

اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال یازدهم، شماره ۴۳ و ۴۴، پاییز و زمستان ۱۳۸۲

بررسی اقتصادی تولید گندم در شرایط شوری و کم آبی

علی رضا کیانی*، دکتر سید مجید میرلطیفی**، دکتر مهدی همایی**، نورمحمد آبیاری*

چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی اقتصادی تولید گندم تحت شرایط شوری و کم آبی در منطقه شمال گرگان انجام شده است. روش شناسی این تحقیق بر مبنای تحلیل تابع تولید آب - شوری بوده و داده‌های مورد نیاز آن از یک آزمایش آماری کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با عامل اصلی مقدار آب در چهار سطح (۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز گیاه) و عامل فرعی شوری آب آبیاری در چهار سطح (۱/۶، ۷/۹، ۱۰/۸ و ۱۳/۶ دسی زیمنس بر متر) و با سه تکرار به دست آمده است. بهترین شکل تابع از نظر خوبی برازش، تابع متعالی تشخیص داده شد. بر اساس نتایج این تابع، اثر نهایی رطوبت خاک (متغیر جانشین کمیت آب) بر روی عملکرد و درآمد گندم مثبت و معنی‌دار و به ترتیب برابر با ۲۴۴ کیلوگرم و ۳۶۶ هزار ریال و اثر نهایی شوری خاک (متغیر

* اعضای هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی استان گلستان
** استاد یاران دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

E-mail: akiani71@yahoo.com

جانشین کیفیت آب) بر روی این دو عامل منفی و به ترتیب برابر با ۲۳۲ کیلوگرم و ۳۴۹ هزار ریال در هکتار بوده است. محاسبه نسبت نهایی نرخ جایگزینی نشان می دهد که امکان جایگزینی دو عامل مورد بررسی (رطوبت و شوری خاک) در دامنه وسیعی از مقادیر آنها برای حصول به عملکرد یکسان وجود دارد.

کلید واژه‌ها:

آبیاری، بررسی اقتصادی، شوری، کم‌آبی، گندم، گرگان

مقدمه

افزایش تولید محصولات کشاورزی و درآمد کشاورزان از هدفهای مهم سیاستگذاران بخش کشاورزی به شمار می‌رود. بدیهی است که تأمین آب مطمئن برای توسعه زمینهای آبی همزمان با افزایش بازده آبیاری، نقش کلیدی و تعیین کننده در تحقق این هدفها خواهد داشت. اما به سبب محدودیت شدید منابع آب غیرشور و متعاقب آن کاهش کیفیت آب و خاک زراعی، بویژه در شرایط خشک و نیمه خشک که کمبود آب یکی از موانع جدی چرخه تولید به حساب می‌آید، استفاده از منابع آب جایگزین (آب شور) و روشهای کم‌آبیاری برای تداوم فعالیتهای کشاورزی اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. از آنجا که انتخاب گزینه‌های یادشده تأثیر درخور توجه‌ای بر تولید کشاورزی و درآمد کشاورزان دارد، مصرف پایدار این منابع برای مقاصد کشاورزی نیازمند راهکارها و روشهای مدیریتی مبتنی بر دانش اقتصاد خواهد بود.

پژوهشهای مختلفی به منظور امکان کاربرد منابع آب شور و تأثیر آن بر عملکرد و درآمد محصولات کشاورزی انجام شده است. فیضی و حقیقت مدیریتهای مختلف آب شور را در زراعت گندم، جو، پنبه و آفتابگردان بررسی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که امکان جایگزینی آب شور به جای آب شیرین برای حصول به عملکرد اقتصادی وجود دارد (فیضی و حقیقت، ۱۳۸۰). کیانی و کوچک زاده راهکارهای اجرایی و مدیریتی کاربرد آب شور در آبیاری را بررسی و روشهای مختلف

کاربرد پایدار آب شور در کشاورزی را تشریح کردند (کیانی و کوچک زاده، ۱۳۸۰). کیانی و کلاته اثر شوریه‌های مختلف آب آبیاری را بر ارقام مختلف جو در استان گلستان مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند که از آب شور زهکش‌های منطقه می‌توان به عنوان یک منبع آب آبیاری در آبیاری تکمیلی جو بهره برد (کیانی و کلاته، ۱۳۸۲).

