

ارائه رژیم بهینه آبیاری برنج تحت تنش شوری با استفاده از مدل SWAP

مریم نوابیان^{۱*} - محبوبه آقاجانی^۲ - مجید وظیفه دوست^۳ - مجتبی رضایی^۴

تاریخ دریافت: ۹۰/۱/۱۸

تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۱۳

چکیده

در استان گیلان برنج عمده‌ترین محصول کشاورزی محسوب می‌شود که در برابر شوری و قلیائیت بالای آب و خاک حساس می‌باشد. استفاده از سموم و کود شیمیایی در اراضی کشاورزی، احداث سدهای متعدد در بالادست رودخانه، ورود پسماندهای صنعتی، خانگی و وقوع خشکسالی در سال‌های اخیر سبب کاهش تدریجی دبی و افزایش شوری آب رودخانه سفیدرود به عنوان منبع آب شبکه آبیاری سفیدرود در استان گیلان شده است. در این تحقیق تلاش بر این است با راهکار شبیه‌سازی- بهینه‌یابی عمق و دوره تناوبی بهینه آبیاری برنج متناسب با شوری آب رودخانه سفیدرود به گونه‌ای تعیین شوند که حداقل کاهش عملکرد محصول ایجاد گردد. در این راستا از مدل آگروهیدرولوژیکی SWAP برای شبیه‌سازی مراحل مختلف رشد گیاه برنج و از مدل بهینه‌یابی در محدوده منطقی عمق و دوره تناوب آبیاری برنج با توجه به مراحل مختلف رشد استفاده شد. به دلیل اثرپذیری ارقام برنج نسبت به شوری، داده‌های صحرایی رقم هاشمی در سال ۱۳۸۶ رشت برای واسنجی مدل مد نظر قرار گرفتند. مقادیر بهینه رژیم آبیاری تناوبی در شوری کنونی رودخانه سفیدرود (شوری ۱/۷۴۷ دسی‌زیمنس بر متر) به ترتیب دوره تناوب آبیاری ۸ روز و عمق آب آبیاری ۵، ۴، ۳ و ۱ سانتی‌متر به ترتیب در مراحل رویشی، پنجه‌زنی، زایشی و رسیدن به دست آمدند. اعتبارسنجی مدل شبیه‌سازی- بهینه‌یابی با داده‌های صحرایی سال ۱۳۸۹ رقم هاشمی در رشت نشان از کارایی مدل در بهینه‌یابی دارد به گونه‌ای که در میان تیمارهای داده‌های صحرایی نیز دوره تناوبی ۸ روز با عمق آبیاری ۵ سانتی‌متر در طول فصل رشد در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر دارای بالاترین عملکرد محصول بود.

واژه‌های کلیدی: برنج، بهینه‌یابی مدیریت آبیاری تناوبی، سفیدرود، شوری، مدل SWAP

مقدمه

مهمی در تغذیه مردم جهان به ویژه ساکنان کشورهای در حال توسعه دارد. بیش از ۸۰ درصد منابع آب شیرین آسیا در کشاورزی و حدود نیمی از آن در تولید برنج مصرف می‌شود. مناطق زیادی از برنج‌کاری متاثر از شوری خاک و آب و کاهش عملکرد ناشی از آن می‌باشند (۱). شوری در دوره رویشی برنج باعث تاخیر در گل‌دهی، رسیدگی و کاهش تعداد پنجه و زیست توده سطح برگ و در مرحله زایشی، باعث کاهش تعداد خوشه‌چه، خوشه بارور، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه، شاخص برداشت و افزایش تعداد پنجه‌های نابارور و در نهایت کاهش عملکرد محصول می‌شود. به‌طور کلی گیاه برنج، در مرحله جوانه‌زنی (رویشی) به شوری نسبتاً مقاوم‌تر، در اوایل مرحله گیاهچه‌ای خیلی حساس، در طول مرحله رویشی مقاوم، در مرحله گل‌دهی (زایشی) خیلی حساس و در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی مقاوم به شوری است (۱۳). در مجموع شوری در مرحله زایشی بیشتر از مرحله رویشی سبب کاهش عملکرد دانه می‌شود. تشخیص کیفیت آب آبیاری با شاخص‌های متعددی امکان‌پذیر است که هدایت الکتریکی مهم‌ترین شاخص شوری آب محسوب می‌گردد و رابطه مستقیم با مجموع غلظت املاح موجود در آب دارد (۱۵).

