(1): 125-135 (In Persian).
- Azadi, S., S.A. Siyadat, R. Naseri, A. Soleimani Fard, and A. Mirzaei 2013. Effect of integrated application of *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillum brasilense* and nitrogen chemical fertilizers on qualitative and quantitative of durum wheat. *Journal of Crop Ecophysiology*. 7(2): 129-146. (In Persian).
- Babalola, O.O. 2010. Beneficial bacteria of agricultural importance. *Biotechnology letters.* 32(11): 1559-1570.
- Belimov, A.A., I.C. Dodd, N. Hontzeas, J.C. Theobald, V.I. Safronova, and W.J. Davies. 2009. Rhizosphere bacteria containing 1- aminocyclopropane - 1- carboxylate deaminase increase yield of plants grown in drying soil via both local and systemic hormone signalling. *New Phytologist.* 181(2): 413-423.
- Bhattacharyya, P.N., and D.K. Jha 2012. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology.* 28(4): 1327-1350.
- Bonnot, T., E. Bancel, D. Alvarez, M. Davanture, J. Boudet, M. Pailloux, M. Zivy, C. Ravel, and P. Martre 2017. Grain subproteome responses to nitrogen and sulfur supply in diploid wheat *Triticum monococcum*. *The Plant Journal.* 91(5): 894-910.
- Chaghazardi, H., G. Mohammadi, and A.A. Beheshti. 2013. Effects of different amounts of sulfur and manure on soil acidity and plant traits of corn hybrid KSC 704. *Iranian Journal Of Field Crops Research.* 11(1): 162-170. (In Persian).
- De Kok, L. J., M. Tausz, M. J. Hawkesford, R. Hoefgen, M. T. McManus, R. Norton, H. Rennenberg, K. Saito, E. Schnug and L. Tabe 2012. Sulfur Metabolism in Plants: Mechanisms and Applications to Food Security and Responses to Climate Change, Springer Science & Business Media. 284 pp.
- Delshadi, S., M. Ebrahimi, and E. Shirmohammadi. 2017. Effectiveness of plant growth promoting rhizobacteria on *Bromus tomentellus* Boiss seed germination, growth and nutrients uptake under drought stress. *South African Journal of Botany*. 113: 11-18.
- Dimkpa, C., T. Weinand, and F. Asch. 2009. Plant–rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions. *Plant, Cell and Environment.* 32(12): 1682-1694.
- Ebadzadeh, H., K. Ahmadi, S. Mohammadinia Afrozi, R. Abbastaghani, M. Abbasi, and S. Yari. 2016. Agricultural statistics of 2014-2015 crop year. Ministry of Agriculture Jihad, Tehran, Ministry of Agriculture Jihad, Tehran. (In Persian).

