**Iranian Journal of Field Crop Science**
Vol 52, No 2, Summer 2021 (121-132)
DOI: 10.22059/IJFCS.2020.290984.654650

**علوم گیاهان زراعی ایران**
دورهٔ ۵۲، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۰ (ص۱۳۲-۱۲۱)

# تجزیه همبستگی کانونیک صفات فنولوژیک و سایر صفات مرتبط با عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مختلف گندم تحت شرایط آبیاری طبیعی و تنش رطوبتی پس از گلدهی

**بهنام طهماسب پور[۱] ، سدابه جهانبخش *[۲]، علیرضا تاری نژاد[۳]، حمید محمدی[٤] ،علی عبادی[٥]**

۱ و ۲ و ۵. دانشجوی دکتری، دانشیار و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی،
۳. دانشیار گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، ٤. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان.

**(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۹ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱/۲۶)**

## چکیده

**به‌منظور شناسایی همبستگی و روابط بین صفات مختلف در گندم نان، ۳۰ ژنوتیپ به‌عنوان فاکتور فرعی تحت آزمایش یک‌ساله اسپلیت پلات در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه و طرح بلوک های کامل تصادفی در مزرعه با سه تکرار در شرایط آبیاری طبیعی و تنش رطوبتی شروع گلدهی بررسی شدند. نتایج حاصل از تجزیه همبستگی کانونیک (Canonical correlation analysis) نشان داد که در هر دو سطح طبیعی و تنش رطوبتی، بین جفت متغیرهای کانونیکی حاصل از صفات فنولوژیکی با اجزای عملکرد همبستگی معنی‌داری وجود داشت. در شرایط طبیعی در گلخانه، برای افزایش تراکم سنبله (از تقسیم تعداد سنبلچه در سنبله بر طول سنبله بدست آمده است) و طول سنبله، صفت تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰٪ گلدهی می‌تواند به‌عنوان معیارگزینشی مناسب در نظر گرفته شود. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه همبستگی کانونیک در شرایط تنش در گلخانه، برای افزایش طول سنبله، صفات تعداد روز از زمان کاشت تا سنبله‌دهی، تعداد روز از زمان کاشت تا رسیدگی و تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰٪ گلدهی، از عوامل مهم و تأثیرگذار بودند. در شرایط آبیاری مطلوب در مزرعه، صفت تعداد روز از زمان کاشت تا رسیدگی، از عوامل تأثیرگذار بر وزن دانه در سنبله بود. نتایج حاصل از تجزیه همبستگی کانونیک تحت شرایط تنش در مزرعه نشان داد که برای افزایش وزن هزار دانه، صفت تعداد روز از زمان کاشت تا رسیدگی می‌تواند به‌عنوان معیار گزینشی مناسب در نظر گرفته شود.**

**واژه‌های کلیدی:** اجزای عملکرد، تجزیه همبستگی متعارف، تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی، تنش خشکی، گندم.

# Canonical correlation analysis of phonological and other traits related to grain yield in different wheat genotypes under normal irrigation and stressed conditions at flowering time

**Behnam Tahmasebpour[1], Sodabeh Jahanbakhsh *[1], Ali Reza Tarinejad [2], Hamid Mohammadi [3], Ali Ebadi[1]**

1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran. 2. Department of Agricultural Biotechnology, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Iran. 3. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Iran.

(Received: January 19, 2020 - Accepted: April 14, 2020)

## ABSTRACT

In order to identify the correlations and relationships between different traits in the bread wheat, 30 genotypes were investigated as sub-factors under the split plot experiment in the completely randomized design in greenhouse and the randomized complete block design in the field with three replications under the normal irrigation and post-anthesis water stress conditions. The results of the canonical correlation analysis showed that at both normal and moisture stress levels, there was a significant correlation between the pair of canonical variables obtained from the phenological traits and the yield components. Under the normal conditions in the greenhouse, to increase the spike density and length, the number of days to 50% flowering can be considered as a suitable selection criterion. According to the results of canonical correlation analysis, under the stressed conditions in greenhouse, to increase the spike length, the number of days to the heading, maturity and 50% of flowering were among the important and effective factors. Under the optimum irrigation conditions in the field, the number of days to maturity was considered as one of the factors influencing the seed weight per spike. The results of canonical correlation analysis under the field stress conditions showed that to increase the 1000-seed weight, the number of days to maturity can be considered an appropriate selection criterion.

**Keywords:** Canonical correlation analysis, drought stress, yield components, Number of days to 50% flowering, wheat.

* Corresponding author E-mail: jahanbakhsh@uma.ac.ir

**مقدمه**

گندم مهم‌ترین گیاه زراعی است که حدود ۲۰ درصد از اراضی جهان به کشت آن اختصاص یافته است. مطابق گزارش سازمان خواروبار کشاورزی جهانی (FAO)، مصرف غلات جهان، هفت میلیون تن (۰/۳ درصد) افزایش یافته است. همچنین پیش‌بینی شده است که در سال ۲۰۱۸، سطح تولید غلات ایران به ۲۰/۱ میلیون تن برسد که این میزان اندکی بالاتر از تولید ۱۹/۶ میلیون تن آن در سال ۲۰۱۷ و ۱۲ درصد بالاتر از میانگین پنج ساله خود است (FAO, 2018). تولید ارقام با عملکرد دانه زیاد، از اهداف اساسی برنامه‌های به‌نژادی گندم است. روش‌های مختلفی از جمله گزینش مستقیم و غیر مستقیم عملکرد و اجزای عملکرد و استفاده از نشانگرهای مولکولی برای به‌دست آوردن عملکرد بیشتر، به‌کار گرفته شده است. مطالعات متعدد نشان داده است که میزان وراثت‌پذیری عملکرد دانه گندم، به‌علت کمی بودن کنترل ژنتیکی آن، در حد پایین تا متوسط است (Dewey & Lu, 1959)؛ بنابراین انتخاب ژنوتیپ برتر به‌صورت غیرمستقیم و بر اساس اجزای عملکرد یا سایر صفات مرتبط با عملکرد که وراثت-پذیری بالایی دارند، انجام می‌گیرد، زیرا ظرفیت محصول‌دهی آن به‌شدت تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Rahnema *et al*., 2000). به‌دلیل وجود همبستگی منفی بین صفات مرتبط با عملکرد و همچنین به‌دلیل روابط پیچیده صفات با همدیگر، قضاوت نهایی نمی‌تواند فقط بر مبنای ضرایب همبستگی ساده انجام گیرد؛ بنابراین استفاده از روش-های آماری چند متغیره برای درک عمیق‌تر روابط بین صفات ضروری به‌نظر می‌رسد؛ از این روش، برای درک روابط و ساختار اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیکی گیاهان زراعی به طور مؤثری استفاده می‌شود.

