جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۵، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۳ (ص ۶۳۸-۶۲۵)

ارتباط بین محتوای کلروفیل برگ و عملکرد دانه تحت شرایط تنش شوری در گندم نان

امیر قلی‌زاده[۱]، حمید دهقانی[۲*] و جان دوراک[۳]
۱ و ۲. کارشناس ارشد و دانشیار، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۳. استاد گروه اصلاح نباتات، دانشگاه کالیفرنیا، آمریکا

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱/۱۸ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۶/۸)

چکیده

اندازه‌گیری محتوای کلروفیل برگ معیار مناسبی در برنامه‌های اصلاحی برای افزایش میزان فتوسنتز برگ به‌شمار می‌آید. به‌منظور بررسی ارتباط بین شاخص محتوای کلروفیل و عملکرد در شرایط تنش شوری، ۴۱ ژنوتیپ گندم در مزرعهٔ تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری، در دو شرایط نرمال و تنش شوری ارزیابی شدند. شوری آب آبیاری در شرایط نرمال و شور به‌ترتیب ۲ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر بود. نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر صفات محتوای کلروفیل و عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری در هر دو شرایط نرمال و تنش شوری داشتند. نتایج مقایسهٔ میانگین نشان داد که ژنوتیپ‌های شهریار، روشن و بومی یزد دارای بیشترین میزان عملکرد دانه و همچنین دارای بیشترین محتوای کلروفیل برگ در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط تنش شوری بودند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط تنش شوری ژنوتیپ‌های متحمل و دارای عملکرد زیاد از محتوای کلروفیل برگ زیادی برخوردارند. همچنین نتایج همبستگی و تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش شوری نشان‌دهندهٔ ارتباط مثبت محتوای کلروفیل برگ با عملکرد دانه بود. بنابراین انتخاب ژنوتیپ‌های با محتوای کلروفیل برگ زیاد در شرایط تنش شوری می‌تواند به انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد زیاد و متحمل به شوری منجر شود.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، عملکرد دانه، گندم نان، محتوای کلروفیل.

مقدمه

شوری منابع آب و خاک در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک و از جمله ایران تولید محصولات کشاورزی را محدود می‌کند. گندم نان (*Triticum aestivum* L.) از مهم‌ترین محصولات زراعی جهان است و غذای اصلی مردم را در مناطق خشک و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهد. در این مناطق، کمبود آب، عامل اصلی و شوری خاک، عامل ثانویهٔ کاهش رشد گیاه و عملکرد دانه به‌شمار می‌رود (Munns *et al*., 2006). در حال حاضر بخشی از منابع آب و خاک شور مورد استفاده قرار می‌گیرند. تحقیقات زیادی در مورد تأثیر شوری بر عملکرد گیاهان زراعی و شناسایی ژنوتیپ‌های جدید گیاهی که تحمل زیادی در برابر شوری دارند (به‌ویژه گندم نان) انجام گرفته است (Munns & James, 2003; Colmer *et al*., 2006; Munns *et al*., 2006). محققان زیادی دربارهٔ اثر مخرب تنش شوری، به‌دلیل کاهش پتانسیل اسمزی در محیط ریشه و تأثیر بر تعادل آبی گیاه و کاهش فشار آماس، در مراحل مختلف رشدی گندم نان گزارش کرده‌اند (Tester & Davenport, 2003; Munns *et al*., 2006). تنش شوری گسترش برگ، تولید پنجه، ارتفاع بوته، رشد سنبله و عملکرد گندم نان را کاهش می‌دهد (Maas & Grieve, 1990). ازآنجاکه منابع آبی مطلوب

* تلفن: ۰۹۱۲۵۱۴۴۸۲۰
E-mail: dehghanr@modares.ac.ir

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

برای آبیاری محصولات کشاورزی در جهان محدود است، استفاده از آب‌های شور برای کشاورزی اجتناب‌ناپذیر است و در چنین شرایطی، دست‌یابی به ارقام متحمل به شوری که دارای عملکرد بیشتر در شرایط تنش شوری باشند به‌عنوان یکی از راه‌حل‌های مقابله با این تنش مطرح است. از طرفی نبود روش‌های قابل اعتماد برای غربال کردن در شرایط مزرعه‌ای را شاید بتوان بزرگ‌ترین مشکل در بهبود تحمل به شوری گیاهان زراعی دانست (Munns & James, 2003). اگرچه افزایش عملکرد از عمده‌ترین اهداف به‌نژادی گندم برای تحمل به شوری است، به‌دلیل نحوهٔ کنترل ژنتیکی پیچیده و تأثیرپذیری این صفت از محیط، گزینش ارقام براساس اندازه‌گیری مستقیم عملکرد، چندان سودمند نیست (Singh & Singh, 2001). با توجه به وراثت‌پذیری کم عملکرد دانه در گندم می‌توان از صفاتی که همبستگی زیادی با عملکرد و شوری دارند، در انتخاب بهتر ارقام و لاین‌های متحمل به شوری بهره برد. در تحقیقی Poustini & Siosemardeh (2004) نشان دادند که در شرایط تنش شوری، عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد دانه در سنبله در گندم دارد. در مطالعات مختلف به وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین وزن دانه در سنبله و عملکرد دانه گندم نان و اهمیت آن در بهبود عملکرد دانه به‌عنوان شاخص انتخاب تأکید شده است (Ehdaie & Waines, 1989; Grieve & Francios, 1992).

شاخص‌های متعددی برای اندازه‌گیری خسارت ناشی از شوری بر گیاهان وجود دارد، ولی برای این شاخص‌ها به اندازه‌گیری عملکرد نیاز است که هزینه‌بر و وقت‌گیر است و در نتیجه باید به‌دنبال شاخصی آسان‌تر و کم‌هزینه‌تر بود. پایداری کلروفیل، شاخصی از تحمل گیاه به تنش است (Wang *et al.*, 2001). ارقام متحمل به شوری دارای شاخص پایداری بالا هستند و واریته‌های حساس کمترین پایداری را نشان می‌دهند (Modhan *et al.*, 2000). تنش شوری در دورهٔ بعد از گلدهی سبب پیر شدن گیاهان زراعی می‌شود، علامت پیری زرد شدن برگ است و آن هنگامی است که محتوای کلروفیل برگ حدود ۵۰ درصد نسبت به برگ سبز طبیعی کاهش یافته است. بنابراین مشاهدهٔ پیری از طریق اندازه‌گیری کلروفیل برگ قابل بررسی است (Cha *et al.*, 2002). ارقام متحمل به شوری دارای محتوای کلروفیل برگ زیاد و واریته‌های حساس پایین‌ترین محتوای کلروفیل برگ را نشان می‌دهند (Modhan *et al.*, 2000). روش‌های پیچیده و دقیق آزمایشگاهی برای اندازه‌گیری کلروفیل وجود دارد، از روش Netondo, (1949) و Sairam *et al.* (2002) برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل در آزمایشگاه با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده می‌شود. در سال‌های اخیر تعیین محتوای نسبی کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر دستی در مزرعه رواج یافته است. دستگاه کلروفیل‌متر دستی به‌دلیل کم‌هزینه بودن و اندازه‌گیری آسان و غیرتخریبی گیاه، می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای اندازه‌گیری کلروفیل برگ در شرایط تنش شوری در مزرعه استفاده شود.

Wang *et al.* (2001) میزان کلروفیل برگ سویا را در سطوح مختلف شوری با دستگاه کلروفیل‌متر SPAD-502 اندازه‌گیری کرده و گزارش کردند که افزایش تنش شوری تا ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر میزان کلروفیل برگ را افزایش می‌دهد، این افزایش کلروفیل با تیره شدن برگ‌ها مرتبط است. در تحقیقی Salama *et al.* (1994) با بررسی انواع حساس و متحمل به شوری گندم بیان کردند که نسبت کلروفیل در واریته‌های حساس در اثر تنش شوری کمتر از واریته‌های متحمل است. در آزمایشی Araus *et al.* (1998) همچنین با تحقیقی دربارهٔ واریته‌های گندم گزارش کردند که محتوای کلروفیل برگ و عملکرد دانهٔ گندم همبستگی مثبتی دارند و محتوای کلروفیل در واریته‌های متحمل در اثر تنش شوری بیشتر از واریته‌های حساس است. همچنین Netondo *et al.* (2004) گزارش کردند که تنش شوری به کاهش مادهٔ خشک گیاهی، سطح برگ، میزان کلروفیل و هدایت روزنه‌ای سورگوم منجر می‌شود. در تحقیقی Passarkli (2010) بیان کرد که تداوم فتوسنتز با حفظ غلظت کلروفیل در حد معمول تحت شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیکی تحمل به تنش به‌حساب می‌آید. همچنین محتوای کلروفیل برگ به‌دلیل داشتن همبستگی قوی با عملکرد دانه و سهولت اندازه‌گیری می‌تواند به‌عنوان یک شاخص مفید در انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل در شرایط تنش در گندم مدنظر قرار گیرد (Shofield *et al.*, 1988). نتایج

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

مطالعات در گندم مشخص کردند با اینکه در شرایط تنش شوری پتانسیل تورژسانس تغییر نکرد، محتوای آب نسبی و محتوای کلروفیل کاهش یافت (Munns *et al*., 2006; Saffari *et al*., 2013).

