Cereal Biotechnology and Biochemistry

Online ISSN: 2783-5170

Homepage: https://cbb.razi.ac.ir

Effect of drought stress on some seed characteristics of two bread wheat cultivars with two different qualities

Rahil Golfam[1]✉, Khadijeh Kiarostami[2], Tahmineh Lohrasebi[3], Shabnam Hasrak[4] & Khadijeh Razavi[5]

[1]✉ Department of Plant Physiology, Faculty of Biological Sciences, Alzahra University, Vanak, Tehran, Iran. E-mail: rgolfam@gmail.com

[2] Department of Plant Physiology, Faculty of Biological Sciences, Alzahra University, Vanak, Tehran, Iran. E-mail: su_kiarostami@yahoo.com

[3] Department of Plant Biotechnology, National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology, Tehran, Iran. E-mail: tlohrasebi@gmail.com

[4] Department of Plant Biotechnology, National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology, Tehran, Iran. E-mail: shasrak@yahoo.com

[5] Department of Plant Biotechnology, National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology, Tehran, Iran. E-mail: razavi@nigeb.ac.ir

ABSTRACT

Introduction: Stress is the result of abnormal processes that are formed under the influence of one or a combination of environmental and biological factors. Plants are naturally affected by a wide range of living and non-living stresses. Exposure to stress during the growing season indirectly affects the crop and Gross Domestic Product (GDP). Almost half of all human food needs, especially in Asia, are met directly from cereals. More than a third of the world's population gets their daily calories and protein from wheat products, and It is a cheap source of energy, especially for the people of the Third World. Starch is the most important final product of wheat growth and development, and changes in starch content are indicative of a variety of plant growth processes.

Materials and methods: In this study, two bread wheat cultivars named Navid with medium to poor bakery quality and Pishtaz with high bakery quality were selected. Two wheat cultivars were cultivated in the field. Both cultivars had control and drought stress treatment. The design was performed in the form of randomized complete blocks with three replications. Seeds were harvested 35 days after pollination. Morphological parameters, germination percentage, A, B and C granules were separated and the granules were examined by light microscopy. The composition of starch in wheat has a decisive effect on grain quality, flour processing and yield.

Results: Drought caused a significant reduction in thousand seed weight in both Pishtaz and Navid cultivars. However, for spike length and germination percentage, only in Navid cultivar, which had poor bakery quality, the spike length was significantly reduced at the probability level of 1%. Also, drought stress in both cultivars had no significant effect on the amount of starch at the probability level of 1%.

Conclusion: Drought stress caused a significant reduction in thousand seed weight in both wheat cultivars with different qualities, but it did not affect the amount of starch in any of the cultivars. In contrast, the trait of spike length and germination percentage caused a decrease in poor quality cultivars.

Keywords: Cereals, Granules, Wheat starch, Thousand Seed weight.

Article Type: Research Article

Article history: Received: 10/04/2022, **Revised:** 09/05/2022, **Accepted:** 03/06/2022, **Published online:** 26/06/2022

Cite this article: Golfam, R., Kiarostami, K., Lohrasebi, T., Hasrak, S. & Razavi, K. (2022). Effect of drought stress on some seed characteristics of two bread wheat cultivars with two different qualities. Cereal Biotechnology and Biochemistry. 1 (2). 194-209. DOI: 10.22126/cbb.2022.7669.1010

© The Author(s).

Publisher: Razi University

10.22126/cbb.2022.7669.1010

بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات
شاپا الکترونیکی: ۵۱۷۰-۲۷۸۳
Homepage: https://cbb.razi.ac.ir

اثر تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های بذر دو رقم گندم نان با دو کیفیت متفاوت

راحیل گلفام[۱] ✉، خدیجه کیارستمی[۲]، تهمینه لهراسبی[۳]، شبنم هسراک[۴] و خدیجه رضوی[۵]

[۱] ✉ گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه الزهرا، ونک، تهران، ایران. رایانامه: rgolfam@gmail.com
[۲] گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه الزهرا، ونک، تهران، ایران. رایانامه: su_kiarostami@yahoo.com
[۳] گروه بیوتکنولوژی گیاهی، پژوهشکده زیست فناوری کشاورزی، پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک، تهران، ایران. رایانامه: tlohrasebi@gmail.com
[۴] گروه بیوتکنولوژی گیاهی، پژوهشکده زیست فناوری کشاورزی، پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک، تهران، ایران. رایانامه: shasrak@yahoo.com
[۵] گروه بیوتکنولوژی گیاهی، پژوهشکده زیست فناوری کشاورزی، پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک، تهران، ایران. رایانامه: razavi@nigeb.ac.ir

چکیده

مقدمه: تنش در نتیجه فرآیندهای غیرعادی است که تحت تأثیر یک یا ترکیبی از عوامل محیطی و زیستی شکل می¬گیرد. گیاهان به طور طبیعی تحت تأثیر طیف وسیعی از تنش‌های زنده و غیرزنده قرار دارند. مواجه با تنش در طول دوره رویشی به طور غیر مستقیم روی کشت و تولید ناخالص گیاه تأثیرگذار است. تقریباً نیمی از کل نیازهای غذایی انسان‌ها به‌ویژه در آسیا به‌طور مستقیم از غلات تأمین می‌شود. بیش از یک‌سوم جمعیت جهان، کالری و پروتئین مورد نیاز روزانه خود را از فرآورده‌های گندم، که یک منبع ارزان انرژی به خصوص برای مردم جهان سوم محسوب می‌شود، تأمین می‌کنند. نشاسته مهمترین محصول نهایی رشد و نمو گندم می‌باشد که تغییر در محتوای آن، شاخص انواع فرآیندهای رشد گیاه است. ترکیب نشاسته در گندم تأثیر تعیین کننده‌ای بر کیفیت دانه، فرآوری آرد و عملکرد دارد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش دو رقم گندم نان به نام‌های نوید با کیفیت نانوایی متوسط تا ضعیف و پیشتاز با کیفیت نانوایی بالا انتخاب شدند. دو رقم گندم به صورت مزرعه‌ای کشت شدند. هر دو رقم دارای شاهد و تیمار تنش خشکی بودند. طرح در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. سی‌وپنج روز بعد از گرده افشانی، بذرها برداشت شد. سنجش پارامترهای مورفولوژی، درصد جوانه‌زنی، جداسازی گرانول‌های A، B،C و بررسی گرانول‌ها توسط میکروسکوپ نوری صورت گرفت.

