Archive of SID

Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 51, No 1, Spring 2020 (35-49)
10.22059/ijfcs.2018.227966.654279

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۱، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۹ (ص ۴۹-۳۵)

ذخیره‌سازی و انتقال مجدد ماده خشک ساقه در سه رقم گندم زراعی تحت رژیم‌های مختلف رطوبتی در مراحل قبل و بعد از گلدهی

فرشاد صالحی[۱]، علی احمدی*[۲]، مجتبی میراب زاده[۳]، حسین رضا رفیعی[٤]

۱- دانشجوی دکترای گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید چمران اهواز

۳،۲، ٤: به ترتیب استاد، مربی و کارشناس گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۱۲/٦ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱)

چکیده

به‌منظور بررسی توان ذخیره‌سازی و انتقال مجدد ماده خشک ساقه سه رقم گندم زراعی تحت رژیم‌های مختلف رطوبتی، پژوهشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه آموزشی-پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، اجرا شد. تیمارهای این 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 از تشتک تبخیر کلاس A در مرحله قبل از گلدهی (مرحله ۳۰ تا ٦۰ زادوکس) و سطوح ۹۰، ۱۱۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی در مرحله پس از گلدهی از ٦۰ تا ۹۳ مراحل زادوکس) بود. نتایج نشان داد که بیشترین میزان ذخیره‌سازی ماده خشک ساقه مربوط به رقم پارسی (۱۰٤٦ میلی‌گرم در ساقه) و تیمار ۷۰ میلی‌متر تبخیر در مرحله قبل از گلدهی و ۹۰ میلی‌متر تبخیر در مرحله بعد از گلدهی (T79) با ۱۰۷۰ میلی‌گرم در ساقه بود. با این حال، ارقام تحت رژیم‌های مختلف رطوبتی از نظر صفات انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد واکنش متفاوتی نشان دادند؛ به گونه‌ای که رقم پیشتاز تحت تیمار ۱۳۰ میلی‌متر تبخیرتجمعی در مرحله قبل و بعد از گلدهی (T1313)، بیشترین میزان انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد را به ترتیب با میانگین ٤۷٦ میلی‌گرم در ساقه و ٥٦ درصد داشت و از این نظر، میانگره‌های زیرین (حدفاصل سطح خاک تا ابتدای میانگره ماقبل آخر)، بیشترین میزان انتقال مجدد ماده‌خشک (۱۹۵ میلی‌گرم در ساقه در تیمار T1313 را نسبت به دو میانگره دیگر (پدانکل و پنالتیمت) داشتند. در همین تیمار (T1313)، رقم پارسی (با وجود بالاترین میزان ذخیره‌سازی ماده خشک ساقه) کمترین میزان انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد را (به ترتیب با میانگین ٤۲۷ میلی‌گرم در ساقه و ٤٥ درصد) نسبت به دو رقم دیگر داشت. رقم پیشتاز با توان بالا در انتقال مجدد ماده خشک ساقه، بیشترین میزان عملکرد دانه (٦۸٥۰ کیلوگرم در هکتار) را نیز به خود اختصاص داد، که می‌تواند در شرایط تنش خشکی بسیار حائز اهمیت باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، منبع ـ مخزن، ذخایرساقه، کارایی انتقال مجدد، عملکرد دانه.

Evaluation of storage and remobilization of stem dry matter of three wheat cultivars under different moisture regimes in before and after flowering stages

Farshad Salehi[1], Ali Ahmadi[2*], Mojtaba Mirabzadeh[2], Hossein Reza Rafei[2]

1. P.h.D student, Agronomy and Plant Breeding Department, College of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran. 2. Agronomy and Plant Breeding Department, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran.

(Received: February 25, 2018 - Accepted: December 22, 2018)

ABSTRACT

To investigate the storage capacity and remobilization of stem dry matter in three wheat cultivars under different moisture regimes, a factorial experiment was conducted in a randomized complete blocks design with three replications in the experiment field of the College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, in 2014-2015. Treatments included three of wheat cultivars (Pishtaz, Sivand and Parsi), and 12 moisture regimes were combined (70, 90, 110 and 130 mm cumulative evaporation from class A evaporation pan in before flowering stage (30-60 Zadok's stage) and 90, 110 and 130 mm levels of cumulative evaporation in after the flowering stage, 60-93 Zadok's stage). The result showed that the highest amount of stem dry matter storage was related to Parsi cultivar (1046 mg/stem) and T79 moisture level, with 1070 mg /s average. However, wheat cultivars reacted differently under different moisture regimes in terms of remobilization traits and remobilization efficiency. Pishtaz cultivar under treatment of T1313 (130 mm at all stages of growth), had the highest remobilization and remobilization efficiency with mean of 476 (mg /stem) and 56% respectively, and the bottom internodes, had the highest rate of remobilization (195 mg /stem, under the moisture level T1313), than the other two internode. At the same time, under the same treatments (T1313), the Parsi cultivar, despite the highest dry matter storage in the stem, had the lowest remobilization and remobilization efficiency, with an average of 427(mg /stem) and 45%, respectively, than the two other cultivars. Combined with the higher power of the Pishtaz cultivar in the remobilization of dry matter, the highest grain yield (6850 kg/ha) was obtained in this cultivar, which can be very important in drought stress.

Keywords: Drought stress, grain yield, remobilization efficiency, source- sink, stem reserves.

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

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

تنش‌های زنده و غیرزنده از عوامل مهم کاهندهٔ عملکرد دانه گندم محسوب می‌شوند، که دراین بین، محدودیت رطوبتی از مهم‌ترین این عوامل تنش‌زا به شمار می‌رود (Acevedo *et al*., 2006). کشور ایران، با متوسط بارندگی ۲۵۰ میلی‌متر در سال، در زمره مناطق خشک جهان طبقه‌بندی شده و اقلیم مدیترانه‌ای بر آن حکم‌فرماست. در مناطق با اقلیم مدیترانه‌ای همانند ایران، گندم نان معمولاً در اواخر پاییز کشت‌شده و در اواخر بهار یا اوایل تابستان برداشت می‌شود. بنابراین به‌طورمعمول تا مرحله گلدهی، دما و بارش برای رشد محصول مطلوب است، درحالیکه در طول دوره پر شدن دانه از میزان بارندگی به‌شدت کاسته شده و به دنبال آن دمای بالا اتفاق می‌افتد (Rajaram *et al*., 1995). این مشکل نه‌تنها در محصولات دیم، بلکه در زراعت‌های آبی نیز می‌تواند تولید محصول گندم را در اکثر نقاط ایران محدود سازد که این امر عمدتاً به دلیل افزایش میزان تبخیر و تعرق و کاهش میزان آب در دسترس در مرحله سنبله‌دهی روی می‌دهد Acevedo (*et al*., 2006). در چنین شرایطی توجه به محصولات زراعی سازگار و نیز شناخت و بهبود ویژگی‌های سازگاری، یک ضرورت غیرقابل‌اجتناب و یک راهکار برای حفظ تولید محسوب خواهد شد.

