نشریه آب و خاک
جلد ۲۴، شماره ۳، مرداد - شهریور ۱۳۸۹، ص. ۵۶۴-۵۵۷

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 3, July-Aug 2010, p. 557-564

تأثیر مقادیر مختلف آب خاک بر توسعه ریشه ذرت

راضیه خلیلی‌راد[۱*]- سید خلاق میرنیا [۲]- حسینعلی بهرامی[۳]

تاریخ دریافت: ۸۸/۸/۲۸
تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۲/۲

چکیده

عملکرد گیاه تابعی از توزیع ریشه و فعالیت آن می‌باشد. با توسعه ریشه در واحد حجم خاک، جذب آب و مواد غذایی تسهیل خواهد شد. از مهمترین عوامل مؤثر بر نحوه و میزان توسعه ریشه، مقدار و مدیریت مصرف آب می‌باشد. به منظور تعیین مناسب‌ترین مقدار آب برای دستیابی به حداکثر رشد ریشه ذرت (*Zea mays* L.)، این تحقیق در سال ۱۳۸۵ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام گرفت. مقدار آب مصرفی ۵۵، ۷۰، ۸۵، ۱۰۰ و ۱۱۰ درصد نیازآبی بود. تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به عنوان شاهد در نظرگرفته شد. نمونه‌برداری از ریشه‌ها در مراحل ۹-۸ برگی، تولید ابریشم و خمیری انجام گرفت. وزن مرطوب و خشک، طول، حجم، سطح ریشه در سه مرحله مذکور اندازه‌گیری شد. علاوه بر این نسبت وزن ریشه به شاخه نیز محاسبه گردید. وزن، حجم، سطح و طول ریشه‌ها با افزایش مقدار آب کاربردی تا تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی افزایش پیدا کرد. در مورد اکثر پارامترها، بین تیمارهای ۸۵، ۱۰۰ و ۱۱۰ درصد نیاز آبی و تیمار ۵۵ درصد نیازآبی، تفاوت‌ها در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. با افزایش مقدار آب کاربردی، نسبت وزن ریشه به شاخه کاهش یافت. هر چه میزان آب مصرفی به آب مورد استفاده در تیمار شاهد نزدیک می‌شد، رشد ریشه‌ها افزایش، ولی باکاهش آب مصرفی، رشد ریشه‌ها کاهش یافت. وقتی میزان آب مصرفی بیشتر از حد نیازآبی ذرت بود عملکرد و شاخص‌های مربوط به آن کاهش یافتند. به دلیل معنی‌دار نبودن تفاوت پارامترهای ریشه‌ای تیمار ۷۰ درصد با تیمار شاهد و به منظور صرفه‌جویی در مصرف آب استفاده از تیمار ۷۰ درصد نیاز آبی به جای مقادیر بیشترتوصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: ذرت (*Zea mays* L.)، توسعه ریشه، نیازآبی، تنش رطوبتی

مقدمه

بیشتر مناطق ایران در اقلیم خشک و نیمه خشک قرار گرفته و دارای منابع آب محدودی می‌باشند. همچنین پیش‌بینی می‌شود که در آینده، تغییرات اقلیمی در جهت گرم شدن هوا بوده و در نتیجه استفاده از منابع آب هر چه بیشتر محدود گردد. بنابراین آب یکی از مهم‌ترین عوامل محدودیت در افزایش تولیدات کشاورزی می‌باشد. به همین جهت مدیریت بهینه مصرف آب بخصوص در بخش کشاورزی از ضروریات می‌باشد. لازم به ذکر است که مسئله مدیریت آب نه تنها در مناطق کم‌آب دارای اهمیت است، بلکه در نقاطی هم که به لحاظ جریان‌های سطحی مشکل کمبود آب ندارند، زیادی آب موجب بروز ضرر و زیان و در نهایت کاهش تولیدات کشاورزی می‌شود که بارزترین آن در بسیاری از مناطق خوزستان نمایان است (۶).

نحوه توسعه ریشه گیاه یکی از ویژگی‌هایی است که به صورت طبیعی تحت تأثیر مدیریت بهینه آب قرار می‌گیرد. ولی ابعاد این تأثیر هنوز به طور کامل روشن نشده است. عملکرد قسمت‌های هوایی گیاهان بازتابی از توزیع و فعالیت سیستم ریشه‌ای است. بنابراین، چگونگی توسعه ریشه گیاهان کشت شده از نظر وضعیت، گسترش و فعالیت‌های منجر به جذب آب و عناصر غذایی در مراحل گوناگون رشد، در تولید محصول بسیار مهم می‌باشد (۱۵ و ۱۸). به همین دلیل تشخیص عوامل محدودکننده رشد و گسترش‌دهنده ریشه و بررسی نحوه تغییرات ریشه در پاسخ به تغییرات محیطی برای درک علمی تولید محصول ضروری است (۱۵ و ۱۷).

