تأثیرات کم‌آبیاری بر خصوصیات کیفی و عملکرد ارقام ذرت دانه‌ای در منطقه اصفهان[۱]

حمیدرضا سالمی ولاله مشرف[۲]

تاریخ دریافت مقاله: ۸۳/۹/۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۴/۵/۲۴

چکیده

در مدیریت آبیاری، کم‌آبیاری روشی است که بر اساس آن ضمن وارد نیامدن خسارات شدید به گیاه در اثر تنش خشکی، در مقدار آب آبیاری صرفه‌جویی می‌شود. غلات از جمله محصولات زراعی هستند که امکان به کارگیری مدیریت کم‌آبیاری برای آنها وجود دارد. به منظور مشخص کردن اثر کم‌آبیاری بر خصوصیات کیفی ذرت دانه‌ای (ارقام ۶۴۷ و ۷۰۴)، تحقیقی سه ساله (۸۰-۱۳۷۸) با چهار تیمار آبیاری شاهد، آبیاری کامل، ۸۰ درصد آبیاری کامل و ۶۰ درصد آبیاری کامل در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی به صورت بلوک خرد شده با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کبوترآباد اصفهان اجرا شد. قبل از شروع کاشت، نسبت به نمونه‌گیری آب، خاک و انجام آزمایش‌های مورد نیاز اقدام شد. میزان کود مصرفی طبق نتایج آزمون خاک و دستورالعمل مؤسسه تحقیقات خاک و آب تعیین گردید. در مهر ماه هر سال پس از عملیات برداشت خصوصیات کیفی محصول شامل: درصد چربی، پروتئین، خاکستر، و عملکرد دانه اندازه‌گیری و داده‌های ثبت شده در مدت سه سال آزمایش تجزیهٔ مرکب گردید. نتایج نشان داد که اثر رقم روی هیچ یک از صفات مورد اندازه‌گیری معنی‌دار نیست و از نظر عملکرد محصول تفاوت معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۵$) بین تیمارهای آبیاری وجود دارد. همچنین مشخص شد که اثر تیمارهای آبیاری بر درصد پروتئین، چربی، و خاکستر معنی‌دار نیست. بیشترین میزان چربی و خاکستر در تیمار آبیاری کامل و کمترین آن در تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل به دست آمد. مقدار پروتئین نیز در تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل، حداکثر بود. یافته‌ها نشان داد با در نظر گرفتن بررسی‌های آماری و اهمیت بهنیه‌سازی آب مصرفی با کم‌آبیاری و بر اساس مقادیر کارآیی مصرف آب (WUE)، تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل بر سایر تیمارها برتری دارد و به عنوان یک روش مدیریتی کارآمد در آبیاری مزارع ذرت توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی

اصفهان، خصوصیات کیفی، ذرت دانه‌ای، عملکرد دانه، کم‌آبیاری

۱- برگرفته از طرح تحقیقاتی مصوب مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی به شمارهٔ ۷۸۰۲۲-۲۰-۱۰۳

۲- اعضای هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، اصفهان، ص. پ: ۱۹۹-۸۱۷۸۵، دورنگار: ۰۳۱۱-۷۷۵۷۰۲۲، پیام نگار: hr_salemiuk@yahoo.com

مقدمه

بهنیه‌سازی مصرف آب و تعیین حد بهینهٔ مصرف مستلزم اجرای تحقیقات در مزرعه و انطباق آن با عرف معمول و روش استفاده از آب در هر منطقه است. برای دستیابی به چنین هدفی وجود اطلاعات مزرعه‌ای مثل عملکرد محصول، سطوح مختلف آب آبیاری، و مدیریت‌های آبیاری الزامی است. اصولاً این طور نیست که افت عملکرد دقیقاً با کاهش آب مصرفی متناظر باشد بلکه این روند، عموماً غیرخطی است و نتایج تحقیقات نشانگر آن است که افت عملکرد بسیار کمتر از میزان کاهش آب مصرفی است (Tavakoli, 1996). از سوی دیگر، به کارگیری شیوه‌ای از کم‌آبیاری که کاربرد آن در سطح اراضی کشاورزان امکان‌پذیر باشد بسیار با اهمیت است. ذرت[1] از جمله محصولات مهم و استراتژیک کشور است که بر اساس آمار سال ۱۳۸۱ از ۱۸۰ هزار هکتار اراضی زیر کشت آن، با عملکرد متوسط ٦/۲ تن در هکتار، مجموعاً حدود ۱/۱ میلیون تن ذرت در کشور تولید شده است (بی‌نام، ۱۳۸۲). سطح زیرکشت ۵۸۰۰ هکتاری ذرت در اصفهان و کاربرد ذرت دانه‌ای در تولید روغن مایع خوراکی و دان مرغی، اهمیت این تحقیق را معلوم می‌سازد که در ایستگاه تحقیقات کبوترآباد اجرا شد.

