

بررسی برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد ده رقم گندم نان در دو رژیم آبیاری

مهناز علی محمدی*، عبدالمجید رضایی و سید علی محمد میر محمدی میبدی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۸/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۳/۹)

چکیده

این پژوهش به منظور ارزیابی صفات زراعی و فیزیولوژیک و پتانسیل عملکرد ۱۰ رقم گندم به صورت طرح کرت‌های یک بار خرد شده با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا شد. عامل اصلی را تیمارهای رطوبتی معمول و تنش (به ترتیب آبیاری پس از ۳ ± ۷۰ و ۳ ± ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A) و عامل فرعی را ارقام گندم تشکیل دادند. تنش رطوبتی تأثیر معنی‌داری را بر تمام صفات به جز وزن هزار دانه، شاخص برداشت، وزن ویژه برگ، سهم توزیع مجدد، تفاوت وزن پدانکل در دو مرحله گرده افشانی و رسیدگی داشت. تفاوت بین ارقام در شرایط تنش رطوبتی به جز برای کلروفیل b و نسبت کلروفیل a به b برای سایر صفات معنی‌دار بود. تفاوت بین ارقام در شرایط معمول به جز برای کلروفیل b، نسبت کلروفیل a به b، شاخص برداشت و سهم توزیع مجدد از نظر سایر صفات معنی‌دار بود. ضرایب هم‌بستگی فنوتیپی و ژنتیکی بین عملکرد دانه با شاخص برداشت، تعداد دانه در سنبله، محتوای نسبی آب، کلروفیل a و مجموع کلروفیل‌های a و b در هر دو شرایط مثبت و معنی‌دار و با سرعت از دست دادن آب منفی و معنی‌دار بود. در شرایط تنش هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن پدانکل در مرحله ظهور سنبله‌دهی و تفاوت وزن پدانکل در مراحل سنبله دهی و رسیدگی فیزیولوژیک با عملکرد دانه و محتوای نسبی آب دیده شد. بر مبنای رگرسیون مرحله‌ای در شرایط تنش رطوبتی سرعت از دست دادن آب، شاخص برداشت و محتوای نسبی آب در مجموع ۹۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه را تبیین نمودند. طبق نتایج رگرسیون مرحله‌ای در شرایط معمول کلروفیل a، ارتفاع بوته و محتوای نسبی آب بیش از ۹۰ درصد از تغییرات عملکرد دانه را تبیین نمودند. نتایج حاصل از تجزیه ضرایب مسیر حاصل از ضرایب هم‌بستگی فنوتیپی بین صفات عملکرد دانه با صفات موجود در مدل رگرسیون نشان داد که در شرایط تنش شاخص برداشت و در شرایط معمول کلروفیل a بالاترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد داشتند.

واژه‌های کلیدی: گندم، تنش رطوبت، محتوای نسبی آب، کلروفیل، سرعت از دست رفتن آب

مقدمه

سال حدود ۹۰ میلیون نفر به مصرف کنندگان محصولات کشاورزی افزوده می‌شود (۱۰). غلات به طور مستقیم و غیرمستقیم بیشترین اهمیت را در تغذیه انسان دارند و در این بین گندم مهم‌ترین نقش را ایفا می‌کند. انتظار می‌رود که تنش خشکی از جمله عوامل محدود کننده تولید گندم در کشور به

برای تأمین مواد غذایی مورد نیاز جمعیت رو به رشد جهان، لازم است تولیدات کشاورزی در مدت زمانی نه چندان طولانی افزایش چشمگیری پیدا کنند. جمعیت جهان با رشدی معادل ۱/۶ تا ۱/۷ درصد در حال افزایش است و در نتیجه هر

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استاد و دانشیار اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: alimohamadmahnaz@yahoo.com

شمار آید.

وضعیت رطوبتی برگ‌های جداشده و تحمل به خشکی و

توانایی حفظ رطوبت برگ و عملکرد رابطه‌ای وجود دارد.

حفظ غلظت کلروفیل تحت شرایط تنش به ثبات فتوسنتز در این شرایط کمک می‌کند. در گیاهان زراعی گزارش‌هایی در رابطه با واکنش متفاوت کلروفیل به خشکی در ارقام حساس و مقاوم (۱۵) و یا عدم تأثیر تنش خشکی بر غلظت کلروفیل ارائه شده است (۷). عدم رابطه بین تحمل به خشکی در گندم و تغییرات غلظت کلروفیل تحت تنش خشکی در برخی از تحقیقات گزارش شده است (۴). اشرف و همکاران (۴) نیز گزارش کرده‌اند که تنش خشکی غلظت کلروفیل b را بیشتر از کلروفیل a کاهش می‌دهد.

هدف از اجرای این تحقیق مطالعه تنوع ژنتیکی برخی از ارقام گندم ایرانی از نظر پتانسیل عملکرد دانه و برخی صفات فیزیولوژیک در شرایط آبیاری معمول و تنش رطوبتی بود. گزینش بهترین ژنوتیپ‌ها و هم‌چنین تعیین روابط بین صفات از اهداف دیگر این مطالعه بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان در منطقه لورک شهرستان نجف آباد (۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه عرض شمالی و ۱۶۳۰ متر ارتفاع از سطح دریا) اجرا گردید.

آزمایش در قالب طرح کرت‌های یک بار خرد شده با ۳ تکرار در دو شرایط رطوبتی (معمول و تنش) و ده رقم گندم (ارقام: داراب ۲، خزر، مغان ۱، سبلان، پیشتا، سرداری، روشن، مید، الوند و فلات) انجام شد. عامل اصلی را تیمارهای آبیاری و عامل فرعی را ارقام گندم تشکیل دادند.

کاشت در ۲۷ آبان سال ۱۳۸۴ و به صورت دستی انجام شد. هر کرت شامل هشت ردیف کاشت به طول ۲ متر و فاصله ۲۰ سانتی‌متر بود. فاصله کرت‌های اصلی از یکدیگر ۳ متر و تراکم کاشت برای همه ارقام ۴۰۰ بذر در مترمربع بود. تمامی

یکی از روش‌های مؤثر برای استفاده به نژادگران در معرفی ژنوتیپ‌های پر محصول گندم برای مناطق خشک، شناخت بهتر صفات فیزیولوژیک مانند میزان فتوسنتز، غلظت کلروفیل، کارایی انتقال مجدد مواد به دانه و شاخص برداشت است. به موازات رشد دانه گندم، کربوهیدرات‌های محلول بیشتری از بافت‌های مختلف گیاه به سمت دانه حرکت می‌کنند. این حرکت از نظر مقدار و سهم آن در وزن دانه در شرایط خشکی از اهمیت خاصی برخوردار است (۱۲). بنابراین توزیع مجدد کربوهیدرات‌هایی که قبل و بعد از گرده افشانی در اندام‌های رویشی ذخیره می‌شوند، یک بافر مهم برای تعدیل تغییرات عملکرد دانه گندم در شرایط بروز تنش در دوره پر شدن دانه به شمار می‌رود. در شرایط بروز تنش، سهم پشتیبانی وزن دانه از طریق توزیع مجدد مواد از اندام‌های رویشی بیشتر می‌شود (۱۲).

گیاهان در هنگام تنش خشکی با تغییراتی که در برخی از خصوصیات فیزیولوژیک خود ایجاد می‌کنند به تنش‌های محیطی پاسخ می‌دهند، یکی از پاسخ‌ها تجمع پرولین است. در مطالعه‌ای روی دو واریته حساس و مقاوم گندم دوروم مشاهده شد که افزایش کربوهیدرات‌های محلول در رقم مقاوم به خشکی در مقایسه با پرولین شاخص مناسب‌تری برای نشان دادن مقاومت به خشکی است، زیرا پرولین تحت استرس خشکی کمتر افزایش یافت و میزان افزایش آن در هر دو واریته حساس و مقاوم یکی بود (۱۴).

گیاهان مقاوم به خشکی دارای خصوصیات مرفولوژیک و متابولیک خاصی هستند که آنها را قادر می‌سازد در شرایط کمبود آب مقدار بیشتری آب در بافت‌هایشان ذخیره سازند. مانیت و همکاران (۱۷) اختلاف معنی‌داری را برای ارقام گندم مورد مطالعه از لحاظ میزان آب نسبی برگ گزارش کردند. بوته‌های قطع شده ژنوتیپ‌های گندم متحمل به خشکی در مقایسه با انواع حساس آن، با سرعت کمتری رطوبت خود را از دست می‌دهند. کلارک و مک گیچ (۸) بیان کردند که بین

مقدار پرولین در ۱۰ برگ پرچم در مرحله گرده افشانی براساس واکنش با معرف نین هیدرین و اسپکتروفتومتر تعیین شد (۵). سرعت از دست دادن آب از برگ قطع شده (RWL: rate of water loss): میزان از دست دادن آب از برگ قطع شده طبق روش کلارک و مک و مک گیج (۸) اندازه‌گیری شد. سطح برگ پرچم: سطح ۳۰ برگ در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی به وسیله دوربین دیجیتالی متصل به رایانه (مساحت سنخ رایانه‌ای مدل HITACHI KP-CCSS1) برحسب متر مربع اندازه‌گیری شد.

سهم توزیع مجدد مواد به دانه

به منظور ارزیابی حرکت مجدد مواد به دانه در دومرحله گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک، در هر مرحله ۳۰ ساقه از ردیف‌های میانی هر کرت کف بر و در آزمایشگاه به دو قسمت سنبله و بقیه گیاه تفکیک شدند. سپس قسمت‌های تفکیک شده به طور جداگانه در یک پاکت و در آون با دمای ۷۰°C به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و وزن آنها با ترازوی حساس به دقت اندازه‌گیری شد. مقدار و سهم مواد ذخیره شده قبل و بعد از گرده‌افشانی، بر اساس روش پیشنهادی پاپاکوستا و گیاناس (۲۰) و با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند.