نتایج پژوهش‌ها همچنین نشان می‌دهد که تنش شوری موجب تخریب کلروپلاست و تغییر تعداد و اندازهٔ کلروپلاست‌ها می‌شود. یکی از آثار شوری در گیاه، کاهش مقدار کلروفیل و کاهش جذب CO_2 و ظرفیت فتوسنتزی است (Francisco *et al*., 2002). کاهش شدت فتوسنتز ناشی از تنش شوری ناشی از عوامل متعددی مانند دهیدراسیون غشای سلول و در نتیجه کاهش نفوذپذیری CO_2، مسمومیت ناشی از نمک، کاهش CO_2 به‌دلیل بسته شدن روزنه‌ها، تسریع در فرایند پیری در نتیجهٔ وجود نمک، تغییر فعالیت آنزیم‌ها به‌دلیل تغییرات ساختاری سیتوپلاسم، تخریب ساختمان کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها و ممانعت از بیوسنتز کلروفیل‌های جدید و در نهایت کاهش مقدار کلروفیل است (Munns, 2002). حفظ غلظت کلروفیل تحت تنش شوری به ثبات فتوسنتز در این شرایط کمک می‌کند.

در هر شرایط آزمایشی خاص، به‌نظر می‌رسد که بتوان شاخص‌های فیزیولوژیکی را در ارقام مشخص به‌عنوان واکنش‌های تطابقی سودمند شناسایی و از آنها برای به‌نژادی و تولید ارقام سازگار با شرایط تنش شوری استفاده کرد. برای مثال Krishnamurthy *et al*. (1987) در آزمایش خود دریافتند که مقدار کلروفیل برگ ارقام متحمل به شوری برنج با افزایش غلظت یون سدیم افزایش یافت و کاهش کلروفیل برگ در دوران پیری برگ در تیمار شوری، سریع‌تر از تیمار شاهد بود. این کاهش کلروفیل در ارقام حساس سریع‌تر بود. در تحقیق حاضر ۴۱ ژنوتیپ گندم نان به‌منظور بررسی ارتباط شاخص محتوای کلروفیل و عملکرد دانهٔ گندم در شرایط تنش شوری ارزیابی شدند و امکان استفاده از محتوای کلروفیل برگ به‌عنوان شاخصی ساده و ارزان در گزینش ژنوتیپ‌های گندم متحمل به شوری بررسی شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۴۱ ژنوتیپ گندم نان (جدول ۱) از مؤسسهٔ اصلاح نهال و بذر کرج تهیه و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط (نرمال و تنش شوری)، ارزیابی شدند. این مطالعه در مزرعهٔ تحقیقاتی مرکز ملی شوری، وابسته به مرکز ملی تحقیقات شوری واقع در استان یزد در سال زراعی ۱۳۹۰-۹۱ انجام گرفت. ژنوتیپ‌های مورد بررسی به‌صورت کرتی روی خطوط، کشت و ارزیابی شدند. آبیاری در شرایط شور با آب ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و در شرایط نرمال با آب ۲ دسی‌زیمنس بر متر انجام گرفت. قبل از شروع آزمایش، در خاک لوم شنی نمونه‌برداری مرکب انجام گرفت و ویژگی‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک محل کاشت تعیین شد (جدول ۲). عناصر مورد نیاز براساس آزمون خاک به خاک مزرعه اضافه شد. تمامی کود فسفره (۱۱۵ کیلوگرم فسفر خاص در هکتار)، و پتاسه (۸۰ کیلوگرم پتاس خالص در هکتار)، به‌ترتیب از منبع سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم همراه با عملیات تکمیلی زمین به خاک اضافه شد. کود نیتروژن (۱۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره) نیز در سه قسمت مساوی در زمان‌های کاشت، پنجه‌دهی و غلاف‌دهی اضافه شد. کاشت بذرها در کرت‌های آزمایشی با دست و با توجه به قوهٔ نامیه و وزن هزاردانه براساس تراکم ۵۰۰ دانه در متر مربع در آذر ماه انجام گرفت. هر کرت آزمایشی شامل دو خط کاشت به‌طول ۱ متر و عرض ۲۰ سانتی‌متر بود. در طول فصل رشد در هر دو شرایط برای تعیین شوری خاک در منطقهٔ توسعهٔ ریشه از خاک و تا عمق ۹۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری انجام گرفت. متوسط میزان شوری عصارهٔ اشباع خاک در طول فصل رشد در شرایط تنش شوری و نرمال به‌ترتیب ۹/۵ و ۲/۷ دسی‌زیمنس بر متر بود. کلیهٔ عملیات داشت شامل کوددهی، وجین علف‌های هرز و آبیاری براساس نیاز گیاه انجام گرفت. در مرحلهٔ گرده‌افشانی برای اندازه‌گیری محتوای کلروفیل برگ پرچم از دستگاه کلروفیل‌متر SPAD-502 استفاده شد. کلروفیل‌متر غلظت نسبی کلروفیل برگ را براساس مقدار نور عبورکرده از برگ، در دو طول موجی که جذب کلروفیل در آنها تفاوت دارد، نشان می‌دهد. نحوهٔ کار کلروفیل‌متر بدین ترتیب است که در قسمت اول Illuminating یا تولیدکنندهٔ نور قرار دارد و نور قرمز و

مادون قرمز تولید می‌کند و نور پس از گذشتن از نمونهٔ برگ به چند گیرنده یا Receptors رسیده که نور عبوری را به علائم الکتریکی آنالوگ تبدیل می‌کند. این علائم به‌وسیلهٔ یک آمپلی‌فایر تقویت شده و پس از آن به‌وسیلهٔ یک تبدیل‌کننده به علائم دیجیتال تبدیل می‌شود. سپس آن علائم به‌وسیلهٔ ریزپردازنده تفسیر و عدد دیجیتالی در صفحهٔ نمایش نمایان شده و به‌صورت اتوماتیک در حافظه نگهداری می‌شود. باید توجه داشت که SPAD تخمینی از غلظت کلروفیل را نشان می‌دهد. این عدد همبستگی قوی‌ای با مقدار کلروفیل برگ دارد. در ادامه به‌منظور ارزیابی صفات گیاهی شامل طول پدانکل، ارتفاع بوته، طول سنبله، طول برگ پرچم، طول ریشک، وزن میان‌گره‌ها در مرحلهٔ برداشت، وزن سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و وزن صددانه در پنج بوته از هر رقم به‌طور تصادفی یادداشت‌برداری و میانگین‌گیری شد. پس از رسیدگی محصول، بوته‌های هر واحد آزمایشی برداشت و صفت عملکرد بیولوژیک (وزن کل خشک بوته در مرحلهٔ برداشت) اندازه‌گیری شد و پس از آن بوته‌ها خرمن‌کوبی شدند و عملکرد دانه اندازه‌گیری شده و در نهایت شاخص برداشت برای شرایط تنش و نرمال به‌طور مجزا محاسبه شد. صفات تعداد روز تا گلدهی (برحسب تعداد روز از زمان کاشت تا به سنبله رفتن ساقهٔ اصلی ۵۰ درصد از بوته‌های هر کرت) و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (بر حسب تعداد روز از زمان کاشت تا رسیدگی ۵۰ درصد از بوته‌های هر کرت) نیز یادداشت‌برداری شد.