گیاه گندم ازجمله گیاهان رشد محدود بوده و لذا بخشی از چرخهٔ زندگی خود را به بخش رویشی اختصاص داده و سپس وارد فاز زایشی می‌شود (Ruuska *et al*., 2006). از پیامدهای چنین شیوهٔ رشدی، تولید مازاد بر نیاز مواد پرورده در دورهٔ رشد رویشی (غالبیت منبع)، و فزونی نیاز بر تولید مواد پرورده در دوره رشد زایشی (غالبیت مخزن) است (Iqbal *et al*., 2012). به‌طورکلی رشد و پر شدن دانه در گندم از دو منبع: ۱- مواد پروردهٔ حاصل از فتوسنتز جاری که مستقیماً به دانه منتقل می‌شوند و ۲- مواد پروردهٔ حاصل از انتقال مجدد ذخایر موجود در بافت‌های رویشی گیاه که این ذخایر شامل ذخیره‌سازی گیاه قبل و بعد از گرده‌افشانی می‌باشند، تأمین می‌گردد (Yang & Zhang, 2006). منابع ذخیره‌ای باعث حفظ انتقال و تأمین مواد پروردهٔ لازم برای پر کردن دانه، در مرحله تاریکی چرخه روزانه (طی شب) و همچنین در طی مراحل آخر پر شدن دانه که بخش‌های فتوسنتز کننده در حال پیر شدن هستند و سرعت تجمع ماده خشک در دانه‌ها بیشتر از سرعت تثبیت کربن توسط فتوسنتز جاری است، می‌شوند (Ruuska *et al*., 2006). مواد پروردهٔ ذخیره شده قبل از گرده‌افشانی در ساقه و غلاف برگ گندم که در شرایط رطوبتی بالا ذخیره شده‌اند، ۱۰-۴۰ ٪ وزن نهایی دانه را تشکیل می‌دهند (Yang & Zhang, 2006). بنابراین وقتی گیاهان در معرض تنش محدودیت رطوبتی آخر رشد قرار می‌گیرند تجمع بالای ماده خشک در تعیین پتانسیل عملکرد بیشتر، نقش تعیین‌کننده‌ای خواهد داشت Plaut *et al*., (Xue *et al*., 2009; 2004). بطورکلی محدودیت رطوبتی در مرحله پر شدن دانه باعث تسریع پیری گیاه شده و کوتاه شدن دوره پر شدن دانه را به دنبال خواهد داشت. اما از طرفی هم، باعث افزایش انتقال مجدد ماده خشک ذخیره‌ای از ساقه به دانه می‌شود (Plaut *et al*., 2004). در همین راستا، محققان بیان کردند که انتقال مجدد ذخایر ساقه تحت شرایطی مانند بیماری، دمای بالا، تنش محدودیت رطوبتی آخر فصل که سبب کاهش فتوسنتز می‌شوند، می‌تواند ۵۰ درصد و یا بیشتر از عملکرد نهایی دانه را تشکیل دهد (Scofield *et al*., 2009; Ehdaie *et al*., 2006). لذا با توجه به اهمیت آب در مناطق خشک که بخش وسیعی از کشورمان را در بر می‌گیرد، مطالعه و بررسی سازوکارهای فیزیولوژیکی مرتبط با روابط آبی گیاه و درنهایت شناخت روش‌های افزایش کارایی مصرف آب از طریق مطالعه و بهبود مکانیسم‌های جبرانی گیاه، می‌تواند یکی از راهکارهای پایدار برای حل مشکل کمبود رطوبت خاک در اواخر فصل رشد بوده و زمینه را برای اصلاح ژنتیکی و به نژادی ارقام گندم فراهم آورد. در همین راستا پژوهش حاضر جهت بررسی توان ذخیره‌سازی و سپس انتقال مجدد ماده خشک از ساقه تحت تیمارهای رطوبتی مختلف در سه رقم گندم زراعی مورد کشت و کار در منطقه البرز، انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال زراعی ۹۴- 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)،

www.SID.ir

Archive of SID

انجام شد. برخی از مشخصات خاک و سازه‌های اقلیمی منطقه آزمایشی در طول فصل زراعی مذکور به ترتیب در جدول شماره ۱ و ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی.

Table1-Some soil physical and chemical properties of experimental farm.

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

جدول ۲- میانگین ماهیانهٔ بارندگی و تبخیر در شهرستان کرج در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳

Table2- Monthly mean of 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

* تاریخ کاشت ۱۷ آبان و تاریخ برداشت ۲ تیرماه.

Planting date, 17 November, Harvest date , 2 July

جدول ۳- مشخصات ارقام گندم مورد بررسی در این آزمایش

Table 3- Characteristics of wheat cultivars examined in this experiment

characteristics	Pishtaz	Parsi	Sivand
Pedigree	Alvand//Aldan/Ias58	Dove"s"/Buc"s"//2*Darab	Kauz"S"/Azd
origin	Iranian	Iranian	Iranian
Growth type	Spring	Spring	Spring
Appropriate cultivation areas	Moderate	Moderate	Moderate
Growth period	Fairly early	Fairly early	Early
Average Yield	8725 kg/ha	8581 kg/ha	8683 kg/ha
type Cultivation	irrigated farming	irrigated farming	irrigated farming
Drought response	Tolerant	Moderate tolerant	Moderate tolerant
Year Introduced	2002	2009	2009

Source: The site of the Agricultural and Natural Resources Research Center of Markazi Province
http://manrrc.ir/1396/02/02/%D8%A7%D8%B1%D9%82%D8%A7%D9%85-%DA%AF%D9%86%D8%AF%D9%85/

قطعه زمین درنظرگرفته شده برای اجرای آزمایش، در سال قبل تحت آیش (نکاشت)، بود. میزان بذر مصرفی بر مبنای ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار درنظر گرفته شد و عملیات کاشت در مزرعه به‌صورت دستی در شیارهایی که در سطح زمین ایجاد شده بود، درتاریخ ۱۷آبان سال ۱۳۹۳، انجام شد. بر اساس آزمایش خاک، میزان۱۰۰ کیلوگرم اوره (۴۶ کیلوگرم N)، ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل (۴۶کیلوگرم P_2O_5)، ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم (۵۴کیلوگرم 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 کرت بندی شد، به گونه‌ایی که ابعاد هر کرت آزمایشی ۲/۵ × ۳/۵ متر بود. آبیاری کرت‌ها به‌صورت دستی و با استفاده از لوله‌های انتقال آب انجام گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید؛ عامل اول شامل ۳ رقم گندم پرمحصول منطقه مورد بررسی که فنولوژی تقریباً یکسانی داشته و اختلاف گرده افشانی در

www.SID.ir

Archive of SID

آن‌ها کمتر از ۴ روز بوده (ارقام پیشتاز، سیوند و پارسی که از مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی دانشگاه تهران تهیه شد)، و عامل دوم شامل ۱۲ رژیم رطوبتی بود که بر اساس میزان تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و با در نظر گرفتن درصد رطوبت‌وزنی خاک در مراحل قبل و پس از گلدهی اعمال شد (مشخصات ارقام در جدول ۳ نشان داده شده است). تیمارهای رطوبتی در شروع ساقه‌دهی(مرحله ۳۰ زادوکس) که ارتفاع گیاه برابر با ۴۰-۴۵ سانتیمتر بود، اعمال گردید.

تیمار شاهد بر اساس آزمایش‌های قبلی (Papi *et al.*, 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 قبل از گلدهی (مرحله ۳۰ تا ۶۰ زادوکس) و بعد از گلدهی (مرحله ۶۰ تا ۹۳ زادوکس) تعیین شد. لذا تیمار T79 به عنوان شاهد در نظر گرفته شد (جدول ۴). به‌طورکلی و با توجه به حساسیت متفاوت مراحل قبل و بعد از گلدهی گندم در پاسخ به میزان رطوبت در دسترس، سطوح رطوبتی عبارت بودند از ۷۰، ۹۰، ۱۱۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی در مرحله قبل از گلدهی (مرحله ۳۰ تا ۶۰ زادوکس) و سطوح ۹۰، ۱۱۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر در مرحله بعد از گلدهی (مرحله ۶۰ تا ۹۳ زادوکس). بدین ترتیب ۱۲ تیمار رطوبتی به شرح جدول ۴ در این آزمایش به کار رفتند. 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 پایهٔ حجم آب مصرفی در واحد سطح ازطریق 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 ریشهٔ گندم به حد ظرفیت زراعی مزرعه تعیین شد. به این ترتیب برای هر کرت (به مساحت ۸/۷۵ مترمربع)، مقدار ۶۰۰ لیتر آب در هر بار آبیاری محاسبه شد که این حجم آب با توجه به دبی آب انتقالی، با ۵ دقیقه آبیاری هر کرت تأمین می‌شد. آخرین آبیاری مشترک همهٔ تیمارها (قبل از شروع تنش)، در تاریخ ۱۸ فروردین ۱۳۹۴ (مصادف با شروع ساقه‌دهی یا مرحله ۳۰ زادوکس)، 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 ۴ آبیاری شدند. 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 اندازه‌گیری شد. بدین منظور در هر باراندازه‌گیری، سه نمونه خاک از عمق ۳۵-۳ سانتی‌متری (عمق گسترش ریشه)، از هر تکرار (درمجموع ۹ نمونه از سه تکرار)، تهیه و درصد رطوبت وزنی خاک محاسبه شد (جدول ۵).

صفات اندازه‌گیری شده به شرح ذیل بودند:

عملکرد دانه

برای اندازه‌گیری عملکرد دانه از کوادراتی با ابعاد یک مترمربع استفاده شد. بوته‌های داخلی کوادرات کف برگردید و سپس بوته‌های خشک‌شده کوبیده شده و میزان عملکرد دانه محاسبه شد. میزان عملکرد دانه برای همهٔ تیمارهای اعمال‌شده محاسبه گردید.

