

# ارزیابی اقتصادی کم آبیاری روی محصول چغندر قند جهت بهینه سازی مصرف آب

علیرضا توکلی و حسین فر داد

بترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی و دانشیار

گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش مقاله ۷۸/۴/۳۰

## خلاصه

آب از جمله نهادهای تولید است که در مهندسی کشاورزی از اهمیت والایی برخوردار است. محدودیت آب، عمده‌ترین عامل منفی و باز دارنده در زراعت آبی محسوب می‌شود و به دلیل وجود این محدودیت از جنبه‌های کیفی و کمی، تحقیقات کم آبیاری جهت بهینه سازی مصرف آب و تعیین شاخصهای آستانه‌ای عمق، جایگاه ویژه‌ای می‌یابد. بر این اساس، طی تحقیقی که در سال ۱۳۷۵ در ایستگاه تحقیقات خاک و آب کرج (مشکین دشت) روی محصول چغندر قند، با مقادیر مختلف آب مصرفی کل فصل زراعی صورت پذیرفت، توابع تولید و هزینه و همچنین رابطه قیمت محصول بدست آمد و بر اساس مدل بهینه سازی سود خالص (انگلیش و همکاران)، عمق بهینه آب مصرفی چغندر قند تعیین شد. تابع تولید،  $Y(w)$  و تابع هزینه،  $C(w)$  هر دو بر حسب عمق آب مصرفی و از درجه دوم بوده است. برای محاسبه درآمد ناخالص از رابطه  $B(w) = P_c y(w)$  و برای محاسبه درآمد (سود) خالص از رابطه  $N.B(w) = P_c y(w) - C(w)$  استفاده گردید و نهایتاً نتایج زیر بدست آمد: آبیاری کامل، بالاترین میزان عملکرد چغندر قند (۵۹/۱ تن در هکتار) را به همراه داشته است. اما بدلیل بالا رفتن هزینه‌ها و کاهش عیار قند (ومتعاقباً قیمت محصول)، سود خالص نهایی کاهش یافت ( $W_m$ ). ۲۱ درصد کاهش آب مصرفی، بالاترین میزان  $B/C$  (درآمد به هزینه) و بالاترین میزان درآمد خالص در واحد سطح را به همراه داشته است. اما منجر به کسب بالاترین میزان درآمد خالص به ازاء واحد آب مصرف نگردید. ( $W_w$ ) ۳۴ درصد کاهش آب مصرفی، بالاترین میزان درآمد خالص به ازاء واحد آب مصرفی را به همراه داشته است و علاوه بر آن منجر به کسب بیشترین میزان درآمد خالص در حالت امکان افزایش سطح زیر کشت با آب صرفه جویی شده، نیز شده که این عمق به نام عمق معادل آبیاری کامل در حالت محدودیت زمین ( $W_{el}$ ) نامیده می‌شود. ۵۱ درصد کاهش آب مصرفی، منجر به کسب درآمد خالص واحد آب مصرفی برابر با درآمد خالص واحد آب مصرفی کامل می‌شود که این عمق بنام عمق معادل آبیاری کامل در حالت محدودیت آب ( $W_{ew}$ ) نامیده می‌شود. ۶۲ درصد کاهش آب مصرفی عمق سربه سری است که در درآمد ناخالص و هزینه‌های تولید برابر می‌شوند و یا به عبارتی در درآمد خالص برابر صفر است.  $W_k$  این تحقیق در کادر طرح آزمایشی و در قالب بلوک‌های کامل تصادفی بصورت فاکتوریل با شش تیمار آب و در سه تکرار با فواصل آبیاری مساوی و در شرایط کشت و کار یکسان بوده است. در این تحقیق بهترین و اقتصادی‌ترین عمق آب مصرفی عمق معادل آبیاری کامل در حالت محدودیت بین  $W_{el} = ۱۱۵/۷۶$  تعیین شده و میزان قند قابل استحصال حدود ۷ تن در هکتار بوده است.

