

پاسخ عملکرد دانه سه رقم گندم به تلقیح با باکتری آزوسپیریوم در تاریخ های مختلف کاشت

عیسی مرادی^۱، محمدجواد زارع^{۲*}

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۷

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

*مسئول مکاتبه: Email: mj.zarea@yahoo.com or mj.zarea@ilam.ac.ir

چکیده

اهداف: بررسی پاسخ عملکرد دانه سه رقم گندم به دو تاریخ کاشت و باکتری آزوسپیریوم تحت شرایط مزرعه‌ای و دیم اهداف این پوهش را تشکیل می دادند.

مواد و روش‌ها: آزمایش صورت طرح آزمایشی فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در اراضی کشاورزی دیم شهرستان آبدانان در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل رقم گندم (زاگرس، کوهدشت و رقم محلی)، تاریخ کاشت (۸ و ۲۳ آذرماه) و باکتری آزوسپیریوم (کاربرد و عدم کاربرد) بودند.

یافته‌ها: پاسخ عملکرد دانه و برخی اجزاء تشکیل دهنده عملکرد گندم به باکتری آزوسپیریوم تحت تاثیر نوع گندم و تاریخ کاشت متفاوت بود. در حالیکه پاسخ عملکرد دانه و تعداد سنبله در واحد سطح دو رقم زاگرس و کوهدشت و در تاریخ کاشت اول به تلقیح با باکتری آزوسپیریوم مثبت بود اما پاسخ رقم محلی منفی بود. تاخیر در کاشت موجب کاهش ۳۲ درصدی عملکرد دانه گردید و کاربرد باکتری تحت چنین شرایطی (تاخیر در کشت) در هیچ کدام از سه رقم گندم موجب بهبود در عملکرد دانه نگردید. همچنین نتایج نشان دهنده برتری عملکرد دو رقم زاگرس و محلی نسبت به رقم کوهدشت در تاریخ کاشت اول بودند. رقم محلی در تاریخ کاشت دوم از عملکرد بالاتری برخوردار بود.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج حاصل شده از این آزمایش استفاده از باکتری محرک رشد می‌تواند تحت تاثیر نوع رقم و تاریخ کاشت گندم متفاوت باشد. با تاخیر در کشت پاسخ عملکرد رقم محلی نسبت به دو رقم دیگر برتری داشت.

واژه های کلیدی: آزوسپیریوم، باکتری، تاریخ کاشت، رقم گندم، عملکرد دانه

Grain Response of three Wheat Cultivars to *Azospirillum* Inoculation in two Different Sowing Dates

Isa moradi¹, Mohammad Javad Zarea^{1*}

Received: January 18, 2020 Accepted: December 27, 2020

1-Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Ilam University, Ilam, Iran.

*Corresponding Author Email: mj.zarea@yahoo.com or mj.zarea@ilam.ac.ir

Abstract

Background & Objective: A field experiment under dryland farming, was designed to investigate the grain yield response of three bread wheat cultivars to sowing date as well as *Azospirillum* inoculation.

Materials and Methods: The experiment was a factorial experiment based on randomized complete block design with three replications. Tested factors consisted of three wheat cultivars (Zagros, Kohdasht and an indigenous cultivar), sowing date (29th Nov and 14th Dec) and *Azospirillum* (inoculated and non-inoculated). The experiment carried out in Abdanan, located in the south of Ilam Province, Iran, during 2018-19 growth season.

Results: Grain yield, yield attributes and harvest index responses of three wheat cultivars to *Azospirillum* inoculation were found to be various and were affected by the type of wheat species and sowing date. Among three types of wheat cultivars tested in this experiment Zagros, sowing on 29th Nov, gave the best grain yield response (2763 kg.ha⁻¹) to *Azospirillum* inoculation as compared to the two other wheat types. Response of the indigenous wheat to *Azospirillum* was found to be negative. Delayed wheat sowing resulted in reduction grain yield of three wheat cultivars and this reduction was not offset by *Azospirillum*. Indigenous cultivar on 14th Dec produced higher grain yield.

Conclusion: Overall, based on the obtained results from this study it can be concluded that positive response to plant growth promoting bacteria is depend on the plant species and may be affected by the sowing date.

Keywords: *Azospirillum*, Bacteria, Sowing Date, Wheat Cultivar, Grain Yield

مقدمه
عملیات کشت گندم مطابق با تاریخ کاشت پذیرفته شده و ترویج شده آن به دلیل تغییرات غیرقابل پیش‌بینی شروع بارش‌ها بخصوص در چندین سال اخیر مشکلاتی را در کشت دیم آن ایجاد کرده است و بنابراین تحقیق در خصوص بررسی جابجایی تاریخ کاشت و به کارگیری ارقام مختلف ضروری به نظر می‌رسد.

از مهمترین محصولات بنیادی کشور که زراعت آن در اغلب اراضی کشاورزی رواج دارد گندم است. این گیاه به عنوان مهمترین و پرمصرفترین گیاه در بین گیاهان زراعی دنیا معرفی شده است (قاسم و همکاران ۲۰۰۸). امروزه تغییرات آب و هوایی موجب گردیده که پیش‌بینی شروع و میزان بارش‌ها بسیار دشوار گردد.

همزیستی بین باکتریهای جنس ریزوبیوم و گیاهان بقولات است (دوبرینر ۱۹۹۲). هر چند سایر باکتریها مانند آنهایی که با سایر گیاهان مانند گیاهان خانواده غلات دارای رابطه همکاری هستند و دارای رابطه همزیستی خاص با یک گیاه خاص نمی باشد نیز مهم محسوب می گردد.

باکتریها از جنس آزوسپیریوم، هریاسپیریوم، ازتوباکتر و استوباکتر امروزه در قالب کودهای زیستی به جهت زراعت گیاهان مختلف مانند ذرت، گندم، برنج، سورگوم و چغندر قند مورد استفاده قرار می گیرند (زارع و همکاران ۱۳۹۷). تعداد زیاد آزمایشات انجام گرفته با باکتریهای جنس آزوسپیریوم نشان دهنده پتانسیل این باکتری در بهبود تولیدات زراعی بوده است (دالا سانتا و همکاران ۲۰۰۴). بهبود در رشد گیاهان تلقیح شده با آزوسپیریوم تحت هر دو شرایط گلخانه و مزرعه حاصل گردیده است. و نتایج این بررسی ها نشان دهنده تغییرات معنی دار در چندین شاخص مختلف رشد در پاسخ به این باکتری بوده است (زارع ۲۰۱۷). تلقیح با این باکتری منجر به افزایش میزان ماده خشک گندم، افزایش محتوای نیتروژن گیاه، افزایش در میزان عملکرد دانه و وزن دانه گردیده است (کریمی و همکاران ۲۰۲۰؛ کریمی و همکاران ۲۰۱۸؛ زارع ۲۰۱۷؛ زارع و همکاران ۲۰۱۲). علت بهبود در رشد و عملکرد دانه را نمی توان به توانایی این باکتری در تثبیت نیتروژن محدود نمود بلکه سایر اثرات این باکتری مانند افزایش جذب آب و عناصر توسط گیاه که ناشی از گسترش سیستم ریشه گیاه توسط این باکتری است را می توان نام برد (کریمی و همکاران، ۲۰۱۸؛ زارع ۲۰۱۷). برخی از سویه های این باکتری دارای توانایی تولید هورمون های رشد مانند اکسین هستند که این هورمون تولیدی قادر است که توسعه ریشه را افزایش دهد (کریمی و همکاران ۲۰۱۸؛ زارع ۲۰۱۷؛ زارع و همکاران ۲۰۱۲).

