نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد دهم، شماره ۲(۳۸)، تابستان ۱۳۹۵، صفحه ۴۹۲-۴۷۷

مطالعه سیستم ریشه بذری و نابجای ارقام گندم نان و دوروم

رحیم ناصری[۱]، مهرشاد براری[۲*]، محمدجواد زارع[۲]، کاظم خاوازی[۳] و زهرا طهماسبی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۳ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۴/۸/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۱۹

چکیده

به‌منظور بررسی ساختار ریشه و خصوصیات مورفولوژیک ریشه‌های بذری و نابجا در گندم‌های نان و دوروم، آزمایشی گلخانه‌ای در پاییز ۱۳۹۲ در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل ۶ رقم گندم نان (سرداری، کراس‌سبلان و نستور، پیشتاز، بهار و S83-3)، و ۴ رقم دوروم (کرخه و دنا، ساجی و سورا) بودند. صفات مورد بررسی شامل تعداد ریشه‌های بذری، نابجا (گرهی یا طوقه‌ای)، مجموع طول ریشه‌ها، طول ریشه‌های بذری، طول ریشه‌های نابجا، طول، مجموع طول آنها، وزن خشک ریشه، حجم ریشه و نسبت ریشه به قسمت‌های هوایی بودند. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار میان ارقام از نظر ساختار ریشه بود. همچنین، نتایج نشان داد که ارقام سرداری، کراس‌سبلان و نستور در مقایسه با ارقام پیشتاز، بهار و S83-3 دارای سیستم ریشه‌دهی قوی‌تر بوده و مشاهده گردید که ارقام نان و دوروم نیز تفاوت‌های معنی‌داری از نظر سیستم ریشه‌دهی داشتند. به‌طوری‌که، ساجی در بین ارقام دوروم و کراس‌سبلان در بین ارقام نان از مجموع تعداد ریشه (بذری و نابجا)، مجموع طول ریشه (بذری و نابجا)، وزن خشک ریشه، حجم ریشه و نسبت ریشه به قسمت‌های هوایی بالاتری برخوردار بودند. مقایسات گروهی نشان داد که تعداد و طول ریشه‌های نابجای ارقام نان نسبت به ارقام دوروم از وضعیت بهتری برخوردار می‌باشد.

واژگان کلیدی: حجم ریشه، ریشه بذری، ریشه نابجا، طول ریشه، وزن خشک ریشه.

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
۳- دانشیار، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران
(* نگارنده‌ی مسئول) bararym@gmail.com

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) در بین غلات به صورت یک محصول استراتژیک در جهان مورد توجه می‌باشد که بیشترین سطح زیر کشت (بیش از ۲۵۰ میلیون هکتار) و بالاترین میزان تولید (بیش از ۵۰۰ میلیون تن) را در بین گیاهان مختلف زراعی دنیا دارا می‌باشد و غذای اصلی مردم جهان به شمار می‌رود (Heydarian Pour *et al*., 2013). ایران به لحاظ قرار گرفتن در منطقه خشک و نیمه خشک جهان از نظر نزولات آسمانی دچار محدودیت آبی است که البته با برنامه‌ریزی و استفاده اصولی از امکانات می‌توان تا حدودی از کاهش تولید جلوگیری کرد (Tadayon and Emam, 2008). اطلاعات ما در مورد ریشه و خصوصیات آن کم و محدود است، دلیل آن این است که ریشه اندامی زیرزمینی و مطالعه آن در مقیاس وسیع و در سطح مزرعه بسیار مشکل و طاقت فرساست، در این ارتباط شبیه‌سازی رشد ریشه یک راه حل برای ارزیابی تفاوت‌های ژنوتیپی و بررسی واکنش آنها به شرایط محیطی است. توانایی ریشه‌ها برای بهره برداری از رطوبت ذخیره شده در لایه‌های زیرین خاک به‌طور مستقیم از طریق افزایش تعرق گیاه و به طور غیرمستقیم از طریق تنظیم بهره‌برداری از این ذخایر در دوره‌های رشد رویشی و زایشی در افزایش عملکرد دانه مؤثر است (Ganjeali *et al*., 2008; Turner, 1996). از آن‌جایی‌که آب قابل دسترس، عامل اصلی محدود کننده در محیط‌های خشک است، بیشترین بازده زمانی به‌دست می‌آید که از آب محدود موجود در خاک، حداکثر جذب توسط گیاه صورت گیرد، این خصوصیت تنها از طریق مکانیسم‌های سازگاری مرتبط با سیستم ریشه حاصل خواهد شد (Ganjeali *et al*., 2008). ریشه و اندام‌های هوایی و روابط بین آنها می‌تواند تعیین کننده روابط آلومتریک این اندام‌ها باشد. اطلاعات قابل دسترس در مورد سیستم ریشه در مقایسه با سیستم اندام‌های هوایی به دلیل مشکلات اندازه‌گیری آن، کافی نیست (Kashiwagi *et al*., 2006). بررسی صفاتی مانند طول، سطح و حجم ریشه و روابط بین آنها به منظور تعیین ظرفیت جذب آب از طریق ریشه ضروری است (Singh *et al*., 2005). سینگ و همکاران (Singh *et al*., 2005) بیان داشتند گیاهانی که طول ریشه اصلی، تعداد ریشه‌های جانبی، تراکم طول ریشه و نسبت ریشه به اندام‌هوایی بالاتری دارند نسبت به گیاهانی که این ویژگی را ندارند، مقاومت و تحمل بیشتری به کم آبی و تنش خشکی نشان می‌دهند. در مطالعه‌ای که بر روی ارقام مختلف انجام شد مشخص گردید که حجم ریشه تحت تاثیر ارقام معنی‌دار بوده و مشخص شد که حجم بیشتر ریشه، دسترسی به آب را افزایش داده و موجب افزایش دوام و رشد گیاه می‌گردد (Asgharipoor *et al*., 2010). گیاهانی که طول ریشه اصلی، تعداد ریشه‌های بذری، مجموع تراکم طول ریشه و نسبت ریشه به اندام‌های بالاتری دارند در مقابل تنش‌های محیطی تحمل بالاتری دارند (Singh *et al*., 2005). قابلیت گیاهان از نظر جذب آب و مواد غذایی از خاک بستگی به ظرفیت، توسعه و حساسیت سیستم ریشه‌ای دارد. سیستم ریشه عمیق می‌تواند موجب دسترسی بیشتر به پروفایل خاک به منظور جذب، تجمع آب و مواد غذایی گردد (Garnett *et al*., 2009). محققان بیان داشته‌اند که ساختار ریشه نقش مهمی در تولیدات کشاورزی از طریق تغییر در کارآیی جذب مواد غذایی گیاهان از خاک دارند به گونه‌ای که عملکرد دانه گندم به‌طور مستقیم وابسته صفات ریشه می‌باشد (Robin *et al*., 2014). در گزارش سایر محققان نیز بیان شده است که صفت نسبت ریشه به اندام‌های هوایی می‌تواند یک معیار مفید در ارزیابی به مقاومت

به خشکی در بین ارقام باشد (Ganjeali and Kafi, 2007). به نظر می‌رسد استراتژی‌های متفاوت ژنوتیپ‌ها، به‌عنوان مثال انتقال اسیمیلات به ریشه‌ها برای جذب بیشتر آب و عناصر غذایی و افزایش دوام فتوسنتز و یا تغییر مسیر انتقال اسیمیلات از ریشه‌ها و اختصاص هرچه بیشتر آن به مقصد و اعمال استراتژی‌های دیگر باعث ایجاد تنوع در ویژگی‌های ریشه شده است (Ganjeali *et al.*, 2008). نشان داده شده است که در بررسی روابط آب و خاک و گیاه باید به سیستم ریشه‌ای گیاهان و نقش آن در جذب آب و نمو گیاه توجه گردد و عوامل مختلفی نظیر رقم، رطوبت، دما بر رشد و نمو ریشه دارند (Esfandyari *et al.*, 2012). گراسنیکل (Grossnicle, 2005) نشان داده شده است هنگامی که گیاه با تنش‌های محیطی روبرو می‌گردد ریشه گیاه، نقش مهمی را در بقای گیاه بازی می‌کند.

