



عنوان مقاله:

امکان پیش بینی اثرات شوری آب بر عملکرد ارقام برنج پر محصول

نویسندگان:

رضا اسدی^۱، مهتبی رضائی^۲، ع. یوسفی فلکدهی^۳ و ا. اشرف زاده^۴

چکیده

مناطق زیادی از اراضی برنجکاری زراعی استان مازندران متأثر از شوری خاک و آب و کاهش عملکرد ناشی از آن می‌باشد. یافتن ارقام مناسب و پیش‌بینی عکس‌العمل آن در این شرایط ضروری به نظر می‌رسد. به منظور بررسی واکنش ارقام اصلاح شده به سطوح مختلف شوری و تخمین عملکرد این ارقام با استفاده از معادلات مختلف این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با دو فاکتور ارقام مختلف برنج و سطوح مختلف شوری آب در معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور- آمل به اجرا در آمد. نتایج نشان داد بین میزان عملکرد و صفات ارتفاع بوته، تعداد پنجه، در صد دانه پر شده و پر نشده در خوشه، تعداد خوشه‌ها، وزن صد دانه و طول خوشه همبستگی مثبت ولی با صفات تعداد کل پنجه و درصد ناباروری پنجه همبستگی منفی وجود دارد. همچنین با استفاده از صفات تعداد و وزن خوشه می‌توان عملکرد برنج در حالت تنش شوری آب را تخمین زد. بررسی کارایی معادلات مختلف برای تخمین عملکرد در شوری‌های مختلف نشان داد معادلات نمایی در عین سادگی محاسبات، از کارایی مناسبی برای پیش‌بینی عملکرد برنج در این شرایط برخوردارند. در مجموع معادله ویبول تخمین بهتری از عملکرد بدست خواهد داد ($R^2=0.9999$).

کلمات کلیدی: شوری، آب، برنج، عملکرد

۱- محقق موسسه تحقیقات برنج کشور

۲- محقق موسسه تحقیقات برنج کشور، نویسنده مسئول، آدرس: رشت - کیلومتر ۵ جاده تهران. کد پستی ۱۳۴۷۵-۴۱۹۹۶، صندوق پستی ۱۶۵۸،

تلفن ۰۶۶۹۰۰۵۲ - ۰۱۳۱ رایانامه: mrezaei@yahoo.com

۳- محقق موسسه تحقیقات برنج کشور

۴- استادیار دانشگاه گیلان

مقدمه

مناطق زیادی از اراضی برنجکاری استان مازندران به دلایل گوناگون از جمله همجواری با دریا از شوری خاک و آب رنج می‌برند. در حالیکه شوری آب و یا خاک باعث توقف جوانه زنی، کاهش تعداد خوشه در متر مربع، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه و شاخص برداشت و افزایش تعداد پنجه‌های نابارور و در نهایت کاهش عملکرد می‌شود (سعادت و همکاران ۸۴، و کیانی و همکاران ۸۵، اسلام و همکاران ۸۹، کاوسی ۷۴). شوری باعث کاهش وزن بوته، درصد پنجه سالم، وزن دانه در بوته و وزن دانه در خوشه می‌شود. عملکرد برنج مشابه دیگر غلات وابسته به تعداد پنجه بارور (خوشه) است (کاسانوا و همکاران ۱۹۹۹). براساس نتایج تحقیقات انجام شده ارقام محلی استان‌های شمالی شامل ارقام ۴۳۳، حسنی و دم‌سیاه در مقایسه با ارقام اصلاح شده از مقاومت بیشتری برخوردار هستند (رضوی پور ۷۸).

