

تأثیر مقادیر و زمان مصرف نیتروژن بر برخی ویژگی‌های ریشه ژنوتیپ‌های مختلف گندم دیم

ولی فیضی اصل^{۱*}، امیر فتوت^۲، علیرضا آستارایی^۲ و امیر لکزیان^۳

۱- عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور و دانشجوی سابق دکتری خاکشناسی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

شناخت ریشه به عنوان نیمه پنهان گیاه از اهمیت ویژه‌ای در شرایط دیم برخوردار است. گسترش مناسب آن یکی از عوامل تأثیرگذار در تولید گندم در شرایط محدودیت آب می‌باشد که به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی از جمله مصرف کودهای نیتروژنی قرار می‌گیرد. به منظور مطالعه اثرات میزان و زمان مصرف کود اوره بر برخی ویژگی‌های موفولوژیک گندم دیم، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت کرت‌های دوبار خرد شده با زمان مصرف نیتروژن (کل نیتروژن در پائیز و تقسیط آن به صورت مصرف دوسوم نیتروژن در پائیز همزمان با کشت و یک سوم دیگر در بهار به صورت سرک) در کرت اصلی، میزان نیتروژن (صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) از منبع اوره در کرت فرعی و ژنوتیپ گندم دیم در کرت فرعی (آذر ۲، Cereal3 و Cereal4) در سه تکرار در موسسه تحقیقات کشاورزی دیم (مراغه) در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ به اجرا در آمد. نمونه‌های ریشه در مرحله شروع ساقه رفتن (GS22) با حجم‌های مشخص از تمامی تیمارها تهیه و ویژگی‌های آن اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که مصرف نیتروژن توانست در مقایسه با تیمار شاهد (بدون مصرف نیتروژن) طول بوته، تعداد ریشه طوقه‌ای، وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، حجم اندام هوایی، حجم کل ریشه و نسبت حجم ریشه به حجم خاک را به طور معنی‌داری افزایش دهد که این افزایش به صورت خطی تا آخرین سطح مصرف نیتروژن ادامه یافت. مصرف پائیزی نیتروژن طول ریشه بذری را در مقایسه با مصرف تقسیطی آن ۱۱ درصد افزایش داد که این افزایش از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین زمان مصرف پائیزی نیتروژن توانست طول ریشه طوقه‌ای و کلئوپتیل را در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به صورت معنی‌داری ($P \leq 0.05$) تحت تأثیر قرار دهد. ژنوتیپ Cereal4 از لحاظ صفات مطلوب ریشه به دو ژنوتیپ دیگر برتری داشت. در مجموع بر اساس این آزمایش برای بهبود خصوصیات ریشه گندم دیم و در نتیجه افزایش کمی و کیفی عملکرد آن توصیه می‌شود که کود نیتروژنی به میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتار در هنگام کشت پاییزه مصرف گردد.

واژه‌های کلیدی: مورفولوژی ریشه، مدیریت نیتروژن، تنش آبی، گندم نان

مقدمه

(and Haberle, 2006). نتایج پژوهش‌های انجام گرفته نشان می‌دهد که ویژگی‌های مورفولوژیک ریشه با تغییر ویژگی‌های خاک، شرایط اقلیمی و به ویژه میزان نیتروژن موجود در خاک شدیداً تغییر پیدا می‌کنند و لذا از طریق مصرف بهینه کودهای نیتروژنی می‌توان این صفات را در گیاهان زراعی مدیریت نمود (Anderson and Impiglia, 2002)، (Poelman *et al.*, 1996). لوکاس و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که افزایش مقدار نیتروژن مصرفی می‌تواند رشد ریشه و اندام هوایی را افزایش دهد، اما این روند در اندام هوایی بیش از ریشه‌ها تحت تاثیر قرار گرفت و در نتیجه نسبت اندام هوایی به ریشه از لحاظ وزن خشک فزونی یافت. این در حالی است که برخی معتقدند مصرف نیتروژن در مقادیر مورد نیاز گندم باعث افزایش حجم ریشه، طول ریشه‌های بذری و طوقه‌ای و تعداد این ریشه‌ها می‌شود، اما مصرف بالای این عنصر کلیدی در شرایط دیم صفات مطلوب ریشه را برای جذب آب و عناصر غذایی به ویژه از اعماق خاک را کاهش می‌دهد (Svoboda and Haberle, Juan *et al.*, 2007)، (2006).

بسیاری از گونه‌های گیاهی با افزایش سهم مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به رشد ریشه و افزایش نسبت ریشه به اندام‌های هوایی و بهره‌گیری بیشتر از آب قابل دسترس به کمبود رطوبت پاسخ می‌دهند (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۷۹). بنابر این مطالعه ریشه در راستای شناسایی صفات مرتبط با جذب آب و عناصر غذایی و همچنین صفات مرتبط با تنش خشکی و دمای آخر فصل از راهکارهای بسیار مهم در مقابله با تنش‌های محیطی و رطوبتی بشمار می‌رود

کمبود آب و نیتروژن مهمترین عوامل در مقابل تولید اقتصادی گندم دیم در مناطق خشک و نیمه خشک بشمار می‌آیند، از اینرو استفاده بهینه از نزولات جوی و استفاده مناسب از کودهای نیتروژنی به منظور افزایش کمیت و کیفیت دانه از ضروریات کشت ارقام جدید گندم دیم با پتانسیل‌های بالا در مقایسه با ارقام بومی بشمار می‌آید (Fatima *et al.*, 1992). خشکی و دمای بالا در مناطق دیم باعث کوتاهی دوره پر شدن دانه و کاهش مقدار و کیفیت دانه تولیدی می‌شود که مصرف بهینه نیتروژن در تعادل با آب قابل استفاده در خاک نقش بسیار مهمی را در کاهش اثرات مضر تنش خشکی بر تولید گندم دارد (Haberle *et al.*, 2008). از سوی دیگر رشد و گسترش ریشه گیاهان در شرایط تنش خشکی در خاک از اهمیت ویژه‌ای در تولید محصولات کشاورزی برخوردار است (Wu and He, 2011)، زیرا ارتباط گیاه با آب و عناصر غذایی مورد نیاز و جذب آن به طور عمده از طریق ریشه صورت می‌گیرد (Pedersen *et al.*, 2009). ویژگی‌های مهم ریشه گندم مانند سرعت رشد، عمق ریشه‌دوانی و تراکم آن (طول ریشه در واحد حجم خاک) از ویژگی‌های شناخته شده‌ای هستند که تامین مقدار کافی رطوبت و نیتروژن را از لایه‌های پایینی خاک تحت تاثیر قرار می‌دهند (King *et al.*, 2003)، (Svoboda *et al.*, 2000) و این ویژگی‌ها در ژنوتیپ‌ها و مدیریت‌های مختلف زراعی متفاوت بوده و در شرایط دیم علاوه بر شرایط اقلیمی و ویژگی‌های خاک تحت تاثیر مدیریت‌های زراعی از جمله مصرف نیتروژن نیز قرار می‌گیرند (Svoboda

نمود. سانداهو و لود (۱۹۸۵) با مطالعه نسبت وزن ریشه به اندام هوایی (R/S) در ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان نشان دادند که اولاً با زیاد شدن این نسبت مقاومت گندم به تنش خشکی و گرما افزایش یافت. ثانیاً این نسبت در مراحل مختلف رشد گیاه از مرحله پنجه‌زنی تا گلدهی تقریباً وضعیت مشابهی داشت. تیکونوف (۱۹۷۳) تعداد ریشه‌های جنینی را در ۴۰ رقم گندم نان مورد مطالعه قرار داد و مشاهده کرد که ارقام دارای زیادترین تعداد ریشه جنینی در زمان جوانه‌زنی، بیشترین عملکرد را در شرایط آبی و دیم تولید نمودند. اهدائی و وینس (۲۰۰۸) با بررسی ۷۶ ژنوتیپ گندم بهاره گزارش نمودند که رابطه بین وزن بیوماس ریشه با میزان جذب نیتروژن و عناصر غذایی محلول توسط گیاه، میزان نیتروژن در بذر و همچنین عملکرد دانه مثبت و با میزان نیتروژن شستشو شده از پای بوته منفی بود. با توجه به مطالب یاد شده بنظر می‌رسد ویژگی‌های مورفولوژیک و تغذیه‌ای ریشه گندم اهمیت حیاتی در مقاومت به تنش‌های محیطی (خشکی، گرما و ...) دارند که از طریق مدیریت کودهای نیتروژنی در شرایط دیم می‌توان این ویژگی‌های را به نفع تولید عملکرد اقتصادی گیاه تغییر داد. از سوی دیگر اطلاعات زیادی در خصوص اثرات کودهای نیتروژنی بر ویژگی‌های مورفولوژیک ریشه ژنوتیپ‌های مختلف گندم دیم در ایران وجود ندارد، لذا اجرای این پژوهش در شرایط مزرعه‌ای می‌تواند اطلاعات جدیدی را در خصوص مدیریت گندم دیم و تولید بهینه آن در دیمزارهای ایران در اختیار کارشناسان این بخش قرار دهد. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر

Pedersen *et al.*, Barraclough *et al.*, 1989) در این زمینه، ویژگی‌های متفاوتی از ریشه مورد مطالعه قرار گرفته است، برخی معتقدند که در مطالعه ریشه اندازه‌گیری تراکم و طول ریشه‌های بذری و طوقه‌ای در گندم بهتر از اندازه‌گیری توزیع وزن ریشه در خاک است، زیرا که طول ریشه‌ها تعیین کننده وضعیت جذب آب و عناصر غذایی از لایه‌های زیرین نیم‌رخ خاک می‌باشد که این ویژگی در شرایط دیم حائز اهمیت است (Musters and Bouten, 2000). علاوه بر طول ریشه، طول ویژه ریشه (نسبت طول ریشه به جرم آن) نیز از صفات مهم در نشان دادن کارایی ریشه در جذب آب و مقاومت به خشکی بشمار می‌آید (Bauhus and Messier, 1999). با این حال در مطالعه ریشه نباید ریشه‌های سطحی گندم نادیده گرفته شود، زیرا آلودیو (۱۹۸۹) وجود ریشه‌های سطحی و کم عمق را در جذب سریع و کارآمد آب از لایه‌های سطحی خاک در بارندگی‌های بعد از وقوع خشکی یکی از راهکارهای مؤثر در مقابله با تنش خشکی می‌داند. علاوه بر طول ریشه‌های بذری و طوقه‌ای تعداد این ریشه‌ها نیز در مقابله با تنش‌های محیطی و جذب آب و عناصر غذایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیکنین (۱۹۷۶) گزارش کرد که تعداد و مقدار ریشه‌های ثانویه (طوقه‌ای) در گندم همبستگی مثبتی با صفاتی مانند وزن هزاردانه، تعداد دانه در بوته و تعداد پنجه‌های بارور دارد. وردوف (۱۹۸۲) همبستگی بالایی بین تعداد ریشه‌های اولیه (بذری) و عملکرد گندم مشاهده نمود و لذا بر اهمیت تعداد ریشه‌های بذری به عنوان یک صفت مهم در به‌گزینی ژنوتیپ‌های گندم جهت مقاومت به خشکی تأکید

میزان و زمان مصرف کود اوره بر ویژگی‌های مورفولوژیک سه ژنوتیپ گندم دیم صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت کرت‌های دوبار خرد شده با زمان مصرف نیتروژن در کرت‌های اصلی (مصرف کل نیتروژن در پائیز و مصرف دو سوم نیتروژن در پائیز همزمان با کشت و یک سوم دیگر در بهار به صورت سرک) و مقادیر نیتروژن در کرت‌های فرعی (صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) بر روی ۳ ژنوتیپ گندم دیم در کرت‌های فرعی فرعی (آذر ۲، Cereal3 و Cereal4 به ترتیب با پدیگری‌های DH-2049-3 و HN7/OROFEN//BG در ۳ تکرار در کرت‌های به ابعاد ۸×۱/۲ متر در سال زراعی (۹۰-۱۳۸۹) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه (۴۶ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی، ۳۷ درجه و ۱۲ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۷۲۰ متری از سطح دریا) با اقلیم نیمه خشک سرد هم‌مرز با فراسرد و سری خاک راجل آباد با مشخصات Fine mixd, Mesic, Vertic Calcixerepts به اجرا درآمد.

خاک محل اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری به روش مرکب نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن، کوبیده و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. بافت به روش هیدرومتری، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید و تیتراژ با سود، کربن آلی به روش اکسایش تر (والکلی بلک)، pH در گل اشباع، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع خاک، درصد

اشباع به روش وزنی، فسفر قابل جذب گیاه در خاک با عصاره‌گیر اولسن، پتاسیم با عصاره‌گیر استات آمونیوم، عناصر آهن، منگنز، روی و مس قابل جذب با عصاره‌گیر DTPA اندازه‌گیری شد (علی‌احیائی و بهبهانی زاده، ۱۳۷۲). مقدار فسفر مورد نیاز خاک بر اساس کمبود از حد بحرانی آن برای گندم دیم (۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) تعیین گردیده و همزمان با کاشت و از منبع سوپر فسفات تریپل به صورت جایگذاری مصرف گردید. با توجه به بالا بودن میزان پتاسیم، آهن، منگنز، روی، مس و بور قابل استفاده در خاک (جدول ۱) از حد بحرانی ارائه شده برای این عناصر در خاک (پتاسیم ۲۵۰، آهن ۹، منگنز ۱۱، روی ۱، مس ۱/۸ و بور ۰/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) نیاز به مصرف کودهای پتاسیمی و عناصر کم مصرف مشاهده نگردید (فیضی اصل و همکاران، ۱۳۸۳، Feiziasl *et al.*, 2009). مقادیر نیتروژن کرت‌ها در مصرف پائیزی به کمک دستگاه کشت گستر اصلاح شده مجهز به جایگذاری کود از منبع اوره همزمان با کاشت ۷-۵ سانتی‌متر زیر بستر بذر جایگذاری شد (اسکندری و محمودی، ۱۳۸۰).

بذرهای گندم با تراکم ۴۰۰ دانه در مترمربع پس از ضدعفونی با قارچ‌کش کاربوکسین تیرام به نسبت ۲ در هزار و به کمک بذرکار آزمایشی (وینتراشتاگر) در عمق ۷-۵ سانتی‌متری کشت شد.

نمونه‌های ریشه (ریشه به همراه خاک و شامل حداقل ۱۰ بوته در هر نمونه) با حجم‌های تقریباً ثابت تا عمق ۳۰ سانتی‌متری از ردیف‌های کاملاً یکنواخت و همگن گندم در مرحله شروع ساقه رفتن (GS22) از تمامی تیمارها تهیه شد. نمونه‌های تهیه شده در داخل کیسه‌های پلاستیکی جهت شستشو بلافاصله به

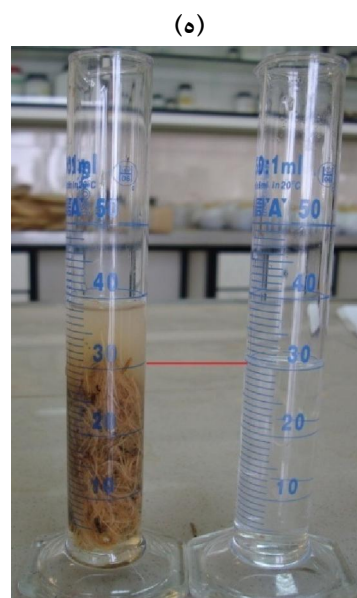
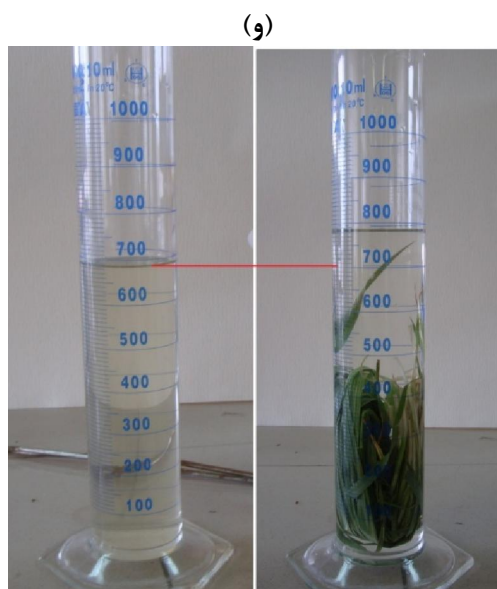
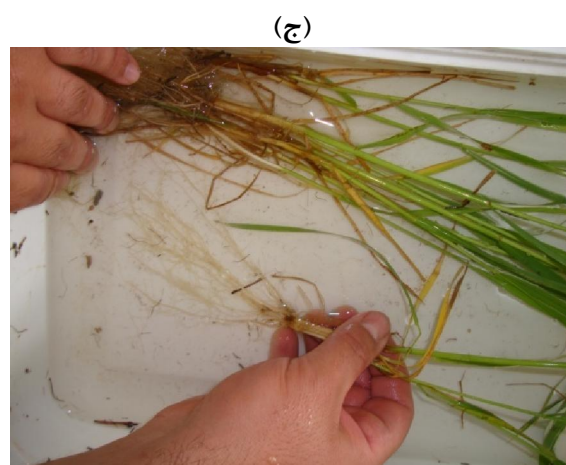
برازش معادلات رگرسیونی بین صفات مورد مطالعه از نرم افزار CurveExpert2.2 استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس برای صفات مورد مطالعه در تیمارهای آزمایشی نشان داد که اثر تکرار بر روی هیچکدام از صفات معنی‌دار نبود و این موضوع همگن بودن ماده آزمایشی را برای تیمارهای مورد مطالعه نشان می‌دهد (جدول ۲). زمان مصرف نیتروژن بر روی صفت طول ریشه بذری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. میزان مقادیر مصرف نیتروژن بر روی صفات طول بوته، تعداد ریشه طوقه‌ای، وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن کل ریشه، حجم اندام هوایی، حجم کل ریشه و حجم ریشه بر حجم خاک در سطح احتمال ۱ درصد و اثر ژنوتیپ بر روی صفات تعداد پنجه، طول ریشه بذری، تعداد ریشه طوقه‌ای، وزن تر ریشه به وزن تر اندام هوایی در سطح احتمال ۱ درصد و بر روی صفات طول بوته، طول ریشه طوقه‌ای، تعداد ریشه بذری، حجم ریشه به حجم اندام هوایی، وزن خشک ریشه به حجم اندام هوایی و حجم کل ریشه از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. اثرات متقابل دو جانبه زمان مصرف نیتروژن در ژنوتیپ بر روی طول ریشه طوقه‌ای و طول کلئوپتیل در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. مطابق این نتایج بیشترین ضریب تغییرات به میزان ۵۳/۴ درصد مربوط به طول کلئوپتیل و کمترین آن به میزان ۱۱/۳ درصد مربوط به طول ریشه بذری بود (جدول ۲).

