نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۲، شماره ۴ ، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۶۴۸-۶۴۱

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 12, No. 4, Winter. 2015, p. 641-648

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

نرجس مشفقی[1*]- حمیدرضا خزاعی[2]- محمد کافی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۷/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۴/۳۰

چکیده

به منظور مقایسه صفات مورفولوژیک ریشه ارقام قدیمی و جدیدجو آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و هشت ۸تیمار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۰ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار رقم جدید (نصرت، یوسف، فجر۳۰ و نیک) و چهار رقم قدیمی (ریحان، کویر، زرجو و والفجر) جو بودند. کشت در تیوب های پلاستیکی حاوی شن شسته شده انجام شد و نمونه‌گیری 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 صفت‌های عملکرد مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان دادکه 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 ریشه‌ها) 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 وعمودی ریشه، پراکنش افقی و عرضی ریشه‌ها در خاک بیشتر بود. بطور کلی در خاکهایی با رطوبت و تهویه‌ی کافی مانند شرایط این پژوهش، سیستم ریشه‌ای گیاهان زراعی عمیق و گسترده شده و ممکن است ریشه‌های اولیه‌ی 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

غلات در سراسر جهان تامین کننده بخش عمده نیازغذایی بشر هستند و با افزایش جمعیت دنیا ونیز بهبود استاندارد زندگی در بسیاری از کشورها، مصرف غلات افزایش یافته است واین 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 ونمو بیولوژیکی عملکرد دخالت دارند نیاز داریم و عملکرد را باید در ارتباط با تمامی عوامل وفرایندها که مرتبط با تولید کل بیوماس است وجزء 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 بالاتر به دست آمده است، بنابراین باید صفات افزایش دهنده عملکرد به دقت شناسایی شوند تابتوان ازآنها در برنامه‌های به نژادی استفاده نمود و نقش به نژادی را در افزایش عملکرد دانه کمی کرد. به این ترتیب می توان ارقامی را که در زمان‌های مختلف معرفی شده اند و همزمان با یکدیگر در محیط‌های مشابهی کشت شده‌اند را بر اساس مقادیر مطلق عملکرد شان مقایسه نمود و اثرات به نژادی را بر عملکرد دانه تجزیه و تحلیل کرد (۶).

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

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)

خزاعی (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 وافزایش 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). خصوصیاتی مانند وزن، حجم، طول،قطر وعمق نفوذ و پراکنشریشه در خاک، درجه انشعاب و تعداد ریشه‌های جنینی 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 می آیند، نقش بسیارمهمی در افزایش سطح تماس ریشه‌ها با خاک داشته وموجب افزایش جذب و انتقال آب ومواد 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 داردودر مقایسه با گندم (*Triticum aestivum L.*) مقاومت بیشتری به بیماری‌ها و خشکی داشته ودر 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 ومقایسه ریشه ارقام مختلف جو از لحاظ صفات مجموع طول ریشه ها، 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.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۰در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و هشت تیمار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل چهاررقم جدید جو (نصرت، یوسف، فجر۳۰ و نیک) وچهار رقم قدیمی (ریحان، کویر، والفجرو زرجو) بودند. بذور جو در تیوب‌های پلاستیکی به قطر ۱۱سانتی‌متر و ارتفاع یک متر و در بستر شن کشت شدند و کل تیوب‌ها برای استحکام بیشتر و جلوگیری از نفوذ نور در لوله‌های پی - وی‌سی هم اندازه قرار داده شدند. سیستم آبیاری به صورت قطره‌ای طراحی شد و آب و محلول غذایی (هوگلند) 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 ضدعفونی شده کشت شدند و در مرحله دو برگی در هرلوله ۳ گیاه نگه داشته شد. نمونه‌گیری وتخریب لوله‌های کاشت در چهار مرحله شامل مراحل چهار تا شش برگی، طویل 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 کاملا از ریشه جدا شده و در نهایت با گرفتن آب ریشه، طول ریشه اصلی بر حسب سانتی‌متر با خط کش در همان مکان اندازه گیری وثبت شد.

