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

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

سید جواد طالب‌زاده[۱]، هاشم هادی[۲]* رضا امیرنیا[۳]، مهدی تاجبخش شیشوان[۴] و محمد رضایی مرادعلی[۵]

۱. کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۲. استادیار، گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۳. دانشیار، گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۴. استاد، گروه زراعت، دانشکدهٔ 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 دانهٔ 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 مرحلهٔ 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 بهینهٔ 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.

* نویسنده مسئول
Email: h.hadi@urmia.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

در میان عوامل محدودکنندهٔ 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 به‌دلیل نداشتن آب کافی یا عدم آبیاری کافی به‌لحاظ اختصاص آبیاری‌های آخر فصل به زراعت‌های تابستانه، نتیجهٔ 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 دورهٔ رشد بطئی دانه تأمین می‌شود، یعنی دوره‌ای که آسیمیلات‌های حاصل از فتوسنتز جاری گیاه به‌دلیل محدودیت پذیرش دانه‌های تازه تشکیل‌شده 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 تأمین‌کنندهٔ 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 میانگرهٔ ماقبل آخر در رقم متحمل به خشکی زاگرس از رقم حساس به تنش خشکی مرودشت بیشتر بود [۶].

در مطالعهٔ اثر تنش خشکی بر انتقال مجدد مادهٔ خشک و عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های گندم نان زمستانه گزارش شد بین ژنوتیپ‌های گندم از نظر انتقال مجدد مادهٔ خشک به دانه تنوع قابل‌توجهی 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 به‌منظور 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 به‌صورت 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

Archive of SID
www.SID.ir

شهرستان میاندوآب با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۶ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۸ دقیقه، در ارتفاع ۱۱۴۲ متر از سطح دریا قراردارد. 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 مقایسهٔ عملکرد مقدماتی سراسری (PRWYT-C88) و پیشرفتهٔ 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 ۶×۱/۲=۷/۲ مترمربع با حذف ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر کرت در مساحت برداشت ۳/۵ مترمربع (۶ ردیف با فاصلهٔ خطوط ۲۰ سانتی‌متر) و با تراکم ۴۵۰ بذر در مترمربع کشت شد. آبیاری به‌صورت 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 مرحلهٔ ساقه‌رفتن (مرحلهٔ ۴۰ شاخص زادوکس) شروع شد. از این مرحلهٔ 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 مرحلهٔ گلدهی نمونه‌های گیاهی از مساحت ۰/۵ مترمربع از هر کرت برداشت شد. نمونه‌ها شامل ۱۵ ساقهٔ 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 درجهٔ سانتیگراد به‌مدت ۲۴ ساعت) خشک شد. صفاتی نظیر وزن کل مادهٔ خشک در زمان گلدهی، وزن سنبله در زمان گلدهی و وزن پدانکل اندازه‌گیری شد.

در مرحلهٔ رسیدگی ۱۵ نمونهٔ گیاهی شامل ساقهٔ کامل (حاوی تمام برگ‌ها و سنبله‌ها) به‌طور تصادفی از هر کرت و از تمام تکرارها از سطح زمین بریده و در آون در دمای ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شد. صفاتی نظیر وزن کل مادهٔ خشک در زمان گلدهی، وزن سنبله در زمان گلدهی، وزن پدانکل، وزن دانهٔ سنبله و تعداد دانهٔ سنبله اندازه‌گیری شد. سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از رابطهٔ (۱) محاسبه شد.

سهم انتقال مجدد مادهٔ خشک (درصد) = مادهٔ خشک (۱)

(عملکرد دانه/انتقال‌یافته)×۱۰۰

همچنین، نمونه‌هایی برداشت شد که در مرحلهٔ گلدهی دستکاری‌های فنوتیپی (برگ پرچم، برگ‌های زیر برگ پرچم یا سنبلهٔ 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 رابطهٔ (۲) و (۳) محاسبه شد.

(۲) محدودیت منبع برحسب درصد = ((وزن دانه در سنبله‌های شاهد / وزن دانه در سنبله‌های حذف سنبلچه)−۱)×۱۰۰

(۳) محدودیت مخزن برحسب درصد = ((وزن دانه در سنبله‌های شاهد / وزن دانه در سنبله‌های حذف برگ پرچم)−۱)×۱۰۰

تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD محافظت‌شده در سطح احتمال ۱ درصد انجام شد. لازم به‌ذکر است که تجزیهٔ واریانس مرکب پس از بررسی و تأیید برقراری فرض‌های تجزیهٔ واریانس انجام شد (یعنی بهینه‌بودن توزیع خطاها، یکنواختی واریانس‌های درون تیماری و اثر افزایشی بلوک با تیمار که به‌ترتیب به کمک آزمون شاپیرو- ویلک[1]، توزیع باقیمانده و آزمون غیرافزایشی توکی صورت گرفت).

