University of Tehran Press

**Journal of Crops Improvement**

**Online ISSN: 2345-6957**

**Homepage: https://jci.ut.ac.ir/**

# Investigating the Relationships between Grain Yield and Other Traits of Wheat Genotypes under Moisture Stress in the Flowering Stage

**Behnam Tahmasebpour[1] | Sodabeh Jahanbakhsh[2]✉ | Ali Reza Tarinejad[3] | Hamid Mohammadi[4] | Ali Ebadi[5]**

1. Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: b.tahmasebpour@uma.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Plant Genetics and Production Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Eesources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: jahanbakhsh@uma.ac.ir
3. Department of Agricultural Biotechnology, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran. E-mail: tarinejad@azaruniv.edu
4. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran. E-mail: hmohammadi@azaruniv.edu
5. Department of Plant Genetics and Production Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: ebadi@uma.ac.ir

**Article Info**

**Article type:**
Research Article

**Article history:**
Received 25 March 2022
Received in revised form
14 May 2024
Accepted 27 July 2024
Published online 30 September 2024

**Keywords:**
*Path analysis*
*Regression*
*Selection index*
*Spikelet traits*

**ABSTRACT**

**Objective:** The objective of this study was to investigate the relationships between yield and yield components with morphological traits, and to leverage these relationships to select high-yielding cultivars under optimal irrigation and drought stress conditions at the flowering stage.

**Methods:** To identify the correlations and relationships among different traits in bread wheat, 30 genotypes were investigated as sub-factors in a split-plot experiment with a completely randomized design and three replications under conditions of normal irrigation and moisture stress at the beginning of the flowering stage at the research greenhouse of Azerbaijan Shahid Madani University in the 2016-2017 crop season.

**Results:** Under normal conditions, the number of seeds in a spike (0.89) and under stress conditions, the number of seeds in a spike (0.70) and the number of days from planting to 50% flowering (-0.60) were decisive and influential on the grain yield. The results of canonical correlation analysis showed a significant correlation between the pair of canonical variables obtained from spike traits with grain yield per plant and spike density under both normal and stress levels.

**Conclusion:** Grain number per spike, spike length, 1000-grain weight, straw yield, spike and shoot density, flag leaf area, and the duration from planting to 50% flowering are the most critical components significantly impacting crop yield enhancement under optimal greenhouse irrigation conditions. Conversely, the critical determinants of grain yield enhancement included grain filling rate, grain filling period, number of days from planting to 50% flowering, root dry weight, straw yield, and grain number per spike when subjected to moisture stress conditions.

**Cite this article:** Tahmasebpour, B., Jahanbakhsh, S., Tarinejad, A. R., Mohammadi, H., & Ebadi, A. (2024). Investigating the Relationships between Grain Yield and Oother Traits of Wheat Genotypes under Conditions of Moisture Stress in the Flowering Stage. *Journal of Crops Improvement*, 26 (3), 519-543.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2024.357029.2802

© The Authors.
Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2024.357029.2802

انتشارات دانشگاه تهران

به زراعی کشاورزی

شاپا الکترونیکی: ۶۹۵۷-۲۳۴۵

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

# بررسی روابط بین عملکرد دانه و سایر صفات در ژنوتیپ‌های مختلف گندم تحت تنش رطوبتی در مرحلهٔ گلدهی

**بهنام طهماسب‌پور[۱] | سدابه جهانبخش[۲]✉ | علیرضا تاری‌نژاد[۳] | حمید محمدی[۴] | علی عبادی[۵]**

۱. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: b.tahmasebpour@uma.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: jahanbakhsh@uma.ac.ir

۳. گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران. رایانامه: tarinejad@azaruniv.edu

۴. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران. رایانامه: hmohammadi@azaruniv.edu

۵. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: ebadi@uma.ac.ir

**اطلاعات مقاله**

**نوع مقاله:** مقالهٔ پژوهشی

**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۲/۰۱/۰۵

**تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۳/۰۲/۲۵

**تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۳/۰۵/۰۶

**تاریخ انتشار:** ۱۴۰۳/۰۷/۰۹

**کلیدواژه‌ها:**

*تجزیه علیت*

*رگرسیون*

*شاخص گزینش*

*صفات سنبلچه‌ای*

## چکیده

**هدف:** هدف این پژوهش بررسی روابط موجود بین عملکرد و اجزای عملکرد، با صفات مورفولوژیکی و استفاده از این روابط در گزینش ارقام پرمحصول تحت شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی در مرحله شروع گلدهی بود.

**روش پژوهش:** به‌منظور شناسایی همبستگی و روابط بین صفات مختلف در گندم نان، ۳۰ ژنوتیپ به‌عنوان فاکتور فرعی تحت آزمایش کرت‌های خردشده در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانهٔ تحقیقاتی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان با سه تکرار در شرایط آبیاری نرمال و تنش رطوبتی در شروع گلدهی در سال ۹۶-۱۳۹۵ بررسی شدند.

**یافته‌ها:** در شرایط نرمال، صفت تعداد دانه در سنبله (۰/۸۹) و در شرایط تنش صفات تعداد دانه در سنبله (۰/۷۰) و تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی (۰/۶۰-) تعیین‌کننده و تأثیرگذار بر عملکرد دانه بودند. نتایج حاصل از تجزیهٔ همبستگی کانونیک نشان داد، در هر دو سطح نرمال و تنش بین جفت متغیرهای کانونیکی حاصل از صفات سنبلچه‌ای با عملکرد دانه در بوته و تراکم سنبله همبستگی معنی‌داری وجود دارد.

**نتیجه‌گیری:** تحت شرایط آبیاری مطلوب در گلخانه صفات تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد کاه، تراکم سنبله و ساقه، مساحت برگ پرچم و تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی مهم‌ترین اجزای موثر بر افزایش محصول هستند. در مقابل، تحت شرایط تنش رطوبتی صفات سرعت پرشدن دانه، طول دورهٔ پرشدن دانه، تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی، وزن خشک ریشه، عملکردکاه و تعداد دانه در سنبله، مهم‌ترین اجزای مؤثر بر افزایش عملکرد دانه هستند.

**استناد:** طهماسب‌پور، بهنام؛ جهانبخش، سدابه؛ تاری‌نژاد، علیرضا؛ محمدی، حمید و عبادی، علی (۱۴۰۳). بررسی روابط بین عملکرد دانه و سایر صفات در ژنوتیپ‌های مختلف گندم تحت تنش رطوبتی در مرحلهٔ گلدهی. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۶ (۳)، ۵۱۹-۵۴۳.

DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2024.357029.2802

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

## ۱. 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، به‌طوری که نزدیک به ۶۸ درصد کل آن، تا به امروز برای تأمین غذا به‌کار رفته است. گندم موردنیاز برای تأمین غذا در سال ۲۰۲۰ به ۱۴۵ مگاتن رسید که شیب افزایش آن نسبت به دهۀ گذشته آهسته‌تر است. براساس گزارش فائو حدود ۹۰ درصد از کشور ایران در نواحی خشک و نیمه‌خشک قرار دارد (فائو[1]، ۲۰۲۰). در آیندۀ نزدیک گسترش فعالیت‌های کشاورزی به مناطقی با حاصلخیزی کم‌تر برای تأمین نیازهای رو به افزایش غذایی، موجب خواهد شد کمبود آب اهمیت بیش‌تری پیدا کند.

تنش خشکی هر ساله خسارت فراوانی را در محصولات زراعی ایجاد می‌کند و موجب کاهش ۱۷ درصدی عملکرد دانه می‌شود (پردل مراغه[2]، ۲۰۱۳؛ کواسیک[3] و همکاران، ۲۰۱۴). جهت حصول عملکرد مناسب باید تمامی اجزای عملکرد نسبت به یکدیگر از موازنه و تعادل مطلوبی برخوردار باشند. اگرچه تمامی مراحل رشد گیاه تحت تأثیر تنش رطوبتی قرار می‌گیرد، اما مرحلۀ پرشدن دانه حساس‌ترین مرحله به تنش رطوبتی می‌باشد که وزن هزاردانه با اعمال تنش در این مرحله بیش‌تر از سایر اجزای عملکرد تحت تأثیر قرار می‌گیرد (پرادهان[4] و همکاران، ۲۰۱۲). در بسیاری از مناطقی که گندم در آن‌ها کشت می‌شود، پرشدن دانه‌ها با مواد فتوسنتزی، تحت تأثیر تنش‌های زنده و غیرزنده قرار می‌گیرند. هم‌زمان با تغییرات صفات فیزیولوژیکی در گیاهان، صفات مورفولوژیکی نیز در اثر تنش رطوبتی تغییر می‌کنند، درنتیجه برای گزینش ارقام متحمل به تنش رطوبتی می‌توان از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی به‌عنوان معیارهای گزینشی مناسب بهره جست. براساس پژوهش‌های صبا[5] و همکاران (۲۰۱۸) لاین‌های مطلوب گندم آن‌هایی هستند که زیست‌توده نسبتاً زیاد، ارتفاع بوته و طول سنبلۀ متوسط و دمای کانوپی پایین دارند و انتظار می‌رود که این لاین‌ها به‌طور هم‌زمان تعداد دانه در بوته و وزن هزاردانۀ بیش‌تر و در نتیجه عملکرد دانه در بوته بیش‌تری داشته باشند. خشکی به‌عنوان یکی از عمومی‌ترین و چالش‌برانگیزترین تنش‌های محیطی در کشاورزی تمام دنیا شناخته می‌شود (لاماوی[6] و همکاران، ۲۰۱۸؛ هیو[7] و همکاران، ۲۰۲۰) و تولید گندم نان[8] را ۲۱ درصد کاهش می‌دهد (داریانتو[9] و همکاران، ۲۰۱۶). سطح کشت گندم در ایران در سال‌های اخیر به‌طور عمده به‌دلیل وقوع تنش شدید خشکی با کاهش مواجه گردیده است. تنش خشکی از طریق کاهش رشدونمو دانه، عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد (فهاد[10] و همکاران، ۲۰۱۷). شدت تنش و طول دورۀ تنش خشکی از طریق کاهش طول دورۀ رشد (محمدی احمدمحمودی[11] و همکاران، ۲۰۲۰)، پرشدن دانه و کاهش اجزای عملکرد، تعیین‌کنندۀ میزان کاهش عملکرد دانه می‌باشد (الکودا[12] و همکاران، ۲۰۱۱).

1. FAO
2. Pordel-Maragheh
3. Kovacik
4. Pradhan
5. Saba
6. Lamaoui
7. Hu
8. *Triticum aestivum* L.
9. Daryanto
10. Fahad
11. Mohammadi-Ahmadmahmoudi
12. Alqudah

## ۲. پیشینهٔ پژوهش

همبستگی بین صفات در اصلاح نباتات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا میزان و نوع رابطه بین دو یا چند صفت را معین می‌کند. تجزیهٔ علیت اثرات مستقیم و غیرمستقیم متغیرهای علت بر روی متغیر معلول را موردمطالعه قرار می‌دهد. در این روش ضرایب همبستگی بین دو صفت به اجزایی که اثرات مستقیم و غیرمستقیم را اندازه‌گیری می‌کنند، تفکیک می‌گردد (پورمرادی و میرزایی ندوشن، ۱۳۸۹). یکی از مؤثرترین رویکردها برای اصلاح نباتات گزینش غیرمستقیم عملکرد دانه از طریق سایر صفات می‌باشد (صبا[1] و همکاران، ۲۰۱۸). خدادادی[2] و همکاران (۲۰۱۱) براساس نتایج تجزیهٔ همبستگی نشان دادند که وزن هزاردانه با صفات مدت زمان سبزشدن و عرض برگ پرچم همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفات ارتفاع در زمان سنبله رفتن همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. کومار[3] و همکاران (۲۰۱۴) همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه در گیاه را با تعداد دانه در گیاه و شاخص برداشت در هر دو سطح فنوتیپی و ژنوتیپی گزارش کردند. صابری و همکاران (۱۳۹۵) همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین صفات ارتفاع گیاه و طول سنبله با صفت عملکرد دانه گزارش کردند. در پژوهشی، جانمحمدی[4] و همکاران (۲۰۱۴) روابط بین صفات را در ۵۶ ژنوتیپ گندم نان در شرایط مزرعه بررسی کردند. نتایج تجزیهٔ همبستگی نشان داد که عملکرد دانه با صفات قطر ساقه، طول سنبله، تعداد گلچه، تعداد سنبلچه، قطر دانه، طول دانه و وزن هزاردانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. این پژوهش‌گران هم‌چنین در بررسی ضرایب علیت نشان دادند که تعداد سنبلچه در سنبله، عرض برگ پرچم و وزن هزاردانه که وابسته به صفات طول دانه، قطر دانه و تعداد دانه در سنبله هستند، منجر به عملکرد دانه بیش‌تر می‌شوند. در پژوهشی بین تعداد روز تا رسیدگی و صفات عملکرد دانه و شاخص‌برداشت همبستگی منفی مشاهده شد (آبیناسا[5] و همکاران، ۲۰۱۱).

با تجزیه‌های تک‌متغیره همانند تجزیهٔ واریانس، هر صفت به‌طور جداگانه تجزیه می‌شود. اما این روش‌ها میزان تفاوت ارقام را زمانی که صفات اندازه‌گیری‌شده با یکدیگر ارتباط دارند، تشریح نمی‌کند (شارما[6]، ۱۹۹۶). تجزیهٔ همبستگی کانونیک و تجزیهٔ تشخیص متعارف از روش‌های تجزیهٔ آماری چندمتغیره در بررسی تنوع ژنتیکی و رابطهٔ بین صفات زراعی ارقام هستند. تجزیهٔ همبستگی متعارف توسط هتلینگ در سال‌های ۱۹۳۵ و ۱۹۳۶ پیشنهاد شده است و همانند سایر روش‌های آماری چندگانه روشی برای تخمین یا کاهش تعداد داده می‌باشد. این روش یک حالت تعمیم‌یافته رگرسیون چندگانه است که جهت تعیین ارتباط بین دو مجموعه از متغیرها به‌کار می‌رود (شارما، ۱۹۹۶). در تجزیهٔ همبستگی کانونیکی صفات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و فنولوژیکی با صفات اجزای عملکرد، صبا و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که اولین متغیر کانونیکی برای صفات مستقل ($U_1$) بیش‌تر تحت تأثیر بیوماس گیاه (۰/۶۷۴) قرار گرفت و صفات دمای کانوپی، ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد روز از زمان کاشت تا سنبله‌دهی دارای ضریب همبستگی پایین‌تر بودند. هم‌چنین این پژوهش‌گران (صبا و همکاران، ۲۰۱۸) بیان کردند که اولین متغیر کانونیکی برای اجزای عملکرد ($V_1$) بیش‌تر تحت تأثیر صفات تعداد سنبله در بوته و وزن هزاردانه قرار گرفت و تعداد دانه در سنبله دارای ضریب همبستگی پایین‌تر بود. در پژوهش علوی سینی و صبا (۱۳۹۳) متغیر کانونی‌دوم با توجیه ۱۱ درصد از تنوع متغیرهای زراعی با صفات درصد مادهٔ خشک برگ و سنبله، ارتفاع، طول ریشک، طول پدانکل، وزن مخصوص پدانکل و بیوماس، همبستگی مثبت و متغیر کانونی‌سوم با توجیه ۵/۵ درصد از تنوع با همهٔ صفات به‌جز درصد مادهٔ خشک برگ، ارتفاع، وزن هزاردانه، بیوماس و عملکرد، همبستگی منفی داشت.

