علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۹، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۷ (ص۳۴-۲۵)

Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 49, No 4, Winter 2019 (25-34)
DOI: 10.22059/ijfcs.2018.218354.654204

تاثیررژیم‌های مختلف رطوبتی بر راندمان مصرف آب و عملکرد سه رقم گندم زراعی در منطقه کرج

فرشاد صالحی[۱]، علی احمدی*[۲]، رضا بصیری[۳] و مجتبی میراب زاده[٤]
۱. دانشجوی دکترای گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید چمران اهواز
۲،۳، ٤ . به ترتیب استاد، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و کارشناس گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۱۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹٦/۱۱/۱۷)

چکیده

با هدف تعیین رژیم رطوبتی مطلوب، جهت بهبود راندمان مصرف آب و عملکرد گندم زراعی، مطالعه‌ای در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳، در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه رقم گندم زراعی (پیشتاز، سیوند و پارسی) و ۱۲ سطح رطوبتی به صورت ترکیبی (۷۰، ۹۰، ۱۱۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی در مرحله رویشی و سطوح ۹۰، ۱۱۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی در مرحله زایشی) بودند که سطوح رطوبتی، بر اساس میزان تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و با در نظر گرفتن درصد رطوبت وزنی خاک اعمال شد. اثرات اصلی رقم و رژیم رطوبتی بر تمامی صفات مورد مطالعه معنی‌دار شد. در بین ارقام مورد بررسی، رقم پیشتاز دارای بیشترین میزان عملکرد دانه بود که این برتری عملکرد، با تعداد و وزن دانه بیشتر و نیز شاخص برداشت بالاتر این رقم هماهنگ بود. بالاترین میزان عملکرد دانه در تیمار شاهد (T۷۹) مشاهده شد و با افزایش فاصله آبیاری از ۷۰ به ۹۰، ۱۱۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A در مرحله رویشی، به ترتیب کاهش ۱۵، ۱۹ و ۲۷ درصدی در میزان عملکرد دانه مشاهده شد. با این وجود، در هر گروه تیمار آبیاری در مرحله رویشی (۷۰، ۹۰، ۱۱۰ و ۱۳۰)، با افزایش فاصله آبیاری از ۹۰ به ۱۱۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی در مرحله زایشی، کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه به وجود نیامد که مقاومت نسبی مرحله زایشی در گندم، نسبت به کاهش میزان رطوبت در دسترس را نشان می‌دهد. بر این اساس، به نظر می رسد که با توجه به شیب تدریجی کاهش عملکرد، با افزایش فاصله‌های آبیاری، به ویژه در مراحل رشد زایشی، امکان یافتن نقطه تعادل بین هزینه ناشی از مصرف آب اضافی و درآمد ناشی از عملکرد اضافی، قابل تعیین است.

واژه‌های کلیدی: تشتک تبخیر، راندمان مصرف آب، شاخص برداشت، گندم، عملکرد دانه.

Effect of moisture regimes on yield and water use efficiency in three wheat cultivars in karaj

Farshad Salehi[1] , Ali Ahmadi[2*] , Reza Basiri[3] and Mojtaba Mirabzadeh[4]
1. P.h.d student of Agronomy and Plant Breeding Department, College of Agriculture
Shahid Chamran University, of Ahvaz, Iran
2, 3, 4. In order, professor, Former M.S.C graduate student and Expert of Agronomy and Plant Breeding Department, College of Agriculture and Natural Resources, University, of Tehran , Iran
(Received: November 2, 2016 - Accepted: February 6, 2018)

ABSTRACT

The study was conducted at the research field of Agriculture College and Natural Resources of the University of Tehran as a factorial experiment based on RCBD with three replications in 2014-2015. The aim was to determination the optimum moisture regimes for maximum yield and water use efficiency in wheat plants. Three varieties of wheat (Pishtaz, Sivand and Parsi), and 12 moisture regimes (70, 90, 110 and 130 mm cumulative evaporation at vegetative growth stage and 90, 110 and 130 at reproductive growth stage). The moisture levels were applied based on the evaporation rate from class A evaporation pan and considering the soil moisture content. The main effects of cultivar and moisture regimes had significant effects on the all studied traits. The highest yield was recorded for Pishtaz cultivar that was resulted from the highest grain yield as well as the highest number of grains, 1000-grain weight and harvest index. The highest yield was observed in control moisture regime (T79), and increasing the time of irrigation intervals from 70 to 90, 110 or 130 mm cumulative evaporation from pan evaporation class A, grain yield decreased approximately 15, 19 and 27%, respectively. However, among irrigation treatment group of vegetative growth stage (70, 90, 110 and 130), increasing the irrigation intervals from 90 to 110 and 130 mm cumulative evaporation at reproductive growth stage, did not cause a significant reduction in grain yield. These results indicated the relative resistance of wheat to water deficit at the reproductive growth stage. So, it seems that the gradual decrease in yield due to increasing the irrigation intervals, determine a balance point between the cost of extra water consumption and the revenue generated by the additional yield.

Key words: Grain yield, harvest index, wheat, pan evaporation, water use efficiency.

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

مقدمه

غلات از مهم‌ترین گیاهان زراعی هستند که تامین‌کننده ۷۰ درصد غذای مردم کره زمین می‌باشند؛ به همین دلیل، از دیرباز حکومت‌ها، برخوردی فعال در جهت ازدیاد غلات مورد نیاز خود داشتند و در این بین، گندم نقش بسیار مهمی داشته است (Emam, 2007). گندم از سازگارترین گیاهان زراعی محسوب می‌شود و به دلیل ارزش غذایی و طیف نسبال وسیع سازگاری به شرایط آب و هوایی مختلف، در مقایسه با سایر گیاهان زراعی، در سطح وسیع‌تری کشت می‌شود (Emam *et al*., 2007). گسترش کاشت گندم در مناطق مختلف، این گیاه را تحت تاثیرشرایط محیطی مختلفی قرار داده است.

