Archive of SID

Plant Prod., 42(1) (2019) 31-46 ISSN (P): 2538-543x
DOI: 10.22055/ppd.2019.22523.1486 ISSN (E): 2588-5979

Study of Correlation Coefficients of Agronomic Traits and Path Analysis of Seed Yield in Rye

Khadije Nayebi Aghbolag[1], Naser Sabaghnia[2]*, Mokhtar Pasandi Somehsofla[3] and Mohsen Janmohammadi[4]

1- M.Sc. Student of Plant Breeding, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran
2- ***Corresponding Author:** Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran (sabaghnia@maragheh.ac.ir)
3- Ph.D. Student of Crop Physiology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran
4- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

Received: 3 July, 2017 Accepted: 23 May, 2018

Abstract

Background and Objectives
Rye (*Secale cereale* L.) is one of the important and valuable Gramineae that is used for bread making and fed in some areas. Identifying correlation coefficients among the measured traits is very important and aids to evaluating the magnitude of interrelationships between how traits can facilitate the application of indirect selection in plant breeding programs. The target of this research was estimating the correlation coefficients, and path analysis among some important traits for selection criteria for improving grain yield in rye.

Materials and Methods
In order to evaluate the relationships between seed yield and its components, 64 different rye genotypes were evaluated in simple lattice design with two replications during 2016 in Maragheh region. Phenotypic correlation coefficients were calculated for ten characters during the growing season and the correlation coefficients between grain yield and different characters were subjected to path coefficient analysis separately for partitioning these values into direct and indirect effects. Stepwise regression technique was used to obtain the best fitted model as well as to estimate direct and indirect effects via path coefficient analysis. Applying bootstrap method verified the obtained results from conventional method.

Results
Correlation analysis showed that seed yield was associated significantly and positively with spike weight, weight of seeds per spike, harvest index of spike, seed number per spike, number of spike per area and harvest index traits. Using stepwise regression analysis, the share of the most important traits was determined and weight of seeds per spike and number of spike per area entered into regression model and explained 75 percent of the existing variation among genotypes. The results derived from path analysis indicated that, two above mentioned traits had significant effects on seed yield with 0.71 and 0.60 coefficients, respectively. On the other hand,

www.SID.ir

Archive of SID

spike weight had the most direct and indirect effects through increasing weight of seeds per spike on seed yield.

Discussion

In general, from this study we found that two traits including weight of seeds per spike and number of spike per area as the first order and related traits to spike, thousand seed weight, stem diameter, harvest index, awn length and plant height were in the second order for increasing seed yield and could be used as the selection indices for improving seed yield. Also, the used method for obtaining path coefficients was proved useful in analyzing correlation coefficients in breeding programs for evaluation of interrelated variables.

Keywords: Bootstrap, Resampling, Stepwise repression

www.SID.ir

Archive of SID

مطالعه ضرایب همبستگی صفت‌های زراعی و تجزیه علیت عملکرد دانه در چاودار

خدیجه نایبی آق‌بلاغ[۱]، ناصر صباغ‌نیا[۲]*، مختار پسندی صومعه‌سفلی[۳] و محسن جان‌محمدی[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران
۲-***نویسنده مسئول**: دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران (sabaghnia@maragheh.ac.ir)
۳- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران
۴- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۰۲

چکیده

چاودار (*Secale cereale* L.) یکی از گرامینه‌های مهم و با ارزش است که برای تولید نان یا مصرف علوفه مورد استفاده قرار می‌گیرد. به منظور بررسی روابط بین عملکرد دانه و اجزاء عملکرد، ٦٤ ژنوتیپ مختلف چاودار در آزمایش لاتیس ساده با دو تکرار در سال ۱۳۹۵ در منطقه مراغه مورد ارزیابی قرار گرفتند. تجزیه همبستگی نشان داد که عملکرد دانه با صفت‌های وزن سنبله، وزن دانه سنبله، شاخص برداشت سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح و شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. با استفاده از تجزیه رگرسیونی گام‌به‌گام سهم هر یک از صفت‌هایی که بیشترین تأثیر را در عملکرد دانه داشتند مشخص گردید صفت‌های وزن دانه سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح به مدل رگرسیونی عملکرد دانه واردشده و ۷۵ درصد از تنوع موجود بین ژنوتیپ‌ها را تبیین کردند. بر اساس تجزیه علیت نیز دو صفت مذکور به‌ترتیب با ضرایب ۰/۷۱ و ۰/٦۰ بیشترین تأثیر مستقیم را روی عملکرد دانه داشتند. از طرف دیگر وزن سنبله بیشترین تأثیر مستقیم و غیرمستقیم را (از طریق افزایش وزن دانه سنبله) بر افزایش عملکرد دانه داشت. به‌طورکلی از این مطالعه مشخص شد که دو صفت وزن دانه سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح در اولویت اول و صفت‌های مرتبط با ویژگی‌های سنبله، وزن هزار دانه، قطر ساقه، شاخص برداشت، طول ریشک و ارتفاع گیاه در الویت بعدی بر افزایش عملکرد دانه مؤثر می‌باشند و می‌توان از آن‌ها به‌عنوان شاخص‌هایی برای انتخاب در جهت بهبود عملکرد دانه استفاده نمود.

کلیدواژه‌ها: بوت‌استرپ، رگرسیون گام به‌گام، نمونه‌برداری با جایگذاری

مقدمه

افزایش عملکرد دانه یکی از اهداف مهم به‌نژادی چاودار (*Secale cereale* L.) است که می‌تواند در اثر بالا بردن سطح زیرکشت و اصلاح ارقام محقق شود. هدف بیشتر برنامه‌های به‌نژادی چاودار، تولید ارقام زودرس با ریزش پایین بوده که موجب حصول عملکرد قابل قبول در واحد سطح می‌گردد (Varshney *et al.*, 2007). عملکرد صفت کمی و پیچیده‌ای است که علاوه بر ژنوتیپ، تحت تأثیر عوامل محیطی از قبیل حاصلخیزی خاک، نور و دما قرارگرفته و تحت تأثیر برهمکنش ژنوتیپ و محیط قرار می‌گیرد. به دلیل این‌که کنترل ژنتیکی صفت عملکرد به‌صورت کمی بوده و با تعداد زیادی ژن کوچک‌اثر صورت می‌گیرد و با توجه به تأثیر قابل‌توجه عامل‌های محیطی در این‌گونه صفت‌ها، قابلیت توارث عملکرد در بیشتر گیاهان زراعی پایین است، لذا برای افزایش عملکرد، بایستی گزینش بر مبنای اجزا عملکرد و صفت‌های مرتبط با عملکرد استوار گردد (Sabaghnia *et al.*, 2010; Fathalipoor *et al.*, 2014).

www.SID.ir

Archive of SID

در برنامه‌های به‌نژادی با استفاده از روابط ژنتیک کمی و با شناسایی اجزای مهم عملکرد، می‌توان به قابلیت توارث و اثرات ژنی صفت‌های مختلف پی برده و در جهت افزایش عملکرد برنامه‌ریزی نمود (Leilah and Khateeb, 2005; Zahedi *et al.*, 2016).