سطح ریشه، مجموع طول ریشه‌ها و قطر ریشه‌های هرتیوب با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح ریشه Imag Analysis Win DIAS شرکت DLTAT 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 نمونه ها 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 Minitabو مقایسات میانگین با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج وبحث

مجموع طول ریشه‌ها

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 طویل شدن ساقه ها اختلاف بین ارقام از لحاظ مجموع طول ریشه معنی‌دار نشد (جدول۱). نتایج مقایسه میانگین به این صورت بود که در مرحله چهار تا شش برگی رقم قدیمی زرجو 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 زرجو در مرحله‌ی رسیدگی کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند (جدول۲). 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 ($r=۰/۴۱^{*}$) (جدول۴). محققین بیان داشتند که مجموع طول ریشه‌ها معیاری مناسب برای ارزیابی گیاهان در استفاده از منابع آب و عناصر غذایی است (۱۶). نتایج آزمایشات نشان می‌دهد که بین اندازه و مجموع طول ریشه جو همبستگی مثبت ومعنی‌داری 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 طویل شدن ساقه ها بیشترین و کمترین طول ریشه به ترتیب به ارقام والفجر با طول۱۲۴سانتیمتر و یوسف با طول۵۳ سانتیمتر اختصاص داشت. در مرحله ظهور سنبله بیشترین و کمترین طول ریشه به ترتیب مربوط به رقم قدیمی ریحان باطول ۱۳۸سانتیمتر و رقم جدید یوسف با طول ۶۹ سانتیمتر بود.

جدول۱-تجزیه واریانس صفات مورد بررسی ریشه در ارقام جو در مراحل مختلف رشد و نمو

مراحل رشد	منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
			مجموع طول ریشه	طول ریشه اصلی	سطح ریشه	میانگین قطر ریشه	حجم ریشه	وزن خشک ریشه
چهارتاشش برگی	ارقام	۷	۳۰۵۷*	۱۴۴۶^{ns}	۱۵/۶۳^{ns}	۰/۰۰۹**	۳/۲۱^{ns}	۰/۰۱^{ns}
	خطا	۱۶	۹۵۷۶	۴۳/۵	۹/۰۵	۰/۰۰۱	۱/۶۵	۰/۰۱
	ضریب تغییرات (درصد)	–	۱۲/۱۳	۶/۴۵	۱۱/۶۲	۷/۵۳	۳/۸۲	۹/۴۶
طویل شدن ساقه ها	ارقام	۷	۶۸۱۱^{ns}	۶۷۰/۱**	۲۰/۳۴*	۰/۰۳۳*	۳/۷۵**	۰/۰۰۶^{ns}
	خطا	۱۶	۵۸۷۲	۲۲/۴۱	۶/۴۴	۰/ ۰۱۲	۰/۲۹	۰/۰۰۳
	ضریب تغییرات (درصد)	–	۱۳/۳۷	۱۶/۹۶	۱۵/۴	۱۴/۴۴	۱۶/۸۴	۴/۴۸
ظهور سنبله	ارقام	۷	۶۳۰۵**	۱۴۱۷**	۴۵/۸۲^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۱۴۲/۳۲**	۰/۲۵**
	خطا	۱۶	۱۰۸۸	۴۹/۰۳	۲۷/۰۶	۰/۰۰۹	۷/۹۹	۰/۰۱۳
	ضریب تغییرات (درصد)	–	۱۴/۶۵	۱۰/۲۰	۱۷/۵۸	۱۹/۹۴	۱۶/۸۷	۱۸/۷۳
رسیدگی	ارقام	۷	۱۱۸۶**	۱۱۸/۱۳**	۷۵/۲۲*	۰/۰۶**	۲۲/۷۲^{ns}	۰/۲۳**
	خطا	۱۶	۲۳۰۰	۱۵/۲۵	۲۴/۹۶	۰/۰۰۶	۹/۲۶	۰/۰۳۹
	ضریب تغییرات (٪)	–	۳/۵۴	۳/۸۴	۱۷/۱۵	۱۷/۰۶	۴/۷۸	۲۰/۷۹

