نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال دوازدهم / شماره چهارم / زمستان ۱۴۰۱/مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۳۳ تا ۴۷

تجزیه ضرایب مسیر صفات مرتبط با عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مختلف گندم تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی

بهنام طهماسب پور[۱]، سدابه جهانبخش[۲*]، علیرضا تاری نژاد[۳] حمید محمدی[۴] و علی عبادی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۲۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۲۲)

چکیده

به‌منظور تعیین همبستگی و روابط بین صفات مختلف در گندم نان، ۳۰ ژنوتیپ به‌عنوان فاکتور فرعی تحت آزمایش کرت‌های خرد شده در طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه با سه تکرار در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی در سال ۹۶-۱۳۹۵ بررسی شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر اکثر صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار وجود داشت. اثر متقابل ژنوتیپ× تنش برای کلیه صفات، به جز وزن هزار دانه معنی‌دار بود، که بیانگر تأثیر متقابل ژنوتیپ و محیط بود. از نظر عملکرد دانه تحت شرایط نرمال، ژنوتیپ‌های c-94-3 و حیدری به‌ترتیب با میانگین‌های ۴۳۷ و ۴۲۷ گرم در مترمربع به‌عنوان برترین ژنوتیپ ها شناخته شدند. تحت شرایط تنش خشکی در مرحله گلدهی، ژنوتیپ‌های cd-4 و cd-6 به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۰۴ و ۱۰۸ گرم در مترمربع کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. بر اساس نتایج رگرسیون چندگانه ، در شرایط آبیاری مطلوب صفات مساحت برگ پرچم، تراکم سنبله، تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی و طول سنبله (R^2=۰/۴۶۶)، و در شرایط تنش، صفات سرعت پر شدن دانه، طول دوره پر شدن دانه و عملکرد کاه (R^2=۰/۷۳۶) بیشترین تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. بر اساس نتایج تجزیه مسیر، صفات مساحت برگ پرچم، تراکم سنبله و طول سنبله در شرایط مطلوب و صفات سرعت پر شدن دانه، طول دوره پر شدن دانه و عملکرد کاه در شرایط تنش اثر مستقیم و مثبت بر روی عملکرد دانه نشان دادند. به‌طور کلی در شرایط نرمال صفات تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، مساحت برگ پرچم، تراکم سنبله و طول سنبله و در شرایط تنش صفات تعداد دانه در سنبله، سرعت پر شدن دانه، طول دوره پر شدن دانه و عملکرد کاه تعیین کننده عملکرد دانه بودند.

واژه‌های کلیدی: رگرسیون، شاخص گزینش، کم‌آبی

۱. دانش آموخته دکتری تخصصی اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲. استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳. دانشیار گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، آذربایجان شرقی، ایران
۴. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، آذربایجان شرقی، ایران
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: jahanbakhsh@uma.ac.ir

مقدمه

گندم مهم‌ترین گیاه زراعی است که حدود ۲۰ درصد از اراضی جهان به کشت آن اختصاص یافته است. گندم گیاه ارزشمندی است که بیش‌ترین استفاده آن برای تأمین غذا بوده، به‌طوری‌که نزدیک به ۶۸ درصد کل آن، تا به امروز برای تأمین غذا بکار رفته است. میانگین رشد جهانی عملکرد گندم، فقط ۰/۸ درصد در سال، در کشورهای اصلی تولید کننده گندم خواهد بود. گندم موردنیاز برای تأمین غذا در سال ۲۰۲۰ به ۱۴۵ مگا تن رسیده است که شیب رشد آن نسبت به دهه گذشته، آهسته‌تر است(۶). تنش خشکی هرساله خسارت فراوانی را در محصولات زراعی ایجاد می‌کند و موجب کاهش ۱۷درصدی عملکرد می‌شود (۲۱). عملکرد دانه یک صفت کمی است که توسط تعداد زیادی ژن کنترل می شود و وراثت پذیری این صفت به‌دلیل اثر متقابل محیط و ژنوتیپ، پایین است. لذا انتخاب بر اساس عملکرد دانه به‌ویژه در نسل های اولیه جهت بهبود آن ممکن است چندان مؤثر نباشد (۲۳).

عملکرد دانه در گندم مهم‌ترین صفت اقتصادی گیاه است که برآیند اجزای عملکرد و دیگر صفات مرتبط با آن است(۷). شناسایی این اجزا و رابطه آن‌ها با عملکرد دانه می‌تواند در گزینش رقم‌های پر محصول مؤثر واقع شوند. همچنین شناخت صفات مؤثر بر تولید و عملکرد می تواند در برنامه‌های اصلاحی و مدیریت مزرعه کاربرد داشته باشند (۸). همبستگی و تجزیه مسیر اجزای عملکرد، ابزارهای مفیدی برای تعیین ژنوتیپ‌های ارزشمند هستند (۱۶). همبستگی بین صفات در اصلاح نباتات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا میزان و نوع رابطه بین دو یا چند صفت را معین می کند (۲۲). به عبارت دیگر تعیین همبستگی بین صفات مختلف، به‌ویژه عملکرد و اجزای آن و بررسی روابط علت و معلولی بین آنها، فرصت انتخاب مناسب‌ترین ترکیب اجزاء که منجر به عملکرد بیشتر می‌شود را به اصلاح‌گران ارائه می‌دهد (۳). با محاسبه ضریب همبستگی ماهیت ارتباط بین صفات مشخص نمی‌شود و لازم است از طریق تجزیه مسیر روابط علت و معلولی صفات مشخص شوند (۱).

تجزیه مسیر امکان شناسایی اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات مؤثر بر عملکرد را فراهم می‌کند. به‌همین منظور متخصصین اصلاح نباتات، روش تجزیه مسیر را به‌عنوان ابزاری برای تعیین اهمیت صفات مؤثر در عملکرد، مورد استفاده قرار می‌دهند (۵). در مطالعه‌ی هانگ و همکاران (۹) نتایج حاصل از تجزیه مسیر نشان داد که در ژنوتیپ‌های پا بلند و متوسط بهبود صفات عملکرد بوته و تعداد سنبله در هر گیاه مهم‌تر از عملکرد در هر سنبله و وزن هزار دانه است، ولی در ژنوتیپ‌های پا کوتاه صفات وزن دانه در هر گیاه و وزن هزار دانه مهم‌تر هستند. خدادادی و همکاران (۱۵) بیان کردند که در گندم صفاتی همچون عرض برگ پرچم و ارتفاع در زمان سنبله رفتن دارای همبستگی معنی‌داری با وزن هزار دانه بوده‌اند و به‌همراه صفات طول سنبله و طول برگ پرچم به‌طور معنی‌داری تغییرات وزن هزار دانه را توجیه کردند. در مطالعه‌ای، جان محمدی و همکاران (۱۰) روابط بین صفات را در ۵۶ ژنوتیپ گندم نان در شرایط مزرعه بررسی کردند. نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که عملکرد دانه با صفات قطرساقه، طول سنبله، تعداد گلچه، تعداد سنبلچه، قطر دانه، طول دانه و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. این محققان همچنین در بررسی ضرایب مسیر نشان دادند که تعداد سنبلچه در سنبله، عرض برگ پرچم و وزن هزار دانه که وابسته به صفات طول دانه، قطر دانه و تعداد دانه در سنبله هستند، منجر به عملکرد دانه بیشتر می‌شوند. کاشیف و خالیق (۱۱) بیان کردند که اجزای عملکرد دانه شامل تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و تعداد پنجه به‌طور معنی‌داری در توسعه عملکرد دانه شرکت دارند. همچنین توپال و همکاران (۲۸) بیان کردند که طول سنبله و تعداد دانه در سنبله اجزای اصلی عملکرد گندم هستند و اثر مستقیم بزرگی بر روی عملکرد دانه دارند. در گزارشی، یودین و همکاران (۲۹) اعلام کردند که تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد پنجه بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه دارند.

هدف از این پژوهش بررسی روابط موجود بین عملکرد دانه و صفات وابسته، تعیین معیارهای گزینشی مهم در ژنوتیپ‌های پرمحصول تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش، و نیز مطالعه اثرات مستقیم و غیرمستقیم این اجزاء و سایر صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان (واقع در ۳۵ کیلومتری جاده تبریز- مراغه با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۳۱۸ متر از سطح دریای آزاد با اقلیم نیمه‌خشک و زمستان‌های سرد و یخبندان) در قالب آزمایش کرت‌های خرد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با۳۰ ژنوتیپ به‌عنوان فاکتور فرعی و محیط رطوبتی به‌عنوان فاکتور اصلی در سه تکرار انجام گرفت. ژنوتیپ‌های مورد استفاده در این آزمایش مطابق جدول ۱ در نظر گرفته شدند. کدهای cd-1 تا cd-11 مربوط به ژنوتیپ‌های آزمایش آ تست (ARWYT) سال ۹۴ و کدهای C-93 تا C-94 به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های آزمایش یکنواخت سراسری URWYT سال ۹۳ و ۹۴ مناطق سرد هستند که از بخش غلات موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر شجره ژنوتیپ‌ها تهیه شدند. در این بررسی ارقام میهن، اروم و حیدری به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی که تا حدودی به تنش خشکی آخر فصل در مناطق سرد متحمل هستند به‌عنوان شاهد در آزمایشات گنجانده شدند (۲۶ و ۲۷).

