

مدل‌سازی واکنش گیاه برنج رقم هاشمی به تغییرات شوری آب آبیاری در طول دوره رشد

حسن ابراهیمی راد¹، حسین بابازاده^{2*}، مجتبی رضائی³، ابراهیم امیری⁴

تاریخ دریافت: 1394/11/14 تاریخ پذیرش: 1395/3/5

چکیده

افزایش جمعیت و کاهش منابع آب منجر به کاهش روز افزون ذخایر آب و نهایتاً کاهش سهم بخش کشاورزی شده است لذا محققین در شرایط کنونی ناگزیر به یافتن راه‌حل‌های نو برای استفاده از آب با کیفیت پایین در کشاورزی شده‌اند. این پژوهش به منظور بررسی امکان کاربرد آب شور در کشت برنج هاشمی، تخمین عملکرد برنج با استفاده از تابع تولید و یافتن بهترین زمان کاربرد این آب‌ها، در سال 1389 در موسسه تحقیقات برنج به اجرا درآمد. طرح به صورت کشت گلدانی زیر سایه بان متحرک با آرایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت 4 سطح شوری آب آبیاری 2، 4، 6 و 8 دسی زیمنس بر متر و مراحل مختلف رشد نظیر پنجه‌زنی، تشکیل خوشه، ظهور خوشه و رسیدگی به کاربرده شد. شوری‌ها با استفاده از سولفات کلسیم (CaSO_4) و سنگ نمک معدنی خالص با نسبت (2:1) تهیه شد. نتایج نشان داد که تأثیر سطوح مختلف شوری و هم‌چنین مراحل مختلف رشد بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. سطوح شوری اعمال شده منجر به کاهش عملکرد، به ترتیب 21، 25، 37 و 47 درصد شد. مرحله تشکیل خوشه و دوره پنجه‌زنی با عملکرد معادل 1/92 و 2/41 تن در هکتار حساس‌ترین مرحله به شوری بودند. بین میزان عملکرد و صفات وزن خوشه، وزن هزار دانه و طول خوشه همبستگی مثبت ولی با صفت درصد پوکی همبستگی منفی وجود داشت. بر اساس نتایج به نظر می‌رسد با استفاده از صفات وزن خوشه، درصد پوکی و تعداد پنجه می‌توان معادله عملکرد برنج را تحت شرایط شوری در دوره‌های مختلف رشد پیش‌بینی نمود.

واژه‌های کلیدی: برنج، تابع تولید، شوری، عملکرد، مراحل رشد

مقدمه

دبی و شوری آب در ایستگاه گیلوان واقع بر رودخانه قزل اوزن به ترتیب از میانگین بلند مدت 117/34 متر مکعب بر ثانیه و 1/81 دسی زیمنس بر متر به 53/29 متر مکعب بر ثانیه و 2/66 دسی - زیمنس بر متر رسیده است (Japan International Cooperation Agency., 2012).

در واقع شوری یکی از محدودکننده‌ترین عامل رشد گیاهان زراعی است، چرا که به شدت بر جذب آب و مواد غذایی گیاه مؤثر است (Wilkinson., 1994). دانستن اثرات شوری بر روی رشد گیاهچه جوان و اجزاء عملکرد برنج، مدیریت در مزرعه را بهبود بخشیده و دانسته‌ها را در رابطه با مکانیسم‌های تحمل به شوری افزایش می‌دهد (Zeng and Shannon., 2000). شوری آب و یا خاک باعث توقف رشد نشاء برنج، کاهش عملکرد، تعداد خوشه در مترمربع، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه و شاخص برداشت و افزایش تعداد پنجه می‌شود (Beatriz et al., 2001). شوری باعث افزایش تجمع آمونیوم و کاهش کلروفیل در برگ می‌شود (Hoi et al., 2005). در حالی که تعادل بین یون‌های موجود در اطراف ریشه باعث نجات گیاه از اثرات ناشی از شوری می‌شود (Gerge., 1967). شهیدی کومله (1373) بیان نمود که اگرچه شوری باعث تجمع نمک در بافت گیاه می‌شود، ولی در عوض به دلیل کاهش بیوماس در

چالش‌های پیش‌رو اعم از افزایش نیاز به آب شیرین، رشد روز افزون جمعیت و نیز اختصاص منابع آب جهت مصارف صنعتی نیاز به ایجاد رویکردهای جدید جهت استفاده از منابع آب غیرمتعارف در کشاورزی را ایجاد کرده است. همگام با دیگر مناطق کشاورزی جهان، مناطق زیادی از اراضی برنج‌کاری شمال کشور به دلایل گوناگون از جمله هم‌جواری با دریا و بهره‌برداری نامناسب و بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، از شوری خاک و آب رنج می‌برند رضائی (1389)، (Moradi., 2002)، (Kijne., 2006) هم‌چنین با توجه به احداث سی و شش سد مخزنی بزرگ و حدود یکصد سد مخزنی کوچک در حوضه آبریز سپیدرود بزرگ (به ویژه حوضه قزل اوزن) علاوه بر کاهش قابل توجه حجم آب ورودی به مخزن سد سپیدرود، کیفیت آن نیز کاهش خواهد یافت. این در حالی است که متوسط ده سال اخیر

1 و 2- به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
3- موسسه تحقیقات برنج کشور. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
4- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه آزاد واحد لاهیجان
(* - نویسنده مسئول: (Email: h_babazadeh@hotmail.com)

