



## به‌زرعی کشاورزی

دوره ۱۹ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۶  
صفحه‌های ۷۱۷-۷۳۲

# بررسی محدودیت مخزن و توزیع مواد فتوسنتزی ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش خشکی آخر فصل رشد

سید جواد طالب‌زاده<sup>۱</sup>، هاشم هادی<sup>۲\*</sup>، رضا امیرنیا<sup>۳</sup>، مهدی تاجبخش شیشوان<sup>۴</sup> و محمد رضایی مرادعلی<sup>۵</sup>

۱. کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۲. ستادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۳. دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۴. استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۵. استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی، استان آذربایجان غربی، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۸/۱۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۱۴

### چکیده

به‌منظور ارزیابی الگوی توزیع مواد فتوسنتزی به دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش خشکی آخر فصل، یازده لاین امیدبخش گندم زمستانه به‌همراه ارقام 'اروم'، 'زارع'، 'میهن'، 'پیشگام' و 'زرین' در دو سطح آبیاری (آبیاری کامل و قطع آبیاری از مرحله گلدهی) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میان‌دوآب در دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ ارزیابی شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. نتایج نشان داد تنش کم‌آبی به‌صورت معناداری بر میزان انتقال مجدد، سهم انتقال مجدد و محدودیت منبع افزود و از مقدار وزن سنبله، وزن پدانکل، محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها، محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم، عملکرد دانه و شاخص برداشت کاست، به‌طوری که تنش کم‌آبی میزان انتقال مجدد را ۴۵/۴۵ درصد افزایش داد و سهم کل عملکرد دانه از انتقال مجدد از ۱۸/۳۰ درصد در شرایط بهینه به ۴۳/۳۳ درصد در شرایط تنش افزایش داد. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط بهینه رطوبتی دو ژنوتیپ زرین و میهن و در شرایط تنش انتهایی ژنوتیپ میهن بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد. در این مطالعه، در شرایط تنش کم‌آبی عملکرد دانه با میزان انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد همبستگی مثبت و معنادار نشان داد. می‌توان نتیجه گرفت ارقام و ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط از میزان انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد کافی در عملکرد برخوردارند، ارقام مناسبی برای کشت در شرایط بهینه، همچنین در مناطقی است که با تنش کم‌آبی انتهایی روبه‌رویند.

**کلیدواژه‌ها:** انتقال مجدد، برگ پرچم، شاخص برداشت، عملکرد دانه، کم‌آبی، همبستگی.

## ۱. مقدمه

در میان عوامل محدودکننده عملکرد در حالت طبیعی، کمبود آب مهم‌ترین عاملی است که به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان از جمله ایران، از راه‌های مختلف باعث محدودیت کاشت و کاهش عملکرد گیاهان زراعی می‌شود [۱]. در کشور، اغلب کشاورزان به دلیل نداشتن آب کافی یا عدم آبیاری کافی به لحاظ اختصاص آبیاری‌های آخر فصل به زراعت‌های تابستانه، نتیجه مطلوب از کشت ارقام پرتوقع به آبیاری به‌دست نمی‌آورند. در نتیجه، زراعت گندم دچار تنش خشکی آخر فصل می‌شود. بنابراین، دستیابی و معرفی ارقامی که بتوانند در هر دو شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی آخر فصل محصول بیشتر و مطمئن‌تری تولید کنند، اهمیت بسیار زیادی دارد [۱۵].

عملکرد دانه در گندم محصول پایانی فرایند تولید مواد پرورده و مسیرهای مصرفی آن است، به‌طوری که میزان عملکرد دانه به تعادل بین جذب و ساخت مواد آلی در منابع و مصرف مخازن وابسته است و ممکن است با یکی از آن دو، محدود شود. وزن دانه از سه منبع فتوسنتز جاری بعد از گرده‌افشانی، انتقال کربوهیدرات‌هایی که قبل از گرده‌افشانی در گیاه تولید و ذخیره شده و بعد از گرده‌افشانی به دانه منتقل می‌شود. این فرایند اصطلاحاً حرکت مجدد نامیده می‌شود و انتقال کربوهیدرات‌ها بعد از گرده‌افشانی و در دوره رشد بطنی دانه تأمین می‌شود، یعنی دوره‌ای که آسیمیلات‌های حاصل از فتوسنتز جاری گیاه به دلیل محدودیت پذیرش دانه‌های تازه تشکیل شده بیش از نیاز دانه‌هاست و بنابراین به‌صورت موقت در گیاه ذخیره می‌شود (این فرایند را اصطلاحاً انتقال مجدد می‌نامند). مجموع انتقال و حرکت مجدد، اصطلاحاً توزیع مجدد نامیده می‌شود [۱۶].

در گندم پس از فتوسنتز جاری کربوهیدرات‌های ذخیره‌شده در بخش‌های رویشی (از جمله ساقه) منبع تأمین‌کننده کربوهیدرات‌های مورد نیاز برای پرکردن دانه

است [۱۶] که جزء کربوهیدرات‌های غیرساختاری محسوب می‌شود و حدود ۲۵ تا ۴۰ درصد از کل وزن خشک ساقه را تشکیل می‌دهد [۲۰]. یکی از راهکارهای دستیابی به عملکرد بالا در ژنوتیپ‌های گندم تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به مخازن اقتصادی یا دانه‌هاست [۹]. در تحقیقی مشاهده شد، میزان قندهای محلول انتقال یافت و کارایی انتقال مجدد آن از میانگرمه ماقبل آخر در رقم متحمل به خشکی زاگرس از رقم حساس به تنش خشکی مرودشت بیشتر بود [۶].

در مطالعه اثر تنش خشکی بر انتقال مجدد ماده خشک و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان زمستانه گزارش شد بین ژنوتیپ‌های گندم از نظر انتقال مجدد ماده خشک به دانه تنوع قابل توجهی وجود دارد و تشدید تنش خشکی، سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در پرکردن دانه را تا ۲۳ درصد افزایش می‌دهد [۵]. در ارزیابی تأثیر تنش کم‌آبی و محدودیت منبع پس از گرده‌افشانی بر عملکرد دانه و انتقال مجدد ارقام گندم مشاهده شد تنش آبی پس از گرده‌افشانی عملکرد دانه را ۲۲/۲ درصد نسبت به شرایط شاهد کاهش داد و حذف منابع فتوسنتزی سبب کاهش عملکرد از طریق افت وزن دانه شد [۷].

با توجه به موارد ذکرشده، تحقیق حاضر به منظور ارزیابی ژنوتیپ‌های امیدبخش و ارقام گندم زمستانه از لحاظ صفات عملکردی و صفات مربوط به تخصیص مواد فتوسنتزی و بررسی محدودیت مخزن و توزیع مواد فتوسنتزی، همچنین تعیین نقش توزیع مجدد مواد فتوسنتزی در عملکرد نهایی دانه تحت شرایط بهینه و تنش خشکی آخر فصل رشد انجام شد.

## ۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میان‌دوآب برای مدت دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. ایستگاه تحقیقات کشاورزی

و از تمام تکرارها از سطح زمین بریده و در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شد. صفاتی نظیر وزن کل ماده خشک در زمان گلدهی، وزن سنبله در زمان گلدهی، وزن پدانکل، وزن دانه سنبله و تعداد دانه سنبله اندازه‌گیری شد. سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از رابطه (۱) محاسبه شد.

ماده خشک = سهم انتقال مجدد ماده خشک (درصد)  
(۱)  $100 \times (\text{عملکرد دانه/انتقال یافته})$

همچنین، نمونه‌هایی برداشت شد که در مرحله گلدهی دستکاری‌های فنوتیپی (برگ پرچم، برگ‌های زیر برگ پرچم یا سنبله آن‌ها حذف یا پوشانده شده بود) روی آنها انجام شده بود. از این نمونه‌ها برای تعیین روابط منبع و مخزن استفاده شود. میزان محدودیت منبع با استفاده از رابطه (۲) و (۳) محاسبه شد.

(۲)  $100 \times (1 - (\text{وزن دانه در سنبله‌های شاهد} / \text{وزن دانه در سنبله‌های حذف سنبله})) =$  محدودیت منبع  
برحسب درصد

(۳)  $100 \times (1 - (\text{وزن دانه در سنبله‌های حذف برگ پرچم} / \text{وزن دانه در سنبله‌های شاهد})) =$  محدودیت مخزن  
برحسب درصد

تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD محافظت‌شده در سطح احتمال ۱ درصد انجام شد. لازم به ذکر است که تجزیه واریانس مرکب پس از بررسی و تأیید برقراری فرض‌های تجزیه واریانس انجام شد (یعنی بهینه‌بودن توزیع خطاها، یکنواختی واریانس‌های درون تیماری و اثر افزایشی بلوک با تیمار که به ترتیب به کمک آزمون شاپیرو-ویلک، توزیع باقیمانده و آزمون غیرافزایشی توکی صورت گرفت).

