Archive of SID

تعیین بهترین تابع تولید آب– شوری گندم در منطقه شمال گرگان[1]

علیرضا کیانی، مجید میرلطیفی، مهدی همایی و علی محمد چراغی[2]

تاریخ دریافت مقاله: ۸۳/۶/۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۴/۳/۴

چکیده

شوری و خشکی دو عامل مهم کاهش تولید گندم در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شوند. در چنین مناطقی، علاوه بر شناسایی واکنش گیاهان نسبت به آب یا شوری، تعیین تابع تولید تلفیقی آب- شوری نیز از ضروریات است. به همین منظور این پژوهش جهت بررسی واکنش گندم تحت شرایط توأم دو عامل فوق به مدت دو سال زراعی (۸۱-۸۰ و ۸۲-۸۱) در شمال گرگان (آق قلا) به اجرا در آمد. روش شناسی این تحقیق بر اساس تحلیل تابع تولید آب – شوری و با استفاده از داده‌های مزرعه‌ای انجام گرفت. چهار سطح مقدار آب شامل ۵۰ (W_1)، ۷۵ (W_2)، ۱۰۰ (W_3) و ۱۲۵ (W_4) درصد نیاز گیاه به عنوان عامل اصلی و چهار سطح شوری آب آبیاری S_1، S_2، S_3 و S_4 به ترتیب در سال اول برابر ۱/۶، ۷/۹، ۱۰/۸ و ۱۳/۶ و در سال دوم معادل ۱، ۹/۳، ۱۲/۲ و ۱۴/۷ دسی‌زیمنس بر متر به عنوان عامل فرعی با سه تکرار در یک آزمایش کرت‌های خرد شده به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی بررسی شد. چهار نوع تابع تولید شامل خطی ساده (Simple Linear)، لگاریتمی (Cobb-Douglas)، درجهٔ دوم (Quadratic) و متعالی (Transcendental) ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که در شرایط توأم شوری و خشکی، تابع متعالی عملکرد گندم را بهتر از توابع دیگر پیش‌بینی می‌کند. برآورد تولید نهایی (Marginal Production) (MP) نسبت به متغیرهای شوری و رطوبت خاک نشان داد اثر هر کدام بر عملکرد یکسان نیست و عملکرد گندم تحت تغییرات رطوبت خاک نسبت به تغییرات شوری خاک حساس‌تر است. نسبت نهایی نرخ جایگزینی (Marginal Rate of Technical Substitutaion) (MRTS) دو عامل مورد بررسی نشان داد که می‌توان برای رسیدن به عملکرد یکسان عوامل فوق را در دامنهٔ وسیعی از مقادیر آنها جایگزین کرد. همچنین، نتایج دلالت بر این واقعیت دارد که با تغییر رطوبت خاک شیب رابطه عملکرد - شوری تغییر می‌کند، بنابراین در کارهای عملی برای بیان تأثیر رطوبت و شوری خاک بر عملکرد، روابط غیر خطی ترجیح داده می‌شوند.

واژه‌های کلیدی

تابع تولید، شوری، کم‌آبی، گرگان، گندم

۱- برگرفته از طرح تحقیقاتی مصوب مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی با عنوان «تأثیر شوری و رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد گندم در منطقه گرگان»

۲- به ترتیب عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان. نشانی: استان گلستان، گرگان، خیابان شهید بهشتی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، کدپستی ٤٩١٥٦٧٧٥٥٥، تلفن: ٤-٣٣٥٠٠٦٣ (٠١٧١)، دورنگار: ٣٣٥٤٠٣١ (٠١٧١)، پیام نگار: Akiani71@Yahoo.com، استادیار گروه مهندسی آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، عضو هیئت علمی مرکز ملی تحقیقات شوری کشور

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

محدودیت منابع آب غیر شور در مناطق خشک و نیمه خشک باعث شده است تا کشاورزان برای رسیدن به تولید اقتصادی کاربرد آب‌های نا متعارف و روش‌های کم‌آبیاری را در برنامه‌ریزی آبیاری خود قرار دهند. در مناطق شمال گرگان رود، به دلیل کاهش بارندگی‌ها (حدود ۲۵۰ میلی‌متر در سال)، تبخیر زیاد سالانه (حدود ۱۵۰۰ میلی‌متر)، پیشروی آب شور دریا به سمت دشت گرگان در اثر برداشت بیش از اندازهٔ آب‌های زیرزمینی، ارتفاع پست، آبیاری با آب شور زهکش‌ها (به دلیل کمبود بارندگی در فصل آبیاری)، و بالا بودن سفرهٔ آب زیرزمینی باعث شده است تا به طور طبیعی عملکرد گیاهان تحت تأثیر دو عامل شوری و کم آبی قرار گیرد. از مجموع ۶۳۰ هزار هکتار زمین کشاورزی در استان گلستان که سالانه زیر کشت انواع مختلفی از گیاهان زراعی قرار دارد، سهم گندم حدود ۳۵۰ هزار هکتار است که عمدتاً در نواحی اشاره شده کاشته می‌شود (Anon, 2003). بنابراین ضروری است به استناد شناسایی واکنش گندم در شرایط موجود در منطقه، روابط عملکرد به صورت تابعی از مقادیر کمّی و کیفی آب و خاک برای استفادهٔ برنامه‌ریزان تعیین شود. برای بیان روابط کمّی بین عملکرد گیاه و عوامل مؤثر بر آن، از توابع تولید استفاده می‌شود.