تحقیقات Russel (۲۰) نشان داد که تحت شرایط مزرعه‌ای، تغییر در مقدار آب خاک عمده‌ترین دلیل توزیع متفاوت ریشه‌هاست. Laboski و همکاران (۱۵) بیان کردند وقتی توزیع ریشه توسط عوامل دیگر محدود نشود، مقدار رطوبت خاک عمق ریشه‌دوانی را کنترل می‌کند. به عقیده این محققان مقدارکافی رطوبت در ناحیه ریشه، عامل مهمی برای استفاده کارآمد از عناصر غذایی موجود به شمار می‌آید. ضیائیان و ملکوتی (۲) نیز بیان کردند که زمان، روش و مقدار آب آبیاری کاربردی روی چگونگی توزیع ریشه مؤثر است. اگر

۱، ۲ و۳- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد و دانشیاران گروه خاکشناسی، دانشگاه تربیت مدرس
(*- نویسنده مسئول: Email: r_kalilirad@yahoo.com)

روش آبیاری صحیح نباشد، همبستگی بین خصوصیات حاصلخیزی خاک با عملکرد، ضعیف خواهد بود. علت اصلی این مسئله به الگوی توسعه ریشه در خاک، تحت شرایط متفاوت مدیریت آب برمی‌گردد.

کمبود آب بر متابولیسم، فیزیولوژی و مورفولوژی گیاه تأثیر می‌گذارد. Bingru و Hongwen (۹) بر این عقیده‌اند که تأمین کافی آب برای گیاه طی رشد یا نمو قبل از وقوع اثرات نامطلوب تنش آب، برای فرایندهای فیزیولوژیک داخل گیاه بسیار مهم است.

قاجارسپانلو و همکاران (۵) نیز با بررسی اثر رژیم‌های رطوبتی مختلف بر رشد، عملکرد و کارآیی مصرف آب در گندم، دریافتند که تیمارهای مختلف تنش رطوبتی به طور معنی‌داری باعث کاهش عملکرد دانه، وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع ارقام، تعداد خوشه در واحد سطح و همچنین شاخص برداشت شد.

در آزمایشی که ذرت و لوبیا تحت دو رژیم رطوبتی (آبیاری کامل و تنش آبی) در داخل جعبه‌های چوبی رشد داده شدند، مشاهده شد که در شرایط آبیاری خوب، ریشه‌های هر دو گیاه به خوبی در همه قسمت‌های جعبه‌ها گسترده شده و به طور قابل ملاحظه‌ای با هم مخلوط شدند. درحالی‌که تنش آبی باعث محدودیت رشد ریشه‌ها گردید (۷). عده‌ای از محققان معتقدند که تحت شرایط خشکی، ریشه‌ها معمولاً به سمت قسمت‌های مرطوب‌تر پروفیل خاک رشد کرده و توده‌های بزرگ‌تری از شاخه‌های منشعب ایجاد می‌کنند. درحالی‌که عده‌ای دیگر مخالف نظریه هیدروتروپیسم هستند (۱۲). تحقیقات William (۲۱) تنش آبی را یکی از فاکتورهای محدودکننده برای ذرت معرفی کرد و کاهش ۵۹ درصدی عملکرد در طول مدت سه سال را در نتیجه تنش آبی نشان داد. Bingru و Hongwen (۹) بیان کردند که تنش خشکی میرایی ریشه را در لایه‌های ۲۰-۰، ۴۰-۲۰ و ۶۰-۴۰ سانتی‌متری خاک افزایش می‌دهد. در آزمایشی که توسط Laboski و همکاران (۱۵) انجام شد، توسعه ریشه در مرحله کاکل‌دهی در ذرت در یک دوره سه ساله بررسی شد. نتایج نشان داد که به طور متوسط ۹۴ درصد کل طول ریشه در بالاتر از ۶۰ سانتی‌متری و ۸۵ درصد در بالای ۳۰ سانتی‌متری خاک وجود دارند. یعنی با افزایش عمق، ریشه دوانی کاهش پیدا کرد. تحقیقات Dwyer و همکاران (۱۰) نشان داد که در مورد ذرت بیشترین عمق ریشه‌دوانی هنگامی است که آب قابل دسترس کاهش پیدا می‌کند. در شرایط اشباع، فراهمی اکسیژن برای ریشه‌ها کاهش پیدا کرد. علیرغم همه تلاش‌هایی که تاکنون صورت گرفته است، تحقیقات در مورد نیمه پنهان گیاهان بسیار اندک بوده است و به دلیل پیچیدگی سیستم خاک-گیاه، اکثر تحقیقات در مورد پاسخ‌های گیاهان نسبت به مدیریت عوامل محیطی به صورت جعبه سیاه باقی مانده است. در این تحقیق اهدافی چون بررسی اثر سطوح مختلف رطوبت بر رشد ریشه ذرت، عملکرد ذرت، صرفه‌جویی در مصرف آب از طریق آگاهی از نیاز آبی هر زراعت و دراختیارگذاشتن مقدار مورد نیاز آب هر گیاه، تعیین بهترین سطح رطوبتی و در نتیجه دستیابی به عملکرد بیشتر با مصرف کمتر و بهینه آب مورد نظر بود.

