مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره۴۴، شماره۱، بهار۱۳۹۲، ص۴۴-۳۳

بررسی تأثیر آبیاری ناقص ریشه و کم‌آبیاری معمولی بر بهره‌وری آب و عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت

فاطمه کاراندیش[۱]، سید مجید میرلطیفی*[۲]، علی شاهنظری[۳]، فریبرز عباسی[۴]، مهدی قیصری[۵]

۱. دانشجوی دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲. دانشیار دانشگاه تربیت مدرس ، دانشکده کشاورزی، گروه آبیاری
۳. استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۴. دانشیار مؤسسهٔ تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
۵. استادیار دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۲۹ ـ تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۱۱/۷)

چکیده

مسئلهٔ بحران آب در سال‌های اخیر و مصرف بیش از ۷۰ درصد منابع آب شیرین در بخش کشاورزی آب لزوم اصلاح روش‌های آبیاری را، به‌منظور افزایش بهره‌وری آب، آشکار می‌سازد. در این مطالعه تأثیر اعمال پنج تیمار آبیاری کامل (FI)، کم‌آبیاری ناقص ریشه در دو سطح ۷۵ درصد (PRD75) و ۵۵ درصد (PRD55)، و کم‌آبیاری معمولی در دو سطح ۷۵ درصد (DI75) و ۵۵ درصد (DI55) بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت طی دو فصل زراعی ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در سطح مزرعه بررسی شد. نتایج نشان داد اختلاف مقادیر برخی صفات کمّی محصول در تیمارهای PRD با FI کمتر از این اختلاف بین تیمارهای DI با FI بود. میزان عملکرد دانه در تیمار PRD75، به‌مثابهٔ مهم‌ترین جزء اقتصادی، اختلاف معناداری با تیمار آبیاری کامل نداشت و این اختلاف در هر دو سال کمتر از ۱۰ درصد بود. به‌علاوه، اندازه‌گیری مقادیر رطوبت خاک حاکی از آن است که به‌رغم دادن آب کمتر در تیمار PRD75 در مقایسه با FI و وجود تنش رطوبتی مقادیر جذب رطوبت در آن تیمار بیشتر از سایر تیمارهای کم‌آبیاری بود. اعمال تیمار PRD75، ضمن ممانعت از کاهش معنادار عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت و همچنین کاهش ۲۵ درصد مصرف آب در طول دورهٔ اعمال تیمار، موجب افزایش بهره‌وری آب، به‌ترتیب، ۱۶ و ۲۰ درصد افزایش در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ شد و می‌تواند روشی مطمئن برای کنترل مصرف آب در استان مازندران به‌شمار رود.

کلیدواژگان

تنش رطوبتی، ذرت، رطوبت خاک، مازندران.

* نویسنده مسئول : m.mirlatifi@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

بحران آب در سال‌های اخیر در بسیاری از کشورها به یکی از معضلات بسیار مهم تبدیل شده است. مصرف آب در بخش کشاورزی حدود ۷۰ درصد منابع آب شیرین را به خود اختصاص می‌دهد (FAO, 2002; WRI, 2005). در این شرایط، عدم اتخاذ تدبیری مناسب در زمینهٔ کاهش مصرف آب، به‌ویژه در بخش کشاورزی، کاهش دبی جریان رودخانه‌های بزرگ و مهم دنیا و حتی خشکانیدن آن‌ها را به دنبال داشته است (Ma et al, 2003). رسیدن به کشاورزی پایدار نیازمند استفادهٔ بهینه از منابع آب موجود است. میزان محصول، که مهم‌ترین هدف کشاورزی آبی است، تا حد زیادی تابع حجم آب مصرفی است و عدم کاهش معنادار آن در نتیجهٔ اعمال تنش رطوبتی حایز اهمیت بسیار است. اعمال تنش رطوبتی در حالت کم‌آبیاری معمولی می‌تواند موجبات کاهش میزان محصول و بسیاری از اجزای عملکرد آن را فراهم آورد. نتایج بسیاری از مطالعات حاکی از آن است که اعمال تنش رطوبتی به‌صورت کم‌آبیاری معمولی در گیاه ذرت به کاهش میزان عملکرد بیولوژیک (Sepehri et al, 2002; Osborn et al, 2002; Kang and Zhang, 2004; Yazar et al, 2009)، کاهش عملکرد دانه (Denmead and Shawn, 1960; Westgate, 1994)، و کاهش وزن هزاردانه و تعداد کل دانهٔ بلال (Zinselmeier et al, 1995; Smallwood et al, 1999; Cheong et al, 2003; Xiong et al, 2002; Majidian et al, 2007) منتج می‌شود. بنابراین، محققان همواره به دنبال راهی برای جلوگیری از کاهش معنادار محصول در نتیجهٔ اعمال تنش رطوبتی‌اند. کم‌آبیاری ناقص ریشه، که برای اولین بار در کشور استرالیا با مطالعه بر درخت انگور پایه گذارده شد (Dry and Loveys, 1998)، یکی از روش‌های نوین مدیریت آبیاری طی سال‌های اخیر است که تئوری خاص حاکم بر آن این روش را از روش کم‌آبیاری معمولی، که عمدتاً موجب کاهش محصول می‌شود، متمایز ساخته است. در این تکنیک فقط نیمی از ریشه در هر نوبت آبیاری می‌شود و نیم دیگر خشک باقی می‌ماند. بخشی از ریشه که خشک مانده است، به‌مثابهٔ واکنشی فیزیولوژیکی در برابر تنش آبی، مقداری هورمون شیمیایی، با نام آبسسیک اسید، در ریشه تولید می‌کند که انتقال این ماده به شیرهٔ گیاهی موجب قلیایی‌شدن آن و کاهش میزان بازشدگی روزنه می‌شود و موجبات کاهش هدررفت آب را فراهم می‌آورد. فراهم‌ساختن شرایط برای تولید این ماده در ریشه با تر و خشک کردن متناوب آن ایجاد می‌شود (Stoll et al, 2000). نتایج بسیاری از مطالعات حاکی از افزایش میزان بهره‌وری آب و همچنین عدم کاهش معنادار محصول در نتیجهٔ اعمال کم‌آبیاری ناقص ریشه است (Ahmadi et al, 2010; Zegbe and Serna-Pérez, 2011; Posadas, 2008; Shahnazari et al, 2007; Shahnazari et al, 2008; Shani et al, 2006). بابازاده و همکاران (۱۳۸۹) ۵۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش میزان پروتئین دانهٔ ذرت را در نتیجهٔ اعمال آبیاری ناقص ریشه گزارش کرده‌اند. Soltani et al. (2007) نیز افزایش میزان راندمان کاربرد آب و عدم کاهش معنادار وزن خشک تودهٔ هوایی را در نتیجهٔ اعمال تیمار آبیاری ناقص ریشه در مقایسه با آبیاری کامل گزارش کرده‌اند. نتایج تحقیقات Yazar et al. (2009) بر گیاه ذرت حاکی از آن است که بین مقادیر وزن هزاردانه در تیمارهای آبیاری کامل و کم‌آبیاری ناقص ریشه اختلاف معناداری وجود نداشته است. از سوی دیگر، Sepehri et al. (2009) و Majidian et al. (2003) کاهش میزان وزن هزاردانه و عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در گیاه ذرت را نتیجهٔ اعمال کم‌آبیاری

