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 ۱۳۹۰- ۱۳۸۹ 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 مادهٔ 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 این‌که مقایسه میانگین لاین‌ها در دو شرایط محیطی نشان داد که خصوصیات کیفی گندم نان تحت شرایط تنش خشکی به‌دلیل 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 مادهٔ خشک، رسوب زلنی و میزان جذب آب در هر دو شرایط رطوبتی نشان داد. نتایج این آزمایش نشان دادکه شناسایی لاین‌های با خصوصیات کیفی مطلوب درشرایط 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

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

خشک‌سالی بزرگ‌ترین عامل محیطی تعیین‌کننده رشد و تولیدات گیاهی است که بیشتر تولیدات زراعی جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱). گیاهان پس از مواجه با تنش‌های غیرزنده، با تغییر متابولیسم‌های رشد و نمو خود راه‌کارهای مناسبی را اتخاذ می‌کنند. بدین‌ترتیب که با تنظیم کننده‌های پیچیده و کارآمد که شامل حسگرهای تنش، مسیرهای هشداردهنده، تولید متابولیت‌ها و پروتئین‌های مقاومتی است انجام می‌شود (۹). گندم نان (*Triticum aestivum* L.) به‌عنوان مهم‌ترین محصول زراعی دنیا با معضل تنش خشکی در سطح جهان مواجه می‌باشد. به‌طوری‌که بیش از ۵۰ درصد از کل سطح زیر کشت گندم دنیا و حدود ۵۵ درصد از اراضی زیر کشت گندم درکشورهای درحال توسعه به نحوی تحت تأثیر تنش خشکی قرار دارد (۱۷). کمبود آب کلیه مراحل رشد و نمو گندم از جوانه‌زنی تا تشکیل بذر و در نهایت عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳).

با توجه به تأثیر توأم تنش خشکی بر خصوصیات کمی و کیفی گندم نان، شناسایی رابطه بین میزان تحمل و کیفیت نانوائی لاین‌های مختلف گندم در شرایط خشکی از اهمیت زیادی برخوردار است. مکانسیم‌های تحمل به خشکی هنوز به خوبی شناخته نشده‌اند زیرا: ۱. خشکی در سطوح مختلف نمو گیاه اتفاق می‌افتد و با آثار متفاوت خشکی در کارکرد گیاه، مکانیسم‌های مشخصی برای تحمل را در هر مرحله در پی دارد. ۲. انواعی از تنش‌های غیرزنده دیگر مانند دمای بالا، غلظت زیاد نمک و دسترسی پایین به مواد غذایی به همراه تنش خشکی اتفاق می‌افتد، که این با زمان و مکان تغییر می‌یابد بنابراین تفکیک تنش خشکی از سایرین دشوار است (۶، ۱۱و ۱۳). ۳. مکانیسم‌ها و ترکیب‌هایی که توسط گیاه برای تحمل انواع تنش استفاده می‌شود، گوناگون است (۱۲و۱۳). صفات مرتبط با کیفیت دانه در برنامه‌های اصلاحی حائز اهمیت بوده و در صورت استفاده از دستگاه‌های کالیبره شده برای نمونه‌های کوچک مانند دستگاه امکان غربال کردن تعداد زیادی لاین از نظر این صفات وجود دارد (۵).

سختی دانه به‌وسیله مکان ژنی سختی (Ha) که روی بازوی کوتاه کروموزوم 5D قرار دارد، کنترل می‌شود. این مکان ژنی در برگیرنده دو ژن کاملاً پیوسته پوروایندولین a (Pina) و پوروایندولین b (Pinb) می‌باشد. ژن‌های پوروایندولین a و b کد کننده دوپلی‌پپتید هستند که با هم بخش عمده ترکیبی به نام فریابیلین را تشکیل می‌دهند. با کاهش مقدار این ترکیب در اثر تنش خشکی از روی سطح نشاسته سختی دانه افزایش می‌یابد (۴).

