

مقایسه کارایی مصرف آب بین چند گونه زراعی و دارویی

ویدا مختاری^{۱*} - علیرضا کوچکی^۲ - مهدی نصیری محلاتی^۳ - محسن جهان^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۳/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۱۱

چکیده

افزایش کارایی مصرف آب یکی از موارد حصول به پایداری تولید می‌باشد. به منظور برآورد و مقایسه کارایی مصرف آب بین چند گونه زراعی و دارویی آزمایشی در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، در سه تکرار و ۶ تیمار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۶ گونه ذرت، گلرنگ، کنجد بعنوان گیاهان زراعی و ختمی، شاهدانه و پنیرک بعنوان گیاهان دارویی بود. تیمارهای مورد آزمایش از نظر کارایی مصرف آب و شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری نشان دادند. ذرت با تولید ۳۵۷۰۰ کیلوگرم در هکتار ماده خشک و ۱۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار دانه و با مصرف ۶۷۷۰ متر مکعب آب در هکتار بالاترین کارایی مصرف آب به میزان ۵/۲ گرم ماده خشک در کیلوگرم آب مصرفی و ۱/۸ گرم دانه در کیلوگرم آب مصرفی را داشت. ختمی با ۳۹۰۰ کیلوگرم در هکتار ماده خشک، ۳۰۷ کیلوگرم در هکتار دانه، با ۹۲ کیلوگرم در هکتار برگ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار گل با مصرف ۷۵۳۰ متر مکعب آب در هکتار کمترین کارایی مصرف آب به میزان ۰/۵ گرم ماده خشک در کیلوگرم آب مصرفی، ۰/۴ گرم دانه در کیلوگرم آب مصرفی، ۰/۱۲ گرم برگ در کیلوگرم آب مصرفی و ۰/۱۱ گرم گل در کیلوگرم آب مصرفی کمترین مقادیر را به خود اختصاص داد. بیشترین مقدار شاخص برداشت با در نظر گرفتن دانه بعنوان عملکرد اقتصادی، به پنیرک با (۴۱/۵۷ درصد) و کمترین به ختمی با (۹/۲ درصد) تعلق داشت.

واژه‌های کلیدی: کارایی مصرف آب، عملکرد بیولوژیک، گلرنگ، ختمی، شاهدانه، پنیرک

مقدمه

مصرف آب و بهینه‌سازی مصرف آب در گیاهان، می‌تواند یک صرفه-جویی زیاد در این بخش انجام داد (۲۷).

منظور از راندمان مصرف آب (WUE)^۵، مقدار ماده خشک (محصول اقتصادی یا بیولوژیک) تولید شده به ازای هر واحد آب مصرف شده می‌باشد و معمولاً بر حسب گرم ماده خشک بر کیلوگرم بیان می‌شود (۲۷).

هر چه اقلیم خشک‌تر باشد نیاز اتمسفری بیشتر بوده و برای تولید یک واحد ماده خشک، گیاه نیازمند از دست دادن آب بیشتری است. برخی گزارشات نشان داده است که ۲۵ درصد از مواد فتوسنتزی در طی تنفس گیاه مصرف شده و حدود ۳۰ درصد ماده خشک خالص بعنوان محصول باقی می‌ماند (۲۵). در شرایطی مثل شرایط حاکم بر کشور ما که محدودیت آبی و خاکی وجود دارد، نباید بدنبال حداکثر کردن عملکرد با سود خالص بود، بلکه نکته اساسی افزایش راندمان مصرف آب در گیاهان است بهبود راندمان مصرف آب پیچیده بوده و تنها شامل فعالیت‌های کشاورز نمی‌شود، بلکه فعالیت‌های اجتماعی، اقتصادی، هیدرولوژیکی و انسانی را در بر می‌گیرد. (۳۳).

شرایط خاص اقلیمی کشور که خشکی و پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارندگی، واقعیت‌گریزناپذیر آن است، تولید هرگونه مواد غذایی و محصولات کشاورزی را منوط به استفاده صحیح و منطقی از منابع محدود آب نموده است. در همین راستا می‌توان گفت در این شرایط اقلیمی که آب آبیاری مهمترین نهاده تولید کشاورزی است (۱۳).

در حال حاضر از کل منابع آب تجدید شونده کشور، حدود ۸۸/۵ میلیارد متر مکعب جهت مصارف بخش‌های کشاورزی، صنعت و معدن و شرب برداشت می‌شود که حدود ۸۳ میلیارد مکعب آن (۹۳ درصد) به بخش کشاورزی اختصاص دارد (۱). بنابراین، با توجه به سهم زیاد مصرف آب در بخش کشاورزی، با انتخاب و بکارگیری راهکارهایی در زمینه بهبود روش‌های آبیاری، بالا بردن راندمان

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادان و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*- نویسنده مسئول: (Email: mokhtari.vida@gmail.com)

