

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 Farshadfar¹, Kianoosh Chegami¹, Mohsen Farshadfar², Mohammad Reza Bihamta³

¹Department of Plant Production Engineering and Genetics, Faculty of Sciences and Agricultural Engineering, Razi University of Kermanshah, Iran.

²Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran.

³Department of Plant Breeding, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Correspondence

Fatemeh Bavandpouri

Email: f.bavandpouri@yahoo.com

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.

How to cite

Bavandpouri, F., Farshadfar, E., Chegami, 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.

نشریه علمی

زیست فناوری گیاهان زراعی

«مقاله پژوهشی»

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

فاطمه باوندپوری^{۱*}، عزت‌اله فرشادفر^۱، کیانوش چقامیرزا^۱، محسن فرشادفر^۲، محمدرضا بی‌همتا^۳

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 -4, 2, 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 اکسترژن، 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 (V₁) و صفات زراعی (W₁) 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 مسیبر، کشت بافت، همبستگی کانونی، *Triticum aestivum* L.

^۱گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.
^۲گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
^۳گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

نویسنده مسئول:

فاطمه باوندپوری

رایانامه: f.bavandpori@yahoo.com

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)، ۱۷-۳۵.

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 این‌ویتر و با فرض رابطه بین پاسخ سلولی و گیاه کامل در این شرایط می‌تواند به‌عنوان ابزاری جهت اصلاح و انتخاب گیاهان مورد استفاده 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 می‌شود. تجزیه همبستگی میزان ارتباط را اندازه‌گیری می‌کند اما اهمیت نسبی هر عامل را نشان نمی‌دهد. 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.

پیشینه 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 در شرایط 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 کمی ارثی و فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف بر پاسخ به کشت بافت تأثیر می‌گذارد (Herrmann, 2007). در مطالعه‌ای ارتباط بین کشت بافت و صفات 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 صفات در مورد جنین نابالغ کمتر تأثیر می‌گذارند. همچنین ثابت شده است که هر چه اندازه جنین رسیده، بزرگ‌تر باشد، کالوس‌زایی و باززایی آن، بهتر خواهد بود (Li et al., 2003). در

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 Yield, GY)، تعداد سنبله در متر مربع (Number of Spike Per m², 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 هکتولیت (Hectoliter Weight, HW)، با وزن کردن بذرها 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 سنبله‌چه در سنبله (Number of Spikelets per Spike, NSS)، طول اکستراژن (Xteragen Length, XL)، فاصله 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، پنانتی‌میت و سنبله، نسبت پدانکل به ارتفاع (Peduncle Length/ Plant Height, 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

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 (Nasari *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 گرمای 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 سنبله‌چه 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 می‌توان به عنوان عوامل مؤثر در عملکرد دانه در نظر گرفت (Rachana *et al.*, 2021).

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) (Chen et al., 2006)، سرعت رشد نسبی کالوس (بر اساس وزن تر) (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).

$$V = a'x = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_px_p \quad \text{رابطه ۱}$$

$$W = b'y = b_1y_1 + b_2y_2 + \dots + b_qy_q \quad \text{رابطه ۲}$$

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.

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.

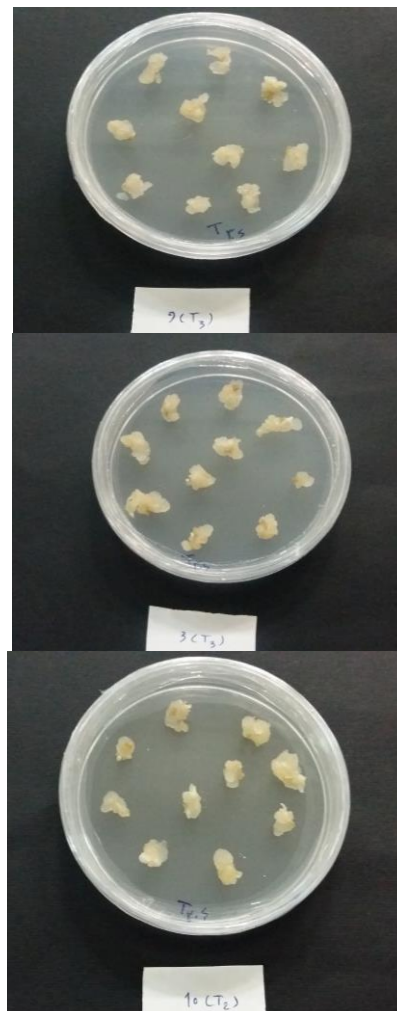
آزمایش کشت بافت

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 بذور 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