ارتباط دوجانبه بین یک جفت صفت از جمله عملکرد دانه با صفات مرتبط، رگرسیون مرحله‌ای، تجزیه به عامل‌ها و تجزیه علیت با تفکیک ضرایب همبستگی ساده به اثر مستقیم و غیرمستقیم هر جزء از طریق سایر اجزاء، از جمله روش‌هایی است که در گزینش غیرمستقیم برای عملکرد دانه از طریق اجزای مرتبط با آن، به‌نژادگران را یاری می‌کند (Dewey & Lu, 1959). با تجزیه‌های تک متغیره همانند تجزیه واریانس، هر صفت به‌طور جداگانه تجزیه می‌شود، اما این روش‌ها، میزان تفاوت ارقام را زمانی که صفات اندازه‌گیری شده با یکدیگر ارتباط دارند، تشریح نمی‌کند (Yeater *et al*., 2004). تجزیه همبستگی کانونیک (Canonical Correlation Analysis) و تجزیه تشخیص کانونیک (Canonical Discriminate Analysis) از روش‌های تجزیه آماری چندمتغیره در بررسی تنوع ژنتیکی و رابطه بین صفات زراعی ارقام هستند (Vaylay and Santen, 2002; Yeater *et al*., 2004; Raykov & Marcoulides, 2008).

تجزیه همبستگی کانونیک همانند سایر روش‌های آماری چندگانه، روشی برای تخمین یا کاهش تعداد داده می‌باشد. این روش یک حالت تعمیم یافته رگرسیون چندگانه است که جهت تعیین ارتباط بین دو مجموعه از متغیرها به‌کار می‌رود (Sharma, 1996). در این روش، همبستگی بین ترکیب خطی یک گروه از متغیرها با ترکیب خطی گروه دیگر از متغیرها برآورد می‌شود (Johnson & Wichern, 2002). از تجزیه همبستگی کانونی برای یافتن ارتباط بین خصوصیات گندم و انعکاس باندهای طیفی مختلف که از راه دور کنترل می‌شود، استفاده کردند (Korobov & Railyan, 1993). همچنین این روش برای آزمون ارتباط بین خصوصیات خاک و جمعیت علف‌های‌هرز استفاده شده است (Dieleman *et al.,* 2000). از تجزیه همبستگی کانونی برای توسعه ارتباط بین خصوصیات خاک و جوامع گیاهان علفی و درختچه‌ای استفاده شده است (Dod *et al.,* 2002). روش تجزیه همبستگی کانونی می‌تواند روابط پیچیده بین گروه بزرگی از متغیرها را توصیف کند؛ با این وجود، در تفسیر آن بایستی دقت شود. تجزیه همبستگی کانونی، بیانگر روابط علت و معلولی نیست (Khattree and Naik, 2000)، اما اگر جفت متغیرهای کانونی، ساختار فضائی مشترک داشته باشند، این مورد دلیلی بر ارتباط فضایی بین این گروه از متغیرها است (Wu *et al.,* 2002). تجزیه همبستگی

کانونیکی صفات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و فنولوژیکی با صفات اجزای عملکرد نشان داد که اولین متغیر کانونیکی برای صفات مستقل ($U_1$)، بیشتر تحت تأثیر زیست‌توده گیاه (۰/۶۷۴) قرار گرفت و صفات دمای کانوپی، ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد روز تا سنبله‌دهی، دارای ضریب همبستگی پایین بودند (Saba *et al.*, 2018). همچنین این محققین بیان کردند که اولین متغیر کانونیکی برای اجزای عملکرد ($V_1$)، بیشتر تحت تأثیر صفات تعداد سنبله در بوته و وزن هزار دانه قرار گرفت و تعداد دانه در سنبله، دارای ضریب همبستگی پایین بود.

ارزیابی متغیرهای کانونیکی برای عملکرد و صفات مورفولوژیکی، فنولوژیکی و فیزیولوژیکی تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل نشان داد که افزایش زیست‌توده و کاهش دمای کانوپی، منجر به افزایش تعداد سنبله در بوته و وزن هزار دانه و کاهش تعداد دانه در سنبله و در نهایت سبب افزایش عملکرد بوته می‌شود (Saba *et al.*, 2018). همچنین بر اساس گزارش آن‌ها، متغیر کانونیکی برای صفات فنولوژیکی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی حدود ۵۰ درصد از تنوع اجزای عملکرد را توجیه نمود.

در گندم، تحقیقات کمتری با راهکار تجزیه تشخیص کانونیک نسبت به دیگر گیاهان بر روی صفات مختلف زراعی یا فیزیولوژیکی انجام شده است. در این رابطه، در یک مطالعه روی ۲۵۵۹ ژنوتیپ گندم با انجام تجزیه تشخیص متعارف برای صفات مختلفی همانند رنگ ریشک، رنگ دانه و رنگ گلوم و بخصوص تراکم سنبلچه دریافتند که دو تابع متعارف، در مجموع ۹۵/۶ درصد از تنوع بین ارقام را توجیه نمود و ضریب صفتی همانند تراکم سنبله در تابع اول متعارف، ۰/۰۴۱ و در تابع دوم ۰/۴۷ بود. همچنین آن‌ها جهت صحت گروه‌بندی ارقام گندم، از تابع تشخیص استفاده نمودند (Eticha *et al.*, 2006).

هدف از این پژوهش، بررسی روابط موجود بین اجزای عملکرد با صفات فنولوژیکی و استفاده از این روابط در گزینش ارقام پرمحصول، تحت شرایط آبیاری مطلوب و تنش رطوبتی گلدهی در گلخانه و مزرعه بود.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۶-۹۵ در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان (واقع در ۳۵ کیلومتری جاده تبریز-مراغه با عرض جغرافیایی ″۵۹ ′۴۶ °۳۷ شمالی و طول جغرافیایی ″۱۴ ′۵۴ °۴۵ شرقی و ارتفاع ۱۳۱۸ متر از سطح دریای آزاد با اقلیم نیمه خشک با زمستان‌های سرد و یخبندان) تحت شرایط آبیاری مطلوب و تنش رطوبتی (به‌عنوان فاکتور اصلی) با ۳۰ ژنوتیپ گندم به‌عنوان فاکتور فرعی تحت آزمایش اسپلیت پلات در قالب طرح کاملاً تصادفی و بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. ژنوتیپ‌های مورد استفاده در این آزمایش در جدول ۱ آمده‌اند و به‌عنوان تیمارهای کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. کدهای cd-1 تا cd-11 مربوط به ژنوتیپ-های آزمایش آ تست یا ARWYT سال ۹۴ و کدهای C-93 تا C-94 به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های آزمایش یکنواخت سراسری URWYT سال ۹۳ و ۹۴ مناطق سرد بودند که از بخش غلات موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر شجره ارقام (جدول ۱) قابل دستیابی است (SPII, 2015; SPII, 2016). 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 (Gasemi, 2017).

