# تعیین عمق شاخص و بهینه آبیاری در ذرت‌های زودرس با هدف احتساب حداکثر سود

**حسین انصاری*[1]**

تاریخ دریافت: ۸۶/۴/۱۲
تاریخ پذیرش: ۸۶/۱۱/۱۵

**چکیده**

به منظور محاسبه عمق‌های شاخص و بهینه آب مصرفی و با توجه به هدف کسب سود حداکثر در اثر کم آبیاری، تحقیقی در قالب یک طرح آماری با آرایش کرت‌های خرد شده بر روی سه رقم ذرت زودرس ارقام ۳۰۱ ، ۳۰۳ و ۳۱۵ انجام شد. در این آزمایش ارقام ذرت به‌عنوان تیمار اصلی با سه تکرار و سطوح آبیاری به‌عنوان تیمار فرعی بود که با استفاده از سیستم آبیاری تک شاخه‌ای مدل هنکس اقدام به ایجاد ۶ سطح آبیاری در دو طرف لوله گردید.

با استفاده از نتایج تحقیق براساس مقادیر مختلف آب مصرفی توابع تولید Y(W) ، تابع هزینه C(W) و تابع درآمد B(W) برای هر سه رقم تعیین و بر اساس تحلیل ریاضی و اقتصادی این توابع عمق‌های شاخص و بهینه آبیاری مورد ارزیابی قرار گرفت و مشخص گردید که: الف) با وجود اینکه آبیاری کامل بالاترین میزان عملکرد را به دنبال دارد اما به دلیل بالا رفتن هزینه‌ها سود خالص نهایی حداکثر نیست، ب) با کم آبیاری در شرایط محدودیت زمین، با هدف استفاده از حداکثر واحد اراضی، عمق بهینه آب مصرفی برای ارقام مختلف، کاهش حدوداً ۳درصد را نسبت به آبیاری ماکزیمم نشان می‌دهد، و ج) با کم آبیاری در شرایط محدودیت آب، با هدف استفاده حداکثر از واحد حجم آب، عمق بهینه آب مصرفی نسبت به آبیاری ماکزیمم بطور متوسط ۱۹درصد کاهش خواهد یافت. نتایج همچنین نشان دادند که سود خالص در دو حالت با به‌کارگیری یک عمق آب مصرفی معادل با عمق آب مصرفی ماکزیمم برابر می‌باشد، پس منطقی است که عمق آب مصرفی معادل که به‌طور متوسط ۹۰درصد عمق آب مصرفی ماکزیمم است، بکار رود. ضمناً با کم آبیاری ۱۷/۵درصد برای رقم ۳۰۱ ، ۲۰/۴درصد برای رقم ۳۰۳ و ۱۹/۱درصد برای رقم ۳۱۵، به ترتیب بالاترین بازده ریالی برای یک مترمکعب آب معادل ۱۰۱۱/۲ ، ۱۲۰۶/۱ و ۱۵۴۳/۶ ریال عاید خواهد شد. با آب صرفه جویی شده از محل کم آبیاری، سطح زیر کشت افزایش یافته و در نهایت سود خالص نهایی افزایش قابل ملاحظه‌ای خواهد داشت. همچنین بیشترین سود خالص در بین ارقام فوق، مربوط به رقم ۳۱۵ است.

**واژه‌هان کلیدی:** کم آبیاری، عمق بهینه آبیاری، ذرت زودرس، سود، بازده ریالی

**مقدمه**

محدودیت منابع آب در تامین نیازهای بخش‌های مصرف کننده اعم از شرب، بهداشت، کشاورزی، صنعت، محیط زیست و حیات وحش و نقش زیربنایی آب در توسعه همه جانبه و پایدار و به تبع آن جایگاه خطیر استفاده صحیح از آب در حفاظت کمی و کیفی از منابع آب در ایجاد تعادل بین منابع و مصارف آب را نمایان می‌سازد. آب با تأثیر دوگانه کیفی و کمی خود عامل تعیین کننده‌ای در توسعه اقتصادی و بهزیستی اجتماعی می‌باشد.

۱- استادیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
*- نویسنده مسئول: Email: ansari-hos@ferdowsi.um.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به تولید بیشتر مواد غذائی، لزوم توسعه اقتصادی و اجتماعی، صنعتی شدن و بالاخره تغییرات اساسی در الگوی زندگی بشر و رشد استاندارد سطح زندگی از یک طرف و محدودیت منابع آب در دسترس به جهت موقعیت جغرافیایی و شرایط طبیعی نامساعد، عدم بهره‌برداری صحیح از منابع و تلفات زیاد آب در سیستم‌های سنتی از طرف دیگر، موجب می‌شود که نقش آب در تامین نیازهای جامعه روزبه‌روز بیشتر شده و عدم دسترسی به این منبع حیاتی میزان رشد جامعه را محدود سازد.

