Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 8, May – June. 2014, p. 304-310

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد۸، خرداد - تیر ۱۳۹۳، ۳۱۰-۳۰۴

بهینه‌سازی بهره‌وری مصرف آب با استفاده از شاخص الاستیسیته – مطالعه موردی برای ذرت علوفه‌ای در منطقه قزوین

حدیثه رحیمی خوب،[1*] عباس ستوده‌نیا[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۳/۲۱

چکیده

کمبود آب مهم‌ترین عامل محدود کننده محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک است. افزایش بهره‌وری مصرف آب یکی از راه‌کارهای توسعه بخش کشاورزی است. هدف از این پژوهش بهینه‌سازی بهره‌وری مصرف آب با استفاده از شاخص الاستیسیته برای ذرت علوفه‌ای در منطقه قزوین است. داده‌های این پژوهش با استفاده از نتایج تحقیق ستوده‌نیا (۲۰۰۲) که بر روی واریته سینگل کراس ۷۰۴ در مزرعه تحقیقاتی اسماعیل آباد قزوین در طی دو سال ۱۳۷۹و۱۳۸۰ انجام گرفته بود، جمع‌آوری شد. داده‌ها شامل عملکرد محصول خشک و تبخیر- تعرق فصلی تیمارهای آبیاری کامل و کم‌آبیاری بودند که با استفاده از این داده‌ها، توابع عملکرد، راندمان مصرف آب و الاستیسیته بهره‌وری آب تعیین شدند. با استفاده از این توابع نشان داده شد، حداکثر بهره‌وری مصرف آب به میزان ۳/۵۸ کیلوگرم در هکتار با تبخیر- تعرق ۵۰۸ میلی‌متر و عملکرد ۱۸۱۷۸ کیلوگرم در هکتار به‌دست می‌آید. هم‌چنین برای رسیدن به حداکثر عملکرد محصول (۲۱۳۳۰ کیلوگرم در هکتار)، نیاز به تبخیر-تعرق ۶۸۳ میلی‌متر (۲۵/۶ درصد بیش‌تر از حداکثر بهره‌وری مصرف آب) بود.

واژه‌های کلیدی: تابع تولید، بهره‌وری مصرف آب ، شاخص الاستیسیته، ذرت علوفه‌ای

مقدمه

کشور ایران با متوسط بارش سالانه ۲۵۰ میلی‌متر که حدود یک سوم متوسط جهان است، در یکی از خشک‌ترین مناطق کره زمین قرار دارد. بیش از ۹۰ درصد منابع آب قابل دسترس کشور در بخش کشاورزی مصرف می‌شود که در مقایسه با متوسط جهان که حدود ۷۰ درصد می‌باشد رقم قابل ملاحظه‌ای می‌باشد. افزایش جمعیت و به دنبال آن مصرف آب بیش‌تر در سایر بخش‌ها مانند صنعت و شهر، ضرورت ارتقاء بهره‌وری مصرف آب[3](WUE) در بخش کشاورزی را آشکار می‌کند. تحقیقات زیادی نشان داده، اعمال کم‌آبیاری یکی از راه‌کارهای افزایش WUE می‌باشد (Farre and Faci,2009, Fereres and Soriano,2007, Blum,2009, Debaek and Aboudrare,2004). با اعمال کم‌آبیاری، کم‌تر از آب مورد نیاز گیاه در طی دوره رشد آن، به گیاه آب داده می‌شود. بنابراین موجب ایجاد تنش به گیاه شده، و محصول کم‌تری برداشت می‌شود. ولی در یک سطحی از کم‌آبیاری، محصول بیش‌تری به ازای آب مصرفی برداشت می‌شود (Geert and Raes,2009 Blum,2009).

توابع تولید گیاه- آب[4] رابطه بین سطوح مختلف آب مصرفی و مقدار تولید محصول را نشان می‌دهد و بسیاری از محققین سودمندی این توابع را برای ارزیابی اثرات اقتصادی درجات مختلف کم‌آبیاری و مدیریت آب در مزرعه نشان دادند(Ayer and Hoyt,1989, Helweg,1991; Stegman et al, 1980) .

