تحقیقات آب و خاک ایران، دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۴ (ص ۱۸-۱۱)

ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای در مدیریت آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متناوب

میترا صمصامی‌پور[۱]، پیمان افراسیاب*[۲]، محمدرضا امداد[۳]، معصومه دلبری[۴]، فاطمه کاراندیش[۵]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه زابل

۲. استادیار دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه زابل

۳. استادیار و عضو هیئت علمی مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب

۴. دانشیار دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه زابل

۵. استادیار دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه زابل

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۱۸ـ تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۸/۶)

چکیده

در این پژوهش اثر مدیریت‌های مختلف کم‌آبیاری به صورت یک‌درمیان متناوب و با درنظرگیری مراحل حساس رشد گیاه ذرت بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای بررسی شد. این طرح در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار انجام پذیرفت. تیمارها عبارت بودند از آبیاری کامل جویچه‌ها در کل دورهٔ رشد (شاهد)، آبیاری یک‌درمیان متناوب در کل دورهٔ رشد، آبیاری کامل در مرحلهٔ استقرار گیاه و آبیاری یک‌درمیان متناوب در بقیهٔ مراحل رشد، آبیاری کامل در مرحلهٔ گل‌دهی و آبیاری یک‌درمیان متناوب در سایر مراحل، آبیاری کامل در مرحلهٔ استقرار و گل‌دهی و آبیاری یک‌درمیان متناوب در سایر مراحل، آبیاری کامل در مرحلهٔ گل‌دهی و رسیدن محصول و آبیاری یک‌درمیان متناوب در سایر مراحل. به طور کلی کم‌آبیاری در سطح معناداری ۱ درصد بر عملکرد و اجزای عملکرد معنادار شد. تیمار آبیاری کامل جویچه‌ها در کل دورهٔ رشد بیشترین عملکرد علوفهٔ تر (۶۷۰۲۲ کیلوگرم در هکتار) و تیمار آبیاری یک‌درمیان متناوب در کل دورهٔ رشد کمترین عملکرد علوفهٔ تر (۵۰۰۶۴ کیلوگرم در هکتار) را داشت. بهترین تیمار تیمارِ آبیاری کامل در مرحلهٔ گل‌دهی و آبیاری یک‌درمیان متناوب در سایر مراحل رشد شناخته شد. در این تیمار کاهش عملکرد علوفهٔ تر و خشک، وزن تر و خشک برگ‌ها، و وزن تر و خشک ساقه در مقایسه با تیمار شاهد بین ۸ تا ۱۴ درصد به دست آمد که در مقایسه با کاهش ۳۹ درصدی در میزان آب مصرفی نتیجه‌ای پذیرفتنی است. بالاترین کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری کامل در مرحلهٔ گل‌دهی و آبیاری یک‌درمیان متناوب در سایر مراحل رشد و برابر ۱/۸۸ کیلوگرم در متر مکعب بود.

کلیدواژگان: آبیاری یک‌درمیان، ذرت، عملکرد، کارایی مصرف آب، کم‌آبیاری

مقدمه

کشور ایران در منطقه‌ای خشک و نیمه‌خشک واقع شده و احتمال وقوع خشک‌سالی در آن فراوان است. بنابراین اجرای تکنیک‌های کم‌آبیاری به منظور بهره‌وری بیشتر از منابع محدود آب راهکاری علمی به منظور کاهش مصرف آب به شمار می‌رود. آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان از شیوه‌های کم‌آبیاری و از راهکارهای مدیریت مصرف آب در اراضی فاریاب است که با آبیاری نیمی از جویچه‌ها به طور ثابت یا متغیر قابل اجراست. در آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متناوب جویچه‌ها به صورت یک‌درمیان آبیاری می‌شوند. به این ترتیب که در یک آبیاری دو جویچهٔ کناری و در آبیاری بعدی فقط جویچهٔ وسط آبیاری می‌شود. در این روش نیمی از ریشهٔ گیاه فقط یک دورهٔ خشکی را تحمل می‌کند که این خشکی دائمی نیست و در آبیاری بعد مرتفع می‌شود و نیمهٔ دیگر تحت تنش خشکی قرار می‌گیرد. بخشی از ریشه، که خشک مانده است، به مثابهٔ واکنشی فیزیولوژیکی در برابر تنش آبی، مقداری هورمون شیمیایی، با نام آبسسیک اسید، در ریشه تولید می‌کند که انتقال این ماده به شیرهٔ گیاهی موجب قلیایی‌شدن آن و کاهش میزان بازشدگی روزنه می‌شود و موجبات کاهش هدررفت آب را فراهم می‌آورد. فراهم‌ساختن شرایط برای تولید این ماده در ریشه با تر و خشک کردن متناوب آن ایجاد می‌شود (Stoll *et al*, 2000).

آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان در مراحل مختلف رشد ذرت دانه‌ای در همهٔ مراحل رشد به استثنای مرحلهٔ کاکل‌دهی در باجگاه (استان فارس) به کاهش معنادار در میزان عملکرد در

* نویسندهٔ مسئول: p_afrasiab@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقایسه با آبیاری جویچه‌ای در سرتاسر فصل رشد منتج نشد و در عین حال باعث ۲۹ درصد کاهش در حجم آب آبیاری شد. همچنین در کوشکک (استان فارس) آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان در مراحل مختلف رشد ذرت دانه‌ای، به استثنای مرحلهٔ رشد ابریشم‌دهی، که در آن دو مرتبه آبیاری جویچه‌ای معمولی انجام شد، محصولی برابر محصول آبیاری جویچه‌ای در سرتاسر فصل رشد تولید کرد؛ ولی کاربرد آب آبیاری را ۳۰ درصد کاهش داد. بازده مصرف آب در دو منطقهٔ مذکور به ترتیب ۱٫۰۴ و ۰٫۹۷کیلوگرم دانه بر متر مکعب آب به دست آمد (Sepaskhah and Parand, 2006). کارایی مصرف آب در ذرت با سه روش آبیاری، شامل آبیاری مرسوم جویچه‌ای و آبیاری یک‌درمیان ثابت جویچه‌ای و آبیاری یک‌درمیان متناوب جویچه‌ای، و سه تراکم بوتهٔ مختلف (۷، ۸، ۹ بوته در متر مربع) بررسی شد. نتایج نشان داد اختلاف معناداری میان آبیاری یک‌درمیان ثابت جویچه‌ای و آبیاری یک‌درمیان متناوب جویچه‌ای وجود ندارد. اما در مقایسه با شاهد به ترتیب باعث کاهش آب آبیاری به میزان ۲۶٫۲ درصد و ۲۳ درصد و کاهش عملکرد به میزان ۱۱ درصد و ۱۳٫۶ درصد شدند. بالاترین کارایی مصرف آب برای عملکرد بیولوژیک ۴٫۴ کیلوگرم در متر مکعب و عملکرد دانه ۱٫۹۱ کیلوگرم در متر مکعب به دست آمد. بیشترین تراکم بوته در بالاترین آب آبیاری‌شده با وجود کمترین عملکرد دانه و بیشترین کارایی مصرف آب اقتصادی در کمترین جمعیت گیاهی (۷ بوته در متر مربع) نتیجه شد (Rafiee and Shakarami, 2010). بیشترین اجزای عملکرد ذرت در تیمار آبیاری جویچه‌ای معمولی و کمترین آن در تیمار آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان در سراسر دورهٔ رشد گیاه حاصل می‌شود (Kashiani *et al*, 2011). کاهش مقدار کود و آب آبیاری باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد در گیاه ذرت می‌شود و بیشترین عملکرد و اجزای آن زمانی اتفاق می‌افتد که نیتروژن و آب به اندازهٔ نیاز در اختیار گیاه قرار گیرد (Majidian *et al*, 2008). با بررسی تغییرات شاخص‌های رشد پنج هیبرید ذرت در دو رژیم مختلف آبیاری گزارش شد که کم‌آبی اثری معنادار بر عملکرد مادهٔ خشک دارد (Nouri azhar and Ehsanzedeh, 2007).

در بررسی تأثیر کم‌آبیاری بر تغییرات شاخص‌های رشد و صفات مورفولوژیک ذرت علوفه‌ای روشن شد آبیاری بر مبنای ۷۵ درصد تخلیهٔ رطوبت قابل دسترس باعث کاهش معنادار مادهٔ خشک برگ می‌شود. همچنین یافته‌ها نشان دادند عملکرد علوفهٔ خشک با افزایش فواصل آبیاری و افزایش درصد تخلیهٔ رطوبت خاک کاهش می‌یابد (Karimi *et al*, 2009). در تحقیق دیگری، این نتیجه حاصل شد که اعمال هر گونه تنش خشکی در تولید علوفه سبب کاهش عملکرد علوفهٔ خشک و تر و برخی صفات زراعی ذرت، سورگوم، و ارزن می‌شود (Haji Hasani Asl *et al*, 2010). بر اساس نتایج تحقیقات صورت‌گرفته، کم‌آبیاری به روش خشکی موضعی ریشه با جابه‌جایی جویچه‌های مرطوب بعد از هر آبیاری (فاصلهٔ چهارده‌روزه) بهترین روش اعمال کم‌آبیاری برای گیاه ذرت دانه‌ای در منطقهٔ کرمان است (Rezaei Estakhroeih *et al*, 2012).

در بررسی اثر آبیاری کامل و یک‌درمیان جویچه‌ای بر عملکرد، اجزای عملکرد، و کارایی مصرف آب گوجه‌فرنگی گزارش شد عملکرد در تیمارهای آبیاری یک‌درمیان ثابت است، آبیاری یک‌درمیان متغیر در مقایسه با تیمار آبیاری کامل به ترتیب ۱۰٫۶ و ۳۵٫۵۵ درصد کاهش می‌یابد، و کارایی مصرف آب با آبیاری یک‌درمیان ثابت و متغیر به ترتیب ۱٫۸ و ۱٫۳ برابر کارایی مصرف آب با آبیاری کامل است (Molavi *et al*, 2011).

طی تحقیقاتی سه روش آبیاری جویچه‌ای به صورت آبیاری یک‌درمیان متناوب جویچه‌ها، آبیاری یک‌درمیان، و آبیاری مرسوم مقایسه شد. نتیجه نشان داد آبیاری متناوب یک‌درمیان ذرت عملکرد دانهٔ بالایی را با ۵۰ درصد کاهش در میزان مصرف آب به دست می‌دهد. در پایان نتیجه‌گیری شد روش آبیاری متناوب جویچه‌ها به منظور صرفه‌جویی و ذخیره‌کردن آب در نواحی خشک مناسب است (Kang *et al*, 2000). تنش آب در مراحل قبل از گل‌دهی، زمان گل‌دهی، و بعد از گل‌دهی عملکرد ذرت را به ترتیب ۲۵، ۵۰، و ۲۱ درصد کاهش می‌دهد (Osborne *et al*, 2002).

