دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
دوره چهاردهم، شماره پنجاه، ۱۴۰۱

ارزیابی شاخص‌های انتخاب غیر مستقیم برای بهبود عملکرد ژنوتیپهای تریتیکاله تحت شرایط تنش خشکی

آرمین ساعدموچشی[۱]، ژاله ساعدموچشی[۲]، فاطمه انصار شوریجه[۳]

دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۰ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۴

چکیده

جهت بررسی لاین‌های تریتیکاله با بهره‌وری مناسب در شرایط نرمال و تنش خشکی با استفاده از صفات عملکرد و اجزای عملکرد و نحوه محاسبه ضرایب شاخص انتخاب همزمان اسمیت-هیزل است آزمایش‌های مزرعه‌ای جداگانه در سه سال زارعی از ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز با ۵۶ ژنوتیپ و دو رقم تریتیکاله در دو شرایط نرمال و تنش خشکی انجام شد. در این مطالعه میزان وراثت‌پذیری عمومی، تنوع و همبستگی ژنتیکی صفات عملکرد و اجزای عملکرد محاسبه شد. وراثت‌پذیری اجزای عملکرد نشان داد که برای ایجاد ارقام با عملکرد بالا می‌توان از عملکرد دانه و صفاتی نظیر تعداد پنجه با وراثت‌پذیری بالا بهره جست. صفات با اثرگذاری بالا روی عملکرد شامل تعداد روز تا گلدهی و عملکرد کاه با همبستگی منفی و طول برگ پرچم و عملکرد زیست‌توده با همبستگی مثبت در شرایط نرمال بود. به نظر می‌رسد در شرایط نرمال به دلیل اختصاص منابع به رشد اندام هوایی، افزایش میزان عملکرد کاه دارای اثر منفی روی شاخص انتخاب همزمان و در نتیجه کاهش عمکرد ژنوتیپ‌های تریتیکاله دارد. در شرایط تنش خشکی نیز صفات وزن سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله دارای اثر مثبت روی عملکرد بودند. بر اساس این پژوهش می‌توان از شاخص انتخاب جهت تشخیص ژنوتیپ‌های برتر با استفاده همزمان از چندین صفت در برنامه‌های به‌نژادی سود جست. همچنین در شرایط نرمال ژنوتیپ‌های ۵۳، ۴۸، ۳۲، ۲۹ و ۳۹ و در شرایط تنش ژنوتیپ‌های ۳۶، ۳۸، ۳۹، ۴۸ و ۵۰ به عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: شاخص اسمیت-هیزل، انتخاب همزمان، اثر مستقیم، وراثت پذیری، تنش خشکی

ساعدموچشی، آ.، ژ. ساعدموچشی، ف. انصار شوریجه. ۱۴۰۱. ارزیابی شاخص‌های انتخاب غیر مستقیم برای بهبود عملکرد ژنوتیپ‌های تریتیکاله تحت شرایط تنش خشکی. ۱۴(۵۰): ۸۶-۷۳.

۱- استادیار پژوهش بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.. مسئول مکاتبات: saedmoocheshi@gmail.com

۲- پژوهشگر هنرستان ارشاد، آموزش و پرورش ناحیه ۲ سنندج، سنندج، ایران

۳- دانش آموخته بخش مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

مقدمه

تنش خشکی به عنوان مهم‌ترین عامل کاهش پایداری گیاهان و در نتیجه کاهش عملکرد در بسیاری از مناطق دنیا از جمله مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود (عبدالمحسن و همکاران، ۲۰۱۵). کشور ایران با متوسط بارندگی سالیانه ۲۵۰ میلی‌متر، از مناطق خشک و نیمه خشک جهان محسوب می‌شود. گفته می‌شود که حداقل نیمی از اراضی قابل کشت کشور نیز در این مناطق قرار گرفته است (علی‌اکبری و همکاران، ۲۰۱۳; پیراسته‌انوشه و همکاران، ۲۰۱٦). تنش خشکی از دیدگاه زراعی هنگامی اتفاق می‌افتد که میزان تعریق و تعرق گیاه از ظرفیت جذب آب در خاک توسط ریشه‌های گیاه کمتر باشد (ساعدموچشی و همکاران، ۲۰۲۱a). چون کمبود باران باعث تنش کمبود آب خواهد شد، لذا واژه تنش خشکی برای مواردی که تنش در اثر عدم وقوع بارندگی کافی ایجاد شده باشد به کار برده می‌شود (ساعدموچشی و همکاران، ۲۰۱۹).

غلات در میان گیاهان زراعی، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار هستند و بیش‌ترین سطح زیر کشت و بهره‌وری را در مقایسه با سایر گیاهان زراعی در دنیا دارند. عوامل مختلفی مانند سازگاری به شرایط آب و هوایی مختلف، سهولت حمل و نقل، نگهداری آسان و عملکرد نسبتاً مطلوب، غلات را به‌عنوان یک منبع غذایی عمده برای انسان فراهم نموده است (تبرزد و همکاران، ۲۰۱۷، ریاست و همکاران، ۲۰۱۹). از سوی دیگر تولید برخی از غلات جهت تعلیف و تغذیه‌ی دام صورت می‌گیرد و بنابراین کشت غلات جهت تأمین خوراک دام نیز از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (پاک‌نیت و همکاران، ۲۰۱۳، ریاست و همکاران، ۲۰۱۸).

بر اساس آمار فائو (فائو، ۲۰۱۷) کل سطح جهانی زیر کشت تریتیکاله در سال ۲۰۱۷ برابر ۳۸۳۷۷۹۵/۲۹ هکتار بوده است. مقدار سطح کشت این محصول در ۲۰۱۷ در اروپا برابر ۳٤٦۷۱۸۸/۳، در آسیا برابر ۲٤۸۲۲۳، در قاره آمریکا برابر ٦۱۲۰٤ و در آفریقا برابر ۱۳۹٤۱ هکتار بوده است. بر اساس این آمار مقدار تولید تریتیکاله در آسیا برابر ۵۲۳۷۵ تن، در اروپا برابر ۵٦۹۲۹۹ تن، در آفریقا برابر ۲۳۹۰۵ تن و در آمریکا برابر ۳۵۹۹٦ تن بوده است. از نظر سطح کشت بیشترین درصد زراعت تریتیکاله مربوط به اروپا ۸/۷ درصد و بعد از آن آمریکای شمالی ۷ درصد آفریقا ٦ درصد آمریکای لاتین ۵ درصد و استرالیا ٤ درصد می باشد. بر اساس این آمار بیشترین مقدار عملکرد دانه در کشورهای آسیایی مربوط به چین (٤۸٦۵۵ هکتار که قسمت اعظم کشت آسیا را شامل می‌شود) است. در آسیا به استثنای چین که تولید تجاری اندکی دارد معمولا تریتیکاله در کشورهای دیگر آسیایی دیگری به صورت تجاری تولید نمی‌شود. متاسفانه آمار سطح زیر کشت تریتیکاله مربوط به کشور ایران در آمار فائو موجود نمی‌باشد که به دلیل سطح زیر کشت و عملکرد کل کم در کشور بوده است.