عملیات آماده‌سازی زمین، مشتمل بر عملیات مربوط به شخم، دیسک، تسطیح و ایجاد فارو در قطعه موردنظر اواسط مهرماه سال ۱۳۹۵ انجام شد. عمق کاشت بذور ۳-۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر تکرار شامل دو کرت اصلی و هر کرت اصلی شامل ۳۰ کرت فرعی بود. در هر کرت فرعی ۴ ردیف از هر ژنوتیپ کاشته شد. طول خطوط کاشت ۲ متر و فاصله بین بذور ۲ سانتی‌متر منظور شد. فاصله بین خطوط کاشت ۱۷ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در شرایط آبیاری مطلوب در مزرعه، ژنوتیپ‌ها بسته به نیاز و شرایط محیطی معمولاً هر ۱۲ روز یک‌بار آبیاری شدند و در زمان اجرای تنش، آبیاری از مرحله گل‌دهی در کرت‌هایی که قرار بود تنش اعمال شود، قطع شد و با استفاده از دستگاه صفحه فشاری (۱۸) میزان ظرفیت زراعی مزرعه تعیین شد و بر اساس آن تنش اعمال شد و در صورت پیش‌بینی احتمال بارندگی از پوشش نایلونی برای جلوگیری از نفوذ آب به تیمارهای تنش استفاده شد.

در طول فصل رشد، صفات فنولوژیکی مانند تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی(روز)، تعداد روز تا سنبله‌دهی(روز)، تعداد روز تا رسیدگی(روز) و طول دوره پر شدن دانه(روز) برای هر کرت فرعی ثبت گردید و در زمان رسیدگی گیاه از متوسط ۱۰ بوته صفات ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، طول (سانتی‌متر)، عرض (سانتی‌متر) و مساحت برگ پرچم (سانتی‌مترمربع)، طول پدانکل (سانتی‌متر)، طول سنبله (سانتی‌متر)، تعداد سنبلچه در سنبله، وزن سنبله بارور (گرم)، وزن سنبله غیربارور (گرم)، تعداد سنبله بارور و غیربارور، تعداد دانه در سنبله، وزن خشک بوته (گرم)، وزن هزار دانه (گرم)، طول ریشک (سانتی‌متر)، طول ساقه (سانتی‌متر)، وزن ساقه (گرم)، عملکرد دانه بوته (گرم)، وزن سنبله بارور (گرم)، وزن دانه در سنبله (گرم)، وزن سنبله‌های بوته (گرم)، تعداد دانه در سنبلچه، وزن دانه در سنبلچه (گرم)، وزن سنبلچه بارور (گرم)، تراکم ساقه (گرم بر سانتی‌متر)، شاخص باروری، عملکرد کاه سنبله (چف یا پوشال) (گرم)، تراکم سنبله (تعدادسنبلچه در میلی‌متر طول‌سنبله)، شاخص برداشت سنبله، سرعت رشد رویشی (گرم در روز) و سرعت پر شدن دانه (گرم در روز) اندازه‌گیری شدند. عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع)، عملکرد دانه (گرم در مترمربع)، شاخص برداشت و عملکرد کاه (گرم در مترمربع) در یک مترمربع از هر کرت فرعی تعیین شدند. بعد از برداشت، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ژنوتیپ‌ها اندازه‌گیری شدند. نحوه اندازه گیری صفات مورد مطالعه در جدول ۲ درج شده است. به‌منظور مقایسه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تجزیه واریانس

جدول ۱. شجره ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در آزمایش

ژنوتیپ‌ها	شجره	ژنوتیپ‌ها	شجره
cd-1	Zareh	c-93-7	Bow/Crow/3Rsh//Kal/Bb/3/Gun91
cd-2	Ald"s"/Snb"s"//Zrn*2/3/Yaco/Parus//Parus	c-93-8	Ji5418/Maras//Shark/F4105W2.1
cd-3	Bow/Crow/3Rsh//Kal/Bb/3/Gun91	c-93-9	Bluegil-2/BucuR//Sirena
cd-4	Nwau15/Attila//Shark/F4105W2.1	c-93-10	Ajvina
cd-5	Ji5418/Maras//Shark/F4105W2.1	c-93-11	Gul96/Shark-1
cd-6	Ji5418/Maras//Shark/F4105W2.1	c-94-3	4WON-IR-257/5/Ymh/Hys//Hys/Tur3055/3/Dga/4/Vpm/Mos
cd-7	4WON-IR-257/5/Ymh/Hys//Hys/Tur3055/3/Dga/4/Vpm/Mos	c-94-4	Ga961565-27-6/La95283Ca-78-1-2
cd-8	4WON-IR-257/5/Ymh/Hys//Hys/Tur3055/3/Dga/4/Vpm/Mos	c-94-6	Charger/OWL 85224*-3H-*O-*HOH//Alvd
cd-9	Eryt 1554.90/MV17	c-94-7	Shark-1/3/Agri/Bjy//Vee/4/Shark/F4105W2.1
cd-10	Gul96/Shark-1	c-94-8	Bluegil-2/Bucur//Sirena
cd-11	Spn/Mcd//Cama/3/Nzr/4/Ald"s"/Snb"s"*2/5/Opata*2/Wulp	c-94-9	Or2071681
c-93-3	Shark-1/3/Agri/Bjy//Vee/4/Shark/F4105W2.1	MV 17	Mv-17
c-93-4	Nwau15/Attila//Shark/F4105W2.1	Heydari	Ghk"s"/Bow"s"//90Zhong87// Shiroodi cultivar
c-93-5	Eryt 1554.90/MV17	Mihan	87Zhong-90/Bkt
c-93-6	Spn/Mcd//Cama/3/Nzr/4/Ald"s"/Snb"s"*2/5/Opata*2/Wulp	Eroum	Her/Alvand//NS732

ساده به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای کلیه صفات انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. تعیین ضریب همبستگی ساده بین صفات مورد مطالعه و رگرسیون چندگانه عملکرد دانه با صفات مورد ارزیابی با نرم‌افزار SPSS انجام شد. همچنین همبستگی ساده بین عملکرد دانه و صفات مورد مطالعه توسط روش تجزیه مسیر به اثرات مستقیم و غیرمستقیم تفکیک شد. تجزیه مسیر با نرم‌افزار Path2.EXE انجام شد.

نتایج

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات وزن خشک بوته، تعداد سنبله بارور، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۳). اختلاف بین شرایط نرمال و تنش نیز برای صفات وزن خشک بوته، تعداد سنبله بارور، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار شد. اثر متقابل ژنوتیپ × تنش برای صفات وزن خشک بوته، تعداد سنبله بارور، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه معنی‌دار بود که بیانگر تأثیر متقابل ژنوتیپ و محیط است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین وزن هزار دانه مربوط به ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در جدول ۴ درج شده است.

بیشترین وزن هزاردانه مربوط به ژنوتیپ c-94-3 (۴۲/۵ گرم) و کم‌ترین وزن هزاردانه مربوط به ژنوتیپ c-93-7 (۲۹/۷ گرم) بود (جدول ۴). تنش خشکی بعد از گل‌دهی سبب می‌شود که وزن هزار دانه در ارقام کاهش پیدا کند که این موضوع احتمالاً به‌دلیل کوتاه‌تر شدن طول دوره پرشدن دانه و دمای زیادتر طی روزهای پایانی دوره رشد باشد. بیشترین و کمترین تعداد سنبله بارور به‌ترتیب متعلق به ژنوتیپ حیدری در شرایط نرمال (۷ سنبله) و ژنوتیپ cd-4 در شرایط تنش (۱/۶۶۷ سنبله) بود. دامنه تغییرات تعداد سنبله بارور در شرایط نرمال بین ۴ الی ۷ سنبله و تحت شرایط تنش خشکی بین ۱ الی ۴ سنبله متغیر بود و تحت تأثیر شرایط پس از گل‌دهی و ازجمله خشکی پس از گل‌دهی قرار گرفت. تعداد سنبله در گیاه از ویژگی‌های ذاتی هر ژنوتیپ است و بین ژنوتیپ‌های مختلف، اختلاف معنی‌دار از نظر این صفت وجود داشت. شفرد و همکاران (۲۵) و دانیل و تربوی (۲) نیز اظهار داشتند که تعداد سنبله در گیاه در شرایط تنش خشکی دارای ثبات بیشتری نسبت به تعداد دانه در سنبله است.

