Cereal Biotechnology and Biochemistry
Online ISSN: 2783-5170
Homepage: https://cbb.razi.ac.ir

Evaluation of agronomic and physiological characteristics of durum wheat cultivars under rainfed and supplementary irrigation conditions

Hoshang Rahmati[1] ✉ & Ali Nakhzari Moghadam [2]

[1] Department of Agriculture, Technical and Engineering Faculty, Payam Noor University, Tehran, Iran.

[2] Assistant Professors of Plant Production Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources of Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran.

✉ Corresponding author. E-mail: hoshang.rahmatipnu@pnu.ac.ir

ABSTRACT

Introduction: Drought stress is known as one of the most important factors limiting the growth and production of agricultural plants in most parts of the world and Iran. It is a multidimensional stress and affects plants at different levels. From a physiological point of view, drought stress causes several changes in the relative water content of leaves and photosynthetic pigments of plants, which in turn causes a decrease in the efficiency of photosynthesis and a significant reduction in plant growth parameters and ultimately grain yield. In Iran, drought stress usually occurs during the filling stage of wheat grains, and due to the limitation of irrigation, supplementary irrigation can play an important role in dealing with drought stress. Durum wheat (*Triticum durum*, Desf) is an important food product due to its heavy gluten properties and non-sticky dough, ideal for preparing pasta products such as macaroni and spaghetti.

Materials and methods: To investigate the physiological characteristics, yield, and yield components of durum wheat cultivars under drought conditions and supplemental irrigation, 10 durum wheat genotypes were evaluated in the form of a split-plot design with the basis of randomized complete blocks in dryland and supplemental irrigation with 3 replications during Crop years 2017-2018 and 2018-2019 in Kohdasht city of Lorestan province. Grain yield and yield components (weight of 1000 seeds, number of seeds per spike, number of spikes per plant) as well as biochemical and physiological properties of photosynthetic pigments, greenness index, relative leaf water, leaf protein and light consumption efficiency were investigated.

Results: Variance analysis showed a significant variation among the examined cultivars, moisture conditions, as well as the interaction of cultivar × humidity conditions for most of the traits except the interaction effect of cultivar × humidity conditions for chlorophyll b and leaf protein. The effect of year and interaction effects of year with other factors were not significant for most of the traits. Performing supplementary irrigation compared to rainfed conditions caused all traits to increase significantly, except greenness index and protein content. Mean comparison of interaction effect of cultivar × moisture environment with Duncan's method at 5% level showed that the genotypes reacted differently for the traits in two moisture conditions and in dry conditions, Omrabi3, Hana, Aria and Saji genotypes were superior to other genotypes in terms of agricultural and physiological traits, and with supplementary irrigation, these for genotypes maintained their superiority, and two genotypes, Shabrang and Behrang, were added to this group.

Conclusion: In general, it can be said that the results were almost the same in the two years studied. Supplementary irrigation compared to rainfed conditions improved the agronomic and physiological characteristics of the cultivars. Among the genotypes, there was a high diversity for all the examined traits and this diversity was different in two humidity conditions. Considering the two-year mean yield, the genotypes of Omrabi3, Saji, Arya and Hana for rainfed conditions and Omrabi3, Hana and Behrang for supplementary irrigation conditions of the studied area are recommended.

Keywords: Durum Wheat, Genetic Diversity, Moisture Stress, Supplementary Irrigation.

Article Type: Research Article

Article history: Received: 26 Sep 2023, **Revised:** 19 Oct 2023, **Accepted:** 25 Oct 2023, **Published online:** 22 Dec 2023

Cite this article: Rahmati, H. & Nakhzari Moghadam, A. (2023). Evaluation of agronomic and physiological characteristics of durum wheat cultivars under rainfed and supplementary irrigation conditions. *Cereal Biotechnology and Biochemistry*, *2*(4), 446-467. DOI: 10.22126/cbb.2024.10445.1068

© The Author(s).
10.22126/cbb.2024.10445.1068

Publisher: Razi University

بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات

شاپا الکترونیکی: ۵۱۷۰-۲۷۸۳

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

ارزیابی خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک رقم‌های گندم دوروم تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

هوشنگ رحمتی [۱] ✉ و علی نخزری مقدم [۲]

[۱] گروه کشاورزی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

[۲] استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.

✉ نویسنده مسئول. رایانامه: hoshang.rahmatipnu@pnu.ac.ir

چکیده

مقدمه: تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و تولید گیاهان زراعی در اکثر نقاط جهان و ایران شناخته می‌شود و به‌عنوان یک تنش چند بعدی گیاهان را در سطوح مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهد. تنش خشکی از دیدگاه فیزیولوژیک باعث تغییرات متعددی در محتوی آب نسبی برگ و رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاهان می‌شود، که به‌نوبه خود باعث کاهش کارآیی فتوسنتز و کاهش قابل‌توجه پارامترهای رشد گیاه و در نهایت عملکرد می‌شود. در ایران، معمولاً در مرحله پرشدن دانه گندم تنش خشکی رخ می‌دهد و باتوجه به محدودیت آبیاری، انجام آبیاری تکمیلی می‌تواند نقش مهمی در مقابله با تنش خشکی داشته باشد. گندم دوروم (*Triticum durum*, Desf) به عنوان یک محصول غذایی با اهمیت به علت خصوصیات گلوتن سنگین و خمیر غیر چسبنده برای تهیه‌ی محصولات پاستا از جمله ماکارونی و اسپاگتی ایده‌ال می‌باشد.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی خصوصیات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم دوروم تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی تعداد ۱۰ ژنوتیپ گندم دوروم، در قالب طرح کرت‌های خرد شده با پایه بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت دیم و آبیاری تکمیلی با ۳ تکرار در طی سال‌های زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ و ۱۳۹۸-۱۳۹۷، در شهرستان کوهدشت استان لرستان ارزیابی شد. صفات عملکرد و اجزای عملکرد (وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در بوته) و همچنین خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیک رنگدانه‌های فتوسنتزی، شاخص سبزینگی، آب نسبی برگ، پروتئین برگ و کارایی مصرف نور مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس تنوع معنی‌دار در بین ارقام مورد بررسی، شرایط رطوبتی و همچنین برهمکنش رقم× شرایط روطوبتی برای بیشتر صفات نشان داد و تنها اثر متقابل رقم× شرایط روطوبتی دو صفت کلروفیل b و پروتئین برگ معنی‌دار نشد. اثر سال و اثرات متقابل سال با دیگر فاکتورها برای اکثر صفات معنی‌دار نبود. انجام آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم سبب شد که تمام صفات به استثناء شاخص سبزینگی و میزان پروتئین روند افزایشی بصورت معنی‌دار داشته باشند. مقایسه میانگین اثر متقابل رقم×محیط رطوبتی با روش دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که ژنوتیپ‌ها در دو شرایط رطوبتی به‌طور متفاوتی برای صفات واکنش داشتند و ژنوتیپ‌های Omrabi3، هانا، آریا و ساجی در شرایط دیم از نظر صفات زراعی و فیزیولوژیک برتر از دیگر ژنوتیپ‌ها بودند و با انجام آبیاری تکمیلی این ۴ ژنوتیپ برتری خود را حفظ کردند و دو ژنوتیپ شبرنگ و بهرنگ به این گروه اضافه شد.

نتیجه‌گیری: در مجموع می‌توان بیان داشت که در دو سال مطالعه شده نتایج تقریبا یکسان بود. آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم سبب شد که خصوصیات زراعی و فیزیولوزیک ارقام بهبود یابد و در بین ژنوتیپ‌ها، تنوع بالایی برای تمام صفات مورد بررسی وجود داشت و این تنوع در دو شرایط رطوبتی متفاوت بود. با در نظر گرفتن میانگین عملکرد دوساله Omrabi3، ساجی، آریا و هانا برای شرایط دیم و Omrabi3، هانا و بهرنگ برای شرایط آبیاری تکمیلی منطقه مورد بررسی قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: گندم دوروم، تنوع ژنتیکی، تنش رطوبتی، آبیاری تکمیلی.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

نوع مقاله: دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۴ **اصلاح:** ۱۴۰۲/۰۷/۲۷ **پذیرش:** ۱۴۰۲/۰۸/۰۳، **انتشار آنلاین:** ۱۴۰۲/۱۰/۰۱

استناد: رحمتی، ه. و نخزری مقدم، ع. (۱۴۰۲). ارزیابی خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک رقم‌های گندم دوروم تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی. *بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات*، ۲(۴)، ۴۶۷-۴۴۶. DOI: 10.22126/cbb.2024.10445.1068

ناشر: دانشگاه رازی

© نویسندگان.

CC BY NC

مقدمه

گندم یکی از قدیمی‌ترین و پرمصرف‌ترین گیاهان زراعی می‌باشد که در محدوده وسیعی از شرایط آب و هوایی و در نقاط مختلف دنیا کشت می‌شود، به‌طوری‌که می‌توان گفت مهم‌ترین منبع تغذیه‌ای برای انسان بوده است. همچنین، زراعت آن از تمام گیاهان ساده‌تر و تطابق آن در مناطق مختلف که دارای شرایط آب و هوایی متفاوتی باشند، بیشتر است (Dabiri, 2015). گندم دوروم (*Triticum durum* Desf.) به عنوان یک محصول غذایی با اهمیت به علت خصوصیات گلوتن سنگین و خمیر غیر چسبنده برای تهیه محصولات پاستا از جمله ماکارونی و اسپاگتی ایده‌ال می‌باشد (Soleymanifard & Naseri, 2014). در حال حاضر سطح زیر کشت گندم دوروم در ایران با نوساناتی در برخی سال‌ها بین ۲۵۰ تا ۴۰۰ هزار هکتار است که ۷۰ درصد آن به‌صورت دیم و مابقی به‌صورت آبی کشت و کار می‌شود (Ahmadi, 2020).

