

## تعیین تابع برتر آب - شوری - عملکرد در دو رقم پنبه

محمدحسین نجفی مود<sup>۱\*</sup> - امین علیزاده<sup>۲</sup> - کامران داوری<sup>۳</sup> - محمد کافی<sup>۴</sup> - علی شهیدی<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۱/۲۴

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱/۲۷

### چکیده

این طرح به منظور تعیین تابع برتر آب - شوری - عملکرد دو رقم پنبه ورامین و خرداد در شرایط اقلیمی بیرجند اجرا گردید و در آن توابع به فرمهای خطی ساده، کاب داگلاس، درجه دوم و متعالی مورد استفاده قرار گرفتند. پس از تعیین ضرایب مورد نیاز، به منظور مقایسه و ارزیابی این مدلها از آماره‌های  $t$ ،  $F$ ، استیوودنت و پنج شاخص آماری ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)<sup>۶</sup>، ضریب تعیین (CD)<sup>۷</sup>، بازده مدل (EF)<sup>۸</sup>، خطای بیشینه (ME)<sup>۹</sup> و ضریب مقدار باقیمانده (CRM)<sup>۱۰</sup> استفاده گردید. نتایج بدست آمده در مورد هر دو رقم پنبه ورامین و خرداد نشان دادند تابع درجه دوم می تواند به عنوان تابع برتر آب - شوری - عملکرد نسبت به سایر توابع در منطقه اقلیمی بیرجند معرفی شود.

**واژه های کلیدی:** پنبه، تابع تولید، شوری آب آبیاری، کم آبیاری

### مقدمه

عملکرد را در سطوح مختلف مصرف نهاده نسبت به مقدار نهاده، تولید نهایی، ارزش تولید نهایی هر یک از عوامل محاسبه نمود (۳۳). به نقل از کیانی، به طور کلی توابع تولید به دو روش برآورد می شوند. یکی از این روشها استفاده از مدل های نظری و تجربی است، که ناشی از فرآیندهای منحصربه فرد آب و محصول است. اصولاً کمیت پارامترها در این روش از اندازه گیری مستقیم به دست می آید. دومین روش، برآورد توابع تولید با استفاده از روش های آماری مبتنی بر مشاهداتی همچون سطح تغییرات عملکرد، کمیت و کیفیت آب کاربردی و شوری خاک می باشد (۲۴). همچنین در منابع مختلف تعاریف متفاوتی برای توابع تولید ارائه شده است. برخی رابطه بین عملکرد و تبخیر و تعرق فصلی و برخی دیگر رابطه عملکرد و آب مصرفی را تابع تولید خوانده اند (۳۳). تابع تولید آب - محصول رابطه بین عملکرد یک محصول با کمیت و کیفیت آب و سایر متغیرهای مؤثر را بیان میکند. این توابع هم چنین می توانند در ارزیابی امکان استفاده از آب های شور مورد استفاده قرار گیرند (۳۵). برای درک بهتر رابطه آب و رشد گیاه، تلاش های زیادی به منظور مدل سازی صورت گرفته است و در این راستا، از دیدگاه کاربردی مدل هایی مورد نیاز هستند که اولاً بتوانند عملکرد گیاه را به طور دقیق نسبت به سطح فراهم بودن آب ارتباط دهند و ثانیاً ساده بوده و نیازمند داده های اقلیمی، آب، خاک و گیاه قابل دسترس باشند (۳۳). یافتن رابطه عملکرد و آب مصرفی از جنبه های مختلف از جمله پیش بینی عملکرد در شرایط خاص مصرف آب، پیش بینی عملکرد در شرایط کاهش عمدی تخصیص آب برای گیاه و تعیین مرحله رشد گیاه در شرایط

روابط بین خاک، آب، گیاه و اقلیم عموماً پیچیده بوده و شامل فرآیندهای بیولوژیک، فیزیولوژیک و شیمیایی است. به همین دلیل برای بیان رابطه کمی بین عملکرد گیاه و عوامل تولید، از تابع تولید استفاده می شود (۳۲). تابع تولید یک رابطه ریاضی بین عملکرد محصول و نهاده های مصرفی در فرآیند تولید است. به عبارت دیگر این توابع نرخ تبدیل عوامل تولید، به تولید را مشخص می کنند. برای تخمین توابع تولید می توان از داده های آماری حاصل از مشاهدات مزرعه ای یا طرح های آزمایشی کنترل شده استفاده نمود (۳۳). معمولاً تابع تولید را بر حسب تعداد اندکی از عوامل متغیر و در عین حال تحت کنترل، برآورد می کنند. با تخمین تابع تولید می توان مقادیر

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و مربی دانشگاه بیرجند

(\*- نویسنده مسئول: Email: mhnajafi2002@yahoo.com)

