Shahid Bahonar University of Kerman
Agricultural Biotechnology Journal
Iranian Biotechnology Society
Print ISSN: 2228-6705 Online ISSN: 2228-6500

Does transfer of awn controlling genes to the Roshan bread wheat cultivar affect yield and yield components of this cultivar under well-watered conditions?

Khadijeh Mohammadi

MS.C. Student, Department of Genetics and Crop Production, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. E-mail address: khakhamaneshi5@gmail.com

Ali Kazemipour

Assistant Professor, Department of Genetics and Crop Production, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. E-mail address: ali.kazemipour@uk.ac.ir

Mehdi Mohayeji

Assistant Professor, Department of Genetics and Crop Production, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. E-mail address: mohayeji@uk.ac.ir

Roohollah Abdolshahi

*Corresponding author. Associate Professor, Department of Genetics and Crop Production, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. E-mail address: abdoshahi@uk.ac.ir

Abstract

Objective

Awns increase photosynthesis, reduce bird damage, and play a distinct role in grains spreading of wild species. However, there are some challenges to its effect on grain yield under irrigated conditions. The objective of this research was evaluation the effect of awns on important agronomic traits including grains number per spike, 1000-grain weight and earliness. For this purpose, near-isogenic line in Roshan's background was developed to assess the effect of this trait on yield and yield components.

Materials and methods

In the present study, in a 10-year wheat breeding program (from 2010 to 2020), awny head characteristic was transferred from Mahdavi to Roshan using backcrossing. In the second generation of the fifth backcross (BC_5F_2), awny and awnless progenies (isogenic lines with the genetic background of Roshan) were selected. Isogenic lines and their parents (Roshan and

Mahdavi) were evaluated in a randomized complete block design with five replications in the 2021-2022 cropping season under irrigated conditions.

Results

In the present research, the awny head character was successfully transferred from Mahdavi to the Roshan cultivar. The awny Roshan was cultivated under farm conditions (300 plants m-2). The results of mean comparisons showed that, out of the 16 evaluated agronomical traits, only three traits including grains number per spike, spikelet number per spike, and plant height were affected by awns. Awny head characteristic increased grain yield by 820 kg/ha in comparison with Roshan, but it was not significant. Awny Roshan produced 26% more grains number per spike than Roshan. The significant increase of spikelet number per spike in awny line also confirmed the increasing of grains number per spike. In comparison with Roshan, awned isogenic line had 12 cm higher plant height, where 6 cm was due to awn length.

Conclusions

Awns not only did not hurt the wheat yield under irrigated conditions of Kerman but also potentially can increase grain yield by increasing the number of grains per plant. Due to the reduction of bird damage, the promising line produced in the present research can be an appropriate alternative for the Roshan cultivar.

Keywords: Correlated response, Grain yield, Isogenic lines, Wheat breeding.

Paper Type: Research Paper.

Citation: Mohammadi K, Kazemipour A, Mohayeji M, Abdolshahi R (2023) Does transfer of awn controlling genes to the Roshan bread wheat cultivar affect yield and yield components of this cultivar under well-watered conditions? *Agricultural Biotechnology Journal* 15 (3), 41-56.

Agricultural Biotechnology Journal 15 (3), 41-56. DOI: 10.22103/jab.2023.20968.1454

Received: April 17, 2023. Received in revised form: June 07, 2023.

Accepted: June 08, 2023. Published online: September 30, 2023.

Publisher: Faculty of Agriculture and Technology Institute of Plant Production, Shahid Bahonar University of Kerman-Iranian Biotechnology Society.

© the authors

مجله بیوتکنولوژی کشاورزی
شاپا چاپی: ۶۷۰۵-۲۲۲۸ شاپا الکترونیکی: ۶۵۰۰-۲۲۲۸

آیا انتقال ژن‌های ریشک‌داری به رقم روشن گندم عملکرد و اجزای عملکرد آن را در شرایط آبی تحت تأثیر قرار می‌دهد؟

خدیجه محمدی

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران. رایانامه: khakhamaneshi5@gmail.com

علی کاظمی‌پور

استادیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران. رایانامه: ali.kazemi@ac.ir

مهدی مهیجی

استادیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران. رایانامه: Mohayeji@uk.ac.ir

روح‌اله عبدالشاهی

*نویسنده مسئول: دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران. رایانامه: abdoshahi@uk.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۸ تاریخ دریافت فایل اصلاح شده نهایی: ۱۴۰۲/۰۳/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۸

چکیده

هدف: ریشک باعث افزایش فتوسنتز و کاهش خسارت پرندگان می‌شود و در انتشار بذر گونه‌های وحشی نقش ویژه‌ای ایفا می‌کند. با وجود این، در مورد نقش آن در افزایش و یا کاهش عملکرد در شـرایط زراعت آبی اختلاف نظرهای زیادی وجود دارد. هدف این پژوهش برر سی تأثیر ریشک بر صفات مهم زراعی مانند تعداد دانه در سنبله، وزن ۱۰۰۰ دانه و زودر سی بود و بدین منظور لاین تقریبا ایزوژن (NIL) در زمینه ژنتیکی رقم روشن برای صفت ریشک ایجاد و نقش این صفت در عملکرد و اجزای عملکرد بررسی گردید.

مواد و روش‌ها: در پژوهش حاضـر در یک برنامه ۱۰ سـاله به‌نژادی (از سـال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۹)، ریشـک‌داری با اسـتفاده از روش تلاقی برگشتی از رقم مهدوی به رو شن منتقل شد. در نسل دوم تلاقی برگشتی پنجم (BC_5F_2) نتاج ریشک‌دار و بدون ریشک

(لاین‌های ایزوژن با زمینه ژنتیکی روشن) گزینش شدند. لاین‌های ایزوژن همراه با والدین تلاقی (روشن و مهدوی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در شرایط زراعت آبی کرمان مورد ارزیابی قرار گرفتند.