صرف نظر از منبع شوری آب آبیاری، شوری در دوره رشد رویشی باعث تاخیر در گلدهی و رسیدگی و کاهش تعداد پنجه و بیوماس سطح برگ و در مرحله رشد زایشی باعث کاهش تعداد خوشچه پر، خوشه بارور، وزن صد دانه و درصد باروری دانه و افزایش نسبت پنجه‌های نابارور می‌شود. اثرات این تنش بر عملکرد در شرایط هوای گرم و تبخیر زیاد بیشتر می‌شود (همایی ۸۱). ماس و هافمن (۹۷) گزارش کردند که تا هدایت الکتریکی آستانه، کاهش محصول صفر است و پس از آن معادله افت عملکرد نسبی به ازای افزایش هر واحد شوری (هدایت الکتریکی عصاره اشباع منطقه ریشه) از نوع خطی درجه یک می‌باشد. مقدار شوری آستانه برای برنج رقم محلی استان فارس $1/13 \text{ dS m}^{-1}$ گزارش شده است (سپاسخواه و یوسفی ۲۰۰۹). اما گزارشات دیگری روند تغییرات عملکرد نسبی ارقام برنج به ازای تغییرات شوری را از نوع خطی درجه دوم (کاوسی ۷۴) و در برخی از مواقع غیرخطی بیان می‌کند (استفان ۲۰۰۵). با وجود این، تاکنون در خصوص واکنش ارقام پر محصولی که در سال‌های اخیر شده توسط موسسه تحقیقات برنج کشور اصلاح و معرفی شده‌اند صورت نگرفته است. این پژوهش به منظور بررسی واکنش این ارقام به سطوح مختلف شوری و پیش‌بینی عملکرد در شوری‌های مختلف انجام شده است.

وسایل و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با دو فاکتور ارقام مختلف برنج شامل هشت رقم اصلاح شده و فاکتور سطوح مختلف شوری آب و در سه تکرار طی سال زراعی ۱۳۸۳ در معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور - آمل اجرا شد. سطوح شوری آب شامل شاهد $S0$ ($EC = 0/8 \text{ dS m}^{-1}$) و تیمارهای $S1$ ، $S2$ و $S3$ به ترتیب هدایت الکتریکی ۲، ۴ و ۶ دسی زیمنس بر متر بود. به منظور کنترل بهتر و جلوگیری از تاثیر عوامل ناخواسته این آزمایش در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. گلخانه مذکور با استفاده از پلاستیک و چوب در محوطه ایستگاه واقع در کیلومتر ۱۰ جاده آمل به بابل ایجاد شد. به منظور اجتناب از اثرات سوء افزایش دمای داخل گلخانه بر برنج چند سوراخ در بدنه گلخانه تعبیه و با بالازدن پلاستیک در مواقع آفتابی دمای داخل کنترل می‌شد. تعداد ۳ عدد نشاء که در شرایط معمولی آماده شده بودند در گلدان‌هایی به قطر و عمق ۲۵ سانتی‌متر که قبلاً از خاک زراعی محل پر شده بود نشاء شد. طی مدت ۱۰ روز پس از نشاکاری آبیاری با آب معمولی انجام گرفت. سپس اعمال تیمارهای طرح به صورت غرقاب دائم با ارتفاع ۵ سانتی متر

شروع شد. تمام مراحل زراعی به صورت معمول و کاملاً یکسان و طبق عرف منطقه انجام پذیرفت. پس از رسیدن محصول عملکرد هر گلدان بر مبنای رطوبت ۱۴ درصد اندازه‌گیری و عملکرد نسبی هر رقم بر اساس عملکرد شاهد همان رقم محاسبه و مورد بررسی قرار گرفت. به منظور بررسی دقیق‌تر تغییرات عملکرد، اجزای عملکرد نیز اندازه‌گیری و با نرم‌افزارهای Excel و SPSS بررسی شدند. برای بررسی کارایی معادلات تخمین عملکرد از پارامترهای آماری RMSE: جذر میانگین مجذور خطا، RMSE-N: جذر میانگین مجذور خطای نرمال شده و Me: متوسط خطا استفاده شد.

$$RMSE = \left(\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2 / n \right)^{0.5}$$

$$RMSE \text{ Normalised} = 100 \left(\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2 / n \right)^{0.5} / \bar{O}$$