به طورکلی در منابع دو روش برای برآورد توابع تولید آب-عملکرد ذکر شده است. روش اول بر اساس مدل‌های نظری و تجربی رابطهٔ آب-عملکرد یا شوری-عملکرد را به صورت کمّی بیان می‌کند. در روش دوم، توابع تولید در اثر مقادیر مختلف کمی و کیفی آب بر عملکرد گیاهان، ناشی از مشاهدات مزرعه‌ای، و با استفاده از تحلیل آماری برآورد می‌گردند. در زمینهٔ رابطهٔ آب-عملکرد در غیاب شوری می‌توان به مطالعات دورنباس و کسام (Doorenbos & Kassam, 1977)، فدس و همکاران (Feddes *et al.*, 1978)، دورنباس و پروت (Doorenbos & Pruitt, 1977)، واکس و پروت (Vaux & Pruitt, 1983) و استوارت و همکاران (Stewart *et al.*, 1977) و همچنین در رابطه با شوری - عملکرد در نبود تنش آبی نیز می‌توان به مطالعات ماس (Maas 1986, 1990)، ماس و هافمن (Maas & Hoffman, 1977) و وان گنوختن (Van Genuchten, 1983) اشاره کرد. بیشتر مطالعات در روش دوم نیز به برآورد رابطهٔ خطی آب-عملکرد بدون وجود شوری پرداخته‌اند، این قبیل مطالعات را هکسم و هدی (Hexem & Heady, 1978) و واکس و پروت (۱۹۸۳) گردآوری کرده‌اند. همچنین دربارهٔ شوری-عملکرد بر اساس تحلیل آماری، می‌توان به مطالعات دینار و همکاران (Dinar *et al.*, 1985)، ناپ و همکاران (Knapp *et al.*, 1990)، لتی و دینار (Letey & Dinar, 1986) و لتی و همکاران (Letey *et al.*, 1985) اشاره کرد. به طور کلی روند بررسی منابع در زمینهٔ توابع تولید آب-شوری از توابع خطی به سمت توابع غیرخطی گرایش دارد. مطالعات اندکی در خصوص این نوع توابع در شرایط توأم شوری و کم آبی انجام شده است که می‌توان به بررسی‌های دینار و ناپ (Dinar & Knapp, 1986)، روسو و بیکر (Russo & Bakker, 1986)، داتا و همکاران

www.SID.ir

Archive of SID

(Datta *et al.*, 1998) و داتا و دایال (Datta & Dayal, 2000) اشاره کرد.

برآورد توابع تولید بر اساس روش آماری به دلیل تعیین رابطهٔ مستقیم آب-عملکرد بر روش‌های نظری و تجربی ترجیح داده می‌شوند که بر پایهٔ فرضیات متعددی استوارند (Datta *et al.*, 1998). اما محدودیت عمدهٔ این روش‌ها وابستگی شدید آنها به مکان و سال خاص است (Romero *et al.*, 1986). آگنی‌هوتری و همکاران (Agnihotri *et al.*, 1992) تأثیر مقدار و شوری آب آبیاری را بر عملکرد و درآمد محصول گندم مطالعه کردند. رابطهٔ خطی بین عملکرد و تنش ناشی از شوری و مقدار آب را میری و شالهوت (Meiri & Shalhevet, 1973) بر فلفل، سپاسخواه و بورسما (Sepaskhah & Boersma, 1979) بر گندم، و پارا و رومرو (Parra & Romero, 1980) بر لوبیا، گزارش کرده‌اند. داتا و همکاران (Datta *et al.*, 1998) رابطه‌های خطی، توانی، و درجهٔ دوم را بین عملکرد گندم و عوامل متغیر مانند مقدار آب، شوری آب آبیاری، و شوری اولیهٔ خاک بررسی کردند و نتیجه گرفتند که تابع درجه ۲ بهترین نوع تابع برای بیان کمی رابطه آب-شوری- عملکرد است. روسو و بیکر (Russo & Bakker, 1986) تابع تولید برای ذرت و پنبه را در شرایط مقادیر مختلف رطوبت و شوری خاک تعیین کردند. در این بررسی رابطهٔ غیرخطی درجه ۲ مبنای تحلیل تابع تولید قرار گرفت.

این پژوهش با هدف تعیین بهترین نوع تابع تولید گندم در شرایط توأم شوری و کم آبی، در استان گلستان (شمال گرگان رود منطقه آق قلا) اجرا شد که یکی از قطب‌های مهم تولید گندم در کشور است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به مدت دو سال زراعی (۸۱-۸۰ و ۸۲-۸۱) در منطقه آق‌قلا واقع در شمال شهرستان گرگان اجرا شد. در این محل متوسط سالانه بارندگی، دما، و رطوبت نسبی به ترتیب ۳۳۰ میلی‌متر، ۱۷/۸درجهٔ سانتی‌گراد، و ۷۵ درصد است. بعضی از خواص فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول شمارهٔ ۱ خلاصه شده است.

جدول شمارهٔ ۱- مشخصات خاک قبل از اجرای آزمایش

عمق خاک (سانتی‌متر)	ظرفیت زراعی (درصدوزنی)	نقطه پژمردگی (درصد وزنی)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	شوری عصاره اشباع (دسی زیمنس بر متر)	pH	بافت	درصد اشباع
۰-۳۰	۲۳/۰	۱۲/۰	۱/۵۰	۳/۱	۷/۸	لوم سیلتی	۴۲
۳۰-۶۰	۲۸/۲	۱۳/۷	۱/۴۸	۲/۷	۸/۰	لوم رسی سیلتی	۴۹
۶۰-۹۰	۲۸/۶	۱۶/۰	۱/۳۶	۵/۸	۷/۸	لوم رسی سیلتی	۵۱

www.SID.ir

Archive of SID

تیمارهای آزمایشی آبیاری شامل چهار سطح آب ۵۰ (W_1)، ۷۵ (W_2)، ۱۰۰ (W_3) و ۱۲۵ (W_4) درصد نیاز آبی گیاه و چهار سطح شوری آب آبیاری در سال اول با میانگین وزنی ۱/۶ (S_1)، ۷/۹ (S_2)، ۱۰/۸ (S_3) و ۱۳/۶ (S_4) و در سال دوم به ترتیب برابر ۱، ۹/۳، ۱۲/۲ و ۱۴/۷ دسی‌زیمنس بر متر بود که در یک آزمایش آماری کرت‌های خردشده با تیمار اصلی مقدار آب و تیمار فرعی شوری آب آبیاری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار استفاده شد. ابعاد کرت‌ها ۴×۳ متر، فاصلهٔ کرت‌ها از همدیگر ۲ متر، فاصلهٔ ردیف‌های گندم در هر کرت ۲۰ سانتی‌متر، فاصلهٔ بوته‌ها روی ردیف ۸ سانتی‌متر، و فاصلهٔ شیارهای آبیاری ۶۰ سانتی‌متر انتخاب شد. گندم رقم سیرین در سال اول و دوم به ترتیب در تاریخ‌های ۸۰/۹/۲۸ و ۸۱/۹/۱۷ کاشته و در تاریخ‌های ۸۱/۳/۲۵ و ۸۱/۳/۱۶ برداشت شد.

