بهینه سازی عمق آب مصرفی ذرت با کم آبیاری (مطالعه موردی: دشت ورامین)

محمود مشعل[۱]، مریم وراوی پور[1]، سیداحمد سادات نوری[۲] و ابراهیم زارع زیرک[۳]

چکیده

کم‌آبیاری، انتخاب یک راهبرد بهینه و برتر برای استفاده از آب و تولید محصول تحت شرایط کمبود و یا بالابودن قیمت آب است. طی پژوهش حاضر اثرات کم‌آبیاری بر توابع تولید و هزینه گیاه ذرت از رقم سینگل کراس 704 مورد بررسی قرار گرفته است. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 13 تیمار و 3 تکرار انجام شد. تیمارها نسبت به درصد نیاز آبی گیاه با افزایش‌های ده درصدی از صفر تا 120 درصد نیاز آبی انجام گرفت. تابع تولید به‌صورت یک منحنی درجه دوم و تابع هزینه به‌صورت یک معادله خطی به‌دست آمد. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که آبیاری کامل (100 درصد نیاز آبی معادل 4/82 سانتی‌متر عمق آبیاری در واحد سطح) بیش‌ترین عملکرد محصول در واحد سطح (به میزان 77360 کیلوگرم در هکتار) را به همراه دارد. از کشت ذرت بدون آبیاری تا 30 درصد نیاز آبی گیاه، تنها ضرر و زیان مالی نصیب زارع می‌گردد. علاوه بر آن بیش‌ترین درآمد ناخالص، مربوط به تیمار با 100 درصد نیاز آبی گیاه، و بیش-ترین درآمد خالص مربوط به تیمار با کاهش 10 درصدی در مصرف آب نسبت به حالت آبیاری کامل می‌باشد. بالاترین درآمد ناخالص و خالص "به ازای واحد آب مصرفی" نیز به‌ترتیب مربوط به تیمار با کاهش 50 درصدی و تیمار با کاهش 30 درصدی است. در کل نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که آبیاری بیش از نیاز آبی گیاه علاوه بر افزایش هزینه، کاهش محصول را نیز در پی خواهد داشت، و نیز بیش‌ترین درآمد خالص "در حالت محدودیت منابع آب" و افزایش سطح زیر کشت، در تیمار بدون کاهش مصرف آب به‌دست می‌آید.

واژه‌های کلیدی: کم‌آبیاری، ذرت، توابع عملکرد و هزینه، عمق بهینه آبیاری

1. استادیاران گروه آبیاری پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران
2. انشیار گروه زراعت پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران
3. دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه آبیاری پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

تلاش‌های پژوهش‌گران کشاورزی تاکنون عمدتاً به افزایش تولید در واحد سطح معطوف بوده و میزان تولید به ازای واحد نهاده از جمله آب مصرفی کمتر مد نظر قرار گرفته است. در صورتی که در شرایط محدودیت منابع آب و فراوانی نسبی اراضی قابل کشت (شرایط حاکم بر اکثر مناطق ایران) هدف اصلی بایستی بیشتر متمرکز بر بالا بردن تولید به ازای واحد آب مصرفی و استفاده بهینه از این منابع باشد. کم آبیاری یک راهبرد بهینه سازی است که در آن آگاهانه به گیاهان اجازه داده می‌شود با دریافت آب کمتر از نیاز، محصول خود را کاهش دهند (انگلیش و همکاران،1990). یکی از شاخص‌های مورد استفاده در مباحث عملکرد گیاه-آب مصرفی، افزایش بهره‌وری از آب است که به‌صورت نسبت عملکرد محصول به مقدار آب مصرفی تعریف می‌شود. افزایش درآمد و سود خالص با کم آبیاری از سه عامل نشات می‌گیرد: 1) افزایش راندمان آبیاری، 2) کاهش هزینه‌های جاری، و 3) کاهش هزینه‌های آب با صرفه-جویی در آن، که به‌عنوان مثال می‌توان به کاهش زمان کار پمپ یا نیروی کارگری اشاره کرد (سپاسخواه و همکاران، 1385).