۲ و ۳- استاد و دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد  
۵- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

- 6 - Root Mean Square Error
- 7 - Coefficient of Determination
- 8 - Modeling Efficiency
- 9 - Maximum Error
- 10 - Coefficient of Residual Mass

و (۲۳). پنبه بطور وسیعی در دنیا کشت شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گیاه یکی از مهم‌ترین گیاهان صنعتی است که در اقلیم‌های متفاوتی توانایی تولید محصول را دارا می‌باشد. اهمیت محصول استراتژیک پنبه در تأمین بخشی از نیاز واحدهای نساجی و روغن خوراکی است. پنبه هم‌چنین از جمله محصولات کشاورزی مقاوم به شرایط شوری آب و خاک می‌باشد. از طرف دیگر با توجه به شرایط بیابانی بیرجند که در آن بارندگی کم و متوسط سالیانه آن حدود ۱۷۵ میلی‌متر است، اراضی زیادی وجود دارد که قابل کشت و زرع بوده، ولی به‌خاطر کمبود منابع آب و یا کیفیت نامناسب آب (شور)، به صورت بایر رها شده‌اند، بنابراین باید به دنبال راهکاری بود که با حفظ شرایط پایدار در منابع آب و خاک منطقه، از لحاظ اقتصادی موجب توسعه کشاورزی شود (۷). این تحقیق نیز در همین راستا و به منظور تعیین تابع آب - شوری - عملکرد دو رقم پنبه ورامین و خرداد در منطقه اقلیمی بیرجند در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ طراحی و اجرا گردید.

### مواد و روش‌ها

برای تعیین تابع برتر آب-شوری-عملکرد، از داده‌های آماری به‌دست آمده از اجرای طرح پژوهشی بررسی تأثیر شوری و مقادیر آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم پنبه در شرایط اقلیمی بیرجند استفاده گردید. طرح آزمایشی مورد نظر، کرت‌های خرد شده بصورت فاکتوریل بود که در آن سطوح مختلف شوری ( $S_1$ ،  $S_2$  و  $S_3$  به ترتیب معادل  $2/2$ ،  $5/5$  و  $8/3$  دسی زیمنس بر متر)، به عنوان کرت‌های اصلی و دو رقم پنبه (ورامین  $V_1$  و خرداد  $V_2$ ) و چهار سطح عمق آب آبیاری ( $I_1$ ،  $I_2$ ،  $I_3$  و  $I_4$  به ترتیب معادل ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد عمق آب مورد نیاز گیاه)، به عنوان کرت‌های فرعی در سه تکرار در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ اجرا گردید. شکل توابع تحت بررسی، به فرم‌های خطی ساده، کاب داگلاس، درجه دوم و متعالی بودند که به‌صورت زیر ارائه شده‌اند (۷ و ۸).

الف) فرم خطی ساده

$$y = a_0 + (a_1 \cdot I) + (a_2 \cdot EC_w) \quad (1)$$

ب) فرم کاب داگلاس<sup>۱</sup>

$$y = a_0 \cdot I^{a_1} \cdot EC_w^{a_2} \quad (2)$$

ج) فرم درجه دوم

$$y = a_0 + (a_1 \cdot I) + (a_2 \cdot I^2) + (a_3 \cdot EC_w) + (a_4 \cdot EC_w^2) + (a_5 \cdot I \cdot EC_w) \quad (3)$$

د) فرم متعالی<sup>۲</sup>

$$y = a_0 \cdot I^{a_1} \cdot EC_w^{a_2} \cdot \exp((a_3 \cdot I) + (a_4 \cdot EC_w)) \quad (4)$$