بر اساس چهار مرحلهٔ فنولوژیکی رشد ذرت (استقرار، رشد رویشی، گل‌دهی، پرشدن دانه) و با اعمال ۱۴ تیمار، محصول تحت کمبود آب (بدون آبیاری) در یک، دو، یا سه مرحله از رشد قرار داده شد. نتایج نشان داد بیشترین کاهش عملکرد در تیماری بود که فقط در طول مرحلهٔ چهارم رشد (۰۰۰۱) آبیاری شده بود؛ بعد از آن تیمار آبیاری در مراحل اول و سوم رشد (۱۰۱۰) و سپس تیماری که فقط در طول مرحلهٔ دوم (۰۱۰۰) آبیاری شده بود (Ayana, 2011).

تأثیر آبیاری متناوب جویچه‌ها با فواصل آبیاری ۷ و ۱۴ روز بر عملکرد، کارایی مصرف آب محصول، بهره‌وری آب آبیاری محصول، و بازگشت اقتصادی محصول ذرت در مقایسه با آبیاری همهٔ جویچه‌ها (روش مرسوم با فواصل ۱۴ روزه) بررسی شد.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج نشان داد عملکرد دانه در مقایسه با آبیاری همهٔ جویچه‌ها تحت تیمار آبیاری متناوب جویچه‌ها با فواصل آبیاری ۷ روز افزایش می‌یابد. این در حالی است که در آبیاری متناوب جویچه‌ها با فواصل آبیاری ۱۴ روز عملکرد دانه کاهش یافت. همچنین تیمار آبیاری متناوب جویچه‌ها با فواصل آبیاری ۷ روز نه‌تنها عملکرد دانه را افزایش داد، بلکه نسبت سود به هزینه، بازده خالص، و صرفه‌جویی در آب آبیاری را نیز افزایش داد (Abd El-Halim, 2013). نتایج بسیاری از مطالعات دیگر حاکی از بالاترین بازده کاربرد آب و بیشترین کاهش عملکرد به علت اعمال تنش آبی در مرحلهٔ گل‌دهی است (Pandy *et al*, 2000; Cakir, 2004; Farre and Faci, 2009; Mansouri Far *et al*, 2010).

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد با آبیاری یک‌درمیان، گرچه میزان عملکرد کاهش می‌یابد، کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد. در نتیجه در مصرف آب صرفه‌جویی می‌شود. با توجه به اینکه عمدهٔ تحقیقات انجام‌شده با تیمارهای آبیاری یک‌درمیان در کل دورهٔ رشد اعمال شده، هدف پژوهش حاضر بررسی و مشخص‌کردن تأثیر آبیاری یک‌درمیان متناوب بر هر یک از مراحل مختلف رشد ذرت (توصیه‌شده توسط فائو) است تا مناسب‌ترین شرایط از نظر عملکرد کمّی و کیفی و کارایی مصرف آب در حالات مختلف به دست آید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعهٔ تحقیقاتی مؤسسهٔ خاک و آب، واقع در مشکین‌دشت کرج، با مختصات جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۷ دقیقهٔ طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقهٔ عرض شمالی و ارتفاع متوسط ۱۲۸۰ متر از سطح دریای آزاد در سال زراعی ۱۳۹۲ انجام شد. میزان میانگین سی‌سالهٔ پارامترهای بارش و دمای حداکثر و حداقل در منطقه به ترتیب ۲۵۲ میلی‌متر، ۳۴٫۷ درجهٔ سلسیوس، و ۴٫۹- درجهٔ سلسیوس است که در آن بخش اعظم بارش در محدودهٔ زمانی اواخر پاییز تا اوایل بهار رخ می‌دهد. اطلاعات هواشناسی در طول دورهٔ رشد بر اساس داده‌های ثبت‌شده در ایستگاه هواشناسی جنب محل آزمایش در جدول ۱ می‌آید.

جدول ۱. اطلاعات هواشناسی مزرعهٔ آزمایش‌شده در سال ۱۳۹۲

ماه‌های آزمایش	میانگین حداقل درجهٔ حرارت (°C)	میانگین حداکثر درجهٔ حرارت (°C)	میانگین رطوبت نسبی (٪)	میانگین تبخیر از تشتک تبخیر (mm/day)	بارندگی (mm)	میانگین سرعت باد (m/s)
تیر	۱۸	۳۷	۴۹٫۲	۹٫۴	۰	۰٫۱۹
مرداد	۱۷	۳۶	۵۲٫۲	۸٫۴	۰	۰٫۱۹
شهریور	۱۶	۳۴	۵۶٫۶	۷٫۱	۰	۰٫۱۲
مهر	۱۰	۲۸	۷۴٫۹	۷٫۱	۰	۰٫۱۲