از جمله مشکلات اساسی که مانع بزرگی در پیشرفت کشاورزی جهان محسوب می‌گردد شوری آب و خاک است (۸). با حادث شدن روزافزون مشکل کمبود آب، آب‌های با کیفیت نامطلوب به اجبار در زمره منابع آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از آب شور در آبیاری، با اثرات منفی فیزیکی و زیست محیطی همراه است. آب شور، سبب شور شدن خاک، کاهش پتانسیل آب، کاهش نفوذپذیری خاک به دلیل سدیم زیاد و در نتیجه کاهش عملکرد محصول می‌شود (۴). پس مطالعه مراحل مختلف رشد گیاهان زراعی در شرایط تنش شوری اهمیت ویژه‌ای در مدیریت زراعی و کاهش اثرات منفی تنش بر رشد و تولید محصول گیاهان زراعی دارد (۵). برنج یکی از محصولات عمده کشاورزی می‌باشد که نقش

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استادیار، دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

(Email: Navabian@guilan.ac.ir

*) نویسنده مسئول:

۴- عضو هیات علمی موسسه تحقیقات برنج کشور

منابع آبی، استفاده بی‌رویه از سموم و کود شیمیایی، احداث سد های پر شمار در بالادست حوزه آبریز سفیدرود، رودخانه سفیدرود که مهم‌ترین منبع آب کشاورزی استان گیلان به‌شمار می‌رود، دچار روند افزایشی شوری شده است. به دلیل حساسیت گیاه برنج به شوری در این پژوهش تلاش شده‌است تا با بهینه‌یابی عمق و دور آبیاری تناوبی برنج در مراحل مختلف رشد برای رقم هاشمی برای دو شرایط شوری کنونی و شوری ۱۰ سال آینده (با توجه به روند شوری سال‌های ۸۸-۸۲) آب حوزه رودخانه سفیدرود به گونه‌ای تعیین شوند تا حداقل کاهش عملکرد محصول برنج ایجاد گردد.

مواد و روش‌ها

استان گیلان با مساحت ۱۴۰۳۰ کیلومتر مربع در طول جغرافیایی ۳۴°۴۸' تا ۴۸°۵۰' شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳°۳۶' تا ۳۸°۲۷' شمالی در شمال کشور واقع شده است. منابع آب سطحی استان گیلان شامل رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و تالاب‌ها می‌باشند. منابع آب سطحی و زیرزمینی استان به حوزه آبریز سفیدرود، شرق گیلان، فومنات و تالش تقسیم شده‌اند. مهم‌ترین رودخانه حوزه آبریز سفیدرود، رودخانه سفیدرود می‌باشد. این رودخانه در طی سال‌های اخیر با کم‌آبی و شوری روبرو بوده است. شکل ۱ روند تدریجی شوری این رودخانه را در سال‌های اخیر به خوبی بیان می‌کند. با روندیابی حداکثر شوری رودخانه سفیدرود، پیش‌بینی می‌شود در سال ۱۴۰۰، حداکثر شوری رودخانه به حدود ۴/۵۶۶ دسی‌زیمنس بر متر برسد. حال آن‌که حد آستانه تحمل برنج نسبت به شوری برای عملکرد ۸۵ درصد (عملکرد قابل انتظار در منطقه)، ۲/۸۶ دسی‌زیمنس بر متر است. بنابراین مدیریت آبیاری تناوبی و تعیین عمق و دوره تناوب آبیاری در مراحل مختلف رشد با توجه به حساسیت به شوری از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد.

