

ارزیابی نقش ویژگی‌های ریخت‌شناسی ریشه گیاه تریتیکاله (*Triticale spp*) در تولید دانه تحت شرایط کمبود آب

حمیدرضا عشقی‌زاده^{۱*}، شهرام ریاحی‌نیا^۲ و حمیدرضا خزاعی^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۴/۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱/۲۶)

چکیده

ریشه، با توجه به ویژگی‌های ذاتی خود، نقش مهمی در گسترش و توسعه ژرم پلاسماهای گیاهان متحمل به تنش خشکی دارد. به همین منظور، این آزمایش با هدف مطالعه اثرهای مستقیم و غیرمستقیم ویژگی‌های ریخت‌شناسی ریشه بر عملکرد دانه چهار ژنوتیپ تریتیکاله (سه لاین امید بخش ET-۸۲-۸، ET-۸۲-۱۵ و ET-۷۹-۱۷) به همراه رقم رایج Junillo-۹۲) در دو سطح متفاوت رطوبت قابل دسترس خاک؛ شاهد (آبیاری پس از تخلیه ۵۰٪ رطوبت قابل استفاده در منطقه ریشه) و تنش (آبیاری پس از تخلیه ۸۰٪ رطوبت قابل استفاده در منطقه ریشه) به صورت آرایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در سال ۱۳۸۷ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. نتایج نشان داد که تنش آب منجر به افزایش حدود ۹ درصدی عمق توسعه ریشه پوتنه شد. همچنین، تفاوت عمیق‌ترین ریشه در لاین ET-۸۲-۱۵ نسبت به سطحی‌ترین عمق در رقم Junillo-۹۲، ۸/۲ سانتی‌متر بود. تأخیر در آبیاری باعث کاهش حدود ۲۵ درصدی طول تجمعی ریشه شد. همچنین، اختلاف حدود ۴۳ درصدی بین بیشترین طول تجمعی ریشه در لاین ET-۸۲-۱۵ نسبت به کمترین طول در ET-۷۹-۱۷ از نظر آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. نقش ویژگی‌های ریخت‌شناسی ریشه این ژنوتیپ‌ها در تولید دانه تحت شرایط مختلف رطوبتی متفاوت بود. در شرایط رطوبتی مساعد، تأثیر مستقیم طول تجمعی ریشه بر عملکرد دانه با ضریب ۰/۵۴۳ بیش از شرایط تنش آب با ضریب ۰/۲۸۶ بود. از طرف دیگر، رابطه مستقیم سطح کل ریشه با عملکرد دانه در شرایط رطوبتی مساعد، منفی و در شرایط تنش کم‌آبی، مثبت بود. به‌طور کلی، به نظر می‌رسد که طول تجمعی ریشه و سطح ریشه از ویژگی‌های مؤثر این ژنوتیپ‌ها در تولید عملکرد دانه بوده که تحت شرایط تنش آب، سطح کل ریشه و در شرایط مساعد رطوبتی، طول تجمعی ریشه نقش بارزتری داشتند.

واژه‌های کلیدی: تریتیکاله، عمق ریشه، طول تجمعی ریشه، سطح کل ریشه

مقدمه

توجه به ویژگی‌های ذاتی ریشه نقش مهمی در گسترش و توسعه ژرم پلاسماهای گیاهان مقاوم به تنش خشکی، مقاوم به آب ایستادگی و مقاوم در برابر سمیت عناصر غذایی داشته است (۱). ایجاد این صفات لازمه سازگار کردن گیاهان زراعی به نواحی و محیط‌های تحت تنش است (۲). تنها ریشه‌های

ریشه به‌عنوان یک اندام رویشی مهم، تأمین آب و مواد معدنی لازم برای رشد و نمو گیاه را بر عهده دارد. ریشه‌ها در شرایط عادی قابل رؤیت نبوده و این امر سبب شده تا با وجود نقش حیاتی آنها، در بسیاری از موارد مورد توجه قرار نگیرند (۱).

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hr.eshghizadeh@cc.iut.ac.ir

گیاهان درختی چند ساله، حائز اهمیت است (۱). سطح ریشه به‌ندرت در مطالعات اکولوژیک مورد بررسی قرار می‌گیرد؛ هر چند به نظر می‌رسد این ویژگی یکی از مهمترین خصوصیات ریشه است که در مطالعات جذب آب و مواد غذایی می‌توان به آن پرداخت. بهترین روش مستقیم برای تعیین سطح ریشه را تعیین متوسط قطر ریشه در تعداد زیادی از تک ریشه‌ها، و سپس اندازه‌گیری کل طول ریشه در نمونه می‌دانند (۶ و ۸).