تحت شرایط نرمال ژنوتیپ MV17 بیشترین تعداد دانه در سنبله (۹۰/۳) و تحت شرایط تنش، ژنوتیپ c-93-4 کمترین تعداد دانه در سنبله (۲۹/۳) را به خود اختصاص دادند. دامنه تغییرات این صفت بین ۹۰/۳–۲۹/۳ متغیر بود که نشانگر تنوع ژنتیکی بالا برای این صفت در بین ژنوتیپ‌ها است. تعداد

جدول ۲. نحوه اندازه گیری صفات مورد مطالعه در آزمایش

صفات	نحوه اندازه‌گیری صفات
تعداد روز تا سنبله‌دهی (روز)	تعداد روز از زمان کاشت تا ظهور ۵۰٪ سنبله محاسبه گردید.
تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی (روز)	تعداد روز از زمان کاشت تا مرحله‌ای که ۵۰ درصد سنبله‌ها وارد مرحله گلدهی شدند، محاسبه گردید.
تعداد روز تا رسیدگی(روز)	تعداد روز از زمان کاشت تا مرحله‌ای که ۷۵ درصد بوته‌های هر گلدان یا کرت زرد شدند، محاسبه گردید.
ارتفاع بوته(سانتی‌متر)	در اوایل مرحله خمیری شدن دانه‌ها، در هر واحد ازمایشی ارتفاع ۱۰ بوته تصادفی، از سطح خاک (محل طوقه) تا انتهای سنبله اصلی (بدون در نظر گرفتن ریشک‌ها) برحسب سانتی‌متر و با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری شد.
طول سنبله(سانتی‌متر)	از قاعده سنبله تا نوک ان بدون در نظر گرفتن ریشک‌ها برحسب سانتی‌متر و با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری شد.
طول(سانتی‌متر)، عرض(سانتی‌متر) و مساحت برگ پرچم(سانتی مترمربع)	برای تعیین مساحت برگ پرچم ۱۰ بوته به صورت تصادفی انتخاب و طول و بزرگترین عرض برگ پرچم مربوط به سنبله اصلی بر حسب سانتی‌متر و با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری شد. مساحت برگ پرچم با استفاده از رابطه $A=۰/۷(W\times L)$ محاسبه شد که در آن A مساحت برگ پرچم، L و W به ترتیب طول و عرض پهنک برگ می‌باشد.
طول پدانکل(سانتی‌متر)	فاصله گره برگ پرچم تا قاعده سنبله در ۱۰ بوته انتخابی در مزرعه برحسب سانتی‌متر و با دقت یک میلی‌متر مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.
تعداد سنبلچه در سنبله	تعداد سنبلچه‌های حاوی دانه در ۱۰ سنبله اصلی در مزرعه که به صورت تصادفی انتخاب شده بودند شمارش شده و میانگین‌گیری به عمل آمد.
تعداد سنبله بارور و غیربارور	میانگین تعداد سنبله بارور و غیربارور در ۱۰ بوته تحت شرایط مزرعه‌ای تعیین گردید.
تعداد دانه در سنبله	تعداد دانه در ۱۰ سنبله اصلی در مزرعه که به صورت تصادفی انتخاب شده بودند، شمارش شد و میانگین تعداد دانه در یک سنبله ثبت گردید.
وزن هزار دانه(گرم)	برای هر ژنوتیپ در هر کرت فرعی ۱۰۰۰ دانه سالم شمارش و وزن انها برحسب گرم تعیین شد.
عملکرد دانه(گرم در متر مربع)	در مزرعه میزان عملکرد کل دانه به دست آمده از یک مترمربع هرکرت فرعی پس از حذف حاشیه، بر حسب گرم با ترازوی حساس با دقت یک صدم گرم توزین شد و در نهایت عملکرد دانه بر حسب گرم در مترمربع محاسبه شد.
عملکرد بیولوژیک(گرم در متر مربع)	در مزرعه، وزن کل بخش هوایی (بخش رویشی به اضافه دانه) یک مترمربع هر کرت فرعی پس از حذف حاشیه، بر حسب گرم با ترازوی حساس تا یک صدم گرم توزین شد. در نهایت عملکرد بیولوژیک بر حسب گرم در مترمربع محاسبه شد.
عملکرد کاه(گرم در متر مربع)	از طریق تفاضل عملکرد دانه از وزن بیوماس (عملکرد بیولوژیک) محاسبه شد.
شاخص برداشت	از نسبت عملکرد دانه به وزن بیوماس (عملکرد بیولوژیک) به دست آمد.
وزن خشک بوته(گرم)	متوسط وزن کل بخش هوایی (بخش هوایی به اضافه دانه) ۱۰ بوته در هر کرت فرعی تحت شرایط مزرعه‌ای تعیین گردید.
طول ریشک(سانتی‌متر)	از نوک سنبله تا نوک ریشک ۱۰ سنبله اصلی تصادفی در مزرعه برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد.
طول ساقه(سانتی‌متر)	از سطح خاک (محل طوقه) تا قاعده سنبله در ۱۰ بوته انتخابی تحت شرایط مزرعه‌ای برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد.
وزن ساقه(گرم)	وزن بوته از سطح خاک تا قاعده سنبله در ۱۰ بوته انتخابی در مزرعه با ترازو توزین شد.
تراکم ساقه(گرم بر سانتی متر)	از نسبت وزن ساقه (برحسب گرم) به طول ساقه (برحسب سانتی‌متر) به دست امد.
عملکرد دانه بوته(گرم)	میانگین وزن دانه ۱۰ بوته در هر کرت فرعی تحت شرایط مزرعه‌ای تعیین گردید.
وزن سنبله بارور(گرم)	متوسط وزن سنبله اصلی بارور ۱۰ بوته در هر کرت فرعی تحت شرایط مزرعه‌ای تعیین گردید.
وزن دانه در سنبله(گرم)	میانگین وزن دانه در سنبله اصلی ۱۰ بوته در هر کرت فرعی تحت شرایط مزرعه‌ای تعیین گردید.
وزن سنبله‌های بوته(گرم)	میانگین وزن سنبله‌های بوته ۱۰ بوته در هر کرت فرعی تحت شرایط مزرعه‌ای تعیین گردید.
تعداد دانه در سنبلچه	میانگین تعداد دانه در سنبلچه وسطی سنبله اصلی ۱۰ بوته در هر کرت فرعی تحت شرایط مزرعه‌ای تعیین شد.
وزن دانه در سنبلچه(گرم)	میانگین وزن دانه در سنبلچه وسطی سنبله اصلی ۱۰ بوته در هر کرت فرعی تحت شرایط مزرعه‌ای تعیین شد.
وزن سنبلچه بارور(گرم)	متوسط وزن سنبلچه بارور وسطی سنبله اصلی ۱۰ بوته در هر کرت فرعی تحت شرایط مزرعه‌ای تعیین گردید.
وزن سنبله غیربارور(گرم)	متوسط وزن سنبله غیربارور ۱۰ بوته در هر کرت فرعی تحت شرایط مزرعه‌ای تعیین گردید.
طول دوره پر شدن دانه(روز)	از طریق تفاضل تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی از تعداد روز تا رسیدگی محاسبه شد
شاخص باروری	از نسبت وزن خشک سنبله‌های بوته (برحسب گرم) به وزن خشک بوته (برحسب گرم) به دست آمد.
عملکرد کاه سنبله (چف یا پوشال) (گرم)	از طریق تفاضل وزن دانه در سنبله اصلی از وزن سنبله اصلی به دست آمد.
تراکم سنبله(تعدادسنبلچه در میلی‌متر طول سنبله)	از نسبت تعداد سنبلچه در سنبله به طول سنبله (برحسب میلی‌متر) به دست امد که برحسب تعداد سنبلچه در میلی‌متر طول سنبله بیان می‌شود.
شاخص برداشت سنبله	از نسبت وزن دانه در سنبله اصلی به وزن سنبله اصلی به دست امد.
سرعت رشد رویشی(گرم در روز)	از نسبت وزن خشک بوته (برحسب گرم) به تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (برحسب روز) به دست آمد که برحسب گرم در روز بیان می‌شود
سرعت پر شدن دانه(گرم در روز)	از نسبت وزن عملکرد دانه تک بوته (برحسب گرم) به طول دوره پر شدن دانه (برحسب روز) به دست امد که برحسب گرم در روز بیان می‌شود

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات مختلف تحت تأثیر ژنوتیپ و سطوح مختلف تنش در ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی در مزرعه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		وزن هزاردانه	تعداد سنبله بارور	تعداد دانه در سنبله	عملکرد دانه	وزن خشک بوته
بلوک	۲	۱۸/۶^{ns}	۷/۶۳**	۱۳۲۷**	۲۵۰۷۰**	۴۰۳**
محیط رطوبتی	۱	۴۲۱۶*	۱۸۲*	۱۳۹۷۷**	۴۵۲۲۱۷**	۶۴۷۱**
خطای a	۲	۲/۶۱^{ns}	۰/۸۳^{ns}	۵۶۸**	۵۳۰^{ns}	۲۸۸**
ژنوتیپ	۲۹	۵۰/۲*	۱/۸۱**	۳۸۵*	۲۶۰۵**	۳۹/۹**
ژنوتیپ × محیط رطوبتی	۲۹	۱۸/۳^{ns}	۵۹۵*	۹۴/۵**	۲۶۷۶	۲۷/۶**
خطایb	۱۱۰	۱۳/۲	۰/۳۵	۴۹/۳	۷۵۳	۱۰/۳
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۲	۱۳/۳	۱۳/۳	۱۵/۹	۲۱/۱

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۴. مقایسه میانگین وزن هزار دانه مربوط به ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گندم

