

ارزیابی کیفیت دانه در لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم در شرایط تنش خشکی

هادی شهبازی^۱، احمد ارزانی^{۱*} و محسن اسماعیل زاده مقدم^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۲/۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۲۶)

چکیده

به منظور مطالعه اثر تنش خشکی بر خصوصیات مرتبط با کیفیت دانه گندم، آزمایشی با ۱۶۹ لاین اینبرد نوترکیب گندم، در دو شرایط تنش آبی و بدون تنش در قالب دو طرح لاتیس جداگانه (تنش خشکی و شاهد) هر کدام با دو تکرار در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. عملکرد دانه، عملکرد پروتئین دانه، محتوای پروتئین دانه، حجم رسوب زلنی، سختی دانه، میزان جذب آب، میزان رطوبت دانه و ماده خشک دانه از جمله صفات اندازه‌گیری شده بودند. نتایج تجزیه واریانس صفات حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار بین لاین‌های مورد بررسی برای کلیه صفات بود. ضمن این که مقایسه میانگین لاین‌ها در دو شرایط محیطی نشان داد که خصوصیات کیفی گندم نان تحت شرایط تنش خشکی به دلیل افزایش میزان عملکرد پروتئین دانه بهبود یافته است. عملکرد پروتئین دانه در هر دو رژیم رطوبتی همبستگی منفی و معنی‌داری با رطوبت دانه داشت. از طرف دیگر سختی دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با ماده خشک، رسوب زلنی و میزان جذب آب در هر دو شرایط رطوبتی نشان داد. نتایج این آزمایش نشان داد که شناسایی لاین‌های با خصوصیات کیفی مطلوب در شرایط بهینه و تنش امکان‌پذیر بوده و می‌توان از لاین‌های با کیفیت نانوایی مطلوب در برنامه‌های به‌نژادی در جهت بهبود کیفیت نانوائی استفاده نمود. اگرچه برخی ژنوتیپ‌های حساس به خشکی در طی دوره‌های خشکی کیفیت نانوایی مطلوبی داشته‌اند، اما از عملکرد دانه پایینی برخوردار بوده‌اند.

واژه‌های کلیدی: کیفیت نانوایی، رسوب زلنی، جذب آب دانه و سختی دانه

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. مؤسسه تحقیقاتی اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: a_arzani@cc.iut.ir

مقدمه

سختی دانه به وسیله مکان ژنی سختی (Ha) که روی بازوی کوتاه کروموزوم ۵D قرار دارد، کنترل می شود. این مکان ژنی در برگیرنده دو ژن کاملاً پیوسته پورواپندولین a (Pina) و پورواپندولین b (Pinb) می باشد. ژن های پورواپندولین a و b کد کننده دو پلی پپتید هستند که با هم بخش عمده ترکیبی به نام فریابیلین را تشکیل می دهند. با کاهش مقدار این ترکیب در اثر تنش خشکی از روی سطح نشاسته سختی دانه افزایش می یابد (۴).

محتوای پروتئین صفت کمی و پیچیده است که تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی قرار دارد. افزایش عملکرد دانه به عنوان بهبود کمی و افزایش محتوای پروتئین و کیفیت آن به عنوان بهبود کیفی گندم مطرح می باشد، ارزش نانوائی ارقام مختلف گندم به مقدار پروتئین موجود در دانه آنها وابسته می باشد و میزان پروتئین دانه به ژنوتیپ، شرایط محیطی وابسته است (۸). سیال و همکاران (۱۵) با بررسی تأثیر تنش حرارتی بالا (بیش از ۳۵ درجه سانتی گراد) در مرحله دانه بندی بر خصوصیات کیفی و کمی ارقام گندم، افزایش ۴ واحدی پروتئین دانه را گزارش کرده اند. با توجه به معضل کمبود بارندگی و آب آبیاری، جایگاه گندم در کشور و خشک سالی های پایی سال های اخیر، شناسایی لاین های متحمل به خشکی و آگاهی از روابط صفات مرتبط با کیفیت دانه با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی حائز اهمیت خاصی است. بنابراین مطالعه حاضر با هدف ارزیابی خصوصیات کیفی لاین های اینبرد نوترکیب گندم در برابر شرایط مطلوب آبی و شرایط تنش خشکی، به منظور استفاده به نژادگران گندم در جهت بهبود خصوصیات کیفی گندم نان انجام شده است.

