Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 51, No 2, Summer 2020 (87-104)
DOI: 10.22059/ijfcs.2019.264529.654518

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۱، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۹ (ص۱۰۴-۸۷)

ارزیابی ویژگی‌های رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد گندم و جو در شرایط تنش‌های آبی و نیتروژن

زهرا ردائی الاملی[۱]، محمدرضا جهانسوز *[۲]، ، سعید صوفی زاده[۳] ، ، سید محمد باقر حسینی[٤]
۲،۱ و ٤. دانشجوی دکتری، استاد و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران،
۳. استادیار پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/٦/٦ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۱٦)

چکیده

تنش آبی و نیتروژن، از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد گندم محسوب می‌شوند. به‌منظور بررسی تاثیر تنش آبی و نیتروژن بر برخی صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) و تعیین صفات موثر بر عملکرد، پژوهشی به صورت طرح کرت‌های خردشده – فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۹۶-۱۳۹۵، در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج اجرا شد. عامل اصلی، تنش آبی در دو سطح عدم تنش و ٤۰ درصد نیاز آبی و عامل فرعی، ترکیب فاکتوریل کود نیتروژنی در دو سطح (۲۰۰ و صفر کیلوگرم اوره در هکتار) و رقم‌های گندم (سیوند و پیشتاز) و جو (فجر ۳۰) بودند. تنش آبی و نیتروژن، باعث کاهش کلیه صفات از جمله کاهش ۵۰ درصدی در عملکرد دانه شدند. در شرایط تنش آبی، بیشترین همبستگی بین عملکرد دانه با صفات عملکرد بیولوژیک، طول پدانکل، تعداد دانه در سنبله، وزن خشک سنبله و ارتفاع بوته و بالاتر از ۷۵ درصد به‌دست آمد. تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که در شرایط آبیاری، پنج متغیر و در شرایط تنش، سه متغیر به صورت معنی‌داری تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند. تجزیه به عامل‌ها مشخص کرد که عامل‌ها در شرایط عادی، ۹۸/٤ درصد و در شرایط تنش، ۹۹/۵درصد از تغییرات کل واریانس را توجیه کرد. نتایج نشان داد که عملکرد بیولوژیک، بیشترین نقش را در افزایش عملکرد دانه در دو شرایط تنش و عدم‌تنش داشته است؛ از این رو می‌تواند به‌عنوان نشانگری برای عملکرد در دو شرایط استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به‌عامل‌ها، تنش، رقم، رگرسیون گام‌به‌گام، نیاز آبی.

Evaluation the growth characteristics, yield and yield components of wheat and barley under water and nitrogen stress conditions

Zahra Radaei Alamoli[1], Mohammadreza Jahansouz[1*], Seyyed Mohammad Bagher Hosseini[1], Saeid Soufizadeh[2]
1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, 2. Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University
(Received: August 28, 2018- Accepted: May 6, 2019)

ABSTRACT

Water and nitrogen stress are among the most important factors that reduce wheat yield. To study the effect of water and nitrogen stress on some morphological traits, grain yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum L.*) and barley (*Hordeum vulgare* L.) and determination the effective traits on yield, a split-plot factorial field experiment was carried out at Research Field of the School of Agricultural and Natural Resources University of Tehran, Karaj, in 2016-2017, in a randomized complete blocks design with 3 replications.The main factor was water stress at two levels, (No water stress and 40% of water requirement) and the sub factors included the combination of nitrogen fertilizer at two levels (0 and 200 kgha-1 of N) and wheat (Sivand and Pishtaz) and barley (Fajr 30) cultivars. Water and nitrogen stress reduced all traits such as 50 percent reduction in grain yield. In terms of water stress, the highest correlation was observed between grain yield and biological yield, peduncle length, number of grain per spike, spike dry weight and plant (more than 75%). Stepwise regression showed 5 and 3 varialbles significantly explain the variation of yield under normal irrigation stress conditions, respectively. Results of factor analysis revealed that factors justified 98.4% and 99.5% of total variance variation under normal and stress conditions, respectively .According to the results, biological yield was the most effective variable on grain yield under water and non-stress conditions; therefore, it could be used as a marker for yield.

Keywords: Analysis of factors, cultivar, stepwise regression, stress, water requirement.

* Corresponding author E-mail: jahansuz@ut.ac.ir

مقدمه

تغییرات اقلیمی بر بخش‌های گوناگون توسعه اقتصادی از جمله منابع آب، کشاورزی و امنیت غذایی اثرگذار است و بزرگترین تاثیر آن بر بخش کشاورزی می‌باشد (Meadows, 2006). با توجه به افزایش سرانه مصرف آب در کشور، محدودیت منابع آبی، افزایش جمعیت، نیاز روزافزون کشور به امنیت غذایی و پائین بودن راندمان آبیاری در مزارع، بازنگری روش‌های آبیاری، امری اجتناب‌ناپذیر است و در این راستا، هر گونه تلاش در بخش کشاورزی به‌عنوان بزرگترین مصرف کننده آب قابل توجه است. از این رو، مطالعه واکنش گیاه نسبت به شرایط تنش آبی و تعیین پارامترهای مرتبط برای تدوین یک برنامهٔ آبیاری کارا جهت دستیابی به یک مدیریت اثربخش در سطح مزرعه، امری ضروری است (Sheidaeian *et al.*, 2015).

گندم از مهم‌ترین محصولات غذایی مورد کشت کار در جهان، یکی از قدیمی‌ترین و گسترده‌ترین محصولات کشاورزیدر ایران و یکی از مهم‌ترین غلات زمستانه در ایران است (Deihimfard *et al.*, 2007). خشکی، همواره به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده عملکرد دانه گندم شناخته می‌شود که می‌تواند در هر زمانی رخ دهد اما حساسیت گندم به محدودیت آب، اغلب در طی دوره گرده افشانی تا مرحله خمیری نرم می‌باشد (Zhang *et al.*, 2012). واکنش گندم به تنش آبی، سازوکار پیچیده ای دارد که شامل تغییرات مولکولی و گسترش آن به کل فعالیت‌های متابولیسمی و اثرگذاری آن بر مورفولوژی و فنولوژی گیاه می‌باشد (Emam *et al.*, 2007). Gupta *et al.* (2001)، ضمن مطالعه ویژگی‌های فیزیولوژیکی و عملکرد دو ژنوتیپ گندم در شرایط تنش در مراحل غلاف‌دهی و گرده-افشانی گزارش کردند که تعداد دانه، عملکرد دانه و بیولوژیک و شاخص برداشت، ازجمله صفاتی هستند که تحت شرایط تنش آبی در مرحله گرده‌افشانی، بیشتر کاهش پیدا می‌کنند. تنش آبی پس از گرده‌افشانی و در اواخر فصل رشد، سبب کاهش چشمگیر عملکرد می-شود؛ بنابراین، مطالعه و بررسی جنبه‌های گوناگون مرتبط با خشکی در گندم که یکی از راهکارهای مقابله با عوارض این تنش است، بیش از پیش احساس می‌شود (Amiri *et al.*, 2013). پژوهشگران کاهش عملکرد دانه گندم را در شرایط تنش آبی گزارش کرده‌اند (Emam *et al.*, 2007) و معتقدند که حساس‌ترین مرحله نمو گندم به تنش آبی، مرحله زایشی می‌باشد (Mostafa *et al.*, 1996).

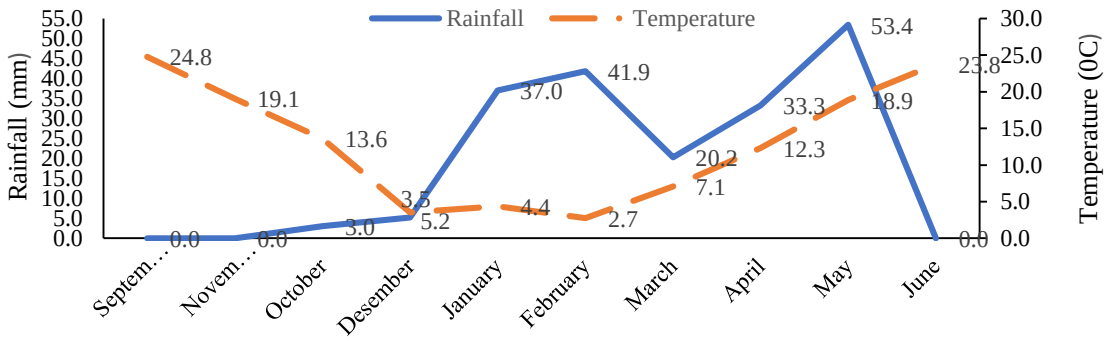
نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصرغذایی جهت دستیابی به عملکرد و کیفیت مطلوب در تولید گیاهان زراعی است و نقش مهمی در افزایش عملکرد دارد، به شکلی که اغلب کمبود آن، بیش از سایر عناصر غذایی مشاهده می‌شود. رشد و عملکرد غلات نیز به شدت تحت تأثیر نیتروژن است و کاربرد صحیح و متناسب آن، باعث افزایش عملکرد می‌شود. کاربرد نیتروژن به مقدار کافی، سبب رشد بیشتر ریشه‌ها می‌شود و منجر به افزایش توان جذب آب از اعماق بیشتر خاک در شرایط تنش خشکی می‌گردد (Condon *et al.*, 2004). نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که مدیریت نامناسب آبیاری و نیتروژن، اصلی‌ترین عامل کاهش دهنده عملکرد دانه در گندم محسوب می‌شود. در شرایط کمبود آب در خاک که جذب عناصرغذایی و به‌ویژه نیتروژن را تحت تاثیر قرار می‌دهد، لزوم برقراری تناسب میان نیتروژن مصرفی و فراهمی رطوبت در خاک ضروری است (Fallahi *et al.*, 2008).