مواد و روش‌ها

به منظور تعیین بهترین تیمار آبی در توسعه ریشه ذرت، این آزمایش در تابستان ۱۳۸۵ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام گرفت.

قبل از کاشت گیاه و اعمال تیمارهای آبیاری، نمونه‌برداری از خاک انجام گرفت و عناصر پر مصرف و کم مصرف، بافت خاک، اسیدیته و هدایت الکتریکی آن تعیین گردید. ویژگی‌های آب آبیاری نیز اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری خصوصیات مورد نظر از روش‌های آزمایشگاهی متداول استفاده شد (۱). برای اندازه‌گیری فسفر از روش اولسن و برای عناصرکم‌مصرف از عصاره‌گیر DTPA استفاده شد.نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و آب آبیاری به ترتیب در جداول ۱ و ۲ آمده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

عمق نمونه‌برداری (cm)	بافت خاک	pH	EC ($dS.m^{-1}$)	Total N (%)	OC (%)	K	P	Ca	Mg	Fe	Zn
						$mg.kg^{-1}$					
۰-۳۰	لوم شنی(SL)	۷/۴	۲/۸۵	۰/۰۴۶	۰/۵۱	۵۴۰/۰	۸/۲	۴۹۵/۹	۳۶۰/۹	۲/۰	۱/۷۰

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری

pH	EC $dS.m^{-1}$	Na^{+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^{-}	SO_4^{2-}	HCO_3^{-}
			$mg.lit^{-1}$				
۷/۳۸	۰/۵۷۴	۶۹	۴۵/۲۹	۲۹/۰۹	۴۳/۷۳	۱۹۶/۶	۱۲۱

بذر مورد استفاده از نوع رقم سینگل‌کراس شماره ۷۰۴ با وزن هزار دانه ۳۱۰/۸۹ گرم و قوه نامیه ۸۵ درصد بود که از مؤسسه اصلاح نهال و بذر کرج تهیه گردید. این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار و سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آبی اعمال شده به ترتیب شامل ۵۵، ۷۰، ۸۵ و ۱۱۰ درصد نیازآبی بود. آبیاری کامل یا۱۰۰ درصد نیاز آبی به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد.

برای تعیین نیازآبی از شاخص‌های سازمان هواشناسی استفاده گردید که مقدار آن برای منطقه با استفاده از روش پنمن، ۷۰۱۰ مترمکعب در هکتار تعیین شد (۳). پس از محاسبه مساحت گلدان‌ها، نیازآبی گیاه در سطح گلدان تعیین شد و با تقسیم مقدار حاصل بر طول دوره رشد (۱۳۴ روز)، مقدار نیازآبی روزانه تعیین و بر اساس دورآبیاری مورد نظر (هر سه روز یکبار) تیمارهای آ بی در طول مراحل رشد به طور یکسان اعمال گردید. در این تحقیق از گلدان‌های استوانه‌ای شکل به شعاع ۱۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۴ سانتی‌متر استفاده گردید. نمونه‌برداری در سه مرحله انجام گرفت. اولین مرحله نمونه‌برداری از ریشه در مرحله ۹-۸ برگی (۳۹ روز بعد از کشت)، سپس در مرحله تولید ابریشم (۸۴ روز بعد از کشت) و در نهایت نیز در مرحله خمیری (۱۱۷ روز بعد از کشت) انجام گرفت و عملکرد کل نیز در همین مرحله تعیین گردید.

کل ریشه توسعه یافته در گلدان‌ها مورد نمونه برداری قرار گرفت و پارامترهایی مانند وزن مرطوب و خشک، حجم، سطح و طول ریشه و نیز نسبت وزن ریشه به شاخه اندازه‌گیری شد. ریشه‌ها پس از خارج شدن از گلدان‌ها ابتدا روی الک دو میلیمتری شسته شدند. سپس وزن مرطوب آنها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری طول ریشه‌ها از دستگاه اندازه‌گیری طول ریشه (Root Length Measurement System) ساخت شرکت ΔT انگلستان (ΔT Device LTD) استفاده شد. برای این منظور، ابتدا ریشه‌ها با محلول متیل‌ویولت رنگ‌آمیزی شدند و سپس اقدام به اندازه‌گیری طول آنها شد. حجم ریشه‌ها مستقیماً از روی جابجاشدن آب در ظروف مدرج پس از واردکردن ریشه‌های شسته شده به داخل آن صورت گرفت (بر اساس قانون ارشمیدس). اندازه‌گیری سطح ریشه‌ها نیز با استفاده از فرمول اتکینسون انجام گرفت (۴). در این روش سطح ریشه‌ها ازفرمول زیر محاسبه می‌شود:

سطح ریشه‌ها (cm^2) = ۲{ [حجم ریشه‌ها،cc] / [طول ریشه‌ها، cm]× π }$^{۰/۵}$

ریشه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و سپس وزن آنها تعیین گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از برنامه آماری SPSS انجام گرفت و نمودارها توسط نرم‌افزارEXEL رسم گردیدند.