1. Saba
2. Khodadadi
3. Kumar
4. Janmohammadi
5. Abinasa
6. Sharma

هدف از این پژوهش بررسی روابط موجود بین صفات و روابط بین عملکرد دانه و تراکم سنبله با صفات سنبلچه‌ای، تعیین معیارهای گزینشی مهم در ارقام پرمحصول تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش رطوبتی و نیز مطالعهٔ اثرات مستقیم و غیرمستقیم این اجزا بر عملکرد دانه و سایر صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه در شرایط گلخانه بود.

## ۳. روش‌شناسی پژوهش

به‌منظور شناسایی همبستگی و روابط بین صفات مختلف در گندم نان، آزمایشی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در گلخانهٔ تحقیقاتی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان (واقع در ۳۵ کیلومتری جادهٔ تبریز- مراغه با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۶ دقیقهٔ شرقی و ارتفاع ۱۳۱۸ متر از سطح دریای آزاد با اقلیم نیمه‌خشک با زمستان‌های سرد و یخبندان) در قالب آزمایش کرت‌های خردشده بر پایهٔ طرح کاملاً تصادفی با ۳۰ ژنوتیپ به‌عنوان فاکتور فرعی و تنش رطوبتی به‌عنوان فاکتور اصلی با سه تکرار انجام شد. ژنوتیپ‌های مورداستفاده در این آزمایش مطابق جدول (۱) در نظر گرفته شدند. کدهای cd-1 تا cd-11 مربوط به ژنوتیپ‌های آزمایش آ تست[1] سال ۹۴ و کدهای C-93 تا C-94 به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های آزمایش یکنواخت سراسری[2] سال ۹۳ و ۹۴ مناطق سرد می‌باشند که از بخش غلات موسسهٔ اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر شجرهٔ ژنوتیپ‌ها تهیه شدند.

**جدول ۱.** شجرهٔ ارقام موردمطالعه

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

ژنوتیپ‌ها در آبانماه در گلخانه، درون گلدان‌های نایلونی (۲۸ سانتی‌متر قطر دهانه و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر) که از ۷ کیلوگرم خاک مزرعه با مشخصات جدول (۲) پر شده بود، کشت شدند.

**جدول ۲.** نتایج تجزیهٔ خاک گلخانه قبل از اجرای آزمایش

| رس (درصد) | سیلت (درصد) | شن (درصد) | اسیدیته | شوری خاک (دسی‌زیمنس بر متر) | مادهٔ آلی (درصد) | نیتروژن کل (درصد) | پتاسیم قابل‌جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) | فسفر قابل‌جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۳ | ۲۴ | ۶۳ | ۷/۷۸ | ۴/۶۸ | ۰/۹۸ | ۰/۰۹ | ۴۸۶ | ۳۱ |

در هر گلدان ۱۰ عدد بذر کشت و بعد از جوانه‌زنی و در مرحلهٔ شروع پنجه‌دهی با انجام تنک، به پنج بوته در هر گلدان

1. ARWYT
2. URWYT

تقلیل داده شد. عمق کاشت بذور ۳-۲ سانتی‌متر منظور شد. در گلخانه در شرایط نرمال و بدون اعمال تنش، گلدان‌ها بسته به نیاز هر ۵-۴ روز یک‌بار آبیاری شدند. اما اعمال تنش در مرحلهٔ گل‌دهی از طریق توزین وزن خاک گلدان‌ها تعیین شد. بدین‌صورت قبل از انجام آزمایش میزان ۷ کیلوگرم خاک در آون ۱۰۴ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. سپس وزن خاک توزین و دوباره خاک موردنظر در گلدان ریخته شد و به‌طور کامل آبیاری شد و بعد از خروج آب ثقلی دوباره گلدان موردنظر توزین شد. پس از کسر وزن گلدان و خاک خشک مقدار آب نگهداری‌شده در ظرفیت زراعی تعیین شد. بنابراین در تیمارهای تنش رطوبتی، آبیاری در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی انجام شد (حسین‌زاده[1] و همکاران، ۲۰۱۶). گلدان‌ها به‌ترتیب در دمای ۲۵ و ۱۶ درجهٔ سانتی‌گراد روز و شب، ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگه‌داری و بعد از رشد مناسب بوته‌ها در مرحلهٔ 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 مرحلهٔ رزت (پنجه یا قبل از ساقه‌رفتن) به‌مدت یک‌ماه تحت تنش سرمایی در شروع زمستان با بازکردن پنجرهٔ گلخانه قرار گرفتند تا بتوانند به ساقه بروند. در گلخانه، کود نیترات آمونیوم به‌صورت محلول در آب آبیاری به گلدان‌ها در سه نوبت (مرحلهٔ کاشت، مرحلهٔ پنجه‌دهی و مرحلهٔ ساقه‌دهی) و در هر مرحله حدود ۰/۶۷ گرم به هر گلدان از طریق پیمانه با احتساب ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار ازت خالص برای هر گلدان محاسبه و توزیع شد.

در طول فصل رشد، صفات فنولوژیکی مانند تعداد روز از زمان کاشت تا۵۰ درصد گلدهی، تعداد روز از زمان کاشت تا سنبله‌دهی، تعداد روز از کاشت تا رسیدگی و طول دورهٔ پرشدن دانه ثبت گردید. برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک، ابتدا دو رقم حساس و دو رقم متحمل به تنش رطوبتی با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش، از بین ۳۰ ژنوتیپ مطالعه‌شده در شرایط گلخانه و مزرعه، انتخاب و نمونه‌برداری از این چهار رقم انجام شد و سپس نمونه‌ها با انجماد سریع در ازت مایع، بلافاصله به فریزر ۷۰- درجهٔ سانتی‌گراد منتقل و تا زمان استفاده و اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک در آن نگهداری شدند. غلظت کلروفیل‌های *a*، *b* و کل و میزان کاروتنوئیدهای برگ با روش آرنون[2] (۱۹۶۷)، میزان پرولین برگ با روش بیتس[3] و همکاران (۱۹۷۳)، غلظت پروتئین با روش برادفورد[4] (۱۹۷۶)، فعالیت آنزیم پراکسیداز[5] (POX) با روش کار[6] و میشرا[7] (۱۹۷۶) غلظت مالون‌دی‌آلدهید[8] (MDA) با روش اوکاوا[9] و همکاران (۱۹۷۹)، فعالیت سینتیک (جنبشی) آنزیم کاتالاز[10] (CAT) با روش چنس[11] و ماهلی[12] (۱۹۹۵) و میزان پراکسید هیدروژن[13] ($H_2O_2$) با روش آلکسیوا[14] و همکاران (۲۰۰۱) اندازه‌گیری شد. در زمان رسیدگی گیاه (اواسط تا اواخر مردادماه) از میانگین پنج بوته صفات ارتفاع بوته، طول، عرض و مساحت برگ پرچم، طول پدانکل، طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، وزن سنبلهٔ بارور، وزن سنبلهٔ غیربارور، تعداد سنبلهٔ (پنجهٔ) بارور و غیربارور، تعداد دانه در سنبله، وزن خشک بوته، وزن هزاردانه، طول ریشک، طول ساقه، وزن ساقه، عملکرد دانهٔ تک‌بوته (گرم)، عملکرد کاه

1. Hosseinzadeh
2. Arnon
3. Bates
4. Bradford
5. Peroxidase
6. Kar
7. Mishra
8. Malondialdehyde
9. Ohkawa
10. Catalase
11. Chance
12. Maehly
13. Hydrogen peroxide
14. Alexieva

تک‌بوته (گرم)، عملکرد بیولوژیک تک‌بوته (گرم)، وزن سنبلهٔ بارور، وزن دانه در سنبله، وزن سنبله‌های بوته، تعداد دانه در سنبلچه، وزن دانه در سنبلچه، وزن سنبلچهٔ بارور، تراکم ساقه، شاخص باروری، عملکرد کاه سنبله (چف یا پوشال)، تراکم سنبله، شاخص برداشت سنبله، سرعت رشد رویشی و سرعت پرشدن دانه، وزن خشک ریشه، حجم ریشه و تعداد ریشه اندازه‌گیری شدند. نحوهٔ اندازه‌گیری صفات موردمطالعه در جدول (۳) درج شده است.

**جدول ۳.** نحوهٔ اندازه‌گیری صفات مورد مطالعهٔ در آزمایش

| صفات | نحوهٔ اندازه‌گیری صفات |
|---|---|
| تعداد روز تا سنبله‌دهی (روز) | تعداد روز از زمان کاشت تا ظهور ۵۰ درصد سنبله محاسبه گردید. |
| تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی (روز) | تعداد روز از زمان کاشت تا مرحله‌ای که ۵۰ درصد سنبله‌ها وارد مرحلهٔ گلدهی شدند، محاسبه گردید. |
| تعداد روز تا رسیدگی (روز) | تعداد روز از زمان کاشت تا مرحله‌ای که ۷۵ درصد بوته‌های هر گلدان زرد شدند، محاسبه گردید. |
| ارتفاع بوته (سانتی‌متر) | در اوایل مرحلهٔ خمیری‌شدن دانه‌ها، در هر واحد آزمایشی (گلدان) ارتفاع ۵ بوته، از سطح خاک (محل طوقه) تا انتهای سنبلهٔ اصلی (بدون در نظرگرفتن ریشک‌ها) برحسب سانتی‌متر و با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری شد. |
| طول سنبله (سانتی‌متر) | از قاعدهٔ سنبله تا نوک آن بدون در نظرگرفتن ریشک‌ها برحسب سانتی‌متر و با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری شد. |
| طول (سانتی‌متر)، عرض (سانتی‌متر) و مساحت برگ پرچم (سانتی‌مترمربع) | برای تعیین مساحت برگ پرچم در پنج بوتهٔ گلدان، طول و بزرگترین عرض برگ پرچم مربوط به سنبلهٔ اصلی برحسب سانتی‌متر و با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری شد. مساحت برگ پرچم با استفاده از رابطهٔ $A=0/7(W\times L)$ محاسبه شد که در آن A مساحت برگ پرچم، L و W به‌ترتیب طول و عرض پهنک برگ می‌باشد (پسرکلی[1]، ۱۹۹۳). |
| طول پدانکل (سانتی‌متر) | فاصلهٔ گرهٔ برگ پرچم تا قاعدهٔ سنبله در پنج بوته هر گلدان برحسب سانتی‌متر و با دقت یک میلی‌متر مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. |
| تعداد سنبلچه در سنبله | تعداد سنبلچه‌های حاوی دانه در پنج سنبلهٔ اصلی در هر گلدان شمارش شده و میانگین‌گیری به‌عمل آمد. |
| تعداد سنبلهٔ بارور و غیربارور | میانگین تعداد سنبلهٔ بارور و غیربارور در پنج بوتهٔ هر گلدان تحت شرایط گلخانه‌ای تعیین گردید. |
| تعداد دانه در سنبله | تعداد دانه در پنج سنبلهٔ اصلی در هر گلدان شمارش شد و میانگین تعداد دانه در یک سنبله ثبت گردید. |
| وزن هزاردانه (گرم) | برای هر ژنوتیپ در هر گلدان ۳۰۰ دانهٔ سالم شمارش و وزن آن‌ها برحسب گرم تعیین شد و با روش تناسب وزن هزاردانه تعیین شد. |
| عملکرد دانهٔ تک‌بوته (گرم) | میزان عملکرد کل دانه به‌دست آمده از پنج بوتهٔ هر گلدان، برحسب گرم با ترازوی حساس با دقت یک صدم گرم توزین شد و در نهایت از میانگین پنج بوته، عملکرد دانهٔ تک‌بوته برحسب گرم محاسبه شد. |
| عملکرد بیولوژیک تک‌بوته (گرم) | وزن کل بخش هوایی (بخش رویشی به اضافه دانه) پنج بوته در هر گلدان، برحسب گرم با ترازوی حساس تا یک صدم گرم توزین شد. در نهایت از میانگین پنج بوته، عملکرد بیولوژیک تک‌بوته برحسب گرم محاسبه شد. |
| عملکرد کاه تک‌بوته (گرم) | از طریق تفاضل عملکرد دانهٔ تک‌بوته از عملکرد بیولوژیک تک‌بوته محاسبه شد. |
| شاخص برداشت | از نسبت عملکرد دانه به وزن بیوماس (عملکرد بیولوژیک) به‌دست آمد. |
| وزن خشک بوته (گرم) | میانگین وزن کل بخش هوایی (بخش هوایی به اضافه دانه) پنج بوته در هر گلدان تحت شرایط گلخانه‌ای تعیین گردید. |
| طول ریشک (سانتی‌متر) | از نوک سنبله تا نوک ریشک پنج سنبلهٔ اصلی در هر گلدان برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد و میانگین‌گیری به‌عمل آمد. |
| طول ساقه (سانتی‌متر) | از سطح خاک (محل طوقه) تا قاعدهٔ سنبله در پنج بوتهٔ هر گلدان برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد و میانگین‌گیری به‌عمل آمد. |
| وزن ساقه (گرم) | وزن بوته از سطح خاک تا قاعدهٔ سنبله در پنج بوتهٔ هر گلدان با ترازو توزین شد و میانگین‌گیری به‌عمل آمد. |
| تراکم ساقه (گرم بر سانتی متر) | از نسبت وزن ساقه (برحسب گرم) به طول ساقه (برحسب سانتی‌متر) به‌دست آمد (امام، ۱۳۹۳). |
| وزن سنبلهٔ بارور (گرم) | میانگین وزن سنبلهٔ اصلی بارور پنج بوته در هر گلدان تحت شرایط گلخانه‌ای تعیین گردید. |
| وزن دانه در سنبله (گرم) | میانگین وزن دانه در سنبلهٔ اصلی پنج بوته در هر گلدان تحت شرایط گلخانه‌ای تعیین گردید. |
| وزن سنبله‌های بوته (گرم) | میانگین وزن سنبله‌های پنج بوته در هر گلدان تحت شرایط گلخانه‌ای تعیین گردید. |
| تعداد دانه در سنبلچه | میانگین تعداد دانه در سنبلچهٔ وسطی سنبلهٔ اصلی پنج بوته در هر گلدان تحت شرایط گلخانه‌ای تعیین شد. |
| وزن دانه در سنبلچه (گرم) | میانگین وزن دانه در سنبلچهٔ وسطی سنبلهٔ اصلی پنج بوته در هر گلدان تحت شرایط گلخانه‌ای تعیین شد. |
| وزن سنبلچهٔ بارور (گرم) | متوسط وزن سنبلچهٔ بارور وسطی سنبلهٔ اصلی پنج بوته در هر گلدان تحت شرایط گلخانه‌ای تعیین گردید. |
| وزن سنبلهٔ غیربارور (گرم) | متوسط وزن سنبلهٔ غیربارور پنج بوته در هر گلدان تحت شرایط گلخانه‌ای تعیین گردید. |
| طول دورهٔ پرشدن دانه (روز) | از طریق تفاضل تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی از تعداد روز تا رسیدگی محاسبه شد. |
| شاخص باروری | از نسبت وزن خشک سنبله‌های بوته (برحسب گرم) به وزن خشک بوته (برحسب گرم) به‌دست آمد (امام، ۱۳۹۳). |
| عملکرد کاه سنبله (چف یا پوشال) (گرم) | از طریق تفاضل وزن دانه در سنبلهٔ اصلی از وزن سنبلهٔ اصلی به‌دست آمد. |
| تراکم سنبله (تعدادسنبلچه در میلی‌متر طول سنبله) | از نسبت تعداد سنبلچه در سنبله به طول سنبله (برحسب میلی‌متر) به‌دست آمد که برحسب تعداد سنبلچه در میلی‌متر طول سنبله بیان می‌شود (امام، ۱۳۹۳). |
| شاخص برداشت سنبله | از نسبت وزن دانه در سنبلهٔ اصلی به وزن سنبلهٔ اصلی به‌دست آمد (امام، ۱۳۹۳). |
| سرعت رشد رویشی (گرم در روز) | از نسبت وزن خشک بوته (برحسب گرم) به تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (برحسب روز) به‌دست آمد که برحسب گرم در روز بیان می‌شود (امام، ۱۳۹۳). |
| سرعت پرشدن دانه (گرم در روز) | از نسبت وزن عملکرد دانهٔ تک‌بوته (برحسب گرم) به طول دورهٔ پرشدن دانه (برحسب روز) به‌دست آمد که برحسب گرم در روز بیان می‌شود (امام، ۱۳۹۳). |