در کشت برنج، مطالعه واکنش برنج رقم محلی هاشمی به آب شور و یافتن بهترین زمان کاربرد این آب‌ها و همچنین تخمین عملکرد برنج تحت تأثیر شوری‌های مختلف در دوره‌های مختلف رشد با استفاده از معادلات ساده این پژوهش انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی بهار و تابستان سال 1389 در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع در 5 کیلومتر جاده رشت-تهران که در واحد فیزیوگرافی دشت‌های آبرفتی استان گیلان واقع است، انجام شد. میانگین دمای سالانه هوا 15/8 درجه سلسیوس، میانگین رطوبت نسبی سالانه 80 درصد و میانگین بارندگی ده ساله 1132 میلی‌متر است. خاک محل آزمایش دارای بافت رس سیلتی بوده و کانی غالب آن از نوع اسمکتیت (Smectit) است. از ویژگی‌های این منطقه وجود آب زیر زمینی در عمق کمتر از 10 متر و وجود حالت غرقابی در لایه‌های سطحی خاک در اثر بارندگی و آبیاری است (Baghdadi., 1998, محمدی، 1349). ویژگی‌های خاک مورد مطالعه در (جدول 1) نشان داده شده است. آزمایش به صورت گلدانی در قالب فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار به اجرا درآمد. به منظور کنترل بهتر و جلوگیری از تأثیر عوامل ناخواسته این آزمایش در شرایط گلخانه‌ای و به صورت کشت گلدانی و در زیر سایه‌بان متحرک¹ انجام شد. مشابه با آزمایش وویپرز و همکاران (Wopereis et al., 1996) از سطوح پلاستیکی به قطر 20 سانتی‌متر و ارتفاع 25 سانتی‌متر به عنوان گلدان استفاده شد. پس از وزن کردن گلدان‌ها یازده کیلوگرم از خاک سطحی اشباع گِلخراب رس سیلتی (شن 5 درصد، سیلت 54 درصد و رس 46 درصد) با جرم مخصوص ظاهری خشک 1/1 گرم بر سانتی‌متر مکعب، برداشته شده از مزرعه آزمایشی مؤسسه تحقیقات برنج را که از دو روز قبل شخم زده و گِلخراب شده بود در هر گلدان ریخته و سه گیاهچه 21 روزه در مرکز هر گلدان کشت شد. از رقم بومی هاشمی به‌عنوان رایج‌ترین رقم مورد کشت در استان گیلان استفاده گردید. فاصله سطح خاک از لبه گلدان پنج سانتی‌متر بود. سم‌پاشی برای مبارزه با آفت کرم ساقه‌خوار برنج و بیماری بلاست انجام شد. طی مدت 10 روز پس از نشاکاری آبیاری با آب معمولی انجام می‌گرفت، سپس اعمال تیمارهای طرح به‌صورت غرقاب دائم با ارتفاع 5 سانتی-متر شروع شد. تمام عملیات زراعی طبق عرف منطقه انجام پذیرفت. تیمارها شامل 4 سطح شوری آب آبیاری: S1، S2، S3 و S4 به ترتیب برابر هدایت الکتریکی معادل: 2، 4، 6 و 8 دسی زیمنس بر متر و فاکتور زمان اعمال شوری در مراحل مختلف رشد در 4 سطح

مجموع باعث کاهش جذب نیتروژن خواهد شد. برنج در خلال جوانه‌زنی و در ابتدای مرحله زایشی و دوره رشد رویشی بسیار به شوری حساس بوده و در مراحل ظهور خوشه و پر شدن دانه کم‌تر حساس است (Lafitte et al., 2004). صرف‌نظر از منبع شوری آب آبیاری، شوری در دوره‌ی رشد رویشی باعث تأخیر در گل‌دهی و رسیدگی و کاهش تعداد پنجه و بیوماس سطح برگ و در مرحله‌ی رشد زایشی باعث کاهش تعداد خوشه چه پر، خوشه بارور، وزن صد دانه و درصد باروری دانه و افزایش نسبت پنجه‌های نابارور می‌شود. همچنین اثرات این تنش بر عملکرد در شرایط هوای گرم و تبخیر زیاد بیش‌تر می‌شود (Asch et al., 2000 و همایی، 1381). عکس-العمل برنج به شوری در مراحل مختلف رشد متفاوت بوده و در بیش-تر ارقام برنج در اوایل رشد به شوری بسیار حساس هستند (Lutts et al., 1995).

شوری قبل از ظهور خوشه بر تعداد پنجه و در دوره میان سه برگی تا آبستنی بر تعداد خوشه‌چه و وزن هر خوشه اثر دارد، ولی بر درصد باروری و وزن ساقه و وزن دانه سفید تأثیری ندارد (Zeng and Shannon., 2003، کاووسی، 1374). از آنجایی که هر عاملی که بر روی فتوسنتز جاری تأثیر بگذارد بر روی تجمع و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی نیز نقش دارد، شوری با کاهش فتوسنتز در مرحله‌ی گل‌دهی سبب افزایش پوکی سنبله‌چه و کاهش تعداد دانه پر در خوشه خواهد شد. بررسی‌ها نشان داد تأثیر تنش اسمزی بر درصد باروری خوشه، وزن صد دانه و در نتیجه عملکرد در مرحله‌ی زایشی در مقایسه با مرحله‌ی رویشی، بسیار بیش‌تر می‌باشد (Castillo et al., 2007). مقدار شوری آستانه برای برنج رقم محلی استان فارس 1/13 دسی زیمنس بر متر و برای ارقام اصلاح شده 1/3 دسی زیمنس بر متر گزارش شده است (Sepaskhah and Yousofi., 2009) (Motamed et al., 2008). همچنین کاوسی و مجلی (1375) نرخ کاهش عملکرد را برای ارقام اصلاح شده پر محصول سپیدرود و خزر و رقم بومی حسن سرایی به ترتیب برابر 18، 14/2 و 11/6 درصد به ازای هر واحد افزایش شوری خاک گزارش کردند و شوری آستانه عملکرد در این سه رقم را به ترتیب 2/0، 2/27 و 2/45 دسی زیمنس بر متر گزارش کردند. این نتایج نشان می‌دهد که ارقام بومی (مانند هاشمی و حسن سرایی) از آستانه تحمل بیش‌تر و نرخ نزولی کم‌تری نسبت به ارقام پر محصول برخوردارند.

