

Evaluation of Susceptibility of Some Phenological Stages of Wheat Genotypes in Response to Drought Stress

Ahmad Naderi^{1*} and Mohammad Reza Eslahi²

- 1- ***Corresponding Author:** Associate Professor, Agricultural, Educational and Resource Research Center of Khuzestan, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ahvaz, Iran (ah_naderi36@yahoo.com)
- 2- Assistant Professor, Agricultural, Educational and Resource Research Center of Khuzestan, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ahvaz, Iran

Received: 2 September, 2016

Accepted: 8 July, 2018

Abstract

Background and Objectives

Wheat is the most important crop in Khuzestan province. Under such a condition wheat experiences drought stress in response to both low water resource limitation and respiration. Determination of tolerant traits, is one of the most important goals in wheat breeding programs under stress conditions. This research was carried-out to study the susceptibility of some phenological stages of wheat genotypes based on grain yield and its components.

Materials and Methods

The research was conducted in split plot experiment using complete randomized block design with three replications, in 2010-11 and 2011-12 cropping seasons. The main plots included full irrigation as the check and irrigation withholding at tillering, stem elongation, heading and grain filling stages, and the sub plots consisted of four wheat genotypes. Days to some phenological stages, grain yield and yield components were measured. Planting seeds of each genotype was conducted based on 400 seeds per square meter in six planting lines with six meters in length and 20 cm spacing between lines. By monitoring the meteorological forecast, in case of probability of rainfall, for protection of the field from possible rain, a metal guard with 1.2m height and covered with transparent polyethylene was used.

Results

The effect of year was not significant for any of the studied traits. The effect of irrigation stress treatment on grain yield and its components was significant. Except for biological yield and number of grain per spike, the differences between genotypes were significant for all traits, and the interaction of irrigation \times genotype treatment for all traits studied in this study was significant. Results indicated that grain yield in normal irrigation was 4919 Kg/ha and in irrigation withholding at tillering, stem elongation, heading and grain filling growth stages were 4109, 4442, 3988 and 4455 Kg/ha respectively. Heading stage was evaluated as the highest susceptible, for biological yield, grain yield, harvest index, grain per spike and grain per unit area with susceptibility indices of 1.47, 1.39, 1.33, 4.80 and 1.75 respectively.

Discussion

According to the results of this study, due to the more severe effect of drought stress on grain

yield at spike emergence stage, irrigation is important at this stage. In the absence of irrigation at the mentioned stage, yield reduction will be higher than non-irrigation at other stages. Thus, based on susceptibility index, compared to other stages, heading and grain filling stages were evaluated as the highest and lowest susceptible stages in response to water deficit respectively.

Keywords: Biological yield, Heading, Susceptibility index

ارزیابی حساسیت برخی مراحل فنولوژیکی ژنوتیپ‌های گندم در پاسخ به تنش خشکی

احمد نادری^{۱*} و محمدرضا اصلاحی^۲

۱- *نویسنده مسئول: دانشیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران (ah_naderi36@yahoo.com)

۲- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۱۲

چکیده

این تحقیق با هدف ارزیابی حساسیت برخی مراحل فنولوژیکی ژنوتیپ‌های گندم به تنش خشکی در دو سال زراعی ۱۳۹۳-۹۴ و ۱۳۹۲-۹۳ به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی تیمارهای تنش خشکی و عامل فرعی چهار ژنوتیپ گندم بودند. عملکرد دانه در تیمار شاهد ۴۹۱۹ و در تیمارهای عدم آبیاری در مراحل پنجه‌زنی، رشد طولی ساقه، ظهور سنبله و رشد دانه به ترتیب ۴۱۰۹، ۴۴۴۲، ۳۹۸۸ و ۴۴۵۵ کیلوگرم در هکتار بود. بیشترین مقدار شاخص حساسیت برای عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد دانه در سنبله و تعداد دانه در واحد سطح به ترتیب با ۱/۴۷، ۱/۳۹، ۱/۳۳، ۴/۸۰ و ۱/۷۵ به مرحله ظهور سنبله تعلق داشت. حساسیت بیشتر عملکرد دانه به تنش خشکی در مرحله ظهور سنبله را می‌توان به اثر تنش خشکی بر تکوین گلچه‌ها و اختلال در گرده‌افشانی منتسب نمود.

کلید واژه‌ها: شاخص حساسیت، ظهور سنبله، عملکرد بیولوژیکی

مقدمه

یکی از مهم‌ترین راهکارهای استفاده بهینه از منابع آب برای پایداری عملکرد و افزایش راندمان آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله ایران، افزایش محصول به ازاء مصرف هر واحد آب است (Blum, 1996). تنش خشکی به‌عنوان یکی از عامل اصلی کاهش عملکرد گیاهان در مناطق نیمه‌خشک محسوب شده و منجر به تنش اکسیداتیو می‌شود (Sharifi and Mohammadkhani, 2018). بر اساس نتایج یک تحقیق گزارش شد که عملکرد دانه گندم عمدتاً تحت تأثیر تعداد دانه بود و در شرایط تنش خشکی، عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه، به شدت کاهش یافتند (Jensen et al., 2001). در مطالعه تأثیر تنش

خشکی در مراحل آبستنی و گرده‌افشانی، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، شاخص برداشت و تعداد دانه در واحد سطح ژنوتیپ‌های گندم مورد بررسی شدت کاهش یافتند (Gupta et al., 2001). در تحقیقی دیگر، تنش خشکی قبل از گرده‌افشانی باعث کاهش عملکرد دانه اکثر ارقام گندم مورد بررسی شد. بر اساس نتایج یک پژوهش گزارش شد که اگرچه عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی در اواسط رشد طولی ساقه، آبستنی و پر شدن دانه در مقایسه با عملکرد دانه در تیمار بدون تنش خشکی، کاهش یافت، اما بیشترین کاهش عملکرد دانه به تنش خشکی در مرحله شروع رشد طولی ساقه تعلق داشت (Shamsi and Kobraee, 2011). گزارش شده است که در مقایسه با سایر مراحل رشد و نمو، حساسیت