از اختلاط آب دو منبع، یکی چاه به عنوان منبع آب غیرشور (۱-۳ دسی زیمنس بر متر) و دیگری زهکش منطقه (۱۰-۳۵ دسی زیمنس بر متر) به عنوان منبع آب شور جهت آبیاری استفاده شد. آبیاری با استفاده از لوله‌های دریچه‌دار انجام شد و رژیم‌های مختلف آبیاری بر اساس کمبود رطوبت خاک در تیمار بدون تنش آبی (W_1) و اعمال ضرایب برای هر تیمار بود. میزان آب وارد شده به هر کرت با کنتور حجمی و با دقت ۰/۱ لیتر قابل اندازه‌گیری و کنترل بود. در سال اول، آبیاری در چهار نوبت صورت گرفت و میزان آب مصرف شده در تیمارهای W_1، W_2، W_3 و W_4 به ترتیب برابر ۱۱۶، ۱۶۳، ۲۰۹ و ۲۴۶ میلی‌متر با مقدار بارش ۱۶۳ میلی‌متر و در سال دوم نیز چهار بار آبیاری به ترتیب به میزان ۱۰۴، ۱۶۰، ۲۱۲ و ۲۶۲ و بارشی به میزان ۱۸۴ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. برای تعیین توزیع رطوبت و شوری نیمرخ خاک در تیمارهای مختلف، تا عمق یک متری به ازای هر ۲۰ سانتی‌متر از سطح خاک نمونه‌هایی برداشت و سپس رطوبت (با روش وزنی) و شوری خاک (با روش عصاره اشباع خاک) تعیین شد. طی فصل رشد گیاه، هر ماه تقریباً یک مرحله نمونه‌برداری انجام گردید. عملکرد دانهٔ گندم در هر کرت با حذف نیم متر حواشی، در زمان برداشت اندازه‌گیری شد.

در این تحقیق متناسب با اهداف آن، از روش تخمین تابع تولید آب- شوری استفاده شد. این تابع، تغییرات عملکرد محصول را تحت تأثیر مقدار رطوبت و شوری خاک نشان می‌دهد. شکل کلی این تابع این گونه است:

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

که در آن Y = 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؛ ECe= شوری عصارهٔ اشباع خاک بر حسب دسی زیمنس بر متر و X بردار ثابت سایر عوامل تأثیر گذار در تولید است. θ و ECe تا عمق یک متری اندازه‌گیری و سپس به صورت میانگین وزنی تا عمق توسعهٔ ریشه بر اساس نسبت‌های ۴۰، ۳۰، ۲۰ و ۱۰ درصد از سطح خاک توزیع شد و مورد استفاده قرار گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول شمارهٔ ۲- مقادیر (میلی متر)، شوری (دسی زیمنس بر متر) آب و تاریخ های آبیاری به تفکیک دو سال زراعی

زمان‌های آبیاری در سال ۸۱-۸۰

تیمار	۸۰/۹/۲۸ (زمان کاشت)		۸۰/۱۲/۲۶ (ساقه روی)		۸۱/۲/۷ (اواخر گلدهی)		۸۱/۲/۱۷ (اواخر شیری شدن دانه)	
	عمق آب	شوری	عمق آب	شوری	عمق آب	شوری	عمق آب	شوری
W_1S_1	۲۶	۰/۸	۲۹	۰/۸	۳۲	۱/۹	۳۲	۱/۹
W_2S_2	۲۶	۰/۸	۴۳	۵/۰	۴۷	۸/۷	۴۷	۹/۷
W_3S_3	۲۶	۰/۸	۵۷	۷/۰	۶۳	۱۱/۰	۶۳	۱۴/۲
W_4S_4	۲۶	۰/۸	۶۸	۱۰/۰	۷۶	۱۳/۹	۷۶	۱۶/۵

زمان‌های آبیاری در سال ۸۲-۸۱

تیمار	۸۲/۱/۱۴ (اواخر ساقه روی)		۸۲/۲/۴ (اواخر گلدهی)		۸۲/۲/۱۴ (شیری شدن دانه)		۸۲/۲/۲۸ (اوایل دانه بستن)	
	عمق آب	شوری	عمق آب	شوری	عمق آب	شوری	عمق آب	شوری
W_1S_1	۲۲	۰/۹	۲۲	۱/۰	۲۵	۰/۹	۳۵	۰/۹
W_2S_2	۳۲	۸/۶	۳۲	۹/۵	۳۹	۹/۶	۵۷	۹/۶
W_3S_3	۴۵	۱۱/۳	۴۵	۱۱/۸	۵۰	۱۲/۹	۷۲	۱۲/۹
W_4S_4	۵۵	۱۳/۶	۵۵	۱۴/۵	۶۲	۱۵/۶	۹۰	۱۵/۶

پس از جمع‌آوری داده‌ها، توابع تولید با استفاده از روابط زیر برآورد گردیدند. بهترین نوع تابع از نظر معیار خوبی برازش و معنی دار شدن ضرایب انتخاب و سپس محاسبات و تحلیل نتایج بر اساس این تابع انجام شد. توابع تولید آب-شوری به کار برده شده در این تحقیق عبارت‌اند از:

خطی ساده:

$$Y = a_0 + a_1\theta + a_2 ECe \qquad (۲)$$

لگاریتمی:

$$Y = a_0\theta^{a_1} ECe^{a_2} \qquad (۳)$$

درجه دوم:

$$Y = a_0 + a_1\theta + a_2\theta^2 + a_3 ECe + a_4 ECe^2 + a_5\theta ECe \qquad (۴)$$

متعالی:

$$Y = a_0\theta^{a_1} ECe^{a_2} Exp(a_3\theta + a_4 ECe) \qquad (۵)$$

تولید نهایی نسبت به رطوبت (MP_θ) و شوری خاک (MP_{Ece}) و نسبت نهایی نرخ جایگزینی (MRTS) برای عوامل مورد بررسی (θ و ECe) با استفاده از تابع تولید که در این تحقیق استخراج گردید، به صورت زیر محاسبه شد.

$$MP_\theta = dy / d\theta \qquad (۶)$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$MP_{ECe} = dy / dECe \qquad (۷)$$

$$MRTS_{\theta ECe} = MP_{\theta} / MP_{ECe} \qquad (۸)$$

نتایج و بحث

نتایج تخمین توابعْ تولید آب-شوری گندم به صورت خطی ساده، لگاریتمی، درجه دوم، و متعالی در جدول شمارهٔ ۳ ارائه شده است. برای تعیین اثر معنی‌داری از آماره‌های f[1] و t استفاده شد. آمارهٔ f نشان دهنده معنی‌دار بودن کلی تابع (بدون مشخص کردن نوع متغیر) و آمارهٔ t بیان کنندهٔ معنی‌دار بودن نوع متغیر در تابع است در صورتی‌که مقادیر آنها از f و t جدول بزرگتر باشد. همان‌طور که نتایج جدول شمارهٔ ۳ نشان می‌دهد مقادیر آمارهٔ t مؤید تأثیر معنی‌دار و تعیین کنندهٔ رطوبت و شوری خاک بر تغییرات عملکرد و درآمد محصول و آمارهٔ f بیانگر معنی‌داری کلی توابع است. ضریب تعیین R^2 این توابع در سال اول به ترتیب ۰/۸۹، ۰/۸۷، ۰/۹۴ و ۰/۹۵ و در سال دوم ۰/۸، ۰/۷۷، ۰/۹۶ و ۰/۹۴ به دست آمد. مقایسهٔ این ضرایب و آمارهٔ f متناظر نشان می‌دهد که قدرت برازش تابع متعالی و درجهٔ دوم نسبت به سایر توابع بیشتر است، اما مقادیر معنی‌داری تابع متعالی بهتر از تابع درجهٔ دوم است، بنابراین در این پژوهش برای تحلیل نتایج از تابع متعالی استفاده شد. در این زمینه داتا و همکاران (Datta *et al.*, 1998) از بین سه تابع خطی، توانی، و درجهٔ دوم مدل غیرخطی درجه دوم را بهتر از بقیه تشخیص دادند. روسو و بیکر (Russo & Bakker, 1986) نیز نتیجه گرفتند که تابع درجهٔ دوم، در مقایسه با تابع دو قسمتی ماس و هافمن (Maas & Hoffman, 1977) بهتر می‌تواند رابطهٔ بین عملکرد، شوری، و مقدار آب خاک را برآورد کند.

جدول شمارهٔ ۳- ضرایب توابع تولید آب- شوری گندم با استفاده از توابع مختلف در دو سال زراعی

متغیر	تابع خطی ساده		تابع لگاریتمی		تابع درجه دوم		تابع متعالی	
	۸۱-۸۰	۸۲-۸۱	۸۱-۸۰	۸۲-۸۱	۸۱-۸۰	۸۲-۸۱	۸۱-۸۰	۸۲-۸۱
ثابت	-۵۲۸	-۳۰۲٤	۳/۸۸	۲	-۳٤۳۲۵	-۱۲٦۷۰٦	-۳۲/٦	-۱۱۷
	(۰/۹۸)	(-۲/٤)	(٦/۷)	(۱/۹)	(-۲/٤)	(-٦/٤)	(-۲/۳)	(-۳/۹)
θ	۱۸۳**	۲۹۰ **	-	-	۲۷۵۲ *	۹۱٤٦**	-۰/۵۸ *	-۱/۷ **
	(۸/۸)	(٦/٦)			(۲/۳۷)	(٦/۳)	(-۲/۵)	(۳/۹)
ECe	-۱۹۹**	-۲۱۰ **	-	-	۲٦٤ ns	-۱۷۷٤ns	-۰/۱۵ *	-۰/۲۲ *
	(-۷/۷)	(۳/۵)			(-۰/۳۵)	(-۲/۲)	(-۳)	(-۲/۲)
$Ln\theta$	-	-	۱/٤۱ **	۲ **	-	-	۱۷/۲ *	۵۱ **
			(۷/۸)	(٦/۱)			(۲/۸)	(٤/۱)
$LnECe$	-	-	-۰/۲٦**	-۰/۲۳**	-	-	۰/٤۱ ns	۰/۸۲ ns
			(-٦/۸)	(-۳)			(۱/۸۷)	(۱/۷)

