تحلیل ژنتیکی برخی صفات مهم زراعی در هیبریدهای ساده و دوگانه ژنوتیپ‌های بهاره کلزا

Genetic analysis of some important agronomic traits in single cross and double cross hybrids of spring oilseeds genotypes.

الهام شهرکی مقدم

مقدمه

روند افزایش جمعیت انسانها به گونه‌ای است که پیش‌بینی می‌شود با نرخ رشد فعلی، جمعیت جهان در سال ۲۰۵۰ به ۱۴/۴ میلیارد نفر خواهد رسید. بخش عمده این افزایش در کشورهای در حال توسعه رخ خواهد داد. با افزایش جمعیت جهان نیاز به مواد غذایی از جمله غلات و دانه‌های روغنی نیز رو به افزایش است. از یک طرف، رشد جمعیت جهان و به دنبال آن بهبود سطح تغذیه از طریق جایگزین شدن مصرف روغن‌های گیاهی به جای روغن‌های حیوانی و از طرف دیگر توسعه دامداری‌ها، مرغداری‌ها و افزایش تقاضا برای مصرف کنجاله و نیز لزوم استفاده از روغن‌های نباتی در تولید سوخت‌های پاک (بیودیزل)، منجر به توسعه کشت دانه‌های روغنی شده و مقدار تولید آن را به صورت فزاینده‌ای در دنیا و ایران افزایش داده است (Nath et al., 2016). دانه‌های روغنی با دارا بودن ذخایر غنی از اسید چرب و سرشار از پروتئین (Przybylski et al., 2005)، بعد از غلات به عنوان دومین منبع تولید انرژی در تغذیه انسان مطرح می‌باشند (Arrutia et al., 2020). از آن‌جایی‌که قسمت عمده روغن مورد نیاز کشور از خارج وارد شده و هر ساله مقدار قابل توجهی از بودجه کشور صرف خرید روغن می‌شود، افزایش سطح زیرکشت و همچنین افزایش عملکـرد گیاهـان روغنـی به عنوان یکی از اهداف عمده دست‌اندرکاران وزارت جهاد کشاورزی، کارشناسان و محققان در نظر گرفتـه شـده است. کلزا دارای ۴۰ تا ۴۴ درصد روغن گیاهی است که به‌دلیل کارایی بالای مصرف آب و تحمل خشکی و نیز تا حدی تحمل به شوری، در زراعت مناطق خشک جایگاه ویژه‌ای دارد و بعد از نخل روغنی و سویا به‌عنوان سومین منبع مهم روغن خوراکی در جهان می‌باشد. ویژگی‌های خاص کلزا و سازگاری آن با شرایط آب و هوایی اکثر نقاط جهان سبب شده است که کشت این گیاه به شدت توسعه یابد (Basalma, 2008). بطوری‌که، در سال ۲۰۱۹ مجموع سطح زیر کشت کلزا در جهان بالغ بر ۳۴ میلیون هکتار و مقدار دانه تولید شده در همان سال برابر با۷۰ میلیون تن بود. قاره آسیا، اروپا، آمریکا، اقیانوسیه و آفریقا به ترتیب ۳۴/۲٪، ۳۲/۹٪، ۲۹/۳٪، ۳/۴ ٪ و ۰/۲٪ از مجموع سطح زیر کشت را به خود اختصاص دادند. کشورهای کانادا، چین، هند، فرانسه، اکراین، آلمان، استرالیا، لهستان، روسیه و انگلستان به ترتیب با مجموع سطح زیرکشت ۱۸/۶۵، ۱۳/۴۸، ۹/۲۵، ۳/۵۲، ۳/۲۸، ۲/۸۳، ۲/۳۶، ۲/۲۷، ۲/۰۶ و ۱/۷۵ میلیون هکتار از جمله ۱۰ کشور تولیدکننده برتر کلزا در جهان بودند (FAO, 2021). در سال زراعی مشابه (۱۳۹۷)، سطح زیر کشت کلزا در ایران برابر با ۱۴۰ هزار هکتار با تولید ۲۹۰ هزار تن دانه بود (FAO, 2021) که استان گلستان با سطح زیر کشت ۵۷ هزار هکتار با تولید ۱۱۴ هزار تن دانه سهم عمده‌ای در تولید این محصول داشت (مدیریت بهبود تولیدات گیاهی استان گلستان، ۱۳۹۷). افزایش تولید دانه‌های روغنی و تامین نیاز کشور به روغن خوراکی و کاهش واردات، از جمله عواملی هستند که گسترش برنامه‌های تحقیقات به‌نژادی کلزا را ضروری ساخته است. در مناطق گرم و معتدل پتانسیل زیادی برای گسترش سطح کشت کلزا وجود دارد و بیشترین امید به افزایش سطح کشت کلزا در سال‌های آینده در مناطق گرم و معتدل کشور می‌باشد. خصوصیات منحصر به فرد کلزا از قبیل تناوب با غلات و در نتیجه کنترل بهتر بیماری‌ها، علف‌های هرز و کاهش مصرف علفکش‌ها، کشت پاییزه و استفاده بخش قابل توجهی از آب مورد نیاز در فصل نزولات آسمانی سبب گردیده تا برنامه‌ریزی برای توسعه این گیاه زراعی در منطقه و استان روز به روز شتاب بیشتری به خود گیرد (Campbell et al., 2016; Friedt et al., 2018).