مروری بر پیشینه تحقیق

انگلیش و راجا در سال 1996 سه مورد کم آبیاری را بیان می‌کنند که در آن‌ها کاهش هزینه‌های آبیاری بیش از کاهش درآمد (ناشی از کاهش محصول) بوده است. فیشباخ و مولینر در سال 1972 نشان دادند که در آزمایش آن‌ها با کاهش 29 درصدی در آب مصرفی ذرت در کشت شیاری در یک خاک لوم رس سیلتی، تنها با 4/7درصد افت از کل محصول مواجه شدند. استوارت و همکاران (1983)، در آبیاری گیاه سورگوم، با آبیاری نیمی از طول فاروها و استفاده از رواناب نیمه اول برای آبیاری ربع سوم و بدون آبیاری گذاشتن ربع چهارم میزان مصرف آب را به 45 درصد و میزان عملکرد را به 78 درصد آبیاری کامل رساندند. یعنی به ازای کاهش 55 درصد آب مصرفی، تنها با 22 درصد کاهش محصول مواجه شدند. محمد افلاطونی (1370) نشان داد که اثر کمبود آب روی عملکرد ذرت در یک خاک شنی، کاهش 10 درصدی تبخیر و تعرق واقعی در دوره کاشت از مرحله 12 برگی تا دانه بندی و یک کاهش 27 درصدی در عملکرد نهایی را به‌دنبال دارد، اما با یک درصد کاهش تبخیر و تعرق واقعی در دوره رویشی، تنها 1/6 درصد از عملکرد نهایی کاهش یافت. در صورتی‌که همین مقدار کاهش در تبخیر و تعرق واقعی از مرحله 12 برگی تا دانه‌بندی، 3 درصد کاهش عملکرد به‌دنبال داشت. براون ورث و مک (1989)، در پژوهشی برروی ذرت با پنج تیمار آبی به این نتیجه رسیدند که تیمار بدون آبیاری، 44 درصد عملکرد ماکزیمم را دارد. بیش‌ترین عملکرد و حداکثر تبخیر و تعرق در 85 درصد حداکثر آب کاربردی به-دست می‌آید. بالاترین راندمان مصرف آب در تبخیر و تعرق 407 تا 418 میلی‌متر می‌باشد. بیش‌ترین راندمان کاربرد آب با 312 میلی‌متر آبیاری حاصل می‌گردد که عملکرد این تیمار به میزان 10 درصد از حداکثر عملکرد کمتر است. لام به‌ذکر است که حداکثر عملکرد با 449 تا 518 میلی‌متر آب آبیاری به‌دست می‌آید.

هدف ما در این پژوهش یافتن عمق‌های بهینه (شاخص‌های آستانه‌ای) کم آبیاری است. برای این کار لازم است تا توابع تولید و هزینه به ازای آب مصرفی تعیین گردیده و سپس درآمد خالص و بهره وری از آب، یعنی نسبت عملکرد محصول به آب مصرفی، تعیین گردد.

مـــواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، انجام شد. منطقه آزمایش در 18 کیلومتری شمال غربی شهرستان ورامین و 25 کیلومتری شرق تهران واقع شده است. بافت خاک محل آزمایش لوم رسی سیلتی (SCL) با pH برابر 27/9 و EC گل اشباع حدود 2/94 دسی زیمنس بود. عملیات آماده‌سازی زمین در تاریخ دوم تیرماه 1380 در قسمتی از زمین‌های زراعی منطقه مذکور انجام گرفت. آزمایش در قالب روش بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) با 13 تیمار و 3 تکرار که تیمار اول بدون آبیاری و تیمارهای

Archive of SID

www.SID.ir

بعدی با افزایش 10 درصد نیاز آبی تا 120 درصد نیاز آبی در تیمار 13 انجام شد.

قبل از اعمال کم‌آبیاری، زمین تحت کشت، به روش آبیاری سطحی، به‌طور کامل آبیاری گردید تا کمبود رطوبتی همه کرت‌های آزمایشی بر طرف گردد. دو روز بعد از آماده‌سازی زمین، 37 کیلوگرم در هکتار بذر ضد عفونی شده ذرت از رقم سینگل کراس 704 به وسیله ماشین بذرکار به همراه 200 کیلوگرم کود اوره و 150 کیلوگرم کود پتاسه به‌صورت دستپاش به زمین داده شد.

در شروع عملیات آبیاری برای تسریع در امر جوانه زنی بعد از کشت، یک آبیاری (خاکاب)، در تاریخ 6 تیر انجام گرفت. در تاریخ 10 تیر، زمین برای عملیات کم‌آبیاری، آماده و کرت بندی گردید. مساحت هر کرت 3/6×2 متر مربع و فاصله بین هر دو کرت، 1/2 متر به‌دست آمد. این عمل برای هر سه بلوک تکرار گردید. روز بعد یعنی در تاریخ 11 تیر، مقدار 100 کیلوگرم کود اوره به‌صورت سرک به زمین داده شد.

آب مصرفی گیاه

براساس آمار و اطلاعات موجود هواشناسی با استفاده از دو روش بلانی ـ کریدل و پنمن اصلاح شده توسط FAO (علیزاده، 1372) تبخیر و تعرق گیاه مرجع برای ماه‌های مختلف سال به‌دست آمده است (زارع زیرک، 1382). با توجه به فصل رشد ذرت در منطقه از تیر ماه تا آبان ماه (جولای تا اکتبر) متوسط تبخیر و تعرق گیاه مرجع و ضریب گیاهی در طول فصل رشد محاسبه شد که در جدول (1) ستون‌های 1 تا 3 دیده می‌شود.

برای خاک لوم رسی شنی، با توجه به کل آب قابل دسترسی برابر با 190 میلی‌متر در هر متر عمق خاک و با در نظر گرفتن 40 درصد تخلیه برای 1 متر عمق موثر ریشه، برابر 76 میلی‌متر و دور آبیاری نیز با توجه به حداکثر تبخیر و تعرق 11/2 میلی‌متر در روز در اواسط فصل برابر 7 روز بود. ~

با توجه به این‌که کم آبیاری از تاریخ 13 تیر (4 ژولای) تا 1 آبان (23 اکتبر) به طول انجامید و با داشتن متوسط تبخیر و تعرق و ضریب گیاهی (ستون 2 و 3، جدول 1)، تبخیر و تعرق واقعی ذرت به‌دست آمد که در جدول 1، ستون4 دیده می‌شود. مقدار آب مورد نیاز طی مدت رشد در آبیاری کامل برای کرت 3/6×2 متر مربع برابر 15/41مترمکعب محاسبه گردید. با دور آبیاری 7 روزه، تعداد دفعات آبیاری، 15 بار و حجم آب مورد نیاز در هر دفعه آبیاری برای هر کرت 360 لیتر به‌دست آمد. با در نظر گرفتن 10 درصد تلفات، مقدار آب داده شده به زمین طبق جدول (2) اعمال گردید.

