Summer (2023) 12(42), 17-35
DOI: 10.30473/cb.2023.68599.1919
Received: 22, Apr. 2023 Accepted: 15, Sep. 2023

Crop Biotechnology Open Access

ORIGINAL ARTICLE

# Studying the relationship between traits obtained from callus induction in the mature embryo stage and agronomic traits of bread wheat in different moisture conditions

**Fatemeh Bavandpouri[1*], Ezatollah Farshadfar[1], Kianoosh Chegamirza[1], Mohsen Farshadfar[2], Mohammad Reza Bihamta[3]**

[1]Department of Plant Production Engineering and Genetics, Faculty of Sciences and Agricultural Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran.
[2]Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran.
[3]Department of Plant Breeding, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

**Correspondence**
Fatemeh Bavandpouri
Email: f.bavandpori@yahoo.com

**How to cite**
Bavandpouri, F., Farshadfar, E., Chegamirza, K., Farshadfar, M., & Bihamta, M. R. (2023). Studying the relationship between traits obtained from callus induction in the mature embryo stage and agronomic traits of bread wheat in different moisture conditions. *Crop Biotechnology, 12*(42), 17-35.

**ABSTRACT**

This study was aimed to investigate the reaction of wheat different genotypes to callus induction in the mature embryo stage and the relationship between the traits obtained from the tissue culture and the agronomic traits. A field experiment was conducted in the form of randomized complete block design with three replications under rainfed and irrigated conditions in Razi University. In the callus induction stage, mature embryos of 25 bread wheat genotypes from a factorial experiment in the form of a completely randomized basic design including two factors, genotype at 25 levels and 2, 4-D hormone at 3 levels of 1, 2 and 3 mg/L and kinetin 0.2 mg/L was used in six replications. Variance analysis in tissue culture conditions showed that there is a significant difference between genotypes in terms of all investigated traits except the percentage of relative water content of callus. Cluster analysis under laboratory and field conditions showed that genotypes No. 15 (WC-47638), 6 (WC-4840), 13 (WC-5001), 18 (WC-47569) and the Pishtaz cultivar were jointly superior in both conditions and they took the highest values of callus diameter, callus fresh weight, callus growth rate, grain yield, chaff yield, xteragen length, grain weight per spike, peduncle to height ratio, harvest index, seed filling period, vegetative growth rate and seed filling rate. Based on the path analysis in irrigation conditions, the traits of 1000 seed weight, number of seeds per spike, vegetative growth rate, length of other internodes, number of spikes per square meter, grain weight per spike and days to appearance of spike have the most direct effect on tissue culture traits. Also, according to the first canonical function for tissue culture traits (V1) and agronomic traits (W1) in rainfed conditions, plants with higher values of grain yield, larger callus diameter, and with a higher weight of 1000 seeds have a higher callus growth rate and in irrigation conditions, plants with high grain yield and grain weight per spike, callus growth speed is higher. Based on the obtained results, the investigated traits are suitable criteria for selecting cultivars in *in vivo* and *in vitro* conditions.

**KEYWORDS**
Canonical Correlation, Tissue Culture, Path Analysis, *Triticum aestivum* L.

© 2023, by the author(s). Published by Payame Noor University, Tehran, Iran.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

سال دوازدهم، شماره چهارم، پیاپی چهل و دوم، تابستان ۱۴۰۲ (۳۵-۱۷)
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۴
DOI: 10.30473/cb.2023.68599.1919

نشریه علمی
زیست‌فناوری گیاهان زراعی

«مقاله پژوهشی»

# مطالعه ارتباط صفات حاصل از القاء کالوس در جنین بالغ با صفات مزرعه ای گندم نان در شرایط متفاوت رطوبتی

**فاطمه باوندپوری[1*]، عزت‌اله فرشادفر[1]، کیانوش چقامیرزا[1]، محسن فرشادفر[2]، محمدرضا بی‌همتا[3]**

[1]گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
[2]گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
[3]گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

نویسنده مسئول:
فاطمه باوندپوری
رایانامه: f.bavandpori@yahoo.com

## چکیده

واکنش ۲۵ ژنوتیپ گندم به القای کالوس در مرحله جنین بالغ و ارتباط صفات حاصل از کشت بافت با صفات زراعی بررسی شد. آزمایش مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در شرایط دیم و آبیاری در دانشگاه رازی اجرا شد. در مرحله القای کالوس جنین‌های بالغ ۲۵ ژنوتیپ گندم نان از یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی شامل دو فاکتور، ژنوتیپ در ۲۵ سطح و هورمون 2, 4- D در ۳ سطح ۱، ۲ و ۳ میلی‌گرم در لیتر و کینیتین ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر در شش تکرار استفاده شد. تجزیه واریانس در شرایط کشت بافت نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر تمامی صفات بررسی شده به جز درصد محتوی آب نسبی کالوس اختلاف معنی‌داری وجود دارد. تجزیه خوشه‌ای در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای نشان داد که، ژنوتیپ‌های شماره ۱۵ (WC-47638)، ۶ (WC-4840)، ۱۳ (WC-5001)، ۱۸ (WC-47569) و رقم پیشتاز به طور مشترک در هر دو شرایط برتر بودند، که بالاترین مقادیر قطر کالوس، وزن تر کالوس، سرعت رشد کالوس، عملکرد دانه، عملکرد چف، طول اکستراژن، وزن دانه در سنبله، نسبت پدانکل به ارتفاع، شاخص برداشت، دوره پر شدن دانه، سرعت رشد رویشی و سرعت پر شدن دانه را به خود اختصاص دادند. بر اساس تجزیه علیت در شرایط آبیاری، به ترتیب صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، سرعت رشد رویشی، طول سایر میانگره‌ها، تعداد سنبله در متر مربع، وزن دانه در سنبله و روز تا سنبله‌دهی بیشترین اثر مستقیم را بر صفات کشت بافت دارند. همچنین، بر طبق تابع کانونیک اول برای صفات کشت بافت ($V_1$) و صفات زراعی ($W_1$) در شرایط دیم، گیاهان با مقادیر بالاتر عملکرد دانه، قطر کالوس بیشتر و با وزن هزار دانه بالاتر سرعت رشد کالوس بالاتر و در شرایط آبیاری، گیاهان با عملکرد بالای دانه و وزن دانه در سنبله، سرعت رشد کالوس بیشتری دارند. براساس نتایج بدست آمده صفات بررسی شده معیارهای مناسبی برای گزینش ارقام در شرایط این ویوو و این ویترو هستند.

## واژه‌های کلیدی

تجزیه مسیر، کشت بافت، همبستگی کانونی، *Triticum aestivum* L.

**استناد به این مقاله:**
باوندپوری، فاطمه، فرشادفر، عزت‌اله، چقامیرزا، کیانوش، فرشادفر، محسن و بی‌همتا، محمدرضا (۱۴۰۲). مطالعه ارتباط صفات حاصل از القاء کالوس در جنین بالغ با صفات مزرعه‌ای گندم نان در شرایط متفاوت رطوبتی. فصلنامه علمی زیست فناوری گیاهان زراعی، ۱۲(۴۲)، ۳۵-۱۷.

## مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) بخش قابل توجهی از کالری مورد نیاز رژیم غذایی، مواد معدنی و حدود ۲۰ درصد از پروتئین مورد نیاز برای انسان را فراهم می‌کند (Aparna *et al*., 2015). بر اساس برآوردهای فعلی، انتظار می‌رود که نیاز جهانی به محصول گندم تا سال ۲۰۵۰ تا ۵۰ درصد افزایش یابد تا جمعیت رو به رشد جهان تغذیه شود (Allen *et al*., 2017). اصلاح ژنتیکی گیاهان با استفاده از روش‌های نوین از قبیل کشت بافت‌های گیاهی می‌تواند سرعت به‌نژادی را زیاد کند (Farshadfar, 2018). زمینه‌ی ژنتیکی گیاه دهنده و محیط کشت اثر مؤثری در پاسخ به کشت درون شیشه‌ای دارند (Azizi Dargahlou *et al*., 2014). شرایط این‌ویترو با فرض رابطه بین پاسخ سلولی و گیاه کامل در این شرایط می‌تواند به‌عنوان ابزاری جهت اصلاح و انتخاب گیاهان مورداستفاده قرار گیرد (Mohammadi *et al*., 2012). امروزه کشت جنین یکی از شاخه‌های کاملاً تثبیت شده‌ی کشت بافت است. جنین‌های بالغ در یک محیط نمکی پایه با یک منبع انرژی کربنی نظیر ساکارز، می‌توانند رشد نمایند (Farshadfar, 2018). متأسفانه ژنوتیپ‌های گیاهی با واکنش مطلوب به کشت بافت در مراحل اولیه پروژه‌های اصلاحی به دلیل شناخت اندک مکانیسم‌های مرتبط قابل شناسایی نیستند. همچنین ارزیابی تعداد زیاد ژنوتیپ‌ها از طریق کشت بافت بسیار زمان‌بر و پرهزینه می‌باشد. از این رو، انتخاب بر مبنای یک صفت زراعی که اندازه‌گیری آن ساده‌تر و در عین حال با صفات کشت بافتی نیز همبستگی داشته باشد، می‌تواند روشی مناسب برای پیشگویی نتایج کشت بافت باشد (Li *et al*., 2003; Haliloglu *et al*., 2005). استفاده از روش‌های آماری چند متغیره مانند تجزیه همبستگی کانونیک، تجزیه علیت و تجزیه خوشه‌ای برای درک عمیق‌تر روابط بین صفات مختلف ضروری به نظر می‌رسد. میزان ارتباط بین دو یا چند متغیر با ضریب همبستگی برآورد می شود. تجزیه همبستگی میزان ارتباط را اندازه‌گیری می‌کند اما اهمیت نسبی هر عامل را نشان نمی دهد. بنابراین، لازم است با استفاده از تجزیه ضریب مسیر، که یک روش آماری برای تجزیه ضریب همبستگی به اثرات مستقیم و غیر مستقیم می‌باشد، بررسی دقیق‌تری انجام داد (Suleiman *et al*., 2014). همچنین روش تجزیه همبستگی کانونیک به منظور درک روابط و ساختار اجزای عملکرد و صفات مختلف گیاهان زراعی به طور مؤثری استفاده می‌شود و همبستگی موجود بین دو مجموعه صفت را شناسایی و کمی می‌کند (Raykov & Marcoulides, 2008). در گندم، تحقیقات کمتری با راهکار تجزیه همبستگی کانونیک و تجزیه علیت نسبت به دیگر گیاهان بین صفات کشت بافت با صفات زراعی صورت گرفته است. از این رو، هدف از این مطالعه انتخاب بهترین ژنوتیپ‌های گندم نان برای کالوس‌زایی با استفاده از جنین‌های بالغ و بررسی ارتباط بین صفات حاصل از کشت بافت با صفات مزرعه‌ای در شرایط دیم و آبیاری با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره مختلف و استفاده از این روابط در یافتن ارقام پرمحصول می‌باشد.

## پیشینهٔ پژوهش

در پژوهشی به مطالعه کالوس‌زایی و باززایی لاین‌های گندم نان و جو از ریزنمونه‌های جنین بالغ پرداخته شد و این نتیجه حاصل گردید که بهینه‌سازی کشت بافت در گندم برای فرآیند انتقال ژن یا کشت سوسپانسیون سلولی امری ضروری است (Gholami & Tarinejad, 2017a,b). در مطالعه‌ای به منظور بررسی واکنش جنین بالغ گندم دوروم به القاء کالوس و تنش شوری درشرایط آزمایشگاهی، نتایج تجزیه واریانس در مرحله القاء کالوس نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر صفات درصد القاء کالوس، سرعت رشد کالوس و رشد نسبی کالوس اختلاف معنی‌داری وجود داشت و بالاترین درصد القاء کالوس در جنین‌های بالغ مربوط به ژنوتیپ‌های متفاوت بود، بنابراین درصد القاء کالوس وابسته به ژنوتیپ می‌باشد (Abbasi & Mohammadi, 2023). در مورد ارتباط بین کشت بافت و صفات زراعی گندم تنها چند گزارش وجود دارد. ارتباط متفاوت بین صفات زراعی و صفات کشت بافت به دلیل عوامل مختلفی از جمله محیط کشت، هورمون‌ها و ریزنمونه‌ها بود که از طریق تأثیر بر صفات کمّی ارثی و فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف بر پاسخ به کشت بافت تأثیر می‌گذارد (Herrmann, 2007). در مطالعه‌ای ارتباط بین کشت بافت و صفّات زراعی از طریق کشت جنین بالغ مورد بررسی قرار گرفت و این نتیجه حاصل شد که فراوانی باززایی از کالوس‌های به دست آمده از جنین بالغ را می‌توان از طریق دانه در هر سنبلچه و تعداد پنجه، تخمین زد که این صفّات در مورد جنین نابالغ کمتر تأثیر می‌گذارند. همچنین ثابت شده است که هر چه اندازهٔ جنین رسیده، بزرگ‌تر باشد، کالوس‌زایی و باززایی آن، بهتر خواهد بود (Li *et al*., 2003). در

پژوهشی که ارتباط بین صفات کشت بافتی و صفات زراعی مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد درصد القاء کالوس با تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله و رطوبت کالوس با سرعت پر شدن دانه و عملکرد دانه رابطه داشت، اما صفات مرحله القاء کالوس با دیگر صفات زراعی ارتباط معنی‌داری نداشتند (Haliloglu *et al*., 2005). در بررسی دیگری در مورد رابطه صفات زراعی و کشت بافت در گندم با استفاده از تجزیه همبستگی و ضریب مسیر، نتایج نشان داد که تمام صفات همبستگی معنی‌داری در حد متوسط داشتند و عملکرد دانه بالاترین اثر مستقیم مثبت را بر تشکیل کالوس داشت، در حالی که تعداد دانه در سنبله بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر القاء کالوس‌های زایشی و تعداد گیاه تولید شده از جنین داشت (Dodig *et al*., 2008). در آزمایشی القاء کالوس و باززایی کالوس‌های حاصل از جنین‌های نابالغ و بالغ جو (*Hordeum vulgare* L.) و ارتباط آن با صفات زراعی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد روابط معنی‌داری بین تعدادی از خصوصیات کشت جنین و صفات زراعی وجود دارد که این ویژگی‌ها می‌توانند وابسته به ژنتیک باشند و همچنین می‌توان از ویژگی‌های کشت بافت برای داده‌های زراعی استفاده نمود (Naseri *et al*., 2017a). در تحقیقی به منظور برآورد همبستگی و روابط بین صفات مختلف در ۳۰ ژنوتیپ گندم نان در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی از تجزیه همبستگی کانونیک استفاده شد. نتایج نشان داد که همبستگی معنی‌داری در هر دو سطح بدون تنش و تنش خشکی بین جفت متغیرهای کانونیک حاصل از صفات فیزیولوژیک با صفات ریشه‌ای و فنولوژیک وجود داشت (Tahmasebpour *et al*., 2020). در مطالعه‌ای به منظور بررسی اثر تاریخ کشت و تنش گرمای انتهای فصل بر صفات فنولوژیک و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های گندم نان، نتایج تجزیه همبستگی کانونیک نشان داد که صفات فنولوژیک در همبستگی کانونیک اول در شرایط بدون تنش ۳۸ درصد و در شرایط تنش گرما ۴۷ درصد واریانس در اجزای عملکرد را تفسیر نمودند که نشان‌دهنده تأثیر شدیدتر صفات فنولوژیک بر اجزای عملکرد در شرایط تنش گرماست (Musavi *et al*., 2021). در مطالعه مروری بر همبستگی و تجزیه ضریب مسیر عملکرد در گندم، نتایج تجزیه علیت نشان داد که صفات ۵۰ درصد سنبله‌دهی، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد سنبلچه در سنبله، دوره پر شدن دانه، وزن دانه در سنبله، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت اثر مستقیم مثبتی بر عملکرد دانه داشتند و این صفات را می توان به عنوان عوامل مؤثر در عملکرد دانه در نظر گرفت (Rachana *et al*., 2021).

