به‌زراعی کشاورزی
دوره ۲۳ ■ شماره ٤ ■ زمستان ١٤٠٠
صفحه‌های ٦٩٨-٦٨٣
DOI: 10.22059/jci.2021.305632.2414

مقاله پژوهشی:

تأثیر باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر واکنش ارقام گندم نان به تنش گرمای انتهای فصل

اسما اصلانی[۱]، مهرو مجتبایی زمانی[۲*]
۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه کشاورزی، واحد رامهرمز، دانشگاه آزاد اسلامی، رامهرمز، ایران.
۲. استادیار، گروه کشاورزی، واحد رامهرمز، دانشگاه آزاد اسلامی، رامهرمز، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۴/۳۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۷/۱۲

چکیده
به‌منظور بررسی امکان کاهش اثر منفی تنش گرمای انتهای فصل با استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات، این پژوهش در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه‌ای واقع در منطقه هفتکل وابسته به دانشگاه آزاد اسلامی رامهرمز به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل تاریخ کاشت در دو سطح (اول آذرماه و ۱۲ دی‌ماه) و عامل فرعی به‌صورت فاکتوریل شامل پنج رقم گندم نان (چمران۲، مهرگان، سیروان، شوش و برات) و دو سطح کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات (عدم تلقیح و تلقیح بذر) بود. نتایج نشان داد که با تأخیر در کاشت و وقوع تنش گرما در دوره پرشدن دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و دوره مؤثر پرشدن دانه کاهش و سرعت پرشدن دانه افزایش یافت و شدت واکنش بسته به رقم متفاوت بود. رقم مهرگان در هر دو تاریخ کاشت از عملکرد بالایی برخوردار بود و در تاریخ کاشت تأخیری با بیش‌ترین افزایش در سرعت پرشدن دانه و کم‌ترین کاهش تعداد دانه در سنبله، بیش‌ترین عملکرد دانه و شاخص برداشت را به خود اختصاص داد. با تلقیح بذر با باکتری در هر دو تاریخ کاشت، به‌طور متوسط، تعداد دانه در سنبله ٤/٦ درصد، عملکرد دانه ٧/٦ درصد و عملکرد بیولوژیک ۷ درصد افزایش یافت، اما اثر متقابل تاریخ کاشت در رقم در باکتری بر عملکرد و صفات مرتبط با آن معنی‌دار نبود و ازاین‌رو، تأثیر باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر تخفیف اثر تنش گرما اثبات نشد و تأثیر مثبت باکتری در هر دو تاریخ کاشت یکسان بود. در مجموع در این پژوهش، توانایی بالاتر در افزایش سرعت پرشدن دانه و حفظ بیش‌تر تعداد دانه در سنبله، دو صفت با اهمیت برای دستیابی به عملکرد دانه بالاتر در شرایط تنش گرمای انتهای فصل شناخته شد.

کلیدواژه‌ها: تاریخ کاشت، تغییر اقلیم، رشد دانه، عملکرد، کود زیستی.

The Effect of Phosphate Solubilizing Bacteria on the Reaction of Bread Wheat Cultivars to Late-Season Heat Stress

Asma Aslani[1], Mahroo Mojtabaie Zamani[2*]
1. M.Sc. Student, Department of Agriculture, Ramhormoz Branch, Islamic Azad University, Ramhormoz, Iran.
2. Assistance Professor, Department of Agriculture, Ramhormoz Branch, Islamic Azad University, Ramhormoz, Iran.
Received: July 20, 2020 Accepted: October 3, 2020

Abstract
In order to investigate the possibility of reducing the negative effects of late-season heat stress using phosphate-solubilizing bacteria, this experiment is carried out as split factorial based on a complete randomized block design with three replications in a farm located in Haftkol city under the supervision of Ramhormoz Islamic Azad University, during the growing season 2016-2017. The main factor consists of planting date in two levels (22 November and 2 January) and the sub factors as a factorial consisted of five bread wheat cultivars (Chamran2, Mehregan, Sirvan, Shush and Barat) and of two levels application of phosphate solubilizing bacteria (inoculation and without inoculation). The results show that with a delay in planting and occurrence of heat stress in grain filling period, grain yield, biological yield, harvest index, and effective grain filling period are decreased and grain filling rate is increased. Also, the reaction intensity has varied depending on the cultivar. Mehregan cultivar has high yield in both planting dates and in the delayed planting date with the highest increase in grain filling rate and the lowest decrease in number of seeds per spike, had the highest grain yield and harvest index. By inoculating the seeds with bacteria, on both planting dates, on average, the number of seeds per spike is increased by 4.6%, grain yield by 7.6%, and biological yield by 7%, but the interaction effect between planting date, cultivar and bacteria on yield and its related traits is not significant. Therefore, the effect of phosphate solubilizing bacteria on mitigating the effect of heat stress is not proven and the positive effect of bacteria is the same on both planting dates. Overall, in this study, higher ability to increase grain filling speed and maintain more grain number per spike are identified as two important traits for achieving higher grain yield under late-season heat stress conditions.

Keywords: Biofertilizer, climate change, grain growth, planting date, yield.

* نویسنده مسئول
Email: mojtabaei@iauramhormoz.ac.ir

۱. مقدمه

دمای بهینه در دوره گلدهی و دانه‌بندی گندم به‌طور متوسط ۲۰ درجه سلسیوس گزارش شده است و به‌ازای هر یک درجه سلسیوس افزایش دما به بالاتر از دمای بهینه، عملکرد دانه سه تا چهار درصد کاهش می‌یابد (Dias & Lidon, 2010). در صورت وقوع تنش گرما در مرحله گلدهی و گرده‌افشانی، تعداد گلچه سقط‌شده در گندم و احتمال عقیمی گرده افزایش می‌یابد و کاهش تعداد دانه در سنبله و پوکی دانه‌ها را به‌دنبال دارد (Farooq *et al*., 2011). از طرفی در زمان وقوع تنش گرما، به‌دلیل تخریب پروتئین‌ها و اسیدهای چرب غیراشباع و مختل‌شدن عملکرد غشای سلولی در جابه‌جایی آب، یون‌ها و املاح آلی، نشت از غشاهای سلولی افزایش و پایداری غشای سلولی کاهش می‌یابد (Cossani & Reynolds, 2012). در این شرایط تمامی فرایندهای متابولیکی مرتبط با غشای سلولی نظیر فعالیت‌های فتوسنتزی متأثر شده و عملکرد کاهش می‌یابد (Ghatei *et al*., 2017).

پاسخ ارقام مختلف گندم به تنش گرمای انتهای فصل متفاوت است و ارقام در سه دسته متحمل، نیمه‌متحمل و حساس دسته‌بندی می‌شوند. Nikkhah & Martirosian (2017) با بررسی ارقام مختلف گندم براساس شاخص‌های ارزیابی‌کننده تحمل به تنش گرما، از یک‌سو عقیمی گلچه‌ها و کاهش تعداد دانه در سنبله و از سویی دیگر، کاهش طول دوره پرشدن دانه و در نتیجه، کاهش وزن دانه را از دلایل کاهش عملکرد دانه عنوان کردند. در بررسی تأثیر تنش گرمای انتهای فصل ناشی از تأخیر در کاشت بر ۱۱ ژنوتیپ گندم توسط Omidi *et al*. (2014)، تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت به‌عنوان صفات مناسب برای غربالگری ژنوتیپ‌های متحمل به تنش گرمای انتهای فصل معرفی شدند. در منابع، مدیریت زراعی راه‌کاری مؤثر در کاهش اثرات مخرب تنش گرما معرفی شده و در مدیریت کاشت، انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش گرما و انتخاب تاریخ کاشت مناسب برای جلوگیری از هم‌زمانی مرحله نموی حساس به تنش گرما با درجه حرارت‌های زیاد با اهمیت شمرده شده است (Hanumantha Rao *et al*., 2016).

از دیگر راه‌کارهای موجود برای بهبود تحمل به تنش در گیاهان، تلقیح بذر یا تیمار گیاهان با عوامل بیولوژیکی نظیر باکتری و قارچ است. باکتری‌ها علاوه بر تأثیر مثبت بر رشد و عملکرد گیاهان در شرایط معمول محیطی، شرایط نامناسب محیطی ناشی از تنش را تعدیل نموده و رشد گیاهان را در این شرایط بهبود می‌بخشند (Abd El-Daim *et al*., 2018). باکتری پانتوآ آگلومرانس با تولید اسیدهای آلی باعث رهاسازی فسفات از ترکیبات معدنی‌شده و با تثبیت نیتروژن اتمسفری و تولید فیتوهورمون‌هایی نظیر ایندول‌استیک‌اسید نقش مؤثری در رشد گیاه دارد (Dutkiewicz *et al*., 2016) و باکتری سودوموناس پوتیدا با تولید و ترشح آنزیم فسفاتاز، باعث رهاسازی فسفات از ترکیبات آلی خاک می‌شود. باکتری‌های جنس سودوموناس، علاوه بر افزایش قابلیت جذب فسفر برای گیاه، با تولید پیش‌ماده هورمون‌های گیاهی، تولید آنزیم ACC دی‌آمیناز، کنترل عوامل بیماری‌زا، تولید سیدروفور و اسیدهای آلی در ریزوسفر و در نتیجه کاهش اسیدیته خاک، بهبود ساختمان خاک، توسعه سیستم ریشه‌ای، افزایش جذب آب و تعدیل تنش‌های محیطی و تحریک رشد گیاه باعث افزایش کمی و کیفی محصول می‌شوند (Rezapour Kavishahi *et al*., 2015). در پژوهش Ali *et al*. (2011) تلقیح بذر گندم با سودوموناس پوتیدا در شرایط وقوع تنش گرما منجر به افزایش معنی‌دار طول ریشه و بخش هوایی، وزن خشک بوته، تعداد پنجه و سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن صد دانه گندم شد. ایشان تولید فیتوهورمون‌ها و تحریک رشد ریشه، تولید سیدروفورهای کلات‌کننده آهن و افزایش فسفات محلول، افزایش محتوای کلروفیل و افزایش