ماده خشک اندام‌های رویشی در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک - ماده خشک کل در مرحله گرده افشانی = مقدار ماده خشک در فرایند حرکت مجدد مقدار ماده خشک در فرایند حرکت = سهم حرکت مجدد در عملکرد دانه $100 \times$ عملکرد دانه /مجدد

کلروفیل برگ

مقدار کلروفیل از ۸ برگ با دستگاه اسپکتروفتومتر در مرحله گرده افشانی اندازه‌گیری شد. ابتدا یک گرم از پهنک برگ انتخاب و به قطعات کوچکی خرد شد و در داخل هاون چینی به همراه ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به مدت چند دقیقه به خوبی له گردید. ماده حاصل درون قیف بوخنر متصل به پمپ خلاء ریخته شد. پس از جداسازی محلول باقی‌مانده مواد به هاون منتقل شد و ۱۰ میلی‌لیتر استون اضافه گردید. این عمل

کرت‌های آزمایشی تا ابتدای مرحله سنبله رفتن به طور یکسان و هم‌زمان آبیاری شدند. پس از آن تیمار خشکی در ۳ مرحله آبیاری شد. آبیاری اول تیمار تنش بعد از مرحله ساقه رفتن صورت گرفت و گیاهان در مرحله سنبله دهی تحت تنش بودند. ۲۰ روز بعد از این آبیاری زمانی که گیاهان در مرحله ۲۰ روز بعد از گل‌دهی تحت تنش قرار داشتند آبیاری دوم تیمار تنش صورت گرفت و آبیاری سوم ۳۴ روز بعد از آبیاری دوم صورت گرفت. تنش رطوبتی از اواخر فروردین سال ۱۳۸۵ به منظور اعمال تنش در مرحله رشد زایشی اعمال گردید. صفات مورد بررسی به شرح زیر تعیین و ثبت گردید:

وزن هزار دانه

با شمارش و توزین ۱۰۰۰ دانه تصادفی از محصول هر کرت برحسب گرم شمارش شد. تعداد سنبله در متر مربع: در یک متر طولی از هر واحد آزمایشی تعداد سنبله‌ها شمارش گردید. تعداد دانه در سنبله: تعداد دانه‌های موجود در سنبله‌های اصلی در ۱۰ بوته شمارش شد و متوسط آن به عنوان تعداد دانه در سنبله در نظر گرفته شد. عملکرد بیولوژیک: اندام‌های هوایی یک متر طولی از ردیف وسط پس از حذف اثر حاشیه برداشت شد و به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰°C خشک و سپس توزین گردید. عملکرد دانه: وزن بذور برداشتی از کل کرت بعد از حذف اثر حاشیه بر حسب کیلوگرم در متر مربع اندازه‌گیری شد. شاخص برداشت: از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک بر حسب درصد به دست آمد. شاخص تحمل به تنش (STI: stress tolerance index): طبق فرمول زیر محاسبه شد (۱۱).

$$STI = YP \times YS / (\bar{Y} P)^2$$

در این فرمول YP و YS به ترتیب عملکرد هر رقم در شرایط معمول و تنش رطوبتی و $\bar{Y} P$ میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط معمول می‌باشد. محتوای نسبی آب برگ (RWC: Relative water content): محتوای نسبی آب برگ با روش مانیت و همکاران (۱۷) اندازه‌گیری شد. مقدار پرولین:

نتایج و بحث

عملکرد دانه و اجزای آن، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

نتایج این بررسی نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه تفاوت بسیار معنی‌دار وجود دارد، بیشترین میزان عملکرد در شرایط تنش مربوط به رقم داراب ۲ بود و کمترین آن به رقم سبلان تعلق داشت. در شرایط مطلوب رطوبتی ارقام خزر و سبلان به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد را داشتند (جدول ۱).

در بین اجزای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه و وزن هزار دانه با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۱). عملکرد بیولوژیک نیز در بین ژنوتیپ‌ها معنی‌دار بود (جدول ۱). میانگین این صفت تحت شرایط رطوبتی به میزان ۱۵/۲۸ درصد کاهش یافت (جدول ۱). بلوم و همکاران (۶) در ارقام محلی گندم کاهش ۲۱ درصدی عملکرد بیولوژیک را در اثر تنش خشکی گزارش کردند. بالاترین عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش مربوط به رقم پیشتاز و کمترین آن متعلق به رقم امید بود و در شرایط بدون تنش بیشترین و کمترین عملکردهای بیولوژیک به ترتیب به ارقام پیشتاز و فلات تعلق داشتند (جدول ۱). ارقام مورد مطالعه از لحاظ شاخص برداشت تفاوت بسیار معنی‌داری داشتند (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها برای شاخص برداشت نشان داد که ارقام فلات و سبلان در هر دو شرایط تنش و معمول به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص را داشتند (جدول ۱).

همبستگی بین تعداد دانه در سنبله با عملکرد دانه و شاخص برداشت در هر دو شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۳ و ۴). ایکرام و تاناچ (۱۳) نیز همبستگی بالایی بین عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله در شرایط تنش و معمول به دست آوردند.

همبستگی‌های فنوتیپی و ژنوتیپی بین عملکرد دانه با شاخص برداشت در هر دو شرایط مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۳ و ۴). از آنجا که شاخص برداشت نسبت عملکرد دانه به

تا زمانی که مواد باقی‌مانده در قیف بوخنر به طور کامل فاقد کلروفیل و سفید شدند ادامه یافت. عصاره حاصل به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. محلول به دست آمده با استون ۸۰ درصد به حجم ۳۰ میلی‌لیتر رسانده شد و درون لوله آزمایش دربار ریخته شد. میزان جذب نوری عصاره توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر قرائت گردید. به منظور حذف استون از محلول شاهد (استون ۸۰ درصد) استفاده شد. پس از کالیبره کردن دستگاه عصاره حاصل درون قیف بوخنر ریخته شد و اعداد به دست آمده قرائت شدند. جهت محاسبه غلظت کلروفیل از روابط زیر استفاده شد (۳).

میلی‌گرم برگ / میلی‌لیتر استون \times { (جذب در ۶۴۵ نانومتر) \times ۲/۶۹ - (جذب در ۶۶۳ نانومتر) \times ۱۲/۷ } = میلی‌گرم کلروفیل a در هر گرم وزن تر
میلی‌گرم برگ / میلی‌لیتر استون \times { (جذب در ۶۶۳ نانومتر) \times ۴/۶۸ - (جذب در ۶۴۵ نانومتر) \times ۲۲/۹ } = میلی‌گرم کلروفیل b در هر گرم وزن تر
کلروفیل b + کلروفیل a = میلی‌گرم کلروفیل در هر گرم وزن تر

داده‌ها بر مبنای طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک کامل تصادفی با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و میانگین‌ها با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۰/۵ مقایسه شدند.

جهت بررسی روابط بین صفات ضریب همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی بر اساس تخمین اجزای واریانس و کوواریانس بین صفات محاسبه گردید. برای درک روابط بین صفات و شناسایی خصوصیات که بیشترین نقش را در تغییرات عملکرد دانه ایفا می‌کنند و هم‌چنین برای تعیین اثر مستقیم و غیر مستقیم صفات بر عملکرد از تجزیه و تحلیل ضرایب مسیر با استفاده از برنامه PATH2 استفاده گردید (۹). از رگرسیون مرحله‌ای برای تعیین صفاتی که بیشترین میزان تنوع عملکرد دانه را در شرایط تنش و بدون تنش رطوبت توجیه می‌کنند، استفاده شد.

جدول ۱. مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه و اجزای آن در ارقام گندم تحت شرایط تنش رطوبتی و معمول