ژنوتیپ‌ها در گلخانه درون گلدان‌های نایلونی (۲۸ cm قطر دهانه و ارتفاع ۲۵ cm) که با هفت کیلو خاک مزرعه با مشخصات جدول ۲ پر شده بودند، کشت شدند. در هر گلدان ۱۰ عدد بذر کشت و بعد از جوانه‌زنی و در مرحله شروع پنجه‌دهی با انجام تنک، به پنج بوته در هر گلدان تقلیل داده شد. عمق کاشت بذور دو تا سه سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در گلخانه و در شرایط نرمال و بدون اعمال تنش، گلدان‌ها بسته به نیاز و شرایط گلخانه‌ای، هر چهار تا پنج روز یک بار آبیاری شدند، اما اعمال تنش در مرحله گلدهی، از طریق توزین وزن خاک گلدان‌ها تعیین شدشد؛ بدین صورت که قبل از انجام آزمایش، هفت کیلوگرم خاک در آون ۱۰۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. سپس وزن خاک اندازه‌گیری شد و دوباره خاک

موردنظر در گلدان ریخته شد و به‌طور کامل آبیاری شد و بعد از خروج آب ثقلی، دوباره وزن گلدان مورد نظر اندازه‌گیری شد. پس از کسر وزن گلدان و خاک خشک، مقدار آب نگهداری شده در ظرفیت زراعی تعیین شد؛ بنابراین در تیمارهای تنش کمبود آب، آبیاری در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی انجام شد.

جدول۱-شجره ارقام مورد مطالعه

Table 1. Pedigree of cultivars studied in this experiment

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

جدول۲- نتایج تجزیهٔ خاک قطعه زمین قبل از اجرای آزمایش

Table 2. Analyses of field soil before the experiment

| Depth sampling | Clay (%) | Silt (%) | Sand (%) | pH | EC (dS/m) | Organic matter | Nitrogen (%) | Potassium (mg/kg) | Phosphorus (mg/kg) | Suphur (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0-30cm | 13 | 24 | 63 | 7.78 | 4.68 | 0.98 | 0.09 | 486 | 31 | - |

با توجه به این‌که برخی ژنوتیپ‌ها، زمستانه و برخی، بهاره-پاییزه (حدواسط) بودند، ژنوتیپ‌ها در مرحله رزت به مدت یک ماه، تحت تنش سرمایی در شروع زمستان با بازکردن پنجره گلخانه قرار گرفتند تا بتوانند به ساقه بروند. در گلخانه، کود نیترات آمونیوم به‌صورت محلول در آب آبیاری به گلدان‌ها در سه نوبت و در هر مرحله، به میزان دوم گرم به هر گلدان از طریق پیمانه داده شد. عملیات آماده‌سازی زمین، شامل عملیات مربوط به شخم، دیسک، تسطیح و ایجاد فارو در قطعه مورد نظر بود که انجام شد. عمق کاشت بذرها، دو تا سه سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر تکرار شامل دو کرت اصلی و هر کرت اصلی شامل ۳۰ کرت فرعی بود. در هر کرت فرعی، چهار ردیف از هر ژنوتیپ کاشته شد. طول خطوط کاشت دو متر و فاصله بین بذرها، دو سانتی‌متر، و 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 شود، قطع شد و با استفاده از دستگاه صفحه فشاری (Mosadeghi, 2009)، میزان ظرفیت زراعی مزرعه تعیین شد و بر اساس آن، تنش اعمال شدشد و در صورت پیش‌بینی احتمال بارندگی، از پوشش نایلونی برای جلوگیری از نفوذ آب به تیمارهای تنش استفاده شدشد. در طول فصل رشد، صفات فنولوژیکی مانند تعداد روز تا ۵۰ درصدگلدهی، سنبله‌دهی و رسیدگی برای هر کرت فرعی ثبت شدشد و در زمان رسیدگی گیاه در گلخانه، از متوسط پنج بوته و مزرعه، از میانگین ۱۰ بوته در

کرت، صفات طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه ودانه در سنبله، تراکم سنبله (از تقسیم تعداد سنبلچه در سنبله بر طول سنبله بدست آمده است) اندازه‌گیری شدند. در این پژوهش، تجزیه همبستگی کانونیک بین دو گروه صفات فنولوژیکی و صفات مربوط به اجزای عملکرد از طریق SAS 9 انجام گرفت. صفات فنولوژیکی با نماد X و صفات مربوط به اجزای عملکرد با نماد Y نشان داده شدند. برای آزمون فرضیه برابری حداقل یکی از ضرایب همبستگی کانونیک با صفر، از آماره لامبدای ویلکاکس (Lambda Wilcox) استفاده شد. این روابط برای دو سطح آبیاری (طبیعی، تنش)، به‌طور جداگانه محاسبه شدند.

## نتایج و بحث

### تجزیه همبستگی کانونیک اجزای عملکرد و صفات فنولوژیکی تحت شرایط طبیعی در گلخانه

با توجه به جدول ۳، آماره لامبدای ویلکاکس در سطح احتمال ۱۰ درصد برای تابع اول معنی‌دار شد. این بدین معناست که همبستگی معنی‌داری بین متغیرهای فنولوژیکی از یک طرف و اجزای عملکرد از سوی دیگر در تابع اول وجود داشت.