اجباری کم‌آبایی اهمیت دارد (۳۲). بسیاری از پژوهشگران تلاش کرده‌اند روابطی ساده بین مقدار آب مصرفی و عملکرد بیانند تا در عمل بتوان از آن‌ها به آسانی استفاده کرد (۱۱). اغلب چنین معادلاتی از نوع درجه دوم یا اول هستند (۲، ۶، ۸، ۱۰، ۱۶، ۲۱ و ۲۶). همبستگی عملکرد گیاه با میزان ET در طول فصل رشد در گزارشات متعددی بیان شده است (۱۱ و ۱۲). در برخی از منابع این رابطه خطی (۱۵) و در بعضی دیگر بصورت منحنی - خطی (۱۱، ۱۳، ۱۴ و ۲۲) و در جایی دیگر غیر خطی (۳۴) آمده است. تابع تولید آب - شوری، نیز شکل خاصی از تابع تولید است، که در آن تمامی عوامل مؤثر بر تولید به‌جز ویژگی‌های کمی و کیفی آب و خاک، ثابت در نظر گرفته شده و در نتیجه بخش اعظم تغییرات مربوط به تولید، به تغییرات این عوامل نسبت داده می‌شود. این نوع توابع در واقع بیان ریاضی رابطه میان تولید محصول و مقادیر مختلف عمق آب آبیاری و خصوصیات کیفی آب و خاک می‌باشد. با برآورد این تابع می‌توان به‌طور کمی تأثیر نسبی هر یک از متغیرهای مستقل یاد شده را بر تغییرات تولید و درآمد محصول، محاسبه و تعیین نمود (۸). مطالعات زیادی نیز در زمینه بررسی تأثیر توأم تنش‌های شوری و خشکی روی گیاهان مختلف صورت پذیرفته است. از جمله در بررسی مدل‌های مختلف بین عملکرد و تنش‌های ذکر شده، تابع غیر خطی درجه دوم به‌عنوان مدل بهینه برای نشان دادن رابطه بین عملکرد با تنش‌های شوری و خشکی، معرفی شده است (۲۵، ۲۹ و ۳۰). هم‌چنین تعیین رابطه بین عملکرد و تنش ناشی از شوری و مقدار آب آبیاری، برای فلفل (۲۷)، گندم (۲۵ و ۳۱)، لوبیا (۲۸) و جو (۱۹)، ذرت و پنبه (۲۹)، گندم و خردل (۹) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در بررسی اثر مقدار آب آبیاری بر عملکرد گندم در شوری‌های مختلف آب در آبیاری بارانی به تابع تولید درجه دوم به‌دست آمد (۴). هم‌چنین ذولفقاران و شهبازی (۳) نیز تابع کاب داگلاس را بهترین تابع تولید برای چغندر قند تشخیص دادند. کیانی و عباسی (۲۰) تابع متعالی را به عنوان بهترین تابع تولید آب-شوری در گندم معرفی کردند. پس از تعیین توابع تولید آب شوری عملکرد، آنالیز حساسیت آماری نیز انجام می‌گردد. آنالیز حساسیت راهکاری است که طی آن تغییرات میزان خروجی مدل (نتایج پیش‌بینی مدل نسبت به داده‌های ورودی مدل) بررسی و ارزیابی می‌گردد. چنانچه تغییرات داده‌های ورودی تأثیر کمی بر مقادیر پیش‌بینی مدل داشته باشد، می‌توان استنباط نمود که داده‌های ورودی تأثیر اندکی بر نتایج دارند و در نتیجه از خطای حاصل از اندازه‌گیری داده‌ها در مزرعه و یا آزمایشگاه چشم‌پوشی نمود. هم‌چنین در صورت تأثیرپذیری بیش از حد مقادیر خروجی مدل از داده‌های ورودی، باید آن داده را با دقت بیشتری اندازه‌گیری و یا برآورد نمود، در غیر این صورت باید انتظار خطای فاحشی را داشت. برای ارزیابی اعتبار توابع به‌دست آمده، از تحلیل خطاهای باقیمانده و اختلاف بین مقادیر اندازه‌گیری و پیش‌بینی استفاده می‌کنیم (۱۷، ۱۸)

1- Cobb-Douglas

2- Transcendental

بیشتر و یا کمتر از حد مدل در مقایسه با مقادیر متناظر اندازه گیری شده چقدر است. CD بیانگر نسبت پراکندگی میان مقادیر شبیه سازی شده به پراکندگی مقادیر اندازه گیری شده است. ME نشان دهنده چگونگی اجرای مدل است و مقدار زیاد آن بیانگر کارکرد ضعیف مدل می باشد. CRM نیز تمایل مدل در برآورد بیشتر یا کمتر از مقادیر اندازه گیری شده را نشان می دهد. چنانچه مقدار این پارامتر منفی شود بیانگر تمایل مدل به برآوردهایی بیشتر از مقادیر اندازه گیری شده، می باشد. اگر چنانچه تمامی مقادیر پیش بینی شده با مقادیر اندازه گیری شده برابر شوند، آنگاه شاخص های CD, RMSE, ME, EF, CRM به ترتیب برابر صفر، یک، یک، صفر و صفر خواهند بود (۸، ۱۷ و ۱۸).

### نتایج و بحث

نتایج برآورد توابع تولید برای هر یک از ارقام پنبه ورامین و خرداد به شکل زیر می باشند.