تنش‌های محیطی، یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش-دهنده عملکرد گیاهان زراعی در دنیامی‌باشند (Blum, 1997). چنانچه تنش‌های محیطی رخ نمی‌دادند، عملکرد واقعی با پتانسیل عملکرد گیاهان برابر می‌شد، در حالی که در بسیاری از گیاهان زراعی به طور متوسط، عملکرد واقعی، ۲۰-۱۰ درصد کمتر از پتانسیل عملکرد است (Blum, 1997). کشور ایران با متوسط بارندگی ۲۵۰ میلی‌متر در سال، در زمره مناطق خشک جهان طبقه‌بندی می‌شود و تنش خشکی، بیشتر از هر عامل دیگری در کاهش پتانسیل تولید نقش دارد و به طور کلی، تولید را تهدید می‌کند (Mazaheri & Majnoon Hosseini, 2008). بنابراین تحت این شرایط، انجام تحقیقات مختلف در زمی‌نه تولید این محصول استراتژیک، هم در بحث مدیریت تولید و هم از نظر مباحث فیزیولوژی زراعی، جهت بهبود توان مقاومت به تنش در این گیاه، ضروری می‌باشد.

محققین بسیاری، کاهش عملکرد دانه گندم تحت شرایط تنش خشکی را گزارش داده‌اند (Yang and Zhang., 2006; Ahmadi *et al*., 2009). دلیل اصلی چنین واکنشی، کاهش سرعت فتوسنتز و پیر شدن سریع برگ‌ها (کاهش قدرت منبع) و کاهش قدرت مخزن عنوان شده است (Yang and Zhang., 2006). تنش رطوبتی، سبب کاهش معنی‌دار سطح برگ (قدرت منبع)، در اثر کاهش تقسیم سلولی می‌شود. همچنین یکی از اثرات بارز تنش رطوبتی، کاهش بیوماس تولیدی و ارتفاع بوته می‌باشد. تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد و نمو گندم، از جمله مراحل طویل شدن ساقه و پر شدن دان،ه سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، طول سنبله و اجزای عملکرد می‌شود (Dstfal *et al*., 2011). عملکرد دانه گندم، تحت تاثیر تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در هر سنبله و وزن هزار دانه می‌باشد که این اجزا، بسته به مرحله فنولوژیکی گیاه که با تنش خشکی مواجه می‌شود، به نحو متفاوتی تحت تاثیرقرار می‌گیرند (Dstfal *et al*., 2011). دوره‌ی بحرانی در گندم، قبل از تمایز سلول‌های زایشی و دقیقاً بعد از گلدهی و تلقیح می‌باشد (Fischer & Maurer, 1987). (2007) Paknejad (2003) در بررسی تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر روی سه رقم گندم زراعی گزارش داد که تنش خشکی، موجب کاهش عملکرد و اجزاء عملکرد شد، به طوری که کمترین عملکرد دانه، مربوط به تیمار تنش خشکی در زمان گلدهی تا پایان دوره رشد است. در یک بررسی در گندم، با اعمال تیمارهای آبیاری پس از ۴۰، ۷۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A گزارش شد که تیمار آبیاری پس از ۴۰ و۷۰ میلی‌متر تبخیر، حداکثر عملکرد را داشت، در صورتی که کارآیی مصرف آب در تیمار آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیرتجمعی از تشتک کلاس A، به بیشترین میزان خود رسید (Ghanbarpour & Sepahvand, 2003).

بر این اساس، انتخاب رژیم رطوبتی مطلوب جهت تولید مقرون به صرفه، تنها بر اساس راندمان مصرف آب، منطقی نیست و بر اساس عملکرد به تنهایی نیز ممکن است، منجر به بهبود راندمان مصرف آب نشود. بنابراین انتخاب رژیم رطوبتی مطلوب باید بر اساس ترکیبی از این دو ویژگی صورت پذیرد. از طرفی، از میان معیارهای تعیین کننده میزان رطوبت در اختیار گیاه، تبخیر از تشت کلاس A، با ثابت در نظر گرفتن خصوصیات خاک (عمدتاً بافت و مواد آلی) و رقم، از سایر معیارهای اندازه‌گیری رطوبت خاک آسان‌تر است و برای کشاورزان، در دسترس‌تر می‌باشد و امکان مدیریت آبیاری علمی را برای زارعین فراهم می-نماید. بنابراین، هدف از این تحقیق، یافتن مبنای علمی و در عین حال عملی، جهت تعیین زمان و میزان مناسب آبیاری بود. اعمال تیمارهای رطوبتی، با توجه به حساسیت-های متفاوت مراحل مختلف رشد و ارزیابی رژیم‌های رطوبتی بر اساس نقطه تعادل بین عملکرد و راندمان

مصرف آب صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر، در سال زراعی۹۴- ۱۳۹۳، در مزرعه آموزشی پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، واقع در کرج (۵۰ درجه و ۵۴ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۵۵ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۳۱۲ متر از سطح دریا)، اجرا شد. برخی از مشخصات خاک و پارامترهای اقلیمی منطقه آزمایش در طول فصل زراعی، به ترتیب در جدول ۱ و ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱- میانگین ماهیانه بارندگی و تبخیر در شهرستان کرج در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳

Table1- Mean monthly rainfall and evaporation in karaj, 2014-2015.

	Total evaporation (mm)	Total precipitation (mm)
November	66.3	23.9
December	6.3	31.4
January	-	7.6
February	-	19.4
March	-	19.6
April	110.5	47.3
May	251.2	2
June	371.2	7.5

*Planting Date, 17 November and harvest date, 2 July. ٭ تاریخ کاشت ۱۷ آبان و تاریخ برداشت ۲ تیرماه.

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایش.

Table2- Soil physical and chemical properties of experimental field.