آزمایش در زمینی به ابعاد ۲۵۰۰ متر مربع و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار انجام پذیرفت. تیمارها عبارت بودند از آبیاری کامل جویچه‌ها در کل دورهٔ رشد (تیمار شاهد، T_1)، آبیاری یک‌درمیان متناوب در کل دورهٔ رشد (T_2)، آبیاری کامل در مرحلهٔ استقرار گیاه و آبیاری یک‌درمیان متناوب در بقیهٔ مراحل رشد (T_3)، آبیاری کامل در مرحلهٔ گل‌دهی و آبیاری یک‌درمیان متناوب در سایر مراحل (T_4)، آبیاری کامل در مرحلهٔ استقرار و گل‌دهی و آبیاری یک‌درمیان متناوب در سایر مراحل (T_5)، آبیاری کامل در مرحلهٔ گل‌دهی و رسیدن محصول و آبیاری یک‌درمیان متناوب در سایر مراحل (T_6). خاک منطقه از نظر طبقه‌بندی جزء خاک‌های کم‌عمق آبرفتی محسوب می‌شود و در لایهٔ بیش از ۷۰ سانتی‌متر لایهٔ محدودکنندهٔ سنگ‌ریزه‌دار دارد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (جدول ۲) نشان می‌دهد بافت غالب خاک در منطقه تا عمق ۶۰ سانتی‌متری لوم شنی است. قبل از کاشت، نیاز کودهای فسفر، پتاسیم، و نیتروژن بر اساس آزمون خاک تعیین شد که با افزودن ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل قبل از کاشت و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره ۴۶ درصد در سه نوبت (یک نوبت قبل از کاشت و دو نوبت طی مراحل مختلف رشد گیاه) به طور یکسان برای همهٔ تیمارها تأمین شد. پس از عملیات خاک‌ورزی، شامل شخم و دیسک و تسطیح، بذر رقم سینگل کراس ۷۰۴ علوفه‌ای با فواصل کاشت ۱۵ سانتی‌متر و فواصل ردیف ۷۵ سانتی‌متر روی پشته‌های به طول ۵۰ متر در تاریخ ۲۸ تیرماه به وسیلهٔ ماشین بذرکار کاشت شد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعهٔ آزمایشی

عمق (cm)	بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm^3)	رطوبت ظرفیت زراعی (درصد وزنی)	رطوبت پژمردگی (درصد وزنی)	EC عصارهٔ اشباع (dS/m)	pH –	SAR –
۰-۳۰	لوم شنی	۱/۴۵	۱۷/۶	۷/۹	۰/۸۵	۷/۹	۰/۵۱
۳۰-۶۰	لوم شنی	۱/۴۵	۱۴/۳	۷/۳	۰/۷۲	۸	۰/۴۷

هنگام کاشت، با توجه به کشت تابستانهٔ ذرت و نیاز قابل ملاحظهٔ این گیاه به آب برای جوانه‌زنی، دو نوبت آبیاری اولیه برای همهٔ تیمارها به‌طور کامل صورت گرفت. در این دو آبیاری، برای اطمینان از جوانه‌زدن بذور، آبیاری‌ها تا خیس‌شدن کامل پشته‌ها ادامه یافت. در طول فصل رشد، میزان نیاز آبیاری در تیمار شاهد با هدف رساندن رطوبت به حد ظرفیت زراعی و پس از ۵۰ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبت خاک بر اساس رابطهٔ ۱ تعیین شد:

$$I_n = \frac{FC - \theta}{100} \times \rho_b \times D \qquad \text{(رابطهٔ ۱)}$$

I_n میزان آب آبیاری بر حسب میلی‌متر، FC ظرفیت زراعی وزنی خاک بر حسب درصد، Θ رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری بر حسب درصد، ρ_b وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب، و D عمق مؤثر ریشه بر حسب میلی‌متر است.

به منظور تعیین میزان آب آبیاری با رابطهٔ ۱، عمق مؤثر ریشه ۶۰ سانتی‌متر منظور شد. درصد رطوبت خاک در تیمارها به صورت وزنی و روزانه اندازه‌گیری شد و پس از تخلیهٔ ۵۰ درصد رطوبت خاک در تیمار شاهد آبیاری انجام شد. جویچه‌ها دارای انتهای باز و ابعاد ۷۵ سانتی‌متر در ۵۰ متر بودند. راندمان کاربرد آب با توجه به حجم آب داده‌شده و ذخیره‌شده و تغییرات رطوبت در منطقهٔ ریشه ۵۰ درصد تعیین شد. دبی ورودی به هر یک از جویچه‌ها در هر نوبت آبیاری به صورت حجمی و با استفاده از بشر مدرج و زمان‌سنج اندازه‌گیری شد، که به طور متوسط برابر ۰/۳ تا ۰/۴ لیتر در ثانیه بود. با توجه به حجم آب محاسبه‌شده و درنظرگرفتن راندمان ۵۰ درصد، زمان لازم برای رساندن رطوبت به حد ظرفیت زراعی محاسبه و اعمال شد. در تیمارهای آبیاری یک‌درمیان متناوب، در هر نوبت آبیاری، به صورت تناوب، فقط یک طرف ردیف کشت آبیاری شد. آب آبیاری از نظر شوری و قلیائیت محدودیتی نداشت (EC=۰/۴۲dS/m و SAR=۰/۴۱) و برای کشاورزی مناسب بود.

برای اعمال تیمارهای آبیاری یک‌درمیان متناوب، زمان ورود بیش از ۵۰ درصد بوته‌های هر تیمار به مرحلهٔ رشد مورد نظر مبنا قرار گرفت. سایر عملیات زراعی، همچون مبارزه با علف‌های هرز و سم‌پاشی و غیره، مطابق روش مرسوم در منطقه در طول فصل رشد انجام شد. هنگام برداشت (۳۰ مهر) به منظور مقایسهٔ عملکرد و اجزای عملکرد محصول در تیمارهای مختلف، با حذف ردیف‌های کناری در هر تکرار، به منزلهٔ اثر حاشیه، نمونه‌برداری فقط از سه ردیف وسط انجام شد. پنج گیاه از هر تکرار برداشت و صفات وزن خشک کل اندام هوایی (عملکرد بیولوژیک)، وزن تر و خشک علوفه (ساقه و برگ)، وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک ساقه در هر تیمار محاسبه شد. کارایی مصرف آب تیمارها با رابطهٔ ۲ تعیین شد:

$$IWUE = \frac{Y}{I} \qquad \text{(رابطهٔ ۲)}$$

IWUE کارایی مصرف آب آبیاری بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب، Y عملکرد محصول (وزن خشک) بر حسب کیلوگرم، و I حجم آب آبیاری در طول فصل رشد بر حسب متر مکعب است.

