

بررسی روابط بین عملکرد دانه و اجزای آن در ارقام گندم با استفاده از روشهای

آماري چند متغیر

آزاده رزجی

دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

razajichardoli@gmail.com

فرزاد پاک نژاد

دانشیار مرکز تحقیقات کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

Farzadpaknejad@yahoo.com

فاطمه مجیدی فخر

دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

Fatemeh_Majidi@yahoo.com

چکیده

به منظور ارزیابی همبستگی میان برخی صفات و اجزای عملکرد در 10 رقم گندم و نیز روابط علت و معلولی بین آنها، تحت دو شرایط آبیاری، آزمایشی به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در 4 تکرار در مزرعه آزمایشی دانشکده کشاورزی کرج طی سال 89-1388 انجام شد. در این آزمایش آبیاری در دو سطح (آبیاری مطلوب و قطع آبیاری بعد از ظهور گل آذین) به عنوان فاکتور اصلی و رقم در 10 سطح به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. بررسی ضرایب همبستگی در شرایط مطلوب و تنش نشان داد که عملکرد دانه با صفات تعداد سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت همبستگی مثبت و با تعداد روز تا سنبله دهی همبستگی منفی و معنی داری را داشت. همچنین بالاترین همبستگی مربوط به عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک (**0/91) در شرایط تنش داشت. نتایج رگرسیون گام به گام نشان داد که صفات مهم عملکرد دانه در شرایط مطلوب شامل تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، عملکرد بیولوژیک و وزن هزار دانه می باشند و تقریباً 97 درصد از تغییرات موجود در عملکرد دانه را توجیه می نماید. تجزیه مسیر نشان داد که عملکرد بیولوژیک بیشترین تاثیر مستقیم (0/743) را روی عملکرد دانه در شرایط مطلوب می گذارد. بنابراین نتایج تحقیق می توان احتمال داد که برای رسیدن به عملکرد مطلوب تر در شرایط تنش و بدون تنش باید به ترتیب تعداد سنبله در متر مربع، عملکرد بیولوژیک و تعداد دانه در سنبله را افزایش داد.

واژه های کلیدی: تجزیه مسیر، عملکرد دانه، تنش.

مقدمه

گندم اولین غله پر مصرف جهان است که در حدود 30 درصد سطح زیر کشت و تولید غلات را در جهان به خود اختصاص داده است (Lauro et al., 2004). روند سریع افزایش جمعیت دنیا، نیاز به افزایش تولید گندم را بسیار ضروری نموده است. مناطق خشک و نیمه خشک سطحی حدود 45 میلیون کیلومتر مربع یا یک سوم مجموع زمین های دنیا را در بر گرفته است. 39 درصد از این مساحت جز مناطق نیمه خشک و بقیه آن جز مناطق خشک محسوب می شود. قسمت اعظم کشور ما نیز جز مناطق نیمه خشک به حساب می آید (Biniyaz and Tavili, 2007). در مناطق خشک و نیمه خشک به دلیل کم بودن و توزیع غیر یکنواخت بارندگی از سالی به سال دیگر، عملکرد سال های متوالی نوسانات فراوانی نشان می دهد. از طرف دیگر زیاد بودن میزان تبخیر و تعرق، سبب بروز تنش خشکی در طول دوره رشد گیاهان زراعی می شود (Richard, 2004). تنش خشکی از پدیده های اقلیمی رایج در طبیعت می باشد که مهمترین عامل محدود کننده رشد و تولید گیاهان زراعی است و کمتر گیاهی به طور کامل از آن اجتناب می کند (Verslues et al., 2006).

به اعتقاد محققین به نژادی و فیزیولوژی گیاهی، با استفاده از صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک مناسب و اجزای عملکرد به عنوان معیارهای غیر مستقیم انتخاب برای عملکرد دانه می توان سرعت پیشرفت برنامه های اصلاحی را خصوصا در اصلاح برای تحمل به تنش های محیطی بهبود بخشید و در وقت و هزینه صرفه جویی نمود (Wang et al., 2003).