Available K ($mg\ Kg^{-1}$)	Available P ($mg\ Kg^{-1}$)	Total N (%)	Organic carbon (%)	Ph	EC ($ds\ m^{-1}$)	Texture
146	9.4	0.099	0.71	8.3	1.51	Loamy clay

میزان بذر مصرفی بر مبنای ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار، انتخاب شد که در ۱۷آبان سال ۱۳۹۳ و به صورت دستی، در شیارهای ایجاد شده در سطح زمین مزرعه کشت شد. بر اساس آزمایش خاک، میزان۱۰۰ کیلوگرم اوره (۴۶ کیلوگرم N)، ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل (46کیلوگرم P_2O_5)، ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم (54کیلوگرم K_2O)، به صورت پایه و ۵۰ کیلوگرم کود اوره (۲۳ کیلوگرم N) به‌صورت سرک در اواخر زمستان، به روش پخش سطحی به خاک افزوده شد. پس از سبز شدن و در مرحله چند برگی، مزرعه هایی با ابعاد ۲/۵×۳/۵ متر تقسیم شد. آبیاری کرت‌ها به صورت دستی و با استفاده از لوله‌های انتقال آب انجام شد. تیمارهای رطوبتی در شروع ساقه‌دهی که ارتفاع گیاه برابر با ۴۰-۴۵ سانتیمتر بود، اعمال گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد که عامل اول شامل سه رقم گندم منطقه مورد بررسی (پیشتاز، سیوند و پارسی) و عامل دوم شامل ۱۲ رژیم رطوبتی بود که بر اساس میزان تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و با در نظر گرفتن میزان رطوبت خاک در مراحل رویشی و زایشی اعمال شد. تیمار شاهد بر اساس آزمایش‌های قبلی (Papi, 2016) و با در نظر گرفتن میزان تبخیر تجمعی از تشتک کلاس A در این دوره زمانی (در زمان شروع تیمارها)، معادل ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی، به ترتیب در مرحله رویشی و زایشی تعیین شد. تیمار T79 به عنوان شاهد در نظر گرفته شد (جدول ۳). به طور کلی و با توجه به حساسیت متفاوت مراحل مختلف رشدی گندم در پاسخ به میزان رطوبت در دسترس، سطوح رطوبتی عبارت بودند از ۷۰، ۹۰، ۱۱۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی در مرحله رویشی و سطوح ۹۰، ۱۱۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر در مرحله زایشی. بدین ترتیب، ۱۲ تیمار رطوبتی در این آزمایش اعمال شد (جدول ۳). آبیاری هر کرت به‌صورت دستی و کنترل‌شده، با استفاده از لوله‌های انتقال آب به‌گونه‌ای انجام شد که آب موردنیاز، به‌طور یکنواخت در هر کرت توزیع شد. حجم آب مورد نیاز در هر بار آبیاری برای هر کرت، بر پایه حجم آب مصرفی در واحد سطح، از راه آبیاری تحت فشار در شرایط مرسوم آبیاری در زراعت گندم تعیین شد. این حجم آب، با

توجه به دبی نازل‌های پاشنده و سطح زیر پوشش هر آبپاش و نیز زمان لازم برای رساندن رطوبت خاک در عمق گسترش ریشه گندم به حد ظرفیت زراعی مزرعه، تعیین شد. به این ترتیب، برای هر کرت (به مساحت ۸/۷۵ مترمربع)، میزان ۵۹۶ لیتر آب در هر بار آبیاری محاسبه شد که این حجم آب با توجه به دبی آب انتقالی، با چهار دقیقه آبیاری هر کرت تامین می‌شد. آخرین آبیاری مشترک همه تیمارها (قبل از شروع تنش)، در تاریخ ۱۸ فروردین ۱۳۹۴ (مصادف با شروع ساقه‌دهی) انجام شد. پس از آن، با جمع‌آوری اطلاعات مربوط به تبخیر روزانه از ایستگاه هواشناسی واقع در مزرعه و محاسبه تبخیر تجمعی، تیمارهای رطوبتی مطابق جدول ۳ آبیاری شدند.

جدول۳- تیمارهای رطوبتی به‌کاررفته در این آزمایش.

Table 3: Experimental treatments used in this experiment.

moisture regimes	Describes treatments
T79	Irrigation at 70 mm evaporation at vegetative stage and 90 mm evaporation at reproductive stage.
T711	Irrigation at 70 mm evaporation at vegetative stage and 110 mm evaporation at reproductive stage.
T713	Irrigation at 70 mm evaporation at vegetative stage and 130 mm evaporation at reproductive stage.
T99	Irrigation at 90 mm evaporation at all growth stages.
T911	Irrigation at 90 mm evaporation at vegetative stage and 110 mm evaporation at reproductive stage.
T913	Irrigation at 90 mm evaporation at vegetative stage and 130 mm evaporation at reproductive stage.
T119	Irrigation at 110 mm evaporation at vegetative stage and 90 mm evaporation at reproductive stage.
T1111	Irrigation at 110 mm evaporation at vegetative stage and 110 mm evaporation at reproductive stage.
T1113	Irrigation at 110 mm evaporation at vegetative stage and 130 mm evaporation at reproductive stage.
T139	Irrigation at 130 mm evaporation at vegetative stage and 90 mm evaporation at reproductive stage.
T1311	Irrigation at 130 mm evaporation at vegetative stage and 110 mm evaporation at reproductive stage.
T1313	Irrigation at 130 mm evaporation at vegetative stage and 130 mm evaporation at reproductive stage.

افزون بر میزان تبخیر از تشتک تبخیر در تعیین تیمارهای رطوبتی، درصد رطوبت خاک نیز در هر تیمار و پیش از هر بار آبیاری تیمارها اندازه گیری شد. بدین منظور، در هر بار، از هر تکرار، سه نمونه خاک از عمق سه تا ۳۵سانتی متری (عمق گسترش ریشه)، تهیه شد (درمجموع ۹ نمونه از سه تکرار) و درصد رطوبت وزنی خاک محاسبه شد (جدول ۴).