۱۳۹۳ به صورت کرت‌های یک بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اهواز انجام شد. عامل اصلی، تیمارهای آبیاری شامل اعمال تنش خشکی مرحله‌ای از طریق عدم آبیاری در مراحل ۱- شروع پنجه‌زنی $Z=21$ ، ۲- شروع رشد طولی ساقه $Z=31$ ، ۳- اواسط ظهور سنبله $Z=55$ ، ۴- شروع رشد شیری دانه $Z=62$ بر اساس معیار رشد (Zadoks et al., 1974) و ۵- شاهد (انجام آبیاری در تمام مراحل) و عامل فرعی چهار ژنوتیپ گندم شامل رقم چمران و لاین ۱۲-۸۴-S (گندم نان) و دو رقم کرخه و بهرننگ (گندم دوروم) بودند. تاریخ کاشت در دو سال انجام این تحقیق به ترتیب ۲۲ و ۲۶ آبان ماه بود. پس از تهیه زمین، مقادیر مورد نیاز سه عنصر N، P و K بر اساس آزمون خاک و سطوح کرت‌های آزمایشی، به ترتیب از سه منبع اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم محاسبه و تعیین شد. کل سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم و نیمی از اوره در زمان تهیه زمین با خاک مخلوط و نیمی از اوره به عنوان کود سرک در نظر گرفته شد. کاشت بذور هر ژنوتیپ بر اساس ۴۰۰ بذر در مترمربع در شش خط کاشت هریک به طول شش متر و با فاصله خطوط کاشت ۲۰ سانتی‌متر انجام شد. با پایش پیش‌بینی هواشناسی، در صورت احتمال بارندگی، برای حفاظت مزرعه از بارندگی‌های احتمالی، از محافظ باران فلزی به ارتفاع مفید ۱/۲ متر با پوشش پلی اتیلن شفاف استفاده شد. باقیمانده کود اوره در تیمارهای عدم آبیاری در مراحل پنجه‌زنی، ظهور سنبله، رشد دانه و شاهد در مرحله رشد طولی ساقه و در تیمار عدم آبیاری در مرحله رشد ساقه، باقیمانده کود اوره در مرحله پنجه‌زنی مصرف شد. کنترل علف‌های هرز برگ‌پهن و باریک‌برگ به ترتیب با علف‌کش‌های گرانستار بر اساس ۲۰ گرم در هکتار و تاپیک بر اساس یک لیتر در

دو مرحله پایان پنجه‌زنی و شروع رشد ساقه به تنش خشکی بیشتر بود (Mirzaei et al., 2011). همچنین در یک گزارش دیگر، کاهش تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه در اثر تنش خشکی در مراحل پنجه‌زنی، تمایز سنبله و رشد شیری دانه در ژنوتیپ‌های گندم گزارش شده است (Aown et al., 2012).

(Fischer and Maurer 1987) شاخص حساسیت به تنش ((Stress Susceptibility Index (SSI) Fernandez (1992)، شاخص تحمل تنش ((Stress Tolerance Index (STI)، (Rossille and Hamblin 1981) میانگین بهره‌وری ((Mean Productivity (MP)) و تحمل ((Tolerance (TOL)) (Gavuzzi et al. 1997) شاخص عملکرد ((Yield Index (YI) را برای ارزیابی تحمل و حساسیت گیاهان، زراعی به شرایط تنش دار معرفی کردند. با مطالعه هر یک از شاخص‌های تحمل به تنش، به نظر می‌رسد که کاربرد یک شاخص به تنهایی منجر به نتایج مطلوب نشود (Moshtati et al., 2013). بر اساس این معیارها، مقادیر عددی کم برای شاخص‌های حساسیت به تنش و تحمل و مقادیر زیاد برای میانگین بهره‌وری، شاخص تحمل و شاخص عملکرد، نشان‌دهنده تحمل بیشتر گیاه به شرایط تنش دار است (Naderi et al., 1999).

با توجه به روند افزایش سطح زیرکشت گندم و محدودیت منابع آب در دسترس، مطالعه اثر عدم آبیاری در مراحل مختلف رشد به منظور ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های گندم و اعمال مدیریت‌های بحرانی در شرایط خشکی با هدف حداقل‌سازی کاهش عملکرد دانه، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این تحقیق با هدف بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد ژنوتیپ‌های گندم و ارزیابی حساسیت مراحل رشد نسبت به تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-

حساسیت برای عملکرد دانه و اجزاء آن از روابط زیر محاسبه شد (Fischer and Maure, 1987):

$$SI=1-(\hat{Y}_s / \hat{Y}_p)$$

$$SSI=[1-(Y_s/Y_p)]/SI$$

$$STI = (Y_p \times Y_s) / (\hat{Y}_p)^2$$

$$TOL = (Y_p - Y_s)$$

$$MP = (Y_s + Y_p) / 2$$

$$YI = Y_s / \hat{Y}_s$$

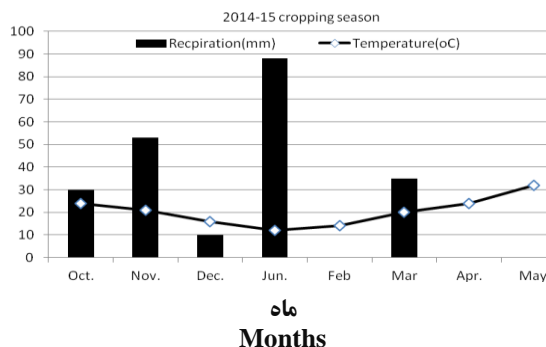
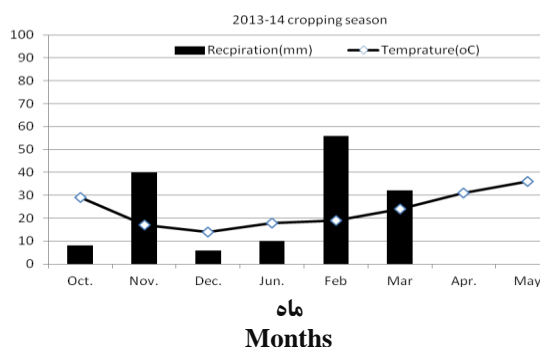
در روابط فوق \hat{Y}_p و \hat{Y}_s میانگین کل هر صفت در

همه ژنوتیپها به ترتیب در شرایط مطلوب و تنش و Y_p و Y_s میانگین هر صفت برای هر ژنوتیپ به ترتیب در شرایط مطلوب و تنش می‌باشند. مقایسه میانگینها برای عملکرد دانه و اجزاء آن با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام شد. برای برآورد شاخص‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

تغییرات میانگین دما و میزان تجمعی بارش ماهانه در طول فصل رشد گندم در دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ در شکل (۱) نشان داده شده است. تغییرات دما در دو سال انجام تحقیق، دارای روند نسبتاً مشابهی بود با این تفاوت که در مقایسه با فصل زراعی ۹۳-۱۳۹۲، در فصل زراعی ۹۴-۱۳۹۳، میانگین دما کمتر و میزان بارندگی تجمعی بیشتر بود. به‌طور کلی سال دوم انجام این تحقیق را می‌توان خنک‌تر و مرطوب‌تر از سال اول ارزیابی نمود.