اولین عمل کم‌آبیاری در تاریخ 13 تیر ماه انجام گرفت و این کار هر هفته و در روزهای جمعه تکرار گردید. روش آبیاری به این صورت بود که ظرف‌هایی نظیر سطل‌های 2 و 10 لیتری و بشکه‌های پلاستیکی 20 لیتری به‌وسیله بشر دقیقاً مدرج شدند و سپس به کمک این وسایل، آب از نهر فرعی به داخل هر کرت، ریخته می‌شد.

جدول1: میزان تبخیر و تعرق گیاه ذرت در طول فصل رشد (زارع 1382)

(1) ماه	(2) ET_r (میلی‌متر در روز)	(3) K_c	(4) ET_c (میلی‌متردر روز)	(5) تعداد روزها	(6) ET_c (میلی‌متردر روز)
Jul	11/17	0/35	3/91	28	109/49
Aug	10/41	0/85	8/85	31	274/37
Sep	7/27	1/15	8/36	30	250/72
Oct	4/8	1/1	5/28	32	116/23
تبخیر و تعرق گیاه ذرت					750/81

Archive of SID

www.SID.ir

جدول2: حجم آب مورد نیاز و مقدار آب اعمال شده برای تیمارهای آزمایشی

تیمار	درصد نیاز آبی	حجم آب مورد نیاز در هر نوبت آبیاری (لیتر)	مقدار آب داده شده به زمین (لیتر)	حجم آب مورد نیاز در کل فصل رشد (لیتر)	حجم آب مورد نیاز در کل فصل رشد (متر مکعب در هکتار)
T_2	10	36	40	600	823/611
T_3	20	72	79	1185	1647/222
T_4	30	108	119	1785	833/2470
T_5	40	144	158	2370	3294/444
T_6	50	180	198	2970	4118/056
T_7	60	216	238	3570	4941/667
T_8	70	252	277	4155	5767/278
T_9	80	288	317	4755	6588/889
T_{10}	90	324	356	4340	7412/500
T_{11}	100	360	396	5940	8236/111
T_{12}	110	396	436	6540	9059/722
T_{13}	120	432	475	7125	9883/333

برداشت و نمونه گیری

عملیات برداشت در تاریخ 8 آبان ماه ، انجام گرفت. از وسط هر کرت به مساحت تقریبی یک مترمربع، نمونه‌ها با دست برداشت و برای تعیین وزن تر و خشک به آزمایشگاه گروه آبیاری پردیس ابوریحان منتقل شدند. پس از انتقال نمونه ها به آزمایشگاه، بلافاصله تعداد و وزن نمونه‌های داخل هر پلاستیک حساب گردید. سپس از هر پلاستیک دو بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و وزن تر آن مجدداً اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری، نمونه‌ها به‌صورت مجزا در داخل آون به مدت 72 ساعت در دمای 70 درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از این مدت، نمونه‌های خشک شده، از آون بیرون آورده و مجدداً وزن شدند.

نتایج و بحث

در تعیین شاخص بهره‌وری از آب از تابع عملکرد استفاده می‌شود. این تابع رابطه بین محصول قابل فروش در مقابل آب مصرفی در طی فصل آبیاری را نشان می‌دهد. با توجه به تحقیقات و مطالعات انجام گرفته روی محصولات مختلف مشخص شده است به علت تغییرات عملکرد، تابع تولید به شکل منحنی است (سپاسخواه و همکاران، 1385) .

به کارگیری روش بهینه‌سازی عمق آب مصرفی اقدامی است که به بررسی رابطه آب مصرفی-عملکرد محصول می‌پردازد. از روابط مشهور پیرامون این امر می‌توان به مدل بهینه سازی درآمد خالص (آب مصرفی) یا مدل انگلیش و همکاران در سال 1990 اشاره کرد. در مدل انگلیش اثر عمق آبیاری بر تولید به‌صورت منحنی درجه دوم و اثر آن بر هزینه به‌صورت تابع خطی برای قیمت محصول ثابت (بر اساس نرخ تضمینی یا نرخ بازار) به‌دست آمده است. شکل عمومی روابط فوق به‌صورت زیر است (سپاسخواه و همکاران، 1385):

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

$$C(w) = a_2 + b_2.w \quad (2)$$

که در آن $Y(w)$ عملکرد، $C(w)$ هزینه، w عمق آب مصرفی، و Pc قیمت محصول می‌باشد. از این‌رو برای به‌دست آوردن توابع مذکور پس از برداشت نمونه‌ها و انجام آزمایش‌های لازم مقادیر عملکرد، هزینه، درآمد ناخالص، درآمدخالص، و سایر پارامترهای مورد نیاز محاسبه گردید و نتایج آن‌ها با آزمون دانکن در

Archive of SID

www.SID.ir

سطح$p<0.05$ به‌وسیله نرم افزار SPSS مورد ارزیابی قرار گرفتند.