با وجود آزمایشات انجام شده در خصوص تاثیر باکتریهای محرک رشد بر رشد گیاهان مختلف

یکی از عامل های مهمی که ویژه گی های فیزیولوژی و مورفولوژی گیاه را تحت تاثیر قرار می دهد تاریخ کاشت است. اتخاذ و یا یافتن یک تاریخ کاشت در حقیقت دستیابی به مجموعه ای از شرایط بهینه محیطی در یک مرحله زمانی خاص در جهت دست یافتن به استقرار و بقای مطلوب گیاهچه و سبز شدن آن است؛ با در نظر گرفتن اینکه مراحل مختلف رشدی گیاه با شرایط مناسب خود مواجه گردد (قنبری و همکاران ۲۰۱۲). اتخاذ تاریخ های متفاوت کاشت موجب تغییر در مواجه شدن مراحل نمو رویشی و زایشی گیاه با عوامل محیطی دما، تشعشع خورشیدی و طول روز متفاوت می گردد که به نوبه خود این عوامل محیطی رشد و نمو و عملکرد گیاه را تحت تاثیر قرار می دهند (داداشی و خاجه پور ۲۰۰۴). تاخیر در تاریخ کاشت می تواند منجر به طولانی شدن مرحله جوانه زنی و تاخیر در مراحل رشد به علت عدم دریافت درجه حرارت مورد نیاز رشد گیاه گردد. گزارش گردیده که تاخیر در تاریخ کاشت تا حدود ۲۴ درصد میزان عملکرد گندم را کاهش داده است و این تاخیر تحت شرایط بارش نامطلوب تاثیر مهمی بر عملکرد گندم دارد (فلوور و همکاران ۲۰۰۶). در یک مطالعه مشخص شده که در بین اجزاء تعیین کننده عملکرد گندم، وزن هزار دانه بیشترین تاثیر را در قبال تاخیر در تاریخ کاشت داشته است (سبحان و همکاران، ۲۰۰۴). گزارش شده که کاشت زود هنگام منجر به افزایش در میزان زیست توده، تعداد سنبله و تعداد دانه بیشتر در واحد سطح در مقایسه با کشت دیر هنگام گندم شده است (بیگی و همکاران ۲۰۱۷).

نیتروژن یکی از عناصر ضروری محسوب می گردد و در مقادیر زیاد توسط گیاه جذب می گردد. بنابراین دسترسی گیاه به مقادیر بالای قابل دسترس این عنصر ضروری است (پوتتکر ۲۰۰۰). در بین سیستم های کشاورزی که در بازچرخ عنصر نیتروژن از دست رفته به اتمسفر دارای بیشترین اهمیت است

در ادامه کودهی خاک با استفاده از کودهای شیمیایی پایه توسط دستگاه عمیقکار دیم انجام گرفت. تامین فسفر مورد نیاز از کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار و نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار تامین گردید. دستور کودی مورد استفاده مطابق با فاصله بین ردیف‌ها و روی ردیف‌های کاشت به ترتیب ۲۰ سانتیمتر و ۴ سانتیمتر در نظر گرفته شدند. فاصله بلوک‌های کاشت ۵۰ سانتیمتر و ابعاد هر واحد آزمایشی ۶×۲ متر بود. به این ترتیب ۱۵۰ بوته در مترمربع تراکم کشت را تشکیل می‌داد.

تیمارهای آزمایش

فاکتورهای آزمایش شامل تاریخ کاشت (۸ و ۲۳ آذرماه)، نوع رقم گندم (زاگرس، کوهدشت و محلی) و یک سویه از باکتری آزوسپیریوم (تلقیح و عدم تلقیح با بذر) بودند. ابتدا سویه باکتری در محیط کشت جامد NFb (Nitrogen free malate) کشت داده شد و سپس یک کلونی از سطح پلیت به محیط کشت مایع NFb اضافه و به مدت ۸ ساعت در درجه حرارت ۲۸ درجه سانتیگراد شیک گردید (۱۱۰ دور در دقیقه). سپس جمعیت باکتری بر اساس شاخص مک فارلند در حد $10^6 \times 5$ در هر میلی‌لیتر یکسان گردید. سپس به جهت تلقیح بذر، در ابتدا اقدام به ضد عفونی سطحی بذر با استفاده از الکل ۹۶ درصد به مدت ۳۰ ثانیه و هیپوکلرید سدیم (۲ درصد) به مدت سه دقیقه شد و سپس بذر با آب مقطر شستشو داده شد و با محلول معلق باکتری تلقیح گردیدند. بذر ها به مدت زمان ۴ ساعت در این محلول معلق میکروبی قرار داده شدند. میزان محلول میکروبی به گونه ای تنظیم گردید که نسبت میزان بذر با محلول معلق میکروبی به نسبت ۱:۱ باشد (هر دانه گندم یک میلیتر محلول معلق دریافت نمود). جهت تیمار کنترل از محلول معلق باکتری اتوکلاو شده استفاده گردید تا اثر محلول کشت باکتری حذف گردد. سویه باکتری مورد استفاده از گندم وحشی جداسازی شده

اما پاسخ به این باکتریها به رقم های مختلف یک گیاه زراعی و در تاریخ کاشت های مختلف کمتر مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. تغییرات در شروع نزولات جوی که در اغلب سالها شروع آن دچار تاخیر شده است بررسی مجدد تاریخ های کاشت را ضروری می سازد. در این آزمایش از یک سویه باکتری از جنس آزوسپیریوم که از ریشه گندم وحشی جداسازی شده بود و دارای توانمندی تولید هورمون اکسین و تثبیت نیتروژن بود بر رشد سه رقم گندم تحت شرایط دو تاریخ کاشت دیم در مختلف بررسی گردید

