بررسی روند رشد ریشه گیاه ذرت در دو روش کم آبیاری

زهرا صدرانسب، علی شاهنظری [۱]*، میرخالق ضیاتبار احمدی و فاطمه کاراندیش

دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
Zahra_Sadranasab@yahoo.com
استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
aliponh@yahoo.com
استاد گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
mzahmadi@yahoo.com
استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه زابل.
Karandish_h@yahoo.com

چکیده

مدیریت مصرف آب، یکی از مهمترین عوامل تاثیرگذار بر روند رشد ریشه می‌باشد. در این پژوهش، روند تغییرات زمانی و مکانی ریشه ذرت تحت تیمارهای آبیاری کامل (FI)، آبیاری ناقص ریشه در دو سطح ۷۵٪ ($PRD_{75\%}$) و ۵۵٪ ($PRD_{55\%}$) و کم‌آبیاری تنظیم‌شده در دو سطح ۷۵٪ ($RDI_{75\%}$) و ۵۵٪ ($RDI_{55\%}$) در قالب یک طرح بلوک کامل تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای اندازه‌گیری شده ریشه شامل حجم، طول، سطح، وزن تر و خشک در محدوده های عمقی ۱۰ سانتی‌متری تا عمق یک متر و در فواصل افقی محل لترال اول (R1)، ۱۸/۷۵ (R2)، ۳۷/۵ (R3)، ۵۵ (R4) و ۷۵ (R5) سانتی‌متر بعد از لترال اول بود. عمق آب مصرفی در کل فصل رشد در تیمار آبیاری کامل برابر ۵۳۱ میلی‌متر بوده و در تیمارهای $PRD_{75\%}$ و $RDI_{75\%}$، ۱۷/۳ درصد و در تیمارهای $PRD_{55\%}$ و $RDI_{55\%}$، ۳۱/۳ درصد کاهش یافت. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار صفات ریشه به ترتیب متعلق به تیمارهای $PRD_{75\%}$ و $RDI_{55\%}$ بود. همچنین بخش اعظم ریشه در تمام تیمارها در محدوده عمقی ۲۰-۰ سانتی‌متر و فاصله افقی پای بوته تا ۲۰ سانتی‌متر از طرفین آن گسترده شده بود. کم‌ترین مقدار صفات ریشه در محل R3 در محدوده عمقی ۶۰-۵۰ سانتی‌متری در تیمارهای RDI و در محدوده عمقی ۷۰-۶۰ سانتی‌متری در تیمارهای PRD بدست آمد. اختلاف معنی‌داری بین پارامترهای ریشه در تیمارهای $PRD_{75\%}$ و $RDI_{75\%}$ در مقایسه با FI مشاهده نشد. به این ترتیب، اعمال تیمارهای $PRD_{75\%}$ و $RDI_{75\%}$ ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب، با توسعه یک سامانه ریشه مناسب، امکان استفاده بهتر از رطوبت موجود در خاک را علیرغم اعمال تنش رطوبتی فراهم می‌آورد.

واژه‌های کلیدی: تنش رطوبتی، کارآیی مصرف آب، کم آبیاری تنظیم شده، خشکی موضعی ریشه

---

۱ –آدرس نویسنده مسئول: مازندران، ساری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، گروه مهندسی آب

* دریافت: آذر ۱۳۹۰ و پذیرش: مرداد ۱۳۹۳

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

توزیع ریشه بر جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاه موثر است. بنابراین تشخیص عوامل محدود کننده رشد ریشه و اطلاع از چگونگی توسعه وتشخیص نوع عکس‌العمل آن در پاسخ به تغییرات محیطی امری ضروری در راستای افزایش جذب آب و عناصر غذایی از خاک و به دنبال آن، افزایش عملکرد محصول محسوب می‌گردد (لابوسکی و همکاران، ۱۹۹۸، مارتین و همکاران، ۱۹۷۶). نتایج برخی از تحقیقات نشان می‌دهد که وجود رطوبت مناسب و کافی در خاک، رشد ریشه را افزایش می‌دهد و همچنین با کاهش مقدار رطوبت خاک از حد مطلوب آن، رشد ریشه کاهش پیدا کرده و در نتیجه باعث کاهش پارامترهای مهم آن از جمله حجم، طول، سطح و وزن خشک ریشه می‌گردد (رضایی و همکاران، ۱۳۹۱، کانگ و همکاران، ۲۰۰۲، ماریاس و ویرسما، ۱۹۷۵).

مدیریت آب آبیاری از جمله مهمترین عوامل تاثیرگذار بر روند رشد و توزیع ریشه می‌باشد. تامین رطوبت خاک در حد مطلوب قادر است تا سامانه ریشه گسترده‌ای ایجاد نموده و زمینه جذب آب و عناصر غذایی در حد کفایت از خاک را فراهم آورد. با این وجود، مساله بحران آب، تامین کامل نیاز آبی گیاه و فراهم آوردن شرایط ایده‌آل به‌منظور رشد ریشه را با مشکل مواجه ساخته است.

لذا در سال‌های اخیر، روش‌های نوین آبیاری با رویکرد مقابله با این معضل جهانی و در راستای افزایش شاخص بهره‌وری آب آبیاری شکل گرفته که از آن میان، می‌توان به روش‌های کم آبیاری تنظیم شده (RDI[2]) و خشکی موضعی ریشه (PRD[3]) اشاره نمود. در روش کم‌آبیاری تنظیم شده میزان آب داده شده به گیاه کمتر از حد مورد نیاز آن بوده و این تنش، در دوره‌های غیرحساس رشد گیاه اعمال می‌گردد. تاثیر منفی اعمال تیمارهای کم‌آبیاری معمولی و تنظیم شده در کاهش شاخصه‌های مهم رشد ریشه هم‌چون وزن خشک، مساحت ونسبت ریشه به شاخه، در برخی منابع دیگر گزارش شده است (شاهنظری و همکاران، ۲۰۰۷، ادیکو و همکاران، ۲۰۰۱، رایت و اسمیت، ۱۹۸۷).