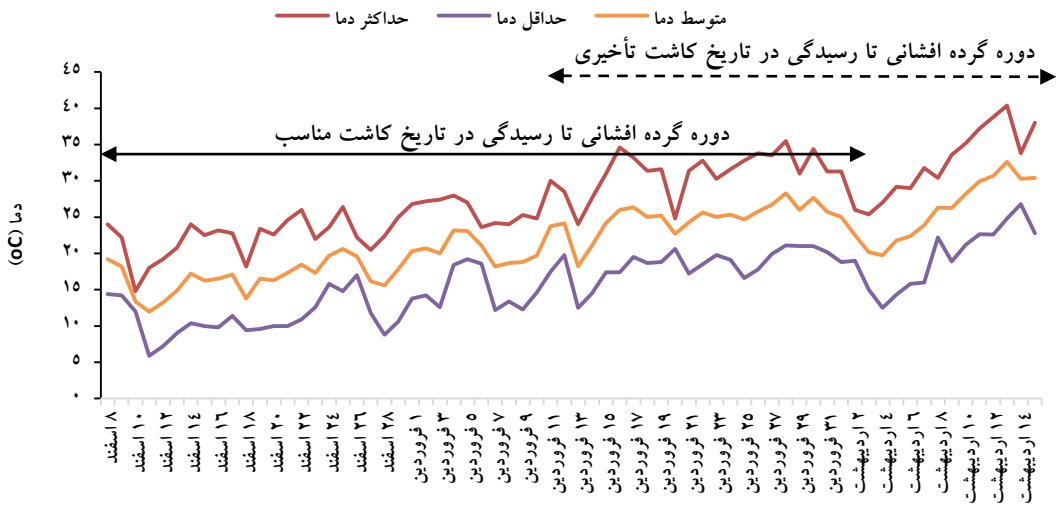
پایداری غشای سلولی را از دلایل تحمل به گرما در بوته‌های گندم تلقیح‌شده با باکتری سودوموناس پوتیدا معرفی کردند.

در ایران متوسط سطح برداشت گندم طی یک دوره ۳۶ ساله از سال ۱۳۵۷ تا ۱۳۹۲، ۶/۱۹ میلیون هکتار و متوسط تولید گندم ۹/۲۵ میلیون تن گزارش شده است (Ebadzadeh, 2016)، که در سال‌های اخیر میزان تولید به ۱۳ تا ۱٤ میلیون‌تن نیز رسیده است و استان خوزستان در اغلب سال‌ها رتبه اول یا دوم تولید گندم در کشور را به‌خود اختصاص داده است. در اکثر مناطق این استان، گندم رشد رویشی مطلوبی داشته و انتظار می‌رود که محصول زیادی تولید کند، ولی با افزایش ناگهانی دما در اسفندماه و تداوم دمای بالا در فروردین‌ماه، گیاه در مرحله گلدهی تا رسیدگی با تنش گرما روبه‌رو و عملکرد از لحاظ کمی و کیفی کاهش می‌یابد (Moshattati *et al*., 2010). از طرفی براساس پیش‌بینی‌های موجود، میانگین دمای سالانه مناطق مختلف ایران تا سال ۱٤۳۰ (۲۰۵۰ میلادی)، ۳/۵ تا ٤/۵ درجه سلسیوس افزایش می‌یابد و این تغییرات از غرب به شرق و از شمال به جنوب کشور شدیدتر خواهد بود (Koocheki *et al*., 2016). در مقیاس منطقه‌ای Koocheki & Nassiri Mahallati (2016) با شبیه‌سازی عملکرد گندم در شرایط اقلیمی سال ۱٤۳۰، درصد کاهش عملکرد گندم را پنج تا ۳۰ درصد (به‌طور ویژه برای خوزستان ۲۰ تا ۲۵ درصد) برآورد کردند. از این‌رو، با توجه به استراتژیک‌بودن محصول گندم و سهم مؤثر خوزستان در تولید آن و هم‌چنین با توجه به اهمیت پدیده گرمایش جهانی و لزوم کاهش اثرات منفی تنش گرما با استفاده از رویکردی سازگار با محیط زیست، در این پژوهش، ضمن بررسی تأثیر تنش گرمای ناشی از تأخیر در کاشت بر ارقام مختلف گندم و شناسایی رقم متحمل در شرایط آب‌وهوایی هفتکل، امکان بهره‌گیری از اثرات مثبت باکتری‌های محرک رشد حل‌کننده فسفات برای بهبود تحمل به تنش گرما در ارقام گندم موردبررسی قرار گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی تأثیر تنش گرمای انتهای فصل ناشی از تأخیر در کاشت بر پنج رقم گندم و امکان کاهش اثرات منفی کشت تأخیری با استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات، این پژوهش در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه‌ای واقع در روستای چمن لاله از توابع هفتکل استان خوزستان (عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ٤۹ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۹۸ متر از سطح دریا) به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تاریخ کاشت در دو سطح به‌عنوان عامل اصلی در نظر گرفته شد که کاشت در اول آذرماه، تاریخ کاشت توصیه‌شده در منطقه بود و به‌منظور برخورد مراحل گلدهی و پرشدن دانه گندم با گرمای انتهای فصل، کاشت تأخیری در ۱۲ دی‌ماه انجام شد (شکل ۱). عامل فرعی به‌صورت فاکتوریل شامل پنج رقم گندم نان متعلق به گروه رسیدگی نسبتاً زودرس (چمران۲، مهرگان، سیروان، شوش و برات) و دو سطح کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات (عدم تلقیح و تلقیح بذر) بود. باکتری‌های مورداستفاده در این پژوهش با نام تجاری فسفاته بارور از شرکت زیست‌فناور سبز تهیه شدند.

هر گرم کود زیستی فسفاته بارور حاوی $۱۰^{۷}$ تا $۱۰^{۸}$ باکتری سودوموناس پوتیدا سویه P_{13} و پانتوآ آگلومرانس سویه P_5 می‌باشد و میزان مصرف باکتری‌های مذکور برای تلقیح بذر ارقام گندم موردمطالعه در این پژوهش براساس توصیه شرکت سازنده ۱۰۰ گرم باکتری برای بذر مورد نیاز در یک هکتار در نظر گرفته شد.



شکل ۱. دمای متوسط، حداکثر و حداقل از زمان گرده‌افشانی تا رسیدگی پنج رقم گندم موردمطالعه در دو تاریخ کاشت مناسب (اول آذرماه) و تأخیری (۱۲ دی‌ماه) در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷

به‌منظور عدم تداخل تیماری در بین هر کرت فرعی پشته‌هایی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر زده شد و برای هر تکرار، جوی مجزا برای آبیاری و جوی مجزا برای خروج زه‌آب احداث شد. هر کرت فرعی شامل هشت ردیف کاشت به فواصل ۲۰ سانتی‌متری بود که با تراکم ٤۰۰ بوته در مترمربع کشت شد. بافت خاک محل آزمایش، لومی با pH ۷/۵ و شوری ٤/۵ دسی‌زیمنس بر متر، حاوی ۰/٦٦ درصد کربن آلی، ۵/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر قابل جذب و ۲۰۹ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل جذب بود. میزان مصرف توصیه‌شده کود شیمیایی براساس نتایج آزمون خاک، ۱۱۰ کیلوگرم P_2O_5 در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل و ۲۵ کیلوگرم K_2O در هکتار از منبع سولفات پتاسیم به‌صورت پایه و ۱۸٤ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره در سه قسط (پس از سبزشدن، پایان پنجه‌زنی و شروع غلاف‌رفتن) بود. در طول دوره رشد، آبیاری کرت‌ها با توجه به نیاز آبی گیاه، وضعیت بارش و پایش مستمر وضعیت ظاهری رطوبت خاک به نحوی انجام شد که گیاه با تنش کم آبی مواجه نشود.

در مرحله ظهور سنبله، از هر کرت ٤۵ ساقه اصلی مشابه در ردیف‌های دوم و هفتم علامت‌گذاری شد که برای نمونه‌برداری تخریبی مربوط به اندازه‌گیری روند پرشدن دانه مورداستفاده قرار گرفتند و ۱۰ مورد از ساقه‌های علامت‌گذاری‌شده نیز برای برآورد وزن سنبله ساقه اصلی و تعداد دانه در سنبله ساقه اصلی استفاده شد. از زمان گرده‌افشانی (شکوفاشدن اولین بساک در ۵۰ درصد سنبله‌های علامت‌گذاری‌شده) تا رسیدگی فیزیولوژیکی به فواصل زمانی پنج‌روزه، سه سنبله مربوط به ساقه‌های اصلی علامت‌گذاری‌شده به‌مدت ٤۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس خشک شدند. چهار سنبلک میانی هر سنبله جدا شد و از هر سنبلک، دو دانه متعلق به گلچه‌های قاعده‌ای هر سنبلک توزین شدند و متوسط وزن تک‌دانه مربوط به دانه‌های وسط سنبله ساقه اصلی در هر نوبت نمونه‌گیری محاسبه شد. پس از ترسیم منحنی رشد دانه برای هر واحد آزمایشی، از هر منحنی چهار نقطه که در مرحله رشد خطی دانه قرار داشت، انتخاب شد و معادله رگرسیونی این چهار نقطه برای دو

متغیر وزن خشک تک‌دانه و روز پس از گرده‌افشانی محاسبه شد. شیب خط، سرعت پرشدن دانه در مرحله خطی رشد دانه شناخته شد و با تقسیم متوسط وزن تک‌دانه در سنبله ساقه اصلی در زمان برداشت بر سرعت پرشدن دانه در مرحله خطی رشد دانه، دوره مؤثر پرشدن دانه به‌دست آمد (Hashemi-Dezfoli & Marashi, 1995).