با توجه به این‌که انتخاب مستقیم برای صفت‌های هدف از قبیل عملکرد دانه غلات ممکن است گمراه‌کننده باشد لذا انتخاب غیرمستقیم با استفاده از صفت‌های مرتبط و دارای وراثت‌پذیری بالا، کارایی بیشتری دارد (Mohammadi *et al.*, 2003). پیش از اجرای هر برنامه به‌نژادی، باید رابطه یا همبستگی صفت هدف (عملکرد) را با صفت‌های مرتبط (اجزای عملکرد) را بررسی نمود (Moosavi *et al.*, 2016; Sedghi and Amanpour-Balaneji, 2010). تجزیه ضرایب همبستگی بین صفت‌های مختلف با صفت هدف به تصمیم‌گیری در مورد اهمیت نسبی این صفت‌ها و ارزش آن‌ها به‌عنوان معیارهای انتخاب برای عملکرد دانه کمک می‌نماید. با تجزیه رگرسیون نیز می‌توان اثر صفت‌های غیرموثر یا کم‌تأثیر در عملکرد را در مدل رگرسیونی حذف نموده و تنها صفت‌های تأثیرگذار را انتخاب کرد (Asghari-Zakaria *et al.*, 2006; Mamghani *et al.*, 2003). برای شناخت بهتر روابط بین صفت‌ها، انجام تجزیه علیت یک گام مؤثر است زیرا اجزاء تشکیل‌دهنده ضریب همبستگی را تجزیه نموده و روابط بین صفت‌ها را به‌صورت واضح نشان می‌دهد (Kashif and Khaliq, 2004). با کمک تجزیه علیت می‌توان همبستگی بین عملکرد و اجزای آن را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و اثرات مستقیم و غیرمستقیم را مشخص نمود.

عملکرد دانه غلات دانه‌ریز برابر حاصل‌ضرب سه صفت مهم تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، و وزن دانه بوده و یا تابعی از حاصل‌ضرب عملکرد بیولوژیک در شاخص برداشت است. در مطالعه ضرایب همبستگی در تعدادی رقم گندم نان گزارش گردید که بین ارتفاع گیاه و تعداد دانه در سنبله اصلی همبستگی منفی وجود داشته و گزینش ارتفاع متوسط با حفظ سنبله‌های بزرگ و تعداد دانه قابل قبول به‌عنوان شاخص گزینشی پیشنهاد شده است (Ghaedrahmati *et al.*, 2017). در چند پژوهش دیگر از چندین روش آماری چندمتغیره مختلف از جمله روش تجزیه علیت برای مطالعه رابطه بین عملکرد گندم و اجزای آن تحت شرایط تنش خشکی استفاده شد و نتایج نشان داد که صفت‌های تعداد سنبله در مترمربع، وزن صد دانه، وزن دانه در سنبله و عملکرد بیولوژیک متغیرهای مؤثر بر عملکرد بوده و سهم قابل‌توجهی از اثرات مستقیم و غیرمستقیم را به خود اختصاص دادند (Leilah and Khateeb, 2005; Mamghani *et al.*, 2003).

در مطالعه‌ای روی تعدادی رقم بومی گندم با استفاده از ۱۲ صفت کمی، صفت‌های ارتفاع گیاه، تعداد سنبلچه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان دادند (Shahid-Masood *et al.*, 2005). در مطالعه دیگری با استفاده از تجزیه علیت معلوم شد که صفت‌های ارتفاع گیاه و وزن دانه سنبله اثر مستقیم و مثبت و زمان خوشه رفتن اثر مستقیم و منفی روی عملکرد دارند و این صفت‌ها ممکن است در انتخاب ژنوتیپ‌ها برای بهبود عملکرد مفید باشند (Aycicek and Yildirim, 2006). همچنین نتایج حاصل از تجزیه ضرایب علیت روی گندم نشان داد در ارقامی که ارتفاع متوسط و بلند دارند، بهبود عملکرد بوته مهم‌تر از عملکرد سنبله و وزن هزار دانه است ولی در ارقام پاکوتاه صفت‌های وزن دانه در هر گیاه و وزن هزار دانه مهم‌تر می‌باشند (Singh *et al.*, 2016). هدف از تحقیق حاضر، تعیین همبستگی‌های فنوتیپی بین صفت عملکرد دانه چاودار با صفت‌های موسوم به اجزا عملکرد و سایر صفت‌های مرتبط با آن، برآورد اثرات مستقیم و غیرمستقیم اجزای عملکرد یا سایر صفت‌های موفولوژیک بر عملکرد دانه چاودار و تعیین سهم آن‌ها در توجیه تنوع موجود است. اطلاعات حاصل از این تحقیق می‌تواند راهگشای اصلاح‌گران غلات به‌ویژه به‌نژادگران چاودار باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

این تحقیق در منطقه جغرافیایی سردسیر مراغه با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۲۶ درجه و ۱۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۲۲۹ متر انجام گردید. مواد گیاهی شامل ۶۴ ژنوتیپ چاودار از بخش بانک ژن مؤسسه تحقیقات ژنتیک گیاهی گاترزلبن (Gatersleben) آلمان دریافت شده و پس از تکثیر در قالب آزمایش لاتیس ساده با دو تکرار مورد کشت قرار گرفتند. در پاییز ۵۰ کیلوگرم کود فسفات آمونیوم استفاده شد. هر ژنوتیپ در شش خط سه متری با فاصله خطوط ۲۵ سانتی‌متر (۴/۵ مترمربع) کشت شد. عملیات کاشت، داشت و برداشت به نحو مطلوب و طبق عرف منطقه انجام گردید. پس از برداشت از ده بوته تصادفی، ارتفاع گیاه، طول آخرین میانگره، طول اولین میانگره، طول سنبله، طول ریشک، قطر ساقه، وزن کاه سنبله، وزن سنبله، وزن دانه سنبله، شاخص برداشت سنبله، وزن پدانکل، وزن دومین میانگره، تعداد سنبلچه در سنبله، طول دانه، قطر دانه، تعداد دانه در سنبله، طول برگ پرچم و تعداد سنبله در واحد سطح مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. صفت‌های ارتفاع بوته، طول سنبله، طول ریشک و طول آخرین میانگره، طول اولین میانگره و طول برگ پرچم توسط خط‌کش و صفت‌های قطر ساقه، طول بذر و قطر بذر توسط کولیس اندازه‌گیری شد. وزن هزار دانه نیز با سه نمونه تصادفی از بذور تعیین‌شده و عملکرد دانه نیز با حذف اثرات حاشیه از ردیف‌های وسطی (چهار ردیف با طول ۲ متر و در مجموع با مساحت برداشت ۲/۰ مترمربع) اندازه‌گیری گردید. شاخص برداشت نیز با تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک محاسبه گردید. صفت‌های عملکرد دانه در کرت، عملکرد بیولوژیک، وزن دانه سنبله، وزن سنبله، وزن کاه سنبله و وزن هزار دانه توسط ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد. همبستگی ساده پیرسون بین صفت‌های اندازه‌گیری‌شده و رگرسیون چندگانه خطی با لحاظ نمودن عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفت‌ها به‌عنوان متغیر مستقل محاسبه گردید. با استفاده از ضرایب رگرسیون استاندارد (ضرایب علیت) و ماتریس همبستگی، ضرایب غیرمستقیم محاسبه گردید. برای تعیین روایی اعتبار و اطمینان از نتایج حاصل از روش نمونه‌گیری با جایگذاری بوت‌استرپ از هزار نمونه استفاده گردید و مقادیر اریب و انحراف معیار ناشی از اختلاف نتایج بوت‌استرپ با روش مرسوم به‌دست آمد. بالا بودن آماره‌های مختلف چند هم‌خطی از قبیل آماره تحمل و عامل تورم واریانس در برازش مدل رگرسیونی، نشانگر وجود پدیده چند هم‌خطی در تجزیه علیت است که برای رفع اثرات چند هم‌خطی در برازش مدل رگرسیونی از روش رگرسیون گام‌به‌گام استفاده شده و آماره‌های چند هم‌خطی نیز مجدداً محاسبه گردید. محاسبات با استفاده از نرم‌افزارهای Excel، SPSS و S-Plus انجام گردید.