1. Pesserkli

به‌منظور مقایسهٔ ژنوتیپ‌های موردآزمایش تجزیهٔ واریانس ساده به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح کاملاً تصادفی برای کلیهٔ صفات انجام گرفت. مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C صورت گرفت. ضریب همبستگی ساده بین صفات موردمطالعه و رگرسیون چندگانهٔ عملکرد دانه با صفات مورد ارزیابی با نرم‌افزار SPSS (23) انجام شد. هم‌چنین همبستگی ساده بین عملکرد دانه و صفات موردمطالعه توسط روش تجزیهٔ همبستگی به اثرات مستقیم و غیرمستقیم تفکیک گردید. تجزیهٔ همبستگی با نرم‌افزار Path2.EXE انجام شد. در این پژوهش تجزیهٔ همبستگی کانونیک بین دو گروه صفات سنبلچه‌ای و صفات عملکرد دانه در بوته و تراکم سنبله انجام گرفت. صفات عملکرد دانه و تراکم سنبله با نماد X در نظر گرفته شد و صفات سنبلچه‌ای با نماد Y نشان داده شد. روابط بین صفات و ارتباط بین دو مجموعه از متغیرها با استفاده از نرم‌افزار SAS (9.1) در دو سطح نرمال و تنش به‌طور مجزا موردبررسی قرار گرفت.

## ۴. یافته‌های پژوهش

### ۴. ۱. تجزیهٔ واریانس و مقایسهٔ میانگین

نتایج تجزیهٔ واریانس صفات موردمطالعه در جدول (۴) درج شده است. مطابق با جدول (۴)، اثر تنش رطوبتی در مرحلهٔ شروع گلدهی بر صفات وزن هزاردانه، طول دورهٔ پرشدن دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. در بین صفات موردبررسی طول دورهٔ پرشدن دانه کم‌ترین ضریب تغییرات (۹/۳ درصد) و تعداد دانه در سنبله بیش‌ترین ضریب تغییرات (۲۵/۶ درصد) را به‌خود اختصاص دادند (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد که در این پژوهش صفت طول دورهٔ پرشدن دانه کم‌تر تحت تأثیر محیط بوده و ژنوتیپ‌ها هم از نظر این صفت مستقل از محیط عمل نموده‌اند. ژنوتیپ‌های موردبررسی از لحاظ صفات عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، طول دورهٔ پرشدن دانه، عملکرد دانه، در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۴) که نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی بالا برای این صفات در بین ژنوتیپ‌ها بوده و می‌توان از این تنوع در برنامهٔ گزینش برای مقاومت به تنش خشکی بهره‌برداری کرد. اثر متقابل ژنوتیپ و تنش برای کلیهٔ صفات، غیرمعنی‌دار بود که بیانگر عدم تأثیر متقابل ژنوتیپ و محیط است.

نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین صفات مربوط به سطوح تنش و ژنوتیپ‌ها در جدول‌های (۵) و (۶) درج شده است. میانگین، دامنهٔ تغییرات و ضریب تغییرات ابزار مفیدی در گزینش فنوتیپی برای اهداف اصلاحی هستند (علوی سینی[1] و صبا[2]، ۲۰۲۱؛ بیات[3] و همکاران، ۲۰۱۸).

وزن هزاردانه در شرایط نرمال (۳۲/۱ گرم) بیش‌تر از شرایط تنش رطوبتی (۲۶/۱ گرم) بود (جدول ۵). نتایج فوق نشان داد که وزن هزاردانه تحت تأثیر تنش رطوبتی بود. بیش‌ترین و کم‌ترین وزن هزاردانه به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های cd-10 (۳۶/۳ گرم) و MV17 (۲۱/۹ گرم) بود (جدول ۶). اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مختلف از لحاظ وزن هزاردانه می‌تواند تأییدی بر کنترل وزن هزاردانه به‌صورت ژنتیکی باشد. به‌هر حال، ژنوتیپ و محیط بر روی وزن هزاردانه تأثیرگذار هستند. تنش رطوبتی بعد از گل‌دهی سبب می‌شود که وزن هزاردانه در ارقام کاهش پیدا کند که این موضوع احتمالاً به‌دلیل کوتاه‌ترشدن طول دورهٔ پرشدن دانه و دمای زیادتر طی روزهای پایانی دوره رشد است.

1. Alavi Siney
2. Saba
3. Bayat

عملکرد دانه در شرایط نرمال بیش‌ترین مقدار (۱/۵ گرم) و در شرایط تنش رطوبتی در مرحلهٔ شروع گلدهی کم‌ترین مقدار (۰/۳۸ گرم) بود (جدول ۵). محدودیت آب در زمان گرده‌افشانی ممکن است با کاهش تعداد سنبلچه یا کاهش باروری سنبلچه‌ها عملکرد دانهٔ گندم را کاهش دهد. هرچند که تعداد سنبلچه در افزایش عملکرد دانه نقش دارد، اما همه گلچه‌ها بارور نیستند و تعداد گلچه‌های بارور سنبلچه رابطه مستقیم و معنی‌داری با عوامل اکولوژیک و ژنوتیپ دارد. ژنوتیپ اروم با میانگین ۱/۱۶ گرم، بیش‌ترین عملکرد دانه و ژنوتیپ c-94-9 با میانگین ۰/۸۴ گرم کم‌ترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۶).

عملکرد بیولوژیک در شرایط نرمال بیش‌ترین مقدار (۳/۸۲ گرم) و در شرایط تنش کم‌ترین مقدار (۱/۱۲ گرم) بود (جدول ۵). ژنوتیپ‌های اروم و c-93-8 به‌ترتیب با میانگین ۳/۳۶ و ۲/۸۸ گرم، بالاترین عملکرد بیولوژیک (بیوماس) را به خود اختصاص دادند. کم‌ترین عملکرد بیولوژیک به ژنوتیپ cd-8 با میانگین ۲/۰ گرم مربوط بود (جدول ۶).

یافته‌های جدول (۵) نشان داد که بین شرایط نرمال و شرایط تنش رطوبتی از لحاظ تعداد دانه در سنبله اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

ژنوتیپ‌های اروم و میهن با میانگین ۳۱ و ۳۱/۳۳ دانه در سنبله بیش‌ترین و ژنوتیپ‌های c-93-11، cd-10 و cd-11 به‌ترتیب با میانگین ۱۳/۵، ۱۴ و ۱۴/۵ دانه در سنبله پایین‌ترین مقدار را به خود اختصاص دادند (جدول۶). ژنوتیپ‌های میهن و اروم از لحاظ عملکرد دانه نیز برتر بودند که نشانگر تنوع ژنتیکی بالا برای این صفت در بین ژنوتیپ‌ها می‌باشد. تعداد دانه در سنبله در ژنوتیپ‌های مختلف اختلاف زیادی دارد و این صفت معمولاً در ژنوتیپ‌های پرمحصول بیش‌تر از ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین است (شیرمن[1] و همکاران، ۲۰۰۵). چنین به‌نظر می‌رسد که پتانسیل تشکیل دانه در سنبله از مراحل قبل از گلدهی (دابل ریج)[2] شکل می‌گیرد. شفرد[3] و همکاران (۲۰۰۲) و دانیل[4] و تربوی[5] (۲۰۰۲) نیز اظهار داشتند که تعداد سنبله در گیاه در شرایط تنش خشکی دارای ثبات بیش‌تری نسبت به تعداد دانه در سنبله است. درصورتی‌که در پژوهش حاضر، تعداد دانه در سنبله در شرایط نرمال و تنش خشکی از پایداری بیش‌تری برخوردار بود.

طول دورهٔ پرشدن دانه در شرایط نرمال (۳۳/۹ روز) بیش‌تر از شرایط تنش رطوبتی (۳۱/۶ روز) بود (جدول ۵). ژنوتیپ‌های cd-2 و c-93-3 با ۳۵/۵ و ۳۵ روز دارای بیش‌ترین طول دورهٔ پرشدن دانه و ژنوتیپ‌های c-93-11 و cd-9 با ۲۸/۸ و ۲۹/۵ روز دارای کم‌ترین طول دورهٔ پرشدن دانه بودند (جدول ۶).

صبا[6] و همکاران (۲۰۱۸) با ارزیابی ۳۶ لاین پیشرفتهٔ گندم در طول سه سال متوالی تحت شرایط دیم گزارش کردند که برای اصلاح عملکرد دانه در بوتهٔ گندم تحت شرایط دیم، گزینش برای دورهٔ رویشی کوتاه‌تر و دورهٔ پرشدن دانهٔ طولانی‌تر پیشنهاد می‌شود. هم‌چنین آن‌ها (صبا و همکاران، ۲۰۱۸) اعلام نمودند که افزایش طول دورهٔ پرشدن دانه و کاهش صفات تعداد روز تا سنبله‌دهی، ارتفاع بوته و طول سنبله سبب افزایش صفات تعداد سنبله در بوته و وزن هزاردانه و کاهش تعداد دانه در سنبله می‌شود. سعیدی[7] و عبدلی[8] (۲۰۱۵) با بررسی تعدادی از ارقام گندم گزارش کردند که وقتی ارقام با تنش رطوبتی بعد از مرحلهٔ گلدهی مواجه می‌شوند دمای کانوپی در آن‌ها افزایش می‌یابد.

1. Shearman
2. Double Ridge
3. Shepherd
4. Daniel
5. Triboi
6. saba
7. Saeidi
8. Abdoli

**جدول ٤.** تجزیهٔ واریانس صفات مختلف تحت تأثیر ژنوتیپ و سطوح مختلف تنش در گلخانه

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | وزن هزاردانه | طول دورهٔ پرشدن دانه | تعداد دانه در سنبله | عملکرد دانهٔ تک‌بوته | عملکرد بیولوژیک تک‌بوته |
| تنش | ۱ | ۱۶۲۴/۷ ** | ۲۴۲/۷ ** | ۶/۱ ns | ۲۰۸/۲۱ ** | ۱۶۳۶/۹ ** |
| خطای‌اصلی | ۴ | ۱۲۹/۹ | ۶/۳ | ۳۸/۲ | ۰/۰۶ | ۱/۹ |
| ژنوتیپ | ۲۹ | ۸۴/۵ ** | ۱۸/۲ ** | ۱۶۹/۷ ** | ۰/۰۶ ** | ۲/۶۶ ** |
| ژنوتیپ × تنش | ۲۹ | ۴۰/۰ ns | ۱۴/۱ ns | ۲۰/۹ ns | ۰/۰۲ ns | ۱/۱ ns |
| خطای‌فرعی | ۱۱۶ | ۳۰/۷ | ۹/۲ | ۳۴/۱ | ۰/۰۳ | ۱/۰۲ |
| ضریب تغییرات (درصد) | | ۱۹/۰ | ۹/۳ | ۲۵/۶ | ۱۱/۲ | ۱۸/۲ |

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

**جدول ۵.** مقایسهٔ میانگین صفات مربوط به سطوح مختلف تنش رطوبتی در گلخانه

| صفات | شرایط آبیاری (تنش) | |
|---|---|---|
| | نرمال | تنش گلدهی |
| عملکرد بیولوژیک تک‌بوته (گرم) | ۳/۸۲ a | ۱/۱۲ b |
| تعداد دانه در سنبله | ۲۳/۰ a | ۲۲/۶ a |
| وزن هزاردانه (گرم) | ۳۲/۱ a | ۲۶/۱ b |
| طول دورهٔ پرشدن دانه (روز) | ۳۳/۹ a | ۳۱/۶ b |
| عملکرد دانهٔ تک‌بوته (گرم) | ۱/۵ a | ۰/۳۸ b |