Archive of SID

www.SID.ir

معمولی گزارش کرده‌اند. با وجود این، Kang and Zhang (2004) بر این باورند که به‌رغم برتری‌های روش کم‌آبیاری ناقص ریشه نسبت به روش‌های آبیاری کامل و کم‌آبیاری معمولی متفاوت‌بودن شرایط محیطی در سطح مزرعه ـ همچون شرایط آب وهوایی، خاک، نوع گیاه، نوع و میزان کود و زمان اعمال آن‌ـ می‌تواند بر نتایج حاصل از اعمال تیمار کم‌آبیاری ناقص ریشه تأثیر گذارد. بنابراین لزوم اجرای تحقیقات گوناگون در سطح مزرعه برای اظهار نظر قطعی ضروری به‌نظر می‌رسد. در این مطالعه، تأثیر اعمال کم‌آبیاری ناقص ریشه در مقایسه با آبیاری کامل و کم‌آبیاری معمولی بر میزان عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت در سطح مزرعه و تحت آبیاری قطره‌ای سطحی بررسی شد.

مواد و روش‌ها

طرح مذکور طی دو فصل زراعی ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در زمینی به ابعاد ۸۲۵ متر مربع (15m×55m) واقع در مزرعهٔ پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری بر گیاه ذرت تحت آبیاری قطره‌ای سطحی با فواصل قطره‌چکان ۲۰ سانتی‌متر و دبی ۲ لیتر بر ساعت انجام شد. قبل از انجام‌دادن طرح، یکنواختی دبی قطره‌چکان‌ها و همپوشانی آن‌ها با آبیاری در ساعت‌های مختلف بررسی شد. لترال‌های آبیاری بین ردیف‌های کشت قرار گرفت و در تیمارهای آبیاری کامل و کم‌آبیاری معمولی، در هر نوبت آبیاری، دو طرف ردیف کشت آبیاری شد. اما در تیمارهای آبیاری ناقص، ریشه، در هر نوبت آبیاری، به‌صورت تناوب، فقط یک طرف ردیف کشت آبیاری شد. رقم ذرت ۷۰۴ در عمق ۵ سانتی‌متر از سطح خاک و با فواصل ۷۵ سانتی‌متر بین ردیف و ۲۰ سانتی‌متر روی ردیف کاشت شد. شرایط آب‌وهوایی منطقه براساس طبقه‌بندی اقلیمی در سیستم دومارتن مرطوب[1] با متوسط بارندگی سالیانه ۷۰۰ میلی‌متر است. خواص خاک منطقهٔ مطالعاتی در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. خواص فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقهٔ مطالعاتی

محدودهٔ عمقی (cm)	بافت	ظرفیت زراعی (٪ حجمی)	نقطهٔ پژمردگی (٪حجمی)	چگالی ظاهری (gr/cm3)
۰-۲۰	Sandy clay loam	۳۰	۱۵	۱/۴
۲۰-۴۰	Clay oam	۳۲	۱۴	۱/۳۸
۴۰-۶۰	Clay oam	۳۲	۱۴	۱/۳۵
۶۰-۸۰	Clay loam	۳۲	۱۴	۱/۳۷

این مطالعه در قالب طرحی کاملاً تصادفی با پنج تیمار آبیاری کامل (FI) و کم‌آبیاری ناقص ریشه در دو سطح ۷۵ درصد (PRD_{75}) و ۵۵ درصد (PRD_{55}) و کم‌آبیاری معمولی در دو سطح ۷۵ درصد (DI_{75}) و ۵۵ درصد (DI_{55}) با سه تکرار انجام شد. هر تکرار (یک کرت) مساحتی معادل 55 متر مربع (5m*11m) داشت و کرت‌ها به‌وسیلهٔ یک ردیف نکاشت از هم جدا شدند. آبیاری تیمار FI به‌صورت یک روز در میان و با هدف رساندن میزان رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی انجام گرفت و نیاز آبی گیاه در این تیمار با استفاده از رابطهٔ ذیل محاسبه شد:

1. Humid

Archive of SID

www.SID.ir

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

که در این رابطه θ_{FCi} درصد حجمی ظرفیت زراعی مزرعه، θ_{BIi} درصد حجمی رطوبت خاک قبل از آبیاری، D_i عمق هر لایه از خاک به میلی‌متر، I_n عمق خالص آبیاری به میلی‌متر، و i شمارهٔ هر لایهٔ خاک است. در این تحقیق میزان ظرفیت زراعی مزرعه قبل از کاشت در آزمایشگاه برآورد شد. در طول دورهٔ اعمال تیمار، بارندگی وجود نداشت. به منظور تعیین روند تغییرات رطوبت در محدودهٔ توسعهٔ ریشه سنسورهای TDR هر دو سمت ریشه (خشک و مرطوب) در تیمارهای آبیاری ناقص ریشه و همین‌طور در تیمار آبیاری کامل نصب شد. اعمال تیمار کم‌آبیاری ناقص ریشه در سال اول از زمان خوشه‌دهی (۵۵ روز پس از کاشت) و در سال دوم از ۴۵ روز پس از کاشت تا زمان رسیدن کامل محصول (۱۰۷ روز پس از کاشت در سال ۱۳۸۹ و ۱۱۰ روز پس از کاشت در سال ۱۳۹۰) بود. در این دوره، زمان تغییر آبیاری از یک سمت به سمت دیگر در تیمارهای کم‌آبیاری ناقص ریشه بعد از هر سه نوبت آبیاری بود و تیمارهای PRD_{75} و DI_{75} در هر نوبت آبیاری ۷۵ درصد و تیمارهای PRD_{55} و DI_{55} در هر نوبت آبیاری ۵۵ درصد از عمق خالص آبیاری (I_n) محاسبه‌شده در تیمار آبیاری کامل را در طول دورهٔ اعمال تیمار دریافت کردند. گفتنی است، به‌رغم کاهش سطح در تیمارهای آبیاری ناقص ریشه، حجم آب ارائه‌شده به یک سمت تیمارهای PRD_{55} و PRD_{75}، به‌ترتیب، برابر ۵۵ و ۷۵ درصد حجم آب ارائه‌شده در تیمار FI بود و تأثیر این کاهش سطح به‌عمد لحاظ نشد. میزان حجم آب مصرفی در هر تیمار براساس قرائت پیش و پس از آبیاری کنتورهایی محاسبه شد که در ابتدای لوله‌های نیمه‌اصلی در هر تیمار نصب شد. به‌منظور مقایسهٔ عملکرد و اجزای رعملکرد محصول در تیمارهای مختلف، با حذف ردیف‌های کناری در هر تکرار، به‌منزلهٔ اثر حاشیه، نمونه‌برداری فقط از دو ردیف وسط انجام شد. بدین منظور دَه گیاه از هر تکرار برداشت و صفات طول و قطر هر بلال، وزن هزاردانه براساس رطوبت ۱۴ درصد، و وزن خشک کل اندام هوایی (بیوماس کل) اندازه‌گیری و تعداد دانه در ردیف (به‌صورت متوسط تعداد دانه در سه ردیف مختلف) و تعداد ردیف دانه در هر بلال شمارش شد. در سال دوم، علاوه بر موارد یادشده، قطر و طول دانه نیز اندازه‌گیری شد. علاوه بر آن، میزان عملکرد دانه، براساس وزن دانه در مساحت معین، عملکرد بیولوژیک، با اندازه‌گیری وزن کل اندام هوایی، بهره‌وری آب، با تقسیم عملکرد دانه بر عمق آب مصرفی، و شاخص برداشت، از تقسیم عملکرد اقتصادی (عملکرد دانه) به عملکرد زیستی (عملکرد بیولوژیک)، در هر تیمار محاسبه شد. داده‌های به‌دست‌آمده از این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار SPSS از نظر آماری تجزیه و تحلیل شد و مقایسهٔ میانگین‌ها، با استفاده از آزمون دانکن و در سطح معناداری ۵ درصد، انجام شد.

یافته‌ها و بحث

مقادیر حجم آب مصرفی در تیمارهای مختلف در جدول ۲ آمده است. براساس مقادیر به‌دست‌آمده معلوم شد اعمال تیمارهای PRD_{75} و DI_{75}، به‌ترتیب، ۲۵ درصد کاهش مصرف آب در طول دورهٔ اعمال تیمار در فصول زراعی سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ و کاهش مصرف آب به میزان ۱۵/۲ درصد در کل فصل رشد سال ۱۳۸۹ و ۱۷/۳ درصد در کل فصل رشد سال ۱۳۹۰ در مقایسه با تیمار آبیاری کامل را موجب شده است. همچنین اعمال تیمارهای PRD_{55} و DI_{55}، به‌ترتیب، موجب ۴۵ درصد کاهش در مصرف آب در

Archive of SID

www.SID.ir

طول دورهٔ اعمال تیمار در فصول زراعی سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ و کاهش مصرف آب به میزان ۲۷/۴ درصد در کل فصل رشد سال ۱۳۸۹ و ۳۱/۳ درصد در کل فصل رشد سال ۱۳۹۰ در مقایسه با تیمار آبیاری کامل شد.

جدول ۲. عمق آب مصرفی در تیمارهای کم‌آبیاری ناقص ریشه (PRD) و کم‌آبیاری معمولی (DI) و آبیاری کامل (FI)

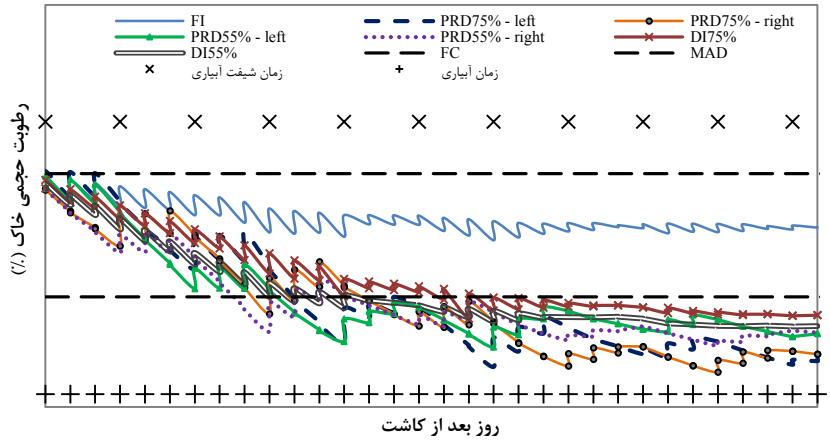
تیمار	عمق آب مصرفی (mm)		میزان کاهش مصرف آب در مقایسه با آبیاری کامل (٪)	
	۸۹	۹۰	۸۹	۹۰
FI کل فصل رشد	۶۱۳	۵۳۱	-	-
FI دورهٔ اعمال تیمار	۳۷۲	۳۶۹	-	-
PRD_{75}& DI_{75} کل فصل رشد	۵۲۰	۴۳۹	۱۵/۲	۱۷/۳
PRD_{75}& DI_{75} دورهٔ اعمال تیمار	۲۷۹	۲۷۷	۲۵	۲۵
PRD_{55}& DI_{55} کل فصل رشد	۴۴۵	۳۶۵	۲۷/۴	۳۱/۳
PRD_{55}& DI_{55} دورهٔ اعمال تیمار	۲۰۴	۲۰۳	۴۵	۴۵

شکل ۱ روند تغییرات رطوبت خاک را ۴۸ تا ۱۱۰ روز پس از کاشت تا عمق ۸۰ سانتی‌متری نشان می‌دهد. برنامه‌ریزی آبیاری به‌گونه‌ای صورت گرفت که همواره میزان رطوبت خاک در تیمار FI به اندازهٔ حداقل ۲ درصد کمتر از ظرفیت زراعی منطقه (۳۲٪) باشد. روند تغییرات رطوبت در یک سمت تیمارهای PRD_{75} و PRD_{55} حاکی از آن است که با شروع تغییر آبیاری از یک سمت به سمت دیگر رطوبت خاک در بخشی که آبیاری نمی‌شود شروع به کاهش می‌کند و روند نزولی خود را تا قبل از آبیاری مجدد طی می‌نماید. براساس شکل ۱ و با توجه به مقادیر رطوبت بعد از یک نوبت آبیاری و قبل از آبیاری در نوبت بعدی می‌توان دریافت که میزان تخلیهٔ رطوبتی در اکثر روزها در سمت مرطوب تیمار PRD_{75} در مقایسه با FI بیشتر است و میزان رطوبت حداقل در تیمار PRD_{75} در این بازهٔ زمانی در حدود ۱۰ درصد کمتر از میزان آن در تیمار FI است (۱۸٪ در مقایسه با ۲۸/۱٪) که این نتیجه نشان می‌دهد جذب آب در تیمار PRD_{75} در مقایسه با سایر تیمارهای کم‌آبیاری بیشتر است.