یکی از انواع توابع تولید، تابع عملکرد محصول (Y) و تبخیر-تعرق تجمعی فصل رشد (ET) است که برای بررسی رابطه کیفی بین عملکرد محصول و آب مصرفی گیاه سودمند می‌باشد. اما این تابع برای توصیف روابط بین پارامترهای Y و WUE و هم‌چنین بین پارامترهای ET و WUE محدودیت دارد (Liu et al,2007). شاخص الاستیسیته[5] برای توصیف روابط متقابل بین پارامترهای فوق استفاده شده است. از نظر علم اقتصاد، الاستیسیته به صورت نسبت درصد تغییرات متغیر وابسته به درصد تغییرات متغیر مستقل تعریف می‌شود(Liu at al,2002). در زمینه روابط بین آب و گیاه، این شاخص می‌تواند برای مقایسه تغییرات نسبی در عملکرد محصول به تغییر نسبی در ET استفاده شود. با استفاده از این شاخص روابط بین

۱- دانشجوی ارشد گروه مهندسی آب دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)
۲- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)
(*- نویسنده مسئول: Email: hadisrahimikhoob@yahoo.com)
۳- Water use efficiency
۴- Crop-water production functions
۵- Elasticity index

عملکرد، تبخیر- تعرق و بهره‌وری مصرف آب برای محصول ذرت دانه‌ای در منطقه چین مورد بررسی قرار گرفت(Liu at al,2002). نتایج نشان داد، اگر هدف رسیدن به عملکرد حداکثر باشد، تبخیرتعرق باید ۵۲۴ میلی‌متر باشد که حدود ۱۱ درصد بیش‌تر از تبخیر -تعرق در شرایط حداکثر بهره‌وری مصرف آب است. اما عملکرد در تبخیرتعرق ۵۲۴ میلی‌متر (۸۱۱۱ کیلوگرم در هکتار) فقط ۵/۵ درصد بیش‌تر از عملکرد در بهره‌وری مصرف آب حداکثر است. هم‌چنین در تحقیق دیگری، مقادیر کود و آبیاری برای ذرت دانه‌ای با استفاده شاخص الاستیسیته برای یکی از دشت‌های چین بهینه سازی شد (Liu et al,2007). رابطه بین عملکرد، تبخیر- تعرق و بهره‌وری مصرف آب در گیاه سیب زمینی و تخمین تبخیر- تعرق لازم برای حصول به مقادیر حداکثر از بهره‌وری مصرف آب و عملکرد با استفاده از شاخص الاستیسیته در دشت دهگلان کردستان مورد تحقیق قرار گرفت (فتحی و سلطانی، ۱۳۹۱). نتایج این تحقیق نشان داد، مقدارتبخیر - تعرق مورد نیاز برای دستیابی به حداکثر بهره‌وری مصرف آب کم‌تر از تبخیر- تعرق لازم برای حصول عملکرد حداکثر می‌باشد. هدف از انجام این تحقیق، بهینه‌سازی بهره‌وری مصرف آب با استفاده از شاخص فوق برای ذرت علوفه‌ای در منطقه قزوین می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از داده‌های مزرعه‌ای دو ساله جمع‌آوری شده در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ بر روی رقم سینگل کراس ۷۰۴ در مزرعه تحقیقاتی اسماعیل آباد وابسته به سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین، استفاده شد (ستوده نیا، ۱۳۸۱). این مزرعه در پنج کیلومتری جنوب غربی شهر قزوین در موقعیت جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است. منطقه از نظر آب وهوایی نیمه خشک با بارندگی سالانه ۳۳۰ میلی‌متر و متوسط دمای روزانه ۱۳/۷ درجه سانتی‌گراد است.