تحمل به خشکی، صفتی کمی است و روش اندازه‌گیری مستقیمی برای آن وجود ندارد. این امر باعث مشکل شدن شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش آبی می‌شود. با این حال، ارزیابی عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش آبی، نقطه شروع خوبی برای انتخاب ژنوتیپ‌ها در شرایط خشکی می باشد ((Tahmasbi *et al.*, 2007). از طرف دیگر، برخی از پژوهشگران به جای عملکرد دانه، استفاده از صفات مورفوفیزیولوژیکی را به عنوان شاخص گزینش در جهت بهبود مقاومت به خشکی پیشنهاد کرده‌اند و عنوان نموده‌اند که اگر صفاتی یافت شوند که با تنش آبی مرتبط باشند، گزینش برای یافتن ژنوتیپ‌های مقاوم تسریع خواهد شد (Khayatnezhad *et al.*, 2010). از آن‌جاکه روش‌های

آماری چند متغیره به‌صورت همزمان چندین صفت یا متغیر را مد نظر قرار می‌دهند، در تجزیه و تحلیل تنوع ژنتیکی بر پایه داده‌های مورفولوژیک، بیوشیمیایی و مولکولی کاربرد وسیع دارند (Tahmasbi *et al.*, 2007). در مطالعه‌ای با استفاده از تجزیه همبستگی، رگرسیون به روش بک‌وارد و تجزیه مسیر برای عملکرد دانه گزارش شد که تعداد دانه در سنبله، طول سنبله و وزن هزار دانه در جهت افزایش عملکرد دانه گندم تحت شرایط تنش آبی عمل می‌کنند (Nofouzi *et al.*, 2008). در این آزمایش، نتایج تجزیه مسیر نشان داد که عملکرد کاه و ارتفاع بوته، دارای اثر مستقیم مثبتی بر عملکرد دانه در شرایط تنش آبی می باشند. Khan *et al.* (2010) در تجزیه علیت عملکرد دانه گندم گزارش کردند که در شرایط عادی، صفات تعداد سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد دانه و در شرایط تنش آبی، صفات تعداد سنبله، تعداد سنبلچه، طول سنبله و تعداد دانه، بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه دارند. بنابراین هدف از این بررسی ،تاثیر تنش آبی و نیتروژن بر مرفوفیزیولوژی، عملکرد، اجزای عملکرد دو رقم غالب گندم و یک رقم جو با رعایت مدیریت آبیاری و شناسایی صفاتی که بیشترین اثر مثبت را بر عملکرد دانه در شرایط عدم تنش و تنش آبی دارند، می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۶ - ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج، با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۱۶۰ متر از سطح دریا اجرا شد که طبق آمار بلند مدت ایستگاه هواشناسی کرج، دارای بارندگی سالانه ۲۵۱/۲ میلی متر، میانگین سالانه دمای هوا ۱۴/۱ درجه سیلیسیوس، میانگین رطوبت نسبی ۵۳ درصد و تبخیر سالانه ۲۱۸۴ میلی‌متر و دارای اقلیمی نیمه‌خشک با زمستانی نسبتاً سرد و تابستانی معتدل می‌باشد. اطلاعات اقلیمی منطقه از ایستگاه هواشناسی کرج تهیه شد (شکل۱). داده‌های خام شامل بارش، دماهای پنج‌گانه، سرعت باد، ساعات آفتابی و رطوبت نسبی از طریق آمار درازمدت نزدیکترین ایستگاه هواشناسی سازمان هواشناسی کشور به منطقه مورد مطالعه در یک دوره ۳۵ ساله در فاصله سال‌های ۲۰۱۵-۱۹۸۰، به عنوان دوره پایه جمع‌آوری شد.



شکل ۱- میانگین دما و مجموع بارش در مقیاس ماهانه در سال‌های زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج.

Figure 1. Mean temperature and total rainfall on a monthly scale during 2016-2017 at Research Farm of the Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj.

برای بررسی وضعیت خاک و فنولوژی گیاهی در مرکز مورد مطالعه، با حفر نیمرخ‌های خاکشناسی، نمونه برداری مرکب خاک در هر تکرار از عمق صفر-۳۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتی‌متری و پیش از کاشت انجام شد و اطلاعات لازم آن جمع آوری گردید (جدول ۱). آزمایش مزرعه‌ای به صورت طرح کرت‌های خرد شده-فاکتوریل و در قالب بلوک‌های کاملا تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل تنش آبی با دو سطح

(شرایط عدم تنش و تنش برابر با ۴۰٪ نیاز آبی) و کود نیتروژن با دو سطح (۲۰۰ و صفر کیلوگرم اوره در هکتار) دو رقم گندم (پیشتاز و سیوند) و رقم جو (فجر ۳۰) بودند.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Physico-chemical properties of the experimental site soil.

NH_4^+ (mg-kg^{-1})	NO_3^- (mg-kg^{-1})	OC %	BD (g-cm^{-3})	PWP %	FC %	SAT %	EC (dSm-1)	pH	Silt %	Clay %	Sand %	Soil texture	Depth (cm)
1.66	72	1.38	1.35	20.6	35.7	47.6	2.77	8.4	39	33	28	Clay loam	0-30
2.51	54	0.4	1.38	20.6	35	45	3.01	8.3	40	34	26	Clay loam	30-60
1.46	48	0.2	1.19	20.5	34.8	44.3	1.54	8.4	40	34	26	Clay loam	60-90

از رقم‌های برتر پژوهش انجام شده توسط Navid *et al.* (2015) که جزو ارقام غالب در مناطق معتدل می‌باشند، به منظور بررسی اثرات تنش آبی و نیتروژن استفاده شد. تیمارهای آبی به عنوان فاکتور اصلی و ترکیب‌های کود نیتروژن و رقم به صورت فاکتوریل به عنوان فرعی انتخاب شدند. رقم‌ها بر اساس تراکم ۴۰۰ دانه در متر مربع، در واحدهای شش خطی به طول شش متر و عرض ۶۰ سانتی‌متر و با فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر، در تاریخ ۱۰ آبان و در قطعه زمینی که به مدت دو سال آیش بود کشت شدند. آبیاری در تیمار عدم تنش، مطابق نیاز آبی گندم انجام شد. جهت استقرار یکنواخت گیاهان، تمام تیمارها در فصل پاییز در دو مرحله و به میزان برابر آبیاری شدند. از زمان از سرگیری رشد فعال در بهار که بارندگی کاهش و نیاز آبی گیاه افزایش می‌یابد (مصادف با اوایل ساقه رفتن)، تیمارهای تنش اعمال شد. در تیمار تنش خشکی ، ۴۰ درصد میزان نیاز آبی گندم محاسبه شده از مدل CROPWAT8.0 اعمال شد. اطلاعات مربوط به گیاه شامل فنولوژی گیاهی مانند تاریخ کشت، دوره شروع فصل رویش، توسعه، دوره گلدهی، دوره تولید بذر، ارتفاع بوته و عمق ریشه است که در فرم‌های مربوطه وارد مدل CROPWAT8.0 شد. با استفاده از سه دسته اطلاعات شامل عوامل هواشناسی مؤثر در تبخیر و تعرق، اطلاعات گیاهی و ویژگی‌های خاک، تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از معادله پنمن-مانتیث-فائو که در برنامه CROPWAT8.0 جای‌گذاری شده است، برآورد شد (Ahmadi *et al.*, 2018) (معادله ۱):

معادله ۱ $$ET0 = \frac{0.408(R_n - T) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_\alpha - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

که در آن، ET0: تبخیر و تعرق گیاه مرجع، e_α-e_d: کمبود فشار بخار اشباع، U2: سرعت باد در ارتفاع دو متری، Rn: میزان تابش، G: جریان حرارت خاک، Δ: شیب منحنی تغییرات فشار بخار اشباع نسبت به دما (T)، γ: ثابت سایکرومتری و عدد ۹۰۰: عامل ضریب تبدیل بر مبنای محاسبات روزانه مدل می باشند. نیاز آبی محصول بر اساس معادله دو محاسبه شد (Faures *et al.*, 2002).

معادله ۲ $$CWR = ET0 \times Kc \times A$$

که در آن، A: مساحت کشت شده، ET0: تبخیر و تعرق گیاه مرجع، Kc: میانگین مقدار ضریب گیاهی برای هر مرحله زمانی و CWR: نیاز آبی محصول می‌باشند.

عامل اساسی برای محاسبه نیاز آبی گیاهان، تعیین ضریب گیاهی طی مراحل گوناگون رشد محصول است .ضریب گیاهی بر خلاف تبخیر و تعرق مرجع که بیشترین تأثیر را از اقلیم می‌گیرد، به‌طور عمده به ویژگی‌های گیاه و به صورت محدودتر، به اقلیم بستگی دارد. در مقاله حاضر، ضریب گیاهی گندم از مقادیر تعیین شده در مطالعه‌های پیشین (نشریه شماره ۵۶ FAO) بدست آمد. پس از محاسبه میزان تبخیر و تعرق مرجع، وبا استفاده از نتایج فنولوژی گونه‌ها و ویژگی‌های خاکی و محاسبه باران مؤثر، اقدام به برآورد تبخیر و تعرق واقعی شد. مقدار تبخیر و تعرق واقعی، نشان دهنده آب خالص مورد نیاز گیاهان است که توسط مدل CROPWAT8.0 در دوره های ۱۰ تا۳۰ روزه مشخص می‌شود.