آزمایشگاه انتقال (شکل ۱ الف) و پس از خیساندن کامل نمونه‌ها به کمک فشار آب بر روی غربال ۷۵ میکرون به آرامی شسته شدند (شکل ۱ ب) (Sen et al., 2003, Wu and He, 2011). ریشه‌های شسته شده بدون در داخل آب مقطر به دقت تفکیک (شکل ۱ ج) و پس از هوا خشک نمودن آنها (شکل ۱ د)، ویژگی‌های تعداد پنجه در بوته، میانگین طول بوته، وزن تر بوته، طول کلئوپتیل، طول ریشه‌های جنینی، طول ریشه‌های طوقه‌ای، تعداد ریشه‌های جنینی، تعداد ریشه‌های طوقه‌ای و وزن تر ریشه در هر بوته آنها اندازه‌گیری شد (Kücke et al., 1995, Shewmaker et al., 2004). در این نمونه‌ها سپس حجم ریشه و اندام‌های هوایی (مجموع ۱۰ بوته) مربوط به هر تیمار آزمایشی با استفاده از مزورهای مدرج (ریشه در مزور ۵۰ میلی‌لیتری و اندام‌های هوایی در مزور ۱۰۰۰ میلی‌لیتری) تعیین گردید (شکل ۱ ه و و). سپس اندام هوایی و ریشه (۱۰ بوته) جهت تعیین وزن خشک به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شد (Ho et al., 2005). نسبت حجم ریشه به اندام هوایی، نسبت جرم ریشه به اندام هوایی، نسبت طول ریشه به حجم خاک نمونه‌برداری شده نیز محاسبه گردید (Azevedo et al., 2011; Himmelbauer et al., 2004).

داده‌های به دست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار GenStat14 در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت کرت‌های دوبار خرد شده تجزیه شد و مقایسات میانگین از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت. به منظور



شکل ۱- مراحل آماده‌سازی نمونه‌ها برای شستشوی اولیه (الف)، شستشوی اولیه کلیه ریشه‌های مربوط به هر تیمار بدون تفکیک آنها (ب)، شستشوی هر بوته به صورت جداگانه (ج)، هوا خشک نمودن ریشه و اندام‌های هوایی (د) و اندازه‌گیری حجم ریشه (ه) و اندام‌های هوایی (و)

زمان مصرف نیتروژن

میانگین طول ریشه‌های بذری تنها صفت مورد مطالعه در این پژوهش بود که تحت تأثیر زمان مصرف نیتروژن قرار گرفت. البته کوچک بودن درجه آزادی اشتباه آزمایشی اصلی در این آزمایش می‌تواند از علل معنی‌دار نشدن این عامل باشد که در چنین شرایطی با بزرگتر شدن مقدار F امکان معنی‌دار شدن اختلافات بسیار کوچک می‌شود. با این حال، مصرف پائیزی نیتروژن در مقایسه با مصرف تقسیطی آن طول ریشه بذری بیشتری را تولید نمود و این اختلاف از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (شکل ۲). افزایش ۱۱ درصدی میانگین طول ریشه‌های بذری در تیمار مصرف پائیزی نیتروژن می‌تواند اثر مثبتی را در جذب آب و عناصر غذایی و ایجاد شرایطی مناسب برای رشد سریع اولیه و همچنین تحکیم گیاه برای مقابله با تنش‌های بعدی داشته باشد، زیرا طول ریشه‌های بذری از شاخص‌های مهم مورفولوژیک و فیزیولوژیک مقاومت به خشکی محسوب می‌شوند و معمولاً تیمارهایی که بتوانند طول ریشه بذری بیشتری را تولید نمایند، سریع‌تر از تیمارهایی که دارای طول ریشه بذری کوتاهتری هستند، جوانه زده و می‌تواند در مقاومت به خشکی تأثیر مثبتی داشته باشند (حسن‌پناه و شهریاری، ۱۳۸۴). هود و همکاران (۲۰۰۴) و جونز و جاکوبسن (۲۰۰۹) مصرف پائیزی نیتروژن را به صورت جایگذاری و زیر بذر عامل اصلی رشد سریع ریشه‌های بذری و افزایش تعداد و طول آن جهت دستیابی به نیتروژن مورد نیاز می‌دانند. این در حالی است که مصرف بهاره نیتروژن رشد و

گسترش ریشه را به تأخیر می‌اندازد و این نتیجه می‌تواند بسته به نوع خاک و اقلیم منطقه متفاوت باشد. الیوت و همکاران (۱۹۹۳) نیز افزایش طول و همچنین تعداد ریشه‌های بذری را در گندم تیمار شده با کود نیتروژنی در مقایسه با گندم دچار کمبود نیتروژن ناشی از کاهش مرگ تعداد سلول‌های کورتکس ریشه می‌دانند. تنانت (۱۹۷۶) نیز با مطالعه اثرات مجزا و تلفیقی نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر ویژگی‌های ریشه گندم گزارش نمود که کاربرد نیتروژن می‌تواند تعداد و طول ریشه بذری را در مقایسه با تیمار دارای کمبود نیتروژن افزایش دهد. مطابق این گزارش در شرایط کمبود نیتروژن، گیاه تلاش نمود تا اثرات کاهش طول ریشه بذری را با افزایش تعداد ریشه‌های جانبی جبران نماید. نتایج این پژوهش در خصوص اثر مطلوب نیتروژن بر طول ریشه جنینی با نتایج تنانت (۱۹۷۶)، الیوت و همکاران (۱۹۹۳)، نولاس (۲۰۰۲) و هود و همکاران (۲۰۰۴) مطابقت دارد. در این پژوهش علاوه بر صفت طول ریشه‌های بذری، وزن مرطوب و خشک ریشه‌ها، نسبت حجم ریشه به ساقه، حجم کل ریشه و نسبت حجم ریشه به حجم نمونه خاک نیز به ترتیب ۱۹/۵، ۶/۶، ۱۲/۵، ۱۷/۵ و ۱۷/۵ درصد در مصرف پائیزی نیتروژن بیش از مصرف تقسیطی نیتروژن بود که از لحاظ آماری این اختلافات معنی‌دار نبود.

مقدار نیتروژن

کاربرد مقادیر مختلف نیتروژن توانست طول بوته، تعداد ریشه طوقه‌ای، وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، حجم اندام هوایی،

جدول ۱- ویژگی‌های خاک مورد مطالعه در عمق ۰-۲۵ سانتی‌متری

| کلاس بافت خاک | مس | روی | منگنز | آهن | پتاسیم | فسفر | درصد کربن آلی | درصد مواد خنثی شونده | درصد اشباع | هدایت الکتریکی (dSm ⁻¹) | pH |
|---------------|----|-----|-------|-----|--------|------|---------------|----------------------|------------|-------------------------------------|----|
| | | | | | | | | | | | |

جدول ۲- تجزیه واریانس برای ویژگی‌های فیزیولوژیک ریشه و اندام هوایی در مرحله پنجه زنی گندم برای تیمارهای آزمایشی

| منابع تغییر | درجه آزادی | تعداد پنجه | طول بوته | طول ریشه بذری | طول ریشه طوقه‌ای | طول ریشه کلئوپتیل | تعداد ریشه طوقه‌ای | تعداد ریشه بذری | وزن تر اندام هوایی | وزن تر ریشه |
|---------------------|------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| تکرار | ۲ | ۱/۲۲۷ ^{ns} | ۵۴/۴ ^{ns} | ۲/۴۵ ^{ns} | ۷/۱۳ ^{ns} | ۰/۶۷۵ ^{ns} | ۱۲/۷۲ ^{ns} | ۱/۱۴۷ ^{ns} | ۲/۰۶۲ ^{ns} | ۰/۰۰۸ ^{ns} |
| زمان مصرف نیتروژن | ۱ | ۰/۰۰۲ ^{ns} | ۸۱/۴ ^{ns} | ۲۲/۶۶* | ۰/۱۰ ^{ns} | ۰/۰۰۱ ^{ns} | ۴/۴۵۵ ^{ns} | ۰/۰۳۹ ^{ns} | ۰/۸۸۳ ^{ns} | ۰/۱۲۲ ^{ns} |
| خطای کرت اصلی | ۲ | ۰/۶۹۷ | ۷۴/۷ | ۱/۰۶ | ۹/۴۳ | ۱/۰۲۵ | ۱۷/۲۵۴ | ۰/۱۱۴ | ۴/۰۵۸ | ۰/۰۹۷ |
| نیتروژن | ۳ | ۰/۳۰۲ ^{ns} | ۲۵۰/۵** | ۰/۹۸ ^{ns} | ۴/۴۰ ^{ns} | ۰/۵۱۰ ^{ns} | ۴۲/۶۷۷** | ۰/۲۱۴ ^{ns} | ۱۱/۸۹۶** | ۰/۲۴۹** |
| زمان در نیتروژن | ۳ | ۰/۴۱۱ ^{ns} | ۳۱/۰ ^{ns} | ۲/۸۶ ^{ns} | ۳/۶۳ ^{ns} | ۰/۱۵۱ ^{ns} | ۸/۵۱۸ ^{ns} | ۰/۰۱۴ ^{ns} | ۳/۰۳۵ ^{ns} | ۰/۰۵۱ ^{ns} |
| خطای کرت فرعی | ۱۲ | ۰/۴۷۹ | ۳۶/۶ | ۳/۸۵ | ۳/۸۳ | ۰/۴۱۶ | ۶/۲۵۲ | ۰/۵۳۴ | ۱/۱۸۸ | ۰/۰۴۲ |
| ژنوتیپ | ۲ | ۳/۷۸۵** | ۱۳۴/۶* | ۱۳/۴۷** | ۱۲/۰۸* | ۰/۷۴۲ ^{ns} | ۴۰/۹۷۹** | ۲/۰۴۹* | ۴/۹۳۲ ^{ns} | ۰/۰۹۷ ^{ns} |
| زمان در ژنوتیپ | ۲ | ۰/۱۸۶ ^{ns} | ۱۹/۹ ^{ns} | ۱/۱۹ ^{ns} | ۱۰/۱۷* | ۱/۶۰۷* | ۴/۲۰۵ ^{ns} | ۰/۰۶۳ ^{ns} | ۰/۷۸۳ ^{ns} | ۰/۰۳۰ ^{ns} |
| نیتروژن در ژنوتیپ | ۶ | ۰/۱۴۶ ^{ns} | ۱۶/۲ ^{ns} | ۲/۸۵ ^{ns} | ۳/۵۷ ^{ns} | ۰/۲۶۱ ^{ns} | ۶/۶۱۹ ^{ns} | ۰/۴۱۵ ^{ns} | ۰/۷۱۲ ^{ns} | ۰/۰۲۷ ^{ns} |
| زمان در نیتروژن در | ۶ | ۰/۱۸۰ ^{ns} | ۱۰/۶ ^{ns} | ۲/۵۶ ^{ns} | ۳/۴۵ ^{ns} | ۰/۷۱۴ ^{ns} | ۲/۲۹۸ ^{ns} | ۰/۳۴۱ ^{ns} | ۰/۸۹۸ ^{ns} | ۰/۰۲۷ ^{ns} |
| خطا | ۳۲ | ۰/۴۱۸ | ۲۹/۱ | ۲/۶۱ | ۲/۹۶ | ۰/۴۶۶ | ۸/۲۴۷ | ۰/۴۷۹ | ۲/۲۳۱ | ۰/۰۳۸ |
| ضریب تغییرات (درصد) | | ۲۰/۰ | ۱۲/۷ | ۱۱/۳ | ۱۴/۲ | ۵۳/۴ | ۲۳/۴ | ۱۳/۷ | ۳۵/۴ | ۴۲/۴ |

