ارزیابی تأثیر سطوح مختلف کم‌آبیاری و خشکی موضعی ریشه بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب ذرت دانه‌ای در منطقه حاجی‌آباد

مهدی شهسواری گوغری[۱]، عباس رضایی استخرویيه[۲*]، محسن ایران‌دوست[۱] و علی نشاط[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۶/۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۷)

چکیده

با افزایش روزافزون جمعیت، بهره‌برداری بهینه از منابع آب ضروری است. این تحقیق به‌منظور ارزیابی تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری مصرف آب ذرت دانه‌ای با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای (تیپ) یک و دو ردیفه، انجام شد. طرح به‌صورت کرت‌های خرد شده، در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۱ در حاجی‌آباد استان هرمزگان اجرا گردید. سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی) به‌عنوان عامل اصلی، دو الگوی کارگزاری لوله‌های آبده (معمولی و یک در میان ثابت) به‌عنوان عامل فرعی تیمارهای طرح را تشکیل دادند. نتایج نشان داد: آبیاری با ۸۰ درصد نیاز آبی، نسبت به آبیاری کامل، باعث افزایش ۱/۴ درصدی عملکرد، ۱/۸ درصدی وزن هزار دانه، ۸/۷ درصدی تعداد دانه در ردیف و ۱۳ درصدی تعداد ردیف دانه در بلال گردید. علیرغم برتری عملکرد در الگوی کارگزاری لوله‌های آبده به‌صورت معمولی (۱۰۰۵۵/۵۶ کیلوگرم در هکتار) بر کارگزاری لوله‌های آبده به‌صورت یک در میان (۹۳۶۶/۶۷ کیلوگرم در هکتار)؛ بهره‌وری مصرف آب در کارگزاری لوله‌های آبده به‌صورت یک در میان بیشتر بود (۱/۱۶۹ کیلوگرم در مترمکعب آب). بنابراین خشکی موضعی ریشه با آبیاری به مقدار ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه برای ذرت در منطقه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، اجزای عملکرد، بهینه‌سازی مصرف آب، خشکی موضعی ریشه، لوله‌های تیپ

۱. گروه کشاورزی، دانشکده فنی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان، کرمان، ایران
۲. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: abbasrezaei2@gmail.com

مقدمه

سامانه‌های نوین آبیاری، علاوه بر کاهش مصرف آب، افزایش عملکرد را در پی دارند (۱۶). در شرایط معینی آبیاری قطره‌ای نسبت به سامانه‌های سطحی قادر به کاهش آب آبیاری و افزایش بهره‌وری مصرف آب، برای محصولات مختلف می‌باشد (۱۴). آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در مقایسه با آبیاری شیاری در کشت گیاه سویا، موجب کاهش ۳۳ درصدی در حجم آب مصرفی و افزایش راندمان یکنواختی پخش از ۹۵ به ۹۶ درصد شد (۸). سامانه آبیاری قطره‌ای نواری در سال ۱۹۷۷ میلادی توسط دیویس آلبرت مطرح گردید. تولید این سامانه، تحت عنوان T-Tape در سال ۱۹۷۹ میلادی وارد عرصه کشاورزی شد. در سال ۱۹۸۷ میلادی نوع جدیدی از لوله با جریان آشفته، تحت عنوان Turbo-Tape وارد بازار گردید. مزیت این نوع لوله، تنظیم فشار در خروجی و بهبود یکنواختی و مساحت خیس شده در اراضی شیب‌دار بود. در سال ۱۹۹۴ میلادی، لوله‌های T-Tape TSX با ضخامت دیواره کمتر و مقاومت بیشتر پیشنهاد گردید.

ذرت با نام علمی *Zea Mays* از گیاهان مهم غلات، از جنس *Zea* و دارای گونه‌های زیادی است. سطح زیر کشت ذرت در ایران در سال ۱۳۹۰-۱۳۸۹ برابر ۳۲ هزار هکتار بوده که نسبت به متوسط دهه قبل از آن ۹۲ درصد افزایش داشت. در ۵ سال اخیر کشت ذرت در کشور افزایش یافته است. تولید ذرت در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ در کشور ۰/۹ میلیون تن بوده که بالاترین رقم تولید در ده ساله گذشته می‌باشد. سطح زیرکشت ذرت دانه‌ای در منطقه حاجی‌آباد استان هرمزگان ۵۵۰۰ هکتار و دارای متوسط تولید ۷ تن در هکتار می‌باشد.

مصرف آب فصلی ذرت ۴۶۵ تا ۸۰۲ میلی‌متر (۴۶۵۰ تا ۸۰۲۰ مترمکعب در هکتار) و بهره‌وری مصرف آن ۱/۶۵ و ۱/۶۸ کیلوگرم در متر مکعب گزارش شده است (۱۹). در گزارش دیگری آب آبیاری ذرت ۶۸۲۵ تا ۸۶۴۰ مترمکعب، عملکرد ۸۲۵۰ تا ۱۰۷۰۰ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری مصرف آب ۱/۲ تا ۱/۲۴ کیلوگرم بر مترمکعب بیان شده است (۱۸).

