Archive of SID

نشریه زراعت

شماره ۱۰۴، پائیز ۱۳۹۳

(پژوهش و سازندگی)

بررسی روابط بین عملکرد و اجزای آن در گندم در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی با استفاده از روش تجزیه مسیر

• عبد الرحمان ترابیان، کارشناس ارشد علوم باغبانی، مدرس دانشگاه علمی کاربردی کرمان
• کبری مقصودی، دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه شیراز (نویسنده مسئول)

تاریخ دریافت: آبان ماه ۱۳۸۹ تاریخ پذیرش: مهر ماه ۱۳۹۰
تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۷۲۰۴۹۵۹
پست الکترونیک نویسنده مسئول: k_maghsoudi1982@yahoo.com

چکیده:

به منظور بررسی روابط بین عملکرد و اجزای آن در گندم، آزمایشی تحت دو تیمار آبیاری و تنش خشکی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان، به صورت اسپلیت پلات (تیمار بدون تنش و تنش خشکی در کرت‌های اصلی و ۱۵ رقم گندم در کرت‌های فرعی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ اجرا شد. صفات محتوی نسبی آب، عملکرد و اجزای آن (تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه)، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که اثر خشکی و رقم بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود و تنش خشکی سبب کاهش تمام صفات گردید. ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه با شاخص برداشت در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش، مثبت و بسیار معنی‌دار بود. همبستگی‌های شاخص برداشت با تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی، مثبت و معنی‌دار و در شرایط بدون تنش، غیر معنی‌دار بود. همبستگی بین وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله در شرایط تنش خشکی، معنی‌دار و در شرایط بدون تنش، غیر معنی‌دار بود. در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش، همبستگی بین وزن هزار دانه و عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار بود. بین عملکرد دانه و میزان آب نسبی برگ در شرایط عدم تنش، همبستگی غیر معنی‌دار، در حالیکه در شرایط تنش خشکی، همبستگی بسیار معنی‌دار بود. بر اساس نتایج تجزیه مسیر، در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی، شاخص برداشت بالاترین اثر مستقیم مثبت را بر روی عملکرد دانه داشت. بعد از شاخص برداشت در شرایط بدون تنش، بالاترین اثر مستقیم را تعداد سنبله در متر مربع و در شرایط تنش، تعداد دانه در سنبله بر روی عملکرد دانه داشت. بالاترین اثر غیر مستقیم منفی را در شرایط بدون تنش، تعداد سنبله در متر مربع از طریق کاهش تعداد دانه در سنبله و در شرایط تنش، وزن هزار دانه از طریق افزایش شاخص برداشت بر روی عملکرد دانه داشت. بنابر نتایج این تحقیق می‌توان احتمال داد که برای رسیدن به عملکرد مطلوب‌تر در شرایط بدون تنش باید به ترتیب شاخص برداشت، تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله و در شرایط تنش، در درجه اول شاخص برداشت و سپس تعداد دانه در سنبله را افزایش داد.

کلمات کلیدی: تنش خشکی، تجزیه مسیر، گندم

www.SID.ir

Archive of SID

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:104 pp: 47-53

Study on relationship between yield and yield components of wheat under normal irrigation and drought stress conditions by path analysis method

By:

- *A. Torabian , Lecturer of University of Applied Science and Technology of Kerman*
- *K. Maghsoudi, (Corresponding Author; Tel: 09137204959), Ph.D. student of Shiraz University*

Received: October 2009 **Accepted: September September**

To investigate the relationship between yield and its components in wheat under non-stress and drought stress conditions an experiment was conducted in on Agricultural Research Station at Bahonar University of Kerman. Experimental trial was split-plot (non-stress and drought stress as main plots and 15 cultivars as sub-plots) in randomized complete block design with three replications. The measured traits were relative water content, yield and its components (number of spikes per m^2, number of grain per spike and 1000 grain weight), biological yield and harvest index. The results showed that the effects of drought and cultivar were significant on all traits, and drought stress decreases all traits. Correlation coefficients between grain yield and harvest index under both conditions was positive and highly significant. Correlations of harvest index with the number of spikes per m^2, number of grains per spike and 1000 grain weight under drought stress, were significant. However, under non-stress condition was non-significant. Correlation between 1000 grain weight and grain number per spike was significant under drought stress and was not significant under non-stress conditions. Under drought stress and non stress conditions, the correlation between 1000 grain weight and grain yield was positive and significant. Correlation coefficient between grain yield and relative water content under non-stress condition was not significant; however under stress condition was significant. Based on path analysis, under stress and non stress conditions, harvest index had the highest and positive direct effect on grain yield. Under non-stress condition number of spike per m^2 and under stress condition number of grains per spike had the highest direct effect. The number of spikes per m^2 via by the number of grains per spike had the highest indirect negative effect under non-stress condition. Under stress condition, the 1000 grain weight by harvest index had the highest indirect negative effects. Therefore, it is possible to achieve optimum yield in non-stress condition through harvest index, spikes per m^2 and grain per spike and under stress condition, harvest index and number of grain per spike can increase grain yield.