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	Minnesota	WC-47640
۴	WC-47341	Montana	۱۳	WC-5001	Unknown	۲۲	Mexico	WC-47467
۵	WC-4965	Kashan	۱۴	WC-4994	Unknown	۲۳	Kerend	WC-4553
۶	WC-4840	Sarakhs	۱۵	WC-47638	Peru	۲۴	Kermanshah	WC-4583
۷	WC-4958	Badranloo	۱۶	WC-47583	Canada	۲۵	Kerend	WC-4554
۸	WC-47399	Bulgaria	۱۷	WC-47522	Mexico			
۹	WC-4600	Kermanshah	۱۸	WC-47569	Minnesota			

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 D-4، 2، 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 D-4، 2 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، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ 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).



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

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

میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییرات
درصد محتوی آب نسبی کالوس	سرعت رشد نسبی کالوس	رشد نسبی کالوس	سرعت رشد کالوس	وزن تر کالوس	قطر کالوس		
۱۵/۷۳ ^{ns}	-/۰۰۱ ^{ns}	۱/۶۷ ^{ns}	-/۰۰۴ ^{ns}	-/۰۰۳ ^{ns}	۳/۳۹ ^{ns}	۳۴	ژنوتیپ
۷۷/۲۸ ^o	-/۰۰۰۸ ^{ns}	۱/۶۹ ^{ns}	-/۰۱۷ ^{ns}	-/۰۰۳ ^{ns}	۱۴/۴۷ ^{ns}	۲	هورمون توفوردی
۱۳/۴۸ ^{ns}	-/۰۰۰۵ ^{ns}	-/۰۱۷ ^{ns}	-/۰۰۰۶ ^{ns}	-/۰۰۱ ^{ns}	-/۰۵۶ ^{ns}	۴۸	ژنوتیپ × هورمون توفوردی
۱۹/۲۰	-/۰۰۰۰۲	-/۰۰۲۸	-/۰۰۰۰۲	-/۰۰۰۰۲	-/۰۱۷	۳۷۵	خطا
۲/۸۷	-/۰۰۰۳	-/۰۱۱	-/۰۰۰۹	-/۰۰۰۳	-/۰۲۷		LSD 5%
۹۰/۱۲	-/۰۰۰۹	-/۰۲۳	-/۰۲۱۹	-/۰۰۴۹	۶/۰۲		حداقل
۹۴/۱۸	-/۰۰۴۷	۱/۶۷	-/۰۲۷۹	-/۰۰۹۷	۷/۷۸		حداکثر
۹۱/۸۳	-/۰۰۳	-/۰۹۶	-/۰۲۵۳	-/۰۰۷	۷/۰۴		میانگین
۴/۷۷	۱۳/۲۲	۱۷/۵۷	۵/۳۷	۵/۹۳	۵/۹۴		(C.V) ضریب تغییرات %

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

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

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مزرعه‌ای در شرایط دیم (جدول ۳) نشان داد که برای صفات عملکرد دانه در متر مربع، وزن هکتولیتتر، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، طول اکسترانژن، 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 اکسترانژن، 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 آگروفریزیولوژیکی ۱۴ ژنوتیپ گندم نان در شرایط دیم، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به غیر از طول پدانکل و شاخص برداشت، از نظر سایر صفات مورد بررسی، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند (Soleimani Fard & Naseri, 2020).

واکنش جنین بالغ گندم دوروم به القاء کالوس و تنش شوری در شرایط 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).