ترکیب خطی برای تابع اول، از متغیرهای فنولوژیکی ($W_1$) و اجزای عملکرد ($V_1$) مورد مطالعه همراه با ضرایب مربوطه ($a_{ij}$ و $b_{ik}$) به‌صورت زیر به‌دست آمد (جدول ۴، ۵):

$$W_1=-0.049X_1+1.506X_2-0.654X_3 \quad (۱)$$

$$V_1=0.314Y_1-0.353Y_2-0.492Y_3-0.644Y_4 \quad (۲)$$

جدول ۳- همبستگی بین جفت متغیرهای کانونیک در ۳۰ ژنوتیپ گندم تحت شرایط طبیعی و تنش در گلخانه و مزرعه

Table 3. Correlation between canonical variables of 30 wheat genotypes under normal and stressed conditions in the greenhouse and field

| Environment | Stress Level | Canonical correlation coefficient | F Value | P Value | Square of Canonical correlation coefficient | Accumulative Proportion |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Greenhouse | Normal | 0.587 | 1.67 | 0.0962 | 0.345 | 0.586 |
| | | 0.492 | 1.42 | 0.2253 | 0.242 | 0.942 |
| | | 0.223 | 0.65 | 0.5292 | 0.050 | 1.000 |
| Greenhouse | Stress | 0.787 | 3.20 | 0.0014 | 0.619 | 0.812 |
| | | 0.518 | 1.40 | 0.2350 | 0.268 | 0.995 |
| | | 0.098 | 0.12 | 0.8856 | 0.010 | 1.000 |
| Farm | Normal | 0.711 | 2.16 | 0.0180 | 0.506 | 0.650 |
| | | 0.558 | 1.52 | 0.1772 | 0.311 | 0.936 |
| | | 0.302 | 0.80 | 0.5035 | 0.091 | 1.000 |
| Farm | Stress | 0.945 | 4.48 | 0.0012 | 0.893 | 0.690 |
| | | 0.874 | 3.07 | 0.0269 | 0.764 | 0.958 |
| | | 0.583 | 1.54 | 0.2694 | 0.340 | 1.000 |

جدول۴- ضریب کانونیک استاندارد شده برای توابع کانونیک مربوط به متغیرهای فنولوژیکی ۳۰ ژنوتیپ گندم تحت شرایط طبیعی و تنش در گلخانه و مزرعه

Table 4. Standardized canonical coefficient of canonical functions related to phenological variables of 30 wheat genotypes under normal and stressed conditions in the greenhouse and field

| Environment | Stress Level | Traits | Canonical functions | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | W1 | W2 | W3 |
| Greenhouse | Normal | Days to ripening | -0.049 | 0.195 | -2.121 |
| | | Days to flowering | 1.506 | -1.036 | 0.413 |
| | | Days to Spike emergence | -0.654 | 1.521 | 1.569 |
| Greenhouse | Stress | Days to ripening | -0.392 | 0.364 | -2.004 |
| | | Days to flowering | -0.217 | 1.954 | 1.923 |
| | | Days to Spike emergence | 1.476 | -1.816 | -0.233 |
| Farm | Normal | Days to flowering | -1.372 | 1.969 | 0.996 |
| | | Days to Spike emergence | 1.026 | -1.432 | -2.307 |
| | | Days to ripening | 0.957 | 0.346 | 1.052 |
| Farm | Stress | Days to flowering | 0.517 | 0.877 | -1.083 |
| | | Days to Spike emergence | -0.415 | 0.137 | 1.458 |
| | | Days to ripening | 1.036 | -0.215 | -0.047 |

جدول۵- ضرایب کانونیک استاندارد شده برای توابع کانونیک مربوط به اجزای عملکرد در ۳۰ ژنوتیپ گندم پاییزه تحت شرایط طبیعی و تنش در گلخانه و مزرعه

Table 5. Standardized canonical coefficient of canonical functions related to yield components of 30 wheat genotypes under normal and stressed conditions in the greenhouse and field

| Environment | Stress Level | Traits | Canonical functions | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | V1 | V2 | V3 |
| Greenhouse | Normal | Spike density | 0.314 | 1.198 | -0.619 |
| | | Spike length | -0.353 | 1.040 | -0.039 |
| | | No. of grains per spike | -0.492 | 0.202 | 0.205 |
| | | 1000 grain weight | -0.644 | 0.276 | -0.931 |
| Greenhouse | Stress | Spike density | 0.775 | 0.525 | -0.379 |
| | | Spike length | 1.313 | 0.341 | 0.646 |
| | | No. of grains per spike | -1.086 | -0.220 | 0.360 |
| | | 1000 grain weight | -0.657 | 0.818 | 0.786 |
| Farm | Normal | 1000 grain weight | 1.110 | 1.113 | -0.849 |
| | | Spike density | -0.888 | 0.809 | -0.208 |
| | | Spike length | 0.075 | 1.113 | 0.102 |
| | | No. of grains per spike | 2.325 | 1.368 | -3.434 |
| | | Seed weight per spike | -1.505 | -2.124 | 3.428 |
| Farm | Stress | 1000 grain weight | -0.159 | 0.300 | -1.450 |
| | | Spike density | 0.041 | 0.815 | -1.183 |
| | | Spike length | -1.183 | 0.447 | 1.683 |
| | | No. of grains per spike | 1.389 | 0.043 | -0.598 |
| | | Seed weight per spike | 0.231 | 0.544 | -0.771 |

همبستگی ساختاری بین متغیرهای اندازه‌گیری شده یک گروه با توابع کانونیک مربوط به همان گروه، در جدول‌های ۶ و ۷ آمده است. در بین متغیرهای فنولوژیکی، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی (۰/۹۲۴)، همبستگی مثبت و بالایی با تابع کانونیک مربوطه ($W_1$) نشان داد، ولی تعداد روز تا رسیدگی (۰/۵۹۰) و تعداد روز تا سنبله‌دهی (۰/۵۵۴) دارای همبستگی پایین بودند. در بین متغیرهای اجزای عملکرد، همبستگی مثبت و بالایی بین تراکم سنبله با تابع کانونیک مربوطه ($V_1$) مشاهده شد، اما طول سنبله (۰/۶۶۴-) و وزن هزار دانه (۰/۵۵۵-)، دارای همبستگی بالا و منفی بودند. از سوی دیگر، تعداد دانه در سنبله (۰/۳۴۴-) با تابع کانونیک مربوطه ($V_1$) همبستگی پایین و منفی داشت.