با توجه به این‌که بیشتر مطالعاتی که روی گندم صورت می‌گیرد مربوط به اندام‌های هوایی گیاه بوده و در مورد ریشه اطلاعات زیادی در بین ارقام گندم وجود ندارد، بنابراین هدف اصلی این تحقیق، ارزیابی ارقام مختلف گندم نان و دوروم رایج در منطقه ایلام روی برخی از مهم‌ترین خصوصیات مورفولوژیک با تأکید بر مطالعه‌ی ریشه در مقایسه با اندام هوایی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در پاییز سال ۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام اجرا شد و ۱۰ رقم گندم نان و دوروم (نان دیم شامل سرداری، کراس‌سبلان و نستور)، نان آبی شامل پیشتاز، بهار و S83-3)، دوروم آبی (کرخه و دنا) و دوروم دیم (ساجی و سورا) که از ارقام رایج منطقه هستند، مورد بررسی قرار گرفتند. بذور مورد آزمایش از بانک ژن دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام تهیه و در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند. آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی و با چهار تکرار اجرا گردید. در این آزمایش کاشت بذور در لوله‌های PVC به قطر ۱۰ سانتی‌متر و طول ۶۰ سانتی‌متر که از ماسه بادی پر شده بود، صورت گرفت. برای نگهداری لوله‌ها، نگهدارنده فلزی طراحی و نصب گردید. در تاریخ ۱۳۹۲/۷/۱ در داخل هر لوله چهار عدد بذر در عمق ۱/۵ سانتی‌متر کشت و بذور پس از سبز شدن به یک عدد تنک شدند. در این آزمایش یک سیستم آبیاری قطره‌ای به گونه‌ای طراحی گردید که در داخل هر لوله یک قطره چکان قرار داشت. با این روش لوله‌های آزمایش در شرایط مطلوب قرار داشتند. تیمارها به صورت هفتگی با محلول غذایی هوگلند تغذیه شدند. در گلخانه، درجه حرارت تحت کنترل و دارای دامنه ۲۵ درجه سلسیوس و متوسط رطوبت ۷۰ درصد بود و گیاهان از نور طبیعی بدون هیچ نور اضافی استفاده می‌کردند. پس از گذشت ۳۰ روز از جوانه‌زنی بذور، ابتدا قسمت‌های هوایی توسط قیچی جدا و جهت تعیین سطح برگ و تجمع ماده خشک به آزمایشگاه منتقل، سپس جداسازی ریشه‌ها از بستر ماسه بادی توسط آب تحت فشار با دقت زیاد صورت گرفت. پس از جدا کردن ریشه‌ها از داخل لوله‌های PVC، آنها را در داخل الکل قرار داده و پس از انتقال به آزمایشگاه در داخل یخچال نگهداری شدند. صفات مورد بررسی شامل تعداد ریشه‌های بذری، ساب نودال، نودال، مجموع تعداد ریشه‌ها، طول ریشه‌های بذری، طول ریشه‌های ساب نودال، طول ریشه‌های نودال، مجموع طول ریشه‌ها، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، حجم ریشه، سطح برگ و نسبت حجم ریشه به قسمت‌های هوایی بودند. در این پژوهش تعداد ریشه‌های بذری، نودال و ساب نودال توسط دست و با دقت بالا شمارش شد، طول ریشه‌ها (بذری، نودال و ساب نودال) توسط خط‌کش اندازه گیری و اندازه‌گیری حجم ریشه نیز توسط استوانه مدرج صورت گرفت.

قسمت‌های هوایی گیاه و ریشه‌های مورد آزمایش در داخل آون الکتریکی با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت گذاشته شده و سپس توسط ترازوی دیجیتال با دقت یک هزارم گرم وزن شدند. اندازه‌گیری سطح برگ‌ها نیز توسط دستگاه مساحت سنج دیجیتال (مدل GA-5 ساخت شرکت OSK ژاپن) انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش با استفاده از برنامه آماری SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن و شکل‌ها توسط برنامه اکسل ترسیم شدند.

نتایج و بحث

تعداد ریشه

در این آزمایش در بین ارقام مورد بررسی از نظر تعداد ریشه‌های بذری تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید (جدول ۱)، بیشترین تعداد ریشه بذری در رقم کراس‌سبلان با میانگین ۶ ریشه بذری و کمترین تعداد ریشه بذری با میانگین ۴/۲ ریشه در رقم نستور مشاهده گردید. بین سایر ارقام مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید و همگی در یک گروه آماری مشابه قرار گرفتند (شکل ۱). محققان اظهار داشتند که گزینش برای بهبود بنیه ریشه‌های بذری یک صفت برای اصلاح مقاومت به خشکی است، آنها بیان داشتند که اهمیت تعداد ریشه‌های بذری را به‌عنوان یک معیار مهم می‌توان مورد توجه قرار داد و اظهار کردندکه در گزینش برای بهبود تحمل به خشکی بایستی از والدینی استفاده شود که دارای ریشه‌های بذری بیشتری باشند (Gupta, 1984).

از نظر تعداد ریشه‌های نودال اختلاف معنی‌داری بین ارقام مورد بررسی مشاهده گردید، در این پژوهش بیشترین تعداد ریشه نودال با میانگین ۴ ریشه به رقم نستور و بعد از آن به رقم ساجی و کمترین تعداد ریشه نودال با میانگین ۲/۲ و ۲ ریشه در ارقام S83-3 و دانا که از نظر آماری در یک گروه قرار داشتند، مشاهده شد (شکل ۲). در بین ارقام مورد آزمایش نیز از نظر ریشه‌های ساب نودال اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱). رقم S83-3 دارای بیشترین تعداد ریشه ساب نودال و کمترین ریشه ساب نودال در رقم سرداری با میانگین ۱/۲۵ ریشه مشاهده گردید. البته بین ارقام ساجی، کرخه، نستور و سورا از نظر آماری با رقم S83-3 اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید و از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند (شکل ۳). بین مجموع تعداد کل ریشه‌ها (بذری، نودال و ساب نودال) اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید، رقم ساجی و رقم کرخه با میانگین ۱۱ ریشه دارای بیشترین و رقم دانا با میانگین ۸/۲ ریشه دارای کمترین تعداد کل ریشه‌ها بودند. بین ارقام کراس‌سبلان، نستور و پیشتاز از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید و همگی در یک گروه آماری مشابه قرار گرفتند (شکل ۴).

طول ریشه

بیشترین طول ریشه بذری با میانگین ۲۴۷/۲ سانتی‌متر در رقم ساجی تعلق داشت و کمترین طول ریشه بذری با میانگین ۱۵۷/۲ سانتی‌متر در رقم سرداری تعلق داشت، بین سایر ارقام از نظر صفت طول ریشه‌های بذری اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید و در یک گروه آماری قرار داشتند (شکل ۵). از نظر طول ریشه‌های نودال و ساب نودال نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید (جدول ۱). بیشترین طول ریشه نودال و ساب نودال در ارقام پیشتاز و S83-3 به‌ترتیب با میانگین ۳۰/۴ و ۳۱/۸ سانتی‌متر و کمترین طول ریشه نودال و ساب نودال در ارقام دنا و سورا با میانگین ۸/۹ و ۱۴/۳ سانتی‌متر مشاهده گردید (شکل‌های ۶ و ۷). طول مجموع ریشه‌ها (بذری، نودال و ساب نودال) در بین ارقام مورد آزمایش متفاوت بود. بیشترین مجموع طول ریشه در رقم ساجی که جزو گندم‌های دوروم دیم محسوب

می‌گردد با میانگین ۲۹۲/۴ سانتی‌متر تعلق داشت و کمترین مجموع طول ریشه در رقم دنا که جزو گندم‌های دوروم آبی محسوب می‌گردد مشاهده گردید (شکل ۸). ریشه‌های گسترده از طریق افزایش جذب رطوبت و متعاقب آن افزایش تعرق، در افزایش عملکرد دانه و ثبات آن مؤثر است. نشان داده شده است که مجموع طول ریشه مهم‌ترین خصوصیت و صفت برای گیاه می‌باشد که گیاه را قادر می‌سازد که آب بیشتری را از لایه پایین‌تر خاک جذب نماید (Serraj *et al*., 2004). طول ریشه می‌تواند به‌عنوان مهم‌ترین پارامتر در روند رشد گیاهی استفاده گردد، زیرا پژوهشگران اعتقاد دارند که طول ریشه در واحد حجم خاک بهترین خصوصیت جهت ارزیابی آب خاک و جذب عناصر توسط گیاه می‌باشد (Eshghizadeh *et al*., 2012).