مواد و روش ها

این بررسی در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ بر روی ۱۶۹ لاین اینبرد نوترکیب گندم که از مرکز بین المللی اصلاح گندم و ذرت (سیمیت)، واقع در کشور مکزیک تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. لاین های اینبرد نوترکیب گندم از تلاقی دو والد Seri M82 و Babax (۱۰) که نتاج حاصل از آنها پس از ۸

خشک سالی بزرگ ترین عامل محیطی تعیین کننده رشد و تولیدات گیاهی است که بیشتر تولیدات زراعی جهان را تحت تأثیر قرار می دهد (۱). گیاهان پس از مواجه با تنش های غیرزنده، با تغییر متابولیسم های رشد و نمو خود راه کارهای مناسبی را اتخاذ می کنند. بدین ترتیب که با تنظیم کننده های پیچیده و کارآمد که شامل حسگرهای تنش، مسیرهای هشداردهنده، تولید متابولیت ها و پروتئین های مقاومتی است انجام می شود (۹). گندم نان (*Triticum aestivum* L.) به عنوان مهم ترین محصول زراعی دنیا با معضل تنش خشکی در سطح جهان مواجه می باشد. به طوری که بیش از ۵۰ درصد از کل سطح زیر کشت گندم دنیا و حدود ۵۵ درصد از اراضی زیر کشت گندم در کشورهای در حال توسعه به نحوی تحت تأثیر تنش خشکی قرار دارد (۱۷). کمبود آب کلیه مراحل رشد و نمو گندم از جوانه زنی تا تشکیل بذر و در نهایت عملکرد را تحت تأثیر قرار می دهد (۳).

با توجه به تأثیر توأم تنش خشکی بر خصوصیات کمی و کیفی گندم نان، شناسایی رابطه بین میزان تحمل و کیفیت نانوائی لاین های مختلف گندم در شرایط خشکی از اهمیت زیادی برخوردار است. مکانیسم های تحمل به خشکی هنوز به خوبی شناخته نشده اند زیرا: ۱. خشکی در سطوح مختلف نمو گیاه اتفاق می افتد و با آثار متفاوت خشکی در کارکرد گیاه، مکانیسم های مشخصی برای تحمل را در هر مرحله در پی دارد. ۲. انواعی از تنش های غیرزنده دیگر مانند دمای بالا، غلظت زیاد نمک و دسترسی پایین به مواد غذایی به همراه تنش خشکی اتفاق می افتد، که این با زمان و مکان تغییر می یابد بنابراین تفکیک تنش خشکی از سایرین دشوار است (۶، ۱۱ و ۱۳). ۳. مکانیسم ها و ترکیب هایی که توسط گیاه برای تحمل انواع تنش استفاده می شود، گوناگون است (۱۲ و ۱۳). صفات مرتبط با کیفیت دانه در برنامه های اصلاحی حائز اهمیت بوده و در صورت استفاده از دستگاه های کالیبره شده برای نمونه های کوچک مانند دستگاه امکان غربال کردن تعداد زیادی لاین از نظر این صفات وجود دارد (۵).

جداگانه با حذف حاشیه ۵/۰ متر از دو طرف هر ردیف در نیمه دوم خرداد برداشت و عملکرد دانه در واحد سطح، به عملکرد دانه در واحد هکتار تبدیل شد و برای محاسبه عملکرد پروتئین، میزان عملکرد دانه در درصد پروتئین به دست آمد. محتوای پروتئین، حجم رسوب زلنی، سختی دانه، میزان جذب آب، میزان رطوبت دانه و ماده خشک دانه ابتدا نمونه‌ها آرد شده و با دستگاه طیف سنج مادون قرمز (NIR-Near Infrared Spectroscopy) مدل Perten 8600 اندازه‌گیری شد. داده‌های حاصل از صفات مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS براساس طرح لاتیس ساده برای هر رژیم رطوبتی جداگانه و سپس به صورت مرکب، تجزیه واریانس شد. میانگین لاین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD_{0.05}) مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس برای هر آزمایش براساس طرح لاتیس ساده اختلاف معنی‌داری را بین لاین‌ها از نظر اکثر صفات مورد بررسی نشان داد (جدول ۱ و ۲). هم‌چنین تجزیه واریانس مرکب نشان داد که بین محیط‌های تنش و نرمال و لاین‌های مورد آزمایش از نظر اکثر صفات مورد ارزیابی اختلاف معنی‌داری وجود داشته است (جدول ۳). اثر متقابل لاین در محیط برای صفات کیفیت دانه و عملکرد پروتئین دانه معنی‌دار بود که حاکی از واکنش متفاوت لاین‌ها در دو محیط شاهد و تنش خشکی بوده است. اختلاف آماری معنی‌دار بین لاین‌ها و اثر متقابل لاین × محیط بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بالا بین مواد گیاهی مورد ارزیابی و احتمالاً مکانیسم‌های متفاوت بین آنها در واکنش به تنش خشکی است که نشان‌دهنده کارایی انتخاب در شناسایی لاین‌های مطلوب بوده است. لاین‌های اینبرد نوترکیب مورد آزمایش اختلاف بسیار معنی‌داری (P < ۰/۰۱) از لحاظ ماده خشک در هر دو شرایط رطوبتی داشتند (جدول ۳ و ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که لاین‌های ۱۱، ۱۴، ۱۶، ۱۷، ۲۵، ۱۰۵، ۱۱۴، ۱۴۶ و ۱۵۱ با ۹۶/۵۵ درصد و لاین‌های ۳۰، ۵۴