تعیین ذخیره‌سازی و مقدار انتقال مجدد ذخایر ساقه

تعیین ذخیره‌سازی و انتقال مجدد کربوهیدرات‌های محلول ساقه، با استفاده از روش تغییرات وزنی ساقه انجام شد (Blum,1997; Ahmadi *et al.*, 2004). باتوجه به تحریک فرآیند انتقال مجدد ماده‌خشک ساقه تحت تنش رطوبتی، برای تعیین میزان انتقال مجدد در هر گروه از تیمارهای رطوبتی در مرحله قبل از گلدهی (مرحله ۳۰ تا ۶۰ زادوکس)، سطح رطوبتی ۹۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر که حد بالا و پایین تیمارهای رطوبتی در مرحله بعد از گلدهی (مرحله ۶۰ تا ۹۳ زادوکس) بودند، انتخاب گردید. به‌عبارت دیگر تیمارهای T۷۹ و T۷۱۳، T۹۹ و T۹۱۳، T۱۱۹ و T۱۱۱۳، T۱۳۹ و T۱۳۱۳، برای این صفت انتخاب شدند. بدین منظور جهت نمونه‌برداری پس از ظهور سنبله‌ها، از هر کرت آزمایشی تعداد ۲۰ ساقه اصلی گندم (ساقه با ارتفاع بیشتر و ساقهٔ ضخیم‌تر که سنبله آن زودتر ظاهر می‌شود)، حتی‌الامکان کاملاً مشابه هم، انتخاب و علامت‌گذاری شدند. نمونه‌برداری از کرت‌های آزمایشی در دو مرحله ۱۶ روز پس از گلدهی (حداکثر ذخیره‌سازی) و رسیدگی فیزیولوژیک صورت

www.SID.ir

Archive of SID

گرفت، و در هر مرحله یک گروه ۱۰ تایی از نمونه‌های علامت‌گذاری شده از زمین کف بر و به آزمایشگاه انتقال یافته و به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. سپس، سنبله و غلاف برگ‌ها از ساقه جداشده و هر ساقه به سه بخش میانگره دم گل آذین (Peduncle)، میانگره ماقبل آخر (Penultimate)، و میانگره‌های زیرین (از سطح خاک تا ابتدای میانگره ماقبل آخر)، تقسیم‌شده و وزن و طول هر بخش به‌طور جداگانه اندازه‌گیری شد و با در نظر گرفتن این اندازه گیری‌ها صفات زیر محاسبه گردید (Ahmadi *et al*., 2004).

الف: توان ذخیره‌سازی ساقه و میانگره‌های مختلف ساقه

از وزن خشک ساقه و میانگره‌های آن در۱۶ روز پس از گرده‌افشانی، به عنوان معیار برآورد توان ذخیره‌سازی ساقه و میانگره‌های آن استفاده شد (Ahmadi *et al*., 2004).

جدول۴- رژیم‌های رطوبتی اعمال شده در مراحل قبل و بعد از گلدهی ارقام گندم.

Table 4- Moisture regimes applied before (30-60 Zadox) and after flowering (60-93 Zadok's) of wheat cultivars.

Moisture Regimes	Describtion
T79	Irrigation at 70 mm evaporation before flowering stage (30-60 Zadok's) and 90 mm evaporation after flowering stage (60-93 Zadok's).
T711	Irrigation at 70 mm evaporation before flowering stage (30-60 Zadok's) and 110 mm evaporation after flowering stage (60-93 Zadok's).
T713	Irrigation at 70 mm evaporation before flowering stage (30-60 Zadok's) and 130 mm evaporation after flowering stage (60-93 Zadok's).
T99	Irrigation at 90 mm evaporation at all growth stages.
T911	Irrigation at 90 mm evaporation before flowering stage (30-60 Zadok's) and 110 mm evaporation after flowering stage (60-93 Zadok's).
T913	Irrigation at 90 mm evaporation before flowering stage (30-60 Zadok's) and 130 mm evaporation after flowering stage (60-93 Zadok's).
T119	Irrigation at 110 mm evaporation before flowering stage (30-60 Zadok's) and 90 mm evaporation after flowering stage (60-93 Zadok's).
T1111	Irrigation at 110 mm evaporation at all growth stages.
T1113	Irrigation at 110 mm evaporation before flowering stage (30-60 Zadok's) and 130 mm evaporation after flowering stage (60-93 Zadok's).
T139	Irrigation at 130 mm evaporation before flowering stage (30-60 Zadok's) and 90 mm evaporation after flowering stage (60-93 Zadok's).
T1311	Irrigation at 130 mm evaporation before flowering stage (30-60 Zadok's) and 110 mm evaporation after flowering stage (60-93 Zadok's).
T1313	Irrigation at 130 mm evaporation at all growth stages.

جدول ۵- میانگین درصد رطوبت خاک پیش از هر بار آبیاری در رژیم‌های رطوبتی. توصیف رژیم‌های رطوبتی در جدول ۳ آمده است.

Table 5- Mean of soil moisture's percent before irrigation in moisture regimes. For the description of moisture regimes see table 3.

Moisture Regimes / Soil Moisture Percent	70 mm	90 mm	110 mm	130 mm
Gravimetric Water Content (%)	11.1	9.11	7.93	6.50
Volumetric Water Content (%)	16.87	13.85	12.05	9.88

www.SID.ir

Archive of SID

ب: انتقال مجدد ماده خشک ساقه و میانگره‌های ساقه

وزن ساقه و میانگره‌ها در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک - وزن ساقه و میانگره‌ها ۱۶ روز پس از گرده‌افشانی = انتقال مجدد

لازم به ذکر است که در این شاخص‌ها تنها وزن ساقه و بدون محور سنبله در هر مرحله مورد محاسبه قرار گرفت.

پ: کارایی انتقال مجدد ماده خشک

میزان ماده خشک کل ساقه / میزان ماده خشک انتقال‌یافته = کارایی انتقال ماده خشک (٪)

درنهایت داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.4 تجزیه شدند. جهت رسم نمودارها و جداول آماری از برنامه Excel 2013 و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری ۵ درصد، استفاده گردید.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس عملکرد در جدول ۶ نشان داده شده است. اثر متقابل معنی‌داری بین ارقام مورد مطالعه در این آزمایش و رژیم رطوبتی اعمال‌شده، مشاهده نگردید. به عبارتی واکنش هر سه رقم مورد بررسی، که از ارقام مورد کشت در اقلیم‌های مشابه محل آزمایش می‌باشند، به تیمارهای رطوبتی اعمال‌شده، مشابه بود و لذا اثرات اصلی رقم و رژیم رطوبتی موردبحث قرار می‌گیرد.

ارقام تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد ازنظر عملکرد دانه نشان دادند، به‌گونه‌ای که رقم پیشتاز با ۶۸۵۰ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین میزان عملکرد دانه، و رقم سیوند با ۵۰۳۶ کیلوگرم در هکتار کمترین میزان عملکرد دانه تولیدی را به خود اختصاص دادند (شکل۱. الف). محققین بسیاری کاهش عملکرد دانه گندم را در شرایط تنش خشکی گزارش کرده‌اند (Yang & Zhang., 2006؛ Ahmadi *et al*., 2004). دلیل اصلی چنین واکنشی کاهش سرعت فتوسنتزی و پیر شدن سریع برگ‌ها (کاهش قدرت منبع)، و کاهش قدرت مخزن عنوان‌شده است (Yang & Zhang, 2006).

رژیم‌های مختلف رطوبتی به‌کاررفته نیز، اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر عملکرد دانه داشتند (جدول ۶). بیشترین میزان عملکرد دانه در تیمار T79 (شاهد)، مشاهده شد، که این تفاوت با دو تیمار دیگر این گروه یعنی تیمارهای T79 و T711 از نظر آماری معنی‌دار بود، هرچند که این اختلاف و درصد کاهش عملکرد دانه کمتر از ۵ درصد بود. با این حال بین تیمارهای T711 و T713 این گروه، اختلاف معنی داری وجود نداشت (شکل۱. ب). به عبارت دیگر در گروه T7، یعنی تیمارهایی که در مرحلهٔ قبل از گلدهی آبیاری مرسوم در آنها صورت گرفته، با افزایش فاصلهٔ آبیاری در مرحلهٔ پس از گلدهی از ۹۰ به ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی، کمتر از ۵ درصد کاهش عملکرد دانه رخ داد. ولی با فاصله آبیاری از ۱۱۰ به ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی، کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه اتفاق نیفتاد (شکل۱. ب). این نتیجه بیانگر، مقاومت نسبی مرحلهٔ پر شدن دانه به کاهش رطوبت خاک است. به عبارت دیگر، چنانچه رشد رویشی در شرایط مطلوب انجام گیرد، گیاه گندم می تواند با سازوکارهای جبرانی کاهش نورساخت (فتوسنتز)، ناشی از تنش خشکی آخر فصل را جبران کند.