1. Shapiro-Wilk

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

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

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

ماه‌های سال	دما (سانتی‌گراد)			رطوبت نسبی (درصد)		مجموع تبخیر	مجموع بارندگی
	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	(میلی‌متر)	(میلی‌متر)
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 تجزیهٔ 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. مقایسهٔ میانگین ژنوتیپ‌ها

وزن ساقه. مقایسهٔ میانگین ژنوتیپ‌ها در شرایط بهینهٔ 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 به‌خود اختصاص داد. در شرایط تنش کم‌آبی ژنوتیپ ۹ و رقم 'زراع' به‌ترتیب با متوسط ۳/۴۳ و ۳/۰۶ گرم بالاترین و ژنوتیپ ۷ و رقم 'زرین' به‌ترتیب با متوسط ۲/۳۳ و ۲/۳۵ گرم کمترین وزن ساقه را به خود اختصاص داد (جدول ۵).

Archive of SID
www.SID.ir

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

منابع تغیر	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		وزن ساقه	وزن پدانکل	وزن سنبله	میزان انتقال مجدد	سهم انتقال مجدد	محدودیت منبع	محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم	محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها	عملکرد دانه	شاخص برداشت
سال	۱	۴/۵۶**	۰/۰۷۸**	۱/۳۶**	۰/۴۱**	۵۷۸/۰**	۱۴۶۷/۰**	۹۷/۶۸*	۱۲۸/۵۴*	۱۹۵۴۹۵۹۷**	۱۹۶۳/۵**
تکرار (سال)	۴	۰/۰۹	۰/۰۰۶	۰/۱۰	۰/۰۲	۶۵/۹	۱۱/۵۴	۹/۸۷	۱۸/۹۴	۱۵۲۰۹۲۷	۷/۱۰
آبیاری	۱	۰/۳۳ ns	۰/۰۶**	۲۷/۵۶**	۴/۲۲**	۳۲۵۰۱**	۱۳۵۴/۲۹**	۴۸۵/۱۱**	۷۳/۵۶*	۶۱۴۶۰۸۱۷**	۹۷۱۸/۵۲**
سال × آبیاری	۱	۰/۰۲ ns	۰/۰۰۹ ns	۰/۱۵ ns	۰/۰۰۳ ns	۶۸/۸*	۱/۲۱ ns	۴/۲۷ ns	۲/۰۳ ns	۶۵۷۳۰۶ ns	۸۸/۰۲ ns
خطای ۲	۴	۰/۴۳	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۵۷	۴۰/۲	۴/۱۰	۹/۰۷	۲۴/۹۲	۸۱۲۴۹۳۴۲	۴۳/۶۰
ژنوتیپ	۱۵	۰/۳۳*	۰/۰۰۹**	۰/۴۹**	۰/۵۲**	۱۰۴/۴**	۶۳۱/۱۲**	۱۷۲/۳۸**	۴۰۵/۸۷**	۳۲۴۹۷۲۰**	۱۸۴/۲۱**
سال × ژنوتیپ	۱۵	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۴ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۳ ns	۱/۹۳ ns	۰/۶۳ ns	۱/۴۳ ns	۱۰۹۹۷ ns	۰/۸۲ ns
آبیاری × ژنوتیپ	۱۵	۱/۴۴**	۰/۰۳۲**	۰/۸۱**	۰/۰۸**	۷۹/۲**	۲۸۵/۴۷**	۳۴۶/۷۶**	۵۷۰/۸۴**	۱۳۴۵۴۰۰**	۲۳۰/۵۱**
سال× آبیاری × ژنوتیپ	۱۵	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۰۲ ns	۱/۲۰ ns	۱/۹۷ ns	۴۷۶۲ ns	۱/۰۱
خطای ۳	۱۲۰	۰/۱۹	۰/۰۰۴	۰/۱۰	۰/۰۲۳	۱۲/۹	۱۰/۷۷	۵/۷۰۳	۱۳/۸۲	۵۰۴۹۹۱	۵۰/۸۸
ضریب تغییرات(درصد)	–	۱۶/۴۹	۱۸/۱۵	۲۲/۴۳	۱۸/۶۶	۱۱/۸۹	۱۷/۲۲	۱۶/۴۲	۱۶/۱۶	۱۲/۸۸	۱۳/۱۱

ns ،* و ** به‌ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

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

محیط	وزن ساقه (g)	وزن پدانکل (g)	وزن سنبله (g)	میزان انتقال مجدد (g)	سهم انتقال مجدد (g)	محدودیت منبع (g)	محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم (g)	محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها (g)	عملکرد دانه (g/m^2)	شاخص برداشت (درصد)
بهینه	۲/۶۴a	۰/۳۷a	۱/۸۱a	۰/۶۶b	۱۸/۳۰b	۱۲/۸۰b	۱۳/۸۸a	۱۴/۸۴a	۶۰۸۱۰a	۶۱/۵۴a
تنش	۲/۷۲a	۰/۳۳b	۱/۰۶b	۰/۹۶a	۴۴/۳۳a	۱۸/۱۱a	۱۰/۷۰b	۱۳/۵۹b	۴۹۴۰/۵b	۴۷/۳۱b

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

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین ارقام و ژنوتیپ‌های گندم از لحاظ صفات مورد بررسی در دو سال و دو شرایط بهینهٔ رطوبتی و تنش کم‌آبی