در این مطالعه، مجموعه‌ای از صفات کلیدی فنولوژیک مانند شاخص سطح برگ در مرحله گلدهی، تعداد روز پس از کشت در مرحله گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک، مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد مورد بررسی قرار

گرفتند. صفات مورد بررسی شامل ارتفاع بوته و طول پدانکل، طول و وزن برگ پرچم، طول سنبله، طول ریشک، تعداد سنبله بارور در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه بارور در متر مربع، تعداد پنجه بارور در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد سنبله، عملکرد کل و بیولوژیک و شاخص برداشت می‌باشد. برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی، از قسمت میانی هر واحد آزمایشی (عدم تنش و تنش)، ۱۰ بوته به صورت تصادفی انتخاب شدند و ساقه اصلی آن‌ها علامت‌گذاری شد و میانگین ۱۰ ساقه اصلی برای هر یک از صفات مورفولوژیکی در هر واحد آزمایشی گزارش شد. پس از حذف حاشیه، برداشت نهایی در زمان رسیدگی کامل، صورت گرفت و محصول هر یک از واحدهای آزمایشی تحت تیمارهای آبی و تنش، به‌صورت جداگانه برداشت شد و عملکرد دانه و بیولوژیک در واحد سطح، به عملکرد دانه در واحد هکتار تبدیل شد.

پس از به‌دست آوردن داده‌های خام، آزمون مفروضات انجام شد و از آن‌جا که مفروضات برقرار بودند، تجزیه واریانس انجام شد. همبستگی‌های ساده فنوتیپی بر اساس داده‌های به‌دست آمده ارزیابی شدند. تجزیه رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه محاسبه شد و صفات تاثیر گذار بر عملکرد شناسائی شدند و با استفاده از تجزیه به عامل‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS نسخه 9.1 و همبستگی ساده، تجزیه رگرسیون گام به گام و تجزیه به عامل‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه 16 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر آبیاری، نیتروژن و رقم برای صفات ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول و وزن برگ پرچم، طول سنبله و ریشک، تعداد پنجه بارور در بوته و متر مربع، تعداد دانه در سنبله و متر مربع، تعداد سنبله در متر مربع، وزن سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد روزهای پس از کشت در مرحله گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک و شاخص سطح برگ معنی‌دار بودند (جدول ۲).

معنی‌دار بودن میانگین مربعات بیانگر آن است که بین آن‌ها از لحاظ صفات مورد بررسی، تنوع خوبی وجود دارد. تنش رطوبتی و نیتروژن، باعث کاهش کلیه صفات در مقایسه تیمار عدم تنش با تیمار تنش آبی و نیتروژن شد. اکثر صفات با کاهش حدود ۳۰ درصدی و بیشتر همراه بود که در این میان، صفاتی همچون تعداد دانه در مترمربع، عملکرد دانه، تعداد پنجه در مترمربع، وزن خشک سنبله، وزن هزاردانه، تعداد سنبله در متر مربع و شاخص سطح برگ، به‌ترتیب با کاهش ۵۲، ۴۸/۹۴، ۴۱/۱۹، ۳۹/۵۹، ۳۸/۵۲، ۳۴/۶۱ و۳۴/۰۸درصد بیشترین کاهش را نشان دادند (جدول ۳ و ۴).

آزمون F صفات نشان داد که بین رقم‌ها تفاوت معنی-داری وجود داشت. با توجه به تنوع موجود برای اکثر صفات، استنباط می‌شود که انتخاب برای بهبود آن‌ها می‌تواند مؤثر باشد. البته بازدهی انتخاب تا حدود زیادی بستگی به توارث‌پذیری صفات دارد. در تیمار تنش آبی، شاخص سطح برگ ۲۵ درصد کاهش یافت (جدول ۳) که دلایل احتمالی آن می‌تواند مربوط به پیری زودرس اندام‌های فتوسنتز کننده، کاهش فتوسنتز جاری گیاه، کاهش اندازه سلول، کاهش رشد و کاهش فعالیت فتوسنتزی برگ‌ها باشد (Zarei *et al.*, 2015). تامین آب کافی در مراحل ابتدایی رشد گیاه، نقش مهمی در افزایش شاخص سطح برگ گیاه دارد (Zarei *et al.*, 2015). در تیمار تنش نیتروژن و در شرایط عدم کاربرد نیتروژن، سطح برگ ۲۳ درصد کاهش یافت (جدول ۳). شاخص سطح برگ در حالت تنش آبی و نیتروژن، ۳۴ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد که این امر نشان دهنده رشد کند گیاهان در مراحل اولیه و در نتیجه اختصاص کم مواد فتوسنتزی به برگ‌ها در شرایط مقادیر کم کاربرد نیتروژن می‌باشد.

مقایسه رقم‌ها نشان داد که از لحاظ شاخص سطح برگ، بین ارقام فجر ۳۰ و سیوند تفاوت معنی‌داری نبود، ولی رقم پیشتاز، از شاخص سطح برگ بیشتری برخوردار بود (جدول ۳). در شرایط عدم تنش، ترتیب ارقام شامل فجر ۳۰، سیوند و پیشتاز بود که در مقایسه با تیمار تنش آبی و نیتروژن، به‌ترتیب با کاهش ۲۸، ۱۹ و ۲۴ درصدی همراه بودند (شکل ۲). در مقایسه تیمارهای عدم تنش آبی و تنش نیتروژن با تنش آبی و عدم تنش نیتروژن، تیمار عدم تنش آبی و تنش نیتروژن با تفاوت کمی

بیشتر بوده است که این امر نشان می‌دهد که افزایش شاخص سطح برگ نداشته است. نیتروژن در شرایط خشکی، اثر مثبتی در افزایش

جدول۲- تجزیه واریانس صفات گوناگون رقم‌های گندم و جو در تیمارهای آبی و نیتروژن

Table 2. Variance analysis of theplant height and yield components of wheat and barley in irrigation & nitrogen treatments

S.O.V	df	(Mean Squares)					
		Plant height	Peduncle length	Flag leaf length	Spike length	Awn length	Flag leaf weight
Block	2	166.10ns	0.50ns	2.31	1.03ns	1.77ns	0.26ns
Irrigation (I)	1	3228.89**	75.69**	46.69**	39.64**	21.45**	186.94**
First error	2	211.83	0.77	1.81	0.164	1.58	8.11
Nitrogen (N)	1	2022.90**	67.78**	19.36**	23.71**	12.68**	207.91**
Cultivar (C)	2	251.23**	72.97**	34.61**	33.90**	10**	409.40**
I × N	1	149.08ns	2.05ns	2.05ns	6.84ns	2.39ns	2.68ns
I × C	2	197.79ns	0.09ns	2ns	1.64ns	0.42ns	10.49ns
N × C	2	81.32ns	0.03ns	1.27ns	0.11ns	1.42ns	4.64ns
I × N × C	2	28.65ns	0.65ns	2.55*	0.07ns	1.35ns	0.84ns
Second error	20	52.59	0.89	0.61	0.82	1.24	4.42

جدول ۲-ادامه

S.O.V	df	(Mean Squares)						
		Number of fertile	Number of fertile	Number of grains/ spike	Number of grains/m^2	Number of spikes/m^2	Spike dry weight	1000-Grain weight
Block	2	0.067ns	6580.19ns	14.11ns	2117523.3ns	2825.85ns	3189.61ns	96.42ns
Irrigation (I)	1	3.06**	298662.25**	191.36**	525895504.8**	229158.47**	299694.20**	770.98**
First error	2	0.0008	80.08	5.44	3133586.8	497.84	559.81	15.29
Nitrogen (N)	1	1.73**	169606.69**	132.25**	305628424**	131608.11**	339721.89**	494.32**
Cultivar (C)	2	4.322**	421753.36**	206.69**	40177834**	109158.67**	80926.74**	104.96**
I × N	1	0.302ns	29526.69ns	23.36ns	4077283.1ns	182.74ns	1697.44ns	3.61ns
I × C	2	0.002ns	248.08ns	2.52ns	5988391.6ns	1657.92ns	6450.22ns	5.84ns
N × C	2	0.0019ns	191.19ns	3.08ns	3021740.6ns	100.13ns	5371.38ns	1.42ns
I × N × C	2	0.0008ns	82.69ns	0.36ns	126347.9ns	298.86ns	2521.35ns	3ns
Second error	20	0.042	4182.77	7.57	5631985	1975.99	2863.92	13.91