اثر عمق آب مصرفی بر هزینه

برای به‌دست آوردن تابع هزینه که تابعی خطی است، بایستی کل هزینه‌های ثابت تولید و هزینه آب‌بها را به‌دست آورد. با توجه به برآورد کارشناسان بانک کشاورزی برای کشت یک هکتار ذرت علوفه‌ای هزینه ثابت تولید 2944250 ریال و هزینه هر مترمکعب آب آبیاری 50 ریال است (زارع زیرک، 1382)، بنابراین معادله هزینه تولید طبق رابطه 2 به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد :

$$C(w). \square 29442505000w$$

که w مقدار آب مصرفی بر حسب سانتی‌متر، و $C(w)$ هزینه بر حسب ریال است.

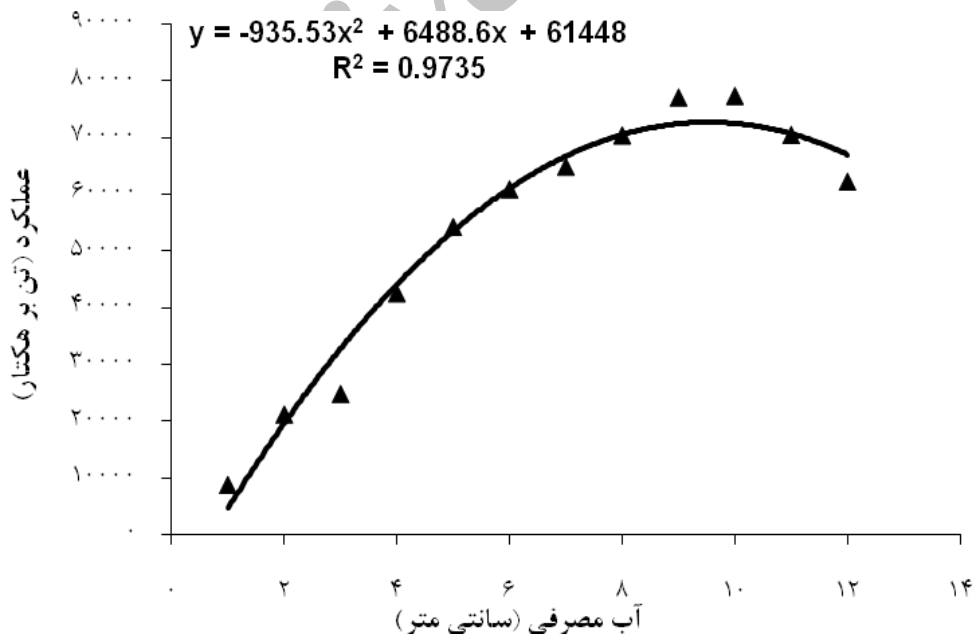
اثر عمق آبیاری بر تولید

با توجه به نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌ها برای هر تیمار مقدار آب مصرفی (سانتی‌متر) و عملکرد محصول (کیلوگرم در مترمربع) و عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار) محاسبه و در جدول 3 آورده شده، و با رسم نمودار درجه دوم، تابع عملکرد محصول-آب مصرفی به صورت زیر به‌دست می‌آید.

$$Y(w)=-11/798\ w^2 +1919/2\ w - 5949/3$$

که $Y(w)$ عملکرد محصول بر حسب کیلوگرم در هکتار و w عمق آب مصرفی بر حسب سانتی‌متر است شکل (1).

میزان عملکرد محصول برای تیمارهای مختلف در جدول (3) آورده شده است بررسی این جدول نشان می‌دهد که عملکرد محصول از صفر تا 77360 کیلوگرم در هکتار، تغییر نموده است که کم‌ترین آن مربوط به تیمار T_2 و بیش‌ترین آن مربوط به تیمار T_{11} (با 100 درصد نیاز آبی) است.



شکل 1: شکل 1: تابع عملکرد تولید محصول ذرت

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 3: میزان عملکرد محصول برای تیمارهای آزمایشی

تیمار	درصد نیاز آبی	حجم آب مورد نیاز در هر نوبت آبیاری (لیتر)	مقدار آب داده شده به زمین (لیتر)	حجم آب مورد نیاز در کل فصل رشد (لیتر)	حجم آب مورد نیاز در کل فصل رشد (مترمکعب در هکتار)
T_2	10	8/2	887	4	8873
T_3	20	16/5	2127	8	21267
T_4	30	24/7	2488	9	24880
T_5	40	32/9	4662	8	42620
T_6	50	41/2	5430	9	54300
T_7	60	49/4	6091	8	60913
T_8	70	57/7	6491	9	64913
T_9	80	65/9	7041	10	70413
T_{10}	90	74/1	7708	10	77080
T_{11}	100	82/4	7736	10	77360
T_{12}	110	90/6	7051	9	70507
T_{13}	120	98/8	6227	10	62273