جدول۴- میانگین درصد رطوبت خاک پیش از هربار آبیاری در رژیم‌های رطوبتی*

Table 4. Mean soil moisture percentage before irrigation in the moisture regimes*

moisture regimes / soil moisture percent	70 mm	90 mm	110 mm	130 mm
gravimetric water content (%)	11.1	9.115	7.93	6.50
Volumetric water content (%)	16.872	13.8548	12.0536	9.88
Field Capacity (Fc%)	52.725	43.29625	37.6675	30.875

*: توصیف رژیم های رطوبتی در جدول ۳ آمده است.

*: For description of moisture regimes see table 3.

صفات اندازه‌گیری شده به شرح ذیل می‌باشند:

۱- عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت: برای اندازه‌گیری شاخص برداشت، از یک کوادرات با ابعاد یک مترمربع استفاده شد. بوته‌های داخل کوادرات، کف‌بر شدند و پس از خشک کردن، برای اندازه-گیری زیست‌توده توزین شدند. سپس بوته‌های خشک شده کوبیده شدند و میزان عملکرد دانه، اندازه‌گیری شد. از نسبت عملکرد دانه بهعملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت محاسبه شد.

۲- کارآیی مصرف آب: در هر بار آبیاری، حجم آب مورد استفاده اندازه‌گیری شد و در آخر فصل، از تقسیم عملکرد دانه (کیلوگرم) بر جمع کل مقدار آب مصرف شده، کارآیی مصرف آب تعیین شد.

۳- تعداد دانه و وزن هزار دانه: در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، از هر کرت، ۱۰ سنبله به صورت تصادفی انتخاب شد و پس از جداسازی پوشش دانه‌ها، تعداد دانه در

هر سنبله و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. در نهایت، تجزیه واریانس داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.4 انجام شد. جهت رسم نمودارها و جدال‌ها، از برنامه Excel 2013 و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب در جدول ۵ نشان داده شده است. اثر متقابل معنی‌داری میان ارقام به کار رفته در این آزمایش و رژیم رطوبتی اعمال‌شده مشاهده نشد. به عبارتی، واکنش هر سه رقم مورد بررسی که از ارقام کشت شده در اقلیم‌های مشابه محل آزمایش می‌باشند، به تیمارهای رطوبتی اعمال‌شده، مشابه بود و بنابراین، اثرات اصلی رقم و رژیم رطوبتی مورد بحث قرار گرفت.

جدول۵- تجزیهٔ واریانس صفات ارزیابی شده ارقام گندم تحت رژیم‌های مختلف رطوبتی.

Table 5. Analysis of variance (mean square) of the wheat traits measured under different moisture regimes.

		Mean of squares					
Sources of Variation	Df	Grain Yield	Biomass Yield	Harvest index	Water use efficiency	Number of grains per spike	Thousand Grain Weight
Rep	2	7612^{ns}	562500^{ns}	1.95^{ns}	0.024^{ns}	2.70^{ns}	7.54^{ns}
Cultivars	2	30207295**	2144112^{ns}	46.35**	0.522**	46.89**	45.01**
Water regimes	11	5106716**	20606546**	88.91**	0.369**	33.72**	105.22**
Cultivar × Water regimes	22	114468^{ns}	1017455^{ns}	2.58^{ns}	0.040^{ns}	1.06^{ns}	11.38^{ns}
Total error	72	175493	971034	8.19	0.029	1.25	7.99
CV%		7.13	7.37	7.83	7.34	7.89	6.76

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

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

عملکرد ارقام، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند به گونه‌ای که رقم پیشتاز با ۶۸۵۰ کیلوگرم در هکتار، دارای بیشترین عملکرد و رقم سیوند با ۵۰۳۶ کیلوگرم در هکتار، کمترین عملکرد دانه تولیدی را به خود اختصاص دادند (جدول ۶). از دلایل این اختلاف عملکرد در ارقام، می‌توان به عوامل مختلفی مانند سرعت پر شدن دانه و توان متفاوت ارقام در انتقال مواد ذخیره شده در اندام‌های خود اشاره نمود (Torkashvand 2008; Blum, 1998; Yang *et al*., 2004). همبستگی مثبت و معنی‌داری میان عملکرد دانه با صفت کارایی مصرف آب (r=۰/۸۶**)، مشاهده شد (جدول ۷). رقم پیشتاز با ۲/۴۶ کیلوگرم در متر مکعب، بیشترین کارآیی مصرف را داشت و ارقام پارسی و سیوند، به ترتیب با ۲/۳۴ و ۲/۲۲ کیلوگرم در متر مکعب، در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (جدول ۶). رژیم‌های مختلف رطوبتی به کار رفته نیز اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه داشتند (جدول ۵)، به گونه‌ای که بیشترین عملکرد، از تیمار T۷۹ (شاهد) به دست آمد و در تیمار T۱۳۱۳ ، با ۳۳درصد کاهش، به کمترین میزان خود رسید (جدول ۶).

جدول۶- مقایسه میانگین صفات ارزیابی شده ارقام گندم تحت رژیم‌های رطوبتی*.

Table 6. Mean comparison of the wheat traits measured under different moisture regimes*.

Moisture regimes	Grain yield	Biomass yield	Harvest index	Water use efficiency	Number of grains per spike	Thousand Grain Weight
T 79	7240^{a}	1.53^{a}	41.9^{a}	2.63^{a}	18.5^{a}	48.8^{a}
T 711	6823^{b}	1.49^{a}	41.0^{ab}	2.56^{ab}	18.1^{ab}	44.1^{bc}
T 713	6806^{b}	1.51^{a}	38.7^{bc}	2.42^{bc}	18.1^{ab}	41.2^{def}
T 99	5956^{c}	1.47^{ab}	37.3^{c}	2.52^{ab}	17.7^{ab}	45.3^{b}
T 911	5984^{c}	1.39^{bc}	37.4^{c}	2.45^{bc}	18^{ab}	44.4^{bcd}

T 913	5751 cd	1.30cde	37.2cd	2.50ab	17.2ab	38.6fgh
T 119	5834 c	1.36cd	36.9cd	2.29cd	15.4cd	43.3bcd
T 1111	5601 cd	1.27de	34.5de	2.29cd	14.2de	42.6cde
T 1113	5384 de	1.23e	34.1e	2.19de	13.4ef	40.4efg
T 139	5112 ef	1.22e	33.9ef	2.12e	12.2fg	37.1gh
T 1311	5090 ef	1.12f	33.5ef	2.07e	12.2fg	39.0fgh
T 1313	4844 f	1.09f	31.3f	2.04e	11.2g	37.8h
Cultivars						
Pishtaz	6850.28a	-	37.5a	2.46a	15.4a	43.0a
Parsi	5720.56b	-	36.7b	2.34b	13.6b	42.1b
Sivand	5036.39c	-	35.3c	2.22c	13.3b	41.1c

*: توصیف تیمارهای رطوبتی در جدول ۳ آمده است.

