



Razi University



Cereal Biotechnology and Biochemistry

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

Hoshang Rahmati¹ & Ali Nakhzari Moghadam²

¹ Department of Agriculture, Technical and Engineering Faculty, Payame 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](https://doi.org/10.22126/cbb.2024.10445.1068)



© The Author(s).
[10.22126/cbb.2024.10445.1068](https://doi.org/10.22126/cbb.2024.10445.1068)

Publisher: Razi University



بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات



شاپا الکترونیکی: ۵۱۷۰-۲۷۸۳

بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات

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 کارایی 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 با توجه 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 تهیه محصولات پاستا از جمله ماکارونی و اسپاگتی ایده‌آل 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 ۱۳۹۶-۱۳۹۷ و ۱۳۹۷-۱۳۹۸، 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 سبزیگی، 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 رطوبتی برای بیشتر صفات نشان داد و تنها اثر متقابل رقم × شرایط رطوبتی 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 سبزیگی 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 شیرنگ و بهرنگ به این گروه اضافه شد.

نتیجه‌گیری: در مجموع می‌توان بیان داشت که در دو سال مطالعه شده نتایج تقریباً یکسان بود. آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم سبب شد که خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک 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

DOI: [10.22126/cbb.2024.10445.1068](https://doi.org/10.22126/cbb.2024.10445.1068). ۴۴۶-۴۶۷، (۴)۲، بیوشیمی غلات،



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه رازی

مقدمه

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). در مجموع، 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 به صورت 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 به طوری که 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، از جمله محتوای نسبی آب برگ می‌شود (Rosales et al., 2012). همچنین، بر نشت الکترولیت برگ، رنگدانه‌های فتوسنتزی، کاروتنوئیدها و غیره مؤثر است که به نوبه خود باعث کاهش کارایی 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 به عنوان رادیکال‌های

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، به طوری که 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 ایده‌آل 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 به صورت دیم و مابقی به صورت آبی کشت و کار می‌شود (Ahmadi, 2020).

خشکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر 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 به همین 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

بالا سبب ایجاد اثر افزایشنده بر تولید محصول است (Vargas *et al.*, 1998). به‌طور کلی، با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی متنوع کشور، ارقامی برای کشت در نواحی گندم‌خیز کشور مناسب هستند که دارای ویژگی‌هایی مانند قدرت مطلوب پنبه‌زنی، 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 زراعی به‌منظور شناسایی ژنوتیپ‌های مناسب بر اساس خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک و تأثیر آبیاری انتهایی بر این خصوصیات مورد بررسی قرار گرفتند. در جدول ۱ لیست ژنوتیپ‌های مورد بررسی ارائه شده است.

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 به دلیل 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

جدول ۱- لیست ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گندم دوروم

Table 1. The list of studied durum wheat genotypes

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

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 می‌سازد. نتایج آزمون خاک مزرعه از عمق صفر تا ۶۰ سانتی‌متری به شرح جدول شماره ۲ بود.

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

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

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

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 به صورت 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 سبزیگی (SPAD)، پروتئین برگ و کارآیی مصرف نور اندازه‌گیری 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 سبزیگی 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 اندازه‌گیری 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 هموئنیزه شد. فازهای مخلوط حاصل در لوله اپیندورف و به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت

این پژوهش به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ و ۱۳۹۷-۱۳۹۸ 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 آماده‌سازی 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 به صورت 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 هر دو 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

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 تأثیر 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.

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 به هم 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 پروتئین محلول محاسبه گردید.

برای اندازه‌گیری محتوی کلروفیل و کاروتنوئیدها از روش Lichtenthaler و Wellburn (۱۹۸۳) استفاده شد. به منظور اندازه‌گیری کارایی 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 اندازه‌گیری شد (Slafer & Savin, 1994)، سپس درصد جذب تابش^۱ (Fischer, 2001) و ضریب خاموشی نور^۲ (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

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

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

^{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

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 گرفتند داشتند. 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

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 با توجه 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

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 تأثیر 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

است و دامنه‌ی بین ۳۰ تا ۴۹ گرم را برای وزن هزار دانه در گندم گزارش نمودند. اساساً عملکرد دانه در غلات ناشی از آثار تجمعی اجزای تشکیل دهنده آن یعنی تعداد پنجه‌های بارور، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه در سنبله می‌باشد. نقش جبرانی اجزای عملکرد مکانیسمی بسیار مهم برای بهبود عملکرد در شرایط تنش و پس از تنش می‌باشد (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 مراغه ۱ 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

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 در شرایط 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 مترمربع گزارش شد (Khaksar *et al.*, 2013). که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

کاهش تعداد سنبله به علت 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 تاثیر 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 مراغه ۲ 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، در نتیجه 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

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

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

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 (Baghbankhalilabad *et al.*, 2019).
انتخاب ارقام سازگار به خشکی مؤثر باشد

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

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

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

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

^{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

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 (Kranmer 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

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 مراغه ۱ 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 مراغه ۲ 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

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 وزن تر 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

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 مراغه ۱ 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 مراغه ۲ 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

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). بطور کلی، 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.

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، مراغه ۱ 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 کاروتنوئید در رده‌های بعدی قرار داشتند. کمترین میزان کاروتنوئید به ژنوتیپ‌های مراغه ۲ 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

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

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

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

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

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، مراغه ۲ 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

کمترین شاخص سبزیگی به تیمار ژنوتیپ مراغه ۲ در شرایط آبیاری تکمیلی با میانگین ۲۰/۹۲ اختصاص داشت که با سایر ژنوتیپ‌ها در دو شرایط رطوبتی اختلاف معنی‌دار نشان داد. بیشترین شاخص سبزیگی 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).