نسل خودگشنی (F_۸)، حاصل بودند، مورد مطالعه قرار گرفتند. لاین‌ها در قالب دو آزمایش جداگانه به صورت لاتیس ساده هر یک با دو تکرار (هر لاین در یک ردیف به طول ۳ متر با فاصله ردیف‌های ۳۰ سانتی‌متر، به‌عنوان یک واحد) انجام شد و کشت لاین‌ها در نیمه دوم آبان صورت گرفت. دو آزمایش شامل دو رژیم رطوبتی مختلف آبیاری براساس ۷۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A انجام شد، ضمن این‌که رطوبت خاک در هنگام آبیاری در دو تیمار رژیم آبیاری مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. هر دو تیمار رطوبتی تا اواسط مرحله ساقه رفتن به‌طور یکسان و هم‌زمان آبیاری شدند و از آن پس آبیاری براساس تشت تبخیر کلاس A انجام شد. مقدار آب آبیاری بر مبنای رسیدن رطوبت خاک تا عمق مورد نظر به حد ظرفیت مزرعه محاسبه شد و مقدار آب لازم در هر کرت در هر آبیاری طبق رابطه ۱ محاسبه شد.

$$W = (FC - \theta) \rho DA \quad [1]$$

در این رابطه، W = حجم آب مصرفی برحسب مترمکعب، FC = درصد وزن رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه، θ = درصد وزنی رطوبت نمونه خاک، ρ = ضریب ۱/۵، D = عمق مؤثر توسعه ریشه برحسب متر و A = مساحت کرت برحسب مترمربع می‌باشد. برای اندازه‌گیری مقدار آب مصرفی در هنگام آبیاری از پارشال فلوم شماره ۳ استفاده شد. دبی آب پارشال فلوم پس از ثابت شدن جریان آب سرریز با استفاده از فرمول ۲ اندازه‌گیری شد. پس از تقسیم حجم کل آب لازم بر دبی پارشال فلوم مدت زمان ورود آب به هر کرت مشخص شد.

$$Q = 0.0294 H^{2/1.02} \quad [2]$$

در این فرمول Q = دبی آب ورودی به پارشال فلوم برحسب لیتر در ثانیه، H = ارتفاع آب در پارشال فلوم برحسب سانتی‌متر می‌باشد. زمان لازم برای هر کرت با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد:

$$t = W / Q \quad [3]$$

که در این رابطه W = حجم آب لازم (لیتر)، Q = دبی آب ورودی (لیتر در ثانیه)، t = مدت زمان آبیاری (ثانیه).

هر یک از کرت‌های تحت تیمارهای آبی و تنش به‌طور

۶۵ و ۷۳ با ۹۳/۳۴ درصد در شرایط معمول رطوبتی به ترتیب بیشترین و کمترین میزان ماده خشک را داشتند. در حالی که در شرایط تنش بیشترین میزان ماده خشک مربوط به لاین‌های ۵، ۹، ۱۴۱، ۱۵۷ و ۱۶۲ و کمترین میزان ماده خشک را لاین‌های ۱۲، ۱۲، ۳۹، ۶۵، ۷۸، ۹۶ و ۹۸ را دارا بودند. متوسط این صفت در شرایط معمول رطوبتی ۹۵ درصد و در شرایط تنش رطوبتی ۹۶ درصد میزان جذب آب میزان درصد آبی است که برای تهیه خمیر از آرد گندم مصرف می‌شود. هر چه آرد، آب بیشتری جذب نماید یعنی بازدهی آرد بالاتر و خمیر تولید شده دارای گلوتن قوی‌تر بوده و بهتر ور می‌آید. به‌طور میانگین کل میزان جذب آب لاین‌ها در شرایط بدون تنش رطوبتی ۵۲/۲ درصد و در شرایط تنش رطوبتی ۶۵/۶ درصد بود و تنش خشکی باعث افزایش میزان جذب آب به‌صورت معنی‌داری و به مقدار ۲۵/۶۷ درصد شده بود. دامنه تغییرات مقدار جذب آب در شرایط تنش رطوبتی بین ۵۸ و ۸۶ درصد و در شرایط بدون تنش رطوبتی مقدار جذب بین ۲۵ تا ۵۹ درصد متغیر بود (جدول ۴). هر چند در شرایط تنش رطوبتی میزان جذب آب لاین‌ها افزایش یافته و کیفیت نان تولیدی بهبود یافته است ولی تأثیر منفی روی عملکرد دانه داشته است. گوتیری و همکاران (۷) افزایش اندک، در صفات جذب آب در شرایط تنش خشکی در لاین‌های متحمل را گزارش کردند که با نتایج حاضر هماهنگی داشته است.

