

تعیین بهترین تابع آب-شوری کوشیا در اراضی شمال استان گلستان

معصومه صالحی^{۱*} - محمد کافی^۲ - علیرضا کیانی^۳

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۹۰/۷/۱۰

چکیده

به منظور بهینه کردن مدیریت آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک نیاز است که توابع تولید آب-شوری گیاه مورد بررسی قرار گیرد. به منظور بررسی واکنش کوشیا به اثر توام شوری و کم‌آبی آزمایشی در طی دو سال زراعی ۸۷ و ۸۸ در شمال گرگان انجام شد. این آزمایش با شش سطح شوری آب آبیاری (۱/۵، ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸ و ۳۵) و سه سطح کاربرد آب (۲۵، ۷۵ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی) در سال ۱۳۸۷ به صورت کشت تابستانه و با همان سطوح شوری آب آبیاری چهار سطح کاربرد آب (۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵ درصد) در سال ۱۳۸۸ به صورت کشت بهاره اجرا شد. چهار نوع تابع خطی ساده، لگاریتمی، درجه دوم و متعالی ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که در شرایط توام شوری و خشکی، تابع درجه دوم عملکرد کوشیا را بهتر از توابع دیگر پیش‌بینی می‌کند. نسبت نهایی نرخ جایگزینی نشان داد که می‌توان برای رسیدن به عملکرد یکسان عوامل فوق را در دامنه وسیعی از مقادیر آن‌ها جایگزین کرد. تولید نهایی آب مصرفی (MP_{AW}) و شوری آب (MP_{ECw}) به ترتیب در سال اول ۶/۷ و ۱۵۴- کیلوگرم در هکتار و در سال دوم به ترتیب ۴/۸ و ۵۱۱- کیلوگرم در هکتار بود.

واژه‌های کلیدی: تابع تولید، شوریست، کمیت آب، کیفیت آب

مقدمه

بخش وسیعی از شمال استان گلستان تحت تاثیر پدیده شوری و قلیائیت می‌باشد و مهم‌ترین عامل شوری در منطقه، بالا بودن سطح آب زیرزمینی است که در طول تابستان به دلیل تبخیر و تعرق بالا، آب با حرکت موئینگی به سطح آمده و نمک را در سطح خاک باقی می‌گذارد. همچنین در طول تابستان کیفیت آب رودخانه گرگان‌رود کاهش یافته و بنابراین امکان استفاده از آن برای آبیاری گیاهان معمول زراعی مانند ذرت وجود ندارد. به همین منظور استفاده از کشاورزی شوریست برای تولید علوفه در منطقه ضروری به نظر می‌رسد. در بین گیاهان شوریست کوشیا به دلیل مقاومت بالا به شوری و خشکی توجه محققان را جلب کرده و در انواع خاک‌ها به خوبی رشد می‌کند. کوشیا با نام علمی (*Kochia scoparia* (L.) Schrad) از خانواده اسفناجیان و بومی نواحی مرکزی و شرقی اروپا و غرب آسیا می‌باشد (۱۸). کوشیا می‌تواند در خاک‌های بسیار شور با لایه سطحی و یا بدون لایه سطحی رشد کند و تنها گیاهی است که در این مکان-ها دیده می‌شود (۶). همچنین کوشیا به خاک‌های اسیدی حاوی آلومینیم و منیزیم و منگنز مقاوم است (۳). تاکنون مطالعات محدودی بر روی تاثیر توامان تنش شوری و خشکی بر گیاهان بویژه گیاهان شوریست‌ها گزارش شده است (۴ و ۱۵). این پژوهش با هدف تعیین بهترین تابع تولید کوشیا در شرایط توامان شوری و کم‌آبی در استان

دو عامل محدود کننده تولیدات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک شوری و خشکی می‌باشد. تغییر هر یک باعث تعدیل و یا تشدید اثر دیگری بر عملکرد می‌شود. بنابراین ضرورت دارد تا نسبت اثرهای جداگانه و توأم آنها بر عملکرد گیاهان مختلف مشخص شود (۱). مطالعات متعددی واکنش گیاه را نسبت به شوری و خشکی بررسی کردند (۲، ۱۲ و ۱۶). در شرایطی که محدودیت آب وجود نداشته باشد رابطه خطی بین شوری و عملکرد گزارش شده است (۲، ۱۰، ۱۱ و ۱۴). تحقیقات متعددی نیز به منظور بررسی تاثیر تنش خشکی بر گیاهان انجام شده است (۵، ۷ و ۱۷). روسو و همکاران (۱۳) گزارش کردند که عملکرد پنبه و ذرت شیرین به شدت تحت تاثیر شوری و میزان آب خاک قرار می‌گیرد. آنها پیشنهاد دادند که تابع واکنش گیاه به شوری و رطوبت به صورت تابع غیر خطی باشد.