## روش‌شناسی پژوهش

### آزمایش مزرعه‌ای

مواد گیاهی مورد استفاده در این پژوهش شامل دو رقم پیشتاز و پیشگام و ۲۳ توده گندم نان پاییزه (جدول ۱) بود، که ژنوتیپ‌ها از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شدند. آزمایش مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در سال زراعی (۹۶-۱۳۹۵) در دو شرایط دیم و آبیاری (شامل: سه مرتبه آبیاری با روش غرقابی به‌ترتیب در تاریخ ۲۵ اردیبهشت ۱۳۹۶ در مرحله ۵۰ درصد سنبله‌دهی، در تاریخ اوایل خرداد ماه بعد از مرحله سنبله‌دهی کامل و در تاریخ ۱۵ خرداد ماه در مرحله شیری شدن دانه‌ها انجام شد، اما تحت شرایط دیم در تمام طول دوره رشد هیچ‌گونه آبیاری انجام نشد.) در مزرعه تحقیقاتی و آزمایشگاه‌های گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی اجرا شد. صفات اندازه‌گیری شده در مزرعه و نحوه اندازه‌گیری آن‌ها به شرح زیر ارائه می‌شود.

عملکرد دانه در متر مربع (Grain Yeild, GY)، تعداد سنبله در متر مربع (Number of Spike Per $m^2$, NSP)، تعداد دانه در سنبله (Number of Seed Per Spike, NSPS)، وزن هزاردانه (Thousand Seed Weight, TSW)، شاخص برداشت (Harvest Index, HI)، عملکرد کاه (Straw Yield, SY)، عملکرد بیولوژیک منهای عملکرد سنبله. وزن هکتولیتر (Hectoliter Weight, HW)، با وزن کردن بذرهای داخل استوانه مدرج که حجم آن یک لیتر بود و بر حسب گرم در لیتر محاسبه شد. عملکرد چف (Chaff Yield, Chaff)، عملکرد سنبله منهای عملکرد دانه. وزن دانه در سنبله (Spike Grain Weight, SGW) و وزن خشک ساقه (Stem Weight, StW)، تعداد سنبلچه در سنبله (Number of Spikelets per Spike, NSS)، طول اکستراژن (Xteragen Length, XL)، فاصلهٔ پایه سنبله تا یقه برگ پرچم بر حسب سانتی‌متر برای پنج بوته محاسبه شد. طول سایر میانگره‌ها (Other Inter nodes Length, OIL)، ارتفاع بوته منهای مجموع طول پدانکل، پنالتی‌میت و سنبله. نسبت پدانکل به ارتفاع (Peduncle Length/ Plant Hight, PL/PH)، تعداد روز تا سنبله‌دهی (Days to Appearance of Spike, DAS)، فاصله‌ی زمانی از کاشت (اولین آبیاری) که به عنوان تاریخ کاشت در نظر گرفته شد، تا ۵۰ درصد بوته‌ها به سنبله رفته باشند، محاسبه شد. دوره پر شدن دانه (Seed Filling Period, SFP)، فاصله‌ی زمانی بین

۵۰٪ ظهور بساک‌ها در سنبله (۵۰ درصد گرده‌افشانی) تا رسیدن فیزیولوژیکی دانه به عنوان دوره پر شدن دانه لحاظ شد. سرعت پر شدن دانه (Rate of Filing Seed, RFS)، از طریق تقسیم عملکرد دانه بر حسب گرم بر طول دوره پر شدن دانه (گرم/ روز) محاسبه گردید. سرعت رشد رویشی ( Rate of Vegetative growth, RVS)، از تقسیم نمودن عملکرد بیولوژیک بر زمان رسیدگی فیزیولوژیک (گرم/ روز) بدست آمد.

## آزمایش کشت بافت

در این مرحله برای بررسی و مقایسه القاء کالوس جنین‌های بالغ ۲۵ ژنوتیپ گندم نان از یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی شامل دو فاکتور، ژنوتیپ در ۲۵ سطح و هورمون 2, 4-D در ۳ سطح ۱، ۲ و ۳ میلی‌گرم در لیتر و کینیتین ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر در شش تکرار استفاده شد. در ابتدا بذور توسط آب شستشو داده و سپس به مدت دو دقیقه در الکل ۷۰ درصد قرار داده شد و در نهایت با آب مقطر شستشو داده شدند. در مرحله بعد ۵ دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم دو درصد قرار داده شد و سه بار متوالی به مدت ۱، ۳ و ۵ دقیقه با آب مقطر استریل در شرایط هود لامینار (مدل Jal Tajhiz) آب‌شویی انجام شد و سپس جنین‌های بالغ از بذر جدا و روی محیط کشت MS ( Murashige & Skoog, 1962) به صورتی که جهت اسکوتلوم به طرف بالا باشد، قرارداده شد. در هر پتری دیش ۱۰ جنین کشت و برای هر ژنوتیپ شش تکرار در نظر گرفته و به اتاقک رشد با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و شرایط تاریکی انتقال داده شد. پس از ۴ تا ۶ روز بسته به ژنوتیپ گندم‌ها، کالوس‌ها مشاهده گردید. اندازه‌گیری کالوس‌های حاصل به صورت هفتگی و به مدت ۲۸ روز انجام شد. در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه درصد القاء کالوس ( CIP= Callus Induction Percentage) چهار هفته بعد از کشت جنین از طریق شمارش تعداد کالوس‌های حاصل مورد بررسی قرار گرفت، که در مورد همه ژنوتیپ‌ها صد درصد بدست آمد. در طول این مدت در روزهای ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز پس از کشت، صفات مختلف از جمله قطر کالوس (به وسیله کاغذ میلی‌متری) ( DC= Diameter of Callus)، وزن تر کالوس (FWC=Fresh Weight Callus)، وزن خشک روز بیست و هشتم کالوس، سرعت رشد کالوس (میلی‌متر قطر در روز) (CGR= Callus Growth Rate) (Golkar *et al*., 2008)، رشد نسبی کالوس (بر اساس وزن تر) (RFWG= Relative Fresh Weight Growth) (Chen *et al*., 2006)، سرعت رشد نسبی کالوس (بر اساس وزن تر) (RGR= Callus Relative Growth Rate) (Birsin *et al*., 2007)، درصد محتوی آب نسبی کالوس ( RWC= Relative Water Content of Callus) (Errabii *et al*., 2007) اندازه‌گیری شدند (شکل ۱). در ضمن در جدول تجزیه واریانس قطر کالوس و وزن تر روز بیست و هشتم ذکر گردید.

هدف از تجزیه همبستگی کانونی به دست آوردن ترکیب خطی از متغیرهای مستقل دارای حداکثر همبستگی با ترکیب خطی از متغیرهای وابسته است که به صورت ترکیب خطی به شکل زیر بیان می‌شود (Johnson & Wichern, 2002)،

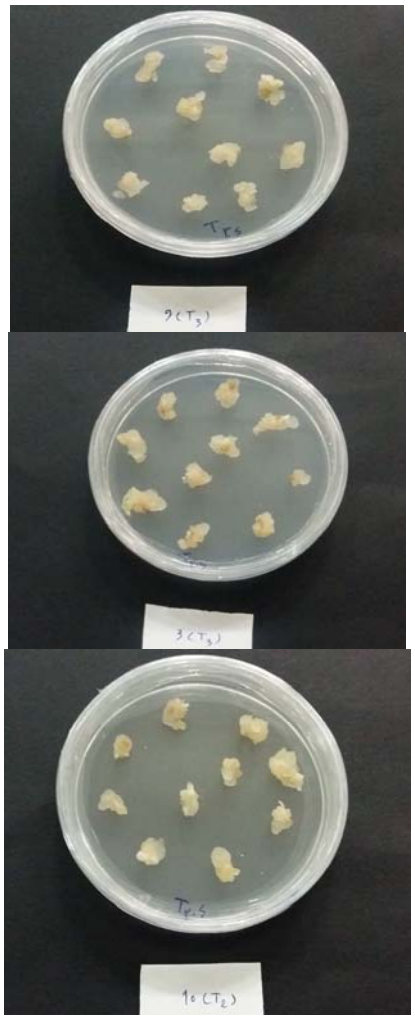
$$V = a'x = a_1x_1 + a_2x_2 + ... + a_px_p$$ رابطه ۱)

$$W = b'y = b_1y_1 + b_2y_2 + ... + b_qy_q$$ رابطه ۲)

در معادله فوق، V و W به ترتیب عبارتند از ترکیب خطی مربوط به صفات کشت بافت و ترکیب خطی مربوط به صفات زراعی؛ X و Y به ترتیب عبارتند از صفات کشت بافت و صفات زراعی. اندیس‌های p و q نیز به ترتیب بیانگر تعداد صفات کشت بافت و صفات زراعی هستند. در ضمن در این پژوهش، صفات زراعی به عنوان متغیرهای مستقل و صفات کشت بافت به عنوان متغیرهای وابسته مورد ارزیابی قرار گرفتند.

**جدول ۱.** ارقام و توده‌های گندم نان مورد مطالعه

| کد ژنوتیپ | نام ژنوتیپ | منشأ | کد ژنوتیپ | نام ژنوتیپ | منشأ | کد ژنوتیپ | نام ژنوتیپ | منشأ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | WC-4924 | Kalat | ۱۰ | WC-4987 | Unknown | ۱۹ | Pishtaz | Pishtaz |
| ۲ | WC-4582 | Kermanshah | ۱۱ | WC-47615 | Mexico | ۲۰ | Pishgam | Pishgam |
| ۳ | WC-4592 | Kermanshah | ۱۲ | WC-4612 | Kordestan Babrar | ۲۱ | WC-47640 | Minnesota |
| ۴ | WC-47341 | Montana | ۱۳ | WC-5001 | Unknown | ۲۲ | WC-47467 | Mexico |
| ۵ | WC-4965 | Kashan | ۱۴ | WC-4994 | Unknown | ۲۳ | WC-4553 | Kerend |
| ۶ | WC-4840 | Sarakhs | ۱۵ | WC-47638 | Peru | ۲۴ | WC-4583 | Kermanshah |
| ۷ | WC-4958 | Badranloo | ۱۶ | WC-47583 | Canada | ۲۵ | WC-4554 | Kerend |
| ۸ | WC-47399 | Bulgaria | ۱۷ | WC-47522 | Mexico | | | |
| ۹ | WC-4600 | Kermanshah | ۱۸ | WC-47569 | Minnesota | | | |



**شکل ۱.** نمونه‌ای از واکنش جنین‌های بالغ به القاء کالوس از طریق کشت بافت

داده‌های حاصل از آزمایش بوسیله نرم‌افزارهای آماری SAS 9.1.3 و SPSS 25 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. از روش LSD برای مقایسه میانگین تیمارها استفاده شد.