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، براساس آزمون دانکن تفاوت آماری معنی‌داری ندارند (α=٪۵).

*: For description of moisture regimes see Table 3.

Means with the same letters in the same column are not significantly different based on Duncan test (α= 5%).

جدول ۷- ضرایب همبستگی ساده صفات مورد مطالعه.

Table 7-Simple correlation coefficients of studied traits.

	Grain yield	Biomass yield	Harvest index	Water use efficiency	Number of grains per spike	Thousand Grain Weight
Grain yield	1					
Biomass yield	0.19ns	1				
Harvest index	0.91**	0.21ns	1			
Water use efficiency	0.86**	0.20ns	0.92**	1		
Number of grains per spike	0.82**	0.43ns	0.89**	0.93**	1	
Thousand Grain Weight	0.73**	0.16ns	0.77**	0.76**	0.71**	1

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns, * and ** n:on-significant, significant at 5 and 1% probability levels respectively.

مقایسه داده‌های عملکرد نشان داد که در رژیم‌های رطوبتی اعمال‌شده در مرحله رویشی، افزایش فاصله آبیاری از ۷۰ به ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، تنها باعث کاهش ۱۵ درصدی در عملکرد شد و از آنجا که میان گروه‌های تیماری T۹ و T۱۱ در مرحله رویشی، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، اعمال تیمار T۱۱، سطح مطلوب‌تری از میان رژیم‌های رطوبتی اعمال‌شده را دارا بود. به عبارتی، اگرچه با افزایش فاصله آبیاری از T۷ به تیمار T۱۱، عملکرد، ۱۹ درصد کاهش یافت که این میزان برابر با ۱,۳۱۶ کیلوگرم در هکتار بود، ولی به جهت صرفه‌جویی که در مصرف آب آبیاری، از طریق کاهش تعداد دفعات آبیاری صورت گرفت، نتیجه‌ای بسیار حائز اهمیت و کاربردی می‌باشد که در شرایطی که محدودیت منابع آبی، از اثرگذاری بالایی برخوردار است، قابل تأمل است. با افزایش فاصله آبیاری از ۱۱۰ به ۱۳۰ میلی‌متر، عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد (T۷)، ۲۷ درصد کاهش یافت که بیانگر محدودیت شدید رطوبت در دسترس گیاه، در مرحله رشد رویشی تحت این رژیم رطوبتی می‌باشد. علت کاهش معنی‌دار عملکرد در افزایش فواصل آبیاری (از ۷۰ به ۱۳۰میلی‌متر) را می‌توان اینگونه تفسیر نمود که در این مرحله، تنش اعمال‌شده به حدی بوده است که توانسته است قدرت منبع و پتانسیل اندازه مخزن را تحت‌تاثیرقرار دهد، به گونه‌ای که مکانیسم‌های سازگاری همانند افزایش در میزان انتقال مجدد کربوهیدرات‌های محلول از ساقه به دانه‌ها نیز نتوانسته‌اند این کاهش عملکرد را جبران نمایند (Yang & Zhang, 2006). از نتایج بالا این نکته را می‌توان دریافت که رژیم‌های رطوبتی اعمال‌شده در فاز رویشی، سطح T۱۱، هم به لحاظ میزان عملکرد به دست آمده و هم به جهت میزان صرفه‌جویی در میزان آب مصرفی، نسبت به سایر رژیم‌های رطوبتی، سطح مطلوب‌تری می‌باشد.

در مقابل مقایسه عملکرد میان رژیم‌های رطوبتی اعمال‌شده در فاز زایشی، حاکی از عدم وجود اختلاف

معنی‌دار بین آنها بود. به عبارتی، با افزایش فاصله آبیاری در مرحله زایشی از ۹۰ به ۱۱۰ و ۱۳۰میلی‌متر، کاهش معنی‌داری در عملکرد روی نداد (جدول ۶). این نتیجه در واقع بیانگر مقاومت نسبی مرحله پر شدن دانه (مرحله زایشی)، به کاهش رطوبت خاک می‌باشد. به عبارت دیگر، چنانچه رشد رویشی در شرایط مطلوب انجام گیرد، بوته گندم می‌تواند با ساز و کارهای جبرانی که در اختیار دارد، کاهش فتوسنتز ناشی از تنش خشکی آخر فصل را جبران نماید (Papi, 2014). Papi, (2016) نیز در آزمایشی مشابه که بر روی سه رقم گندم زراعی (پیشتاز، سیوند و پارسی)، تحت نُه سطح رطوبتی انجام داد، گزارش کرد که در هر گروه تیماری در مرحله رویشی، افزایش فاصله آبیاری از ۷۰ به ۹۰ و ۱۱۰ میلی‌متر در مرحله زایشی، کاهش معنی‌داری در عملکرد به دست آمده ایجاد نکرد که علت این امر را به مقاومت نسبی مرحله زایشی نسبت به کمبود رطوبت، در مقایسه با مرحله رویشی نسبت داد. از نتایج حاصل از مقایسات تیمارهای رطوبتی اعمال‌شده در فاز رویشی و زایشی می‌توان اینگونه نتیجه گرفت که سطح رطوبتی T۱۱ در بین رژیم‌های رطوبتی اعمال‌شده در فاز رویشیو سطح رطوبتی T۱۳ در فاز زایشی (تیمار T۱۱۱۳)، مناسب‌ترین رژیم رطوبتی اعمال‌شده از نظر میزان عملکرد تولیدی و میزان آب مصرفی می‌باشند. اگرچه بالاترین کارآیی مصرف آب در تیمار شاهد (T۷۹)، با ۲/۶۳ کیلوگرم در مترمکعب به دست آمد ولی این مقدار با تیمارهای T۷۱۱، T۹۹ وT۹۱۳، اختلاف معنی‌داری نداشت(جدول ۶).