شهرستان میاندوآب با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۶ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۸ دقیقه، در ارتفاع ۱۱۴۲ متر از سطح دریا قرار دارد. خاک محل آزمایش دارای بافت سیلتی بود (جدول ۱). خصوصیات و پارامترهای هواشناسی در جدول ۲ آمده است.

مواد آزمایشی شامل یازده لاین امیدبخش گندم زمستانه بود که مراحل آزمایش‌های مقایسه عملکرد مقدماتی سراسری (PRWYT-C88) و پیشرفته سراسری (ARWYT-C89) سال زراعی را گذرانده بودند. همچنین، ارقام 'اروم'، 'زارع'، 'میهن'، 'پیشگام' و 'زرین' را شامل می‌شد که در سه تکرار ارزیابی شد. هر ژنوتیپ در یک کرت با ابعاد  $6 \times 1/2 = 7/2$  مترمربع با حذف ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر کرت در مساحت برداشت ۳/۵ مترمربع (۶ ردیف با فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر) و با تراکم ۴۵۰ بذر در مترمربع کشت شد. آبیاری به صورت سطحی با استفاده از سیفون انجام گرفت.

قبل از شروع تیمار، تنش نمونه‌های خاک از عمق ۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متری کرت‌های آزمایشی تهیه و منحنی رطوبتی خاک تهیه شد. تنش خشکی بر اساس پتانسیل آبی خاک و از انتهای مرحله ساقه‌رفتن (مرحله ۴۰ شاخص زادوکس) شروع شد. از این مرحله رشد به بعد آبیاری تیمار شاهد در پنج مرحله صورت گرفت و تیمار تنش بر اساس پتانسیل آبی خاک در سه مرحله آبیاری شد. در مرحله گلدهی نمونه‌های گیاهی از مساحت ۰/۵ مترمربع از هر کرت برداشت شد. نمونه‌ها شامل ۱۵ ساقه کامل (حاوی تمام برگ‌ها و سنبله‌ها) بود که به‌طور تصادفی از هر کرت و از تمام تکرارها از سطح زمین بریده و در آون (دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت) خشک شد. صفاتی نظیر وزن کل ماده خشک در زمان گلدهی، وزن سنبله در زمان گلدهی و وزن پدانکل اندازه‌گیری شد.

در مرحله رسیدگی ۱۵ نمونه گیاهی شامل ساقه کامل (حاوی تمام برگ‌ها و سنبله‌ها) به‌طور تصادفی از هر کرت

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	Zn	Fe	K	P	نیترژن کل (%)	کربن آلی (%)	کربنات کلسیم (%T.N.V)	رطوبت اشباع	pH	EC (dS/m)
سیلت	۲۶	۵۸	۱۶	۰/۷۴	۶/۲۴	۲۵۰	۱۱/۲	۰/۱۲	۰/۸۳	۱۱/۴	۳۳	۸/۰	۰/۸۱

جدول ۲. آمار هواشناسی محل اجرای آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۲

ماه‌های سال	رطوبت نسبی (درصد)			دما (سانتی‌گراد)			مجموع تبخیر (میلی‌متر)	مجموع بارندگی (میلی‌متر)
	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر		
مهر	۱۷	۲/۶	۳۱/۴	۵۹	۳۱	۸۷	۹۹/۵	۲۰/۹
آبان	۹/۳	-۳/۴	۲۲	۷۴	۵۶	۹۲	۴۳	۸۶/۲
آذر	۲/۲	-۱۱/۲	۱۵/۶	۶۳	۳۸	۸۸	۰	۰/۳
دی	-۰/۱	-۱۲/۲	۱۲	۶۱	۳۶	۸۵	۰	۲/۶
بهمن	۲/۵	-۱۰/۲	۱۵/۲	۶۴	۳۷	۹۱	۰	۱۳/۷
اسفند	۹/۱	-۵	۲۳	۵۷	۳۲	۸۲	۰	۲۰/۴
فروردین	۱۴/۲	۶/۳	۲۲/۱	۴۴	۲۱	۶۷	۱۱۲/۹	۲/۲
اردیبهشت	۱۷	۲/۲	۳۱/۸	۴۵	۲۳	۶۷	۱۹۰	۹/۲
خرداد	۲۰	۷/۰	۳۳	۴۲	۲۰	۶۴	۲۸۳	۲
تیر	۲۴/۶	۱۱/۶	۳۷/۶	۴۵	۲۰	۷۰	۲۷۶/۱	۴/۲
مرداد	۲۳/۴	۱۰	۳۶/۸	۴۷	۲۳	۷۱	۲۷۱	۰
شهریور	۲۱	۸/۲	۳۳/۸	۵۲	۲۵	۷۸	۲۱۲/۶	۵/۶

### ۳. نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه مرکب داده‌ها بین دو سال از لحاظ تمامی صفات مورد بررسی اختلاف معناداری دیده شد. اثر سطوح آبیاری نیز بر تمامی صفات مورد بررسی به غیر از وزن ساقه معنادار بود. اثر متقابل سال در سطوح آبیاری نیز تنها بر سهم انتقال مجدد معنادار بود. بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، همچنین اثر متقابل ژنوتیپ در سطوح آبیاری از لحاظ اثر بر تمامی صفات اختلاف معناداری وجود داشت (جدول ۳).

### ۱.۳. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها

وزن ساقه. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در شرایط بهینه رطوبتی از نظر وزن ساقه نشان داد ژنوتیپ زرین با متوسط ۴/۰۴ گرم بالاترین وزن ساقه و ژنوتیپ ۹ با متوسط ۲/۰۹ گرم کمترین وزن ساقه را به خود اختصاص داد. در شرایط تنش کم‌آبی ژنوتیپ ۹ و رقم 'زراع' به ترتیب با متوسط ۳/۴۳ و ۳/۰۶ گرم بالاترین و ژنوتیپ ۷ و رقم 'زرین' به ترتیب با متوسط ۲/۳۳ و ۲/۳۵ گرم کمترین وزن ساقه را به خود اختصاص داد (جدول ۵).

بررسی محدودیت مخزن و توزیع مواد فتوسنتزی ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش خشکی آخر فصل رشد

جدول ۳. تجزیه واریانس مرکب اثر ژنوتیپ‌های مختلف گندم در دو سال و دو شرایط بهینه رطوبتی و تنش کم آبی بر صفات مورد بررسی

