

ارزیابی عملکرد دانه و ارتباط آن با انتقال مجدد ماده خشک در ارقام گندم نان تحت تنش کم آبی پس از گرده افشانی

شیوا اردلانی^۱، محسن سعیدی^۱، سعید جلالی هنرمند^۱، محمد اقبال قبادی^۱ و مجید عبدلی^{۲*}

۱- دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲- دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش رطوبتی پس از گرده افشانی بر صفات زراعی، توانایی ذخیره سازی قندهای محلول در ساقه و میزان انتقال مجدد ماده خشک گندم، آزمایش گلدانی در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه به صورت فاکتوریل و بر پایه بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار طی سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انجام گرفت. در این آزمایش تنش رطوبتی در مرحله رشد زایشی (از مرحله گرده افشانی تا پایان دوره رشد رطوبت خاک در محدوده ۳۰ درصد ظرفیت زراعی - ۶۵ الی ۹۹ از مرحله رشدی زادوکس) مد نظر قرار گرفت و ارقام مختلف گندم شامل پیشتاز، DN-11، سیوند و مرودشت به عنوان فاکتور دوم بررسی شدند. نتایج نشان داد که تنش رطوبتی پس از گرده افشانی از طریق افت وزن هزار دانه عملکرد دانه را کاهش داد. در شرایط تنش رطوبتی پس از گرده افشانی ارقام مرودشت و DN-11 کمترین میزان عملکرد دانه را داشتند. وقوع تنش رطوبتی سبب شد که وزن خشک ساقه و میزان انتقال مجدد به طرز چشمگیری کاهش یابد. بر خلاف این پارامترها غلظت قندهای محلول در شرایط تنش رطوبتی به طور معنی داری افزایش پیدا کرد. در شرایط تنش رطوبتی، میزان انتقال مجدد ماده خشک از میانگرمه های پایین ساقه (میانگرمه های زیر پنالتیمیت) به دانه ۱۱ درصد، کارایی انتقال ۳۲ درصد و سهم آن در عملکرد دانه ۱۲۱ درصد افزایش یافتند. همچنین پنالتیمیت و میانگرمه های پایین ساقه بیشترین غلظت قند محلول را در شرایط تنش داشتند. تنش کم آبی سبب افزایش کارایی انتقال مجدد نشد ولی در بین ارقام از نظر صفت فوق اختلاف وجود داشت. پس به نظر می رسد که استفاده از صفات فوق در انتخاب و اصلاح ارقام متحمل به تنش کمبود آب مورد توجه قرار گیرد.

واژه های کلیدی: تنش خشکی، کربوهیدرات های محلول، سنبله، انتقال مجدد، گندم

مقدمه

در میان شاخص‌های فیزیولوژیک، فتوسنتز یکی از مهم‌ترین فرآیندها در رشد و تولید محسوب شده و نگهداری سرعت آسیمیلایون کربن تحت شرایط تنش اهمیت اساسی در شکل‌گیری عملکرد دارد (Lawlor, 1995). فتوسنتز به واسطه بروز تنش‌های مختلف و پیری طبیعی برگ محدود می‌شود (Abdoli and Saeidi, 2013). در شرایط تنش خشکی به علت کمبود آب، روزنه‌ها در گیاه بسته می‌شوند بنابراین غلظت CO_2 در بافت مزوفیل برگ کاهش می‌یابد و متعاقب این وضعیت چرخه کالوین مختل شده و محصولات حاصل از زنجیره انتقال الکترون که شامل ATP و $NADPH, H^+$ است مصرف نمی‌شود. در چنین شرایطی به دلیل عدم اکسیده شدن مولکول $NADPH, H^+$ ، مصرف $NADP^+$ جهت دریافت الکترون کاهش می‌یابد. بنابراین مولکول اکسیژن در مسیر زنجیره انتقال الکترون به عنوان گیرنده نهایی الکترون عمل می‌کند و با احیای ناقص، منجر به شکل‌گیری فرم‌های فعال اکسیژن می‌گردد (Sairam and Saxena, 2000; Breusegem *et al.*, 2001; Baek and Skinner, 2003; Turkan *et al.*, 2005). انواع اکسیژن فعال از میل ترکیبی زیادی با بیومولکول‌های حیاتی برخوردارند به طوری که سبب تخریب غشاء سلولی، نوکلئیک اسیدها، پروتئین‌ها و اندامک‌ها می‌شوند و در نهایت متابولیسم سلول را مختل می‌نمایند (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۸۸؛ اسفندیاری و همکاران، ۱۳۸۹؛ اردلانی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Edreva, 2005).

با توجه به این که آنزیم کلیدی فتوسنتز در گیاهان، رایسکو (ریبولوز ۱ و ۵- بی‌فسفات

کربوکسیلاز اکسیژناز) در تثبیت CO_2 (چرخه کالوین) و تنفس نوری نقش دارد (Demirevska *et al.*, 2008) و در حدود ۳۰ تا ۶۰ درصد پروتئین‌های محلول در برگ گیاهان را تشکیل می‌دهد، فرم‌های فعال اکسیژن محتوای این آنزیم را در گیاهان مختلف تحت تنش خشکی کاهش می‌دهند (Mohammadkhani and Heidari, 2008; Krishna Surendar *et al.*, 2013). این در حالی است که در شرایط تنش خشکی و گرمایی انتهایی فصل تقاضا برای مواد فتوسنتزی برای پرشدن دانه‌ها و میزان تنفس نگهداری گیاه در اثر کاهش فتوسنتز و پیر شدن بخش‌های باقیمانده، افزایش می‌یابد (Blum, 1998). به طبع سهم انتقال کربوهیدرات محلول ذخیره شده به عنوان منبع پرشدن دانه بیشتر می‌شود (Ehdaie *et al.*, 2006).

در گندم پس از فتوسنتز جاری می‌توان به کربوهیدرات‌های ذخیره شده در بخش‌های رویشی (منجمله ساقه) به عنوان منبع تامین‌کننده کربوهیدرات‌های مورد نیاز برای پرکردن دانه اشاره نمود (Ehdaie *et al.*, 2008). که جزو کربوهیدرات‌های غیر ساختاری محسوب می‌شوند و در حدود ۲۵ تا ۴۰ درصد از کل وزن خشک ساقه را تشکیل می‌دهند (Ruuska *et al.*, 2006). مهرپویان و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که در مجموع میزان، کارایی و سهم انتقال مجدد کربوهیدرات‌ها از ساقه گندم در شرایط نامساعد محیطی بیش از شرایط نرمال (عدم تنش) می‌باشد که می‌تواند ناشی از کاهش فتوسنتز به واسطه بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تبادلات گازی باشد. واردلاو و ویلنبرگ (۲۰۰۰) در بررسی اثر تنش خشکی روی انتقال مجدد ترکیبات

۱۳۸۹؛ Borrell *et al.*, 1993). بنابراین این تحقیق با هدف بررسی شناخت مکانیسم و درک بهتر انتقال مجدد ماده خشک از میانگه‌های ساقه ارقام مدرن گندم که در استان کرمانشاه مورد کشت و زرع قرار می‌گیرند، طرح‌ریزی شده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه به صورت آزمایش گلدانی در فضای آزاد انجام شد. این منطقه در عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۱۹ متر است. این بررسی به صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای رطوبتی به عنوان اولین فاکتور در دو سطح شامل کنترل (آبیاری در تمام مراحل رشدی) و تنش کم‌آبی (کاهش آبیاری از زمان گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک - ۶۵ الی ۹۹ از مرحله رشدی زادوکس) و ارقام گندم نان رایج در استان کرمانشاه به عنوان دومین فاکتور در چهار سطح شامل ارقام مرودشت، پیشتاز، سیوند و DN-11 مورد بررسی قرار گرفتند. بذور ارقام مورد مطالعه از بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه تهیه شدند. این ارقام بدین علت انتخاب شدند که بیشترین سطح زیر کشت را در استان کرمانشاه دارند و از نظر مقاومت و حساسیت به تنش خشکی متفاوت هستند. مشخصات زراعی و کیفی ارقام مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است.

ذخیره‌ای ساقه گندم گزارش دادند که علاوه بر بیشتر بودن میزان قندهای تجمع یافته در میانگه ماقبل آخر (پنالتیمیت) نسبت به میانگه آخر (پدانکل)، مقدار کربوهیدرات‌های منتقل شده به دانه نیز از این میانگه بیشتر بود. نتایج بررسی سعیدی و مرادی (۱۳۹۰) نیز نشان داد که میزان قندهای محلول انتقال یافته و کارایی انتقال مجدد آن از میانگه ماقبل آخر در رقم متحمل به خشکی زاگرس از رقم حساس به تنش خشکی مرودشت بیشتر بود. یانگ و همکاران (۲۰۰۱) نیز بین میزان قندهای محلول ذخیره شده در قسمت‌های مختلف ساقه و میزان قند محلول منتقل شده از این میانگه‌ها، همبستگی معنی‌داری را گزارش کردند. این خصوصیت می‌تواند به عنوان یک شاخص مناسب برای انتخاب ژنوتیپ‌ها با عملکرد باثبات بالاتر در شرایط تنش محسوب شود.

با توجه به این که کشور ایران جزء مناطق خشک و نیمه خشک جهان می‌باشد و این مناطق با محدودیت آب در مراحل انتهایی رشد گندم مواجه هستند، ارقامی مناسب‌ترند که قبل از گرده‌افشانی رشد رویشی مطلوبی داشته و مقدار بیشتری کربوهیدرات در ساقه‌های خود ذخیره کنند و طی انتقال مجدد به دانه انتقال دهند در ضمن کارایی انتقال مجدد بالاتری را داشته باشند تا عملکرد دانه با ثبات‌تری در این شرایط تولید نمایند. از طرفی نیز ارقام جدید که اکثراً نیمه پاکوتاه هستند برای زارعین توصیه می‌گردد ولی این ارقام در شرایط تنش خشکی انتهای فصل از میزان بازده‌شان بعلافت فستوستر و همچنین انباشت کمتر ماده خشک در ساقه و در نهایت کاهش میزان انتقال مجدد دچار مشکل شده و بازده مورد انتظار را نخواهند داشت (میری،

بوته‌های اضافی تنها به ۵ بوته در هر گلدان اجازه رشد داده شد و علف‌های هرز نیز در این مرحله وجین گردیدند. در حالی که رطوبت گلدان‌ها در تیمار آبیاری کامل (کنترل یا عدم تنش) از طریق آبیاری منظم روزانه در محدوده ۹۰ درصد ظرفیت زراعی نگهداری می‌شدند، رطوبت گلدان‌های تحت تیمار قطع آبیاری (تنش رطوبتی پس از گرده‌افشانی) در حد ۳۰ درصد ظرفیت زراعی نگهداری گردیدند که بطور میانگین ۳ الی ۴ روز یکبار بسته به شرایط آبیاری می‌شدند، پس از اعمال تنش (اواخر اردیبهشت ماه) بارندگی صورت نگرفت. میزان بارندگی و متوسط دمای هوا در طول فصل زراعی مورد نظر در جدول ۲ ارائه گردیده است.

