فنآوری تولیدات گیاهی/ جلد بیست و یکم/ شمارهٔ اول/ صفحات ۱۱۹-۱۳۴/ بهار و تابستان ۱۴۰۰
DOI: 10.22084/PPT.2021.21430.1986

تجزیه همبستگی کانونی صفات رشدی و صفات مرتبط با عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان تحت تنش رطوبتی پس از گل‌دهی

Canonical Correlation Analysis of Growth and Grain Yield Traits in Different Bread Wheat Genotypes under Stress Conditions at Flowering Time

بهنام طهماسب‌پور[۱]، سدابه جهانبخش گده کهریز[۲*]، علیرضا تاری نژاد[۳]، حمید محمدی[۴] و علی عبادی[۵]

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۴
(مقاله پژوهشی)

چکیده

به‌منظور برآورد همبستگی بین صفات مختلف و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های گندم نان پاییزه، دو آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی و بلوک های کامل تصادفی به‌ترتیب در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان با ۳۰ ژنوتیپ به‌عنوان فاکتور فرعی و سطوح تنش رطوبتی به‌عنوان فاکتور اصلی (شاهد بدون تنش رطوبتی و تنش رطوبتی موقع گل‌دهی) با سه تکرار طی سال زراعی ۹۶-۹۵ اجرا شد. نتایج حاصل از تجزیه همبستگی کانونی نشان داد، در هر دو سطح نرمال و تنش در گلخانه و مزرعه بین جفت متغیرهای کانونی حاصل از صفات رشدی با عملکرد و اجزای عملکرد همبستگی معنی‌داری وجود دارد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده تحت شرایط آبیاری مطلوب در گلخانه و مزرعه، صفت سرعت رشد رویشی و تحت شرایط تنش در گلخانه و مزرعه، صفات سرعت رشد رویشی و سرعت پرشدن دانه از عوامل مهم و تأثیرگذار بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه محسوب می‌گردد. در تجزیه خوشه‌ای بر اساس عملکرد دانه و کلیه صفات مرتبط با آن در شرایط نرمال مزرعه، چهار گروه ایجاد شد که ژنوتیپ‌های برتر از نظر عملکرد دانه در گروه سوم (c-94-9، MV17، حیدری و c-94-8) با میانگین ۳۹۴/۱۷ گرم در مترمربع و تحت شرایط تنش خشکی در مزرعه ژنوتیپ‌های گروه سوم (میهن، c-94-4، c-94-3 و c-94-9) دارای بیش‌ترین عملکرد دانه (۲۰۸/۲۱ گرم در مترمربع) بودند. بر اساس نتایج تجزیه بای‌پلات، صفات سطح برگ پرچم، سرعت رشد رویشی، تعداد پنجه بارور، عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه نقش تعیین‌کننده در جداسازی ژنوتیپ‌ها تحت شرایط نرمال و تنش داشتند.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، تجزیه همبستگی متعارف، تجزیه خوشه‌ای

۱، ۲ و ۵. به‌ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳. دانشیار، گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران
۴. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران
*: نویسنده مسئول Email: jahanbakhsh@uma.ac.ir

مقاله مستخرج از پایان‌نامه دکتری نویسنده اول به راهنمایی سدابه جهانبخش گده کهریز می‌باشد.

مقدمه

گندم مهم‌ترین گیاه زراعی است که حدود ۲۰ درصد از اراضی جهان به کشت آن اختصاص یافته است. گندم گیاه ارزشمندی است که بیش‌ترین استفاده آن برای تأمین غذا بوده، به‌طوری‌که نزدیک به ۶۸ درصد کل آن، تا به امروز برای تأمین غذا به‌کار رفته است. میانگین رشد جهانی عملکرد گندم، فقط ۰/۸ درصد در سال، در کشورهای اصلی تولیدکننده گندم خواهد بود. گندم موردنیاز برای تأمین غذا در سال ۲۰۲۰ به ۱۴۵ مگا تن رسیده است که شیب رشد آن نسبت به دهه گذشته، آهسته‌تر است (*فائو*[1]، 2020-2011). تنش خشکی هرساله خسارت فراوانی را در محصولات زراعی ایجاد می‌کند و موجب کاهش ۱۷درصدی عملکرد می‌شود. ازاین‌رو انجام تحقیقات در زمینه بهبود مقاومت گیاهان در برابر تنش خشکی و یافتن راه‌کارهای مناسب جهت به حداقل رساندن تلفات آب در بخش کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (هادی و همکاران، ۱۳۹۵). حساس‌ترین مرحله نمو گندم به تنش خشکی مرحله گل‌دهی است و خشکی پس از گل‌دهی از طریق آسیب رساندن به فرآیند پر شدن دانه می‌تواند روی میانگین وزن هر دانه تأثیر منفی بگذارد (*آبید*[2] و همکاران، 2016). *عبدلی* و *سعیدی* (2012) گزارش کردند که وقوع تنش خشکی پس از گرده‌افشانی در گندم کاهش بیش‌تر وزن هزاردانه را در مقایسه با دیگر اجزای عملکرد به دنبال دارد. در مطالعه دیگری اعلام شده است که تنش در مرحله گرده‌افشانی عملکرد را از طریق کم شدن وزن هزار دانه کاهش می‌دهد (*دلوندی* و همکاران، 2013). پاسخ اجزای عملکرد به تنش خشکی با توجه به زمان وقوع و مدت‌زمان تنش در ارقام مختلف، یکسان نمی باشد. تولید ارقام با عملکرد دانه بالا، از اهداف اساسی برنامه‌های به‌نژادی گندم است. موفقیت در بهبود خصوصیات محصولات زراعی مخصوصاً عملکرد دانه، عموماً به میزان تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری اجزای آن بستگی دارد (*اسمیت*[3]، 2008). آگاهی از تنوع ژرم‌پلاسم برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و هم‌چنین برای بهبود عملکرد دانه در دمای بالا از اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین انتخاب ژنوتیپ برتر بر اساس اجزای عملکرد یا سایر صفات مرتبط با عملکرد که وراثت‌پذیری بالایی دارند، انجام می‌گیرد (رهنما و همکاران، ۱۳۷۹). مطالعات متعددی در زمینه همبستگی بین صفات، به‌منظور بررسی ارتباط میان صفات مورفولوژیکی و هم‌چنین نوع و میزان تأثیرشان بر عملکرد دانه از طریق تجزیه علیت و تجزیه به عامل‌ها توسط محققین صورت گرفته است و با تعیین همبستگی بین صفات و انجام تجزیه علیت، در جهت انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا اقدام نموده‌اند (طالبی‌فر و همکاران، ۱۳۹۴). *محمدی* و همکاران (2010) بیان کردند همبستگی عملکرد دانه در شرایط عادی با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی، مثبت و معنی‌دار بود. به دلیل وجود همبستگی بین برخی صفات مرتبط با عملکرد و هم‌چنین به دلیل روابط پیچیده صفات با همدیگر، قضاوت نهایی نمی‌تواند فقط بر مبنای ضرایب همبستگی ساده انجام گیرد (*سوگانی*[4] و همکاران، 2010). قبل از تجزیه علیت با رگرسیون گام‌به‌گام می‌توان اثر صفات بی‌تأثیر یا کم تأثیر بر عملکرد را در مدل رگرسیونی حذف کرد و صفاتی را که میزان قابل‌توجهی از تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند برگزید (خدادادی و همکاران، ۱۳۹۰). آقائی سربرزه و امینی (۱۳۹۰) با رگرسیون مرحله‌ای نشان دادند که در گندم‌های نان، صفات تعداد دانه در سنبله و عملکرد بیولوژیکی اثر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد دانه داشتند.

استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره مانند تجزیه همبستگی کانونی و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای درک عمیق‌تر روابط بین صفات ضروری به نظر می‌رسد. روش تجزیه همبستگی کانونی برای درک روابط و ساختار اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیکی گیاهان زراعی به‌طور مؤثری استفاده می‌شود و همبستگی موجود بین دو مجموعه صفت را شناسایی و کمی می‌کند (*جانسون* و *ویچرن*[5]، 2007؛ *رایکوو* و *مارکولیدس*[6]، 2008). تجزیه همبستگی کانونی و تجزیه تابع تشخیص متعارف از روش‌های تجزیه آماری چندمتغیره در بررسی تنوع ژنتیکی و تعیین رابطه بین صفات در ارقام زراعی هستند (*یتر*[7] و همکاران، 2004؛ *رایکوو* و *مارکولیدس*، 2008). نتایج *لورنستی*[8] و همکاران (2006) نیز اهمیت تجزیه همبستگی کانونی برای درک ارتباط میان اجزاء اولیه و ثانویه عملکرد دانه را در یولاف جهت ارزیابی ساختارهای ژنتیکی نشان داده‌اند. *علوی سینی* و *صبا* (2014) اهمیت استفاده از روش تجزیه همبستگی کانونی برای درک ارتباط بین صفات فیزیولوژیک و زراعی در گندم را نشان دادند و بیان کردند که همبستگی‌های ساده همیشه نمی‌توانند به اندازه کافی روابط علت و معلولی بین این صفات را منعکس کنند. در برنامه‌های اصلاحی ارتباط بین صفات بایستی مورد ارزیابی قرار گیرد،

1. FAO
2. Abid
3. Smith
4. Soghani
5. Johnson and Wichern
6. Raykov and Marcoulides
7. Yeater
8. Lorenceti

مخصوصاً زمانی که صفت مقابل مطلوب باشد، به خاطر این‌که تغییر در یک صفت باعث تغییر در صفات دیگر می‌شود. *صبا* و همکاران (2018) گزارش کردند که در تجزیه همبستگی کانونی صفات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و فنولوژیکی گندم نان با صفات مرتبط با عملکرد، اولین متغیر کانونی برای صفات مستقل (U_1) بیش‌تر تحت تأثیر بیوماس و اولین متغیر کانونی برای اجزای عملکرد (V_1) بیش‌تر تحت تأثیر صفات تعداد سنبله در بوته و وزن هزاردانه بود.