پس از جمع‌آوری نتایج، داده‌ها به کمک نرم‌افزار SAS (ver. 9.1) تجزیه‌وتحلیل شد. آزمون تجزیهٔ واریانس در سطح معناداری ۱ درصد و مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و در سطح معناداری ۵ درصد انجام شد.

یافته‌ها و بحث

میزان آب مصرفی ذرت

تعداد آبیاری‌های انجام‌شده در یک جویچه در هر تیمار و نیز درصد کاهش میزان آب مصرفی در هر تیمار نسبت به تیمار شاهد نشان می‌دهد بین ۳۰ تا ۵۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری در تیمارهای مختلف صورت گرفته است. بر اساس نتایج، از میان تیمارهایی که آبیاری کامل در آن‌ها در مرحلهٔ گل‌دهی (حساس‌ترین مرحلهٔ رشد گیاه به کم‌آبی) صورت گرفته است، تیمار T_4 بیشترین صرفه‌جویی و تیمار T_6 کمترین صرفه‌جویی را در مصرف آب آبیاری داشت. بیشترین حجم کل آب آبیاری در تیمار شاهد (T_1) و کمترین آن در تیمار آبیاری یک‌درمیان متناوب (T_2) در کل دورهٔ رشد، به ترتیب، به میزان ۱۴۲۷۲ و ۷۶۸۰ متر مکعب در هکتار صرف شد (جدول ۳).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳. تعداد آبیاری در هر تیمار و درصد کاهش میزان آب مصرفی نسبت به شاهد

تیمار	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6
تعداد آبیاری در یک جویچه	۱۵	۸	۹	۹	۱۰	۱۰
حجم آب مصرفی (m^3/ha)	۱٤۲۷۲	۷٦۸۰	۸٦۱٦	۸۷۲۳	۹٦۵۹	۹۸۷۵
کاهش میزان آب مصرفی نسبت به شاهد (٪)	-	٤٦٫۲	۳۹٫٦	۳۸٫۹	۳۲٫۳	۳۰٫۸

میزان و اجزای عملکرد محصول

نتایج تجزیهٔ واریانس عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در تیمارهای مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد- شامل عملکرد علوفهٔ تر، عملکرد علوفهٔ خشک، عملکرد تر و خشک برگ، و عملکرد تر و خشک ساقه در سطح ۱ درصد معنادار شد (جدول ۴). اثر بلوک بر همهٔ پارامترهای اندازه‌گیری‌شده معنادار نشد که نشان می‌دهد مادهٔ آزمایشی (خاک و شرایط اقلیمی) یکنواختی قابل قبولی بین تکرارهای مختلف دارد. بیشترین و کمترین عملکرد علوفهٔ تر به ترتیب در تیمارهای شاهد (۶۷۰۲۲ کیلوگرم در هکتار) و تیمار آبیاری یک‌درمیان در همهٔ مراحل رشد (۵۰۰۶۴ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. میزان عملکرد علوفهٔ تر ذرت در تیمار شاهد با پژوهشی مشابه با مقدار عملکرد ۶۰۵۳۳ کیلوگرم در هکتار تطابق خوبی دارد (Rezaei Estakhroeih *et al*, 2012). مقدار کاهش عملکرد علوفهٔ تر در تیمارهای مختلف آبیاری نسبت به تیمار شاهد نشان می‌دهد کاهش ۳۰ تا ۴۰ درصدی آب مصرفی باعث کاهش ۱۰ تا ۱۱ درصدی عملکرد علوفه می‌شود. در پژوهشی نتیجه گرفتند عملکرد علوفهٔ تر تحت تأثیر میزان آبیاری قرار می‌گیرد (Haji Hasani Asl *et al*, 2010). این نتایج یافته‌های این تحقیق را تأیید می‌کند. در واقع، تنش رطوبتی با تأثیر بر جنبه‌های مختلف رشد گیاه موجب کاهش و به‌تأخیرافتادن جوانه‌زنی، کاهش رشد اندام‌های هوایی، و کاهش تولید مادهٔ خشک می‌شود و در نهایت با کاهش میزان فتوسنتز می‌تواند باعث کاهش عملکرد گیاه شود (Singh *et al*, 1996). در ضمن، ادامهٔ این تنش سبب می‌شود فشار تورژسانس در سلول‌ها کاهش یابد. کاهش فشار تورژسانس موجب می‌شود آب کمتری درون سلول‌ها باقی بماند. در نتیجه از حجم سلول‌ها کاسته می‌شود. این کاهش حجم باعث کاهش وزن سلول‌ها و در نتیجه عملکرد علوفهٔ تر می‌شود (Cakir, 2004).