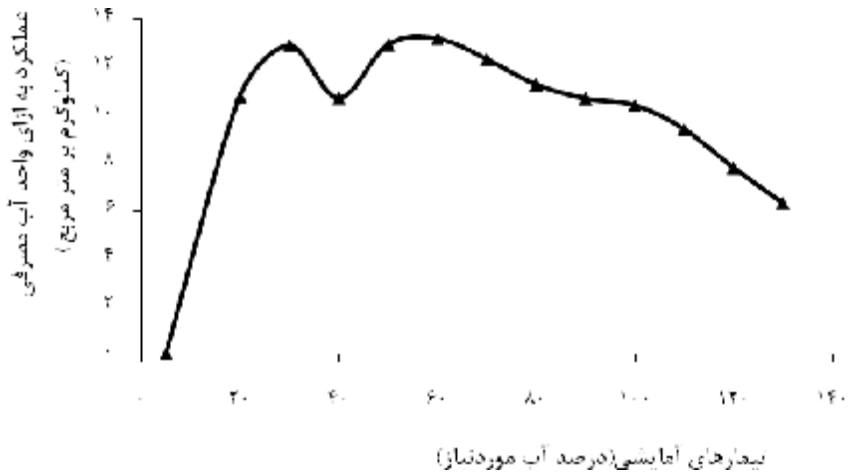
نگاهی به میزان عملکرد محصول نسبت به آب مصرفی نشان می‌دهد که عملکرد محصول در ابتدا روندی صعودی داشته که شیب آن در ابتدا شدید و سپس ملایم شده و سرانجام در یک نقطه (82/4 cm) به حداکثر خود رسیده است و پس از آن روند نزولی ملایمی پیدا می‌کند (شکل 2 و جدول 3)، که این یک امر طبیعی و نرمال برای گیاه محسوب می‌گردد زیرا در حالت عدم آبیاری، به علت عدم بارندگی در طول فصل رشد در دشت ورامین، گیاه نمی‌تواند به حیات خود ادامه دهد و در همان ابتدای فصل، از بین می‌رود. اما با آبیاری زمین، میزان محصول، به‌صورت یک تابع درجه دوم با افزایش آب، زیاد می‌شود و این روند تا مرحله‌ای که همه آب داده شده به زمین، مورد استفاده قرار گیرد و خاک از حالت ظرفیت زراعی خارج نشود ادامه می‌یابد. با افزایش میزان رطوبت خاک، زمین به‌حالت غرقابی درآمده و هوای موجود در خاک، تخلیه می‌گردد که این سبب خفگی ریشه و کاهش در عملکرد می‌شود. طبق جدول (3)، تیمار T_{11} (با 100 درصد نیاز آبی)، به علت داشتن بالاترین عملکرد، بهترین گزینه محسوب می‌گردد. اما مقایسه عملکرد تیمارها با این اعداد، روش مناسبی نمی‌باشد، زیرا سایر پارامترها نظیر هزینه و راندمان، در این ارقام دخیل نیستند. از این رو مقادیر عملکرد، هزینه و درآمد برای تیمارهای آزمایشی محاسبه و در جدول (4) آورده شده است.

سطر سوم این جدول، درآمد خالص میزان عملکرد واحد آب مصرفی (بهره وری) را بر حسب کیلوگرم در مترمربع، را جهت بهینه سازی ارائه داده است. بررسی آن نشان می‌دهد که این پارامتر در ابتدا روند مشخصی نداشته اما از T_4 (30 درصد نیاز آبی) تا T_6(50 درصد نیاز آبی) روند افزایشی و پس از آن تا T_{13} این روند نزولی بوده است. طبق این ارقام، T_6 با 50 درصد نیاز آبی بهترین حالت عملکرد به میزان 13/19 کیلوگرم به ازای هر متر مکعب آب مصرفی است شکل (2).

در سطر پنجم جدول مقدار هزینه تولید به ازای واحد آب مصرفی (هزینه واحد) تیمارهای مختلف آبیاری، ذکر گردیده است. با رسم معادله هزینه تولید مشخص می‌گردد که هزینه تولید با افزایش میزان آب مصرفی، روندی صعودی و خطی دارد که کم‌ترین هزینه، متعلق به تیمار T_2 و بیشترین آن مربوط به تیمار T_{13} است (شکل 3) که هیچ‌کدام از تیمارها در سطح 5 درصد اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir



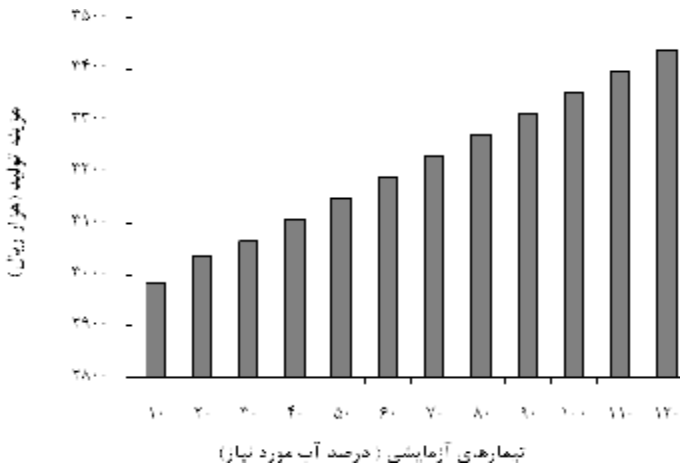
شکل 2: میزان عملکرد به ازای آب مصرفی در تیمارهای آزمایشی