key Words: Drought stress, Path analysis, Wheat

مقدمه

گندم اولین غله پر مصرف جهان است که در حدود۳۰ 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 ۴۵ میلیون کیلومتر مربع یا یک سوم مجموع زمین‌های دنیا را در بر گرفته است. ۳۹ درصد از این مساحت جز مناطق نیمه خشک و بقیه آن جز مناطق خشک محسوب می‌شود. قسمت اعظم کشور ما نیز جز مناطق نیمه خشک به حساب می‌آید (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 سال‌های متوالی نوسانات فراوانی نشان می‌دهد. از طرف دیگر زیاد بودن میزان تبخیر و تعرق، سبب بروز تنش خشکی در طول دوره رشد گیاهان زراعی می‌شود (Morgan, 1991; Richard, 2004). تنش خشکی از پدیده‌های اقلیمی رایج در طبیعت می‌باشد که مهمترین عامل محدود کننده رشد و تولید گیاهان زراعی است و کمتر گیاهی به طور کامل از آن اجتناب می‌کند (Verslues, *et al.*, 2006). بلوم (Blum, 1996) اظهار داشته است که خشکی یک تنش چند بعدی است که گیاهان را در سطوح مختلف سازمانی تحت تاثیر قرار می‌دهد و تقریبا روی کلیه فرایندهای رشد گیاه تاثیر گذار است.

ارقامی که تحت شرایط خشک خوب عمل می‌کنند، دارای صفات مطلوبی خواهند بود که آن‌ها را قادر می‌سازد در مراحل مختلف نمو خود از تنش خشکی فرار کرده یا آن را تحمل کنند. از جمله می‌توان سازگاری فنولوژیکی، انعلاف پذیری نمو، تنظیم اسمزی، زاویه برگ، سیستم ریشه‌ای کارآمد، قدرت رویش اولیه، حفظ سطح برگ، افزایش انعکاس نور از برگ را نام برد (Clarke and Depauw, 1991). سایر صفات نیز از جمله شاخص برداشت بالا که می‌توانند در بهبود عملکرد تحت شرایط دیم کاری و آبیاری مفید باشند، در برنامه‌های به نژادی برای ارزیابی گیاهان تحت شرایط مناطق نیمه خشک مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Donald and Hamblin, 1976).

در شرایط کم آبی و محدودیت منابع آبی، تغییر الگوی زراعت به سمت گیاهان سازگار به خشکی می‌تواند راه کار بسیار مناسبی باشد (Fischer and Maurer, 1978). عملکرد دانه صفت پیچیده‌ای است که

Archive of SID

تحت تاثیر شرایط محیطی، ساختار ژنتیکی و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط است. توماس و همکاران (Thomas et al., 1971) گزارش نمودند که تکوین یک گیاه طی یک نظام پویا و پیچیده صورت می‌گیرد، به طوری که هر یک از اجزای این نظام می‌توانند تحت تاثیر ژنوتیپ، محیط و یا اثر متقابل آنها واقع شوند. از طرفی عملکرد یک گیاه طی فرایندهای پیاپی شکل می‌گیرد. عملکرد دانه در گندم نان، مهم‌ترین بخش اقتصادی گیاه است که حاصل برآیند اجزای عملکرد و دیگر صفات مرتبط با آن می‌باشد. یکی از اهداف اصلی در اصلاح گندم، تولید ارقامی است که دارای ظرفیت تولید بیشتری باشند. ظرفیت عملکرد دانه به توانایی ژنوتیپ در ساخت، انتقال و ذخیره مواد غذایی در دانه بستگی دارد (Arzani, 1999).

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 می‌توان سرعت پیشرفت برنامه‌های اصلاحی را خصوصا در اصلاح برای تحمل به تنش‌های محیطی بهبود بخشید و در وقت و هزینه صرفه جویی نمود (Chaubey and Singh, 1994; Wang *et al.*, 2003).

تجزیه ضرایب مسیر روشی برای تفکیک ضرایب همبستگی به آثار مستقیم صفات و غیر مستقیم آن‌ها از طریق صفات دیگر می‌باشد و می‌تواند اطلاعات مفیدی را از نحوه تاثیرپذیری صفات بر یکدیگر و روابط بین آن‌ها فراهم نماید. سهم هر جزء عملکرد در توجیه عملکرد دانه می‌تواند به طور غیر مستقیم نیز تحت تاثیر بقیه اجزا قرار گیرد (Mehmet and Tetal, 2006). اثر مستقیم نشان دهنده تاثیر مستقیم آن صفت بر عملکرد مطالعه و اثر غیر مستقیم نشان دهنده اثرات غیر مستقیم از طریق سایر صفات مورد نظر بر عملکرد هستند (Lauro *et al.*, 2004). برتری تجزیه علیت (مسیر) بر ضرایب همبستگی این هست که از طریق تجزیه علیت می‌توان اثر غیر مستقیم هر یک از اجزای عملکرد را از اثر مستقیم آن جزء ویژه بر عملکرد، مجزا کرد و در واقع اثر غیر مستقیم از ارتباط متقابل بین اجزا ایجاد می‌شود (Mehmet and Tetal, 2006).

