وراثت‌پذیری و ارتباط بین صفات مرتبط با کیفیت دانه گندم دوروم با استفاده از یک جمعیت لاین‌های خالص نوترکیب

مصطفی خزائی، علی تدین* و سعداله هوشمند[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۴/۱۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۶/۸)

چکیده

ویژگی‌های مرتبط با کیفیت دانه نقش مهمی در تولید گندم دوروم ایفا می‌کنند. به‌منظور برآورد وراثت‌پذیری میزان پروتئین، سمولینا، عدد زلنی، سختی دانه، حجم رسوب SDS، میزان گلوتن تر و خشک و شاخص گلوتن و هم‌چنین ارتباط بین آنها در گندم دوروم، یک جمعیت لاین‌های خالص نوترکیب شامل ۹۴ لاین (F_{10})، دو والد (Navigator Ac. و G9580B-FE1C) و چهار رقم (دیپر، پریون و PI10235 و توده محلی اجر) به‌عنوان شاهد در یک طرح لاتیس سه‌گانه در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که توزیع فراوانی برای شاخص گلوتن، تقریباً دونمایی و برای سایر صفات، نرمال بود، که به‌ترتیب حاکی از کنترل دوژنی و توارث کمی این صفات در جمعیت مذکور می‌باشد. تفکیک متجاوز برای اغلب صفات مشاهده گردید. وراثت‌پذیری میزان پروتئین، سختی دانه، حجم رسوب SDS و میزان سمولینا دارای مقدار کم در دامنه ۱۱/۴ تا ۲۴/۷ درصد، برای گلوتن تر و خشک و عدد زلنی دارای مقادیر متوسط به‌ترتیب به‌میزان ۴۵، ۳۶/۲ و ۳۷/۱ درصد و برای شاخص گلوتن دارای مقدار زیاد (۷۶/۶ درصد) بود. ضریب همبستگی ژنتیکی میزان پروتئین با عدد زلنی، r=۰/۹۸ بود که حاکی از مناسب بودن این صفت برای سنجش میزان پروتئین است. نتایج تجزیه ضرایب مسیر برای مقدار سمولینا، به‌عنوان مهم‌ترین ویژگی در تولید پاستا، بر مبنای ضرایب همبستگی ژنتیکی نشان داد که عدد زلنی با بیشترین اثر مستقیم و میزان پروتئین با بیشترین اثر مثبت، در توجیه این صفت از اهمیت زیادی برخوردارند.

واژه‌های کلیدی: حجم رسوب، گلوتن، سمولینا، کشاورزی ارگانیک

۱.گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: tadayyon.sku@gmail.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-06-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.10.3]

مقدمه

گندم دوروم (*Triticum turgidum* L. subsp. durum Desf.) با ژنوم AABB (2n = 4x = 28) حدود ۶-۸ درصد تولید جهانی گندم را به خود اختصاص داده و به‌دلیل ویژگی‌های کیفی خاص به‌عنوان یک محصول غذایی با اهمیت در تولید محصولات پاستا، ماکارونی دولایه، تک‌لایه، بلغور و سایر محصولات خمیری استفاده می‌شود (۹). کیفیت در گندم دوروم به خصوصیات زیادی از دانه و هم‌چنین به موارد استفاده آن بستگی دارد. اکثر این خصوصیات اگرچه ارثی هستند ولی در عین حال تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرند (۵ و ۴۳).

روند رو به رشد کشاورزی ارگانیک، مصرف تولیدات غذایی سالم، سازگاری بیشتر گندم دوروم به شرایط نامناسب محیطی در مقایسه با گندم نان و پتانسیل آن برای تولید مواد غذایی سالم و با کیفیت، این گیاه را بیش از پیش مورد توجه قرار داده است. طبق بررسی‌های انجام شده، از مهم‌ترین خصوصیات کیفی در گندم دوروم می‌توان عوامل پروتئین، سختی دانه، عدد آزمون زلنی، حجم رسوب SDS (Sodium dodecyl sulphate)، میزان یا شاخص گلوتن و میزان سمولینا را نام برد (۱۳ و ۱۵). اکرم و همکاران (۲) نقش اثرهای افزایشی در کنترل میزان پروتئین را مهم دانسته‌اند و بارنارد و همکاران (۷) نیز با انجام طرح دای‌آلل، میزان وراثت‌پذیری خصوصی پروتئین دانه گندم نان را ۲۹٪ و میزان وراثت‌پذیری عمومی آن را ۵۷٪ گزارش نمودند. در حالی‌که یاگدی و همکاران (۵۰) میزان وراثت‌پذیری پروتئین را در گندم دوروم ۲/۸ درصد گزارش نمودند. به‌عقیده کمبل و همکاران (۱۱) سختی‌دانه عاملی کلیدی برای طبقه‌بندی گندم و کیفیت محصولات می‌باشد. در این زمینه، چسبندگی بین گرانول‌های نشاسته و پروتئین احاطه‌کننده مهم‌ترین تفاوت فیزیکی بین اندوسپرم گندم‌های سخت و نرم را ایجاد می‌نمایند. تحقیقات گلن و همکاران (۲۱) و نیز استنورت و کینگزوود (۴۵) نشان داد که سختی در گندم به‌مقدار زیادی توسط عوامل ژنتیکی کنترل می‌شود؛ ولی می‌تواند تحت تأثیر محیط و سایر عوامل مانند رطوبت، چربی و میزان پنتوزها (Pentose) نیز قرار گیرد. هم‌چنین، دلویچی (۱۴) معتقد است که سختی دانه صفتی ژنتیکی است، ولی بروزش به‌مقدار زیاد تحت تأثیر شرایط غالب محیطی طی پرشدن دانه و شرایط قبل از آسیاب‌کردن قرار می‌گیرد. حجم رسوب SDS که به‌عنوان یکی دیگر از ویژگی‌های مناسب برای اهداف غربال‌گری در برنامه‌های اصلاحی و نیز برای سنجش سریع کیفیت در صنایع مرتبط با گندم دوروم مطرح است (۱۲) به‌طور آشکاری تحت تأثیر میزان پروتئین قرار می‌گیرد. بارنارد و همکاران (۷) میزان وراثت‌پذیری عمومی SDS گندم را ۱۲٪ گزارش نموده‌اند. موتزو و همکاران (۳۶) بیان کرده‌اند که افزایش شاخص گلوتن باعث پیشرفت در کیفیت پروتئین ماکارونی‌های تولیدی از ژنوتیپ‌های جدید در مقایسه با واریته‌های قدیمی می‌شود. اکرم و همکاران (۲) با استفاده از طرح ژنتیکی دای‌آللی در گندم دوروم، محتوی گلوتن را تحت کنترل اثر غیرافزایشی ژن‌ها گزارش نمودند. یاگدی و همکاران (۵۰) با مطالعه یک جمعیت گندم دوروم، میزان وراثت‌پذیری خصوصی گلوتن را ۲۵/۸۲ درصد گزارش نمودند.

لاین‌های خالص نوترکیب، جوامع ژنتیکی هستند که در گیاهان خودگشن از جمله گندم، به‌طور معمول از طریق روش بالک تک‌بذری، از گیاهان F_2، حاصل از تلاقی دو لاین خالص به‌دست می‌آیند. در این روش با برداشت یک بذر از هر بوته و کشت آن در نسل بعد، نهایتاً در نسل‌های پیشرفته همچون F_8 تا F_{10} لاین‌های خالص نوترکیب به‌دست می‌آیند (۳۷). از این لاین‌ها، علاوه بر استفاده برای معرفی ارقام جدید، در برآورد پارامترهای ژنتیکی و نیز مکان‌یابی ژن‌های مرتبط با صفات کمی نیز استفاده می‌شود (۶ و ۳۲).