مواد و روش ها

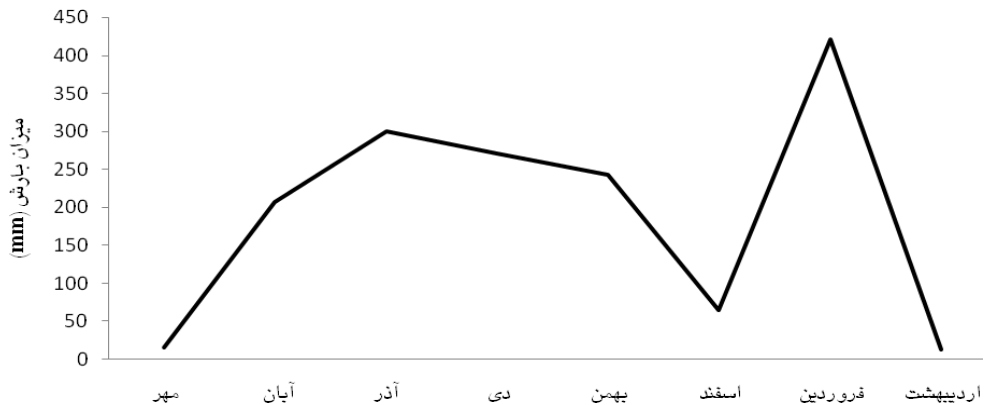
در این تحقیق مطالعه ای مزرعه ای به صورت آزمایش فاکتوریل در قلب بلوک کامل تصادفی با سه تکرار به منظور بررسی سه عامل رقم گندم دیم (سه سطح شامل ارقام گندم نان زاگرس، کوهدشت و یک رقم بومی) در دو تاریخ کاشت متفاوت (۱۳ و ۲۳ آذرماه) و در تلقیح و یا عدم تلقیح بذر با باکتری آزوسپیریوم (*Azospirillum zae*) در شرایط دیم استان ایلام واقع در شهرستان آبدانان در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ اجرا گردید.

خصوصیات جغرافیایی و اقلیمی محل آزمایش

این آزمایش در یک قطعه از اراضی کشاورزی دیم روستای گل‌گل سفلی از توابع بخش سراب باغ شهرستان آبدانان با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه شرقی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی، با ارتفاع ۷۹۱ متر از سطح دریا و با آب و هوای نیمه گرمسیری اجرا گردید. میزان و روند پراکنش بارش‌ها در طول سال آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است. به جهت آماده‌سازی بستر کشت و نیز کنترل مکانیکی علف‌های هرز اقدام به عملیات خاکورزی اولیه با استفاده از گاواهن برگرداندار (عمق شخم ۳۰ سانتیمتر) و سپس و به فاصله یک روز، اقدام به انجام عملیات خاکورزی ثانویه با گاواهن پنجه‌غازی گردید.

گونه *zeae* بود که قبلاً از ریزوسفر ذرت در کشور

بود و بر اساس نتیجه توالی‌یابی 16s rRNA دارای ۹۸ درصد شباهت ژنتیکی با باکتری جنس *Azospirillum*



شکل ۱- روند پراکنش نزولات ماهانه سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در طول انجام آزمایش

اختلاف معنی‌دار (LSD) جهت آزمون مقایسه میانگین استفاده گردید. همچنین در صورت معنی‌دار بودن اثر متقابل (رقم × باکتری × تاریخ کاشت) برشدهی انجام و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون Ismeans انجام گرفت (سلطانی ۲۰۰۶).

نتایج و بحث

تعداد سنبله در واحد سطح

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تاثیر سه عامل تاریخ کاشت، نوع رقم و تلقیح بذر با باکتری *آزوسپیریوم* در جدول ۱ نشان داده شده است. تعداد سنبله در واحد سطح تحت تاثیر معنی‌دار رقم، تاریخ کاشت، رقم × باکتری، تاریخ کاشت × باکتری و اثر متقابل سه گانه رقم × تاریخ کاشت × باکتری قرار گرفت. برش دهی اثر متقابل ارقام در سطوح باکتری و تاریخ کاشت در شکل ۲ نشان داده شده است. بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح در رقم زاگرس از تاریخ کاشت اول و در تلقیح بذر با باکتری، در رقم کوهدهشت از تاریخ کاشت اول (مستقل از کاربرد و یا عدم کاربرد باکتری) و در رقم بومی از تاریخ کاشت اول و در عدم کاربرد باکتری حاصل گردید (شکل ۲).

کانادا ایزوله شده بود. مشخصات سویه استفاده شده قبلاً گزارش گردیده است (کریمی و همکاران ۲۰۱۷). این باکتری دارای قادر به تولید هورمون اکسین به میزان ۲۷ میلی‌گرم در لیتر بود. کد دسترسی باکتری در NCBI MG384967 می باشد و در کلکسیون ذخیره و نگهداری باکتری در دانشگاه ایلام نگهداری می‌گردد.

صفات اندازه گیری شده

صفات اندازه گیری شده در این آزمایش شامل شاخص برداشت، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد خشک کل بوته و دانه و شاخص برداشت بود. جهت برآورد میزان عملکرد ضمن رها نمودن ردیف های حاشیه اقدام به برداشت یک مترمربع از مرکز هر پلات گردید و پس از خشک نمودن عملکرد زیست توده خشک و دانه اندازه گیری گردید. به جهت تعیین اجزاء عملکرد (وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله)

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام گرفت و در صورت معنی‌دار شدن هر یک از اثر اصلی و یا هر کدام از اثرات متقابل از آزمون حداقل

تعداد سنبله در واحد سطح از عامل های مهم تعیین کننده عملکرد نهایی دانه گندم است (دونالدسون و همکاران ۲۰۰۱). بالاترین تعداد سنبله در واحد سطح در هر سه رقم گندم (زاگرس، کوهدشت و محلی) در تاریخ کاشت اول (۸ آذرماه) حاصل و با تاخیر در کاشت (۲۸ آذرماه) از تعداد آن کاسته گردید. سایر مطالعات انجام گرفته نیز تایید می کند که با تاخیر افتادن کاشت گندم از تعداد سنبله به طور معنی داری کاسته می گردد (بلو و همکاران ۱۹۹۰). بهلکه و همکاران (۲۰۱۸) بیان می دارند که هرچند سرعت مراحل نموی و رشد گندم در تاریخ های کشت دیر هنگام افزایش می یابد؛ اما این کوتاه شدن دوره رشد ممکن است مانع از امکان جبران کنندگی عملکرد ارقام که از طریق تعادل اجزای عملکرد صورت می گیرد، گردد (جعفرنژاد ۲۰۰۹).

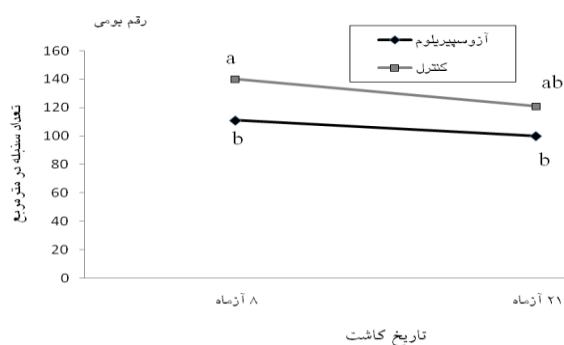
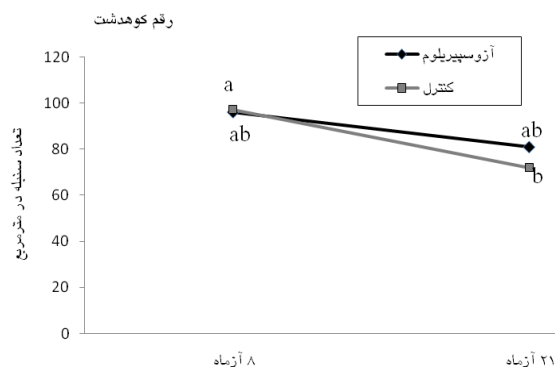
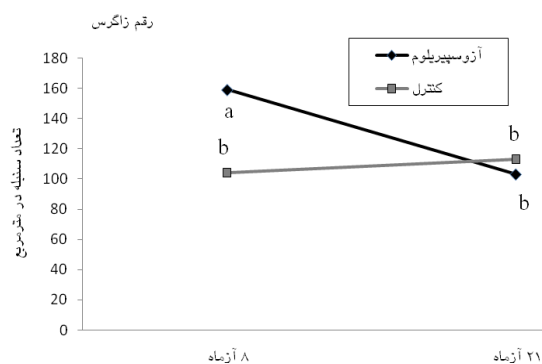
از بین سه رقم گندم مورد مطالعه و بر اساس تعداد سنبله تولیدی در واحد سطح پاسخ رقم محلی به