به منظور کاشت، بذور جوانه‌دار شده ارقام مورد بررسی در ۲۵ اسفندماه ۱۳۹۰ در گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر حاوی ۳ کیلوگرم خاک که شامل ترکیبی از خاک مزرعه و کود حیوانی با نسبت ۳ به ۱ بود کشت و بلافاصله آبیاری شدند. به منظور جوانه‌دار کردن، بذور یکنواخت ارقام گندم انتخاب و به مدت ۱۲ ساعت در آب غوطه‌ور شدند سپس در انکوباتور و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شدند. در هر گلدان ۱۰ عدد بذر در عمق چهار سانتی‌متری کاشته شدند. در این آزمایش هیچ کود شیمیایی مصرف نشد. در مرحله سه برگی و پس از اطمینان از استقرار کامل بوته‌ها، با تنک کردن

جدول ۱- مشخصات زراعی و کیفی ارقام مورد بررسی

ویژگی	پیش‌تاز	سیوند	مرو دشت	DN-11
میانگین عملکرد (تن در هکتار)	۷/۴	۸/۷	۷/۶	۴/۵
میانگین ارتفاع بوته (سانتیمتر)	۹۳	۹۲	۱۰۲	۸۹
تپ رشد	بهاره	بهاره	بهاره و متوسط رس	بهاره
واکنش نسبت به بیماری زنگ زرد	مقاوم	مقاوم	مقاوم	مقاوم
واکنش نسبت به بیماری زنگ قهوه‌ای	مقاوم	مقاوم	مقاوم	مقاوم
مقاومت به خوابیدگی	مقاوم	مقاوم	نیمه مقاوم	مقاوم
وضعیت ریزش دانه	نیمه مقاوم	مقاوم	نیمه مقاوم	نیمه مقاوم
رنگ دانه	زرد	زرد	زرد کهربایی	زرد
میانگین پروتئین دانه (%)	۱۱/۲	۱۲/۰	۱۰/۹	۱۱/۲
میانگین گلو تن (%)	۳۲	-	۲۹	-
میانگین وزن هکتولتر (%)	۸۱/۹	-	۸۱/۲	-

منبع: سعیدی و همکاران (۱۳۸۴) و موسسه تحقیقات اصلاح نژاد و بذر

جدول ۲- وضعیت هواشناسی محل اجرای آزمایش در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰

ماه‌های سال	درجه حرارت (سانتی‌گراد)			بارندگی (میلی-متر)
	متوسط	حداقل	حداکثر	
مهر	۱۸/۷	۲/۵	۳۲/۴	۰
آبان	۱۰/۶	-۱/۹	۲۴/۶	۱۳۱
آذر	۳/۱	-۸/۷	۱۸/۸	۰/۸
دی	۴/۴	-۹	۱۵/۸	۱۰/۴
بهمن	۳	۱۱/۲	۱۴/۹	۶۸/۲
اسفند	۴/۴	-۱۱/۲	۲۲	۳۴/۳
فروردین	۱۱/۹	۴/۷	۱۹/۲	۳۵/۴
اردیبهشت	۱۷/۸	۱۹/۳	۲۶/۵	۲۵/۲
خرداد	۲۳/۹	۱۴/۲	۳۳/۷	۰
تیر	۲۷	۱۷	۳۶/۹	۰
مرداد	۲۹	۱۹	۳۹	۰
شهریور	۲۵/۵	۱۵	۳۶	۰

منبع: سایت هواشناسی کشور، ایران

اندازه‌گیری انتقال مجدد ماده خشک و پارامترهای مرتبط با آن

به منظور تخمین قدرت ذخیره‌سازی مواد فتوسنتزی در میانگره‌های ساقه و قدرت انتقال مجدد آنها، در هر نمونه‌گیری از مرحله گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک از هر گلدان پنج ساقه اصلی یکنواخت و مشابه همراه با سنبله برداشت شد و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. این نمونه‌برداری در هر دو شرایط عدم تنش و تنش خشکی برای کلیه ارقام کشت شده انجام شد. زمان‌های نمونه‌برداری شامل: مرحله گرده‌افشانی، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ روز بعد از گرده‌افشانی، که آخرین نمونه‌برداری مصادف با زمان برداشت محصول (رسیدگی فیزیولوژیک) بود. بعد از خشک شدن نمونه‌ها، گیاهان به دو قسمت سنبله و ساقه

تقسیم شدند. هر ساقه نیز به سه قسمت پدانکل (میانگره اول از بالای ساقه)، پنالتمیت (میانگره دوم از بالای ساقه) و میانگره‌های زیری (میانگره‌های پایین‌تر از پدانکل و پنالتمیت) تقسیم و وزن خشک هر میانگره به تفکیک یادداشت شد. میزان انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از تفاضل وزن هر میانگره در زمان حداکثر وزن آن و رسیدگی فیزیولوژیک بدست آمد. کارایی انتقال مجدد نیز از طریق محاسبه نسبت مواد انتقال یافته به حداکثر وزن میانگره محاسبه گردید. سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه نیز از طریق محاسبه نسبت مواد انتقال یافته از هر میانگره به عملکرد دانه محاسبه گردید (Rawson and Evans, 1971; Papakosta and Gayianas, 1991; Niu et al., 1998; Ehdaie et al., 2006). در روابط فوق کاهش تنفسی در نظر گرفته نشده است و فرض شده است که تنفس برای ارقام و شرایط

میلی گرم گلوکز استفاده شد و نتایج بر حسب میلی گرم بر گرم وزن خشک بیان شد.

اندازه‌گیری عملکرد و اجزای آن

برای محاسبه عملکرد دانه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی اقدام به برداشت بوته‌های هر گلدان در تیمارهای اعمال شده گردید. به منظور اندازه‌گیری اجزای عملکرد شامل تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه، پنج سنبله ساقه اصلی از هر گلدان انتخاب گردیدند و اندازه‌گیری‌های مذکور انجام شدند.

داده‌های جمع‌آوری شده برای صفات مورد بررسی در نرم افزار Excel وارد شده و برای تجزیه داده‌ها از نرم افزارهای MSTATC و SAS استفاده گردید. برای مقایسه میانگین، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

وزن خشک میانگره‌های ساقه و سنبله

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رژیم رطوبتی بر روی محتوای قند محلول و وزن خشک میانگره‌های مختلف ساقه معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان دادند که تنش رطوبتی موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک میانگره‌های ساقه به جزء وزن خشک میانگره‌های زیرین گردید. میانگین وزن خشک پدانکل، پنالتمیت و سنبله تحت شرایط تنش رطوبتی پس از گرده‌افشانی به ترتیب ۷، ۸ و ۱۳ درصد کاهش یافتند. نتایج نشان داد که در بین ارقام از نظر وزن خشک پنالتمیت و بقیه میانگره‌ها تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴). به طور متوسط بیشترین وزن

محیطی مورد استفاده در این مطالعه یکسان است. هدایی و وینز (۱۹۹۶) نیز در مطالعات خود در رابطه با تنوع ژنتیکی انتقال مجدد در گندم چنین فرضی را صحیح دانسته‌اند. نمونه‌های برداشت شده پس از خرد و آسیاب کردن برای اندازه‌گیری غلظت قندهای محلول مورد استفاده قرار گرفتند.

اندازه‌گیری قندهای محلول

سنجش غلظت قندهای محلول با استفاده از روش فنل اسید سولفوریک با اندکی تغییر صورت گرفت (Hassid and Neufeld, 1964; AoAc, 1995). بدین صورت که ۰/۵ گرم از پودر غربال شده را با ۱/۵ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد مخلوط و به مدت ۱ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد، سپس به منظور جدا کردن فاز مایع از جامد، میکروتیوب‌ها به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس فاز مایع را جدا کرده و درون آون در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد به منظور تبخیر شدن اتانول نگهداری شدند. پس از خشک شدن نمونه‌ها مقدار ۱/۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه کرده و به شدت ورتکس شدند تا انحلال قندهای چسبیده به جدار دیواره در آب مقطر به خوبی صورت گیرد. سپس ۱۰ میکرولیتر از نمونه جدا کرده و ۲۵۰ میکرولیتر محلول فنل (۰/۵ درصد) اضافه شد و پس از ورتکس، مقدار ۱۲۵۰ میکرولیتر اسیدسولفوریک (۹۸ درصد) به هریک از نمونه‌ها اضافه شد و سپس میزان جذب نوری آن‌ها در طول موج ۴۸۸ نانومتر توسط دستگاه الیزا (Bio Tek Powerwave XS2) قرائت شد. جهت تهیه محلول‌های استاندارد از غلظت‌های ۰ تا ۱۰۰

خشک میانگره‌های ساقه طی تنش رطوبتی افزایش یافتند. که این می‌تواند به دلیل افزایش تجمع و عدم انتقال موادی مثل قندهای محلول باشد که منجر به افزایش وزن خشک در شرایط تنش رطوبتی می‌شود. بیشترین کاهش وزن خشک میانگره‌های ساقه در شرایط تنش رطوبتی پس از گرده‌افشانی در رقم DN-11 مشاهده گردید (جدول ۵).

اثر متقابل رژیم رطوبتی در مراحل مختلف نمونه‌برداری بر وزن خشک سنبله نشان داد که در شرایط کنترل و تنش رطوبتی پس از گرده‌افشانی، مرحله برداشت وزن خشک سنبله بالاتری نسبت به سایر مراحل رشدی داشت (جدول ۶). که این مورد بعثت ذخیره کربوهیدرات در دانه امری منطقی است، ولی نکته قابل توجه میزان ماده انباشته شده در دانه‌های موجود در سنبله می‌باشد که در شرایط کنترل به مراتب بیشتر از شرایط تنش رطوبتی است.

نتایج اثر متقابل نشان داد که واکنش ارقام در مراحل مختلف رشد در مورد وزن خشک پدانکل و پنالتمیت متفاوت بود، در تمامی ارقام وزن خشک میانگره پدانکل و پنالتمیت با گذشت زمان و افزایش سن گیاه کاهش یافت با این تفاوت که این کاهش در ارقام پیشتاز و DN-11 با شدت بیشتری صورت گرفت ولی در ارقام سیوند و مروودشت تا ۲۰ روز پس از تنش کاهش چندانی مشاهده نشد اما پس از آن روند نزولی داشت (جدول ۷).