طول ریشه را می‌توان پرکاربردترین ویژگی ریشه دانست زیرا محققان معتقدند که پارامتر طول ریشه در واحد حجم خاک بهترین ویژگی برای محاسبه جذب آب توسط گیاه است (۱۳). هم‌چنین این مسئله از طرف پژوهشگرانی که در زمینه جذب عناصر از خاک فعالیت دارند نیز مورد تأکید است. اندازه‌گیری مستقیم طول ریشه با استفاده از روش دستی بسیار طاقت فرسا است. برای گریز از این مشکل، محققین گوناگون براساس روابط تجربی فرمول‌هایی ارائه داده‌اند که همگی دارای درصدی خطا نیز می‌باشند (۱۴).

استفاده دومنظوره از غلاتی نظیر تریتیکاله، به‌خصوص در شرایط نامناسب و یا در نظام‌های کم‌نهاد، جایگزین مناسبی برای سایر غلات، به‌ویژه گندم نان و جو، می‌باشد. در واقع با کاشت گیاه تریتیکاله در پائین علاوه بر تأمین دانه، می‌توان از آن در فصلی که هیچ گیاه علوفه‌ای یا مرتعی سبز وجود ندارد، به منظور تعلیف دام‌ها استفاده کرد. تریتیکاله در مقایسه با گندم از قابلیت رشد و مقاومت بیشتری در شرایط دشوار برخوردار بوده و از دید توقع نسبت به شرایط آب و هوایی و خاک برای پهنه‌های نامناسب توصیه شده است (۳).

این تحقیق با هدف مطالعه اثرهای مستقیم و غیرمستقیم ویژگی‌های ریخت‌شناسی ریشه بر عملکرد دانه چهار ژنوتیپ تریتیکاله در شرایط مساعد و تحت تنش رطوبتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

تحقیق به‌صورت آرایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در سال ۱۳۸۷ در گلخانه

تعداد اندکی از گیاهان به خودی خود از نظر اقتصادی با ارزش هستند و غلات شامل این گروه نیستند. از آنجایی که سطح وسیعی از مناطق نیمه خشک زیر کشت دیم این گیاهان قرار دارد، ریشه‌ها که برای جذب آب بسیار ضروری هستند، جهت تولید موفق محصول، ارزش زیادی دارند (۲). اکثر محققانی که در مورد ریشه تحقیق کرده‌اند اظهار می‌دارند که الگوهای ریشه گیاهان زراعی و رابطه آنها با تولید و محیط، کمتر مورد توجه قرار گرفته است (۱).

محدود بودن تحقیق در مورد ریشه، در مقایسه با سایر اندام‌های گیاهی، تا حدودی به‌دلیل مشکلات متعددی است که بر سر راه مطالعه آنها وجود دارد. با این حال پیشبرد رشد گیاه از طریق ایجاد تغییر در محیط ریشه میسرتر از تغییر در محیط شاخ و برگ است. شرایط مختلف آب، هوا و مواد معدنی محیط ریشه به‌وسیله عملیات زراعی با سهولت بیشتر قابل تغییر می‌باشند. دمای خاک به‌وسیله به هم زدن، شخم و مالچ، رطوبت آن به‌وسیله آبیاری و مواد معدنی آن به‌وسیله کوددهی قابل تغییر است. در حالی که تغییر محیط اتمسفر شاخه و برگ مشکل و گاهی غیرممکن می‌باشد. بنابراین، با توجه به امکان تغییر بیشتر در محیط ریشه در مقایسه با اندام هوایی، شاید بهتر آن باشد که مطالعات روی ریشه بیشتر مورد توجه قرار گیرد (۱).

وزن خشک ریشه ملاک مناسبی برای مطالعات ریشه و پاسخ آن به واکنش‌های محیطی محسوب می‌شود. این ویژگی می‌تواند به عنوان یک پارامتر اساسی در برآورد ذخیره مواد فتوسنتزی در گیاه محسوب شود (۱). به عنوان مثال، رابطه ساقه به ریشه براساس وزن آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد. وزن ریشه ویژگی مناسبی برای توجیه میزان فعالیت و یا جذب توسط ریشه نیست؛ زیرا ریشه‌های موئین در حالی که ممکن است فعال‌ترین بخش ریشه باشند، ولی از نظر وزنی، بخش ناچیزی از کل وزن ریشه را تشکیل می‌دهند. بنابراین، لایه‌ای از خاک که بیشترین وزن ریشه را در خود دارد، نمی‌تواند همان لایه‌ای باشد که بیشترین جذب آب و مواد غذایی را دارد. این مسئله به ویژه در گونه‌های با ریشه ضخیم و خشن، مانند