هکتار انجام شد. در زمان رسیدگی، ۲۰ سنبله تصادفی از هر کرت برداشت و با جدا کردن دانه‌های سنبله‌های مذکور و شمارش آنها، تعداد دانه در سنبله از تقسیم تعداد دانه بر عدد ۲۰ محاسبه شد. در زمان رسیدگی کامل و با معیار قطع ارتباط آوندی بین سنبله و ساقه پس از حذف نیم متر از بالا و نیم متر از پائین هر کرت، زیست توده هر کرت کف‌بر و پس از جدا کردن دانه‌ها از زیست توده، میزان رطوبت زیست توده و دانه‌ها با قرار دادن یک نمونه از آن‌ها در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت تعیین و وزن زیست توده و دانه‌ها بر اساس رطوبت ۱۴ درصد اصلاح شد. با توجه به سطح کرت و وزن زیست توده، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه محاسبه و شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی و ضرب آن در عدد ۱۰۰، محاسبه شد. وزن هزار دانه با توزین دو نمونه ۵۰۰ دانه‌ای از محصول دانه هر کرت تعیین و تعداد دانه در واحد سطح، از نسبت عملکرد دانه به وزن تک دانه و تعداد سنبله در واحد سطح از نسبت تعداد دانه در واحد سطح به تعداد دانه در سنبله محاسبه شدند. با توجه با تیمارهای عدم آبیاری در مراحل مختلف فنولوژیکی به‌عنوان شرایط خشکی در مراحل مذکور و آبیاری کامل به‌عنوان شرایط بدون تنش، شدت تنش (SI) و شاخص‌های تحمل (Stress Intensity)



شکل ۱- منحنی‌های آمبروترمیک ایستگاه تحقیقات کشاورزی اهواز در دو فصل ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳
Figure 1. Ambrothermic curves of Ahvaz research station in 2013-14 and 2014-15 cropping seasons

نسبت داد. (Kimurto *et al.*, 2003) مشاهده کردند که در گندم در شرایط تنش آب، تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر قرار گرفت. کمترین کاهش در عملکرد بیولوژیکی در مقایسه با شاهد، به تیمار عدم آبیاری در مرحله رشد دانه مربوط بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه با ۴۹۱۹ کیلوگرم در هکتار به تیمار آبیاری کامل تعلق داشت که با عملکرد دانه در تیمارهای عدم آبیاری در مراحل پنجه‌زنی و ظهور سنبله تفاوت معنی‌دار داشت، کاهش عملکرد دانه در تیمارهای مذکور نسبت به شاهد به ترتیب ۱۶ و ۱۸ درصد بود (جدول ۲). کاهش عملکرد دانه در اثر تنش عدم آبیاری در مراحل پنجه‌زنی و رشد طولی ساقه در این تحقیق ناشی از کاهش تعداد سنبله در واحد سطح و کاهش عملکرد دانه در تیمارهای عدم آبیاری در مراحل ظهور سنبله و رشد دانه به ترتیب به کم شدن تعداد دانه در سنبله و وزن دانه مربوط بود (جدول ۲).

بیشترین شاخص برداشت به تیمار شاهد بدون تنش تعلق داشت و در تیمارهای تنش خشکی، شاخص برداشت کاهش یافت، به دلیل تغییرات غیرمتوازن عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی روند کاهش شاخص برداشت در تیمارهای مختلف یکسان نبود. در مقایسه با شاهد، پس از تیمار عدم آبیاری در مرحله رشد دانه، بیشترین کاهش در وزن هزار دانه به تیمار عدم آبیاری در مرحله پنجه‌زنی تعلق داشت (جدول ۲). کاهش وزن هزار دانه در تیمار عدم آبیاری در رشد دانه را همچنان که (Martinez *et al.*, 2003) بیان داشتند می‌توان به کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه در اثر تسریع در پیری و ریزش برگ‌ها منتسب نمود. بیشترین کاهش در تعداد دانه در واحد سطح به تیمار عدم آبیاری در مرحله ظهور سنبله تعلق داشت و با وجود بالاتر بودن وزن هزار دانه در این تیمار در مقایسه با تنش کمبود آب در دو مرحله پنجه‌زنی و رشد دانه، عملکرد دانه در تیمار مذکور

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها در جدول (۱) نشان داده شده است. اثر سال برای هیچ یک از صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود. اثر تیمار تنش عدم آبیاری بر عملکرد دانه و اجزاء آن معنی‌دار شد. به جز عملکرد بیولوژیکی و تعداد دانه در سنبله، تفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر سایر صفات معنی‌دار بود و اثر متقابل تیمار آبیاری \times ژنوتیپ برای همه صفات مورد بررسی در این تحقیق معنی‌دار شد (جدول ۱). میانگین عملکرد دانه و اجزاء آن در تیمارهای عدم آبیاری در مراحل مختلف رشد در جدول (۲) نشان داده شده است. بالاترین تراکم سنبله در واحد سطح به تیمارهای شاهد و عدم آبیاری در مراحل ظهور سنبله و دانه‌بندی تعلق داشت. در گندم، تعداد سنبله بالقوه در واحد سطح یک ویژگی ژنتیکی است اما تعداد بالفعل این جزء به وسیله برهمکنش ظرفیت ژنتیکی و شرایط محیطی از مرحله استقرار گیاهچه تا ظهور سنبله تعیین می‌شود و هر گونه تنش محیطی از جمله تنش خشکی باعث کاهش این جزء مهم از عملکرد دانه می‌شود (Mirzaei *et al.*, 2011).