تریتیکاله (*X. Triticosecale* Wittmack)، به عنوان یک غله دست‌ساز بشر، به‌وسیله دو برابر شدن تعداد کروموزوم‌های F_1 هیبرید بین گندم (*Triticum* spp) به‌عنوان والد ماده و چاودار (*Secale* spp) به عنوان والد نر ایجاد شده است (ساعدموچشی و صفری، ۱٤۰۲). این گونه جدید موفق‌ترین غله دست‌ساز بشر است و هدف از ایجاد آن، ترکیب صفات مطلوب دو گونه والدی بوده است (ساعدموچشی و همکاران، ۲۰۱۸، زاهدی و همکاران، ۲۰۱٦). بر طبق این ایده، تریتیکاله بایستی ترکیبی از بهترین خصوصیات هر دو والد نظیر کیفیت گندم جهت تهیه فرآورده‌های غذایی و استقامت چاودار برای سازگاری در خاک‌های سخت، تحمل خشکی، مقاومت به سرما، مقاومت به بیماری‌ها و نیازهای غذایی کم را دارا باشد. ارقام جدید تریتیکاله در دست پژوهش، دارای ویژگی‌های بهترین ارقام گندم هستند (ساعدموچشی و همکاران، ۲۰۲۳) در حالی که در انواع خاک‌ها نیز نسبت به بهترین ارقام گندم عملکرد بیشتری نیز از خود نشان داده اند (ساعدموچشی و صفری، ۱٤۰۲). مرکز بین المللی سیمیت[1]برنامه اصلاح تریتیکاله را در سال ۱۹٦٤ آغاز کرد و در سال ۱۹۷۰ گام بزرگی در تولید تریتیکاله‌های امروزی برداشت (ساعدموچشی و همکاران، ۲۰۲۱). از سال ۱۳٤۸ نیز تحقیقات روی لاین‌ها و ارقام مختلف تریتیکاله در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و برخی از ایستگاه‌های تحقیقاتی کشاورزی کشور آغاز گردید (قاسمی, ۱۳۹٤).

با توجه به بالا بودن مصرف آب جهت محصولات علوفه‌ای همچون ذرت و امکان جایگزین کردن مقداری از این محصولات با تریتیکاله که در مقایسه با آن‌ها مقدار مصرف آب کمتری دارد، اهمیت پژوهش روی این گیاه زراعی را افزایش داده است. به‌علاوه با توجه به تنوع ژنتیکی ایجاد شده توسط پژوهشگران، لاین‌های مختلف و متنوع تریتیکاله ایجاد شده است. بررسی توانایی تولید و همچنین مقدار پایداری و مقاومت آن‌ها به شرایط محیطی در این لاین‌ها از جمله راه‌کارهای مورد استفاده جهت انتخاب و معرفی ارقام جدید پر محصول و متحمل است. بنابراین هدف کلی از انجام پژوهش حاضر شامل: ۱) انتخاب و معرفی لاین‌های مناسب تریتیکاله با استفاده از عملکرد و اجزای

[1] CIMMYT

عملکرد، ۲) بررسی اثر تنش خشکی بر قابلیت توارث‌پذیری و تغییرات ژنتیکی صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های تریتیکاله، ۳) شناسایی و بررسی معیارهای انتخاب غیر مستقیم جهت غربالگری ژنوتیپ‌های مطلوب تریتیکاله در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی و ٤) بررسی روابط بین صفات از طریق روش‌های آماری جهت تعیین صفات موثر بر عملکرد دانه است.

مواد و روش‌ها

اجرای آزمایش و اندازه گیری صفات

در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز سه آزمایش جداگانه در طول سه سال زارعی (۱۳۹۳-۹۶) در خاک لومی-رسی با کاشت ٥٦ لاین و دو رقم تریتیکاله انجام شد (جدول ۱). ژنوتیپ‌های تریتیکاله مورد استفاده در این مطالعه در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی (مراکز زرقان و مشهد) تولید شده‌اند. در هر سال زراعی ژنوتیپ‌های مورد بررسی در دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی (قطع آبیاری در مرحله گلدهی) انجام شد. مزرعه آزمایشی در هر سال زراعی شخم زده شد و پس از آن از دیسک جهت همسان‌سازی و یکنواخت کردن ساختار خاک استفاده گردید. پس از دیسک، در سال دوم و سوم آزمایش جهت تسطیح زمین آزمایشی از تسطیح لیزری استفاده گردید. در زمان انجام کشت ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره و ۱۰۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل در مزرعه آزمایشی به کار برده شد. دوره‌های آبیاری بر اساس تخلیه ٤٠٪ ظرفیت آب موجود خاک (SWC)، که به صورت تفاوت بین ظرفیت مزرعه (FC) و نقطه پژمردگی (WP) مطابق با معادله ۱ شناخته می‌شود، تعیین شد. بر این اساس، شش آزمایش (سه آزمایش نرمال و سه آزمایش تنش خشکی با ۵۸ لاین و رقم تریتیکاله به عنوان تیمار) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. هر کرت آزمایشی به طول ٤ متر و فاصله بین ردیف-های کشت ۲۰ سانتی‌متر بود. کاشت بذرها به‌صورت دستی و با فاصله تقریبی بین بذرها چهار سانتی‌متر و عمق کشت آنها چهار سانتی‌متر بود.

$$SWC\ (L)=FC\ (L)-WP\ (L) \quad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله SWC ظرفیت آب خاک، FC ظرفیت مزرعه و WP نقطه پژمردگی است.

در این مطالعه صفات طول برگ پرچم (سانتی‌متر)، عرض برگ پرچم (میلی‌متر)، روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی در طول فصل رویش، طول ریشک (میلی‌متر)، ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)، طول سنبله (سانتی‌متر)، عرض سنبله (میلی‌متر)، طول پدانکل (سانتی‌متر)، تعداد پنجه کل، تعداد پنجه‌های بارور قبل از برداشت محصول وزن هزار دانه (گرم)، وزن سنبله (گرم)، وزن دانه در سنبله (گرم)، تعداد دانه در سنبلچه، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، عملکرد کاه (گرم در متر مربع)، عملکرد زیست‌توده (گرم در متر مربع) و عملکرد دانه (گرم در متر مربع) بعد از برداشت محصول اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- اسامی، شجره و شماره مربوط به لاین‌ها و ارقام مورد بررسی در آزمایش.

شماره	اسم پژوهشی	شجره
1	ELTCC-1	LIRON_2.5.DIS B5. 3. SPHD. PVN. YOGUI_ 6.4. KER_3. 6. BULL_10. MANATI_ 1. 7. ARDI_ 1. TOPO 1419. ERIZO_ 9.3.2 *KETTU_1
2	ELTCC-2	AR.SNP6.TARASCA 87_3. C, S10.3. URON_ 5. TATU_ 1.4. BULL_ 10. MANATI_ 1.3. ELK54. BUF_ 2. NIMIR _3.5. DAHBI_ 6.3. ARDI_1. TOPO 1419.ERIZO_9
3	ELTCC-4	BW32-1.CENT.SARDEV.7.LIRON_2.5.DIS B5. 3. SPHD. PVN. YOGUI_ 6.4. KER_ 3.6. BULL_ 10. MANATI _ 1.8. MERINO. JLO. REH. 3. HARE _267. 4. ARDI_ 4.5. PTR. CSTO. GLT.3. RHINO_4-1.4.HARE_7265.YOGUI _3.6.BULL_10.MANATI_1
4	ELTCC-7	DRIRA.2*CMH77A.1165.8.NIMIR_3.ERIZO_12.5.GC.3.733.EB.MPE.3.LAMB_3.4.BUF_2.6. POLLMER_2.7.FAHAD_8-2.9. ARDI_ 1. TOPO 1419. ERIZO_9 .3. LIRON_1-1.4. FAHAD_ 4. FARAS_1
5	ELTCC-8	CMH80.1212.CMH81A.1239.3.YOGUI_3.ERIZO_11.ONA_2.POSS_1-2.7.LIRON_2.5.DIS B5. 3. SPHD. PVN. YOGUI_ 6.4. KER_ 3.6. BULL_ 10. MANATI_1
6	ELTCC-9	CMH82. 1082.ZEBRA 31.7.LIRON_2.5.DIS B5. 3. SPHD. PVN. YOGUI_6.4.KER_3.6.BULL_10.MANATI_1.8.LIRON_2.5.DIS B5.3.SPHD.PVN.YOGUI_6.4.KER_3.6.BULL_10.MANATI_1
7	ELTCC-10	FD-693. 2* FAHAD_ 4. POLLMER_ 4.3. POLLMER_ 2.1.4. FARAS. CMH84. 4414.6. RHINO_ 3. BULL_ 1-1.5. CMH77. 1135. CMH77A. 1165.2 *YOGUI_1.3.IBEX.4.JLO 97. CIVET