به طور کلی، وزن خشک میانگره‌های ساقه در ۱۰ روز بعد از گرده‌افشانی (اوایل رشد دانه) مقدار بیشتری نسبت به ۲۰ روز پس از گرده‌افشانی داشتند (جدول ۴). این نشان می‌دهد که احتمالاً حدود ۲۰

خشک پنالتمیت در رقم DN-11 (۰/۲۶۰ گرم) مشاهده شد و رقم پیشتاز نیز وزن خشک میانگره‌ی زیرین بیشتری (۰/۲۹۴ گرم) نسبت به ارقام سیوند و مروودشت داشت (جدول ۴). آردیونی و همکاران (۲۰۰۶) اعلام کردند که ارقام پر محصول از ذخایر ساقه کمتری برخوردار بوده و تحت شرایط تنش رطوبتی در مرحله پرشدن دانه کاهش شدیدتری را در عملکرد دانه در مقایسه با ارقام کم محصول خواهند داشت. 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 می‌باشد. بر همین اساس در صورتی که مواد فتوسنتزی ذخیره شده با کارایی بیشتری به دانه منتقل شوند یک مزیت محسوب می‌شود (Ehdaie et al., 2006). با توجه به نتایج، در تمامی ارقام وزن خشک پدانکل نسبت به سایر میانگره‌ها بیشتر می‌باشد (جدول ۴). با توجه به این که پرشدن سلول‌های آندوسپرمی از دو هفته پس از گرده‌افشانی شروع شده تا این زمان هنوز مخزن‌های قوی مواد فتوسنتزی (دانه‌ها) فعال نشده‌اند، لذا مازاد مواد فتوسنتزی جاری برگ‌ها در ساقه تجمع می‌یابد (Schnyder, 1993) و از طرفی نیز، میانگره پدانکل پس از گرده‌افشانی به رشد و گسترش طولی و وزنی خود ادامه می‌دهد (Abdoli et al., 2013) پس منبع مناسبی برای جذب مواد فتوسنتزی مازاد طی فتوسنتز است که می‌تواند از دلایل افزایش وزن آن نسبت به بقیه میانگره‌ها باشد.

وزن خشک میانگره‌های ساقه از لحاظ اثر متقابل رژیم رطوبتی در رقم تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۵). در رقم سیوند وزن

روز پس از گرده افشانی به دلیل کاهش فتوسنتز گیاه و افزایش انتقال مجدد ساقه‌ها جهت پرشدن دانه‌های در حال رشد، وزن خشک میانگره‌های ساقه کاهش یافته است و در حدود ۱۰ روز پس از گرده‌افشانی افزایش وزن خشک ساقه به این دلیل بوده که میزان فتوسنتز گیاه تا این زمان مازاد بر نیاز گیاه بوده، بنابراین مواد فتوسنتزی در میانگره‌های ساقه انباشته شده و متعاقب آن منجر به افزایش وزن خشک ساقه در این مرحله از رشد گردیده است. پس می‌توان گفت روند کاهشی در وزن خشک میانگره‌های ساقه نشان‌دهنده این است که این مواد ذخیره شده در مراحل بعدی مورد استفاده گیاه قرار گرفته‌اند. این نتایج با یافته‌های بسیاری از محققین که استفاده از ذخایر ساقه را برای رشد دانه لازم گزارش کرده‌اند هماهنگ است (Rawson and Evans, 1971;)

Evans and Wardlow, 1996). جودی و همکاران (۱۳۸۹) در همین راستا گزارش کردند که دوره قبل از گرده‌افشانی و دو هفته پس از آن که شرایط برای فتوسنتز و تولید مساعد است، میزان تولید بیشتر از نیاز گیاه می‌باشد، بنابراین این مواد در میانگره‌های مختلف ساقه تجمع می‌یابند. بلوم و همکاران (۱۹۹۴) در پژوهشی روی ارقام مختلف جو و گندم به این نتیجه رسیدند که هنگامی که سرعت فتوسنتز گیاه در شرایط تنش رطوبتی یا گرمای بعد از گلدهی کاهش می‌یابد، پرشدن دانه به طور قابل توجهی وابسته به انتقال مجدد ذخایر ساقه می‌باشد، آنها میزان مشارکت این ذخایر در شکل‌گیری عملکرد دانه را در این شرایط ۲۲ تا ۶۶ درصد وزن خشک دانه گزارش کردند.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رژیم رطوبتی، ارقام و مراحل نمونه‌گیری بر محتوای قند محلول و وزن خشک میانگره‌های ساقه و سنبله

منابع تغییرات	درجه آزادی	قند محلول			وزن خشک		
		پدانکل	پنالتیمیت	بقیه میانگره‌ها	پدانکل	پنالتیمیت	بقیه میانگره‌ها
تکرار	۲	۱۵۸۵۷ ^{**}	۷۰۶۳ ^{**}	۱۰۰۲۳ ^{**}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}
رقم	۳	۸۱۱ ^{ns}	۸۹۲۸ ^{**}	۶۴۹۵ ^{**}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{**}	۰/۰۱۹ ^{**}
رژیم رطوبتی	۱	۹۹۳۰۹ ^{**}	۱۸۸۷۰۲ ^{**}	۲۱۰۷۰۸ ^{**}	۰/۰۰۵ [*]	۰/۰۰۷ [*]	۰/۰۰۴ ^{ns}
رژیم رطوبتی × رقم	۳	۹۸ ^{ns}	۵۹۲۶ ^{**}	۶۵۰۴ ^{**}	۰/۰۰۸ ^{**}	۰/۰۱۰ ^{**}	۰/۰۰۷ [*]
مراحل نمونه‌گیری	۲	۱۱۲۵۳ [*]	۲۸۷۳۱ ^{**}	۹۴۲۱ ^{**}	۰/۱۱۷ ^{**}	۰/۰۸۴ ^{**}	۰/۰۴۳ ^{**}
رژیم رطوبتی × مراحل نمونه‌گیری	۲	۲۶۲۳ ^{ns}	۶۴۲ ^{ns}	۴۳۳۶ ^{**}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}
رقم × مراحل نمونه‌گیری	۶	۶۵۰ ^{ns}	۸۹۲۸ ^{**}	۸۱۰ ^{ns}	۰/۰۰۴ [*]	۰/۰۰۵ [*]	۰/۰۰۲ ^{ns}
رژیم رطوبتی × رقم × مراحل نمونه‌گیری	۶	۲۱۶۶ ^{ns}	۱۰۶۲۰ ^{ns}	۷۴۴۷ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}
خطا	۴۶	۲۴۸۱	۷۴۶	۶۷۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات (%)	-	۲۹/۸	۱۴/۳	۱۴/۲	۱۲/۵	۱۷/۴	۲۰/۲

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

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده رژیم رطوبتی، مراحل نمونه گیری و رقم بر محتوای قند محلول و وزن خشک میانگره های ساقه و

سنبله

ارقام	تیماها	قند محلول (میلی گرم بر گرم وزن خشک)			وزن خشک (گرم)		
		پدانکل	پنالتیمیت	بقیه میانگره ها	پدانکل	پنالتیمیت	بقیه میانگره ها
							سنبله
	پیشناز	۱۷۲	۲۲۰ ^a	۱۸۹ ^a	۰/۲۹۹	۰/۲۲۶ ^b	۰/۲۹۴ ^a
	DN-11	۱۶۰	۱۷۲ ^c	۱۸۴ ^a	۰/۲۹۴	۰/۲۶۰ ^a	۰/۲۳۱ ^{ab}
	سیوند	۱۷۲	۱۷۵ ^c	۲۰۰ ^a	۰/۲۹۶	۰/۲۲۷ ^b	۰/۱۷۵ ^c
	مرودشت	۱۶۱	۱۹۶ ^b	۱۵۵ ^b	۰/۲۷۲	۰/۲۰۹ ^b	۰/۲۰۴ ^{bc}
	مراحل نمونه گیری						
	۱۰	۱۷۰ ^{ab}	۱۷۸ ^b	۱۸۱ ^b	۰/۳۳۴ ^a	۰/۲۸۳ ^a	۰/۲۶۳ ^a
	۲۰	۱۸۶ ^a	۲۳۰ ^a	۲۰۳ ^a	۰/۳۱۶ ^b	۰/۲۴۲ ^b	۰/۱۹۹ ^b
	۴۰	۱۴۳ ^b	۱۶۴ ^b	۱۶۳ ^c	۰/۲۱۱ ^c	۰/۱۶۶ ^c	۰/۱۸۳ ^b
	رژیم رطوبتی						
	کنترل رطوبتی	۱۲۹ ^b	۱۳۹ ^b	۱۲۸ ^b	۰/۲۲۳ ^a	۰/۲۴۱ ^a	۰/۲۹۹
	تنش رطوبتی	۲۰۳ ^a	۲۴۲ ^a	۲۳۶ ^a	۰/۲۰۸ ^b	۰/۲۲۱ ^b	۰/۲۸۲
	درصد تغییرات	+۵۷	+۷۳	+۸۴	-۷	-۸	-۶

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی دار با هم ندارند.

- و + به ترتیب کاهش و افزایش نسبت به شرایط کنترل.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و رژیم رطوبتی بر وزن خشک میانگره های مختلف ساقه

ارقام	وزن خشک (گرم)					
	پدانکل		پنالتیمیت		بقیه میانگره ها	
	کنترل	تنش رطوبتی	کنترل	تنش رطوبتی	کنترل	تنش رطوبتی
پیشناز	۰/۳۰۷ ^{abc}	۰/۲۹۱ ^{bcd}	۰/۲۴۰ ^{bc}	۰/۲۱۳ ^{bc}	۰/۲۵۵ ^a	۰/۲۴۴ ^{ab}
DN-11	۰/۳۳۱ ^a	۰/۲۵۷ ^d	۰/۲۹۳ ^a	۰/۲۲۸ ^{bc}	۰/۲۶۶ ^a	۰/۱۹۷ ^c
سیوند	۰/۲۸۳ ^{bcd}	۰/۳۱۰ ^{ab}	۰/۲۰۴ ^{bc}	۰/۲۵۱ ^{ab}	۰/۱۶۱ ^c	۰/۱۹۰ ^c
مرودشت	۰/۲۷۵ ^{cd}	۰/۲۶۸ ^d	۰/۲۲۵ ^{bc}	۰/۱۹۳ ^c	۰/۲۰۷ ^{bc}	۰/۲۰۱ ^{bc}

در هر دو ستون میانگین های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی دار با هم ندارند.

- و + به ترتیب کاهش و افزایش نسبت به شرایط کنترل.