طرح آزمایش در چهار سطح آبیاری با چهار تکرار در قالب طرح مربع لاتین اجرا شد. چهار سطح آبیاری عبارت بودند از ۱- آبیاری در زمان ۴۰ درصد کمبود رطوبت خاک (W1)، ۲- آبیاری در زمان ۵۰ درصد کمبود رطوبت خاک (W2)، ۳- آبیاری در زمان ۶۰ درصد کمبود رطوبت خاک (W3) و ۴- آبیاری در زمان ۸۰ درصد کمبود رطوبت خاک (W4). کرت‌های‌آزمایشی به ابعاد ۵×۱۰ متر احداث شدند و در هر یک از آن‌ها، هشت شیار آبیاری به فواصل ۷۰ سانتی‌متر حفر شدند. برای مستقل بودن تیمارها نسبت به هم، بین کرت‌ها یک متر فاصله گذاشته شد. ذرت علوفه‌ای اصلاح شده سینگل کراس ۷۰۴ با فواصل ۲۰ سانتی‌متر در هر شیار در تاریخ‌های پنجم خرداد و ۱۱ تیر به‌ترتیب طی سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ کاشته شد. مشخصات شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه در جدول (۱) ارائه شده است.

اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت انجام شد و آب به‌طور یکسان تا آبیاری سوم (زمان چهار برگی بوته‌ها) به تمام تیمارها داده شد. از آبیاری چهارم به بعد، تاریخ و عمق آب آبیاری بر اساس کمبود رطوبت خاک در نظر گرفته شده برای هر تیمار از رابطه (۱) محاسبه شد:

$$SMD = (\theta_{FC} - \theta_i) \times D \times BD \times f \quad (۱)$$

در رابطه فوق، SMD کمبود رطوبت خاک(mm)، θ_{FC} رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت مزرعه (اعشاری)، θ_i رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری (اعشاری)، D عمق توسعه ریشه(mm)، BD جرم مخصوص ظاهری خاک($g\ cm^{-3}$) و f ضریب مربوط به تیمارهای آبیاری می‌باشد. برای اندازه‌گیری رطوبت خاک و تعیین زمان و عمق آبیاری هر کرت از دستگاه رطوبت سنج TDR (بازتاب زمانی امواج) و برای کنترل حجم آب تخلیه شده به هر کرت از دستگاه کنتور حجمی استفاده شد.

جدول ۱ - مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل تحقیق

مشخصه	عمق خاک (سانتی‌متر)				
	۰-۲۰	۲۰-۴۰	۴۰-۶۰	۶۰-۸۰	۸۰-۱۰۰
شن (درصد)	۵۱	۳۵	۴۷	۳۹	۳۷
سیلت (درصد)	۳۰	۵۰	۳۸	۵۴	۵۴
رس (درصد)	۱۹	۱۵	۱۵	۷	۹
بافت خاک	لوم	لوم	لوم	لوم سیلتی	لوم سیلتی
ظرفیت زراعی (W/W)	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۲۲	۰/۲۹
نقطه پژمردگی (W/W)	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۵
اسیدیته (PH)	۸	۸	۸	۸	۸
کربن عالی (درصد)	۰/۵۳	۰/۳۷	۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۲۹
فسفر (ppm)	۱۳/۳	۴/۷	۲/۷	۲/۷	۳/۰
پتاسیم (ppm)	۱۵۰	۱۳۵	۱۴۵	۹۰	۱۰۵

جدول ۲- میانگین عملکرد و تبخیر- تعرق فصلی گیاه ذرت در هر تیمار در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰

تیمار	۱۳۷۹		۱۳۸۰	
	عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)	تبخیر- تعرق فصلی (میلی‌متر)	عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)	تبخیر- تعرق فصلی (میلی‌متر)
W1	۲۰۹۰۰	۷۱۲	۲۲۷۰۰	۵۶۷
W2	۱۹۸۰۰	۵۹۶	۱۶۸۰۰	۴۵۳
W3	۱۴۲۰۰	۴۸۰	۱۶۷۰۰	۴۲۰
W4	۱۳۹۰۰	۴۶۰	۸۲۰۰	۳۲۸