در این توابع  $y$  بیانگر عملکرد بر حسب کیلوگرم در هکتار،  $I$  نشان دهنده عمق آب آبیاری بر حسب سانتی متر،  $EC_w$  عبارت از هدایت الکتریکی آب آبیاری بر حسب دسی زیمنس بر متر و  $a$  ضرایب معادله می باشند. پس از تعیین ضرایب مورد نیاز، به منظور مقایسه و ارزیابی این مدل ها از پنج شاخص آماری ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب تعیین (CD)، بازده مدل (EF)، خطای بیشینه (EM) و ضریب مقدار باقیمانده (CRM) استفاده گردید (۸، ۱۷، ۱۸ و ۱۳).

$$RMSE = \left( \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n} \right)^{1/2} \times \left( \frac{100}{\bar{O}} \right) \quad (5)$$

$$CD = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{O})^2} \quad (6)$$

$$EF = \frac{(\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 - \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2)}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (7)$$

$$ME = \max |O_i - P_i| \quad (8)$$

$$CRM = \frac{(\sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n P_i)}{\sum_{i=1}^n O_i} \quad (9)$$

در این توابع  $O$  و  $P$  به ترتیب مقدار عملکرد مشاهده شده و پیش بینی شده از هر تیمار،  $\bar{O}$  متوسط عملکرد اندازه گیری شده و  $n$  تعداد مشاهدات می باشند. MSER مشخص می کند که برآورد

#### توابع تولید و ش پنبه ورامین

فرم خطی ساده

$$y = (977.6129) + (18.8819 \times I) - (126.0376 \times EC_w) \quad (10)$$

فرم خطی لگاریتمی (کاب داگلاس)

$$y = (-3416.0854) + (1401.9845 \times \ln(I)) - (547.7519 \times \ln(EC_w)) \quad (11)$$

فرم درجه دوم

$$y = (-1330.6051) + (73.9980 \times I) + (36.1083 \times EC_w) - (0.3233 \times I^2) - (7.8970 \times EC_w^2) - (1.0421 \times I \times EC_w) \quad (12)$$

فرم متعالی

$$y = (-10258) - (28.6055 \times I) - (206.9184 \times EC_w) + (3438.4155 \times \ln(I)) + (368.5757 \times \ln(EC_w)) \quad (13)$$

#### توابع تولید و ش پنبه خرداد

فرم خطی ساده

$$y = (409.2336) + (19.8311 \times I) - (77.7178 \times EC_w) \quad (14)$$

فرم خطی لگاریتمی (کاب داگلاس)

$$y = (-4173.2532) + (1452.4158 \times \ln(I)) - (350.5179 \times \ln(EC_w)) \quad (15)$$

$$y = (-1025.8300) + (59.5534 \times I) - (73.3710 \times EC_w) - (0.2343 \times I^2) + (4.8209 \times EC_w^2) - (0.7119 \times I \times EC_w) \quad (16)$$

فرم متعالی

$$y = (-7315.9404) - (13.5683 \times I) - (28.3424 \times EC_w) - (2418.3453 \times \ln(I)) - (225.005 \times \ln(EC_w)) \quad (17)$$

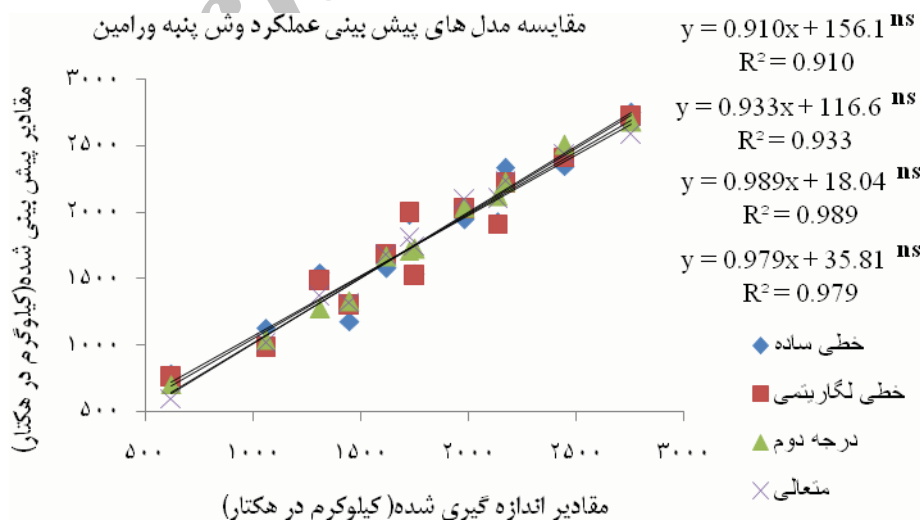
نسبت به ۳ تابع دیگر دارد. حداقل مقدار عددی شاخص RMSE نیز مربوط به تابع درجه دوم است و نشان‌دهنده این است که این تابع در مجموع با کمترین اختلاف، عملکرد را نسبت به مقدار واقعی برآورد کرده است، همچنین با توجه به مقدار منفی و بسیار نزدیک به صفر CRM در این تابع، می‌توان دید در نزدیک به ۵۰ درصد موارد، مقدار عملکرد را بیشتر از مقدار واقعی آن بر آورد می‌کند. ضمناً ضریب تعیین CD و کارایی مدل EF نیز نشان می‌دهد که تابع درجه دوم نسبت به سایر توابع در مرتبه اول قرار دارد. همچنین مقادیر بالای ضریب تعیین (۰/۹۸۹) و کارایی مدل (۰/۹۸۹) نیز بیانگر قاطعیت و کارایی بالای این مدل در برآورد مقادیر مورد نظر می‌باشد. علاوه بر اینها آماره F به ترتیب در توابع خطی ساده، کاب داگلاس، درجه دوم و متعالی برابر ۴۵/۳، ۴۹/۹، ۲۳/۵ و ۲۹ می‌باشند. مقایسه این پارامتر نیز حاکی از برتری نسبی مدل درجه دوم نسبت به سایر توابع در برآورد عملکرد و ش پنبه ورامین می‌باشد. بنابراین با توجه به نتایج فوق و در نظر گرفتن رتبه نهایی می‌توان گفت، تابع درجه دوم می‌تواند به عنوان تابع برتر تولید و ش در شرایط توأم شوری و کم‌آبیری برای پنبه ورامین در منطقه بیرجند معرفی گردد.

