

بررسی تاثیر میزان پروتئین دانه در بروز خواص کیفی چهار رقم گندم نان در رابطه با ژنوتیپ گلوتئین‌های سنگین در آنها

گودرز نجفیان

عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی کرمانشاه

تاریخ پذیرش مقاله ۷۹/۱۰/۲۱

خلاصه

به منظور بررسی خصوصیات کیفی گندم نان در رابطه با میزان پروتئین ذخیره شده در دانه و تاثیری که این فاکتور متاثر از محیط روی بروز اثر ژنوتیپ ارقام گندم برای زیرواحدهای گلوتئین سنگین دارد، این آزمایش طرح ریزی شد. در این آزمایش چهار رقم گندم نان انتخاب شده و پنج تیمار کود نیتروژنه ۰، ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص (N) در هکتار برای بدست آوردن نمونه‌های گندم با درصد پروتئین متفاوت روی هر کدام از آنها اعمال گردید. آزمایش فاکتوریل ۴×۵ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار به عنوان طرح آماری این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. ژنوتیپ ارقام فوق برای گلوتئین‌های سنگین (HMWGS) از طریق الکتروفورز با روش SDS-PAGE تعیین شد. صفات کیفی: میزان پروتئین دانه، خصوصیات فارینو گراف (درصد جذب آب، مدت زمان گسترش خمیر، پایداری خمیر، درجه سست شدن خمیر و ارزش والوریمتری)، حجم رسوب زلنی، حجم رسوب SDS، درصد بازدهی آرد و سختی دانه اندازه‌گیری شدند. سپس با استفاده از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها و نیز محاسبه ضرایب همبستگی، رفتار و نحوه پیروی این صفات به عنوان معیارهای فنوتیپی از صفت میزان پروتئین دانه به عنوان یک فاکتوری که شدیداً تحت تاثیر محیط است و نیز ژنوتیپ گلوتئین‌های سنگین بررسی شد. نتایج نشان داد که با اعمال سطوح مختلف کود نیتروژنه و آن هم به صورت تقسیم شده در مراحل پنجه‌زنی تا دانه بندی میانگین میزان پروتئین دانه از ۱۱/۴ درصد به ۱۳/۴ درصد افزایش یافت. بررسی خصوصیات کیفی ارقام با ژنوتیپ‌های مختلف گلوتئین (ژنوتیپ‌های قوی و ضعیف از لحاظ امتیاز گلوتئین‌های سنگین برای قدرت گلوتن و کیفیت ناوایی) در درصدهای متفاوت پروتئین دانه نشان داد که عکس‌العمل خصوصیات کیفی ارقام با ژنوتیپ‌های مختلف به افزایش میزان پروتئین دانه متفاوت است. در این تحقیق رقم نیک نژاد که رقمی قوی بوده و برای مکانهای ژنی Glu-A1 و Glu-D1 آللهای کد کننده زیر واحدهای *۲ و ۱۰+۵ را دارد به افزایش میزان پروتئین دانه بیشتر از ۱۲ درصد عکس‌العمل کمتری نشان داد و پتانسیل کیفی خود را در همین میزان پروتئین دانه بروز داد، در حالیکه رقم M-70-4 که رقمی است که از لحاظ ژنتیکی زیر واحدهای گلوتئین سنگین کم امتیازتری دارد، عکس‌العمل خوبی به افزایش میزان پروتئین دانه نشان داد و خصوصیات کیفی آن از جمله حجم رسوب SDS، ارزش والوریمتری و مدت زمان گسترش خمیر با افزایش میزان پروتئین دانه بهتر شدند. در نهایت بنظر می‌رسد که ارقامی که قدرت گلوتن ضعیفی دارند با میزان پروتئین دانه بیشتر از ۱۲ و حدوداً ۱۳ درصد، پتانسیل ژنوتیپی خود را بروز می‌دهند در حالیکه ارقام با قدرت گلوتن بالا و مناسب احتمالاً با درصد پروتئین دانه حدود ۱۲ نقش ژنوتیپ خود را بروز می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: گندم نان، خصوصیات کیفی، میزان پروتئین دانه، گلوتئین‌های سنگین

مقدمه

(S-S) صورت می‌گیرد که در محل بنیان آزاد اسید آمینه سیستمین شکل می‌گیرند (۱۷).

تحقیقات بسیاری در مورد نقش زیرواحدهای گلوتمین دارای وزن مولکولی زیاد در کیفیت نانوائی گندم صورت گرفته و در بیشتر آنها مشخص شده که تنوع ژنتیکی در آلهای کد کننده این زیرواحدها با تغییرات کیفیت مرتبط بوده و می‌تواند در تشخیص و پیشگویی قوی یا ضعیف بودن قدرت گلوتمین و کیفیت نانوائی ارقام گندم بکار رود (۳، ۵، ۷، ۱۵، ۱۸ و ۲۰). اما نقشی که این تنوع ژنتیکی در کیفیت نانوائی ارقام گندم دارد وقتی آشکار می‌گردد که شرایط بروز اثر ژنوتیپ مهیا باشد. یکی از این شرایط کافی بودن مقدار و کمیت پروتئین در دانه است بدین معنی که از هر یک از رشته‌های پلی‌پپتیدی که وراثت و ژنتیک یک رقم آنها را ایجاد می‌کند بایستی به اندازه کافی در دانه ذخیره گردد تا بتوانند نقش خود را در خمیر و نان حاصل از آرد آن بروز دهند.

کالستر و همکاران (۱۲) با استفاده از صفت حجم نان در ۲۲۶ لاین به نژادی نشان داده‌اند که برتری آلل کد کننده زیر واحدهای ۱۰+۵ نسبت به اللی که ترکیب ۱۲+۲ را کد می‌کند بستگی به درصد پروتئین دارد و با درصد پروتئین زیر ۹/۲ تفاوتی بین دو آلل فوق وجود نداشته است.

نجفیان (۲) و نجفیان و عبد میشانی (۳) گزارش کرده‌اند که عدم بروز اثر زیرواحدهای گلوتمین * ۲ و ۱۰+۵ در برخی ارقام گندم که به عنوان آلهای مطلوب شناخته شده‌اند، در مقایسه با آلهای نول و ۱۲+۲ ممکن است بدلیل پایین بودن درصد پروتئین ارقام دارای این آلهها باشد. کاریلو و همکاران (۶) با استفاده از تلاقی دو وارسته قوی و ضعیف از لحاظ کیفیت نانوائی و با بدست آوردن ژنوتیپ‌های مختلف بین آنها برای گلوتمین‌های سنگین و کشت نتایج که بصورت خالص و لاین در آورده شده بودند، در یک طرح اسپلیت پلات با اعمال سه سطح کود نیتروژنه ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص (N) در هکتار اقدام به بررسی اثر میزان پروتئین دانه در بروز اثر ژنوتیپ نمودند. پس از ارزیابی‌های کیفی مشخص گردید که عملکرد دانه و خصوصیات کیفی با افزایش کود نیتروژنه تاثیر پذیری نشان داده و کیفیت بهتر شد و تنها در صفت سختی دانه تاثیر پذیری ناچیز بود. آنها به وجود اثر اپی‌ستاتیک بین

تحقیقات مربوط به کیفیت نانوائی گندم در برنامه‌های به نژادی این محصول دارای اهمیت بسزایی است، چرا که بهینه کردن کیفیت نانوائی گندم یکی از طرق افزایش بهره‌وری تولید گندم است. اهمیت کلی این محصول استراتژیک ایجاب می‌کند تا در تمام جوانب تولید آن کاوشهای دقیق صورت گرفته و روشهای ارزیابی اصلاح شده و ارتقا یابند تا ارقام گندمی که در برنامه‌های به نژادی اصلاح و معرفی می‌شوند از هر جهت مناسب و مورد پسند مصرف کننده باشند. کیفیت نانوائی این محصول یکی از این جوانب است که مشخص کردن قواعد پیچیده آن ودلائل تنوع ارقام از لحاظ این صفت برای بهترآدگران گندم دارای اهمیت زیادی است.