صفات مورفولوژیک به دقت و با سادگی زیادی قابل اندازه گیری هستند هم چنین توارث پذیری نسبتاً بالایی دارند، بنابراین گزینش بر اساس این صفات ممکن است راه مطمئن و سریعی برای غربال کردن جوامع گیاهی و بهبود عملکرد دانه باشد (Yin et al., 2002). تجزیه ضرایب همبستگی بین صفات مختلف با عملکرد دانه به تصمیم گیری در مورد اهمیت نسبی این صفات و ارزش آن ها به عنوان معیارهای انتخاب، کمک فراوانی می کند. جوشی و همکاران (Joshi, 2003)، آیسسک و همکاران (Aycicek and Yildirim, 2006) بین عملکرد دانه با ارتفاع گیاه، طول سنبله، تعداد پنجه، تعداد سنبله در سنبله و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی دار مشاهده نمودند. این محققین گزارش کردند این صفات اثرات مستقیم و غیر مستقیم بر روی عملکرد دانه در گندم دارند. از آنجایی که بین صفات مرتبط با عملکرد دانه همبستگی منفی وجود دارد و با توجه به روابط پیچیده صفات با همدیگر، قضاوت نهایی نمی تواند فقط بر مبنای ضرایب همبستگی ساده انجام گیرد و لازم است از روش های آماری چند متغیره جهت درک عمیق تر روابط بین صفات بهره برد (Cooper, 1983).

تجزیه به عامل ها یک روش آماری مؤثر در کاهش حجم داده ها است و صفات مختلف که همبستگی بالایی با همدیگر دارند، در چند عامل گروه بندی می کند (Cooper, 1983). این روش به طور مؤثری برای درک روابط و ساختار اجزای عملکرد دانه و صفات مورفولوژیک گیاهان زراعی به کار گرفته شده است (Welsh, 1981). حبیب اله خان و همکاران (Habibullah Khan et al., 2010) در تجزیه عاملی 11 صفت در گندم 4 عامل شناسایی کردند که این عامل ها را 55/29 درصد از واریانس کل متغیرها در بر گرفتند. در بررسی گویتا و همکاران (Gupta et al., 1999) بر روی 40 لاین پیشرفته گندم، 15 صفت مرتبط با عملکرد و کیفیت دانه را به 5 عامل رسیدگی، سنبله، دانه، پروتئین و پنجه دهی گروه بندی کرد که مهمترین آنها عوامل رسیدگی و سنبله با واریانس های نسبی 27/44 و 23/8 درصد بودند.

دنیز و همکاران در جو بهار گزارش نمودند که عملکرد دانه با تعداد پنجه بارور همبستگی مثبت و معنی داری و با سایر صفات همبستگی منفی دارد. همچنین در این مطالعه تعداد پنجه در متر مربع و تعداد دانه در سنبله آثار مستقیم و مثبتی روی عملکرد دانه داشتند (Deniz et al., 2003). اکایاما و همکاران (Qhuyama et al., 2009) در گندم اظهار داشتند که عملکرد دانه با بیوماس و تعداد پنجه بارور در متر مربع و تعداد دانه در سنبله همبستگی مثبتی دارد، همچنین بر اساس گزارش این محققان، تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله آثار مستقیم و مثبتی روی عملکرد دانه داشتند. احمد و همکاران (Ahmad et al., 2003) با مطالعه برخی از صفات زراعی در گندم گزارش نمودند که عملکرد دانه و عملکرد

بیولوژیک با شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی دار داشت ولی ارتفاع گیاه با شاخص برداشت و عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی دار و با عملکرد بیولوژیک، تعداد پنجه در بوته و طول سنبله همبستگی مثبت و معنی دار ی نشان دادند. با توجه به اهمیت گندم در تامین غذای بشر و از آنجا که تنش خشکی نیز یکی از علل پایداری بین بودن عملکرد هکتاری آن می باشد و همچنین با عنایت به اهمیت لزوم تعیین مسیرهای برهمکنش اجزای عملکرد بر عملکرد دانه جهت بهبود آن در برنامه های اصلاحی، این آزمایش با هدف شناخت روابط داخلی بین صفات و تعیین مهم ترین صفات مرتبط با عملکرد دانه در گندم اجرا شد.