شمارهٔ ژنوتیپ	وزن ساقه (g)		وزن پانکل (g)		وزن سنبله (g)		میزان انتقال مجدد (g)		سهم انتقال مجدد (درصد)	
	بهینه	تنش کم‌آبی	بهینه	تنش کم‌آبی	بهینه	تنش کم‌آبی	بهینه	تنش کم‌آبی	بهینه	تنش کم‌آبی
اروم	۳/۱۱b	۲/۳۹def	۰/۳۵bcd	۰/۳۴d-g	۲/۲۱b	۰/۸۰fg	۰/۶۵b-e	۰/۹۴bcd	۲۲/۵۴a	۴۵/۰۹cde
زارع	۲/۴۶c-f	۳/۰۶ab	۰/۳۳cd	۰/۳۶def	۱/۵۴c	۱/۲۴ab	۰/۶۸b-e	۰/۸۲cd	۱۸/۰۲def	۳۶/۲۷g
مهدی	۲/۷۵b-e	۲/۶۲c-f	۰/۲۸def	۰/۳۶c-f	۱/۸۶bc	۰/۹۲dg	۰/۶۲cde	۱/۰۵ab	۲۱/۷۵abc	۴۳/۶۷cde
زرین	۴/۰۴a	۲/۳۵ef	۰/۴۶a	۰/۲۷g	۲/۷۰a	۰/۹۱efg	۰/۵۶de	۰/۹۷abc	۱۳/۲۴g	۴۵/۸۵cd
پیشگام	۲/۸۴bcd	۲/۷۷b-e	۰/۴۰ab	۰/۴۰bcd	۲/۸۴a	۱/۱۹bcd	۰/۶۴b-e	۱/۱۲a	۱۸/۵۹b-f	۴۷/۵۲bc
ARWYTC-92-6	۲/۳۱def	۲/۹۴bc	۰/۴۰c-f	۰/۴۴abc	۱/۶۰c	۱/۱۵cde	۰/۵۳e	۰/۹۷abc	۱۶/۳۸efg	۴۴/۵۵cde
ARWYTC-92-7	۲/۹۲bc	۲/۳۴f	۰/۴۲a	۰/۳۲fg	۱/۷۸bc	۰/۷۷g	۰/۸۱ab	۰/۷۶d	۱۸/۷۵b-e	۴۲/۳۲def
ARWYTC-92-8	۲/۵۳c-f	۲/۷۴b-f	۰/۳۲cde	۰/۴۶ab	۱/۷۱c	۰/۸۹efg	۰/۷۰bcd	۰/۸۳cd	۱۶/۰۹efg	۳۸/۵۱fg
ARWYTC-92-9	۲/۰۹f	۳/۴۵a	۰/۲۵f	۰/۵۲a	۱/۴۹c	۱/۴۸a	۰/۵۷de	۱abc	۱۵/۳۹efg	۴۶/۵۵bcd
ARWYTC-92-10	۲/۶۴b-f	۲/۵۴c-f	۰/۳۴cd	۰/۳۶c-f	۱/۷۵c	۰/۸۵fg	۰/۷۹abc	۱/۱۲a	۲۱/۵۵ad	۵۱/۰۳ab
ARWYTC-92-11	۲/۷۲b-e	۲/۶۶b-f	۰/۳۵bc	۰/۳۴d-g	۱/۶۹c	۰/۹۶c-g	۰/۹۲a	۰/۹۱bcd	۲۱/۸۷abc	۵۴/۱۶a
ARWYTC-92-12	۲/۲۵ef	۲/۵۷c-f	۰/۳۴bcd	۰/۳۰fg	۱/۴۶c	۱/۰۵c-f	۰/۵۸de	۰/۸۷cd	۱۶/۰۱efg	۴۵/۹۰cd
ARWYTC-92-13	۲/۳۶c-f	۲/۸۱bcd	۰/۳۲cde	۰/۴۰b-e	۱/۵۶c	۱/۰۴c-g	۰/۷/abc	۰/۹۷abc	۲۲/۱۹ab	۳۷/۳۹g
ARWYTC-92-14	۲/۴۰c-f	۲/۸۷bc	۰/۳۱c-f	۰/۳۷c-f	۱/۵۷c	۱/۲۲abc	۰/۵۲e	۰/۹۶abc	۱۷/۱۴ef	۴۰/۳۷efg
ARWYTC-92-15	۲/۲۰ef	۲/۷۹b-e	۰/۲۶ef	۰/۳۲efg	۱/۴۶c	۱/۱۹bcd	۰/۵۷de	۱/۰۸ab	۱۵/۰۶fg	۴۴/۶۰cde
ARWYTC-92-16	۲/۶۳b-f	۲/۷۳b-f	۰/۳۳cd	۰/۳۷c-f	۱/۸۱c	۱/۰۶c-f	۰/۶۶b-e	۰/۹۶abc	۱۸/۳۰c-f	۴۵/۳۳cd