جدول۶- همبستگی ساختاری بین متغیرهای فنولوژیکی و توابع کانونیک مربوطه، در شرایط طبیعی و تنش در گلخانه و مزرعه

Table 6. Structural correlation between phenological variables and related canonical functions under normal and stressed conditions in the greenhouse and field

| Environment | Stress Level | Trail | Canonical functions | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | W1 | W2 | W3 |
| Greenhouse | Normal | Days to ripening | 0.590 | 0.689 | -0.422 |
| | | Days to flowering | 0.924 | 0.383 | 0.014 |
| | | Days to Spike emergence | 0.554 | 0.830 | 0.063 |
| Greenhouse | Stress | Days to ripening | 0.631 | 0.579 | -0.517 |
| | | Days to flowering | 0.773 | 0.633 | -0.036 |
| | | Days to Spike emergence | 0.959 | 0.247 | -0.143 |
| Farm | Normal | Days to flowering | 0.188 | 0.870 | -0.457 |
| | | Days to Spike emergence | 0.457 | 0.634 | -0.624 |
| | | Days to ripening | 0.824 | 0.567 | 0.015 |
| Farm | Stress | Days to flowering | 0.202 | 0.979 | -0.035 |
| | | Days to Spike emergence | 0.180 | 0.721 | 0.669 |
| | | Days to ripening | 0.937 | -0.200 | 0.286 |

همبستگی بین متغیرهای اندازه‌گیری شده یک گروه با توابع کانونیک گروه دیگر، در جدول‌های ۸ و ۹ آمده

است. در بین متغیرهای فنولوژیکی، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، همبستگی مثبت و بالایی با تابع کانونیک مربوط به اجزای عملکرد ($V_1$) داشت، ولی تعداد روز تا رسیدگی و تعداد روز تا سنبله‌دهی، دارای همبستگی پایین بود. در بین متغیرهای اجزای عملکرد، همبستگی مثبت و پایینی بین تراکم سنبله (۰/۴۴۷) با تابع کانونیک مربوط به صفات فنولوژیکی ($W_1$) وجود داشت، اما طول سنبله، وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله، دارای همبستگی پایین و منفی بودند.

جدول۷- همبستگی ساختاری بین اجزای عملکرد و توابع کانونیک مربوطه، در شرایط طبیعی و تنش در گلخانه و مزرعه

Table 7. Structural correlation between yield components and related canonical functions under normal and stressed conditions in the greenhouse and field

| Environment | Stress Level | Traits | Canonical functions | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | V1 | V 2 | V 3 |
| Greenhouse | Normal | Spike density | 0.762 | 0.489 | -0.264 |
| | | Spike length | -0.664 | 0.396 | 0.400 |
| | | No. of grains per spike | -0.344 | 0.369 | 0.577 |
| | | 1000 grain weight | -0.555 | -0.260 | -0.788 |
| Greenhouse | Stress | Spike density | 0.220 | 0.488 | -0.690 |
| | | Spike length | 0.509 | -0.415 | 0.737 |
| | | No. of grains per spike | 0.057 | -0.695 | 0.272 |
| | | 1000 grain weight | -0.338 | 0.895 | 0.209 |
| Farm | Normal | 1000 grain weight | 0.331 | 0.142 | 0.540 |
| | | Spike density | -0.289 | 0.111 | -0.440 |
| | | Spike length | 0.343 | 0.656 | 0.185 |
| | | No. of grains per spike | 0.529 | -0.092 | -0.505 |
| | | Seed weight per spike | 0.584 | -0.070 | -0.133 |
| Farm | Stress | 1000 grain weight | -0.655 | 0.001 | -0.124 |
| | | Spike density | 0.375 | 0.517 | -0.100 |
| | | Spike length | -0.167 | 0.746 | 0.475 |
| | | No. of grains per spike | 0.509 | 0.553 | 0.428 |
| | | Seed weight per spike | -0.102 | 0.406 | -0.207 |

با توجه به نتایج به‌دست آمده در شرایط آبیاری مطلوب در گلخانه می‌توان گفت که تابع $V_1$، بیشتر متأثر از تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی بود، اما تابع $W_1$ بیشتر تحت تأثیر تراکم سنبله بود. در چنین شرایطی، برای افزایش تراکم سنبله و طول سنبله، صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی می‌تواند به‌عنوان معیار گزینشی مناسب در نظر گرفته شود.

جدول۸- همبستگی متغیرهای فنولوژیکی با توابع کانونیک حاصل از اجزای عملکرد در شرایط طبیعی و تنش در گلخانه و مزرعه

Table 8. Correlation between phenological variables and canonical functions of yield components under normal and stressed conditions in the greenhouse and field

| Environment | Stress Level | Traits | Canonical functions | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | V1 | V2 | V3 |
| Greenhouse | Normal | Days to ripening | 0.346 | 0.339 | -0.094 |
| | | Days to flowering | 0.542 | 0.188 | 0.003 |
| | | Days to Spike emergence | 0.325 | 0.408 | 0.014 |
| Greenhouse | Stress | Days to ripening | 0.496 | 0.300 | -0.051 |
| | | Days to flowering | 0.609 | 0.328 | -0.004 |
| | | Days to Spike emergence | 0.754 | 0.128 | -0.014 |
| Farm | Normal | Days to flowering | 0.133 | 0.485 | -0.138 |
| | | Days to Spike emergence | 0.325 | 0.354 | -0.189 |
| | | Days to ripening | 0.586 | 0.316 | 0.004 |
| Farm | Stress | Days to flowering | 0.191 | 0.856 | -0.020 |
| | | Days to Spike emergence | 0.170 | 0.630 | 0.390 |
| | | Days to ripening | 0.886 | -0.174 | 0.167 |

جدول۹- همبستگی اجزای عملکرد باتابع کانونیک حاصل از متغیرهای فنولوژیکی در شرایط طبیعی و تنش در گلخانه و مزرعه

Table 9. Correlation between yield components and canonical function of phenological variables under normal and stressed conditions in the greenhouse and field

| Environment | Stress Level | Traits | Canonical functions | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | W2 | W2 | W3 |
| Greenhouse | Normal | Spike density | 0.447 | 0.240 | -0.059 |
| | | Spike length | -0.390 | 0.195 | 0.089 |
| | | No. of grains per spike | -0.202 | 0.181 | 0.129 |
| | | 1000 grain weight | -0.326 | - 0.128 | -0.176 |
| Greenhouse | Stress | Spike density | 0.173 | 0.253 | -0.068 |
| | | Spike length | 0.401 | -0.215 | 0.073 |
| | | No. of grains per spike | 0.044 | -0.360 | 0.027 |
| | | 1000 grain weight | -0.266 | 0.464 | 0.021 |
| Farm | Normal | 1000 grain weight | 0.236 | 0.079 | 0.163 |
| | | Spike density | -0.205 | 0.062 | -0.133 |
| | | Spike length | 0.244 | 0.366 | 0.056 |
| | | No. of grains per spike | 0.376 | -0.051 | -0.153 |
| | | Seed weight per spike | 0.415 | -0.039 | -0.034 |
| Farm | Stress | 1000 grain weight | -0.619 | 0.0004 | -0.072 |
| | | Spike density | 0.354 | 0.452 | -0.058 |
| | | Spike length | -0.158 | 0.652 | 0.277 |
| | | No. of grains per spike | 0.481 | 0.483 | 0.249 |
| | | Seed weight per spike | -0.097 | 0.355 | -0.121 |