به جهت سازگاری و مقابله با محدودیت‌های فوق، استفاده از آب و منابع آبی در هر بخش باید به نحوی بهینه گردد تا منافع حاصله برای جامعه بیشینه شود. با توجه به این هدف، کم‌آبیاری[1] می‌تواند به‌عنوان یکی از راهکارهای اساسی بهره‌وری بهینه در شرایط کمبود آب باشد. کم‌آبیاری به‌عنوان یک روش فنی و اقتصادی آبیاری برای سامان بخشیدن به روابط (آب مصرفی – عملکرد) برای اکثر محصولات و در بیشتر شرایط محیطی( بخصوص در شرایط محدودیت منابع آب) مطرح می‌باشد. اگرچه نتیجه مستقیم کم‌آبیاری، کاهش عملکرد در واحد سطح می‌باشد، ولی از مزایای کم‌آبیاری می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

-کاهش هزینه تولید و هزینه‌های مربوط به استحصال، انتقال و توزیع آب.

-کاهش هزینه‌های انرژی، نیروی کارگری، سموم و کودهای شیمیایی.

- بهبود وضعیت زراعی.

- بهبود راندمان آب.

- بهینه‌سازی سود خالص دریافتی.

بر این اساس تاکنون تحقیقات و پژوهش‌هایی در ایران و سایر کشورهای جهان در ارتباط با کم آبیاری و بهینه‌سازی اقتصادی آن انجام گرفته است، که در قسمت ذیل به برخی از نتایج به‌دست آمده اشاره شده است:

انگلیش و همکاران(۵)، مطالعاتی بر روی گندم زمستانه در مزارع مختلف انجام دادند. در این بررسی توابع ریاضی (آب مصرفی- عملکرد) و (آب مصرفی- هزینه‌ها) به‌دست آمده و عمق بهینه آب مصرفی در دو حالت محدودیت منابع آب و محدودیت زمین، محاسبه گردید و نتایج زیر حاصل شد:

- با افزایش عمق آب مصرفی، روند میزان عملکرد تا حد مشخصی صعودی و سپس نزولی می‌شود.

- با افزایش عمق آب مصرفی، میزان هزینه‌ها یک روند صعودی طی می‌کند.

- میزان سود خالص با افزایش عمق آب مصرفی در ابتدا روند صعودی داشته و سپس به صورت نزولی درمی‌آید.

- در حالت محدودیت منابع آب، با به‌کارگیری ۵۰ درصد ماکزیمم عمق آب مصرفی(۵۰درصد آبیاری کامل) سود خالص فقط ۱۳درصد کاهش می‌یابد.

- زمانی که سود خالص منفی می‌گردد بدان معنی است که از ظرفیت سیستم و تجهیزات بطور کامل استفاده نشده است، در صورتی که هزینه‌های مربوطه، پرداخت شده است.

- در این تحقیق مقایسه عملکرد در واحد سطح مقایسه نسبی نیست، زیرا در حالتی که عمق آب مصرفی ۴۸/۲ سانتی‌متر میزان عملکرد ۸۵۴۰ کیلوگرم در هکتار و در حالتی که عمق آب مصرفی برابر ۶۱/۵ سانتی‌متر(آبیاری کامل) میزان عملکرد ۸۸۸۶ کیلوگرم در هکتار است اما سود خالص در حالت اول بیشتر می‌باشد.

- با به‌کارگیری عمق آب مصرفی معادل ۳۵ سانتی‌متر و ۶۱/۵ سانتی‌متر، سود خالص در هر دو حالت برابر است پس منطقی است که عمق ۳۵ سانتی‌متر بکار رود که این عمق،

1 - Deficit irrigation

Archive of SID

www.SID.ir

در رابطه با حداکثر سود «عمق معادل آبیاری کامل» نامیده می‌شود.

توکلی و فرداد(۲)، مطالعاتی را برروی محصول چغندرقند انجام دادند و به نتایج زیر دست یافتند:

- آبیاری کامل اگرچه بالاترین میزان عملکرد را به‌دنبال دارد اما به‌دلیل بالارفتن هزینه‌ها و کاهش عیار قند(و متعاقباً کاهش قیمت محصول) سود خالص نهائی آن کاهش می‌یابد.

- در کم‌آبیاری با کاهش ۱۳/۳درصد آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل، اگرچه عملکرد به میزان ۱۳/۸درصد کاهش می‌یابد اما سود خالص تغییری نداشته است و در این حالت میزان درآمد خالص به ازاء واحد آب مصرفی به‌دست می‌آید.

- با کاهش ۲۱درصد آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل بالاترین میزان درآمد نسبت به هزینه عاید می‌شود.

- با توجه به آب صرفه‌جویی شده در بندهای ب و ج، برای کسب حداکثر سود، در مقایسه با آبیاری کامل(۱۷۵/۹ سانتی‌متر) و امکان افزایش سطح زیر کشت برای عمق‌های مختلف، حداکثر سود خالص نهایی در حالت $W_C$، (۱۲۰/۷ سانتی‌متر) پیشنهاد می‌گردد که دارای بالاترین میزان درآمد خالص به ازاء واحد آب مصرفی می‌باشد.