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۲ (ادامه)

| منابع تغییر | درجه آزادی | وزن کل ریشه | حجم اندام هوایی | حجم ریشه به حجم اندام هوایی | وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی | وزن تر ریشه به وزن تر اندام هوایی | حجم کل ریشه | حجم ریشه به حجم خاک |
|-------------------------|------------|---------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|-------------------------|
| تکرار | ۲ | ۰/۱۳۹ ^{ns} | ۱۸۴ ^{ns} | ۰/۰۰۱۲ ^{ns} | ۰/۰۰۰۹۰۶ ^{ns} | ۰/۰۰۱۰۷ ^{ns} | ۰/۵ ^{ns} | ۰/۰۰۰۰۲۱ ^{ns} |
| زمان مصرف نیتروژن | ۱ | ۰/۰۸۷ ^{ns} | ۴۴ ^{ns} | ۰/۰۰۲۳۳ ^{ns} | ۰/۰۰۰۰۰۵ ^{ns} | ۰/۰۰۰۹۹ ^{ns} | ۷/۲ ^{ns} | ۰/۰۰۰۰۳۳۴ ^{ns} |
| خطای کرت اصلی | ۲ | ۰/۵۳۷ | ۷۹۴ | ۰/۰۰۰۷۶ | ۰/۰۰۰۰۰۵۰ | ۰/۰۰۱۲۶ | ۵/۱ | ۰/۰۰۰۰۲۳۱ |
| نیتروژن | ۳ | ۱/۰۰۴ ^{**} | ۱۲۷۲ ^{**} | ۰/۰۰۰۵۷ ^{ns} | ۰/۰۰۰۹۸۴ ^{ns} | ۰/۰۰۱۶۶ ^{ns} | ۱۲/۱ ^{**} | ۰/۰۰۰۰۵۴۴ ^{**} |
| زمان × نیتروژن | ۳ | ۰/۲۷۴ ^{ns} | ۲۴۹ ^{ns} | ۰/۰۰۱۵۱ ^{ns} | ۰/۰۰۳۲۲۴ ^{ns} | ۰/۰۰۱۲۰ ^{ns} | ۲/۵ ^{ns} | ۰/۰۰۰۰۱۱۴ ^{ns} |
| خطای کرت فرعی | ۱۲ | ۰/۱۷۳ | ۱۸۸ | ۰/۰۰۱۰۹ | ۰/۰۰۴۱۴۲ | ۰/۰۰۱۱۸ | ۲/۰ | ۰/۰۰۰۰۰۹۰ |
| ژنوتیپ | ۲ | ۰/۲۱۲ ^{ns} | ۱۴۸ ^{ns} | ۰/۰۰۲۸۸ [*] | ۰/۰۰۷۱۳۱ [*] | ۰/۰۰۵۰۳ ^{**} | ۶/۸ [*] | ۰/۰۰۰۰۳۰۵ [*] |
| زمان × ژنوتیپ | ۲ | ۰/۰۰۶ ^{ns} | ۱۴۷ ^{ns} | ۰/۰۰۱۷۵ ^{ns} | ۰/۰۰۲۸۱۴ ^{ns} | ۰/۰۰۱۵۶ ^{ns} | ۲/۳ ^{ns} | ۰/۰۰۰۰۱۰۴ ^{ns} |
| نیتروژن × ژنوتیپ | ۶ | ۰/۲۹۴ ^{ns} | ۸۸ ^{ns} | ۰/۰۰۱۱۹ ^{ns} | ۰/۰۰۲۰۹۷ ^{ns} | ۰/۰۰۰۹۲ ^{ns} | ۱/۳ ^{ns} | ۰/۰۰۰۰۰۵۸ ^{ns} |
| زمان × نیتروژن × ژنوتیپ | ۶ | ۰/۰۰۶ ^{ns} | ۲۲۰ ^{ns} | ۰/۰۰۰۸۲ ^{ns} | ۰/۰۰۰۵۶۷ ^{ns} | ۰/۰۰۰۱۳ ^{ns} | ۱/۷ ^{ns} | ۰/۰۰۰۰۰۷۷ ^{ns} |
| خطا | ۳۲ | ۰/۱۷۲ | ۲۵۵ | ۰/۰۰۰۸۰ | ۰/۰۰۲۰۴۸ | ۰/۰۰۰۹۶ | ۲/۴ | ۰/۰۰۰۰۱۰۷ |
| ضریب تغییرات (درصد) | | ۳۷/۷ | ۳۶/۵ | ۲۹/۳ | ۳۹/۵ | ۲۸/۳ | ۳۹/۲ | ۳۹/۲ |

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳- اثر مقادیر مختلف نیتروژن بر برخی صفات مورفولوژیک ریشه و اندام هوایی گندم دیم

| نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) | طول بوته (سانتی متر) | تعداد ریشه طوقه‌ای در بوته | وزن تر اندام هوایی (گرم در بوته) | وزن تر ریشه (گرم در بوته) | وزن خشک ریشه | حجم اندام هوایی (سانتی متر مکعب بر بوته) | حجم کل ریشه (سانتی متر مکعب بر بوته) | حجم ریشه به حجم خاک (سانتی متر مکعب بر سانتی متر مکعب) |
|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|--------------------|--|--------------------------------------|--|
| ۰ | ۳۹/۶ ^b | ۱۰/۶ ^c | ۳/۴۷ ^b | ۰/۳۳ ^c | ۰/۸۵ ^c | ۳۵/۱ ^b | ۲/۹ ^c | ۰/۰۰۶۳ ^c |
| ۳۰ | ۳۹/۰ ^b | ۱۱/۶ ^{bc} | ۳/۵۸ ^b | ۰/۴۱ ^{bc} | ۰/۹۷ ^b | ۳۸/۱ ^b | ۳/۷ ^{bc} | ۰/۰۰۷۸ ^{bc} |
| ۶۰ | ۴۵/۷ ^a | ۱۲/۸ ^{ab} | ۴/۷۶ ^a | ۰/۵۲ ^{ab} | ۱/۲۱ ^{ab} | ۵۰/۸ ^a | ۴/۳ ^{ab} | ۰/۰۰۹۲ ^{ab} |
| ۹۰ | ۴۵/۸ ^a | ۱۴/۱ ^a | ۵/۰۶ ^a | ۰/۵۹ ^a | ۱/۳۷ ^a | ۵۱/۳ ^a | ۴/۸ ^a | ۰/۰۱۰۲ ^a |
| LSD5% | ۴/۳۹۶ | ۱/۸۱۶ | ۰/۷۹ | ۰/۱۴۹ | ۰/۳۰۲ | ۹/۹۶ | ۱/۰۲۴ | ۰/۰۰۲۲ |

میانگین‌های مربوط به هر صفت که دارای حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

حجم کل ریشه و نسبت حجم ریشه به حجم خاک را به ترتیب حداکثر ۱۵/۴، ۳۳/۶، ۴۶/۱، ۸۰/۵، ۶/۵، ۴۶/۱، ۶۴/۵ و ۶۴/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد (بدون مصرف نیتروژن) افزایش دهد که این افزایش از لحاظ آماری معنی دار بود (جدول ۳).