واژه های کلیدی: کم آبیاری چغندر قند، تابع تولید، ارزیابی اقتصادی

## مقدمه

محدودیت منابع آب، مزایای جمعیت و تلاش در راستای حذف یا ترمیم کشاورزی کم بازده و تعالی مهندسی کشاورزی نوین، سبب شده است تا ارزش نهاده‌های تولید و جایگاه تحقیقات بهینه سازی مصرف آب، ترقی و بهبود یابد. در رسیدن به دور نمای روش راهبری و بهره برداری پایدار از منابع آب، شاخص‌های چندی موثر هستند که از جمله مهمترین آن تدوین الگوی مهار، تثبیت و استحصال آب و تبیین الگوی بهینه مصرف آب در کشاورزی است. از کل ۱۶ میلیون هکتار اراضی کشاورزی کشور، حدود ۵۶ درصد آن به کشت دیم (با آیش)، حدود ۳۷ درصد به کشت آبی (با آیش) و بقیه به باغات میوه (۷ درصد) اختصاص می‌یابد. و از سویی دیگر حدود ۹۶٪ درصد کل آب مصرفی کشور نیز به بخش کشاورزی فاریاب اختصاص دارد. از این رو، انتخاب هر استراتژی در بهینه سازی مصرف آب، شایان توجه است. بهینه سازی مصرف آب، کم مصرف کردن نیست. بلکه به موقع، به مقدار آبیاری کردن و منطبق بر اصول مهندسی آبیاری بودن است. بطوریکه در کشت آبی، استراتژی کم آبیاری و در کشت دیم، تکنیک آبیاری تکمیلی ایده آل هستند. کم آبیاری<sup>۱</sup> بعنوان یک راهبرد عملی و تکنیکی فنی - اقتصادی در حصول و تکوین الگوی بهینه مصرف آب به شمار می‌رود. کم آبیاری طریقی است که حد مجاز کاهش عملکرد در اثر کاهش آب مصرفی را نشان می‌دهد و بالاترین میزان در آمد خالص به ازاء واحد آب مصرفی را تبیین می‌کند و در کاهش هزینه‌های تولید موثر است و در بهبود کیفیت محصول نقش دارد، از هدر رفتن آب جلوگیری کرده و بکارگیری صحیح آن منطبق بر اصول زیست - محیطی می‌باشد.

کم آبیاری به شیوه‌ها و روشهای مختلفی قابل اجراء است که از جمله آن کم آبیاری با درصدی از آبیاری کامل، آبیاری یک در میان شیارها، آبیاری موجی و کابلی، کاهش رواناب پایاب، استفاده مجدد از رواناب، کاهش راندمان (سطح) کفایت آبیاری و... می‌باشد. تحقیقات کم آبیاری بهترین روش برای تدوین الگوی توزیع و تحویل حجمی آب در شبکه و تعیین میزان برداشت از منابع زیرزمینی... می‌باشد.

سابقه تحقیقات

- طبق تحقیقی که توسط شیرر...، روی خاک یکنواخت با نیاز آبی خالص، ۱۰ سانتیمتر و یکنواختی توزیع ۸۵ درصد، صورت گرفت، در راندمان کفایت ۸۷/۵ درصد، مجموع تلفات عمقی ۲۲/۵ درصد آب مصرفی بود، اما در راندمان کفایت ۵۰ درصد، مجموع تلفات عمقی، تنها ۸ درصد کل آب مصرفی بوده است (۱۵).

- در آبیاری شیاری یک در میان و به حالت گردش، کل مصرف آب در طول فصل کاهش می‌یابد. استوان و همکارانش (۱۹۸۲) ۲۰ تا ۵۰ درصد کاهش مصرف آب را با اعمال کم آبیاری و بصورت یک در میان گزارش نموده‌اند (۱۶).

- طبق تحقیق انگلیش و همکارانش، در حوزه کلیمیای آمریکایا سیستم آبیاری بارانی ستیریوت - روی گندم و به مدت ۹ سال، نتیجه شد که: تابع تولید از درجه دوم و تابع هزینه خطی است در آمد خالص در واحد سطح، ۲۵ درصد کمتر از آبیاری کامل و در آمد خالص نسبت به واحد آب مصرفی ۱۴/۵ درصد بیشتر از آبیاری کامل بوده است (۱۳).

- در تحقیقی که در مشهد در سال ۱۳۶۳ توسط کوچکی، روی اسپرس انجام گرفت، تغییر فاصله آبیاری از ۱۰ روز به ۲۰ روز، تنها باعث ۲۰ درصد کاهش عملکرد شد (۱۱).

- سپاسخواه در سال ۷۱-۱۳۷۰ در شیراز طی تحقیقی بدین نتیجه رسید که مقدار محصول ریشه چغندر قند در آبیاری شیاری یک در میان با دور ۶ روز، با آنچه که از آبیاری شیاری معمولی با دور ۱۰ روز بدست آمده، برابر بوده در ضمن مقدار آب آبیاری، نیز ۲۳ درصد کاهش یافته است. (۹).

- فرداد - شیخ حسینی (۱۳۷۵) طی تحقیقی روی محصول جو، گزارش نمودند که دور آبیاری ۷ روز بر ۱۴ روز برتری دارد و در دور آبیاری ۷ روز، تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه، اختلاف معنی داری با تیمار آبیاری کامل نداشته است (۱۰).

- فرداد و جانباز (۱۳۷۵)، طی تحقیقی روی محصول گندم، گزارش نمودند که از نظر اقتصادی در دور آبیاری ۷ روز، تیمار ۶۰ درصد تبخیر و تعرق و در دور آبیاری ۱۴ روز تیمار  $ET_a 20\%$  بیشترین صرفه اقتصادی را به همراه داشته است (۸).