بررسی اثر دوره‌های آبیاری ۳، ۴، ۵ و ۶ روزه با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای بر عملکرد گیاه ذرت دانه‌ای نشان داد که بیشترین عملکرد (۱۲/۸ تن در هکتار) در دور آبیاری سه روزه حاصل شد (۲۱). برای ذرت رقم سینگل کراس کرج ۷۰۰ بیشترین عملکرد دانه ۱۱۳۲۰ کیلوگرم در هکتار و بیشترین کارآیی مصرف آب دانه برابر ۱/۲۵ کیلوگرم در مترمکعب آب (با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای نواری) (۲) و ۱۲۴۴۹/۶ کیلوگرم در هکتار و ۱/۳۲ کیلوگرم در متر مکعب آب (در سامانه آبیاری قطره‌ای زیر سطحی)گزارش شده است (۳). بیشترین عملکرد دانه برای گیاه ذرت سینگل کراس ۷۰۴ با اعمال روش خشکی موضعی ریشه در مرحله رشد زایشی برابر ۱۲۱۱۵ کیلوگرم در هکتار (۱۹ درصد افزایش نسبت به آبیاری کامل) و بهره‌وری مصرف آب با تکنیک خشکی موضعی ریشه در تمام دوره رشد گیاه برابر ۲/۱۳ کیلوگرم در متر مکعب آب آبیاری (۸۴ درصد افزایش نسبت به آبیاری کامل) گزارش شده است (۷).

بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب در استان هرمزگان کاملاً مشهود است. آمارها نشان می‌دهد که حجم بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی استان بیش از تغذیه می‌باشد. این طرح جهت مقابله با بحران کمبود آب، به‌خصوص در بخش کشاورزی اجرا شد. هدف اصلی طرح حاضر، بررسی عکس‌العمل گیاه ذرت در برابر کم آبیاری سنتی و خشکی موضعی ریشه در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری در منطقه حاجی‌آباد استان هرمزگان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقات کشاورزی، در شهرستان حاجی‌آباد اجرا گردید. حاجی‌آباد با ۴۶۴۰ کیلومتر مربع وسعت، در ۱۶۵ کیلومتری بندر عباس و در محدوده ′۱۹ °۲۸ تا ′۳۸ °۲۸ عرض شمالی و ′۷ °۵۷ تا ′۳۲ °۵۹ طول شرقی و ۱۱۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا قرار دارد. متوسط آمار سی ساله هواشناسی منطقه در جدول (۱)، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

جدول ۱. متوسط آمار هواشناسی منطقه (۱۳۹۱-۱۳۶۱) در ماه‌های اجرای طرح

پارامترها	ماه‌های سال					میانگین سالانه
	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	
میانگین دما (ºC)	۳۲	۳۳/۴	۲۹/۳	۲۷	۳۰	۲۸/۵
بارندگی (mm)	۰	۷/۷	۱۲/۷	۲/۸	۵	۸
رطوبت نسبی (٪)	۲۲/۱	۳۶/۶	۳۱	۲۹	۲۶/۵	۳۰

جدول ۲. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

عمق خاک (cm)	اجزای خاک (٪)			بافت خاک	آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول ($meq\ L^{-1}$)						SAR	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)
	رس	سیلت	شن		SO_4^{-2}	HCO_3^-	Cl^-	Na^+	Mg^{+2}	Ca^{+2}			
۰-۳۰	۲۹	۵۸	۱۳	S-C-L	۸/۶	۲/۸	۸	۵/۲	۱۰	۱۰	۱/۶	۸	۰/۸۵
۳۰-۶۰	۳۲	۵۱	۱۷	S-C-L	۷/۹	۴	۴	۴/۸	۴	۶	۳/۱	۷/۶	۰/۸
۶۰-۹۰	۳۷	۵۹	۴	S-C	۵/۵	۴	۲	۴/۹	۱۰	۴	۱/۸	۷/۵	۰/۷۸

جدول ۳. خصوصیات شیمیایی آب آبیاری

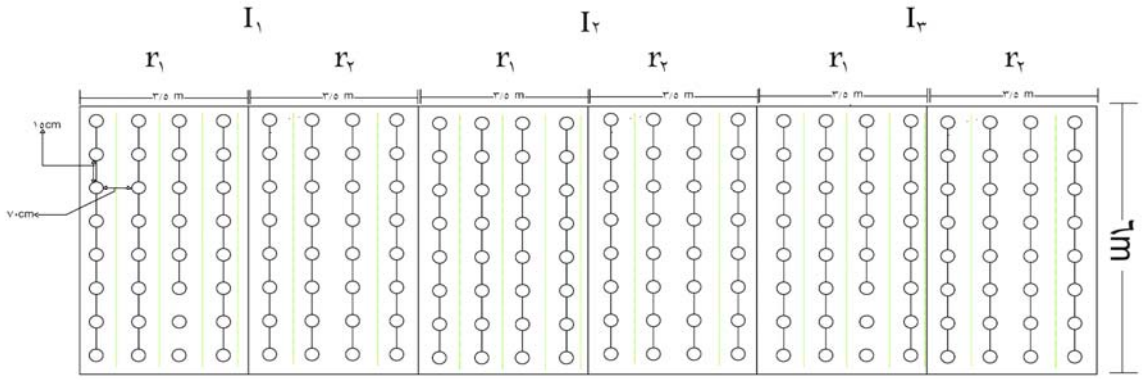
کاتیون‌ها ($meq\ L^{-1}$)						آنیون‌ها ($meq\ L^{-1}$)				EC ($dS\ m^{-1}$)	pH
Mn^{+2}	Fe^{+2}	Na^+	K^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}	SO_4^{-2}	Cl^-	HCO_3^-	CO_3^{-2}		
۰/۰۱۴	۰/۰۷۸	۷	–	۸/۴	۹/۱	۲/۴	۵/۲	۳/۲	–	۱/۷	۷/۱

در اعماق ۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتی‌متری در جدول (۲) و خصوصیات آب آبیاری در جدول (۳) آمده است.