## تجزیه همبستگی کانونیک اجزای عملکرد و صفات فنولوژیکی تحت شرایط تنش در گلخانه

در شرایط تنش، آماره لامبدای ویلکاکس در سطح احتمال یک درصد برای تابع اول معنی‌دار شد؛ این بدین معناست که همبستگی معنی‌داری بین متغیرهای فنولوژیکی از یک طرف و اجزای عملکرد از سوی دیگر در تابع اول وجود داشت (جدول ۳).

با مراجعه به جدول‌های ۴ و ۵، ترکیب خطی برای تابع اول از متغیرهای فنولوژیکی ($W_1$) و اجزای عملکرد ($V_1$) مورد مطالعه همراه با ضرایب مربوطه به‌صورت ( $a_{ij}$ و $b_{ik}$ ) به‌صورت زیر به‌دست آمد:

$$W_1=-0.392X_1-0.217X_2+1.476X_3 \quad (۳)$$

$$V_1=0.775Y_1+1.313Y_2-1.086Y_3-0.657Y_4 \quad (۴)$$

همبستگی ساختاری بین متغیرهای اندازه‌گیری شده یک گروه با توابع کانونیک مربوط به همان گروه، در جدول‌های ۶ و ۷ آمده است. تعداد روز تا سنبله‌دهی (۰/۹۵۹)، تا ۵۰ درصد گلدهی (۰/۷۷۳) و تا رسیدگی (۰/۶۳۱)، همبستگی مثبت و بالایی با تابع کانونیک مربوطه ($W_1$) نشان دادند. در بین متغیرهای اجزای عملکرد، همبستگی مثبت و بالایی بین طول سنبله (۰/۵۰۹) با تابع کانونیک مربوطه ($V_1$) وجود داشت، اما وزن هزار دانه (۰/۳۳۸-) دارای همبستگی منفی و بالا بود.

در جدول‌های ۸ و ۹، همبستگی بین متغیرهای اندازه‌گیری شده یک گروه با توابع کانونیک گروه دیگر آورده شده است. در بین متغیرهای فنولوژیکی، تعداد روز تا سنبله‌دهی و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، همبستگی مثبت و بالایی با تابع کانونیک مربوط به اجزای عملکرد ($V_1$) داشت.

در بین متغیرهای اجزای عملکرد، همبستگی مثبت و پایین طول سنبله (۰/۴۰۱) با تابع کانونیک مربوط به صفات فنولوژیکی ($W_1$) وجود داشت و وزن هزار دانه دارای همبستگی منفی و پایین بود.

با توجه به‌نتایج به‌دست آمده در شرایط تنش در گلخانه می‌توان گفت که تابع $V_1$، بیشتر متأثر از تعداد روز تا سنبله‌دهی و تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی بود، اما تابع $W_1$ بیشتر تحت تأثیر طول سنبله قرار داشت. در چنین شرایطی برای افزایش طول سنبله، صفات تعداد روز تا سنبله‌دهی و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی می‌توانند به‌عنوان معیارهای مناسب در نظر گرفته شوند.

**تجزیه همبستگی کانونیک اجزای عملکرد و صفات فنولوژیکی تحت شرایط طبیعی در مزرعه**

با توجه به جدول ۳، آماره لامبدای ویلکاکس در سطح احتمال پنج درصد برای تابع اول معنی‌دار شد. این بدین معناست که همبستگی معنی‌داری بین متغیرهای فنولوژیکی از یک طرف و اجزای عملکرد از سوی دیگر در تابع اول وجود داشت.

ترکیب خطی برای تابع اول از متغیرهای فنولوژیکی ($W_1$) و اجزای عملکرد ($V_1$) مورد مطالعه همراه با ضرایب مربوطه ($a_{ij}$ و $b_{ik}$) به‌صورت زیر به‌دست آمد (جدول ۴، ۵):

$$W_1=-1.372X_1+1.026X_2+0957X_3 \quad (۵)$$

$$V_1=1.110Y_1-0.888Y_2+0.075Y_3+2.325Y_4-1.505Y_5 \quad (۶)$$

همبستگی ساختاری بین متغیرهای اندازه‌گیری شده یک گروه با توابع کانونیک مربوط به همان گروه، در جدول‌های ۶ و ۷ آمده است. در بین متغیرهای فنولوژیکی، تعداد روز تا رسیدگی (۰/۸۲۴)، همبستگی مثبت و بالایی با تابع کانونیک ($W_1$) نشان داد، ولی تعداد روز تا ۵۰ دصد گلدهی (۰/۱۸۸) و تعداد روز تا سنبله‌دهی (۰/۴۵۷)، دارای همبستگی پایین بود. در بین متغیرهای اجزای عملکرد، همبستگی مثبت و متوسط وزن دانه در سنبله (۰/۵۸۴) و تعداد دانه در سنبله (۰/۵۲۹) با تابع کانونیک ($V_1$) مشاهده شد، اما بقیه اجزا دارای همبستگی پایین بودند.

همبستگی بین متغیرهای اندازه‌گیری شده یک گروه با توابع کانونیک گروه دیگر در جدول‌های ۸ و ۹ آمده است. در بین متغیرهای فنولوژیکی، تعداد روز تا رسیدگی (۰/۵۸۶)، همبستگی مثبت و بالایی با تابع کانونیک مربوط به اجزای عملکرد ($V_1$) داشت، ولی تعداد روز تا سنبله‌دهی و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، دارای همبستگی پایین بود. در بین متغیرهای اجزای عملکرد، همبستگی مثبت و نسبتاً متوسط وزن دانه در سنبله (۰/۴۱۵) با تابع کانونیک مربوط به صفات فنولوژیکی ($W_1$) وجود داشت، اما بقیه اجزای دارای همبستگی پایین بودند.