## یافته‌های پژوهش

### تجزیه واریانس و پارامترهای آماری ۲۵ ژنوتیپ گندم نان براساس صفات اندازه‌گیری شده در مرحله القاء کالوس و مزرعه تحت شرایط دیم و آبیاری

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات کشت بافت در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر تمامی صفات بررسی شده به جز درصد محتوی آب نسبی کالوس اختلاف بسیار معنی‌داری وجود داشت. اثر سطوح مختلف هورمون توفوردی بر تمامی صفات معنی‌داری بود. همچنین اثر متقابل ژنوتیپ و سطوح مختلف هورمون توفوردی برای همه صفات مورد بررسی به جز درصد محتوی آب نسبی کالوس اختلاف بسیار معنی‌داری نشان داد، که معنی‌دار شدن اثر متقابل از لحاظ صفات مورد بررسی حاکی از آن است که میزان این صفات با افزایش سطوح مختلف هورمون توفوردی اختلاف معنی‌داری را در بین ژنوتیپ‌ها نشان داده است. براساس نتایج کلی صفات حاصل از کشت جنین بالغ می‌توان ژنوتیپ‌های شماره ۵ (WC-4965)، ۱ (WC-4924) و ۹ (WC-4600) را ژنوتیپ‌های برتر در این آزمایش معرفی کرد و تأثیر ژنوتیپ را در القاء کالوس معنی‌دار اعلام کرد که با نتایج Naseri *et al.* (2017a) و عباسی و محمدی (۱۴۰۲) مبنی بر اینکه القاء کالوس از ارقام مختلف گندم به غلظت‌های مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد خصوصاً 2, 4- D وابسته است، مطابقت داشت. اختلاف معنی‌دار به دست آمده در بین ژنوتیپ‌ها ناشی از اثر ژنوتیپ، شرایط محیطی و هورمون‌های رشد گیاهی می‌باشد. در پژوهشی که به بررسی پاسخ جنین‌های بالغ حاصل از ۱۳ ژنوتیپ گندم دوروم براساس پارامترهای کشت بافت در محیط MS حاوی ۲ میلی‌گرم در لیتر توفوردی پرداخته شد. این نتیجه حاصل گردید که بین ژنوتیپ‌ها از نظر پارامترهای وزن کالوس، ظرفیت باززایی و اثر کشت در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. سه ژنوتیپ دارای بالاترین ظرفیت باززایی و اثر کشت در بین ۱۳ ژنوتیپ گندم دوروم بودند (Benlioglu *et al.*, 2020). در این تحقیق به نظر می‌رسد اثر سطوح مختلف هورمون 2, 4- D از نظر تولید کالوس‌های جنین‌زا نقش مؤثرتری را نسبت به سایر عوامل ایفا می‌کند که با نتایج Halina *et al.* (2013) و Haqua *et al.* (2015) مطابقت داشت. در مطالعه‌ای به منظور بررسی القای کالوس و تشکیل توده تقویت‌کننده جنین‌زایی در *Myrciaria dubia* بر اساس تأثیر 2,4-D (۰، ۱، ۲ و ۴ میلی‌گرم در لیتر) و 6BAP (۰، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر) به تنهایی یا به صورت ترکیبی، نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین اثرات سه‌گانه وجود داشت، که بالاترین درصد تشکیل کالوس در ۴ میلی‌گرم در لیتر 2,4-D و ۱ میلی‌گرم در لیتر BAP به دست آمد و این ترکیب منجر به ۹۳٪ تشکیل توده تقویت‌کننده جنین‌زایی شد (Araujo *et al.*, 2021). در تحقیقی در رابطه با بررسی القاء و باززایی کالوس کشت جنین نابالغ در شرایط درون شیشه‌ای گندم دوروم، نتایج تجزیه واریانس در مرحله کالوس‌زایی نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر درصد القای کالوس و سرعت رشد کالوس اختلاف معنی‌داری وجود داشت (Akbari *et al.*, 2023).

**جدول ۲.** تجزیه واریانس و پارامترهای آماری صفات ۲۵ ژنوتیپ گندم نان در مرحله القاء کالوس

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | قطر کالوس | وزن تر کالوس | سرعت رشد کالوس | رشد نسبی کالوس | سرعت رشد نسبی کالوس | درصد محتوی آب نسبی کالوس |
| ژنوتیپ | ۲۴ | ۳/۲۹$^{**}$ | ۰/۰۰۳$^{**}$ | ۰/۰۰۴$^{**}$ | ۱/۶۷$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{**}$ | ۱۵/۷۲$^{ns}$ |
| هورمون توفوردی | ۲ | ۱۴/۴۷$^{**}$ | ۰/۰۰۲$^{**}$ | ۰/۰۱۷$^{**}$ | ۱/۶۹$^{**}$ | ۰/۰۰۰۸$^{**}$ | ۷۷/۲۸$^{*}$ |
| ژنوتیپ × هورمون توفوردی | ۴۸ | ۰/۵۶$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{**}$ | ۰/۰۰۰۶$^{**}$ | ۰/۷۱۷$^{**}$ | ۰/۰۰۰۵$^{**}$ | ۱۳/۴۸$^{ns}$ |
| خطا | ۳۷۵ | ۰/۱۷ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۱۹/۲۰ |
| LSD 5% | | ۰/۲۷ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۹ | ۰/۱۱ | ۰/۰۰۳ | ۲/۸۷ |
| حداقل | | ۶/۰۲ | ۰/۰۴۹ | ۰/۲۱۹ | ۰/۲۳ | ۰/۰۰۹ | ۹۰/۱۲ |
| حداکثر | | ۷/۷۸ | ۰/۰۹۷ | ۰/۲۷۹ | ۱/۶۷ | ۰/۰۴۷ | ۹۴/۱۸ |
| میانگین | | ۷/۰۴ | ۰/۰۷ | ۰/۲۵۳ | ۰/۹۶ | ۰/۰۳ | ۹۱/۸۳ |
| (C.V) ضریب تغییرات ٪ | | ۵/۹۴ | ۵/۹۳ | ۵/۳۷ | ۱۷/۵۷ | ۱۳/۲۲ | ۴/۷۷ |

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مزرعه‌ای در شرایط دیم (جدول ۳) نشان داد که برای صفات عملکرد دانه در متر مربع، وزن هکتولیتر، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، طول اکستراژن، طول سایر میانگره‌ها، وزن خشک ساقه، وزن دانه در سنبله، شاخص برداشت، روز تا سنبله‌دهی، دوره پر شدن دانه و سرعت پر شدن دانه در سطح احتمال ۱ درصد و عملکرد چف و تعداد سنبلچه در سنبله در سطح احتمال ۵ درصد و در شرایط آبیاری (جدول ۴) برای صفات عملکرد دانه در متر مربع، وزن هزار دانه، طول اکستراژن، طول سایر میانگره‌ها، وزن خشک ساقه، وزن دانه در سنبله، شاخص برداشت، روز تا سنبله‌دهی، دوره پر شدن دانه و سرعت پر شدن دانه در سطح احتمال ۱ درصد و تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبلچه در سنبله در سطح احتمال ۵ درصد بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری وجود داشت. بر اساس وجود تفاوت معنی‌دار از لحاظ صفات ذکر شده می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌های مورد بررسی دارای تنوع ژنتیکی مناسبی بوده و امکان انتخاب ژنوتیپ‌های برتر بر پایه این صفات در شرایط دیم و آبیاری وجود دارد. براساس نتایج مقایسه میانگین در شرایط مزرعه‌ای می‌توان ژنوتیپ‌های شماره ۱۰ (WC-4987)، ۲۵ (WC-4554)، ۱۹ (Pishtaz)، ۷ (WC-4958)، ۹ (WC-4600) و ۸ (WC-47399) را ژنوتیپ‌های برتر این آزمایش معرفی کرد. در تحقیقی به منظور بررسی روابط بین عملکرد دانه و صفات آگروفیزیولوژیکی ۱۴ ژنوتیپ گندم نان در شرایط دیم، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به غیراز طول پدانکل و شاخص برداشت، از نظر سایر صفات مورد بررسی، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند (Soleimani Fard & Naseri, 2020).

## تجزیه خوشه‌ای براساس صفات اندازه‌گیری شده در کشت بافت در مرحله القاء کالوس حاصل از جنین بالغ

تجزیه خوشه‌ای به روش Ward و با مربع فاصله اقلیدسی به منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه براساس صفات اندازه‌گیری شده در کشت بافت انجام شد (شکل ۲). این ژنوتیپ‌ها در چهار گروه دسته‌بندی شدند. براساس این تجزیه، ژنوتیپ‌های شماره ۱ (WC-4924)، ۲۲ (WC-47467)، ۳ (WC-4592)، ۱۱ (WC-47615)، ۱۶ (WC-47583)، ۱۷ (WC-47522) و ۲۱ (WC-47640) در گروه اول، ژنوتیپ‌های شماره ۵ (WC-4965)، ۶ (WC-4840)، ۱۵ (WC-47638)، ۸ (WC-47399)، ۱۳ (WC-5001)، ۱۸ (WC-47569) و رقم پیشتاز در گروه دوم، ژنوتیپ‌های شماره ۲ (WC-4582)، ۱۴ (WC-4994)، ۲۳ (WC-4553)، ۱۰ (WC-4987)، ۱۲ (WC-4612)، ۷ (WC-4958)، ۲۵ (WC-4554) و رقم پیشگام در گروه سوم و ژنوتیپ‌های شماره ۴ (WC-47341)، ۲۴ (WC-4583) و ۹ (WC-4600) در گروه چهارم قرار گرفتند. نتایج حاصل از تجزیه تابع تشخیص نیز این گروه‌بندی را صد در صد تأیید نمود. در دندروگرام حاصل گروه اول بیشترین رشد نسبی کالوس و سرعت رشد نسبی کالوس را داشتند. گروه دوم از نظر قطر کالوس، وزن تر کالوس و سرعت رشد کالوس بیشترین مقدار و از نظر محتوی آب نسبی کالوس کمترین مقدار را دارد. گروه سوم کمترین رشد نسبی کالوس و سرعت رشد نسبی کالوس را به خود اختصاص دادند. ژنوتیپ‌های گروه چهارم دارای بیشترین محتوی آب نسبی کالوس و کمترین قطر کالوس، وزن تر کالوس و سرعت رشد کالوس بودند. در یک بررسی بر روی القاء کالوس و باززایی کالوس‌های حاصل از جنین‌های بالغ و نابالغ جو و

ارتباط آن با صفات زراعی، بر اساس تجزیه کلاستر، ارقام به سه گروه خوشه‌بندی شدند. گروه سوم شامل ارقامی بود که همه آن‌ها دارای بیشترین میانگین برای طول برگ پرچم، تعداد روز تا گلدهی، عملکرد دانه، سرعت رشد کالوس و قطر اولیه کالوس بودند (Naseri *et al*., 2017a). در مطالعه‌ای به منظور بررسی واکنش جنین بالغ گندم دوروم به القاء کالوس و تنش شوری درشرایط آزمایشگاهی، براساس نتایج تجزیه خوشه‌ای صفات اندازه‌گیری شده کالوس در شرایط تنش، ژنوتیپ‌ها در پنج گروه دسته‌بندی شد و ژنوتیپ‌های متحمل و حساس شناسایی شدند (عباسی و محمدی، ۱۴۰۲).

**جدول ۳.** تجزیه واریانس و پارامترهای آماری صفات زراعی ۲۵ ژنوتیپ گندم نان در شرایط دیم

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | عملکرد دانه در متر مربع | وزن هکتولیتر | وزن هزاردانه | تعداد دانه در سنبله | تعداد سنبله در متر مربع | عملکرد چف |
| بلوک | ۲ | ۱۰۰۵۱/۸۹$^{ns}$ | ۱۰۲۳/۳۵$^{ns}$ | ۱۰/۷۹* | ۹/۶۸$^{ns}$ | ۶۴۹۳/۵۱$^{ns}$ | ۱۰۵۹/۵۲$^{ns}$ |
| ژنوتیپ | ۲۴ | ۹۸۷۴/۹۹** | ۱۱۷۵۶/۷۱** | ۳۱/۴۴** | ۶۳/۲۷** | ۶۴۱۹/۵۴$^{ns}$ | ۳۳۴۵/۴۹* |
| خطا | ۴۸ | ۴۵۸۱/۵۵ | ۳۰۱۸/۱۲ | ۲/۹۰ | ۲۲/۴۲ | ۴۰۷۰/۴۱ | ۱۷۴۷/۷۹ |
| LSD 5% | | ۱۱۱/۱۲ | ۹۰/۱۹ | ۲/۸۰ | ۷/۷۷ | ۱۰۴/۷۴ | ۶۸/۶۳ |
| حداقل | | ۱۹۰/۱۵ | ۶۶۲/۷۳ | ۲۲/۳۲ | ۲۳ | ۲۷۶/۳۳ | ۸۲/۹۴ |
| حداکثر | | ۴۲۴/۷۳ | ۹۳۷/۴۹ | ۳۴/۱۳ | ۴۱/۶۰ | ۴۶۰/۳۹ | ۲۳۳/۳۳ |
| میانگین | | ۲۸۳/۷۵ | ۷۶۰/۱۵ | ۲۸/۶۸ | ۳۴/۸۰ | ۳۵۱/۶۲ | ۱۶۷/۶۵ |
| ضریب تغییرات ٪ (C.V) | | ۲۳/۸۵ | ۷/۲۳ | ۵/۹۴ | ۱۳/۶۱ | ۱۸/۱۴ | ۲۴/۹۴ |

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار

**ادامه جدول ۳.** تجزیه واریانس و پارامترهای آماری صفات زراعی ۲۵ ژنوتیپ گندم نان در شرایط دیم

| منابع تغییرات | درجه آزادی | عملکرد کاه | طول اکستراژن | طول سایر میانگره‌ها | تعداد سنبلچه در سنبله | وزن خشک ساقه | وزن دانه در سنبله |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بلوک | ۲ | ۱۹۸۷/۷۹$^{ns}$ | ۱۲/۵۵$^{ns}$ | ۱۸۶/۳۳** | ۱/۷۹$^{ns}$ | ۰/۰۵$^{ns}$ | ۰/۰۳$^{ns}$ |
| ژنوتیپ | ۲۴ | ۱۶۲۵۸/۸۴$^{ns}$ | ۴۶/۷۵** | ۹۳/۳۹** | ۲/۲۶* | ۰/۱۳** | ۰/۰۸** |
| خطا | ۴۸ | ۱۴۷۲۰/۷۶ | ۱۰/۹۸ | ۳۴/۸۱ | ۱/۳۰ | ۰/۰۴ | ۰/۰۴ |
| LSD 5% | | ۱۹۹/۱۸ | ۵/۴۴ | ۹/۶۹ | ۱/۸۷ | ۰/۳۴ | ۰/۳۲ |
| حداقل | | ۴۶۹/۳۱ | ۳/۸۸ | ۱۵/۹۲ | ۱۶/۸۰ | ۰/۶۴ | ۰/۷۲ |
| حداکثر | | ۷۳۴/۲۶ | ۱۹/۹۱ | ۳۹/۸۲ | ۲۰/۷۳ | ۱/۴۵ | ۱/۳۶ |
| میانگین | | ۶۰۸/۲۰ | ۱۲/۰۳ | ۲۷/۳۴ | ۱۸/۹۲ | ۱/۱۵ | ۱/۰۸ |
| ضریب تغییرات ٪ (C.V) | | ۱۹/۹۵ | ۲۷/۵۳ | ۲۱/۵۸ | ۶/۰۳ | ۱۷/۹۰ | ۱۸/۰۱ |

