نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و یکم، شماره ششم، ۱۳۹۳
http://jwsc.gau.ac.ir

تحلیل اقتصادی مدیریت کم‌آبیاری و تعیین اعماق شاخص بهینه آبیاری در گیاه آفتابگردان

علی قدمی‌فیروزآبادی[۱]، *علی شاهنظری[۲] و محمود رائینی‌سرجاز[۲]
[۱]دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،
[۲]دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری
تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۲۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۵/۷

چکیده

محدودیت آب از مهم‌ترین عوامل بازدارنده تولید محصولات زراعی به‌شمار می‌رود، بنابراین انتخاب یک راهبرد بهینه و برتر برای استفاده از آب در شرایط کمبود آب ضروری است. به این منظور پژوهشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٤ تیمار (۵۵، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی) و ۳ تکرار روی گیاه آفتابگردان در دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام گرفت. هدف اصلی این پژوهش برآورد تابع تولید، محاسبه عمق‌های شاخص و بهینه آب مصرفی و مطالعه اقتصادی اثر کم‌آبیاری بر عملکرد محصول می‌باشد. بر پایه تحلیل ریاضی و اقتصادی توابع تولید، هزینه و درآمد، عمق‌های شاخص و بهینه آبیاری مورد ارزیابی قرار گرفت. یافته‌های این پژوهش نشان داد که بیش‌ترین عملکرد محصول ٥٤٠٧ کیلوگرم به‌ازای یک مترمکعب آب بوده که مربوط به ارتفاع ۷۸ سانتی‌متر آب آبیاری است و حدکثر درآمد خالص ۲۵۲۰۱۵٦۳ ریال در هکتار و مربوط به مصرف ۷۷/۳ سانتی‌متر آب آبیاری می‌باشد. بیش‌ترین مقدار آب صرفه‌جویی شده نسبت به آبیاری کامل، متعلق به عمق معادل آبیاری در حالت محدودیت آب به‌دست آمد، که امکان افزایش سطح زیر کشت نسبت به آبیاری کامل به‌میزان ۱۵ درصد وجود دارد، با وجود این‌که بالاترین میزان عملکرد متعلق به آبیاری کامل بود، اما به‌دلیل بالا رفتن هزینه‌ها سود خالص نهایی حداکثر نشد. بیش‌ترین بازده ریالی برای هر مترمکعب آب در شرایط محدودیت آب و به‌میزان ۳۳٦۲ ریال محاسبه شد. در شرایط کم‌آبی و با هدف کسب سود حداکثر، کاهش آب آبیاری آفتابگردان به‌میزان ۱۵ درصد می‌تواند، اعمال گردد.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، تابع عملکرد، تابع هزینه، عمق بهینه، کم‌آبیاری

* مسئول مکاتبه: aliponh@yahoo.com

مقدمه

کشور ایران دارای آب و هوای خشک و نیمه‌خشک و اراضی مستعد کشاورزی زیادی است که با توجه به مصرف حدود ۹۳/۵ درصد از آب‌های سطحی و زیرزمینی در بخش کشاورزی، آب عامل اصلی محدودکننده تولید است (سپاسخواه و همکاران، ۲۰۰٦). رشد و توسعه به موازات استفاده بیش‌تر از آب، آسیب‌پذیری بخش کشاورزی را در شرایط تغییرات اقلیمی و محدودیت دسترسی به منابع جدید آب تشدید می‌نماید (اوانز، ۲۰۰۹). کم‌آبیاری[1] به‌عنوان راه‌کار مصرف آب کم‌تر با هدف استفاده حداکثری از واحد حجم آب مصرفی و ذخیره آب صرفه‌جویی برای توسعه کشاورزی یا توسعه دیگر بخش‌های مصرف می‌باشد. اگرچه نتیجه مستقیم کم‌آبیاری کاهش عملکرد در واحد سطح است ولی کاهش هزینه‌های تولید و بهینه شدن سود خالص، موجب جبران کاهش عملکرد می‌گردد (سپاسخواه و همکاران، ۲۰۰٦).

آفتابگردان به‌عنوان چهارمین دانه روغنی جهان یکی از مهم‌ترین منابع تولید روغن به‌شمار می‌رود (رشدی و همکاران، ۲۰۰٦). نیاز به تامین روغن خوراکی سبب افزایش قابل‌توجه کشت آفتابگردان در ایران و جهان طی سال‌های اخیر شده است. آفتابگردان از جمله گیاهان زراعی است که ضمن بالا بودن نیاز آبی آن دارای دامنه سازگاری اقلیمی گسترده بوده و بهتر از سایر گیاهان زراعی قادر به تحمل کم‌آبی است (اسماعیلی و گلچین، ۲۰۰۵). توانایی آفتابگردان در تحمل دوره‌های کوتاه تنش کمبود آب با کاهش عملکرد قابل‌قبول، یک خصوصیت ارزشمند در شرایط کمبود آب محسوب می‌شود (استون و همکاران، ۲۰۰۲). آگنی‌هوتری و همکاران (۱۹۹۲) در بررسی‌های خود نشان دادند عملکرد محصولات زراعی بیش‌تر تابع مقدار آب آبیاری است و نقش عوامل دیگر مانند کیفیت آب آبیاری کم‌تر است. کاترجی و همکاران (۱۹۹۸) توابع آب- عملکرد توصیه شده برای شرایط خشکی در مورد چهار گیاه از جمله آفتابگردان را برای آب شور مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند عملکرد گیاه آفتابگردان در شرایط آب شور با مقادیر پیش‌بینی شده در شرایط آب غیرشور مطابقت دارد. انگلیش و چن (۱۹۹۰) در بررسی پاسخ گندم زمستانه به آب مصرفی دریافتند که با افزایش مقدار آب مصرفی، عملکرد تا حد مشخصی، افزایش و پس از آن روند کاهشی خواهد داشت. به‌گونه‌ای که میزان هزینه‌ها با افزایش عمق آبیاری، روند صعودی داشته و با تامین ۵۰ درصد از آب آبیاری سود مالی تنها ۱۳ درصد کاسته شد. نتایج پژوهشی روی محصول چغندرقند در کرج نشان