آبیاری تکمیلی با میانگین ۵/۱۳ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ اختصاص داشت که با دیگر ژنوتیپها اختلاف معنی دار داشت. با توجه به اینکه محتوای پروتئین محلول برگ شامل تمام ترکیبات آنزیمی نیز می باشد و ثبات پروتئینی تحت شرایط تنش رطوبتی به مفهوم حفظ فعالیت های 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 می شود. 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 معنی دار شد. تنوع معنی داری برای پروتئین محلول برگ ژنوتیپهای گندم دوروم در دیگر تحقیقات نیز گزارش شده است (Hassanpour *et al.*, 2015; Lescokelaye *et al.*, 2015).

بیشترین کارایی مصرف نور به ژنوتیپ هانا در شرایط آبیاری تکمیلی با میانگین ۲/۳۹ گرم بر مگاژول اختصاص داشت که با دیگر ژنوتیپها اختلاف معنی دار نشان داد. کمترین کارایی 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 معنی دار نشان داد. تغییرات کارایی مصرف نور در بین ژنوتیپها بیانگر کارایی متفاوت در انتقال و ذخیره ی مواد فتوسنتزی به اندام های هوایی و تفاوت آنها در تولید ماده

کاهش می یابد (Naghavi *et al.*, 2016) و بر همین اساس این گزارشات تایید کننده ی نتایج بدست آمده هستند.

مشاهده شد که میزان پروتئین برگ ۰/۷۱ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ (۱۲/۱۴ درصد) به دلیل کاهش رطوبت در شرایط دیم افزایش نشان داد که این افزایش معنی دار بود. در دیگر گزارشات نیز افزایش پروتئین محلول برگ تحت تاثیر تنش رطوبت گزارش شده است (Sadegzadeh *et al.*, 2014; Hassanpour *et al.*, 2015; Lescokelaye *et al.*, 2015)، هرچند در مقابل نیز گزارش شده است که تنش خشکی سبب کاهش غلظت پروتئین های محلول گندم شده است (Siosemardeh *et al.*, 2013). به نظر می رسد افزایش فعالیت آنزیم های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز (Hassanpour *et al.*, 2015; Lescokelaye *et al.*, 2015) و افزایش سنتز اسموتیکوم های سازگار با متابولیسم مانند گلیسین بتائین و پرولین و کوچک شدن سلول های برگ و در نهایت کاهش میزان آب برگ، سبب افزایش غلظت پروتئین های 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 میلی گرم بر گرم وزن تر برگ اختصاص داشت که با دیگر ژنوتیپها اختلاف معنی دار داشت. در رده بعدی ژنوتیپ های هانا، آریا، ساجی و بهرنگ در شرایط دیم میزان پروتئین بیشتری داشتند. کمترین میزان پروتئین برگ به ژنوتیپ مراغه ۲ در شرایط

خشک کل است که از یک واحد تابش مقدار متفاوتی زیست توده تولید می‌شود. در هر حال، 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 تأثیر 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 *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

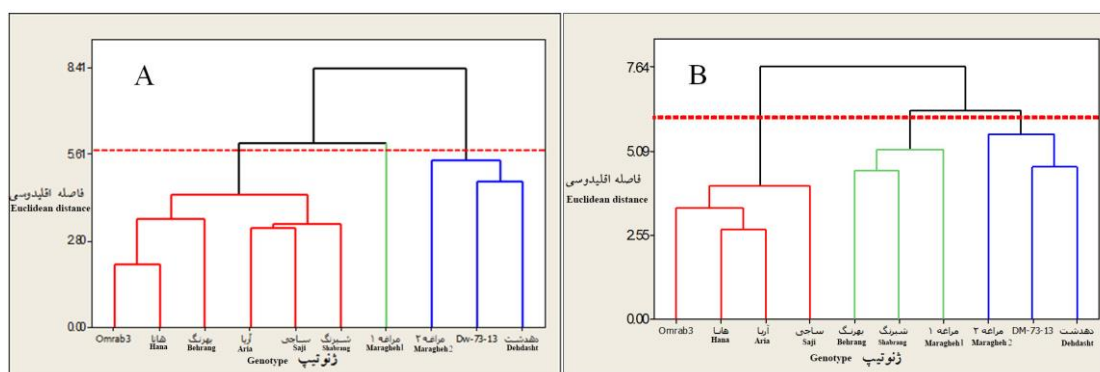
کارایی مصرف نور Light use efficiency (g/mj)	پروتئین برگ Leaf protein (mg/g.FWL)	محتوای رطوبت نسبی برگ Leaf relative water content (%)	شاخص سبزیگی Vegetation index	ژنوتیپ Genotypes	شرایط رطوبتی Humidity condition	
2.37b	6.37h	83.76b	25.45j	Omrabi3	آبیاری تکمیلی Supplemental irrigation	
2.39a	6.21i	85.34a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

حاصل از بررسی مقایسه میانگین‌ها را تایید کرد (شکل ۱) و مشاهده شد که در دو شرایط گروه‌بندی متفاوتی وجود

گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم با روش UPGMA و بر اساس فاصله اقلیدوسی، نتایج

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.

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



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

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.

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

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., Monneveux, 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., Khazaei, 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](https://doi.org/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](https://doi.org/10.22286/128.1394.7.15.10.0) (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., Rodrigues, M. L., Lopes, C. & Chaves, M. M. 2002. Limitation to leaf photosynthesis in grapevine under drought metabolic and modeling approaches. *Functional Plant Physiology*, 29: 1-9.
- Moghaddasi, L., Rashidi, V., & Razban Haghghi, 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](https://doi.org/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 Physiology and Biochemistry*, 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. & Esmaealzadeh, 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 squares regression. *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).