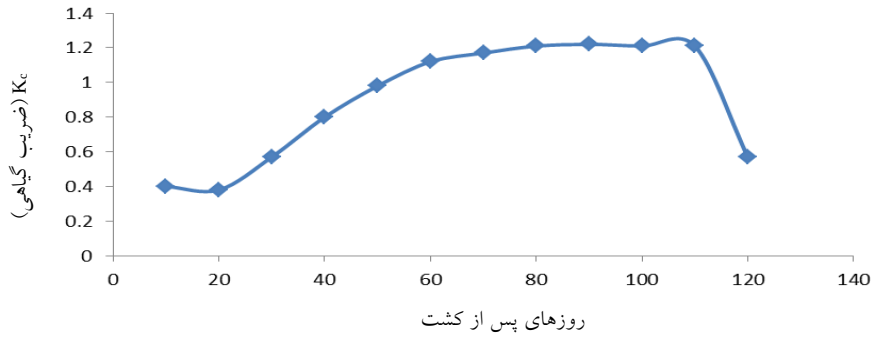
تحقیق در زمینی به وسعت ۴۸۰ مترمربع در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) با سه تکرار اجرا شد. طرح با سه تیمار اصلی شامل سطوح آبیاری (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی) به‌ترتیب I_1، I_2 و I_3، دو تیمار فرعی، شامل الگوی کارگزاری لوله‌های آبده (معمولی و یک درمیان ثابت) به‌ترتیب r_1 و r_2 طراحی و اجرا گردید. جانمایی طرح در شکل (۱) آمده است.

کرت‌ها به ابعاد ۳/۵ در ۶ مترمربع آماده‌سازی شدند. درون هر کرت ۴ ردیف با ۷۰ سانتی‌متر فاصله تهیه شد. فاصله کرت‌ها یک ردیف نکشت (۷۰ سانتی‌متر) و فاصله تکرارها ۱۵۰ سانتی‌متر انتخاب شد. شخم اولیه در دی ماه و شخم ثانویه و کودپاشی هم‌زمان در اواسط بهمن ماه سال ۱۳۹۰ انجام گردید. کشت بذر ذرت رقم سینگل‌کراس ۷۰۴ پس از یک نوبت آبیاری سطحی در تاریخ ۱۳۹۱/۰۲/۱۵ در عمق ۸ الی ۱۰ سانتی‌متری و با تراکم اولیه ۱۱۰۰۰۰ بوته در هکتار انجام شد. پس از جوانه زدن بذرها، به‌وسیله تنک کردن دستی فاصله بوته‌ها به ۳۰ سانتی‌متر افزایش یافت (تراکم ۷۷۰۰۰ بوته در هکتار). در طول فصل رشد، مزرعه سه نوبت در هفته (روزهای فرد) آبیاری شد. برداشت محصول به‌صورت دستی در روزهای سوم، چهارم و پنجم مهر ماه ۱۳۹۱ (۱۴۰ روز پس از کاشت)، با رعایت حاشیه‌ها و با انتخاب تصادفی ده بوته از ردیف‌های میانی هر کرت انجام گردید. با روش‌های مرسوم عملکرد دانه، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف دانه در بلال و وزن هزار دانه برای هر تیمار تعیین گردید.

نیاز آبی گیاه با استفاده از معادله پنمن- مونتیث اصلاح شده (معادله ۱) و اعمال ضریب گیاهی (kc) معادلهٔ (۲) محاسبه شد (۱۰).



شکل ۱. جانمایی طرح. I_1، I_2 و I_3: به‌ترتیب سه تیمار اصلی آبیاری (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی)، r_1 و r_2: به‌ترتیب الگوی کارگزاری لوله‌های آبده (معمولی و یک درمیان ثابت)



شکل ۲. منحنی تغییرات ضریب گیاهی ذرت دانه‌ای در طول فصل رشد (۶)

$$ET_O = \frac{0/408\Delta(R_n - G)}{\Delta + \gamma(1 + 0/34U_2)} + \frac{[900\gamma/(T+273)]U_2(e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0/34U_2)} \quad [1]$$

$$ET_{crop} = K_c(ET_o) \quad [2]$$

در این معادلات: ET_O: تبخیر و تعرق گیاه مرجع ($mm\ day^{-1}$)، Rn: تابش خالص در سطح پوشش گیاهی ($MJ\ m^{-2}d^{-1}$)، G: شار گرما به داخل خاک ($MJ\ m^{-2}d^{-1}$)، γ: ضریب رطوبتی ($KPa\ ^{C-1}$)، T: متوسط دمای هوا (^{C})، U_2: سرعت باد در ارتفاع دو متری از سطح زمین ($m\ s^{-1}$)، (ea-ed): کمبود فشار بخار هوا (KPa)، ETcrop: تبخیر و تعرق گیاه مورد نظر و K_c: ضریب گیاهی شکل (۲) می‌باشد.