نتایج: در این پژوهش انتقال ریشک از رقم مهدوی به رقم روشن با موفقیت انجام شد. نتاج روشن ریشک‌دار با تراکم زراعی (۳۰۰ بوته در متر مربع) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد از ۱۶ صفت مهم زراعی مورد ارزیابی فقط تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله و ارتفاع بوته تحت تأثیر ریشک قرار گرفت. ریشک باعث افزایش عملکرد رقم روشن به میزان ۸۲۰ کیلوگرم در هکتار شد، ولی این افزایش معنی‌دار نبود. لاین روشن ریشکدار نسبت به روشن ۲۶٪ تعداد دانه در سنبله بیشتری تولید کرد. افزایش ۱۲ درصدی تعداد سنبلچه در سنبله لاین ریشک‌دار نیز افزایش تعداد دانه در سنبله را تأیید می‌نماید. لاین ایزوژن ریشک‌دار نسبت به رقم روشن به طور متوسط ۱۲ سانتی‌متر ارتفاع بیشتری داشت که ۶ سانتی‌متر آن به خاطر طول ریشک بود.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان داد ریشک‌داری نه تنها تأثیر منفی بر عملکرد گندم در شرایط آبی ندارد، بلکه با افزایش تعداد دانه در بوته می‌تواند باعث افزایش عملکرد شود. لاین امیدبخش ایجاد شده به دلیل کاهش خسارت پرندگان، می‌تواند جایگزین مناسبی برای رقم روشن باشد.

کلیدواژه‌ها: به‌نژادی گندم، پاسخ همبسته، لاین‌های ایزوژن، عملکرد دانه.

نوع مقاله: پژوهشی.

استناد: محمدی خدیجه، کاظمی‌پور علی، مهیجی مهدی، عبدالشاهی روح اله (۱۴۰۲) آیا انتقال ژن‌های ریشک‌داری به رقم روشن گندم عملکرد و اجزای عملکرد آن را در شرایط آبی تحت تأثیر قرار می‌دهد؟ *مجله بیوتکنولوژی کشاورزی*، ۱۵(۳)، ۴۱-۵۶.

Publisher: Faculty of Agriculture and Technology Institute of Plant Production, Shahid Bahonar University of Kerman-Iranian Biotechnology Society.

© the authors

مقدمه

گندم نان یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی جهان است و کالری مورد نیاز بیش از ۴۰ درصد مردم جهان را تامین می‌نماید (Du et al. 2021). برای بهبود عملکرد گندم، به صفات ثانویه از جمله ریشک به دلیل همبستگی بالا با عملکرد گندم نان توجه شده است. ریشک اندام سوزنی شکلی است که روی نوک لما قرار گرفته است، در انتشار بذر گیاهان وحشی نقش ویژه‌ای ایفا می‌نماید (Elbaum et al. 2007; Guo and Schnurbusch 2016) و در فعالیت فتوسنتزی گندم مشارکت مؤثری دارد (Rebetzke et al. 2016). در مقایسه لاین‌های ایزوژن ریشک‌دار و بدون ریشک در شرایط زراعت آبی مشخص شد که در

خلال پر شدن دانه، ریشک نرخ فتوسنتز خالص سنبله را دو برابر می‌نماید. در حالی که، در شرایط تنش خشکی، نقش فتوسنتزی سنبله در ایزوژن‌های بی‌ریشک و ریشک‌دار به ترتیب ۲۴-۱۳ درصد و ۴۳-۳۴ درصد افزایش می‌یابد (Evan et al. 1972). به خاطر ساختار سه بعدی، ریشک سطح فتو سنتزی و سیعی ایجاد می‌نماید که شامل ۶۰٪ سطح فتو سنتز کننده سنبله می شود (Motzo and Giunta 2002) و قرار گرفتن آنها بالای کانوپی، جایی که نور و دی‌اکسید کربن نامحدود است، به آن امکان حداکثر سازی تولید مواد فتوسنتزی را می‌دهد (Rebetzke et al. 2016). ریشک به اندازه ۶۰٪ سنبل (Teare et al. 1972) بیش از ۱۲٪ کل کانوپی (Olugbemi et al. 1976) فتوسنتز انجام می‌دهد. با در نظر گرفتن شرایط رشدی مختلف، هر دو جنبه تأثیر مثبت و منفی ریشک بر عملکرد گندم قابل تصور است (Maydup et al. 2010; Masoudi et al. 2019) ریشک با فتوسنتز بیشتر باعث بهبود عملکرد می شود (Elbaum et al. 2007; Guo and Schnurbusch 2016) در برخی از شرایط زراعی، به ویژه در شرایط زراعت آبی، ریشک باعث کاهش عملکرد می‌گردد. گزارش‌هایی مبنی بر افزایش تعرق و کاهش کارایی مصرف آب لاین‌های ریشک‌دار وجود دارد (Hosseini et al. 2012). مهم‌ترین تأثیر منفی ریشک مصرف مواد فتوسنتزی برای توسعه ریشک است (Guo and Schnurbusch 2016). در رابطه با تأثیر ریشک بر عملکرد، گزارش‌های ضد و نقیضی از ۱۶ درصد افزایش عملکرد (Olugbemi et al. 1976; rebetzke et al. 2016; Nie et al. 2020) تا کاهش عملکرد (Teich 1982; Knott 1986; Du et al. 2021) وجود دارد. ریشک‌دارها در شرایط گرم، خشک و دیم و بی‌ریشک‌ها در شرایط زراعت آبی عملکرد مناسب‌تری دارند (Rebetzke et al. 2016). به طور کلی، با توجه به موارد مطرح شده، ریشک در شرایط سخت زراعی مانند خشکی و گرما مزیت دارد ولی در شرایط نرمال حتی ممکن است باعث کاهش عملکرد گردد. کنترل ژنتیکی ریشک در گندم نان نسبتاً ساده است. ژن‌های غالب که در بازوی کوتاه کروموزوم 4A، بازوی بلند کروموزوم 5A و بازوی کوتاه 6B قرار دارند، بی‌ریشک بودن را کنترل می‌نمایند (Sourdille et al. 2002; Rebetzke et al. 2016). ژن B_1 که در بازوی بلند کروموزوم 5A قرار دارد مهم‌ترین ژن کنترل‌کننده بی‌ریشکی است. این ژن باعث ایجاد ریشک با طول کوچک در انتهای سنبله و افزایش تعداد سنبلچه در سنبله و کاهش وزن دانه می شود (DeWitt et al. 2020). زمینه ژنتیکی نیز بر طول ریشک تاثیرگذار است (Rebetzke et al. 2016). هدف این پژوهش انتقال صفت ریشک‌داری از رقم مهدوی به رقم روشن بود تا علاوه بر اهداف کاربردی، ارتباط این صفت با عملکرد و صفات مهم زراعی مورد بررسی قرار گیرد

