

مقایسه صفات مورفولوژیک ریشه ارقام قدیمی و جدید جو (*Hordeum vulgare* L.)

نرجس مشفق^{۱*} - حمیدرضا خزاعی^۲ - محمد کافی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۷/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۴/۳۰

چکیده

به منظور مقایسه صفات مورفولوژیک ریشه ارقام قدیمی و جدید جو آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و هشت تیمار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۰ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار رقم جدید (نصرت، یوسف، فجر ۳۰ و نیک) و چهار رقم قدیمی (ریحان، کویر، زر جو و والفجر) جو بودند. کشت در تیوب های پلاستیکی حاوی شن شسته شده انجام شد و نمونه گیری به صورت تخریبی از تیمارها در مراحل چهار تا شش برگی، طویل شدن ساقه ها، ظهور سنبله و رسیدگی انجام گرفت. صفات مجموع طول ریشه ها، سطح، قطر، حجم و وزن خشک ریشه و صفات های عملکرد مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بین ارقام قدیمی و جدید جو در تمام صفات مورفولوژیک ریشه و در همه مراحل رشد به خصوص در اواخر فصل رشد اختلاف آماری وجود داشت. از لحاظ صفات طولی (طول ریشه اصلی و مجموع طول ریشه ها) ارقام قدیمی برتر بودند ولی در صفات حجم ریشه، سطح ریشه، قطر ریشه و وزن خشک ریشه ارقام جدید بهتر عمل کردند. در ارقام جدید برخلاف ارقام قدیمی به جای گسترش طولی و عمودی ریشه، پراکنش افقی و عرضی ریشه ها در خاک بیشتر بود. بطور کلی در خاکهایی با رطوبت و تهویه کافی مانند شرایط این پژوهش، سیستم ریشه های گیاهان زراعی عمیق و گسترده شده و ممکن است ریشه های اولیه آنها در تمام طول فصل رشد فعال باقی مانده و به رشد خود ادامه دهند، به همین واسطه در اکثر صفات ریشه روند افزایشی در کل دوره رشد تا مرحله رسیدگی وجود داشت.

واژه های کلیدی: اجزای عملکرد، حجم، سطح، عملکرد، قطر و مجموع طول ریشه ها

مقدمه

بنابراین باید صفات افزایش دهنده عملکرد به دقت شناسایی شوند تا بتوان از آنها در برنامه های به نژادی استفاده نمود و نقش به نژادی را در افزایش عملکرد دانه کمی کرد. به این ترتیب می توان ارقامی را که در زمان های مختلف معرفی شده اند و همزمان با یکدیگر در محیط های مشابهی کشت شده اند را بر اساس مقادیر مطلق عملکرد شان مقایسه نمود و اثرات به نژادی را بر عملکرد دانه تجزیه و تحلیل کرد (۶).

از آنجایی که ریشه تاثیر مستقیمی بر جذب آب و عناصر غذایی و تجمع زیست توده بخش هوایی دارد، ساختار سیستم ریشه های ارقام ممکن است در تفاوت های موجود در عملکرد نقش بیشتری داشته باشند و لازم است در طول دوره رشد تعادل مناسب بین زیست توده اندام های زیرزمینی و بخش هوایی حفظ شود (۱۴). همانطور که به گزینی و اصلاح برای خصوصیات مربوط به اندام های هوایی باعث افزایش عملکرد می شود، انجام مطالعات در مورد ریشه نیز می تواند سبب شناخت عوامل موثر بر افزایش عملکرد شده و در شرایط بحرانی تنش، موفقیت تولید را تضمین نماید (۱).

غلات در سراسر جهان تامین کننده بخش عمده نیاز غذایی بشر هستند و با افزایش جمعیت دنیا و نیز بهبود استاندارد زندگی در بسیاری از کشورها، مصرف غلات افزایش یافته است و این وضعیت موجب اختلاف زیاد بین میزان تولید و مقدار مصرف آنها شده است. در غلات بیش از هر گیاه دیگری برای دستیابی به عملکرد بالا به کنترل اجزایی که در رشد و نمو بیولوژیکی عملکرد دخالت دارند نیاز داریم و عملکرد را باید در ارتباط با تمامی عوامل و فرایندها که مرتبط با تولید کل بیوماس است و جزء مهم اقتصادی آن یعنی عملکرد دانه در نظر گرفت (۷).

از آنجا که افزایش چشمگیر عملکرد، از طریق مدیریت بهتر زراعی و کشت ارقام با عملکرد بالقوه بالاتر به دست آمده است،

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادان گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
* - نویسنده مسئول: (Email: Narjes.moshfeghi@yahoo.com)

مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۰ در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و هشت تیمار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار رقم جدید جو (نصرت، یوسف، فجر ۳۰ و نیک) و چهار رقم قدیمی (ریحان، کویر، والفجر و زرگو) بودند. بذور جو در تیوب‌های پلاستیکی به قطر ۱۱ سانتی‌متر و ارتفاع یک متر در بستری شن کشت شدند و کل تیوب‌ها برای استحکام بیشتر و جلوگیری از نفوذ نور در لوله‌های پی‌وی‌سی هم اندازه قرار داده شدند. سیستم آبیاری به صورت قطره‌ای طراحی شد و آب و محلول غذایی (هوجلند) توسط پمپ به قطره چکانها هدایت می‌شد و تعویض محلول غذایی هر دو روز یک بار انجام می‌گرفت. در هر لوله ۵ عدد بذر جو ضد عفونی شده کشت شدند و در مرحله دو برگی در هر لوله ۳ گیاه نگه داشته شد. نمونه‌گیری و تخریب لوله‌های کاشت در چهار مرحله شامل مراحل چهار تا شش برگی، طولی شدن ساقه‌ها، ظهور سنبله و رسیدگی کامل انجام شد و سپس میانگین سه گیاه برای هر صفت محاسبه و ثبت شد.