جدول ۲-ادامه

S.O.V	df	(Mean Squares)					
		Grain yield	Biological yield	Harvest index	Days to Physiological maturity	Days to Flowering	Leaf area index
Block	2	32095.175ns	1900.408ns	0.583ns	0.08ns	1.08**	0.001ns
Irrigation (I)	1	1249227.210**	313488.01**	140.027**	53.77**	58.77**	18.49**
First error	2	5379.311	2439.905	11.36	0.86	0.027	0.020
Nitrogen (N)	1	956109.137**	259522.321**	96.69**	64**	49**	14.84**
Cultivar (C)	2	254046.065**	31486.754**	21ns	225.75**	612.75**	2.86**
I × N	1	194.928ns	8.027ns	3.36	0.000ns	0.11ns	0.10ns
I × C	2	13023.227ns	377.903ns	40.44*	1.027ns	0.86ns	0.32ns
N × C	2	5587.503ns	727.607ns	19.11ns	0.08ns	0.08ns	0.35ns
I × N × C	2	3122.686ns	620.047ns	10.11ns	0.25ns	0.19ns	0.09ns
Second error	20	6002.493	1235.302	10.372	0.60	0.15	0.19

**، * و ns به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد وعدم معنی‌داری.

**, *, and ns: significant at 1% and 5% of probability levels and non-significant, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مرتبط با عملکرد و اجزای عملکرد رقم‌های گندم و جو در تیمارهای آبی و نیتروژن

Table 3. Mean comparison of the yield and yield components of wheat and barley affected by irrigation and nitrogen stresses

	Plant height (cm)	Peduncle length (cm)	Flag leaf length (cm)	Spike length (cm)	Awn length (cm)	Flag leaf weight (g/m^2)
Irrigation						
No water stress	97.17a	22.96a	20.67a	11.49a	9.15a	26.83a
Water stress	78.23b	20.06b	18.39b	9.39b	7.61a	22.27b
Nitrogen						
No nitrogen stress	95.20a	22.88a	20.26a	11.25a	8.97a	26.95a
Nitrogen stress	80.20b	20.14b	18.80b	9.63b	7.79b	22.15b
Cultivar						
Pishtaz	92a	22.31b	19.42b	10.95b	7.77b	26.71b
Sivand	88.1b	23.48a	21.28a	11.80a	7.94b	29a
Fajr 30	82.9c	18.75c	17.89c	8.56c	9.43a	17.94c

جدول۳-ادامه

	Number of fertile tillers/bush	Number of fertile tillers/m^2	Number of grains/ spike	Number of grains/m^2	Number of spikes/m^2	Spike dry weight (g/m^2)	1000- Grain weight (g)
Irrigation							
No water stress	2.23a	697.94a	30.77a	23078.7a	754.75a	838.08a	39.25a
Water stress	1.65b	515.77b	26.16b	15434.6b	595.18b	655.60b	30b
Nitrogen							
No nitrogen stress	2.16a	675.50a	30.38a	22170.3a	735.43a	843.99a	38.33a
Nitrogen stress	1.72b	538.22b	26.55b	16342.9b	614.51b	649.71b	30.92b
Cultivar							
Pishtaz	1.55b	487.17b	29.75a	17825.4b	587.96c	769.38b	34.79a
Sivand	1.63b	510.50b	31.83a	21318.3a	660b	815.35a	37.5a
Fajr 30	2.63a	822.92a	23.83b	18626.2b	776.9a	655.81c	31.59b

جدول۳-ادامه

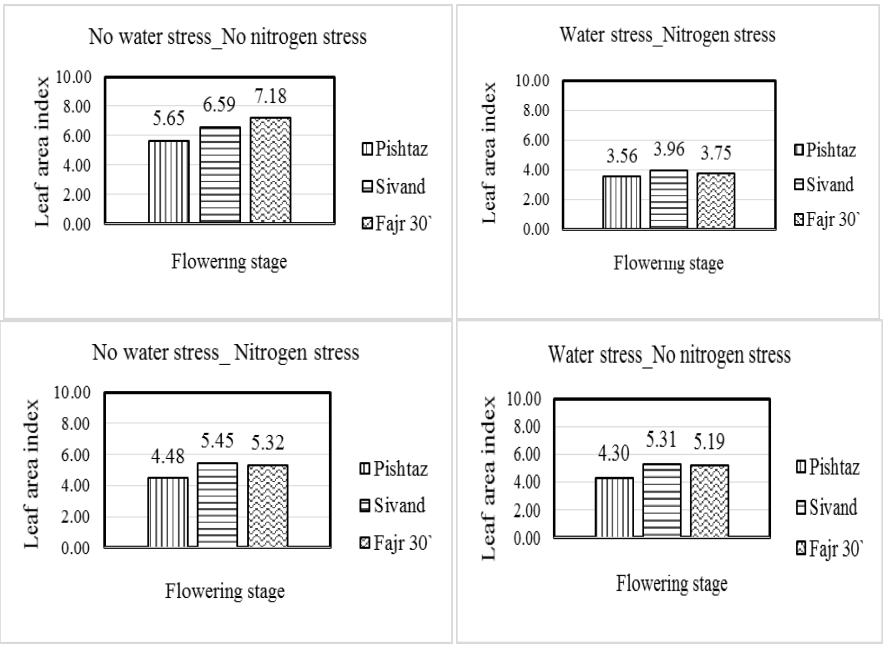
	Grain yield (g/m^2)	Biological yield (g/m^2)	Harvest index	Leaf area index	Days to Flowering	Days to Physiological maturity
Irrigation						
No water stress	643.42a	1586.42a	40.22a	5.77a	185.44a	217.55a
Water stress	456.79b	1213.85b	36.27b	4.34b	182.88b	215.11b
Nitrogen						
No nitrogen stress	635.01a	1563.1a	39.88a	5.70a	185.33a	217.66a
Nitrogen stress	465.20b	1237.1b	36.61b	4.41b	183b	215b
Cultivar						
Pishtaz	553.2b	1433.5b	37.25a	4.49b	188.41a	218.58a
Sivand	599.6a	1526a	37.75a	5.32a	188.16a	219.08a
Fajr 30	497.3c	1240.8c	39.75a	5.36a	175.91b	211.33b

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، بر اساس آزمون دانکن و در سطح پنج درصد، تفاوت معنی داری ندارند.

In each column, means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% of probability level, based on Duncan test.

Ghaemi & Zamani (2015) در مطالعه خود بر روی گندم بیان کردند که افزایش کاربرد نیتروژن، باعث افزایش معنی‌دار شاخص و دوام سطح برگ در شرایط تنش آبی شده است اما با وجود اهمیت عنصر نیتروژن نمی‌توان انتظار داشت که گیاه همواره به کاربرد نیتروژن کودی در صورت کافی بودن موجودی نیتروژن خاک، واکنش نشان دهد. به‌طورکلی، تولید ماده خشک گیاهی و در نهایت دستیابی به عملکرد بالا، به صورت مستقیم به مقدار نور جذب شده توسط پوشش گیاهی بستگی دارد و در این میان، سطح برگ و آرایش فضایی اندام‌های هوایی، از عوامل مؤثر و مهم در مقدار جذب تابش ورودی به پوشش گیاهی در مراحل گوناگون چرخه زندگی گیاه هستند. در تیمار عدم تنش، به دلیل فراهم بودن کافی منابع، سطح برگ ارقام بیشتر بود و با ارقام فجر ۳۰، سیوند و پیشتاز با داشتن سطح برگ ۷/۱۸، ۶/۵۹ و ۵/۶۵ ، احتمالا درصد جذب تابش بالاتری هم نسبت به تیمارهای دیگر داشته‌اند و این امر می‌تواند سبب افزایش بیشتر عملکرد در این تیمار باشد.

در مقابل در تیمار تنش آبی و تنش نیتروژن، به دلیل عدم فراهمی منابع، ارقام سیوند، فجر ۳۰ و پیشتاز، به‌ترتیب با شاخص سطح برگ ۳/۹۶، ۳/۷۵ و ۳/۵۶، به دلیل کم بودن سطح برگ و کامل نبودن پوشش گیاهی، احتمالا قسمت عمده ای از تابش ورودی به پوشش گیاهی را جذب نکردند و کمترین درصد جذب تابش را داشتند و این امر سبب کاهش عملکرد شده است (شکل ۲).



شکل ۲- تغییرات شاخص سطح برگ گیاه در مرحله گلدهی در تیمارهای گوناگون. (در هر مرحله، میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن و در سطح پنج درصد، تفاوت معنی‌داری با همدیگر ندارند)

Figure 1. Leaf area index changes at flowering stage in different treatments. (In each column, means followed by similar letters are not significantly different at 5% of probability level, based on duncan test).

توسعه کند سطح برگ، منجر به توسعه ضعیف پوشش گیاهی و جذب کمتر تابش می‌شود که در نهایت کاهش تولید را به دنبال دارد (Baygi *et al.*, 2017). با توجه به این که گیاه برای تکمیل دوره رشد و داشتن حداکثر سطح برگ نیازمند آب و عناصر غذایی است، بنابراین عدم حضور و کاهش هر کدام از این موارد می‌تواند سبب کاهش در سطح برگ گیاه شود؛ بنابراین تفاوت در شاخص سطح برگ در هر کدام از این تیمارها را می‌توان به این موضوع نسبت داد. به عبارت دیگر، در شرایط کاهش یا عدم کاربرد نیتروژن و آب، پیش از این که سطح برگ به‌صورت کامل توسعه یابد، گیاه زودتر وارد مرحله زایشی می‌شود و در نتیجه شاخص سطح برگ کاهش می‌یابد. مقایسه تیمارهای عدم تنش آبی و تنش نیتروژن با تنش آبی و عدم تنش نیتروژن، نشان‌دهنده این مطلب است زیرا افزایش کود نیتروژن، سبب افزایش سطح برگ در تنش آبی نسبت به عدم مصرف نشده است (شکل ۲). شاخص سطح برگ یکی از شاخص‌های تعیین‌کننده رشد می‌باشد که برای دستیابی به عملکرد بالا لازم است که هر گیاهی قبل از زمان گلدهی، از سطح برگ قابل توجهی برخوردار باشد (Soleimani, 2012). شاخص سطح برگ بیش‌تر، مساوی با جذب بیشتر تابش ، تولید بیش‌تر مواد فتوسنتزی و تجمع بیشتر ترکیبات نیتروژن‌دار در اندام‌ها است که منجر به تولید ماده خشک و عملکرد بیشتری در گیاه می‌شود (Bakhshandeh *et al*., 2013).