### مقایسه و ارزیابی توابع تولید و تعیین تابع برتر تولید

آب - شوری - عملکرد و ش

#### پنبه رقم ورامین

نمودار خط رگرسیون مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده در شکل ۱ و همچنین پارامترهای آماری مورد نیاز برای ارزیابی اعتبار توابع به‌دست آمده در مورد عملکرد و ش پنبه رقم ورامین در جدول ۱ ارائه گردیده‌اند. بررسی ضرایب تعیین معادلات خطوط رگرسیون رسم شده و همچنین آماره t استیودنت مندرج در این نمودار، نشان می‌دهند که کلیه توابع مورد مطالعه توانسته‌اند برآورد قابل قبولی از مقدار عملکرد و ش پنبه رقم ورامین داشته باشند. بنابراین در مرحله بعد نسبت به رتبه‌بندی و تعیین تابع برتر در بین آنها اقدام گردید. همانطور که از جدول ۱ مشخص است، بر اساس رتبه‌بندی نهایی تابع درجه دوم به عنوان تابع برتر نسبت به سایر توابع شناخته می‌شود. پس از آن توابع متعالی، خطی لگاریتمی و خطی ساده در رتبه‌های دوم الی چهارم قرار گرفته‌اند. با توجه به اینکه هر چه مقادیر ME بزرگتر باشند، نشان دهنده عملکرد ضعیف‌تر مدل در برآورد مقدار عملکرد محصول است، بنابراین از جدول می‌توان دید که تابع درجه دوم با کمترین مقدار ME بهترین بر آورد را از میزان عملکرد و ش،



شکل ۱- نمودار خط رگرسیون مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده عملکرد و ش پنبه ورامین

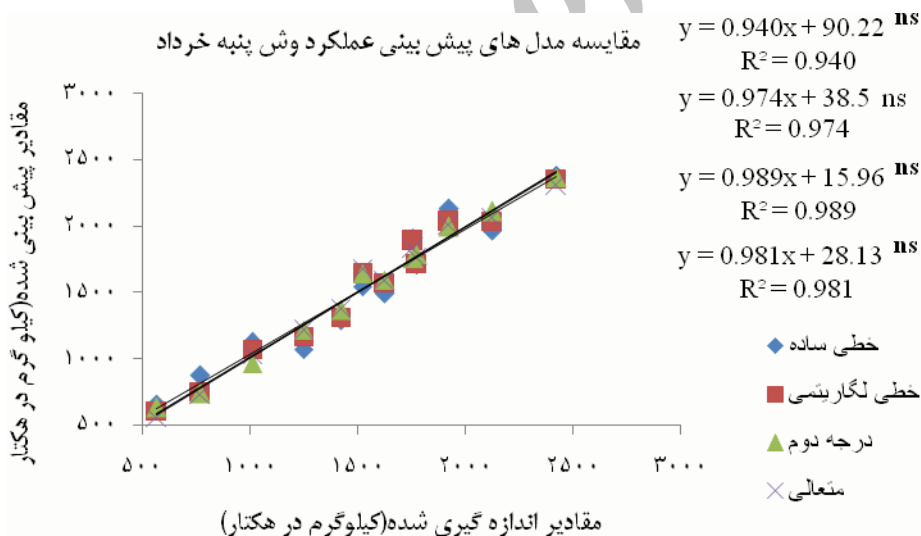
جدول ۱- پارامترهای آماری محاسبه شده برای ارزیابی اعتبار توابع تولید و ش پنبه رقم ورامین