درون لوله رشد خارج کرده و پس از برش طولی در حالی که روی تور سیمی و درون تشت آب قرار داشت ریشه‌ها با آب جاری و به آرامی از خاک جدا شد تا به این ترتیب آسیب کمتری به آنها وارد شود. سپس ریشه‌ها پس از توزین و اندازه‌گیری طول، به قطعات ۲۰ سانتی‌متری تفکیک شده و پس از رنگ‌آمیزی با ماده شیمیایی متیلن بلو، با استفاده از اسکنر کامپیوتری و نرم‌افزار Delta T-scan پارامترهایی همچون سطح کل و طول کل ریشه (طول تجمعی) تعیین شدند. داده‌های به‌دست آمده برای هر یک از صفات مورد تجزیه واریانس قرار گرفته و محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش LSD انجام شد.

نتایج و بحث

عمق ریشه

عمق ریشه بوته در سطح احتمال ۵٪ تحت تأثیر رژیم آبیاری قرار گرفت؛ ولی ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ و رژیم آبیاری تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۱). تنش آب منجر به افزایش حدود ۹ درصدی عمق توسعه ریشه هر بوته شد. هم‌چنین، تفاوت بیشترین عمق ریشه در لاین ET-۸۲-۱۵ نسبت به سطحی‌ترین عمق در رقم Junillo-۹۲ حدود ۸/۲ سانتی‌متر بود (جدول ۲).

وزن خشک کل ریشه

تنش آب، وزن خشک ریشه هر بوته را در سطح احتمال ۱٪ تحت تأثیر قرار داد (جدول ۱). تأخیر در آبیاری باعث کاهش حدود ۴۵ درصدی وزن خشک ریشه شد. اختلاف حدود ۵۰ درصدی بین بیشترین وزن خشک ریشه در لاین ET-۸۲-۱۵ نسبت به کمترین وزن ریشه در لاین ET-۸۲-۸ از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۱ و ۲). برهمکنش ژنوتیپ و رژیم آبیاری تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ریشه هر بوته نداشت (جدول ۱).

تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل: میزان رطوبت قابل دسترس خاک در دو سطح شاهد (آبیاری پس از تخلیه ۵۰٪ رطوبت قابل استفاده در منطقه ریشه) و تنش (آبیاری پس از تخلیه ۸۰٪ رطوبت قابل استفاده در منطقه ریشه) و چهار ژنوتیپ تریپیکاله (سه لاین امیدبخش ET-۸۲-۸، ET-۸۲-۱۵، ET-۷۹-۱۷ به همراه رقم رایج Junillo-۹۲) بود. بذرها هر ژنوتیپ پس از ضدعفونی و تعیین قوه نامیه در داخل سینی نشا کشت شده، و گیاهچه‌های دو برگی به داخل بستر آماده شده در تیوب‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۹۰ میلی‌متر و ارتفاع ۱۰۰۰ میلی‌متر که با خاک لوم پر شده بودند، کشت شدند. به منظور یکنواختی محیط خاک و پرهیز از تفکیک ذرات خاک براساس اندازه در هنگام پر کردن تیوب‌های پلاستیکی، برای پر کردن هر لوله لایه‌هایی از خاک به عمق ۵-۱۰ سانتی‌متر اضافه شد و سپس توسط یک ابزار چوبی کوبیده شد. به منظور تماس مناسب لایه‌ها، پیش از اضافه کردن لایه جدید، سطح لایه زیرین تا عمق ۴-۵ میلی‌متر باز شد. این عمل تا پر کردن کامل لوله تکرار شد. جهت ثبات و پایداری تیوب‌ها و نیز جلوگیری از نفوذ نور و سبز شدن ریشه، هر یک از تیوب‌ها در لوله‌هایی از جنس پلی‌اتیلن سیاه رنگ قرار گرفتند. برای تعیین میزان آب مورد نیاز در هر بار آبیاری، در ابتدا میزان رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی تعیین گردید. سپس گلدان‌ها به صورت روزانه وزن شده و در صورت کمتر بودن وزن گلدان‌ها از حد معین، آب مورد نیاز جهت تأمین حد رطوبتی مورد نظر به هر گلدان اضافه شد (۱۲).