نتایج و بحث

ضرایب همبستگی بین صفت‌های مورد بررسی در ژنوتیپ‌های مختلف چاودار (جدول ۱) نشان داد که همبستگی عملکرد دانه با صفت‌های وزن سنبله، وزن دانه سنبله، شاخص برداشت سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح و شاخص برداشت مثبت و معنی‌دار بود در حالی‌که همبستگی عملکرد دانه با صفت طول سنبله منفی و معنی‌دار شد و مقدار این همبستگی منفی در حد متوسط و ضعیف بود. سنبله‌هایی که طول بیشتری داشتند، تعداد و وزن دانه‌های آن‌ها کمتر از سایر سنبله‌ها بود. عملکرد دانه چاودار با سایر صفت‌های مرتبط با اجزای عملکرد (از قبیل وزن هزار دانه) همبستگی مثبت و معنی‌داری نداشت. بر اساس گزارش Shahid-Masood *et al.* (2005)، بررسی همبستگی بین صفت‌های گندم نشان داد عملکرد دانه با صفت‌های ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. نتایج برخی مطالعات نیز نشان داده است که در گندم بین عملکرد دانه با صفت‌های وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و طول سنبله همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد (Saleem *et al.*, 2006).

www.SID.ir

Archive

جدول ۱- ضرایب همبستگی بین صفت‌های اندازه‌گیری‌شده در ژنوتیپ‌های چاودار

Table 1. Correlation coefficients between traits measured of rye genotypes

صفات Characteristics	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1																				
2	0.44																			
3	0.78	0.65																		
4	0.24	-0.23	-0.06																	
5	-0.18	0.13	0.13	-0.41																
6	0.10	0.05	0.29	-0.12	0.66															
7	-0.11	-0.05	0.09	0.02	0.66	0.76														
8	-0.16	0.02	0.03	-0.45	0.49	0.33	0.24													
9	-0.16	0.03	0.00	-0.44	0.34	0.15	0.01	0.96												
10	-0.20	-0.04	-0.14	-0.41	-0.04	-0.29	-0.43	0.62	0.76											
11	0.28	0.34	0.53	-0.21	0.65	0.79	0.73	0.25	0.07	-0.38										
12	0.35	0.34	0.57	-0.14	0.63	0.80	0.76	0.30	0.11	-0.35	0.97									
13	-0.23	-0.44	-0.44	0.28	-0.02	0.14	0.08	0.19	0.19	0.18	-0.17	-0.14								
14	0.00	0.19	0.22	-0.30	0.42	0.42	0.42	0.08	-0.04	-0.22	0.53	0.44	-0.35							
15	-0.09	0.22	0.22	-0.53	0.66	0.61	0.48	0.57	0.46	0.09	0.58	0.57	-0.21	0.51						
16	-0.12	-0.14	-0.24	-0.13	-0.14	-0.34	-0.43	0.58	0.71	0.80	-0.42	-0.38	0.41	-0.44	-0.12					
17	-0.16	-0.04	0.01	-0.05	0.35	0.49	0.46	0.15	0.07	-0.20	0.48	0.42	0.31	0.18	0.28	-0.17				
18	0.07	0.03	-0.01	0.17	-0.34	-0.33	-0.40	-0.20	-0.14	0.07	-0.35	-0.35	-0.02	-0.16	-0.23	0.14	-0.14			
19	-0.04	0.26	0.34	-0.45	0.72	0.67	0.67	0.44	0.29	-0.16	0.75	0.74	-0.25	0.57	0.74	-0.36	0.46	-0.31		
20	-0.21	0.01	-0.10	-0.46	0.03	-0.22	-0.43	0.61	0.73	0.94	-0.33	-0.31	0.15	-0.14	0.11	0.75	-0.20	0.05	-0.13	
21	-0.10	0.07	-0.04	-0.28	0.14	0.01	-0.21	0.57	0.63	0.56	-0.16	-0.14	0.17	0.00	0.26	0.54	0.01	0.50	0.09	0.60

(1) ارتفاع گیاه (Plant height)

(2) طول آخرین میانگره (Internode length first)

(3) طول اولین میانگره (Internode length second)

(4) طول سنبله (Spike length)

(5) طول ریشک (Awn length)

(6) قطر ساقه (Stem diameter)

(7) وزن کاه سنبله (Straw weight of spike)

(8) وزن سنبله (Spike weight)

(9) وزن دانه سنبله (Weight of seeds per spike)

(10) شاخص برداشت سنبله (Harvest Index of spike)

(11) وزن پدانکل (First internode weight)

(12) وزن دومین میانگره (Second internode weight)

(13) تعداد سنبلچه در سنبله (Number of spikelet per spike)

(14) طول دانه (Length of seed)

(15) قطر دانه (Diameter of seed)

(16) تعداد دانه در سنبله (Seed number per spike)

(17) طول برگ پرچم (Flag leaf length)

(18) تعداد سنبله در واحد سطح (Number of spike per area)

(19) وزن هزار دانه (Thousand seed weight)

(20) شاخص برداشت (Harvest index)

(21) عملکرد دانه (Seed yield)

مقادیر بحرانی همبستگی در سطح احتمال یک و پنج درصد (با درجه آزادی ۶۲) به‌ترتیب برابر ۰/۲۵ و ۰/۲۱ می‌باشند.

Critical values of correlation P<0.05 and P<0.01 (with 62 degrees of freedom) are 0.25 and 0.21, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که صفت‌های مهمی همچون تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح و شاخص برداشت با عملکرد دانه چاودار مرتبط بوده و با توجه به همبستگی متوسط و نسبتاً بالای آن‌ها با عملکرد می‌توان از آن‌ها برای اصلاح عملکرد دانه چاودار بهره برد. با وجودی که در شرایط مطلوب ارقام با پتانسیل عملکرد بالا دارای همبستگی بین طول سنبله و عملکرد می‌باشند (Mamghani *et al.*, 2003) ولی چنین حالتی در این آزمایش مشاهده نشد. این امر می‌تواند ناشی از پایین بودن پتانسیل عملکرد ارقام مورد بررسی باشد. اصلی‌ترین عامل در تبیین این رابطه وجود محدودیت در روابط منبع و مخزن در غلات می‌باشد زیرا در شرایط نامطلوب گیاه با محدودیت دوگانه منبع و مخزن (co-limitation) مواجه می‌گردد (Lawlor and Paul, 2014). در شرایط مذکور پیری برگ‌ها تسریع شده و کارایی سیستم‌های فتوسنتزی کاهش می‌یابد (Calderini *et al.*, 2006) این حالت در غلات می تواند منجر محدودیت در تأمین فتوآسیملات‌ها برای پرشدن دانه گردد. محدودیت منبع حتی در ارقام با سنبله بزرگتر می تواند باعث کاهش عملکرد گردد (Blum *et al.*, 1988). با توجه به ثابت بودن و در برخی مواقع محدود بودن قدرت تأمین فتوآسیملات‌ها برای پرشدن دانه به نظر می‌رسد افزایش طول سنبله چنانچه با افزایش تعداد گلچه‌ها همراه باشد، می‌تواند منجر به عقیم شدن برخی از آن‌ها گردد (Slafer and Savin, 1994). نتایج آزمایش سایر محققین حاکی از آن است که زرد شدن برگ‌ها پایینی، دوام سطح سبز پایین، بسته شدن روزنه‌ها، هدایت روزنه ای پایین، ریزش برگ‌های پایینی، زرد شدن سریع سنبله، لوله‌ای شدن برگ پرچم در مرحله گرده‌افشانی و پرشدن دانه در شرایط مدیترانه و در شرایط تنش خشکی و گرمایی انتهای فصل می‌توانند عرضه فتوآسیملات‌ها را با محدودیت مواجه نمایند (Calderini *et al.*, 2006; Hafsi *et al.*, 2000; Munne-Bosch and Alegre, 2004). محدودیت منبع (source limitation) به‌ویژه در انتهای دوره نموی باعث ایجاد اختلال در فرایند پر شدن دانه غلات‌شده و رابطه منفی بین طول سنبله و عملکرد ایجاد نماید (Slafer and Savin, 1994). احتمالاً چنین دلیلی بتواند رابطه منفی مشاهده‌شده بین طول سنبله و عملکرد دانه چاودار در این آزمایش را توجیه نماید.