۱- محقق مرکز ملی تحقیقات شوری

(*) نویسنده مسئول: (Email: salehimasomeh@gmail.com)

۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشیار بخش فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان

گلستان اجرا شد.

از معادلات ۳ تا ۶ برآورد گردیدند.

خطی ساده:

$$Y = a_0 + a_1 AW + a_2 EC_w \quad (3)$$

لگاریتمی (Cobb-Douglas):

$$Y = a_0 AW^{a_1} EC_w^{a_2} \quad (4)$$

درجه دوم:

$$Y = a_0 + a_1 AW + a_2 AW^2 + a_3 EC_w + a_4 EC_w^2 + a_5 AW EC_w \quad (5)$$

متعالی:

$$Y = a_0 AW^{a_1} EC_w^{a_2} \exp(a_3 AW + a_4 EC_w) \quad (6)$$

برای تعیین بهترین تابع تولید از روش تجزیه آماری با استفاده از نرم افزار SPSS11.5 و تحلیل آماری و محاسبه مقادیر R^2 ، F ، خطای استاندارد و میانگین مربعات خطا (RMSE)، کارایی مدل سازی (EF)، حداکثر خطا (ME) و ضریب باقی مانده (CRM) استفاده شد (روابط ۷ تا ۱۰) (۸).

$$RMSE = \left(\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2 / n \right)^{1/2} \times (100 / \sigma) \quad (7)$$

$$EF = \left(\sum_{i=1}^n (O_i - \sigma)^2 - \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2 \right) / \left(\sum_{i=1}^n (O_i - \sigma)^2 \right) \quad (8)$$

$$ME = \max_{i=1}^n |O_i - P_i| \quad (9)$$

$$EF = \left(\sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n P_i \right) / \sum_{i=1}^n O_i \quad (10)$$

در روابط ۷ تا ۱۰، O و P به ترتیب نشان دهنده عملکرد نسبی مشاهده شده و پیش بینی شده از هر تیمار، σ : متوسط عملکرد اندازه گیری شده و n : تعداد مشاهدات می باشد. ME: نشان دهنده چگونگی اجرای مدل، RMSE: مشخص می کند که چه مقدار از شبیه سازی ها بیشتر یا کمتر از مقادیر اندازه گیری شده است. در صورتی که مقادیر پیش بینی شده برابر مقادیر اندازه گیری شده باشد در این صورت شاخص های $RMSE$ ، R^2 ، EF ، ME و CRM به ترتیب برابر صفر، یک، یک، صفر و صفر خواهند بود.

به منظور بررسی تغییرات عملکرد به ازای تغییر در یک واحد آب مصرفی از تابع تولید نهایی نسبت به آب کاربردی (MP_{AW}) و به منظور بررسی روند تغییرات عملکرد به ازای یک واحد افزایش شوری آب آبیاری از تابع تولید نهایی نسبت به شوری آب آبیاری (MP_{EC_w}) استفاده گردید. همچنین از نسبت نهایی نرخ جایگزینی ($MRTS^Y$) به این منظور استفاده شد، که در صورتی که یک واحد به شوری آب آبیاری اضافه شود، چه مقدار آب بیشتری می توان مصرف کرد به طوری که میزان عملکرد تغییر نکند. ضمناً به منظور بررسی میزان خسارت وارد شده به ازای کاهش مصرف و افزایش میزان شوری آب آبیاری از تابع ارزش نهایی تولید (VMP) استفاده شد. توابع

مواد و روش ها

آزمایش بر مبنای طرح بلوک های کامل تصادفی به صورت کرت-های خرد شده با سه تکرار و در طی مدت دو سال اجرا شد، شوری به عنوان عامل اصلی و خشکی به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. تیمارهای شوری شامل شش سطح شوری آب آبیاری ۰/۵، ۱، ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸ و ۳۵ و میزان آب کاربردی بر اساس ۲۵، ۷۵ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی در سال دوم بود. حجم آب کاربردی برای هر تیمار توسط کنتور با دقت ۰/۱ لیتر اندازه گیری شد. شوری مورد نیاز آب آبیاری برای هر تیمار از مخلوط کردن آب موجود دو منبع آب شور ($EC=325$ dS/m) و آب غیرشور ($EC=0/9$ dS/m) به دست آمد. دو منبع آب در یک مخزن ۵۰۰۰ لیتری مخلوط شدند و میزان شوری آب با EC متر WTW اندازه گیری شد. بذر کوشیا در تیر ماه ۱۳۸۷ به عنوان کشت تابستانه و در فروردین ماه ۱۳۸۸ به عنوان کشت بهاره کشت شد. اندازه کرت ها ۳×۳ متر در نظر گرفته شد و کرت ها از هم ۳ متر فاصله داشتند. بعد از سبز شدن بذور، بوته ها به تعداد ۲۰ بوته در مترمربع تنک شدند (۱۰ سانتی متر درون و ۵۵ سانتی متر بین ردیف ها). منشا بذور از توده سبزوار استان خراسان انتخاب شده بودند. میزان آب کاربردی بر اساس میزان کمبود رطوبت خاک در تیمار بدون تنش ضرب در ضریب مورد نظر محاسبه شد.