| رقم | شاخص برداشت | | عملکرد دانه (تن در هکتار) | | عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) | | تعداد دانه در سنبله | | وزن هزار دانه (گرم) | | تعداد سنبله | | معمول | رقم |
|---------|--------------------|---------------------|---------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|---------|
| | تنش | معمول | تنش | معمول | تنش | معمول | تنش | معمول | تنش | معمول | تنش | معمول | | |
| روشن | ۰/۷۹ ^{bc} | ۰/۴۳ ^{abc} | ۱/۷۹ ^{bc} | ۸/۶۰ ^{cde} | ۱۹/۴۳ ^c | ۴۶/۳۱ ^a | ۳۴/۴۰ ^{bcd} | ۴۱/۷۳ ^{bc} | ۸۲۱/۰۰ ^{cd} | ۸۶۸/۰۰ ^{de} | ۸۲۱/۰۰ ^{cd} | ۸۶۸/۰۰ ^{de} | ۸۶۸/۰۰ ^{de} | روشن |
| امید | ۰/۶۶ ^c | ۰/۴۴ ^{bc} | ۶/۸۳ ^{ab} | ۸/۳۳ ^{cde} | ۱۸/۶۱ ^c | ۳۳/۸۵ ^{bc} | ۳۳/۸۵ ^{abc} | ۴۱/۰۰ ^{bc} | ۵۹۲/۰۰ ^e | ۷۶۰/۰۰ ^e | ۵۹۲/۰۰ ^e | ۷۶۰/۰۰ ^e | ۷۶۰/۰۰ ^e | امید |
| فلات | ۰/۹۱ ^{ab} | ۰/۵۳ ^{ab} | ۸/۴۰ ^{ab} | ۹/۲۰ ^{cde} | ۱۶/۰۷ ^{cd} | ۳۶/۰۰ ^{bc} | ۳۶/۰۰ ^{bc} | ۵۶/۲۰ ^a | ۱۱۶۶/۰۰ ^{ab} | ۱۲۸۰/۰۰ ^{bc} | ۱۱۶۶/۰۰ ^{ab} | ۱۲۸۰/۰۰ ^{bc} | ۱۲۸۰/۰۰ ^{bc} | فلات |
| پیششار | ۱/۰۸ ^a | ۰/۳۳ ^a | ۸/۰۰ ^b | ۱۱/۳۱ ^{ab} | ۱۸/۳۵ ^b | ۳۳/۸۴ ^{a-c} | ۳۳/۸۴ ^{abcd} | ۴۵/۰۰ ^{a-c} | ۱۲۲۰/۰۰ ^c | ۱۲۲۰/۰۰ ^c | ۱۰۰۵۶/۳۳ ^{ab} | ۱۲۲۰/۰۰ ^c | ۱۲۲۰/۰۰ ^c | پیششار |
| داراب | ۰/۹۳ ^{ab} | ۰/۴۶ ^{cd} | ۹/۰۷ ^a | ۸/۷۹ ^{cde} | ۱۹/۱۸ ^c | ۳۸/۸۴ ^d | ۳۸/۸۴ ^d | ۳۷/۶۰ ^{de} | ۷۴۶/۰۰ ^{de} | ۸۷۴/۰۰ ^{de} | ۷۴۶/۰۰ ^{de} | ۸۷۴/۰۰ ^{de} | ۸۷۴/۰۰ ^{de} | داراب |
| خزر | ۰/۹۳ ^{ab} | ۰/۴۶ ^{cd} | ۶/۹۴ ^{cd} | ۱/۱۴ ^{fa} | ۳۳/۵۱ ^{ab} | ۳۸/۵۷ ^d | ۳۸/۵۷ ^d | ۳۷/۹۳ ^{bc} | ۹۹۰/۰۰ ^{bc} | ۱۴۸۴/۰۰ ^b | ۹۹۰/۰۰ ^{bc} | ۱۴۸۴/۰۰ ^b | ۱۴۸۴/۰۰ ^b | خزر |
| سبلان | ۰/۷۶ ^{bc} | ۰/۳۹ ^d | ۵/۱۵ ^d | ۶/۶۸ ^c | ۱۹/۸۱ ^{bc} | ۴۱/۳۹ ^c | ۴۱/۳۹ ^c | ۲۸/۳۰ ^d | ۸۵۲/۰۰ ^{cd} | ۱۱۳۸/۰۰ ^e | ۸۵۲/۰۰ ^{cd} | ۱۱۳۸/۰۰ ^e | ۱۱۳۸/۰۰ ^e | سبلان |
| الوند | ۰/۷۶ ^{bc} | ۰/۳۹ ^d | ۶/۰۹ ^d | ۱۰/۲۳ ^{abc} | ۲۳/۶۱ ^{ab} | ۳۸/۱۰ ^{cd} | ۳۸/۱۰ ^{cd} | ۴۰/۸۳ ^{bc} | ۶۰۲/۰۰ ^e | ۱۰۸۸/۰۰ ^{cd} | ۶۰۲/۰۰ ^e | ۱۰۸۸/۰۰ ^{cd} | ۱۰۸۸/۰۰ ^{cd} | الوند |
| سرداری | ۰/۵۵ ^{cd} | ۰/۳۸ ^d | ۶/۴۶ ^d | ۷/۵۵ ^{de} | ۱۸/۶۸ ^c | ۴۶/۹۰ ^{ab} | ۴۶/۹۰ ^{ab} | ۳۱/۷۳ ^{cd} | ۱۲۶۷/۰۰ ^a | ۱۹۰۰/۰۰ ^a | ۱۲۶۷/۰۰ ^a | ۱۹۰۰/۰۰ ^a | ۱۹۰۰/۰۰ ^a | سرداری |
| مغان | ۰/۹۵ ^{ab} | ۰/۴۹ ^{abc} | ۸/۲۱ ^b | ۱/۰۰ ^{abc} | ۲۰/۲۰ ^{abc} | ۳۷/۰۷ ^d | ۳۷/۰۷ ^d | ۳۵/۳۳ ^{abcd} | ۸۵۴/۶۷ ^{cd} | ۱۱۸۰/۰۰ ^e | ۸۵۴/۶۷ ^{cd} | ۱۱۸۰/۰۰ ^e | ۱۱۸۰/۰۰ ^e | مغان |
| LSD | ۰/۲۵ | ۰/۱۱ | ۳/۵۶ | ۷/۱۲ | ۳/۰۱ | ۳/۰۲۰۴ | ۳/۰۲۰۴ | ۱۰/۰۴۶ | ۱۷۹/۲۵ | ۲۵۶/۸۶ | ۱۷۹/۲۵ | ۲۵۶/۸۶ | ۲۵۶/۸۶ | LSD |
| میانگین | ۰/۲۵ | ۰/۱۱ | ۷/۲۹ | ۹/۲ | ۱۷/۰۵ | ۳۶/۱۹ | ۳۶/۱۹ | ۴۱/۲۷ | ۸۹۶/۵۰ | ۱۱۷۹/۳۳ | ۸۹۶/۵۰ | ۱۱۷۹/۳۳ | ۱۱۷۹/۳۳ | میانگین |

جدول ۲. مقایسه میانگین‌های صفات فیزیولوژیک در ارقام گندم تحت شرایط تنش رطوبتی و معمول

| رقم | سهم توزیع مجدد (گرم) | | وزن ویژه برگ (گرم بر مترمربع) | | سطح برگ (متر مربع) | | سرعت از دست دادن آب | | پروکلین (میکروگرم بر گرم برگ) | | محتوای نسبی آب (RWC) | | رقم | |
|---------|----------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|--------|---------|
| | تنش | معمول | تنش | معمول | تنش | معمول | تنش | معمول | تنش | معمول | تنش | معمول | | |
| روشن | ۵۱/۳۳ ^a | ۳۷/۰۱ ^b | ۲۶/۱۶ ^c | ۲۲/۳۵ ^{bc} | ۰/۱۱ ^{ab} | ۰/۱۳ ^{abc} | ۰/۳۸ ^b | ۰/۳۸ ^b | ۵۳/۳۳ ^b | ۱۳/۴۳ ^{cd} | ۶۲/۵۵ ^b | ۷۲/۳۸ ^{ac} | روشن | |
| امید | ۷۳/۶۱ ^{bc} | ۵۰/۴۱ ^{ab} | ۶۹/۹ ^a | ۹۳/۵۷ ^a | ۰/۶۰ ^c | ۰/۱۰ ^d | ۰/۲۴ ^{de} | ۰/۲۴ ^{de} | ۵۶/۹۰ ^a | ۱۵/۰۱ ^c | ۶۲/۰۶ ^b | ۷۹/۳۸ ^{bed} | امید | |
| فلات | ۷۱/۰۰ ^{bc} | ۴۶/۲۵ ^{ab} | ۲۴/۴۳ ^c | ۲۵/۵۷ ^{bc} | ۰/۱۱ ^{ab} | ۰/۱۳ ^{abc} | ۰/۱۶ ^{cd} | ۰/۱۶ ^{cd} | ۳۳/۲۱ ^{de} | ۱۴/۹۰ ^c | ۶۵/۹۹ ^b | ۷۶/۸۴ ^c | فلات | |
| پیششار | ۶۵/۵۰ ^{bc} | ۵۵/۶۸ ^{ab} | ۲۵/۰۰ ^c | ۱۸/۵۶ ^c | ۰/۱۳ ^a | ۰/۱۵ ^{abc} | ۰/۱۹ ^c | ۰/۲۰ ^{cd} | ۳۱/۰۸ ^c | ۲۰/۶۰ ^a | ۶۲/۱۳ ^b | ۸۲/۶۱ ^b | پیششار | |
| داراب | ۵۵/۲۱ ^{bc} | ۵۳/۰۴ ^{ab} | ۳۰/۱۰ ^{bc} | ۱۷/۴۳ ^c | ۰/۱۱ ^{ab} | ۰/۱۵ ^{abc} | ۰/۳۰ ^c | ۰/۳۰ ^c | ۲۰/۳۹ ^{ef} | ۱۴/۰۵ ^{cd} | ۸۵/۸۳ ^a | ۷۵/۷۶ ^{cde} | داراب | |
| خزر | ۱۱۹/۸۳ ^a | ۵۷/۸۶ ^{ab} | ۳۸/۶۷ ^{bc} | ۳۵/۹۰ ^b | ۰/۱۱ ^{ab} | ۰/۱۴ ^{bc} | ۰/۲۰ ^c | ۰/۲۰ ^c | ۱۸/۲۸ ^{ef} | ۱۳/۹۰ ^{cd} | ۵۸/۳۳ ^{bc} | ۹۸/۹۶ ^a | خزر | |
| سبلان | ۷۰/۹۸ ^{bc} | ۶۲/۱۸ ^a | ۵۳/۶۹ ^{ab} | ۲۳/۱۰ ^{bc} | ۰/۰۹ ^b | ۰/۱۴ ^{bc} | ۰/۴۲ ^b | ۰/۴۲ ^b | ۲۲/۳۱ ^d | ۱۸/۰۹ ^b | ۵۸/۹۱ ^{bc} | ۷۴/۷۳ ^{cde} | سبلان | |
| الوند | ۴۹/۹۴ ^c | ۵۵/۶۴ ^{ab} | ۲۴/۵۳ ^c | ۲۳/۸۱ ^{bc} | ۰/۱۳ ^a | ۰/۱۶ ^{cd} | ۰/۱۹ ^c | ۰/۱۹ ^c | ۱۷/۳۴ ^e | ۱۲/۳۳ ^{de} | ۶۱/۶۳ ^{ab} | ۷۳/۹۳ ^{cd} | الوند | |
| سرداری | ۶۸/۱۰ ^{bc} | ۵۷/۶۱ ^{ab} | ۱۷/۸۳ ^c | ۱۷/۸۱ ^c | ۰/۱۱ ^{ab} | ۰/۱۳ ^{abc} | ۰/۲۵ ^b | ۰/۲۵ ^b | ۲۲/۰۱ ^{de} | ۱۳/۷۶ ^{cd} | ۵۸/۷۶ ^{bc} | ۷۰/۸۸ ^c | سرداری | |
| مغان | ۹۹/۱۷ ^{ab} | ۶۲/۸۳ ^a | ۳۰/۴۴ ^{bc} | ۲۳/۶۱ ^{bc} | ۰/۱۳ ^{ab} | ۰/۱۵ ^{abc} | ۰/۲۲ ^{de} | ۰/۲۲ ^{de} | ۲۰/۴۱ ^{ef} | ۱۰/۴۴ ^c | ۶۲/۳۳ ^{bc} | ۸۰/۴۷ ^{bc} | مغان | |
| LSD | ۴۳/۹۸ | ۲۷/۴۷۵ | ۲۷/۱ | ۱۶/۵۶۶ | ۰/۰۲ | ۰/۰۳ | ۰/۰۳ | ۰/۰۵۱ | ۲/۹۰ | ۲/۴۵ | ۱۳/۷۹ | ۶۱/۱۶ | ۶۱/۱۶ | LSD |
| میانگین | ۷۲/۲۵ | ۵۲/۵۵ | ۳۴/۰۷ | ۳۰/۱۷ | ۱/۱۱ | ۱/۱۴ | ۱/۱۷ | ۱/۱۷ | ۲۸/۷۵ | ۱۴/۶۶ | ۶۴/۰۶ | ۷۸/۵۹ | ۷۸/۵۹ | میانگین |

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند.