ارتفاع بوته، طول سنبله، قطر ساقه، وزن کاه سنبله و وزن دومین میانگره دارای همبستگی منفی و معنی‌دار با صفت شاخص برداشت بودند در حالی‌که همبستگی بین وزن سنبله، وزن دانه سنبله و تعداد دانه در سنبله با شاخص برداشت مثبت و معنی‌دار شد (جدول ۱). در بررسی همبستگی صفت‌های جو گزارش‌شده است که شاخص برداشت تنها با طول پدانکل و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشته و با بقیه صفت‌های اندازه‌گیری‌شده از قبیل ارتفاع بوته، طول سنبله، وزن سنبله، وزن دانه سنبله و تعداد دانه در سنبله هیچ نوع همبستگی مثبت یا منفی نشان نداده است (Nasri *et al.*, 2013). در غلات وزن دانه ناشی از تقسیم سلول‌های آندوسپرمی و پرشدن نشاسته در سلول‌های آندوسپرم می‌باشد و با توجه به این‌که پرشدن دانه در مراحل انتهای فصل اتفاق می‌افتد و در شرایط آب و هوایی مناطق مدیترانه‌ای، این فرایند بیشتر تحت تأثیر بازگسیل (remobilization) مواد ذخیره شده در اندام‌های رویشی نظیر میانگره‌ها و فتوسنتز اندام‌های دارای دوام سبز بالا نظیر برگ پرچم و ریشک است. از سوی دیگر همبستگی منفی بین اجزای عملکرد در غلات ناشی از وجود رابطه جبرانی (competition effect) بین آن‌ها است. این امر خود ناشی از وجود محدودیت منبع، مخزن و یا هر دو مورد می‌باشد به‌طوری‌که با افزایش تعداد سنبله یا تعداد گلچه در سنبله به دلیل عدم توانایی منبع جهت حمایت تمامی مخزن‌های تشکیل شده وزن دانه کاهش می‌یابد (Hay and Porter, 2006). صفت‌های طول آخرین میانگره، طول اولین میانگره، طول ریشک، قطر ساقه، وزن کاه سنبله، وزن سنبله، وزن دانه سنبله، وزن پدانکل، وزن دومین میانگره، طول دانه، قطر دانه و طول برگ پرچم همبستگی مثبت و معنی‌داری

www.SID.ir

Archive of SID

با وزن هزار دانه داشتند ولی طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح همبستگی منفی و معنی‌داری با وزن هزار دانه نشان دادند (جدول ۱). طبق گزارش Nourkhalaj *et al.* (2010) وزن هزار دانه گندم با تعداد دانه در مترمربع و تعداد دانه در سنبله همبستگی منفی داشت که برخلاف نتایج حاصل در چاودار است. Hosienpour *et al.* (2003) در بررسی ضرایب همبستگی صفت‌های زراعی مختلف در ژنوتیپ‌های گندم بیان داشتند وزن هزار دانه با صفت‌های مهمی از قبیل عملکرد دانه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و سرعت پر شدن دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت و در بین اجزای عملکرد دانه، وزن هزار دانه بالاترین همبستگی را با عملکرد دانه از خود نشان داد. سهم اجزای علمکرد بر حسب شرایط محیطی و گونه گیاهی متغیر می‌باشد در آزمایش مذکور به نظر می‌رسد سهم تعداد سنبله و تعداد گلچه در سنبله بسیار پررنگ‌تر از وزن هزار دانه باشد. با توجه به شرایط اقلیمی مناطق مدیترانه‌ای محل آزمایش و کمبود بارندگی و دماهای بالا در مرحله پرشدن دانه به نظر می‌رسد فرایند پرشدن دانه به‌صورت کامل انجام نمی‌گیرد. طبق گزارش Blum *et al.* (1988) محدودیت منبع در مراحل انتهایی نمو رشد گندم، دلیل وجود رابطه مثبت بین وزن هزار دانه و عملکرد دانه است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

تعداد سنبله در واحد سطح به‌عنوان یکی از اجزای عملکرد، با صفت‌های طول ریشک، قطر ساقه، وزن کاه سنبله، وزن پدانکل و وزن دومین میانگره همبستگی منفی و معنی‌دار داشت (جدول ۱). برخی از محققین همبستگی‌های مثبتی بین تعداد سنبله در مترمربع و عملکرد دانه و وزن هزار دانه با عملکرد دانه (Ramazani *et al.*, 2017) گزارش کرده‌اند.

طول ریشک با صفت‌های قطر ساقه، وزن کاه سنبله، وزن سنبله، وزن دانه سنبله، وزن پدانکل، وزن دومین میانگره، طول دانه، قطر دانه، طول برگ پرچم و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت ولی با طول سنبله همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد. با توجه به شرایط آزمایش و متوسط نیاز بهاره‌سازی ارقام، تشکیل آغازی زایشی و اجزای تعیین‌کننده عملکرد و همچنین شکل‌گیری اندازه مخزن در انتهای زمستان و ابتدای فصل بهار صورت می‌گیرد. دوره مذکور در مناطق مدیترانه دارای مقادیر قابل توجهی بارندگی و از نظر دمایی نسبتاً مناسب می‌باشد اما حال پرشدن مخزن‌های تشکیل‌شده در انتهای دوره نموی صورت می‌گیرد که در طی این دوره بدلیل شرایط نامساعد و پیرشدن اندامهای فتوسنتزی میزان عرضه فتوآسیمیلات‌ها و قدرت منبع ناچیز می‌باشد و همین امر می‌تواند سهم تعداد و اندازه مخازن (تعداد سنبله، تعداد گلچه، تعداد دانه در سنبله) را در تعیین عملکرد برجسته نماید. بین منبع و مخزن برهمکنش وجود دارد و قدرت مخزن به شدت تحت تأثیر اندازه و قدرت منبع می باشد و در شرایط نبود حمایت منابع آغازی‌ها نمی‌توانند به اندام‌های زایشی تبدیل گردد. این برهمکنش به شدت تحت تأثیر شرایط اقلیمی، تغذیه‌ای و شدت تنش در محیط می‌باشد (Yu *et al.*, 2015). بین اجزای عملکرد رابطه متقابل و منفی وجود دارد که افزایش یک جزء سبب کاهش جزء یا اجزای دیگر می‌شود. این یک سیستم خودتنظیمی و جبرانی است که باعث تطابق بهتر گیاه با امکانات و شرایط محیطی می‌شود. در بررسی همبستگی صفت‌های جو (Mohammadinia *et al.*, 2012)، بین طول ریشک با تعداد دانه در سنبله، طول سنبله و عملکرد دانه رابطه منفی و غیرمعنی‌داری مشاهده شد. اگرچه گزارش شده است که ریشک‌ها می‌توانند به میزان زیادی مواد فتوسنتزی سنبله را تأمین کنند و وجود ریشک‌ها می‌تواند فتوسنتز خالص سنبله را تا دو برابر افزایش دهد (Peterson *et al.*, 2006)، ولی در این مطالعه نقش ریشک‌ها در افزایش عملکرد چاودار محرز نبود.