1- Deficit Irrigation

داد که حداکثر عملکرد در شرایط آبیاری کامل حاصل شد و حداکثر سود خالص نهایی با کاهش ۳٤ درصدی آب مصرفی به‌دست آمد (توکلی و فرداد، ۱۹۹۹). قهرمان و سپاسخواه (۱۹۹٤) اثر کم‌آبیاری را بر درآمد خالص کشت پنبه و سیب‌زمینی در شمال استان خراسان بررسی کردند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که سطح بهینه کاهش آب برای سیب‌زمینی در اسفراین ۲۰ درصد و برای پنبه در اسفراین و درگز به‌ترتیب ۹ و ۲۵ درصد بود. افلاطونی (۱۹۹۱) به بررسی واکنش ذرت دانه‌ای به کمبود آب، در یک خاک شنی لومی در ایالت داکوتای شمالی پرداخت. یافته‌های این پژوهش نشان داد که با کاهش ۱۰ درصد تبخیر- تعرق واقعی طی دوره کشت تا مرحله ۱۲ برگی، تنها ٦ درصد عملکرد دانه کاهش یافت. در حالی‌که کاهش ۱۰ درصدی تبخیر- تعرق واقعی گیاه از مرحله ۱۲ برگی تا دانه‌بندی، باعث ۲۷ درصد کاهش عملکرد شد.

نتایج پژوهش انصاری (۲۰۰۸) روی ارقام ذرت زودرس نشان داد اعمال کم‌آبیاری در شرایط محدودیت زمین موجب کاهش ۳ درصدی عمق بهینه آب مصرفی نسبت به حداکثر آبیاری شد. در حالی‌که در شرایط محدودیت آب، عمق بهینه آب مصرفی نسبت به آبیاری حداکثر می‌تواند ۱۹ درصد کاهش یابد. پژوهش استون و همکاران (۲۰۰۲) نشان داد که در صورت محدودیت منابع آب می‌توان نسبت به اعمال تنش آبی در مرحله شیری شدن دانه آفتابگردان اقدام نمود. در همین راستا تان و همکاران (۲۰۰۰) و رینالدی (۲۰۰۱) دریافتند که آبیاری کامل در مرحله گلدهی آفتابگردان منجر به حصول حداکثر سود خالص در مزرعه می‌شود. نتایج فررز و همکاران (۱۹۸٦) نشان داد تنش خشکی با تأثیر بر تعداد دانه، قطر طبق و درصد دانه‌های پوک سبب کاهش عملکرد در تمام ژنوتیپ‌های آفتابگردان می‌شود. برای سازگاری و رویارویی با محدودیت آب، باید از سازوکارهایی برای افزایش بهره‌وری آب و منابع آبی استفاده کرد. کم‌آبیاری به‌عنوان یک روش فنی و اقتصادی آبیاری برای سامان بخشیدن به روابط آب مصرفی- عملکرد، بیش‌تر گیاهان زراعی و همچنین به‌عنوان یکی از راه‌کارهای اساسی بهره‌وری بهینه در شرایط کمبود آب است. از طرفی کم‌آبیاری نیازمند مدیریتی منسجم، دقیق و کارآمد است که با مدیریت آبیاری کلاسیک متفاوت است. مدیریت آبیاری، باید تعیین کند که چه درجه‌ای از کم‌آبیاری و چه نوعی از آن را اعمال کند و الگوی بهینه کشت، ارزش اقتصادی، زمان کم‌آبیاری، فیزیولوژی گیاه و مورفولوژی خاک را کاملاً بررسی کرده باشد (سپاسخواه و همکاران، ۲۰۰٦). هدف از انجام این پژوهش یافتن عمق‌های بهینه (شاخص‌های آستانه‌ای) کم‌آبیاری برای گیاه آفتابگردان است. برای این کار لازم است توابع تولید و هزینه به‌ازای آب مصرفی تعیین شود و سپس سود خالص نهایی و میزان افزایش سود به‌ازای افزایش سطح زیرکشت محاسبه شود.