یافته‌ها: خشکی باعث کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه در هر دو رقم پیشتاز و نوید شد، اما برای صفت طول سنبله و درصد جوانه‌زنی، تنها در رقم نوید که کیفیت نانوایی ضعیفی داشت باعث کاهش معنی‌دار طول سنبله در سطح احتمال یک درصد شد. از طرفی تنش خشکی در هر دو رقم روی مقدار نشاسته در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری نداشت.

نتیجه‌گیری: تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه در هر دو رقم گندم با کیفیت‌های متفاوت شد، اما بر مقدار نشاسته روی هیچکدام از ارقام اثری نداشت. درصورتی که روی صفت طول سنبله و درصد جوانه‌زنی باعث کاهش در رقم با کیفیت ضعیف شد.

واژه‌های کلیدی: غلات، گرانول، نشاسته گندم، وزن هزار دانه.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

نوع مقاله: دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۱ **اصلاح:** ۱۴۰۱/۰۲/۱۹ **پذیرش:** ۱۴۰۱/۰۳/۱۳، **انتشار آنلاین:** ۱۴۰۱/۰۴/۰۷

استناد: گلفام، ر.، کیارستمی، خ.، لهراسبی، ت.، هسراک. ش. و رضوی، ر. (۱۴۰۱). اثر تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های بذر دو رقم گندم نان با دو کیفیت متفاوت. بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات. ۱ (۲). ۱۹۴-۲۰۹. DOI: 10.22126/cbb.2022.7669.1010

ناشر: دانشگاه رازی
© نویسندگان.
CC BY NC

مقدمه

تنش در نتیجه فرآیندهای غیرعادی است که تحت تأثیر یک یا ترکیبی از عوامل محیطی و زیستی شکل می‌گیرد. گیاهان به طور طبیعی تحت تأثیر طیف وسیعی از تنش‌های زنده و غیر زنده قرار دارند. مواجه با تنش در طول دوره رویشی به‌طور غیر مستقیم روی کشت و تولید ناخالص گیاه تأثیرگذار است (Huseynova *et al.*, 2015). تنش‌های محیطی موجب بروز دامنه وسیعی از واکنش‌ها مانند تغییر بیان ژن، تغییر متابولیسم سلول، تغییر در عملکرد و سرعت رشد می‌گردند. گیاهان برای بقای خود، از سازوکارهای مختلفی برای سازش با تغییرات محیطی استفاده می‌کنند که از آن جمله می‌توان به مکانیسم‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و تغییرات سلولی و مولکولی اشاره کرد (Yavas & Unay, 2016). در میان تنش‌های محیطی، تنش خشکی مهمترین محدودیت محیطی است که بر میزان بهره‌وری و کیفیت محصول تأثیر دارد (Poersch-Bortolon *et al.*, 2016).

یک‌سوم جمعیت جهان در مناطق کم‌آب زندگی می‌کنند. تقریباً ۴۰ درصد از اراضی جهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده‌اند. پیش‌بینی شده است تا سال ۲۰۳۰، کشورهای درحال توسعه به شدت تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار خواهند گرفت و امنیت غذایی آن‌ها در مقیاس جهانی به خطر خواهد افتاد (Huseynova *et al.*, 2015). خشکی و شوری به عنوان دو مشکل مهم توسعه کشاورزی ایران مطرح است (Banayan aval *et al.*, 2011). مشکلات ناشی از تنش خشکی در گیاه به مرحله رشد و ژنتیک گیاه، همچنین مدت زمان و شدت وقوع تنش بستگی دارد (Mir *et al.*, 2012). تحمل خشکی صفت پیچیده و چند ژنی است که گیاه را در تمام سطوح اعم از سلول، بافت و اندام تحت تأثیر قرار می‌دهد. در مکانیسم تحمل خشکی با وجود محدودیت آب، توانایی گیاه در زنده ماندن، رشد و عملکرد رضایت‌بخش است. این مکانیسم نتیجه تناسب تناوب بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در سطوح سلولی و مولکولی است (Amudha & Balasubramani, 2011).

تقریباً نیمی از کل نیازهای غذایی انسان‌ها به ویژه در آسیا به طور مستقیم از غلات تأمین می‌شود. تولید غلات در مقایسه با دیگر فرآورده‌های غذایی از جمله گوشت، شیر و تخم‌مرغ بسیار بیشتر است. توسعه غلات به شدت تحت تأثیر فشارهای محیطی است (Abid *et al.*, 2018). در این میان، بیش از یک‌سوم جمعیت جهان، کالری و پروتئین مورد نیاز روزانه خود را از فرآورده‌های گندم تأمین می‌کنند و یک منبع ارزان انرژی به خصوص برای مردم جهان سوم محسوب می‌شود (Allah *et al.*, 2010). گندم از سازگارترین گونه‌های غلات در شرایط آب و هوایی متفاوت می‌باشد. تجارت جهانی آن، بیش از سایر محصولات کشاورزی است و حدود ۷۰ درصد از اراضی زیر کشت آن، در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته است (Yan &

Shi, 2013). گندم در برابر خشکی مقاومت زیادی ندارد اما می‌تواند تا حدودی با شرایط خشک تطبیق داده شود. نشاسته و پروتئین‌ها اجزای اصلی در آندوسپرم گندم هستند که بر کیفیت محصول نهایی آن تأثیر می‌گذارند.