قندهای محلول در میانگره های ساقه

تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثر رژیم رطوبتی بر قند محلول میانگره های مختلف ساقه در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۳) و با توجه به نتایج مقایسات میانگین مشخص شد که در شرایط

تنش رطوبتی غلظت قند محلول میانگره پدانکل، پنالتیمیت و بقیه میانگره های ساقه به طور متوسط ۵۷، ۸۳ و ۷۴ درصد افزایش یافت (جدول ۴). کرپسی و گالیا (۲۰۰۰) گزارش کردند که کربوهیدرات ها عوامل بیوشیمیایی سازگار برای سلول هستند و

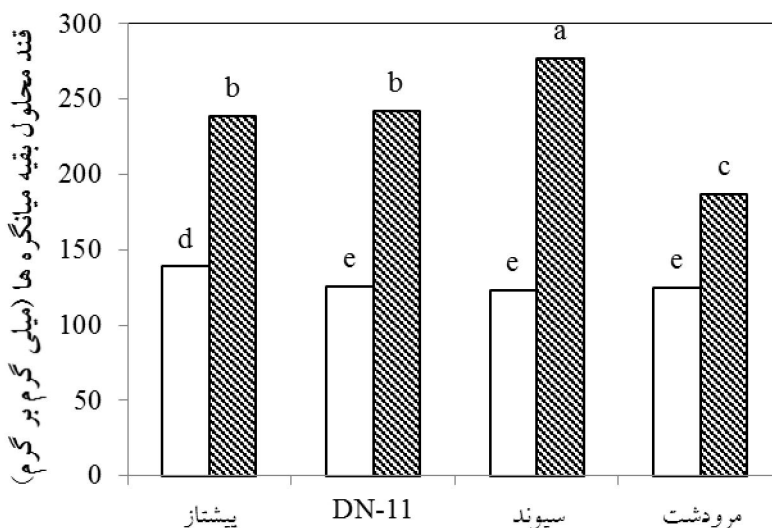
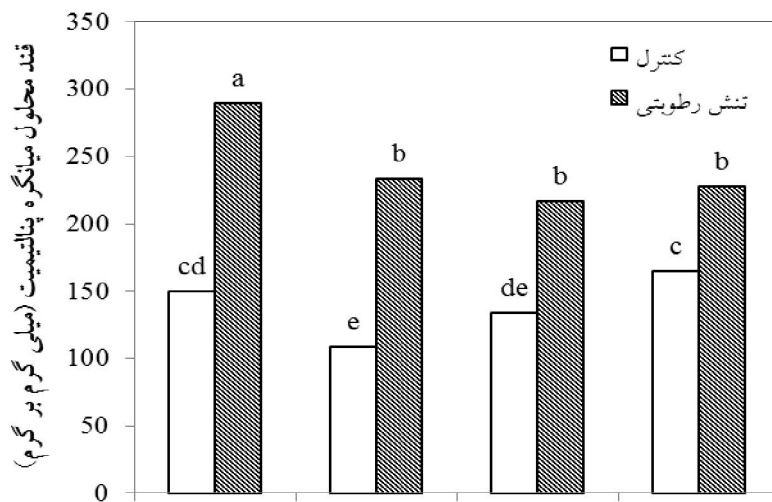
ساقه بود (جدول ۴)، که با نتایج مقصودی و اسلامی (۲۰۱۱) مطابقت دارد. واردلاو و ویلنبرگ (۲۰۰۰) در بررسی اثر تنش خشکی روی انتقال مجدد ترکیبات ذخیره‌ای ساقه گندم بیان نمودند که میزان قندهای تجمع یافته در میانگه پنالیتیمیت نسبت به پدانکل بیشتر بود. همچنین مقدار کربوهیدرات‌های منتقل شده به دانه نیز از این میانگه بیشتر گزارش شد، چون محتوای کربوهیدرات‌ها در پدانکل تا بعد از گلدهی و زمانی که رشد آن کامل نشده است، تجمع نمی‌یابد. در بررسی دیگر سعیدی و مرادی (۱۳۹۰) روی دو رقم گندم مرودشت و زاگرس، گزارش کردند که غلظت قندهای محلول در میانگه پنالیتیمیت به طور معنی‌داری بیشتر از پدانکل بود. نتایج حاصل از این آزمایش با نتایج مطالعات سعیدی و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت داشت.

اثر متقابل نشان داد که واکنش ارقام در سطوح مختلف تنش رطوبتی متفاوت بود، به طوری که در شرایط تنش رطوبتی بیشترین غلظت قند محلول بقیه میانگه‌های ساقه (۲۷۶ میلی گرم گلوکز در گرم ماده خشک) در رقم سیوند و کمترین آن در رقم مرودشت (۱۸۶ میلی گرم گلوکز در گرم ماده خشک) مشاهده گردید این در حال بود که در شرایط کنترل رقم پیشتاز بیشترین و سه رقم دیگر کمترین میزان را داشتند (شکل ۱). که این امر بیانگر نوع ژنتیکی ارقام در واکنش به شرایط مختلف محیطی است.

در مراحل مختلف نمونه‌گیری تحت شرایط کنترل از نظر غلظت قندهای محلول بقیه میانگه‌ها تفاوت معنی‌داری نداشتند ولی در شرایط تنش رطوبتی در زمان نمونه‌گیری دوم (۲۰ روز پس از

غلظت آنها در شرایط تنش رطوبتی افزایش می‌یابد. غلظت قندهای محلول پدانکل، پنالیتیمیت و بقیه میانگه‌های ساقه در مرحله برداشت نسبت به مرحله دوم نمونه‌گیری (۲۰ روز پس از گرده‌افشانی) به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۴). این کاهش ممکن است به دلیل کاهش فتوسنتز جاری در اواخر مرحله رشد گیاه و انتقال قند محلول پدانکل به سمت دانه‌ها باشد.

اثر متقابل رقم و رژیم رطوبتی بر محتوای قندهای محلول میانگه پنالیتیمیت نشان داد که بیشترین غلظت قند محلول پنالیتیمیت تحت شرایط تنش رطوبتی در رقم پیشتاز (۲۲۰ میلی گرم گلوکز در گرم ماده خشک) و کمترین آن در شرایط کنترل مربوط به رقم DN-11 بود. به طوری که، بیشترین افزایش غلظت قند محلول پنالیتیمیت در شرایط تنش در رقم DN-11 حدود ۱۱۴ درصد و کمترین افزایش در رقم مرودشت (حدود ۳۸ درصد) مشاهده شد (شکل ۱). در ۲۰ روز پس از گرده‌افشانی غلظت قند محلول پنالیتیمیت نسبت به ۱۰ روز پس از گرده‌افشانی افزایش یافت و در مرحله برداشت نیز غلظت قند محلول کاهش یافت، که این کاهش در رقم سیوند نسبت به ارقام دیگر بیشتر بود (جدول ۷). بورل و همکاران (۱۹۹۳) گزارش کردند که میانگه پدانکل و پنالیتیمیت به طور متوسط ۴۵ درصد کل وزن ساقه و میانگه‌های پایینی ساقه ۵۵ درصد آن را تشکیل می‌دهند. این میانگه‌ها مقدار متفاوتی از قندهای محلول را تجمع و انتقال می‌دهند (Wardlaw and Willenbrink, 1994; Shakiba et al., 1996). در شرایط کنترل و تنش غلظت قندهای محلول میانگه پنالیتیمیت بیشتر از میانگه پدانکل و بقیه میانگه‌های



ارقام گندم

شکل ۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و رژیم رطوبتی بر محتوای قندهای محلول میانگرمه پانالیمیت و میانگرمه‌های زیری ساقه. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار با هم ندارند.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم رطوبتی و مراحل نمونه‌گیری بر محتوای قند محلول بقیه میانگرمه‌های ساقه و وزن خشک سنبله

وزن خشک سنبله (گرم)	قند محلول بقیه میانگرمه‌ها (میلی گرم بر گرم وزن خشک)	مراحل نمونه‌گیری بعد از اعمال تنش رطوبتی (روز)	رژیم رطوبتی
۰/۷۲۲ ^d	۱۲۸ ^d	۱۰	کنترل رطوبتی
۰/۹۲۴ ^c	۱۳۴ ^d	۲۰	
۱/۸۹ ^a	۱۷۱ ^d	۴۰	
۰/۷۴۶ ^d	۲۳۳ ^b	۱۰	
۰/۸۳۰ ^{cd}	۲۷۱ ^a	۲۰	تنش رطوبتی
۱/۵۲ ^b	۲۰۵ ^c	۴۰	

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار با هم ندارند.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و مراحل نمونه گیری بر محتوای قندهای محلول میانگرمه پنالتمیت و روند وزن خشک میانگرمه پدانکل و سنبله

ارقام	مراحل نمونه گیری بعد از اعمال		قند محلول میانگرمه پنالتمیت (میلی گرم بر گرم وزن خشک)	
	تنش رطوبتی (روز)	مراحل نمونه گیری بعد از اعمال	قند محلول میانگرمه پنالتمیت (میلی گرم بر گرم وزن خشک)	وزن خشک (گرم)
پیشاز	۱۰	۱۸۱ ^{bc}	۰/۳۷۲ ^a	۰/۲۹۴ ^b
	۲۰	۲۷۹ ^a	۰/۳۲۵ ^b	۰/۲۳۴ ^c
	۴۰	۱۹۹ ^b	۰/۲۰۱ ^c	۰/۱۵۱ ^e
DN-11	۱۰	۱۷۸ ^{bcd}	۰/۳۷۳ ^a	۰/۳۴۹ ^a
	۲۰	۱۸۲ ^{bc}	۰/۳۱۰ ^b	۰/۲۶۴ ^{bc}
	۴۰	۱۵۵ ^{cde}	۰/۲۰۱ ^c	۰/۱۶۸ ^{de}
سیوند	۱۰	۲۰۵ ^b	۰/۳۳۶ ^a	۰/۲۲۵ ^{bc}
	۲۰	۱۸۹ ^{bc}	۰/۳۲۷ ^b	۰/۲۵۱ ^{bc}
	۴۰	۱۳۱ ^e	۰/۲۲۶ ^c	۰/۱۷۶ ^{de}
مرودشت	۱۰	۱۴۶ ^{de}	۰/۲۹۵ ^b	۰/۲۳۶ ^{bc}
	۲۰	۲۹۶ ^a	۰/۲۹۴ ^b	۰/۲۱۹ ^{cd}
	۴۰	۱۷۳ ^{bcd}	۰/۲۱۸ ^c	۰/۱۷۱ ^{de}

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار با هم ندارند.

می‌باشد (Blum, 1998). نتایج مطالعات بلوم (۱۹۹۸) نشان داد که در برخی از ژنوتیپ‌های گندم که دارای ذخیره کافی در ساقه هستند، انتقال مجدد آنها به دانه‌ها صورت نمی‌گیرد. دلیل آن این است که انتقال مجدد و مصرف قندهای ذخیره شده به قدرت مخزن و مقدار تقاضا برای ذخایر ساقه بستگی دارد.

نتایج بیانگر این مطلب است که بیشترین میزان انتقال مجدد در هر دو شرایط محیطی مربوط به میانگرمه‌های پدانکل به ترتیب با ۱۶۲ و ۱۴۳ میلی گرم بود و میانگرمه پنالتمیت و بقیه میانگرمه‌های ساقه در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (جدول ۹). احتمالاً بالا بودن میزان انتقال مجدد ماده خشک از میانگرمه پدانکل به این خاطر است که میانگرمه پدانکل به دلیل نزدیکی به مخزن (دانه‌ها)، انتقال مجدد از آن سریع‌تر و با انرژی کمتر مواد فتوسنتزی را به دانه

گرده‌افشانی) بیشترین غلظت قندهای محلول وجود داشت و در مرحله برداشت به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۶). دیویدسون و شوالیر (۱۹۹۲) نیز اعلام نمودند که غلظت کربوهیدرات‌های محلول ساقه ۱۰ تا ۱۴ روز پس از گرده افشانی به ۲۵-۳۸ درصد وزن خشک ساقه رسید و سپس در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک به کمتر از ۵ درصد تقلیل یافت.