در این بررسی با فرض ناچیز بودن رواناب (به دلیل کرت‌بندی تیمارها به طور عملی صفر بوده است)، نشت آب بین کرت‌های مجاور و نفوذ عمقی، تبخیر- تعرق فصلی در هر تیمار از مجموع مقادیر آبیاری و بارندگی منهای رطوبت ذخیره شده در خاک بین زمان کاشت و برداشت تعیین شد. وزن خشک زیست توده در انتهای فصل رشد با برداشت اندام هوایی گیاه و خشک کردن آن در دستگاه آون به‌مدت ۴۸ ساعت اندازه‌گیری و به عنوان پارامتر عملکرد استفاده شد. در جدول (۲) مقادیر تبخیر- تعرق فصلی گیاه ذرت و میانگین عملکرد تیمارها ارائه شده است. نتایج تجزیه واریانس سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ نشان داد، عملکرد ماده خشک بین تیمارهای مختلف آبیاری تفاوت معنی‌دار (سطح ۵ درصد) داشتند (ستوده نیا، ۱۳۸۱).

تبخیر- تعرق فصلی (ET) و عملکرد محصول (Y) تحت تأثیر عوامل مختلفی نظیر نوع گیاه، محیط جوی، عملیات زراعی و شرایط خاک قرار دارند. در صورتی که عوامل فوق به جز آب هیچ گونه محدودیت برای رشد گیاه ایجاد نکنند، هر دو پارامتر Y و ET تابعی از مقدار آب کاربردی خواهد بود. بنابراین در شرایطی که فقط مقدار آب کاربردی تغییر یابد، می‌توان تابع Y را به‌صورت زیر تعریف کرد(Liu et al,2002).

$$Y= f(ET) \qquad (۲)$$

بهره‌وری مصرف آب (WUE) بر اساس مقادیر فصلی ET، به صورت نسبت Y به ET تعریف می‌گردد. با توجه به مقادیر تابع در رابطه (۲)، مشتق اول بهره‌وری مصرف آب (dY/dET)، بیان کننده تغییر Y به ازای یک واحد تغییر ET می‌باشد و پویا بودن WUE را در دامنه تغییرات ET منعکس می‌کند. بر پایه اصول بنیادی اقتصاد، پارامتر Y در رابطه (۲) بیانگر تولید کل، نسبت Y به ET (Y/ET) بیانگر متوسط تولید به ازای هر واحد آب و مشتق اول بهره‌وری مصرف آب بیانگر تولید حاشیه‌ای[1] است(Liu at al,2002). از آنجائی که نسبت Y به ET به بهره‌وری مصرف آب در یک سامانه تولید گیاه شمرده می‌شود، به‌طور متناظر مشتق بهره‌وری مصرف آب را راندمان حاشیه‌ای کاربرد آب[2] (MWUE) می‌نامند (Liu at al, 2002).

$$EWP=\frac{MWUE}{WUE}=\frac{dY/Y}{dET/ET} \qquad (۳)$$

با توجه به رابطه (۳)، در صورتیکه تابع عملکرد محصول از نوع درجه دو و تقعر آن به سمت پایین باشد، وقتی MWUE برابر صفر شود، عملکرد محصول به حداکثر مقدار خواهد رسید. در کارهای اقتصادی از شاخصی به نام الاستیسته استفاده می‌شود که عبارت است از نسبت درصد تغییرات متغیر وابسته به درصد تغییرات متغیر مستقل. در زمینه مطالعات بهره‌وری مصرف آب همانطور که در رابطه (۴) ملاحظه می‌شود، نسبت MWUE به WUE می‌تواند به الاستیسته بهره‌وری مصرف آب (EWP) تعبیر شود که پارامتر مناسبی برای مقایسه تغییر نسبی عملکرد و تغییر نسبی در ET می‌باشد(Liu at al, 2002).