پنیرک (*Malva silvestris L.*) بعنوان گیاهان دارویی بود. ابعاد هر کرت آزمایشی ۳×۴ متر بود. بین دو کرت متوالی از هر تکرار یک متر و بین هر تکرار ۲ متر فاصله در نظر گرفته شد. قبل از کاشت وبه منظور تعیین مشخصات فیزیکی - شیمیایی خاک، از عمق ۳۰ سانتیمتری و از نقاط مختلف زمین نمونه برداری و به آزمایشگاه ارسال گردید. کلیه عملیات کاشت، داشت و برداشت مطابق عرف منطقه انجام شد. کوددهی هر گیاه بطور منظم و متناسب با نیاز هر گیاه در زمان‌های مختلف دوره ی رشدی هر گیاه انجام شد. در روزهای ۲۰ و ۲۲ اردیبهشت عملیات کاشت انجام شد. فاصله بذور بر روی ردیف برای ذرت، ختمی و پنیرک به ترتیب ۵۰، ۵۰ و ۴۰ سانتی-متر در نظر گرفته شد. پس از سبز شدن شاهدانه، کنجد و گلرنگ نسبت به تنک کردن بوته‌ها اقدام شد و فاصله ۲ بوته روی ردیف‌ها برای شاهدانه، کنجد و گلرنگ بر روی ردیف به ترتیب ۲۵، ۵ و ۱۰ سانتی متری رسید. آبیاری بصورت نشتی و به فاصله هر ۷ روز انجام و میزان آب آبیاری توسط کنتور ثبت می‌شد. میزان آب آبیاری توسط نرم افزار AGWAT (۹) محاسبه و هر گیاه بطور مجزا بسته به میزان آب مورد نیاز آبیاری شد. میزان آب آبیاری ذرت و کنجد بر اساس اعداد مربوط به نیاز آبی ذرت و کنجد موجود در نرم افزار AGWAT در دشت مشهد-چناران برآورد شد. بدلیل نبودن اطلاعات کافی برای تعیین نیاز آبی شاهدانه، گلرنگ، پنیرک و ختمی در این نرم افزار، میزان آب آبیاری هر کدام از این گونه‌ها براساس نیاز آبی گونه مشابه برآورد شد. شاهدانه از طریق نیاز آبی کنجد، پنیرک و ختمی بر اساس نیاز آبی پنبه و گلرنگ بر اساس نیاز آبی آفتابگردان برآورد شد (شکل ۱).

سیستم آبیاری بصورت فارو تحت فشار با کنتور حجمی با دقت ۰/۰۰۰۱ متر مکعب و مستقل برای هر کدام از تیمارها بود. همچنین میزان آب وارده به خاک از طریق بارندگی با استفاده از داده های ایستگاه هواشناسی محاسبه شد. نمونه گیری جهت تعیین ماده خشک هر دو هفته یکبار گرفته شد. صفات مورد اندازه‌گیری شامل عملکرد اقتصادی و ماده خشک هر گیاه، شاخص برداشت و میزان آب آبیاری بود. از هر کرت دو بوته از سطح زمین برداشت و پس از خرد کردن در آون قرار داده می‌شد. نمونه گیری جهت عملکرد اقتصادی از گل پنیرک و ختمی از شهریور ماه پس از حذف اثر حاشیه انجام شد، پس از حذف اثر حاشیه هر کرت به دو قسمت کاملاً مساوی تقسیم شد که یک قسمت به برداشت گل و قسمت دیگر به برداشت بذر اختصاص یافت. کل ماده خشک حاصل از برداشت نهایی از مساحت یک متر مربع وسط هر کرت پس از قرار گرفتن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت، اندازه‌گیری و شاخص برداشت بر اساس عملکرد نهایی دانه ذرت، گلرنگ، کنجد، شاهدانه، پنیرک و ختمی و گل و برگ پنیرک و ختمی در هر نمونه حاصل از کل هر کرت نسبت به کل ماده خشک تولیدی گیاهان و اندام هوایی در همان مساحت

عوامل دخیل در کارایی مصرف آب به سه گروه تقسیم می‌شوند که عبارتند از: عوامل اقلیمی که هم در مصرف آب (تبخیر و تعرق) و هم در تأمین آب (نزولات جوی) نقش اساسی دارند، عملیاتی که به مدیریت زراعی بستگی دارند و عملیاتی که منجر به کاهش تبخیر از سطح خاک می‌شوند (۱۴).

تاکنون تلاشها به افزایش سطح زیر کشت معطوف بوده است، در صورتی که در شرایط محدودیت منابع آب و وجود اراضی قابل کشت، مانند ایران هدف باید بالا بردن تولید به ازای هر واحد آب مصرفی و استفاده بهینه از منابع محدود آب باشد (۳). از آنجا که مقدار محصول گیاهان با یکدیگر مساوی نیست، تبخیر و تعرق یا آب مصرفی آنها نیز با یکدیگر برابر نمی‌باشد، در نتیجه نسبت تولید ماده‌ی خشک به آب مصرفی در آنها تغییرات زیادی را نشان می‌دهد. حتی در مورد یک گیاه خاص هم، مقدار ثابتی نبوده و تحت تأثیر شرایط جوی و مدیریت زراعی متفاوت برای وارته‌های گوناگون گیاه کم و زیاد می‌شود (۱۳). کارایی مصرف آب در گیاهان چهار کربنه ۵-۳ و برای گیاهان سه کربنه ۳-۲ گرم ماده خشک به ازای هر کیلو گرم آب مصرفی گزارش شده است (۹).