اثر تیمارهای رطوبتی بر عملکرد دانه از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱ و ۲). میانگین کل این صفت در شرایط محدودیت رطوبتی ۲۲۲۴ کیلوگرم در هکتار بود، در حالی که میانگین این صفت در شرایط معمول رطوبتی ۳۵۲۳ کیلوگرم در هکتار بود. در مطالعه حاضر عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی به‌طور متوسط ۳۶/۸۷ درصد کاهش یافت (جدول ۴). اثر متقابل رقم×تیمار رطوبتی عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). این امر حاکی از آن است که روند تغییرات عملکرد ارقام در دو شرایط متفاوت بوده است. به‌طوری‌که بیشترین کاهش در عملکرد دانه در اثر تنش رطوبتی در لاین‌های ۴، ۶ و ۷ (بیش از ۵۰ درصد)

و کمترین آن در لاین‌های ۱، ۵، ۱۳، ۱۵۷ و ۱۶۳ رخ داده است. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۱ میانگین کل محتوای پروتئین دانه در شرایط بدون تنش رطوبتی ۱۳/۱۵ و در شرایط تنش رطوبتی ۱۹/۰۹ بود. تنش رطوبتی موجب شد تا میانگین محتوای پروتئین ۴۴ درصد افزایش یابد. محتوای پروتئین دانه در شرایط بدون تنش رطوبتی بین ۶/۸۰ و ۱۶/۹۰ درصد و در شرایط تنش رطوبتی بین ۱۲/۵۰ و ۲۱/۴۰ متغیر بود. وراثت‌پذیری صفت پروتئین دانه در شرایط عادی رطوبتی ۸۵ درصد و در شرایط تنش رطوبتی ۵۰ درصد بود. نتایج تجزیه واریانس برای این صفت در شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی نشان‌دهنده وجود اختلاف بین لاین‌های در سطح احتمال ۱ درصد بوده است (جدول ۱ و ۲).

میانگین رطوبت دانه در شرایط عدم تنش رطوبتی ۱۰/۷۴ و در شرایط تنش رطوبتی ۹/۹۲ درصد بود که تنش رطوبتی باعث کاهش ۷/۶۴ درصدی در این صفت شده است (جدول ۴). با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بین لاین‌ها از لحاظ میزان رطوبت دانه در هر دو رژیم رطوبتی در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱ و ۲). هم‌چنین تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل رقم × تیمار رطوبتی برای این صفت بسیار معنی‌دار (P < ۱٪) بوده است (جدول ۳). ارزیابی رسوب زلنی به‌منظور تعیین تأثیر تنش خشکی برکیفیت پروتئین و نانوائی انجام گرفت. نتایج نشان داد که تنش رطوبتی باعث شد تا میانگین این صفت در گذر از شرایط بهینه به تنش خشکی از ۵۰ درصد به ۶۶ درصد افزایش یابد. در مطالعه رابرتی و همکاران (۱۳) ژنوتیپ‌های گندم دورم ارتفاع رسوب زلنی بالاتری در شرایط دیم نسبت به شرایط آبیاری داشتند. با توجه به این‌که برخی لاین‌ها تحت تأثیر خشکی افزایش رسوب زلنی را نشان دادند که نشان‌دهنده افزایش کیفیت دانه لاین‌ها، در اثر تنش رطوبتی بوده است.

سختی دانه صفتی است که بیشتر تحت کنترل ساختار ژنتیکی بوده و به همین دلیل به‌عنوان یک مشخصه پایدار در شناسایی گندم‌های از آن نام برده می‌شود. با توجه به این‌که در

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس صفات مرتبط با کیفیت دانه در ۱۶۹ لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم در شرایط عدم تنش خشکی

میانگین مربعات									
عملکرد پروتئین دانه	سختی دانه	ماده خشک	رسوب زنی	جذب آب	رطوبت دانه	پروتئین دانه	عملکرد دانه	درجه آزادی	منابع تغییرات
۱۸۷۳۳۴۱۰۵	۳۸۷۸	۲۱/۴	۹۷۸	۵۶/۸	۵/۹	۷۵/۶	۱۶۸۵۲	۱	تکرار
۵۶۰۰۲۷۶۱۱ ^{ns}	۶۹/۳ ^{**}	۲/۳۷ ^{**}	۹۴۰ ^{**}	۱۰/۴ ^{**}	۱/۸ ^{**}	۷/۶ ^{**}	۲۰۲۷۴۵۵ ^{ns}	۱۶۸	تیمار
۸۲۶۹۵۲۶۴۶ ^{**}	۶۹/۲ ^{**}	۲/۳۸ ^{**}	۹۳۷ ^{**}	۱۰/۴ ^{**}	۱/۸ ^{**}	۷/۷ ^{**}	۲۸۳۷۸۴۷ ^{**}	۱۶۸	تصحیح نشده
۳۳۴۶۳۵۲۶۹۰	۱۰/۴	۰/۱۵	۸۷	۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۷۴	۱۰۹۲۷۱۵	۲۴	تصحیح شده
۲۲۶۱۵۲۲۴۹	۱۰/۲	۰/۱۳	۶۹/۳	۰/۲۱	۰/۲۳	۰/۶۶	۷۵۴۶۰۸	۱۴۴	خطا
۲۶۲/۲	۱۳۰	۱۲۲/۳۲	۱۳۰/۷۲	۱۴۰/۲۳	۱۳۰/۱	۱۳۷/۷۴	۲۵۸/۱۳		داخل بلوک
									بازدهی نسبت به RCBD (۱)