تا هدایت الکتریکی آستانه، کاهش محصول صفر 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 (Mass and Hoffman., 1997). بعضی از محققین مثل کاووسی (1374) روند تغییرات عملکرد نسبی ارقام برنج به ازای تغییرات شوری را از نوع خطی درجه دوم و برخی نیز غیرخطی بیان می‌کند (Steppuhn et al., 2005). به‌منظور بررسی امکان کاربرد آب شور

مقایسه میانگین نیز براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام پذیرفت. برای پیش‌بینی عملکرد نسبی از شاخص‌های آماری پیشنهادی توسط پیرمادیان و سپاسخواه و ژیبونگ و همکاران شامل ضریب تبیین (R^2) استفاده گردید. هم‌چنین بر اساس داده‌های اندازه‌گیری شده و داده‌های روابط ریشه‌ی میانگین مربعات خطا (RMSE)، ریشه‌ی میانگین مربعات خطای نسبی (RMSEn) و آزمون T ارزیابی آماری مدل انجام گرفت. مقادیر RMSE و RMSEn هر چه به صفر نزدیک‌تر باشند، نشان دهنده‌ی این مطلب است که روابط پیش‌بینی را بهتر انجام داده است. چنانچه مقدار نتیجه آزمون T بیش‌تر از 0/05 باشد بدان مفهوم است که مقادیر روابط در سطح احتمال 95 درصد شبیه اندازه واقعی پارامتر می‌باشد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S_i - O_i)^2} \quad (1)$$

$$RMSEn = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S_i - O_i)^2 \right]^{0.5} \left(\frac{100}{MO} \right) \quad (2)$$

در روابط 1 و 2، S_i و O_i به ترتیب مقادیر معادلات عملکرد نسبی و مشاهده شده، MO میانگین مقادیر مشاهده شده و n تعداد مشاهدات است (Pirmoradian and Sepaskhah., 2006) و (Xiong et al., 2008).

شامل: M1: پنجه‌زنی، M2: تشکیل خوشه، M3: ظهور خوشه، M4: رسیدگی بود. خارج از تیمارهای طرح و به‌منظور مقایسه یک تیمار بدون شوری و با آب معمولی (MOS0) به عنوان شاهد نیز در نظر گرفته شد. به منظور تعیین املاح غالب رودخانه سپیدرود داده‌های مربوط به آنالیز کیفیت آب این رودخانه در ایستگاه رودبار در یک دوره آماری سی و پنج ساله از بانک اطلاعاتی شرکت آب منطقه‌ای گیلان دریافت شد (جدول 2). املاح غالب رودخانه، کلرید سدیم (NaCl) و سولفات کلسیم ($CaSO_4$) به نسبت دو به یک می‌باشد که آب آبیاری با هدایت‌های الکتریکی یاد شده با رعایت این نسبت تهیه شد. کودها به نسبت 6 کیلوگرم اوره، 8 کیلوگرم پتاس و 6 کیلوگرم فسفر با هم مخلوط شد و به میزان مناسب به تیمارها اضافه گردید. پس از پایان هر مرحله‌ی رشد، آبشویی و سپس آبیاری با آب معمولی ادامه یافت. به عنوان مثال در تیمارهای مرحله M1 یعنی در مرحله پنجه‌زنی آبیاری با آب با شوری‌های (2، 4، 6 و 8 دسی زیمنس بر متر) اعمال شد. در بقیه مراحل رشد آبیاری با آب معمولی انجام شد. پس از رسیدن محصول، عملکرد، تعداد خوشه پر شده، تعداد پنجه، وزن خشک کاه، زیست توده و شاخص برداشت، بر مبنای رطوبت 14 درصد اندازه‌گیری و با نرم افزار SAS تجزیه و تحلیل شدند. به‌منظور بررسی دقیق‌تر تغییرات عملکرد، اجزای عملکرد نیز اندازه‌گیری و با نرم‌افزارهای Excel و SPSS بررسی شدند.

جدول 1- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

عمق	هدایت الکتریکی	اسیدیته گل اشباع	کربن آلی	گنجایش تبادل کاتیونی	نیترژن کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	کلسیم	کربنات کربنات کلر پتاسیم	هدایت هیدرولیکی اشباع
Depth (cm)	EC ($dS.m^{-1}$)	PH	O.C (%)	CEC ($meq.(100g)^{-1}$)	N (%)	K ($mg.kg^{-1}$)	P ($mg.kg^{-1}$)	K _s (cmd^{-1})		
0/15	0/71	7/34	1/36	35	0/137	311	10/6	0/21		

جدول 2- میانگین بلند مدت کیفیت آب رودخانه سپیدرود در ایستگاه رودبار (1353 تا 1387)

آبدهی	هدایت الکتریکی	اسیدیته گل اشباع	باقیمانده خشک	نسبت جذب سدیم	منیزیم سدیم	کلسیم	کربنات کربنات کلر پتاسیم	سولفات بی‌کربنات کربنات کلر پتاسیم
Discharge ($m^3.s^{-1}$)	EC ($dS.m^{-1}$)	PH ($meq.l^{-1}$)	T.D.S ($mg.l^{-1}$)	SAR	Na ⁺	Mg ⁺⁺ Ca ⁺⁺ K ⁺ Cl ⁻ CO ₃ ⁺⁺ HCO ₃ ⁻ SO ₄ ⁺⁺		
116/01	1/66	7/67	1052/26	4/4	8/51 2/90 4/44	0/12 8/42 0/01 3/33 4/47		