ادامه جدول ۲

| نسبت کلروفیل | مجموع کلروفیل های | | کلروفیل (a) میلی گرم بر گرم | | کلروفیل (b) میلی گرم بر گرم | | تفاوت وزن پدانکل در | | وزن پدانکل در مرحله | | وزن پدانکل در مرحله | | رقم |
|--------------------|--------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------|
| | تشش | معمول | تشش | معمول | تشش | معمول | تشش | معمول | تشش | معمول | تشش | معمول | |
| b به a | b و A | (برگ) | | (برگ) | | (دو مرحله (گرم)) | | (رسیدگی (گرم)) | | (گل دهی (گرم)) | | | |
| ۱/۹۰ ^{ab} | ۱/۴۹ ^{ab} | ۳/۵۹ ^d | ۰/۸۵ ^{abc} | ۱/۴۷ ^b | ۱/۲۱ ^{cde} | ۲/۱۳ ^d | ۰/۸۹ ^d | ۲/۶۷ ^b | ۱۲/۱۰ ^a | ۱۲/۶۷ ^{ab} | ۱۲/۸۹ ^{ab} | ۱۵/۳۳ ^a | روشن |
| ۱/۱۷ ^b | ۱/۸۳ ^{de} | ۴/۳۳ ^{abcd} | ۰/۸۴ ^{abc} | ۲/۰۹ ^{ab} | ۰/۸۹ ^{ef} | ۲/۲۴ ^{ab} | ۲/۸۶ ^{bc} | ۲/۴۶ ^{bc} | ۷/۲۴ ^c | ۸/۱۴ ^c | ۱۰/۰۹ ^{ef} | ۱۰/۵۸ ^{ef} | امید |
| ۱/۹۸ ^{ab} | ۱/۶۷ ^a | ۴/۸۱ ^{cd} | ۰/۸۵ ^{abc} | ۱/۸۶ ^{ab} | ۱/۴۹ ^{abc} | ۲/۹۵ ^{abc} | ۲/۱۸ ^{bc} | ۲/۶۴ ^b | ۶/۸۷ ^c | ۸/۱۹ ^c | ۹/۰۵ ^c | ۱۰/۸۳ ^{abcd} | فلات |
| ۱/۶۸ ^{ab} | ۱/۴۴ ^{ab} | ۵/۱۴ ^{cd} | ۱/۰۶ ^{ab} | ۲/۲۵ ^{ab} | ۱/۶۱ ^{ab} | ۲/۸۹ ^{cd} | ۰/۹۸ ^d | ۲/۶۸ ^b | ۶/۰۵ ^{cd} | ۱۰/۱۳ ^{abcd} | ۷/۰۳ ^d | ۱۲/۸۳ ^{bc} | پیشناز |
| ۱/۱۶ ^b | ۱/۱۷ ^{ab} | ۵/۶۷ ^{ab} | ۱/۴۹ ^a | ۲/۶۳ ^a | ۱/۸۳ ^a | ۳/۰۴ ^{ab} | ۲/۴۳ ^{ab} | ۰/۸۲ ^d | ۱۰/۰۷ ^{bc} | ۱۲/۰۳ ^{ab} | ۱۳/۵۰ ^a | ۱۲/۸۶ ^{bc} | داراب |
| ۲/۳۳ ^{ab} | ۱/۲۱ ^{ab} | ۵/۹۱ ^a | ۰/۵۳ ^{bc} | ۲/۷۱ ^a | ۱/۲۶ ^{abcd} | ۳/۲۶ ^a | ۱/۱۹ ^d | ۱/۳۰ ^{bcd} | ۹/۷۱ ^b | ۱۰/۷۹ ^b | ۱۰/۹۰ ^b | ۱۲/۰۹ ^{cde} | خزر |
| ۱/۸۹ ^{ab} | ۰/۹۸ ^b | ۴/۷۴ ^{cd} | ۰/۸۵ ^{abc} | ۲/۵۱ ^{ab} | ۰/۹۲ ^{def} | ۲/۲۳ ^{cd} | ۰/۶۷ ^d | ۴/۲۵ ^a | ۵/۵۱ ^d | ۹/۶۷ ^{cd} | ۶/۱۸ ^d | ۱۳/۹۳ ^{ab} | سبلان |
| ۲/۰۷ ^{ab} | ۱/۴۹ ^{ab} | ۴/۸۳ ^{cd} | ۰/۸۴ ^{abc} | ۱/۹۲ ^{ab} | ۱/۴۳ ^{abc} | ۲/۸۰ ^{cd} | ۰/۸۳ ^d | ۱/۰۰ ^d | ۶/۶۷ ^{cd} | ۱۰/۳۳ ^{abcd} | ۷/۵ ^d | ۱۱/۳۴ ^{ef} | الوند |
| ۲/۷۳ ^a | ۱/۴۹ ^{ab} | ۴/۰۸ ^{cd} | ۰/۳۰ ^c | ۱/۸۳ ^{ab} | ۰/۸۲ ^f | ۲/۳۵ ^{bcd} | ۱/۴۹ ^{cd} | ۱/۵۳ ^{abcd} | ۵/۳۳ ^{cd} | ۱۰/۶۵ ^{bc} | ۶/۹۳ ^{cd} | ۱۲/۱۸ ^{cd} | سرداری |
| ۲/۱۳ ^{ab} | ۱/۱۰ ^{ab} | ۵/۴۴ ^{abc} | ۱/۰۸ ^{ab} | ۲/۶۱ ^a | ۱/۶۳ ^{ab} | ۲/۸۳ ^{cd} | ۳/۲۳ ^{ab} | ۱/۰۹ ^{cd} | ۶/۷۰ ^{cd} | ۹/۳۳ ^{de} | ۹/۹۳ ^{bc} | ۱۰/۳۳ ^f | مغان |
| ۱/۵۱ ^v | ۰/۶۴ | ۱/۵۶ ^z | ۰/۸۶ ^z | ۱/۰۹ ^z | ۰/۳۶ ^z | ۰/۷۶ ^z | ۰/۸۳ ^z | ۱/۴۲ ^z | ۱/۲۹ ^z | ۱/۱۱ ^z | ۱/۳۸ ^z | ۱/۵۶ ^z | LSD |
| ۱/۹۰ | ۱/۳۱ | ۴/۸۵ | ۱/۸۵ | ۲/۱۸ | ۱/۳۰ | ۲/۶۷ | ۱/۷۷ | ۲/۰۵ | ۷/۶۳ | ۱۰/۱۸ | ۹/۴۰ | ۱۲/۳۳ | میانگین |

در هر ستون میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد فاقد تفاوت معنی دار می باشند.

جدول ۳. ضرایب هم‌بستگی فنوتیپی (زیر فطر) و ژنتیکی (بالای فطر) بین صفات مختلف در شرایط معمول