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

**جدول ٦.** مقایسهٔ میانگین وزن هزاردانه مربوط به ژنوتیپ‌های موردمطالعه گندم

| ژنوتیپ | وزن هزاردانه (گرم) | طول دورهٔ پرشدن دانه (روز) | تعداد دانه در سنبله | عملکرد دانهٔ تک‌بوته (گرم) | عملکرد بیولوژیک تک‌بوته (گرم) |
|---|---|---|---|---|---|
| cd-1 | ۲۶/۲۱ d-g | ۳۰/۳۳ d-f | ۳۰/۱۷ a-c | ۰/۹۸ b-f | ۲/۵۴ b-g |
| cd-2 | ۲۶/۵۳ d-g | ۳۵/۵۰ a | ۲۹/۳۳ a-d | ۱/۰۰ a-f | ۲/۲۹ b-g |
| cd-3 | ۲۹/۷۶ a-f | ۳۴/۰۰ a-d | ۲۸/۸۳ a-d | ۱/۱۰ a-c | ۲/۶۹ b-e |
| cd-4 | ۳۴/۹۶ a-c | ۳۴/۵۰ a-d | ۱۹/۸۳ e-k | ۱/۰۲ a-e | ۲/۴۹ b-g |
| cd-5 | ۳۲/۶۱ a-e | ۳۴/۸۳ a-c | ۲۶/۰۰a-g | ۱/۰۴ a-d | ۲/۶۱ b-g |
| cd-6 | ۲۵/۵۹ e-g | ۳۴/۵۰ a-d | ۲۵/۰۰ a-g | ۱/۰۲ a-f | ۲/۶۷ b-f |
| cd-7 | ۳۲/۳۴ a-e | ۳۲/۱۷ a-f | ۲۱/۵۰ d-k | ۰/۹۴ c-g | ۲/۷۶ b-d |
| cd-8 | ۳۵/۵۰ a-b | ۳۲/۱۷ a-f | ۱۵/۱۷ i-k | ۰/۸۶ e-h | ۲/۰۰ g |
| cd-9 | ۳۱/۶۷ a-e | ۲۹/۵۰ e-f | ۲۶/۵۰ a-g | ۱/۰۰ a-e | ۲/۶۰ b-g |
| cd-10 | ۳۶/۲۹ a | ۳۰/۶۷ b-f | ۱۴/۰۰ k | ۰/۸۰ g-h | ۲/۳۴ b-g |
| cd-11 | ۳۳/۸۶ a-d | ۳۲/۰۰ a-f | ۱۴/۵۰ j-k | ۰/۸۶e-h | ۲/۰۴ f-g |
| c-93-3 | ۲۹/۶۳ a-g | ۳۵/۰۰ a-b | ۲۶/۸۳ a-f | ۰/۹۲ d-h | ۲/۱۲d-g |
| c-93-4 | ۳۲/۰۰ a-e | ۳۳/۱۷ a-e | ۲۰/۳۳ e-k | ۰/۹۴ c-g | ۲/۴۵ b-g |
| c-93-5 | ۳۰/۹۲ a-f | ۳۲/۱۷ a-f | ۱۸/۳۳ g-k | ۰/۸۸ d-h | ۲/۳۹ b-g |
| c-93-6 | ۲۹/۴۵ a-g | ۳۲/۸۳ a-f | ۱۸/۸۳ e-k | ۰/۹۰ d-h | ۲/۴۶ b-g |
| c-93-7 | ۲۳/۶۵ f-g | ۳۰/۵۰ c-f | ۲۴/۶۷ a-g | ۰/۹۲ d-h | ۲/۲۶ b-g |
| c-93-8 | ۲۵/۷۹ e-g | ۳۳/۳۳ a-e | ۲۹/۳۳ a-d | ۱/۰۴ a-d | ۲/۸۸ a-b |
| c-93-9 | ۲۶/۹۶ d-g | ۳۱/۶۷ a-f | ۱۹/۱۷ e-k | ۰/۸۸ d-h | ۲/۳۴ b-g |
| c-93-10 | ۲۷/۹۴ b-g | ۳۲/۶۷ a-f | ۲۰/۶۷ e-k | ۰/۸۶ f-h | ۲/۷۶ b-d |
| c-93-11 | ۳۲/۸۲ a-e | ۲۸/۸۳ f | ۱۳/۵۰ k | ۰/۷۶ h | ۲/۱۸ c-g |
| c-94-3 | ۲۷/۸۷ b-g | ۳۴/۳۳ a-d | ۲۷/۰۰ a-e | ۱/۱۰a-b | ۲/۷۵ b-d |
| c-94-4 | ۳۰/۶۲ a-f | ۳۴/۶۷ a-d | ۱۵/۶۷ h-k | ۰/۹۲ d-h | ۲/۳۲ b-g |
| c-94-6 | ۲۶/۹۸ d-g | ۳۴/۵۰ a-d | ۱۸/۶۷ f-k | ۰/۹۰ d-h | ۲/۷۷ b-c |
| c-94-7 | ۲۹/۶۰ a-g | ۳۴/۱۷ a-d | ۲۴/۳۳ a-g | ۰/۹۰ d-h | ۲/۰۹ e-g |
| c-94-8 | ۲۷/۸۶ b-g | ۳۳/۶۷ a-e | ۲۳/۵۰ a-h | ۰/۸۸ d-h | ۲/۳۵ b-g |
| c-94-9 | ۲۳/۲۵ f-g | ۳۲/۶۷ a-f | ۲۵/۱۷ a-g | ۰/۸۴ f-h | ۲/۱۶ c-g |
| MV17 | ۲۱/۹۲ g | ۳۰/۳۳ d-f | ۲۲/۱۷ c-j | ۰/۸۶ f-h | ۲/۴۶ b-g |
| Heydari | ۲۹/۱۳ a-g | ۳۳/۰۰ a-f | ۲۳/۱۷ b-i | ۰/۹۲ d-h | ۲/۲۴ c-g |
| Mihan | ۲۳/۷۳ f-g | ۳۱/۸۳ a-f | ۳۱/۳۳ a | ۱/۰۰ a-f | ۲/۷۳ b-d |
| Eroum | ۲۷/۱۸ c-g | ۳۳/۰۰ a-e | ۳۱/۰۰ a-b | ۱/۱۶ a | ۳/۳۷ a |

حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن می‌باشد.

### ۴. ۲. همبستگی بین صفات

همبستگی بین صفات در اصلاح نباتات از اهمیت ویژه‌ای برخودار است، زیرا میزان و نوع رابطه بین دو یا چند صفت را معین می‌کند (پور مرادی و میرزایی ندوشن، ۱۳۸۹). با استفاده از تجزیهٔ علیت مشخص می‌شود که همبستگی صفات با عملکرد به‌علت اثر مستقیم آن‌ها بر روی عملکرد و یا در نتیجهٔ اثر غیرمستقیم از طریق سایر صفات است. اگر همبستگی بین عملکرد و یک‌صفت به‌علت اثر مستقیم آن صفت باشد، این مطلب منعکس‌کنندهٔ یک رابطهٔ واقعی بین آن‌ها است و لذا می‌توان صفت مذکور را به‌منظور اصلاح عملکرد انتخاب نمود، اما اگر این همبستگی اصولاً به‌علت اثر غیرمستقیم صفت از طریق صفات دیگر باشد، در این‌صورت عمل انتخاب را باید بر روی صفتی انجام داد که سبب اثر غیرمستقیم شده است (نصری و همکاران، ۱۳۹۱). یکی از مؤثرترین رویکردها برای اصلاح نباتات گزینش غیرمستقیم عملکرد دانه از طریق سایر صفات است (صبا[1] و همکاران، ۲۰۱۸). مطابق با نتایج جدول (۷) همبستگی عملکرد دانه با صفات مالون‌دی‌آلدهید، پراکسیدهیدروژن، محتوای پرولین، پراکسیداز، کاتالاز، طول پدانکل، تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی منفی و معنی‌دار و همبستگی عملکرد دانه با صفات کلروفیل *a*، محتوای کاروتنوئید، کلروفیل کل، تعداد پنجهٔ بارور، تعداد دانه در سنبله، طول دورهٔ پرشدن دانه، سرعت رشد رویشی، مساحت برگ پرچم و وزن هزاردانه مثبت و معنی‌دار بود.

سرعت پرشدن دانه با تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی (۰/۶۳) همبستگی مثبت و با طول دورهٔ پرشدن دانه (۰/۷۵-) همبستگی منفی و معنی‌دار داشت (جدول ۷) که براساس فرمول محاسبهٔ سرعت پرشدن دانه [عملکرد دانهٔ تک‌بوته (گرم) تقسیم بر طول دورهٔ پرشدن دانه (روز)] (الیس[2] و پیتا فیلو[3]، ۱۹۹۲) این نتایج قابل توجیه می‌باشد. همبستگی سرعت رشد رویشی با صفات مالون‌دی‌آلدهید، پراکسیدهیدروژن، محتوای پرولین، پراکسیداز، کاتالاز، طول پدانکل، تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی منفی و معنی‌دار و با صفات غلظت کلروفیل *a*، غلظت کلروفیل کل، تعداد پنجهٔ بارور، تعداد دانه در سنبله، طول دورهٔ پرشدن دانه، مساحت برگ پرچم، وزن هزاردانه و عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار شد. براساس نتایج جدول (۷)، در متوسط شرایط نرمال و تنش رطوبتی بین صفات مالون‌دی‌آلدهید، پراکسیدهیدروژن، محتوای پرولین، میزان پراکسیداز، کاتالاز، طول پدانکل و تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی، با صفت عملکرد دانه همبستگی منفی وجود داشت، درحالی‌که همبستگی مثبتی بین صفات سبزینه (غلظت کلروفیل *a*، غلظت کلروفیل*b*، غلظت کلروفیل کل و غلظت کاروتنوئید) با صفات تعداد پنجهٔ بارور، تعداد دانه در سنبله، طول دورهٔ پرشدن دانه، مساحت برگ پرچم، وزن هزاردانه، سرعت رشد رویشی و عملکرد دانه مشاهده گردید. نقدی‌پور و همکاران (۱۳۹۰) و لیلا[4] و الخطیب[5] (۲۰۰۵) در بررسی روابط بین صفات در گندم، بین عملکرد دانه با ارتفاع و وزن هزاردانه همبستگی مثبت و معنی‌دار تحت شرایط تنش خشکی گزارش نمودند که همسو با نتایج این پژوهش بود. صابری و همکاران (۱۳۹۵) همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین صفات ارتفاع گیاه و طول سنبله با صفت عملکرد دانه نشان دادند. کومار[6] و همکاران (۲۰۱۴) نیز همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار عملکرد دانه در گیاه را با تعداد دانه در گیاه و شاخص‌برداشت در هر دو سطح فنوتیپی و ژنوتیپی بیان داشتند.

1. Saba
2. Ellis
3. Pieta-Filho
4. Leilah
5. Al-Khateeb
6. Kumar

**جدول ۷.** ضرایب همبستگی صفات مورد ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط نرمال و تنش رطوبتی

| صفات | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ | ۱۴ | ۱۵ | ۱۶ | ۱۷ | ۱۸ | ۱۹ | ۲۰ | ۲۱ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱. غلظت مالون‌دی‌الدهید (b) | – | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ۲. محتوای پراکسیدهیدروژن (c) | ۹۸/۰ns | – | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ۳. محتوای پروولین (c) | ۰/۸۲** | ۰/۷۹** | – | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ۴. غلظت کلروفیل a (d) | -۰/۶۳** | -۰/۵۷** | -۰/۳۹ | – | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ۵. غلظت کلروفیل b (d) | -۰/۵۲* | -۰/۳۹ | -۰/۳۳ | ۰/۶۲** | – | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ۶. غلظت کاروتنوئید (d) | -۰/۴۵* | -۰/۳۹ | -۰/۱۷** | ۰/۱۵ | ۰/۲۳ | – | | | | | | | | | | | | | | | |
| ۷. غلظت کلروفیل کل (d) | -۰/۶۴** | -۰/۵۳** | -۰/۴۰ | ۰/۸۹** | ۰/۹۰** | ۰/۲۱ | – | | | | | | | | | | | | | | |
| ۸. محتوای پروتئین محلول (d) | ۰/۳۵ | ۰/۲۲ | ۰/۱۶ | -۰/۷۰** | -۰/۷۸** | -۰/۰۶ | -۰/۸۳** | – | | | | | | | | | | | | | |
| ۹. محتوای پراکسیداز (e) | ۰/۸۷** | ۰/۸۲** | ۰/۹۷** | -۰/۵۷** | -۰/۵۰* | -۰/۸۱** | -۰/۵۹** | ۰/۳۶ | – | | | | | | | | | | | | |
| ۱۰. محتوای کاتالاز (e) | ۰/۷۸** | ۰/۷۶** | ۰/۹۹** | -۰/۳۳ | -۰/۲۴ | -۰/۸۸** | -۰/۳۱ | -۰/۰۵ | ۰/۹۴** | – | | | | | | | | | | | |
| ۱۱. ارتفاع بوته (سانتیمتر) | ۰/۰۳ | -۰/۰۴ | -۰/۱۰ | ۰/۲۷ | -۰/۵۵** | ۰/۰۷ | -۰/۱۷ | ۰/۲۳ | -۰/۰۷ | -۰/۱۵ | – | | | | | | | | | | |
| ۱۲. تعداد پنجهٔ بارور | -۰/۹۷** | -۰/۹۴** | -۰/۹۰** | ۰/۶۳** | ۰/۵۲* | ۰/۶۰** | ۰/۶۴** | -۰/۳۶ | -۰/۹۵** | -۰/۸۶** | ۰/۰۲ | – | | | | | | | | | |
| ۱۳. طول پدانکل (سانتیمتر) | ۰/۵۱* | ۰/۳۹ | ۰/۶۸** | -۰/۷۰** | -۰/۵۹** | -۰/۷۰** | -۰/۷۲** | ۰/۶۹** | ۰/۷۸** | ۰/۶۲** | ۰/۱۶ | -۰/۶۳** | – | | | | | | | | |
| ۱۴. تعداد دانه در سنبله | -۰/۸۸** | -۰/۸۶** | -۰/۸۴** | ۰/۶۶** | ۰/۵۱* | ۰/۶۰** | ۰/۶۵** | -۰/۲۳ | -۰/۸۹** | -۰/۸۳** | ۰/۱۱ | ۰/۹۳** | -۰/۶۱** | – | | | | | | | |
| ۱۵. تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی (روز) | ۰/۵۳** | ۰/۵۱* | ۰/۸۱** | -۰/۰۳ | -۰/۲۴ | -۰/۸۴** | -۰/۱۵ | -۰/۲۱ | ۰/۷۳** | ۰/۸۵** | ۰/۱۱ | -۰/۶۳** | ۰/۳۸ | -۰/۷۳** | – | | | | | | |
| ۱۶. طول دورهٔ پرشدن دانه (روز) | -۰/۵۲* | -۰/۴۶* | -۰/۶۷** | ۰/۱۹ | ۰/۵۵** | ۰/۶۸** | ۰/۴۲* | -۰/۰۳ | -۰/۶۶** | -۰/۶۸** | -۰/۳۳ | ۰/۶۲** | -۰/۴۳* | ۰/۷۵** | -۰/۹۱** | – | | | | | |
| ۱۷. مساحت برگ پرچم (سانتیمترمربع) | -۰/۸۷** | -۰/۸۵** | -۰/۸۰** | ۰/۷۰** | ۰/۵۱* | ۰/۵۲* | ۰/۶۷** | -۰/۲۹ | -۰/۸۶** | -۰/۷۷** | ۰/۱۵ | ۰/۹۳** | -۰/۶۲** | ۰/۹۸** | -۰/۶۳** | ۰/۶۸** | – | | | | |
| ۱۸. وزن هزاردانه (گرم) | -۰/۹۲** | -۰/۸۷** | -۰/۷۶** | ۰/۶۷** | ۰/۷۰** | ۰/۴۷* | ۰/۷۶** | -۰/۳۶ | -۰/۸۴** | -۰/۷۳** | -۰/۱۵ | ۰/۹۲** | -۰/۵۵* | ۰/۹۵** | -۰/۶۵** | ۰/۷۶** | ۰/۹۳** | – | | | |
| ۱۹. عملکرد دانهٔ تک‌بوته (گرم) | -۰/۷۷** | -۰/۷۹** | -۰/۷۴** | ۰/۵۰* | ۰/۳۰ | ۰/۴۹* | ۰/۴۴* | ۰/۰۳ | -۰/۷۴** | -۰/۷۵** | ۰/۲۰ | ۰/۸۲** | -۰/۳۹ | ۰/۹۵** | -۰/۷۳** | ۰/۷۴** | ۰/۹۴** | ۰/۸۶** | – | | |
| ۲۰. سرعت پرشدن دانه (گرم در روز) | -۰/۰۷ | -۰/۱۵ | ۰/۲۰ | ۰/۳۵ | -۰/۲۸ | -۰/۴۶* | -۰/۰۳ | -۰/۰۹ | ۰/۱۵ | ۰/۲۱ | ۰/۶۵** | -۰/۰۳ | ۰/۱۰ | ۰/۱۳ | ۰/۶۳** | -۰/۷۵** | -۰/۰۵ | -۰/۲۰ | -۰/۱۲ | – | |
| ۲۱. سرعت رشد رویشی (گرم در روز) | -۰/۷۸** | -۰/۷۸** | -۰/۶۶** | ۰/۶۵** | ۰/۴۴* | ۰/۴۰ | ۰/۶۱** | -۰/۱۲ | -۰/۷۱** | -۰/۶۶** | ۰/۱۷ | ۰/۸۱** | -۰/۴۵* | ۰/۹۶** | -۰/۶۳** | ۰/۷۱** | ۰/۹۵** | ۰/۹۱** | ۰/۹۷** | -۰/۰۸ | – |

مقادیر جدول بالاتر از ۰/۴۱ و ۰/۵۲ به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد (df=22).

a) mgr/gr FW (d µmol/gr FW (c nmol/gr FW (b µmol $H_2O_2$ decomposited$min^{-1}$ $mgr^{-1}$ proteina

### ۴. ۳. رگرسیون چندگانهٔ عملکرد دانه

به‌منظور تعیین متغیرهای مهم و مؤثر بر عملکرد دانه و تعیین بهترین مدل برای تبیین تغییرات آن از رگرسیون چندگانه به‌روش گام به گام استفاده گردید. نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون چندگانه برای عملکرد دانه به‌صورت جداگانه برای شرایط آبیاری نرمال و تنش رطوبتی در گلخانه در جدول (۸) درج شده است.