مواد و روش

به منظور ارزیابی تنش بر روی ده رقم گندم کشت شده تحت شرایط آب و هوایی کرج در شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری پس از گلدهی، آزمایش مزرعه‌ای در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج (عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۷۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۸۱ دقیقه شرقی) به ارتفاع ۱۱۷۴/۰۸۹ متر از سطح دریا اجرا شد.

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری در دو سطح به صورت آبیاری کامل و قطع آبیاری از مرحله گلدهی تا پایان دوره رشد و ده رقم گندم توس، گاسپارد، سایسون، زرین، پیشگام، الموت، شهریار، MV17، بکراس روشن زمستانه و کاسکوژن بودند.

تیمارهای آبیاری در کرت‌های اصلی و ارقام در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. هر کرت آزمایشی شامل ۸ خط کاشت به طول ۴ متر با فاصله ردیف ۱۵ سانتیمتر بود. بین کرت‌های اصلی ۳ متر و بین کرت‌های فرعی ۰/۵ متر فاصله در نظر گرفته شد. کاشت بر مبنای تراکم ۳۵۰ بذر در متر مربع انجام شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح صورت گرفت. بر اساس آزمون خاک کود نیتروژن به مقدار ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار که از منبع اوره بوده، ۱/۳ همزمان با کاشت و ۲/۳ در ابتدای ساقه‌دهی به صورت سرک مورد استفاده قرار گرفت. عملیات کاشت در تاریخ ۱۷ آبان ۱۳۸۸ صورت گرفت و اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت بذرها انجام شد. در انتهای دوره رشد از ۳ خط میانی آزمایش پس از حذف ۰/۵ متر از طرفین هر خط کاشت ۳ متر جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه، از سطح خاک در تاریخ ۱۰/۴/۸۹ کف بر شدند. بنابراین مساحت برداشت برای هر کرت ۱/۳۵ متر مربع بود. صفات مورد بررسی عبارت بودند از روز تا رسیدگی، روز تا سنبله دهی، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح، وزن دانه در سنبله (گرم)، وزن هزار دانه (گرم)، عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)، عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) و شاخص برداشت.

با توجه به زمان رسیدگی فیزیولوژیکی هر رقم، خطوط دو و چهار هر کرت، برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. در تمامی کرت های آزمایشی صفات تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی اندازه گیری شدند. از آنجا که شاخص برداشت به عنوان یک خصوصیت برای نشان دادن کارایی گیاه در توزیع ماده خشک به طرف دانه است و یکی از اهداف برنامه های اصلاحی شناسایی ارقام با شاخص برداشت بالا است، در این آزمایش شاخص برداشت نیز از طریق رابطه زیر محاسبه گردید:

$$HI = (GY/BY) \times 100$$

(1)

که در آن GY عملکرد دانه و BY عملکرد بیولوژیکی می باشد. از تجزیه ضرایب مسیر برای تفکیک ضرایب همبستگی به اثر مستقیم و غیر مستقیم اجزای عملکرد بر عملکرد دانه استفاده شد (Ehdaie and Wainces, 1989). تجزیه داده ها با استفاده از نرم افزار SAS و Excel انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل همبستگی