برآورد همبستگی‌های ژنوتیپی و فنوتیپی بین صفات مختلف گیاهان زراعی زمانی که انتخاب براساس دو یا تعداد بیشتری صفت و به‌طور همزمان بر مبنای شاخص انتخاب صورت می‌گیرد، حائز اهمیت است (۲۵). یاگدی و همکاران (۵۰) با مطالعه روی لاین‌های پیشرفته ژنتیکی گندم دوروم، میزان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-06-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.10.3]

همبستگی محتوای پروتئین با وزن حجمی و حجم رسوب SDS را زیاد و همبستگی پروتئین با محتوای گلوتن را متوسط و معنی‌دار گزارش نمودند. اولوآ (۳۸) نشان داد که برای گندم‌های دوروم با سختی یکسان، تنوع بین واریته‌ها از نظر کیفیت پروتئین برای تهیه نان، اغلب به تنوع محتوی گلوتنین در پروتئین نان بستگی دارد. شاهین‌نیا (۴۳) با بررسی ۱۴۵ ژنوتیپ گندم نان، همبستگی بین سختی‌دانه و عدد زلنی، بین سختی دانه و SDS، بین سختی دانه و پروتئین به‌ترتیب با ضرایب همبستگی ۰/۰۵، ۰/۰۹- و ۰/۰۲ را ضعیف گزارش نمود؛ اما همبستگی بین پروتئین و SDS را قوی (**۰/۷=r) گزارش نموده است.

از تجزیه و تحلیل ضرایب مسیر به‌منظور تفکیک ضرایب همبستگی و شناسایی سهم اثرهای مستقیم و غیرمستقیم صفات بر متغیر تابع استفاده می‌گردد (۱۹ و ۳۵). بسیاری از صفات به‌واسطه ارتباط متقابل مثبت یا منفی با سایر صفات همبستگی دارند. در ماتریس ضرایب همبستگی، با افزایش تعداد متغیرها، ارتباطات غیرمستقیم پیچیده می‌شوند. در این موارد، تجزیه و تحلیل ضرایب مسیر، روش مناسبی برای بررسی دلایل ایجادکننده یک همبستگی معین و بررسی سهم هر عامل در محصول نهایی است.

شناخت ایران به‌عنوان یکی از مراکز پیدایش گندم دوروم، همین‌طور وجود شرایط آب و هوایی نسبتاً مطلوب برای رشد این محصول در بسیاری از نقاط آن و نیاز روزافزون به این ماده غذایی در کشور، امکان تولید موفق این محصول را در سطح وسیعی میسر می‌سازد (۱۷). با توجه به اهمیت گندم به‌عنوان محصولی استراتژیک در کشور، این تحقیق با اهداف ارزیابی لاین‌های خالص (از نظر ژنتیکی) نوترکیب گندم دوروم در شرایط شهرکرد، برآورد قابلیت توارث صفات مرتبط با کیفیت دانه و خصوصیات مرتبط با آن و تعیین ارتباط فنوتیپی و ژنتیکی بین صفات مورد مطالعه، انجام شده است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از یک جمعیت گندم دوروم شامل ۹۴ لاین خالص نوترکیب (F_{10})، حاصل از تلاقی رقم AC Navigator و لاین G9580B-FE1C با منشأ کانادا به همراه والدین و ۴ رقم شاهد شامل دیپر، پریون، PI10235 و توده محلی اجر در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد، واقع در غرب شهرکرد، با طول جغرافیایی ´۲۱ °۳۲ شمالی و ارتفاع ´۴۹ °۵۰ شرقی، عرض جغرافیایی ۲۱۲۵ متر از سطح دریا مورد ارزیابی قرار گرفتند. بافت خاک مزرعه لوم رسی (شن ۲۵٪، سیلت ۳۵٪ و رس ۴۰٪)، pH خاک ۷/۷۵ و EC آن ۰/۶۹۰ دسی‌زیمنس بر متر بود. ارزیابی لاین‌ها با اجرای یک آزمایش با طرح لاتیس سه‌گانه ۱۰×۱۰ در سه تکرار صورت گرفت. هر واحد آزمایشی شامل شش ردیف به‌طول دو متر در نظر گرفته شد. فاصله بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها در روی ردیف‌ها ۲/۵ سانتی‌متر منظور گردید. اندازه‌گیری‌ها در هر واحد آزمایشی روی نمونه‌های برداشت شده از دو ردیف وسط و با احتساب ۱۰ سانتی‌متر از اول و انتهای هر خط به‌عنوان حاشیه صورت پذیرفت.

خصوصیات کیفی مورد بررسی شامل میزان پروتئین، عدد زلنی، سختی دانه، حجم رسوب SDS، میزان گلوتن تر و خشک، شاخص گلوتن و میزان سمولینا بود. برای اندازه‌گیری میزان پروتئین از استاندارد ارائه شده توسط انجمن بین‌المللی شیمی غلات (Internationl Assocciation of Cereal Chemistry, ICC) به‌شماره ۱۵۹ پیروی شد (۲۷). اندازه‌گیری عدد زلنی با روش ارائه شده توسط ICC به‌شماره استاندارد ۱۱۶/۱ صورت گرفت (۲۷). این دو ویژگی، به‌همراه آزمون تعیین سختی‌دانه، با استفاده از دستگاه اینفراماتیک ۸۱۰۰ (Inframatic - 1800) انجام شد.

حجم رسوب SDS با به‌کارگیری ماده رنگی برموفنل بلو و اسید لاکتیک، طبق روش پرستون و همکاران (۴۰) و با تغییرات انجام شده توسط دگیدیو و همکاران (۱۳) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در این زمینه، حجم رسوب SDS برای هر واحد آزمایشی دو مرتبه انجام و سپس میانگین‌گیری شد.

اندازه‌گیری گلوتن تر و خشک براساس روش ارائه شده

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-06-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.10.3]

توسط ICC به‌شماره ۱۵۸ (۲۷) و با استفاده از دستگاه گلوتن‌شوی اتوماتیک انجام شد. برای این منظور، از ۱۰ گرم آرد با ۱۴٪ رطوبت و ۵/۵ میلی‌لیتر محلول تامپون (حاصل از میزان متناسب کلرید سدیم، پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات، سدیم دی‌هیدروژن فسفات و آب مقطر) استفاده شد. شاخص گلوتن براساس روش ارائه شده توسط ICC به‌شماره ۱۵۵ انجام شد (۲۷) و از رابطه $Q = (\frac{R-W}{R}) \times ۱۰۰$ به‌دست آمد. در این رابطه، Q شاخص گلوتن (درصد)، R وزن کل گلوتن آب‌گیری شده و W وزن گلوتن زیر توری (عبور کرده از توری) در دستگاه گلوتن‌شوی می‌باشد. برای تعیین میزان سمولینا، ۷ سی‌سی آب را به ۱۰۰ گرم بذر افزوده و بذرها را به‌مدت یک ساعت هر ۱۵ دقیقه یکبار به‌هم زده تا رطوبت بذرها یکنواخت شود. در ادامه، با آسیاب سایشی شرکت Percon بذرها را آسیاب کرده و با استفاده از الک با مارک CHOPIN و اندازه منفذ $۴۰۰^{m\mu}$، سمولینا را به‌دست آورده و پس از جدا کردن سبوس از آن، درصد سمولینا حاصل شد.

پس از انجام تجزیه واریانس، از آنجا که بازدهی طرح لاتیس برای تمامی صفات ارزیابی شده نسبت به طرح بلوک بیش از ۱۲۰٪ بود، لذا اجزای واریانس طرح لاتیس سه‌گانه به روش ویانا و رگازی (۴۸) و با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS محاسبه گردید. سپس، وراثت‌پذیری براساس رابطه زیر برآورد گردید:

$$h^2 = \frac{((\sigma^2 + (\frac{k}{k+1})r\sigma_g^2) - \sigma^2)(k+1)}{((\sigma^2 + (\frac{k}{k+1})r\sigma_g^2) - \sigma^2)(k+1) + (rk\sigma^2)} \quad [۱]$$

در این فرمول، r و k به‌ترتیب تعداد تکرار و تعداد ژنوتیپ در بلوک ناقص و σ^2 و σ_g^2 به‌ترتیب میانگین مربعات تصحیح شده خطا و ژنوتیپ از امید ریاضی جدول تجزیه واریانس طرح لاتیس سه‌گانه می‌باشند.