تحت شرایط آبیاری نرمال متغیرهای تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد کاه و تراکم ساقه بر عملکرد دانه تأثیر معنی‌دار داشته و در معادله باقی ماندند ($R^2$=۰/۷۹). با توجه به مثبت و معنی‌داربودن ضرایب رگرسیون استانداردشده تمامی صفات باقیمانده در مدل به‌جز صفت تراکم‌ساقه، می‌توان بیان‌کرد که افزایش در مقدار هرکدام از این صفات سبب افزایش عملکرد دانه خواهد شد. در شرایط تنش رطوبتی گلخانه، متغیرهای تعداد دانه در سنبله، تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی، وزن خشک ریشه و طول دورهٔ پرشدن دانه در مدل نهایی باقی ماندند و به‌عنوان اجزای مؤثر بر عملکرد دانه شناسایی شدند ($R^2$=۰/۷۷).

**جدول ۸.** تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه با صفات اندازه‌گیری‌شده در ۳۰ ژنوتیپ گندم نان

| سطح تنش | متغیر وابسته | متغیرهای باقیمانده در مدل نهایی | روش رگرسیون چندگانه | $R^2$ تعدیل شده |
|---|---|---|---|---|
| نرمال | عملکرد دانهٔ تک‌بوته (گرم) | تعداد دانه در سنبله – وزن هزاردانه (گرم)– عملکرد کاه تک‌بوته (گرم)– تراکم ساقه (گرم در سانتی‌متر) | گام به گام | ۰/۷۹ |
| تنش | عملکرد دانهٔ تک‌بوته (گرم) | تعداد دانه در سنبله – تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰٪ گلدهی (روز)– وزن خشک ریشه (گرم)– طول دورهٔ پرشدن دانه (روز) | گام به گام | ۰/۷۷ |

به‌نظر می‌رسد تحت هر دو شرایط نرمال و تنش رطوبتی در گلخانه تعداد دانه در سنبله، طول دورهٔ پرشدن دانه، تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی و عملکرد کاه صفات مهم تبیین‌کننده عملکرد دانه محسوب می‌گردد.

هم‌چنین به‌منظور تعیین متغیرهای مهم و مؤثر بر صفات مختلف تأثیرگذار بر عملکرد دانه و تعیین بهترین مدل برای تبیین تغییرات آن از رگرسیون چندگانه استفاده گردید. نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون چندگانه برای صفات مختلف تأثیرگذار بر عملکرد دانه برای شرایط آبیاری نرمال و تنش رطوبتی در جدول (۹) درج شده است. تحت شرایط نرمال در گلخانه، بیش‌ترین $R^2$ تعدیل‌شده مربوط به متغیرهای وابسته تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه و تحت شرایط تنش رطوبتی به‌ترتیب مربوط به متغیرهای تعداد دانه در سنبله، طول دورهٔ پرشدن دانه و تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی بود. بنابراین، این متغیرها از پارامترهای مهم درگیر در فرایند عملکرد دانه تحت شرایط کنترل‌شده می‌باشند.

**جدول ۹.** تجزیهٔ رگرسیون گام به گام صفات مختلف باقی‌مانده در مدل رگرسیونی با سایر صفات اندازه‌گیری‌شده

| سطح تنش | R2 تعدیل‌شده | روش رگرسیون چندگانه | متغیر وابسته | متغیرهای باقیمانده در مدل نهایی |
|---|---|---|---|---|
| نرمال | ۰/۲۵ | گام به گام | تراکم ساقه (گرم در سانتی‌متر) | تعداد ریشه– مساحت برگ پرچم (سانتی‌مترمربع) |
| نرمال | ۰/۹۶ | گام به گام | تعداد دانه در سنبله | تعداد دانه در سنبلچه– وزن سنبلچهٔ بارور (گرم)– وزن هزاردانه (گرم) |
| نرمال | ۰/۴۰ | گام به گام | عملکرد کاه تک‌بوته (گرم) | مساحت برگ پرچم (سانتی‌مترمربع)– طول ریشک (سانتی‌متر)– تراکم سنبله (تعداد سنبلچه در میلی‌متر طول سنبله) |
| نرمال | ۰/۹۲ | گام به گام | وزن هزاردانه (گرم) | تعداد دانه در سنبله– طول ریشک (سانتی‌متر)– طول دورهٔ پرشدن دانه (روز)– سرعت پرشدن دانه (گرم در روز) |
| تنش | ۰/۹۹ | گام به گام | تعداد دانه در سنبله | تعداد دانه در سنبلچه–سرعت پرشدن دانه (گرم در روز)– طول دورهٔ پرشدن دانه (روز)– وزن دانه در سنبلچه (گرم) |
| تنش | ۰/۷۲ | گام به گام | تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی (روز) | طول دورهٔ پرشدن دانه (روز)– ارتفاع بوته (سانتی‌متر)– تراکم ساقه (گرم در سانتی‌متر) |
| تنش | ۰/۹۱ | بک وارد | طول دورهٔ پرشدن دانه (روز) | تعداد دانه در سنبله– سرعت پرشدن دانه (گرم در روز)– وزن دانه در سنبلچه (گرم)– تعداد دانه در سنبلچه |

### ۴. ۴. تجزیهٔ علیت عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال و تنش رطوبتی

تجزیه علیت عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال در گلخانه در جدول (۱۰) درج شده است. تعداد دانه در سنبله بیش‌ترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه داشت. در عین‌حال، وزن هزاردانه و عملکرد کاه اثر مستقیم مثبتی بر عملکرد دانه داشتند با توجه به اثر مستقیم و قابل‌ملاحظه وزن هزاردانه و تعداد دانه در سنبله بر عملکرد دانه، می‌توان از آن‌ها به‌عنوان شاخص‌های مناسب جهت انتخاب ژنوتیپ‌های پرمحصول استفاده کرد. طبق نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ ضرایب‌علیت برای عملکرد دانه با سایر صفات در شرایط نرمال، صفات عملکرد سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه اثرات‌مستقیم مثبت و بالایی بر عملکرد دانه داشتند (جانمحمدی[1] و همکاران، ۲۰۱۴؛ کومار[2] و همکاران، ۲۰۱۴) که موافق با نتایج این پژوهش بود. وزن هزاردانه دارای اثر غیرمستقیم منفی از طریق تعداد دانه در سنبله بر عملکرد دانه بود.

تجزیه علیت عملکرد دانه با صفات وابسته برای شرایط تنش رطوبتی در گلخانه در جدول (۱۰) ارائه شده است. اثر مستقیم تعداد دانه در سنبله بر عملکرد دانه تحت شرایط تنش رطوبتی در گلخانه مثبت بود. هم‌چنین تحت شرایط تنش رطوبتی و شرایط نرمال، تعداد دانه در سنبله بیش‌ترین اثر مستقیم را در بین صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه نشان داد. اثر مستقیم وزن خشک ریشه، تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی و طول دورهٔ پرشدن دانه بر عملکرد دانه منفی بود. طول دورهٔ پرشدن دانه دارای اثر غیرمستقیم منفی از طریق تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی بود.

**جدول ۱۰.** تجزیهٔ ضرایب همبستگی بین صفات باقی مانده در مدل رگرسیون عملکرد دانه به اثرات مستقیم و غیرمستقیم تحت شرایط نرمال و تنش

| صفت | اثر مستقیم در شرایط نرمال | اثر غیرمستقیم از طریق | | | | همبستگی ساده صفات با عملکرد دانه تک‌بوته |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | تعداد دانه در سنبله | وزن هزاردانه | عملکرد کاه تک‌بوته | تراکم ساقه | |
| تعداد دانه در سنبله | ۰/۸۹ | ——— | −۰/۲۴ | ۰/۰۳ | −۰/۰۵ | ۰/۶۴** |
| وزن هزاردانه (گرم) | ۰/۵۹ | −۰/۳۵ | ——— | −۰/۰۲ | ۰/۰۱ | ۰/۲۳ |
| عملکرد کاه تک‌بوته (گرم) | ۰/۳۵ | ۰/۰۹ | −۰/۰۳ | ——— | −۰/۰۷ | ۰/۳۴ |
| تراکم ساقه (گرم در سانتی‌متر) | −۰/۲۵ | ۰/۱۷ | −۰/۰۲ | ۰/۰۹ | ——— | −۰/۰۰۳ |
| متغیر وابسته: عملکرد دانهٔ تک‌بوته (گرم) | | | | | ۰/۹۹= باقی‌مانده | |

| صفت | اثر مستقیم در شرایط تنش | اثر غیرمستقیم از طریق | | | | همبستگی ساده صفات با عملکرد دانهٔ تک‌بوته |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | تعداد دانه در سنبله | تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی | وزن خشک ریشه | طول دورهٔ پرشدن دانه | |
| تعداد دانه در سنبله | ۰/۷۰ | ——— | ۰/۱۲ | −۰/۰۲ | −۰/۰۴ | ۰/۷۵ ** |
| تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی (روز) | −۰/۶۰ | −۰/۱۴ | ——— | −۰/۰۲ | ۰/۲۶ | −۰/۴۹ ** |
| وزن خشک ریشه (گرم) | −۰/۳۲ | ۰/۰۵ | −۰/۰۴ | ——— | ۰/۰۷ | −۰/۲۴ |
| طول دورهٔ پرشدن دانه (روز) | −۰/۳۲ | ۰/۰۹ | −۰/۴۷ | ۰/۰۷ | ——— | −۰/۶۴ |
| متغیر وابسته:عملکرد دانهٔ تک‌بوته (گرم) | | | | | ۰/۴۵= باقی‌مانده | |

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

### ۴. ۵. تجزیهٔ علیت صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته با سایر صفات در شرایط نرمال

نتایج حاصل از تجزیهٔ علیت تعداد دانه در سنبله و صفات وابسته در شرایط آبیاری نرمال در گلخانه در جدول (۱۱) درج شده است. تعداد دانه در سنبلچه بیش‌ترین اثر مستقیم مثبت را بر تعداد دانه در سنبله داشت. در عین‌حال، وزن سنبلچهٔ بارور اثر مستقیم منفی بر تعداد دانه در سنبله داشت. با توجه به اثر مستقیم قابل‌ملاحظه تعداد دانه در سنبلچه بر تعداد

1. Janmohammadi
2. Kumar

دانه در سنبله، می‌توان از آن به‌عنوان شاخص مناسب جهت انتخاب ژنوتیپ‌های پرمحصول استفاده کرد. تعداد دانه در سنبلچه دارای اثر غیرمستقیم منفی و بالا از طریق وزن سنبلچهٔ بارور بر تعداد دانه در سنبله بود. هم‌چنین وزن سنبلچهٔ بارور دارای اثر غیرمستقیم مثبت و بالا از طریق تعداد دانه در سنبلچه روی تعداد دانه در سنبله بود.

نتایج حاصل از تجزیه علیت وزن هزاردانه و صفات وابسته در شرایط آبیاری نرمال نشان داد (جدول ۱۱) طول دورهٔ پرشدن دانه و سرعت پرشدن دانه اثر مستقیم مثبت را بر وزن هزاردانه داشتند. اثر مستقیم تعداد دانه در سنبله بر وزن هزاردانه منفی و بالا بود. هم‌چنین بیش‌ترین اثر غیرمستقیم منفی بر وزن هزاردانه مربوط به صفات طول دورهٔ پرشدن دانه از طریق سرعت پرشدن دانه و سرعت پرشدن دانه از طریق طول دورهٔ پرشدن دانه بود. طول ریشک از طریق سرعت پرشدن دانه اثر غیرمستقیم مثبت بر وزن هزاردانه داشت. نتایج فوق نشان می‌دهد با افزایش طول دورهٔ پرشدن دانه و سرعت پرشدن دانه، وزن هزاردانه افزایش می‌یابد. هم‌چنین طول ریشک با انجام فتوسنتز و در نتیجه با افزایش سرعت پرشدن دانه سبب افزایش وزن هزاردانه در شرایط نرمال می‌شود. با توجه به همبستگی و اثرات مستقیم مثبت مساحت برگ پرچم و طول ریشک با عملکرد کاه می‌توان نتیجه‌گیری کرد که با افزایش این صفات، عملکرد کاه نیز افزایش می‌یابد. هم‌چنین با افزایش تعداد ریشه و مساحت برگ پرچم، تراکم ساقه افزایش می‌یابد (جدول ۱۱).