تقاضا برای گیاهان دارویی، معطر و محصولات طبیعی بخصوص تولیدات زیستی در جهان رو به افزایش می‌باشد. طبق برآورد سازمان جهانی بهداشت ۸۰ درصد مردم دنیا برای مراقبت‌های بهداشتی اولیه بطور سنتی از گیاهان دارویی و تولیدات طبیعی استفاده می‌کنند (۳۵). همین موضوع سبب وارد شدن گیاهان جدیدی در الگوهای کشت شده است، از سوی دیگر کشت و کار این گیاهان باید متناسب با منابع آبی و شرایط محلی باشد (۱۷). یکی از اولین گام‌ها در این مسیر، برآورد و مقایسه راندمان مصرف آب گونه‌های مختلف به‌منظور حداکثر استفاده از منابع آبی می‌باشد لذا در این تحقیق، دو گروه گونه زراعی و دارویی از نظر کارایی مصرف آب با یکدیگر مقایسه شدند تا امکان جایگزینی و معرفی گیاهان دارویی به نظامهای زراعی مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا اجرا شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و در زمینی به مساحت ۵۰۰ متر مربع اجرا شد. آزمایش دارای ۶ تیمار شامل ذرت (*Zea mays*)، گلرنگ (*Carthamu tinctorius*)، کنجد (*Sesamum indicum L.*) بعنوان گیاهان زراعی و ختمی (*Althaea officinalis L.*)، شاهدانه (*Cannabis sativa L.*) و

ماده خشک تولید کرد. در بین گیاهان دارویی، شاهدانه با تولید ۱۳۹۰۰ کیلوگرم ماده خشک بیشترین مقدار را داشت. مکاریان و همکاران (۱۹) و طهماسبی (۸) تولید ۳۷۰۰۰ کیلوگرم ماده خشک در هکتار در ذرت گزارش کردند. اصغری پور (۲) با انجام آزمایشی بر روی اثر تراکم بر ماده خشک در شاهدانه، میزان عملکرد ماده خشک در شاهدانه را ۱۱۸۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کرد.

شاخص برداشت

شاخص برداشت بر حسب عملکرد دانه

مقایسه شاخص برداشت بر حسب عملکرد دانه در بین گونه‌های زراعی و دارویی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۱). بیشترین مقدار شاخص برداشت مربوط به پنیرک با ۴۱/۵۷ درصد و کمترین مربوط به ختمی با ۹/۲۰ درصد بود. در بین گونه‌های زراعی ذرت با ۳۷/۰۲ درصد بیشترین و گلرنگ با ۱۶/۷۱ درصد کمترین شاخص برداشت را داشت (جدول ۱).

شاخص برداشت بر حسب عملکرد گل پنیرک و ختمی

در مقایسه شاخص برداشت در بین گونه‌ها با در نظر گرفتن گل بعنوان عملکرد اقتصادی در پنیرک و ختمی، بیشترین و کمترین شاخص برداشت مربوط به گونه زراعی بود، بطوریکه ذرت با ۳۷/۰۲ درصد بیشترین و گلرنگ با ۱۶/۷۱ درصد کمترین مقادیر را داشتند. در بین گیاهان دارویی پنیرک با ۳۲/۳۸ درصد بیشترین و شاهدانه با ۱۶/۸۷ درصد کمترین شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند (جدول ۱).

بدست آمد.

داده های لازم جهت محاسبه کارآیی مصرف آب، در معادله ۱ قرارداد شده. میزان کارآیی مصرف آب بر اساس عملکرد بیولوژیک و عملکرد اقتصادی دانه برحسب گرم بر کیلوگرم آب مصرفی (آب آبیاری + بارندگی) برای ذرت، گلرنگ، کنجد، شاهدانه، پنیرک و ختمی و همچنین میزان کارآیی مصرف آب بر اساس عملکرد اقتصادی گل و برگ پنیرک و ختمی برحسب گرم بر کیلوگرم آب مصرفی (آب آبیاری + بارندگی) محاسبه گردید (۱۲).

$$WUE = D / W_p + W_i \quad (1)$$

که در آن WUE کارآیی مصرف آب:

D: عملکرد بیولوژیک یا اقتصادی (کیلوگرم در هکتار)

W_p: آب بارندگی (میلی متر)