جدول ۴. نتایج تجزیهٔ واریانس صفات بررسی‌شده در ذرت

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات				
		عملکرد بیولوژیک خشک (kg/ha)	وزن تر برگ (kg/ha)	وزن خشک برگ (kg/ha)	وزن تر ساقه (kg/ha)	وزن خشک ساقه (kg/ha)
بلوک	۲	۳۶۴۸۸۹۲٫۰۶^{ns}	۲۷۹۱۶۴٫۰۷^{ns}	۲۶۸۷۸٫۶۶۴^{ns}	۳۰۲۶۱۴۷٫۵^{ns}	۷۸۳۲۲٫۱۴۱^{ns}
تیمار	۵	۱۱۴۴۹۲۳۱٫۸۲**	۷۸۳۹۳۵۹٫۵۵**	۱۱۱۴۸۳۳٫۹۷۴**	۶۷۹۰۹۱۰۴٫۴**	۱۱۸۷۸۱۷٫۲۱۳**
خطا	۱۰	۱۲۴۶۴۳۲٫۰۰	۱۴۸۴۷۰٫۱۶	۴۲۷۴۳٫۴۶۱	۱۴۳۴۷۹۱٫۸	۴۷۴۳۳٫۱۶۵
ضریب تغییرات (%)		۷٫۰۲	۳٫۰۸	۳٫۷۰	۲٫۶۲	۲٫۶۹
ضریب تبیین (%)		۸۳٫۸۱	۹۶٫۴۰	۹۲٫۹۴	۹۶٫۰۱	۹۲٫۷۸

** معناداری در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns} عدم معناداری

ادامهٔ جدول ۴

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات			
		وزن علوفهٔ تر (kg/ha)	وزن علوفهٔ خشک (kg/ha)	کارایی مصرف آب عملکرد بیولوژیک (kg/m^3)	کارایی مصرف آب عملکرد علوفه (kg/m^3)
بلوک	۲	۴۷۶۴۹۷۱٫۸^{ns}	۱۵۴۹۲۰٫۲۶^{ns}	۰٫۰۴۱^{ns}	۰٫۰۰۲۰^{ns}
تیمار	۵	۱۱۹۱۳۹۶۵۲٫۲**	۴۴۸۳۰۷۶٫۷۳**	۰٫۱۱۶**	۰٫۱۰۱۲**
خطا	۱۰	۱۲۳۱۲۳۶٫۵	۴۲۵۷۵٫۲۹	۰٫۰۱۳	۰٫۰۰۰۵
ضریب تغییرات (%)		۱٫۹۱	۱٫۵۱	۷٫۰۱	۱٫۶۰
ضریب تبیین (%)		۹۸٫۰۱	۹۸٫۱۶	۸۳٫۰۴	۹۸٫۹۸

** معناداری در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns} عدم معناداری

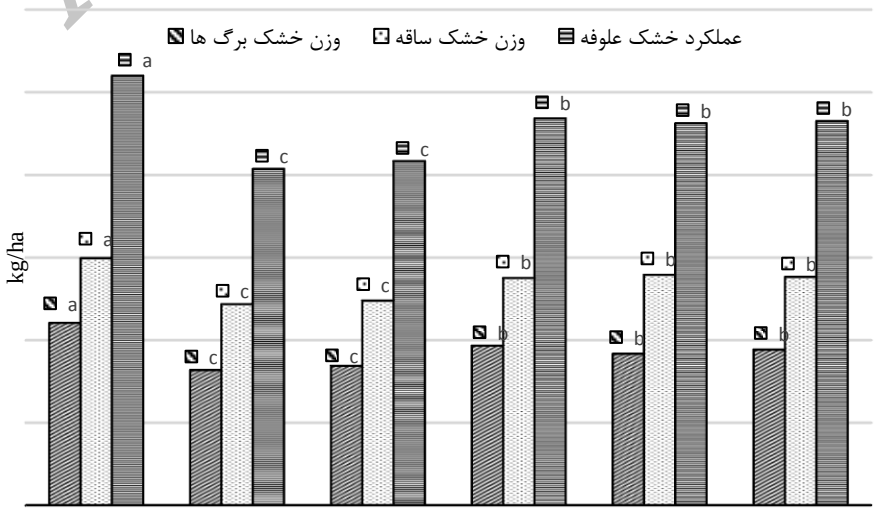
Archive of SID

www.SID.ir

عملکرد علوفه شامل عملکرد برگ‌ها و ساقه است. کاهش آن نیز به دلیل کاهش در عملکرد برگ‌ها و ساقه است. نتایج نیز گویای این مطلب است. مشاهدات نشان دادند کاهشی معادل ۱۲ تا ۲۶ درصد در عملکرد خشک برگ‌ها رخ داده است. بیشترین و کمترین عملکرد برگ به ترتیب در تیمار شاهد (۶۶۲۶ کیلوگرم در هکتار) و تیمار آبیاری یک‌درمیان در کل مراحل رشد (۴۹۱۳ کیلوگرم در هکتار) گزارش شد. طبق مطالعات، کم‌آبیاری در اوایل رشد رویشی تولید مادهٔ خشک را به میزان کمی کاهش می‌دهد. اما ادامهٔ تنش تا اواخر مرحلهٔ رشد (به‌خصوص زایشی) مقدار عملکرد مادهٔ خشک را به‌شدت کاهش می‌دهد (Pandey *et al*, 2000)، که با نتایج به‌دست‌آمده همخوانی دارد. Haji Hasani Asl *et al* (2010) نیز گزارش کردند با اعمال تنش آبی عملکرد علوفهٔ خشک ذرت و ارزن و سورگوم کاهش می‌یابد.