1- Statistica

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول شمارهٔ ۳-

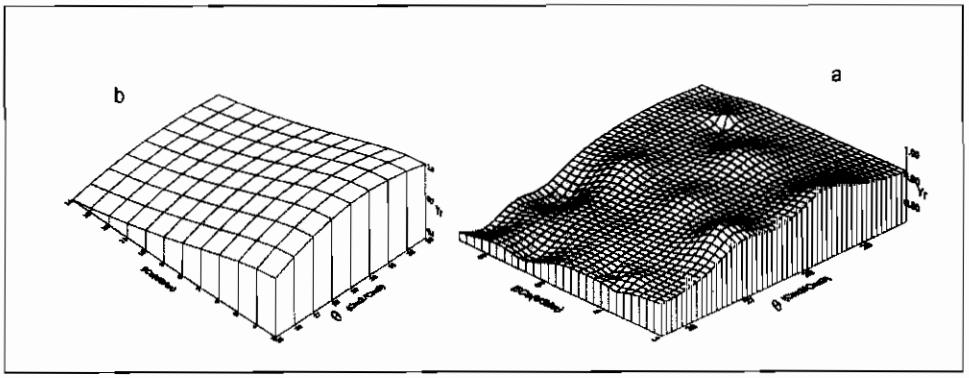
متغیر	تابع خطی ساده		تابع لگاریتمی		تابع درجه دوم		تابع متعالی	
	۸۱-۸۰	۸۲-۸۱	۸۱-۸۰	۸۲-۸۱	۸۱-۸۰	۸۲-۸۱	۸۱-۸۰	۸۲-۸۱
θ^2	-	-	-	-	-۴۷ ns (-۲/۱)	-۱۵۸** (-۶/۲)	-	-
ECe^2	-	-	-	-	-۲۰ ns (-۰/۸۶)	-۳۴ ns (-۰/۹۹)	-	-
θ.ECe	-	-	-	-	۹/۹ ns (۰/۴۲)	۶۴/۹ * (۲/۹)	-	-
آماره F	۵۴	۲۵	۴۴	۲۲	۳۳/۷	۵۵	۵۵	۴۰
R^2	۰/۸۹	۰/۸۰	۰/۸۷	۰/۷۷	۰/۹۴	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۹۴

ns غیر معنی‌دار، * معنی دار در سطح ۵ درصد، ** معنی دار در سطح یک درصد، مقادیر داخل پرانتز آماره t هستند.

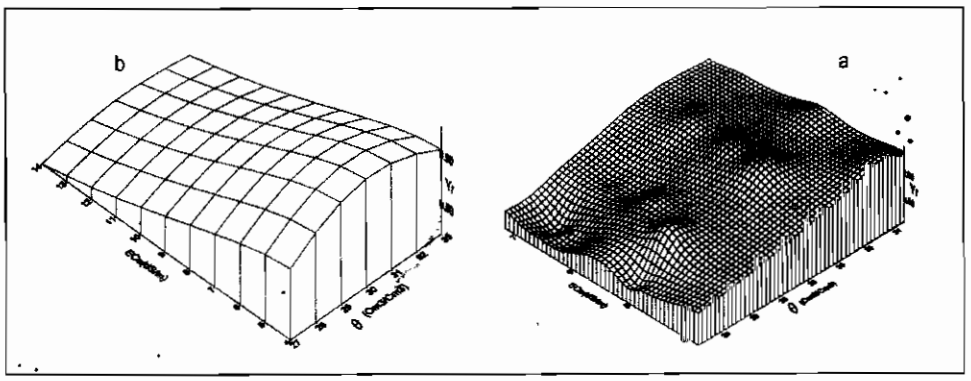
به منظور تحلیل رابطهٔ عملکرد مزرعه‌ای با متغیرهای واکنش خاک (رطوبت و شوری) نتایج به صورت شکل‌های شمارهٔ ۱ تا ۴ تهیه و ارائه گردیدند. شکل‌های a-۱و a-۲ منحنی واقعی تغییرات نسبی عملکرد گندم را نسبت به دو عامل رطوبت و شوری با استفاده از داده‌های مزرعه‌ای برای دو سال زراعی نشان می‌دهند. همان‌طور که در شکل‌ها مشخص است، به طورکلی افزایش رطوبت باعث افزایش عملکرد و افزایش شوری عصارهٔ اشباع خاک باعث کاهش عملکرد می‌شود. با استفاده از تابع برآورد شده (تابع متعالی) منحنی‌های سه بعدی عملکرد نسبی (Yr) - شوری (ECe)- رطوبت (θ) طی دو سال در شکل‌های شمارهٔ b-۱ و b-۲ ترسیم شدند. این شکل‌ها نشان می‌دهند که عملکرد در مقادیر کم آبیاری با شیب تندتری واکنش نشان می‌دهد و با افزایش مقدار رطوبت، روند افزایش عملکرد بسیار کند می‌شود، تغییرات آن بسیار ناچیز است، و در نهایت سیر نزولی عملکرد شروع می‌شود. در نتیجه اگر در مناطقی که آبیاری کامل باشد بخشی از آب صرفه‌جویی شود، عملکرد تغییر قابل توجهی نخواهد یافت و اگر همین مقدار آب به مصرف گیاهی که در شرایط خشکی قرار دارد برسد، افزایش عملکرد چشمگیر خواهد بود. به طور کلی اثر متقابل رطوبت با شوری دلالت بر آن دارد در شرایطی که شوری افزایش یابد با افزایش رطوبت عملکرد کمتر از حالت قبلی کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، هرچه رطوبت بیشتر شود تأثیر شوری بر عملکرد، کمتر می‌شود. از طرف دیگر، با کاهش شوری خاک اثر رطوبت روی عملکرد افزایشی است. با توجه به شکل‌های شمارهٔ b-۱ و b-۲ می‌توان منحنی‌های هم- محصول دو عامل فوق را ترسیم کرد. به دلیل مشابهت تحلیل نتایج، در این مقاله تنها منحنی هم-محصول مربوط به سال اول (شکل شمارهٔ b-۱) ارائه می‌شود. این منحنی‌ها که در شکل شمارهٔ ۳ ارائه شده‌اند، نشان‌دهندهٔ مکان هندسی ترکیبات

www.SID.ir

Archive of SID



شکل شمارهٔ ۱- تغییرات عملکرد نسبی گندم (Yr) به صورت تابعی از رطوبت (θ) و شوری عصاره اشباع (ECe) خاک بر اساس داده های واقعی (a) و با استفاده از تابع متعالی (b) در سال زراعی ۸۱-۸۰