نشاسته مهمترین محصول نهایی رشد و نمو گندم است (Maysaya *et al.*, 2012) و تغییر در محتوای آن، شاخص انواع فرآیندهای رشد گیاه است. ترکیب نشاسته در گندم تأثیر تعیین کننده‌ای بر کیفیت دانه، فرآوری آرد و عملکرد دارد. نشاسته گندم خواص پخت عالی و احتباس گاز خوبی دارد؛ به طوری که برای تولیدکنندگان مواد غذایی، مهمترین عامل، عملکرد مواد تشکیل‌دهنده است (Ratnayake & Jackson, 2008). ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و کاربرد نهایی نشاسته گندم با ساختار گرانول‌های نشاسته و توزیع آمیلوز و آمیلوپکتین ارتباط تنگاتنگی دارد. خصوصیاتی مانند محتوای آمیلوز و توزیع اندازه گرانول نشاسته بر درجه تخریب نشاسته، میزان جذب آب، گسترش حجم، ویژگی‌های هضمی، رفتار چسبندگی و ویسکوزیته و دمای ژلاتینه تأثیر می‌گذارد (Zhang *et al.*, 2016). این خواص در صنعت نشاسته تجاری و همچنین در صنعت تولید نان مهم است (Park *et al.*, 2009). آندوسپرم حدود ۸۰ تا ۸۵ درصد دانه را تشکیل می‌دهد و نشاسته بیش از ۸۰ درصد وزن خشک آندوسپرم را شامل می‌شود. نشاسته ۶۳ تا ۷۷ درصد از وزن کل دانه خشک گندم را به خود اختصاص داده است و به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی است. در نشاسته گندم دو نوع گرانول A و Bو به مقدار کم گرانول نوع C وجود دارد (Peng *et al.*, 2013). گرانول‌های A و B در آندوسپرم از نظر مکانی و زمانی از هم جدا شده‌اند (Xie *et al.*, 2008). ساختار داخلی گرانول A و B از لحاظ ترکیبات، اندازه، دمای ژلاتینه شدن، خواص فیزیکوشیمیایی و عملکردی تا حدی با یکدیگر متفاوت هستند که منجر به تغییراتی در قدرت تورم، ژلاتینه شدن و خواص چسبندگی می‌شود (Kim & Huber, 2010). علت این تفاوت بیشتر در محتوای آمیلوز، کمپلکس آمیلوز-لیپید و محتوای فسفر است (Ansari *et al.*, 2010). در واقع گرانول‌های نوع A از نظر وزنی و گرانول‌های نوع B (که در برخی منابع نوع C را هم جزء گرانول نوع B طبقه‌بندی می‌نمایند) از نظر تعداد در نشاسته غالب هستند (Kumar *et al.*, 2016).

مواد و روش‌ها

دو رقم گندم نان با توجه به مطالعات انجام شده (Motaghi *et al.*, 2013) بر اساس کیفیت نانوایی انتخاب شدند که شامل رقم نوید با کیفیت نانوایی متوسط تا ضعیف و رقم پیشتاز با کیفیت نانوایی بالا بودند. رقم نوید با شجره 63-112/66-2×7C (Kirkpinar 79)، مبدأ ترکیه و آمریکا، رنگ دانه سفید، تیپ رشدی بینابین، با عملکرد ۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار، متوسط ارتفاع ۱۰۸ سانتی‌متر و وزن هزار دانه آن ۴۱ گرم است. رقم پیشتاز با شجره Alvand//Aldan/Ias58، مبدأ الوند × لاین برزیلی، رنگ

دانه زرد روشن، تیپ رشدی بهاره، با درصد پروتئین ۱۱، با عملکرد ۹۶۰۰ کیلوگرم در هکتار، متوسط ارتفاع ۹۲ سانتی‌متر و وزن هزار دانه آن ۴۴ گرم است (http://spii.ir/fa-IR/DouranPortal/5232/page/%DA%AF%D9%86%D8%AF%D9%85). دو رقم گندم به صورت مزرعه‌ای در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شاهد در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۸ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه شرقی، ارتفاع از سطح دریا ۱۱۹۰ متر و میانگین بارندگی ۲۱۶ میلی‌متر، کشت شدند. هر دو رقم دارای شاهد با آبیاری نرمال (حدوداً هر دو هفته یکبار و بر اساس نیاز آبی و شرایط محیطی) و تیمار تنش خشکی (آبیاری در مرحله سنبله‌دهی و پیش از مرحله تشکیل دانه قطع شد) همراه بودند. طرح در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. هر تکرار شامل دو ردیف کشت به طول ۲/۵ متر و فواصل ۲۵ سانتی‌متر بود. در زمان رسیدگی دانه یا زمان برداشت که حدوداً معادل ۳۵ روز بعد از گرده‌افشانی بود، برداشت نهایی بذرهای هر کرت به‌طور جداگانه انجام گردید. محل برداشت نمونه در سنبله از دانه‌های میانی سنبله بود. در نهایت روی نمونه‌های برداشت شده سنجش پارامترهای مورفولوژی مانند وزن هزار دانه با ترازوی با دقت هزارم گرم، اندازه طول سنبله با خط‌کش و تعیین درصد جوانه‌زنی انجام گرفت. پس از استخراج نشاسته، گرانول‌ها با روش ناگولسواران و همکاران (Naguleswaran *et al*., 2012) جداسازی شدند. گرانول‌های بزرگتر از ۱۰ میکرومتر به عنوان گرانول‌های نوع A و گرانول‌های کمتر از ۱۰ میکرومتر به عنوان گرانول‌های نوع B و C در نظر گرفته شدند. همچنین بررسی گرانول‌ها توسط میکروسکوپ نوری صورت گرفت. تجزیه‌های آماری با نرم‌افزار SAS (نسخه ۹.۴) انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵ انجام گرفت. نمودارها با نرم‌افزار اکسل ترسیم شدند

نتایج و بحث

الف- وزن هزار دانه

یکی از مهمترین اجزای عملکرد دانه، وزن دانه است. این پارامتر نشان‌دهنده محتوای مواد انتقال یافته و تجمع یافته در بخش‌های گوناگون دانه می‌باشد. با توجه به تجزیه صورت گرفته (شکل ۱ و جدول ۱) و بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای تنش خشکی با شاهد در هر دو رقم مشاهده شد؛ به طوری که در هر دو رقم نوید و پیشتاز، تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه شد. تنش خشکی قبل از گلدهی باعث کاهش رشد و نمو و زیست توده گیاه و تعداد دانه و پس از گلدهی باعث کاهش ظرفیت ذخیره دانه و کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه و در نهایت کاهش وزن هزاردانه می‌شود (Altenbach *et al*., 2003). همسو با این آزمایش، یو و همکاران (Yu *et al*., 2016) در آزمایشی

نشان دادند تنش خشکی باعث کاهش وزن هزاردانه در گندم می‌شود.