مواد و روش‌ها

توابع تولید یک روش تحلیل کمی رابطه تولید با نهاده‌های تولید است که در قالب رابطه ریاضی برای تبیین مقادیر متفاوتی از نهاده‌ای مانند آب بر عملکرد محصولات کشاورزی عمل می‌کند. تابع تولید انتخاب شده در این پژوهش شکل ساده‌شده‌ای از تابع تولید عملکرد است که با ثابت در نظر گرفتن سایر عوامل تولید، تنها به بررسی اثر کمیت آب بر سطح تولید محصول آفتابگردان می‌پردازد. برای تهیه داده‌های لازم، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، واقع در طول جغرافیایی ٥٣/٠٤ درجه و عرض جغرافیایی ٣٩/٣٦ درجه طی سال ۱۳۹۱ روی گیاه آفتابگردان رقم آذرگل طراحی و اجرا شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) با چهار تیمار آبی و سه تکرار شامل یک تیمار آبیاری کامل، دو تیمار کم آبیاری ۵۵ و ۷۵ درصد نیاز آبی و یک تیمار بیش آبیاری ۱۲۵ درصد نیازآبی انجام شد. آزمایش بالا در ۱۲ کرت به ابعاد ۱۰ × ۵/۲۵ متر با کاشت بذرهای آفتابگردان در عمق ٤ سانتی‌متری خاک لوم رسی از قطعه زمینی به مساحت ۷۰۰ مترمربع انجام شد. هر کرت آزمایش شامل ۷ ردیف کاشت به طول ۱۰ متر، فاصله کاشت روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر منظور گردید. نیاز آبیاری، با استفاده از رابطه ۱ برای گیاه آفتابگردان تعیین و بسته به نوع تیمار مورد بررسی به روش نواری- قطره‌ای مستقر در دو طرف خطوط کشت تامین و در اختیار گیاه قرار گرفت:

$$D_n = \sum_{i=1}^{m} \left[\left(\theta_{Fci} - \theta_{1i} \right) \times Bd_i \times D_i \right] \qquad (1)$$

که در آن، θ_{Fci}: درصد رطوبت در حد ظرفیت زراعی، θ_{1i}: درصد رطوبت خاک پیش از آبیاری، D_i: عمق توسعه ریشه (به سانتی‌متر) و Bd_i: چگالی خاک (گرم بر سانتی‌مترمکعب) می‌باشد.

مقدار رطوبت خاک به‌صورت روزانه با دستگاه رطوبت‌سنج الکترومغناطیس (TDR) در عمق‌های ۱۲، ۲۰، ۳۵، ۵۰ و ۸۰ سانتی‌متری مورد سنجش قرار گرفت. به‌منظور تعیین عملکرد نهایی در مرحله رسیدگی کامل از هر کرت آزمایشی ٤ مترمربع برداشت و عملکرد اقتصادی با تعیین وزن دانه‌های هر تیمار در رطوبت ۱۵ درصد به روش توزینی محاسبه شد. برای بررسی کم‌آبیاری و بیش‌آبیاری از مدل انگلیش و چن (۱۹۹۰) براساس مقادیر مختلف آب مصرفی و لحاظ شرایط و داده‌های محلی شامل هزینه‌های تولید، محدودیت آب و زمین، قیمت محصول تولیدی استفاده شد. برای این منظور تابع

تولید دانه به‌عنوان تابعی از عمق آب آبیاری و بر مبنای داده‌های به‌دست آمده از مطالعات مزرعه‌ای با استفاده از روش حداقل مربعات در قالب مدل چندجمله‌ای درجه ۲ محاسبه شد. تابع هزینه نیز براساس مجموع هزینه‌های تولید در مراحل کاشت، داشت و برداشت محصول با فرض خطی بودن رابطه بین هزینه‌ها و میزان آب مصرفی در قالب مدل خطی به‌ازای عمق آب آبیاری به‌دست آمد. برای ارزیابی اقتصادی اهداف پژوهش، هزینه‌های تولید شامل هزینه‌های ثابت، متغیر و درآمدهای به‌دست آمده از فروش محصول آفتابگردان در نظر گرفته شد. هزینه‌های تولید مجموع هزینه‌های آبیاری، هزینه‌های کاشت، داشت، برداشت و هزینه‌های پیش‌بینی نشده بود. هزینه‌های آبیاری شامل هزینه آب‌بها براساس استعلام از اداره آب و سازمان جهاد کشاورزی معادل ۵۰۰ ریال به‌ازای هر مترمکعب، هزینه‌های عملیات آبیاری و انرژی معادل ۱۱ میلیون ریال و هزینه‌های سیستم آبیاری با در نظر گرفتن سه سال عمر مفید برای نوار تیپ و ۱۵ سال برای سایر تجهیزات برابر ۱۶۱۹/۸۷ هزار ریال در هر هکتار محاسبه شد. نرخ خدمات کشاورزی عملیات کاشت، داشت و برداشت و هزینه‌های پیش‌بینی شده در سال ۱۳۹۱ برای استان مازندران به‌ترتیب ۸۰۰، ۲۹۵۰، ۶۵۰۰ و ۱۰۶۲/۵ هزار ریال در هر هکتار در نظر گرفته شد (آمارنامه جهاد کشاورزی استان مازندران، ۲۰۱۳). بدین ترتیب هزینه‌های تولید معادل ۳۸/۵ میلیون ریال محاسبه گردید. قیمت فروش محصول از میانگین نرخ تضمینی محصول و نرخ بازار استان در سال ۱۳۹۱ برابر ۱۲۵۳۰ ریال برای هر کیلوگرم دانه آفتابگردان منظور شد (آمارنامه جهاد کشاورزی استان مازندران، ۲۰۱۳).