- طی گزارشی که توسط انگلیش و راجا در سال ۱۹۹۶، برای محصولات گندم، پنبه و ذرت در مناطق اورگان، کالیفرنیا و زیسبوه

ارائه شده، نتایج زیر بدست آمد:

الف - با ۳۹ درصد کاهش آب مصرفی گندم، میزان سود خالص به ازاء واحد آب مصرفی ۴۹ درصد بیش از آبیاری کامل بوده است.

ب - با ۲۸ درصد کاهش آب مصرفی پنبه، سود خالص به ازاء واحد آب مصرفی، ۴۴ درصد بیش از آبیاری کامل بوده است.

ج - با ۵۹ درصد کاهش آب مصرفی ذرت، سود خالص به ازاء واحد آب مصرفی، ۶۸ درصد بیش از آبیاری کامل بوده است (۱۴).

### مواد و روشها

این طرح آزمایشی در قالب مدل آماری بلوکهای کامل تصادفی و به صورت فاکتوریل با سه تکرار و شش تیمار آبی و به مدت یکسال در ایستگاه تحقیقات خاک و آب کرج (مشکین دشت) انجام پذیرفت.

- آب آبیاری با کیفیت مناسب از چاه مزرعه استخراج و پس از اندازه گیری باکتور در سطح کرت هائی به ابعاد ۳×۴ متر توزیع شده است.

- چغندر قند از نوع مونوژروم تکنیکی رقم ۷۲۳۳ دیپلوئید که مناسب آب و هوای معتدل و از تیپ نرمال متمایل به محصول می باشد در تاریخ ۱۵ اردیبهشت ۱۳۷۵ با تراکم بذر ۵ کیلوگرم در هکتار بوسیله بذر پاش ردیف کار کشت شده است. دوره رشد این رقم ۱۷۰ روز بوده و نیاز کودی آن ۳۵۰ کیلوگرم ازت (اوره) و ۲۵۰ کیلوگرم فسفر  $P_2O_5$  در هکتار داده شده است.

- کلیه عملیات کاشت داشت و برداشت تیمارها در شرایط یکسان با دیگر اراضی منطقه انجام شده و... و پس از برداشت چغندر درصد قند قابل استحصال آن در آزمایشگاه تعیین و بر مبنای آن چغندر قیمت گذاری شده است.

بیهینه سازی سود خالص و تحلیل ریاضی - اقتصادی آن

الف) تابع تولید،  $Y(w)$ :

با توجه به نتایج صحرائی بدست آمده، بهترین برآزش داده های "آب مصرفی - عملکرد" مین تابع درجه دوم تولید می باشد که شکل عمومی آن به صورت زیر است:

$$Y(w) = a_1 + b_1 w + c_1 w^2 \quad (1)$$

که در آن:

$Y(w)$ : عملکرد محصول چغندر قند بر حسب کیلوگرم در هکتار

$w$ : عمق آب مصرفی بر حسب سانتیمتر

$a_1, b_1, c_1$ : ضرایب ثابتی هستند که از روش حداقل مربعات به صورت

زیر بدست می آید:

$$d = D^2 = \sum (y_i - y_0)^2 = \sum (a_1 + b_1 W_i + C_1 W_i^2 - y_i)^2 \quad (2)$$

در رابطه ۲ پارامترهای  $(W_i, y_0, y_i)$  مقادیر مشاهده شده و  $y_c$  مقدار محصول محاسبه شده می باشند. و برای حداقل نمودن  $d$  (داشتن بهترین منحنی از میان نقاط مشاهده شده)، بایستی مشتقات

عبارت  $d$  نسبت به هر یک از ضرایب  $a_1, b_1, c_1$  برابر صفر گردد:

$$\frac{\delta d}{\delta a_1} = \frac{\delta d}{\delta b_1} = \frac{\delta d}{\delta C_1} = 0 \quad (3)$$

پس از مشتق گیری و ساده کردن، دستگاه معادلات سه مجهولی زیر نتیجه می شود:

$$a_1 n + b_1 \sum W_i + C_1 \sum W_i^2 = \sum y_i \quad (4)$$

$$a_1 \sum W_i + b_1 \sum W_i^2 + C_1 \sum W_i^3 = \sum W_i y_i \quad (5)$$

$$a_1 \sum W_i^2 + b_1 \sum W_i^3 + C_1 \sum W_i^4 = \sum W_i^2 y_i \quad (6)$$

که در آن:  $n$  تعداد تیمارهای آبی در تحقیق مزرعه ای است.

بر اساس معادلات سه گانه فوق، تابع تولید به صورت زیر بدست آمده است.

$$Y(w) = -24566/43 + 952/55 w - 2/711 w^2 \quad (7)$$

ب) تابع هزینه  $C(w)$ :

طبق برآوردی که در منطقه کرج بعمل آمده، کل هزینه های ثابت تولید چغندر قند در سال ۱۳۷۵، بنا بر گزارش دفتر نباتات صنعتی وزارت کشاورزی ۲۵۲۷۱۲۵ ریال برای هر هکتار بدست آمد. هزینه آب چاه، به ازاء هر متر مکعب ۵۰ ریال (۱۲) و هزینه حمل هر کیلو چغندر تا کارخانه ۱۶ ریال همچنین ۵ درصد بعنوان هزینه های متفرقه و ۶ درصد بعنوان کارمزد سرمایه در گردش منظور گردیده است.