مطالعات متعددی در رابطه با بررسی روابط بین عملکرد دانه و دیگر صفات گندم انجام شده است (Ehdaie and Waines 1989; Fonseca and Petterson, 1968; Singh and Stoskopf, 1971). مقدم و همکاران (Moghaddam et al., 1997) نشان دادند که تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه همبستگی بالایی با عملکرد دانه گندم داشتند و دارای اثر مستقیم زیاد و معنی‌داری بر این صفت بودند، اما در عین حال در مطالعه فونسکا و پترسون (Fonseca and Petterson, 1968)، همبستگی معنی‌داری بین تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه مشاهده نشد. اهدایی و ونیز (Ehdaie and Waines, 1989) نیز گزارش کردند که وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت در گیاه گندم دارای اثر مستقیم و معنی‌داری بر عملکرد دانه بودند. همچنین در مطالعات مختلف به وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین وزن دانه در سنبله و عملکرد دانه گندم و اهمیت آن در بهبود عملکرد دانه به عنوان شاخص انتخاب تاکید شده است (Sharma and Knott, 1964).

با توجه به اهمیت گندم در تامین غذای بشر و از آنجا که تنش خشکی نیز یکی از علل پایین بودن عملکرد هکتاری آن می‌باشد و همچنین با عنایت به اهمیت لزوم تعیین مسیرهای برهمکنش اجزای عملکرد بر عملکرد دانه جهت بهبود آن در برنامه‌های اصلاحی، این آزمایش با هدف شناخت روابط داخلی بین صفات و تعیین مهم‌ترین صفات مرتبط با عملکرد دانه در گندم اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با استفاده از ۱۵ رقم گندم (کویر، چمران، شیرودی، مرودشت، سرداری، امید، آذر ۲، روشن، دز، هامون، پیشتاز، سایسون، گاسکوژن، گاسپارد و فلات)، در کشت پاییز در سال زراعی۸۷-۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه باهنر کرمان با عرض جغرافیایی ۵۷ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی و طول جغرافیایی ۳۰ درجه و۲۰ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۱۷۵۰ متر از سطح دریا، اجرا شد. خاک محل آزمایش دارای بافت لوم شنی با هدایت الکتریکی عصاره اشباع ۲/۲۱ دسی زیمنس و اسیدیته ۷/۳ بود.

آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد که تیمار آبیاری و خشکی به عنوان فاکتورهای اصلی و ارقام گندم در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. هر کرت آزمایشی شامل ۵ ردیف کاشت به طول سه متر و فاصله خطوط ۲۰ سانتیمتر بود که دو ردیف کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شده و از ردیف‌های وسطی برای اندازه گیری عملکرد و اجزای آن استفاده شد.

زمین آزمایش در سال قبل از کشت به صورت آیش بود که بوسیله شخم، دیسک و لولر آماده سازی شد. به منظور تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، مقدار۱۵۰ کیلو گرم کود فسفات آمونیوم (تماما قبل از کاشت) و ۱۵۰ کیلو گرم اوره (نیمی قبل از کاشت و بقیه به صورت کود سرک در دو مرحله ساقه رفتن و پنجه زنی) در هکتار استفاده گردید. عملیات کاشت در دهه اول آذر ماه با دست در عمق ۵-۴ سانتیمتری و فواصل کاشت روی ردیف ۵ سانتیمتر انجام شد. در طول فصل رشد عملیات وجین علف‌های هرز بر حسب نیاز صورت گرفت. اعمال تنش پس از سبز شدن و اطمینان از استقرار گیاهچه‌ها، در مرحله ساقه رفتن با قطع آبیاری کرت‌های مربوط به تیمار خشکی، صورت گرفت.

در مرحله پر شدن دانه‌ها از ردیف وسط هر کرت، ۱۰ برگ پرچم به تصادف انتخاب و جهت تعیین محتوی آب نسبی به آزمایشگاه منتقل و طبق رابطه زیر محاسبه گردید:

$$RWC = \frac{(Fw - Dw)}{(Sw - Dw)}$$

که در آن F_w وزن برگ در مزرعه، D_w وزن برگ خشک شده در آون به مدت ۷۲ ساعت در ۷۰ درجه سانتیگراد و S_w وزن اشباع برگ بعد از ۴ ساعت قرار دادن در آب مقطر در تاریکی می‌باشد.