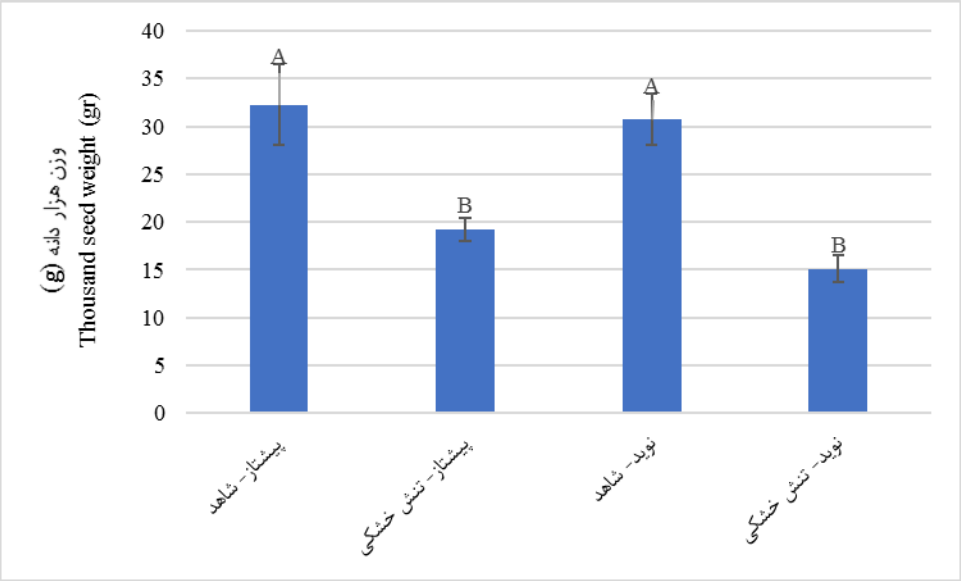
نتایج این بررسی حاکی از آن است که خشکی به شدت باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود. زیرا گیاه در برابر محدودیت آبی، روزنه‌ها را بسته یا نیمه بسته نگه می‌دارد و این موضوع باعث کم شدن جذب دی اکسیدکربن شده و گیاه برای جذب آب انرژی زیادی مصرف می‌کند. همچنین با کاهش سطح برگ و تولید مواد فتوسنتزی، ماده خشک کمتری تولید می‌شود. پس کاهش فتوسنتز جاری یک عامل اولیه در کاهش انتقال مواد فتوسنتزی در شرایط خشکی محسوب می‌شود (Yordanov *et al*., 2001). مراحل حساس به خشکی شامل جوانه‌زنی، پنجه‌زنی و مرحله تولید مثل است؛ به طوری که خشکی باعث کاهش تعداد دانه‌های گرده در طی میوز و القا ناباروری در گندم شده که منجر به کاهش ۴۰ تا ۵۰ درصدی تعداد دانه و کاهش رشد دانه می‌شود و مقدار آب موجود در دانه‌ها نیز کاهش می‌یابد (Lobnani & Arzani, 2011). کاهش نشاسته در شرایط تنش خشکی باعث به هم خوردن نسبت پروتئین به نشاسته و افزایش میزان پروتئین در واحد حجم می‌شود. این تأثیرات باعث کوچک شدن دانه‌ها، کاهش وزن دانه و در نهایت عملکرد می‌گردند (Suneja *et al.*, 2015).

جدول ۱– جدول تجزیه واریانس برای وزن هزار دانه دو رقم گندم در شرایط شاهد و تنش خشکی.

Table 1. Analysis of variance for thousand seed weight of two wheat cultivars under control and drought stress conditions.

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS	F Value
تیمار Treatment	3	640.913	213.638	30.15**
اشتباه آزمایشی Error	8	56.691	7.086	
ضریب تغییرات (٪) CV%	-	10.943		

**، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ می‌باشد.



شکل ۱– وزن هزار دانه دو رقم گندم در شرایط شاهد و تنش خشکی.

Figure 1. Thousand seed weight of two wheat cultivars under control and drought stress conditions.

ب- طول سنبله

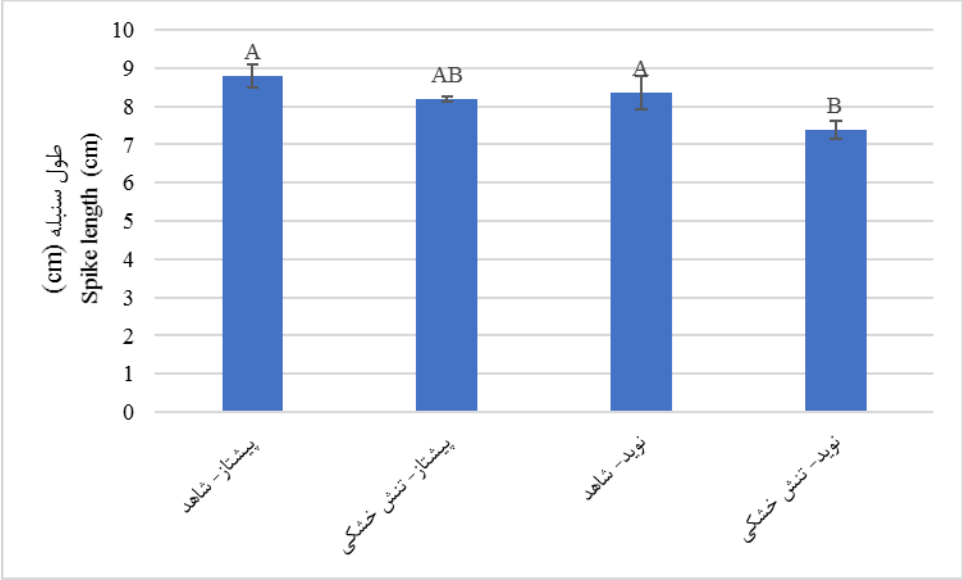
با توجه به تجزیه صورت گرفته (شکل ۲ و جدول ۲) و بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد، رقم نوید در شرایط تنش خشکی، دارای اختلاف معنی‌داری با نوید و پیشتاز در شرایط نرمال بود اما با رقم پیشتاز در شرایط خشکی تفاوت معنی‌داری نداشت. در واقع، تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار طول سنبله در رقم نوید گردید اما در رقم پیشتاز، تیمار خشکی تأثیر معنی‌داری بر اندازه طول سنبله نداشت. تأثیر تنش کمبود آب بر فرآیندهای فیزیولوژیکی مراحل مختلف رشدی و ارتباط این فرایندها با رشد و نمو و عملکرد گندم از سوی گوپتا و همکاران (Gupta *et al*., 2001) مورد اشاره قرار گرفته است. اولین اثر محسوس کم‌آبی بر رشد برگ است و گیاهان در معرض خشکی دارای اندازه کوچکتر برگ، ارتفاع و طول سنبله هستند. سلیقه و همکاران (Saligheh *et al*., 2014) اثرات سطوح مختلف آبیاری را بر عملکرد ارقام مختلف گندم انجام دادند و نشان دادند تنش خشکی باعث کاهش ۱۴ درصدی طول سنبله می‌شود (Saligheh *et al*., 2014)

جدول ۲- جدول تجزیه واریانس برای طول سنبله دو رقم گندم در شرایط شاهد و تنش خشکی.