ضرایب همبستگی ساده بین صفات اندازه گیری شده ژنوتیپ های مورد مطالعه در شرایط مطلوب نشان داد که عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی داری با تعداد سنبله (**0/85)، وزن هزار دانه (**0/67)، عملکرد بیولوژیک (**0/81)، و شاخص برداشت (**0/56) و با روز تا سنبله دهی (**-0/55) همبستگی منفی و معنی داری داشت (جدول 1). در شرایط تنش نیز عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی داری با تعداد سنبله (**0/77)، وزن هزار دانه (**0/54)، عملکرد بیولوژیک (**0/91)، و شاخص برداشت (*0/34) و با روز تا سنبله دهی (**-0/49) همبستگی منفی و معنی داری داشت (جدول 2). کولاکو و هریسون (Collaku and Harrison, 2002) نیز در گندم رابطه مثبت و بسیار معنی داری را بین شاخص برداشت و عملکرد دانه در واحد سطح گزارش کرد. این نتیجه نشان می دهد که همراه با افزایش عملکرد دانه، نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک افزایش یافته است. بالا بودن شاخص برداشت به این معنی است که سهم دانه ها از کل ماده خشک تولید شده توسط گیاه افزایش یافته است. به عبارت دیگر مقدار زیادی از مواد فتوسنتزی به دانه ها انتقال یافته اند. چون این مواد در ساقه ها و غلاف برگ ها ذخیره میشوند (قبل از گرده افشانی)، پس تسهیل انتقال آن ها شاخص برداشت را بالا می برد. در شرایط خشک به دلیل کاهش میزان تعرق نقل و انتقال مواد به کندی صورت می گیرد. ارقامی که شاخص برداشت بالا در شرایط خشک دارند در نقل و انتقال مواد بهتر عمل کرده اند (Richard, 2004).

بنابراین همبستگی منفی و معنی داری بین عملکرد دانه با تعداد روز تا سنبله دهی در هر دو شرایط وجود داشت، بدین معنی که ژنوتیپ های زودرس عملکرد دانه کمتری داشتند. با توجه به اینکه 80 تا 90 درصد کربوهیدرات ها برای رشد دانه، از فتوسنتز بعد از گرده افشانی حاصل می شود در محیط های مساعد ژنوتیپ هایی که از طول دوره رشد بالاتری برخوردار باشند، می توانند مقدار بیشتری مواد فتوسنتزی را به مخازن انتقال داده و نهایتاً عملکرد بالایی داشته باشند. وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین ارتفاع بوته و عملکرد دانه می تواند به دلیل ذخایر ساقه بیشتر و انتقال آن به دانه ها در طول پر شدن دانه ها باشد. با بررسی همبستگی بین تعداد دانه و وزن هزار دانه نیز می توان دریافت که افزایش تعداد دانه باعث کاهش وزن هزار دانه شد (Mohamadi, 2014).

همچنین بین عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت همبستگی وجود نداشت که این نتایج با گزارشات لیل و خاظم (2005) مطابقت دارد. همان طور که مشاهده می شود همبستگی مثبت و بالایی بین تعداد دانه در سنبله با وزن سنبله اصلی و وزن دانه در سنبله، همبستگی منفی و معنی داری بین شاخص سطح برگ با تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و وزن سنبله اصلی در شرایط مطلوب وجود داشت. لیل و خاظم (2005) در مطالعات خود اظهار داشتند که عملکرد دانه همبستگی مثبت و بالایی با عملکرد بیولوژیک، وزن دانه در سنبله، شاخص برداشت و تراکم سنبله گندم تحت رژیم های مختلف تنش رطوبتی داشته است.

جدول 1- ضرایب همبستگی بین صفات مختلف ژنوتیپ های جو در شرایط آبیاری مطلوب.