در گروه دوم از تیمارهای رطوبتی یعنی گروه T9 ، گیاهان در مرحلهٔ قبل از گلدهی با شرایط محدودتر رطوبتی نسبت به گروه T7 رو به رو شدند. پس از آن همین گیاهان در مرحلهٔ پس از گلدهی همانند گروه اول در معرض سه رژیم رطوبتی ۹۰، ۱۱۰ و ۱۳۰ میلی-متر تبخیر تجمعی (به ترتیب معادل ۹/۳، ۸ و ۶/۷ درصد رطوبت خاک)، قرار گرفتند. در این حال نیز بین تیمارهای درون این گروه اختلاف معنی‌داری در میانگین عملکرد دانه مشاهده نشد. به بیان دیگر، افزایش فاصله های آبیاری از ۹۰ به ۱۱۰ و ۱۳۰ میلی مترتبخیر تجمعی در مرحلهٔ پس از گلدهی، کاهش معنی داری در عملکرد دانه به دنبال نداشت، که نتیجهٔ کاربردی و حائز اهمیت از لحاظ صرفه جویی در مصرف آب بود. مقایسه های درون این گروه نیز گویای مقاومت نسبی گندم در مرحلهٔ پر شدن دانه به کاهش رطوبت خاک، در دامنهٔ مورد بررسی در این آزمایش بود. به هرحال، میانگین عملکرد دانه این گروه، ۱۵ درصد در مقایسه با گروه T7 کاهش داشت. یعنی اینکه شرایط مطلوب رطوبت در مرحلهٔ قبل از گلدهی باعث بهبود رشد، نورساخت و افزایش توان منبع شده که ظرفیت تولید را بالا برده است.

عدم تفاوت معنی دار بین تیمارهای T99 با T119 و

www.SID.ir

Archive of SID

T1111با T1113 و T1113 با T1311، میزان سازگاری گندم به توزیع متفاوت رژیم رطوبتی در مرحله های مختلف رشد و انعطاف پذیری این گیاه زراعی را نشان داد. این نتایج نشان می دهد چنانچه گیاه گندم در مرحله ای از رشد با تنش خفیف خشکی روبه رو شود، در مرحله های بعدی می تواند آن را جبران کند. در گروه سوم و چهارم یعنی گروه‌های T11 و T13 قبل از گلدهی نیز میزان عملکرد دانه به ترتیب ۱۹ و ۲۷ درصد کاهش پیدا کرد که بیانگر محدودیت شدید رطوبت در دسترس گیاه در مرحله رشد قبل از گلدهی تحت این رژیم رطوبتی بود. علت کاهش معنی‌دار عملکرد در افزایش فواصل آبیاری (از ۷۰ به ۱۳۰میلی‌متر)، را می‌توان این‌گونه تفسیر نمود که در این مرحله، محدودیت رطوبت به حدی بوده که توانسته قدرت منبع و پتانسیل اندازه مخزن را تحت تأثیر قرار دهد، به‌گونه‌ای که مکانیسم‌های سازگاری همانند افزایش در میزان انتقال مجدد ماده خشک ذخیره‌ای نیز نتوانسته این کاهش عملکرد را جبران نماید. در مقابل، بین گروه های این دو تیمار نیز اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در واقع همانند نتایج قبل، در این گروه‌های تیماری نیز با افزایش فاصله آبیاری در مرحله پس از گلدهی از ۹۰ به ۱۱۰ و ۱۳۰میلی‌متر تبخیر تجمعی، کاهش معنی‌دار عملکرد دانه مشاهده نگردید (شکل۱. ب)، که مقاومت نسبی مرحله پر شدن دانه (پس از گلدهی)، به کاهش رطوبت خاک را تایید می کرد.

این امر نشان می‌دهد که چنانچه رشد رویشی در شرایط مطلوب انجام گیرد، گیاه گندم می‌تواند با سازوکارهای جبرانی که در اختیار دارد، کاهش فتوسنتز ناشی از تنش خشکی آخر فصل را جبران نماید. Papi *et al.* (2016) نیز در آزمایشی مشابه که بر روی سه رقم گندم زراعی (پیشتاز، سیوند و پارسی)، تحت ۹ سطح رطوبتی انجام شد، گزارش داد 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 دانه ایجاد نکرد، که علت این امر را به مقاومت نسبی مرحله زایشی در مقایسه با مرحله رویشی نسبت به کمبود آب نسبت داد.

ذخیره‌سازی و انتقال مجدد ماده خشک کل ساقه و میانگره‌های آن

ازآنجاکه وزن خشک ساقه پس از گرده‌افشانی می‌تواند به‌عنوان معیاری از قدرت ذخیره‌سازی ساقه در رژیم‌های مختلف رطوبتی و ارقام مختلف در نظر گرفته شود، وزن خشک ساقه ۱۶ روز پس از گرده افشانی (حداکثر تجمع ماده خشک)، و تفاضل آن با وزن خشک ساقه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک به ترتیب به‌عنوان توان ذخیره‌سازی و انتقال مجدد ماده خشک در نظر گرفته شد و مورد بررسی قرار گرفت (Blum, 1997; Ahmadi *et al*., 2004). نتایج تجزیه واریانس داده ها برای این صفات در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ۶- تجزیه واریانس صفت عملکرد دانه ارقام گندم تحت رژیم‌های مختلف رطوبتی.

Table 6- Analysis of variance (mean square), of the grain yield of wheat cultivars under different moisture regimes.

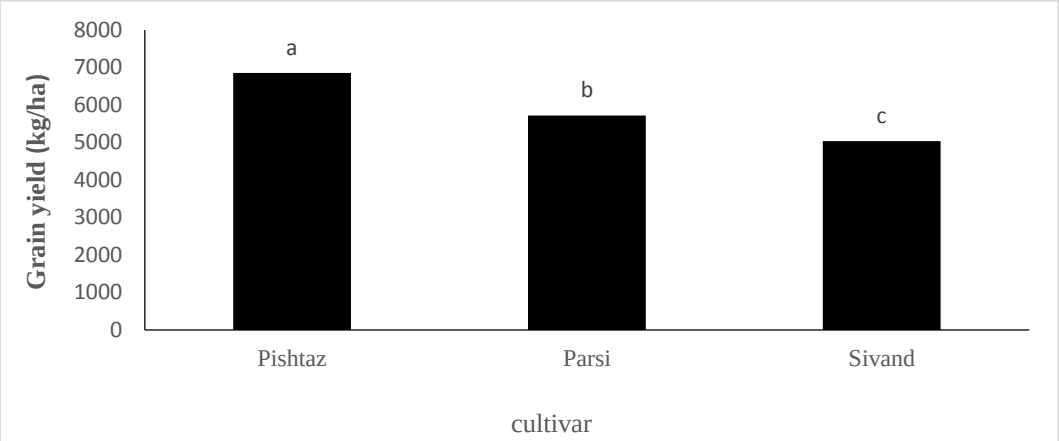
Sources of Changes	Df	Grain Yield
Rep	2	7612^{ns}
Cultivars	2	**30207295
Water regimes	11	**5106716
Cultivar × Water regimes	22	114468^{ns}
Total error	72	175493
CV%		7.13

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

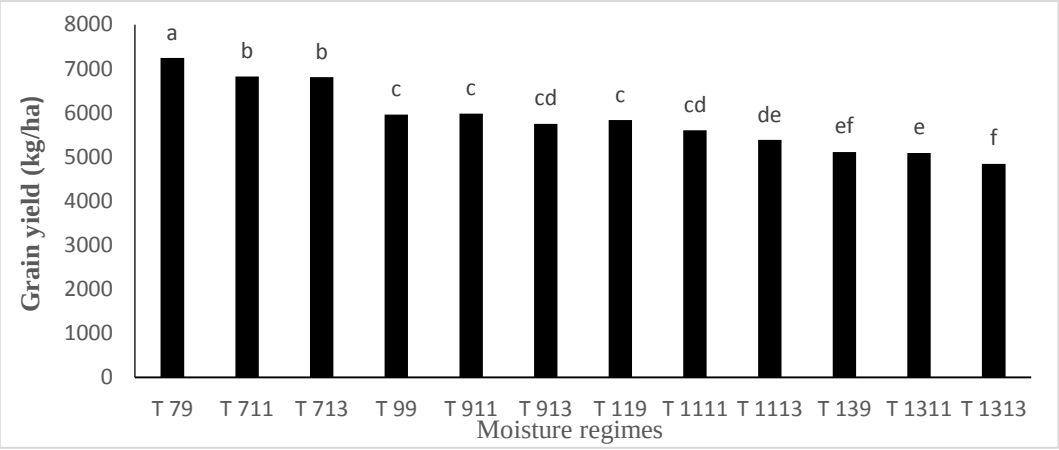
ns, * and ** non-significant, significant at 5 and 1% respectively

www.SID.ir

Archive of SID



(a)



(b)

شکل ۱- مقایسهٔ میانگین عملکرد دانه در ارقام گندم مورد بررسی (الف)، و رژیم های مختلف رطوبتی (ب). ستون های دارای حروف مشترک از نظر آماری(آزمون دانکن در سطح ۵٪)، تفاوت معنی داری ندارند. توصیف رژیم های رطوبتی در جدول ۳ آمده است.