در زمان رسیدگی محصول، قسمت هوایی گیاه از سطح خاک قطع شد و عملکرد دانه هر بوته اندازه‌گیری شد. به دلیل زمان‌بر بودن روند شستشوی ریشه‌ها، لوله‌های خاک نیز به منظور کاهش تغییرات ریشه‌ها ناشی از فعالیت میکروارگانیسم‌ها و حذف بخش هوایی به سردخانه دمای ۴ درجه منتقل شدند. برای جدا کردن ریشه‌ها از خاک، ابتدا کیسه پلاستیکی را از

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی ریشه در ژنوتیپ‌های تربیتکاله تحت تأثیر تنش آب

منابع تغییر	درجه آزادی	عمق ریشه (cm)	وزن خشک کل ریشه (g plant ⁻¹)	سطح کل ریشه (mm ²)	طول تجمعی (mm)	عملکرد دانه (g plant ⁻¹)
<i>Pr > F</i>						
رژیم آبیاری	۱	ns	**	**	*	**
ژنوتیپ	۳	ns	*	*	**	ns
رژیم آبیاری × ژنوتیپ	۱	ns	ns	ns	ns	ns

ns، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و غیرمعنی‌دار

جدول ۲. مقایسه میانگین‌های برخی صفات اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های تربیتکاله تحت تأثیر تنش کمبود آب

عامل آزمایشی	سطح	عمق ریشه (cm)	وزن خشک کل ریشه (g plant ⁻¹)	سطح کل ریشه (mm ²)	طول تجمعی (mm)	عملکرد دانه (g plant ⁻¹)
الگوی آبیاری	تخلیه ۵۰٪	۳۳/۹a	۰/۴۳۲a	۸۸۴۰a	۱۱۳۹۳a	۲/۱۱a
	تخلیه ۸۰٪	۳۷/۲b	۰/۲۳۷b	۶۰۴۲b	۸۵۳۸b	۱/۴۹b
تنش (٪۵) LSD						
ژنوتیپ	ET-۸۲-۱۵	۴۳/۱a	۰/۴۷۹a	۹۷۸۹a	۱۲۴۴۳a	۱/۸۰a
	ET-۸۲-۸	۴۲/۵a	۰/۲۴۱b	۶۵۵۳b	۸۵۲۹bc	۱/۷۳a
	ET-۷۹-۱۷	۳۵/۹a	۰/۲۹۷b	۵۳۶۰b	۷۰۹۸c	۱/۶۱a
	Junillo-۹۲	۳۴/۹a	۰/۳۲۰b	۸۰۶۱ab	۱۱۷۹۱ab	۲/۰۶a
	LSD (٪۵) ژنوتیپ	۹/۰۲	۰/۱۵۷	۲۹۴۹	۳۵۰۷	۰/۵۷

در هر ستون، برای هر عامل آزمایشی، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

سطح کل ریشه

سطح کل ریشه در سطح احتمال ۱٪ تحت تأثیر رژیم آبیاری قرار گرفت (جدول ۱). تنش آب منجر به کاهش حدود ۳۲ درصدی سطح کل ریشه در هر بوته شد. اختلاف ۴۴۲۹ میلی‌مترمربع بین بیشترین سطح کل ریشه متعلق به لاین ET-۸۲-۱۵ با کمترین مقدار در لاین ET-۷۹-۱۷ در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جداول ۱ و ۲). برهمکنش ژنوتیپ و رژیم آبیاری تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۱).

طول تجمعی ریشه

تنش آب، طول تجمعی ریشه هر بوته را در سطح احتمال ۵٪ تحت تأثیر قرار داد (جدول ۱). تأخیر در آبیاری باعث کاهش حدود ۲۵ درصدی طول تجمعی ریشه شد. اختلاف حدود ۴۳ درصدی بین بیشترین طول تجمعی ریشه در لاین ET-۸۲-۱۵ نسبت به کمترین طول در ET-۷۹-۱۷ از نظر آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جداول ۱ و ۲). برهمکنش ژنوتیپ و رژیم آبیاری تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ریشه هر بوته نداشت (جدول ۱).