nsغیرمعنی دار**و *-به‌ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

جدول۲- 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	٤	۱	۲	۳	٤	۱	۲	۳	٤
ریحان(ق)	۱۲۹۳^{b}	۳۱۳۴^{a}	۳۳۶۰^{bcd}	۳۲۶۸^{b}	۷۶/۶۷^{a}	۱۱۰^{b}	۱۳۸^{a}	۱۳۷^{ab}	۷/۴۸۸^{bc}	۱۶/۲۹۹^{a}	۱۵/۲۵۷^{a}	۲۱/۲۸۶^{a}
کویر(ق)	۱۸۲۲^{b}	۲۱۲۹^{a}	۵۴۶۶^{ab}	۴۸۸۳^{b}	۴۵/۸۵^{a}	۹۷^{c}	۱۲۷^{ab}	۱۳۳^{abc}	۴/۸۸۲^{c}	۱۳/۰۷۵^{a}	۲۱/۳۷۳^{a}	۲۲/۴۵۹^{a}
زرجو(ق)	۴۵۲۱^{a}	۲۰۵۵^{a}	۳۲۴۳^{cd}	۲۲۵۴^{b}	۴۹/۶۷^{a}	۱۱۶^{b}	۱۳۱^{ab}	۱۳۲^{abc}	۹/۳۲۶^{abc}	۱۰/۳۶۳^{a}	۱۷/۱۰۶^{a}	۱۱/۵۴۴^{b}
والفجر(ق)	۲۷۳۳^{b}	۲۶۲۸^{a}	۵۴۱۱^{ab}	۳۲۵۶^{b}	۷۱/۵۸^{a}	۱۲۴^{a}	۱۳۱^{ab}	۱۴۰^{a}	۱۱/۲۷۷^{ab}	۱۶/۶۱۷^{a}	۲۴/۱۶۶^{a}	۱۸/۹۳۳^{ab}
نصرت(ج)	۱۷۹۹^{b}	۳۱۰۵^{a}	۶۳۱۹^{a}	۵۷۶۰^{a}	۸۸/۳۳^{a}	۹۶^{c}	۱۲۵^{ab}	۱۲۵^{cd}	۵/۷۵۳^{c}	۱۶/۴۳۸^{a}	۱۹/۸۷۸^{a}	۲۵/۱۶۱^{a}
یوسف(ج)	۱۸۶۱^{b}	۲۹۰۲^{a}	۱۹۹۴^{d}	۳۵۸۹^{b}	۵۴/۶۷^{a}	۵۳^{d}	۶۹^{c}	۱۲۹^{bcd}	۷/۶۳۶^{bc}	۱۲/۵۱۶^{a}	۱۳/۱۵۹^{a}	۱۰/۸۳۴^{b}
فجر۳۰(ج)	۱۸۶۹^{b}	۲۰۳۲^{a}	۴۵۴۸^{abc}	۳۶۷۸^{b}	۶۹/۶۷^{a}	۱۱۳^{ab}	۱۱۹^{ab}	۱۲۱^{d}	۷/۸۸۶^{abc}	۱۲/۷۳۸^{a}	۲۳/۱۵۶^{a}	۱۸/۷۶۲^{ab}
نیک(ج)	۲۶۷۸^{b}	۲۱۹۷^{a}	۳۲۲۹^{cd}	۳۵۳۰^{b}	۷۶/۳۳^{a}	۱۱۴^{bc}	۱۱۴^{b}	۱۲۷^{cd}	۱۲/۵۵۹^{a}	۱۳/۲۲۸^{a}	۱۶/۷۶۵^{a}	۱۸/۱۸۴^{ab}

۱- مرحله چهار تا شش برگی ۲ : مرحله طویل شدن ساقه ها۳ : مرحله ظهور سنبله۴: مرحله رسیدگی

در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۱ ٪ تفاوت معنی دار ندارند.

در مرحله رسیدگی بیشترین وکمترین طول ریشه متعلق به ارقام والفجر با طول۱۴۰سانتیمتر و فجر۳۰با طول۱۲۱سانتیمتر بود (جدول۲).

به نظرمی‌رسد در مرحله ابتدایی رشد، (چهار تا شش برگی) صفت طول ریشه اصلی نسبت به سایر صفات ریشه تنوع کمتری درمیان 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 ونصرت کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند. در این آزمایش بین طول ریشه اصلی و عملکرد دانه و اجزای عملکرد همبستگی مشاهده نشد (جدول۴).