جدول 4: مقادیر عملکرد و هزینه و درآمد تیمارهای آزمایشی

	تیمار	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T_{12}	T_{13}
1	آب مصرفی (سانتی متر)	8/2	16/5	24/7	32/5	41/2	49/4	57/7	65/9	74/1	82/4	90/6	98/8
2	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	8873	21267	24880	42620	54300	60913	64913	70413	77080	77360	70507	62273
3	بهره وری آب (کیلوگرم در مترمکعب)	10/77	12/91	10/07	12/94	13/19	12/32	11/26	10/69	10/40	9/39	7/78	6/30
4	هزینه تولید (هزار ریال)	2985	3036	3067	3108	3150	3191	3232	3273	3314	3356	3397	3438
5	هزینه به ازای واحد آب (ریال در مترمکعب)	3625	1837	1242	944	675	646	561	497	447	407	375	348
6	درآمد ناخالص (هزار ریال در هکتار)	1065	2252	2986	5114	6516	7310	7790	8450	9250	9283	8461	7473
7	درآمد ناخالص به ازای واحد آب (ریال در مترمکعب)	1293	1549	1208	1552	1582	1479	1351	1282	1248	1127	934	756
8	درآمد خالص (هزار ریال در هکتار)	-1921	-475	-82	200	3366	4118	4557	5176	5935	5927	5064	4034
9	درآمد خالص از واحد آب (ریال در مترمکعب)	-2332	-288	-33	608	817	833	790	786	801	720	559	408
10	نسبت درآمد به هزینه B/C	0/357	0/843	0/973	1/645	2/068	2/290	2/410	2/581	2/790	2/766	2/490	2/173
11	توضیحات	ضرر	ضرر	سر به-سر			حداکثر سود واحد آب			سود خالص حداکثر	آبیاری کامل		

Archive of SID

www.SID.ir



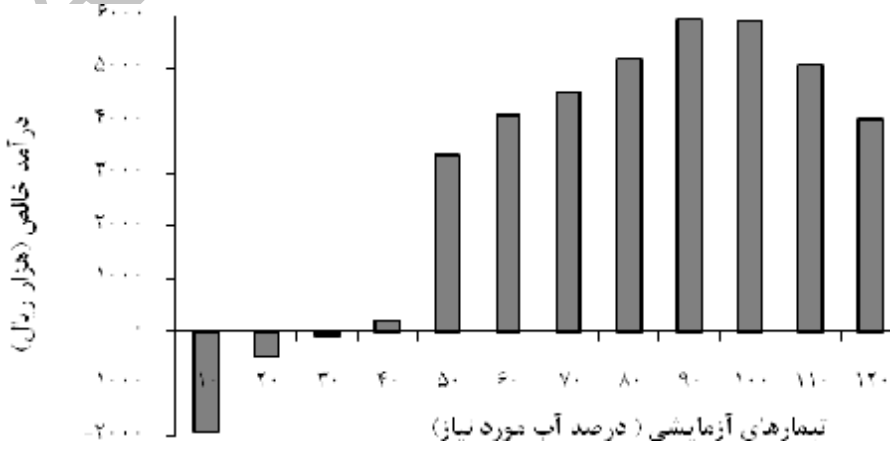
شکل 3: مقادیر هزینه تولید در تیمارهای آزمایشی

برمبنای درآمد ناخالص مقادیر آب مصرفی و عملکرد نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. در سطر (6) جدول مذکور درآمد ناخالص (حاصل‌ضرب عملکرد در قیمت محصول) آورده است. تیمار T_{11} به علت داشتن بالاترین عملکرد، بیش‌ترین درآمد ناخالص را نیز به میزان 9283 هزار ریال، به همراه داشته است شکل (4).

میزان درآمد ناخالص بازای واحد آب مصرفی نیز محاسبه و در سطر (7) جدول آورده شده است. بیش‌ترین مقدار مربوط به تیمار T_6 (با 50 درصد نیاز آبی) به میزان 1582 ریال به ازای هر متر مکعب آب مصرفی است. از آن‌جا که در دو فاکتور ذکر شده اخیر (درآمد ناخالص و درآمد ناخالص بازای واحد آب مصرفی)، پارامتر هزینه دخیل نبوده است می‌توان میزان درآمد خالص برای عملکرد هر تیمار را با داشتن مقدار درآمد ناخالص و هزینه از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$I_i(w) = P_c.Y(w) - C(w) \quad \ldots \quad . \quad (3)$$

که در سطر 8 جدول4 آورده شده است. از سطر 8 این جدول مشخص می‌گردد که درآمد خالص از تیمار T_1 تا T_4، منفی است. یعنی با کشت ذرت بدون آبیاری تا 30 درصد نیاز آبی ذرت، تنها ضرر و زیان مالی نصیب زارع می‌گردد اما با افزایش مقدار آب آبیاری، درآمد خالص به‌علت افزایش عملکرد، طی یک روند صعودی، مثبت شده و این روند تا تیمار T_{10} (با 90 درصد نیاز آبی) به مقدار 5935 هزار ریال ادامه یافته و پس از آن منحنی، نزولی می‌گردد.