8	ELTCC-12	LIRON_2.5.DIS B5. 3. SPHD. PVN. YOGUI_ 6.4. KER_ 3.6. BULL_ 10. MANATI_ 1.7. DAHBI_ 6.3. ARDI_ 1. TOPO 1419. ERIZO_ 9
9	ELTCC-15	ARDI_1. TOPO 1419. ERIZO_ 9.3. LIRON _1 -1.4. FAHAD_4. FARAS_1.5. DAHBI.3. FAHAD-2-8*2. PTR.PND-T
10	ELTCC-18	HX87-244.HX87-255. 3. T1502_ WG. MOLOC_ 4. RHINO_ 3. BULL_1-1
11	ELTCC-19	HX87-244.HX87-255.5.PRESTO.2*TESMO_1.MUSX 603.4.ARDI_1.TOPO 1419.ERIZO_9.3.SUSI_2
12	ELTCC-20	POPP1_2.TX93-57-7.7.LIRON_2.5.DIS B5.3.SPHD.PVN.YOGUI_6.4.KER_3.6.BULL_10.MANATI_1
13	ELTCC-21	TAHARA.TREAT.7.LIRON_2.5.DIS B5.3.SPHD.PVN.YOGUI_6.4.KER_3.6.BULL_10.MANATI_1
14	ELTCC-22	POLLMER_2.2.1*2.FARAS.CMH84.4414.4.DAHBI_6.3.ARDI_1.TOPO 1419.ERIZO_9
15	ELTCC-24	LIRON_2.5.DIS B5. 3. SPHD. PVN. YOGUI_ 6. 4. KER_ 3. 6. BULL_1 0. MANATI_ 1. 7. RHINO_ 3. BULL_ 1-1.8. BAT* 2. BCN. CAAL. 3. ERIZO_7. BAGAL_ 2. FARAS_1
16	ELTCC-25	PRESTO. 2* TESMO_ 1. MUSX 603. 4. ARDI_ 1. TOPO 1419. ERIZO_ 9.3. SUSI_ 2.5. POPP1_ 1.6. BULL_ 10. MANATI_ 1*2. FARAS. CMH84. 4414
17	ELTCC-28	LIRON_2.5.DIS B5. 3. PHD. PVN. YOGUI_ 6.4. KER_ 3.6. BULL_ 10. MANATI_ 1* 2.7. TUKURU
18	ELTCC-29	LIRON_ 2. 5. DIS B5. 3. SPHD. PVN. YOGUI_ 6. 4. KER_ 3. 6. BULL_ 10. MANATI_ 1* 2.7. TUKURU
19	ELTCC-30	LIRON_ 2. 5. DIS B5. 3. SPHD. PVN. YOGUI_ 6. 4. KER_ 3.6. BULL_ 10. MANATI_ 1* 2. 7. TUKURU
20	ET-90-3	DAHBI_6/3/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9/4/SONNI_3
21	ET-90-4	BAT*2/BCN//CAAL/3/ERIZO_7/BAGAL_2//FARAS_1
22	ET-90-5	ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9/3/LIRON_1-1/4/FAHAD_4/FARAS_1/5/CT775.81/ARDI_1//ANOAS_1
23	ET-90-6	DAHBI_6/3/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9/5/804/BAT/3/MUSX/LYNX//STIER_12-3/4/VARSA_3-1
24	ET-90-7	DAHBI_6/3/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9/4/NIMIR_1/HARE_265//ERIZO_9/5/RHINO 1RS.1DL 3384/2*VICUNA_4
25	ET-90-8	POLLMER_2.2.1//FARAS/CMH84.4414/4/LAD 622.81/PORSAS_4-1/3/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9
26	ET-90-9	PRESTO//2*TESMO_1/MUSX 603/4/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9/3/SUSI_2/5/AR/SNP6//TARASCA 87_2/C,S10/3/PORSAS…
27	ET-90-10	PRESTO//2*TESMO_1/MUSX 603/4/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9/3/SUSI_2/5/AR/SNP6//TARASCA 87_2/C,S10/3/PORSAS…
28	ET-90-11	DAHBI/3/FAHAD_8-2*2//PTR/PND-T/7/LIRON_2/5/DIS B5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10/MANATI_1
29	ET-90-12	PRESTO//2*TESMO_1/MUSX 603/4/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9/3/SUSI_2/5/AR/SNP6//TARASCA 87_2/C,S10/3/PORSAS…
30	ET-90-13	AR/SNP6//TARASCA 87_3/C,S10/3/URON_5/TATU_1/4/POLLMER_4//2*ERIZO_10/BULL_1-1/5/POP_WG
31	ET-90-14	CHEN/CENT.ELVON/7/LIRON_2/5/DIS B5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10/MANATI_1/8/PRESTO//2*TESMO…
32	ET-90-15	CMH73A.497/3*MEXI75//CENT.BRAZIL/5/ERIZO_12/2*NIMIR_3/3/Z9/ZEBRA 31//ASAD/4/FOCA_2-1/6/PRESTO//2*TESMO…
33	ET-90-16	BW32-1/CENT.SARDEV/7/LIRON_2/5/DIS B5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10/MANATI_1/8/MERINO/JLO…
34	ET-90-17	PAVON/CENT.SARDEV/6/CMH77A.1024/2*YOGUI_1//CIVET#2/3/JLO 97/CIVET/4/MANATI_1/5/ERIZO_11/YOGUI_...
35	ET-90-18	TURACO/CENT.SARDEV/7/LIRON_2/5/DIS B5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10/MANATI_1/8/LIRON…
36	ET-90-19	HX87-244/HX87-255/7/LIRON_2/5/DIS B5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10/MANATI_1

37	ET-90-20	HX87-244/HX87-255/7/LIRON_2/5/DIS B5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10/MANATI_1
38	ET-85-11	PRESTO//2*TESMO_1/MUSX 603/3/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9/4/MUSX/LYNX/
39	ET-92-3	LIRON_2/5/DIS B5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10/MANATI_1/7/DAHBI_6/3/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9
40	ET-92-4	LIRON_2/5/DIS B5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10/MANATI_1/7/DAHBI_6/3/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9
41	ET-92-5	HX87-244/HX87-255/7/LIRON_2/5/DIS B5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10/MANATI_1
42	ET-92-6	BW32-1/CENT.SARDEV/7/LIRON_2/5/DIS B5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10/MANATI_1/8/MERINO/JLO//REH/3…
43	ET-92-7	BW32-1/CENT.SARDEV/7/LIRON_2/5/DIS B5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10/MANATI_1/8/MERINO/JLO//REH/3…
44	ET-92-8	BW32-1/CENT.SARDEV/7/LIRON_2/5/DIS B5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10/MANATI_1/8/MERINO/JLO//REH/3…
45	ET-92-9	LIRON_2/5/DIS B5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10/MANATI_1/7/83 TR 1-11/3/150.83//2*TESMO_1/MUSX 603/4/150.83…
46	ET-92-10	LIRON_2/5/DIS B5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10/MANATI_1/7/83 TR 1-11/3/150.83//2*TESMO_1/MUSX 603/4/150.83…
47	ET-92-12	HX87-244/HX87-255/7/LIRON_2/5/DIS B5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10/MANATI_1
48	ET-92-13	HX87-244/HX87-255/7/LIRON_2/5/DIS B5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10/MANATI_1
49	ET-92-14	POPP1_2/TAHARA/4/DAHBI_6/3/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9
50	ET-92-15	POPP1_2/TAHARA/4/DAHBI_6/3/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9
51	ET-92-16	POLLMER_2.2.1*2//FARAS/CMH84.4414/4/DAHBI_6/3/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9
52	ET-92-17	POLLMER_2.2.1//FARAS/CMH84.4414/5/PRESTO//2*TESMO_1/MUSX 603/4/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9/3/SUSI_2
53	ET-92-18	POLLMER_2.2.1*2//FARAS/CMH84.4414/4/DAHBI_6/3/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9
54	ET-92-19	POLLMER_2.2.1*2//FARAS/CMH84.4414/4/DAHBI_6/3/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9
55	ET-92-20	LIRON_2/5/DIS B5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10/MANATI_1/7/RHINO_3/BULL_1-1/8/BAT*2/BCN//CAAL/3/ERIZO_7/BAGAL_2//FARAS_1
56	Juanillo	جوانیلو
57	Sanabad	سناباد
58	Paj	پاژ

بررسی تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری صفات

در این پژوهش، داده‌های حاصل از دو آزمایش در سه سال متوالی مورد تجزیه و تحلیل واریانس مرکب قرار داده شد. سپس، از تجزیه واریانس مرکب آزمایش‌ها برای برآورد اجزای واریانس ژنتیکی از روش برآورد امید ریاضی بر اساس اجزای واریانس استفاده شد. جهت محاسبه شاخص‌های واریانس ژنتیکی، محیطی و فنوتیپی و همچنین امید ریاضی منابع تجزیه واریانس از معادله‌های جدول ۲ استفاده شد (فرشادفر، ۱۳۷۷). ضریب ثابت استاندارد شده برای انتخاب ۵٪ از افراد برتر (K) برابر ۲/۰۶ در نظر گرفته شد (فرشادفر، ۱۳۷۷).