آگنی‌هوتری و همکاران با استفاده از تابع تولید آب - شوری با فرم تابعی درجه دوم تأثیر حجم آب آبیاری و شوری آن را بر عملکرد و درآمد محصول گندم در هند مطالعه کردند. بر اساس نتایج این مطالعه بیش از ۹۷ درصد تغییرات عملکرد ناشی از تغییرات کمیت (حجم) و کیفیت (شوری) آب آبیاری است. مقادیر ضرایب تخمینی نیز مؤید این نکته است که تأثیر کمبود آب بر تغییرات عملکرد گندم نسبت به شوری آن تعیین‌کننده‌تر است. در این مطالعه همچنین با استفاده از منحنی‌های تولید همسان، مقادیر نسبت نهایی جایگزینی بین آب شور زهکش و آب شیرین کانال در سطوح مختلف محاسبه شد. علاوه بر این، ترکیبات مختلف دو منبع آب مذکور در سطوح گوناگون عملکرد تعیین و ملاحظه شد که با افزایش سهم آب زهکش از ۱۳ درصد به ۸۳ درصد، عملکرد گندم به میزان $1/31$ درصد کاهش می‌یابد که ۲۴ درصد نسبت به حداکثر عملکرد کمتر است. با این ترکیب، سهم آب شیرین از ۸۷ درصد به ۱۷ درصد تنزل می‌یابد که این امر مبین صرفه جویی درخور توجه در آن است. لذا با توجه به کاهش عملکرد محصول به موازات افزایش سهم آب زهکش، اعمال حداقل ۴۰ درصد یارانه در قیمت آن می‌تواند تمایل کشاورزان را به استفاده از ترکیب مناسب آب زهکش و صرفه جویی در مصرف آب شیرین تقویت کند (Agnihotri & et al., 1992). لتی و دینار تابع تولید یونجه را بر اساس سطوح مختلف شوری آب برآورد کردند و نتیجه گرفتند که عملکرد نسبی محصول با افزایش شوری کاهش می‌یابد و برای افزایش عملکرد در این شرایط باید مقدار آب بیشتری مصرف کرد (Lety & Dinar, 1986). هنکس و همکاران واکنش گیاهان به آب و شوری را بررسی و مدل رایانه‌ای جهت توابع تولید آب - شوری ارائه کردند (Hanks & et al., 1985).

ماس و همکاران آب شور را برای مراحل مختلف رشد شامل سبزینه‌ای، میوه‌دهی و رسیدن فیزیولوژی گیاه به کار بردند. نتایج مطالعه آنها نشان‌دهنده حساسیت زیاد گیاه نسبت به شوری در مراحل اولیه رشد و مقاومت آن در مراحل رسیدن فیزیولوژیکی است (Maas & et al., 1986).

میری و شالھوت (Meiri & Shalhevet, 1973)، سپاسخواه و بورسما (Sepaskhah & Boersma, 1979)، پارا و رومرو (Parra & Romero, 1980) و جنسون (Jensen, 1982) اثر دو عامل کم آبی و شوری را روی تغییرات عملکرد محصولات زراعی مطالعه کردند. در این مطالعات مشخص شد که تنش آبی در کاهش رشد و عملکرد گیاه نسبت به تنش شوری از تأثیر نسبی بیشتری برخوردار بوده است.

داتا و همکاران یک تابع تولید برای گندم تحت شرایط شوری استخراج کردند. تابع مذکور دلالیت بر آن دارد که مقادیر تولید نهایی متغیرهای کمی و کیفی آب به ترتیب ۰/۰۷۵ و ۰/۰۴۲ تن در هکتار و نسبت نهایی جایگزینی دو عامل فوق ۱/۷۹ است (Datta & et al., 1998).

داتا و دایال تابع تولید آب - شوری را برای محصول گندم و خردل برآورد و سپس با استفاده از مفهوم ارزش تولید نهایی، منافع و زیانهای اقتصادی مصرف آب شور را محاسبه کردند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که با افزایش یک واحد آب مصرفی گیاه به ترتیب ۵۶ و ۴۸ روپیه به درآمد گندم و خردل افزوده و با افزایش شوری آب به میزان یک دسی زمینس بر متر به ترتیب ۱۷۵ و ۲۸۱ روپیه از درآمد محصولات مذکور کاسته می‌شود (Datta & Dayal, 2000).

روسو و بیگر تأثیر مقدار آب آبیاری با مقادیر مختلف شوری را بر تغییرات عملکرد محصول ذرت و پنبه با استفاده از روش تحلیل تابع تولید آب - شوری بررسی کردند و نتیجه گرفتند که با افزایش سطح شوری تولید نهایی آب کاهش می‌یابد (Russo & Baker, 1987).