صفات ارتفاع بوته، طول سنبله و ریشک و پدانکل، طول و وزن برگ پرچم، تعداد پنجه بارور در متر مربع در شرایط تنش آبی به ترتیب با کاهش ۲۰، ۲۲، ۱۷، ۱۳، ۱۳، ۱۷ و ۲۶ و در شرایط تنش نیتروژن به ترتیب با کاهش ۱۶، ۲۰، ۱۵، ۱۲/۵، ۱۲، ۱۸ و ۲۰ همراه بودند

(جدول ۳). بیشتر بودن ارتفاع بوته در تیمار کاربرد نیتروژن، تقریبا با انتظارات مطابقت داشت زیرا می‌توان بیان داشت که در حضور نیتروژن، با افزایش تعداد گره-ها یا افزایش فاصله بین گره‌ها، این افزایش در ارتفاع حاصل شده است. گزارش شده است که مصرف نیتروژن در گندم، باعث افزایش ارتفاع بوته می‌شود (Shahrasbi *et al.*, 2016) و مقایسه رقم‌ها هم نشان دهنده برتر بودن رقم سیوند در این صفات بود (جدول ۳).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که صفات تعداد دانه و سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، تعداد پنجه بارور در متر مربع، تعداد پنجه بارور در بوته و وزن خشک سنبله در شرایط تنش آبی به‌ترتیب با کاهش ۳۳، ۲۱، ۱۵، ۲۴، ۲۶، ۲۶، ۲۱ و در شرایط تنش نیتروژن به‌ترتیب با کاهش ۲۶، ۱۷، ۱۴، ۲۲، ۲۱، ۲۳ و ۲۳ درصدی همراه بودند. رقم فجر ۳۰ در مقایسه با دو رقم دیگر در صفات تعداد سنبله و پنجه بارور در واحد سطح و تعداد پنجه در بوته برتر بود و در سایر صفات، رقم‌های سیوند و پیشتاز برتری داشتند (جدول ۳).

Shahrasbi *et al.* (2016) گزارش کردند که نیتروژن از طریق بهبود رشد گره‌های انشعاب و تقویت آن‌ها، سبب افزایش تعداد سنبله در بوته می‌شود. نتایج آزمایش Emam *et al.* (2007) روی رقم‌های گندم از نظر تعداد دانه کاملا مشابه با نتایج این مطالعه بود. کاهش تعداد دانه در سنبله، حاکی از کاهش باروری دانه‌ها به دلیل تلقیح نامناسب و همچنین کمبود مواد فتوسنتزی کافی و رقابت بین دانه‌ها است که سبب کاهش تعداد دانه در سنبله و کاهش عملکرد خواهد شد (Guoth *et al.*, 2009). رقم‌های پیشتاز و سیوند، تفاوتی از نظر وزن هزار دانه نشان ندادند ولی در مقایسه با فجر ۳۰، وزن هزار دانه بیشتری داشتند. کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه در شرایط تنش، به دلیل زودرس شدن گیاه به‌منظور فرار از خشکی می‌باشد زیرا زودرسی همراه با کاهش دوره پرشدن دانه، باعث کاهش وزن و چروکیدگی دانه می‌شود (Parzivand *et al.*, 2011). در تیمار تنش آبی، عملکرد دانه حدود ۳۲ درصد کاهش یافت (جدول ۳) این کاهش می‌تواند در اثر کاهش شاخص سطح برگ در مرحله حساس، به‌ویژه مرحله گلدهی، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و تعداد سنبله بارور در مترمربع به‌وجود آمده باشد که در این مطالعه، تاثیر منفی تنش در اثر این موارد مشهود است. در تیمار تنش نیتروژن، عملکرد دانه ۲۲ درصد کاهش داشت (جدول ۳).

بیشترین آسیب ناشی از تنش آبی و نیتروژن، مربوط به عملکرد دانه در هکتار و به میزان ۴۸/۹۴ درصد می‌باشد (جدول ۴) که با در نظر گرفتن درصد تغییرات سایر صفات می‌توان چنین استنباط کرد که این آسیب، ناشی از کاهش شدید اجزای عملکرد (تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و تعداد سنبله بارور در مترمربع) می‌باشد. نتایج به‌دست آمده با نتایج سایر پژوهشگران مشابه بود (Fathi *et al.*, 2009, Enayatgholizadeh *et al.*, 2011, Shahrasbi *et al.*, 2016).

در تیمار تنش آبی، عملکرد بیولوژیک نیز نسبت به تیمار عدم تنش آبی کاهش ۲۳ درصدی نشان داد (جدول۳). همان‌طور که مشاهده می‌شود، عملکرد بیولوژیک کمتر از عملکرد دانه تحت تاثیر تنش آبی قرار گرفت. با توجه به این‌که در رقم‌های گندم، وزن ساقه، جزء اصلی عملکرد بیولوژیک را تشکیل می دهد و بخش زیادی از ساقه در دو ماه نخست فصل بهار یعنی زمانی که هنوز تبخیر و تعرق به‌دلیل بارندگی بیشتر، زیاد نیست تشکیل می‌شود، بنابراین اثر تنش آبی بر عملکرد بیولوژیک گیاه، کمتر از اثر ان بر عملکرد دانه می‌باشد. بروز تنش آبی به‌هنگام پرشدن دانه، باعث کاهش طول دوره پر شدن دانه می‌شودد و این موضوع باعث می‌شود که عملکرد دانه به شدت تحت تاثیر تنش آبی قرار گیرد. رقم سیوند از نظر عملکرد دانه و بیولوژیک نسبت به پیشتاز و فجر ۳۰ برتر بود (جدول ۳). نتایج به‌دست آمده با نتایج سایر پژوهشگران مشابه بود (Emam *et al.*, 2007, Enayatgholizadeh *et al.*, 2011, Shahrasbi *et al.*, 2016).

رابطه بین صفات با استفاده از تجزیه همبستگی نشان داد که همبستگی‌های مثبت و منفی زیادی میان صفات گوناگون وجود داشت (جدول ۵، ۶). همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه در شرایط عدم تنش، به‌ترتیب با صفات عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در واحد سطح، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، طول سنبله و پدانکل و برگ

پرچم، وزن برگ پرچم و سنبله، شخص سطح برگ، تعداد روزهای تا گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیکی و در شرایط تنش آبی با عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، طول سنبله و پدانکل و برگ پرچم، ارتفاع، وزن برگ پرچم و سنبله، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و در واحد سطح، تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک و طول ریشک مشاهده شد.

جدول۴- درصد تغییرات ناشی از تنش آب و نیتروژن بر روی صفات اندازه گیری شده

Table 4- Traits change percentages affected by water and nitrogen stress

Traits	Mean		Decrease (%)
	No stress	Water & nitrogen stress	
Biological yield (g/m^2)	1747.06	1048.55	-39.71
Grain yield (g/m^2)	728.80	372.36	-48.94
Harvest index	41.39	34.55	-15.38
Peduncle length (cm)	24.10	18.45	-23.39
Spike length (cm)	12.74	9.01	-29.81
Awn length (cm)	9.49	6.76	-28.88
Flag leaf length (cm)	21.64	17.9	-17.39
Plant height (cm)	106.71	72.77	-30.38
Flag leaf weight(g/m^2)	29.51	20.14	-33.36
Number of fertile tillers/m^2	795.14	475.69	-41.19
Number of grains/ spike	31.85	23.23	-26.61
Number of spikes/m^2	812.96	532.46	-34.61
Number of grains/m^2	25655.87	12184.24	-52
Spike dry weight (g/m^2)	942.10	565.33	-39.59
1000- grain weight	43.28	26.61	-38.52
LAI at flowering	6.47	2.92	-34.08