$$Me = \sum_{i=1}^n (P_i - O_i) / n$$

pi = مقدار شبیه سازی، Oi = مقدار اندازه گیری

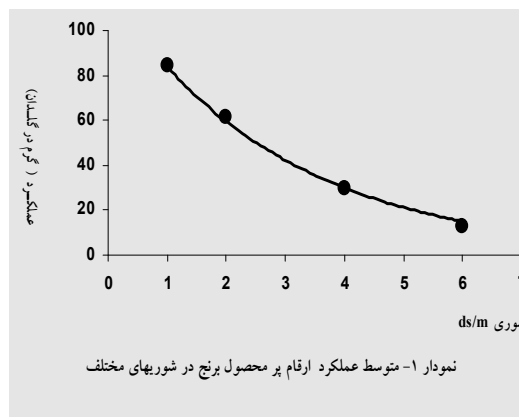
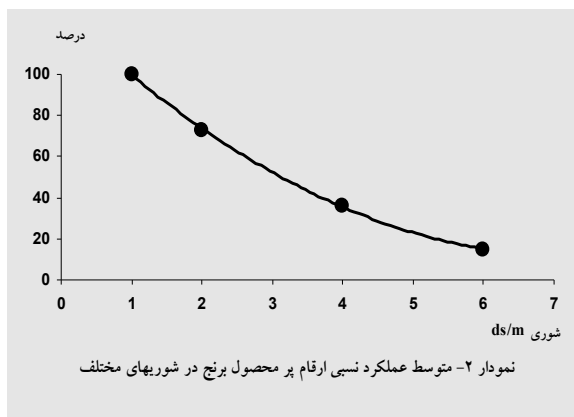
n = تعداد اندازه گیری و \bar{O} = میانگین مقادیر اندازه گیری

تحلیل و نتیجه گیری

بر اساس نتایج (نمودار ۱) بیشترین میزان عملکرد در تیمار شاهد به میزان ۸۳/۹ گرم در گلدان مشاهده گردیده است ولی با افزایش شوری آب آبیاری به شدت از میزان عملکرد کاسته و در نهایت در تیمار S3 معادل شوری ۶ ds/m به کمترین سطح می‌رسد. که می‌تواند ناشی از حساسیت ارقام اصلاح شده به شوری باشد (۲). (نمودار ۲) (رضوی پور ۷۸، زنگ ۲۰۰۰). درصد عملکرد نسبی ارقام اصلاح شده در مقایسه با شاهد در شوری‌های ۲، ۴ و ۶ دسی زیمنس بر متر به ترتیب معادل ۷۳، ۳۷ و ۱۵ درصد و به همین ترتیب افت نسبی عملکرد در تیمارهای مختلف نسبت به شاهد (نمودار ۲) به ترتیب معادل ۲۳، ۶۳ و ۸۵ درصد می‌باشد. حداکثر افت عملکرد نسبت به تیمار شاهد به میزان ۴۱ درصد در محدوده شوری ۲ ds m-1 تا ۴ ds m-1 اتفاق می‌افتد. این در حالیست که میزان افت عملکرد در هر تیمار نسبت به تیمار قبلی به ترتیب برابر ۲۳، ۵۳ و ۵۹ درصد می‌باشد. در این مورد نیز ابتدا با افزایش شوری روند افت عملکرد نسبت به تیمار قبلی زیاد شده تا اینکه در محدوده شوری ۲ تا ۴ ds m-1 به حداکثر رسیده ولی پس از آن از این روند کاسته می‌شود.

با در نظر گرفتن ۹۰ درصد عملکرد بعنوان کاهش عملکرد شوری آب آبیاری ۱/۳ ds m-1 می‌باشد. ولی میزان درصد افت عملکرد به ازای افزایش یک واحد شوری در شوری‌های مختلف تغییر می‌کند شیب خط افت عملکرد با تغییر شوری در ابتدا زیاد شده ولی رفته رفته از شیب خط کاسته می‌شود. درجه دوم بودن خط معادله عملکرد ارقام پر محصول نسبت به شوری نشان دهنده حساسیت این ارقام به تنش اسمزی و کاهش سریع عملکرد در شوری‌هایی تا حد ۴ ds m-1 می‌باشد (کاووسی ۷۴). با بررسی بیشتر این معادله مشخص می‌شود میزان عملکرد ارقام برنج پر محصول در شوری ۸ ds m-1 به حداقل ممکن تقلیل پیدا می‌کند. بررسی ماتریس همبستگی بین شوری و اجزای عملکرد و صفات اندازه‌گیری شده در این پژوهش

(جدول ۱) نشان می‌دهد تغییرات عملکرد در این آزمایش بیشتر توسط صفات تعداد خوشه، وزن خوشه تعداد دانه در خوشه، درصد ناباروری خوشه، تعداد دانه پر توجیه می‌شود. با توجه به اینکه صفت وزن خوشه در حاصلضرب تعداد دانه پر (حاصلضرب درصد باروری در تعداد کل دانه است) می‌باشد می‌توان نتیجه‌گیری نمود که تغییرات عملکرد عمدتاً تحت تاثیر دو صفت تعداد خوشه و وزن آن می‌باشد که با نتایج دیگر محققین هماهنگی دارد (کاسانوا ۲۰۰۰).