- Eslami, A., R. Sadrabadi Haghighi, and M. Zafarian. 2014. Responses of seed yield, yield components and some morphophysiological traits of wheat cultivars (*Triticum aestivum*) to the application methods of Fulzyme biofertilizer. *Journal of Crop Ecophysiology*. 8(3): 243-256. (In Persian).
- Etesami, H., H. Alikhani, M. Jadidi, and A. Aliakbari. 2009. Effect of superior IAA producing rhizobia on N, P, K uptake by wheat grown under greenhouse condition. *World Applied Sciences Journal.* 6: 1629-1633. (In Persian).
- Evelin, H., R. Kapoor, and B. Giri. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. *Annals of Botany.* 104(7): 1263-1280.
- Gholami, A., S. Shahsavani, and S. Nezarat. 2009. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering.* 1(1):35-40.
- Godarzi, K. 2010. The effect of sulfur and compost on nutrient availability of soil and its uptake by wheat. Papers of Zonal Symposium in New Approach in Agronomy and Nanotechnology, Share-Gods, IAU. Gods Branch, 21 January. *Share Gods Branch*: (In Persian).
- Gupta, G., S.S. Parihar, S.K. Snehi, and V. Singh 2015. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): current and future prospects for development of sustainable agriculture. *Journal of Microbial and Biochemical Technology.* 7(2): 096-102.
- Hawkesford, M.J., and L.J. De Kok. 2006. Managing sulphur metabolism in plants. *Plant, Cell and Environment.* 29(3): 382-395.
- Hu, Y., Z. Burucs, S. Von Tucher, and U. Schmidhalter. 2007. Short-term effects of drought and salinity on mineral nutrient distribution along growing leaves of maize seedlings. *Environmental and Experimental Botany.* 60(2): 268-275.
- Ilyas, N., and A. Bano 2010. Azospirillum strains isolated from roots and rhizosphere soil of wheat (*Triticum aestivum* L.) grown under different soil moisture conditions. *Biology and Fertility of Soils.* 46(4): 393-406.
- Jalili, F. 2017. Effects of sulfur and manure on wheat yield and some physical-chemical properties of soil. *Water and Soil Science.* 27(3): 199-209. (In Persian).
- Ju, I., B. Wj, S. Md, O. Ia, and E. Oj. 2018. A review: Biofertilizer-A key player in enhancing soil fertility and crop productivity. *Journal of Microbiology and Biotechnology Reports.* 2(2): 22-28.
- Kader, M., M. Mian, and M. Hoque. 2002. Effects of azotobacter inoculant on the yield and nitrogen uptake by -wheat. *Journal of Biological Science.* 2(4): 259-261.
- Kalsi, N., D.I. Drautz-Moses, A. Uchida, R.W. Purbojati, J.N. Houghton, C. Chénard, A. Wong, S. Kolundžija, M.E. Clare, and K.K. Kushwaha. 2019. Complete genome sequence of microbacterium sp. strain SGAir 0570, isolated from Tropical Air Collected in Singapore. *Microbiology Resource Announcements.* 8(34): e00613-00619.
- Kang, S.M., A.L. Khan, M. Hamayun, Z.K. Shinwari, Y.H. Kim, and I.J. Lee. 2012. Acinetobacter calcoaceticus ameliorated plant growth and influenced gibberellins and functional biochemicals. *Pakistan Journal of Botany.* 44(1): 365-372.
- Kasim, W.A., M.E. Osman, M.N. Omar, I.A.A. El-Daim, S. Bejai, and J. Meijer. 2013. Control of drought stress in wheat using plant-growth-promoting bacteria. *Journal of Plant Growth Regulation.* 32(1): 122-130.

- Khan, A.L., M. Hamayun, Y.H. Kim, S.M. Kang, J.H. Lee, and I.J. Lee. 2011. Gibberellins producing endophytic *Aspergillus fumigatus* sp. LH02 influenced endogenous phytohormonal levels, isoflavonoids production and plant growth in salinity stress. *Process Biochemistry.* 46(2): 440-447.
- Martínez-Viveros, O., M. Jorquera, D. Crowley, G. Gajardo, and M. Mora. 2010. Mechanisms and practical considerations involved in plant growth promotion by rhizobacteria. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition.* 10(3): 293-319.
- Mohsennia, O., and J. Jalilian. 2012. Response of safflower seed quality characteristics to different soil fertility systems and irrigation disruption. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences.* 3(5): 968-976.
- Momen, A., A. Pazoki, and M.R. Momayezi 2011. Effects of granular sulfur (Bentonitic) and compost on quantitative and qualitative characteristics of Bam wheat in Semnan region. *Crop Physiology Journal.* 3(9): 31-46.
- Moradi, H., B. Bahramnejad, J. Amini, A. Siosemardeh, and K. Haji-Allahverdipoor. 2012. Suppression of chickpea (*Cicer arietinum* L.) *Fusariums wilt* by *Bacillus subtillis* and *Trichoderma harzianum*. *Plant Omics.* 5(2): 68-74.
- Motior, M., A. Abdou, F.H. Al Darwish, K.A. El-Tarabily, M.A. Awad, F. Golam, and M. Sofian-Azirun. 2011. Influence of elemental sulfur on nutrient uptake, yield and quality of cucumber grown in sandy calcareous soil. *Australian Journal of Crop Science.* 5(12): 1610-1615.
- Mozafari, A., J. Daneshian, D. Habibi, A. Asgharzadeh, and A. Rad. 2015. Investigation the effect of plant growth promoting rhizobactria on some morphophysiological traits of bread wheat under terminal drought stress conditions. *Crop Physiology Journal.* 7(26): 21-36. (In Persian).
- Rasool, F.U., B. Hasan, I. Jahangir, T. Ali, and T. Mubarak 2013. Nutritional yield and economic responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to integrated levels of nitrogen, sulphur and farmyard manure. *Journal of Agricultural Sciences SriLanka.* 8(1): 17-27.
- Saberi, H., Gh. Mosenabadi, and S.M. Ehteshami. 2015. Integrated application of biological and chemical fertilizers on bean (*Phaseolus vulgaris*) under Rasht climate conditions. *Iranian Journal of Pulses Research.* 6(1): 21-31. (In Persian).
- Saleem, M., M. Arshad, S. Hussain, and A.S. Bhatti. 2007. Perspectiveof plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) containing ACC deaminase in stress agriculture. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology.* 34(10): 635-648.
- Tao, Z., X. Chang, D. Wang, Y. Wang, S. Ma, Y. Yang, and G. Zhao. 2018. Effects of sulfur fertilization and short-term high temperature on wheat grain production and wheat flour proteins. *The Crop Journal.* 6(4): 413-425.
- Zaidi, A., and S. Khan. 2005. Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on growth, yield, and nutrient uptake of wheat. *Journal of Plant Nutrition.* 28(12): 2079-2092.