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

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

میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییرات
عملکرد چف	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه	وزن هکتولتر	عملکرد دانه در متر مربع		
۱۰۵۹/۵۳ ^{ns}	۶۴۹۳/۵۱ ^{ns}	۹/۶۸ ^{ns}	۱۰/۷۹*	۱۰۲۳/۳۵ ^{ns}	۱۰۰۵۱/۸۹ ^{ns}	۲	بلوک
۳۳۴۵/۴۹*	۶۴۱۹/۵۴ ^{ns}	۶۳/۲۷**	۳۱/۴۴**	۱۱۷۵۶/۷۱**	۹۸۷۴/۹۹**	۲۴	ژنوتیپ
۱۷۴۷/۷۹	۴۰۷۰/۴۱	۲۲/۴۲	۲/۹۰	۳۰۱۸/۱۲	۴۵۸۱/۵۵	۴۸	خطا
۶۸/۶۳	۱۰۴/۷۴	۷/۷۷	۲/۸۰	۹۰/۱۹	۱۱۱/۱۲		LSD 5%
۸۲/۹۴	۲۷۶/۳۳	۲۳	۲۲/۳۲	۶۶۲/۷۳	۱۹۰/۱۵		حداقل
۲۳۳/۳۳	۴۶۰/۳۹	۴۱/۶۰	۳۴/۱۳	۹۲۷/۴۹	۴۲۴/۷۳		حداکثر
۱۶۷/۶۵	۳۵۱/۶۲	۳۴/۸۰	۲۸/۶۸	۷۶۰/۱۵	۲۸۳/۷۵		میانگین
۲۴/۹۴	۱۸/۱۴	۱۳/۶۱	۵/۹۴	۷/۲۳	۲۳/۸۵		ضریب تغییرات % (C.V)

* 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

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

* 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

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

* 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

میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییرات
عملکرد	تعداد سنبله	تعداد دانه	وزن	وزن	عملکرد دانه		
چف	در متر مربع	در سنبله	هزاردانه	هکتولیترا	در متر مربع		
۳۲۳۲/۱۱ ^{ns}	۴۵۷۴/۶۳ ^{ns}	۱۰۲/۴۲*	۸/۲۲ ^{ns}	۹۵۰۷/۰۳ ^{ns}	۳۲۹۲۹/۷۶**	۲	بلوک
۲۴۲۱/۹۸ ^{ns}	۱۶۹۶۸/۱۴ ^{ns}	۵۴/۰۶*	۸۷/۳۶**	۸۹۲۶/۳۹ ^{ns}	۲۴۶۱۲/۷۳**	۲۴	ژنوتیپ
۲۷۲۴/۹۴	۱۴۸۷۷/۸۱	۲۹/۹۷	۴/۰۹	۹۳۹۷/۰۹	۴۴۱۱/۱۷	۴۸	خطا
۸۵/۷۰	۲۰۰/۲۴	۸/۹۹	۳/۳۲	۱۵۹/۱۴	۱۰۹/۰۳		LSD 5%
۹۸/۷۹	۳۱۶/۴۳	۳۰/۴۷	۲۹/۳۳	۷۷۵/۲۰	۲۱۴/۲۱		حداقل
۲۴۲/۰۷	۶۳۸/۶۵	۴۴/۹۳	۴۷/۰۹	۹۸۲/۱۴	۲۶۵/۷۵		حداکثر
۱۹۲/۰۹	۴۵۲/۰۱	۳۸/۲۲	۳۹/۸۹	۸۵۶/۲۰	۳۹۵/۷۴		میانگین
۲۷/۱۸	۲۶/۹۳	۱۴/۳۲	۵/۰۷	۱۱/۳۲	۱۶/۷۸		ضریب تغییرات % (C.V)