جدول ۱. اسامی ژنوتیپ‌های گندم نان مورد بررسی در این آزمایش

شماره	ژنوتیپ	شماره	ژنوتیپ
۱	اکبری نیشابوری	۲۲	مارون
۲	البرز	۲۳	میهن
۳	آروم	۲۴	مغان۱
۴	آزادی	۲۵	مروارید
۵	بم	۲۶	MV17
۶	بیات	۲۷	نیک‌نژاد
۷	باز	۲۸	امید
۸	بک‌کراس روشن بهاره	۲۹	پارسی
۹	بک‌کراس روشن زمستانه	۳۰	پیشتاز
۱۰	بزوستایا	۳۱	رسول
۱۱	فلات	۳۲	روشن
۱۲	گاسپارد	۳۳	سرداری
۱۳	هیرمند	۳۴	سایسون
۱۴	اینیا	۳۵	سپاهان
۱۵	کارچیا	۳۶	بومی‌یزد
۱۶	کرج۱	۳۷	شهریار
۱۷	کرج۳	۳۸	سیستان
۱۸	کاوه	۳۹	طبسی
۱۹	کویر	۴۰	ویریناک
۲۰	خازری	۴۱	زرین
۲۱	کراس‌شاهه		

پس از جمع‌آوری کلیهٔ داده‌ها، به‌منظور بررسی وجود تنوع در صفات محتوای کلروفیل برگ و عملکرد دانه بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی و وجود اختلافات معنی‌دار بین آنها در شرایط نرمال و تنش شوری، تجزیهٔ واریانس (طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴۱ تیمار و سه تکرار) بر روی صفات انجام پذیرفت. همچنین مقایسهٔ میانگین صفات محتوای کلروفیل برگ و عملکرد دانه به‌طور جداگانه با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) انجام گرفت. به‌منظور بررسی روابط بین صفات محتوای کلروفیل برگ و عملکرد دانه و نحوهٔ

تأثیر آنها بر یکدیگر، ضریب همبستگی بین این صفات با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون محاسبه شد (Snedecor & Cochran, 1981). و در نهایت برای بررسی و درک روابط پیچیدهٔ بین صفات و شناسایی عوامل پنهانی از تجزیه به عامل‌ها استفاده شد. برای استخراج عامل‌ها از روش مؤلفه‌های اصلی و برای دوران عامل‌ها از روش چرخش واریماکس استفاده شد. از آزمون KMO و اسفریسیتی بارتلت برای بررسی کفایت مدل تجزیه به عامل‌ها در هر دو شرایط نرمال و تنش شوری استفاده شد، درصورتی که عدد KMO بزرگ‌تر از ۰/۵ و مقدار آزمون اسفریسیتی بارتلت معنی‌دار باشد، نشان‌دهندهٔ این است که داده‌ها برای تجزیه به عامل‌ها مناسب‌اند (Cattell, 1965). برای تعیین تعداد عامل‌های مناسب، عامل‌هایی که دارای ریشهٔ بزرگ‌تر از یک بودند انتخاب شدند و برای ماتریس ضرایب عامل‌ها به‌کار رفتند. در هر عامل اصلی و مستقل، ضرایب عاملی ۰/۵ به بالا صرف‌نظر از علامت آنها معنی‌دار در نظر گرفته شدند (Cattell, 1965). برای محاسبات از نرم‌افزارهای آماری SAS ver 9.1 (2011) و SPSS ver 19 (2010) استفاده شد.

جدول ۲. برخی ویژگی‌های خاک محل اجرای آزمایش قبل از کاشت (شوری‌های خاک مربوط به متوسط ۹ نقطه در هر مکان است)

شرایط آزمایش	عمق (cm)	ECe ($dS.m^{-1}$)	pH	میلی‌اکی والان در لیتر در عصارهٔ اشباع				P ($mg.kg^{-1}$)	K ($mg.kg^{-1}$)
				K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}		
نرمال	۰-۳۰	۶/۲	۷/۸	۰/۶	۳۷/۵	۱۱/۰	۱۰/۰	۳۰/۲	۱۱۴
	۳۰-۶۰	۵/۲	۷/۵	۰/۷	۳۰/۸	۷/۵	۹/۶	۱۷/۴	۱۲۱
	۶۰-۹۰	۳/۹	۷/۵	۰/۲	۲۶/۴	۳/۳	۶/۷	۳/۱	۸۴
تنش شوری	۰-۳۰	۱۱/۸	۷/۶	۱/۷	۱۷۵/۸	۵۲/۶	۵۲/۳	۲۵/۹	۲۰۹
	۳۰-۶۰	۹/۸۹	۷/۶	۰/۹	۱۴۹/۸	۴۱/۲	۳۸/۲	۵/۰	۱۷۷
	۶۰-۹۰	۱۱/۵۸	۷/۳	۰/۹	۲۱۹/۰	۶۱/۷	۴۸/۳	۳/۷	۲۰۱

نتایج و بحث

نتایج تجزیهٔ واریانس برای صفات مورد بررسی در شرایط نرمال و تنش شوری در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج تجزیهٔ واریانس گویای اختلاف معنی‌دار بین عملکرد دانه و محتوای کلروفیل برگ در شرایط نرمال و تنش شوری بود. اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مذکور در شرایط نرمال و تنش شوری بیانگر تنوع ژنتیکی و امکان گزینش برای صفات مورد مطالعه است.

جدول ۳. نتایج تجزیهٔ واریانس صفات مورد بررسی در شرایط نرمال و تنش شوری برای ۴۱ ژنوتیپ گندم نان

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات			
		مقدار کلروفیل		عملکرد دانه	
		نرمال	تنش	نرمال	تنش
بلوک	۲	۴۳۰/۱^{ns}	۱۹۰/۲**	۷۳۸۶۱۷۹/۵**	۳۶۱۷۸۹/۹^{ns}
ژنوتیپ	۴۰	۵۲/۱*	۶۴/۳**	۱۹۴۰۷۹۱/۲**	۱۶۲۲۰۷۹/۶**
اشتباه آزمایشی	۸۰	۲۲/۷	۱۷/۸	۹۳۱۱۲۶/۸	۵۹۵۷۶۴/۲
ضریب تغییرات (٪)		۹/۷	۸/۴	۳۳/۴	۲۶/۹

ns،*،**: غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

در جدول ۴ نتایج مقایسهٔ میانگین ۴۱ ژنوتیپ گندم نان به‌روش LSD (حداقل تفاوت معنی‌دار) در هر دو شرایط تنش شوری و نرمال ارائه شده است. همان‌طور که تجزیهٔ واریانس صفات نشان داد، آزمون LSD وجود اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها را در مورد صفات مورد مطالعه تأیید کرد. در آزمایش شرایط نرمال نتایج مقایسهٔ میانگین صفت محتوای کلروفیل نشان داد که ژنوتیپ‌های بک‌کراس روشن زمستانه و کرج ۱ دارای بیشترین و ژنوتیپ‌های کاوه و کراس‌شاهه دارای کمترین محتوای کلروفیل برگ بودند (جدول ۴).

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین صفات مختلف در ژنوتیپ‌های گندم نان به‌روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در شرایط نرمال و تنش شوری