Table 2. Analysis of variance for spike length of two wheat cultivars under control and drought stress conditions.

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS	F Value
تیمار Treatment	3	3.102	1.0341	11.81**
اشتباه آزمایشی Error	8	0.700	0.087	
ضریب تغییرات (٪) CV%	-	3.620		

**، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ می‌باشد.



شکل ۲- طول سنبله دو رقم گندم در شرایط شاهد و تنش خشکی.

Figure 2. Spike length of two wheat cultivars under control and drought stress conditions.

ج- درصد جوانه‌زنی

نتایج حاصل از سنجش درصد جوانه‌زنی نشان داد (شکل ۳ و جدول ۳) که بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد، اختلاف معنی‌داری بین رقم نوید در شرایط تنش خشکی با شرایط شاهد و رقم پیشتاز در دو حالت شاهد و تنش خشکی مشاهده شد. به طور کلی می‌توان گفت تنش خشکی از بین این دو رقم با کیفیت‌های متفاوت نانوایی، باعث کاهش جوانه‌زنی در رقم نوید (که رقمی با کیفیت

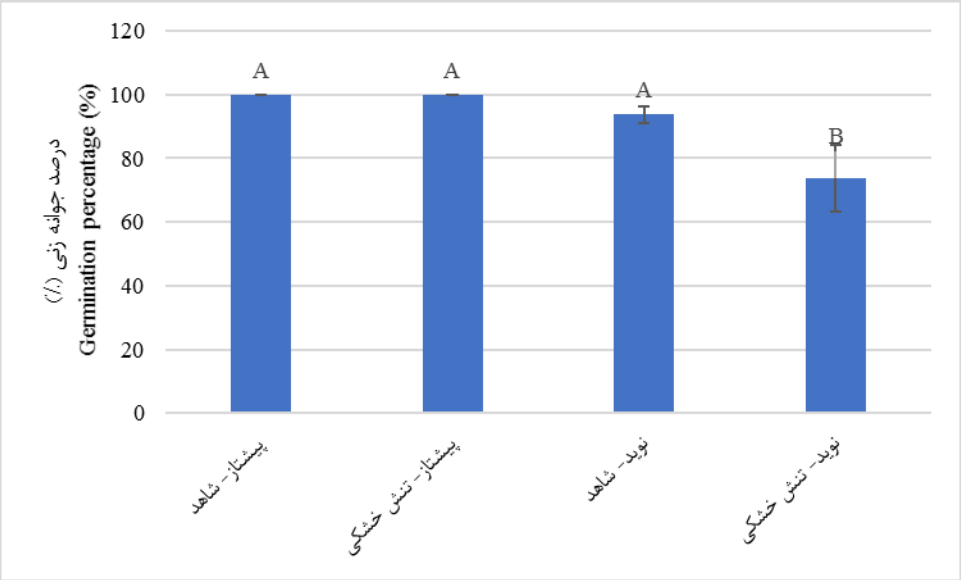
نانوایی ضعیف می‌باشد) شده است. وقوع تنش خشکی در طی نمو گیاه مادری در زمان تشکیل بذر، یکی از مهمترین عوامل محیطی مؤثر در کاهش بنیه بذر است. در اثر کمبود آب انتقال مواد جذب شده از برگ‌ها به طرف دانه کاهش می‌یابد و تنش خشکی باعث چروکیده شدن دانه‌ها می‌شود (Szira *et al*., 2008). جوانه‌زنی به شدت تحت تأثیر کیفیت بذر قرار دارد (De Figorid *et al*., 2003).

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس برای درصد جوانه زنی دو رقم گندم در شرایط شاهد و تنش خشکی.

Table 3. Analysis of variance for germination percentage of two wheat cultivars under control and drought stress conditions.

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS	F Value
تیمار Treatment	3	1400.333	466.778	16.28**
اشتباه آزمایشی Error	8	229.333	28.667	
ضریب تغییرات (٪) CV%	-	5.830		

**، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ می‌باشد.



شکل ۳- درصد جوانه زنی دو رقم گندم در شرایط شاهد و تنش خشکی.

Figure 3. Germination percentage of two wheat cultivars under control and drought stress conditions.

د- استخراج نشاسته، جداسازی گرانول ها و بررسی گرانول‌ها توسط میکروسکوپ نوری

در این آزمایش با توجه به شکل ۴ و جدول ۴، اختلاف معنی‌داری بین شاهد با تنش خشکی در هر دو رقم در سطح احتمال یک درصد مشاهد نشد. اما بین رقم نوید در شرایط تنش خشکی با هر دو شرایط رقم پیشتاز تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. شکل های ۵ تا ۷ تصاویر میکروسکوپ نوری از نشاسته کل، گرانول A تفکیک شده و گرانول B تفکیک شده از هر دو رقم را نشان می‌دهد. در ظاهر با توجه به تصاویر گرفته شده، تنش خشکی اثری بر هیچ کدام از ارقام و گرانول‌ها نگذاشته است. البته برای نتایج دقیق‌تر باید با میکروسکوپ الکترونی روبشی بررسی شود.