برای تولید ماده خشک بیشتر دو راه وجود دارد: یکی جذب تابش بیشتر از طریق افزایش شاخص سطح برگ یا افزایش طول عمر برگ به‌ویژه تا پیش از دستیابی به حداکثر تابش خورشیدی و دومی، افزایش کارایی استفاده از تابش در گیاه می‌باشد (Gardner, 1985). تولید برگ بیشتر در گندم و جو، برابر با تولید ماده خشک و عملکرد بیشتر است اما لزوما شاخص سطح برگ، حداکثر موجب عملکرد بالاتر نخواهد بود و همبستگی بالای بین شاخص سطح برگ و عملکرد دانه این امر را به خوبی نشان می‌دهد (جدول ۵، ۶). نتایج مطالعه Bakhshande *et al*. (2013) با نتایج این مطالعه مطابقت داشت. همچنین پژوهش‌ها نشان داده است که مواد فتوسنتزی ذخیره شده در دانه‌ها، حاصل فتوسنتز تمامی اندام‌های فتوسنتز کننده گیاه است. رقمی که حداکثر برگ خود را در زمانی خاص داشته باشد و یا بتواند سطح برگ حداکثر را تا زمان گرده افشانی حفظ نماید، مطلوب‌تر خواهد بود. همچنین طول دوره رسیدن به مرحله گلدهی در گندم، ۱۸۸ روز پس از تاریخ کشت و در جو، ۱۷۵ روز پس از تاریخ کشت بوده است (جدول ۳) بنابراین جو نسبت به ارقام گندم، حدود دو هفته زودتر به مرحله گلدهی رفته است و گندم‌ها، طول مدت بیشتری برگ‌های خود را حفظ کرده‌اند و احتمالا رقم‌های گندم، آرایش برگی مناسب‌تری داشته‌اند؛ بنابراین عملکرد گندم بالاتر از رقم جو بوده است (جدول ۳). عملکرد دانه در محیط عدم تنش آبی، دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفت تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد سنبله می‌باشد. بنابراین می‌توان این‌طور بیان کرد که با افزایش تعداد دانه در سنبله، وزن سنبله افزایش یافته است و به دلیل همبستگی مثبت و معنی‌دار بین وزن سنبله و عملکرد، در نهایت عملکرد افزایش می‌یابد. پژوهشگران معتقدند که تعداد دانه، همبستگی بالایی با عملکرد گندم دارد اما تولید دانه بالا برای شرایط تنش آبی کافی نیست و وزن دانه‌های تولیدی، در تعیین عملکرد بسیار حائز اهمیت می‌باشد (Fischer, 2008, Mohseni *et al*., 2016).

جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد و اجزای عملکرد رقم‌های گندم و جو در شرایط عدم تنش.

Table 5. Simple correlation coefficients between grain yield and yield components of wheat & barley in non-stress conditions.

18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
																	1	Biological yield (g/m2)
																1	.893**	Grain yield (g/m2)
															1	.199	-.170	Harvest index
														1	-.360	.715**	.826**	Peduncle length (cm)
													1	.765**	-.231	.787**	.813**	Spike length (cm)
												1	-.390	-.135	.582*	.114	-.129	Awn length (cm)
											1	-.088	.761**	.807**	-.102	.818**	.825**	Flag leaf length (cm)
										1	.536*	.215	.463	.500*	.045	.590**	.530*	Plant height (cm)
									1	.499*	.691**	-.057	.718**	.832**	-.311	.757**	.806**	Flag leaf weight (g/m2)
								1	-.308	.097	-.108	.600**	-.140	-.401	.818**	.210	-.100	Number of fertile tillers/m2
							1	-.576*	.647**	.318	.462	-.378	.651**	.734**	-.504*	.427	.595**	Number of grains/ spike
						1	-.343	.766**	-.197	.146	.221	.393	.154	-.145	.552*	.352	.156	Number of spikes/m^2
					1	.443	.688**	.025	.468	.388	.606**	-.071	.736**	.581*	-.075	.667**	.684**	Number of grains/m^2
				1	.709**	.126	.645**	-.099	.827**	.513*	.760**	-.200	873**	.786**	-.228	.877**	.951**	Spike dry weight (g/m2)
			1	.808**	.582*	.154	.494*	.071	.751**	.464	.603**	-.004	.801**	.746**	.049	.845**	.784**	1000- grain weight (g)
		1	470*	.367	.509*	.772**	-.076	.707**	.186	.299	.376	.428	.369	.106	.602**	.633**	.324	LAI at flowering
	1	-.253	.588**	.726**	.361	-.499*	.780**	.656**	.856**	.389	.616**	-.422	.687**	.869**	-.604**	.524*	.724**	Days to flowering
1	.973**	-.098	.639**	.835**	.471*	-.351	.777**	-.552*	.885**	.421	.707**	-.401	.778**	.880**	-.512*	.655**	.825**	Days to physiological maturity

**،* و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی‌داری.

**, *, and ns: significant at 1% and 5% of probability levels and non-significant, respectively.

جدول ۶- ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد و اجزای عملکرد رقم‌های گندم و جو در شرایط تنش آبی.

Table6- Simple correlation coefficients between grain yield and yield components of wheat and barley in stress condition.

18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
																	1	Biological yield (g/m2)
																1	.932**	Grain yield (g/m2)
															1	.730**	.454	Harvest index
														1	.499*	.878**	.873**	Peduncle length (cm)
													1	.816**	.412	.636**	.603*	Spike length (cm)
												1	-.510*	-.025	-.052	.174	.255	Awn length (cm)
											1	-.364	.831**	.732**	.288	.579*	.574*	Flag leaf length (cm)
										1	.614**	.274	.568*	.847**	.566*	.928**	.916**	Plant height (cm)
									1	.605*	.784**	-.336	.862**	.867**	.188	.623**	.699**	Flag leaf weight (g/m2)
								1	-.668**	-.154	-.577*	.632**	-.772**	-.519*	.002	-.147	-.153	Number of fertile tillers/m2
							1	-.460	.853**	.804**	.701**	.056	.714**	.912**	.309	.787**	.832**	Number of grains/ spike
						1	-.097	.853**	-.403	.253	-.279	.659**	-.478*	-.170	.255	.218	.188	Number of spikes/m^2
					1	.654**	.687**	.265	.362	.796**	.329	.508*	.213	.572*	.399	.767**	.786**	Number of grains/m^2
				1	.767**	.186	.809**	-.170	.628**	.862**	.533*	.314	.560*	.817**	.355	.863**	.945**	Spike dry weight (g/m2)
			1	.522*	.523*	.131	.563*	-.127	.518*	.684**	.308	.175	.428	.618**	.297	.599**	.652**	1000- grain weight (g)
		1	.378	.579*	.751**	.621**	.379	.351	.258	.566*	.302	.411	.178	.449	.374	.628**	.620**	LAI at flowering
	1	-.486*	.419	.532*	.130	-.631**	.759**	-.875**	.912**	.506*	.742**	-.461	.920**	.814**	.197	.538*	.576*	Days to flowering
1	.964**	-.308	.422	.670**	.284	-.485*	.819**	-.789**	.905**	.643**	.800**	-.332	.939**	.901**	.318	.682**	.700**	Days to physiological maturity

**،* و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی‌داری.

**, *, and ns: significant at 1% and 5% of probability levels and non-significant, respectively.

وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین ارتفاع با عملکرد دانه در شرایط تنش، نشان دهنده انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده پیش از مرحله گلدهی و مواد فتوسنتزی که به‌صورت موقت بعد از مرحله گلدهی در ساقه ذخیره شده بودند، به دانه است (Nofouzi *et al.*, 2008) که از دلایل عملکرد بالا در برخی رقم‌ها در شرایط تنش بوده است (Shamsi, 2010). با توجه به همبستگی مثبت و بالای بین عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله شرایط تنش آبی (جدول۵ و ۶) مشخص می شود که این صفت، تاثیر زیادی در عملکرد دانه داشته است. تاثیر طول پدانکل در عملکرد دانه نیز حائز اهمیت است که همبستگی مثبت و معنی‌داری در هر دو محیط، به‌ویژه تنش آبی با عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک داشته است. با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد بیولوژیک با عملکرد دانه، می‌توان آن را مهم‌ترین صفت موثر بر عملکرد دانه در هر دو محیط شناخت؛ بنابراین تقویت این صفت برای افزایش عملکرد، تا حد زیادی معقول می‌باشد. از میان صفات مورد مطالعه در شرایط تنش، عملکرد بیولوژیک از جمله سه صفت اثرگذار بر عملکرد دانه است. مطالعات نشان می‌دهند که افزایش در عملکرد بیولوژیک زمانی موثر خواهد بود که کربوهیدرات‌های تولید شده در طی فتوسنتز به طرف اندام‌های اقتصادی یا دانه‌ها تخصیص یابد (Reynolds et al., 2009).

پژوهشگران زیادی پیشرفت عملکرد را در طی سال‌های اخیر به دلیل افزایش ماده خشک گیاه دانسته‌اند (Fischer, 2008, Shahrasbi et al., 2016). نتایج به‌دست آمده در صفات اجزای عملکرد با نتایج سایر پژوهشگران مطابقت دارد (Gooding *et al.*, 2003; Emam *et al.*, 2007; Paknejad *et al.*, 2007).

نتایج به دست آمده از رگرسیون مرحله‌ای به روش گام به گام برای عملکرد به عنوان متغیر تابع و دیگر صفات اندازه‌گیری شده به عنوان متغیر مستقل برای دو شرایط عدم تنش و تنش در جدول‌های ۷ و ۸ نشان داده شده است.

جدول۷- ضرایب رگرسیونی گام به گام برای عملکرد دانه گندم و جو در شرایط عدم تنش.

Table 7. Stepwise regression coefficients of wheat and barley grain yield at non-stress conditions.

Logged traits	Std Regression coefficient (Beta)	Standard error	Parcial R^2	R^2
Biological yield (g/m^2)	0.89	0.047	.797	.797
LAI at flowering	0.38	5.65	.132	.929
Harvest index (%)	0.20	2.37	.20	.949
Flag leaf weight (g/m^2)	0.28	1.49	.26	.975
Spike length (cm)	0.17	3.85	.008	.983

جدول۸- ضرایب رگرسیونی گام به گام برای عملکرد دانه گندم و جو در شرایط تنش آبی.