صفات ریشه شامل وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، مجموع طول ریشه، سطح ریشه، قطر ریشه، طول ریشه اصلی و حجم ریشه اندازه‌گیری شدند. در این روش جهت خروج ریشه‌ها از بستر لوله‌های کشت، نمونه‌گیری به صورت تخریبی انجام گرفت. بدین صورت که پس از برداشت هر لوله، کیسه پلاستیکی را به آرامی از آن درآورده و سپس با برش کیسه پلاستیکی به صورت طولی کل سیستم ریشه و ماسه خارج شده و سپس با شستشوی ریشه با جریان ملایم آب روی سطح شیبدار بقایای ماسه کاملاً از ریشه جدا شده و در نهایت با گرفتن آب ریشه، طول ریشه اصلی بر حسب سانتی‌متر با خط کش در همان مکان اندازه‌گیری و ثبت شد.

سطح ریشه، مجموع طول ریشه‌ها و قطر ریشه‌های هر تیوب با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح ریشه *Imag Analysis Win* شرکت *DIAS* تعیین شد و حجم ریشه از طریق اختلاف حجم از آب محاسبه شد. به این ترتیب که ریشه‌ها پس از چند بار شستشو در استوانه مدرج با میزان مشخص آب قرار گرفتند و از روی افزایش حجم آب، حجم ریشه بر حسب سانتیمتر مکعب بدست آمد. سپس وزن خشک ریشه‌های هر تیوب با قرار دادن نمونه‌ها در آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت اندازه‌گیری شد. در مرحله آخر صفات عملکرد و اجزای عملکرد ارقام جو از قبیل شمارش تعداد پنجه، تعداد سنبله در بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه انجام شد. در نهایت تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌ها با استفاده از نرم افزارهای *Excel*، *SAS* و *Minitab* و مقایسات میانگین با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

زراعی (۲) بیان داشت یک عامل مهم در میزان مقاومت به خشکی ارقام گندم چگونگی توسعه سیستم ریشه‌ای آن‌هاست. شاید مهمترین دلیل توجه و مطالعه بیشتر بخش هوایی گیاهان، آشکار بودن بیشتر این اندام‌ها و سهولت دسترسی به آنها نسبت به بخش زیرزمینی است، اما مطالعه صفات ریشه و افزایش آگاهی‌ها درباره ساختار و پویایی نمو ریشه، امری ضروری در راستای بهبود توانایی تولید گیاهان زراعی یکساله در کشاورزی است (۴). ارتباط بین بخش زیرزمینی و بخش هوایی در مدیریت کشاورزی مهم است و به نظر می‌رسد داشتن یک سیستم ریشه‌ای گسترده و قوی و بهبود صفات مورفولوژیکی ریشه جز اهداف اصلاحی بوده که در افزایش عملکرد نقش بسزایی داشته است (۲۳). خصوصیات مانند وزن، حجم، طول، قطر و عمق نفوذ و پراکنش ریشه در خاک، درجه انشعاب و تعداد ریشه‌های جنبی و... جنبه‌های مختلف ساختار ریشه هستند که از جمله پارامترهای مهمی در ارتباط با جذب آب و مواد غذایی و در نتیجه بهبود عملکرد محسوب می‌شوند (۸). ریشه‌های نازک و مویی در غلات که در نتیجه رشد سلولهای اپیدرمی ریشه بوجود می‌آیند، نقش بسیار مهمی در افزایش سطح تماس ریشه‌ها با خاک داشته و موجب افزایش جذب و انتقال آب و مواد معدنی و افزایش چسبندگی ریشه‌های در حال رشد با ریزوسفر می‌شوند (۱۳). رشد و نمو ریشه بر حسب خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی خاک، ژنوتیپ گیاه و اقلیم تغییر می‌کند (۳). اهمیت دیگر اندازه‌گیری رشد ریشه این است که می‌توان به میزان کل کربنی که برای ساختمان، نگهداری و جذب یون‌ها در اندام زیرزمینی صرف شده پی برد (۱۲).

خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ریشه جنبه‌های مختلفی چون رشد، شکل و متابولیسم را در بر می‌گیرد، اما اطلاعات درباره تنوع ژنتیکی ساختار ریشه به خصوص در غلات بسیار محدود است (۱۰). جو (*Hordeum vulgare L.*) در بین غلات دامنه انتشار و سازش اقلیمی وسیعی دارد و در مقایسه با گندم (*Triticum aestivum L.*) مقاومت بیشتری به بیماری‌ها و خشکی داشته و در شرایط نامساعد محیطی و کمبود بارندگی، عملکرد آن حتی در خاک‌های فقیر بیشتر است (۹). مقایسه ارقام قدیم و جدید جو نشان می‌دهد که بخشی از افزایش عملکرد بالقوه در طی قرن اخیر مربوط به پیشرفت‌های ژنتیکی می‌باشد (۱۱). بنابراین هدف از انجام این آزمایش مطالعه و بررسی صفات مورفولوژیکی ریشه و مقایسه ریشه ارقام مختلف جو از لحاظ صفات مجموع طول ریشه‌ها، طول ریشه اصلی، وزن خشک، قطر، سطح و حجم ریشه در شرایط کنترل شده است. زیرا این ویژگی‌ها در جذب آب و عناصر غذایی و همچنین افزایش عملکرد نقش تعیین‌کننده ای دارند.