برای برازش بهینه مدل رگرسیون خطی چندگانه از آماره‌های چندهم‌خطی شامل آماره تحمل و عامل تورم

www.SID.ir

Archive of SID

واریانس استفاده گردید و بدین منظور تمامی صفت‌های اندازه‌گیری‌شده به‌عنوان متغیر مستقل و عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته وارد گردید. صفت وزن دانه سنبله با داشتن بیشترین مقدار عامل تورم واریانس و کمترین مقدار آماره تحمل و لذا دارای بیشترین چند هم‌خطی با عملکرد دانه بود. همچنین صفت‌های وزن کاه سنبله، وزن سنبله، شاخص برداشت سنبله، وزن پدانکل، وزن دومین میانگره، تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت نیز دارای چندهم‌خطی فراوانی با عملکرد دانه چاودار بودند. وزن دانه سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح، وزن سنبله، وزن کاه سنبله، شاخص برداشت سنبله، وزن دومین میانگره، تعداد دانه، وزن هزار دانه، قطر ساقه، شاخص برداشت، طول ریشک، ارتفاع گیاه و وزن دومین میانگره از اجزاء تأثیرگذار بر عملکرد دانه بودند در حالی‌که در مطالعات مشابه برخی از این صفت‌ها از قبیل وزن کاه سنبله و شاخص برداشت سنبله گزارش نشده‌اند. یکی از دلایل این امر این است که برخی از صفات مذکور در سایر مطالعات مورد اندازه‌گیری قرار نگرفته‌اند. این در حالی است که وزن کاه سنبله و شاخص برداشت سنبله که به‌طور غیرمستقیم بر عملکرد دانه تأثیر دارند در مطالعات قبل مورد توجه نبوده است ولی بررسی وزن سنبله نشان داده که در زمان پرشدن دانه، انتقال مجدد از طریق خود سنبله می‌تواند در افزایش عملکرد نقش ایفا کند. آماره‌های تحمل و عامل تورم واریانس آن‌ها در این آزمایش بیشتر از حد قابل قبول (مقدار بیشتر از ۱۰ برای عامل تورم واریانس و مقدار کمتر از یک برای شاخص تحمل) بود. عامل تورم واریانس صفت وزن دانه سنبله در مرحله دوم برازش مدل، از ۱۰۵/۴۵ به ۱/۲۰ کاهش یافت. در مرحله دوم که این صفت‌ها جداگانه به‌عنوان متغیر وابسته و صفت‌های باقی‌مانده به‌عنوان صفت‌های مستقل وارد مدل شدند، برای وزن دانه سنبله، دو صفت وزن سنبله و وزن کاه سنبله وارد مدل شدند و عامل تورم واریانس آن‌ها به‌ترتیب از ۹۵/۹۶ و ۱۳/۰۰ به ۱/۰۶ و ۱/۰۶ کاهش یافت و مشکل چند هم‌خطی رفع گردید (جدول ۲). برای تعداد سنبله، تنها صفت وزن کاه سنبله وارد مدل گردید و عامل تورم واریانس آن از ۱۳/۰۰ به ۱/۰۰ کاهش یافت. زمانی که صفت وزن سنبله به‌عنوان صفت وابسته و سایر صفت‌های باقی‌مانده به‌عنوان متغیر مستقل وارد مدل شدند صفت‌های باقی‌مانده شامل شاخص برداشت سنبله، وزن دومین میانگره، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه بودند که در این صفت‌ها نیز آماره‌های چند هم‌خطی کاهش داشت (جدول ۲). وقتی صفت وزن کاه سنبله به‌عنوان صفت وابسته و سایر صفت‌های باقی‌مانده به‌عنوان متغیر مستقل وارد مدل شدند صفت‌های قطر ساقه، شاخص برداشت، طول ریشک، ارتفاع گیاه و وزن دومین میانگره مدل نهایی را برازش نمودند. همچنین در صفت‌های شاخص برداشت و وزن دومین میانگره نیز آماره‌های چندهم‌خطی به‌ترتیب از ۱۵/۸۶ و ۴۳/۹۸ به ۱/۲۴ و ۴/۷۸ کاهش یافت (جدول ۲). کارایی روش فوق برای کاهش آماره‌های چند هم‌خطی در تجزیه علیت صفت‌های هدف از قبیل عملکرد در گیاهان (Asghari-Zakaria *et al.*, 2006) به اثبات رسیده است.

نتایج رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که وزن دانه سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح ازجمله صفت‌هایی بودند که وارد مدل رگرسیونی شدند، این صفت‌ها با دارا بودن ضرایب رگرسیون مثبت و معنی‌دار دارای اثرات مثبت بر عملکرد دانه می‌باشند، به عبارتی انتظار می‌رود که با افزایش آن‌ها مقادیر عملکرد دانه نیز افزایش یابد. همچنین حدود ۷۵ درصد از تغییرات عملکرد توسط دو صفت اول وارد شده در مدل رگرسیونی توجیه شدند. تغییرات توجیه‌شده عملکرد دانه توسط دو صفت اول واردشده در مدل و مقادیر بالای ضریب تبیین تجمعی، نشانگر ورود متغیرهایی با مشارکت پرمعنا در برازش مدل بود. نتایج این پژوهش با یافته‌های مطالعات دیگر مبنی بر وجود همبستگی بین عملکرد دانه با صفت‌های وزن دانه سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح مطابقت می‌نماید (Mohammadinia *et al.*, 2012; Mohsin *et al.*, 2009).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- آماره های چند هم‌خطی (تحمل و عامل تورم واریانس) در روش‌های معمولی (مدل ۱) و مرحله‌ای (مدل ۲)
Table 2. Collinearity statistics (tolerance and VIF) in conventional (model I) and sequential (model II) methods

عامل تورم واریانس VIF		تحمل Tolerance		صفت مستقل	صفت هدف
مدل ۲ Model II	مدل ۱ Model I	مدل ۲ Model II	مدل ۱ Model I	Independent trait	Target trait
105.45	1.02	0.0095	0.981	وزن دانه سنبله Weight of seeds per spike	عملکرد دانه Seed yield
1.52	1.02	0.6573	0.981	تعداد سنبله در واحد سطح Number of spike per area	
95.96	1.06	0.0104	0.940	وزن سنبله Spike weight	وزن دانه سنبله Weight of seeds per spike
13.00	1.06	0.0769	0.940	وزن کاه سنبله Straw weight of spike	
13.00	1.00	0.0769	1.000	وزن کاه سنبله Straw weight of spike	تعداد سنبله Number of spike per area
19.89	3.39	0.0503	0.295	شاخص برداشت سنبله Harvest index of spike	وزن سنبله Spike weight
43.98	2.60	0.0227	0.385	وزن دومین میانگره Second internode weight	
10.09	3.45	0.0991	0.290	تعداد دانه Seed number per spike	
8.98	2.67	0.1114	0.374	وزن هزار دانه Thousand seed weight	
6.15	3.25	0.1626	0.308	قطر ساقه Stem diameter	وزن کاه سنبله Straw weight of spike
15.86	1.24	0.0631	0.808	شاخص برداشت Harvest index	
3.60	2.72	0.2780	0.367	طول ریشک Awn length	
5.67	1.69	0.1765	0.593	ارتفاع گیاه Plant height	
43.98	4.78	0.0227	0.209	وزن دومین میانگره Second internode weight	