* 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

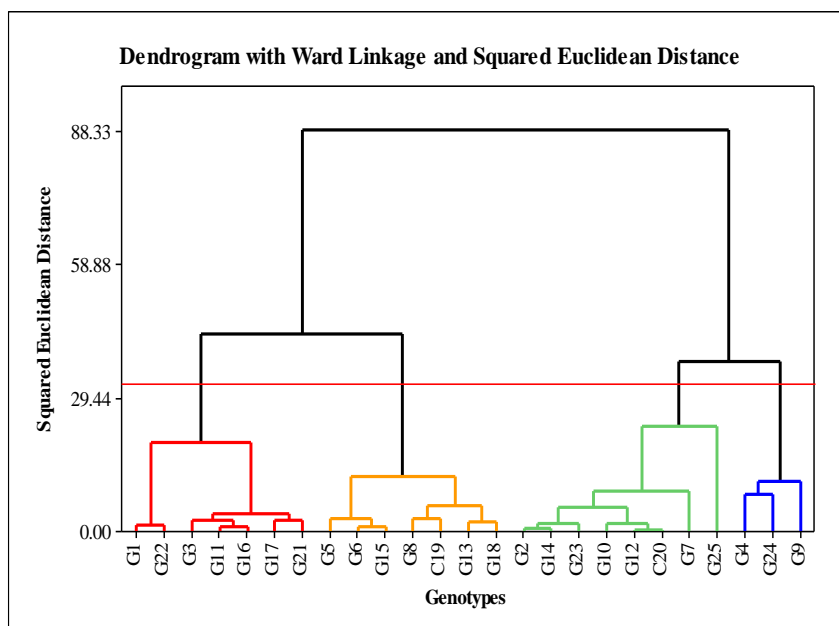
میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییرات
وزن دانه در سنبله	وزن خشک ساقه	تعداد سنبلچه در سنبله	طول سایر میانگره‌ها	طول اکسترانژن	عملکرد کاه		
۰/۲۳*	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۳۵ ^{ns}	۵/۴۷ ^{ns}	۲۴/۵۸ ^{ns}	۳۵۸۶/۰۷ ^{ns}	۲	بلوک
۰/۲۷**	۰/۱۲**	۳/۰۸*	۶۷/۵۵**	۳۴/۴۰**	۲۱۷۳۴/۸۳ ^{ns}	۲۴	ژنوتیپ
۰/۰۷	۰/۰۴	۱/۵۵	۱۰/۷۳	۱۲/۸۷	۲۷۷۲۵/۷۱	۴۸	خطا
۰/۴۲	۰/۳۲	۲/۰۴	۵/۳۸	۵/۸۹	۲۷۳/۳۶		LSD 5%
۱	۰/۸۷	۱۶/۸۷	۷/۹۳	۱۰/۲۴	۶۱۱/۸		حداقل
۲/۱۲	۱/۶۱	۲۱/۵۳	۲۹/۴۳	۲۱/۴۲	۹۰۹/۱		حداکثر
۱/۵۸	۱/۲۹	۱۹/۳۶	۲۳/۳۱	۱۵/۶۲	۷۴۲/۷۳		میانگین
۱۶/۳۱	۱۵/۰۸	۶/۴۳	۱۴/۰۶	۲۲/۹۷	۲۲/۴۲		ضریب تغییرات % (C.V)

* 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

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

* 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

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 هکتولیترا، 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

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

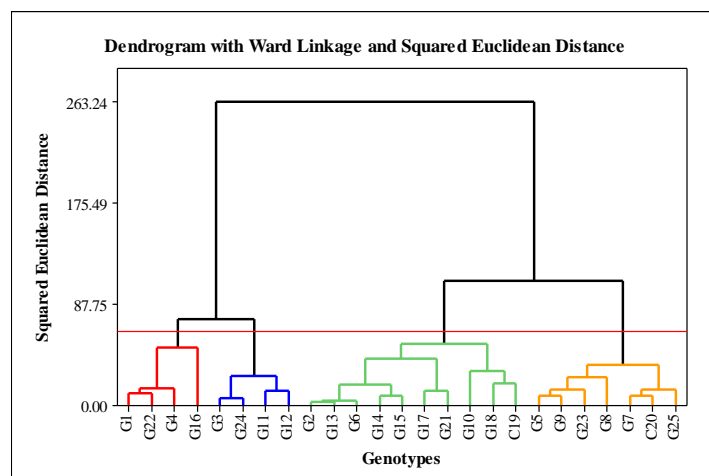
به منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط مزرعه از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward و با مربع فاصله اقلیدسی استفاده گردید (شکل ۳). در این روش ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در دو شرایط دیم و آبیاری براساس تجزیه تابع تشخیص در چهار گروه قرار گرفتند. گروه اول ژنوتیپ‌های شماره ۱ (WC-4924)، ۲۲ (WC-47467)، ۴ (WC-47341) 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 هکتولیترا، 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. در گروه 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

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 هکتولتر بر صفت مذکور بیشترین اثر مستقیم منفی معنی‌دار و صفات تعداد سنبله‌چه 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 *Nasari Myankali et al.* (2017b)، و از لحاظ هر دو صفت با نتایج *Jaisi et al.* (2021) در تطابق بود.