عملکرد زیست‌توده

نتایج تجزیه واریانس عملکرد زیست‌توده در جدول۵ نشان داده شده است. اثر متقابل معنی‌داری میان ارقام به کار رفته و رژیم‌های رطوبتی اعمال‌شده از نظر این صفت مشاهده نشد. اثرات اصلی ارقام مورد بررسی در این آزمایش نیز از نظر عملکرد زیست‌توده با یکدیگر تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند. به عبارتی دیگر، میان ارقام (پیشتاز، سیوند و پارسی)، از نظر میزان زیست توده تولیدی، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. در مقابل، رژیم-های رطوبتی اعمال‌شده در سطح یک درصد، اثرات متفاوت و معنی‌داری بر این صفت داشتند (جدول ۶).

واکنش عملکرد زیست‌توده به تیمارهای رطوبتی اعمال‌شده، روندی مشابه با واکنش میانگین عملکرد دانه، تحت رژیم‌های رطوبتی اعمال‌شده داشت ولی با شدت کمتر. به عبارت دیگر، شدت اثر رژیم‌های رطوبتی اعمال‌شده بر عملکرد زیست‌توده تولیدی، کمتر از صفت عملکرد دانه بود (جدول۶). بیشترین میانگین عملکرد زیست‌توده در تیمار شاهد (T۷۹)، با میانگین ۱/۵۳ کیلوگرم در متر مربع دیده شد که البته این مقدار با تیمارهای دیگر این گروه یعنی T۷۱۱ و T۷۱۳ تفاوت معنی‌داری نداشت. دیگر گروه‌های تیماری یعنی T۹، T۱۱و T۱۳ نیز به ترتیب موجب کاهش هشت، ۱۴ و ۲۴ درصدی زیست‌توده تولیدی شدند. همچنین در گروه‌های تیماری اعمال‌شده (T۹، T۱۱و T۱۳)، با افزایش فاصله آبیاری از ۹۰ به ۱۱۰ و ۱۳۰ در مرحله زایشی، میزان عملکرد زیست‌توده به صورت نزولی کاهش معنی‌داری پیدا کرد. البته در گروه تیماری T۷، تغییر معنی‌داری در میانگین این صفت مشاهده نشد. این صفت، در واقع به نوعی بیانگر پتانسیل و قدرت منبع می‌باشد و علت کاهش عملکرد زیست‌توده تحت تنش خشکی را می‌توان به دلایل مختلف نسبت داد. Fathi (2008) گزارش داد که تنش رطوبتی، موجب بسته شدن روزنه‌ها و کاهش ورود دی‌اکسیدکربن می‌شود که در نتیجه، کمبود دی‌اکسیدکربن مورد نیاز برای رشد و فرآیندهای نگهداری گیاه را به دنبال دارد. Giunta *et al.,* (1993) نیز با بررسی اثر تنش خشکی روی چگونگی توزیع مواد فتوسنتزی در ارقام مختلف گندم گزارش دادند که در شرایط تنش خشکی در مرحله گلدهی، عملکرد بیولوژیک کاهش معنی‌داری یافت.

شاخص برداشت

شاخص برداشت، حاصل نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک است و توانایی گیاه را برای انتقال و اختصاص مواد فتوسنتزی به دانه‌ها (اندام اقتصادی) نشان می‌دهد (Mazaheri & Majnoon Hosseini, 2008). مقدار این صفت برای ارقام به کار رفته تحت رژیم‌های رطوبتی اعمال‌شده در جدول ۵ نشان داده شده است. اثر متقابل معنی‌داری میان ارقام به کار رفته و رژیم رطوبتی اعمال‌شده از نظر این صفت مشاهده نشد ولی اثرات اصلی تیمارها از نظر این صفت معنی‌دار بود. اختلاف میان ارقام

نیز معنی‌دار بود (جدول۵). بالاترین میزان شاخص برداشت، به رقم پیشتاز با میانگین ۳۷/۵ درصد تعلق داشت که البته این مقدار با رقم پارسی تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان شاخص برداشت نیز متعلق به رقم سیوند با ۳۵/۳ درصد بود (جدول ۶). این نتایج با رتبه‌بندی ارقام از نظر صفت عملکرد دانه نیز هماهنگی داشت. به عبارتی می‌توان گفت که ارقام با عملکرد بالا، دارای توان بالاتری از نظر قدرت تخصیص مواد فتوسنتزی به مخزن برخوردار می-باشند که این امر در شرایط محدودیت رطوبتی می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد. رژیم‌های رطوبتی نیز اثرات متفاوت و معنی‌داری بر شاخص برداشت داشتند (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌های این صفت نشان داد که بیشترین میزان شاخص برداشت در تیمار رطوبتی T۷۹ (شاهد)، به دست آمد؛ هر چند که این مقدار با تیمار T۷۱۱ اختلاف معنی‌داری نداشت. افزایش فواصل آبیاری، با یک شیب ملایم، منجر به کاهش شاخص برداشت شد، به گونه-ای که کمترین میزان شاخص برداشت در تیمار T۱۳۱۳ مشاهده شد. گروه‌های تیماری اعمال‌شده (T۹، T۱۱ و T۱۳)، به ترتیب موجب کاهش هفت، ۱۳ و ۱۸ درصدی شاخص برداشت شدند. همچنین در این آزمایش، شاخص برداشت، بیشترین همبستگی مثبت (r=۰/۹۱**) را با صفت عملکرد دانه داشت که بیانگر نقش بسیار مهم این صفت در تعیین عملکرد دانه می باشد (جدول۷). محققان، علت کاهش شاخص برداشت را به دلیل کاهش تعداد سنبله بارور، تعداد کمتر دانه در سنبله و وزن دانه کمتر، گزارش کرده‌اند (Fischer & Maurer, 1987). Dehghan Zadeh *et al.*, (2009) نیز در بررسی اثرات تنش خشکی بر ارقام گندم گزارش دادند که اعمال تنش شدید، باعث کاهش شاخص برداشت شد.