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول ۵

شماره ژنوتیپ	محدودیت منبع (g)		محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم (g)		محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها (g)		عملکرد دانه (g/m^2)		شاخص برداشت (درصد)	
	بهینه	تنش کم‌آبی	بهینه	تنش کم‌آبی	بهینه	تنش کم‌آبی	بهینه	تنش کم‌آبی	بهینه	تنش کم‌آبی
اروم	۱۰/۷۸fgh	۱۲/۶۳gh	۱۱/۵def	۱۰/۳۰de	۳۶/۲۰a	۱۱/۲۸c-f	۵۱۱۷/۸e	۴۴۸۸/۵f-i	۶۱/۵۰cde	۴۴/۱۶cd
زاغ	۱۶/۶۹cd	۱۹/۰۷e	۸/۳۳fg	۲۳/۸۸a	۱۰/۲۲efg	۲۸/۸Ab	۵۸۹۹/۷cde	۴۷۹۶d-h	۶۵/۶۶bcd	۴۲d
میهن	۶/۷۰jk	۵/۹۷ij	۲۹/۵۰b	۷/۳۳f	۸/۸۷fgh	۸/۰۶fgh	۷۳۵۰/۵ab	۶۳۲۴/۵a	۶۲/۳۳ab	۵۶/۶۴ab
زرین	۹/۶۳gj	۹/۱۲hij	۵/۳۷g	۱۲/۷۰c	۶/۹۰gh	۵/۲۶h	۷۵۶۷/۸a	۴۳۶۱/۲hi	۶۲/۳۳cde	۵۲/۵۰abc
پیشگام	۷/۳۵ijk	۹/۸۶ghi	۸/۴۸fg	۱۲/۲۵cd	۸/۳۰gh	۸/۳۰f-h	۶۹۴۸abc	۵۷۰۸/۸۳b	۶۸/۱۶bc	۴۴cd
ARWYTC-92-6	۱۸/۹۷bc	۱۴/۱۸fg	۱۲/۹۱c	۲/۶۴i	۲۱/۹۶c	۱۴/۵۹c	۵۴۶۵/۲de	۴۸۵۸/۵def	۵۷/۱۶ef	۴۲/۶۶d
ARWYTC-92-7	۱۰/۹۳eh	۲۲/۲۵de	۱۲/۳cde	۱۱/۸۹cd	۵/۹۷gh	۱۲/۶ede	۵۶۹۸/۷de	۴۵۴۹ei	۵۹/۳۳de	۴۵/۸۳cd
ARWYTC-92-8	۲۳/۵۳a	۳۶/۹۸b	۹/۸۹ef	۱۰/۳۵de	۵/۷۷gh	۹/۶۸d-g	۵۴۷۱/۳de	۴۱۳۴i	۶۰/۸۳ede	۴۵/۸۳cd
ARWYTC-92-9	۹/۷۰ghi	۱۲/۱۸gh	۳۴/۳۳a	۸/۶۷ef	۲۹/۴۷b	۱۳/۱۲cd	۶۱۴۳/۲cde	۵۰۷۵/۸cd	۴۸/۳۳g	۵۹/۶۶a
ARWYTC-92-10	۱۷/۶۲c	۲۴/۹۹d	۶/۲۴g	۱۶/۳۱b	۳۴/۳۰a	۶/۱۱gh	۵۳۸۷de	۵۲۰۴/۵cd	۶۰/۱۶de	۴۳/۱۶d
ARWYTC-92-11	۱۲/۳۵efg	۱۸/۲۳ef	۱۴/۹۲c	۱۶/۰۸b	۱۴/۹۴d	۱۴/۶۰c	۶۰۵۲/۵cde	۵۰۸۲/۵cd	۵۱/۵۰fg	۴۶/۱۶cd
ARWYTC-92-12	۸/۱۰hij	۴۳/۳۱a	۱۰/۰۱ef	۴/۹۲h	۵/۰۱h	۹/۸۰d-g	۵۹۴۰/۳cde	۵۰۶۹/۵cd	۷۵/۸۳a	۴۶/۳۳cd
ARWYTC-92-13	۲۰/۸۵ab	۳۰/۱۵c	۱۴/۶۱cd	۱۱/۰۷cd	۱۳/۲۲def	۱۴/۳۰c	۵۹۸۰/۸cde	۳۳۳۳bc	۵۷/۵۰ef	۴۴/۱۶cd
ARWYTC-92-14	۴/۹۸k	۷/۵۵ij	۱۳/۴۳cd	۷/۰۹fg	۶/۸۱gh	۳۳/۶۱a	۵۹۰۰cde	۴۸۴۵/۴d-g	۶۱/۸۳cd	۵۰/۵۰bcd
ARWYTC-92-15	۱۳/۸۳de	۵/۲۱j	۱۴/۴۵cd	۵/۰۶gh	۱۴/۳۴de	۱۴/۱۴c	۶۲۹۲bcd	۴۴۰۰/۷ghi	۶۱/۱۶cde	۴۶/۵۰cd
ARWYTC-92-16	۱۲/۸۰ef	۱۸/۱۱ef	۱۳/۸۸cd	۱۰/۷cde	۱۴/۸۳d	۱۳/۵۹cd	۶۰۸۱/۲cde	۴۹۴۹/۷cde	۶۲/۱۶cde	۴۷/۵۰cd