پتانسیل عملکرد بالای کلزا، درآمدزایی بالای کشاورز را فراهم کرده است. استان گلستان سالانه حدوداً با بیش از ۵۰ هزار هکتار اراضی کلزا کاری در شرایط آبی و دیم همواره به عنوان یکی از مراکز مهم کشت کلزا در ناحیه شمال کشور مورد توجه می‌باشد. این منطقه نیز با مشکلات و موانع بسیاری در زمینه تولید کلزا مواجه است، که از جمله می‌توان به تنش‌های زیستی، غیرزیستی و به‌ویژه عدم تنوع در ارقام هیبرید و آزاد گرده‌افشان کلزا اشاره کرد (فرجی و همکاران، ۱۳۹۹). کمیت و کیفیت روغن کلزا متاثر از عوامل محیطی و ژنتیکی می‌باشد و جهت دستیابی به پتانسیل بالای عملکرد دانه و روغن، بهبود مسائل به‌نژادی کلزا

امری ضروری به نظر می‌رسد (Khajali and Slominski, 2012). در حال حاضر، عمده مناطق کشت کلزا با استفاده از ارقام هیبرید می‌باشد که با توجه به هیبرید و وارداتی بودن والدین آن، ریسک بسیار بالایی به دلیل وابستگی به یک رقم، متوجه کلزا کاران منطقه می‌باشد، به‌طوری‌که در برخی سال‌ها به‌دلیل عدم تامین بذر به مقدار کافی، کشاورزان مجبور به تهیه بذوری با کیفیت پایین می‌شوند و در نتیجه این موضوع خسارت بسیار بالایی به کشاورزان وارد خواهد کرد. این در حالی است که ایجاد ارقام آزادگرده‌افشان پرمحصول با سازگاری و پایداری عملکرد بالا می‌تواند در جلوگیری از این خسارت‌ها و تهدیدها بسیار موثر باشد. در حال حاضر هر چند گزارش‌هایی مبتنی بر موفقیت در تولید هیبرید در ایران ارائه شده است، اما تولید آن‌ها در سطح تجاری اتفاق نیفتاده است و احتمالا با هیبریدهای تجاری وارداتی قابلیت رقابت نداشته باشند. بنابراین، ثبات تولید و توسعه سطح زیر کشت کلزا به‌صورت پایدار ایجاب می‌کند که ارقام و لاین‌های آزاد گرده افشان جدید با عملکرد بالاتر و خواص مطلوب زراعی از جمله زودرسی و مقاومت/تحمل به بیماری‌ها بطور مستمر در شرایط زارعین بررسی و به تنوع ارقام موجود اضافه گردد. برای دست‌یابی به این هدف می‌توان با استفاده از دورگ‌گیری (تلاقی) ساده و دوگانه و بهره‌گیری از صفات مطلوب در نسل‌های در حال تفکیک و انتخاب و خالص‌سازی لاین‌ها نه تنها در نهایت به ژنوتیپ‌های جدید پرمحصول و سازگار با شرایط اقلیمی مناطق مورد کشت دست یافت، بلکه بستری مناسب برای ایجاد لاین‌ها/والدین برتر برای تولید هیبرید در ایران ایجاد کرد. برای رسیدن به این هدف نیاز به تنوع ژنتیکی گسترده‌ای است که در حال حاضر به دلیل تحریم‌ها و حقوق مادی و معنوی بذور ارقام تجاری شرکت‌های تولیدکننده در سرتاسر جهان، دستیابی به آن‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد. در نتیجه جهت افزایش تنوع ژنتیکی و ایجاد لاین‌هایی با ویژگی‌های برتر نسبت بر ارقام وارداتی بررسی پارامترهای ژنتیکی نتاج نسل‌های اولیه حاصل از تلاقی‌های ساده و دوگانه ارقام و لاین‌های برتر حائز اهمیت فراوانی است. در زمینه بررسی نتاج اولیه تلاقی‌های ساده مطالعات گسترده‌ای صورت گرفته است اما اطلاعات جامعی در مورد ویژگی‌های نسل اولیه تلاقی‌های دوگانه به‌خصوص در قالب طرح منسجم آمیزشی و آماری در دسترس نمی‌باشد.