افلاطونی(۱) بمنظور بررسی واکنش ذرت دانه‌ای به کمبود آب در خاک، آزمایشی را بر روی یک خاک شنی لومی در منطقه اکس ، ایالت داکوتای شمالی انجام داد که نتایج زیر حاصل شد:

- ۱۰ درصد کاهش تبخیر و تعرق واقعی در دوره کشت تا ۱۲ برگی فقط ۶ درصد عملکرد نهایی را کاهش داد در حالی که همین کاهش در تبخیر و تعرق واقعی گیاه در مرحله ۱۲ برگی تا دانه‌بندی باعث ۲۷ درصد کاهش در عملکرد نهایی شد.

- کمبود رطوبت معادل ۸۰ تا ۹۰ درصد در دوره رویشی نسبت به مراحل دیگر پر بازده‌ترین تیمار آبیاری (۳/۴۳ کیلوگرم بر متر مکعب آب) بود.

- با توجه به تابع تولید به‌دست آمده ، به ازای یک درصد کاهش تبخیر و تعرق واقعی در دوره رویشی، ۱/۶ درصد کاهش عملکرد مشاهده شد. در حالی‌که همین مقدار کاهش در تبخیر و تعرق در دوره ۱۲ برگی تا دانه بندی ۳ درصد کاهش نهایی را به‌دنبال داشت.

- اک(۴)، تحقیقی در مورد تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد ذرت و اجزای آن و راندمان مصرف آب آبیاری انجام داد. این تحقیق در منطقه‌ای با تبخیر زیاد(بوشلند تگزاس) انجام شد. در طول ۴ سال مطالعه مستمر، ذرت تحت ۵ تیمار آبیاری به حالت‌های زیر کشت شد:

در کل دوره رشد آب کافی در اختیار گیاه قرار گرفت، ۲ تا ۴ هفته دوره کم‌آبی در طول دوره رشد گیاه ، ۲ تا ۴ هفته دوره کم‌آبی در طول تشکیل و بسته شدن دانه‌های ذرت. کم‌آبی که ۴۱ روز بعد از کاشت ذرت اعمال گردید باعث کاهش عملکرد برگ، ساقه و خوشه ذرت شد. در حالی که کم‌آبی پس از ۵۵ روز، تنها عملکرد ساقه و خوشه را کاهش داد، کم‌آبی مستمر در طول دوره رشد باعث کاهش تعداد دانه‌ها شد ولی تأثیر کمی روی وزن آن داشت. دانه‌ها در زمان پرشدن نباید تحت تأثیر کم‌آبی باشند. مگر این که کم آبی به طور شدید در ابتدای فصل رشد اعمال شود که در این صورت کاهش تعداد دانه متناسب با کاهش وزن آن خواهد بود.

فیش باک و مولینر(۶)، کم‌آبی را در خاکی با بافت لوم رسی سیلتی و در فاروهایی به فواصل ۷۶ سانتی‌متر و با آبیاری جویچه‌ای یک در میان روی ذرت اعمال کردند و در هر آبیاری تا ۲۹ درصد کاهش مصرف آب نسبت به آب مورد نیاز گیاه را اعمال کردند، در حالی که عملکرد

Archive of SID

www.SID.ir

محصول در مقایسه با فاروهایی که کاملاً آبیاری شده بود فقط ۴/۷ درصد کاهش را نشان داد. مطالعات و تحقیقات بسیار دیگری درکشور ما ودیگر نقاط جهان نیز انجام شده، که ذکر نتایج آن‌ها در قالب این مقاله میسر نیست. به‌عنوان مثال می‌توان به این تحقیقات اشاره کرد:( گیرونا و همکاران، (۸)؛ جلی و همکاران، (۷)؛ مارتین دسانتا اولالا و همکاران، (۱۱)؛ رمرو و همکاران، (۱۲)؛ ونجورا و همکاران، (۱۴)؛ تری و همکاران، (۱۳)؛ دیپیو و همکاران، (۳).

ذکر این نکته ضروری است که در ارتباط با ذرت‌های زودرس کمبود تحقیقات مرتبط احساس شد، لذا بررسی موضوع مذکور مدنظر قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

در این تحقیق، به منظور بررسی اثر کم‌آبیاری و ایجاد عمق‌های مختلف آبیاری برای ذرت‌های زودرس رقم ۳۰۱، رقم ۳۰۳ و رقم ۳۱۵، با استفاده از سیستم آبیاری بارانی تک شاخه‌ای (مدل هنکس، ۱۹۷۳ و ۱۹۸۳) ۶ سطح آبیاری (سطوح آبیاری $I_1$ تا $I_6$) در دو طرف خط لوله آبیاری ایجاد گردید. با توجه به شکل پخش آب توسط آبپاش‌ها (پخش مثلثی) سطح آبیاری $I_1$ کمترین میزان آب پاشیده شده و سطح آبیاری $I_6$ بیشترین میزان آب پاشیده شده را دریافت می‌کنند. میزان عمق آب در هریک از سطوح آبیاری توسط قوطی‌های آلومینیمی[1] در هر دور آبیاری اندازه‌گیری شدند. ضمناً با توجه به محدودیت آبگیری از منبع، از آبیاری با دور ثابت (هفت روز) و عمق متغیر استفاده گردید، به نحوی که در هر نوبت آبیاری، عمق آب مصرفی معادل رطوبت تخلیه شده در هفت روز قبل بود. دور آبیاری حداکثر(هفت روز) براساس ظرفیت ذخیره آب در خاک و حداکثر نیاز آبی ذرت در منطقه مورد نظر تعیین شد. کلیه اندازه‌گیری‌های گیاهی در انتهای فصل و بعد از برداشت انجام گرفت. اندازه‌گیری‌های گیاهی جهت دستیابی به اهداف تحقیق موردنظر، عبارت بودند از: عملکرد دانه و وزن هزار دانه در رطوبت ۱۴ درصد.