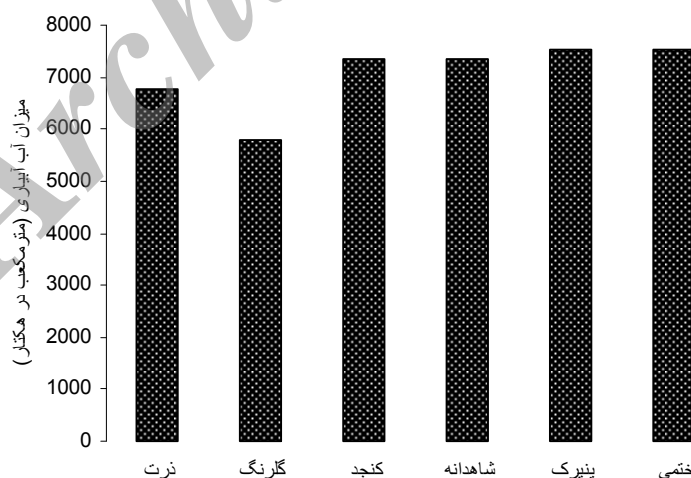
W_i: آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)

مقادیر محاسبه شده WUE از معادله ۱ برای گونه‌های مختلف با یکدیگر مقایسه شدند. به منظور تجزیه و تحلیل داده های حاصل از آزمایش از نرم افزار SAS و برای رسم اشکال مربوطه از نرم افزار Excel استفاده شد. میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

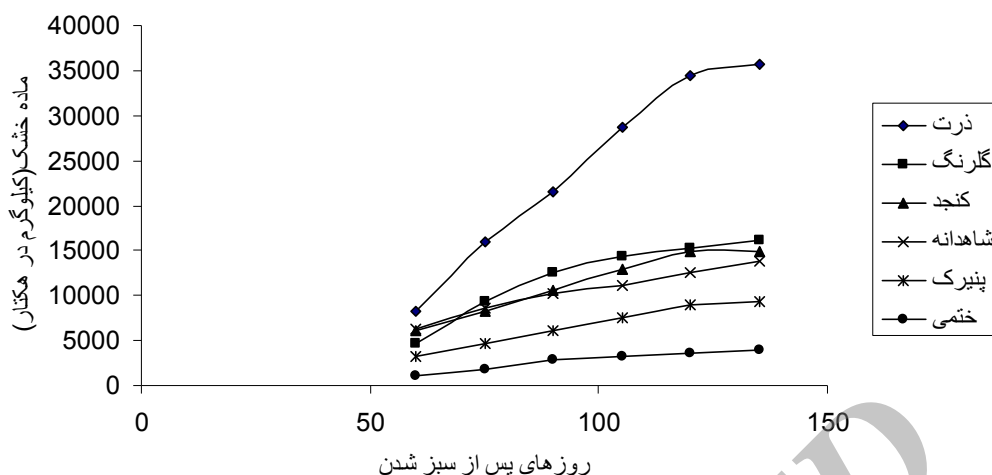
نتایج و بحث

ماده خشک

شکل ۲ روند تغییرات ماده خشک در ذرت، گلرنگ، کنجد، شاهدانه، پنیرک و ختمی را نشان می دهد. در میان ۶ گونه، ذرت بعنوان گونه زراعی بیشترین ماده خشک به میزان ۳۵۷۰۰ کیلوگرم



شکل ۱ - میزان آب مصرفی ذرت، گلرنگ، کنجد، شاهدانه، پنیرک، ختمی



شکل ۲- روند عملکرد ماده خشک، ذرت گلرنگ، کنجد، شاهدانه، پنیرک و ختمی در طی فصل رشد

۴۲، ۳۹ و ۴۰ درصد گزارش کرد. رهبری (۷) شاخص برداشت کنجد را ۳۹ درصد بدست آورد.

رحیمیان و بنایان (۶) و کافی وهمکاران (۱۲) اظهارداشتند که شاخص برداشت متأثر از عوامل مختلفی از قبیل رقم، مقدار آب، کود نیتروژن، تراکم و تاریخ کاشت می‌باشد. عوامل فوق می‌توانند باعث تغییر یا نوسان در مقدار هر جز تشکیل دهنده شاخص برداشت یعنی عملکرد دانه و کل ماده خشک شود. شاخص برداشت در محدوده‌ی مشخصی قابل افزایش است. بعنوان مثال تاکنون شاخص برداشت غلاتی مثل گندم، جو، ذرت و سورگوم در محدوده ۴۰ تا ۵۵ درصد و در گیاهان روغنی مثل آفتابگردان و سویا در محدوده‌ی ۲۵ تا ۳۵ درصد پیشرفت داشته است. به‌نژادگران و فیزیولوژیست‌ها نیز بر این عقیده‌اند که این شاخص برداشت در بهترین شرایط نیز از ۶۰ درصد در غلات و حبوبات بالاتر نخواهد رفت (۱۵).