خشکی از مهم‌ترین عوامل موثر بر کاهش تولید محصولات زراعی در دنیا است (Blum, 2005). اساساً پاسخ گیاهان به تنش خشکی پیچیده است زیرا ترکیبی از تأثیر تنش، واکنش‌های گیاه در مقابل تنش، زمان، شدت و طول دوره وقوع تنش می‌باشد. شدت و زمان وقوع آن نیز در سال‌ها و مکان‌های مختلف بسیار متفاوت است و به‌همین دلیل میزان خسارت نیز با توجه به مرحله رشد گیاه در زمان وقوع تنش بسیار متفاوت است (Kilic & Yagbasanlar, 2010). در ایران، تنش خشکی معمولاً در مرحله پرشدن دانه گندم رخ می‌دهد (Golabadi *et al*., 2006) که در بعضی مواقع با تنش گرمایی نیز توأم می‌شود (Saint Pierre *et al*., 2008). درمجموع، تنش خشکی و گرمایی دو عامل مهم محیطی هستند که سبب کاهش رشد و نمو گیاهان می‌شوند و در نواحی مدیترانه‌ای در اواخر دوره رشد گندم به‌صورت توأم اتفاق می‌افتند (Ahmadi, 2020).

محدودیت آب در اراضی گندم آبی در مناطق نیمه‌خشک در ایران عموماً در اواخر فصل رشد اتفاق می‌افتد. دلیل اصلی این امر رقابت زراعت‌های بهاره با آبیاری گندم در مرحله دانه‌بندی است به‌طوری‌که این محدودیت آبیاری بسته به زمان آن می‌تواند تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر عملکرد گندم داشته باشد. با درک اثر تنش خشکی و تعیین واکنش ارقام گندم به این تنش می‌توان بهترین واکنش گیاه را شناسایی و موفق‌ترین لاین‌ها را از این لحاظ انتخاب کرد (Ahmadi, 2020).

از دیدگاه فیزیولوژیکی تنش خشکی باعث تغییرات متعددی در گیاهان تحت پوشش، ازجمله محتوای نسبی آب برگ می‌شود (Rosales *et al*., 2012). همچنین، بر نشت الکترولیت برگ، رنگدانه‌های فتوسنتزی، کاروتنوئیدها و غیره مؤثر است که به‌نوبه خود باعث کاهش کارآیی فتوسنتز (Lonbani & Arzani, 2011) و کاهش قابل‌توجه پارامترهای رشد گیاه مانند سطح برگ می‌شود (Hayatu *et al*., 2014). در شرایط تنش خشکی، گونه‌های اکسیژن فعال به‌عنوان رادیکال‌های

سوپراکسید، اکسیژن مجزا، پراکسید هیدروژن و رادیکال‌های هیدروکسیل در سطوح بالا تولید می‌شوند. علاوه بر این، پراکسید هیدروژن و رادیکال‌های سوپراکسید می‌تواند رادیکال‌های هیدروکسیل تشکیل دهد که می‌تواند به پروتئین‌ها، چربی‌ها و DNA آسیب برساند (Reddy *et al*., 2004a). درک کامل مبانی فیزیولوژیکی تحمل تنش می‌تواند برای انتخاب ارقام مقاوم و افزایش بهره‌وری مفید باشد (Lizana *et al*., 2006). دلیل اصلی کاهش فتوسنتز در شرایط تنش خشکی، کاهش ورود کربن به‌دلیل بسته‌شدن روزنه‌ها است. روزنه‌ها در گیاه در واکنش به استرس آب برای کاهش تلفات آب بسته می‌شوند. محدودیت‌های غیر روزنه‌ای فتوسنتز به‌علت افزایش مقاومت مزوفیلی به انتقال دی‌اکسید کربن، کاهش آنزیم ریبولوز ۱ و ۵ بیس فسفات کربوکسیلاز/ اکسیژناز و جلوگیری از فعالیت فتوسیستم II می‌باشد. علاوه بر این، در غیاب آب، سنتز کلروفیل و پروتئین‌ها کاهش می‌یابد (Seghateslami *et al*., 2008).

فراهم نمودن شرایط محیطی و به‌زراعی از عوامل مهم در افزایش عملکرد محصولات زراعی است و در کنار فراهمی عوامل محیطی رشد، استفاده از ارقام با پتانسیل ژنتیکی بالا سبب ایجاد اثر افزاینده بر تولید محصول است (Vargas *et al*., 1998). به‌طورکلی، با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی متنوع کشور، ارقامی برای کشت در نواحی گندم‌خیز کشور مناسب هستند که دارای ویژگی‌هایی مانند قدرت مطلوب پنجه‌زنی، قدرت تولید تعداد دانه بیشتر در سنبله، وزن هزار دانه مناسب، قابلیت انتقال مجدد بالا و فتوسنتز فعال هستند (Dabiri, 2015). برای شرایط حد واسط بین دیم و آبی نیز باید تولید ارقام مناسب متحمل به تنش خشکی آخر فصل مورد توجه باشد (Yaghini *et al*., 2020). با توجه به آنچه بیان شد ارزیابی خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک گندم دوروم در شرایط کشت دیم و تأثیر آبیاری تکمیلی بر این خصوصیات هدف تحقیق حاضر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۱۰ ژنوتیپ گندم دوروم تهیه شده از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، در دو سال زارعی به‌منظور شناسایی ژنوتیپ‌های مناسب بر اساس خصوصیات زارعی و فیزیولوژیک و تاثیر آبیاری انتهایی بر این خصوصیات مورد بررسی قرار گرفتند. در جدول ۱ لیست ژنوتیپ‌های مورد بررسی ارائه شده است.

جدول ۱- لیست ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گندم دوروم

Table 1. The list of studied durum wheat genotypes

ردیف Row	نام ژنوتیپ Genotype name	شجره نامه Pedigree	منشأ Origin
۱	Omrabi3	Jori C69/Hau	ICARDA
۲	هانا Hana	INTER_16/SNITAN/9/USDA595/3/D67.3/ RABI//CRA/4/ALO/5/HUI/YAV_1/6/ARD ENTE/7/HUI/YAV79/8/POD_9	CIMMYT
۳	آریا Aria	MEXICALI 75	ICARDA
۴	ساجی Saji	MRB11//SNIPE/MAGH/3/RUFOM-7	ICARDA
۵	بهرنگ Behrang	ZHONG ZUO/2*GREEN-3	CIMMYT
۶	شبرنگ Shabrang	SORA/2*PLATA12, CD96587-G-1M-030Y-040PAP-040YRL-4H-1Y- 0B	CIMMYT
۷	مراغه ۱ Maragheh 1	15/A/Maragheh	ICARDA
۸	مراغه ۲ Maragheh 2	18/A/maragheh	ICARDA
۹	DM-73-13	SHWA/MALD/Aaz	ICARDA
۱۰	دهدشت Dehdasht	Capeiti: EITI6/Cappelli	Italy

تحقیق حاضر در مزرعه تحقیقاتی شهرستان کوهدشت متعلق به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، با ارتفاع ۱۱۹۵ متر از سطح دریا و موقعیت جغرافیایی ۴۷ درجه و ۶۰ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۵۳ دقیقه عرض شمالی اجرا شد. طبق تقسیم‌بندی اقلیمی دومارتن، کوهدشت دارای اقلیم نیمه گرمسیری با تابستان گرم و خشک می‌باشد. متوسط حداقل دما ۶/۹- درجه سانتی‌گراد و متوسط حداکثر دما ۲۴/۶+ درجه سانتی‌گراد است. در دو سال زراعی، میزان بارندگی به ترتیب ۴۸۳ و ۶۵۰ میلی‌متر بود. افزایش دما در اواخر فصل یعنی در اواخر اردیبهشت تا تیرماه در این منطقه که معمولاً با قطع بارندگی همراه است، زراعت دیم را با تنش خشکی مواجه می سازد. نتایج آزمون خاک مزرعه از عمق صفر تا ۶۰ سانتی‌متری به شرح جدول شماره ۲ بود.

جدول ۲- مشخصات خاک مزرعه تحقیقاتی در عمق صفر تا ۶۰ سانتی‌متری

Table 2- Characteristics of the research field soil at a depth of 0 to 60 cm

خصوصیت Characteristic	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity	فسفر Phosphorus (ppm)	پتاسیم Potassium (ppm)	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	آهن Iron (ppm)
میزان value	7.85	1.28	5.8	230	0.16	1.17	2.8
خصوصیت Characteristic	منگنز Manganese(ppm)	روی Zinc (ppm)	مس Copper(ppm)	بور Boron (ppm)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)
میزان value	6.5	0.73	0.5	0.6	27	38	35

این پژوهش به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ و ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی اجرا شد. هر کرت شامل شش خط سه متری به فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر و تراکم ۳۵۰ بذر در متر مربع بود. طبق آزمایش خاک، برای تأمین نیاز کودی پیش‌از کاشت ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۷۰ کیلوگرم در هکتار اوره به خاک داده شد. زمین محل آزمایش به عمق ۲۵ سانتی‌متر شخم شد تا کود با خاک مخلوط شود. بعد از تسطیح و آماده سازی بستر، کشت در هر دو سال در تاریخ ۱۰ آذرماه انجام شد. بذور قبل از کشت با قارچ کش ویتاواکس با نسبت دو در هزار ضدعفونی شدند. در مرحله پنجه‌زنی، میزان ۴۰ گرم اوره ۴۶ درصد به‌صورت سرک به هر کرت اضافه شد (معادل ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار اوره). مبارزه با علف‌های هرز با دست انجام شد. همچنین وجین دستی نیز در بهار طی دو مرحله انجام گرفت. برای مبارزه با سن گندم از سم دسیس به میزان ۰/۳ لیتر در هکتار ماده تجاری و برای مبارزه با زنگ زرد از سم التو به میزان ۰/۵ لیتر در هکتار ماده تجاری استفاده شد. به دلیل بارش کافی تا اوایل بهار آبیاری در هردو سایت انجام نشد، اما برای محیط آبیاری تکمیلی در فصل بهار طی دو مرحله آبیاری تکمیلی در مراحل به خوشه رفتن و پرشدن دانه انجام شد.