این مطالعه در قالب یک طرح آماری با آرایش کرت‌های خردشده[2] اجرا شد. طرح فوق دارای سه تیمار اصلی (ارقام ۳۰۱، ۳۰۳ و ۳۱۵) در سه تکرار و یک تیمار فرعی با ۶ سطح آبیاری (سطوح آبیاری $I_1$ تا $I_6$) در دو طرف خط آبیاری بود. تیمارهای اصلی در سه تکرار در بلوک‌ها به طور تصادفی اما تیمار فرعی یعنی سطوح آبیاری به طور ثابت انتخاب گردید. فاصله ردیف‌های کشت ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر انتخاب شد(شکل ۱).

## نتایج و بحث

### نتایج اندازه‌گیری گیاهی:

برای بررسی اثرات کم آبیاری برروی عملکرد و اجزای عملکرد ذرت‌های زودرس، وزن هزاردانه و عملکرد در انتهای فصل رشد اندازه‌گیری شدند. این اندازه‌گیری‌ها در هریک از بلوک‌های آماری طرح موردنظر انجام شد. در (جدول ۱) میانگین وزن هزاردانه و میانگین درصد عملکرد محصول هر یک از ارقام به طور جداگانه ارایه شده‌اند. به‌طور کلی عملکرد و وزن هزاردانه در سطوح مختلف آبیاری با کاهش میزان آب داده شده، کاهش محسوسی را نشان می‌دهند. اما در ارتباط با عملکرد دانه روند یکسانی در بین ارقام و سطوح مختلف آبیاری وجود نداشت. در این

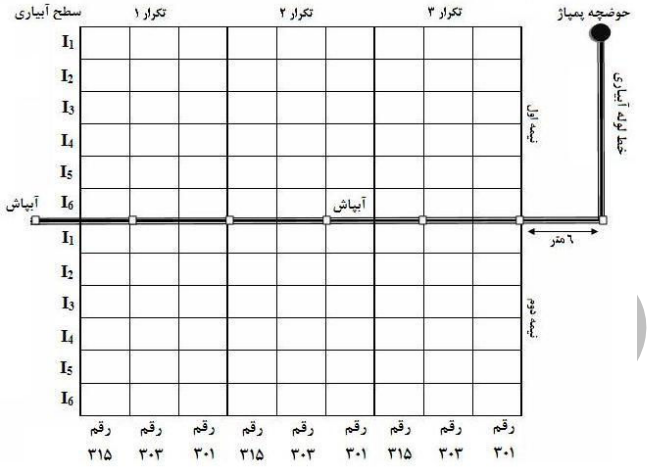
1 - Cath Can

2 - Split – plot design

Archive of SID

www.SID.ir

مورد بررسی روند تغییرات نشان داد که درصد متوسط آب داده شده به هر سطح و درصد متوسط عملکرد دانه در سطوح $I_1$ الی $I_3$ یکسان اما متفاوت با روند تغییرات سطوح $I_4$ الی $I_6$ می‌باشد.




**(شکل۱) - شماتیک طرح آبیاری بارانی تک شاخه‌ای اجراء شده در مزرعه تحقیقاتی**

تجزیه و تحلیل آماری بین سه رقم با استفاده از آزمون دانکن نیز انجام گرفت. نتایج نشان داد که حداکثر عملکرد به ترتیب مربوط به رقم ۳۱۵، ۳۰۳ و ۳۰۱ بوده و بین ارقام ۳۰۱ و ۳۰۳ از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۱درجه وجود ندارد اما بین دو رقم ۳۰۱ و ۳۰۳ با رقم ۳۱۵ اختلاف معنی دار در سطح ۱درجه وجود دارد.