نتایج و بحث

مجموع طول ریشه‌ها

از منابع آب و عناصر غذایی است (۱۶). نتایج آزمایشات نشان می‌دهد که بین اندازه و مجموع طول ریشه جو همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. بنابراین می‌توان گفت که مجموع طول ریشه‌ها معیاری از حجم خاک است که توسط ریشه‌ها در شرایط تنش اشغال می‌شود (۲۱). همچنین مطالعات نشان داد که در ژنوتیپ‌های مختلف ماش مجموع طول ریشه‌ها معیاری مهم برای انتخاب ارقام مقاوم به خشکی هستند (۱۵).

طول ریشه اصلی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که به جز مرحله چهار تا شش برگی در سایر مراحل رشد بین ارقام مورد مطالعه جو از لحاظ صفت طول ریشه اصلی تفاوت‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در مرحله طولیل شدن ساقه‌ها بیشترین و کمترین طول ریشه به ترتیب به ارقام والفجر با طول ۱۲۴ سانتیمتر و یوسف با طول ۵۳ سانتیمتر اختصاص داشت. در مرحله ظهور سنبله بیشترین و کمترین طول ریشه به ترتیب مربوط به رقم قدیمی ریحان با طول ۱۳۸ سانتیمتر و رقم جدید یوسف با طول ۶۹ سانتیمتر بود.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که بین ارقام مختلف جو از نظر صفت مجموع طول ریشه‌ها در مرحله‌ی چهار تا شش برگی در سطح پنج درصد و در مراحل ظهور سنبله و رسیدگی در سطح یک درصد اختلافات معنی‌دار شد (جدول ۱) ارقام مختلف نیز پاسخ‌های متفاوتی داشتند که این امر می‌تواند نشان دهنده تنوع ژنتیکی صفت مورد نظر در بین ارقام باشد. در مرحله طولیل شدن ساقه‌ها اختلاف بین ارقام از لحاظ مجموع طول ریشه معنی‌دار نشد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین به این صورت بود که در مرحله چهار تا شش برگی رقم قدیمی زر جو با مجموع طول ریشه ۴۵۲۱ سانتیمتر بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد ولی در مرحله‌ی ظهور سنبله و رسیدگی ارقام جدید بهتر عمل کردند و رقم جدید نصرت در هر دو مرحله بیشترین مقدار را داشت. رقم یوسف در مرحله خوشه‌دهی و زر جو در مرحله رسیدگی کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). بررسی همبستگی بین صفت مجموع طول ریشه با عملکرد و اجزای عملکرد به این صورت بود که این صفت فقط با ارتفاع گیاه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت ($r=0.41^*$) (جدول ۴). محققین بیان داشتند که مجموع طول ریشه‌ها معیاری مناسب برای ارزیابی گیاهان در استفاده

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی ریشه در ارقام جو در مراحل مختلف رشد و نمو

میانگین مربعات		میانگین قطر		سطح		طول ریشه		مجموع طول		درجه		منابع تغییرات		مراحل رشد	
وزن خشک	حجم ریشه	میانگین قطر	ریشه	سطح	ریشه	طول ریشه اصلی	اصلی	مجموع طول ریشه	ریشه	آزادی	منابع تغییرات	تغییرات (درصد)	مراحل رشد	مراحل رشد	
۰/۰۱ ^{ns}	۳/۲۱ ^{ns}	۰/۰۰۹ ^{**}	۱۵/۶۳ ^{ns}	۱۴۴۶ ^{ns}	۱۴۴۶ ^{ns}	۳۰۵۷ [*]	۳۰۵۷ [*]	۷	ارقام	چهارتاشش برگی					
۰/۰۱	۱/۶۵	۰/۰۰۱	۹/۰۵	۴۳/۵	۴۳/۵	۹۵۷۶	۹۵۷۶	۱۶	خطا						
۹/۴۶	۳/۸۲	۷/۵۳	۱۱/۶۲	۶/۴۵	۶/۴۵	۱۲/۱۳	۱۲/۱۳	-	ضریب تغییرات (درصد)						
۰/۰۰۶ ^{ns}	۳/۷۵ ^{**}	۰/۰۳۳ [*]	۲۰/۳۴ [*]	۶۷۰/۱ ^{**}	۶۷۰/۱ ^{**}	۶۸۱۱ ^{ns}	۶۸۱۱ ^{ns}	۷	ارقام	طولیل شدن ساقه‌ها					
۰/۰۰۳	۰/۲۹	۰/۰۱۲	۶/۴۴	۲۲/۴۱	۲۲/۴۱	۵۸۷۲	۵۸۷۲	۱۶	خطا						
۴/۴۸	۱۶/۸۴	۱۴/۴۴	۱۵/۴	۱۶/۹۶	۱۶/۹۶	۱۳/۳۷	۱۳/۳۷	-	ضریب تغییرات (درصد)						
۰/۲۵ ^{**}	۱۴۲/۳۳ ^{**}	۰/۰۱ ^{ns}	۴۵/۸۲ ^{ns}	۱۴۱۷ ^{**}	۱۴۱۷ ^{**}	۶۳۰۵ ^{**}	۶۳۰۵ ^{**}	۷	ارقام	ظهور سنبله					
۰/۰۱۳	۷/۹۹	۰/۰۰۹	۲۷/۰۶	۴۹/۰۳	۴۹/۰۳	۱۰۸۸	۱۰۸۸	۱۶	خطا						
۱۸/۷۳	۱۶/۸۷	۱۹/۹۴	۱۷/۵۸	۱۰/۲۰	۱۰/۲۰	۱۴/۶۵	۱۴/۶۵	-	ضریب تغییرات (درصد)						
۰/۲۳ ^{**}	۲۲/۷۲ ^{ns}	۰/۰۶ ^{**}	۷۵/۲۳ [*]	۱۱۸/۱۳ ^{**}	۱۱۸/۱۳ ^{**}	۱۱۸۶ ^{**}	۱۱۸۶ ^{**}	۷	ارقام	رسیدگی					
۰/۰۳۹	۹/۲۶	۰/۰۰۶	۲۴/۹۶	۱۵/۲۵	۱۵/۲۵	۲۳۰۰	۲۳۰۰	۱۶	خطا						
۲۰/۷۹	۴/۷۸	۱۷/۰۶	۱۷/۱۵	۳/۸۴	۳/۸۴	۳/۵۴	۳/۵۴	-	ضریب تغییرات (%)						

ns غیر معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک ریشه در مراحل مختلف رشد