ریال ۲۵۲۷۱۲۵ = هزینه ثابت  $5000W$  = هزینه آب،

$Y(w) = 16$  = هزینه حمل

$1/05 \times 1/06 \times (\text{هزینه حمل} + \text{هزینه آب} + \text{هزینه ثابت}) = \text{کل هزینه}$

$$C(w) = 2375211 + 22528W - 48/28W^2 \quad (8)$$

ج) قیمت محصول،  $P_c$ :

مطالعات آماری نشانگر آن است که همبستگی بین آب

مصرفی  $(W)$  و عیار قند  $(Pol)$  خطی و به شکل معادله (۹) است:

$\frac{dA}{dW}=0$  خواهد بود و چنانچه آب دارای محدودیت بوده و فراوانی نسبی زمین وجود داشته باشد، در آن صورت  $dA/dW=-w_1/w^2$  خواهد شد.

از رابطه (۱۹) بر حسب عمق آب مصرفی، مشتق جزئی گرفته و برای حداکثر نمودن سود خالص در سطح A، مساوی صفر قرار داده می شود:

$$\delta N.B_f / \delta W = (\delta A / \delta W) N.B + (\delta N.B / \delta W) A = 0 \quad (21)$$

رابطه (۲۱) را برای دو حالت محدودیت زمین و محدودیت آب، مورد بررسی قرار می دهیم:

$$\delta A / \delta w = 0 \quad \delta N.B / \delta W = 0 \quad (22)$$

با توجه به رابطه (۱۸)، رابطه بصورت زیر ساده می شود:

$$P_c \delta y (W) / \delta W = \delta C (W) / \delta W \quad (23)$$

که در آن W برابر عمق آب مصرفی در حالت محدودیت زمین (Wl) بوده و ارتفاع آن برابر ۱/۱۶۵ سانتیمتر است.

$$Wl = 165 / 1 \text{ cm} \quad (24)$$

۳- عمق آب مصرفی در حالت محدودیت آب (Ww)

لازم به ذکر است که محدودیت عوامل مربوط به آب (مثلاً محدودیت انرژی) نیز به مثابه محدودیت آب به شمار می رود در اینجا از رابطه (۲۱) مجدداً برای حالت محدودیت آب استفاده می نمائیم:

$$(\delta A / \delta W) N.B + (\delta N.B / \delta W) A = 0 \quad (25)$$

در حالت فراوانی نسبی زمین داشتیم:

$$(\delta A / \delta W) = -W_T / W^2$$

که پس از جایگزینی و ساده کردن، رابطه زیر بدست می آید:

$$W [P_c.y(w) / \delta w - \delta c(w) / \delta w] = p.c.y(w) - c(w) \quad (26)$$

و عمقی از آب مصرفی که در این رابطه صدق می کند، عمق آب مصرفی در حالت محدودیت آب (Ww) است:

$$Ww = 138 / 68 \text{ cm} \quad (27)$$

۴- عمق معادل آبیاری کامل در حالت محدودیت زمین (Wel)

این عمق بیانگر این است که سود خالص در واحد سطح با این عمق (Wel) برابر با سود خالص در واحد سطح با عمق آب آبیاری

$$Pol = 18 / 991 - 0 / 0216 \quad r = w_0 / 978 \quad (9)$$

موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه چغندر قند کرج برای محاسبه قیمت چغندر قند با عیارهای مختلف بر اساس قیمت پایه چغندر قند با عیار ۱۶ درصد، از رابطه (۱۰) استفاده می نماید:

$$P_c = ((Pol-3) \times P_c 16) / 13 \quad (10)$$

که در آن P<sub>c</sub> ۱۶ قیمت پایه چغندر قند با عیار ۱۶ درصد که در سال ۱۳۷۵، برابر ۱۲۰ ریال برای هر کیلوگرم و در سنوات گذشته متوسط ضایعات ۳٪ و متوسط عیار قند ۱۳٪ بوده است.

با جایگزینی معادله (۹) در رابطه ۱۱ برای تعیین قیمت P<sub>c</sub> بدست می آید:

$$P_c = (1 / 23 - 0 / 00166W) P_c 16 \quad (11)$$

میزان قند قابل استحصال با احتساب آب مصرفی بصورت معادله (۱۲) به شرح زیر بدست می آید:

$$SUGAR = 17 / 54 - 0 / 0205W \quad (12)$$

$$\%SUGAR.XY(w) = \text{میزان قند قابل استحصال} \quad (13)$$

(د) شاخص های آستانه ای عمق آب مصرفی

با توجه به توابع تولید و هزینه که بصورت زیر بدست آمد، شش عمق آب مصرفی بعنوان شاخص های آستانه ای معرفی می گردد:

$$Y(w) = 24566 / 43 + 925 / 55W - 2 / 711W^2 \quad (14)$$

$$C(w) = 2375211 + 22528W - 48 / 28W^2 \quad (15)$$

۱- عمق آب آبیاری کامل، W<sub>m</sub>

این عمق، از حداکثر سازی تابع تولید به صورت زیر بدست می آید:

$$\delta y (W) / \delta W = 0 \quad W_m = -b_1 / 2C_1 \quad (16)$$

$$W_m = 952 / 55 / 2 (-2 / 711) = 175 / 68 \text{ cm}$$

$$W_m = 175 / 68 \text{ cm} \quad (17)$$

۲- عمق آب مصرفی در حالت محدودیت زمین، W<sub>l</sub>

سود خالص در واحد سطح چنین بدست می آید:

$$N.B = P_c \cdot Y(w) - C(w) \quad (18)$$

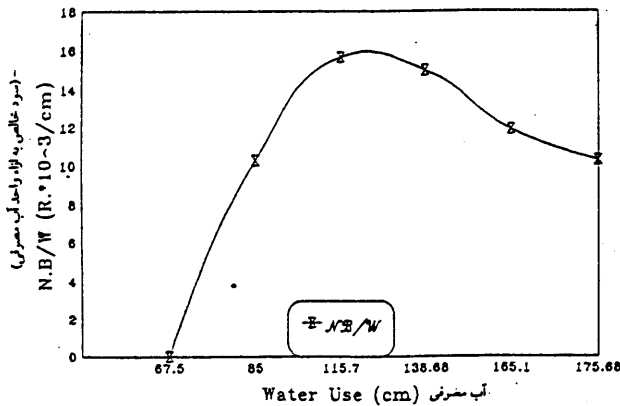
و سود خالص در کل سطح A، نیز از رابطه (۱۹) بدست می آید:

$$N.B_f = A.NB \quad (19)$$

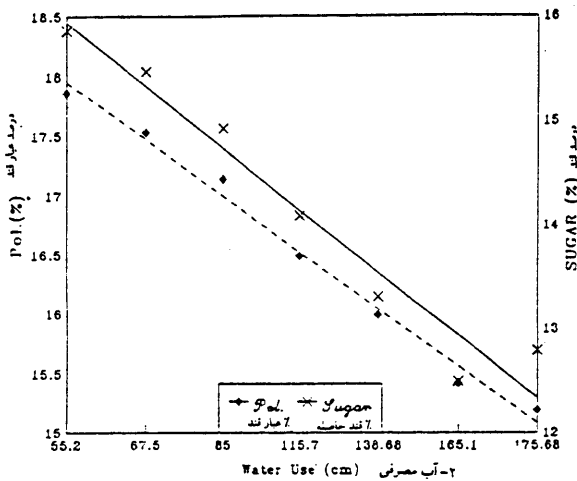
که میزان سطح زیر کشت چنین محاسبه می گردد:

$$A = W_l / W = (\text{عمق آب مصرفی} / \text{کل آب موجود (قابل دسترس)}) \quad (20)$$

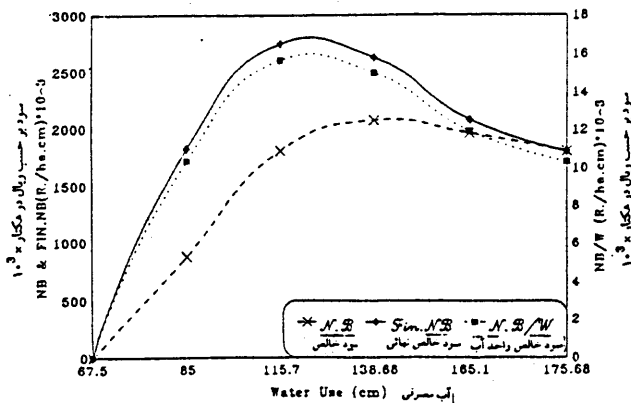
اگر سطح زیر کشت (زمین) محدود باشد در آن صورت



شکل ۲- رابطه بین سود خالص با میزان آب مصرفی به ازاء واحد آب مصرفی



شکل ۳- رابطه بین درصد عیار قند و درصد قند قابل استحصال با آب مصرفی



شکل ۴- رابطه بین سود (خالص - سود خالص در ازاء واحد آب مصرفی - سود خالص نهایی) و آب مصرفی در حالت امکان افزایش سطح زیرکشت

کامل باشد:

$$Pc.Y(Wel)-C(Wel) = Pc(wm).Y(Wm)- (Wm) \quad (28)$$

با توجه به بسند (الف) که مقدار آب آبیاری کامل  $Wm=175/68$  سانتیمتر و قیمت یک کیلوگرم چغندر قند ۱۱۲/۶ ریال بدست آمد معادله (۲۸) را حل و عمق معادل آبیاری کامل در حالت محدودیت زمین Wel بدست می آید:

$$Wel=115/76cm \quad (29)$$

۵- عمق معادل آبیاری کامل در حالت محدودیت آب (Wew)