نتایج و بحث

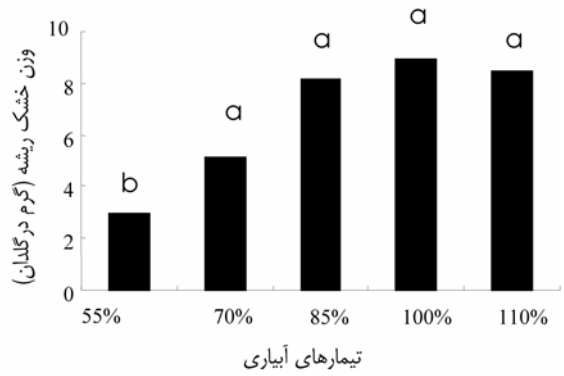
تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که تیمارهای آبی اعمال شده تأثیر معنی‌دار بر وزن مرطوب و خشک ریشه، سطح، حجم و طول ریشه در سطح ۵ درصد و عملکرد در سطح یک درصد داشت در حالی‌که این تأثیر بر نسبت ریشه به شاخه معنی‌دار نبود. با افزایش میزان آب آبیاری ویژگی‌هایی مانند وزن مرطوب و خشک ریشه، سطح، حجم و طول ریشه افزایش یافتند ولی این افزایش به صورت خطی نبود و بیشترین مقدار این پارامترها در تیمار۱۰۰ درصد نیازآبی مشاهده گردید.

مقایسه میانگین تیمارهای اعمال شده بر هر یک از پارامترهای مورد اندازه‌گیری نشان داد که تیمارهای آبی۷۰، ۸۵، ۱۰۰ و ۱۱۰ درصد نیازآبی با هم اختلاف معنی‌دار نداشتند و در یک گروه قرار گرفتند در حالی‌که بین تیمارهای ۸۵، ۱۰۰ و ۱۱۰ درصد نیاز آبی و تیمار ۵۵ درصد نیازآبی اختلاف معنی‌دار وجود داشت. تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی دارای بیشترین و تیمار ۵۵ درصد نیاز آبی دارای کمترین مقدار پارامترهای مذکور بود (شکل ۱). در هر سه مرحله نمونه‌برداری، تیمار ۱۰۰ درصد نیازآبی بیشترین مقادیر را به خود اختصاص داد. مقایسه میانگین کل پارامترهای مذکور در هر مرحله نیز نشان داد که مرحله سوم نمونه‌برداری دارای بیشترین مقدار و مرحله اول نمونه‌برداری دارای کمترین مقدار پارامترهای مذکور ریشه بود (شکل ۳). رابطه عملکرد با این پارامترها خطی بود که این امر حاکی از اهمیت پارامترهای ریشه‌ای در افزایش عملکرد است (شکل ۲).

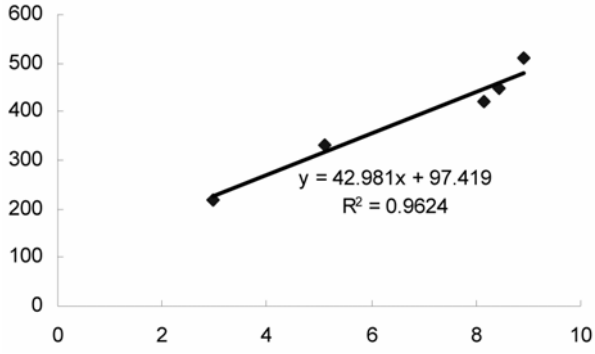
جدول۳- تجزیه واریانس وزن مرطوب و خشک ریشه، حجم، سطح، طول ریشه، نسبت ریشه به شاخه و عملکرد کل

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		وزن مرطوب ریشه	وزن خشک ریشه	حجم ریشه	سطح ریشه	طول ریشه	نسبت ریشه به شاخه	عملکرد
تکرار (R)	۲	۲۱۵/۴۱۹	۰/۴۴۲	۷۷/۰۸۹	۲۶۳۶۰/۱۷۲	۳۴۹۹۷۴/۱۴۸	۰/۰۰۸	۱۱/۸۳۲
تیمار (T)	۴	۱۷۱۷۶/۶۳۳*	۵۹/۸۱۹*	۵۰۴۰/۹۱۱*	۶۸۵۳۲۸۸/۳۰۲*	۴۷۳۵۲۵۷۵/۰۷*	۰/۰۲۴ns	۷۶۷/۰۲۶**
خطا (E)	۳۸	۴۸۳۲/۶۸۸	۱۸/۶۷۴	۱۸۹۶/۷۸۵	۲۳۰۸۳۲۸/۳۹۴	۱۴۸۴۹۳۳۹/۲۰	۰۱۰/۰	۲۳/۵۹۲