Variable	GY	Gn.Sp ⁻¹	WG/S	SN	TKW	BY	PH	HI	LAI	DHE
Gn.Sp ⁻¹	0.05 ^{ns}	-								
WG/S	-0.12 ^{ns}	-0.9 ^{**}	-							
SN	0.85 ^{**}	0.22 ^{ns}	0.03	-						
TKW	0.67 ^{**}	-0.13 ^{ns}	0.45 [*]	0.11 ^{ns}	-					
BY	0.81 ^{**}	0.19 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	0.74 ^{**}	0.33 [*]	-				
PH	-0.13 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.21 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.006 ^{ns}	-0.2 ^{ns}	-			
HI	0.56 ^{**}	0.23 ^{ns}	0.36 [*]	0.37 [*]	0.08 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.009 ^{ns}	-		
LAI	0.04 ^{ns}	-0.47 [*]	0.44 [*]	0.13 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.27 ^{ns}	0.21 ^{ns}	0.003 ^{ns}	-	
DHE	-0.55 ^{**}	0.24 ^{ns}	0.02 ^{ns}	-0.39 [*]	0.15 ^{ns}	0.2 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.48 [*]	-0.1 ^{ns}	-
DMA	0.25 ^{ns}	0.34 [*]	0.11 ^{ns}	0.01 ^{ns}	-0.18 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.22 ^{ns}	0.07 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	0.13 ^{ns}

* و **: به ترتیب معنی داری در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

DMA: روز تا رسیدگی، DHE: روز تا سنبله دهی، PH: ارتفاع گیاه، Gn.Sp⁻¹: تعداد دانه در سنبله، TKW: وزن هزار دانه، WG/S: وزن دانه در سنبله، SN: تعداد سنبله در متر مربع، HI: شاخص برداشت، BY: عملکرد بیولوژیک، GY: عملکرد دانه، LAI: شاخص سطح برگ.

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین صفات مختلف ژنوتیپ های جو در شرایط آبیاری تنش.

Variable	GY	Gn.Sp ⁻¹	WG/S	SN	TKW	BY	PH	HI	LAI	DHE
Gn.Sp ⁻¹	0.13 ^{ns}	-								
WG/S	-0.23 ^{ns}	0.89 ^{**}	-							
SN	0.77 ^{**}	0.65 ^{**}	0.22 ^{ns}	-						
TKW	0.54 ^{**}	-0.24 ^{ns}	0.55 [*]	0.09 ^{ns}	-					
BY	0.91 ^{**}	0.28 ^{ns}	-0.14 ^{ns}	0.61 ^{**}	0.41 [*]	-				
PH	0.21 ^{ns}	-0.18 ^{ns}	-0.001 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.43 [*]	-			
HI	0.34 [*]	0.08 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.58 ^{**}	0.19 ^{ns}	0.2 ^{ns}	0.04 ^{ns}	-		
LAI	-0.25 ^{ns}	-0.27 ^{ns}	0.39 [*]	-0.01 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.01 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	-	
DHE	-0.49 [*]	0.08 ^{ns}	0.18 ^{ns}	-0.09 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.2 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.35 [*]	-0.07 ^{ns}	-
DMA	-0.17 ^{ns}	0.42 [*]	0.1 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.21 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.13 ^{ns}	-0.23 ^{ns}	0.08 ^{ns}

* و **: به ترتیب معنی داری در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

DMA: روز تا رسیدگی، DHE: روز تا سنبله دهی، PH: ارتفاع گیاه، Gn.Sp⁻¹: تعداد دانه در سنبله، TKW: وزن هزار دانه، WG/S: وزن دانه در سنبله، SN: تعداد سنبله در متر مربع، HI: شاخص برداشت، BY: عملکرد بیولوژیک، GY: عملکرد دانه، LAI: شاخص سطح برگ.