کاترجی و همکاران روابط موجود آب - عملکرد را، که برای شرایط خشکی استخراج شده‌اند، برای چهار گیاه ذرت، آفتابگردان، سیب زمینی و سویا در شرایط تنش ناشی از شوری مورد

بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که بجز سویا عملکرد بقیه گیاهان با مقادیر پیش بینی شده روابط پیشگفته مطابقت مطلوبی دارند (Katerji & et al., 1998).

استان گلستان، که یکی از قطبهای مهم کشاورزی کشور محسوب می شود، به دلیل تغییرات ارتفاعی و نزدیکی به دریا، از نظر شرایط آب و هوایی و کشاورزی بسیار متنوع است، به طوری که مناطق وسیعی از زمینهای زراعی آن در قسمتهای شمالی، به دلیل محدودیت شدید منابع آب شیرین، با روند نزولی کمی و کیفی آب و خاک مواجه است. این امر تولید محصولات کشاورزی و درآمد بهره برداران زراعی این مناطق را بشدت تحت تأثیر قرار داده است. تحقق رشد و توسعه فعالیتهای کشاورزی این منطقه ایجاب می کند که استفاده از منابع آب شور و روشهای کم آبیاری به عنوان گزینه های مدیریتی در شرایط محدودیت منابع آب مورد توجه قرار گیرد و سرمایه گذاری های لازم برای کاهش آثار زیانبار این محدودیت صورت پذیرد. این مهم با انجام پژوهشهای کاربردی بویژه بررسی اقتصادی به کارگیری روشهای کم آبیاری و آب شور در فرایند تولید محصولات کشاورزی امکانپذیر خواهد بود. از همین رو پژوهش حاضر با بهره گیری از روش تحلیل تابع تولید آب-شوری^۱ و با هدفهای زیرانجام گرفته است:

۱. بررسی اقتصادی امکان کاربرد آب شور در زراعت گندم
۲. تعیین تأثیر نسبی رطوبت و شوری خاک بر تغییرات عملکرد گندم
۳. تعیین بهره وری (ارزش منافع و زیانهای اقتصادی) آب آبیاری و شوری خاک
۴. بررسی امکان تعدیل اثر شوری آب در آبیاری گندم با استفاده از نسبت نهایی جایگزینی عوامل

مبانی نظری تحقیق

توابع تولید یکی از روشهای تحلیل روابط کمی میان عملکرد محصول و مقادیر نهاده های مصرفی است. این توابع در واقع رابطه ای ریاضی است که نرخ تبدیل نهاده به ستانده را مشخص می کند. با تخمین تابع تولید می توان مقادیر عملکرد محصول را در سطوح مختلف مصرف نهاده،

1. water - salinity production function

تولید نهایی^۱ و ارزش آن و همچنین نسبت نهایی جایگزینی فنی^۲ عوامل تولید را محاسبه و تعیین کرد.

تابع تولید آب - شوری، که در این پژوهش به عنوان مدل تحلیلی انتخاب شده است، شکل خاص و محدود شده تابع تولید است که رابطه میان عملکرد محصول و مقدار آب و شوری آب کاربردی را به طور کمی بررسی می کند و در مدیریت منابع آب و خاک مناطقی به کار می رود که شوری و کم آبی از محدودیتهای تولید آن مناطق به شمار می آیند. لذا این نوع توابع، بر اساس داده های آماری حاصل از طرحهای آزمایشی کنترل شده و ثابت بودن سایر عوامل مؤثر بر تولید، اثر مقدار آب آبیاری و شوری آب و خاک را بر تغییرات عملکرد محصول بررسی می کنند (Agnihotri & et al., 1992; Datta & et al., 1998; Datta & Dayal, 2000).

روش تحقیق

برای تهیه داده های مورد نیاز تحقیق آزمایشی بر روی گندم در شمال شرقی آق قلا از توابع شهرستان گرگان و در کشتزارهای تحت پوشش شرکت تعاونی تولید پیوند در سال زراعی ۱۳۸۰-۸۱ به اجرا در آمد. به این منظور ۱۶ تیمار شامل چهار سطح شوری آب آبیاری با میانگین وزنی $1/6 (S_1)$ ، $7/9 (S_2)$ ، $10/8 (S_3)$ و $13/6 (S_4)$ دسی زمینس بر متر به عنوان فاکتور فرعی و چهار سطح مقدار آبیاری معادل $50 (W_1)$ ، $75 (W_2)$ ، $100 (W_3)$ و $125 (W_4)$ درصد نیاز آبی گیاه به عنوان فاکتور اصلی در سه تکرار (۴۸ کرت آزمایشی) با استفاده از کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کاملاً تصادفی انتخاب شد. ابعاد کرتها 3×4 متر، فاصله کرتها از همدیگر ۲ متر، فاصله ردیفهای گندم در هر کرت ۲۰ سانتی متر، فاصله بوته ها در روی ردیف ۸ سانتی متر و فاصله شیارهای آبیاری ۶۰ سانتی متر منظور گردید.