Figure 1- Mean comparison of yield of wheat cultivars (a) and different moisture regimes (b). Columns of same letters statistically (Duncan at 5%), no significant difference. For the description of moisture regimes see table 3.

ذخیره‌سازی کل ساقه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، حاکی از عدم وجود اثر متقابل معنی‌دار بین رژیم رطوبتی اعمال‌شده و ارقام به‌کاررفته در این آزمایش ازنظر تجمع ماده خشک بود. در مقابل اثرات اصلی رقم و رژیم رطوبتی، هر دو در سطح یک درصد معنی‌دار بودند (جدول۷).

بطورکلی رقم پارسی با میانگین وزن ساقه ۱۰۴۶ (میلی‌گرم در ساقه)، دارای بیشترین میزان تجمع ماده خشک در ساقه بوده و ارقام سیوند و پیشتاز به ترتیب با میانگین وزن ساقه ۹۸۵ و ۹۶۳ (میلی‌گرم در ساقه) در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (شکل۲. الف). بر طبق تحقیقات، وزن‌خشک بیشتر ساقه در مرحلهٔ رویشی به منزلهٔ توان تثبیت بیشتر کربن (توان منبع بالاتر)، به شمار می رود. برخلاف ظرفیت بالای رقم پارسی در ذخیره‌سازی ماده خشک نسبت به دو رقم دیگر، میزان عملکرد دانه این رقم کمتر از رقم پیشتاز بود و ماده خشک کمتری را در ساقه خود ذخیره کرده بود. عدم رابطه این ذخیره‌سازی بالا با عملکرد دانه، یا دلالت بر محدودیت مخزن در رقم پارسی در استفاده از این ذخایر را دارد یا بیانگر آن است که کربن ذخیره‌شده قابلیت انتقال مجدد را نداشته که در این صورت فاقد ارزش بیولوژیک است و قابلیت انتقال مجدد را ندارد. علت اختلاف تجمع ماده خشک ساقه در بین ارقام را می‌توان به تفاوت در پتانسیل ذخیره‌سازی ارقام مختلف نسبت داد. Ruuska *et al.* (2006) تفاوت در

www.SID.ir

Archive of SID

عرضه کربن که خود وابسته به‌سرعت آسیمیلاسیون و تسهیم شیره پرورده است را یکی دیگر از عوامل ایجاد چنین تفاوتی برشمردند. آنها همچنین تفاوت‌های فنولوژیکی و مورفولوژیکی را نیز در این امر دخیل دانستند. درواقع ارقامی که میانگره های خود را به‌سرعت توسعه داده و وارد فاز زایشی می‌شوند، فرصت کافی برای تجمع مواد فتوسنتزی را خواهند داشت. بااین‌وجود رابطه عوامل ذکرشده با مقدار تجمع مواد فتوسنتزی ثابت نبوده و در بین ارقام متفاوت است. رژیم‌های رطوبتی اعمال‌شده نیز بر روی این صفت اثرات معنی‌داری را داشتند (جدول۶).

جدول۷- تجزیهٔ واریانس صفات ارزیابی شدهٔ ارقام مورد مطالعه گندم تحت تیمارهای رطوبتی.

Table 7 -Analysis of variance (mean square) of wheat cultivars traits studied under moisture treatments.

Sources of Changes	Df	Storage of Dry Matter of Internodes at Anthesis			Remobilization of Dry Matter of Internodes			Storage of Dry Matter of Stem at Anthesis	Remobilization of Dry Matter of Stem	Remobilization Efficiency of Dry Matter
		Peduncle	Penultimate	Lower Internodes	Lower Internodes	Penultimate	Peduncle			
Rep	2	0.05 ns	5.18 ns	28.84 ns	25.12 ns	9.01 ns	4.22 ns	51.16ns	53ns	0.81*
Cultivar (A)	2	**1430	**6012	**8942	**9112	**1615	*3515	43940**	**9793	347.49**
Water regime (B)	7	**4480	**1483	**8002	**547	**159	**522	36917**	**3382	203.26**
A* B	14	0.531 ns	1.05 ns	1.02ns	**44.12	*8.45	*47.68	3.43ns	*49.51	1.51**
Total Error	46	7.44	3.13	5.68	8.40	3.76	7.01	10.05	20.40	0.21
CV (%)		4.2	3.4	5.9	1.61	1.61	2.9	1.2	1.07	1.08

ns، *و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and ** non-significant, significant at 5 and 1% respectively

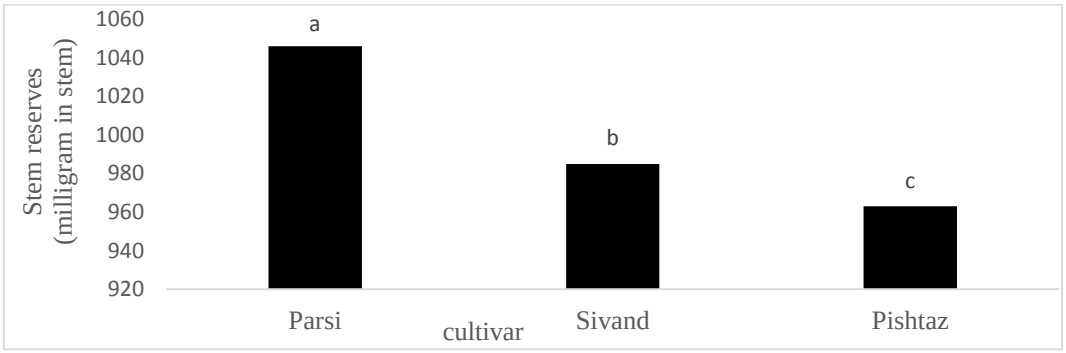
به‌گونه‌ای که در بین رژیم‌های مختلف رطوبتی، بیشترین میانگین ماده خشک تجمعی در تیمار رطوبتی T79 با میانگین ۱۰۷۰ میلی‌گرم در ساقه به دست آمد. شدیدترین تنش رطوبتی یعنی T1313این میزان را ۱۷ درصد کاهش داد و به میانگین وزنی ۸۸۵ میلی‌گرم در ساقه رسید (شکل۲. ب). همچنین در هر گروه تیماری قبل از گلدهی (T7، T9، T11 و T13)، با افزایش فاصله آبیاری از ۹۰ به ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی، میزان ذخیره‌سازی ماده خشک به‌تدریج کاهش یافت. علت بالا بودن ذخیره‌سازی در تیمار رطوبتی T79 را می‌توان به شرایط مطلوب در مرحله رشدی نسبت داد. چرا که در شرایط مطلوب فصل رشد، مقدار فتوسنتز جاری گیاه بالا بوده و مقداری از آن ذخیره می‌شود (Blum, 1997). درواقع ساقه محل اصلی ذخیره‌سازی کربن قبل از گرده‌افشانی است، لذا وزن خشک بیشتر ساقه، می‌تواند یک صفت مطلوب و مرتبط با مقاومت به تنش خشکی و یا شرایط کاهش منبع باشد (Giunta *et al*., 1995).

ذخیره‌سازی میانگره‌ها

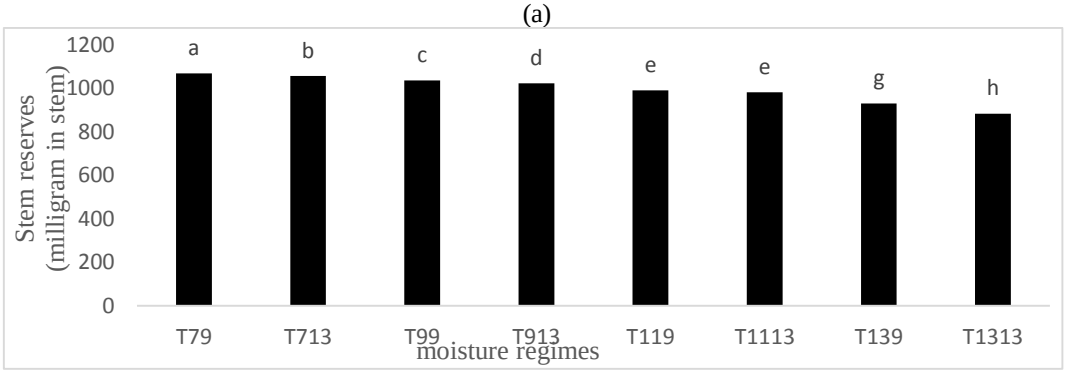
به سبب توان و نقش متفاوت قسمت‌های مختلف ساقه (میانگره‌ها)، در ذخیره‌سازی و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره‌ای به دانه (Ehdaie, 2006)، میزان ذخیره‌سازی ماده خشک به تفکیک میانگره های ساقه (دم گل آذین، ماقبل آخر و میانگره های زیرین)، نیز موردبررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس برای این صفت در جدول ۸ نشان داده‌شده است. تفاوت معناداری بین ارقام مورد آزمایش ازنظر وزن میانگره دم گل آذین در مرحله حداکثر ذخیره‌سازی در رژیم‌های مختلف رطوبتی وجود داشت. بیشترین میانگین وزن دم گل آذین در مرحله گرده‌افشانی با ۳۶۱ (میلی‌گرم درساقه) مربوط به رقم پارسی بود و رقم سیوند با ۳۵۲ و همچنین رقم پیشتاز با ۳۴۶ میلی‌گرم در ساقه در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (جدول۸).

www.SID.ir

Archive of SID



(a)



(b)

شکل ۲- مقایسهٔ میانگین ذخیره سازی در ارقام گندم (الف)، و رژیم های مختلف رطوبتی(ب.)ستون های دارای حروف مشترک از نظر آماری (آزمون دانکن ۵٪)، تفاوت معنی داری ندارند .توصیف رژیم های رطوبتی در جدول ۳ آمده است.