در گندم تحقیقات کم‌تری با راهکار تجزیه تشخیص متعارف نسبت به دیگر گیاهان بر روی صفات مختلف زراعی یا فیزیولوژیکی انجام شده است. در این رابطه *اتیشا*[1] و همکاران (2006) در چندین ژنوتیپ گندم با انجام تجزیه تشخیص متعارف برای صفات مختلفی همانند رنگ ریشک، رنگ دانه و رنگ گلوم و به‌خصوص تراکم سنبلچه دریافتند که دو تابع متعارف درمجموع ۹۵/۶ درصد از تنوع بین ارقام را توجیه نموده و ضریب صفت تراکم سنبله در تابع اول متعارف ۰/۰۴۱ و در تابع دوم ۰/۴۷ بود. تجزیه همبستگی کانونی به دلیل تجزیه هم‌زمان چندین متغیر روشی مؤثر برای یافتن روابط صفات در مقیاس مزرعه‌ای می‌باشد. این تجزیه ما را قادر می‌سازد تا وضعیت گیاه زراعی را که منجر به پاسخ عملکرد مشخصی می‌شود مورد تجزیه‌وتحلیل قرار دهیم، بنابراین از این روش برای مطالعات مشابه در آینده می‌توان استفاده کرد. لذا با توجه به توضیحات ذکر شده، هدف از این پژوهش گروه‌بندی ۳۰ ژنوتیپ گندم نان پاییزه و بررسی روابط موجود بین عملکرد و اجزای عملکرد، با صفات رشدی و استفاده از این روابط در گزینش ژنوتیپ‌های پرمحصول تحت شرایط آبیاری مطلوب و تنش رطوبتی در مرحله گل‌دهی بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان (واقع در ۳۵ کیلومتری جاده تبریز- مراغه با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۳۱۸ متر از سطح دریای آزاد با اقلیم نیمه‌خشک با زمستان‌های سرد و یخبندان) در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در گلخانه با۳۰ ژنوتیپ به‌عنوان فاکتور فرعی و تنش رطوبتی به‌عنوان فاکتور اصلی با سه تکرار انجام گرفت. هم‌چنین آزمایشی با۳۰ ژنوتیپ به‌عنوان فاکتور فرعی و تنش رطوبتی به‌عنوان فاکتور اصلی در قالب آزمایش کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان با سه تکرار اجرا شد. ژنوتیپ های مورداستفاده در این آزمایش مطابق جدول ۱ در نظر گرفته شدند. کدهای cd-1 تا cd-11 مربوط به ژنوتیپ‌های آزمایش آ تست (ARWYT) سال ۹۴ و کدهای C-93 تا C-94 به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های آزمایش یکنواخت سراسری URWYT سال ۹۳ و ۹۴ مناطق سرد می‌باشند که از بخش غلات موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر شجره ژنوتیپ‌ها تهیه شدند. در این بررسی ارقام میهن، اروم و حیدری به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی که تا حدودی به تنش خشکی آخر فصل در مناطق سرد متحمل هستند به‌عنوان شاهد در آزمایشات گنجانده شدند (بی نام، ۱۳۹۴ ; بی نام، ۱۳۹۵).

در هر گلدان ۱۰ عدد بذر کشت و بعد از جوانه‌زنی و در مرحله شروع پنجه‌دهی با انجام تنک، به ۵ بوته در هر گلدان تقلیل داده شد. عمق کاشت بذور ۳-۲ سانتی‌متر منظور شد. در گلخانه در شرایط نرمال و بدون اعمال تنش، گلدان‌ها بسته به نیاز و شرایط گلخانه‌ای هر ۵-۴ روز یک‌بار آبیاری شدند. اما اعمال تنش در مرحله گل‌دهی از طریق توزین وزن خاک گلدان‌ها تعیین شد. بدین‌صورت قبل از انجام آزمایش میزان ۷ کیلوگرم خاک در آون ۱۰۴ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. سپس وزن خاک توزین و مجدداً خاک موردنظر در گلدان ریخته شد و به‌طور کامل آبیاری شد و بعد از خروج آب ثقلی مجدداً گلدان موردنظر توزین شد. پس از کسر وزن گلدان و خاک خشک مقدار آب نگهداری شده در ظرفیت زراعی تعیین شد. بنابراین در تیمارهای تنش خشکی، آبیاری در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی انجام شد (*حسین‌زاده* و همکاران، 2016). گلدان‌ها به‌ترتیب در دمای ۲۵ و ۱۶ درجه سانتی‌گراد روز و شب، ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگه‌داری و بعد از رشد مناسب بوته‌ها در مرحله روزت ورنالیزه شدند. نور موردنیاز گلخانه به‌صورت مصنوعی با شدت ۷۰۰۰ لوکس از طریق لامپ‌های سدیمی سفید و زرد تأمین شدند. با توجه به این‌که برخی ژنوتیپ‌ها زمستانه و برخی بهاره-پاییزه (حدواسط) هستند، ژنوتیپ‌ها در مرحله رزت (پنجه یا قبل از ساقه رفتن) به‌مدت یک‌ماه تحت تنش سرمایی در شروع زمستان با باز کردن پنجره گلخانه قرار گرفتند تا بتوانند به ساقه بروند. در گلخانه، کود نیترات آمونیوم به‌صورت محلول در آب آبیاری به گلدان‌ها در سه نوبت (مرحله کاشت-مرحله پنجه دهی-مرحله ساقه‌دهی) و در هر مرحله دو گرم به هر گلدان از طریق پیمانه با احتساب ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار ازت خالص برای هر گلدان به ابعاد (۲۸ سانتی‌متر قطر دهانه و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر محاسبه و توزیع شد.

1. Eticha

جدول ۱: شجره ارقام موردمطالعه

Table 1: Pedigree of cultivars studied in this experimental

ژنوتیپ‌ها Genotypes	شجره Pedigree	ژنوتیپ‌ها Genotypes	شجره Pedigree
c-93-7	Bow/Crow/3Rsh//Kal/Bb/3/Gun91	cd-1	Zareh
c-93-8	Ji5418/Maras//Shark/F4105W2.1	cd-2	Ald"s"/Snb"s"//Zrn*2/3/Yaco/Parus//Parus
c-93-9	Bluegil-2/BucuR//Sirena	cd-3	Bow/Crow/3Rsh//Kal/Bb/3/Gun91
c-93-10	Ajvina	cd-4	Nwau15/Attila//Shark/F4105W2.1
c-93-11	Gul96/Shark-1	cd-5	Ji5418/Maras//Shark/F4105W2.1
c-94-3	۴WON-IR-257/5/Ymh/Hys//Hys/Tur3055/3/Dga/4/Vpm/Mos	cd-6	Ji5418/Maras//Shark/F4105W2.1
c-94-4	Ga961565-27-6/La95283Ca-78-1-2	cd-7	4WON-IR-257/5/Ymh/Hys//Hys/Tur3055/3/Dga/4/Vpm/Mos
c-94-6	Charger/OWL 85224*-3H-*O-*HOH//Alvd	cd-8	4WON-IR-257/5/Ymh/Hys//Hys/Tur3055/3/Dga/4/Vpm/Mos
c-94-7	Shark-1/3/Agri/Bjy//Vee/4/Shark/F4105W2.1	cd-9	Eryt 1554.90/MV17
c-94-8	Bluegil-2/Bucur//Sirena	cd-10	Gul96/Shark-1
c-94-9	Or2071681	cd-11	Spn/Mcd//Cama/3/Nzr/4/Ald"s"/Snb"s"*2/5/Opata*2/Wulp
c-93-3	**Mv-17**	c-93-3	Shark-1/3/Agri/Bjy//Vee/4/Shark/F4105W2.1
c-93-4	**Ghk"s"/Bow"s"//90Zhong87// Shiroodi cultivar**	c-93-4	Nwau15/Attila//Shark/F4105W2.1
c-93-5	87Zhong-90/Bkt	c-93-5	Eryt 1554.90/MV17
c-93-6	Her/Alvand//NS732	c-93-6	Spn/Mcd//Cama/3/Nzr/4/Ald"s"/Snb"s"*2/5/Opata*2/Wulp

جدول ۲: نتایج تجزیهٔ خاک قطعه زمین قبل از اجرای آزمایش

Table 2: Analyses of field soil before experimental conducting

فسفر قابل‌جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) Available phosphorus (mg/kg)	پتاسیم قابل‌جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) Available potassium (mg/kg)	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	ماده آلی خاک Organic matter (%)	شوری خاک (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS/m)	اسیدیته خاک pH	شن (درصد) Sand (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	رس (درصد) Clay (%)	عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر) Depth sampling (cm)
31	486	0.09	0.98	4.68	7.78	63	24	13	0-30

در آزمایش مزرعه‌ای عملیات آماده‌سازی زمین، مشتمل بر عملیات مربوط به شخم، دیسک، تسطیح و ایجاد فارو در قطعه موردنظر اواسط مهرماه سال ۱۳۹۵ انجام شد. عمق کاشت بذور ۳-۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر تکرار شامل دو کرت اصلی و هر کرت اصلی شامل ۳۰ کرت فرعی بود. در هر کرت فرعی ۴ ردیف از هر ژنوتیپ کاشته شد. طول خطوط کاشت ۲ متر و فاصله بین بذور ۲ سانتی‌متر منظور شد. فاصله بین خطوط کاشت ۱۷ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در شرایط آبیاری مطلوب در مزرعه، ژنوتیپ‌ها بسته به نیاز و شرایط محیطی معمولاً هر ۱۲ روز یک‌بار آبیاری شدند و در زمان اجرای تنش، آبیاری از مرحله گل‌دهی در کرت‌هایی که قرار بود تنش اعمال گردد، قطع شد و با استفاده از دستگاه صفحه فشاری (*مصدقی* و همکاران، 2009) میزان ظرفیت زراعی مزرعه تعیین شد و بر اساس آن تنش اعمال گردید و در صورت پیش‌بینی احتمال بارندگی از پوشش نایلونی برای جلوگیری از نفوذ آب به تیمارهای تنش استفاده می‌گردید.