همبستگی‌های فنوتیپی (ساده) بر مبنای داده‌های یادداشت‌برداری شده با استفاده از نرم‌افزار SAS محاسبه گردید. برای محاسبه همبستگی‌های ژنوتیپی با استفاده از نرم‌افزار SAS و برنامه GLM آنالیز MANOVA انجام و مقادیر مجموع مربعات حاصل‌ضرب‌ها (SSCP) و خطای آن در جدول دوطرفه‌ای که همه صفات در سطر و ستون آن قرار داشتند وارد شدند. در ادامه، با توجه به رابطه زیر، همبستگی‌های ژنوتیپی محاسبه گردیدند (۱۸):

$$r_g = \sigma_{gxy} / \sqrt{(\sigma^2_{gx})(\sigma^2_{gy})} \quad [۲]$$

که σ_{gxy} کوواریانس ژنتیکی بین صفات x و y و σ^2_{gx} و σ^2_{gy} به‌ترتیب واریانس ژنتیکی صفات x و y می‌باشند.

از آنجا که تجزیه ضرایب مسیر، اجازه تفکیک ضریب همبستگی به اثرهای مستقیم و غیرمستقیم را فراهم می‌آورد و هم‌چنین این روش به شناسایی اثرهای مستقیم و غیرمستقیم متغیرهای مستقل بر متغیر تابع از طریق متغیرهای مستقل دیگر کمک می‌کند (۴۱)، از این تجزیه در تعیین ارتباط بین ویژگی‌های مورد مطالعه و مقدار سمولینا استفاده گردید. این موضوع روی صفات باقی‌مانده در مدل رگرسیون مرحله‌ای و بر مبنای همبستگی ژنتیکی انجام گردید.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس

نتایج تجزیه واریانس حاکی از بازدهی بیشتر طرح لاتیس نسبت به طرح بلوک‌های کامل تصادفی بود (داده‌ها آورده نشده‌اند). لذا، تجزیه و تحلیل بر مبنای طرح لاتیس ادامه یافت. میانگین مربعات تصحیح شده ژنوتیپ (جدول ۱) بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار اثر ژنوتیپ برای کلیه صفات مورد ارزیابی بود، که وجود تنوع ژنتیکی بین لاین‌های نوترکیب برای این ویژگی‌ها را نشان می‌دهد.

میزان پروتئین

میزان پروتئین رقم Ac. Navigator به‌عنوان یکی از والدهای جمعیت با ۱۳/۸ درصد به‌طور معنی‌داری بیش از میزان پروتئین والد دیگر (رقم G9580B-FE1C) با ۱۳/۰۶ درصد بود (جدول ۲). میزان پروتئین در لاین‌های جمعیت مورد بررسی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-06-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.10.3]

جدول ۱. میانگین مربعات، ضریب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی و وراثت‌پذیری برای صفات مورد بررسی در جمعیت لاین‌های خالص نوترکیب

صفت	میانگین مربعات ژنوتیپ	ضریب تنوع فنوتیپی (٪)	ضریب تنوع ژنوتیپی (٪)	وراثت‌پذیری (٪)
میزان پروتئین (٪)	۰/۰۹**	۱/۷۸	۲/۲۵	۲۴/۷۰
عدد زلنی	۲/۰۳**	۲/۹۴	۴/۲۴	۳۷/۱۰
SDS (میلی‌لیتر)	۱۵/۶۷*	٦/۹۰	۸/۴۴	۲۱/۴۰
گلوتن تر (٪)	۱۳/۹۱**	۵/٦۴	۸/۹۸	۴۵/۷۰
گلوتن خشک (٪)	۱/۶۵**	٦/۵۱	۹/۲۷	۳۶/۲۰
شاخص گلوتن	۴۶۵/۹۵**	۲۴/۰۲	٦۳/۳۲	۷۶/۶۰
سختی دانه (PSI)	۱/۸۰*	۱/۷٦	۲/۱۹	۲۳/۲۰
سمولینا (٪)	۳/۸۸*	۳/۰۹	۳/۷	۱۹/۵۰

** و *: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪

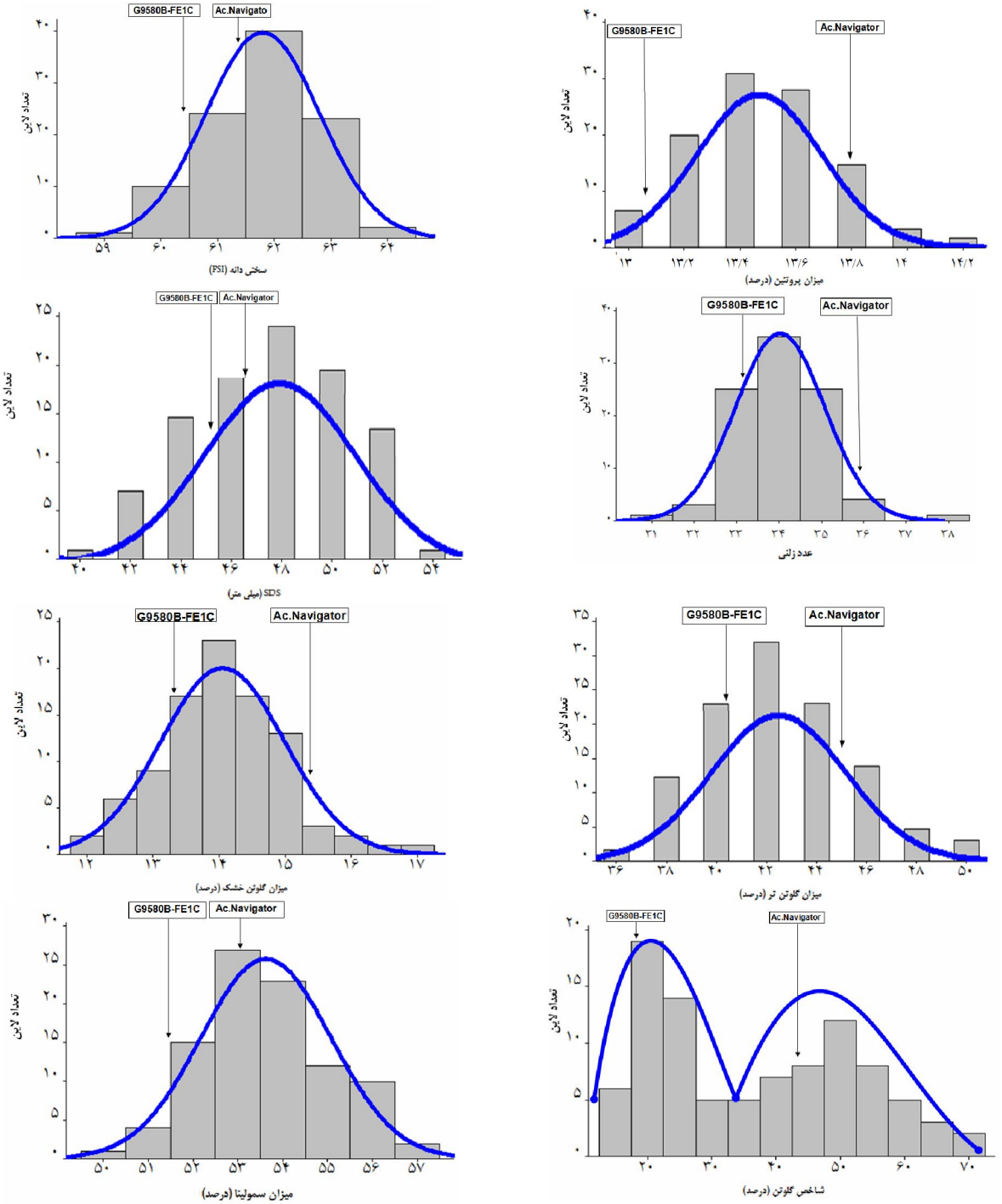
جدول ۲. میانگین ویژگی‌های ارزیابی شده والدین به‌همراه میانگین، بیشینه و کمینه لاین‌های نوترکیب و شاهدها در جمعیت مورد بررسی