محتوای پروتئین صفت کمی و پیچیده است که تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی قرار دارد. افزایش عملکرد دانه به‌عنوان بهبود کمی و افزایش محتوای پروتئین وکیفیت آن به‌عنوان بهبود کیفی گندم مطرح می‌باشد، ارزش نانوائی ارقام مختلف گندم به مقدار پروتئین موجود در دانه آنها وابسته می‌باشد و میزان پروتئین دانه به ژنوتیپ، شرایط محیطی وابسته است (۸). سیال و همکاران (۱۵) با بررسی تأثیرتنش حرارتی بالا (بیش از ۳۵ درجه سانتی‌گراد) در مرحله دانه‌بندی بر خصوصیات کیفی و کمی ارقام گندم، افزایش ۴ واحدی پروتئین دانه را گزارش کرده‌اند. با توجه به معضل کمبود بارندگی و آب آبیاری، جایگاه گندم در کشور و خشک‌سالی‌های پیاپی سال‌های اخیر، شناسایی لاین‌های 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 لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم در برابر شرایط مطلوب آبی و شرایط تنش خشکی، به منظور استفاده به‌نژادگران گندم در جهت بهبود خصوصیات کیفی گندم نان انجام شده است.

مواد و روش‌ها

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. لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم از تلاقی دو والد Seri M82 و Babax (۱۰) که نتاج حاصل از آنها پس از ۸

Archive of SID

www.SID.ir

نسل خودگشنی (F۸)، حاصل بودند، مورد مطالعه قرار گرفتند. لاین‌ها در قالب دو آزمایش جداگانه به‌صورت 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 کلاسA انجام شد. مقدار آب آبیاری برمبنای 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.

$$W = (FC - \theta)\rho DA \qquad [۱]$$

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.

$$Q = ۰/۰۲۹۴\ H^{۲/۱۰۲} \qquad [۲]$$

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:

$$t = W / Q \qquad [۳]$$

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 جداگانه با حذف حاشیه ۰/۵ 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 به‌دست آمد. محتوای پروتئین، حجم رسوب زلنی، سختی دانه، میزان جذب آب، میزان رطوبت دانه و مادهٔ 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 به‌صورت 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 (جدول۱ و۲). 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 (جدول۳). 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 مادهٔ خشک در هر دو شرایط رطوبتی داشتند (جدول ۳ و۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که لاین‌های ۱۱، ۱۴، ۱۶، ۱۷، ۲۵، ۱۰۵، ۱۱۴، ۱۴۶ و ۱۵۱ با ۹۶/۵۵ درصد و لاین‌های ۳۰، ۵۴،

Archive of SID

www.SID.ir

۶۵ و ۷۳ با ۹۳/۳۴ درصد در شرایط معمول رطوبتی به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان مادهٔ خشک را داشتند. در حالی‌که در شرایط تنش بیشترین میزان مادهٔ خشک مربوط به لاین‌های ۵، ۹، ۱۴۱، ۱۵۷ و ۱۶۲ و کمترین میزان مادهٔ خشک را لاین‌های 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 تولیده 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 (جدول۱ و ۲). میانگین کل این صفت در شرایط محدودیت رطوبتی ۲۲۲۴ کیلوگرم در هکتار بود، در حالی‌که میانگین این صفت در شرایط معمول رطوبتی ۳۵۲۳ کیلوگرم در هکتار بود. در مطالعه حاضر عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی به طور متوسط ۳۶/۸۷ درصد کاهش یافت (جدول۴). اثر متقابل رقم×تیمار رطوبتی عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول۳). 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 بین۶/۸۰ 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 و۲).