کاربرد باکتری منفی بود. در حالی که اکثر آزمایش های انجام گرفته نشان دهنده تاثیر سودمندی باکتریهای جنس *آزوسپیریوم* بر بهبود عملکرد گندم است (زارع ۲۰۱۷) اما نتایج نیز در تناقض با این سودمندی گزارش گردیده است (دالتا و همکاران ۲۰۰۴) که از این بین می توان به تاثیر گذاری نوع ژنوتیپ گیاه اشاره نمود که در بهره گیری گیاه از این باکتریهای القاء کننده رشد نقش مهمی دارند (دالتا و همکاران ۲۰۰۴). در مطالعات دیگر انجام شده پاسخ دو نوع گندم دوروم (ساجی) و نان (سبلان) به کاربرد *آزوسپیریوم* نیز متفاوت گزارش شده است (جعفریان و همکاران ۲۰۱۷، جعفریان و زارع ۲۰۱۶) و گارسیا د سالمون و دوبرینیر (۱۹۹۶) نیز پاسخ مثبت و یا منفی گیاه ذرت به تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم* را وابسته به نوع ژنوتیپ رقم مرتبط دانستند.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس داده های صفات اندازه گیری شده در سه رقم گندم در پاسخ به تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم* و در تاریخ کاشت های متفاوت تحت شرایط کشت دیم

میانگین مربعات (MS)							
منابع تغییر	درجه آزادی	وزن هزار دانه	تعداد سنبله در	تعداد سنبله	وزن خشک بوته	عملکرد دانه	شاخص برداشت
بلوک	۲	۲/۳*	۷۹/۹۵ ^{ns}	۳۵۷ ^{ns}	۰/۲۹ ^{ns}	۳۸۰۶۷۷*	۱/۶۵ ^{ns}
رقم گندم	۲	۴/۵۳ ^{ns}	۱۰۱/۹۴*	۳۵۴۴**	۰/۰۲۹ ^{ns}	۶۵۲۸۴۴ ^{ns}	۱۷/۶۲*
تاریخ کاشت	۱	۲۶۱/۳۰**	۲۱۱/۹۱*	۱۹۹۵*	۰/۱۸۸**	۳۰۹۱۷۳۶**	۰/۴۷ ^{ns}
باکتری	۱	۱۸/۴۹*	۱۴/۵۸ ^{ns}	۲۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۱۲ ^{ns}	۱۴۸۲۲۵ ^{ns}	۰/۵۶ ^{ns}
رقم × تاریخ کاشت	۲	۱/۴۷ ^{ns}	۹۶/۶ ^{ns}	۴۰۳ ^{ns}	۰/۰۲۶ ^{ns}	۱۰۱۵۴۴ ^{ns}	۲۶/۳۲**
رقم × باکتری	۲	۱۱/۱۴ ^{ns}	۴۸/۲۵*	۸۶۹*	۰/۰۱۹ ^{ns}	۶۵۷۷۳۳ ^{ns}	۴/۹۵ ^{ns}
تاریخ کاشت × باکتری	۱	۰/۷۵ ^{ns}	۳/۱۹ ^{ns}	۱۳۲۰*	۰/۰۰۴۶ ^{ns}	۶۵۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۶۵ ^{ns}
رقم × تاریخ کاشت × باکتری	۲	۰/۳۶ ^{ns}	۳/۴۱ ^{ns}	۱۰۹۰*	۰/۰۰۱۵ ^{ns}	۵۴۳۶۱**	۸/۱ ^{ns}
اشتباه آزمایش	۲۲	۳/۹۲	۳۶/۴۲	۲۶۱	۰/۰۰۸۷	۱۴۶۱۴۷	۳/۹۱
ضرب تغییرات (%)	—	۵/۴۵	۱۳/۵۳	۱۵/۲۳	۲۴	۲۲/۶	۴/۱۴

^{ns}، * و ** بترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال آماری یک و پنج درصد می باشد



شکل ۲- تاثیر تاریخ کاشت بذر و کاربرد باکتری آزوسپیریوم بر تعداد سنبله در واحد سطح (مترمربع)

رقم و تاریخ کاشت قرار گرفت. از بین سه گندم مورد آزمایش رقم کوهدشت بالاترین میزان تعداد دانه در سنبله را داشت و از دو تاریخ کاشت مورد بررسی

تعداد دانه در سنبله نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که تعداد دانه در سنبله فقط تحت تاثیر معنی‌دار نوع

عملکرد گندم در تاریخ کاشت های دیر هنگام را نتیجه کاهش تعداد دانه در سنبله گزارش داده‌اند. تاخیر در تاریخ کاشت گندم موجب به تاخیر افتادن مراحل رشد و نمو مانند فرآیند بهاره‌سازی، تشکیل آغازه‌های برگ و توسعه آنها و نیز عملکرد و اجزاء عملکرد می‌گردد (جعفرنژاد ۲۰۰۹). در مطالعه انجام گرفته رقم کوه‌دشت کمترین تعداد سنبله تولیدی در واحد سطح را داشت اما دارای بیشترین تعداد دانه در سنبله بود که علت این را می‌توان در کاهش میزان رقابت کمتر بوته‌ها بر سر منابع مختلف و نیز اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به سمت دانه‌ها دانست.