شاخص	صلکرد	محدودیت مخزن		محدودیت انتقال		میزان انتقال		وزن	وزن	وزن	درجه آزادی	منابع تغییر
		محدودیت مخزن	محدودیت انتقال	محدودیت مخزن	محدودیت انتقال	مجمد	سنبله					
۱۹۶۳/۵۰۰	۱۹۵۴۹۵۹۷**	۱۲۸/۵۴*	۹۷/۶۸*	۱۴۶/۷۰**	۵۷۸/۰۰۰	۰/۴۱۰۰	۱/۳۶۰۰	۰/۷۸۰۰۰	۴/۵۶۰۰	۱	سال	
۷/۱۰	۱۵۲۰۹۲۷	۱۸/۹۴	۹/۸۷	۱۱/۵۴	۶۵/۹	۰/۰۲	۰/۱۰	۰/۰۰۶	۰/۰۹	۴	تکرار (سال)	
۹۷۱۸/۵۲۰۰	۶۱۴۶۰۸۱۷**	۷۳/۵۶*	۴۸۵/۱۱**	۱۳۵۴/۲۹**	۳۳۵۰/۱۰۰	۴/۲۲۰۰	۲۷/۵۶۰۰	۰/۰۶۰۰	۰/۳۳۰۰	۱	آبیاری	
۸۸۰/۲۰۰	۶۵۳۰۶۰۰	۲/۰۳۰۰	۴/۲۷۰۰	۱/۲۱۰۰	۶۸/۸۰	۰/۰۰۳۰۰	۰/۱۵۰۰	۰/۰۰۰۹۰۰	۰/۰۲۰۰	۱	سال × آبیاری	
۴۳/۶۰	۸۱۴۴۹۳/۴۲	۲۴/۹۲	۹/۰۷	۴۰/۲	۰/۵۷	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۴۳	۴	خطای ۲	
۱۸۴/۳۱۰۰	۳۱۴۹۷۳۰**	۴۰۵/۸۷**	۱۷۶/۳۸**	۶۳۱/۱۴**	۱۰۴۴۰۰	۰/۵۲۰۰	۰/۴۹۰۰	۰/۰۰۹۰۰	۰/۳۴۰۰	۱۵	ژنوتیپ	
۰/۸۲۰۰	۱۰۹۹۷۰۰	۱/۴۳۰۰	۰/۶۳۰۰	۱/۹۳۰۰	۰/۰۳۰۰	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۱۰۰	۱۵	سال × ژنوتیپ	
۳۳۰/۵۱۰۰	۱۳۴۵۴۰۰**	۵۷۰/۸۴**	۳۴۶/۸۶**	۲۸۵/۴۷**	۷۹/۴۰۰	۰/۰۸۰۰	۰/۰۸۱۰۰	۰/۰۳۲۰۰	۱/۴۴۰۰	۱۵	آبیاری × ژنوتیپ	
۱/۰۱	۴۷۶۲۰۰	۱/۹۷۰۰	۱/۲۰۰۰	۰/۸۰۰۰	۰/۰۲۰۰	۰/۰۰۰۴۰۰	۰/۰۰۰۳۰۰	۰/۰۰۰۱۰۰	۰/۰۰۵۰۰	۱۵	سال × آبیاری × ژنوتیپ	
۵۰/۸۸	۵۰۴۹۹۱	۱۳/۸۲	۵۷/۰۳	۱۰/۸۷	۱۳/۹	۰/۰۲۳	۰/۱۰	۰/۰۰۴	۰/۰۱۹	۱۲۰	خطای ۳	
۱۳/۱۱	۱۲/۸۸	۱۶/۱۶	۱۶/۴۲	۱۷/۲۲	۱۱/۸۹	۱۸/۶۶	۲۲/۴۳	۱۸/۱۵	۱۶/۴۹	-	ضریب تغییرات (درصد)	

ns و \*\* به ترتیب غیرمختار و مختار در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر شرایط بهینه رطوبتی و تنش کم آبی آخر فصل بر صفات مورد بررسی ارقام و ژنوتیپ‌های گندم در دو سال

شاخص برداشت (درصد)	عملکرد دانه (g/m <sup>2</sup> )	محدودیت مخزن		محدودیت انتقال		میزان انتقال		وزن سنبله (g)	وزن پدانکل (g)	وزن ساقه (g)	مجمد (g)
		با حذف سایر برگ‌ها	با حذف برگ پرچم	محدودیت مخزن	محدودیت انتقال	مجمد	سنبله				
۶۱/۵۴a	۶۰۸۱/۰a	۱۴/۸۳a	۱۳/۸۸a	۱۲/۸۰b	۱۸/۳۰b	۰/۶۶b	۱/۸۱a	۰/۳۷a	۲/۶۴a	بهینه	
۴۷/۳۱b	۴۹۴۹/۵b	۱۳/۵۵b	۱۰/۷۰b	۱۸/۱۱a	۴۲/۳۳a	۰/۹۶a	۱/۰۶b	۰/۳۳b	۲/۷۲a	تنش	

میانگین دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنادار در سطح احتمال ۵ درصد است.

جدول ۵. مقایسه میانگین ارقام و زوتیپ‌های گندم از لحاظ صفات مورد بررسی در دو سال و دو شرایط بیهیته و طوبیته و تنش کم آبی

شماره زوتیپ	وزن ساقه (g)		وزن پدانکل (g)		وزن سنبله (g)		میزان انتقال (g)		مجموعه (درصد)		شماره زوتیپ
	تنش کم آبی	بیهیته	تنش کم آبی	بیهیته	تنش کم آبی	بیهیته	تنش کم آبی	بیهیته	تنش کم آبی	بیهیته	
اروم	۲/۳۹def	۲/۱۱b	۰/۳۲d-g	۰/۳۵bcd	۰/۸۰fg	۲/۲۱b	۰/۹۴bcd	۲۲/۵۴a	۴۵/۰۹cde	۲۲/۳۹g	۲۲/۱۱b
زارع	۲/۰۶ab	۲/۴۶c-f	۰/۳۶def	۰/۳۳cd	۱/۴۴ab	۱/۵۴c	۰/۸۲cd	۱۸/۰۲def	۲۶/۲۷g	۱۸/۰۲def	۲/۰۶ab
میهن	۲/۶۶c-f	۲/۷۵b-e	۰/۳۶c-f	۰/۲۸def	۰/۸۳dg	۱/۸۶bc	۱/۰۵ab	۲۱/۷۵abc	۴۳/۶۷cde	۲۱/۷۵abc	۲/۶۶c-f
زرین	۲/۳۵ef	۲/۰۴a	۰/۲۷g	۰/۴۶a	۰/۹۱efg	۲/۷۰a	۰/۹۷abc	۱۳/۱۴g	۴۵/۵bcd	۱۳/۱۴g	۲/۳۵ef
پیشگام	۲/۸۴bcd	۲/۸۴bcd	۰/۴۰ab	۰/۴۰ab	۱/۸۹bcd	۲/۸۴a	۱/۱۲a	۱۸/۵۹b-f	۴۷/۵۲bc	۱۸/۵۹b-f	۲/۸۴bcd
ARWYTC-92-6	۲/۳۱def	۲/۳۱def	۰/۴۰c-f	۰/۴۰c-f	۱/۱۵cde	۱/۶۰c	۰/۹۷abc	۱۶/۳۸efg	۴۲/۵bcd	۱۶/۳۸efg	۲/۳۱def
ARWYTC-92-7	۲/۹۲bc	۲/۹۲bc	۰/۳۲fg	۰/۴۲a	۰/۸۷g	۱/۷۸bc	۰/۷۶d	۱۸/۷۵b-c	۴۲/۳۲def	۱۸/۷۵b-c	۲/۹۲bc
ARWYTC-92-8	۲/۵۳c-f	۲/۵۳c-f	۰/۳۲cde	۰/۳۲cde	۰/۸۹efg	۱/۷۱c	۰/۸۳cd	۱۶/۰۹efg	۳۸/۵۱fg	۱۶/۰۹efg	۲/۵۳c-f
ARWYTC-92-9	۲/۰۹f	۲/۰۹f	۰/۲۵f	۰/۲۵f	۱/۴۸a	۱/۴۹c	۱abc	۱۵/۳۹efg	۴۶/۵bcd	۱۵/۳۹efg	۲/۰۹f
ARWYTC-92-10	۲/۶۴b-f	۲/۶۴b-f	۰/۳۶c-f	۰/۳۶c-f	۰/۸۵fg	۱/۷۵c	۱/۱۲a	۲۱/۵۵ad	۵۱/۰۲ab	۲۱/۵۵ad	۲/۶۴b-f
ARWYTC-92-11	۲/۷۲b-c	۲/۷۲b-c	۰/۳۶cd	۰/۳۶cd	۰/۹۶c-g	۱/۶۹c	۰/۹۷abc	۲۱/۸۷abc	۵۲/۱۶a	۲۱/۸۷abc	۲/۷۲b-c
ARWYTC-92-12	۲/۲۵ef	۲/۲۵ef	۰/۳۴bcd	۰/۳۴bcd	۱/۵۶c-f	۱/۴۶c	۰/۸۷cd	۱۶/۰۱efg	۴۵/۹۰cd	۱۶/۰۱efg	۲/۲۵ef
ARWYTC-92-13	۲/۴۶c-f	۲/۴۶c-f	۰/۳۶cde	۰/۳۶cde	۱/۰۴c-g	۱/۵۶c	۰/۷۷abc	۲۲/۱۹ab	۳۷/۳۹g	۲۲/۱۹ab	۲/۴۶c-f
ARWYTC-92-14	۲/۴۰c-f	۲/۴۰c-f	۰/۳۱c-f	۰/۳۱c-f	۱/۲۲abc	۱/۵۶c	۰/۹۶abc	۱۷/۱۴ef	۴۰/۳۷efg	۱۷/۱۴ef	۲/۴۰c-f
ARWYTC-92-15	۲/۲۰ef	۲/۲۰ef	۰/۲۶ef	۰/۲۶ef	۱/۱۹bcd	۱/۴۶c	۱/۰۸ab	۱۵/۰۶fg	۴۴/۶۰cde	۱۵/۰۶fg	۲/۲۰ef
ARWYTC-92-16	۲/۶۴b-f	۲/۶۴b-f	۰/۳۳cd	۰/۳۳cd	۱/۰۶c-f	۱/۸۱c	۰/۹۶abc	۱۸/۳۰c-f	۴۵/۴۳cd	۱۸/۳۰c-f	۲/۶۴b-f