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 (جدول۴). 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 (جدول۱ و ۲). هم‌چنین تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل رقم × تیمار رطوبتی برای این صفت بسیار معنی‌دار (۱٪ >P) بوده است (جدول۳). 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

Archive of SID

www.SID.ir

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

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		عملکرد دانه	پروتئین دانه	رطوبت دانه	جذب آب	رسوب زلنی	مادهٔ خشک	سختی دانه	عملکرد پروتئین دانه
تکرار	۱	۱۶۸۵۲	۷۵/۶	۵/۹	۵۶/۸	۹۷۸	۲۱/۴	۳۸۷۸	۱۸۷۲۳۴۱۰۵
تیمار									
تصحیح نشده	۱۶۸	۲۰۲۷۴۵۵^{ns}	۷/۶**	۱/۸**	۱۰/۴**	۹۴۰**	۲/۳۷**	۶۹/۳**	۵۶۰۰۲۷۲۶۱^{ns}
تصحیح شده	۱۶۸	۲۸۳۷۸۴۷**	۷/۷**	۱/۸**	۱۰/۴**	۹۳۷**	۲/۳۸**	۶۹/۲**	۸۲۶۹۵۲۶۴۶**
بلوک تنظیم شده در تکرار	۲۴	۱۰۹۲۷۱۵	۰/۷۴	۰/۲۵	۰/۲۴	۸۷	۰/۱۵	۱۰/۴	۳۳۴۶۳۵۳۶۹۰
خطا									
داخل بلوک	۱۴۴	۷۵۴۶۰۸	۰/۶۶	۰/۲۳	۰/۲۱	۶۹/۳	۰/۱۳	۱۰/۲	۲۲۶۱۵۲۲۴۹
بازدهی نسبت به RCBD (٪)		۲۵۸/۱۳	۱۳۷/۷۴	۱۳۰/۱	۱۴۰/۲۳	۱۳۰/۷۲	۱۲۲/۳۲	۱۳۰	۲۶۲/۲

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

منابع تغییرات	درجه‌آزادی	میانگین مربعات							
		عملکرد دانه	پروتئین دانه	رطوبت دانه	جذب آب	عدد زلنی	مادهٔ خشک	سختی دانه	عملکرد پروتئین دانه
تکرار	۱	۱۷۹۱۷۰۱۸	۱۱۴/۸	۷/۰۷	۱۸۸	۱۳۷۷۸	۱۱/۵۲	۱۵۹۱	۸۴۲۹۸۳۷۳۱۰
تیمار									
تصحیح نشده	۱۶۸	۱۶۴۵۵۵۴^{ns}	۵/۵۵**	۱/۰۸**	۱۱/۹**	۵۸۴/۵**	۰/۷۰**	۴۹/۲**	۵۴۲۴۵۳۹۵۸^{ns}
تصحیح شده	۱۶۸	۱۸۰۳۲۳۶**	۴/۵۸**	۱/۰۹**	۱۱/۹**	۵۴۹/۸**	۰/۶۹**	۴۹/۹**	۶۶۵۵۹۰۶۱۰**
بلوک تنظیم شده در تکرار	۲۴	۷۹۰۵۰۷۱	۶/۲۳	۱/۳۲	۱۲/۰۴	۶۳۵	۰/۶۲	۵۲/۴	۲۹۴۱۷۷۲۱۲۶
خطا									
داخل بلوک	۱۴۴	۴۰۵۰۹۷	۲/۰۷	۰/۶۹	۱۰/۴	۲۸۳/۹	۰/۳۷	۳۰/۰۶	۱۵۷۶۵۶۰۹۰
بازدهی نسبت به RCBD(٪)		۳۲۵/۹۹	۱۴۵/۹۷	۱۲۵/۵۷	۱۱۵/۱۱	۱۲۹/۵۴	۱۲۳/۴۵	۱۲۴/۲۸	۳۱۰/۳