| صفه | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ | ۱۴ | ۱۵ | ۱۶ | ۱۷ | ۱۸ | ۱۹ |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ۱- وزن هزار دانه | ۱ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۱۰ | ۰/۱۷ | ۰/۳۰ | ۰/۴۰ | ۰/۴۰ | ۰/۶۰ | ۰/۳۹ | ۰/۱۳ | ۰/۵۸ | ۰/۳۶ | ۰/۳۶ | ۰/۳۶ | ۰/۰۹ | ۰/۱۱ | ۰/۰۶ | ۰/۳۵ |
| ۲- تعداد دانه | ۰/۰۲ | ۱ | ۰/۲۰ | ۰/۱۳ | ۰/۲ | ۰/۱۱ | ۰/۱۷ | ۰/۰۰ | ۰/۴۶ | ۰/۲۴ | ۰/۴۵ | ۰/۲۱ | ۰/۱۷ | ۰/۱۶ | ۰/۱۸ | ۰/۲۱ | ۰/۱۱ | ۰/۰۶ | ۰/۰۸ |
| ۳- تعداد دانه در سنبله | ۰/۰۵ | ۰/۱۰ | ۱ | ۰/۱۶ | ۰/۹۹ | ۰/۹۴ | ۰/۵ | ۰/۲۴ | ۰/۱۵ | ۰/۳ | ۰/۱۰ | ۰/۴۹ | ۰/۳۶ | ۰/۲۶ | ۰/۳۶ | ۰/۱۸ | ۰/۱۸ | ۰/۷۳ | ۰/۳۵ |
| ۴- عملکرد بیولوژیک | ۰/۱۰ | ۰/۱۰ | ۰/۰۷ | ۱ | ۰/۳۵ | ۰/۹۰ | ۰/۷ | ۰/۲۹ | ۰/۳۵ | ۰/۵۳ | ۰/۲۱ | ۰/۳۷ | ۰/۱۱ | ۰/۳۷ | ۰/۳۸ | ۰/۸۱ | ۰/۸۶ | ۰/۹۲ | ۰/۸۲ |
| ۵- شاخص برداشت | ۰/۱۰ | ۰/۱۳ | ۰/۸۳ | ۰/۷۳ | ۱ | ۰/۹۶ | ۰/۳۳ | ۰/۰۰ | ۰/۵۵ | ۰/۱۴ | ۰/۱۸ | ۰/۴۹ | ۰/۴۹ | ۰/۲۴ | ۰/۴۰ | ۰/۹۳ | ۰/۱۰ | ۰/۶۰ | ۰/۹۷ |
| ۶- عملکرد دانه | ۰/۳۰ | ۰/۰۷ | ۰/۶۷ | ۰/۷۵ | ۰/۷۵ | ۱ | ۰/۸۳ | ۰/۰۱ | ۰/۷۴ | ۰/۳۹ | ۰/۱۲ | ۰/۳۶ | ۰/۳۶ | ۰/۰۹ | ۰/۶۹ | ۰/۵۸ | ۰/۵۸ | ۰/۸۴ | ۰/۸۲ |
| ۷- محتوای نسبی آب | ۰/۴۰ | ۰/۱۵ | ۰/۴۵ | ۰/۵۴ | ۰/۲۵ | ۰/۶۹ | ۱ | ۰/۵۵ | ۰/۷۴ | ۰/۱۵ | ۰/۲۲ | ۰/۲۷ | ۰/۲۷ | ۰/۱۲ | ۰/۲۵ | ۰/۹۱ | ۰/۰۶ | ۰/۰۵ | ۰/۵۵ |
| ۸- پروتئین | ۰/۳۶ | ۰/۰۲ | ۰/۱۵ | ۰/۱۹ | ۰/۰۲ | ۰/۰۰ | ۰/۰۷ | ۱ | ۰/۰۱ | ۰/۱۰ | ۰/۰۱ | ۰/۰۰ | ۰/۴۵ | ۰/۴۰ | ۰/۸۳ | ۰/۱۲ | ۰/۰۳ | ۰/۰۶ | ۰/۰۴ |
| ۹- سرعت از دست دادن | ۰/۵۶ | ۰/۳۳ | ۰/۷۴ | ۰/۳۰ | ۰/۵۰ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۰۱ | ۱ | ۰/۱۱ | ۰/۳۷ | ۰/۳۷ | ۰/۴۵ | ۰/۳۳ | ۰/۲۰ | ۰/۸۱ | ۰/۰۴ | ۰/۹۳ | ۰/۷۶ |
| ۱۰- مساحت برگ | ۰/۳۰ | ۰/۲۱ | ۰/۵۲ | ۰/۶۳ | ۰/۱۳ | ۰/۳۴ | ۰/۰۰ | ۰/۱ | ۰/۱۱ | ۱ | ۰/۰۹ | ۰/۳۲ | ۰/۳۲ | ۰/۵۱ | ۰/۲۶ | ۰/۵۹ | ۰/۳۰ | ۰/۴۹ | ۰/۳۳ |
| ۱۱- وزن ویژه برگ | ۰/۱۲ | ۰/۴۰ | ۰/۰۹ | ۰/۲۰ | ۰/۱۰ | ۰/۰۱ | ۰/۲۶ | ۰/۰۹ | ۰/۳۶ | ۰/۹۲ | ۱ | ۰/۶۰ | ۰/۴۳ | ۰/۵۷ | ۰/۳۸ | ۰/۰۴ | ۰/۰۴ | ۰/۳۱ | ۰/۱۹ |
| ۱۲- سهم توزیع مجدد | ۰/۴۰ | ۰/۶۰ | ۰/۴۰ | ۰/۳۱ | ۰/۲۰ | ۰/۰۵ | ۰/۲۶ | ۰/۰۹ | ۰/۰۰ | ۰/۱۶ | ۰/۱۰ | ۱ | ۰/۷۵ | ۰/۷۸ | ۰/۳۸ | ۰/۶۱ | ۰/۶۴ | ۰/۶۵ | ۰/۳۱ |
| ۱۳- وزن پدانکل در مرحله گرده افشانی | ۰/۵۵ | ۰/۱۰ | ۰/۴۰ | ۰/۰۴ | ۰/۵۰ | ۰/۳ | ۰/۲ | ۰/۳۵ | ۰/۴۰ | ۰/۳۰ | ۰/۶۰ | ۰/۴۰ | ۱ | ۰/۷۸ | ۰/۳۸ | ۰/۰۵ | ۰/۰۵ | ۰/۲۱ | ۰/۱۵ |
| ۱۴- وزن پدانکل در مرحله رسیدگی | ۰/۳۴ | ۰/۰۳ | ۰/۲۰ | ۰/۶۱ | ۰/۳۰ | ۰/۰۵ | ۰/۱۰ | ۰/۱۳ | ۰/۳۲ | ۰/۴۹ | ۰/۱۲ | ۰/۵۲ | ۰/۷۵ | ۰/۷۵ | ۰/۳۸ | ۰/۰۵ | ۰/۴۱ | ۰/۶۸ | ۰/۱۵ |
| ۱۵- تفاوت وزن پدانکل | ۰/۳۵ | ۰/۲۰ | ۰/۳۰ | ۰/۲۰ | ۰/۳۱ | ۰/۰۵ | ۰/۲۰ | ۰/۱۰ | ۰/۶۹ | ۰/۲۲ | ۰/۱۲ | ۰/۱۱ | ۰/۴۳ | ۰/۲۷ | ۰/۵۷ | ۰/۰۵ | ۰/۳۸ | ۰/۶۸ | ۰/۶۹ |
| ۱۶- کلروفیل a | ۰/۷۰ | ۰/۶۰ | ۰/۶۴ | ۰/۴۶ | ۰/۴۶ | ۰/۷۷ | ۰/۶۳ | ۰/۱۰ | ۰/۵۷ | ۰/۴۴ | ۰/۲۸ | ۰/۲۹ | ۰/۴۰ | ۰/۰۱ | ۰/۵۷ | ۱ | ۰/۸۶ | ۰/۹۸ | ۰/۹۴ |
| ۱۷- کلروفیل b | ۰/۷۰ | ۰/۱۰ | ۰/۰۱ | ۰/۳۱ | ۰/۲۱ | ۰/۲۸ | ۰/۶۱ | ۰/۰۸ | ۰/۵۲ | ۰/۱۶ | ۰/۰۰ | ۰/۲۰ | ۰/۲۲ | ۰/۱۱ | ۰/۱۸ | ۰/۵۶ | ۱ | ۰/۹۵ | ۰/۴۸ |
| ۱۸- مجموع کلروفیل a و b | ۰/۸۰ | ۰/۰۸ | ۰/۳۵ | ۰/۴۳ | ۰/۱۴ | ۰/۵۸ | ۰/۷۰ | ۰/۰۰ | ۰/۶۲ | ۰/۳۴ | ۰/۲۰ | ۰/۵۷ | ۰/۳۵ | ۰/۰۷ | ۰/۴۱ | ۰/۸۷ | ۰/۸۹ | ۱ | ۰/۷۷ |
| STI-۱۹ | ۰/۴۱ | ۰/۰۹ | ۰/۸۰ | ۰/۳۵ | ۰/۷۶ | ۰/۸۳ | ۰/۴۷ | ۰/۱۰ | ۰/۶۹ | ۰/۳۲ | ۰/۲۰ | ۰/۱۶ | ۰/۲۲ | ۰/۱۱ | ۰/۴۷ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۵۵ | ۱ |

ضرایب هم‌بستگی با قدر مطلق بیشتر از ۰/۶۳ در سطح احتمال ۰/۰۵ و بیشتر از ۰/۷۶ در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی دار می‌باشند. اعدادی کد در جدول نیامده اند بالاتر از یک بوده‌اند.

جدول ۴. ضرایب هم‌بستگی فنونیهی (زیر قطر) و ژنتیکی (بالای قطر) بین صفات مختلف در شرایط تنش رطوبتی