Table 8. Stepwise regression coefficients of wheat and barley grain yield under stress conditions.

Logged traits	Std Regression coefficient (Beta)	Standard error	Parcial R2	R^2
Biological yield (g/m2)	0.93	0.046	.869	86.9
Harvest index (%)	0.38	0.81	.119	98.8
Number of grain/spike	0.12	0.96	.005	99.3

از میان صفات گوناگون در شرایط عدم تنش، عملکرد بیولوژیک نخستین صفتی بود که به مدل وارد شد و به تنهایی ۷۹/۷ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کرد. در مرحله بعدی، شاخص سطح برگ وارد مدل شد که ضریب تبیین را به ۹۲/۹ درصد افزایش داد. در مراحل سوم، چهارم و پنجم، صفات شاخص برداشت، وزن برگ پرچم و طول سنبله وارد مدل شدند که به ترتیب ضریب تبیین را به ۹۴/۹، ۹۷/۵ و ۹۸/۳ افزایش دادند. از میان صفات در شرایط تنش، عملکرد بیولوژیک نخستین صفتی بود که به مدل وارد شد و به تنهایی ۸۶/۹ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کرد. در مرحله بعدی، شاخص برداشت وارد مدل شد که ضریب تبیین را به ۹۸/۸ درصد افزایش داد. در مرحله سوم، تعداد دانه در سنبله وارد مدل شد و ضریب تبیین به ۹۹/۳ درصد رسید. نتایج نشان می‌دهد که در هر دو شرایط عدم تنش و تنش آبی، صفت عملکرد بیولوژیک، بیشترین

نقش را در عملکرد دارد و این صفت می‌تواند به عنوان نشانگری برای عملکرد در شرایط عدم تنش و تنش آبی استفاده شود. نتایج به‌دست آمده در صفات اجزای عملکرد، با نتایج سایر پژوهشگران مطابقت دارد (Okuyama et al., 2004; Amini et al., 2005; Mohseni et al., 2016).

تجزیه به عامل‌ها برای دو شرایط عدم تنش و تنش آبی، به ترتیب در جدول‌های ۹ و ۱۰ ارایه شده است. در شرایط عدم تنش، سه عامل در مجموع ۸۴/۷۰ درصد از کل تنوع موجود را توجیه کردند (جدول ۹).

جدول ۹- تجزیه به عامل با چرخش وریماکس رقم‌های گندم و جو در شرایط عدم تنش.

Table 9. Factor analysis after varimax rotation of wheat and barley cultivars under non-stress conditions.

	Factors		
Traits	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Biological yield (g/m^2)	.931	.167	.000
Grain yield (g/m^2)	.843	.490	.089
Harvest index (%)	-.320	.796	.164
Peduncle length(cm)	.923	-.114	.154
Spike length(cm)	.903	.110	-.288
Awn length(cm)	-.238	.616	.584
Flag leaf length(cm)	.832	.203	.010
Plant height (cm)	.564	.290	.407
Flag leaf weight(g/m^2)	.893	-.073	.296
Number of fertile tillers/m^2	-.291	.915	.019
Number of grain/spike	.769	-.355	-.159
Number of spikes/m^2	-.026	.881	-.356
Number of grains/m^2	.711	.325	-.445
Spike dry weight (g/m^2)	.941	.157	-.081
1000- grains weight	.815	.291	.064
LAI at flowering	.255	.924	-.127
Days to flowering	.860	-.467	.165
Days to physiological maturity	.923	-.327	.089
Special amount	9.60	4.49	1.14
% Variance ratio	53.33	24.98	6.37
% Cumulative variance	53.33	78.32	84.70

در عامل نخست، وزن خشک سنبله، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه، طول پدانکل، طول سنبله، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و واحد سطح بالاترین، بار عاملی را داشتند. این عامل، ۵۳ درصد از تغییرات را توجیه کرد که می‌توان آن را عملکرد و صفات وابسته به عملکرد نام‌گذاری کرد. در عامل دوم، شاخص سطح برگ، شاخص برداشت تعداد پنجه بارور و تعداد سنبله در مترمربع، بیشترین بار عاملی را داشتند. این عامل ۲۴/۹۸ درصد از تغییرات را توجیه کرد که این عامل را می‌توان میزان نورساخت (فتوسنتز) نام‌گذاری کرد. در عامل سوم، طول ریشک، ارتفاع بوته و تعداد دانه در متر مربع، بیشترین بار عاملی را داشتند. این عامل ۶/۳۷ درصد از تغییرات را توجیه کرد که این عامل را می‌توان میزان تولید دانه معرفی کرد. نتایج تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش نشان داد که سه عامل در مجموع،۸۷/۵۹ درصد از کل تنوع موجود را توجیه کردند (جدول ۱۰). در عامل نخست، عملکرد بیولوژیک، طول پدانکل، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، طول سنبله، ارتفاع بوته، وزن خشک سنبله و برگ پرچم، وزن هزار دانه، روز تا گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک بالاترین بار عاملی را داشتند. این عامل ۵۵/۹۶ درصد از تغییرات را توجیه کرد که این عامل را می‌توان عملکرد و صفات وابسته به عملکرد نام‌گذاری کرد. در عامل دوم، تعداد سنبله در متر مربع، طول ریشک، تعداد پنجه در مترمربع و شاخص سطح برگ، بیشترین بار عاملی را داشتند. این عامل ۲۵/۷۸ درصد از تغییرات را توجیه کرد که این عامل را می‌توان صفات وابسته به تولید دانه نام‌گذاری کرد. در عامل سوم، شاخص برداشت بیشترین بار عاملی را داشتند. این عامل ۶/۳۷ درصد از تغییرات را توجیه کرد که این عامل را می‌توان به همین عنوان در نظر گرفت. نتایج این پژوهش با نتایج برخی پژوهشگران دیگر (Mohammadi *et al*., 2007; Guendouz *et al*., 2012) که اعلام کرده‌اند عملکرد بیولوژیک به‌صورت معنی‌داری مرتبط با عملکرد دانه گندم در هر دو شرایط

است، مطابقت داشت.

جدول۱۰- تجزیه به عامل با چرخش وریماکس رقم‌های گندم و جو در شرایط تنش آبی.

Table 9. Factor analysis after varimax rotation of wheat and barley variety under stress condition.

	Factors		
Traits	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Biological yield (g/m^2)	.906	.335	-.099
Grain yield (g/m^2)	.898	.341	.217
Harvest index (%)	.488	.258	.777
Peduncle length(cm)	.977	.025	-.013
Spike length(cm)	.851	-.443	.180
Awn length(cm)	-.061	.820	.407
Flag leaf length(cm)	.788	-.279	.109
Plant height (cm)	.880	.368	.023
Flag leaf weight(g/m^2)	.880	-.328	-.155
Number of fertile tillers/m^2	-.495	.830	.077
Number of grain/spike	.923	.022	-.223
Number of spikes/m^2	-.110	.952	.114
Number of grains/m^2	.631	.706	-.082
Spike dry weight (g/m^2)	.853	.331	-.189
1000- grains weight	.637	.237	-.159
LAI at flowering	.480	.664	.108
Days to flowering	.818	-.551	-.092
Days to physiological maturity	.904	-.388	-.028
Special amount	10.07	4.64	1.05
% Variance ratio	55.96	25.78	5.84
% Cumulative variance	55.96	81.74	87.59

نتیجه گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد که تنش آبی و تنش نیتروژن، با کاهش اجزای عملکرد، باعث کاهش عملکرد دانه گندم و جو می‌شوند. در شرایط عدم تنش، بیشترین عملکرد دانه در سطوح بالاتر کود نیتروژن به‌دست آمد درحالی‌که در شرایط تنش آبی، واکنش گیاهی به افزایش نیتروژن کمتر بود. بیشترین عملکرد در تیمار عدم تنش و تنش آبی، مربوط به رقم سیوند بود و رقم فجر ۳۰، عملکرد کمتری نسبت به رقم‌های دیگر گندم نشان داد. از نکات شایان توجه در این آزمایش، همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد بیولوژیک و طول پدانکل در هر دو شرایط، به‌ویژه تنش‌ها است که افزایش هر یک از آنان، سبب افزایش دیگری و در نهایت سبب افزایش عملکرد دانه خواهد شد و می‌توان از آن‌ها در انتخاب مستقیم برای افزایش عملکرد استفاده کرد. در تجزیهٔرگرسیون نیز عملکرد بیولوژیک وارد مدل شد. نتایج نشان داد که در هر دو شرایط عدم تنش و تنش آبی، صفت عملکرد بیولوژیک، بیشترین نقش را در عملکرد دارد. بنابراین به عنوان یک نتیجه گیری کلی می‌توان این صفت را به عنوان یک نشانگر برای عملکرد در شرایط عدم تنش و تنش آبی استفاده کرد و همچنین انجام آبیاری در حد نیاز آبی می‌تواند با مصرف آب کمتر، عملکرد مطلوبی دارد و از نظر صرفه جویی در زمان و هزینه، سودمند است و می‌تواند به عنوان یک راهبرد مطلوب برای توزیع عادلانهٔ منابع محدود آب در سطوح مطلوب کاربرد نیتروژن در بین کشاورزان بیشتری کاربرد داشته باشد.