ns: عدم معنی‌داری، *، **: به‌ترتیب معنی‌دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۳. 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
محیط	۱	۲۸۵۱۳۳۵۳۲**	۱۳۴۳**	۵۷/۳**	۱۱۱**	۵۴۹۳۶*	۱۴/۰۶**	۶۲۹۸**	۵۳۳۶۹۵۷*
لاین	۱۶۸	۲۴۱۱۶۱۲**	۶/۱۱**	۱/۷۷**	۱/۶۸**	۷۸۷**	۱۰/۴۶**	۶۲/۷**	۷۷۸۵۸۷۵۵۶**
محیط × لاین	۱۶۸	۶۷۸۲۰۴^{ns}	۲/۵۹**	۱/۱۵**	۱/۱۷**	۵۹۷**	۱۱/۰۱**	۵۳/۸۲**	۲۵۷۲۳۹۴۶۸*
اشتباه آزمایشی	۳۱۳	۶۸۵۹۳۹	۱/۲۱	۰/۳۷	۰/۵۴	۲۴۰	۶/۱۴	۳۹/۴۸	۲۳۳۸۰۵۱۱۱
ضریب تغییرات (٪)	۲۸/۸۲		۵/۵۹	۳/۶۲	۷/۱۲	۱۷/۱	۳/۷۶	۶/۸۹	۱۸/۲

ns: عدم معنی‌دار بودن،*,**: به‌ترتیب معنی‌دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول۴. آمار توصیفی، برآورد ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی و وراثت‌پذیری خصوصی برای صفات مرتبط با کیفیت دانه در ۱۶۹ لاین اینبرد نوترکیب گندم به تفکیک عدم تنش وتنش خشکی

صفت	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	۴۴/۷	۲۵/۶	۴۳/۲	۱۸/۲	۸۷	۴۴
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

Archive of SID

www.SID.ir

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	مادهٔ 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 معنی‌داری *، **: به‌ترتیب معنی‌دار 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

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 معنی‌دار 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 حالی‌که در این آزمایش افزایش سختی‌دانه در اثر تنش رطوبتی قابل توجه و در سطح ۱ درصد معنی‌دار 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 وارثت‌پذیری بیشتری در شرایط تنش رطوبتی نسبت به شرایط عادی رطوبتی برخوردار بودند. به‌طوری‌که میزان جذب آب و مادهٔ خشک دانه به‌ترتیب با ۹۶ و ۷۳ درصد در شرایط عادی و تنش رطوبتی بیشترین وراثت‌پذیری دارا بودند و کمترین میزان وراثت‌پذیری در شرایط بدون تنش و تنش خشکی با ۷۶ و ۴۳ درصد به‌ترتیب 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 در هر دو رژیم رطوبتی همبستگی مادهٔ خشک با سختی دانه مثبت و با رطوبت دانه منفی و معنی‌دار بود. هم‌چنین همبستگی رسوب زلنی با جذب آب و سختی دانه در هر دو رژیم رطوبتی مثبت و معنی‌دار ولی همبستگی رسوب زلنی با رطوبت دانه منفی و معنی‌دار نشان داده شده است. همبستگی مثبت بین رسوب زلنی با سختی دانه و جذب آب دانه نشان‌دهندهٔ این است که با افزایش سختی دانه، پروتئین‌های مؤثر بر کیفیت دانه، افزایش یافته و کیفیت دانه بهبود می‌یابد، نتایج مشابهٔ 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 حالی‌که همبستگی عملکرد پروتئین دانه با میزان ماده خشک دانه در شرایط تنش خشکی مثبت و معنی‌دار 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 به‌ترتیب 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 حالی‌که عامل دوم متأثر از میزان مادهٔ خشک در جهت مثبت

Archive of SID

www.SID.ir

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

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

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

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

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 مادهٔ خشک دانه در جهت مثبت و میزان رطوبت دانه در جهت منفی بود. میزان اشتراک بخشی از واریانس 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. به‌طورکلی 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.

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

Archive of SID
www.SID.ir

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 evaluted 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) .

Archive of SID

www.SID.ir