با توجه به جدول ۲، تخمین معادله کلی عملکرد در تمام شوری‌ها و صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از روش گام به گام با ورود چهار صفت تعداد خوشه، وزن یک خوشه، نسبت ناباروری پنجه و دانه‌های پوک معادله و حذف بقیه صفات اندازه‌گیری شده از جمله ارتفاع در نهایت معادله با $(R^2 = 0/871)$ ارائه شد. یکی از راه‌های آزمون عملکرد شکستن آن به اجزای عملکرد می‌باشد (کاسانوا ۲۰۰۰). بر این اساس میزان عملکرد دانه در تیمارهای مختلف را می‌توان از دو صفت تعداد سالم دانه در خوشه و وزن صد دانه تخمین زد. براساس جدول ۲ می‌توان نتیجه گرفت که دو صفت فوق به تنهایی قادر به تخمین عملکرد در شوری‌های مختلف می‌باشد $(R^2=0/85)$.

جدول ۳ معادله همبستگی نهایی با استفاده از نتایج رگرسیون مرحله‌ای روش گام به گام در شوری‌های مختلف را نشان می‌دهد در شوری 2 ds m^{-1} عملکرد با تعداد خوشه، نسبت ناباروری پنجه، طول خوشه و تعداد پنجه همبستگی بیشتری دارد. البته در رگرسیون مرحله‌ای صفات تعداد خوشه، طول خوشه و وزن خوشه وارد شده‌اند. در شوری 4 ds m^{-1} صفات تعداد خوشه و درصد باروری دانه با ضریب مثبت و نسبت ناباروری پنجه با ضریب منفی بیشتری همبستگی دارند. در حالیکه در رگرسیون مرحله‌ای تعداد خوشه، وزن خوشه و نسبت ناباروری پنجه وارد شده‌اند و در نهایت اینکه در شوری 6 ds m^{-1} میزان عملکرد همبستگی بیشتری با تعداد دانه پر در خوشه (درصد باروری دانه) و وزن خوشه دارند.

به منظور بررسی امکان تخمین عملکرد ارقام مختلف اصلاح شده در شوری‌های مختلف از چند معادله استفاده گردید. ضرائب معادلات تخمین عملکرد نسبی ارقام اصلاح شده در جدول ۴ و پارامترهای ارزیابی این معادلات در جدول ۵ و نمودار ۳ ارائه شده است. برخی از این معادلات در دو بخش شوری‌های کم (قبل از شوری آستانه) و شوری‌های زیاد خطای زیادی در تخمین را نشان می‌دهند. معادلات خطی مورد استفاده به

دلیل تخمین عملکرد کمتر از مقدار واقعی در شوری‌های زیاد مناسب نمی‌باشند. در این معادلات نقطه عملکرد صفر در شوری‌های کمتر از شوری واقعی اتفاق می‌افتد به همین منظور پیشنهاد شده است که در این مواقع از معادلات همبستگی چندگانه برای تخمین شوری استفاده گردد. به نظر می‌رسد معادلات نمایی و معادله ویبول تخمین بهتری از عملکرد را بدست خواهند داد. براساس این جداول معادله ویبول با بیشترین مقدار ضریب تنبیین و کمترین مقادیر RMS_{EN} بهترین معادله در بین معادلات مورد استفاده بوده است. همچنین معادلات مدل‌های نمایی علی‌رغم سادگی محاسبات، کارایی خوب و مناسبی در تخمین عملکرد برنج در شرایط شوری دارند. که می‌تواند بعنوان معادله ساده و مناسب برای تخمین عملکرد برنج بکار رود.