نمونه‌گیری جهت اندازه‌گیری خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه انجام طرح و اطمینان از اعمال تنش خشکی بر ژنوتیپ‌های مورد بررسی انجام شد. لوله‌ای شدن برگ‌ها در سایت دیم در اوایل صبح مبنای اعمال تنش خشکی بر گیاهان لحاظ گردید. برای انجام یادداشت برداری‌ها، از هر ژنوتیپ در هر تکرار ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای انتخاب شدند. در هر کرت، صفات زراعی عملکرد دانه، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و صفات فیزیولوژیک محتوای رطوبت نسبی برگ، کلروفیل a و b، کلروفیل کل، کاروتنوئید، شاخص سبزینگی (SPAD)، پروتئین برگ و کارآیی مصرف نور اندازه گیری شد. برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک به شرح زیر اقدام شد. تمامی اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی در آزمایشگاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان انجام شد.

پس از پرشدن دانه و پنج روز بعد از آخرین مرحله آبیاری انتهایی، در دو سایت میزان سبزینگی اندازه‌گیری شد. برای این منظور از هر کرت ۱۰ بوته انتخاب شده و قرائت اسپد (مدل Spad-502) از سه نقطه برگ پرچم در اول صبح انجام گرفت. از اعداد بدست آمده از هر کرت میانگین گرفته شد و عدد حاصل برای آن کرت در نظر گرفته شد.

همچنین برای اندازه گیری پروتئین، ابتدا ۰/۵ گرم نمونه برگ در نیتروژن مایع کاملاً خرد شد. سپس دو میلی‌لیتر محلول بافر تریس اسید کلریدریک به آن اضافه و در داخل هاون چینی کاملاً هموژنیزه شد. فازهای مخلوط حاصل در لوله اپیندورف و به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت

۱۳۰۰۰ دور در دقیقه توسط سانتریفیوژ جداسازی و پس از آن فاز بالایی جهت قرائت محتوی پروتئین محلول جدا شد (Reddy *et al*., 2004b). مبنای روش اندازه‌گیری پروتئین اتصال رنگ کوماکسی بریانت بلو G250 موجود در معرف اسیدی به مولکول پروتئین بود. برای اندازه‌گیری غلظت پروتئین، ۲۰ میکرولیتر عصاره استخراج شده را در ۸۰ میکرولیتر بافر استخراج رقیق و پنج میلی‌لیتر معرف کوماکسی بلو تازه به آن افزوده و دو دقیقه به‌هم زده شد. پس از پنج دقیقه، میزان جذب نوری آن در طول موج ۵۹۵ نانومتر توسط دستگاه الیزا قرائت شد و از بافر استخراج به عنوان شاهد استفاده شد. غلظت پروتئین محلول در نمونه با توجه به جذب نمونه و با استفاده از منحنی استاندارد به دست آمد و محتوی پروتیئن محلول محاسبه گردید.

برای اندازه‌گیری محتوی کلروفیل و کاروتنوئیدها از روش Lichtenthaler و Wellburn (۱۹۸۳) استفاده شد. به منظور اندازه‌گیری کارآیی مصرف نور نیز میزان تابش دریافتی بوسیله دستگاه تابش سنج (مدل SF-80T) مجهز به سنسور یک متری در بالا و پایین سایه انداز گیاهی در مرحله شیری شدن و رسیدگی دانه اندازه گیری شد (Slafer & Savin,1994)، سپس درصد جذب تابش[1] (Fischer, 2001) و ضریب خاموشی نور[2] (Ezzat Ahmadi *et al*., 2012) محاسبه شد.

در نهایت به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها تجزیه واریانس مرکب، مقایسه میانگین و تجزیه‌ی خوشه‌ای با نرم افزار SPSS 18 انجام شد. به منظور انجام تجزیه واریانس مرکب اثر تکرار و سال به عنوان متغیر تصادفی در نظر گرفته شد و دیگر اثرات به عنوان متغیر ثابت بودند.

نتایج و بحث

بررسی عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های مورد بررسی (جدول ۳) نشان داد که سال بر تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری داشت. بنابراین، این صفات در دو سال مطالعه انجام شده مقادیر متفاوتی داشتند، اما برای دو صفت دیگر اثر سال معنی‌دار نبود. آبیاری تکمیلی تاثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد داشت و می‌توان بیان داشت که رشد زایشی گندم دوروم متأثر از قابلیت دسترسی آب در خاک است. برهمکنش سال در آبیاری تکمیلی برای صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود. تأثیر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه نیز معنی‌دار بود. اثر متقابل سال × ژنوتیپ و همچنین اثر متقابل سه گانه نیز برای عملکرد و اجزای عملکرد معنی‌دار نبود.

[1]- Intercepted Radiation
[2] - Light Extinction Coefficient

جدول ۳- میانگین مربعات تجزیه واریانس مرکب عملکرد و اجزای عملکرد

Table 3. The mean square of combined variance analysis for yield and yield components

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean square			
		وزن هزار دانه Seeds thousand weight	تعداد دانه در سنبله Number of seeds per spike	تعداد سنبله در بوته Number of spikes per plant	عملکرد دانه Seed yield
سال Year	1	65.72^{ns}	30.0**	0.00033^{ns}	16169*
شرایط رطوبتی Humidity conditions	1	1347*	589.6**	3.234**	702561*
سال×شرایط رطوبتی Year× humidity conditions	1	0.518^{ns}	0.0001^{ns}	0.00033^{ns}	1123^{ns}
خطای ۱ Error 1	8	15.770	2.670	0.160	2032
ژنوتیپ Genotype	9	41.56**	58.52**	0.215**	24860**
ژنوتیپ× سال Genotype × year	9	0.0159^{ns}	0.0001^{ns}	0.001^{ns}	55.77^{ns}
ژنوتیپ× شرایط رطوبتی Genotype × humidity conditions	9	36.73**	19.56**	0.176**	17694**
ژنوتیپ×سال×شرایط رطوبتی Genotype×year× humidity conditions	9	0.0141^{ns}	0.0001^{ns}	0.001^{ns}	36.67^{ns}
خطای ۲ Error 2	72	12.54	5.43	0.079	3049
درصد ضریب تغییرات Percentage coefficient of variation		9.38	11.30	17.41	21.35

^{ns} اختلاف غیر معنی دار؛ * معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد؛ ** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

^{ns}Non-significant difference; *Significant at the 5% probability level; **Significant at the 1% probability level

با توجه به اینکه بررسی واکنش ژنوتیپ‌ها در شرایط متفاوت رطوبتی هدف اصلی مقاله است بنابراین مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ × رژیم رطوبتی برای عملکرد و اجزای آن در جدول ۴ ارائه شد و باتوجه به نتایج مشاهده شد که بیشترین وزن هزار دانه به ژنوتیپ بهرنگ در شرایط آبیاری تکمیلی با میانگین ۴۶/۲۱ گرم اختصاص داشت که با دیگر ژنوتیپ‌ها دارای اختلاف معنی‌دار بود و در مرتبه بعد ژنوتیپ‌های هانا و Omrabi3 دارای برتری بودند. کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط دیم و همچنین DM-73-13 و دهدشت در شرایط آبیاری تکمیلی وزن هزار دانه کمتری داشتند و در گروه‌های متفاوتی قرار گرفتنددداشتند. ژنوتیپ‌هایی که در شرایط آبیاری تکمیلی وزن هزار دانه بیشتری داشته‌اند، در شرایط دیم تحت تاثیر تنش بیشتر قرار گرفتند. Sufizadeh و همکاران (۲۰۱۴) بیان داشتند که در طی سال‌های ۱۳۳۶ تا ۱۳۹۱ تغییرات اندکی در وزن هزار دانه گندم بوجود آمده

است و دامنه‌ی بین ۳۰ تا ۴۹ گرم را برای وزن هزار دانه در گندم گزارش نمودند. اساسا عملکرد دانه در غلات ناشی از آثار تجمعی اجزای تشکیل دهنده آن یعنی تعداد پنجه های بارور، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه در سنبله می باشد. نقش جبرانی اجزای عملکرد مکانیسمی بسیار مهم برای بهبود عملکرد در شرایط تنش و پس از تنش می باشد (Golabadi *et al.*, 2012). براساس برخی گزارش‌ها، افزایش وزن دانه در گندم در شرایط تنش خشکی به علت کاهش تعداد دانه در سنبله و یا افزایش تعداد دانه در سنبله پس از کاهش تعداد سنبله در بوته مشاهده شده است (Blum, 1996). بنابراین، بررسی تعداد دانه در سنبله یکی از مهمترین صفات مرتبط با عملکرد دانه می‌باشد هرچند در برخی از گزارشات بیان شده است که تعداد دانه در سنبله به تنهایی قادر به افزایش عملکرد گندم دوروم در شرایط دیم نیست (Soleymanifard & Naseri, 2014). با توجه به مقایسه میانگین مشاهده شد که بیشترین تعداد دانه در سنبله به ژنوتیپ‌های آریا و Omrabi3 در شرایط آبیاری تکمیلی با میانگین ۲۶/۵ دانه در هر سنبله اختصاص داشت که با دیگر ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار داشتند. کمترین تعداد دانه در سنبله به کشت دیم ژنوتیپ مراغه۱ با متوسط ۱۵/۸۳ دانه در هر سنبله اختصاص داشت که با دیگر ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار نشان داد. اگرچه تنوع ژنتیکی بالایی برای تعداد دانه در سنبله بین ژنوتیپ‌های گندم وجود دارد اما در بررسی ارقام گندم دوروم گزارش شده که سهم واریانس غالبیت در تنوع ژنتیکی بالا و سهم واریانس افزایشی بسیار پایین است به همین دلیل وراثت پذیری تعداد دانه در سنبله پایین می‌باشد (Sadeghzadeh *et al.*, 2018).