جدول ۲- محاسبات مربوط به برآورد امید ریاضی منابع تغییر تجزیه واریانس مرکب همراه با پارامترهای ژنتیکی برای برآورد وراثت‌پذیری عمومی و پاسخ به گزینش.

منبع تغییر	میانگین مربعات	امید ریاضی
محیط	MS_{env}	$\delta^2_{res}+eg\delta^2_{blk(env)}+rg\delta^2_{env}$
بلوک داخل محیط	$MS_{blk(env)}$	$\delta^2_{res}+eg\delta^2_{blk(env)}$
ژنوتیپ	MS_{gn}	$\delta^2_{res}+r\delta^2_{gn\times env}+re\delta^2_{gn}$
ژنوتیپ × محیط	$MS_{gn\times env}$	$\delta^2_{res}+r\delta^2_{gn\times env}$
باقی مانده	MS_{res}	δ^2_{res}
شاخص	**نماد**	**مقدار**
تعداد تکرار (بلوک)	r	3
تعداد ژنوتیپ	gn	58
تعداد محیط	env	6
پارامتر	**نماد**	**نحوه برآورد**
واریانس باقی مانده (خطا)	δ^2_{res}	MS_{res}
واریانس بلوک داخل محیط	$\delta^2_{blk(env)}$	$(MS_{blk(env)}-MS_{res})/(env\times gn)$
واریانس ژنوتیپ × محیط	$\delta^2_{gn\times env}$	$(MS_{gn\times env}-MS_{res})/r$
واریانس ژنتیکی	δ^2_{gn}	$(MS_{gn}-MS_{res})/(r\times env)$
واریانس محیطی	δ^2_{env}	$(MS_{blk(env)}-MS_{gn\times env}+\delta^2_{res})/(r\times gn)$
واریانس فنوتیپی	δ^2_{pn}	$\delta^2_{gn}+[\delta^2_{env}/(r\times env)]+[\delta^2_{gn\times env}/env]$
وراثت پذیری عمومی	h^2	$\delta^2_{gn}/\delta^2_{pn}$
ضریب تغییرات ژنوتیپی	CVG	$[(\sqrt{\delta^2_{gn}})/Mean]\times 100$
ضریب تغییرات فنوتیپی	CVP	$[(\sqrt{\delta^2_{pn}})/Mean]\times 100$
پاسخ به گزینش	RESP	$K\times\sqrt{\delta^2_{pn}}\times h^2$

شاخص انتخاب هم‌زمان (روش اسمیت-هیزل)

انتخاب هم‌زمان در پژوهش حاضر بر اساس صفات مربوط به عملکرد صورت گرفت به‌گونه‌ای که صفاتی که تاثیر مثبت بیشتری بر عملکرد دانه داشتند به عنوان صفات اثر گذار و همبسته با عملکرد مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این روش به دلیل اهمیت بالای همبستگی‌های ژنتیکی بین صفات مورد نظر، ابتدا از طریق امید ریاضی جدول تجزیه واریانس مقدار ماتریس‌های واریانس-کوواریانس صفات مختلف عملکردی در ژنوتیپ‌های تریتیکاله برآورد شد. سپس با استفاده از **Error! Reference source not found.** و استفاده از اثرات مستقیم (در تجزیه ضرایب مسیر) هر صفت روی عملکرد دانه به عنوان ارزش اقتصادی صفات، شاخص انتخاب هم‌زمان محاسبه شد. بنابراین ماتریس‌های واریانس-کوواریانس ژنتیکی همه صفات، واریانس-کوواریانس فنوتیپی این صفات به همراه ارزش اقتصادی آن‌ها بر اساس ارزیابی اثر مستقیم هر صفت روی عملکرد برای برآورد این شاخص مورد استفاده قرار گرفتند. پس از دست‌یابی به ارزش شاخص‌ها برای صفات مورد نظر از طریق محاسبات ماتریسی، مقدار ارزش هر ژنوتیپ به صورت جداگانه در شرایط تنش خشکی و نرمال محاسبه شد. با محاسبه این ارزش‌ها برای ژنوتیپ‌ها و با استفاده از روش مرتب‌سازی و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها، به هر ژنوتیپ یک رتبه اختصاص داده شد و سپس برترین ژنوتیپ‌ها از لحاظ این

شاخص انتخاب همزمان شناسایی شدند.

در اینجا خاطر نشان می‌گردد که صفات دارای همبستگی منفی با عملکرد که باعث کاهش آن می‌شوند باید با ضریب ارزش اقتصادی منفی در معادله لحاظ گردند. همچنین مقدار ارزش اقتصادی صفات باید بین ۱- تا ۱+ باشد. ۱- برای صفات با همبستگی کامل منفی با عملکرد و ۱+ برای صفات با همبستگی کامل مثبت مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صورت استفاده از اثرات مستقیم صفات به روش تجزیه ضرایب مسیر روی عملکرد به عنوان ارزش اقتصادی، اعداد به صورت اتوماتیک استاندارد شده و در این دامنه خواهند بود. میزان ارزش اقتصادی عملکرد باید بالاترین ارزش مثبت باشد (در اینجا ۱+). نکته مهم دیگر برای محاسبات این است که در صورت استفاده از اثرات مستقیم با روش تجزیه ضرایب مسیر به دلیل محاسبات روی اعداد استاندارد شده، بهتر است که میانگین صفات برای هر ژنوتیپ ابتدا از طریق روش استانداردسازی Z (یا هر روش مورد نظر پژوهشگر که صفات را بدون واحد می‌کند) به اعداد Z که بین ۳- تا ۳+ قرار می‌گیرند استاندارد گردد. این تبدیل به‌دلیل تغییر واحد صفات مختلف است که در آن یک صفت ممکن است اثر زیادی داشته و اثر سایر صفات را بپوشاند. در پژوهش حاضر نیز ارزش اقتصادی عملکرد دانه برابر ۱+ لحاظ گردید و محاسبه شاخص‌ها روی میانگین استاندارد شده ژنوتیپ‌ها بر اساس روش Z انجام گرفت (معادله ۲).

$$[I] = ([P]^{-1} \times [G]) \times [a]$$

معادله (۲) محاسبه شاخص انتخاب همزمان اسمیت-هیزل به روش ماتریسی

در معادله ۲- مربوط به برآورد شاخص انتخاب همزمان:

[I]: ماتریس n×1 (در مثال ارزیابی شده برای این قسمت به صورت ۳×۱) شاخص انتخاب همزمان محاسبه شده بر اساس صفات مورد نظر،

$[P]^{-1}$: معکوس ماتریس قرینه (Symetric matrix) n×n (در مثال ارزیابی شده برای این قسمت به صورت ۳×۳) واریانس-کوواریانس فنوتیپی، [G]: ماتریس قرینه n×n (در مثال ارزیابی شده برای این قسمت به صورت ۳×۳) واریانس-کوواریانس ژنوتیپی و [a]: ماتریس n×1 (در مثال ارزیابی شده برای این قسمت به صورت ۳×۱) ارزش های اقتصادی صفات مورد نظر هستند. حرف n نشان دهنده تعداد صفات مورد نظر برای انتخاب همزمان است.