نام ژنوتیپ	عملکرد دانه		مقدار کلروفیل	
	تنش	نرمال	تنش	نرمال
نیشابوری اکبری	۱۴۳۳/۶۷	۳۴۸۵/۸۳	۵۳/۰۳	۴۹/۳۹
البرز	۲۳۹۶/۲۵	۳۲۶۶/۶۷	۴۳/۷۵	۴۴/۹۵
آروم	۲۴۳۷/۵۰	۲۴۰۸/۳۳	۵۲/۳۸	۴۹/۴۳
آزادی	۱۰۲۸/۷۰	۳۸۱۲/۵۰	۵۰/۱۸	۵۰/۵۵
بم	۱۱۸۹/۸۳	۳۳۳۲/۵۰	۵۰/۰۷	۴۵/۳۲
بیات	۱۵۴۰/۸۳	۴۵۱۴/۱۷	۴۹/۸۹	۴۸/۲۱
باز	۱۰۷۶/۱۷	۲۴۷۴/۱۷	۳۹/۳۶	۴۶/۹۲
بک‌کراس روشن بهاره	۱۸۸۰/۰۰	۴۱۶۵/۰۰	۵۲/۰۵	۴۷/۱۵
بک‌کراس روشن زمستانه	۲۵۸۱/۲۵	۳۹۴۳/۳۳	۵۲/۳۵	۵۶/۳۵
بزوستایا	۲۴۳۶/۲۵	۱۹۱۰/۰۰	۴۹/۸۷	۵۲/۶۸
فلات	۲۰۲۰/۸۳	۲۳۷۱/۶۷	۴۷/۶۵	۵۰/۳۳
گاسپارد	۱۳۸۰/۰۰	۲۱۷۷/۵۰	۵۳/۲۸	۵۴/۴۱
هیرمند	۲۶۳۵/۰۰	۱۵۸۵/۸۳	۴۴/۰۱	۴۳/۰۷
اینیا	۱۳۷۱/۱۷	۲۷۱۲/۵۰	۴۸/۹۴	۴۴/۱۲
کارچیا	۱۶۳۷/۵۰	۲۲۸۸/۳۳	۴۹/۴۳	۴۸/۰۳
کرج۱	۲۱۶۴/۱۶	۲۴۵۰/۸۳	۵۲/۱۱	۵۵/۷۲
کرج۳	۱۶۰۳/۳۳	۳۰۴۰/۰۰	۴۳/۶۷	۵۰/۵۲
کاوه	۱۲۳۰/۰۰	۳۱۷۰/۰۰	۴۹/۳۶	۴۱/۲۵
کویر	۱۹۶۷/۶۸	۲۰۴۸/۳۳	۴۹/۳۲	۵۱/۶۹
خازری	۱۸۳۹/۱۶	۲۱۲۵/۸۳	۴۸/۰۹	۴۹/۵۲
کراس شاهه	۳۵۱۳/۷۵	۲۴۳۹/۱۷	۵۴/۰۷	۴۲/۱۵
مارون	۲۶۵۳/۳۳	۲۶۴۴/۱۷	۴۲/۴۵	۴۵/۸۵
میهن	۱۶۳۱/۱۷	۲۷۸۵/۰۰	۴۷/۶۳	۵۴/۲۷
مغان۱	۲۷۷۸/۳۳	۴۴۱۹/۱۷	۵۳/۳۳	۴۷/۷۷
مروارید	۱۱۲۹/۱۶	۱۴۰۵/۸۳	۴۳/۵۹	۴۵/۸۴
MV17	۱۵۸۵/۰۰	۱۴۹۴/۱۷	۵۲/۸۳	۵۳/۲۱
نیک‌نژاد	۲۲۸۵/۰۰	۳۰۲۸/۳۳	۵۰/۰۲	۴۸/۹۶
امید	۱۷۷۰/۰۰	۳۲۶۲/۵۰	۵۱/۵۱	۴۴/۵۷
پارسی	۲۴۴۵/۰۰	۳۰۷۵/۸۳	۵۰/۰۸	۴۵/۵۹
پیشتاز	۱۵۸۱/۶۷	۳۷۴۵/۸۳	۴۱/۹۸	۴۲/۲۸
رسول	۱۲۵۶/۶۶	۱۴۷۸/۷۵	۴۶/۵۹	۴۸/۷۰
روشن	۴۰۳۶/۶۶	۳۵۴۵/۸۳	۶۱/۸۳	۵۴/۱۹
سرداری	۳۰۷۸/۳۳	۲۹۸۵/۸۳	۵۶/۶۷	۴۷/۷۴
سایسون	۱۷۵۴/۱۶	۲۲۴۴/۱۷	۴۹/۰۷	۵۳/۴۲
سپاهان	۱۹۶۴/۱۶	۳۲۷۶/۶۷	۴۱/۳۷	۴۳/۲۶
بومی یزد	۳۵۲۴/۴۴	۴۰۰۴/۵۰	۵۶/۱۸	۵۳/۱۸
شهریار	۴۵۷۳/۷۵	۲۸۳۳/۳۳	۵۷/۲۸	۵۲/۲۸
سیستان	۱۴۱۸/۵۰	۲۶۷۶/۶۷	۵۳/۸۷	۵۴/۴۲
طبسی	۱۲۲۸/۶۷	۳۵۲۵/۸۳	۵۳/۸۵	۵۴/۸۸
ویریناک	۱۹۲۵/۰۰	۲۱۵۴/۱۷	۴۵/۹۹	۴۳/۵۷
زرین	۱۲۱۷/۵۰	۳۶۹۰/۸۳	۴۹/۵۱	۵۰/۳۱
LSD (5%)	۱۰۴۰/۸۰	۱۵۹۰/۳۰	۶/۸۶	۷/۷۵
LSD (1%)	۱۳۸۱/۲۰	۲۱۱۸/۷۰	۹/۱۰	۱۰/۲۸

Quarrie *et al.* (2006) با استفاده از مکان‌یابی ژن‌های صفات کمی (QTL) نشان دادند که در گندم محتوای کلروفیل اندازه‌گیری‌شده با دستگاه SPAD بر روی کروموزوم ۷A قرار دارد، ولی Yang *et al.* (2007) گزارش کردند که چهار QTL افزایشی بر روی کروموزوم‌های ۱A، (۲) ۵A و ۷A گندم قرار دارند. نتایج مقایسهٔ میانگین برای صفت عملکرد دانه نشان داد که ژنوتیپ‌های بیات و مغان ۱ دارای بیشترین عملکرد دانه و ژنوتیپ‌های رسول و مروارید دارای کمترین عملکرد دانه در شرایط نرمال بودند (جدول۴).

نتایج مقایسهٔ میانگین صفت محتوای کلروفیل در شرایط تنش شوری نشان داد که ژنوتیپ‌های روشن، شهریار، بومی یزد و سرداری دارای بیشترین محتوای کلروفیل برگ و ژنوتیپ‌های باز، سپاهان و پیشتاز دارای کمترین محتوای کلروفیل برگ در شرایط تنش شوری بودند (جدول ۴). در شرایط تنش شوری از نظر صفت عملکرد دانه، ژنوتیپ‌های شهریار، روشن و بومی یزد دارای بیشترین عملکرد دانه و ژنوتیپ‌های آزادی، باز و مروارید دارای کمترین عملکرد دانه بودند (جدول ۴).

شوری با کلرید سدیم سبب کاهش کربوهیدرات‌هایی می‌شود که برای رشد سلول‌ها و مراحل اصلی فرایند فتوسنتز و سرعت آن ضروری‌اند. فتوسنتز تعیین‌کنندهٔ اصلی رشد و عملکرد گیاهان است و توانایی حفظ آن در شرایط تنش‌های محیطی برای حفظ ثبات عملکرد مهم است. تجمع کربوهیدرات‌های محلول برگ به‌واسطهٔ غلظت بیشتر کلروفیل و توان فتوسنتزی بیشتر برگ است. Martin *et al.* (1993) گزارش کرده‌اند که ترکیباتی همانند کربوهیدرات‌های محلول در تنظیم اسمزی و سازوکارهای حفاظتی تأثیر دارند. کل محتوای کلروفیل تحت تیمار شوری کاهش می‌یابد. کاهش کلروفیل در شرایط تنش شوری به‌دلیل فعالیت بیشتر آنزیم کلروفیلاز گزارش شده است (Reddy *et al.*, 2005). همچنین بعضی از مواد تنظیم‌کنندهٔ رشد نظیر آبسزیک اسید و اتیلن موجب تحریک فعالیت این آنزیم می‌شوند، افزایش تولید پرولین تحت شرایط تنش موجب می‌شود گلوتامات که پیش‌مادهٔ ساخت کلروفیل و پرولین است کمتر در مسیر بیوسنتز کلروفیل شرکت داشته باشد (Drazkiwicz, 2000). به‌طور کلی در شرایط نرمال و تنش شوری با افزایش سن برگ، محتوای کلروفیل برگ و گیاه کاهش می‌یابد، ولی در شرایط تنش شوری، به‌دلیل تجمع یون‌های سمی Na^+ و Cl^- شدت پیر شدن برگ‌ها سریع‌تر و بیشتر است و تسریع پیری برگ در ژنوتیپ‌های حساس بیشتر است (Passarkli, 2010).

با توجه به مطالب گفته‌شده نتایج مقایسهٔ میانگین در این مطالعه نشان داد که ژنوتیپ‌های شهریار، روشن و بومی یزد دارای بیشترین عملکرد دانه و نیز بیشترین محتوای کلروفیل برگ در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط تنش شوری بودند (جدول ۴). پس می‌توان گفت محتوای کلروفیل گیاهانی که در شرایط شوری قرار می‌گیرند، تحت تأثیر قرار می‌گیرد و در بیشتر آنها کاهش می‌یابد. در این میان، گیاهان متحمل به شوری که عملکرد زیادی دارند، می‌توانند این کاهش محتوای کلروفیل را تعدیل کنند. محتوای کلروفیل برگ نیز به‌واسطهٔ اینکه تطبیق خوبی با ارقام دارای عملکرد زیاد در شرایط تنش شوری دارد، می‌تواند برای گزینش ارقام قبل از رسیدگی و برای صرفه‌جویی در وقت و هزینه‌ها به‌کار گرفته شود. درحالی‌که برای اندازه‌گیری خسارت ناشی از شوری با استفاده از شاخص عملکرد و اجزای آن به وقت و هزینه زیادی نیاز است، از طرفی به‌دلیل نحوهٔ کنترل ژنتیکی پیچیده و تأثیرپذیری عملکرد دانه از آثار محیطی، گزینش ارقام براساس اندازه‌گیری مستقیم عملکرد از سودمندی کمی برخوردار است. بنابراین می‌توان صفات دارای همبستگی معنی‌داری با عملکرد دانه در شرایط تنش شوری (مقدار کلروفیل در آزمایش حاضر) را در برنامه‌های به‌نژادی در اولویت قرار داد (جدول ۵).

