

## The Effect of Irrigation Interval on Yield and Yield Components of New Corn Cultivars

NADER SALAMATI<sup>1\*</sup>, AMIRKHOSRO DANAIE<sup>2</sup>

1. Scientific Broad Member, Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.

2. Member of Scientific Board, Seed and Plant Improvement Department, Khuzestan. Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran

(Received: Apr. 5, 2018- Revised: June. 2, 2018- Accepted: June. 9, 2018)

### ABSTRACT

In order to investigate the effect of irrigation interval on water use efficiency, yield, yield components and also determining the most suitable maize cultivar, a split plot experiment in a randomized completely block design was implemented with four replicates for two years (2014-2016) in Behbahan Agricultural Research Station. The main factor of drought stress was irrigation after 100 and 200 mm evaporation from class A pan and the sub factor was cultivars in four levels including Karoon 701, S.C. Mobin, S.C 704 and PH1. After the complete emergence of the field when the total evaporation from the class A reaches to 100 and 200 millimeters, the amount of irrigation water is calculated based on the deficit moisture content to field capacity and is applied to each sub-plot by a flowmeter. The comparison of mean irrigation treatments showed 100 mm evaporation from class A pan had a significant superiority in all properties than 200 mm evaporation from class A pan. The yield of corn in stress treatment (200 mm) showed a decrease of 16.7% as compared to the non-stress (100 mm) treatment. For each cm reduction in water consumption per hectare, the yield of corn decreased 164 kg per hectare. The earlier appearance of corn in PH1 variety of maize caused a premature cultivar and a reduction in the growth period which cause a less water consumption and a more opportunity for land preparation for the next cultivation. The comparison of traits mean in irrigation and cultivar interaction showed that the PH1 cultivar with 100 mm evaporation from class A pan was superior in terms of grain yield and water use efficiency which were equal to 7143.5 kg/ha and 1.353 kg/m<sup>3</sup>, respectively. The results of Pearson correlation coefficient showed by increasing the yield components of corn, the grain yield and water use efficiency increases and vice versa.

**Keywords:** 1000-grain weight, water use efficiency, evaporation

## اثر دور آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام جدید ذرت دانه‌ای

نادر سلامتی<sup>۱\*</sup>، امیر خسرو دانایی<sup>۲</sup>

۱. استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی

خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

۲. مربی پژوهش، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱/۱۶ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۳/۱۲ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۳/۱۹)

### چکیده

به منظور بررسی تأثیر دور آبیاری بر کارایی مصرف آب، عملکرد، اجزای عملکرد و نیز تعیین مناسب‌ترین رقم ذرت، آزمایشی به صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار برای دو سال زراعی (۱۳۹۵-۱۳۹۳) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان اجرا گردید. فاکتور اصلی تنش خشکی شامل آبیاری بعد از ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A و فاکتور فرعی، رقم در چهار سطح شامل S.C, S.C Mobin, Karoon 701 و 704 PH1 بودند. بعد از سبز شدن کامل مزرعه در روزهایی که مجموع تبخیر از تشت کلاس A به ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌متر می‌رسید، با نمونه‌برداری از خاک و تعیین رطوبت موجود جهت رساندن رطوبت خاک به ظرفیت مزرعه با توجه به مساحت هر کرت فرعی حجم آب آبیاری محاسبه و به وسیله کنتور به هر کرت فرعی داده شد. مقایسه میانگین تیمارهای دور آبیاری نشان داد که تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A در تمام صفات برتری معنی‌داری نسبت به تیمار ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A داشت. عملکرد ذرت در تیمار تنش (۲۰۰ میلی‌متر) نسبت به تیمار فاقد تنش (۱۰۰ میلی‌متر) کاهش معادل ۱۶/۷ درصد را نشان داد. به ازای هر ۱ سانتی‌متر کاهش مصرف آب در هکتار، عملکرد ذرت ۱۶۴ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت. ظهور زودتر بلال در رقم PH1 موجب زودرس شدن رقم و کاهش طول دوره رشد آن شده است که منجر به کاهش مصرف آب و فرصت بیشتر برای تهیه زمین جهت کشت بعدی می‌شود. مقایسه میانگین صفات در اثرات متقابل آبیاری و رقم نشان داد که تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A و رقم PH1 به ترتیب با عملکرد دانه و کارایی مصرف آبی معادل ۷۱۴۳/۵ کیلوگرم در هکتار و ۱/۳۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب تیمار برتر باشد. نتایج ضریب همبستگی پیرسون نشان داد هرچه اجزای عملکرد افزایش یابند، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب نیز بیشتر می‌شوند و برعکس.

واژه‌های کلیدی: وزن هزار دانه، کارایی مصرف آب، تبخیر

### مقدمه

خشکی نه‌تنها باعث عدم هم‌زمانی ظهور دانه گرده و گل ابریشمی می‌شود، بلکه مانع توانایی گیاه برای گل‌دهی، پخش دانه گرده، کاهش دوره زندگی دانه گرده و کاهش تلقیح و دانه‌بندی بلال می‌گردد. ذرت یکی از محصولات غله‌ای مهم در جهان و منبع اصلی درآمد کشاورزان در کشورهای در حال توسعه است. پتانسیل تولید بالای این محصول و اهمیت آن در تغذیه دام و طیور و همچنین تنوع فرآورده‌های حاصل از ذرت، سبب گردیده تا بیش‌تر مورد توجه محققین قرار گیرد. هم‌چنین از گیاه ذرت برای مصارفی از قبیل مصارف دارویی، صنعتی و استحصال اتانول به عنوان سوخت زیستی استفاده می‌شود (Dehghanpour, 2014). Edmeades et al. (1998) اظهار داشتند که تنش خشکی عملکرد ذرت را به طور متوسط ۱۷

تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و عملکرد غلات دانه‌ای از جمله ذرت (*mays L. Zea*) است. تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زنده است که بسته به فصل و زمانی که واقع می‌شود، می‌تواند به صورت جدی به کاهش محصول منجر شود. در مناطق خشک و نیمه خشک، گیاه در طول رشد خود با دوره‌های کم‌آبی روبرو می‌شود و برای تولید عملکرد مناسب باید بتواند این دوره‌ها را تحمل کند (Emam and Niknejad, 2004). Zarabi et al., (2011) Mostafavi et al., (2010) Song et al. (2011) و Herero and Johnson (1981) گزارش کردند که بیش‌ترین حساسیت به تنش خشکی در چرخه زندگی گیاه ذرت در مرحله نمو و باروری گلچه‌ها رخ می‌دهد. تأثیر تنش

حجم آب ۱۷۲۰۰ مترمکعب در هکتار با مصرف ۴۰ تن کود دامی در هکتار برای رسیدن به حداکثر کارایی مصرف آب توصیه می‌شود (Parvizi and Nabati, 2004).

Sing and Sinka (1997) گزارش کردند که کارایی مصرف آب از خصوصیات مهم فیزیولوژیکی گیاه در رابطه با توانایی در مقابله با کمبود آب است. کارایی مصرف آب عبارت از مقدار ماده خشک گیاهی تولید شده به ازای مقدار آب مصرفی است. Kang *et al* (2002) اعلام کردند که تغییرات عملکرد دانه ذرت و کارایی مصرف آب در سطوح مختلف آبیاری بستگی به میزان آب قابل استفاده در خاک دارد. Howell *et al.* (1998) نشان دادند که مصرف آب ذرت بین مقادیر ۴۶۵ تا ۸۰۲ میلی‌متر و حداکثر کارایی مصرف آب بین ۰/۶۵ تا ۱/۶۵ کیلوگرم بر مترمکعب در شرایط آبیاری کامل و بدون تنش حاصل می‌شود. تنش کمبود آب در دوره پر شدن دانه از طریق کاهش وزن دانه عملکرد را کاهش می‌دهد (Panday *et al.*, 2000 and Westgate., 1994). نتایج تحقیقات Musick and Dusck (1980) نشان می‌دهد که کم آبیاری در منطقه تگزاس باعث کاهش محصول به میزان ۱۷۲ تا ۲۸۷ کیلوگرم در هکتار به ازای هر سانتی‌متر آب می‌گردد و متوسط راندمان مصرف آب به میزان ۶۷ تا ۹۴ درصد کاهش می‌یابد. آن‌ها توصیه نمودند در مناطقی که درجه حرارت بالا و تبخیر و تعرق زیاد است، کم آبیاری بر روی گیاه ذرت انجام نشود. تأخیر در ظهور گل تاجی و کاکل‌دهی بلال و همچنین شروع رشد خطی دانه در حالت وقوع تنش رطوبت قبل از مرحله گرده- افشانی توسط Grant *et al.* (1989), and Ritchie and Nesmith (1992) و Hall *et al.* (1981) نیز گزارش شده است. اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد ماده خشک و میزان پروتئین ذرت (سینگل کراس ۷۰۴) در یک تحقیق مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با کاهش میزان آبیاری مقدار عملکرد ماده خشک و درصد وزن خشک بلال به طور معنی‌داری کاهش و درصد پروتئین دانه به صورت معنی‌داری افزایش پیدا کردند. لذا می‌توان ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب بدون کاهش معنی‌دار در عملکرد ماده خشک و میزان پروتئین کل، کشت ذرت را توسعه داد (Bigloi *et al.* 2013).

اثرات سطوح مختلف آبیاری در یک مطالعه میدانی در منطقه ارسنجان استان فارس که بر اساس تبخیر از تشت کلاس A بر روی ذرت اعمال گردید، نشان داد که اعمال کم آبیاری سبب کاهش معنی‌دار اجزای عملکرد و صفاتی از قبیل شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه، وزن خشک دانه، طول بلال، وزن خشک بلال شد. بیشترین و کمترین شدت کاهش به ترتیب در مراحل پر شدن دانه و رشد رویشی بود (Azarpanah *et al.*, 2013).

درصد کاهش می‌دهد اما بسته به شدت و زمان وقوع خشکی این کاهش عملکرد به ۸۰ درصد هم می‌رسد. علاوه بر این یکی از مهم‌ترین اهداف در اصلاح نباتات انتخاب ژنوتیپ‌هایی است که در شرایط تنش خشکی بیش‌ترین عملکرد را تولید کنند (Richards *et al.*, 2002).

Cooper *et al.* (2006) گزارش کردند که ظرفیت و توانایی تولید ژنوتیپ‌های مختلف ذرت با توجه به ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک آن‌ها در مقابل تنش خشکی متفاوت است. گیاه ذرت در مراحل مختلف رشد و نمو نیاز به مقادیر متفاوتی آب دارد. اثر کم‌آبی در گیاه ذرت به صورت علائم مشخصی نمایان می‌شود. این علائم‌ها به صورت کاهش ارتفاع بوته و طول ریشه، تأخیر در رسیدن گیاه، کاهش سطح برگ، تولید دانه و زیست‌توده مشاهده می‌شوند (Cakir, 2004).

Shoaa Hossaini *et al.* (2001) در بررسی اثرات تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد چند هیبرید ذرت دانه‌ای گزارش نمودند که قطر بلال، تعداد دانه در ردیف و طول بلال مهم‌ترین صفات مؤثر در عملکرد ذرت در شرایط تنش خشکی می‌باشند و گزینش برای صفات فوق در شرایط خشکی سبب افزایش عملکرد خواهد شد. نامبردگان هم‌چنین هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ را جهت کشت در شرایط نرمال و تری وی کراس ۶۰۰ را جهت کشت در شرایط تنش پیشنهاد کردند. بررسی روابط رگرسیونی در هیبریدهای دیررس تجاری در ذرت نشان داد که اثرات مستقیم اجزای عملکرد بر عملکرد دانه مثبت و بالاترین آن مربوط به تعداد دانه در ردیف می‌باشد (Ahmadi *et al.* 2000).

Karlen and Camp (1985) روش مناسب مدیریت آبیاری را کنترل نیمرخ رطوبتی خاک دانسته و نیاز آبی ذرت را در آتلانتا، ۵۶۱/۱ میلی‌متر تخمین زدند. تحقیقات Afuni and Rezaei Nejad (1999) در برآورد آب مصرفی ذرت نشان داد که برای تولید هر گرم ماده خشک نیاز به ۰/۶ لیتر آب می‌باشد. برای تولید ۱۰۰ درصد عملکرد در کوه‌دشت و خرم‌آباد به ترتیب ۹۷۹ و ۸۵۲ میلی‌متر آب نیاز است (Farshi *et al.* 2007). حداکثر کارایی مصرف آب در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی حاصل شد که معادل ۰/۸۱ کیلوگرم عملکرد دانه به ازای هر مترمکعب آب مصرفی بود. نتایج نشان می‌دهد که مناسب‌ترین دور آبیاری در زمان پایان مرحله رشد رویشی و مرحله ظهور گل تاجی بایستی حداقل ۶ روز یک‌بار باشد تا حجم آب مصرفی در این مدت در هر آبیاری حداکثر باشد و در سایر مراحل رشد می‌تواند ۸ روز یک‌بار آبیاری شود. البته می‌توان در مراحل اولیه رشد دور آبیاری را کوتاه‌تر و مقدار آب مصرفی را کاهش داد. هم‌چنین

نتایج تحقیقات Mohammadai *et al.* (2012) در مورد ارزیابی اثرات تنش خشکی که بر اساس مقدار تبخیر از تشت تبخیر کلاس A بر اجزای عملکرد ذرت در منطقه خاتون‌آباد اصفهان اعمال شدند نشان داد که اثر تنش آبی بر صفات تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، وزن دانه خشک و وزن بیوماس کل معنی‌دار بود. بیشترین مقدار صفات فوق مربوط به تیمار آبیاری بعد از تبخیر ۷۰ میلی‌متر آب از تشت تبخیر بود.

هدف از اجرای این تحقیق بررسی تأثیر دور آبیاری سطحی بر عملکرد و اجزای عملکرد هیبریدهای جدید ذرت و شناسایی هیبرید یا هیبریدهایی که قابلیت رقابت و جایگزینی با رقم S.C 704 را داشته باشند و در نهایت گزینش هیبریدی که کارایی مصرف آب آن حداقل در سطح رقم S.C 704 و یا بالاتر از آن باشد، بود.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی و تعیین عکس‌العمل ارقام جدید ذرت نسبت به تنش آبی، آزمایشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهسبهان با طول جغرافیایی ۱۴°:۵۰ شرقی و ۳۶°:۳۰ عرض شمالی به صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار طی دو سال (۱۳۹۵ - ۱۳۹۳) اجرا گردید. محل آزمایش دارای اقلیم نیمه خشک، ارتفاع آن از سطح دریا ۳۴۵ متر و متوسط بارندگی سالانه ۳۴۹ میلی‌متر است. تنش خشکی شامل آبیاری بعد از ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A در کرت‌های اصلی و چهار رقم ذرت (به نام‌های PH1 و S.C 704، S.C Mobin، Karoon 701) در کرت‌های فرعی مقایسه گردیدند. ارقام Karoon 701 و S.C Mobin در سال ۱۳۹۰ معرفی گردیده و با شرایط اقلیمی مناطق گرم و خشک سازگار هستند. میانگین عملکرد ارقام فوق به ترتیب ۵۵۰۰ و ۶۵۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. شکل دانه‌های آن‌ها یکنواخت بوده و طول دوره رسیدگی‌شان به ترتیب ۱۲۲ و ۱۱۱ روز می‌باشد (Dehghanpoor, 2013). رقم S.C 704 در سال ۱۳۸۵ معرفی گردید. متوسط عملکرد آن ۵۷۰۰ کیلوگرم در هکتار با طول دوره رسیدگی ۱۳۰ روز است. رقم PH1 از ارقام امیدبخش اصلاح‌شده در برنامه به‌نژادی مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد دزفول است که پس از انجام آزمایش‌های متعدد در زمینه‌های مختلف، در سال ۱۳۹۷ معرفی می‌شود. میانگین عملکرد آن ۶۸۰۰ کیلوگرم در هکتار با طول دوره رسیدگی ۱۲۷ روز می‌باشد (Barzegari, 2017).

تهیه زمین شامل ۲ بار شخم عمود برهم، ۲ بار دیسک و ماله بود. هر هیبرید در چهار ردیف به طول ۶ متر با فاصله

ردیف ۷۵ سانتی‌متر کشت گردید. هر ردیف آزمایشی شامل ۳۰ کپه به فاصله ۲۰ سانتی‌متر بوده که بعد از تنک کردن یک بوته در هر کپه باقی ماند. عمق کاشت سه سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تاریخ کاشت در سال اول ۴ مرداد و در سال دوم ۳ مرداد ماه بود. کاشت بذور به روش خشکه‌کاری و با دست روی ردیف‌ها انجام گرفت. بعد از حصول اطمینان از سبز شدن یکنواخت مزرعه بوته‌های اضافی در مرحله ۳ تا ۴ برگی با رعایت فاصله بین بوته‌ها حذف شدند. مبارزه بر علیه علف‌های هرز به وسیله علف‌کش نیکوسولفورون به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار در مرحله ۵ برگی صورت گرفت. کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر اساس آزمون خاک مصرف شدند. (جدول ۲). کل کود سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم هر یک به مقدار ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار هم‌زمان با آماده‌سازی زمین به وسیله دیسک سبک با خاک مخلوط گردید. نیتروژن از منبع اوره در ۲ نوبت (نصف کود اوره هم‌زمان با آبیاری دوم به عنوان پایه و نصف دیگر کود اوره در مرحله ۷ تا ۹ برگی شدن به مقدار ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار) مصرف گردید. اعمال تیمارهای آبیاری پس از آبیاری دوم و حصول اطمینان از سبز شدن یکنواخت مزرعه انجام شد. بعد از سبز شدن کامل مزرعه میزان تبخیر از طریق استعمال از اداره هواشناسی سینوپتیک بهسبهان یادداشت شده و در میزان‌های مشخص تبخیر از تشت کلاس A با نمونه‌برداری از خاک و تعیین رطوبت موجود، جهت رساندن رطوبت خاک به ظرفیت مزرعه مقدار آب مورد نیاز در تیمارهای مربوطه بر اساس رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$In = \frac{(Fc - ai).D.b}{100} \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن In: عمق آب آبیاری برحسب میلی‌متر، Fc: رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه (درصد وزنی)، ai: رطوبت خاک قبل از آبیاری (درصد وزنی)، D: عمق ریشه برحسب میلی‌متر (برای ذرت ۶۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد) (Choukan, 2015)، b: جرم مخصوص ظاهری ( $\text{g/cm}^3$ ). بدین ترتیب جرم مخصوص ظاهری، عمق ریشه و رطوبت ظرفیت مزرعه در طول اجرای آزمایش ثابت فرض گردید. در هر بار درصد رطوبت خاک در دو عمق ۰-۳۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر تعیین و میزان آب مورد نیاز برای هر کرت فرعی محاسبه و به وسیله کنتور در هر کرت فرعی اعمال شد. بعد از سبز شدن کامل مزرعه در روزهایی که مجموع تبخیر از تشت کلاس A به ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌متر می‌رسید، با نمونه‌برداری از خاک و تعیین رطوبت موجود جهت رساندن رطوبت خاک به ظرفیت مزرعه با توجه به مساحت هر کرت فرعی حجم آب آبیاری محاسبه و به

آبیاری فاقد تنش خشکی (شکل ۲ - الف) و تیمار تنش خشکی (شکل ۲ - ب) در سال اول و در شکل (۳) به همین ترتیب عمق آب آبیاری فاقد تنش خشکی (شکل ۳ - الف) و تیمار تنش خشکی (شکل ۳ - ب) در سال دوم آزمایش که از رطوبت وزنی خاک محاسبه گردیده، نشان داده شده است. در هر دو سال در تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A به ترتیب ۱۳ و ۶ نوبت آبیاری انجام گردید. مجموع عمق‌های آب آبیاری مربوط به تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A در سال ۱۳۹۳ به ترتیب ۵۲۱/۲ و ۴۶۳/۷ میلی‌متر و در سال ۱۳۹۴ به ترتیب ۵۳۴/۸ و ۴۶۳/۷ میلی‌متر بودند.

وسیله کنترل به هر کرت فرعی داده شد. از آب آبیاری در طول فصل، نمونه‌ای آب تهیه و جهت اندازه‌گیری‌های کیفی به آزمایشگاه ارسال گردید. در هر سال قبل از کاشت نمونه‌برداری از خاک جهت آزمون انجام شد. نتایج آزمایش‌های آب و خاک در جدول‌های (۱) و (۲) نشان داده شده است. آمار روزانه بارندگی و تبخیر از تشت کلاس A از اداره هواشناسی سینوپتیک بهبهان استعلام گردید. تبخیر تجمعی ماهانه از تاریخ سوم مرداد تا دوازدهم آذر در دو سال انجام آزمایش در جدول (۳) و آمار بارندگی و تبخیر روزانه در دو سال اجرای پژوهش به ترتیب در شکل‌های (۱ - الف) و (۱ - ب) نشان داده شده است. در شکل (۲) عمق آب آبیاری هر دو تیمار

جدول ۱- نتایج تجزیه نمونه آب

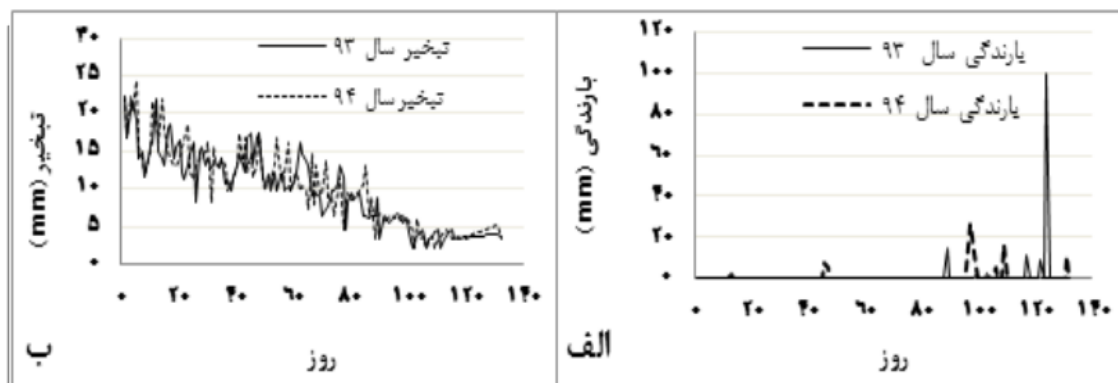
ردیف	EC ( $\mu\text{S/m}$ )	pH	T.D.S Mg/lit	کاتیون‌ها ( $\text{meq/l}$ )		آنیون‌ها ( $\text{meq/l}$ )		
				$\text{Ca}^{+2}$	$\text{Mg}^{+2}$	$\text{Na}^+$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{-2}$
۱	۱۹۷۰	۷/۴	۱۱۴۰	۸/۸	۳/۲	۸/۰	۳/۲	۸/۰

جدول ۲- نتایج تجزیه نمونه خاک آزمایش قبل از کاشت

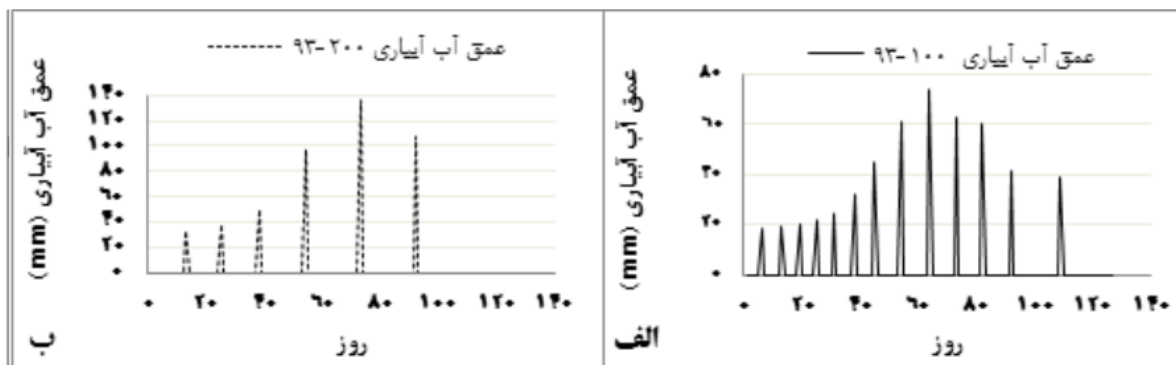
سال	قابلیت هدایت الکتریکی (ds/m)	واکنش گل اشباع	درصد کربن آلی	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	وزن خصوص ظاهری (gr/cm <sup>3</sup> )	رطوبت ظرفیت زراعی (درصد وزنی)	بافت خاک
۱۳۹۳	۲/۸	۷/۶	۰/۶۴	۹/۸	۲۴۵	۱/۵۷	۲۴	سیلتی کلی لوم
۱۳۹۴	۳/۰	۷/۵	۰/۶۶	۹/۲	۲۵۰	۱/۵۷	۲۴	سیلتی کلی لوم

جدول ۳- تبخیر تجمعی از تشت کلاس A در ماه‌های انجام آزمایش (میلی‌متر) (از ۳ مرداد تا ۱۱ آذر)

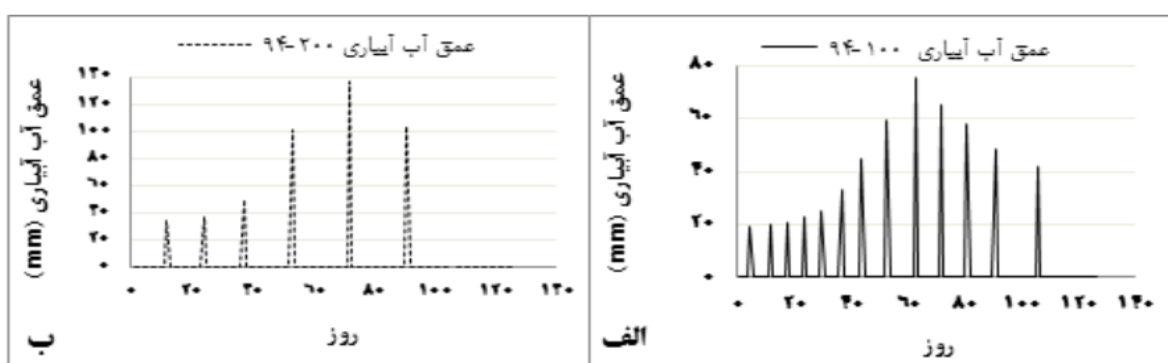
سال	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	مجموع
۱۳۹۳	۴۵۱/۲	۳۸۸/۴	۲۷۵/۶	۱۲۹/۷	۴۴/۹	۱۲۸۹/۷
۱۳۹۴	۴۷۲/۴	۴۰۰/۰	۲۷۷/۰	۱۳۲/۳	۵۳/۰	۱۳۳۴/۸
میانگین	۴۶۱/۸	۳۹۴/۲	۲۷۶/۳	۱۳۱/۰	۴۸/۹	۱۳۱۲/۳



شکل ۱ - بارندگی (الف) و تبخیر از تشت کلاس A روزانه (ب) در دو سال انجام آزمایش (از ۳ مرداد تا ۱۲ آذر)



شکل ۲ - عمق آب در تیمارهای آبیاری و نوبت‌های آبیاری در سال اول آزمایش (از ۳ مرداد تا ۱۲ آذر)



شکل ۳ - عمق آب در تیمارهای آبیاری و نوبت‌های آبیاری در سال دوم آزمایش (از ۳ مرداد تا ۱۲ آذر)

عملکرد دانه و اجزای آن با استفاده از نرم‌افزار آماری -MSTAT C انجام و مقایسه میانگین‌های مربوطه به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت. سرانجام مناسب‌ترین ارقام در شرایط تنش تعیین و شناسایی گردیدند. پارامترهای مختلف اندازه‌گیری و محاسبه شده با ضریب همبستگی پیرسون مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر آبیاری، رقم و اثر متقابل آبیاری و رقم بر روز تا ظهور بلال، تعداد دانه در ردیف، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در سطح ۱ درصد معنی‌دار بودند. اثر آبیاری بر صفات تعداد ردیف دانه و وزن هزار دانه در سطح ۵ درصد معنی‌دار و اثرات رقم و اثرات متقابل آبیاری و رقم در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردیدند. اثر آبیاری بر صفت طول بلال در سطح ۵ درصد معنی‌دار و اثرات متقابل آبیاری و رقم در سطح ۱ درصد معنی‌دار بودند، ولی اثر رقم معنی‌دار نگردید. اثر آبیاری، رقم و اثر متقابل آبیاری و رقم بر حجم آب مصرفی معنی‌دار نبود (جدول ۴). همانند نتایج تحقیق *Ahmadi et al.* (2000) اثرات مستقیم اجزای عملکرد بر عملکرد دانه مثبت بوده است.

زمان شروع و خاتمه هر مرحله رشدی بر اساس مشاهده آن مرحله به ترتیب در ۴۰ و ۹۰ درصد هر کرت فرعی در نظر گرفته شد. بر این اساس یادداشت‌برداری از مراحل مهم رشد و نمو شامل تاریخ ظهور اندام‌های زایشی و رسیدگی فیزیولوژیک دانه انجام و در جداول مربوطه ثبت گردیدند. هم‌چنین برخی خصوصیات مورفولوژیک مانند ارتفاع بوته و بلال اندازه‌گیری و یادداشت شدند. دو هفته پس از رسیدگی فیزیولوژیک دانه پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر ردیف در هر کرت فرعی دو ردیف وسط به طول ۵ متر با مساحت ۷/۵ مترمربع برداشت گردیدند. پس از برداشت، سایر شاخص‌ها شامل تعداد ردیف دانه، تعداد دانه روی ردیف و وزن هزار دانه در جداول یادداشت‌برداری ثبت شدند. سپس کل بلال‌های برداشت‌شده از هر کرت توزین و به‌وسیله شیلر دانه از چوب بلال جدا گردید. به منظور تعیین صفاتی نظیر ارتفاع بوته و بلال، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه روی ردیف از هر کرت فرعی ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و این صفات در آن‌ها اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه بعد از برداشت محصول، ۱۰ نمونه ۵۰۰ تایی از دانه‌های هر کرت فرعی به‌طور تصادفی انتخاب و با ضرب کردن میانگین وزن آن‌ها در عدد ۲، وزن هزار دانه محاسبه گردید. تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی،

اعمال تیمار تنش موجب کاهش ۲۱ درصدی این شاخص در رقم برتر (PH1) گردید و وزن هزار دانه به ۳۱۷/۲ گرم کاهش یافت. میزان کاهش وزن هزار دانه در رقم Karoon 701 ۱۱ درصد، رقم S.C Mobin، ۱۹۷/۷ درصد و در رقم S.C 704 این کاهش نسبت به تیمار فاقد تنش به ۱۳ درصد رسید. به عبارت دیگر دامنه تغییرات وزن هزار دانه در تیمار تنش نسبت به تیمار فاقد تنش از ۱۱ تا ۲۱ درصد متغیر بود. لذا در این پژوهش مطابق نتایج تحقیق (Panday *et al.*, 2000 and Westgate, 1994) تنش کمبود آب در دوره پر شدن دانه از طریق کاهش وزن هزار دانه، عملکرد را کاهش داده است. همچنین مشابه نتایج تحقیق (Azarpanah *et al.* 2013) تأثیر کم آبیاری در مراحل مختلف رشد باعث کاهش مقادیر اجزای عملکرد گردید (جدول ۷). عملکرد ذرت در تیمار تنش (۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A) و رقم PH1 کاهشی ۲۱/۰ درصدی را نسبت به تیمار فاقد تنش (۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A) و رقم PH1 نشان داد. کاهش عملکرد در ارقام Karoon 701، S.C Mobin و S.C 704 نسبت به تیمار فاقد تنش به ترتیب ۱۱، ۲۰ و ۱۳ درصد محاسبه گردید که با میانگین کاهش عملکرد محاسبه شده توسط (Edmeades *et al.* 1998)، Song *et al.* (2010)، Mostafavi *et al.* (2011) و Zarabi *et al.* (2011) هم‌خوانی قابل توجهی داشت. میانگین حجم مصرف آب در تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A در ارقام مختلف از ۵۲۷۸/۹ تا ۵۲۸۱/۱ و در تیمار تنش در ارقام مختلف از ۴۶۲۹/۵ تا ۴۶۳۱ مترمکعب در هکتار متغیر بود. مقدار کاهش مصرف آب در ارقام Karoon 701، S.C Mobin، S.C 704 و PH1 نسبت به تیمار فاقد تنش به ترتیب ۱۲/۳، ۱۲/۳ و ۱۲/۳ درصد بود. به عبارت دیگر کاهش مصرف آب در تیمار تنش نسبت به تیمار فاقد تنش در ارقام مختلف به ترتیب موجب کاهش عملکردی معادل ۱۱، ۲۰، ۱۳ و ۲۱ درصد در ارقام مورد بررسی شده است. به عبارت دیگر در ازای هر ۱ سانتی‌متر کاهش مصرف آب در ارقام Karoon 701، S.C Mobin، S.C 704 و PH1، به ترتیب ۹۳/۶، ۲۱۰/۱، ۱۱۸/۱ و ۲۳۰/۷ کیلوگرم در هکتار کاهش محصول ذرت اتفاق افتاده است. این یافته با نتایج تحقیقات Musick and Dusck (1980) هم‌خوانی قابل توجهی نشان می‌دهد. به طوری که این محققین کاهش محصول به میزان ۱۷۲ تا ۲۸۷ کیلوگرم در هکتار به ازای هر سانتی‌متر آب را گزارش نموده‌اند. مانند نتایج تحقیق Shoaab Hossaini *et al.* (2001)، تنش رطوبتی موجب کاهش تعداد دانه در ردیف و طول بلال گردید. مشابه تحقیق Herero and Johnson (1981) تنش خشکی باعث عدم هم‌زمانی ظهور دانه کرده و گل

مقایسه میانگین تیمارهای سطوح آبیاری نشان داد که تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A در تمام صفات برتری معنی‌داری نسبت به تیمار ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A داشت. به طوری که در شاخص‌های روز تا ظهور بلال، روز تا رسیدگی، طول بلال، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A به ترتیب با مقادیر ۵۳/۹، روز، ۱۲۷/۸، روز، ۱۹/۰ سانتی‌متر، ۱۴/۶، ردیف، ۳۵/۷، دانه، ۳۵۹/۵ گرم، ۶۳۴۹/۶ کیلوگرم در هکتار و ۱/۰۲ کیلوگرم بر مترمکعب تیمار برتر بود (جدول ۵). میانگین حجم مصرف آب در تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A به ترتیب برابر ۵۲۸۰ و ۴۶۳۰ مترمکعب در هکتار بودند (جدول ۵).

مقایسه میانگین صفات در ارقام ذرت نشان داد که رقم PH1 در شاخص‌های طول بلال، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب به ترتیب با مقادیر ۱۷/۸ سانتی‌متر، ۱۴/۱، دانه، ۳۴/۵، دانه، ۳۵۹/۴ گرم، ۶۳۹۳/۴ کیلوگرم در هکتار و ۱/۲۸۶ کیلوگرم بر مترمکعب تیمار برتر بود. میانگین حجم مصرف آب در ارقام این آزمایش از ۴۹۵۴/۹ تا ۴۹۵۵/۷ مترمکعب در هکتار متغیر بود (جدول ۶).

مقایسه میانگین صفات در اثرات متقابل آبیاری و رقم نشان داد که تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A و رقم PH1 در شاخص‌های طول بلال، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب به ترتیب با مقادیر ۱۹/۹ سانتی‌متر، ۱۵/۸، ردیف دانه، ۳۸/۵، دانه، ۴۰۱/۶ گرم، ۷۱۴۳/۵ کیلوگرم در هکتار و ۱/۳۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب تیمار برتر بود (جدول ۷). بیش‌ترین روز تا ظهور بلال و روز تا رسیدگی به تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A و رقم S.C 704 تعلق گرفت که به ترتیب با ۵۴/۶ و ۱۳۰/۴ روز در رتبه اول قرار گرفت و از این لحاظ به عنوان دیررس‌ترین تیمار معرفی می‌شود. تنش آبی موجب ظهور زودتر گل و کاهش طول دوره رشد و نمو ذرت گردید. به طوری که تیمار ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A در رقم PH1 موجب ظهور ۱۱ روز زودتر گل شده و ۲۷ روز زودتر تا رسیدگی نسبت به تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A شده است (جدول ۷). به همین ترتیب اعمال تنش موجب کاهش اجزای عملکرد شد. به طوری که تنش رطوبت سبب کاهش معنی‌دار اجزای عملکرد نسبت به تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A گردید. بیش‌ترین وزن هزار دانه در تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A و رقم PH1 به میزان ۴۰۱/۶ گرم اندازه‌گیری شد.

ابریشمی شد. مانند نتایج پژوهش Bigloi *et al.* (2013) مقدار عملکرد ماده خشک و درصد وزن خشک بلال بر اثر کاهش میزان آبیاری، به طور معنی‌داری کاهش یافته‌اند. در این تحقیق کارایی مصرف آب در هر دو تیمار آبیاری و رقم PH1 از ۱/۰۶۰ تا ۱/۳۵۳ و در تمام ارقام مورد بررسی از ۱/۰۴۵ تا ۱/۳۵۳ گرم به ازای هر لیتر آب متغیر بود که نسبت به نتایج تحقیقات Afuni and Rezaei Nejad (1999) عدد بیش‌تری را نشان می‌دهد. این مسئله حداقل نشان‌دهنده برتری ارقام این پژوهش در محقق شدن بیش‌تر کارایی مصرف آب بوده است. در تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A از نظر شاخص روز تا ظهور بلال ارقام S.C 704 و Karoon 701 به ترتیب با مقادیر ۵۴/۶ و ۵۴/۳ روز و از لحاظ روز تا رسیدگی به ترتیب با ۱۳۰/۴ و ۱۲۹/۴ روز دارای بیش‌ترین مقدار و رقم PH1 نیز با ۵۳/۰ و ۱۲۷/۶ روز به ترتیب دارای کم‌ترین روز تا ظهور بلال و روز تا رسیدگی بود. در تیمار تنش (۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A) اختلاف روز تا ظهور بلال بین دو رقم S.C 704 و Karoon 701 با رقم PH1 بیش‌تر گردید. به طوری که روز تا ظهور بلال در ارقام S.C 704 و Karoon 701 به ترتیب ۴۸/۳ و ۴۷/۵ روز بوده و در رقم PH1 به ۴۱/۹ روز کاهش یافت. از نظر شاخص روز تا رسیدگی در تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A، کم‌ترین میزان به رقم S.C Mobin معادل ۱۲۳/۶ روز تعلق گرفت و اعمال تنش موجب گردید تا این مقدار در رقم فوق کاهشی حدود ۲۵ روز داشته باشد. از نظر کاهش روز تا رسیدگی در دو تیمار آبیاری بعد از رقم S.C Mobin، رقم PH1 قرار داشت که این رقم در تیمار تنش، کاهشی حدود ۲۷ روز را از خود نشان داد. ظهور زودتر گل و کاهش زمان روز تا رسیدگی در دو رقم فوق از طرفی موجب زودرس شدن این ارقام گردیده و از طرف دیگر سبب کاهش طول دوره رشد و نمو یا به عبارت دیگر کاهش روز تا رسیدگی ذرت شده است و در نهایت موجب گردیده تا ارقام فوق به دلیل زودرس بودن، هم مصرف آب کم‌تری را به خود اختصاص داده و هم فرصت بیش‌تری را برای تهیه زمین جهت کشت بعدی که معمولاً گندم می‌باشد، به کشاورز و بهره‌بردار بدهند. نتایج این تحقیق نشان داد که کارایی مصرف آب رقم PH1 در تیمارهای آبیاری ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A به ترتیب با ۱/۳۵۳ و ۱/۲۱۹ کیلوگرم بر مترمکعب بیش‌ترین مقدار را به خود اختصاص داد (جدول ۷). این نتیجه با گزارش نتایج تحقیقات Sing and Sinka (1997) که کارایی مصرف آب را از خصوصیات مهم فیزیولوژیک گیاه در رابطه با توانایی در مقابله با کمبود آب قلمداد نموده‌اند، هم‌خوانی داشته و نشان از تطبیق منطقی نتایج این پژوهش با

یافته‌های Sing and Sinka (1997) دارد. هم‌چنین نتایج تحقیق Parvizi and Nabati (2004) حداکثر کارایی مصرف آب را معادل ۰/۸۱ کیلوگرم عملکرد دانه به ازای هر مترمکعب آب مصرفی محاسبه نمودند که این میزان، از کارایی مصرف آب ارقام مورد بررسی در این تحقیق پایین‌تر است و نشان‌دهنده برتری ارقام این پژوهش نسبت به نتایج تحقیق Parvizi and Nabati (2004) می‌باشد. لذا می‌توان افزایش کارایی مصرف آب در رقم PH1 را به خصوصیات فوق مرتبط دانست. در این پژوهش میانگین مصرف آب در ارقام مختلف ذرت برابر ۴۹۶۲/۴ مترمکعب در هکتار بوده که معادل مصرف ۴۹۶ میلی‌متر آب می‌باشد. بنابراین انتخاب رقم PH1 به عنوان رقم برتر که در شرایط تنش خشکی بیش‌ترین عملکرد را به خود اختصاص داده، توانسته مطابق نتایج Richards *et al.* (2002) یکی از مهم‌ترین اهداف در اصلاح نباتات را محقق نماید. رقم PH1 با عملکرد ۶۱۵۷/۱ کیلوگرم در هکتار نسبت به ارقام دیگر برتر بوده و مطابق یافته‌های Cooper *et al.* (2006) ظرفیت و توانایی این ژنوتیپ در مقابله با تنش خشکی نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر این پژوهش بیشتر بود (جدول ۵، ۶ و ۷). مصرف آب در بین ارقام تیمارهای دور آبیاری از ۴۶۲۹/۵ تا ۵۲۸۱/۸ مترمکعب در هکتار و یا به عبارت دیگر از ۴۶۳ تا ۵۲۸ میلی‌متر متغیر بود و کارایی مصرف آب نیز از ۱/۰۴ تا ۱/۳۵ کیلوگرم بر مترمکعب نوسان داشت (جدول ۷). به عبارت دیگر تغییرات عملکرد دانه ذرت و کارایی مصرف آب در سطوح مختلف آبیاری بستگی به میزان آب قابل استفاده در خاک داشت و از این لحاظ نوسانات در میزان آب مصرفی، عملکرد و کارایی مصرف آب از نتایج پژوهش Howell *et al.* (1998) کم‌تر بوده ولی کم‌ترین میزان مصرف آب این پژوهش با نتایج تحقیق Howell *et al.* (1998) هم‌خوانی قابل‌توجهی داشت. شاید دلیل نوسانات بیش‌تر در تحقیق Howell *et al.* (1998) ناشی از متعدد و بیش‌تر بودن تیمارهای آبیاری باشد که منجر به طیف وسیع تغییرات در صفات مزبور شده است (جدول ۷).

نتایج جدول ضریب همبستگی پیرسون نشان می‌دهد عملکرد و اجزای عملکرد روندی هم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهند. به عبارت دیگر هرچه اجزای عملکرد از جمله طول بلال، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه افزایش یابند، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب نیز افزایش پیدا می‌کنند و برعکس (جدول ۸). همانند نتایج تحقیق Ahmadi *et al.* (2000) اثرات مستقیم اجزای عملکرد بر عملکرد دانه مثبت بوده است.





## نتیجه‌گیری

۲۳۰/۷ کیلوگرم در هکتار کاهش محصول ذرت به وقوع پیوسته است. در این تحقیق کارایی مصرف آب در هر دو تیمار آبیاری و رقم PH1 از ۱/۰۶۰ تا ۱/۳۵۳ و در همه ارقام مورد بررسی از ۱/۰۴۵ تا ۱/۳۵۳ گرم به ازای هر لیتر آب متغیر بود. بیشترین کارایی مصرف آب مربوط به رقم PH1 به میزان ۱/۲۸۶ کیلوگرم بر مترمکعب بود. نتایج ضریب همبستگی پیرسون نشان می‌دهد هرچه اجزای عملکرد از جمله طول بلال، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه افزایش یابند، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب نیز افزایش پیدا می‌کنند و برعکس. با توجه به تنوع روش‌های مختلف آبیاری در کشت ذرت دانه‌ای در شهرستان بهبهان توصیه می‌گردد اثر دوره‌های مختلف آبیاری در سیستم‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای نواری بر روی ارقام فوق نیز بررسی شوند.

دامنه تغییرات وزن هزار دانه در ارقام مورد آزمایش از ۱۱ تا ۲۱ درصد در تیمار تنش نسبت به تیمار فاقد تنش متغیر بود. عملکرد ذرت در تیمار تنش و رقم PH1 کاهش ۲۱/۰ درصدی را نسبت به تیمار فاقد تنش و رقم PH1 نشان داد. تنش آبی موجب ظهور زودتر گل و کاهش طول دوره رشد و نمو ذرت شد. به طوری که تیمار تنش در رقم PH1 سبب ظهور زودتر گل به میزان ۱۱ روز گردید و روز تا رسیدگی نیز حدود ۲۷ روز زودتر از تیمار فاقد تنش اتفاق افتاد. میانگین حجم آب مصرفی در تیمار فاقد تنش در ارقام مختلف از ۵۲۷۸/۹ تا ۵۲۸۱/۱ و در تیمار تنش در ارقام مورد بررسی از ۴۶۲۹/۵ تا ۴۶۳۱ مترمکعب در هکتار متغیر بود. به ازای هر ۱ سانتی‌متر کاهش مصرف آب در ارقام Karoon 701 و S.C Mobin، S.C 704 و PH1، به ترتیب ۹۳/۶، ۲۱۰/۱، ۱۱۸/۱ و

## REFERENCES

- Ahmadi, J., Zainali Khaneghah, H., Rustami, M. And Chuckan, R. (2000). Evaluation of drought resistance in late commercial commercial corn hybrids. *Iranian Journal of Agricultural Science*, No. 4, pp. 891-899. (In Farsi)
- Afuni, M. and Rezaei Nejad, Y. (1999). Effect of Organic Materials on Chemical Properties and Corn Cultivation and Functioning, Abstract of Articles of the *Sixth Iranian Soil Science Congress*. P. 146. (In Farsi)
- Azarpanah, A., Alizadeh, O., Dehghanzadeh, H. and Zare, M. (2013). The effect of irrigation levels in various growth stages on morphological characteristics and yield components of *Zea mays L.* *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*. (14) 3: 1459-1447.
- Barzegari, M. (2017). Report on the introduction of maize variety: PH1. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Seed and Plant Improvement Institute. Safiabad Agricultural Research Center: 3-5. (In Farsi)
- Bigloi, M., Kafi Ghasemi, A., Javaherdashti, M. And Esfahani, M. (2013). The effect of irrigation regimes on yield and quality of corn (S C 704) in Rasht area. *Journal of Agricultural Sciences of Iran*. 3 (15): 206-196. (In Farsi)
- Cakir, R. (2004). Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research* 89: 1-6.
- Choukan, R. (2015). Final report of Yield trial of promising late and medium maturing maize hybrids (final stage). Ministry OF Jahad – e-Agriculture. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Seed and Plant Improvement Institute: 16. (In Farsi)
- Cooper, M., Van Eeuwijk, F., Chapman, S. C., Podlich, D. W. and Löffler, C. (2006). Genotype-by-environment interactions under water-limited conditions. In: Ribaut J. M. (Ed.). *Drought adaptation in cereals*. Binghamton, NY, The Haworth Press, Inc. pp: 51-96.
- Dehghanpoor, Z. (2013). Directions for planting, keeping and harvesting corn. Ministry OF Jahad – e- Agriculture. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Seed and Plant Improvement Institute: 91-97. (In Farsi)
- Dehghanpour, Z. (2014). Technical instruction on planting, harvesting and harvesting of corn (grains and forage). Karaj, Ministry of Agriculture, Agricultural Research, Education and Promotion Institute, *Seed and Plant Improvement Research Institute, Agricultural Education Publishing*. (In Farsi)
- Edmeades, G.O., Bolanos, J., Banziger, M. and Ortega, A. (1998). Developing drought and low-nitrogen tolerant. *Maize Symposium Abstracts*. Dept. Agriculture, University of Queensland, Brisbane 4072. Australia.
- Emam, Y. and Niknejad, M. (2004). An Introduction to the Physiology of Crop Yield. *Shiraz University Press*, 571 p. (In Farsi)
- Farshi, A.A., Shariati, M., Jarolahi, R., Ghaemi, M.R., Shahabi Far, M. and Tavalai, Mir.M. (2007). Estimated Water Requirements for Plants. *Agricultural Education Publishing, Agricultural Research, Education and Promotion Organization, Soil and Water Research Institute*. (In Farsi)
- Grant, R.F., Jackson, B.C., Kiniry, J.R. and Arikin, G.F. (1989). Water deficit timing effects on yield Components in maize. *Agronomy Journal*. 81: 61-65.
- Hall, A.J.L., Emcoff, J.H., and Trapani, N. (1981). Water stress before and during flowering in maize and its effects on yield its Components,

- and Their determinants. *Maydica* 26: 19-38.
- Herero, M. P. and Johnson, R. R. (1981). Drought stress and its effects on maize reproductive systems. *Crop Science*. 21: 105-110.
- Howell, T.A., Tock, J.A., Schneider, A.D and Evett, S.R. (1998). Evapotranspiration, yield and water use efficiency of corn hybrids differing in maturity. *Agronomy Journal*. 90: 3-9.
- Kang, S.Z., Zhang, L., Liang, Y.L., Hu, X.T., Cai, H.J. and Gu, B.J. (2002). Effects of limited irrigation on yield and water use efficiency of winter wheat in the Loess Plateau of China. *Agricultural Water Management*. 55: 203-216.
- Karlen, D.M. and Camp, C.R.. (1985). Row spacing plant population, and water management effect on corn in the in the Atlanta coastal plain. *Agronomy Journal*. 77:393-398.
- Mohammadai, H., Soleymani, A. and Shams, M. (2012). Evaluation of Drought Stress Effects on Yield Components and Seed Yield of Three Maize Cultivars (*Zea mays* L.) in Isfahan region. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, (19) 4: 1436-1439.
- Mostafavi, Kh., Shoahosseini, M. and Sadeghi Geive, H. (2011). Multivariate analysis of variation among traits of corn hybrids traits under drought stress. *International Journal of Agricultural Sciences*. 1 (7): 416-422.
- Musick, J.T., and D.A. Dusek . (1980). Irrigated corn yield response to water. *Transaction of the ASAE*, 23(1):92-98.
- Nesmith, D.S. and Ritchie, J.T. (1992). Short and long term responses of corn to a pre-anthesis soil water deficit *Agronomy Journal*. 84: 106-113.
- Panday, R.K., Marienville, J.W. and Adum, A. (2000). Deficit irrigation and nitrogen effect on maize in a sahelian environment. I. Grain yield components. *Agricultural water management*. 46: 1-13.
- Parvizi, Y. and Nabati, A. (2004). Effect of irrigation intervals and manure on water use efficiency and quantitative and qualitative yield of corn. *Research and construction*. No. 63. 21-29.
- Richards, R.A., Rebtzke, G.J., Condon, A.G. and van Herwaarden, A. F. (2002). Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Australian Journal of Crop Science*, 42: 111-121.
- Shoaa Hossaini, S.M., Babaeeyan, N. and Farsi, M. (2001). Effect of drought stress on yield and its components in some corn hybrids using causality analysis. *Master's thesis, Faculty of Agricultural Sciences, Mazandaran University*, 117 p. (In Farsi)
- Sing, N.P. and Sinka, S.K. (1997). Water use efficiency in crop production. In: Water requirement and irrigation management of crops in India, ed. Indian Agricultural Research Institute. New Delhi .*Water technology center*: 289-335.
- Song, Y., Qu, C., Birch, S., Doherty, A. and Hanan, J. (2010). Analysis and modelling of the effects of water stress on maize growth and yield in dryland conditions. *Plant Production Science*. 13 (2): 199-208.
- Westgate, M.E. (1994). Water statues and development of the maize endosperm and embryo during drought stress. *Crop science* 34:76-83.
- Zarabi, M., Alahdadi, I., Akbari, G. A. and Akbari, G. A. (2011). A study on the effects of different biofertilizer combinations on yield, its components and growth indices of corn (*Zea mays* L.) under drought stress condition. *African Journal of Agricultural Research*. 6 (3): 681-685.