

بررسی اثرات مقادیر مختلف آبیاری، تراکم بوته و آرایش کاشت در روش آبیاری قطره‌ای - نواری بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای در اسلام‌آباد غرب

پیمان افراسیاب^۱، معصومه دلبری^۲، حسین جعفری^{۳*}

۱. استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

۲. دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

۳. دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۹ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۲/۱۹)

چکیده

کمبود منابع آب در کشور و بالا بودن تلفات آب در آبیاری سطحی لزوم توجه به روش آبیاری تحت فشار به خصوص آبیاری قطره‌ای با لوله‌های تیپ (به علت داشتن فشار کارکرد کم و هزینه‌های پایین تهیه لوله‌ها) و استفاده بهینه از منابع آبی برای کشت محصولات پرمصرف مثل ذرت را افزایش داده است. در این راستا پژوهش حاضر به منظور تعیین اثرات کاربرد مقادیر مختلف آب آبیاری، تراکم بوته و آرایش کاشت بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۰ (KSCV۰۰) با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای نواری (tape)، در ایستگاه تحقیقاتی اسلام‌آباد غرب در دو سال متوالی (۱۳۹۰-۱۳۹۱) انجام گردید. این طرح در قالب طرح آزمایشی فاکتوریل اسپلیت بلوک که نوار عمودی، عامل آبیاری شامل چهار تیمار آبیاری ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد تبخیر و تعرق گیاه ذرت، و نوار افقی، عامل‌های آرایش کاشت شامل دو آرایش کاشت یک و دو ردیفه و تراکم بوته شامل سه تراکم ۶۵، ۷۵ و ۸۵ هزار بوته در هکتار به صورت فاکتوریل با سه تکرار به اجرا درآمد. نتایج نشان داد که مقدار آب آبیاری و تراکم کشت در سطح ۱٪ و اثرات متقابل آنها در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار بر کارایی مصرف آب ایجاد کردند. تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی ذرت با ۰/۸ کیلوگرم بر مترمکعب و تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی ذرت با ۱/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب به ترتیب کمترین و بیشترین کارایی مصرف آب را دارا بودند. مقادیر مختلف آبیاری در سطح ۱٪ در عملکرد اختلاف ایجاد نمود به طوری که تیمار ۱۲۵ درصد تبخیر و تعرق گیاه ذرت، با ۱۱۳۲۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین و تیمار ۵۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه ذرت، با ۳۴۴۲ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد را به خود اختصاص داد. همچنین عملکرد تحت تأثیر تراکم و آرایش کاشت قرار گرفت و در سطح ۱٪ با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند. به طوری که تراکم ۶۵ هزار بوته و آرایش کاشت یک ردیفه به ترتیب با ۶۵۹۶ و ۷۸۹۴ کیلوگرم در هکتار کمترین و تراکم ۷۵ هزار بوته و آرایش کاشت دو ردیفه به ترتیب با ۸۸۰۹ و ۸۱۹۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد داشتند. اثرات متقابل سطوح آبیاری و تراکم کشت در سطح یک درصد بر عملکرد ایجاد نمود اما اثرات متقابل سطوح آبیاری و آرایش کاشت و همچنین سطوح آبیاری، تراکم و آرایش کاشت، اثر سال و تکرار اختلاف معنی‌دار بر هیچ‌یک از عوامل ایجاد نکردند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای نواری، تبخیر و تعرق، عمق آبیاری و تحت تبخیر

مقدمه

تیپ (به علت داشتن فشار کارکرد کم و هزینه‌های پایین تهیه لوله‌ها) و استفاده بهینه از منابع آبی برای کشت محصولات پرمصرف مثل ذرت را افزایش داده است. امکان استفاده از روش‌های آبیاری قطره‌ای برای محصولات مختلف زراعی در چند دهه گذشته مورد بررسی قرار گرفته و مشخص شده است در شرایط مساوی روش آبیاری قطره‌ای نسبت به روش‌های مرسوم آبیاری قادر به کاهش آب آبیاری برای محصولات مختلف می‌باشد (Akhavan et al. 2014). Afshar et al. (2009) در بررسی کارایی مصرف آب و عملکرد محصول ذرت دانه‌ای در

با توجه به افزایش جمعیت و وقوع خشکسالی پی‌درپی و محدود بودن منابع تأمین‌کننده آب در جهان، استفاده بهینه از منابع آبی برای کشت گیاهان زراعی در بخش کشاورزی یکی از بهترین گزینه‌ها برای ایجاد کشاورزی پایدار هست. کمبود منابع آب در کشور و بالا بودن تلفات آب در آبیاری سطحی لزوم توجه به روش آبیاری تحت فشار به خصوص آبیاری قطره‌ای با لوله‌های

بازدهی را دارند (Tavasoli and Sepahvand, 2012). کم آبیاری یک راهکار بهینه برای تولید محصولات کشاورزی در شرایط کمبود آب می‌باشد که از طریق حذف آبیاری‌های کم بازده و کاهش میزان حجم آبیاری در هر نوبت آبیاری بدون اثر منفی بر سود خالص، باعث افزایش کارایی مصرف آب می‌شود (Sohrabi *et al.*, 2005). با اعمال کم آبیاری، راندمان آبیاری افزایش، هزینه‌های آب و آبیاری کاهش می‌یابد و در نتیجه موجب افزایش درآمد و سود خالص می‌شود. کاهش هزینه‌های کم آبیاری شامل کاهش مصرف آب در واحد سطح، کاهش زمان کار موتورپمپ، کاهش نیروی کارگری، افزایش سرعت تکمیل آبیاری در واحد سطح و بهینه‌سازی هیدرومدول آبیاری است (Sepaskhah *et al.*, 2006). ضمن این‌که بهره‌بردار باید بداند محصولاتی که دارای عملکرد بالاتر هستند نسبت به کمبود آب حساسیت بیشتری از خود نشان می‌دهند. به‌عنوان مثال گونه‌هایی از ذرت که نسبت به گونه‌های معمولی دارای عملکرد بیشتری هستند تحت شرایط کم آبیاری کاهش محصول بیشتری از خود نشان می‌دهند (Saberi *et al.*, 2006). به دلیل حساس بودن گیاه ذرت به کم‌آبی (Cakir, 2004)، یکی از مهمترین مشکلات زارعین در مناطق خشک و نیمه‌خشک فراهم ساختن شرایط مطلوب خصوصاً تأمین آب کافی در طول دوره رشد می‌باشد. ذرت از مهمترین محصولات کشاورزی است که علاوه بر تأمین مواد غذایی و فرآورده‌های دامی، در اشتغال‌زایی بخش‌های کشاورزی صنعت و بازرگانی نیز نقش مهمی ایفا می‌کند (Asadi, 2012). کم‌آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای مورد بررسی فراوان قرار گرفته است از جمله Jafari *et al.* (2005) تأثیر مقادیر مختلف آب آبیاری شامل ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی ذرت بر کارایی مصرف آب در روش آبیاری قطره‌ای نواری مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تیمار روش آبیاری قطره‌ای نواری با نیاز آبی ۸۰ درصد با کارایی مصرف آب معادل ۱/۵۲ کیلوگرم بر مترمکعب بیشترین کارایی مصرف آب را دارا بود. (Azari *et al.*, 2006) تأثیر مقادیر مختلف نیاز آبی گیاه ذرت را در روش آبیاری قطره‌ای نواری بررسی کردند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که مقادیر کارایی مصرف آب برای تیمارهای ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی به ترتیب برابر ۱/۶، ۱/۴ و ۱/۳ کیلوگرم دانه ذرت به ازای مصرف هر مترمکعب آب بود. (Koochi *et al.*, 2007) در تحقیقی اثر ۴ تیمار آبیاری شامل شاهد (برابر نیاز آبی خالص گیاه)، مکش در ۱/۲FC، ۱/۵FC و ۱/۸FC در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری را روی ذرت بررسی کردند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که کارایی مصرف آب به ترتیب برابر ۰/۹۵، ۰/۸۸، ۰/۶۵ و ۰/۵۷