با توجه به نتایج به‌دست آمده در شرایط طبیعی در مزرعه می‌توان گفت که تابع $V_1$، بیشتر تحت تاثیر تعداد روز تا رسیدگی قرار داشت، اما تابع $W_1$ بیشتر تحت تأثیر وزن دانه در سنبله بود. در چنین شرایطی، برای افزایش وزن دانه در سنبله، صفت تعداد روز تا رسیدگی می‌تواند به‌عنوان معیار مناسب در نظر گرفته شود.

**تجزیه همبستگی کانونیک اجزای عملکرد و صفات فنولوژیکی تحت شرایط تنش در مزرعه**

بر اساس جدول ۳، آماره لامبدای ویلکاکس در سطح احتمال یک درصد برای تابع اول معنی‌دار شد؛ بنابراین همبستگی معنی‌داری بین متغیرهای فنولوژیکی از یک طرف و اجزای عملکرد از سوی دیگر در تابع اول وجود داشت.

ترکیب خطی برای تابع اول از متغیرهای فنولوژیکی ($W_1$) و اجزای عملکرد ($V_1$) مورد مطالعه همراه با ضرایب مربوطه ($a_{ij}$ و $b_{ik}$) به‌صورت زیر به‌دست آمد (جدول‌های ۴، ۵):

$$W_1=0.517X_1-0.415X_2+1.036X_3 \quad (۷)$$

$$V_1=-0.159Y_1+0.041Y_2-1.183Y_3+1.389Y_4+0.231Y_5 \quad (۸)$$

همبستگی ساختاری بین متغیرهای اندازه‌گیری شده یک گروه با توابع کانونیک مربوط به همان گروه در جدول‌های ۶ و ۷ آمده است. در بین متغیرهای فنولوژیکی، تعداد روز تا رسیدگی (۰/۹۳۷)، همبستگی مثبت و بالایی با تابع کانونیک ($W_1$) نشان داد، ولی تعداد روز تا سنبله‌دهی و تعداد روز تا ۵۰درصد گلدهی، دارای همبستگی پایین بود. در بین متغیرهای اجزای عملکرد، همبستگی منفی و بالایی بین وزن هزار دانه (۰/۶۵۵-) با تابع کانونیک مربوطه ($V_1$) مشاهده شد، اما تعداد دانه در سنبله (۰/۵۰۹) دارای همبستگی بالا و مثبت بود.

همبستگی بین متغیرهای اندازه‌گیری شده یک گروه با توابع کانونیک گروه دیگر، در جدول‌های ۸ و ۹ آمده است. در بین متغیرهای فنولوژیکی، تعداد روز تا رسیدگی، همبستگی مثبت و بالایی با تابع کانونیک مربوط به اجزای عملکرد ($V_1$) داشت، ولی تعداد روز تا سنبله‌دهی و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، دارای همبستگی مثبت و پایین بود. در بین متغیرهای اجزای عملکرد، همبستگی منفی و بالایی بین وزن هزار دانه

(۰/۶۱۹-) با تابع کانونیک مربوط به صفات فنولوژیکی ($W_1$) وجود داشت، اما تعداد دانه در سنبله و تراکم سنبله (به‌ترتیب ۰/۴۸۱ و ۰/۳۵۴) دارای همبستگی پایین و مثبت بود.

با توجه به نتایج به‌دست آمده در شرایط تنش در مزرعه می‌توان گفت تابع $V_1$ بیشتر متأثر از تعداد روز تا رسیدگی می‌باشد، اما تابع $W_1$ بیشتر تحت تأثیر وزن هزار دانه بود. در چنین شرایطی، برای افزایش تعداد دانه در سنبله، صفت تعداد روز تا رسیدگی می‌تواند به‌عنوان معیار گزینشی مناسب در نظر گرفته شود.

تحت شرایط آبیاری مطلوب در گلخانه، بین تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و متغیر کانونیکی مربوطه ($W_1$) و همچنین بین تراکم سنبله با تابع کانونیک مربوطه ($V_1$)، همبستگی مثبت و بالایی مشاهده شد. بنابراین در چنین شرایطی برای افزایش تراکم سنبله و طول سنبله، صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی می‌تواند به‌عنوان معیار گزینشی مناسب در نظر گرفته شود. از سوی دیگر در شرایط تنش در گلخانه، بین تعداد روز تا سنبله‌دهی، تعداد روز تا ۵۰ درصدگلدهی و تعداد روز تا رسیدگی با تابع کانونیک مربوطه ($W_1$) و همچنین بین طول سنبله با تابع کانونیک مربوطه ($V_1$) همبستگی مثبت و بالایی وجود داشت. در نتیجه در شرایط تنش در گلخانه، برای افزایش طول سنبله، صفات تعداد روز تا سنبله‌دهی و تعداد روز تا ۵۰ درصدگلدهی می‌توانند به‌عنوان عوامل مهم و تأثیرگذار در نظر گرفته شوند. بر اساس نتایج به‌دست آمده در شرایط طبیعی در مزرعه، بین تعداد روز تا رسیدگی و متغیر کانونیکی مربوطه ($W_1$) و همچنین بین وزن دانه در سنبله و تعداد دانه در سنبله و متغیر کانونیکی مربوطه ($V_1$)، همبستگی مثبت و نسبتاً بالایی مشاهده شد. چنین به‌نظر می‌رسد که در شرایط طبیعی در مزرعه، برای افزایش وزن دانه در سنبله، صفت تعداد روز تا رسیدگی می‌تواند به‌عنوان معیار مناسب در نظر گرفته شود، ولی تحت شرایط تنش در مزرعه، بین تعداد روز تا رسیدگی با متغیر کانونیک مربوطه ($W_1$) و همچنین بین تعداد دانه در سنبله با تابع کانونیک مربوطه ($V_1$) همبستگی مثبت و بالایی مشاهده شد. به‌نظر می‌رسد که در شرایط تنش در مزرعه، برای افزایش تعداد دانه در سنبله، صفت تعداد روز تا رسیدگی می‌تواند به‌عنوان معیار گزینشی مناسب در نظر گرفته شود. Alavi Siney & Saba (2014) با تجزیه همبستگی کانونی صفات زراعی، سه متغیر کانونی معنی‌دار 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. Saba *et al.* (2018) در تجزیه همبستگی کانونیکی صفات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و فنولوژیکی با صفات اجزای عملکرد گزارش کردند که اولین متغیر کانونیکی برای صفات مستقل ($U_1$)، بیشتر تحت تأثیر زیست‌توده گیاه (۰/۶۷۴) قرار گرفت و صفات دمای کانوپی، ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد روز تا سنبله‌دهی دارای ضریب همبستگی پایین بودند در پژوهش Alavi Siney & Saba (2014)، متغیر کانونی دوم با توجیه ۱۱ درصد از تنوع متغیرهای زراعی با صفات درصد ماده خشک برگ و سنبله، ارتفاع، طول ریشک، طول پدانکل، وزن مخصوص پدانکل و زیست‌توده، همبستگی مثبت و متغیر کانونی سوم با توجیه ۵/۵ درصد از تنوع، با همه صفات بجز درصد ماده خشک برگ، ارتفاع، وزن هزاردانه، زیست‌توده و عملکرد همبستگی منفی داشت.نتایج Lorenceti *et al.* (2006) نیز اهمیت تجزیه همبستگی کانونی را برای درک ارتباط میان اجزای اولیه و ثانویه عملکرد دانه در یولاف جهت ارزیابی ساختارهای ژنتیکی نشان داده است.

## نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان عنوان کرد که در شرایط طبیعی و تنش در گلخانه، جهت افزایش طول سنبله و تراکم سنبله (که از تقسیم تعداد سنبلچه در سنبله بر طول سنبله بدست آمده است)، صفت تعداد

روز تا ۵۰ درصد گلدهی و در شرایط طبیعی و تنش در مزرعه، جهت افزایش تعداد و وزن دانه در سنبله، صفت تعداد روز تا رسیدگی می‌توانند به‌عنوان معیارهای گزینشی مناسب در نظر گرفته شوند. این نتایج، اهمیت تجزیه همبستگی کانونی برای درک ارتباط بین صفات فنولوژیک و صفات مرتبط با عملکرد دانه در گندم را نشان می‌دهد. 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، به‌خصوص زمانی که صفت مقابل مطلوب باشد، زیرا تغییر در یک صفت، باعث تغییر در صفات دیگر می‌شود. همان‌طور که مشاهده شد، تجزیه همبستگی کانونی به‌دلیل تجزیه همزمان چندین متغیر، روشی موثر برای یافتن روابط صفات در مقیاس مزرعه‌ای می‌باشد. همچنین به‌جای این‌که فقط به عملکرد گیاه زراعی در انتهای فصل رشد توجه شود، این تجزیه این امکان را فراهم می‌نماید تا وضعیت گیاه زراعی را که منجر به پاسخ عملکرد مشخصی می‌شود، مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد؛ بنابراین از این روش برای مطالعات مشابه در آینده می‌توان استفاده کرد.

**REFERENCES**


1. Alavi Siney, S. M. & Saba, J. (2014). Studying the association between physiological and agronomical characteristics of different wheat genotypes in dryland condition using canonical correlation analysis. *Environmental Stresses in Crop Sciences,* 7, 13-23 (In Persian with English Abstract)
2. Dewey, D. R. & Lu, K. H. (1959). A correlation and path analysis of component of crested wheat grass seed production. *Agronomy Journal,* 51, 515-518.
3. Dieleman, J. A., Mortensen, D. A., Buhler, D. D., Cambardella, C. A. & Moorman, T. B. (2000). Identifying associations among site properties and weed species abundance: I. Multivariate analysis. *Weed Science,* 48, 567–575.
4. Dod, M. B., Lauenroth, W. K., Burke, I. C. & Chapman, P. L. (2002). Associations between vegetation patterns and soil texture in the shortgrass steppe. *Plant Ecology*, 158, 127–137.
5. Eticha, F., Belay, G. & Bekele, E. (2006). Species diversity in wheat landrace populations from two regions of Ethiopia. *Genetic Resources Crop Evolution,* 53, 387-393.
6. Food and Agriculture Organization. (2018). World food situation, FAO cereal supply and demand brief, 6 December, Available at: http://www.fao.org/ worldfoodsituation/ csdb/en/.
7. Gasemi, M. (2017). Wheat cultivars of tolerance to end season drought stress in Ardabil plain. Agricultural Research Center, Ardabil. [In Persian with English summary]
8. Johnson, R. A. & Wichern, D. W. (2002). Applied Multivariate Statistical Analysis. Prentice-Hall, Upper Saddle River, N.J.
9. Khattree, R. & Naik, D. N. (2000). Multivariate Data Reduction and Discrimination with SAS Software. SAS Institute, Cary, NC.
10. Korobov, R. M. & Railyan, V. Y. (1993). Canonical correlation relationships among spectral and phytometric variables for 20 winter-wheat fields. *Remote Sensing of Environment*, 43, 1–10.
11. Lorenceti, C., Felix de Carvalho, F. I., de Oliviera, A. C., Valerio, I. P., Hartwig, I., Benin, G. & Schmidt, D. A. M. (2006). Applicability of phenotypic and path coefficient in the selection of oat genotypes. *Scientia Agricola*, 63, 11-19.
12. Mosadeghi, M. R. (2009). Laboratory Directions for Water-Soil and Soil Laboratory. Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
13. Rahnema, A., Bakhshandeh, A. & Noormohammadi, M. (2000). Study of tiller variation, seed yield and yield hcomponents of wheat as affected by different plant densities under south Khoozestan climatic condition. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 2, 12-24 (In Farsi with English Abstract)
14. Raykov, T. & Marcoulides, G. A. (2008). An introduction to applied multivariate analysis. Routledge/Psychpress, 498P.
15. Saba, J., Tavana, S., 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.
16. Sharma, S. 1996. Applied multivariate techniques. John Wiley and Sons, Inc., USA.
17. SPII. 2015. Report of wheat breeding program result during 2014-2015. Cereal Research Division, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran. [In Persian with English summary]

18. SPII. 2016. Report of wheat breeding program result during 2015-2016. Cereal Research Division, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran. [In Persian with English summary]
19. Vaylay, R. & Van Santen, E. (2002). Application of canonical discriminant analysis for the assessment of genetic variation in tall fescue. *Crop Science,* 42, 534-539.
20. Wu, J., Norvell, W. A., Hopkins, D. G. & Welch, R. M. (2002). Spatial variability of grain cadmium and soil characteristics in a durum wheat field. *Soil Science Society of America Journal*, 66, 268–275.
21. Yeater, K. M., Bollero, A. G., Bullock, D. G., Rayburn, A. L. & Rodriguez-Zas, S. (2004). Assessment of genetic variation in hairy vetch using canonical discriminant analysis. *Crop Science,* 44, 185-189.