رتبه نهایی	میانگین رتبه ها	CRM	EF	CD	RMSE	ME	نوع تابع
۴	۳/۸	۰/۰۰۰۴۷(۴)	۰/۹۰۵ (۴)	۰/۹۲۱ (۴)	۱۰ (۴)	۲۷۰ (۳)	خطی ساده
۳	۲/۸	-۰/۰۰۰۰۰۶۲ (۱)	۰/۹۳۳ (۳)	۰/۹۳۳ (۳)	۸ (۳)	۲۷۳ (۴)	خطی لگاریتمی
۱	۱/۲	-۰/۰۰۰۰۰۳۷ (۲)	۰/۹۸۹ (۱)	۰/۹۸۹ (۱)	۳ (۱)	۱۱۸ (۱)	درجه دوم
۲	۲/۲	۰/۰۰۰۳۸ (۳)	۰/۹۷۹ (۲)	۰/۹۷۹ (۲)	۵ (۲)	۱۷۲ (۲)	متعالی

### پنبه رقم خرداد

منطقه بیرجند معرفی شود. همانطور که این جدول نشان می دهد تابع درجه دوم دارای کمترین مقدار آماره های  $RMSE$ ,  $ME$  می باشد که این امر بیانگر کارکرد قوی این مدل در برآورد عملکرد است. علاوه بر این آماره ضریب تعیین ( $CD$ ) و کارایی مدل ( $EF$ ) نیز بیانگر کارایی بهتر تابع درجه دوم نسبت به سه تابع دیگر است. همچنین مقادیر بالای ضریب تعیین ( $0/99$ ) و کارایی مدل ( $0/989$ ) حاکی از قاطعیت و کارایی بالای این مدل در برآورد مقادیر مورد نظر می باشد. از طرف دیگر با توجه به اینکه آماره  $F$  به ترتیب در توابع خطی ساده، کاب داگلاس، درجه دوم و متعالی برابر  $35/1$ ،  $31/6$ ،  $13/4$  و  $16/8$  می باشد، می توان گفت تابع درجه دوم نسبت به سایر توابع از برتری نسبی برخوردار است.

نمودار خط رگرسیون مقادیر اندازه گیری شده و پیش بینی شده در شکل ۲ و همچنین پارامترهای آماری مورد نیاز برای ارزیابی اعتبار توابع به دست آمده در مورد عملکرد و ش پنبه رقم خرداد در جدول ۲ ارائه گردیده اند. بررسی ضرایب تعیین معادلات خطوط رگرسیون رسم شده و همچنین آماره  $t$  استیودنت مندرج در این نمودار، نشان می دهند که کلیه توابع مورد مطالعه توانسته اند برآورد قابل قبولی از مقدار عملکرد و ش پنبه رقم خرداد داشته باشند. به همین دلیل در مرحله بعد نسبت به رتبه بندی و تعیین تابع برتر در بین آنها اقدام گردید. نتایج جدول ۲ حاکی از آن است که معادله درجه دوم با کسب رتبه نهایی ۱ می تواند به عنوان تابع تولید برتر برای پنبه رقم خرداد در



شکل ۲- نمودار خط رگرسیون مقادیر اندازه گیری شده و پیش بینی شده عملکرد و ش پنبه رقم خرداد

جدول ۲- پارامترهای آماری محاسبه شده برای ارزیابی اعتبار توابع تولید و ش پنبه رقم خرداد

رتبه نهایی	میانگین رتبه ها	CRM	EF	CD	RMSE	ME	نوع تابع
۴	۳/۴	۰/۰۰۰۰۷ (۱)	۰/۹۴۱ (۴)	۰/۹۴۰ (۴)	۸ (۴)	۲۰۹ (۴)	خطی ساده
۳	۲/۸	۰/۰۵۹ (۳)	۰/۹۷۴ (۳)	۰/۹۴۲ (۳)	۵ (۳)	۱۳۳ (۲)	خطی لگاریتمی
۱	۱/۲	۰/۰۰۰۰۲ (۲)	۰/۹۸۹ (۱)	۰/۹۹۰ (۱)	۳	۱۲۰	درجه دوم
۲	۲/۶	۰/۰۹۷ (۴)	۰/۹۸۱ (۲)	۰/۹۸۱ (۲)	۴	۱۵۸	متعالی

در مجموع نتایج بدست آمده در مورد هر دو رقم پنبه رقم ورامین و خرداد نشان می دهند تابع درجه دوم می تواند به عنوان تابع برتر در بر آورد عملکرد در منطقه اقلیمی بیرجند معرفی شود. نتایج برخی از تحقیقات انجام شده در این زمینه نیز حاکی از این است که تابع درجه دوم تطابق مطلوبتری نسبت به سایر توابع در بر آورد عملکرد محصول دارد. روسو و باکر (۲۹)، وریس و همکاران (۳۶)، سپاسخواه و اکبری (۳۰)، وانگ و همکاران (۳۷) از جمله محققینی بودند که تابع درجه دوم را بعنوان، مدلی برای بر آورد عملکرد پنبه معرفی کرده اند. نتایج پژوهش امامی و همکاران (۱) نیز نشان داد که رابطه بین عملکرد با آب مصرفی از نوع درجه دوم و با تبخیر و تعرق خطی می باشد. نتایج تحقیقات انجام شده دیگری نیز حاکی از معرفی تابع درجه دوم به عنوان تابع برتر تولید محصول گندم در شرایط اقلیمی بیرجند می باشد (۷).