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار

**ادامه جدول ۳.** تجزیه واریانس و پارامترهای آماری صفات زراعی ۲۵ ژنوتیپ گندم نان در شرایط دیم

| منابع تغییرات | درجه آزادی | نسبت پدانکل به ارتفاع | شاخص برداشت | روز تا سنبله‌دهی | دوره پرشدن دانه | سرعت رشد رویشی | سرعت پرشدن دانه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بلوک | ۲ | ۰/۰۰۴$^{ns}$ | ۲۵/۲۴$^{ns}$ | ۳/۶۱$^{ns}$ | ۵/۸۱$^{ns}$ | ۱/۸۷$^{ns}$ | ۷/۵۵$^{ns}$ |
| ژنوتیپ | ۲۴ | ۰/۰۰۲$^{ns}$ | ۳۴/۲۸** | ۲۶/۰۱** | ۱۰/۹۵** | ۱/۴۹$^{ns}$ | ۱۲/۱۱** |
| خطا | ۴۸ | ۰/۰۰۲ | ۱۲/۴۳ | ۳/۱۶ | ۵/۰۴ | ۱/۴۹ | ۳/۶۹ |
| LSD 5% | | ۰/۰۷ | ۵/۷۹ | ۲/۹۲ | ۳/۶۸ | ۲ | ۳/۱۶ |
| حداقل | | ۰/۳۰ | ۱۷/۰۴ | ۱۶۹ | ۲۳/۳۳ | ۴/۱۸ | ۵/۴۹ |
| حداکثر | | ۰/۴۱ | ۳۲/۲۷ | ۱۷۹ | ۳۱ | ۶/۹۸ | ۱۴/۶۴ |
| میانگین | | ۰/۳۶ | ۲۵/۶۱ | ۱۷۴/۰۱ | ۲۵/۷۵ | ۵/۳۶ | ۱۰/۳۲ |
| ضریب تغییرات ٪ (C.V) | | ۱۱/۰۵ | ۱۳/۷۶ | ۱/۰۲ | ۸/۷۲ | ۲۲/۷۹ | ۱۸/۶۲ |

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار

**جدول ۴.** تجزیه واریانس و پارامترهای آماری صفات زراعی ۲۵ ژنوتیپ گندم نان در شرایط آبیاری

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | عملکرد دانه در متر مربع | وزن هکتولیتر | وزن هزاردانه | تعداد دانه در سنبله | تعداد سنبله در متر مربع | عملکرد چف |
| بلوک | ۲ | ۳۲۹۲۹/۷۶** | ۹۵۰۷/۰۳$^{ns}$ | ۸/۲۲$^{ns}$ | ۱۰۲/۴۲* | ۴۵۷۴/۶۳$^{ns}$ | ۳۲۳۲/۱۱$^{ns}$ |
| ژنوتیپ | ۲۴ | ۲۴۶۱۲/۷۳** | ۸۹۲۶/۳۹$^{ns}$ | ۸۷/۳۶** | ۵۴/۰۶* | ۱۶۹۶۸/۱۴$^{ns}$ | ۲۴۲۱/۹۸$^{ns}$ |
| خطا | ۴۸ | ۴۴۱۱/۱۷ | ۹۳۹۷/۰۹ | ۴/۰۹ | ۲۹/۹۷ | ۱۴۸۷۷/۸۱ | ۲۷۲۴/۹۴ |
| LSD 5% | | ۱۰۹/۰۳ | ۱۵۹/۱۴ | ۳/۳۲ | ۸/۹۹ | ۲۰۰/۲۴ | ۸۵/۷۰ |
| حداقل | | ۲۱۴/۲۱ | ۷۷۵/۲۰ | ۲۹/۳۳ | ۳۰/۴۷ | ۳۱۶/۴۳ | ۹۸/۷۹ |
| حداکثر | | ۲۶۵/۷۵ | ۹۸۲/۱۴ | ۴۷/۰۹ | ۴۴/۹۳ | ۶۳۸/۶۵ | ۲۴۲/۰۷ |
| میانگین | | ۳۹۵/۷۴ | ۸۵۶/۲۰ | ۳۹/۸۹ | ۳۸/۲۲ | ۴۵۳/۰۱ | ۱۹۲/۰۹ |
| ضریب تغییرات ٪ (C.V) | | ۱۶/۷۸ | ۱۱/۳۲ | ۵/۰۷ | ۱۴/۳۲ | ۲۶/۹۳ | ۲۷/۱۸ |

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار

**ادامه جدول ۴.** تجزیه واریانس و پارامترهای آماری صفات زراعی ۲۵ ژنوتیپ گندم نان در شرایط آبیاری

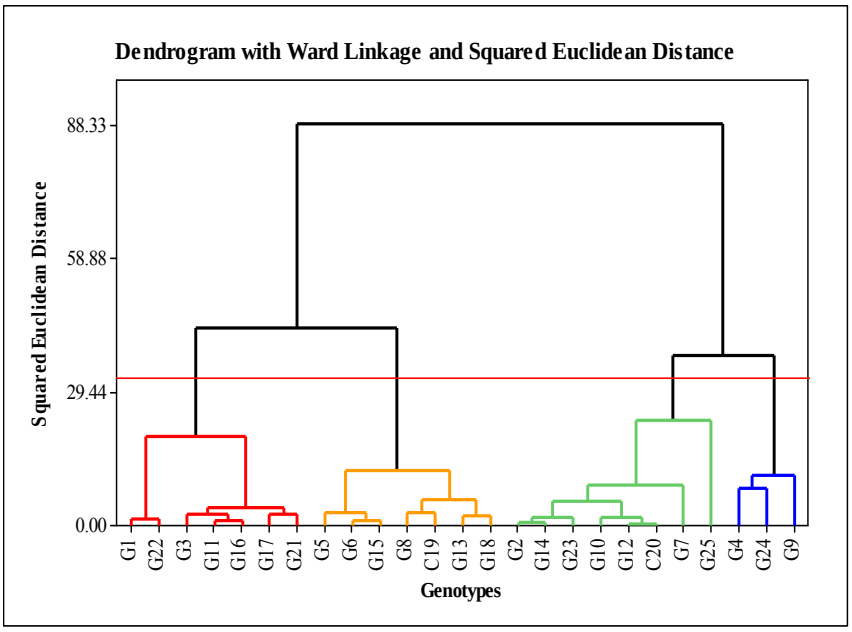
| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | عملکرد کاه | طول اکستراژن | طول سایر میانگره‌ها | تعداد سنبلچه در سنبله | وزن خشک ساقه | وزن دانه در سنبله |
| بلوک | ۲ | ۳۵۸۶/۰۷$^{ns}$ | ۲۴/۵۸$^{ns}$ | ۵/۴۷$^{ns}$ | ۰/۳۵$^{ns}$ | ۰/۰۲$^{ns}$ | ۰/۲۳* |
| ژنوتیپ | ۲۴ | ۲۱۷۳۴/۸۳$^{ns}$ | ۳۴/۴۰** | ۶۷/۵۵** | ۳/۰۸* | ۰/۱۲** | ۰/۲۷** |
| خطا | ۴۸ | ۲۷۷۲۵/۷۱ | ۱۲/۸۷ | ۱۰/۷۳ | ۱/۵۵ | ۰/۰۴ | ۰/۰۷ |
| LSD 5% | | ۲۷۳/۳۶ | ۵/۸۹ | ۵/۳۸ | ۲/۰۴ | ۰/۳۲ | ۰/۴۲ |
| حداقل | | ۶۱۱/۸ | ۱۰/۲۴ | ۷/۹۳ | ۱۶/۸۷ | ۰/۸۷ | ۱ |
| حداکثر | | ۹۰۹/۱ | ۲۱/۴۲ | ۲۹/۴۳ | ۲۱/۵۳ | ۱/۶۱ | ۲/۱۲ |
| میانگین | | ۷۴۲/۷۳ | ۱۵/۶۲ | ۲۳/۳۱ | ۱۹/۳۶ | ۱/۲۹ | ۱/۵۸ |
| ضریب تغییرات ٪ (C.V) | | ۲۲/۴۲ | ۲۲/۹۷ | ۱۴/۰۶ | ۶/۴۳ | ۱۵/۰۸ | ۱۶/۲۱ |

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار

**ادامه جدول ۴.** تجزیه واریانس و پارامترهای آماری صفات زراعی ۲۵ ژنوتیپ گندم نان در شرایط آبیاری

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | نسبت پدانکل به ارتفاع | شاخص برداشت | روز تا سنبله‌دهی | دوره پرشدن دانه | سرعت رشد رویشی | سرعت پرشدن دانه |
| بلوک | ۲ | ۰/۰۰۴$^{ns}$ | ۱۱۱/۲۸** | ۴/۸۱$^{ns}$ | ۳/۰۵$^{ns}$ | ۰/۳۷$^{ns}$ | ۳۳/۲۸** |
| ژنوتیپ | ۲۴ | ۰/۰۰۲$^{ns}$ | ۸۵/۱۲** | ۲۳/۹۸** | ۱۳/۷۵** | ۱/۴۴$^{ns}$ | ۱۲/۶۲** |
| خطا | ۴۸ | ۰/۰۰۳ | ۲۱/۵۲ | ۳/۱۹ | ۳/۸۰ | ۱/۰۴ | ۵/۹۹ |
| LSD 5% | | ۰/۰۹ | ۷/۶۲ | ۲/۹۳ | ۳/۲۰ | ۱/۶۸ | ۴/۰۲ |
| حداقل | | ۰/۳۴ | ۱۹/۱۰ | ۱۷۲ | ۳۲/۶۷ | ۴/۴۰ | ۷/۹۲ |
| حداکثر | | ۰/۴۴ | ۴۰/۵۷ | ۱۷۹ | ۳۹ | ۷/۲۴ | ۱۶/۳۴ |
| میانگین | | ۰/۳۹ | ۳۰/۲۲ | ۱۷۵/۴۱ | ۳۵/۵۱ | ۶/۰۲ | ۱۱/۸۰ |
| ضریب تغییرات ٪ (C.V) | | ۱۳/۴۶ | ۱۵/۳۵ | ۱/۰۲ | ۵/۴۹ | ۱۶/۹۷ | ۲۰/۷۴ |

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار




**شکل ۲.** گروه‌بندی ۲۵ ژنوتیپ گندم نان با استفاده از تجزیه خوشه‌ای براساس صفات مورد مطالعه در کشت جنین بالغ به روش Ward

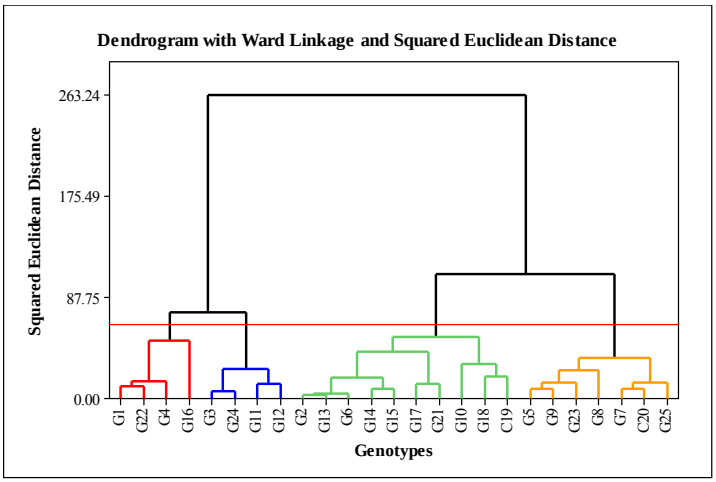
## تجزیه خوشه‌ای براساس صفات اندازه‌گیری شده در مزرعه در دو شرایط دیم و آبیاری

به منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط مزرعه از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward و با مربع فاصله اقلیدسی استفاده گردید (شکل ۳). در این روش ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در دو شرایط دیم و آبیاری براساس تجزیه تابع تشخیص در چهار گروه قرار گرفتند. گروه اول ژنوتیپ‌های شماره ۱ (WC-4924)، ۲۲ (WC-47467)، ۴ (WC-47341) و ۱۶ (WC-47583) را به خود اختصاص دادند که بیشترین تعداد دانه در سنبله و عملکرد کاه را داشتند، از طرفی کمترین عملکرد دانه در متر مربع، وزن هزار دانه، عملکرد چف، طول سایر میانگره‌ها، شاخص برداشت و سرعت پر شدن دانه را دارا بودند و همچنین از لحاظ مابقی صفات در رده‌ی متوسط قرار داشتند. ژنوتیپ‌های شماره ۳ (WC-4592)، ۲۴ (WC-4583)، ۱۱ (WC-47615) و ۱۲ (WC-4612) در گروه دوم که بیشترین وزن هکتولیتر، تعداد سنبله در متر مربع و روز تا سنبله‌دهی را در بین خوشه‌ها داشتند و کمترین تعداد دانه در سنبله، عملکرد کاه، طول اکستراژن، تعداد سنبلچه در سنبله، وزن خشک ساقه، وزن دانه در سنبله، دوره پر شدن دانه و سرعت رشد رویشی را به خود اختصاص دادند و از لحاظ مابقی صفات مقدار متوسطی داشتند. درگروه سوم ژنوتیپ‌های شماره ۲ (WC-4582)، ۱۳ (WC-5001)، ۶ (WC-4840)، ۱۴ (WC-4994)، ۱۵(WC-47638)، ۱۷(WC-47522)، ۲۱ (WC-47640)، ۱۰ (WC-4987)، ۱۸ (WC-47569) و رقم پیشتاز که دارای بیشترین عملکرد دانه در متر مربع، عملکرد چف، طول اکستراژن، وزن دانه در سنبله، نسبت پدانکل به ارتفاع، شاخص برداشت، دوره پر شدن دانه، سرعت رشد رویشی و سرعت پر شدن دانه در بین گروه‌ها بوده و از نظر تعداد روز تا سنبله‌دهی کمترین مقدار را داشتند و از لحاظ مابقی صفات در رده‌ی متوسطی قرار داشتند. در گروه چهارم ژنوتیپ‌های شماره ۵ (WC-4965)، ۹ (WC-4600)، ۲۳ (WC-4553)، ۸ (WC-47399)، ۷ (WC-4958)، ۲۵ (WC-4554) و رقم پیشگام قرار گرفتند که وزن هزار دانه، طول سایر میانگره‌ها، تعداد سنبلچه در سنبله و وزن خشک ساقه بالاتری نسبت به سایر خوشه‌ها داشتند و از نظر وزن هکتولیتر، تعداد سنبله در متر مربع و نسبت پدانکل به ارتفاع کمترین بودند. همچنین از نظر مابقی صفات تقریباً در رده‌ی متوسطی قرار داشتند. اما آنچه که حائز اهمیت بود گروه‌بندی متفاوت ژنوتیپ‌ها برای صفات مختلف از جمله عملکرد تحت دو شرایط متفاوت دیم و آبیاری بود که این مسئله بیانگر روند متفاوت واکنش ژنوتیپ‌ها به شرایط رطوبتی متفاوت بود. در نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که گروه سوم یعنی ژنوتیپ‌های شماره ۲ (WC-4582)، ۱۳ (WC-5001)، ۶ (WC-4840)، ۱۴ (WC-4994)، ۱۵ (WC-47638)، ۱۷ (WC-47522)، ۲۱ (WC-47640)، ۱۰ (WC-4987)، ۱۸ (WC-47569) و رقم پیشتاز از نظر اکثر صفات که شامل عملکرد و صفات مرتبط با آن بودند، برتر شناسایی شدند. بنابراین باتوجه به گروه‌بندی‌های ایجاد شده در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه می‌توان بیان داشت