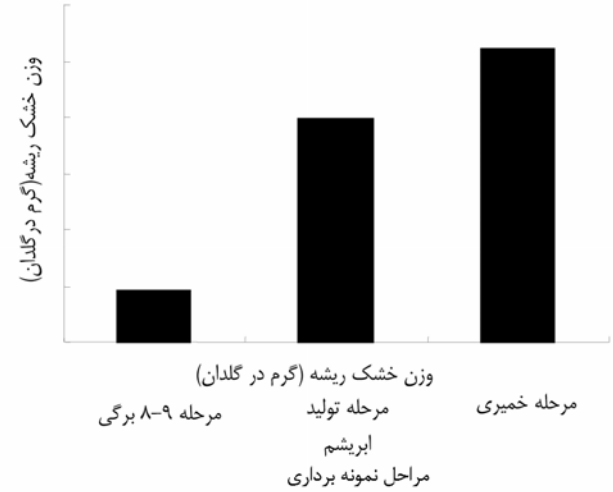
** معنی دار در سطح ۱٪ ، * معنی دار در سطح ۵٪ ، ns معنی دار نیست



شکل ۱- رابطه بین تیمارهای آبیاری و وزن خشک ریشه در مجموع سه مرحله نمونه‌برداری (هر ستون میانگین ۹ عدد می‌باشد)



شکل ۲- رابطه بین وزن خشک ریشه و عملکرد تر

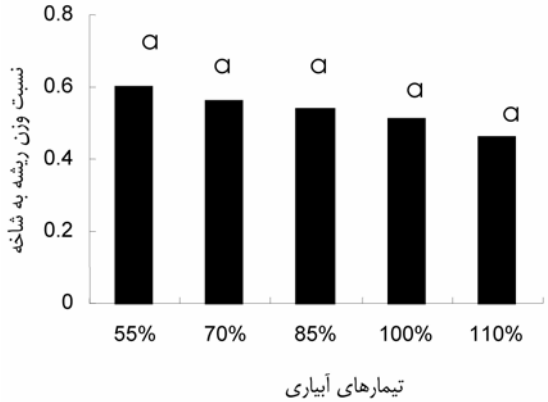


شکل ۳- میانگین وزن خشک ریشه در طول مراحل نمونه برداری (میانگین تیمارها)

به دلیل یکسان بودن روند افزایش پارامترها (وزن مرطوب و خشک، طول، حجم و سطح ریشه) با تیمارها از ذکر همه نمودارها صرف‌نظر گردیده و فقط نمودار مربوط به رابطه وزن خشک ریشه و تیمارهای آبیاری کاربردی به عنوان نمونه ذکر شده است.

نسبت وزن ریشه به شاخه

افزایش مقدار آب آبیاری بر نسبت وزن ریشه به شاخه اثر منفی داشت به طوری‌که با افزایش مقدار آب آبیاری نسبت وزن ریشه به شاخه کاهش یافت و از حدود ۰/۶۵ در تیمار ۵۵ درصد نیاز آبی به حدود ۰/۴۵ در تیمار ۱۱۰ درصد نیاز آبی رسید. هر چند نتایج تجزیه واریانس تیمارها نشان داد که این تغییرات معنی‌دار نبودند (شکل ۴). با افزایش رطوبت، رشد قسمت های هوایی بیش از ریشه افزایش یافت که این به معنی کاهش نسبت وزن ریشه به شاخه می‌باشد. تنش ابتدا از قسمت‌های هوایی گیاه شروع می‌شود و اندام هوایی بیش از ریشه‌ها در معرض تنش قرار دارد. همچنین از آنجاکه بیوماس ریشه‌ها کمتر از قسمت‌های هوایی گیاهان است، کمبود آب بر ریشه‌ها کمتر از قسمت‌های هوایی گیاهان تأثیر می‌گذارد (۱۳). بیشترین مقدار نسبت وزن ریشه به شاخه در تیمار ۵۵ درصد نیازآبی مشاهده گردید. میانگین تیمارها در مراحل نمونه‌گیری نشان داد که در هر سه مرحله نمونه‌برداری تیمار آبی ۵۵ درصد نیازآبی دارای بیشترین مقدار نسبت وزن ریشه به شاخه می‌باشد. مقایسه میانگین کل نسبت وزن ریشه به شاخه در هر مرحله نیز نشان داد که مرحله اول نمونه‌برداری با میانگین نسبت وزن ریشه به شاخه ۰/۶۲ بیشترین مقدار و مرحله دوم با میانگین ۰/۴۸ کمترین مقدار نسبت وزن ریشه به شاخه را دارا بودند (شکل ۶). رابطه عملکرد با نسبت وزن ریشه به شاخه ریشه منفی می‌باشد (r = −۰/۸۳) و با افزایش عملکرد این نسبت کاهش یافت (شکل ۵).