رگرسیون گام به گام

تاکنون مدل های مختلفی برای بررسی روابط صفات با عملکرد دانه ارائه شده است. استفاده از روش رگرسیون گام به گام می تواند صفات موثر بر عملکرد را از نظر اهمیت طبقه بندی کند. برای تعیین سهم اثر تجمعی صفات در عملکرد دانه، از روش رگرسیون گام به گام چند متغیره خطی استفاده گردید. ضرایب تبیین هر یک از صفات نشان داد که بیشترین ضریب تبیین عملکرد دانه در شرایط مطلوب را تعداد سنبله در متر مربع با میزان 81 درصد دارا است و بعد از آن صفت تعداد دانه در سنبله حدود 10 درصد از میزان تغییرات را توجیه می کند (جدول 3). پس از آن به ترتیب صفات عملکرد بیولوژیک و وزن هزار دانه وارد مدل رگرسیونی شدند و در نهایت این 4 متغیر 97 درصد از تغییرات عملکرد دانه در شرایط مطلوب توجیه کردند. سایر صفات مورد مطالعه تاثیر معنی داری را در مدل رگرسیونی نداشتند. در شرایط تنش، اجزا تشکیل دهنده معادله با شرایط مطلوب یکسان بود و فقط صفت وزن هزار دانه در معادله قرار نگرفت (جدول 4). با توجه به ضریب تبیین ($R^2 = 0/95$) معادله در شرایط تنش مشخص شد بیش از 95 درصد تغییرات ارقام گندم از طریق صفات مذکور (تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، عملکرد بیولوژیک) تحت تاثیر قرار می گیرد.

جدول 3- معادله نهایی تجزیه رگرسیونی عملکرد دانه تحت شرایط مطلوب

مرحله	مدل رگرسیون	ضریب تبیین
1	$Y = 524.23 + 3.05 X_1$	$R^2 = 0.81$
2	$Y = 131.25 + 1.46 X_1 + 72.14 X_2$	$R^2 = 0.91$
3	$Y = -2132.45 + 1.89 X_1 + 165.11 X_2 + 0.67 X_3$	$R^2 = 0.96$
4	$Y = 1348 + 1.25 X_1 + 74.33 X_2 + 0.63 X_3 - 1.05 X_4$	$R^2 = 0.97$

(X_1 = تعداد سنبله در متر مربع، X_2 = تعداد دانه در سنبله، X_3 = عملکرد بیولوژیک، X_4 = وزن هزار دانه)

جدول 4- معادله نهایی تجزیه رگرسیونی عملکرد دانه تحت شرایط تنش انتهایی فصل

مرحله	مدل رگرسیون	ضریب تبیین
1	$Y = 1231.43 + 1.8 X_1$	$R^2 = 0.63$
2	$Y = 321.45 - 1.13 X_1 + 76.43 X_2$	$R^2 = 0.79$
3	$Y = -2564.06 + 1.24 X_1 + 169.33 X_2 + 0.98 X_3$	$R^2 = 0.95$

(X_1 = تعداد سنبله در متر مربع، X_2 = تعداد دانه در سنبله، X_3 = عملکرد بیولوژیک)