قسمت پایین معادله ۲ یک مثال ماتریسی بر اساس انتخاب همزمان برای سه صفت است که اعضای ماتریس‌ها با حروف کوچک نشان داده شده است.

در ادامه، مثال محاسبه ماتریسی شاخص همزمان کلاسیک برای سه صفت که در آن از ماتریس‌های ۳ ×۳ برای ماتریس‌های فنوتیپی و ژنوتیپی و ماتریس‌های ۱ × ۳ برای ارزش اقتصادی صفات و مقدار شاخص برای هر صفت استفاده شده است:

$$\begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} \end{bmatrix}^{-1} \times \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & g_{13} \\ g_{21} & g_{22} & g_{23} \\ g_{31} & g_{32} & g_{33} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix}$$

معادله (۳) محاسبه عدد استاندارد Z برای هر ژنوتیپ

$$Z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sqrt{s^2_x}}$$

در معادله (۳) مربوط به استاندارد سازی به روش Z:

Z: عدد استاندارد شده برای هر ژنوتیپ i، X_i: میانگین ژنوتیپ مورد نظر برای صفت استانداردسازی شده، $\bar{X}$: میانگین کل برای صفت استانداردسازی شده و $\sqrt{S^2_X}$: انحراف معیار یا مجذور واریانس صفت مورد نظر است.

نتایج و بحث

پارامترهای ژنتیکی صفات اجزای عملکرد

پارامترهای ژنتیکی شامل واریانس ژنتیکی، واریانس محیطی، واریانس فنوتیپی، مقدار وراثت‌پذیری عمومی، ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی، مقدار پاسخ به انتخاب و میانگین نسل بعد در صورت انتخاب پنج درصد ژنوتیپ‌های برتر در میان این ژنوتیپ‌ها برای صفات رشدی و عملکردی محاسبه شد که نتایج آن‌ها در جدول ۳ آورده شده است. در این پارامترها، واریانس های مربوط به ژنتیک، محیط و فنوتیپ به صورت مستقیم تحت

تجزیه واریانس مرکب و آزمون نرمالیتی به همراه سایر تحلیل‌های مربوط به محاسبه ضرایب با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 نسخه M6 انجام گردید. آزمون نرمالیتی رو باقی مانده‌های مدل تجزیه‌واریانس مرکب انجام گرفت که نشان دهنده تطابق توزیع این باقی‌مانده‌ها با توزیع نرمال بر اساس روش‌های آزمون نرمالیتی کالموگروو-سمیرنوو، شاپیرو-ویلک و اندرسون-دارلینگ به ترتیب با احتمال ۰/۵، ۰/۵ و ۰/۱ درصد بود.

تاثیر واحد داده‌ها قرار دارند و نمی‌توان آن‌ها را در صفت‌های مختلف اندازه‌گیری شده با هم مقایسه کرد. با این حال ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی مربوط به این صفات نشان داد که بیشترین ضریب تغییرات ژنوتیپی برای تعداد پنجه کل (۱۹/۵۷٪) و ضریب تغییرات فنوتیپی در تعداد پنجه بارور (۲۳/۱۶٪) به‌دست آمد. کمترین مقدار این دو ضریب نیز در صفات فنولوژی روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی به‌دست آمد. این نتایج نشان دهنده تغییرات زیاد بین صفات تعداد پنجه و وزن دانه در سنبله است. در صفات روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، درصد تغییرات پایین است و بنابراین- تفاوت کمی بین ژنوتیپ‌ها وجود دارد. این نتایج نشان داد که صفات تعداد پنجه و وزن دانه در سنبله صفات مناسبی برای ارزیابی انتخاب و روش‌های اصلاحی در تریتیکاله و معرفی ارقام جدید در این گیاه است. مقادیر وراثت‌پذیری عمومی اکثر صفات اجزای عملکرد از ۵۰٪ کمتر بود و بیشترین مقدار وراثت‌پذیری (۸۰٪) مربوط به صفت تعداد کل پنجه بود. صفت تعداد پنجه (کل و بارور به ترتیب ۸۰٪ و ۶۲/۳۹٪) و همچنین صفات مربوط به سنبله شامل طول سنبله (۵۰٪)، عرض سنبله (۷۰٪)، وزن سنبله (۶۹٪) و تعداد سنبلچه در سنبله (۷۳٪) به همراه وزن هزار دانه (۶۸٪) دارای وراثت‌پذیری زیادی بودند. کمترین میزان وراثت‌پذیری عمومی برای دو صفت فنولوژی تعداد روز تا گلدهی (۳۰/۹۴٪) و تعداد روز رسیدگی (۲۶/۱۴٪) به دست آمد. میزان وراثت‌پذیری عمومی در صفات عملکرد زیست‌توده ۵۰ درصد و عملکرد دانه ۳۶/۲۲ درصد بود. این نتایج نشان می‌دهد که برای ایجاد ارقام با عملکرد بالا هم می‌توان از خود عملکرد دانه بهره جست و هم به‌صورت غیرمستقیم از صفاتی که دارای وراثت‌پذیری بالایی هستند مانند تعداد پنجه با استفاده از روش‌های اصلاحی مربوطه بهره جست.

جدول ۳. برآورد پارامترهای ژنتیکی برای صفات مورد مطالعه در این آزمایش.

صفت	واریانس ژنتیکی	واریانس محیطی	واریانس فنوتیپی	وراثت پذیری عمومی (٪)	ضریب تغییرات فنوتیپی (٪)	ضریب تغییرات ژنوتیپی (٪)	پاسخ به انتخاب
روز تا گلدهی	13/29	88/99	42/95	30/94	4/32	2/41	2/71
روز تا رسیدگی	19/46	164/95	74/44	26/14	4/17	2/13	2/95
طول ریشک	0/59	0/61	0/79	74/68	16/8	14/49	1/11
ارتفاع گیاه	41/93	127/9	84/56	49/59	8/82	6/21	6/63
طول سنبله	0/01	0/02	0/02	50	11/05	9/26	0/16
عرض سنبله	1/04	1/33	1/48	70/27	12/34	10/35	1/39
طول پدانکل	4/94	13/62	9/48	52/11	18/07	13/05	2/36
تعداد پنجه کل	1/44	1/07	1/8	80	21/85	19/57	1/87
تعداد پنجه های بارور	0/61	0/81	0/88	69/32	23/16	19/24	1/05
وزن هزار دانه	13/53	19/4	20	67/65	12/52	10/3	4/86
وزن سنبله	0/46	0/63	0/67	68/66	15/62	12/95	0/91
وزن دانه در سنبله	0/03	0/12	0/07	42/86	21/87	13/15	0/14
تعداد دانه در سنبلچه	0/03	0/16	0/08	37/5	12/86	8/04	0/15
تعداد سنبلچه در سنبله	5/03	5/61	6/9	72/9	14/9	12/72	3/18
تعداد دانه در سنبله	7/62	18/32	13/73	55/5	10/58	7/88	3/08
عملکرد کاه	6803/3	25801/79	15403/9	44/17	17/81	11/84	77/61

طول برگ پرچم	2/47	4/97	4/13	59/81	11/72	9/07	1/87
عرض برگ پرچم	0/03	0/07	0/05	60	14/52	11/25	0/19
عملکرد زیست‌توده	0/01	0/03	0/02	50	13/22	11/29	0/15
عملکرد دانه	2096/77	11076/15	5788/82	36/22	14/53	8/74	37/63