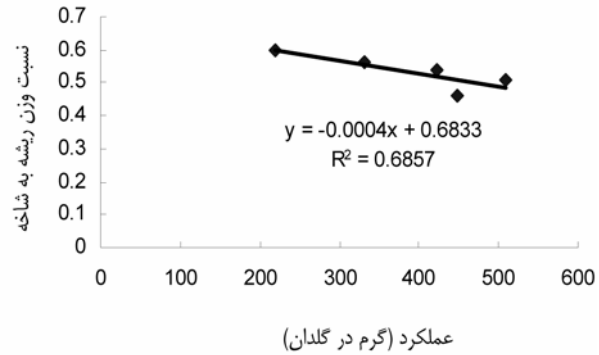


شکل ٤- رابطه بین تیمارهای آبیاری و نسبت وزن ریشه به شاخه در مجموع سه مرحله نمونه‌برداری (هر ستون میانگین ۹ عدد می‌باشد)

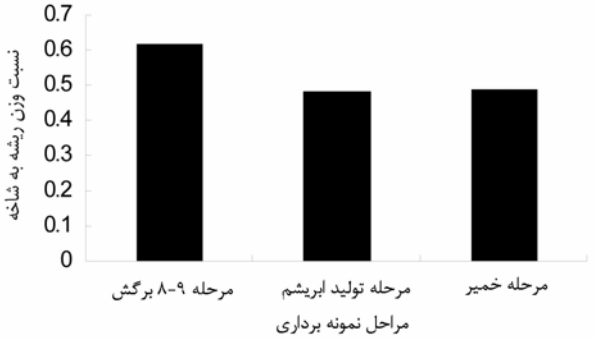
عملکرد کل

نتایج حاکی از تأثیر مثبت افزایش مقدار آب آبیاری بر میزان عملکرد کل می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس تیمارها نشان داد که عملکرد کل ذرت نسبت به تیمارهای آبیاری در سطح یک درصد

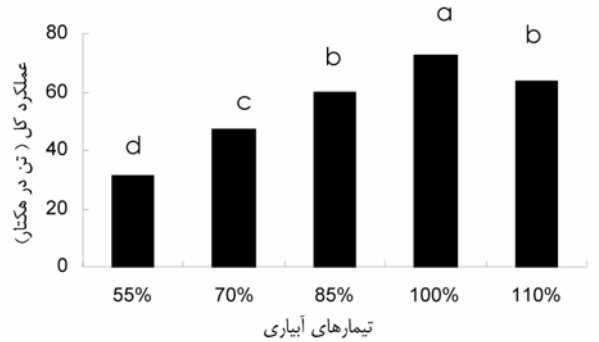
معنی‌دار می‌باشد. مقایسه میانگین‌های عملکرد بر اساس آزمون دانکن نشان داد که تیمارآبی ۱۰۰ درصد نیازآبی با میانگین ۷۲/۱۴ تن در هکتار بیشترین و تیمارآبی ۵۵ درصد نیازآبی با میانگین ۳۱/۱۲ تن در هکتار کمترین میزان عملکرد را دارند (شکل ۷).



شکل ۵- رابطه بین نسبت وزن ریشه به شاخه و عملکرد تر



شکل ٦ – میانگین نسبت وزن ریشه به شاخه در طول مراحل نمونه برداری



شکل ۷- رابطه بین تیمارهای آبیاری و عملکرد کل در مرحله سوم نمونه‌برداری

نتایج آزمایش حاکی از آن است که در مورد اکثر پارامترها تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای۷۰، ۸۵، ۱۰۰ و ۱۱۰ درصد نیاز آبی مشاهده نشد ولی بین تیمارهای ۸۵، ۱۰۰ و ۱۱۰ درصد نیاز آبی و تیمار ۵۵ درصد نیاز آبی تفاوت‌ها معنی‌دار بود.