$$SWD = (\theta_{fc} - \theta_i) B_d \cdot D \quad (1)$$

در معادله ۱، SWD: کمبود رطوبت خاک (بر حسب میلی متر)، θ_{fc} و θ_i : رطوبت وزنی خاک در ظرفیت زراعی و قبل از آبیاری، B_d : وزن مخصوص ظاهری (گرم در مترمکعب) و D : عمق ریشه (میلی متر) می باشد.

در این تحقیق از روش تخمین تابع تولید آب-شوری استفاده شد. این تابع تغییرات عملکرد محصول را تحت تاثیر مقدار آب مصرفی و شوری آب آبیاری نشان می دهد. شکل کلی این تابع به صورت رابطه ۲ است:

$$Y = f(AW, EC_w / X) \quad (2)$$

که در آن Y : عملکرد علوفه خشک کوشیا بر حسب کیلوگرم در هکتار، AW : میزان آب مصرفی بر حسب میلی متر، EC_w : شوری آب آبیاری بر حسب دسی زیمنس بر متر و X : بردار ثابت سایر عوامل تاثیرگذار در تولید است. در اواسط مرحله گل دهی بعد از حذف حاشیه اقدام به برداشت گیاه کوشیا از ۰/۱۶۵ مترمربع گردید میزان ماده خشک محصول بعد از قرار گرفتن در آون به مدت ۷۲ ساعت و خشک شدن کامل اندازه گیری شد. پس از جمع آوری داده ها، توابع تولید با استفاده

1- Marginal production

2- Marginal rate of technical substitution

فوق‌الذکر در روابط ۱۱ الی ۱۵ ارائه شده است.

$$MP_{AW} = \frac{\partial Y}{\partial AW} \quad (11)$$

$$MP_{AW} = \frac{\partial Y}{\partial EC_w} \quad (12)$$

$$VMP_{AW} = P_y \cdot MP_{AW} \quad (13)$$

$$VMP_{EC_w} = P_y \cdot MP_{EC_w} \quad (14)$$

$$MSRTS_{AWEC_w} = \frac{MP_{AW}}{MP_{EC_w}} \quad (15)$$

P_y : قیمت یک کیلوگرم علوفه خشک کوشیا

نتایج و بحث

نتایج تخمین توابع تولید آب-شوری کوشیا به صورت خطی ساده، لگاریتمی، درجه دوم و متعالی در جدول ۱ ارائه شده است. برای تعیین معنی‌داری از آماره t و f استفاده شده است. آماره f نشان دهنده معنی‌دار بودن کلی تابع و آماره t بیان کننده معنی‌دار بودن نوع متغییر در تابع است. ضریب تعیین (R^2) توابع خطی ساده، لگاریتمی، درجه دوم و متعالی در سال اول به ترتیب $0/76$ ، $0/61$ ، $0/81$ و $0/82$ و در

سال دوم $0/89$ ، $0/60$ ، $0/92$ و $0/85$ بود (جدول ۲). بر اساس شاخص‌های آماری معرفی شده در روش اجرا هر یک از مدل‌های به کار رفته ارزیابی و درجه بندی شده و نتایج به تفکیک هر سال در جدول ۲ ارائه شده است. به عنوان مثال به مدلی که RMSE آن کمترین باشد درجه یک نسبت داده شده است، بنابراین بهترین مدل، مدلی است که کمترین امتیاز را دارد. مقایسه ضرایب نشان داد که قدرت برازش تابع درجه دوم بیشتر است. بنابراین در این تحقیق برای تحلیل نتایج از تابع درجه دوم استفاده شد. محققان متعددی تابع درجه دوم را به عنوان بهترین تابع برای بررسی رابطه بین عملکرد، شوری و مقدار آب خاک در گندم، ذرت و پنبه بیان کردند (۴ و ۱۳). کیانی و عباسی (۸) تابع متعالی را به عنوان بهترین تابع تولید آب-شوری گندم معرفی کردند.

شکل‌های ۱-a و ۲-a منحنی واقعی تغییرات نسبی عملکرد کوشیا را نسبت به دو عامل مقدار آب و شوری آب آبیاری با استفاده از داده‌های مزرعه‌ای و شکل‌های شماره ۱-b و ۲-b تابع درجه دوم و متعالی استخراج شده از داده‌های واقعی برای دو سال زراعی را نشان می‌دهد.