مطابق این نتایج در بین صفات مورد مطالعه بیشترین تاثیر نیتروژن مصرفی بر روی وزن تر ریشه و کمترین آن بر وزن خشک ریشه بود. بیشترین میزان صفات اندام هوایی شامل طول بوته، وزن تر اندام هوایی و حجم اندام هوایی از مصرف ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد که نسبت به تیمارهای شاهد و ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در کلاس برتری قرار داشت اما با تیمار ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در کلاس مشابهی قرار گرفت. بیشترین میزان صفات مربوط به ریشه شامل تعداد ریشه طوقه‌ای، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، حجم ریشه و نسبت حجم ریشه به حجم خاک نیز از مصرف ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. مقایسه حداکثر اثر معنی دار نیتروژن بر اندام‌های هوایی و ریشه نشان داد که این میانگین برای اندام هوایی ۳۵/۹ درصد و برای ریشه ۶۰/۹ درصد بود که این امر بیانگر اثر بیشتر نیتروژن بر اندام ریشه در مقایسه با اندام هوایی است (جدول ۳). نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که مصرف نیتروژن رشد برخی از صفات ریشه مانند تعداد ریشه طوقه‌ای، وزن تر و خشک ریشه و حجم ریشه و اندام هوایی را افزایش می‌دهد با این تفاوت که رشد اندام هوایی را بیش از ریشه‌ها تحت تاثیر قرار می‌دهد. همچنین اگرچه اثرات مثبت نیتروژن در افزایش تعداد، وزن و حجم ریشه کاملاً به اثبات رسیده است اما گزارش‌های زیادی مبنی بر اثر نسبت‌های بالای

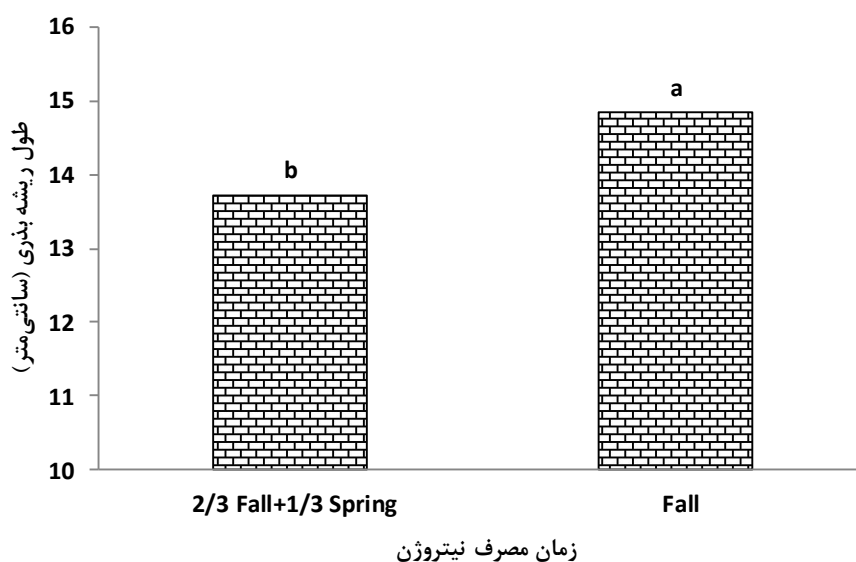
مصرف این عنصر در ممانعت از افزایش تعداد، حجم و طول ریشه گندم وجود دارد (Barracough *et al.*, 1989; Sen *et al.*, 2003; Svoboda and Haberle, 2006). این در حالی است که نتایج تحقیقات اسپولر و سو (۲۰۰۱) نشان داد که نسبت ریشه به اندام هوایی غلات در پاسخ به کمبود نیتروژن افزایش پیدا کرد. هین (۱۹۸۰) معتقد است که نسبت وزن تر ریشه به اندام هوایی در هنگام تنش رطوبتی در گیاهان افزایش می‌یابد، به عبارت دیگر کمبود آب در شرایط دیم کاهش بیشتر رشد برگ و اندام هوایی را نسبت به ریشه به دنبال دارد تا از این طریق جبران مافات نماید. اما بارالکوف (۱۹۸۴) معتقد است که اثر نیتروژن بر روی نسبت ریشه به اندام هوایی ثابت نبوده و در گیاهان مختلف در زمستان و ابتدای بهار تغییرات قابل ملاحظه‌ای دارد و علت آن را تغییرات در میزان نیتروژن قابل دسترس و زمان جذب کودهای نیتروژنی قلمداد نمود. نتایج پژوهش حاضر نیز نشان داد، اگرچه اثر نیتروژن بر نسبت وزن تر ریشه به وزن تر اندام هوایی معنی دار نبود (جدول ۲)، اما رابطه بین میزان نیتروژن مصرفی با این نسبت تا آخرین سطح مصرف نیتروژن به صورت خطی و معنی دار ($Y = 0.0002N + 0.096$; $R^2 = 0.98^*$) بود، لذا نتایج پژوهش حاضر هین (۱۹۸۰) و اسپولر و سو (۲۰۰۱) را در خصوص اثر نیتروژن بر افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی در شرایط تنش خشکی تأیید می‌نماید، اما برخلاف نظر بارالکوف و همکاران (۱۹۸۹)، سن و همکاران (۲۰۰۳)، وبودا و هابرلی (۲۰۰۶) و هررا و همکاران (۲۰۰۷) آخرین سطح مصرف نیتروژن در این پژوهش از رشد و توسعه ریشه گندم جلوگیری نکرد. به نظر می‌رسد علت اصلی آن پائین بودن آخرین سطح مصرف این عنصر

(صفر الی ۹۰ کیلوگرم در هکتار) افزایش یافت. سن و همکاران (۲۰۰۳) نیز نتیجه مشابهی را در خصوص وجود رابطه خطی و افزایشی بین میزان نیتروژن مصرفی با حجم ریشه و وزن خشک آن گزارش نمودند.

وبودا و همکاران (۲۰۰۰) با مطالعه اثر سه سطح صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بر توزیع و گسترش ریشه گندم زمستان نتیجه گرفتند که اثر نیتروژن در گسترش طول ریشه در کل حجم خاک مثبت و معنی‌دار بود. سارادون و جیانیلی (۱۹۹۲) علت این موضوع را کمبود مواد آلی در نواحی خشک به عنوان عمده‌ترین منبع ذخیره نیتروژن طبیعی در خاک می‌دانند که در چنین شرایطی نیاز به مصرف کودهای نیتروژنی بیش از پیش احساس می‌شود و گندم به مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنی پاسخ مثبت می‌دهد.

از دامنه مقادیر بالای نیتروژن برای گندم دیم و همچنین پائین بودن میزان ماده آلی خاک به عنوان منبع اصلی نیتروژن طبیعی خاک باشد (جدول ۱).

بررسی روابط رگرسیونی میان نیتروژن مصرفی با صفات ریشه و اندام هوایی گندم دیم نشان داد که این رابطه برای تمامی صفات به استثنای طول بوته از نوع خطی و افزایشی بود که با افزایش میزان نیتروژن مصرفی تا آخرین سطح آن، صفات یاد شده نیز افزایش یافتند، اما روابط رگرسیونی وزن تر اندام هوایی و حجم اندام هوایی با نیتروژن مصرفی از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۴). با افزایش هر واحد نیتروژن در این معادلات تعداد ریشه طوقه‌ای 0.0396 ، وزن تر ریشه 0.003 گرم در بوته، وزن خشک ریشه 0.006 گرم در بوته، حجم کل ریشه 0.021 سانتی‌متر مکعب در بوته و نسبت حجم ریشه به حجم خاک 0.00004 سانتی‌متر مکعب بر سانتی‌متر مکعب در دامنه مقادیر نیتروژن مصرفی



شکل ۲- اثر زمان مصرف نیتروژن بر طول ریشه بذری

ژنوتیپ

بود. این ژنوتیپ در خصوص حجم ریشه به حجم خاک به ترتیب ۲۷ و ۲۴ درصد بیشتر از ژنوتیپ Cereal3 و رقم آذر ۲ بود (جدول ۵). هود و همکاران (۲۰۰۴) نیز تفاوت بین ژنوتیپ‌های گندم زمستانه را در ویژگی‌های ریشه در آزمایشات کودی نیتروژنی مورد تأیید قرار دادند. احمدی و همکاران (۱۳۸۳) نیز در دو شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی بین ژنوتیپ‌های گندم نیز نتیجه مشابهی را اعلام داشتند. معدلت (۱۳۶۰) با مطالعه صفات ریشه و اندام هوایی ۳۵ ژنوتیپ گندم گزارش نمود که نسبت وزن ریشه به اندام هوایی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری داشتند، اما در آزمایش ایشان بین این صفات و مقاومت به خشکی رابطه‌ای وجود نداشت. این در حالی است که ساندهو و لود (۱۹۸۵) اعلام داشتند ژنوتیپ‌هایی که نسبت وزن ریشه به اندام هوایی (R/S) بیشتری داشتند در مقابل گرما و خشکی مقاومت خوبی از خود نشان دادند. همچنین ژنوتیپ‌هایی که نسبت ریشه به اندام هوایی بالایی در مراحل اولیه رشد (پنجه‌زنی) داشتند توانستند این نسبت را تا مراحل آخر رشد حفظ نمایند. عبدالشاهی و همکاران (۱۳۸۹) معتقدند که در شرایط تنش خشکی طول ریشه کاهش، اما قطر ریشه گندم افزایش می‌یابد. بنابر نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر ژنوتیپ Cereal4 از لحاظ تعداد ریشه‌های بذری و طوقه‌ای، تولید وزن تر و خشک ریشه، نسبت وزن ریشه به اندام هوایی، حجم کل ریشه تولیدی، نسبت حجم ریشه به اندام هوایی و حجم ریشه به خاک برترین ژنوتیپ شناسایی شد. لذا بر اساس نتایج پژوهش‌های دیگران این ژنوتیپ می‌تواند مقاومت خوبی در برابر تنش‌های خشکی و گرمایی به ویژه