مواد و روش‌ها

انتقال ریشک‌داری از رقم مهدوی به روشن- تولید لاین ایزوژن برای ریشک: ارقام روشن و مهدوی در پائیز ۱۳۸۹ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان کشت شدند. با هدف انتقال ریشک‌داری از رقم مهدوی به رقم روشن، تلاقی بین دو رقم در بهار ۱۳۹۰ و تلاقی برگشتی F_1 با والد روشن در بهار ۱۳۹۱ انجام شد. نتاج تلاقی برگشتی

نخست (BC_1F_1) خودگشن شدند و در بهار ۱۳۹۳ نتاج ریشک‌دار (BC_1F_2) گزینش و تلاقی برگشتی دوم (BC_2F_1) داده شد. در بهار ۱۳۹۴ تلاقی برگشتی سوم (BC_3F_1) داده شد و پس از یک نسل خودگشنی در بهار ۱۳۹۶ نتاج ریشک‌دار گزینش و تلاقی برگشتی چهارم (BC_4F_1) انجام شد. در بهار ۱۳۹۷ تلاقی برگشتی پنجم (BC_5F_1) انجام و نتاج خودگشن شدند تا BC_5F_2 حاصل شود. در سال ۱۳۹۹ از جمعیت BC_5F_2 نتاج ریشک‌دار و بدون ریشک به طور جداگانه برداشت شدند تا لاین‌های ایزوژن را برای صفت ریشک‌داری تشکیل دهند. بر اساس محاسبات ژنتیکی، نتاج ریشک‌دار ۹۸/۴۴ درصد با رقم رو شن شباهت ژنتیکی داشتند.

ارزیابی مزرعه‌ای: والد تکراری (رقم رو شن)، دو لاین ایزوژن (ریشک‌دار و بدون ریشک) با زمینه ژنتیکی رو شن و والد بخشنده (رقم مهدوی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در شرایط زراعت آبی در کرمان مورد ارزیابی قرار گرفتند. عملیات کاشت در تاریخ ۱۱ آبان و با تراکم ۳۰۰ بوته در متر مربع انجام شد. سطح قابل برداشت هر کرت، پس از حذف حاشیه ۱۰ متر مربع بود. کودهای سوپر فسفات تریپل و اوره به ترتیب به میزان ۱۵۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار به مزرعه داده شد. سوپر فسفات تریپل هم‌زمان با کاشت و اوره در سه نوبت (۱۰ اسفند، ۲۸ اسفند و ۲۰ فروردین به ترتیب به میزان ۵۰، ۱۲۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار) به مزرعه داده شد. علف‌های هرز مزرعه به صورت دستی وجین شدند.

در این پژوهش طول ریشک، ارتفاع بوته، طول پدانکل، تعداد گره، طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، مساحت برگ پرچم، تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، طول دوره پر شدن دانه، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبلچه، عملکرد دانه، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه مورد ارزیابی قرار گرفت. عملکرد هر کرت از سطح ۱۰ متر مربع حاصل شد و به تن در هکتار تبدیل گردید. تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین تیمارها با آزمون دانکن و با استفاده از نرم‌افزار SAS v9.1 (SAS Institute Inc, 2004) انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجریه واریانس نشان داد بین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی تفاوت معنی‌داری از لحاظ صفات ارتفاع بوته، طول پدانکل، تعداد گره، عرض برگ پرچم، طول برگ پرچم، طول ریشک، طول دوره پر شدن، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبلجه، وزن ۱۰۰۰ دانه، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه وجود داشت. در حالی که این ژنوتیپ‌ها از لحاظ طول برگ پرچم، سطح برگ پرچم، تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی با هم اختلاف معنی‌دار نداشتند. مقایسه گروهی رقم روشن در مقابل ایزولاین بی‌ریشک روشن برای تعداد سنبلچه در سنبله و طول ریشک معنی‌دار بود. مقایسه رقم روشن در مقابل روشن ریشک‌دار نشان داد ریشک‌داری بر ارتفاع بوته، طول برگ پرچم، طول ریشک، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری گذاشته

است. همچنین مقایسه گروهی ایزولاین روشن ریشک‌دار در مقابل ایزولاین بی‌ریشک روشن برای ارتفاع بوته، طول پدانکل، عرض برگ پرچم، طول ریشک، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱).

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات مورد بررسی

Table 1. Analysis of variance of evaluated traits

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	طول پدانکل Peduncle length	تعداد گره Node number	عرض برگ پرچم Flag leaf width	طول برگ پرچم Flag leaf length	سطح برگ پرچم Flag leaf area	طول ریشک Awn length
بلوک Replication	4	37.19^{ns}	3.02^{ns}	0.09^{ns}	0.02^{ns}	4.24^{ns}	16.09^{ns}	0.09^{ns}
ژنوتیپ Genotype	3	972.23**	242.65**	0.16*	0.03*	15.28^{ns}	17.98^{ns}	61.31**
رقم روشن vs ایزولاین بی‌ریشک روشن Roshan *vs* awnless isogenic line of Roshan	1	23.87^{ns}	47.39^{ns}	0.00^{ns}	0.02^{ns}	1.41^{ns}	19.82^{ns}	0.63*
رقم روشنvs ایزولاین ریشک‌دار روشن Roshan *vs* awned isogenic line of Roshan	1	339.31**	14.21^{ns}	0.05^{ns}	0.03^{ns}	31.97*	31.86^{ns}	82.60**
ایزولاین ریشک‌دار روشن vs ایزولاین بی‌ریشک روشن Awned isogenic line of Roshan *vs* awnless isogenic line of Roshan	1	183.18*	132.42**	0.03^{ns}	0.10**	19.38^{ns}	1.42^{ns}	58.10**
خطا Error	12	25.30	10.48	0.03	0.01	6.64	18.07	0.14
ضریب تغییرات Coefficient of variation	-	3.65	6.31	4.52	5.14	11.31	13.40	2.11