تاریخ کاشت اول منجر به تولید دانه بیشتر دانه در سنبله (۱۰/۳۸ درصد) گردید (جدول ۲). کاهش در تعداد دانه در سنبله در نتیجه تاخیر در کشت توسط فلاح و تدین (۲۰۱۳) نیز گزارش شده است. ممتازی و امام (۲۰۰۶) نیز گزارش کردند که تاخیر در تاریخ‌های کشت منجر به افزایش تعداد دانه در گندم رقم شیراز گردید هرچند با تاخیر بیشتر امکان کاهش تعداد دانه در سنبله وجود دارد. در برخی مطالعات انجام گرفته گزارش گردیده که همبستگی مثبت بین تعداد دانه در سنبله با تعداد گلچه بارور وجود دارد و این افزایش در تعداد دانه در سنبله منجر به افزایش عملکرد نهایی دانه در گندم گردیده است (اسلافر و آندرید ۱۹۹۳). علت اصلی کاهش

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین تعداد دانه در سنبله تحت تاثیر رقم و تاریخ کاشت

تعداد دانه در سنبله	نوع رقم گندم
۴۲/۳ ^b	زاگرس
۴۸/۷ ^a	کوه‌دشت
۴۲/۸ ^{ab}	محل
تاریخ کاشت	
۴۷/۷۳ ^a	۸ آذرماه
۴۱/۸۷ ^b	۲۳ آذرماه

بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار، میانگین‌های هر گروه در ستون که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند فاقد تفاوت معنی‌دار ($p \leq 0.05$) می‌باشند

تاخیر افتادن زمان کاشت توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش گردیده است (مک دونلاد و همکاران ۱۹۸۳؛ مودهج و همکاران ۲۰۰۵). در بررسی انجام گرفته توسط قنبری و همکاران (۲۰۱۲) نیز چنین میزان کاهشی در وزن هزار دانه به علت تاخیر در زمان کاشت گزارش شده است. در این مطالعه انجام یافته تلقیح بذر با باکتری وزن هزار دانه را به میزان ۳/۹۱ درصد افزایش داد. همچنین نتایج سایر تحقیقات نشان داده است که باکتری آزوسپیریوم از طریق بهبود فتوسنتز، افزایش جذب عناصر و تغییراتی که بر

وزن هزار دانه

براساس نتایج حاصل شده از تجزیه واریانس داده های وزن هزار دانه (جدول ۱)، دو عامل تاریخ کاشت و تلقیح بذر با باکتری به ترتیب در سطح احتمال آماری ۱ و ۵ درصد بر این صفت اندازه گیری شده معنی‌دار و سایر تیمارها دارای تاثیر معنی‌دار بر میزان وزن هزار دانه نبودند. مقایسه میانگین تاریخ کاشت نشان داد که با تاخیر در زمان کاشت (از ۸ آذرماه به ۲۳ آذرماه) از وزن هزار دانه به میزان ۱۴/۲۸ درصد کاسته گردید (جدول ۳). کاهش وزن هزار دانه در اثر به

گزارش دادند که تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم* موجب افزایش وزن هزار دانه در گندم و جو گردید.

آناتومی گندم می تواند موجب افزایش وزن هزار دانه گردد (جعفریان و همکاران ۲۰۱۷؛ جعفریان و زارع ۲۰۱۶). همچنین اوزتورک و همکاران (۲۰۰۳) نیز

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین وزن هزار دانه در سنبله تحت تاثیر رقم و تاریخ کاشت

تاریخ کاشت	تعداد دانه در سنبله
۸ آذرماه	۳۹/۰۲ ^a
۲۳ آذرماه	۳۳/۶ ^b
باکتری	
تلقیح با باکتری	۳۷/۰۵ ^a
کنترل	۳۵/۶ ^b

بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی دار، میانگین های هر گروه در ستون که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند فاقد تفاوت معنی دار ($p \leq 0.05$) می باشند

وزن زیست توده

زیست توده تولیدی را تولید کرد از کمترین تعداد سنبله نیز برخوردار بود. علت کاهش میزان زیست توده تولیدی در تاریخ کاشت دوم را می توان به طی شدن سریع مراحل رشد رویشی گیاه و آغاز زود هنگام مرحله زایشی دانست (بهلکه و همکاران ۲۰۱۴). چنین میزان کاهشی در رشد و عملکرد در نتیجه تاخیر در کاشت را اودا و همکاران (۲۰۰۵) و قنبری و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند. در کشت های دیر هنگام گیاه زمان کافی جهت مراحل رشد و نمو را ندارد (جعفرنژاد ۲۰۰۹) و بنابراین میزان زیست توده تولید گیاه نیز کاهش می یابد.

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) وزن زیست توده خشک حاصل فقط تحت تاثیر معنی دار رقم و تاریخ کاشت قرار گرفت و سایر تیمارها تاثیری معنی دار بر این صفت نداشتند. بر اساس آزمون مقایسه میانگین انجام شده بیشترین میزان وزن خشک زیست توده را رقم محلی و سپس رقم زاگرس تولید کردند و کمترین میزان از رقم کوهدشت حاصل گردید (جدول ۴). همچنین تاخیر در زمان کاشت نیز موجب کاهش میزان عملکرد زیست توده به میزان ۳۲/۶ درصد گردید (جدول ۴). در مطالعه انجام گرفته حاضر رقم کوهدشت که کمترین

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین وزن زیست توده تحت تاثیر رقم و تاریخ کاشت

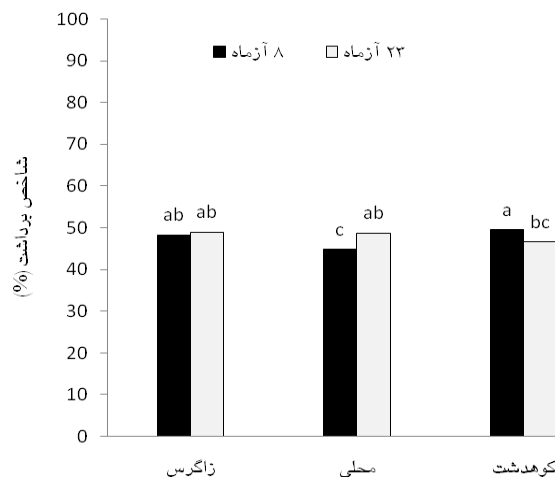
نوع رقم گندم	وزن زیست توده (Kg.M ⁻²)
زاگرس	۰/۴۳ ^a
کوهدشت	۰/۴۰ ^{ab}
محلی	۰/۳۳ ^b
تاریخ کاشت	
۸ آذرماه	۰/۴۵ ^a
۲۳ آذرماه	۰/۲۹ ^b

بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی دار، میانگین های هر گروه در ستون که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند فاقد تفاوت معنی دار ($p \leq 0.05$) می باشند

شاخص برداشت

بر اساس نتایج حاصل از آنالیز واریانس داده ها (جدول ۱) از بین تیمارهای مختلف اعمال شده تنها عامل اصلی رقم و اثر متقابل آن با تاریخ کاشت به ترتیب در سطح احتمال آماری ۱ و ۵ درصد بر شاخص برداشت معنی دار بود. بالاترین و کمترین درصد شاخص برداشت را به ترتیب رقم های کوهدشت و محلی و از تاریخ کاشت اول داشتند (شکل ۳). در نتایج حاصله روند تغییر شاخص برداشت در رقم محلی با دو رقم دیگر گندم متفاوت بود به این صورت که در تاریخ کاشت دوم میزان شاخص برداشت بالاتری داشت. یکی از دلایل این کاهش شاخص برداشت در رقم بومی و بر خلاف دو رقم دیگر را می توان ناشی از پیامدهای بیماری زنگ زرد دانست

که به علت بارشهای زیاد و رطوبت فراوان اتفاق افتاد. رقم بومی در مقایسه با دو رقم زاگرس و کوهدشت حساسیت بیشتری نسبت به زنگ زرد نشان داد و این گسترش بیماری به خصوص در تاریخ کاشت اول بیشتر بود. میزان وزن خشک بوته تولیدی رقم محلی در تاریخ کاشت اول بالاتر از کشت دوم بود اما اختلاف معنی داری در عملکرد دانه در این رقم در بین دو تاریخ کاشت مشاهده نگردید. بنابراین میزان شاخص برداشت در رقم بومی در تاریخ کاشت دوم بیشتر گردید. در بین سه رقم گندم مورد آزمایش رقم کوهدشت از میزان وزن خشک تولیدی کمتری برخوردار بود و از طرفی میزان عملکرد دانه آن در تاریخ کاشت اول نسبت به کشت دوم بیشتر بود. بنابراین علت بالاتر بودن شاخص برداشت رقم کوهدشت در کشت اول را می-توان به دو عامل میزان کم زیست توده تولیدی و عملکرد بالاتر آن در تاریخ کشت اول مربوط دانست.