ژنوتیپ	وزن هزاردانه (گرم)	ژنوتیپ	وزن هزاردانه (گرم)
cd-1	۳۲/۳$^{f-h}$	c-93-7	۲۹/۷^{h}
cd-2	۳۵/۸$^{d-g}$	c-93-8	۳۵/۵$^{d-g}$
cd-3	۳۲/۲$^{f-h}$	c-93-9	۳۲/۷$^{e-h}$
cd-4	۳۴/۷$^{d-h}$	c-93-10	۳۱/۹$^{g-h}$
cd-5	۳۵/۶$^{d-g}$	c-93-11	۳۷/۰$^{b-g}$
cd-6	۳۶/۳$^{d-g}$	c-94-3	۴۲/۷^{a}
cd-7	۳۴/۳$^{d-h}$	c-94-4	۳۳/۶$^{d-h}$
cd-8	۳۲/۳$^{f-h}$	c-94-6	۳۴/۴$^{d-h}$
cd-9	۳۷/۸$^{a-e}$	c-94-7	۳۴/۱$^{d-h}$
cd-10	۳۷/۲$^{b-f}$	c-94-8	۳۲/۵$^{f-h}$
cd-11	۳۷/۳$^{b-f}$	c-94-9	۳۸/۱$^{a-d}$
c-93-3	۳۶/۷$^{c-g}$	MV17	۳۲/۶$^{e-h}$
c-93-4	۳۴/۵$^{d-h}$	حیدری	۳۵/۹$^{d-g}$
c-93-5	۴۱/۴$^{a-c}$	میهن	۴۱/۸$^{a-b}$
c-93-6	۳۴/۶$^{d-h}$	اروم	۳۶/۷$^{c-g}$

حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است

دانه در سنبله در ژنوتیپ‌های مختلف اختلاف زیادی داشت و این صفت معمولاً در ژنوتیپ‌های پرمحصول بیشتر از ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین بود (۲۴).

نتایج بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط رطوبتی برای عملکرد دانه (جدول ۵) نشان داد که ژنوتیپ‌های مختلف واکنش متفاوتی نسبت به تیمار آبیاری نشان دادند. این امر نشان‌دهنده

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات متقابل ژنوتیپ‌ها در سطوح مختلف تنش خشکی مربوط به برخی از صفات مورد مطالعه در آزمایش

ژنوتیپ	نرمال				تنش			
	وزن خشک بوته(گرم)	تعداد سنبله بارور	عملکرد دانه(گرم در مترمربع)	تعداد دانه در سنبله	وزن خشک بوته(گرم)	تعداد سنبله بارور	عملکرد دانه(گرم در مترمربع)	تعداد دانه در سنبله
cd-1	۱۳/۰$^{e-s}$	۶/۳۳$^{a-b}$	۳۳۱$^{a-j}$	۶۵/۳$^{a-i}$	۸/۲$^{l-s}$	۳/۶۷$^{d-h}$	۲۴۹$^{c-r}$	۳۷/۰$^{l-o}$
cd-2	۱۶/۱$^{c-s}$	۳/۶۷$^{d-h}$	۲۹۶$^{a-n}$	۶۷/۷$^{a-h}$	۸/۸$^{j-s}$	۲/۶۷^{gh}	۲۲۶$^{f-r}$	۳۸/۷$^{k-o}$
cd-3	۲۰/۴$^{b-j}$	۶/۳۳$^{a-b}$	۴۰۴$^{a-b}$	۵۷/۰$^{b-n}$	۹/۷$^{h-s}$	۴/۶۷$^{b-g}$	۱۶۵$^{m-r}$	۳۴/۰$^{m-o}$
cd-4	۲۳/۳$^{a-f}$	۵/۳۳$^{a-e}$	۳۷۶$^{a-e}$	۵۰/۷$^{c-o}$	۴/۷^{s}	۱/۶۷^{h}	۱۰۴^{r}	۴۳/۰$^{h-o}$
cd-5	۱۸/۷$^{b-o}$	۵/۶۷$^{a-d}$	۳۳۸$^{a-i}$	۴۹/۰$^{d-o}$	۶/۵$^{p-s}$	۲/۶۷$^{g-h}$	۲۰۳$^{g-r}$	۳۳/۷$^{m-o}$
cd-6	۱۵/۵$^{c-s}$	۵/۶۷$^{a-d}$	۲۹۷$^{a-n}$	۵۹/۰$^{b-m}$	۱۱/۵$^{g-s}$	۳/۶۷$^{d-h}$	۱۰۸^{r}	۵۳/۳$^{b-o}$
cd-7	۲۳/۱$^{b-f}$	۶/۰۰$^{a-c}$	۲۹۶$^{a-n}$	۵۷/۷$^{b-m}$	۹/۹$^{h-s}$	۳/۳۳$^{e-h}$	۲۰۶$^{g-r}$	۴۰/۰$^{i-o}$
cd-8	۱۹/۵$^{b-l}$	۶/۳۳$^{a-b}$	۲۶۶$^{b-q}$	۴۸/۳$^{d-o}$	۱۰/۵$^{h-s}$	۴/۶۷$^{b-g}$	۱۸۸$^{j-r}$	۳۹/۳$^{j-o}$
cd-9	۱۸/۸$^{b-n}$	۵/۳۳$^{a-e}$	۳۶۷$^{a-f}$	۶۰/۷$^{b-l}$	۶/۸$^{p-s}$	۳/۳۳$^{e-h}$	۱۶۹$^{l-r}$	۴۷/۰$^{f-o}$
cd-10	۲۲/۷$^{b-g}$	۵/۶۷$^{a-d}$	۳۰۷$^{a-m}$	۴۳/۰$^{h-o}$	۱۲/۵$^{f-s}$	۴/۰۰$^{c-g}$	۱۸۱$^{k-r}$	۳۹/۳$^{j-o}$
cd-11	۱۸/۹$^{b-m}$	۵/۶۷$^{a-d}$	۳۲۸$^{a-k}$	۴۷/۳$^{f-o}$	۸/۶$^{k-s}$	۳/۶۷$^{d-h}$	۱۸۲$^{j-r}$	۴۲/۷$^{h-o}$
c-93-3	۲۰/۱$^{b-k}$	۵/۰۰$^{a-f}$	۳۴۷$^{a-g}$	۶۳/۰$^{b-k}$	۸/۴$^{l-s}$	۳/۰۰$^{f-h}$	۱۷۱$^{l-r}$	۴۷/۷$^{e-o}$
c-93-4	۱۸/۸$^{b-n}$	۵/۳۳$^{a-e}$	۲۴۳$^{d-r}$	۵۳/۰$^{c-o}$	۷/۹$^{l-s}$	۲/۶۷$^{g-h}$	۱۲۷$^{q-r}$	۲۹/۳^{o}
c-93-5	۲۱/۲$^{b-h}$	۵/۰۰$^{a-f}$	۳۱۵$^{a-l}$	۵۰/۷$^{c-o}$	۵/۷$^{q-s}$	۳/۰۰$^{f-h}$	۱۹۷$^{h-r}$	۴۰/۰$^{i-o}$
c-93-6	۱۶/۴$^{c-r}$	۵/۰۰$^{a-f}$	۲۹۱$^{a-o}$	۵۶/۷$^{b-n}$	۷/۳$^{n-s}$	۴/۰۰$^{c-g}$	۱۴۲$^{p-r}$	۴۵/۷$^{f-o}$
c-93-7	۱۸/۸$^{b-n}$	۶/۰۰$^{a-c}$	۲۲۹$^{e-r}$	۵۱/۰$^{c-o}$	۱۰/۸$^{h-s}$	۳/۶۷$^{d-h}$	۱۴۶$^{o-r}$	۳۸/۳$^{k-o}$
c-93-8	۱۹/۱$^{b-m}$	۵/۶۷$^{a-d}$	۲۶۵$^{b-q}$	۵۰/۷$^{c-o}$	۸/۳$^{l-s}$	۳/۳۳$^{e-h}$	۱۸۲$^{k-r}$	۳۴/۳$^{m-o}$
c-93-9	۲۴/۱$^{a-f}$	۵/۶۷$^{a-d}$	۳۱۵$^{a-l}$	۶۲/۰$^{b-l}$	۹/۱$^{i-s}$	۴/۰۰$^{c-g}$	۱۹۷$^{h-r}$	۴۶/۷$^{f-o}$
c-93-10	۲۹/۱^{ab}	۶/۳۳$^{a-b}$	۳۱۸$^{a-l}$	۷۰/۷$^{a-g}$	۹/۱$^{i-s}$	۴/۰۰$^{c-g}$	۲۴۷$^{d-r}$	۴۲/۷$^{h-o}$
c-93-11	۲۴/۸$^{a-d}$	۵/۶۷$^{a-d}$	۲۶۹$^{b-q}$	۵۹/۰$^{b-m}$	۶/۷$^{p-s}$	۳/۶۷$^{d-h}$	۱۷۸$^{l-r}$	۳۱/۷$^{n-o}$
c-94-3	۲۰/۵$^{b-i}$	۵/۶۷$^{a-d}$	۴۳۷^{a}	۷۴/۷$^{a-c}$	۱۰/۶$^{h-s}$	۳/۰۰$^{f-h}$	۱۹۱$^{i-r}$	۴۴/۷$^{h-o}$
c-94-4	۱۷/۳$^{c-q}$	۴/۶۷$^{b-g}$	۲۹۰$^{a-p}$	۵۷/۳$^{b-m}$	۷/۶$^{m-s}$	۳/۰۰$^{f-h}$	۲۲۵$^{f-r}$	۴۴/۷$^{h-o}$
c-94-6	۲۳/۱$^{b-f}$	۴/۶۷$^{b-g}$	۳۴۶$^{a-g}$	۶۴/۷$^{b-j}$	۱۰/۲$^{h-s}$	۳/۰۰$^{f-h}$	۱۵۶$^{n-r}$	۴۵/۳$^{g-o}$
c-94-7	۱۷/۶$^{b-p}$	۵/۰۰$^{a-f}$	۳۵۹$^{a-f}$	۷۱/۰$^{a-f}$	۸/۷$^{k-s}$	۳/۶۷$^{d-h}$	۱۷۲$^{l-r}$	۵۲/۷$^{c-o}$
c-94-8	۲۶/۴$^{a-c}$	۴/۶۷$^{b-g}$	۳۴۴$^{a-h}$	۷۳/۰$^{a-e}$	۱۳/۹$^{d-s}$	۳/۶۷$^{d-h}$	۱۵۷$^{n-r}$	۵۲/۰$^{c-o}$
c-94-9	۳۴/۸^{a}	۵/۳۳$^{a-e}$	۴۰۶^{ab}	۷۳/۳$^{a-d}$	۹/۸$^{h-s}$	۳/۶۷$^{d-h}$	۱۸۲$^{j-r}$	۵۳/۳$^{b-o}$
mv 17	۲۴/۴$^{a-e}$	۴/۶۷$^{b-g}$	۳۹۷$^{a-c}$	۹۰/۳^{a}	۱۰/۶$^{h-s}$	۳/۰۰$^{f-h}$	۲۰۰$^{g-r}$	۵۹/۰$^{b-m}$
حیدری	۲۴/۱$^{a-e}$	۷/۰۰^{a}	۴۲۷^{a}	۷۴/۷$^{a-c}$	۷/۱$^{o-s}$	۳/۶۷$^{d-h}$	۱۵۲$^{n-r}$	۴۳/۷$^{h-o}$
میهن	۲۶/۹$^{a-c}$	۶/۰۰$^{a-c}$	۳۸۹$^{a-d}$	۷۸/۷$^{a-b}$	۱۴/۱$^{d-s}$	۳/۶۷$^{d-h}$	۲۳۲$^{e-r}$	۵۸/۰$^{b-m}$
اروم	۲۱/۱$^{b-h}$	۵/۳۳$^{a-e}$	۳۸۵$^{a-d}$	۶۷/۳$^{a-h}$	۵/۱$^{r-s}$	۳/۰۰$^{f-h}$	۱۳۲$^{p-r}$	۴۲/۷$^{h-o}$