لاین‌ها		میزان پروتئین (٪)	عدد زلنی	SDS (میلی‌لیتر)	گلوتن تر (٪)	گلوتن خشک (٪)	شاخص گلوتن (٪)	سختی دانه (PSI)	سمولینا (٪)
والد	Ac. Navigator	۱۳/۸۰	۳۵/۸۶	۴۶/۱۴	۴۵/۱۳	۱۵/۳۳	۴۲/۷۹	۶۱/۳۸	۵۱/۶۷
والد	G9580B-FE1C	۱۳/۰۶	۳۳/۰۷	۴۵/۶۸	۴۰/۳۴	۱۳/۴۱	۱۸/۵۲	۶۰/۴۴	۵۲/۸۶
میانگین جامعه نوترکیب		۱۳/۳۷	۳۳/۵۷	۴۶/۹۲	۴۱/۴۷	۱۳/۸۳	۳۴/۱۶	۶۱/۲۵	۶۱/۲۵
کمینه لاین‌های نوترکیب		۱۲/۹۵	۳۱/۰۰	۳۸/۴۵	۳۵/۴۵	۱۱/۹۷	۱۲/۴۵	۵۹/۰۰	۴۹/۵۹
بیشینه لاین‌های نوترکیب		۱۴/۰۲	۳۷/۳۰	۵۲/۷۸	۴۹/۵۹	۱۶/۵۶	۶۷/۷۲	۶۳/۴۴	۵۶/۶۲
کمینه شاهدها		۱۳/۴۱	۳۳/۵۳	۴۷/۱۴	۴۱/۳۱	۱۳/۶۷	۳۲/۷۹	۶۱/۰۱	۵۳/۱۷
بیشینه شاهدها		۱۳/۴۸	۳۳/۹۱	۴۷/۸۱	۴۲/۲۶	۱۴/۲۵	۳۴/۵۴	۶۰/۹۴	۵۳/۸۷
LSD 5%		۰/۴۷	۱/۹۷	۶/۴۴	۴/۶۶	۱/۷۹	۱۶/۲۹	۲/۱۴	۳/۲۷

بین ۱۲/۹۵ تا ۱۴/۰۲ درصد متغیر بود که بیانگر تنوع و هم‌چنین تفکیک متجاوز نسبت والد برتر برای این صفت می‌باشد. از طرفی، نمودار توزیع فراوانی میزان پروتئین (شکل ۱) نشان می‌دهد که این صفت دارای توزیع نرمال بوده که بیانگر کمی بودن توارث صفت مورد مطالعه است. لی و همکاران (۳۱) و هوشمند و ناکس (۲۴) نیز بر کمی بودن توارث میزان پروتئین تأکید دارند. میزان اندک ضریب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی برای میزان پروتئین (جدول ۱) می‌تواند به‌ترتیب بیانگر وجود دقت لازم در برآورد این صفت و خلوص افراد در هر لاین باشد که به نوعی انتظار برای نسل دهم لاین‌های نوترکیب نیز همین می‌باشد. میزان پروتئین لاین برتر این جمعیت نسبت به ارقام شاهد خارجی و رقم اجر (رقم شاهد محلی) بیشتر بود. با توجه به اهمیت و تأثیر مقدار پروتئین در فرآورده‌های حاصل از گندم دوروم، خصوصاً ماکارونی و سمولینا، می‌توان امید داشت که بتوان از این لاین یا لاین‌های برتر دیگر در این جمعیت در ایجاد ارقامی با میزان پروتئین بیشتر، با لحاظ سایر صفات

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-06-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.10.3]



شکل ۱. نمودار توزیع فراوانی لاین‌های خالص نوترکیب برای صفات مرتبط با کیفیت دانه گندم دوروم در تلاقی ارقام Ac. Navigator و G9580B-FE1C

همچون عملکرد دانه، بهره برد. میزان پروتئین مشاهده شده در این مطالعه در مقایسه با برخی مطالعات (۲۶) که ژنوتیپ‌های مشابه (ارقام شاهد این آزمایش) در آنها مورد استفاده قرار گرفته است، کمتر می‌باشد. این موضوع می‌تواند ناشی از تأثیر عوامل محیطی، از جمله میزان نیتروژن موجود در خاک، باشد (۲۲). مطالعات مختلف بر نقش محیط بر صفات مرتبط با

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-06-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.10.3]

کیفیت در گندم دوروم، از جمله پروتئین، تأکید دارد (۲۶). محتوای پروتئین عامل مهمی در تعیین کیفیت پاستا (Pasta) و کیفیت پخت می‌باشد (۳۶). کیفیت خوب پاستا نیازمند کمیت و کیفیت مطلوب پروتئین سمولینا است (۲۹ و ۳۱). محتوای بالای پروتئین دانه در گندم دوروم و نسبت‌های مناسب اجزای آن باعث گردیده تا دانه این گیاه برای تولید پاستای با کیفیت خوب، مناسب باشد (۳۴). هم‌چنین، اسپاگتی تولید شده از گندم‌های دوروم با محتوای پروتئین بیشتر دارای خاصیت چسبندگی بهتری هستند (۱۵). با افزایش میزان پروتئین دانه، پاستا طی پخت باثبات‌تر شده، چسبندگی آن کاهش می‌یابد و به اندازه کافی متورم می‌گردد (۱).

وراثت‌پذیری میزان پروتئین ۲۴/۷ درصد برآورد گردید (جدول ۱). در زمینه وراثت‌پذیری محاسبه شده ذکر این نکته لازم به نظر می‌رسد که در نسل‌های پیشرفته حاصل از خودگشنی، واریانس افزایشی سهم بسیار بالایی از واریانس ژنوتیپی را تشکیل می‌دهد و سهم واریانس غالبیت در واریانس ژنتیکی به‌شدت کاهش می‌یابد (۲۵). از این رو، با توجه به این‌که لاین‌های مورد استفاده در این تحقیق نسل F_{10} بودند، وراثت‌پذیریی محاسبه شده از نوع وراثت‌پذیری خصوصی می‌باشد. گزارش‌هایی مبنی بر کم بودن قابلیت توارث میزان پروتئین در گندم دوروم وجود دارد. گالیا و همکاران (۲۰) میزان توارث‌پذیری این صفت را ۱۷٪ اعلام نموده‌اند. با توجه به پایین بودن وراثت‌پذیری میزان پروتئین در این جمعیت و مطالعات قبلی، به‌نظر می‌رسد که انتخاب در نسل‌های ابتدائی برای این ویژگی چندان مؤثر نباشد و بهتر است که انتخاب برای این صفت را تا نسل‌های پیشرفته‌تر به تعویق انداخت تا با خلوص بیشتر لاین‌های حاصله، امکان برآورد دقیق‌تری از صفت برای هر لاین امکان‌پذیر گردد (۲۵). از طرف دیگر، زمانی‌که وراثت‌پذیری کم است، چنانچه واریانس اپیستازی کم باشد، انتخاب براساس نتیجه آزمون والدین و نتاج می‌تواند مفید باشد (۱۸).

میزان عدد زلنی

نتایج مقایسه میانگین برای میزان عدد زلنی بیانگر تفاوت معنی‌داری بین والدین بود. به‌طوری که عدد زلنی Ac. Navigator و G9580B-FE1C به‌ترتیب ۳۵/۸۶ و ۳۳/۰۷ بود (جدول ۲). این ویژگی در لاین‌های نوترکیب دارای دامنه‌ای بین ۳۱ تا ۳۷/۳ بود. میزان عدد زلنی بهترین لاین نوترکیب (با عدد زلنی۳۷/۳) نسبت به ارقام شاهد با عدد زلنی بیشتر، به‌طور معنی‌داری برتر بود. اطلاعات جدول ۲ و مشاهده نمودار توزیع فراوانی این صفت (شکل ۱) نشان می‌دهد که این صفت، صفتی کمی می‌باشد. لی و همکاران (۳۱) نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند. میزان وراثت‌پذیری ۳۷/۱ درصد که برای این صفت حاصل شده است حاکی از تأثیر نسبتاً زیاد محیط بر این صفت نسبت به اثر واریانس افزایشی بوده و نشان می‌دهد که گزینش در نسل‌های اولیه اثر قابل توجهی ندارد و بهتر است که انتخاب را تا نسل‌های پیشرفته‌تر حاصل از خودگشنی به تعویق انداخت.