جدول ۱ - ضرایب توابع تولید آب-شوری کوشیا با استفاده از توابع مختلف در دو سال زراعی

متغییر	تابع خطی		تابع لگاریتمی		تابع درجه دوم		تابع متعالی	
	۱۳۸۸	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۷
ثابت								
AW								
EC _w								
Ln AW								
Ln EC _w								
AW ²								
EC _w ²								
AW*EC _w								
F-value								

جدول ۲- ارزیابی شاخص‌های آماری توابع مختلف در دو سال زراعی ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸

شاخص آماری	تابع خطی	تابع لگاریتمی	تابع درجه دوم	تابع متعالی
----- سال ۱۳۸۷ -----				
RMSE	۰/۲۶	۰/۰۲۷	۰/۰۱۵	۰/۰۱۳
	(۴)	(۳)	(۲)	(۱)
R ²	۰/۷۶	۰/۶۰	۰/۸۱	۰/۸۲
	(۳)	(۴)	(۲)	(۱)
EF	-۲/۳	-۰/۵۴	۰/۷۳	۰/۷۸
	(۴)	(۳)	(۱)	(۲)
CRM	۰/۲۵	-۰/۰۱	۰/۰۳	-۰/۰۴
	(۴)	(۱)	(۲)	(۳)
ME	۰/۳۴	-۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۲
	(۴)	(۲)	(۱)	(۳)
مجموع رتبه‌بندی	۱۵	۱۳	۸	۱۰
----- سال ۱۳۸۸ -----				
RMSE	۰/۰۲	۰/۴۸	۰/۰۳	۰/۳۶
	(۱)	(۴)	(۲)	(۳)
R ²	۰/۸۹	۰/۶۰	۰/۹۲	۰/۸۵
	(۲)	(۴)	(۱)	(۳)
EF	۰/۷۹	-۳/۶۰	۰/۷۱	-۲/۰۴
	(۲)	(۴)	(۱)	(۳)
CRM	-۰/۱	۱/۹۳	-۰/۱۴	-۰/۵۳
	(۱)	(۴)	(۲)	(۳)
ME	-۰/۱	۰/۵۹	۰/۰۱	-۱/۰۰
	(۲)	(۳)	(۱)	(۴)
مجموع رتبه‌بندی	۸	۱۵	۷	۱۶

جایگزین کرد. به عبارت دیگر با افزایش مقدار آب آبیاری می‌توان از آب آبیاری با شوری بالاتر استفاده کرد به طوری که عملکرد ثابت بماند. حد این جایگزینی در منحنی هم‌محصول در نقطه‌ای است که خط مماس بر آن موازی محور آب آبیاری گردد. از این نقطه به بعد افزایش مقدار آب آبیاری منجر به افزایش عملکرد نخواهد شد.

منحنی هم dY/dEC_w با ثابت در نظر گرفتن میزان شوری آب آبیاری تغییرات ایجاد شده در محصول را نشان می‌دهد، به طوری که در یک شوری ثابت با افزایش میزان مصرف آب میزان محصول افزایش خواهد یافت (شکل ۴ a).

همچنین منحنی هم dY/dAW با ثابت در نظر گرفتن میزان آب مصرفی، تغییرات شوری را بر عملکرد نشان می‌دهد. در سطوح پایین مصرف آب (کمتر از ۲۲۰ میلی‌متر) عملکرد با افزایش شوری کاهش یافت. در محدوده ۲۴۰ میلی‌متر مصرف آب تغییرات عملکرد با افزایش شوری تقریباً ثابت بود. با افزایش میزان مصرف آب و شوری عملکرد تا حدودی افزایش یافت (شکل ۴ b).