جدول ۱- ماتریس ضرائب همبستگی کلی بین صفات اندازه گیری شده

عملکرد	ارتفاع	تعداد پنجه	وزن صد دانه	طول خوشه	باروری %	دانه پر	دانه پوک	دانه در خوشه	وزن خوشه	تعداد خوشه	نا باروی پنجه
عملکرد	۰/۳۲ ^{**}	-۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۳۳ ^{**}	۰/۴۷ ^{**}	۰/۳۶ ^{**}	۰/۵۹ ^{**}	۰/۰۶۸ ^{ns}	۰/۵۹ ^{**}	۰/۶۳ ^{**}	۰/۸۰ ^{**}	-۰/۷۹ ^{**}
ارتفاع	۱	-۰/۴۲ ^{**}	۰/۱۹ ^{ns}	-۰/۰۵۵ ^{ns}	۰/۲۹ ^{**}	۰/۵۴ ^{**}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۵۶ ^{**}	۰/۵۵ ^{ns}	-۰/۲۱ ^{ns}	-۰/۲۰ [*]
تعداد پنجه		۱	-۰/۰۶ ^{ns}	۰/۲۲ [*]	-۰/۰۷ ^{ns}	-۰/۲۲ [*]	-۰/۱۱ ^{ns}	-۰/۲۶ [*]	-۰/۲۳ [*]	۰/۲۷ [*]	۰/۳۰ ^{**}
وزن صد دانه			۱	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۴۱ ^{**}	۰/۱۵ ^{ns}	-۰/۱۸ ^{ns}
طول خوشه				۱	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۲۵ [*]	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۲۸ ^{**}	۰/۲۸ ^{**}	۰/۴۸ ^{**}	-۰/۳۸ ^{**}
باروری %					۱	۰/۶۶ ^{**}	-۰/۷۵ ^{**}	۰/۳۰ ^{**}	۰/۶۰ ^{**}	۰/۱۹ ^{ns}	-۰/۱۷ ^{ns}
دانه پر						۱	-۰/۱۱ ^{ns}	۰/۹۱ ^{**}	۰/۹۵ ^{**}	۰/۲۲ [*]	-۰/۳۲ ^{**}
دانه پوک							۱	۰/۳۲ ^{**}	-۰/۰۸ ^{ns}	-۰/۰۰۶ ^{ns}	-۰/۱۱ ^{ns}
دانه در خوشه								۱	۰/۸۷ ^{**}	۰/۲۱ ^{**}	-۰/۳۵ ^{**}
وزن خوشه									۱	۰/۲۶ [*]	-۰/۳۶ ^{**}
تعداد خوشه										۱	-۰/۸۰ ^{**}
نا باروی پنجه											۱

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵ درصد ns: غیرمعنی‌دار

جدول ۲- نتایج رگرسیون مرحله ای کلی بین عملکرد و صفات اندازه گیری شده

اجزای عملکرد	معادله	R ²
	$Y=2.608PD-1.446$ تعداد خوشه : PD	۰/۶۳
	$Y=2.202PD+15.138SWE-29.821$ تعداد خوشه، وزن یک خوشه SWE	۰/۸۵
	$Y=1.628D+13.946SWE-0.267N-4.4$ تعداد خوشه، وزن یک خوشه، نسبت باروری پنجه نابارور N	۰/۸۶
	$Y=1.706D+14.367SWE-0.229N+0.164P-15.58$ تعداد خوشه + وزن یک خوشه + نسبت باروری پنجه نابارور + دانه های پوک p	۰/۸۷

جدول ۳- نتایج رگرسیون مرحله ای با استفاده از روش گام به گام در شوری های مختلف

Ec	معادله	R ²
۰/۸	Y=1.874 PD + 8.595 SWE + 33.567	۰/۷۰
۲	Y=1.893PD + 1.671 PI + 7.351SWE - 42.604	۰/۸۰
۴	Y=1.221 PD + 10.342 SWE - 0.136 N -3.004	۰/۹۱
۶	Y= 0.17 SS - 0.233 N +18.517	۰/۵۱

PD : تعداد خوشه SWE : وزن یک خوشه N : نسبت باروری پنجه نابارور
 P :تعداد دانه های پوک PI : طول خوشه SS : درصد دانه پر (باروری دانه)