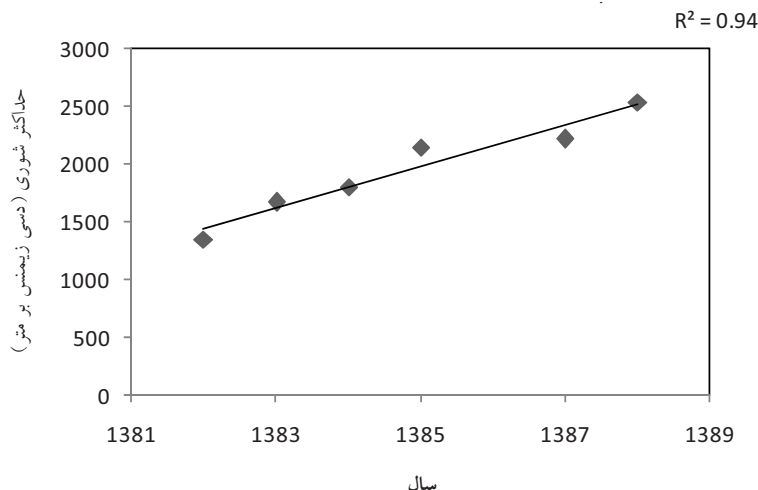
به منظور ارزیابی اثر شوری بر مراحل مختلف رشد برنج و بهینه‌یابی عمق و دوره تناوب آبیاری از مدل شبیه‌سازی اگروهیدرولوژیکی SWAP استفاده شد. مدل SWAP در دانشگاه واگنینگن توسط دی ویت (۱۱) پایه‌گذاری شد. ون دام و همکاران (۱۶) این مدل را برای شبیه‌سازی جریان آب، املاح، گرما و زی توده گیاهی توسعه دادند. در این مدل برای شبیه‌سازی رشد گیاهی از مدل WOFOST استفاده می‌شود که در آن رشد گیاه براساس فرآیندهای اکو - فیزیولوژیکی شبیه‌سازی می‌شود (۳). اساس مدل ارتباط فیزیکی پارامترهای خاک، آب، اتمسفر و گیاه است و از اطلاعات مختلف اقلیم، آب، خاک و گیاه استفاده می‌کند. مدل شامل ۵ زیر مدل اصلی هواشناسی، گیاه، خاک، آبیاری و زمان‌بندی است (۸).

رضایی و نحوی (۶) در تحقیقاتی در مؤسسه تحقیقات برنج رشت ۸ روز را بهترین دوره تناوب برای رقم هاشمی در آبیاری تناوبی با عمق ۵ سانتی‌متر و شوری ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آوردند. اسدی و همکاران (۱) برای ارقام اصلاح شده در آمل در شوری‌های ۲، ۴ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به تیمار شاهد ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب افت عملکرد ۲۳، ۶۳ و ۸۵ درصد را گزارش دادند. کرمی و همکاران (۱۲) در شیراز، عملکرد رقم رحمت آبادی، حسنی، شاه‌پسند و G28 را در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به تیمار شاهد (صفر دسی‌زیمنس بر متر) مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با افزایش شوری، برای مثال در رقم حسنی وزن متوسط ماده خشک و عملکرد محصول به ترتیب از ۱۲۱۰۰ به ۴۲۰۶ کیلوگرم و از ۴۰۶۷ به ۸۶۱ کیلوگرم در هکتار کاهش می‌یابد. در این تحقیق رقم حسنی به عنوان حساس‌ترین رقم به شوری و رقم G28 مقاوم‌ترین رقم به شوری گزارش داده شد.

یوسفی (۹) در استان فارس گزارش داد که در آبیاری تناوبی تاثیر آب شور به دلیل کمتر شدن میزان تبخیر و تعرق و جذب آب و نمک محلول و در نتیجه کمتر شدن تجمع نمک در بافت‌های گیاهی کاهش یابد. باقری و صادقی‌پور (۱۰) در اقلید استان فارس با اعمال شوری‌های ۱، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر بر روی ارقام مختلف برنج، گزارش دادند که با افزایش شوری عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است. محمدی‌نژاد و همکاران (۱۴) در موسسه IRRi در غلظت‌های ۰، ۶۰ و ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم برای آب آبیاری، بیشترین کاهش عملکرد محصول را به میزان ۴۰ درصد در محدوده غلظت ۶۰-۰ میلی مولار اعلام نمودند. زنگ و همکاران (۱۷) در کالیفرنیا با بررسی شوری ۰/۹، ۳/۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر و عمق‌های ۴، ۷، ۱۰، ۱۳، ۱۶ و ۲۰ سانتی‌متر برای آب آبیاری به این نتیجه رسیدند که اگرچه شوری و عمق آب آبیاری بر عملکرد محصول برنج اثر معنی‌داری دارد ولی اثر متقابل بین این دو عامل وجود ندارد. آنها پیشنهاد نمودند که در ابتدای رشد و در طول مدت جوانه‌زنی عمق آب آبیاری نسبت به سایر مراحل رشد کمتر در نظر گرفته شود. این محققان در سال ۲۰۰۰ طی گزارشی افت عملکرد ۴۵ درصدی را در شوری ۳/۴ نسبت به ۱/۹ دسی‌زیمنس بر متر ارائه نمودند.