شاخص برداشت بر حسب عملکرد برگ پنیرک و ختمی

در حالتی که شاخص برداشت بر حسب برگ پنیرک و ختمی بعنوان بخش اقتصادی گیاه محاسبه شد. بیشترین شاخص برداشت مربوط به پنیرک با ۴۰ درصد و کمترین مقدار مربوط به گلرنگ ۱۶/۷۱ درصد بود (جدول ۱). طهماسبی (۸) شاخص برداشت ۳۹ درصدی را برای ذرت گزارش کرد. شاخص برداشت ذرت بطور میانگین در کشور ۵۲ درصد می‌باشد (۱۵). یزدی (۲۲) شاخص برداشت پنبه که مانند پنیرک و ختمی از خانواده Malvaceae می‌باشد بطور میانگین ۵۶ درصد می‌باشد (۱۵). یزدی در آزمایشی بر روی ۴ رقم گلرنگ، شامل رقم‌های اصفهان، اراک، F02 و رقم Is68 شاخص برداشت این ارقام را به ترتیب ۳۰/۳۲، ۲۸/۳۴، ۲۷/۲۷، ۲۶/۱۸ درصد گزارش کرد. همچنین راندلی و همکاران (۳۰) شاخص برداشت گلرنگ را ۲۱ درصد گزارش کردند. صبوری (۵) شاخص برداشت در ۳ رقم کنجد شامل کلات، اتال و اسفراین را به ترتیب

جدول ۱- شاخص برداشت ذرت، گلرنگ، کنجد، پنیرک، شاهدانه و ختمی

گیاه	شاخص برداشت بر حسب دانه (درصد)	شاخص برداشت بر حسب گل (درصد)	شاخص برداشت بر حسب برگ (درصد)
ذرت	۳۷/۰۲b	-	-
گلرنگ	۱۶/۷۱c	-	-
کنجد	۲۰/۲۴c	-	-
شاهدانه	۱۶/۸۷c	-	-
پنیرک	۴۱/۵۷a	۳۲/۳۸b	۴۰/۰۷a
ختمی	۹/۲۰d	۲۴/۸۹c	۲۴/۶۹b

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

مصرف آب به میزان ۰/۱۲ گرم برگ در کیلوگرم آب مصرفی را داشت. در مقایسه بین ۶ گونه، ذرت دارای بیشترین و ختمی کمترین کارایی مصرف آب را داشتند (جدول ۲).

کارایی مصرف آب بر حسب عملکرد گل پنیبرک و ختمی

در حالتی که کارایی مصرف آب بر حسب گل پنیبرک و ختمی بعنوان بخش اقتصادی پنیبرک و ختمی محاسبه شد در بین گیاهان دارویی پنیبرک با تولید ۲۰۳۵ کیلوگرم گل در هکتار و با مصرف ۷۵۳۰ متر مکعب آب در هکتار بالاترین راندمان مصرف آب به میزان ۰/۲۶ گرم گل در کیلوگرم آب مصرفی و ختمی با تولید ۹۰۰ کیلوگرم گل در هکتار و با مصرف ۷۵۳۰ مترمکعب آب در هکتار کمترین کارایی مصرف آب به میزان ۰/۱ گرم گل در کیلوگرم آب مصرفی را داشتند. در مقایسه بین ۶ گیاه مورد آزمایش ذرت دارای بیشترین و ختمی کمترین کارایی مصرف آب را بود (جدول ۲).

شاوژانگ و همکاران (۳۱) در آزمایشی برای محاسبه کارایی مصرف آب در ذرت در دو سال متوالی در سال اول به ازای تولید ۱۳۰۸۰ کیلوگرم دانه در هکتار و با مصرف ۵۰۲۰ متر مکعب آب در هکتار کارایی مصرف آب را ۲/۶۱ گرم دانه بر کیلوگرم آب مصرفی و در سال دوم با تولید ۱۳۲۵۰ کیلوگرم دانه در هکتار و با مصرف ۵۰۲۰ مترمکعب آب کارایی مصرف آب را ۲/۶۲ گرم دانه بر کیلوگرم آب مصرفی گزارش کردند. راندلی و همکاران (۳۰) کارایی مصرف آب در گلرنگ را به ازای تولید ۶۱۵۰ کیلوگرم ماده خشک در هکتار و با مصرف ۲۷۴۰ مترمکعب آب در هکتار ۲/۲۴ گرم ماده خشک در کیلوگرم آب مصرفی گزارش کردند. همچنین به ازای تولید ۱۳۲۰ کیلوگرم دانه در هکتار و با مصرف ۳۶۱۰ مترمکعب آب در هکتار کارایی مصرف آب را در گلرنگ را ۰/۳۷ گرم دانه بر کیلوگرم آب مصرفی گزارش کردند. قائمی (۱۱) کارایی مصرف آب پنبه را ۱/۶۳ گرم الباف به ازای هر مترمکعب آب مصرفی گزارش کرد. ایزدی (۳) در آزمایشی بر روی تاثیر کسرهای رطوبتی بر عملکرد و اجزا عملکرد پنبه در دست معرفی را ۰/۵ گرم بر کیلوگرم به ازای ۵۵۰۰ متر مکعب آب مصرفی گزارش کرد.

نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که که با توجه به نیاز آبی گونه‌های مختلف و شرایط اقلیمی خشک منطقه، برای پاسخ گو بودن به نیازهای غذایی، گیاهانی باید در الگوهای کشت قرار گیرند که متناسب با نیازهای آبی منطقه باشند، که در بین این ۶ گونه مورد مطالعه بهترین گیاه ذرت می‌باشد. ذرت به عنوان یک گیاه چهار کرنبه و با داشتن پتانسیل تولید ماده خشک بالا از گیاهان سازگار به مناطق خشک است. با توجه به نتایج بدست آمده، در بین گیاهان دارویی پنیبرک با توجه به این که کل بیوماس پنیبرک مورد استفاده است، مناسب کشت در منطقه می‌باشد.

کارایی مصرف آب بر حسب عملکرد بیولوژیک

مقایسه کارایی مصرف آب بر حسب عملکرد بیولوژیک در بین گونه‌های زراعی و دارویی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نشان داد. بیشترین مقادیر کارایی مصرف آب مربوط به گونه زراعی و کمترین مقادیر مربوط به گونه دارویی بود. ذرت با تولید ۳۵۷۰۰ کیلوگرم ماده خشک در هکتار و با مصرف ۶۷۷۰ متر مکعب آب در هکتار بالاترین راندمان مصرف آب به میزان ۵/۲ گرم ماده خشک در کیلوگرم آب مصرفی و کنجد با تولید ۱۴۹۰۰ کیلوگرم ماده خشک در هکتار و با مصرف ۷۲۶۱ مترمکعب آب در هکتار کمترین کارایی مصرف آب به میزان ۲/۰۶ گرم ماده خشک در کیلوگرم آب مصرفی را داشت. در بین گیاهان دارویی، شاهدانه با تولید ۱۳۹۰ کیلوگرم ماده خشک در هکتار و با مصرف ۷۳۶۱ متر مکعب آب در هکتار بالاترین راندمان مصرف آب به میزان ۲/۰۲ گرم ماده خشک در کیلوگرم آب مصرفی و ختمی با تولید ۳۹۰۰ کیلوگرم ماده خشک در هکتار و با مصرف ۷۵۳۰ مترمکعب آب در هکتار کمترین کارایی مصرف آب به میزان ۰/۵ گرم ماده خشک در کیلوگرم آب مصرفی را داشت. بین ۶ گونه، بالاترین کارایی مصرف آب مربوط به ذرت و کمترین مقدار مربوط به ختمی بود (جدول ۲).

کارایی مصرف آب بر حسب عملکرد دانه

در بین گیاهان زراعی، ذرت با تولید ۱۲۵۵۰ کیلوگرم ماده دانه در هکتار و با مصرف ۶۷۷۰ متر مکعب آب در هکتار بالاترین راندمان مصرف آب به میزان ۱/۸ گرم دانه در کیلوگرم آب مصرفی و کنجد با تولید ۲۶۶۷ کیلوگرم دانه در هکتار و با مصرف ۷۳۶۱ مترمکعب آب در هکتار کمترین کارایی مصرف آب به میزان ۰/۳۴ گرم دانه در کیلوگرم آب مصرفی را داشت. در بین گیاهان دارویی پنیبرک با تولید ۳۹۱۰ کیلوگرم دانه در هکتار و با مصرف ۷۵۳۰ متر مکعب آب در هکتار بالاترین راندمان مصرف آب به میزان ۰/۵ گرم دانه در کیلوگرم آب مصرفی و ختمی با تولید ۳۰۷ کیلوگرم دانه در هکتار و با مصرف ۷۵۳۰ مترمکعب آب در هکتار کمترین کارایی مصرف آب به میزان ۰/۰۴ گرم دانه در کیلوگرم آب مصرفی را داشتند (جدول ۲).

کارایی مصرف آب بر حسب عملکرد برگ پنیبرک و ختمی

در مقایسه مصرف آب در بین گونه‌ها با در نظر گرفتن برگ بعنوان عملکرد اقتصادی پنیبرک و ختمی، در بین گیاهان دارویی پنیبرک با تولید ۳۶۸۵ کیلوگرم برگ در هکتار و با مصرف ۷۵۳۰ متر مکعب آب در هکتار بالاترین راندمان مصرف آب به میزان ۰/۴۸ گرم برگ در کیلوگرم آب مصرفی و ختمی با تولید ۹۲۰ کیلوگرم برگ در هکتار و با مصرف ۷۵۳۰ مترمکعب آب در هکتار کمترین کارایی