که ژنوتیپ‌های شماره ۱۵ (WC-47638)، ۶ (WC-4840)، ۱۳ (WC-5001)، ۱۸ (WC-47569) و رقم پیشتاز به طور مشترک در هر دو شرایط برتر بودند. در پژوهشی بر اساس تجزیه خوشه‌ای به روش وارد در شرایط تنش ژنوتیپ‌های مورد بررسی در چهار گروه قرار گرفتند. روند گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها تا حدودی متفاوت بود که ناشی از واکنش متفاوت ژنوتیپ‌های گندم نان به تنش کمبود آب و تفاوت در حساسیت یا مقاومت نسبی آنها به تنش بود که با نتایج این پژوهش از نظر به کارگیری برخی ژنوتیپ‌ها و صفات مطابقت داشت (Naderi *et al*., 2020). در تحقیقی با هدف گروه‌بندی اینبرد لاین‌های نوترکیب گندم نان از نظر صفات فنولوژیک و تخصیص مواد فتوسنتزی در شرایط تنش کم آبی انتهای فصل، این نتیجه حاصل شد که بین دو شرایط نرمال رطوبتی و تنش کم آبی از نظر روز تا سنبله‌دهی، عملکرد دانه و سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار دیده شد. بر اساس نتایج تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی به چهار گروه دسته‌بندی شدند (Hamze *et al*., 2020). در مطالعه‌ای در رابطه با تجزیه همبستگی کانونی صفات رشدی و صفات مرتبط با عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان تحت تنش رطوبتی پس از گلدهی، بر اساس تجزیه خوشه ای عملکرد دانه وکلیه صفات مرتبط با آن در شرایط نرمال مزرعه، چهار گروه ایجاد شد که ژنوتیپ‌های برتر از نظر عملکرد دانه شناسایی شدند (Tahmasebpour *et al*., 2021b).

## ارتباط بین صفات زراعی و صفات مورد مطالعه در کشت جنین بالغ

**تجزیه علیت:** در تجزیه علیت ارتباط صفات کشت بافتی شامل قطر کالوس و وزن تر کالوس به عنوان متغیرهای وابسته با صفات زراعی به عنوان متغیرهای مستقل بررسی شد. اثرات مستقیم و غیر مستقیم هر یک از متغیرهای مستقل با متغیرهای تابع مشخص گردید (جدول‌های ۵ و ۶). در شرایط آبیاری صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، سرعت رشد رویشی، تعداد سنبله در متر مربع و طول سایر میانگره‌ها به ترتیب بیشترین اثرات مستقیم مثبت معنی‌دار، صفات وزن دانه در سنبله، عملکرد کاه و روز تا سنبله‌دهی بیشترین اثرات مستقیم منفی معنی‌دار و صفات عملکرد دانه و طول اکستراژن کمترین اثرات مستقیم مثبت و منفی را بر قطر کالوس داشتند. صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، سرعت رشد رویشی، طول سایر میانگره‌ها و تعداد سنبله در متر مربع بیشترین اثر مستقیم مثبت معنی‌دار را بر صفت وزن تر کالوس نشان دادند، اما صفات وزن دانه در سنبله، دوره پر شدن دانه، روز تا سنبله‌دهی و وزن هکتولیتر بر صفت مذکور بیشترین اثر مستقیم منفی معنی‌دار و صفات تعداد سنبلچه در سنبله و عملکرد چف کمترین اثرات مستقیم مثبت و منفی را بر وزن تر کالوس دارا بودند. نتایج تجزیه همبستگی در تحقیق حاضر نیز نشان داد که این متغیرها دارای بیشترین همبستگی با صفات کشت بافت (متغیرهای وابسته) بودند. پس به ترتیب در شرایط آبیاری، صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، سرعت رشد رویشی، طول سایر میانگره‌ها، تعداد سنبله در متر مربع، وزن دانه در سنبله و روز تا سنبله‌دهی بیشترین اثر مستقیم را بر صفات کشت بافت داشتند که از نظر صفت روز تا سنبله‌دهی با نتایج Naseri Myankali *et al*. (2017b)، از نظر تعداد دانه در سنبله با نتایج Dodig *et al*. (2009) و از لحاظ هر دو صفت با نتایج Jaisi *et al*. (2021) در تطابق بود.




**شکل ۳.** گروه‌بندی ۲۵ ژنوتیپ گندم نان با استفاده از تجزیه خوشه‌ای بر اساس صفات مورد مطالعه در مزرعه در شرایط دیم و آبیاری با روش Ward

ولیکن در شرایط دیم اثر مستقیم معنی‌داری دیده نشد که می‌توان چنین استنباط کرد که صفات در مرحله القاء کالوس بیشتر با صفات زراعی در شرایط آبیاری همبستگی و ارتباط معنی‌داری داشته‌اند. که با توجه به اینکه در شرایط آبی، گیاه حداکثر کارایی ژنتیکی خود را نشان می‌دهد و پتانسیل واقعی گیاه را در شرایط آبی می‌توان دید و اینکه کشت بافت در شرایط کنترل شده و آزمایشگاهی انجام شده و در آن شرایط هم گیاه با در اختیار داشتن محیط مغذی برای رشد، حداکثر پتانسیل خود را نشان می‌دهد، بنابراین در این پژوهش ارتباط صفات کشت بافت با صفات زراعی در شرایط آبیاری بسیار معقول و منطقی است. صفات زراعی مانند عملکرد دانه و اجزاء آن صفات کمی شناخته شده و تحت کنترل تعداد زیادی از ژن‌ها با اثرات کوچک هستند. از سویی گزارشاتی مبنی بر اینکه صفات کشت بافتی نیز از نظر ژنتیکی کمی بوده و بطور پلی‌ژنیک کنترل می‌شوند وجود دارد (Bhaskaran & Smith, 1990; Henry *et al*., 1994; Bregitzer & Campbell, 2001). اطلاعات ما از جایگاه‌های کنترل کننده (QTL) صفات زراعی و صفات کشت بافتی بسیار محدود است. صفات کشت بافتی ممکن است توسط سیستم ژنتیکی کنترل کننده صفات زراعی کنترل شوند. در گزارشی بازوی کوتاه کروموزوم شماره سه گندم (3AL) در القاء کالوس از جنین نقش مؤثری دارد (Henry *et al*., 1994). در مطالعه‌ای ارتباط بین صفات زراعی و صفات کشت بافتی معنی‌دار گزارش شد. البته بین صفات در مرحله القاء کالوس با برخی از صفات زراعی مورد مطالعه ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد که این یافته با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت (Li *et al*., 2003). در پژوهشی به منظور بررسی ارتباط بین صفات زراعی و کشت بافت در گندم، نتایج نشان داد که عملکرد دانه بالاترین اثر مستقیم مثبت را بر تشکیل کالوس داشت، در حالی که تعداد دانه در سنبله بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر القاء کالوس‌های زایشی و تعداد گیاه تولید شده از جنین داشت (Dodig *et al*., 2008). در مطالعه‌ای به منظور بررسی تنوع ژنتیکی، همبستگی و تجزیه علیت در ژنوتیپ های گندم نان (*Triticum aestivum*) برای عملکرد و صفات مرتبط با آن، نتایج تجزیه علیت نشان داد که شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیکی بر عملکرد دانه تأثیر مثبت داشتند و به دنبال آن اثر مستقیم تعداد روز تا ۵۰ درصد سنبله‌دهی و وزن هزار دانه نشان داد که این صفات عوامل اصلی در عملکرد دانه بودند (Ashish *et al*., 2020). در مطالعه مروری بر ضریب همبستگی و تجزیه مسیر بین پارامترهای عملکرد گندم این نتیجه حاصل شد که، از بین صفات زراعی، روز تا سنبله دهی و روز تا رسیدگی همبستگی منفی با عملکرد دانه نشان دادند، اما میزان سنبله در متر مربع، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن سنبله ارتباط مستقیم با عملکرد دانه داشتند. وزن سنبله، وزن هزار دانه، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله اثر مثبت مستقیم بر عملکرد دانه و روز تا سنبله‌دهی اثر مستقیم منفی بر عملکرد دانه داشتند که از نظر صفات به کار برده شده در تطابق با نتایج این پژوهش می‌باشد (Jaisi *et al*., 2021).

**جدول ۵.** ضرایب همبستگی و مسیر (اثرات مستقیم و غیر مستقیم) صفات زراعی در شرایط دیم بر صفات کشت جنین در ۲۵ ژنوتیپ گندم نان

| صفات | قطر کالوس (میلی‌متر) | | | وزن تر کالوس (میلی‌گرم) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ضریب همبستگی | اثر مستقیم | اثر غیر مستقیم | ضریب همبستگی | اثر مستقیم | اثر غیر مستقیم |
| عملکرد دانه | ۰/۴۰* | ۰/۵۷ | -۰/۱۶ | ۰/۲۵ | -۰/۵۸ | ۰/۸۲ |
| وزن هکتولیتر | -۰/۴۷* | -۰/۴۲ | -۰/۰۵ | -۰/۴۱* | ۰/۲۷ | -۰/۶۷ |
| وزن هزار دانه | ۰/۱۹ | -۰/۳۷ | ۰/۵۶ | ۰/۱۳ | -۰/۶۸ | ۰/۸۲ |
| تعداد دانه در سنبله | ۰/۰۳ | -۱/۰۵ | ۱/۰۸ | -۰/۰۶ | -۰/۶۴ | ۰/۵۷ |
| تعداد سنبله در متر مربع | -۰/۱۴ | -۰/۶۲ | ۰/۴۷ | -۰/۰۷ | -۰/۹۹ | ۰/۹۲ |
| عملکرد چف | ۰/۳۱ | -۰/۲۵ | ۰/۵۶ | ۰/۲۲ | -۰/۳۵ | ۰/۵۷ |
| عملکرد کاه | ۰/۲۹ | ۰/۰۸ | ۰/۲۱ | -۰/۰۵ | -۰/۴۱ | ۰/۳۶ |
| طول اکستراژن | ۰/۳۰ | ۰/۱۰ | ۰/۱۹ | ۰/۲۵ | ۰/۷۶ | -۰/۵۱ |
| طول سایر میانگره‌ها | ۰/۱۱ | -۰/۲۱ | ۰/۳۱ | ۰/۲۶ | ۰/۳۰ | -۰/۰۴ |
| تعداد سنبلچه در سنبله | ۰/۲۲ | -۰/۶۳ | ۰/۸۴ | ۰ | -۰/۶۶ | ۰/۶۶ |
| وزن خشک ساقه | ۰/۳۳ | ۰/۱۴ | ۰/۱۹ | ۰/۲۱ | -۰/۳۲ | ۰/۵۴ |
| وزن دانه در سنبله | ۰/۲۰ | ۰/۵۱ | -۰/۳۱ | -۰/۰۲ | -۰/۱۳ | ۰/۱۱ |
| نسبت پدانکل به ارتفاع | ۰/۳۰ | ۰/۵۲ | -۰/۲۲ | ۰/۱۲ | ۰/۱۸ | -۰/۰۶ |
| شاخص برداشت | ۰/۱۷ | -۲/۲۷ | ۲/۴۴ | ۰/۱۲ | -۱/۳۷ | ۱/۴۹ |
| روز تا سنبله‌دهی | -۰/۱۸ | -۰/۱۶ | -۰/۰۲ | -۰/۰۲ | ۰/۲۶ | -۰/۲۸ |
| دوره پر شدن دانه | ۰/۳۵ | ۰/۸۲ | -۰/۴۷ | ۰/۳۰ | ۱/۳۹ | -۱/۰۹ |
| سرعت رشد رویشی | ۰/۴۷* | -۱/۱۷ | ۱/۶۵ | ۰/۲۷ | -۰/۶۱ | ۰/۸۸ |
| سرعت پر شدن دانه | ۰/۳۸ | ۲/۱۸ | -۱/۸۰ | ۰/۲۵ | ۳/۱۳ | -۲/۸۸ |