در آزمایش ایرانی و همکاران (۱۳۹٦) مشخص گردید که محتوای کلروفیل دارای بیشترین ضریب تغییرات ژنتیکی و وزن حجمی دانه، طول و عرض برگ پرچم دارای کمترین ضریب تغییرات ژنتیکی بودند. همچنین آنان گزارش دادند که بیشترین و کمترین وراثت پذیری عمومی به ترتیب با ۹۹ درصد به محتوای کلروفیل و با ۲۸ درصد به حجم رسوب SDS اختصاص داشت. بر اساس نتایج رضائی و همکاران (۱۳۹۳) روی گندم پاییزه برآوردهای (وراثت پذیری عمومی وخصوصی به ترتیب ۷٦ و ٦٦٪) بیانگر بالا بودن نسبی وراثت‌پذیری شاخص برداشت نسبت به عملکرد زیست توده بود. در این مطالعه نویسندگان نتیجه گرفتند که عملکرد زیست‌توده ار کارآیی پایین و شاخص برداشت از کارآیی بالایی برای استفاده در برنامه‌های به‌نژادی و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر است. در پژوهش حیدری و همکاران (۱۳۸۹) مطالعه وراثت‌پذیری برخی از صفات در گندم پاییزه نشان داد که وراثت‌پذیری عملکرد دانه در بوته (٤ درصد)، عملکرد زیست‌توده (١٤درصد) و شاخص برداشت (۳۷ درصد) پایین بود، در حالی که سایر صفات اجزای عملکرد طول برگ پرچم، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و وزن هزار دانه در این آزمایش دارای وراثت‌پذیری بالای ۵۰٪ بودند. بر پایه نتایج این پژوهش، انتخاب غیر مستقیم برای عملکرد دانه براساس صفات دارای وراثت پذیری زیاد با همبستگی بالا دارند مانند تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه در سنبله مؤثر خواهد بود. در آزمایشی دیگر(اکبرپور و همکاران، ۲۰۱۷) نتایج برآورد توارث‌پذیری صفات اجزای عملکرد گندم نان در شرایط نرمال و تنش شوری معنی‌دار بود. آنان نتیجه گرفتند که گزینش صفات اجزای عملکرد به صورت همزمان احتمالادر شرایط تنش شوری کارآیی بالاتری را نسبت به شرایط نرمال بدون تنش دارد و می‌تواند منجر به بهبود صفات برای تحمل به تنش شوری در مواد ژنتیکی مورد مطالعه شود.

شاخص انتخاب همزمان در صفات اجزای عملکرد

جدول ٤ نشان دهنده اعداد محاسبه شده برای صفات اجزای عملکرد بر اساس شاخص انتخاب به روش اسمیت-هیزل است. برای محاسبه اعداد مربوط به این جدول از ضرایب مستقیم این صفات در تجزیه ضرایب مسیر روی صفت عملکرد به عنوان ارزش‌های اقتصادی صفات استفاده شد. بر این اساس برای هر ژنوتیپ این ضرایب محاسبه شده در عدد میانگین صفت برای ژنوتیپ مورد نظر ضرب شده و درنهایت با هم جمع شدند تا شاخص انتخاب چندگانه همزمان را تشکیل دهند (این نتایج در جدول ٤ ارائه شده است).

به دلیل محدودیت انتخاب مستقیم بر اساس عملکرد گیاه و بعضاً پایین بودن وراثت‌پذیری آن، می‌توان از صفات همبسته با اثر مثبت افزایشی روی عملکرد و به صورت انتخاب غیر مستقیم بهره برد و به صورت غیر مستقیم به هدف افزایش عملکرد در نسل‌های آتی دست یافت. در صورت قوی بودن همبستگی بین عملکرد و صفات مورد نظر برای انتخاب غیر مستقیم، با انتخاب بین اعضای جمعیت می‌توان تا حدود زیادی عملکرد را بهبود بخشید. از طرفی گاهی اوقات به جای اهمیت دادن به یک صفت ویژه یا یک صفت همبسته با عملکرد ممکن است محقق به دنبال انتخاب همزمان برای چندین صفت باشد. برای انتخاب همزمان برای چندین صفت باید صفات مورد نظر را در ژنوتیپ‌های مورد بررسی ارزیابی و با بررسی همزمان این صفات ژنوتیپ‌های مناسب را انتخاب نمود. این روش انتخاب بیشتر با علوم دامی در ارتباط است که در آن معمولا انتخاب برای صفات مختلفی مانند افزایش مقدار شیردهی و وزن گوشت دام به صورت همزمان صورت می‌گیرد. با این حال اسمت و هیزل (Smith-Hazel) هر کدام به صورت جداگانه توانستند با مرتبط ساختن این نوع انتخاب همزمان با استفاده از تجزیه ضرایب مسیر از این روش با موفقیت در به‌نژادی گیاهی نیز استفاده کنند (فرشادفر،۱۳۷۷).

صفات دارای اثر گذاری بالا بر روی عملکرد بر اساس شاخص انتخاب که اساسا زیرمجموعه‌ای از عملکرد می‌باشد شامل روز تا گلدهی با ضریب منفی، عملکرد کاه با ضریب منفی و طول برگ پرچم و عملکرد زیست‌توده هر دو با ضریب مثبت

در شرایط نرمال بود. به نظر می‌رسد در شرایط نرمال به دلیل اختصاص منابع به رشد اندام هوایی، افزایش میزان عملکرد کاه باعث اثر منفی روی شاخص انتخاب هم‌زمان و در نتیجه عملکرد ژنوتیپ‌های تریتیکاله دارد. برای رسیدن به عملکرد مناسب در تریتیکاله به نظر می‌رسد که هر چه طول دوره رویشی تا زایشی کوتاه‌تر باشد اثر بهتری روی عملکرد خواهد داشت زیرا با افزایش طول دوره رویشی تا زایشی میزان آبی بیشتری برای رشد و نه برای تولید عملکرد دانه در خاک ذخیره شده ومصرف می‌شود. لذا طول روز تا گلدهی دارای اثر منفی روی شاخص انتخاب و در نتیجه عملکرد در شرایط نرمال بود. برگ پرچم یکی از مهم‌ترین اندام‌های گیاه برای فتوسنتز و پر کردن دانه به شمار می‌آید و نتایج این پژوهش نیز بر اساس شاخص‌های انتخاب نشان‌دهنده تاثیر مثبت و مهم طول برگ پرچم و در نتیجه اندازه این برگ روی این شاخص و عملکرد دانه تریتیکاله بود. در شرایط تنش خشکی نیز صفات مرتبط با سنبله شامل وزن سنبله، تعدا دانه و سنبلچه در سنبله دارای اثر مثبت و چشم‌گیری روی شاخص انتخاب بودند. همچنین اثر طول و عرض برگ پرچم و عملکرد زیست‌توده نیز مثبت و چشم‌گیر برآورد شد.

برای مشخص کردن ژنوتیپ‌های برتر یا نامناسب بر اساس این شاخص که از صفات اجزای عملکرد محاسبه شده بود از رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها به گونه‌ای استفاده شد که ژنوتیپ دارای بزرگترین عدد شاخص انتخاب رتبه یک و ژنوتیپ دارای کمترین عدد این شاخص رتبه ۵۸ (برابر تعداد ژنوتیپ‌های تریتیکاله و دو رقم گندم) را دریافت نمودند. در نهایت نتایج این تحلیل نشان داد که پنج ژنوتیپ برتر از دیدگاه صفات اجزای عملکرد به طور کلی در شرایط نرمال شامل ژنوتیپ‌های ۵۳، ۴۸، ۳۲، ۲۹ و ۳۹ بودند و در شرایط تنش شامل ژنوتیپ‌های ۴۸، ۳۹، ۳۶، ۳۸ و ۵۰ بود. همچنین ژنوتیپ‌های ۲۲، ۲۰، ۲۸، ۲۳ و ۵۹ در شرایط نرمال و ژنوتیپ‌های ۹، ۲۸، ۸، ۷ و ۵۹ در شرایط تنش به عنوان نامناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها انتخاب شدند.

جدول ٤. ارزش‌های مربوط به صفات اجزای عملکرد در شاخص انتخاب هم‌زمان به تفکیک شرایط تنش.