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

Archive of SID

www.SID.ir

در ارقامی از گندم که در مرحلهٔ گرده‌افشانی حداکثر وزن خشک ساقهٔ آن‌ها بیشتر است، توانایی ذخیره‌سازی مواد فتوسنتزی در شرایط مطلوب و اولیهٔ رشد بالاتراست. 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 بهینهٔ 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 ۱۰/۸۱ 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 به‌ترتیب با متوسط ۰/۴۶ و ۰/۴۲ گرم بالاترین وزن پدانکل را به خود اختصاص داد. کمترین وزن پدانکل نیز به ژنوتیپ ۹ با متوسط ۰/۲۵ گرم اختصاص داشت. در شرایط تنش کم‌آبی ژنوتیپ ۹ با متوسط ۰/۵۲ گرم بالاترین وزن و رقم 'زرین' با متوسط ۰/۲۷ 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 بهینهٔ رطوبتی با متوسط ۱/۸۱ گرم در مقایسه با شرایط تنش کم‌آبی با متوسط ۱/۰۶ 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 مقایسهٔ میانگین ژنوتیپ‌ها، در شرایط بهینهٔ رطوبتی دو رقم 'پیشگام' و 'زرین' به‌ترتیب با متوسط ۲/۸۴ و ۲/۷۰ گرم بالاترین وزن سنبله را نشان داد. کمترین وزن سنبله نیز به ژنوتیپ ۱۵ با متوسط ۱/۴۶ گرم اختصاص داشت. در شرایط تنش کم‌آبی ژنوتیپ ۹ با متوسط ۱/۴۸ گرم بالاترین و ژنوتیپ ۷ با متوسط ۰/۷۷ 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). به‌نظر می‌رسد که ارقام گندم با سنبله‌های بزرگ‌تر و طویل‌تر در مقایسه با انواع کوچک‌تر و کوتاه‌تر قدرت تسهیم مواد فتوسنتزی بیشتری در سنبلچه‌ها و دانه‌ها دارد. به‌دلیل ویژگی‌های خشکی‌پسندتر سنبله و ظرفیت بالای فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی، ژنوتیپ‌های با سنبلهٔ طویل‌تر عملکرد بالاتری دارند [۲۰].

میزان انتقال مجدد. در بررسی حاضر تنش کم‌آبی میزان انتقال مجدد را ۴۵/۴۵ 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 ۶۳/۳ گرم بر مترمربع بیشترین انتقال مجدد را به‌همراه داشت [۲].

در شرایط بهینه، ژنوتیپ ۱۱ با متوسط ۰/۹۲ گرم بالاترین مقدار انتقال مجدد را به خود اختصاص داد. کمترین میزان انتقال مجدد متعلق به دو ژنوتیپ ۶ و ۱۴ به‌ترتیب با متوسط ۰/۵۲ و ۰/۵۳ گرم بود. در شرایط تنش کم‌آبی از نظر میزان انتقال مجدد ژنوتیپ‌ها در دو گروه

Archive of SID
www.SID.ir

تقسیم‌بندی به‌عمل آمد. ژنوتیپ‌های ۱۰، پیش‌گام، ۱۵، میهن، ۹، ۱۳، ۴، ۶، ۱۴ و ۱۶ در گروه نخست قرارگرفت که از میزان انتقال مجدد بالاتری برخوردار بود. ژنوتیپ‌های ۷، ۸، زراع، ۱۲، ۱۱ و اروم در گروه دوم قرارگرفت 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 'ورناک' 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 علاوه‌بر طول پدانکل با وزن ساقه و وزن سنبله نیز مثبت و معنادار بود (جدول ۶).

سهم انتقال مجدد. در مطالعهٔ 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 ساقهٔ گندم در شرایط نامساعد محیطی بیش از شرایط بدون تنش است که ممکن است ناشی از کاهش فتوسنتز جاری برگ‌ها به‌واسطهٔ بسته‌شدن روزنه‌ها و کاهش تبادلات گازی باشد [۱۰].

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

در شرایط بهینهٔ 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 عدم‌تنش، رقم 'زارع' بیشترین و 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 مطالعهٔ حاضر، تنش خشکی انتهای فصل محدودیت منبع را در مقایسه با شرایط بهینه ۴۱/۴۸ درصد افزایش داد (جدول ۴).

نتایج مقایسهٔ 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

Archive of SID
www.SID.ir

(دانه‌ها)، ارقامی کـه در شـرایط بهینـه و تـنش محـدودیت منابع کمتری داشتند پتانسیل ژنتیکی عملکـرد دانـهٔ بـالایی دارند [۱۷].

نتایج جدول ضرایب همبستگی بین صـفات (جـدول ۶) حاکی از آن بود که در شرایط بهینهٔ رطوبتی و تنش کـم‌آبـی، محدودیت منبع با میـزان انتقـال مجـدد همبسـتگی منفـی و معناداری نشان داد. همچنین، همبستگی محـدودیت منبـع در شرایط تنش کم‌آبی با وزن سنبله منفی و معنادار بود. با توجه به اینکه در شرایط تنش کم‌آبی سهم عمده‌ای از وزن دانه بـر عهدهٔ ذخایر فتوسنتزی ذخیره‌شده در ساقه است، محدودیت منابع مقدار انتقال این مواد را کاهش خواهد داد.