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

**جدول ۶.** ضرایب همبستگی و مسیر (اثرات مستقیم و غیر مستقیم) صفات زراعی در شرایط آبیاری بر صفات کشت جنین در ۲۵ ژنوتیپ گندم نان

| صفات | قطر کالوس (میلی متر) | | | وزن تر کالوس (میلی‌گرم) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ضریب همبستگی | اثر مستقیم | اثر غیر مستقیم | ضریب همبستگی | اثر مستقیم | اثر غیر مستقیم |
| عملکرد دانه | ۰/۴۰* | ۰/۰۰۲ | ۰/۴۰ | ۰/۱۵ | −۱/۱۴ | ۱/۲۸ |
| وزن هکتولیتر | −۰/۳۹ | −۰/۸۱ | ۰/۴۳ | −۰/۱۶ | −۰/۹۲* | ۰/۷۵ |
| وزن هزار دانه | ۰/۴۳* | ۴/۷۵** | −۴/۳۲ | ۰/۲۴ | ۵/۱۸** | −۴/۹۵ |
| تعداد دانه در سنبله | ۰/۱۲ | ۳/۷۴* | −۳/۶۲ | −۰/۰۹ | ۳/۸۵* | −۳/۹۴ |
| تعداد سنبله در متر مربع | ۰/۱۱ | ۱/۸۴* | −۱/۷۲ | ۰/۱۶ | ۱/۶۷* | −۱/۵۱ |
| عملکرد چف | ۰/۰۸ | −۱/۱۱ | ۱/۱۹ | ۰/۰۵ | −۰/۹۲ | ۰/۹۷ |
| عملکرد کاه | ۰/۰۳ | −۳/۰۴* | ۳/۰۷ | −۰/۰۳ | −۲/۳۶ | ۲/۳۳ |
| طول اکستراژن | ۰/۰۳ | −۰/۰۱ | ۰/۰۴ | ۰/۱۹ | ۰/۵۶ | −۰/۳۸ |
| طول سایر میانگره‌ها | −۰/۰۲ | ۱/۵۳* | −۱/۵۴ | ۰/۲۱ | ۲/۰۲** | −۱/۸۱ |
| تعداد سنبلچه در سنبله | ۰/۲۴ | ۰/۲۳ | ۰/۰۱ | −۰/۰۲ | ۰/۲۶ | −۰/۲۸ |
| وزن خشک ساقه | ۰/۳۵ | −۰/۳۶ | ۰/۷۱ | ۰/۱۸ | −۱/۲۸ | ۱/۴۶ |
| وزن دانه در سنبله | ۰/۳۴ | −۳/۵۹** | ۳/۹۲ | ۰/۰۹ | −۳/۶۸** | ۳/۷۶ |
| نسبت پدانکل به ارتفاع | ۰/۱۰ | ۰/۹۷ | −۰/۸۸ | ۰/۰۲ | ۱/۲۳ | −۱/۲۱ |
| شاخص برداشت | ۰/۳۳ | −۳/۹۲ | ۴/۲۵ | ۰/۱۳ | −۲/۴۲ | ۲/۵۵ |
| روز تا سنبله‌دهی | −۰/۳۲ | −۱/۰۹* | ۰/۷۷ | −۰/۱۲ | −۱/۰۸* | ۰/۹۶ |
| دوره پر شدن دانه | ۰/۲۶ | −۰/۸۸ | ۱/۱۴ | −۰/۱۲ | −۱/۲۴** | ۱/۱۲ |
| سرعت رشد رویشی | ۰/۲۴ | ۳/۱۶* | −۲/۹۲ | −۰/۰۵ | ۲/۶۵* | −۲/۷۰ |
| سرعت پر شدن دانه | ۰/۳۱ | −۱/۲۰ | ۱/۵۱ | ۰/۰۸ | −۱/۱۰ | ۱/۱۸ |

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

**تجزیه همبستگی کانونیک در شرایط دیم:** نتایج همبستگی کانونی بین صفات کشت بافت با صفات مهم زراعی در شرایط دیم در جدول ۸ نشان داده شده است. معنی‌دار شدن آماره ویلکس لمدا[1] در سطح احتمال یک درصد در ارتباط با تابع اول، حاکی از وجود همبستگی معنی‌دار بین دو گروه صفات مورد مطالعه و نشان‌دهنده ارتباط بالا بین صفات کشت بافت و صفات زراعی می‌باشد. این تابع صد درصد از واریانس کل را توضیح داده است. بدین معنی که صفات کشت بافت مورد مطالعه صد درصد از تغییرات صفات زراعی در شرایط دیم را توجیه نمود (جدول ۷). در پژوهشی به منظور بررسی ارتباط صفات زراعی با عناصر معدنی دانه با استفاده از تجزیه همبستگی کانونیک، این نتیجه حاصل شد که معنی‌دار شدن آماره ویلکس لمدا در سطح احتمال پنج درصد در ارتباط با تابع اول، حاکی از وجود همبستگی معنی‌دار بین دو گروه صفات مورد مطالعه بود و این تابع ۹۰ درصد از واریانس کل را توضیح داد، بدین معنی که صفات زراعی مورد مطالعه ۹۰ درصد از تغییرات صفات مربوط به عناصر معدنی دانه را توجیه نمود، همچنین تابع $W_1$ بیشتر تحت تأثیر روی (Zn) و فسفر (P) و تابع $V_1$ بیشتر تحت تأثیر وزن هزار دانه و طول خوشه بود (Rabbani *et al*., 2022). ترکیب خطی همبستگی ارتباط بین دو سری صفت را نشان داد. در تابع اول ضرایب مربوط به صفات زراعی مهم ($W_1$) و صفات کشت بافت ($V_1$) به صورت روابط زیر بدست آمد:

رابطه ۳)

$W_1$= -۱/۱۹۶ GY + ۰/۴۵۶ HW + ۰/۶۹۱ TSW + ۱/۰۴۴ NSPS + ۰/۶۱۸ NSP + ۰/۷۶۲ Chaff + ۰/۳۷ SY − ۱/۹۶۳ XL + ۱/۶۳۸ OIL + ۰/۹۶۱ NSS + ۰/۴۰۵ StW − ۰/۸۰۲ SGW + ۱/۶۶۵ PL/PH + ۳/۵۱۷ HI − ۰/۲۹۵ DAS − ۱/۴۹۲ SFP + ۱/۸۰۶ RVS − ۳/۴۶۱ RFS

رابطه ۴)

$V_1$= -۲/۱۲۴ DC + ۰/۰۷۸ FWC + ۱/۶۷۷ CGR + ۳/۵۶RFWG − ۴/۰۳۳ RGR − ۰/۵۵۲ RWC

ارتباط بین متغیرهای کانونی و متغیرهای اصلی از طریق ضرایب ساختاری (ضرایب استاندارد شده) ارزیابی می‌شوند. با

1. Wilk's lambda

توجه به نتایج حاصل، تابع $W_1$ به ترتیب تحت تأثیر شاخص برداشت (HI)، سرعت پر شدن دانه (RFS)، طول اکستراژن (XL)، سرعت رشد رویشی (RVS)، نسبت پدانکل به ارتفاع (PL/PH)، طول سایر میانگره‌ها (OIL)، دوره پر شدن دانه (SFP)، عملکرد دانه (GY)، تعداد دانه در سنبله (NSPS)، تعداد سنبلچه در سنبله (NSS)، وزن دانه در سنبله (SGW)، عملکرد چف (Chaff)، وزن هزار دانه (TSW) و تعداد سنبله در متر مربع (NSP) و تابع V1 به ترتیب تحت تأثیر سرعت رشد نسبی کالوس (RGR)، رشد نسبی کالوس (RFWG)، قطر کالوس (DC)، سرعت رشد کالوس (CGR) و محتوی آب نسبی کالوس (RWC) می‌باشد. از این رو، گیاهان دارای مقادیر بالاتر عملکرد دانه، طول اکستراژن، وزن دانه در سنبله، دوره پر شدن دانه و سرعت پر شدن دانه دارای قطر کالوس بالاتری نیز هستند و از طرفی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد چف، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و سرعت رشد رویشی بالاتر، سرعت رشد کالوس بیشتری هم دارند، به عبارتی این متغیرها، از متغیرهای تأثیرگذار بر متغیرهای کانونی در هر گروه از صفات اعم از کشت بافت و مزرعه‌ای می‌باشند. در پژوهشی به منظور به‌کارگیری تجزیه همبستگی کانونی برای بهبود عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم از طریق گزینش غیرمستقیم تحت شرایط دیم، در بررسی ارتباط بین متغیرهای کانونی با متغیرهای اصلی چنین گزارش شد، متغیرهایی که در سال اول آزمایش بیشترین تأثیر را در ارتباط بین دو دسته متغیر داشتند به عنوان مثال عملکرد دانه (۰/۸۳)، روز تا رسیدگی (۰/۴۳) و روز تا سنبله‌دهی (۰/۴۰-) بودند و در سال دوم آزمایش نیز عملکرد دانه (۰/۹۱)، روز تا رسیدگی (۰/۱۹-) و ارتفاع (۰/۱۶) بودند (Nazari *et al*., 2022).

همبستگی بین متغیرهای اندازه‌گیری شده یک گروه با توابع کانونی مربوط به همان گروه در جدول ۸ آمده است. نتایج این ارزیابی نشان داد که در بین صفات کشت بافت تمامی متغیرها همبستگی معنی‌داری با تابع کانونی اول داشتند و از این بین، صفات سرعت رشد نسبی کالوس و رشد نسبی کالوس به ترتیب با با بارهای کانونی ۰/۶۴۵- و ۰/۵۶۲- بیشترین همبستگی را نشان دادند. از بین صفات زراعی، تنها متغیر عملکرد کاه با بار کانونی ۰/۳۳۶ همبستگی معنی‌داری با تابع کانونی اول داشت. در پیش‌بینی واریانس متغیر صفات زراعی، سهم متغیر سرعت رشد نسبی کالوس ۴۲ درصد و رشد نسبی کالوس ۳۲ درصد است. در پیش‌بینی واریانس صفات کشت بافت سهم متغیر عملکرد کاه ۱۲ درصد می‌باشد (جدول ۸). در مطالعه‌ای در رابطه با تجزیه همبستگی کانونی صفات رشدی و صفات مرتبط با عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان تحت تنش رطوبتی پس از گلدهی، نتایج نشان داد که در شرایط مزرعه در بین متغیرهای رشدی، سرعت رشد رویشی (۰/۸۲۱) همبستگی مثبت و بالایی با تابع کانونی مربوط به اجزای عملکرد (V1) داشت. همبستگی سرعت پر شدن دانه در حد متوسط ولی همبستگی طول دوره پر شدن دانه منفی و ناچیز بود. در بین متغیرهای عملکرد و اجزای عملکرد همبستگی مثبت و بالایی بین عملکرد دانه (۰/۹۳۱) با تابع کانونی مربوط به صفات رشدی ($W_1$) وجود داشت که در تطابق با نتایج حاصل از این پژوهش از نظر صفات به کار برده می‌باشد (Tahmasebpour *et al*., 2021a).

**جدول ۷.** همبستگی‌های کانونی و سطح احتمال معنی‌دار بودن آن‌ها در شرایط دیم و آبیاری

| | متغیر کانونی | همبستگی کانونی | مقادیر ویژه | ویلکس لمبدا | مقدار تقریبی F | سطح احتمال F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| دیم | ۱ | ۱ | ۲۵۶۵۸/۶۰۸ | ۰ | ۳/۲۵۹ | ۰/۰۱** |
| | ۲ | ۰/۹۷۲ | ۱۶/۹۴ | ۰ | ۰/۹۰۱ | ۰/۶۳۹ |
| | ۳ | ۰/۹۶۵ | ۱۳/۳۸۲ | ۰/۰۰۲ | ۰/۸۲۵ | ۰/۷۱۱ |
| | ۴ | ۰/۸۶۸ | ۳/۰۵۷ | ۰/۰۳۲ | ۰/۶۱۶ | ۰/۸۸۴ |
| | ۵ | ۰/۸۴ | ۲/۳۸۸ | ۰/۱۲۹ | ۰/۶۳۶ | ۰/۸۳۳ |
| | ۶ | ۰/۷۵ | ۱/۲۸۲ | ۰/۴۳۸ | ۰/۵۹۲ | ۰/۷۹۹ |
| آبیاری | ۱ | ۱ | ۱۵۳۴۶/۳۰۷ | ۰ | ۴/۰۲۶ | ۰/۰۰۴** |
| | ۲ | ۰/۹۹۵ | ۱۰۸/۸۹۷ | ۰ | ۱/۳۴۶ | ۰/۲۷۳ |
| | ۳ | ۰/۹۷۶ | ۲۰/۳۹۴ | ۰/۰۰۳ | ۰/۷۹۲ | ۰/۷۴۵ |
| | ۴ | ۰/۹۱۱ | ۴/۸۶۸ | ۰/۰۵۴ | ۰/۴۷۱ | ۰/۹۶۸ |
| | ۵ | ۰/۷۴ | ۱/۲۱ | ۰/۳۱۶ | ۰/۲۷۹ | ۰/۹۹۶ |
| | ۶ | ۰/۵۵ | ۰/۴۳۴ | ۰/۶۹۷ | ۰/۲۰۰ | ۰/۹۹۳ |