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 خوشه‌ای عملکرد دانه و کلیه 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



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

زرعی 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 ژنوتیپ‌های 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 سنبله‌دهی 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).

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 پلی ژنیک 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

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

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

* 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 (میلی گرم)		
	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 هکتولیتیر	-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 سنبله 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.

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)

$$W_1 = -1/196 \text{ GY} + 0/456 \text{ HW} + 0/691 \text{ TSW} + 1/044 \text{ NSPS} + 0/618 \text{ NSP} + 0/762 \text{ Chaff} + 0/37 \text{ SY} - 1/963 \text{ XL} + 1/638 \text{ OIL} + 0/961 \text{ NSS} + 0/405 \text{ StW} - 0/802 \text{ SGW} + 1/665 \text{ PL/PH} + 3/517 \text{ HI} - 0/295 \text{ DAS} - 1/492 \text{ SFP} + 1/806 \text{ RVS} - 3/461 \text{ RFS}$$

رابطه (۴)

$$V_1 = -2/124 \text{ DC} + 0/078 \text{ FWC} + 1/677 \text{ CGR} + 3/56 \text{ RFWG} - 4/033 \text{ RGR} - 0/552 \text{ RWC}$$

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

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^۱ 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

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 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 (W1) وجود داشت که در تطابق با نتایج حاصل از این پژوهش از نظر صفات به کار برده می‌باشد (Tahmasebpour et al., 2021a).

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 V_1 به ترتیب تحت تأثیر سرعت رشد نسبی کالوس (RGR)، رشد نسبی کالوس (RFGW)، 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

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

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

دیم

آبیاری

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

کانون ۳		کانون ۲		کانون ۱		صفات	متغیرهای تحقیق
ضرایب استاندارد	بارهای کانونی	ضرایب استاندارد	بارهای کانونی	ضرایب استاندارد	بارهای کانونی		
-۰/۳۳۵	-۰/۴۲۷	۰/۱۸۶	۱/۵۴	-۰/۳۵۸	-۲/۱۲۴	قطر کالوس	صفات کشت بافت
۰/۱۶۴	۱/۵۸	-۰/۱۹۴	-۰/۵۰۶	-۰/۴۹۹	۰/۰۷۸	وزن تر کالوس	
-۰/۳۳۲	-۱/۰۳۷	۰/۱۹۸	-۰/۶۳۷	-۰/۲۹۵	۱/۶۷۷	سرعت رشد کالوس	
-۰/۲۸۳	-۲/۰۸۷	-۰/۷۶۵	-۲/۴۴۸	-۰/۵۶۲	۳/۵۶	رشد نسبی کالوس	
-۰/۲۳۳	۱/۳۶۲	-۰/۷۲۲	۱/۷۱	-۰/۶۴۵	-۴/۰۳۳	سرعت رشد نسبی کالوس	
۰/۱۸۲	-۰/۱۰۹	۰/۲۰۲	۰/۵۱۶	-۰/۳۱۴	-۰/۵۵۲	محتوی آب نسبی کالوس	
-۰/۰۳۷	-۱/۴۱۹	۰/۳۶۲	۲/۰۰۴	۰/۰۳۶	-۱/۱۹۶	عملکرد دانه	صفات زراعی
-۰/۱۶۹	-۰/۳۵۸	-۰/۳۴۷	-۰/۹۲۹	۰/۰۸۱	۰/۴۵۶	وزن هکتولیتتر	
۰/۲۹۷	-۰/۱۴۲	۰/۵۵۷	۰/۸۳۶	-۰/۰۳۹	۰/۶۹۱	وزن هزار دانه	
-۰/۱۲۴	-۰/۷۵۳	۰/۰۱۵	-۰/۱۳	۰/۱۶۶	۱/۰۴۴	تعداد دانه در سنبله	
-۰/۰۹۷	-۰/۵۰۷	-۰/۰۱۷	۰/۳۵۸	-۰/۰۸۶	۰/۶۱۸	تعداد سنبله در متر مربع	
-۰/۰۶۷	-۰/۳۵۳	۰/۲۱۹	-۰/۲۹۳	۰/۱۴۹	۰/۷۶۲	عملکرد چف	
-۰/۴۴۸	-۰/۶۵۷	۰/۰۲۶	-۰/۱۸۲	۰/۳۳۶	۰/۳۷	عملکرد کاه	
-۰/۲۱۷	۰/۷۹۲	-۰/۰۲۶	-۰/۳۶۵	-۰/۱۱۱	-۱/۹۶۳	طول اکستراژن	
۰/۴۳۳	-۰/۷۶۶	-۰/۰۲۵	-۰/۶۴۶	۰/۲۲۱	۱/۶۲۸	طول سایر میانگره‌ها	
-۰/۱۶	-۰/۲۹۸	۰/۳۴۸	-۰/۳۰۸	۰/۲۵۸	-۰/۹۶۱	تعداد سنبله در سنبله	
-۰/۰۸۱	-۱/۲۳۳	۰/۱۷۵	-۰/۱۶۵	۰/۱۷۵	۰/۴۰۵	وزن خشک ساقه	
-۰/۰۲	-۰/۵۱۸	۰/۵۰۳	۰/۷۵۷	۰/۱۲۱	-۰/۸۰۲	وزن دانه در سنبله	
-۰/۴۷۶	-۰/۶۸۸	۰/۰۶۱	-۰/۰۵۶	-۰/۱۳۷	۱/۶۶۵	نسبت پدانکل به ارتفاع	
۰/۱۷۳	۱/۶۰۴	۰/۴۳۳	-۱/۸۱۱	-۰/۰۶۲	۳/۵۱۷	شاخص برداشت	
۰/۳۸۸	-۰/۴۱۲	۰/۱۱۳	-۰/۲۱۳	-۰/۰۴۱	-۰/۲۹۵	روز تا سنبله‌دهی	
-۰/۱۶۴	۰/۰۳	-۰/۰۴۹	-۰/۶۲۹	-۰/۲۴۸	-۱/۴۹۲	دوره پر شدن دانه	
-۰/۲۵۶	-۰/۹۹۳	۰/۰۷۸	-۱/۲۸۲	۰/۱۷۸	۱/۸۰۶	سرعت رشد رویشی	
۰/۰۶۲	-۰/۸۴۳	۰/۵۱۷	-۰/۱۰۸	۰/۱۱۱	-۳/۴۶۱	سرعت پر شدن دانه	