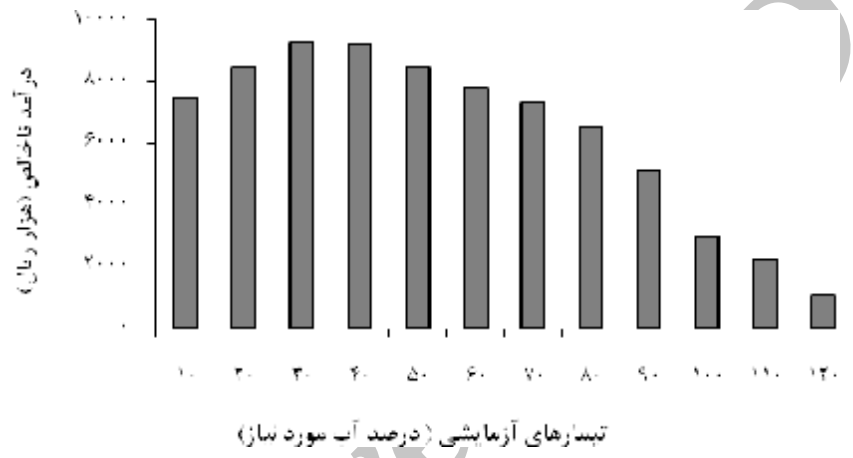
شکل 4. مقادیردرآمد خالص در تیمارهای آزمایشی

Archive of SID

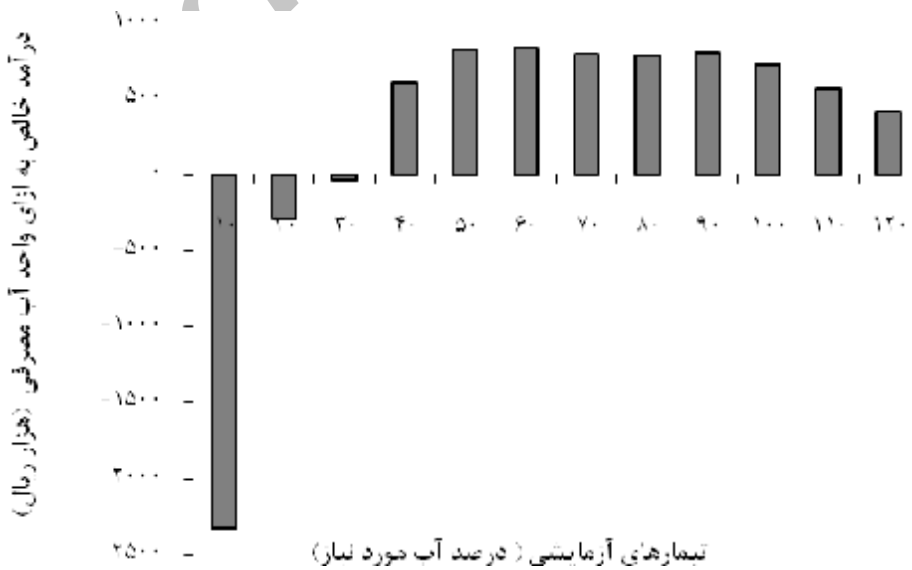
www.SID.ir

بنابراین در بین تیمارهای آزمایشی بیش‌ترین درآمد خالص متعلق به تیمار T_{10} (با 90 درصد نیاز آبی) می‌باشد نه در تیمار آبیاری کامل (شکل 5). ارقام به‌دست آمده برای درآمد خالص به ازای واحد آب مصرفی (سطر 9 جدول) نشان می‌دهد که بیش‌ترین درآمد متعلق به تیمار T_7 (با 60 درصد نیاز آبی) به میزان 833 ریال به ازای هر متر مکعب آب مصرفی است (شکل 6).

نسبت درآمد به هزینه (B/C) برای تیمارهای مختلف در سطر دهم جدول 4 آورده شده است. از آن‌جایی‌که اعمال کم آبیاری در یک سال زراعی صورت می‌گیرد (عمر مفید طرح کم آبیاری یک سال است) مقایسه هزینه به درآمد (B/C) نیز در همین دوره می‌باشد. بنابراین برآورد نرخ تنزیل صورت نمی‌گیرد. از مقایسه آن‌ها مشخص می‌گردد که بالاترین نسبت درآمد به هزینه متعلق به تیمار T_{10} (با 90 درصد نیاز آبی) به میزان می‌باشد.



شکل 5: میزان درآمد ناخالص در تیمارهای آزمایشی



شکل 6: میزان درآمد ناخالص به‌ازای واحد آب مصرفی در تیمارهای آزمایشی

www.SID.ir

جدول 5: میزان افزایش سطح زیر کشت و درآمد متناسب با آن

	تیمار	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}
1	آب مصرفی (سانتی متر)	2/8	5/16	7/24	5/32	2/41	4/49	7/57	9/65	1/74	4/82
2	مقدار آب اضافه (سانتی متر)	74/13	65/89	57/65	42/49	41/18	32/94	24/71	16/47	8/24	0
3	افزایش سطح زیرکشت (هکتار)	4/5	2/7	1/57	2/1	0/83	0/57	0/37	0/22	0/10	0
4	درآمد خالص (هزار ریال)	-1920	-474	-82	2005	3365	4118	4557	5175	5934	5927
5	درآمد خالص در حالت افزایش سطح زیر کشت (هزار ریال)	-	-	-	4410	6171	6469	6265	6326	6527	5927
6	درصد افزایش درآمد خالص در حالت افزایش سطح زیر کشت	-	-	-	-	4/13	9/15	5/71	6/74	10/14	