میزان انتقال مجدد مواد فتوسنتزی

نتایج انتقال مجدد کربوهیدرات‌ها، بیانگر این مطلب بود که تنش رطوبتی میزان انتقال مجدد میانگرمه پدانکل را به طور معنی‌داری کاهش (۱۲ درصد) داد (جدول ۹). در همین ارتباط گزارش شده است که وقوع تنش رطوبتی پس از گرده‌افشانی به دلیل کاهش میزان فتوسنتز، ذخایر ساقه کاهش یافته، بنابراین کل انتقال مجدد کمتر از شرایط آبیاری

پاکوتاه و پابلند گندم مشاهده نمودند که ارقام پابلند به واسطه وزن خشک بیشتر، سهم و انتقال مجدد بیشتری در پر کردن دانه نسبت به ارقام پاکوتاه دارند (Herzog and Stamp, 1983; Yang *et al.*, 1991;) (Abdoli *et al.*, 2013). در این پژوهش نیز رقم سیوند با داشتن ارتفاع کمتر، انتقال مجدد میانگه‌های پدانکل، پنالتیمیت و بقیه میانگه‌هایش نسبت به ارقام پیشتاز و DN-11 کمتر بود (جداول ۱ و ۹). این امر نشان دهنده این است که با کاهش ارتفاع ساقه در ارقام جدید و پرمحصول (مانند سیوند و مرودشت) میزان ذخایر ساقه کاهش یافته و از اینرو حساسیت این ارقام به شرایط نامساعد پس از گلدهی بیشتر از ارقام قدیمی و پابلند است که نتایج فوق با گزارش میری (۱۳۸۹) مطابقت دارد.

کارایی انتقال مجدد

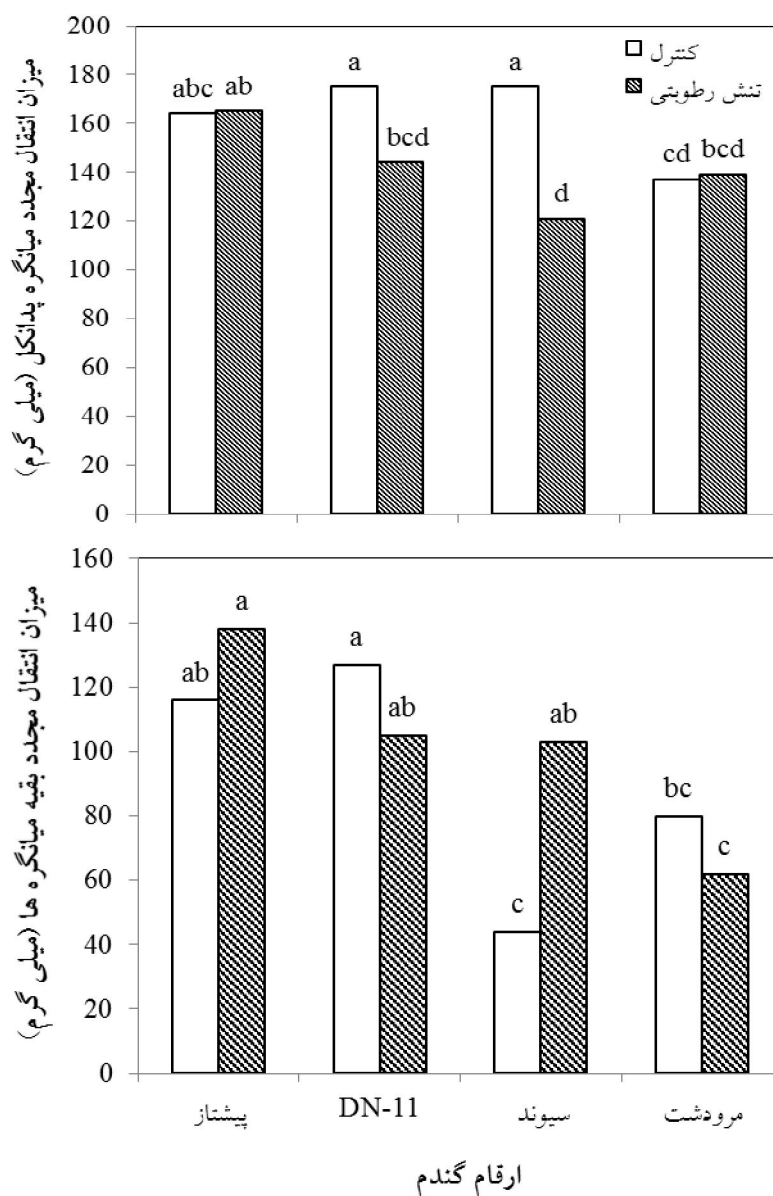
تنش رطوبتی سبب افزایش کارایی انتقال مجدد مواد از بقیه میانگه‌های ساقه (به طور متوسط ۳۲ درصد) شد (جدول ۹). در شرایط کنترل و تنش رطوبتی بالاترین کارایی انتقال مجدد به ترتیب ۴۳ و ۴۵ درصد مربوط به میانگه‌های پنالتیمیت بود و پدانکل (به ترتیب ۴۲ و ۳۹ درصد) و بقیه میانگه‌ها (به ترتیب ۲۸ و ۳۷ درصد) در رتبه دوم و سوم قرار گرفتند (جدول ۹). مطابق با نتایج این تحقیق، ژانگ و همکاران (۲۰۱۳) نیز اعلام داشتند که کارایی انتقال مجدد مواد در میانگه پنالتیمیت نسبت به میانگه پدانکل بیشتر بود. واکنش ارقام به تنش رطوبتی متفاوت از یکدیگر بود، به طوری که کارایی انتقال مجدد بقیه میانگه‌های ساقه (به غیر از میانگه پدانکل و پنالتیمیت) در برخی از ارقام افزایش و در برخی دیگر کاهش یافت (شکل ۳). این اختلاف به

منتقل می‌نماید (مهرپویان و همکاران، ۱۳۹۱). سعیدی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که در ارقام مقام انتقال مجدد فندهای محلول میانگه‌های پدانکل و پنالتیمیت مخصوصاً تحت تنش رطوبتی بیشتر بود. مغایر با نتایج این تحقیق، ژانگ و همکاران (۲۰۱۳) بیان داشتند که میزان انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از میانگه‌های پایینی ساقه نسبت به میانگه‌های بالایی بیشتر است.

مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و رژیم رطوبتی بر میزان انتقال مجدد از میانگه پدانکل و بقیه میانگه‌های زیری ساقه نشان داد که تنش رطوبتی مقدار انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از میانگه‌ها را در برخی ارقام افزایش و در برخی کاهش داد. به طوری که، تنش رطوبتی مقدار انتقال مجدد مواد را از میانگه پدانکل رقم سیوند ۳۱ درصد کاهش داد اما مقدار انتقال مجدد مواد از بقیه میانگه‌های این رقم را ۱۳۵ درصد افزایش داد (شکل ۲). همچنین در بین ارقام از نظر مقدار ماده خشک انتقال یافته از بقیه میانگه‌های ساقه به دانه‌های در حال رشد تفاوت معنی‌دار وجود داشت (شکل ۲). اثر متقابل رژیم رطوبتی و رقم بیانگر این مطلب بود که بیشترین و کمترین مقدار ماده خشک انتقال یافته از بقیه میانگه‌های ساقه (به غیر از میانگه پدانکل و پنالتیمیت) در شرایط عدم تنش متعلق به ارقام DN-11 و سیوند و در شرایط تنش رطوبتی به ترتیب مربوط به ارقام پیشتاز و مرودشت بود، همچنین نتایج نشان داد که با اعمال تنش خشکی میزان انتقال مجدد از میانگه فوق در ارقام سیوند و پیشتاز به شدت افزایش یافت (شکل ۲). در این مورد محققین با بررسی تولید ماده خشک بین مخازن مختلف ارقام

افت صفت فوق مشاهده شد (شکل ۳). نکته قابل تامل این که رقم DN-11 با این که طی تنش رطوبتی نسبت به شرایط کنترل دارای انتقال مجدد کمتری از میانگره‌های زیری بود ولی توانست کارایی انتقال مجدد را از میانگره فوق افزایش دهد (اشکال ۲ و ۳).

دلیل وجود تنوع ژنتیکی از نظر کارایی و پتانسیل انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه‌های در حال رشد در ژنوتیپ‌های گندم می‌باشد (Papakosta and Gayianas, 1991). به طوری که طی تنش کارایی انتقال مجدد از بقیه میانگره‌های ساقه در ارقام پیشتاز، DN-11 و سیوند افزایش یافت ولی در رقم مرودشت



شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و رژیم رطوبتی بر میزان انتقال مجدد از میانگره پدانکل و بقیه میانگره‌های زیری ساقه میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی دار با هم ندارند

جدول ۸- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رژیم رطوبتی و رقم بر میزان، کارایی و سهم انتقال مجدد

منابع تغییرات	درجه آزادی	میزان انتقال مجدد (میلی گرم)			کارایی انتقال مجدد (درصد)			سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه (درصد)		
		پدانکل	پنالتیمیت	بقیه میانگره‌ها	پدانکل	پنالتیمیت	بقیه میانگره‌ها	پدانکل	پنالتیمیت	بقیه میانگره‌ها
تکرار	۲	۲۵۲ ^{NS}	۶۸۴ ^{NS}	۴/۲۹ ^{NS}	۸۹/۹ ^{NS}	۱۷۴ ^{NS}	۲۰/۱ ^{NS}	۰/۰۰۸ ^{NS}	۰/۰۱۸ ^{NS}	۰/۰۰۷ ^{NS}
رقم	۳	۸۸۴*	۳۹۴۲**	۵۰/۲۲**	۲۲۷ ^{NS}	۲۸۲*	۲۵۳**	۰/۲۹۷**	۰/۶۰۲**	۰/۳۹۵**
رژیم رطوبتی	۱	۲۴۰**	۲۸۷ ^{NS}	۶۲۰ ^{NS}	۶۰/۱ ^{NS}	۲۳/۱ ^{NS}	۴۷۸**	۰/۰۵۵ ^{NS}	۰/۰۴۲ ^{NS}	۰/۹۴۷**
رژیم رطوبتی × رقم	۳	۱۱۲۶**	۲۰۷ ^{NS}	۲۱۵۸**	۹۰/۳ ^{NS}	۴۶/۱ ^{NS}	۲۹۲**	۰/۳۲۸**	۰/۱۶۲**	۰/۱۸۱**
خطا	۱۴	۲۲۳	۳۹۰	۴۱۳	۷۸/۳	۷۱/۷	۳۸/۱	۰/۰۲۲	۰/۰۲۳	۰/۰۱۶
ضریب تغییرات (%)	۹/۷۸	۱۴/۲	۲۱	۲۱/۶	۱۹	۱۹	۱۶/۲	۱۶/۶	۲۳/۶	

NS، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۹- مقایسه میانگین اثرات ساده رژیم رطوبتی و رقم بر میزان، کارایی و سهم انتقال مجدد

تیمارها	ارقام	میزان انتقال مجدد (میلی گرم)			کارایی انتقال مجدد (درصد)			سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه (درصد)		
		پدانکل	پنالتیمیت	بقیه میانگره‌ها	پدانکل	پنالتیمیت	بقیه میانگره‌ها	پدانکل	پنالتیمیت	بقیه میانگره‌ها
پیشاز	۱۶۵ ^a	۱۵۴ ^a	۱۲۷ ^a	۴۶/۰	۴۸/۵ ^a	۳۶/۳ ^a	۹/۹۲ ^{ab}	۱۰/۵ ^b	۶/۱۳ ^b	
DN-11	۱۵۹ ^a	۱۶۵ ^a	۱۱۶ ^a	۴۶/۱	۵۱/۵ ^a	۳۹/۴ ^a	۱۱/۴ ^a	۱۲/۹ ^a	۸/۳۷ ^a	
سیوند	۱۴۸ ^{ab}	۱۲۴ ^b	۷۳ ^b	۳۷/۵	۴۱/۱ ^{ab}	۲۶/۶ ^b	۶/۱۷ ^c	۷/۱۰ ^c	۴/۱۷ ^c	
مرودشت	۱۳۸ ^b	۱۱۰ ^b	۷۱ ^b	۳۳/۸	۳۶/۴ ^b	۲۷/۰ ^b	۸/۹۱ ^b	۶/۰۴ ^c	۲/۴۱ ^d	
رژیم رطوبتی										
کنترل رطوبتی	۱۶۲ ^a	۱۴۲	۹۰	۴۲	۴۳	۲۸ ^b	۸/۶۴	۸/۷۳	۳/۲۹ ^b	
تنش رطوبتی	۱۴۳ ^b	۱۳۵	۱۰۲	۳۹	۴۵	۳۷ ^a	۹/۶۰	۹/۵۷	۷/۲۶ ^a	
درصد تغییرات	-۱۲	-۵	+۱۱	-۷	+۵	+۳۲	+۱۱	+۱۰	+۱۲۱	

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی دار با هم ندارند.