تجزیه علیت

چگونگی ارتباط بین صفات مختلف در پیشرفت برنامه های به نژادی برای افزایش عملکرد دانه از اهمیت به سزایی برخوردار است. زیرا انتخاب یک طرفه برای صفات زراعی بدون در نظر گرفتن اثر صفات دیگر، نتایج مورد اعتمادی نخواهد داشت. بنابراین در برنامه های اصلاحی می بایستی به همبستگی بین صفات و همچنین آثار مستقیم و غیر مستقیم آنها بر عملکرد توجه شود. به همین منظور انجام تجزیه مسیر ضروری می باشد. به منظور بررسی روابط علی بین صفات موثر بر عملکرد دانه در شرایط تنش و مطلوب از تجزیه علیت استفاده شد. انتخاب صفات موثر برای تجزیه علیت بر مبنای تجزیه رگرسیونی و ضرایب همبستگی صفات انجام گرفت. به عبارت دیگر عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و باقی صفات به عنوان متغیرهای علتی و سببی (مستقل) در نظر گرفته شدند. عملکرد بیولوژیک بالاترین اثر مستقیم (0/743) را بر عملکرد دانه در شرایط مطلوب داشت (جدول 5) و ضریب همبستگی بالایی بین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه ($r = 0/81^{**}$) عمدتاً مربوط به اثر مستقیم عملکرد بیولوژیک بوده و اثر غیر مستقیم این صفت از طریق صفت تعداد سنبله (0/512) قابل توجه است (جدول 5). پس از عملکرد بیولوژیک، بیشترین اثر مستقیم را وزن هزار دانه به میزان 0/621 داشت، که در نهایت باعث ایجاد همبستگی $0/67^{**}$ داشت. برای عملکرد دانه در شرایط تنش با توجه به جدول 6، به ترتیب تعداد دانه در سنبله (0/784) و عملکرد بیولوژیک (0/681) بالاترین اثر مستقیم و مثبت روی عملکرد دانه داشتند. همچنین اثر غیر مستقیم تعداد سنبله در متر مربع از طریق عملکرد بیولوژیک (0/366) روی عملکرد دانه قابل توجه می باشد. اوکویاما و همکاران (Qhuyama et al., 2009) در گندم نشان دادند که عملکرد دانه با بیوماس و تعداد سنبله در مترمربع همبستگی مثبت داشت، همچنین بر اساس گزارش این محققان، تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله آثار مستقیم و مثبتی روی عملکرد دانه داشته است. مولا صادقی همکاران 2011 اثر مستقیم عملکرد بیولوژیک بر عملکرد دانه گندم را در شرایط تنش خشکی انتهای فصل تایید نموده اند. خیاط نژاد و همکاران 2010 در بررسی ژنوتیپ های گندم در شرایط تنش نتیجه گرفتند که تعداد سنبله، وزن سنبله ها و وزن هزار دانه به عنوان گزینه های مستقیم برای عملکرد محسوب می شوند. در شرایط مطلوب اثر غیر مستقیم صفات بر روی یکدیگر کم بود و تنها اثر غیرمستقیم تعداد دانه در سنبله (0/367) بر روی عملکرد دانه از طریق عملکرد بیولوژیک بالا بود (جدول 5). کامکار و همکاران (2004) در تحقیقات خود به این نتیجه دست یافتند که جدول تجزیه واریانس و ضرایب همبستگی به تنهایی مبنای صحیحی برای بررسی تاثیر اجزای مختلف تعیین کننده عملکرد بر عملکرد دانه نیستند و ضرایب تجزیه علیت می توانند برای تجزیه و تحلیل قوی تر در این زمینه استفاده شوند.

جدول 5- تجزیه ضرایب همبستگی به اثرات مستقیم و غیر مستقیم برای عملکرد دانه در شرایط مطلوب

اثر مستقیم	کل	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در متر مربع
0.243	0.753	0.141	0.512	-0.432	-
0.135	0.64	-0.266	0.367	-	0.023
0.743	0.43	0.111	-	0.076	0.212
0.621	0.541	-	0.201	0.038	0.112
	0.181				اثرات باقی مانده

جدول ۶- تجزیه ضرایب همبستگی به اثرات مستقیم و غیر مستقیم برای عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی انتهای فصل

اثر مستقیم	کل	عملکرد بیولوژیک	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در متر مربع
0.165	0.508	0.366	0.254	-
0.784	0.641	-0.029	-	0.032
0.681	0.549	-	0.322	0.186
		0.13		اثرات باقیمانده

نتیجه گیری

روش های آماری چند متغیره به شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد دانه کمک می کنند. گروه بندی صفات براساس صفات در شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد دانه مفید بود. با توجه به استفاده از روش های آماری متعدد، مهم ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه در هر دو شرایط آبیاری کامل و تنش آبی آخر فصل، صفات تعداد سنبله در مترمربع و عملکرد بیولوژیک بودند. جهت دستیابی به ژنوتیپ های پر محصول بایستی ژرم پلاسما های مورد استفاده در برنامه اصلاح نباتات دارای صفات فوق بوده و مورد توجه محقق قرار بگیرد.