ارقام	مجموع طول ریشه (cm per plant)				طول ریشه اصلی (cm)				سطح ریشه (cm ²)			
	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
ریحان (ق)	۱۲۹۳ ^b	۳۱۳۳ ^a	۳۳۶۰ ^{bcd}	۳۲۶۸ ^b	۱۱۰ ^b	۱۳۸ ^a	۱۳۷ ^{ab}	۱۳۷ ^{ab}	۷/۴۸۸ ^{bc}	۱۶/۲۹۹ ^a	۱۵/۲۵۷ ^a	۲۱/۲۸۶ ^a
کوبیر (ق)	۱۸۲۲ ^b	۲۱۲۹ ^a	۵۴۶۶ ^{ab}	۴۸۸۱ ^b	۹۷ ^c	۱۳۷ ^{ab}	۱۳۳ ^{abc}	۱۳۳ ^{abc}	۴/۸۸۲ ^c	۱۳/۰۷۵ ^a	۲۱/۳۷۳ ^a	۲۲/۴۵۹ ^a
زر جو (ق)	۴۵۲۱ ^a	۲۰۵۵ ^a	۳۲۴۳ ^{cd}	۲۲۵۴ ^b	۱۱۶ ^b	۱۳۱ ^{ab}	۱۳۱ ^{ab}	۱۳۱ ^{ab}	۹/۳۲۶ ^{abc}	۱۰/۳۶۳ ^a	۱۷/۱۰۶ ^a	۱۱/۵۴۴ ^b
والفجر (ق)	۲۷۳۳ ^b	۲۶۲۸ ^a	۵۴۱۱ ^{ab}	۳۳۵۶ ^b	۱۲۳ ^a	۱۳۱ ^{ab}	۱۴۰ ^a	۱۳۱ ^{ab}	۱۱/۲۷۷ ^{ab}	۱۶/۶۱۷ ^a	۲۴/۱۶۶ ^a	۱۸/۹۳۳ ^{ab}
نصرت (ج)	۱۷۹۹ ^b	۳۱۰۵ ^a	۶۳۱۹ ^a	۵۷۶۰ ^a	۹۶ ^c	۱۲۵ ^{ab}	۱۲۵ ^{cd}	۱۲۵ ^{cd}	۵/۷۵۳ ^c	۱۶/۴۳۸ ^a	۱۹/۸۷۸ ^a	۲۵/۱۶۱ ^a
یوسف (ج)	۱۸۶۱ ^b	۲۹۰۳ ^a	۱۹۹۴ ^d	۳۵۸۹ ^b	۵۳ ^d	۱۳۹ ^{bcd}	۱۳۹ ^{bcd}	۱۳۹ ^{bcd}	۷/۶۳۶ ^{bc}	۱۲/۵۱۶ ^a	۱۳/۱۵۹ ^a	۱۰/۸۳۴ ^b
فجر ۳ (ج)	۱۸۶۹ ^b	۲۰۳۳ ^a	۴۵۴۸ ^{abc}	۳۶۷۸ ^b	۱۱۳ ^{ab}	۱۱۹ ^{ab}	۱۲۱ ^d	۱۲۱ ^d	۷/۸۸۶ ^{abc}	۱۲/۷۳۸ ^a	۲۳/۱۵۶ ^a	۱۸/۷۶۳ ^{ab}
نیک (ج)	۲۶۷۸ ^b	۲۱۹۷ ^a	۳۲۲۹ ^{cd}	۳۵۳۰ ^b	۱۱۴ ^{bc}	۱۱۴ ^{bc}	۱۱۴ ^{bc}	۱۱۴ ^{bc}	۱۲/۵۵۹ ^a	۱۳/۲۲۸ ^a	۱۶/۷۶۵ ^a	۱۸/۱۸۴ ^{ab}

۱- مرحله چهار تا شش برگی ۲: مرحله طولی شدن ساقه ها ۳: مرحله ظهور سنبله ۴: مرحله رسیدگی در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی دار ندارند.

سطح ریشه با اجزای عملکرد نشان داد که صفت سطح ریشه فقط با صفت وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد (** $r=0/61$) (جدول ۴).

در مطالعه ارقام مختلف برنج مشاهده شد که ارقام پرمحصول در طول فصل رشد دارای سطح ریشه بالاتری نسبت به ارقام کم محصول بودند (۱۷). محققین بیان کردند که افزایش سطح ریشه به دلیل افزایش سطح جذب و افزایش کارایی آب و مواد غذایی مهم است. در نتیجه صفت مجموع طول ریشه‌ها و سطح ریشه‌ها می‌توانند امکان تحمل به خشکی را فراهم کنند (۱۸).