مقادیر مختلف آب آبیاری تأثیرات متفاوتی بر مشخصه‌های فیزیولوژیک وخصوصیات کیفی ذرت از جمله مقدار پروتئین، چربی، و خاکستر دارد و با توجه به بحران آب در کشور، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، کاهش میزان مصرف آب آبیاری در این محصول استراتژیک ضروری به نظر می‌رسد. بالا بودن مقدار پروتئین و چربی دو صفت شیمیایی مطلوب ذرت دانه‌ای هستند که در ارزش نهایی محصول سهم بسزایی دارند. خاکستر در مواردی مثل تولید دان مرغی باعث افزایش املاح و بالا رفتن ارزش غذایی و در موارد دیگر مانند تولید روغن خوراکی به عنوان کاتالیزور اکسیداسیون روغن عمل می‌کند (Majedi, 1994). هدف اساسی در به کارگیری روش‌های کم‌آبیاری، افزایش راندمان کاربرد آب، از طریق کاهش میزان آب آبیاری در هر نوبت یا حذف آبیاری‌هایی است که کمترین بازدهی را دارند یا در افزایش سود خالص نقشی ندارند. در شرایط محدودیت منابع آب از بعد تحلیل اقتصادی، سود خالص در حالت بیشترین محصول، حداکثر نخواهد بود. مفهوم این موضوع آن است که حداکثر تولید لزوماً عامل دستیابی به حداکثر سود خالص نیست و اگر مشکلات و محدودیت‌هایی از نظر تأمین سرمایه، انرژی، نیروی کارگر، و دیگر منابع تولید وجود داشته باشد استفاده از فن کم‌آبیاری می‌تواند به مدیریت مزرعه در افزایش سطح زیرکشت (در حالتی که محدودیت زمین در بین نیست) و تعیین الگوی بهینهٔ کشت (مدیریت تخصیص آب) کمک کند (Kheyrabi *et al*., 1996). غیثی (Gheisi, 1988) طی تحقیقی در ایستگاه زرقان فارس گزارش کرد که آبیاری ۵ و ۸ روزه نسبت به دور ۱۱ روزه در سطح یک درصد معنی‌دار است. همچنین عملکرد محصول با دور آبیاری ۸ روز، در مقایسه با ۵ روز، حدود ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش دارد ولی از لحاظ خصوصیات کیفی تیمارهای دور آبیاری معنی‌دار نیستند. ضمن اینکه تیمار ۸۰ درصد تبخیر از تشت نسبت به سطوح ٦۵

1- *Zea mayz* L.

و ۵۰ درصد کاملاً معنی‌دار بوده است.

سجادی (Sajadi, 1986) در مورد مقاومت به کم‌آبی در نباتات زراعی و تطابق پذیری مطالعاتی انجام داده است. در محصولاتی چون آفتابگردان، سورگوم، و ذرت در شرایط مزرعه‌ای تعدیل اسمزی در واکنش به کم‌آبی وجود داشته و مشخص شده است که پتانسیل اسمزی تابعی از پتانسیل آب برگ است و با توسعهٔ کم‌آبی به طور خطی با کاهش پتانسیل آب برگ کاهش می‌یابد. در مورد سویا، چه در شرایط مزرعه‌ای با کم‌آبی تدریجی و چه در شرایط کنترل شده با کم‌آبی سریع و ناگهانی، تعدیل اسمزی مشاهده نشده است. بدیهی است شیوه‌های انطباق مؤثر در افزایش عملکرد محصول در شرایط خشکی، به زمان، طول دورهٔ کم‌آبی، و قابل پیش‌بینی بودن این دوره بستگی دارد. همچنین مشخص شده که سایر مکانیسم‌های کاهش دهندهٔ فتوسنتز و رشد گیاه ممکن است در شرایط کم‌آبی مفید واقع شوند مشروط بر آنکه کارایی و سودمندی آب مصرفی را افزایش دهند و در حفظ و ذخیرهٔ آب کافی برای باردهی و تولید عملکرد اقتصادی مؤثر باشند. تاکنون اصلاح و پرورش ارقام نباتات زراعی برای مقاومت به خشکی غالباً به صورت تجربی بوده است و معمولاً از میان ارقام تولید شده در شرایط رطوبتی نامحدود رقم‌های مناسب برای شرایط کم‌آبی نیز انتخاب شده‌اند. ارقام پرمحصول انتخاب شده در شرایط رطوبتی مطلوب معمولاً در شرایط کم‌آبی عملکرد خوبی ندارند. اعتقاد اکثر محققان این است که پتانسیل عملکرد محصول هرگونهٔ گیاهی تحت شرایط مطلوب، در تعیین قدرت تولید و عملکرد آن در شرایط محدود بودن آب، اهمیت دارد.

چودری و کورشی (Chaudhry & Qureshi, 1991) تأثیر کم‌آبی را روی خصوصیات کیفی ذرت دانه‌ای بررسی و مشاهده کردند که با وجود کاهش عملکرد دانه درصد پروتئین افزایش می‌یابد.

پالسن (Paulsen, 1991) به بررسی خصوصیاتی چون اندازه دانه، آزمون وزن صد دانه، حساسیت دانه به شکستگی و سختی (به عنوان پارامترهای فیزیکی) و چربی، نشاسته، و نیتروژن (به عنوان پارامترهای شیمیایی) پرداخت که روی کیفیت و راندمان محصول ذرت تحت شرایط تنش اثر دارند. در این آزمایش مشخص شد که اندازهٔ دانه، وزن صد دانه، چربی و نیتروژن دارای تأثیر معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۵$) هستند.