بیشترین کاهش در تعداد سنبله در واحد سطح بدون تفاوت معنی‌دار با شاهد در تیمارهای عدم آبیاری در مراحل پنجه‌زنی و رشد طولی ساقه در مقایسه با شاهد کاهش نشان داد (جدول ۲). علت کاهش بیشتر تعداد سنبله در واحد سطح در تیمار تنش خشکی در مرحله پنجه‌زنی را می‌توان به اثر کمبود آب بر تشکیل پنجه‌های بارور در این مرحله نسبت داد. نتایج این تحقیق با یافته‌های (Moragues *et al.*, 2006) که بیان کردند آب کافی در مرحله پنجه‌زنی در گندم یک نیاز اساسی برای تشکیل تعداد مطلوب سنبله در واحد سطح است، مطابقت داشت. کمترین تعداد دانه در سنبله به تیمار عدم آبیاری در ظهور سنبله تعلق داشت، کاهش شدید تعداد دانه در سنبله در اثر کمبود آب در مرحله ظهور سنبله را می‌توان به اثر تنش بر تکوین گلچه‌ها

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس مرکب مربوط به عملکرد دانه و اجزاء آن بر اساس میانگین مربعات داده‌ها

Table 1. Results of combined variance analysis of grain yield and its components based on data mean square

تعداد دانه در مترمربع Grain per m ²	تعداد سنبله در مترمربع Spike per m ²	تعداد دانه در سنبله Grain per spike	وزن هزار دانه Thousands grain weight	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
28280 ^{ns}	278 ^{ns}	0.054 ^{ns}	0.366 ^{ns}	0.440 ^{ns}	24100 ^{ns}	215321 ^{ns}	1	سال Year
2985421 ^{**}	1980 ^{**}	1.615 ^{**}	1.918 ^{**}	3.995 ^{**}	443252 ^{**}	3062489 ^{**}	4	تکرار (سال) Replication (year)
3303338 ^{**}	2803 ^{**}	2.733 ^{**}	2.935 ^{**}	4.054 ^{**}	368058 ^{**}	2999082 ^{**}	4	آبیاری Irrigation
683692 ^{ns}	654 ^{ns}	0.098 ^{ns}	0.615 ^{ns}	1.003 ^{ns}	118251 ^{ns}	1001512 ^{ns}	4	آبیاری × سال Irrigation × Year
482880	378	0.154	0.406	0.640	54100	415321	4	خطا Error
2595436 ^{**}	1449 ^{**}	0.207 ^{ns}	2.340 ^{**}	2.651 ^{**}	198477 ^{**}	237222 ^{ns}	4	ژنوتیپ Genotype
563125 ^{ns}	582 ^{ns}	0.098 ^{ns}	0.651 ^{ns}	1.012 ^{ns}	68925 ^{ns}	149561 ^{ns}	3	ژنوتیپ × سال Genotype × Year
1659875 ^{**}	1561 ^{**}	0.918 ^{**}	1.981 ^{**}	3.041 ^{**}	161541 ^{**}	2125486 ^{**}	12	ژنوتیپ × آبیاری Genotype × Irrigation
692154 ^{ns}	498 ^{ns}	0.165 ^{ns}	0.516 ^{ns}	1.001 ^{ns}	59245 ^{ns}	684521 ^{ns}	12	ژنوتیپ × آبیاری × سال Genotype × Irrigation × Year
386304	302	0.123	0.324	0.512	43280	332257	60	خطا Error
15	3	14	4	5	13	14		ضریب تغییرات (درصد) C.V.(%)

ns, * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

ns, * and ** no significant differences, significant at the 5 and 1 % probability level, respectively.

جدول ۲- میانگین عملکرد دانه و اجزاء آن در تیمارهای عدم آبیاری در مراحل مختلف رشد و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه
Table 2. Grain yield and its componenets mean in no irrigation treatments in different growth stages and studied genotypes

تعداد دانه در متر مربع Grain per m ²	تعداد سنبله در متر مربع Spike per m ²	تعداد دانه در سنبله Grain per spike	وزن هزار دانه (گرم) Thousands grain weight (gr)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (Kg/ha)	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (Kg/ha)	عدم آبیاری در مرحله رشد No irrigation in growth stage
10803	322	33	38	38	4109	11026	پنجه‌زنی Tillering
11042	329	33	41	40	4442	11074	رشد طولی ساقه Stem elongation
10160	343	27	40	38	3988	10611	ظهور سنبله Heading
12373	351	34	36	39	4455	11596	رشد دانه Grain filling
12360	345	33	40	41	4919	12071	شاهد Check
563	37	3	3	2	742	1137	LSD 1%

و رشد طولی ساقه، کاهش عملکرد ناشی از کم شدن تعداد سنبله در واحد سطح بود. به‌طور کلی در مقایسه با اثر دو جزء تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله در شرایط اعمال تنش خشکی در مراحل مختلف، بنظر می‌رسد که در شرایط اعمال تنش در مراحل مذکور، با بهبود شرایط بعد از این مراحل، همچنان که Moragues *et al.* (2006) بیان داشتند، امکان جبران بخشی از پنجه‌های از بین رفته در اثر تنش، بوسیله بهبود شرایط بعد از تنش فراهم شده است در حالی که با مرگ دانه‌های گرده و اختلال در گرده‌افشانی در اثر تنش خشکی در مرحله ظهور سنبله (Mirzaei *et al.*, 2011) با وجود افزایش نسبی وزن هزار دانه در شرایط مذکور، امکان جبران عملکرد بدلیل کاهش شدید تعداد دانه در سنبله امکان‌پذیر نیست.