تلاقی دای‌آلل

به مجموعه‌ای از دورگ‌های حاصل از تلاقی n لاین در کلیه ترکیبات ممکن، تلاقی دای‌آلل گویند و تجزیه این تلاقی‌ها تجزیه دای‌آلل نامیده می‌شود. تجزیه دای‌آلل اطلاعاتی از جمله ماهیت و مقدار پارامترهای ژنتیکی و ترکیب‌پذیری عمومی والدین و ترکیب‌پذیری خصوصی دورگ‌های حاصل از آنها را ارائه می‌دهد. تجزیه دای‌آلل به دو روش اصلی هیمن و گریفینگ انجام می‌شود. نظریه دای‌آلل توسط Hayman و Jinks (۱۹۵۳)، Jinks (۱۹۵۴، ۱۹۵۶) و Hayman (۱۹۵۴،۱۹۵۸،۱۹۵۷الف)، با استفاده از مفاهیم اجزای تغییرات D و H که توسط Mater عنوان شده بود، تکوین یافت. در تجزیه گرافیکی و عددی تجزیه دای‌آلل دو مرحله تجزیه واریانس و برآورد اجزای واریانس وجود دارد. در تجزیه دای‌آلل به روش Griffing (۱۹۵۶)، با استفاده از مدل آماری مناسب اجزای واریانس ناشی از ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برآورد و سپس این واریانس‌ها بر اساس فرض‌های خاصی به اجزای ژنتیکی مانند واریانس افزایشی و غالبیت تفسیر می‌شوند. در تجزیه دای‌آلل، سه گروه از مواد با نام‌های والدین، دورگ‌های F_1 و تلاقی‌های معکوس دخالت دارند و بر این اساس Griffing (۱۹۵۶)، چهار روش دای‌آلل را معرفی کرده است. Rawlings و Cockerham (۱۹۶۲ب)، هیبریدهای مضاعف را به عنوان نتاج نسل اول حاصل از تلاقی دو هیبرید F_1 غیرخویشاوند تعریف کردند و آن‌ها را به صورت (A×B)×(C×D) نشان دادند که در آن A، B، C و D چهار والد و (C×D) و (A×B) دو هیبرید F_1 می‌باشند. تجزیه هیبریدهای مضاعف (تجزیه کوادری‌آلل) نیاز به دو فصل زراعی، کارگر بیشتر و تعداد تلاقی زیادتر در مقایسه با تجزیه دای‌آلل و تری‌آلل دارد. اما در مقایسه با دیگر طرح‌های آمیزشی مزایای بیشتری دارد. این روش برآوردهای بیشتری از اجزای برخوردار از ماهیت اپیستازی و نیز اطلاعاتی در باره اثرات ترتیب والدین در ترکیب‌های مضاعف فراهم می‌کند.

Marijanovic و همکاران (۲۰۰۷) پارامترهای ژنتیکی GCA و SCA پنج رقم کلزا و همچنین نحوه وراثت ارتفاع گیاه، ارتفاع تا اولین شاخه جانبی، تعداد شاخه‌های جانبی و عملکرد دانه در بوته در مطالعه‌ای مورد بررسی قرار دادند. هتروزیس مثبت برای ارتفاع گیاه، ارتفاع تا اولین شاخه جانبی، تعداد شاخه‌های جانبی و عملکرد دانه مشاهده کردند. Abdelsatar و همکاران (۲۰۲۰) برای تعیین هتروزیس و رفتار ژنتیکی صفات زراعی از شش ژنوتیپ کلزا با استفاده از طرح نیمه دای‌آلل استفاده کردند. والدین

و تلاقی‌های آن‌ها را با استفاده از طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار دادند. انحراف از غالبیت برای اکثر صفات مورد مطالعه مشاهده کردند. GGE Biplot نشان داد که N.A.36, N.A.39 وN.A.39, N.A.14 بهترین ترکیبات کلی برای وزن دانه گیاه بود و همچنین N.A.36, N.A.38, N.A.39 و N.A.36, N.A.39, N.A.14 بهترین ترکیبات برای محتوی روغن دانه کلزا بودند. در چهار تلاقی، تلاقی‌های برتر نسبت به والدین برای وزن بذر گیاه و محتوی روغن بذر مشاهده کردند.