در طول فصل رشد، صفات فنولوژیکی مانند تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی و طول دوره پر شدن دانه برای هر کرت فرعی (در مزرعه) و گلدان (در گلخانه) ثبت گردید و در زمان رسیدگی گیاه در گلخانه از متوسط ۵ بوته صفات سرعت رشد رویشی، سرعت پرشدن دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد دانه (گرم در واحد ۵ بوته) و در زمان رسیدگی گیاه در مزرعه (اواسط تا اواخر مردادماه) از متوسط ۱۰ بوته صفات تعداد پنجه (سنبله) بارور، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته، مساحت برگ پرچم، طول پدانکل، طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، طول ریشک، سرعت رشد رویشی [عملکرد بیولوژیک (گرم) تقسیم بر تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (روز)] (*خاندکار*[1] و همکاران، 1992) و سرعت پرشدن دانه [عملکرد تک بوته (گرم) تقسیم بر طول دوره پرشدن دانه (روز)] (*الیس* و *پایتافیلهو*[2]، 1992)، اندازه‌گیری شدند. در مزرعه وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه (گرم در مترمربع)، عملکرد دانه (گرم در مترمربع) و شاخص برداشت در یک مترمربع از هر کرت فرعی تعیین شدند. به‌منظور مقایسه ژنوتیپ‌های مورد آزمایش تجزیه واریانس ساده به‌صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای صفات عملکرد و اجزای عملکرد انجام گرفت (برای داده‌های مزرعه). مقایسه میانگین‌ها با

1. Khandkar
2. Ellis and Pieta-Filho

استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل تنش و ژنوتیپ و وجود تنوع ژنتیکی معنی‌دار برای اغلب صفات موردبررسی تجزیه خوشه‌ای برای داده‌های مزرعه‌ای در دو شرایط نرمال و تنش رطوبتی به‌طور مجزا انجام شد. به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات مورد ارزیابی تجزیه خوشه‌ای به روش وارد[1] بر مبنای ضریب توان دوم فاصله اقلیدسی استفاده شد. برای تعیین نقطه برش در دندروگرام، از تجزیه تابع تشخیص استفاده گردید. برای نشان دادن هریک از خوشه‌ها از لحاظ صفات مورد ارزیابی، میانگین هریک از خوشه‌ها از لحاظ صفات مورد ارزیابی و درصد انحراف میانگین هر یک از خوشه‌ها از میانگین کل محاسبه شد. تجزیه به عامل‌ها بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و بر مبنای مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک انجام شد. در این پژوهش تجزیه همبستگی کانونی بین دو گروه صفات رشدی و صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد انجام گرفت. ضرایب مثبت و منفی مربوط به متغیرها (صفات) در توابع کانونی مربوط به متغیرهای رشدی (W_i) با علامت a_{ij} و ضرایب مثبت و منفی مربوط به متغیرها در توابع کانونی مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد (V_i) با علامت b_{ik} نشان داده شد.

روابط بین صفات و ارتباط بین دو مجموعه از متغیرها توسط روش تجزیه همبستگی کانونی و با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 موردبررسی قرار گرفت؛ این روابط برای دو سطح آبیاری (نرمال، تنش) به‌طور جداگانه محاسبه شدند. در این پژوهش از نرم‌افزارهای SPSS، SAS 9.1 و MSTAT-C بهره گرفته شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد در مزرعه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات تعداد سنبله بارور، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۳). اختلاف بین شرایط نرمال و تنش نیز برای صفات تعداد سنبله بارور، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار شد. اثر متقابل ژنوتیپ × تنش برای صفات تعداد سنبله بارور، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه معنی‌دار بود که بیانگر تأثیر متقابل ژنوتیپ و محیط است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی که از نظر تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و نیز ژنوتیپ‌های مختلف اختلاف معنی‌داری را در تجزیه واریانس نشان دادند در جدول ۴ آورده شده است.

بیش‌ترین وزن هزاردانه مربوط به ژنوتیپ c-94-3 (۴۲/۴۶ گرم) و کم‌ترین وزن هزاردانه مربوط به ژنوتیپ c-93-7 (۲۹/۷۱ گرم) بود (جدول ۴). تنش خشکی بعد از گل‌دهی سبب می شود که وزن هزاردانه در ارقام کاهش پیدا کند که این موضوع احتمالاً به دلیل کوتاه‌تر شدن طول دوره پرشدن دانه و دمای زیادتر طی روزهای پایانی دوره رشد باشد. بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد سنبله بارور به‌ترتیب متعلق به ژنوتیپ حیدری در شرایط نرمال (۷ سنبله) و ژنوتیپ cd-4 در شرایط تنش (۱/۶۶۷ سنبله) بود. دامنه تغییرات تعداد سنبله بارور در شرایط نرمال بین ۷-۴ و تحت شرایط تنش خشکی بین ۴-۱ متغیر بود و تحت تأثیر شرایط پس از گل‌دهی و ازجمله خشکی پس از گل‌دهی قرار می‌گیرد. تعداد سنبله در گیاه از ویژگی‌های ذاتی هر ژنوتیپ است و بین ارقام مختلف اختلاف معنی‌دار از نظر این صفت وجود دارد. *شفرد*[2] و همکاران (2002) و *دانیل و تربوی*[3] (2002) نیز اظهار داشتند که تعداد سنبله در گیاه در شرایط تنش خشکی دارای ثبات بیش‌تری نسبت به تعداد دانه در سنبله است. تحت شرایط نرمال ژنوتیپ MV17 بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله (۹۰/۳۳) و تحت شرایط تنش، ژنوتیپ c-93-4 کم‌ترین تعداد دانه در سنبله (۲۹/۳۳) را به خود اختصاص دادند. دامنه تغییرات این صفت بین ۹۰/۳۳-۲۹/۳۳ متغیر بود که نشانگر تنوع ژنتیکی بالا برای این صفت در بین ژنوتیپ‌ها می‌باشد. تعداد دانه در سنبله در ارقام مختلف اختلاف زیادی دارد و این صفت معمولاً در ارقام پرمحصول بیش‌تر از ارقام با عملکرد پایین است (*شیرمن*[4] و همکاران، 2005). نتایج بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × تنش برای عملکرد دانه نشان داد که ژنوتیپ‌های مختلف واکنش متفاوتی نسبت به تیمار آبیاری نشان دادند. از نظر عملکرد دانه تحت شرایط نرمال، ژنوتیپ‌های c-94-3 و حیدری با میانگین‌های ۴۳۷/۳۱ و ۴۲۷/۳۱ گرم در مترمربع به‌عنوان برترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. تحت شرایط تنش، ژنوتیپ‌های cd-4 و cd-6 به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۰۴/۳۶ و ۱۰۸/۸۸۵ گرم در مترمربع کم‌ترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (جدول داده‌های اثر متقابل آورده نشده است).

تجزیه خوشه‌ای بر اساس صفات مورد ارزیابی تحت شرایط نرمال در مزرعه

شکل ۱ دندروگرام تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها را در شرایط

1. Ward

2. Shepherd
3. Daniel and Triboi
4. Shearman

نرمال نشان می‌دهد. بر مبنای تجزیه تابع تشخیص، بیش‌ترین تمایز بین گروهی در حالت چهار خوشه‌ای به دست آمد و حداکثر اختلاف بین گروه‌های به وجود آمده از لحاظ تابع اول دیده شد (جدول ۵). برش دندروگرام حاصل در این فاصله منجر به تشکیل ۴ گروه گردید. برای نشان دادن ارزش هر یک از خوشه‌ها از لحاظ صفات مورد ارزیابی، درصد انحراف میانگین هریک از خوشه‌ها از میانگین کل محاسبه گردید.

مطابق شکل ۱، خوشه اول شامل ۸ ژنوتیپ (c-93-6، c-93-9، cd-2، c-93-11، c-93-5، c-93-8، c-93-4 و cd-10) بود. درصد انحراف از میانگین این خوشه برای صفات وزن هزاردانه و شاخص برداشت مثبت و بیش‌تر بود. از ژنوتیپ‌های موجود در این گروه می‌توان برای بهبود وزن هزاردانه و شاخص برداشت استفاده نمود. در خوشه دوم ۸ ژنوتیپ (cd-4، cd-9، c-94-3، میهن، cd-5، cd-3، c-93-10 و c-94-6) قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های این گروه از نظر ارتفاع بوته، تعداد سنبله بارور، طول پدانکل و طول دوره پرشدن دانه ارزشی بیش‌تر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها را داشتند. خوشه سوم شامل ۴ ژنوتیپ (c-94-9، MV17، c-94-8 و حیدری) بود. این خوشه از لحاظ صفات وزن خشک بوته، طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، مساحت برگ پرچم، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، سرعت پرشدن دانه و سرعت رشد رویشی بیش‌ترین درصد انحراف از میانگین کل مثبت را داشت. از ژنوتیپ‌های موجود در این گروه می‌توان برای بهبود عملکرد دانه استفاده نمود. زیرا ژنوتیپ‌های این گروه دارای بیش‌ترین عملکرد دانه (۳۹۴/۱۷ گرم در مترمربع) می‌باشند. در خوشه چهارم ۱۰ ژنوتیپ (cd-6، cd-7، cd-8، c-93-7، c-94-4، cd-11، c-93-3، cd-1، c-94-7 و اروم) قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های این گروه از نظر طول ریشک ارزشی بیش‌تر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها را داشتند.