تحقیقات فیش باخ و سامرهالدر (Fishbach & Somerhalder, 1974) در مزرعهٔ آزمایشی تحت آبیاری روش تیپ نشان داد که تفاوت معنی‌داری در میزان عملکرد و چربی محصول ذرت برای دورهای آبیاری ۱/۵، ۳ و ۷ روز وجود ندارد. کالدول و همکاران (Caldwell *et al.*, 1994) نشان دادند که در مزرعهٔ ذرت با روش آبیاری تیپ بین تیمارهای دور آبیاری ۱، ۳، ۵، و ۷ روز تفاوت معنی‌داری از نظر میزان عملکرد محصول ذرت دانه‌ای و چربی وجود ندارد. در گزارش انگلیش و راجا (English & Raja, 1996) گفته شده است که با ۵۹ درصد کاهش آب مصرفی ذرت در کشور زیمبابوه، سود خالص به ازای واحد آب مصرفی ۶۸ درصد بیش از آبیاری کامل بوده است.

در تحقیقات سه سالهٔ کاکر (Caker, 2004) در ترکیه تأثیر تنش آبی (۱۶ تیمار آبیاری) در مراحل چهارگانهٔ رشد روی عملکرد دانه، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، و وزن هزار دانه بررسی شد. نتایج نشان داد تأثیر حذف آبیاری در مراحل کاکل‌دهی و تشکیل چوب ذرت روی عملکرد و پارامترهای رویشی معنی‌دار است و باعث کاهش ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ می‌شود و کمبود آب نیز در دوره‌های کوتاه مدت در زمان رشد سبزینه‌ای ۲۸ تا ۳۲ درصد وزن مادهٔ خشک را کاهش می‌دهد. بیشترین عملکرد دانه در آبیاری کامل (شاهد) به دست آمد. حتی حذف یک آبیاری در مراحل حساس رشد منجر به ٤٠ درصد کاهش عملکرد شد. میزان آب مصرفی در شرایط بدون تنش ٦٠٠ میلی‌متر گزارش شده است.

با توجه به اهمیت کشت ذرت دانه‌ای در استان اصفهان و مصرف آن در کارخانه‌های تولید روغن مایع خوراکی و تأمین دان مرغی از یک سو و بروز خشکسالی‌های اخیر از سوی دیگر، تعیین اثر کم‌آبیاری بر عملکرد دانه و خصوصیات کیفی این محصول در شرایط آب و هوایی خشک و بهینه‌سازی مصرف آب از اهداف این تحقیق بوده است.

مواد و روش‌ها

محل اجرای طرح، ایستگاه تحقیقات کبوترآباد واقع در ۲۵ کیلومتری شرق اصفهان با مختصات جغرافیائی ′۳۱ °۳۲ عرض شمالی، و ′۵۱ °۵۱ طول شرقی و ارتفاع ۱۵٤۵ متر از سطح دریاست. این منطقه با متوسط بارش حدود ۱۱۵ میلی‌متر در سال از مناطق خشک کشور محسوب می‌شود. نفوذپذیری خاک ۲سانتی‌متر در ساعت و وزن مخصوص ظاهری در سطح خاک ۱/۳٤ و در عمق ۱۰۰ سانتی‌متری ۱/٤۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب اندازه‌گیری شده است. در این ایستگاه میزان ظرفیت انباشت رطوبتی خاک (FC-PWP) از ۱۵/۵ تا ۱۷درصد وزنی در عمق‌های مختلف خاک متغیر است. نتایج تجزیه خاک و آب مزرعه در جدول‌های شمارهٔ ۱ و ۲ آورده شده است.

این تحقیق در زمینی به مساحت تقریبی ۱۰۰۰ مترمربع طی سال‌های ۸۰-۱۳۷۸ انجام شد. در پایان هر سال عملکرد دانه اندازه‌گیری و با اندازه‌گیری خاکستر، نیتروژن، و چربی خصوصیات کیفی دانه ذرت (با توجه به امکانات موجود) تعیین شد.

جدول شمارهٔ ۱- نتایج تجزیه خاک محل اجرای طرح

عمق (سانتی‌متر)	EC (دسی زیمنس بر متر)	OC (درصد)	$P_{ava.}$ (قسمت در میلیون قسمت)	$K_{ava.}$ (قسمت در میلیون قسمت)	N (درصد)	بافت	FC-PWP (درصد وزنی)
۰-۲۰	۳/۷	۱/۰٦	۱۷/۳	۳۳۵	۰/۱۰٦	SiCL	۱۷
۲۰-٤۰	۱/۲	۰/۷۸	۵/۱	۲۵۰	۰/۰۷۸	SiCL	۱٦
٤۰-٦۰	۱/٤	۰/٦۷	٤/۱	۲۵۰	۰/۰٦۷	SiCL	۱٦
٦۰-۸۰	۱/۱	۰/۵۱	۲/۳	۲٦۰	۰/۰۵۱	CL	۱۵
۸۰-۱۰۰	۱/۲	۰/٤٤	۲/۳	۲٤۰	۰/۰٤٤	CL	۱۵/۵

جدول شمارهٔ ۲- نتایج تجزیهٔ آب محل اجرای طرح

EC (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته pH	(میلی اکی والان در لیتر)						
		بی کربنات (HCO_3^-)	کلر (Cl^-)	سولفات (SO_4^{2-})	کلسیم + منیزیم ($Ca^{2+}+Mg^{2+}$)	سدیم (Na^+)	مجموع آنیون‌ها	مجموع کاتیون‌ها
۲/۲۳	۷/۲	٤/٤	۱۲/٤	۸/٦	۱٦/٤	۱۰	۲٥/٤	۲٦/٤

- اندازه‌گیری درصد خاکستر

وسایل مورد نیاز: ترازوی حساس، بوتهٔ چینی، کورهٔ الکتریکی، خشکاننده[1]

آزمایش خاکستر به مواد شیمیایی نیاز ندارد.