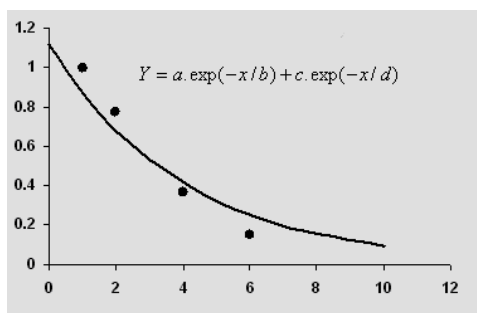
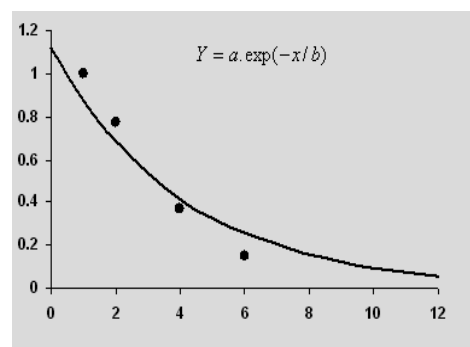
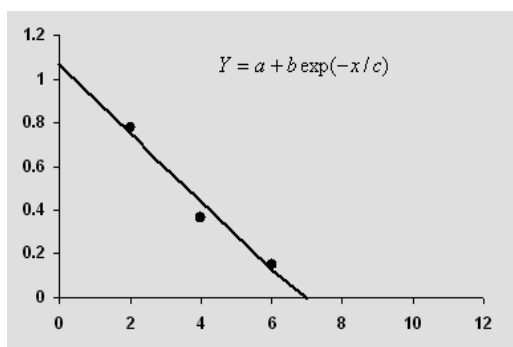
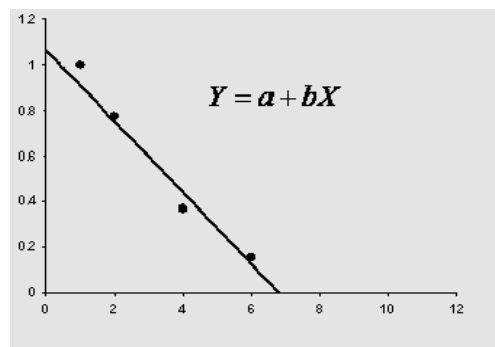
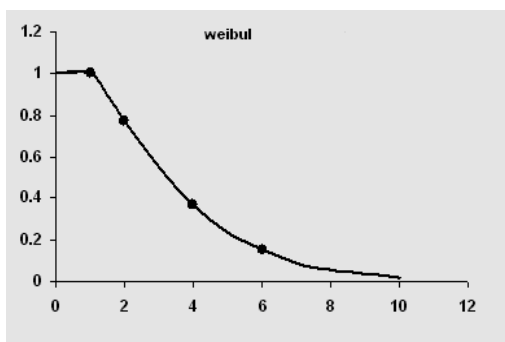
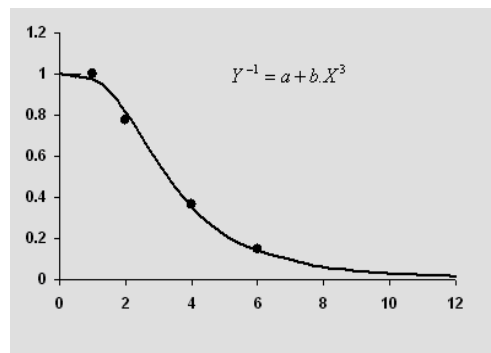
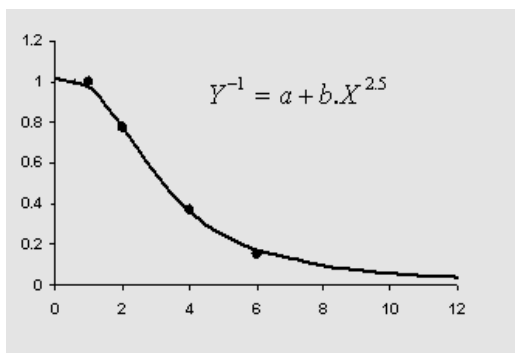
جدول ۴- مقادیر ضرائب بدست آمده برای معادلات مختلف

شماره معادله	a	b	c	d
۱	۱/۰۶۶۱	-۰/۱۵۷		
۲	۱/۰۶۷۹	۰/۴۰۰۸۷	۲/۸۷۳۸	۱/۲۲۸۴
۳	۰/۸۸۹۹	۴/۰۵۷۹	۰/۲۲۵۵	۴/۰۷۳۸
۴	-۸۲۲۴۸/۸	۸۲۲۴۹/۹	۵۲۵۱۳۳	
۵	۱/۱۱۵۳	۴/۰۶۲۸		
۶	۰/۹۷۳۰۵	۰/۰۵۵۳		
۷	۰/۹۹۶۹	۰/۰۲۸۳		