**جدول ۱۱.** تجزیهٔ ضرایب همبستگی بین صفات به اثرات مستقیم و غیرمستقیم برای متغیرهای باقی‌مانده در مدل رگرسیون عملکرد دانه تحت شرایط نرمال

| صفت | اثر مستقیم | اثر غیرمستقیم از طریق | | | همبستگی ساده صفات با تعداد دانه در سنبله |
|---|---|---|---|---|---|
| | | تعداد دانه در سنبلچه | وزن سنبلچهٔ بارور | وزن هزاردانه | |
| تعداد دانه در سنبلچه | ۳/۰۳ | ——— | −۲/۵۲ ** | −۰/۰۰۳ | ۰/۵۱ ** |
| وزن سنبلچهٔ بارور (گرم) | −۲/۶۹ | ۲/۸۵ ** | ——— | ۰/۰۴ | ۰/۲۰ |
| وزن هزاردانه (گرم) | ۰/۱۸ | −۰/۰۵ | −۰/۵۳ | ——— | −۰/۴۰ * |
| متغیر وابسته: تعداد دانه در سنبله | | | | | ۰/۲۰= باقی‌مانده |

| صفت | اثر مستقیم | اثر غیرمستقیم از طریق | | | | همبستگی ساده صفات با وزن هزاردانه |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | تعداد دانه در سنبله | طول ریشک | طول دورهٔ پرشدن دانه | سرعت پرشدن دانه | |
| تعداد دانه در سنبله | −۱/۳۰ | ——— | ۰/۰۵ | ۰/۱۴ | ۰/۷۱ | −۰/۴۰ * |
| طول ریشک (سانتی‌متر) | ۰/۱۶ | −۰/۴۱ | ——— | −۰/۳۸ | ۰/۸۸ | ۰/۲۵ |
| طول دورهٔ پرشدن دانه (روز) | ۱/۵۹ | −۰/۱۲ | −۰/۰۴ | ——— | −۱/۲۶ | ۰/۱۸ |
| سرعت پرشدن دانه (گرم در روز) | ۱/۷۰ | −۰/۵۴ | ۰/۰۸ | −۱/۱۸ | ——— | ۰/۰۵ |
| متغیر وابسته: وزن هزاردانه (گرم) | | | | | | ۰/۲۷= باقی‌مانده |

| صفت | اثر مستقیم | اثر غیرمستقیم از طریق | | | همبستگی ساده صفات با عملکرد کاه تک‌بوته |
|---|---|---|---|---|---|
| | | مساحت برگ پرچم | طول ریشک | تراکم سنبله | |
| مساحت برگ پرچم (سانتی‌مترمربع) | ۰/۶۶ | ——— | ۰/۱۶ | −۰/۰۴ | ۰/۷۸ ** |
| طول ریشک (سانتی‌متر) | ۰/۵۹ | ۰/۱۸ | ——— | ۰/۲۰ | ۰/۹۶ ** |
| تراکم سنبله (تعداد سنبلچه در میلی‌متر طول سنبله) | −۰/۴۲ | ۰/۰۶ | −۰/۲۷ | ——— | −۰/۶۳ ** |
| متغیر وابسته: عملکرد کاه تک‌بوته (گرم) | | | | | ۰/۷۳= باقی‌مانده |

| صفت | اثر مستقیم | اثر غیرمستقیم از طریق | | همبستگی ساده صفات با تراکم ساقه |
|---|---|---|---|---|
| | | تعداد ریشه | مساحت برگ پرچم | |
| تعداد ریشه | ۰/۴۱ | ——— | −۰/۰۱ | ۰/۴۱ * |
| مساحت برگ پرچم (سانتی‌مترمربع) | ۰/۳۷ | −۰/۰۱ | ——— | ۰/۳۷ * |
| متغیر وابسته: تراکم ساقه (گرم در سانتی‌متر) | | | | ۰/۸۳= باقی‌مانده |

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

### ۴. ۶. تجزیهٔ علیت صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی

نتایج حاصل از تجزیهٔ علیت تعداد دانه در سنبله و صفات وابسته در شرایط تنش در گلخانه در جدول (۱۲) درج شده است. تعداد دانه در سنبلچه بیش‌ترین اثر مستقیم مثبت (۰/۸۸) و همبستگی (۰/۹۱) را با تعداد دانه در سنبله داشت. هم‌چنین سرعت پرشدن دانه اثر مستقیم مثبت را بر تعداد دانه در سنبله داشت. همبستگی بین سرعت پرشدن دانه و تعداد دانه در سنبله مثبت و بالا بود. وزن دانه در سنبلچه بیش‌ترین اثر مستقیم منفی (۰/۶۶-) را بر تعداد دانه در سنبله داشت. تعداد دانه در سنبلچه و سرعت پرشدن دانه از طریق وزن دانه در سنبلچه اثر غیرمستقیم منفی بر تعداد دانه در سنبله داشت. وزن دانه در سنبلچه دارای اثر غیرمستقیم مثبت از طریق تعداد دانه در سنبلچه و سرعت پرشدن دانه بر تعداد دانه در سنبله بود. نتایج فوق نشان داد که افزایش تعداد دانه در سنبلچه سبب افزایش تعداد دانه در سنبله می‌شود.

نتایج حاصل از تجزیه علیت تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی و صفات وابسته در شرایط تنش در گلخانه نشان داد (جدول ۱۲) طول دورهٔ پرشدن دانه بیش‌ترین اثر مستقیم منفی را بر تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی داشت. نتایج فوق نشان می‌دهد با افزایش طول دورهٔ پرشدن دانه، تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی کاهش می‌یابد.

**جدول ۱۲.** تجزیهٔ ضرایب همبستگی بین صفات به اثرات مستقیم و غیرمستقیم برای متغیرهای باقی‌مانده در مدل رگرسیون عملکرد دانه تحت شرایط تنش

| صفت | اثر مستقیم | اثر غیرمستقیم از طریق | | | | همبستگی ساده صفات با تعداد دانه در سنبله |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | تعداد دانه در سنبلچه | سرعت پرشدن دانه | طول دورهٔ پرشدن دانه | وزن دانه در سنبلچه | |
| تعداد دانه در سنبلچه | ۰/۸۸ | ——— | ۰/۳۴ | ۰/۰۹ | -۰/۴۱ | ۰/۹۱ ** |
| سرعت پرشدن دانه (گرم در روز) | ۰/۶۸ | ۰/۴۴ | ——— | -۰/۰۶ | -۰/۴۲ | ۰/۶۴ ** |
| طول دورهٔ پرشدن دانه (روز) | ۰/۲۸ | ۰/۲۸ | -۰/۱۵ | ——— | -۰/۲۹ | ۰/۱۲ |
| وزن دانه در سنبلچه (گرم) | -۰/۶۶ | ۰/۵۴ | ۰/۴۳ | ۰/۱۲ | ——— | ۰/۴۳ * |
| متغیر وابسته: تعداد دانه در سنبله | | | | | | ۰/۰۹= باقی‌مانده |

| صفت | اثر مستقیم | اثر غیرمستقیم از طریق | | | همبستگی ساده صفات با تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی |
|---|---|---|---|---|---|
| | | طول دورهٔ پرشدن دانه | ارتفاع بوته | تراکم ساقه | |
| طول دورهٔ پرشدن دانه (روز) | -۰/۶۷ | ——— | -۰/۰۱ | -۰/۱۱ | -۰/۷۹ ** |
| ارتفاع بوته (سانتی‌متر) | -۰/۲۴ | -۰/۰۴ | ——— | -۰/۰۵ | -۰/۳۲ |
| تراکم ساقه (گرم در سانتی‌متر) | ۰/۲۵ | ۰/۳۰ | ۰/۰۴ | ——— | ۰/۵۹ ** |
| متغیر وابسته: تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی (روز) | | | | | ۰/۵۰= باقی‌مانده |

| صفت | اثر مستقیم | اثر غیرمستقیم از طریق | | | | همبستگی ساده صفات با طول دورهٔ پرشدن دانه |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | تعداد دانه در سنبله | سرعت پرشدن دانه | وزن دانه در سنبلچه | تعداد دانه در سنبلچه | |
| تعداد دانه در سنبله | ۲/۷۳ | ——— | -۱/۳۳ | ۰/۸۷ | -۲/۱۵ | ۰/۱۲ |
| سرعت پرشدن دانه (گرم در روز) | -۲/۰۷ | ۱/۷۶ | ——— | ۱/۲۸ | -۱/۱۸ | -۰/۲۲ |
| وزن دانه در سنبلچه (گرم) | ۲/۰۱ | ۱/۱۸ | -۱/۳۲ | ——— | -۱/۴۴ | ۰/۴۴ * |
| تعداد دانه در سنبلچه | -۲/۳۶ | ۲/۴۹ | -۱/۰۴ | ۱/۲۳ | ——— | ۰/۳۲ |
| متغیر وابسته: طول دورهٔ پرشدن دانه (روز) | | | | | | ۰/۲۹= باقی‌مانده |

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

نتایج حاصل از تجزیه علیت طول دورهٔ پرشدن دانه و صفات وابسته در شرایط تنش در گلخانه نشان می‌دهد (جدول ۱۲) تعداد دانه در سنبله و وزن دانه در سنبلچه دارای اثر مستقیم مثبت و بالا و تعداد دانه در سنبلچه و سرعت پرشدن دانه دارای اثر مستقیم منفی و بالا بر طول دورهٔ پرشدن دانه بودند. صفات سرعت پرشدن دانه، وزن دانه در سنبلچه و تعداد دانه در سنبلچه از

طریق تعداد دانه در سنبله دارای اثرات غیرمستقیم مثبت و بالا بر طول دورهٔ پرشدن دانه بودند، در صورتی‌که صفات تعداد دانه در سنبله، سرعت پرشدن دانه و وزن دانه در سنبلچه از طریق تعداد دانه در سنبلچه، اثرات غیرمستقیم منفی و بالا بر طول دورهٔ پرشدن دانه داشتند. هم‌چنین صفات تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبلچه و تعداد دانه در سنبلچه از طریق سرعت پرشدن دانه دارای اثرات غیرمستقیم منفی و بالا بر طول دورهٔ پرشدن دانه بودند. تعداد دانه در سنبله، سرعت پرشدن دانه و تعداد دانه در سنبلچه از طریق وزن دانه در سنبلچه دارای اثرات غیرمستقیم مثبت و بالا بر طول دورهٔ پرشدن دانه بودند.

## ۴. ۷. تجزیه همبستگی کانونیک عملکرد دانه و تراکم سنبله با صفات سنبلچه‌ای تحت شرایط نرمال در گلخانه

با مراجعه به جدول (۱۳) ملاحظه می‌شود آماره لامبدای ویلکاکس در سطح احتمال کم‌تر از ۱ درصد برای تابع اول معنی‌دار گردید، یعنی همبستگی معنی‌داری بین صفات سنبلچه‌ای از یک طرف و متغیرهای عملکرد دانه و تراکم سنبله از سوی دیگر در تابع اول وجود دارد.

**جدول ۱۳.** مقادیر همبستگی بین جفت متغیرهای کانونیک در ۳۰ ژنوتیپ گندم در دو سطح تنش

| سطح تنش | مقادیر F | سطح احتمال معنی‌داری F | توان دوم همبستگی کانونیک | نسبت تجمعی |
|---|---|---|---|---|
| نرمال | ۶/۸۸ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۶۶۰۸ | ۰/۹۳۸ |
| | ۱/۶۹ | ۰/۲۰۴۳ | ۰/۱۱۵۰ | ۱/۰۰۰ |
| تنش | ۹/۲۱۴۰ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۸۴۱۳ | ۰/۹۳۷ |
| | ۲/۰۷ | ۰/۰۹۹۲ | ۰/۲۵۶۴ | ۰/۹۹۸ |
| | ۰/۲۵ | ۰/۶۱۸۲ | ۰/۰۰۹۷ | ۱/۰۰۰ |

ترکیب خطی برای تابع اول از متغیرهای صفات سنبلچه‌ای ($V_1$) و عملکرد دانه و تراکم سنبله ($W_1$) موردمطالعه همراه با ضرایب مربوطه ($a_{ij}$ و $b_{ik}$) به‌صورت زیر به‌دست آمد (جدول‌های ۱۴ و ۱۵):

رابطهٔ ۱) $W_1=1.03X_1+0.16X_2$

رابطهٔ ۲) $V_1=10.75Y_1+1.37Y_2-11.60Y_3$

**جدول ۱۴.** ضریب کانونیک استانداردشده برای توابع کانونیک مربوط به متغیرهای عملکرد دانه و تراکم سنبلهٔ ۳۰ ژنوتیپ گندم در دو سطح تنش

| سطح تنش | صفت | W1 | W2 |
|---|---|---|---|
| نرمال | عملکرد دانهٔ تک‌بوته (گرم) | ۱/۰۳ | ۰/۱۴ |
| | تراکم سنبله (تعداد سنبلچه در میلی‌متر طول سنبله) | ۰/۱۶ | ۱/۰۳ |
| تنش | عملکرد دانهٔ تک‌بوته (گرم) | ۰/۱۴ | ۰/۲۱ |
| | تراکم سنبله (تعداد سنبلچه در میلی‌متر طول سنبله) | −۰/۳۶ | ۰/۸۹ |

**جدول ۱۵.** ضرایب کانونیک استانداردشده برای توابع کانونیک مربوط به صفات سنبلچه‌ای ۳۰ ژنوتیپ گندم در دو سطح تنش

| سطح تنش | صفت | V1 | V2 |
|---|---|---|---|
| نرمال | وزن دانه در سنبلچه (گرم) | ۱۰/۷۵ | −۵/۶۴ |
| | تعداد دانه در سنبلچه | ۱/۳۷ | ۲/۲۳ |
| | وزن سنبلچهٔ بارور (گرم) | −۱۱/۶۰ | ۲/۸۵ |
| تنش | تعداد دانه در سنبلچه | ۰/۱۵ | ۰/۱۴ |
| | وزن دانه در سنبلچه (گرم) | ۱/۰۹ | ۰/۸۹ |
| | وزن سنبلچهٔ بارور (گرم) | −۰/۲۸ | −۱/۵۳ |

همبستگی ساختاری بین متغیرهای اندازه‌گیری‌شده یک گروه با توابع کانونیک مربوط به همان گروه در جدول‌های

(۱۶) و (۱۷) درج شده است. در بین متغیرهای صفات سنبلچه‌ای، تعداد دانه در سنبلچه (۰/۶۴) همبستگی مثبت و بالایی با تابع کانونیک ($V_1$) نشان داد، اما وزن دانه در سنبلچه و وزن سنبلچهٔ بارور دارای همبستگی پایین بود. در بین متغیرهای عملکرد دانه و تراکم سنبله همبستگی مثبت و بالایی بین عملکرد دانه با تابع کانونیک مربوطه ($W_1$) مشاهده شد اما تراکم سنبله دارای همبستگی منفی و پایین بود.

**جدول ١٦.** همبستگی ساختاری بین متغیرهای عملکرد و تراکم سنبله و توابع کانونیک مربوطه در دو سطح تنش

| سطح تنش | صفت | W1 | W2 |
|---|---|---|---|
| نرمال | عملکرد دانهٔ تک‌بوته (گرم) | ۰/۹۹ | −۰/۱۵ |
| | تراکم سنبله (تعداد سنبلچه در میلی‌متر طول سنبله) | −۰/۱۴ | ۰/۹۹ |
| تنش | عملکرد دانهٔ تک‌بوته (گرم) | ۰/۰۶ | ۰/۳۷ |
| | تراکم سنبله (تعداد سنبلچه در میلی‌متر طول سنبله) | −۰/۲۹ | ۰/۹۴ |

**جدول ۱۷.** همبستگی ساختاری بین صفات سنبلچه‌ای و توابع کانونیک مربوطه در دو سطح تنش

| سطح تنش | صفت | V1 | V2 |
|---|---|---|---|
| نرمال | وزن دانه در سنبلچه (گرم) | ۰/۴۷ | −۰/۷۰ |
| | تعداد دانه در سنبلچه | ۰/۶۴ | −۰/۴۳ |
| | وزن سنبلچهٔ بارور (گرم) | ۰/۴۲ | −۰/۷۰ |
| تنش | تعداد دانه در سنبلچه | ۰/۸۱ | ۰/۱۷ |
| | وزن دانه در سنبلچه (گرم) | ۰/۹۷ | −۰/۲۲ |
| | وزن سنبلچهٔ بارور (گرم) | ۰/۶۴ | −۰/۷۷ |

همبستگی بین متغیرهای اندازه‌گیری‌شده یک گروه با توابع کانونیک گروه دیگر در جدول‌های (۱۸) و (۱۹) درج شده است. در بین متغیرهای صفات سنبلچه‌ای، تعداد دانه در سنبلچه همبستگی مثبت و متوسط با تابع کانونیک مربوط به متغیرهای عملکرد دانه و تراکم سنبله ($W_1$) داشت، اما وزن دانه در سنبلچه و وزن سنبلچهٔ بارور دارای همبستگی پایین بود. در بین متغیرهای عملکرد دانه و تراکم سنبله همبستگی مثبت و بالایی بین عملکرد دانه (۰/۸۰) با تابع کانونیک مربوط به صفات سنبلچه‌ای ($V_1$) وجود داشت، اما تراکم سنبله دارای همبستگی منفی و پایین بود.