**جدول ۸.** ضرایب همبستگی کانونیک صفات کشت بافت و صفات زراعی در شرایط دیم

| متغیرهای تحقیق | صفات | کانون ۱ | | کانون ۲ | | کانون ۳ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ضرایب استاندارد کانونی | بارهای کانونی | ضرایب استاندارد کانونی | بارهای کانونی | ضرایب استاندارد کانونی | بارهای کانونی |
| صفات کشت بافت | قطر کالوس | -۲/۱۲۴ | -۰/۳۵۸ | ۱/۵۴ | ۰/۱۸۶ | -۰/۴۲۷ | -۰/۳۳۵ |
| | وزن تر کالوس | ۰/۰۷۸ | -۰/۴۹۹ | -۰/۵۰۶ | -۰/۱۹۴ | ۱/۵۸ | ۰/۱۶۴ |
| | سرعت رشد کالوس | ۱/۶۷۷ | -۰/۲۹۵ | -۰/۶۳۷ | ۰/۱۹۸ | -۱/۰۳۷ | -۰/۳۳۲ |
| | رشد نسبی کالوس | ۳/۵۶ | -۰/۵۶۲ | -۲/۴۴۸ | -۰/۷۶۵ | -۲/۰۸۷ | -۰/۲۸۳ |
| | سرعت رشد نسبی کالوس | -۴/۰۳۳ | -۰/۶۴۵ | ۱/۷۱ | -۰/۷۲۲ | ۱/۳۶۲ | -۰/۲۳۳ |
| | محتوی آب نسبی کالوس | -۰/۵۵۲ | -۰/۳۱۴ | ۰/۵۱۶ | ۰/۲۰۲ | -۰/۱۰۹ | ۰/۱۸۲ |
| صفات زراعی | عملکرد دانه | -۱/۱۹۶ | ۰/۰۳۶ | ۲/۰۰۴ | ۰/۳۶۲ | -۱/۴۱۹ | -۰/۰۳۷ |
| | وزن هکتولیتر | ۰/۴۵۶ | ۰/۰۸۱ | -۰/۹۲۹ | -۰/۳۴۷ | ۰/۳۵۸ | -۰/۱۶۹ |
| | وزن هزار دانه | ۰/۶۹۱ | -۰/۰۳۹ | ۰/۸۳۶ | ۰/۵۵۷ | -۰/۱۴۲ | ۰/۲۹۷ |
| | تعداد دانه در سنبله | ۱/۰۴۴ | ۰/۱۶۶ | -۰/۱۳ | ۰/۰۱۵ | ۰/۷۵۳ | -۰/۱۲۴ |
| | تعداد سنبله در متر مربع | ۰/۶۱۸ | -۰/۰۸۶ | ۰/۳۵۸ | -۰/۰۱۷ | -۰/۵۰۷ | -۰/۰۹۷ |
| | عملکرد چف | ۰/۷۶۲ | ۰/۱۴۹ | -۰/۲۹۳ | ۰/۲۱۹ | -۰/۳۵۳ | -۰/۰۶۷ |
| | عملکرد کاه | ۰/۳۷ | ۰/۳۳۶ | ۰/۱۸۲ | ۰/۰۲۶ | -۰/۶۵۷ | -۰/۴۴۸ |
| | طول اکستراژن | -۱/۹۶۳ | -۰/۱۱۱ | -۰/۳۶۵ | -۰/۰۲۶ | ۰/۷۹۲ | -۰/۲۱۷ |
| | طول سایر میانگره‌ها | ۱/۶۳۸ | ۰/۲۲۱ | -۰/۶۴۶ | -۰/۰۲۵ | ۰/۷۶۶ | ۰/۴۳۳ |
| | تعداد سنبلچه در سنبله | ۰/۹۶۱ | ۰/۲۵۸ | ۰/۳۰۸ | ۰/۳۴۸ | ۰/۲۹۸ | -۰/۱۶ |
| | وزن خشک ساقه | ۰/۴۰۵ | ۰/۱۷۵ | -۰/۱۶۵ | ۰/۱۷۵ | -۱/۲۳۳ | -۰/۰۸۱ |
| | وزن دانه در سنبله | -۰/۸۰۲ | ۰/۱۲۱ | ۰/۷۵۷ | ۰/۵۰۳ | -۰/۵۱۸ | -۰/۰۲ |
| | نسبت پدانکل به ارتفاع | ۱/۶۶۵ | -۰/۱۳۷ | ۰/۰۵۶ | ۰/۰۶۱ | -۰/۶۸۸ | -۰/۴۷۶ |
| | شاخص برداشت | ۳/۵۱۷ | -۰/۰۶۲ | -۱/۸۱۱ | ۰/۴۳۳ | ۱/۶۰۴ | ۰/۱۷۳ |
| | روز تا سنبله‌دهی | -۰/۲۹۵ | -۰/۰۴۱ | -۰/۲۱۳ | ۰/۱۱۳ | ۰/۴۱۲ | ۰/۳۸۸ |
| | دوره پر شدن دانه | -۱/۴۹۲ | -۰/۲۴۸ | -۰/۶۲۹ | -۰/۰۴۹ | ۰/۰۳ | -۰/۱۶۴ |
| | سرعت رشد رویشی | ۱/۸۰۶ | ۰/۱۷۸ | -۱/۲۸۲ | ۰/۰۷۸ | ۰/۹۹۳ | -۰/۲۵۶ |
| | سرعت پر شدن دانه | -۳/۴۶۱ | ۰/۱۱۱ | -۰/۱۰۸ | ۰/۵۱۷ | ۰/۸۴۳ | ۰/۰۶۲ |

**تجزیه همبستگی کانونیک در شرایط آبیاری:** نتایج همبستگی کانونی بین صفات کشت بافت با صفات مهم زراعی در شرایط آبی نشان داد آماره ویلکس لمدا در سطح احتمال یک درصد در ارتباط با تابع اول معنی‌دار بود که صد درصد از واریانس کل را توضیح داده است و نشان‌دهنده ارتباط بالا بین صفات کشت بافت و صفات زراعی می‌باشد (جدول ۷). در ترکیب خطی همبستگی و ارتباط بین دو سری صفت، ضرایب مربوط به صفات زراعی مهم ($W_1$) و صفات کشت بافت ($V_1$) به شکل زیر است:

رابطه ۵)

$$W1= -۱/۱۹۹\ GY + ۰/۰۱۹\ HW + ۱/۸۶۳\ TSW + ۰/۵۲۴\ NSPS - ۰/۱۸۱\ NSP - ۰/۰۹۶\ Chaff + ۱/۰۱۳\ SY + ۱/۰۱۳\ XL - ۰/۴۸۲\ OIL - ۰/۰۷۸\ NSS - ۰/۰۶۸\ StW - ۱/۲۷\ SGW + ۰/۲۲۸\ PL/PH + ۲/۲۲۲\ HI + ۰/۴۱۴\ DAS - ۰/۶۲۸\ SFP - ۰/۴۸۱\ RVS - ۰/۴۸۸\ RFS$$

رابطه ۶)

$$V1= ۲/۵۱۸\ DC + ۰/۵۴۱\ FWC - ۲/۴۸۶\ CGR - ۲/۳۲۹RFWG + ۲/۱۶۱\ RGR + ۰/۸۵\ RWC$$

با توجه به نتایج حاصل، تابع $W_1$ بیشتر تحت تأثیر به ترتیب، شاخص برداشت (HI)، وزن هزار دانه (TSW)، وزن دانه در سنبله (SGW)، عملکرد دانه (GY)، عملکرد کاه (Chaff)، طول اکستراژن (XL)، دوره پر شدن دانه (SFP) و تعداد دانه در سنبله (NSPS) و تابع $V_1$ تحت تأثیر همه صفات کشت بافت شامل به ترتیب: قطر کالوس (DC)، سرعت رشد کالوس (CGR)، رشد نسبی کالوس (RFWG)، سرعت رشد نسبی کالوس (RGR)، محتوی آب نسبی کالوس (RWC) و وزن تر کالوس (FWC) می‌باشد. لذا گیاهان دارای مقادیر بالاتر عملکرد دانه و وزن دانه در سنبله در شرایط آبیاری از سرعت رشد کالوس بالاتری هم برخوردارند و گیاهان دارای وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت بالاتر دارای قطر کالوس بیشتری هستند. در

مطالعه‌ای با هدف بررسی 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، نتایج حاصل از همبستگی ساختاری بین متغیرهای اندازه‌گیری شده یک گروه با توابع کانونیک مربوط به همان گروه در شرایط طبیعی در مزرعه نشان داد که، 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، ولی بقیه اجزا دارای همبستگی پایین بودند (Tahmasebpour *et al*., 2021a).

همبستگی بین متغیرهای اندازه‌گیری شده یک گروه با توابع کانونی مربوط به همان گروه در جدول ۹ آمده است. نتایج این ارزیابی نشان داد که در بین صفات کشت بافت، متغیرهای محتوی آب نسبی کالوس و وزن تر کالوس با بارهای کانونی به ترتیب ۰/۶۶۲ و ۰/۴۲۱ بیشترین همبستگی با تابع کانونی اول را داشتند، در بین صفات زراعی در شرایط آبیاری، هیچ یک از متغیرها همبستگی بالایی با تابع کانونی اول نداشتند. در پیش‌بینی واریانس متغیر صفات زراعی، سهم متغیر محتوی آب نسبی کالوس ۴۴ درصد و وزن تر کالوس ۱۸ درصد است (جدول ۹). در تحقیقی به منظور بررسی تجزیه کانونیک صفات فیزیولوژیک با صفات فنولوژیک و ریشه‌ای در ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان، نتایج همبستگی بین متغیرهای اندازه‌گیری شده یک گروه با توابع کانونیک گروه دیگر نشان داد که در شرایط مزرعه، در بین متغیرهای فنولوژیک، صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی (۰/۸۳۵$^{**}$)، سرعت پر شدن دانه (۰/۸۱۳$^{**}$) و طول دوره پر شدن دانه (-۰/۷۱۴$^{**}$) همبستگی معنی‌داری با تابع کانونیک مربوط به صفات فیزیولوژیک داشتند، ولی سرعت رشد رویشی دارای همبستگی مثبت و غیر معنی‌دار بود (Tahmasebpour *et al*., 2020).

**جدول ۹.** ضرایب همبستگی کانونیک صفات کشت بافت و صفات زراعی در شرایط آبیاری

| متغیرهای تحقیق | صفات | کانون ۱ | | کانون ۲ | | کانون ۳ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ضرایب استاندارد کانونی | بارهای کانونی | ضرایب استاندارد کانونی | بارهای کانونی | ضرایب استاندارد کانونی | بارهای کانونی |
| صفات کشت بافت | قطر کالوس | ۲/۵۱۸ | ۰/۱۴۶ | ۲/۲۹ | -۰/۴۸ | ۱/۱۸ | ۰/۵۱۲ |
| | وزن تر کالوس | ۰/۵۴۱ | ۰/۴۲۱ | -۱/۲۳۱ | -۰/۷۵۱ | -۰/۲۷۳ | ۰/۰۶۶ |
| | سرعت رشد کالوس | -۲/۴۸۶ | ۰/۱۰۵ | -۱/۸۷۱ | -۰/۵۴۳ | -۰/۲۶۱ | ۰/۵۲۴ |
| | رشد نسبی کالوس | -۲/۳۲۹ | ۰/۱۷۱ | -۳/۲۲ | -۰/۲۱۸ | -۱/۴۶۵ | -۰/۷۰۶ |
| | سرعت رشد نسبی کالوس | ۲/۱۶۱ | ۰/۲۳۱ | ۳/۴۵۱ | -۰/۱۶۶ | ۰/۶۸۱ | -۰/۶۷۷ |
| | محتوی آب نسبی کالوس | ۰/۸۵ | ۰/۶۶۲ | ۰/۲۰۲ | ۰/۱۳۴ | ۰/۰۹۵ | -۰/۲۴ |
| صفات زراعی | عملکرد دانه | -۱/۱۹۹ | ۰/۰۳۵ | ۱/۶۱۷ | -۰/۱۴۸ | ۰/۲۲۳ | ۰/۵۸۴ |
| | وزن هکتولیتر | ۰/۰۱۹ | ۰/۱۲۹ | ۰/۶۵ | ۰/۱۹ | ۰/۰۸۸ | -۰/۳۹۲ |
| | وزن هزار دانه | ۱/۸۶۳ | ۰/۲۵۹ | -۳/۴۳۵ | -۰/۱۳۴ | ۰/۶۲۵ | ۰/۸۱ |
| | تعداد دانه در سنبله | ۰/۵۲۴ | -۰/۰۵۳ | -۲/۰۹۸ | ۰/۱۱۸ | ۰/۰۹۶ | ۰/۲۴۶ |
| | تعداد سنبله در متر مربع | -۰/۱۸۱ | -۰/۱۶۸ | -۰/۷۱۷ | ۰/۲۸۱ | ۰/۰۳۹ | -۰/۰۳۷ |
| | عملکرد چف | -۰/۰۹۶ | -۰/۲۲۴ | ۰/۲۱۱ | -۰/۲۴۹ | -۰/۰۴۱ | ۰/۰۸۴ |
| | عملکرد کاه | ۱/۰۱۳ | ۰/۱۲۹ | ۱/۶۳۹ | ۰/۰۷۵ | -۰/۵۲ | ۰/۰۲۵ |
| | طول اکستراژن | ۱/۰۱۳ | ۰/۲۲۴ | ۰/۳۲۳ | -۰/۰۶۳ | -۰/۸۵۱ | -۰/۴۳۶ |
| | طول سایر میانگره‌ها | -۰/۴۸۲ | ۰/۰۳۵ | -۲/۶۱۳ | -۰/۴۱۲ | -۰/۲۲۸ | ۰/۰۴۱ |
| | تعداد سنبلچه در سنبله | -۰/۰۷۸ | -۰/۱۴۷ | -۰/۳۳۸ | -۰/۰۷۵ | ۰/۰۳۳ | ۰/۵۳۸ |
| | وزن خشک ساقه | -۰/۰۶۸ | ۰/۱۰۶ | ۱/۲۵۴ | -۰/۱۴۸ | ۰/۹۹۱ | ۰/۴۸۵ |
| | وزن دانه در سنبله | -۱/۲۷ | ۰/۰۷۸ | ۲/۰۶۲ | -۰/۰۸ | -۰/۱۲۶ | ۰/۷۲۱ |
| | نسبت پدانکل به ارتفاع | ۰/۲۲۸ | -۰/۰۶۸ | -۲/۱۹۲ | ۰/۰۳۹ | ۰/۲۳۵ | -۰/۳۲۹ |
| | شاخص برداشت | ۲/۲۲۲ | ۰/۰۵۶ | ۱/۱۶۶ | -۰/۱۱۷ | -۰/۵۶۵ | ۰/۶۰۳ |
| | روز تا سنبله‌دهی | ۰/۴۱۴ | ۰/۱۴ | ۱/۱۹۷ | ۰/۰۳۵ | -۰/۳۳۳ | -۰/۱۳۹ |
| | دوره پر شدن دانه | -۰/۶۲۸ | -۰/۲۱۲ | ۱/۰۸۴ | ۰/۲۸۴ | -۰/۱۹۸ | ۰/۲۹۱ |
| | سرعت رشد رویشی | -۰/۴۸۱ | ۰/۰۶ | -۱/۸۳۳ | ۰/۰۹ | ۰/۵۸۷ | ۰/۵۳۲ |
| | سرعت پر شدن دانه | -۰/۴۸۸ | -۰/۰۲۹ | ۰/۴۶۹ | -۰/۱۲۸ | -۰/۴۶۴ | ۰/۵۵۸ |