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس صفات مرتبط با کیفیت دانه در ۱۶۹ لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم در شرایط تنش خشکی

میانگین مربعات									
عملکرد پروتئین دانه	سختی دانه	ماده خشک	عدد زنی	جذب آب	رطوبت دانه	پروتئین دانه	عملکرد دانه	درجه آزادی	منابع تغییرات
۸۴۲۹۸۳۳۱۰	۱۵۹۱	۱۱/۵۲	۱۳۷۷۸	۱۸۸	۷/۰۷	۱۱۴/۸	۱۷۹۱۷۰۱۸	۱	تکرار
۵۴۲۴۵۳۹۵۸ ^{ns}	۴۹/۲ ^{**}	۰/۷۰ ^{**}	۵۸۴/۵ ^{**}	۱۱/۹ ^{**}	۱/۰۸ ^{**}	۵/۵۵ ^{**}	۱۶۴۵۵۵۴ ^{ns}	۱۶۸	تیمار
۶۶۵۵۹۰۶۱۰ ^{**}	۴۹/۹ ^{**}	۰/۶۹ ^{**}	۵۴۹/۸ ^{**}	۱۱/۹ ^{**}	۱/۰۹ ^{**}	۴/۵۸ ^{**}	۱۸۰۳۲۳۶ ^{**}	۱۶۸	تصحیح نشده
۲۹۴۱۷۷۲۱۲۶	۵۲/۴	۰/۶۲	۶۳۵	۱۲/۰۴	۱/۳۲	۶/۲۳	۷۹۰۵۰۷۱	۲۴	تصحیح شده
۱۵۷۶۵۶۰۹۰	۳۰/۰۶	۰/۳۷	۲۸۲/۹	۱۰/۴	۰/۶۹	۲/۰۷	۴۰۵۰۹۷	۱۴۴	بلوک تنظیم شده در تکرار
۳۱۰/۳	۱۲۴/۲۸	۱۲۳/۴۵	۱۲۹/۵۴	۱۱۵/۱۱	۱۲۵/۵۷	۱۴۵/۹۷	۳۲۵/۹۹		خطا
									داخل بلوک
									بازدهی نسبت به RCBD (۲)

ns: عدم معنی داری، *، ** به ترتیب معنی دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات مرتبط با کیفیت دانه در ۱۶۹ لاین‌های نوترکیب گندم در شرایط عدم تنش و تنش خشکی در مزرعه

میانگین مربعات											
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	پروتئین دانه	ماده خشک	رطوبت دانه	رسوب زلنی	جذب آب	سختی دانه	عملکرد پروتئین دانه	مخیط	لاین
	۱	۲۸۵۱۳۳۵۳۲*	۱۳۳۳**	۵۷/۳**	۱۱۱**	۵۴۹۳۶*	۱۴/۰۶**	۶۲۹۸**	۵۳۳۶۹۵۷*		
	۱۶۸	۲۴۱۱۶۱۲**	۶/۱۱**	۱/۸۷**	۱/۶۸**	۷۸۷**	۱۰/۴۶**	۶۲۷**	۷۷۸۵۸۷۵۵۶**		
	۱۶۸	۶۷۸۲۰۴۳۳	۲/۵۹**	۱/۱۵**	۱/۱۷**	۵۹۷**	۱۱/۰۱**	۵۳/۸۳**	۲۵۷۳۳۹۴۶۸*		
	۳۱۳	۶۸۵۹۳۹	۱/۲۱	۰/۳۷	۰/۵۴	۲۴۰	۶/۱۴	۳۹/۴۸	۳۳۸۰۵۱۱۱		
ضریب تغییرات (%)	۲۸/۸۲		۵/۵۹	۳/۶۲	۷/۱۲	۱۷/۱	۳/۷۶	۶/۸۹	۱۸/۲		

MS عدم معنی دار بودن، *، **، به ترتیب معنی دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد.