عمق معادل یعنی که سود خالص به ازاء واحد آب مصرفی در این عمق، برابر با سود خالص به ازاء واحد آب مصرفی در عمق آب آبیاری کامل می باشد:

$$[PcY(Wew)-C(Wew)]/Wew = [PcwmXY(Wm)]/Wm \quad (30)$$

با حل این معادله، عمق معادل آبیاری کامل در حالت محدودیت آب Wel بدست می آید:

$$Wew=85/25cm \quad (31)$$

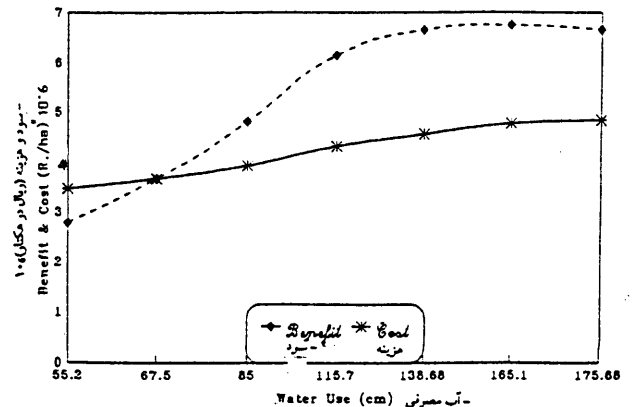
۶- عمق آب مصرفی در حالت سر به سری، (Wk)

این عمق بیانگر این است که سود خالص ناشی از مصرف این عمق آب برابر صفر است و یا به عبارتی دیگر، در آمد و هزینه برابر می باشد:

$$Pc.Y(Wk)=C(Wk) \quad (32)$$

که پس از جایگزینی و ساده کردن عبارت، عمق آب مصرفی در حالت سر به سری بدست می آید:

$$Wk=67/52cm \quad (33)$$



شکل ۵- رابطه بین درآمدها و هزینه های تولید با آب مصرفی

جدول ۱ - آنالیز شاخص های آستانه ای عمق آب مصرفی چغندر قند در کرچ

توضیحات	کل درآمد خاص به امکان	میزان امکان افزایش	میزان آب صرفه جویی	میزان آب صرفه جویی (cm)	واحد سطح (ریال)	واحد سطح (ریال) در درهکتار	B/C	فقد قابل استحصالی	عیار قند	عملکرد	مصرفی
	افزایش سطح برگشت در مقایسه با آبیاری کامل (ریال در هکتار)	(ha)	سطح زیر کشت	شد	درهکتار	درهکتار		Kg/ha(SUGAR)	%(POI)	(Y)	(cm)(W)
ضرر	-	-	-	-	ضرر	۰/۷۷	۳۱۳۳	۱۷/۸۶	۱۱۷۵۴	۵۵	
WK	-	-	-	-	۰	۱	۴۲۴۱	۱۷/۵۳	۲۷۳۹۶	۶۷/۵	
Wew	۱۸۲۵۰۰۶	۱/۰۵	۹۰/۱۸	۸۷۹۶۶۹	۱/۲۲	۵۵۳۴	۵۵۳۴	۱۷/۴	۲۴۹۳۶	۸۵/	
Wel	۲۷۵۱۳۳۴	۰/۵۱۸	۵۹/۹۲	۱۸۱۲۳۳۷	۱/۴۲	۶۹۵۶	۶۹۵۶	۱۶/۴۹	۲۹۳۷۶	۱۱۵/	
Ww	۲۶۳۰۵۵۶	۰/۲۶۷	۳۷	۲۰۷۶۵۳۴	۱/۴۲	۷۳۷۳	۷۳۷۳	۱۵/۹۱	۵۵۳۶۵	۱۳۸/	
WI	۲۰۸۴۱۰۵	۰/۰۶	۱۰/۵۸	۱۹۶۶۳۳۷	۱/۴۱	۷۳۵۰	۷۳۵۰	۱۵/۴۲	۵۸۸۰۳	۱۶۵	
Wm	۱۸۱۲۴۹۴	-	-	۱۸۱۲۴۹۴	۱/۳۷	۷۱۹۸	۷۱۹۸	۱۵/۱۹	۵۱۱۰۶	۱۷۵/	