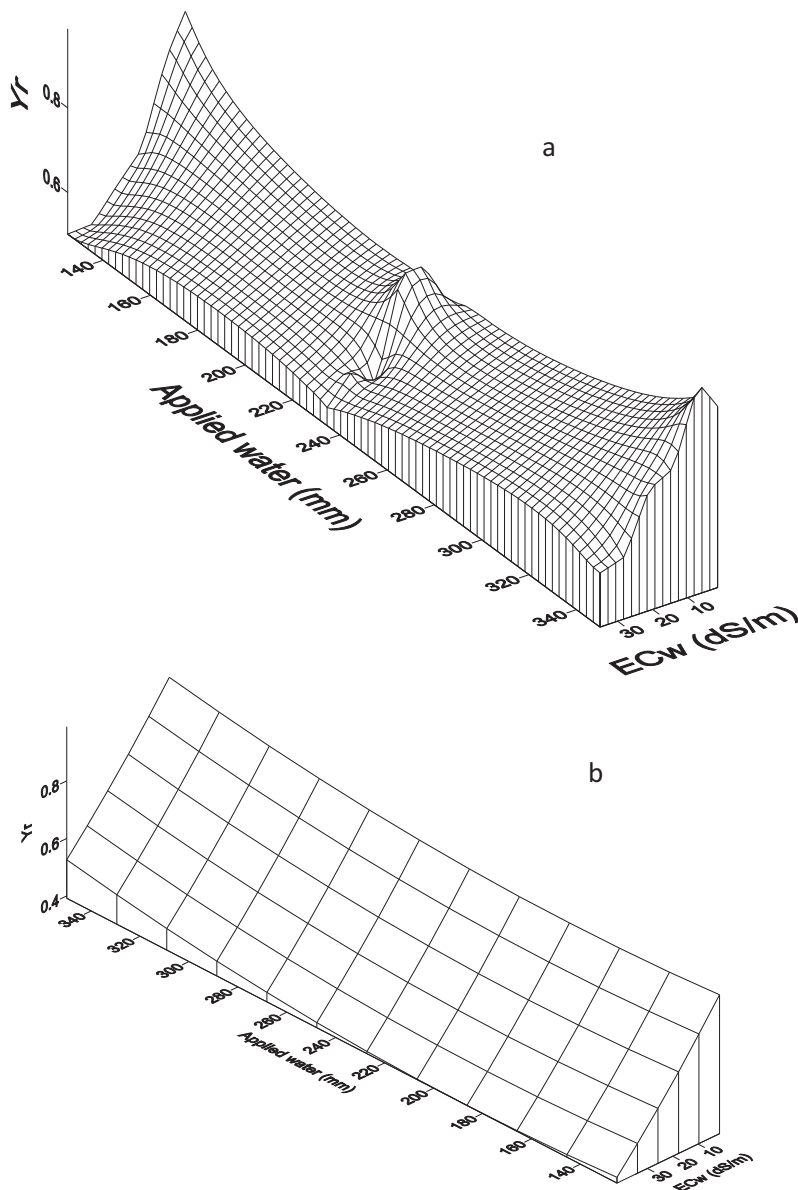
نسبت نهایی نرخ جایگزینی AW و EC_w ($MRTS_{AW,EC_w}$) در

به طور کلی با افزایش شوری آب آبیاری و کاهش مقدار آب عملکرد کاهش یافت. همان طور که ملاحظه می‌گردد، در کشت بهاره عملکرد در مقادیر کم‌آبی با شیب تندتری واکنش نشان داده و با افزایش میزان آب آبیاری روند افزایش عملکرد بسیار کند شده و در نهایت سیر نزولی عملکرد شروع شده است. در کشت تابستانه با افزایش مقدار آب میزان تولید افزایش یافت. با افزایش آب مصرفی تاثیر شوری آب بر عملکرد کمتر بود.

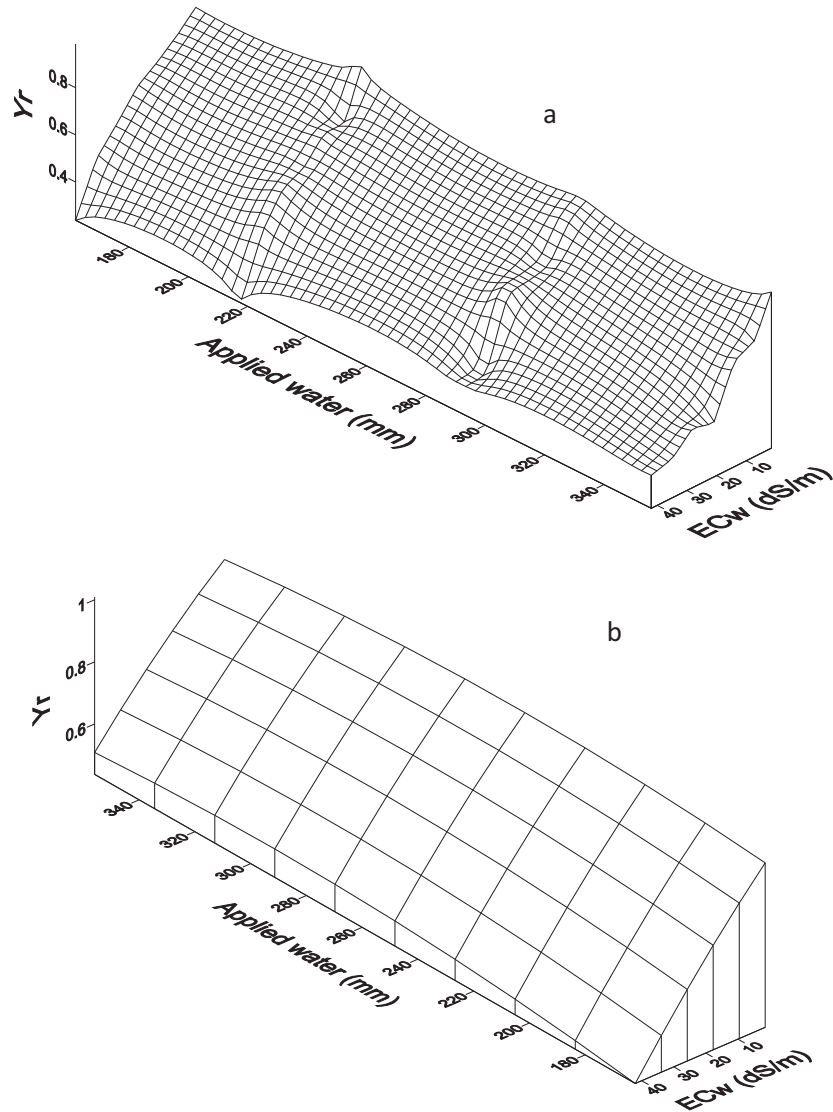
برای بررسی اثرات دو عامل مورد بحث (شوری و مقدار آب) و تعیین دامنه جایگزینی هر یک از عوامل برای حصول به عملکرد یکسان می‌توان از منحنی هم‌محصول استفاده کرد. منحنی هم‌محصول نشان دهنده مکان هندسی ترکیبات مختلف AW و EC_w است که عملکرد یکسانی را در فرایند تولید کوشیا ایجاد می‌کنند (شکل ۳). با مقدار معینی از AW هر چه میزان EC_w افزایش یابد عملکرد کاهش می‌یابد و همچنین با EC_w معین هر چه میزان AW بیشتر شود عملکرد نیز افزایش می‌یابد. برای دستیابی به عملکرد مشخص مقادیر متفاوتی از AW و EC_w را می‌توان