شکل شمارهٔ ۲- تغییرات عملکرد نسبی گندم (Yr) به صورت تابعی از رطوبت (θ) و شوری عصاره اشباع (ECe) خاک بر اساس داده های واقعی (a) و با استفاده از تابع متعالی (b) در سال زراعی ۸۲-۸۱

www.SID.ir

Archive of SID

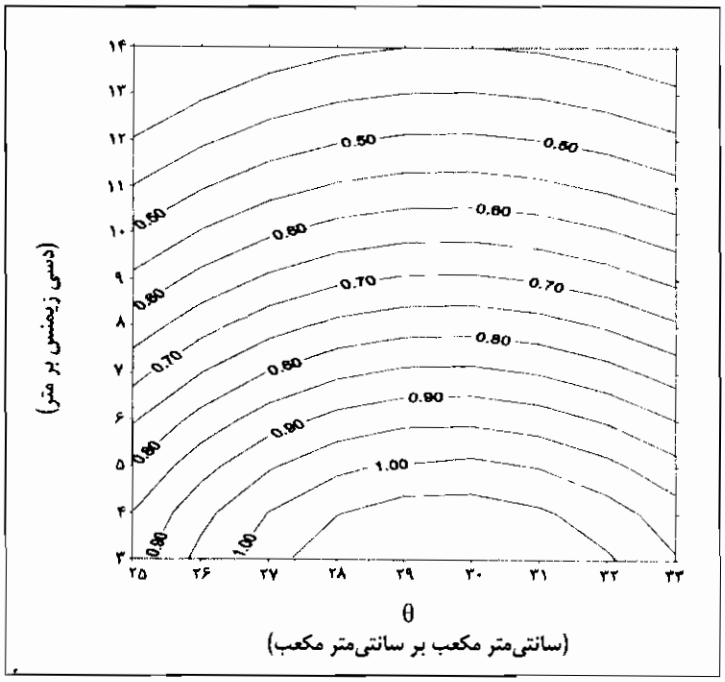
مختلف رطوبت و شوری است که عملکرد یکسانی را در فرآیند تولید گندم ایجاد می‌کنند. مشاهده می‌شود که با مقداری مشخص رطوبت هرچه ECe خاک افزایش یابد عملکرد کاهش و با ECe معین هرچه رطوبت بیشتر شود، عملکرد نیز افزایش می‌یابد. ولی هرگاه دو عامل فوق را باهم بررسی کنیم، می‌بینیم که برای دستیابی به عملکرد مشخص مقادیر متفاوتی از θ و ECe را می‌توان جایگزین کرد. به عبارت دیگر، با افزایش رطوبت خاک می‌توان از آب آبیاری با شوری‌های بالاتر استفاده کرد، به طوری‌که عملکرد یکسان بماند. حدّ این جایگزینی در منحنی هم-محصول در نقطه‌ای است که خط مماس بر آن موازی محور رطوبت گردد. از این نقطه به بعد افزایش رطوبت منجر به افزایش عملکرد نخواهد شد. بنابراین، ثابت انگاشتن شیب کاهنده شوری-عملکرد مورد تردید است.

به عنوان مثال، در رطوبت ۲۵ درصد حجمی و در ECe برابر با ۷ دسی زیمنس بر متر عملکرد نسبی معادل ٦٨ درصد است، با افزایش رطوبت خاک به ۳۰ درصد حجمی، می‌توان با ECe برابر ۹/۵ دسی زیمنس بر متر همان عملکرد را به دست آورد. در نتیجه، مشاهده می‌شود که عملکرد تابع دو متغیر θ و ECe است و نگاه تک بعدی اثر هریک بر عملکرد با واقعیات سازگار نیست. داتا و همکاران (Datta *et al.*, 1998) عملکرد گندم را تابع چند متغیر می‌دانند مانند مقدار آب، کیفیت آب، و شوری اولیهٔ خاک؛ این محققان از بین مدل‌های مورد بررسی تابع درجهٔ دوم را بهترین تابع آب-شوری انتخاب کردند. روسو و بیکر (Russo & Bakker, 1986) عملکرد ذرت و پنبه را تابع دو متغیر شوری و رطوبت خاک قلمداد می‌کنند و تابع غیر خطی درجهٔ ۲ را بهتر از تابع دو قسمتی ماس و هافمن (Mass & Haffman, 1977) می‌دانند. نتایج لتی و دینار (Letey & Dinar, 1986) نشان داد که عملکرد یونجه تابع دو متغیر مقدار و شوری آب آبیاری است و برای رسیدن به عملکرد بیشتر باید مقدار آب آبیاری افزایش یابد.