ژنوتیپ Genotype	درجه آزادی Degree of freedom	تعداد دانه در سنبله Grains per spike	تعداد روز تا رسیدگی Days to ripening	طول دوره پر شدن دانه Grain filling period	تعداد سنبلچه در سنبله Spikelet per spike	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000-grain weight	تعداد روز تا گلدهی Days to heading	عملکرد دانه Grain yield
بلوک Replication	4	10.81^{ns}	21.13^{ns}	2.29^{ns}	0.46^{ns}	5.84^{ns}	18.92*	1.68*
ژنوتیپ Genotype	3	428.77**	12.61^{ns}	11.42*	4.50**	52.83**	8.73^{ns}	2.13**
رقم روشن vs ایزولاین بی‌ریشک روشن Roshan *vs* awnless isogenic line of Roshan	1	10.98^{ns}	12.10^{ns}	0.90^{ns}	7.50**	1.24^{ns}	19.60^{ns}	0.02^{ns}
رقم روشنvs ایزولاین ریشک‌دار روشن Roshan *vs* awned isogenic line of Roshan	1	255.07**	8.10^{ns}	0.10^{ns}	10.81**	0.78^{ns}	10.00^{ns}	1.66*
ایزولاین ریشک‌دار روشن vs ایزولاین بی‌ریشک روشن Awned isogenic line of Roshan *vs* awnless isogenic line of Roshan	1	186.88**	0.40^{ns}	0.40^{ns}	0.40^{ns}	4.27^{ns}	1.60^{ns}	2.02*
خطا Error	12	19.91	9.88	2.75	0.25	5.36	5.02	0.33
ضریب تغییرات Coefficient of variation	-	8.46	1.50	3.21	12.21	3.96	1.43	9.10

*، ** و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵٪، معنی‌داری در سطح ۱٪ و غیرمعنی‌دار را نشان می‌دهد

*, ** and ns show significance at 5% probability level, significance at 1% probability level and non-significance, respectively

مقایسه میانگین تیمارها شامل والد تکراری (رقم روشن)، دو لاین ایزوژن (ریشک‌دار و بدون ریشک) با زمینه ژنتیکی روشن و والد بخشنده (رقم مهدوی) برای صفات مهم زراعی با روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد (جدول ۲ و شکل‌های ۱ تا ۵). رقم روشن و لاین ایزوژن ریشک‌دار با زمینه ژنتیکی روشن در صفات طول پدانکل، تعداد گره، عرض برگ پرچم، طول برگ پرچم، مساحت برگ پرچم، تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، طول دوره پر شدن و تعداد دانه در سنبلچه با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). این امر نشان می‌دهد ریشک با این صفات همبستگی ژنتیکی ندارد. از طرف دیگر این دو ژنوتیپ از لحاظ ارتفاع بوته و تعداد سنبلچه در سنبله با هم اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۲). با توجه به این که در اندازه‌گیری ارتفاع بوته طول ریشک نیز لحاظ شده است، افزایش معنی‌دار ارتفاع لاین روشن ریشکدار نسبت به روشن دور از انتظار نبود. اما نکته مهم که از لحاظ به‌نژادی و زراعی دارای اهمیت زیادی است، افزایش تعداد سنبلچه در سنبله لاین روشن ریشک‌دار است. نتایج نشان داد، ریشک‌داری باعث افزایش ۲/۳۲ سنبلچه در سنبله (افزایش ۱۲/۴۱ درصدی تعداد سنبلچه در سنبله) می‌گردد. ریشک بلند ویژگی مهم تیپ ایده‌آل گندم پرمحصول، به ویژه در شرایط دیم است و ارتباط مثبتی با عملکرد و اجزای عملکرد دارد (Reynolds and Tuberosa, 2008).

جدول ۲. مقایسه میانگین صفات مورد بررسی با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪

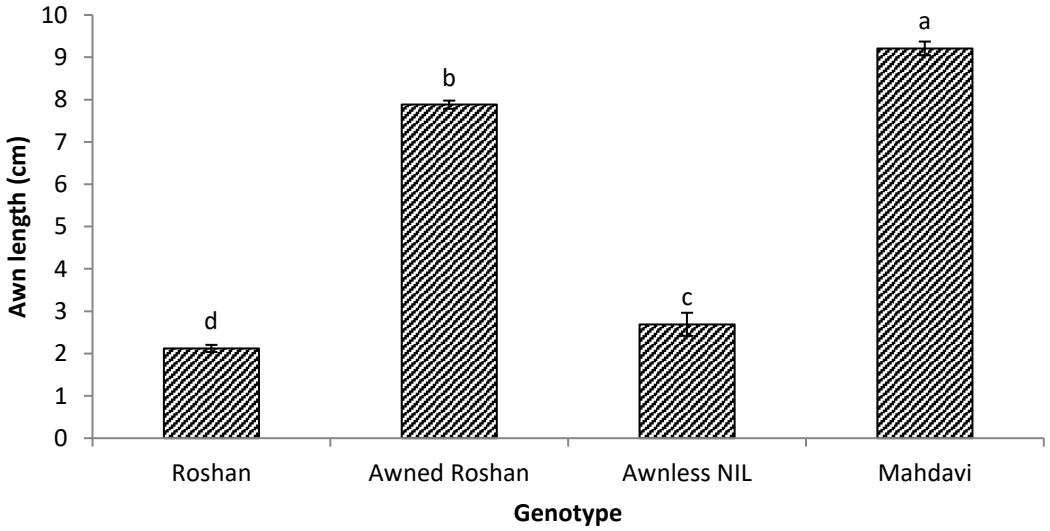
Table 2. Mean comparison of evaluated traits using Duncan multiple range test at 5% probability level

ژنوتیپ Genotype	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول پدانکل Peduncle length (cm)	تعداد گره Node number	عرض برگ پرچم Flag leaf width (cm)	طول دوره پر شدن دانه Grain filling period	تعداد سنبلچه در سنبله Spikelet per spike	تعداد دانه در سنبلچه Grains per spikelet
روشن Roshan	139.54±2.83^{b}	55.21±1.34^{ab}	3.76±0.12^{a}	1.72±0.03^{ab}	52.60±0.40^{b}	18.70±0.17^{b}	2.21±0.11b^{c}
لاین ایزوژن روشن ریشک‌دار Awned Roshan	151.19±1.99^{a}	57.90±1.12^{a}	3.90±0.09^{a}	1.63±0.04^{b}	52.40±0.75^{b}	21.02±0.26^{a}	2.56±0.13^{b}
لاین ایزوژن بی‌ریشک Awnless NIL	142.63±0.93^{b}	50.62±1.62^{b}	3.85±0.08^{a}	1.82±0.05^{a}	52.00±0.84^{b}	20.42±0.31^{a}	2.14±0.05^{c}
مهدوی Mahdavi	118.36±3.12^{c}	41.84±1.06^{c}	3.48±0.10^{b}	1.72±0.05^{ab}	55.50±0.85^{a}	19.42±0.22^{b}	3.29±0.06^{a}