Figure 2- Mean comparison of stem reserves in wheat cultivars (a) and different moisture regimes (b). Columns of same letters statistically (Duncan at 5%), no significant difference. For the description of moisture regimes see table 3.

بین رژیم‌های رطوبتی اعمال‌شده نیز اثرات متفاوت معناداری در ماده خشک تجمعی در این میانگره وجود داشت (جدول ۸). بیشترین میزان ماده خشک تجمعی در رژیم رطوبتی T79 با مقدار ۳۸۲ میلی‌گرم در ساقه دیده شد که در شدیدترین سطح رطوبتی (T۱۳۱۳)، با ۱۶ درصد کاهش به ۳۲۰ میلی‌گرم در ساقه رسید. درواقع با افزایش فاصله آبیاری از T7 به T9، T11 و T13 در مرحله قبل از گلدهی، میزان ذخیره‌سازی در این میانگره کاهش معنی‌داری پیدا کرد و علت این امر نیز به دلیل تأثیرپذیری تجمع ماده خشک از شرایط تنش خشکی در مرحله پس از گرده‌افشانی بود که این به نوبه خود به دلیل کاهش فتوسنتز در شرایط تنش بوده است. در همین رابطه Ruuska *et al.* (2008) گزارش دادند که میزان تجمع ماده خشک در ساقه گندم به‌شدت وابسته به شرایط محیطی رشد قبل از گرده‌افشانی است و متوسط محتوای ذخایر کربوهیدرات در شرایط آب و هوایی متفاوت به‌ویژه در ارتباط با دسترس بودن آب بسیار متغیر است. در میانگره ماقبل آخر نیز بیشترین میانگین وزنی در مرحله گرده‌افشانی با ۲۶۱ (میلی‌گرم در ساقه) مربوط به رقم پارسی بود و رقم سیوند با ۲۳۷ و رقم پیشتاز با ۲۳۱ (میلی‌گرم در ساقه) در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (جدول ۸). میزان ماده خشک تجمعی در رژیم رطوبتی T79 برابر با ۲۸۵ (میلی‌گرم در ساقه بود) که با افزایش فاصله آبیاری از T7 به T9، T11 و T13 میزان ذخیره‌سازی در این میانگره به‌تدریج کاهش‌یافته به‌گونه‌ای که در رژیم رطوبتی (T۱۳۱۳) با ۲۸ درصد کاهش به ۲۲۳ (میلی‌گرم در ساقه) رسید (جدول۷. ب). در میانگره های زیرین نیز بیشترین میانگین وزنی در مرحله گرده‌افشانی، با ۴۲۳میلی‌گرم مربوط به رقم پارسی بود و رقم سیوند با ۳۹۵ و رقم پیشتاز با ۳۶۵ میلی‌گرم در ساقه در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (جدول۸).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۸- مقایسهٔ میانگین ذخیره‌سازی ماده خشک در میانگره‌های ساقه ارقام گندم و رژیم های مختلف رطوبتی. توصیف رژیم‌های رطوبتی در جدول ۴ آمده است.

Table 8- Mean comparison of dry matter storage of wheat cultivars internode and different moisture regimes. For the description of moisture regimes see Table 4.

		Peduncle		Penultimate		Lower internodes	
		Internode length (cm)	Dry weight (mg / stem)	Internode length (cm)	Dry weight (mg/stem)	Internode length (cm)	Dry weight (mg/stem)
Moisture Regimes	T79	31.13a	382a	16.83a	285a	28.35ab	431a
	T713	30.75a	375b	16.56ab	254b	29.21a	429a
	T99	26.72c	364c	16.44ab	254b	27.33bc	419b
	T913	30.43a	361d	16.27b	248c	27.73ab	416c
	T119	28.72b	351e	16.18b	243d	27.22bc	398d
	T1113	28.61b	347f	15.63c	240e	26.72bcd	395e
	T139	26.82c	324g	15.44c	227f	25.97cd	370f
	T1313	26.61c	324g	15.33c	223g	25.24d	342g
Wheat Cultivars	Parsi	31.12a	361a	16.25a	261a	27.02a	423a
	Pishtaz	29.72b	346c	16.19a	231b	27.32a	385c
	Sivand	26.72c	352b	15.81b	237c	27.32a	395b

ستون‌های دارای حروف مشترک ازنظر آماری (آزمون دانکن)، تفاوت معنی‌داری ندارند

Columns of same letters statistically (Duncan at 5%), no significant difference

وجود اختلاف در قدرت ذخیره‌سازی ماده خشک تجمعی، نشان از تنوع و پتانسیل متفاوت قدرت منبع در این ارقام داشت، که این نتیجه با گزارش Papi *et al.* (2016) همخوانی داشت. این محقق، در بررسی توان ذخیره‌سازی و انتقال مجدد سه رقم گندم زراعی (پیشتاز، سیوند و پارسی)، گزارش داد که رقم پارسی نسبت به دو رقم دیگر تحت رژیم‌های مختلف رطوبتی میزان ذخیره‌سازی ماده خشک بیشتری را نشان داد. رژیم‌های رطوبتی همانند دو میانگره قبل، میزان ذخیره‌سازی میانگره های زیرین را به‌طور معنی‌داری کاهش داد، به‌گونه‌ای که بیشترین میزان ماده خشک تجمعی در رژیم رطوبتی T۷۹ با مقدار ۴۳۱ (میلی‌گرم در ساقه) دیده شد و در شدیدترین سطح رطوبتی (T۱۳۱۳) با ۲۰ درصد کاهش به ۳۴۲ (میلی‌گرم در ساقه) رسید (جدول ۸). درواقع در هر گروه تیمار رطوبتی قبل از گلدهی با افزایش فاصله آبیاری، میزان تجمع ماده خشک به‌طور معنی کاهش نشان داد. نکته حائز اهمیت در این بررسی، نقش بسیار مهم میانگره‌های زیرین در میزان ماده خشک تجمع یافته است. در بین میانگره‌های مختلف در ارقام و سطوح رطوبتی موردمطالعه، میانگره‌های زیرین دارای بیشترین وزن خشک بودند که نشان‌دهنده نقش مهم این میانگره‌ها در ذخیره‌سازی ماده خشک در ساقه بود. در همین راستا، Judi (2009) در بررسی بر روی ۸۱ ژنوتیپ گندم زراعی تحت شرایط فاریاب و تنش خشکی، گزارش داد که میانگره های زیرین با متوسط ۴۸۱ (میلی‌گرم در گرم)، دارای بیشترین میزان ماده خشک ذخیره‌ای بودند. این امر احتمالاً به دلیل رشد و توسعه این میانگره در شرایط مساعد محیطی ابتدای فصل رشد بود.