برای انجام تحلیل‌های اقتصادی مقادیر بهینه آب مصرفی در پنج سناریوی متفاوت یعنی محدودیت آب و عمق معادل آب مصرفی به‌دست آمده از آن، محدودیت زمین و عمق معادل آب مصرفی آن، عدم محدودیت آب، عدم محدودیت زمین و حالت سر به سر (عدم سود اقتصادی) محاسبه شد. مقادیر بهینه آب مصرفی برای دست‌یابی به سود حداکثر در دو حالت محدودیت زمین (W_1) و محدودیت آب (W_w) به‌ترتیب از رابطه‌های زیر محاسبه شد (انگلیش و رجاء، ۱۹۹۶).

$$W_1 = \frac{b_2 - P_c b_1}{2 p_c c_1} \qquad (۲)$$

$$W_w = \left(\frac{P_c a_1 - a_2}{p_c c_1} \right)^{0.5} \qquad (۳)$$

به همین ترتیب مقدار آب مصرفی لازم برای داشتن حداکثر عملکرد محصول (W_m) از مشتق تابع عملکرد- آب نسبت به عمق آب مصرفی محاسبه گردید. سایر شاخص‌های آبیاری شامل عمق آب مصرفی در حالت سر به سری (W_k) با سود خالص صفر، عمق معادل آب مصرفی در حالت محدودیت زمین (W_{el}) و در حالت محدودیت آب (W_{ew}) نیز از رابطه‌های ٤، ٥ و ٦ محاسبه شد.

$$W_k = \frac{(b_2 - b_1 P_c) \pm Z_3}{2c_1 P_c} \quad (٤)$$

$$W_{el} = \frac{b_2 - P_c b_1 + Z_1}{2 P_c C_1} \quad (٥)$$

$$W_{ew} = \frac{-Z_2 \pm \left[Z_2^2 - 4 C_1 P_c (a_1 P_c - a_2)\right]}{2 C_1 P_c} \quad (٦)$$

در نهایت سطح قابل آبیاری به‌ازای مقادیر آب تأمین شده در هر یک سناریوهای در نظر گرفته شده از رابطه ۷ محاسبه گردید.

$$A = \frac{W_T}{W} \quad (٧)$$

که در آن‌ها، a_1 و a_2 به‌ترتیب مقادیر عرض از مبدأ مدل‌های عملکرد و هزینه، b_1 و b_2 به‌ترتیب ضرایب متغیر مشخص (مستقل) مدل‌های عملکرد و هزینه، P_c: قیمت واحد وزن محصول (کیلوگرم) است.

همچنین علاوه‌بر شاخص‌های اقتصادی سود خالص و ناخالص از شاخص بازده ریالی نیز به‌منظور تحلیل اقتصادی سناریوها استفاده شد. بازده ریالی نشان‌دهنده میزان سودی است که به‌ازای مصرف یک مترمکعب آب حاصل می‌شود. همه محاسبه‌ها در نرم‌افزار SPSS 16 بر روی داده‌های دسته‌بندی شده از هر تیمار انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج بررسی اثرات کم‌آبیاری و بیش‌آبیاری بر روی عملکرد و وزن هزاردانه در مقابل مقدار آب مصرفی در جدول ۱ ارایه شده است. تجزیه و تحلیل‌های آماری مقادیر ارایه شده در جدول ۱ نیز با استفاده از آزمون دانکن انجام گرفت.

جدول ۱- مقایسه درصد متوسط آب مصرفی، عملکرد محصول و متوسط وزن هزاردانه در تیمارهای مختلف آبی.

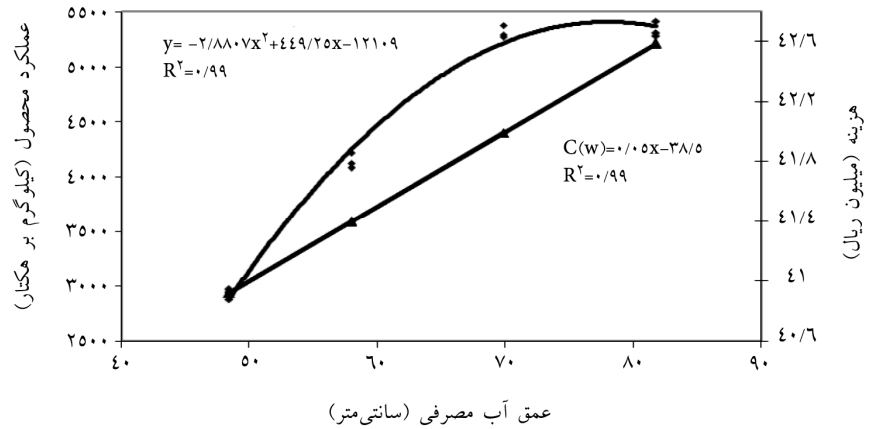
تیمار آبی (درصد)	درصد متوسط آب مصرفی	متوسط عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	متوسط وزن هزاردانه (گرم)
۱۲۵ درصد نیاز آبی	۱۱۷/۱	۵۳۳۵^{a}	۶۸/۳^{a}
۱۰۰ درصد نیاز آبی	۱۰۰	۵۳۱۳^{a}	۶۷/۲^{a}
۷۵ درصد نیاز آبی	۸۲/۹	۴۱۴۲^{b}	۶۰/۵^{b}
۵۵ درصد نیاز آبی	۶۹/۳	۲۹۳۱^{c}	۵۵/۱^{c}