تحقیقات جهانی در مورد آبیاری برنج در سه زمینه مدیریت آبیاری تناوبی، سیستم افزایش تولید برنج و برنج هوازی قابل دسته‌بندی است که از میان آنها، روش آبیاری تناوبی با دور مناسب، بیشتر مورد توجه قرار گرفته است (۲). بهینه‌یابی عمق و دور آبیاری تناوبی در هریک از مراحل رشد با توجه به تنش شوری می‌تواند منجر به مدیریت بهینه کمی و کیفی آب آبیاری و کاهش عملکرد محصول گردد.

با توجه به خشکسالی‌های چند سال اخیر استان گیلان، کمبود



شکل ۱- روند حداکثر شوری سالانه رودخانه سفیدرود

باقی مانده و اشباع، هدایت آبی اشباع و پارامترهای ون گنوختن با استفاده از درصد رس و سیلت، ماده آلی و وزن مخصوص ظاهری از طریق توابع انتقالی برآورد شدند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جداول ۱ و ۲ ارائه شده‌اند.

زیر مدل آبیاری در بر گیرنده پارامترهای مدیریتی آبیاری مانند روش آبیاری، عمق آب آبیاری، دوره تناوب و کیفیت آب آبیاری است که بر طبق شرایط کشت برنج و قیود مدل بهینه‌یابی تعریف شدند.

پس از واسنجی مدل شبیه‌سازی، از مدل بهینه‌یابی با هدف حداکثرسازی عملکرد برنج، برای تعیین مقادیر بهینه دوره تناوب و عمق آب آبیاری در مراحل مختلف رشد استفاده شد. تابع هدف و متغیر تصمیم‌یابی در معادلات ۱ و ۲ ارائه شده‌اند:

$$Y = F(D_1, D_2, D_3, D_4, T) \quad (1)$$

برای واسنجی مدل SWAP از مشخصات رقم هاشمی اراضی شالیزاری رشت استفاده شد. داده‌های زیر مدل هواشناسی شامل حداکثر و حداقل دمای هوا، رطوبت نسبی، ساعات آفتابی، سرعت باد، میزان بارندگی و تبخیر از تشت کلاس A مربوط به ایستگاه سینوپتیک هواشناسی کشاورزی رشت در سال ۱۳۸۶ می‌باشند. داده‌های تشت تبخیر با ضریب ۰/۷۸ که توسط رضوی پور (۷) برآورد شده است به تبخیر تعرق پتانسیل تبدیل شد.

زیرمدل گیاهی مدل SWAP شامل مدل ساده و مدل پیشرفته است که در این تحقیق با توجه به اطلاعات موجود، از مدل ساده استفاده شد. پارامترهای گیاهی در مدل ساده شامل شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه، عمق توسعه ریشه و ضریب واکنش عملکرد در مراحل مختلف رشد می‌باشند که از داده‌های زراعی سال ۱۳۸۶ رقم هاشمی در موسسه تحقیقات برنج رشت استفاده شد.

خصوصیات هیدرولیکی مورد نیاز زیر مدل خاک شامل رطوبت

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

عمق (سانتی‌متر)	کربن آلی (%)	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	بافت خاک	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)
۰-۱۵	۱/۷۲	۴۷	۳۹	۱۴	رسی	۱/۱
۱۵-۳۰	۱/۵۴	۴۴	۳۹	۱۷	رسی	۱/۲

جدول ۲- تغییرات رطوبت خاک در مکش‌های مختلف

عمق (سانتی‌متر)	۳۳ (کیلو پاسکال)	۱۰۰ (کیلو پاسکال)	۴۵۰ (کیلو پاسکال)	۱۲۰۰ (کیلو پاسکال)	۱۵۰۰ (کیلو پاسکال)
۰-۱۵	۰/۴	۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۲۷
۱۵-۳۰	۰/۴	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۳۱	۰/۳۰

$$5 \leq D_1 \leq 6 \text{ cm}, 2 \leq D_2 \leq 3 \text{ cm}, 2 \leq D_3 \leq 4 \text{ cm}, 1 \leq D_4 \leq 2 \text{ cm}$$

$$0 \leq T \leq 8 \text{ day}$$

$$0.274 \leq EC \leq 4.566 \text{ ds / m}$$

(۲)

که D_1 تا D_4 به ترتیب عمق آب آبیاری در مراحل استقرار، پنجه‌زنی، زایشی و رسیدن T: دوره تناوب آبیاری می‌باشند. قیود مدل بهینه‌یابی برای متغیرهای تصمیم با توجه به مطالعات مهدوی (۸) و رضایی و نحوی (۶) انتخاب شده‌اند.