**توابع آب – مصرفی عملکرد و آب مصرفی – هزینه :**

برای تحلیل اقتصادی و بهینه‌سازی کم‌آبیاری از مدل انگلیش و همکارانش(۵) استفاده گردید. مدل مذکور برای انجام محاسبات مربوط به اعماق شاخص و بهینه به تعیین توابع آب مصرفی – عملکرد و آب مصرفی- هزینه نیاز دارد(جدول (۲)). برای تعیین توابع آب مصرفی – عملکرد از اطلاعات جمع‌آوری شده در خصوص عملکرد و آب مصرفی هریک از سطوح آبیاری استفاده شد و مناسب‌ترین توابع ریاضی(در این تحقیق توابع ریاضی درجه دو) به‌دست آمد. برای تعیین تابع ریاضی آب مصرفی- هزینه نیز به برآورد هزینه‌های ثابت و متغیر تولید در هکتار نیاز می‌باشد. هزینه‌های ثابت تولید ذرت در هر هکتار برای سال ۱۳۸۶ در منطقه خراسان بزرگ با توجه به نرخ ارایه خدمات کشاورزی در این منطقه( هزینه عملیات داشت، کاشت و برداشت) ۱۱۶۷۵۰۰۰ ریال در هکتار برآورد گردید. برای برآورد هزینه متغیر، هزینه اجاره یک متر مکعب آب برای بخش کشاورزی برطبق اظهارات کشاورزان ۲۵۰ ریال درنظر گرفته شد. جهت محاسبه درآمد، قیمت فروش ذرت براساس قیمت متوسط بازار هر کیلو معادل ۳۰۰۰ ریال در سال ۱۳۸۶ درنظر گرفته شد. لازم به ذکر است که نرخ متوسط ذرت‌های داخلی در بورس محصولات کشاورزی برای ۶ ماهه اول سال ۱۳۸۶ حدود ۲۴۰۰ ریال اعلام شده است. از آنجایی که کشاورزان خرید و فروش ذرت خود را براساس قیمت بازار انجام می‌دهند و به جهت تطابق بیشتر محاسبات با وضعیت واقعی از نرخ ذرت معادل ۳۰۰۰ ریال در محاسبات استفاده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

(جدول ۱) - تغییرات درصد متوسط عملکرد و اجزاء عملکرد در سطوح مختلف آبیاری

| سطح آبیاری | رقم ۳۰۱ | | | رقم ۳۰۳ | | | رقم ۳۱۵ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | متوسط آب مصرفی (٪) | متوسط وزن هزار دانه در رطوبت ۱۴٪ (gr) | متوسط عملکرد دانه(٪) | متوسط آب مصرفی (٪) | متوسط وزن هزار دانه در رطوبت ۱۴٪ (gr) | متوسط عملکرد دانه (٪) | متوسط آب مصرفی (٪) | متوسط وزن هزار دانه در رطوبت ۱۴٪ (gr) | متوسط عملکرد دانه (٪) |
| $I_1$ | ۳۵/۳ | ۱۵۹/۹ | ۱۸/۸ | ۳۶/۴ | ۱۴۵/۹ | ۲۳/۴ | ۳۴/۹ | ۱۷۷/۱ | ۲۳/۸ |
| $I_2$ | ۴۵/۶ | ۱۹۱/۱ | ۳۷/۵ | ۴۷/۲ | ۱۶۰/۸ | ۳۸/۳ | ۴۵/۵ | ۱۰۵/۴ | ۳۷/۸ |
| $I_3$ | ۵۲/۹ | ۲۱۴/۹ | ۵۵/۸ | ۶۱/۲ | ۲۰۳/۲ | ۵۷/۲ | ۵۷/۵ | ۲۲۴/۸ | ۶۰/۸ |
| $I_4$ | ۶۹/۲ | ۲۱۷/۹ | ۷۴/۴ | ۷۱/۲ | ۲۱۸/۸ | ۷۷/۵ | ۷۰/۹ | ۲۳۹/۲ | ۷۷/۸ |
| $I_5$ | ۸۹/۴ | ۲۵۳/۵ | ۹۵/۶ | ۹۲/۵ | ۲۴۲/۹ | ۹۷/۳ | ۹۰/۲ | ۲۵۵/۹ | ۹۷/۱ |
| $I_6$ | ۱۰۰ | ۲۶۴/۹ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۲۵۶/۳ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۲۶۴/۷ | ۱۰۰ |

(جدول ۲) - توابع ریاضی آب مصرفی – عملکرد و آبی مصرفی - هزینه

| رقم ذرت | تابع آب مصرفی - عملکرد | تابع آب مصرفی - هزینه |
|---|---|---|
| ۳۰۱ | $Y = -1.256W^2 + 241.58W - 4033.5 \quad R^2 = 0.99$ | $C = 25000\ (W) + 11675000$ |
| ۳۰۳ | $Y = -1.178W^2 + 237.9W - 3716.7 \quad R^2 = 0.98$ | $C = 25000\ (W) + 11675000$ |
| ۳۱۵ | $Y = -1.78W^2 + 313.03W - 5118.3 \quad R^2 = 0.99$ | $C = 25000\ (W) + 11675000$ |

Y : عملکرد دانه(کیلوگرم در هکتار)، W : عمق آب مصرفی در فصل زراعی(سانتی‌متر)، و C: متوسط هزینه کل(ریال در هکتار).

**محاسبه عمق‌های شاخص:**

با توجه به مدل پیشنهادی انگلیش و همکارانش(۵)، عمق آب مصرفی در شرایط محدودیت زمین($W_I$)، در شرایط محدودیت آب ($W_W$) و عمق معادل آبیاری ماکزیمم ($W_{C1}$) با استفاده از توابع آب مصرفی- عملکرد ($Y = a_1 + b_1w + c_1w^2$) و متوسط آب مصرفی-هزینه ($C = a_2 + b_2w$) محاسبه شد.