- و + به ترتیب کاهش و افزایش نسبت به شرایط کنترل.

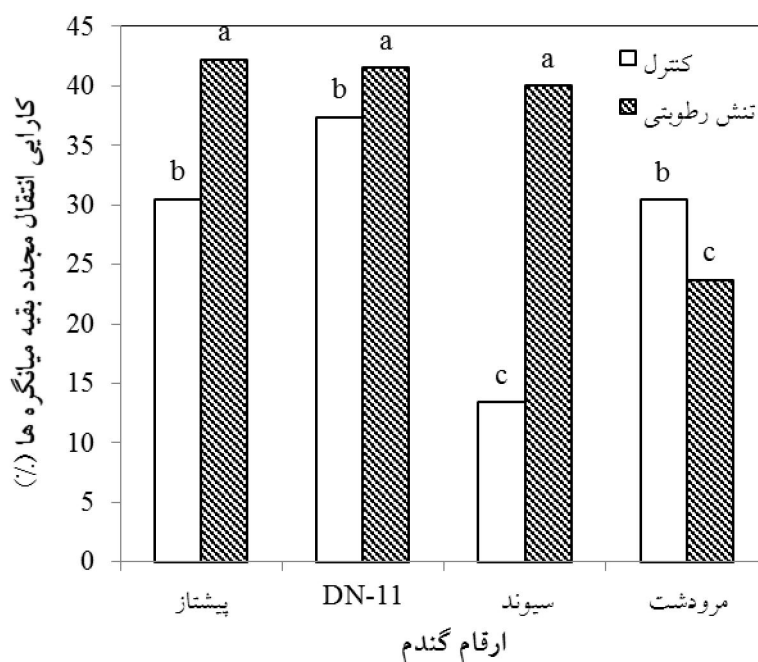
سهم انتقال مجدد در شکل‌گیری عملکرد دانه

بلوم و همکاران (۱۹۹۴) با تحقیق روی ارقام مختلف جو و گندم اعلام کردند هنگامی که ظرفیت فتوسنتزی گیاه توسط تنش رطوبتی یا گرمای بعد از گرده‌افشانی کاهش می‌یابد، پرشدن دانه به طور قابل توجهی وابسته به انتقال مجدد ذخایر ساقه است. آنها در چنین شرایطی میزان مشارکت ذخایر ساقه را در شکل‌گیری عملکرد دانه حدود ۲۲ تا ۶۶ درصد وزن خشک دانه گزارش کردند. نتایج حاصل از مقایسات

میانگین (جدول ۹) نشان داد که به طور کلی مجموع سهم ماده خشک منتقل شده طی فرآیند انتقال مجدد از پدانکل، پنالتیمیت و بقیه میانگره‌های ساقه تحت شرایط تنش رطوبتی نسبت به شرایط کنترل افزایش یافت (به ترتیب ۱۱، ۱۰ و ۱۲۱ درصد) ولی فقط در مورد بقیه میانگره‌ها معنی دار بود، که با نتایج عزت احمدی و همکاران (۱۳۹۰) مشابه می‌باشد. طوسی مجرد و قنادها (۱۳۸۵) در آزمایشی وقوع تنش رطوبتی را در ۸ رقم گندم نان بررسی کردند و بیان نمودند که به طور کلی مجموع سهم ماده خشک

درصد) بیشتر از بقیه میانگره‌های ساقه (به ترتیب ۳/۲۹ و ۷/۲۶ درصد) بود (جدول ۹). بر عکس این نتایج، ژانگ و همکاران (۲۰۱۳) بیان داشتند که سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در پر کردن دانه‌ها در میانگره‌های پایینی ساقه نسبت به میانگره‌های بالایی بیشتر بود. واردلاو و ویلنبریک (۲۰۰۰) در آزمایش تأثیر تنش رطوبتی روی انتقال مجدد گیاه گندم مشاهده کردند که انتقال قندهای محلول از میانگره پنالتیمیت بیشتر از میانگره پدانکل بود.

انتقال یافته از میانگره‌های پدانکل، پنالتیمیت و بقیه میانگره‌ها در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط عدم تنش افزایش یافت که دلیل آن برخورد دوره پرشدن دانه با تنش رطوبتی پایان فصل بوده است. در همین ارتباط رضایی مراداعلی و همکاران (۱۳۹۲) بیان کردند که تشدید تنش رطوبتی سهم انتقال مجدد در پرشدن دانه را تا ۲۳ درصد افزایش داد. نتایج نشان داد که سهم انتقال مجدد در هر دو شرایط محیطی کنترل و تنش در میانگره پدانکل (به ترتیب ۸/۶۴ و ۹/۶۰ درصد) و پنالتیمیت (به ترتیب ۸/۷۳ و ۹/۵۷



شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و رژیم رطوبتی بر کارایی انتقال مجدد میانگره‌های زیری. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار با هم ندارند.

می‌کند. روحی (۱۳۷۹) بیان می‌دارد افزایش سهم مشارکت آسیمیلات‌ها در عملکرد دانه به دو طریق امکان پذیر است، یا انتقال مواد بیشتر شود و یا عملکرد کاهش یابد.

با توجه به مقایسه میانگین‌ها رقم DN-11 با داشتن میزان انتقال مجدد بالاتر نسبت به ارقام مرودشت و سیوند سهم بیشتری را در پر کردن دانه نیز داشت (جدول ۹). که اظهارات اشنايدر (۱۹۹۳) و روحی و طهماسبی سروسستانی (۱۳۸۵) آن را تأیید

تنش رطوبتی سبب افزایش ۱۳۹ و ۴۹۵ درصدی سهم انتقال مجدد از میانگروه‌های فوق در عملکرد دانه رقم سیوند شد (جدول ۱۰). به طور کلی پاسخ ارقام و میانگروه‌ها به تنش رطوبتی متفاوت از یکدیگر بود، که با نتایج طوسی مجرد و قنادها (۱۳۸۵) و رضایی مراداعلی و همکاران (۱۳۹۲) مطابقت دارد.

مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و رژیم رطوبتی بر سهم انتقال مجدد از میانگروه‌های مختلف ساقه بر عملکرد دانه نشان داد که تنش رطوبتی سبب افزایش سهم انتقال مجدد پدانکل در عملکرد دانه ارقام سیوند و DN-11 شد (به ترتیب ۲۴۱ و ۲۲۲ درصد). در مورد میانگروه پنالتمیت و بقیه میانگروه‌های ساقه نیز

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و رژیم رطوبتی بر سهم انتقال مجدد از میانگروه‌های مختلف ساقه بر عملکرد دانه

سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه (درصد)								
ارقام	پدانکل		پنالتمیت		بقیه میانگروه‌ها		درصد تغییرات	درصد
	کنترل	تنش رطوبتی	کنترل	تنش رطوبتی	کنترل	تنش رطوبتی		
پیش‌تاز	۹/۳۴ ^b	۱۲/۵ ^b	۶/۱۶ ^{de}	۱۱/۲ ^{bc}	+۸۱/۸	۱/۲۷ ^d	۵/۳۱ ^b	+۳۱۸
DN-11	۸/۸۵ ^b	۲۸/۵ ^a	۱۰/۷ ^{bc}	۱۵/۹ ^a	+۴۸/۵	۳/۱۱ ^c	۶/۵۶ ^a	+۱۱۰
سیوند	۹/۴۰ ^b	۳۲/۱ ^a	۵/۹۳ ^{de}	۱۴/۲ ^{ab}	+۱۳۹	۱/۲۹ ^d	۷/۷۰ ^a	+۴۹۵
مرودشت	۹/۵۸ ^b	۱۴/۵ ^b	۵/۰۴ ^e	۹/۳۷ ^{cd}	+۸۵/۹	۱/۳۵ ^d	۲/۷۵ ^c	+۱۰۴

در هر دو ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار با هم ندارند. - و + به ترتیب کاهش و افزایش نسبت به شرایط کنترل.

صفات زراعی

عدد) و ارقام DN-11، پیش‌تاز و سیوند کمترین تعداد دانه (به ترتیب ۴۱، ۳۸ و ۳۵ عدد) را به خود اختصاص دادند. قابل ذکر است که رقم مرودشت با داشتن بالاترین تعداد دانه در سنبله از وزن هزار دانه کمتری نسبت به بقیه ارقام برخوردار بود. با توجه به این که پتانسیل تولید دانه در مراحل قبل از گلدهی تعیین می‌شود، وقوع تنش رطوبتی در مرحله پس از گرده‌افشانی تأثیری بر تعداد دانه در سنبله نداشت (جدول ۱۲). البته کاهش تعداد دانه در اثر اعمال تنش رطوبتی در مرحله گرده‌افشانی و پس از آن، ممکن است به دلیل اختلال در گرده‌افشانی، عقیم شدن دانه‌های گرده و اختلال در فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد ذخیره شده از بخش‌های مختلف

نتایج حاصل از تجزیه واریانس عملکرد و اجزای آن (جدول ۱۱) نشان داد که ارقام مورد بررسی از نظر وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله در سطح یک درصد تفاوت معنی‌دار داشتند. تیمار تنش رطوبتی نیز در سطح یک درصد روی عملکرد دانه و وزن هزار دانه اثر معنی‌دار گذاشت و اثر متقابل رژیم رطوبتی و رقم بر عملکرد دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود.

نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۱۲) نشان داد که بین ارقام از نظر تعداد دانه در سنبله تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به طوری که رقم مرودشت بیشترین تعداد دانه در سنبله (۵۴)

گیاهی از جمله ساقه‌ها می‌باشد (Entz and Flower, 1990).