منابع

- Ahmad, H. M., Khan, B. M., Khan, S., Kissana, N. S., and Laghari, S. 2003. Path coefficient analysis in bread wheat. *Asian Journal of Plant Science*. 2(6): 491-494.
- Biniyaz, M., and Tavili, A. 2007. Drought and plants, drought stress. *Journal of Sonbole* 169: 70-75.
- Collaku, A., and Harrison, S.A. 2002. Losses in wheat due to water logging. *Crop Sci* 42: 444-450.
- Cooper, J. C. B. 1983. Factor analysis. An overview. *The American Statistician*. 37(2): 141 -147.
- Deniz, B., Kavurmaci, Z. and Mehmet, T., 2009. Determination of ontogenetic selection criteria for grain yield in spring barley by path analysis. *African Journal of biotechnology*. 8(11): 2616-2622.
- Ehdaie, B., and Wainces, J.G. 1989. Genetic variation, heritability and path analysis in landraces of bread wheat from South Western of Iran. *Euphytica* 41: 183-190.
- Ganbalani, A. N., G. N. Ganbalani, and D. Hassanpanah. 2009. Effects of drought stress condition on the yield and yield components of advanced wheat genotypes in Ardabil, *Iranian Journal Food and Agriculture. & Environ.* 7(3&4): 228 - 234 .
- Habibullah Khan, S., R. Magbol, I. Khaliq, A. Rahman, and A. Salam Khan. 2010. Morphological diversity and traits association in bread wheat. *Euphytica*. 71:211-219.
- Gupta, A. K., R. K. Mitlal, and A. Z. Ziauddin. 1999. Association and factor analysis in spring wheat. *Annals of Agricultural Research*. 20:481-485.
- Joshi, B. K. 2003. Correlation and path coefficient analysis of yield and yield components in F1 hybrids rice and their parents. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*. 28(4):533-540.
- Kamkar, B., Kafi, M. and Nassiri Mahalati, M. 2004. Determining the most sensitive developmental period of wheat to salinity using path analysis for optimal salinity water utilization. *Journal of agricultural science and technology*. 19:25-34.
- Khayatnejad, M., Zaeifzadeh, M. and Gholamin, R. 2010. Study of genetic diversity and path analysis for yield of durum wheat under drought stress condition. *Plant Eco physiology*: 133-136.
- Lauro, A.O., Luiz, C.F., and Jose, F.B.N. 2004. Correlation and path analysis of yield and its components and plant traits in wheat. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.6, p.1701-1708.
- Leilah, A. A., AL-Khateeb. 2005. Statistical analysis of wheat yield under drought conditions. *Journal of Arid Environments*. 61: 483-496.
- Mohamadi, S. 2014. Relationships between grain yield and its components in wheat under irrigation and water stress by using multivariate statistical methods. *Iranian Journal of Field Crops Research*. Vol. 12, No. 1, Spring. 2014, p. 99-109.
- Mollasadegh, V., Imani, A. A., Shahryari, R. and Khayatnezhad, M. 2011. Correlation and path analysis of morphological traits in different wheat genotypes under end drought stress condition. *Middle-East journal of scientific research* 7(2): 221-224.

- 17- Okuyama, L. A., Ferzzi, L.C. and Neto, J. F. B., 2004. Correlation and path analysis of yield and its components and plant traits in wheat. *Ciencica Rural, Santa Maria*: 34(6): 1701-1708.
- 18- Richard, A.R. 2004. Physiological traits used in the breeding of new cultivars for water- scarce environments. *CSIRO Plant Industry, Box 1600, Canberra, ACCT*, 2601.
- 19- Verslues, P.E., Agarwal, M., Agarwal, S.K., Zhu, J., and Kang Zhu, J. 2006. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. *The Plant Journal* 45: 523-539.
- 20- Wang, W.X., Vinocur, B., and Altman, A. 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta* 218: 1-14.
- 21- Welsh, J. R. 1981. *Fundamentals of plant genetics and breeding*. John Wiley and Sons ,Inc.
- 22- Yin, X., S. D. Chasalow, P. M. Stam, J. Kropff, C. J. Dourleijn, I. Bos, and P. S. Bindraban. 2002. Use of component analysis in QTL mapping of complex crop traits: a case study on yield in barley. *Plant Breeding*. 121 (4):314-319.