کیفیت نانوائی خصوصیتی است پیچیده که هم تحت تاثیر ژنتیک یک رقم گندم واقع می‌شود و هم از محیط و فاکتورهای آن تاثیرپذیری دارد. تحقیقات نشان داده که از کل کروموزومهای گندم، گروه همیولوگ (1A, 1B, 1D) نقش مهمی را در ارزش نانوائی آن دارند و برای ارتقای کیفیت تنها افزایش درصد پروتئین دانه کافی نیست بلکه کیفیت و نوع پروتئین نیز مهم است (۱۳).

تحقیقات نشان داده که صفات و خصوصیات گلوتمین است که تنوع و تغییرات ارزش نانوائی گندم را تعیین می‌کنند. ۸۰ درصد گلوتمین را پروتئین، ۸ درصد آن را چربی و بقیه آن را مواد معدنی و کربوهیدراتها تشکیل می‌دهند. از این اجزا پروتئین‌ها هستند که عامل ایجاد خاصیت منحصربفرد چسبندگی و کشسانی گلوتمین بشمار می‌روند (۸، ۱۱ و ۲۳).

از چهار دسته پروتئین‌های مشخص شده در دانه گندم، دو دسته گلوتمین‌ها و گلابدین‌ها پروتئین‌های ذخیره‌ای دانه به شمار می‌روند که هر کدام حدوداً ۴۰ درصد کل پروتئین آرد را تشکیل می‌دهند و تنها حدوداً ۱۰ درصد از کل پروتئین آرد مربوط به آلبومین و گلوبولین است (۱۴ و ۲۲).

در حالت طبیعی در دانه گندم گلابدین‌ها به صورت مونومر یا تک زنجیره وجود دارند در حالیکه گلوتمین‌ها به صورت توده‌های بهم پیوسته‌ای از رشته‌های پلی‌پپتید وجود دارند که گاهی وزن مولکولی آنها به ۲۰ میلیون دالتون می‌رسد. بهم پیوستگی رشته‌های گلوتمین توسط پیوندهای دی سولفید

متر و فاصله بین دو کرت ۶۰ سانتی متر بود. مقدار ۵۰ کیلوگرم کود فسفات آمونیوم در هکتار با توجه به نتیجه تجزیه خاک به زمین داده شد. بذر آزمایش برای مبارزه با سیاهک با قارچ کش مانکوز ب ضد عفونی گردید. میزان بذر مصرفی بر اساس وزن هزار دانه و تراکم ۴۰۰ دانه در متر مربع برای هر رقم تعیین گردید و کشت آزمایش در اوایل آبانماه صورت گرفت. آبیاری آزمایش به روش بارانی صورت گرفت و دور آن بر اساس مشاهدات ظاهری خاک و گیاه تعیین گردید. از میزان کلی کود اوره در نظر گرفته شده برای هر تیمار آزمایش، مقدار ۱/۳ آن در مرحله پنجه زنی ارقام در هنگام آبیاری به صورت سرک به کرتها داده شد. در بهار مبارزه با علفهای هرز به طریقه شیمیایی و مکانیکی صورت گرفت. از میزان ۲/۳ کود، اوره باقیمانده هر تیمار مقدار ۱/۳ دیگر در مرحله ابتدای -نوشه رفتن و ۱/۳ باقیمانده در مرحله دانه بندی به صورت سرک به کرتهای آزمایش داده شد. مبارزه شیمیایی با سن گندم در مرحله شروع پر شدن دانه انجام گرفت.

الکتروفورز و اندازه گیری های کیفی

الکتروفورز ارقام برای تعیین ژنوتیپ گلوتهین های سنگن در آنها با استفاده از روش بکار رفته توسط فولینگتن و همکاران (۹) با استفاده از ژل ۱۰ درصد پلی آکریلامید انجام گرفت و روش نامگذاری پایین و لاورنس (۱۶) برای مشخص کردن باندهای الکتروفورزی بکار رفت.

باتوجه به اینکه بذر تازه برداشت شده گندم پتانسیل بالقوه کیفی خود را بروز نمی دهد، (با گذشت زمان و تجزیه لیپیدهای موجود در دانه به اسیدهای چرب توسط آنزیمهای لیپاز ترکیبات هیدروپراکسید بوجود می آیند که تجزیه آنها باعث اکسیده شدن رادیکالهای آزاد SH (گروه سولفیدریل) به پیوندهای S-S (دی سولفید) می شود که به نوبه خود این پیوندها باعث ایجاد پلی مرهای بزرگ گلوتهین و پیوستگی بیشتر اجزای گلوتهن شده و قدرت گلوتهن و کیفیت گندم مورد نظر را افزایش می دهند) لذا تجزیه های کیفی پس از حداقل ۳ ماه بعد از برداشت صورت گرفتند (۱).

آزمایش رسوب SDS با استفاده از روش کوییک و دانلی (۱۹) با اندک تغییرات مطابق روش بکار رفته توسط نجفیان (۲) انجام گرفت.

کروموزومهای سه گانه 1A, 1B و 1D برای خصوصیات کیفی اشاره کرده اند. روست و همکاران (۲۱) در تحقیقی با نتیجه گیری مشابه فوق اظهار کرده اند که میزان پروتئین دانه در بروز خصوصیات کیفی دانه موثر بوده و اغلب باعث تغییراتی در بروز نقش زیرواحدهای گلوتهین سنگین می شود و لذا به عنوان یک فاکتور تحت تاثیر محیط می تواند در مشخص کردن نقش این زیرواحدها مشکل ایجاد کند. در این تحقیقات گاهی به نقش اثرات متقابل بین درصد پروتئین و مکانهای ژنی و یا اثر اپی ستاتیک بین مکانهای ژنی موثر در کیفیت اشاره شده است. مشخص کردن رفتار ژنوتیپی گندم در مقادیر متفاوت پروتئین دانه یک احتیاج مقدماتی برای اجرای ارزیابی های کیفی گندم است که می تواند در پیش بینی فنوتیپ کیفیت موثر واقع شود. به طور کلی هدف از اجرای این تحقیق یافتن پاسخ سوال های زیر است:

- ۱- در یک رقم گندم با ژنوتیپ خاص برای گلوتهین های سنگین خصوصیات کیفی در میزانهای متفاوت پروتئین دانه چگونه بروز می کنند؟
- ۲- برای اینکه اثر یک ژنوتیپ مطلوب کیفی بروز کند، حدوداً چه آستانه ای از درصد پروتئین در دانه لازم است؟
- ۳- وقتی میزان پروتئین دانه پایین است آیا می توان معیارهایی را برای ارزیابی و اندازه گیری کیفیت بکار برد که فنوتیپ این صفت را اندازه می گیرند؟ و آیا قضاوت حاصله صحیح است؟

مواد و روشها

عملیات مزرعه

مواد گیاهی این تحقیق عبارت از ۴ رقم گندم نان با نام های (کدهای): M-70-4، نیک نژاد، مهدوی و M-73-4 بود. با هدف بدست آوردن نمونه هایی از ارقام فوق با درصد پروتئین های متفاوت، یک آزمایش فاکتوریل ۴×۵ طرح گردید که فاکتور اول آن واریته و شامل ارقام چهارگانه فوق بود و فاکتور دوم کاربرد کود نیتروژنه اوره در ۵ سطح: ۰، ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص (N) در هکتار بود. آزمایش فوق در قالب یک طرح بلوکهای کامل تصادفی با ۳ تکرار کشت گردید. مشخصات هر کرت آزمایشی عبارت از طول کرت: ۴ متر، عرض کرت: ۱/۲

ارتباط داده شوند که برای نان‌های مختلف ایرانی در منبع شماره (۱) معیارهایی از برخی از این صفات آورده شده است.