در صورت صرفه‌جویی نسبت به آبیاری کامل می‌توان سطح زیر کشت را افزایش داد. جدول (5) بیانگر رابطه بین مقدار آب صرفه جویی شده نسبت به آبیاری کامل (آب اضافه) و میزان افزایش سطح زیر کشت با درآمدی است که در این حالت، نصیب زارع می‌گردد. در حالت آبیاری کامل به‌علت نداشتن آب اضافی، امکان افزایش سطح زیر کشت وجود ندارد اما در سایر تیمارهایی که مقدار آب آبیاری، کمتر از نیاز آبی گیاه است و محدودیتی از لحاظ سطح زیر کشت وجود نداشته باشد، سطح زیر کشت از 0/1 تا 4/5 هکتار به‌ترتیب برای تیمارهای T_{10} تا T_2، قابل افزایش است.

به‌عنوان مثال با صرفه جویی به میزان 32/94 سانتی متر آب آبیاری نسبت به آبیاری کامل (در تیمار T_7)، امکان افزایش سطح زیر کشت تا 571/ هکتار وجود دارد، که در این حالت درآمد خالص از 4118 هزار ریال به 6469 هزار ریال افزایش می‌یابد. که این مقدار نسبت به حالت آبیاری کامل افزایشی 9/15 درصدی را نشان می‌دهد. مقایسه آماری تیمارها در این حالت نشان می‌دهد که به‌جز تیمار T_5 (با 40 % نیاز آبی) سایر تیمارها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند در حالی‌که مقادیر درآمد خالص برای این تیمارها در حالت عدم امکان افزایش زیر کشت اختلاف معنی‌دار در سطح $p<0.05$ را نشان می‌داد.

سپاس‌گزاری

از آن‌جایی که این پژوهش با استفاده از اعتبارات معاونت پژوهشی دانشگاه تهران انجام گردیده است بدین‌وسیله از این معاونت صمیمانه تشکر می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

English, M.J.,I.J. Musick, V.V. Murty, 1990, Deficit irrigation, Journal of farm irrigation systems, ASAE, 12(3): 222-230

Braunworth W.S., J.R. and H.J. Mack, 1984, Crop water production function for sweet corn . Journal of the American society for horticultural science, 114 (2): 210-215.

Stewart,B.A., J.T. Musick and D.A.Dusek, 1983, Yield and water use efficiency of grain Sorghum in a limited irrigation_dryland farming system . Agronomy Journal, 75: 629-634.

Fischbach, P.E., and H. R. Mulliner, 1972, Every other furrow irrigation of corn, Transaction of ASAE, 17(3): 426-428.

سپاسخواه، ع.، توکلی، ع و موسوی، س. 1385، اصول و کاربرد کم آبیاری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زه‌کشی ایران

زارع زیرک، ابراهیم. 1382. بررسی اثرات کم آبیاری روی محصول ذرت و تعیین تابع تولید آن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه آبیاری و زهکشی مجتمع آموزش عالی ابوریحان، دانشگاه تهران.

فرشی، ع. ا. 1379، ارایه یک روش عملی برای برنامه‌ریزی بهینه در کم آبیاری، خلاصه مقالات کارگاه فنی ـ آموزشی کم آبیاری، کمیته ملی آبیاری و زه‌کشی ایران، نشریه شماره 36، صفحه 9 و 10.

افلاطونی، م. 1370، اثر کمبود آب روی عملکرد دانه ذرت و تعیین تابع تولید آن، مجله علوم کشاورزی ایران، جلد 22، شماره‌های 1 و 2.

Archive of SID

www.SID.ir

Optimizing Consumptive Water depth for Corn by Deficit-Irrigation (Case Study: Varamin area)

Mashal[1],M., Varavypour[1], M., Sadatnouri[2], S. A. and Zare-Zirak[3], E.

Abstract

Deficit – irrigation is an optimum approach of water application under water deficit or expense. In this research, the effect of deficit-irrigation has been investigated for corn plant (variety of single cross 704). The experiment carried out in case of randomized complete block design which has 13 treatments and 3 repeats. The first treatment was without any irrigation and next treatments have increase of 10 % of full water requirement respect to previous one up to 120%. The results showed full irrigation (82.4 cm application water depth in unit area) had maximum yield of 77360 kg/ha, and dry-farming and deficit-irrigation by application water depth of up to 30% of water requirement had only loose of money for farmer. Furthermore, Maximum pure benefit was related to treatment with 10% decrease in full irrigation. The highest value for gross and pure income belonged to treatments by 50% and by 30% decreases in requirement water depth respectively. In general, results showed irrigation by application depth more than requirement depth not only decreased the benefits but also the yields. In case of limitation in water resources and permission to increase area of farming, the highest value in pure benefit will obtain in treatment by full irrigation.

Keywords: Deficit-irrigation, corn, productive and benefit functions, optimized irrigation depth

Archive of SID

1. Assistant Professors, Department of Irrigation & Drainage Eng. College of Abouraihan, University of Tehran
2. Associate Professor, Department. of Agronomy, College of Abouraihan, University of Tehran
3. Graduated student in Department. of Irrigation & Drainage Eng, College of Abouraihan, University of Tehran

www.SID.ir