$$EWP=\frac{MWUE}{WUE}=\frac{dY/Y}{dET/ET} \qquad (۴)$$

حضور ET و Y و همچنین dET و dY در رابطه (۴) نشان می‌دهد که الاستیسته بهره‌وری آب نه تنها بر روی شیب منحنی تابع تولید بلکه بر روی هر جزئی از منحنی تغییر می‌یابد. بنابراین، الاستیسته برای تمام قسمت‌های تابع تولید یکسان نیست (Liu at al,2002). با مشتق‌گیری از WUE نسبت به ET و جایگزینی روابط آن از روابط (۳) و (۴)، معادله زیر به‌دست می‌آید:

$$\frac{dWUE}{dET}=(EWP-1)\frac{WUE}{ET} \qquad (۵)$$

رابطه (۵) نشان می‌دهد، وقتی مشتق WUE نسبت به ET بزرگ‌تر، مساوی و یا کوچک‌تر از صفر باشد، آنگاه الاستیسته بهره‌وری آب به‌ترتیب بزرگ‌تر، مساوی و یا کوچک‌تر از یک می‌گردد. رابطه بین EWP و MWUE به صورتی است که وقتی MWUE برابر با صفر باشد، EWP نیز برابر صفر خواهد شد و در این شرایط عملکرد محصول به حداکثر می‌رسد. وقتی MWUE مثبت یا منفی باشد، EWP نیز مثبت یا منفی می‌گردد. در نتیجه خصوصیات تغییرات Y و WUE با تغییر یافتن ET می‌تواند با مشخص کردن

۱- Marginal product

۲- Marginal water use efficiency

مقدار EWP تعیین شود.

در این تحقیق منحنی درجه دو (معادله ۶) به داده‌های Y و ET برازش داده شد. در این نوع منحنی، عملکرد محصول با افزایش تبخیر- تعرق در آن سوی مقدار بیشینه‌اش، کاهش پیدا می‌کند.

$$Y = a + b\,ET + c\,ET^2 \quad (۶)$$

با توجه به اینکه پارامترهای رابطه (۶) از روی مجموعه داده‌های مشاهده‌ای Y و ET به‌دست می‌آید، بنابراین فقط در همین محدوده مشاهداتی اعتبار دارد. وقتی تعداد نمونه‌ها برای اشتقاق رابطه (۶) کافی باشد، ضرایب a و b منفی خواهند شد(Liu at al, 2002). توابع WUE، MWUE و EWP برای معادله (۶) بصورت زیر می‌باشند:

$$WUE = \frac{a}{ET} + b + c\,ET \quad (۷)$$

$$MWUE = b + 2c\,ET \quad (۸)$$

$$EWP = \frac{bET + 2cET^2}{a + bET + cET^2} \quad (۹)$$

معادله (۷) از نوع سهمی است که در آن تغییرات WUE (متغیر وابسته) با ET (متغیر مستقل) به صورتی است که وقتی ET کم‌تر و یا بیش‌تر از $(a/c)^{0.5}$ باشد، به‌ترتیب روند افزایشی و کاهشی پیدا می‌کند و زمانی که ET برابر با $(a/c)^{0.5}$ شود، WUE به حداکثر مقدار می‌رسد.با توجه به معادله (۸)، محصول وقتی به حداکثر عملکرد خواهد رسید که تبخیر- تعرق برابر با $-b / (2c)$ شود.

نتایج و بحث

در شکل(۱) پراکنش نقاط عملکرد محصول و تبخیر- تعرق برای ۸ نمونه داده‌های این تحقیق ارائه شده است. منحنی درجه دو سهمی به این نقاط برازش داده شد و ضریب تعیین آن، همانطور که ملاحظه می‌شود ۰/۸۱ به‌دست آمد. این مقدار نشان می‌دهد، تغییرات عملکرد محصول به عنوان تابعی از تبخیر- تعرق، تا حدود ۸۱ درصد از تابع درجه ۲ مندرج در شکل (۱) پیروی می‌کند. تابع عملکرد محصول ذرت که برای تعیین توابع WUE، MWUE و EWP استفاده شد، به‌صورت زیر است:

$$Y = -26501+139.97ET-0.102ET^2 \quad (۱۰)$$

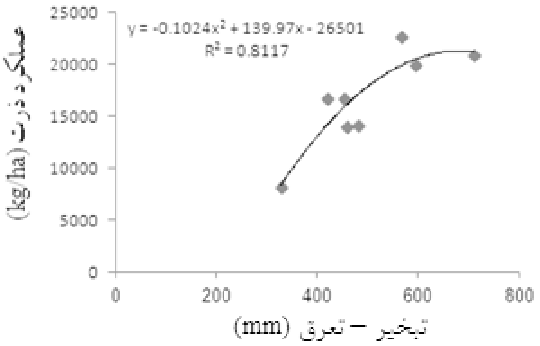
در رابطه (۱۰)، Y و ET به‌ترتیب بر حسب کیلوگرم در هکتار و میلی‌متر می‌باشد. ضرایب a، b و c بترتیب برابر ۲۶۵۰۱- ، ۱۳۹/۹۷ و ۰/۱۰۲- می‌باشند. توابع WUE، MWUE و EWP بر اساس معادله (۱۱) به‌صورت زیر حساب شدند:

$$WUE = \frac{-26501}{ET} + 139.97 - 0.102\,ET \quad (۱۱)$$

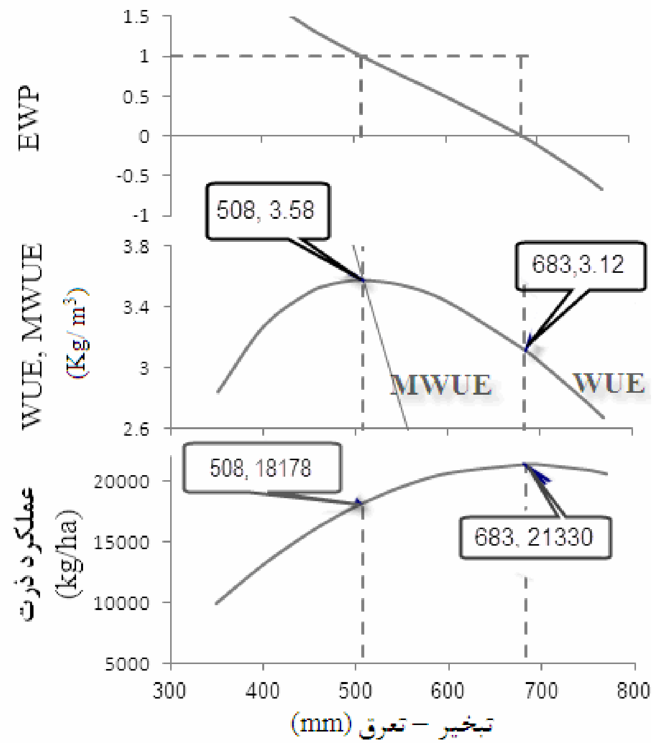
$$MWUE = 139.97 - 0.204\,ET \quad (۱۲)$$

$$EWP = \frac{139.97ET - 0.204ET^2}{-26501 + 139.97ET - 0.102ET^2} \quad (۱۳)$$

با استفاده از معادلات (۱۰) تا (۱۳) منحنی تغییرات EWP، WUE، MWUE، Y در مقابل ET ترسیم و نتایج در شکل (۲) نشان داده شده است. همان‌طورکه پیش‌تر ذکر شد، میزان تبخیر- تعرقی که لازم است تا WUE به حداکثر مقدار برسد، می‌تواند از سه راه تعیین شود: ۱) با برابر قرار دادن معادلات WUE و MWUE (محل تلاقی خطوط WUE و MWUE در شکل (۲)، ۲) معادله EWP برابر با یک شود و ۳) به‌طور تحلیلی با برآورد پارامتر $(a/c)^{0.5}$. با توجه به این اوصاف، با تبخیر- تعرق برابر با ۵۰۸ میلی‌متر، WUE به حداکثر مقدار خود به میزان ۳/۵۸ کیلوگرم در هکتار رسیده است. . اگر هدف دست یافتن به حداکثر عملکرد باشد، باید EWP برابر صفر شود که معادل با شرایطی است که در آن تبخیر- تعرق برابر با $-b/(2c)$ می‌گردد.