مقایسه میانگین تعداد سنبله در بوته تحت تأثیر اثر متقابل ژنوتیپ در دو شرایط محیطی متفاوت رطوبتی نشان داد که بیشترین تعداد سنبله در بوته به کشت در شرایط آبیاری تکمیلی ژنوتیپ‌های Omrabi3 با میانگین ۲/۱۰ سنبله در هر بوته اختصاص داشت که با کشت در شرایط آبیاری تکمیلی ژنوتیپ بهرنگ اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. کمترین تعداد سنبله در بوته به کشت دیم ژنوتیپ‌های بهرنگ و دهدشت با میانگین ۱/۳۳ سنبله در هر بوته اختصاص داشت که با دیگر ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری داشت. بنابراین، می‌توان گفت که با تنش خشکی ژنوتیپ‌هایی که تعداد سنبله در بوته بیشتری در شرایط آبیاری تکمیلی داشتند کاهش بیشتری در تعداد سنبله در بوته نشان دادند و سبب شد در شرایط دیم دامنه تعداد سنبله در بوته ژنوتیپ‌ها کمتر شود. تنش خشکی تاثیر بالایی بر کاهش تعداد سنبله در بوته دارد و از این طریق موجب کاهش عملکرد گندم می‌شود (Blum, 1996). گزارش شده است که تعداد سنبله در مترمربع از مهمترین عوامل موثر در افزایش عملکرد گندم دوروم در شرایط دیم است به نحوی که نتیجه‌گیری شده که تعداد سنبله در مترمربع ۴۳ درصد از تغییرات عملکرد دانه را به تنهایی توجیه نموده است (Soleymanifard & Naseri, 2014). نتایج تحقیقات دامنه‌ای بین ۵/۸ (در شرایط نرمال) تا ۱/۸ (در شرایط دیم) سنبله در بوته و

کاهش تعداد سنبله به‌علت تنش در بین ژنوتیپ‌ها از ۲۰/۶ تا ۳۵/۹۶ برای گندم دوروم نشان داده است (Moghaddasi *et al*., 2010). در هر حال تعداد مطلوب سنبله در واحد سطح تحت تأثیر ژنوتیپ و رژیم رطوبتی خاک در طی دوره‌ی رشد گیاه می‌باشد (Gooding *et al*., 2003).

بیشترین عملکرد دانه به کشت در شرایط آبیاری تکمیلی ژنوتیپ Omrabi3 با میانگین ۴۷۳/۵ گرم در مترمربع اختصاص داشت، که با دیگر ژنوتیپ‌ها دارای اختلاف معنی‌دار بود. در مرتبه دوم ژنوتیپ‌های بهرنگ و هانا به ترتیب با میانگین ۴۱۵/۳ و ۴۰۹/۴ گرم در مترمربع عملکرد مطلوبی داشتند. کمترین میزان عملکرد دانه به کشت دیم ژنوتیپ‌های بهرنگ و مراغه۲ اختصاص داشت که با کشت دیم دیگر ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار داشتند. بنظر می‌رسد ژنوتیپ‌هایی که در شرایط آبیاری تکمیلی عملکرد دانه بیشتری داشتند، در شرایط دیم تحت تاثیر تنش قرار گرفتند و این امر باعث شد دامنه تغییرات عملکرد به علت تنش در بین ژنوتیپ‌ها کاهش یابد و تنوع کمتر شود. کاهش عملکرد می‌تواند بسته به زمان و شدت تنش خشکی، درنتیجه محدودیت مبدأ (کاهش فتوسنتز و نیز تسریع پیری و زوال برگ‌ها) و یا محدودیت مقصد فیزیولوژیک (کاهش اندازه مقصد) باشد (Dabiri, 2015). در بین ارقام دوروم و گندم نان تنوع ژنتیکی بالایی برای عملکرد دانه وجود دارد، که قدرت مخزن مهم‌ترین عامل در عملکرد گندم است و قدرت تولید مواد فتوسنتزی خود به عوامل متعدد وابسته است که ژنتیک گیاه تاثیر بالایی بر آن دارد (Joudi & Mehri, 2017).

عملکرد دانه در واقع تابعی از اجزای عملکرد است که شامل وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در بوته و تعداد بوته در مترمربع است. در واقع، دانه با تشکیل مقصد فیزیولوژیک جهت ذخیره‌سازی مواد غذایی پرورده و سپس پرشدن آن از طریق یک منبع که ظرفیت فتوسنتزی گیاه است، ایجاد می‌شود (Blum, 1996). در ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم دوروم درشرایط آبیاری تکمیلی دامنه‌ی عملکردی بین ۱۴۱ تا ۲۲۰/۱ گرم در مترمربع و در شرایط دیم دامنه‌ی عملکردی بین ۱۰۰/۴ تا ۱۵۷ گرم در مترمربع گزارش شد، که نسبت به نتایج این تحقیق پایین تر بود و در ادامه کاهش عملکردی بین ۲۶/۷۸ تا ۴۶/۰۱ درصد را گزارش شد (Moghaddasi *et al*., 2010)، که تا حدودی با نتایج این تحقیق مطابقت نشان داد. در تحقیق دیگر در شرایط دیم برای ژنوتیپ‌های گندم دوروم دامنه‌ی عملکردی ۱۳۲/۶ تا ۲۷۳/۴ گرم در مترمربع و در شرایط آبیاری تکمیلی دامنه‌ی عملکردی بین ۷۴۸/۳۵ تا ۲۳۴/۳ گرم در متر مربع گزارش شد (Khaksar *et al*., 2013)، که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ در شرایط رطوبتی برای عملکرد و اجزای عملکرد با روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد

Table 4- The Mean comparison of interaction effect of genotype in humidity conditions for yield and yield components with Duncan's method at the 5% probability level

شرایط رطوبتی Humidity conditions	ژنوتیپ Genotype	وزن هزار دانه Seeds thousand weight (g)	تعداد دانه در سنبله Number of seeds per spike (N)	تعداد سنبله در بوته Number of spikes per plant (N)	عملکرد دانه Seed yield (g/m^2)
آبیاری تکمیلی Supplemental irrigation	Omrabi3	42.94bc	26.5a	2.10a	473.5 a
	هانا Hana	43.04b	24.5c	1.98c	409.4 b
	آریا Aria	42.84c	26.5a	1.58e	365.8 c
	ساجی Saji	42.19d	21.5f	1.70d	311.8 e
	بهرنگ Behrang	46.21a	21.83e	2.07ab	415.3 b
	شبرنگ Shabrang	41.92e	25.5b	1.58e	345.3 d
	مراغه ۱ Maragheh 1	40.39f	16.5m	2.03b	272.2 g
	مراغه ۲ Maragheh 2	39.98g	22.83d	1.67d	291.7 f
	DM-73-13	36.11i	21.5f	1.47hi	226.3 i
	دهدشت Dehdasht	35.29j	21.17g	1.60e	239.5 h
دیم Dryland	Omrabi3	33.97m	21.5f	1.50gh	213.3 j
	هانا Hana	34.48l	20.5h	1.43ij	195.0 k
	آریا Aria	35.19j	19.5j	1.43ij	198.1 k
	ساجی Saji	38.01h	17.5l	1.57ef	209.9 j
	بهرنگ Behrang	33.76n	17.5l	1.33k	153.9 o
	شبرنگ Shabrang	33.66n	16.5m	1.53fg	170.9 mn
	مراغه ۱ Maragheh 1	33.25o	15.83n	1.57ef	166.6 n
	مراغه ۲ Maragheh 2	32.95p	16.5m	1.40j	151.1 o
	DM-73-13	33.76n	18.83k	1.40j	177.1 lm
	دهدشت Dehdasht	34.88k	19.83i	1.33k	184.6 l

بررسی صفات فیزیولوژیک

برای داده‌های حاصل از صفات فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های مورد بررسی که طی دو سال در دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم اندازه‌گیری شده است، تجزیه واریانس مرکب انجام شد (جدول ۵). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سال و برهمکنش سال × رژیم رطوبتی بر خصوصیات فیزیولوژیک تاثیر معنی‌داری نداشت اما اثر آبیاری تکمیلی و ژنوتیپ معنی‌دار بود. اثر متقابل ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بجز بر کلروفیل b و پروتئین برگ بر دیگر صفات معنی‌دار بود. شاخص‌های فیزیولوژیکی ارقام مختلف و ارتباط این

شاخص‌ها با عملکرد گیاه در شرایط تنش می‌تواند در انتخاب ارقام سازگار به خشکی مؤثر باشد (Baghbankhalilabad *et al*., 2019).