جدول ۳: تجزیه واریانس صفات مختلف تحت تأثیر ژنوتیپ و سطوح مختلف تنش در ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی در مزرعه

Table 3: Analysis of variance of different traits under the influence of genotype and different levels of stress in the genotypes evaluated in the field

منابع تغییر S.O.V.		درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares			
			وزن هزاردانه 1000 seed weight	تعداد سنبله بارور No of fertile tillers	تعداد دانه در سنبله Seed no per spike	عملکرد دانه Grain yield
بلوک	Block	2	18.644^{ns}	7.639^{**}	1327.550^{**}	25070.870^{**}
تنش	Stress	1	4216.186^{*}	182.600^{**}	13977.647^{**}	452217.059^{**}
خطای a	$Error_a$	2	2.610^{ns}	0.833^{ns}	568.038^{**}	530.050^{ns}
ژنوتیپ	Genotype	29	50.212^{*}	1.810^{**}	385.073^{*}	2605.558^{**}
ژنوتیپ × تنش	Genotype× Stress	29	18.291^{ns}	595^{*}	94.542^{**}	2676.681^{**}
خطای b	$Error_b$	110	13.159	0.358	49.306	753.345
ضریب تغییرات (درصد)	CV (%)		10.25	13.35	13.38	15.95

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: Non significant, significant at 5% and 1% probability level, respectively

جدول۴: مقایسه میانگین صفات مربوط به ژنوتیپ‌های موردمطالعه گندم در مزرعه

Table 4: Comparison of the mean of traits related to the studied genotypes of wheat in the field

ژنوتیپ Genotype	وزن هزاردانه (گرم) 1000 seed weight (g)	ژنوتیپ Genotype	وزن هزاردانه (گرم) 1000 seed weight (g)
cd-1	32.303^{fgh}	c-93-7	29.712^{h}
cd-2	35.822^{defg}	c-93-8	35.540^{defg}
cd-3	32.262^{fgh}	c-93-9	32.790^{efgh}
cd-4	34.740^{defgh}	c-93-10	31.962^{gh}
cd-5	35.682^{defg}	c-93-11	37.022^{bcdefg}
cd-6	36.337^{defg}	c-94-3	42.785^{a}
cd-7	34.305^{defgh}	c-94-4	33.605^{defgh}
cd-8	32.307^{fgh}	c-94-6	34.457^{defgh}
cd-9	37.843^{abcde}	c-94-7	34.015^{defgh}
cd-10	37.25^{bcdef}	c-94-8	32.572^{fgh}
cd-11	37.323^{bcdef}	c-94-9	38.034^{abcd}
c-93-3	36.732^{cdefg}	MV17	32.658^{efgh}
c-93-4	34.552^{defgh}	Heydari	35.987^{defg}
c-93-5	41.458^{abc}	Mihan	41.848^{ab}
c-93-6	34.675^{defgh}	Eroum	36.792^{cdefg}

حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد

Different letters in each column indicate a significant difference at the 5% probability level

جدول ۵: تجزیه تابع تشخیص کانونی برای تعیین نقطه برش دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های موردمطالعه تحت شرایط نرمال و تنش کمبود آب آخر فصل

Table 5: Canonic discriminant analysis for determination of dendrogram cutting point resulted from cluster analysis of studied genotypes under normal irrigation and Drought strees at flowering conditions

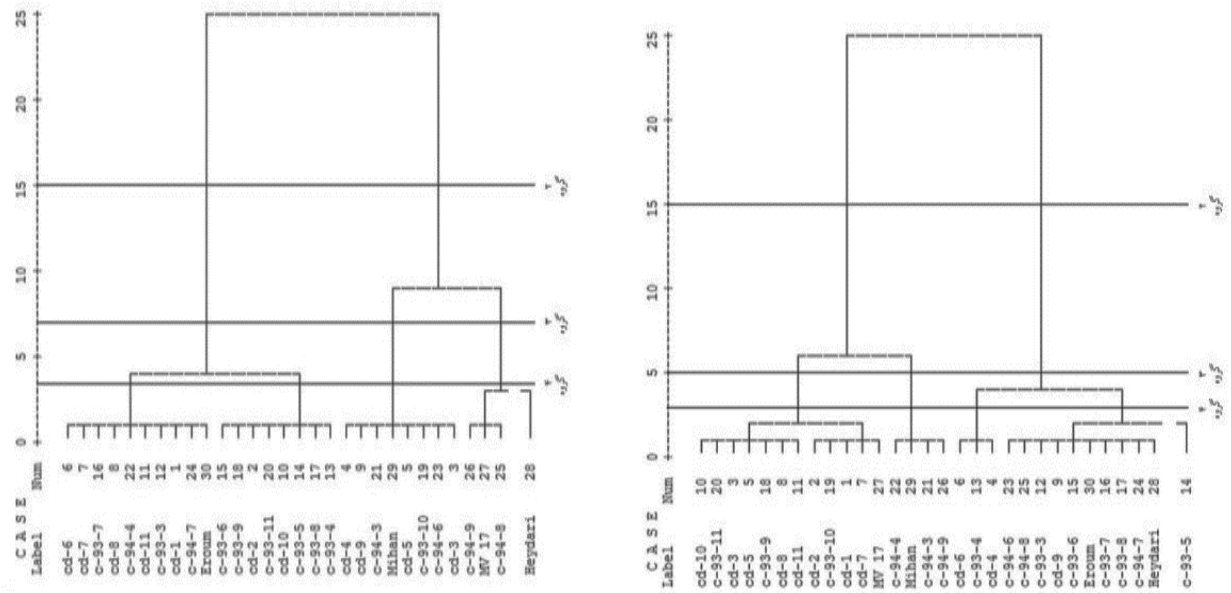
سطح تنش Stress level	تعداد گروه Group number	سطح احتمال Probe	مقادیر ویژه Eigine values	درصد واریانس تراکمی Cumulative variance%	آماره لامبدای ویلکس Wilk's Lambda
آبیاری نرمال Normal irrigation	4	0.000	14.976	92.6	0.026
		0.0009	0.906	98.2	0.407
		0.0420	0.289	100	0.776
تنش خشکی Drought strees	4	0.0000	8.557	94.1	0.068
		0.0038	0.534	100	0.652
		0.0516	14.976	92.6	0.026

تجزیه خوشه‌ای بر اساس صفات مورد ارزیابی تحت شرایط تنش کم‌آبی در مزرعه

تجزیه خوشه‌ای ۳۰ ژنوتیپ در محیط دارای تنش کم‌آبی بر اساس صفات مورد ارزیابی با روش WARD انجام شد (شکل ۱). بر اساس تجزیه تابع تشخیص، بیش‌ترین تمایز بین گروهی در حالت چهار خوشه‌ای به دست آمد (جدول ۵). برش دندروگرام حاصل در فاصله ۳ واحد مربع اقلیدسی منجر به تشکیل ۴ گروه گردید. برای نشان دادن ارزش هر یک از خوشه‌ها از لحاظ صفات مورد ارزیابی، درصد انحراف میانگین هر یک از خوشه‌ها از میانگین کل محاسبه شد.

خوشه اول شامل ۱۲ ژنوتیپ، cd-10، c-93-11، cd-3، cd-5، c-93-9، cd-8، cd-11، cd-2، MV 17، cd-7، cd-1 و c-93-10 بود (جدول ۸). درصد انحراف از میانگین این خوشه برای صفات تعداد سنبله بارور، طول پدانکل و شاخص برداشت مثبت بود. از ژنوتیپ‌های موجود در این گروه می‌توان برای بهبود تعداد سنبله بارور و شاخص برداشت استفاده نمود. در خوشه دوم ۱۱ ژنوتیپ (c-94-6، c-94-8، c-93-3، cd-9، حیدری، اروم، c-93-6، c-93-7، c-93-8، c-94-7 و c-93-5) قرار گرفتند. خوشه سوم شامل ۴ ژنوتیپ (c-94-4 ، میهن، c-94-3 و c-94-9) بود. این گروه از لحاظ صفات وزن خشک بوته، طول ریشک، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد روز تا ۵۰٪ گل‌دهی، مساحت برگ پرچم، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، سرعت پر شدن دانه و سرعت رشد رویشی بیش‌ترین درصد انحراف از میانگین مثبت را داشت. بنابراین از ژنوتیپ‌های موجود در این گروه می‌توان برای بهبود عملکرد دانه و سایر صفات مرتبط با عملکرد دانه استفاده نمود. ژنوتیپ‌های این گروه دارای بیش‌ترین عملکرد دانه (۲۰۸/۲۱۵ گرم در مترمربع) نسبت به سایر گروه‌ها می‌باشند. در خوشه چهارم ۳ ژنوتیپ cd-6 ، cd-4 و c-93-4 بود. ژنوتیپ‌های این گروه از نظر صفات ارتفاع بوته، طول سنبله و طول دوره پر شدن دانه ارزشی بیش‌تر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها را داشتند.

بر اساس تجزیه خوشه‌ای تحت شرایط نرمال در مزرعه ژنوتیپ‌های c-94-9، MV17، حیدری و c-94-8 (با میانگین عملکرد دانه ۳۹۴/۱۷ گرم در مترمربع) و تحت شرایط تنش رطوبتی گل‌دهی در مزرعه ژنوتیپ‌های میهن، c-94-4، c-94-3 و c-94-9 (با میانگین عملکرد دانه ۲۰۸/۲۱ گرم در مترمربع) جزء ژنوتیپ‌های برتر از نظر عملکرد دانه بودند که قابل‌استفاده در برنامه‌های به‌نژادی می‌باشند. آقائی سربرزه و امینی (۱۳۹۰) در بررسی تنوع ژنتیکی صفات زراعی گندم نان ایران با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA، تعداد ۱۱۲ ژنوتیپ گندم نان موردبررسی را در هشت خوشه مختلف گروه‌بندی کردند. *پردل مراغه* (2013) برای بررسی تنوع ژنتیکی لاین‌های نویدبخش گندم با استفاده از صفات مورفولوژیکی، از تجزیه تابع تشخیص و تجزیه خوشه‌ای به روش وارد و بر مبنای فاصله اقلیدسی استفاده کرد. دهقان و همکاران (۱۳۹۰) برای گروه‌بندی ۱۰۲ لاین خالص گندم دوروم، از تجزیه خوشه‌ای بر اساس روش Ward با استفاده از مجذور فاصله اقلیدسی استفاده و ژنوتیپ‌های موردبررسی را به چهار گروه تقسیم‌بندی کردند.