روش‌های آبیاری شیاری و قطره‌ای دریافت که بیشترین مقدار مصرف آب در تیمار آبیاری شیاری به میزان ۱۸۷۰۶ مترمکعب در هکتار و کمترین میزان مصرف آب به اندازه ۹۰۰۰ مترمکعب در هکتار در تیمار آبیاری قطره‌ای رخ می‌دهد. در این آزمایش تنها تیماری که توانست عملکرد را تحت تأثیر قرار دهد مقدار آب مصرفی بود. (Akhavan *et al.*, 2007) طی تحقیقی به مقایسه آبیاری تیپ و شیاری از لحاظ عملکرد و کارایی مصرف آب سیب‌زمینی در همدان پرداخته و نتیجه گرفتند، که کارایی مصرف آب مربوط به روش آبیاری تیپ، (نوار تیپ در عمق ۵ سانتی‌متری از سطح زمین و وسط پشته) بیشتر از کارایی مصرف آب مربوط به آبیاری شیاری است. (Baghani, 2008) در آزمایش مقایسه اثرات تغییر روش آبیاری شیاری به قطره‌ای بر میزان و کارایی مصرف آب و عملکرد محصول در زراعت‌های ردیفی دریافت که بیشترین کاهش آب مصرفی، در زراعت‌های ذرت علوفه‌ای با ۴۹٪ و کمترین مقدار آن در مزارع سیب‌زمینی با ۳۴٪ اتفاق می‌افتد و کارایی مصرف آب آبیاری در ذرت علوفه‌ای ۱۱۶٪ و در زراعت‌های گوجه‌فرنگی، چغندرقد و سیب‌زمینی به ترتیب ۹۸٪، ۹۲٪ و ۸۳٪ افزایش می‌یابد. در این آزمایش در مجموع در تمام مزارع مورد مطالعه، میانگین آب مصرفی در زراعت‌های چغندرقد، ذرت علوفه‌ای، گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی بین ۳۴ تا ۴۹ درصد کاهش داشته است. (Javadi, 2007) در پژوهشی در شهرستان کرمانشاه دو روش آبیاری سطحی و قطره‌ای (تیپ) را از نظر کارایی مصرف آب و عملکرد بر روی چغندر مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که به دلیل وجود نفوذ عمقی و رواناب در آبیاری جویچه‌ای، راندمان آبیاری و کارایی مصرف آب پایین می‌آید. همچنین مقایسه‌ی آب مصرف‌شده و عملکرد ریشه در تیمارهای مورد بررسی نشان داد که افزایش عملکرد متناسب با افزایش مصرف آب نبوده است. از طرف دیگر هم‌زمان با توسعه‌ی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در کشور، همواره بهره‌بردار درصد انجام کم‌آبیاری در این سامانه بوده است. کم‌آبیاری می‌تواند نقش اساسی را در افزایش راندمان آب کاربردی ایفا کند. کم‌آبیاری یک روش مدیریت زراعی است که رویاننده با آگاهی از این موضوع که با کاهش آب آبیاری، کاهش محصول رخ خواهد داد، به‌صورت مدیریت‌شده تنش آبیاری را برای افزایش راندمان آب کاربردی و افزایش تولید محصول به ازای آب مصرفی واحد اعمال می‌کند (Dokoohaki and Gheysari, 2012). کم آبیاری استفاده بیشتر و بهتر از واحد حجم آب می‌باشد، هدف اصلی از اجرای کم آبیاری همانا افزایش راندمان کاربرد آب، چه از طریق کاهش میزان آب آبیاری در هر نوبت و یا حذف آبیاری‌هایی است که کمترین

مراحل نمو اندام‌های زایشی در ذرت باعث کاهش عملکرد می‌شود. همچنین بیشترین کارایی مصرف آب مربوط به تیمار تراکم کشت ۸۵۰۰۰ بوته در هکتار و آبیاری به میزان ۱۲۵٪ تبخیر و تعرق ذرت و آرایش کشت دو ردیفه با مقدار ۱/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب بود. (Bavace and Bavace, 2001) در بررسی چهارساله اثر آرایش کاشت یک و دو ردیفه و تراکم در چهار هیبرید زودرس ذرت گزارش کردند که آرایش کاشت دو ردیفه عملکرد بیشتری از آرایش کاشت معمولی در سال دوم اجرای آزمایش داشت و در بقیه سال‌های تحقیق تفاوت عملکرد دانه معنی‌دار نشد. در تحقیقی Karimi et al. (2011) عملکرد و کارایی مصرف آب را در سطوح مختلف نیاز آبی ذرت شامل ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری با دو آرایش کشت یک و دو ردیفه و تراکم ۷۵، ۹۰ و ۱۰۵ هزار بوته در هکتار در قزوین مورد بررسی قرار دادند و تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی ذرت که به صورت دو ردیفه و با تراکم کشت ۷۵ هزار بوته در هکتار کشت شد را با عملکرد ۱۲/۹ تن در هکتار و کارایی مصرف آب ۱/۹۶ کیلوگرم بر مترمکعب توصیه نمودند. Ahmadali et al. (2012) کارایی مصرف آب ذرت را در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری و نشتی مورد مقایسه قرار دادند. در تحقیق آنها تیمارهای آبیاری شامل مقادیر ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی ذرت در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری و ۱۰۰ درصد نیاز آبی در سیستم آبیاری نشتی، تیمار آرایش کاشت شامل کشت یک و دو ردیفه و تیمار تراکم کاشت شامل سه سطح ۷۵، ۹۰ و ۱۰۵ هزار بوته در هکتار بودند. نتایج نشان داد که کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری قطره‌ای نواری در مقادیر نیاز آبی ۸۰ درصد بیشترین و در تیمار آبیاری نشتی کمترین مقدار بود. مقدار عملکرد دانه ذرت در تیمار آبیاری قطره‌ای نواری در سطح نیاز آبی ۱۲۰ درصد بیشترین مقدار بود. کارایی مصرف آب و عملکرد دانه در آرایش کاشت دو ردیفه بیشتر از آرایش کاشت یک ردیفه بود. کارایی مصرف آب و عملکرد در تراکم ۹۰۰۰۰ بوته در هکتار دارای بیشترین مقدار بود. در تراکم ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار دارای کمترین مقدار بود. کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری قطره‌ای نواری در سطح نیاز آبی ۸۰ درصد و آرایش کاشت دو ردیفه و تراکم ۹۰۰۰۰ بوته در هکتار بیشترین و در تیمار آبیاری نشتی کمترین مقدار بود. Akhavan et al. (2014) در بررسی اثر میزان آب آبیاری قطره‌ای و آرایش کاشت بر عملکرد ذرت دانه‌ای در منطقه مغان نتیجه گرفت که اثر سطوح مختلف آبیاری بر روی عملکرد دانه و سایر صفات درسته احتمال ۱٪ معنی‌دار است. مقایسه میانگین عملکرد دانه در رژیم‌های مختلف آبیاری نشان داد که تیمار

کیلوگرم بر مترمکعب بود. Lamm et al. (1995) مقدار عملکرد محصول ذرت را برای تیمارهای آبیاری ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰ و ۱/۲۵ تبخیر و تعرق پتانسیل، در منطقه‌ای که متوسط میزان بارندگی سالیانه آن ۴۷۴ میلی‌متر بود در روش آبیاری زیرسطحی T-tape مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق نشان داد که در تیمارهای آبیاری بالاتر از ۷۵، میزان رطوبت خاک تا عمق ۲/۴ متری در حد ۶۰ تا ۵۵٪ ظرفیت نگهداری خاک باقی می‌ماند در صورتی که تیمارهای ۰-۵۰ باعث کاهش ظرفیت نگهداری آب در خاک شده است. نتایج همین تحقیق نشان داد که عملکرد محصول با میزان مصرف آب رابطه خطی دارد. تعیین تراکم مطلوب بستگی به شرایط محیطی دارد و تحت شرایط خشک باید برای استفاده بهتر از منابع از تراکم کمتر استفاده کرد، زیرا در شرایطی که منابع با محدودیت روبه‌رو هستند، نمی‌توانند نقش حمایت‌کننده داشته باشند در نتیجه محدودیت رشد، نسبت به زمانی که شرایط محیطی مساعد است، ایجاد می‌شود. وارپته‌هایی که متحمل به سطوح بالای تراکم بوته هستند، در برابر وارپته‌هایی که به سطح تراکم بالا حساس هستند پاسخ‌های متفاوتی خواهند داشت (Alavi and Shamsoddin Saeid, Tokatlidis et al., 2011). (2008) بیان کردند سطوح بالای تراکم بوته باعث کاهش قطر ساقه سورگوم می‌شود و علت آن را افزایش رقابت بر سر رطوبت و عناصر غذایی و به‌خصوص کمیت و کیفیت نور نفوذ کرده به داخل جامعه گیاهی دانستند. تحقیقات انجام‌شده توسط Mazaheri et al. (2002) در منطقه کرج بر روی هیبرید سینگل کراس با سه تیمار تراکم گیاهی ۷۰، ۸۵ و ۱۰۰ هزار بوته در هکتار به‌عنوان عامل عمودی و چهار سطح تیمار الگوی کاشت شامل یک سطح الگوی تک ردیفه به‌صورت کشت مرسوم و سه سطح الگوی دو ردیفه به ترتیب با فواصل ۱۵، ۲۰ و ۲۵ سانتی‌متر از یکدیگر به‌عنوان عامل افقی نشان داد که افزایش تراکم تا ۱۰۰ هزار بوته در هکتار در الگوی کشت تک ردیفه و دو ردیفه باعث افزایش عملکرد وزن خشک کل زیست‌توده شده است و عملکرد ماده خشک کل به همراه وزن خشک دانه، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف در بلال و وزن هزار دانه به‌طور کاملاً معنی‌داری تحت تأثیر تیمار الگوی کاشت قرار گرفته است و همچنین الگوی کشت دو ردیفه (دوبل) با فاصله ۱۵ سانتی‌متر روی پشته در تراکم‌های زیاد گیاهی باعث افزایش عملکرد شده است. Koochi et al. (2005) تأثیر مقادیر مختلف نیاز آبی ذرت در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری و تراکم بوته را بر کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای در کشت یک و دو ردیفه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که اعمال هر گونه تنش رطوبتی در

۱۲۵ درصد نیاز آبی با عملکرد ۸/۲۳ تن در هکتار بالاترین و تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی با عملکرد ۵/۰۲ تن در هکتار پایین‌ترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند، هرچند بین تراکم و آرایش‌های مختلف از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود نداشت، با این حال بیشترین عملکرد دانه مربوط به تراکم کاشت ۷۵ هزار بوته در هکتار و آرایش کاشت یک ردیف روی پشته بود. آزمایش در قالب اسپیلیت بلوک که نوار عمودی آن فاکتور آبیاری (۱۰۰، ۵۰، ۷۵، ۱۲۵ درصد نیاز آبی) و نوار افقی فاکتورهای آرایش کاشت (تک و دو ردیف روی نوار) و تراکم بوته (۷۵ هزار، ۸۵ هزار و ۹۵ هزار بوته در هکتار) به صورت فاکتوریل با سه تکرار در سه سال متوالی (۱۳۸۷-۱۳۸۴) اجرا شد. Saberi, et al. (2010) طی آزمایشی تراکم ۷۵ هزار بوته در هکتار برای کشت ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ در استان گلستان توصیه نمودند. Afshar et al. (2009) به منظور بررسی کارایی مصرف آب و عملکرد محصول ذرت دانه‌ای رقم ۷۰۴ در روش‌های آبیاری شیاری و قطره‌ای (نوارهای آبیاری تیپ) و بررسی آرایش کاشت یک و دو ردیفه آزمایشی در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی اجرا نمودند. در این آزمایش در کرت‌های اصلی چهار تیمار آبیاری شامل سه سطح ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی با استفاده از آبیاری قطره‌ای (تیپ) و یک سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی در روش آبیاری سطحی و در تیمار فرعی روش کاشت به صورت کشت یک و دو ردیفه و تیمار فرعی- فرعی سه سطح تراکم ۷۵، ۹۰ و ۱۰۵ هزار بوته در هکتار بود. نتایج نشان داد که، سطوح مختلف آب آبیاری بیشترین اثر را بر کارایی مصرف آب، عملکرد و اجزاء آن دارد. به طوری که میانگین کارایی مصرف آب، میانگین عملکرد در سطح ۱ درصد معنی‌دار شدند. بیشترین مقدار مصرف آب در تیمار آبیاری شیاری به میزان ۱۸۷۰۶ مترمکعب در هکتار و کمترین میزان مصرف آب به اندازه ۷۲۰۰ مترمکعب در هکتار در تیمار آبیاری قطره‌ای با سطح آبیاری ۸۰ درصد بدست آمد. در این آزمایش تنها تیماری که توانست عملکرد را تحت تأثیر قرار دهد مقدار آب مصرفی بود. عملکرد دانه در تیمارهای مختلف آبیاری از نظر آماری در سطح ۱٪ با یکدیگر اختلاف داشتند. کمترین میزان عملکرد در تیمار آبیاری قطره‌ای ۸۰٪ با اندازه ۴۵۳۰ کیلوگرم در هکتار و بیشترین آن در تیمار آبیاری قطره‌ای با سطح ۱۲۰ درصد نیاز آبی به اندازه ۱۰۷۷۹ کیلوگرم در هکتار بود. کارایی مصرف آب آبیاری نیز با احتمال ۹۹ درصد از نظر آماری در بین تیمارهای مختلف آبیاری متفاوت بود. بیشترین مقدار در تیمار آبیاری قطره‌ای با ۱۲۰ درصد و کمترین مقدار مربوط به تیمار آبیاری شیاری بود. روش

کاشت نتوانست هیچ‌یک از صفات مورد بررسی را تحت تأثیر قرار دهد. Nakhjavani et al. (2009) در بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری و تراکم کاشت بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارایی مصرف آب رقم KSC302 ذرت دانه‌ای در روش آبیاری بارانی در منطقه کرج نتیجه گرفتند که کم آبیاری باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود به طوری که کاهش آب مصرفی به میزان ۲۵ درصد باعث کاهش عملکرد دانه رقم مذکور در حدود ۴۳ درصد شد. از طرفی افزایش آب آبیاری (۱۲۵٪ نیاز آبی)، در حدود ۲۶ درصد عملکرد دانه رقم مذکور را نسبت به تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی افزایش داد. همچنین بیشترین عملکرد دانه در تراکم کاشت ۱۰۰ هزار بوته در هکتار و کمترین عملکرد در تراکم ۸۰ هزار بوته در هکتار مشاهده گردید و تیمار ۱۲۵٪ نیاز آبی با تراکم کاشت ۱۰۰ هزار بوته در هکتار از نظر عملکرد (۹/۱۱ تن در هکتار)، و تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی با تراکم کاشت ۱۰۰ هزار بوته در هکتار از نظر کارایی مصرف آب (۱/۱۶ کیلوگرم بر مترمکعب) بهترین گزینه‌ها برای رقم KSC302 ذرت دانه‌ای معرفی نمودند. بنابراین با عنایت به منابع ذکر شده آنچه مسلم است این است که استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) علاوه بر کاهش مصرف آب در کشاورزی، باعث افزایش کارایی مصرف آب نیز خواهد شد اما تنها عامل دخیل در افزایش کارایی مصرف آب نیست و عامل‌های دیگری نظیر مقدار آب آبیاری، تراکم بوته و آرایش کاشت و حتی منطقه کشت نیز می‌تواند مؤثر واقع شوند. لذا برای پاسخ به سؤالاتی نظیر آیا در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) پیاده شده در مزرعه ذرت کم- آبیاری جایز است؟ تراکم و آرایش کاشت ذرت در منطقه مورد مطالعه چه نقشی در افزایش کارایی مصرف آب دارند؟ نسبت به اجرای این آزمایش اقدام گردید. به عبارت دیگر این طرح با هدف دستیابی به یک فرمول مناسب کاشت ذرت از لحاظ مقدار آب آبیاری، تراکم و آرایش کشت در منطقه اسلام- آباد غرب که مطابق آمارنامه کشاورزی استان کرمانشاه با میانگین عملکرد ۹۱۱۳ کیلوگرم در هکتار و همچنین ۱۲/۲ درصد سهم در تولید ذرت دانه‌ای کشور بعد از استان خوزستان و فارس رتبه سوم را به خود اختصاص داده است در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور تعیین اثرات کاربرد مقادیر مختلف آب، تراکم بوته و آرایش کاشت بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۰ (KSCY۰۰) با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای نواری (tape)، در ایستگاه تحقیقاتی

اسلام‌آباد غرب در دو سال متوالی (۱۳۹۰-۱۳۹۱) انجام گردید. اسلام‌آباد غرب در ۶۵ کیلومتری جنوب غربی کرمانشاه با طول جغرافیایی ۳۱° ۴۶' و عرض جغرافیایی ۶° ۳۴' واقع گردیده و دارای ارتفاع ۱۳۳۵ متر از سطح دریا می‌باشد. آب و هوای این شهرستان معتدل و نیمه‌خشک و بارندگی سالانه به‌طور متوسط ۴۴۱ میلی‌متر می‌باشد. آب موردنیاز برای آبیاری مزارع از چاه تأمین گردید. ابتدا آب پمپاژ شده از چاه در داخل استخر ذخیره‌سازی سپس توسط شبکه‌های زیرزمینی به محل اجرای طرح انتقال داده شد. طول کرت اصلی ۴۰ متر، عرض آن ۳ متر، فاصله ردیف‌های کشت و نوارهای آبیاری ۷۵ سانتی‌متر و فواصل کرت‌ها دو متر در نظر گرفته شد و در مجموع در حدود ۲۵۰۰ مترمربع زیر کشت ذرت قرار گرفت. فاصله قطره‌چکان‌ها روی لوله‌ها ۳۰ سانتی‌متر، شدت آبدی در فشار ۸۱ کیلوپاسکال در هر متر طول لوله ۴ لیتر در ساعت و یکنواختی پخش آب ۰.۹۲٪ بود. آب توسط لوله پلی‌اتیلن ۶۳ میلی‌متر به ابتدای هر یک از کرت‌های عمودی منتقل و توسط کنترلر حجمی نصب‌شده بر روی آن حجم آب موردنیاز برای هر تیمار اندازه‌گیری و ثبت گردید. نیاز آبی ذرت با استفاده از روش تشت تبخیر (صورت کسر رابطه زیر) و حجم آب مصرفی یا نیاز آبیاری در تیمار ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه از رابطه زیر محاسبه و حجم آب مصرفی بقیه تیمارها بر اساس آن تعیین و اعمال گردید.

$$V = \frac{L \times S \times K_p \times K_r \times K_c \times ET_p}{10 \times E_a}$$

که در آن V: حجم آب آبیاری یا نیاز آبیاری (مترمکعب)
 L: طول کرت (متر) S: عرض کرت (متر) K_p: ضریب تشت تبخیر کلاس A که بر اساس اندازه‌گیری صورت گرفته ۰/۸ در نظر گرفته شد K_r: ضریب مربوط به سطح سایه‌انداز گیاه K_c: ضریب گیاهی ذرت که در مراحل مختلف رشد از کتاب نیاز آبی محصولات زراعی و باغی اقتباس گردید ET_p: تبخیر از تشت (میلی‌متر) که به‌صورت روزانه از ایستگاه هواشناسی واقع در مجاورت ایستگاه تحقیقاتی دریافت گردید. E_a: راندمان سیستم (۹۰ درصد در نظر گرفته شد) است. آبیاری یک روز در میان و به‌تبع آن قرائت کنتورها نیز یک روز در میان صورت گرفت.

این طرح در قالب طرح آزمایشی فاکتوریل اسپلیت بلوک که نوار عمودی، عامل آبیاری و نوار افقی، عامل‌های آرایش کاشت و تراکم بوته به‌صورت فاکتوریل با سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل آبیاری معادل ۵۰٪ (a1)، ۷۵٪ (a2)، آبیاری کامل یا ۱۰۰٪ تبخیر و تعرق گیاه ذرت به‌عنوان تیمار شاهد (a3) و ۱۲۵٪ تبخیر و تعرق گیاه ذرت (a4) به‌عنوان نوار عمودی و نوار افقی عامل‌های تراکم کشت شامل

۶۵۰۰۰ بوته در هکتار (b1)، ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار (b2) و ۸۵۰۰۰ بوته در هکتار (b3) و ردیف کاشت شامل، یک ردیف روی پشته (c1) و دو ردیف روی پشته (c2) بودند. قبل از کشت ذرت نمونه‌ای از خاک محل اجرای طرح جهت تعیین عناصر غذایی و املاح موجود در آن و به تبع آن توصیه کودی به آزمایشگاه ارسال گردید(جدول ۱). عملیات کاشت پس از آماده‌سازی زمین در نیمه دوم اردیبهشت به‌صورت دستی انجام- گرفت. در هر تیمار چهار خط کشت گردید که دو خط وسط اصلی و دو خط کناری به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. فاصله هر گیاه در تراکم ۶۵۰۰۰ بوته و یک ردیف کاشت روی پشته، ۲۰/۵ سانتی‌متر و برای دو ردیف کاشت روی پشته ۴۱ سانتی- متر، در تراکم ۷۵۰۰۰ و یک ردیف کاشت روی پشته ۱۸ سانتی‌متر، و برای دو ردیف کاشت روی پشته ۳۶ سانتی‌متر، همچنین این فاصله در تراکم ۸۵۰۰۰ و یک ردیف کاشت روی پشته ۱۵/۵ و دو ردیف کاشت روی پشته ۳۱ سانتی‌متر بود. تمام عملیات زراعی نظیر آبیاری، وجین و ... در همه تیمارها یکسان انجام گردید. آبیاری اول و دوم جهت سبز شدن برای کلیه تیمارها یکسان و پس از سبز شدن آبیاری مطابق تیمارها با دور یک روز در میان صورت گرفت. مقدار کود مصرفی بر اساس آزمون خاک و توصیه بخش تحقیقات شیمی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه موسسه تحقیقات خاک و آب تعیین و به‌منظور تأمین نیاز فیزیولوژیک ذرت به کود ازت و پتاسیم در طول دوره رشد، پس از محاسبه مقدار هر یک از آنها در ۳۰ نوبت آبیاری در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری، در تمام تیمارها به‌صورت یکسان از طریق تانک کود مصرف گردید. برای تأمین ازت و پتاسیم به ترتیب ۲۵۰ کیلوگرم از منبع اوره و ۵۰ کیلوگرم از منبع سولفات پتاسیم استفاده گردید. مقدار کود فسفر (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) به‌صورت سوپر فسفات تریپل قبل از کشت به‌صورت دستی مصرف گردید. در پایان فصل رشد و پس از برداشت نسبت به اندازه‌گیری برخی صفات مثل ارتفاع بوته تا زیر گل تاجی، (تعداد ۹ بوته از هر تیمار به‌صورت تصادفی انتخاب و ارتفاع آن از طوقه تا ابتدای تاسل اندازه‌گیری شد) عملکرد دانه (وزن دانه‌های هر بلال به اضافه وزن چوب بلال)، قطر ساقه (از هر تیمار ۹ بوته به شکل تصادفی انتخاب شده و قطر آنها در فاصله بین گره‌های ۳ و ۵ به‌وسیله کولیس اندازه‌گیری شد) قطر بلال (قطر بلال در قسمت وسط آن و توسط کولیس اندازه‌گیری شد) وزن هزار دانه (از دانه‌های مربوط به هر تیمار ۲۵۰ عدد شمارش و با ترازوی دیجیتال توزین شد) طول بلال و کارایی مصرف آب (کارایی مصرف آب به‌صورت نسبت بین عملکرد به حجم آب مصرفی در واحد سطح

MSTAT-C مورد تجزیه قرار گرفت. گروه‌بندی میانگین صفات بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

تعریف می‌شود و واحد آن بسته به واحد عملکرد مثل کیلوگرم، تن، گرم و غیره و واحد حجم آب مثل مترمکعب، لیتر و غیره متفاوت می‌باشد) اقدام گردید و داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار

جدول ۱ - نتایج تجزیه خاک محل اجرای آزمایش

Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mg (mg/kg)	K (mg/kg)	P (mg/kg)	%OC	T.N.V (%)	pH
۱/۵۸	۰/۵۲	۱۲/۸	۷/۶	۹۳۷/۵	۳۶۰	۱۹/۴	۱/۱۸	۱۷	۷/۷

نتایج و بحث

پس از اندازه‌گیری حجم آب آبیاری هر کرت در هر آبیاری، حجم آب مصرف‌شده در پایان فصل برای تیمارهای ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد تبخیر و تعرق گیاه ذرت با احتساب راندمان ۹۰ درصد به ترتیب ۴۳۲۸، ۶۴۹۲، ۸۶۵۶ و ۱۰۸۲۰ مترمکعب در هکتار بدست آمد. که مقدار آب مصرفی در تیمار ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق در مراحل چهارگانه توصیه‌شده توسط FAO شامل مرحله ابتدایی رشد، مرحله توسعه گیاه، مرحله میانی و مرحله نهایی به ترتیب ۶۰۶، ۲۲۸۰، ۴۱۸۰ و ۱۵۹۰ مترمکعب در هکتار و در مراحل چهارگانه سایر تیمارها نیز بر اساس درصد تبخیر و تعرق آن تیمار بود.

عملکرد

تأثیر عامل‌های آزمایشی بر عملکرد در جدول (۲) نشان داده شده است. مطابق جدول، تیمارهای مقادیر مختلف آبیاری شامل ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد تبخیر و تعرق گیاه ذرت در سطح ۱٪ در عملکرد اختلاف معنی‌دار ایجاد نمود و با عنایت به میزان عملکرد و گروه‌بندی آنها (جدول ۲) می‌توان نتیجه گرفت که در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری به دلیل راندمان بالای آن کم آبیاری تا سطح ۵۰٪ توصیه نمی‌گردد. تیمار a1 با عملکرد ۳۴۴۲ کیلوگرم در هکتار در حدود ۶۸٪ نسبت به تیمار a3 که به‌اندازه کافی آب دریافت کرده بود افت عملکرد داشت و تیمار a2 با ۶۷۳۲ کیلوگرم در هکتار در حدود ۳۷ درصد افت عملکرد داشت به عبارتی با کاهش ۲۵٪ و ۵۰٪ آب آبیاری افت عملکرد بیشتری اتفاق افتاد و نشان داد به ازای کاهش یک واحد آب مصرفی بیش از یک واحد افت عملکرد حادث می‌شود. در تأمین نیاز آبی با وجود در نظر گرفتن راندمان ۹۰ درصد، امکان مقداری تلفات (ناشی از عدم توزیع یکنواخت و گرفتگی موردی لوله‌های تیپ و ...) وجود داشت که عملکرد مطلوب در تیمار ۱۲۵ درصد می‌تواند ناشی از این مسئله باشد، همچنین مطابق نتایج تحقیقات اخوان و همکاران و یا رشیدی و رضادوست، ذرت گیاهی حساس به خشکی بوده و تنش خشکی وارده شده در

تیمار ۵۰ درصد و تأمین نشدن آب کافی در این تیمار از عوامل تأثیرگذار در افت عملکرد آن بوده است. تراکم کاشت و اثرات متقابل مقادیر آبیاری و تراکم کاشت نیز در سطح ۱٪ بر عملکرد اختلاف معنی‌دار ایجاد کرد. تراکم ۶۵۰۰۰ بوته در هکتار (b1) با عملکردی معادل ۶۵۹۶ کیلوگرم در هکتار پایین‌ترین عملکرد را دارا بود، همچنین بیشترین عملکرد مربوط به تراکم کشت ۸۵۰۰۰ و ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار است. به عبارتی بر اساس نتایج دوساله این پژوهش تراکم کشت ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار مناسب‌ترین تراکم می‌باشد (جدول ۳). مقایسه آرایش‌های کاشت نشان داد که اثر آرایش کاشت بر عملکرد در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ایجاد می‌نماید (جدول ۲). به‌طوری‌که آرایش کاشت دو ردیفه (c2) با عملکرد ۸۱۹۵ کیلوگرم در هکتار عملکرد بهتری نسبت به آرایش کاشت یک ردیفه (c1) با عملکرد ۷۸۹۴ کیلوگرم در هکتار داشت و نشان داد که در تراکم‌های مختلف با مقادیر مختلف آبیاری اگر دانه‌های ذرت در دو طرف نوار آبیاری قطره‌ای کشت شوند به دلیل توزیع مناسب بوته‌ها میزان جذب آب و عناصر غذایی بیشتر بوده و سبب افزایش عملکرد می‌گردد. (جدول ۲) همچنین با ملاحظه جدول (۴) استنباط می‌شود در صورتی‌که ذرت با تراکم ۶۵۰۰۰ بوته در هکتار کشت گردد به دلیل افت شدید عملکرد، در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری نباید کم آبیاری صورت گیرد. سایر عامل‌ها تأثیری بر عملکرد نداشتند (جدول ۴). نتایج تحقیقات کریمی و همکاران، مظاهری و باویس گویای این مطالب می‌باشند. میزان عملکرد در عامل-های مقدار آب آبیاری، تراکم کشت، ردیف کشت و اثرات متقابل مقدار آب و تراکم کشت به‌صورت نمودار در شکل‌های (۱ تا ۴) نشان داده شده است.

ارتفاع بوته و قطر ساقه

ارتفاع بوته تحت تأثیر مقادیر مختلف آبیاری و تراکم کاشت در سطح ۱٪ و آرایش کاشت در سطح ۵٪ قرار گرفت، ولی سایر منابع تأثیری بر ارتفاع بوته نداشتند. (جدول ۲). با افزایش میزان آب آبیاری ارتفاع بوته زیادت‌تر شد به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع

ایجاد نمودند. هر چه میزان آب آبیاری و تراکم کاشت افزایش یافت بلال‌ها هم طول‌تر شدند و طول بلال‌ها در کشت‌های یک ردیفه بیشتر از دو ردیفه شدند (جدول ۲). از طرفی کرتی که به میزان ۱۰۰٪ نیاز آبی آبیاری شد و تراکم ۸۵۰۰۰ بوته در هکتار را دارا بود (a3b3) بیشترین طول بلال را داشت در مصرف آب پائین (a1)، تراکم‌های مختلف هیچ اختلافی در طول بلال ایجاد نکردند و همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند. اما با افزایش مقدار آب آبیاری، تراکم کاشت نیز همسو با آن بر طول بلال تأثیر گذاشت و باعث افزایش آن شد به‌طوری‌که a3b2، a3b1 و a3b3 به ترتیب در گروه A، B و C قرار گرفتند (جدول ۴) و نشان داد زمانی مدیریت تراکم کاشت مؤثر خواهد بود که ذرت به میزان کافی آب دریافت کرده باشد و در صورت کمبود آب اعمال سایر مدیریت‌های زراعی سودی ندارد. آرایش کاشت یک ردیفه در مقادیر کم آب آبیاری (a1 و a2) طول بلال بیشتری نسبت به آرایش کاشت دو ردیفه داشت اما با افزایش میزان آب آبیاری، کشت‌های دو ردیفه طول بلال بیشتری داشتند و نشان داد در صورت وجود آب کافی کشت‌های دو ردیفه به دلیل توسعه جانبی رطوبت، عملکرد بیشتری نسبت به کشت‌های یک ردیفه دارند.

کارایی مصرف آب (WUE)

کارایی مصرف آب سیستم یا مدیریتی کارآمد است، که به‌عنوان مهمترین شاخص در انتخاب سیستم آبیاری، روش آبیاری، مدیریت آبیاری و ... بکار برده می‌شود. در این پژوهش از صفت عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار و مقدار آب آبیاری برحسب مترمکعب در هکتار در محاسبه کارایی مصرف آب استفاده گردید. از آنجائی که گیاه ذرت دارای مسیر فتوسنتزی چهار کربنه می‌باشد در نتیجه کارایی مصرف آب نسبتاً بالایی دارد، اما تغییر عوامل محیطی و گیاهی ممکن است باعث کاهش یا افزایش کارایی مصرف آب ذرت در طول فصل رشد شود، به‌طوری‌که کاهش رطوبت خاک ممکن است از طریق انسداد روزنه‌ها سبب افزایش کارایی مصرف آب گیاه گردد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که مقادیر مختلف آب آبیاری و تراکم کاشت بر شاخص کارایی مصرف آب در سطح احتمال ۱٪ بر این شاخص اختلاف معنی‌دار ایجاد می‌کنند اما اثرات متقابل آنها در سطح ۵ درصد و آرایش کاشت اختلاف معنی‌دار ایجاد نکرد (جدول ۲). تیمار a1 با ۰/۷۹۵ (کیلوگرم بر مترمکعب) و تیمار a3 با ۱/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب به ترتیب کمترین و بیشترین کارایی مصرف آب در مقادیر مختلف آب آبیاری دارا

بوته برای تیمار (a4) و کمترین آن مربوط به تیمار (a1) بود، در مقادیر مختلف آبیاری تیمار a3 و a4 در یک گروه آماری قرار گرفتند و نشان داد افزایش ۲۵٪ آب آبیاری بیش از نیاز ذرت، تأثیری بر ارتفاع بوته ندارد اما تیمار a1 کمترین ارتفاع را داشت و نشان داد که در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری کم آبیاری باعث کاهش ارتفاع ذرت می‌شود. (جدول ۳)، همچنین با افزایش تراکم بوته در هکتار و کاهش فاصله بوته‌ها روی ردیف (کشت یک ردیفه) به دلیل رقابت گیاه برای دریافت نور ارتفاع گیاه نیز بیشتر می‌شود (جدول ۳). قطر ساقه حساسیت بیشتری نسبت به عامل‌های مورد بررسی از خود نشان داد و چهار عامل مقادیر آبیاری، تراکم کاشت، اثرات متقابل آبیاری و تراکم کاشت و همچنین اثرات متقابل تراکم و آرایش کاشت همگی در سطح ۱٪ در قطر ساقه اختلاف معنی‌دار ایجاد نمودند (جدول ۲). نتایج نشان داد که آب بیشتر و تراکم کمتر باعث افزایش قطر ساقه می‌گردد به‌طوری‌که تیمارهای a3b1 و a4b1 بیشترین قطر ساقه را دارا بودند. بوته ذرت در تراکم ۶۵ هزار بوته در هکتار و کاشت دو ردیفه بیشترین قطر ساقه را داشت (جدول ۴). دلیل این موضوع مطابق نتایج تحقیقات علوی و همکاران همچنین گاردنر و همکاران کاهش قطر ساقه سورگوم در سطوح بالای تراکم بوته به علت افزایش رقابت بر سر رطوبت و عناصر غذایی و به‌خصوص کمیت و کیفیت نور نفوذ کرده به داخل جامعه گیاهی می‌باشد.

قطر و طول بلال

نتایج تجزیه واریانس مرکب دوساله نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری، تراکم کاشت و اثرات متقابل آنها، بر روی قطر بلال در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). اندازه قطر بلال با تراکم کاشت نسبت عکس داشت. یعنی با افزایش تراکم قطر بلال کمتر شد، ولی در مورد مقادیر مختلف آبیاری هر چه مقدار آب آبیاری افزایش داده شد بلال‌ها قطورتر شدند و در تیمارهای a4 و a3 به بیشترین مقدار رسیدند و در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۳). تیمارهای a3b1 و a4b1 بیشترین قطر بلال را دارا بودند و نشان داده شد هر چه تراکم ذرت کمتر باشد به دلیل تهویه و نورگیری مناسب بلال قطورتر و هر چه تراکم و مقدار آب آبیاری بیشتر باشد بلال‌ها ضعیف‌تر خواهند بود (جدول ۴). قطر بلال از سایر عامل‌ها تأثیر نپذیرفت اما بلال‌ها در آرایش کاشت دو ردیفه قطر بیشتری نسبت به آرایش کاشت یک ردیفه داشتند. در بین صفات اندازه‌گیری شده طول بلال در مقابل عامل‌های اعمال‌شده تغییرات بیشتری داشت به‌طوری‌که مقادیر مختلف آبیاری، تراکم کاشت، آرایش کاشت و اثرات متقابل آنها در سطح ۱٪ بر طول بلال اختلاف معنی‌دار

بودند. نتایج نشان داد که اثرات مقادیر مختلف کم آبیاری و بیش آبیاری به میزان ۲۵٪ به یک اندازه است، در نتیجه سامانه آبیاری قطره‌ای نواری نه تنها برای کم آبیاری بلکه برای بیش آبیاری هم توصیه نمی‌گردد (جدول ۳). در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری، راندمان بیش از ۹۰٪ بوده، سامانه بر اساس نیاز آبی گیاه طراحی شده، آب دقیقاً پای بوته ریخته می‌شود و هیچ یک از عوامل اتلاف آب مثل رواناب و نفوذ عمقی صورت نگرفته بنابراین تقریباً هیچ تلفاتی در مزرعه وجود ندارد، لذا به میزان قابل توجهی آب آبیاری در مقایسه با سیستم آبیاری سطحی کاهش می‌یابد و کاهش ۲۵٪ مصرف آب تأثیر زیادی بر افت عملکرد دارد بنابراین کم آبیاری توصیه شده در این حد در سامانه آبیاری سطحی که به دلیل کاهش رواناب و نفوذ عمقی باعث افزایش راندمان کاربرد آب در مزرعه می‌شود و تأثیر ناچیزی بر عملکرد دارد، در این سامانه هیچ کمکی به افزایش راندمان نمی‌کند و فقط سبب کاهش حجم پیاز رطوبتی و افت عملکرد می‌شود که نتایج بدست آمده مؤید این مطلب می‌باشد. افزایش میزان آب آبیاری بیش از نیاز گیاه (۲۱۶۴ مترمکعب در هکتار در تیمار a4) نیز باعث خروج آب از منطقه توسعه ریشه می‌گردد و نقش چندانی در افزایش عملکرد نداشته (افزایش عملکرد به میزان ۶۴۰ کیلوگرم در هکتار) و به همین دلیل کارآیی مصرف آب در تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی ذرت به نسبت افزایش میزان آب آبیاری به مقدار ۲۵ درصد، افزایش نیافته است. (افزایش مقدار آب مصرفی به میزان ۲۱۶۴ مترمکعب در هکتار در مقابل افزایش عملکرد به میزان ۶۴۰ کیلوگرم در هکتار) به عبارت دیگر ۲۵ درصد آب اضافه‌تر از نیاز آبی که به ذرت داده شده، عمدتاً از منطقه توسعه ریشه به صورت جانبی یا عمقی گذر کرده چون خاک محدوده ریشه، پتانسیل نگهداری آب بیش از ظرفیت زراعی که قابل استفاده برای گیاه می‌باشد را ندارد بنابراین آب اضافی سبب افزایش عملکرد به مقدار ۲۵ درصد نشده و این باعث کاهش کارآیی مصرف آب شده است. نتایج تحقیقات جوادی در کرمانشاه نیز وجود نفوذ عمقی و رواناب در آبیاری جویچه‌ای را عامل کاهش کارایی مصرف آب می‌داند همچنین نتایج تحقیقات کوهی هم نشان داد که تیماری که برابر نیاز آبی خالص ذرت، در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری آب دریافت کند بالاترین کارآیی مصرف آب معادل ۰/۹۵ کیلوگرم بر مترمکعب خواهد داشت.

به دلیل کاهش عملکرد در واحد سطح در اثر کاهش تعداد بوته، علی‌رغم مصرف آب یکسان در تراکم ۶۵۰۰۰ بوته در هکتار نسبت به سایر تراکم‌ها، کارآیی مصرف آب در آن کاهش یافت اما دو تیمار دیگر در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۳) و نشان داده شد اگر تراکم بوته در هکتار رعایت نگردد ممکن است سهم تبخیر نسبت به تعرق افزایش یابد و در تیمارهای ۷۵ هزار و ۸۵ هزار بوته در هکتار عمده آبی که به پای بوته‌ها ریخته شود در اثر خالی نبودن مزرعه صرفاً صرف تعرق شده و باعث افزایش وزن زیست‌توده (از هر تیمار ۵ بوته به شکل تصادفی کف‌بر شده و در همان مکان و قبل از اینکه رطوبت خود را از دست بدهند وزن تر آنها اندازه‌گیری گردید) و عملکرد ذرت شود اما در تراکم ۶۵ هزار ممکن است بخشی از این آب به صورت تبخیر از خاک خارج شود و هیچ نقشی در افزایش عملکرد نداشته باشد کاهش ارتفاع بوته و طول بلال در تراکم ۶۵ هزار بوته در هکتار و بیشترین وزن زیست‌توده در تیمارهای با تراکم ۷۵۰۰۰ و یا ۸۵۰۰۰ بوته در هکتار که به میزان ۱۲۵ درصد نیاز آبی آبیاری گردید (تیمار a4b3 و a4b2 در جدول ۴) گویای این مدعا می‌باشد (جدول ۳). سایر منابع هیچ تغییری در زیست‌توده ایجاد نکردند. به‌طور کلی در حصول زیست‌توده بیشتر، میزان آب مصرفی مؤثرتر از تراکم کشت است و ردیف کشت به‌عنوان عامل سوم در تولید زیست‌توده دخالت دارد (جدول‌های ۲، ۳ و ۴). اثرات متقابل آب آبیاری و تراکم بر کارآیی مصرف آب اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ایجاد کرد و تیمارهایی که به میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی ذرت آبیاری و با تراکم ۷۵ و ۸۵ هزار بوته در هکتار کشت شدند با کارآیی مصرف آب به ترتیب ۱/۳۵ و ۱/۳۶ کیلوگرم بر مترمکعب بیشترین و در کلیه تراکم‌ها تیمارهایی که به میزان ۵۰ درصد نیاز آبی آبیاری شدند دارای کمترین کارآیی مصرف آب بودند. (جدول ۴) آرایش کاشت تأثیری بر کارآیی مصرف آب نداشت و اختلاف معنی‌دار ایجاد نکرد و تیمارهای دو ردیفه بهتر از تیمارهای یک ردیفه بودند و نشان داده شد که در آبیاری قطره‌ای نواری با کاشت دو ردیف کشت در دو طرف نوار از واحد حجم آب استفاده بهتری بعمل می‌آید. میزان کارایی مصرف آب در عامل‌های مقدار آب آبیاری، تراکم کشت، ردیف کشت و اثرات متقابل مقدار آب و تراکم کشت به صورت نمودار نیز در شکل‌های (۱ تا ۴) نشان داده شده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس

منابع تغییرات	S.O.V	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)				عملکرد	ارتفاع بوته	قطر بلال	قطر ساقه	طول بلال	WUE	زیست توده
			عملکرد	ارتفاع بوته	قطر بلال	قطر ساقه							
تکرار	Rep	۲	۶۲۶۴۶۴ ^{ns}	۱۲۱/۵ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۱/۰۲۴ ^{ns}	۰/۳۲ ^{ns}				
آبیاری	A	۳	۲۴۳۶۷۰۸۹۱ ^{**}	۱۸۵۹۶ ^{**}	۱۱/۴۷ ^{**}	۰/۵۷۸ ^{**}	۱۶۲/۷ ^{**}	۰/۶۲۱ ^{**}	۱۰/۳۲ ^{**}				
خطا	Error	۶	۳۹۵۹۸۸	۴۴/۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	۰/۶۵	۰/۱۲	۰/۰۰۷				
تراکم	B	۲	۳۷۷۸۴۷۰۷ ^{**}	۴۹۰/۴ ^{**}	۰/۱۱ ^{**}	۰/۶۷۴ ^{**}	۶/۹ ^{**}	۰/۶۳۱ ^{**}	۰/۴۲ [*]				
آبیاری * تراکم	A*B	۶	۲۱۰۴۰۰۶ ^{**}	۳۲/۳ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{**}	۰/۰۰۴ ^{**}	۲/۸ ^{**}	۰/۰۱۲ [*]	۰/۲۹ [*]				
خطا	Error	۱۶	۵۱۵۹۶	۲۱/۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۳۴	۰/۰۹	۰/۰۰۵				
آرایش کشت	C	۱	۱۶۲۶۶۰۷ [*]	۱۰۰/۳ [*]	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۱/۹ ^{**}	۰/۳۹ ^{ns}	۰/۲۸ ^{ns}				
آبیاری * آرایش	A*C	۳	۲۲۵۱۲۲ ^{ns}	۳۰/۸ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۲/۴۴ ^{**}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}				
تراکم * آرایش	B*C	۲	۹۸۱۷۱۶ ^{ns}	۱۲ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۵۲ ^{**}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}				
آبیاری * تراکم * آرایش	A*B*C	۶	۱۳۶۹۸۰ ^{ns}	۱۰/۳ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}				
خطا کل	Error	۲۴	۳۰۶۰۵۷	۱۳/۹	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۱۹	۰/۱۵	۰/۱۳ ^{ns}				
ضریب تغییرات	%CV		۶/۸۸	۱/۸۹	۱/۱۶	۱/۰۱	۲/۷۱	۱۰/۹۸	۱۰/۹۸				

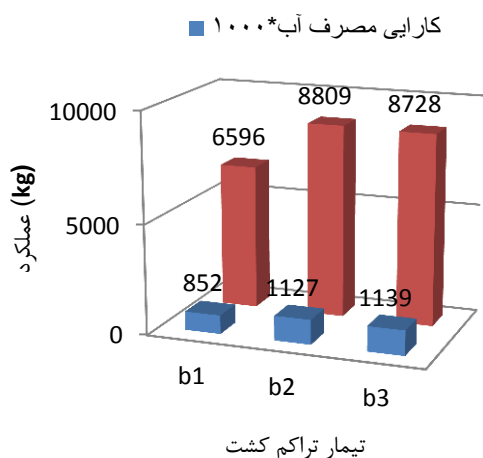
* ns معنی دار نبودن، * معنی داری در سطح احتمال یک درصد و ** معنی داری در سطح احتمال پنج درصد را بیان می کنند.

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزا عملکرد حاصل از تأثیر مقادیر آبیاری

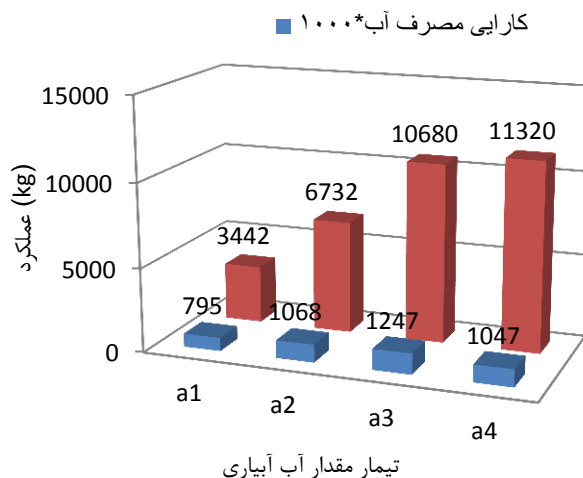
صفات تیمار	عملکرد kg/ha	ارتفاع بوته (cm)	قطر بلال (cm)	قطر ساقه (cm)	طول بلال (cm)	WUE (kg/m ³)	زیست توده (kg)
a1	۳۴۴۲D	۱۵۶C	۳/۲۹۱D	۲/۲۲۸C	۱۲/۳۹D	۰/۷۹۵C	۱/۴۵C
a2	۶۷۳۲C	۱۸۹/۱B	۳/۸۱۴C	۲/۳۵۷B	۱۵/۱۷C	۱/۰۶۸B	۲/۲۹B
a3	۱۰۶۸۰B	۲۲۱/۳A	۴/۸۳B	۲/۵۷۴A	۱۸/۰۷B	۱/۲۴۷A	۲/۹A
a4	۱۱۳۲۰A	۲۲۴/۷A	۴/۹۳۶A	۲/۶۰۳A	۱۹/۰۲A	۱/۰۴۷B	۳/۱۵A
b1	۶۵۹۶B	۱۹۲/۹C	۴/۲۹A	۲/۶۳A	۱۵/۵۹C	۰/۸۵۲B	۲/۳۱B
b2	۸۸۰۹A	۱۹۸/۶B	۴/۲B	۲/۳۸B	۱۶/۲۶B	۱/۱۲۷A	۲/۵۷A
b3	۸۷۲۸A	۲۰۱/۸A	۴/۱۶C	۲/۳۱C	۱۶/۶۴۵A	۱/۱۳۹A	۲/۴۷AB
c1	۷۸۹۴B	۱۹۹A		۱۶/۳۳A	۱/۰۱۶B		
c2	۸۱۹۵A	۱۹۶/۶B		۱۶B	۱/۰۶۳A		

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد و اجزا عملکرد حاصل از اثر متقابل مقادیر آبیاری و تراکم کشت

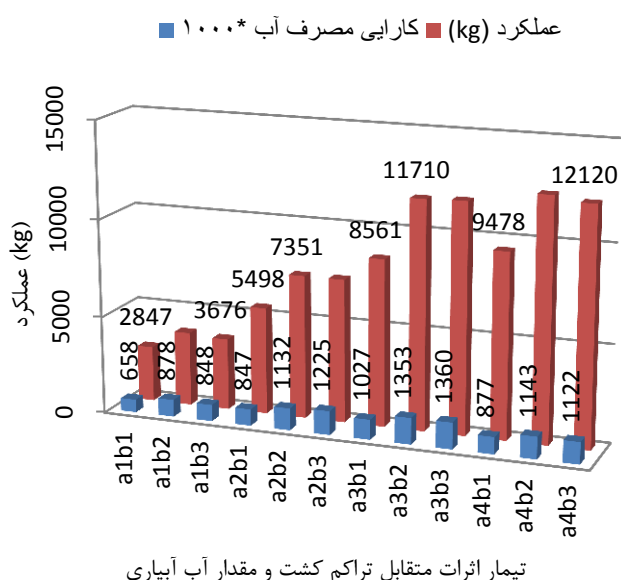
صفات تیمار	عملکرد kg/ha	قطر بلال (cm)	قطر ساقه (cm)	طول بلال (cm)	WUE (kg/m ³)	زیست توده (kg)
a1b1	۲۸۴۷G	۳/۲۹G	۲/۳۷۵EF	۱۲/۵۳۵G	۰/۶۵۸E	۱/۴۵E
a1b2	۳۸۰۱F	۳/۲۹G	۲/۱۸G	۱۲/۱۸G	۰/۸۷۸D	۱/۵۸E
a1b3	۳۶۷۶FG	۳/۲۹G	۲/۱۳G	۱۲/۴۵G	۰/۸۴۸D	۱/۳۱E
a2b1	۵۴۹۸E	۳/۹۲E	۲/۲۶E	۱۴/۷F	۰/۸۴۷D	۲/۲۳D
a2b2	۷۳۵۱D	۳/۷۸F	۲/۳۱F	۱۵/۴۷E	۱/۱۳۲BC	۲/۴۶CD
a2b3	۷۳۴۶D	۳/۷۴F	۲/۲۰۵G	۱۵/۳۵EF	۱/۲۲۵B	۲/۱۹D
a3b1	۸۵۶۱C	۴/۹۴B	۲/۷۸A	۱۶/۵D	۱/۰۲۷C	۲/۷۶BC
a3b2	۱۱۷۱۰A	۴/۸۴C	۲/۵۱BCD	۱۸/۲۷C	۱/۳۵۳A	۳/۰۹AB
a3b3	۱۱۷۷۰A	۴/۷۱D	۲/۴۳۵DE	۱۹/۴۵A	۱/۳۶A	۲/۸۴BC
a4b1	۹۴۷۸B	۵/۰۲A	۲/۸A	۱۸/۶۲BC	۰/۸۷۷D	۲/۷۸ABC
a4b2	۱۲۳۸۰A	۴/۹BC	۲/۵۴BC	۱۹/۱۲AB	۱/۱۴۳BC	۳/۱۳AB
a4b3	۱۲۱۲۰A	۴/۸۹BC	۲/۴۶۵CD	۱۹/۳۳AB	۱/۱۲۲BC	۳/۵۴A



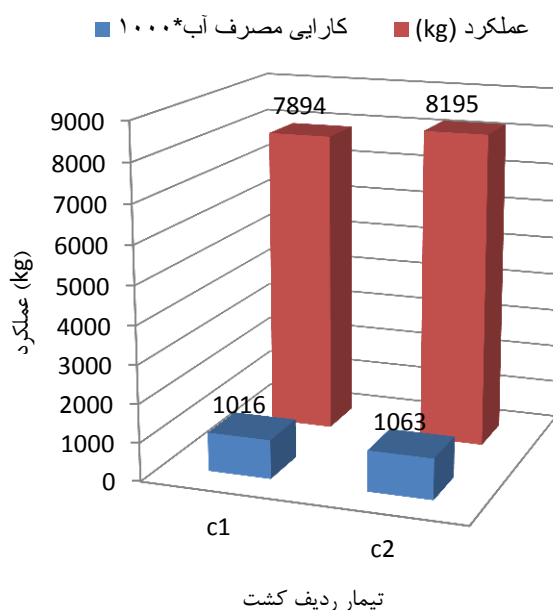
شکل ۲- عملکرد و کارایی مصرف آب در تیمار تراکم کشت



شکل ۱- عملکرد و کارایی مصرف آب در تیمار مقادیر آبیاری



شکل ۴- عملکرد و کارایی مصرف آب در تیمار مقدار آب آبیاری* تراکم کشت



شکل ۳- عملکرد و کارایی مصرف آب در تیمار تراکم کشت

نتیجه گیری

قبولی دست یافت. به عنوان نتیجه کلی نیز می توان گفت که اولاً در آبیاری قطره‌ای نواری به دلیل بالا بودن کارایی مصرف آب در تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی نسبت به سایر تیمارهایی که در آنها کم-آبیاری صورت گرفته، کم آبیاری توصیه نمی‌شود حتی اگر در مناطقی کمبود آب وجود دارد بهتر است سطح زیر کشت کاهش داده شود تا کم آبیاری صورت بگیرد. ثانیاً تراکم کاشت ذرت کمتر از ۷۵ هزار بوته در هکتار نباشد و حداکثر آن نیز از ۸۵ هزار بوته در هکتار تجاوز نکند. ثالثاً آرایش کاشت ذرت دو ردیفه در دو طرف نوار آبیاری قطره‌ای انتخاب شود.

بر اساس نتایج این پژوهش، آبیاری قطره‌ای نه تنها موجب صرفه‌جویی در مقدار آب مصرفی، بلکه موجب افزایش کارایی مصرف آب نیز می‌شود. در نتیجه استفاده از روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) به منظور بهینه‌سازی منابع آب جهت کاهش تلفات آبیاری و دستیابی به عملکرد بالا در تولید ذرت دانه‌ای، توصیه می‌شود. همچنین در مناطقی که استفاده از آبیاری سطحی امکان‌پذیر نباشد و مشکل کمبود آب وجود داشته باشد، با استفاده از روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) می‌توان به عملکرد قابل

REFERENCES

- Afshar, H., Sadreghaen, S. H., and Baghani, J. (2009). Effect of different levels of irrigation water, plant density and planting pattern in drip and the grooves irrigation methods on the cultivation of corn seed of 704 varieties in Mashhad Mashhad. Tenth Seminar of Irrigation and reduce evaporation.
- Ahmadali, J., Majidi, A. and Razavi, R. (2012). Comparison of water use efficiency in tape drip and surface irrigation system of corn. First National Conference on farm water management. In farsi.
- Akhavan, K., Shir, M. R. and Kazemiazar, F. (2014). Effect of The amount of water in drip irrigation and planting arrangment on yield of corn. *Journal of Water Research in Agriculture*. 28(2A), 98. (In Farsi).
- Akhavan, S., Moosavi, S. F., Mostafazadehfard, B. and Ghadamifiroozabadi, A. (2007). Investigate of tape and Furrow Irrigation on yield and water use efficiency in crop of potatoes. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. (41A) 36. (In Farsi).
- Alavi, S. M. and Shamsoddin saeid, M. (2008). Effects of different Direction and densities planting on forage and grain Sorghum yield in Bam. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 12(45), 91-97.
- Asadi, R. (2012). The effect of deficit irrigation using drip irrigation system on yield, yield components and water use efficiency corn. *Journal of Research Water in Agriculture*. 26(2B), 198. (In Farsi).
- Azari, A., Broomandnasab, S. and Behzad, M. (2006). Evaluation of yield of crop corn in tape drip irrigation method. *National Conference On Irrigation and Drainage Networks Management*. Chamran University. Ahvaz. (In Farsi).
- Baghani, J. (2008). Comparison of the effects of furrow irrigation to drip on water use efficiency and yield of the crop row. *Journal of Irrigation and Drainage*. (In Farsi).
- Bavace, F., and M.Bavace. (2001). Effect of maize plant double row spacing on nutrient uptake, leafe area index and yield. *Rostlinna vyroba*, 47 (3), 135-140.
- Cakir, R. (2004). Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops*. 89, 1-16.
- Center for Information Technology and Communications Ministry of Agriculture. (2011). Amarnameh 89-90. V1. First Printing
- Ehsani, M. and Khaledi, H. (2003). Agricultural water productivity. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. First Printing. Page 110. (In Farsi).
- Jafari, H., Hamed, F., Ghaderi, J. and Zanganeh, R. (2005). Compare drip tape and surface irrigation system through the different levels of water requirement on corn yield. *Ninth Congress of Soil Science*. 120-121. (In Farsi).
- Karimi, M. Gomrokchi, A. (2011). Yield and water use efficiency of corn planted in one or two rows and applying furrow or drip tape irrigation systems in Ghazvin Province Iran. *Irrigation and Drainage*. 60(1), 35-41, February 2011.
- Koochi, N., Alizadeh, A., Ashrafi, Sh. and Najafi, A. (2005). The effect of different levels of drip irrigation and plant density on water use efficiency of corn in one and two-row cultivation. *Journal Bulletin of Agricultural Sciences*. 1(6), 49-58. (In Farsi).
- Koochi, N., Farzamnia, M. and Ashrafi, Sh. (2007). Evaluation of different levels of irrigation, using drip irrigation tape system and soil moisture balance on corn yield in Kerman. *Scientific Seminar of National Project of pressurized Irrigation system and Sustainable Development*. Page 531-539. (In Farsi).
- Lamm, F. R., Manges, H. L., Stone, L. R., Khan, A. H. and Rogers, D. H. (1995). water requirement of subsurface drip- irrigated zorn in northwest Kansas. *Transaction of the ASAE*, 38 (2).
- Mazaheri, D. and Askarirad, M. and Bankehsaz, A. (2002). Study of planting pattern and plant density Effect on yield and its components in medium ripening maize single cross hybrid 647. Abstrac of seventh of iranian crop science congress. *Seed and plannt improvement institiut*. (In Farsi).
- Musick, J. T., and D. A. Dusek. (1980). Irrigated corn yield response to water. *Transaction ion of the ASAE*, 23(1), 92-98.
- Nakhjavani, M. M., Sadreghaen, S. H., Zarei, GH. (2009). Effect of water different levels and plant density on yield and yield components of corn single cross 302. *Tenth Seminar of Irrigation and reduce evaporation*.
- Rashidi, M. and Rezadoost, S. (2005). Study of different irrigation levels effects on quantitative and qualitative characteristics of sunflower varieties. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 36. 1241-1250. (In Farsi).
- Saberi, A., Mazaheri, D. and Heidari, H. (2006). Study of planting density and arrangment effect and some agronomic characteristics of corn 3v Cross 647. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 13, 67-76. (In Farsi).
- Saberi, A., Faizbakhsh, M. T., Mokhtarpoor, H., Mosavat, & A., Askari, M. (2010). Effect of Plant Density and Planting Pattern on Grain Yield and Yield Components in Grain Maize cv. KSC704. No2. P123-136.
- Sohrabi, Y., Shakiba, M., Noghani, M., Rahimzadeh, F., Toorchi, M. and Fotoohi, K. (2006). Evaluation of limited irrigation effect and root harvesting time on yield and some quality characteristics of sugar beet. *Journal of Research and Construction* 70. 8-13. (In Farsi).
- Tokatlidis, I.S. Has, V. Melidis, V. Has, I. Mylonas, I. Evgenidis, G. Copandean, A. Ninou, E and Fasoula, V.A. (2011). Maize hybrids less dependent on high plant densities improve resource-use efficiency in rainfed and irrigated conditions. *Field crop research*. 120, 345-351.

تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۷، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵ (ص ۷۴۱-۷۳۱)