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 معنی‌دارشد و در دو مرحله‌ی طویل شدن ساقه ها وظهور سنبله اختلاف بین ارقام معنی‌دار نبود (جدول۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که در مرحله چهار تا شش برگی رقم نیک با سطح ریشه ۱۲/۵۵سانتی مترمربع و کویر با سطح ریشه ۴/۸۸ سانتی مترمربع به ترتیب بیشترین وکمترین مقدار را به خود اختصاص دادند وهمچنین در مرحله رسیدگی دامنه تغییر سطح ریشه از۲۵/۱۶ سانتی متر مربع در رقم نصرت تا ۱۰/۸۳ سانتی متر مربع در رقم یوسف بود (جدول۲). 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 وعمودی ریشه، پراکنش افقی و عرضی ریشه‌ها در خاک بیشتر بود. نتایج ضریب همبستگی سطح ریشه با اجزای عملکرد نشان داد که صفت سطح ریشه فقط با صفت وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد ($r=0/61^{**}$)(جدول۴).

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 کردندکه افزایش سطح ریشه به دلیل افزایش سطح جذب و افزایش کارآیی 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، طویل شدن ساقه ها، ظهور سنبله و رسیدگی نشان دادکه 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 (جدول۱). 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 ودر مرحله طویل شدن ساقه ها رقم فجر۳۰ با قطر ۰/۶۳۶ میلیمتر،بیشترین مقدار را نشان داد. در هر سه مرحله چهار تا شش برگی، طویل 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 طویل شدن ساقه ها و رسیدگی رقم والفجر بیشترین قطر ریشه را داشتند (جدول۳). در این آزمایش بین صفت میانگین قطر ریشه و عملکرد دانه و اجزای عملکرد همبستگی مشاهده نشد (جدول۴).

جدول۳- 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	٤	۱	۲	۳	٤	۱	۲	۳	٤
ریحان(ق)	۰/۵۹۴^{a}	۰/۵۲۸^{cd}	۰/۵۶۲^{a}	۰/۴۵۳^{c}	۲^{b}	۴^{a}	۹^{b}	۸^{a}	۰/۱۲۹^{a}	۰/۲۵۳^{a}	۰/۴۶۸^{cd}	۰/۶۳۸^{b}
کویر(ق)	۰/۴۰۱^{ab}	۰/۵۸۴^{abc}	۰/۴۲۱^{a}	۰/۴۶۸^{bc}	۴^{a}	۲^{a}	۱۰^{b}	۶^{a}	۰/۱۰۸^{a}	۰/۱۹۳^{a}	۱/۱۰^{a}	۰/۶۴۲^{b}
زرجو(ق)	۰/۲۲۵^{b}	۰/۵۹۵^{abc}	۰/۴۶۷^{a}	۰/۵۱۵^{abc}	۱^{c}	۴^{a}	۸^{b}	۳^{a}	۰/۰۴۹^{a}	۰/۲۸۳^{a}	۰/۶۵۷^{bc}	۰/۳۲۱^{b}
والفجر(ق)	۰/۴۴۲^{ab}	۰/۶۱۱^{ab}	۰/۴۹۶^{a}	۰/۶۵۶^{a}	۳^{ab}	۴^{a}	۲۰^{a}	۸^{a}	۰/۱۵۳^{a}	۰/۲۳۵^{a}	۰/۸۱۳^{b}	۰/۵۴۲^{b}
نصرت(ج)	۰/۴۱۲^{ab}	۰/۵۲۹^{cd}	۰/۴۳۷^{a}	۰/۴۵۷^{bc}	۲^{b}	۵^{a}	۲۱^{a}	۱۰^{a}	۰/۲۰۵^{a}	۰/۳۷۹^{a}	۰/۸۶۸^{b}	۱/۲۱^{a}
یوسف(ج)	۰/۳۸۲^{ab}	۰/۴۶۲^{d}	۰/۵۸۱^{a}	۰/۳۸۵^{d}	۱^{c}	۳^{a}	۲^{c}	۳^{a}	۰/۱۱۳^{a}	۰/۱۷۰^{a}	۰/۱۷۴^{c}	۰/۳۱۹^{b}
فجر۳۰(ج)	۰/۴۲۷^{ab}	۰/۶۳۶^{a}	۰/۴۵۱^{a}	۰/۵۲۱^{abc}	۱^{c}	۲^{a}	۸^{b}	۵^{a}	۰/۰۸۹^{a}	۰/۲۵۲^{a}	۰/۵۰۶^{cd}	۰/۵۹۸^{b}
نیک(ج)	۰/۴۹۱^{a}	۰/۵۳۷^{bcd}	۰/۵۳۹^{a}	۰/۶۱۴^{ab}	۲^{b}	۴^{a}	۴^{bc}	۸^{a}	۰/۱۵۷^{a}	0 ۰/۲۵۳^{a} ۰/۲۵۲^{a}	۰/۴۳۶^{d}	۰/۵۸۸^{b}