جدول ۲- عملکرد اقتصادی و کارایی مصرف آب ذرت، گلرنگ، کنجد، شاهدانه، پنیرک و ختمی

گونه	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد برگ (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار)	WUE(t) گرم بر کیلو گرم	WUE(g) گرم بر کیلو گرم	WUE(l) گرم بر کیلو گرم	WUE(f) گرم بر کیلو گرم
ذرت	۱۲۵۵۰a	-	-	۵/۲۲۶۷a	۱/۸۴۶۷a	-	-
گلرنگ	۳۰۴۰b	-	-	۲/۶۱۶۷b	۰/۵۲b	-	-
کنجد	۲۶۶۷b	-	-	۲/۰۶۳۳bc	۰/۳۴b	-	-
شاهدانه	۱۷۳۴b	-	-	۲/۰۲bc	۰/۲۳b	-	-
پنیرک	۳۹۱۰b	۳۶۸۵b	۲۰۳۵b	۱/۲۴۳۳bc	۰/۵۲b	۰/۴۸b	۰/۲۶۳۳b
ختمی	۳۰۷b	۹۲۰b	۹۰۰b	۰/۵۱۳۳d	۰/۴۳B	۰/۱۱۶۷b	۰/۱۱b

در هر ستون میانگینهای دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند. WUE(t) کارایی مصرف آب کل ذرت، گلرنگ، کنجد، شاهدانه، پنیرک و ختمی، WUE(g) کارایی مصرف آب در دانه ذرت، گلرنگ، کنجد، شاهدانه، پنیرک و ختمی، WUE(l) کارایی مصرف آب در برگ ختمی و پنیرک و WUE(f) کارایی مصرف آب گل در پنیرک و ختمی می‌باشد

آب را دسته‌بندی کرده و سه گروه کلی را معرفی کرده است. روش اول افزایش کارایی مصرف از طریق زمان‌بندی مناسب آبیاری، روش دوم افزایش کارایی توسط گیاه و سومین روش افزایش تحمل گیاه به تنش خشکی است. وی خاطر نشان کرد که روش اول کاربرد بیشتری در طول سال‌های گذشته داشته، چرا که با روش مهندسی سروکار دارد و کمتر وابسته به گیاه زنده است. روش سوم و دوم به میزان درک بیولوژی گیاه و آگاهی از رفتار آنها بستگی دارد.

عملکرد گیاهان زراعی در طی پنجاه سال گذشته افزایش قابل توجهی داشته است (۲۵ و ۲۷). این افزایش عملکرد بدون آنکه تبخیر و تعرق فصلی افزایش یابد بدست آمده است. بنابراین کارایی مصرف آب توأم با افزایش عملکرد بالا رفته است. لذا توجه به این نکته مهم خواهد بود اگر بتوان در عملیات مدیریتی بدون افزایش تبخیر و تعرق، محدودیت‌های رشد گیاه را کاهش داد به افزایش کارایی مصرف آب منجر خواهد شد (۲۷). بویبر (۲۴) نیز روشهای افزایش کارایی مصرف

منابع

- ۱- احسانی، م. و ه. خالدی. ۱۳۸۲. بهره‌وری آب در کشاورزی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی.
- ۲- اصغری‌پور، م. ۱۳۸۶. اثر تراکم گیاهی و کود نیتروژن بر جذب نور و عملکرد ماده خشک در گیاه شاهدانه (*Cannabis sativa L.*). پایان‌نامه دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۳- ایزدی، ع. ۱۳۸۰. تاثیر کسرهای رطوبتی بر عملکرد و اجزا عملکرد ۲ رقم پنبه در دست معرفی. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۴- توکلی، ع. ۱۳۷۹. بررسی نقش کم آبیاری در مدیریت مصرف آب. خلاصه مقالات کارگاه فنی آموزشی کم آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ص. ۳۱-۳۲.
- ۵- سلیمان‌زاده، ن.، لطیفی، و. و ا. سلطانی. ۱۳۸۶. ارتباطات فنولوژی و صفات فیزیولوژیک با عملکرد دانه در ارقام کلزا تحت شرایط دیم. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ج ۱۴. ش ۵
- ۷- صبوری، ا. ۱۳۸۰. مقایسه تاثیر کودهای آلی سرهای و شیمیایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصردوغن درسه رقم کنجد. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۸- رحیمیان، ح. و م. بنایان. ۱۳۷۵. مبانی فیزیولوژیکی اصلاح نباتات. انتشارات جهاددانشگاهی مشهد.
- ۹- رهبر، م. ۱۳۸۴. بررسی اثر ترکیب‌های مختلف کاشت بر میزان عملکرد و کشت مخلوط چغندر علوفه‌ای و کنجد. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۱۰- طهماسبی، ا. و م. راشد محصل. ۱۳۸۲. اثر تراکم بوته و آرایش کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد دو هیبرید ذرت. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۷، ش ۱: ۱۱۱-۱۰۵