در زمان رسیدگی، خطی به طول نیم متر از وسط ردیف‌های سوم و ششم هرکرت به‌منظور محاسبه تعداد سنبله در واحد سطح برداشت شده و با شمارش سنبله‌ها، تعداد سنبله در واحد سطح تعیین شد. سپس به‌طور تصادفی از میان سنبله‌های مذکور، ۲۰ سنبله بارور انتخاب شد و تعداد دانه‌های متعلق به این ۲۰ سنبله شمارش و متوسط تعداد دانه در سنبله ثبت شد. به‌منظور سنجش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت، با حذف نیم متر طولی از ابتدا و انتهای ردیف‌های چهارم و پنجم، سطحی معادل یک مترمربع برداشت شد. برای تعیین وزن هزاردانه، دو نمونه ۵۰۰ تایی از بذور بوجاری‌شده هر کرت آزمایشی شمارش و پس از ٤٨ ساعت قرارگرفتن در آون ۷۵ درجه سانتی گراد، توزین شدند. با محاسبه انحراف معیار داده‌های دو نمونه ۵۰۰تایی متعلق به هر تیمار و اطمینان از کم‌تربودن انحراف معیار از ٤ درصد، از مجموع دو نمونه وزن هزاردانه محاسبه شد. پس از اطمینان از نرمال‌بودن داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات (از طریق آزمون شاپیرو- ویلک)، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد. در صورت معنی‌داربودن مقادیر F برای هر یک از منابع تغییر تاریخ کاشت، رقم و کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات، مقایسه میانگین اثرات اصلی براساس آزمون LSD انجام شد. به‌منظور مقایسه میانگین اثرات متقابل از دستور LSmeans استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

براساس نتایج تجزیه واریانس، صفت تعداد سنبله در مترمربع تنها از عامل رقم متأثر شد و تأثیر تاریخ کاشت، کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات و اثرات متقابل بررسی شده بر این صفت غیر معنی‌دار بود (جدول ۱).

بیش‌ترین تعداد سنبله در واحد سطح به رقم سیروان تعلق داشت و ارقام برات و شوش نیز از تعداد سنبله در واحد سطح بالایی برخوردار بودند (جدول ۲). کاهش دو درصدی و غیر معنی‌دار تعداد سنبله در واحد سطح در تاریخ کاشت تاخیری، حاکی از عدم تأثیرپذیری این صفت از شرایط نامساعد محیطی در اواخر دوره رشد گیاه است که با توجه به شکل‌گیری این جزء از عملکرد در مراحل زایشی قبل از گرده‌افشانی، دستیابی به این نتیجه دور از انتظار نیست. در منابع، شدت کاهش تعداد سنبله در واحد سطح با توجه به کاهش طول مرحله رویشی ناشی از تأخیر در کاشت، متفاوت است. کاهش تعداد سنبله در واحد سطح ناشی از تأخیر در کاشت گندم در شرایط آب‌وهوایی خوزستان در پژوهش Mojtabaie *Zamani et al.* (2014)، ٤/٥ درصد و در پژوهش Omidi *et al.* (2014)، ۹ درصد گزارش شده است. ایشان

تسریع مراحل نموی و کوتاه‌شدن طول دوره رشد رویشی، به‌ویژه دوره پنجه‌زنی را از دلایل کاهش تعداد سنبله در واحد سطح دانستند. در پژوهش حاضر، تعداد سنبله در واحد سطح از مصرف باکتری‌های حل‌کننده فسفات متأثر نشد که با نتایج Tahir *et al.* (2018) در شرایطی که کود شیمیایی فسفردار به مقدار لازم و توصیه‌شده مصرف شده بود، مطابقت داشت.

در پژوهش Sarikhani *et al.* (2013) نیز کاربرد ترکیبی دو باکتری سودوموناس پوتیدا سویه P_{13} و پانتوآ آگلومرانس سویه P_5 تعداد سنبله در واحد سطح را نسبت به تیمار عدم تلقیح با باکتری افزایش نداد.

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، تأثیر رقم و اثر متقابل تاریخ کاشت در رقم برای هر دو صفت تعداد دانه در سنبله و تعداد دانه در سنبله ساقه اصلی معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله به رقم چمران۲ در تاریخ کاشت مناسب اختصاص داشت و این رقم در تاریخ کاشت تأخیری نیز نسبت به سایر ارقام، از تعداد دانه در سنبله بیش‌تری برخوردار بود (شکل ۲). اگرچه تأخیر در کاشت در همه ارقام منجر به کاهش تعداد دانه در سنبله شد، مقدار این کاهش در ارقام مختلف، متفاوت بود و رقم مهرگان در مقایسه با سایر ارقام از کم‌ترین کاهش تعداد دانه در سنبله و کم‌ترین کاهش تعداد دانه در سنبله ساقه اصلی برخوردار بود (شکل ۲).

جدول ۱. خلاصه نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه گندم نان و صفات مرتبط با آن تحت تأثیر تاریخ کاشت، رقم و کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	تعداد دانه در سنبله ساقه اصلی	وزن هزاردانه	وزن سنبله ساقه اصلی
بلوک	۲	۱٤٦۰/۰ns	٤۲/٦ ns	۳۳/۲۰ ns	۷۷/۹ ns	۰/۱۳ ns
تاریخ کاشت	۱	۲٥۳٥/۰ ns	۱۱٥۱/۱ ns	۹۳٤/٥۷ ns	۱۸٦۳/۷ *	۱۲/٤۹ **
بلوک/ تاریخ کاشت	۲	۳۱٤۰/۰	۱۷۳/۹	۲۰٦/۳۱	۸۲/۰	۰/۰۳
رقم	٤	۲۹۸٦٤/۲ **	۱٥۱/۷ **	۲۷۲/٤۱ **	۱۷۲/۹ **	۰/۹۹ **
باکتری	۱	۸٤۰۱/۷ ns	٥٦/۷ *	۱۱/٦۲ ns	۰/۰ ns	۰/۰۱ ns
تاریخ کاشت× رقم	٤	۱۱٦۳۰/۸ ns	۲٦/٥ *	٥۳/۸٤**	٦/٤ ns	۰/۰۹ ns
تاریخ کاشت× باکتری	۱	۸۸۱/۷ ns	۱۱/٦ ns	۱۰/۷٥ ns	٥/۰ ns	۰/۰۰ ns
رقم× باکتری	٤	۲٦۳۰/۸ ns	۱/۰ ns	۱۱/٥۲ ns	٥/۹۰ ns	۰/۰٤ ns
تاریخ کاشت× رقم× باکتری	٤	۲٦٦۰/۸ ns	٥/٦ ns	٦/۰۷ ns	۲/٦ ns	۰/۰۳ ns
خطا	۳٦	٤۷۸۸/۹	۹/٥	۱۲/٥٦	۳/۲	۰/۰٤
ضریب تغییرات (٪)		۱۱/٦۰	۷/۱۸	۷/۳٥	٤/۹۹	۷/۷۰

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد. ns: غیر معنی‌دار.

ادامه جدول ۱. خلاصه نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه گندم نان و صفات مرتبط با آن تحت تأثیر تاریخ کاشت، رقم و کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		سرعت پرشدن دانه در مرحله خطی رشد	دوره مؤثر پرشدن دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
بلوک	۲	۰/۰٥۳ ns	۱۲/٥۰ ns	٤۳۱٤۰۲/٥ ns	۳۷۷۳۱۰٥/۰ ns	۳/۲۱ ns
تاریخ کاشت	۱	۱/٦٤۷ *	۱۸۲۸/۲۲ **	۱۷٥٥٤۲٤٥۷/۳ *	٦۱۸٦۹٥٤۸۱/۷ *	٦۸٤/٥۲ *
بلوک/ تاریخ کاشت	۲	۰/۰۸٦	۸/۸٤	۳۸۸٦۰٦۰/٥	۳۰۰٦٥۸٦۱/۷	۳٤/٦۰
رقم	٤	۰/۱۱۱ **	۳٦/۸۲ **	۲۳۲٤۹۸۲/۳ **	۱۳۸۲۱٥٥۲/٥ **	۸۰/۲۰ **
باکتری	۱	۰/۰۰۰ ns	۰/۳٤ ns	۲٥۲۸۲۲۸/٥ **	۱٤٥۷۳۰۸۱/۷ **	۲/٤۲ ns
تاریخ کاشت× رقم	٤	۰/۰٤٤ **	۹/۲٥ *	۲۰٥۹۳۲۱/٤ **	۷۱۷٦۷۳/۸ *	۲٤/٤۷ *
تاریخ کاشت× باکتری	۱	۰/۰۰۰ ns	۲/۲٤ ns	۱۷٤۱٤/۹ ns	۷۲۸۰۱/۷ ns	۰/۰۱ ns
رقم× باکتری	٤	۰/۰۰۷ ns	۲/٤۳ ns	٤٥۰۱٦۳/۱ ns	٥٦٥۲۸۰۲/٥ *	۱۱/٤۳ ns
تاریخ کاشت× رقم× باکتری	٤	۰/۰۰٤ ns	۱/۸۷ ns	۲٦۰۹۸۷/۲ ns	۱۸۲٤۸۹/۲ ns	۷/۸٦ ns
خطا	۳٦	۰/۰۰۸	۳/۱۹	۳٤۲۸٤۱/٥	۲۲۱۲٥۱۸/٥	۹/۰٥
ضریب تغییرات (٪)		٥/۱٦	۷/٦۷	۱۰/۳۹	۱۰/۲۲	۷/۹۰

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد. ns: غیر معنی‌دار.