جدول ۲ - آنالیز شاخص های آستانه ای عمق آب مصرفی چغندر قند در کرچ

محدودیت زمین (%)	افزایش درآمد با بهینه سازی در حالت محدودیت آب (%)	نسبت به واحد سطح (ریال در هکتار)		نسبت به واحد سطح (ریال در هکتار)		میزان کاهش مصرفی	کاربرد آب مصرفی
		نسبت به واحد آب مصرفی (ریال بر متر مکعب)	نسبت به واحد سطح نسبت به واحد آب مصرفی	نسبت به واحد سطح (ریال در هکتار)	نسبت به واحد سطح (ریال در هکتار)		
-	-	۱۰۳۱۷	۱۸۱۲۴۹۴	-	۱۵/۶۸	۱۵/۶۸	Wm
-	۸/۵	۱۱۹۰۹	۱۹۶۶۱۳۷	۶	۱۶۵/۱	۱۶۵/۱	WI
۴۵	-	۱۴۹۴۷	۲۰۷۶۵۳۴	۲۱	۱۳۸/۶۸	۱۳۸/۶۸	Ww
-	۵۲	۱۵۶۵۹	۱۸۱۲۳۳۷	۲۴	۱۱۵/۷۶	۱۱۵/۷۶	Wel
-	-	۱۰۳۱۸	۸۷۹۶۶۹	۵۱	۸۵/۲۵	۸۵/۲۵	Wew
-	-	-	.	۶۲	۶۷/۵	۶۷/۵	WK

## نتایج و بحث

با توجه به آنالیز شاخص‌های آستانه‌ای عمق آب مصرفی، نتایج زیر قابل حصول و بحث می‌باشد:

میزان عملکرد محصول با افزایش آب مصرفی در ابتدا یک روند صعودی دارد و پس از رسیدن به حداکثر، نزولی خواهد شد (شکل ۱). در آمد ناخالص نیز چنین روندی دارد. با افزایش آب مصرفی میزان عیار قند و در نتیجه قیمت محصول و میزان قند قابل استحصال کاهش می‌یابد. (شکل ۳)

- کاهش ۲۱ درصد آب مصرفی، منجر به کسب حداکثر سود خالص در واحد سطح می‌شود ( $W_w$ ) و همچنین میزان سود خالص به ازاء واحد آب مصرفی ۴۵ درصد بیشتر نسبت به آبیاری کامل است. (جدول ۱ و ۲).

- کاهش ۳۴ درصد آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل، اگر چه منجر به ۱۶ درصد کاهش عملکرد در واحد سطح می‌شود اما حداکثر سود خالص به ازاء واحد آب مصرفی را نیز به همراه دارد و در صورت امکان افزایش سطح زیر کشت، بالاترین میزان در آمد خالص نهایی را به همراه خواهد داشت ( $W_{el}$ ). در آمد خالص در واحد سطح این عمق آب، برابر با در آمد خالص در واحد سطح عمق

آب آبیاری می‌باشد. (جدول ۱ و ۲) و شکل (۴ و ۲).

- کاهش ۵۱ درصد آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل، سبب می‌شود که سود خالص به ازاء واحد آب مصرفی این عمق با سود خالص به ازاء واحد آب مصرفی عمق آب آبیاری کامل برابر باشد. ( $W_{ew}$ ) (شکل ۲ و ۴).

- کاهش ۶۱ درصد آب مصرفی، عمق سربه سری است که سود خالص برابر صفر خواهد بود ( $W_k$ ) (شکل ۲ و ۴) با توجه به موارد، جداول و شکل‌های فوق، بهترین و اقتصادی‌ترین عمق آب مصرفی در شرایط کرج، عمق معادل آبیاری کامل در حالت محدودیت زمین ( $W_{ei}$ ) می‌باشد که برابر ۱۱۵/۷۶ سانتیمتر است.

## سپاسگزاری

از مسئولین و متخصصین: آزمایشگاه گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران ایستگاه تحقیقات خاک و آب مشکین دشت کرج و همچنین از پرسنل موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند (کرج) و همچنین از پرسنل دفتر نباتات صنعتی وزارت کشاورزی بخاطر همکاری‌های صمیمانه، تقدیر و تشکر می‌گردد.

## مراجع مورد استفاده

## REFERENCES

- ۱- توکلی، ع. ۱۳۷۶. بهینه سازی کم آبیاری بر اساس توابع تولید و هزینه با هدف بهره برداری پایدار از منابع آب کشاورزی ارائه شد در کنفرانس منابع آب، بهره برداری و مصرف بهینه تبریز. ۳- مرداد ۷۶.
- ۲- توکلی، ع. و ح. فرداد، ۱۳۷۵. بهینه سازی کم آبیاری بر اساس توابع تولید و هزینه (وقیمت) محصول چغندر قند در کرج، ارائه شده در دومین کنگره ملی مسائل آب و خاک کشور وزارت کشاورزی تهران.
- ۳- توکلی، ع.، فرداد ح.، خیرابی ج. و ت سهرابی، ۱۳۷۵. بررسی اثرات کم آبیاری روی محصول چغندر قند و تعیین تابع تولید، پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران.
- ۴- توکلی، ع. ۱۳۷۶. بهره برداری بهینه از منابع آب به طریقه بهینه سازی کم آبیاری. بولتن کمیسیون آب شورای پژوهش‌های علمی کشور، شماره ۲۴.
- ۵- توکلی، ع. و ح. خیرابی، ۱۳۷۶. تحلیلی بر مدل‌های کم آبیاری ارائه شده در کنفرانس منابع آب، بهره برداری و مصرف بهینه، تبریز، مرداد ماه ۱۳۷۶.
- ۶- خیرابی، ج.، توکلی ع.، انتصاری ر. م. و ع. سلامت. ۱۳۷۵. دستورالعمل‌های کم آبیاری، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. گروه کار نیاز آبی گیاهان و مدیریت محصولات زراعی.
- ۷- خیرابی، ج.، علیرضا توکلی، محمدرضا انتصاری، علیرضا سلامت، ۱۳۷۴، خلاصه مقالات کم آبیاری، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، گروه کار نیاز آبی گیاهان و مدیریت محصولات زراعی.