محدودیت مخزن با حذف بـرگ پـرچم. در بررسـی حاضر، تنش خشکی از محدودیت مخزن بـا حـذف بـرگ پرچم کاست (جـدول ۴). کـاهش قـدرت منبـع از طریـق حذف برگ‌ها به بهره‌برداری بیشتر گیاه از مواد ذخیره‌ای در ساقه انجامید [۱۸].

مقایسهٔ میانگین ژنوتیـپ‌هـا در شـرایط بهینـهٔ رطـوبتی نشان داد ژنوتیپ ۹ بـا متوسـط ۳۴/۳۴ درصـد بـالاترین و رقم ’زرین‘ و ژنوتیپ ۱۰ به‌ترتیب با متوسط ۵/۳۷ و ۶/۲۴ درصد کمترین محدودیت مخزن با حـذف بـرگ پـرچم را به‌خود اختصاص داد. در شرایط تنش کـم‌آبـی بیشـترین و کمترین محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم به‌ترتیب بـا متوسط ۲۳/۸۸ و ۲/۶۴ درصد به رقـم ’زارع‘ و ژنوتیـپ ۶ اختصاص داشت (جدول ۵).

به‌نظر می‌رسد ژنوتیپ‌هایی که از محدودیت مخـزن بـا حذف برگ پرچم از مخـازن دیگـر ماننـد فتوسـنتز دیگـر برگ‌ها، فتوسنتز ساقه‌ها، همچنین ریشک و سـنبله اسـتفاده می‌کنند نقش فقدان برگ پرچم را تعدیل می‌کنند. از آنجـا که عملکرد دانه همبستگی بالایی بـا فتوسـنتز بـرگ پـرچم دارد، در شرایط تنش‌های محیطی، حفظ فتوسنتز برگ پرچم باعث افزایش عملکرد دانه می‌شـود. بـر اسـاس تحقیقـات روی سه ژنوتیپ برنج مشاهده شد که سهم برگ پـرچم در اندوختهٔ دانه به‌طور متوسط ۲۲/۶ درصد بوده است [۳].

در شرایط بهینهٔ رطوبتی، هـم‌بسـتگی بـین محـدودیت مخزن با حذف برگ پـرچم بـا وزن سـاقه و وزن پـدانکل منفی و معنادار بود. وجود چنین رابطه‌ای احتمـالاً بـه ایـن دلیل است که با حذف برگ پرچم بر مقـدار انتقـال مجـدد مواد ذخیره‌شده در ساقه و پدانکل افزوده و از وزن این دو اندام کاسته می‌شود (جدول ۶).

محدودیت مخزن با حـذف سـایر بـرگ‌هـا. هماننـد محدودیت مخزن با حذف بـرگ پـرچم، تـنش خشـکی از مقدار محدودیت مخزن بـا حـذف سـایر بـرگ‌هـا کاسـت (جدول ۴).

بر اساس نتایج مقایسهٔ میانگین ژنوتیپ‌هـا در مجمـوع دو سال، در شرایط بهینهٔ رطوبتی رقم ’اروم‘ و ژنوتیـپ ۱۰ بـه‌ترتیـب بـا متوسـط ۳۶/۲۰ و ۳۴/۳۰ درصـد بـالاترین محدودیت و ژنوتیپ ۱۲ با متوسـط ۵/۰۱ درصـد کمتـرین مقدار صفت مذکور را نشان داد. در شرایط تـنش کـم‌آبـی بالاترین محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها با متوسـط ۳۳/۶۱ درصـد بـه ژنوتیـپ ۱۴ و کمتـرین مقـدار بـه رقـم ’زریـن‘ بـا متوسـط ۵/۲۶ درصـد اختصـاص داشـت (جدول ۵). در ارزیابی محـدودیت مخـزن و سـهم نسـبی اندام‌های فتوسنتزکنندهٔ گندم در انباشت مادهٔ خشک در دانـه مشاهده شد در هیچ یک از ارقام محدودیت مخـزن وجـود ندارد و لاین کراس سیمیت و رقم ’استار‘ نسبت به سـایر ارقام از محدودیت منبع بیشتری برخوردار بود، در حالی که رقم ’چمران‘ محدودیت منبع کمتری داشت [۸].

نتایج جدول همبستگی بین صفات نشان داد محـدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها در شرایط بهینه بـا سـهم انتقـال مجدد هم‌بستگی مثبت و معناداری دارد. در شرایط تنش، بین محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها و وزن سـاقه و وزن سنبله هم‌بستگی مثبت و معنادار مشاهده شد (جـدول ۶). بـا

Archive of SID
www.SID.ir

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 فتوسنتزی، احتمال می‌رود به‌علت تقاضای مخزن، مواد فتوسنتزی ذخیره‌شده قبل از دورهٔ گلدهی به‌صورت کربوهیدرات‌های غیرساختاری در ساقه‌ها، به دانه‌ها منتقل شود و به این ترتیب کاهش سطح فتوسنتزی را جبران کند [۱۷].