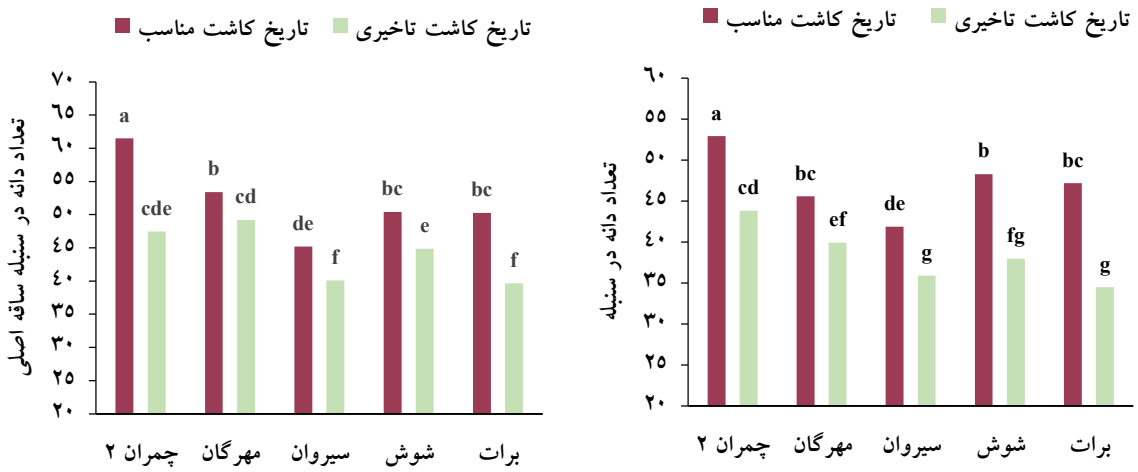
جدول ۲. مقایسه میانگین اثرات اصلی تاریخ کاشت، رقم و کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم

	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه (g)	وزن سنبله ساقه اصلی (g)	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک ($kg.ha^{-1}$)
تاریخ کاشت مناسب	٦٠٣/٠٠ a	٤٧/١٨ a	٤١/٤٢ a	٢/٩٣ a	٧٣٤٦/٧ a	١٧٧٦٧/٠ a
تاریخ کاشت تأخیری	٥٩٠/٠٠ a	٣٨/٤٢ a	٣٠/٢٧ b	٢/٠١ b	٣٩٢٥/٨ b	١١٣٤٤/٠ b
LSD	٦٢/٢٥	١٤/٦٥	١٠/٠٦	٠/٢٠	٢١٩٠/٠	٦٠٩١/٥
چمران٢	٥٢٠/٨٣ c	٤٨/٣٩ a	٣٣/٢١ c	٢/٧٠ a	٥٩٣٧/٠ ab	١٦١٣٨/٣ a
مهرگان	٥٧٥/٠٠ bc	٤٢/٧٦ b	٣٩/٢٨ a	٢/٧٩ a	٦٠٥٢/٨ a	١٤٦٠٢/٥ bc
سیروان	٦٤٧/٥٠ a	٣٨/٨٨ c	٣٩/٩٩ a	٢/٤٥ b	٥٥٥٩/٣ b	١٣٦٥٥/٨ c
شوش	٦١٢/٥٠ ab	٤٣/١٤ b	٣١/٢٠ d	٢/٠٩ c	٤٩٢٨/٧ c	١٣٤٧٥/٠ c
برات	٦٢٦/٦٧ ab	٤٠/٨٣ bc	٣٥/٥٤ b	٢/٣١ b	٥٧٠٣/٤ ab	١٤٩٠٥/٨ b
LSD	٥٧/٣٠	٢/٥٥	١/٤٨	٠/١٦	٤٨٤/٨	١٢٣١/٦
عدم تلقیح با باکتری	٦٠٨/٣٣ a	٤١/٨٣ b	٣٥/٨٤ a	٢/٤٦ a	٥٤٣١/٠ b	١٤٠٦٢/٧ b
تلقیح با باکتری	٥٨٤/٦٧ a	٤٣/٧٧ a	٣٥/٨٥ a	٢/٤٨ a	٥٨٤١/٥ a	١٥٠٤٨/٣ a
LSD	٣٦/٢٤	١/٦١	٠/٩٤	٠/١٠	٣٠٦/٦	٧٧٨/٩

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

در این پژوهش، به‌طور متوسط همه ارقام از سه تا پنج روز بعد از گرده‌افشانی با حداکثر دمای روزانه بالاتر از ۳۱ درجه سلسیوس روبه‌رو بودند و این شرایط محیطی (به‌استثنای دو دوره یک الی دو روزه که حداکثر دما به کم‌تر از ۳۰ درجه سلسیوس رسید) تا زمان رسیدگی تداوم یافت (شکل ۱). در منابع، وقوع دمای بالای ۳۱ درجه سلسیوس قبل و بعد از گرده‌افشانی از دلایل عقیمی دانه گرده، افزایش تعداد گلچه‌های سقط‌شده و کاهش تعداد دانه در سنبله شناخته شده و حساس‌ترین مرحله دانه‌بندی به دمای بالا، سه روز پس از گرده‌افشانی عنوان شده است (Farooq *et al*., 2011). در پژوهش Moshattati *et al*. (2010) دلیل کاهش تعداد دانه در سنبله در تاریخ کاشت تأخیری، کوتاه‌ترشدن طول دوره تشکیل آغازه‌های گل و کاهش تعداد سنبلچه در سنبله و دانه در سنبلچه عنوان شد.

براساس نتایج به‌دست‌آمده، کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر متوسط تعداد دانه در سنبله تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۱) و تلقیح بذر همه ارقام با باکتری‌های حل‌کننده فسفات به‌طور متوسط با افزایش ٤/٦ درصدی تعداد دانه در سنبله در مقایسه با شرایط عدم تلقیح همراه بود (جدول ۲)، اما اثر متقابل تاریخ کاشت در باکتری، رقم در باکتری و تاریخ کاشت در رقم در باکتری برای این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). در پژوهش Mansoori (2013) یکی از دلایل احتمالی افزایش تعداد دانه در سنبله در نتیجه مصرف باکتری‌های حل‌کننده فسفات، آزادشدن بهتر فسفر از خاک و مصرف بیش‌تر فسفر توسط گیاه عنوان شده است. تاکنون توانایی آزادسازی فسفر توسط باکتری‌های سودوموناس پوتیدا سویه P_{13} و پانتوآ آگلومرانس سویه P_5 توسط پژوهش‌گران مختلف گزارش شده است (Dutkiewicz *et al*., 2016; Sarikhani *et al*., 2013) و با توجه به نقش فسفر در تقویت رشد زایشی و افزایش تعداد گل و دانه (Mansoori, 2013)، احتمالاً افزایش تعداد دانه در سنبله در نتیجه تلقیح بذر با باکتری‌های مذکور به افزایش فسفر قابل جذب برای گیاه برمی‌گردد. تأثیر مثبت کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات و محرک رشد بر افزایش تعداد دانه در سنبله، پیش از این توسط Ali *et al*. (2011) و Mansoori (2013) نیز گزارش شده است.



شکل ۲. مقادیر تعداد دانه در سنبله و تعداد دانه در سنبله ساقه اصلی پنج رقم گندم نان در دو تاریخ کاشت مناسب و تأخیری
میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

تأخیر در کاشت منجر به کاهش ۲۷ درصدی وزن هزاردانه شد (جدول ۲). ارقام موردمطالعه از نظر وزن هزاردانه تفاوت معنی‌دار داشتند، اما اثر متقابل تاریخ کاشت در رقم، تاریخ کاشت در باکتری، و تاریخ کاشت در رقم در باکتری و تأثیر کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). در هر دو تاریخ کاشت، به‌طور متوسط رقم سیروان و مهرگان از بیش‌ترین وزن هزاردانه برخوردار بودند و کم‌ترین وزن هزاردانه به رقم شوش اختصاص داشت (جدول ۲). بین دو تاریخ کاشت مناسب و تأخیری از لحاظ سرعت پرشدن دانه در مرحله خطی رشد دانه و دوره مؤثر پرشدن دانه نیز تفاوت معنی‌داری وجود داشت و در پاسخ به تأخیر در کاشت، سرعت پرشدن دانه افزایش و دوره مؤثر پرشدن دانه کاهش یافت و بسته به نوع رقم شدت واکنش متفاوت بود، اما بین دو سطح عدم تلقیح و تلقیح بذر با باکتری‌های حل‌کننده فسفات اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول‌های ۱ و ۳). در تاریخ کاشت مناسب رقم چمران و پس از آن سیروان و برات از سرعت پرشدن دانه بالاتری نسبت به دو رقم مهرگان و شوش برخوردار بودند، اما با تأخیر در کاشت، ارقام مهرگان و سیروان از بالاترین سرعت پرشدن دانه در مرحله خطی رشد دانه برخوردار شدند. بیش‌ترین افزایش سرعت پرشدن دانه ناشی از تأخیر در کاشت نیز به دو رقم مهرگان و سپس سیروان اختصاص داشت و رقم چمران۲ از کم‌ترین افزایش سرعت پرشدن دانه ناشی از تأخیر در کاشت برخوردار بود (جدول ۳). افزایش سرعت پرشدن دانه و کاهش دوره پرشدن دانه در شرایط تنش گرمای ملایم ناشی از تأخیر در کاشت توسط Mojtabaie Zamani *et al.* (2014) و Nahar *et al.* (2010) گزارش شده است.