وزن خشک ریشه

از نظر وزن خشک ریشه نیز اختلاف معنی‌داری بین ارقام مورد بررسی مشاهده گردید (جدول ۱)، به‌طوری‌که بیشترین وزن خشک ریشه در ارقام ساجی و کراس‌سبلان که به‌ترتیب جزو گندم‌های دوروم و نان دیم می‌باشند، تعلق داشتند و کمترین وزن خشک ریشه در ارقام سرداری و S83-3 که به‌ترتیب جزو گندم‌های نان دیم و آبی می‌باشند، تعلق داشتند (شکل ۹). در گزارش‌های سراجی و همکاران (Serraj *et al*., 2004) بیان شده است که تغییرات ژنتیکی معنی‌داری بین ارقام از نظر وزن خشک ریشه وجود دارد. وزن خشک ریشه‌ها (بذری، نودال و ساب نودال) که مهم‌ترین صفت جهت ارزیابی ارقام محسوب می‌گردد. در این ارتباط با وجود این‌که مطالعات متعدد نشان داده است که صفات مربوط به ریشه عمدتاً ژنتیکی هستند (Krishnamurthy and Serraj, 2003; Saxena, 2003)، اما مطالعات زیادی نیز وجود دارند که تأکید می‌کنند صفات مربوط به ریشه به‌شدت تحت تأثیر محیط و عوامل محیطی نیز قرار می‌گیرند (Pardo *et al*., 2000). صدیق و همکاران (Siddigue *et al*., 1990) نه رقم گندم را مورد ارزیابی قرار دادند و اظهار دادند که ارقام جدید عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب بالاتری در مقایسه با ارقام قدیمی دارند، آنها نشان دادند که در بین ارقام مختلف از نظر وزن ماده خشک ریشه اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

حجم ریشه و نسبت ریشه به اندام‌های هوایی

بین ارقام از لحاظ حجم ریشه اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید، به‌طوری‌که بیشترین حجم ریشه در رقم ساجی با میانگین ۶/۰۵ سانتی‌متر مکعب و پس از آن بیشترین حجم ریشه با میانگین ۵/۵ سانتی‌متر مکعب در رقم کراس‌سبلان و کمترین حجم ریشه در رقم دنا با میانگین ۳/۷ سانتی‌متر مکعب به‌دست آمد (شکل ۱۰). حجم ریشه از مهم‌ترین صفت و معیار جهت جذب آب و مواد غذایی می‌باشد، بنابراین حجم ریشه یک واحد اندازه‌گیری خوبی جهت روابط عملی بین قسمت‌های هوایی و ریشه می‌باشد (Ganjeali and Kafi, 2007). در گزارش‌های کاربد و همکاران (Caird *et al*., 2007) نیز بیان شد که نسبت حجم ریشه به اندام‌های هوایی می‌تواند یکی از مهم‌ترین شاخص‌های پیش‌بینی شده برای میزان تنفس و جذب آب باشد. در این پژوهش نشان داده شد ارقام ساجی و کراس‌سبلان که در شرایط دیم کشت می‌شوند در مقایسه با ارقام آبی از طول ریشه و حجم ریشه بیشتری در طول دوره آزمایش برخوردار بودند. به نظر می‌آید ارقام دیم که به خشکی مقاوم هستند از سرعت اولیه بیشتری برخوردار هستند. آنچه مشخص است این که توانایی یک رقم گندم در رشد در مراحل اولیه احتمالاً یک عامل مؤثر به شرایط محیطی است. به عبارت دیگر، گیاه برای این‌که توانایی جذب ریشه‌ها را افزایش

دهد ماده خشک بیشتری را به سیستم ریشه‌ای اختصاص می‌دهد. در نتیجه تغییراتی در خصوصیات مورفولوژیک ریشه‌ها مانند افزایش طول ایجاد می‌شود. 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 پاسخ می‌دهند (Michele *et al.*, 2009). بیان شده است که ارقام گندم دیم به خشکی ریشه طویل‌تر و حجم ریشه بیشتری نسبت به دیگر ارقام دارند (Tupitsyn *et al.*, 1968). اما از لحاظ نسبت ریشه به اندام‌های هوایی نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱)، به گونه‌ای که رقم ساجی با میانگین ۰/۶۲ گرم بر گرم دارای بیشترین میزان و پس از آن رقم کراس‌سبلان با میانگین ۰/۵۲ گرم بر گرم دارای بیشترین میزان و در رتبه بعدی قرار گرفت، کمترین میزان نسبت ریشه به اندام‌های هوایی نیز در رقم نستور با میانگین ۰/۳۹ گرم بر گرم مشاهده گردید (شکل ۱۱). در این پژوهش سطح برگ و اندام‌های هوایی تحت تاثیر ارقام، معنی‌دار نشدند (جدول ۱). به‌نظر می‌رسد عدم وجود تفاوت‌های معنی‌دار میان ارقام از نظر سطح برگ و قسمت‌های هوایی و به‌دنبال آن تولید آسیمیلات در گیاه، از دلایل اصلی یکنواختی بیوماس اندام هوایی میان ارقام مورد بررسی است. در مراحل اولیه رشد، تخصیص مواد فتوسنتزی عمدتاً به‌سمت ریشه‌ها است و بنابراین انتظار می‌رود که اختلاف‌های ارقام از نظر بیوماس اندام هوایی در مراحل بعدی رشد، بیشتر آشکار شود. اولویت اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی به ریشه‌ها نسبت به برگ‌ها در مراحل اولیه رشد و به‌ویژه مرحله گیاهچه‌ای سبب شده است که پتانسیل ژنتیکی ژنوتیپ‌ها از نظر مقدار سطح برگ بیان نشود و احتمالاً در مراحل بعدی رشد، اختلاف‌های ژنتیکی بیشتر بروز خواهد کرد (Gregory, 1988). به نظر می‌رسد ارقام مقاوم با وجود داشتن تعداد برگ بیشتر، با تولید برگ‌های کوچک‌تر در مجموع سطح برگ کمتری تولید نمودند. ارقام مقاوم به خشکی از سطح ویژه برگ کمتر و برگ‌های ضخیم‌تر، طول وزن خشک ریشه بیشتر و از نسبت ریشه به اندام‌های هوایی بالاتری در مقایسه با ارقامی حساس به خشکی برخوردار بودند که این ویژگی‌ها می‌تواند در انتخاب ارقام گندم به خشکی مورد توجه قرار گیرد. لذا، به نظر می‌رسد این اختصاص بیشتر ماده خشک به ریشه در ارقام مقاوم یک مکانیزم محتمل در مقاومت به خشکی بوده که عنوان یک صفت می‌تواند در انتخاب ارقام مقاوم به خشکی مورد استفاده قرار گیرد. این موضوع مؤید این مطلب است که گیاه سیستم ریشه را افزایش داده و اندام‌های هوایی را در جهت کاهش تبخیر و تعرق و بنابراین ذخیره‌ی آب، کاهش می‌دهند. همچنین، به نظر می‌رسد که تخصیص بیوماس گیاه به اندام‌های مختلف، دلیل مقاومت و یا حساسیت آن نسبت به تنش خشکی می‌باشد. بنابراین، تخصیص نامناسب تولیدات فتوسنتزی به تکمیل اندام‌های هوایی در زمان مواجهه با تنش، دلیل احتمالی حساسیت ژنوتیپ باشد (Ganjeali and Kafi, 2007). محققان نشان داده‌اند که میزان رشد سریع ریشه به دلیل تخصیص مواد اسیمیلات بیشتر به سمت ریشه نسبت به اندام‌های هوایی در مراحل اولیه رشد ممکن است دلیل اصلی عدم یکنواختی در قسمت‌های هوایی و تفاوت در نسبت ریشه به قسمت‌های هوایی باشد (Gregory, 1988; Ganjeali and Kafi, 2007) گنجعلی و همکاران (Ganjeali *et al.*, 2010) نیز نشان دادند با توجه به این‌که جذب کارآمد آب توسط ریشه یک مشخصه مهم برای مقاومت به خشکی است، لذا گیاهانی که در ابتدای فصل رشد نسبت ریشه به اندام هوایی بالاتری دارند در دوره‌های بعدی