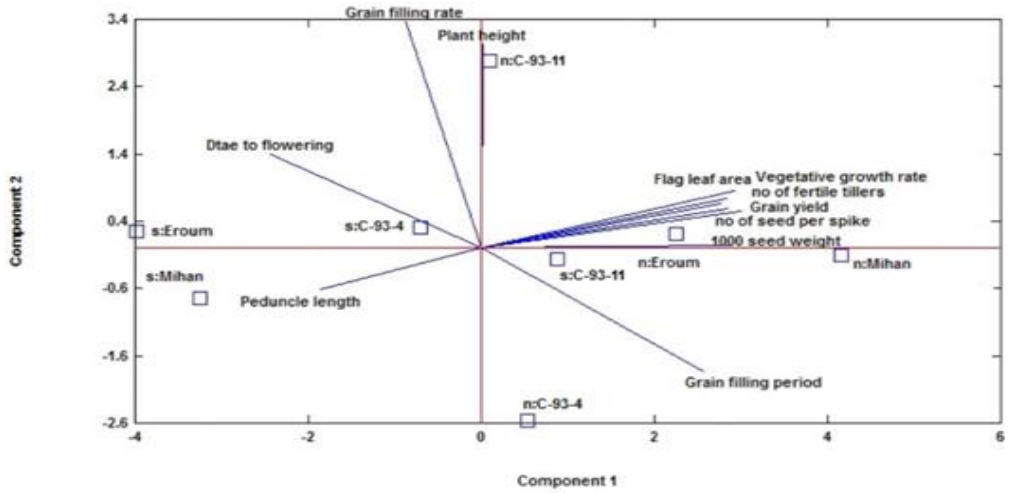


شکل ۱: دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای بر اساس کلیه صفات در ۳۰ ژنوتیپ گندم نان به روش WARD تحت شرایط نرمال (چپ) و تنش کمبود آب (راست) در مزرعه

Fig. 1: Dendrogram obtained from cluster analysis based on all traits in 30 bread wheat genotypes by WARD method under normal irrigation (left) and drought strees conditions (right) at flowering stage in the field

تجزیه بای‌پلات

در این تحقیق، تجزیه بای‌پلات برای بررسی هم‌زمان متغیرها و جایگاه ژنوتیپ‌های حساس (c-93-4 وc-93-11) و متحمل به خشکی (میهن و اروم) در ارتباط با آن‌ها استفاده شد (شکل۲). این ژنوتیپ‌های حساس و متحمل بر اساس شاخص‌های مقاومت به تنش خشکی تحت شرایط گلخانه‌ای و مزرعه‌ای انتخاب شدند. با توجه به کسینوس زاویه بین صفات در نمودار بای‌پلات، هرچه زاویه بین دو صفت کم‌تر باشد، آن دو صفت همبستگی بیش‌تری باهم دارند. بنابراین بین صفات سرعت رشد رویشی، مساحت برگ پرچم، تعداد پنجه بارور، عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه ارتباط بالایی وجود دارد، اما بقیه صفات همبستگی پایینی باهم دارند (شکل ۲). بر اساس نتایج نمودار بای‌پلات، صفات مساحت برگ پرچم، سرعت رشد رویشی، تعداد پنجه بارور، عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه نقش تعیین‌کننده در جداسازی ژنوتیپ‌ها تحت شرایط نرمال و تنش دارند. استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و نمودار بای‌پلات برای انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم در گندم دوروم توسط دیگر محققین نیز مورد تأیید قرار گرفته است (*طالبی* و همکاران، 2009).



شکل ۲: نمایش دوبعدی صفات ژنوتیپ‌های موردبررسی براساس مؤلفه اول در مقابل مؤلفه دوم به‌دست‌آمده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

Fig. 2: Two-dimensional display of the studied traits of genotypes based on the first component versus the second component obtained from the main components analysis

تجزیه همبستگی کانونی عملکرد و اجزای عملکرد و صفات رشدی تحت شرایط نرمال در گلخانه

با توجه به جدول ۶ آماره لامبدای ویلکاکس در سطح احتمال ۱ درصد برای تابع اول معنی‌دار گردید. یعنی همبستگی معنی داری بین متغیرهای رشدی از یک‌طرف و عملکرد و اجزای عملکرد از سوی دیگر در تابع اول وجود دارد.

ترکیب خطی برای تابع اول از متغیرهای رشدی (W_i) و عملکرد و اجزای عملکرد (V_i) موردمطالعه همراه با ضرایب مربوطه (a_{ij} و b_{ik}) به‌صورت زیر به‌دست آمد (جداول ۷ و ۸):

$$W_1 = 1.203X_1 + 0.198X_2 + 1.181X_3$$

$$V_1 = 0.896Y_1 + 0.645Y_2 + 0.152Y_3$$

همبستگی ساختاری بین متغیرهای اندازه‌گیری شده یک گروه با توابع کانونی مربوط به همان گروه در جداول ۹ و ۱۰ آمده است. در بین متغیرهای رشدی، سرعت رشد رویشی (۰/۷۸۰) همبستگی مثبت و بالایی با تابع کانونی (W_1) نشان داد ولی طول دوره پرشدن دانه و سرعت پرشدن دانه دارای همبستگی پایین با تابع کانونی (W_1) بود. در بین متغیرهای عملکرد و اجزای عملکرد همبستگی مثبت و بالایی بین عملکرد دانه (۰/۸۷۰) و تعداد دانه در سنبله (۰/۷۳۶) با تابع کانونی (V_1) مشاهده شد اما وزن هزاردانه دارای همبستگی پایین بود.

همبستگی بین متغیرهای اندازه‌گیری شده یک گروه با توابع کانونی گروه دیگر در جداول ۱۱ و ۱۲ درج شده است. در بین متغیرهای رشدی، سرعت رشد رویشی همبستگی مثبت و بالایی با تابع کانونی مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد (V_1) داشت، ولی طول دوره پرشدن دانه و سرعت پرشدن دانه دارای همبستگی پایین بود. در بین متغیرهای عملکرد و اجزای عملکرد همبستگی مثبت و بالایی بین عملکرد دانه (۰/۸۵۷) و تعداد دانه در سنبله (۰/۷۲۵) با تابع کانونی مربوط به صفات رشدی (W_1) وجود داشت، اما وزن هزار دانه دارای همبستگی پایین و مثبت بود.

با توجه به نتایج به‌دست آمده تحت شرایط آبیاری مطلوب در گلخانه می‌توان گفت تابع V_1 بیش‌تر متأثر از سرعت رشد رویشی می‌باشد، اما تابع W_1 بیش‌تر تحت تأثیر عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله بود. در چنین شرایطی برای افزایش عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله، سرعت رشد رویشی می‌تواند به‌عنوان معیار مناسب در نظر گرفته شود.

تجزیه همبستگی کانونی عملکرد و اجزای عملکرد و صفات رشدی تحت شرایط تنش در گلخانه

در شرایط تنش آماره لامبدای ویلکاکس در سطح احتمال ۱ درصد برای تابع اول معنی‌دار گردید. یعنی همبستگی معنی‌داری بین متغیرهای رشدی از یک‌طرف و عملکرد و اجزای عملکرد از سوی دیگر در تابع اول وجود دارد (جدول ۶).

ترکیب خطی برای تابع اول از متغیرهای رشدی (W_1) و عملکرد و اجزای عملکرد (V_1) موردمطالعه همراه با ضرایب مربوطه (a_{ij} و b_{ik}) به‌صورت زیر به‌دست آمد (جداول ۷ و ۸):

$$W_1 = 0.913X_1 + 0.140X_2 + 0.333X_3$$

$$V_1 = 1.537Y_1 + 0.981Y_2 - 0.117Y_3$$

در جداول ۹ و ۱۰ همبستگی ساختاری بین متغیرهای اندازه‌گیری شده یک گروه با توابع کانونی مربوط به همان گروه آمده است. در بین متغیرهای رشدی، سرعت پرشدن دانه (۰/۹۴۲) و سرعت رشد رویشی (۰/۷۴۴) همبستگی مثبت و بالایی با تابع کانونی مربوطه (W_1) نشان دادند. متغیر طول دوره پرشدن دانه دارای همبستگی پایین بود. تعداد دانه در سنبله (۰/۷۴۶) و عملکرد دانه (۰/۶۳۲) جزء متغیرهای عملکرد و اجزای عملکرد بودند که همبستگی مثبت و بالایی با تابع کانونی مربوطه (V_1) داشتند. اما وزن هزاردانه دارای همبستگی منفی و پایین بود.

همبستگی بین متغیرهای اندازه‌گیری شده یک گروه با توابع کانونی گروه دیگر نشان داد (جداول ۱۱ و ۱۲) سرعت پرشدن دانه و سرعت رشد رویشی ازجمله متغیرهای رشدی هستند که با تابع کانونی مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد همبستگی مثبت و بالایی (V_1) داشتند. تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه نیز جزو متغیرهای عملکرد و اجزای عملکرد بودند که با تابع کانونی مربوط به صفات رشدی (W_1) همبستگی مثبت و بالایی نشان دادند.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده تحت شرایط تنش در گلخانه می‌توان گفت تابع V_1 بیش‌تر متأثر از سرعت پرشدن دانه و سرعت رشد رویشی می‌باشد، اما تابع W_1 بیش‌تر تحت تأثیر تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه بود. در چنین شرایطی برای افزایش تعداد دانه در سنبله و درنهایت عملکرد دانه، سرعت پرشدن دانه و سرعت رشد رویشی می‌توانند به‌عنوان معیارهای گزینشی مناسب در نظر گرفته شوند.

تجزیه همبستگی کانونی عملکرد و اجزای عملکرد و صفات رشدی تحت شرایط نرمال در مزرعه

در شرایط نرمال آماره لامبدای ویلکاکس در سطح احتمال ۱ درصد برای تابع اول معنی‌دار گردید. یعنی همبستگی معنی داری بین متغیرهای رشدی از یک‌طرف و عملکرد و اجزای عملکرد از سوی دیگر در تابع اول وجود دارد (جدول ۶).

ترکیب خطی برای تابع اول از متغیرهای رشدی (W_1) و عملکرد و اجزای عملکرد (V_1) موردمطالعه همراه با ضرایب مربوطه (a_{ij} و b_{ik}) به‌صورت زیر به‌دست آمد (جداول ۷ و ۸):

$$W_1 = 1.277X_1 + 0.118X_2 + 1.189X_3$$
$$V_1 = 0.048Y_1 - 0.047Y_2 + 0.111Y_3 + 0.932Y_4$$

در جداول ۹ و ۱۰ همبستگی ساختاری بین متغیرهای اندازه‌گیری شده یک گروه با توابع کانونی مربوط به همان گروه آمده است. در بین متغیرهای رشدی، سرعت رشد رویشی (۰/۷۹۷) همبستگی مثبت و بالایی با تابع کانونی مربوطه (W_1) نشان داد. متغیرهای طول دوره پرشدن دانه و سرعت پرشدن دانه دارای همبستگی پایین بودند. عملکرد دانه (۰/۹۹۴) و تعداد دانه در سنبله (۰/۶۸۳) جزو متغیرهای عملکرد و اجزای عملکرد بودند که همبستگی مثبت و بالایی با تابع کانونی مربوطه (V_1) داشتند. اما تعداد پنجه بارور و وزن هزاردانه دارای همبستگی مثبت و پایین بودند.