با توجه به زمان رسیدگی فیزیولوژیکی هر رقم، خطوط دو و چهار هر کرت، برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. در تمامی کرت‌های آزمایشی صفات تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک اندازه‌گیری 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 برنامه‌های اصلاحی شناسایی ارقام با شاخص برداشت بالا است، در این آزمایش شاخص برداشت نیز از طریق رابطه زیر محاسبه گردید:

$$HI = \left(\frac{GY}{BY}\right) \times 100$$

Archive of SID

که در آن GY عملکرد دانه و BY عملکرد بیولوژیک 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 Waincs, 1989). تجزیه داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS و Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل خشکی و رقم بر صفات محتوی آب نسبی، عملکرد و اجزای آن (تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه) و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود. شاخص برداشت نیز به طور معنی‌داری تحت تاثیر اثر اصلی رقم و خشکی قرار گرفت (جدول۱). اعمال تنش خشکی سبب کاهش تمامی صفات اندازه‌گیری شده گردید (جدول ۲). در همین راستا کولاکو و همکاران (Collaku and Harrison, 2002) در حدود ۴۵ درصد کاهش در عملکرد در اثر تنش را به علت کاهش در تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله گزارش نمودند. در بین ارقام مورد آزمایش رقم‌های روشن، کویر، پیشتاز و دز در شرایط تنش خشکی دارای بالاترین محتوی آب نسبی برگ پرچم، شاخص برداشت و عملکرد بودند (جدول ۲).

مقادیر ضرایب همبستگی بین صفات در شرایط بدون تنش و تنش خشکی به ترتیب در جدول ۳ آورده شده است. در مجموع در شرایط تنش خشکی و بدون تنش بین عملکرد و اجزای عملکرد و شاخص برداشت همبستگی‌های مثبت و بسیار معنی‌داری (در سطح۱٪) مشاهده شد. در مطالعه گورتین و بیلی (Guretin and Baily, 1982) نیز عملکرد دانه دارای ضریب همبستگی مثبتی با اجزای عملکرد بوده است. نتایج نشان داد که در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش، همبستگی بین وزن هزار دانه و عملکرد در سطح ۱ درصد مثبت و معنی‌دار بود. با توجه به اینکه وزن هزار دانه آخرین جزء عملکرد است که تشکیل می شود، همبستگی مثبت نشان می‌دهد که وزن هزار دانه به عنوان یک عامل تعدیل کننده توانسته است کاهش سایر اجزا را به نوعی جبران کند.

همبستگی بین عملکرد دانه با شاخص برداشت در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش، مثبت و بسیار معنی‌دار بود (جدول ۳). کولاکو و هریسون (Collaku and Harrison, 2002) نیز در گندم رابطه مثبت و بسیار معنی‌داری را بین شاخص برداشت و عملکرد دانه در واحد سطح گزارش کرد. این نتیجه نشان می‌دهد که همراه با افزایش عملکرد دانه، نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک افزایش یافته است.

همبستگی شاخص برداشت با تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی مثبت و معنی‌دار ولی در شرایط بدون تنش، معنی‌دار نبود (جدول ۳). همبستگی بین وزن هزار دانه و تعداد دانه در خوشه در شرایط تنش خشکی، مثبت و معنی‌دار، در حالیکه در شرایط بدون تنش، غیر معنی‌دار بود (جدول ۳). اگر چه زارع فیض آبادی و قدسی (Zarea-Feizabady and Ghodsi, 2004) و همچنین پلات و همکاران (Plaut et al., 2004) به رابطه منفی بین وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله اشاره نمودند.

بین عملکرد دانه و محتوی آب نسبی برگ پرچم در شرایط عدم تنش، همبستگی غیر معنی‌دار و در شرایط تنش، همبستگی بسیار معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۳). در نتیجه می‌توان بیان کرد، ارقامی که دارای میزان محتوی آب نسبی بالاتری هستند توانسته‌اند آب بیشتری در بافت‌های خود ذخیره و حفظ کنند و در نتیجه تحمل به خشکی بیشتری دارند و در شرایط تنش خشکی عملکرد بالاتری نیز دارند. صدیقی و همکاران (Siddique et al., 2000) نیز اختلافات معنی‌داری را از این نظر برای ارقام گندم گزارش کردند. میزان آب نسبی برگ ارتباط مستقیم و نزدیکی با پتانسیل آب برگ دارد و می‌تواند شاخص مناسبی برای شناسایی ارقام متحمل به خشکی باشد و در واقع میزان نگهداری آب و زنده ماندن گیاه در شرایط تنش را نشان می‌دهد و در گندم ارقام متحمل به خشکی توانایی بیشتری از نظر حفظ پتانسیل آب دارند (Morgan, 1999). در بین ارقام مورد آزمایش رقم‌های روشن، کویر، پیشتاز و دز در شرایط تنش خشکی دارای بالاترین محتوی آب نسبی برگ پرچم و عملکرد دانه بودند (جدول ۲).

نتایج تجزیه مسیر به منظور بررسی دقیق‌تر روابط بین صفات با استفاده از ضرایب همبستگی، برای عملکرد و اجزای عملکرد در ۱۵ رقم گندم در شرایط بدون تنش و تنش خشکی در جداول ۴ و ۵ آورده شده است. نتایج تجزیه علیت در شرایط بدون تنش خشکی نشان داد که اثر مستقیم شاخص برداشت بر عملکرد (۰/۵۳) بالاتر از اثر مستقیم تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در متر مربع و وزن هزار دانه بر عملکرد می‌باشد (جدول ۴). از طرفی دیگر در شرایط عدم تنش، شاخص برداشت بالاترین همبستگی (۰/۷۵) را با عملکرد دانه داشت و این همبستگی بالا به دلیل اثر مستقیم بالایی است که شاخص برداشت بر عملکرد دانه دارد (جدول ۴).

در شرایط عدم تنش بعد از شاخص برداشت تعداد سنبله در متر مربع دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه بود (جدول ۴). این صفت از طریق شاخص برداشت اثر غیر مستقیم مثبت (۰/۲۲) و از طریق تعداد دانه در سنبله (۰/۱۱) اثر غیر مستقیم منفی بر عملکرد دانه داشت (جدول ۴).

تعداد دانه در سنبله اثر مستقیم بالایی بر روی عملکرد (۰/۴۰) داشت. همچنین دارای اثر غیر مستقیم مثبتی از طریق شاخص برداشت بر روی عملکرد دانه داشت. اما اثر غیر مستقیم منفی از طریق تعداد سنبله در متر مربع بر روی عملکرد دانه داشت. وزن هزار دانه اثر مستقیم (۰/۳۹) بر روی عملکرد داشت و از طریق تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله اثر غیر مستقیم و منفی بر روی عملکرد داشت (جدول ۴). این می‌تواند به این دلیل باشد که افزایش تعداد دانه در سنبله سبب کاهش وزن دانه می‌شود. با توجه به اثر مستقیم بالای آن بر عملکرد دانه همبستگی بالایی نیز با عملکرد (۰/۵۷) داشت (جدول ۴).

در شرایط تنش خشکی نیز شاخص برداشت بالاترین اثر مستقیم مثبت (۰/۵۰) را بر عملکرد داشت (جدول۵). اثر مستقیم این صفت بر عملکرد در شرایط عدم تنش بیشتر از شرایط تنش خشکی بود. این صفت از طریق تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله اثر غیر مستقیم مثبت و از طریق وزن هزار دانه اثر غیر مستقیم منفی بر عملکرد داشت. در مجموع اثرات مستقیم و غیر مستقیم سبب ایجاد همبستگی بالایی (۰/۸۸) بین عملکرد و شاخص برداشت شد (جدول ۵). 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 یافته‌اند. چون این مواد در ساقه‌ها و غلاف برگ‌ها ذخیره می‌شوند (قبل از گرده افشانی)، پس تسهیل انتقال آن‌ها شاخص برداشت را

Archive of SID

بالا می‌برد. در شرایط خشک به دلیل کاهش میزان تعرق نقل و انتقال مواد به کندی صورت می‌گیرد. ارقامی که شاخص برداشت بالا در شرایط خشک دارند در نقل و انتقال مواد بهتر عمل کرده‌اند(Richard, 2004).

بعد از شاخص برداشت، تعداد دانه در سنبله دومین اثر مستقیم و مثبت بالا (۰/۴۴) را بر روی عملکرد داشت و این صفت اثر غیر مستقیم مثبت را از طریق تعداد سنبله در متر مربع بر روی عملکرد داشت (جدول ۵). می‌توان نتیجه گرفت که در واقع با افزایش تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله، عملکرد افزایش می‌یابد. در مجموع در شرایط تنش خشکی اثر مستقیم و اثرات غیر مستقیم تعداد دانه در سنبله بر روی عملکرد باعث ایجاد همبستگی ۰/۷۹ شد (جدول ۵). طبق پیشنهاد تای (Tai, 1975) که بیان می‌کند، اجزای عملکردگندم عبارتند از تعداد سنبله در متر مربع (X)، تعداد دانه در سنبله (Y) و وزن هزار دانه (Z) که در یک توالی زمانی از X به Z تکوین می‌یابند، می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به این که وزن هزار دانه آخرین جزء تکوین عملکرد است، اگر به خاطر تنش خشکی اجزای دیگر عملکرد (تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در متر مربع) کاهش یابند، افزایش وزن هزار دانه می‌تواند این کمبود را جبران کند.

تعداد سنبله در متر مربع در شرایط تنش خشکی اثر مستقیم مثبت (۰/۳۸) بر عملکرد داشت. این صفت یک اثر غیر مستقیم مثبت ۰/۲۷ از طریق وزن هزار دانه بر عملکرد داشت (جدول ۵).

بر اساس نتایج بدست آمده، در هر دو شرایط تنش و عدم تنش خشکی، شاخص برداشت بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر روی عملکرد داشت، بنابر نتایج این تحقیق می‌توان پیشنهاد داد که به منظور رسیدن به عملکرد مطلوب‌تر در شرایط بدون تنش باید به ترتیب شاخص برداشت، تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله را افزایش داد. اما در شرایط عدم تنش در درجه اول باید شاخص برداشت و بعد از آن تعداد دانه در سنبله را به منظور دستیابی به عملکرد بیشتر افزایش داد. همچنین طبق نتایج بدست آمده مشخص گردید که در شرایط تنش خشکی ارقام کویر، روشن، پیشتاز و دز با داشتن شاخص برداشت بیشتر نسبت به سایر ارقام، دارای عملکرد بالاتری نیز بودند (جدول ۲).

جدول ۱ - تجزیه واریانس عملکرد دانه و اجزای آن و محتوی نسبی آب در ارقام گندم نان در تیمارهای بدون تنش و تنش خشکی.

منابع تغییرات	درجه آزادی	محتوی نسبی آب	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۲	۰/۰۲۳^{ns}	۳۲۴/۹۰^{ns}	۴۸/۷۵^{ns}	۱۵/۰۶^{ns}	۱۳۲۹/۰۰^{ns}	۶۴۷۳/۲۵^{ns}	۴۸/۰۰^{ns}
خشکی	۱	۲/۳۵**	۴۳۹/۹۱**	۵۵/۶۷**	۱۵۷/۰۰**	۱۶۴۵۸/۰۵**	۸۶۹۷/۳۵**	۳۲/۰۸*
خطای a	۲	۰/۰۴	۶۱/۲۳	۰/۸۷	۶/۸۷	۳۰۳/۴۶	۷۶۵/۸۴	۱۹/۰۰
رقم	۱۴	۰/۲۲^{ns}	۸۶/۴۹**	۶۵/۵۱**	۳۵/۵۱**	۵۶۰/۱۹**	۷۳۵/۵۹*	۲۲/۰۷**
خشکی * رقم	۱۴	۰/۲۶**	۸۵۲/۲۸**	۳۲/۴۳**	۳۱/۱۴**	۵۳۷/۷۱**	۱۶۳۵/۰۸**	۳۶/۰۰^{ns}
خطای b	۵۶	۰/۰۰۵	۴۷/۰۸	۲۵/۵۱	۴/۵۹	۱۲۵/۸۶	۴۶۶/۲۷	۱۵/۰۸

ns : غیر معنی دار. * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

جدول ۲- اثر متقابل خشکی و رقم بر صفات عملکرد دانه و اجزای عملکرد و محتوی نسبی آب

رقم	تعداد سنبله در متر مربع		تعداد دانه در سنبله		وزن هزار دانه (گرم)		عملکرد دانه (گرم در متر مربع)		محتوی نسبی آب(٪)	
	عدم‌تنش	تنش	عدم‌تنش	تنش	عدم‌تنش	تنش	عدم‌تنش	تنش	عدم‌تنش	تنش
آذر ۲	۵۷۱/۱ d	۲۱۳/۳ j	۳۰/۶ f	۳۱/۳ f	۳۶/۷ c	۲۷/۵ g	۳۸۳/۷ d	۱۵۹/۵ g	۷۳/۰ f	۵۴/۰j
چمران	۶۴۷/۶ c	۳۸۰/۹ g	۴۱/۳ b	۲۹/۳ g	۳۸/۰b	۲۵/۹ h	۴۱۵/۵ c	۱۸۳/۲fg	۷۵/۰ e	۵۷/۰i
دز	۸۳۸/۴ a	۵۴۰/۹ d	۴۷/۳ a	۳۸/۳ c	۳۹/۲ab	۳۳/۰ e	۵۲۰/۴b	۲۶۴/۶ e	۷۹/۰cd	۶۴/۰h
فلات	۵۱۰/۵ de	۴۱۹/۰ef	۳۷/۰ c	۲۸/۰ g	۳۵/۶ d	۲۱/۲ i	۴۶۱/۲bc	۱۵۶/۶g	۷۴/۰ e	۵۲/۰k
گاسکوژن	۴۸۰/۰ c	۲۸۱/۹ i	۳۳/۳ e	۳۰/۳fg	۳۵/۰ d	۲۰/۳ i	۴۳۰/۲c	۹۷/۸ i	۷۷/۰de	۵۸/۰0i
گاسپارد	۴۷۲/۴ e	۳۳۵/۲gh	۴۱/۳ b	۲۲/۰ i	۳۶/۳ c	۲۴/۴ h	۳۸۶/۶d	۱۱۰/۹hi	۸۰/۰ c	۵۸/۰i
هامون	۵۴۸/۶ d	۳۲۷/۶ h	۳۸/۰ c	۳۱/۳ f	۳۷/۸bc	۲۸/۷ g	۴۳۰/۱c	۱۶۷/۱ g	۸۰/۰ c	۵۹/۰i
کویر	۷۵۶/۰ b	۵۲۷/۱de	۴۳/۰ b	۳۹/۳bc	۳۹/۶ab	۳۲/۴ef	۵۶۸/۹b	۲۷۷/۹ e	۸۳/۰ab	۶۸/۰g
مرودشت	۵۱۸/۱ de	۳۵۸/۱ g	۴۱/۳ b	۲۹/۳ g	۳۵/۹ d	۱۸/۳ k	۴۶۴/۳bc	۱۲۹/۴ h	۷۹/۰cd	۵۵/۰j
امید	۶۷۱/۱ c	۴۰۶/۷ f	۴۰/۶bc	۲۰/۳ i	۳۷/۸bc	۳۱/۴ f	۴۱۵/۳c	۲۰۰/۱ef	۷۸/۰ d	۵۴/۰j
پیشتاز	۷۶۹/۵ b	۴۹۵/۷ e	۴۸/۶ a	۳۷/۳ c	۴۰/۳ab	۳۲/۰ef	۶۵۰/۵a	۳۲۲/۵ d	۸۲/۰ b	۶۹/۰f
روشن	۷۰۰/۰ bc	۵۶۸/۶ d	۴۸/۳ a	۳۹/۶ c	۴۲/۷ a	۳۴/۰ e	۶۷۶/۸a	۳۳۳/۸ d	۸۴/۰ a	۶۹/۰f
سایسون	۴۹۵/۲ e	۴۳۱/۴ef	۳۲/۳ f	۲۷/۶ h	۳۵/۶ d	۲۰/۳ i	۳۳۰/۸d	۱۳۸/۵ h	۷۹/۰cd	۵۷/۰i
سرداری	۵۰۲/۸ de	۳۸۶/۲ f	۳۴/۰ e	۲۳/۰ i	۳۷/۰ c	۲۳/۹hi	۳۳۶/۳d	۱۵۸/۲ g	۷۹/۰cd	۵۴/۰j
شیرودی	۵۷۹/۰ d	۳۷۳/۲ g	۳۶/۶ d	۲۶/۰ h	۳۶/۲ c	۲۱/۶ i	۳۳۶/۲d	۱۳۱/۲ h	۷۵/۰ e	۵۲/۰k
میانگین کل	۵۷۴/۶	۳۷۵/۹	۳۹/۲	۳۰/۰	۳۴/۶	۲۴/۰	۴۲۶/۶	۱۹۰/۰	۷۳/۱	۵۵/۲

بر اساس آزمون دانکن میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با هم ندارند .

Archive of SID

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین عملکرد، اجزای عملکرد، شاخص برداشت و محتوی نسبی آب در ارقام گندم رشد یافته تحت شرایط تنش و بدون تنش خشکی.

		عملکرد دانه	شاخص برداشت	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	
شاخص برداشت	بدون تنش	۰/۷۵*						
	تنش‌خشکی	۰/۸۸**						
تعداد سنبله در متر مربع	بدون تنش	۰/۶۰**	-۰/۲۸					
	تنش‌خشکی	۰/۶۴**	۰/۲۰					
تعداد دانه در سنبله	بدون تنش	۰/۴۸**	۰/۱۷	۰/۱۷				
	تنش‌خشکی	۰/۷۹**	۰/۴۸**	۰/۴۴*				
وزن هزار دانه	بدون تنش	۰/۵۷**	۰/۰۴	۰/۵۵**	۰/۲۹			
	تنش‌خشکی	۰/۶۶**	۰/۳۶*	۰/۴۱*	۰/۷۸**			
عملکرد بیولوژیک	بدون تنش	۰/۶۷**	-۰/۴۶**	۰/۷۷**	۰/۳۸**	۰/۴۴**		
	تنش‌خشکی	۰/۶۵**	۰/۰۲	۰/۷۷**	۰/۶۱**	۰/۵۵**		
محتوی آب نسبی	بدون تنش	۰/۰۱	-/۰۱	/۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۶	-۰/۰۵	
	تنش‌خشکی	۰/۵۲**	۰/۲۰	۰/۵۳**	۰/۶۴**	۰/۷۴**	۰/۵۴**	

ns : غیر معنی دار. ** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد.

جدول ۴- تجزیه مسیر بر اساس ضرایب همبستگی بر روی عملکرد دانه در شرایط بدون تنش خشکی.