انتقال مجدد

انتقال مجدد کل ساقه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، بیانگر وجود اثر متقابل معنی‌دار بین ارقام به‌کاررفته در این آزمایش و سطوح رطوبتی اعمال‌شده ازنظر انتقال مجدد کل ساقه که از مجموع انتقال مجدد سه میانگره آن به دست آمده بود، بودند (جدول۹). بیشترین میزان انتقال ماده خشک در رقم پیشتاز تحت تیمار رطوبتی T۱۳۱۳، با میانگین

www.SID.ir

Archive of SID

وزنی ۴۷۶ (میلی‌گرم در ساقه) و کمترین مقدار این صفت در رقم پارسی تحت تیمار رطوبتی T۷۹ با میانگین وزنی ۳۷۴ (میلی‌گرم درساقه) اتفاق افتاد (جدول ۹). علت این امر را می‌توان به پتانسیل بالای رقم پیشتاز در تخصیص و تبدیل بیشتر مواد فتوسنتزی تولیدی به کربوهیدرات‌های محلول نسبت داد که این ترکیبات محلول توانایی انتقال به دانه را داشتند، ولی بالعکس ارقام پارسی و سیوند که میزان ذخیره‌سازی ماده خشک بیشتری نسبت به رقم پیشتاز نشان دادند، بیشتر مواد پروردهٔ تولیدی را به سمت کربوهیدرات‌های ساختاری برده که این ترکیبات فاقد ارزش بیولوژیکی بودند (Papi *etal*., 2016). درواقع تأثیرپذیری ارقام از سطوح رطوبتی و افزایش میزان انتقال مجدد ماده خشک ذخیره‌شده در ساقه تحت سطوح بالاتر تنش خشکی، نشان‌دهندهٔ تحریک این فرآیند سازگاری بوده، که بسته به رقم واکنش متفاوتی را نشان داده است. علت افزایش انتقال مجدد در تیمار رطوبتی T۱۳۱۳ را می‌توان به کاهش سرعت فتوسنتز گیاه و کاهش مواد پرورده صادرشده از اندام‌های فتوسنتز کننده به دانه‌های در حال رشد نسبت داد، که ارقام از این نظر تفاوت‌های معنی‌داری را نشان دادند. همچنین در هر گروه تیمار رطوبتی اعمال‌شده در مرحله قبل از گلدهی (T7، T9، T11 وT13)، با افزایش فاصله آبیاری از ۹۰ به ۱۳۰ میلی‌متر تبخیرتجمعی در مرحله پس از گلدهی، میزان انتقال مجدد ماده‌خشک ذخیره‌شده در ساقه ارقام افزایش معنی‌داری را نشان داد (جدول ۹)، که این امر می‌تواند دلیل عدم کاهش معنی‌دار عملکرد دانه ارقام با افزایش فاصله آبیاری از ۹۰ به ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی در مرحله پس از گلدهی باشد. افزایش انتقال مجدد ماده خشک در رقم پیشتاز نسبت به دو رقم دیگر تحت سطوح بالاتر تنش خشکی، احتمالاً به این دلیل بوده که این تغییر (افزایش دور آبیاری)، مانند یک پیام برای انتقال مجدد ترکیبات ذخیره‌ای ساقه به دانه‌های در حال رشد عمل کرده است. نکته‌ای دیگر که باید به آن توجه کرد این بوده که رابطه ساده بین ذخیره‌سازی و انتقال مجدد در میان تحقیقات انجام‌شده در این خصوص دیده نمی‌شود. این امر بیانگر این نکته است که الزاماً توانایی بالای ارقام در ذخیره‌سازی کربن نمی‌تواند به‌منزله توان بالای رقم در انتقال این مواد به دانه باشد، چراکه ممکن است بخش اعظمی از این ماده خشک ذخیره‌ای به‌صورت ذخایر ساختاری درآمده و قابلیت انتقال نداشته باشند (Papi, 2016).

انتقال مجدد میانگره‌ها

نتایج آزمایش نشان داد که بین سطوح مختلف رطوبتی و میزان انتقال مجدد ماده خشک میانگره های مختلف، اثر متقابل معنی‌داری وجود داشت (جدول ۶). در میانگره دم گل آذین بیشترین میزان انتقال مجدد ماده خشک مربوط به رقم پیشتاز و تحت سطح رطوبتی T۱۳۱۳ با میانگین ۱۶۶ (میلی‌گرم در ساقه) و کمترین میزان انتقال مجدد این میانگره در رقم سیوند با ۱۱۲ (میلی‌گرم در ساقه) بود (جدول ۹). نکته قابل‌توجه در این مبحث، بالا بودن میانگین وزنی انتقال مجدد رقم پیشتاز نسبت به دو رقم دیگر (پیشتاز و سیوند)، تحت سطوح مختلف رطوبتی به‌ویژه سطوح بالاتر میزان تبخیر تجمعی در مرحله پس از گلدهی بود. نکته دیگر که بسیار حائز اهمیت بوده، تأثیر افزایش فاصله آبیاری از ۹۰ به ۱۳۰میلی‌متر تبخیر در مرحله پس از گلدهی بر روی افزایش میزان انتقال مجدد از این میانگره است که میانگین وزنی ماده خشک انتقالی را ۱۵درصد افزایش داد (جدول ۸). درواقع حتی درون یک گروه تیماری قبل از گلدهی (T7، T9، T11وT13)، افزایش فاصله آبیاری از ۹۰ به ۱۳۰میلی‌متر تبخیر تجمعی توانسته فرآیند انتقال مجدد را تحریک کرده و میزان این صفت را نسبت به سطح پایین‌تر یک گروه تیماری افزایش معنی‌داری دهد. درمیانگره پنالتیمت، ترتیب رتبه‌بندی ارقام تحت سطوح مختلف رطوبتی ازنظر میزان انتقال مجدد ماده خشک میانگره ماقبل آخر با میانگره دم گل آذین، متفاوت بود. نتایج این قسمت نشان داد که رقم پارسی دارای بیشترین میزان انتقال مجدد از این میانگره تحت تیمار رطوبتی T1313 با میانگین وزنی ۱۳۴ (میلی‌گرم در ساقه) بوده که این میزان در رقم سیوند تحت تیمار شاهد (T79)، با میانگین ۱۰۶ میلی‌گرم در ساقه به کمترین مقدار خود رسید. این تفاوت در انتقال مجدد دو میانگره در مطالعات دیگر نظیر مطالعه ۱۱ رقم گندم توسط Ehdaie (2006) نیز اشاره شده است که نشان‌دهندهٔ این موضوع است که ذخیره‌سازی و انتقال

www.SID.ir

Archive of SID

مجدد مواد فتوسنتزی در میانگره ها فرآیندی مستقل از یکدیگر است. در میانگره‌های زیرین بیشترین میزان انتقال مجدد ماده خشک مربوط به رقم سیوند با میزان ۱۹۹ (میلی‌گرم در ساقه) تحت تیمارT1313 بوده که البته این مقدار با میزان ماده خشک انتقالی رقم پیشتاز تفاوت تحت همین تیمار رطوبتی، اختلاف معنی‌داری را نشان نداد و کمترین این میزان در رقم پارسی تحت تیمار شاهد (T79)، با میانگین وزنی ۱۳۷ (میلی گرم در ساقه) به دست آمد(جدول ۹).

جدول۹- مقایسهٔ میانگین انتقال مجدد ماده خشک در ساقه و میانگره‌های آن در ارقام گندم. توصیف رژیم‌های رطوبتی در جدول ۴ آمده است.

Table9- Mean comparison of Remobilization of dry matter in the stem and its internodes of wheat cultivars. For the description of moisture regimes see Table 4.

Whole stem								
Cultivar/Moisture Regimes	T79	T713	T99	T913	T119	T1113	T139	T1313
Parsi	374.3 l	387.6 k	374.6 l	394.6 jk	396.6 j	411.3 i	410.6 i	427.3 gh
Pishtaz	409 i	430.3 fg	410.3 i	436.3 ef	426 gh	453.6 c	444 d	476.3 a
Sivand	409 i	421.6 h	406 i	427 gh	420 h	438 ed	431.3 efg	461.6 b
Peduncle								
Cultivar/moisture regimes	T79	T713	T99	T913	T119	T1113	T139	T1313
Parsi	112.33m	116.66mkl	113.33ml	117.66kl	118kl	125ij	123.66j	131.33fg
Pishtaz	134.33fg	138.33def	133.33g	138.33def	139.3e	147.6c	152.33b	166a
Sivand	128.66hi	135efg	127.66hij	138.66def	128.33hi	140.66d	133.33g	145.33c
Penultimate								
Cultivar/moisture regimes	T79	T713	T99	T913	T119	T1113	T139	T1313
Parsi	124.66efg	126def	123fgh	126.66cde	127bcde	129bcd	129.33bc	134.33a
Pishtaz	112.66ij	119.33kl	115ghi	122hi	120.66i	127bcde	121.66ghi	130b
Sivand	106n	111m	106n	112ml	111m	112.66ml	113.66ml	117.33jk
Lower internodes								
Cultivar/moisture regimes	T79	T713	T99	T913	T119	T1113	T139	T1313
Parsi	137.33k	145j	138.33k	150.33i	151.66i	157.33h	157.667h	161.66h
Pishtaz	177fg	187.66cd	177fg	191bc	181ef	194b	185de	195.33ab
Sivand	172.66g	175.66g	172.33g	176.33fg	180.66ef	184.66de	184.33de	199a

در هر گروه تیمار رطوبتی (تیمارهای مرحله قبل از گلدهی)، با افزایش فاصله آبیاری از ۹۰ به ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی در مرحله پس از گلدهی، میزان انتقال ماده خشک ذخیره‌ای افزایش معنی‌داری پیدا کرد. علت این امر احتمالاً می‌تواند به دلیل کفایت میزان مواد پرورده تولیدی توسط فتوسنتز جاری در سطوح ۹۰ میلی‌متر در مرحله زایشی بوده باشد که در این صورت، نیاز به استفاده از ذخایر ماده خشک موجود در ساقه کم شده است، ولی در سطوح بالاتر تنش (۱۳۰میلی‌متر تبخیر تجمعی در مرحله پس از گلدهی) اعمال‌شده به دلیل کاهش میزان فتوسنتز جاری، مکانیسم انتقال مجدد گیاه در این شرایط تحریک شده است.