۱: مرحله چهار تا شش برگی ۲ : مرحله طویل شدن ساقه ها ۳ : مرحله ظهور سنبله۴: مرحله رسیدگی

در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۱ ٪ تفاوت معنی دار ندارند.

محققین در بررسی بین ارقام قدیم و جدید برنج (*Oriza sativa L.*) ثابت کردند که قطر ریشه وحجم ریشه در تمام فصول رشد در واریته های جدید بیشتر بود اما از نظر آماری جز در مرحله خوشه‌دهی در کلیه مراحل نمونه‌گیری 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 طویل شدن ساقه ها و رسیدگی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و در مراحل چهار تا شش برگی و ظهور سنبله اختلاف بین ارقام در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول۱). 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 (جدول۳). نتایج حاصل از همبستگی بین صفت حجم ریشه با عملکرد و اجزای عملکرد نشان داد که همبستگی مثبت ومعنی‌داری بین حجم ریشه با صفت‌های عملکرد دانه ($r=۰/۴۱^{**}$)، وزن هزاردانه ($r=۰/۶۲^{**}$) و سطح ریشه ($r=۰/۵۵^{**}$) وجود دارد (جدول ۴). زانگ و همکاران (۲۴)در مطالعه‌ای 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 معنی‌دار نبود. گزارشات نشان می‌دهد که حجم ریشه صفت مطلوبی برای ارزیابی مقاومت به خشکی است و ژنوتیپ‌هایی 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 رایزوسفر می‌شود (۵).

وزن خشک ریشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده های این صفت نشان داد که تفاوت بین ارقام جو از لحاظ وزن خشک ریشه درمراحل چهار تا شش برگی و طویل شدن ساقه ها معنی‌دار نبود و در مراحل ظهور سنبله و رسیدگی اختلاف بین ارقام در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در تمام مراحل رشد در بین ارقام جدید، رقم نصرت وزن خشک بالاتری را به خود اختصاص داد ورقم یوسف ضعیف عمل کرده ومقدار کمتری داشت ودر بین ارقام قدیمی نیز رقم زرجو از وزن خشک کمتری برخوردار بود (جدول۳). از بین صفات مورد بررسی، وزن خشک ریشه فقط با وزن هزار دانه ($r =۰/۵۴^{**}$)، سطح ریشه ($r=۰/۷۶^{**}$) و حجم ریشه ($r=۰/۶۸^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول۴). افزایش وزن ریشه نقش مهمی در حفظ محتوی مواد آلی در خاک‌های با حاصلخیزی کم ایفا می‌کند و بنابراین هرگونه افزایش در پروفیل ریشه و بهبود در سرعت جوانه‌زنی 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 وتفاوت بین ارقام در تمام نمونه گیری‌ها معنی‌دار بود (۲۴). در بررسی ۳۰ ژنوتیپ نخود (*Cicer arietinum L.*) در مرحله‌ی گلدهی تنوع ژنتیکی زیادی از نظر وزن خشک ریشه وتوزیع آنها در لایه‌ی۳۰سانتی‌متری سطح خاک مشاهده شد وبدین ترتیب ژنوتیپ‌های دارای سیستم ریشه عمیق‌تر، عملکرد دانه بیشتری تحت شرایط تنش خشکی تولید کردند و بدین ترتیب وجود سیستم ریشه‌ای عمیق و گسترده در ارتباط با مقاومت بیشتر به تنش خشکی است (۲۰).