| صفت | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ | ۱۴ | ۱۵ | ۱۶ | ۱۷ | ۱۸ | ۱۹ |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ۱- وزن هزار دانه | ۰/۳۶ | ۰/۲۵ | ۰/۳۳ | ۰/۲۳ | ۰/۱۰ | ۰/۲۹ | ۰/۴۳ | ۰/۵۲ | ۰/۳۱ | ۰/۳۰ | ۰/۱۶ | ۰/۳۵ | ۰/۵۶ | ۰/۲۶ | ۰/۴۱ | ۰/۸۶ | ۰/۹۲ | ۰/۹۲ | ۰/۵۲ |
| ۲- تعداد دانه در سنبله | ۰/۳۵ | ۰/۲۱ | ۰/۱۳ | ۰/۱۳ | ۰/۵۰ | ۰/۱۵ | ۰/۳۰ | ۰/۳۴ | ۰/۱۵ | ۰/۴۰ | ۰/۶۷ | ۰/۳۳ | ۰/۳۲ | ۰/۲۷ | ۰/۲۱ | ۰/۱۱ | ۰/۶۸ | ۰/۳۲ | ۰/۱۴ |
| ۳- عملکرد دانه در سنبله | ۰/۲۱ | ۰/۲۰ | ۰/۲۹ | ۰/۲۹ | ۰/۸۱ | ۰/۸۸ | ۰/۷۵ | ۰/۵۱ | ۰/۸۲ | ۰/۵۱ | ۰/۱۰ | ۰/۳۹ | ۰/۶۳ | ۰/۳۸ | ۰/۷۲ | ۰/۶۵ | ۰/۶۶ | ۰/۵۱ | ۰/۶۶ |
| ۴- عملکرد بیولوژیک | ۰/۸۰ | ۰/۱۲ | ۰/۵۲ | ۰/۵۲ | ۰/۱۰ | ۰/۱۴ | ۰/۱۱ | ۰/۲۶ | ۰/۵۶ | ۰/۸۳ | ۰/۶۴ | ۰/۸۲ | ۰/۴۵ | ۰/۱۹ | ۰/۴۱ | ۰/۵۰ | ۰/۶۱ | ۰/۵۳ | ۰/۲۸ |
| ۵- شاخص برداشت | ۰/۱۶ | ۰/۴۲ | ۰/۶۳ | ۰/۶۳ | ۰/۰۹ | ۰/۹۵ | ۰/۴۵ | ۰/۲۷ | ۰/۵۵ | ۰/۵۲ | ۰/۳۱ | ۰/۸۲ | ۰/۳۵ | ۰/۲۱ | ۰/۴۱ | ۰/۵۳ | ۰/۶۶ | ۰/۵۶ | ۰/۸۰ |
| ۶- عملکرد دانه | ۰/۳۷ | ۰/۱۴ | ۰/۷۰ | ۰/۱۴ | ۰/۷۷ | ۰/۷۷ | ۰/۷۸ | ۰/۵۴ | ۰/۸۳ | ۰/۳۵ | ۰/۶۸ | ۰/۵۹ | ۰/۶۷ | ۰/۴۴ | ۰/۶۸ | ۰/۸۵ | ۰/۹۳ | ۰/۸۵ | ۰/۸۵ |
| ۷- محتوای نسبی آب | ۰/۳۴ | ۰/۲۳ | ۰/۴۶ | ۰/۴۶ | ۰/۲۶ | ۰/۶۹ | ۰/۱۰ | ۰/۱۶ | ۰/۵۷ | ۰/۲۸ | ۰/۳۵ | ۰/۸۹ | ۰/۷۴ | ۰/۴۲ | ۰/۹۰ | ۰/۸۱ | ۰/۸۱ | ۰/۴۸ | ۰/۴۸ |
| ۸- پروتئین | ۰/۵۰ | ۰/۳۲ | ۰/۵۱ | ۰/۲۳ | ۰/۲۶ | ۰/۵۳ | ۰/۱۳ | ۰/۱۳ | ۰/۵۱ | ۰/۶۹ | ۰/۵۷ | ۰/۳۷ | ۰/۳۱ | ۰/۳۶ | ۰/۵۱ | ۰/۴۱ | ۰/۵۵ | ۰/۲۶ | ۰/۱۵ |
| ۹- سرعت از دست دادن | ۰/۳۰ | ۰/۱۴ | ۰/۶۷ | ۰/۵۵ | ۰/۵۰ | ۰/۸۰ | ۰/۴۶ | ۰/۵۸ | ۰/۲۶ | ۰/۲۶ | ۰/۲۴ | ۰/۳۴ | ۰/۷۷ | ۰/۶۰ | ۰/۶۱ | ۰/۶۵ | ۰/۵۲ | ۰/۵۸ | ۰/۷۹ |
| ۱۰- مساحت برگ | ۰/۲۵ | ۰/۳۲ | ۰/۵۲ | ۰/۶۳ | ۰/۵۳ | ۰/۳۱ | ۰/۱۳ | ۰/۶۱ | ۰/۲۴ | ۰/۹۸ | ۰/۹۸ | ۰/۱۰ | ۰/۵۵ | ۰/۱۰ | ۰/۳۲ | ۰/۵۹ | ۰/۲۸ | ۰/۵۹ | ۰/۵۹ |
| ۱۱- وزن ویژه برگ | ۰/۵۴ | ۰/۵۴ | ۰/۵۷ | ۰/۴۹ | ۰/۲۰ | ۰/۳۸ | ۰/۱۵ | ۰/۴۷ | ۰/۲۲ | ۰/۹۱ | ۰/۱۷ | ۰/۱۷ | ۰/۵۲ | ۰/۵۸ | ۰/۲۳ | ۰/۱۶ | ۰/۵۱ | ۰/۳۵ | ۰/۵۱ |
| ۱۲- سهم توزیع مجدد | ۰/۲۴ | ۰/۲۴ | ۰/۱۸ | ۰/۳۰ | ۰/۱۵ | ۰/۵۳ | ۰/۳۵ | ۰/۲۸ | ۰/۲۲ | ۰/۱۱ | ۰/۳۳ | ۰/۱۰ | ۰/۵۸ | ۰/۵۷ | ۰/۳۵ | ۰/۵۷ | ۰/۵۷ | ۰/۰۰ | ۰/۳۱ |
| ۱۳- وزن پدانکل در مرحله گرده افشانی | ۰/۵۲ | ۰/۳۱ | ۰/۵۰ | ۰/۵۳ | ۰/۲۹ | ۰/۶۵ | ۰/۶۰ | ۰/۳۱ | ۰/۷۷ | ۰/۵۳ | ۰/۵۲ | ۰/۵۳ | ۰/۹۱ | ۰/۹۱ | ۰/۴۹ | ۰/۴۱ | ۰/۶۸ | ۰/۵۰ | ۰/۴۳ |
| ۱۴- وزن پدانکل در مرحله رسیدگی | ۰/۲۲ | ۰/۲۶ | ۰/۳۰ | ۰/۱۷ | ۰/۱۷ | ۰/۴۵ | ۰/۳۸ | ۰/۳۵ | ۰/۵۹ | ۰/۵۹ | ۰/۵۷ | ۰/۵۴ | ۰/۹۱ | ۰/۹۱ | ۰/۵۸ | ۰/۲۸ | ۰/۳۴ | ۰/۲۹ | ۰/۳۴ |
| ۱۵- تفاوت وزن پدانکل | ۰/۴۰ | ۰/۲۰ | ۰/۵۶ | ۰/۲۸ | ۰/۳۴ | ۰/۶۱ | ۰/۶۳ | ۰/۵۰ | ۰/۵۹ | ۰/۲۶ | ۰/۱۸ | ۰/۱۶ | ۰/۴۸ | ۰/۵۷ | ۰/۳۵ | ۰/۴۱ | ۰/۹۴ | ۰/۶۰ | ۰/۳۳ |
| ۱۶- کلروفیل a | ۰/۷۲ | ۰/۱۶ | ۰/۴۰ | ۰/۵۰ | ۰/۴۵ | ۰/۷۶ | ۰/۶۱ | ۰/۳۸ | ۰/۶۰ | ۰/۶۳ | ۰/۴۷ | ۰/۵۲ | ۰/۳۴ | ۰/۲۲ | ۰/۳۵ | ۰/۱۵ | ۱/۱۵ | ۱/۵۲ | ۰/۹۲ |
| ۱۷- کلروفیل b | ۰/۶۱ | ۰/۴۰ | ۰/۲۶ | ۰/۳۸ | ۰/۳۶ | ۰/۶۲ | ۰/۸۱ | ۰/۵۳ | ۰/۳۳ | ۰/۵۳ | ۰/۵۸ | ۰/۳۳ | ۰/۴۱ | ۰/۱۹ | ۰/۵۷ | ۰/۷۲ | ۱/۵۶ | ۱/۵۶ | ۰/۷۶ |
| ۱۸- مجموع کلروفیل a و b | ۰/۷۲ | ۰/۲۵ | ۰/۲۶ | ۰/۴۸ | ۰/۴۴ | ۰/۷۴ | ۰/۷۶ | ۰/۲۲ | ۰/۵۰ | ۰/۳۶ | ۰/۲ | ۰/۱۳ | ۰/۴۱ | ۰/۲۲ | ۰/۴۹ | ۰/۹۳ | ۰/۹۳ | ۱ | ۰/۸۳ |
| STI-۱۹ | ۰/۵۰ | ۰/۱۳ | ۰/۵۴ | ۰/۲۶ | ۰/۷۰ | ۰/۸۲ | ۰/۳۹ | ۰/۱۵ | ۰/۷۹ | ۰/۵۲ | ۰/۲۲ | ۰/۲۳ | ۰/۴۲ | ۰/۳۳ | ۰/۳۲ | ۰/۸۵ | ۰/۲۶ | ۰/۸۱ | ۱ |

ضرایب هم‌بستگی با قدر مطلق بیشتر از ۰/۶۳ در سطح احتمال ۵٪ و بیشتر از ۰/۷۶ در سطح احتمال ۱٪ معنی دار می‌باشند.

نظر می‌رسد.

محتوای نسبی آب (RWC)

در این بررسی بیشترین و کمترین مقدار RWC در شرایط تنش به ترتیب مربوط به ارقام داراب و خزر بود. در شرایط معمول ارقام خزر و سرداری به ترتیب بیشترین و کمترین میزان RWC را داشتند (جدول ۲). یکی از جنبه‌های مهم کاربرد رطوبت نسبی برگ امکان کمی سازی میزان تنش رطوبتی است. ارقام مقاوم به خشکی در گندم دارای توانایی بیشتری از نظر حفظ پتانسیل آب خود هستند و از نظر تنظیم اسمزی نیز ظرفیت بیشتری دارند (۱۷).

هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری در شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی بین عملکرد دانه و محتوای نسبی آب مشاهده شد (جدول ۳ و ۴). کویسنبری و ریتز (۲۱) در مطالعات خود هم‌بستگی بین میزان آب نسبی برگ و عملکرد را بالا گزارش کردند، بنابراین ژنوتیپ‌هایی که توان حفظ آب در بافت‌های خود را داشته باشند، یعنی دارای محتوای نسبی آب بالاتری باشند، تحمل به خشکی بیشتر و عملکرد بیشتری دارند. به عنوان مثال رقم داراب در شرایط تنش دارای بیشترین محتوای نسبی آب و عملکرد دانه بود. هم‌چنین در این شرایط رقم سرداری دارای محتوای نسبی آب و عملکرد کمتری نسبت به سایرین بود (جدول ۱ و ۲).

سرعت از دست دادن آب (RWL)

میانگین این صفت در شرایط تنش رطوبتی ۱۶ درصد و در شرایط معمول ۴۷ درصد بود. بنابراین تنش خشکی این صفت را ۳۲ درصد کاهش داد (جدول ۲). تفاوت بین ارقام از نظر این صفت بسیار معنی‌دار بود (جدول ۲). مک گیج و روماگوزا (۱۶) برای تعیین سرعت از دست رفتن آب از برگ قطع شده پیشنهاد نمودند که باید این صفت در آخرین برگ کاملاً توسعه یافته اندازه‌گیری شود تا نمونه‌ها از جنبه سن و موقعیت ساقه تقریباً حالت مشابهی داشته باشند. بیشترین میزان RWL در شرایط

عملکرد بیولوژیک است، افزایش شاخص برداشت در صورت کافی بودن اندام‌های فتوسنتز کننده منجر به افزایش عملکرد دانه می‌گردد، زیرا در پایان دوره رشد گیاه مقدار قابل توجهی از مواد فتوسنتزی ساخته شده در طول دوره رشد به دانه‌ها وارد می‌شوند. رضایی (۱) با توجه به ارتباط بین عملکرد دانه و شاخص برداشت آن را به عنوان معیاری جهت گزینش لاین‌های با عملکرد بالا در گندم مطرح نمود.

هم‌بستگی مثبت و بسیار معنی‌داری بین شاخص تحمل به تنش و عملکرد دانه در هر دو شرایط دیده شد (جدول ۳ و ۴). صبا (۲) هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد و شاخص STI در شرایط تنش رطوبتی و معمول گزارش نمود.

صفات فیزیولوژیک

پرولین

در مورد تجمع پرولین بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). میانگین این صفت در اثر تنش رطوبتی به میزان ۹۶/۳ درصد افزایش یافت (جدول ۲). بیشترین و کمترین میزان پرولین در شرایط تنش به ترتیب مربوط به ارقام امید و الوند بود و در شرایط معمول به ارقام پیش‌تاز و مغان تعلق داشت (جدول ۲). ماتیونی و همکاران (۱۸) مشاهده نمودند که در اثر تنش‌های رطوبتی و شوری بر میزان اسیدهای آمینه افزوده می‌شود و افزایش اسید آمینه پرولین از سایرین بیشتر است. در مطالعه‌ای روی دو واریته حساس و مقاوم گندم دوروم مشاهده شد که افزایش کربوهیدرات‌های محلول در رقم مقاوم به خشکی در مقایسه با پرولین شاخص مناسب‌تری برای نشان دادن مقاومت به خشکی است، زیرا پرولین تحت استرس خشکی کمتر افزایش یافت و میزان افزایش آن در هر دو واریته حساس و مقاوم یکی بود (۱۴). هم‌بستگی مقدار پرولین با سطح برگ در شرایط تنش منفی و بالا بود (جدول ۳ و ۴). با توجه به این که در شرایط تنش نسبت به شرایط مطلوب سطح برگ کاهش پیدا می‌کند و میزان پرولین نیز در شرایط تنش افزایش می‌یابد، رابطه منفی بین پرولین با سطح برگ منطقی به

می دهد. ارقام مورد بررسی واکنش متفاوتی از نظر این صفت در هر دو شرایط رطوبتی داشتند، به طوری که بیشترین و کمترین سطح برگ در شرایط تنش و بدون تنش به ترتیب مربوط به ارقام الوند و امید بود (جدول ۲).