جدول ۴. آمار توصیفی، برآورد ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی و وراثت پذیری خصوصی برای صفات مرتبط با کیفیت دانه در ۱۶۹ لاین

اینبرد نوترکیب گندم به تفکیک عدم تنش و تنش خشکی

صفات	میانگین		حداقل		حداکثر		ضریب فنوتیپی		ضریب ژنتیکی		وراثت‌پذیری	
	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش
رطوبت دانه (%)	۱۰/۷	۹/۹	۸/۶	۶/۱۰	۱۴/۳	۱۳/۷	۹/۱	۰/۸	۸/۶	۲/۵	۸۰	۴۳
جذب آب (%)	۵۲/۲	۶۵/۶	۲۵	۵۸	۵۹	۸۶	۳/۷	۳/۷	۳/۷	۱/۴	۹۶	۵۷
ماده خشک دانه (%)	۹۵	۹۶	۹۲/۵	۹۴/۶	۹۶/۶۰	۹۶/۹۰	۱/۲	۱/۶	۱/۲	۲/۴	۹۱	۷۳
سختی دانه (%)	۶۵/۷	۸۸/۹	۴۷	۵۷	۶۶	۹۵	۷/۷	۵/۴	۷/۲	۳/۵	۷۶	۶۳
رسوب زلنی (%)	۵۰	۶۶	۵/۳	۱۰	۱۰۷	۱۱۲	۲۴/۷	۲۵/۶	۴۳/۲	۱۸/۲	۸۷	۲۴
محتوای پروتئین دانه (%)	۱۳/۱۵	۱۹/۰	۶/۸۰	۱۲/۵	۱۶/۹۰	۲۱/۴۰	۱۵/۳۲	۸/۰۹	۱۴/۶۸	۶/۱۱	۸۵	۵۰
عملکرد پروتئین دانه	۶۳۴۶۷	۶۳۴۶۷	۲۲۹۳۵	۱۵۱۴۹	۱۴۰۱۰۳	۱۲۴۸۱۵	۳۱/۱	۲۵/۲	۸/۶	۱۳/۳	۶۴	۵۶
عملکرد دانه (kg/h)	۳۵۲۳	۲۲۲۴	۶۶۶	۲۶۷	۸۳۱۳	۷۸۲۰	۷۰/۰۲	۷۱/۰۴	۶۷/۰۱	۶۳/۶	۹۰	۷۴

جدول ۵. ضرایب همبستگی بین صفات لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم در شرایط عدم تنش و تنش خشکی

صفت	۱	۲	۳	۴	۵	۶
۱ ماده خشک دانه	۱	۰/۱۲ ^{NS}	۰/۰۳ ^{NS}	۰/۲۶ ^{**}	-۰/۵۷ ^{**}	۰/۱۷ [*]
۲ رسوب زلنی	۰/۰۲ ^{NS}	۱	۰/۲۵ ^{**}	۰/۶۳ ^{**}	-۰/۵۷ ^{**}	۰/۰۳ ^{NS}
۳ جذب آب	۰/۰۴ ^{NS}	۰/۳۹ ^{**}	۱	۰/۶۵ ^{**}	-۰/۱۰ ^{NS}	۰/۰۵ ^{NS}
۴ سختی دانه	۰/۲۴ [*]	۰/۷۱ ^{**}	۰/۴۰ ^{**}	۱	-۰/۵۰ ^{**}	۰/۱۱ ^{NS}
۵ رطوبت دانه	-۰/۲۹ ^{**}	-۰/۵۶ ^{**}	-۰/۱۰ ^{NS}	-۰/۶۵ ^{**}	۱	-۰/۲۵ ^{**}
۶ عملکرد پروتئین دانه	۰/۰۲ ^{NS}	۰/۰۳ ^{NS}	۰/۰۳ ^{NS}	۰/۰۵ ^{NS}	-۰/۱۵ [*]	۱

ns: عدم معنی داری *، **: به ترتیب معنی دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد

بالای قطر ضرایب همبستگی در شرایط تنش خشکی و پایین قطر ضرایب همبستگی در شرایط عدم تنش خشکی

در هر دو رژیم رطوبتی همبستگی ماده خشک با سختی دانه مثبت و با رطوبت دانه منفی و معنی دار بود. هم چنین همبستگی رسوب زلنی با جذب آب و سختی دانه در هر دو رژیم رطوبتی مثبت و معنی دار ولی همبستگی رسوب زلنی با رطوبت دانه منفی و معنی دار نشان داده شده است. همبستگی مثبت بین رسوب زلنی با سختی دانه و جذب آب دانه نشان دهنده این است که با افزایش سختی دانه، پروتئین‌های مؤثر بر کیفیت دانه، افزایش یافته و کیفیت دانه بهبود می‌یابد، نتایج مشابه توسط ارزانی (۲) گزارش شده است. با توجه به ضرایب همبستگی مشخص شد که عملکرد پروتئین دانه همبستگی منفی با رطوبت دانه در هر دو رژیم رطوبتی دارد در حالی که همبستگی عملکرد پروتئین دانه با میزان ماده خشک دانه در شرایط تنش خشکی مثبت و معنی دار است.