رشد از قابلیت بیشتری برای حفظ فشار تورگر و متعاقب آن بهبود سرعت فتوسنتز برخوردارند. ضمن این‌که ثبات عملکرد به توانایی ریشه‌ها برای جذب آب و عناصر غذایی موجود در خاک بستگی دارد و این خاصیت تنها از طریق مکانیسم‌های سازگاری مرتبط با ریشه و اندام‌های هوایی حاصل خواهد شد (Singh *et al.*, 2005). از آن‌جایی‌که نسبت بالاتر ریشه به اندام‌های هوایی باعث بهبود توان گیاه برای افزایش تحمل به خشکی می‌شود، لذا اغلب متخصصین فیزیولوژی گیاهی این نسبت را به عنوان یک معیار مناسب برای گزینش ارقام مقاوم به خشکی در نظر گرفته و این نسبت را معرفی می‌نمایند (Ganjeali *et al.*, 2010).

مقایسات گروهی: مقایسات گروهی ارقام نشان داد که از نظر تعداد ریشه‌های نودال، طول ریشه‌های نودال، وزن خشک ریشه و نسبت ریشه به اندام‌های هوایی در بین ارقام دوروم و نان اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). بر اساس مقایسات گروهی ارقام نان در مقایسه با ارقام دوروم دارای تعداد ریشه‌های نودال و طول ریشه‌های نودال بیشتری بودند. ارقام دوروم نیز در مقایسه با ارقام نان دارای بیشترین وزن خشک و نسبت ریشه به اندام‌های هوایی بودند (شکل ۱۲).

همبستگی صفات: همبستگی بین صفات نشان داد که مجموع تعداد ریشه‌ها دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با مجموع طول ریشه (**۰/۶۲)، وزن خشک ریشه (**۰/۴۳) و حجم ریشه (**۰/۳۹) می‌باشد، همچنین در این پژوهش همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن خشک ریشه و حجم ریشه (**۰/۷۸) مشاهده گردید (جدول ۳). بنابراین، با افزایش تعداد و طول ریشه‌ها (بذری، نودال و ساب نودال) بر وزن خشک و حجم ریشه افزوده که می‌تواند نقش مهمی در جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه به سمت اندام‌های را ایجاد نماید. در این پژوهش بین مجموع تعداد ریشه‌ها با مجموع طول ریشه‌ها (**۰/۷۵) و حجم ریشه (*۰/۳۹) نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده گردید، آنچه مشخص است با افزایش تعداد ریشه‌ها و حجم ریشه‌ها، طول کل ریشه‌ها نیز به دنبال آن افزایش می‌یابد. آن‌چه مشخص است این که سطح تماس ریشه گیاه با خاک نیز افزایش یافته و به دنبال آن تماس آب و مواد غذایی در خاک نیز با ریشه گیاه بیشتر می‌شود. گوها و همکاران (Guohua *et al.*, 2009) در گندم مشاهده کردند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین حجم ریشه و وزن خشک ریشه وجود دارد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به این‌که معمولاً گندم در نقاطی کشت می‌شود که رطوبت خاک محدود کننده است، در این راستا سیستم‌های کارآمد ریشه برای جذب حداکثر آب محدود موجود در خاک می‌تواند در ثبات عملکرد دانه مؤثر باشد، چون‌که ثبات عملکرد دانه به توانایی ریشه‌ها برای جذب آب و عناصر غذایی موجود در خاک بستگی دارد. این خاصیت تنها از طریق مکانیسم‌های سازگاری مرتبط با ریشه و اندام‌های هوایی حاصل خواهد شد. بر اساس نتایج این پژوهش، ارقام اصلاح شده از نظر سیستم ریشه‌دهی توانایی رقابت با ارقام بومی و قدیمی را داشته و از نظر بیشتر صفات دارای برتری می‌باشند. در این پژوهش مشاهده گردید که ارقام دیم نسبت به ارقام آبی دارای سیستم ریشه‌دهی قوی‌تر می‌باشند. همچنین، مشاهده گردید که در بین ارقام نان و دوروم نیز تفاوت‌های معنی‌داری از نظر سیستم ریشه‌دهی وجود دارد، به طوری‌که در بین ارقام دوروم دیم، رقم ساجی و در بین ارقام نان دیم رقم کراس‌سبلان دارای برتری بیشتری بودند. همچنین، بین ارقام از نظر تنوع ژنوتیپی نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک ریشه ارقام مختلف گندم نان و دوروم

Table 1- Analysis of variance for morphological traits in different bread and durum wheat cultivars

S.O.V منبع تغییرات		درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Square					
			تعداد ریشه‌های بذری Number of seminal roots	تعداد ریشه‌های نودال Number of nodal roots	تعداد ریشه‌های ساب نودال Number of sub-nodal roots	مجموع تعداد ریشه‌ها Number of total roots	طول ریشه‌های بذری Seminal roots length	طول ریشه‌های نودال Nodal roots length
Cultivar	رقم	9	1.33**	1.8**	0.29*	4.45*	3714.5*	183.02*
Error	خطا	30	0.4	0.5	0.12	1.4	1669.8	48.8
C.V (%) ضریب تغییرات (درصد)			13.4	24.7	18.8	12.5	20.4	36.03

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns, * and **: non significant and significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

ادامه جدول ۱

Table 1- Continued

S.O.V منبع تغییرات		درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Square						
			طول ریشه‌های ساب نودال Sub-nodal roots length	مجموع طول ریشه‌ها Length of total roots	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	سطح برگ Leaf area	حجم ریشه Root volume	نسبت ریشه به اندام هوایی Root to shoot ratio
Cultivar	رقم	9	119.8ns	4890.6*	0.0006ns	0.0014**	11.03ns	2.1**	0.02**
Error	خطا	30	63.9	2222.06	0.002	0.000026	9.5	0.1	0.005
C.V (%) ضریب تغییرات (درصد)			33.8	19.4	17.5	4.4	23.1	7.07	16.8

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns, * and **: non significant and significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۲- مقایسات گروهی ارقام مختلف گندم نان و دوروم

Table 2- Orthogonal contrast for morphological traits in differnt bread and durum wheat cultivars

S.O.V منبع تغییرات	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of Square					
		تعداد ریشه‌های بذری Number of seminal roots	تعداد ریشه‌های نودال Number of nodal roots	تعداد ریشه‌های ساب نودال Number of sub-nodal roots	مجموع تعداد ریشه‌ها Number of total roots	طول ریشه‌های بذری Seminal roots length	طول ریشه‌های نودال Nodal roots length
Durum vs bread wheat مقایسه ارقام گندم نان در مقابل ارقام دوروم	1	0.41ns	0.037*	0.10ns	0.6ns	151.3ns	546.01**
Error خطا	30	0.4	0.5	0.12	1.4	1669.8	48.8