میانگین قطر ریشه‌ها

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفت میانگین قطر ریشه‌ها در مراحل رشدی چهار تا شش برگی، طولی شدن ساقه ها، ظهور سنبله و رسیدگی نشان داد که بین ارقام جو از لحاظ صفت میانگین قطر ریشه در تمام مراحل رشد به جز مرحله ظهور سنبله تفاوت‌ها معنی‌دار بود. در مرحله‌ی چهار تا شش برگی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود و در مرحله ساقه‌دهی و رسیدگی در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). به نظر می‌رسد ارقام جدید از قطر ریشه بالاتری برخوردارند. رقم نیک در دو مرحله چهار تا شش برگی و رسیدگی در بین ارقام جدید بیشترین قطر ریشه را به خود اختصاص داد و در مرحله طولی شدن ساقه ها رقم فجر ۳۰ با قطر ۰/۶۳۶ میلی‌متر، بیشترین مقدار را نشان داد. در هر سه مرحله چهار تا شش برگی، طولی شدن ساقه ها و رسیدگی رقم یوسف از مقدار کمتری برخوردار بود. در بین ارقام قدیمی در مراحل چهار تا شش برگی رقم ریحان و در مراحل طولی شدن ساقه ها و رسیدگی رقم والفجر بیشترین قطر ریشه را داشتند (جدول ۳). در این آزمایش بین صفت میانگین قطر ریشه و عملکرد دانه و اجزای عملکرد همبستگی مشاهده نشد (جدول ۴).

در مرحله رسیدگی بیشترین و کمترین طول ریشه متعلق به ارقام والفجر با طول ۱۴۰ سانتیمتر و فجر ۳۰ با طول ۱۲۱ سانتیمتر بود (جدول ۲).

به نظرمی‌رسد در مرحله ابتدایی رشد، (چهار تا شش برگی) صفت طول ریشه اصلی نسبت به سایر صفات ریشه تنوع کمتری در میان ارقام دارد. از نظر صفت طول ریشه اصلی ارقام قدیمی جو نسبت به ارقام جدید موفق‌تر بودند و در تمام مراحل رشد مقدار بیشتری را به خود اختصاص دادند، همچنین در بین ارقام قدیمی، رقم ریحان و والفجر نسبت به سایر ارقام برتری داشتند و در بین ارقام جدید رقم یوسف و نصرت کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند. در این آزمایش بین طول ریشه اصلی و عملکرد دانه و اجزای عملکرد همبستگی مشاهده نشد (جدول ۴).

سطح ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت بین ارقام جو از لحاظ این صفت در دو مرحله‌ی چهار تا شش برگی و رسیدگی در سطح پنج درصد معنی‌دار شد و در دو مرحله‌ی طولی شدن ساقه ها و ظهور سنبله اختلاف بین ارقام معنی‌دار نبود (جدول ۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که در مرحله چهار تا شش برگی رقم نیک با سطح ریشه ۱۲/۵۵ سانتی مترمربع و کوبیر با سطح ریشه ۴/۸۸ سانتی مترمربع به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند و همچنین در مرحله رسیدگی دامنه تغییر سطح ریشه از ۲۵/۱۶ سانتی متر مربع در رقم نصرت تا ۱۰/۸۳ سانتی متر مربع در رقم یوسف بود (جدول ۲). به نظر می‌رسد برخلاف معیارهای طولی ریشه (طول ریشه اصلی و مجموع طول ریشه ها) که ارقام جدید نسبت به ارقام قدیمی مقدار کمتری داشتند، در مورد صفت سطح ریشه ارقام جدید موفق‌تر بودند. در ارقام جدید به جای گسترش طولی و عمودی ریشه، پراکنش افقی و عرضی ریشه‌ها در خاک بیشتر بود. نتایج ضریب همبستگی

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک ریشه در مراحل مختلف رشد

ارقام	میانگین قطر ریشه (mm)				حجم ریشه (cm ³)				وزن خشک ریشه (g per plant)			
	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
ریحان (ق)	۰/۵۹۳ ^a	۰/۵۲۸ ^{cd}	۰/۵۶۳ ^a	۰/۴۵۳ ^c	۸ ^a	۹ ^b	۴ ^a	۲ ^b	۰/۲۵۳ ^a	۰/۱۲۹ ^a	۰/۴۶۸ ^{cd}	۰/۶۳۸ ^b
کوبر (ق)	۰/۴۰۱ ^{ab}	۰/۵۸۴ ^{abc}	۰/۴۲۱ ^a	۰/۴۶۸ ^{bc}	۶ ^a	۱۰ ^b	۳ ^a	۴ ^a	۰/۱۹۳ ^a	۰/۱۰۸ ^a	۱/۱۰ ^a	۰/۶۴۳ ^b
زرچوق (ق)	۰/۲۲۵ ^b	۰/۵۹۵ ^{abc}	۰/۴۶۷ ^a	۰/۵۱۵ ^{abc}	۳ ^a	۸ ^b	۴ ^a	۱ ^c	۰/۲۸۸ ^a	۰/۰۴۹ ^a	۰/۶۵۷ ^{bc}	۰/۳۲۱ ^b
والفجر (ق)	۰/۴۴۳ ^{ab}	۰/۶۱۱ ^{ab}	۰/۴۹۶ ^a	۰/۶۵۶ ^a	۸ ^a	۲۰ ^a	۴ ^a	۳ ^{ab}	۰/۳۳۵ ^a	۰/۱۵۳ ^a	۰/۸۱۳ ^b	۰/۵۴۳ ^b
نصرت (ج)	۰/۴۱۳ ^{ab}	۰/۵۲۹ ^{cd}	۰/۴۳۷ ^a	۰/۴۵۷ ^{bc}	۱۰ ^a	۲۱ ^a	۵ ^a	۲ ^b	۰/۳۷۹ ^a	۰/۲۰۵ ^a	۰/۸۶۸ ^b	۱/۲۱ ^a
یوسف (ج)	۰/۳۸۳ ^{ab}	۰/۴۶۳ ^d	۰/۵۸۱ ^a	۰/۳۸۵ ^d	۳ ^a	۳ ^c	۳ ^a	۱ ^c	۰/۱۷۰ ^a	۰/۱۱۳ ^a	۰/۱۷۳ ^c	۰/۳۱۹ ^b
فجر ۳۰ (ج)	۰/۴۲۷ ^{ab}	۰/۶۳۶ ^a	۰/۴۵۱ ^a	۰/۵۲۱ ^{abc}	۵ ^a	۸ ^b	۳ ^a	۱ ^c	۰/۲۵۵ ^a	۰/۰۸۹ ^a	۰/۵۰۶ ^{cd}	۰/۵۹۸ ^b
نیک (ج)	۰/۴۹۱ ^a	۰/۵۲۷ ^{bcd}	۰/۵۳۹ ^a	۰/۶۱۴ ^{ab}	۸ ^a	۴ ^{bc}	۴ ^a	۲ ^b	۰/۲۵۳ ^a	۰/۱۵۷ ^a	۰/۴۳۶ ^d	۰/۵۸۸ ^b