جدول ۱۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رژیم رطوبتی و رقم بر عملکرد دانه و اجزای آن

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	وزن هزاردانه	تعداد دانه در سنبله
تکرار	۲	۴/۵۳ ^{ns}	۲۰/۴ ^{ns}	۸/۱۶ ^{ns}
رقم	۳	۹/۶۳ ^{ns}	۱۳۵ ^{**}	۴۰۷ ^{**}
رژیم رطوبتی	۱	۲۱۹ ^{**}	۲۶۶ ^{**}	۷۳/۵ ^{ns}
رژیم رطوبتی × رقم	۳	۱۰/۶*	۴۱/۴ ^{ns}	۵۶/۹ ^{ns}
خطا	۱۴	۳/۰۵	۱۹/۹	۲۷/۹
ضریب تغییرات (%)	-	۱۱/۰	۱۸/۶	۱۲/۴

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

جدول ۱۲- مقایسه میانگین اثرات ساده رژیم رطوبتی و رقم بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله

ارقام	عملکرد دانه (گرم در گلدان)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در سنبله
پشتاز	۱۶/۸	۲۶/۴ ^a	۳۸ ^b
DN-11	۱۵/۷	۲۴/۴ ^a	۴۱ ^b
سیوند	۱۶/۷	۲۷/۸ ^a	۳۵ ^b
مرو دشت	۱۴/۱	۱۷/۱ ^b	۵۴ ^a
رژیم رطوبتی			
کنترل رطوبتی	۱۸/۸ ^a	۲۷/۳ ^a	۴۳
تنش رطوبتی	۱۲/۸ ^b	۲۰/۶ ^b	۴۱
درصد تغییرات	-۳۲	-۲۴	-۵

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار با هم ندارند.

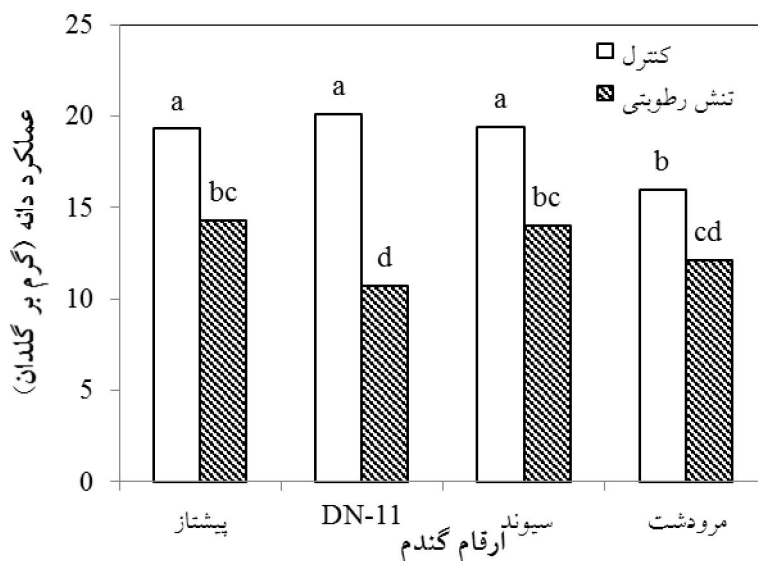
- و + به ترتیب کاهش و افزایش نسبت به شرایط کنترل.

و DN-11 از وزن هزار دانه بالاتری (به ترتیب ۲۷/۸، ۲۶/۴ و ۲۴/۴ گرم) برخوردار بودند (جدول ۱۲). موافق با نتایج حاضر عبدلی و سعیدی (۲۰۱۲) گزارش کردند که وقوع تنش رطوبتی پس از گرده‌افشانی در گندم کاهش بیشتر وزن هزار دانه را در مقایسه با دیگر اجزای عملکرد به دنبال داشت. پس تنش رطوبتی پس از مرحله گرده‌افشانی عملکرد را بیشتر از طریق کاهش وزن هزار دانه به شرط تعداد

تنش رطوبتی پس از گرده‌افشانی سبب کاهش ۲۴ درصدی وزن هزار دانه شد (جدول ۱۲). احتمالاً دلیل این واکنش عدم تأمین مواد فتوسنتزی مورد تقاضای دانه‌ها می‌باشد زیرا در این شرایط فتوسنتز جاری به وسیله تنش رطوبتی و تنش گرمایی دچار اختلال می‌شود (سعیدی و همکاران، ۱۳۸۹). در بین ارقام مورد بررسی کمترین وزن هزار دانه مربوط به رقم مرو دشت (۱۷/۱ گرم) بود و ارقام سیوند، پشتاز

منتقل می‌شوند، بنابراین هرگونه کاهش در میزان آب قابل دسترس گیاه موجب کوچک و لاغر شدن دانه‌ها می‌گردد.

دانه مساوی در سنبله، کاهش می‌دهد تا تعداد دانه در سنبله، در این مورد دالوندی و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند که در این مرحله مواد فتوسنتزی به دانه‌ها



شکل ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و رژیم رطوبتی بر عملکرد دانه. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار با هم ندارند.

پس از گرده‌افشانی، احتمالاً عملکرد دانه را از طریق کاهش ذخیره‌سازی مواد پرورده در دانه‌ها (Blum and Ebercon, 1976) و یا کاهش ظرفیت ذخیره‌سازی دانه‌ها (Wang et al., 1999) کاهش می‌دهد. در این ارتباط چلبی‌یانی و رشیدی (۲۰۱۲) و عبدلی و سعیدی (۲۰۱۳) گزارش کردند که در گندم، عملکرد دانه به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر تنش خشکی انتهای فصل کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر تنش خشکی پس از گرده‌افشانی قرار نگرفت ولی وزن هزار دانه به طرز چشمگیری کاهش یافت که در نهایت افت عملکرد را در پی داشت. غلظت قندهای محلول در

نتایج حاصل از اثرات متقابل تنش رطوبتی در رقم بر عملکرد دانه نشان داد که کمترین عملکرد دانه در شرایط کنترل مربوط به رقم مرو دشت بود و بین سه رقم دیگر از این نظر تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (شکل ۴). تنش رطوبتی موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه در ارقام مورد بررسی شد، مقدار کاهش عملکرد دانه در این شرایط در ارقام مورد بررسی یکسان نبود به طوری که بیشترین کاهش عملکرد دانه مربوط به رقم DN-11 (۴۸ درصد) بود و ارقام پیش‌تاز و سیوند در شرایط تنش رطوبتی بیشترین عملکرد دانه را دارا بودند (شکل ۴). کاهش عملکرد دانه تحت تنش رطوبتی پس از گرده‌افشانی در گزارشات متعدد دیگر نیز گزارش شده است (سعیدی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Savic et al., 2012؛ Abdoli et al., 2013). بروز تنش خشکی

داشتند. بنابراین، کاشت این ارقام در مقایسه با سایر ارقام در مناطقی که احتمال وقوع تنش رطوبتی پس از گرده‌افشانی وجود داشته باشد با ریسک بالاتری همراه است و بهتر است با ارقام دیگر جایگزین شود.

قدردانی

این تحقیق با حمایت پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه انجام شد. بدین وسیله از آن دانشگاه به خاطر فراهم آوردن امکانات قدردانی می‌شود.

شرایط تنش رطوبتی افزایش یافت به طوری که در میانگه پنالتمیت و میانگه‌های پایین ساقه بیشتر از میانگه پدانکل بود، از طرفی نیز میزان و کارایی انتقال مجدد بقیه میانگه‌ها (بغیر از پدانکل و پنالتمیت) در شرایط تنش رطوبتی افزایش پیدا کرد که ارتباط نزدیکی با وزن خشک میانگه داشت. از طرفی، اعمال تنش رطوبتی به ترتیب کمترین و بیشترین کاهش معنی‌دار را در عملکرد دانه ارقام مرودشت و DN-11 ایجاد نمود و همچنین این ارقام کمترین میزان عملکرد را در شرایط تنش رطوبتی

منابع

- اردلانی شیوا، سعیدی محسن، جلالی هنرمند سعید، قبادی محمد اقبال، عبدلی مجید. ۱۳۹۳. پاسخ‌های فیزیولوژیک و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در ژنوتیپ‌های گندم نان تحت تنش خشکی پس از گرده‌افشانی. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۶(۱): ۴۵-۵۹.
- اسفندیاری عزت‌اله، تاجیک طاهره، شکرپور مجید، برادران فیروزآبادی مهدی. ۱۳۸۹. اثر مخرب انواع اکسیژن فعال بر توان دفاعی سلول با افزایش سن برگ در گندم. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۳(۳): ۲۱۹-۲۲۷.
- اسفندیاری عزت‌اله، شکبیا محمدرضا، محبوب سلطانعلی، آلیاری هوشنگ، برادران فیروزآبادی مهدی. ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و پراکسیداسیون لیپیدی گیاهچه‌های گندم. مجله دانش کشاورزی. ۱۹(۲): ۱۲۹-۱۳۸.
- جودی مهدی، احمدی علی، محمدی ولی‌اله، عباسی علیرضا، محمدی حمید، اسماعیل‌پور محمد، بیات زینب، ترکشوند بهروز. ۱۳۸۹. بررسی تجمع و آزادسازی مواد فتوسنتزی در ارقام زراعی گندم‌های ایران تحت شرایط فاریاب و تنش خشکی طی فاز رشد زایشی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۱(۲): ۳۱۵-۳۲۸.
- رضایی مرادعلی محمد، عیوضی علیرضا، محمدی سلیمان، شیرعلیزاده شهرام. ۱۳۹۲. اثر تنش خشکی بر انتقال مجدد ماده خشک و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان زمستانه. مجله علوم زراعی ایران. ۱۵(۳): ۲۶۲-۲۷۲.
- روحی ابراهیم، طهماسبی سروستانی زین‌العابدین. ۱۳۸۵. بررسی میزان انباشت ماده خشک و توزیع مجدد آن در ژنوتیپ‌های ارقام مختلف گندم دیم در شرایط آبیاری تکمیلی. مجله علمی کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز. ۲۹(۲): ۵۵-۶۳.

روحی، ابراهیم. ۱۳۷۹. بررسی اثر آبیاری تکمیلی بر انتقال مجدد ماده خشک و نیتروژن در گندم های دیم. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه زراعت دانشگاه تربیت مدرس. تهران. ایران. ۹۴ صفحه.

سعیدی عباس، اکبری عظیم، بختیار فرشاد، مهرور محمدرضا، ناطق زهرا. ۱۳۸۴. مشخصات ارقام گندم نان، گندم دوروم، جو، تریتیکاله و چاودار. معرفی شده توسط بخش غلات (۱۳۰۹-۱۳۸۲). نشر آزمون کشاورزی. ۱۰۳ صفحه.

سعیدی محسن، مرادی فواد. ۱۳۹۰. اثر تنش خشکی پس از گرده افشانی بر انتقال مجدد کربوهیدرات های محلول از میانگرمه آخر و مقابل آخر به دانه های در حال رشد دو رقم گندم نان. علوم زراعی ایران. ۱۳(۳): ۵۴۸-۵۶۴.

سعیدی محسن، مرادی فواد، احمدی علی، سپهری روشنگر، نجفیان گودرز، شعبانی اکبر. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی انتهای فصل بر خصوصیات فیزیولوژیک و روابط منبع و مخزن در دو رقم گندم نان (*Triticum aestivum* L.). مجله علوم زراعی ایران. ۱۲(۴): ۳۹۲-۴۰۸.

طوسی مجرد مجید، قنادها محمد رضا. ۱۳۸۵. ارزیابی پتانسیل عملکرد دانه و حرکت مجدد ماده خشک به دانه در ارقام تجاری گندم نان در دو شرایط نرمال و تنش خشکی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۴: ۳۲۳-۳۳۹.