جدول ۵- مقادیر محاسبه شده برای معادلات مختلف

شماره معادله	معادله	Me	RMSE	RMSEN	R2
۱	y=a+bx	۱E-۷	۰/۰۶۱	۹/۳۲۵	۰/۹۶۷۸
۲	Weibull (a,b,c,d)	-۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۱۵۴۷	۰/۹۹۹۹
۳	y=a exp(-x/b)+c exp(-x/d)	۰/۰۴۵۷	۰/۱۰۱	۱۵/۳۸۰	۰/۹۱۲۶
۴	y= a + b exp(-x/c)	-۰۰۵E۲/۴۱	۰/۰۶۱	۹/۳۲۹	۰/۹۶۷۸
۵	y=a exp(-x/b)	۰/۰۴۵۸	۰/۱۰۱	۱۵/۳۸۰	۰/۹۱۲۶
۶	y ⁻¹ =a+bx ^{2.5}	۰/۰۱۸۲	۰/۰۲	۲/۹۶۲	۰/۹۹۶۷
۷	y ⁻¹ =a+bx ³	-۰/۰۰۲۴	۰/۰۲۳	۳/۵۱۰۱	۰/۹۹۵۴

*: y=aexp(-(n+m1/d)d+m)*m-m*(n+m1/d)d-1 m=(d-1)/d n=(x-b)/c



X : شوری (دسی زیمنس بر متر) Y : عملکرد نسبی (درصد)
 نمودار ۳- برازش معادلات پیش بینی عملکرد در شوریه‌های مختلف با داده‌های مزرعه‌ای

منابع

- ۱- رضوی پور. ت. ۱۳۷۸. گزارش نهایی طرح بررسی مقاومت ارقام برنج نسبت به شوری آب آبیاری در اراضی ساحلی استان گیلان. موسسه تحقیقات برنج کشور.
- ۲- سعادت س.، م. همایی، و ع. م لیاقت. ۱۳۸۴. اثر شوری خاک بر جوانه زنی و رشد گیاهچه سورگوم علوفه ای. مجله علوم خاک و آب. جلد ۱۹ شماره ۲. ص ۲۴۳-۲۵۴.
- ۳- کاووسی. م. ۱۳۷۴. تعیین مدل مناسب پیش بینی عملکرد برنج در شوریه‌های مختلف برای ارقام سپیدرود، حسن سرایی و خزر. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز. ۹۰ص.
- ۴- کیانی، ع. ر.، م. همایی، و م. میر لطیفی. ۱۳۸۵. ارزیابی توابع کاهش عملکرد گندم در شرایط توام شوری و کم آبی. مجله علوم خاک و آب. جلد ۲۰ شماره ۱. ص ۷۳-۸۳.
- ۵- همایی. م. ۱۳۸۱. واکنش گیاهان به شوری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- 6-Aslam M, R. H. Qureshi, N. Ahmed and S. Muhammed. 1989. Salinity tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) Morphological studies. Pak. J. Agric. Sci. 26: 92-98.
- 7-Beatriz G., N. Piestun, and N. Bernstein. 2001. Salinity-Induced Inhibition of Leaf Elongation in Maize Is Not Mediated by Changes in Cell Wall. Acidification Capacity. Plant Physiology. 125: 1419-1428.
- 8-Casanova D., J. Goudriaan, J. Bouma, and G. F. Epema. 1999. Yield gap analysis in relation to soil properties in direct-seeded flooded rice. Geoderma. 91: .191–216.
- 9-Casanova D., J. Goudriaan, M. M. Catala Forner, J. C. M. Withagen. 2000. Rice yield prediction from yield components and limiting factors.
- 10-Mass, E. V. and G. J. Hoffman. 1997. Crop salt tolerance-current assessment. J. Irrig. Drain Div. Proc. Am. Soc Civil Eng. 103:115-134.
- 11-Sepaskhah, A. R. and A. yousofi-Falakdehi. 2009. Interaction between the effects of deficit irrigation and water salinity on yield and yield component of rice in pot experiment. Plant Prod. Sci. 12(2):168-175.
- 12-Steppuhn, H. M. Th. van Genuchten, and C. M. Grieve. 2005. Root-Zone Salinity: I. Selecting a Product–Yield Index and Response Function for Crop Tolerance . Published in Crop Sci. 45:209–220.
- 13-Zeng L. and M. C. Shannon. 2000. Effects of Salinity on Grain Yield and Yield Components of Rice at Different Seeding Densities. Agron. J. 92:418–423.