در آبیاری قطره‌ای، تبخیر از سطح خاک مرطوب ناچیز و قابل صرف نظر بوده و فقط تعرق مد نظر قرار می‌گیرد. بنابراین در محاسبه نیاز آبی این فرض که تمام سطح مزرعه مرطوب باشد تعدیل می‌شود. تعرق روزانه گیاه در آبیاری قطره‌ای، تابعی از سطح سایه‌انداز گیاه بوده و از معادله (۳) محاسبه می‌شود (۱۱).

$$Td = ET_{crop}\left[0/1(Pd)^{0/5}\right] \quad [3]$$

در این معادله: Td: نیاز آبی روزانه در آبیاری قطره‌ای، ET_{crop}: تبخیر و تعرق گیاه و Pd: درصد سطح سایه انداز گیاه می‌باشد.

با داشتن اطلاعات روزانه هواشناسی و با استفاده از معادلات (۱ و ۲) نیاز آبی روزانه گیاه محاسبه و با توجه به دور آبیاری (دو یا سه روزه) نیاز خالص گیاه به‌دست آمد. درصد سطح سایه‌انداز، نسبت سایه گیاه در ظهر به سطح زمین متعلق به هر گیاه است. اندازه‌گیری‌های لازم برای محاسبه سطح

جدول ۴. خلاصه تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده طرح

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد	بهره‌وری مصرف آب	وزن هزار دانه	تعداد دانه در هر ردیف	تعداد ردیف دانه در بلال
تکرارRep	۲	۱۵۵۵۵۵۵/۵۶	۰/۰۰۲۳	۴۶/۸۹	۳۰/۰۵۶	۱۷/۵۶
آبیاریA	۲	۳۴۸۰۳۸۸۸/۸۹**	۰/۱۴۲**	۲۷۵۶/۰۶**	۱۳۷/۷۲**	۷۳/۷۲**
خطا (E1)	۴	۳۲۲۲۲/۲۲	۰/۰۰۱	۴/۲۲	۰/۷۲	۰/۶۴
کارگزاریB	۱	۲۱۳۵۵۵۵۵/۵۶**	۰/۰۲۹**	۵۷۸/۰۰**	۱۵۰/۲۲**	۵۰/۰۰**
A×B	۲	۱۱۱۱۱۱/۱۱ns	۰/۰۰۱ns	۱۸/۱۷**	۵/۰۶ns	۱/۱۷ns
خطا (E2)	۶	۱۲۷۷۷/۷۸	۰/۰۰	۰/۷۸	۰/۶۱۱	۰/۲۸

** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و غیر معنی‌دار

سایه‌انداز در مراحل مختلف رشد در مزرعه انجام شد. با در نظر گرفتن راندمان کاربرد آب برای آبیاری قطره‌ای، ۹۰ درصد، فاصله بین ردیف‌ها، فاصله بین بوته‌ها، دور آبیاری و تعداد بوته در ردیف، ارتفاع ناخالص آب آبیاری مورد نیاز هر ردیف محاسبه و براساس طرح (آبیاری کامل، کم آبیاری در سطح ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه) محاسبه و با کنتور حجمی به گیاهان در هر تیمار داده شد. بهره‌وری آب با استفاده از معادله (۴) محاسبه شد.

$$WP = \frac{Y_T}{V_T} \qquad [۴]$$

در این معادله: WP: بهره‌وری آب، Y_T: عملکرد و V_T: حجم آب مصرفی می‌باشد.

آبیاری با لوله‌های تیپ، با فاصله قطره چکان‌ها ۳۰ سانتی‌متر، دبی ۴/۲ لیتر در ساعت در هر متر طول لوله، ضخامت لوله ۲۰۰ میکرون، قطر داخلی لوله ۱۶/۵ میلی‌متر، حداقل فشار ترکیدگی لوله ۴ بار و سه نوبت در هفته (روزهای فرد) انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SAS(v.9.1)، و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن با احتمال ۵ درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در جداول (۴) و (۵) آمده است. براساس نتایج این جداول در مورد صفات مورد نظر بحث می‌شود.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، تأثیر آبیاری و الگوی کارگزاری لوله‌ها بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار؛ اما تأثیر متقابل آنها بر عملکرد گیاه بی‌معنی بود (جدول ۴). این نتیجه با گزارش دیگر محققان (۱) مطابقت دارد. بیشترین عملکرد دانه (۱۱۲۱۶ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن (۶۹۳۳ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب متعلق به تیمارهای ۸۰ و ۶۰ درصد بوده و با ۳۸/۷ درصد اختلاف با هم در دو گروه آماری قرار دارند. عملکرد دانه تحت تأثیر اثر متقابل دو عامل براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد، دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند؛ اما بیشترین عملکرد دانه در گیاهان تحت تیمار آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه و الگوی کارگزاری لوله به‌صورت معمولی و کمترین آن در گیاهان تحت تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه و الگوی کارگزاری یک در میان اتفاق افتاد. کاهش عملکرد در گیاهان تحت تیمار آبیاری کامل را به این صورت می‌توان توجیه کرد: آبیاری بیش از حد نیاز ذرت علاوه بر افزایش رشد رویشی (از جمله ارتفاع گیاه)، منجر به آبشویی مواد غذایی از ناحیه ریشه و در نتیجه کاهش عملکرد می‌شود. عملکرد دانه ذرت ۱۲۱۱۵ و ۸۲۳۰ کیلوگرم در هکتار گزارش

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر تیمارهای اصلی، فرعی و اثر متقابل دو عامل

تیمارها	عملکرد ($kg\ ha^{-1}$)	حجم آب مصرفی ($kg\ ha^{-1}$)	بهره‌وری مصرف آب ($kg\ ha^{-1}$)	وزن هزار دانه (gr)	تعداد دانه در هر ردیف	تعداد ردیف دانه در بلال
I_1	۱۰۹۸۳/۳۳^{a}	۱۰۷۹۹/۷۳^{a}	۱/۰۱۷ ^{b}	۳۰۵/۵۰ ^{b}	۴۶/۱۷^{b}	۱۸/۰۰ ^{b}
I_2	۱۱۲۱۶/۶ ^{a}	۸۶۰۱/۷۴^{b}	۱/۳۰۴ ^{a}	۳۱۰/۸۳ ^{a}	۴۹/۸۳ ^{a}	۲۱/۱۷ ^{a}
I_3	۶۹۳۳/۳۳ ^{b}	۶۴۹۷/۹۶^{c}	۱/۰۶۷ ^{b}	۲۸۸/۰۰ ^{c}	۴۰/۳۳ ^{c}	۱۴/۱۷ ^{c}
میانگین	۹۷۱۱/۱۲	۸۵۹۳/۹۱	۱/۱۳	۳۰۱/۴۴	۴۵/۴۴	۱۷/۷۷
r_1	۱۰۰۵۵/۵۶ ^{a}	۹۲۳۳/۷۵^{a}	۱/۰۸۹ ^{b}	۳۱۲/۶۷ ^{a}	۴۸/۳۳ ^{a}	۱۹/۴۴ ^{a}
r_2	۹۳۶۶/۶۷ ^{b}	۸۰۱۲/۵۴^{a}	۱/۱۶۹ ^{a}	۲۹۰/۲۲ ^{b}	۴۲/۵۶ ^{b}	۱۶/۱۱ ^{b}
میانگین	۹۷۱۱/۱۲	۸۵۹۳/۹۱	۱/۱۳	۳۰۱/۴۴	۴۵/۴۴	۱۷/۷۷
I_1r_1	۱۱۴۰۰/۰۰ ^{a}	۱۱۶۵۶/۴۴ ^{a}	۰/۹۷۸ ^{a}	۳۱۲/۰۰ ^{b}	۴۹/۰۰ ^{a}	۲۰/۰۰^{a}
I_1r_2	۱۰۵۶۶/۶۷ ^{a}	۱۰۰۱۵/۸ ^{a}	۱/۰۵۵ ^{a}	۲۹۹/۰۰ ^{d}	۴۳/۳۳ ^{a}	۱۶/۰۰^{a}
I_2r_1	۱۱۵۶۶/۶۷ ^{a}	۹۱۵۰/۸۴^{b}	۱/۲۶۴ ^{a}	۳۱۷/۶۷ ^{a}	۵۳/۶۷ ^{a}	۲۳/۰۰^{a}
I_2r_2	۱۰۸۶۶/۶۷ ^{a}	۸۰۷۹/۳^{b}	۱/۳۴۵ ^{a}	۳۰۴/۰۰ ^{c}	۴۶/۰۰ ^{a}	۱۹/۳۳ ^{a}
I_3r_1	۷۲۰۰/۶۷ ^{a}	۷۰۱۸/۱۹^{c}	۱/۰۲۶ ^{a}	۲۷۵/۰۰ ^{e}	۴۲/۳۳ ^{a}	۱۵/۳۳^{a}
I_3r_2	۶۶۶۶/۰۰ ^{a}	۶۰۱۶/۲۴^{c}	۱/۱۰۸ ^{a}	۲۶۷/۶۷ ^{f}	۳۸/۳۳^{a}	۱۳/۰۰^{a}
میانگین	۹۷۱۱/۱۲	۷۸۶۵/۲۲	۱/۲۳	۳۰۱/۴۴	۴۵/۴۴	۱۷/۷۷

در هر ستون، میانگین‌ها با حروف مشترک، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد، اختلاف معنی‌دار با هم ندارند

شده است (۱ و ۷). آب مصرفی در تیمارهای ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد به‌ترتیب ۱۰۸۰۰، ۸۶۰۰ و ۶۵۰۰ مترمکعب در هکتار بود (۱۱). آب مصرفی در دو تیمار ۸۰ و ۶۰ درصد اختلاف ۲۴/۴ درصدی را نشان می‌دهد، اما عملکرد این دو تیمار ۳۸/۲ درصد اختلاف دارند. دلیل این امر، اعمال تنش خشکی شدید به گیاه است که باعث کاهش اندازه برگ، توقف رشد برگ، کاهش سطح فتوسنتز کننده گیاه و کم شدن رشد گیاه و در نهایت کاهش عملکرد می‌شود. مشابه این نتایج را محققین دیگر نیزگزارش کرده‌اند (۱۳،۴، ۱۵، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱ و ۲۵).

مقایسه میانگین عملکرد نشان می‌دهد که الگوی کارگزاری لوله‌های آبده بر عملکرد گیاه مؤثر بوده و عملکرد را در دو گروه آماری (a ,b) قرار داد. به‌رغم یکسان بودن میزان آب مصرفی در تیمارهای فرعی، میزان عملکرد محصول در الگوی کارگزاری لوله‌های آبده به‌صورت معمولی نسبت به نواری‌های یک در میان ۶/۸ درصد بیشتر می‌باشد.

بهره‌وری مصرف آب

ذرت دانه‌ای دارای مسیر فتوسنتزی چهار کربنه بوده و از بهره‌وری آب بالایی برخوردار است. تغییر عوامل محیطی و گیاهی در کاهش یا افزایش بهره‌وری آب ذرت مؤثر می‌باشند، کاهش رطوبت خاک، از طریق انسداد روزنه‌ها سبب افزایش بهره‌وری آب می‌گردد (۲۳). در این تحقیق به رغم عدم اختلاف آماری در اثر متقابل تیمارهای عامل اصلی و فرعی بر صفت بهره‌وری مصرف آب، تأثیر کم آبیاری بر بهره‌وری مصرف آب در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۵). تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی در هر دو سیستم آبیاری دارای بهره‌وری مصرف آب بهتری نسبت به دو تیمار دیگر بود. بررسی‌های انجام شده در مورد کم آبیاری در نقاط مختلف دنیا، کارآمدی این تکنیک مدیریتی در استفاده بهینه از هر واحد آب مصرفی و افزایش سود خالص را نشان می‌دهد (۴).

کارآیی مصرف آب ذرت برابر ۲/۳ کیلوگرم دانه بر متر

مکعب در آبیاری با ۸۰ در صد نیاز آبی و با سامانه آبیاری قطره‌ای نواری گزارش شده است (۹). در یک تحقیق، بهره‌وری آب ذرت ۱/۰۷ تا ۱/۳۷ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شد (۵)، که با نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر همخوانی دارد. بهره‌وری مصرف آب در تیمار الگوی کارگزاری لوله‌های آبده به‌صورت یک در میان (خشکی موضعی ریشه) نسبت به الگوی کارگزاری لوله‌های آبده به‌صورت معمولی ۶/۸ درصد برتری داشت.

وزن هزاردانه

براساس نتایج تجزیه واریانس، تأثیر آبیاری، الگوی کارگذاری لوله و تأثیر متقابل دو عامل بر صفت وزن هزار دانه در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد. بیشترین وزن هزار دانه (۳۱۰/۸۳ گرم) در گیاهان تحت تیمار ۸۰ درصد و کمترین آن (۲۸۸ گرم) در گیاهان تحت تیمار ۶۰ درصد اتفاق افتاد. در واقع اندازه دانه‌های ذرت در گیاهان تحت تیمار ۸۰ درصد نسبت به دیگر گیاهان بزرگ‌تر و در گیاهان تحت تیمار ۶۰ درصد کوچک‌تر بود. بنابراین می‌توان گفت تنش رطوبتی باعث کوچک شدن دانه‌های ذرت شده است. محققین مهم‌ترین عامل کاهش وزن دانه را در شرایط تنش آبی، کوتاه شدن دوره پر شدن دانه می‌دانند. در این شرایط عرضه مواد پرورده به گیاه تحت شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد که باعث کاهش وزن دانه هر بلال و وزن هزار دانه می‌گردد (۱۲). نتایج محققان دیگر با نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر همخوانی دارد (۱۷ و ۲۲).

تعداد دانه در ردیف

یکی از اجزاء مهم عملکرد هیبریدهای تک‌بلاله ذرت، تعداد دانه در ردیف است. این صفت بر اثر تأخیر در ظهور کاکل و یا سقط جنین در اثر کمبود هیدرات‌های کربن کاهش می‌یابد. تنش‌های محیطی باعث کوتاه شدن دوره تمایز سنبلچه و در نتیجه کاهش تعداد سنبلچه در سنبله گشته و کاهش عملکرد را در پی خواهد داشت (۱۲). در این تحقیق اثر تیمارهای آبیاری و الگوی کارگزاری بر صفت مذکور معنی‌دار اما اثر متقابل این تیمارهای غیرمعنی‌دار می‌باشد (جدول ۵). تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی با اختلاف ۷/۴ درصدی نسبت به تیمار آبیاری کامل در بهترین جایگاه آماری قرار گرفته است. تنش شدید آبی (تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی) بر این صفت باعث کاهش ۱۹/۱ درصدی تعداد دانه در ردیف بلال شده است. تنش شدید خشکی در مراحل گل‌دهی و اوایل پر شدن دانه، باعث کاهش تعداد دانه در ردیف بلال می‌شود (۵). الگوی کارگزاری لوله‌های آبده به‌صورت معمولی با اختلاف ۱۲ درصد نسبت به الگوی کارگزاری لوله‌های آبده به‌صورت یک درمیان، در شرایط بهتری قرار دارد.

تعداد ردیف دانه در بلال

از دیگر اجزاء تشکیل دهنده عملکرد در ذرت، تعداد ردیف دانه در بلال است، که به‌عنوان یک صفت ارثی کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد و به رقم کشت شده بستگی دارد (۲۴). با این حال تیمار آبیاری و الگوی کارگزاری لوله‌های آبده بر صفت فوق اثر معنی‌داری داشتند. مقایسه میانگین این صفت نشان می‌دهد که در بین عوامل اصلی تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی و در بین عوامل فرعی تیمار الگوی کارگزاری لوله‌های آبده به‌صورت معمولی دارای بهترین وضعیت می‌باشند.

نتیجه‌گیری

آبیاری با ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه، به‌ترتیب سبب صرفه‌جویی ۴۳۰۰ و ۲۲۰۰ مترمکعب در هکتار آب و افزایش بهره‌وری مصرف آب به مقدار ۱۱/۷ و ۲۲/۶ درصد نسبت به آبیاری کامل شدند. کم آبیاری با کاربرد ۸۰ درصد نیاز آبی در مقایسه با تیمار آبیاری کامل، افزایش ۱/۴ درصدی عملکرد، ۱/۸ درصدی وزن هزار دانه، ۸/۷ درصدی تعداد دانه در هر ردیف و ۱۳ درصدی تعداد ردیف دانه در هر بلال را ایجاد نمود؛ اما کم آبیاری در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی کاهش ۳۶/۸ درصدی

عملکرد، ۱۴/۲ درصدی وزن هزار دانـه، ۲۱/۸ درصـدی تعـداد دانه در هر ردیف و ۳۸/۱ درصدی تعداد ردیف دانه در هر بلال را نشان داد. الگوی کارگزاری لوله‌های آبده به‌صورت معمـولی و یک در میان در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی عملکردی به‌ترتیـب برابر ۱۱۴۰۰ و ۱۰۵۶۷ کیلوگرم در هکتار داشتند که بـه‌ترتیـب ۱۷/۵ و ۱۱ درصـد بیشـتر از میـانگین عملکـرد منطقـه (۹۴۰۰ کیلوگرم در هکتـار) بـود. علیـرغم برتـری عملکـرد در الگـوی کارگزاری لوله‌های آبده به‌صورت معمولی بر خشـکی موضـعی ریشه، بهره‌وری مصرف آب در الگوی کارگزاری لوله‌های آبـده به‌صورت یک در میـان (خشـکی موضـعی ریشـه) ۶/۸ درصـد بیشتر از تیمار الگوی کارگزاری لوله‌های آبده به‌صورت معمولی است. بنابراین با توجه به بحران کمبود آب جهانی، استفاده بهتر از هر قطره آب در اولویت بوده و کم آبیاری به‌صورت خشـکی موضعی ریشه با آبیاری به مقدار ۸۰ درصـد نیـاز آبـی گیـاه در منطقه توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. اخوان، ک. و م. ر. شیری. ۱۳۸۸. بررسی سطوح مختلف آب و آرایش کاشت ذرت دانه‌ای به روش آبیاری نواری قطره‌ای در منطقـه مغان. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. اردبیل.

۲. افراسیابی، پ.، م. دلبری. و ح. جعفری. ۱۳۹۵. بررسی اثرات مقادیر مختلف آبیاری، تراکم بوته و آرایش کاشت در روش آبیـاری قطره‌ای- نواری بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارآیی مصرف آب ذرت دانه‌ای در اسلام آباد غرب. تحقیقات آب و خـاک ایـران ۴۷(۴): ۷۴۱-۷۳۱.

۳. افشار، ه. و س. ح. صدر قاین. ۱۳۹۲. اثر سطوح مختلف آب، تراکم بوته و آرایش کاشت بر بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری زیر سطحی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۷(۶): ۱۱۵۲-۱۱۴۵.

۴. اکبری، د.، غ. ر. میرزایی و ع. تشکری. ۱۳۸۴. تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد محصول پنبه در شرق استان مازندران. مجلـه خشـکی و خشکسالی ۱۵: ۶-۱.

۵. آذری، ا.، س. برومندنسب، م. بهزادی و م. معیری. ۱۳۸۶. بررسی عملکرد گیاه ذرت در روش آبیاری قطره‌ای نواری. مجله علمـی کشاورزی ۳۰: ۸۸-۸۱.

۶. بافکار، ع.، ب. فرهادی. و ع. ر. کریمی. ۱۳۹۲. برآورد ضریب گیاهی ذرت دانه‌ای با اسـتفاده از خصوصـیات فیزیولـوژیکی گیـاه (مطالعه موردی: مهیدشت کرمانشاه). نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۷(۴): ۸۳۸-۸۳۲.

۷. رضائی استخروئیه، ع.، ع. ا. هوشمند، س. برومند نسب و م. ج. خانجانی. ۱۳۹۱. تأثیر کم‌آبیاری موضعی ریشه بر عملکرد، اجزای عملکرد و کار آیی مصرف آب گیاه ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴. نشریه آب و خـاک (علـوم و صـنایع کشـاورزی) ۲۶(۶): ۱۵۲۱-۱۵۴۱.

۸. شاهین رخسار، پ. و م. اسدی. ۱۳۹۲. ارزیابی دو سیستم آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) و شیاری تحت رژیم‌های مختلف رطوبتی. مجله پژوهش آب در کشاورزی ۲۷(۱): ۱۰۰-۸۹.

۹. صمدوند، س.، م. تاجبخش، ک. انوری و ج. احمدآلی. ۱۳۹۳. تأثیر سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری و نشتی در کشت یـک و دو ردیفه بر عملکرد و کارآیی مصرف آب ذرت دانه‌ای. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علـوم آب و خـاک ۱۸(۷۰): ۱۱۹-۱۱۳.

۱۰. علیزاده، ا. ۱۳۸۴. *رابطه آب و خاک و گیاه*. چاپ هفتم. انتشارات دانشگاه امام رضا. مشهد.

۱۱. علیزاده، ا. ۱۳۸۸. *اصول و عملیات آبیاری قطره‌ای*. انتشارات دانشکده کشاورزی دانشگاه امام رضا (ع). مشهد.

۱۲. مجیدیان، م.، ع. قلاوندی، ک. حقیقی و ن. کریمیان. ۱۳۸۷. اثر تنش خشکی، کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی بر قرائت کلروفیل‌متر، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴. مجله علوم زراعی ایران ۱۰: ۳۳۰-۳۰۳.

13. Ayars, J. E., R. B. Hutmacher, S. S. Vail and R. A. Schoneman. 1991. Cotton response to nonuniform and varying depts of irrigation. Agric. Water Manage. 19(2): 151-166.
14. Bronson, K. F., A. B. Onken, J. W. Keeling, J. D. Booker and H. A. Torbert. 2001. Nitrogen response in cotton as affected by tillage system and irrigation level. Soil Sci. Soc. Am. J. 65: 1153–1163.
15. Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. F. Crop Res. 89(1): 1-16.
16. Cetin, O. and L. Bilget. 2002. Effects of different irrigation methods on shedding and yield of Cotton. Agr. Water Manage. 54(1): 1–15.
17. Cheong Y. H., K. N. Kim, G. K. Pandey, R. Gupta, J. J. Grant and S. Luan. 2003. Calcium sense that differentially regulates salt, drought, and cold responses in Arabidopsis. The Plant Cell. 15(8): 1833-1845.
18. Hernandez, B., E. C. Avila, J. J. Olan, J. F. Lopez and L. A. Navarro. 2010. Morphological quality of sweet corn (*Zea mays* L.) ears as response to soil moisture tension and phosphate fertilization in Campech, Mexico. Agr. Water Manage. 97(9): 1365-1374.
19. Howel, T. A., J. A. Tolk, A. D. Schneider and R Evett. 1998. Evapotranspiration, Yield and Water Use efficiency of corn hybrids in maturity. Agron. J. 90: 3-9.
20. Lamm, F. R. and T. P. Trooien. 2003. Subsurface drip irrigation for corn production: a review of 10 years of research in Kansas. Irrigation Sci. 22: 195-200.
21. Oktem, A., M. Simsek and A. G. Oktem. 2003. Deficit irrigation effects on sweet corn (*Zea Mays* saccharata strut) with drip irrigation system in a semi-arid region; I. Water Yield Relationship. Agr. Water Manage. 61(1): 63-74.
22. Osbornc, S. L., J. S. Schepers, D. Franas and M. R. Schlcmer. 2002. Use of spectral radiance to in-scason biomass and grain yield in nitrogen and water stressed corn. Crop Sci. 42:165-186.
23. Sander, J. Z. and W. G. M. Bastiaanssen. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigation wheat, rice, cotton and maize. Agr. Water Manage. 69(2): 115-133.
24. Shakarami, G. and M. Rafiee. 2009. Response of corn (*Zea mays* L.) to planting pattern and density in Iran. Am. Eurasian J. Agric. Env. Sci. 5(1): 69-73.
25. Shaozhong, K., S. Wenjuan and Z. Jianhua. 2000. An improved water use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. F. Crop Res. 67(3): 207-2014.

J. Water and Soil Sci. (Sci. & Technol. Agric. & Natur. Resour.)
Vol. 22, No. 1, Spiring 2018, Isf. Univ. Technol., Isf., Iran.

Evaluating the Effect of Different Levels of Deficit Irrigation and Partial Root-Zone Drying on the Yield and Water Productivity of Maize in Hajiabad

M. Shahsavari[1], A. Rezaei Estakhroeih[*2], M. Irandost[1] and A. Nashat[1]

(Received: Aug. 25-2016; Accepted: March 07-2017)

Abstract

With the increase of population, the optimal use of water resources is necessary. This study was carried out to evaluate the impact of different levels of irrigation on the yield, yield components and water productivity of corn using single and double row drip irrigation systems (Tubes type). . The experiment was conducted in a split plot design based on the randomized complete block design (RCBD) with three replications in 2012 in Hajiabad, Hormozgan Province. The treatments were comprised of three levels of irrigation as the main plot (100, 80 and 60% water requirement) and two patterns of irrigating water pipe installation (normal and every other row) as a sub-plot of the design. The results showed that irrigating with the 80 percent water requirement, in comparison with full irrigation, increased the total yield by 1.4%, the seed weight by 1.8%, the number of seeds per row by 8.7%, and the number of seed row per maize by 13%. In spite of yield superiority in the pattern of normally irrigating water pipe installation (10055.56 kg ha-1), against every other row installation (9366.67 kg ha-1), water productivity was more in every other row installation (1.089 kg m-3). Therefore, partial root-zone drying was recommended by the irrigation of the 80% plant water requirement for the maize in the region.

Keywords: Drip Irrigation, Yield Components, Optimizing water use, Partial Rootzone Drying, Tubes type.

1. Azad University of Kerman branch, Kerman, Iran.
2. Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
*: Corresponding Author, Email: abbasrezaei2@gmail.com