صفت	نرمال	تنش خشکی
روز تا گلدهی	-36/1581	92/5842
روز تا رسیدگی	-8/31911	-38/586
طول ریشک	0/121202	12/7291
ارتفاع گیاه	0/013092	2/592548
طول سنبله	-0/06798	-3/2194
عرض سنبله	0/029357	-1/27998
طول پدانکل	0/146073	0/060492
تعداد پنجه کل	0/140306	-32/3888
تعداد پنجه های بارور	0/428427	-4/17945
وزن هزار دانه	0/064423	-4/17002
وزن سنبله	6/672882	47/31387
وزن دانه در سنبله	-8/34714	-143/761
تعداد دانه در سنبلچه	-1/01418	-157/389
تعداد سنبلچه در سنبله	-1/35457	11/62812
تعداد دانه در سنبله	0/928673	107/3752
عملکرد کاه	-17/4135	3/413174
طول برگ پرچم	22/74759	174/8042
عرض برگ پرچم	-104/519	128/3
عملکرد زیست‌توده	148/3634	45/63

عملکرد دانه	9/274322	9/6763	

جدول ۵- ارزش های انتخابی و رتبه هر ژنوتیپ بر اساس روش انتخاب همزمان در صفات اجزای عملکرد به تفکیک شرایط تنش.

تنش						نرمال					
رتبه	ارزش انتخاب	ژنوتیپ	رتبه	ارزش انتخاب	ژنوتیپ	رتبه	ارزش انتخاب	ژنوتیپ	رتبه	ارزش انتخاب	ژنوتیپ
44	-16	31	53	-37/3	1	15	12/5	31	54	-31/9	1
8	69/6	32	39	-6/1	2	3	46/4	32	31	-4/9	2
12	47/5	33	47	-26/6	3	40	-10/1	33	42	-11/3	3
22	21	34	51	-35/5	4	45	-13/8	34	41	-10/7	4
14	39/4	35	50	-34/5	5	30	-4/8	35	43	-13/2	5
2	112/5	36	31	5/3	6	6	27/5	36	16	11/3	6
35	-3/9	37	59	-69/8	7	50	-19/6	37	25	1/1	7
4	87/9	38	58	-63/6	8	11	15/5	38	46	-15/4	8
3	100/8	39	56	-43/2	9	5	31/2	39	26	-0/5	9
40	-14/1	40	19	28/9	10	52	-26/4	40	7	27/4	10
7	71/2	41	43	-15/8	11	18	10/3	41	24	3	11
55	-41/8	42	32	3	12	34	-6/1	42	9	18/3	12
30	5/8	43	54	-39/5	13	19	8/5	43	28	-1/4	13
42	-15/7	44	49	-31/3	14	47	-16/5	44	10	15/8	14
10	51/7	45	33	0/3	15	13	12/8	45	8	21/5	15
26	13/9	46	36	-5/4	16	21	6/6	46	49	-18/4	16
18	29/7	47	13	44/7	17	12	15/1	47	14	12/6	17
1	169	48	29	6/3	18	2	49/4	48	22	4/7	18
45	-16/2	49	34	-0/2	19	23	4	49	53	-28	19
5	77/8	50	24	20/1	20	27	-1/2	50	56	-35/9	20
11	49/5	51	28	9/1	21	35	-6/5	51	32	-5	21
23	20/7	52	27	11/2	22	36	-7/5	52	58	-40/3	22
9	52/5	53	46	-21/2	23	1	475/6	53	59	-42/5	23
41	-14/6	54	17	31/1	24	55	-33/5	54	20	7/8	24
15	37/7	55	21	25	25	37	-7/8	55	33	-5/4	25
16	34/8	56	38	-5/8	26	38	-9/2	56	51	-19/7	26
37	-5/4	57	52	-36/4	27	48	-16/7	57	44	-13/8	27
6	74/2	58	57	-60/4	28	17	10/5	58	57	-38/8	28
60	-223/5	59	25	17/3	29	60	-124/1	59	4	38/9	29
20	28/2	60	48	-29/6	30	39	-9/6	60	29	-2	30

مناسب‌ترین ژنوتیپ بر اساس شاخص انتخاب همزمان برای این صفات دارای رتبه یک (۱) است و در رتبه‌های بعدی از اهمیت ژنتیپ‌ها کاسته می‌شود

نتیجه‌گیری

انتخاب هم‌زمان با استفاده از شاخص انتخاب اسمیت-هیزل در پژوهش حاضر بر اساس صفات مربوط به عملکرد دانه مورد استفاده قرار گرفت به گونه‌ای که صفاتی که تاثیر مثبت بیشتری بر عملکرد دانه داشتند به عنوان صفات اثر گذار و همبسته با عملکرد جهت ارزیابی عملکرد با این شاخص استفاده شدند. شایان ذکر است که این روش بیشترین کاربرد را در علوم دامی به دلیل نیاز به انتخاب همرمان برای چند صفت داراست و چون به ارزش اقتصادی صفات وابسته است تا به حال به صورت عملی در پژوهش‌های به‌نژادی گیاهی مورد استفاده قرار نگرفته است، بنابراین پژوهش حاضر اولین گزارش از کاربرد موفقیت آمیز این روش در به‌نژادی تریتیکاله است. با بررسی وراثت‌پذیری صفات اجزای عملکرد در این پژوهش مشخص گردید که برای تولید ارقام با عملکرد بالا هم می‌توان از خود عملکرد دانه و هم به صورت غیر مستقیم از صفاتی نظیر تعداد پنجه که دارای وراثت‌پذیری بالا و اثرگذاری مناسب روی عملکرد دانه هستند بهره جست. صفات با اثر گذاری بالا روی عملکرد بر اساس شاخص انتخاب شامل تعداد روز تا گلدهی و عملکرد کاه با ضریب منفی در شاخص انتخاب (تاثیر معکوس روی عملکرد داشته و طولانی تر شدن این دوره باعث کاهش عملکرد گردیده است) و طول برگ پرچم و عملکرد زیست‌توده هر دو با ضریب مثبت در شاخص انتخاب (افزایش این صفات باعث افزایش عملکرد شده است) در شرایط نرمال بود. به نظر می‌رسد در شرایط نرمال به دلیل اختصاص منابع به رشد اندام هوایی، افزایش میزان عملکرد کاه دارای اثر منفی روی شاخص انتخاب هم‌زمان و در نتیجه کاهش عمکرد ژنوتیپ‌های ترتیکاله دارد. در شرایط تنش خشکی نیز صفات مرتبط با سنبله شامل وزن سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله دارای اثر مثبت و چشمگیر بر اساس شاخص انتخاب روی عملکرد دانه تریتیکاله بودند. نتایج این پژوهش به روشنی نشان داد که می‌توان به صورت عملی از شاخص انتخاب جهت تشخیص ژنوتیپ‌های برتر بر اساس چندین صفت همزمان (به جای بررسی جداگانه هر صفت در آزمایش‌های جداگانه) در برنامه‌های اصلاحی سود جست. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که پنج ژنوتیپ برتر در شرایط نرمال شامل ژنوتیپ‌های ۵۳، ٤۸، ۳۲، ۲۹ و ۳۹ بودند و در شرایط تنش شامل ژنوتیپ‌های ٤۸، ۳۹، ۳٦، ۳۸ و ۵۰ بود. همچنین ژنوتیپ‌های ۲۲، ۲۰، ۲۸، ۲۳ و ۵۹ در شرایط نرمال و ژنوتیپ‌های ۹، ۲۸، ۸، ۷ و ۵۹ در شرایط تنش به عنوان نامناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها انتخاب شدند. رقم سناباد (۵۸) بر اساس شاخص انتخاب اجزای عملکرد جزء ژنوتیپ‌های مناسب در هر دو شرایط تنش خشکی و نرمال شناخته شد.

منابع

ایرانی، ع.، ب. ارزانی و ع. رضایی. ۱۳۹٦. ارزیابی وراثت پذیری و روابط صفات فیزیولوژیک و کیفیت دانه بین لاین های دابل هاپلوئید ولاین های پیشرفته اصلاحی معادل در تریتیکاله. پژوهشهای زراعی ایران. جلد ۱۱: ٥٤۲-٥٤۹.