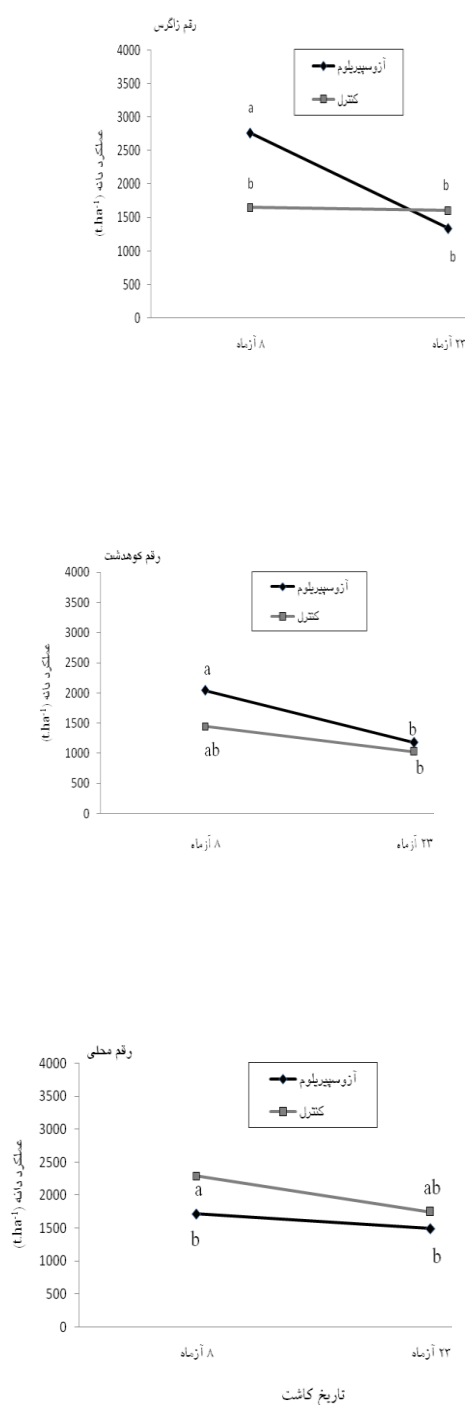


شکل ۳- میزان درصد شاخص برداشت در سه رقم گندم تحت دو تاریخ کاشت

عملکرد دانه

نشان داده شده است. در مطالعه انجام گرفته تاثیر تاریخ کاشت بر میزان عملکرد دانه در سطح احتمال آماری ۱ درصد معنی دار بود. از بین سه رقم کشت

نتایج حاصل از آنالیز داده های آزمایش در ارتباط با پاسخ عملکرد دانه (در هکتار) به تیمارهای تاریخ کاشت، نوع رقم و نیز کاربرد باکتری در جدول ۱



شکل ۴- تاثیر تاریخ کاشت بذر و کاربرد باکتری آزوسپیریولوم بر عملکرد دانه سه رقم گندم نان

در هکتار) بودند. در تاریخ کاشت ۸ آزماء بیشترین عملکرد به میزان ۲۷۶۳ کیلوگرم در هکتار از رقم زاگرس و در تاریخ کاشت ۲۳ آزماء رقم محلی با تولید

شده و از نظر عملکرد دانه دو رقم زاگرس و رقم بومی دارای عملکرد دانه بالاتری (متوسط ۱۸۲۰ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با رقم کوهدهشت (۱۴۲۲ کیلوگرم

دیرکاشت تأیید و علت آن را طی شدن سریع مراحل رشد رویشی گیاه و آغاز زود هنگام مرحله زایشی در اینگونه مزارع دانستند. هر چند در تاریخ های کشت دیر هنگام بر سرعت مراحل نموی گیاه افزوده می گردد اما ممکن هست این افزایش سرعت طی شدن فرایندهای رشد نموی منجر به جبران عملکرد تحت شرایط محیطی طبیعی جبران نگردد (جعفرنژاد ۲۰۰۹). عوامل بسیاری مسئول کاهش عملکرد گندم است و در این بین زمان کاشت برای دستیابی به عملکرد مطلوب از اهمیت بسیاری برخوردار است (جات و همکاران ۲۰۱۸). اودا و همکاران (۲۰۰۵) با بررسی بالقوه ۶ تاریخ کاشت با فاصله زمانی ۱۵ روزه از اول اکتبر تا ۳۰ دسامبر بر عملکرد گندم رقم ساکا-۹۳ در دلتای جنوبی مصر با بهره گیری از مدل شبیه سازی گندم CERES (تلفیق منبع محیط، محصول) و بررسی تأثیر تنش آبی و تاریخ کاشت بر عملکرد دانه گندم، نتیجه شبیه سازی را کاهش عملکرد گندم در ماه اکتبر به میزان ۱۰٪ و تأخیر در تاریخ کاشت تا آخر دسامبر را ۱۶٪ در کاهش عملکرد دخیل دانستند. با بررسی نتایج تجزیه آنالیز داده های مربوط به اجزاء عملکرد (وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله) اختلاف ایجاد شده در عملکرد نهایی در اثر تفاوت در تاریخ کاشت را می توان به تغییرات معنی دار در وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح و تفاوت ایجاد شده بین سه رقم گندم از نظر عملکرد دانه را بیشتر به تعداد تولید سنبله در واحد سطح ارجاع داد.