جدول ۵- میانگین مربعات تجزیه واریانس رنگدانه‌های فتوسنتزی و خصوصیات فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های مورد بررسی

Table 5. Mean square of variance analysis of photosynthetic pigments and physiological characteristics of studied genotypes

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean square			
		کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	کارتنوئید Carotenoid
سال Year	1	0.432^{ns}	0.108 ^{ns}	0.972 ^{ns}	0.087 ^{ns}
شرایط رطوبتی Humidity conditions	1	57.658**	3.647**	90.31**	59.28**
سال×شرایط رطوبتی Year× humidity conditions	1	0.0001 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.0001 ^{ns}
خطای ۱ Error 1	8	0.125	0.024	0.170	0.043
ژنوتیپ Genotype	9	6.81**	1.017**	12.42**	4.81**
ژنوتیپ× سال Genotype × year	9	0.0001 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.0001 ^{ns}
ژنوتیپ× شرایط رطوبتی Genotype × humidity conditions	9	1.138**	0.097 ^{ns}	1.69**	0.820**
ژنوتیپ×سال×شرایط رطوبتی Genotype×year× humidity conditions	9	0.0001 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.0001 ^{ns}
خطای ۲ Error 2	72	0.140	0.100	0.218	0.067
درصد ضریب تغییرات Percentage coefficient of variation		3.81	14.88	3.91	7.67

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean square			
		شاخص سبزینگی Vegetation index	محتوای رطوبت نسبی برگ Leaf relative water content	پروتئین برگ Leaf protein	کارایی مصرف نور Light use efficiency
سال Year	1	0.300 ^{ns}	48.72 ^{ns}	0.956**	0.0188**
شرایط رطوبتی Humidity conditions	1	1267.5**	2407**	14.95**	3.008**
سال×شرایط رطوبتی Year× humidity conditions	1	0.0001 ^{ns}	0.148 ^{ns}	0.00001 ^{ns}	0.0001 ^{ns}

خطای ۱ Error 1	8	4.050	52.340	0.0200	0.00067
ژنوتیپ Genotype	9	66.89**	253.7**	2.222**	0.285**
ژنوتیپ× سال Genotype × year	9	0.0001 ns	0.026 ns	0.00001 ns	0.0001
ژنوتیپ× شرایط رطوبتی Genotype × humidity conditions	9	21.48**	89.59**	0.238 **	0.0284**
ژنوتیپ×سال×شرایط رطوبتی Genotype×year× humidity conditions	9	0.0001 ns	0.009 ns	0.00001 ns	0.0001 ns
خطای ۲ Error 2	72	7.085	22.730	0.142	0.013
درصد ضریب تغییرات Percentage coefficient of variation		10.01	6.61	6.12	5.55

ns اختلاف غیر معنی دار؛ * معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد؛ ** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

nsNon-significant difference; *Significant at the 5% probability level; **Significant at the 1% probability level

نتایج مقایسه میانگین با روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد برای واکنش خصوصیات فیزیولوژیک ژنوتیپ‌ها در دو رژیم متفاوت رطوبتی نشان داد که (جدول ۶) بیشترین کلروفیل a به ژنوتیپ مراغه۱ با میانگین ۱۱/۶۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ آبیاری تکمیلی اختصاص داشت که با دیگر ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار داشت، در مرتبه بعد ژنوتیپ Omrabi 3 قرار داشت و کمترین میزان کلروفیل a به کشت دیم ژنوتیپ مراغه۲ با میانگین ۷/۵۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ اختصاص داشت که با تمام ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار داشت. پتانسیل ژنتیکی متفاوت ژنوتیپ‌ها در تغییرات میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی تأثیر مهمی داشت و از طرف دیگر واکنش ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری تکمیلی و تنش برای تغییرات این رنگیزه‌ها نیز متفاوت بود و همین مسئله سبب ایجاد اثر متقابل معنی‌دار شده است. میزان کلروفیل ارقام حساس و متحمل تحت شرایط تنش کاهش می‌یابد ولی این کاهش در ارقام حساس بیشتر است (Naghavi *et al*., 2016). بر همین اساس، تنش رطوبتی عامل مهمی در تغییرات میزان کلروفیل گیاه می‌باشد (Maroco *et al*., 2002). کاهش کلروفیل در شرایط تنش خشکی می‌تواند جنبه سازشی داشته باشد زیرا کاهش کلروفیل سبب کاهش الکترون برانگیخته طی فتوسنتز شده و خسارت‌های ناشی از تشکیل رادیکال‌های آزاد اکسیژن کم می‌شود (Kranner *et al*., 2002). در هر حال در گزارشات متعدد کاهش میزان کلروفیل a بر اثر تنش خشکی گزارش شده است (Baghbankhalilabad *et al*., 2019; Abdoli *et al*., 2013; Siosemardeh *et al*., 2013)، که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت اما در مواردی نیز بیان شده است که تنش خشکی کوتاه مدت در گندم باعث توقف کامل فتوسنتز و افزایش نسبت کلروفیل a/b می‌شود ولی اثری بر محتوای کلروفیل برگ ندارد. شاید یکی از دلایل تفاوتی که در نتایج مشاهده

می‌شود اختلاف در شرایط اجرای آزمایش از جمله شدت و مدت تنش باشد (Abdoli *et al*., 2013)

برای کلروفیل b نتایج نشان داد که تنها ژنوتیپ‌های هانا و مراغه ۱ در شرایط آبیاری تکمیلی دارای بیشترین میزان با میانگین ۲/۶۳ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر برگ بودند که دیگر با ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار داشتند. گزارش شده است که میزان کاهش کلروفیل b در شرایط تنش بیشتر از کلروفیل a است (Baghbankhalilabad *et al*., 2019) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. کاهش بیشتر کلروفیل b نسبت به کلروفیل a در شرایط تنش سبب افزایش نسبت کلروفیل a به b می‌شود و این افزایش نسبت به سبب تغییر سیستم‌های فتوسنتزی تحت تنش خشکی در جهت نسبت کمتر PSII به PSI است و کاهش میزان کلروفیل a و b تحت تاثیر تنش خشکی در گزارشات مختلف متفاوت بود به طوریکه برای کلروفیل a و b به ترتیب کاهش ۳۵ و ۳۸ درصدی (Siosemardeh *et al*., 2013) و برای ارقام حساس و مقاوم به ترتیب کاهش ۴۳ و ۲۵/۵ درصدی (Ashraf *et al*., 1994) گزارش کرده‌اند. نتایج این تحقیق به مراتب کمتر از گزارشات بیان شده بود. شاید به این دلیل که در این تحقیق از آبیاری تکمیلی استفاده شد و محیط آبیاری نرمال وجود نداشت. بنابراین فاصله محتوای رطوبتی دو محیط کم بود. نتایج نشان داده که کاهش میزان کلروفیل بین سطوح ۱۰۰ و ۷۵ درصد آبیاری اختلاف معنی‌داری ندارد و با افزایش شدت تنش به ۲۵ درصد آبیاری، میزان کلروفیل بصورت معنی‌داری کاهش نشان می‌دهد (Baghbankhalilabad *et al*., 2019). اساسا دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش خشکی از جمله شاخص‌های فیزیولوژیک مناسب جهت مقاومت به تنش خشکی هستند (Abdoli *et al*., 2013).

بیشترین کلروفیل کل به ژنوتیپ مراغه۱ در شرایط آبیاری تکمیلی با میانگین ۱۴/۲۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ اختصاص داشت که با ژنوتیپ‌های دیگر اختلاف معنی‌دار داشت و در مرتبه‌های بعدی ژنوتیپ‌های Omrabi3 و ساجی در شرایط آبیاری تکمیلی بیشترین کلروفیل کل را داشتند. کمترین میزان کلروفیل کل به کشت دیم ژنوتیپ مراغه۲ با میانگین ۹/۱۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ اختصاص داشت که با تمام ژنوتیپ‌ها در دو شرایط رطوبتی اختلاف معنی‌دار داشت. طی تنش خشکی محتوی کلروفیل گیاه کاهش می‌یابد و ارقام دارای محتوای کلروفیل بالاتر، مقاومت بیشتری در شرایط تنش از خود نشان می‌دهند (Gregersen & Holm, 2007) هرچند در تحقیقی بر روی گندم بیان شد که دامنه متفاوت تنش رطوبتی در محتوای کلروفیل کل تاثیر معنی‌داری ندارد و این مسئله نشان دهنده‌ی مقاومت ارقام بومی به خشکی است (Al-Maskri *et al*., 2016). در هر حال، در گیاهان علائم بروز تنش‌های اکسیداتیو شامل کاهش محتوای کلروفیل و نفوذپذیری غشا می‌باشند که منجر به کاهش فتوسنتز و در نتیجه رشد گیاه می‌شوند (Tompson *et al*., 1987). کاهش غلظت کلروفیل در شرایط کم‌آبی می‌تواند به عنوان یک عامل محدودکننده غیر روزنه‌ای به حساب آید. یکی از دلایل

این کاهش افزایش میزان فعالیت آنزیم کلروفیلاز است که البته تحت شرایط تنش بیان این آنزیم القاء می‌شود (Ranjan *et al*., 2001).