شاخص حساسیت برای عملکرد دانه و اجزاء آن در پاسخ به تنش کمبود ناشی از عدم آبیاری در مراحل مختلف بر اساس میانگین هر صفت در جدول (۳) نشان داده شده است. بیشترین مقدار شاخص حساسیت برای

نسبت به دو تیمار تنش خشکی در مراحل پنجه‌زنی و رشد دانه، کاهش داشت. (Borras *et al.* (2004) بیان داشتند در شرایط تنش کمبود آب در زمانی که تعداد دانه در واحد سطح به‌عنوان مخزن فیزیولوژیکی کاهش می‌یابد، با وجود کنترل برگشتی منفی که باعث کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌شود، کاهش ظرفیت و قدرت مخزن یعنی تعداد دانه در واحد سطح با کم شدن فعالیت منبع فیزیولوژیکی متناسب نبوده و معمولاً میزان کاهش ظرفیت و قدرت مخزن نسبت به فعالیت منبع فیزیولوژیکی بیشتر است که در نتیجه آن در چنین شرایطی با وجود افزایش نسبی وزن دانه، عملکرد دانه کاهش نشان می‌دهد. در هر سه تیمار عدم آبیاری در مراحل پنجه‌زنی، رشد طولی ساقه و ظهور سنبله، تعداد دانه در واحد سطح در مقایسه با تیمار عدم آبیاری در مرحله رشد دانه و شاهد، کاهش یافت (جدول ۲). بیشترین کاهش عملکرد دانه به تنش خشکی در مرحله ظهور سنبله مربوط بود که خود ناشی از کاهش شدید تعداد دانه در سنبله در تیمار مذکور بود، در دو تیمار عدم آبیاری در مراحل پنجه‌زنی

جدول ۳- شاخص حساسیت عملکرد دانه و اجزاء آن در پاسخ به عدم آبیاری در مراحل مختلف رشد
 Table 3. Grain yield sensitivity indices and its components in respond to no irrigation treatment in different growth stages

تعداد دانه در متر مربع Grain per m ²	تعداد سنبله در متر مربع Spike per m ²	تعداد دانه در سنبله Grain per spike	وزن هزار دانه Thousands grain weight	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عدم آبیاری در مرحله رشد No irrigation in growth stage
1.23	2.29	0.00	1.60	1.33	1.21	1.05	پنجه زنی Tillering
1.05	1.71	0.00	-0.80	0.44	0.71	1.00	رشد طولی ساقه Stem elongation
1.75	0.00	4.80	0.00	1.33	1.39	1.47	ظهور سنبله Heading
0.00	0.00	-0.80	3.21	0.89	0.69	0.48	رشد دانه Grain filling

پنجه زنی و ظهور سنبله را می توان به کاهش بیشتر عملکرد دانه در مقایسه با عملکرد بیولوژیکی در اثر تنش متناسب نمود (جدول ۲). (Mirbahar et al. (2009). گزارش دادند که تنش خشکی متناسب با زمان اعمال تنش روی اجزاء مختلف عملکرد دانه تأثیر گذاشت، این محققین بیان داشتند که بیشترین کاهش در عملکرد دانه به تنش خشکی بعد از ظهور سنبله تعلق داشت و تنش پایان فصل عمدتاً وزن هزار دانه را تحت تأثیر قرار داد. وزن هزار دانه در شرایط عدم آبیاری در مرحله ظهور سنبله، تعداد دانه در سنبله در دو تیمار عدم آبیاری در مراحل پنجه زنی و رشد طولی ساقه و ظهور سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح در شرایط عدم آبیاری در دو مرحله ظهور سنبله و رشد دانه با میانگین این صفات در تیمار آبیاری در تمام مراحل فنولوژیکی برابر بود، به همین علت شدت تنش برای صفات مذکور در تیمارهای مورد نظر برابر با صفر بود. منفی شدن مقادیر شدت تنش برای وزن هزار دانه در تیمار عدم آبیاری در مرحله رشد طولی ساقه و تعداد دانه در سنبله در تیمار عدم آبیاری در مرحله رشد دانه، ناشی از بیشتر بودن میانگین این صفات در این تیمارها در مقایسه با میانگین آن ها در تیمار شاهد بود (جدول ۲).

عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد دانه در سنبله و تعداد دانه در واحد سطح به ترتیب با ۱/۴۷، ۱/۳۹، ۱/۳۳، ۴/۸۰ و ۱/۷۵ به مرحله ظهور سنبله تعلق داشت. از آنجائی که تعداد سنبله در واحد سطح تا مرحله ظهور سنبله تثبیت می شود (Moragues et al., 2006)، بنابراین کاهش عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه و بالاتر بودن حساسیت این دو صفت به تنش خشکی، ناشی از اثر این تنش بر تعداد دانه در سنبله و در نتیجه تعداد دانه در واحد سطح بود. در خصوص اثر تنش خشکی بر تعداد دانه در سنبله در ژنوتیپ های گندم (Shamsi and Kobraee (2011) و Aown et al. (2012) بیان داشتند که خشکی در مرحله ظهور سنبله با اثر روی بقاء دانه های گرده و اختلال در عمل لقاح، تعداد دانه در سنبله را تحت تأثیر قرار می دهد. بیشترین حساسیت وزن هزار دانه به تنش خشکی در مرحله رشد دانه تعلق داشت (SI=۳/۲۱).

(Kimurto et al. (2003) و Martinez et al. (2003) کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی در مرحله رشد دانه را به کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه در اثر تسریع در پیری و ریزش برگ ها متناسب نمودند. بیشتر بودن حساسیت شاخص برداشت به تنش خشکی در مرحله

برخوردار بود، اگرچه این تحلیل برای همه ترکیبات بیماری در اثر متقابل آبیاری \times ژنوتیپ عمومیت نداشت. گزارش شده است که عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، شاخص برداشت و تعداد دانه در واحد سطح تحت تأثیر تنش خشکی در مراحل آبستنی و گرده‌افشانی قرار گرفتند (Gupta et al., 2001). بر اساس نتایج تحقیقات دیگر گزارش شده است که اثر تنش خشکی در مراحل قبل از گرده‌افشانی بر عملکرد دانه، تعداد دانه و وزن هزار دانه ژنوتیپ‌های گندم معنی‌دار بود (Moragues et al., 2006). اثر معنی‌دار تنش خشکی بر تعداد سنبلچه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در یک پژوهش (Akram et al., 2004) و کاهش تعداد پنجه بارور و در نتیجه تعداد سنبله در واحد سطح و عملکرد دانه در اثر این تنش (Geverk and Atsoy, 2012) در ژنوتیپ‌های گندم گزارش شده است.