به منظور آبیاری از دو منبع آب، یکی آب چاه به عنوان آب غیر شور و دیگری آب زهکش منطقه به عنوان آب شور، استفاده گردید. برای این منظور دو حوضچه در محل ساخته شد که یکی از

1. marginal production
2. marginal rate of technical substitution

حوضچه ها به آب غیر شور و دیگری به آب شور (مخلوطی از دو منبع آب) اختصاص داشت. آبیاری با استفاده از لوله های درجه دار انجام و میزان آب وارد شده به کرتها توسط یک کنتور حجمی اندازه گیری شد. رژیم های مختلف آبیاری بر اساس اندازه گیری رطوبت و محاسبه کمبود رطوبت خاک و اعمال ضرایب برای هر تیمار محاسبه گردید.

قبل از انجام آزمایش، مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد نظر تا عمق ۹۰ سانتی متری تعیین شد که در جدول ۱ ملاحظه می شود.

جدول ۱. مشخصات خاک قبل از اجرای آزمایش

عمق خاک cm	FC ^۱ ٪ وزنی	PWP ^۲ ٪ وزنی	Bd ^۳ g/cm ^۳	ECe ^۴ dS/m	PH	بافت	درصد اشباع
۳۰-۱	۲۳	۱۲	۱/۵	۳/۱	۷/۸	Si-L	۴۲
۶۰-۳۰	۲۸/۲	۱۳/۷	۱/۴۸	۲/۷	۸	Si-C-L	۴۹
۹۰-۶۰	۲۸/۶	۱۶	۱/۳۶	۵/۸	۷/۸	Si-C-L	۵۱

۱. field capacity , 2. permanent wilting point, 3. buck density
 4. electrical conductivity of saturation extract
 مأخذ: یافته های تحقیق

در طول فصل سه بار آبیاری صورت گرفت. مجموع آب مصرف شده برای تیمارهای ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد به ترتیب ۹۳، ۱۳۷، ۱۸۳ و ۲۰۰ میلی متر و مقدار باران نیز ۱۶۳ میلی متر بود. برای تعیین توزیع رطوبت و شوری پروفیل خاک تیمارهای مختلف آبیاری به ازای هر ۲۰ سانتی متر از سطح خاک تا عمق یک متری در پنج مرحله زمانی از خاک مربوط به کلیه تیمارها نمونه برداری شد. رطوبت خاک از طریق وزنی و شوری خاک از طریق عصاره اشباع خاک در آزمایشگاه تعیین گردید. عملکرد هر تیمار نیز با حذف نیم متر از حاشیه ها اندازه گیری شد.

در این تحقیق از روش تخمین تابع تولید آب- شوری، که توسط محققان مختلفی (Russo & Baker, 1987; Agnihotri & et al., 1992; Datta & et al., 1998; Datta & Dayal, 2000) به کار گرفته شده است، استفاده گردید. این تابع، تغییرات عملکرد محصول را تحت تأثیر مقدار آب کاربردی و شوری خاک نشان می دهد و شکل آن به صورت زیر است:

$$(Y = f(\theta, ECe / X)) \quad (1)$$

که در آن Y مقدار عملکرد گندم بر حسب کیلوگرم در هکتار، θ درصد حجمی رطوبت

متأثر از مقدار آب (آبیاری و باران) به عنوان متغیر جانشین مقدار آب آبیاری و E_{ce} شوری عصاره اشباع خاک بر حسب dS/m و X بردار ثابت سایر عوامل تأثیرگذار در تولید است. θ و E_{ce} به صورت میانگین وزنی تا عمق یک متری بر اساس توزیع ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد از هر ۲۵ سانتی متر از سطح خاک محاسبه شدند. بر این اساس در جدول ۲ مقادیر میانگین فصلی توزیع شوری و رطوبت در پروفیل خاک و همچنین عملکرد گندم، که تحت تیمارهای مختلف آبیاری قرار گرفته‌اند، خلاصه شده است.