کارایی انتقال مجدد ماده خشک کل ساقه

کارایی انتقال مجدد ماده خشک ساقه که از برآورد میزان انتقال مجدد ماده خشک بر روی کل میزان ماده خشک تجمع یافته محاسبه می‌گردد به‌عنوان شاخصی مهم، سهم به سزایی در تعیین وزن نهایی دانه ایفا می‌کند (Ahmadi *et al.*, 2004). نتایج تجزیه واریانس صفات، بیانگر وجود اثرات متقابل معنی‌داری بین ارقام و رژیم‌های رطوبتی به‌کاررفته در این آزمایش، در سطح ۱ درصد بود (جدول۷). بطورکلی بیشترین میزان کارایی انتقال ماده خشک ساقه مربوط به رقم پیشتاز تحت تیمار رطوبتی T1313 بود که این میزان نسبت به تیمار شاهد همین رقم یعنی T79، ۴۲ درصد افزایش پیدا کرد. در مقابل کمترین

www.SID.ir

Archive of SID

میزان کارایی انتقال ماده‌خشک در رقم پارسی و تحت تیمار شاهد (T79)، با ۳۳/۴۷ درصد به دست آمد(جدول ۱۰).

جدول ۱۰- مقایسه میانگین کارایی انتقال مجدد ماده خشک کل ساقه در ارقام گندم. توصیف رژیم‌های رطوبتی در جدول ۴ آمده است.

Table10- Mean comparison of efficiency of dry matter remobilization of wheat cultivars'stem. For the description of moisture regimes see Table 4.

		Moisture Regime							
		T79	T713	T99	T913	T119	T1113	T139	T1313
Wheat Cultivars	Parsi	33.47 r	35.07 q	34.51 q	36.74 p	38.09 o	39.87 lm	41.99 j	45.72 f
	Pishtaz	39.41 nm	41.99 j	40.88 k	44.05 h	44.51 gh	47.87 d	49.49 c	55.99 a
	Sivand	38.70 no	40.28 lk	39.55 lm	42.13 j	42.93 i	45.16 fg	46.93 e	52.92 b

ستون‌های دارای حروف مشترک ازنظر آماری (آزمون دانکن ۵٪)، تفاوت معنی‌داری ندارند

Columns of same letters statistically (Duncan at 5%), no significant difference

کارایی پایین رقم پارسی در انتقال ماده‌خشک ذخیره‌ای در ساقه بیانگر تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی در این رقم به سمت ترکیباتی بوده که قابلیت انتقال مجدد را نخواهد داشت. نکته دیگر که حائز اهمیت بوده، افزایش میزان کارایی انتقال ماده خشک ساقه با افزایش فاصله آبیاری از ۹۰ به ۱۳۰ میلی‌متر در مرحله پس از گلدهی می‌باشد که البته پاسخ و واکنش ارقام از این نظر با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را داشت. Papakosta & Gagianas (1991) نیز اظهار داشته‌اند که کارایی انتقال ماده خشک به وزن خشک ساقه در گرده‌افشانی بستگی دارد، وزن خشک بیشتر ساقه در گرده‌افشانی به سهم بیشتر ماده خشک انتقال‌یافته از آن به دانه‌ها منتهی می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش میزان تبخیر از تشت تبخیر و افزایش فاصله آبیاری (از ۷۰ میلی‌متر به ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر) میزان ذخیره‌سازی ماده خشک ساقه در ارقام گندم مورد بررسی از ۱۰۷۰ (میلی‌گرم در ساقه) در تیمار شاهد (T79) به ۹۳۱ (میلی‌گرم در ساقه) در شدیدترین سطح محدودیت رطوبتی (T1313) کاهش یافت، در مقابل محدودیت رطوبتی منجر به افزایش میزان انتقال مجدد ماده خشک ساقه شد که این میزان در رقم پیشتاز بیشترین مقدار خود رسید (۴۷۶ میلی‌گرم در ساقه). بالا بودن میزان انتقال مجدد ماده خشک ساقه در رقم پیشتاز با بالا بودن میزان عملکرد دانه این رقم نسبت به ارقام پارسی و سیوند، همراه بود. به نظر می‌رسد که یکی از عوامل مهم موثر در متحمل بودن رقم پیشتاز نسبت به تنش خشکی، ظرفیت بالای این رقم در انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره‌ای در ساقه به سمت دانه‌ها می‌باشد که به عنوان یک سازوکار جبرانی می‌تواند در شرایط تنش خشکی و کاهش فتوسنتز جاری گیاه، از اهمیت به سزائی برخوردار باشد.

REFERENCES

1. Acevedo, E., Silva, P., & Silva, H. (2006). Growth and wheat physiology, development. *Laboratory of Soil-Plant-Water Relations. Faculty of Agronomy and Forestry Sciences. University of Chile. Casilla*, 1004.
2. Ahmadi, A., Sio-Se Mardeh, A., and Zali, a. (2004). Comparison ability to storage and remobilization assimilates and their contribution to the yield of the four wheat cultivars in optimum irrigation and drought. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 35(4), 921-931. (In Persian).
3. Blum, A. (1997). Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. In Wheat: Prospects for Global Improvement, *Springer Netherlands*, 135-141.
4. Ehdaie, B., Alloush, G. A., Madore, M. A., & Waines, J. G. (2006). Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat. *Crop Science*, 46(5), 2093-2103.

www.SID.ir

Archive of SID

5. Giunta, F., Motzo, R., & Deidda, M. (1995). Effects of drought on leaf area development, biomass production and nitrogen uptake of durum wheat grown in a Mediterranean environment. *Crop and Pasture Science*, 46(1), 99-111.
6. Iqbal, N., Masood, A., & Khan, N. A. (2012). Analyzing the significance of defoliation in growth, photosynthetic compensation, and source-sink relations. *Photosynthetica*, 50(2), 161-170.
7. Papakosta, D. K., & Gagianas, A. A. (1991). Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for Mediterranean wheat during grain filling. *Agronomy Journal*, *83*(5), 864-870.
8. Papi, M., Ahmadi, A., and 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), 377-391. (In Persian)
9. Plaut, Z., Butow, B. J., Blumenthal, C. S., & Wrigley, C. W. (2004). Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature. *Field Crops Research*, *86*(2-3), 185-198.
10. Rajaram, S., Braum H. J., Van Ginkel. M., & Tiger stedt P. M. A (1995). CIMMYT's approach to breed for drought tolerance. XIV EUCARPIA Congress on adaptation in plant breeding. Jyvaskyla. Finland. *Euphytica*. 92 (1- 2), 145– 153.
11. Ruuska, S. A., Lewis, D. C., Kennedy, G., Furbank, R. T., Jenkins, C. L., & Tabe, L. M. (2008). Large scale transcriptome analysis of the effects of nitrogen nutrition on accumulation of stem carbohydrate reserves in reproductive stage wheat. *Plant molecular biology*, 66(1-2), 15-32.
12. Ruuska, S. A., Rebetzke, G. J., van Herwaarden, A. F., Richards, R. A., Fettell, N. A., Tabe, L., & Jenkins, C. L. (2006). Genotypic variation in water-soluble carbohydrate accumulation in wheat. *Functional Plant Biology*, 33(9), 799-809.
13. Scofield, G. N., Ruuska, S. A., Aoki, N., Lewis, D. C., Tabe, L. M., & Jenkins, C. L. (2009). Starch storage in the stems of wheat plants: localization and temporal changes. *Annals of Botany*, 103(6), 859-868.
14. Xue, G. P., McIntyre, C. L., Rattey, A. R., van Herwaarden, A. F., & Shorter, R. (2009). Use of dry matter content as a rapid and low-cost estimate for ranking genotypic differences in water-soluble carbohydrate concentrations in the stem and leaf sheath of *Triticum aestivum*. *Crop and Pasture Science*, 60(1), 51-59.
15. Yang, J., & Zhang, J. (2006). Grain filling of cereals under soil drying. *New Phytologist*, 169(2), 223-236.

www.SID.ir