نتایج تجزیه علیت نشان داد که اثرات مستقیم صفت‌های مورد بررسی بر عملکرد دانه متفاوت است و با کمک مدل نهایی از صفت‌های واردشده در مدل رگرسیونی جهت تعیین اثرات مستقیم مشخص شد صفت‌های وزن دانه سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح به‌ترتیب با ضریب علیت ۰/۷۱ و ۰/۶۰ بیشترین اثر مستقیم را روی عملکرد دانه داشتند (جدول ۳). هماهنگی علامت و معنی‌دار بودن اثر مستقیم این دو صفت با همبستگی ساده آن با عملکرد دانه بیانگر این مطلب است که این صفت‌ها می‌توانند جهت گزینش

www.SID.ir

Archive of SID

ارقام پـر محصـول مـؤثر باشـند. نتـایج نشـان داد کـه ضرایب علیت محاسبه‌شـده قابـل‌اعتمـاد بـوده و بـا نتـایج بـوت‌اسـترپ اخـتلاف زیـادی نداشـتند. بـه‌عنـوان مثـال ضرایب علیت صفت‌های وزن دانه سنبله و تعداد سنبله در واحـد سـطح بـه‌ترتیـب بجـای ۰/۷۱۴ و ۰/۵۹۶ در روش بوت‌استرپ به مقدار ۰/۷۱۳ و ۰/۶۰۲ محاسبه گردید.

لذا مقادیر محاسبه‌شده در روش رگرسیون گـام‌بـه‌گـام قابل‌اعتماد است. نتایج مشـابهی در مقایسـه ضـرایب علیـت منتج از اعمال روش رگرسیون گام‌به‌گـام چندگانـه خطـی با ضرایب علیت، انحـراف معیـار و اریـب محاسـبه‌شـده از روش بوت‌استرپ در سـایر گیاهـان زراعـی از قبیـل سـویا (Sedghi and Amanpour-Balaneji, 2010) گـزارش شده است. تجزیه ضرایب همبسـتگی صـفت‌هـای زراعـی چاودار به اثرات مستقیم و غیرمستقیم بر اساس جـدول (۳) نشان داد که وزن دانه سنبله اثر مسـتقیم مثبتـی بـر عملکـرد دانه دارد، در حالی‌که اثر غیرمستقیم ایـن صـفت از طریـق تعداد سنبله در واحـد سـطح نـاچیز و منفـی بـود (۰/۰۸-). همچنین تعداد سنبله در واحد سطح اثـر مسـتقیم مثبتـی بـر عملکرد دانه داشت، در حالی‌که اثر غیرمستقیم این صـفت از طریق وزن دانه سنبله کم و منفی می‌باشد (۰/۱۰-).

با توجه به اثر مستقیم مثبت و بالای وزن دانه سـنبله و تعـداد سـنبله در واحـد سـطح بـر عملکـرد دانـه و اثـر غیرمستقیم منفی و پایین آن‌ها، می‌توان از ایـن صـفت‌هـا به‌عنوان معیار مناسب جهت گزینش عملکرد بـالای دانـه استفاده کرد. در مرحله دوم تجزیه علیت مشخص گردید وزن سنبله اثر مستقیم مثبتی بـر وزن دانـه سـنبله دارد، در حالی‌که اثر غیرمستقیم این صفت از طریق وزن کاه سنبله کم و منفی بود (۰/۰۶-). اثر مسـتقیم وزن کـاه سـنبله بـر وزن دانه سنبله مثبت و نسبتاً قابل توجـه (۰/۲۵) ولـی اثـر غیرمستقیم این صفت از طریق وزن سنبله متوسط و منفـی بـود (۰/۲۳-). در بررسـی روابـط علـت و معلـولی در ۲۵ رقم و لاین پیشرفته جوهای شـش ردیفـه، تعـداد دانـه در سنبله با اثر مستقیم ۱/۳۶ مهم‌ترین جـز مـؤثر بـر عملکـرد دانه بوده و اثر مستقیم تعداد سنبله در واحد سـطح و وزن دانه نیـز مثبـت بـود (Nourmohammadi *et al.*, 2000). در تجزیه علیت تعدادی از ژنوتیپ‌های گندم، دو صـفت تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله به‌عنوان صفت‌های تعیین‌کننده عملکـرد دانـه در گنـدم شناسـایی شدند (Tavakoli, 2012). وزن سنبله دارای اثـر مسـتقیم مثبـت و بـالای ۱/۳۴ و اثـر غیرمسـتقیم مثبـت از طریـق شاخص برداشـت و اثـر غیرمسـتقیم منفـی از طریـق وزن خشک بر عملکرد دانه جو بود (Nasri *et al.*, 2013).

جدول ۳ -تجزیه علیت همبستگی عملکرد دانه با صفت‌های دیگر در مدل رگرسیونی گام‌به‌گام

Table 3. Path coefficient analysis of seed yield with the other traits in the stepwise regression model

اثر غیرمستقیم Indirect effect		اثر مستقیم Direct effect	صفت مستقل Independent trait	صفت هدف Target trait
تعداد سنبله در واحد سطح Number of spike per area	وزن دانه سنبله Weight of seeds per spike			
-0.083		0.714	وزن دانه سنبله Weight of seeds per spike	عملکرد دانه Seed yield
	-0.099	0.596	تعداد سنبله در واحد سطح Number of spike per area	
وزن کاه سنبله Straw weight of spike	**وزن سنبله Spike weight**			
-0.057		1.020	وزن سنبله Spike weight	وزن دانه سنبله Weight of seeds per spike
	0.249	-0.234	وزن کاه سنبله Straw weight of spike	

www.SID.ir

ادامه جدول ۳- تجزیه علیت همبستگی عملکرد دانه با صفت‌های دیگر در مدل رگرسیونی گام‌به‌گام

Table 3 (Continuation). Path coefficient analysis of seed yield with the other traits in the stepwise regression model

صفت هدف Target trait	صفت مستقل Independent trait	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیرمستقیم Indirect effect				
			وزن کاه سنبله Straw weight of spike				
تعداد سنبله در واحد سطح Number of spike per area	وزن کاه سنبله Straw weight of spike	-0.400	-	-			
			شاخص برداشت سنبله Harvest index of spike	وزن دومین میانگره Second internode weight	تعداد دانه در سنبله Seed number per spike	وزن هزار دانه Thousand seed weight	
وزن سنبله Spike weight	شاخص برداشت سنبله Harvest index of spike	0.273		-0.089	0.521	-0.082	
	وزن دومین میانگره Second internode weight	0.257	-0.095		-0.248	0.385	
	تعداد دانه در سنبله seed number per spike	0.648	0.219	-0.098		-0.185	
	وزن هزار دانه thousand seed weight	0.519	-0.043	0.190	-0.231		
			قطر ساقه Stem diameter	شاخص برداشت Harvest index	طول ریشک Awn length	ارتفاع گیاه Plant height	وزن دومین میانگره Second internode weight
وزن کاه سنبله Straw weight of spike	قطر ساقه Stem diameter	0.217		0.064	0.087	-0.035	0.428
	شاخص برداشت Harvest index	-0.286	-0.048		0.004	0.072	-0.167
	طول ریشک Awn length	0.132	0.143	-0.009		0.063	0.336
	ارتفاع گیاه Plant height	-0.350	0.022	0.059	-0.024		0.185
	وزن دومین میانگره Second internode weight	0.533	0.174	0.090	0.083	-0.122	