با توجه به نتایج به‌دست آمده از تجزیه‌های آماری، اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد دانه یا عملکرد اقتصادی آفتابگردان در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. همان‌گونه که در جدول ۱ ملاحظه می‌گردد بیش‌ترین مقدار عملکرد معادل ۵۳۳۵ کیلوگرم در هکتار و بیش‌ترین مقدار وزن هزاردانه برابر ۶۸/۳ گرم به تیمار بیش آبیاری (۱۲۵ درصد نیاز آبی) تعلق دارد. به همین ترتیب کم‌ترین مقدار عملکرد و کم‌ترین مقدار وزن هزاردانه که به‌ترتیب ۲۹۳۱ کیلوگرم در هکتار و ۵۵/۱ گرم است به تیمار کم‌آبیاری ۵۵ درصد نیاز آبی مربوط است. به‌طورکلی با کاهش میزان آب داده شده عملکرد و وزن هزاردانه کاهش محسوسی را نشان می‌دهد. مطابق جدول ۱، بررسی روند تغییرات نشان داد که درصد کاهش عملکرد و وزن هزاردانه هر تیمار آبیاری با دیگر تیمارهای آبیاری متفاوت است. جدول ۱ نشان می‌دهد تیمار آبی ۱۲۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی از نظر عملکرد دانه در یک گروه آماری قرار گرفتند. این نتیجه نشان می‌دهد افزایش عملکرد تا حد مشخصی به افزایش عمق آب آبیاری وابسته است. ولی افزایش بیش از حد نیاز در آب آبیاری ضمن بالا رفتن هزینه‌های تولید موجب کاهش عملکرد می‌گردد. کاهش عملکرد به‌ازای افزایش بیش از حد آب آبیاری از سوی انگلیش و چن (۱۹۹۰) برای محصول گندم گزارش شده است. کم‌ترین مقدار عملکرد دانه متعلق به تیمار ۵۵ درصد نیاز آبی با ۲۹۳۱ کیلوگرم در هکتار است، که در یک گروه آماری مجزا قرار گرفته است. با کاهش مقدار آب آبیاری، عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که می‌تواند ناشی از تأثیر تنش رطوبتی بر اجزاء

عملکرد گیاه آفتابگردان باشد. کاهش عملکرد دانه در شرایط آبیاری محدود را می‌توان به کاهش طول دوره رشد و کاهش وزن و تعداد دانه‌های طبق نسبت داد. در آزمایش فررز و همکاران (۱۹۸٦) معلوم شد که کمبود آب از طریق کاهش تعداد دانه در طبق، کاهش فتوسنتز و افزایش درصد پوکی دانه‌ها سبب افت عملکرد دانه گردید.

پانکوویچ و همکاران (۱۹۹۹) بیان نمودند که کمبود رطوبت طی مرحله غنچه‌دهی تا پایان گلدهی به‌خاطر کاهش قطر طبق و تعداد دانه در طبق بیش‌ترین تأثیر منفی را بر عملکرد آفتابگردان داشته است. به‌نظر می‌رسد مصرف متعادل آب طی مراحل مختلف نمو از جمله گلدهی و دانه‌بندی منجر به بهبود عملکرد دانه آفتابگردان می‌گردد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که علت عملکرد مطلوب دانه در تیمار آبیاری کامل، تخصیص بهتر و بیش‌تر مواد فتوسنتزی به نفع مرحله زایشی و پر شدن دانه می‌باشد. بنابراین علت کاهش عملکرد، بر اثر تنش خشکی را می‌توان چنین بیان نمود که رژیم آبیاری نامطلوب، ضمن کاهش سطح برگ‌ها و مقدار فتوسنتز، پیری برگ‌ها را سرعت بخشیده و میزان تولید را کاهش می‌دهد.

در این پژوهش تابع عملکرد بر پایه داده‌های اندازه‌گیری شده محصول، به‌عنوان تابعی از عمق آب مصرفی (W)، از مدل ریاضی پیشنهادی انگلیش (۱۹۹۰) محاسبه شد. به همین ترتیب تابع هزینه‌های تولید نیز بر حسب عمق آب مصرفی محاسبه و نتایج در قالب نمودار و توابع استخراجی در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱- تابع عملکرد محصول و هزینه براساس مقدار آب مصرفی (سانتی‌متر).