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns, * and **: non significant and significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

ادامه جدول ۲

Table 2- Cintinued

S.O.V منبع تغییرات	درجه آزادی d.f	Mean of Square میانگین مربعات						
		طول ریشه‌های ساب نودال Sub-nodal roots length	مجموع طول ریشه‌ها Length of total roots	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	سطح برگ Leaf area	حجم ریشه Root volume	نسبت ریشه به اندام هوایی Root to shoot ratio
Durum vs bread wheat مقایسه ارقام گندم نان در مقابل ارقام دوروم	1	189.5*	458.4ns	0.001ns	0.001**	20.2ns	0.30ns	0.02*
Errorخطا	30	63.9	2222.06	0.002	0.000026	9.5	0.1	0.005

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns, * and **: non significant and significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

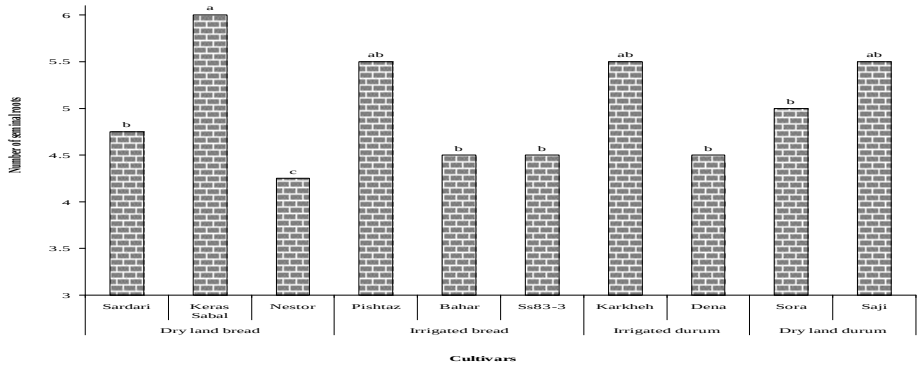
جدول ۳- همبستگی صفات مورفولوژیک ریشه

Table 3- Correlation for root morphological traits

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	تعداد ریشه‌های بذری Number of seminal roots	1									
2	تعداد ریشه‌های نودال Number of nodal roots	0.34*	1								
3	تعداد ریشه‌های ساب نودال Number of sub-nodal roots	-0.15ns	0.06ns	1							
4	مجموع تعداد ریشه‌ها Number of total roots	0.73**	0.83**	0.22ns	1						
5	طول ریشه‌های بذری Seminal roots length	0.66**	0.49**	0.15ns	0.76**	1					
6	طول ریشه‌های نودال Nodal roots length	0.15ns	0.73**	-0.08ns	0.52**	0.35*	1				
7	طول ریشه‌های ساب نودال Sub-nodal roots length	0.11ns	0.23ns	0.47**	0.34*	0.26ns	0.34*	1			
8	مجموع طول ریشه‌ها Length of total roots	0.62**	0.56**	0.19ns	0.75**	0.96**	0.51**	0.44**	1		
9	وزن خشک ریشه Root dry weight	0.43**	0.15ns	0.004ns	0.34*	0.46**	0.04ns	-0.11ns	0.39*	1	
10	حجم ریشه Root volume	0.39*	0.16ns	-0.13ns	0.39*	0.42**	0.04ns	-0.19ns	0.35*	0.78**	1

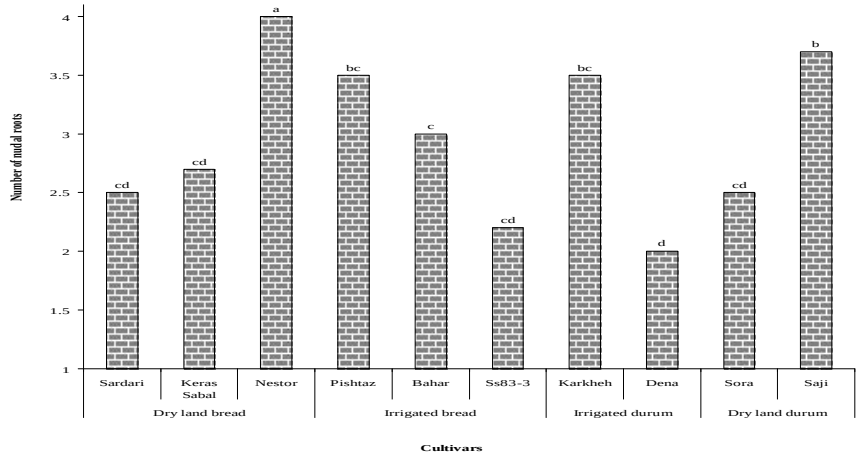
ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns, * and **: non significant and significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.



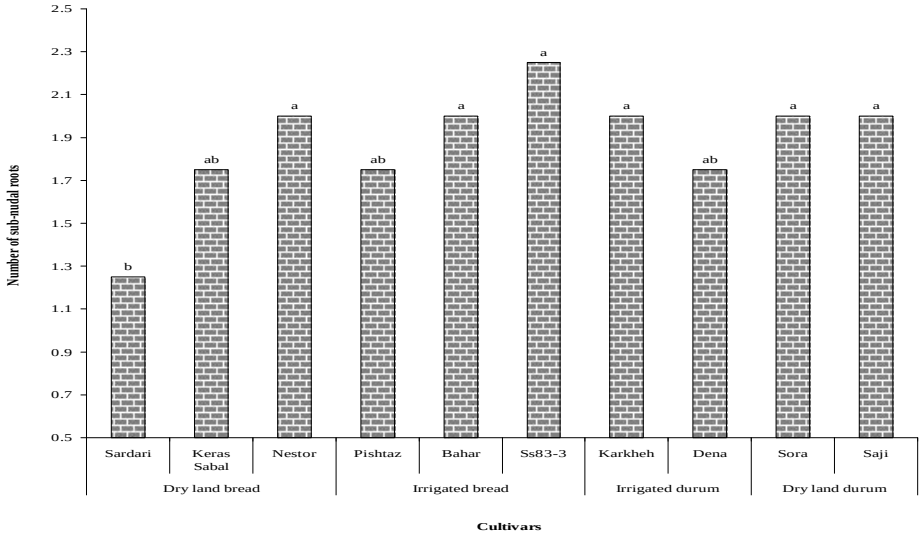
شکل ۱- مقایسه میانگین ارقام مختلف گندم از نظر تعداد ریشه‌های بذری

Figure 1- Mean comparison of different wheat cultivars in relation to number of seminal roots



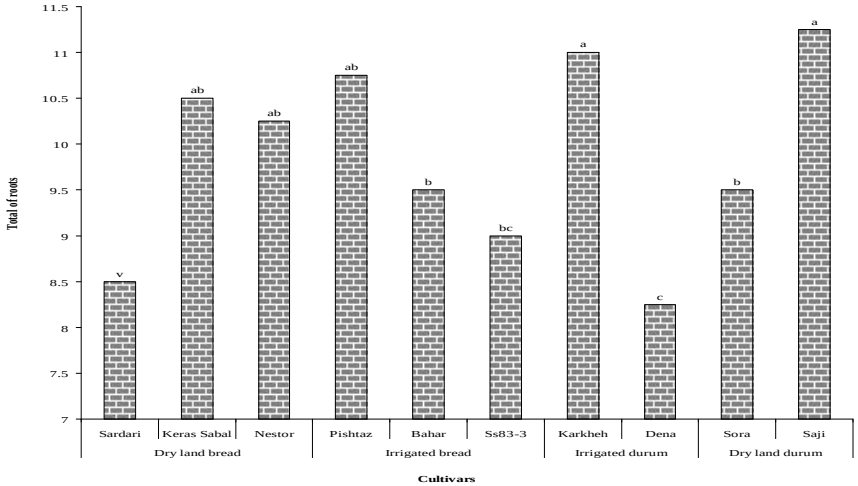
شکل ۲- مقایسه میانگین ارقام مختلف گندم از نظر تعداد ریشه‌های نودال