۱/۷۹ سانتی‌متر به ازای افزایش یک دسی‌زیمنس بر متر شوری از ۸/۲۲ به ۹/۲۲ در گندم بیان کردند. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌گردد شیب منحنی هم‌محصول در حد متوسط مصرف آب کمتر از حد پایین و بالای مصرف آب می‌باشد.

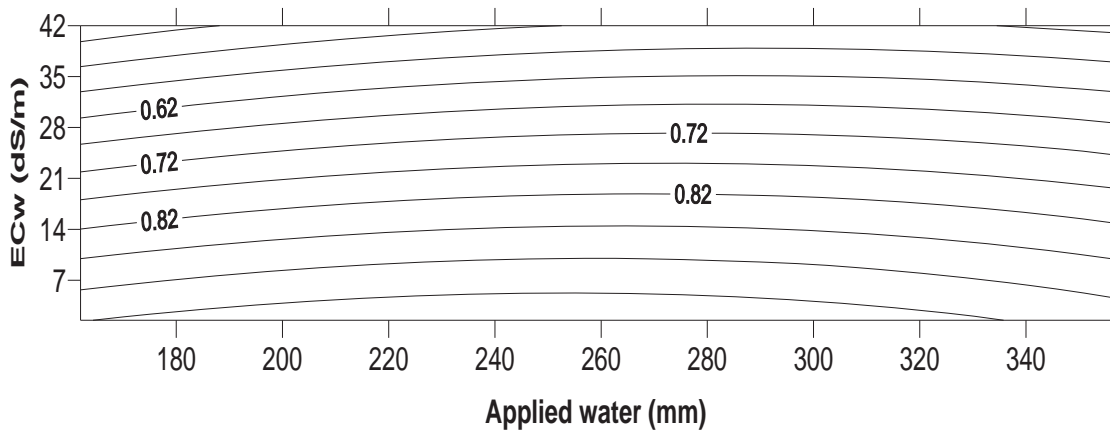
سال اول و دوم به ترتیب برابر ۰/۰۴۲ و ۰/۰۹۲ است. این عدد بیان می‌کند که چنانچه شوری آب آبیاری به اندازه یک دسی‌زیمنس بر متر از متوسط شوری اعمال شده به تیمارها یعنی از ۱۷/۷۵ به ۱۸/۷۵ افزایش یابد، برای کاهش آثار نامطلوب آن و ثابت نگه داشتن تولید در سطح قبلی باید به مقدار ۰/۰۴۲ و ۰/۰۹۲ میلی‌متر آب بیشتری در حد متوسط مصرف آب استفاده شود. داتا و همکاران (۴) این عدد را