با ترسیم تابع هزینه در شکل ۱، مشخص گردید که هزینه‌های تولید با افزایش میزان آب مصرفی، روندی صعودی و خطی دارد و بیش‌ترین هزینه مربوط به تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی است. ضریب تعیین هر دو تابع عملکرد و هزینه ۰/۹۹ است که نشان‌دهنده خوبی توابع برازش یافته است. ضریب تعیین نشان می‌هد با ثابت نگه داشتن مقادیر سایر عوامل مؤثر بر تولید، ۹۹ درصد تغییرات عملکرد آفتابگردان متأثر از تغییرات آب مصرفی است. نتایج مشابهی توسط سپاسخواه و بورسما (۱۹۷۹) برای گندم، پارا و رومرو (۱۹۸۰) برای لوبیا و جنسن (۱۹۸۲) برای جو به‌دست آمده است. با استفاده از تابع تولید پیشنهادی در شکل ۱، مقدار عملکرد و هزینه بر حسب عمق آب مصرفی قابل محاسبه است. از طرفی مطابق جدول ۱ کاهش مصرف آب در تیمارهای کم‌آبیاری نسبت به آبیاری کامل سبب صرفه‌جویی آب می‌شود. به‌طوری‌که با آب صرفه‌جویی شده می‌توان براساس سناریوی عدم محدودیت زمین، زمین‌های بیش‌تری را به عرصه تولید وارد ساخت. در سناریوی محدودیت زمین و محدودیت آب نیز با برداشت کم‌تر آب می‌توان فشار برداشت از منابع آب را کاهش داد.

در جدول ۲ نتایج سناریوهای مورد بررسی به‌منظور تحلیل اقتصادی کم‌آبیاری براساس مقادیر بهینه آب مصرفی از رابطه‌های ۲ تا ۷ محاسبه گردید. هدف اصلی از این محاسبات کسب سود خالص حداکثر در هر یک از سناریوها به‌منظور مدیریت کم‌آبیاری برای کشت گیاه آفتابگردان بود.

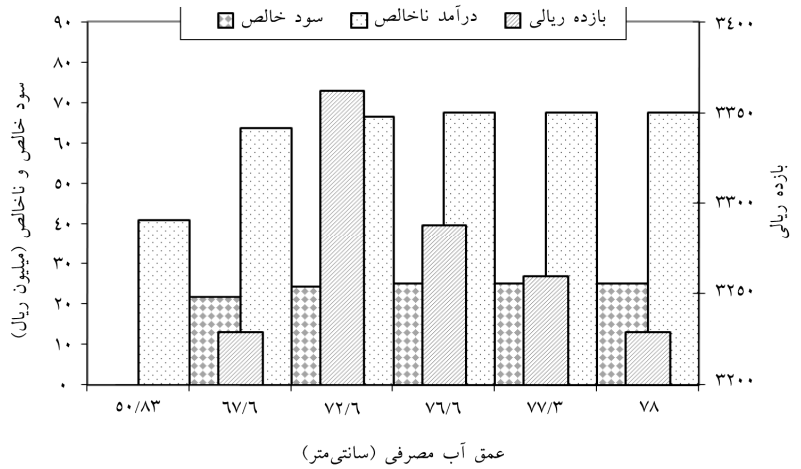
جدول ۲- آنالیز و تحلیل اقتصادی شاخص‌های آستانه‌ای عمق آب مصرفی گیاه آفتابگردان.

شاخص	W	عملکرد Y	درآمد ناخالص	درآمد به هزینه (B/C)	آب صرفه‌جویی شده	سود خالص (N.B)	افزایش سطح کشت
	(سانتی‌متر)	(کیلوگرم در هکتار)	(ریال)		(سانتی‌متر)	(ریال در هکتار)	(هکتار)
W_k	۵۰/۸	۳۲۸۳	٤١٠٤١٦٦٧	۱	–	–	–
W_{ew}	٦٧/٦	۵۰۹۸	٤١٨٨١٣٤٥	۱/۵۲۱	۱۰/٤	۲۱۸۳۸۸۷۹	۰/۱۵
W_w	۷۲/٦	۵۳۲٤	٦٦٥٤٧٦٦٣	۱/۸۵٦	۵/٤	٢٤٤١٦٥٦٢	۰/۰۷
W_{el}	۷٦/٦	۵٤۰۱	٦٧٥١٤٠٦٣	۱/۵۹۵	۱/٤	۲۵۱۸٤۲۰۱	۰/۰۲
W_l	۷۷/۳	۵٤۰۵	٦٧٥٦٦١٤٦	۱/۵۹۵	۰/۷	۲۵۲۰۱۵٦۳	۰/۰۱
W_m	۷۸	۵٤۰۷	٦٧٥٨٣٥۰٧	۱/۵۹٤	–	۲۵۱۸٤۲۰۱	–