جدول ۳. تجزیه علت صفات ریخت‌شناسی ریشه با عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته در شرایط مختلف رطوبتی

همبستگی با عملکرد دانه	اثر غیرمستقیم از طریق			اثر مستقیم	صفات مستقل	رژیم آبیاری (تخلیه رطوبت قابل استفاده در منطقه ریشه)
	طول تجمعی ریشه	سطح کل ریشه	وزن خشک ریشه			
۰/۱۰۶	-۰/۱۲۵	-۰/۱۴۵	-	۰/۳۷۶	وزن خشک ریشه	
۰/۶۳۹	۰/۴۸۹	-	۰/۳۲۰	-۰/۱۷۰	سطح کل ریشه	٪۵۰
۰/۳۰۳	-	-۰/۱۵۳	-۰/۰۸۷	۰/۵۴۳	طول تجمعی ریشه	
-۰/۰۵۹	-۰/۱۰۹	۱/۱۹	-	-۱/۱۴	وزن خشک ریشه	
۰/۵۹۳	۰/۳۵۳	-	-۱/۰۵	۱/۲۹	سطح کل ریشه	٪۸۰
۲/۳۱	-	۱/۶۰	۰/۴۳۲	۰/۲۸۶	طول تجمعی ریشه	

عملکرد دانه بوته

طول تجمعی ریشه به ترتیب حدود ۱/۱۹ و ۰/۱۰۹- بود (جدول ۳).

اثر سطح کل ریشه بر عملکرد دانه

در شرایط عدم کمبود رطوبت مقدار همبستگی سطح کل ریشه و عملکرد دانه حدود ۰/۶۳۹ بود (جدول ۳). سطح کل ریشه به میزان ۰/۱۷۰- بر عملکرد دانه اثر مستقیم داشت. رابطه این متغیر از طریق وزن خشک ریشه ۰/۳۲۰ بود. مقدار اثر غیرمستقیم سطح کل ریشه بر عملکرد دانه از طریق طول تجمعی ریشه نیز حدود ۰/۴۸۹ بود. این در حالی است که در شرایط تنش آب، همبستگی سطح کل ریشه و عملکرد دانه حدود ۰/۵۹۳ بود. سطح کل ریشه به میزان ۱/۲۹ بر عملکرد دانه اثر مستقیم داشت. رابطه این متغیر از طریق وزن خشک ریشه و طول تجمعی ریشه به ترتیب حدود ۰/۳۵۳ و ۰/۳۵۳ بود (جدول ۳).

اثر طول تجمعی ریشه بر عملکرد دانه

در رژیم آبیاری مناسب، مقدار همبستگی طول تجمعی ریشه و عملکرد دانه حدود ۰/۳۰۳ بود (جدول ۳). طول تجمعی ریشه به میزان ۰/۵۴۳ بر عملکرد دانه اثر مستقیم داشت. رابطه این متغیر از طریق وزن خشک ریشه ۰/۰۸۷- بود. مقدار اثر غیرمستقیم طول تجمعی ریشه بر عملکرد دانه از طریق سطح

تنش آب، عملکرد دانه هر بوته را در سطح احتمال ٪۱ تحت تأثیر قرار داد (جدول ۱). تأخیر در آبیاری باعث کاهش حدود ۲۹ درصدی عملکرد دانه هر بوته شد. اختلاف حدود ۰/۴۵ گرم بین بیشترین عملکرد دانه در رقم ۹۲-Junillo نسبت به کمترین عملکرد در ۱۷-۷۹-ET معنی دار نشد (جدول ۱ و ۲). همچنین، برهمکنش ژنوتیپ و رژیم آبیاری تأثیر معنی داری بر عملکرد دانه هر بوته نداشت (جدول ۱).

اثر وزن خشک ریشه بر عملکرد دانه

در رژیم آبیاری براساس تخلیه ٪۵۰ رطوبت قابل استفاده در منطقه ریشه، مقدار همبستگی وزن خشک ریشه و عملکرد دانه حدود ۰/۱۰۶ بود (جدول ۳) که این مقدار متشکل از اثرهای مستقیم و غیرمستقیم (از طریق سایر متغیرها) است. وزن خشک ریشه به میزان ۰/۳۷۶ بر عملکرد دانه اثر مستقیم داشت. رابطه این متغیر از طریق سطح کل ریشه ۰/۱۴۵- بود. مقدار اثر غیرمستقیم وزن خشک ریشه بر عملکرد دانه از طریق طول تجمعی ریشه نیز حدود ۰/۱۲۵- بود. این در حالی است که در شرایط تنش آب (تخلیه ٪۸۰ رطوبت قابل استفاده در منطقه ریشه) همبستگی وزن خشک ریشه و عملکرد دانه حدود ۰/۰۵۹- بود. وزن خشک ریشه به میزان ۱/۱۴- بر عملکرد دانه اثر مستقیم داشت. رابطه این متغیر از طریق سطح کل ریشه و

کاهش یافته است. این موضوع تأثیر خود را بر تولید دانه نشان می‌دهد. به این ترتیب که ساختار ریشه ضعیف‌تر (جدول ۲) کارایی لازم جهت انتقال آب و مواد غذایی کافی برای تولید عملکرد بیشتر را فراهم نموده است.