نتایج و بحث

(جدول 3). تیمار شاهد با آبیاری با آب معمولی (شوری 1 دسی زیمنس بر متر) با طول خوشه 24/95 سانتی‌متر بیش‌ترین مقدار را دارا است و پس از آن به ترتیب شوری‌های 2، 4، 6 و 8 دسی زیمنس بر متر قرار می‌گیرند (جدول 3). روند تغییرات طول خوشه هم از نوع معادله‌ی درجه‌ی اول (مراحل پنجه زنی و تشکیل خوشه) و هم از نوع معادله‌ی درجه دوم (مراحل ظهور خوشه و رسیدگی) می‌باشد. در مراحل تشکیل خوشه و رسیدگی تغییرات زیادی مشاهده نشد ولی در مراحل ابتدایی رشد یعنی پنجه‌زنی و تشکیل خوشه با افزایش شوری، طول خوشه کاهش یافت؛ در واقع مراحل انتهایی رشد نسبت به

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر سطوح مختلف شوری و هم‌چنین مراحل مختلف رشد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود ($P < 0/01$). برنج در خلال جوانه‌زنی و در ابتدای مرحله‌ی زایشی و دوره‌ی رشد رویشی بسیار به شوری حساس بوده و در مراحل ظهور خوشه و پر شدن دانه کم‌تر حساس می‌باشد (Laffit et al., 2004). نتایج نشان داد گیاه برنج در مراحل مختلف رشد حساسیت‌های متفاوتی به شوری دارد به طوری‌که اثر مراحل مختلف رشد و هم‌چنین تأثیر شوری‌های مختلف بر طول خوشه بسیار معنی‌دار بود ($P < 0/01$)

تعداد خوشه‌چه در خوشه‌های پر شده به میزان 6/16، بیش‌ترین میزان را دارا است. کم‌ترین متوسط تعداد خوشه‌چه در خوشه‌های پر شده به میزان 5/26 در تیمار 8 دسی زیمنس بر متر قرار داشت که نسبت به تیمار شاهد 9 درصد کاهش نشان داد. بنابراین با افزایش شوری، تعداد خوشه‌چه در خوشه‌های پر شده کاهش یافت. نتایج حاکی از آن است که علاوه بر دوره زنده ماندن گرده، باروری آن تحت تأثیر شوری به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد؛ کاهش تعداد سنبلک در خوشه از عوامل اصلی کاهش محصول برنج در شرایط شوری است (Scardaci et al., 1996).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه (جدول 4)، تیمار شاهد با آبیاری با آب معمولی (شوری 1 دسی زیمنس بر متر) با عملکرد 4/81 تن در هکتار بیش‌ترین مقدار را دارا بود. افزایش شوری باعث کاهش عملکرد دانه گردید به طوری که افزایش بیش‌تر شوری، تأثیر بیش‌تری بر کاهش عملکرد نشان داد. از نظر میزان عملکرد، شوری‌های 2، 4، 6 و 8 دسی زیمنس بر متر به ترتیب بعد از تیمار شاهد قرار گرفتند. کم‌ترین عملکرد دانه به میزان 2/57 تن در هکتار در تیمار 8 دسی زیمنس بر متر وجود داشت.

شوری مقاوم‌تر بودند که بیانگر این است که کاهش طول خوشه باعث کاهش عملکرد می‌شود. تأثیر بسیار زیاد شوری بر طول خوشه‌های برنج توسط محققان زیادی گزارش شده است (Khan et al., 1997). تأثیر سطوح مختلف شوری و همچنین مراحل رشد نیز بر تعداد پنجه معنی‌دار نبود ($P < 0/05$). شوری قبل از ظهور خوشه باعث کاهش تعداد پنجه گردید (Zeng and Shannon., 2003). لذا تأثیر شوری بر کاهش عملکرد ناشی از کاهش تعداد پنجه نمی‌باشد؛ افزایش پنجه باعث افزایش عملکرد می‌شود. کم‌ترین تعداد پنجه به میزان 21/5 در شوری 2 دسی زیمنس بر متر وجود داشت. کاربرد سطوح مختلف شوری تأثیری بر کاهش تعداد پنجه نشان نداد به طوری که همگی در یک کلاس آماری قرار گرفتند. همچنین تأثیر شوری بر تعداد پنجه در مراحل مختلف رشد یکسان بود و همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند. همانگونه که در (جدول 3) ملاحظه می‌شود مراحل مختلف رشد حساسیست‌های متفاوتی به شوری از نظر تأثیر بر متوسط تعداد خوشه‌چه در خوشه‌های پر شده نشان دادند. اثر مراحل مختلف رشد و همچنین اثر شوری‌های مختلف بر متوسط تعداد خوشه‌چه در خوشه‌های پر شده در سطح احتمال 5% معنی‌دار بود. نتایج نشان داد، تیمار شوری 4 دسی زیمنس بر متر با متوسط

جدول 3- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی

میانگین مربعات					
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد (گرم)	طول خوشه	تعداد پنجه	متوسط تعداد خوشه‌چه
تکرار	2	4/165	5/292 ^{ns}	66/06 ^{ns}	0/984 ^{ns}
فاکتور شوری	3	93/706 ^{**}	48/907 ^{**}	35/24 ^{ns}	2/002 [*]
زمان اعمال شوری	3	476/683 ^{**}	24/495 ^{**}	17/08 ^{ns}	1/72 [*]
مراحل × شوری	9	22/562 ^{ns}	6/163 ^{ns}	24/43 ^{ns}	0/464 ^{ns}
خطا	30	15/805	3/042 ^{ns}	21/26 ^{ns}	14/347 ^{ns}
%CV		24/86	7/62	19/26	11/943

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح 1% و 5% ns: غیر معنی‌دار.