## نتیجه‌گیری

در این پژوهش نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در شرایط کشت بافت بین تمامی صفات بررسی شده به جز درصد محتوی آب نسبی کالوس و همچنین در شرایط مزرعه تحت شرایط دیم، برای تمامی صفات به استثنای تعداد سنبله در متر مربع، عملکرد کاه، نسبت پدانکل به ارتفاع و سرعت رشد رویشی و تحت شرایط آبیاری برای اکثر صفات به جز وزن هکتولیتر، تعداد سنبله در متر مربع، عملکرد چف، عملکرد کاه، نسبت پدانکل به ارتفاع و سرعت رشد رویشی بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد دیده شد. براساس نتایج تجزیه خوشه‌ای در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای می‌توان بیان داشت که ژنوتیپ‌های شماره ۱۵ (WC-47638)، ۶ (WC-4840)، ۱۳ (WC-5001)، ۱۸ (WC-47569) و رقم پیشتاز به طور مشترک در هر دو شرایط برتر بودند. در نهایت براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین و تجزیه خوشه‌ای در شرایط کشت بافت می‌توان ژنوتیپ شماره ۵ (WC-4965) را ژنوتیپ برتر در این آزمایش معرفی کرد و تأثیر ژنوتیپ را در القاء کالوس معنی‌دار اعلام نمود. بر اساس نتایج تجزیه علیت صفات کشت بافتی با صفات زراعی، به ترتیب صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، سرعت رشد رویشی، طول سایر میانگره‌ها، تعداد سنبله در متر مربع، وزن دانه در سنبله و روز تا سنبله‌دهی در شرایط آبیاری بیشترین اثر مستقیم را بر صفات کشت بافت دارند. می‌توان چنین استنباط کرد که در شرایط آبی، گیاه حداکثر کارایی ژنتیکی خود را نشان می‌دهد، بنابراین در این پژوهش ارتباط صفات کشت بافت با صفات زراعی در شرایط آبیاری بسیار معقول و منطقی است. نتایج تجزیه همبستگی کانونیک نشان داد که معنی‌دار شدن آماره ویلکس لمدا در سطح احتمال یک درصد در ارتباط با تابع اول، حاکی از وجود همبستگی معنی‌دار بین صفات زراعی و کشت بافت مورد مطالعه است. با توجه به نتایج بدست آمده در شرایط دیم، گیاهان دارای مقادیر بالاتر عملکرد دانه، طول اکستراژن، وزن دانه در سنبله، دوره پر شدن دانه و سرعت پر شدن دانه دارای قطر کالوس بالاتری هستند و از طرفی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد چف، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و سرعت رشد رویشی بالاتر سرعت رشد کالوس بیشتری هم دارند. در شرایط آبیاری، گیاهان دارای مقادیر بالاتر عملکرد دانه و وزن دانه در سنبله از سرعت رشد کالوس بالاتری هم برخوردارند و گیاهان دارای وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت بالاتر دارای قطر کالوس بیشتری هستند. این نتایج می‌تواند بر کنترل ژنتیکی مشترک این دو گروه از صفات و امکان غربال مستقیم ژنوتیپ‌های دارای صفات کشت بافتی مناسب از طریق صفات زراعی که انتخاب آنها آسان و سریع است، دلالت داشته باشد. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که در این آزمایش صفات معرفی‌شده به عنوان معیارهای گزینشی جهت گزینش ارقام در شرایط این ویوو و این ویترو مفید هستند و اهمیت تجزیه علیت و تجزیه همبستگی کانونیک به منظور درک ارتباط بین صفات کشت بافت و زراعی در گندم نان را نشان داد. همچنین کشت جنین‌های بالغ روش مناسبی برای کشت بافت در گیاه گندم تشخیص داده شد و در نتیجه جنین بالغ می‌تواند به عنوان یک منبع ریزنمونه مؤثر در برنامه‌های اصلاحی و مطالعات گندم مورد استفاده قرار گیرد.

## سپاسگزاری

بدینوسیله از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج جهت در اختیار قرار دادن بذرهای این پژوهش تقدیر و تشکر می‌گردد.

## References

Abbasi, M. & Mohammadi, R. (2023). Response of durum wheat mature embryo to callus induction and salt stress in vitro condition. Cereal Biotechnology and Biochemistry, *2* (2), 190-208.

Akbari, L., Cheghamirza, K. & Farshadfar, E. (2023). Investigation Callus Induction and Regeneration via Immature Embryo Culture to in vitro in Durum Wheat. Cereal Biotechnology and Biochemistry, *2* (2), 209-220.

Allen, A. M., Winfield, M. O., Burridge, A. J., Downie, R. C., Benbow, H. R., Barker, G. L., Wilkinson, P. A., Coghill1, J., Waterfall, C., Davassi, A., Scpes, G., Pirani, A., Webster, T., Brew, F., Bloor, C., Griffiths, S., Bentley, A. R., Alda, M., Jack, P., Phillips, A. L. & Edwards, K. J. (2017). Characterization of a wheat breeders' array suitable for high-throughput SNP genotyping of global accessions of hexaploid bread wheat (*Triticum aestivum*). *Plant Biotechnology Journal*, 15, 390-401.

Aparna, S., Patel, K., Patel, S. & Pinto, S. (2015). Wheat and Its Application in Dairy Products, A Review. *Research & Reviews, Journal of Dairy Science and Technology*, *4* (2), 19-34.

Araújo, M. C. R., Chagas, E. A., Vendrame, W., Ribeiro, M. I. G., Moura, E. A., Taveira, D. L.

L., Chagas, P. C. & Grigio, M. L. (2021). Callus inducton and pro-embryogenic mass formaton in *Myrciaria dubia*, an important medicinal and nutritonal plant. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, *21* (2), 1-8.

Ashish, Sethi, S. K., Vikram, Phougat, D. & Antim. (2020). Genetic variability, correlation and path analysis in bread wheat (*Triticum aestivum*) genotypes for yield and its contributing traits. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *9* (6), 388-391.

Azizi Dargahlou, Sh., Dorani Uliaei, E. & Bandehagh, A. (2014). Effect of genotype on callus induction and plant regeneration from mature embryos of wheat (*Triticum aestivum*). The First International Congress and the 13th National Congress of Agronomy Science and Plant Breeding and & 3rd Iranian Congress of Seed Science and Technology Conference. pp. 1-3.

Benlioğlu, B., Koçak, N. & Avci Birsin, M. (2020). Response of some durum wheat (*Triticum durum* Desf.) genotypes on tissue culture parameters. *Mediterranean Agricultural Sciences*, *33* (1), 123-128.

Bhaskaran, S. & Smith, R. H. (1990). Regeneration in cereal tissue culture, a review. *Crop Science*, 30, 1328-1336.

Birsin, A., Onde, M. S. & Ozgen, M. (2007). A comparison of callus and plant regeneration from mature embryos of oat (*Avena Sativa* L.). *Turkish Journal of Biology*, 25, 427-437.

Bregitzer, P. & Campbell. R. D. (2001). Genetic markers associated with green and albino plant regeneration from embryogenic barley. *Crop Science*, 41, 173-179.

Chen, J. Y., Yue, R. Q., Xu, H. X. & Chen, X. J. (2006). Study on plant regeneration of wheat mature embryos under endosperm supported culture. *Agricultureal Science in China*, *5*, 572-578.

Dodig, D., Zoric, M., Mitic, N., Nikolic, R. & Surlan-Momirovic, G. (2008). Tissue culture and agronomic traits relationship in wheat. *Plant Cell Tissu Organ Culture*, 95, 107-114.

Errabii, T. ch., Bernard, J., Essalmani, G., Idaomar, M. & skali-senhaji, N. (2007). Growth, proline and ion accumulation in sugarcane callus cultures under drought-induced osmotic stress and its subseguent relief. *African Journal of Biotechnology*, *5* (16), 1488-1493.

Farshadfar, A. (2018). Genetic modification of environmental stresses. Vosough Publications. First Edition, pp. 844.

Gholami, A. A. & Tarinejad, A. (2017a). Callus induction and regeneration of bread wheat lines from coleoptile explants. *Journal Genetic Engineering Biosafety*, *5* (2), 101-112.

Gholami, A. A. & Tarinejad, A. (2017b). Callus induction and regeneration of bread wheat cultivars and barley from mature embryo explants. Journal of Agronomy and Plant Breeding, *13* (3), 89-102.

Golkar, P., Arzani, A. & Mirmohammadi Meybodis, A. M. (2008). Callus induction and plant regeneration from immature embryos of wheat cultivars. Journal of Agriculture, *9* (1), 39-50.

Haliloglu, K., Ozturk, A., Tosun, M. & Bulut, S. (2005). Relationship between tissue culture and agronomic traits of winter wheat. *Cereal Research Communications*, *33* (2-3), 469-476.

Halina, S., Grzegorz, G., Helena, P., Barbara, S., Marzena, P. K. & Joachimiak, A. J. (2013). The effect of genotype on a barley scutella culture Histological aspects. *Central European Journal of Biology*, *8* (1), 30-37.

Hamze, H., Asghri, A., Mohammadi, S. A., Sofalian, O. & Mohammadi, S. (2020). Grouping of spring wheat recombinant inbred lines in term of phonological and partitioning of assimilates in normal and water deficit conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences, *12* (4), 989-1002.

Haqua, M., Siddique, A. B. & Shahinul Islam, S. M. (2015). Effect of Silver Nitrate and Amino Acids on High Frequency Plants Regeneration in Barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Tissue Culture and Biotech*, *25* (1), 37-50.

Henry, Y., Marcotte, J. L. & De Buyser, J. (1994). Chromosomal location of genes controlling short-term and long-term somatic embryogenesis in wheat revealed by immature embryo culture of aneuploid lines. *Theoretical and Applied Genetics*, 89, 344-350.

Herrmann, M. (2007). A diallel analysis of various traits in winter triticale. *Plant Breeding*, 126, 19-23.

Jaisi, S., Thapa, A. & Poudel, M. R. (2021). Study of correlation coefficient and path analysis among yield parameters of wheat, a review. *Inwascon Technology Magazine*, 3, 01-04.

Johnson, R. A. & Wichern, D. W. (2002). *Applied multivariate statistical analysis*. Prentice hall Upper Saddle River, New Jersey, USA. 5 (8), 808.

Li, W., Ding, C. H., Hu, Z., Lu, W. & Guo, G. Q. (2003). Relationship between tissue culture and

agronomic traits of spring wheat. *Plant Science*, 164, 1079-1085.

Mohammadi, S., Aroiee, H., Aminifard, M. H. & Jahanbakhsh, V. (2012). *In vitro* and *in vivo* antifungal activates of the essential oils of various plants against strawberry grey mould disease agent Botrytis cinerea. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, *45* (20), 2474-2484.

Musavi, S. F., Siahpoosh, M. R. & Sorkheh, K. (2021). Influence of sowing date and terminal heat stress on phonological features and yield components of bread wheat genotypes. *Plant Productions*, *44* (2), 157-170.

Murashige, T. & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *The Journal of Plant Physiology*, 15, 473-497.

Naderi, F., Bavandpori, F., Farshadfar, E. & Farshadfar, M. (2020). Screening and identification of drought tolerant bread wheat landraces (*Triticum aestivum* L.). Journal of Crop Ecophysiology, *14* (2), 275-292.

Naseri, R., Cheghamirza, K., Zarei, L. & Saroei, E. (2017a). Induced dedifferentiation of barley (*Hordeum vulgare* L.) embryonic cells and its relationship with agronomic traits. *Cellular and Molecular Biology*, *63* (10), 11-19.

Naseri Myankali, R., Cheghamirza, K., Zarei, L. & Saroei, E. (2017b). Evaluation of relationship between the associated traits with callus induction of mature embryo and agronomic traits in different barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.). Cereal Research, *7* (3), 421-435.

Nazari, H., Golkari, S., Alavi Siney, S. M. & Namdari Geshnigani, A. 2022. Use of canonical correlation analysis to improve grain yield of wheat genotypes through indirect selection under rainfed conditions. Iranian Dryland Agronomy Journal, *10* (2), 183-198.

Rabbani, B., Khoramivafa, M., Saeidi, M., Bagheri, M. & Zarei, L. 2022. Study the relationship between agronomical traits and mineral elements of grain in three genotypes of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) under effect of planting date and planting density. Cereal Biotechnology and Biochemistry, *1* (3), 390-413.

Rachana, P., Binju, M., Suprava, A., Bigyan K. C., Rishav, P., Rashmi, R., Bishnu, B., Pritika, N., Kushal, B. & Ram, P. M. (2021). Correlation and path coefficient analysis of yield in wheat, a review. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, *5* (113), 121-127.

Raykov, T. & Marcoulides, G. A. (2008). *An introduction to applied multivariate analysis*. Routledge/Psych Press. 498 p.

Soleimani Fard, A. & Naseri, R. (2020). Evaluation of relationships between grain yield and agro-physiological traits of bread wheat genotypes under rainfed conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences, *13* (3), 701-714.

Suleiman, A. A., Nganya, J. F. & Ashraf M. A. (2014). Correlation and path analysis of yield and yield components in some cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L) in Khartoum State, Sudan. *Journal of Forest Products and Industries*, *3* (6), 221-228.

Tahmasebpour, B., Jahanbakhsh Godehkahriz, S., Tarinejad, A. R. & Raeesi Sadati, S. Y. (2020). Analysis of canonical correlation of physiological traits with phonological and root traits in different bread wheat genotypes. Cereal Research, *10* (2), 167-180.

Tahmasebpour, B., Jahanbakhsh, S., Tarinejad, A., Mohammadi, H. & Ebadi, A. (2021a). 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. Iranian Journal of Field Crop Science, *52* (2), 121-132.

Tahmasebpour, B., Jahanbakhsh, S., Tarinejad, A., Mohammadi, H. & Ebadi, A. (2021b). Canonical Correlation Analysis of Growth and Grain Yield Traits in Different Bread Wheat Genotypes under Stress Conditions at Flowering Time. Plant Production Technology, *13* (1), 119-134.