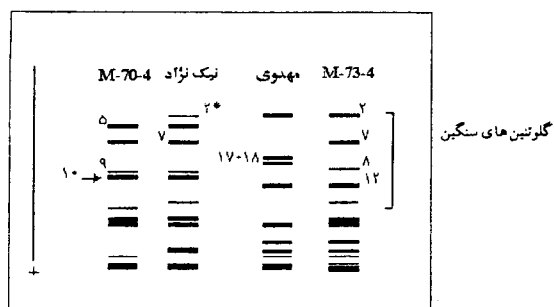
نتایج و بحث

I - ژنوتیپ الکتروفورزی ارقام

شکل ۱ ژنوتیپ گلوٹنین‌های سنگین را برای چهار رقم بررسی شده نشان می‌دهد که برای مکانهای ژنی سه گانه به صورت زیر است:

مکان ژنی

رقم	Glu-A1	Glu-B1	Glu-D1
M-70-4	Null	7+9	5+10
نیک نژاد	2*	7+9	5+10
مهدری	Null	17+18	2+12
M-73-4	Null	7+8	2+12



شکل ۱- شمای الکتروفورزی ژنوتیپ ارقام چهارگانه برای

گلوٹنین‌های سنگین

اگر از لحاظ پتانسیل ژنتیکی و ژنوتیپی این ارقام را با سیستم امتیازدهی پایین و همکاران (۱۸) ارزیابی کنیم، امتیاز هر رقم با توجه به گلوٹنین‌های سنگین جدول فوق به عنوان یک معیار کیفیت یا قدرت گلوٹن به صورت زیر است:

مکان ژنی

نام رقم	Glu-A1	Glu-B1	Glu-D1	امتیاز ژنوتیپ
M-70-4	۱	۲	۴	۷
نیک نژاد	۳	۲	۴	۹
مهدری	۱	۳	۲	۶
M-73-4	۱	۳	۲	۶

با نگاهی به ژنوتیپ‌ها مشخص می‌شود که رقم نیک نژاد ژنوتیپ مطلوبی برای کیفیت و قدرت گلوٹن دارد و طبق روش

آزمایش فارینوگراف با استفاده از روش فارینوگرافی برابراند (۴) طبق دستورالعمل آن انجام شد و طی آن صفات درصد جذب آب، مدت زمان گسترش و پایداری خمیر به دقیقه، درجه سست شدن خمیر به واحد فارینوگراف و در نهایت عدد والوریمتری برای هر نمونه گندم بدست آورده شد.

صفات میزان پروتئین دانه، سختی دانه و حجم رسوب زلنی با استفاده از دستگاه NIR^۱ که برای آنها کالیبره شده بود اندازه‌گیری شدند.

محاسبات آماری

تجزیه واریانس با استفاده از برنامه کامپیوتری MSTAT-C برای صفات کیفی اندازه‌گیری شده صورت گرفت. برای داده‌های مربوط به متغیرهای مدت زمان گسترش و پایداری خمیر که اعداد کمتر از ۱۰ بوده و اریبی از توزیع نرمال داشتند، تبدیل $\log(X+1)$ برای رفع اریبی بکار رفت. مقایسه میانگین‌های واریته‌ها و سطوح کود از ته به عنوان فاکتور تعیین کننده میزان پروتئین دانه برای هر صفت کیفی با استفاده از روش دانکن و سطح احتمال خطای ۰/۰۵ صورت گرفت. در واقع هدف از مقایسه سطوح مختلف کود نیتروژنه همانا تعیین تغییرات خصوصیات کیفی در درصد پروتئین‌های متفاوت دانه برای هر واریته بود و چون درصد پروتئین دانه حاصل از کاربرد تیمارهای مختلف کودی برای هر چهار واریته تحت بررسی به صورت گروه‌های مجزا و مساوی نبود، سطوح کود نیتروژنه که در مقادیر مساوی برای واریته‌های فوق‌الذکر اعمال شده بود و هر سطح مشخص کود نیتروژنه متناظر با درصد پروتئین خاصی بود، برای مقایسه میانگین بکار رفت. ضرایب همبستگی ساده نیز برای دو صفت سطوح کود نیتروژنه و میزان پروتئین دانه با سایر صفات کیفی اندازه‌گیری شده، محاسبه شدند.

همانطوریکه ملاحظه می‌گردد روشهای اندازه‌گیری کیفیت گندم در این آزمایش روشهای غیر مستقیم هستند که با توجه به آنها هر جا در این متن لفظ کیفیت مطرح می‌گردد بیشتر اشاره به قدرت گلوٹن و پتانسیل قوی بودن یک رقم برای تهیه نان از آنست و برای ربط دادن این صفات به کیفیت به معنای تام (دلپذیری، خوشمزه‌گی، معطر بودن و خصوصیات مطلوب در رابطه با بیاتی و ماندگاری نان) بایستی در آزمایش‌هایی به هم

بیشترین میزان پروتئین دانه را داشته (۱۳/۳۸) و با مصرف ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در یک گروه قرار گرفته است. بعد از این دو سطح، به ترتیب سطوح کودی ۴ با ۱۳۵ کیلوگرم، سطح ۲ با ۴۵ کیلوگرم در هکتار و سطح ۱ بدون استعمال کود نیتروژنه هر کدام در یک دسته جدا با میانگین‌های ۱۲/۹۷، ۱۲/۲۴ و ۱۲ و ۱۱/۳۹ درصد پروتئین دانه قرار گرفتند. آنچه که مسلم است، کاربرد کود نیتروژنه به میزان حداقل ۱۳۵ کیلوگرم N در هکتار و با توجه به خصوصیات کود اوره از لحاظ رفتار در خاک، به صورت تقسیط شده حداقل در سه نوبت در مراحل حساس رشد گندم نظیر اواخر پنجه‌زنی و ابتدای ساقه رفتن، خُوشه رفتن و دانه‌بندی می‌تواند در افزایش میزان پروتئین دانه موثر باشد. همبستگی بسیار معنی‌دار ($P < 0.001$, $r = 0.55$) بین سطوح مختلف کود نیتروژنه و میزان پروتئین دانه در این آزمایش موید نتایج فوق است.

حال با توجه به اینکه در این آزمایش کاربرد سطوح مختلف کود نیتروژنه منجر به ذخیره‌سازی درصدهای متفاوت پروتئین در دانه ارقام مختلف شده است، نحوه تغییرات خصوصیات کیفی در رابطه با میزانهای متفاوت پروتئین دانه برای هر رقم با ژنوتیپ خاص بررسی می‌گردد اما نکته‌ای که در اینجا نمایان ذکر است، اینست که چون افزایش میزان پروتئین دانه در یک سطح کود به سطح دیگر برای هر چهار رقم مانند هم نیست بنابراین برای مقایسه میانگین‌ها، همان سطوح کود نیتروژنه بجای میزان پروتئین مورد استفاده قرار گرفتند. بدیهی است که هر سطح کودی N متناظر با درصد پروتئین خاصی در هر یک از ارقام چهارگانه مورد بررسی است.

III - خصوصیات کیفی

الف - حجم رسوب SDS

طبق جدول شماره ۱، نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که ارقام، سطوح مختلف کود نیتروژنه و اثر متقابل رقم × کود نیتروژنه در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی‌دار شده‌اند. تفاوت بین تکرارها در اثر غیر یکنواختی زمین آزمایش بوده که، طرح RCBD برای تفکیک اشتباه مربوطه از اشتباه آزمایشی مناسب بوده است.

امتیازدهی پایین و همکاران (۱۸) برترین این چهار رقم است و همانطوریکه از جدول امتیازات مشخص است ۳ رقم دیگر تفاوت مهمی با هم نداشته و در یک حد هستند.

II - میزان پروتئین دانه

برای این ارقام با ژنوتیپ‌های متفاوت در ادامه بررسی نتایج به تفکیک صفات کیفی بحث خواهد شد اما قبل از آن بایستی به صفت میزان پروتئین دانه اشاره کرد که در این آزمایش برای ارقام مختلف تغییر داده شد.