نتایج تجزیه به عامل‌ها برای لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم در جداول ۶ و ۷ آمده است. جهت توجیه بهتر، عامل‌ها را به روش واریمکس دوران داده و در نهایت این تجزیه منجر به شناسایی ۲ عامل پنهانی در هر دو شرایط آبی شد که در مجموع در شرایط عدم تنش و تنش خشکی این عوامل نوانستند به ترتیب ۶۰ و ۶۵ درصد از تنوع بین داده‌ها را توجیه کنند. در شرایط بدون تنش رطوبتی عامل اول به شدت تحت تأثیر رسوب زلنی در جهت مثبت و رطوبت دانه در جهت منفی بود. در حالی که عامل دوم متأثر از میزان ماده خشک در جهت مثبت

این مطالعه لاین‌های متحمل به خشکی حاوی پروتئین بالا دارای سختی دانه بالایی نیز بودند احتمالاً در دانه‌های سخت محتوای پروتئین در میزان سختی دانه مؤثر است. تأثیر تنش خشکی بر سختی دانه از نظر آماری معنی دار بود. میانگین این صفات در شرایط تنش نسبت به محیط بدون تنش رطوبتی ۳۵/۳۱ درصد افزایش یافته بود. در شرایط عادی رطوبتی میانگین لاین‌ها ۶۵/۷ و در شرایط تنش رطوبتی ۸۸/۹ درصد بوده است. گوتیری و همکاران (۷) افزایش اندک، در صفات جذب آب و سختی دانه در شرایط تنش خشکی در لاین‌های متحمل گزارش نمودند در حالی که در این آزمایش افزایش سختی دانه در اثر تنش رطوبتی قابل توجه و در سطح ۱ درصد معنی دار بود. مغایرت نتایج این آزمایش با گزارش‌های گوتیری و همکاران (۷) ممکن است به لحاظ اختلاف در شدت و زمان اعمال تنش خشکی در دو آزمایش مزبور باشد. اغلب صفات وارث پذیری بیشتری در شرایط تنش رطوبتی نسبت به شرایط عادی رطوبتی برخوردار بودند. به طوری که میزان جذب آب و ماده خشک دانه به ترتیب با ۹۶ و ۷۳ درصد در شرایط عادی و تنش رطوبتی بیشترین وارث پذیری دارا بودند و کمترین میزان وارث پذیری در شرایط بدون تنش و تنش خشکی با ۷۶ و ۴۳ درصد به ترتیب مربوط به سختی دانه و میزان رطوبت دانه بود. همبستگی‌های فنوتیپی بین صفات در شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی در جدول ۵ آورده شده است. نتایج نشان داد که

جدول ۶. نتایج تجزیه عامل‌های صفات مورد اندازه‌گیری در ۱۶۹ لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم در شرایط عدم تنش خشکی

میزان اشتراک	عامل دوم	عامل اول	صفت
۰/۵۷	۰/۷۵	۰/۰۵	ماده خشک دانه
۰/۷۸	۰/۰۵	۰/۸۸	رسوب زلنی
۰/۵۳	-۰/۳۰	۰/۶۶	جذب آب
۰/۸۲	۰/۲۸	۰/۸۶	سختی دانه
۰/۷۳	-۰/۵۸	-۰/۶۲	رطوبت دانه
۰/۱۹	۰/۴۴	-۰/۰۲	عملکرد پروتئین دانه
	۰/۱۸	۰/۴۲	واریانس نسبی
	۰/۶۰	۰/۴۲	واریانس تجمعی

جدول ۷. نتایج تجزیه عامل‌های صفات مورد اندازه‌گیری در ۱۶۹ لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم در شرایط تنش خشکی

میزان اشتراک	عامل دوم	عامل اول	صفت
۰/۶۵	۰/۸۰	۰/۰۶	ماده خشک دانه
۰/۵۹	۰/۳۰	۰/۷۱	رسوب زلنی
۰/۷۱	-۰/۲۲	۰/۸۱	جذب آب
۰/۸۸	۰/۲۳	۰/۹۱	سختی دانه
۰/۸۲	-۰/۸۰	-۰/۴۲	رطوبت دانه
۰/۲۶	۰/۵۱	-۰/۰۳	عملکرد پروتئین دانه
	۰/۲۲	۰/۴۳	واریانس تجمعی
	۰/۶۵	۰/۴۳	ماده خشک دانه

یک متغیر است که به عامل‌های مشترک مربوط می‌شود و هرچه بیشتر باشد نشان‌دهنده دقت بیشتر در برآورد واریانس متغیر مربوط می‌باشد (۱۷). میزان اشتراک سختی دانه در هر دو رژیم رطوبتی بالا بود و توانستند درصد بالایی از تنوع موجود در صفات را توجیه کند. با توجه به میزان اشتراک، عملکرد پروتئین دانه کمترین دقت برآورد را داشتند. به‌طور کلی با انتخاب صفات معرفی شده توسط روش تجزیه به عامل‌ها می‌توان معیارهای مناسبی را در ارتباط با گزینش لاین‌های پر محصول که از پایه‌های مهم اصلاحی محسوب می‌شوند، به‌دست آورد.