رضائی، ع. و ب. کرباسی راوری. ۱۳۹۳. بررسی کنترل ژنتیکی شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک در ۸ واریته گندم پائیزه به روش تجزیه و تحلیل تلاقیهای دی آلل. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۱۱: ۱۲۳-۱۳٦.

ساعدموچشی، آ. و ه. صفری. ۱٤۰۲a. بررسی عناصر تنظیم کننده ژن‌های کدکننده آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در گندم. بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات. جلد ۲: ٦٤-۷۳.

ساعدموچشی، آ. و ه. صفری. ۱٤۰۲b. بیان آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در ریشه و اندام هوایی گیاهچه تریتیکاله در شرایط تنش خشکی. بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات. جلد ۱: ٤۸۱-٤۹٥. حیدری، م.، قدرت‌اله، س.، و رضائی، ع. (۱۳۸۹). برآورد پارامترهای ژنتیکی و قابلیت ترکیب پذیری برای عملکرد دانه و اجزای آن در گندم نان. *نشریه علوم آب و خاک-علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، ۹، ۱۷۱-۱٥۷.

فرشادفر، ع. ۱۳۷۷. کاربرد ژنتیک کمی در اصلاح نباتات. انتشارات دانشگاه رازی کرمانشاه. جلد ۲: ۳۸۱ص.

قاسمی، م. ۱۳۹٤. افزایش کشت تریتیکاله در فارس نیاز به حمایت دولت دارد. خبرگذاری جمهوری اسلامی ایران IRNA.

Abd El-Mohsen, A. A., M. A. Abd El-Shafi, E. M. S. Gheith and H. S. Suleiman. 2015. Using different statistical procedures for evaluating drought tolerance indices of bread wheat genotypes. Adv. Agric. Biol. 4: 19-30 .

Akbarpour, O. A , H. Dehghani and M. J. Rosta. 2017. Diallel analysis for estimatetion of genetic parametrs of yield and yield componrnts in bread wheat (Triticum aestivum L.) in the filed normal and saline conditions. New Genet. 11: 517-529 .

Aliakbari, M., A. Saed-Moucheshi, H. Hashemi Nasab, H. Pirasteh-Anosheh, M. T. Asad and Y. Emam. 2013. Suitable stress indices for screening resistant wheat genotypes under water deficit conditions. Int. J. Agron. Plant Prod. 4: 266-283.

Fao. 2017. Plant production and total area for triticale. http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E.

Garbrecht, J. D., X. C. Zhang and J. L. Steiner. 2014. Climate change and observed climate trends in the fort cobb experimental watershed. J. Environ. Qual. 43: 1319-1327.

Pakniyat, H., A. Saed-Moucheshi and M. H. Haddadi. 2013. Modeling and determination of relationship between kernel yield and its related traits in maize inbred lines and their hybrids using multiple regression and path coefficient analysis. Int. J. Agric. Crop Sci. 5: 522-528 .

Pirasteh-Anosheh, H., A. Saed-Moucheshi, H. Pakniyat and M. Pessarakli. 2016. Stomatal responses to drought stress. *In:* Water stress and crop plants (Ed: P. Ahmad). Elsivier. New York, USA. 24-40 .

Riasat, M., S. Kiani, A. Saed-Mouchehsi and M. Pessarakli. 2019. Oxidant related biochemical traits are significant indices in triticale grain yield under drought stress condition. J. Plant Nut. 42: 111-126 .

Riasat, M., M. Pessarakli, A. Ahmadi Niaz and A. Saed-Moucheshi. 2018. Assessment of different wheat genotypes with altered genetic background in response to different salinity levels. J. Plant Nut. 41:11821-1833

Saed-Moucheshi, A. 2018. Evaluation of morphological, physiological, and moleculare characteristics of triticale genotypes under drought stress condition. Department of Crop Production and Plant Breeding, Shiraz Univarsity.

Saed-Moucheshi, A., A. A. Mozafari, M. Pessarakli, E. Rezaei Mirghaed, F. Sohrabi, S. Zaheri, Fatemeh Barzegar Marvasti, and F. Baniasadi. 2023. Improved strategy of screening tolerant genotypes in drought stress based on a new program in R-language: a practical triticale breeding program. J. Plant Nut. 46: 1-18.

Saed-Moucheshi, A., M. Pessarakli, A. A. Mozafari, F. Sohrabi, M. Moradi and F. Barzegar Marvasti. 2021a. Screening barley varieties tolerant to drought stress based on tolerant indices. J. Plant Nut. 46: 1-23.

Saed-Moucheshi, A., H. Razi, A. Dadkhodaie, M. Ghodsi and M. Dastfal. 2019. Association of biochemical traits with grain yield in triticale genotypes under normal irrigation and drought stress conditions. Aust. J. Crop Sci. 13: 272 .

Saed-Moucheshi, A., F. Sohrabi, E. Fasihfar, F. Baniasadi, M. Riasat and A. A. Mozafari. 2021b. Superoxide dismutase (SOD) as a selection criterion for triticale grain yield under drought stress: a comprehensive study on genomics and expression profiling, bioinformatics, heritability, and phenotypic variability. BMC plant biol. 21: 1-19 .

Tabarzad, A., B. Ayoubi, M. Riasat, A. Saed-Moucheshi and M. Pessarakli. 2017. Perusing biochemical antioxidant enzymes as selection criteria under drought stress in wheat varieties. J. Plant Nut. 40: 2413-2420 .

Zahedi, M. B., H. Razi and A. Saed-Moucheshi. 2016. Evaluation of antioxidant enzymes, lipid peroxidation and proline content as selection criteria for grain yield under water deficit stress in barley. J. Applied Biol. Sci. 8: 71-78 .

Evaluation of indirect selection in yield improvement of triticale genotypes under drought stress conditions

A. Saed-Moucheshi[1], Zh. Saed-Moucheshi[2], F. Ansarshourijeh[3]

Received: 2023-10-16 Accepted: 2023-10-08

Abstract

Considering the high-water demand of fodder crops such as corn and the possibility of replacing some of these crops with triticale, with a lower water demand, the importance of studies on this crop has increased. However, few studies have investigated the genetic characteristics of triticale and how its traits are genetically associated with one another in different environmental conditions of Iran. Therefore, the general goal of this study is to investigate suitable triticale lines under normal conditions and drought stress using important grain yield and its components. Also, the technique of evaluating the Smith-Hazel coefficient for considering the yield components as indirect selection index, which has not been used practically in plant breeding sciences up to now, has been discussed and proposed. Accordingly, it would be possible to utilize the contribution of yield components in grain yield apply them to screen superior lines in the form of one single index. In this research two separate field experiments, normal irrigation and drought stress conditions, were conducted in three cropping years from 2016 to 2018 in the research station of Faculty of Agriculture, Shiraz University, with 56 genotypes and two cultivars of triticale. For yield and yield components, heritability and genetic diversity were calculated, and then genetic correlations between traits were measured using matrix calculations. Smith-Hazel selection index applied based on yield-related traits in such a way that the traits with a higher positive effect on grain yield were being utilized for screening aims. high heritability of yield and its component showed the possibility of using them as selection criteria to screen elite genotypes. For indirect selection the path analysis was carried out and calculated coefficient of the traits with higher impacts on yield containing number of days to flowering and straw yield with negative impacts (indicating that increase in these traits leads to reduction of grain yield) alongside flag leaf length and biomass yield with positive impacts (indicating that increase in these traits leads to reduction of grain yield) in normal condition were used as economic coefficients. It seems that under normal conditions, due to allocating resources to shoot growth causes a negative effect on the Smith-hazel selection index for yield. In stressful condition, spike weight and seeds and spikelet numbers per spike had a positive and significant effect on the selection index. According to the results of the current study, the selection index based on multiple traits could be used for screening elite genotypes in breeding programs instead of using separated experiment for considering different traits.

Key words: Smith-Hazel index, simultaneous selection, firect effect, heritability, drought stress.

۱ Department of Crop and Horticulture Research, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran
2- Ershad Higher Education Center, Sanandaj Ministry of Education, District 2, Sannandaj, Iran
3- Department of Natural Resources Engineering, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran