

" "

(*Triticum aestivum* L.)

**Genetic study of wheat (*Triticum aestivum* L.) root characteristics
under drought stress condition**

جعفر احمدی^۱، عباسعلی زالی^۲، بهمن یزدی صمدی^۳، علیرضا طالعی^۴ و محمدرضا قنادها^۵
و صدیقه فابریکی اورنگ^۶

. مطالعه ژنتیکی خصوصیت ریشه گندم

(*Triticum aestivum* L.) در ارتباط با تحمل به خشکی، علوم زراعی ایران. جلد ۶، شماره ۴. صفحه ۴۳۷-۴۲۶.

(SCA)

(GCA)

*

(F₁)

)

SCA GCA

/

/

تاریخ دریافت: ۱۳۸۳/۴/۱۳

۱- استادیار دانشگاه ایلام

۴ و ۵- دانشیار دانشگاه تهران

۲ و ۳- استاد دانشگاه تهران

۶- دانشجوی کارشناسی دانشگاه ایلام

فقط هنگامی که به وسیله خشکی تهدید شدند عمیق تر شوند. برای مثال هرد (Hurd, 1976) دریافت که مؤثرترین رقم گندم برای شرایط نیمه خشک رقمی است که یک توده ریشه بزرگ در افق‌های ۳۰ سانتی متری سطح خاک داشته باشد و در صورت نیاز توانایی گسترش ریشه برای ورود به اعماق بیشتر را هم داشته باشد.

اصلاح غیرمستقیم برای مقاومت به خشکی، یک روش عمده است که در گذشته و حال مورد استفاده بوده است. در این روش مواد ژنتیکی مستقیماً به لحاظ مقاومت به خشکی آزمون نمی شوند، بلکه این مواد طی سال‌های زیاد و در چندین نقطه ارزیابی می گردند، تا در این ارزیابی‌ها در معرض تنش خشکی و سایر تنش‌های محیطی قرار گیرند. ژنوتیپ‌هایی که در این شرایط خوب عمل (عملکرد بالا) می کنند، دارای صفات مطلوبی خواهند بود که آن‌ها را قادر می سازد در مراحل مختلف نمو از تنش خشکی فرار کرده یا آن را تحمل کنند. بسیاری از خصوصیات گیاهی ممکن است باعث بهبود رشد و افزایش عملکرد گیاه زراعی در شرایط تنش آب شوند که از جمله می توان سازگاری فنولوژیکی، انعطاف پذیری نمو، تنظیم اسمزی، زاویه برگ، سیستم ریشه‌ای کارآمد، قدرت رویش اولیه، حفظ سطح برگ، افزایش انعکاس نور از برگ و غیره را نام برد. این صفات طی سال‌ها آزمایش و ارزیابی‌های مزرعه‌ای ژنوتیپ‌های مختلف، بخشی از ریخته ژنتیکی نتاج شده‌اند. سایر صفات نظیر شاخص برداشت بالا و غیره که در بهبود عملکرد در شرایط دیم و آبیاری مفید هستند، در برنامه‌های بهنژادی برای گیاهان دیم شرایط مناطق نیمه خشک مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Blum, 1988).

انتخاب والدین مناسب یکی از موارد مهم در اصلاح گیاهان و یکی از رموز اساسی موفقیت بهنژادگران است. در این رابطه سئوالی که برای این اصلاحگر مطرح است این است که صفت یا صفات مورد نظر تا چه اندازه

گندم مهمترین محصول کشاورزی جهان است. در مناطق نیمه خشک، بخش قابل توجهی از اراضی کشت گندم به صورت دیم است. در این مناطق میزان بارندگی عمدتاً کم و توزیع سالیانه آن نامنظم است و بنابراین تنش خشکی مهمترین محدودیت در تولید آن است. از این رو اصلاح گندم برای تحمل به خشکی در این مناطق بسیار ضروری است. برای انجام این کار پس از انتخاب روش اصلاحی مطلوب، استفاده از معیارهای گزینشی و صفات مناسب در شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل یک ضرورت اساسی است.

مطالعات چندانی برای درک ماهیت و فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه برای بهبود پس از رفع تنش شدید، انجام نشده است، آرودیو (Arraudeau, 1989) وجود ریشه‌های سطحی و کم عمق را یکی از راه کارهای بهبود می داند، زیرا در شرایط نزول بارندگی پس از تنش خشکی موقت، این ریشه‌ها موجب جذب سریع آب شده و به بهبود گیاه کمک می کنند. ضمناً وی معتقد است که فوق حساسیت (Hypersensitivity) برخی از بافت‌های گیاهی سبب می شود که به محض این که کمبود آب اتفاق می افتد، این بافت‌ها عکس العمل نشان داده و وارد یک مرحله خواب می گردند و بلافاصله پس از این که مجدداً آب در دسترس آن‌ها قرار گرفت، فعالیت رشدی خود را از سر می گیرند. توپستین و همکاران (Tupitsyn et al., 1986) به این نتیجه رسیدند که ارقام گندم متحمل به خشکی ریشه طویل تر و حجم ریشه بیشتری نسبت به دیگر ارقام دارند. بسیاری از گونه‌های گیاهی با افزایش سهم مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به رشد ریشه و بنابراین افزایش نسبت ریشه به اندام‌های هوایی و بهره‌گیری بیشتر از آب قابل دسترس به کمبود رطوبت پاسخ می دهند (کافی و مهدوی، ۱۳۷۹). یک استفاده کارآمدتر از رطوبت خاک، مخصوصاً توسط گیاهان یک ساله، توسط سیستم ریشه این است که از نظر مرفولوژی انعطاف پذیر باشد و

از ارقام غیرمقاوم است. این آزمایش مرفولوژیکی در طی مراحل ابتدائی رشد (پنجه زنی) تا مراحل انتهائی رشد زایشی انجام شده است. تفاوت بین واریته‌ها از نظر نسبت ریشه به ساقه (R/S) بسیار معنی‌دار بود و این روال در مراحل ابتدا و انتهای رشد و نمو ثابت باقی مانده است. یعنی ارقامی که در مرحله پنجه زدن ریشه بیشتری ایجاد نمودند، این نسبت را در مرحله پر شدن دانه‌ها نیز حفظ کرده‌اند.

معدلت (۱۳۶۰)، مقاومت به خشکی ۳۵ رقم از گندم‌های اصلاح شده را طی سه آزمایش مورد تحقیق قرار داد و سه هفته بعد از تاریخ کشت، خصوصیات وزن ریشه (R)، وزن قسمت هوائی (S) و نسبت بین آن‌ها (R/S) را مورد بررسی قرار داد و دریافت که تفاوت وزن هوائی و وزن ریشه برای تمام ارقام معنی‌دار است و بین صفات مورد نظر و شاخص مقاومت به خشکی رابطه‌ای وجود ندارد. رضایی (۱۳۶۹)، در آزمایش دای آلل ۸×۸ گندم به منظور بررسی تعداد، طول و وزن خشک ریشه در دو مرحله چهار برگی و به سنبله رفتن به نتایج زیر دست یافت. میانگین مربعات GCA و SCA برای اثر صفات معنی‌دار بود، برای کلیه صفات به جز طول ریشه، واریانس GCA دو برابر SCA بود. بنابراین استنباط گردید که صفات مورد بررسی توسط اثر افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها به همراه ژن‌هایی با غالبیت جزئی کنترل می‌گردد و نتیجه‌گیری نهائی این که اثر افزایشی ژن‌ها و برآوردهای بالای وراثت‌پذیری مبین بازده بالای انتخاب برای وزن خشک ریشه در مرحله به سنبله رفتن است. هورد (Hurd, 1976) از تلاقی یک رقم گندم دوروم که دارای ریشه گسترده‌ای بود، با یک رقم دیگر با عملکرد بالا و مقاوم به بیماری موفق به انتخاب ژنوتیپ پرمحصول و با ریشه گسترده و مقاوم به خشکی گردید.

۶ لاین و دو رقم گندم زمستانه (جدول ۱)، به صورت نیمه دای آلل با هم تلاقی داده شدند و ۲۸ هیبرید

نسبت به گزینش پاسخ می‌دهد در بسیاری از موارد برای پیدا کردن جواب، اولین راه توجه به خصوصیات ظاهری والدین است، راه دوم توجه به خصوصیات کمی و کیفی والدین از نظر صفت مورد نظر است. دارا بودن حد بالائی از یک صفت نشان‌دهنده یک والد مناسب نیست و لزوماً منجر به موفقیت نمی‌شود، زیرا صفات ممکن است وراثت‌پذیری‌های متفاوتی داشته باشند. راه سوم، شناخت نحوه کنترل ژنتیکی صفت و از همه مهم‌تر قدرت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی والدین است که برای به‌نژادگر مهم بوده و نقش به‌سزائی در انتخاب والدین مناسب خواهد داشت. همچنین سهم اجزای واریانس ژنتیکی از کل آن نیز اهمیت ویژه‌ای خواهد داشت. سینک و ویرمانی (Singh and Virmani, 1973) عکس‌العمل ریشه‌های گندم مکزیکی و گندم‌های ضعیف را در خاک‌هایی که از نظر رژیم رطوبتی متفاوت بود مطالعه نمودند و نتیجه گرفتند که گندم‌های محلی نسبت به گندم‌های اصلاح شده در مقابل تغییرات رطوبت مقاومت بهتری نشان می‌دهند. که این امر مربوط به گسترش زیاد ریشه و تمرکز آن در اعماق خاک است. دن چوا (Dencheva, 1973) اثر آبیاری و گسترش سیستم ریشه‌ای در سه تلاقی گندم را در آزمایش‌های دیم و آبی بررسی نمود و همبستگی مثبتی را بین رشد و گسترش ریشه و میزان عملکرد به دست آورد. سیمونیس (Simonis, 1952) نشان داد که افزایش نسبت ریشه به ساقه ممکن است منجر به افزایش بیشتر وزن خشک گیاه در شرایط خشک گردد. کیلیام و لمی (به نقل از سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۱) از این روش برای سنجش مقاومت به خشکی استفاده نموده و عقیده دارند که نسبت ریشه به ساقه یکی از راه‌های بسیار مؤثر در سازگاری گیاهان در شرایط خشکی است. سانداهو و لود (Sandahu and Laude, 1985) با مطالعه نسبت وزن ریشه به شاخ و برگ (ساقه) در گندم نان نشان دادند که در واریته‌هایی که نسبت به گرما و خشکی مقاومند، میزان وزن خشک ریشه به وزن شاخ و برگ (ساقه) بوجه بیشتر

تکرار شاهد، آبیاری کامل و مساوی برای تمام گلدان‌ها با پیمان به اندازه‌ای انجام می‌گرفت که هیچ مقدار آبی از ته گلدان خارج نشود و آب از دست رفته تنها از طریق تبخیر با تعرق باشد. ولی برای گلدان‌های دو تکرار تنش، بسته به درجه حرارت گلخانه آبیاری تنها به اندازه حدود یک سوم مقدار آب مصرفی در هر بار آبیاری دو تکرار معمولی انجام می‌گرفت تا گیاهان از بین نرفته و با تنش آبی مواجه شوند. در هر بار آبیاری مقادیر آب مصرفی برای گلدان‌های هر دو محیط ثبت گردید به طوری که در پایان آزمایش مقدار آب مصرفی هر گلدان در محیط شاهد ۵۸۰۰ میلی‌لیتر و در محیط تنش خشکی دو هزار میلی‌لیتر بود. سرانجام در مرحله شروع به سنبله رفتن که دوره رویشی به اتمام رسیده بود، کل قسمت‌های هوایی گیاهان هر گلدان از سطح خاک قطع گردید و وزن خشک قسمت هوایی و ریشه هر گلدان اندازه‌گیری شد و در نهایت پس از به دست آوردن داده‌های خام تجزیه و تحلیل‌های آماری لازم انجام گرفت.

حاصل به همراه ۸ والد، ژنوتیپ‌های مورد نیاز برای انجام آزمایش گلخانه‌ای را فراهم ساختند. آزمایش در سال ۱۳۸۱ در گلخانه طرح غلات گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی کرج انجام گرفت. مواد گیاهی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار ارزیابی شدند. خاکی که در آزمایش گلخانه استفاده شد خاک سبک استریل شده با ترکیب ۵۰٪ شن و ۵۰٪ خاک برگ بود و از گلدان‌های معمولی برای کشت استفاده شد و در هر گلدان تعداد چهار بذر از یک ژنوتیپ کشت گردید. آبیاری معمولی و مساوی گلدان‌ها به منظور سبز کردن، هر دو یا سه روز انجام گرفت و سپس در مرحله ۳-۴ برگگی به خاطر مستان‌گذرانی و بهاره‌سازی گیاهان، گلدان‌ها به مدت دو ماه به بیرون از گلخانه منتقل شدند و پس از اینکه بهاره‌سازی شدند، گلدان‌ها به داخل گلخانه منتقل شدند و تنش خشکی در دو تکرار اعمال گردید. به این صورت که هر دو یا سه روز، بسته به درجه حرارت گلخانه، آبیاری انجام می‌گرفت و برای گلدان‌های دو

جدول ۱- فهرست و خصوصیات ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی

Table 1. Name and characteristics of evaluated genotypes

ردیف Entry	نام یا شماره ژنوتیپ Genotype	شرایط رویش Growing condition	تحمل یا خسارت به خشکی Drought tolerance/ Susceptibility
1	5593/2	Winter, Non-Irri	متحمل Tolerant
2	5806-6	Winter, Irri	حساس Susceptible
3	Sardary	Winter, Non-Irri	متحمل Tolerant
4	Shahpasand	Winter, Irri	حساس Susceptible
5	7107-6	Winter, Irri	حساس Susceptible
6	7007-2	Winter, Irri	حساس Susceptible
7	6452	Winter, Non-Irri	متحمل Tolerant
8	524-4	Winter, Non-Irri	متحمل Tolerant

نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود برای هر دو صفت وزن خشک ریشه و نسبت وزن ریشه به ساقه در هر دو شرایط معمول و تنش رطوبتی بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار وجود دارد و در نتیجه

نتایج تجزیه واریانس دای آلل به روش گریفینگ به طور مشترک برای هر دو شرایط آبیاری در جدول (۲)

وزن خشک ریشه آن‌ها نسبت به وزن خشک شاخ و برگ (قسمت هوایی) بیشتر از ارقامی است که مقاوم نیستند، سه والد ۲-۷۰۰۷، شاه‌پسند و ۶/۵۸۰۶ به عنوان والدینی مناسب برای انتقال صفات ریشه‌ای در برنامه‌های اصلاح و تهیه رگه‌های مقاوم به خشکی توصیه می‌شوند. مقادیر ترکیب پذیری خصوصی (Sij) دو رگه‌ها در جدول ۴ نشان داده شده است و ملاحظه می‌شود که برای صفت وزن خشک ریشه در شرایط رطوبتی معمولی، دورگ‌های شاه‌پسند \times ۲-۷۰۰۷، \times ۲/۵۵۹۳، شاه‌پسند، \times ۲-۷۰۰۷، \times ۲/۵۵۹۳، سرداری، \times ۶-۷۱۰۷ و در شرایط تنش، دورگ‌های ۴-۵۲۴ \times ۲-۷۰۰۷، سرداری \times شاه‌پسند، \times ۶-۵۸۰۶، شاه‌پسند و شاه‌پسند \times ۲-۷۰۰۷ دارای بالاترین مقادیر Sij بودند و به عنوان دورگ‌های برتر و متحمل به خشکی از نظر صفت ریشه انتخاب می‌شوند. همچنین از نظر صفت نسبت وزن ریشه به ساقه در شرایط رطوبتی معمولی دورگ \times ۶-۵۸۰۶، شاه‌پسند و در شرایط تنش دورگ‌های شاه‌پسند \times ۴-۵۲۴، شاه‌پسند \times ۶-۵۸۰۶ و ۴-۵۲۴ دارای بالاترین مقادیر Sij بودند.

پس از انجام دو آزمون غیریکنواختی واریانس‌ها و کواریانس‌های ردیف‌ها (Wt-Vt) و ضریب رگرسیون b، به دلیل صادق نبودن فرضیات تجزیه هیمن برای صفت وزن خشک ریشه در هر دو شرایط معمولی و تنش رطوبتی با حذف دو والد شاه‌پسند و ۲-۷۰۰۷ فرضیات صادق کرده و تجزیه و تحلیل انجام گرفت. پارامترهای ژنتیکی برای هر دو صفت در جدول ۵ نشان داده شده است و دیده می‌شود که برای صفت وزن خشک ریشه در هر دو شرایط معمولی و تنش پارامترهای H_1 و D معنی‌دار بودند و تأثیر توأم اثر ژنی افزایشی و غیرافزایشی را در کنترل این صفت نشان می‌دهد. برای صفت نسبت وزن ریشه به ساقه در شرایط تنش نیز این شرایط صادق بود. پارامتر H_2 برای دو صفت در هر دو شرایط رطوبتی معنی‌دار شده و توزیع نامتقارن ژن‌های با اثر مثبت و

بررسی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی امکان‌پذیر است و ملاحظه می‌شود که واریانس ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) برای هر دو صفت در هر دو شرایط معمول و تنش رطوبتی معنی‌دار شد که نقش اثر افزایشی در کنترل هر دو صفت مشهود گشت. همچنین واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) برای نسبت وزن ریشه به ساقه و وزن خشک ریشه در دو شرایط آبیاری معمول و تنش معنی‌دار شد که نقش اثر غیرافزایشی ژنی را در کنترل هر دو صفت نشان می‌دهد. اما با توجه به نسبت واریانس $\frac{GCA}{SCA}$ که برای صفت وزن خشک ریشه در هر دو شرایط رطوبتی معنی‌دار گردید، نقش بیشتر اثر افزایشی ژنی در کنترل این صفت دیده می‌شود. نتایج آزمایش‌های سانداهو و لود (Sandahu and Laude, 1985)، معدلت (۱۳۶۰) و رضائی (۱۳۶۹) در تأیید نتایج حاصله از این آزمایش است.

جدول ۳ مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی (gi) والدین برای هر دو صفت در شرایط معمولی و تنش را نشان می‌دهد و ملاحظه می‌شود که برای صفت وزن خشک ریشه در شرایط رطوبتی معمولی دو والد ۲-۷۰۰۷ و شاه‌پسند دارای بالاترین مقدار gi بوده که همین دو والد در شرایط تنش رطوبتی نیز دارای بالاترین مقدار gi برای وزن خشک ریشه بوده و به عنوان بهترین ترکیب‌شونده‌های عمومی برای وزن خشک ریشه شناسائی می‌شوند. همچنین از نظر نسبت وزن خشک ریشه به قسمت هوایی (R/S) در هر دو شرایط والد ۶/۵۸۰۶ دارای بالاترین مقدار gi بوده و به عنوان بهترین ترکیب‌شونده عمومی از نظر این صفت شناسایی می‌شود، با توجه به گزارش‌های اکثر محققان مبنی بر اینکه همبستگی مثبت و معنی‌دار بین رشد و گسترش ریشه با میزان عملکرد دانه و مقاومت بیشتر به تنش خشکی وجود دارد (Dencheva, 1973) و نیز مطابق با گزارش‌های دیگر (Sandahu and Lude, 1985) در واریته‌هایی که نسبت به گرما و خشکی مقاومند، میزان

جدول ۲- تجزیه واریانس دای آلل صفات وزن خشک ریشه و نسبت ریشه به ساقه در شرایط مختلف رطوبتی

Table 2. Analysis of variance and diallel for root dry matter and root to shoot ratio under different humidity condition

منبع تغییرات S. O. V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (M.S)			
		شرایط رطوبتی معمولی Normal condition		شرایط تنش رطوبتی Stress condition	
		وزن خشک ریشه Root dry matter	ساقه / ریشه Root/ Shoot	وزن خشک ریشه Root dry matter	ساقه / ریشه Root/ Shoot
Genotype	35	0.039**	3.25**	0.043**	0.22**
GCA	7	0.051**	1.05*	0.055**	0.073**
SCA	28	0.012**	1.76**	0.013**	0.024**
Error	35	0.0009	0.039	0.0018	0.0008
GCA/ SCA		4.25**	0.6 ^{ns}	4.23**	3.05*

* and ** : Significant at 5 and 1% probability level, respectively.

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns: Non- significant

ns: غیرمعنی دار

جدول ۳- مقادیر ترکیب پذیری عمومی (gi) والدین برای صفات وزن خشک ریشه و نسبت ریشه به ساقه در شرایط مختلف رطوبتی

Table 3. General combining ability (gi) of parents for root dry matter and root to shoot ratio under different humidity condition

والدها Parents	میانگین مربعات (M. S)			
	شرایط رطوبتی معمولی Normal condition		شرایط تنش رطوبتی Stress condition	
	وزن خشک ریشه Root dry matter	ساقه/ریشه Root/ Shoot	وزن خشک ریشه Root dry matter	ساقه/ریشه Root/ Shoot
5593.2	-0.013*	-0.46**	-0.097**	0.095**
5806*6	-0.099**	0.46**	-0.13**	0.29**
Sardary	-0.019**	-0.11*	0.018*	0.02 ^{ns}
Shahpasand	0.09*	0.37**	0.09**	-0.2**
7101-6	-0.000 ^{ns}	0.2**	0.05**	0.014 ^{ns}
7007-2	0.105**	-0.2**	0.053**	-0.22**
6452	0.012*	-0.23**	0.016 ^{ns}	0.006 ^{ns}
524-4	-0.076**	0.19**	0.000 ^{ns}	-0.006 ^{ns}

* and ** : Significant at 5 and 1% probability level, respectively.

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns: Non- significant

ns: غیرمعنی دار

جدول ۴- مقادیر ترکیب پذیری خصوصی (Sij) دورگ‌ها برای وزن خشک ریشه و نسبت ریشه به ساقه در شرایط مختلف رطوبتی

Table 4. Specific combining ability (Sij) of hybrids for root dry matter and root to shoot ratio under different humidity condition

دورگ‌ها Hybrids	شرایط رطوبتی معمولی Normal condition		شرایط تنش رطوبتی Stress condition	
	وزن خشک ریشه Root dry matter	ساقه/ ریشه Root/ Shoot	وزن خشک ریشه Root dry matter	ساقه/ ریشه Root/ Shoot
1×2	-0.12**	-0.29**	0.1**	-0.087 ^{ns}
1×3	0.009 ^{ns}	0.25**	0.023 ^{ns}	-0.13**
1×4	0.14**	0.7**	-0.24 ^{ns}	0.25**
1×5	0.1**	1.16**	0.06*	-0.02 ^{ns}
1×6	0.13**	0.59**	-0.001 ^{ns}	0.024 ^{ns}
1×7	-0.02 ^{ns}	-0.14 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.02 ^{ns}
1×8	0.07**	0.18 ^{ns}	-0.026 ^{ns}	0.033 ^{ns}
2×3	0.11**	1.27**	-0.06*	-0.33**
2×4	0.01 ^{ns}	2**	0.17**	-0.33**
2×5	-0.024 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.04 ^{ns}	-0.016 ^{ns}
2×6	0.04*	0.65**	-0.09**	-0.12*
2×7	-0.06**	-0.98**	-0.02 ^{ns}	0.03 ^{ns}
2×8	0.05**	-0.04 ^{ns}	-0.1**	0.37**
3×4	-0.012 ^{ns}	-0.65**	0.18**	-0.28**
3×5	0.02 ^{ns}	1.6**	-0.04 ^{ns}	0.23**
3×6	-0.1**	0.34**	0.007**	0.16**
3×7	0.07**	1.3**	-0.08**	0.16**
3×8	-0.07**	0.08 ^{ns}	0.1**	0.33**
4×5	-0.12**	0.93**	-0.14**	0.19**
4×6	0.18**	0.19 ^{ns}	0.12**	-0.016 ^{ns}
4×7	0.05**	0.83**	-0.06*	0.37**
4×8	0.08**	1.18**	-0.19**	0.42**
5×6	-0.26**	0.63**	-0.15**	0.24**
5×7	0.11**	-0.25*	-0.06*	0.24**
5×8	0.03 ^{ns}	0.45**	0.04 ^{ns}	-0.3**
6×7	0.06**	0.71**	0.007 ^{ns}	0.25**
6×8	-0.06**	0.76**	0.23**	-0.38**
7×8	0.05**	1.16**	-0.009 ^{ns}	-0.098 ^{ns}

* and **: Significant at 5 and 1% probability level, respectively.

ns: Non- significant

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns: غیر معنی دار

جدول ۵- پارامترهای ژنتیکی صفات وزن خشک ریشه و نسبت ریشه به ساقه در شرایط مختلف رطوبتی
Table 5. Genetic parameters of root dry matter and root to shoot ratio under different humidity condition

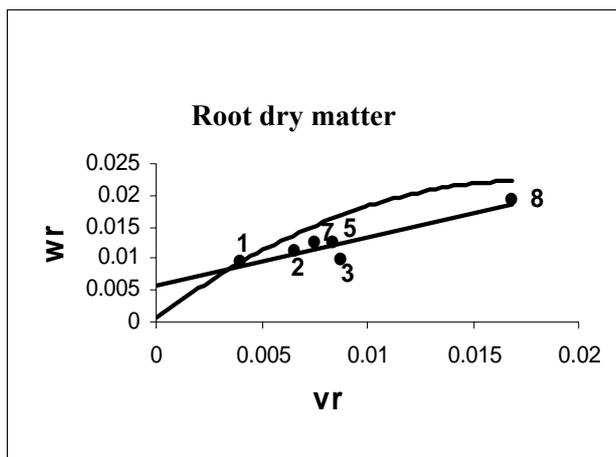
Genetic P.	پارامترهای ژنتیکی	شرایط رطوبتی معمولی Normal condition		شرایط تنش رطوبتی Stress conditions	
		وزن خشک ریشه Root dry matter	ساقه/ ریشه Root/Shoot	وزن خشک ریشه Root dry matter	ساقه/ ریشه Root/Shoot
MP	میانگین والد	0.45	1.2	0.59	1.15
MF ₁	میانگین نتاج	0.53	3.28	0.57	1.32
MF ₁ – MP	جهت غالبیت	0.073	2.08	-0.019	0.17
V _P	واریانس والدین	0.0125	0.42	0.033	0.22
V _D	واریانس افزایشی	0.012*	0.38 ^{ns}	0.032*	0.22*
SE (D)	میانگین کوواریانس اثر	0.0034	0.25	0.0013	0.024
(F)	افزایشی و غیرافزایشی	0.003 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.014*	0.2*
SE (F)		0.0083	0.6	0.0032	0.056
H ₁	واریانس غالبیت	0.033*	4.98*	0.016*	0.3*
SE (H ₁)		0.008	0.6	0.0033	0.054
(H ₂)	واریانس غالبیت تصحیح شده	0.027*	4.6*	0.013*	0.23*
SE (H ₂)		0.007	0.5	0.0029	0.047
(h ₂)	اثر غالبیت در کلیه مکان‌های ژنی	0.021*	17.3*	0.0012 ^{ns}	0.11*
SE (h ₂)		0.0049	0.34	0.0019	0.32
E	واریانس محیطی کل	0.0004	0.038	0.0008	0.007
SE (E)		0.0012	0.084	0.0005	0.008
$\sqrt{H_1/D}$	میانگین درجه غالبیت	1.64	3.59	0.7	1.17
(H ₂ / 4H ₁)	نسبت ژن‌های با اثر مثبت و منفی در والدین	0.204	0.23	0.2	0.19
$\sqrt{(4DH_1) + F} / \sqrt{(4DH_1) - F}$	نسبت فراوانی آلل‌های غالب به مغلوب در والدین	1.15	1.2	1.93	2.29
h ² _n	وراثت پذیری خصوصی	0.52	0.17	0.73	0.4
h ² _b	وراثت پذیری عمومی	0.97	0.97	0.94	0.94

* and **: Significant at 5 and 1% probability level, respectively.

ns: Non- significant

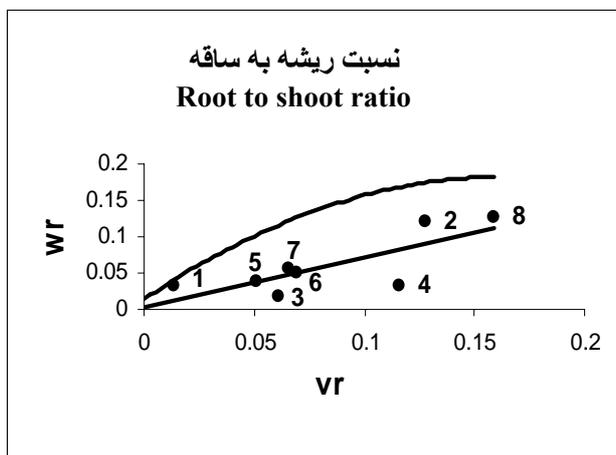
* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns: غیرمعنی‌دار



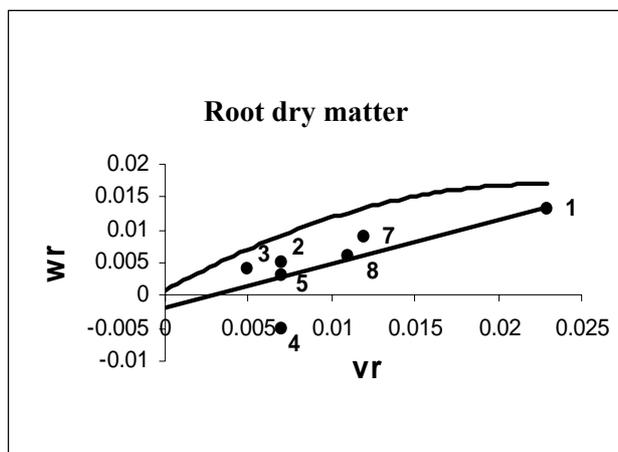
نمودار ۱- خط رگرسیون W_r/V_r و منحنی محدود کننده W_r^2 برای وزن خشک ریشه با پراکنش والدین در اطراف خط رگرسیون در شرایط تنش خشکی

Fig. 1. The W_r/V_r regression and w_r^2 concave graph for root dry matter with the position of parents along the regression line in drought stress condition



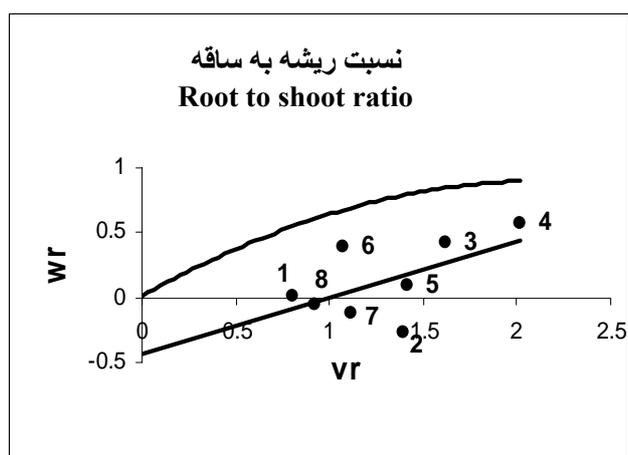
نمودار ۲- خط رگرسیون W_r/V_r و منحنی محدود کننده W_r^2 برای نسبت وزن ریشه به ساقه با پراکنش والدین در اطراف خط رگرسیون در شرایط تنش خشکی

Fig. 2. The W_r/V_r regression and w_r^2 concave graph for root to shoot dry matter ratio with the position of parents along the regression line in drought stress condition



نمودار ۳- خط رگرسیون W_r/V_r و منحنی محدود کننده W_r^2 برای وزن خشک ریشه با پراکنش والدین در اطراف خط رگرسیون در شرایط رطوبتی معمولی

Fig. 3. The W_r/V_r regression and w_r^2 concave graph for root dry matter with the position of parents along the regression line in normal condition



نمودار ۴- خط رگرسیون W_r/V_r و منحنی محدود کننده W_r^2 برای نسبت وزن ریشه به ساقه با پراکنش والدین در اطراف خط رگرسیون در شرایط رطوبتی معمولی

Fig. 4. The W_r/V_r regression and w_r^2 concave graph for root to shoot dry matter ratio with the position of parents along the regression line in normal condition

شرایط تنش خشکی برای دو صفت وزن خشک ریشه و نسبت وزن ریشه به ساقه نشان می دهد که لاین ۵۵۹۳/۲ نزدیکترین والد به محل قطع خط رگرسیون و سهمی محدودکننده است و به عبارت دیگر دارای کوچکترین مقادیر V_r و W_r و یا حداکثر تعداد ژن های غالب است. لاین ۴-۵۲۴ دارای بزرگترین مقادیر V_r و W_r و یا دورترین مختصات نسبت به مرکز مختصات بوده و نشان می دهد که این لاین دارای حداکثر ژن های مغلوب در کنترل ژنتیکی این صفت است. محل تلاقی خط رگرسیون با محور W_r نیز محدوده غالبیت نسبی برای وزن خشک ریشه و غالبیت کامل برای نسبت وزن ریشه به ساقه را نشان می دهد، که در تأیید نتیجه حاصله از طریق پارامتر $[\sqrt{H_1/D}]$ است. مطابق با این نتیجه رضائی (۱۳۶۹) نیز اثر افزایشی ژن ها به همراه ژن هائی با غالبیت ناقص در کنترل وزن خشک ریشه در مرحله به سنبله رفتن را گزارش کرده است. مونیو و ویتینکتون (Monyo and Whittington, 1970) نیز تنوع مشاهده شده در خصوصیات ریشه گندم را به پلی ژن ها و یک ژن اصلی که طول دوره رویشی را کنترل می کند ربط داده اند.

منفی در والدین را نشان می دهد. پارامتر $[\sqrt{H_1/D}]$ اثر فوق غالبیت برای کنترل هر دو صفت در شرایط رطوبتی معمولی و اثر غالبیت نسبی (برای وزن خشک) و غالبیت کامل (برای نسبت وزن ریشه به ساقه) را در شرایط تنش نشان می دهد که با توجه به نمودارهای ۱ تا ۴ این محدوده غالبیت نسبی تا فوق غالبیت برای هر دو صفت به طور واضح دیده می شود. با توجه به کمتر بودن پارامتر $H_2/4H_1$ از ۰/۲۵ برای هر دو صفت در هر دو شرایط رطوبتی، عدم تساوی فراوانی ژن های با اثر مثبت و منفی و توزیع نامتقارن آن ها در والدین دیده می شود. همچنین معنی دار بودن پارامتر F برای هر دو صفت در شرایط تنش رطوبتی بیانگر توزیع متقارن ژن های غالب و مغلوب در والدین برای دو صفت مزبور است. از طرف دیگر به دلیل اینکه پارامتر $[\sqrt{(4DH_1)+F}/\sqrt{(4DH_1)-F}]$ برای هر دو صفت در دو شرایط بیشتر از یک برآورد شد، لذا بیشتر بودن آلل های غالب به مغلوب در بین والدین برای هر دو صفت را نشان می دهد. نمودارهای واریانس کوواریانس (W_r-V_r) برای هر دو صفت در نمودارهای ۱ تا ۴ نشان داده شده است. پراکندگی والدها در طول خط رگرسیون در

References

- . بررسی ژنتیکی خصوصیت ریشه در گندم پائیزه. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۲۱، شماره ۱ و ۲. ص ۲۷-۴۰.
- . جنبه های فیزیولوژیکی زراعت دیم. چاپ سوم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- . مکانیسم های مقاومت گیاهان به تنش های محیطی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- . بررسی مقاومت به خشکی در ارقام گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

Arraudeau, M. A. 1989. Breeding strategies for drought resistance. In Baker, F. W. G. (ed.), Drought resistance in cereals. P: 101-116. C. A. B. International.

Blum, A. 1988. Plant breeding for stress environments. CRC Press. Boca Raton.

Dencheva, L. 1973. The effect of irrigation on the development of the root system in wheat. Tasterive, dni navk: 10 (10): 3-10.

- Hurd, E. A. 1976.** Plant breeding for drought resistance. In: T. T. Kozlowski (ed.) water deficits and plant growth. P: 317-354. Academic press, New York.
- Monyo, J. H. and W. J. Whittington, 1970.** Genetic analysis of root growth in wheat. J. of Agr. Sci. 74: 329-338.
- Sandahu, A. S. and H. H. Laude. 1985.** Effects of drought heat hardiness in winter wheat. Agron. J. 50: 78-81.
- Simonis, W. 1952.** Quantitative studies of the entire root systems of weed and crop plants under field conditions. Ecology, 18: 6-79.
- Singh, K. and R. S. Virmani. 1973.** Rooting behaviour of Mexican and indigenous wheat under different soil moisture regimes. Aust. J. Biol. Sci. 26: 65-76.
- Tupitsyn, N. V., J. G. Waines and A. K. Lyashok. 1986.** Water uptake by the root system of the spring wheats Botanicheskaya 3 and Orenburgskaya 7 in relation to their drought resistance. Plant Breeding Abs. 57: 9,815.

Genetic study of wheat (*Triticum aestivum* L.) root characteristics under drought stress condition

Ahmadi¹, J., A. Zali², B. Yazadi Samadi³, A. Talei⁴, M. R. Ghanadha⁵,
and S. Fabriki Orang⁶

ABSTRACT

General and specific combining ability and gene action for some traits as root dry weight and root: shoot ratio under drought stress condition in bread wheat genotypes were studied, using eight parents (six lines and two cultivars) in a diallel crossing design in 2002. The 28 F1 hybrids and the eight parental genotypes were sown in a randomized complete block design with four replications in a research greenhouse. Results of the analysis of variance showed that differences between genotypes were significant for root dry matter and root: shoot dry matter in both normal and drought stress conditions. It was also observed that the majority of the genetic variance for root dry matter was due to additive gene action. Under normal conditions, the parents 7007-2 and Shahpasand had the highest general combining ability (GCA) for root dry matter trait and considered to be the best general combiner for root to shoot dry matter ratio under in both conditions. Results also indicates that, the over-dominant gene actions under stress condition were the most contributors to the inheritance of both traits. The lines 5593/2 and 524-4 had the maximum dominant genes and the minimum recessive genes, for both traits under drought stress respectively.

Key words: Wheat root, Combining, gene effect, Tolerance, Drought stress.

Recieved: July, 2004

1- Assitant Professor, the University of Ilam, Ilam, Iran.

2 and 3- Professor, the University of Tehran, Iran.

4 and 5- Associate Professor, the University of Tehran, Iran.

6- Research officer, the University of Tehran, Iran.