همبستگی بین متغیرهای اندازه‌گیری شده یک گروه با توابع کانونی گروه دیگر نشان داد (جداول ۱۱ و ۱۲) سرعت رشد رویشی ازجمله متغیر رشدی بود که با تابع کانونی مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد (V_1) همبستگی مثبت و بالایی داشت، همبستگی طول دوره پرشدن دانه و سرعت پرشدن دانه مثبت و در حد پایین بود. عملکرد دانه (۰/۹۴۸) و تعداد دانه در سنبله (۰/۶۵۱) نیز جزو متغیرهای عملکرد و اجزای عملکرد بودند که با تابع کانونی مربوط به صفات رشدی (W_1) همبستگی مثبت و بالایی نشان دادند. وزن هزاردانه و تعداد پنجه بارور دارای همبستگی مثبت و پایین بود.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده تحت شرایط نرمال در مزرعه می‌توان گفت تابع V_1 بیش‌تر متأثر از سرعت رشد رویشی می باشد، اما تابع W_1 بیش‌تر تحت تأثیر عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله بود.

در چنین شرایطی برای افزایش عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله، سرعت رشد رویشی می‌تواند به‌عنوان معیار مناسب در نظر گرفته شود.

تجزیه همبستگی کانونی عملکرد و اجزای عملکرد و صفات رشدی تحت شرایط تنش در مزرعه

در شرایط تنش آماره لامبدای ویلکاکس در سطح احتمال ۱ درصد برای تابع اول معنی‌دار گردید. یعنی همبستگی معنی داری بین متغیرهای رشدی از یک‌طرف و عملکرد و اجزای عملکرد از سوی دیگر در تابع اول وجود دارد (جدول ۶).

با مراجعه به جداول ۷ و ۸ ترکیب خطی برای تابع اول از متغیرهای رشدی (W_i) و عملکرد و اجزای عملکرد (V_i) موردمطالعه همراه با ضرایب مربوطه (a_{ij} و b_{ik}) به‌صورت زیر به دست آمد:

$$W_1 = 1.109X_1 + 0.523X_2 + 0.960X_3$$
$$V_1 = 0.101Y_1 + 0.138Y_2 + 0.020Y_3 + 0.961Y_4$$

همبستگی ساختاری بین متغیرهای اندازه‌گیری شده یک گروه با توابع کانونی مربوط به همان گروه در جداول ۹ و ۱۰ درج شده است. سرعت رشد رویشی (۰/۸۸۹) همبستگی مثبت و بالایی با تابع کانونی (W_1) نشان داد. طول دوره پرشدن دانه (۰/۱۰۴-) همبستگی منفی و پایین و سرعت پرشدن دانه (۰/۵۷۳) همبستگی مثبت و متوسط با تابع کانونی (W_1) داشت. در بین متغیرهای عملکرد و اجزای عملکرد همبستگی مثبت و بالایی بین عملکرد دانه (۰/۹۹۰) با تابع کانونی (V_1) وجود داشت. اما همبستگی اجزای عملکرد مثبت و در حد پایین بود.

همبستگی بین متغیرهای اندازه‌گیری شده یک گروه با توابع کانونی گروه دیگر در جداول ۱۱ و ۱۲ آورده شده است. در بین متغیرهای رشدی، سرعت رشد رویشی (۰/۸۲۱) همبستگی مثبت و بالایی با تابع کانونی مربوط به اجزای عملکرد (V_1) داشت. همبستگی سرعت پرشدن دانه در حد متوسط ولی همبستگی طول دوره پرشدن دانه منفی و ناچیز بود. در بین متغیرهای عملکرد و اجزای عملکرد همبستگی مثبت و بالایی بین عملکرد دانه (۰/۹۱۳) با تابع کانونی مربوط به صفات رشدی (W_1) وجود داشت.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده تحت شرایط تنش در مزرعه می‌توان گفت تابع V_1 بیش‌تر متأثر از سرعت رشد رویشی و سرعت پرشدن دانه می‌باشد، اما تابع W_1 بیش‌تر تحت تأثیر عملکرد دانه بود. در چنین شرایطی برای افزایش عملکرد دانه، صفات سرعت رشد رویشی و سرعت پرشدن دانه می‌توانند به عنوان معیارهای مناسب در نظر گرفته شود.

تحت شرایط آبیاری مطلوب در گلخانه، بین سرعت رشد رویشی و تابع کانونی مربوطه (W_1) و هم‌چنین بین عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله و متغیر کانونی مربوطه (V_1) همبستگی مثبت و بالایی مشاهده گردید. بنابراین در چنین شرایطی برای افزایش عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله، صفت سرعت رشد رویشی می‌تواند به‌عنوان معیار مناسب در نظر گرفته شود. از سوی دیگر تحت شرایط تنش در گلخانه، بین سرعت پرشدن دانه و سرعت رشد رویشی با تابع کانونی مربوطه (W_1) و هم‌چنین بین تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه با تابع کانونی مربوطه (V_1) همبستگی مثبت و بالایی وجود داشت. درنتیجه تحت شرایط تنش در گلخانه، برای افزایش تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه، صفات سرعت پرشدن دانه و سرعت رشد رویشی می‌توانند به‌عنوان عوامل مهم و تأثیرگذار در نظر گرفته شوند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده تحت شرایط نرمال در مزرعه، بین سرعت رشد رویشی و متغیر کانونی مربوطه (W_1) و هم‌چنین بین عملکرد دانه و تعداد دانه در

سنبله و متغیر کانونی مربوطه (V_1) همبستگی مثبت و بالایی مشاهده شد. چنین به‌نظر می‌رسد تحت شرایط نرمال در مزرعه برای افزایش عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله، صفت سرعت رشد رویشی می‌تواند به‌عنوان معیار مناسب در نظر گرفته شود. تحت شرایط تنش در مزرعه، بین سرعت رشد رویشی با متغیر کانونی مربوطه (W_1) و هم‌چنین بین عملکرد دانه با تابع کانونی مربوطه (V_1) همبستگی مثبت و بالایی مشاهده شد. به نظر می‌رسد تحت شرایط تنش در مزرعه برای افزایش عملکرد دانه، صفات سرعت رشد رویشی و سرعت پرشدن دانه می‌توانند به‌عنوان معیارهای مناسب در نظر گرفته شود. *صبا* و همکاران (2018) در تجزیه همبستگی کانونی صفات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و فنولوژیکی با صفات اجزای عملکرد، گزارش کردند که اولین متغیر کانونی برای صفات مستقل (U_1) بیش‌تر تحت تأثیر بیوماس گیاه (۰/۶۷۴) قرار گرفت و صفات دمای کانوپی، ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد روز تا سنبله‌دهی دارای ضریب همبستگی پایین بودند. *علوی سینی* و *صبا* (2014) با تجزیه همبستگی کانونی صفات زراعی، سه متغیر کانونی معنی دار به‌دست آوردند که متغیرهای کانونی معنی‌دار ۳۰ درصد از واریانس کل متغیرها را توجیه نمودند. هم‌چنین آن‌ها همبستگی اولین، دومین و سومین جفت متغیر کانونی را به‌ترتیب ۰/۹۱، ۰/۸۴ و ۰/۷۴ گزارش کردند که اولین متغیر کانونی با توجیه ۱۳/۲ درصد از تنوع متغیرهای زراعی با صفات درصد اختصاص ماده خشک به برگ، ارتفاع و شاخص برداشت رابطه منفی و با بقیه صفات زراعی رابطه مثبت داشت (*علوی سینی و صبا*، 2014).

جدول ۶: مقادیر همبستگی بین جفت متغیرهای کانونی در ۳۰ ژنوتیپ گندم تحت شرایط نرمال و تنش در گلخانه و مزرعه

Table 6: Correlation values between canonical variables of 30 wheat genotypes under normal irrigation and drought strees at flowering conditions in greenhouse and field

محیط Environment	سطح تنش Stress level	همبستگی کانونی Canonical correlation	سطح احتمال معنی‌داری P value	توان دوم همبستگی کانونی Square of canonical correlation	نسبت تجمعی Accumulative proportion
گلخانه Greenhouse	آبیاری نرمال Normal irrigation	0.984	0.0001	0.969	0.996
		0.107	0.5732	0.327	1.000
		0.001	0.8663	0.033	1.000
گلخانه Greenhouse	تنش خشکی Drought strees	0.973	0.0001	0.947	0.981
		0.444	0.0962	0.197	0.995
		0.292	0.1318	0.085	1.000
مزرعه Field	آبیاری نرمال Normal irrigation	0.953	0.0001	0.908	0.972
		0.446	0.3754	0.199	0.996
		0.189	0.6341	0.036	1.000
مزرعه Field	تنش خشکی Drought strees	0.923	0.0001	0.851	0.951
		0.393	0.3305	0.154	0.981
		0.321	0.2567	0.103	1.000

جدول ۷: ضرایب کانونی استاندارد شده برای توابع کانونی مربوط به متغیرهای رشدی ۳۰ ژنوتیپ گندم تحت شرایط نرمال و تنش در گلخانه و مزرعه

Table 7: Standardized canonical coefficient for canonical functions related to Growth variables of 30 wheat genotypes under normal irrigation and drought strees at flowering conditions in greenhouse and field

محیط Environment	سطح تنش Stress level	صفت Trait		تابع کانونی اول W1	تابع کانونی دوم W2	تابع کانونی سوم W3
گلخانه Greenhouse	آبیاری نرمال Normal irrigation	سرعت پرشدن دانه	Grain filling rate	1.203	-0.647	2.046
		سرعت رشد رویشی	Vegetative growth rate	0.198	0.212	-1.645
		طول دوره پرشدن دانه	Grain filling period	1.181	0.510	1.396
گلخانه Greenhouse	تنش خشکی در مرحله گل‌دهی Drought strees at flowering	سرعت پرشدن دانه	Grain filling rate	0.913	-1.065	0.428
		سرعت رشد رویشی	Vegetative growth rate	0.140	1.285	-0.666
		طول دوره پرشدن دانه	Grain filling period	0.333	0.445	0.862
مزرعه Field	آبیاری نرمال Normal irrigation	سرعت پرشدن دانه	Grain filling rate	1.277	-1.718	0.165
		سرعت رشد رویشی	Vegetative growth rate	0.118	1.483	0.220
		طول دوره پرشدن دانه	Grain filling period	1.189	-1.468	-0.880
مزرعه Field	تنش خشکی در مرحله گل‌دهی Drought strees at flowering	سرعت پرشدن دانه	Grain filling rate	1.109	-2.157	0.587
		سرعت رشد رویشی	Vegetative growth rate	0.523	1.170	-0.443
		طول دوره پرشدن دانه	Grain filling period	0.960	-1.867	-0.550