نتایج و بحث

بر اساس مدل شبیه‌سازی- بهینه‌یابی، رژیم آبیاری بهینه شامل عمق و دوره تناوب بهینه آبیاری برای دستیابی به بیشترین و کمترین میزان عملکرد محصول به ترتیب دوره تناوب صفر (غرقاب دائم) با شوری ۰/۲۴۷ دسی‌زیمنس بر متر و دوره تناوب ۸ روز با شوری ۴/۵۶۶ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمدند (جدول ۳).

بهترین رژیم آبیاری در شوری ۲/۸۶ دسی‌زیمنس بر متر (حد آستانه تحمل گیاه برنج) در دوره تناوب‌های مختلف در جدول ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول آمده است در این شوری، دوره تناوب غرقاب دائم با اعمال عمق آب آبیاری ۵، ۳، ۴ و ۱ سانتی‌متر به ترتیب در دوره‌های رویشی، پنجه‌زنی، زایشی و رسیدگی حداکثر عملکرد محصول را ایجاد می‌کند. مقایسه عملکرد برنج در دو شوری حد آستانه (۲/۸۶ دسی‌زیمنس بر متر) و سال‌های آتی (۴/۵۶۶

دسی‌زیمنس بر متر) نشان می‌دهد که بدون اعمال مدیریت و چاره‌اندیشی در خصوص استفاده از آب‌های شور و لب شور برای گیاه برنج برای دوره تناوب ۸ روز، کاهش عملکرد ۲۸ درصدی قابل انتظار خواهد بود.

در جدول ۵ بهترین رژیم آبیاری (عمق آب آبیاری) که منجر به بیشترین عملکرد محصول در دوره تناوب‌های عرف منطقه (۵ و ۸ روز) در شوری‌های مختلف شده است، نشان داده شده‌اند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در دوره تناوب‌های ذکر شده تا شوری حد آستانه ۲/۸۶ دسی‌زیمنس بر متر می‌توان از محصول برنج عملکرد نسبتاً مناسبی را انتظار داشت. اما با اعمال تنش خشکی و شوری بیشتر از حد آستانه، میزان عملکرد محصول به طرز چشمگیری کاهش می‌یابد به نحوی که کشت برنج مقرون به صرفه نخواهد بود.

به منظور اعتبارسنجی نتایج مدل شبیه‌سازی- بهینه‌یابی ارائه شده در این تحقیق از داده‌های تحقیقاتی سال ۱۳۸۹ رقم هاشمی در رشت استفاده شد. عمق آب آبیاری در همه آزمایشات، ۵ سانتی‌متر بود. جدول ۶، متوسط عملکرد محصول این تحقیق به ازای تنش‌های مختلف شوری (۱، ۲، ۴، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) و خشکی (غرقاب دائم، شرایط اشباع، ظرفیت زراعی، ۸۰ و ۹۰ درصد ظرفیت زراعی) را نشان می‌دهد. در این جدول، حروف کوچک و بزرگ مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در تیمارهای آبیاری و سطوح شوری می‌باشند.

جدول ۳- رژیم بهینه آبیاری (عمق و دوره تناوب آبیاری) به ازای حداقل و حداکثر درصد عملکرد محصول

عملکرد محصول (درصد)	عمق آب آبیاری (سانتی‌متر)			دوره تناوب (روز)	شوری آب آبیاری (دسی‌زیمنس بر متر)
	رسیدگی	زایشی	پنجه‌زنی		
۹۹	۱	۲	۳	۰	۰/۲۴۷
۱۹	۱	۲	۲	۸	۴/۵۶۶

جدول ۴- رژیم آبیاری بهینه در شوری ۲/۸۶ دسی‌زیمنس بر متر در دوره‌های تناوب مختلف

درصد عملکرد	عمق آب آبیاری (سانتی‌متر)				دوره تناوب (روز)
	رسیدگی	زایشی	پنجه‌زنی	رویشی	
۷۱	۱	۴	۳	۵	۰
۶۷	۱	۴	۳	۵	۱
۶۵	۱	۳	۲	۵	۳
۶۳	۱	۲	۲	۶	۵
۵۸	۱	۲	۲	۵	۷
۵۷	۱	۲	۲	۶	۸

جدول ۵- رژیم آبیاری بهینه (عمق آب آبیاری) در دوره تناوب عرف منطقه در سطوح مختلف شوری