جدول 4- نتایج مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در تیمارهای مختلف

عوامل آزمایشی	عملکرد (گرم)	طول خوشه	تعداد پنجه	متوسط تعداد خوشه‌چه	
شوری 2	a18/71	a23/89	a25/67	ab5/87	شوری (dS/m)
4	a17/79	a23/74	a23/75	a6/16	
6	ab14/87	a23/09	a23/00	ab5/87	
8	b12/59	b20/80	a23/33	b5/26	
پنجه‌زنی	b11/81	c20/30	a21/50	b5/28	رشد
تشکیل خوشه	b9/40	b22/27	a25/42	ab5/64	
ظهور خوشه	a21/77	a24/26	a24/75	ab6/06	
رسیدگی	a20/98	a24/69	a24/08	a6/18	
شاهد	23/59	28/17	21/67	5/80	

میانگین‌های با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح 1% ندارند

تشکیل خوشه ($R^2=0/98$)، ظهور خوشه ($R^2=0/99$) و رسیدگی ($R^2=0/96$) تخمین زده شد، که بیانگر این نکته است که عامل زمان در شرایط تنش شوری تعیین کننده‌تر از میزان شوری است. (Motamed et al., 2008) و (Sepaskhah and Yousofi., 2009). نزدیک بودن RMSE و RMSEn به صفر، نشان دهنده دقت خوب روابط در پیش‌بینی است. مقدار نتیجه آزمون T بیش‌تر از 0/05 شده است و بدان مفهوم است که مقادیر ذکر شده در سطح احتمال 95 درصد شبیه اندازه واقعی پارامتر می‌باشد (Xiong et al., 2008، 2006، Pirmoradian and Sepaskhah., 2006)

در (جدول 5) معادلات رگرسیون عملکرد متأثر از شوری‌های مختلف و مراحل پنجه‌زنی با ضرایب تبیین ($R^2=0/99$)، تشکیل خوشه ($R^2=0/93$)، ظهور خوشه ($R^2=0/86$) و رسیدگی ($R^2=0/91$) و هم-چنین معادلات طول خوشه متأثر از شوری‌های مختلف و مراحل پنجه‌زنی ($R^2=0/99$)، تشکیل خوشه ($R^2=0/99$)، ظهور خوشه ($R^2=0/96$) و رسیدگی ($R^2=0/99$) ارائه شده است. معادلات تعداد پنجه متأثر از شوری‌های مختلف و مراحل پنجه‌زنی با ضرایب تبیین ($R^2=0/98$)، تشکیل خوشه ($R^2=0/80$)، ظهور خوشه ($R^2=0/61$) و رسیدگی ($R^2=0/98$) نیز بیان شد. در ادامه معادلات متوسط تعداد خوشه‌چه در سطوح مختلف شوری و مراحل پنجه‌زنی ($R^2=0/99$)،

جدول 5- معادلات در مراحل رشد و میزان R^2 با شوری‌های مختلف

T test	RMSE <i>n</i>	RMSE	R2	معادله	زمان کاربرد آب شور	اجزای عملکرد
0/50	1/80	0/21	0/99	$Y = -0/043 X^2 + 0/110 X + 22/89$	مرحله‌ی پنجه‌زنی	Y: عملکرد (گرم)
0/50	5/25	0/49	0/93	$Y = - 1/4225 X + 16/515$	مرحله‌ی تشکیل خوشه	
0/498	1/02	0/22	0/86	$Y = -0/060 X^2 + 0/191 X + 22/61$	مرحله‌ی ظهور خوشه	
0/486	0/56	0/12	0/91	$Y = -0/119 X^2 + 1/384 X + 17/15$	مرحله‌ی رسیدگی	
0/491	4/19	0/99	0/99	$Y = -0/090 X^2 + 0/560 X + 23/44$	مرحله‌ی پنجه‌زنی	Y: طول خوشه
0/50	0/08	0/02	0/99	$Y = - 0/1633 X^2 + 0/9328 X + 22/503$	مرحله‌ی تشکیل خوشه	
0/50	0/53	0/13	0/96	$Y = - 0/287 X^2 + 2/775 X + 18/994$	مرحله‌ی ظهور خوشه	
0/48	0/18	0/04	0/99	$Y = 0/1448 X^2 - 1/641 X + 28/55$	مرحله‌ی رسیدگی	
0/496	0/40	0/09	0/98	$Y = 0/2083 X^2 - 2/2833 X + 26/66$	مرحله‌ی پنجه‌زنی	Y: تعداد پنجه
0/50	2/79	0/71	0/80	$Y = 0/2708 X^2 - 3/6917 X + 35/75$	مرحله‌ی تشکیل خوشه	
0/5	3/91	0/97	0/61	$Y = -0/5208 X^2 + 5/2917 X + 13/91$	مرحله‌ی ظهور خوشه	
0/50	0/80	0/19	0/98	$Y = 0/6042 X^2 - 6/4917 X + 38/417$	مرحله‌ی رسیدگی	
0/46	0/67	0/04	0/99	$Y = -0/090 X^2 + 0/737 X + 4/323$	مرحله‌ی پنجه‌زنی	Y: متوسط تعداد خوشه‌چه
0/496	0/61	0/03	0/98	$Y = -0/049 X^2 + 0/333 X + 5/446$	مرحله‌ی تشکیل خوشه	
0/50	0/02	0/38	0/99	$Y = -0/126 X^2 + 1/182 X + 3/925$	مرحله‌ی ظهور خوشه	
0/48	1/59	0/08	0/96	$Y = -0/011 X^2 - 0/185 X + 6/624$	مرحله‌ی رسیدگی	

X: شوری آب (دسی زیمنس بر متر)

چهار صفت طول خوشه، وزن هزار دانه، تعداد پنجه و درصد پوکی و حذف بقیه صفات اندازه‌گیری شده از جمله ارتفاع در نهایت معادله رگرسیون با ضریب تبیین ($R^2=0/791$) ارائه شد. یکی از راه‌های آزمون عملکرد، تجزیه آن به اجزای عملکرد است (Zeng and Shannon., 2000). در واقع می‌توان گفت دو صفت وزن خوشه و درصد پوکی به تنهایی قادر به تخمین عملکرد در شوری‌های مختلف در دوره‌های رشد است ($R^2=0/730$).