جدول ۵. همبستگی بین مقدار کلروفیل و عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش شوری در گندم

صفت	میزان کلروفیل	
	نرمال	تنش شوری
عملکرد دانه	۰/۰۳^{ns}	۰/۳۹**

ns، **: غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

نتایج حاصل از ضرایب همبستگی در شرایط نرمال نشان داد که بین محتوای کلروفیل برگ و عملکرد دانه

همبستگی معنی‌داری وجود ندارد، ولی در شرایط تنش شوری عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری را با محتوای کلروفیل نشان داد (جدول ۵). همبستگی مثبت عملکرد دانه با مقدار کلروفیل برگ نشان‌دهندهٔ آن است که با افزایش محتوای کلروفیل برگ، عملکرد دانه افزایش داشته است. همچنین می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط تنش شوری ژنوتیپ‌های متحمل و دارای عملکرد زیاد از محتوای کلروفیل برگ زیادی برخوردارند. بسیاری از محققان نیز همبستگی مثبتی را بین عملکرد دانه و محتوای کلروفیل برگ گزارش کردند (Araus *et al*., 1998; Kabanova & Chaika, 2001; Ramesh *et al*., 2002; Boggs *et al*., 2003; Bronson *et al*., 2003).

در شرایط نرمال و تنش شوری ۱۸ صفت اندازه‌گیری‌شده، برای تجزیه به عامل‌ها به‌کار گرفته شدند. شایان یادآوری است که مقادیر KMO به‌دست‌آمده و نیز معنی‌دار بودن آزمون اسفریسیتی بارتلت بیانگر کافی بودن مقادیر همبستگی متغیرهای اولیه برای تجزیه به عامل‌ها و کفایت مدل تجزیه به عامل‌ها در هر دو شرایط نرمال و تنش شوری بود. در شرایط نرمال پس از تجزیه به عامل‌ها، پنج عامل مشخص شد. این عامل‌ها درمجموع ۷۷/۱۵ درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه کردند (جدول ۶). سهم عامل‌های اول تا پنجم به‌ترتیب ۳۲/۴۱، ۱۸/۵۳، ۱۱/۲۱، ۸/۴۱ و ۶/۵۷ درصد برآورد شد (جدول۶).

جدول ۶. مقادیر ویژه، مقدار ویژه به درصد و درصد واریانس تجمعی برای پنج عامل استخراج‌شده به‌روش مؤلفه‌های اصلی در شرایط نرمال در گندم

عامل‌ها	مقدار ویژه	مقدار ویژه ٪	واریانس تجمعی
۱	۵/۸۳	۳۲/۴۱	۳۲/۴۱
۲	۳/۳۳	۱۸/۵۳	۵۰/۹۴
۳	۲/۰۱	۱۱/۲۱	۶۲/۱۶
۴	۱/۵۱	۸/۴۱	۷۰/۵۸
۵	۱/۱۸	۶/۵۷	۷۷/۱۵

عامل اول که بیشترین میزان از تغییرات داده‌ها را توجیه کرد (۳۲/۴۱ درصد)، دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، وزن دانه در سنبله و وزن سنبله است که آن را می‌توان عامل مؤثر بر اجزای عملکرد نامگذاری کرد. عامل دوم که ۱۸/۵۳ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کند، دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات تعداد پنجهٔ بارور، وزن صددانه، وزن میانگره، ارتفاع بوته و طول پدانکل است و آن را می‌توان عامل مؤثر بر ارتفاع بوته یا عملکرد اقتصادی نام نهاد. انتخاب براساس این عامل، به گزینش ژنوتیپ‌هایی با ارتفاع بلند و عملکرد اقتصادی بیشتر منجر می‌شود. عامل سوم که ۱۱/۲۱ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کند، دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات مقدار کلروفیل، تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی و ضریب منفی برای طول برگ پرچم است و آن را می‌توان عامل مؤثر بر خصوصیات رسیدگی نامگذاری کرد. عامل چهارم که ۸/۴۱ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کند، دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات طول ریشک، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه است و آن را می‌توان عامل مؤثر بر عملکرد دانه نام نهاد (جدول ۷). این ضرایب نشان‌دهندهٔ آن است که ژنوتیپ‌های برخوردار از مقادیر زیاد عامل چهارم، عملکرد بیشتری دارند. انتخاب ژنوتیپ‌ها براساس افزایش عامل چهارم می‌تواند به افزایش عملکرد در شرایط نرمال در جمعیت مورد مطالعه منجر شود. صفات مؤثر در عامل پنجم که ۶/۵۷ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کند شامل طول سنبله با ضریب مثبت و بسیار زیاد و شاخص برداشت با ضریب منفی بودند. این عامل را می‌توان عامل مؤثر بر شاخص برداشت نام نهاد (جدول ۷).

در شرایط تنش شوری نیز پس از تجزیه به عامل‌ها پنج عامل مشخص شد. این عامل‌ها درمجموع ۷۵/۵۵ درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه کردند (جدول ۸). سهم عامل‌های اول تا پنجم به‌ترتیب ۲۶/۳۴، ۲۰/۰۵، ۱۳/۳۳، ۹/۶۲ و ۶/۲۱ درصد برآورد شد (جدول۸). عامل اول که بیشترین میزان (۲۶/۳۴ درصد) از تغییرات داده‌ها را توجیه کرد دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات محتوای کلروفیل برگ، ارتفاع بوته، طول پدانکل، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه است (جدول ۹) و آن را می‌توان عامل مؤثر بر عملکرد دانه نامگذاری کرد. این ضرایب نشان‌دهندهٔ آن است که ژنوتیپ‌های برخوردار از مقادیر زیاد عامل اول، عملکرد بیشتری دارند. انتخاب

ژنوتیپ‌ها براساس افزایش عامل اول می‌تواند به افزایش عملکرد در شرایط تنش شوری در جمعیت مورد مطالعه منجر شود. ضرایب بزرگ و مثبت صفات محتوای کلروفیل برگ و عملکرد دانه در عامل اول نشان‌دهندهٔ ارتباط قوی و مثبت بین این صفات در شرایط تنش شوری است. همچنین ضریب همبستگی مثبت بین این دو صفت در شرایط تنش شوری، نتایج تجزیه به عامل‌ها را تأیید می‌کند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط تنش شوری ژنوتیپ‌های متحمل و دارای عملکرد زیاد از محتوای کلروفیل برگ زیادی برخوردارند.

جدول ۷. ضرایب عاملی در تجزیه به عامل‌ها به‌روش مؤلفه‌های اصلی و دوران واریماکس در شرایط نرمال در گندم

صفات	عامل ۱	عامل ۲	عامل ۳	عامل ۴	عامل ۵
طول ریشک	۰/۰۱	−۰/۰۵	−۰/۴۰	۰/۶۶	−۰/۰۲
تعداد دانه در سنبله	۰/۹۱	−۰/۲۳	۰/۰۸	۰/۱۵	۰/۰۷
تعداد پنجهٔ بارور	−۰/۰۰	۰/۶۰	۰/۱۰	۰/۴۶	۰/۰۶
تعداد سنبلچه در سنبله	۰/۶۳	−۰/۰۴	۰/۴۶	۰/۱۱	۰/۳۳
طول برگ پرچم	−۰/۰۱	۰/۰۲	−۰/۶۰	۰/۲۶	۰/۳۳
وزن صددانه	۰/۰۵	۰/۸۴	−۰/۲۲	۰/۰۰	−۰/۲۹
وزن دانه در سنبله	۰/۸۹	۰/۳۶	۰/۱۴	۰/۰۷	−۰/۰۹
وزن میانگره	۰/۲۹	۰/۶۶	۰/۲۵	۰/۱۶	۰/۲۵
وزن سنبله	۰/۹۱	۰/۳۲	۰/۰۹	۰/۱۰	−۰/۰۱
میزان کلروفیل	۰/۰۴	−۰/۰۶	۰/۶۸	۰/۰۱	۰/۱۱
ارتفاع بوته	۰/۱۳	۰/۶۷	۰/۰۲	۰/۳۷	۰/۴۴
تعداد روز تا گلدهی	۰/۱۲	−۰/۱۰	۰/۸۴	−۰/۰۶	۰/۱۴
تعداد روز تا رسیدگی	۰/۱۸	۰/۳۵	۰/۷۴	۰/۲۴	−۰/۰۱
طول سنبله	۰/۳۵	۰/۲۱	۰/۰۳	۰/۱۵	۰/۷۴
طول پدانکل	۰/۰۶	۰/۵۶	−۰/۳۴	۰/۴۵	۰/۲۴
شاخص برداشت	۰/۴۲	۰/۰۸	−۰/۱۴	۰/۲۲	−۰/۷۴
عملکرد بیولوژیک	۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۱۰	۰/۸۳	−۰/۰۹
عملکرد دانه	۰/۲۰	۰/۳۵	۰/۱۸	۰/۸۱	۰/۱۲