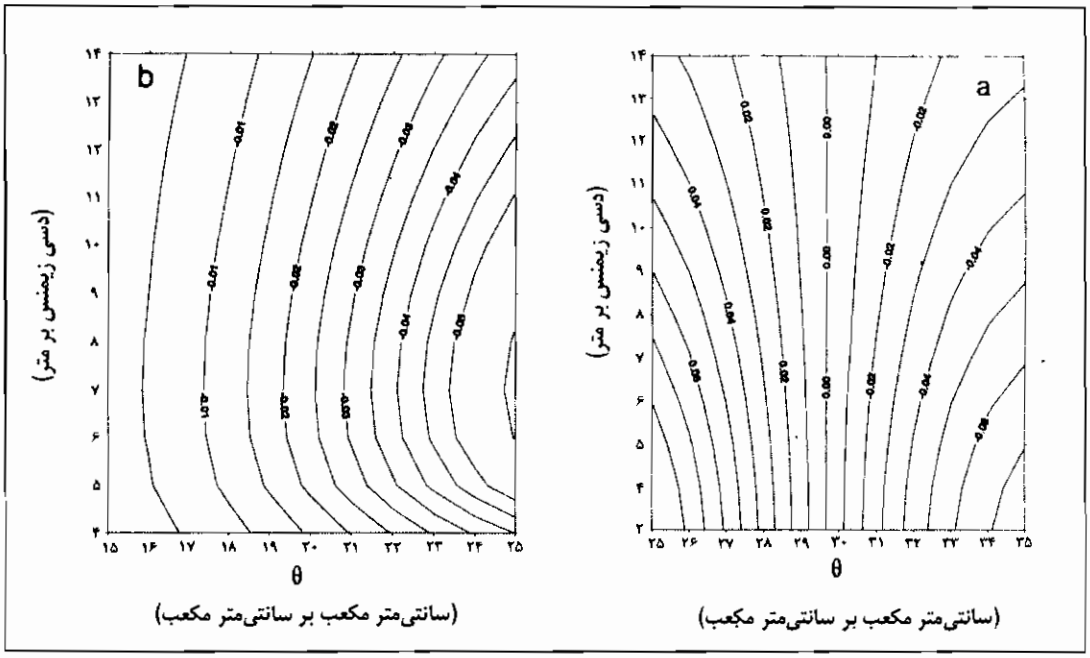
نسبت نهایی نرخ جایگزینی رطوبت و شوری خاک ($MRTS_{0EC}$) در سال‌های اول و دوم به ترتیب برابر ۱/۰۵ و ۱/۰۸ برآورد شد. این عدد بیان می‌کند که چنانچه شوری عصارهٔ اشباع خاک به اندازه یک دسی زیمنس بر متر افزایش یابد، برای کاستن آثار نامطلوب آن و ثابت نگه داشتن تولید در سطح قبلی، رطوبت خاک باید به مقدار ۱/۰۵ و ۱/۰۸ درصد حجمی افزایش یابد. با استفاده از تغییرات عملکرد نسبت به تغییرات رطوبت ($dY/d\theta$) منحنی‌های هم-$dY/d\theta$ در شکل ٤-a و همچنین به کمک داده‌های تغییرات عملکرد نسبت به تغییرات شوری (dY/dEC) منحنی‌های هم- dY/dEC در شکل شمارهٔ ٤-b ارائه شده است. شکل شمارهٔ ٤-a نشان می‌دهد که در یک مقدار معین ECe با افزایش شوری خاک، میزان تغییرات عملکرد نسبت به تغییرات رطوبت ($dY/d\theta$) نزولی است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل شمارهٔ ۳- منحنی هم-محصول گندم به صورت تابعی از رطوبت حجمی و شوری عصارهٔ اشباع خاک



شکل شمارهٔ ۴- منحنی های هم- dY/dθ (a) و هم dY/dEC (b) به صورت تابعی از رطوبت حجمی

www.SID.ir

Archive of SID

در حالتی که محیط خاک شور و رطوبت خاک هم بالا باشد، افزایش رطوبت و افزایش شوری، تغییراتی قابل توجه در عملکرد ندارد ولی اگر میزان رطوبت خاک به سمت اشباع برود با افزایش رطوبت و کاهش شوری، $dY/d\theta$ افزایشی است. یعنی هرچه رطوبت بیشتر شود عملکرد پایین‌تر می‌آید. از طرف دیگر می‌بینیم که شیب رابطهٔ عملکرد- شوری (dY/dEC) نسبت به تغییرات رطوبت حساس است. شکل شمارهٔ ٤-b منحنی‌های هم-dY/dEC را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که خطوط هم-dY/dEC با افزایش رطوبت افزایش می‌یابد (با شیب منفی)، اما با تغییرات EC، تغییر قابل توجهی نمی‌کند. این نتیجه تقریباً با نتایج حاصل از مدل ماس و هافمن (Maas & Hoffman, 1977) سازگاری دارد، یعنی هرگاه رطوبت خاک را ثابت در نظر بگیریم می‌توان گفت که dY/dEC نیز تقریباً ثابت است. ولی مشاهده می‌شود که با تغییر رطوبت خاک dY/dEC نیز تغییر می‌کند. به طورکلی می‌توان گفت که dY/dEC افزایشی است اگر θ افزایش و EC کاهش یابد. یعنی عملکرد در اثر تغییر شوری خاک در شرایطی که رطوبت در خاک کم ولی شوری آن بالا باشد، کمتر از حالتی تحت تأثیر قرار می‌گیرد که رطوبت در خاک زیاد ولی شوری آن پایین باشد.

نتیجه‌گیری

- به استناد این پژوهش، در پیش‌بینی تغییرات عملکرد گندم، به واسطهٔ تغییرات رطوبت و شوری خاک توابع تولید متعالی و درجه دوم نسبت به توابع خطی قابلیت بهتری دارند.
- به طور کلی، در طبیعت شوری و کم‌آبی به صورت توأم وجود دارد و هر یک تأثیر متفاوتی بر عملکرد می‌گذارد ولی نتایج نشان می‌دهد که تغییرات عملکرد گندم نسبت به تغییرات رطوبت خاک حساس‌تر از تغییرات شوری خاک است.
- منحنی‌های هم-محصول گندم نشان می‌دهد که می‌توان شوری و رطوبت خاک را در دامنه وسیعی از تغییرات آنها برای حصول به عملکرد یکسان جایگزین کرد.

با توجه به نتایج تحقیق حاضر موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

- در طبیعت شوری و خشکی با هم هستند و تغییر هر یک باعث تعدیل یا تشدید اثر دیگری بر عملکرد می‌شود بنابراین ضرورت دارد تا نسبت اثرهای جداگانه و توأمان آنها بر عملکرد گیاهان مختلف مشخص شود.
- شوری و کم‌آبی دو عامل اصلی محدود کنندهٔ تولیدات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شوند و به استناد این پژوهش امکان جایگزینی دو عامل فوق در دامنهٔ وسیعی از مقادیر آنها وجود دارد، بنابراین نیاز است که به منظور جبران بخشی از کمبودهای منابع آبی و برای رسیدن به عملکرد اقتصادی در هر منطقه ترکیبات مناسب آب شور و غیر شور تعیین شود.
- گیاه پویا و در حال رشد است، واکنش آن نسبت به رطوبت و شوری خاک چه در عمق ریشه و چه در فصل رشد متفاوت است، بنابراین یکی از عوامل بسیار مهم در پژوهش‌های کاربردی، آن است که واکنش گیاه نسبت به توزیع زمانی و مکانی شوری و رطوبت خاک کمّی شود.

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

1- Anon, 2003. Economic-social report of Golestan province in 2002. Golestan Management and Programming Organization. Economical and Programming Deputy (In Farsi).