**جدول ۱۸.** همبستگی متغیرهای عملکرد و تراکم سنبله با توابع کانونیک حاصل از صفات سنبلچه‌ای در دو سطح تنش

| سطح تنش | صفت | W1 | W2 |
|---|---|---|---|
| نرمال | عملکرد دانهٔ تک‌بوته (گرم) | ۰/۸۰ | −۰/۰۵ |
| | تراکم سنبله (تعداد سنبلچه در میلی‌متر طول سنبله) | −۰/۱۱ | ۰/۳۴ |
| تنش | عملکرد دانهٔ تک‌بوته (گرم) | ۰/۰۵ | ۰/۱۹ |
| | تراکم سنبله (تعداد سنبلچه در میلی‌متر طول سنبله) | −۰/۲۶ | ۰/۴۸ |

**جدول ۱۹.** همبستگی صفات سنبلچه‌ای با تابع کانونیک حاصل از متغیرهای عملکرد و تراکم سنبله در دو سطح تنش

| سطح تنش | صفت | V1 | V2 |
|---|---|---|---|
| نرمال | وزن دانه در سنبلچه (گرم) | ۰/۳۸ | −۰/۲۴ |
| | تعداد دانه در سنبلچه | ۰/۵۲ | −۰/۱۵ |
| | وزن سنبلچهٔ بارور (گرم) | ۰/۳۴ | −۰/۲۴ |
| تنش | تعداد دانه در سنبلچه | ۰/۷۴ | ۰/۰۹ |
| | وزن دانه در سنبلچه (گرم) | ۰/۸۹ | −۰/۱۱ |
| | وزن سنبلچهٔ بارور (گرم) | ۰/۵۹ | −۰/۳۹ |

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده تحت شرایط آبیاری مطلوب و تنش رطوبتی در گلخانه می‌توان گفت تابع $V_1$ بیش‌تر متأثر از عملکرد دانه می‌باشد، اما تابع $W_1$ بیش‌تر تحت تأثیر تعداد دانه در سنبلچه بود. در چنین شرایطی برای افزایش عملکرد دانه، صفت تعداد دانه در سنبلچه می‌تواند به‌عنوان معیار گزینشی مناسب در نظر گرفته شود.

### ۴. ۸. تجزیه همبستگی کانونیک عملکرد دانه و تراکم سنبله با صفات سنبلچه‌ای تحت شرایط تنش در گلخانه

در شرایط تنش رطوبتی در گلخانه آماره لامبدای ویلکاکس در سطح احتمال کم‌تر از ۱ درصد برای تابع اول معنی‌دار گردید، یعنی همبستگی معنی‌داری بین صفات سنبلچه‌ای از یک طرف و عملکرد دانه و تراکم سنبله از سوی دیگر در تابع اول وجود دارد (جدول ۱۳).

ترکیب خطی برای تابع اول از متغیرهای سنبلچه‌ای ($V_1$) و عملکرد دانه و تراکم سنبله ($W_1$) موردمطالعه همراه با ضرایب مربوطه (aij وbik ) به‌صورت زیر به‌دست آمد (جدول‌های ۱۴ و ۱۵):

$W_1 = 0.14X_1 - 0.36X_2$ رابطهٔ ۳)

$V_1 = 0.15Y_1 + 1.09Y_2 - 0.28Y_3$ رابطهٔ ۴)

در جدول‌های (۱۶) و (۱۷) همبستگی ساختاری بین متغیرهای اندازه‌گیری‌شده یک گروه با توابع کانونیک مربوط به همان گروه آمده است. در بین صفات سنبلچه‌ای، وزن دانه در سنبلچه (۰/۹۷) و تعداد دانه در سنبلچه (۰/۸۱) همبستگی مثبت و بالایی با تابع کانونیک مربوطه ($V_1$) نشان دادند. هم‌چنین صفت وزن سنبلچهٔ بارور (۰/۶۴) دارای همبستگی مثبت بود. در بین صفات عملکرد دانه و تراکم سنبله هر دو صفت مذکور دارای همبستگی پایین با تابع کانونیک مربوطه ($W_1$) بودند.

همبستگی بین متغیرهای اندازه‌گیری‌شده یک گروه با توابع کانونیک گروه دیگر نشان داد (جدول‌های ۱۸ و ۱۹) وزن دانه در سنبلچه و تعداد دانه در سنبلچه از جمله صفات سنبلچه‌ای هستند که با تابع کانونیک مربوط به عملکرد دانه و تراکم سنبله همبستگی مثبت و بالایی ($W_1$) داشتند. همبستگی وزن سنبلچهٔ بارور مثبت و متوسط بود. تراکم سنبله نیز جزء متغیر عملکرد دانه و تراکم سنبله بود که با تابع کانونیک مربوط به صفات سنبلچه‌ای ($V_1$) همبستگی منفی نشان داد. تراکم سنبلچه دارای همبستگی منفی و پایین بود.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده تحت شرایط تنش رطوبتی در گلخانه می‌توان گفت تابع $V_1$ بیش‌تر متأثر از تراکم سنبله می‌باشد، اما تابع $W_1$ بیش‌تر تحت تأثیر صفات تعداد دانه در سنبلچه و وزن دانه در سنبلچه بود. در چنین شرایطی برای افزایش تراکم سنبله، صفات تعداد دانه در سنبلچه و وزن دانه در سنبلچه می‌توانند به‌عنوان معیارهای گزینشی مناسب در نظر گرفته شوند.

## ۵. بحث

در یک جمع‌بندی کلی می‌توان گفت تحت شرایط نرمال در گلخانه، بیش‌ترین اثر مستقیم روی عملکرد دانه را به‌ترتیب تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه داشته و بیش‌ترین اثر غیرمستقیم منفی روی عملکرد دانه را وزن هزاردانه از طریق تعداد دانه در سنبله و تعداد دانه در سنبله از طریق وزن هزاردانه داشت. از سوی دیگر، تحت شرایط تنش رطوبتی در گلخانه، بیش‌ترین اثر مستقیم روی عملکرد دانه را تعداد دانه در سنبله داشت و بیش‌ترین اثر غیرمستقیم منفی روی عملکرد دانه را طول دورهٔ پرشدن دانه از طریق تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی داشت. هم‌چنین بیش‌ترین اثر غیرمستقیم مثبت بر روی عملکرد دانه را تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی از طریق طول دورهٔ پرشدن

دانه داشت. با توجه به این‌که تنها برای متغیرهای واردشده به مدل رگرسیونی در شرایط نرمال و تنش در گلخانه تجزیهٔ علیت انجام شد، بنابراین، در دو شرایط مختلف تجزیهٔ علیت انجام گرفت که در هر شرایطی یک‌سری از صفات عملکرد دانه را توجیه نمودند.

طبق نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ ضرایب علیت برای عملکرد دانه با سایر صفات تحت شرایط نرمال و تنش در گلخانه، صفت تعداد دانه در سنبله (به‌ترتیب ۰/۸۹ و ۰/۷۰) اثر مستقیم مثبت و بالایی بر عملکرد دانه داشت (جدول ۹) که با نتایج عطا[1] و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت داشت. اثر مستقیم تعداد دانه در سنبله بر عملکرد دانه تحت شرایط تنش رطوبتی در گلخانه مثبت بود، هم‌چنین تحت شرایط تنش رطوبتی و شرایط نرمال، تعداد دانه در سنبله بیش‌ترین اثر مستقیم را در بین صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه نشان داد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش در هر دو شرایط نرمال و تنش رطوبتی در گلخانه، تعداد دانه در سنبلچه با تعداد دانه در سنبله اثر مستقیم و همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت (جدول‌های ۱۱ و ۱۲)، از سوی دیگر در هر دو شرایط نرمال و تنش رطوبتی در گلخانه، تعداد دانه در سنبله با عملکرد دانه اثر مستقیم و همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد. بنابراین گزینش بر مبنای این صفات (تعداد دانه در سنبلچه و تعداد دانه در سنبله) به‌طور مستقیم باعث افزایش عملکرد دانه در هر دو شرایط نرمال و تنش رطوبتی در گلخانه می شود. تحت شرایط نرمال در گلخانه صفت تعداد دانه در سنبله با وجود همبستگی و اثر مستقیم منفی و معنی‌دار با وزن هزاردانه، به‌دلیل اثرات غیرمستقیم مثبت از طریق سایر صفات (طول ریشک، طول دورهٔ پرشدن دانه و سرعت پرشدن دانه) بر وزن هزاردانه، باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود (جدول ۱۱). در شرایط نرمال در گلخانه صفات مساحت برگ پرچم و طول ریشک بر عملکرد کاه، همبستگی و اثر مستقیم مثبت داشت (جدول ۱۱). بنابراین گزینش بر مبنای این صفات به‌طور مستقیم باعث افزایش عملکرد کاه می شود. در این مطالعه تحت شرایط نرمال در گلخانه، اثر مستقیم سرعت پرشدن دانه و طول دورهٔ پرشدن دانه بر وزن هزاردانه (به‌ترتیب ۱/۷۰ و ۱/۵۹) مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۱۱). بنابراین افزایش این صفات باعث افزایش وزن هزاردانه و در نهایت عملکرد دانه می‌شود (به‌دلیل همبستگی و اثر مستقیم مثبت وزن هزاردانه با عملکرد دانه). به‌همین دلیل گزینش بر مبنای این صفات تحت شرایط نرمال در گلخانه در جهت افزایش عملکرد دانه مفید خواهد بود. هم‌چنین تحت این شرایط، با توجه به همبستگی و اثرات مستقیم مثبت صفات مساحت برگ پرچم و طول ریشک با عملکرد کاه، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که گزینش بر مبنای این صفات به‌طور مستقیم باعث افزایش عملکرد کاه و در نهایت عملکرد دانه می‌شود (به‌دلیل همبستگی و اثر مستقیم مثبت عملکردکاه با عملکرد دانه). در مطالعه سلیمانی فرد و ناصری (۱۳۹۲) براساس تجزیهٔ علیت اثر مستقیم تعداد سنبله در مترمربع و وزن هزاردانه بر عملکرد دانه در گندم دوروم تحت شرایط دیم مثبت و بالا بود. نوری[2] و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی ۴۸ جمعیت آجیلوپس[3] با استفاده از تجزیهٔ علیت، عملکرد سنبله را به‌عنوان شاخصی برای گزینش توده‌های برتر در شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی برشمرند. به‌نظر می‌رسد که در اکثر پژوهش‌های انجام‌شده تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع و وزن هزاردانه دارای اثرات مستقیم مثبت بالا روی عملکرد دانه هستند. بنابراین، با گزینش ارقامی که از لحاظ صفات فوق در جایگاه مناسبی قرار گرفته باشند، می‌توان عملکرد دانه را بهبود بخشید. کومار[4] و همکاران (۲۰۱۴) و جانمحمدی[5] و همکاران (۲۰۱۴) با تجزیهٔ ضرایب‌علیت برای عملکرد دانه با سایر صفات در شرایط نرمال، گزارش کردند که صفات عملکرد سنبلهٔ تک‌بوته، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه اثرات مستقیم مثبت و بالایی

1. Ata
2. Noori
3. Aegilops
4. Kumar
5. Janmohammadi

بر عملکرد دانه داشتند که مطابق با نتایج این پژوهش می‌باشد. طبق نتایج پژوهش‌های عطا[1] و همکاران (۲۰۱۴)، تعداد دانه در سنبله در شرایط نرمال دارای اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه بود. در گزارش دیگری ملاصادقی[2] و همکاران (۲۰۱۱) اعلام کردند که تعداد دانه در سنبله (۰/۲۱۲)، وزن دانه (۰/۴۰۸)، وزن هزاردانه (۰/۰۹۳) و عملکرد بیولوژیکی (۰/۸۵۳) بیش‌ترین اثرات مستقیم و مثبت را بر عملکرد دانه داشتند. در تطابق با نتیجه پژوهش حاضر، جانمحمدی و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که بین عملکرد دانه و صفات تعداد سنبلچه، قطر دانه، طول دانه و وزن هزاردانه همبستگی مثبت وجود دارد. خان[3] و نکوی[4] (۲۰۱۲) براساس تجزیهٔ ضرایب علیت اعلام کردند که انتخاب براساس تعداد سنبله، تعداد سنبلچه و تعداد دانه می‌تواند به‌علت اثرات مستقیم و مثبت آن‌ها بر عملکرد دانه در شرایط نرمال، مفیدترین صفات برای افزایش عملکرد دانه باشند. آبیناسا[5] و همکاران (۲۰۱۱) و احمدیزاده[6] و همکاران (۲۰۱۱)، بر اثر مستقیم و مثبت بیوماس روی عملکرد دانه در گندم تحت شرایط تنش خشکی تأکید داشتند. حمزه و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند که تحت شرایط تنش خشکی صفت بیوماس و وزن هزاردانه بیش‌ترین اثر مستقیم مثبت را بر روی عملکرد دانه نشان داده‌اند.