سه ژنوتیپ مورد مطالعه در این پژوهش از لحاظ صفات مربوط به اندام هوایی شامل تعداد پنجه و طول بوته تفاوت معنی‌داری داشتند و بیشترین تعداد پنجه با میانگین $3/62$ و طول بوته $44/96$ سانتی‌متر مربوط به رقم آذر ۲ بود که از این لحاظ ژنوتیپ Cereal4 با رقم آذر ۲ در یک کلاس قرار گرفتند (جدول ۵). مطابق این نتایج Cereal4 از لحاظ صفات مورد مطالعه ریشه از برتریت ویژه‌ای برخوردار بود. در این خصوص رقم آذر ۲ در صفات تعداد ریشه بذری، طول ریشه بذری و طول ریشه طوقه‌ای با ژنوتیپ Cereal4 از لحاظ آماری در یک کلاس قرار گرفتند اما در سایر ویژگی‌های ریشه برتری با ژنوتیپ Cereal4 بود. ژنوتیپ Cereal4 از لحاظ تعداد ریشه‌های بذری و طوقه‌ای به ترتیب ۵ و ۲۲ درصد بیشتر از ژنوتیپ Cereal3 و ۱۲ و ۱۷ درصد بیشتر از رقم آذر ۲ بود. این ژنوتیپ در صفات میانگین طول ریشه بذری و طوقه‌ای نیز به ترتیب ۱۰ و ۱۳ درصد بیشتر از ژنوتیپ Cereal3 و ۲ و ۶ درصد بیشتر از رقم آذر ۲ بود. نسبت وزن تر ریشه به وزن تر اندام هوایی در ژنوتیپ Cereal4، ۱۳ درصد بیشتر از ژنوتیپ Cereal3 و ۳۱ درصد بیشتر از رقم آذر ۲ بود. نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی در ژنوتیپ شماره ۴، ۳۲ درصد بیشتر از رقم آذر ۲ بود اما با ژنوتیپ Cereal3 در یک کلاس قرار گرفتند. میانگین حجم کل ریشه در این ژنوتیپ ۲۴ درصد بیشتر از رقم آذر ۲ و ۲۷ درصد بیشتر از ژنوتیپ Cereal3 بود. ژنوتیپ Cereal4 از لحاظ حجم ریشه به حجم اندام هوایی ۱۴ درصد بیشتر از ژنوتیپ Cereal3 و ۲۴ درصد بیشتر از رقم آذر ۲

مطابق این گزارش ژنوتیپ‌هایی که طول ریشه بیشتری داشتند دارای سرعت رشد اولیه و کارایی استفاده از آب بالایی (۳۰ کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر) بودند که توانستند ماده خشک بالایی (۷/۵ تن در هکتار) نیز تولید نمایند. از سوی دیگر سرعت رشد اولیه بالا در شرایط دیم به دلیل استفاده بهینه از منابع آب و نیتروژن معدنی خاک که هر دو از مهمترین عوامل محدودکننده رشد محسوب می‌شوند باعث گریز گندم دیم از تنش‌های خشکی آخر فصل زراعی شده و انتقال ماده خشک را از اندام‌های رویشی به زایشی افزایش می‌دهد و این امر افزایش تولید ماده خشک و عملکرد دانه را در پی دارد (Jamaati-e-Somarin *et al.* 2010). بنابر موارد یادشده مصرف پائیزی نیتروژن با افزایش طول ریشه‌های طوقه‌ای گندم دیم می‌تواند از راهکارهای مناسب برای دستیابی به عملکردهای مطلوب در دیم‌زارهای مناطق شمالغرب کشور بشمار آید. روند تغییرات طول کلئوپتیل در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در زمان مصرف نیتروژن تا حدودی مشابه تغییرات صفت طول ریشه طوقه‌ای بود با این تفاوت که بیشترین طول کلئوپتیل از مصرف تقسیطی نیتروژن از ژنوتیپ Cereal3 (۵۶ درصد بیشتر از مصرف پائیزی در ژنوتیپ Cereal3) به دست آمد که از لحاظ آماری تنها نسبت به تیمار مصرف تقسیطی در رقم آذر ۲ در کلاس برتر بود (شکل ۳ب). در ژنوتیپ‌های آذر ۲ و Cereal4 همانند طول ریشه طوقه‌ای برتری با مصرف پائیزی نیتروژن بود و این افزایش برای ژنوتیپ‌های آذر ۲ و Cereal4 به ترتیب ۲۲ و ۲۶ درصد بود. از سوی دیگر تغییرات میزان

آخر فصل داشته باشد. همچنین از ژنوتیپ Cereal4 می‌توان در کارهای به نژادی و برای دستیابی به صفات مطلوب ریشه در سایر ارقام استفاده نمود (Hoad *et al.*, 2004).

اثرات متقابل زمان در ژنوتیپ

طول ریشه طوقه‌ای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در زمان‌های مصرف نیتروژن نشان داد که بیشترین طول ریشه مربوط به ژنوتیپ Cereal4 در مصرف پائیزی نیتروژن بود که از لحاظ آماری با رقم آذر ۲ در یک کلاس قرار گرفتند (شکل ۳الف). اما ژنوتیپ Cereal3 بیشترین طول ریشه طوقه‌ای خود را از مصرف تقسیطی نیتروژن به دست آورد، با این حال نتوانست با طول ریشه دو ژنوتیپ آذر ۲ و Cereal4 در مصرف پائیزی نیتروژن رقابت نماید. مطابق این نتایج در زمان‌های مصرف نیتروژن برای ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت اما بین ژنوتیپ‌ها تفاوت طول ریشه طوقه‌ای معنی‌دار بود. بیشترین تفاوت طول ریشه طوقه‌ای در زمان‌های مصرف نیتروژن با ۱۱/۶ درصد به ژنوتیپ Cereal3 اختصاص یافت. این تفاوت برای رقم آذر ۲ و ژنوتیپ Cereal4 به ترتیب ۹/۹ و ۴/۴ درصد بود (شکل ۳الف). گریگوری و همکاران (۱۹۹۲) نیز با بررسی ویژگی‌های ژنوتیپ‌های مختلف گندم و جو در شرایط مدیترانه‌ای گزارش کردند که طول و وزن ریشه در برخی از ژنوتیپ‌ها مشابه و در برخی دیگر متفاوت بودند، به طوری که در برخی از آنها حدود ۴۰ درصد ریشه‌ها توانسته بودند به عمق بیش از ۴۰ سانتی‌متر نفوذ نمایند اما در برخی دیگر این مقدار به حدود ۵ درصد تقلیل یافته بود.

جدول ۴- روابط رگرسیونی بین میزان نیتروژن مصرفی با برخی ویژگی‌های ریشه و اندام‌هایی

| ضریب تبیین | معادله رگرسیونی | تابع |
|--------------------|----------------------|----------------------------|
| $R^2 = 0.995^{**}$ | $Y = 0.396N + 10479$ | تعداد ریشه طوقه‌ای در بوته |
| $R^2 = 0.901^{ns}$ | $Y = 0.199N + 33224$ | وزن تر اندام هوایی در بوته |
| $R^2 = 0.992^{**}$ | $Y = 0.03N + 0.3252$ | وزن تر ریشه در بوته |
| $R^2 = 0.983^*$ | $Y = 0.06N + 0.8267$ | وزن خشک ریشه در بوته |
| $R^2 = 0.880^{ns}$ | $Y = 0.237N + 34635$ | حجم اندام هوایی در بوته |
| $R^2 = 0.988^{**}$ | $Y = 0.21N + 29814$ | حجم کل ریشه در بوته |
| $R^2 = 0.988^{**}$ | $Y = 0.0004N + 0.63$ | حجم ریشه به حجم خاک |

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

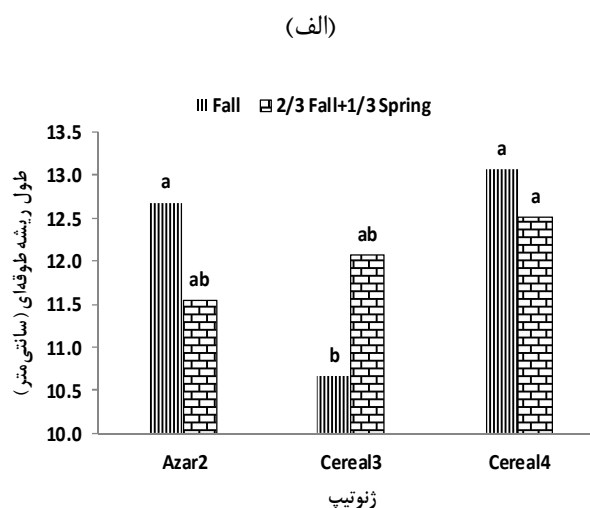
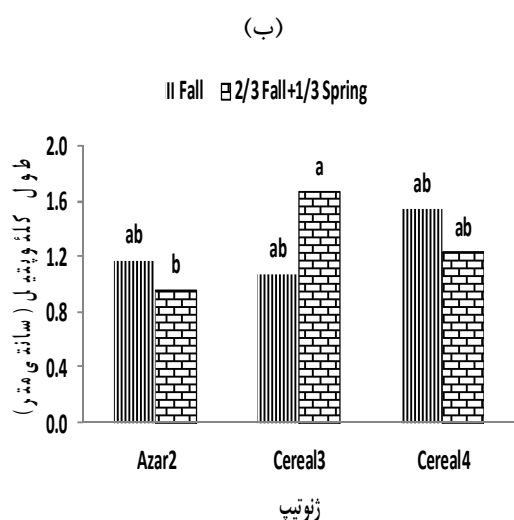
جدول ۵- اثر ژنوتیپ بر برخی صفات مورفولوژیک ریشه و اندام هوایی گندم دیم