طبق نتایج، تیمارهای T_4 و T_5 و T_6 از نظر عملکرد برگ همگی در یک سطح آماری هستند و کمترین کاهش عملکرد را نسبت به شاهد دارند. به منظور جبران کاهش تولید مواد پرورده، مواد ذخیره‌شده در برگ‌ها و ساقه در تیمارهای تحت کم‌آبیاری در مقایسه با تیمارهای آبیاری کامل به مقدار بیشتری به بلال منتقل شده است که همین مسئله باعث کاهش بیشتر در وزن برگ و ساقه در تیمارهای T_2 و T_3 می‌شود. این کاهش عملکرد دربارهٔ ساقه نیز صادق است. در عملکرد خشک ساقه کاهش مشاهده‌شده بین تیمارهای مختلف ۷ تا ۱۹ درصد بود. بیشترین آن با ۸۹۷۸ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار شاهد و کمترین آن با ۷۳۰۷ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار آبیاری یک‌درمیان در کل دورهٔ رشد بود. کمبود آب طی دورهٔ رشد رویشی ذرت باعث کاهش وزن ساقه می‌شود (Karimi *et al*, 2009) و ادامهٔ آن در همهٔ مراحل رشد مانع رسیدن وزن خشک ساقه به حداکثر مقدار خود می‌شود. با شروع رشد زایشی مواد ذخیره‌ای در ساقه و برگ در اثر انتقال این مواد به اندام زایشی رو به کاهش می‌گذارد (Ackerson, 1983). نتایج حاکی از این است که تأثیر آبیاری‌های مختلف روی ساقه کمتر از برگ است. به احتمال زیاد این روند به سبب کاهش تعداد برگ در اثر کاهش میزان آب دریافتی بود. مطالعات انجام‌شده در این زمینه گویای همین مطلب است (Rezaei Estakhroeih *et al*, 2012; Karimi *et al*, 2009). البته تجمع مادهٔ خشک ساقه تا هنگام تکمیل گرده‌افشانی ادامه می‌یابد و با شروع دورهٔ پرشدن دانه به حداکثر مقدار خود می‌رسد.

مقایسهٔ میانگین صفات اندازه‌گیری‌شدهٔ علوفهٔ تر و خشک، وزن تر و خشک برگ‌ها، و وزن تر و خشک ساقه در تیمارهای مختلف با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد نشان می‌دهد تیمارهای T_4 و T_5 و T_6 از نظر آماری در یک سطح قرار دارند (شکل ۱) و چون در مرحلهٔ گل‌دهی، که حساس‌ترین مرحلهٔ رشد ذرت است، آبیاری در آن‌ها کامل صورت می‌گیرد، عملکردشان از دو تیمار T_2 و T_3 بالاتر است. می‌توان نتیجه گرفت که کم‌آبیاری در مرحلهٔ گل‌دهی بر وزن برگ و ساقه و در نتیجه بر میزان علوفه تأثیرگذار است. بنابراین می‌توان با آبیاری کامل در این مرحله میزان عملکرد بیشتری را نسبت به آبیاری یک‌درمیان متناوب در سراسر دورهٔ رشد موجب شد. همچنین، از آنجا که عملکرد تیمار T_4 با دو تیمار دیگر (T_5 و T_6) در یک سطح آماری قرار دارد، پیشنهاد می‌شود فقط در این مرحله آبیاری به صورت کامل اعمال شود. با توجه به ناچیزبودن تفاوت عملکرد بین تیمارهای T_4 و T_5 و T_6 نیازی به آبیاری بیشتر احساس نمی‌شود و آبیاری کامل فقط در مرحلهٔ گل‌دهی کفایت می‌کند.



شکل ۱. تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری در مراحل رشد بر عملکرد خشک علوفه و برگ و ساقهٔ ذرت

Archive of SID

www.SID.ir

کارایی مصرف آب آبیاری

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد کارایی مصرف آب بین تیمارهای مختلف آبیاری در مراحل رشد در سطح ۱ درصد معنادار شد. بالاترین کارایی مصرف آب در عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار T_4 و برابر ۱٫۸۸ کیلوگرم در متر مکعب است، که حدود ۱٫۵ برابر کارایی مصرف آب در تیمار شاهد است (جدول ۵). بالاترین کارایی مصرف آب در عملکرد علوفه ۱٫۶۱ کیلوگرم در متر مکعب و باز هم مربوط به تیمار T_4 است. این یافته‌ها با نتایج به‌دست‌آمده از تحقیقات دیگر همخوانی دارد (Khorramian, 2002).

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین عمق و کارایی مصرف آب برای تیمارهای مختلف آبیاری

تیمار	عمق آب مصرفی (mm)	کارایی مصرف آب در عملکرد بیولوژیک (kg/m^3)	کارایی مصرف آب در عملکرد علوفه (kg/m^3)
T_1	۱۴۲۷ a	۱٫۲۹c	۱٫۰۹c
T_2	۷۶۸ f	۱٫۷۱ab	۱٫۵۹a
T_3	۸۶۲ e	۱٫۶۳b	۱٫۴۵b
T_4	۸۷۲ d	۱٫۸۸a	۱٫۶۱a
T_5	۹۶۶ c	۱٫۷۱ab	۱٫۴۴b
T_6	۹۸۸ b	۱٫۷۲ab	۱٫۴۱b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری با هم ندارند.

نتیجه‌گیری

این تحقیق به بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای تحت مدیریت‌های مختلف کم‌آبیاری با درنظرگیری مراحل حساس رشد گیاه ذرت پرداخته است. نتایج نشان داد از میان ۵ تیمار کم‌آبیاری به روش یک‌درمیان متناوب، بیشترین عملکرد علوفهٔ (برگ و ساقه) خشک همراه بالاترین کارایی مصرف آب مربوط به تیمار آبیاری کامل در مرحلهٔ گل‌دهی و آبیاری یک‌درمیان متناوب در سایر مراحل رشد ذرت است. همچنین بیشترین عملکرد بیولوژیک با کارایی مصرف آب ۱٫۷۲ کیلوگرم در متر مکعب متعلق به تیمار ۶ بود که در آن آبیاری کامل در مرحلهٔ گل‌دهی و رسیدن محصول انجام شد. در سایر مراحل رشد آبیاری یک‌درمیان متناوب صورت گرفت. می‌توان نتیجه گرفت بیشترین عملکرد و بالاترین کارایی مصرف آب به علت آبیاری کامل در مراحل انتهایی رشد ذرت (مرحلهٔ زایشی) اتفاق افتاده است و عدم تفاوت معنادار عملکرد از نظر آماری در این تیمارها نسبت به شاهد نشان می‌دهد آبیاری یک‌درمیان متناوب در مراحل ابتدایی رشد (مرحلهٔ رویشی) و آبیاری کامل در مراحل انتهایی رشد ذرت (مرحلهٔ زایشی) بهترین و مناسب‌ترین گزینه از لحاظ مدیریت آبیاری است. بنابراین، زمان مناسب برای اعمال کم‌آبی در گیاه ذرت در کرج مرحلهٔ رشد رویشی پیشنهاد می‌شود.