- طرز اندازه‌گیری

بوتهٔ چینی به مدت نیم ساعت در کورهٔ الکتریکی با دمای ۵۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد حرارت داده شد و سپس در خشکاننده سرد گردید. وزن بوته با دقت ۰/۱ میلی‌گرم اندازه‌گیری شده است. در بوتهٔ چینی ۲ گرم از نمونهٔ آرد ذرت به دقت وزن و روی شعله در کوره سوزانده شد. پس از تمام شدن دود، بوته در کورهٔ الکتریکی با دمای ٦۰۰-۵۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفت و خاکستر شد به طوری که رنگ خاکستری متمایل به سفید و بدون ذرات سیاه به دست آمد (بعد از حدود ٦-٤ ساعت). در این مرحله از آزمایش بوته در خشکاننده سرد شد و پس از توزین، درصد خاکستر از رابطهٔ زیر به دست آمد (Parvaneh, 1992):

$$\text{درصد خاکستر} = \frac{(\text{وزن بوته} - \text{وزن بوته و خاکستر})}{\text{وزن نمونه}} \times ۱۰۰ \quad (۱)$$

- اندازه‌گیری درصد نیتروژن

وسایل مورد نیاز: بالن مخصوص کلدال، ارلن مایر، استوانه مدرج، بورت و دستگاه تقطیر کلدال

مواد شیمیایی مورد نیاز: سولفات پتاسیم، سولفات مس، محلول سولفید پتاسیم یا تیوسولفات سدیم، محلول اشباع اسید بوریک (٤ درصد)، محلول اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، محلول قلیایی هیدروکسید سدیم، شناساگر متیل رد، اسید سولفوریک غلیظ، اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال، سولفات روی و اکسید سلنیم به عنوان کاتالیزور.

اصول آزمایش عبارت از تعیین مقدار نیتروژن تام نمونه ذرت است که در این تحقیق به روش ماکروکلدال[2] (Majedi, 1994) انجام شده است.

- طرز اندازه‌گیری

در مرحلهٔ اکسیداسیون، ۳ گرم نمونهٔ ذرت در کاغذ مومی وزن و در فلاسک ۵۰۰ میلی‌لیتری کلدال قرار داده شد. حدود ۰/۷ گرم کاتالیزور و ۲۰ سانتی‌مترمکعب اسید سولفوریک غلیظ به آن اضافه شد. از یک فلاسک محتوی کلیهٔ مواد لازم به غیر از نمونه مورد آزمایش (ذرت) به عنوان شاهد استفاده شد. دستگاه با ملایمت حرارت داده شد و محلول به نقطهٔ جوش رسید. حرارت دادن تا رسیدن محلول به رنگ روشن ادامه یافت. سپس

1-Desicator 2- Macrokjeldahl

حرارت قطع شد. پس از سرد شدن، حدود ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه و فرصت داده شد تا سرد شود. در مرحلهٔ دوم (تقطیر) ابتدا یک ارلن مایر ۵۰۰ میلی‌لیتری حاوی ۵۰ میلی‌لیتر اسید بوریک اشباع شده و ۵ قطره شناساگر متیل رد در زیر لوله مبرد دستگاه تقطیر قرار داده شد. در آخرین مرحلهٔ آزمایش (تیتراسیون)، آمونیاک تقطیر شده در ارلن مایر با محلول اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال تیتر و از متیل رد به عنوان شناساگر استفاده شد. مقدار اختلاف حجم اسید مصرف شده برای نمونه و حجم اسید مصرفی برای شاهد نشان دهندهٔ مقدار نیتروژن موجود در نمونه است. درصد نیتروژن از رابطه شمارهٔ ۲ (Majedi, 1994) استخراج شد:

با در نظر گرفتن ضریب پروتئین که برای ذرت ۵/۲۵ (Majedi, 1994) است، مقدار پروتئین دانهٔ ذرت به دست می‌آید.

– اندازه‌گیری چربی

وسایل و مواد مورد نیاز: دستگاه سوکسله، سولفات سدیم، اتر دو پترول، صافی، بالن، آون، و خشکاننده