### نتیجه گیری

نتایج بدست آمده در مورد هر دو رقم پنبه ورامین و خرداد نشان می دهند تابع درجه دوم می تواند به عنوان تابع برتر در بر آورد عملکرد در منطقه اقلیمی بیرجند معرفی شود.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از حوزه معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه فردوسی مشهد بابت تامین هزینه مالی انجام این پژوهش سپاسگزاری می گردد.

### منابع

- ۱- امامی ا، قهرمان ب، داوری ک، هاشمی نیا م. و تمسکی س. ۱۳۸۷. تعیین تابع تولید و ضریب حساسیت محصول به آب برای سه رقم پنبه در منطقه گرگان. مجله آب و خاک. ۲۲: ۳۰۵-۲۹۵.
- ۲- حقایقی مقدم س ا. و شیرانی راد ا.ح. ۱۳۸۶. بررسی اثر مقادیر آب آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب ارقام کلزا. مجموعه مقالات نهمین سمینار سراسرس آبیاری و کاهش تبخیر. دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- ۳- ذولفقاران ا. و شهبازی ح. ۱۳۸۶. بر آورد عملکرد چغندر قند در مقادیر متفاوت آب و شوری، مجموعه مقالات نهمین سمینار سراسرس آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- ۴- ذولفقاران ا. ۱۳۸۶. بررسی اثر مقدار آب آبیاری بر عملکرد گندم در شوری های مختلف آب در آبیاری بارانی، مجموعه مقالات نهمین سمینار سراسرس آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- ۵- زمانی غ، کشکولی ح.ع، شهیدی ع. و قریشی س.ع. ۱۳۸۶. اثرات شوری و رژیم های مختلف آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد پروتئین دانه در دو رقم گندم. پژوهش کشاورزی. ۷: ۶۶-۵۵.
- ۶- شایان نژاد م. ۱۳۸۶. بررسی حساسیت گندم پاییزه به کم آبیاری در شهر کرد. مجموعه مقالات نهمین سمینار سراسرس آبیاری و کاهش تبخیر. دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- ۷- شهیدی ع. ۱۳۸۷. اثر بر هم کنش کم آبیاری و شوری بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام گندم با تعیین تابع تولید آب و شوری در منطقه بیرجند. پایان نامه دکتری.
- ۸- کیانی ع، همایی م. و میرلطیفی م. ۱۳۸۵. ارزیابی توابع کاهش عملکرد گندم در شرایط توام شوری و کم آبی. علوم خاک و آب. ۲۰(۱): ۸۰-۷۳.
- 9- 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 Agr. Economics, 55:26-37.
- 10- De Wit C.T. 1958. Transpiration and crop yields. Versal. Landbouwk. Onderz. 64.6. prodoc. Wageningen. pp.88.
- 11- Doorenbos J., and Kassam A.H. 1979. Yield response to water. Irrigation and Drainage paper No.33. FAO. Rome.
- 12- Doorenbos J., and Pruitt W.O. 1977. Crop water requirements. Irrigation and Drainage paper No.24. FAO. Rome.
- 13- Grimes D.W., Yamada H., and Dirksen W.L. 1961. Functions for cotton production from irrigation and nitrogen fertilizer variable. I: Yield and evapotranspiration. Agron. J. 61(5):769-773.
- 14- Gulati H.S., and Murty V.V.N. 1979. A model for optimal allocations of canal water based on crop production function. Agriculture Water Management. 2(1):79-91.
- 15- Hagan R.M., and Stewart J.I. 1973. Water deficit irrigation design and programming. J. Irrigation and Drainage. ASCE. 98(2): 215-237.
- 16- Hanks R.J., Gardner H.R., and Florin R.L. 1969. Plant growth evapotranspiration relation for several crops in