تنش آبی به طور محسوسی باعث کاهش وزن مرطوب و خشک ریشه، حجم، سطح و طول ریشه گردید. این نتایج با نتایج Marais و Wiersma (۱۶) و Oliver و Barber (۱۹) همخوانی داشت. این محققان در آزمایش‌های خود به این نتیجه رسیدند که وجود رطوبت مناسب و کافی رشد ریشه را افزایش داد و با فاصله از مقدار بهینه رطوبت رشد ریشه کاهش پیدا کرد. نتایج این تحقیق نشان داد که تنش آبی، همچنین باعث کاهش عملکرد شد که این کاهش عملکرد در اثر وجود تنش آبی و در نتیجه کاهش در مقدار توسعه ریشه‌ها، در تحقیقات William (۲۱) و Wolf و همکاران (۲۲) نیز گزارش شده است. همچنین Asseng و همکاران (۸) نیز کاهش رشد ریشه‌ها و محدود شدن آنها به لایه‌های بالایی خاک در اثر کمبود آب را در تحقیقات خود گزارش کردند. مقادیر بیش از حد مطلوب نیازآبی باعث شستشوی خاک شده و عناصر و مواد غذایی موجود در خاک را از دسترس ریشه خارج می‌کند. همانطور که در نمودار مربوط به رابطه پارامتر مورد اندازه‌گیری و عملکرد (شکل ۲) مشاهده می‌شود، این کاهش در توسعه ریشه‌ها در اثر فاصله یافتن از مقدار مطلوب آب آبیاری بر عملکرد نیز تأثیرگذار بود و در مورد اکثر پارامترها حداکثر عملکرد در تیمار ۱۰۰ درصد نیازآبی مشاهده شد و در تیمار بالاتر (۱۱۰ درصد نیازآبی) عملکرد کاهش یافت. زیادی آب آبیاری نیز رشد و توسعه ریشه‌ها را محدود می‌کند زیرا آب اضافی علاوه بر شستشوی املاح و مواد غذایی مورد نیاز گیاه از خاک و خارج نمودن آنها از دسترس ریشه، باعث کمبود اکسیژن در دسترس ریشه‌ها شده و تهویه خاک را محدود می‌کند و خفگی ریشه را به دنبال خواهد داشت. همانطور که نتایج این تحقیق نشان می‌دهد، تنش رطوبتی، افزایش نسبت ریشه به شاخه را به دنبال داشت (شکل ۴). ریشه‌ها به علت نزدیکی به منبع آب و مواد غذایی اولین فرصت را برای استفاده از آب و مواد غذایی دارند در حالی‌که در مورد استفاده از مواد فتوسنتزی تشکیل شده در ساقه آخرین شانس را دارند. به همین دلیل تأثیر کاهش آب و مواد معدنی روی ریشه در مقایسه با قسمت‌های هوایی کمتر می‌باشد که این امر افزایش نسبت ریشه به شاخه در اثر وقوع تنش آبی را به دنبال خواهد داشت. افزایش نسبت وزن ریشه به شاخه در نتیجه وقوع تنش آبی در تحقیقات Guo و همکاران (۲۰۰۲) نیز گزارش شده است. هر چند این محققان نیز بیان داشتند که ریشه‌های توسعه یافته تحت شرایط رطوبتی کم در مقایسه با ریشه‌های توسعه یافته تحت شرایط رطوبتی مطلوب، ریزترند و انشعابات کمتری دارند و عمق نفوذ آنها نیز کمتر است. در حالی‌که در شرایط مرطوب عمق ریشه‌دوانی بیشتر خواهد بود. آنها همچنین کاهش جوانه‌زنی و محدودیت سرعت طویل شدن ریشه را با افزایش تنش رطوبتی گزارش کردند. نتایج آزمایش نشان داد که میانگین پارامترهای مورد اندازه‌گیری در مرحله خمیری نسبت به مراحل دیگر رشد مورد

بررسی، بیشتر بود (شکل ۳). ولی مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون دانکن نشان داد که بین این مرحله و مرحله تولید ابریشم تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود نداشت. سرعت طویل شدن ریشه‌ها و همچنین سرعت افزایش در سایر پارامترهای مورد اندازه‌گیری پس از مرحله تولید ابریشم کاهش یافت. به نظر می‌رسد این امر به دلیل نیاز بیشتر قسمت‌های زایشی گیاه به آب و مواد غذایی پس از مرحله تولید ابریشم باشد. این امر سبب انتقال بیشتر آب و مواد غذایی از ریشه به قسمت‌های هوایی و اندام‌های زایشی گیاه گردیده است و نتیجه آن کاهش سرعت رشد ریشه‌ها بوده است. این کاهش در سرعت رشد پس از مرحله تولید ابریشم، توسط Xue و همکاران (۲۳) نیز گزارش شده است.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به اینکه در این تحقیق تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای ۷۰، ۸۵، ۱۰۰ و ۱۱۰ درصد نیازآبی مشاهده نشد، استفاده از تیمار ۷۰ درصد نیازآبی به جای مقادیر بیشتر آب آبیاری به منظور صرفه‌جویی در مصرف آب پیشنهاد می‌گردد. با توجه به محدودیت امکانات موجود برای اعمال تیمارهای آبی در شرایط مزرعه ترجیح داده شد این تحقیق در گلخانه انجام گیرد اما به دلیل کمبود منابع آب و لزوم استفاده بهینه از منابع آب موجود پیشنهاد می‌گردد این آزمایش در مزرعه و در شرایط مکانیزه نیز انجام گیرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه تربیت مدرس برای تأمین وسایل و امکانات گلخانه‌ای و آزمایشگاهی در طول مراحل انجام این تحقیق صمیمانه قدردانی می‌گردد.

منابع

۱- احیایی م. و بهبهانی زاده ع.ا. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک (چاپ اول). نشریه فنی شماره ۸۹۳، مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.

۲- ضیائیان ع. و ملکوتی م. ج. ۱۳۸۰. ضرورت اعمال بهینه کود در راستای افزایش عملکرد و بهبود کیفیت ذرت. نشریه فنی شماره ۲۰۲ ایران، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران. ۲۱ ص.

۳- علیزاده ا. ۱۳۸۴. بهینه‌سازی سند ملی الگوی مصرف آب کشاورزی ایران، نیاز خالص آبیاری محصولات زراعی و باغی ایران. پروژه ویژه توسعه تحقیقات، سازمان هواشناسی کشور، وزارت جهاد کشاورزی.

۴- علیزاده ا. ۱۳۸۰. رابطه آب و خاک و گیاه. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، ۳۵۳ ص.

۵- قاجار سپانلو م.، سیادت ح. ، میر لطیفی م. و میرنیا س. خ. ۱۳۷۹. اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و کارآیی مصرف آب و مقایسه چند شاخص مقاومت به خشکی در ۴ رقم گندم. مجله علوم خاک و آب، جلد ۱۲، شماره ۱، ۹۷-۸۶.

۶- مردانی بلداجی ا. ۱۳۸۲. مدیریت منابع آب و مقابله با خشکی در کشاورزی. فصلنامه علمی- ترویجی خشکی و خشکسالی کشاورزی، شماره ۹، ۳۹-۳۴.

7- Adiku S. G. K., Lafontaine, H. O., and T. Bajazet, 2001. Patterns of root growth and water uptake of a maize-cowpea mixture grown under greenhouse conditions. Plant and Soil 235: 85–94.

8- Asseng S., Ritchie J. T., Smucker A. J. M. and Robertson M. J. 1998. Root growth and water uptake during water deficit and recovering in wheat. Plant and Soil 201: 265–273.

9- Bingru H. and G. Hongwen, 2000. Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivars. Crop Science 40: 196-203.

10- Dwyer L. M., Stewart D. W. and Balchin D. 1988. Rooting characteristics of corn, soybean and barley as a function of available water and soil physical characteristics. Can. J. Soil Sci. 68: 121-132.

11- Guo G. SH., Liu SH. Q., An, S. X. Ren and Lin R. N. 2002. Effect of limited water supply on root growth and development of winter weat and the characters of soil moisture use before planting. J. Appl. Meterol. 13 (5): 621-626.

12- Jodari-Karimi F. 1981. Root distribution of alfaalfa (*Medicago Sativa* L.) as influenced by varying depths of irrigation. Dissertation, Mississippi State University.

13- Kmoch H. G., Raming R. E., Fox R. L. and Koelher F. E. 1957. Root development of winter wheat as influenced by soil moisture and nitrogen fertilization. Agron. J. 49: 20-85.

14- Kovar J. L. 2001. The role of roots in maximum soil productivity. Fluid online Journal, www.fluidjournal.org.

15- Laboski C. A. M., Dowdy, R. H., Allmars, R. R. and J. A. Lamb, 1998. Soil strength and water content influences on corn root distribution in a sandy soil. Plant and Soil 203: 239-247.

16- Marais J. N. and Wiersma D. 1975. Phosphorous uptake by soybean as influenced by moisture stress in the fertilized zone. Agron. J. 67: 777–781.
17- Martin J. H., Leonard W. H. and Stamp D. C. 1976. Principles of field crops production. 3rd ed., Macmillan, New York.
18- Mengel D. 1983. Roots, growth and nutrient uptake. Department of Agronomy publication. Agry-95-08 (Rev.May-95).
19- Oliver S. and Barber S. A. 1966. An evaluation of the mechanisms governing the supply of Ca and Na to soybean roots. Soil Sci. Soc. A. J. 30: 82–84.
20- Russel R. Scott. 1977. Plant root systems (the function and interaction with the soil), McGraw-Hill, NewYork, London, 298 p.
21- William D. 1998. Role of water stress in yield variability. Intergraterd Crop Management. Iowa State University.
22- Wolf, D. W., Fereres E. and Ronald E. Voss, 1983. Growth and yield response of two potato cultivars to various levels of applied water. Irrig. Sci. 3: 211-222.
23- Xue Q., Zhu Z., Musick J. T., Stewart B. A. and Dusek D. A. 2003. Root growth and water uptake in winter wheat under deficit irrigation. Plant and Soil 257: 151-161.

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 3, July-Aug 2010, p. 557-564

نشریه آب و خاک
جلد ۲۴، شماره ۳، مرداد - شهریور ۱۳۸۹، ص. ۵۶۴-۵۵۷

Assessing Different Soil Water Contents on Corn Root Development

R. Khalili-Rad[1*]- S.K. Mirnia[2]- H.A. Bahrami [3]

Abstract

Plant roots absorb water and minerals from soil solution. Plant production is a function of root distribution and its activity in soil. By increasing root density in soil unit volume, roots absorb more water and minerals. This implies that knowledge of root development is an important factor for crop production. To determine the most suitable amount of water for the maximum development of corn (*Zea mays* L.) root, a greenhouse experiment was conducted in 2006-07. Water was applied in 55, 70, 85, 100 and 110 percent of water demand. The total corn roots were taken from the all pots in three stages: i.e. 8-9 leaves, the silk production and the dough. Wet and dry weights, volume, surface area and length of roots were measured in all three stages. In addition, ratio of root by dry matter of stem was calculated. The results revealed that weight, volume, surface area and length of roots were increased by increasing in the amount of water applied up to 100% water demand. A significant difference (5%) was found between treatments 85, 100, and 110% water demand with treatment 55% water demand, By an increase in the amount of water applied, the ratio of root to stem was decreased. It means, when water use is in optimum level, the root growth is stimulated, otherwise it is limited. It is concluded that optimum efficiency of water is taken with using 70 percent of water demand instead of 100 or 110 percent.

Keywords: Corn (*Zea mays* L.), Root development, Water demand, Water stress

1,2,3- MSc Graduated Student, Associate Professors, Tarbiat Modares University, Tehran, Respectively
(*-Corresponding author Email: r_kalilirad@yahoo.com)