رابطه ۶)

$$V1 = 2/518 DC + 0/541 FWC - 2/486 CGR - 2/329 RFWG + 2/161 RGR + 0/85 RWC$$

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.

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)

$$W1 = -1/199 GY + 0/19 HW + 1/863 TSW + 0/524 NSPS - 0/181 NSP - 0/096 Chaff + 1/013 SY + 1/013 XL - 0/482 OIL - 0/078 NSS - 0/068 StW - 1/27 SGW + 0/228 PL/PH + 2/222 HI + 0/414 DAS - 0/628 SFP - 0/481 RVS - 0/488 RFS$$

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).

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 (V₁) 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

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	بارهای کانونی	ضرایب استاندارد	بارهای کانونی	ضرایب استاندارد	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 هکتولیتتر	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	-۰/۰۵۲	۰/۰۲۵	
طول اکستراژن		۱/۰۱۳	۰/۲۲۴	۰/۳۲۳	-۰/۰۶۳	-۰/۰۸۵۱	-۰/۴۳۶	
طول سایر میانگره‌ها		-۰/۴۸۲	۰/۰۳۵	-۲/۶۱۳	-۰/۴۱۲	-۰/۲۲۸	۰/۰۴۱	
تعداد سنبله در سنبله		-۰/۰۷۸	-۰/۱۴۷	-۰/۳۳۸	-۰/۰۷۵	-۰/۰۳۳	۰/۵۳۸	
صفات زراعی	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	-۰/۰۵۶۵	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

حاکمی 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 معرفی شده 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 ریزنومونه 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 بذره‌های 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., Coghill, J., Waterfall, C., Davassi, A., Scpes, G., Pirani, A.,

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 هکتولیترا، 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،

- 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 induction and pro-embryogenic mass formation in *Myrciaria dubia*, an important medicinal and nutritional 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.
- Benlioglu, 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. *Agricultural 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 Tissue 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 subsequent 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 phenological 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 activities 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 phenological 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 phenological 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 phenological 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.