جدول ۲. میانگین فصلی توزیع شوری (dS/m) و رطوبت (% حجمی) در پروفیل خاک و عملکرد گندم (kg/ha) در تیمارهای مختلف

تیمار	S_4				S_3				S_2				S_1			
	W_4	W_3	W_2	W_1	W_4	W_3	W_2	W_1	W_4	W_3	W_2	W_1	W_4	W_3	W_2	W_1
θ	۳۰/۹	۳۰/۱	۲۷/۹	۲۸/۲	۳۰	۲۸/۲	۲۷/۵	۲۶/۹	۲۹/۱	۲۸	۲۶/۸	۲۶/۴	۲۹/۱	۲۸/۱	۲۶/۸	۲۶/۷
E_{ce}	۶/۳	۶/۱	۶/۲	۷/۲	۵/۵	۵/۶	۵/۱	۵/۹	۵	۴/۴	۴/۱	۴/۱	۳/۲	۳	۳/۶	۳/۸
Y	۲۴۶۷	۲۴۰۸	۲۳۲۵	۲۸۶۱	۲۷۷۲	۲۵۷۸	۲۳۲۵	۳۰۰۰	۲۷۸۴	۲۶۰۵	۲۳۵۸	۲۲۱۷	۲۹۲۵	۲۸۶۵	۲۳۸۹	۲۲۱۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

پس از تخمین تابع مذکور با فرمهای تابعی مختلف نظیر خطی ساده^۱، خطی- لگاریتمی^۲، درجه دوم^۳ و متعالی^۴ بهترین فرم تابع از نظر معیار خوبی برازش و معنی‌دار شدن ضرایب انتخاب و سپس محاسبات و تحلیل نتایج بر اساس این تابع انجام شد.

تولید نهایی نسبت به رطوبت (MP_{θ}) و شوری خاک ($MP_{E_{ce}}$)، ارزش تولید نهایی نسبت به رطوبت (VMP_{θ}) و شوری ($VMP_{E_{ce}}$) و نسبت نهایی نرخ جایگزینی ($MRTS$) برای عوامل مورد بررسی (θ و E_{ce}) با استفاده از تابع تولید استخراج شده در این تحقیق به صورت زیر محاسبه شدند.

$$MP_{\theta} = dy/d_{\theta} \quad (2)$$

1. linear
2. Cobb- Douglas
3. quadratic
4. transcendental

$$MP_{E_{C_e}} = dy/dE_{C_e} \quad (3)$$

$$VMP_{\theta} = P_y \cdot MP_{\theta} \quad (4)$$

$$VMP_{E_{C_e}} = P_y \cdot MP_{E_{C_e}} \quad (5)$$

$$MRTS_{\theta E_{C_e}} = MP_{E_{C_e}} / MP_{\theta} \quad (6)$$

که در آن P_y قیمت هر واحد محصول بر حسب ریال است.

نتایج و بحث

نتایج تخمین تابع تولید آب-شوری گندم با شکل‌های تابعی خطی ساده، کاب داگلاس، درجه دوم و متعالی در جدول‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. مقادیر آماره t تأثیر معنی‌دار و تعیین‌کننده رطوبت و شوری خاک را بر تغییرات عملکرد و در آمد محصول و آماره F نیز معنی‌داری کلی توابع را نشان می‌دهد. ضریب تعیین (R^2) این توابع به ترتیب $0/82$ ، $0/78$ ، $0/95$ و $0/96$ است. مقایسه این ضرایب و آماره F مرتبط نمایان می‌سازد که از نظر خوبی برازش، تابع متعالی نسبت به سایر توابع بهتر است. بنابراین در تحلیل نتایج از این مدل استفاده می‌شود.

ضریب تعیین (R^2) تابع متعالی که به عنوان مبنای تحلیل این پژوهش برگزیده شده است نشان می‌دهد که با ثابت نگهداشتن مقادیر سایر عوامل مؤثر بر تولید، ۹۶ درصد تغییرات عملکرد گندم از تغییرات دو عامل رطوبت و شوری خاک ناشی می‌شود. سایر ضرایب نیز نشان می‌دهد که تغییرات رطوبت نسبت به شوری خاک، عملکرد گندم را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج مشابهی توسط روسو و بیکر برای گیاهان ذرت و پنبه، سپاسخواه و بورسما، برای گندم، پارا و رومرو برای لوبیا و جنسون برای جو به دست آمده است. مقادیر کمی واکنش عملکرد (تولید نهایی) و در آمد (بهره‌وری نهایی) نسبت به این دو عامل بر اساس نتایج مدل تحلیلی و محاسبات انجام گرفته به ترتیب ۲۴۴ و ۲۳۲- کیلوگرم در هکتار است. مقادیر تولید نهایی نشان می‌دهد که با افزایش یک درصد حجمی رطوبت خاک (۱۰۰ متر مکعب آب در هکتار)، که متأثر از مقدار آب آبیاری است، و با فرض ثابت

ماندن شوری خاک (۴/۹ dS/m) عملکرد گندم به طور متوسط ۲۴۴ کیلوگرم در هکتار افزایش می یابد. از طرف دیگر با افزایش یک واحد (dS/m) شوری عصاره اشباع خاک و با فرض ثابت ماندن رطوبت خاک (۲۸ درصد حجمی) عملکرد گندم به طور متوسط ۲۳۲ کیلوگرم در هکتار کاهش می یابد.