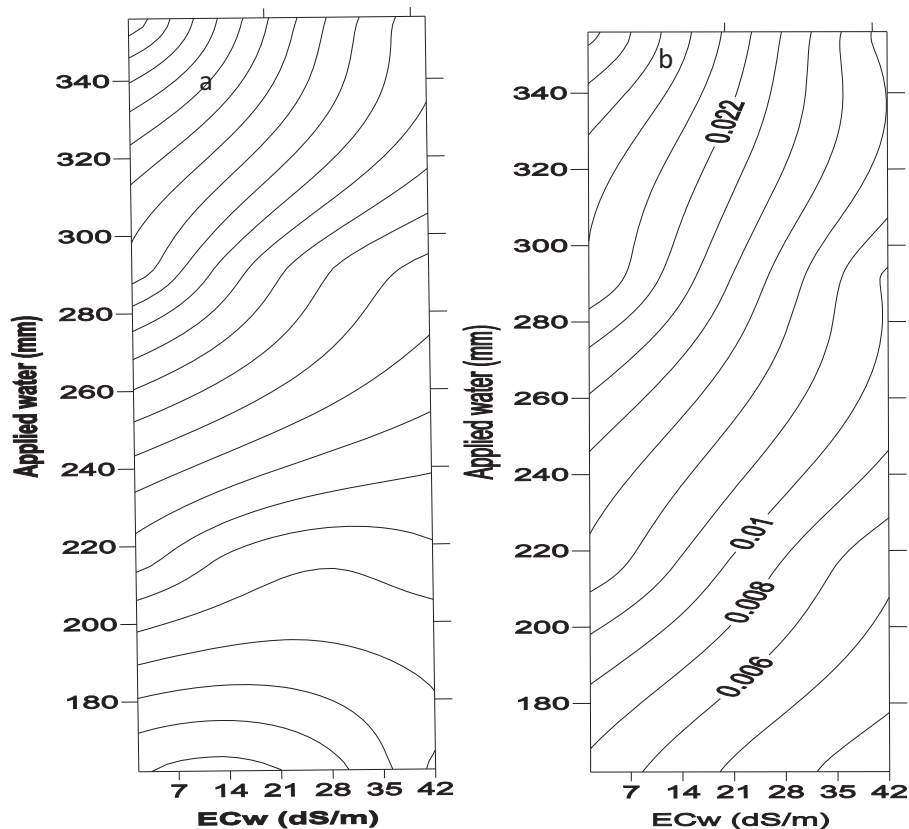
شکل ۱- تغییرات تولید نسبی علوفه خشک کوشیا (Y_r) به صورت تابعی از میزان آب مصرفی (Applied water) و شوری آب آبیاری (EC_w) بر اساس داده‌های واقعی (a) و با استفاده از تابع درجه دوم (b) سال ۱۳۸۷



شکل ۲- تغییرات تولید نسبی علوفه خشک کوشیا (Yr) به صورت تابعی از میزان آب مصرفی (Applied water) و شوری آب آبیاری (EC_w) بر اساس داده‌های واقعی (a) و با استفاده از تابع درجه دوم (b) سال ۱۳۸۸



شکل ۳- منحنی هم‌محصول کوشیا به صورت تابعی از آب کاربردی و شوری آب آبیاری سال ۸۸



شکل ۴- منحنی هم (a) dY/dEC ، منحنی هم (b) dY/dAw به صورت تابعی از میزان آب مصرفی و شوری آب آبیاری در سال ۸۸

مناسب‌تر است. منحنی هم‌محصول کوشیا نشان داد که می‌توان شوری و میزان آب کاربردی را در دامنه‌ای از تغییرات آن‌ها برای حصول به عملکرد یکسان جایگزین کرد. میزان خسارت وارده ناشی از شوری در کشت بهاره بیشتر از کشت تابستانه است که به دلیل طولانی‌تر بودن دوره تنش شوری می‌باشد. میزان خسارت ناشی از مصرف آب کاربردی در کشت تابستانه بیشتر از کشت بهاره است که می‌تواند به این دلیل باشد که در کشت بهاره مراحل حساس رشدی در شرایط مناسب آب و هوایی سپری می‌شود در حالی که در کشت تابستانه دوره رشد کوتاه‌تر است و گیاه به تغییرات رطوبت حساس‌تر می‌باشد.

تولید نهایی AW (MP_{AW}) و EC_w (MP_{EC_w}) در سال اول ۶/۷ و ۱۵۴- کیلوگرم در هکتار و در سال دوم ۴/۸ و ۵۱۱- کیلوگرم در هکتار بود. در صورتی که قیمت هر کیلوگرم کوشیای خشک ۱۰۰۰ ریال در نظر گرفته شود در سال اول میزان خسارت به ازای هر واحد افزایش شوری آب آبیاری ۱۵۴۰۰۰ ریال در هکتار و به ازای هر میلی‌متر کاهش مصرف آب ۶۷۰۰ ریال در هکتار و در سال دوم به ترتیب ۵۱۱۰۰۰ و ۴۸۰۰ ریال در هکتار خواهد بود.