بررسی ماتریس ضرایب همبستگی بین شوری‌های مختلف در دوره‌های رشد و صفات اندازه‌گیری شده (جدول 6) نشان داد که تغییرات عملکرد در این آزمایش بیش‌تر توسط صفات وزن خوشه، طول خوشه و وزن هزار دانه توجیه می‌شود و با صفت درصد پوکی همبستگی منفی دارد که می‌توان گفت که تغییرات عملکرد بیش‌تر تحت تأثیر وزن خوشه بوده است (Zeng and Shannon., 2003). با توجه به نتایج ارائه شده در (جدول 7) تخمین معادله همبستگی بین عملکرد و صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از روش گام‌به‌گام با ورود

جدول 6- ماتریس ضرایب همبستگی بین شوری های مختلف، مراحل رشد و صفات اندازه گیری شده

عملکرد	وزن خوشه	تعداد پنجه	وزن هزار دانه	درصد پوکی	طول خوشه	عملکرد
عملکرد	0/794**	ns0/196	0/585**	-0/718**	0/738**	1
طول خوشه	0/699**	ns0/071	0/330*	-0/585**	1	1
درصد پوکی	-0/579**	ns0/174	-0/493**	1		
وزن هزار دانه	0/779**	ns-0/054	1			
تعداد پنجه	ns0/045	1				
وزن خوشه	1					

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح 1% و 5% ns: غیر معنی دار.

جدول 7- معادله رگرسیون با استفاده از روش گام به گام

اجزای عملکرد	معادله عملکرد: Y	R ²
PW	Y=15/243(PW)+1/370	0/630
PEP + PW	Y=10/922(PW)-0/139(PEP)+9/902	0/730
NT+ PEP + PW	Y= 9/856(PW) - 0/166(PEP) + 0/367(NT)+3/009	0/791

Y: عملکرد; PL: متوسط طول خوشه; TGW: وزن هزار دانه; PEP: درصد پوکی; NT: تعداد پنجه; PW: وزن خوشه

($R^2=0/83$) گزارش شد. در شوری 6 و 8 دسی زیمنس بر متر عملکرد با وزن خوشه و وزن هزار دانه و طول خوشه همبستگی مثبت و با درصد پوکی همبستگی منفی داشت و به ترتیب معادله با ضرایب همبستگی ($R^2=0/88$) و ($R^2=0/97$) ارائه گردید. دو صفت وزن خوشه و وزن هزار دانه به تنهایی قادر به تخمین عملکرد در شوری های مختلف است ($R^2=0/968$).

مطابق (جدول های 8 و 9) معادلات همبستگی نهایی با استفاده از نتایج رگرسیون مرحله ای روش گام به گام در شوری های مختلف بدست آمد. در شوری 2 دسی زیمنس بر متر عملکرد با وزن خوشه و وزن هزار دانه همبستگی مثبت داشت و معادله با ($R^2=0/92$) بیان شد. در شوری 4 دسی زیمنس بر متر عملکرد با طول خوشه همبستگی مثبت و با درصد پوکی همبستگی منفی داشت و معادله با

جدول 8- ضرایب همبستگی بین عملکرد و صفات اندازه گیری شده در شوری های مختلف

عملکرد	طول خوشه	درصد پوکی	وزن هزار دانه	تعداد پنجه	وزن خوشه	EC
عملکرد	0/221	ns-0/335	0/725**	ns0/111	0/925**	2
	0/649*	-0/595*	ns0/471	ns0/363	ns0/475	4
	0/751**	-0/816**	0/743**	ns-0/173	0/878**	6
	0/888**	-0/902**	0/729**	ns0/359	0/912**	8

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح 1% و 5% ns: غیر معنی دار

جدول 9- معادله رگرسیون با استفاده از روش گام به گام در شوری های مختلف

EC	معادله	R ²
2	Y=26/618(PW)-6/869	0/925
4	Y=1/719(PL)+0/475(NT)-31/889	0/837
6	Y=13/043(PW)+1/384	0/878
8	Y=12/578(PW)-0/198(TGW)+10/728	0/968

Y: عملکرد; PL: متوسط طول خوشه; TGW: وزن هزار دانه; PEP: درصد پوکی; NT: تعداد پنجه; PW: وزن خوشه

بودن معادله عملکرد نسبت به شوری حاکی از حساسیت این ارقام به تنش اسمزی و کاهش سریع عملکرد است.

با توجه به شکل 1 مراحل ابتدایی رشد یعنی پنجه زنی و تشکیل خوشه حساس ترین مراحل به شوری بودند ولی مراحل انتهایی رشد به شوری مقاوم تر بودند. طبق گزارش کاووسی (1374) درجه دوم

9/40 و 11/81 گرم در گلدان حساس‌ترین مرحله به شوری بودند. دو مرحله‌ی آخر رشد شامل ظهور خوشه و رسیدگی به ترتیب با عملکرد شلتوک به میزان 20/98 و 21/77 کم‌ترین حساسیت را به شوری داشته‌اند. در مجموع حساس‌ترین مراحل رشد برنج به شوری به ترتیب شامل دوره رشد زایشی، دوره رشد رویشی، ظهور خوشه و رسیدگی بودند. با استفاده از صفات وزن خوشه، درصد پوکی و تعداد پنجه معادله عملکرد برنج در شوری‌های مختلف در مراحل مختلف رشد پیش‌بینی کرد. می‌توان با دو صفت وزن خوشه و وزن هزار دانه به تنهایی عملکرد برنج را در شوری‌های مختلف تخمین زد ($R^2=0/968$).