با توجه به روند تغییرات عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی و تیمارهای تنش خشکی در مراحل مختلف رشد، به نظر می‌رسد همچنان که Monneveux et al. (2012) بیان داشتند ژنوتیپ‌های گندم دوروم در مقایسه با ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط تنش خشکی از پایداری عملکرد دانه بالاتری برخوردار باشند. بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف گندم، به پتانسیل ژنتیکی آن‌ها برای عملکرد دانه بستگی دارد. با توجه به نتایج این تحقیق و حساسیت اجزاء عملکرد دانه، ایجاد شرایط مطلوب رطوبت خاک به‌ویژه در مراحل پنجه‌زنی، رشد طولی ساقه و ظهور سنبله برای تشکیل تعداد دانه در واحد سطح، به‌عنوان یکی از راهکارهای موفقیت در کاهش حساسیت و در نتیجه پایداری عملکرد دانه ارزیابی می‌شود.

مقادیر عددی شاخص‌های حساسیت و تحمل تنش در برهمکنش تیمارها در جدول (۵) نشان داده شده است.

میانگین عملکرد دانه و اجزاء آن در برهمکنش تیمارها در جدول (۴) نشان داده شده است. در برهمکنش تیمارها، بیشترین عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه به ترتیب با ۱۳۳۴۵ و ۵۰۷۱ کیلوگرم در هکتار از رقم کرخه در شرایط آبیاری کامل \times به‌دست آمد در حالی که کمترین عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه به ترتیب با ۹۶۹۶ و ۳۴۸۵ کیلوگرم در هکتار به رقم چمران به ترتیب در تیمارهای عدم آبیاری در مرحله رشد دانه و ظهور سنبله تعلق داشت (جدول ۴).

بیشترین وزن هزار دانه به میزان ۴۵ گرم به رقم بهرنگ در دو شرایط شاهد و عدم آبیاری در مرحله ظهور سنبله تعلق داشت. کاهش وزن هزار دانه دو رقم دوروم کرخه و بهرنگ در اثر تنش در مراحل مختلف رشد، کمتر از کاهش وزن هزار دانه رقم چمران بود (جدول ۴). کاهش کمتر وزن هزار دانه در ارقام دوروم را می‌توان به خصوصیات مرتبط با فعالیت مخزن این ژنوتیپ‌ها مرتبط دانست. بالاترین تعداد سنبله در واحد سطح با ۳۶۳ سنبله در مترمربع به رقم بهرنگ در آبیاری کامل تعلق داشت (جدول ۴). در همه ژنوتیپ‌ها، بیشترین کاهش در عملکرد دانه نسبت به شاهد، به تیمار عدم آبیاری در مرحله ظهور سنبله مربوط بود.

Raine et al. (2001) بیان داشتند که تنش خشکی در مرحله قبل از گرده‌افشانی تعداد دانه در واحد سطح را از طریق کاهش دو جزء تشکیل‌دهنده این جزء از عملکرد دانه یعنی تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله کاهش داد، این محققین بیان داشتند که میزان اثر تنش بر دو جزء مذکور، به زمان بروز تنش و خصوصیات ژنتیکی ژنوتیپ‌ها بستگی دارد.

به‌طور کلی تغییرات کمتر عملکرد دانه ارقام دوروم مورد بررسی در این تحقیق را می‌توان به خصوصیات جبران‌کنندگی اجزاء عملکرد دانه این ارقام نسبت داد. در بین اجزاء عملکرد دانه، دو جزء تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در ارقام دوروم از پایداری بیشتری

جدول ۴- میانگین عملکرد دانه و اجزاء آن در برهمکنش حذف آبیاری در مراحل رشد × ژنوتیپ
 Table 4. Grain yield and its components mean in interaction of remove irrigation in growth stages × genotype

تعداد دانه در مترمربع Grain per m ²	تعداد سنبله در مترمربع Spike per m ²	تعداد دانه در سنبله Grain per spike	وزن هزار دانه Thousands grain weight	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عدم آبیاری در مرحله رشد No irrigation in growth stage	ژنوتیپ‌ها Genotypes
11534	323	34	31	36	3575	10016	پنجه‌زنی Tillering	رقم چمران Chamran cultivar
12152	325	35	33	40	4010	10083	رشد طولی ساقه Stem elongation	
10871	345	28	32	35	3485	9956	ظهور سنبله Heading	
13405	351	35	30	42	4038	9696	رشد دانه Grain filling	
13451	345	35	35	45	4708	10462	شاهد Check	
10880	312	32	38	41	4134	10084	پنجه‌زنی Tillering	لاین S-84-12 Line S-84-12
11339	328	32	42	46	4762	10353	رشد طولی ساقه Stem elongation	
9801	343	26	42	40	4116	10291	ظهور سنبله Heading	
12192	346	34	36	40	4526	11315	رشد دانه Grain filling	
12270	339	33	40	42	4916	11704	شاهد Check	
10795	318	33	41	39	4426	11349	پنجه‌زنی Tillering	رقم کرخه Karkheh cultivar
10284	308	34	43	38	4422	11500	رشد طولی ساقه Stem elongation	
10587	351	27	39	34	4129	12144	ظهور سنبله Heading	
12874	348	33	37	36	4730	13139	رشد دانه Grain filling	
12678	352	33	40	38	5071	13345	شاهد Check	
10004	336	31	43	34	4302	12653	پنجه‌زنی Tillering	رقم بهرنگ Behrang cultivar
10393	344	31	44	37	4573	12360	رشد طولی ساقه Stem elongation	
9381	359	26	45	42	4221	10051	ظهور سنبله Heading	
11109	353	32	41	37	4526	12232	رشد دانه Grain filling	
11041	363	32	45	39	4982	12774	شاهد Check	
302	27	1	1	1	319	866	LSD 1%	

جدول ۵- مقادیر شاخص‌های حساسیت و تحمل تنش در برهمکنش حذف آبیاری در مراحل رشد × ژنوتیپ
 Table 5. Sensitivity and stress tolerance indices in interaction of remove irrigation in growth stages × genotype