REFERENCES

1. Ahmadi, H., Fallah Ghalhari, A. & Goodarzi, M. (2018). Estimation and determination of spatial pattern of water requirement of apple tree in Iran. *Iranian Journal of ECO Hydrology*, 5(1), 149-160.
2. Amiri, R., Bahraminejad. S., & Sasani, S. (2013). Evaluation of genetic diversity of bread wheat genotypes based on physiological traits in nonstress and terminal drought stress conditions. *Cereal Research*. 2(4): 289-305. (In Persian with English abstract).
3. Amini, A., Esmailzade-Moghadam, M. & Vahabzadeh, M. (2000). Genetic diversity based on agronomic performance among Iranian wheat Landraces under moistur stress. Proc. *7th International Wheat Conference*, Nov. 27- Dec 2, 2005. Mardel Plata-Argentina.
4. Bakhshandeh, A., Fard, S. & Naderi, A. (2003). Evaluation of grain and grain yield components and some agronomic traits of spring wheat genotypes under limited irrigation condition in Ahwaz. *Pajouhesh & Sazandegi*. 61: 57-65. (In Persian with English abstract).
5. Bakhshandeh, E., Soltani, A., Zeinali, E. & Ghadiryan, R. (2013). Study of dry matter and nitrogen accumulation, remobilization and harvest index in bread and durum wheat cultivars. *Electronic Journal of Crop Production*. 6(1), 39-59. (In Persian with English abstract).
6. Baygi, Z., Saifzadeh, S., Shirani Rad, A. H., Valadabadi, S. A, & Jafarinejad, A. (2017). Effects of planting date on growth indices and yield and yield components of some wheat cultivars in Neshabur. *Applied Research in Field Crops* .30(2), 1-18. (In Persian with English abstract).
7. Condon, A. G., Richard, R. A., Rebetzke, G. J. & Farquhar G. D. (2004). Breeding for high water use efficiency. *Journal of Experimental Botany*, 55, 2247-2459.
8. Deihimfard, R., Zand, E., Mahdavi, A. & Soufizadeh, S. (2007). Herbicide risk assessment during the Wheat Self-sufficiency Project in Iran: *Pest Management Science*, 63(10), 1036–1045.
9. Emam, Y., Ranjbari, A. & Bohrani, M. J. (2007). Evaluation of grain yield and its components in wheat genotypes under drought stress condition after anthesis. *Journal of Water and Soil Science*, 11, 317-327. (In Persian with English abstract).
10. Enayatgholizadeh, M. R., Fathi G. & M., Razaz. (2011). Response of wheat cultivars to drought stress and different levels of nitrogen under Khuzestan climate. *Crop Ecophysiol*ogy, 17, 1-14. (In Persian with English abstract).
11. Fallahi, H. A., Nasseri, A. & Siadat, A. (2008). Wheat yield components are positively influenced by nitrogen application under moisture deficit environments. *International Journal of Agriculture and Biology*, 10, 673-676.
12. Faures, J. (2002). The FAO irrigated area forecast for 2030. FAO Rome Italy. htpp://www.fao.org.
13. Fischer, R. A. 2008. The importance of grain or kernel number in wheat: A reply to Sinclair and jamieson. *Field Crop Research*, 105, 15-21.
14. Gardner, F. P., Pearce, R. B. & Mitchell, R. L. (1985). *Physiology of crop plants* (1th Ed.). *Iowa State Univ*. Press, Ames. Pp. 323.
15. 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 Sci*ence, 37, 295–309.
16. Gupta, N. K., Gupta, S. & Kumar, A. (2001). Effect of water stress on physiological attributes and their relationship with growth and yield of wheat cultivars at different stages. *Journal of Agronomy* and *Crop Science*, 186, 55-62.
17. Guoth, A., Tari, I., Galle, A., Csiszar, J., Pecsvaradi, A., Cseuz, L. & Erdei, L. (2009). Comparison of the drought stress responses of tolerant and sensitive wheat cultivars during grain filling: Changes in flag leaf photosynthetic activity, ABA levels, and grain yield. *J. .Plant Growth Regul*ators, 28,167-176.
18. Guendouz, A., Gussoum, S., Maamari, K. & Hafsi, M. (2012). Effect of supplementary on grain yield, yield components and some morphological traits of Drum Wheat (*Triticum Durum* Desf.) cultivar. *Advances in Environmental Biology*, 6, 564-572.

19. Ghaemi, A. A. & Zamani, B. (2015). Effect of different level of water stress and nitrogen fertilizer on yield and yield components of barley in badjgah (Fars province). *Journal of Water and Soil*, 29(4), 954-965. (In Persian with English abstract).
20. Khan, A. S., Ul-Allah, S. & Sadique, S. (2010). Genetic variability and correlation among seedling traits of wheat (*Triticum aestivum*) under water stress. *International Journal of Agriculture and Biology*, 2, 247-250.
21. Khayatnezhad, M., Zaeifizadeh, M., Gholamin, R. & Jamaati-e-somarin, S. (2010). Study of genetic diversity and path analysis for yield in durum wheat genotypes under water and dry conditions. *World Applied Sciences Journal*, 9, 655-665.
22. Meadows, M. E. (2006). Global change and Southern Africa. *Geographical Research*, 44, 135-145.
23. Moustafa, M. A., Boersma, L. & Kronstand, W. E. (1996). Response of four spring wheat cultivars to drought stress. *Crop Science*, 36, 982-986.
24. Mohammadi, A., Majidi Heravan, E., Bihamta, M. R. & Heidari Sharifabad, H. (2007). Evaluation of drought stress on agro-morphological characteristic in some wheat cultivars. *Pajouhesh and Sazandegi*, 73, 184-192 (In Persian with English abstract).
25. Mohseni, M., Mortazavian, S. M. M., Ramshini, H. A. & Foghi, B. (2016). Evaluation of Bread Wheat Genotypes under Normal and Post-anthesis Drought Stress Conditions for Agronomic Traits. *Journal of Crop Breeding*, 8(18), 16-29. (In Persian with English abstract).
26. Navid, S., Soufizadeh, S., Eskandari, A., Kambozia, J. & Zand., E. (2015). Investigation the physiology of yield formation in some dominant (normal and gamma-irrigated) barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivar in temperarate zone, wheat (*Triticum aestivum* L.) and triticale (*Triticosecale wittmack*) in Iran. Ph.D. Thesis. Environmental Science Research Institute (ESRI). Shahid Beheshti University (In Persian).
27. Nofouzi, F., Rashidi, V. & Tarinejad A. R. (2008). Path analysis of grain yield with its components in durum wheat under drought stress. In: International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology, 29 Oct- 1 Nov, Kusadasi, Turkey. Pp681-686.
28. Okuyama, L. A., Fedrizzi, L. C. & Barbosa, J. F. (2004). Correlation and path analysis of yield and its components and plant traits in wheat. *Ciencia Rural*, 34, 1701-1708.
29. Parzivand, A., Ghooshchi, F., Momayezi, M. & Tohidimoghadam, M. H. T. (2011). Effects of zinc spraying and nitrogen fertilizer on yield and some seed qualitative traits of wheat under drought stress conditions. *J. Crop Production Research*, 3, 56-69.
30. Paknezhad, F., Majidi, A., Nourmohammadi, G., Sayyidat, A. & Vazan, S. (2007). Evaluation of the effect of drought stress on the traits affecting the accumulation of grain material in different wheat cultivars. *Journal of Agricultural Sciences*. 13(1), 137-148. (In Persian with English abstract).
31. Paknejad, F., Nasri, M., Tohidi Moghadam, H. R., Zahedi, H. & Jami Alahmadi, M. (2007). Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. *Journal of Biological Sciences*7, 841-847.
32. Reynolds, M., Foulkes, M.J., Slafer, G.A., Berry, P., Parry, M.A., Snap, J.w., Angus, W.J. (2009). Raising yield potential in wheat. *J. Experimental Botany*. 60 (7), 1899-1918.
33. Shamsi, K. (2010). The effects of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars. *Journal of Animal and Plant Sciences*. 8, 1051-1060.
34. Shahrasbi, S., Emam, Y., Ronaghi, A. & Pirasteh-Anosheh, H. (2016). Effect of drought stress and nitrogen fertilizer on grain yield and agronomic nitrogen use efficiency of wheat (*Triticum aestivum L. cv. Sirvan*) in Fars Province, Iran conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 17(4), 349 -363. (In Persian with English abstract).
35. Sheidaeian, M., Ziatabar Ahmadi, M. K. & Fazloula, R. (2015). Study on climate change effect on net irrigation requirement and yield for rice crop (Case study: Tajan plain). *Journal of Water and Soil*, 28, 1284-1297. (In Persian with English abstract).

36. Shirani Rad, A. (2008). Crop physiology.3rd edition. Institute of Art and Culture of Tehran Dibagaran press. Pp 360. (In Persian).
37. Tahmasebi, S., Khodambashi, M. & Rezai, A. 2007. Estimation of genetic parameters for grain yield and related traits in wheat using diallel analysis under optimum and moisture stress conditions. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 1, 229-240 (In Persian with English abstract).
38. Zarei, M., Kazemini, S. A. R. & Bahrani, M. J. (2015). Effect of tillage systems and stress on wheat growth and yield. . *Iranian Journal of Field Crops Research*, 92(8), 793-804. (In Persian with English abstract).
39. Zhang, T. & Huang, Y. (2012). Impacts of climate change and inter-annual variability on cereal crops in china from 1980 t0 2008. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 92(8), 1643-1652.