نتیجه‌گیری

به استناد این پژوهش در پیش‌بینی تغییرات عملکرد کوشیا به واسطه شوری آب آبیاری و میزان آب کاربردی تابع درجه دوم

منابع

- ۱- کیانی ع.ر.، میر لطیفی م.، همایی م. و چراغی م.ع. ۱۳۸۴. تعیین بهترین تابع تولید آب-شوری گندم در منطقه شمال گرگان. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. شماره ۳۵: ۱۳-۱.
- 2- Ayers R.S., and Westcot D.W. 1985. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29 Rev.1. FAO: Rome, Italy.
- 3- Bilski J.J., and Foy C.D. 1988. Differential tolerances of weed species to aluminum, manganese and salinity, Journal of Plant Nutrition, 11: 93-105.
- 4- Datta K.K., Sharma V.P., and Sharma D.P. 1998. Estimation of a production functions for wheat under saline

- conditions, *Agricultural Water Management*, 36: 85-94.
- 5- Doorenbos J., and Kassam A.H. 1979. Yield response to water, *Irrigation and Drainage Paper* 33. FAO: Rome, Italy.
 - 6- Forcella F. 1985. Spread of kochia in the northwestern United States, *Weeds Today* 16: 4-6.
 - 7- Hanks R.J. 1982. Predicting Crop Production as Related to Drought Stress under Irrigation, *Utah State University Research Report No. 65*: Logan, Utah, p. 367.
 - 8- Homae M., Dirksen C., and Feddes R.A. 2002. Simulation of root water uptake: I. Non-uniform transient salinity using different macroscopic reduction functions, *Agricultural Water Management*, 57: 89-109.
 - 9- Kiani A.R., and Abbasi F. 2009. Assessment of the water-salinity crop production function of wheat using experimental data of the Golestan province, Iran, *Irrigation and Drainage*, 58: 445-455.
 - 10- Letey J., Dinar A., and Knapp K.C. 1985. Crop-water production function model for saline irrigation waters, *Soil Science Society of American Journal*, 49: 1005-1009.
 - 11- Maas E.V. 1986. Salt tolerance of plants, *Applied Agric. Res.* 1: 12-26.
 - 12- Meiri A. 1984. Plant response to salinity: experimental methodology and application to the field. *Soil salinity under Irrigation, Process and Management, Ecological Studies* 51.
 - 13- Rhoades J.D., Kandidah A., and Mashali A.M. 1992. The use of saline waters for crop production, *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 48* FAO:Rome, Italy.
 - 14- Russo D. and Bakker D. 1986. Crop water production function for sweet corn and cotton irrigated with saline waters, *Soil Science Society of American Journal*, 51: 1554-1562.
 - 15- Shannon M.C. 1997. Adaptation of plants to salinity, *Advance in Agronomy*, 60: 75-120.
 - 16- Solomon K.H. 1985. Water-salinity- production function. *Transactions of the ASAE* 28: 1975-1980.
 - 17- Tanji K.K. 1990. *Agricultural Salinity Assessment and Management*, New York, N.Y.: ASCE.
 - 18- Vaux H.J.J. and Pruitt W.V. 1983. Crop -water production functions, In: Hillel, D. (Ed.), *Advances in Irrigation*. Academic Press. Inc.: New York.
 - 19- Whitson T.D., Burrill L.C., Dewey S.A., Cudney D.W., Nelson B.E., Lee R.D., and Parker R. 1991. *Weeds of the West*, West. Soc. Weed Sci. and Univ. Wyoming, Laramie, WY.

Water-Salinity Production Function of Kochia in the North of Golestan

M. Salehi^{1*}- M. Kafi²- A. Kiani³

Received:5-3-2011

Accepted:2-10-2011

Abstract

In order to optimize the water management in agriculture in semi arid and arid conditions water-salinity function should be evaluated. In order to evaluate salinity and deficit irrigation two experiments were conducted in 2008 and 2009. Kochia was grown with six levels of saline water (1.5, 7, 14, 21, 28, and 35 dS/m) and three levels of applied water (25, 75, and 125 percent of the water requirement) in 2008 and four levels of applied water (50, 75, 100, and 125 percent) in 2009. Data were analyzed using linear, quadratic, Cobb-Douglas and transcendental functions. Results showed that quadratic function estimated yield better under salinity and water stress. Marginal rate of technical substitution showed that water salinity and water supply can be substituted with the other in a wide range in order to achieve equal amount of yield. Marginal production of water quantity and quality were 6.7 and 154 kg.ha⁻¹ in 2008 and 4.8 and -511 kg.ha⁻¹ in 2009, respectively.

Keywords: Production function, Halophyte, Water quality, Water quantity

1-Researcher of National Salinity Research Center

(*-Corresponding Author Email: salehimasomeh@gmail.com)

2- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

3- Associate Professor of Agricultural and Natural Resources, Research Center of Golestan