در دمای ۲۰ درجه سلسیوس که مناسب‌ترین دما در دوره پرشدن دانه است، طولانی‌ترین دوره پرشدن دانه و بیش‌ترین تجمع نشاسته در دانه رخ می‌دهد و وزن دانه‌ها افزایش می‌یابد (Dias & Lidon, 2010). در تاریخ کاشت مناسب منطقه در پژوهش حاضر نیز، میانگین متوسط دمای روزانه از زمان گرده‌افشانی تا رسیدگی ۲۰/۷ درجه سلسیوس و میانگین حداکثر دمای روزانه ۲۶/۵ درجه سلسیوس بود (شکل ۱) و به‌دلیل شرایط دمایی بهینه حاکم، روند رشد دانه طولانی‌تر و وزن نهایی دانه به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تاریخ کاشت تأخیری بود (جدول‌های ۲ و ۳).

جدول ۳. مقادیر سرعت و دوره مؤثر پرشدن دانه ارقام گندم نان در شرایط تاریخ کاشت مناسب و تاخیری

رقم	سرعت پرشدن دانه در مرحله خطی رشد دانه ($mg.grain^{-1}.day^{-1}$)			دوره مؤثر پرشدن دانه (day)		
	مناسب	تأخیری	درصد افزایش	مناسب	تأخیری	درصد کاهش
چمران۲	۱/۵۹ a	۱/۸۱ b	۱۳/۸٤	۲۵/۵٤ c	۱٦/۷۲ b	۳٤/۵۳
مهرگان	۱/٤۷ bc	۱/۹۹ a	۳۵/۳۷	۳۱/۸۳ a	۱۸/۲۲ ab	٤۲/۷٦
سیروان	۱/۵۷ ab	۱/۹۵ a	۲٤/۲۰	۳۰/۸٤ a	۱۹/۳۵ a	۳۷/۲٦
شوش	۱/۳۹ c	۱/٦۳ c	۱۷/۲۷	۲۷/٦۸ b	۱٦/٦۷ b	۳۹/۷۸
برات	۱/۵۲ ab	۱/۸۲ b	۱۹/۷٤	۲۸/۰۸ b	۱۷/۸۱ ab	۳٦/۵۷

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

با تأخیر در کاشت، میانگین متوسط دمای روزانه از زمان گرده‌افشانی تا رسیدگی ارقام موردبررسی به ۲۵ درجه سلسیوس و میانگین حداکثر دمای روزانه به ۳۱/٤ درجه سلسیوس رسید (شکل ۱). در این شرایط تجمع نشاسته و پروتئین در دانه ارقام موردبررسی زودتر آغاز شد و سرعت پرشدن دانه در مرحله خطی رشد دانه افزایش یافت، اما به‌دلیل توقف زودهنگام تجمع نشاسته در دانه، وزن نهایی دانه نسبت به تاریخ کاشت مناسب کاهش یافت (جدول ۲).

در منابع، تسریع فرایندهای متابولیکی و افزایش فعالیت آنزیم‌های درگیر در بیوسنتز نشاسته و پروتئین در دانه، از دلایل افزایش سرعت پرشدن دانه و تسریع و فشرده‌شدن کلیه مراحل نموی دانه و فرارسیدن زودهنگام مرگ سلولی، از دلایل توقف زودهنگام تجمع نشاسته در دانه (Altenbach *et al*., 2003) در شرایط تنش گرمای ملایم طی دوره پرشدن دانه (متوسط درجه حرارت روزانه ۲۵ تا ۳۰ درجه سلسیوس) مطرح شده است. از طرفی، کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرم به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر ظرفیت تجمع نشاسته در دانه (Sehgal *et al*., 2018) و کاهش موجودی منابع فتوسنتزی (Pradhan & Prasad, 2015) از دیگر دلایل توقف زودهنگام تجمع نشاسته در دانه و کاهش وزن دانه شناخته شده است.

در خصوص تأثیر باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر روند پرشدن دانه و وزن دانه گندم نتایج متفاوتی در دست است. در پژوهش Seyed Sharifi *et al*. (2016) تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد از جمله سودوموناس پوتیدا سویه ٤ و ۱۱ منجر به افزایش طول دوره پرشدن دانه، سرعت پرشدن دانه و وزن هزاردانه در مقایسه با شاهد عدم تلقیح شد. ایشان وزن دانه را متأثر از دو عامل سرعت و طول دوره پرشدن دانه دانستند و اظهار داشتند که باکتری‌های محرک رشد با تولید هورمون‌های رشد، افزایش قابلیت دسترسی به عناصر غذایی، افزایش میزان فرآورده‌های فتوسنتزی و انتقال آن به دانه و تداوم دوره پرشدن دانه منجر به افزایش وزن دانه می‌شوند. Khalilzadeh *et al*. (2016) نیز افزایش وزن هزاردانه و سرعت پرشدن دانه را در شرایط تلقیح هم‌زمان با دو باکتری ازتوباکتر و سودوموناس گزارش نمودند، اما در پژوهش ایشان تلقیح بذر با باکتری سودوموناس به تنهایی در مقایسه با شرایط عدم تلقیح، فقط افزایش تعداد دانه در سنبله را به‌دنبال داشت و وزن دانه افزایش نیافت. در پژوهش حاضر نیز تلقیح بذر با باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر سرعت پرشدن، دوره پرشدن و وزن دانه تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۱)، اما منجر به افزایش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله شد (جدول ۲). به‌نظر می‌رسد که در پژوهش حاضر به‌دلیل عدم تأثیرپذیری سرعت و دوره پرشدن دانه از کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات از یکسو و افزایش تعداد دانه در سنبله و جبران جزء عملکرد از سوی دیگر، وزن دانه ثابت باقی مانده است. در پژوهش Mansoori

(2013) کاربرد کود زیستی فسفاته بارور منجر به افزایش تعداد دانه در سنبله و کاهش وزن هزاردانه گندم شد. ایشان اظهار داشتند که با افزایش تعداد دانه در بوته در اثر استفاده از باکتری، سهم هر دانه برای دریافت مواد پرورده کاهش یافته و از این‌رو، وزن دانه کاهش می‌یابد. با توجه به این نتایج به‌نظر می‌رسد که نوع و سویه باکتری حل‌کننده فسفات و شرایط آزمایش در اختلافات موجود در نتایج به‌دست‌آمده تأثیرگذار بوده‌اند.

ارقام موردمطالعه از نظر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۱) و تأخیر در کاشت، به‌طور میانگین به کاهش ٤٦ درصدی عملکرد دانه و کاهش ٣٦ درصدی عملکرد بیولوژیک منجر شد، اما واکنش ارقام به تغییر تاریخ کاشت متفاوت بود. در تاریخ کاشت مناسب، رقم چمران۲ از بیش‌ترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک برخوردار بود، اما با تأخیر در کاشت، با کاهش شدید عملکرد روبه‌رو شد (جدول ٤). در تاریخ کاشت تأخیری بین ارقام موردمطالعه از لحاظ عملکرد بیولوژیک تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و از لحاظ عملکرد دانه نیز بین ارقام چمران۲، سیروان، شوش و برات اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و هر چهار رقم به‌طور معنی‌داری نسبت به مهرگان از عملکرد دانه پایین‌تری برخوردار بودند (جدول ٤).

در تاریخ کاشت تأخیری، رقم چمران۲ با بیش‌ترین کاهش عملکرد دانه، از بیش‌ترین کاهش شاخص برداشت برخوردار بود و رقم مهرگان که کم‌ترین کاهش عملکرد دانه ناشی از تأخیر در کاشت را به خود اختصاص داد، کم‌ترین درصد کاهش شاخص برداشت را داشت (جدول ٤).

کاهش عملکرد گندم در اثر تأخیر در کاشت و تفاوت در واکنش ارقام مختلف گندم به تأخیر در کاشت توسط Nikkhah & Martirosian (2017) و Omidi *et al*. (2014) نیز گزارش شده است. میزان کاهش عملکرد ناشی از تأخیر در کاشت در ارقام مختلف و پژوهش‌های مختلف انجام‌شده در شرایط محیطی خوزستان، به چگونگی واکنش ارقام به تأخیر در کاشت و شدت و مدت زمان تنش گرمای حادث‌شده طی مرحله زایشی گندم بستگی دارد.

کوتاه‌شدن طول دوره رشد رویشی، کاهش رشد اندام‌های فتوسنتزکننده و ضعیف‌شدن منبع وکاهش طول دوره بحرانی تعیین تعداد دانه در سنبله (از برجستگی دوگانه تا گرده‌افشانی) و ضعیف‌شدن مقصد از پیامدهای ناشی از تأخیر در کاشت است. علاوه براین، به‌دلیل برخورد مراحل گرده‌افشانی و پرشدن دانه با تنش گرمای انتهای فصل، تعداد و وزن دانه‌ها کاهش یافته و در مجموع عملکرد دانه و کل ماده خشک تولیدی کاهش می‌یابد (Moshattati *et al*., 2010; Mojtabaie Zamani *et al*., 2014; Moshattati *et al*., 2018).