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص برداشت سنبله، وزن دومین میانگره، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه بر صفت وزن سنبله مؤثر بودند. اثر مستقیم صفت‌های تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه بر صفت وزن سنبله مثبت و نسبتاً زیاد بود و به‌ترتیب برابر ۰/۶۵ و ۰/۵۲ بود ولی اثر مستقیم شاخص برداشت سنبله، وزن دومین میانگره بر وزن سنبله مثبت و متوسط (به‌ترتیب برابر۰/۲۷ و ۰/۲۶) بود (جدول ۳). تأثیر غیرمستقیم صفت‌های تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه از طریق سایر صفت‌ها بر صفت وزن سنبله ناچیز یا متوسط بود و لذا اثر مستقیم آن‌ها مهم‌تر است. تأثیر غیرمستقیم شاخص برداشت سنبله از طریق سایر صفت‌ها بر وزن سنبله تنها از طریق تعداد دانه بر سنبله قابل توجه بود ولی اثر غیرمستقیم وزن دومین میانگره از طریق وزن هزار دانه بیشتر از سایر اثرات غیرمستقیم بود.

لذا به نظر می‌رسد برای بهبود ژنتیکی صفت وزن سنبله چاودار بهتر است ابتدا صفت‌های تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه و سپس صفت‌های شاخص برداشت سنبله و وزن دومین میانگره مورد توجه به‌نژادگران قرار گیرد. در بررسی روابط علت و معلولی ژنوتیپ‌های تریتیکاله، تعداد سنبله در گیاه و تعداد دانه در سنبله بیشترین اثر مستقیم را در عملکرد دانه نشان دادند و شاخص برداشت، تعداد سنبله در گیاه، وزن هزار دانه، طول سنبله و تعداد دانه در سنبله جهت بهبود عملکرد پیشنهاد گردید (Khodarahmi *et al.*, 2006). در تجزیه علیت تعدادی از ژنوتیپ‌های گندم، وزن سنبله، شاخص برداشت و ارتفاع گیاه به‌عنوان مهم‌ترین صفت‌های مؤثر و تعیین‌کننده عملکرد دانه معرفی شده‌اند (Moradiyan *et al.*, 2013).

تنها صفت مؤثر بر وزن کاه سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح بود که تأثیر منفی قابل توجهی داشت (۰/۴۰-). صفت‌های تأثیرگذار بر وزن کاه سنبله، صفت‌های قطر ساقه، شاخص برداشت، طول ریشک، ارتفاع گیاه و وزن دومین میانگره بودند که وزن دومین میانگره بیشترین اثر مستقیم مثبت (۰/۵۳) را داشت ولی صفت‌های شاخص برداشت و ارتفاع گیاه اثر مستقیم منفی (۰/۲۹- و ۰/۳۵-) بر صفت وزن کاه سنبله داشتند (شکل ۱). قطر ساقه نیز دارای اثر مستقیم مثبت و متوسط (۰/۲۲) بر وزن کاه سنبله بود و از طریق صفت وزن دومین میانگره دارای بیشترین اثر غیرمستقیم (۰/۴۳) بود (جدول ۳). صفت شاخص برداشت از طریق سایر صفت‌ها دارای اثر غیرمستقیم ناچیزی بود. صفت طول ریشک دارای اثر غیرمستقیم مثبت و متوسط (۰/۳۴) از طریق وزن دومین میانگره بر صفت وزن کاه سنبله بود. اثر غیرمستقیم ارتفاع گیاه نیز تنها از طریق صفت وزن دومین میانگره در حد ضعیف بوده و از طریق سایر صفت‌ها ناچیز بود (جدول ۳). تجزیه علیت وزن هزار دانه نشان داد که باوجود منفی بودن همبستگی این صفت با عملکرد دانه، از طریق وزن سنبله اثر مثبت در عملکرد دانه داشت (۰/۳۰)، بنابراین با وجودی که وزن هزار دانه از اجزا اصلی عملکرد می‌باشد، ولی اثر آن روی عملکرد منفی بوده لذا توصیه گردید که در برنامه‌های به‌نژادی به‌منظور بالا بردن عملکرد دانه، صفت تعداد دانه در سنبله مورد تأکید بیشتر قرار گیرد. با توجه به نتایج حاصل، ژنوتیپ‌های چاودار مورد مطالعه، جامعه گیاهی مناسبی بوده و دارای تنوع مطلوبی می‌باشد و می‌توانند به‌عنوان جامعه پایه برای اهداف اصلاحی مورد استفاده قرار گیرد. از صفت‌های شناسایی‌شده می‌توان برای تعریف شاخص‌های انتخاب استفاده نمود تا عملکرد دانه چاودار در برنامه‌های به‌نژادی افزایش یابد. نتایج نشان داد با افزایش وزن دانه سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح، عملکرد دانه چاودار از طریق افزایش صفت‌های مرتبط با سنبله و وزن هزار دانه و کاهش شاخص برداشت و ارتفاع گیاه افزایش می‌یابد. همچنین اعتبار و صحت روابط علیت محاسبه‌شده از طریق نمونه‌گیری با جایگذاری بوت‌استرپ مورد تائید قرار گرفت و اریب فراوانی نداشت که از مقادیر ناچیز اریب‌های محاسبه شده و ضرایب علیت پیش‌بینی شده از طریق روش بوت‌استرپ قابل درک است. با توجه به وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین اجزای عملکرد،

www.SID.ir

Archive of SID

مشاهده بیشترین اثر مستقیم ناشی از صفت‌های وزن دانه سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح بر عملکرد دانه قابل انتظار بود، چرا که اگر تعداد سنبله در واحد سطح و وزن دانه سنبله بیشتر باشد عملکرد دانه نیز بالاتر خواهد شد.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی با در نظر گرفتن همبستگی بین عملکرد دانه و سایر صفت‌ها و همچنین بررسی رگرسیون گام‌به‌گام و تجزیه علیت صفت‌ها می‌توان به این نتیجه رسید که وزن دانه سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند، در اولویت بعدی، صفت‌های وزن سنبله، وزن کاه سنبله، شاخص برداشت سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، قطر ساقه، شاخص برداشت، طول ریشک، ارتفاع گیاه و وزن دومین میانگره قرار داشتند لذا در برنامه‌های اصلاحی چاودار می‌توان با اصلاح و بهبود صفت‌های ذکرشده، عملکرد دانه را افزایش داد.

References

Asghari-Zakaria, R., Fathi, M. and Hasan-Panah, D. (2006). Sequential path analysis of yield components in potato. *Potato Research*, 49(4), 273-279.

Aycicek, M. and Yildirim, T. (2006). Path coefficient analysis of yield and yield components in breed wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Pakistan Journal of Botany*, 38(2), 417-424.

Blum, A., Mayer, J. and Golan, G. (1988). The effect of grain number per ear (sink size) on source activity and its water-relations in wheat. *Journal of Experimantal Botany*, 39(1), 106-114.