2-Agnihotri, A. K., Kumbhare, P. S., Rao, K. V. G. K. and Sharma, D. P. 1992. Econometric considration for reuse of drainage effluent in wheat production. Agric. Water Manage. 22, 249-270.

3-Datta, K. K. and Dayal, B. 2000. Irrigation with poor quality water: An empirical study of input use economic loss and coping strategies. Ind. J. of Agric. Econ. 55, 26-37.

4-Datta, K. K., Sharma, V. P. and Sharma, D. P. 1998. Estimation of a production function for wheat under saline conditions. Agric. water Managc. 36, 85-94.

5-Dinar, R., Letcy, J. and Vaux, H. J. Jr. 1985. Optimal rates of saline and non-saline irrigation waters for crop production. Soil Sci. Soc. Am. J. 50, 440-443.

6-Dinar, A. and Knapp, K. C. 1986. A dynamic analysis of optimal water use undcr saline conditions. Western J. Agric. Econ. 11 (1): 58-66.

7-Doorenbos, J. and Kassam, A. H. 1979. Yield response to water. Irrigation and Drainage Paper 33. FAO: ROME.

8-Doorenbos, J. and Pruitt, W. O. 1977. Guidelines for prediction crop water requirements. Irrigation and Drainage. Paper 24. FAO. ROME.

9-Feddes, R. A., Kowalik, P. J. and Zaradny, H. 1978. Simulation of field water use and crop yield. Pudoc. Wageningen. pp.189.

10-Hexem, R. W. and Heady, E. O. 1978. Water production function and irrigated agriculture. Iowa Statc University press. Ames.

11-Knapp, K., Brandt, C., Stevens, K., Letey, J. and Ostcr, J. D. 1990. A dynamic optimization model for irrigation investment and management under limited drainage conditions. Water Resource Res. 26, 1335-1343.

12-Letey, J. and Dinar, A. 1986. Simulated crop production functions for several crops when irrigated with saline waters. Hilgardia. 54, 1-32.

13-Letey, J., Dinar, A. and Knapp, K. C. 1985. Crop-water production function model for saline irrigation waters. Soil Sci. Soc. Am. J. 49, 1005-1009.

14-Maas, E. V. 1986. Salt tolerance of plants. App. Agri. Res. 1, 12-26.

www.SID.ir

Archive of SID

15-Maas, E. V. 1990. Crop salt tolerance . ASAE. Monograph. 71, 262-304.

16-Maas, E. V. and Hoffman, G. J. 1977. Crop salt tolerance current assessment. J. Irrig. and Drain. Div. ASCE. 103 (IR2), 115-134.

17-Meiri, A. and Shalhevet, J. 1973. Pepper plant response to irrigation water quality and timing and leaching . Ecological studies. Vol IV. Springer-Verlag. Berlin. pp. 421-429.

18-Parra, M. A. and Romero, G. C. 1980. On the dependence of salt tolerance of beans on soil water matric potential. Plant and Soil. 56, 3-16.

19-Russo, D. and Bakker, D. 1986. Crop water production functions for sweet corn and cotton irrigated with saline waters. Soil Sci. Soc. Am. J. 51, 1554- 1562.

20-Sepaskhah, A. R. and Boersma, L. 1979. Shoot and root growth exposed to several levels of matric potential and NaCL induced osmotic potential of soil water. Agron. J. 71, 746-752.

21-Stewart, J. 1., Danielson, R. E., Hank, R. J., Jackson, E. B., Hagan, R. M. Pruitt, W. O., Franklin, W. T. and Riley, J. P. 1977. Optimizing erop production through control of water and salinity levels in the soil. Utah water Lab. PRWG 151-1. Logan. Utah.

22-Van Genochten, M. Th. 1983. Analyzing crop salt tolerance data: Model description and user's manual. Research report No. 120. U. S. Salinity Lab. Reverside. C. A.

23-Vaux, H. J. Jr. and Pruitt, W. V. 1983. Crop-water production funetions, In: Hillel, D. (Ed.). Advances in irrigation. Vol. 2. Aeademie Press Inc., NY.

www.SID.ir

Archive of SID

Determination of the Best Water - Salinity Function for Wheat Production in North of Gorgan

A. R. Kiani, M. Mirlatifi, M. Homaee and A. M. Cheraghi

Water shortage and salinity are widespread problems in arid and semi arid regions. In these conditions, additional of evaluating the crop response to salinity or water stress, the estimation of water-salinity-production function is essential. The objective of this study was to investigate the wheat production function under salinity and water stress conditions. This study was conducted for two years (2002-2003) in a north region of Golestan province. The methodology was based upon the analysis of water - salinity production function. The production functions were estimated using the experimental data obtained from some field experiments. The treatments consisted of four levels of irrigation water 50 (W_1), 75 (W_2), 100 (W_3) and 125 (W_4) percent of crop water requirement and with four irrigation water salinity levels of S_1, S_2, S_3 and S_4 equal to 1.6, 7.9, 10.8 and 13.6 dS/m in the first year, 1, 9.3, 12.2 and 14.7 dS/m in the second year, respectively. The experiment was performed according to a randomized complete block design with split plot layout, which considered water quantity as main plot and water quality as subplot with three replications. Various types of production functions including: Linear, Quadratic, Cobb-Douglas and Transcendental were evaluated and it was found that transcendental form could better predict the yield under water-salinity stress conditions. The marginal productivity (MP) based on water content (θ) and soil salinity (ECe) were showed that effect one of the two factors on wheat yield was not the same. It was also found that response of wheat yield was rather weight in the case of various θ than in the case of various ECe. The marginal rate of technical substitution (MRTS) indicated that each one of the two factors can be substituted for the other one for a wide range in order to achieve equal amount of yield. The results were also revealed that dY/dEC was not constant when θ was changed, therefore, in the practical works for expression of Y (θ, ECe) relationships, nonlinear functions would be more usefull.

Key words: Gorgan, Production Function, Salinity, Water Stress, Wheat

www.SID.ir