جدول ٤. مقادیر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت ارقام گندم نان در شرایط تاریخ کاشت مناسب و تاخیری

رقم	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)			عملکرد بیولوژیک ($kg.ha^{-1}$)			شاخص برداشت (٪)		
	مناسب	تأخیری	درصد کاهش	مناسب	تأخیری	درصد کاهش	مناسب	تأخیری	درصد کاهش
چمران۲	٨٢٥٦/٢٨a	٣٦١٧/٨٠b	٥٦/١٨	٢٠٤٢٦/٦٧a	١١٨٥٠/٠٠a	٤١/٩٩	٤٠/٤٠ab	٣٠/٨١d	٢٣/٧٤
مهرگان	٧٢٧٤/٤٨b	٤٨٣١/٠٧a	٣٣/٥٩	١٧١٩٦/٦٧bc	١٢٠٠٨/٣٣a	٣٠/١٧	٤٢/٤٤ab	٤٠/٤٤a	٤/٧١
سیروان	٧١٧٦/١٠b	٣٩٤٢/٥٠b	٤٥/٠٦	١٦٣٩٦/٦٧c	١٠٩١٥/٠٠a	٣٣/٤٣	٤٣/٧٦a	٣٦/١٩b	١٧/٣٠
شوش	٦٤٤١/٨٧c	٣٤١٥/٥٨b	٤٦/٩٨	١٦١٣٠/٠٠c	١٠٨٢٠/٠٠a	٣٢/٩٢	٤٠/٠٥b	٣١/٤٣cd	٢١/٥٢
برات	٧٥٨٤/٨٨b	٣٨٢١/٩٧b	٤٩/٦١	١٨٦٨٣/٣٣b	١١١٢٨/٣٣a	٤٠/٤٤	٤٠/٦٠ab	٣٤/٦٠bc	١٤/٧٨

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

در پژوهش حاضر، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک از کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات متأثر شدند و تلقیح بذر با باکتری (کودزیستی فسفاته بارور)، منجر به افزایش ۷/۶ درصدی عملکرد دانه و افزایش ۷ درصدی عملکرد بیولوژیک در مقایسه با عدم تلقیح شد (جدول ۲). اثر متقابل رقم در باکتری برای عملکرد دانه غیر معنی‌دار و برای عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۱). رقم چمران۲ در تلقیح با باکتری حل‌کننده فسفات از بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک (۱۷۶۹۵ کیلوگرم در هکتار) برخوردار بود و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک به رقم شوش در شرایط عدم تلقیح (۱۲۹۷۸ کیلوگرم در هکتار) تعلق داشت (شکل ۳). در این پژوهش، با وجود بالاتربودن شاخص برداشت در شرایط تلقیح با باکتری‌های حل‌کننده فسفات نسبت به شرایط عدم تلقیح، تأثیر باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر صفت شاخص برداشت غیر معنی‌دار بود (جدول ۱).

ازآنجایی‌که دو باکتری موجود در کود زیستی فسفاته بارور، با تولید اسیدهای آلی (پانتوآ آگلومرانس) و تولید و ترشح آنزیم فسفاتاز (سودوموناس پوتیدا) باعث رهاسازی فسفات از ترکیبات معدنی و آلی خاک شده و موجودی فسفر قابل جذب در خاک برای گیاه را افزایش می‌دهند (Dutkiewicz *et al*., 2016; Sarikhani *et al*., 2013) و با توجه به نقش فسفر در ریشه‌زایی (Ali *et al*., 2011) و تقویت رشد زایشی گیاه (Mansoori, 2013) به‌نظر می‌رسد که در پژوهش حاضر با کاربرد کود زیستی فسفاته بارور به‌دلیل افزایش جذب عناصر غذایی و آب و به‌ویژه به‌واسطه افزایش تعداد سنبلچه و دانه در سنبله، عملکرد دانه افزایش یافته است. افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در نتیجه مصرف کود زیستی فسفاته بارور در هر دو تاریخ کاشت مناسب و تأخیری در پژوهش Kamaei *et al*. (2018) نیز گزارش شده است. ایشان افزایش میزان فسفر قابل دسترس در خاک برای گیاه، بهبود رشد ریشه و به‌دنبال آن بهبود رشد اندام‌های هوایی را از دلایل افزایش عملکرد بیولوژیک در سطوح تیماری مصرف کود زیستی فسفاته بارور دانستند.

شکل ۳. مقادیرعملکرد بیولوژیک پنج رقم گندم نان در دو شرایط عدم تلقیح و تلقیح با باکتری‌های حل‌کننده فسفات
میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

در پژوهش Ali *et al.* (2011) تلقیح بذر گندم با باکتری سودوموناس پوتیدا در شرایط تنش گرما به افزایش ۱/٦ برابری بیوماس گندم، نسبت به تیمار عدم تلقیح، منجر شد. ایشان تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در ریشه بوته‌های تلقیح‌شده با باکتری که منجر به تحریک رشد و توسعه ریشه و جذب بیش‌تر آب و مواد معدنی از خاک می‌شود را دلیل افزایش رشد گیاه عنوان کردند.

عملکرد دانه در واحد سطح در هر دو تاریخ کاشت مناسب و تأخیری با تعداد دانه در سنبله و وزن سنبله ساقه اصلی همبستگی بسیار معنی‌داری داشت، اما همبستگی عملکرد دانه با وزن هزاردانه و تعداد سنبله در مترمربع معنی‌دار نبود (جدول‌های ۵ و ٦). پیش از این، وجود همبستگی مثبت معنی‌دار بین تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه توسط Asgari *et al.* (2016) و Mojtabaie Zamani *et al.* (2014) گزارش شده است. ایشان مخزن قوی‌تر از طریق افزایش تعداد دانه در سنبله را عامل اصلی عملکرد بیش‌تر در ارقام پرمحصول دانستند. وزن سنبله ساقه اصلی تابعی از تعداد دانه در سنبله ساقه اصلی و وزن تک‌دانه در سنبله ساقه اصلی است. براساس نتایج ضرایب همبستگی، در هر دو تاریخ کاشت بین دو جزء تعیین‌کننده وزن سنبله ساقه اصلی، تنها همبستگی تعداد دانه در سنبله ساقه اصلی با عملکرد دانه در واحد سطح معنی‌دار بود و وزن تک‌دانه در سنبله ساقه اصلی با عملکرد دانه در واحد سطح همبستگی معنی‌داری نداشت (جدول‌های ۵ و ٦). در تاریخ کاشت مناسب، شدت ارتباط تعداد دانه در سنبله و تعداد دانه در سنبله ساقه اصلی با عملکرد دانه در واحد سطح یکسان بود (جدول ۵)، اما در تاریخ کاشت تأخیری، همبستگی تعداد دانه در سنبله ساقه اصلی با عملکرد دانه در واحد سطح قوی‌تر از همبستگی تعداد دانه در سنبله با عملکرد دانه در واحد سطح بود (جدول ٦) و از طرفی، درصد کاهش عملکرد دانه با درصد کاهش تعداد دانه در سنبله ساقه اصلی همبستگی بسیار بالایی داشت ($r=۰/۷۹$ ،$p<۰/۰۱$ ،$n=۳۰$). این نتایج حاکی از اهمیت نقش تعداد دانه در سنبله ساقه اصلی به‌عنوان جزء اصلی تعیین‌کننده عملکرد دانه ارقام موردبررسی در این پژوهش است. در پژوهش Mojtabaie Zamani *et al.* (2014) بین اجزای عملکرد، تنها همبستگی تعداد دانه در سنبله با عملکرد دانه معنی‌دار بود و بین درصد کاهش عملکرد دانه با درصد کاهش تعداد دانه در سنبله نیز همبستگی مثبت معنی‌داری مشاهده شد. ایشان اظهار داشتند که با تأخیر در کاشت، ژنوتیپ‌هایی که بیش‌ترین درصد کاهش تعداد دانه در سنبله را داشتند، از بیش‌ترین کاهش عملکرد دانه برخوردار شدند. نتایج ضرایب همبستگی نشان داد که در تاریخ کاشت تأخیری، شاخص برداشت با عملکرد دانه، وزن هزاردانه و وزن سنبله ساقه اصلی همبستگی مثبت معنی‌دار و با عملکرد بیولوژیک همبستگی منفی و غیرمعنی‌دار داشت (جدول ٦). در این تاریخ کاشت رقم مهرگان با بیش‌ترین عملکرد دانه در واحد سطح و وزن هزاردانه بالا، از بیش‌ترین شاخص برداشت برخوردار بود. در مطالعه Ghaderi *et al.* (2009) نیز بین شاخص برداشت و عملکرد دانه همبستگی مثبت بسیار معنی‌داری وجود داشت و ایشان شاخص برداشت را از معیارهای مهم مرتبط با عملکرد دانه معرفی کردند که در انتخاب ارقام و لاین‌های پر محصول گندم قابل کاربرد است. تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت توسط Omidi *et al.* (2014) نیز به‌عنوان صفات مناسب برای غربالگری ژنوتیپ‌های متحمل به تنش گرمای انتهای فصل معرفی شدند. با این وجود در پژوهش حاضر، همبستگی شاخص برداشت فقط با عملکرد دانه در تاریخ کاشت تأخیری معنی‌دار بود (جدول ٦) و در تاریخ کاشت مناسب منطقه، عملکرد دانه با شاخص برداشت همبستگی نداشت (جدول ۵).