در این آزمایش با در نظر گرفتن این موضوع که عامل مهم محدود کننده ذخیره پروتئین در دانه گندم، در دسترس بودن نیتروژن برای گیاه است، ۵ تیمار مختلف کود نیتروژنه برای تغییر میزان پروتئین دانه بکار رفت. همانطوریکه از جدول تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های ارقام و سطوح مختلف کود نیتروژنه برای صفت میزان پروتئین دانه پیداست سطوح کودی، ۰، ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ کیلوگرم N در هکتار در ذخیره‌سازی پروتئین در دانه موثر بوده و طبق جدول تجزیه واریانس، هم بین ارقام و هم بین سطوح کودی تفاوت وجود داشته است. مطابق مقایسه میانگین‌های ارقام، رقم نیک‌نژاد با میانگین ۱۳/۶۳ درصد دارای بیشترین درصد پروتئین در دانه بوده است و طبق میانگین سه تکرار، تیمار بدون استعمال کود ازته این رقم ۱۲/۴۰ درصد و تیمار ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار آن ۱۴/۱۰ درصد پروتئین در دانه ذخیره کرده است. بعد از این رقم، ارقام مهدوی و M-73-4 بترتیب با میانگین‌های ۱۲/۸۹ و ۱۲/۷۰ در یک گروه قرار گرفته‌اند که دامنه تغییرات درصد پروتئین آنها از ۱۱/۷۰ تا ۱۳/۸۰ برای مهدوی و از ۱۱/۶۰ تا ۱۳/۴۰ برای M-73-4 بوده است. در نهایت رقم M-70-4 با میانگین ۱۱/۲۲ در یک گروه ضعیف قرار گرفته که دامنه تغییرات آن از ۹/۸۰ تا ۱۲/۲۰ درصد بوده است. از این نتایج مشخص می‌شود که این ارقام از لحاظ ژنتیکی پتانسیل متفاوتی برای ذخیره‌سازی پروتئین در دانه دارند و واکنش آنها نسبت به محیط مشابه نیست.

مقایسه میانگین‌های سطوح کود نیتروژنه برای صفت میزان پروتئین دانه نشان داد که این فاکتور باعث شده تا ارقام در سطوح مختلف کودی درصدهای متفاوتی از پروتئین دانه ذخیره کنند طوریکه مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار

جدول ۱- نتیجه تجزیه واریانس برای صفات مختلف مورد بررسی (فقط مقادیر میانگین مربعات با نتیجه آزمون آنها که از جداول مختلف خلاصه شده‌اند، نشان داده شده‌اند).

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد پروتئین	حجم رسوب SDS	ارزش والوریمتری	درصد جذب آب	زمان گسترش خمیر
تکرار	۲	۰/۷۰۳*	۱۰۷/۴۵**	۶۱۰۶۷	۰/۰۳۳	۰/۰۱۰
واریته (A)	۳	۱۵/۳۴**	۱۱۸۵/۶۶**	۱۲۲۳/۷۹**	۳۰/۸۳**	۶/۴۶**
سطوح نیتروژن (B)	۴	۷/۶۷**	۳۹/۶۴**	۳/۲۹	۳/۱۹**	۰/۲۲**
A x B	۱۲	۰/۲۰۰	۲۰/۵۱x	۴/۹۵	۰/۵۲	۰/۰۹x
اشتباه	۳۸	۰/۱۶	۹۰۰۳	۳/۸۶	۰/۳۴	۰/۰۴۳

منابع تغییر	درجه آزادی	زمان پایداری خمیر	درجه سست شدن خمیر	درصد بازدهی آرد	میزان سختی دانه	حجم رسوب زلنی
تکرار	۲	۰/۲۴	۱۶/۸۲	۵/۶۲	۶/۴۵	۴۹/۸۲x
واریته (A)	۳	۲۴/۸۴**	۳۳۵۸/۸۲**	۶۹/۹۸**	۱۰۸۹/۶۴**	۶۴۵/۵۶**
سطوح نیتروژن (B)	۴	۰/۴۶	۱۶۹/۰۲۵	۴/۵۷	۹/۲۳x	۳۱۲/۲۶**
A x B	۱۲	۰/۲۳	۲۴۰/۴۱	۴/۵۳	۶/۳۱x	۵/۲۲
اشتباه	۳۸	۰/۲۲	۱۳۲/۸۷	۴/۶۳	۲/۹۲	۱۱/۱۵

* و **: برترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

چندانی ندارد ولی خصوصیات دانه آن از جمله سختی دانه بالاتر و احتمالاً تفاوت در ژنوتیپ گلوتمین‌های سبک که مقدار آنها حدوداً ۳ برابر گلوتمین‌های سنگین است، باعث برتری این رقم شده است.

مقایسه میانگین‌های خصوصیات کیفی برای سطوح مختلف کود نیتروژنه به منظور پی بردن به نقش میزان پروتئین دانه در بروز اثر ژنوتیپ ارقام نشان داد که سطوح کودی ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ کیلوگرم N در هکتار باعث افزایش حجم رسوب SDS در ارقام چهار گانه نسبت به دو سطح ۰ و ۴۵ کیلوگرم در هکتار شده است که سیر صعودی حجم رسوب از سطح کودی ۹۰ به طرف ۱۸۰ کیلوگرم است. این نتایج نشان می‌دهند که میزان پروتئین دانه به عنوان یک فاکتور تحت تاثیر محیط می‌تواند در بهتر ظاهر شدن نقش ژنوتیپ کیفی ارقام موثر باشد که مطابق با نتیجه‌گیری تحقیقات گوپتا و همکاران ۱۹۸۹، روست و همکاران ۱۹۹۲ و کاریلو و همکاران ۱۹۹۰ است. نگاهی به ضرایب همبستگی بین حجم رسوب SDS و سطوح مختلف کود نیتروژنه برای ارقام مختلف به صورت جداگانه به روشن شدن موضوع کمک می‌کند.

اما تفاوت بسیار معنی‌دار بین ارقام برای حجم رسوب SDS بیانگر این موضوع است که بین ارقام، حداقل دو رقم تفاوت بسیار معنی‌داری برای این صفت دارند. مقایسه میانگین‌ها این موضوع را روشن ساخته و همانطوریکه از دسته‌بندی میانگین‌های ارقام پیداست، رقم نیک نژاد با حجم رسوب بالاتری (۵۶/۸۷ ml) در گروه برتر قرار گرفته و پس از آن رقم M-73-4 با میانگین ۴۷/۲۰ میلی‌لیتر در گروه دیگر و دو رقم M-70-4 و مهدوی به ترتیب با میانگین‌های ۳۸/۹۳ و ۳۷/۶۰ میلی‌لیتر در گروه سوم قرار گرفته‌اند. این دسته بندی نشان می‌دهد که کیفیت نانواپی ارقام از نظر ژنتیکی با هم متفاوت بوده و منجر به تفاوت‌های فنوتیپی در آنها شده است. در قسمت امتیازدهی ژنوتیپ ارقام دیده شد که رقم نیک نژاد بهترین ژنوتیپ را داشت و در اینجا نیز با توجه به اینکه حجم رسوب SDS این رقم بیشترین بوده نتیجه‌گیری می‌شود که در شرایط مساعد محیطی، ژنوتیپ کیفی یک رقم خاص از لحاظ پروتئین‌های دانه نقش بسیار موثر و تعیین کننده‌ای در کیفیت آن رقم دارد. بعد از رقم نیک نژاد، رقم M-73-4 حجم رسوب بیشتری از دو رقم مهدوی و M-70-4 داشته که اگر چه امتیاز ژنوتیپ گلوتمین‌های سنگین این رقم با دو رقم مذکور تفاوت