– طرز اندازه‌گیری

برای جدا کردن چربی مواد غذایی مختلف، به ویژه در دانه‌های روغنی، از محلول‌های آلی استفاده می‌شود که در روش سوکسله نیز از همین اصل پیروی شد. به این ترتیب که ماده اولیهٔ در مجاورت حلال قرار داده شد. پس از مدت معینی تمام چربی جسم در حلال حل و با جدا کردن چربی از حلال درصد چربی تعیین شد. در روش آزمون، نمونه با سولفات سدیم مخلوط شد تا تمامی آب آن جذب سولفات سدیم گردد. آنگاه مقدار معینی از نمونه‌ها در داخل کاغذ صافی که به شکل لوله در آورده شده بود ریخته و سپس در قسمت مخزن تقطیر و رابط سوکسله قرار داده شد. بالن دستگاه که قبلاً وزن شده است تا ٦٦ درصد حجم آن از اتردو پترول پر و به دستگاه وصل شد. سپس بالن توسط گرمخانه حرارت داده شد. در اثر گرما و تبخیر اتردوپترول بخارهای حاصل از لوله ضخیم جداری جدا کننده و رابط خارج و در ناحیهٔ سرد کننده تقطیر و به مخزن تقطیر وارد شد. در اثر تماس و نفوذ حلال به داخل صافی، چربی موجود در نمونه در حلال حل گردید. پس از آنکه حجم اتر در لوله استخراج و رابط به مقدار معینی رسید اثر از لولهٔ باریک جداری مخزن تقطیر به داخل بالن برگشت. مدت لازم برای استخراج چربی بر حسب تعداد قطره‌های تردوپترول که به داخل مخزن می‌چکد تعیین شد.

پس از اتمام کار، بالن از دستگاه جدا و حلال در دمای ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد توسط گرمخانه تبخیر شد، پس از سرد کردن، در خشکاننده وزن گردید. درصد چربی از رابطهٔ شمارهٔ ۳ استخراج شد.

$$\text{درصد نیتروژن} = \frac{(\text{مقدار سود مصرفی برای نمونه} - \text{مقدار سود مصرفی برای شاهد}) \times \text{نرمال} \times ۰/۰۰۱٤ \times ۱۰۰}{\text{وزن نمونه برداشتی}} \quad (۲)$$

$$\text{درصد چربی} = \frac{\text{اختلاف توزین اولیه و ثانویهٔ بالن}}{\text{وزن نمونه}} \times ۱۰۰ \quad (۳)$$

- روش‌ها

به منظور بررسی اثر مقادیر مختلف کم‌آبیاری بر عملکرد و صفات کیفی ذرت دانه‌ای این تحقیق بر پایهٔ طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی و به صورت اسپلیت پلات اجرا شد. میزان آب آبیاری به عنوان کرت اصلی در چهارسطح شامل: شاهد (عرف محلی)، ٦٠، ٨٠، و ١٠٠ درصد تبخیر و تعرق گیاه به صورت مقادیر تبخیر از تشت کلاس الف با اعمال ضرایب K_p (ضریب تشت) و K_c (ضریب گیاهی) و دو رقم ذرت دانه‌ای (٦٤٧ و ٧٠٤) به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. نحوهٔ آبیاری به صورت جویچه‌ای بود و آبیاری کرت شاهد به صورت عرف محلی (جویچه‌ای با مدیریت زارع) انتخاب گردید. از سیفون‌های یک اینچی به صورت حجمی با دورهای آبیاری هفت روزه (Aghdaie & Rezaie, 2002) برای آبیاری استفاده شد. در جدول شمارهٔ ٣ میزان آب آبیاری طی فصل رشد در تیمارهای مختلف ارائه شده است.

در این آزمایش به منظور محاسبهٔ مقادیر F از امید ریاضی و برای شناخت رابطهٔ عملکرد و صفات کیفی از روش همبستگی استفاده شد. در این طرح، ذرت به روش هیرم‌کاری با عمق ٦-٥ سانتی‌متر و فواصل روی پشته ٢٠ سانتی‌متر کاشته شد. فواصل خطوط کاشت (چهار ردیف در هر بلوک) ٧٥ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و طول شیارها ٣٠ متر منظور گردید (Sabzi, 2000). تاریخ کاشت در سال‌های اول، دوم و سوم به ترتیب ٢٨، ٣٠، و ٢٥ اردیبهشت و تاریخ برداشت ٣ آبان، ٧ آبان، و ٣٠ مهر بود. با علف‌های هرز در این طرح به طریق شیمیایی، با استفاده از سموم آترازین[1] (١/٢ کیلوگرم ماده تجارتی در هکتار) و لاسو[2] (٥ لیتر در هکتار)، مبارزه شد. خاطر نشان می‌سازد به منظور مقابله با آبدزدک در طول فصل زراعی دوبار، هر بار به میزان ٠/٥ کیلوگرم در ١٠٠٠ مترمربع از طعمهٔ سبوس گندم با سم سوین[3] استفاده شد.

جدول شمارهٔ ٣- میزان آب آبیاری طی فصل رشد (متر مکعب در هکتار) در تیمارهای مختلف

تیمار / ماه	تیمار شاهد	تیمار ١٠٠ درصد	تیمار ٨٠ درصد	تیمار ٦٠ درصد
خرداد	١٠٤/٥	٩٥/٠	٧٦/٠	٥٧/٠
تیر	٢٧٦/٩	٢٥١/٧	٢٠١/٤	١٥١/٠
مرداد	٣٣٥/٧	٣٠٥/٢	٢٤٤/٢	١٦٣/٢
شهریور	٢٧٣/٠	٢٤٨/٢	١٩٨/٦	١٤٨/٩
مهر	٩٣/٥	٨٥/٠	٦٨/٠	٥١/٠
جمع	١٠٨٣٦	٩٨٥١	٧٨٨١	٥٩١١

1- Atrazine 2- Lasoo (Alacolore) 3- Sevin (Carbaryl)