Figure 2- Mean comparison of different wheat cultivars in relation to number of nodal roots



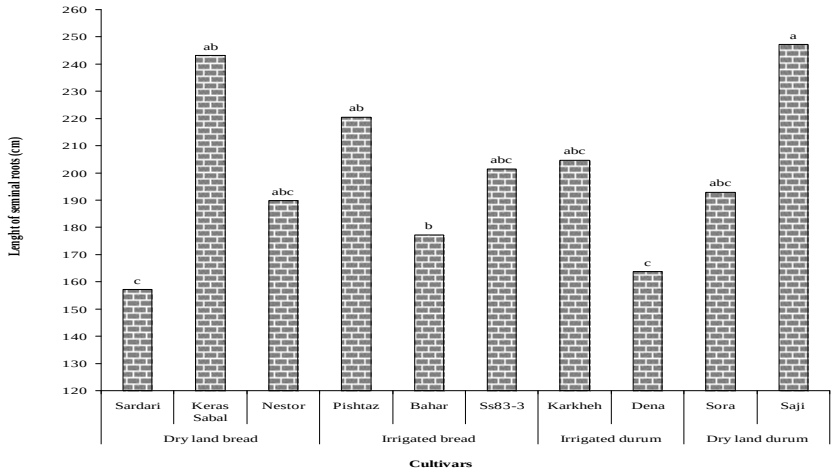
شکل ۳- مقایسه میانگین ارقام مختلف گندم از نظر تعداد ریشه‌های ساب نودال

Figure 3- Mean comparison of different wheat cultivars in relation to number of sub-nodal roots



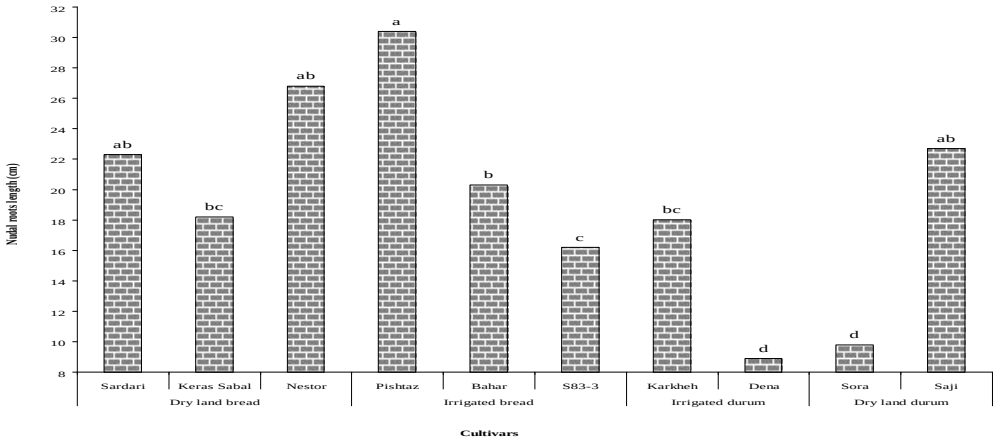
شکل ۴- مقایسه میانگین ارقام مختلف گندم از نظر مجموع تعداد ریشه‌ها (بذری، نودال و ساب نودال)

Figure 4- Mean comparison of different wheat cultivars in relation to number of roots (seminal, nodal and sub-nodal roots)



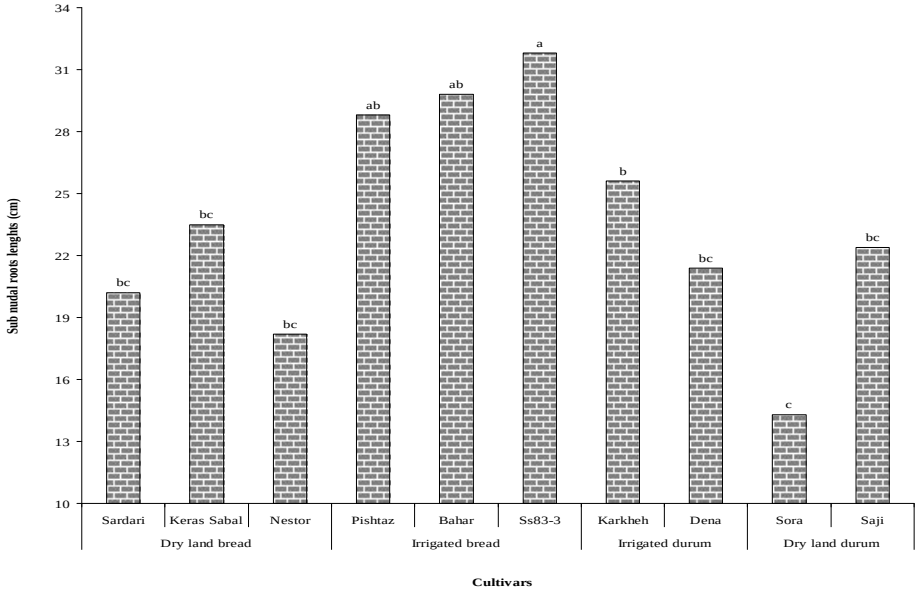
شکل ۵- مقایسه میانگین ارقام مختلف گندم از نظر طول ریشه‌های بذری

Figure 5- Mean comparison of different wheat cultivars in relation to seminal roots length



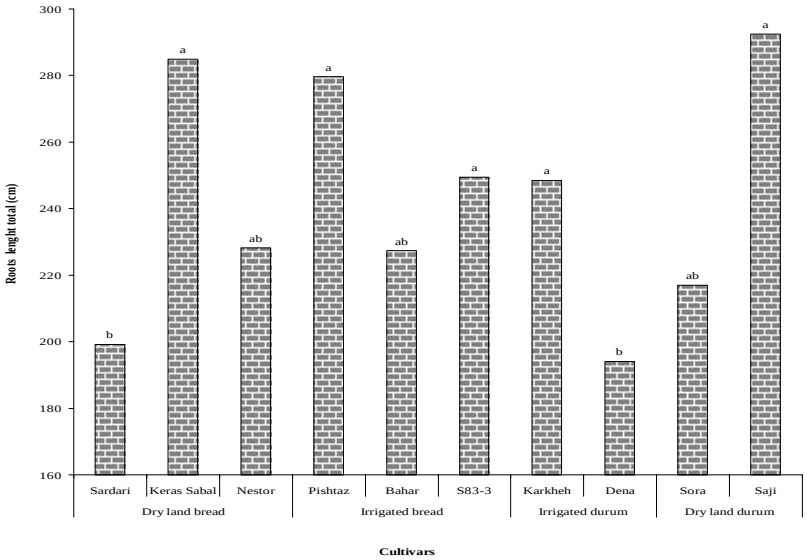
شکل ۶- مقایسه میانگین ارقام مختلف گندم از نظر طول ریشه‌های نودال

Figure 6- Mean comparison of different wheat cultivars in relation to nodal roots length