پاسخ دو رقم زاگرس و کوهدشت به تلقیح با باکتری و در تاریخ کاشت اول مثبت اما ارتباط منفی بین باکتری و رقم محلی در برخی نتایج حاصل شده مانند تعداد سنبله و عملکرد دانه مشاهده گردید. گارسیا د سالمون و دوبرینیر (۱۹۹۶) هم در تحقیقات خود در پاسخ های ژنوتیپ های ذرت به تلقیح با باکتری آروسپیریوم گزارش دادند که پاسخ به این باکتری بستگی به ژنوتیپ رقم دارد و در برخی ارقام واکنش

۱۷۴۶ کیلوگرم دانه در هکتار دارای برتری بود. کمترین میزان عملکرد (۱۰۲۶ کیلوگرم دانه در هکتار) مربوط به رقم کوهدشت و در تاریخ کاشت دوم بود (داده ها نشان داده نشده است). بر اساس نتایج حاصل از بررشدی در سطح رقم پاسخ گندم های رقم کوهدشت و زاگرس به کاربرد باکتری مثبت و بیشترین عملکرد این دو رقم از تاریخ کاشت اول و در تلقیح با باکتری حاصل گردید (شکل ۴). چنین ارتباط مثبتی بین باکتری و رقم بومی مشاهده نگردید و بالاترین عملکرد رقم بومی از تاریخ کاشت اول و بدون کاربرد باکتری حاصل گردید (شکل ۴). چنین پاسخ منفی نیز در میزان تعداد سنبله تولیدی در واحد سطح گندم رقم بومی در پاسخ به کاربرد باکتری مشاهده گردید.

در این پژوهش عملکرد نهایی سه رقم گندم تحت تأثیر زمان کاشت کاهش یافت؛ به طوریکه با جابجایی تاریخ کاشت از ۸ به ۲۳ آذرماه از میزان متوسط عملکرد دانه در حدود ۶۵۹ کیلوگرم (از ۱۹۸۴ به ۱۳۹۸ معادل با ۳۲ درصد) کاسته گردید. نادری (۲۰۱۳) با بررسی روند تغییرات عملکرد دانه در ژنوتیپ های زودرس، اثر تأخیر کاشت را روند خطی کاهشی دانست که با که فاصله گرفتن از اولین تاریخ کاشت عملکرد دانه را به میزان ۸۷ کیلوگرم در هکتار در روز کاهش می دهد. در پژوهش انجام شده توسط عبدالهی (۲۰۱۵) طی مدت سه سال زراعی، در سالی که تنش خشکی شدیدتر بوده است اثر عامل تاریخ کاشت بر عملکرد دانه و اجزاء عملکرد گندم نمایان تر ثبت شده است. همچنین قنبری و همکاران (۲۰۱۲) نیز تاثیر تاریخ کاشت بر بر تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، درصد پوشش سبز، تعداد برگ، تعداد روز تا سنبله دهی و رسیدگی، درجه روز رشد، عملکرد زیست توده، عملکرد دانه و شاخص برداشت را معنی دار گزارش و عنوان نمودند که تأخیر در کاشت موجب کاهش ۲۴ درصدی عملکرد گردید. همچنین بهلکه و همکاران (۲۰۱۸) کاهش عملکرد را در مزارع

نتیجه گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد که (۱) سودمندی باکتری مورد استفاده در این تحقیق می تواند تحت تاثیر نوع ژنوتیپ گیاه تغییر نماید به طوریکه پاسخ دو رقم گندم زاگرس و کوهدشت به کاربرد باکتری مثبت و رقم محلی منفی بود، (۲) باکتری مورد استفاده در این تحقیق قادر به جبران کاهش عملکرد ناشی از تاخیر کاشت را نداشت، و (۳) عملکرد رقم بومی در کشت تاخیری نسبت به دو رقم کوهدشت و زاگرس بیشتر بود. به توجه به نامنظمی شروع بارش ها در چندین سال اخیر در مناطق نیمه خشک و بر اساس یافته های این آزمایش و با در نظر گرفتن شروع فصل زراعی که وابسته به شروع بارش ها در دیمزها مختص کشت گندم است این امکان وجود دارد که در کنار استفاده از باکتریهای محرک رشد گیاه اقدام به استفاده از رقم های متناسب با شروع به موقع و یا با تاخیر کشت اقدام نمود تا پایداری از نظر عملکرد در این اکوسیستم های زراعی حفظ گردد.

سیاسگزاری

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد می باشد که بخشی از هزینه های مالی انجام آن توسط معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه ایلام تامین گردیده که بدینوسیله تشکر و قدردانی به عمل می آید.

منفی و در برخی پاسخ مثبت به تلقیح ذرت به این باکتری داشته است. چنین نتیجه مشابهی نیز در بررسی انجام گرفته توسط کاپولینک و همکاران (۱۹۸۷)، بهاترایبی و هس (۱۹۹۳) و نیز توسط اوزتورک و همکاران (۲۰۰۳) گزارش گردید. در مطالعه حاضر کاربرد باکتری در دو رقم زاگرس و کوهدشت در تاریخ کاشت اول موجب افزایش تعداد سنبله در واحد سطح گردید و با بررسی عملکرد دانه نیز چنین روند مشابهی نیز مشاهده گردید. در بررسی تاثیر باکتری آزوسپیریلیوم بر گندم وجو، اوزتورک و همکاران (۲۰۰۳) گزارش دادند که تاثیر باکتری مورد استفاده در افزایش عملکرد مربوط به بهبود تعداد سنبله در واحد سطح و نیز تعداد دانه در سنبله بود و باکتری تاثیری بر میزان وزن هزار دانه نداشت. اوزتورک و همکاران (۲۰۰۳) و بهاترایبی و هس (۱۹۹۳) علت افزایش تعداد سنبله در واحد سطح را در اثر کاربرد باکتری آزوسپیریلیوم مرتبط با افزایش میزان جذب نیتروژن بیان نمودند. همچنین تاثیر مثبت باکتری مورد استفاده در این آزمایش را می توان به توانایی این باکتری در تولید هورمون رشد گیاهی نیز دانست (کریمی و همکاران ۲۰۱۸). آزوسپیریلیوم از طریق تولید ترکیبات افزایش دهنده رشد گیاهی مانند اکسین (پاتریکون و همکاران، ۱۹۸۳) و نیز از طریق افزایش میزان احیای نیترات در ریشه گیاه منجر به القاء رشد می گردد (بدانی ۱۹۸۳).

منابع مورد استفاده

- Abdulahi A. 2015. Study on effect of seed density and planting date on yield and yield components of bread wheat in dry land conditions. *Dryland Agriculture*, 4(2): 99 - 114. (In Persian).
- Bahalkeh GM, Biabani A, Sabouri H and Fallah HA. 2018. Determination of Best Varieties and Planting Date for Wheat Varieties (*Triticum aestivum* L.) in Gonbad Kavous Using GGE Biplot Method. *Journal of Crop Production and Processing*, 8(2): 15-31.
- Baldani VLD, Baldani JI, Dobereiner J (1983) Effects of *Azospirillum* inoculation on root infection and nitrogen incorporation in wheat. *Canadian Microbiology*, 29:924-929