نتایج و بحث

برای تعیین اثر سال، داده‌ها و اطلاعات مربوط به خصوصیات مختلف در طول مدت اجرای طرح، تجزیهٔ واریانس مرکب گردید و میانگین تیمارهای مختلف آبیاری در این شاخص‌ها به روش دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شد (جدول‌های شمارهٔ ٤ و ۵). نتایج نشان می‌دهد که اثر تیمارهای آبیاری بر اساس عرف محل (شاهد)، آبیاری کامل، ۸۰ درصد آبیاری کامل، و ٦۰ درصد آبیاری کامل بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است ولی این اثر روی شاخص‌های کیفی شامل: پروتئین، چربی، و خاکستر معنی‌دار نیست. نتیجهٔ بررسی اثر رقم بر شاخص‌های مختلف این است که این اثر بر هیچ یک از صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نیست. همبستگی عملکرد دانه و پروتئین در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است (r=۰/۷) ولی این ارتباط بین عملکرد و خاکستر ارتباط معنی‌داری نشان نمی‌دهد. همچنین، عملکرد دانه با چربی دارای رابطه معنی‌دار در سطح یک درصد (r=۰/۸) است. از نظر خصوصیات کیفی، بین تیمارهای آبیاری شاهد، ۱۰۰، ۸۰، و ٦۰ درصد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۱۰۰ درصد به میزان ۹٤۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که با عملکرد در تیمار ٦۰ درصد دارای تفاوت معنی‌دار است. در این تحقیق نشان داده شد که کم‌آبیاری موجب ۱۲ درصد افت عملکرد می‌شود. در تحقیقات کاکر (Caker, 2004) نیز بیشترین عملکرد در تیمار آبیاری کامل به دست آمده و تنش آبی موجب ٤۰ درصد کاهش محصول شده است. مقایسهٔ میانگین تیمارها اختلاف معنی‌داری را بین تأثیر مقادیر مختلف آبیاری بر خصوصیات کیفی (پروتئین، چربی، و خاکستر) ذرت دانه‌ای نشان نمی‌دهد. بیشترین میزان چربی و خاکستر در تیمار آبیاری کامل و کمترین آن در تیمار ٦۰ درصد به دست آمد. حداکثر مقدار پروتئین در تیمار ٦۰ درصد آبیاری کامل به دست می‌آید. در این آزمایش اثر متقابل تیمارهای آبیاری و رقم در مورد هیچ یک از صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نگردید. ولی اثر سال بر کلیهٔ صفات در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد.

غیثی (Gheisi, 1988) تأثیر دورهای مختلف آبیاری را بر خصوصیات کیفی ذرت دانه‌ای بررسی و اعلام کرده است که این اثر معنی‌دار نیست. تنش‌های رطوبتی به طور کلی تعادل بین چربی و پروتئین و حتی هیدرات کربن (قند) را تغییر می‌دهد. در غلات، تنش آبی درصد پروتئین را افزایش و میزان چربی را کاهش می‌دهد که این پدیده به دلیل کاهش پتانسیل آب در شیرهٔ سلولی به منظور مقابله با تنش است. از سوی دیگر، در شرایط کم‌آبی تشکیل ملکول‌های ساده‌تر خود به خود افزایش می‌یابد. بدین ترتیب تبدیل مواد فتوسنتزی عمدتاً به سوی ساخت پروتئین پیش می‌رود. در تحقیق غیثی میزان پروتئین در تیمار آبیاری ٦۰ درصد حداکثر بود که از سازگاری کامل با نتایج اخذ شده از تحقیق حاضر برخوردار است. همچنین چودری و کورشی (Chaudhry & Quieshi, 1991) در تحقیقی با کاهش ۲۰ درصد آب مصرفی، میزان پروتئین را ۲ درصد افزایش دادند. در بخشی از مطالعات فیش باخ و سامرهالدر (Fishbach & Somerhalder, 1974) مشخص است

که تفاوت معنی‌داری بین دورهای مختلف آبیاری در مورد میزان چربی وجود ندارد. این تحقیقات همگی مؤید نتایج این پژوهش در خصوص معنی‌دار نشدن اثر مقادیر مختلف آبیاری بر خصوصیات کیفی و افزایش میزان پروتئین در اثر کاهش مصرف آب است. بررسی صفات کیفی، تجزیهٔ واریانس، مقایسهٔ میانگین تیمارهای آبیاری، و مقادیر کارآیی مصرف آب (WUE) در تیمارهای مختلف (جدول‌های شمارهٔ ٤، ٥، و ٦) نشان می‌دهد که تفاوت مقادیر خصوصیات کیفیت در مقادیر مختلف آبیاری معنی‌دار نیست، بنابراین تیمار ٦٠ درصد آبیاری کامل با ٤٠ درصد صرفه‌جویی آب در مناطق بحران زده مرکزی ایران بر سایر تیمارها برتری دارد.