عمق آب مصرفی در شرایط محدودیت زمین از معادله زیر بدست می‌آید:

$$W_1 = \frac{b_2 - p_c.b_1}{2p_c.c_1} \qquad (۱)$$

اما برای محاسبه عمق آب مصرفی گیاه در طول فصل زراعی در شرایط محدودیت آب از معادله زیر استفاده شد:

$$W_W = \left(\frac{p_c.a_1 - a_2}{p_c.c_1}\right)^{0.5} \qquad (۲)$$

برای به‌دست آوردن عمق معادل آبیاری ماکزیمم، در ابتدا باید مقدار $Z_1$ از رابطه زیر تعیین شود:

$$Z_1 = \left[(p_c.b_1 - b_2)^2 - 4p_c.c_1\left(\frac{p_c.b_1^{\,2}}{4c_1} - \frac{b_1.b_2}{2c_1}\right)\right]^{0.5} \qquad (۳)$$

با توجه به مقدار $Z_1$، عمق معادل آب مصرفی که سود ناشی از آن برابر کاربرد ماکزیمم عمق آب مصرفی گیاه است، نیز با توجه به معادله زیر محاسبه شد:

$$W_{C_1} = \frac{b_2 - p_c.b_1 + Z_1}{2p_c.c_1} \qquad (۴)$$

لازم به یادآوری است که ماکزیمم عمق آب مصرفی ($W_m$) عبارت است از:

Archive of SID

www.SID.ir

$$W_m = \frac{-b_1}{2c_1} \qquad (۵)$$

محاسبات فوق برای هر سه رقم ذرت زودرس انجام شد که نتایج آن در (جدول ۳) ارایه شده است. نتایج به‌دست آمده مقادیر متفاوتی را برای اعماق شاخص آبیاری برای هریک از سه رقم ذرت نشان می‌دهد.

**تحلیل اقتصادی و بهینه‌سازی کم‌آبیاری**

در اثر کم‌آبیاری هریک از ذرت‌های زودرس نسبت به آبیاری ماکزیمم، مقداری آب صرفه‌جویی می‌شود. با این میزان آب صرفه جویی شده، می‌توان سطح جدیدی را به زیرکشت برد و عملکرد کل را افزایش داد و در نهایت باعث افزایش درآمد شد(در صورتی که زمین عامل محدودکننده نباشد). با فرض خطی بودن افزایش هزینه‌ها و عملکرد نسبت به سطح زیرکشت با استفاده از مدل پیشنهادی فائو، سود خالص نهایی و میزان افزایش سود به ازاء افزایش سطح زیرکشت نیز محاسبه شد:

به‌عنوان مثال در قسمت زیر محاسبات مربوط به کم آبیاری ذرت زودرس رقم ۳۰۱ در شرایط محدودیت منابع آب(که بیشترین میزان سود خالص را تولید می‌کند)، ارایه شده است:

$W_W - W_m = W_e$(میزان آب صرفه‌جوئی شده در طول فصل زراعی)

$= ۹۶/۲ - ۷۹/۴ = ۱۶/۸$ Cm

سطح جدیدی که می‌توان با آب صرفه‌جویی شده به زیر کشت برد:

$$A = \frac{16/8}{79/4} = 0/21 \ ha \ \Rightarrow \ A_T = ۱+۰/۲۱ = ۱/۲۱$$

(کل سطح زیر کشت با عمق آب مصرفی ماکزیمم)

$Y_T = ۷۲۲۹/۷ * ۱/۲۱ = ۸۷۴۷/۹$ (تن)

ریال هزینه متغیر = ۷۹.۴ ×۲۵۰۰۰ × ۱/۲۱ = ۸۵۰،۴۰۱،۲

ریال هزینه ثابت = ۱۱۶۷۵۰۰۰ × ۱/۲۱ = ۷۵۰،۱۲۶،۱۴

ریال هزینه کل = ۲۴۰۱۸۵۰ + ۱۴۱۲۶۷۵۰ = ۶۰۰،۵۲۸،۱۶

ریال درآمد کل = عملکرد کل ×۳۰۰۰ =۸۷۴۷.۹ × ۳۰۰ = ۷۰۰،۲۴۳،۲۶

ریال سود خالص = درآمد کل – هزینه کل = ۲۶۲۴۳۷۰۰ – ۱۶۵۲۸۶۰۰ = ۱۰۰،۷۱۵،۹

ریال بازده ریالی هرمترمکعب‌آب = سودخالص/ کل سطح زیر کشت/ آب مصرفی $= \frac{9715100}{79/4 \times 1/21 \times 100} = 1011/2$

(جدول۳) - بررسی‌ها و محاسبات فوق برای کلیه سطوح و ارقام انجام گرفته و نتایج زیر به‌دست آمد.

| رقم ذرت | عمق آب مصرفی در شرایط محدودیت زمین(سانتی‌متر) | عمق آب مصرفی در شرایط محدودیت آب(سانتی‌متر) | عمق آبیاری ماکزیمم (سانتی‌متر) | عمق معادل آبیاری ماکزیمم (سانتی‌متر) | سود خالص در هکتار (ریال) | بازده ریالی هر مترمکعب آب (ریال) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۳۰۱ | ۹۲/۹ | ۷۹/۴ | ۹۶/۲ | ۸۹/۵ | ۸۰۲۹۰۰۸/۳ | ۱۰۱۱/۲ |
| ۳۰۳ | ۹۷/۴ | ۸۰/۴ | ۱۰۱/۰ | ۹۳/۹ | ۹۶۹۶۹۰۴/۸ | ۱۲۰۶/۱ |
| ۳۱۵ | ۸۵/۶ | ۷۱/۱ | ۸۷/۹ | ۸۳/۲ | ۱۰۹۷۵۲۴۱/۹ | ۱۵۴۳/۶ |

Archive of SID

www.SID.ir

**نتیجه**

به‌طور کلی نتایج به‌دست آمده از نمونه‌گیری‌ها و محاسبات را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد:

۱- هزینه تولید هم سو با آب مصرفی یک روند صعودی دارد که این روند به‌صورت خطی می‌باشد.