بررسی محدودیت مخزن و توزیع مواد فتوسنتزی زئوتیپ‌های گندم در شرایط تنش خشکی آخر فصل رشد

ادامه جدول ۵

شماره زئوتیپ	شاخص برداشت (درصد)		صمگ‌دانه ( $g/m^2$ )		محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها ( $g$ )		محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم ( $g$ )		محدودیت منبع ( $g$ )		شماره زئوتیپ
	تنش کم آبی	بهبه	تنش کم آبی	بهبه	تنش کم آبی	بهبه	تنش کم آبی	بهبه	تنش کم آبی	بهبه	
۴۴/۱۶cd	۶۱/۵۰cde	۶۱/۵۰cde	۴۴۸۸/۵۱۰j	۵۱۱۷/۸e	۱۱/۲۸c-f	۳۶/۲۰a	۱۰/۳۰de	۱۱/۵۵ef	۱۲/۶۲gh	۱۰/۸۱gh	۱۰/۸۱gh
۲۲d	۶۵/۶۶bcd	۶۵/۶۶bcd	۳۷۹۹/۴h	۵۸۹۹/۷cde	۲۸/۸۸b	۱۰/۲۲efg	۲۳/۸۸a	۸/۲۳fg	۱۹/۰۷e	۱۶/۶۹cd	۱۶/۶۹cd
۵۶/۶۶ab	۶۱/۳۳ab	۶۱/۳۳ab	۶۲۲۴/۵a	۷۳۵۰/۵ab	۸/۰۶gh	۸/۸۷fgh	۷/۳۳f	۲۹/۵۰b	۵/۹۷ij	۶/۷۰jk	۶/۷۰jk
۵۲/۵۰abc	۶۲/۳۳cde	۶۲/۳۳cde	۴۳۶۱/۷hi	۷۵۶۷/۸a	۵/۲۶h	۶/۹۰gh	۱۲/۷۰c	۵/۳۷g	۹/۱۲hij	۹/۶۲g	۹/۶۲g
۴۴cd	۶۸/۱۶bc	۶۸/۱۶bc	۵۷۰۸/۳b	۶۹۴۸/abc	۸/۳۰f	۸/۳۰gh	۱۲/۶۵cd	۸/۲۸fg	۹/۸۶ghi	۷/۳۵ijk	۷/۳۵ijk
۴۲/۶۶d	۵۷/۱۶ef	۵۷/۱۶ef	۴۸۵۸/۵def	۵۴۶۵/۶de	۱۴/۵۹c	۲۱/۹۶c	۲/۶۲i	۱۲/۹۱c	۱۴/۱۸fg	۱۸/۹۷bc	۱۸/۹۷bc
۴۵/۸۳cd	۵۹/۳۳de	۵۹/۳۳de	۴۵۴۹/ei	۵۶۹۸/۷de	۱۲/۶۵cd	۵/۹۷gh	۱۱/۸۹cd	۱۲/۳۳cde	۲۲/۶۵de	۱۰/۹۳eh	۱۰/۹۳eh
۴۵/۸۳cd	۶۰/۸۳cde	۶۰/۸۳cde	۴۱۳۴f	۵۲۷۱/۳de	۹/۶۸d-g	۵/۷۷gh	۱۰/۳۵de	۹/۸۹ef	۳۶/۹۸b	۳۲/۵۲a	۳۲/۵۲a
۵۹/۶۶a	۴۸/۳۳g	۴۸/۳۳g	۵۰۷۵/۸cd	۶۱۴۲/۲cde	۱۳/۱۲cd	۲۹/۴۷b	۸/۶۷cf	۳۴/۳۴a	۱۲/۱۸gh	۹/۷۰ghi	۹/۷۰ghi
۴۲/۱۶d	۶۰/۱۶de	۶۰/۱۶de	۵۲۰۴/۵cd	۵۳۸/۷de	۶/۱۱gh	۳۴/۳۰a	۱۶/۳۱b	۶/۲۴g	۲۴/۹۹d	۱۷/۶۲c	۱۷/۶۲c
۴۶/۱۶cd	۵۱/۵۰fg	۵۱/۵۰fg	۵۰۸۲/۵cd	۶۰۵۲/۵bde	۱۴/۶۰c	۱۴/۸۴d	۱۶/۰۸b	۱۴/۹۲c	۱۸/۲۳cf	۱۲/۳۵efg	۱۲/۳۵efg
۴۶/۳۳cd	۷۵/۸۳a	۷۵/۸۳a	۵۰۶۹/۵cd	۵۹۴۰/۳cde	۹/۸۰d-g	۵/۰۱h	۴/۹۲h	۱۰/۰۱ef	۲۳/۳۱a	۸/۰۱hij	۸/۰۱hij
۴۴/۱۶cd	۵۷/۵۰ef	۵۷/۵۰ef	۴۳۴۳bc	۵۹۸۰/۸cde	۱۴/۳۰c	۱۳/۴۲def	۱۱/۰۷cd	۱۴/۶۱cd	۳۰/۱۵c	۲۰/۸۵ab	۲۰/۸۵ab
۵۰/۵۰bcd	۶۱/۸۳cd	۶۱/۸۳cd	۴۸۴۵/۴d-g	۵۹۰۰cde	۳۳/۶۱a	۶/۸۱gh	۷/۰۹fg	۱۳/۴۳cd	۷/۵۵ij	۴/۹۸k	۴/۹۸k
۴۶/۵۰cd	۶۱/۱۶cde	۶۱/۱۶cde	۴۴۰۰/۸ghi	۶۲۹۲bcd	۱۴/۱۴c	۱۴/۳۴de	۵/۰۶gh	۱۴/۴۵cd	۵/۲۱j	۱۳/۸۳de	۱۳/۸۳de
۴۷/۵۰cd	۶۲/۱۶cde	۶۲/۱۶cde	۴۹۴۹/۷cde	۶۰۸۱/۲cde	۱۳/۵۹cd	۱۴/۸۳d	۱۰/۷۵de	۱۳/۸۸cd	۱۸/۱۱ef	۱۲/۸۰ef	۱۲/۸۰ef

میانگین دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ هستند.

متوسط  $1/06$  گرم از وزن سنبله بالاتری برخوردار بود (جدول ۴). کاهش وزن سنبله در اثر تنش خشکی در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است [۱۴، ۱۹].

براساس نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها، در شرایط بهینه رطوبتی دو رقم 'پیشگام' و 'زرین' به ترتیب با متوسط  $2/84$  و  $2/70$  گرم بالاترین وزن سنبله را نشان داد. کمترین وزن سنبله نیز به ژنوتیپ ۱۵ با متوسط  $1/46$  گرم اختصاص داشت. در شرایط تنش کم‌آبی ژنوتیپ ۹ با متوسط  $1/48$  گرم بالاترین و ژنوتیپ ۷ با متوسط  $0/77$  گرم کمترین وزن سنبله را به خود اختصاص داد (جدول ۵).

در تحقیق حاضر، هم‌بستگی بین وزن سنبله با وزن ساقه و وزن پدانکل در هر دو شرایط رطوبتی مثبت و معنادار بود (جدول ۶). به نظر می‌رسد که ارقام گندم با سنبله‌های بزرگ‌تر و طولی‌تر در مقایسه با انواع کوچک‌تر و کوتاه‌تر قدرت تسهیم مواد فتوسنتزی بیشتری در سنبلچه‌ها و دانه‌ها دارد. به دلیل ویژگی‌های خشکی‌پسندتر سنبله و ظرفیت بالای فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی، ژنوتیپ‌های با سنبله طولی‌تر عملکرد بالاتری دارند [۲۰].

**میزان انتقال مجدد.** در بررسی حاضر تنش کم‌آبی میزان انتقال مجدد را  $45/45$  درصد در مقایسه با شرایط بهینه افزایش داد (جدول ۴). هنگامی که ظرفیت فتوسنتزی گیاه بر اثر تنش رطوبتی یا گرمای بعد از گرده‌افشانی کاهش می‌یابد، پرشدن دانه به‌طور قابل‌توجهی وابسته به انتقال مجدد ذخایر ساقه است. در تحقیق مشابه مشاهده شد تیمار تنش قبل از گلدهی با  $63/3$  گرم بر مترمربع بیشترین انتقال مجدد را به‌همراه داشت [۲].