Calderini, D. F., Reynolds, M. P. and Slafer, G. A. (2006). Source–sink effects on grain weight of bread wheat, durum wheat, and triticale at different locations. *Australian Journal of Agricultural Research*, 57(2), 227–233.

Fathalipoor, Z., Nabati Ahmadi, D., Rajabi Memari, H., Siahpoosh A. and Sedighi Dehkordi F. (2014). Determination of plant diversity using morphological characters and path analysis in dill germplasms. *Plant Productions*, 37(4), 57-67.

Ghaedrahmati, M., Mardi, M., Naghavi, M. R., Heravan, E. M., Nakhoda, B., Azadi, A. and Mohammadi-Nejad, G. (2017). Statistical analysis of yields and its component of seeds resulted from early crosses of wheat cultivars under salinity conditions. *Journal of Crop Breeding*, 9(21), 66-78.

Hafsi, M., Mechmeche, W., Bouamama, L., Djekoune, A., Zaharieva, M. and Monneveux, P. (2000). Flag leaf senescence, as evaluated by numerical image analysis, and its relationship with yield under drought in durum wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 185(4), 275-280.

Hay, R. K. and Porter, J. R. (2006). *The physiology of crop yield*. Hoboken, New Jersey, United States: Wiley-Blackwell Publishing.

Hosienpour, T. R., Mamaghani, S., Siadat, A. and Bahari, M. (2003). Path analysis of agronomic traits of seed yield and straw in wheat genotypes under low irrigation. *Scientific Journal of Agriculture*, 26(2), 105-118.

Kashif, M. and Khaliq, I. (2004). Heritability, correlation and path coefficient analysis for some metric traits in wheat. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6(1), 138-142.

Khodarahmi, M., Amini, A. and Bihamta, M. R. (2006). Correlations and path analysis of grain yield in triticale. *Iranian Journal of Agricultural Sciences (Journal of Agriculture)*, 37(1), 77-83. [In Farsi]

Lawlor, D. W. and Paul, M. J. (2014). Source/sink interactions underpin crop yield: The case for trehalose 6-phosphate/SnRK1 in improvement of wheat. *Frontiers in Plant Science*, 5, 418.

www.SID.ir

Archive of SID

Lawlor, D. W. and Paul, M. J. (2014). Source/sink interactions underpin crop yield: The case for trehalose 6-phosphate/SnRK1 in improvement of wheat. *Frontiers in Plant Science*, 5, 1-14.

Leilah, A. A. and Khateeb, S. A. (2005). Statistical analysis of wheat yield under drought conditions. *Journal of Arid Environments*, 61(3), 483-496.

Mamghani, R., Siadat, A., Bahari, M. and Hosienpour, T. (2003). Path analysis of agronomic traits for grain yield and straw of wheat genotypes under deficit irrigation condition. *Scientific Journal of Agriculture*, 26, 105-119. [In Farsi]

Mohammadi, S. A., Prasanna, B. M. and Singh, N. N. (2003). Sequential path model for determining interrelationships among grain yield and related characters in maize. *Crop Science*, 43(5), 1690-1697.

Mohammadinia, G., Nasirzadeh, A. R. and Negahdari, H. (2012). Using path analysis to study the relationship between yield and other morphological characters in four lines of barley. *Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi)*, 103(2), 76-83. [In Farsi]

Mohsin, T., Khan, N. and Naqvi, F.N. (2009). Heritability, phenotypic correlation and path coefficient studies for some agronomic characters in synthetic elite lines of wheat. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 7(3), 278-282.

Moosavi S.S., Abdollahi M.R., Ghanbari F. and Kanouniorcid H. (2016). Detection and selection of effective traits on grain yield in chickpea (*Cicer arientinum* L.) under normal moisture condition. *Plant Productions*, 39(1), 119-131.

Moradiyan, P., Kazemi-Arbat, H. and Rezayi-Morad, A. M. (2013). Path analysis of relationships between traits affecting grain yield in bread wheat genotypes. *Journal of Research in Crop Sciences*, 6(21), 73-87. [In Farsi]

Munne-Bosch, S. and Alegre, L. (2004). Die and let live: Leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. *Functional Plant Biology*, 31(3), 203-216.

Nasri, R., Paknejad, F., Sadeghi-Shoa, M., Ghorbani, S. and Fatemi, Z. (2013). Correlation and path analysis of drought stress on yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare*) in Karaj region. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 8(4), 155-165. [In Farsi]

Nourkhalaj, K, Khodarahmi, M., Amini, A., Esmaeilzade, M. and Sadegh-Ghol Moghaddam, R. (2010). Study on correlation and causation relations of morphological traits in synthetic wheat liens. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 6(3), 7-17. [In Farsi]

Nourmohammadi, G., Moghadam, M., Mobasser, S. and Kashani, A. (2000). Kernel yield path analysis in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 2(1), 15-22. [In Farsi]

Peterson, G. A., Unger, P. W. and Payne, W. A. (2006). *Dryland agriculture*. Madison, Wiscansin, USA: American Society of Agronomy.

Ramazani, S. H. R., Tajjali, H. and Ghaderi M. G. (2017). Correlation and path coefficient analysis for determining interrelationships among grain yield and related characters in Iranian genotypes of triticale. *Rastenievadni nauki (Bulgarian Journal of Crop Science)*, 54(1), 35-39.

Sabaghnia, N., Dehghani, H., Alizadeh, B. and Mohghaddam, M. (2010). Interrelationships between seed yield and 20 related traits of 49 canola (*Brassica napus* L.) genotypes in non-stressed and water-stressed environments. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2(2), 356-370.

Saleem, U., I. Khaliq, M. T. and Rafique, M. (2006). Phenotypic and genotypic correlation coefficients between yield and yield components in wheat. *Journal of Agricultural Research*, 44(1), 1-8.

Sedghi, M. and Amanpour-Balaneji, B. (2010). Sequential Path model for grain yield in soybean. *Notulae Scientia Biologicae*, 2(3), 104-110.

www.SID.ir

Archive of SID

Shahid-Masood, M., Javaid, A., Ashiq Rabbani, M. and Anwar, R. (2005). Phenotypic diversity and trait association in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) landraces from Baluchistan, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 37(4), 949-957.

Singh, K., Punia, M. S. and Singh, V. (2016). Inter-relationship between grain yield and its component characters in F2 generation of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Current Advanced Research*, 5(6), 749-751.

Slafer, G. A. and Savin, R. (1994). Source sink relationships and grain mass at different positions within the spike in wheat. *Field Crops Research*, 37(1), 39-49.

Tavakoli, A. R. (2012). Correlation coefficient, path analysis and drought tolerance indices for wheat under deficit irrigation conditions and nitrogen levels. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 10(1), 198-206. [In Farsi]

Varshney, R. K., Beier, U., Khlestkina, E. K., Kota, R., Korzun, V., Graner, A. and Borner, A. (2007). Single nucleotide polymorphisms in rye (*Secale cereale* L.): Discovery, frequency, and applications for genome mapping and diversity studies. *Theoretical and Applied Genetics*, 114(6), 1105-1116.

Yu, S. M., Lo, S. F. and Ho, T. H. D. (2015). Source-sink communication: Regulated by hormone, nutrient, and stress cross-signaling. *Trends in Plant Science*, 20(12), 844-857.

Zahedi F., Mohammadi, M. and Karimizadeh, R. (2016). Path analysis to study morph-physiological traits, yield and traits related to yield of lentil genotypes under rain fed condition. *Plant Productions*, 39(2), 71-80.

© 2019 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

www.SID.ir