در بین ژنوتیپ‌ها، لاین ۸۲-۱۵-ET دارای عمق ریشه، سطح کل ریشه و طول تجمعی بیشتری بوده است (جدول ۲). ولی عملکرد رقم ۹۲-Junillo بیشتر بود که این امر خود حکایت از راندمان بیشتر ویژگی‌های ریشه در این رقم دارد. راندمان بیشتر ممکن است ناشی از سازوکارهای گوناگون شامل افزایش سرعت توسعه ریشه، افزایش انشعابات ریشه (۱۱)، افزایش سرعت جذب در واحد سطح یا وزن ریشه (۷)، افزایش نسبت ساقه به ریشه (۴ و ۹)، افزایش تعداد و طول ریشه‌های موئین (۸)، افزایش ترشحات ریشه (۱۱) و بالا بردن میزان همزیستی با قارچ میکوریزا (۱۰) که سبب کاهش نیاز به مواد غذایی و آب برای رشد می‌شود، باشد. دیویس (۵) نیز کاهش تعداد میکروارگانیسم‌ها را که در شرایط بهینه رطوبتی و دمایی در خاک از طریق ترشح مواد آلی شرایط تغذیه‌ای را برای رشد طولی بهتر ریشه فراهم می‌کنند، علت کاهش عملکرد در شرایط تنش رطوبتی بیان نمود.

برای تجزیه علیت، عملکرد دانه هر بوته به‌عنوان متغیر وابسته و وزن خشک ریشه، سطح کل ریشه و طول تجمعی کل ریشه به‌عنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته شدند (جدول ۳). نکته حائز اهمیت در این زمینه نقش متفاوت ویژگی‌های ریخت‌شناسی ریشه این ژنوتیپ‌ها در تولید دانه تحت شرایط مختلف رطوبتی بود. در شرایط رطوبتی مساعد، تأثیر مستقیم طول تجمعی ریشه بر عملکرد دانه با ضریب همبستگی ۰/۵۴۳ بیش از شرایط تنش آب با ضریب ۰/۲۸۶ بود. از طرف دیگر، رابطه مستقیم سطح کل ریشه با عملکرد دانه در شرایط رطوبتی مساعدتر، منفی و در شرایط تنش آب، مثبت بود که منفی بودن رابطه تولید دانه با وزن خشک ریشه در این شرایط نیز این موضوع را تصدیق می‌کند. به نظر می‌رسد که تحت شرایط کمبود آب، راندمان بیشتر از طریق افزایش سطح ریشه موجود

کل ریشه نیز حدود ۰/۱۵۳- بود. این در حالی است که در شرایط تنش آب، همبستگی طول تجمعی ریشه و عملکرد دانه حدود ۲/۳۱ بود. طول تجمعی ریشه به میزان ۰/۲۸۶ بر عملکرد دانه اثر مستقیم داشت. رابطه این متغیر از طریق وزن خشک ریشه و سطح کل ریشه به ترتیب حدود ۰/۴۳۲ و ۱/۶۰ بود (جدول ۳).

بحث

به‌علت سختی کار مطالعه ریشه و نیز عدم توجه کافی پژوهشگران کشور، توجه به ویژگی‌های این اندام زیرزمینی مهم و تبیین نقش آن در تولید محصولات زراعی سال‌های زیادی است که در اولویت نبوده است. از سوی دیگر، با توجه به نوع اقلیم کشور که در آن تنش آب از دغدغه‌های پیش رو در تولید محصولات زراعی در شرایط آبی و دیم محسوب می‌شود، تفکیک اهمیت ویژگی‌های ریخت‌شناسی ریشه در شرایط متفاوت رطوبتی در ایجاد چشم‌انداز مناسب در برنامه‌های اصلاح گیاهان زراعی کمک خواهد نمود. یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که کمبود آب منجر به عمیق‌تر شدن ریشه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شد (جدول ۲). این مشاهده با توجه به تلاش گیاه برای بهره‌گیری از آب قابل دسترس خاک در عمق‌های پایین‌تر قابل توجیه است. تنش آب، سطح کل ریشه، طول تجمعی و وزن خشک ریشه چهار ژنوتیپ مورد مطالعه را کاهش داد (جدول ۲) که با توجه به تأثیر کمبود آب بر کاهش ظرفیت پروتوپلاسم، به‌طور مستقیم و کاهش سطح برگ و بستن روزنه‌ها، به‌طور غیرمستقیم (۱) فعالیت‌های فتوسنتزی گیاه کاهش یافته و به دنبال آن انتقال مواد غذایی کمتر به بخش زیرزمینی گیاه قابل پیش‌بینی است. یانگ و همکاران (۱۴) نیز بر محدود شدن وزن ریشه گندم در شرایط تنش خشکی اشاره کردند و میزان این محدودیت را به مدت زمان اعمال تنش و زمان وقوع آن برحسب مرحله رشدی گیاه منوط دانستند. بنابراین، همزمان با کاهش طول تجمعی ریشه‌ها که معمولاً کاهش سطح کل آنها را در پی دارد، وزن خشک کل ریشه