بیشترین کاروتنوئید به ژنوتیپ هانا با میانگین ۴/۸۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ اختصاص داشت که با دیگر ژنوتیپ‌ها دارای خاتلاف معنی‌دار بود. ژنوتیپ‌های آریا، Omrabi3، ساجی، مراغه۱ و بهرنگ در شرایط آبیاری تکمیلی به ترتیب با میانگین ۴/۷۷، ۴/۷۷، ۴/۷۱، ۴/۵۳ و ۴/۴۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ کارتنوئید در رده‌های بعدی قرار داشتند. کمترین میزان کاروتنوئید به ژنوتیپ‌های مراغه۲ و DM-73-13 در شرایط کشت دیم با میانگین ۲/۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ اختصاص داشت که با دیگر ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم اختلاف معنی‌دار داشتند. محتوای رنگدانه‌ی کاروتنوئید یک صفت کمی است که توسط تعداد زیادی ژن با اثر افزایش کنترل می‌شود و دارای وراثت‌پذیری بالایی است (Colasuonno *et al*., 2019). کاروتنوئیدها به طور غیر مستقیم تولید گونه‌های اکسیژن را کاهش می‌دهند (Groppa & Benavides, 2008) و کاهش مقدار کاروتنوئید سبب کاهش اثر تنش رطوبتی می‌شود (Feiziasl *et al*., 2019) بنابراین، به نظر می‌رسد کاهش میزان کاروتنوئید به عنوان سازوکاری برای مقابله با تنش می‌باشد اما در بعضی از گزارشات افزایش غیر معنی‌دار کاروتنوئید در شرایط تنش گزارش شده است (Sadegzadeh *et al*., 2014). بطورکلی، کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی می‌تواند به دلیل تخریب ساختمان کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون و واکنش آنها با گونه‌های فعال اکسیژن باشد (Neocleous & Nasilakakis, 2007). کاروتنوئیدها می‌توانند انرژی را به کلروفیل a منتقل کرده و دامنه طول موجهای موثر برای فتوسنتز را افزایش دهند (Colasuonno *et al*., 2017) و بر همین اساس نقش مهمی در فتوسنتز و افزایش عملکرد دارند.

جدول ۶- مقایسه میانگین خصوصیات فیزیولوژیک ژنوتیپ‌ها در شرایط متفاوت رطوبتی

Table 6. Mean comparison of physiological characteristics of genotypes in different humidity conditions

شرایط رطوبتی Humidity condition	ژنوتیپ Genotypes	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/g.FWL)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg/g.FWL)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg/g.FWL)	کاروتنوئید Carotenoid (mg/g.FWL)
آبیاری تکمیلی Supplemental irrigation	Omrabi3	11.46 b	2.53 b	13.99b	4.77b
	هانا Hana	10.86 e	2.63 a	13.49d	4.83a
	آریا Aria	10.96 d	2.43 c	13.39e	4.77b
	ساجی Saji	11.17 c	2.53 b	13.70c	4.71c
	بهرنگ Behrang	10.07 f	2.43 c	12.50g	4.43e
	شبرنگ Shabrang	10.96 d	2.33 d	13.29f	3.63g
	مراغه ۱ Maragheh 1	11.66 a	2.63 a	14.29a	4.53d

3.88f	11.19m	1.93 h	9.26 l	Maragheh 2 مراغه ۲	
2.53m	10.89p	1.73 j	9.16 m	DM-73-13	
2.83l	11.39l	1.83 i	9.56 i	Dehdasht دهدشت	
3.14i	11.59j	2.23 e	9.36 k	Omrabi3	
2.93k	11.59j	2.13 f	9.46 j	Hana هانا	
3.13i	12.11h	2.23 e	9.88 h	Aria آریا	
3.23h	11.99i	2.03 g	9.96 g	Saji ساجی	
3.06j	10.99o	2.13 f	8.86 n	Behrang بهرنگ	دیم
2.53m	11.49k	2.03 g	9.46 j	Shabrang شبرنگ	Dryland
2.53m	11.09n	1.93 h	9.16 m	Maragheh 1 مراغه ۱	
2.03o	9.12r	1.53 k	7.59 p	Maragheh 2 مراغه ۲	
2.03o	10.39q	1.53 k	8.86 n	DM-73-13	
2.23n	10.40q	1.74 j	8.66 o	Dehdasht دهدشت	

کمترین شاخص سبزینگی به تیمار ژنوتیپ مراغه۲ در شرایط آبیاری تکمیلی با میانگین ۲۰/۹۲ اختصاص داشت که با سایر ژنوتیپ‌ها در دو شرایط رطوبتی اختلاف معنی‌دار نشان داد. بیشترین شاخص سبزینگی به ژنوتیپ Omrabi 3 در شرایط دیم با میانگین ۳۴/۹۵ تعلق داشت که با دیگر ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۶). گزارش شده که در گندم اعداد کلروفیل متر در تنش خشکی نسبت به گیاه شاهد (تیمار آبیاری معمول) بیشتر بوده است (Al-Maskri *et al*., 2016) که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. باتوجه به اینکه تنش رطوبت مانع اصلی جذب ازت است و سبب می‌شود تا تنش نیتروژنی مهمترین عامل محدود کننده تولید گندم دیم پس از تنش رطوبتی در این مناطق باشد، استفاده از کلروفیل متر (SPAD) یکی از راهکارهای مفید برای پی بردن به شدت فتوسنتز گیاه از طریق تخمین میزان کلروفیل در شرایط تنش رطوبت است (Feiziasl *et al*., 2019).

بیشترین محتوای رطوبت نسبی برگ به ژنوتیپ هانا در شرایط آبیاری تکمیلی با میانگین ۸۵/۳۴ درصد اختصاص داشت و با دیگر ژنوتیپ‌ها در دو شرایط رطوبتی اختلاف معنی‌دار داشت. ژنوتیپ‌های Omrabi3، آریا، مراغه۲ و بهرنگ در شرایط آبیاری تکمیلی در رده‌های بعدی برای میزان محتوای رطوبت نسبی برگ قرار گرفتند. کمترین میزان محتوای رطوبت نسبی برگ به کشت دیم ژنوتیپ‌های DM-73-13 با میانگین ۶۰/۴۷ درصد اختصاص داشت که با دیگر ژنوتیپ‌ها در دو شرایط رطوبتی اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۶). محتوای رطوبت نسبی برگ می‌تواند توانمندی گیاه در مواجهه با تنش خشکی را نشان دهد (Baghbankhalilabad *et al*., 2019). این خصوصیت، تحت تأثیر تنظیم اسمزی، جذب آب و میزان تعرق قرار داشته و وراثت پذیری بالایی را در شرایط تنش خشکی نشان می‌دهد (Al-Hakimi *et al*., 1998). در مجموع در شرایط تنش رطوبتی، آب برگ ارقام متحمل و حساس گندم به‌صورت معنی‌داری

کاهش می‌یابد (Naghavi *et al*., 2016) و بر همین اساس این گزارشات تایید کننده‌ی نتایج بدست آمده هستند.

مشاهده شد که میزان پروتئین برگ ۰/۷۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ (۱۲/۱۴ درصد) به دلیل کاهش رطوبت در شرایط دیم افزایش نشان داد که این افزایش معنی‌دار بود. در دیگر گزارشات نیز افزایش پروتئین محلول برگ تحت تاثیر تنش رطوبت گزارش شده است (Sadegzadeh *et al*., 2014; Hassanpour Lescokelaye *et al*., 2015)، هرچند در مقابل نیز گزارش شده است که تنش خشکی سبب کاهش غلظت پروتئین‌های محلول گندم شده است (Siosemardeh *et al*., 2013). به نظر می‌رسد افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز (Hassanpour Lescokelaye *et al*., 2015) و افزایش سنتز اسموتیکوم‌های سازگار با متابولیسم مانند گلیسین بتائین و پرولین و کوچک شدن سلول های برگ و در نهایت کاهش میزان آب برگ، سبب افزایش غلظت پروتئین‌های محلول در شرایط تنش شود (Naghavi *et al*., 2016; Sadegzadeh *et al*., 2014).

بیشترین پروتئین برگ به ژنوتیپ Omrabi3 در شرایط دیم با میانگین ۷/۰۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ اختصاص داشت که با دیگر ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار داشت. در رده بعدی ژنوتیپ‌های هانا، آریا، ساجی و بهرنگ در شرایط دیم میزان پروتئین بیشتری داشتند. کمترین میزان پروتئین برگ به ژنوتیپ مراغه۲ در شرایط آبیاری تکمیلی با میانگین ۵/۱۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ اختصاص داشت که با دیگر ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار داشت. با توجه به اینکه محتوای پروتئین محلول برگ شامل تمام ترکیبات آنزیمی نیز می‌باشد و ثبات پروتئینی تحت شرایط تنش رطوبتی به مفهوم حفظ فعالیت‌های آنزیمی برگ در شرایط تنش است (Siosemardeh *et al*., 2013)، بنابراین حفظ محتوای پروتئین در شرایط تنش رطوبت در ژنوتیپ‌ها بیانگر توان فتوسنتزی مناسب در شرایط تنش است و سبب افزایش مقاومت به خشکی می‌شود. پتانسیل ژنتیکی متفاوت ژنوتیپ‌ها در تغییرات میزان پروتئین برگ تاثیر مهمی داشت ولی واکنش ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری تکمیلی و تنش برای تغییرات پروتئین برگ متفاوت نبود و سبب عدم وجود اثر متقابل معنی‌دار شد. تنوع معنی‌داری برای پروتئین محلول برگ ژنوتیپ‌های گندم دوروم در دیگر تحقیقات نیز گزارش شده است (Hassanpour Lescokelaye *et al*., 2015).