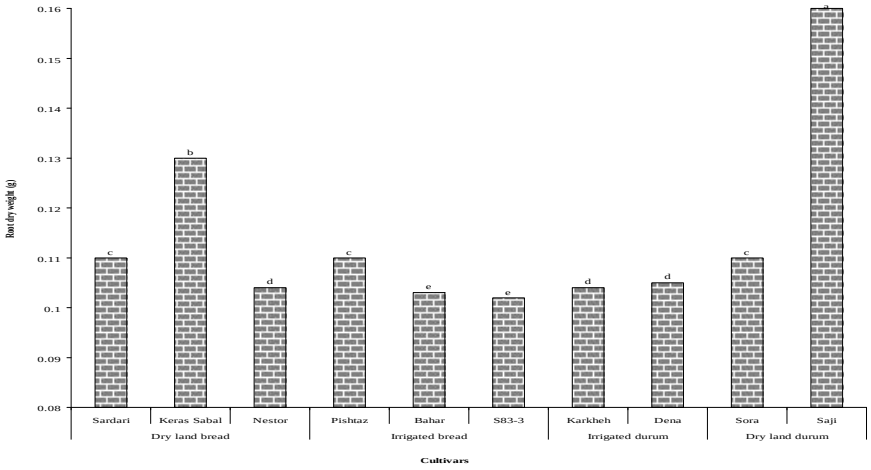
شکل ۷- مقایسه میانگین ارقام مختلف گندم از نظر طول ریشه‌های ساب نودال

Figure 7- Mean comparison of different wheat cultivars in relation to sub-nodal roots length



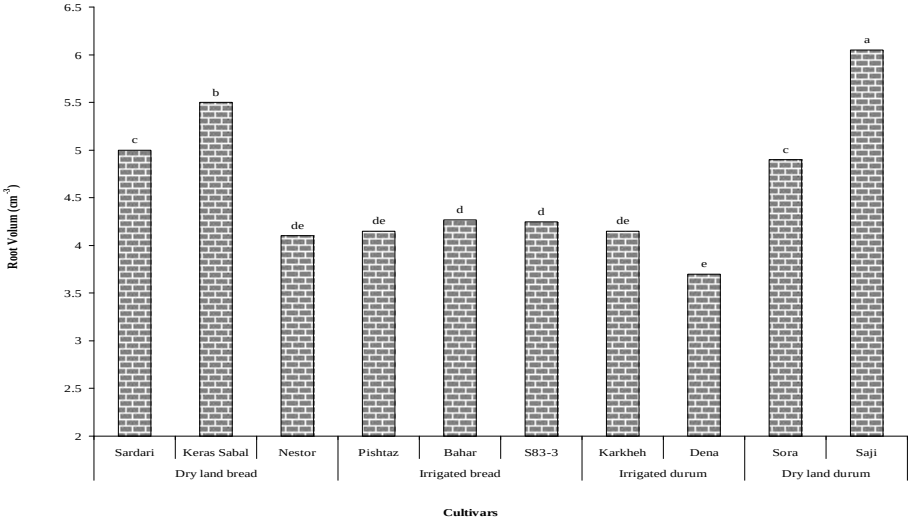
شکل ۸- مقایسه میانگین ارقام مختلف گندم از نظر مجموع طول ریشه‌ها (بذری، نودال و ساب نودال)

Figure 8 – Mean comparison of different wheat cultivars in relation to roots length total (seminal, nodal and sub-nodal roots)



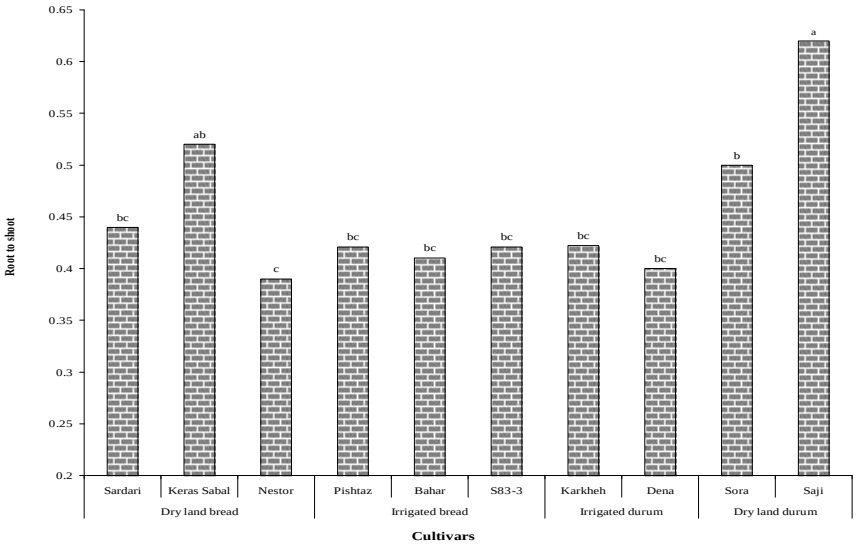
شکل ۹- مقایسه میانگین ارقام مختلف گندم از نظر وزن خشک ریشه

Figure 9- Mean comparison of different wheat cultivars in relation to root dry weight



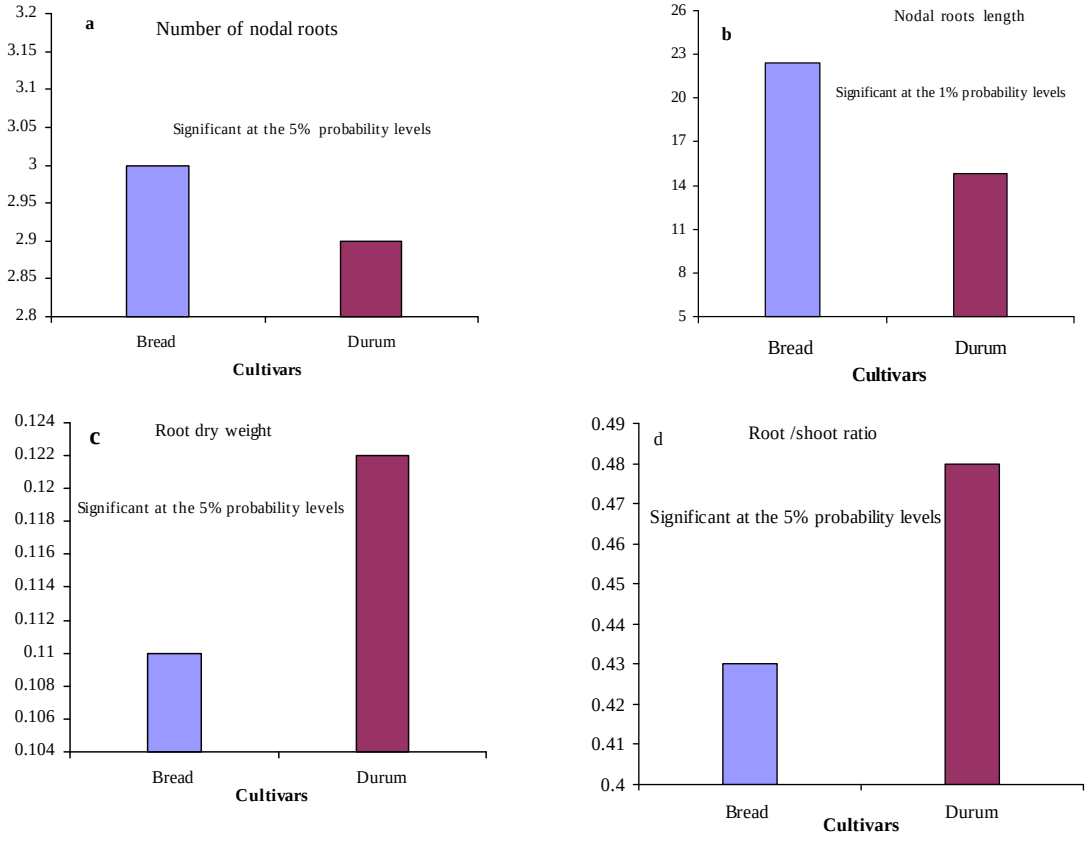
شکل ۱۰- مقایسه میانگین ارقام مختلف گندم از نظر حجم ریشه

Figure 11- Mean comparison of different wheat cultivars in relation to root volum