شکل ۱ نشان می‌دهد میزان رطوبت حداقل در تیمار PRD_{75} از ۴۸ تا ۸۴ روز پس از کاشت روند کاهشی داشت و پس از آن تا انتهای فصل رشد تغییر نیافت. در حالی که در تیمار PRD_{55} ۷۲ روز پس از کاشت این اتفاق افتاد. به عبارت دیگر، به‌رغم اعمال آب کمتر از نیاز آبی گیاه، ریشه قدرت جذب بیشتر و تخلیهٔ رطوبتی بالاتر از محدودهٔ رطوبت قابل استفاده برای گیاه (۱۴ تا ۳۲ درصد) را نداشت. همچنین مشاهده می‌شود میزان رطوبت حداقل در تیمار PRD_{75} در مقایسه با سایر تیمارها در حد پایین‌تری قرار داشت که خود نشان‌دهندهٔ تخلیهٔ رطوبتی بالاتر در این تیمار است. بنابراین می‌توان دریافت که اگرچه میزان توان ریشه برای تخلیهٔ رطوبت موجود در خاک با گذشت زمان در تیمارهای DI_{75} و DI_{55} و PRD_{55} کاهش می‌یابد، تیمار PRD_{75} قدرت بالاتری در تخلیه و استفادهٔ مطلوب‌تر از رطوبت موجود در خاک دارد که برتری آن را در مقایسه با تیمارهای PRD_{55} و DI_{55} و DI_{75} به‌اثبات می‌رساند. جذب بیشتر رطوبت از خاک در تیمار PRD_{75} می‌تواند درنتیجهٔ افزایش تراکم ریشه

Archive of SID

www.SID.ir

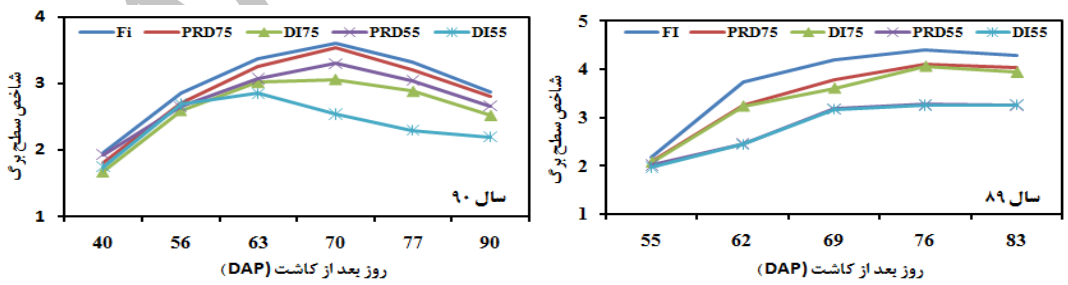


شکل ۱. روند تغییرات رطوبت خاک در تیمارهای آبیاری کامل و کم‌آبیاری. (+) زمان آبیاری و (×) شیفت آبیاری

(Kang and Zhang, 2004) و هدایت هیدرولیکی آن (Poni et al, 1992) باشد.

روند تغییرات شاخص سطح برگ طی دو فصل زراعی در شکل ۲ آمده است. این روند در هر دو فصل ابتدا صعودی بود و تقریباً پس از ظهور گل‌های نر ثابت شد و در ادامه روند نزولی خود را آغاز کرد که این نتیجه با یافته‌های Yazar et al (2009) مطابقت دارد. با وجود این، سیر نزولی شاخص سطح برگ در تیمارهای کم‌آبیاری معمولی زودتر از تیمارهای کم‌آبیاری ناقص ریشه و آبیاری کامل شروع شد.

به‌علاوه، مقادیر شاخص سطح برگ در تیمارهای کم‌آبیاری ناقص ریشه در مقایسه با تیمارهای کم‌آبیاری معمولی بالاتر بود. همچنین روند تغییرات سطح برگ در تیمار PRD_{75} در هر دو فصل مشابه تیمار FI بود و با اختلافی کمتر از آن نسبت به سایر تیمارها تغییر کرد. کاهش میزان بازشدگی روزنه‌ها و جلوگیری از هدررفت آب جذب‌شده و حفظ آن در گیاه زمینهٔ لازم را برای حفظ شادابی و فتوسنتز و در نتیجه عدم تغییر معنادار سطح برگ در تیمار آبیاری ناقص ریشه را فراهم کرد (Kang and Zhang, 2004).



شکل ۲. روند تغییرات شاخص سطح برگ طی دو فصل زراعی

نتیجهٔ آنالیز واریانس دانکن در سطح معناداری ۵ درصد برای برخی اجزای عملکرد ذرت تحت تیمارهای مختلف در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ درجداول ۳ و ۴ ارائه شده است. براساس این جدول‌ها، اختلاف مقدار وزن هزاردانه در سال ۱۳۸۹ بین تیمارهای FI و PRD_{75} معنادار نبود و این اختلاف بین

Archive of SID

www.SID.ir

سایر تیمار ها با تیمار FI معنادار بود. با وجود این، در سال ۱۳۹۰ فقط بین مقادیر وزن هزاردانه در تیمارهای FI و DI_{55} اختلاف معنادار مشاهده شد؛ اما اعمال کم‌آبیاری ناقص ریشه مقادیر وزن هزاردانهٔ بالاتری را منتج شد. به‌علاوه اختلاف میزان صفت تعداد ردیف دانه در سال ۱۳۸۹ بین تیمارهای مختلف معنادار نبود؛ اما این اختلاف بین تیمارهای FI و DI_{55} در سال ۱۳۹۰ معنادار بود. همچنین میزان صفت تعداد دانه در ردیف در هر دو سال بین تیمارهای آبیاری کامل و PRD_{75} معنادار نبود و این اختلاف بین سایر تیمارها با آبیاری کامل در هر دو فصل معنادار بود. کاهش تعداد کل دانهٔ بلال و وزن هزاردانه در نتیجهٔ اعمال تنش رطوبتی در شرایط کم‌آبیاری معمولی در مطالعات بسیاری گزارش شده است (Classen and Shawn, 1970; Zinselmier et al, 1995; Cheong et al, 2003; Smallwood et al, 1999; Xiong et al, 2002; Yazar et al, 2009). تعداد نهایی دانه در بلال در زمان گرده‌افشانی تعیین می‌شود. از این رو، اعمال تنش رطوبتی با کاهش سطح برگ (شکل ۲) و درنتیجه کاهش میزان فتوسنتز و ناکافی‌بودن میزان هیدرات‌های کربن برای رشد سلول‌های جنینی موجب تأخیر در زمان ظهور کاکل یا سقط جنین و همچنین چروکیدگی دانه‌ها می‌شود و درنتیجه به کاهش تعداد کل دانه منتج می‌گردد (Zinselmier et al, 1995; Westgate, 1994). بنابراین، کاهش دو صفت مذکور زمینهٔ لازم را برای کاهش وزن هزاردانه در تیمارهای کم‌آبیاری معمولی فراهم می‌آورد (Cheong et al, 2003; Anderia et al, 1995; Angadia and Entz, 2002). با وجود این، نبودِ اختلاف معنادار صفات مذکور بین تیمارهای FI و PRD_{75} تمایز این شیوهٔ آبیاری را در مقایسه با کم‌آبیاری معمولی و در نتیجه عدم صحت فرضیات فوق دربارهٔ آبیاری ناقص ریشه نشان می‌دهد.

براساس جدول‌های ۳ و ۴، در سال ۱۳۸۹ اختلاف معنادار بین مقادیر صفات قطر و طول بلال در تیمار آبیاری کامل با سایر تیمارها وجود داشت. اما این اختلاف در سال ۱۳۹۰ فقط بین تیمارهای آبیاری کامل و DI_{55} معنادار بود. اگرچه اعمال تنش رطوبتی در دو حالت کم‌آبیاری معمولی و کم‌آبیاری ناقص ریشه موجب کاهش قطر و طول بلال در مقایسه با آبیاری کامل شد، این تأثیر در تیمارهای کم‌آبیاری معمولی بیشتر از تیمارهای کم‌آبیاری ناقص ریشه حاصل شد. Yazar et al (2009) کاهش طول چوب بلال در نتیجهٔ اعمال تنش رطوبتی در دو حالت کم‌آبیاری معمولی و کم‌آبیاری ناقص ریشه را گزارش کرده‌اند. میزان قطر دانه در تیمارهای مختلف اختلاف معناداری نداشت و برای صفت طول دانه فقط بین تیمارهای FI و DI_{55} اختلاف معنادار مشاهده شد. بررسی جدول‌های ۳ و ۴ نشان می‌دهد اعمال زودتر تیمارهای کم‌آبیاری و درنتیجه ارائهٔ حجم آب کمتر در فصل زراعی ۱۳۹۰ در مقایسه با سال ۱۳۸۹، در مجموع، باعث کاهش تعداد دانه در ردیف و قطر و طول بلال شد. این در حالی است که اعمال دَه روز زودتر تیمار (۴۵ روز بعد از کاشت) و در نتیجه کاهش حجم آب در سال ۱۳۹۰ در مقایسه با سال ۱۳۸۹ تعداد ردیف دانه و وزن هزاردانه را افزایش داد. کاهش تعداد دانه در ردیف موجب افزایش ذخیرهٔ غذایی هر دانه و درشت‌ترشدن دانه‌ها و درنتیجه افزایش وزن هزاردانه می‌شود. همچنین بیشتربودن دورهٔ تنش رطوبتی در سال ۱۳۹۰ با کاهش تعداد دانه در ردیف و درنتیجه درشت‌ترشدن دانه‌ها باعث شد برخلاف سال ۱۳۸۹ اختلاف بین مقادیر وزن هزاردانه در تیمارهای FI و PRD_{75} و PRD_{55} و DI_{75} معنادار نباشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین آثار سادهٔ تیمارها بر خصوصیات کمّی محصول در فصل زراعی سال ۱۳۸۹

تیمار	وزن هزاردانه(gr) گرم	تعداد ردیف دانه	تعداد دانه در ردیف	طول بلال (mm) سانتی‌متر	قطر بلال (mm) میلی‌متر
FI	۱۷۵ a	۱۴a	۴۹ a	۲۴۱a	۴۵/۶a
PRD_{75}	۱۷۲/۶ a	۱۴a	۴۸ ab	۲۳۵b	۴۵/۳b
DI_{75}	۱۶۳/۷b	۱۳ a	۴۶ b	۲۳۲c	۴۵/۲b
PRD_{55}	۱۴۶/۰ c	۱۳ a	۳۸ c	۲۲۹d	۴۵/۲ b
DI_{55}	۱۴۱/۲ d	۱۳ a	۳۸ c	۲۱۵e	۴۲/۵ c

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین آثار سادهٔ تیمارها روی اجزای عملکرد محصول در فصل زراعی سال ۱۳۹۰

تیمار	وزن هزاردانه (gr)	تعداد ردیف دانه	تعداد دانه در ردیف	قطر دانه (m)	طول دانه (mm)	قطربلال(mm)	طول بلال(mm)
FI	a۱۹۱/۳	a۱۴/۸	a۳۹/۵	a۸/۶	ab۱۱/۴	a۴۴/۱	a۲۲۳/۱
PRD_{75}	a۱۹۰/۶	a۱۴/۵	ab۳۸/۲	a۸/۸	a۱۱/۶	a۴۳/۸	a۲۱۴/۹
DI_{75}	ab۱۸۸/۷	ab۱۳/۹	c۳۳/۶	a۹/۷	b۱۱/۰	a۴۳/۴	ab۲۰۴/۲
PRD_{55}	ab۱۸۶/۹	ab۱۴/۱	bc۳۵/۷	a۸/۸	ab۱۱/۳	a۴۳/۳	ab۲۰۹/۳
DI_{55}	b۱۸۳/۵	b۱۳/۶	c۳۳/۰	a۸/۸	b۱۱/۲	b۴۱/۳	b۱۹۲/۹

تـأثیر اعمال تیمارهای آبیاری روی میزان عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت و بهره‌وری آب در جدول ۵ آمده اسـت. براساس این جدول ، در هیچ یک از دو فصـــل اختلاف معناداری در مقادیر عملکرد دانه بین تیمارهای FI و PRD_{75} وجود نداشت. این در حـالی اســـت که این اختلاف بین تیمار FI با ســـایر تیمـارها معنادار بود. با وجود این، مقادیر عملکرد دانه در تیمارهای کم‌آبیاری ناقص ریشـــه در حد معناداری بیشـــتر از مقادیر آن در تیمارهای کم‌آبیاری معمولی با ســـطوح مشـــابه بود. کاهش میزان عملکرد دانهٔ ذرت درنتیجـهٔ اعمال تنش رطوبتی در مطالعات بســـیاری گزارش شـده است (Denmead and Shawn, 1960; Westgate, 1994; Gencoglan, 1999; Boz, 2001; Bozkurt et al, 2006; Yazar, 2000). با وجود این، نتایج بسیاری از مطالعات حاکی از عدم کاهش معنادار عملکرد محصول درنتیجهٔ اعمال تیمار کم‌آبیاری ناقص ریشـه اسـت (Shahnazari et al, 2007; Posadas, 2008; Dry et al, 2000). از آنجـا کـه علـت کاهش عملکرد دانـه در بســـیاری از مطالعات کاهش میزان فتوسنتز در شرایط تنش رطوبتی است (Gianquinto et al, 2003; Rodriguez, 2003; Grady, 2000)، بالاتربودن مقادیر شـــاخص ســـطح برگ در تیمارهای کم‌آبیاری ناقص ریشـه (شکل ۲) و رابطهٔ مستقیم بین میزان فتوسـنتز و شـاخص سـطح برگ می‌تواند دلیل بـالاتربودن مقـادیر عملکرد دانـه در تیمارهای آبیاری ناقص ریشه در مقایسه با تیمارهای کم‌آبیاری معمولی باشد.

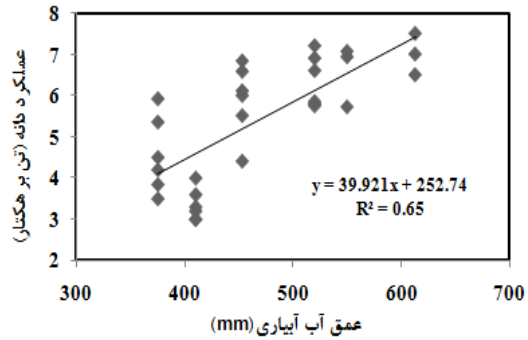
مقـادیر عملکرد دانه در تیمارهای کم‌آبیاری در سال ۱۳۹۰ کمتر از مقادیر مشابه در سال ۱۳۸۹ بود. تفاوت برخی مدیریت‌های زراعی بین دو سال، همچون زمـان کوددهی و زمان شـــروع اعمال تیمار، می‌تواند دلیل اصـــلی تفاوت مقادیر به‌دســـت‌آمده باشـــد. یکی

Archive of SID

www.SID.ir

ازاجزای مؤثر در میزان عملکرد دانه تعداد دانه در ردیف است که کاهش آن در سال ۱۳۹۰ در مقایسه با سال ۱۳۸۹ در همهٔ تیمارها مشهود است (جدول‌های ۳ و ۴). از طرف دیگر، میزان آب آبیاری نیز می‌تواند یکی از عوامل مؤثر بر کاهش میزان عملکرد محصول باشد. رابطهٔ بین عمق آب آبیاری و میزان عملکرد دانه در شکل ۳ آمده است که حاکی از وجود رابطه‌ای خطی با مجذور ضریب همبستگی بالا (۰/۶۵) بین عمق آب آبیاری و میزان عملکرد دانه است (Yazar et al, 2009; Boz, 2001). بنابراین، بیشتربودن طول دورهٔ اعمال تیمارهای کم‌آبیاری در سال ۱۳۹۰ در مقایسه با سال ۱۳۸۹ و اعمال تنش رطوبتی و ارائهٔ حجم آب کمتر در بازه‌ای طولانی‌تر در سال ۱۳۹۰ نیز می‌تواند دلیل دیگر کاهش عملکرد دانه در این سال باشد. با وجود این، ملاحظه می‌شود که نوع تیمار نیز در این زمینه دخیل است و کاهش آب آبیاری تأثیری متفاوت بر میزان کاهش عملکرد دانه می‌گذارد؛ به‌گونه‌ای که به‌ازای عمق آب ثابتْ میزان عملکرد دانه در تیمارهای کم‌آبیاری ناقص ریشه بالاتر از این مقادیر در تیمارهای کم‌آبیاری معمولی بود و نسبت به تیمار FI کاهش کمتری داشت.

براساس جدول ۵، بیشترین و کمترین میزان عملکرد بیولوژیک در هر دو فصل زراعی، به‌ترتیب، مربوط به تیمارهای FI و DI_{55} بود. اختلاف میزان عملکرد بیولوژیک در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ بین تیمارهای FI و PRD_{75} معنادار نبود و این اختلاف بین تیمار FI و سایر تیمارها معنادار بود. تأثیر تنش رطوبتی در کاهش میزان عملکرد بیولوژیک، که نشان‌دهندهٔ میزان کل مادهٔ تجمع‌یافته در اندام هوایی در زمان برداشت است، در بسیاری از مطالعات گزارش شده است (Sepehri et al, 2002; Osborn et al, 2002). Kang et al (2001) ثابت کردند اعمال کم‌آبیاری ناقص ریشه میزان بیوماس کل را ۱۱-۶ درصد در مقایسه با آبیاری کامل کاهش می‌دهد. تأثیر کاهش میزان بیوماس کل درنتیجهٔ اعمال تیمار کم‌آبیاری ناقص ریشه در نتایج مطالعات Yazar et al (2009) نیز گزارش شده است. اعمال تنش رطوبتی و کاهش جذب رطوبت کافی موجب کاهش دورهٔ رشد رویشی و زایشی خواهد شد که به کاهش میزان بیوماس کل اندام هوایی در تیمارهای تحت تنش می‌انجامد (Yazar et al, 2009; Osborn et al, 2002; Jacobs and Pearson, 1991). اما، به‌رغم تنش رطوبتی، بالاتربودن مقادیر جذب آب در تیمار PRD_{75} در مقایسه با سایر تیمارهای کم‌آبیاری (شکل ۱) می‌تواند زمینهٔ لازم را برای افزایش عملکرد بیولوژیک در این تیمار فراهم آورد.



شکل ۳. رابطهٔ میزان عمق آب آبیاری و عملکرد دانه

براساس جدول ۵، بین مقادیر شاخص برداشت در سال ۱۳۸۹ در تیمارهای FI و DI_{55} اختلاف معناداری وجود داشت. میزان این صفت در سال ۱۳۸۹ درنتیجهٔ تنش رطوبتی در سطح ۷۵ درصد افزایش و در سطح ۵۵ درصد کاهش یافت. کاهش میزان شاخص برداشت در شرایط تنش رطوبتی در حالت‌های کم‌آبیاری معمولی و کم‌آبیاری ناقص ریشه در برخی مطالعات گزارش شده است (Yazar et al, 2009; Shahnazari et al, 2007). شاخص برداشت

Archive of SID

www.SID.ir

نشـــان‌دهنـدۀ چگونگی تســـهیم مواد پرورده بین سازه‌های رویشی و دانه است (Sinclair et al, 1990). به عبارت دیگر، این شـاخص نشـان‌دهندۀ میزان مواد فتوســنتزی اختصــاص‌یافته به اندام اقتصــادی گیاه نسـبت به کل مواد تولیدی ذخیره‌شـده در طول دورۀ رشـد و نمو گیاه است (Sepehri et al, 2002). به این ترتیـب، بالاتربودن مقادیر شـــاخص ســـطح برگ در تیمـارهـای کم‌آبیـاری نـاقص ریشـــه در مقایســـه با تیمارهای کم‌آبیاری معمولی (شـــکل ۲) زمینۀ لازم را برای افزایش میزان فتوسـنتز و انتقال مواد فتوسنتزی بـه دانه و درنتیجه افزایش عملکرد دانه فراهم می‌آورد (Anderia et al, 1995; Angadia and Entz, 2002) و در نهـایـت باعث افزایش مقادیر شـــاخص برداشـــت می‌شود.

جدول ۵. مقایسۀ میانگین آثار سادۀ تیمارها بر عملکرد و حجم آب مصرفی و بهره‌وری آب طی دو فصل زراعی

تیمار	عملکرد دانه ($ton.ha^{-1}$)		عملکرد بیولوژیک ($ton.ha^{-1}$)		شاخص برداشت		بهره‌وری آب ($kg.ha^{-1}.mm^{-1}$)	
	۸۹-۹۰	۹۰-۹۱	۸۹-۹۰	۹۰-۹۱	۸۹-۹۰	۹۰-۹۱	۸۹-۹۰	۹۰-۹۱
FI	^{a}۷/۰	^{a}۶.۶	^{a}۲۵/۷	^{a}۱۹/۰	^{ab}۰/۲۷	^{ab}۰/۳۵	^{B}۱۱/۴	^{b}۱۱/۹
PRD_{75}	^{a}۶/۹	^{a}۶/۲	^{ab}۲۱/۸	^{a}۱۸/۷	^{ab}۰/۳۳	^{bc}۰/۳۳	^{a}۱۳/۲	^{a}۱۴/۳
DI_{75}	^{b}۵/۸	^{b}۵/۳	^{bc}۱۷/۸	^{b}۱۶/۵	^{a}۰/۳۴	^{bc}۰/۳۲	^{b}۱۱/۱	^{b}۱۱/۸
PRD_{55}	^{c}۳/۳	^{ab}۵/۷	^{c}۱۴/۶	^{b}۱۶/۰	^{ab}۰/۲۳	^{a}۰/۳۶	^{C}۷/۴	^{a}۱۵/۳
DI_{55}	^{c}۳/۲	^{c}۴/۹	^{c}۱۴/۰	^{c}۱۵/۲	^{b}۰/۲۳	^{c}۰/۳۲	^{C}۷/۱	^{b}۱۱/۲

براســاس جدول ۵، بین مقادیر بهره‌وری آب در تیمـارهـای مختلف اختلاف معناداری وجود داشـــت. بیشـترین و کمترین میزان این صفت در سال ۱۳۸۹، بـه‌ترتیـب، متعلق بـه تیمـارهای PRD_{75} و DI_{55} و در ســـال ۱۳۹۰، به‌ترتیب، متعلق به تیمارهای PRD_{55} و DI_{55} است. به‌علاوه، نتایج این جدول بالاتربودن مقدار بهره‌وری آب را در تیمار PRD_{75} در مقایســـه با تیمار آبیاری کامل در فصل زراعی ۱۳۹۰ به‌اثبات می‌رساند. علـت این امر در بســـیـاری از مطـالعـات عدم کاهش معنادار محصـول و کاهش حجم آب مصرفی در تیمار کم‌آبیاری ناقص ریشه در مقایسه با تیمار آبیاری کامل گزارش شـده است (Shao et al, 2008; Shahnazari et al, 2007; Yazar et al, 2009).

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق حاکی از آن است که اگرچـه اعمـال تنش رطوبتی موجـب کـاهش برخی صـفات محصـول ذرت می‌شـود، اختلاف مقادیر این صـفات در تیمارهای کم‌آبیاری ناقص ریشـه با آبیاری کـامـل کمتر از این اختلاف بین تیمـارهای کم‌آبیاری معمولی با آبیاری کامل اســت. به‌رغم اعمال عمق آب ثـابت در تیمارهای PRD و DI میزان عملکرد دانه در تیمارهای کم‌آبیاری ناقص ریشـــه بالاتر از این مقادیر در تیمـارهای کم‌آبیاری معمولی بود و کاهش کمتری نسـبت به تیمار FI داشت. روند تغییرات رطوبت خاک نشـــان داد توان تخلیـۀ رطوبتی در تیمـار PRD_{75} در مقایسه با تیمارهای DI_{75} و DI_{55} و PRD_{55} بالاتر است و درنتیجه امکان استفادۀ مطلوب‌تر و بیشتر از رطوبت خـاک را فراهم می‌آورد؛ بـه‌گونـه‌ای که میزان رطوبت حـداقـل خاک در این تیمار در حد معناداری کمتر از ســـایر تیمـارهـای کم‌آبیاری اســـت. همچنین میزان

Archive of SID

www.SID.ir

توانایی جذب آب توسط ریشه با گذشت زمان در تیمار PRD_{75} بالاتر از توانایی جذب آب در تیمارهای PRD_{55} و DI_{75} و DI_{55} بود. این نتیجه می‌تواند یکی از دلایل اصلی نتایج مطلوب‌تر در تیمار PRD_{75} در مقایسه با سایر تیمارهای کم‌آبیاری باشد. بنابراین می‌توان اذعان داشت که اعمال تیمار PRD_{75}، ضمن ممانعت از کاهش معنادار عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت و همچنین کاهش ۲۵ درصد مصرف آب در طول دورهٔ اعمال تیمار، موجبات افزایش بهره‌وری آب را فراهم می‌آورد و روشی مطمئن برای کنترل مصرف آب در استان مازندران است.

REFERENCES

Andria, R. Chiaranda, F. Q. Magliulo, V. and Mori, M. (1995), Yeild and soil water uptake of sunflower sown in spring and summer, Agron .J. 87, 1122-1128.

Angadi, S. V. and Entz, M. H. (2002), Water Relations of standard height and Dwarf sunflower cultivars, Crop Sc, 42, 152-159.

Babazadeh, H. Saraee Tabrizi, M. Parsinejad, M. and Modarrs sanavi, S. A. M. (1389), Improving the irrigation water use efficiency of soybean using partial root drying, Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 4 (52), 99-110 (in Farsi).

Boz, B. (2001), Validation of the Ceres-Maize Growth Model under Cukurova Region Conditions, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Institute of Natural and Applied Sciences, Cukurova University, MSc Thesis, 59, Adana.

Bozkurt Y. Yazar A. Gencel B. and Sezen S. M. (2006), Optimum lateral spacing for drip-irrigated corn in the Mediterranean Region of Turkey, Agricultural Water Management, 85, 113–120.

Cheong, Y. H. Kim, K. N. Pandey, G. K. Gupta, R. Grant, J. J. and Luan, S. (2003), CBL 1, a calcium sensor that differentially regulates salt, drought, and cold responses in Arabidopsis, The Plant Cell. 15, 1833-1845.

Denmead, O. T. and Shaw, R. H. (1960), The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn, Agron, J. 52, 272-274.

Dry, P. R. and Loveys, B. R. (1998), Factors influencing grapevine vigor and the potential for control with partial rootzone drying, Aus, J. Grape Wine Res, 4, 140–148.

FAO. (2002), Crops and drops: making the best use of water for agriculture, 28, Rome, Italy: FAO. Information brochure.

Gençoğlan, C. and Yazar, A. (1999), Corn yield and water use water Kisintili applications to yield, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, 233–241.

Gianquinto, G. Sambo, P. and Pimpini, F. (2003), The use of SPAD-502 chlorophyllmeter for dynamically optimising the nitrogen supply in potato crop: firstresults Acta Horticulturae 627, 225-230.

Jacobs, B. C. and Pearson, C. J. (1991), Potential yield of maize determined by rates of growth and development of ears, Field Crop Res, 27, 281-298.

Kang, S. and Zhang, J. (2004), Controlled alternate partial root- Zone irrigation: its physiological consequences and impact On water use efficiency, J. Exp, Bot, 55, 2437–2446.

Kang, S. Hu, X. Goodwine, I. and Jerie, P. (2002), Soil water distribution, water use and yield response to partial rootzone drying under a shallow groundwater table condition in a pear orchard, Scientia Horticulturae, 97, 227-291.

Ma, X. Fukushima, Y. Liu, C. and Wu, X. (2003), A hydrological model application to the small tributary basis of the Yellow River, Geophys, Res, Abstr, 5, 08024.

Majidian, M. Ghalavand, A. Karimian, N. A. Kamkar Haghighi, A. A. (2007), Effects of nitrogen

Archive of SID

www.SID.ir

different amounts, manure and irrigation water on yield and yield components of corn, EJCP, 1 (2), 67-85 (In Farsi).

Osborne, S. L. Schepers, J. S. Francis, D. D. and Schlemmer, M. R. (2002), Use of Spectral radiance to in-season biomass and grain yield in nitrogen and water-stressed corn, Crop Sci, 42, 165-171.

Ponie, S. Tagliavini, M. Neri, D. Scudellari, D. and Toselli, M. (1992), Influence of root pruning and water stress on growth and physiological factors of potted apple, grape, peach and pear trees, Sci, Horti, 52, 223–226.

Posadas, A. (2008), Partial root-zone drying: an alternative irrigation management to improve the water use efficiency of potato crops, ISBN 978-92-9060-360-3. Production system and the environmental division working paper, No. 2008-2.

Rodriguez, I. R. and Grady, L. M. (2000), Using a chlorophyll meter to determine the chlorophyll concentration nitrogen concentration and visual quality of St. Austinne grass, Hort, Sci, 35, 751-754.

Sepehri, A. Modarres sanavi, A. Ghareh Riazi, B. and Iamini, I. (2002), Effect of water defecit and different nitrogen rate ongrowth and development stages, yield and yield component of maize, J of Olume Zeraee Iran, 4 (3), 195-184 (In Farsi).

Shahnazari, A. Liu, F. Andersen, M. N. Jacobsen, S. E. and 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.

Shani-Dashtgol, A. Jaafari, S. Abbasi, N. and Malaki, A. (2006), Effect sof alternate furrow irrigation (PRD) on yield quantity and quality of sugarcane in southern farm in Ahvaz. Proceeding of national conference on Irrigation and Drainage Networks Management, Shahid Chamran University of Ahvaz, 2-4 May, 565-572 (In Farsi).

Sinclair, T. R. Bennett, J. M. and Muchow, R. C. (1990), Relative sensitivity of grain yield and biomass accumulation to drought in field grown maize, Crop Sci, 30, 690-693.

Soltani, S. Mousavi, F. Mostafazadeh, B. and aneshvar, M. D. (2007), Effect of PRD on yield , yield component, water use efficiency and Nutrient concentration of canola, Ninth national conference on irrigation and evaporation reduction.

Stoll, M. Loveys, B. and Dry, P. (2000), Improving water use efficiency of irrigated horticultural crops, J. Exp. Bot, 51, 1627–1634.

Westgate, M. E. (1994), Water status and development of the maize endosperm and embryo during drought, Crop Sci, 34, 76-83.

WRI. (2005), World Resources Institute: Fresh water resources 2005, http://earthtrends.wri. org/pdf_library/data_tables/wat2_2005, pdf.

Xiong, L. Schumaker, K. S. and Zhu, J. K. (2002), Cell signaling during cold, drought, and salt stress, The plant Cell, 14, 165-183.

Yazar, A. Sezen S. M. and Gencel B. (2002), Drip irrigationof corn in the Southeast Anatolia Project (GAP) areain Turkey, Journal of Irrigation and Drain Engineering, 51, 293–300.

Yazar, A. Gokcel, F. and Sezen, M. S. (2009), Corn yield response to partial rootzone drying and deficit irrigation strategies applied with drip system, Plant and soil environ, 55 (11), 494–503.

Zegbe, J. A. and Serna-Pérez, A. (2011), Partial root-zone drying maintains fruit quality of “Golden Delicious” apple at harvest and postharvest, Sci, Hort, 127, 455-459.

Zinselmeier, C. M. Laure, M. J. and Boyer, J. S. (1995), Reversing drought-induced losses in grain yield: Sucrose maintains embryo growth in maize, Crop Sci, 35, 1390-1400.

Archive of SID

www.SID.ir