تعداد دانه در سنبله

اثر متقابل معنی‌داری بین ارقام به کاررفته و رژیم رطوبتی اعمال‌شده در این آزمایش مشاهده نگردید (جدول ۵.) در مقابل، اثرات اصلی ارقام و رژیم‌های رطوبتی اعمال‌شده از لحاظ آماری، در سطح یک درصد معنی‌دار بود. رقم پیشتاز دارای بیشترین تعداد دانه در سنبله بود ولی بین دو رقم دیگر (پارسی و سیوند)، از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۶). سطوح رطوبتی اعمال‌شده نیز موجب تغییرات معنی‌داری در میانگین تعداد دانه در سنبله در ارقام به کار رفته در این آزمایش شد (جدول ۶). تعداد دانه تشکیل شده در سنبله در گروه‌های تیماری T۷ و T۹، تفاوت معنی‌داری نداشت. در مقابل، گروه‌های تیماری T۱۱ و T۱۳، موجب کاهش ۱۹ و ۲۳ درصدی در میانگین تعداد دانه در سنبله شدند. به عبارتی دیگر، با افزایش فواصل آبیاری از۷۰ و۹۰ به ۱۱۰ و۱۳۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی، شدت تنش رطوبتی ایجاد شده به حدی رسیده است که باعث اختلال در تشکیل دانه شد. محققان در این زمینه گزارش کرده‌اند که حساس‌ترین مرحله رشدی گندم به تنش رطوبتی، فاصله زمانی میان ایجاد برجستگی دوگانه تا گرده‌افشانی است که می‌تواند تاثیر منفی، بر تعداد سنبلچه و تعداد دانه در سنبلچه داشته باشد (Royo *etal*, 1999). معمولاً تنش‌های رطوبتی در این مرحله (قبل از ظهور سنبله)، با کاهش تعداد پنجه‌ها، باعث کاهش تعداد سنبله بارور و در نهایتف عملکرد محصول می‌شود (Chu *etal*, 2010). در مقابل، در هر گروه تیماری، با افزایش فواصل آبیاری از ۹۰ به ۱۱۰ و ۱۳۰میلی‌متر تبخیر تجمعی در مرحله زایشی، تغییر معنی‌داری در میانگین تعداد دانه ایجاد نکرد که بیانگر این نکته بوده که تعداد دانه‌های موجود در سنبله، قبل از فرآیند گلدهی تعیین می‌شود. در همین راستا، محققان گزارش کردند که اگر تنش خشکی در مرحله گرده‌افشانی یا کمی قبل از آن روی دهد، تعداد دانه در سنبله کاهش، معنی‌داری می‌یابد ولی اعمال تنش خشکی پس از این مرحله، تاثیربسزائی بر تعداد دانه ندارد و عملکرد دانه را بیشتر از طریق وزن هزار دانه کاهش می-دهد (Fischer, 1973). بنابراین، یکی از دلایل کاهش عملکرد تولیدی تحت رژیم‌های رطوبتی T۷ و T۹ را می‌توان به کاهش تعداد دانه در این رژیم‌های رطوبتی نسبت داد.

وزن هزار دانه

تفاوت ارقام از نظر میانگین وزن هزار دانه، در سطح یک درصد، معنی دار بود (جدول ۵) به گونه‌ای که رقم پیشتاز، دارای بالاترین میانگین وزن هزار دانه در بین ارقام بود و ازقام پارسی و سیوند، در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (جدول ۶). رژیم‌های رطوبتی به کار رفته در این آزمایش نیز بر روی صفت وزن هزار دانه، تاثیر معنی‌داری در سطح

یک درصد داشتند. بالاترین میانگین وزن هزار دانه، در تیمار T۷۹ (شاهد)، با میانگین وزنی ۴۸ گرم مشاهده شد که این میزان در تیمار با ۲۲ درصد کاهش، به کمترین مقدار خود رسید (جدول ۶). در بین گروه‌های تیماری نیز (T۷، T۹، T۱۱ و T۱۳)، با افزایش فاصله آبیاری از (۹۰ به ۱۱۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی) در مرحله زایشی، میانگین وزن هزار دانه به تدریج کاهش پیدا کرد که این امر، به علت تشدید شدت تنش خشکی، به‌ویژه در آخر فصل رشد که از میزان رطوبت نسبی محیط کاسته می‌شود و منجر به نقصان فتوسنتز جاری می‌گردد، روی می‌دهد. محققان در این راستا گزارش دادند که تنش رطوبتی اعمال‌شده بر گندم، از طریق افزایش دور آبیاری، منجر به کاهش سطوح فتوسنتز کننده گیاهی، به عنوان بخش اصلی سازنده مواد فتوسنتزی گیاهی شد که در نهایت، کاهش تجمع مواد فتوسنتزی در گیاه را به دنبال داشت (Ghanbarpour & Sepahvand, 2003). آنان بیان کردند کاهش عملکرد دانه، به علت کاهش در تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه اتفاق افتاد. نامبردگان این گونه تفسیر نمودند که کاهش طول مدت پر شدن دانه و همچنین کاهش سرعت انتقال مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن، در نهایت منجر به کاهش عملکرد دانه شد. به طورکلی، در تنش‌های خشکی پس از گرده‌افشانی، مهم‌ترین صفتی که تحت تاثیر کمبود رطوبت قرار می‌گیرد، وزن هزار دانه است (Mazaheri & Majnoon Hosseini, 2008). کاهش وزن دانه‌ها در اثر تنش خشکی می‌تواند ناشی از تاثیرکاهش تولید شیره پرورده و کاهش طول پر شدن دانه باشد (Nabavi Kalat & Al-Sharif., 2009).