بیشترین کارآیی مصرف نور به ژنوتیپ هانا در شرایط آبیاری تکمیلی با میانگین ۲/۳۹ گرم بر مگاژول اختصاص داشت که با دیگر ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار نشان داد. کمترین کارآیی مصرف نور به ژنوتیپ دهدشت در شرایط دیم با میانگین ۱/۶۱ گرم بر مگاژول اختصاص داشت که با دیگر ژنوتیپ‌ها در دو شرایط رطوبتی اختلاف معنی‌دار نشان داد. تغییرات کارایی مصرف نور در بین ژنوتیپ‌ها بیانگر کارایی متفاوت در انتقال و ذخیره‌ی مواد فتوسنتزی به اندام‌های هوایی و تفاوت آنها در تولید ماده

خشک کل است که از یک واحد تابش مقدار متفاوتی زیست توده تولید می‌شود. در هرحال، کارایی مصرف نور تحت تأثیر شاخص سطح برگ، سرعت رشد و آرایش مناسب و یکنواخت برگ است، بر همین اساس برای گندم میانگین کارایی مصرف نور ۲/۱ گرم بر مگاژول را گزارش شد (Rezvani *et al*., 2014)، که با نتایج بدست آمده مطابقت داشت. در هر حال به نظر می‌رسد در شرایط تنش خشکی به علت وجود عوامل تاثیر گذار بر سطح برگ و مکانیزم‌های گیاه برای حفظ آب برگ که منجر به کاهش سطح برگ می‌گردد، میزان کارایی مصرف نور نیز کاهش می‌یابد. نتایج تحقیقات نشان داده است که تنش رطوبتی از عوامل موثر بر کارایی مصرف نور است (Ezzat Ahmadi *et al*., 2012) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

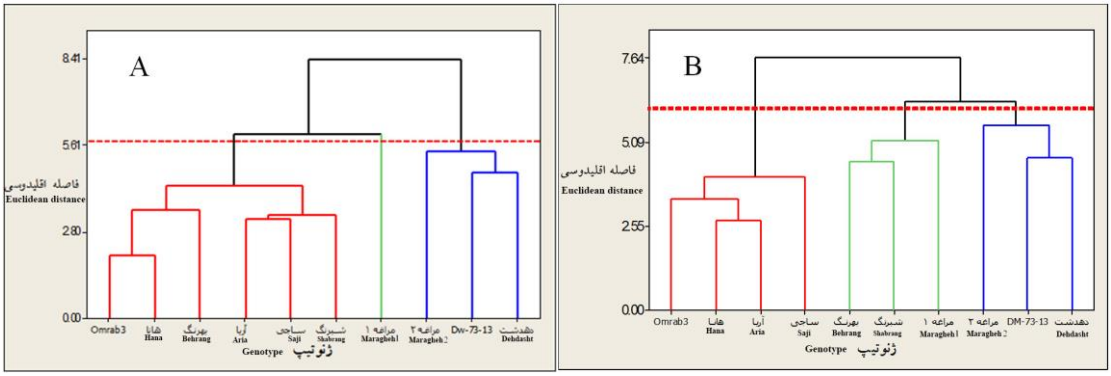
ادامه جدول ۶- مقایسه میانگین خصوصیات فیزیولوژیک ژنوتیپ‌ها در شرایط متفاوت رطوبتی

Continued Table 6. Mean comparison of physiological characteristics of genotypes in different humidity conditions

شرایط رطوبتی Humidity condition	ژنوتیپ Genotypes	شاخص سبزینگی Vegetation index	محتوای رطوبت نسبی برگ Leaf relative water content (%)	پروتئین برگ Leaf protein (mg/g.FWL)	کارآیی مصرف نور Light use efficiency (g/mj)
آبیاری تکمیلی Supplemental irrigation	Omrabi3	25.45j	83.76b	6.37h	2.37b
	هانا Hana	25.25k	85.34a	6.21i	2.39a
	آریا Aria	24.35o	81.28c	6.18j	2.3c
	ساجی Saji	25.15l	72.73g	5.88m	2.24d
	بهرنگ Behrang	24.65m	79.30d	6.08k	2.19f
	شبرنگ Shabrang	21.05r	75.34e	5.92l	2.15g
	مراغه ۱ Maragheh 1	20.92s	69.73k	5.62p	2.22e
	مراغه ۲ Maragheh 2	20.75t	79.30d	5.13s	2.12hi
	DM-73-13	22.75q	64.45n	5.38q	2.09j
	دهدشت Dehdasht	23.05p	74.35f	5.31r	2.04k
دیم Dryland	Omrabi3	34.95a	70.37i	7.04a	2.13h
	هانا Hana	33.05c	70.27ij	6.95b	2.11i
	آریا Aria	30.32e	70.17j	6.8d	2.09j
	ساجی Saji	30.85d	69.71k	6.67e	2.05k
	بهرنگ Behrang	29.05g	69.38l	6.60f	1.95l
	شبرنگ Shabrang	26.35i	66.41m	6.53g	1.83m
	مراغه ۱ Maragheh 1	33.15b	66.41m	6.90c	1.79n
	مراغه ۲ Maragheh 2	24.45n	61.46o	6.18j	1.72o
	DM-73-13	26.75h	60.47p	5.81n	1.66p
	دهدشت Dehdasht	29.45f	71.36h	5.66o	1.61q

گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم با روش UPGMA و بر اساس فاصله اقلیدوسی، نتایج حاصل از بررسی مقایسه میانگین‌ها را تایید کرد (شکل ۱) و مشاهده شد که در دو شرایط گروه‌بندی متفاوتی وجود

داشت که این مسئله تاییدی بر واکنش متفاوت رقم‌های مورد بررسی در دو رژیم رطوبتی بود و در شرایط دیم سه گروه حاصل شد که ژنوتیپ‌های Omrabi3، هانا، آریا و ساجی در گروه برتر قرار داشتند. برای شرایط آبیاری تکمیلی نیز سه گروه مشاهده شد که گروه ژنوتیپ‌های برتر علاوه بر چهار ژنوتیپ برتر شرایط دیم شامل بهرنگ و ساجی نیز بود، بنابراین در شرایط آبیاری تکمیلی شش ژنوتیپ در گروه برتر قرار گرفتند.



شکل ۱- گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در دو شرایط آبیاری تکمیلی (A) و دیم (B) بر اساس صفات مورد بررسی با روش UPGMA

Figure 1. Genotypes grouping in two conditions of supplemental irrigation (A) and dryland (B) based on investigated traits by UPGMA method

نتیجه‌گیری

در یک جمع بندی کلی می‌توان بیان داشت که اثر سال بر اکثر صفات مورد بررسی معنی‌داری نبود. به عبارت دیگر، در دو سال مطالعه شده تغییر معنی‌داری برای اکثر صفات مشاهده نشد اما انجام آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم سبب شد که تمام صفات به استثناء شاخص سبزینگی و میزان پروتئین روند افزایشی بصورت معنی‌دار داشته باشند. در بین ژنوتیپ‌ها، تنوع بالایی برای تمام صفات مورد بررسی وجود داشت و این تنوع در دو شرایط رطوبتی متفاوت بود که سبب معنی‌داری اثر متقابل ژنوتیپ× رژیم رطوبتی شد. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد که در دو شرایط رطوبتی ژنوتیپ‌ها به‌طور متفاوتی برای صفات واکنش داشتند و ژنوتیپ‌های Omrabi3، هانا، آریا و ساجی در شرایط دیم از نظر صفات مورفو-فیزیولوژیک برتر از دیگر ژنوتیپ‌ها بودند و با انجام آبیاری تکمیلی این ۴ ژنوتیپ برتری خود را حفظ کردند و دو ژنوتیپ شبرنگ و بهرنگ به این گروه اضافه شد.

References

Abdoli, M., Saeidi, M., Jalali-Honarmand, S., Mansourifar, S. & Eghbal-Ghobadi, M. 2013. Evaluation of some physiological and biochemical traits and their relationships with yield and its components in some improved wheat cultivars under post-anthesis water deficit. Environmental Stresses in Crop Sciences, 6(1): 47-63. DOI: 10.22077/escs.2013.137. (In Persian).

Ahmadi, Gh. 2020. Investigating the relationship between the duration of each developmental stage of durum wheat and tolerance to drought stress at the end of the season. Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of P.H.D in Agronomy.. University of Kordestan. 205 pages.

Al-Hakimi, A., Monneveaux, P. and Nachit, M. M. 1998. Direct and indirect selection for drought tolerance in alien tetraploid wheat × durum wheat crosses. Euphytica, 100: 287-294.

Al-Maskri, A., Al-Busaidi, W., Al-Nadabi, H., Al-Fahdi, A. & Khan, M. M. 2016. Effects of Drought Stress on Wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Coolly. International Conference on Agricultural, Food, Biological and Health Sciences (AFBHS-16) August 22-24, Kuala Lumpur (Malaysia).

Ashraf, M. Y., Azmi, A. R., Khan, A. H. & Ala, S. A. 1994. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat. Acta Physiologiae Plantarum, 16(3): 185-191.

Baghbankhalilabad, S., Khazaee, H. R. & Kafi, M. 2019. Effect of deficit irrigation on kernel yield, yield components and some physiological traits of different varieties of bread wheat and durum wheat. Applied Field Crops Research, 32(1): 1-12. DOI: 10.22092/aj.2018.116367.1220. (In Persian).

Blum, A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. Journal of Plant Growth Regulator, 20: 135-148.

Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential- are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? Australian Journal of Agricultural Research, 56:1159–1168.

Colasuonno, P., Lozito, M. L., Marcotuli, L., Nigro, D., Giancaspro, A., Mangini, G., Vita, P. D., Mastrangelo, A. M., Pecchioni, N., Houston, K., Simeone, R., Gadaleta, A. & Blanco, A. 2017. The carotenoid biosynthetic and catabolic genes in wheat and their association with yellow pigments. BMC Genomics, 18: 122.

Colasuonno, P., Marcotuli, I., Blanco, A., Maccaferri, M., Condorelli, G. E., Tuberosa, R., Parada, R., de Camargo, A. C., Schwember, A. R. & Gadaleta, A. 2019. Carotenoid Pigment Content in Durum Wheat (*Triticum turgidum* L. var *durum*): An Overview of Quantitative Trait Loci and Candidate Genes. Frontiers in Plant Science, 10: 1347.