شکل ۱ – پراکنش عملکرد محصول و تبخیر- تعرق فصلی



شکل ۲- منحنی تغییرات EWP، WUE، MWUE، Y و ET برای ذرت علوفه‌ای

با توجه به شکل (۲) ملاحظه می‌شود، برای رسیدن به حداکثر عملکرد، لازم است تبخیر و تعرق به ۶۸۳ میلی‌متر برسد و یا تبخیر- تعرق باید حدود ۲۵/۶ درصد بیش‌تر از تبخیر- تعرق در شرایط حداکثر بهره‌وری مصرف آب باشد. اما، عملکرد در تبخیر- تعرق ۶۸۳ میلی‌متر (۲۱۳۳۰ کیلوگرم) فقط حدود ۱۴/۸ درصد بیش‌تر از عملکرد در حداکثر راندمان مصرف آب (۱۸۱۷۸ کیلوگرم) می‌گردد.

با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده در هشت مزرعه در برخوار اصفهان، مدل SWAP برای چند محصول از جمله ذرت علوفه‌ای مورد واسنجی و اعتبار سنجی قرار گرفت (وظیفه دوست وهمکاران،۱۳۸۷). سپس با استفاده از این مدل بهره‌وری مصرف آب برای محصولات فوق تعیین شد. بهره‌وری مصرف آب برای ذرت علوفه‌ای حدود ۳/۱ کیلوگرم بر مترمکعب در منطقه برخوار به دست آمد (وظیفه دوست وهمکاران،۱۳۸۷). مقایسه بین نتایج این تحقیق و وظیفه‌دوست و همکاران (۱۳۸۷) نشان می‌دهد، با وجود دو روش متفاوت و در دو منطقه مختلف برای تعیین بهره‌وری مصرف آب ذرت علوفه‌ای، تفاوت چندانی (حدود ۱۳ درصد) در نتایج آن‌ها وجود ندارد. این تفاوت می‌تواند به علت سیستماتیکی باشد، چون همان‌گونه که ذکر شد روش‌های رسیدن به بهره‌وری بهینه مصرف آب متفاوتند (در این تحقیق با استفاده از شاخص الاستیسیته و دیگری با واسنجی مدل SWAP و اجرای مدل با سناریوهای مختلف). همچنین شرایط متفاوت اقلیمی و حاصلخیزی خاک می توانند از دیگر پارامترهایی باشند که باعث تفاوت اندکی بین نتایج دو تحقیق باشد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق با استفاده از الاستیسیته بهره‌وری آب و راندمان حاشیه‌ای کاربرد آب، حداکثر بهره‌وری مصرف آب ذرت علوفه‌ای و تبخیر- تعرق فصلی آن تعیین شد. بررسی‌ها نشان داد، اگر هدف برداشت حداکثر عملکرد باشد، تبخیر- تعرق فصلی حدود ۲۵/۶ درصد بیش‌تر از شرایط حداکثر بهره‌وری مصرف آب خواهد شد، ولی عملکرد محصول فقط ۱۴/۸ درصد اضافه می‌شود. بنابراین بررسی‌های بیش‌تری از نظر اقتصادی لازم است که معلوم شود، آیا ارزش اقتصادی حدود ۲۵ درصد آب مورد نیاز ذرت از ۱۴/۸ درصد عملکرد ذرت علوفه‌ای بیش‌تر خواهد شد؟

منابع

ستوده‌نیا،ع. ۱۳۸۱. بررسی کاربرد مدل Ceres-maize در تعیین عملکرد محصول یک رقم ذرت در قزوین در شرایط کم آبیاری. رساله دکتری دانشگاه تربیت مدرس.