در شرایط بهینه، ژنوتیپ ۱۱ با متوسط  $0/92$  گرم بالاترین مقدار انتقال مجدد را به خود اختصاص داد. کمترین میزان انتقال مجدد متعلق به دو ژنوتیپ ۶ و ۱۴ به ترتیب با متوسط  $0/52$  و  $0/53$  گرم بود. در شرایط تنش کم‌آبی از نظر میزان انتقال مجدد ژنوتیپ‌ها در دو گروه

در ارقامی از گندم که در مرحله گرده‌افشانی حداکثر وزن خشک ساقه آن‌ها بیشتر است، توانایی ذخیره‌سازی مواد فتوسنتزی در شرایط مطلوب و اولیه رشد بالاتر است. بر همین اساس، در صورتی که مواد فتوسنتزی ذخیره‌شده با کارایی بیشتری به دانه منتقل شود مزیت محسوب می‌شود [۱۶]. در تحقیقی مشابه، ژنوتیپ توس در شرایط بهینه رطوبتی بالاترین و ژنوتیپ شهریار در شرایط تنش رطوبتی کمترین وزن ساقه را به خود اختصاص داد [۲].

**وزن پدانکل.** در تحقیق حاضر، تنش خشکی وزن پدانکل را در مقایسه با شرایط بهینه  $10/81$  درصد کاهش داد (جدول ۲). یکی از دلایل کاهش وزن پدانکل در شرایط تنش خشکی، وابسته‌شدن مخازن به ذخایر فتوآسمیلات‌های ذخیره‌شده در ساقه و تسریع انتقال آن‌ها به دانه‌هاست [۱۶]. در تحقیقی، تنش رطوبتی میانگین وزن خشک پدانکل را کاهش داد [۱].

در شرایط بهینه رقم 'زرین' و ژنوتیپ ۷ به ترتیب با متوسط  $0/46$  و  $0/42$  گرم بالاترین وزن پدانکل را به خود اختصاص داد. کمترین وزن پدانکل نیز به ژنوتیپ ۹ با متوسط  $0/25$  گرم اختصاص داشت. در شرایط تنش کم‌آبی ژنوتیپ ۹ با متوسط  $0/52$  گرم بالاترین وزن و رقم 'زرین' با متوسط  $0/27$  گرم کمترین وزن پدانکل را نشان داد (جدول ۵).

در مطالعه‌ای گزارش شد وزن پدانکل در شرایط بهینه در رقم مرودشت به‌طور معناداری بیش از رقم زاگرس بود و اعمال تنش رطوبتی موجب کاهش معنادار وزن پدانکل در هر دو رقم شد [۶].

بر اساس نتایج جدول هم‌بستگی بین صفات، وزن پدانکل در هر دو شرایط با وزن ساقه هم‌بستگی مثبت و معناداری نشان داد (جدول ۶).

**وزن سنبله.** در تحقیق حاضر، در شرایط بهینه رطوبتی با متوسط  $1/81$  گرم در مقایسه با شرایط تنش کم‌آبی با



تقسیم‌بندی به عمل آمد. ژنوتیپ‌های ۱۰، پیش‌گام، ۱۵، میهن، ۹، ۱۳، ۴، ۶، ۱۴ و ۱۶ در گروه نخست قرار گرفت که از میزان انتقال مجدد بالاتری برخوردار بود. ژنوتیپ‌های ۷، ۸، ۱۲، ۱۱ و اروم در گروه دوم قرار گرفت که از میزان انتقال مجدد کمتری در مقایسه با گروه نخست برخوردار بود (جدول ۵). در ارقام مقاوم، انتقال مجدد قندهای محلول میان‌گره‌های پدانکل به‌خصوص در شرایط تنش رطوبتی بیشتر است [۱۹]. در تحقیقی، ارقام 'وریناک' و 'فلات' بیشترین انتقال مجدد مواد فتوسنتزی را داشت و رقم 'شعله' از کمترین مقدار انتقال مجدد برخوردار بود [۱۱].

در شرایط بهینه میزان انتقال مجدد تنها با وزن پدانکل هم‌بستگی مثبت و معناداری داشت. اما، در شرایط تنش کم‌آبی هم‌بستگی میزان انتقال مجدد علاوه بر طول پدانکل با وزن ساقه و وزن سنبله نیز مثبت و معنادار بود (جدول ۶).

**سهم انتقال مجدد.** در مطالعه اثر تنش کم‌آبی بر سهم انتقال مجدد از کل عملکرد دانه مشاهده شد در شرایط بدون تنش سهم کل عملکرد دانه از انتقال مجدد ۱۸/۳۰ و در شرایط تنش این سهم برابر ۴۳/۳۳ درصد بود (جدول ۴). در مجموع، میزان کارایی و سهم انتقال مجدد کربوهیدرات‌ها از ساقه گندم در شرایط نامساعد محیطی بیش از شرایط بدون تنش است که ممکن است ناشی از کاهش فتوسنتز جاری برگ‌ها به‌واسطه بسته‌شدن روزنه‌ها و کاهش تبادلات گازی باشد [۱۰].

در همین ارتباط، محققان در بررسی اثر تنش خشکی بر انتقال مجدد ماده خشک و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان زمستانه نشان دادند سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در عملکرد دانه گندم در شرایط عدم تنش ۱۱ درصد و با افزایش شدت تنش به ۲۳ درصد رسید [۵].

در شرایط بهینه رطوبتی، ژنوتیپ اروم با متوسط ۲۲/۵۴ درصد بالاترین مقدار سهم انتقال مجدد را به‌خود

اختصاص داد، هر چند بین رقم 'اروم' و ژنوتیپ‌های ۱۳، ۱۱، ۱۰ و رقم 'میهن' از نظر سهم انتقال مجدد اختلاف معناداری دیده نشد. رقم 'زرین' با متوسط ۱۳/۲۴ کمترین سهم انتقال مجدد را در شرایط بهینه نشان داد. در شرایط تنش رطوبتی، دو ژنوتیپ ۱۱ و ۱۰ به‌ترتیب با متوسط ۵۴/۱۶ و ۵۱/۰۳ بیشترین سهم انتقال مجدد را نشان داد (جدول ۵). کمترین مقدار صفت مذکور نیز در دو ژنوتیپ زارع و ۱۳ به‌ترتیب با متوسط ۳۶/۲۷ و ۳۷/۳۹ درصد دیده شد. در تحقیقی، مشاهده شد رقم 'DN-11' با داشتن میزان انتقال مجدد بالاتر نسبت به ارقام 'مرودشت' و 'سیوند' سهم بیشتری در پرکردن دانه داشت [۵]. همچنین، محققان گزارش کردند در شرایط عدم تنش، رقم 'زارع' بیشترین رقم 'شهریار' کمترین سهم انتقال را داشت [۵].

بر اساس نتایج جدول همبستگی بین صفات (جدول ۶)، سهم انتقال مجدد در هر دو شرایط رطوبتی با میزان انتقال مجدد هم‌بستگی مثبت و معناداری نشان داد. وجود چنین رابطه‌ای بیانگر آن است که با افزایش مقدار انتقال مجدد فتوآسمیلات‌ها بر مقدار سهم آن‌ها در عملکرد نهایی افزوده می‌شود.

**محدودیت منبع.** بر اساس نتایج مطالعه حاضر، تنش خشکی انتهای فصل محدودیت منبع را در مقایسه با شرایط بهینه ۴۱/۴۸ درصد افزایش داد (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها از لحاظ میزان محدودیت منبع حاکی از آن بود که در شرایط بهینه، دو ژنوتیپ ۸ و ۱۳ به‌ترتیب با متوسط ۲۳/۵۳ و ۲۰/۸۵ درصد بالاترین محدودیت منبع و ژنوتیپ ۱۴ و ارقام 'میهن' و 'پیشگام' به‌ترتیب با متوسط ۴/۹۸ و ۶/۷۰ کمترین محدودیت منبع را به خود اختصاص داد. در شرایط تنش کم‌آبی دو ژنوتیپ ۱۲ و ۱۵ به‌ترتیب با متوسط ۴۳/۳۱ و ۵/۲۱ درصد بالاترین و پایین‌ترین محدودیت منبع را نشان داد (جدول ۵). با توجه به نقش منابع در پرکردن مخازن

دانه‌ها)، ارقامی که در شرایط بهینه و تنش محدودیت منابع کمتری داشتند پتانسیل ژنتیکی عملکرد دانه بالایی دارند [۱۷].