جدول ۸. مقادیر ویژه، مقدار ویژه به درصد و درصد واریانس تجمعی برای پنج عامل استخراج‌شده به‌روش مؤلفه‌های اصلی در شرایط تنش شوری در گندم

عامل‌ها	مقدار ویژه	مقدار ویژه ٪	واریانس تجمعی
۱	۴/۷۴	۲۶/۳۴	۲۶/۳۴
۲	۳/۶۰	۲۰/۰۵	۴۶/۳۹
۳	۲/۴۰	۱۳/۳۳	۵۹/۷۲
۴	۱/۷۳	۹/۶۲	۶۹/۳۴
۵	۱/۱۱	۶/۲۱	۷۵/۵۵

عامل دوم که ۲۰/۰۵ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کند دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات طول ریشک، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی است و آن را می‌توان عامل مؤثر بر خصوصیات رسیدگی نامگذاری کرد (جدول ۹). ظهور زودتر ساقه و سنبله، فرصت بیشتری را برای پر شدن دانه در اختیار بوته قرار می‌دهد تا از رطوبت موجود قبل از وقوع تنش شدید و افزایش دما برای پر کردن دانه بهره‌برداری کند. اصولاً باید بین تعداد روز تا رسیدگی و تعداد روز تا ظهور سنبله ارتباطی قوی وجود داشته باشد که این نکته در عامل دوم به‌خوبی دیده می‌شود (جدول ۹). عامل سوم که ۱۳/۳۳ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کند دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و وزن سنبله است و آن را می‌توان عامل مؤثر بر اجزای عملکرد نامگذاری کرد (جدول ۹). عامل چهارم که ۹/۶۲ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کند دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات برای طول برگ پرچم، تعداد پنجهٔ بارور و وزن صددانه است و

آن را می‌توان عامل مؤثر بر عملکرد اقتصادی نام‌گذاری کرد (جدول ۹). صفات مؤثر در عامل پنجم که ۶/۲۱ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کند شامل وزن میانگره، طول سنبله و شاخص برداشت بودند و این عامل را می‌توان عامل مؤثر بر شاخص برداشت نام نهاد (جدول ۹).

جدول ۹. ضرایب عاملی در تجزیه به عامل‌ها به‌روش مؤلفه‌های اصلی و دوران واریماکس در شرایط تنش شوری در گندم

صفات	۱	۲	۳	۴	۵
طول ریشک	۰/۲۱	۰/۶۲	-۰/۲۴	-۰/۲۵	-۰/۴۱
تعداد دانه در سنبله	-۰/۱۳	۰/۱۶	۰/۷۰	-۰/۴۹	۰/۱۳
تعداد پنجهٔ بارور	۰/۲۴	۰/۳۲	-۰/۰۳	۰/۶۱	۰/۳۱
تعداد سنبلچه در سنبله	-۰/۰۷	۰/۵۳	۰/۴۷	-۰/۳۱	-۰/۱۶
طول برگ پرچم	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۴	۰/۷۲	۰/۰۳
وزن صد دانه	۰/۱۶	-۰/۲۲	-۰/۰۸	۰/۸۲	-۰/۱۹
وزن دانه در سنبله	۰/۱۹	-۰/۰۰	۰/۸۰	۰/۲۷	-۰/۱۴
وزن میانگره	۰/۴۷	۰/۳۴	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۵۳
وزن سنبله	۰/۰۰	-۰/۰۵	۰/۹۳	۰/۰۵	-۰/۰۶
میزان کلروفیل	۰/۷۹	۰/۲۱	۰/۱۵	-۰/۱۰	۰/۱۹
ارتفاع بوته	۰/۹۱	۰/۱۰	۰/۰۲	۰/۲۳	-۰/۰۴
تعداد روز تا گلدهی	-۰/۰۱	۰/۸۶	-۰/۰۰	-۰/۲۵	-۰/۱۹
تعداد روز تا رسیدگی	۰/۲۸	۰/۸۶	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
طول سنبله	۰/۱۴	۰/۲۲	-۰/۰۵	-۰/۰۰	۰/۶۵
طول پدانکل	۰/۸۱	-۰/۲۲	۰/۰۲	۰/۲۶	۰/۰۵
شاخص برداشت	-۰/۵۰	-۰/۲۲	-۰/۱۳	-۰/۱۰	۰/۶۷
عملکرد بیولوژیک	۰/۶۸	۰/۳۶	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۰۰
عملکرد دانه	۰/۸۳	۰/۲۶	۰/۰۳	۰/۱۵	۰/۱۷

رشد و نمو و نحوهٔ پر شدن ذخایر دانه در گندم از سه منبع مهم منشأ می‌گیرد (Kobata *et al.*, 1992): ۱. کربوهیدرات‌های تولیدشده در برگ‌ها (اغلب، برگ پرچم و ریشک‌ها) پس از گرده‌افشانی در طی عمل فتوسنتز جاری می‌شوند و به‌طور مستقیم به دانه‌ها انتقال می‌یابند؛ ۲. کربوهیدرات‌های تولیدشده پس از گرده‌افشانی قبل از انتقال به دانه به‌طور موقت در ساقه ذخیره می‌شوند؛ ۳. کربوهیدرات‌های تولیدشده قبل از گرده‌افشانی به‌طور اساسی در ساقه ذخیره می‌شوند و در طی پر شدن دانه به دانه‌ها انتقال می‌یابد. به‌علت کوتاه شدن طول دورهٔ رشد گیاه و تسریع پیری برگ‌ها در اثر تنش شوری، فتوسنتز و کلروفیل جاری و انتقال کربوهیدرات‌های تولیدشده به دانه‌ها به‌طور مستقیم کاهش می‌یابد و علت احتمالی عملکرد کم دانهٔ ژنوتیپ‌های آزادی، باز و مروارید را می‌توان تسریع پیر شدن برگ‌ها و در نتیجه کوتاه شدن طول دورهٔ رشد گیاه عنوان کرد. به‌نظر می‌رسد بخش مهمی از مواد مورد نیاز برای پر شدن دانهٔ ژنوتیپ‌های گندم از فتوسنتز جاری تأمین می‌شود که رابطهٔ مثبت محتوای کلروفیل برگ و عملکرد دانه در شرایط تنش شوری با توجه به نتایج همبستگی و تجزیه به عامل‌ها بیانگر این موضوع است. رشد گیاه در نتیجهٔ فرایندهای هماهنگ و منظم فیزیولوژیک است. فرایندهای فیزیولوژیک تحت تأثیر عوامل مختلفی‌اند و در پاسخ گیاه به تنش‌ها اهمیت دارند. فتوسنتز از جمله مهم‌ترین فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان است که در طی آن کربن هوا در متابولیسم گیاهی وارد می‌شود. محصول فتوسنتز، نزدیک به ۹۰ درصد مادهٔ خشک گیاه را تشکیل می‌دهد، بنابراین با کمترین تغییر در فتوسنتز تغییرات زیادی در عملکرد محصولات زراعی به‌وجود می‌آید. شدت فتوسنتز می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلف محیطی قرار گیرد. شوری از عواملی است که بر فتوسنتز و فرایندهای جانبی آن تأثیر می‌گذارد. تنش شوری محتوای کلروفیل برگ را کاهش می‌دهد که نسبت این کاهش به تحمل به شوری گیاهان و غلظت شوری موجود در خاک و آب به‌کاررفته بستگی دارد. در گونه‌های متحمل به شوری محتوای کلروفیل افزایش می‌یابد، اما در گونه‌های حساس، محتوای کلروفیل برگ کاهش می‌یابد (Ashraf & McNeilly, 1988).