تحمل Tolerance	شاخص تحمل تنش Stress tolerance index	شاخص حساسیت Sensitivity index	شاخص عملکرد Yield index	میانگین بهره‌وری Mean of productivity	عدم آبیاری در مرحله رشد No irrigation in growth stage	ژنوتیپ‌ها Genotypes
0.84	4142	1133	0.76	1.20	پنجه‌زنی Tillering	رقم چمران Chamran cultivar
0.96	4359	698	0.85	0.74	رشد طولی ساقه Stem elongation	
0.84	4097	1223	0.74	1.30	ظهور سنبله Heading	
0.95	4273	670	0.86	0.71	رشد دانه Grain filling	
0.97	4525	784	0.84	1.25	پنجه‌زنی Tillering	لاین S-84-12 Line S-84-12
1.12	4839	152	0.97	0.28	رشد طولی ساقه Stem elongation	
0.97	4516	800	0.84	1.47	ظهور سنبله Heading	
1.07	4721	390	0.92	0.72	رشد دانه Grain filling	
1.04	4749	645	0.87	0.98	پنجه‌زنی Tillering	رقم کرخه Karkheh cultivar
1.04	4774	649	0.87	0.98	رشد طولی ساقه Stem elongation	
0.97	4600	942	0.81	1.43	ظهور سنبله Heading	
1.11	4901	341	0.93	0.52	رشد دانه Grain filling	
1.01	4642	680	0.86	1.14	پنجه‌زنی Tillering	رقم بهرننگ Behrang cultivar
1.08	4778	409	0.92	0.68	رشد طولی ساقه Stem elongation	
0.99	4602	761	0.86	1.27	ظهور سنبله Heading	
1.07	4754	456	0.91	0.76	رشد دانه Grain filling	

مراحل ارزیابی شدند. در همه ژنوتیپ‌ها، بر اساس شاخص‌های تحمل تنش، میانگین بهره‌وری و شاخص عملکرد، بیشترین حساسیت به شرایط تنش خشکی، به مرحله ظهور سنبله اختصاص داشت. در ارزیابی تحمل

بر اساس شاخص حساسیت به تنش، در ارقام چمران و کرخه، مرحله رشد دانه و در رقم بهرننگ و لاین ۱۲-۸۴-S، مرحله رشد طولی ساقه متحمل تر و در همه ژنوتیپ‌ها، مرحله ظهور سنبله حساس تر از سایر

مراحل رشد نسبت به تنش خشکی ناشی از عدم آبیاری ارزیابی شدند. حساسیت بیشتر مرحله ظهور سنبله در ژنوتیپ‌های گندم به تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی گزارش شده است (Aown et al., 2012; Moragues et al., 2006).

میانگین شاخص‌های حساسیت و تحمل تنش در ژنوتیپ‌های نان و دوروم در جدول (۶) نشان داده شده است. بر اساس شاخص حساسیت به تنش، فقط حساسیت ژنوتیپ‌های دوروم به تنش کمبود آب در مرحله رشد طولی ساقه از حساسیت ژنوتیپ‌های نان بیشتر بود، برای شاخص تحمل به تنش، تحمل ژنوتیپ‌های نان در دو مرحله پنجه‌زنی و رشد طولی ساقه از تحمل ژنوتیپ‌های دوروم در این مراحل بیشتر شد، در خصوص عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها به تنش کمبود آب بر اساس شاخص تحمل، ژنوتیپ‌های نان در مراحل پنجه‌زنی، ظهور سنبله و رشد

ژنوتیپ‌ها به تنش کمبود آب در مراحل مختلف رشد، بر اساس شاخص میانگین بهره‌وری، رقم بهرننگ و بر پایه معیار شاخص عملکرد، لاین ۱۲-۸۴-S و رقم بهرننگ در مرحله رشد طولی ساقه، از تحمل بیشتری برخوردار بودند و در سایر معیارهای ارزیابی‌کننده عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها به تنش کمبود آب، تحمل مرحله رشد دانه به تنش بیشتر بود. تحمل بیشتر رقم بهرننگ و لاین ۱۲-۸۴-S بر اساس میانگین بهره‌وری در مرحله رشد طولی ساقه در مقایسه با مرحله رشد دانه را می‌توان به قابلیت این دو ژنوتیپ در ذخیره کربوهیدرات‌های غیرساختمانی و انتقال این مواد به دانه‌های در حال رشد منتسب نمود.

بدون در نظر گرفتن برخی موارد، با توجه به عکس‌العمل ژنوتیپ‌های مورد بررسی بر اساس هر پنج شاخص مورد استفاده در این تحقیق، مراحل ظهور سنبله و رشد دانه به ترتیب به‌عنوان حساس‌ترین و متحمل‌ترین

جدول ۶- میانگین شاخص‌های حساسیت و تحمل تنش در ژنوتیپ‌های نان و دوروم در حذف آبیاری در مراحل رشد
Table 6. Mean of sensitivity and stress tolerance indices in bread and durum wheats genotypes in of remove irrigation in growth stages

شاخص عملکرد Yield index	میانگین بهره‌وری Mean of productivity	تحمل Tolerance	شاخص تحمل تنش Stress tolerance index	شاخص حساسیت Sensitivity index	عدم آبیاری در مرحله رشد No irrigation in growth stage	ژنوتیپ‌ها Genotypes
0.91	4334	959	0.80	1.23	پنجه‌زنی Tillering	Bread wheat گندم نان
1.04	4599	425	0.91	0.51	رشد طولی ساقه Stem elongation	
0.91	4307	1012	0.79	1.39	ظهور سنبله Heading	
1.01	4497	530	0.89	0.72	رشد دانه Grain filling	
1.03	4696	663	0.87	1.06	پنجه‌زنی Tillering	Durum wheat گندم دوروم
1.06	4776	529	0.90	0.83	رشد طولی ساقه Stem elongation	
0.98	4601	852	0.84	1.35	ظهور سنبله Heading	
1.09	4828	399	0.92	0.64	رشد دانه Grain filling	

مطالعه در این پژوهش که با یافته‌های محققین دیگر (Martinez *et al.*, 2003; Nicolas and Turner, 1998) تأیید شد، می‌توان مرحله رشد دانه را به‌عنوان مرحله‌ای با حساسیت کمتر معرفی نمود و عدم آبیاری در مراحل پنجه‌زنی و رشد ساقه و به‌ویژه مرحله ظهور سنبله با توجه به کاهش شدید عملکرد دانه توصیه نمی‌شود.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این تحقیق، در مقایسه مراحل رشد گندم نسبت به تنش خشکی در اثر عدم آبیاری، به دلیل اثر شدیدتر این تنش بر عملکرد دانه در مرحله ظهور سنبله، آبیاری در این مرحله از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و در صورت عدم آبیاری در مرحله مذکور کاهش عملکرد در مقایسه با عدم آبیاری در سایر مراحل بیشتر خواهد بود.