در صورت عدم محدودیت زمین می‌توان با این مدیریت ضمن نیل به عملکرد و کارایی مصرف آب بالا سطح بیشتری را به زیر کشت برد.

REFERENCES

Abd El-Halim, A. (2013). Impact of alternate furrow irrigation with different irrigation intervals on yield, water use efficiency and economic return of corn.*Chilean Journal of Agricultural Research*, 73(2), 175-180.

Ackerson, R. C. (1983). Comparative Physiology and water relations of two corn hybrids during water stress. *Crop Sciences*, 23, 278-283.

Ayana, M. (2011). Deficit irrigation practices as alternative means of improving water use efficiencies in irrigated agriculture: case study of maize crop at Arba Minch, Ethiopia. *Africa Journal of Agricultural Research*, 6(2), 226-235.

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

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.

Haji Hasani Asl, N., Moradi Aghdam, A., Shirani Rad, A. H., Hosseini, N., and Rassaei Far, M. (2010). Effect of drought stress on forage yield and agronomical characters of millet, sorghum and corn in delay cropping. *Journal of Crop Production Research*, 2(1), 63-74. (in Farsi).

Kang, S., Liang, Z., Pan, Y., Shi, P., and Zhang, J. (2000). Alternate furrow irrigation for maize production in an arid area.*Agricultural Water Management*, 45(3), 267-274.

Karimi, M., Esfahani, M., Bigluei, M. H., Rabiee, B., and Kafi Ghasemi, A. (2009). Effect of deficit irrigation treatments on morphological traits and growth indices of corn forage in the Rasht Climate. *Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences* (EJCP), 2(2), 91-110.

Kashiani, P., Saleh, G., Osman, M., and Habibi, D. (2011). Sweet corn yield response to alternate furrow irrigation methods under different planting densities in a semiarid climatic condition. *African Journal of Agricultural Research*, 6(4), 1032-1040.

Khorramian, M. (2002).Effect of deficit irrigation by alternate furrow irrigation method on the corn yield in the north Khuzestan.*Journal of Agricultural Engineering Research*, 3(11), 91-101. (in Farsi).

Archive of SID

www.SID.ir

Majidian, M., Ghalavand, A., Karimian, N., and Kamgar haghighi, A. A. (2008).Effect of nitrogen different amounts, manure and irrigation water on yield and yield components of corn.*Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences* (EJCP), 1(2), 67-85.

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.

Molavi, H., Mohammadi, M., and Liaghat, A. M. (2011). Effect of full irrigation and alternative furrow irrigation on yield, yield components and water use efficiency of tomato (*Super Strain B*). *Wter and Soil Science*, 3(21), 115-126. (in Farsi).

Nouri azhar, J. and Ehsanzedeh, P. (2007).Study of relationship of some growth indices and yield of five corn hybrids at two irrigation regime in Esfahan region. *Journal of Science and Technology*, 41, 261- 272.

Osborne, S. L., Schepers, J. S., Francis, D. D., and Schlemmer, M. R. (2002). Use of spectral radiance to in-season biomass and grain yield in nitrogen and water-stressed corn. *Crop Science*, 42, 165-171.

Pandy, R. K. and Maranville, J. W. (2000). Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. II: Shoot growth, nitrogen uptake and water extraction. *Agricultural Water Management*, 46(1), 15-27.

Rafiee, M. and Shakarami, Gh. (2010). Water use efficiency of corn as affected by every other furrow irrigation and planting density. *World Applied Sciences Journal*, 11(7), 826-829.

Rezaei Estakhroeih, A., Bromand Nasab, S., Hooshmand, A., and Khanjani, M. J. (2012). Effect of deficit irrigation and partial rootzone drying on morphological and physiological characteristics of corn. *Iranian Society of Irrigation and Water Engineering*, 2(6), 67-76.

Rezaei Estakhroeih, A., Hooshmand, A., Bromand Nasab, S., and Khanjani, M. J. (2012). Effect of deficit irrigation and partial rootzone drying on yield, yield components and water use efficiency of maize (*Zea mays L.*) SC 704. *Journal of Water and Soil*, 26(6), 1514-1521. (in Farsi).

Sepaskhah, A. R. and Parand, A. R. (2006). Effects of alternate furrow irrigation with supplemental every furrow irrigation at different growth stage of maize (*Zea Mays L.*).*Plant Production Science*, 9, 415-421.

Singh, J. and Patel, A. L. (1996). Water statues, gaseous exchange, proline accumulation and yield of wheat in response to water stress. *Annual of Biology Ludhiana*, 12, 77- 81.

Stoll, M., Loveys, B., and Dry, P. (2000). Improving water use efficiency of irrigated horticultural crops, *J. Exp. Bot*, 51, 1627–1634.

Archive of SID

www.SID.ir