شکل ۱۱- مقایسه میانگین ارقام مختلف گندم از نظر نسبت ریشه به اندام‌های هوایی

Figure 11- Mean comparison of different wheat cultivars in relation to root to shoot ratio



شکل ۱۲- مقایسه گروهی ارقام مختلف گندم نان و دوروم: a: تعداد ریشه نودال، b: طول ریشه‌های نودال، c: وزن خشک ریشه و d: نسبت ریشه به اندام‌های هوایی

Figure 12- Orthogonal contrast of different wheat cultivars: a: number of nodal roots, b: nodal roots length, c: root dry weight and d: root/shoot ratio

References منابع مورد استفاده

- Assgharipoor, M.R., and M. Rafiei. 2010. Effect of drought stress on different morphological characteristics of root and root: shoot ratio on mung bean genotypes. Pp. In: *Proceedings of the 11th Iranian Crop Sciences Congress. Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.* (In Persian).
- Caird, M.A., J.H. Richards, and L.A. Donovan 2007. Night time stomatal conductance and transpiration in C_3 and C_4 plants. *Plant Physiology*. 143: 4–10.
- Esfandyari, S., H. Dehghanisanij, A. Alizadeh, and K. Davary. 2012. Evaluation of maize root Morphology under fertigation method with surface and subsurface drip irrigation systems. *Journal of Water and Soil.* 26 (5): 1064-1071. (In Persian).
- Eshghizadeh, H.R., M. Kafi, A. Nazami, and A.H. Khoshgoftarmanesh. 2012. Studies on the role of root morphology attribution in salt tolerance of blue-pani grass (*Panicum antidotale* Retz.) using artificial neural networks (ANN). *Research on Crops.* 13 (2): 534-544.
- Ganjeali, A., and M. Kafi. 2007. Genotypic differences for allometric relationships between root and shoot characteristics chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Pakistan Journal of Botany.* 39 (5): 1523-1531.
- Ganjeali, A., M. Kafi, and A. Bagheri. 2008. Approaches from root studies on chickpea *(Cicer arietinum* L.). *Journal of Agricultural Sciences*. 13(1): 179-189. (In Persian).
- Ganjeali1, A., M. Kafi, and M. Sabet Teimouri. 2010. Evaluation of root and shoot physiological indices in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 3(1): 35-45. (In Persian).
- Garnett, T., V. Conn, and B.N. Kaiser. 2009. Root based approaches to improving nitrogen use efficiency in plants. *Plant, Cell and Environment.* 32:1272–1283.
- Gregory, P.J. 1988. Root growth of chickpea, faba bean, lentil and pea and effcets of water and salt stresses. PP. 857-867. In: R.J. Summerfield (Ed.), World Crops: Cool Season Food Legumes. *Kluwer Academic Publishers.*
- Grossnicle, S.C. 2005. Importance of root growth in overcoming planting stress. *New Forestes*. 30: 273-294.
- Guohua, L., Y. Kang, L. Li, and S. Wan. 2009. Effects of irrigation methods on root development and profile soil water uptake in winter wheat. *Irrigation Science*. 10: 1017-1029.
- Gupta, U.S. 1984. Crop improvement for drought resistance. *Current Agriculture*. 8: 1-15.
- Heydarian Pour, M.B., Z. Ramazani Mojdeh, and M. Sameni. 2013. Effect of nitrogen and bio-fertilizer on yield, concentration and total absorption of nutritional elements in wheat shoot. *Journal of Soil Researches*. 27 (2): 141-148. (In Persian).
- Kashiwagi, J., L. Krishnamurty, J.H. Croouch, and R. Serraj. 2006. Variability of root length density and its contributions to seed yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought stress. *Field Crops Research*. 95: 171-181.
- Krishnamurthy, L., and R. Serraj. 2003. Root and shoot growth dynamics of some chickpea genotypes under two moisture levels. *International Chickpea and Pigeonpea. Newsletters*. 10: 24-28.

- Li, K.Y., R.D. Jong, M.T. Coe, and N. Ramankutty. 2006. Root-water-uptake based upon a new water stress reduction and a symptotic root distribution function. *Journal of Hydrology*. 252: 189–204.
- Michele, A., T. Douglas, and A. Frank. 2009. The effects of clipping and soil moisture on leaf and root morphology and root respiration in two temperate and two tropical grasses. *Plant Ecology*. 200: 205-215.
- Pardo, A., M. Amato, and F.Q. Chiaranda. 2000. Relationships between soil structure, root distribution and water uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Plant growth and water distribution. *European Journal of Agronomy*. 13: 39-45.
- Robin, A.H.K., M.J. Uddin, S. Afrin, and P.R. Paul. 2014. Genotypic variations in root traits of wheat varieties at phytomer level. *Journal of Bangladesh Agricultural Univiversity*. 12 (1): 45–54.
- Saxena, N.P. 2003. Management of agriculture drought "Agronomic and genetic options". Science Publishers Inc, NH, USA.
- Serraj, R., L. Krishnamurty, J. Kashiwagi, J.K. Kumar, S. Chandra, and J.H. Crouch. 2004. Variation in root traits of chickpea (*Cicer aretinum* L.) grown under terminal drought. *Field Crops Research*. 88: 115-127
- Siddigue, K.H.M., R.K. Belford, and D. Tennant. 1990. Root/shoot ratio of old and modern, tall and semi-draft wheat in a Mediterranean environment. *Plant and Soil*. 121: 89-98.
- Singh, G., H.S. Sekhon, and J.S. Kolar. 2005. Pulses. *Agrotech Publishing Academy. Udaipur, India*. 329 pp.
- Tadayon, M.R. and Y. Emam. 2008. Effect of supplementary irrigation and amount of available water on yield, its components and physiological characteristics of two rainfed wheat cultivars. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 11 (42): 145-156. (In Persian).
- Tupitsyn, N.V., J.G. Waines, and A.K. Lyashok. 1968. Water uptake by the root system of the spring wheats Botanicheskaya 3 and Orenburgskaya 7 in relation to their drought resistance. *Plant Breeding*. 57(9): 809-815.
- Turner, N.C. 1996. Further progress in crop water relations. *Advances in Agronomy*. 58: 293-333.

Studying Morphological Characteristics of Seminal and Adventitious Root Systems of Durum and Bread Wheat Cultivars

Rahim Naseri [1], Mehrshad Barari[2 *], Mohammad Javad Zarea[2], Kazem Khavazi[3], and Zahra Tahmasebi[2]

Received: February 2014, Revised: 2 November 2015, Accepted: 9 March 2016

Abstract

To study the root structure and its morphological characteristics of winter and durum wheat cultivars, an experiment was carried out based on randomized completely design with four replications at faculty of Agriculture, Ilam University during 2013-2014. Experimental treatments consisted of six bread wheat cultivars (Sardari, Keras Sabalan, Nestor, Pistaz, Bahar and S83-3), four durum wheat cultivars (Karkheh, Dena, Sora and Saji). Traits under study were seminal roots, nodal roots, sub-nodal roots, number of total roots, seminal roots length, nodal and sub-nodal roots, total root lengths, root dry weight, root volume and root to shoot ratio. The results showed significant differences for root structure of bread wheat cultivars (Sardari, Keras Sabalan and Nestor). They had stronger root system than the other bread wheat cultivars.It was also found that Saji from durum and Sabalan cross from bread wheat cultivars had the highest number of total roots (seminal, nodal and sub-nodal roots), root length total (seminal, nodal and sub-nodal roots), root volume and root/shoot ratio as compared with the other cultivars under study. Orthogonal contrast for three groups of genotypes indicated that in terms of number and length of nodal roots, bread wheat cultivars showed higher values as compared to durum wheat cultivars.

Key words: Adventitious roots, Root dry weight, Root length, Root volume, Seminal roots.

1- Ph.D. student in Crop Physiology, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.
2- Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.
3- Associate Professor, Water and Soil Research Institute, Karaj, Iran.
** Corresponding Author: barary m@gmail.com*