با توجه به وجود همبستگی مثبت معنی‌دار بین سرعت پرشدن دانه با وزن سنبله، وزن دانه و شاخص برداشت در تاریخ کاشت تأخیری (جدول ٦)، ارقامی که از بیش‌ترین سرعت پرشدن دانه برخوردار بودند، دانه‌های سنگین‌تری داشتند و در این ارقام، شاخص برداشت که همبستگی مثبت معنی‌داری با عملکرد دانه داشت، افزایش یافت. در این تاریخ کاشت، دوره مؤثر پرشدن دانه نیز با وزن دانه همبستگی مثبت معنی‌داری داشت (جدول ٦).

در مقابل، در تاریخ کاشت مناسب با شرایط محیطی بهینه در دوره پرشدن دانه، فقط دوره مؤثر پرشدن دانه با وزن دانه و شاخص برداشت همبستگی مثبت معنی‌داری داشت و تجمع طولانی‌تر ماده خشک در دانه منجر به افزایش وزن دانه و شاخص برداشت شد (جدول ٥). در این تاریخ کاشت، رقم چمران۲ با بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله و بیش‌ترین سرعت پرشدن دانه، از بالاترین عملکرد دانه برخوردار بود.

جدول ٥. نتایج ضرایب همبستگی صفات مورد ارزیابی در تاریخ کاشت مناسب

	تعداد سنبله در مترمربع (X_1)	دانه در سنبله (X_2)	دانه در سنبله ساقه اصلی (X_3)	وزن هزاردانه (X_4)	وزن سنبله ساقه اصلی (X_5)	سرعت پرشدن دانه (X_6)	دوره مؤثر پرشدن دانه (X_7)	عملکرد دانه (X_8)	عملکرد بیولوژیک (X_9)	شاخص برداشت (X_{10})
X_1	١/٠٠									
X_2	−٠/٣٩*	١/٠٠								
X_3	−٠/٥٧**	٠/٧٢**	١/٠٠							
X_4	٠/٠٦ ns	−٠/٥٣**	−٠/٣٤ns	١/٠٠						
X_5	−٠/٤٠*	٠/٢٧ ns	٠/٧٢**	٠/٣٦*	١/٠٠					
X_6	٠/٠٢ ns	−٠/١١ns	٠/١١ ns	٠/٣٢ ns	٠/٢٩ ns	١/٠٠				
X_7	٠/١٧ ns	−٠/٤٨**	−٠/٣٦*	٠/٦٨**	٠/١٩ ns	−٠/٣٦*	١/٠٠			
X_8	−٠/٢٦ ns	٠/٥٢**	٠/٥٣**	٠/٢١ ns	٠/٦٠**	٠/٣٢ ns	−٠/١٥ ns	١/٠٠		
X_9	−٠/٣٣ ns	٠/٦٧**	٠/٦٥**	−٠/٠٨ ns	٠/٥٠**	٠/٢٥ ns	−٠/٣٦*	٠/٩٢**	١/٠٠	
X_{10}	٠/٢٤ ns	−٠/٥١**	−٠/٣٩*	٠/٧٢**	٠/١٦ ns	٠/١٦ ns	٠/٥٩**	٠/٠٠ ns	−٠/٣٨*	١/٠٠

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد. ns: غیر معنی‌دار.

جدول ٦. نتایج ضرایب همبستگی صفات مورد ارزیابی در تاریخ کاشت تأخیری

	تعداد سنبله در مترمربع (X_1)	دانه در سنبله (X_2)	دانه در سنبله ساقه اصلی (X_3)	وزن هزاردانه (X_4)	وزن سنبله ساقه اصلی (X_5)	سرعت پرشدن دانه (X_6)	دوره مؤثر پرشدن دانه (X_7)	عملکرد دانه (X_8)	عملکرد بیولوژیک (X_9)	شاخص برداشت (X_{10})
X_1	١/٠٠									
X_2	−٠/١٢ ns	١/٠٠								
X_3	−٠/٠٧ ns	٠/٨٣**	١/٠٠							
X_4	٠/٠٢ ns	−٠/٥٨**	−٠/٥٠**	١/٠٠						
X_5	−٠/٠٤ ns	٠/٢٣ ns	٠/٣٧*	٠/٤٢*	١/٠٠					
X_6	−٠/١١ ns	−٠/٣٠ ns	−٠/٢٤ ns	٠/٨٤**	٠/٦٦**	١/٠٠				
X_7	٠/٢٢ ns	−٠/٤٩**	−٠/٥١**	٠/٧٢**	٠/٣٥ ns	٠/٤٥**	١/٠٠			
X_8	٠/٠٠ ns	٠/٤٧**	٠/٦٢**	٠/٠٢ ns	٠/٥٠**	٠/١٤ ns	−٠/٠٤ ns	١/٠٠		
X_9	−٠/٠٨ ns	٠/٦١**	٠/٧٢**	−٠/٤٣*	٠/٢٤ ns	−٠/٢٧ ns	−٠/٢٩ ns	٠/٧٢**	١/٠٠	
X_{10}	٠/٠٢ ns	−٠/٠٧ns	٠/٠٣ ns	٠/٥٦**	٠/٤٧**	٠/٥٥**	٠/٣١ ns	٠/٦١**	−٠/١٠ ns	١/٠٠

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد. ns: غیر معنی‌دار.

این رقم در تاریخ کاشت تأخیری با بیش‌ترین کاهش تعداد دانه در سنبله ساقه اصلی روبه‌رو شد (شکل ۲) و اگرچه سرعت پرشدن دانه در این رقم نیز با تأخیر در کاشت افزایش یافت (جدول ۳)، ولی این افزایش نسبت به سایر ارقام کم‌تر بود و نتوانست اثرات منفی ناشی از کاهش طول دوره پرشدن دانه را جبران سازد و عملکرد دانه این رقم به شدت کاهش یافت (جدول ٤). در مقابل رقم مهرگان که در تاریخ کاشت مناسب، نسبت به رقم چمران۲ از عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله کم‌تری برخوردار بود، در تاریخ کاشت تاخیری با بیش‌ترین افزایش در سرعت پرشدن دانه و پایا نگهداشتن فعالیت‌های متابولیکی تسریع‌شده در مدت طولانی‌تر، بیش‌ترین عملکرد دانه، بیش‌ترین شاخص برداشت، کم‌ترین درصد کاهش تعداد دانه در سنبله و کم‌ترین درصد کاهش عملکرد دانه را به خود اختصاص داد (جدول‌های ۳ و ٤). تأثیر تعداد دانه در سنبله و سرعت پرشدن دانه بر افزایش عملکرد دانه توسط Asgari *et al.* (2016) نیز گزارش شده است. در پژوهش Dias & Lidon (2010) نیز بین سرعت پرشدن دانه و وزن دانه همبستگی مثبت معنی‌داری مشاهده شد.

٤. نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، بین ارقام موردمطالعه از لحاظ تمامی صفات ارزیابی‌شده تنوع وجود داشت. با تأخیر در کاشت و وقوع تنش گرما در دوره پرشدن دانه ارقام موردبررسی، به‌طور متوسط عملکرد دانه ٤٦ درصد، عملکرد بیولوژیک ۳٦ درصد، شاخص برداشت ١٦ درصد و دوره مؤثر پرشدن دانه ۳۸ درصد کاهش یافت و سرعت پرشدن دانه در مرحله خطی رشد دانه ۲۲ درصد افزایش یافت، ولی بسته به نوع رقم شدت واکنش متفاوت بود. در تمامی ارقام موردبررسی، با تأخیر در کاشت و کاهش شدید دوره مؤثر پرشدن دانه و توقف زودهنگام تجمع نشاسته و پروتئین در دانه، وزن هزاردانه ۲۷ درصد و وزن سنبله ساقه اصلی ۳۱ درصد کاهش یافت. با تلقیح بذر ارقام گندم با باکتری‌های حل‌کننده فسفات در هر دو تاریخ کاشت، تعداد دانه در سنبله ٤/٦ درصد، عملکرد دانه ۷/٦ درصد و عملکرد بیولوژیک ۷ درصد افزایش یافت، ولی اثر متقابل تاریخ کاشت در رقم در باکتری بر عملکرد و صفات مرتبط با آن معنی‌دار نبود. از این‌رو در این پژوهش، تأثیر کاربرد باکتری بر تخفیف اثر تنش گرما اثبات نشد و در هر دو تاریخ کاشت، تأثیر کاربرد باکتری یکسان و با مصرف باکتری‌های حل‌کننده فسفات، عملکرد استحصالی بهبود یافت. براساس نتایج ضرایب همبستگی، تعداد دانه در سنبله ساقه اصلی مهم‌ترین جزء تعیین‌کننده عملکرد دانه ارقام موردبررسی در هر دو تاریخ کاشت شناخته شد. از طرفی در تاریخ کاشت تاخیری همبستگی مثبت معنی‌دار بین سرعت پرشدن دانه با وزن سنبله و شاخص برداشت وجود داشت. رقم مهرگان در هر دو تاریخ کاشت از عملکرد دانه بالایی برخوردار بود و در تاریخ کاشت تأخیری، با بیش‌ترین افزایش در سرعت پرشدن دانه و کم‌ترین درصد کاهش تعداد دانه در سنبله، از بیش‌ترین عملکرد دانه برخوردار شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، در مناطقی با دوره رشد کوتاه که امکان برخورد مراحل پرشدن دانه با تنش‌های محیطی وجود دارد، توانایی بالاتر در افزایش سرعت پرشدن دانه و حفظ بیش‌تر تعداد دانه در سنبله، امکان دستیابی به عملکرد دانه بالاتر را افزایش خواهد داد.

٥. تشکر و قدردانی

از شرکت زیست‌فناور سبز جهت تأمین کود زیستی فسفاته بارور و هم‌چنین از مسئول محترم آزمایشگاه گروه کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رامهرمز و ریاست محترم دانشگاه پیام نور هفتکل جهت همکاری مستمر، تشکر و قدردانی می‌گردد.