یافته‌های این پژوهش در قالب شاخص‌های آبیاری نشان داد که با افـزایش عمـق آب مـصرفی تـا عمق بیشینه، درآمد ناخالص، روندی افزایشی دارد (جدول ۲). به‌عبارت دیگـر بـا افـزایش عمـق آب آبیاری میزان عملکرد محصول و درآمد ناخالص به‌دست آمده از افزایش عملکرد نیز رشد یافته اسـت. به‌طوری‌که جدول ۲ نشان می‌دهد، بیش‌ترین مقـدار عملکـرد محـصول آفتـابگردان حاصـل مـصرف ۷۸ سانتی‌متر آب آبیاری و کم‌ترین مقدار عملکرد محـصول از مـصرف ۵۰/۸ سـانتی‌متـر آب آبیـاری به‌دست آمد. میزان درآمد ناخالص نیز وضعیتی مشابه عملکرد را نشان داد که با نتایج انصاری (۲۰۰۸) و انگلیش (۱۹۹۰) هم‌خوانی دارد (جدول ۲). ولی درآمـد ناخـالص بـه تنهـایی شـاخص مناسـبی از اقتصادی بودن نمی‌باشد و باید سود خالص محاسبه گردد، بنابراین مطابق جدول ۲، حـداکثر سـود در عمق آب آبیاری ۷۷/۳ سانتی‌متر به‌دست آمد در حالی‌که حداکثر عملکرد محـصول و حـداکثر درآمـد ناخالص در عمق آب آبیـاری ۷۸ سـانتی‌متـر معـادل ٥٤٠٧ کیلـوگرم در هکتـار و ٦٧٥٨٣٥٠٧ ریـال می‌باشد. به همین ترتیب نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد اعمال سناریوهای کم‌آبیاری منجر به صرفه‌جویی در مقدار آب مصرفی و به‌تبع افزایش سطح زیر کشت در شرایط عدم محدودیت زمـین خواهـد شـد. به‌طوری‌که جدول ۲ نشان می‌دهد بیش‌ترین مقدار آب صرفه‌جویی شـده معـادل ۱۰/٤ سـانتی‌متـر در سناریوی محدودیت آب (W_{ew}) و کم‌ترین مقـدار آب صـرفه‌جـویی شـده معـادل ۰/۷ سـانتی‌متـر در سناریوی محدودیت زمین (W_{el}) به‌ترتیب موجـب افـزایش ۰/۱۵ و ۰/۰۱ هکتـار سـطح زیـر کـشت می‌گردد. از آن‌جایی‌که افزایش سطح زیر کشت ناشی از آب صرفه‌جویی شده منجر به حصول درآمـد اقتصادی بیش‌تری می‌گردد، بنابراین شاخص‌های درآمد ناخالص، درآمد خالص و بازده ریالی هر یک از سناریوها بر حسب عمق آب مصرفی محاسبه و در شکل ۲ ارایه گردید.

همان‌گونه که از شکل ۲ استنباط می‌شود مقادیر بازده ریالی با افزایش عمق آب مصرفی ابتدا روند افزایشی داشته است و در عمق آب مصرفی ۷۲/٦ سانتی‌متر به بیش‌ترین مقدار برای هر مترمکعب آب معادل ۳۳٦۲ ریال می‌رسد و بعد از آن یک روند کاهشی را دنبال می‌نماید. به همین ترتیب مقادیر سود خالص حاصله نیز روندی مشابه بازده ریالی را داشته است. ولی در آمد ناخالص هر یک از سـناریوها با افزایش آب مصرفی افزایش داشته است. افزایش درآمـد ناخـالص بـه پیـروی از افـزایش عملکـرد روندی افزایشی داشته است. این نتیجه در راستای مطالعه کیانی و همکاران (۲۰۰٤) مبنی بـر افـزایش عملکرد محصولات به‌ازای افزایش مقدار آب آبیـاری مـی‌باشـد. لازم بـه ذکـر اسـت اگرچـه اعمـال کم‌آبیاری کاهش عملکرد را به‌دنبال دارد ولی ذکر این نکته ضروری می‌باشد که با اعمال کم‌آبیاری در

مراحل مختلف رشد می‌توان مقدار کاهش عملکرد را کنترل نمود. کریمی‌کاخکی و سپهری (۲۰۱۱) نیز در مطالعه خود با تکیه بر آزمایش‌ها، بیان نمودند پاسخ عملکرد گیاه به‌ازای اعمال کم‌آبیاری در مراحل مختلف گیاه آفتابگردان متفاوت است.



شکل ۲- روند تغییرات آماره‌های اقتصادی بر حسب عمق آب مصرفی.

نتیجه‌گیری

با توجه به بحران آب در کشور و به‌منظور استفاده بهینه از آب در کشاورزی، محاسبه عمق‌های شاخص آبیاری برای تمام محصولات زراعی و باغی کشور و اعمال کم‌آبیاری در شرایط محدودیت منابع آب امری ضروری است. همچنین با توجه به هدف کسب سود حداکثر در شرایط کم‌آبی، کاهش آب مورد نیاز گیاه آفتابگردان به‌میزان ۱۵ درصد می‌تواند اعمال گردد.

منابع

1.Aflatoni, M. 1991. Effect of deficit irrigation on sunflower yield and determinate the yield function. Iran. J. Agric. Sci. 22: 11-20. (In Persian)
2.Agnihotri, A.K., Kumbhare, P.S., Rao, K.V., and Sharma, D.P. 1992. Econometric consideration for reuse of drainage effluent in water production. Agric. Water Manage. J. 22: 249-270.
3.Agriculture Organization of the Mazandaran Province. 2013. Agricultural Statistics. Department of Statistics and Information Technology, 77p. (In Persian)