درصد عملکرد	عمق آب آبیاری (سانتی متر)			شوری
	رسیدگی	زایشی	پنجه زنی	
۸۶	۱	۳	۳	۰/۲۴۷
۸۶	۱	۳	۲	۰/۷۴۷
۸۲	۱	۲	۲	۰/۷۴۷
۸۴	۱	۲	۳	۱/۲۴۷
۸۱	۱	۲	۳	۱/۲۴۷
۸۳	۱	۲	۳	۱/۷۴۷
۷۹	۱	۲	۳	۱/۷۴۷
۷۷	۱	۴	۲	۲/۲۴۷
۷۲	۱	۲	۲	۲/۲۴۷
۷۲	۱	۲	۲	۲/۸۶
۵۹	۱	۲	۲	۲/۸۶
۵۲	۱	۴	۳	۳/۳۶
۴۹	۱	۲	۲	۳/۳۶
۳۵	۱	۲	۲	۳/۸۶
۳۰	۱	۲	۲	۳/۸۶
۲۶	۱	۴	۳	۴/۵۶۶
۲۱	۱	۲	۲	۴/۵۶۶

آبیاری (شوری سفید رود)، رژیم بهینه آبیاری که علاوه بر سازگاری با برنامه توزیع آب در شبکه سفید رود، منجر به حداکثر عملکرد می شود را از جدول ۵ انتخاب و اعمال نمایند.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از مدل شبیه سازی- بهینه یابی در آبیاری تناوبی برنج استان گیلان، دوره تناوبی ۸ روز و شوری ۱/۷۴۷ و ۲/۲۴۷ دسی زیمنس بر متر و رژیم آبیاری ارائه شده در جدول ۷ به عنوان رژیم آبیاری مناسب گیاه برنج پیشنهاد می گردد. میزان شوری رودخانه سفیدرود در شرایط فعلی در حدود ۲ دسی زیمنس بر متر می باشد بنابراین با استفاده از آب رودخانه سفیدرود و اعمال مدیریت آبیاری مناسب می توان عملکرد محصول مناسبی را از کشت برنج رقم هاشمی در استان گیلان انتظار داشت.

بر اساس نتایج، در شوری ۲ دسی زیمنس بر متر، به دلیل نقش آبیاری تناوبی در کاهش اثرات شوری، آبیاری در ظرفیت زراعی که معادل دوره تناوب ۸ روز است، توصیه می گردد. در شوری های بیشتر از ۲ دسی زیمنس بر متر، آبیاری در شرایط ۸۰ درصد ظرفیت زراعی، به دلیل عملکرد بهتر و نیاز آبی کمتر قابل توصیه است. به طور کلی در شرایط شوری های بیش از ۲ دسی زیمنس بر متر، افت عملکرد محصول قابل ملاحظه است و کشت برنج مقرون به صرفه نمی باشد. تطابق نتایج آزمایشات فوق در شوری ۲ دسی زیمنس بر متر با نتایج مدل شبیه سازی- بهینه یابی برای شوری کنونی رودخانه سفیدرود (شوری ۱/۷۴۷ دسی زیمنس بر متر) نشان داد که روش بکارگرفته شده در تحقیق حاضر با دقت مناسبی قادر به شبیه سازی تنش های شوری و خشکی در مراحل مختلف رشد برنج بوده و راهکار مدیریت بهینه توصیه شده در شوری های مختلف قابل اعتماد و کاربرد می باشند. بنابراین کشاورزان منطقه می توانند به ازای شوری آب

جدول ۶- نتایج مقایسه میانگین عملکرد برنج رقم هاشمی (گرم در گلدان) در تیمار های مختلف شوری و خشکی

رژیم آبیاری	شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر)					متوسط عملکرد (گرم در گلدان)
	۱	۲	۴	۶	۸	
غرقاب دائم	۲۲/۲۴ Aa	۱۱/۸۶ Bb	۵/۸۵ Abc	۲/۹۳ Ac	۰/۸۳ Ac	۸/۷۴ AB
آبیاری در شرایط اشباع	۲۱/۹۳ Aa	۱۵/۶۱ ABa	۵/۶۸ Ab	۲/۹۲ Ab	۱/۱۷ Ab	۹/۴۶ AB
آبیاری در شرایط ظرفیت زراعی	۱۹/۳۶ Aa	۱۸/۸۰ Aa	۶/۳۸ Ab	۴/۱۵ Ab	۰/۷۶ Ab	۹/۸۹ A
آبیاری در شرایط ۹۰ درصد ظرفیت زراعی	۱۷/۹۹ Aa	۱۱/۸۹ Bab	۵/۷۰ ba	۴/۳۲ Ac	۰/۲۵ Ac	۸/۰۳ AB
آبیاری در شرایط ۸۰ درصد ظرفیت زراعی	۱۱/۳۴ Ba	۱۰/۷۴ Ba	۵/۲۹ Aab	۳/۷۲ Ab	۰/۶۶ Ab	۶/۳۵ B

