مدیریت آب و آبیاری

دوره ۷ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۶

صفحه‌های ۳۱۸-۳۰۵

تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب ذرت

داوود اکبری نودهی*

گروه مهندسی آب، واحد قائمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائمشهر، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۰۸/۱۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۱/۰۸

چکیده

بحران کمبود آب به‌عنوان عامل اصلی محدودیت زراعت در فصل رشد گیاه مطرح است. برای گیاهان مختلف شناخت زمان‌های حساس برای دسترسی به بیشترین عملکرد و مقدار آب آبیاری ضروری است. بنابراین، به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد ذرت، تحقیقی به مدت سه سال (۱۳۸۸ـ ۱۳۹۰) در استان مازندران صورت گرفت. آزمایش در چهار تکرار به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی و با نُه تیمار انجام شد. تیمارهای آبیاری بر اساس ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد تخلیهٔ رطوبت قبل و بعد از گلدهی ذرت اعمال شد. مقدار آب آبیاری به روش وزنی و با هدف رساندن رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی تعیین شد. نتایج مقایسهٔ میانگین مرکب سه‌ساله نشان داد بیشترین مقدار عملکرد (۱۳۴۰۰ کیلوگرم در هکتار)، بهره‌وری مصرف آب (سه کیلوگرم بر مترمکعب) و بهره‌وری مصرف آب آبیاری (۴/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب) مربوط به تیمار ۳۰ درصد تخلیهٔ رطوبت قبل و ۳۰ درصد بعد از گلدهی بود. به‌طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش تنش قبل از گلدهی بر عملکرد محصول و بهره‌وری مصرف آب گیاه ذرت بسیار تأثیرگذار بوده است، به‌طوری که افزایش تنش قبل از گلدهی سبب کاهش شدیدتر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب ذرت شد

کلیدواژه‌ها: آب آبیاری، تبخیر- تعرق، درصد تخلیهٔ رطوبت، گلدهی، مرحلهٔ رشد.

* نویسنده مسئول Email: Dakbarin@yahoo.com

مقدمه

تغییرات رطوبت خاک روی گیاه در دوره‌های مختلف رشد اثر متفاوتی دارد که گیاه در هر مرحلهٔ رشد، نسبت به کمبود آب واکنش متفاوتی از خود نشان می‌دهد. دربارهٔ ذرت در مرحلهٔ گلدهی نسبت به مراحل دیگر رشد، حساسیت بیشتری در زمینهٔ کمبود آب وجود دارد (۹). ذرت از قدیمی‌ترین محصولات کشاورزی است که بشر به اهمیت آن پی برده است، به‌دلیل اینکه یکی از منابع مهم تأمین انرژی است و در سطوح وسیعی در دنیا کشت می‌شود (۱). با توجه به اهمیت اقتصادی این محصول، هر عاملی که بتواند در ازدیاد عملکرد محصول و مصرف بهینهٔ آب مؤثر باشد، باید تقویت شود. بنابراین، باید با توجه به پارامترهای محیطی و شرایط گیاه مد نظر برنامه‌ریزی مناسب آبیاری صورت گیرد (۹).

بررسی مطالعات نشان می‌دهد با مدیریت صحیح آبیاری در دوران رشد رویشی و زایشی و با حذف آبیاری در مراحل خمیری و دانه‌ای‌شدن دانه می‌توان تا ۱۵ درصد در مصرف آب در مزارع ذرت در روش آبیاری سطحی صرفه‌جویی کرد، بدون اینکه تأثیر معناداری در میزان عملکرد دانه و پروتئین ایجاد شود (۵). محققان با ارزیابی اثر تنش آب در مراحل رشد رویشی و گرده‌افشانی دو هیبرید ذرت نتیجه گرفتند که بیشترین بهره‌وری کاربرد آب زمانی به دست می‌آید که تنش آبی در مرحلهٔ رشد رویشی اعمال شود و بیشترین کاهش عملکرد به علت اعمال تنش آبی در مرحلهٔ گرده‌افشانی بود (۲۲). با بررسی کم‌آبیاری ذرت در مراحل مختلف رشد مشخص شد که مرحلهٔ گلدهی حساس‌ترین مرحله نسبت به کم‌آبیاری است به‌طوری که وزن خشک مادهٔ تولیدشده، عملکرد و شاخص برداشت کاهش می‌یابد. اما کم‌آبیاری در مرحلهٔ پُرشدن دانه، تأثیر معنادار بر رشد گیاه و تولید نداشت (۱۴). در تحقیقی دیگر مشخص شد تنش رطوبت در قبل، بعد و زمان گلدهی عملکرد ذرت را به‌ترتیب، ۲۵، ۵۰ و ۲۱ درصد کاهش می‌دهد (۲۶). در تحقیقی با اعمال تنش رطوبتی معادل ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه دریافتند که تنش رطوبتی عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن به‌جز سطح و تعداد برگ و درصد چوب بلال را کاهش می‌دهد. آنها وزن هزاردانهٔ بلال را به عنوان مهم‌ترین صفات در گزینش ارقام در شرایط تنش رطوبتی دانستند (۹).

بر اساس نتایج پژوهش محققان، مرحلهٔ گلدهی و تشکیل بلال، حساس‌ترین مرحله نسبت به تنش رطوبتی بود و کوچک‌ترین تنش رطوبتی در این مرحله به کاهش عملکرد، کاهش ارتفاع و قطر ساقه منجر شد (۲۵). نتایج در خصوص اعمال تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد نشان داد حساس‌ترین مرحلهٔ رشد ذرت، که موجب کاهش ۶۶ تا ۹۳ درصدی عملکرد شد، اعمال تنش رطوبتی طولانی‌مدت در مرحلهٔ کاکل‌دهی تا مرحلهٔ تشکیل بلال است (۱۲). بررسی‌ها نشان داد اعمال تنش رطوبتی در مرحلهٔ خمیری‌شدن دانه نشان داد عملکرد و وزن بلال کاهش معنادار می‌یابد (۱۵).

محققان در خصوص اعمال تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد نتیجه گرفتند که تنش رطوبتی سبب کاهش عملکرد دانه، تعداد دانه در بلال، وزن ۱۰۰ دانه بلال، قطر ساقه و ارتفاع گیاه می‌شود. همچنین، بیشترین تأثیر در کاهش صفات یادشده مربوط به اعمال تنش در زمان گلدهی بود (۲۴). تحقیقات انجام‌شده شروع حساسیت ذرت به رطوبت خاک را دو تا هفت روز بعد از کاکل‌دهی و پایان این دوره را ۱۶ تا ۲۲ روز بعد از کاکل‌دهی بیان کردند (۲۹).

MAD (ماکزیمم تخلیهٔ مجاز رطوبت) ذرت بر اساس تحقیقاتی که در کلرادوی آمریکا، از شروع جوانه‌زنی تا چهاربرگی گیاه ۵۰ درصد، از چهار برگی تا ۱۶ برگی (شروع کاکل‌دهی) ۶۰ـ ۷۰ درصد گزارش شد. طبق همین

تحقیقات، MAD در ادامهٔ رشد رونـد کاهشـی داشـته و از مرحلهٔ ۱۶ برگی تا خمیری‌شدن دانه‌ها بـه ۵۰ درصـد و از این مرحله تا رسیدن افزایش و به ۶۰ـ ۷۰ درصـد افـزایش می‌یابد (۱۰). در بیشتر منابع MAD برای ذرت طی مرحلـهٔ رشد، مقدار ثابت فرض شده است و با این فـرض، مقـدار آن استخراج شده است. محققان بیشترین تخلیهٔ مجاز ذرت را برای مرحلهٔ استقرار ۴۰ درصد و برای مراحـل رویشـی، گلـدهی ۵۵ تـا ۶۵ درصـد و بـرای دورهٔ رسـیدن دانـه ۸۰ درصد گزارش کردند (۴). نشریهٔ فـائو ۵۶، MAD ذرت را طی رشد آن ۵۵ درصد گزارش کرده است (۱۱). همچنین، مقدار ۶۵ درصـد بـرای MAD بـرای ذرت گـزارش کـرده است (۸).

در منطقهٔ مطالعه‌شده (مزرعـهٔ تحقیقـاتی دانشـگاه آزاد واحد قائمشـهر) نتـایج آمـار درازمـدت هواشناسـی نشـان می‌دهـد بیشـترین بارنـدگی در فصـل غیـر زراعـی اتفـاق می‌افتد. همچنین، تلفات آب به‌وسیلهٔ تبخیر طـی فصـل بـه واسطهٔ گرمای زیاد تابستان امری بـدیهی اسـت. آگـاهی از مرحلهٔ حساس رشد گیاه به تنش خشکی و مقدار آب مورد نیاز ذرت از راه‌های کنترل مدیریت کم‌آبی برای گیاه است. با توجه به مـوارد یادشـده بـرای MAD، و اینکـه گیـاه در مراحل مختلف رشد، ممکن است که واکنش‌های متفـاوتی نسبت به کم‌آبی داشته باشد، مقادیر متفاوت MAD در نظر گرفته شد. بنابراین، تحقیق حاضر با هـدف تعیـین بهتـرین تیمار تـنش خشـکی بـر اسـاس مقـادیر متفـاوت MAD و همچنین مقدار آب مورد نیاز گیاه ذرت انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر از سال ۱۳۸۸ و به مدت سه سال در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشـگاه آزاد اسـلامی واحـد قائمشـهر بـه اجـرا درآمد. محـل اجـرای آزمـایش در عـرض ۳۶ درجـه و ۲۶ دقیقـهٔ شـمالی و طـول جغرافیـایی ۵۳ درجـه و ۳۰ دقیقـهٔ شرقی و ارتفاع چهار متر از سطح دریا قـرار دارد. متوسـط بارندگی منطقه ۶۲۵ میلی‌متر، متوسط دما منطقـه ۱۷ درجـهٔ سانتی‌گراد، متوسـط رطوبـت نسـبی ۷۰ درصـد و متوسـط درازمدت تبخیر از تشت ۱۴۰۰ میلی‌متر است. در جدول ۱ برخی پارامترهای هواشناسـی شـامل میـزان بارنـدگی طـی فصل رشد و مقدار تبخیر- تعرق پتانسیل منطقهٔ مطالعه‌شده نشان داده شده است. مقدار تبخیر- تعرق پتانسیل از نتیجـهٔ مقدار تبخیر از تشت و ضریب تشت تبخیر بـرای منطقـه و ماه‌های مد نظر (۲) به‌دست آمد. خاک منطقهٔ آزمایش‌شـده رسی- سیلتی و ظرفیت زراعی و نقطـهٔ پژمردگـی دائـم آن با استفاده از دستگاه صفحات فشاری به دست آمد (جدول ۲). مقدار کود شیمیایی مورد نیاز با تهیهٔ نمونه خاک مرکب سطحی قبل از کشت و بر اساس تجزیهٔ خاک محاسبه و به هر یک از تیمارهای آزمایش اعمال شد. ۲۰۰ کیلوگرم کود فسـفات آمـونیم و ۲۰۰ کیلـوگرم اوره در هـر هکتـار بـه تیمارها داده شد. نیمی از کود اوره به همراه همـهٔ فسـفات در موقع کشت و نیم دیگر اوره به‌عنوان سرک ۴۰ روز بعد از کشت مصرف شد.

طرح بر اساس بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکـرار و نُه تیمار اجـرا شـد. تیمارهـای آبیـاری بـر مبنـای کسـر رطوبت خاک بوده و تیمارها بر اساس ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد کسر رطوبـت قابـل اسـتفاده در دو مرحلـهٔ قبـل و بعـد از گلدهی انتخـاب شـده اسـت. تیمارهـای آزمایشـی مطـابق جدول ۳ بوده‌اند

جدول ۱. مقادیر بارندگی و تبخیر - تعرق پتانسیل طی فصل رشد (میلی‌متر)

سال	بارندگی					تبخیر-تعرق پتانسیل طی فصل رشد
	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مجموع بارندگی فصل رشد
۱۳۸۸	۲۹	۱۷	۱۰	۱۳	۴۰	۱۰۹	۵۳۰
۱۳۸۹	۱۵	۱۰	۸	۶	۲۴	۶۳	۵۷۹
۱۳۹۰	۲۴	۲۰	۱۳	۸	۳۱	۹۶	۵۴۸

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی خاک محل آزمایش

عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر)	ظرفیت مزرعه (درصد وزنی)	نقطهٔ پژمردگی دائم (درصد وزنی)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	بافت خاک
۳۰-۰	۳۱/۲	۱۵/۱	۱/۳	۱۰	۴۳	۴۷	رس سیلتی
۶۰-۳۰	۳۰/۵	۱۵/۲	۱/۳۴	۱۱	۴۰	۴۹	رس سیلتی
۹۰-۶۰	۳۱/۸	۱۴/۸	۱/۳۵	۵	۵۰	۴۵	رس سیلتی

جدول ۳. آرایش تیمارهای آزمایش‌شده

تیمار	درصد کسر رطوبت قبل از گلدهی	درصد کسر رطوبت بعد از گلدهی
*T_1W_1	۳۰	۳۰
T_1W_2	۳۰	۶۰
T_1W_3	۳۰	۹۰
T_2W_1	۶۰	۳۰
T_2W_2	۶۰	۶۰
T_2W_3	۶۰	۹۰
T_3W_1	۹۰	۳۰
T_3W_2	۹۰	۶۰
T_3W_3	۹۰	۹۰

*. T نشان‌دهندهٔ قبل از گلدهی و W بعد از گلدهی و اعداد یک، دو و سه به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد کسر رطوبت است.

بعد از شخم‌زدن و تسطیح کرت‌ها در تاریخ‌های ۱۰ خرداد، ۱۲ اردیبهشت و هفتم خرداد به‌ترتیب برای سال‌های اول تا سوم اقدام به کشت بذر ذرت رقم سینگل‌کراس ۷۰۴ شد (در سال اول و سوم به‌علت شرایط نامساعد جوّی کشت با تأخیر صورت گرفت). بذر ذرت در فاصلهٔ ردیف‌های ۷۵ سانتی‌متر و فاصلهٔ گیاه روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر به صورت جوی و پشته‌ای و در کرت‌های ۶/۷۵×۳/۷۵ متری کشت شد. آب مورد نیاز آبیاری توسط یک کنتور حجمی دو اینچی اندازه‌گیری و به تیمارها اضافه شد. برای سبزشدن بذر، بلافاصله بعد از کشت اقدام به آبیاری یکنواخت به‌عنوان خاک آب در سطح قطعهٔ آزمایشی شد. نمونه‌برداری خاک و تعیین درصد رطوبت برای انجام آبیاری، ۴۸ ساعت پس از آبیاری خاک آب شروع شد. با توجه به میزان کسر رطوبت خاک و مقادیر ظرفیت مزرعه و نقطهٔ پژمردگی دائم زمان آبیاری در تیمارهای آزمایشی تعیین شد. مقدار عمق آب مورد نیاز به‌صورت رابطهٔ ۱ محاسبه و مقدار آب آبیاری با احتساب راندمان ۹۰ درصد اعمال شد (۸):

$$d = \frac{(\theta_{fc} - \theta_i) MAD.Z.\rho_b}{100} \qquad (۱)$$

که در آن، Θ_{fc}: رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی (درصد)، Θ_i: رطوبت وزنی خاک در زمان آبیاری (درصد)، Z: عمق ریشه (سانتی‌متر) و ρ_b: جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم در سانتی‌متر مکعب) است. رطوبت وزنی خاک در زمان آبیاری با استفاده از ضرب کسر رطوبت خاک (MAD) در مقدار رطوبت در دسترس ($\Theta_{fc}- \Theta_{pwp}$) و تفاوت آن از رطوبت در حد ظرفیت مزرعه محاسبه شد. که در آن Θ_{pwp} رطوبت در نقطهٔ پژمردگی است.

بهره‌وری مصرف آب (WUE) با استفاده از معادلهٔ WUE=Y/ET و مقدار بهره‌وری مصرف آب آبیاری به‌صورت IWUE=Y/I محاسبه شد (۱۸). در این معادله Y برابر با عملکرد ذرت و ET تبخیر و تعرق واقعی است.

ETبرای تیمارهای جداگانه با استفاده از معادلهٔ بیلان آب به‌صورت ET=P+I+ΔS- DP به دست آمد. در این معادله ΔS تغییرات ذخیرهٔ آب در ابتدا و انتهای فصل رشد (mm)، P بارندگی (mm)، I مقدار آب آبیاری (mm) و D_p آب زهکشی‌شده است. از آنجا که مقدار آب آبیاری فقط به اندازهٔ رساندن رطوبت خاک تا رطوبت ظرفیت مزرعه استفاده شده است، بنابراین از مقدار آب زهکشی‌شده صرف‌نظر شده است. اندازه‌گیری‌های آزمایش شامل عملکرد ذرت و مقدار آب آبیاری بوده است. رطوبت خاک به روش وزنی هفته‌ای دو بار در مراحل مختلف رشد برای هر یک از تیمارهای آزمایش اندازه‌گیری شد. در پایان مقایر عددی به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری پارامترهای یادشده با کمک نرم‌افزار MSTATC تجزیه و تحلیل آماری شد. همچنین، مقایسهٔ میانگین‌ها توسط آزمون مقایسهٔ میانگین چنددامنه‌ای دانکن انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

تجزیهٔ واریانس عملکرد محصول، بهره‌وری مصرف آب و بهره‌وری مصرف آب آبیاری برای سه سال آزمایش در جدول ۴ نشان داده شده است. بر اساس داده‌های جدول ۴ تأثیر تیمارهای آبیاری بر عملکرد، بهره‌وری مصرف آب و بهره‌وری مصرف آب آبیاری در سطح احتمال یک درصد ($p<0.01$) معنادار بود. در جدول ۵ نتایج تجزیهٔ واریانس میانگین سه سال آزمایش نشان داده شد. اثر تیمارهای آبی، سال و اثر متقابل آنها بر میانگین عملکرد محصول، بهره‌وری مصرف آب و بهره‌وری مصرف آب آبیاری در سطح احتمال یک درصد ($p<0.01$) معنادار است.

به‌طور کلی، در هر آزمایش بهتر است که دقت آزمایش سنجیده شود، یعنی بررسی شود که آیا آزمایش دقیق انجام شده یا خیر؟ بر این اساس، مقدار ضریب تغییرات (CV) محاسبه شد (جدول‌های ۴ و ۵). و مشخص شد که آزمایش دقت لازم را داشت.

جدول ۴. تجزیهٔ واریانس سالانهٔ عملکرد ذرت، بهره‌وری مصرف آب (WUE) و بهره‌وری مصرف آب آبیاری (WUE_I) در تولید ذرت تحت تأثیر تیمارهای آبیاری طی سال‌های ۱۳۸۸ـ ۱۳۹۰

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات								
		۱۳۸۸			۱۳۸۹			۱۳۹۰		
		عملکرد	WUE	WUE_I	عملکرد	WUE	WUE_I	عملکرد	WUE	WUE_I
تکرار	۲	۹۱۱۰۳۳۶/۱**	۵۶/۸**	۲۱۷/۳*	۱۰۶۵۰۲۴^{ns}	۳/۵^{ns}	۱۱/۵^{ns}	۴۰۰۱۳۳۳/۴^{ns}	۲۳^{ns}	۸۵/۱^{ns}
تیمارهای آبیاری	۸	۲۵۴۴۱۰۹۶/۶**	۱۱۳/۶**	۶۶۱/۵**	۲۵۳۲۲۸۸۱/۵**	۹۷/۹**	۳۲۷/۲**	۲۶۳۰۸۴۸۹**	۱۶۱/۶**	۷۳۰/۵**
خطا	۱۶	۵۹۵۳۴۹/۹	۳/۴	۱۳	۲۱۴۲۰۶۱/۸	۸/۹	۲۱/۷	۲۴۱۴۸۸۳/۲	۱۳/۴	۴۲
ضریب تغییرات(٪)		۸/۷	۸/۲	۸/۵	۱۵/۱	۱۵	۱۵/۴	۱۴/۹	۱۵	۱۵/۱

ns، ** و *: به‌ترتیب غیرمعناداری و معناداری در سطح احتمال یک و پنج درصد

جدول ۵. تجزیهٔ واریانس مرکب عملکرد ذرت، بهره‌وری مصرف آب (WUE) و بهره‌وری مصرف آب آبیاری (WUE_I) در تولید ذرت تحت تأثیر تیمارهای آبیاری طی سال‌های ۱۳۸۸ـ ۱۳۹۰

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات		
		عملکرد	WUE	WUE_I
سال	۲	۱۲۲۰۳۵۲۲/۴**	۶۷/۱۳**	۲۴۹/۴**
تیمارهای آبیاری	۸	۷۵۹۶۷۸۲۶/۵**	۳۴۵/۵**	۱۵۵۷/۹**
تیمار آبیاری × سال	۱۶	۳۴۵۳۰۳۶/۹**	۱۵/۹*	۵۰/۳**
خطا	۵۲	۷۶۸۶۸۴/۵	۷/۸	۳۵/۵
ضریب تغییرات(٪)		۹/۱	۱۲/۶	۱۵/۵

ns، ** و *. به‌ترتیب غیرمعناداری و معناداری در سطح احتمال یک و پنج درصد

مقدار آب آبیاری و تبخیر- تعرق

در جدول ۶ تعداد آبیاری (قبل و بعد از گلدهی)، مقدار آب آبیاری و مقدار تبخیر- تعرق (بر اساس بیلان آب و خاک و معادلهٔ $ET=P+I+\Delta S- DP$) طی سه سال آزمایش گزارش شده است. بر این اساس، تعداد دو تا شش آبیاری برای سال اول، سه تا هشت آبیاری برای سال سوم و دو تا شش آبیاری در سال سوم انجام شد. مقدار آب آبیاری ۱۸۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر، ۲۹۰ تا ۳۶۰ میلی‌متر و ۲۱۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر به‌ترتیب برای سال‌های اول، دوم و سوم اعمال شد. مقدار آب آبیاری در هر مرحله با توجه عمق توسعهٔ ریشه و رطوبت خاک در نظر گرفته شد. عمق ریشه طی فصل رشد مقادیر ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. از طرفی، مقادیر متفاوت بارش طی سال‌ها و ماه‌های مختلف سبب شد تا تعداد آبیاری در سال‌های مختلف متفاوت باشد. این عوامل سبب شد تا تعداد آبیاری و در نهایت مقدار آب آبیاری طی سال‌های مختلف متفاوت به‌دست آید.

جدول ۶. تعداد، مقدار آب آبیاری و مقدار آب مصرفی در هر یک از تیمارهای آبی

تیمارهای آبیاری	سال ۱۳۸۸			سال ۱۳۸۹			سال ۱۳۹۰			
	تعداد آبیاری قبل از گلدهی	تعداد آبیاری بعد از گلدهی	آب آبیاری (میلی‌متر)	تعداد آبیاری قبل از گلدهی	تعداد آبیاری بعد از گلدهی	آب آبیاری (میلی‌متر)	تعداد آبیاری قبل از گلدهی	تعداد آبیاری بعد از گلدهی	آب آبیاری (میلی‌متر)	(mm) ET
T_1W_1	۴	۲	۲۱۰	۵	۳	۲۹۰	۳	۳	۲۱۰	۴۲۵
T_1W_2	۴	۱	۲۱۰	۵	۲	۳۳۰	۳	۲	۲۵۰	۴۳۴
T_1W_3	۴	۱	۲۵۰	۵	۱	۲۹۰	۳	۱	۲۱۰	۳۹۲
T_2W_1	۲	۲	۱۸۰	۳	۳	۳۴۰	۲	۳	۲۶۰	۴۳۷
T_2W_2	۲	۱	۱۸۰	۳	۲	۳۸۰	۲	۲	۳۰۰	۴۶۸
T_2W_3	۲	۱	۲۰۰	۲	۱	۳۱۰	۲	۱	۲۴۰	۴۰۵
T_3W_1	۱	۲	۲۲۰	۲	۲	۳۵۰	۱	۳	۲۸۰	۵۰۶
T_3W_2	۱	۱	۲۲۰	۳	۱	۲۹۰	۲	۱	۲۶۰	۴۲۷
T_3W_3	۱	۱	۲۴۰	۱	۱	۳۶۰	۱	۱	۲۴۰	۳۹۳

در سال ۱۳۸۸ کمترین تبخیر- تعرق به میزان ۳۴۲ میلی‌متر و بیشترین آن به میزان ۴۹۶ میلی‌متر، در سال ۱۳۸۹ مقدار تبخیر- تعرق ۴۳۱ تا ۵۲۸ میلی‌متر و در سال ۱۳۹۰ مقدار ۳۹۲ تا ۵۰۶ میلی‌متر تبخیر- تعرق بوده است. در تحقیقی مقدار ۱۹۳ تا ۴۸۰ میلی‌متر آب آبیاری و مقدار ۳۲۲ تا ۶۳۹ میلی‌متر تبخیر- تعرق برای ذرت علوفه‌ای در منطقهٔ مطالعه‌شده گزارش شده است (۱). در تحقیقات دیگر با توجه به شرایط اقلیمی، مقادیر متفاوت مقدار آب مصرفی گیاه ذرت گزارش شده است. در تحقیقات مشابه برای مناطق مختلف توسط محققان مقادیر ۳۵۷ـ ۵۸۷ میلی‌متر، ۴۹۴ـ ۶۴۴ میلی‌متر، ۱۶۹ــ ۵۴۷ میلی‌متر و ۳۸۵ــ ۵۳۷ میلی‌متر گزارش شده است (۲۸، ۲۰، ۱۳، ۱۹). در سال‌های اول و سوم آزمایش به‌علت اینکه در ابتدای فصل رشد بارندگی بیشتر اتفاق افتاد تأخیر در تاریخ کاشت به‌وجود آمد. علت مصرف کمتر آب در سال اول و سوم وجود بارندگی بیشتر طی فصل رشد بوده است، اما در سال دوم مقدار بارندگی کمتر بوده که آب بیشتری استفاده شده است.

عملکرد محصول

مقدار محصول از ۵۳۴۲ تا ۱۲۴۱۶ کیلوگرم در هکتار در سال ۱۳۸۸، ۵۹۴۵ تا ۱۳۵۱۲ کیلوگرم در هکتار برای سال ۱۳۸۹ و ۶۴۴۴ تا ۱۴۴۶۱ کیلوگرم در هکتار برای سال ۱۳۹۰ متغیر بوده است (جدول ۷). ماکزیمم عملکرد در سال اول مربوط به تیمار T_1W_1 با شش بار آبیاری به‌دست آمد. در تیمار T_1W_1 چهار بار آبیاری تا قبل از گلدهی با ۳۰ درصد کسر رطوبت و دو بار بعد از گلدهی با کسر ۳۰ درصد صورت گرفت (جدول ۷). در تیمار T_1W_1 تقریباً آبیاری کامل طی فصل رشد انجام و همچنین قبل از گلدهی تیمار بدون تنش بوده است. به همین دلیل ماکزیمم عملکرد سال اول در **این** تیمار به‌دست آمد. کمترین عملکرد در تیمار T_3W_3 با میزان ۵۳۴۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. در این تیمار یک بار آبیاری قبل و یک بار بعد از گلدهی با میزان ۹۰ درصد کسر رطوبت انجام شد. در تیمار T_3W_3 مقدار آب آبیاری زیاد اعمال شد، اما به واسطهٔ اینکه این مقدار آب در دو مرحله در کل دورهٔ رشد صورت گرفت، نتوانست جلوی تنش حاصل از کمبود رطوبت خاک را بگیرد.

در سال دوم بیشترین عملکرد با هشت بار آبیاری و در تیمار T_1W_1 به میزان ۱۳۵۱۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. در این تیمار با کسر ۳۰ درصد رطوبت، پنج بار آبیاری قبل از گلدهی و سه بار بعد از گلدهی اتفاق افتاد. بنابراین، در تیمار یادشده در تمامی طول دورهٔ رشد آبیاری کامل صورت گرفته است. کمترین عملکرد در سال دوم نیز مربوط به تیمار T_3W_3 با سه بار آبیاری طی فصل رشد که یک بار آن با کسر ۹۰ درصدی رطوبت قبل از گلدهی و دوبار با کسر ۹۰ درصدی رطوبت بعد از گلدهی صورت پذیرفت. بر اساس داده‌های جدول ۷، بیشترین عملکرد طی سه سال با مقدار ۱۴۴۶۱ کیلوگرم در هکتار در تیمار T_1W_1 به‌دست آمد. کمترین مقدار عملکرد همانند سال‌های اول و دوم در سال سوم مربوط به تیمار T_3W_3 با میزان ۶۴۴۴ کیلوگرم در هکتار بوده است. بر اساس نتایج عملکرد محصول طی سه سال آزمایش مشخص شده است که افزایش تنش قبل از گلدهی بر عملکرد محصول بسیار تأثیرگذار بوده است. به‌طوری که در هر سال آزمایش تقریباً از تیمار T_2W_2 کاهش معنادار عملکرد مشاهده شده است. بر اساس مقدار عملکرد و آب مصرفی در هر سال آزمایش تیمار T_1W_1 به عنوان بهترین تیمار آبی پیشنهاد می‌شود، زیرا این تیمار در هر سال آزمایش بیشترین عملکرد را داشت و مقدار آب آبیاری بهینه‌ای را مصرف کرد.

جدول ۷. مقادیر عملکرد، بهره‌وری مصرف آب و بهره‌وری مصرف آب آبیاری برای سه سال آزمایش

تیمارهای آبیاری	سال								
	۱۳۸۸			۱۳۸۹			۱۳۹۰		
	بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	بهره‌وری مصرف آب آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	بهره‌وری مصرف آب آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	بهره‌وری مصرف آب آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
T_1W_1	۲/۹۹^{A}	۵/۸۲^{A}	۱۲۲۱۹^{A}	۲/۷۳^{A}	۴/۶۶^{A}	۱۳۵۱۲^{A}	۳/۳۹^{A}	۶/۸۹^{A}	۱۴۴۶۱^{A}
T_1W_2	۲/۷۵^{A}	۵/۹۱^{A}	۱۲۴۱۶^{A}	۲/۴۳^{A}	۴/۸۸^{AB}	۱۲۸۲۴^{AB}	۳/۱۸^{A}	۵/۵۲^{BC}	۱۳۸۰۶^{A}
T_1W_3	۲/۲۴^{BC}	۴/۶۴^{B}	۱۱۵۹۰^{A}	۲/۵۹^{A}	۴/۰۵^{AB}	۱۱۷۴۱^{B}	۳/۲۲^{A}	۶/۰۱^{AB}	۱۲۶۲۸^{AB}
T_2W_1	۳/۲۵^{A}	۶/۱۸^{A}	۱۱۱۲۴^{A}	۲/۵۱^{A}	۳/۵۷^{B}	۱۲۱۲۸^{B}	۲/۸۳^{B}	۴/۴۶^{CD}	۱۲۳۷۱^{AB}
T_2W_2	۱/۹۸^{CD}	۴/۱^{BC}	۷۳۷۱^{B}	۱/۸^{B}	۲/۴۸^{C}	۹۴۲۷^{C}	۲/۱۶^{C}	۳/۳۷^{E}	۱۰۱۰۸^{BC}
T_2W_3	۱/۹۴^{CD}	۳/۵۲^{CD}	۷۲۳۴^{B}	۱/۷۱^{BC}	۲/۵۶^{C}	۷۹۳۵^{D}	۲/۳۴^{C}	۳/۷۶^{DE}	۹۰۲۶^{CD}
T_3W_1	۱/۹۳^{CD}	۳/۲۶^{D}	۷۱۸۲^{B}	۱/۴۲^{BC}	۲/۰۲^{CD}	۷۰۵۲^{DE}	۱/۵۲^{D}	۲/۷۵^{E}	۷۶۸۸^{CD}
T_3W_2	۱/۵۱^{DE}	۲/۵^{E}	۵۵۰۰^{C}	۱/۵۷^{BC}	۲/۳۲^{CD}	۶۷۲۱^{DE}	۱/۷۶^{D}	۲/۹^{E}	۷۵۲۶^{CD}
T_3W_3	۱/۴۱^{E}	۲/۲۳^{E}	۵۳۴۲^{C}	۱/۲۱^{C}	۱/۶۵^{D}	۵۹۴۵^{E}	۱/۶۴^{D}	۲/۶۸^{E}	۶۴۴۴^{D}

در جدول ۸ متوسط عملکرد سه‌سالهٔ ذرت نشان داده شد. بر اساس نتایج عملکرد ذرت در تیمار T_1W_1 و به میزان ۱۳۴۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین مقدار و در تیمار T_3W_3 با مقدار ۵۹۱۰ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار را داشت.

در تحقیقی دیگر در منطقهٔ مطالعه‌شده عملکرد ۲۵۰۰ـ ۱۰۸۷۰ کیلوگرم در هکتار برای منطقه گزارش شد (۳). در تحقیقات دیگر، مقادیر متوسط عملکرد ۲۸۸۰ـ ۱۱۳۴۰ کیلوگرم در هکتار، ۳۱۴۷ـ ۱۲۴۳۸ کیلوگرم در هکتار و مقدار ۴۱۱۰ـ ۸۴۸۰ کیلوگرم در هکتار برای ذرت توسط محققان گزارش شد (۱۳، ۱۲ و ۲۸). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از داده‌های سه‌ساله آزمایش مشخص شد که افزایش تنش قبل از گلدهی، سبب کاهش شدیدتر عملکرد شد. همچنین، بعضی محققان نیز اثر تنش آبی بر عملکرد دانه را معنادار اعلام کردند که بیشترین کاهش عملکرد در مرحلهٔ گلدهی بود که با نتایج تحقیق مطابقت دارد (۷ و ۱۶).

همچنین، محققان دریافتند که تنش خشکی طی دورهٔ گلدهی سبب غیر هم‌زمانی پیدایش اندام‌های نر و مادهٔ ذرت شد و فاصلهٔ آغاز ظهور گل تاجی و ابریشم‌ها را افزایش داد و در نتیجه عملکرد ذرت کاهش یافت. وقوع تنش خشکی هم‌زمان با تقسیم میوزی در گل تاجی موجب عقیم‌شدن دانه‌های گرده شد، از طویل‌شدن ابریشم‌ها جلوگیری کرد و سبب کاهش شدید عملکرد شد. در نتیجه، هر گونه تنش در این دوره سبب کاهش عملکرد دانه شد (۶).

بهره‌وری مصرف آب و بهره‌وری مصرف آب آبیاری

بیشترین مقدار بهره‌وری مصرف آب که نسبت عملکرد به‌دست‌آمده به‌ازای هر واحد آب مصرفی را نشان می‌دهد، در هر سه سال آزمایش به‌ترتیب با مقادیر ۲/۹۹، ۲/۷۳ و ۳/۳۹ کیلوگرم در مترمکعب مربوط به تیمار T_1W_1 بوده است. البته، در سال‌های اول و دوم تیمارهای T_2W_1 نیز در گروه اول قرار داشتند، به‌طوری که در سال اول تیمار T_2W_1 از نظر مقداری ماکزیمم بود. تیمار T_3W_3 در هر سه سال آزمایش به‌ترتیب با مقادیر ۱/۴۱، ۱/۲۱ و ۱/۶۴ کیلوگرم بر مترمکعب کمترین مقدار را داشته‌اند. محققان مقدار ۱/۵ تا ۲/۳ کیلوگرم بر مترمکعب، مقدار ۰/۸۹ تا ۱/۴۸ کیلوگرم بر مترمکعب، ۰/۸۷ تا ۳/۱۹ کیلوگرم بر مترمکعب، ۲ تا ۴/۱۲ کیلوگرم بر مترمکعب، ۰/۹۷ تا ۱/۴۲ کیلوگرم بر مترمکعب، ۰/۹۴ تا ۲/۲۷ کیلوگرم بر مترمکعب و مقدار ۱/۰۴ تا ۱/۳۶ کیلوگرم بر مترمکعب را ارائه دادند (۱۳، ۱۷، ۲۱، ۲۷، ۳۰، ۳۱ و ۲۳). بهره‌وری مصرف آب آبیاری بر اساس نسبت عملکرد به مقدار آب آبیاری به‌دست آمد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از جدول ۵ مقدار WUE_I در سال اول بین ۲/۲ تا ۶/۲ کیلوگرم بر مترمکعب، در سال دوم ۱/۷ تا ۴/۹ کیلوگرم بر مترمکعب و در سال سوم ۲/۷ تا ۶/۹ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد. بر این اساس، در هر سال آزمایش ماکزیمم مقدار WUE_I مربوط به تیمار T_1W_1 و کمترین مقدار آن در تیمار T_3W_3 بوده است. در تحقیقاتی مقدار ۲/۳ تا ۳/۵ کیلوگرم بر مترمکعب و ۲/۱۳ تا ۳/۷ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شد (۱۳ و ۳۰).

در تیمار آزمایشی با آنکه در تیمار T_3W_3 مقدار آب آبیاری مصرف شد. به خاطر اینکه مقدار آب به صورت مناسب طی دورهٔ رشد توزیع نشد، عملکرد کم و در نتیجه دارای کمترین مقدار بهره‌وری مصرف آب و بهره‌وری مصرف آب آبیاری بوده است. در جدول ۸ میانگین سه‌سالهٔ بهره‌وری مصرف آب و بهره‌وری مصرف آب آبیاری نشان داده شد. به‌صورتی که مشاهده می‌شود تیمار T_1W_1 بیشترین و تیمار T_3W_3 کمترین مقدار را دارد.

جدول ۸. مقایسهٔ میانگین‌های مرکب سه‌سالهٔ عملکرد ذرت، بهره‌وری مصرف آب و بهره‌وری مصرف آب آبیاری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری

تیمارهای آبیاری	۱۳۹۰-۱۳۸۸		
	عملکرد ذرت (kg/ha)	WUE (kg/m^3)	WUE_I (kg/m^3)
T_1W_1	۱۳۴۰۰^{A}	۳^{A}	۵/۸^{A}
T_1W_2	۱۳۰۲۰^{A}	۲/۸^{A}	۵/۴^{A}
T_1W_3	۱۱۹۹۰^{A}	۲/۷^{A}	۴/۹^{B}
T_2W_1	۱۱۸۷۰^{A}	۲/۹^{A}	۴/۷^{B}
T_2W_2	۸۹۶۹^{B}	۲^{B}	۳/۳^{C}
T_2W_3	۸۰۴۸^{BC}	۲^{B}	۳/۳^{C}
T_3W_1	۶۶۳۶^{CD}	۱/۵^{BC}	۲/۷^{D}
T_3W_2	۷۲۷۱^{CD}	۱/۸^{BC}	۲/۶^{D}
T_3W_3	۵۹۱۰^{D}	۱/۴^{C}	۲/۲^{DE}

نتیجه‌گیری

ذرت از مهم‌ترین غلات برای مصرف انسان‌ها و حیوانات است. رطوبت تأثیر مهمی در عملکرد ذرت دارد و کمبود آب یکی از عوامل محدودکنندهٔ کشت این گیاه به‌شمار می‌آید. نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد افزایش تنش قبل از گلدهی در کاهش عملکرد و بهره‌وری مصرف آب گیاه ذرت تأثیرگذارتر است. بنابراین، می‌توان با شناخت مراحل حساس رشد گیاه ذرت و تعیین زمان مناسب برای اعمال تنش، سبب افزایش بهره‌وری مصرف آب و عملکرد گیاه شد. همچنین، توصیه می‌شود برای بیشترین استفاده از واحد حجم آب مصرفی به زمان و مقدار آب آبیاری توجه ویژه داشت.

منابع

۱. اکبری نودهی د.، (۱۳۸۷)، «تأثیر روش‌های آبیاری شیاری و مقادیر آب آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت علوفه‌ای». مجموعه مقالات دومین سمینار راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی، کرج، ایران.

۲. اکبری نودهی د.، (۱۳۸۹)، «برآورد ضریب تشت تبخیر به‌منظور محاسبهٔ تبخیر- تعرق (مطالعهٔ موردی: ایستگاه سینوپتیک ساری)». *پژوهش در علوم زراعی*. ۷: ۶۵_ ۷۴.

۳. اکبری نودهی د.، کاوه ف.، صدقی ح. و مجاوریان م.، (۱۳۸۹)، «بررسی رابطهٔ میزان مصرف آب و عملکرد محصول ذرت در استان مازندران». *پژوهش و سازندگی (نشریه زراعت)*. ۸۹: ۲۵_ ۳۳.

۴. جارالهی ر. و مهدیان م.، (۱۳۷۹)، *واکنش عملکرد محصول نسبت به آب*. ترجمه نشریهٔ *فائو* ۳۳.

۵. جعفری ح. و حامدی ف.، (۱۳۸۷)، «مدیریت آبیاری در سطح مزارع ذرت با حذف آبیاری در مراحل

مختلف رشد و بررسی تابع تولید آن». مجموعه مقالات دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، اهواز، ایران.

۶. رشیدی ش.، (۱۳۸۴)، «بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد و سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت TC647 در شرایط آب و هوایی خوزستان». دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. اهواز. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد.

۷. سیلسپور م.، جعفری پ. و ملاحسینی ح.، (۱۳۸۵)، «مطالعهٔ اثرات تراکم بوته و تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و برخی خصوصیات زراعی ذرت (KSC- 301)». *پژوهش در علوم کشاورزی*. ۲(۲): ۱۳_ ۲۴.

۸. علیزاده ا.، (۱۳۸۹)، *رابطهٔ آب و خاک و گیاه*. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. چ چهارم. ۴۸۴ صفحه.

۹. مساوات س ا.، آساد م.، کامگار حقیقی ع.، امام ی.، شاهی ع. و خردنام م.، (۱۳۸۱)، «ارزیابی تغییرات مهم زراعی در دو شرایط تنش رطوبتی و آبیاری مطلوب در ذرت». مجموعه مقالات هفتمین کنگرهٔ زراعت و اصلاح نباتات، کرج، ایران.

10. Al-Kaisi M M and Broner I (1992) Crop Water Use and Growth Stages. Colorado State University Extension. No. 4.715.

11. Allen R G., Pereira L S., Raes D and Smith M (1998) Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, Rome, Italy. 300 p.

12. Calir R (2004) Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research. 89(1): 1-16.

13. Dagdelin N., Yilmaz E., Sezgin F and Gurbuz T (2006) Water-yield relation and water use efficiency of cotton (Gossypium hirsutum L.) and second crop corn (Zea mays L.) in western Turkey. Agricultural Water Management. 82(1-2): 63-85.

14. Farre I and Faci J M (2009) Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management. 96: 383–394.

15. Ghadiri H and Majidi M (2003) Effect of different nitrogen fertilizer levels and moisture stress during milky and dough stages on grain yield, yield components and water use efficiency of corn (Zea mays L.). Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 7(2): 103-113.

16. Ghooshchi F., Seilsepour M and Jafari P (2008) Effects of water stress on yield and some agronomic traits of maize (KSC-301). American-Eurasian Journal Agriculture and Environmental Sciences. 4 (3): 302-305.

17. Howell T A., Yazar A., Schneider A D., Dusek D A and Copeland K S (1995) Yield and water use efficiency of corn in response to LEPA irrigation. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. 38: 1737-1747.

18. Huang M., Callich J and Zhong L (2004) Water-yield relationships and optimal water management for winter wheat in the loes plateau of china. Irrigation Science. 23:47-54.

19. Igbadun H E., Mahoo H F., Tarimo A K P R and Salim B A (2006) Crop water productivity of an irrigated maize crop in Mkoji sub-catchment of the Great Ruaha River Basin, Tanzania. Agriculture Water Management. 85: 141-150.

20. Katerji N., Hoorn J W., Hamdy A., Karam F and Mastrorilli M (1996) Effect of salinity on water stress, growth and yield of maize and sunflower. Agriculture Water Management. 30: 237-249.

21. Koksal H and Kanber R (1998) Water-yield relations on second crop maize under Cukurova conditions. Proceedings of the Symposium on Agriculture and Forest Meteorology. Turkey.

22. Mansouri Far C., Modarres Sanavy S A M and Saberali S F (2010) Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions. Agricultural Water Management. 97: 12–22.

23. Oktem A., Simsek M and Oktem A G (2003) Deficit irrigation effects on sweet corn (*Zea mays* saccharata sturt) with drip irrigation system in a semi-arid region. I. Water- yield relationship. Agriculture Water Management. 46: 1-13.

24. Pandey 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.

25. Plaut Z (1995) Sensitivity of crop plants to water stress at specific developmental stages, reevaluation of experimental findings. Plant Sciences. 43(2): 99-111.

26. Sborn S L., Shepers J S., Fransis D D and Schlemmer M R (2002) Use of spectral radiance to in season biomass and grain yield in nitrogen water-stressed corn. Crop Science. 42:165-171.

27. Steele D D., Gregor B L and Shae J B (1997) Irrigation scheduling methods for popcorn in the northern Great Plains. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. 40(1):149-155.

28. Tolk J A., Howell T A and Evett S R (1998) Evapotranspiration and yield of corn grown on three high plains soils. Agronomy Journal. 90:447-454.

29. Westage M and Boyer J S (1986) Reproduction at low silk and pollen water potential in maize. Crop Science. 26:951-956.

30. Yazar A T., Howell A., Dusek D A and Copeland K S (1999) Evaluation of crop water stress index for LEPA irrigated corn. Irrigation Science. 18: 171-180.

31. Yazar A., Sezen S M and Gencel B (2002) Drip irrigation of corn in the Southeast Anatolia Project (GAP) area in Turkey. Irrigation and Drainage. 51:293- 300.

Water and Irrigation Management

(Scientific Journal of Agriculture)
(College of Abouraihan – University of Tehran)

Vol. 7 ■ No. 2 ■ Autumn & Winter 2017-18

Effect of water stress on different growth stages of yield and water use efficiency of maize

Davood Akbari Nodehi *

Department of Irrigation, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran

Received: November 06, 2017 **Accepted: January 28, 2018**

Abstract

Water crisis is a main factor of crop cultivation limit in growing season. For different crops, knowledge of sensitive irrigation timing is necessary to maximize yield and amount of irrigation water. Thus, in order to investigate the effect of water stress on different growth stage of maize, a field study was carried out during 2009 to 2011 growing season in Mazandaran province. Experiment was conducted using randomized complete block design with four replications and nine treatments. Irrigation treatment was tested with 30, 60 and 90% water depleted before and after flowering stage. The amount of irrigation water was determined by weighing method to reach soil moisture to the field capacity. The results of the comparison of the three-year average yield showed that the highest yield (13400 kg ha^{-1}), water use efficiency (3 kg/m^3) and irrigation water use efficiency (4.25 kg/m^3) were obtained by 30% water depletion before and after flowering stage treatment. In general, it can be concluded that increased stress before flowering had a significant effect on yield and water use efficiency of maize. So, the increase in stress before flowering caused a more severe reduction in the yield and water use efficiency of maize.

Keywords: evapotranspiration, flowering, growth stage, irrigation water, water depletion.

Email: Dakbarin@yahoo.com