حروف متفاوت برای هر صفت در ستون های نرمال و تنش بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

واکنش متفاوت ژنوتیپ‌های مختلف در تحمل خشکی است که بخش زیادی از آن به توانایی گیاه در استفاده مجدد از مواد پرورده ذخیره شده در ساقه برمی‌گردد. به عبارت دیگر ژنوتیپ‌های با ارتفاع بیشتر به‌دلیل دارا بودن ذخایر بیشتر در ساقه و توانایی استفاده از آن برای پر شدن دانه در شرایط کمبود رطوبت و کاهش فتوسنتز جاری، کمتر تحت تأثیر شرایط نامساعد خشکی پس از گلدهی قرار می‌گیرند. از نظر عملکرد دانه تحت شرایط نرمال، ژنوتیپ‌های c-94-3 و حیدری به‌ترتیب با میانگین‌های ۴۳۷ و ۴۲۷ گرم در مترمربع به‌عنوان برترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. ژنوتیپ‌های c-94-9 و cd-3 نیز تحت شرایط نرمال عملکرد دانه بیشتری داشتند (به‌ترتیب ۴۰۶ و ۴۰۳ گرم در مترمربع)، که با ژنوتیپ‌های c-94-3 و حیدری اختلاف معنی‌داری نداشتند. تحت شرایط تنش، ژنوتیپ‌های cd-4 و cd-6 به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۰۴ و ۱۰۸ گرم در مترمربع کم‌ترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۵).

در شرایط نرمال ژنوتیپ c-94-9 بیشترین وزن خشک بوته (۳۴/۸ گرم) را به خود اختصاص داد، درحالی‌که ژنوتیپ cd-4 تحت شرایط تنش خشکی در مرحله شروع گلدهی، کمترین وزن خشک بوته (۴/۶۷ گرم) را داشت (جدول ۵). نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که تحت شرایط تنش خشکی وزن خشک بوته کاهش می‌یابد و ژنوتیپ‌ها از لحاظ این صفت واکنش متفاوتی به تنش خشکی نشان می‌دهند.

رگرسیون چندگانه عملکرد دانه

به‌منظور تعیین متغیرهای مهم و مؤثر بر عملکرد دانه و تعیین بهترین مدل برای تبیین تغییرات آن از رگرسیون چندگانه به روش گام به گام استفاده شد. نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون چندگانه برای عملکرد دانه به‌صورت جداگانه برای شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی در مزرعه در جدول ۶ ارائه شده است.

تحت شرایط آبیاری نرمال متغیرهای مساحت برگ پرچم، تراکم سنبله، تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی و طول سنبله بر عملکرد دانه تأثیر معنی‌دار داشته و در معادله باقی ماندند. در شرایط تنش خشکی، متغیرهای سرعت پر شدن دانه، طول دوره پر شدن دانه و عملکرد کاه در مدل نهایی باقی ماندند و به‌عنوان اجزای مؤثر بر عملکرد دانه شناسایی شدند.

همچنین به‌منظور تعیین متغیرهای مهم و مؤثر بر صفات مختلف تأثیرگذار بر عملکرد دانه و تعیین بهترین مدل برای تبیین تغییرات آن از رگرسیون چندگانه استفاده شد (جدول ۷). تحت شرایط نرمال، بیشترین R^2 مدل مربوط به متغیرهای وابسته تراکم سنبله و طول سنبله، درصورتی‌که در شرایط تنش خشکی مربوط به متغیرهای وابسته سرعت پر شدن دانه و طول دوره پر شدن دانه بود (جدول ۷).

تجزیه مسیر عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال وتنش خشکی

نتایج تجزیه مسیر عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال در جدول ۸ ارائه شده است. با افزایش مساحت برگ پرچم و تراکم سنبله، عملکرد دانه افزایش خواهد یافت. با وجود غیرمعنی‌دار بودن همبستگی ساده طول سنبله با عملکرد دانه، این صفت بر روی عملکرد دانه اثر مستقیم مثبت و بالا داشت. تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی تنها صفتی بود که اثر مستقیم آن بر روی عملکرد دانه منفی بود. قسمت عمده‌ای از اثرات غیرمستقیم و مثبت تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی بر روی عملکرد دانه از طریق مساحت برگ پرچم اعمال شده است.

نتایج تجزیه مسیر عملکرد دانه با صفات وابسته برای شرایط تنش خشکی در جدول ۸ ارائه شده است. سرعت پر شدن دانه و طول دوره پر شدن دانه بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه داشت. پس تحت شرایط تنش خشکی هر چه سرعت پر شدن دانه و طول دوره پر شدن دانه بیشتر باشد، عملکرد دانه نیز افزایش خواهد یافت. اثر غیرمستقیم سرعت پر شدن دانه از طریق طول دوره پر شدن دانه منفی و بالا بود. بیشترین اثر غیرمستقیم منفی مربوط به طول دوره پر شدن دانه از طریق سرعت پر شدن دانه بود.