- ۱۱- علیزاده، ا. و غ. کمالی. ۱۳۸۶. نیاز آبی گیاهان در ایران. انتشارات آستان قدس رضوی. چاپ اول.
- ۱۲- علیزاده، ا. ۱۳۸۴. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات آستان قدس رضوی. چاپ هفتم.
- ۱۳- قائمی، م. و ح. سیادت. ۱۳۷۳. گزارش نهایی طرح بررسی اثر رژیم‌های مختلف رطوبت قابل استفاده در عملکرد لیاف پنبه. نشریه شماره ۹۶۳. موسسه تحقیقات خاک و آب.
- ۱۴- کافی، م. و م. مهدوی دامغانی. ۱۳۸۰. زیست‌شناختی بذر و عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاددانشگاهی مشهد.
- ۱۵- کشاورز، ع. و ک. صادق زاده. ۱۳۷۹. مدیریت آب در بخش کشاورزی، برآورد تقاضا برای آینده بحران خشکسالی، وضعیت موجود، چشم‌اندازهای آینده و راهکارهایی جهت بهینه‌سازی مصرف آب. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جهاد کشاورزی.
- ۱۶- کشاورز، ع. و ک. صادق زاده. ۱۳۷۹. وضعیت موجود و چشم‌اندازهای آینده و راهکارهایی جهت بهینه‌سازی آن. مجموعه مقالات دهمین همایش کمیته آبیاری و زهکشی ایران.
- ۱۷- کوچکی، ع. و م. خواجه حسینی. زراعت نوین. انتشارات جهاددانشگاهی مشهد.
- ۱۸- کوچکی، ع. م. حسینی، و م. نصیری محلاتی. ۱۳۷۲. رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی. (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- ۱۹- کوچکی، ع. ل. تبریزی، و م. نصیری محلاتی. ۱۳۸۳. کشت ارگانیک اسفزه و پسیلیوم. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۲ (۱): ۶۷-۷۸.
- ۲۰- لطیفی، ن. ۱۳۷۴. اثر کمبود رطوبت بر ویژگی‌های مرفولوژیکی، تولید ماده خشک و شاخص برداشت در مراحل قبل و بعد از گلدهی گیاه کلزا (*Brassica napus L.*) مجله علوم و صنایع غذایی. جلد ۹. شماره ۲. ص ۷۱-۸۳.
- ۲۱- مکاریان، ح. م. بنایان، ح. رحیمیان مشهدی، و ا. ایزدی دربندی. ۱۳۸۲. اثر تاریخ کاشت و تراکم ذرت دانه‌ای بر توان‌قابلیت تاج خروس. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۱، ش ۲: ۲۷۱-۲۷۷.
- ۲۲- وظیفه دوست، م. ا. علیزاده، غ. کمالی، و م. فیضی. ۱۳۸۷. افزایش بهره‌وری آب کشاورزی در مزارع تحت آبیاری منطقه برخوار اصفهان. مجله علوم و صنایع غذایی (ویژه نامه آب و خاک). ۲۲ (۲): ۴۸۴-۴۹۵.
- ۲۳- وفابخش، ج. ۱۳۸۶. مطالعه جنبه‌های اکوفیزیولوژیک گیاه زراعی کلزا در شرایط تنش خشکی. پایان‌نامه دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۲۴- یزدی، م. ۱۳۸۳. اثر سطوح شوری بر رشد و عملکرد دانه گلرنگ. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
- 25- Araus, J. L., G. A. Slafer, M. P. Reynolds, and C. Royo. 2002. Plant breeding and drought in C_3 cereals: what should we breed for *Annals of Bot.* 89: 925-940.
- 26-Boyer, J. S. 1996. Advances in drought tolerance in plant. *Adv. In Agron.*, 86: 187-218.
- 27-Boyer, J. S. 1992. Plant productivity and environment. *Science*, 218: 443-448.
- 28-Food and Agriculture Organization (FAO). Crop production statistics, <http://www.fao.org/010/ah864e/ah864e00.htm>.
- 29-Howell, T. A. 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated Agriculture. *Agron. J.*, 93: 281-289.
- 30- English, M. J., and B. Nakamura. 1989. Effects of deficit irrigation Frequency on wheat yield. *J. Irrig. Drain. Eng.* 115-184.
- 31- Panda, R., and K. Behera. 2003. Effective management of irrigation water for wheat under stressed conditions. *Agricultural water management*, 63: 37-56.
- 32-Randly, L., D. Tanaka, and S. Merrill. 2002. Yield and water use of broadleaf crops in a semiarid climate. *Agricultural Water Management*. 255-266.
- 33-Shaozhong, K., W. Shi, and J. Zhang. 2000. An improved water-use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. *Field crop research* 67. 207-214
- 34- Smith, M., L. S. Pereira, J. Itier, R. Ragab, L. Tollefsord, and P. Van Hoffwegan. 1996. Irrigation scheduling : from theory to practice. FAO water Report. Rome, Food and Agriculture Organization and International commission on Irrigation and Drainage.
- 35- Zang, H., and T. Oweis. 1999. water – yield relation and optimal irrigations and water – use efficiency of winter wheat in the North china plain. *Irrig. Sci.* 19: 37-45.
- 36-Zim dahl, R. L. 1988. The concept and application of the critical weed period. In: M. A. Altieri, and M. Liebman. (Eds.). *Weed management in agroecosystems: an ecological approach*. CRC press.
- 37-Zim dahl, R. L. 1999. *Fundamental of weed science*. Academic press.