**Research Article** DOI: 10.30495/jcep.2021.681004

# Response of Three Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes to Flawheat Biofertilizer and Sulfur in Mazandaran Province

**Ali Jabbari[1], Nasser Latifi[2], Mojtaba Mahmoudi[3]*, Abolfazl Faraji[4], and Mohammad Reza Dadashi[5]**

*Received: March 2020 , Revised: 3 August 2020, Accepted: 32 October 2020*

## Abstract

To evaluate the effect of biofertilizer and sulfur on yield and morphophysiological traits of three wheat genotypes. A split plot factorial design experiment based on completely randomized block design with four replications was performed at Gharakhail and Baykola research stations of Mazandaran province in 2014-2015. The wheat genotypes were Gonbad, Ehsan and Tirgan; the sulfur treatments consisted of levels of zero, 250 and 500 kg.ha$^{-1}$ (along with *Tiobacillu ssp*) and biofertilizer of zero and two l.ha$^{-1}$ (via treating seeds). The traits studied were plant height, leaf area index, number of fertile spikes, seed yield, plant fresh and dry weights, and protein percentage of seeds. Results showed that Flawheat biofertilizer had significant effect on leaf area index, plant dry weight, number of fertile spike and seed yied, and application of two liters of biofertilizer improved the traits under study. The highest plant height (117.7 cm) was observed in Tirgan cultivar by using 2 kg.ha$^{-1}$ of flawheat biofertilizer and 250 kg.ha$^{-1}$ of sulfur. In all three cultivars of Gonbad, Ehsan and Tirgan, consumption of 2 l.ha$^{-1}$ of flawheat and 250 kg.ha$^{-1}$ of sulfur increased wheat dry weight compared to the control. Tirgan cultivar with 5298 kg.ha$^{-1}$ produced highest seed yield by using two liters of Flawheat and 250 kg of sulfur per hectare. Based on the results obtained, it can be concluded that Tirgan among the three cultivars studied in the central and eastern regions of Mazandaran province, produced higest seed yield by using of 250 kg.ha$^{-1}$ of sulfur and the application of two liters per hectare of Flawheat.

**Key words**: Baykola, Biological fertilizer, Gharakhail, Mazandaran, Sulfur, Wheat Cultivar.

1-Ph.D. Student of Agronomy, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran.
2-Professor, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran.
3-Research Assistant Professor. Soil and Water Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education center, Agricultural Research, Education and Extension Organization. Sari, Iran.
4-Research Professor. Department of Agronomy and Horticulture, Gorgan Agricultural and Natural Resources Research and Education center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Gorgan, Iran.
5-Assistant Professor, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran.
**Corresponding Author: m.mahmoudip@areeo.ac.ir*