منابع

رضایی، م. 1389. گزارش نهایی طرح اثر به‌کارگیری آب شور در شرایط تنش خشکی بر عملکرد برنج. مؤسسه تحقیقات برنج کشور.

بغدادی، م. 1377. مطالعات خاکشناسی شمال ایران (استان گیلان)، پروژه مطالعات تفصیلی خاک ایران، وزارت کشاورزی، موسسه تحقیقات خاک و آب، گزارش فنی شماره 1045

سعادت، س.، همایی، م. و لیاقت، ع. م. 1384. اثر شوری خاک بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه سورگوم علوفه‌ای. مجله علوم خاک و آب. 19: 243-254.

شهدی کومله، ع. 1373. تأثیر منبع و سطوح شوری و میزان ازت بر رشد و ترکیب شیمیایی دو رقم برنج (*Oryza sativa* L). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه شیراز. 99 ص.

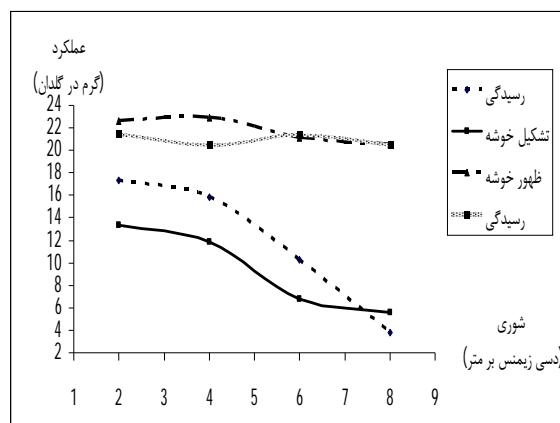
کاوسی، م. 1374. تعیین مدل مناسب پیش‌بینی عملکرد برنج در شوری‌های مختلف برای ارقام سپیدرود، حسن‌سرابی و خزر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز. 90 ص.

کاوسی، م. و مجللی، ح. 1375. اثر شوری محلول خاک بر روی عملکرد برنج (ارقام سپیدرود، حسن‌سرابی و خزر). خلاصه مقالات پنجمین کنگره علوم خاک ایران. آموزشکده کشاورزی کرج. 131 ص.

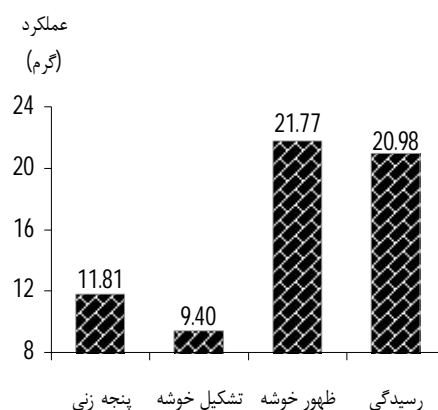
محمدی، م. 1349. گزارش خاک مزرعه پایلوت از پروژه بهبود کشت برنج. موسسه خاک و باروری، استان گیلان. بولتن شماره 269.

همایی، م. 1381. واکنش گیاهان به شوری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

Asch, F., Dingkuhn, M and Dorffling, K. 2000. Salinity increases CO₂ assimilation but reduces growth in field-grown irrigated rice. Land and Soil. 218: 1-10.



شکل 1- اثر مراحل رشد و سطوح شوری بر عملکرد



شکل 2- اثر مراحل رشد بر عملکرد

مطابق شکل 2 کم‌ترین عملکرد دانه به میزان 9/40 گرم در گلدان، در مرحله تشکیل خوشه قرار داشت و بعد از آن مرحله پنجه‌زنی با عملکرد 11/81 گرم در گلدان قرار گرفت؛ مراحل انتهایی رشد یعنی ظهور خوشه و رسیدگی با میزان عملکرد 20/98 و 21/77 گرم در گلدان کم‌ترین حساسیت را به شوری داشتند؛ نتایج بیانگر این نکته است که عامل زمان نیز بر میزان عملکرد تأثیرگذار است (Sepaskhah and Yousofi., 2009, Motamed et al., 2008).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد تیمار شاهد با آبیاری با آب معمولی بیش‌ترین مقدار عملکرد را به میزان 23/59 گرم در گلدان را دارا بود. تیمارهای شوری آبیاری 2، 4، 6 و 8 دسی زمینس بر متر با عملکردی به ترتیب معادل 18/71، 17/79، 14/87 و 12/59 گرم در گلدان افتی معادل 21، 25، 37 و 47 درصد در میزان عملکرد را نشان داده‌اند. از سوی دیگر مرحله تشکیل خوشه و دوره پنجه‌زنی با عملکرد معادل