در شرایط تنش هم‌بستگی بین سطح برگ با عملکرد بیولوژیک مثبت و معنی دار بود (جدول ۳ و ۴). در شرایط بدون تنش نیز این هم‌بستگی مثبت ولی ضعیف تر بود. در شرایط تنش ارقام پیشتاز، روشن، الوند و مغان دارای عملکرد بیولوژیک و مساحت برگ بیشتری نسبت به سایر ارقام بودند. کم ترین عملکرد بیولوژیک و سطح برگ در این شرایط به رقم امید اختصاص داشت. در شرایط بدون تنش ارقام الوند، داراب و پیشتاز دارای سطح برگ و عملکرد بیولوژیک بالایی بودند (جدول ۱ و ۲). در این مطالعه رقم امید که دارای ارتفاع زیادی نیز بود از سطح برگ کمتری برخوردار بود. بین سطح برگ و slw هم‌بستگی منفی و معنی داری در هر دو شرایط وجود داشت (جدول ۳ و ۴). در مطالعه‌ای روی کتان مشخص شد که اگر چه سطح برگ در شرایط تنش کاهش می‌یابد، ولی وزن ویژه برگ افزایش پیدا می‌کند که علت آن ضخیم شدن برگ‌ها تحت شرایط تنش نسبت به معمول است (۲۴). بالاتر بودن slw در شرایط تنش مشابه با گزارش‌های ویلسون و همکاران بود (۲۴). هم‌بستگی سطح برگ و عملکرد پیچیده است و تاکنون نحوه اثر تغییرات سطح برگ بر عملکرد قابل پیش‌بینی نبوده است (۲۲).

وزن ویژه برگ (SLW)

وزن ویژه برگ عبارت است از نسبت وزن برگ به سطح برگ که به عنوان یک شاخص عمومی برای تعیین ضخامت کلروفیل. نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد که مجموع کلروفیل‌های a و b در شرایط بدون تنش $53/86$ درصد بیشتر از شرایط تنش است و نسبت کلروفیل a به b در شرایط تنش $24/19$ درصد افزایش یافته است. اشرف و همکاران (۴) نیز گزارش کرده‌اند که تنش خشکی غلظت کلروفیل b را بیشتر از

تنش مربوط به رقم سبلان و کمترین آن مربوط به رقم داراب بود. در شرایط مطلوب بیشترین و کمترین میزان RWL به ترتیب به ارقام سرداری و خزر تعلق داشت (جدول ۲).

هم‌بستگی بین تعداد دانه در سنبله با سرعت از دست دادن آب از برگ قطع شده در هر دو شرایط منفی و معنی دار بود (جدول ۳ و ۴). از آنجا که عملکرد با تعداد دانه در سنبله هم‌بستگی مثبت و معنی داری دارد و ارقام RWL بالاتر دارای عملکرد کمتری می‌باشند، بنابراین هم‌بستگی منفی بین تعداد دانه در سنبله با سرعت از دست دادن آب از برگ قطع شده منطقی می‌باشد. در شرایط تنش بیشترین میزان RWL و کم ترین تعداد دانه در سنبله مربوط به رقم سبلان بود در شرایط معمول بیشترین میزان RWL مربوط به ارقام سرداری و سبلان بود که تعداد دانه در سنبله آن‌ها نیز در این شرایط کم تر بود (جدول ۱ و ۲). از طرفی بین عملکرد با سرعت از دست دادن آب از برگ قطع شده هم‌بستگی منفی بالایی در هر دو شرایط وجود داشت (جدول ۳ و ۴). این نتیجه نشان می‌دهد که ارقام با سرعت تلفات بالاتر حایز عملکرد پایین تر می‌باشند.

کلارک و مک گیچ (۸) گزارش نمودند که بوته‌های قطع شده ژنوتیپ‌های گندم متحمل به خشکی در مقایسه با انواع حساس آن، با سرعت کم تری رطوبت خود را از دست می‌دهند.

ارتباط بین سرعت تلفات رطوبتی در شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی با STI مشابه با هم‌بستگی آن با عملکرد دانه منفی و بسیار معنی دار بود (جدول ۳ و ۴). این نتایج دال بر رابطه منفی بین این صفت و واکنش در برابر خشکی بوده و ژنوتیپ‌های با درجه تحمل کم تر به تنش حایز سرعت تلفات رطوبتی بیشتری می‌باشند.

سطح برگ پرچم

تنش رطوبتی میانگین این صفت را به میزان $20/29$ درصد کاهش داد (جدول ۲). سانچز- بلانکو و همکاران (۲۳) گزارش کرد که تنش خشکی سطح برگ و سرعت رشد آن را کاهش

تجزیه رگرسیون مرحله‌ای

از رگرسیون مرحله‌ای به منظور تعیین متغیرهای با ارزش و موثر بر متغیر تابع و تهیه بهترین مدل برای توجیه تغییرات آن استفاده می‌گردد. به همین منظور عملکرد دانه به عنوان متغیر تابع و سایر صفات به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. به طور مسلم صفاتی که دارای هم‌بستگی بالاتری با متغیر تابع هستند و دارای سهم بیشتری در توجیه تغییرات آن می‌باشند، زودتر وارد مدل می‌شوند.

نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته در مقابل ۲۴ صفت زراعی و فیزیولوژیک به عنوان متغیرهای مستقل در جداول ۵ و ۶ آمده است. در شرایط تنش از میان صفات مورد مطالعه سرعت از دست دادن آب نخستین متغیر وارد شده به مدل بود که ۶۳ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمود. هم‌بستگی منفی و بالا بین عملکرد و سرعت از دست دادن آب نیز تأیید کننده این نتیجه است. در مرحله دوم صفت شاخص برداشت با ضریب تبیین جزء ۰/۱۹ وارد مدل شد. در مرحله سوم نیز محتوای نسبی آب با ضریب تبیین جزء ۰/۱۲ به مدل اضافه شد. بنابراین این سه صفت سهم زیادی در توجیه تغییرات عملکرد دانه را بر عهده داشتند و در مجموع ۹۵ درصد از تغییرات آن را تبیین نمودند.

در شرایط بدون تنش کلروفیل a نخستین متغیر وارد شده به مدل بود که به تنهایی ۵۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه را تبیین نمود. در مرحله دوم ارتفاع در مرحله ظهور سنبله با ضریب تبیین ۰/۲۴ به مدل وارد شد. این دو متغیر در مجموع ۸۴ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند. هم‌بستگی مثبت و بالای کلروفیل a و عملکرد دانه نیز تأیید کننده این مدل می‌باشد. محتوای نسبی آب سومین متغیری بود که به مدل وارد شد و توانست ۰/۶۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نماید. این سه متغیر در مجموع حدود ۹۰ درصد از تغییرات عملکرد دانه را تبیین کردند. نتایج رگرسیون مرحله‌ای نشان می‌دهد که صفت محتوای نسبی آب در هر دو شرایط وارد مدل شده و بهبود این صفت در هر دو شرایط مهم است.

کلروفیل a کاهش می‌دهد. تنش خشکی باعث تحریک پیری و در نتیجه کاهش کلروفیل می‌شود. در شرایط بدون تنش بیشترین میزان کلروفیل‌های b, a و $a+b$ مربوط به رقم خزر و کمترین آن متعلق به رقم روشن بود در شرایط تنش بیشترین و کمترین میزان کلروفیل‌های a, b و مجموع کلروفیل‌های a و b به ترتیب مربوط به ارقام داراب ۲ و سرداری بود. بیشترین و کمترین نسبت کلروفیل a به b در شرایط تنش به ترتیب مربوط به سرداری و داراب و در شرایط بدون تنش به ترتیب مربوط به فلات و امید بود (جدول ۲). نسبت کلروفیل a به b در رقم سرداری در شرایط تنش بالاتر بود (جدول ۲). اشرف و همکاران (۴) نیز گزارش کرده‌اند که تحت تنش خشکی نسبت کلروفیل a به b در ارقام حساس بیشتر بود.

بین عملکرد دانه با کلروفیل a هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری در هر دو شرایط مشاهده شد (جدول ۳ و ۴). در مطالعه‌ای (۲۵) روی گندم وحشی هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری بین محتوای کلروفیل با عملکرد مشاهده شد. تأثیر معنی‌دار تنش بر غلظت کلروفیل در مراحل ابتدایی رشد گیاه به معنی کاهش پتانسیل تولید و کاهش ظرفیت ذخیره‌سازی می‌باشد که در مورد گیاهی مانند گندم این ذخیره‌سازی نقش مهمی در خنثی نمودن اثرات تنش خشکی بر پر شدن دانه دارد (۶).

در شرایط تنش هم‌بستگی بین سطح برگ با کلروفیل a مثبت و معنی‌دار و در شرایط بدون تنش مثبت ولی ضعیف‌تر بود (جدول ۳ و ۴).

در شرایط تنش هم‌بستگی بین کلروفیل کل با شاخص فرناندز مثبت و در سطح احتمال ۰/۵ معنی‌دار بود (جدول ۳ و ۴). طبق شاخص فرناندز ارقام سبلان، سرداری و امید به عنوان ارقامی حساس به تنش خشکی بودند و مجموع کلروفیل‌های a و b در آنها نسبت به سایر ارقام کمتر بود. ارقام پیش‌تاز و مغان به عنوان ارقام مقاوم بودند که مجموع کلروفیل آنها بعد از رقم داراب بالاتر از بقیه ارقام بود. بنابراین در ارقام مقاوم مجموع کلروفیل‌های a و b افزایش یافت.