- در هر ستون، تیمارهایی که حداقل یک حرف مشابه داشته باشند اختلاف معنی‌دار ندارند

- In each column, treatments with at least a common letter are not significantly difference

دو لاین ایزوژن روشن ریشک‌دار و لاین ایزوژن بی‌ریشک اختلاف معنی‌داری از لحاظ تعداد سنبلچه در سنبله نداشتند. در سایر موارد لاین ایزوژن بی‌ریشک تفاوت معنی داری با رقم روشن نداشت (جدول ۲). به‌نژادی برای افزایش طول ریشک باعث شد طول ریشک رقم روشن از ۲/۱۲ به ۷/۸۸ سانتی‌متر افزایش یابد (شکل ۱). طول ریشک نتاج بدون ریشک با زمینه ژنتیکی روشن ۰/۵۷ سانتی‌متر از روشن بیشتر بود. در نسل BC_5F_2 نتاج بی‌ریشکی که گزینش شدند در نسل بعد (مقایسه عملکرد در مزرعه) تفرق نشان دادند و به همین دلیل طول ریشک این لاین ایزوژن اندکی بیش از رقم روشن است. از طرف دیگر، طول ریشک والد بخشنده یعنی مهدوی (۹/۲۱ سانتی متر) نیز به طور معنی‌داری بیشتر از لاین ایزوژن ریشک‌دار روشن (۷/۸۸ سانتی متر) است. این امر اثر متقابل زمینه ژنتیکی و ژن‌های ریشک‌داری را نشان می‌دهد. تأثیر زمینه ژنتیکی بر طول ریشک در پژوهش‌های پیشین نیز تأیید شده بود (Rebetzke et al. 2016; DeWitt et al. 2020). همچنین ممکن است در فرایند به‌نژادی برای افزودن ریشک به رقم روشن، تعدادی از ژن‌های کوچک اثر از دست رفته باشند.

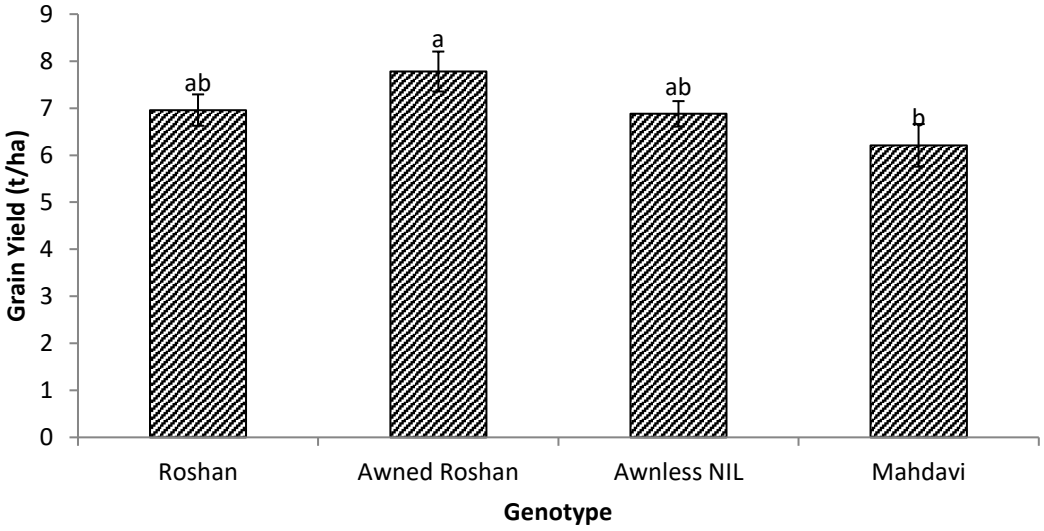


شکل ۱. مقایسه میانگین طول ریشک روشن (والد تکراری)، لاین‌های ایزوژن و مهدوی (والد بخشنده) با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪

Figure 1. Mean comparison of Roshan (Recurrent parent), isogenic lines and Mahdavi (donor parent) for awn length using Duncan multiple range test at 5% probability level

انتقال ریشک از ارقام (لاین‌های) ریشک‌دار به ارقام بدون ریشک با استفاده از تلاقی برگشتی در پژوهش‌های متعددی انجام شده (Teare et al. 1972; Teich et al. 1982; Motzo and Giunta 2002; Rebetzke et al. 2016) و با توجه به محیط زراعی هدف، تأثیر متفاوتی بر عملکرد داشته است. افزایش عملکرد عمدتاً در شرایط تنش خشکی، شوری و در برخی موارد شرایط زراعت آبی (Olugbemi et al. 1976; Matrin et al. 1993; Motzo and Giunta 2002; rebetzke et al.

(Teich 1982; Knott 1986; Du et al. 2021) و کاهش عملکرد مربوط به شرایط زراعت آبی (2016; Nie et al. 2020 بوده است. در این پژوهش ریشک باعث افزایش ۱۱/۷۸ درصدی عملکرد رقم روشن در شرایط زراعت آبی شد، ولی این اختلاف نسبت به والد تکراری (روشن) معنی‌دار نبود (شکل ۲). ارتباط سطح ریشک با عملکرد (r=۰/۷۲) نسبت به سطح برگ پرچم با عملکرد (r=۰/۴۹) هم قوی‌تر گزارش شده است (Teare and Petersen 1971). ریشک کارکرد بسیار مهم دیگری نیز دارد. وجود ریشک باعث کاهش شدید خسارت پرندگان می‌شود که از لحاظ اقتصادی بسیار مورد توجه است. بر اساس ارزیابی‌های مزرعه، خسارت پرندگان به ارقام بی‌ریشک در برخی از سال‌ها از ۵۰٪ هم فراتر می‌رود.