جدول ۷- رژیم آبیاری بهینه در استان گیلان برای تنش شوری قابل قبول برنج رقم هاشمی

درصد عملکرد محصول	عمق آب آبیاری (سانتی متر)			دوره تناوب (روز)	شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر)		
	رسیدگی	زایشی	پنجه زنی رویشی		رسیدگی	زایشی	پنجه زنی رویشی
۷۷	۱	۲	۲	۸	۱/۷۴۷	۱/۷۴۷	۱/۷۴۷
۷۲	۱	۴	۳	۸	۲/۲۴۷	۲/۲۴۷	۲/۲۴۷

این شرایط شوری آب آبیاری با توجه مناسبی روبرو نخواهد بود. بنابراین باید تلاش نمود با بهبود وضعیت آبیاری و زهکشی مزارع کشاورزی و شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود و نیز اصلاح قوانین زیست محیطی روند شوری رودخانه سفیدرود را در حد مجاز کنترل نمود تا در آینده با بحران شوری شدید منابع آبی، کشاورزی منطقه با تهدید جدی روبرو نگردد.

جدول ۸ نشان می دهد که در شوری ۴/۵۶۶ دسی زیمنس بر متر (شوری پیش بینی شده برای ۱۰ سال آینده در رودخانه سفید رود)، در حالت غرقاب دائم و دوره تناوبی ۸ روز با حدود ۶۱ درصد افت عملکرد محصول نسبت به همان دوره تناوب در شوری عرف منطقه، به ترتیب عملکرد حدود ۳۵ و ۲۱ درصد حاصل خواهد شد. این نتایج نشان می دهد که به لحاظ اقتصادی، کشاورزی و فنی کشت برنج در

جدول ۸- مقایسه رژیم آبیاری بهینه برای رقم هاشمی در استان گیلان در شوری ۰/۷۴۷ و ۴/۵۶۶ دسی زیمنس بر متر

عملکرد محصول (درصد)	عمق آب آبیاری (سانتی متر)			دوره تناوب (روز)	شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر)
	رسیدگی	زایشی	پنجه زنی رویشی		
۹۶	۱	۴	۳	۵	۰/۷۴۷
۸۲	۱	۲	۲	۵	۰/۷۴۷
۳۵	۱	۴	۳	۵	۴/۵۶۶
۲۱	۱	۲	۲	۶	۴/۵۶۶

منابع

- ۱- اسدی ر، رضایی م، یوسفی ع. و اشرف زاده ا. ۱۳۸۸. امکان پیش بینی اثرات شوری آب بر عملکرد ارقام برنج پرمحصول. دوازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری. اسفند ۱۳۸۸.
- ۲- اسدی ر، رضایی م. و معتمد م. ک. ۱۳۸۳. راه حل ساده برای مقابله با خشک سالی ها در شالیزارهای مازندران. فصل نامه علمی- ترویجی خشکی و خشک سالی کشاورزی: ۹۰-۸۷.
- ۳- امیری ا، رضایی م، یزدانی م. و رضوی پور ت. ۱۳۸۶. ارزیابی کاربرد مدل SWAP جهت پیش بینی عملکرد برنج در شرایط خشک سالی. اولین همایش سازگاری با کم آبی. تهران - ماهنامه مهرآب - سال ۱۳۸۶.
- ۴- جبلی ج. ۱۳۸۰. تاثیرات زیست محیطی استفاده از آب های شور. کارگاه آموزشی مدیریت استفاده از آب های شور.
- ۵- دادخواه ع. ۱۳۸۴. تاثیر تنش شوری بر جوانه زنی و رشد گیاهچه چهار ژنوتیپ چغندر قند. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی: ۷۰: ۸۸-۹۳.
- ۶- رضایی م. و نحوی م. ۱۳۸۲. اثر دور آبیاری بر مقدار مصرف آب و عملکرد برنج در گیلان. مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران ۸۳: ۲۳۳-۲۴۰.
- ۷- 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.
- ۸- منصوری ح. و مصطفی زاده ب. ۱۳۸۵. راهنمای نصب و اجرای مدل SWAP. اولین همایش منطقه ای بهره برداری بهینه از منابع آب حوضه های کارون و زاینده رود. شهرکرد- دانشگاه شهرکرد. شهریور ۱۳۸۵.
- ۹- یوسفی فلکدهی ع. ۱۳۸۵. برهم کنش اثر تنش آب و شوری آب بر عملکرد برنج. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه آبیاری. دانشگاه شیراز. ۱۸۰ ص.