- Baygi Z, Saifzadeh S, Shirani Rad AH, Valadabadi SA and Jafarinejad A. 2017. Seed Yield and Yield Component of Some Spring Wheat Varieties as Affected by Different Sowing Dates in Neishabour. *Journal of Crop Ecophysiology*, 11(4): 905-920. (In Persian).
- Bhattarai T, Hess D (1993) Yield responses of nepalese spring wheat (*Triticum aestivum* L) cultivars to inoculation with *Azospirillum* Spp of nepalese origin. *Plant and Soil*, 151:67-76
- Blue EN, Mason SC, Sander DH. 1990. Influence of planting date, seeding rate and phosphorus on wheat yield. *Agronomy Journal*, 82:762-768.
- Campuzano GE, Slafer GA and Miralles DJ. 2012. Differences in yield, biomass and their components between triticale and wheat grown under contrasting water and nitrogen environments. *Field Crops Research*, 128(2): 167-179.
- Chote J, Schwatzamann A, Bally R and Monrozier LJ. 2002. Changes in bacterial communities and *Azospirillum* diversity in soil fractions of a tropical soil under 3 or 19 years of natural fallow. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(8): 1083-1092.
- Dalla Santa, O R, Soccol CR, Ronzelli P, Hernández RF, Alvarez GLM, Dalla Santa HS and Pandey A. 2004. Effects of inoculation of *Azospirillum* sp. in maize seeds under field conditions. *Food, Agriculture and Environment*, 2(6): 238-242.
- Dalta SOR, Hernandez RF, Alvarez GLM, Ronzelli P and Soccol CR. 2004. *Azospirillum* sp inoculation in wheat, barley and oats seeds greenhouse experiments. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47(6): 843-850.
- Donaldson E, Schillinger FW and Dofing SM. 2001. Straw production and grain yield in relationships winter wheat. *Crop Science*, 46(1): 100-106.
- Fallah S, Tadayon MR. 2013. Effect of sowing date and planting density on growth, yield and yield components of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in Shahrekord area. *Research in Field Crops*, 1(2): 11-21. (In Persian).
- Flowers M, James C, Petrie S, Machado S and Rhinhart K. 2006. Planting date and seeding rate effects on the yield of winter and spring wheat varieties results from the 2005-2006 cropping year. *Agricultural Research*, 12(2): 72-74.
- Ganbari A, Roshani H and Tavassoli A. 2012. Effect of sowing date on some agronomic characteristics and seed yield of winter wheat cultivars. *Journal of Crop Ecophysiology (Agriculture Science)*, 2(22): 127-144. (In Persian).
- Ganbari A, Roshani H and Tavassoli A. 2012. Effect of Sowing Date on Some Agronomic Characteristics and Seed Yield of Winter Wheat Cultivars. *Journal of Crop Ecophysiology*, 6(2): 127-144.
- García de Salomone, I, Döbereiner. 1996. Maize genotype effects on the response to *Azospirillum* inoculation. *Biology and Fertility of Soils*, 21:193-196.
- Jafarian T and Zarea MJ. 2016. Hydrogen peroxide affects plant growth promoting effects of *Azospirillum*. *Crop Science and Biotechnology*, 19(4):167-175
- Jafarian T, Zarea MJ and Siosemardeh A. 2017. Histological Responses of Two Wheat Species to *Azospirillum* Inoculation under Dryland Farming. *Journal of Plant Physiology and Breeding*, 7(2): 67-79.
- Jafarnezhad A. 2009. Determination of Optimum Sowing Date for Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars with Different Flowering Habits in Neishabour. *Seed and Plant Production*, 25(2):117-135. (In Persian).
- Jat RK, Singh P, Jat ML, Dia M, Sidhu HS, Jat SL, Bijarniya D, Jat HS, Parihard CM, Kumar, K and Ridaura SL. 2018. Heat stress and yield stability of wheat genotypes under different sowing dates across agro-ecosystems in India, *Field Crops Research*., 218: 33-50

- Karimi N, Zarea MJ and Mehnaz S. 2018. Endophytic *Azospirillum* for enhancement of growth and yield of wheat. *Environmental Sustainability*, 1(2): 149-158.
- Karimi N, Goltapeh EM, Amini J, Mehnaz S, Zarea MJ. 2020. Effect of *Azospirillum zeae* and Seed Priming with Zinc, Manganese and Auxin on Growth and Yield Parameters of Wheat, under Dryland Farming. *Agricultural Research*, <https://doi.org/10.1007/s40003-020-00480-5>
- Momtazi F, Emam Y. 2006. Effect of sowing date and seeding rate on yield and yield components in winter wheat cv. Shiraz. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 37(1): 1-11. (In Persian).
- Naderi A. 2014. Analysis the effect of planting date on wheat genotypes grain yield by using regression methods. *Crop physiology Journal*, 5 (20): 5-14. (In Persian).
- Ouda SA, El-Marsafawy SM, El-Kholy MA and Gaballah MS. 2005. Simulating the effect of Water Stress and Different Sowing Dates on Wheat Production in South Delta, *Journal of Applied Sciences Research* 1(3):268-27
- Ozturk A, Caglar O and Sahin F. 2003. Yield response of wheat, barley to inoculation of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of nitrogen fertilization. *Plant Nutrition and Soil Science*, 166: 262-266
- Patriquin, D. G., and J. Döbereiner. 1978 Light microscopy observations of tetrazolium-reducing bacteria in the endorhizosphere of maize and other grasses in Brazil. *Canadian Microbiology*, 24:734-742
- Qasim M, Qamer M and Alam M. 2008. Sowing dates effect on yield and yield components of different wheat varieties. *Agricultural Research*, 46(2): 279-285.
- Ramos HJO, Roncato-Maccari LDB, Souza EM, Soares-Ramos JRL, Hungria M and Pedrosa FO. 2002. Monitoring *Azospirillum*-wheat interactions using the *gfp* and *gusA* genes constitutively expressed from a new broad-host range vector. *Biotechnology*, 97(3): 243-252.
- Reis VM, Baldani JI, Baldani VLD and Döbereiner J. 2000. Biological dinitrogen fixation in *gramineae* and palm trees. *Plant Science*, 19(3): 227-274.
- Slafer GA and Andrade FH. 1993. Physiological attributes related to the generation of grain yield in bread wheat cultivars released at different eras. *Field Crops Research*, 31(4): 351-367
- Soltani, A. 2006. Revision of statistical methods in agricultural research. *Jehade Daneshghahi Mashhad Press*. 74 pp. (In Persian).
- Steenhoudt O, Vanderleyden J. 2000. *Azospirillum*, a free living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. *FEMS Microbiology Reviews*, 24(4): 487-506.
- Thiry DE, Sears RG, Shroyer JP and Paulsen GM. 2002. Planting date effects on tiller development and productivity of wheat. *Kansas Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service SRL* 133.
- Zarea MJ, Hajinia S, Karimi N, Mohammadi Goltapeh E, Rejali F and Varma A. 2012. Effect of *Piriformospora indica* and *Azospirillum* strains from saline or non-saline soil on mitigation of the effects of NaCl. *Soil Biology Biochemistry*, 45(2): 139-146
- Zarea MJ. 2017. *Azospirillum* and wheat production. Pp. 329-348. In: Kumar V, Kumar M and Sharma SH (eds). *Probiotics in agroecosystem*. Springer-Singapore.
- Zarea MJ. 2019. Applications of Beneficial Microbe in Arid and Semiarid Agroecosystem: IAA-Producing Bacteria. Pp. 105-118. In: Kumar V, Prasad R, Kumar M and Choudhary D (eds). *Microbiome in Plant Health and Disease*. Springer-Singapore.