- central Great plains. *Agron. J.*61:30-34
- 17- Homae M., Direksen C., and Feddes R.A. 2002a. Simulation of root and water uptake. I: Non – uniforme transient salinity using different macroscopic reduction function. *Agric. Water Management.*57:89-109.
- 18- Homae M., Feddes R.A., and Direksen C. 2002b. Simulation of root and water uptake, II: Non – uniforme transient water stress using different macroscopic reduction function. *Agric. Water Management.*57:111-126.
- 19- Jensen C.R. 1982. Effect of soil water osmotic potential on growth and water relationship of bereley during soil water depletion, *Irrig. Sci.*, 3:111-121.
- 20- Kiani A. R., Abbasi F. 2009. Assessment of the water-salinity crop production function of wheat using experimental data of the goleatan province, Iran. *Irrigation and Drainage*, 58: 445-455
- 21- Kipkorir K.K., Reas D., and Massawe B. 20002. Seasonal water production functions and yield response factors for maize and onion in perkerra. Kenya. *Agric. Water Manage.* 56:229-240.
- 22- Khanjani M.J., and Busch J.R. 1982. Optimal irrigation water use from probability and cost benefit analysis. *TRANS. of the ASAE.*25(4):961-965.
- 23- League K., and Green R.E. 1999. Statistical and graphical methods for evaluating solutetransport models: overview and application *J. Contaminant Hydrology.*7:51-73.
- 24- Letey J., Dinar A., and Keith C. 1985. Crop-water production function model for saline irrigation waters. *Soil Sci. Am.*J.49:1005-1009.
- 25- Li J., Inanaga S., Li Z., and Eneji E. 2005. Optimizing irrigation scheduling for winter wheat in the North China Plain. *Agriculture Water Management.*76:8-23.
- 26- Liu W.Z., Hansaker D.J., Li Y.S., Xie X.Q., and Wall G.W. 2002. Interrelations of yield, evapotranspiration and water use efficiency from marginal analysis of water production functions. *Agric. Water Manage.*56:143-151.
- 27- 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.
- 28- 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.
- 29- Russo D., and Bakker D. 1986. Crop water production functions for sweet corn and cotton irrigated with saline waters. *Soil Science Society American J.*51:1554-1562.
- 30- Sepaskhah A.R., and Akbari D. 2005. Deficit Irrigation Planning under Variable Seasonal Rainfall. Published by Elsevier Ltd. *Biosystems Engineering.*92(1):97-106.
- 31- Sepaskhah A.R., and Boresma L. 1979. Shoot and root growth exposed to several levels of matric potential and NACL induced osmotic potential of soil water. *Agronomy Journal.*71:746-7512.
- 32- Solomon K. 1985. Typical crop water production functions. *Agricultural Engineers Paper No.*85:25-96.
- 33- Tanji K.K. 1990. *Agriculture Salinity Assessment and Management.* Am. Soc. Of Civil Engineers. New York, USA.
- 34- Tyagi N.K., Sharma D.K., and Luthr S.K. 2000. Evapotranspiration and crop coefficient of wheat and sorghum *J. of Irrigation and Drainage Engineering.* July – Aug 2000.
- 35- Vaux H.J., Pruit W.O. 1983. Crop water production functions. PP.61-97. In: Hillel, D.(Ed.), *Advances in Irrigation, Vol.2,* Academic Press. New York.
- 36- Vories E.D., Pitts D.J., and Ferguson J.A. 1992. Sprinkler irrigation response of cotton on clay Arkansas Farm. *Research.* 41: 4-5.
- 37- Wang Y.R., Kang Sh.Zh., Li F.Sh., and Zhang L. 2007. Saline water irrigation scheduling through a crop-water-salinity production function and soil water salinity dynamic model. *Pedosphere.* 17: 303-317

## Determination of Water – Salinity Production Function for Two Cotton Cultivars

M.H. Najafi Mood<sup>1\*</sup> - A. Alizadeh<sup>2</sup>- K. Davari<sup>3</sup>- M. Kafi<sup>4</sup>- A. Shahidi<sup>5</sup>

Received:13-2-2011

Accepted:26-2-2012

### Abstract

The plan is to determine the optimum water - salt – production function for two varieties of cotton Varamin and Khordad were implemented in the climate of Birjand and The mentioned function in various forms of simple linear eq., logarithmic linear, second order quadratic eq. and transcendental in this experiment was estimated. After determining the required coefficients, In order to compare and evaluate these models, The statistics F, t student and five statistical indicators, RMSE, CD, EF, ME and CRM Was used. The results showed that for both varieties of cotton Varamin and Khordad, Quadratic production function can be superior as a function of water - salt - performance relative to other functions to be introduced in the climate of Birjand.

**Keywords:** Cotton, Production function, Irrigation water salinity, Deficit irrigation

1- PhD Student, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad and Lecture of Birjand University

(\*- Corresponding Author Email: mhnajafi2002@yahoo.com)

2,3- Professor and Associate Professor, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

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

5- Assistant Professor, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Birjand University