٦. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

٧. منابع

Abd El-Daim, I. A., Bejai, S., Fridborg, I., & Meijer, J. (2018). Identifying potential molecular factors involved in *Bacillus amyloliquefaciens* 5113 mediated abiotic stress tolerance in Wheat. *Plant Biology, 20*(2), 271-279. DOI: 10.1111/plb.12680

Ali, S. Z., Sandhya, V., Grover, M., Linga, V. R., & Bandi, V. (2011). Effect of inoculation with a thermotolerant plant growth promoting *Pseudomonas putida* strain AKMP7 on growth of Wheat (*Triticum* spp.) under heat stress. *Journal of Plant Interactions, 6*(4), 239-246. https://doi.org/10.1080/17429145.2010.545147

Altenbach, S. B., Dupont, F. M., Kothari, K. M., Chan, R., Johnson, E. L., & Lieu, D. (2003). Temperature, water and fertilizer influence the timing of key events during grain development in a US spring Wheat. *Journal of Cereal Science, 37*(1), 9-20. https://doi.org/10.1006/jcrs.2002.0483

Asgari, K., Dastan, S., Ajam noroozi, H., & Ghanbari, A. (2016). Effects of grain growth characteristic and yield components on Wheat yield in Golestan provinces climatic condition. *Quarterly Journal of Plant Production Science, 6*(2), 33-40. http://jpps.iau-shoushtar.ac.ir/article_535948_en.html (in Persian)

Cossani, C. M., & Reynolds, M. P. (2012). Physiological traits for improving heat tolerance in Wheat. *Plant Physiology, 160*, 1710-1718. https://doi.org/10.1104/pp.112.207753

Dias, A. S., & Lidon, F. C. (2010). Bread and durum Wheat tolerance under heat stress: a synoptical overview. *Emirates Journal of Food Agriculture, 22*(6), 412-436. https://doi.org/10.9755/ejfa.v22i6.4660

Dutkiewicz, J., Mackiewicz, B., Lemieszek, M. K., Golec, M., & Milanowski, J. (2016). *Pantoea agglomerans*: a mysterious bacterium of evil and good. Part IV. Beneficial effects. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine, 23*(2), 206- 222. https://doi.org/10.5604/12321966.1203879

Ebadzadeh, H. (Ed.). (2016). *Investigating the statistics of area harvested and production quantity of field crops during 36 years (1978-2014)*. Iran, Ministry of Agriculture- Jahad, Deputy for Planning & Economic Affairs. (in Persian)

Eisvand, H. R., Kamaei, H., & Nazarian, F. (2018). Chlorophyll fluorescence, yield and yield components of bread Wheat affected by phosphate bio-fertilizer, zinc and boron under late-season heat stress. *Photosynthetica, 56*(4), 1287-1296. https://doi.org/10.1007/s11099-018-0829-1

Farooq, M., Bramley, H., Palta, J. A., & Siddique, H. M. (2011). Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling phases. *Critical Reviews in Plant Sciences, 30*(6), 491-507. https://doi.org/10.1080/07352689.2011.615687

Ghaderi, M. Gh., Zeinaali Khanghahi, H., Hosseinzadeh, A. H., Taleei, A. R., & Naghavi, M. R. (2009). Evaluation of relationships between grain yield, yield components and the other charavteristics associated with grain yield in bread Wheat using multivariate statistical analysis. *Iranian Journal of Field Crops Research, 7*(2), 573-582. (in Persian)

Ghatei, A., Bakhshandeh, A., Abdali Mashhadi, A. R., Siadat, S. A., Alami saeid, K., & Gharineh, M. H. (2017). Effect of nitrogen fertilizer and cytokinin application on grain yield and physiological traits of Wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Chamran) under terminal heat stress condition. *Iranian Journal of Crop Sciences*, *18*(4), 273-287. (in Persian)

HanumanthaRao, B., Nair, R. M., & Nayyar, H. (2016). Salinity and high temperature tolerance in Mungbeen (*Vigna radiate* L.) from a physiological perspective. *Frontiers in Plant Science*, *7*(957), 1-20. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00957

Hashemi-Dezfoli, A., & Marashi, A. (1995). Assimilate changes in flowering time and its impact on growth, grain yield and yield components. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *9*(1), 16-32. (in Persian)

Kamaei, H., Eisvand, H. R., & Nazarian, F. (2018). Effects of planting date, bio-fertilizer containing P solubilizing bacteria and elements foliar application of zinc and boron on physiological and agronomic traits of bread Wheat (Aflak cultivar). *Iranian Journal of Field Crops Research, 16*(1), 165-179. (in Persian)

Khalilzadeh, R., Seyed Sharifi, R., & Jalilian, J. (2016). Effect of cycocel and bio fertilizers on quantitative and qualitative yield, rate and grain filling period of wheat under water limitation conditions. *Crop Physiology Journal, 31*(8), 41-60. (in Persian)

Koocheki, A., & Nassiri Mahallati, M. (2016). Climate change effect on agricultural production of Iran: II. Predicting productivity of field crops and adaptation strategies. *Iranian Journal of Field Crops Research, 14*(1), 1-20. https://doi.org/10.22067/gsc.v14i1.51157 (in Persian)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., & Jafari, L. (2016). Evaluation of climate change effect on agricultural production of Iran: I. Predicting the future agroclimatic conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research, 13*(4), 651-664. https://doi.org/10.22067/gsc.v13i4.51156 (in Persian)

Mansoori, I. (2013). Response of promising line N8119 of Wheat to application of phosphate bio-fertilizer. *Journal of Crops Improvment, 15*(1), 125-133. (in Persian)

Mojtabaie Zamani, M., Nabipour, M., & Meskarbashee, M. (2014). Resposes of bread Wheat genotypes to heat stress during grain filling period Ahvaz conditions. *Journal of Plant Productions, 37*(4), 119-130. (in Persian)

Moshattati, A., Alami-Saied, Kh., Siadat, S. A., Bakhshandeh, A. M., & Jalal-Kamali, M. R. (2010). Evaluation of terminal heat stress tolerance in spring bread Wheat cultivars in Ahwaz conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences, 12*(2), 85-99. (in Persian)

Moshattati, A., Siadat, S. A., Bakhshandeh, A. M., & Jalal-Kamali, M. R. (2018). The effect of growth and development periods on grain yield of spring bread Wheat under terminal heat stress in Ahwaz. *Stresses in Crop Sciences, 11*(1), 197-209. DOI: 10.22077/ESCS.2017.355.1067. (in Persian)

Nahar, K., Ahamed, K. U., & Fujita, M. (2010). Phenological variation and its relation with yield in several Wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under normal and late sowing mediated heat stress condition. *Notulae Scientia Biologicae, 2*(3), 51-56. DOI: 10.15835/nsb.2.3.4723

Nikkhah, H., & Martirosian, H. (2017). Investigation of durum Wheat cultivars based on heat tension evolution indices in mazandaran. *Crop Physiology Journal, 9*(33), 19-33. (in Persian)

Omidi, M., Siahpoosh, M. R., Mamghani, R., & Modarresi, M. (2014). The effects of terminal heat stress on yield, yield components and some morpho-phenological traits of Wheat genotypes in Ahwaz weather conditions. *Journal of Crop Production, 6*(4), 33-53. (in Persian)

Pazoki, A. (2016). Effects of humic acid and plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) on yield and yield components of durum Wheat under drought stress condition in Shahr-e-Rey region. *Cereal Research, 6*(1), 105-117. (in Persian)

Pradhan, G. P., & Prasad, P. V. V. (2015). Evaluation of Wheat chromosome translocation lines for high temperature stress tolerance at grain filling stage. *Plos One 10*(2), e0116620. DOI: 10.1371/journal.pone.0116620

Rezapour Kavishahi, T., Ansari, M. H., & Mostafavi rad, M. (2015). Effects of some phosphorus bacteria strains on yield and agronomic traits in local bean of Guilan under different phosphate fertilizer rates. *Journal of Crops Improvement*, *17*(3), 801-814. (in Persian)

Sarikhani, M. R., Aliasharzad, N., & Malboobi, M. A. (2013). Improvement of wheat phosphorus nutrition using phosphate solubilizing bacteria. *Journal of Soil Management and Sustainable Production, 3*(1), 39-57. (in Persian)

Sehgal, A., Sita, K., Siddique, K. H. M., Kumar, R., Bhogireddy, S., Varshney, R., Hanumantharao, B., Nair, R. M., Prasad, P. V. V., & Nayyar, H. (2018). Drought or/and heat-stress effects on seed filling in food crops: impacts on functional biochemistry, seed yields, and nutritional quality. *Frontiers in Plant Science, 9*(1705), 1-19. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01705

Seyed Sharifi, R., Ganbari, P., Khavazi, K., & Kamari, H. (2016). Study of interaction between nitrogen and biofertilizers on yield, grain growth of wheat and fertilizer use efficiency. *Journal of Soil Biology, 4*(1), 1-14. DOI: 10.22092/SBJ.2016.106754 (in Persian)

Tahir, M., Khalid, U., Ijaz, M., Mustafa Shah, Gh., Naeem, M. A., Shahid, M., Mahmood, Kh., Ahmad, N., & Kareem, F. (2018). Combined application of bio-organic phosphate and phosphorus solubilizing bacteria (*Bacillus* strain MWT 14) improve the performance of bread wheat with low fertilizer input under an arid climate. *Brazilian Journal of Microbiology, 49*, 15-24. https://doi.org/10.1016/j.bjm.2017.11.005