۱: مرحله چهار تا شش برگی ۲: مرحله طولی شدن ساقه ها ۳: مرحله ظهور سنبله ۴: مرحله رسیدگی در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی دار ندارند.

وزن خشک ریشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده های این صفت نشان داد که تفاوت بین ارقام جو از لحاظ وزن خشک ریشه در مراحل چهار تا شش برگی و طولی شدن ساقه ها معنی دار نبود و در مراحل ظهور سنبله و رسیدگی اختلاف بین ارقام در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در تمام مراحل رشد در بین ارقام جدید، رقم نصرت وزن خشک بالاتری را به خود اختصاص داد و رقم یوسف ضعیف عمل کرده و مقدار کمتری داشت و در بین ارقام قدیمی نیز رقم زرچوق از وزن خشک کمتری برخوردار بود (جدول ۳). از بین صفات مورد بررسی، وزن خشک ریشه فقط با وزن هزار دانه ($r = 0/54^{**}$)، سطح ریشه ($r = 0/76^{**}$) و حجم ریشه ($r = 0/68^{**}$) همبستگی مثبت و معنی داری داشت (جدول ۴). افزایش وزن ریشه نقش مهمی در حفظ محتوی مواد آلی در خاک های با حاصلخیزی کم ایفا می کند و بنابراین هرگونه افزایش در پروفیل ریشه و بهبود در سرعت جوانه زنی در دسترسی بهتر گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) به عناصر خاک و بهبود استقرار آن موثر خواهد بود (۱۹). در مقایسه بین ارقام جدید و پر محصول برنج با ارقام قدیمی مشاهده شد که وزن خشک ریشه ارقام جدید در تمام طول فصل رشد بیشتر بود و تفاوت بین ارقام در تمام نمونه گیری ها معنی دار بود (۲۴). در بررسی ۳۰ ژنوتیپ نخود (*Cicer arietinum* L.) در مرحله ی گلدهی تنوع ژنتیکی زیادی از نظر وزن خشک ریشه و توزیع آنها در لایه ی ۳۰ سانتی متری سطح خاک مشاهده شد و بدین ترتیب ژنوتیپ های دارای سیستم ریشه عمیق تر، عملکرد دانه بیشتری تحت شرایط تنش خشکی تولید کردند و بدین ترتیب وجود سیستم ریشه ای عمیق و گسترده در ارتباط با مقاومت بیشتر به تنش خشکی است (۲۰).

محققین در بررسی بین ارقام قدیم و جدید برنج (*Oriza sativa* L.) ثابت کردند که قطر ریشه و حجم ریشه در تمام فصول رشد در اریته های جدید بیشتر بود اما از نظر آماری جز در مرحله خوشه دهی در کلیه مراحل نمونه گیری تفاوت معنی داری وجود نداشت (۲۵).

حجم ریشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد بین ارقام جو از لحاظ صفت حجم ریشه در مراحل طولی شدن ساقه ها و رسیدگی تفاوت معنی داری وجود نداشت و در مراحل چهار تا شش برگی و ظهور سنبله اختلاف بین ارقام در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). در مرحله چهار تا شش برگی و ظهور سنبله به ترتیب ارقام قدیمی کویر و جدید نصرت از بیشترین حجم ریشه و رقم یوسف از کمترین حجم ریشه برخوردار بودند (جدول ۳). نتایج حاصل از همبستگی بین صفت حجم ریشه با عملکرد و اجزای عملکرد نشان داد که همبستگی مثبت و معنی داری بین حجم ریشه با صفت های عملکرد دانه ($r = 0/41^{**}$)، وزن هزار دانه ($r = 0/62^{**}$) و سطح ریشه ($r = 0/55^{**}$) وجود دارد (جدول ۴). زانگ و همکاران (۲۴) در مطالعه ای بر روی ارقام قدیم و جدید برنج مشاهده کردند که در سراسر فصل رشد ارقام جدید از حجم ریشه بالاتری برخوردار بودند، اما تفاوت بین ارقام معنی دار نبود. گزارشات نشان می دهد که حجم ریشه صفت مطلوبی برای ارزیابی مقاومت به خشکی است و ژنوتیپ هایی که حجم بالاتری دارند قادر به جذب آب بیشتری هستند و در واقع سیستم ریشه ای مطلوب توانایی جذب آب بیشتر و تولید اندام هوایی بیشتر را دارد. اهمیت حجم ریشه از آن حیث است که سبب افزایش بهره برداری ریشه از ریزوسفر می شود (۵).