عملکرد کاه اثر مستقیم مثبت و پایینی بر روی عملکرد دانه

جدول ۶. تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه با سایر صفات مورد بررسی در ۳۰ ژنوتیپ گندم نان تحت دو محیط رطوبتی نرمال و تنش خشکی

سطح تنش	روش رگرسیون چندگانه	R^2 تعدیل شده	سطح احتمال معنی داری F	متغیر وابسته	سهم متغیرهای باقیمانده در مدل نهایی
نرمال	گام به گام	۰/۴۶۶	۰/۰۳۲	عملکرد دانه	مساحت برگ پرچم – تراکم سنبله – تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی – طول سنبله(۶۸/۲۶ درصد)
تنش	بک وارد	۰/۷۳۶	۰/۰۰۷	عملکرد دانه	سرعت پر شدن دانه – طول دوره پر شدن دانه – عملکرد کاه(۸۵/۷۹ درصد)

جدول ۷. تجزیه رگرسیون گام به گام صفات مختلف باقی مانده در مدل رگرسیونی عملکرد دانه با سایر صفات اندازه‌گیری شده در ۳۰ ژنوتیپ گندم نان تحت دو محیط رطوبتی نرمال و تنش خشکی

سطح تنش	روش رگرسیون چندگانه	R^2 تعدیل شده	سطح احتمال معنی داری F	متغیر وابسته	سهم متغیرهای باقیمانده در مدل نهایی
نرمال	بک وارد	۰/۹۶۸	۰/۰۰۰	طول سنبله	تراکم سنبله – تعداد دانه در سنبله – تعداد دانه در سنبلچه (۹۸/۳۹ درصد)
نرمال	گام به گام	۰/۹۸۴	۰/۰۰۰	تراکم سنبله	تعداد دانه در سنبله – تعداد دانه در سنبلچه – طول سنبله(۹۹/۲۰ درصد)
نرمال	گام به گام	۰/۶۰۱	۰/۰۰۹	مساحت برگ پرچم	تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی – وزن دانه در سنبلچه – طول دوره پر شدن دانه(۷۷/۵۲ درصد)
نرمال	گام به گام	۰/۶۷۰	۰/۰۰۷	تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی	طول دوره پر شدن دانه – عملکرد کاه – طول پدانکل(۸۱/۸۵ درصد)
تنش	گام به گام	۰/۳۵۸	۰/۰۱۷	عملکرد کاه	ارتفاع بوته – مساحت برگ پرچم – سرعت پر شدن دانه(۵۹/۸۳ درصد)
تنش	گام به گام	۰/۸۰۳	۰/۰۰۱	سرعت پر شدن دانه	طول دوره پر شدن دانه – طول سنبله – عملکرد کاه(۸۹/۶۱ درصد)
تنش	بک وارد	۰/۷۶۷	۰/۰۰۵	طول دوره پر شدن دانه	ارتفاع بوته – تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی – سرعت پر شدن دانه – عملکرد کاه(۸۷/۵۸ درصد)

جدول ۸. تجزیه مسیر عملکرد دانه به اثرات مستقیم و غیرمستقیم در ۳۰ ژنوتیپ گندم نان تحت دو محیط رطوبتی نرمال و تنش خشکی

صفت	اثر مستقیم در شرایط نرمال	اثر غیرمستقیم از طریق				همبستگی ساده صفات با عملکرد دانه
		مساحت برگ پرچم	تراکم سنبله	تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی	طول سنبله	
مساحت برگ پرچم	۰/۶۴۸	——	-۰/۰۸۸	-۰/۳۹۰	۰/۲۰۰	۰/۳۷۱*
تراکم سنبله	۰/۶۴۷	-۰/۰۸۸	——	-۰/۰۴۶	-۰/۲۲۲	۰/۲۹۰
تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی	-۰/۶۰۸	۰/۴۱۵	۰/۰۴۹	——	۰/۱۶۶	۰/۰۲۲
طول سنبله	۰/۴۹۰	۰/۲۶۵	-۰/۲۹۴	-۰/۲۰۶	——	۰/۲۵۶
متغیر وابسته:عملکرد دانه						۰/۶۷۸۲=باقیمانده
صفت	اثر مستقیم در شرایط تنش	اثر غیرمستقیم از طریق				همبستگی ساده صفات با عملکرد دانه
		سرعت پر شدن دانه	طول دوره پر شدن دانه	عملکرد کاه		
سرعت پر شدن دانه	۱/۳۹۸	——	-۱/۰۰۷	۰/۱۰۷		۰/۴۹۷**
طول دوره پر شدن دانه	۱/۱۸۶	-۱/۱۸۷	——	-۰/۰۶۳		-۰/۰۶۴
عملکرد کاه	۰/۲۶۶	۰/۵۶۱	-۰/۲۸۲	——		۰/۵۴۳**
متغیر وابسته:عملکرد دانه						۰/۴۸۶۵=باقیمانده

داشت. بیشترین اثر غیرمستقیم این صفت از طریق سرعت پر شدن دانه و به‌صورت مثبت اعمال شد، ولی اثر غیرمستقیم عملکرد کاه از طریق طول دوره پر شدن دانه منفی و پایین بود. این نتایج نشان می‌دهد با افزایش رشد رویشی و به دنبال آن افزایش فتوسنتز و عملکرد کاه، عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد.

تجزیه مسیر صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه در شرایط نرمال

نتایج حاصل از تجزیه مسیر مساحت برگ پرچم و صفات وابسته در شرایط نرمال در مزرعه در جدول ۹ درج شده است. تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی بیشترین اثر مستقیم مثبت (۱/۰۵) و همبستگی (۰/۶۴) را با مساحت برگ پرچم داشت. همچنین طول دوره پر شدن دانه اثر مستقیم مثبت را بر مساحت برگ پرچم داشت. طول دوره پر شدن دانه دارای اثر غیرمستقیم منفی از طریق تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی بر مساحت برگ پرچم بود. نتایج نشان داد که با افزایش تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی و طول دوره رویشی، مساحت برگ پرچم افزایش یافت.

نتایج حاصل از تجزیه مسیر تراکم سنبله و صفات وابسته در شرایط نرمال در مزرعه در جدول ۹ درج شده است. تعداد دانه در سنبله دارای بیشترین اثر مستقیم مثبت و تعداد دانه در سنبلچه و طول سنبله دارای بیشترین اثر مستقیم منفی بر تراکم سنبله بودند. همبستگی بین تعداد دانه در سنبله و تراکم سنبله مثبت (۰/۵۳) بود. تعداد دانه در سنبله از طریق تعداد دانه در سنبلچه دارای اثر غیرمستقیم منفی و بالا بر تراکم سنبله بود. تعداد دانه در سنبلچه اثر غیرمستقیم مثبت از طریق تعداد دانه در سنبله بر تراکم سنبله داشت.

نتایج حاصل از تجزیه مسیر تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی و صفات وابسته در شرایط نرمال در مزرعه نشان می‌دهد که (جدول ۹) طول دوره پر شدن دانه بیشترین اثر مستقیم منفی را بر تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی داشت. همبستگی منفی و بالا (۰/۷۰-) بین این دو صفت حاکی از آن است.

نتایج حاصل از تجزیه مسیر طول سنبله و صفات وابسته در شرایط نرمال در مزرعه نشان داد (جدول ۹) تراکم سنبله و تعداد دانه در سنبلچه، بیشترین اثر مستقیم منفی را بر طول سنبله داشتند. تعداد دانه در سنبله دارای بیشترین اثر مستقیم مثبت بر این صفت بود. تراکم سنبله و تعداد دانه در سنبلچه دارای اثر غیرمستقیم مثبت بر طول سنبله بودند. تعداد دانه در سنبله بیشترین اثرات غیرمستقیم منفی را از طریق تعداد دانه در سنبلچه و تراکم سنبله بر صفت فوق داشت. نتایج فوق نشان داد که افزایش تعداد دانه در سنبله به‌طور مستقیم سبب افزایش طول سنبله می‌شود. همچنین افزایش تراکم سنبله و تعداد دانه در سنبلچه به‌طور مستقیم سبب کاهش طول سنبله می‌شوند.

تجزیه مسیر صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه با صفات وابسته در شرایط تنش خشکی

نتایج حاصل از تجزیه مسیر سرعت پر شدن دانه و صفات وابسته در شرایط تنش در مزرعه در جدول ۱۰ درج شده است. طول دوره پر شدن دانه دارای اثر مستقیم منفی و بالا بر سرعت پر شدن دانه بود.

عملکرد کاه دارای اثر مستقیم مثبت بر سرعت پر شدن دانه بود. همبستگی بین این دو صفت نیز مثبت بود. با توجه به این که در فرمول سرعت پر شدن دانه طول دوره پر شدن دانه در مخرج کسر است، بنابراین با افزایش طول دوره پر شدن دانه، سرعت پر شدن دانه کاهش می‌یابد.

نتایج حاصل از تجزیه مسیر طول دوره پر شدن دانه و صفات وابسته در شرایط تنش در مزرعه نشان داد که (جدول ۱۰) سرعت پر شدن دانه و تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی دارای اثرات مستقیم منفی بر طول دوره پر شدن دانه بودند. همبستگی صفات تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی و سرعت پر شدن دانه با طول دوره پر شدن دانه نیز منفی و معنی‌دار بود (به‌ترتیب ۰/۶۵- و ۰/۸۵-). تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی از طریق سرعت پر شدن دانه اثر غیرمستقیم منفی بر طول دوره پر شدن دانه داشت. نتایج بیانگر آن است که با افزایش تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی و سرعت پر شدن دانه، طول دوره پر شدن دانه کاهش می‌یابد.