حجم رسوب SDS

انجام تجزیه واریانس برای حجم رسوب SDS در جمعیت مورد بررسی نشان داد که بین لاین‌ها تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱). هرچند تفاوت حجم رسوب SDS والدین از نظر آماری معنی‌دار نبود، اما لاین‌های جمعیت با حداقل ۳۸/۴۵ و حداکثر ۵۲/۷۸ میلی‌متر دارای تنوع قابل ملاحظه‌ای بوده و وقوع تفکیک متجاوز برای این صفت مشاهده گردید (جدول ۲ و شکل ۱). عدم تفاوت بین والدین و وجود تنوع در جامعه حاصل از تلاقی آنها برای یک صفت (همچون حجم رسوب SDS در این مطالعه) می‌تواند ناشی از پراکندگی ژن‌های کنترل‌کننده صفت در بین والدین باشد (۲۵). هرچند حجم رسوب SDS به‌عنوان شاخصی جهت نشان دادن ویژگی کیفیت پروتئین در نظر گرفته می‌شود (۱، ۲۲ و۲۳)، اما انتخاب بر مبنای این صفت، به‌دلیل میزان وراثت‌پذیری پایین آن (۲۱/۴ درصد) در جمعیت مورد بررسی، حاکی از تأثیر زیاد محیط بر

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-06-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.10.3]

این صفت بوده و نشان می‌دهد که اگر در برنامه‌های اصلاحی برای حجم رسوب SDS انتخاب در نسل‌های ابتدایی صورت پذیرد، اثر قابل توجهی نداشته و بهتر است که انتخاب را تا نسل‌های پیشرفته‌تر به تعویق انداخت. بارنارد و همکاران (۷) میزان وراثت‌پذیری عمومی SDS گندم را کم (۱۲٪) گزارش نمودند.

اندازه‌گیری به‌طور گسترده‌ای در برآورد قدرت و استحکام گلوتن، و هم‌چنین برآورد نسبت رئولوژی پاستا، به‌ویژه در مراحل اولیه برنامه‌های اصلاحی، به‌کار می‌رود (۱، ۲۲ و ۲۳). در این آزمون، ارتفاع زیاد رسوب بیانگر قوی بودن گلوتن و ارتفاع کمتر آن نشان‌دهنده گلوتن ضعیف است.

ویژگی‌های گلوتن

بین ژنوتیپ‌ها برای سه ویژگی گلوتن تر، گلوتن خشک و شاخص گلوتن تفاوت معنی‌داری (P< ۰/۰۱) وجود داشت (جدول ۱). در بین والدین، جمعیت والد Ac. Navigator با ۴۵/۱۳، ۱۵/۳۳ و ۴۲/۷۹ درصد به‌ترتیب برای گلوتن تر، گلوتن خشک و شاخص گلوتن نسبت به والد دیگر (G9580B-FE1C) به‌ترتیب با داشتن ۴۰/۳۴، ۱۳/۴۱ و ۱۸/۵۲ درصد به‌طور معنی‌داری برتر بود (جدول ۲). میزان تنوع این سه ویژگی بین لاین‌های نوترکیب یکسان نبود و گلوتن تر کمترین ضریب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی و شاخص گلوتن بیشترین میزان این ضرایب را در بین این صفات نشان دادند. علاوه بر این، نمودار توزیع فراوانی این صفات (شکل ۱) به‌وضوح وجود تفکیک متجاوز برخی لاین‌ها نسبت به والدین را نشان می‌دهد. شکل نرمال توزیع فراوانی لاین‌ها برای صفات گلوتن تر و گلوتن خشک در این نمودارها حاکی از نقش تعداد زیاد ژن به همراه تأثیر محیط بر این دو صفت می‌باشد. در حالی‌که شکل نمودار توزیع فراوانی شاخص گلوتن وجود توزیع دونمایی برای این صفت را نشان می‌دهد که بر این اساس می‌توان احتمال داد که والدین در یک ژن بزرگ اثر برای این صفت متفاوت باشند (۲۶). برای هر سه ویژگی گلوتنی نیز لاین‌هایی از جمعیت وجود داشت که نسبت به تمامی ارقام شاهد برتری نشان دادند (جدول ۲) که امید برای انتخاب در جهت بهبود برای این صفات را فراهم می‌نماید. ضمن این‌که شاخص گلوتن بیشترین میزان ضریب تنوع ژنتیکی (۲۴/۰۲٪) و تنوع فنوتیپی (۶۳/۳۲٪) را نشان داد و این صفت در بین کل صفات مورد بررسی دارای بالاترین میزان وراثت‌پذیری به میزان ۷۶/۶۰ درصد بود (جدول ۱). این مسئله حاکی از تأثیر زیاد اثر افزایشی بر این صفت بوده و نشان می‌دهد که انجام گزینش در نسل‌های ابتدائی برای صفت شاخص گلوتن اثر قابل توجهی داشته و می‌تواند به‌عنوان شاخص مناسب‌تری نسبت به پروتئین در برنامه‌های اصلاحی قابل استفاده باشد. نتیجه تحقیق دیگر نیز مؤید این امر می‌باشد (۳۱). میزان وراثت‌پذیری گلوتن تر (۴۵/۷٪) و گلوتن خشک (۳۶/۲٪) حاکی از تأثیر زیاد محیط در ایجاد تنوع این صفات می‌باشد. یاگدی و همکاران (۵۰) با بررسی که بر روی گندم دوروم انجام دادند میزان وراثت‌پذیری گلوتن را ۲۵/۸۲ درصد گزارش نمودند. ژائو و همکاران (۵۱) نیز در بررسی‌های خود، محیط را به‌عنوان یکی از عوامل بسیار تأثیرگذار بر میزان گلوتن دانسته‌اند. گلوتن به‌عنوان بخش عمده‌ای از پروتئین ذخیره‌ای و غیرقابل حل در آب بوده که در هنگام تهیه خمیر، خاصیت ویسکوالاستیک را باعث شده و امکان تولید پاستا از گندم دوروم را فراهم می‌نماید (۱ و۲۳).

سختی دانه

تجزیه واریانسی که روی صفت سختی دانه صورت گرفت، بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار در بین ژنوتیپ‌ها بود (جدول ۱). دو والد با میانگین سختی دانه ۶۱/۳۸ و ۶۰/۴۴ PSI تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. اما بین لاین‌های جمعیت با دامنه ۶۱/۰۱ تا ۶۳/۴۴ PSI از نظر آماری تفاوت معنی‌داری داشتند. لذا، این احتمال وجود دارد که والدین جمعیت از لحاظ ژنتیکی برای این صفت اختلافی ندارند. با توجه به این‌که سختی دانه اثر مهمی بر کیفیت عمل‌آوری آرد داشته و طبق نظر ویلیامز (۴۹) مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده مصرف نهایی گندم است،

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-06-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.10.3]

اطلاع از وراثت‌پذیری آن می‌تواند مهم باشد. در این مطالعه، وراثت‌پذیری سختی دانه (۲۳/۲ درصد) نشان‌دهنده سهم بالای محیط در بروز این صفت نسبت به اثرهای افزایشی می‌باشد. بر خلاف این بررسی، سونسون (۴۶) با بررسی اثرهای محیطی و ژنتیکی بر بافت دانه گندم گزارش نموده است که ژنتیک اثر قوی‌تری بر سختی‌دانه داشته و عوامل محیطی اثر کمتری دارند.

سختی یا نرمی بافت دانه یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده کیفیت گندم دوروم و نوع مصرف آن است. این صفت خصوصاً برای تهیه آرد دانه که در تولید ماکارونی مورد استفاده قرار می‌گیرد از اهمیت بالایی برخوردار است (۳۳).