نتایج جدول ضرایب همبستگی بین صفات (جدول ۶) حاکی از آن بود که در شرایط بهینه رطوبتی و تنش کم‌آبی، محدودیت منبع با میزان انتقال مجدد همبستگی منفی و معناداری نشان داد. همچنین، همبستگی محدودیت منبع در شرایط تنش کم‌آبی با وزن سنبله منفی و معنادار بود. با توجه به اینکه در شرایط تنش کم‌آبی سهم عمده‌ای از وزن دانه بر عهده ذخایر فتوسنتزی ذخیره‌شده در ساقه است، محدودیت منابع مقدار انتقال این مواد را کاهش خواهد داد.

**محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم.** در بررسی حاضر، تنش خشکی از محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم کاست (جدول ۴). کاهش قدرت منبع از طریق حذف برگ‌ها به بهره‌برداری بیشتر گیاه از مواد ذخیره‌ای در ساقه انجامید [۱۸].

مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در شرایط بهینه رطوبتی نشان داد ژنوتیپ ۹ با متوسط ۳۴/۳۴ درصد بالاترین و رقم 'زرین' و ژنوتیپ ۱۰ به ترتیب با متوسط ۵/۳۷ و ۶/۲۴ درصد کمترین محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم را به خود اختصاص داد. در شرایط تنش کم‌آبی بیشترین کمترین محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم به ترتیب با متوسط ۲۳/۸۸ و ۲/۶۴ درصد به رقم 'زارع' و ژنوتیپ ۶ اختصاص داشت (جدول ۵).

به نظر می‌رسد ژنوتیپ‌هایی که از محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم از مخازن دیگر مانند فتوسنتز دیگر برگ‌ها، فتوسنتز ساقه‌ها، همچنین ریشک و سنبله استفاده می‌کنند نقش فقدان برگ پرچم را تعدیل می‌کنند. از آنجا که عملکرد دانه همبستگی بالایی با فتوسنتز برگ پرچم دارد، در شرایط تنش‌های محیطی، حفظ فتوسنتز برگ پرچم باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود. بر اساس تحقیقات

روی سه ژنوتیپ برنج مشاهده شد که سهم برگ پرچم در اندوخته دانه به‌طور متوسط ۲۲/۶ درصد بوده است [۳].

در شرایط بهینه رطوبتی، همبستگی بین محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم با وزن ساقه و وزن پدانکل منفی و معنادار بود. وجود چنین رابطه‌ای احتمالاً به این دلیل است که با حذف برگ پرچم بر مقدار انتقال مجدد مواد ذخیره‌شده در ساقه و پدانکل افزوده و از وزن این دو اندام کاسته می‌شود (جدول ۶).

**محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها.** همانند محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم، تنش خشکی از مقدار محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها کاست (جدول ۴).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در مجموع دو سال، در شرایط بهینه رطوبتی رقم 'اروم' و ژنوتیپ ۱۰ به ترتیب با متوسط ۳۶/۲۰ و ۳۴/۳۰ درصد بالاترین محدودیت و ژنوتیپ ۱۲ با متوسط ۵/۰۱ درصد کمترین مقدار صفت مذکور را نشان داد. در شرایط تنش کم‌آبی بالاترین محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها با متوسط ۳۳/۶۱ درصد به ژنوتیپ ۱۴ و کمترین مقدار به رقم 'زرین' با متوسط ۵/۲۶ درصد اختصاص داشت (جدول ۵). در ارزیابی محدودیت مخزن و سهم نسبی اندام‌های فتوسنتزکننده گندم در انباشت ماده خشک در دانه مشاهده شد در هیچ یک از ارقام محدودیت مخزن وجود ندارد و لاین کراس سیمیت و رقم 'ستار' نسبت به سایر ارقام از محدودیت منبع بیشتری برخوردار بود، در حالی که رقم 'چمران' محدودیت منبع کمتری داشت [۸].

نتایج جدول همبستگی بین صفات نشان داد محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها در شرایط بهینه با سهم انتقال مجدد همبستگی مثبت و معناداری دارد. در شرایط تنش، بین محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها و وزن ساقه و وزن سنبله همبستگی مثبت و معنادار مشاهده شد (جدول ۶). با

ارقام '۱۵'، '۷'، 'زرین' و 'اروم' از لحاظ آماری اختلاف معناداری دیده نشد.

با توجه به نتایج مطالعه حاضر، در مجموع دو سال عملکرد دانه در ارقام 'زرین'، 'میهن' و 'پیشگام' به صورت معناداری از لاین‌های امیدبخش در شرایط بهینه بالاتر بود. همچنین، در شرایط تنش کم‌آبی نیز رقم 'میهن' به صورت معناداری از عملکرد دانه بالاتری در مقایسه با دیگر ارقام و لاین‌های امیدبخش برخوردار بود (جدول ۵). می‌توان اظهار داشت که ارقام 'زرین' و 'میهن' به دلیل کشت چند ساله در منطقه تطابق‌پذیری خوبی با شرایط آب‌وهوایی منطقه پیدا کرد. همچنین، در بررسی حاضر عملکرد رقم 'زرین' به صورت قابل توجهی در شرایط تنش کم‌آبی افت کرد. رقم 'زرین' جزء ارقام حساس به تنش خشکی است [۲۱]. بنابراین، کاشت این رقم در مقایسه با سایر ارقام در صورتی که احتمال وقوع تنش کم‌آبی پس از گرده‌افشانی وجود داشته باشد با ریسک بالایی همراه است و بهتر است ارقام دیگر (مانند 'میهن') کشت شود. در تحقیقی، گزارش شد در شرایط آبیاری رقم 'زرین' و در تیمار تنش شدید خشکی رقم 'پیشگام' بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد [۴]. در مطالعه دیگری، در شرایط آبیاری کامل رقم 'چمران' کمترین و رقم 'پیشگام' بیشترین وزن دانه در سنبله را دارا بود، اما در شرایط تنش کم‌آبی کمترین عملکرد دانه مربوط به دو رقم 'پارسی' و 'مرو دشت' بود [۷].

بر اساس نتایج جدول ضرایب هم‌بستگی بین صفات عملکرد دانه در هر دو شرایط با صفات، وزن ساقه، وزن پدانکل و وزن سنبله مثبت و معنادار بود. در شرایط بهینه رطوبتی عملکرد دانه با محدودیت منبع و محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها هم‌بستگی منفی و معنادار داشت (جدول ۶)، در حالی که عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی با میزان انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد هم‌بستگی مثبت و معنادار نشان داد.

توجه به وجود چنین هم‌بستگی‌ای می‌توان اظهار داشت احتمالاً محدودیت منابع جاری طی تنش خشکی یا حذف آن (به‌ویژه برگ‌ها)، میزان انتقال مجدد کربوهیدرات‌ها از بخش‌های مختلف ساقه به دانه‌های در حال رشد را بهبود می‌بخشد. با کاهش تعدادی از منابع فتوستتزی، احتمال می‌رود به علت تقاضای مخزن، مواد فتوستتزی ذخیره‌شده قبل از دوره گلدهی به صورت کربوهیدرات‌های غیرساختاری در ساقه‌ها، به دانه‌ها منتقل شود و به این ترتیب کاهش سطح فتوستتزی را جبران کند [۱۷].

**عملکرد دانه.** در بررسی حاضر تنش خشکی انتهای فصل ۱۸/۵۶ درصد از عملکرد دانه در مقایسه با شرایط بهینه رطوبتی کاست (جدول ۴). کمبود مواد فتوستتزی طی پرشدن دانه‌ها، وزن تک‌دانه را کاهش می‌دهد که بیشتر به دلیل کاهش طول دوره پرشدن دانه و اختلال در انتقال مواد به دانه‌هاست [۴]. کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی پس از گرده‌افشانی در گزارش‌های متعدد دیگر نیز اشاره شده است [۱۴، ۲۰].

نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد دانه در مجموع دو سال نشان داد در شرایط بهینه رطوبتی رقم 'زرین' با متوسط ۷۵۶۷/۸ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد. بین رقم مذکور و رقم‌های 'میهن' و 'پیشگام' از لحاظ آماری اختلاف معناداری وجود نداشت. کمترین عملکرد دانه نیز به رقم 'اروم' با متوسط ۵۱۱۷/۸ کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت، هر چند بین ژنوتیپ مذکور و ژنوتیپ‌های ۱۰، ۶، ۸ و ۷ از لحاظ آماری اختلاف معناداری دیده نشد. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در مجموع دو سال در شرایط تنش کم‌آبی در مجموع دو سال نشان داد رقم 'میهن' و ژنوتیپ ۸ به ترتیب با متوسط ۶۳۲۴/۵ و ۴۱۳۴ کیلوگرم در هکتار بالاترین و پایین‌ترین عملکرد دانه را داشت. لازم به ذکر است که بین ژنوتیپ ۸ و ژنوتیپ‌ها و

جدول ۶. هم‌بستگی بین صفات مورد بررسی ارقام و ژنوتیپ‌های گندم در شرایط بهینه رطوبتی (اعداد پایین) و تنش کم آبی (اعداد بالا)

شاخص پراشت	عسکر دانه	محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها		محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم		محدودیت منبع	میزان انتقال مجدد	وزن سنبله	وزن پداتکل	وزن ساقه	صفات
		محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها	محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم	محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها	محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم						
۰/۱۱ <sup>ns</sup>	۰/۴۳ <sup>ns</sup>	۰/۴۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	-۰/۱۵ <sup>ns</sup>	۰/۱۰ <sup>ns</sup>	۰/۳۱ <sup>ns</sup>	۰/۸۱ <sup>ns</sup>	۰/۸۲ <sup>ns</sup>	۱	۱	وزن ساقه
۰/۲۵ <sup>o</sup>	۰/۳۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۶ <sup>ns</sup>	-۰/۱۰ <sup>ns</sup>	-۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۱۳ <sup>ns</sup>	۰/۲۵ <sup>o</sup>	۱	۰/۸۰ <sup>ns</sup>	۱	۰/۸۶ <sup>ns</sup>	وزن پداتکل
۰/۱۳ <sup>ns</sup>	۰/۳۳ <sup>ns</sup>	۰/۴۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۳ <sup>ns</sup>	-۰/۲۲ <sup>o</sup>	۰/۱۶ <sup>ns</sup>	۰/۲۷ <sup>ns</sup>	۱	۰/۸۹ <sup>ns</sup>	۰/۸۱ <sup>ns</sup>	۰/۸۱ <sup>ns</sup>	وزن سنبله
۰/۱۱ <sup>ns</sup>	۰/۴۵ <sup>ns</sup>	-۰/۱۷ <sup>ns</sup>	-۰/۱۳ <sup>ns</sup>	-۰/۳۴ <sup>ns</sup>	۰/۴۶ <sup>ns</sup>	۱	۰/۳۳ <sup>o</sup>	۰/۱۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۳ <sup>ns</sup>	میزان انتقال مجدد
۰/۱۳ <sup>ns</sup>	۰/۳۷ <sup>ns</sup>	-۰/۱۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۳ <sup>ns</sup>	-۰/۱۵ <sup>ns</sup>	۱	۰/۶۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۱۰ <sup>ns</sup>	۰/۱۰ <sup>ns</sup>	سهم انتقال مجدد
-۰/۳۱ <sup>ns</sup>	۰/۱۹ <sup>ns</sup>	-۰/۱۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۱	۰/۱۰ <sup>ns</sup>	-۰/۲۲ <sup>o</sup>	-۰/۰۵ <sup>ns</sup>	-۰/۰۹ <sup>ns</sup>	-۰/۰۹ <sup>ns</sup>	-۰/۰۹ <sup>ns</sup>	محدودیت منبع
-۰/۱۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۱۷ <sup>ns</sup>	۱	۰/۳۳ <sup>o</sup>	۰/۰۸ <sup>ns</sup>	-۰/۰۷ <sup>ns</sup>	-۰/۰۴ <sup>ns</sup>	-۰/۰۴ <sup>ns</sup>	-۰/۲۴ <sup>ns</sup>	-۰/۲۴ <sup>ns</sup>	محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم
۰/۰۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>	۱	۰/۱۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۲ <sup>ns</sup>	۰/۲۰ <sup>o</sup>	-۰/۰۵ <sup>ns</sup>	-۰/۲۵ <sup>ns</sup>	-۰/۰۷ <sup>ns</sup>	-۰/۱۳ <sup>ns</sup>	-۰/۱۳ <sup>ns</sup>	محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها
۰/۲۲ <sup>o</sup>	۱	-۰/۳۰ <sup>ns</sup>	۰/۱۹ <sup>ns</sup>	-۰/۲۷ <sup>ns</sup>	۰/۱۴ <sup>ns</sup>	۰/۱۳ <sup>ns</sup>	۰/۳۵ <sup>ns</sup>	۰/۴۴ <sup>ns</sup>	۰/۳۹ <sup>ns</sup>	۰/۳۹ <sup>ns</sup>	عسکر دانه
۱	۰/۲۴ <sup>o</sup>	-۰/۲۵ <sup>o</sup>	-۰/۱۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۷ <sup>ns</sup>	۰/۱۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۲۷ <sup>ns</sup>	۰/۸۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۳ <sup>ns</sup>	شاخص پراشت

ns و o به ترتیب غیرمعمادار و معادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

برداشت بالاتر کربوهیدرات‌های بیشتری را از اندام‌های سبز منتقل می‌کند و باعث افزایش عملکرد می‌شود [۱۳]. در تحقیقی، رقم 'پیشگام' با شاخص برداشت ۵۱ درصد در تیمار آبیاری و رقم 'شهریار' با شاخص برداشت ۳۴ درصد در تیمار تنش کمترین شاخص برداشت را نشان داد [۱۳]. مطالعه حاضر تحت شرایط بهینه هم‌بستگی بین شاخص برداشت با عملکرد دانه مثبت و معنادار یا محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها منفی و معنادار بود (جدول ۶).

### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج مطالعه حاضر، هیچ‌کدام از ارقام 'امیدبخش' نتوانست عملکرد دانه بالاتر از ارقام 'زرین' و 'میهن' در شرایط بهینه و رقم 'میهن' در شرایط تنش کسب کند. بنابراین، نمی‌توان ارقام 'امیدبخش' را جایگزین ارقام 'زرین' و 'میهن' کرد. با توجه به اینکه رقم 'زرین' در شرایط تنش انتهایی به شدت کاهش عملکرد نشان داد، کاشت آن در مناطق با احتمال تنش انتهایی کم‌آبی توصیه نمی‌شود. رقم 'میهن' در هر دو شرایط از میزان انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد در عملکرد مناسبی برخوردار بود. کشت آن در شرایط بهینه، همچنین مناطق با تنش انتهایی توصیه می‌شود.

### منابع

۱. اردلانی ش، سعیدی م، جلالی هنرمند س، قبادی م و عبدلی م (۱۳۹۳) ارزیابی عملکرد دانه و ارتباط آن با انتقال مجدد ماده خشک در ارقام گندم نان تحت تنش کم‌آبی پس از گرده‌افشانی. نشریه زراعت دیم ایران. ۲(۲): ۲۰۳-۱۷۳.
۲. الیاسی ش، ارادتمند اصلی د و روحی ا (۱۳۸۹) تأثیر تنش خشکی قبل و بعد از گلدهی بر انتقال مجدد مواد

با توجه به نتایج تحقیق حاضر، به نظر می‌رسد در شرایط عدم تنش خشکی عمده مواد فتوسنتزی مورد نیاز برای پرکردن دانه از مواد فتوسنتزی جاری گیاه تأمین و نیاز گیاه برای انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه‌ها کمتر می‌شود. در شرایط بهینه و تنش محیطی عملکرد دانه با وزن خشک ساقه، میزان توزیع مجدد و میزان فتوسنتز جاری هم‌بستگی مثبت و معنادار نشان داده است [۱۲]. در ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط تنش خشکی، هم‌بستگی مثبت و معناداری بین عملکرد دانه با میزان انتقال مواد فتوسنتزی و شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی مشاهده شد [۲۱].

**شاخص برداشت.** در بررسی حاضر، تنش خشکی به صورت معناداری از میزان شاخص برداشت در مقایسه با شرایط بهینه کاست (جدول ۴). در دیگر مطالعات، تنش خشکی به صورت معناداری شاخص برداشت را در مقایسه با شرایط بهینه کاهش داد [۱۱، ۵، ۱].

نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در مجموع دو سال از لحاظ شاخص برداشت نشان داد ژنوتیپ ۱۲ و رقم 'میهن' به ترتیب با متوسط ۷۵/۸۳ و ۶۲/۳۳ درصد بالاترین و ژنوتیپ‌های ۹ و ۱۱ به ترتیب با متوسط ۴۸/۳۳ و ۵۱/۵۰ درصد کمترین مقدار شاخص برداشت را به خود اختصاص داد. در شرایط تنش کم‌آبی ژنوتیپ ۹ با متوسط ۵۹/۶۶ درصد بالاترین شاخص برداشت را داشت. کمترین مقدار شاخص برداشت نیز در شرایط تنش کم‌آبی به رقم 'زارع' و ژنوتیپ‌های ۶ و ۱۰ به ترتیب با متوسط ۴۲، ۴۲/۶۶ و ۴۳/۱۶ درصد اختصاص داشت (جدول ۵).