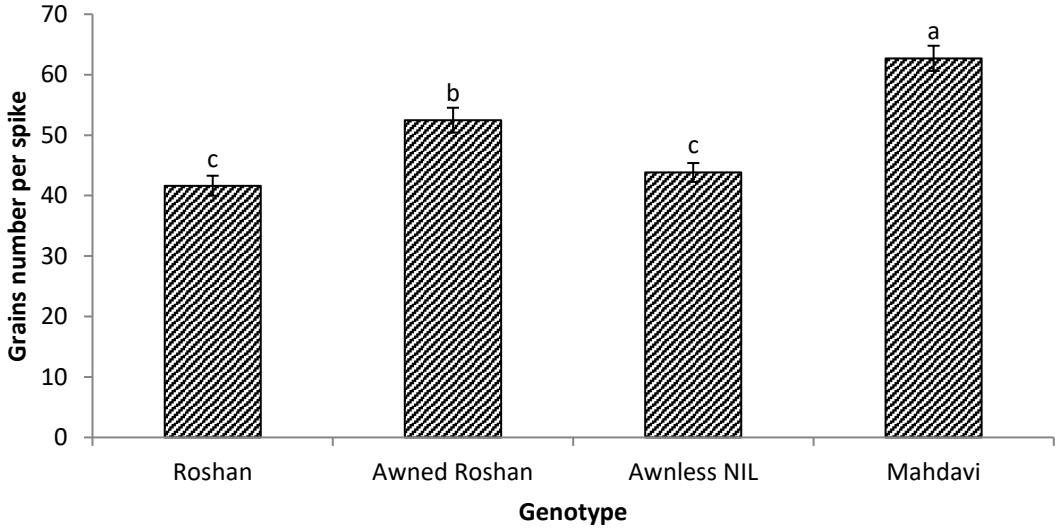


شکل ۲. مقایسه میانگین عملکرد دانه رقم روشن (والد تکراری)، لاین‌های ایزوژن و مهدوی (والد بخشنده) با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪

Figure 2. Comparison of Roshan (Recurrent parent), isogenic lines and Mahdavi (donor parent) for grain yield using Duncan multiple range test at 5% probability level

در رابطه با اجزای عملکرد، فقط تعداد دانه در سنبله به طور مثبت و معنی‌داری تحت تأثیر طول ریشک قرار گرفت (شکل ۳). گزینش برای ریشک‌داری در رقم روشن باعث افزایش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله از ۴۱/۶۳ به ۵۲/۴۷ شد. این افزایش ۲۶ درصدی تعداد دانه در سنبله، نشان دهنده پتانسیل خوب گزینش برای ریشک‌داری در برنامه‌های به‌نژادی است. افزایش ۱۲/۴۱ درصدی تعداد سنبلچه در سنبله لاین ایزوژن ریشک‌دار (جدول ۲) نیز این مسئله را تأیید می‌نماید. هرچند نتایج این پژوهش نشان داد به‌نژادی برای افزایش اندازه ریشک باعث بهبود تعداد دانه در سنبله می‌شود، پژوهش‌هایی نشان می‌دهند ریشک‌داری باعث کاهش این صفت می‌گردد (Rebetzke et al. 2016; DeWitt et al. 2020). دلیل این امر می‌تواند به اثر متفاوت ژن‌های مختلف کنترل کننده

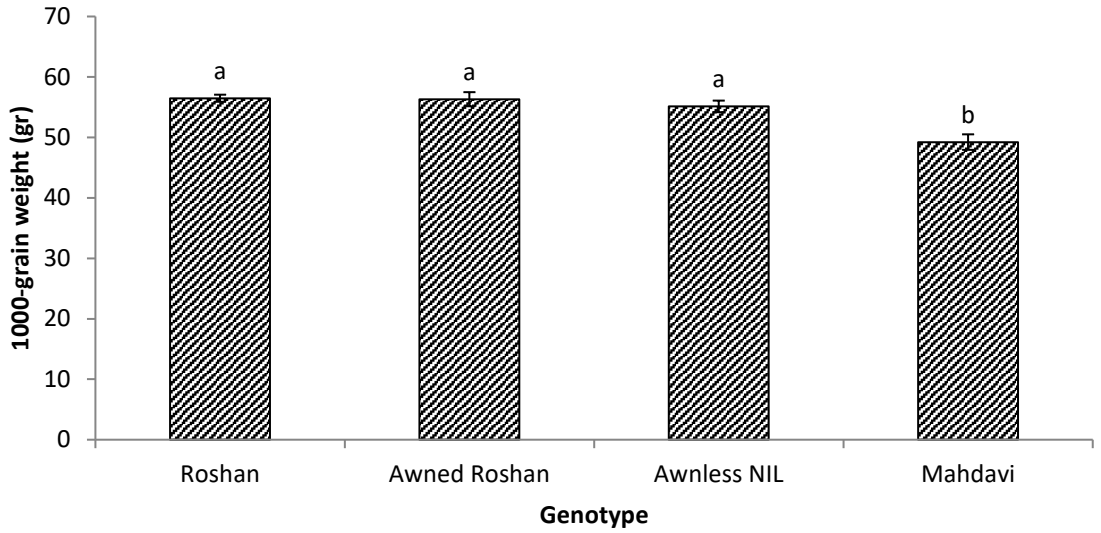
ریشک بر تعداد دانه در سنبله مربوط باشد. به عنوان مثال ژن *b1* باعث ریشک‌داری و کاهش تعداد دانه در سنبله می‌شود (DeWitt et al. 2020). از آنجایی که سه ژن شناخته شده غالب روی کروموزوم‌های 4A، 5A و 6B بی‌ریشکی را کنترل می‌نمایند (Sourdille et al. 2002; Rebetzke et al. 2016) و ممکن است ژن‌های کوچک اثر دیگری نیز در کنترل این صفت نقش داشته باشند، ترکیب ژنی متفاوت موجود در مواد آزمایشی می‌تواند باعث ایجاد پاسخ متفاوت شوند. دو لاین ایزوژن روشن ریشک‌دار و لاین ایزوژن بی‌ریشک اختلاف معنی‌داری از لحاظ تعداد دانه در سنبله نداشتند.