| ژنوتیپ | تعداد پنجه | طول بوته (سانتی‌متر) | تعداد ریشه | تعداد ریشه طوقه‌ای | طول ریشه بذری | طول ریشه طوقه‌ای | وزن تر ریشه به وزن تر اندام هوایی (گرم بر گرم) | وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی (گرم بر گرم) | حجم کل ریشه (سانتی‌متر مکعب) | حجم ریشه به حجم اندام هوایی (سانتی‌متر مکعب بر سانتی‌متر مکعب) | حجم ریشه به حجم خاک (سانتی‌متر مکعب بر سانتی‌متر مکعب) |
|---------|------------------|----------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--|--|------------------------------|--|--|
| آذر ۲ | ۳/۶ ^a | ۴۵/۰ ^a | ۴/۷ ^a | ۱۱/۸ ^b | ۱۴/۶ ^a | ۱۲/۱ ^{ab} | ۰/۰۹۵ ^b | ۰/۰۹۵ ^b | ۳/۶۶ ^{ab} | ۰/۰۸۷ ^b | ۰/۰۰۷۸ ^{ab} |
| Cereal3 | ۲/۸ ^b | ۴۰/۲ ^b | ۵/۱ ^{ab} | ۱۱/۳ ^b | ۱۳/۴ ^b | ۱۱/۴ ^b | ۰/۱۱۰ ^{ab} | ۰/۱۲۴ ^a | ۳/۵۸ ^b | ۰/۰۹۵ ^{ab} | ۰/۰۰۷۶ ^b |
| Cereal4 | ۳/۳ ^a | ۴۲/۴ ^{ab} | ۵/۳ ^a | ۱۳/۸ ^a | ۱۴/۸ ^a | ۱۲/۸ ^a | ۰/۱۲۴ ^a | ۰/۱۲۵ ^a | ۴/۵۴ ^a | ۰/۱۰۸ ^a | ۰/۰۰۹۶ ^a |
| LSD5% | ۰/۳۸ | ۳/۱۸ | ۰/۴۱ | ۱/۶۹ | ۰/۹۵ | ۱/۰۲ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۲۷ | ۰/۹۰۸ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۰۱۹ |

میانگین‌های مربوط به هر صفت که دارای حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

پائین تر از ۴ سانتی متری عملکرد آنها شدیداً کاهش می یابد از طریق مدیریت بهینه کودهای نیتروژنی (میزان و زمان مصرف) می توان طول کلئوپتیل آن را افزایش و از کاهش عملکرد شدید جلوگیری نمود. در چنین شرایطی مصرف پائیزی نیتروژن می تواند ۰/۲۲ سانتی متر و میزان مصرف آن حداکثر ۰/۴۹ سانتی متر و در مجموع ۰/۷۱ سانتی متر طول کلئوپتیل این ارقام را افزایش دهد (فیضی اصل، ۱۳۹۰).

نیتروژن مصرفی نیز تا حدودی توانست طول کلئوپتیل را افزایش دهد اما این افزایش از لحاظ آماری معنی دار نبود (جدول ۲). این در حالی است که بررسی رابطه رگرسیونی میزان نیتروژن مصرفی با طول کلئوپتیل وجود رابطه خطی معنی دار $(Y=0.005N+0.9659 ; R^2= 0.96^*)$ بین این دو صفت را مورد تأیید قرار داد. با توجه به مطالب یاد شده در ارقامی مانند آذر ۲ با پتانسیل تولید نسبتاً بالا که حساسیت زیادی به عمق کاشت دارند و در اعماق



شکل ۳- اثر متقابل زمان مصرف نیتروژن در ژنوتیپ بر طول ریشه طوقه ای (الف) و بر طول کلئوپتیل (ب)

ژنوتیپ های دارای حساسیت بالا به عمق کاشت در جهت تولید بهینه هدایت نمود. از سوی دیگر کمی مواد آلی در دیمزارها به عنوان منبع طبیعی نیتروژن خاک منجر شده است تا نیاز به مصرف کودهای نیتروژنی بیش از پیش احساس شود. در چنین شرایطی مصرف نیتروژن توانست صفات مورفولوژیک ریشه و اندام های هوایی گندم دیم را بهبود بخشد، لذا علاوه بر زمان مصرف نیتروژن از طریق مدیریت مقدار مصرف نیتروژن نیز می توان

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این پژوهش حاکی از این است که مصرف پائیزی نیتروژن به دلیل تأثیر آن بر روی طول ریشه بذری و اهمیت این اندام در شرایط دیم در اوایل رشد و استقرار مناسب آن نقش مهمی را خواهد داشت.

از طریق مدیریت زمان مصرف نیتروژن می توان طول ریشه طوقه ای و کلئوپتیل را نیز در ژنوتیپ های گندم دیم برای اهداف مختلف و به ویژه

مورد مطالعه ریشه بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم در شرایط پژوهش حاضر مورد بررسی قرار گیرد.

پیشنهادها

برای ادامه سایر پژوهش‌های مرتبط پیشنهاد می‌گردد، یک تیمار مصرف کل کود نیتروژنی در بهار نیز برای مقایسه بهتر و اثبات برتری مصرف کود در پاییز به تیمارها اضافه گردد.

صفات مطلوب ریشه و اندام هوایی را برای دستیابی به عملکردهای بهینه در گندم دیم ایجاد نمود. در مجموع از سه ژنوتیپ مورد مطالعه در این پژوهش، ژنوتیپ Cereal4 توانست صفات مطلوب ریشه و اندام هوایی را در مدیریت‌های مصرف نیتروژن تولید نماید، لذا این ژنوتیپ برای ادامه پژوهش‌های معرفی رقم و همچنین انجام سایر امور به‌نژادی پیشنهاد می‌گردد. همچنین پیشنهاد می‌گردد در پژوهش‌های تکمیلی تاثیر تغییرات بوجود آمده در ویژگی‌های

منابع

- احمدی جعفر، زالی علی، یزدی صمدی بهمن، طالعی علیرضا، قنادها محمدرضا، فابریکی اورنگ صدیقه. ۱۳۸۳. مطالعه ژنتیکی خصوصیت ریشه گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط تنش خشکی. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۶، شماره ۴. صفحات ۴۳۷-۴۲۶
- اسکندری ایرج، محمودی حمید. ۱۳۸۰. اثر جایگذاری کود بر عملکرد گندم دیم. مجله نهال و بذر. جلد ۱۷، شماره ۲. ص ۲۱۵-۲۰۳
- حسن‌پناه داود، شهریاری رضا. ۱۳۸۴. ارزیابی ژنوتیپ‌های امید بخش گندم در مرحله جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه در کشت درون شیشه‌ای با استفاده از مانیتول به عنوان عامل تنش خشکی. چهارمین همایش ملی بیوتکنولوژی جمهوری اسلامی ایران. مرداد ماه ۱۳۸۴. کرمان
- عبدالشاهی روح اله، طالعی علیرضا، امیدی منصور، یزدی صمدی بهمن. ۱۳۸۹. مطالعه ویژگی‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک وابسته به تحمل به خشکی در گندم نان. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. جلد ۴۱، شماره ۲. صفحات ۲۵۸-۲۴۷
- علی‌احیائی مریم، بهبهانی زاده علی اصغر. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه خاک (جلد اول). مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۸۹۳. ص ۱۲۹
- فیضی اصل ولی. ۱۳۹۰. مطالعه اثرات کاربرد مقادیر و زمان مختلف مصرف نیتروژن در نیاز نیتروژنی، کارایی استفاده از نیتروژن و کمیت و کیفیت عملکرد دانه ارقام مختلف گندم دیم. انتشارات مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم. ص ۱۷۵

فیضی اصل ولی، کسرابی رحیم، مقدم محمد، ولیزاده غلامرضا. ۱۳۸۳. بررسی تشخیص کمبود و محدودیت‌های جذب عناصر غذایی با استفاده از روش‌های مختلف با مصرف کودهای فسفر و روی برای گندم دیم رقم سرداری. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۱۱، شماره ۳. ص ۲۳-۳۳

کافی محمد، مهدوی دامغانی عبدالمجید. ۱۳۷۹. مکانسیم‌های مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

معدلت پرویز. ۱۳۶۰. بررسی مقاومت به خشکی در ارقام گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

Anderson WK, Impiglia A. 2002. Management of dryland wheat. In: Curtis BC, Rajaram S, Gómez Macpherson H (eds). Bread Wheat: Improvement and Production. Food and Agriculture Organization (FAO)

Arraudeau MA. 1989. Breeding strategies for drought resistance. In Baker, FWG (ed.), Drought resistance in cereals. P: 101-116. CAB International

Azevedo MCB, Chopart JL, Medina CC. 2011. Sugarcane root length density and distribution from root intersection counting on a trench-profile. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.). 68(1): 64-101

Barracloagh PB. 1984. The growth and activity of winter wheat roots in the field root growth of high yielding crops in relation to shoot growth. Agric. J. Sci. Cambridge. 439pp

Barracloagh PB, Kuhlman H, Weir AH. 1989. The effects of prolonged drought and nitrogen fertilizer on root and shoot growth and water uptake by winter wheat. Z. Acker Pflanzenbau. 163: 352-360