عملکرد دانه. در بررسی حاضر تنش خشکی انتهای فصل ۱۸/۵۶ درصد از عملکرد دانه در مقایسه با شرایط بهینهٔ رطوبتی کاست (جدول ۴). کمبود مواد فتوسنتزی طی پرشدن دانه‌ها، وزن تک‌دانه را کاهش می‌دهد که بیشتر به‌دلیل کاهش طول دورهٔ 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 مقایسهٔ میانگین ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد دانه در مجموع دو سال نشان داد در شرایط بهینهٔ رطوبتی رقم 'زرین' با متوسط ۷۵۶۷/۸ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد دانه را به‌خود 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. مقایسهٔ میانگین ژنوتیپ‌ها در مجموع دو سال در شرایط تنش کم‌آبی در مجموع دو سال نشان داد رقم 'میهن' و ژنوتیپ ۸ به‌ترتیب 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 ارقام '۱۵'، '۷'، 'زرین' و 'اروم' از لحاظ آماری اختلاف معناداری دیده نشد.

با توجه به نتایج مطالعهٔ حاضر، در مجموع دو سال عملکرد دانه در ارقام 'زرین'، 'میهن' و 'پیشگام' به‌صورت معناداری از لاین‌های امیدبخش در شرایط بهینه بالاتر بود. همچنین، در شرایط تنش کم‌آبی نیز رقم 'میهن' به‌صورت معناداری از عملکرد دانهٔ بالاتری در مقایسه با دیگر ارقام و لاین‌های امیدبخش برخوردار بود (جدول ۵). می‌توان اظهار داشت که ارقام 'زرین' و 'میهن' به‌دلیل کشت چند ساله در منطقه تطابق‌پذیری خوبی با شرایط آب‌وهوایی منطقه پیدا کرد. همچنین، در بررسی حاضر عملکرد رقم 'زرین' به‌صورت قابل‌توجهی 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 به‌خود اختصاص داد [۴]. در مطالعهٔ 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 'مرودشت' 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 بهینهٔ رطوبتی عملکرد دانه با محدودیت منبع و محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها هم‌بستگی منفی و معنادار داشت (جدول ۶)، درحالی‌که عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی با میزان انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد هم‌بستگی مثبت و معنادار نشان داد.

Archive of SID
www.SID.ir

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

صفات	وزن ساقه	وزن بدانکل	وزن سنبله	میزان انتقال مجدد	سهم انتقال مجدد	محدودیت منبع	محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم	محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها	عملکرد دانه	شاخص برداشت
وزن ساقه	۱	۰/۸۱**	۰/۹۲**	۰/۳۱**	۰/۱۰ns	-۰/۱۵ns	۰/۰۴ns	۰/۴۱**	۰/۴۳**	۰/۱۱ns
وزن بدانکل	۰/۸۹**	۱	۰/۶۰**	۰/۲۵*	۰/۱۲ns	-۰/۱۱ns	-۰/۱۰ns	۰/۱۶ns	۰/۳۸**	۰/۲۵*
وزن سنبله	۰/۸۱**	۰/۷۹**	۱	۰/۲۷**	۰/۱۶ns	-۰/۲۲*	۰/۰۳ns	۰/۴۸**	۰/۳۳**	۰/۱۲ns
میزان انتقال مجدد	۰/۱۳ns	۰/۲۳*	۰/۰۳ns	۱	۰/۴۶**	-۰/۳۴**	-۰/۰۳ns	-۰/۰۷ns	۰/۴۵**	۰/۱۱ns
سهم انتقال مجدد	۰/۱۰ns	۰/۱۱ns	۰/۰۷ns	۰/۶۸**	۱	-۰/۱۵ns	۰/۰۳ns	-۰/۱۸ns	۰/۳۷**	۰/۱۳ns
محدودیت منبع	-۰/۰۹ns	-۰/۰۵ns	-۰/۱۸ns	-۰/۲۲*	۰/۱۱ns	۱	۰/۰۶ns	-۰/۱۷ns	۰/۱۹ns	-۰/۳۱**
محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم	-۰/۲۴*	-۰/۴۰**	-۰/۱۸ns	-۰/۰۷ns	۰/۰۸ns	۰/۲۳*	۱	۰/۱۷ns	۰/۰۴ns	-۰/۱۴ns
محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها	-۰/۱۳ns	-۰/۲۵*	-۰/۰۷ns	-۰/۰۵ns	۰/۲۰*	۰/۱۳ns	۰/۱۸ns	۱	۰/۰۰۶ns	۰/۰۰۷ns
عملکرد دانه	۰/۳۹**	۰/۳۵**	۰/۴۶**	۰/۱۳ns	۰/۱۴ns	-۰/۲۷**	۰/۱۹ns	-۰/۳۰**	۱	۰/۲۲*
شاخص برداشت	۰/۱۳ns	۰/۲۷**	۰/۱۸ns	۰/۰۷ns	۰/۱۴ns	۰/۱۷ns	-۰/۱۸ns	-۰/۲۵*	۰/۲۴*	۱

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

Archive of SID
www.SID.ir

با توجه به نتایج تحقیق حاضر، به‌نظر می‌رسد در شرایط عدم‌تنش 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 به‌صورت معناداری از میزان شاخص برداشت در مقایسه با شرایط بهینه کاست (جدول ۴). در دیگر مطالعات، تنش خشکی به‌صورت معناداری شاخص برداشت را در مقایسه با شرایط بهینه کاهش داد [۱،۵،۱۱].