شکل ۳. مقایسه میانگین تعداد دانه در سنبله رقم روشن (والد تکراری)، لاین‌های ایزوژن و مهدوی (والد بخشنده) با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪

Figure 3. Comparison of Roshan (Recurrent parent), isogenic lines and Mahdavi (donor parent) for grains number per spike using Duncan multiple range test at 5% probability level

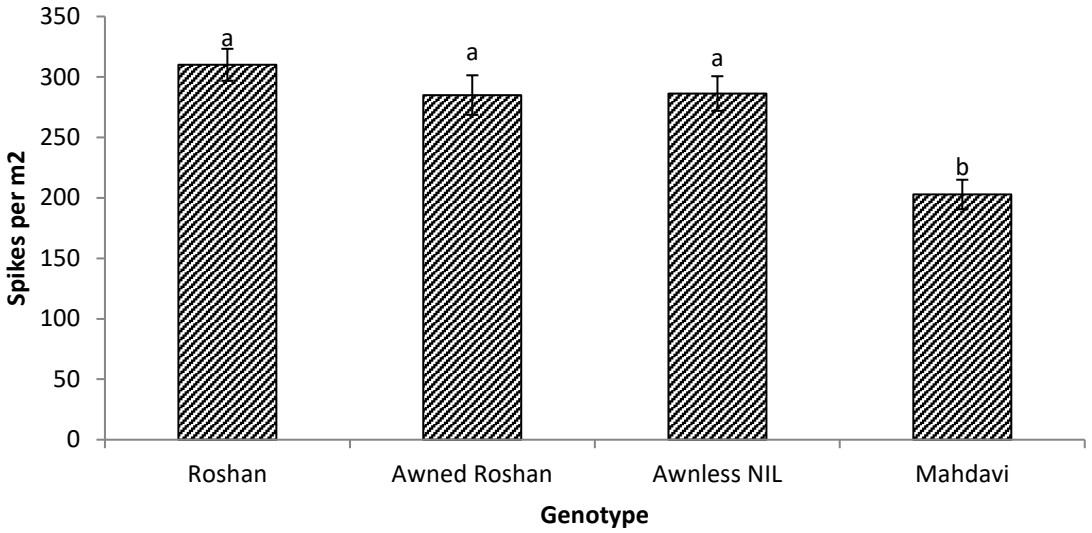
در این پژوهش، گزینش برای ریشک‌داری تأثیری بر وزن ۱۰۰۰ دانه (شکل ۴) و تعداد سنبله در متر مربع (شکل ۵) نداشت که مورد دوم کاملاً قابل انتظار بود. بر خلاف این نتایج، برخی یافته‌ها نشان می‌دهند ریشک‌داری باعث بهبود وزن ۱۰۰۰ دانه می‌شود (Rebetzke et al. 2016; DeWitt et al. 2020). به طور کلی رابطه تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه معکوس است (Dorraninejad et al. 2022)، یعنی با افزایش تعداد دانه در بوته وزن ۱۰۰۰ دانه کاهش می‌یابد. در پژوهش حاضر ریشک‌داری باعث افزایش تعداد دانه در بوته شد و در نتیجه آن وزن هزار دانه لاین ایزوژن ریشک‌دار نسبت به رقم روشن معنی‌دار نشد. دو لاین ایزوژن روشن ریشک‌دار و لاین ایزوژن بی‌ریشک اختلاف معنی‌داری از لحاظ عملکرد نداشتند.



شکل ٤. مقایسه میانگین وزن ۱۰۰۰ دانه رقم روشن (والد تکراری)، لاین‌های ایزوژن و مهدوی (والد بخشنده) با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪

Figure 4. Mean comparison of Roshan (Recurrent parent), isogenic lines and Mahdavi (donor parent) for 1000-grain weight using Duncan multiple range test at 5% probability level

این پژوهش نشان داد که ریشک‌داری تأثیری بر تعداد سنبله در متر مربع نداشت (شکل ۵). همسو با پژوهش حاضر، در پژوهش‌های پیشین (Olugbemi et al. 1976; Matrin et al. 1993; Motzo and Giunta 2002; rebetzke et al. 2016; Nie et al. 2020) نیز ارتباط مثبتی بین طول ریشک و تعداد سنبله در متر مربع مشاهده نشد. به طور کلی می‌توان گفت برنامه به‌نژادی ۱۰ ساله دانشگاه شهید باهنر کرمان برای اعطای ریشک‌داری به رقم روشن موفق بوده است و لاینی با زمینه ژنتیکی روشن و ۷/۷۸ سانتی متر ریشک ایجاد شد (شکل ۶). هدف اصلی این پروژه کاهش خسارت پرندگان به این رقم بود. رقم روشن در سال ۱۳۳۷ معرفی شده و در مناطقی از کرمان و دیگر استان‌های کشور که با کمبود آب، تنش شوری و شرایط ضعیف خاک مواجه هستند با تولید عملکرد دانه و کاه قابل قبول موفق بوده است (Abdolshahi et al. 2015). با وجود این، نداشتن ریشک (در واقع ریشک بسیار کوچکی دارد) باعث شده است این رقم در مقابل هجوم پرندگان بسیار آسیب‌پذیر باشد. پس از اضافه کردن ریشک به این رقم مشخص شد ریشک‌داری به طور معنی‌داری باعث افزایش تعداد دانه در سنبله می‌شود ولی تعداد سنبله در متر مربع و وزن ۱۰۰۰ دانه را تغییر نمی‌دهد. افزایش معنی‌دار تعداد سنبلچه در سنبله نیز افزایش تعداد دانه در سنبله را تأیید کرد.



شکل ۵. مقایسه میانگین تعداد سنبله در متر مربع رقم روشن (والد تکراری)، لاین‌های ایزوژن و مهدوی (والد بخشنده) با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪

Figure 5. Mean comparison of Roshan (Recurrent parent), isogenic lines and Mahdavi (donor parent) for spikes number per m^2 using Duncan multiple range test at 5% probability level

شکل ٦. مقایسه میزان ریشک در سنبله روشن (سمت چپ) و لاین ایزوژن روشن+ریشک (سمت راست)

Figure 5. Awn comparison of Roshan (left) and awned isogenic line of Roshan (right)

با وجود این، افزایش تعداد دانه در سنبله منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد نشد. بر خلاف برخی گزارش‌ها (Teich 1982; Knott 1986; Du et al. 2021)، در پژوهش حاضر ریشک‌داری تأثیر منفی بر عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط زراعت آبی کرمان نداشت. معرفی لاین امیدبخش جدید می‌تواند باعث کاهش خسارت پرندگان شود و میزان درآمد کشاورزان در واحد سطح را افزایش دهد. در صورت نیاز سایر پژوهشگران، نتاج ایزوژن حاصل شده در این پژوهش در اختیار آن‌ها قرار خواهند گرفت.