جدول ۳. ضرایب تابع تولید آب-شوری گندم با استفاده از توابع خطی ساده،

کاب داگلاس و درجه دوم

متغیر	تابع خطی ساده	تابع کاب داگلاس	تابع درجه دوم
ثابت	-۷۳۵ (۰/۹۶)	۳/۶۳ ** (۴/۲)	-۴۱۰۰۸ ** (-۲/۹)
θ	۱۸۵ ** (۶/۴)	۱/۴۸ ** (۵/۵)	۲۸۶۷ * (۲/۶۷)
EC	-۲۱۱ ** (-۶/۷)	-۰/۲۸ ** (-۵/۷۸)	۶۴۹ (۰/۸۳)
θ^2	-	-	-۴۶ (-۲/۲)
EC ²	-	-	-۵۶ ** (-۳/۶۸)
$\theta \cdot EC$	-	-	-۱۰/۸ (-۰/۳۹)
آماره F	۳۰/۵	۲۳	۴۰/۴
R ²	۰/۸۲	۰/۷۸	۰/۹۵

مأخذ: یافته‌های تحقیق تذکر: مقادیر داخل پرانتز آماره t است.

* معنی‌دار در سطح ۵ درصد ** معنی‌دار در سطح ۱ درصد

مقادیر بهره‌وری نهایی (ارزش تولید نهایی) دو عامل رطوبت و شوری خاک، با فرض قیمت ۱۵۰۰ ریال برای هر کیلوگرم گندم، به ترتیب برابر با ۳۶۶۶ هزار و ۳۴۹/۵- هزار ریال به دست آمد. بنابراین ملاحظه می شود که مقدار تولید و درآمد حاصل از آن تحت تأثیر چشمگیر تغییرات

ویژگیهای کمی و کیفی آب آبیاری قرار دارد. داتا و دایال ارزش تولید نهایی مقدار و شوری آب را برای گندم به ترتیب ۴۸ و ۱۷۵ روپیه در هکتار برآورد کردند.

جدول ۴. ضرایب تابع تولید آب-شوری گندم با استفاده از تابع متعالی

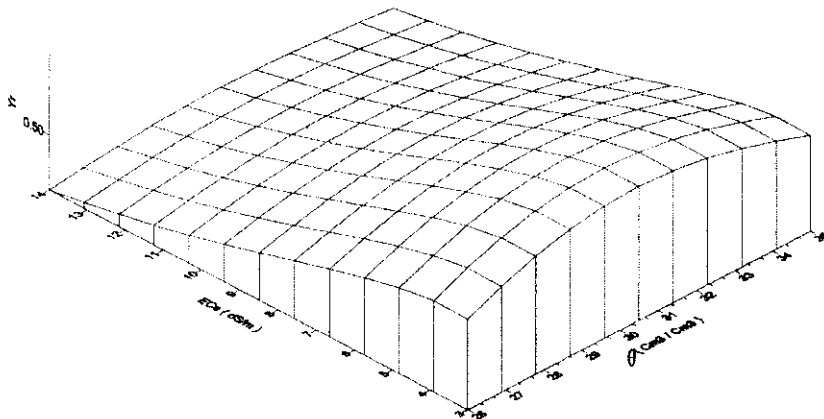
متغیر	ضریب	آماره t	F	R ²
ثابت	-۵۰/۵	-۳/۷		
θ	-۰/۷۹	-۳/۹		
EC	-۰/۲۴	-۵/۴۵	۵۲	۰/۹۶
Ln θ	۲۴/۲۵	۴/۱۹		
Ln EC	۰/۸۶	۴/۰۸		

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج حاصل از تابع برآوردشده نشان می‌دهد که در منطقه مورد مطالعه مصرف آبهای شورزهدکشاها، که از نظر معیارهای کیفی جزو آبهای غیرقابل مصرف در کشاورزی است، تأثیر مثبت در افزایش تولید گندم دارد. بنابراین با کاربرد این نوع آبها بویژه در مناطق مشابه استان گلستان که باران ضمن تأمین بخشی از نیاز گندم (بخصوص اوایل رشد آن را که به شوری حساس است) عامل تعدیل اثرات زیانبار شوری آب آبیاری نیز هست، می‌توان از فشار به منابع آب شیرین کاست.