۲- درآمد ناخالص از واحد سطح با افزایش عمق آب مصرفی تا عمق ماکزیمم، یک روند صعودی دارد. همچنین حداکثر درآمد ناخالص متناسب با حداکثر عملکرد می‌باشد.

۳- میزان سود خالص با افزایش عمق آب مصرفی در ابتدا، روند صعودی داشته و سپس به صورت نزولی درمی‌آید. سود خالص ماکزیمم هر سه رقم بسته به شرایط کاربری تغییر خواهد کرد. این سود در شرایط محدودیت آب، در عمق‌های مرتبط با این شرایط اتفاق خواهد افتاد. یعنی با کاهش عمق آب مصرفی در حدود ۱۷/۵درصد برای رقم ۳۰۱، ۲۰/۴ درصد برای رقم ۳۰۳ و ۱۹/۱درصد برای رقم ۳۱۵ نسبت به آبیاری ماکزیمم، سود خالص حداکثر خواهد شد. و در شرایط محدودیت زمین با کاهش عمق آب مصرفی تا ۳/۴ درصد برای رقم ۳۰۱، ۳/۶ درصد برای رقم ۳۰۳ و ۲/۶ درصد برای رقم ۳۱۵ نسبت به آبیاری ماکزیمم، سود خالص حداکثر می‌شود.

۶- سود خالص در دو حالت با به‌کارگیری عمق آب مصرفی معادل(رقم ۳۰۱، ۸۹/۵ سانتی‌متر، رقم ۳۰۳، ۹۳/۹ سانتی‌متر و رقم ۳۱۵، ۸۳/۲ سانتی‌متر) و عمق آب مصرفی ماکزیمم(رقم ۳۰۱، ۹۶/۲ ، رقم ۳۰۳، ۱۰۱ سانتی‌متر و رقم ۳۱۵، ۸۷/۹ سانتی‌متر) برابر می‌باشد پس منطقی است که عمق آب مصرفی معادل به‌کار رود.

۷- با توجه به افزایش سطح زیر کشت در اثر کم‌آبیاری، امکان افزایش سطح زیر کشت برای شرایط محدودیت آب نسبت به آبیاری ماکزیمم به میزان حدود ۲۱ درصد برای رقم ۳۰۱، ۲۶ درصد برای رقم ۳۰۲ و ۲۴ درصد برای رقم ۳۱۵ وجود دارد، لذا در شرایط یکسان و در حالتی که محدودیت زمین وجود نداشته باشد می‌توان سود بیشتری را عاید ساخت.

۸- حداکثر بازده ریالی برای هر مترمکعب آب در شرایط محدودیت آب برای ارقام ۳۰۱، ۳۰۳ و ۳۱۵ به ترتیب ۱۰۱۱/۲، ۱۲۰۶/۱ و ۱۵۴۳/۶ ریال محاسبه گردید.

۹- نتایج کلی تجزیه وتحلیل اقتصادی نشان داد که رقم ۳۱۵ در شرایط کم آبی نسبت به دو رقم دیگر در شرایط آبیاری بارانی بازده ریالی بالاتری را داراست و سود خالص بیشتری را عاید کشاورز می‌سازد پس به هر حال کشت رقم ۳۱۵ نسبت به دو رقم دیگر مناسب‌تر است.

**پیشنهادات**

با توجه به بحران آب در کشور و به جهت افزایش سطح زیرکشت محصولات زراعی و نیز برای استفاده بهینه از منابع آب و خاک موارد زیر به‌عنوان پیشنهادات سیاستی و مطالعاتی ارایه می‌گردد:

۱- با اعمال کم آبیاری در شرایط محدودیت منابع آب، صرفه جویی در مصرف آب در بزرگترین بخش مصرفی کشور و استفاده حداکثر از واحد حجم آب سرلوحه کار مسئولین و متولیان آب و کشاورزی کشور قرار گیرد.

۲- با انجام تحقیقات ملی و محلی، عمق‌های شاخص آبیاری برای تمام محصولات زراعی و باغی کشور تعیین و ساسیت‌گذاری در بخش کشاورزی براساس اعمال عمق‌های آبیاری متناسب انجام پذیرد.

۳- با توجه به هدف کسب سود حداکثر در شرایط کم‌آبی، کاهش آب مورد نیاز ذرت به میزان ۲۰درصد ، نظری است که می‌تواند از هم اکنون در طراحی‌ها اعمال گردد و سود خالص بیشتری را عاید سازد.