در مطالعه دیگری صفات مربوط به عملکرد، ارتفاع بوته، تعداد شاخه در گیاه و وزن هزار دانه برای هیبریدهای سینگل‌کراس و تری‌وی‌کراس کلزا مورد ارزیابی قرار گرفت. صفات با هتروزیس مثبت در این مطالعه مشاهده کردند. در بسیاری از هیبریدها برای صفات ارتفاع بوته، طول شاخه و تعداد دانه در شاخه، هتروزیس مثبت مستقل از مشاهدات و نوع هیبرید مشاهده گردید و صفات تعداد شاخه‌ها و وزن هزار دانه هیبریدها، هتروزیس معنی‌دار مثبت و منفی را نشان دادند (Joanna wolko et al., 2019).

Kapadia و همکاران (۲۰۱۹) برآورد هتروزیس برای صفات مرتبط با عملکرد دانه در بوته را در هیبریدهای سینگل کراس گیاه کلزا مورد بررسی قرار دادند. هیبرید GDM-4×EC-766558, GDM-4×EC-766060, GDM-4×EC-766443 برای بهره‌برداری تجاری مورد شناسایی قرار گرفت. بر این اساس هیبریدهای سینگل کراس GDM-4×EC-766043 و GDM-4×EC-76643 به ترتیب دارای بیشترین بازده عملکرد دانه در بوته بود.

تجزیه و تحلیل ژنتیکی برای عملکرد دانه و خصوصیات ذرت با استفاده از هیبریدهای سینگل‌کراس و تری‌وی‌کراس و دابل‌کراس انجام شده است. بهترین ترکیبات شناسایی و همچنین اثرات خاص مورد نظر به ترتیب از طریق آنالیز دای‌آلل، تری‌آلل، کوادری‌آلل بدست آمد. در تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای از ترکیب توانایی‌های اینبردها و سینگل‌کراس‌ها، تری‌وی‌کراس و دابل‌کراس‌ها بر اساس نتایج در سه مکان مختلف با آنالیز دای‌آلل، پتانسیل بالای هیبرید تلاقی چندگانه گزارش گردید (Sumalini et al., 2016.2018&2019).

Oluwaranti و همکاران (۲۰۱۸) انواع مختلف هیبرید ذرت را برای کیفیت دانه و صفات زراعی و تعیین ارتباط بین آن‌ها با استفاده از هیبرید سینگل‌کراس، تری‌وی و دابل‌کراس مورد ارزیابی قرار دادند. به ترتیب در هیبرید سینگل‌کراس بالاترین درصد جوانه‌زنی و کم‌ترین شاخص سرعت جوانه‌زنی مشاهده شد. در حالی‌که هیبرید دابل‌کراس ذرت، ارتفاع بلال بالاتری در مقایسه به هیبرید سینگل‌کراس و تری‌وی‌کراس داشت هیبرید سینگل‌کراس ذرت طول بلال بالاتری نسبت به تری‌وی و دابل‌کراس داشته است. در نتیجه در اوایل فصل رشد درصد جوانه‌زنی افزایش یافته و کاهش شاخص سرعت جوانه‌زنی منجر به افزایش ارتفاع بلال می‌شود. در حالی‌که در اواخر فصل، وزن شاخه خشک کاهش یافت و وزن ریشه‌تر باعث افزایش تعداد بلال می‌شود.

با توجه به برتری روش‌های گرافیکی از نظر تفسیر سریع‌تر و ساده‌تر اطلاعات ژنتیکی استفاده از این روش‌ها در تحقیقات برای دستیابی به اهداف ژنتیکی توصیه می‌شود. از طرفی گراف‌های ارائه شده ترکیب پذیری عمومی والدین و ترکیب پذیری خصوصی هیبریدها را همزمان بررسی می‌کنند که اعتبار آن را دو چندان می‌کند. ترکیب پذیری عمومی و خصوصی ژن‌ها، هتروزیس صفات، نحوه عمل ژن‌ها و سایر پارامترها ومولفه‌های ژنتیکی با تغییر شرایط محیطی تغییر کرده و به همین دلیل ارائه استراتژی‌های مناسب برای بهبود ژنتیکی هر یک از صفات در شرایط محیطی مختلف ضروری به نظر می‌رسد که خود تائیدی بر ضرورت انجام این گونه تحقیقات می‌باشد. وجود تنوع ژنتیکی شرط لازم و ضروری برای موفقیت در برنامه‌های به‌نژادی می‌باشد بنابراین موسسات تحقیقات کشاورزی می‌توانند از نتایج و اطلاعات این تحقیق در انتخاب روش مناسب اصلاح و همچنین انتخاب والدین و دورگ‌های مطلوب در برنامه‌های اصلاحی استفاده کنند.