جدول۴-همبستگی بین صفات ریشه با عملکرد واجزای عملکرد

صفات	عملکرد دانه	تعداد پنجه	طول سنبله	تعداد سنبله در بوته	تعداد دانه‌درسنبله	تعداد دانه‌درسنبله	وزن هزار دانه	ارتفاع گیاه	مجموع طول-ریشه	سطح ریشه	قطر ریشه	حجم ریشه	وزن خشک ریشه	طول ریشه اصلی
عملکرد دانه	۱													
تعداد پنجه	۰/۸۹**	۱												
طول سنبله	۰/۰۹۸ns	۰/۱۹ns	۱											
تعداد سنبله در بوته	۰/۸**	۰/۸۹**	۰/۰۸ns	۱										
تعداد دانه‌درسنبله	۰/۲۷ns	۰/۰۱ns	-۰/۱۲ns	-۰/۱۶ns	۱									
تعداد‌دانه‌دربوته	۰/۹۵**	۰/۹۵**	۰/۰۶ns	۰/۸۶**	۰/۱۹ns	۱								
وزن هزاردانه	۰/۶۳**	۰/۲۶ns	۰/۱۳ns	۰/۲۷ns	۰/۳۱ns	۰/۴۱*	۱							
ارتفاع گیاه	۰/۰۱ns	-۰/۰۹ns	-۰/۰۴ns	-۰/۰۷ns	۰/۰۸ns	-۰/۰۷ns	۰/۳ns	۱						
مجموع طول ریشه	-۰/۱۳ns	-۰/۳ns	۰/۱۱ns	-۰/۱۶ns	-۰/۱۴ns	-۰/۱۸ns	-۰/۰۸ns	۰/۳۱*	۱					
سطح ریشه	۰/۳۳ns	۰/۲۳ns	-۰/۰۴ns	۰/۲۳ns	-۰/۱۱ns	۰/۱۸ns	۰/۶۱**	۰/۲۵ns	-۰/۱۳ns	۱				
قطر ریشه	۰/۱۷ns	۰/۰۳ns	-۰/۳۳ns	۰/۰۸ns	-۰/۰۸ns	-۰/۰۸ns	۰/۲۲ns	۰/۳۱ns	۰/۱۳ns	۰/۵۵**	۱			
حجم ریشه	۰/۴۱*	۰/۱۸ns	۰/۲۵ns	۰/۱۲ns	۰/۲۳ns	۰/۲۷ns	۰/۶۲**	۰/۱ns	۰/۰۱ns	۰/۷۶**	۰/۰۷ns	۱		
وزن‌خشک‌ریشه	۰/۳۷ns	۰/۳۱ns	۰/۳۸ns	۰/۲۷ns	-۰/۱۳ns	۰/۲۳ns	۰/۵۴**	۰/۲۱ns	-۰/۱ns	-۰/۱ns	۰/۰۷ns	۰/۶۸**	۱	
طول ریشه اصلی	-۰/۲۲ns	-۰/۴۴*	-۰/۱۳ns	-۰/۵۶**	۰/۰۷ns	-۰/۴۲*	۰/۱۳ns	۰/۱۶ns	۰/۱۴ns	۰/۱۱ns	۰/۳ns	۰/۲۳ns	-۰/۰۷ns	۱

نتیجه گیری

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 وگسترده 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 نتیجه‌گیری 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 یافته های حاصل از این آزمایش رقم نیک و زرجو به ترتیب به عنوان برترین رقم و ضعیف ترین رقم جو معرفی شدند.

منابع

۱- امام، ی. و م. ثقه الاسلامی. ۱۳۸۴.عملکرد گیاهان زراعی، فیزیولوژی و فرآیندها. انتشارات دانشگاه شیراز . صفحه۵۹۳.

۲- خزاعی، ح. ۱۳۸۱. اثر تنش خشکی بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک ارقام مقاوم و حساس گندم و معرفی مناسب ترین صفت های 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 برعملکرد 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. طالعی، م. امیدی و ب. یزدی صمدی. ۱۳۸۹. مطالعه ویژگی های فیزیولوژیکی ومورفولوژیک 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- گنجعلی، ع. ۱۳۸۴. گزینش برای تحمل به خشکی در ژنوتیپ های 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 Since1900 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. Introductionto plant physiology. 3rd Ed. John Wileyand 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 dificienty 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 chikpea 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 continuosly 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.