جدول شمارهٔ ۴- میانگین مربعات صفات مورد بررسی و آزمون منابع تغییرات بر اساس امید ریاضی

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	پروتئین	خاکستر	چربی	آزمون F براساس امیدریاضی
سال	۲	٥٤/٦٤١**	٤/٤٣٥**	٦/٤٣٢**	١٢/٤٨٨**	خطای سال / سال
خطای سال	٦	۰/۸۷۰	۰/۱٤۱	۰/۲۲۲	١/٥٨٦	
آبیاری	۳	۱/۹۰۰*	۰/۲۰٥ns	۰/۱۳۹ns	۰/٥۰۲ns	آبیاری × سال / آبیاری
آبیاری × سال	٦	۰/٤۰۰ns	۱/۰۷۹ns	۰/۲۲۰ns	۰/٤٤۹ns	خطای e2 /سال × آبیاری
خطای (e2)	۱۸	۰/٤۷۹	۰/٤۹۸	۰/۱۹۳	۰/۷٥۹	
رقم	۱	۰/۳۱۸ ns	۳/۲٤۷ns	۰/۳٥۷ns	١/٤٥٦ns	رقم× سال/رقم
آبیاری × سال	۳	۰/۱٤٥ ns	۰/۷٤۷ns	۰/۲۱۲ns	١/١١۳ns	اشتباه جمع شده/آبیاری × رقم
رقم × سال	۲	۰/٤٥۲ ns	۰/٤٤۸ns	۰/۳۰۳ns	١/۹۸۷ns	اشتباه جمع شده/سال × رقم
اشتباه جمع شده (Polling)	۳۰	۰/۳۱۹	۰/٤٤۹	۰/۲۲۹	١/٢٦٤	

* اختلاف تیمارها در سطح ٥ درصد معنی‌دار است. ** اختلاف تیمارها در سطح ١ درصد معنی‌دار است.

n.s اختلاف تیمارها معنی‌دار نیست.

جدول شمارهٔ ۵- میانگین عملکرد دانه و صفات کیفی ذرت دانه‌ای تحت تأثیر مقادیر مختلف آبیاری

نوع تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	پروتئین (درصد)	خاکستر (درصد)	چربی (درصد)
آبیاری شاهد	۹۲۷۱a*	۷/۳٤a	۲/۰۸۲a	٤/٥۸۱a
۱۰۰ درصد آبیاری کامل	۹٤٥۰a	۷/٤٥a	۲/۱۹٤a	٤/۸۷٦a
۸۰ درصد آبیاری کامل	۹۲٥۰a	۷/٤۹a	۲/۰۲۰a	٤/٥۷٦a
٦۰ درصد آبیاری کامل	۸۳۷۷b	۷/٦۰a	١/۹۹۰a	٤/٤۹۷a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح ٥ درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

جدول شمارهٔ ۶- مقادیر کارآیی مصرف آب (WUE) در تیمارهای مختلف آبیاری

پارامتر / تیمار	عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)	حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)	کارآیی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)
شاهد	۹۲۷۱	۱۰۸۳۶	۰/۸۵
۱۰۰ درصد آبیاری کامل	۹٤٥۰	۹۸۵۱	۰/۹٦
۸۰ درصد آبیاری کامل	۹۲٥۰	۷۸۸۱	۱/۱۷
٦۰ درصد آبیاری کامل	۸۳۷۷	٥۹۱۱	۱/٤۲

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های این تحقیق می‌توان توصیه‌هایی به شرح زیر عرضه کرد:

- تحلیل داده‌های این بررسی مربوط به عملکرد دانه و خصوصیات کیفی ذرت دانه‌ای و واکنش مناسب شاخص پروتئین به کم‌آبیاری از یک سو و کاهش ناچیز درصد چربی و خاکستر بر اثر تنش آبی از سوی دیگر نشان می‌دهد که اگر قرار باشد روش‌های کم‌آبیاری پیش گرفته شوند تیمار آبیاری در سطح ٦۰ درصد بر سایر تیمارها برتری دارد.
- موفقیت نسبی در اعمال روش‌های کم‌آبیاری بستگی دارد به اینکه این روش‌ها به مراحل حساس گیاه به تنش خشکی برخورد نکند. از این رو در طول دورهٔ ٤/٥ ماههٔ رشد و نمو گیاه ذرت، از اعمال تنش در یک دورهٔ بیست روزهٔ گل‌دهی باید اجتناب شود.
- نظر به نتایج تحقیقات قبلی (Akbari *et al*., 1999) مبنی بر مناسب بودن روش S.C.S (سازمان حفاظت آمریکا) برای طراحی آبیاری شیاری در منطقه مورد مطالعه و به منظور اعمال دقیق روش‌های کم‌آبیاری و برای حصول حداکثر راندمان کاربرد آب لازم است با تعیین بافت خاک و شیب اراضی، طول و عرض بهینهٔ شیار در جداولی به صورت توصیه‌های ترویجی تهیه و در اختیار کشاورزان قرار داده شود.
- استفاده از راهکار کم‌آبیاری باعث افزایش راندمان مصرف آب می‌شود ولی، با توجه به بالاتر رفتن دمای محیط در طول رشد و نمو گیاه نسبت به دمای مطلوب و همچنین شست و شو نشدن املاح به جا مانده در پروفیل خاک کاربرد این روش در مناطق خشک و نیمه خشک (محل اجرای طرح) باعث افزایش شوری در خاک می‌شود. از این رو پیشنهاد می‌گردد به منظور حفظ سیستم کشاورزی پایدار، مسئله بیلان آب و نمک در پروفیل خاک به ویژه در مورد گیاهان ردیفی لحاظ شود.
- سازمان‌های آب منطقه‌ای به عنوان متولیان امر تأمین و توزیع آب با هماهنگی سازمان‌های جهاد کشاورزی ترتیبی اتخاذ کنند که قراردادهای فروش آب به کشاورزان به ویژه در سال‌های خشک با لحاظ کردن روش‌های کم‌آبیاری منعقد

شود.