جدول ۳- همبستگی بین صفات ریشه با عملکرد و اجزای عملکرد

صفات	عملکرد	تعداد	طول	تعداد	تعداد	تعداد	وزن	ارتفاع	مجموع	سطح	قطر	حجم	وزن	طول
صفت اصلی	دانه	پنجه	سنبله	سنبله	سنبله	سنبله	دانه	گیاه	ریشه	ریشه	ریشه	ریشه	ریشه	ریشه اصلی
عملکرد دانه	۱													
تعداد پنجه	۰/۸۹**	۱												
طول سنبله	۰/۰۹۸ ^{ns}	۰/۸۹ ^{ns}	۱											
تعداد سنبله در بوته	۰/۸**	۰/۸۹**	۰/۰۸ ^{ns}	۱										
تعداد دانه در سنبله	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	-۰/۱۳ ^{ns}	-۰/۱۶ ^{ns}	۱									
تعداد دانه در بوته	۰/۹۵**	۰/۹۵**	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۸۶**	۰/۸۹ ^{ns}	۱								
وزن هزار دانه	۰/۶۳**	۰/۳۶ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۱ ^{ns}	۰/۴۱*	۱							
ارتفاع گیاه	۰/۰۱ ^{ns}	-۰/۰۹ ^{ns}	-۰/۰۴ ^{ns}	-۰/۰۷ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۳۵ ^{ns}	۱						
مجموع طول ریشه	-۰/۱۳ ^{ns}	-۰/۳ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	-۰/۱۶ ^{ns}	-۰/۱۴ ^{ns}	-۰/۱۸ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۳۱*	۱					
سطح ریشه	۰/۳۳ ^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	-۰/۰۴ ^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	-۰/۱۱ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۶۱**	۰/۲۵ ^{ns}	-۰/۱۲ ^{ns}	۱				
قطر ریشه	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	-۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	-۰/۰۸ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	۰/۳۱ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	۱			
حجم ریشه	۰/۴۱*	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۲۵ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	۰/۲۲ ^{ns}	۰/۶۲**	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۵۵**	۰/۳۵ ^{ns}	۱		
وزن خشک ریشه	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۱ ^{ns}	۰/۳۸ ^{ns}	۰/۲۷ ^{ns}	-۰/۱۱ ^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	۰/۵۴**	۰/۲۱ ^{ns}	-۰/۰۱ ^{ns}	۰/۷۶**	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۶۸**	۱	
طول ریشه اصلی	-۰/۳۷ ^{ns}	-۰/۴۴*	-۰/۱۳ ^{ns}	-۰/۰۵ ^{**}	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۸۶ ^{ns}	۰/۱۴ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۳۵ ^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	-۰/۰۷ ^{ns}	۱

نتیجه گیری

گیری کرد که ارقام جو با طول ریشه بلندتر جهت کشت در دیم زارها مناسب هستند چون ریشه‌ها ضمن نفوذ بهتر در رایزوسفر، توانایی جذب آب از لایه‌های عمیق‌تر خاک و بهره‌مندی از ذخایر آب زیرزمینی را می‌یابند. ضمن این که ریشه‌های بلندتر برای استقرار گیاه بهتر عمل می‌کنند. ارقام جدید از نظر صفات مجموع طول ریشه، وزن خشک ریشه، سطح ریشه و قطر ریشه، موفق‌تر بودند و در تمام مراحل رشد مقدار بیشتری را به خود اختصاص دادند. همچنین ارقام جدیدتر بیشترین تعداد پنجه و سنبله را داشتند و همچنین تعداد سنبله در بوته به ترتیب با عملکرد دانه و تعداد پنجه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. در بین ارقام جدید از لحاظ صفت تعداد دانه در سنبله رقم نیکاز همه ارقام برتر بود و بعد از آن ارقام قدیمی تعداد دانه بیشتری در سنبله داشتند. وزن هزار دانه نیز همبستگی مثبت و بالایی با عملکرد دانه و تعداد دانه در بوته نشان داد و رقم نیک و زرجو به ترتیب بیشترین و کمترین وزن هزار دانه را به خود اختصاص دادند. بطور کلی با توجه به برتری ارقام جدیدتر در اکثر صفاتی که با عملکرد همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان دادند افزایش عملکرد در ارقام جدید مورد انتظار بود بر اساس یافته‌های حاصل از این آزمایش رقم نیک و زرجو به ترتیب به عنوان برترین رقم و ضعیف‌ترین رقم معرفی شدند.

از لحاظ خصوصیات مرتبط با ریشه، می‌توان بیان کرد که ویژگی‌های یک سیستم ریشه‌ای مطلوب هم با شرایط خاک و هم با شرایط اقلیم تغییر خواهد کرد. برای مثال، اگر رطوبت در عمق نیم‌رخ خاک ذخیره شده باشد، داشتن سیستم ریشه‌ای عمیق یک مزیت به حساب می‌آید. لیکن در اغلب مناطق دیمکاری کشور که میزان بارندگی نامعین است و گیاه باید با آب ذخیره شده در خاک چرخه‌ی زندگی خود را کامل کند، وجود سیستم ریشه‌ای پراکنده و تنک که آب را به صورت ملایم در طول یک دوره طولانی استخراج کند، مفید است و بطور معمول گیاهان زراعی سازش یافته با شرایط کمبود رطوبت با سیستم ریشه‌ای عمیق و گسترده مشخص می‌شوند. بنابراین می‌توان ادعا کرد که در این پژوهش در شرایط مطلوب و بدون تنش ارقام قدیمی جو که طول ریشه و عمق نفوذ بیشتری داشتند، اگر در شرایط کم آبی کشت شوند می‌توانند عملکرد بالاتری بدست آورند و شاید بتوان کشت این ارقام را در شرایط دیم توصیه کرد. همچنان که سینگ و همکاران (۲۲) بیان داشتند گیاهانی که طول ریشه اصلی و تعداد ریشه‌های جانبی بالاتری دارند نسبت به گیاهانی که این خصوصیات را کمتر دارا هستند مقاومت و تحمل بیشتری به تنش خشکی دارند. بدین ترتیب می‌توان این طور نتیجه -