Dabiri, Sh., 2015. Evaluation of advanced bread wheat genotypes for assimilate remobilization to grain and spike photosynthesis rate at dry and irrigation condition. Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of P.h.d in Agronomy. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, 199 Page.

Ezzat Ahmadi, M., Nourmohammadi, Gh., Ghodsi, M. & Kafi, M. 2012. Evaluation of Water and Radiation Use Efficiencies of Bread Wheat (Triticum aestivum L.) Genotypes under Different Moisture and Photosynthetic Conditions. Iranian Journal of Field Crops Research, 10 (1): 225-239. Doi: 10.22067/GSC.V10I1.14512. (In Persian).

Feiziasl, V., Fotovat, A., Astaraei, A., Lakzian, A. & Jafarzadeh, J. 2019. Determination of Chlorophyll Content and Nitrogen Status Using SPAD in Dryland Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes.Iranian Journal of Field Crops Research, 17(2): 221-240. DOI: 10.22067/gsc.v17i2.68973. (In Persian).

Fischer, R. A. 2001. Selection traits for improving yield potential. In: Reynolds, M.P., J.I. Ortiz-Monasterio & A. McNab, (eds). Application physiology in wheat breeding. Mexico, D. F., CIMMYT., pp: 148-159.

Golabadi, M., Arzani, A. & Mirmohammadi Maibody, S. A. M. 2012. Studying the path coefficients of grain yield and yield components in durum wheat under water stress and non-stress conditions, Journal of Crop Production and Processing, 2(6): 167-176. (In Persian).

Golabadi, M., Arzani, A. & Mirmohammadi Maibody, S. A. M. 2006. Assessment of drought tolerance in segregating population in durum wheat. African Journal of Agricultural Research, 1(5): 162-171.

Gooding, M. J., Ellis, R. H., Shewry, P. R. & Schofield, J. D. 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature on the grain filling, drying and quality of winter wheat. Journal of Cereal Science, 37: 295-309.

Gregersen, P.L. & Holm, P.B. 2007. Transcriptome analysis of senescence in the flag leaf of wheat. Plant Biotechnology Journal, 5: 192-206.

Groppa, M. D. & Benavides, M. P. 2008. Polyamines and abiotic stress: recent advances. Amino Acids, 34: 35-45.

Hassanpour Lescokelaye, K., Ahmadi, J., Daneshyan, J. & Hatami, S. 2015. Changes in Chlorophyll, Protein and Antioxidant Enzymes on Durum Wheat under Drought Stress. Journal of Crop Breeding, 7(15): 76-87. DOI: 20.1001.1.22286128.1394.7.15.10.0 (In Persian).

Hayatu, M., Muhammad, S. Y. & Habibu, U. A. 2014. Effect of water stress on the leaf relative water content and yield of some cowpea (Vigna Unguiculata (L) Walp.) genotype. International Journal of Scientific & Technology Research, 3:148- 152.

Joudi, M. & Mehri, Sh. 2017. The study of source-sink relations by comparison of weight and grain in the modern and old wheat cultivars. Journal of Crop Ecophysiology (Agriculture Science), 11 (3): 469-484. (In Persian).

Khaksar, N., Farshadfar, E. & Mohammadi, R. 2013. Evaluation of durum wheat advanced genotypes based on drought tolerance indices. Cereal Research, 3(4): 267-279. (In Persian).

Kilic, H. & Yagbasanlar, T. 2010. The effect of drought stress on grain yield, yield components and some quality traits of durum wheat (*Triticum durum* ssp. durum) cultivars. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca Journal, 38(1): 164-170.

Kranner, I., Beckett, R. P., Wornik, S., Zorn, M. & Pfeifhofer, H.W. 2002. Revival of a resurrection plant correlates with its antioxidant status. The Plant Journal, 31: 13-24.

Lichtenthaler, H. & Wellburn, A. R. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. Biochemical Society Transactions, 11: 591-592.

Lizana, C., Wentworth, M., Martinez, J. P. 2006. Differential adaptation of two varieties of common bean to abiotic stress. I.Effects of drought on yield and photosynthesis. Journal of Experimental Botany, 57: 685–697.

Lonbani, M. & Arzani, A. 2011. Morphophysiological Traits Associated with Terminal Drought Stress tolerance in Triticale and Wheat. Agronomy Research, 9: 315–329.

Maroco, J. P., Rodriges, M. L., Lopes, C. & Chaves, M. M. 2002. Limitaion to leaf photosynthesis in grapevine under drought metabolic and modeling approaches. Functional Plant Physiology, 29: 1-9.

Moghaddasi, L., Rashidi, V., & Razban Haghighi, A. 2010. Effects of drought stress on grain yield and some morphological traits of durum wheat lines. Journal of Crop Ecophysiology (Agriculture Science), 3(12): 41-53. (In Persian).

Naghavi, M. R., Moghaddam, M., Toorchi, M. & Shakiba, M. R. 2016. Evaluation of Spring Wheat Cultivars for Physiological, Morphological and Agronomic Traits under Drought Stress. Journal of Crop Breeding, 8 (18): 64-77. (In Persian).

Neocleous, D. & Nasilakakis, M. 2007. Effects of NaCl stress on red raspberry (*Rubus idaeus* L. "Autumn Bliss"). Scientia Horticulture, 112: 282-289.

Ranjan, R., Bohra, S. P. & Jeet, A.M. 2001. Plant senescence. Jodhpur. Agrobios New York 18-42.

Reddy, A. R., Chaitanya, K. V. & Vivekanandan, M. 2004b. Drought-induced Responses of Photosynthesis and Antioxidant Metabolism in Higher Plants. Journal of Plant Physiology, 161: 1189–1202. DOI: 10.1016/j.jplph.2004.01.013.

Reddy, A. R., Chaitanya, K.V., Jutur, P. P. & Sumithra, K. 2004a. Differential antioxidative responses to water stress among five mulberry (*Morus alba* L.) cultivars. Environmental and experimental botany, 52 (1): 33-42.

Rezvani, H., Asghari, J., Ehteshami, S. M. R., Kamkar, B. 2014. Investigation of light use efficiency and light extinction coefficient of Wheat (*Triticum aestivum* l.) cultivars in competition with wild Mustard (*Sinapis arvensis* l.) at gorgan. Journal of Plant Process and Function, 3(8):97-110. (In Persian).

Rosales, M. A., Ocampo, E., Rodríguez-Valentin, R., Olvera-Carrillo, Y., Acosta- Gallegos, J. & Covarrubias A. A. 2012. Physiological Analysis of Common Bean (Phaseolus vulgaris L.) Cultivars Uncovers Characteristics Related to Terminal Drought Resistance. Plant Physiolgy and Biochemestry, 56: 24-34.

Sadeghzadeh Ahari, D, Sharifi, P, Karimizadeh, R. & Mohammadi, M. 2018. Estimation of genetic parameters of yield and yield components in rainfed durum wheat through diallel cross. Journal of Crop Breeding, 10 (25): 176-184. (In Persian).

Sadegzadeh, N., Hajiboland, R. & Sadegzadeh, B., 2014. Different physiological response to drought in bread and durum wheat genotypes. Iranian Dryland Agronomy Journal, 3(1): 21-32. DOI: 10.22092/idaj.2014.100526. (In Persian).

Saint Pierre, C., Peterson, C. J., Ross, A. S., Ohm, J. B., Verhoeven, M. C., Larson M. & Hoefer, B. 2008. White spring wheat grain quality changes with genotype, nitrogen fertilization and water stress. Agronomy Journal, 100: 414-420.

Seghateslami, M. J., Kafi, M., & Majidi, E. 2008. Effect of water deficit irrigation on performance, water use efficiency and some morphological and phenological traits of three millet species. Pakistan Journal of Botany 40 (4): 1555-1560.

Siosemardeh, A., khalvandi, M., Bahram nejad, B. & Roohi, E., 2013. Effect of Water Stress on Gas Exchanges, Leaf Soluble Protein and Chlorophyll Content of Sardari Wheat Ecotypes.Iranian Journal of Field Crop Science, 43(4): 573-588. DOI: 10.22059/ijfcs.2013.29414. (In Persian).

Slafer, G.A., & Savin, R. 1994. Sink-source relationships and grain mass at different positions within the spike in wheat. Field Crops Research, 37:39-49.

Soleymanifard, A., & Naseri, R. 2014. Study of genetic variation in durum wheat genotypes for agronomic traits under rainfed conditions. Journal of Crop Ecophysiology (Agriculture Science), 7(4 (28): 469-478. (In Persian).

Sufizadeh, S., Zand, E., Dayhimfard, R. & Esmaeelzadeh, S. 2014. Investigation of Changes in Grain Yield and Some Morphophysiological Characteristics of Wheat (Triticum aestivum L.), Maize (Zea mays L.) and Rice (Oryza sativa L.) in Recent Decades in Iran. Iranian Journal of Field Crops Research, 12(3): 343-359. (In Persian).

Tompson, J. E., Ledge, R. L. & Barber, R.F. 1987. The role of free radicals in senescence and wounding. New Phytologist 105: 317-344.

Vargas, M., Crossa, G., Sayre, K., Reynolds, M., Ramirez, M. & Talbot, M. 1998. Interpreting genotype environment interaction in wheat by partial least quares rersiation. Crop Science, 38 (3): 679-689.

Yaghini, F., Seyedsharifi, R. & Narimani, H. 2020. Effects of Supplemental Irrigation and Biofertilizers on Yield, Chlorophyll Content, Rate and Period of Grain Filling of Rainfed Wheat. Iranian Journal of Field Crops Research, 18(1): 101-109. (In Persian).