Bauhus J, Messier C. 1999. Evaluation of Fine Root Length and Diameter Measurements Obtained Using RHIZO Image Analysis. Agron. J. 91:142-147

Ehdaie B, Waines JG. 2008. Larger root system increases water-nitrogen uptake and grain yield in bread wheat. In: R Appels (ed). Proc. 11th. Int. Wheat Genet. Symp. Brisbane, Qld. Australia. 2:659-661

Elliott GA, Robson AD, Abbott LK. 1993. Effects of phosphate and nitrogen application on death of the root cortex in spring wheat. New Phytol. 123: 375-382

Fatima M, Bedhraf M, Rhomari Y. 1992. Fertilization of cereals: Soil-nitrogen test calibration in Morocco, s Gharb Area. p. 212-224. In: J. Ryan, and A. Matar (ed.). Fertilizer use efficiency under rain-fed agriculture in West Asia and North Africa. ICARDA, Aleppo, Syria

Feiziasl V, Jafarzadeh J, Pala M, Mosavi SB. 2009. Determination of micronutrient critical Levels by plant response column order procedure for dryland wheat (*T. aestivum* L.) in Northwest of Iran. Inter. J. Soil Sci. 4(1): 14-19

Gregory PJ, Tennant D, Belford RK. 1992. Root and shoot growth, and water and light use efficiency of barley and wheat crops grown on a shallow duplex soil in a Mediterranean-type environment. Aust. J. Agric. Res. 43 (3): 555 – 573

Haberle J, Svoboda P, Raimanová I. 2008. The effect of post-anthesis water supply on grain nitrogen concentration and grain nitrogen yield of winter wheat. Plant Environ. 54: (7): 304-312

- Heen A. 1980. Root development and water use in some Norwegian barley, wheat and oat varieties, meld, Nor. Landbruk Shoegsk. 591pp
- Herrera JM, Stamp P, Liedgens M. 2007. Interannual variability in root growth of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) at low and high nitrogen supply. *Eur. J. Agron.*, 26: 317–326
- Himmelbauer ML, Loiskandl W, Kasternek F. 2004. Estimating length, average diameter and surface area of roots using two different Image analysis systems. *Plant and Soil* 260: 111-120
- Ho MD, Rosas JC, Brown KM, Lynch JP. 2005. Root architectural tradeoffs for water and phosphorus acquisition. *Func. Plant Bio.* 32:737-748
- Hoad SP, Russell G, Kettlewell PS, Belshaw M. 2004. Root system management in winter wheat: practices to increase water and nitrogen use. Project Rep. No. 351, HGCA, <http://www.hgca.com/document.aspx?fn=load&mediaid=1408&publicationId=1766>
- Jamaati-e-Somarin Sh, Zabihi-e-Mahmoodabad R, Yari A, Khayatnezhad M, Gholamin R. 2010. Study of agronomical nitrogen use efficiency of durum wheat, affected by nitrogen fertilizer and plant density. *World Appl. Sci. J.* 11 (6): 674-681
- Jones C, Jacobsen J. 2009. Fertilizer placement and timing. Nutrient management module No. 11. Montana State University Extension. 4449-11. Pages 16
- Juan M, Stamp P, Liedgens M. 2007. Interannual Variability in root grown of spring wheat at low and high nitrogen supply. *Europ. J. Agronomy.* 26: 317-326
- King J, Gay A, Sylvester-Bradley R, Bingham I, Foulkes J, Gregory P, Robinson D. 2003. Modeling cereal root systems for water and nitrogen capture: Towards an economic optimum. *Ann. Bot.*, 91: 383–390
- Kücke M, Schmid H, Spiess A. 1995. A comparison of four methods for measuring roots of field crops in three contrasting soils. *Plant Soil.* 172: 63–71
- Lucas ME, Hoads P, Russell G, Bingham IJ. 2000. Management of cereal root systems. HGCA Research Review 43, London: Home Grown cereals Authority
- Musters PAD, Bouten W. 2000. A method for identifying optimum strategies of measuring soil water contents for calibrating a root mater uptake model. *J. Hydrology.* 227: 273-286
- Noulas C. 2002. Parameters of nitrogen use efficiency of Swiss spring wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) A dissertation submitted to the Swiss Federal Institute of Technology. M.Sc. Ing. Agr. Agricultural University of Athens (Greece). Diss. Eth No. 14769. Pages 147
- Pedersen A, Zhang K, Thorup-Kristensen K, Jensen LS. 2009. Modeling diverse root density dynamics and deep nitrogen uptake – A simple approach. University of Warwick institutional repository: <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-009-0028-8>.pages: 29
- Poelman G, van de Koppel J, Brouwer G. 1996. A telescopic method for photographing within 8x8 cm minirhizotrons. *Plant and Soil* 185: 163-167
- Sandahu AS, Laude HH. 1985. Effects of drought heat hardiness in winter wheat. *Agron. J.* 50: 78-81
- Saradon SJ, Gianibelli MC. 1992. Effect of foliar spraying of urea during or after anthesis on dry matter and nitrogen accumulation in the grain of two wheat cultivars of *T. aestivum* L. *Fert. Res.* 31: 79-84
- Schuller KA, Cu S. 2001. A simple method for studying the early effects of nutrient deficiency on root metabolism in small-seeded plant. *Plant Nutr.* 4: 144-145

- Sen A, Pandey MD, Sharma SM, Singh RK, Kumar A. 2003. Determination of nitrogen level and seed rate for surface seeding of wheat (*Triticum aestivum* L.). International Conference on Communication for Development in the Information Age: Extending the Benefits of Technology for All. 07-09 January 2003 Eds. Basavaprabhu Jirli Editor in Chief, Diapk De, K. Ghadei and Kendadmath, G.C., Department of Extension Education, Institute of Agricultural Sciences, Banaras Hindu University, Varanasi, (India)
- Shewmaker GE, Johnson DA, Mayland HF, Martin SA, Hansen SB. 2004. Elemental uptake in relation to root characteristics of tall fescue. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 35: 1339-1355
- Svoboda P, Haberle J. 2006. The effect of nitrogen fertilization on root distribution of winter wheat. *Plant Soil Environ.* 52: 308–313
- Svoboda P, Haberle J, Krejčová J. 2000. The relation between nitrogen supply in rooted soil volume and plant nitrogen status. In: *Proc. 3rd Int. Crop Sci. Congr. Hamburg*: 166
- Tennant D. 1976. Root growth of wheat. I. Early patterns of multiplication and extension of wheat roots including effects of levels of nitrogen, phosphorus and potassium. *Aust. J. Agric. Res.* 27 (2): 183 – 196
- Tikonov VE. 1973. The role of the number of embryonic roots in spring bread wheat's in the semi desert conditions of northern priarale. *Byulleten vsesoyuznogo ordena lonin a Instituta Rastenievodstva Imeni. I.Vavilova.* 33: 3-7
- Verdov NB. 1982. Nature of root system development in spring wheat in the drought Zone of eastern Siberia. *Biologiya.* 17: 196-198
- Wu Y, He D. 2011. Advances in root hairs in Gramineae and *Triticum aestivum*. *African J. Agric. Res.* 6(5): 1047-1050
- Zykin VA. 1976. The root system of wheat and the possibility of improving it by breeding. *Vsetink Selskokhozyaistvennoi Naaki.* 11: 43-48

Effects of nitrogen fertilizer rates and application time on root characteristics of dryland wheat genotypes

Vali Feiziasl^{*1}, Amir Fotovat², Alireza Astaraeiand² and Amir Lakzyan³

1- *Scientific Member of Dryland Agricultural Research Institute and former Ph.D. Student of Ferdowsi University of Mashhad*

2- *Associate Professor of Ferdowsi University of Mashhad*

3- *Professor of Ferdowsi University of Mashhad*

Abstract

Understanding of wheat root system is important in dryland conditions. Root development, important factor in wheat production under water limiting conditions, can be affected by environmental factors especially nitrogen fertilizer. A field experiment was carried out to study the nitrogen rates and application times on root morphology of three rainfed wheat genotypes, using a split-splitplot based on a randomized complete block design (RCBD) with 3 replications in Maragheh Dryland Agricultural Research Institute (DARI) during 2010-2011. Treatments were two nitrogen application times (all in fall, and two-third in fall + one-third in spring) assigned in main plot; four nitrogen rates (0, 30, 60 and 90 kg/ha) assigned in sub-plots; and three wheat genotypes (Azar2, Cereal-3 and Cereal-4) assigned in sub-subplots. Root samples were collected at stem elongation stage (GS22) to study root characteristics. The results showed that nitrogen applications resulted in significantly increasing plant height, crown root number, shoot fresh weight, root fresh weight, root dry weight, above-ground plant biomass, total root volume, ratio of root volume per soil volume compared with control (no nitrogen). The increasing trends in all parameters were found linearly upward to the last level of nitrogen treatment used. Nitrogen application in fall significantly increased crown root length ($P<0.05$) by 11 percent compared to split application. Also, nitrogen fall application significantly affected crown root and coleoptile lengths of genotypes. Cereal-4 genotype had better root morphological characteristics compared to other two genotypes. Nitrogen fertilization could affect rainfed wheat root characteristics in order to produce desirable traits. In general, it was concluded that fall application of 60 kg N/ha could increase rainfed wheat grain yield due to improvement of root systems.

Keywords: Root morphological characteristics, Nitrogen management, Water stress condition, Wheat

* Corresponding Author: v_feiziasl@yahoo.com

Received: 2014/05/19

Accepted: 2014/08/06