جدول ۸: ضرایب کانونی استاندارد شده برای توابع کانونی مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد در ژنوتیپ‌های گندم پاییزه تحت شرایط نرمال و تنش در گلخانه و مزرعه

Table 8: Standardized canonical coefficient for canonical functions related to yield and yield components in wheat genotypes under normal irrigation and drought strees at flowering stage in greenhouse and field

محیط Environment	سطح تنش Stress level	صفت Trait		تابع کانونی اول V1	تابع کانونی دوم V2	تابع کانونی سوم V3
گلخانه Greenhouse	آبیاری نرمال Normal irrigation	تعداد دانه در سنبله	Seed no per spike	0.896	-1.634	-0.275
		وزن هزاردانه	1000 seed weight	0.645	-0.698	-1.148
		عملکرد دانه	Grain yield	0.152	1.641	0.659
گلخانه Greenhouse	تنش خشکی در مرحله گل‌دهی Drought strees at flowering	تعداد دانه در سنبله	Seed no per spike	1.537	-0.779	-1.128
		وزن هزاردانه	1000 seed weight	0.981	-1.093	0.255
		عملکرد دانه	Grain yield	-0.117	0.791	1.361
مزرعه Field	آبیاری نرمال Normal irrigation	تعداد پنجه بارور	No of fertile tillers	0.048	0.877	0.327
		وزن هزاردانه	1000 seed weight	-0.047	-0.097	1.044
		تعداد دانه در سنبله	Seed no per spike	0.111	0.895	0.254
		عملکرد دانه	Grain yield	0.932	-0.700	-0.378
مزرعه Field	تنش خشکی در مرحله گل‌دهی Drought strees at flowering	تعداد پنجه بارور	No of fertile tillers	0.101	0.715	0.761
		وزن هزاردانه	1000 seed weight	0.138	-0.333	0.537
		تعداد دانه در سنبله	Seed no per spike	0.020	0.454	-0.586
		عملکرد دانه	Grain yield	0.961	-0.119	-0.274

جدول ۹: همبستگی ساختاری بین متغیرهای رشدی و توابع کانونی مربوطه تحت شرایط نرمال و تنش در گلخانه و مزرعه

Table 9: Structural correlation between growth variables and related canonical functions under normal irrigation and drought strees at flowering stage in greenhouse and field

محیط Environment	سطح تنش Stress level	صفت Trait		تابع کانونی اول W1	تابع کانونی دوم W2	تابع کانونی سوم W3
گلخانه Greenhouse	آبیاری نرمال Normal irrigation	سرعت پرشدن دانه	Grain filling rate	0.455	-0.889	-0.060
		سرعت رشد رویشی	Vegetative growth rate	0.780	-0.295	0.552
		طول دوره پرشدن دانه	Grain filling period	0.253	0.955	0.153
گلخانه Greenhouse	تنش خشکی Drought strees	سرعت پرشدن دانه	Grain filling rate	0.942	-0.230	-0.245
		سرعت رشد رویشی	Vegetative growth rate	0.744	0.433	-0.510
		طول دوره پرشدن دانه	Grain filling period	0.107	0.448	0.888
مزرعه Field	آبیاری نرمال Normal irrigation	سرعت پرشدن دانه	Grain filling rate	0.446	-0.166	0.879
		سرعت رشد رویشی	Vegetative growth rate	0.797	0.600	0.077
		طول دوره پرشدن دانه	Grain filling period	0.283	0.118	-0.952
مزرعه Field	تنش خشکی Drought strees	سرعت پرشدن دانه	Grain filling rate	0.573	0.054	0.818
		سرعت رشد رویشی	Vegetative growth rate	0.889	0.457	-0.0002
		طول دوره پرشدن دانه	Grain filling period	-0.104	-0.311	-0.945

جدول ۱۰: همبستگی ساختاری بین عملکرد و اجزای عملکرد و توابع کانونی مربوطه تحت شرایط نرمال و تنش در گلخانه و مزرعه

Table 10: Structural correlation between yield and yield components and related canonical functions under normal irrigation and drought strees at flowering stage in greenhouse and field

تابع کانونی سوم V3	تابع کانونی دوم V2	تابع کانونی اول V1	صفت Trait		سطح تنش Stress level	محیط Environment
0.602	-0.310	0.736	Seed no per spike	تعداد دانه در سنبله	آبیاری نرمال Normal irrigation	گلخانه Greenhouse
-0.888	0.327	0.323	1000 seed weight	وزن هزاردانه		
0.222	0.440	0.870	Grain yield	عملکرد دانه		
-0.286	0.602	0.746	Seed no per spike	تعداد دانه در سنبله	تنش خشکی Drought strees	گلخانه Greenhouse
0.496	-0.865	-0.074	1000 seed weight	وزن هزاردانه		
0.405	0.661	0.632	Grain yield	عملکرد دانه		
0.151	0.696	0.114	No of fertile tillers	تعداد پنجه بارور	آبیاری نرمال Normal irrigation	مزرعه Field
0.929	-0.331	0.158	1000 seed weight	وزن هزاردانه		
-0.016	0.328	0.683	Seed no per spike	تعداد دانه در سنبله		
0.041	-0.091	0.994	Grain yield	عملکرد دانه		
0.545	0.800	0.240	No of fertile tillers	تعداد پنجه بارور	تنش خشکی Drought strees	مزرعه Field
0.373	-0.579	0.178	1000 seed weight	وزن هزاردانه		
-0.611	-0.515	0.013	Seed no per spike	تعداد دانه در سنبله		
-0.098	-0.012	0.990	Grain yield	عملکرد دانه		

جدول ۱۱: همبستگی متغیرهای رشدی با توابع کانونی حاصل از عملکرد و اجزای عملکرد تحت شرایط نرمال و تنش در گلخانه و مزرعه

Table 11: Correlation of growth variables with canonical functions of yield and yield components under normal irrigation and drought strees at flowering stage in greenhouse and field

تابع کانونی سوم V3	تابع کانونی دوم V2	تابع کانونی اول V1	صفت Trait		سطح تنش Stress level	محیط Environment
-0.002	-0.291	0.448	Grain filling rate	سرعت پرشدن دانه	آبیاری نرمال Normal irrigation	گلخانه Greenhouse
-0.018	-0.096	0.768	Vegetative growth rate	سرعت رشد رویشی		
0.005	0.312	0.249	Grain filling period	طول دوره پرشدن دانه		
-0.072	-0.102	0.917	Grain filling rate	سرعت پرشدن دانه	تنش خشکی Drought strees	گلخانه Greenhouse
-0.149	0.192	0.724	Vegetative growth rate	سرعت رشد رویشی		
0.259	0.199	0.105	Grain filling period	طول دوره پرشدن دانه		
0.166	-0.074	0.426	Grain filling rate	سرعت پرشدن دانه	آبیاری نرمال Normal irrigation	مزرعه Field
0.015	0.267	0.759	Vegetative growth rate	سرعت رشد رویشی		
-0.180	0.053	0.269	Grain filling period	طول دوره پرشدن دانه		
0.263	0.021	0.529	Grain filling rate	سرعت پرشدن دانه	تنش خشکی Drought strees	مزرعه Field
-0.0001	0.180	0.821	Vegetative growth rate	سرعت رشد رویشی		
-0.303	-0.122	-0.096	Grain filling period	طول دوره پرشدن دانه		

جدول ۱۲: همبستگی عملکرد و اجزای عملکرد با تابع کانونی حاصل از متغیرهای رشدی تحت شرایط نرمال و تنش در گلخانه و مزرعه

Table 12: Correlation of yield and yield components with canonical function of growth variables under normal irrigation and drought strees at flowering stage in greenhouse and field

محیط Environment	سطح تنش Stress level	صفت Trait		تابع کانونی اول W1	تابع کانونی دوم W2	تابع کانونی سوم W3
گلخانه Greenhouse	آبیاری نرمال Normal irrigation	تعداد دانه در سنبله	Seed no per spike	0.725	-0.101	0.020
		وزن هزاردانه	1000 seed weight	0.318	0.107	-0.030
		عملکرد دانه	Grain yield	0.857	0.144	0.007
گلخانه Greenhouse	تنش خشکی Drought strees	تعداد دانه در سنبله	Seed no per spike	0.726	0.268	-0.083
		وزن هزاردانه	1000 seed weight	-0.072	-0.384	0.145
		عملکرد دانه	Grain yield	0.615	0.294	0.118
مزرعه Field	آبیاری نرمال Normal irrigation	تعداد پنجه بارور	No of fertile tillers	0.109	0.310	0.029
		وزن هزاردانه	1000 seed weight	0.151	-0.147	0.176
		تعداد دانه در سنبله	Seed no per spike	0.651	0.146	-0.003
		عملکرد دانه	Grain yield	0.948	-0.041	0.008
مزرعه Field	تنش خشکی Drought strees	تعداد پنجه بارور	No of fertile tillers	0.222	0.314	0.175
		وزن هزاردانه	1000 seed weight	0.165	-0.227	0.120
		تعداد دانه در سنبله	Seed no per spike	0.012	0.202	-0.196
		عملکرد دانه	Grain yield	0.913	-0.005	-0.032

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان عنوان کرد که تحت شرایط آبیاری مطلوب و تنش در گلخانه و مزرعه برای افزایش تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه، صفات سرعت رشد رویشی، طول دوره پرشدن دانه و سرعت پرشدن دانه می‌توانند به‌عنوان معیارهای گزینشی مناسب در نظر گرفته شوند. در برنامه‌های اصلاحی ارتباط بین صفات بایستی مورد ارزیابی قرار گیرد، مخصوصاً زمانی که صفت مقابل مطلوب باشد، به خاطر این‌که تغییر در یک صفت باعث تغییر در صفات دیگر می‌شود. بر مبنای تجزیه تابع تشخیص، بیش‌ترین تمایز بین گروهی در حالت چهار خوشه‌ای در مزرعه به‌دست آمد و حداکثر اختلاف بین گروه‌های به وجود آمده از لحاظ تابع اول دیده شد. بر اساس تجزیه خوشه‌ای تحت شرایط نرمال در مزرعه ژنوتیپ‌های c-94-9، MV17، حیدری و c-94-8 (با میانگین عملکرد دانه ۳۹۴/۱۷ گرم در مترمربع) و تحت شرایط تنش رطوبتی گل‌دهی در مزرعه ژنوتیپ‌های میهن، c-94-4، c-94-3 و c-94-9 (با میانگین عملکرد دانه ۲۰۸/۲۱ گرم در مترمربع) جزء ژنوتیپ‌های برتر از نظر عملکرد دانه بودند که قابل‌استفاده در برنامه‌های به‌نژادی به‌عنوان یکی از والدین در برنامه‌های تلاقی می‌باشند. هم‌چنین بر اساس نتایج نمودار بای‌پلات، صفات موردمطالعه قادر به جداسازی ژنوتیپ‌ها تحت شرایط نرمال و تنش بودند.