جدول ۲- مقایسه میانگین های صفات مختلف برای ارقام مورد بررسی و سطوح کود نیتروژنه

زمان گسترش خمیر	درصد جذب آب	ارزش والوریمتری	حجم رسوب SDS	درصد پروتئین دانه	ارقام چهارگانه
M-70-4	۱۱/۲۲c	۳۸/۹۳c	۳۱/۰۷c	۶۲/۴۵d	۱/۴۸۳c
نیک نژاد	۱۳/۶۳a	۵۶/۸۷a	۵۰/۱۳a	۶۵/۰۹b	۲/۸۹۳a
مهدوی	۱۲/۸۹b	۳۷/۶۰c	۳۱/۷۳c	۶۳/۴۵c	۱/۵۳۰C
M-73-4	۱۲/۷۰b	۴۷/۲۰b	۴۱/۴۰b	۶۵/۵۳a	۲/۰۸۰B
سطوح کود نیتروژنه (kg/ha N)					
۰	۱۱/۳۹d	۴۲/۷۵c	۳۸/۰۸a	۶۴/۳۳c	۱/۷۸۸b
۴۵	۱۲/۲۴c	۴۴/۰۰bc	۳۸/۳۳a	۶۳/۹۰b	۱/۹۴۶ab
۹۰	۱۳/۰۸ab	۴۵/۲۵abc	۳۸/۲۵a	۶۴/۳۸a	۲/۰۶۷a
۱۳۵	۱۲/۹۷b	۴۶/۵۸ab	۳۹/۳۳a	۶۴/۵۲a	۲/۰۵۴A
۱۸۰	۱۳/۳۸a	۴۷/۱۷a	۳۸/۹۲a	۶۴/۵۳a	۲/۱۲۹a
حجم رسوب زلنی	میزان سختی دانه	درصد بازدهی آرد	درجه سست شدن خمیر	زمان پایداری خمیر	ارقام چهارگانه
M-70-4	۱/۱۶۷c	۱۷۳/۳a	۷۳/۶۰bc	۴۲/۶۷c	۳۰/۴۰c
نیک نژاد	۳/۹۶۷a	۷۸/۶۷c	۷۲/۱۳c	۴۵/۰۰b	۴۴/۶۷a
مهدوی	۱/۳۱۳c	۱۷۹/۷a	۷۴/۴۷b	۴۶/۱۳b	۴۰/۸۷B
M-73-4	۲/۱۰۰b	۱۲۳/۵b	۷۷/۲۷a	۶۱/۴۰a	۴۳/۸۰A
سطوح کود نیتروژنه (kg/ha N)					
۰	۱/۸۴۶b	۱۳۵/۸a	۷۴/۶۷a	۴۷/۵۰b	۳۲/۲۵c
۴۵	۲/۰۷۱ab	۱۴۰/۲a	۷۵/۰۸a	۴۸/۶۷ab	۳۷/۴۲b
۹۰	۲/۱۳۸ab	۱۴۴/۶a	۷۳/۴۲a	۴۸/۶۷ab	۴۲/۱۷a
۱۳۵	۲/۳۰۰a	۱۳۷/۹a	۷۴/۴۲a	۴۹/۸۳a	۴۲/۹۲A
۱۸۰	۲/۳۲۹a	۱۳۵/۴a	۷۴/۲۵a	۴۹/۳۳a	۴۴/۹۲a

مقایسه میانگین ها در هر ستون مستقل بوده و حروف غیر یکسان دارای اختلاف معنی دار حداقل در سطح اجمالی ۵ درصد هستند.

نژاد که ژنوتیپ بهتری داشته عکس العمل به افزایش میزان پروتئین دانه نشان نداد. البته بایستی در نظر گرفت که حداقل میزان پروتئین دانه در این ارقام متفاوت بوده و رقم نیک نژاد با تیمار بدون کاربرد کود نیتروژنه ۱۲/۴ درصد پروتئین در دانه ذخیره کرده که برای بروز پتانسیل کیفی ژنوتیپ آن کافی بوده است، در صورتیکه رقم ضعیف M-70-4 با ژنوتیپ کم امتیازتر

حجم رسوب رقم M-70-4 با ژنوتیپ ضعیف، عکس العمل خوبی نسبت به افزایش میزان پروتئین دانه داشته و ضریب همبستگی این دو صفت برای این رقم $0.70 (P < 0.01)$ بود که موید نتیجه گیری فوق است. همچنین رقم M-73-4 نیز همبستگی $0.53 (P < 0.05)$ برای حجم رسوب SDS و میزان پروتئین دانه نشان داد. ولی حجم رسوب SDS رقم قوی تر نیک

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین صفات درصد پروتئین دانه و سطوح کود نیتروژنه با سایر صفات فنوتیپی مورد بررسی برای ارقام چهار گانه و نیز ارقام نیک نژاد و M-70-4 بعنوان ارقام با قدرت گلوتن خوب و ضعیف

M-70-4 (گلوتن ضعیف)		نیک نژاد (گلوتن خوب)		ارقام چهار گانه مورد بررسی		
سطوح کود نیتروژنه	درصد پروتئین	سطوح کود نیتروژنه	درصد پروتئین	سطوح کود نیتروژنه	درصد پروتئین	
۰/۹۱**	۱/۰۰	۰/۶۵**	۱/۰۰	۰/۵۵**	۱/۰۰	درصد پروتئین دانه
۰/۶۶**	۰/۷۰**	۰/۱۴	-۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۵۹**	حجم رسوب SDS
۰/۵۴*	۰/۴۵	۰/۲۵	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۵۶**	ارزش والوریمتری
۰/۸۱**	۰/۸۹**	۰/۶۳**	۰/۸۳**	۰/۳۰**	۰/۷۰**	درصد جذب آب
۰/۷۰**	۰/۶۶**	۰/۷۱**	۰/۷۱**	۰/۱۸	۰/۶۳**	زمان گسترش خمیر
۰/۷۵**	۰/۷۵**	۰/۱۸	۰/۰۴	۰/۱۴	۰/۶۱**	زمان پایداری خمیر
-۰/۱۵۰	-۰/۴۲	-۰/۲۲	۰/۰۷	-۰/۰۱	-۰/۴۸**	درجه سست شدن خمیر
-۰/۲۸	-۰/۱۱	-۰/۳۴	-۰/۵۲*	-۰/۰۸	-۰/۱۳	میزان بازدهی آرد
۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۰۳	-۰/۲۳	۰/۰۹	۰/۱۸	میزان سختی دانه
۰/۹۲**	۰/۹۶**	۰/۶۷**	۰/۸۰**	۰/۵۵**	۰/۹۱**	حجم رسوب زلنی

* و **: بترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

اینجا نیز مطلوب بودن ژنوتیپ ارقام نیک نژاد و M-73-4 نسبت به دو رقم دیگر (مهدوی و M-70-4) باعث شده تا فنوتیپ این صفت با تبعیت از ژنوتیپ شکل گیرد و تایید کننده این موضوع باشد که ژنتیک یک رقم نقش بسیار موثر و کلیدی در فنوتیپ صفات کیفی آن دارد.

برای صفت ارزش والوریمتری مقایسه سطوح کود ازته به عنوان شاخص‌هایی از درصد پروتئین ارقام نشان داد که برای این صفت همه سطوح کود نیتروژنه در یک گروه قرار گرفته و تفاوتی با هم نداشتند. علت این موضوع شاید اینگونه قابل تفسیر باشد که خود آزمایش فارینوگراف ماهیتی دارد که ممکن است نتواند اختلاف جزئی کیفی بین ارقام را در درصد پروتئین‌های متفاوت تفکیک کند و از طرفی شاید مدت زمان نگهداری و انبار کردن نمونه‌های گندم برای فراهم آوردن امکان اکسید شدن رادیکالهای آزاد SH به پیوندهای دی سولفید که باعث تقویت قدرت گلوتن می‌شوند، کوتاه بوده و به حد لازم نرسیده است که این موضوع خود جای تحقیق دارد. با همه این تفاسیر رقم M-70-4 که رقم ضعیفی است، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفت ارزش والوریمتری و سطوح مختلف کود نیتروژنه نشان داده ($r=0/54, P<0/05$) که تایید کننده این نتیجه‌گیری است که ارقام ضعیف عکس‌العمل بهتری به افزایش

بدون استعمال کود نیتروژنه ۹/۸ درصد پروتئین ذخیره کرده و افزایش میزان پروتئین از ۹/۸ به ۱۲/۲ باعث شده تا نقش ژنوتیپ آن بهتر بروز کرده و پتانسیل کیفی خود را در میزان پروتئین‌های بالاتر دانه نشان دهد طوری که حجم رسوب آن از ۳۳ برای میزان پروتئین دانه ۹/۸ به ۴۲ برای میزان پروتئین ۱۲/۲ رسیده است. حجم رسوب رقم M-73-4 نیز با ژنوتیپی ضعیف‌تر از نیک نژاد از ۴۴ با درصد پروتئین دانه ۱۱/۶ به ۴۹ میلی‌لیتر در میزان پروتئین دانه ۱۳/۴ رسیده است که موید نتایج فوق است.

ب- ارزش والوریمتری

برای صفت ارزش والوریمتری طبق جدول تجزیه واریانس تنها منبع تغییر ارقام معنی‌دار شد که بیانگر آنست که ارقام از لحاظ ژنتیکی دارای پتانسیل کیفی متفاوت هستند و حداقل دو رقم دارای ارزش والوریمتری متفاوتی هستند.

با توجه به مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که همانند صفت حجم رسوب SDS، رقم نیک نژاد با میانگین ۵۰/۱۳ برترین رقم بوده است. بعد از آن رقم M-73-4 با میانگین ۴۱/۴۰ در رتبه دوم قرار گرفت. دو رقم مهدوی و M-70-4 به ترتیب با میانگین‌های ۳۱/۷۳ و ۳۱/۰۷ در گروه دیگر قرار گرفتند. این نتیجه‌گیری دقیقاً همانند صفت حجم رسوب SDS است. در

د - مدت زمان گسترش و پایداری خمیر

دو صفت مدت زمان گسترش و پایداری خمیر رفتار مشابهی داشته و در ارقامی که قوی یا ضعیف باشند، این دو صفت تغییرات هم سو و هماهنگ دارند. به عبارتی ارقام قوی که مدت زمان گسترش خمیر آنها زیاد باشد، مدت زمان پایداری خمیر آنها نیز بیشتر و طولانی تر است. با توجه به جداول تجزیه واریانس برای این دو صفت، ارقام مورد بررسی همانند صفات کیفی قبل دارای تفاوت معنی دار بوده و مقایسه میانگین های واریته ها با هم نشان داد که از لحاظ ژنتیکی این ارقام مدت زمان گسترش و پایداری خمیر متفاوتی از هم دارند. در مورد، این دو صفت نیز همچنان به ترتیب ارقام نیک نژاد و M-73-4 قوی تر بوده و هر کدام در یک گروه قرار گرفتند و دو رقم مهدوی و M-70-4 هر دو در گروه سوم قرار گرفتند. صفات مدت زمان گسترش و پایداری خمیر شاخص های مطلوبی از قدرت گلوتن هستند.

مقایسه سطوح مختلف کود نیتروژنه نشان داد که استعمال کود نیتروژنه حداقل به میزان ۹۰ کیلوگرم N در هکتار توانسته مدت زمان گسترش خمیر را نسبت به حالت عدم استعمال کود که درصد پروتئین پایین بوده، ارتقا دهد. ضرایب همبستگی بین درصد پروتئین دانه و مدت زمان تکامل خمیر برای ارقام نیک نژاد ($r=0.71, P<0.05$) و M-70-4 ($r=0.66, P<0.01$) نشان دهنده تغییرات هم سو و نشان دهنده هماهنگی این صفات با هم هستند.

در کل یک رقم با ارزش والوریمتری بالا با حجم رسوب SDS بالا، مدت زمان گسترش و پایداری خمیر بیشتری نیز نشان می دهد زیرا این صفات همه نشان دهنده قدرت گلوتن بوده و اندازه گیری همه این صفات برای یک رقم گندم، یک نوع تکرار اندازه گیری قدرت گلوتن است.

ه - درجه سست شدن خمیر

این صفت نیز که یکی از اجزای فارینو گراف است با علامت منفی و در جهت معکوس با صفات ارزش والوریمتری و مدت زمان گسترش و پایداری خمیر تغییر می کند. جدول تجزیه واریانس برای این صفت نشان داد که حداقل دو واریته از ارقام مورد بررسی دارای اختلاف معنی دار برای این صفت هستند و مقایسه میانگین های ارقام این موضوع را روشن ساخته است که

میزان پروتئین دانه نشان داده و ژنوتیپ آنها در درصد پروتئین های بالاتر، نقش بالقوه خود را بروز می دهد.

ج - درصد جذب آب

برای این صفت جدول تجزیه واریانس نشان دهنده معنی دار شدن واریته و سطوح کود نیتروژنه است. با توجه به اینکه اعمال سطوح مختلف کود نیتروژنه بخوبی توانسته است میزان پروتئین دانه را در ارقام مورد بررسی افزایش دهد، طبیعی است که با افزایش میزان پروتئین دانه میزان گلوتن خمیر حاصل از آرد آن نیز افزایش یابد و بالطبع درصد جذب آب ارقام نیز تحت تاثیر قرار گیرد، زیرا میزان جذب آب خمیر خود تابعی از میزان گلوتن در واحد حجم خمیر نیز است. اما نتیجه گیری اینست که هم خود ارقام دارای پتانسیل متفاوتی برای جذب آب خمیر هستند و هم سطوح مختلف کود نیتروژنه با تغییر میزان پروتئین در دانه باعث تغییر در میزان جذب آب هر رقم شده اند. در دسته بندی میانگین های ارقام هر رقم در یک گروه قرار گرفته که به ترتیب M-73-4 با میانگین ۶۵/۵۳ درصد، نیک نژاد با ۶۵/۰۹ درصد، رقم مهدوی با ۶۳/۴۵ درصد و رقم M-70-4 با میانگین ۶۲/۴۵ درصد جذب آب قرار گرفته اند.

نکته جالب اینست که در بررسی های زیادی مشخص شده که سختی دانه باعث افزایش درصد جذب آب خمیر می گردد، زیرا در آسیاب کردن خسارت دیدن ناشسته بیشتر بوده و گرانولهای صدمه دیده زیادترند و آب بیشتری جذب می کنند که این وضعیت را رقم M-73-4 نشان داده چون این رقم بیشترین مقدار سختی دانه را داشته است.

در مقایسه میانگین های سطوح مختلف کود ازته، به عنوان شاخص هایی از درصد پروتئین دانه مشخص شد که سه سطح برنر کود نیتروژنه یعنی ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ کیلوگرم N در هکتار در یک گروه بیشترین مقدار جذب آب را داشته اند و دو سطح ۴۵ کیلوگرم و عدم کاربرد کود نیتروژنه به ترتیب در دو گروه دوم و سوم قرار گرفته اند. همبستگی های معنی دار ارقام بین درصد پروتئین دانه و مقدار جذب آب خمیر بیانگر تاثیر پذیری مقدار جذب آب از میزان پروتئین دانه در ژنوتیپ های مختلف است که مطابق با نتایج (۲۱) است. این موضوع در عمل آوری و نانوائی گندم اهمیت دارد که آرد یک رقم گندم با درصد جذب آب بیشتر در واحد حجم خمیر، نان بیشتری بدست می دهد.

بعد از آن دو رقم مهدوی و نیک نژاد با میانگین‌های ۴۶/۱ و ۴۵ قرار گرفتند و در نهایت رقم M-70-4 با میانگین ۴۲/۷ نرمترین بافت اندوسپرم را داشت. در کل سه رقم مهدوی، نیک نژاد و M-70-4 در دسته گندمهای نرم قرار می‌گیرند. این صفت بیشتر تحت تاثیر ژنوتیپ رقم بوده و بهمین دلیل به عنوان یک مشخصه پایدار در شناسنامه گندمهای تجارتي ذکر می‌شود. در مقایسه میانگین‌های سطوح کود نیتروژنه، تیمارهای ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ کیلوگرم N در هکتار در یک گروه برتر قرار گرفتند که بیانگر این موضوع است که با حداقل مساعدت محیط (در اینجا از لحاظ عنصر غذایی نیتروژن) این صفت ژنتیکی اثر کامل خود را بروز می‌دهد. معنی دار شدن اثر متقابل بدین دلیل است که در ارقامی که سختی دانه بالایی دارند، در میزانهای متفاوت پروتئین دانه ممکن است این صفت کمی تغییر کند. در اینجا در مورد رقم M-73-4 سختی دانه از ۵۸ با درصد پروتئین ۱۱/۶ به ۶۲ با درصد پروتئین ۱۳/۴ رسیده است و ضریب همبستگی مثبت و معنی دار این رقم برای درصد پروتئین و سختی دانه ($r=0/51, P<0/05$) موید این است که احتمالاً در دانه‌های سخت، درصد پروتئین دانه در میزان سختی دانه موثر است در صورتی که برای دانه‌های نرم بافت این حساسیت و تاثیرپذیری وجود نداشت.

ح- حجم رسوب زلنی

برای صفت حجم رسوب زلنی عوامل تکرار، وارسته و سطوح کود نیتروژنه بسیار معنی دار شدند. معنی دار شدن منبع تغییر تکرار نشان دهنده تغییرات بین تکرارها و کارایی طرح بلوک برای تفکیک این غیر یکنواختی از اشتباه آزمایش است. مقایسه ارقام برای صفت حجم رسوب زلنی نشان داد که ارقام قوی‌تر حجم رسوب بالاتری دارند که در اینجا بترتیب ارقام نیک نژاد و M-73-4 در گروه اول، رقم مهدوی در گروه دوم و رقم M-70-4 در گروه سوم قرار گرفتند. معمولاً ارقامی که قدرت گلوتن بالایی دارند، حجم رسوب آنها نیز بالا است. اما در بسیاری از مطالعات مشخص شده که حجم رسوب زلنی تبعیت شدیدی از میزان پروتئین دانه دارد (۲). در اینجا نیز مقایسه میانگین حجم رسوب زلنی برای سطوح مختلف کود نیتروژنه به عنوان شاخص درصدهای متفاوت پروتئین دانه ارقام نشان داد که سه سطح ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ کیلوگرم N در هکتار، بیشترین حجم رسوب را

مطابق آن رقم مهدوی با میانگین ۱۷۹/۷ واحد فارینوگراف بیشترین درجه سست شدن خمیر را داشته و رقم M-70-4 بعد از آن در همان گروه قرار گرفته است. این دو رقم برای اکثر صفات در یک گروه ضعیف قرار گرفتند که در اینجا نیز درجه سست شدن خمیر بیشتری نشان دادند. بعد از این دو رقم بترتیب ارقام M-73-4 با میانگین ۱۲۳/۵ و رقم نیک نژاد با میانگین ۷۸/۶۷ واحد فارینوگراف قرار گرفتند. رقم نیک نژاد که قوی‌ترین این چهار وارسته بود، کمترین درجه سست شدن خمیر را نشان داده که با نتایج قبل مطابق است.

برای صفت درجه سست شدن خمیر، افزایش میزان پروتئین دانه (در اثر استعمال کود نیتروژنه بیشتر) تاثیر نداشته است و منبع تغییر کود از ته برای این صفت معنی دار نشده است.

و- درصد بازدهی آرد

برای صفت درصد بازدهی آرد فقط عامل وارسته در جدول تجزیه واریانس معنی دار شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم M-73-4 با میانگین بیشتر در گروه اول قرار گرفت. دلیل برتری این رقم سختی دانه آن است که همانطوریکه در قبل در مورد صفت جذب آب نیز اشاره شد، ارقامی که دارای سختی دانه بالا باشند اولاً بدلیل بهتر جدا شدن نشاسته از پوست دانه، بازدهی آرد بیشتری دارند و ثانیاً بدلیل خسارت دیدن بیشتر گرانولهای نشاسته در زمان آرد کردن، میزان جذب آب بیشتری دارند. سه رقم دیگر تقریباً بازدهی آردی در حدود هم داشتند اگر چه رقم مهدوی و M-70-4 میانگین‌های بیشتر از نیک نژاد داشتند. افزایش پروتئین دانه در اثر اعمال سطوح کود از ته تاثیری روی بازدهی آرد ارقام نداشت. صفت بازدهی آرد در بهره‌وری تولید گندم اهمیت داشته و بهتر است ارقام گندمی که برای تبدیل به نان اصلاح و معرفی می‌گردند، سختی دانه‌ای در حدود ۶۰ تا ۶۵ داشته باشند. به طور کلی گندم‌های با بافت اندوسپرم سخت برای تبدیل شدن به نان امتیازات بیشتری دارند.

ز- سختی دانه

برای صفت سختی دانه F مربوط به وارسته بسیار معنی دار و از آن سطوح کود از ته و اثر متقابل وارسته \times کود نیتروژنه معنی دار شدند. مقایسه میانگین‌های ارقام نشان داد که رقم M-73-4 با سختی دانه ۶۱/۴ سخت‌ترین بافت اندوسپرم را داشت و

آنها محسوس نخواهد بود، در حالیکه ارقام ضعیف با آندرت گلوتن کمتر حداکثر پتانسیل ژنتیکی خود را برای خصوصیات کیفی در میزانهای پروتئین بالاتر از ۱۲ نشان می‌دهند و با افزایش پروتئین از ۱۲ به بالا عکس‌العمل خوبی نشان داده و خصوصیات کیفی آنها بهتر می‌شود. در این ارقام ممکن است که میزان پروتئین ۱۳ درصد برای بروز کیفیت بالقوه آنها مناسب باشد. در این آزمایش ارقام نیک نژاد و M-70-4 به ترتیب به عنوان ارقام قوی و ضعیف نشان دهنده این وضعیت بودند.

در این رابطه که آیا می‌توان وقتی درصد پروتئین دانه یک رقم زیر ۱۰ درصد است با روشهایی که فقط فنوتیپ صفات کیفی را اندازه می‌گیرند، در مورد کیفیت یک رقم قضاوت کرد یا نه؟ بایستی خاطر نشان ساخت که اینکار اغوا کننده بوده و بهتر است قضاوتی صورت نگیرد، مگر با استفاده از روشهایی که از ژنوتیپ رقم اطلاع بدست می‌دهند، مانند الکتروفورز برای تعیین ژنوتیپ گلوتهین‌های سنگین و سبک که حتی اگر میزان پروتئین دانه بسیار کم باشد، ژنتیک کیفی یک رقم خاص را تا حدودی نشان می‌دهند.

سپاسگزاری

این مقاله از طرح تحقیقاتی شماره ۷۵۰۱۰ اجرا ننده در مرکز تحقیقات کشاورزی کرمانشاه استخراج شده که بدینوسیله از کلیه اشخاص که در اجرای طرح همکاری نموده‌اند، تقدیر می‌گردد. از آزمایشگاه تکنولوژی و شیمی غلات بخش تحقیقات غلات بخاطر همکاری در انجام برخی ارزیابی‌ها سپاسگزاری می‌شود.

ایجاد کردند و بعد از این گروه سطح ۴۵ کیلوگرم در هکتار در گروه دوم قرار گرفت و در نهایت تیمار عدم استعمال کود نیتروژنه پایین‌ترین حجم رسوب زلنی را باعث شده است. ضرایب همبستگی بسیار معنی‌دار و مثبت حجم رسوب زلنی با درصد پروتئین ارقام تایید کننده این نتایج است.

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که میزان ذخیره پروتئین در دانه یک رقم خاص گندم اگر چه تابع پتانسیل ژنتیکی است ولی بشدت توسط محیط تحت تاثیر قرار می‌گیرد و پتانسیل بالقوه ژنتیکی یک رقم برای ذخیره‌سازی پروتئین وقتی به طور کامل بروز می‌کند که محیط کاملاً مساعد بوده و عنصر اساسی نیتروژن به صورت قابل جذب در دسترس گیاه باشد. در این آزمایش مشخص شد که استعمال حدوداً ۱۳۵-۹۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و آنها هم به صورت تقسیم شده، حداقل در سه قسط می‌تواند باعث بروز پتانسیل ژنتیکی ارقام گندم آبی برای ذخیره پروتئین دانه به نحو مطلوب شود. ضمن اینکه کاربرد این روش باعث افزایش عملکرد دانه نیز می‌شود.

در رابطه با عکس‌العمل خصوصیات کیفی و نحوه بروز آنها در میزانهای متفاوت پروتئین دانه بایستی ذکر کرد که این عکس‌العمل در ارقام مختلف که ژنوتیپ‌های مختلف برای گلوتهین‌های سنگین دارند، متفاوت است. بدین گونه که احتمالاً ارقام قوی که قدرت گلوتن بالایی دارند و ژنوتیپ آنها برای گلوتهین‌های سنگین دارای امتیاز بالایی هستند، پتانسیل ژنتیکی خود را در میزانهای متوسط پروتئین حدود ۱۲ درصد بروز می‌دهند و با افزایش پروتئین از ۱۲ درصد بالا عکس‌العمل

REFERENCES

مراجع مورد استفاده

۱. رجب زاده، ن. ۱۳۶۸. تکنولوژی غلات. مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ۴۴۸ صفحه.
۲. نجفیان، گ. ۱۳۷۳. تعیین رابطه زیرواحدهای گلوتهین دارای وزن مولکولی بالا با کیفیت نانوائی گندمهای نان کشت شده در ایران از طریق تکنیک الکتروفورز. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
۳. نجفیان، گ. و س، عبد میسانی. ۱۳۷۴. رابطه بین گلوتهین‌های دارای وزن مولکولی زیاد با کیفیت نانوائی گندمهای کشت شده در ایران. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۲۶، شماره (۲): ۴۰-۳۱.

5. Campbell, W. P., C. W. Wrigley, P. J. Cressey, and C. R. Slack. 1987. Statistical correlations between quality attributes and grain protein composition for 71 hexaploid wheats used as breeding parents. *Cereal Chem.* 64(4): 293-299.
6. Carillo, J. M., M. Rousset, C. O. Qualset, and D. D. Kasarda. 1990. Use of recombinant inbred lines of wheat for study of associations of high molecular weight glutenin subunit alleles to quantitative traits. I – Grain yield and quality prediction tests. *Theor. Appl. Genet.* 79: 321-330.
7. Cressey, P. J., W. P. Campbell, C. W. Wrigley, and W. B. Griffin. 1987. Statistical correlations between quality attributes and grain protein composition for 60 advanced lines of crossbred wheat. *Cereal Chem.* 64(4): 299-301.
8. Finney, K. F. 1943. Fractionating and reconstituting techniques as tools in wheat flour research. *Cereal Chem.* 20: 381.
9. Fullington, J. G., E. W. Cole, and D. D. Kasarda. 1983. Quantitative SDS-PAGE of total proteins from different wheat varieties: effects of protein content. *Cereal Chem.* 60: 65-70.
10. Gupta, R. B., N. K. Singh, and K. W. Shepherd. 1989. The cumulative effect of allelic variation in LMW and HMW glutening subunits on dough properties in the progeny of two bread wheats. *Theor. Appl. Genet.* 77:57-64.
11. Hosene, R. C. 1986. Principles of cereal science and technology. AACC. Inc. Minnesota, USA. 327 pp.
12. Kolster, P., F. A. Van Eeuwijk, and W. M. J. Van Gelder. 1991. Additive and epistatic effects of allelic variation at high molecular weight glutenin subunit loci in determining the bread making quality of breeding lines of wheat. *Euphytica* 55: 277-285.
13. Mansur, L. M., C. O. Qualset, D. D. Kasarda, and R. Morris. 1990. Effect of “Cheynne” chromosomes on milling and baking quality in Chinese spring wheat in relation to glutenin and gliadin storage proteins. *Crop Sci*: 30: 593-602.
14. Osborne, T. B. 1907. The proteins of wheat kernel. Cargenie Inst. Washington, Publ. No.84.
15. Payne, P. I., K. G. Corfield, L. M. Holt, and J. A. Blackman. 1981. Correlations between inheritance of certain high molecular weight subunits of glutenin and bread making quality in progenies of six crosses of bread wheat. *J. Sci. Food Agri.* 32: 51-60.
16. Payne, P. I., and G. J. Lawrence. 1983. Catalogue of alleles for the complex gene loci, Glu-A1, Glu-B1 and Glu-D1 which code for high molecular weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. *Cereal Research Communications* 11(1): 29-35.
17. Payne, P. I., L. M. Holt, R. D. Thompson, D. Bartlett, N. P. Harberd, P. A. Harris, and C. N. Law. 1983. The high molecular weight subunits of glutenin: classical genetics, molecular genetics and the relationship to bread making quality. pp 827-834 in: *Proc. Of 6th Int. Wheat genet. Symp., Kyoto, Japan.*
18. Payne, P. I., L. M. Holt, E. A. Jackson, and C. N. Law. 1984. Wheat storage proteins: Their genetics and their potential for manipulation by plant breeding. *Philos. Trans. R. Soc. London ser B*, 304: 359-371.
19. Quick, J. S., and B. J. Donnelly. 1980. A rapid test for estimating durum wheat gluten quality. *Crop Sci.* 20: 816-818.
20. Rogers, W. J., J. M. Rickatson, E. J. Sayers, and C. N. Law. 1990. Dosage effect of chromosomes of homoeologous groups 1 and 6 upon bread making quality in hexaploid wheat. *Theor. Appl. Genet.* 80: 281-287.
21. Rousset, M., J. M. Carrillo, C. O. Qualset and D. D. Kasarda. 1992. Use of recombinant inbred lines of wheat for study of association of high-molecular-weight glutening subunit alleles to quantitative traits. *Theor. Appl. Genet.* 83: 403-412.
22. Schofield, J. D., and M. R. Booth. 1983. Wheat proteins and their technological significance. In B. J. F. Hudson, (ed). *Developments in food proteins. Vol.2, Applied Science Publishers, London.*
23. Wall, J. S. 1979. The role of wheat proteins in determining baking quality. Pp 275-311. In: Lidman, D. L. and R. G. Wynjones, (eds.) *Recent advances in the biochemistry of cereals. Academic Press, London.*

Investigation of the Effects of Kernel Protein Content on Expression of Quality Attributes in Four Cultivars of Bread Wheat as Related to Their HMW Glutenin Subunits

G. NAJAFIAN

**Member of Scientific Board, Agricultural Research
Centre of Kermanshah, Iran.**

Accepted Jan. 10, 2001

SUMMARY

In order to investigate the phenotypic performance for quality characteristics of bread wheat in relation to kernel protein content and the effects of this environmental affected trait on expression of genotypic effects of bread wheat cultivars for high molecular weight glutenin subunits (HMWG) this study was conducted. To obtain different levels of kernel protein content in four cultivars of wheat, 5 levels of nitrogen fertilizer (0, 45, 90, 135 and 180 kg/ha N) were applied in a factorial experiment (4x5) within a RCBD of 3 replications. The HMWG genotypes of the cultivars were determined by SDS-PAGE. The quality characters: protein content, Farinographic components (Water absorption, dough development and stability duration, dough weakening rate and Valorimetry value), Zeleny and SDS sedimentation volume and finally kernel hardness were determined for investigated cultivars. Then using ANOVA and mean comparison as well as correlation analyses, follow up of characters as the phenotypic factors of protein content and the HMWG genotypes of the cultivars were assayed. Results indicated that by applying of different levels of Nitrogen, in two to three times in the stages of tillering to kernel development, the mean protein content increased from 11.4 to 13.4%. Investigation of phenotypic performance of quality characters in different genotypes for HMWG subunits (the good and poor genotypes according to genome score for gluten strength and bread making quality) in different levels of protein content showed that the response of quality characters will be different in different varieties. In this study Niknejad as a good quality cultivar holding alleles encoding subunits 2* and 5+10 for Glu-A1 and Glu-D1 respectively showed less response to increase in protein content over 12% and its potential for gluten strength was expressed in this amount of protein content, while M-70-4 as a poor cultivar for gluten strength and genome score, showed a good response to increasing of protein content and its quality characteristics like SDS sedimentation volume, Valorimetry value and dough development time got better. Finally it appears that the cultivars with poor gluten strength express their genotypic potential for bread making quality in protein content of over 12% and approximately 13%, while the cultivars with good strength of gluten appear to express their genotypic potential for quality in approximately 12% protein content.

Key words: Bread wheat, Quality characteristics, Kernel protein content , HMW glutenins.