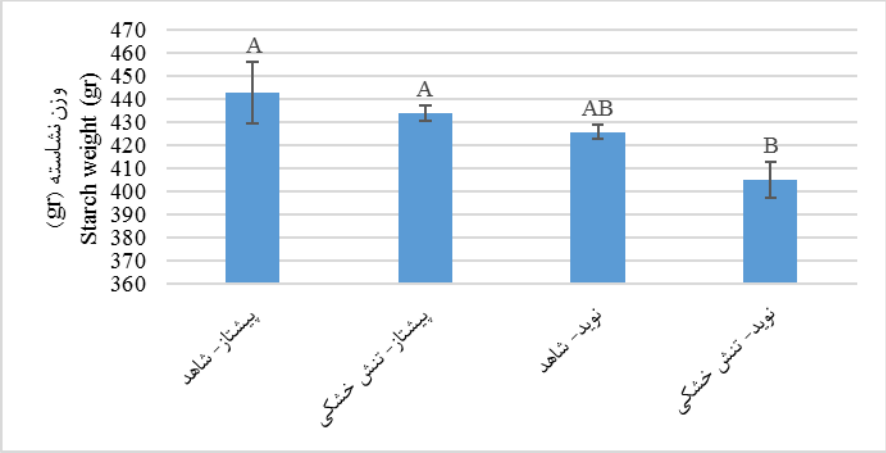
نشاسته و پروتئین‌ها اجزای اصلی در آندوسپرم گندم هستند که بر کیفیت محصول نهایی آن تأثیر می‌گذارند (Kumar *et al.*, 2016). طبق مطالعات راتنیاکی و جکسون (Ratnayake & Jackson, 2008) هر چه زمان بین گلدهی و رسیدگی دانه کمتر باشد، دانه‌ها کوچکتر شده و مواد نشاسته‌ای کمتری دارند. در این آزمایش نیز در رقم نوید تنش خشکی باعث کاهش نشاسته در بذر شد. توانایی پیش‌بینی ماهیت کلی فیزیکوشیمیایی نشاسته در نتیجه وضعیت رشد، گامی به سوی کشاورزی "دقیق" مورد نیاز قرن ۲۱ است. در برخی موارد، تغییرات سال به سال در آب و هوا، تغییر در فصول کاشت یا رشد در مکان‌های مختلف، ممکن است گاهی اوقات تأثیر بیشتری بر عملکرد نشاسته نسبت به تفاوت ژنوتیپی داشته باشد. اگرچه محیط رشد برای سنتز نشاسته مهم است اما تحقیقات نشان می‌دهد که زمینه ژنوتیپی یک عامل کمک کننده مهم برای پارامترهای عملکرد نشاسته است (Brennan *et al.*, 2012). تغییرات رطوبت خاک و در دسترس بودن مواد مغذی، دمای محیط در فصل رشد، مکان‌های رشد، الگوهای بارندگی و رطوبت هوا نشان داده شده است که بر عملکرد نشاسته تأثیر می‌گذارد. محیط‌های تنش‌زا از جمله خشکی، گرما، شوری و اسیدیته خاک به صورت پایدار یا دوره‌ای می‌توانند بیوسنتز و تجمع نشاسته را در آندوسپرم تغییر دهند. همچنین ساختار فیزیکی، خواص اسمزی و ترکیب شیمیایی خاک می‌تواند نشاسته دانه را تحت تأثیر قرار دهد (Brennan *et al.*, 2012). به دلیل تداخل فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سلول‌های حساس در استقرار اندام و فعالیت بیوسنتز نشاسته، تنش خشکی زمان شروع و پر شدن دانه را تسریع نموده و تجمع نشاسته را کاهش داده که موجب تغییر بهره‌وری تولید گندم می‌شود (He *et al.*, 2012). تنش خشکی باعث تغییر توزیع اندازه گرانول نشاسته در گندم می‌شود که با نسبت بالاتر گرانول‌های نوع A و کمتر گرانول‌های نوع C (He *et al.*, 2012) و کاهش اندازه گرانول‌های A همراه است. آنزیم‌های بیوسنتز نشاسته در ژنوتیپ‌های مختلف با تغییر در شرایط محیطی متفاوت تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Thitisaksakul *et al.*, 2012).

جدول ۴– جدول تجزیه واریانس برای وزن نشاسته بذر دو رقم گندم در شرایط شاهد و تنش خشکی.

Table 4. Analysis of variance for seed starch weight of two wheat cultivars under control and drought stress conditions.

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS	F Value
تیمار Treatment	3	0.235	0.078	12.46**
اشتباه آزمایشی Error	8	0.050	0.006	
ضریب تغییرات (٪) CV%		1.860		

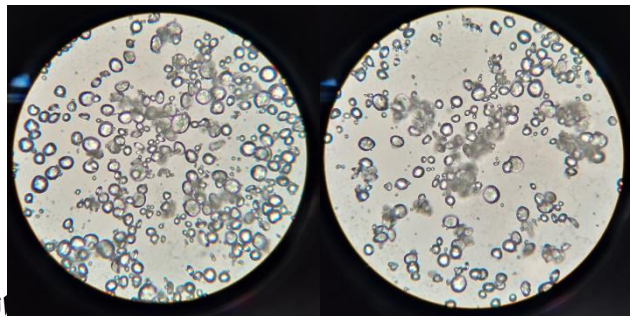
**، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ می‌باشد.



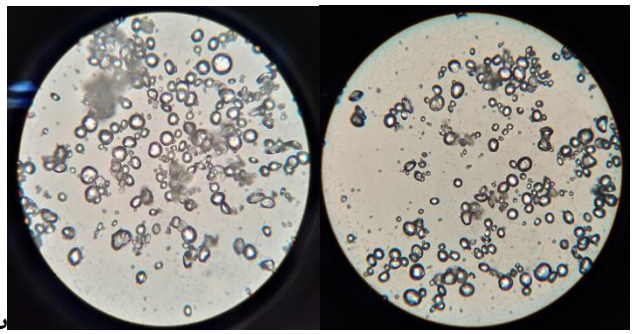
شکل ۴– وزن نشاسته بذر در دو رقم گندم در شرایط شاهد و تنش خشکی.

Figure 4. Starch weight of seed in two wheat cultivars under control and drought stress conditions.

الف)



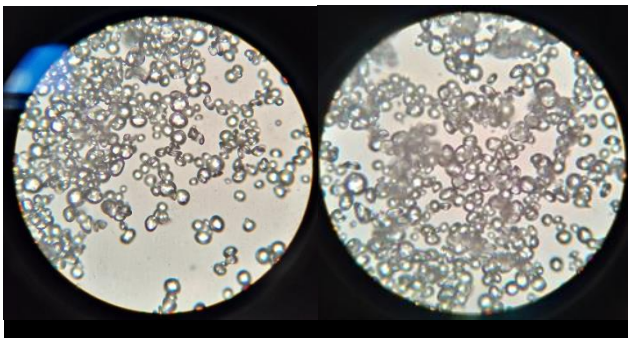
ب)

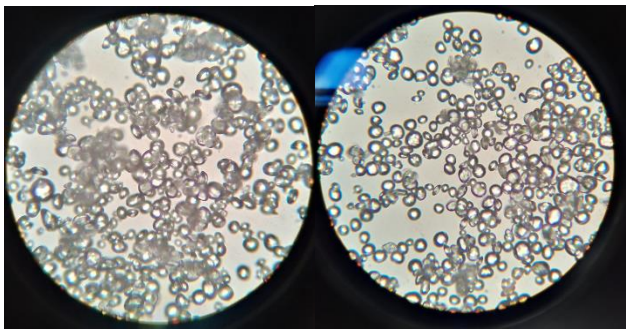


شکل ۵- الف) نشاسته کل رقم پیشتاز. شکل سمت چپ رقم شاهد و شکل سمت راست رقم تنش خشکی دیده. ب) نشاسته کل رقم نوید. شکل سمت چپ رقم شاهد. شکل سمت راست رقم تنش خشکی دیده.