تحت شرایط آبیاری مطلوب در گلخانه، بین تعداد دانه در سنبلچه و تابع کانونیکی مربوطه ($V_1$) و هم‌چنین بین عملکرد دانه با تابع کانونیکی مربوطه ($W_1$) همبستگی مثبت و بالایی مشاهده گردید. بنابراین، در چنین شرایطی برای افزایش عملکرد دانه، صفت تعداد دانه در سنبلچه می‌تواند به‌عنوان معیار گزینشی مناسب در نظر گرفته شود. از سوی دیگر، تحت شرایط تنش رطوبتی گلدهی در گلخانه، بین وزن دانه در سنبلچه و تعداد دانه در سنبلچه با تابع کانونیک مربوطه ($V_1$) و هم‌چنین بین عملکرد دانه با تابع کانونیک مربوطه ($W_1$) همبستگی منفی مشاهده شد. در نتیجه تحت شرایط تنش رطوبتی در گلخانه، برای افزایش تراکم سنبله، صفات تعداد دانه در سنبلچه و وزن دانه در سنبلچه می‌توانند به‌عنوان عوامل مهم و تأثیرگذار در نظر گرفته شوند. در این رابطه علوی‌سینی و صبا (۱۳۹۳) با تجزیهٔ 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 (علوی‌سینی و صبا، ۱۳۹۳) همبستگی اولین، دومین و سومین جفت متغیرکانونی 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 بقیهٔ صفات زراعی رابطه مثبت داشت. صبا و همکاران (۲۰۱۸) در تجزیهٔ همبستگی کانونیکی صفات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و فنولوژیکی با صفات اجزای عملکرد، گزارش کردند که اولین متغیرکانونیکی برای صفات مستقل ($U_1$) بیش‌تر تحت تأثیر بیوماس گیاه (۰/۶۷۴) قرار گرفت و صفات دمای کانوپی، ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد روز از زمان کاشت تا سنبله‌دهی دارای ضریب همبستگی پایین بودند. این پژوهش‌گران (صبا و همکاران، ۲۰۱۸) با ارزیابی ۳۶ لاین پیشرفتهٔ گندم در طول سه سال متوالی تحت شرایط دیم گزارش کردند که برای اصلاح عملکرد دانه در بوته گندم تحت این شرایط، گزینش برای دورهٔ رویشی کوتاه‌تر و دورهٔ پرشدن دانه طولانی‌تر پیشنهاد می‌شود. غفاری[7] و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از تجزیهٔ همبستگی همبستگی کانونی ارتباط معنی‌داری بین دو دسته صفات فیزیولوژیک و زراعی به‌ترتیب در گیاه گندم و کلزا گزارش

1. Ata
2. Mollasadeghi
3. Khan
4. Naqvi
5. Abinasa
6. Ahmadizadeh
7. Ghaffari

کردند. صبا و همکاران (۲۰۱۸) نیز از این تکنیک برای بررسی ارتباط بین صفات زراعی و فنولوژیک گیاه گندم بهره بردند. اتیشا[1] و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از تجزیه همبستگی کانونیک در جو اعلام کردند که صفاتی که دارای مقادیر و ارزش‌های بالاتری در مؤلفهٔ اول هستند، می‌توانند به‌خوبی در متمایزکردن ارقام از یکدیگر ایفای نقش کنند و از این‌رو توجه به مقدار عددی صفات در مؤلفه‌ها را مهم دانستند.

## ۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

به‌طورکلی، نتایج تجزیه همبستگی کانونیک نشان داد که تحت شرایط آبیاری مطلوب در گلخانه برای افزایش عملکرد دانه، صفت تعداد دانه در سنبلچه و تحت شرایط تنش رطوبتی گلدهی در گلخانه جهت افزایش تراکم سنبله، صفات تعداد دانه در سنبلچه و وزن دانه در سنبلچه می‌توانند به‌عنوان معیارهای گزینشی مناسب در نظر گرفته شوند. هم‌چنین نتایج تجزیهٔ علیت نشان داد که تحت شرایط آبیاری مطلوب در گلخانه صفات تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد کاه، تراکم سنبله و ساقه، مساحت برگ پرچم و تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی و تحت شرایط تنش رطوبتی صفات سرعت پرشدن دانه، طول دورهٔ پرشدن دانه، تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی، وزن خشک ریشه، عملکردکاه و تعداد دانه در سنبله، مهم‌ترین اجزای مؤثر بر افزایش عملکرد دانه هستند. پیشنهاد می‌شود این آزمایش با تعداد ارقام بیش‌تر، در چند مکان و طی سال‌های مختلف انجام گیرد تا نتایج قابل تعمیم به سایر ارقام، مکان‌ها و شرایط آب‌وهوایی مختلف باشد.

## ۷. تشکر و قدردانی

از مسئولین مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌شرقی که ژنوتیپ‌های موردمطالعه برای انجام این پژوهش را فراهم کردند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

## ۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

## ۹. منابع

امام، یحیی (۱۳۹۳). *روش های مزرعه ای و آزمایشگاهی در علوم زراعی*. مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۰۸ صفحه.

پورمرادی، صادق و میرزایی ندوشن، حسین (۱۳۸۹). تجزیهٔ علیت صفات مورفولوژیک مؤثر بر عملکرد علوفه در جمعیت‌هایی از جنس لولیوم (*Lolium* spp). *دو فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران*، ۱۸(۲)، ۲۹۴-۳۰۴.

صابری، محمدحسین؛ آرزمجو، الیاس و امینی، اشکبوس (۱۳۹۵). ارزیابی تنوع و شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد لاین‌های امیدبخش گندم نان تحت تنش شوری. *پژوهشنامهٔ اصلاح گیاهان زراعی*، ۸(۲۰)، ۳۱-۴۰.

علوی سینی، سید محمد و صبا، جلال (۱۳۹۳). بررسی ارتباط بین خصوصیات فیزیولوژیک و زراعی ژنوتیپ‌های مختلف گندم در شرایط دیم با استفاده از تجزیه همبستگی کانونی. *مجلهٔ تنش‌های محیطی در علوم زراعی*، ۷(۱)،۱۳-۲۳.

حمزه، حمزه؛ صبا، جلال؛ جابری، فرهاد؛ نصیری، جابر و علوی سینی، سید محمد (۱۳۸۸). برآورد اجزای واریانس، قابلیت توارث و ضرایب همبستگی صفات فنوتیپی و ژنوتیپی عملکرد دانه و اجزای آن در گندم نان تحت شرایط دیم. *نشریهٔ تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی*، ۲(۱)، ۲۹-۳۸.

1. Eticha

خدادادی، مصطفی؛ دهقانی، حمید و فتوکیان، محمد حسین (۱۳۹۰). بررسی توارث‌پذیری، تجزیه علّیت و تحلیل عامل‌ها در ژنوتیپ‌های گندم پاییزه (*Triticum aestivum* L.). *مجله دانش زراعت*، ۴(۴)، ۶۷-۷۸.

سلیمانی فرد، عباس و ناصری، رحیم (۱۳۹۲). تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های گندم دوروم از نظر صفات زراعی تحت شرایط دیم. *نشریه اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی*، ۴(۲۸)، ۴۶۹-۴۷۸.

نصری، رضا؛ پاک‌نژاد، فرزاد؛ صادقی شعاع، مهدی؛ قربانی، صادق و فاطمی، زینب (۱۳۹۱). مطالعهٔ همبستگی صفات و تجزیه علیت تنش خشکی بر روی عملکرد و اجزای عملکرد جو (*Hordeum vulgare*) در منطقهٔ کرج. *نشریهٔ زراعت و اصلاح نباتات ایران*، ۸(۴)، ۱۵۵-۱۶۵.

نقدی پور، امین، خدارحمی، منوچهر، پورشهبازی، عباس، و اسماعیل‌زاده، محسن (۱۳۹۰). تجزیه به عامل‌ها برای عملکرد دانه و سایر خصوصیات گندم دوروم. *مجله زراعت و اصلاح نباتات ایران*، ۷(۱)، ۸۴-۶۹.

## References

Abinasa, M., Ayana, A., & Bultosa, G. (2011). Genetic variability, heritability and trait associations in durum wheat (*Triticum turgidum* L. *var. durum*) genotypes. *African Journal of Agricultural Research, 6*(17), 3972-3979.

Ahmadizadeh, M., Shahbazi, H., Valizadeh, M., & Zaefizadeh, M. (2011). Genetic diversity of durum wheat landraces using multivariate analysis under normal irrigation and drought stress conditions. *African Journal of Agricultural Research, 6*(10), 2294-2302.

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*(1), 13-23. (In Persian).

Alavi Siney, S. M., & Saba, J. (2021). Investigation of the relationship between SSR markers and agronomic traits in saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Horticulture and Postharvest Research, 4*, 79-88.

Alexieva, V., Sergei, I., Mapelli, S., & Karanov, E. (2001). The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. *Plant Cell Environment, 24*, 1337-1344.

Alqudah, A. M., Samarah, N. H., & Mullen, R. E. (2011). Drought stress effect on crop pollination, seed set, yield and quality. In *Alternative Farming Systems, Biotechnology, Drought Stress and Ecological Fertilization*. Edited by Lichtfouse, E. Dordrecht: Springer Press. Pp 193-213.

Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal, 23*, 112-121.

Ata, A., Yousaf, B., Khan, A. S., Mahboob Subhani, G., Asadullah, H. M., & Yousaf, A. (2014). Correlation and Path Coefficient Analysis for Important Plant Attributes of Spring Wheat Under Normal and Drought Stress Conditions. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare, 4*(8), 23-28.

Bates, L., Waldrem, R., & Teare, I. (1973). Rapid determination of free praline for water stress studies. *Plant and Soil, 39*, 205-207.

Bayat, M., Amirnia, R., Özkan, H., Gedik, A., Ate, D., Rahimi, M., & Tanyulac, B. (2018). Identification of markers associated with traits for use in marker-assisted selection in saffron. *Genetika, 50*(3), 971-982.

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry, 72*, 248.

Chance, B., & Maehly, A. C. (1955). Assay of catalase and peroxidases. *Method Enzymol, 11*, 764-755.

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

Daryanto, S., Wang, L., & Jacinthe, P. A. (2016). Global synthesis of drought effects on maize and wheat production. *PLoS ONE,11*(5), 0156362.

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

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.

Fahad, S., Bajwa, A. A., Nazir, U., Anjum, S. A., Farooq, A., Zohaib, A., Sadia, S., Nasim, W., Adkins, S., & Saud, S. (2017). Crop production under drought and heat stress: plant responses and management options. *Frontiers in Plant Science, 8*, 1-16.

FAO. (2020). *World food situation*. Food and Agriculture Organization. Available at: http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/.

Ghaffari, G., Toorchi, M., Aharizad, S., & Shakiba, M. (2011). Evaluation of Traits Related to Water Deficit Stress in Winter Rapeseed Cultivars. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*, *1*(3), 338-350.

Hamze, H., Saba, J., Jabari, F., Nassiri, J., & Alavi Siney, S. M. (2008). Estimation of components variation, genotypic and phenotypic correlation coefficients of grain yield and its component in bread wheat (*Tritium aestivum* L.) under rainfed conditions. *Environment Stresses in Agriculture Science, 2* (1), 29-38. (In Persian).

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

Hu, T., Renzullo, L. J., van Dijk, A. I., He, J., Tian, S., Xu, Z., Zhou, J., Liu, T., & Liu, Q. (2020). Monitoring agricultural drought in Australia using MTSAT-2 land surface temperature retrievals. *Remote Sensing of Environment, 236*,1-13.

Imam, Yahya (2013). *Field and laboratory methods in agricultural sciences*. Mashhad: Mashhad Academic Jihad Publications. 108 pages. (In Persian).

Janmohammadi, M., Sabaghnia, N., & Nouraein, M. (2014). Path analysis of grain yield and yield components and some agronomic traits in bread wheat. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 62*, 945-952.

Kar, M., & Mishra, D. (1976). Catalase, Peroxidase, and Polyphenoloxidase activities during Rice leaf senescence. *Plant Physiology, 57*, 315-319.

Khan, N., & Naqvi, F. N. (2012). Correlation and path coefficient analysis in wheat genotypes under irrigated and non-irrigated conditions. *Asian Journal of Agricultural Sciences, 4*, 346-351.

Khodadadi, M., Dehghani, H., & Fotokian, M. H. (2011). Study of heritability, path and factor analysis in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Journal of Agriculture, 9*, 66-67. (In Persian).

Kovacik, J., Klejdus, B., Babula, P., & Jarosova, M. (2014). Variation of antioxidants and secondary metabolites in nitrogen-deficient barely plants. *Journal of Plant Physiology, 171*, 260-268.

Kumar, R., Bhushan, B., Pal, R., & Gaurav, S. S. (2014). Correlation and path coefficient analysis for quantitative traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) under normal condition. *Annals of Agri-bio Research*, 19, 447-450.

Lamaoui, M., Jemo, M., Datla, R., & Bekkaoui, F. (2018). Heat and drought stresses in crops and approaches for their mitigation. *Frontiers in Chemistry, 6*(26), 1-14.

Leilah, A. A., & Al-Khateeb, S. (2005). Statistical analysis of wheat yield under drought conditions. *Journal of Arid Environments, 61*, 483-496.

Mohammadi-Ahmadmahmoudi, E., Deihimfard, R., & Noori, O. (2020). Yield gap analysis simulated for sugar beet-growing areas in water-limited environments. European Journal of Agronomy, *113*,125988.

Mollasadeghi, V., Imani, A. A., Shahryari, R., & Khayatnezhad, M. (2011). Correlation and path analysis of morphological traits in different wheat genotypes under end drought stress condition. *Middle-East Journal of Scientific Research, 7*, 221-224.

Naghdipor, A., Khodarahmi, A., Porshahbazi, A., & Eesmailzade, M. (2011). Factor analysis for grain yield and other traits in durum wheat. *Journal Agronomy and Plant Breeding, 7*, 84-96. (In Persian).

Nasri, R., Paknejad, F., Sadeghi Shoa, M., Ghorbani, S., & Fatemi, Z. (2013). Correlation and path analysis of drought stress on yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare*) in Karaj region. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding, 8*, 155-165 (In Persian).

Noori, A., Mehrabi, A. A., & Safari, H. (2017). Study of Correlation and Path Coefficient Analysis of Agronomic Traits and Grain Yield for Aegilops cylindrica Accessions under Non-stress and Drought Stress Conditions in Ilam. *Journal of Crop Breeding, 9*(23), 76-84

Ohkawa, H., Ohishi, N., & Yagi, K. (1979). Assay for lipid peroxidation in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Annals of Biochemistry, 95*, 351-358.

Pesserkli, M. (1993). Hand book of plant and crop stress. Marcel dekker inc. pp223-225

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

Pourmoradi, S., & Mirzaie-Nodoushan, H. (2011). Path analysis of morphological traits and forage yield on several populations of Lolium species (*Lolium* spp). *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 18*(2), 294-304. (In Persian).

Pradhan, G. P., Prasad, P. V., Fritz, A. K., Kirkham, M. B., & Gill, B. S. (2012). Effects of Drought and High Temperature Stress on Synthetic Hexaploid Wheat. *Functional Plant Biology, 39*(3), 190-198.

Saba, J., Tavana, S., Qorbanian, Z., Shadan, E., Shekari, F., & 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 and Technology, 20*(5), 1037-1048.

Saberi, M. H., Arazmjoo, E., & Amini, A. (2017). Assessment of Diversity and Identifying of Effective Traits on Grain Yield of bread wheat Promised Lines under Salt Stress Conditions. *Journal of Crop Breeding*, 8(20), 31-40. (In Persian).

Saeidi, M., & Abdoli, M. (2015). Effect of Drought Stress during Grain Filling on Yield and Its Components, Gas Exchange Variables, and Some Physiological Traits of Wheat Cultivars. *Journal of Agricultural Science and Technology, 17*(4), 885-898.

Sharma, S. (1996). *Applied multivariate techniques*. John Wiley and Sons, Inc., New York, 512 p.

Shearman, V. J., Sylvester-Bradley, R., Scott, R. K., & Foulkes, M. J. (2005). Physiological Processes Associated with Wheat Yield Progress in the UK. *Crop Sciences, 45*, 175-185.

Shepherd, A., Ginn, S. M. C. M., & 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.

Soleymanifard, A., & Naseri, R. (2014). Study of genetic variation in durum wheat genotypes for agronomic traits under rainfed conditions. *Journal of Crop Ecophysiology, 4* (28), 469-478. (In Persian).

Zaefizadeh, M., Jamaati-e-Somarin, S., Zabihi-e-Mahmoodabad, R., & Khayatnezhad, M. (2011). Discriminate analyses of the Osmotic stress tolerance of different sub-convars of Durum wheat during germination. *Advances in Environmental Biology, 5*(1), 74-81.