- ۸- جانباز، حمیدرضا، حسین فرداد، ۱۳۷۵، مطالعه اثر تنش آبی و دور آبیاری بر عملکرد محصول گندم در منطقه کرج، پایان نامه کارشناسی ارشد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران.
- ۹- سپاسخواه، ع.، ۱۳۷۵. کم آبیاری به روش جویچه‌ای یک در میان، ارائه شده در هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی.
- ۱۰- شیخ حسینی، م.، وح فرداد، ۱۳۷۵، اثرات تنش آبی و دور آبیاری بر عملکرد محصول جو در منطقه کرج، پایان نامه کارشناسی ارشد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران.
- ۱۱- کوچکی، ع.، ۱۳۶۳. اثر دور آبیاری بر عملکرد و برخی خصوصیات زراعی اسپرس. مجله کشاورزی ایران. جلد ۱۵ شماره‌های ۱ و ۲، ص ۳ و ۴، ص ص ۲۴-۱۵.
- ۱۲- مرودشتی، م. ن. و م. ر. فرجود، ۱۳۷۵، برآورد قیمت تمام شده آب کشاورزی، در محدوده‌ای از دشت سروستان فارس. فصلنامه آب و توسعه، امور آب وزارت نیرو، سال چهارم، شماره ۳.
13. English, M.J, 1990 a, Deficit Irrigation: Analytic Framework J. ASCE, (IR), 116(3), 399-412.
14. English, M. & S.N. Raja, 1996, Review Perspectives on Deficit Irrigation, Agri. Wat. Mang. 32 (1996), 1-14.
15. Shearer, M.N. 1978, Comparative Efficiency of Irrigation systems, Proc. Annual Technical conference. 183-188, The Irrigation Association.
16. Stone, J.F. & H.E. Reeves, & J.E. Garton, 1982, Irrigation water conservation by using wide-spaced Furrows. Agr. Wtr. Mgmt. 5:309-317.



## Economic Evaluation of Deficit Irrigation on Sugarbeet for Optimization of Water Use

**A. R. TAVAKOLI AND H.FARDAD**

Former Graduate Student and Associate Professor Faculty, of Agriculture  
University of Tehran Karaj Iran.

Accepted July 21, 1999

### SUMMARY

Water is an important factor in crop production, and is of a high value in agricultural Engineering. Water shortage is the most restricting factor in irrigated areas. Because of this limitation quality and quantity - wise, deficit irrigation research has a special value in optimization of water use and determination of water depths in irrigation strategy. Due to the aforementioned, a research project in 1996, in the SWRI (Karaj Station), on sugarbeet, with different levels of water use, was conducted and the yield and cost functions as well as price equation were obtained.

Optimum depth of water use for sugarbeet was determined based on net benefit optimization model. Both functions, yield  $y(w)$  and cost  $C(w)$ , are a second order function of water use depth. Two equations  $B(w)=P_c X y(w)$  and  $N.B(w)=P_c y(w)$  have been used to estimate the gross and net income, respectively. Some results of this research are as follows:

- Full irrigation (F.I) had the highest yield (59.1 t/ha) but due to cost increasing and PoI reduction, (and subsequently reduction of price), the final net income decreased ( $W_m$ ).
- 21% deficit of water use, had the highest ratio of  $\frac{B}{C}$  and the maximum net benefit per hectare, but it did not result in the highest net income per unit of water use ( $W_w$ ).
- 34% deficit of water use, had maximum net income per unit of water use. furthermore, it lead to obtain the highest net income in case of possibility of increasing crop area by the amount of water saved from deficit irrigation. This depth is called equal depth of full irrigation, when land is limiting, ( $W_eL$ ).
- 51% deficit of water use, lead to a net income per unit of water use equal to

net income with full irrigation. This depth is called equal depth of full irrigation when water is limiting ( $W_{ew}$ ).

- 62% deficit of water use, lead to a gross income equal to production cost( $W_k$ ).

This research was carried out in RCBD using six irrigation treatments each with three replicates. Irrigation interval, planting and growth conditions were the same for all treatments. In this research, the optimum level of water use from an economic point of view has been calculated to be 115.76 cm. In this case the yield of sugar has been amounted to about 7 t/ha.

**Keywords:** Deficit irrigation on sugarbeet- yield function Evaluation