میزان سمولینا

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) و مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) از لحاظ میزان سمولینا تفاوت معنی‌داری بین لاین‌های جمعیت وجود دارد؛ هرچند اختلاف بین والدین از لحاظ این صفت معنی‌دار نبود. از میان لاین‌های نوترکیب بیشترین درصد سمولینا (۵۶/۶۲ درصد) از ارقام شاهد برتر بود و کمترین میزان هم ۴۹/۵۹ درصد بود. نمودار توزیع فراوانی درصد سمولینا (شکل ۱) و نیز جدول ۲ نشان می‌دهند که برخی از لاین‌ها برای این صفت مقداری بیش از والدین و برخی مقادیری کمتر از والدین را دارا می‌باشند که بیانگر وجود تفکیک متجاوز برای این صفت در بین لاین‌هاست. هم‌چنین شکل نرمال نمودار توزیع فراوانی میزان سمولینا نشان می‌دهد که صفت میزان سمولینا صفتی کمی است.

میزان وراثت‌پذیری سمولینا ۱۹/۵ درصد به‌دست آمد (جدول ۱)، که نشان از تأثیر زیاد عوامل غیرژنتیکی بر این صفت دارد. از آنجا که میزان تولید سمولینا پیچیده بوده و به طیف وسیعی از عوامل مختلف از جمله شرایط داشت و برداشت، نسبت اندوسپرم به سبوس، مقاومت مکانیکی یا شکنندگی اندوسپرم و سهولت جداسازی اندوسپرم از پوسته مرتبط است (۸ و ۱۰)، لذا پایین‌بودن وراثت‌پذیری این صفت دور از انتظار نیست (۳). میزان یا نسبت سمولینای تولیدی به عملکرد آرد از ویژگی‌های مهم در مصرف نهایی گندم دوروم می‌باشد.

همبستگی صفات

برآورد ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی در جدول ۳ آورده شده است. روند کلی بیانگر میزان بیشتر همبستگی ژنتیکی نسبت به همبستگی فنوتیپی بود. خان و همکاران (۳۰) و نیز علی و همکاران (۴) گزارش نموده‌اند که در بررسی‌هایشان در مورد اغلب صفات، میزان همبستگی ژنتیکی بیش از همبستگی فنوتیپی بوده است. از آنجا که اجزای همبستگی‌های فنوتیپی یعنی همبستگی ژنتیکی، ناشی از پلیوتروپی (کنترل دو یا چند صفت توسط یک ژن) و لینکاژ (پیوستگی) و همبستگی محیطی ناشی از تأثیر مشابه یا متفاوت عوامل اقلیمی بر دو یا چند صفت می‌باشد (۴۷)، لذا این نتایج نشان‌دهنده تأثیر هر دو گروه عوامل ژنتیک و محیط در به‌وجود آمدن همبستگی صفات در این مطالعه می‌باشد؛ ضمن این‌که تأثیر عوامل ژنتیکی بیشتر است.

سمولینا تنها با عدد زلنی همبستگی فنوتیپی منفی ضعیف و معنی‌دار (r =۰/۱۴ و P≤۰/۰۵) نشان داد و همبستگی فنوتیپی آن با سایر صفات معنی‌دار نبود؛ ولی با گلوتن تر، گلوتن خشک و سختی دانه همبستگی ژنتیکی مثبت و با میزان پروتئین، حجم رسوب SDS، عدد زلنی همبستگی منفی و بسیار معنی‌داری نشان داد. همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی پروتئین با عدد زلنی مثبت و معنی‌دار (P≤۰/۰۱) بود که با نتایج ارائه شده توسط شاهین‌نیا (۴۳) مطابقت داشت. مسعودی‌فر و محمدخانی (۳۳) میزان همبستگی فنوتیپی بین درصد پروتئین و عدد زلنی را مثبت و معنی‌دار گزارش نمودند. همبستگی فنوتیپی میزان پروتئین با رسوب SDS، برابر ۰/۲۳ (P<۰/۰۱) بوده و همبستگی ژنتیکی بین این دو معنی‌دار نبود. همبستگی بین میزان پروتئین با شاخص‌های مرتبط با گلوتن به‌طورکلی ضعیف بود. به‌طوری‌که همبستگی فنوتیپی بین میزان پروتئین با گلوتن تر و خشک به‌ترتیب ۰/۱۶ و ۰/۱۸ بود که هر دو در سطح ۵٪

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-06-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.10.3]

جدول ۳. ضرایب همبستگی فنوتیپی (بالای قطر) و ژنوتیپی (پایین قطر) صفات مورد مطالعه در جمعیت لاین‌های خالص نوترکیب گندم دوروم

	سمولینا	پروتئین	SDS	زلنی	شاخص گلوتن	گلوتن تر	گلوتن خشک	سختی دانه
سمولینا		۰/۱۱^{ns}	-۰/۰۹^{ns}	-۰/۱۴*	-۰/۰۲^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۰۳^{ns}
پروتئین	-۰/۷۴**		۰/۲۳**	۰/۶۷**	-۰/۰۱^{ns}	۰/۱۷*	۰/۱۸*	۰/۴۶**
SDS	-۰/۶۷**	۰/۰۹^{ns}		۰/۲۳**	۰/۱۷*	۰/۰۹^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۱۶*
زلنی	-۰/۲۸**	۰/۹۸**	۰/۵۰**		-۰/۰۴^{ns}	۰/۱۷*	۰/۱۹**	۰/۳۷**
شاخص گلوتن	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۰/۵۴**	۰/۰۸^{ns}		-۰/۰۳^{ns}	-۰/۰۴^{ns}	۰/۰۳^{ns}
گلوتن تر	۰/۳۹**	۰/۰۹^{ns}	-۰/۰۳^{ns}	۰/۰۷^{ns}	-۰/۱۵*		۰/۹۶**	۰/۰۸^{ns}
گلوتن خشک	۰/۴۴**	۰/۰۶^{ns}	-۰/۱۲^{ns}	-۰۳^{ns}	-۰/۱۶*	۰/۹۹**		۰/۰۷^{ns}
سختی دانه	۰/۱۵*	۰/۶۱**	۰/۰۳^{ns}	۰/۵۱**	۰/۰۴^{ns}	-۰/۱۳^{ns}	-۰/۲۶**	

**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

معنی‌دار بودند؛ ولی همبستگی ژنتیکی‌شان معنی‌دار نبود. پروتئین با سختی دانه همبستگی فنوتیپی متوسط (r = ۰/۴۶) و معنی‌داری (P≤ ۰/۰۱) داشت، که همبستگی ژنتیکی (r =۰/۶۱ و P≤۰/۰۱) بین این دو نیز نسبتاً قوی بود. در اینجا نیز اثر متقابل ژنوتیپ و محیط سبب کاهش میزان همبستگی فنوتیپی نسبت به همبستگی ژنتیکی شده است. شاخص گلوتن با حجم رسوب SDS، گلوتن تر، گلوتن خشک و سختی دانه همبستگی فنوتیپی مثبت و معنی‌دار و با شاخص برداشت همبستگی فنوتیپی منفی و معنی‌داری نشان داد؛ ولی با سایر صفات همبستگی معنی‌داری نشان نداد. همبستگی ژنتیکی این صفت با حجم رسوب SDS مثبت و معنی‌دار و با گلوتن تر و خشک منفی و معنی‌دار و با سایر صفات غیرمعنی‌دار بود. جورکوویچ و همکاران (۲۸) با بررسی ۲۷ ژنوتیپ گندم دوروم، وجود همبستگی بسیار معنی‌داری را بین رسوب SDS و شاخص گلوتن گزارش نمودند.

گلوتن تر و خشک با پروتئین و عدد زلنی دارای همبستگی فنوتیپی مثبت و معنی‌دار (جدول ۳) و با وزن حجمی، شاخص برداشت و عملکرد همبستگی فنوتیپی منفی و معنی‌داری داشتند و با دیگر صفات همبستگی فنوتیپی‌شان معنی‌دار نبود (داده‌ها آورده نشده است). گلوتن تر با سمولینا همبستگی ژنتیکی مثبت و معنی‌داری داشت. گلوتن خشک نیز با سمولینا همبستگی ژنتیکی مثبت و معنی‌دار و با سختی‌دانه همبستگی ژنتیکی منفی و معنی‌داری داشت. علت این هم‌خوانی را می‌توان همبستگی فنوتیپی ۰/۹۶ بین گلوتن تر و خشک (P≤۰/۰۱) و نیز همبستگی ژنتیکی بین این دو (r = ۰/۹۹، P≤۰/۰۰۱) عنوان کرد. همبستگی بین گلوتن تر و خشک، ۰/۸۳ گزارش شده که در سطح ۱٪ نیز معنی‌دار بوده است (۱۶). مقادیر بالای همبستگی، به‌ویژه همبستگی ژنتیکی، بین این صفات نشان‌دهنده آن است که می‌توان از یکی به‌عنوان معیار غیرمستقیم در سنجش دیگری استفاده کرد.