ضریب همبستگی با عملکرد دانه	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم				
		وزن هزار دانه	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در متر مربع	شاخص برداشت	
۰/۷۵	۰/۵۳۱	۰/۰۴۶	۰/۰۷	۰/۱۰۳	---	شاخص برداشت
۰/۶۰	۰/۴۹۹	-۰/۰۰۸	-۰/۱۰۶	---	۰/۲۱۵	تعداد سنبله در متر مربع
۰/۴۸	۰/۴۰۱	۰/۱۲۲	---	-۰/۲۴۰	۰/۱۹۷	تعداد دانه در سنبله
۰/۵۷	۰/۳۹۷	---	-۰/۰۳۲	-۰/۰۲۱	۰/۲۲۶	وزن هزار دانه

جدول ۵- تجزیه مسیر بر اساس ضرایب همبستگی بر روی عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی.

ضریب همبستگی با عملکرد دانه	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم				
		وزن هزار دانه	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در متر مربع	شاخص برداشت	
۰/۸۸	۰/۵۰۱	-۰/۱۶۵	۰/۲۲۱	۰/۳۲۳	---	شاخص برداشت
۰/۶۴	۰/۳۸۵	۰/۲۷۰	-۰/۰۱۰	---	-۰/۰۰۵	تعداد سنبله در متر مربع
۰/۷۹	۰/۴۴۲	-۰/۰۳۲	---	۰/۳۹۱	-۰/۰۱۱	تعداد دانه در سنبله
۰/۶۶	۰/۳۱۹	---	-۰/۰۲۴	-۰/۰۴۴	۰/۴۰۹	وزن هزار دانه

Archive of SID

منابع مورد استفاده

1. Arzani, A. 1999. Breeding of crop plants (Translation). Isfahan University Press.
2. Biniyaz, M., and Tavili, A. 2007. Drought and plants, drought stress. Journal of Sonbole 169: 70-75.
3. Blum, A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. Plant Growth Regul 20: 135-148.
4. Chaubey, P.K., and Singh, R.P. 1994. Genetic variability, correlation and path analysis of yield components of rice. Modras Agric.J 81: 468-470.
5. Clarke, J. M., and Depauw, R. M. 1991. Screening durum wheat germplasm for dry growing conditions: Morphological criteria. Crop Sci 31:770-775.
6. Collaku, A., and Harrison, S.A. 2002. Losses in wheat due to water logging. Crop Sci 42: 444-450.
7. Donald, C.M., and Hamblin, J. 1976. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. Adv. Agron 28:361-405.
8. Ehdaie, B., and Waines, J.G. 1989. Genetic variation, heritability and path analysis in landraces of bread wheat from South Western of Iran. Euphytica 41: 183-190.
9. Fischer, R.A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. grain yield responses. Aust. J. Agric. Res 29:897-912.
10. Fonseca, S., and Petterson, F.L. 1968. Yield component heritability and interrelationships in winter wheat (*Triticum aestivum L.*). Crop Sci 8: 614-617.
11. Guretin, W.H., and Baily, J.P. 1982. Introduction to Modern Factor Analysis. Edward, Brothers. Inc., Michigan.
12. 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.
13. Mehmet, A., and Tetal, Y. 2006. Path coefficient analysis of yield and yield components in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Pak. J. Bot 38(2): 417-424.
14. Moghaddam, M., Ehdaie, B., and Waines, J.G. 1997. Genetic variation and interrelationship of agronomic characters in landraces of bread wheat from South Western of Iran. Euphytica 95:361-369.
15. Morgan, J.M. 1991. A gene controlling differences in osmoregulation in wheat. Aust. J.P. Physiol 18:249-57.
16. Morgan, J.M. 1999. Changes in rheological properties and endosperm peroidase associated with breeding for an osmoregulation gene in bread wheat. Agric Res 50:963-8.
17. Plaut, Z., Butow, B.J., Blumenthal, C.S., and Wrigley, C.W. 2004. Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature. Field Crops Res 86: 185-198.
18. Richard, A.R. 2004. Physiological traits used in the breeding of new cultivars for water- scarce environments. CSIRO Plant Indstry, Box 1600, Canberra, ACCT, 2601.
19. Sharma, D., and Knott, D.R. 1964. The inheritance of seed weight in wheat crosses. Can. J. Genet. Cytol 6: 419-425.
20. Siddique, M.R., Hamid, B.A., and Islam, M.S. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. Bet. Bull. Acad. Sin 41: 35-39.
21. Singh, I.D., and Stoskopf, N.C. 1971. Harvest index in cereals. Agron. J 63: 224-226.
22. Tai, G.C.C. 1975. Analysis of genotype environment interaction based on the method of path coefficient analysis. Can. J. Genet. Cytol 17: 141-149.
23. Thomas, T.L., Grafius, J.E., and Hahn, S.K. 1971. Genetic analysis of correlated sequential characters. Heredity 26:177-188.
24. 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.
25. 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.
26. Zarea-Feizabady, A., and Ghodsi, M. 2004. Evaluation of yield and yield components of facultative and winter bread wheat genotypes (*Triticum aestivum L.*) under different irrigation regimes in Khorasam province in Iran. J. of Agron 3: 184-187.

Archive of SID