نتایج تجزیه مسیر نشان داد که صفات مساحت برگ پرچم،

جدول ۹. تجزیه مسیر صفات تاثیرگذار بر عملکرد دانه، به اثرات مستقیم و غیرمستقیم در ۳۰ ژنوتیپ گندم نان تحت شرایط نرمال

صفت	اثر مستقیم	تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی	وزن دانه در سنبلچه	طول دوره پر شدن دانه	همبستگی ساده صفات با مساحت برگ پرچم
تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی	۱/۰۰۵	ـــــ	−۰/۰۵۵	−۰/۳۱۰	۰/۶۴۱**
وزن دانه در سنبلچه	۰/۳۱۹	−۰/۱۷۲	ـــــ	۰/۱۰۸	۰/۲۵۵
طول دوره پر شدن دانه	۰/۴۴۱	−۰/۷۰۷	۰/۰۷۸	ـــــ	−۰/۱۸۸
متغیر وابسته: مساحت برگ پرچم					۰/۵۹۷۸= باقی‌مانده

صفت	اثر مستقیم	تعداد دانه در سنبله	تعداد دانه در سنبلچه	طول سنبله	همبستگی ساده صفات با تراکم سنبله
تعداد دانه در سنبله	۱/۵۷	ـــــ	−۱/۰۵	۰/۰۰۸	۰/۵۳۰**
تعداد دانه در سنبلچه	−۱/۲۹	۱/۲۸۰	ـــــ	۰/۱۳۶	۰/۱۲۵
طول سنبله	−۰/۶۹	−۰/۰۱۷	۰/۲۵۴	ـــــ	−۰/۴۵۴*
متغیر وابسته: تراکم سنبله					۰/۱۱۸۳= باقی‌مانده

صفت	اثر مستقیم	طول دوره پر شدن دانه	عملکرد کاه	طول پدانکل	همبستگی ساده صفات با تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی
طول دوره پر شدن دانه	−۰/۷۰۳	ـــــ	۰/۰۸۱	−۰/۰۸۰	−۰/۷۰۳**
عملکرد کاه	۰/۳۸۹	−۰/۱۴۶	ـــــ	−۰/۰۰۱	۰/۲۴۱
طول پدانکل	−۰/۲۴۵	−۰/۲۳۱	۰/۰۰۲	ـــــ	−۰/۴۷۴**
متغیر وابسته: تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی					۰/۵۴۴۱= باقی‌مانده

صفت	اثر مستقیم	تراکم سنبله	تعداد دانه در سنبله	تعداد دانه در سنبلچه	همبستگی ساده صفات با طول سنبله
تراکم سنبله	−۱/۴۰	ـــــ	۱/۱۷	−۰/۲۲۸	−۰/۴۵۴*
تعداد دانه در سنبله	۲/۲۸	−۰/۷۴۳	ـــــ	−۱/۴۸	−۰/۰۱۲
تعداد دانه در سنبلچه	−۱/۸۲	−۰/۱۷۵	۱/۸۰	ـــــ	−۰/۱۹۷
متغیر وابسته: طول سنبله					۰/۱۶۸۵= باقی‌مانده

طول سنبله و تراکم سنبله مهم‌ترین اجزای مؤثر بر افزایش عملکرد دانه هستند. بیشترین اثر مستقیم منفی بر روی عملکرد دانه تحت شرایط نرمال مربوط به تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی بود. بیشترین اثر غیرمستقیم مثبت مربوط به تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی از طریق مساحت برگ پرچم و بیشترین اثر غیرمستقیم منفی مربوط به مساحت برگ پرچم از طریق تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی بود. تجزیه مسیر تحت شرایط تنش خشکی نشان داد که صفات سرعت پر شدن دانه و طول دوره پر شدن دانه در درجه اول و عملکرد کاه در درجه دوم مهم‌ترین اجزای مؤثر بر افزایش عملکرد دانه هستند و بیشترین اثر غیرمستقیم منفی بر روی عملکرد دانه مربوط به صفات طول دوره پر شدن دانه و سرعت پر شدن دانه از طریق همدیگر است.

بحث

با استفاده از تجزیه مسیر مشخص می‌شود که همبستگی صفات با عملکرد به‌علت اثر مستقیم آنها بر روی عملکرد و یا در

جدول ۱۰. تجزیه مسیر صفات تاثیرگذار بر عملکرد دانه، به اثرات مستقیم و غیرمستقیم در ۳۰ ژنوتیپ گندم نان تحت شرایط تنش

صفت	اثر مستقیم	طول دوره پر شدن دانه	طول سنبله	عملکرد کاه	همبستگی ساده صفات با سرعت پر شدن دانه
طول دوره پر شدن دانه	-۰/۷۵۸	ـــــ	-۰/۰۳۰	-۰/۰۶۱	-۰/۸۴۹**
طول سنبله	-۰/۲۵۳	-۰/۰۹۱	ـــــ	۰/۰۳۷	-۰/۳۰۷
عملکرد کاه	۰/۲۵۶	۰/۱۸۰	-۰/۰۳۶	ـــــ	۰/۴۰۱*

متغیر وابسته: سرعت پر شدن دانه ۰/۴۱۹۹= باقی‌مانده

صفت	اثر مستقیم	ارتفاع بوته	تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی	سرعت پر شدن دانه	عملکرد کاه	همبستگی ساده صفات با طول دوره پر شدن دانه
ارتفاع بوته	-۰/۱۶۹	ـــــ	۰/۰۸۰	-۰/۰۵۶	۰/۰۴۳	-۰/۱۰۲
تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی	-۰/۳۵۱	۰/۰۳۹	ـــــ	-۰/۴۳۰	۰/۰۹۱	-۰/۶۵۱
سرعت پر شدن دانه	-۰/۷۱۰	-۰/۰۱۴	-۰/۲۱۲	ـــــ	۰/۰۸۷	-۰/۸۴۹
عملکرد کاه	۰/۲۱۶	-۰/۰۳۳	-۰/۱۴۷	-۰/۲۸۵	ـــــ	-۰/۲۴۹

متغیر وابسته: طول دوره پر شدن دانه ۰/۲۰۰۶= باقی‌مانده

صفت	اثر مستقیم	ارتفاع بوته	مساحت برگ پرچم	سرعت پر شدن دانه	همبستگی ساده صفات با عملکرد کاه
ارتفاع بوته	۰/۳۲۶	ـــــ	-۰/۲۲۲	۰/۰۲۹	۰/۱۳۳
مساحت برگ پرچم	۰/۵۵۱	-۰/۱۳۱	ـــــ	۰/۰۰۵	۰/۴۲۵*
سرعت پر شدن دانه	۰/۳۶۶	۰/۰۲۶	۰/۰۰۸۲	ـــــ	۰/۴۰۰*

متغیر وابسته: عملکرد کاه ۰/۷۴۵۰= باقی‌مانده

نتیجه اثر غیرمستقیم از طریق سایر صفات است. اگر همبستگی بین عملکرد و یک صفت به‌علت اثر مستقیم آن صفت باشد، این مطلب منعکس کننده‌ی یک رابطه واقعی بین آنها است و لذا می توان صفت مذکور را به‌منظور اصلاح عملکرد انتخاب کرد، اما اگر این همبستگی اصولاً به‌علت اثر غیر مستقیم صفت از طریق صفات دیگر باشد، در این صورت عمل انتخاب را باید بر روی صفتی انجام داد که سبب اثر غیرمستقیم شده است (۲۰).

در این مطالعه تنها برای متغیرهای وارد شده به مدل رگرسیونی در شرایط نرمال و تنش تجزیه مسیر انجام شد که در هر شرایطی یکسری از صفات عملکرد دانه را توجیه کردند.

واعظی (۳۰) با انجام رگرسیون گام به گام در شرایط نرمال، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، عملکرد کاه و ارتفاع بوته را بر عملکرد دانه مؤثر دانست که نتایج فوق موافق با نتایج این پژوهش بود. در بررسی نقوی و همکاران (۱۹) در شرایط نرمال تعداد دانه در سنبله بالاترین ضریب رگرسیون را داشت و به تنهایی ۸۲ درصد تغییرات عملکرد سنبله را توجیه کرد. پس از این صفت به‌ترتیب وزن هزار دانه و تعداد سنبلچه در سنبله وارد مدل شده و در نهایت این سه متغیر ۹۴ درصد از تغییرات عملکرد سنبله را توجیه کردند که موافق با نتایج این پژوهش بود.

در گزارش دیگری ملاصادقی و همکاران (۱۷) اعلام کردند که تعداد دانه در سنبله (۰/۲۱)، وزن دانه (۰/۴۱)، وزن هزار دانه (۰/۰۹) و عملکرد بیولوژیکی (۰/۸۵) بیشترین اثرات مستقیم و مثبت را بر عملکرد دانه داشتند. همچنین خان و

نکوی (۱۴) نیز بر اساس تجزیه ضرایب مسیر اعلام کردند که انتخاب بر اساس تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله و تعداد سنبلچه می‌تواند به‌علت اثرات مستقیم و مثبت آنها بر عملکرد دانه در شرایط نرمال باشد. دوگان (۴) و خان و همکاران (۱۲) اثر مستقیم و مثبت تعداد دانه در سنبله و خان و همکاران (۱۳) اثر مستقیم و مثبت وزن هزار دانه را بر عملکرد دانه را گزارش کرده‌اند که موافق با یافته‌های این پژوهش بود. به‌نظر می‌رسد که در اکثر تحقیقات انجام گرفته تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع و وزن هزار دانه دارای اثرات مستقیم مثبت بالا بر عملکرد دانه هستند. بنابراین با گزینش ژنوتیپ‌هایی که از لحاظ صفات فوق در جایگاه مناسبی قرار گرفته باشند، می‌توان عملکرد دانه را بهبود بخشید. در مجموع ژنوتیپ‌هایی که از تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد کاه قابل‌توجهی برخوردار بوده و همچنین زودرس باشند، می‌توانند در چنین محیط‌هایی به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا مورد گزینش قرار گیرند.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج تجزیه مسیر نشان داد که تحت شرایط آبیاری مطلوب صفات تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد کاه، تراکم سنبله و ساقه، مساحت برگ پرچم و تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی، و تحت شرایط تنش خشکی صفات سرعت پر شدن دانه، طول دوره پر شدن دانه، تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی، عملکرد کاه و تعداد دانه در سنبله، مهم‌ترین اجزای مؤثر بر افزایش عملکرد دانه هستند.