نتیجه‌گیری: نتایج تحزیه واریانس صفات نشان داد که در تمام صفات مورد برر سی به جز طول و سطح برگ پرچم بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. مقایسه لاین‌های ایزوژن نشان داد که تعداد سنبلچه در سنبله با ریشک‌دار بودن ارتباط مثبت معنی‌دار دارد. همچنین این پژوهش نشان داد ریشک‌داری نه تنها تأثیر منفی بر عملکرد گندم در شرایط آبی ندارد، بلکه با افزایش تعداد دانه در بوته می‌تواند باعث افزایش عملکرد شود. کاهش معنی‌دار طول ریشک لاین ایزوژن روشن نسبت به والد بخشنده مهدوی نشان دهنده اثر متقابل زمینه ژنتیکی و ژن‌های ریشک‌دار بودن یا وجود ژن‌های کوچک‌اثر در کنترل این پدیده بود. در مجموع لاین ریشک‌دار امیدبخش ایجاد شده با وجود عدم تفاوت معنی‌دار در عملکرد نسبت به والد روشن به دلیل کاهش خسارت پرندگان، می‌تواند جایگزین مناسبی برای رقم روشن باشد.

سپاسگزاری: نگارندگان مقاله از پژوهشکده فناوری تولیدات گیاهی دانشگاه شهید باهنر کرمان به خاطر تامین مالی این پژوهش و استاد ارجمند جناب آقای دکتر یحیی امام برای ارائه نظرات ارزشمند و راهنمایی‌هایشان صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایند.

References

Abdolshahi R, Nazari M, Safarian A et al. (2015) Integrated selection criteria for drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) breeding programs using discriminant analysis. Field Crops Res 174, 20-29.

Bort J, Febrero A, Amaro T, Araus JL (1994) Role of awns in ear water-use efficiency and grain weight in barley. Agronomie 14(2), 133-139.

DeWitt N, Guedira M, Lauer E et al. (2020) Sequence based mapping identifies a candidate transcription repressor underlying awn suppression at the B1 locus in wheat. New Phytol 225(1), 326-339.

Dorrani-Nejad M, Kazemipour A, Maghsoudi-Moud AA, Abdolshahi R (2022) Wheat breeding for early heading: Does it improve grain yield under drought stress and well-watered conditions? Environ Exp Bot 104902.

Du D, Zhang D, Yuan J et al. (2021) FRIZZY PANICLE defines a regulatory hub for simultaneously controlling spikelet formation and awn elongation in bread wheat. New Phytol 231(2), 814-833.

Elbaum R, Zaltzman L, Burgert I, Fratzl P (2007) The role of wheat awns in the seed dispersal unit. Sci 316(5826), 884-886.

Evans LT, Bingham J, Jackson P, Sutherland J (1972) Effect of awns and drought on the supply of photosynthate and its distribution within wheat ears. Ann Appl Biol 70(1), 67-76.

Guo Z, Schnurbusch T (2016) Costs and benefits of awns. J Exp Bot 67(9), 2533.

Hosseini SM, Poustini K, Siddique KH, Palta JA (2012) Photosynthesis of barley awns does not play a significant role in grain yield under terminal drought. Crop Pasture Sci 63(5), 489-499.

Knott DR (1986) Effect of genes for photoperiodism, semidwarfism, and awns on agronomic characters in a wheat cross. Crop sci 26(6), 1158-1162.

Martin JN, Carver BF, Hunger RM, Cox TS (2003) Contributions of leaf rust resistance and awns to agronomic and grain quality performance in winter wheat. Crop Sci 43(5), 1712-1717.

Masoudi B, Mardi M, Hervan EM et al. (2019) Study of QTLs linked to awn length and their relationships with chloroplasts under control and saline environments in bread wheat. Genes Genom 41(2), 223-231.

Maydup ML, Antonietta M, Graciano C et al. (2014) The contribution of the awns of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) to grain filling: Responses to water deficit and the effects of awns on ear temperature and hydraulic conductance. Field Crops Res 167, 102-111.

Motzo R, Giunta F (2002) Awnedness affects grain yield and kernel weight in near-isogenic lines of durum wheat. Aust J Agric Res 53(12), 1285-1293.

Niu J, Zheng S, Shi X et al. (2020) Fine mapping and characterization of the awn inhibitor B1 locus in common wheat (*Triticum aestivum* L.). Crop J 8(4), 613-622.

Olugbemi LB, Austin RB, Bingham J (1976) Effects of awns on the photosynthesis and yield of wheat, *Triticum aestivum.* Ann Appl Biol 84(2), 241-250.

Rebetzke GJ, Bonnett DG, Reynolds MP (2016) Awns reduce grain number to increase grain size and harvestable yield in irrigated and rainfed spring wheat. J Exp Bot 67(9), 2573-2586.

Reynolds M, Tuberosa R (2008) Translational research impacting on crop productivity in drought-prone environments. Curr Opin Plant Biol 11(2), 171-179.

SAS Institute (2004) Base SAS 9.1 procedures guide. Cary (NC): SAS Institute Inc.

Sourdille P, Cadalen T, Gay G, Gill B, Bernard M (2002) Molecular and physical mapping of genes affecting awning in wheat. Plant Breed 121(4), 320-324.

Teare ID, Peterson CJ (1971) Surface area of chlorophyll containing tissue on the inflorescence of *Triticum aestivum* L. 1. Crop Sci 11(5), 627-628.

Teare ID, Sij JW, Waldren RP, Goltz SM (1972) Comparative data on the rate of photosynthesis, respiration, and transpiration of different organs in awned and awnless isogenic lines of wheat. Can J Plant Sci 52(6), 965-971.

Teich AH (1982) Interaction of awns and environment on grain yield in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Cereal Res Commun 11-15.