فتحی،پ.، سلطانی،م. ۱۳۹۱.بهینه‌سازی کارآیی مصرف آب و عملکرد سیب‌زمینی با استفاده از تئوری آنالیز حاشیه‌ای. نشریه حفاظت

منابع آب و خاک.۲(۲):۸۵-۹۳.

وظیفه دوست،م.، علیزاده،ا.، کمالی،غ و فیضی،م. ۱۳۸۷. افزایش بهره-وری آب کشاورزی در مزارع تحت آبیاری منطقه برخوار اصـفهان. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۲(۲): ۴۸۴- ۴۹۵.

Ayer,H.W., Hoyt,P.G. 1981. Crop–water production functions: economic implications for Arizona. Technical Bulletin No. 242. Agriculture and Experiment Station, College of Agriculture, The University of Arizona, Tucson, AZ, 22 pp.

Blum,F.A. 2009. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. Field Crops Research. 112(2-3):119–123.

Debaek,P and Aboudrare,A. 2004. Adaptations of crop manage to water-limited environments. European Journal of Agronomy. 21(4): 433–446.

Farre,F and Faci,J.M. 2009. Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management. 96:384–394.

Fereres,E.M and Soriano,A. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Journal of Experimental Botany. 58(2): 147–159.

Geerts,S and Raes,D. 2009. Deficit irrigation as on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. Agricultural Water Management. 96:1275–1284.

Helweg,O.J. 1991. Functions of crop yield from applied water. Agronomy Journal. 83 (4), 769–773.

Liu,J., Wiberg,D., Zehnder,A and Yang,H. 2007. Modeling the role of irrigation in winter wheat yield, crop water productivity and production in china. Irrigation Science. 26:21–23.

Liu,W. Z., Hunsaker, D.J., Li,Y.S., Xie,X.Q and Wall, G.W. 2002 Interrelations of yield, evapotranspiration, and water use efficiency from marginal analysis of water production functions. Agricultural Water Management. 143–151.

Stegman,E.C., Musick,J.T., Stewart,J.I. 1980. Irrigation water management. In: Jensen, M.E. (Ed.), Design and Operation of Farm Irrigation Systems, Monograph No. 3. ASAE, St. Joseph, MI, pp. 763–816.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 8, May – June. 2014, p. 304-310

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد۸، خرداد - تیر ۱۳۹۳، ۳۱۰-۳۰۴

Optimizing Water Use Efficiency using Elasticity Index - A Case Study For Silage Maize in the Qazvin Region

H.Rahimikhoob[1],[*] A.Sotoodehnia[2]
Received: Feb.20, 2014 Accepted: Jun.11, 2014

Abstract

The most important factor limiting agricultural products in arid and semi-arid region is water scarcity. Increasing the water use efficiency is one of the agricultural development solutions. The purpose of this study is to optimize water use efficiency using Elasticity Index for silage maize in Qazvin region. The data of this study were collected from the results of Sotoodehnia (2002) that was conducted on 704 single crass varieties in Ismail Abad in Qazvin during two years of field research in 1379 and 1380. Data included, crop yield and seasonal evapotranspiration of full and deficit irrigation treatments, that by using this data, production function, water use efficiency and elasticity of water productivity were determined. Using these functions were shown, the maximum water use efficiency of 3.58 kilogram per hectare with 508 millimeter evapotranspiration and yield of 18178 kilogram per hectare achieved. Also, to achieve maximum yield (21330 kilogram per hectare), evapotranspiration of 683 millimeter (25.6 percent more than maximum water use efficiency) is required.

Keywords: Water Use Efficiency, Production Function, Elasticity Index, Maize Silage

1- Student of Water Engineering Department, Imam Khomeini International University, Qazvin
2- Assistant Professor of Water Engineering Department, Imam Khomeini International University, Qazvin
(*- Corresponding Author Email: hadisrahimikhoob@yahoo.com)