هنگامی که گیاه در شرایط شور رشد می‌کند، فعالیت فتوسنتزی آن و در نتیجه میزان رشد، سطح برگ و محتوای کلروفیل کاهش می‌یابد (Santos, 2004). سدیم غالب‌ترین کاتیون موجود در محلول خاک و آب است. تنش شوری اثر فزاینده‌ای بر تجمع سدیم و کلر در گیاه دارد. بسیاری از گیاهان زراعی حساسیت زیادی به شرایط شور دارند که این موضوع به‌علت تجمع یون سدیم در داخل سلول و تأثیر آن بر اختلال در تعادل یونی و تنظیم اسمزی، فعالیت بسیاری از آنزیم‌ها، متابولیسم سلول و محتوای کلروفیل است. فراوانی سدیم در خاک سبب لطمه به جذب پتاسیم توسط گیاه

می‌شود (Turan *et al*., 2009). با اینکه گیاهان در میزان تحمل به شوری متفاوت‌اند، در نهایت شوری سبب کاهش رشد آنها خواهد شد. این کاهش، اغلب با افت ظرفیت فتوسنتزی مرتبط است که خود می‌تواند معلول کاهش در محتوای کلروفیل باشد (Santos, 2004). مهم‌ترین علت این موضوع، به‌ویژه در شرایط تنش شدید، کاهش فعالیت آنزیم‌های مؤثر در سنتز کلروفیل (ALA-دهیدرژناز) و تولید آن است (Santos, 2004). بنابراین به‌نظر نمی‌رسد که صفت محتوای کلروفیل ملاک مناسبی برای تحمل به شوری باشد. به‌نظر می‌رسد تنش شوری از طریق محدودیت در جذب عناصر غذایی، کمبود آب قابل استفادهٔ گیاه و سمی بودن عناصر غذایی، سبب کاهش قدرت رشد سلولی می‌شود و کاهش سطح برگ، فتوسنتز و در نهایت محتوای کلروفیل را به‌دنبال دارد. این موارد سبب کاهش کربوهیدرات تولیدی و در نتیجه کاهش رشد اجزای مختلف گیاه می‌شود و در نهایت کاهش عملکرد دانه را در پی دارد.

با توجه به نتایج مقایسهٔ میانگین در شرایط تنش شوری ژنوتیپ‌های شهریار، روشن و بومی یزد دارای محتوای کلروفیل و عملکرد بیشتری در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی بودند (جدول ۴) و می‌توان آنها را ژنوتیپ‌های متحمل در شرایط تنش شوری در این تحقیق معرفی کرد. به‌نظر می‌رسد بیشتر بودن محتوای کلروفیل برگ در ژنوتیپ‌های شهریار، روشن و بومی یزد به‌علت تأخیر در پیری برگ (حفظ سبزمانی) و حفظ محتوای کلروفیل در مرحلهٔ پر شدن دانه باشد. Safari *et al*. (2013) با اشاره به رابطهٔ مثبت قوی بین عملکرد و محتوای کلروفیل، افزایش کلروفیل را نشان از کاهش سطح برگ و تجمع کلروفیل در سطح کمتر برگ‌ها می‌دانند. Machado & Paulsen (2001) نیز تغییرات فیزیولوژیکی سریع مانند لوله‌ای شدن برگ‌ها، کاهش سطح برگ و افزایش تحمل روزنه‌ای را جزء سازوکارهای اجتناب از تنش خشکی و شوری معرفی کرده‌اند. در این آزمایش نیز می‌توان گفت ژنوتیپ‌های شهریار، روشن و بومی یزد با استفاده از سازوکارهای اجتناب از تنش همانند کاهش سطح برگ، حفظ محتوای آب نسبی و همچنین افزایش محتوای کلروفیل به مقابله با خشکی ناشی از تنش شوری پرداخته‌اند. همچنین تحمل زیاد این ژنوتیپ‌ها را می‌توان به تجمع ژن‌های تحمل به تنش شوری در این ژنوتیپ‌ها نسبت داد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط تنش شوری ژنوتیپ‌های متحمل و دارای عملکرد زیاد از محتوای کلروفیل برگ زیادی برخوردارند. به‌طور کلی به‌نظر می‌رسد ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش شوری محتوای کلروفیل بیشتری داشته باشند، توانایی محافظت نوری در شرایط تنش را دارند و این توانایی همسو با افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش شوری است. در نتیجه می‌توان از محتوای کلروفیل به‌عنوان یکی از راه‌های آسان و دقیق بدون اتلاف وقت و هزینه برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شرایط تنش شوری استفاده کرد.

از آنجا که برای مدیریت شوری، مؤثرترین راه استفاده از گونه‌ها و ارقام متحمل به شوری در مناطق شور است، به‌کارگیری معیارهای مناسب برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به شوری ضروری است. شاید بتوان بزرگ‌ترین مشکل در بهبود تحمل به شوری گیاهان زراعی را نبود روش‌های اطمینان‌بخش برای غربال کردن در شرایط مزرعه‌ای دانست. با آنکه خصوصیات مورفولوژیکی متعددی در تحمل ژنوتیپ‌های گندم به تنش شوری تأثیر دارند، به‌دلیل ناشناخته بودن اساس ژنتیکی بسیاری از آنها هنوز عملکرد دانه و اجزای آن به‌عنوان بهترین معیار در پیشبرد ژنوتیپ‌های سازگار به شرایط تنش در بسیاری از برنامه‌های به‌نژادی استفاده می‌شوند. از طرفی اندازه‌گیری عملکرد، به‌دلیل مشکلاتی همچون هزینه‌بر بودن، وقت‌گیر بودن و از همه مهم‌تر تأثیرپذیری از شرایط محیطی مناسب نیست، ازاین‌رو باید به‌دنبال شاخصی آسان‌تر و کم‌هزینه‌تر بود. پایداری کلروفیل، شاخصی از تحمل گیاه به تنش است. فیزیولوژیست‌های گیاهی از محتوای کلروفیل برگ به‌عنوان ابزاری برای پاسخ به تنش بهره می‌گیرند که علت آن، اندازه‌گیری سریع و غیرتخریبی است و ازاین‌رو، روشی مناسب در مطالعات تنش و دیگر مطالعات به‌شمار می‌رود (Peñuelas & Filella, 1998; Gitelson *et al*., 2003). در مطالعات متعدد ثابت شده است که اندازه‌گیری محتوای کلروفیل برگ، روش معتبر و اطمینان‌بخش‌تری برای مطالعهٔ فرایند فتوسنتز و ارزیابی

وضعیت فیزیولوژیکی گیاه است (Behra *et al*., 2002; Grafts *et al*., 2002). تجزیه و تحلیل آنچه در جریان جذب نور و هدر رفتن بخشی از آن در جریان فلورسانس کلروفیل اتفاق می‌افتد، روشی سریع و غیرتخریبی برای ارزیابی نحوهٔ عملکرد سیستم فتوسنتزی در طول و بعد از تنش محیطی است. بنابراین صفت محتوای کلروفیل برگ به‌علت کم‌هزینه بودن و اندازه‌گیری آسان، شاخصی مناسب در برنامه‌های اصلاحی برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد زیاد در شرایط تنش شوری در مزرعه خواهد بود.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج مقایسهٔ میانگین، ژنوتیپ‌های شهریار، روشن و بومی یزد دارای بیشترین عملکرد دانه و نیز بیشترین محتوای کلروفیل برگ در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط تنش شوری بودند و می‌توان آنها را ژنوتیپ‌های متحمل در شرایط تنش شوری در این تحقیق معرفی کرد. به‌نظر می‌رسد تحمل زیاد این ژنوتیپ‌ها به‌دلیل تجمع ژن‌های تحمل به تنش شوری در این ژنوتیپ‌ها باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط تنش شوری ژنوتیپ‌های متحمل و دارای عملکرد زیاد از محتوای کلروفیل برگ زیادی برخوردارند و به‌نظر می‌رسد گیاهان متحمل به شوری، می‌توانند کاهش محتوای کلروفیل را تعدیل و عملکرد خود را حفظ کنند. نتایج ضرایب همبستگی و تجزیه به عامل‌ها نیز نشان‌دهندهٔ ارتباط مثبت محتوای کلروفیل برگ با عملکرد دانه در شرایط تنش شوری بود. بنابراین انتخاب ژنوتیپ‌های با محتوای کلروفیل برگ زیاد در شرایط تنش شوری، به انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد زیاد و متحمل به شوری منجر می‌شود. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که صفت محتوای کلروفیل برگ به‌علت کم‌هزینه بودن و اندازه‌گیری آسان و غیرتخریبی، شاخصی مناسب در برنامه‌های اصلاحی برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد زیاد در شرایط تنش شوری در مزرعه خواهد بود.