منابع

- ۱- امام، ی. و م. ثقه الاسلامی. ۱۳۸۴. عملکرد گیاهان زراعی، فیزیولوژی و فرآیندها. انتشارات دانشگاه شیراز. صفحه ۵۹۳.
- ۲- خزاعی، ح. ۱۳۸۱. اثر تنش خشکی بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک ارقام مقاوم و حساس گندم و معرفی مناسب‌ترین صفت‌های مقاومت به خشکی. پایان نامه دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۳- روشن ضمیر، ف.، ع. سیروس مهر، ا. قنبری، م. ر. اصغری پور و ا. حسینی. ۱۳۸۹. بررسی اثر تنش خشکی و کود فسفر بر عملکرد و برخی خصوصیات مورفولوژیک ریحان. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات. دانشگاه شهید بهشتی تهران.
- ۴- شکاری، ف. و ع. اسفندیاری. ۱۳۸۹. فیزیولوژی تولید در گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات دانشگاه مراغه.
- ۵- عبدالشاهی، ر.، ع. طالی، م. امیدی و ب. یزدی صمدی. ۱۳۸۹. مطالعه ویژگی‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیک وابسته به تحمل به خشکی در گندم نان. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۲: ۲۴۷-۲۵۸.
- ۶- کافی، م.، ا. جعفر ژاد و م. جامی الاحمدی. ۱۳۸۴. گندم، اکولوژی و فیزیولوژی و برآورد عملکرد. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۷- کوچکی، ع. و م. بنایان اول. ۱۳۷۳. فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- ۸- گنجلی، ع. ۱۳۸۴. گزینش برای تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های نخود. پایان نامه دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۹- نورمحمدی، ق.، ع. سیادت و ع. کاشانی. ۱۳۷۷. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.
- 10-Adda, A., M. Sahnoune, M. KaidHarch and O. Merah. 2005. Impact of water deficit intensity on durum wheat seminal roots. *Comptes Rendus Biologies*, 328: 918-927.
- 11-Austin, R. B., J. Bingham, R. D. Blackwell, L. T. Evans, M. A. Ford, C. L. Morgan and M. Taylor. 1980. Genetic improvements in winter wheat yields Since 1900 and associated physiological changes. *J. Agric.Sci.camb.* 94:575-689.
- 12-Bates, T. R. and J. P. Lynch. 2000. The efficiency of *Arabidopsis thaliana* root hair in phosphorus acquisition. *Am.J. Bot.* 87 : 964-970.

- 13-Bibikova, T. N. and S. Gilroy. 2002. Root hair development. *J. Plant Growth Regul.* 21:383-415.
- 14-Ehlers, W. 1989. Transpiration Efficiency Oat. *Agron.j.*81: 810-817.
- 15-Elshazly, M. S. and I. B. Warboys. 1989 .The use of Transparent Flexible Tubes for Studying the Root Extension and Elongation of Beans (*Vicia faba*). *Experimental Agriculture.* 1: 35-37.
- 16- Hopkins, W. G. and N. P. A. Huner. 2004. Introduction to plant physiology. 3rd Ed. John Wiley and Sons, Hoboken, NJ.pp.123-144and 459-467
- 17-Kang, S., Morita, S. and K. Yamazaki. 1999. Rott growth and distribution in some japonica- indica hybrid and japonica type rice cultivars under field conditions. *Jpn. Crop Sci.* 63: 118-124.
- 18-Kant, S. S. and U. Kafkafi. 2005. Impact of mineral deficiency stress. PO BOX.12 Rehprot 76100.Israel.
- 19-Liu, C. and R. J. Cooper .2000. Humic substances influence creeping bentgrass growth. *Science For The Golf Course* .33 : 1023-1025.
- 20-Sillim, S. N. and M. C. Saxena. 1993. Adaptation of Spring-sown Chickpea to the Mediterranean Basin. I. Response to Moisture Supply.*Field Crops Research* .34:121-136.
- 21-Wendorf, F. et al. 2000.Use of barley in the Egyption Late Paleolithic. *Science*, 205: 1341-1347.
- 22-Singh, D. N., R. I. Massod Ali, and P. S. Basu. 2000. Genetic variation in dry matter partitioning in shoot and root influences of chickpea to drought. 3rd International Crop Science Congress. Hamburg- Germany. p 230.
- 23-Yang, C., Y. Yang, and Z. Ouyang. 2004. Rice root growth and nutrient uptake as influenced by organic manure in continuously and alternately flooded paddy soils.*Agric. Water Manage.*70,67_81103-Bangal , D. R ., B .M .
- 24-Zhang, H., Y. Xue, Zh. Wang, J. Yang, and J. Zhang. 2009.Morphologicaland physiological traits of roots and their relationships with shoot growth in "super" rice. *Field Crops.* 113:31-40.
- 25-Zhou, Y. Z. H., X. X. He, X. C. Sui, X. Xia, K. Zhang, and G. S.Zhang. 2007. Genetic Improvement of Grain Yield and Associated Traits in the Northern China Winter Wheat Region from 1960 to 2000. *Crop Science* .47 : 245-253.

Archive of SID