ریشه چهار ژنوتیپ تریتیکاله شد. تنش آب باعث کاهش سطح کل ریشه، طول تجمعی و وزن خشک ریشه شد. ساختار ریشه ضعیف‌تر، کارایی لازم جهت انتقال آب و مواد غذایی کافی برای تولید عملکرد بیشتر را فراهم نکرده است. لاین ۱۵-۸۲-ET دارای عمق ریشه، سطح کل ریشه و طول تجمعی ریشه بیشتری بود. ولی عملکرد رقم Junillo-۹۲ بیشتر بود که این امر حکایت از راندمان بیشتر ویژگی‌های ریشه در این رقم دارد. نقش ویژگی‌های ریخت‌شناسی ریشه این ژنوتیپ‌ها در تولید دانه تحت شرایط مختلف رطوبتی متفاوت بود. در شرایط رطوبتی مساعد، تأثیر مستقیم طول تجمعی ریشه بر عملکرد دانه بیش از شرایط تنش آب بود. رابطه مستقیم سطح کل ریشه با عملکرد دانه در شرایط رطوبتی مساعد، منفی و در شرایط تنش آب، مثبت بود. به نظر می‌رسد که طول تجمعی ریشه و سطح ریشه از ویژگی‌های مؤثر این ژنوتیپ‌ها در تولید عملکرد دانه بوده که تحت شرایط تنش آب، سطح کل ریشه و در شرایط مساعد رطوبتی، طول تجمعی ریشه نقش بارزتری داشتند.

نسبت به توسعه بیشتر ریشه‌ها دست یافتنی است. این موضوع احتمالاً به قطر ریشه‌های تولیدی در این شرایط باز می‌گردد. در شرایط مساعدتر رطوبتی، دسترسی به مواد غذایی بیشتر و سهم بیشتر از بخش هوایی منجر به تولید ریشه‌های قطورتر می‌شود. این در حالی است که در شرایط تنش آب راهبرد ظریف‌تر شدن ریشه‌ها دسترسی به سطح بیشتری از خاک را فراهم می‌کند. در همین رابطه، ویرسوم (۱۳) اظهار داشت که در خاک خشک، ریشه‌های گندم نازک‌تر، طویل‌تر و دارای انشعاب کمتری بودند. از طرفی، خشکی بیش از حد خاک از توسعه ریشه‌های موین جلوگیری به عمل می‌آورد. به نظر می‌رسد که طول تجمعی ریشه و سطح ریشه از ویژگی‌های مؤثر این ژنوتیپ‌ها در تولید عملکرد دانه بوده که تحت شرایط تنش آب، سطح کل ریشه و در شرایط مساعد رطوبتی، طول تجمعی ریشه نقش بارزتری داشتند.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تنش آب منجر به عمیق‌تر شدن