دانه و برای هر دو شاخص میانگین بهره‌وری و شاخص عملکرد، ژنوتیپ‌های دوروم در پاسخ به کمبود آب در همه مراحل رشد، از تحمل بیشتری برخوردار بودند. نتایج این تحقیق در خصوص تفاوت حساسیت مراحل رشد و اجزاء عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم به شرایط تنش خشکی در مراحل مختلف رشد با یافته‌های (Gupta *et al.* (2001)، (Aown *et al.* (2012) و (Shamsi and Kobraee (2011) مطابقت داشت.

(Martia and Slafer (2014) گزارش دادند که میزان تحمل ژنوتیپ‌های گندم به شدت تنش و ظرفیت ژنتیکی آن‌ها برای عملکرد دانه بستگی دارد و تحمل ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد دانه بالاتر، بر اساس شاخص‌های مختلف، بیشتر است. بر اساس نتایج این تحقیق، در صورت ضرورت حذف یک نوبت آبیاری، با توجه به اثر کمتر وزن دانه در عملکرد دانه گندم ژنوتیپ‌های مورد

Reference

- Akram, H., Iqbal, M. S., Saeed, A., Ali, A. and Nadem, M. A. (2004). Drought tolerance studies of wheat genotypes. *Pakistan Journal of Biological Science*, 71(1), 90-92.
- Aown, M. S. R., Saleem, M. F., Anjum, S. A., Khaliq, T. and Wahid, M. A. (2012). Folliar application of Potasum under water deficit condition improved the growth and yield of wheat. *The Journal of Animl and Plant Science*, 22(2), 431-437.
- Blum, A. (1996). Crop responses to drought land the interspretation of adaptation. *Plant Growth Regulayion*, 20(2), 135-148.
- Borras, L., Slafer, G. A. and Otegui, M. E. (2004). Seed dry weight response to source-sink manipulation in wheat, maize and soybean: A quantitative reappraisal. *Field Crop Research*, 86(3), 131-146.
- Fernandez, G. C. J. (1992). *Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance*. In Proceeding of international symposium on adaptation of vegetables and other crop in temperature and water stress, Taiwan.
- Fischer, R. A. and Maurer, R. (1987). Drought resistance in spring wheat cultivar .I. Grain yield responses. *Ausralian Journal of Agriculture Research*, 29(4), 897-912.
- Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, R. G., Ricciardi, G. L. and Borghi, B. (1997). Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journal of Plant Science*, 77(4), 523-531.
- Geverk, M. N. and Atsoy, V. (2012). Effect of post anthesis drought on certain agronomical characteristics of wheat under two different nitrogen applications. *Turkish Journal of Field Crops*, 17(1), 19-23.

- Gupta, N. K., Sunita, G., Arvind, K, Gupta, S. and Kumar, A. (2001). Effect of water stress on the physiological attributes and their relationship with growth and yield of wheat cultivars at different stages. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 186(91), 55-62.
- Jensen, M. A., Mogensen, C. R. and Anderson, M. N. (2001). Root signaling and osmotic adjustment during intermittent soil drying sustain grain yield of field grown wheat. *Field Crops Research*, 62(1), 35-52.
- Kimurto, P. K., Kinyua, M. G. and Njoroge, J. M. (2003). Response of bread wheat genotypes to drought simulation under a mobile rain shelter in Kenya. *African Crop Science Journal*, 11(3), 225-234.
- Martia, J. and Slafer, G. A. (2014). Bread and durum wheat yields under a wide range of environmental conditions. *Field Crops Research*, 156(1), 258-271.
- Martinez, D. E., Luquez, V. M., Bartoli, C. G. and Guamet, J. J. (2003). Persistence of photosynthetic components and photochemical efficiency in ears of water stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). *Physiology of Plant*, 119(4), 1-7.
- Mirbahar, A. A., Markhandi, G. S. and Mahari, A. R. (2009). Effect of water stress on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *Pakistan Journal of Botany*, 41(3), 1303-1310.
- Mirzaei, A., Naseri, R. and Soleimani, R. (2011). Response of different growth stages of wheat to moisture tension in a semiarid land. *World Applied Sciences Journal*, 12(1), 83-89.
- Monneveux, P., Jing, R. and Misra, S. C. (2012). Phenotyping for drought adaptation in wheat using physiological traits. *Frontiers in Physiology*, 3: 429.
- Moragues, M. F., Garcı- del Moral, L., Moralejo, M. and Royo, C. (2006). Yield formation strategies of durum wheat landraces with distinct pattern of dispersal within the Mediterranean basin I: Yield components. *Field Crops Research*, 95(2), 194-205.
- Moshtati, A., Siadat, A. S., Alami-Saeid, K., Bakhshandeh, A. M. and Kamali, M.R. (2013). Comparison of wheat cultivars using tolerance and sensitivity indices to heat stress in end of season in Ahvaz. *Plant Productions*, 36(2), 61-73. [In Farsi]
- Naderi, A., Majidi-Heravan, E., Hashemi-Dezfouli, A., Rezaea, A. and Noor-Mohamadi, G. (1999). Analysis of efficiency of tolerance indices of crop plants to stress conditions and introduce of new index. *Seed and Plant*, 15(4), 390-402. [In Farsi]
- Nicolas, M. E. and Turner, N. C. (1998). Use of chemical desiccants and senescing agents to select wheat lines maintaining stable grain size during post anthesis drought. *Field Crops Research*, 31(1), 155-171.
- Raine, J., Moheshwari, M. and Nagarajan, S. (2001). Effects of preanthesis water stress on growth, photosynthesis and yield of wheat. *Plant Physiology*, 6(1), 53-60.
- Rossille, A. A. and Hamblin, J. (1981). Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Science*, 21(4), 943-946.
- Shamsi, K. and Kobraee, S. (2011). Bread wheat production under drought stress conditions. *Annals of Biological Research*, 2(3), 352-358.
- Sharifi, P. and Mohammadkhani, N. (2018). Effects of drought stress on enzymatic and non- enzymatic antioxidants in flag leaf and spikes of tolerant and sensitive wheat genotypes. *Plant Productions*, 41(3), 37-50. [In Farsi]

Zadoks, J. C., Chang, T. T. and Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14(6), 415-421.



© 2019 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)