Archive of SID

www.SID.ir

**منابع:**


۱- افلاطونی، م. (۱۳۷۰). "اثر کمبود آب بر روی عملکرد ذرت و تعیین تابع تولید آن". مجله علوم کشاورزی ایران، ۲۲: ۲۰-۱۱.

۲- توکلی، ع و فرداد، ح. (۱۳۷۵). "بهینه‌سازی کم‌آبیاری بر اساس توابع تولید، هزینه و قیمت چغندرقند در کرج". دومین کنگره ملی مسائل آب و خاک کشور، تهران.

3- Dichio, B., Xiloyannis, C., Sofo, A. and Montanaro, G. (2007). "Effects of post-harvest regulated deficit irrigation on carbohydrate and nitrogen partitioning, yield quality and vegetative growth of peach trees". J. Plant and Soil, 290: 127-137.

4- Eck, H. v. (1986). "Effects of Water Deficit on Yield, Yield Components, and Water Use Efficiency of Irrigation Corn". Agron. J. Vol: 78: 1035-1040.

5- English . M., James, L. and Chen, C. F. (1990). "Deficit Irrigation: II. Observation in Columbia Basin". Irrigation and Drain J., 16:413-426.

6- Fischbach, D. E., and Mulliner, M. R. (1972). "Every other Furrow Irrigation of Corn". Transaction of ASAE, Paper No. 72722: 426 – 428.

7- Gelly, M., Recasens, I., Girona, J., Mata, M., Arbones, A., Rufat, J., and Marsal, J. (2004). "Effects of stage II and postharvest deficit irrigation on peach quality during maturation and after cold storage". J. Sci. Food Agric., 84:561–568.

8- Girona, J., Mata, M., Fereres, E., Goldhamer, D.A. and Cohen, M. (2002). "Evapotranspiration and soil water dynamics of peach trees under water deficits". Agr Water Manage 54:107–122.

9- Hanks, R. J. (1973). "Model for Predicting Plant Yield as Influenced by Water Use". Agron. J. 66: 660 – 664.

10- Hanks, R. J., Hill, R. W. and Wright, J. (1983). "Crop Yield Models Adapted to Irrigation Scheduling Programs". Department of Agricultural and Irrigation Engineering. Utah, State University Printing. Logon. Utah.

11- Martin de Santa Olalla F., Dom´ınguez-Padilla A., and López, R. (2004). " Production and quality of the onion crop(Allium cepa L.) cultivated under controlled deficit irrigation conditions in a semi-arid climate". Agricultural Water Management, 68: 77–89.

12- Romero P., Navarro, J.M., Garcia, F. and Ordaz, P. B. (2004). "Effects of regulated deficit irrigation during the pre-harvest period on gas exchange, leaf development and crop yield of mature almond trees". Tree Physiol, 24:303–312.

13- Terry, L.A., Chope, G.A. and Bordonaba, J. G. (2007). "Effect of Water Deficit Irrigation and Inoculation with Botrytis cinerea on Strawberry (Fragaria x ananassa) Fruit Quality". J. Agric. Food Chem., 55: 10812–10819.

14- Wanjura, D.F., Upchurch, D.R., and Mahan, J.R. (2006). "Behavior of temperature-based water stress indicators in biotic controlled irrigation". Irrigation Science. 24:223-232.


Archive of SID

www.SID.ir

# Determining the index and optimal irrigation depths to maximize benefit of early maturing corn

**H. Ansari**[*1]

**Abstract**

To calculate the index and optimal depths of crop water use, and maximizing the profit under deficit irrigation practices, this study was performed using a split plot design. In this experiment three cultivars of early maturing corns (301, 303 and 315) were set as the main treatments with 3 replications, while the irrigation levels were considered to be the minor treatments. A line source irrigation method (after Hanks) with 6 irrigation levels on both sides of the line was used. In this research, three sub-functions such as yield Y(w), cost C(w), and benefit B(w) were developed initially. Then, the optimal depths of irrigation were extracted from these functions. The results indicated that: a) although the complete irrigation had the maximum yield, however, the marginal net profit was not maximum because of the cost rise, b) with deficit irrigation under land restriction conditions and aiming to maximize the use of unit land, the optimized water depth for all cultivars was 3% less than the complete irrigation, and c) using deficit irrigation under water limitations and aiming to maximize the use of unit volume of water, the optimized irrigation depth would be 19% less than the complete irrigation practices. Also, the results showed that the net benefit was the same for the equivalent depth and the maximum water depth; therefore, it is logical to use the equivalent depth. Meanwhile, applying 17.5% deficit irrigation for cultivar 301, 20.4% for cultivar 303 and 19.1% for cultivar 315, the highest earning return (Rials per $m^3$ of water) will be 1011.2, 1206.1 and 1543.6 Rials, respectively. It can be concluded that with the savings of water under deficit irrigation practices, the planting area would increase and ultimately the marginal net profit increases substantially. Also, the most net profit among the cultivars was obtained for cultivar 315.

**Key words:** Deficit irrigation, Optimal irrigation depth, Early maturing corn, Yield function, Benefit, Earning return

Archive of SID

*- Corresponding author Email: ansari-hos@ferdowsi.um.ac.ir
1 - College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

www.SID.ir