Figure 5. a) Total starch of Pishtaz cultivar. The left and right figures are control and drought stress cultivars, respectively. B) Total starch of Navid cultivar. The left and right figures are control and drought stress cultivar, respectively.

الف)

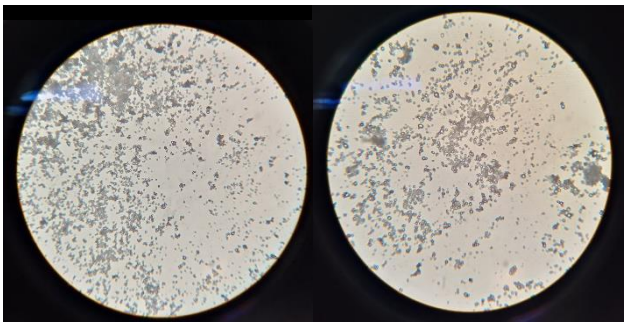




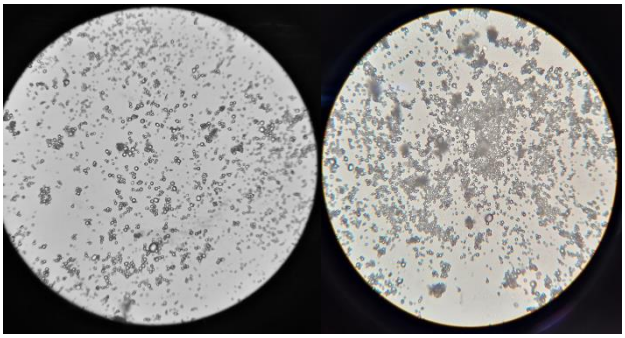
ب)

شکل ۶- الف) گرانول A رقم پیشتاز. شکل سمت چپ رقم شاهد و شکل سمت راست رقم تنش خشکی دیده. ب) گرانول A رقم نوید. شکل سمت چپ رقم شاهد. شکل سمت راست رقم تنش خشکی دیده.

Figure 6. A) A granule of Pishtaz cultivar. The left and right figures are control and drought stress cultivars, respectively .B) A granule Navid cultivar. The left and right figures are control and drought stress cultivars, respectively.



الف)



ب)

شکل ۷- الف) گرانول B رقم پیشتاز. شکل سمت چپ رقم شاهد و شکل سمت راست رقم تنش خشکی دیده. ب) گرانول B رقم نوید. شکل سمت چپ رقم شاهد. شکل سمت راست رقم تنش خشکی دیده.

Figure 7. A) B granules of Pishtaz cultivar. The left and right figures are control and drought stress cultivars, respectively. B) B granules of Navid cultivar. The left and right figures are control and drought stress cultivars, respectively.

نتیجه گیری

ثابت شده است که عملکرد و کیفیت بذر به صورت ژنتیکی و محیطی تعیین می‌شود. بررسی مکانیسم‌هایی که گیاهان را قادر می‌سازد تا با تنش خشکی سازگار شوند و رشد خود را در این شرایط حفظ کنند، در نهایت در انتخاب گیاهان مقاوم در برابر تنش برای کشت در خاک خشک و نیمه‌خشک کمک می‌کند (Huseynova *et al.*, 2015). به طور کلی در این آزمایش می‌توان چنین نتیجه گرفت که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه در هر دو رقم پیشتاز و نوید شد، اما برای صفت طول سنبله و درصد جوانه‌زنی تنها در رقم نوید که کیفیت نانوایی ضعیفی داشت، باعث کاهش معنی‌دار طول سنبله در سطح احتمال یک درصد شد. همچنین تنش خشکی در هر دو رقم روی مقدار نشاسته در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری نداشت.

References

Abid, M., Tian, Z., Zahoor, R., Ata-Ul-Karim, S. T., Daryl, C., Snider, J. L., & Dai, T. 2018. Pre-drought priming: A key drought tolerance engine in support of grain development in wheat. Advances in Agronomy, 152, 51-85. https://doi.org/10.1016/bs.agron.2018.06.001

Allah, S. U., Khan, A. S., Raza, A., & Sadique, S. 2010. Gene action analysis of yield and yield related traits in spring wheat (Triticum aestivum). International Journal of Agriculture Biology, 12, 125-128.

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, 9–20. https://doi.org/10.1006/jcrs.2002.0483

Amudha, J., & Balasubramani, G. 2011. Recent molecular advances to combat abiotic stress tolerance in crop plants. Biotechnology and Molecular Biology Reviews, 6 (2), 31-58.

Ansari, O., Baga, M., Chibbar, R. N., Sultana, N., & Howes, N. K. 2010. Analysis of starch swelling power in Australian breeding lines of hexaploid wheat (Triticum aestivum L.). Field Crops Research, 115 (2), 171–178. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.11.001

Banayan aval, M. F., S. F. Khaninejad, S. Ghorbani & Hesamarefi, A. 2011. Evaluation of Oscillation of Certain Plant Components to Plant in Medicinal Plants. Iranian Journal of Field Crops Research, 9(3):368-378. 10.22067/gsc.v9i3.11967. [In Persian].

Brennan, C. S., Samaan, J., & El-Khayat, G. H. 2012. The effect of genotype and environmental conditions on grain physiochemical properties of Syrian durum wheat cultivars. International Journal of Food Science & Technology, 47 (12), 2627–2635. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03145.x

De Figueiredo, E., Albuquerque, M. C., & De Carvalho, N. M. 2003. Effect of the type of environmental stress on the emergence of sunflower (Helianthus annus L.), soybean (Glycine max (L.) Merril) and maize (Zea mays L.) seeds with different levels of vigor. Seed Science and Technology, 31 (2), 465-479. https://doi.org/10.15258/sst.2003.31.2.23

Guttieri, M. J., Stark, J. C. O'Brien, K., & Souza, E. 2001. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. Crop Science, 41, 327-335. https://doi.org/10.2135/cropsci2001.412327x

He, J-F., Goyal, R., Laroche, A., Zhao, M-L., & Lu, Z-X. 2012. Water stress during grain development affects starch synthesis, composition and physicochemical properties in triticale. Journal of Cereal Science, 56. 552–560. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.07.011

Huseynova, I. M., Aliyeva, D. R., Mammadov, A. C., & Aliyev, J. A. 2015. Hydrogen peroxide generation and antioxidant enzyme activities in the leaves and roots of wheat cultivars subjected to long-term soil drought stress. Photosynthesis Research, 125, 279-289. https://doi.org/10.1007/s11120-015-0160-7

Kim, H-S., & Huber, K. C. 2010. Impact of A/B-type granule ratio on reactivity, swelling, gelatinization, and pasting properties of modified wheat starch. Part I hydroxypropylation. Carbohydrate Polymers, 80 (1), 94-104. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.10.070.