نتایج مقایسهٔ میانگین ژنوتیپ‌ها در مجموع دو سال از لحاظ شاخص برداشت نشان داد ژنوتیپ ۱۲ و رقم 'میهن' به‌ترتیب با متوسط ۷۵/۸۳ و ۶۲/۳۳ درصد بالاترین و ژنوتیپ‌های ۹ و ۱۱ به‌ترتیب با متوسط ۴۸/۳۳ و ۵۱/۵۰ درصد کمترین مقدار شاخص برداشت را به‌خود 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 به‌ترتیب 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 ساخته‌شده از منبع به مخزن است، ارقام دارای شاخص 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].

مطالعهٔ حاضر تحت شرایط بهینهٔ 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 مطالعهٔ حاضر، هیچ‌کدام از ارقام 'امیدبخش' نتوانست عملکرد دانهٔ 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 به‌شدت 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 م‌ا و عبدلی م (۱۳۹۳) ارزیابی عملکرد دانه و ارتباط آن با انتقال مجدد مادهٔ خشک در ارقام گندم نان تحت تنش کم‌آبی پس از گرده‌افشانی. نشریهٔ 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

Archive of SID
www.SID.ir

در ارقام مختلف گندم آبی. مجلهٔ 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. مجلهٔ علوم زراعی ایران. ۱۳(۳): ۵۰۹-۴۹۵.

۴. جعفرنژاد ا، آقایی ح و نجفیان گ (۱۳۹۲) صفات مؤثر بر عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های گندم در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی دورهٔ زایشی. به‌نژادی گیاهان زراعی و باغی. ۲(۱): ۲۲-۱۱.

۵. رضایی مراداعلی م، عیوضی ع‌ر، محمدی س و شیرعلیزاده ش (۱۳۹۲). اثر تنش خشکی بر انتقال مجدد مادهٔ خشک و عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های گندم نان زمستانه. مجلهٔ 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 دانهٔ دو رقم گندم نان در شرایط تنش رطوبتی پس از گرده‌افشانی. مجلهٔ به‌زراعی نهال و بذر. ۲(۲۷): ۱۹-۱.

۷. عبدلی م، سعیدی م، جلالی هنرمند س، منصوری فرد و س قبادی ما (۱۳۹۴). ارزیابی تأثیر تنش کم‌آبی و محدودیت منبع پس از گرده‌افشانی بر عملکرد دانه و انتقال مجدد ارقام گندم. مجلهٔ تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی. (۲): ۱۵۴-۱۳۷.

۸. عمیدزاده ج، نادری ا و سیادت س‌ع (۱۳۸۸) ارزیابی محدودیت مخزن و سهم نسبی اندام‌های فتوسنتزکنندهٔ گندم در انباشت مادهٔ خشک در دانه. مجلهٔ پژوهش‌های زراعی ایران. ۷(۲): ۵۶۲-۵۵۵.

۹. مدحج م (۱۳۹۰) بررسی رابطهٔ منبع و مخزن فیزیولوژیکی در ژنوتیپ‌های گندم (Triticum aestivum and T. durum) و تریتیکاله (Triticale hexaploid Lart.) در شرایط محیطی اهواز. نشریهٔ پژوهش‌های زراعی ایران. ۹(۲): ۲۶۴-۲۵۸.

۱۰. مهرپویان م، ذکاوتی ب و اجلی ج (۱۳۹۱) مطالعهٔ انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از اندام‌های هوایی در ده ژنوتیپ هگزاپلویید گندم تحت شرایط بهینه و تنش رطوبتی انتهایی. مجلهٔ تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۲(۳): ۸۰-۶۹.

۱۱. میرطاهری س‌م، سیادت س‌ع، صادق نجفی م، فتحی قا و عالمی سعید خ (۱۳۸۸) اثر تنش خشکی بر انتقال مجدد مادهٔ خشک در پنج رقم گندم نان. نشریهٔ پژوهش‌های زراعی ایران. ۸(۲): ۳۱۴-۳۰۸.

۱۲. نوریانی ح (۱۳۹۴) اثر پاکلوبوترازول بر میزان توزیع مجدد مواد فتوسنتزی به دانهٔ سه رقم گندم (Triticum aestivum L.) در شرایط تنش گرما. فصلنامهٔ علمی-پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۷(۲۵): ۱۰۴-۸۹.

۱۳. هوشمندی ب (۱۳۹۳). تجزیهٔ 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.

Archive of SID
www.SID.ir

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. Ehdaie 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).

Archive of SID

www.SID.ir

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[1], Hashem Hadi[2], Reza Amirnia[3], Mehdi Tajbakhsh Shishavan[4], Mohammad Rezaei Moradalf[5]*

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, Deparment 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 evaluation 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.

Corresponding Author: h.hadi@urmia.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir