تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد سیزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۹
۵۴۷-۵۵۷
http://dx.doi.org/ 10.22077/escs.2020.2156.1540

مقاله پژوهشی

تأثیر تاریخ کاشت و رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و راندمان مصرف آب در ذرت دانه‌ای

بابک میرشکارنژاد[۱]، فرزاد پاک‌نژاد[۲]*، ابراهیم امیری[۳]، محمدرضا اردکانی[۲]، محمدنبی ایلکایی[۴]
۱. دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
۲. استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
۳. دانشیار، گروه مهندسی آب، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران
۴. دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۰۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۱۵

چکیده

به‌منظور تعیین تاریخ کاشت مناسب‌تر و مدیریت آب آبیاری در دوره رشد ذرت دانه‌ای (S.C.704) آزمایشی در قالب کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران انجام شد. عوامل آزمایشی شامل سه تاریخ کاشت: یکم اردیبهشت، بیست و یکم اردیبهشت و دهم خرداد در کرت‌های اصلی و چهار سطح آبیاری (I_{100}:100%ET_c ،I_{80}:80%ET_c ،I_{60}:60%ET_c ،I_{40}:40%ET_c) بر اساس نیاز آبی گیاه در کرت‌های فرعی اجرا شد. نتایج نشان‌دهنده کاهش عملکرد دانه به میزان ۴۴ و ۴۹ درصد به ترتیب در سال اول و دوم آزمایش در تیمار تنش کم‌آبیاری بر اساس ۴۰ درصد نیاز آبی در مقایسه با تیمار شاهد آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بود. عملکرد دانه در سال دوم به‌طور معنی‌داری ($p \geq ۰/۰۱$) به اثر متقابل بین تاریخ کاشت و آبیاری واکنش نشان داد به‌نحوی‌که سطوح بالای تبخیر و تعرق و تنش حرارتی شدید با اثر منفی بر مرحله گرده‌افشانی ذرت از عوامل اصلی تأثیرگذار در کاهش عملکرد دانه در تاریخ کاشت بیست و یکم اردیبهشت و دهم خرداد بودند. بالاترین مقادیر راندمان مصرف آب عملکرد دانه و زیست‌توده در تیمار کم‌آبیاری (I_{40}) مشاهده شدند. ذرت‌های کاشته شده در تاریخ کاشت یکم اردیبهشت با افزایش طول دوره رشد و شرایط دمایی مناسب برای پر شدن دانه از توانایی بیشتری در تولید دانه‌های با وزن بالا برخوردار بودند. با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، اتلاف آب از طریق تبخیر سطحی در ابتدای فصل رشد به‌مراتب کمتر است؛ بنابراین انتخاب تاریخ کاشت زودهنگام ذرت دانه‌ای و پرهیز از آبیاری‌های مازاد بر نیاز گیاه برای دست‌یابی به حداکثر عملکرد بهینه و بهبود راندمان مصرف آب حائز اهمیت می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: **تبخیر و تعرق، تنش کم‌آبیاری، زیست‌توده، مرحله گرده‌افشانی ذرت.**

مقدمه

امروزه با هدف افزایش کارایی مصرف آب روند رو به رشدی در استفاده از شیوه کم آبیاری ایجاد شده است که از طریق ازدیاد عملکرد به ازای هر واحد آب مصرف شده افزایش بهره‌وری را به همراه خواهد داشت (Rodrigues and Pereira, 2009). کم‌آبیاری یکی از راه‌های افزایش بهره‌وری آب برای حصول عملکرد بیشتر به ازای هر واحد آب مصرف شده در بخش کشاورزی است (Bekele and Tilahun, 2007). عملکرد اکثر گیاهان زراعی در پاسخ به تنش کم‌آبی با کاهش معنی‌داری در مراحل رویشی و زایشی همراه خواهد بود. روش کم آبیاری به خاطر حساسیت گیاه به کم آبی و تغییر نیاز آبی گیاه در مراحل مختلف فنولوژیکی گیاه، مستلزم یک برنامه‌ریزی اصولی آبیاری است

* نگارنده پاسخگو: فرزاد پاک‌نژاد. پست الکترونیک: farzadpaknejad@yahoo.com

(Istanbulluoglu, 2009). نتایج اعمال رژیم‌های مختلف آبیاری بر صفات زراعی گلرنگ ثابت کرد که تنش خشکی از طریق کاهش فتوسنتز جاری و کاهش سرعت و مدت پر شدن دانه سبب کاهش وزن دانه و عملکرد نهایی گردید (Fanaei et al., 2017).

از میان عوامل اصلی تأثیرگذار بر تولید ذرت، تاریخ کاشت به عنوان یکی از عامل‌های مهم و قابل‌بحث در پتانسیل عملکرد ذرت شناخته می‌شود. به‌علاوه از بین هیبریدهای شناخته شده ذرت برحسب تفاوت در رسیدگی فیزیولوژیکی و نمو فنولوژیکی، هیبریدهای دیررس به نسبت بیشتری تحت اثر منفی تاریخ کاشت دیرهنگام قرار می‌گیرند (Nielson et al., 2002).

بر همین اساس تحقیقات پیشین ثابت کرد که بیشترین عملکرد دانه در هیبریدهای دیررس و متوسطرس در تاریخ‌های کاشت به‌موقع حاصل شد و تأخیر در کاشت موجب افزایش درصد چوب بلال و کاهش اجزای عملکرد شد (Berzsenyi and Lap, 2005). تاریخ کاشت دیرهنگام با اثر نامطلوب بر محتویات رطوبتی بذر در دوره تنش خشکی بیشترین نقش را در کاهش عملکرد گیاه داشت (Akinnuoye-Adelabu and Modi, 2017). با تأخیر در تاریخ کاشت ذرت، متوسط کاهش عملکرد به میزان ۵۵ درصد در کشت دیم و ۲۱ درصد در کشت آبی برای تمامی هیبریدهای مورد آزمایش اندازه‌گیری شد (Soler et al., 2007). دوره گلدهی ذرت نسبت به درجه حرارت و تنش خشکی بسیار حساس و آسیب‌پذیر است. در این دوره بحرانی اگر کشاورزان تدابیر اصولی و مناسب را به کار نگیرند عملکرد دانه به دلیل کوتاه شدن فصل رشد متأثر از تنش حرارتی و خشکی کاهش می‌یابد (Trnka et al., 2004). بسیاری از محصولات دانه‌ای در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی نسبت به تنش آبی عکس‌العمل منفی نشان داده و عملکرد کمتری خواهند داشت. فاصله بین زمان گرده‌افشانی تا زمان ظهور ابریشم ازنظر تنش رطوبتی یک مرحله حساس در گلدهی ارقام مختلف ذرت محسوب می‌شود (Edmeades, 2000).

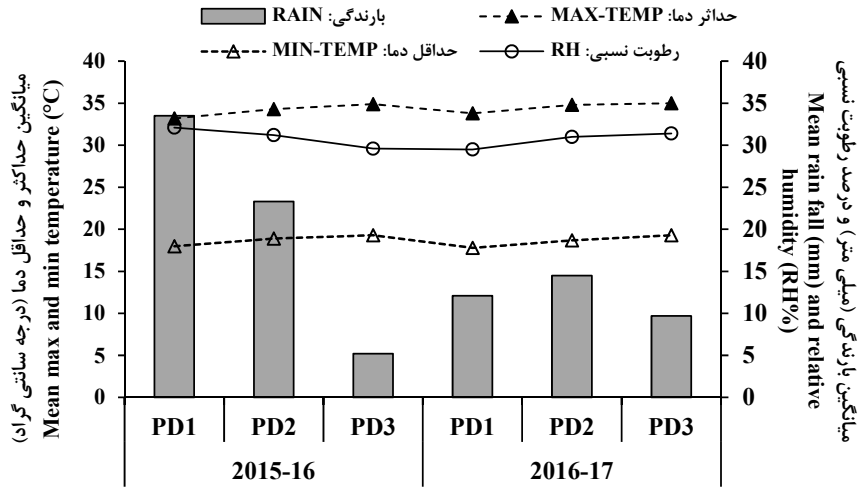
وقوع تنش خشکی در اغلب نواحی ایران با ذخایر محدود آب، لزوم استفاده از تکنیک‌های زراعی و تدابیر سازگاری با هدف کمک به تولیدکنندگان محصولات زراعی در انتخاب رقم مناسب، تاریخ کاشت مناسب و استفاده بهینه از آب آبیاری جهت افزایش تولید و بهره‌وری را امری غیرقابل‌اجتناب کرده است؛ بنابراین تحقیق حاضر به‌منظور تعیین تاریخ کاشت مناسب و کنترل نیاز آبی گیاه ذرت بر اساس تخمین تبخیر و تعرق گیاه با هدف به حداقل رساندن خطر کاهش عملکرد و بهره‌وری بیشتر آب در منطقه کرج برنامه‌ریزی شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو سال زراعی متوالی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در شهر کرج اجرا شد. مکان آزمایش در عرض جغرافیایی ′۴۶ °۳۵ شمالی، طول جغرافیایی ′۵۶ °۵۰ شرقی و ارتفاع ۱۲۹۳ متر از سطح دریا واقع شده است. منطقه کرج با بارش متوسط سالانه ۲۴۷/۳ میلی‌متر، میانگین دمای ۱۴/۴ درجه سانتی‌گراد و متوسط تبخیر سالانه ۲۱۸۴ میلی‌متر از نظر خصوصیات اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک طبقه‌بندی می‌شود. در شکل (۱) تغییرات فصلی برخی از این متغیرهای اقلیمی در دو سال پژوهش ارائه شده است.

کاشت ذرت دانه‌ای (سینگل‌کراس ۷۰۴) با تراکم ۷۰۰۰۰ بوته در هکتار به روش جوی و پشته و به صورت خشکه‌کاری انجام شد. فاصله ردیف‌ها ۷۰ سانتی‌متر و فاصله دو بوته روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. نتایج تجزیه ترکیبات شیمیایی و فیزیکی خاک محل آزمایش مطابق با جدول (۱) تهیه و نوع خاک منطقه در کلاس بافت لومی رسی طبقه‌بندی گردید.

واحدهای آزمایشی به ابعاد (۳×۵) متر و با فاصله ۱/۵ متر بین کرت‌ها و در قالب کرت‌های خرد شده بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طراحی شدند. عوامل آزمایشی شامل سه تاریخ کاشت مشابه در هر دو سال زراعی عبارت بودند از: یکم اردیبهشت، بیست و یکم اردیبهشت و دهم خرداد (PD_1, PD_2 and PD_3) که در کرت‌های اصلی و چهار رژیم آبیاری (I_{40}:40%ET_c، I_{60}:60%ET_c، I_{80}:80%ET_c و I_{100}:100%ET_c) که بر اساس نیاز آبی گیاه در کرت‌های فرعی طراحی شدند. بر اساس تجزیه نمونه خاک ۱۵۶ کیلوگرم کود فسفر هنگام آماده‌سازی زمین و ۵۰ درصد از نیتروژن موردنیاز معادل ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره در زمان کاشت و مابقی آن در مرحله هفت تا هشت برگی گیاه به‌صورت سرک به خاک اضافه شد.



شکل ۱. میانگین تغییرات فصلی داده‌های اقلیمی طی دوره رشد ذرت در دو سال آزمایش (۱۳۹۴ و ۱۳۹۵). PD_1: تاریخ کاشت یکم اردیبهشت، PD_2: تاریخ کاشت بیست و یکم اردیبهشت و PD_3: تاریخ کاشت دهم خرداد

Fig. 1. Seasonal average of climatic data during corn life cycle during 2015 and 2016. Planting date: PD_1 (21 April), PD_2 (11 May) and PD_3 (31 May).

جدول ۱. خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مورد آزمایش

Table 1. Some physical and chemical characteristics of soil in the experimental site

سال Year		عمق خاک Soil depth	هدایت الکتریکی EC	درصد رطوبت اشباع Sp	اسیدیته خاک pH	ازت کل N	فسفر قابل‌جذب P	پتاسیم قابل‌جذب K	درصد کربن آلی O.C
		(cm)	(dSm^{-1})	(%)		(%)	------(mg/kg)------		(%)
2015	۱۳۹۴	0-30	2.53	39.8	8.3	0.08	6.3	203	0.71
2016	۱۳۹۵	0-30	1.58	38.2	8.5	0.09	7	207	0.75

آبیاری تا مرحله ۵-۴ برگی گیاهچه‌ها به‌صورت بارانی کلاسیک و سپس از مرحله ۶ برگی تنش کم آبی بر اساس تیمارهای آبیاری I_{100}، I_{80}، I_{60} و I_{40} اعمال گردید. مقدار آب ورودی به هر کرت با تخمین حجم آب آبیاری از تبخیر و تعرق واقعی (ET_c) که از حاصل‌ضرب تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_o) در ضریب گیاهی (Kc) به دست می‌آید، با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (FAO, 1977).

$$ETc = ET0 \times Kc \qquad [۱]$$

که در آن: ET_c: تبخیر و تعرق گیاه در شرایط استاندارد برحسب میلی‌متر در روز، ET_o: تبخیر و تعرق گیاه مرجع برحسب میلی‌متر در روز و K_c: ضریب گیاهی می‌باشند. محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_o) با ثبت داده‌های تبخیر هفتگی قرائت شده از تشت تبخیر کلاس (A) مستقر در ایستگاه هواشناسی کرج انجام شد. مطابق با روش پنمن-مانتیث، مقادیر ضریب گیاهی توصیه شده برای ذرت بر اساس جدول فائو به میزان (۰/۳، ۱/۲ و ۰/۶) به ترتیب در سه مرحله از نمو گیاه ذرت دانه‌ای (ساقه روی، گلدهی و شروع پر شدن دانه) اندازه گیری شدند (Allen et al., 1998).

حجم آب ورودی به هر کرت پس از شروع اعمال تیمارهای تنش کم آبیاری، با جمع داده‌های حاصل از مقدار آب تبخیر شده از تشت تبخیر و در صورت بارندگی با کسر مقدار آب اضافه شده به تشت تبخیر به صورت هفتگی با استفاده از رابطه (۲) برآورد گردید (Howell, 2003).

$$In = \frac{0.623 \times A \times Kc \times ET0}{IE} \qquad [۲]$$

که در آن: In: حجم آب آبیاری برحسب مترمکعب، ۰/۶۲۳: ضریب ثابت معادله، A: مساحت سطح کرت برحسب مترمربع، K_c: معرف ضریب گیاهی، ET_o: تبخیر و تعرق گیاه

مرجع که برحسب میلی‌متر در روز اندازه‌گیری و برای تسهیل و همخوانی با واحدهای محاسباتی دیگر در فرمول به متر تبدیل شد. در مخرج کسر (IE) راندمان آبیاری بوده که این پارامتر بستگی به نوع کاشت دارد و بر اساس مقدار آب قابل استفاده گیاه در هر کرت تحت شرایط درجه حرارت روزانه حدود ۳۲-۲۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی هوا کمتر از ۵۰ درصد در منابع مختلف حدود ۰/۸۰-۰/۷۰ تخمین زده شده است (Chaichi et al., 2015; Daneshnia, et al., 2015).

به منظور اعمال تنش‌های کم‌آبیاری و کنترل حجم آب ورودی به هر کرت از کنتور سنجش آب استفاده شد. به‌نحوی‌که بر اساس حجم آب آبیاری به دست آمده از رابطه (۲) دور کنتور محاسبه و تنظیم گردید. مقدار کل آب استفاده شده در دوره رشد گیاه در جدول (۲) ارائه شده است. به دلیل بارش‌های کمتر و تبخیر و تعرق بیشتر در سال دوم حجم کل آبیاری‌ها در سال دوم کمی بیشتر از سال اول برآورد گردید.

جدول ۲. تبخیر و تعرق کل پس از اعمال تنش و حجم کل آب استفاده‌شده برای هر تیمار آبیاری

Table 2. Total evapotranspiration (ET_0) after starting water regimes and total water volume applied per irrigation treatment

Year	سال	جمع تبخیر و تعرق کل Total ET_0 (mm)	حجم کل آب استفاده شده برای رژیم‌های آبیاری Total water volume applied for irrigation regimes (m^3/ha)			
			40%ET_c	60%ET_c	80%ET_c	100%ET_c
2015	**۱۳۹۴**	973	3453	4949	6446	7942
2016	**۱۳۹۵**	1013	3496	4994	6492	7990

به‌منظور اندازه‌گیری اجزای عملکرد و تعیین برخی از صفات زراعی، پس از رسیدگی فیزیولوژیکی ذرت عمل برداشت در تاریخ‌های ۳۱ مرداد، ۱۵ شهریور و ۱ مهر با کف‌بر شدن ۱۰ بوته از دو ردیف کاشت مجاور به طور تصادفی انجام گرفت. سپس نمونه‌های برگی و ساقه‌های جدا شده مربوط به هر تیمار در دستگاه خشک‌کن با درجه حرارت ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند. سپس وزن بلال‌ها برحسب کیلوگرم و وزن هزار دانه نمونه‌ها برحسب گرم تعیین شدند. در پایان شاخص برداشت (HI) با استفاده از رابطه (۳) و راندمان مصرف آب آبیاری بر اساس عملکرد دانه ($IWUE_{GY}$) و بیوماس کل ($IWUE_{TB}$) به ترتیب با استفاده از رابطه‌های (۴) و (۵) محاسبه شدند (Chaichi et al., 2015).

$$HI=(GY/TB)\times 100 \quad [۳]$$

$$IWUE\ GY=(GY/I) \quad [۴]$$

$$IWUE\ TB=(TB/I) \quad [۵]$$

در این رابطه ها به ترتیب GY: عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار، TB: بیوماس کل برحسب کیلوگرم در هکتار و I: مقدار آب مصرف شده برحسب مترمکعب می‌باشند.

داده‌های حاصل از این پژوهش دوساله با روش‌های متداول آماری نرمال بودن آن‌ها موردبررسی قرار گرفت. سپس تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS (version 9.1) و طراحی شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای ۵ درصد اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس برخی از صفات ذرت در سال اول و دوم

در این آزمایش آزمون بارتلت نشان دهنده تفاوت بین واریانس خطاها در دو سال آزمایش بود که در این حالت محقق اجازه آزمون مرکب را نداشته و به دلیل معنی‌دار نبودن اثر سال، تجزیه واریانس هرسال به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین اکثر صفات اندازه‌گیری شده در تیمارهای تنش تفاوت معنی‌دار ($p \leq 0.01$) وجود داشت (جداول ۳ و ۴).

ازنظر عامل آزمایشی تاریخ کاشت، صفات زیست‌توده و راندمان مصرف آب زیست‌توده در سال اول و صفت عملکرد

دانه در سال دوم در سطح احتمال خطای ۱ درصد معنی‌دار شدند. اثرات متقابل بین تاریخ کاشت و آبیاری در سال اول غیر معنی‌دار و در سال دوم برای صفت عملکرد دانه در سطح احتمال خطای ۱ درصد و برای صفات وزن هزار دانه و شاخص برداشت در سطح احتمال خطای ۵ درصد معنی‌دار شده است. بر اساس نتایج، صفت تعداد دانه فقط از نظر عامل آبیاری در هر دو سال آزمایش معنی‌دار شد ($P \leq 0.01$).

جدول ۳. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی از صفات ذرت در سال اول

Table 3. Analysis of variance (mean squares) for some traits of maize in the first year

منابع تغییر SOV	df	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد زیست‌توده Total biomass	وزن هزار دانه 1000-KW	تعداد دانه Grain number	شاخص برداشت HI	راندمان مصرف آب عملکرد دانه $IWUE_{GY}$	راندمان مصرف آب زیست‌توده $IWUE_{TB}$
تکرار Replication	2	4545646*	2580792*	1292ns	7697ns	95.18*	0.16*	0.08ns
تاریخ کاشت Planting date (P)	2	7045481*	10174702**	7895*	1827ns	93.12*	0.24**	0.37**
خطای a E(a)	4	558024	393754	1181	15512	13.09	0.02	0.02
آبیاری Irrigation (I)	3	18468264**	18569700**	9341**	99715**	304.8**	0.12**	6.50**
تاریخ‌کاشت×آبیاری P × I	6	116965ns	110349ns	598ns	519ns	2.53ns	0.01ns	0.01ns
خطای b E(b)	18	81276	223348	304	1283	2.78	0.004	0.008
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		*4.9*	*3*	*8.8*	*8.8*	*4.6*	*6.3*	*3.1*

ns غیر معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵٪ و ۱٪

ns= non-significant, * and ** significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۴. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی از صفات ذرت در سال دوم

Table 4. Analysis of variance (mean squares) for some traits of maize in the second year

منابع تغییر SOV	df	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد زیست‌توده Total biomass	وزن هزار دانه 1000-KW	تعداد دانه Grain number	شاخص برداشت HI	راندمان مصرف آب عملکرد دانه $IWUE_{GY}$	راندمان مصرف آب زیست‌توده $IWUE_{TB}$
تکرار Replication	2	1689770**	346185ns	518ns	7729ns	54.88**	0.06*	0.02ns
تاریخ کاشت Planting date (P)	2	2289997**	2420239*	1452*	2479ns	51.48*	0.07*	0.07*
خطای a E(a)	4	95435	241130	160	3733	4.82	0.005	0.008
آبیاری Irrigation (I)	3	20907556**	23247776**	14820**	64126**	370.88**	0.04**	5.11**
تاریخ‌کاشت×آبیاری P × I	6	403322**	470711ns	845*	192ns	9.44*	0.008ns	0.01ns
خطای b E(b)	18	75571	194915	310	826	2.81	0.004	0.007
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		*5.2*	*2.9*	*9.2*	*6.7*	*4.9*	*6.8*	*3.1*

ns غیر معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵٪ و ۱٪

ns= non-significant, * and ** significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

نتایج مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده

بر اساس نتایج مقایسه میانگین، عملکرد دانه در تیمار آبیاری معادل ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه به میزان ۴۴ و ۴۹ درصد به ترتیب در سال اول و دوم نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. همچنین عملکرد زیست‌توده به میزان ۱۷ و ۲۲ درصد به ترتیب در سال اول و دوم نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. کاهش شاخص برداشت نیز در این آزمایش به میزان ۳۲ و ۳۶ درصد به ترتیب در سال اول و دوم در تیمار تنش معادل ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه نسبت به تیمار شاهد اندازه‌گیری شد (جداول ۵ و ۶).

کاکیر (Cakir, 2004) نشان داد که اعمال تنش‌های کم‌آبیاری در دوره رشد رویشی گیاه ذرت منجر به کاهش کل ماده خشک به میزان ۳۲-۲۸ درصد گردید. محققان دیگر اثر بیشتر کم آبیاری بر کاهش عملکرد دانه نسبت به بیوماس کل را عامل اصلی کاهش شاخص برداشت معرفی کردند (Farre' and Faci, 2006).

کمترین عملکرد دانه به میزان ۴۹۲۱/۱۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد زیست‌توده به میزان ۱۴۸۳۷/۳۰ کیلوگرم بر هکتار در تاریخ کاشت دیرهنگام (دهم خرداد) در سال دوم حاصل شدند (جدول ۶). تنش خشکی و افزایش درجه حرارت با تأثیر منفی بر روند پر شدن دانه‌ها نقش تعیین‌کننده در اندازه و وزن دانه داشتند که در انتها منجر به کاهش عملکرد دانه شد. همچنین کمترین میزان شاخص برداشت به میزان ۳۴/۱۹ و ۳۲/۶۹ درصد به ترتیب در سال اول و دوم در تاریخ کاشت دهم خرداد حاصل شدند. آزمایش‌های میدانی نشان داد که با تأخیر در کاشت پتانسیل عملکرد ذرت تحت شرایط تنش خشکی کاهش یافت (Kagsago, 2006). مطالعات دیگر تنش کمبود آب در مرحله زایشی و اثر منفی آن بر تعداد دانه‌ها را عامل اصلی کاهش عملکرد دانه نشان دادند (Mi et al., 2018).

بررسی راندمان مصرف آب عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده

راندمان مصرف آب بر اساس عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده، روند صعودی را از آبیاری بدون تنش (شاهد) تا تنش کم آبیاری شدید نشان داد. به‌علاوه بالاترین راندمان مصرف آب بر اساس عملکرد دانه به میزان ۱/۱۹ و ۱/۰۱ کیلوگرم بر مترمکعب و بیشترین راندمان مصرف آب در ارتباط با عملکرد زیست‌توده به میزان ۳/۱۵ و ۲/۹۱ کیلوگرم بر مترمکعب به ترتیب در سال اول و دوم با تاریخ کاشت اول حاصل شدند (جداول ۵ و ۶). این مشاهدات حاکی از پتانسیل بیشتر ذرت‌های کاشته شده در تاریخ کاشت اول در تولید دانه‌های با وزن بالاتر به ازای آب مصرف شده بیشتر در ابتدای فصل رویش بود. نتایج اثر کم‌آبیاری و کارایی مصرف آب بسته به نوع محصول، شیوه آبیاری، اقلیم و نوع خاک محل آزمایش، سرعت تبخیر و مقدار آب قابل‌دسترس گیاه متفاوت است. بر این اساس اوکتم و همکاران (Oktem et al., 2003) بالاترین کارایی مصرف آب را با تیمارهای حاصل از ۸۰ و ۱۰۰ درصد تبخیر در تکرارهای آبیاری مختلف گزارش کردند.

اثر متقابل تاریخ کاشت و آبیاری بر عملکرد دانه

اثر متقابل تاریخ کاشت و آبیاری به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0.01$) عملکرد دانه را در سال دوم تحت تأثیر قرار داد (جدول ۴). بحرانی‌تر شدن عواملی همچون دما و تابش با تأخیر در تاریخ کاشت از یک سو و افزایش شدت تنش رطوبت از سوی دیگر با اثر منفی بر تجمع ماده خشک نقش تعیین‌کننده در کیفیت نامطلوب پر شدن دانه و کاهش عملکرد نهایی داشتند (شکل ۲).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تعداد دانه فقط تحت تأثیر تنش کم آبی قرار گرفت درحالی‌که وزن هزار دانه متأثر از هر دو عامل تاریخ کاشت و تنش آبی نقش مؤثر و بارزی بر کاهش عملکرد دانه داشت. به نظر می‌رسد ذرت‌های کاشته شده در تاریخ کاشت اول (یکم اردیبهشت) با دوره رشد طولانی‌تر و متعاقباً تجمع بیشتر درجه روز رشدی از پتانسیل عملکرد بالاتری نسبت به تاریخ کاشت های دوم و سوم برخوردار بودند. بر این اساس ذرت‌های دیرتر کاشته شده متأثر از درجه حرارت‌های بالاتر و طول روزهای کوتاه‌تر تقاضای محدودتری برای دریافت مواد فتوسنتزی داشتند. این مجموعه عوامل بازدارنده از دلایل اصلی ایجاد دانه‌هایی با وزن کمتر و کاهش عملکرد نهایی در تاریخ کاشت سوم (دهم خرداد) بودند. در آزمایشی مشابه روی ذرت دانه‌ای، کمترین وزن دانه و عملکرد دانه با تاریخ کاشت دیرهنگام و در زمان پر شدن دانه حاصل شد (Tsimba et al., 2013).

جدول ۵. مقایسه میانگین‌های صفات اندازه‌گیری شده ذرت در سال اول

Table 5. Means comparison of maize measured traits in the first year

تیمارها Treatments		عملکرد دانه Grain yield	زیست‌توده Total biomass	وزن هزار دانه 1000-KW	تعداد دانه Grain number	شاخص برداشت Harvest index	راندمان مصرف آب عملکرد دانه $IWUE_{GY}$	راندمان مصرف آب زیست‌توده $IWUE_{TB}$
		----------(kg/ha)---------		(gr)	(N)	(%)	----------(kg/m^3)----------	
سطوح آبیاری Irrigation levels	I_{40}	4150.30[d]	14354.60[d]	165.55[c]	304[d]	28.76[d]	1.20[a]	4.16[a]
	I_{60}	5038.60[c]	14885.70[c]	180.33[c]	350[c]	33.76[c]	1.02[b]	3.01[b]
	I_{80}	6446.10[b]	16643.80[b]	203.78[b]	421[b]	38.53[b]	1.00[b]	2.58[c]
	I_{100}	7364.40[a]	17398.20[a]	239.44[a]	546[a]	42.16[a]	0.92[c]	2.19[d]
تاریخ‌های کاشت Planting dates	PD	6613.60[a]	16724.60[a]	211.50[a]	417[a]	39.02[a]	1.19[a]	3.15[a]
	PD_2	5484.20[b]	15853.30[b]	212.67[a]	406[a]	34.20[b]	0.98[b]	2.99[b]
	PD_3	5151.80[b]	14883.80[c]	167.67[b]	393[a]	34.19[b]	0.92[b]	2.80[c]

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشابه اختلاف آماری معنی‌داری باهم ندارند در سطح احتمال خطای ۵٪

Means within the same column followed by the same letters are not significantly different ($p < 0.05$). I_{100}, I_{80}, I_{60} and I_{40} are irrigation treatments based on 100, 80, 60 and 40% of estimated crop evapotranspiration respectively. KW= Kernel weight; $IWUE_{GY}/IWUE_{TB}$ = Irrigation water use efficiency of grain yield/total biomass

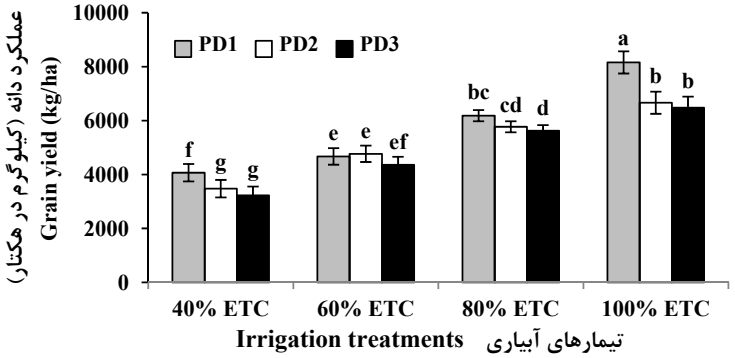
جدول ۶. مقایسه میانگین‌های صفات اندازه‌گیری شده ذرت در سال دوم

Table 6. Means comparison of maize measured traits in the second year

صفات ذرت Maize traits		عملکرد دانه Grain yield	زیست‌توده Total biomass	وزن هزار دانه 1000-KW	تعداد دانه Grain number	شاخص برداشت Harvest index	راندمان مصرف آب عملکرد دانه $IWUE_{GY}$	راندمان مصرف آب زیست‌توده $IWUE_{TB}$
		(kg/ha)		(g)	(N)	(%)	(kg/m^3)	
سطوح آبیاری Irrigation levels	I_{40}	3589.60[d]	13563.90[d]	151.40[d]	337[d]	26.34[d]	1.03[a]	3.88[a]
	I_{60}	4597.20[c]	14689.70[c]	171.40[c]	391[c]	31.25[c]	0.92[b]	2.94[b]
	I_{80}	5860.00[b]	15851.00[b]	197.40[b]	460[b]	37.00[b]	0.90[b]	2.44[c]
	I_{100}	7099.10[a]	17317.80[a]	245.30[a]	531[a]	40.96[a]	0.89[b]	2.16[d]
تاریخ‌های کاشت Planting dates	PD	5770.30[a]	15628.30[a]	203.58[a]	446[a]	36.28[a]	1.01[a]	2.91[a]
	PD	5168.00[b]	15601.20[a]	188.50[b]	425[a]	32.70[b]	0.91[b]	2.89[a]
	PD	4921.10[b]	14837.30[b]	182.16[b]	418[a]	32.69[b]	0.87[b]	2.76[b]

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشابه اختلاف آماری معنی‌داری باهم ندارند در سطح احتمال خطای ۵٪

Means within the same column followed by the same letters are not significantly different ($p < 0.05$). I_{100}, I_{80}, I_{60} and I_{40} are irrigation treatments based on 100, 80, 60 and 40% of estimated crop evapotranspiration respectively. KW= Kernel weight; $IWUE_{GY}/IWUE_{TB}$ = Irrigation water use efficiency of grain yield/total biomass



شکل ۲. اثرات متقابل آبیاری و تاریخ کاشت بر عملکرد دانه در سال دوم. حروف مختلف معرف تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱ درصد می‌باشند.

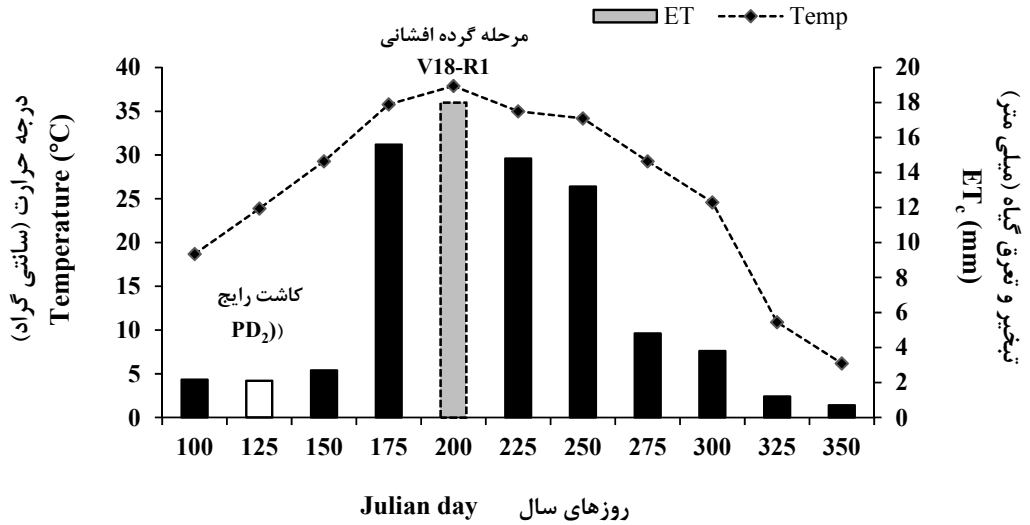
Fig. 2. The interactions of planting date and irrigation level on grain yield in the second year. Different letters indicate significant difference ($p < 0.01$) based on DMRT test

تقارن مرحله گرده‌افشانی با حداکثر دما و تبخیر و تعرق ذرت

به‌طورکلی با افزایش درجه حرارت سرعت تبخیر افزایش می‌یابد درنتیجه زمانی که کاشت ذرت در تاریخ کاشت رایج (بیست و یکم اردیبهشت) انجام می‌شود درجه حرارت و تبخیر و تعرق بعد از گذشت ۷۵ روز از تاریخ کاشت به حداکثر مقدار خود می‌رسد (شکل ۳). تحت این شرایط نامساعد، افزایش تنش‌های رطوبتی و حرارتی در مرحله حساس گرده‌افشانی با اختلال در کارکرد اندام‌های زایشی و کاهش درصد تلقیح گلچه‌ها به‌طور فزاینده‌ای در تولید بلال‌های با رأس بی‌دانه دخالت داشته که درنهایت منجر به کاهش عملکرد شد. هرچند مواجه شدن اواخر دوره رسیدگی ذرت‌های دیرتر کاشته شده (دهم خرداد) با دماهای خنک در ابتدای فصل پاییز و درنتیجه فرصت اندک برای جبران کاهش عملکرد از طریق فتوسنتز جاری منجر به ثبت پایین‌ترین عملکرد دانه در این تیمار شد. مرا و همکاران (Mera et al., 2006) مشاهده کردند که افزایش درجه حرارت نقش مؤثر و تعیین کننده در مرحله گلدهی داشته، به نحوی که با اثر منفی بر درصد و دوره تلقیح گل در نهایت منجر به کاهش عملکرد ذرت شد.

نتیجه‌گیری نهایی

در این تحقیق با کاهش نیاز آبی گیاه راندمان مصرف آب افزایش ولی عملکرد کاهش یافت. با این وجود بالاترین راندمان مصرف آب عملکرد دانه به میزان (۱/۱۹ و ۱/۰۱) کیلوگرم بر مترمکعب و بیشترین مقادیر عملکرد دانه (۶۶۱۳/۶۰ و ۵۷۷۰/۳۰) کیلوگرم در هکتار به ترتیب در سال اول و دوم با تاریخ کاشت زودهنگام (اول اردیبهشت) حاصل شدند. این نتایج نشان داد ذرت‌های زودتر کاشته شده از نظر استفاده بهینه از آب قابل دسترس و تولید دانه‌هایی با وزن بالاتر از پتانسیل بیشتری نسبت به تاریخ کاشت های دیگر برخوردار بودند. شدت بالای تبخیر و تعرق و تنش حرارتی در میانه فصل رویش و دوره رسیدگی کوتاه‌تر در آخر فصل رویش از عوامل اصلی تأثیرگذار در کاهش عملکرد دانه ذرت در تاریخ کاشت بیست و یکم اردیبهشت و دهم خرداد بودند؛ بنابراین با توجه به معضل کمبود منابع آبی کشور و رشد سریع جمعیت، مدیریت تاریخ کاشت ذرت دانه‌ای می‌بایست بر مبنای اولویت افزایش راندمان مصرف آب با هدف حصول حداکثر عملکرد بهینه به ازاء حداقل میزان مصرف آب برنامه‌ریزی شود.



شکل ۳. مصادف شدن مرحله گرده‌افشانی ذرت با حداکثر درجه حرارت هوا و تبخیر و تعرق گیاه در تاریخ کاشت رایج (PD_2). ستون سفیدرنگ تاریخ کاشت رایج، ستون خاکستری حداکثر تبخیر و تعرق و خط نقطه‌چین حداکثر درجه حرارت در دوره گرده‌افشانی ذرت (ظهور تاسل تا ظهور ابریشم) می‌باشند

Fig. 3. Coincidence of maize pollination phase with the maximum weather temperature and evapotranspiration (ET_c) in common planting date. The no-fill bar is common planting date, the gray bar is maximum of ET level and dotted line is the highest rate of temperature during maize pollination period (V18-R1).

منابع

Akinnuoye-Adelabu, D.B., Modi, A.T., 2017. Planting dates and harvesting stages influence on maize yield under rain-fed conditions. Journal of Agricultural Science. 9(9), 43-55.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop Evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, Rome.

Bekele, S., Tilahun, K., 2007. Regulated deficit irrigation scheduling of onion in a semiarid region of Ethiopia. Agricultural Water Management. 89, 148-152.

Berzsenyi, Z., Lap, D.Q., 2005. Responses of maize (*Zea mays* L.) hybrids to Sowing date, N fertilizer and Plant density in different years. Journal of Acta Agronomica Hungarica. 53, 119-131.

Cakir, R., 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research. 89, 1-16.

Chaichi, M.R., Nurre, P., Slaven, J., Rostamza, M., 2015. Surfactant application on yield and irrigation water use efficiency in corn under limited irrigation. Crop Science. 55, 386-393.

Daneshnia, F., Amini, A., Chaichi, M.R., 2015. Surfactant Effect on Forage Yield and Water use Efficiency for Berseem Clover and Badil in Intercropping and Limited Irrigation Treatments. Agricultural Water Management, 160, 57-63.

Edmeades, G.O., Bola˜nos, J., Elings, A., Ribaut, J.M., Bänziger, M., Westgate, M.E., 2000. The role and regulation of the anthesis-silking interval in maize. In: Westgate, M.E., Boote, K. (Eds.), Physiology and Modeling Kernel Set in Maize. CSSA, Madison, WI, USA, pp. 43-73.

Fanaei, H.R., Azmal, A., Piri, I., 2017. Effect of biological and chemical fertilizers on oil, seed yield and some agronomic traits of safflower under different irrigation regimes. Journal of Agroecology 8(4), 551-566. [In Persian with English summary].

Farré, I., Faci, J.M., 2006. Comparative response of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) to deficit irrigation in a Mediterranean environment. Agricultural Water Manage. 83, 135-143.

Food and Agriculture Organization. 1977. Crop water requirement. Irrigation and Drainage, Paper 24. FAO, Rome.

Howell, T.A., 2003. Irrigation efficiency, In: Stewart, B.A., Howell, T.A. (eds.), Encyclopedia of Water Science. Marcel Dekker, New York. pp.467- 472

Istanbulluoglu, A., 2009. Effects of irrigation regimes on yield and water productivity of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under mediterranean climatic conditions. Agricultural Water Management. 96, 1792-1798.

Kgasago, H., 2006. Effect of planting dates and densities on yield and yield components of short and ultra-short growth period maize (*Zea mays* L.). University of Pretoria.

Mera, R.J., Niyogi, D., Buol, G.S., Wilkerson, G.G., Semazzi, F.H.M., 2006. Potential individual versus simultaneous climate change effects on soybean (C3) and maize (C4) crops: An agrotechnology model based study. Global and Planetary Change 54, 163-182.

Mi., N., Cai, F., Zhang, Y.S., Ji, R.P., Zhang, S.J., Wang, Y., 2018. Differential responses of maize yield to drought at vegetative and reproductive stages. Plant, Soil and Environment. 64, 260-267.

Nielson, R.L., Thomison, P.R., Brown, G.A., Halter, A.L., Wells, J., Wuethrich, K.L., 2002. Delayed planting effects on flowering and grain maturation of dent corn. Journal of Agronomy. 94,549-558.

Oktem, A., M. Simsek, A.G. Oktem. 2003. Deficit irrigation effects on sweet maize (*Zea mays* saccharata Sturt) with drip irrigation system in a semi-arid region I. Water–yield relationship. Agricultural Water Management. 6, 63-74.

Rodrigues, C.G., Pereira, S.L., 2009. Assessing economic impacts of deficit irrigation as related to water productivity and water cost, Biosystems Engineering. 103, 536-551.

Soler, C.M.T., Sentelhas, P.C., Hoogenboom, G., 2007. Application of the CSM-CERES-Maize model for planting date evaluation and yield forecasting for maize grown off-season in a subtropical environment. European Journal of Agronomy. 27, 165-177.

Trnka, M., Dubrovsky, M., Ekzalud, Z., 2004. Climate change impacts and adaptation

strategies in spring barley production in the Czech Republic. Climate Change. 64, 227-255.

Tsimba, R., Gregory, O.E., James, P.M., Peter, D.K., 2013. The effect of planting date on maize grain yields and yield components. Field Crops Research. 150,135-144

University of Birjand

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences
Vol. 13, No. 2, pp. 547-557
Summer 2019
http://dx.doi.org/ 10.22077/escs.2020.2156.1540

Original article

The effect of planting date and different irrigation regimes on yield and irrigation efficiency in grain maize

B. Mirshekarnezhad[1], F. Paknejad[2*], E. Amiri[3], M.R. Ardakani[2], M.N. Ilkaee[4]
1. PhD graduates in Agronomy, Department of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran
2. Professor, Department of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran
3. Associate Professor, Department of Agriculture, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran
4. Associate Professor, Department of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

Received 27 December 2018; Accepted 6 March 2019

Abstract
In order to determine more suitable planting date and irrigation water management during growth period of grain maize (S.C.704) an experiment was implemented during 2015-16 cropping seasons. A split-plot experiment based on randomized complete block design with three replicates took place in the research farm of the College of Agriculture, University of Tehran. The experimental factors included three planting dates (PD_1: 21st April, PD_2: 11th May and PD_3: 31st May) as main plots and four irrigation factors (I_{100}: 100%ET_c, I_{80}: 80%ET_c, I_{60}: 60%ET_c and I_{40}: 40%ET_c) as sub plots, projected based on plant water need through estimating the weekly evapotranspiration (ET). When water deficit stress revved up from non-stress treatment (100%ET_c) towards high-stress treatment (40%ET_c) led to grain yield reduction by 44% and 49% in both years respectively. Grain yield significantly ($p \leq 0.01$) responded to interactions between planting date and irrigation level so that heat stress and evapotranspiration levels with the negative effect on pollination stage were the most imperative factors to reduce maize yields in mid and late-planting dates. The highest values of irrigation water use efficiency based on GY and TB were recorded at I_{40}. The maize seedlings in early-planting date due to experience favorable conditions in relevant to temperature, were more capable to produce kernels with a good shape and size rather than mid or late-planting date. Based on climatic conditions, water loss by evaporation is less in the early of the growing season. Therefore, to reach maize yield potential and optimum irrigation water use efficiency it is important to select early planting date to avoid of irrigations which are surplus to plant requirements.

***Keywords*:** Biomass, Evapotranspiration, Maize Pollination stage, Water deficit stress,

[*]Correspondent author: Farzad Paknejad; E-Mail: farzadpaknejad@yahoo.com.