و میزان رطوبت دانه در جهت منفی بود. زکی‌زاده و همکاران در آزمایش خود روی ژنوتیپ‌های گندم گزارش کردند که صفات میزان پروتئین دانه، رسوب زلنی، حجم نان، سختی دانه و میزان جذب آب به‌عنوان عامل دوم ۱۵/۵۳ درصد از تنوع کل ضرایب عاملی در عملکرد دانه را توجیه می‌کنند (۱۸). در شرایط تنش خشکی عامل اول تحت تأثیر میزان ماده خشک به تنهایی بوده و نقش اساسی را در این عامل بر عهده داشت و عامل دوم به شدت تحت تأثیر ماده خشک دانه در جهت مثبت و میزان رطوبت دانه در جهت منفی بود. میزان اشتراک بخشی از واریانس

منابع مورد استفاده

1. Akbarian, A., A. Arzani, M. Salehi and M. Salehi. 2012. Evaluation of triticale genotypes for terminal drought tolerance using physiological traits. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 1: 1110-5.
2. Arzani, A. 2002. Grain quality of durum wheat germplasm as affected by heat and drought stress at grain filling

- period. *Wheat Information Service* 94: 9-14.
3. Ashraf. M. 2010. Inducing drought tolerance in plants: Recent advances. *Biotechnology Advance* 28:169–183.
 4. Blochet, J. E., C. Chevaier, E. Forest, E. Pebay-Peyroula, M. F. Gautier, P. Joudrier, M. Pezolet and D. Marion. 2002. Complete amino acid sequence of puroindoline, a new basic and cystine-rich protein with a unique tryptophan-rich domain, isolated from wheat endosperm by triton X-114 phase partitioning FEBS let. *Journal of Cereal Science* 329: 336-340.
 5. Cornish, G. B., D. J. Skylas, S. Siriamornpun, F. Bekes, O. R. Larroque, C. W. Wrigley and M. Wootton. 2001. Grain proteins as markers of genetic traits in wheat. *Australian Journal of Agricultural Research* 52: 1161-1171.
 6. Fleury D., S. Jefferies, H. Kuchel and P. Langridge. 2010. Genetic and genomic tools to improve drought tolerance in wheat. *Journal of Experimental Botany* 61: 3211-3222.
 7. Guttieri, M. J., J. C. Stark, K. Brien and E. Souza. 2001. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. *Crop Science* 41: 327–335.
 8. Iran-Nejad, H. and N. Shahbaziyan. 2005. Cereal Cultivation Wheat Karenoo. Tehran, Iran, 272 p
 9. Knight, H. and M. R. Knight. 2001. Abiotic stress signaling pathways: specificity and crosstalk. *Trends in Plant Science* 6: 262–267.
 10. Lynnemclntyre, C., K. L. Mathews, A. Rattey, C. S. Chapman, J. Drenth, M. Ghaderi, M. Reynolds and R. Shorter. 2010. Molecular detection of genomic regions associated with grain yield and yield- related components in an elite bread cross evaluated under irrigated and rainfed conditions. *Theoretical Applied Genetics*. 120: 527–541.
 11. Mittler, R. 2006. Abiotic stress, the field environment and stress combination. *Trends in Plant Science* 11: 15-19
 12. Reynolds, M. and R. Tuberosa. 2008. Translational research impacting on crop productivity in drought-prone environments. *Current Opinion in Plant Biology* 11: 171-179
 13. Rharrabti, Y., C. Roya and D. Villegas. 2003. Durum wheat quality in Mediterranean environment quality expression under different zone latitudes and water regimes across Spain. *Field Crops Research* 80: 123-131.
 14. Singh, K., R. C. Foley and L. Onate-Sanchez. 2002. Transcription factors in plant defense and stress responses. *Current Opinion in Plant Biology* 5: 430–436.
 15. Sial, M. A., M. A. Arain, S. K. M. Naqavi, M. Dahoti and N. A. Nizamani. 2006. Yield and quality parameters of wheat genotypes as affected by sowing dated and high temperature stress. *Pakistan Journal of Botany* 37: 575 – 584.
 16. Trethowan, R. M., J. Crossa, M. Van Ginkel and S. Rajaram. 2001. Relationships among bread wheat international yield testing locations in dry areas. *Crop Science* 41: 1461-1469.
 17. Wood, A. J. 2005. Eco-physiological adaptations to limited water environments. Pp: 10-41. In: Ajenks, M. and P. M. Hasegawa, (Eds.), *Plant Abiotic Stress*. Blackwell. New York.
 18. ZakiZadeh. M., M. EsmailzadehMoghadam and D. Kahrizi. 2010. Genetic analysis of the relationships between different characters and seed yield in tall spikes of bread wheat genotypes using multivariate statistical methods. *Journal of Agricultural Sciences* 30: 12-18(In Farsi) .