منابع

آقایی سربرزه، م.، امینی، ا. ۱۳۹۰. تنوع ژنتیکی صفات زراعی در کلکسیون ژنوتیپ‌های بومی گندم نان ایران. مجله به‌نژادی نهال و بذر، ۱-۲۷ (۴):۵۸۱-۵۹۹.

بی‌نام. ۱۳۹۴. گزارش نتایج برنامه اصلاح گندم. در طی سال ۱۳۹۳-۱۳۹۴. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، بخش تحقیقات غلات. کرج، ایران.

بی‌نام .۱۳۹۵ گزارش نتایج برنامه اصلاح گندم. در طی سال ۱۳۹۵-۱۳۹۴. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، بخش تحقیقات غلات. کرج، ایران.

خدادادی، م.، دهقانی، ح. و فتوکیان، م. ح. ۱۳۹۰. بررسی توارث‌پذیری، تجزیه علیت و تحلیل عامل‌ها در ژنوتیپ‌های گندم پاییزه (*Triticum aestivum* L.). مجله دانش زراعت، پیاپی ۴: ۶۷-۷۲.

دهقان، ع.، خدارحمی، م. و مجیدی هروان، ا. ۱۳۹۰. تنوع ژنتیکی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در لاین‌های گندم دوروم. مجله نهال و بذر، ۲۷ (۱): ۱۰۳-۱۲۰.

راهنما، ع.، بخشنده، ع. و نورمحمدی، ق. ۱۳۷۹. بررسی تغییر تعداد پنجه در بوته در تراکم‌های مختلف کاشت بر عملکرد و اجزای

عملکرد دانه گندم اترک در شرایط آب‌وهوایی جنوب خوزستان. مجله علوم زراعی ایران، ۲ (۳): ۱۲-۲۵.

طالبی‌فر، م.، تقی‌زاده، ر. و کمالی کیوی، س. ا. ۱۳۹۴. تعیین روابط میان عملکرد دانه و اجزای عملکرد در ارقام گندم تحت شرایط تنش قطع آب در مراحل رشد از طریق تجزیه علیت. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی)، ۱۰۸: ۱۰۷-۱۱۳.

هادی، ه.، سیدشریفی، ر.، نامور، ع. و قلی‌پور، ع. ۱۳۹۵. محافظ‌های گیاهی و تنش‌های غیرزیستی. چاپ اول. انتشارات دانشگاه ارومیه. ۳۴۶ صفحه.

Abdoli, M. and Saeidi, M. 2012. Using different indices for selection of resistant wheat cultivars to post anthesis water deficit in the west of Iran. Annals of Biological Research, 3 (3): 1322-1333.

Abid, M., Tian, Z., Ata-Ul-Karim, S. T., Liu, Y., Cui, Y., Zahoor, R., Jiang, D. and Dai, T. 2016. Improved tolerance to postanthesis drought stress by pre-drought priming at Vegetative stages in drought-tolerant and-sensitive wheat cultivars. Plant Physiology and Biochemistry, 106(1): 218-227.

Dalvandi, G., Ghanbari-Odivi, A., Farnia, A., Khaliltahmasebi, B. and Nabati, E. 2013. Effects of drought stress on the growth, yield and yield components of four wheat populations in different growth stages. Advances in Environmental Biology, 7 (4): 619-624.

Daniel, C. and Triboi, E. 2002. Changes in wheat protein aggregation during grain development: Effects of temperatures and water stress. European Journal of Agronomy, 16: 1-12.

Eticha, F., Belay, G. and Bekele, E. 2006. Species diversity in wheat landrace populations from two regions of Ethiopia. Genetic Resources Crop Evolution, 53: 387-393.

Ellis, H. R. and Pieta-Filho, C. 1992. The development of seed quality in spring and winter cultivars of barley and wheat. Seed Science Research, 2: 19-25.

Food and Agriculture Organization. 2011-2020. World food situation, Available at: http://www.fao.org/ worldfoodsituation/ csdb/en/.

Hosseinzadeh, S. R., Amiri, H. and Ismaili, A. 2016. Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Photosynthetica, 54 (1): 87-92.

Johnson, R. A. and Wichern, D.W. 2007. Applied Multivariate Statistical Analysis (5th Edition). Prentice Hall. p. 773.

Khandkar, U. R., Jain, N. K. and Shinde, D. A. 1992. Response of irrigated wheat to ZnS04 application in vertisol. Journal of the Indian Society of Soil Science, 40: 399-400.

Lorenceti, C., carvalho, F. I. F. D., Oliveira, A. C. D., Valerio, I. P., Hartwig, I., Benin, G. and Schmidt, D. A. M. 2006. Aplicability of phenotypic and canonic correlations and path coefficients in the selection of oat genotypes. Scientia Agricola, 63: 11-19.

Mosadeghi, M. R. Morshedizad, M., Mahboubi, A. A., Dexter, A. R. and Schulin, R. 2009. Laboratory evaluation of a model for soil crumbling for prediction of the optimum soil water content for tillage. Soil and Tillage Research, 105: 242–250.

Mohammadi, S., Yazdansepas, A., Rezaie, M. and Mirmahmmodi, T. 2010. Study of response of different Iranian bread wheat genotypes to different sowing dates under full-irrigation and terminal drought stress conditions. Research on Crops, 11 (1): 13-19.

Pordel-Maragheh, F. 2013. Assess the genetic diversity in some wheat genotypes through agronomic traits. European Journal of Zoological Research, 2 (4): 71-75.

Raykov, T. and Marcoulides, G. A. 2008. An Introduction to Applied Multivariate Analysis. Routledge/Psych press, p 498.

Saba, J., Tavana, Sh., Qorbanian, Z., Shadan, E., Shekari, F. and Jabbari, F. 2018. Canonical correlation analysis to determine the best traits for indirect improvement of wheat grain yield under terminal drought stress. Journal of Agricultural Science Technology, 20: 1037-1048.

Shearman, V., Sylvester-Bradley, R., Scott, R. and Foulkes, M. 2005. Physiological processes associated with wheat yield progress in the UK. Crop Science, 45 (1): 175-185.

Shepherd, A., Ginn, S. M. C. M. and Wyseure, G. C. L. 2002. Simulation of the effect of water shortage on the yields of winter wheat in North-East England. Ecological Modeling, 147: 41-52.

Smith, S. 2008. Intellectual property protection for plant varieties in the 21st century. Crop Sciences, 48: 1277-1290.

Soghani, M., Vaezi, Sh. and Sabaghpour, S. H. 2010. Study of correlation and analysis of grain yield and its related traits in white bean genotype. Journal of Agriculture and Plant Breeding, 6 (3): 27-36.

Talebi, R., Fayaz, F. and Mohammad-Naji, A. 2009. Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat (*Tritcum durum* Desf.). General and Applied Plant Physiology, 35: 64-74.

Yeater, K. M., Bollero, A. G., Bullock, D. G., Rayburn, A. L. and Rodriguez-Zas, S. 2004. Assessment of genetic variation in hairy vetch using canonical discriminant analysis. Crop Science, 44: 185-189.

Canonical Correlation Analysis of Growth and Grain Yield Traits in Different Bread Wheat Genotypes under Drought Stress Conditions at Flowering Time

Tahmasebpour[1], B., Jahanbakhsh Godehkahriz [2*], S., Tarinejad[3], A., Mohammadi[4], H. and Ebadi[5], A.

Abstract

In order to estimate the correlation between different traits and grouping of winter bread wheat genotypes, two factorial experiment based on a completely randomized design (CRD) and randomized complete block design (RCBD) was conducted in the research greenhouse and farm of Azerbaijan Shahid Madani University with 30 genotypes as a sub-factor and moisture stress, the main factor (control = without moisture stress and stress at flowering) with three replications during the 2016-2017 crop season. According to the results obtained under optimal irrigation conditions vegetative growth rate, and under stress conditions vegetative growth rates and grain filling rates in greenhouses and fields, are influential factors on grain yield and yield components. Cluster analysis based on grain yield and all related traits under normal irrigation field conditions, four groups were created. Superior genotypes in terms of grain yield were located in the third group (c-94-9, MV17, Heydari and c-94-8) with an average of 394.17 g/m^2. Under drought stress conditions in the field, genotypes of the third group (Mihan, c-94-4, c-94-3 and c-94-9) had the highest grain yield (208.21 g/m^2). Based on the results of Biplot analysis, flag leaf area, vegetative growth rate, number of fertile tillers, grain yield, number of grains per spike and 1000-grain weight had a determinative role in isolating genotypes under normal irrigation and stress conditions.

Keywords: Drought stress, Canonical correlation analysis, Cluster analysis

1, 2 and 5. PhD Student, Associate Professor and Professor, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabili, Iran

3. Associate Professor, Department of Agricultural Biotechnology, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

4. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

※: Corresponding author Email: jahanbakhsh@uma.ac.ir

This paper has been extracted from the first author's PhD thesis under the guidance of Sodabeh Jahanbakhsh Godehkahriz.