منابع مورد استفاده

۱. اشرفی، ع. ۱۳۸۶. بررسی گسترش ریشه و سایر صفات ریخت‌شناسی ارقام گندم دیم در دو رژیم رطوبتی و دو نوع خاک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۲. نقیعی، ع. ۱۳۸۷. نشریه تریتیکاله. سایت سازمان جهاد کشاورزی استان مرکزی.
۳. خزاعی، ح. ر.، ا. نظامی، ح. ر. عشقی‌زاده، ش. ریاحی‌نیا و ک. شجاعی. ۱۳۹۱. خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ژنوتیپ‌های تریتیکاله (*Triticale hexaploide* Lart) تحت تأثیر پتانسیل‌های متفاوت ناشی از شوری و خشکی. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۱۰(۱): ۳۳-۴۲.
4. Bouma, T.J., K.L. Nielsen and B. Koutstaal. 2000. Sample preparation and scanning protocol for computerized analysis of root length and diameter. *Plant Soil* 218: 185-196.
5. Davis, G.R. 1984. Effect of soil compaction on root growth of *Pinus radiata*. *Proceeding of Symposium Site and Productivity of Fast Growing Plantations, South Africa*, pp. 871-890.
6. Dittmer, H.J. 1949. Root hair variation in plant species. *Am. J. Bot.* 36: 152-155.
7. Egle, K., G.G.B. Manske, W. Romer and P.L.G. Vlek. 1999. Improved phosphorus efficiency of three new wheat genotypes from CIMMYT in comparison with an older Mexican variety. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 162: 353-358.
8. Fohse, D., N. Claassen and A. Jungk. 1991. Phosphorus efficiency of plants. II. Significance of root radius, root hairs and cation-anion balance for phosphorus influx in seven plant species. *Plant Soil* 132: 261-272.
9. Hamblin, A., D. Tennant and M.W. Perry. 1990. The cost of stress: Dry matter partitioning changes with seasonal supply of water and nitrogen to dryland wheat. *Plant Soil* 122: 47-58.

10. Manske, G.G.B., J.I. Ortiz-Monasterio, M. Van Ginkel, R. Gonzalez, S. Rajaram, E. Molina and P.L.G. Velazquez. 2000. Traits associated with improved P-uptake efficiency in CIMMYT's semidwarf spring bread wheat grown on an acid Andisol in Mexico. *Plant Soil* 221: 189-204.
11. Neumann, G. and V. Romheld. 1999. Root excretion of carboxylic acids and protons in phosphorus-deficient plants. *Plant Soil* 211: 121-130.
12. Riahiinia, Sh., H.R. Khazaei, M. Kafi and A. Nezami. 2013. Effects of water stress and nitrogen levels on relative water content, chlorophyll fluorescence and membrane stability index in grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Res. on Crops* 14(1): 88-94.
13. Wiersum, L.K. 1957. The relationship of the size and structural rigidity of pores to their penetration of roots. *Plant Soil* 9: 75-85.
14. Yang, G.Y., Y.P. Lua, B.G. Li and X.Y. Liu. 2006. The response of winter wheat root to the period and the after-effect of soil water stress. *Agric. Sci. China* 5: 284-290.

Assessment of triticale (*Triticale* spp) root morphology on seed production under water deficit conditions

H. R. Eshghizadeh^{1*}, Sh. Riahinia² and H. R. Khazaei²

(Received: 22 June-2012; Accepted: 15 April-2013)

Abstract

Plant roots, with respect to their intrinsic characteristics, have important role in both improvement and development of germplasms of drought resistant plants. This experiment was conducted to study direct and indirect effects of root morphological traits on grain yield of four triticale genotypes (three promising lines of ET-82-8, ET-82-15 and ET-79-17 along with the conventional Junillo-92 cultivar) under two available moisture levels in soil (irrigation after 50% moisture depletion in the root zone, as control) and moisture stress (irrigation after 80% moisture depletion in the root zone) as a randomized complete blocks design in factorial arrangement with four replications, in Research Greenhouse of College of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran, in 2008. The results showed that water stress caused a 9% reduction in root depth development. Also, the difference between deepest root in ET-82-15 and the shallowest root in Junillo-92 was about 8.2 cm. Delay in irrigation caused a 25% reduction in accumulated root length. The 43% difference between highest accumulated root length in ET-82-15 and lowest accumulated root length in ET-79-17 was significant at 1% level. The role of root morphology of these genotypes on seed production was different under various soil moisture conditions. In optimum soil water content, direct effect of accumulated root length with regression coefficient of 0.543 was more than water deficit conditions with regression coefficient of 0.286. On the other hand, direct relation of total root surface with grain yield was negative in normal moisture conditions and negative under water deficit. In general, it seems that accumulated root length and root surface are effective characteristics in seed production of these genotypes; total root surface has more important role in water deficit conditions, and accumulated root length in optimum soil moisture levels.

Keywords: Triticale, Root depth, Accumulated root length, Total root surface.

1. Dept. of Agron. and Plant Breed., College of Agric., Isfahan Univ. of Technol., Isfahan, Iran.

2. Dept. of Agron. and Plant Breed., College of Agric., Ferdowsi Univ., Mashhad, Iran.

*: Corresponding Author, Email: hr.eshghizadeh@cc.iut.ac.ir