سپاسگزاری

از مرکز ملی تحقیقات شوری که امکانات اجرای این طرح را در اختیار قرار دادند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Arnon, D.I. (1949). Copper enzyme in isolated chloroplast and polyphenoloxidase in *Bea vugaris*. *Plant Physiology*, 24, 1-15.
2. Araus, J., Amaro, T., Voltas, J., Nakkoul, H. & Nachit, M. (1998). Chlorophyll fluorescence as a selection criterion for grain yield in durum wheat under Mediterranean conditions. *Field Crops Research*, 55, 209-223.
3. Ashraf, M. & McNeilly, T. (1988). Variability in salt tolerance of nine spring wheat cultivars. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 160, 14-21.
4. Behera, R. K., Mishra, P. C. & Choudhury, N. K. (2002). High irradiance and water stress induce alterations in pigment composition and chloroplast activities of primary wheat leaves. *Journal of Plant Physiology*, 159, 967-973.
5. Boggs, J. L., Tsegaye, T., Coleman, T. L., Reddy, K. & Fahsi, A. (2003). Relationship between hyperspectral reflectance, soil nitrate-nitrogen, cotton leaf chlorophyll, and cotton yield: a step toward precision agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 22, 5-16.
6. Bronson, K.F., Chua, T.T., Booker, J., Keeling, J.W. & Lascano, R.J. (2003). In-season nitrogen status sensing in irrigated cotton. *Soil Science Society of America Journal*, 67, 1439-1448.
7. Cattell, R. B. (1965). Factor analysis: an introduction to essentials. 1. The purpose and underlying models. *Biometrics*, 21, 190-215.
8. Cha, K. W., Lee, Y. J., Koh, H. J., Lee, B. M., Nam, Y. W. & Paek, N. C. (2002). Isolation, characterization, and mapping of the stay green mutant in rice. *Theoretical & Applied Genetics*, 104, 526-532.
9. Colmer, T.D., Flowers, T.J. & Munns, R. (2006). Use of wild relatives to improve salt tolerance in wheat. *Journal of Experimental Botany*, 57, 1059-1078.
10. Drazkiewicz, M. (2000). Chlorophyllase: occurrence, functions, mechanism of action, effects of external and internal factors. *Photosynthesis*, 30(3), 321-331.
11. Ehdaie, B. & Waines, J. G. (1989). Genetic variation, heritability and path analysis in landraces of bread wheat from South Western of Iran. *Euphytica*, 41, 183-190.

12. Francisco, G., Jhon, L., Jifon, S., Micaela, C. & James, P. (2002). Gas exchange, chlorophyll and nutrient contents in relation to Na and Cl accumulation in sunburst mandarin grafted on different root stock. *Plant Science*, 35, 314-320.
13. Gitelson, A. A. & Merzlyak, M. N. (2003). Relationships between leaf chlorophyll content and spectral reflectance and algorithms for non-destructive chlorophyll assessment in higher plant leaves. *Journal of Plant Physiology*, 160, 271-282.
14. Grafts- Brander, S. J. & Salvucci, M. E. (2002). Sensitivity of photosynthesis in a C4 plant, maize, to heat stress. *Plant Physiology*, 129, 1773-1780.
15. Grieve, C.M. & Francois, L.E. (1992). The importance of initial seed in wheat plant response to salinity. *Plant and Soil*, 147, 197-205.
16. Kabanova, S. & Chaika, M. (2001). Correlation analysis of triticale morphology, chlorophyll content and productivity. *Journal of Agronomy & Crop Science*, 186, 281-285.
17. Kobata, T., Palta, J.A. & Turner, N.C. (1992). Rate of development of postanthesis water deficits and grain filling of spring wheat. *Crop Science*, 32, 1238-1242.
18. Krishnamurthy, R., Anbazhagan, M. & Bhagwat, K. (1987). Effect of sodium chloride toxicity on chlorophyll breakdown in rice. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 57, 567-570.
19. Maas, E. & Grieve, C. (1990). Spike and Leaf Development of Sal-Stressed Wheat. *Crop Science*, 30, 1309-1313.
20. Machado, S. & Paulsen, G. M. (2001). Combined effects of drought and high temperature on water relations of wheat and sorghum. *Plant and Soil*, 233, 179-187.
21. Martin, M., Miceli, F., Morgan, J., Scalet, M. & Zerbi, G. (1993). Synthesis of osmotically active substances in winter wheat leaves as related to drought resistance of different genotypes1). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 171, 176-184.
22. Mohan, M., Narayanan, S.L. & Ibrahim, S. (2000). Chlorophyll stability index (CSI): its impact on salt tolerance in rice. *International Rice Research Notes*, 25, 38-39.
23. Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ*, 25, 239-25.
24. Munns, R. & James, R. A. (2003). Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant & Soil*, 253, 201-218.
25. Munns, R., James, R. A. & Läuchli, A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, 57, 1025-1043.
26. Netondo, G.W., Onyango, J.C. & Beck, E. (2004). Growth and gas exchange characteristics of Avocado plants under salinity stress. *Crop Science*, 44, 806-811.
27. Passarkli, M. (2010). *Handbook of plant and crop stress*. (3rd edition). CRC press, 1245 pp.
28. Peñuelas, J. & Filella, I. (1998). Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. *Trends in Plant Science*, 3, 151-156.
29. Poustini, K. & Siosemardeh, A. (2004). Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. *Field Crops Research*, 85, 125-133.
30. Quarrie, S.A., Pekic Quarrie, S., Radosevic, R., Rancic, D., Kaminska, A., Barnes, J.D., Leverington, M., Ceoloni, C. & Dodig, D. (2006). Dissecting a wheat QTL for yield present in a range of environments: from the QTL to candidate genes. *Journal of Experimental Botany*, 57, 2627–2637.
31. Ramesh, K., Chandrasekaran, B., Balasubramanian, T., Bangarusamy, U., Sivasamy, R. & Sankaran, N. (2002). Chlorophyll dynamics in rice (*Oryza sativa* L.) before and after flowering based on SPAD (chlorophyll) meter monitoring and its relation with grain yield. *Journal of Agronomy & Crop Science*, 188, 102-105.
32. Reddy, M.P. & Vora, A.B. (2005). Salinity induced changes in pigment composition and chlorophyllase activity of chelidonium. *Indian Journal Plant Physiology*, 29(4), 331-334.
33. Safari, R., Maghsoudimood, A.A. & Safari, H.R. (2013). Effect of Salt Stress on Chlorophyll Fluorescence and Grain Yield of Some Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Cultivars. *Iranian Journal of Seed and Plant*, 57(5), 1023-43. (In Farsi).
34. Saffari, R., Mood, A.M. & Saffari, V. (2013). Effect of Salt Stress on Chlorophyll Fluorescence and Grain Yield of Some Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Cultivars. *Seed and Plant Production Journal*, 29, 109-130.
35. Sairam, R.K., Veerabhadra, Rao, K. & Srivastava, G.C. (2002). Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Science*, 163, 1037-1046.
36. Salama, S., Trivedi, S., Busheva, M., Arafa, A., Garab, G. & Erdei, L. (1994). Effects of NaCl salinity on growth, cation accumulation, chloroplast structure and function in wheat cultivars differing in salt tolerance. *Journal of Plant Physiology*, 144, 241-247.

37. Santos, C.V. (2004). Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. *Scientia Horticulturae*, 103, 93-99.
38. SAS Institute Inc. (2011). *SAS/STAT user's guide*. (2nd edition). SAS institute Inc., Cary, Nc.
39. Shofield, M.P., Richard, J.C., Caver, B.P. & Mornhi, N.W. (1988). Water relation in winter wheat as drought resistance indicators. *Crop Science*, 28, 526-531.
40. Singh, S. & Singh, T. (2001). Correlation and path analysis in common wheat (*Triticum aestivum* L.) under light texture soil. *Research on Crops*, 2, 99-101.
41. Snedecor, G.W. & Cochran, W.G. (1981). *Statistical Methods*. (7th edition). Iowa State UniversityPress, Iowa, USA.
42. SPSS, I. (2010). *SPSS 19. Users Guied*. Chicago, IL, USA.
43. Tester, M. & Davenport, R. (2003). Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. *Annals of Botany*, 91, 503-527.
44. Turan, M.A., Elkarim, A.H.A., Taban, N. & Taban, S. (2009). Effect of salt stress on growth, stomatal resistance, proline and chlorophyll concentrations on maize plant. *African Journal of Agricultural Research*, 4, 893-897.
45. Wang, D., Shannon M.C. & Grieve, C.M. (2001). Salinity reduces radiation absorption and use efficiency in soybean. *Field Crops Research*, 69, 267-277.
46. Yang, D.L., Jing, R.L., Chang, X.P. & Li, W. (2007). Quantitative trait loci mapping for chlorophyll fluorescence and associated traits in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Integrative Plant Biology*, 49, 646-654.