4.Ansari, H. 2008. Determining the index and optimal irrigation depths to maximize benefit of early maturing corn. J. Water Soil. 22: 2. 107-116. (In Persian)
5.Esmaeili, M., and Golchin, A. 2005. Economic analysis of the effects of deficit irrigation on yield and oil content of two cultivar of sunflower. J. Agric. Sci. 15: 1. 121-135.
6.English, M., and Raja, S.N. 1996. Perspective on deficit irrigation. Agric. Water Manage. 32: 1-14.
7.English, M.J. 1990. Deficit irrigation. I: Analytical framework, 1. Irrig. Drain. Eng. ASCE. 11: 3. 399-411.
8.English, M.J., and Chen, C.F. 1990. Deficit Irrigation: II. Observation in Columbia Basin. Irrigation and Drain, 16: 413-426.
9.Evans, J.P. 2009. 21st century climate change in the Middle East. Climatic Change, 92: 417-432.
10.Freres, E., Gimmenz, C., and Fernandez, J.M. 1986. Genetic variability in sunflower Cultivars under drought I. Yield relationships. Austr. J. Agric. Res. 37: 573-582.
11.Ghahreman, B., and Sepaskhah, A.R. 1994. Optimum water deficit in Irrigation management at a semi-arid region of Iran, 17th European Regional conference on Irrigation and drainage, 1: 1015. 127-134. (In Persian)
12.Jensen, C.R. 1982. Effect of soil water osmotic potential on growth and water relationship of barley during soil water depletion. Irrigation Science, 3: 111-121.
13.Karimi-Kakhaki, M., and Sepehri, A. 2011. Effect of deficit irrigation at reproductive growth stage on remobilization of dry matter in four sunflower (*Helianthus annus* L.) cultivars. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Soil and Water Sciences, 50: 163-176. (In Persian)
14.Katerji, N., Van Hoorn, J.W., Hamdy, A., Mastrorilli, M., and Karama, F. 1998. Salinity and drought, a comparison of their effects on the relationship between yield and evapotranspiration. Agricultural Water Management, 36: 45-54.
15.Kiani, A.R., Mir-Latifi, S.M., Homaei, M., and Abyar, N.M. 2004. Economic Analysis of wheat production in salinity and water scarcity conditions. Agricultural Economics and Development, 43 & 44: 165-180. (In Persian)
16.Pankovic, D., Sakac, Z., Kcvrosan, S., and Plesnicar, M. 1999. Acclimation to long term Water deficit in the leaves of two sunflower hybrids: photosynthesis, electron transport and carbon metabolism. J. Exp. Bot. 50: 127-138.
17.Parra, M.A., and Romero, G.C. 1980. On the dependence of salt tolerance of beans on soil water matric potential, Plant and Soil, 56: 3-16.
18.Rinaldi, M. 2001. Application of EPIC model for irrigation scheduling of sunflower in Southern Italy. Agriculture Water Management, 49: 185-196.
19.Roshdi, M., Heidari Sharif Abadi, C., Karimi, M., Normohamedi, G., and Darvish, F. 2006. Effects of water deficit irrigation on yield and yield components of sunflower cultivar. Agricultural Sciences, 12: 1. 121-109.

20. Stone, L.R., Goodrum, D.E., Jafar, M.N., and Khan, A.H. 2002. Rooting front and water depletion depths in grain sorghum and sunflower. Agron. J. 93: 1105-1110.
21. Sepaskhah, A.R., and Boersma, L. 1979. Shoot and root growth exposed to several levels of matric potential and NACL induced osmotic potential of soil water. Agron. J. 71: 746-752.
22. Sepaskhah, A.R., Tavakoli, A.R., and Mousavi, F. 2006. Deficit irrigation, principals and practice. No. 100. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID), 29lp. (In Persian)
23. Tan, B., Beyazgul, M., Avcieri, Z., Kayam, Y., and Kaya, H.G. 2000. Effect of irrigation at various growth stages on some economic characters of first crop. Sunflower. Anadolu, 10: 1-34.
24. Tavakoli, A.R., and Fardad, H. 1999. Economic Evaluation of Deficit Irrigation on Sugar beet for Optimization of water use. Iran. J. Agric. Sci. 30: 3. 575-584. (In Persian)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 21(6), 2015
http://jwsc.gau.ac.ir

The Economic analysis of deficit irrigation management and determination of the optimum depth of irrigation in sunflower plant

A. Ghadami Firouzabadi[1], *A. Shahnazari[2] and M. Raeini-Sarjaz[2]
[1]Ph.D. Student, Dept. of Water Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Received: 02/09/2013; Accepted: 07/29/2013

Abstract

Water limitation is one of the most preventing factor of crop production. Therefore, choosing an optimal strategy for the best use of water is essential in water scarcity condition. This study was performed in a randomized complete block design which four treatments of 55, 75, 100 and 120 percent water requirement with 3 replications were imposed on sunflower (*Helianthus annus*). The experiment was conducted in Sari agricultural sciences and natural resources university experimental farm. The main purpose of this research were to estimate production function, water depth index and optimal depth and economic effects of the deficit irrigation on yield production. In this study functions of production, costs and revenues, and the optimal irrigation depth index were evaluated. The results indicated that the highest yield was 5407 kg per m^3 of water, which was related to 78 cm of irrigation water depth and the maximum of Net income was 25,201,563 rials per ha with 77.3 cm irrigation water depth. Also results showed that the maximum saved water in saving treatments belongs to irrigation equal depth under water limitation. It can be concluded that with the savings of water under deficit irrigation practices, the planting area would increase by 15%. Although the complete irrigation had the maximum yield, but the marginal net profit was not maximum because of rise in cost. The highest earning return under water limitation will be 3362 rails. So aiming to maximize the use of unit volume of water in water limitation condition the optimized irrigation depth would be done 15% less than the complete irrigation.

Keywords: Sunflower, Yield function, Yield cost, Optimized depth, Deficit irrigation

* Corresponding Author; Email: aliponh@yahoo.com