همبستگی فنوتیپی سختی‌دانه با میزان پروتئین، حجم رسوب SDS و عدد زلنی مثبت و بسیار معنی‌دار بود؛ اما با سایر صفات معنی‌دار نبود. هم‌چنین، همبستگی ژنتیکی سختی دانه با میزان سمولینا، مقدار پروتئین و عدد زلنی مثبت و معنی‌دار و با گلوتن خشک منفی و معنی‌دار بود؛ اما با گلوتن تر و شاخص گلوتن همبستگی معنی‌داری نداشت. شاعری (۴۲) بین سختی دانه و عدد زلنی همبستگی معنی‌داری در سطح ۱٪ گزارش کرد. مسعودی‌فر و محمدخانی (۳۳) در بررسی‌شان، همبستگی عدد زلنی با سختی دانه را ۰/۷ (P≤ ۰/۰۵) گزارش نمودند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که میزان پروتئین دانه و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-06-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.10.3]

جدول ۴. تجزیه ضرایب مسیر میزان سمولینا در جمعیت لاین‌های خالص نوترکیب گندم دوروم

صفت	اثر مستقیم	اثر غیرمستقیم از طریق					همبستگی صفات با سمولینا
		X1	X2	X3	X4	X5	
پروتئین (X1)	۳/۵۴**		۰/۱۶	-۴/۴۱	-۰/۰۴	۰/۰۱	-۰/۷۴**
SDS (X2)	۱/۶۵*	۰/۳۴		-۲/۲۴	-۰/۳۸	-۰/۰۲	-۰/۶۷**
عدد زلنی (X3)	-۴/۵۰**	۳/۴۷	۰/۸۲		-۰/۰۵	-۰/۰۱	-۰/۲۸**
شاخص گلوتن (X4)	-۰/۶۹ ns	۰/۱۹	۰/۸۹	-۰/۳۵		-۰/۰۳	۰/۰۲ns
گلوتن خشک (X5)	۰/۱۹ ns	۰/۲۱	-۰/۲۰	۰/۱۴	۰/۱۱		۰/۴۴**
باقیمانده= ۱/۸۴۷							

**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

یا عدد زلنی شاخص می‌توانند به‌عنوان معیار مناسبی برای سنجش غیرمستقیم میزان سختی دانه به‌کار گرفته شوند.

تجزیه ضرایب مسیر برای مقدار سمولینا

نتایج تجزیه ضرایب مسیر برای مقدار سمولینا، به‌عنوان مهم‌ترین ویژگی در تولید پاستا، بر مبنای ضرایب همبستگی ژنتیکی نشان داد که در میان صفات مورد بررسی، میزان پروتئین، عدد زلنی و حجم رسوب SDS برای این صفت از اهمیت بیشتری برخوردار هستند (جدول ۴). بیشترین اثر مستقیم (با علامت منفی) مربوط به میزان زلنی و بیشترین اثر مثبت مربوط به میزان پروتئین بود. هم‌چنین، بیشترین اثر غیرمستقیم عدد زلنی از طریق پروتئین با علامت مثبت و بیشترین اثر غیرمستقیم پروتئین از طریق زلنی با علامت منفی تأثیر گذاشته است. لذا می‌توان نتیجه گرفت که همبستگی ژنتیکی منفی و معنی‌دار ($r = -۰/۷۴^{**}$) بین میزان پروتئین و سمولینا ناشی از اثر غیرمستقیم عدد زلنی بوده است. اثر غیرمستقیم بالای عدد زلنی در کنار شاخص گلوتن باعث گردیده است تا میزان حجم رسوب SDS با میزان سمولینا همبستگی منفی پیدا کند؛ اگرچه اثر مستقیم این صفت با میزان سمولینا مثبت و معنی‌دار ($r = ۱/۶۵^{*}$) است. هم‌علامت بودن اثر مستقیم و میزان همبستگی منفی و معنی‌دار عدد زلنی با سمولینا تأکید بر رابطه منفی بین این دو ویژگی می‌باشد. شاهین‌نیا (۴۳) با انجام تجزیه ضرایب مسیر روی صفات مرتبط با کیفت دانه، میزان پروتئین را دارای اثر مستقیم بالایی بر حجم رسوب SDS و در نتیجه ویژگی مهمی در کیفیت گندم نان دانسته است. نتایج تجزیه ضرایب مسیر برای مقدار سمولینا، بر مبنای ضرایب همبستگی فنوتیپی دارای تفاوت‌هایی از لحاظ مقدار ضرایب مستقیم و غیرمستقیم بود (داده‌ها آورده نشده‌اند). سیدول و همکاران (۴۴) اعلام نموده‌اند که از دلایل تفاوت بین آثار مستقیم و غیرمستقیم برآورد شده توسط ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی می‌تواند آثار ژنتیکی غیرافزایشی و یا محیطی باشد.

منابع مورد استفاده

1. Abaye, A. O., D. E. Brann, M. M. Alley and C. A. Griffy. 1997. Winter durum wheat: Do we have all the answers? Virginia Cooperation Extention Pub., pp. 424-802.
2. Akram, Z., S. U. Ajmal, A. A. Kiani and M. Jamil. 2007. Genetic analysis of protein, lysine, gluten and flour yield in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10(12): 1990-1995.
3. Akura, M. 2009. Genetic variability and interrelationship among grain yield and some quality traits in Turkish winter durum wheat landraces. *Turkish Journal of Agriculture* 33: 547-556.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-06-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.10.3]