عزت احمدی مسعود، نورمحمدی قربان، قدسی مسعود، کافی محمد. ۱۳۹۰. اثر تنش رطوبتی و محدودیت منبع بر تجمع و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در ژنوتیپ های گندم. نشریه پژوهش های زراعی ایران. ۲۹(۲): ۲۲۹-۲۴۱.

مهرپویان مهدی، ذکاوتی بهمن، اجلی جلیل. ۱۳۹۱. مطالعه انتقال مجدد مواد ذخیره ای از اندام های هوایی در ده ژنوتیپ هگزاپلوئید گندم تحت شرایط نرمال و تنش رطوبتی انتهای. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۲(۳): ۶۹-۸۰.

میری حمیدرضا. ۱۳۸۹. تاثیر تنش خشکی بعد از گلدهی بر میزان مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه ارقام گندم. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۳(۱): ۱-۱۹.

Abdoli M, Saeidi M, Jalali-Honarmand S, Mansourifar S, Ghobadi, ME. 2013. Effect of post-anthesis water deficiency on storage capacity and contribution of stem reserves to the growing grains of wheat cultivars. Plant Knowledge Journal. 2(3): 99-107.

Abdoli M, Saeidi M. 2012. Using different indices for selection of resistant wheat cultivars to post anthesis water deficit in the west of Iran. Annals of Biology Research. 3(3): 1322-1333.

Abdoli M, Saeidi M. 2013. Evaluation of water deficiency at the post anthesis and source limitation during grain filling on grain yield, yield formation, some morphological and phonological traits and gas exchange of bread wheat cultivar. Albanian Journal Agriculture Sciences. 12(2): 255-265.

AoAc. 1995. Official method of analysis (16th), Arlington. VA., USA: AOAC.

- Arduini I, Masoni A, Ercoli L, Mariotti M. 2006. Grain yield, dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. *European Journal of Agronomy*. 25: 309-318.
- Baek KH, Skinner DZ. 2003. Alteration of antioxidant enzyme gene expression during cold acclimation of near-isogenic wheat lines. *Plant Science*. 165: 1221-1227.
- Blum A, Ebercon A. 1976. Genotypic responses in sorghum to drought stress. III. Free proline accumulation and drought resistance. *Crop Science*. 16: 428-431.
- Blum A, Sinmena B, Mayer J, Golan G, Shpiler L. 1994. Stem reserve mobilization supports wheat-grain filling under heat stress. *Australian Journal Plant Physiology*. 21: 771-781.
- Blum A. 1998. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. *Euphytica*. 100:77-83.
- Borrell A, Incoll LD, Dalling MJ. 1993. The influence of Rht1 and Rht2 alleles on the deposition and use of stem reserves in wheat. *Annals of Botany*. 71: 327-326.
- Borrell A, Incoll LD, Dalling MJ. 1993. The influence of the Rht₁ and Rht₂ alleles on the deposition and use of stem reserve in wheat. *Annals of Botany*. 71: 317-326.
- Breusegem FV, Vranova E, Dat JF, Inze D. 2001. The role of active oxygen species in plant signal transduction. *Plant Science*. 161: 405-414.
- Chalab-Yani S, Rashidi V. 2012. Selection indices in the improvement of wheat grain yield on drought stress conditions. *African Journal of Agriculture Research*. 7(7): 1177-1183.
- Dalvandi G, Ghanbari-Odivi A, Farnia A, Khaliltahmasebi B, Nabati E. 2013. Effects of drought stress on the growth, yield and yield components of fourwheat populations in different growth stages. *Advances in Environmental Biology*. 7(4): 619-624.
- Davidson DJ, Chevalier PM. 1992. Storage and remobilization of water-soluble carbohydrates in stems of spring wheat. *Crop Science*. 23: 182-190.
- Demirevska KL, Simova-Stoiloval V, Vassileval I, Vaseval B. 2008. Drought-Induced leaf protein alteration in sensitive and tolerant wheat varieties. *General of Applied Plant Physiology*. 34: 79-102.
- Edreva A. 2005. Generation and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts: a submolecular approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 106: 119-133.
- Ehdaie B, Alloush GA, Madore MA, Waines JG. 2006. Genotypic variation stem reserves and mobilization in wheat I. postanthesis change in internode dry matter. *Crop Science*. 46: 735-746.
- Ehdaie B, Alloush GA, 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.
- Ehdaie B, Waines JG. 1996. Genetic variation for contribution of preanthesis assimilates to grain yield in spring wheat. *Jornal of Genetics and Breeding*. 50: 47-56.
- Entz MH, Flower DB. 1990. Differential agronomic responses of winter wheat cultivars to post-anthesis environmental stress. *Crop Science*. 30: 1119-1123.
- Evans LT, Wardlow IF. 1996. Photoassimilate distribution in plants and crops source-sink relationship. In: *Wheat*. (Eds.) Zanneki EA, Sehalten A. New York. 501-518.
- Hassid WZ, Neufeld F. 1964. Quantitative determination of starch in plant tissues. p. 33. In: *Whistler R, Paschall E. (Eds.). Methods in Carbohydrate Chemistry*. Academic Press, New York.

- Herzog H, Stamp P. 1983. Dry matter and nitrogen accumulation in grain at different ear positions in semidwarf and normal spring wheat. *Euphytica*. 32: 511-520.
- Kerepesi I, Galiba G. 2000. Osmotic and salt-stress induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedlings. *Crop Science*. 40: 482-487.
- Krishna Surendar K, Durga Devi D, Ravi I, Jeyakumar P, Velayudham K. 2013. Physiological and biochemical behavior in banana cultivars and hybrids under water deficit. *African Journal of Agriculture Research*. 8(31): 4198-4208.
- Lawlor DW. 1995. The effect of water deficit on photosynthesis. In Smirnof, N. (ed.) *Environment and Plant Metabolism, Flexibility and Acclimation*. BIOS Scientific Publisher. London, 129-160.
- Maghsoudi Moud A, Eslami M. 2011. The effect of water stress on remobilization of pre-anthesis stored assimilates to grains in wheat. *Jornal of Plant Physiology and Breeding*. 1(1): 25-38.
- Mohammadkhani N, Heidari R. 2008. Effects of drought stress on soluble proteins in two maize varieties. *Turkish Biology*. 32: 23-30.
- Niu JY, Gan YT, Zhang JW, Yang QF. 1998. Post anthesis dry matter accumulation and redistribution in spring wheat mulched with plastic film. *Crop Science*. 38: 1562-1568.
- Papakosta DK, Gayianas AA. 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization and losses for mediterranean wheat during grain filling. *Agronomy Journal*. 83: 804-807.
- Rawson HM, Evans LT. 1971. The contribution of stem reserves to grain development in a range of cultivars of different height. *Australian Journal of agricultural Resarch*. 22: 851-863.
- Ruuska S, Rebetzke GJ, van Herwaarden AF, Richards RA, Fettell NA, Tabe L, Jenkins C. 2006. Genotypic variation for water soluble carbohydrate accumulation in wheat. *Funcyion Plant Biology*. 33: 799-809.
- Saeidi M, Moradi F, 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.
- Sairam RK, Saxena DS. 2000. Oxidative stress and antioxidant in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. *Journal Agronomy Crop Sciences*. 184: 55-61.
- Savic J, Dodig D, Kandic V, Gelamoclija D, 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.
- Schnyder H. 1993. The role of carbohydrate storage and redistribution in the source-sink relation of wheat and barley during grain filling—a review. *New Phytologist*. 123: 233-245.
- Shakiba MR, Ehdaie B, Madore MA, Waines JG. 1996. Contribution of internode reserves to grain yield in a tall and semidwarf spring wheat. *Journal Genetic Breeding*. 50: 91-100.
- Turkan I, Bor M, Ozdemir F, Koca H. 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Plant Science*. 168: 223-231.
- Wang RY, Yu ZW, Pan QM. 1999. Changes of endogenous plant hormone contents during grain development in wheat. *Acta Agronomy Sinica*. 25: 227-231.

- Wardlaw IF, Willenbrink J. 1994. Carbohydrate storage and mobilization by the culm of wheat between heading and grain maturity: The relation to source synthase and sucrosephosphate synthase. *Australian Journal of Plant Physiology*. 21: 255-271.
- Wardlaw IF, Willenbrink J. 2000. Mobilization of fructan reserves and changes in enzyme activities in wheat stems correlate with water stress during kernel filling. *New Phytologist*. 148: 413-422.
- Yang J, Zhang J, Wang Z, Zhu Q, Liu L. 2001. Water deficit induced senescence and its relationship to the remobilization of pre-stored carbon in wheat during grain filling. *Agronomy Journal*. 93: 196-206.
- Yang RC, Jana S, Clarke JM. 1991. Phenotypic diversity and association of some potentially droughtresponsive characters in durum wheat. *Crop Science*. 31: 1484-1491.
- Zadoks JC, Chang TT, Konzak BF. 1974. A decimal code for growth stages of cereals. *Weed Research*. 14: 415-421.
- Zhang YP, Zhang YH, Xue QW, Wang ZM. 2013. Remobilization of water soluble carbohydrates in non-leaf organs and contribution to grain yield in winter wheat under reduced irrigation. *International Journal Plant Production*. 7(1): 1735-6814.

Evaluation of grain yield and its relationship with remobilization of dry matter in bread wheat cultivars under water deficit stress at the post anthesis

S. Ardalani¹, M. Saeidi¹, S. Jalali-Honarmand¹, M.E. Ghobadi¹ and M. Abdoli^{2*}

1-Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran

2-Faculty of Agriculture, Maragheh University, Maragheh, Iran

Abstract

This study was designed to evaluate the effects of post anthesis moisture stress on agronomy traits, storage of stem water soluble sugars and dry matter remobilization of wheat. The pot experiment was laid out in a randomized complete block design (RCBD) in a factorial arrangement with three replications in Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University in Kermanshah state in the west of Iran during the growing season from 2011 to 2012. In the experiment, moisture stress was applied at grain growth stage (soil moisture was around 30% of field capacity from the anthesis stage to the maturity - 65 to 99 Zadoks scale) and different wheat varieties (such as Pishtaz, DN-11, Sivand and Marvdasht) were evaluated as the second factor. The results show that, water stress application at grain growth stages significantly decreased grain yield by decreasing of grain weight. Under application of water stress at grain growth stage, Marvdast and DN-11 cultivars had the lowest grain yield. The occurrence of water stress in experiment, significantly decreased stem dry mater and remobilization. In contrast to this results, in water stress condition stem soluble sugars concentration significantly increased. In water stress conditions, the amount of dry matter remobilization from stem lower internodes (internodes below penultimate) to grain, its efficiency and contribution of its in grain yield increased by 11%, 32% and 121%, respectively. Also, penultimate and stem lower internodes had the highest water soluble sugars concentration under water stress. Water deficiency stress could not increase the remobilization efficiency but in terms of mentioned traits, there were significant differences between cultivars. So, indicated that these traits can be used for identifying drought tolerant high yielding genotypes in winter wheat breeding programs.

Key words: Drought stress, Soluble carbohydrates, Spike, Remobilization, Wheat

*Corresponding author: majid.abdoli64@yahoo.com Received: 2014/08/22 Accepted: 2015/02/27