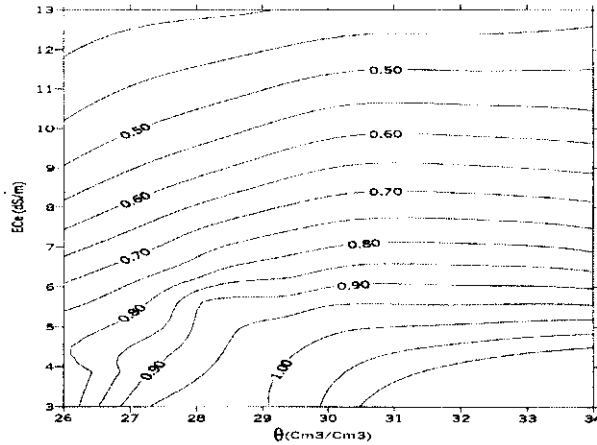
در شکل ۱ منحنی تغییرات عملکرد گندم نسبت به رطوبت و شوری با استفاده از تابع تخمینی متعالی ترسیم شده است. این منحنی نشان می‌دهد که عملکرد گندم در مقادیر کم آبیاری (رطوبت کمتر) با شیب تندتری واکنش نشان می‌دهد و در مقادیر بالاتر رطوبت، روند افزایش عملکرد بسیار کند و تغییرات عملکرد بسیار ناچیز است. و با ادامه این روند به دلیل نبود تبادل هوا در محیط ریشه، سیر نزولی عملکرد شروع می‌شود. در نتیجه اگر در مناطقی که آبیاری کامل انجام می‌گیرد بخشی از آب صرفه‌جویی شود، عملکرد تغییر چشمگیری نمی‌کند، ولی اگر همین مقدار آب به مصرف گیاهی برسد که در شرایط خشکی قرار دارد افزایش عملکرد چشمگیر خواهد بود.

همچنین عملکرد گندم در اثر افزایش شوری خاک در مقادیر کم آبیاری (رطوبت کمتر) بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد و با افزایش مقدار آب آبیاری (رطوبتهای بالاتر) آهنگ تغییرات عملکرد بسیار کند می‌شود.



شکل ۱. منحنی عملکرد نسبی گندم (Y_r) به صورت تابعی از میانگین وزنی درصد حجمی رطوبت و شوری عصاره اشباع خاک تا عمق یک متری

با استفاده از شکل ۱ می‌توان منحنیهای هم‌محصول دو عامل فوق را ترسیم کرد. این منحنیها، که در شکل ۲ ارائه شده است، مکان هندسی ترکیبات مختلف رطوبت و شوری خاک را که عملکرد یکسانی در فرایند تولید گندم ایجاد می‌کنند نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که با یک مقدار ثابت θ هر چه EC_e افزایش یابد عملکرد کاهش پیدا می‌کند و با یک EC_e معین، هر چه θ زیادتر شود عملکرد نیز افزایش می‌یابد. ولی هر گاه دو عامل فوق با هم بررسی گردد ملاحظه می‌شود که برای دستیابی به یک عملکرد مشخص، مقادیر متفاوتی از θ و EC_e را می‌توان جایگزین کرد. برای مثال در رطوبت ۲۶ درصد حجمی و در EC_e برابر 6 dS/m ، عملکرد نسبی ۷۰ درصد است که با افزایش رطوبت به ۳۰ درصد می‌توان همان عملکرد ولی با EC_e برابر $8/3 \text{ dS/m}$ به دست آورد.



شکل ۴. منحنی هم‌محصول گندم تحت شرایط سطوح مختلف رطوبت و شوری خاک

نسبت نهایی نرخ جایگزینی رطوبت و شوری خاک ($MRTS_{\theta EC_e}$) برابر $1/0.5$ به دست آمد. بنابراین چنانچه شوری عصاره اشباع خاک به اندازه یک dS/m افزایش یابد، برای کاستن اثرات نامطلوب آن و ثابت نگهداشتن تولید در سطح قبلی، رطوبت خاک می باید به مقدار $1/0.5$ درصد حجمی (10.5 متر مکعب آب آبیاری در هکتار) افزایش یابد. داتا و دایال این نسبت را برای گندم $1/79$ به دست آوردند.