نتیجه‌گیری کلی

در بین ارقام به کار رفته در این آزمایش، بیشترین عملکرد و شاخص برداشت، به رقم پیشتاز تعلق داشت که بالا بودن عملکرد در این رقم، همراه با تعداد دانه و وزن هزار دانه، بیشتر در مقایسه با دو رقم دیگر (سیوند و پارسی) بود. رژیم‌های مختلف رطوبتی نیز تاثیر متفاوتی بر صفات عملکرد و اجزای عملکرد داشتند. با افزایش فاصله آبیاری از ۷۰ به ۱۱۰ میلی‌متر در بین رژیم‌های رطوبتی، میزان عملکرد، کاهش معنی‌داری یافت که البته این کاهش، برابر با ۱۹ درصد عملکرد بود که در شرایط محدودیت رطوبت می‌تواند به جهت صرفه‌جویی که در میزان آب صورت می‌گیرد، از اهمیت برخوردار باشد. در مقابل و در مقایسه میان رژیم‌های رطوبتی اعمال‌شده در مرحله زایشی مشاهده شد که در هر گروه تیماری اعمال‌شده در مرحله رویشی، با افزایش فاصله آبیاری از ۹۰ به ۱۱۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی در مرحله زایشی، کاهش معنی‌داری در عملکرد رخ نداد که این امر، بیانگر مقاومت نسبی گیاه در مرحله زایشی نسبت به مرحله رویشی و با توجه به میزان رطوبت در دسترس می‌باشد. با توجه به نتایج این آزمایش برای نواحی با شرایط آب و هوایی و خصوصیات خاک مشابه با منطقه آزمایشی می‌توان توصیه نمود که در مراحل زایشی نسبت به مراحل رویشی، می‌توان اقدام به افزایش فواصل آبیاری تا ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر نمود، بدون این که کاهش معنی‌داری در عملکرد رخ دهد که این عمل، همزمان می‌تواند منجر به افزایش راندمان مصرف آب گردد.

REFERENCES

1. Blum, A. (1997). Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. In Wheat: Prospects for Global Improvement (pp. 135-141). Springer Netherlands.
2. Chu, C. J., Weiner, J., Maestre, F. T., Wang, Y. S., Morris, C., Xiao, S. & Wang, G. (2010). Effects of positive interactions, size symmetry of competition and abiotic stress on self-thinning in simulated plant populations. *Annals of botany*, 106(4), 647-652.
3. Dstfal, M., Imam, Y., Haghighatnia, H. & Ramezanpoor, M. (2011). Evaluation of yield and its components in wheat genotypes under terminal drought stress in Darab region. *Journal Seed and Plant Agronomy*. 27 (2). 195-217p. (In Farsi)
4. Emam, Y., Ranjbar, A.M. & Bahrani, M.J. (2007). Evaluation of yield and yield components in wheat genotypes under post-anthesis drought stress. *JWSS-Isfahan University of Technology*, 11(1), pp.317-328. (In Farsi)
5. Fischer, R. A. (1973). effect of water stress at various stages of development on yield processes in wheat. In Plant Response to Climatic Factors Proceedings of theuppsala Symposium.
6. Fischer, R. A. & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses.

Crop and Pasture Science, 29(5), 897-912p.
7. Ghanbarpour, M. & Sepahvand, M. (2003). Determination of the proper management of irrigation, *Soil Science Congress of Iran*. 128-120p. (In Farsi)
8. Giunta, F., Motzo, R. & Deidda, M. (1993). Effect of drought on yield and yield components of durum wheat and triticale in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 33(4), 399-409.
9. Imam, y. (2007). cultivation of crops. Shiraz University Publishers. 190 p. (In Farsi)
10. Kaphi, M. & Mahdavi Damghani, A. (2007). *Mechanisms of plant resistance to environmental stress*. Mashhad's Ferdowsi University Publishers, 467 p. (In Farsi)
11. Mardeh, A. S. S., Ahmadi, A., Poustini, K. & Mohammadi, V. (2006). Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Research*, *98*(2), 222-229.
12. Mazaheri, D. & Majnoon Hosseini, N. (2008). *General Principles of Agriculture*, Publishing and Printing Institute of Tehran University. 66-68p. (In Farsi)
13. Nabavi Kalat, M. & Al-Sharif, M. (2009). Evaluation of drought tolerance of barley cultivars to drought stress at late growing season, *Journal of Islamic Azad University, Mashhad*, third edition, (9): 74-55p**.** (In Farsi)
14. Paknejad, F., Nasri, M. & Habibi, D. (2007). Comparison of stress tolerance of wheat cultivars for the response to deficit irrigation and water deficit at the end of the season. *Iran Agricultural Knowledge.* 4 (2): 184-167p. (In Farsi)
15. Papi, M. Ahmadi, A. & Rafei, H. (2016). Response of three wheat cultivars to different moisture regimes during vegetative and reproductive stages under field conditions. *Journal of Field Crop Science*, 47 (3), 377-391p. (In Farsi)
16. Royo, C., Voltas, J. & Romagosa, I. (1999). Remobilization of pre-anthesis assimilates to the grain for grain only and dual-purpose (forage and grain) triticale. *agronomy Journal*, 91(2), 312-316.
17. Torkashvand, B. (2009). *Study and compare the rate and duration of grain filling and reservoir limits of commercial wheat to Iran in optimum irrigation and drought stress.* Masters, Agriculture, Faculty of Science and Engineering, Tehran University. (In Farsi)
18. Yang, J. & Zhang, J. (2006). Grain filling of cereals under soil drying. *New phytologist*, 169(2), 223-236p.