- cultivars for Salinity tolerance during vegetative and reproductive stages. Ph. D Thesis. University of philippines, Los Banos. Philippines.
- Motamed, M.K., Asadi, R., Rezaei, M and Amiri, E. 2008. Response of high yielding rice varieties to NaCl salinity in greenhouse circumstances. *African journal of Biotechnology*. 7.21: 3866-3873.
- Pirmoradian, N and Sepaskhah, A.R. 2006. A Very Simple Model for Yield Prediction of Rice under Different Water and Nitrogen Applications. *Biosystems Engineering*. 93.1: 25-34.
- Scardaci, S.C., Eke, A.U., Hill, J.E., Shannon, M.C and Rhoades, J.D. 1996. Water and soil salinity studies on California rice. Rice Publication No. 2, Cooperation. Extension. University of California, Colusa. CA.
- Sepaskhah, A.R and yousofi-Falakdehi A. 2009. Interaction between the effects of deficit irrigation and water salinity on yield and yield component of rice in pot experiment. *Plant Production Science*. 12.2:168-175.
- Shannon, M.C., Rhoades, J.D., Draper, J.H., Scardaci, S.C., Spyres, M.D. 1998. Assessment of salt tolerance in rice cultivars in response to salinity problems in California *Crop Science*. 38: 394-398.
- Steppuhn, H., Van Genuchten, M.Th and Grieve, C.M. 2005. Root-Zoon salinity: I. Selcting a product-Yield Index and Response Function for crop Tolerance. Published in *crop Science*. 45:209-220
- Wilkinson, R.E. 1994. Plant-environment interactions whole plant response to salinity:199-243.
- Wopereis, M.C.S., Kropff, M.J., Maligaya, A.R and Toung, T.P. 1996. Drought-stress responses of two lowland rice cultivars to soil water status. *Field Crops Res*. 46: 21-39.
- Xiong, w., Holman, I. Conway, D and Lin, E. 2008. A crop model cross calibration for use in regional climate impacts studies. *Ecological Modeling* 213:365-380
- Zeng, L and Shannon, M.C. 2000. Effects of Salinity on Grain Yield and Yield Components of Rice at Different Seeding Densities. *Agronomy Journal*. 92:418-423
- Zeng, L and Shannon, M.C. 2003. Salinity Effects on Seedling Growth and Yield Components of Rice. *Crop Science*. 40:996-1003.
- Beatriz, G., Piestun, N and Bernstein, N. 2001. Salinity-Induced Inhibition of Leaf Elongation in Maize Is Not Mediated by Changes in Cell Wall Acidification Capacity1. *Plant Physiology*. 125:1419-1428.
- Casanova, D., Goudriaan, J., Bouma, J and Epema, G.F. 1999. Yield gap analysis in relation to soil properties in direct-seeded flooded rice. *Geoderma*. 91: 191-216.
- Castillo, E.G., Tuong, T.P., Abdelbaghi, M and Kazuyuki, I. 2007. Response to salinity in rice: comparative effects of osmotic and Ionic stress. *Plant Production Science* . 10.2:159-170.
- Gerge, L.Y. 1967. Accumulation of sodium and calcium by seedlings of som cereal crops under saline conditions. *Agron. Journal*., 59:297-299.
- Hoai, T.N., Shinm, I.S., Kobayashi, K and Usui, K. 2005. Regulation of ammonium accumulation during salt stress in rice (*Oryza sativa* L.) seedling. *Plant Production Science* 8.4:397-404.
- Japan International Cooperation Agency. 2012. The study on integrated water resources management for sefidroud river basin in the Islamic Republic of Iran. Final report. CTI Engineering International Co., Ltd. Water Resources Management Company. The Ministry of Energy, the Islamic Republic of Iran.
- Khan, M.S., Hamid, A and Karim, M.A. 1997. Effect of Sodium chloride on germination and seedling characters of different types of rice (*Oryza Sativa* L.) . *Journal of Agronomy and Crop Science*. 179: 163-169
- Kijne, J.W. 2006. Biotic stress and water scarcity: Identifying Iranian *Journal of Soil and Waters Sciences Spring*. 20.1:73-83.
- Lafitte, H.R., Ismail, A., Bennett, J. 2004. Abiotic stress tolerance in rice Fore Asia progress and the future. International Rice Research Institute, DAPO 7777, Metro Manila, Philippines.
- Lutts, S., Kinet, J.M and Bouharmont, J. 1995. Changes in plant response to response to NaCl during development of rice (*Oryza Sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. *Journal of Experimental Botany*. 46:1843-1852.
- Mass, E.V and Hoffman, G.J. 1997. Crop salt tolerance-current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 103:115-134.
- Moradi, F. 2002. physiological characterization of rice

Modeling Response of Hashemi Rice Variety to Change in Salinity Levels during the Growth Stages

H. Ebrahimi Rad¹, H. Babazadeh^{2*}, M. Rezaei³, E. Amiri⁴

Received: Feb.04, 2016

Accepted: May.25, 2016

Abstract

Population growth and decreases water availability led to decreases water resources and consequently decreasing in the water portion of agricultural sector. So researchers in this condition have to find new solutions for utilization of low quality water in agriculture. This research was performed in order to assess the possibility of saline water use in Hashemi rice production, Rice yield estimation using production function and Find the best time to use these waters in Rice Research Institute during 2010 crop season. Plan was in pot cultivation under shelter with factorial arrangement in a randomized complete block design in 4 levels of water salinity i.e. 2, 4, 6, and 8 dsm^{-1} that were applied at 4 different growth stages i.e. tillering, panicle forming, heading and ripening. Saline water was made by using $\text{NaCl} + \text{CaSO}_4$ (2:1). Results showed that the effect of different levels of salinity and different growth stages on yield was significant. Applied salinity levels, respectively represented 21, 25, 37 and 47 percent yield losses. The panicle formation and tillering stages with 1.92 and 2.41 T^5 on per Hectare of yield were the most sensitive stages to salinity. There was positive correlation between Grain yield and Panicle weight, 1000-grain weight and panicle length but negatively correlated with the Percentage of emptiness per panicle. According to results it is possible to predict rice production function under conditions of salinity at different growth stages using Panicle weight, Percentage of emptiness and number of tillers, can predicted.

Keywords: Process of growth, Production function, Rice, Salinity

1 and 2- Ph.D. Candidate in Irrigation and Drainage and Associate Professor, Water Science and Engineering Department College of Agriculture and Natural Resources, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, Respectively

3- Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization

4- Associate Professor, Water Engineering Department, Islamic Azad University, Lahijan Branch

(*- Corresponding Author Email: h_babazadeh@hotmail.com)