در روش خشکی موضعی ریشه، منطقه ریشه به نواحی مختلف تقسیم و در هر نوبت آبیاری، یک و یا چند ناحیه مرطوب شده و نواحی دیگر خشک رها می‌شود. تکرار متناوبی این روش می‌تواند تغییراتی در ساختار فیزیولوژیک گیاه ایجاد نماید که آن را از روش کم‌آبیاری تنظیم شده متمایز می‌سازد (لیو و همکاران، ۲۰۰۷). افزایش میزان کارایی مصرف آب آبیاری و عملکرد محصول در نتیجه اعمال آبیاری ناقص ریشه در مقایسه با کم‌آبیاری معمولی در نتایج مطالعات بسیاری ارایه شده است (سپاسخواه و کامگرحقیقی، ۱۹۹۷، کانگ و همکاران، ۲۰۰۲، لیو و همکاران، ۲۰۰۷، سپاسخواه و احمدی، ۲۰۱۰). یکی از مهمترین دلایل برتری PRD در حفظ محصول و افزایش کارایی مصرف آب در پژوهش-های پیشین، تغییر سیستم ریشه تحت این شیوه نوین آبیاری گزارش شده است.

کانگ و زانگ (۲۰۰۴) بیان داشتند که PRD می‌تواند زمینه تولید ریشه‌های ثانویه و توسعه ریشه‌های اولیه را فراهم آورده و در نهایت منتج به افزایش جذب آب گردد. افزایش جرم خشک ریشه در شرایط PRD در نتایج مطالعات سپاسخواه و احمدی (۲۰۱۰) و لیو و همکاران (۲۰۰۷) نیز ارایه شده است. بسیاری از محققان تمایل ریشه به توسعه عمودی به لایه‌های عمیق‌تر خاک و افزایش تراکم ریشه در هر لایه از خاک در مقایسه با کم-آبیاری معمولی و آبیاری کامل را گزارش نموده‌اند (پونی و همکاران، ۱۹۹۲، استونسون و لایدلاو، ۱۹۸۵).

این محققان بر این باورند که یکی از مهمترین دلایل افزایش محصول و متعاقبا کارایی مصرف آب از خاک در تیمار PRD، افزایش شدت جذب آب از خاک به دلیل خشک نگاه داشتن متناوب و متعاقبا تغییر در

[2] Regulated deficit irrigation

[3] Partial rootzone drying

Archive of SID

www.SID.ir

سیستم ریشه ریشه می‌باشد (لیانگ و همکاران، ۱۹۹۶). به این ترتیب پرواضح است که سیستم ریشه، نقش مهمی در حفظ شادابی و عملکرد گیاه داشته و شناخت دقیق روند رشد و نحوه پراکنش مکانی آن در شرایط تکنیک‌های نوین آبیاری همچون PRD می‌تواند کمک شایانی در مدل‌سازی جذب آب و تعیین حد بهینه کاهش حجم آب ورودی به منظور جلوگیری از کاهش معنی‌دار جذب آب و متعاقبا محصول تحت این تکنیک نوین نماید.

با این وجود، مروری بر تحقیقات گذشته نشان داد که علی‌رغم اهمیت بررسی نحوه عکس‌العمل ریشه گیاه به شرایط تنش در تیمارهای خشکی موضعی ریشه و تئوری متفاوت این شیوه نوین آبیاری با کم‌آبیاری تنظیم شده، تا کنون تحقیق جامع و کاملی در مقیاس دو بعدی روی روند تغییرات زمانی و مکانی سامانه ریشه تحت این تیمار صورت نگرفته است. لذا در این پژوهش، به بررسی تاثیر اعمال تیمارهای کم‌آبیاری تنظیم شده و کم‌آبیاری موضعی ریشه روی روند تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای موثر رشد ریشه پرداخته شده است.

مواد و روش ها

این پژوهش در فصل زراعی ۱۳۹۰ در زمینی به ابعاد ۱۵×۵۵ متر در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (به طول و عرض جغرافیایی ۵۳/۰۴ درجه شرقی و ۳۶/۳۳ درجه شمالی) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با پنج تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارهای آبیاری شامل آبیاری کامل (FI)، آبیاری موضعی ریشه در دو سطح ۵۵ و ۷۵ درصد (PRD_{55} و PRD_{75})، و کم‌آبیاری تنظیم شده در دو سطح ۵۵ و ۷۵ درصد (RDI_{55}, RDI_{75}) بودند. خصوصیات خاک منطقه در جدول (۱) ارایه شده است.

جدول ۱- خصوصیات خاک منطقه مطالعاتی تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متری

محدوده‌عمقی(cm)	بافت	ظرفیت‌زراعی (٪حجمی)	نقطه‌پژمردگی(٪حجمی)	چگالی‌ظاهری(٪) (gr/cm3)
۰-۲۰	لوم رس شنی	۳۰	۱۵	۱/۴
۲۰-۴۰	لوم رسی	۳۲	۱۴	۱/۳۸
۴۰-۶۰	لوم رسی	۳۲	۱۴	۱/۳۵
۶۰-۸۰	لوم رسی	۳۲	۱۴	۱/۳۷
۸۰-۱۰۰	لوم رسی	۳۲	۱۴	۱/۳۷

رقم ذرت ۷۰۴ سینگل کراس در اوایل خرداد ماه در عمق پنج سانتی‌متر از سطح خاک و با فواصل ۷۵ سانتی‌متر بین ردیف و ۲۰ سانتی‌متر روی ردیف کشت شده و دوره رشد آن تا زمان رسیدن دانه‌ها، به مدت تقریبی چهار ماه بود. روش آبیاری در این تحقیق، آبیاری قطره‌ای سطحی به‌وسیله لوله‌های درپیردار با فواصل قطره‌چکان ۲۰ سانتی‌متر و دبی دو لیتر بر ساعت بود. آبیاری تیمار FI به صورت یک روز درمیان و با هدف رساندن میزان رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی انجام و نیاز آبی گیاه در این تیمار با استفاده از رابطه ذیل محاسبه شد:

$$I_n = \sum_{i=1}^{m} (W_{FCi} - W_{BIi}) \times D_i \quad (۱)$$

که در این رابطه:

W_{FCi} مقدار رطوبت حجمی خاک در حد ظرفیت زراعی (٪)، W_{BIi} میزان رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری (٪)، D_i عمق خاک آبیاری شده به میلی‌متر و i شماره لایه می‌باشد. میزان رطوبت موجود در خاک قبل از هر نوبت آبیاری با استفاده از رطوبت‌سنج الکترومغناطیس (TDR) قرائت شد. حجم آب ارایه شده در تمام تیمارها از زمان کاشت تا ۴۰ روز بعد از آن (زمان شروع اعمال تیمار) یکسان بوده و از آن به بعد، میزان عمق آب ارایه شده در تیمارهای $PRD_{75\%}$ و $RDI_{75\%}$ برابر ۷۵٪ و در

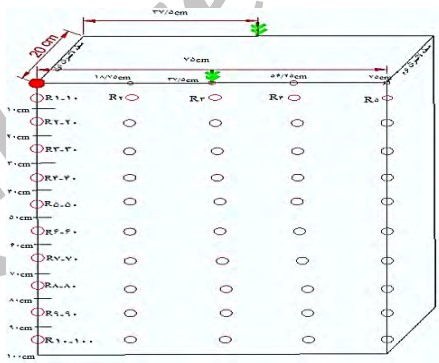
Archive of SID

www.SID.ir

تیمارهای $PRD_{55\%}$ و $RDI_{55\%}$ برابر ۵۵٪ عمق آب محاسبه شده در رابطه یک بود. نظر به اینکه قطره چکان-های مورد استفاده در این تحقیق دارای دبی ثابت دو لیتر بر ساعت بود، لذا تامین عمق آب آبیاری مورد نظر بر اساس تنظیم مدت زمان آبیاری صورت گرفت.

علاوه بر آن، به منظور حصول اطمینان از ورود آب کافی، در ابتدای هر لوله نیمه اصلی، کنتورهایی قرار داده شد که با قرائت آنها قبل و بعد از آبیاری، حجم آب ورودی کنترل می‌شد. زمان شیفت آبیاری از بخش تر به خشک در تیمارهای آبیاری موضعی ریشه پس از هر سه نوبت آبیاری صورت می‌گرفت. به منظور اعمال تیمارهای آبیاری لترال‌های آبیاری بین ردیف‌های کشت قرار گرفتند.در آبیاری کامل و تیمارهای کم‌آبیاری تنظیم شده در هر نوبت آبیاری به طور همزمان در همه لترال‌ها جریان وجود داشت، در حالیکه در تیمارهای آبیاری موضعی ریشه، در هر نوبت آبیاری، تنها در نیمی از لترال‌ها جریان وجود داشت. به‌منظور تعیین توزیع دو بعدی رشد ریشه در تیمارهای مختلف، از زمان اعمال تیمار تا انتهای فصل رشد، هر ۱۵ روز یک بار (در تاریخهای ٥٤ ، ٦٧ ، ٨١ و ٩٤ روز بعد از کاشت) نمونه‌برداری از خاک در تمام تیمارها با استفاده از اوگر دو اینچی در فواصل عمقی ۱۰ سانتی‌متری از سطح خاک و در محل لترال اول (R1)، ۱۸/۷۵ (R2)، ۳۷/۵(R3)، ٥٦/٢٥ (R4) و ۷۵ (R5) سانتی‌متر بعد از لترال اول شکل (۱) صورت گرفته و پس از جدا نمودن ریشه از خاک، پارامترهای ریشه شامل طول، حجم، سطح، وزن تر و خشک تعیین شد.

به‌منظور تعیین حجم ریشه از قانون ارشمیدس استفاده شد، بدین منظور با قراردادن ریشه‌ها در استوانه‌های مدرج و تعیین میزان تغییر سطح آب، حجم ریشه اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌های ریشه هر تیمار توسط اسکنر اسکن شده و تصاویر بدست آمده در محیط نرم‌افزار اتوکد رقومی شد. در ادامه با استفاده از نقشه‌های رقومی بدست آمده، مجموع طول ریشه‌ها در هر یک از نمونه‌های برداشت شده، تعیین شد. سطح ریشه نیز با فرمول اتکینسون به شرح زیر محاسبه شد (علیزاده، ۱۳۸۳)



شکل ۱- نحوه نمونه‌برداری‌ها از فواصل مختلف

$$\text{سطح ریشه ها}(cm^2) = 2\{[\text{حجم ریشه ها},cc]*\pi*[\text{طول ریشه ها},cm]\}^{0.5} \qquad (۲)$$

وزن مرطوب ریشه‌ها پس از نمونه‌برداری و وزن خشک آنها با قرار دادن نمونه‌ها در آون به مدت ٤٨ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد.داده-های بدست آمده در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و در سطح معنی‌داری پنج درصد صورت گرفت.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج

عمق آب مصرفی

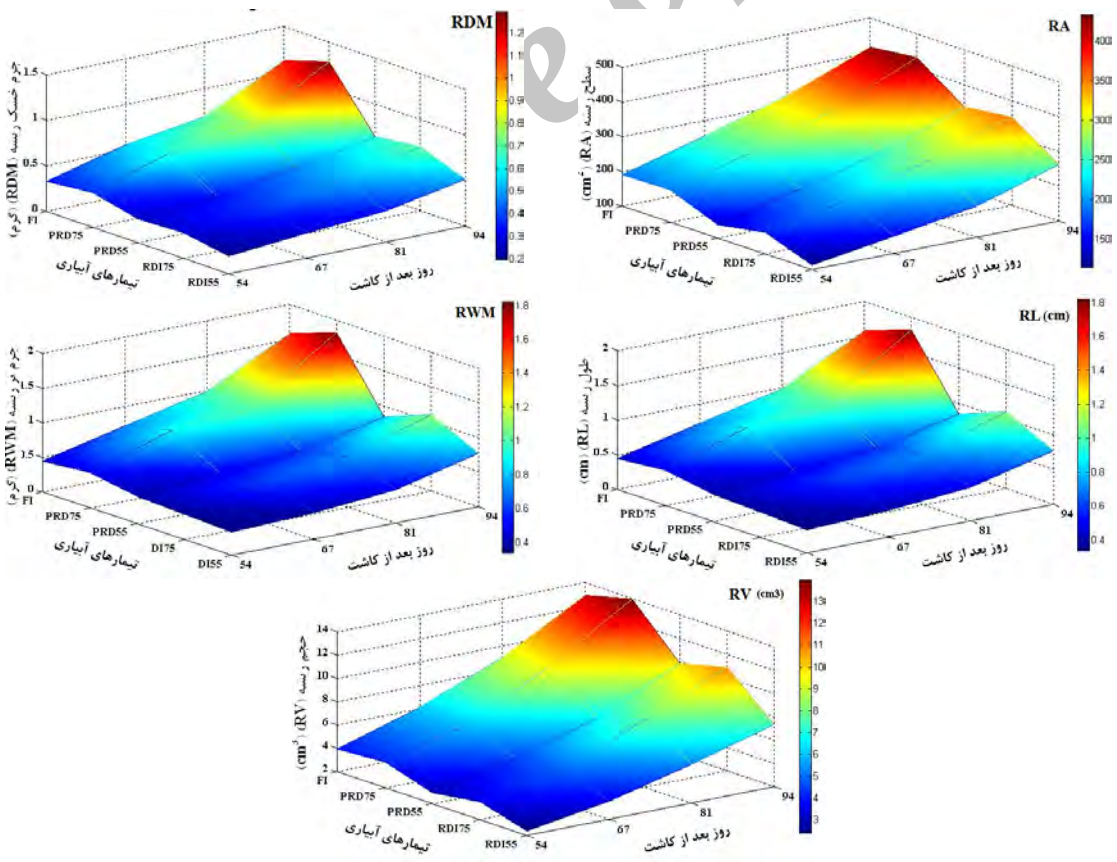
مقادیر آب مصرفی در تیمارهای مختلف در جدول (۲) ارائه شده است. نتایج نشان داد عمق آب مصرفی در تیمار آبیاری کامل برابر ۵۳۱ میلی‌متر بود. همچنین اعمال تیمارهای $PRD_{75\%}$ و $RDI_{75\%}$ منتج به ۱۷/۳ درصد و اعمال تیمارهای $PRD_{55\%}$ و $RDI_{55\%}$ منتج به ۳۱/۳ درصد کاهش حجم آب مصرفی در کل فصل رشد گردید.

جدول ۲- عمق آب مصرفی در تیمارهای آبیاری موضعی ریشه (PRD)، کم‌آبیاری تنظیم شده (RDI) و آبیاری کامل (FI)

تیمار	عمق آب مصرفی (mm)	میزان کاهش مصرف آب در مقایسه با آبیاری کامل (%)
FI کل فصل رشد	۵۳۱	-
FI دوره اعمال تیمار	۳۶۹	-
$PRD_{75\%}$& $RDI_{75\%}$ کل فصل رشد	۴۳۹	۱۷/۳
$PRD_{75\%}$& $RDI_{75\%}$ دوره اعمال تیمار	۲۷۷	۲۵
$PRD_{55\%}$& $RDI_{55\%}$ کل فصل رشد	۳۶۵	۳۱/۳
$PRD_{55\%}$& $RDI_{55\%}$ دوره اعمال تیمار	۲۰۳	۴۵

روند تغییرات زمانی و مکانی ریشه

روند تغییرات زمانی پارامترهای اندازه‌گیری شده ریشه در تیمارهای مختلف و در کل محدوده مورد بررسی در شکل (۲) ارایه شده است. همچنین نتایج آنالیز واریانس دانکن در سطح معنی‌داری پنج درصد برای مقادیر میانگین صفات ریشه در پای بوته برای تیمارهای مختلف در جدول (۳) ارایه شده است.



شکل ۲- روند تغییرات زمانی مقدار کل پارمترهای ریشه در تیمارهای مختلف

www.SID.ir

بررسی نتایج نشان می‌دهد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر صفات ریشه در کل محدوده نمونه‌برداری به ترتیب مربوط به تیمارهای $PRD_{75\%}$ و $RDI_{55\%}$ بود.همچنین بررسی شکل (۲) نشان می‌دهد که میزان صفات ریشه در تیمارهای PRD بالاتر از مقادیر آن در تیمارهای RDI با سطوح مشابه کاهش آب بوده است. از تاریخ ٦٧ روز بعد از کاشت تا انتهای فصل رشد، اختلاف معنی‌داری بین مقادیر حجم و سطح ریشه در تیمارهای FI با تیمارهای $RDI_{55\%}$ و $PRD_{55\%}$ مشاهده شد. این درحالیست که اختلاف بین مقادیر طول و وزن مرطوب ریشه در تیمارهای مذکور، تنها در تاریخ ٩٤ روز بعد از کاشت معنی‌دار شد.

با این وجود، در هیچ یک از تاریخ‌های نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری بین مقادیر وزن خشک ریشه در تیمارهای مختلف مشاهده نشد. بررسی شکل (۲) و جدول (۳) نشان می‌دهد که در هیچ یک از تاریخ‌های نمونه‌برداری، اختلاف معنی‌داری بین مقادیر صفات اندازه‌گیری شده ریشه در تیمارهای FI، $PRD_{75\%}$ و $RDI_{75\%}$ در کل محدوده مورد بررسی مشاهده نشد.

روند تغییرات مکانی پارامترهای اندازه‌گیری شده ریشه در تمام تاریخ‌های نمونه‌برداری و در تمام تیمارها مورد بررسی قرار گرفته و این روند برای صفت حجم ریشه و در آخرین مرحله نمونه‌برداری به عنوان نمونه در شکل (۳) ارایه شده است. بررسی نتایج نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار صفات اندازه‌گیری شده ریشه در تمام محدوده‌های عمقی و در تمام فواصل افقی به ترتیب مربوط به تیمارهای $PRD_{75\%}$ و $RDI_{55\%}$ بود. به علاوه بیش‌ترین تراکم ریشه در تمام تیمارها در محدوده‌های عمقی ۱۰-۰ و کم‌ترین میزان تراکم آن در تیمارهای RDI در محدوده عمقی ٦٠-٥٠ سانتی‌متری و در در تیمارهای FI و PRD در محدوده عمقی ٧٠-٦٠ سانتی‌متری بود. با این وجود، میزان صفات ریشه در تیمارهای PRD در فاصله عمقی یکسان بیش‌تر از مقدار آن در تیمارهای RDI با سطوح مشابه کاهش حجم آب آبیاری بود. به عنوان مثال در آخرین مرحله نمونه‌برداری در محدوده عمقی ۱۰-۰ سانتی‌متری مقادیر حجم ریشه در تیمارهای $PRD_{75\%}$ و $PRD_{55\%}$ به ترتیب ٢٦ و ٣٨ درصد مقادیر بالاتری را در مقایسه با تیمارهای RDI با سطوح کاهش حجم آب مشابه به خود اختصاص دادند.

بررسی نتایج نشان داد که میزان تراکم ریشه در تمام محدوده‌های عمقی در تیمار $PRD_{75\%}$ بیشتر از سایر تیمارها بوده است. همچنین اختلاف معنی‌داری بین مقادیر صفات ریشه در تیمارهای FI، $PRD_{75\%}$ و $RDI_{75\%}$ در سطح پنج درصد وجود نداشت. میزان حجم، طول، سطح، وزن تر و خشک ریشه در تیمار $PRD_{75\%}$ در آخرین مرحله نمونه‌برداری و در محدوده عمقی ۱۰-۰ سانتی‌متری به ترتیب در حدود هشت، دو، ٣/٤، ١٤ و ١٠ درصد بیش‌تر از مقدار آن در تیمار FI بود.

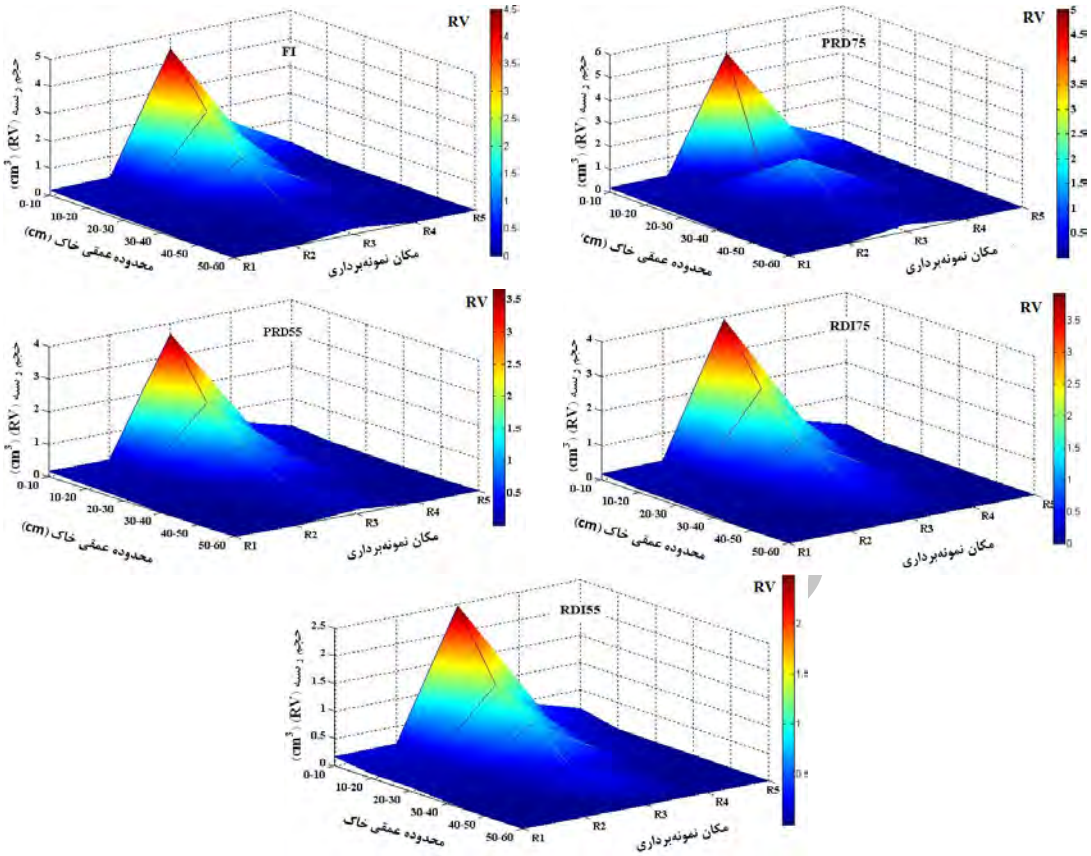
بررسی نتایج نشان داد که صرفنظر از نوع تیمار، بیش‌ترین مقادیر پارامترهای ریشه در مکان نمونه-برداری R3 (پای بوته) و کم‌ترین مقدار آن در تمام تیمارها در مکانهای R1 و R5 توزیع شده است. به عنوان نمونه، در آخرین مرحله نمونه‌برداری در تیمار $PRD_{75\%}$، ٧٥ درصد از کل حجم، ٦٦ درصد از کل طول، ٧٢ درصد از کل سطح، ٩٠ درصد از کل وزن مرطوب و ٩١ درصد از کل وزن خشک ریشه در محل بوته مشاهده شد.

همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که صرفنظر از نوع تیمار، بخش اعظم ریشه در محدوده افقی پای بوته تا ٢٠ سانتی‌متر از طرفین آن توزیع شده و تراکم ریشه از محل بوته تا پای لترال در تمام تیمارها روندی کاهشی داشته است. با این وجود، میزان صفات ریشه در مکانهای R1، R2، R3، R4 و R5 در تیمار $PRD_{75\%}$ بیش‌ترین مقدار را در مقایسه با سایر تیمارها به خود اختصاص داده است. بر اساس نتایج این تحقیق، بیش از ٧٣ درصد از کل مقدار پارامترهای اندازه‌گیری شده ریشه در تیمار $PRD_{75\%}$ در محدوده عمقی ۲۰-۰ سانتی‌متر و در فاصله افقی محل بوته (R3) تا ٢٠ سانتی‌متر از طرفین آن بوده که این رقم به ترتیب به اندازه چهار و هشت

Archive of SID

www.SID.ir

درصد بیشتر از مقدار معادل آن در تیمارهای FI و $RDI_{75\%}$ می‌باشد.



شکل ۳ - روند تغییرات مکانی مقادیر حجم ریشه در تیمارهای مختلف در آخرین مرحله نمونه‌برداری

همچنین بررسی تغییرات مکانی حجم ریشه نشان داد که میزان این صفت در مکانهای R1، R2، R3، R4 و R5 در تیمار $RD_{75\%}$ به ترتیب به اندازه چهار، سه، هشت، ۰/۶ و ۰/۵ درصد بیشتر از مقدار آن در مکانهای متناظر در تیمار FI می‌باشد. این روند در سایر خصوصیات اندازه‌گیری شده ریشه در تیمار $PRD_{75\%}$ نیز تکرار گردید.

بحث

نتایج این تحقیق نشان داد اعمال تنش آبی در تیمارهای کم‌آبیاری تنظیم شده در حد معنی‌داری باعث کاهش حجم، طول، سطح،وزن مرطوب، وزن خشک و عمق نفوذ ریشه می‌گردد. تاثیر منفی اعمال تنش به شیوه کم‌آبیاری تنظیم شده بر کاهش خصوصیات مهم رشد ریشه در مطالعات دیگری نیز گزارش شده است (رضایی و همکاران، ۱۳۹۱، کانگ و همکاران، ۲۰۰۲، ماریاس و ویرسما، ۱۹۷۵، الیور و باربر، ۱۹۶۶). نتایج پژوهش‌های مذکور نشان داد که وجود رطوبت مناسب و کافی در خاک زمینه افزایش رشد ریشه را فراهم آورده و با کاهش میزان رطوبت خاک نسبت به مقدار بهینه آن، رشد ریشه کاهش پیدا می‌کند. استیونسن و همکاران (۱۹۸۵) با تحقیقی روی ریشه شبدر نشان دادند تنش آبی باعث کاهش وزن ریشه می‌گردد.

نتایج تحقیق هاک و همکاران (۱۹۸۸) نشان داد وزن خشک بوته گیاه سویا در تیمار آبیاری شده بیش‌تر از مقدار آن در تیمار بدون آبیاری بود. ادیکو و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که تحت اعمال کم‌آبیاری، سرعت

Archive
www.SID.ir

رشد ریشه‌ها و تراکم آنها محدود و گسترش جانبی آنها کاهش می‌یابد. این نتیجه در مطالعات ویلیام (۱۹۹۸) نیز گزراش شده است. اسنگ و همکاران (۱۹۹۸) نیز کاهش رشد ریشه و محدود شدن آنها به لایه‌های بالایی خاک را در اثر کمبود آب خاک گزارش کردند.

اگرچه اعمال تنش به شیوه کم‌آبیاری تنظیم شده منتج به کاهش معنی‌دار خصوصیات ریشه شده است، اما بررسی نتایج نشان داد که مقادیر اندازه‌گیری شده تمام صفات اندازه‌گیری شده ریشه در تیمارهای آبیاری موضعی ریشه بیشتر از مقادیر متناظر آن در تیمارهای کم‌آبیاری تنظیم شده با سطوح مشابه کاهش آب بود. تاثیر متفاوت اعمال تنش به شیوه آبیاری موضعی ریشه بر خصوصیات رشد ریشه در مطالعات دیگری نیز گزارش شده است (درای و لوئیس، ۲۰۰۰، نورس و نوبل، ۱۹۹۱). درای و لوئیس (۲۰۰۰) نشان دادند که اعمال آبیاری موضعی ریشه الگوی توزیع سامانه ریشه انگور را تغییر داد، بر اساس نتایج ایشان، بخش اعظمی از ریشه در نتیجه‌ی اعمال تیمار آبیاری موضعی ریشه در لایه‌های عمیق‌تر خاک توسعه یافته و در مجموع اعمال این شیوه آبیاری زمینه تولید سامانه ریشه در مقایسه با آبیاری کامل را فراهم آورد. نورس و همکاران (۱۹۹۱) وسپاسخواه و احمدی (۲۰۱۰) بیان داشته‌اند که اگرچه درکم‌آبیاری تنظیم شده نیز گیاه همانند تیمارهای آبیاری موضعی ریشه تحت تنش رطوبتی قرار می‌گیرد، اما شیوه اعمال تنش در سامانه کم‌آبیاری باعث می‌شود تا سامانه ریشه به سمت خاک خشک توسعه یافته ولذا این توسعه باعث تغییرات آناتومیکی مضری در سامانه ریشه چون از بین رفتن اپیدرم، از بین رفتن کورتکس ریشه و از بین رفتن ریشه-های شاداب ثانویه گردد.

همچنین لیانگ و همکاران (۱۹۹٦) بیان کردند آنچه باعث تفاوت بین روش آبیاری موضعی ریشه و کم-آبیاری تنظیم شده می‌شود، متناوب خشک و تر نمودن ریشه در سیستم آبیاری موضعی ریشه می‌باشد و آبیاری مجدد بخشی از ریشه که مدتی خشک باقی مانده است، زمینه لازم برای ایجاد برخی تغییرات فیزیولوژیکی در گیاه را فراهم آورده و میزان و شدت جذب آب از خاک را با ایجاد تغییراتی در سامانه ریشه بهبود می‌بخشد.

افزایش میزان گرادیان هیدرولیکی ریشه‌های قدیمی و تولید ریشه‌های شاداب ثانویه از جمله مهترین تغییراتی است که در نتیجه اعمال تنش به شیوه آبیاری موضعی ریشه در گیاه گزارش شده است (لیانگ و همکاران، ۱۹۹٦، کانگ و همکاران، ۲۰۰۲، کانگ و زانگ، ۲۰۰٤، مارتر و همکاران، ۲۰۰۲). لیو و همکاران (۲۰۰۷) در نتایج پژوهش خود روی گیاه سیب‌زمینی بیان داشتند که اعمال آبیاری موضعی ریشه زمینه افزایش گردایان هیدرولیکی آن را در حدی فراتر از تیمار آبیاری کامل فراهم می‌آورد.

نتیجه‌گیری

می‌توان بیان داشت فایق آمدن فرضیه‌های حاکم بر شیوه مدیریتی اعمال تنش به شیوه آبیاری موضعی ریشه در سطح کاهش ۷۵ درصد، زمینه افزایش ریشه‌های ثانویه و تغییر در سامانه ریشه گیاه را فراهم آورده و در نهایت باعث افزایش حجم، طول، سطح، وزن تر و خشک ریشه‌ها نسبت به سایر تیمارها و توسعه عمقی و عرضی سامانه ریشه شده است. همچنین نتایج این تحقیق، عدم اختلاف معنی‌دار پارامترهای ریشه در تیمار $RDI_{75\%}$ در مقایسه با FI را نیز به اثبات می‌رساند. لذا در راستای استفاده بهینه از منابع آب و افزایش کارآیی مصرف آب، اعمال تیمارهای $PRD_{75\%}$ و $RDI_{75\%}$ ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب، با توسعه یک سامانه ریشه مناسب، امکان استفاده بهتر از رطوبت موجود در خاک را علیرغم اعمال تنش رطوبتی فراهم آورده و راهکار مناسبی برای مقابله با معضل بحران آب و در نتیجه نیل به یک کشاورزی پایدار محسوب می‌گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری که این تحقیق با حمایت و پشتیبانی آن‌ها صورت گرفته است، صمیمانه قدردانی می‌گردد.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات ریشه در تیمارهای مورد آزمایش بر اساس آزمون دانکن در پای بوته *

مرحله نمونه برداری	تیمار	حجم (cm^3)	طول (cm)	سطح (cm^2)	وزن مرطوب (gr)	وزن خشک (gr)
مرحله اول ۵۴ روز بعد از کاشت	FI	۲/۷۱^{a}	۵۰۸/۶۳^{a}	۱۲۶/۰۲^{a}	۰/۳۴^{a}	۰/۲۶^{a}
	$PRD_{75\%}$	۲/۹۷^{a}	۴۸۲/۳۶^{a}	۱۲۷/۹۷^{a}	۰/۳۸^{a}	۰/۲۹^{a}
	$RDI_{75\%}$	۲/۶۱^{a}	۳۸۲/۵۹^{a}	۱۰۹/۹۰^{aD}	۰/۲۹^{a}	۰/۲۱^{a}
	$PRD_{55\%}$	۲/۰۸^{a}	۳۵۳/۷۸^{a}	۸۹/۴۸^{aD}	۰/۳۲^{a}	۰/۲۰^{a}
	$RDI_{55\%}$	۱/۶۹^{a}	۲۶۷/۲۹^{a}	۷۴/۱۰^{D}	۰/۲۹^{a}	۰/۱۵^{a}
مرحله دوم ۶۷ روز بعد از کاشت	FI	۴/۴۹^{a}	۵۸۸/۵۴^{a}	۱۷۴/۹۶^{a}	۰/۵۸^{a}	۰/۴۷^{a}
	$PRD_{75\%}$	۴/۳۳^{a}	۶۱۱/۶۹^{a}	۱۷۲/۲۱^{aD}	۰/۷۴^{a}	۰/۵۳^{a}
	$RDI_{75\%}$	۳/۶۹^{aD}	۴۵۷/۲۱۱^{a}	۱۴۲/۵۳^{aD}	۰/۵۱^{a}	۰/۳^{a}
	$PRD_{55\%}$	۳/۳۰^{Dc}	۴۴۳/۵۴^{a}	۱۳۱/۷۷^{Dc}	۰/۳۹^{a}	۰/۲۶^{a}
	$RDI_{55\%}$	۲/۵۳^{c}	۳۰۱/۳۸^{a}	۹۶/۵۲^{c}	۰/۳۱^{a}	۰/۲۱^{a}
مرحله سوم ۸۱ روز بعد از کاشت	FI	۶/۷۵^{a}	۶۴۲/۶۱^{a}	۲۲۸/۴^{a}	۰/۸۲^{a}	۰/۵۹^{a}
	$PRD_{75\%}$	۷/۳۱^{a}	۶۶۶/۵۴^{a}	۲۲۹/۱۲^{a}	۰/۸۶^{a}	۰/۶۶^{a}
	$RDI_{75\%}$	۵/۸۵^{aD}	۵۳۲/۸۴^{a}	۱۹۲/۶۷^{aD}	۰/۶^{a}	۰/۴^{a}
	$PRD_{55\%}$	۴/۷۵^{D}	۵۲۰/۹۹^{a}	۱۷۱/۸۸^{aD}	۰/۴۶^{a}	۰/۳۷^{a}
	$RDI_{55\%}$	۳/۹۸^{D}	۳۲۲/۶۹^{a}	۱۲۴/۹۲^{D}	۰/۳۸^{a}	۰/۲۶^{a}
مرحله چهارم ۹۴ روز بعد از کاشت	FI	۹/۵۲^{aD}	۷۷۷/۱^{a}	۲۹۶/۱۹^{aD}	۱/۳۸^{aD}	۱/۰۱^{a}
	$PRD_{75\%}$	۱۰/۵^{a}	۷۹۰/۷۳^{a}	۳۰۸/۶۵^{a}	۱/۶۱^{a}	۱/۱۳^{a}
	$RDI_{75\%}$	۸/۳۱^{aD}	۶۲۱/۲۸^{aD}	۲۵۰/۶۳^{aD}	۰/۹۲^{aD}	۰/۵۶^{a}
	$PRD_{55\%}$	۷/۴۵^{Dc}	۶۲۸/۹۲^{aD}	۲۳۹/۱۰^{Dc}	۰/۶۸^{D}	۰/۵۱^{a}
	$RDI_{55\%}$	۵/۳۸^{c}	۳۸۶/۷۷^{D}	۱۸۱/۳۸^{c}	۰/۶۴^{D}	۰/۴۱^{a}

* در هر مرحله میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

فهرست منابع

۱. رضایی، و.، قیصری، م.، مجیدی، م.م.، میرلطیفی، س.م. ۱۳۹۱. تاثیر سطوح مختلف آبیاری بر توسعه ریشه ذرت. یازدهمین همایش ملی آبیاری و کاهش تبخیر. کرمان.

۲. علیزاده، ا. ۱۳۸٤. رابطه آب و خاک . گیاه. چاپ چهارم. انتشارات امام رضا. ٤٧٠ صفحه.

3. Adiku, S.G.K., Lafontaine, H.O., Bajazet, T. 2001. Patterns of root growth and water uptake of a maize – cowpea mixture grown under greenhouse conditions. *Plant and Soil Journal*. 235, 85 – 94.
4. 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(2), 265-273.
5. Dry PR, Loveys BR. 2000. Partial drying of the rootzone of grape. I. Transient changes in shoot growth and gas exchange. *Vitis*. 39, 3–7.
6. Huck, M.G. and Peterson, Curt M. (1988). Predicting root growth and water uptake under different soil water regimes. *Agricultural Systems*. 26, 263-290.
7. Kang, S., Hu, X., Goodwin, I., Jerie, P., 2002a. Soil water distribution, water use, and yield response to partial root zone drying under shallow groundwater table condition in a pear orchard. *Scientia Horticulture*. 92, 277–291.

Archive

www.SID.ir

8. Kang, S., Zhang, J. 2004. Controlled alternate partial root- Zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. *Journal of experimental botany*. 5, 2437–2446.
9. Khalilirad, R., Mirnia, Kh., Bahrami, H.2011. Assessing Different Soil Water Contents on Corn Root Development. *Journal of Water and Soil*. 24(3), 557-564.
10. Laboski, C.A.M., Dowdy, R.H., Allmars, R.R. and Lamb, J.A. (1998). Soil Strength and water content influences on corn root Distribution in a sandy soil. *Plant and Soil Journal*, 203, 239 – 247.
11. Liang J, Zhang J, Wong MH. 1996. Effects of air-filled soil porosity and aeration on the initiation and growth of secondary roots of maize (Zea mays). *Plant Soil*. 186, 245–254.
12. Liu, F., Liang, J., Kang, Sh., Zhang, J., 2007. Benefits of alternate partial root-zone irrigation on growth, water and nitrogen use efficiencies modified by fertilization and soil water status in maize. *Plant and Soil*, 295, 279-291.
13. Martin, J.H., Leonard, W. H. and Stamp, D.C. (1976). Principles of field crops roduction,3rd edition. Macmillan, New York.
14. Marais, J. N. and Wiersma, D. (1975). Phosphorous uptake by soybean as influence by moisture stress in the fertilized zone. *Agronomy Journal*, 67, 777 – 781.
15. Martre P, Morillon R, Barrieu F, North GB, Nobel PS, Chrispeels MJ. 2002. Plasma membrane aquaporins play a significant role during recovery from water deficit. *Plant Physiology*. 130, 2101–2110.
16. North GB, Nobel PS. 1991. Changes in hydraulic conductivity and anatomy caused by drying and rewetting roots of Agave deserti (Agavaceae). *American Journal of Botany*. 78, 906–915.
17. Oliver, S. and Barber, S. A. 1966. An evaluation of the mechanisms governing the supply of Ca and Na to soybean roots. *Soil Science Society of America*. 30, 82 –84.
18. Ponie, S., Tagliavini, M., Neri, D., Scudellari, D., Toselli, M., 1992. Influence of root pruning and water stress on growth and physiological factors of potted apple, grape, peach and pear trees. *Scientia Horticulture*. 52, 223–226.
19. Sepaskhah, A.R., Ahmadi, S.H., 2010. A review on partial root-zone drying irrigation. *International Journal of Plant Production*. 4 (4), 241-258.
20. Stevenson, C. A. and Laidlaw. A. S., (1985). "The effect of moisture stress on stolon and adventitious root development in white clover (Trifolium repens L.). *Plant Soil*. 85, 254-249.
21. Sepaskhah, A.R., Kamgar-Haghighi, A.A., 1997. Water use and yields of sugarbeet grown under every-other furrow irrigation with different irrigation intervals. *Agricultural water management*. 34, 71-79 .
22. Shahnazari, A., Liu, F., Andersen, M.N., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R., 2007. Effects of partial root-zone drying on yield, tuber size and water use efficiency in potato under field conditions. *Field Crops Research*. 100, 117–124.
23. Wright, G. C. and Smith, C. J. (1987). Soybeans root Distribution under wet soil culture on a red –brown earth. *Plant and Soil Journal*. 103, 129 – 133.
24. William, D. (1998). Role of water stress in yield variability. Integrated Crop Management. Lowa State University.

Archive of SID

www.SID.ir