جمع‌بندی و پیشنهاد

بر اساس یافته‌های این پژوهش، در شرایطی که گیاهان زمستانه (گندم، جو و کلزا) در اوایل رشد (مرحله حساس به شوری) نیاز به آبیاری نداشته باشند و آب مورد نیاز آنها توسط باران تأمین شود، می توان از آبهای شور زهکشها، که بر اساس معیارهای مورد پذیرش فعلی جزو آبهای غیرقابل مصرف در کشاورزی است، سود جست و این نوع آبها را در مدیریت و برنامه‌ریزی آبیاری

به عنوان یک منبع آب آبیاری در نظر گرفت. اگرچه در چنین مناطقی باران توانایی تعدیل اثرات زیانبار ناشی از کاربرد آب شور را دارد ولی برای حفظ پایداری کشاورزی، اثرات زیستمحیطی آن نیز باید مورد توجه قرار گیرد. بنابراین پیشنهاد می‌شود:

۱. از آنجا که در مناطق خشک و نیمه خشک دو عامل شوری و خشکی توأمأ وجود دارند و اثر هر کدام از عوامل مذکور بر عملکرد گیاه و درآمد آن متفاوت است، باید رابطه دو عامل فوق با عملکرد به صورت توأم بررسی شود.
۲. در مناطقی که کمبود آب غیرشور وجود دارد مطالعات فنی و اقتصادی برای مدیریت و کاربرد منابع آب شور صورت گیرد.
۳. با توجه به امکان جایگزینی دو عامل مقدار و شوری آب آبیاری، ضروری است ترکیبات مناسب منابع آب شور و غیرشور تعیین شود تا علاوه بر جبران بخشی از کمبود منابع آب با کیفیت مطلوب، ضمن حفظ پایداری کشاورزی، امکان افزایش درآمد کشاورزان نیز فراهم گردد.
۴. نظر به اینکه شوری و کم آبی دو عامل اصلی محدودکننده تولیدات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک است، گسترش پژوهشهای کاربردی در زمینه کم آبی و شوری برای گیاهان و اقلیمهای مختلف اهمیت پیدا می‌کند.

منابع

۱. فیضی، م. و ا. حقیقت (۱۳۸۰)، نگرشی بر روش های بهره‌برداری از آب های نامتعارف در کشاورزی، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، جلد دوم، دانشگاه زابل، ص ۴۶۹ تا ۴۹۱.
۲. کیانی، ع. و م. کلاته (۱۳۸۲)، تأثیر آب شور در آبیاری تکمیلی جو در منطقه گرگان، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گرگان، شماره چهارم، جلد دهم.
۳. کیانی، ع. و م. کوچک زاده (۱۳۸۰)، راهکارهای اجرایی و مدیریتی استفاده از آب شور در آبیاری، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، جلد اول، دانشگاه زابل، ص ۲۶۵ تا ۲۷۸.

4. Agnihotri, A. K., P. S. Kumbhare, K. V. Rao and D.P. Sharma (1992), Econometric consideration for reuse of drainage effluent in water production, *Agri. water management*, 22:249-270.
5. Datta, K.K. and B. Dayal (2000), Irrigation with poor quality water: An empirical study of input use economic loss and coping strategies, *Ind. J. of Agr. Economics*, 55:26-37.
6. Datta, K.K., V.P. Sharma and D.P. Sharma (1998), Estimation of a production function for wheat under saline conditions, *Agricultural Water Management*, 36 : 85-94.
7. 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.
8. Katerji, N., J.W. Van Hoorn, A. Hamdy, M. Mastrorilli and F. Karama (1998), Salinity and drought, a comparison of their effects on the relationship between yield and evapotranspiration, *Agricultural Water Management*, 36:45-54.
9. Letey, J. and A. Diner (1986), Simulated crop production functions for several crops when irrigated with saline waters, *Hilgardia*, 54: 1-32.
10. Maas, E.V., J. A. Poss and G.J. Hoffman (1986), Salinity sensitivity of sorghum at three growth stages, *Irrigation Science*, 7 : 1 -11.
11. Meiri, A. and J. Shalhevet (1973), Pepper plant response to irrigation water quality and timing and leaching, *Ecological Studies*, Vol. IV, Springer-Verlag, Berlin, pp. 421-429.

12. Parra, M.A. and G.C. Romero (1980), On the dependence of salt tolerance of beans on soil water matric potential, *Plant and Soil* , 56:3-16.
13. Sepaskhah, A.R. and L. Boersma (1979), Shoot and root growth exposed to several levels of matric potential and NaCl induced osmotic potential of soil water , *Agronomy Journal*, 71: 746- 752.