سپاسگزاری

از مسئولین مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی که مواد آزمایشی برای انجام این پژوهش را فراهم کردند تشکر و قدردانی می‌شود

منابع مورد استفاده

1. Amiri, S., S. Nour Mohammadi, A. A. Jafari and R. Chougan. 2009. Correlation, regression and path analysis for grain yield and yield components on early maturing hybrids of grain corn. *Journal of Plant Production* 16: 99-112.
2. Daniel, C. and E. Triboi. 2002 . Changes in wheat protein aggregation during grain development : Effects of temperatures and water stress. *European Journal of Agronomy* 16: 1-12.
3. Doffing, S. M. and C. W. Knight. 1992. Alternative model for path analysis of small grain yield. *Crop Science* 32: 487-489.
4. Dogan, R. 2009. The correlation and path coefficient analysis for yield and some yield components of durum wheat (*Triticum turgidum* L.) in west Anatolia conditions. *Pakistan Journal of Botany* 41: 1081-1089.
5. Farshadfar, E. 1998. Application of Biometrical Genetics in Plant Breeding. Razi University press, Kermanshah. (In Farsi).
6. FAO. 2011-2020 .FAO Land and plant nutrition management service. Available online at: http:// www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/. Accessed 20 April 2020.
7. Guertin, W. H. and J. P. Bailey. 1982. Introduction to Modern Factor Analysis. Edwards Brothers. Inc., Michigan.
8. Hosseinpour, T., R. Mamghani, A. A. Siadat and M. Bahari. 2003. Path analysis of agronomic traits for grain and straw yield of wheat genotypes under limited irrigation condition. *Scientific Journal of Agriculture* 26: 105-120. (In Farsi).
9. Huang, Z., Z. Meixue and H. Yousheng. 1989. Analysis of genetic advance. Genetic correlation and path coefficient for yield characters in wheat. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences (China)* 5: 18-23.
10. Janmohammadi, M., N. Sabaghnia and M. Nouraein. 2014. Path analysis of grain yield and yield components and some agronomic traits in bread wheat. *Acta University Agricultures et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 62: 945-952.
11. Kashif, M. and I. Khaliq. 2004. Heritability, correlation and path coefficient analysis for some metric traits in wheat. *International Journal of Agriculture and Biology* 1: 138-142.
12. Khan, A. J., F. Azam and A. Ali. 2010. Relationship of morphological traits and grain yield in recombinant inbred wheat lines grown under drought conditions. *Pakistan Journal of Botany* 42: 259-267.
13. Khan, M. U., M. A. Chowdhry, I. Khaliq and R. Ahmad. 2003. Morphologcal response of various genotypes to

drought conditions. *Asian Journal of Plant Science* 2: 392-394.
14. Khan, N and F. N. Naqvi. 2012. Correlation and path coefficient analysis in wheat genotypes under irrigated and non-irrigated conditions. *Asian Journal of Agricultural Sciences* 4: 346-351.
15. Khodadadi, M., H. Dehghani and M. H. Fotokian. 2011. Study of heritability, path and factor analysis in winter wheat (*Triticum aestvum* L.) genotypes. *Journal of Agronomy Sciences* 4: 67-78. (In Farsi).
16. Li, W., Z. H. Yan, Y. M. Wei, X. J. Lan and Y. L. Zheng. 2006. Evaluation of genotype × environment interactions in Chinese spring wheat by the AMMI model, correlation and path analysis. *Journal of Agronomy and Crop Science* 192: 221-227.
17. Mollasadeghi, V., A. A. Imani, R. Shahryari and M. Khayatnezhad. 2011. Correlation and path analysis of morphological traits in different wheat genotypes under end drought stress condition. *Middle-East Journal of Scientific Research* 7: 221-224.
18. Mosadeghi, M. R., M. Morshedizad, A. A. Mahboubi, A. R. Dexter and R. Schulin. 2009. Laboratory evaluation of a model for soil crumbling for prediction of the optimum soil water content for tillage. *Soil and Tillage Research* 105: 242–250.
19. Naghavi, M. R., A. Shahbaz Pourshahbazi and A. R. Talei. 2002. Investigation of diversity of hereditary reserves of durum wheat for some agronomic and morphological characteristics. *Iranian Journal of Crop Sciences* 4: 81-88. (In Farsi).
20. Nasri, R., F. Paknejad, M. Sadeghi Shoa, S. Ghorbani and Z. Fatemi. 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: 155-165. (In Farsi).
21. Pordel-Maragheh, F. 2013. Assess the genetic diversity in some wheat genotypes through agronomic traits. *European Journal of Zoological Research* 2: 71-75. (In Farsi).
22. Pourmoradi, S. and H. Mirzaie-Nodoushan. 2011. Path analysis of morphological traits and forage yield on several populations of *Lolium* species. *Iranian Journal of Rangelands and Forests plant Breeding and Genetic Research* 18: 294-304. (In Farsi).
23. Richards, R. A. 1996. Defining selection criteria improve yield under drought. *Plant Growth Regulation* 20: 157-166.
24. Shearman, V. J., R. Sylvester-Bradley, R. K. Scott and M. J. Foulkes. 2005. Physiological processes associated with wheat yield progress in the UK. *Crop Science* 45: 175-185.
25. Shepherd, A., S. M. C. M. Ginn and G. C. L. Wyseure. 2002. Simulation of the effect of water shortage on the yields of winter wheat in North-East England. *Ecological Modeling* 147: 41-52 .
26. SPII. 2015. Report of wheat breeding program result during 2014-2015. Cereal Research Division, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran.(In Farsi).
27. SPII. 2016. Report of wheat breeding program result during 2015-2016. Cereal Research Division, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran.(In Farsi).
28. Topal, A., C. Aydin, N. Akgun and M. Babaoglu. 2004. Diallel cross analysis in durum wheat (*Triticum durum* Desf): identification of best parents for some kernel physical features. *Field Crops Research* 87: 1-12.
29. Uddin, M. J., B. Mitra, M. A. Z. Chowdhry and B. Mitra. 1997. Genetic parameters, correlation path coefficient and selection indices in wheat. *Bangladesh Journal of Science and Industry Research* 32: 528-538.
30. Waezi, Sh. 1994. Investigation of genetic and geographical diversity for quantitative and qualitative properties of Iranian durum wheat collection. MSc Thesis, University of Tehran. Karaj, Iran. (In Farsi).

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 12, No. 4, Winter 2023, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Path Analysis of Yield Related Traits in Wheat Genotypes under Normal Irrigation and Drought Stress Conditions

B. TahmasebPour[1], S. Jahanbakhsh[2*], A. Tarinejad[3], H. Moahammadi[4] and A. Ebadi[2]

(Received: September 13-2022; Accepted: November 13-2022)

Abstract

For identification of correlations and relations among different traits in bread wheat, 30 genotypes were investigated based on a split plot experiment in the form of randomized complete block design with three replications under normal and moisture stress conditions during the 2016-2017 crop season. The results of the analysis of variance showed that the effect of genotypes was significant for most of the studied traits. The interaction effect of drought stress and genotype was significant for all examined traits except 1000-grain weight. Genotypes c-94-3 and Heidari were recognized as the best genotypes with average grain yield of 437 and 427 g/m^2, respectively, in normal conditions. Under drought conditions, genotypes cd-4 and cd-6 had the lowest grain yield with an average of 104 and 108 g/m^2, respectively. Based on the results of multiple regression in field experiment, under optimal irrigation conditions, flag leaf area, spike density, number of days to 50% flowering and spike length, (R^2= 0.466) and under stress conditions, grain filling rate, grain filling period and straw yield (R^2= 0.736) were considered as important traits affecting grain yield. Path analysis of grain yield under normal conditions indicated that the flag leaf area, spike density and spike length, and under stress conditions, the grain filling rate, grain filling period and straw yield, with the greatest direct positive effect were the important and effective traits in grain yield. Based on the results of the analysis of the grain yield correlation coefficients under normal condition, the number of kernels per spike, 1000-grain weight, flag leaf area, spike density and spike length, and under stress conditions, the number of kernels per spike, the grain filling rate, grain filling period and straw yield, were considered as the traits affecting grain yield.

Keywords: Regression, Selection index, water deficit

1. Ph.D Student of Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2. Professor, Department of Plant Genetics and Production Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
3. Associate Professor, Department of Agricultural Biotechnology, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, East Azarbaijan, Iran.
4. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, East Azarbaijan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: jahanbakhsh@uma.ac.ir