جدول ۵. نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه به عنوان متغیر تابع و سایر خصوصیات به عنوان متغیر مستقل در شرایط تنش رطوبتی

| F | ضرایب رگرسیون | | | عرض از مبدا | متغیر اضافه شده به مدل |
|---------|----------------|----------------|---------|-------------|------------------------|
| | ضریب تبیین مدل | ضریب تبیین جزء | b3 | | |
| ۱۳/۹۷** | ۰/۶۳۵۸ | ۰/۶۳۵۸ | | ۲۸۳۶/۲۲ | سرعت از دست دادن آب |
| ۸/۴۴* | ۰/۸۳۴۹ | ۰/۱۹۹۱ | | ۱۵۲۵/۰۳ | شاخص برداشت |
| ۱۴/۹۹** | ۰/۹۵۲۸ | ۰/۱۱۷۹ | ۱۹/۳۶** | ۲۶۸۶/۳۲** | محتوای نسبی آب |

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۶. نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه به عنوان متغیر تابع و سایر خصوصیات به عنوان متغیر مستقل در شرایط معمول

| F | ضرایب رگرسیون | | | عرض از مبدا | متغیر اضافه شده به مدل |
|---------|----------------|----------------|---------|----------------------|------------------------|
| | ضریب تبیین مدل | ضریب تبیین جزء | b3 | | |
| ۱۱/۴** | ۰/۵۸۷۶ | ۰/۵۸۷۶ | | ۳۷۹/۹۵ | کلروفیل a |
| ۱۰/۶۷** | ۰/۸۳۶۶ | ۰/۲۴۹ | | ۲۵۳۴/۹۳* | ارتفاع |
| ۴/۳۲ | ۰/۹۰۵ | ۰/۰۶۸۴ | ۲۰/۹۲** | ۵۳/۹۴ ^{n.s} | محتوای نسبی آب |

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۷. تجزیه ضرایب مسیر برای عملکرد دانه با اجزای وارد شده در مدل رگرسیون در شرایط تنش رطوبتی

| صفت | اثر غیر مستقیم از طریق | | | | اثر مستقیم | شاخص برداشت | محتوای نسبی آب | سرعت از دست دادن آب | هم‌بستگی صفات با عملکرد |
|---------------------|------------------------|---------------------|----------------|-------------|------------|-------------|----------------|---------------------|-------------------------|
| | اثر غیر مستقیم از طریق | سرعت از دست دادن آب | محتوای نسبی آب | شاخص برداشت | | | | | |
| شاخص برداشت | ۰/۴۸** | ۱ | ۰/۱۹ | ۰/۰۹ | ۰/۷۷ | | | | |
| محتوای نسبی آب | ۰/۳۸** | ۰/۱۲ | ۱ | ۰/۱۸ | ۰/۶۹ | | | | |
| سرعت از دست دادن آب | -۰/۳۹* | -۰/۲۳ | -۰/۱۷ | ۱ | -۰/۸۰ | | | | |

۰/۲۲ = باقی مانده

تجزیه ضرایب مسیر

شرایط تنش (جدول ۷) نشان داد که شاخص برداشت بیشترین اثر مستقیم مثبت (۰/۴۸۱) را بر عملکرد دانه داشته است. شاخص برداشت از طریق محتوای نسبی آب و سرعت از دست دادن آب اثر غیر مستقیم و مثبتی را بر عملکرد دانه در واحد سطح داشت. بعد از شاخص برداشت محتوای نسبی آب

مطابق نتایج رگرسیون مرحله‌ای در شرایط تنش شاخص برداشت، محتوای نسبی آب و سرعت از دست دادن آب بیش از ۹۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه را تبیین نمودند. نتایج حاصل از تجزیه مسیر برای عملکرد دانه با این صفات در

جدول ۸. تجزیه ضرایب مسیر برای عملکرد دانه با اجزاء وارد شده در مدل رگرسیون در شرایط معمول

| صفت | اثر غیر مستقیم از طریق | | | |
|----------------|------------------------|-----------|--------|----------------|
| | اثر مستقیم | کلروفیل a | ارتفاع | محتوای نسبی آب |
| کلروفیل a | ۱/۸۴** | ۱ | -۱/۲۹ | ۰/۲۲ |
| ارتفاع | ۱/۳۸** | -۱/۷۱ | ۱ | -۰/۲۱ |
| محتوای نسبی آب | ۰/۳۵ ^{b,s} | ۱/۱۶ | -۰/۸۲ | ۱ |

۰/۲۷ = باقی مانده

n.s * و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

بالا و از طریق محتوای نسبی آب اثر غیر مستقیم مثبتی بر عملکرد داشت. این امر نشان دهنده همبستگی مثبت و بالا بین کلروفیل a و نیز کاهش کلروفیل a با افزایش ارتفاع و در نتیجه کاهش عملکرد است.

به طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که با توجه به همبستگی بالا بین شاخص تحمل به خشکی با صفاتی از قبیل عملکرد دانه، شاخص برداشت، محتوای نسبی آب، سرعت از دست دادن آب از برگ و کلروفیل های a و b می توان از این شاخص به عنوان معیار مناسب انتخاب جهت گزینش ارقام متحمل استفاده کرد. هم چنین با توجه به عملکرد بالا، محتوای نسبی آب بالا و نیز بالا بودن میزان تحمل به خشکی در ارقام پیشتاز و مغان ۱ پیشنهاد می شود در آینده مطالعات بیشتری روی این ارقام صورت گیرد.

بالاترین اثر مستقیم مثبت (۰/۳۴۸) را بر عملکرد دانه اعمال کرد. محتوای نسبی آب از طریق شاخص برداشت و سرعت از دست دادن آب اثر غیر مستقیم مثبتی بر عملکرد دانه داشت. سرعت از دست دادن آب از برگ اثر مستقیم منفی (۰/۳۹۲-) بر عملکرد دانه داشت و از طریق شاخص برداشت و محتوای نسبی آب اثر غیر مستقیم منفی بر آن اعمال کرد. این امر نشان دهنده ارتباط منفی و بالا بین سرعت از دست دادن آب و عملکرد می باشد که بیان کننده این است که ارقام با سرعت تلفات رطوبتی پایین تر حایز عملکرد بالاتری هستند.

نتایج تجزیه ضرایب مسیر بر مبنای صفات باقی مانده در مدل رگرسیون مرحله ای برای عملکرد دانه در شرایط معمول (جدول ۸) نشان داد که کلروفیل a بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد داشت. کلروفیل a از طریق ارتفاع اثر غیر مستقیم منفی

منابع مورد استفاده

- رضائی، ع. ۱۳۷۵. رابطه بین کیفیت آرد و زیر واحدهای گلوٹنین با وزن ملکولی بالا در گندم. مجله علوم کشاورزی ایران ۱: ۱۱-۲۱.
- صبا، ج. ۱۳۷۹. وراثت شاخص های مقاومت به تنش خشکی و صفات مرتبط با آن در گندم. پایان نامه دکترای اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
- فرهی آشتیانی، ص. و ص. پرویزیان. ۱۳۶۷. آزمایش هایی در فیزیولوژی گیاهی. مرکز نشر دانشگاهی، تهران.
- Ashraf, M. Y., A. R. Azmi, A. H. Khan and S. A. Ala. 1994. Effect of water on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat. *Acta Physiologiae Plantarum* 16:185-191.
- Bates, L. S., R. P. Waldren and L. D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant Soil* 39: 205-207.

6. Blum, A., J. Golan, B. Mayer, L. Sinmena and J. Burra. 1989. The drought response of landraces of wheat from the northern Negev Desert in Israel. *Euphytica* 43:87-96.
7. Castrillo, M. and A. M. Calcargo. 1989. Effect of water stress and rewatering on ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase activity, chlorophyll and protein contents in two cultivars of tomato. *J. Horti. Sci.* 64: 717-724.
8. Clarke, J. M. and T. N. MacCaig. 1982. Excised leaf water retention capability as an indicator of drought resistance of Triticum genotypes. *J. Can. Plant Sci.* 62: 570-578.
9. Dewey, D. R. and K. H. Lu. 1959. A correlation and path coefficient analysis of components of crested wheat grass seed production. *Agron. J.* 51: 515-518.
10. Estill, K., R. H. Delany, W. K. Smith and R. L. Ditterline. 1991. Water relation and productivity of alfalfa leaf chlorophyll variants. *Crop Sci.* 31:1229-1233.
11. Fernandez G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. PP. 257-270. *In: Kuo, C.G.(Ed.), Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress, Proc. Intl. Symp. Taiwan for Water Stress, Asian Veget. Res. Develop. Center.*
12. Flood, R. G., P. G. Martin and W. K. Gardner. 1995. Drymatter accumulation and partitioning and its relationships to grain yield in wheat. *Aust. J. Exp. Agric. Res.* 35: 495-502.
13. Ikram, V. and L. Tanach. 1991. Diallel analysis of grain yield and other agronomic traits in durum wheat. *Rachis* 10: 8- 13.
14. Kameli, A. and D.M. Losel. 1993. Carbohydrates and water status in wheat plants under water stress. *New Phytol.* 125: 609- 614.
15. Kulshreshtha, S., D. P. Mishra and R. K. Gupta. 1987. Changes in content of chlorophyll, proteins and lipids in whole chloroplast and chloroplast membrane fractions at different leaf water potentials in drought resistant and sensitive genotypes of wheat. *Photosynthetica* 21: 65- 70.
16. Maccaig, T. N. and A. Romagosa. 1991. Water stress measurements of excised wheat leaves: Position and age effects. *Crop Sci.* 31:1583- 1586.
17. Manette, A. S., C. J. Richard, B. Carre and B. Morhinweg. 1988. Water relations in winter wheat as drought indicators. *Crop Sci.* 28: 256- 531.
18. Mationn, M. A., J. H. Brown and H. Ferguson. 1989. Leaf water potential, relative water content and diffusive resistance as screening techniques for drought resistance in barley. *Agron. J.* 81: 100- 105.
19. Muchow, R. C., T. R. Sinclair, J. M. Bennet and L. C. Hammond .1986. Response of leaf growth, leaf nitrogen and stomatal conductance to water deficits during vegetative growth of field-grown soybean. *Crop Sci.* 26: 1190- 1195.
20. Papakosta, D. K. and A. A. Gagianas. 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for Mediterranean wheat during grain filling. *Agron. J.* 83: 864-870.
21. Quisenberry, K. S. and L. P. Reitz. 1987. *Wheat and Wheat Improvement*. Am. Soc. Agron. Inc. Madison, WI., USA.
22. Rascio, A., M. C. Cedola, M. Toponi, Z. Flagella and G. Wittmer. 1990. Leaf morphology and water status changes in Triticum durum under water stress. *Plant Physiol.* 78: 462- 465.
23. Sánchez-Blanco, M. J., P. Rodriguez, E. Olmos, M. A. Morales and A. Torrecillas. 2004. Differences in the effects of simulated sea aerosol on water relations, mineral content and ultrastructural in *Cistus albidus* and *Cistus monspeliensis* plants. *J. Environ. Quality* 33: 1369-1375.
24. Wilson, R. F., J. J. Burke and J. E. Quisenberry. 1987. Plant morphological and biochemical responses to field water deficits. II. Responses of leaf glycerolipid composition in cotton. *Plant Physiol.* 84: 251-254.
25. Zaharieva, M., E. Gaulin, M. Havaux, E. Acevedo and P. Monneveux. 2001. Drought and heat responses in the wild wheat relative *Aegilops geniculata* Roth. *Crop Sci.* 41: 1321-1329.