منابع:

Abdelsatar, M.A., Mourad, K.A. and Ibrahim, S.A., The Genetic System Controlling Agronomic Traits In Canola. Seed, 1(1).Aksel, R. and Johnson, L.P.V. 1963. Analysis of a diallel cross: A worked example. Advancing Frontiers PI.Science, 2:37-53.

Arrutia, F., Binner, E., Williams, P. and Waldron, K.W., 2020. Oilseeds beyond oil: Press cakes and meals supplying global protein requirements. Trends in Food Science & Technology.

Basalma, D., 2008. The correlation and path analysis of yield and yield components of different winter rapeseed (Brassica napus ssp. oleifera L.) cultivars. Res. J. Agric. Biol. Sci, 4(2), 120-125.

Campbell, L., Rempel, C.B. and Wanasundara, J.P., 2016. Canola/rapeseed protein: Future opportunities and directions Workshop proceedings of IRC 2015.

FAOSTAT, http://www.fao.org/faostat/en/#home.

Friedt, W., Tu, J. and Fu, T., 2018. Academic and economic importance of Brassica napus rapeseed. In The Brassica napus genome (pp. 1-20). Springer, Cham.

Griffing, B. 1956a. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. Aust. J. Biot. Sci. 9:463-493.

Hayman, B.I., 1954a. The theory and analysis of diallel crosses. Genetics, 39: 789-809.

Hayman, B.I., 1957. Interaction, heterosis and diallel crosses. Genetics, 42(3), p.336.

Hayman, B.I., 1958. The separation of epistatic from additive and dominance variation in generation means. Heredity, 12:371-390.

Jinks, J.L. 1956. The F_2 and backcross generations from a set of diallel crosses. Heredity, 10:1-30.

Jinks, J.L. and Hayman, B.I. 1953. The analysis of diallel crosses. Maize Genetics Crop. Newsletter, 27:48-54.

Jinks, J.L., 1954. The analysis of continuous variation in diallel crosses of Nicotiana rustica L. cultivars. Genetics, 39(6), 767-788.

Kapadia, V.N., 2020. Estimation of heterosis for yield related traits for single cross hybrids of Brassica species. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 9(1), 1766-1773.

Khajali, F. and Slominski, B.A., 2012. Factors that affect the nutritive value of canola meal for poultry. Poultry science, 91(10), 2564-2575.

Marjanović-Jeromela, A., Marinković, R. and Miladinović, D., 2007. Combining abilities of rapeseed (Brassica napus L.) varieties. Genetika, 39(1), 53-62.

Nath, N.C.D., Jung, I.S., Kim, S.W. and Lee, J.J., 2016. Optimization of hierarchical light-scattering layers in TiO2 photoelectrodes of dye-sensitized solar cells. Solar Energy, 134, 399-405.

Oluwaranti, A., Badmus, O.T., Awoniyi, S.O., Akintola, A.M., Bankole, O.O. and Awosanmi, F.E., 2018. Comparative Analaysis of Physiological Seed Quality and Field Performance of Single, Three-Way And Double-Cross Hybrids of Tropical Maize Germplasm. Ife Journal of Agriculture, 30(3), 83-98.

Przybylski, R., Mag, T., Eskin, N.A.M. and McDonald, B.E., 2005. Canola oil. Bailey's industrial oil and fat products. Rawlings, J.O. and Cockerham, C.C. 1962. Triallel analysis. Crop Sci., 2:228-231.

Rawlings, J.O. and Cockerham, C.C, 1962b. Analysis of double cross hybrid populations. Biometrics, 18:229-244.

Sumalini K, Pradeep T, Sravani D, 2016. Cimbining ability analysis over environments in Diallel crosses of Maize (Zea mays L.). Madras Agric J., 103:297-303.

Sumalini K, Pradeep T, Sravani D, 2019. Trialll analysis for grain yield and its components over pooled environments in Maize (Zea mays L.). Maydica 64:1-10.

Sumalini K, Pradeep T, Sravani D, Rajanikanth E, Narendar Reddy S, 2018. Gene actin and order effects in double cross hybrids of Maize (Zea mays L.). for grain yield under diverse agroclimatic zones of Telangana. The Bioscan 13:761-768.

Wolko, J., Dobrzycka, A., Bocianowski, J. and Bartkowiak-Broda, I., 2019. Estimation of heterosis for yield-related traits for single cross and three-way cross hybrids of oilseed rape (Brassica napus L.). Euphytica, 215(10), 156.