4. Ali, F., B. Sikdar, A. K. Roy and O. I. Joarder. 2005. Correlation and genetic variation of twenty different genotypes of lablab bean, *Lablab perpureus* (L.), Sweet. *Bangladesh Journal of Botany* 34(2): 125-128.
5. Arzani, A. 2008. Breeding Field Crops (translation). Isfahan University of Technology Press, 606 p. (In Farsi).
6. Bao, J., L. Jin, P. Xiao, S. Shen, M. Sun and H. Corke. 2008. Starch physicochemical properties and their associations with microsatellite alleles of starch-synthesizing genes in a rice RIL population. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 56(5): 1589-1594.
7. Barnard, A. D., M. T. Labuschagne and H. A. van Niekerk. 2002. Heritability estimates of bread wheat quality traits in the Western Cape province of South Africa. *Euphytica* 127: 115-122.
8. Bevilacqua, M., M. Braglia, G. Carmignani and F. A. Zammori. 2007. Life cycle assessment of pasta production in Italy. *Journal of Food Quality* 30(6): 932-952.
9. Bonwell, E. S. 2008. Determination of endosperm protein secondary structure in hard wheat breeding lines using synchroton infrared microspectroscopy and revelation of secondary structure changes in protein films with thermal processing. MSc. Thesis, Department of Grain Science and Industry, College of Agriculture, Kansas State University, Manhattan.
10. Bullard, A. S. 1999. Protein indicators, quality, and yield of winter durum wheat grown in Virginia. MSc. Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA, 205 p.
11. Campbell, K. G., P. L. Finney, C. J. Bergam, D. G. Gualberto, J. A. Anderson, M. J. Giroux, D. Siritunga, J. Zhu, F. Gendre, C. Roue, A. Verel and M. E. Sorrells. 2001. Quantitative trait loci associated with milling and baking quality in soft × hard wheat cross. *Crop Science* 41: 1275-1285.
12. Cubadda, R. E., M. Carcea and M. C. Trivisonno. 2007. Influence of protein content on durum wheat gluten strength determined by the SDS sedimentation test and by other methods. *Cereal Foods World* 52(5): 273-277.
13. Degidio, M. G., B. M. Mariani, S. Nardi, P. Novario and R. Cubadda. 1990. Chemical and technological variables and their relationships: A predictive equation for pasta cooking quality. *Cereal Chemistry* 61: 275-281.
14. Delwiechie, S. R. 2000. Wheat endosperm compressive strength properties as affected by moisture. *Transactions of the ASAE* 43: 365-373.
15. Edwards, M. N., M. C. Gianibelli, T. N. McCaig, J. M. Clarke, N. P. Ames, O. R. Larroque and J. E. Dexter. 2007. Relationships between dough strength, polymeric protein quantity and composition for diverse durum wheat genotypes. *Journal of Cereal Science* 45: 140-149.
16. El-Khayat, G. H., J. Samaan, F. A. Manthey, M. P. Fuller and C. S. Brennan. 2006. Durum wheat quality. I: Some physical and chemical characteristics of Syrian durum wheat genotypes. *International Journal of Food Science and Technology* 41 (Supplement 2): 22-29.
17. Eslami, M. 2002. Evaluation of agronomic, physiological traits and grain quality in different genotypes of durum wheat. MSc. Thesis, Isfahan University of Technology, Isfahan. (In Farsi).
18. Falconer, D. S. 1983. Introduction to Quantitative Genetics. Longman Pub., London.
19. Franco, J. and J. Crossa. 1997. A sequential clustering strategy for classifing gene bank accession. *Crop Science* 37: 1652-1656.
20. Gallia, V., J. C. Autran, M. F. Samson, J. David, C. Borriès and F. Kaan. 1996. Biochemical tests in order to analyze durum wheat {*Triticum turgidum* L. (Thell.) conv. *durum*} single plant offsprings from a contrasted cross for quality. *Cereal Research Communications* 24: 339-345.
21. Glenn, G. M., F. L. Younce and M. J. Pitts. 1991. Fuundamental physical properties characterizing the hardness of wheat endosperm. *Journal of Cereal Science* 13: 179-194.
22. Guttieri, M. J., J. C. Stark, K. O'Brien and E. Souza. 2001. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. *Crop Science* 41: 327-335.
23. Guttieri, M. J., R. Ahmad, J. C. Stark and E. Souza. 2000. End-use quality of six hard red spring wheat cultivars at different irrigation levels. *Crop Science* 40: 631-635.
24. Houshmand, S. and R. E. Knox. 2009. Identification of some loci control genes for grain protein content in durum wheat *(Triticum turgidum* L. var Durum) using doubled haploid lines population. *Journal of Modern Genetic* 7(1): 71-78. (In Farsi).
25. Houshmand, S. 2002 Genetic Analysis of Quantitative Traits (translation). Shahrekord University Press, 462 p. (In Farsi).
26. Houshmand, S., A. Arzani and S. A. Maibody. 2004. Influences of drought and salt stress on grain quality of durum wheat. Proceedings of the 17th EUCARPIA General Congress, Tulln, Austria, pp. 383-386.
27. ICC Standard Methods. 2008. Vienna, ICC Publication.
28. Jurkovic, Z., G. Drezner, D. Persuric, G. Simic and D. Novoselovic. 2001. Correlation between durum wheat SDS sedimentation value and gluten index method. Proceedings of International Congress, 3rd Croatian Congress of Cereal Technologists, Z. Ugarcic-Hardi, Opatija, Croatia, pp. 35-42.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-06-30]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.10.3]

29. Kalantarzadeh, M. 2000. Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of bread wheat in relation with sub-units of glutenin with high molecular weight by the multivation statistical analysis. MSc. Thesis, Isfahan University of Technology, Isfahan. (In Farsi).
30. Khan, F. A., S. Ali, A. Shakeel, A. Saeed and G. Abbas. 2006. Correlation analysis of some quantitative characters in *Brassica napus* L. *Journal of Agriculture Research* 44(1): 7-14.
31. Li, W. H., S. H. Zhang, J. Zhi, H. N. Yang, H. F. Zi and L. Liu. 2007. The separation and distribution law of wheat quality traits in RIL population and regression analysis between Zeleny S. V. and other quality traits. *Xinjiang Agricultural Sciences* 44(2): 132-136.
32. Lisec, J., R. C. Meyer, M. Steinfath, H. Redestig, M. Becher, H. Witucka-Wall, O. Fiehn, O. Torjek, J. Selbig, T. Altmann and L. Willmitzer. 2008. Identification of metabolic and biomass QTL in *Arabidopsis thaliana* in a parallel analysis of RIL and IL populations. *Plant Journal* 53(6): 960-972.
33. Masoudifar, O. and A. Mohammad Khani. 2005. Effect of plant density on Koohdasht wheat quantitave traits under dry-farming condition of Gonbad. *Iranian Journal of Biology* 18(1): 69-76. 34. (In Farsi).
34. Matsuo, R. R., J. W. Bradley and G. N. Irvin. 1972. Effect of protein content on the cooking quality of spaghetti. *Cereal Chemistry* 49: 707-711.
35. Moghadam, M., M. Basirat and F. Rahimzadeh Khoei. 1993. Path analysis of grain yield, yield components and some morphological characteristics in winter wheat. *Agricultural Science* 4: 56-74. (In Farsi).
36. Motzo, R., S. Fois and F. Giunta. 2004. Relationship between grain yield and quality of durum wheats from different eras of breeding. *Euphytica* 140: 147-154.
37. Munns, R., R. A. Hare, R. A. James and G. J. Rebetzke. 2000. Genetic variation for improving the tolerance of durum wheat. *Australian Journal of Agricaltural Research* 51: 69-74.
38. Olloa, M. 2006. Heritability and correlation of agronomic and fiber traits in an okra-leaf upland cotton population. *Crop Science* 46: 1508-1514.
39. Pasqualone, A., C. Lotti and A. Blanco. 1999. Identification of durum wheat cultivars and monovarietal semolinas by analysis of DNA microsatellites. *European Food Research and Technology* 210: 144-147.
40. Pereston, K. R., P. R. March and K. H. Tipples. 1982. An assessment of the SDS- sedimentation test for the prediction of Canadian bread quality. *Canadian Journal of Plant Science* 62: 545-553.
41. Roa, G. N. 1987. Statistics for Agricultural Science. Oxford & IBH Pub. Co., London.
42. Shaeri, A. 2000. Effect of row spacing and seeding rate on the quantitave wheat yield. MSc. Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran. (In Farsi).
43. Shahinnia, F. 2000. Evaluation of quantitative and qualitative characteristics and glutenin pattern with high molecular weight in breeding lines, agronomic and local varieties of bread wheat by the multivariate analysis. MSc. Thesis, Isfahan University of Technology, Isfahan. (In Farsi).
44. Sidwell, R. J., E. L. Smith and R. W. McNew. 1976. Inheritance and interrelationships of grain yield and selected yield-related traits in a hard red winter wheat cross. *Crop Science* 16: 650-654.
45. Stenvert, N. L. and K. Kingswood. 1977. The Influence of the physical structure of protein matrix on wheat hardness. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 28: 11-19.
46. Svensoon, G. 1985. Genetic and environmental effects on grain texture. Symposium on Analysis Practical Tools in the Cereal Field, Suudvollen (Norway). 22-23 May.
47. Tsegaye, D., D. Tadesse, D. Yigzaw and S. Getnet. 2012. Genetic variability, correlation and path analysis in durum wheat germplasm (*Triticum durum* Desf). *Agricultural Research and Reviews* 1(4): 107-112.
48. Viana, J. M. S. and A. J. Regazzi. 1999. Estimation of genetic parameters in the square lattice analysis. *Bragantia* 58(1): 185-193.
49. Williams, P., E. F. Jaby, N. Hani and S. Rihawi. 1988. Crop quality evaluation methods and guidelines. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria.
50. Yagdi, K., E. Sozen and E. A. Cıfcı. 2007. Heritability and correlation of yield and quality traits in durum wheat (*Triticum durum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 77(9): 565-568.
51. Zhao, C., T. Ning, N. Jiao, B. Han and Z. Li. 2005. Effects of genotype and environment on protein and starch quality of wheat grain. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao* 16(7): 1257-1260.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-06-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.10.3]