Kumar, R., Kumar, A., Sharma, N. K., Kaur, N., Chunduri, V., Chawla, M., Sharma, S., Singh, K., & Garg, M. 2016. Soft and hard textured wheat differ in starch properties as indicated by trimodal distribution, morphology, thermal and crystalline properties. PLoS One, 11 (1), e0147622. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147622

Lobnani, M., & Arzani. A. 2011. Morpho-physiological traits associated with terminal drought stress tolerance in triticale and wheat. Agronomy Research, 9 (1–2), 315-329.

Maysaya, T., Randi, C., Jimenez, Arias, M. C., & Beckles, D. M. 2012. Effects of environmental factors on cereal starch biosynthesis and composition. Journal of Cereal Science, 56 (1), 67–80. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.04.002

Mir, R. R., Zaman-Allah, M., Sreenivasulu, N., Trethowan, R., & Varshney, R. K. 2012. Integrated genomics, physiology and breeding approaches for improving drought tolerance in crops. Theoretical and Applied Genetics, 125 (4), 625-645. https://doi.org/10.1007/s00122-012-1904-9.

Motaghi, M., Sakinejad, T., & Seyed Mohmmadi, A. 2013. Quality and value of wheat technology. Islamic Azad University Science and Research Branch and IAU Ahvaz Branch. 432 P. ISBN: 9786006498577.

Naguleswaran, S., Li, J., Vasanthan, T., Bressler, D., & Hoover, R. 2012. Amylolysis of large and small granules of native triticale, wheat and corn starches using a mixture of α-amylase and glucoamylase. Carbohydrate Polymers, 88 (3), 864-874. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.01.027

Park, S-H., Wilson, J. D., & Seabourn, B. W. 2009. Starch granule size distribution of hard red winter and hard red spring wheat: Its effects on mixing and breadmaking quality. Journal of Cereal Science, 49 (1), 98–105. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.07.011

Peng, D-L., Tie, C. A. I., Yin, Y-P., Yang, W-B., NI, Y-L., Yang, D-Q., & Wang, Z-L. 2013. Exogenous application of abscisic acid or gibberellin acid has different effects on starch granule size distribution in grains of wheat. Journal of Integrative Agriculture, 12 (9), 1551-1559. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60557-2

Poersch-Bortolon, L. B., Pereira, J. F., Nhani Junior, A., Gonzáles, H. H. S., Torres, G. A. M., CONSOLI, L., Arenhart, R. A., Bodanese-Zanettini, M. H. & Margis-Pinheiro, M. 2016. Gene expression analysis reveals important pathways for drought response in leaves and roots of a wheat cultivar adapted to rainfed cropping in the Cerrado biome. Genetics and Molecular Biology, 39 (4), 629-645. https://doi.org/10.1590/1678-4685-gmb-2015-0327

Ratnayake, W. S., & Jackson, D. S. 2008. Chapter 5 Starch gelatinization. Advances in Food and Nutrition Research, 55, 221-268. https://doi.org/10.1016/S1043-4526(08)00405-1

Saligheh, N., Yarnia, M., & Tarinezhad, A. 2014. Evaluation of the effects of drought stress on agronomic-morphological characteristics of wheat cultivars. Journal of Plant Production Science, 4 (1), 14-18. [In Persian].

Seed and Plant Improvement Institute (SPII) website. Karaj, Iran. http://spii.ir/fa-IR/DouranPortal/5232/page/%DA%AF%D9%86%D8%AF%D9%85.

Suneja, Y., Gupta, A. K., Sharma, A., & Bains, N. S. 2015. Differential response of wild and cultivated wheats to water deficits during grain development: changes in soluble carbohydrates and invertases. Physiology and Molecular Biology of Plants, 21 (2), 169–177. https://doi.org/10.1007/s12298-015-0283-5

Szira, F., Balint, A. F., Borner, A., & Galiba, G. 2008. Evaluation of drought-related traits and screening methods at different developmental stages in spring barley. Journal of Agronomy and Crop Science. 194 (5), 334-342. https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2008.00330.x

Thitisaksakul, M., Jimenez, R. C., Arias, M. C., & Beckles, D. M. 2012. Effects of environmental factors on cereal starch biosynthesis and composition. Journal of Cereal Science, 56 (1), 67–80. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.04.002

Xie, X. J., Cui, S., Li, W., & Tsao, R. 2008. Isolation and characterization of wheat bran starch. Food Research International, 41 (9), 882–887. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.07.016

Yan, L., & Shi, Y. 2013. Effect of drought stress on growth and development in winter wheat with aquasorb-fertilizer. Advance Journal of Food Science and Technology, 5 (11), 1502-1504. http://dx.doi.org/10.19026/ajfst.5.3374

Yavas, I., & Unay, A. 2016. Effects of zinc and salicylic acid on wheat under drought stress. The Journal of Animal & Plant Sciences, 26 (4), 1012-1018.

Yordanov, I., Tsonev, T., Velikova, V., Georgieva, K., Ivanov, P., Tsenov, N., & Petrova, T. 2001. Changes in CO2 assimilation, transpiration and stomatal resistance of different wheat cultivars experiencing drought under field conditions. Bulgarian Journal of Plant Physiology, 27 (3-4), 20-23.

Yu, X., Li, B., Wang, L., Chen, X., Wang, W., Gu, Y., Wang, Zh., & Xiong, F. 2016. Effect of drought stress on the development of endosperm starch granules and the composition and physicochemical properties of starches from soft and hard wheat. Journal of the Science of Food and Agriculture, 96 (8), 2746-2754. https://doi.org/10.1002/jsfa.7439

Zhang, C., Zhou, L., Zhu, Z., Lu, H., Zhou, X., Qian, Y., Lu, Y., Gu, M., & Liu, Q. 2016. Characterization of grain quality and starch fine structure of two japonica rice (Oryza sativa) cultivars with good sensory properties at different temperatures during the filling stage. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 64 (20), 4048-4057. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b00083