- با توجه به اهمیت ویژهٔ مقدار آمینو اسیدهای لیسین و تریپتوفان در جیرهٔ غذایی انسان، دام، و طیور اجرای برنامهٔ مشابهی برای تحقیق روی ذرت رقم Opaqe-2 ضروری به نظر می‌رسد زیرا این رقم نسبت به ارقام معمولی ذرت حاوی مقادیر بیشتری از آمینو اسیدهای مذکور است (Sprague & Dyuley, 1992).

قدردانی

از آقای مهندس حمیدرضا ابراهیمیان برای مساعدت در تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، از آقایان امراله شاهین و مجید زیدی برای آزمایش‌های کیفی و اندازه‌گیری‌های صحرایی، از خانم مریم شیرانی‌نژاد برای تایپ دقیق این مقاله و از آقایان محمود توکلی و محمدعلی عرب‌زاده برای مساعدت در عملیات اجرایی این تحقیق بی نهایت سپاسگزاری می‌شود.

مراجع

1-Aghdaie, M. and Rezaie, M. 2002. Determination of potential consumed water by lysimiter. Isfahan Agricultural Research Center. Final Report. No.341/55. 25p. (In: Farsi).

2-Akbari, M., Salemi, H. R., Sohrabi-Moshkabadi, B. and Keshmiripur, B. 1999. Evaluation and comparision of different methods of designing optimum furrow length. Agricultural Research and Education Organization.Tehran. Final Report. No. 134. 135p. (In: Farsi).

3-Anon. 2003. Iranian organization data bank. Ministry of Jihad-e-Agriculture. Economical and Programming Deputy. Technical Report. No. 82/04. 250p. (In: Farsi).

4-Caker, R. 2004. Effect of water stress at different development stage on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research. 89 (1): 1-16.

5-Caldwell, D. S., Spurgeon, W. E. and Manges, H. L. 1994. Frequency of irrigation for subsurfare drip-irrigation corn. Trans. of the ASAE. 37 (4): 109-115.

6- Chaudhry, M. R. and Qureshi, A. S. 1991. Irrigation techniques to improve application efficiency and crop yield. J. of Drain. and reclamation. University of Agriculture. Faisalabad, Pakistan.

7- English, M. and Raja, S. N. 1996. Perspectives of deficit irrigation. Agric. Water manag. 32, 1-14.

8- Fishbach, P. E. and somerhalder, B. R. 1974. Irrigation design requirement for corn. Trans. of the ASAE. 17, 162-167.

9- Gheisi, J. 1988. A summary of research results on maize in Fars area. Technical Report. Soil and Water Research Institute. No.757. 35p. (In: Farsi).

10- Kheyrabi, J., Tavakoli, A. R., Entesari, M. R. and Salamat, A. R. 1996. Deficit irrigation manual. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. Tehran. (In: Farsi).

11- Majedi, M. 1994. Food chemical analysis methods. Jahad Daenshgahi Editions. Tehran University. Tehran. 108p. (In: Farsi).

12- Parvaneh, V. 1992. Food chemical analysis and quality control. Tehran University Edition. Tehran. 325p. (In: Farsi).

13- Paulsen, J. 1991. Relationships among maize quality factors. Cereal Chem. 68(6): 602-605.

14- Sabzi, M. H. 2000. Maize. Isfahan Agricultural Education and Extention. Technical Report. Sixth book. 37p. (In: Farsi).

15- Sajadi, A. 1986. Some issues on adaptation and resistance to water stress in crops. Soil and Water Research Institute. No. 1. 41p. (In: Farsi).

16- Sprague, G. F. and Dyuley, J. W. 1992. Corn and vorn improvement. American Society Agriculture. USA. 95-105.

17- Tavkoli, A. R. 1996. Optimization of deficit irrigation based on production and cost functions. Proceedings of the 1st Seminar of Water Resources. Tabriz University. Iran. Tabriz. (In: Farsi).

Effects of Deficit Irrigation on Quality Characteristics and Yield of Grain Maize in Isfahan Region

H. R. Salemi and L. Mosharaf

Deficit irrigation is an effective method for alleviation of drought impacts on quality indices. It is possible to save considerable amount of water. Cereals responds well to deficit irrigation. In order to study the impacts of deficit irrigation on yield and quality indices of grain maize a research was conducted in a split plot design with three replicates and 4 treatments during 1999-2001. In this study, four irrigation levels including 60, 80, 100 percent of the crop water requirment and conventional irrigation (control) were applied in a maize field located in Kabutarabad Agricultural Research Station in Isfahan province. The type and amount of the required fertilizers were determined from the analysis of soil samples. In october, treatments were compared based on quality indices including fat, grain nitrogen content, ash content of the grain and volume of applied water. The results showed that the effect of cultivars were not significant. The effect of irrigation treatments on quality indices were not significant but this effect on grain yield were significant ($p \leq 0.05$). The amount of fat and ash contents were maximum in the 100% irrigation water requirement treatment (IWRT) while the minimum amounts were found in the 60% of full IWRT. The protein (Nitrogen) content was maximum in the 60% of full IWRT. Considering the results obtained in this study in the light of water saving as the main object in deficit irrigation and water use efficeincy (WUE) the 60% of full IWRT is prefered.

Key words: Corn, Deficit Irrigation, Isfahan, Quality Characteristics, Yield