در شرایط تنش کم‌آبی، شاخص برداشت با وزن پدانکل و عملکرد دانه هم‌بستگی مثبت و معنادار و با محدودیت منبع هم‌بستگی منفی و معنادار نشان داد. با توجه به اینکه شاخص برداشت بیانگر درصد انتقال مواد آلی ساخته شده از منبع به مخزن است، ارقام دارای شاخص

۹. مدحج م (۱۳۹۰) بررسی رابطه منبع و مخزن فیزیولوژیکی در ژنوتیپ‌های گندم (*Triticum aestivum* and *T. durum*) و تریتیکاله (*Triticale hexaploid Lart.*) در شرایط محیطی اهواز. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۹(۲): ۲۶۴-۲۵۸.
۱۰. مهرپویان م، ذکاوتی ب و اجلی ج (۱۳۹۱) مطالعه انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از اندام‌های هوایی در ده ژنوتیپ هگزاپلوئید گندم تحت شرایط بهینه و تنش رطوبتی انتهایی. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۲(۳): ۸۰-۶۹.
۱۱. میرطاهری س م، سیادت س ع، صادق نجفی م، فتحی قا و عالمی سعید خ (۱۳۸۸) اثر تنش خشکی بر انتقال مجدد ماده خشک در پنج رقم گندم نان. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۸(۲): ۳۱۴-۳۰۸.
۱۲. نوریانی ح (۱۳۹۴) اثر پاکلوبوترازول بر میزان توزیع مجدد مواد فتوسنتزی به دانه سه رقم گندم (*Triticum aestivum L.*) در شرایط تنش گرما. فصلنامه علمی-پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۷(۲۵): ۱۰۴-۸۹.
۱۳. هوشمندی ب (۱۳۹۳). تجزیه عاملی و هم‌بستگی صفات زراعی و فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های گندم در شرایط بدون تنش و تنش خشکی. پژوهش‌های به‌زراعی. ۶(۳): ۲۶۲-۲۴۷.
14. Abdoli M, Saeidi M, Jalali-Honarmand S, Mansourifar S and Ghobadi ME (2013) Effect of source restriction and drought stress during grain growth on grain yield and its components of winter bread wheat cultivars. *International Journal of Agronomy and Plant Production*. 4(5): 1048-1059.
- در ارقام مختلف گندم آبی. مجله زراعت و اصلاح نباتات. ۶(۱): ۲۸-۱۷.
۳. افخمی قادی ع، بابائیان جلودار ن، پیردشتی ه، باقری ن، حسن نتاج ا و خادمیان ر (۱۳۹۰) اثر محدودیت منبع و مخزن بر عملکرد و اجزای عملکرد سه ژنوتیپ برنج در سطوح کود نیتروژن. مجله علوم زراعی ایران. ۱۳(۳): ۵۰۹-۴۹۵.
۴. جعفرنژاد ا، آقایی ح و نجفیان گ (۱۳۹۲) صفات مؤثر بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی دوره زایشی. به‌نژادی گیاهان زراعی و باغی. ۲(۱): ۲۲-۱۱.
۵. رضایی مرادعلی م، عیوضی ع ر، محمدی س و شیرعلیزاده ش (۱۳۹۲). اثر تنش خشکی بر انتقال مجدد ماده خشک و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان زمستانه. مجله علوم زراعی ایران. ۱۵(۲): ۲۷۶-۲۶۲.
۶. سعیدی م، مرادی ف و جلالی هنرمند س (۱۳۹۰) سهم فتوسنتز جاری سنبله و برگ‌ها و انتقال مجدد قندهای محلول ساقه در شکل‌گیری عملکرد دانه دو رقم گندم نان در شرایط تنش رطوبتی پس از گرده‌افشانی. مجله به‌زراعی نهال و بذر. ۲(۲۷): ۱۹-۱.
۷. عبدلی م، سعیدی م، جلالی هنرمند س، منصوری فرد و س قبادی م (۱۳۹۴). ارزیابی تأثیر تنش کم‌آبی و محدودیت منبع پس از گرده‌افشانی بر عملکرد دانه و انتقال مجدد ارقام گندم. مجله تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی. ۲(۲): ۱۵۴-۱۳۷.
۸. عمیدزاده ج، نادری ا و سیادت س ع (۱۳۸۸) ارزیابی محدودیت مخزن و سهم نسبی اندام‌های فتوسنتزکننده گندم در انباشت ماده خشک در دانه. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۷(۲): ۵۶۲-۵۵۵.

15. Askar M, Yazdansepas A and Amini A (2010) Evaluation of winter and facultative bread wheat genotypes under irrigated and post anthesis drought stress conditions. *Seed and Plant Improvement Journal*. 3: 313-329.
16. Ehdai B, Alloush GA and Waines JG (2008) Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserve to grain yield in wheat. *Field Crops Research*. (106): 34-43.
17. Janmohammadi M, Movahedi Z and Sabaghnia N (2010) Multivariate statistical analysis of some traits of bread wheat for breeding under rainfed conditions. *Journal of Agricultural Sciences*. (59): 1-14.
18. Mohamadtaheri M, Ahmadi A Pustini K (2010) Old and new varieties of wheat response temperate, warm and cold cuts power supply to Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 41(2): 271-280. [in Persian with English Summary]
19. Saeidi M, Moradi F and Jalali-Honarmand S (2012) The effect of post anthesis source limitation treatments on wheat cultivars under water deficit. *Australian Journal of Crop Sciences*. 6(7): 1179-1187.
20. Savic J, Dodig D, Kandic V, Gelamoclija D and Quarrie S (2012) Bread wheat traits related to yield under post anthesis stress. Original Scientific Paper. Proceedings. 47th Croatian and 7th Inter. Symp. Agriculture Opatija. Croatia. 539-542.
21. Yazdansepas A, Rezaie M, Chiychi M, Nazeri M, Razave SA, Sanjare Abede MS, Babaei TR, Soltane AG, Salehe P and Hosenebay SK (2010) Study of the morpho-physiological traits and stability of grain yield in promising winter and facultative wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in cold regions. Final report, Seed and Plant Improvement Institute. (Final report No: 40.143).



## Crops Improvement

(Journal of Agricultural Crops Production)

Vol. 19 ■ No. 3 ■ Autumn 2017

### Evaluation of sink limitation and assimilates distribution of wheat genotypes under terminal drought stress

*Seyed Javad Talebzadeh<sup>1</sup>, Hashem Hadji<sup>2\*</sup>, Reza Amirnia<sup>3</sup>, Mehdi Tajbakhsh Shishavan<sup>4</sup>, Mohammad Rezaei Moradali<sup>5</sup>*

1. M.Sc., Department of Agronomy, College of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
2. Assistant Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
3. Associate Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
4. Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
5. Assistant Professor, Agricultural Research Center of West Azerbaijan, Urmia, Iran

Received: November 7, 2016

Accepted: January 3, 2016

#### Abstract

In order to evaluate the pattern of assimilates distribution to seed under late season drought stress, 11 promising lines of winter wheat along with Orum, Zareh, Mihan, Zarrin and Pishgam cultivars were evaluated in two levels of irrigation (full irrigation and cutting irrigation from flowering to maturity) at the Agricultural Research Station of Miandoab during 2013-2015 growing seasons. Experiments were conducted in split plot based on randomized complete block design with three replications. Results showed that water deficit stress significantly increased remobilization rate, contribution of remobilization and source restriction and decreased the amount of spike weight, peduncle weight, sink restriction by removing leaves other than flag leaf, sink restrictions by removing flag leaf, grain yield and harvest index, so that terminal water deficit stress increased remobilization by 45.45% and the total yield contribution of remobilization of 18.30% in normal conditions increased to 43.33% under stress conditions. Among the genotypes, 'Zarrin' and 'Mihan' under normal moisture conditions and 'Mihan' genotype under terminal drought stress conditions produced the highest grain yield. In this study under terminal drought stress conditions, there were significant positive correlations between grain yield with remobilization rate and contribution of remobilization. It can be concluded that the varieties and genotypes afforded adequate remobilization and contribution of remobilization in grain yield in both conditions are appropriate for cultivation in optimal conditions, as well as areas that are faced with terminal water deficit stress.

**Keywords:** correlation, flag leaf, grain yield, harvest index, remobilization, water deficit.