- 10- Bagheri A., and Sadeghipour O. 2009. Effect of salt Stress on Yield, Yield Components and Carbohydrates Content in four Hullless Barley (*Hordeum vulgare* L.) Cultivars. Journal of Biological Sciences 9(8): 909- 912.
- 11- De Wit C.T., Brouwer R., and Penning de Vries F.W.T. 1970. The Simulation of Photosynthetic System. In:

- Prediction and Measurement of Photosynthetic Productivity, setlik, I. (Ed.). Proceeding IBP/PP Technical Meeting Trebon 1969. Pudoc, Wageningen, The Netherlands: 47-50.
- 12- Karami A., Homae M., and Basirat C.S. 2010. Quantitative and qualitative responses of rice genotypes (*Oryza Sativa*) to salinity levels of drained water. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. 45. DLO Winand Staring Centre, Wageningen.
 - 13- Mass E.V. 1986. Salt tolerance of plants. Applied Agric.different calcium levels. Fild Crop Res. 26: 35- 44.
 - 14- Mohammadi Nejad G., Singh. R., Arzani A., Rezaie A. M., Sabouri H., and Gregorio G. 2010. Evaluation of salinity tolerance in rice genotypes International Journal of Plant Production 4(3): 199-208.
 - 15- Pescod M.B. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture, FAO. Irrigation and drainage paper No.47.
 - 16- Van Dam J., Groenendijk V., Huygen J., Kabat R., Wesseling P., Feddes P., and Walsum P. 1997. Theory of SWAP version 2.0.Simulation of water flow, solute transport and plant growth in the Soil-Water- Atmosphere-Plant environment. Technical Document 45. DLO Winand Staring Centre, Wageningen.
 - 17- Zeng L., and Shannon M.C. 2000. Salinity Effects on Seedling Growth and Yield Components of Rice.Published in Crop Sci. 40: 996-1003.
 - 18- Zeng L., Lesch S., and Grieve C. 2003. Rice growth and yield respond to changes in water depth and salinity stress. Agricultural Water Management 59: 67-75.

Optimal Irrigation Regime of Rice under Salinity Using SWAP Model

M. Navabian^{1*} - M. Aghajani² - M. Vazifehdost³ - M. Rezaei⁴

Received:7-4-2011

Accepted:4-9-2011

Abstract

Rice is most important agricultural crop of Guilan province sensibility to salinity and alkalinity of water and soil. In recent years, using of toxicants and fertilizers in farmlands, constructing several dams upstream, entering agricultural, homemade and industrial sewage in to a river, and drought have decreased gradually discharge of river and increased salinity of Sefidrud River as an irrigation source of Sefidrud irrigation network of Guilan province. This research tries to determine the optimal intermittent and depth of irrigating of rice in proportion to salinity of Sefidrud River using of optimization- simulation mechanisms as is the decrease in crop efficacy become minimum. To achieve this, an agro hydrological SWAP was used to simulate different stages of rice growing and an optimization model was used in a reasonable range of the intermittent rice irrigation period and depth with regard to different growth stages. Because some types of rice are affected by salinity, field experiments of Hashemi variety in Rasht in 1386 were used to calibrate the model. Optimal values of the intermittent irrigation regime in current salinity of the Sefidrud River (1.747 ds/m) included 8 days intermittent irrigation period and the depth of water for irrigating was 1, 3, 4 and 5 for vegetative, tiller, maturity and harvest stages respectively. The comparison of results of optimization- simulation model with field data in 1389 showed good efficiency of this model in irrigation optimization. In the field experiment 8 days intermittent period with irrigation 5 cm in depth was highest crop performance in 2 ds/m salinity.

Keywords: Rice, Intermittent irrigation management optimization, Sefidrud, Salinity, SWAP model

1,2,3- Assistant Professor, MSc Student and Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Respectively

(* - Corresponding Author Email: Navabian@guilan.ac.ir)

4- Researcher of Rice Research Institute of Iran, Rasht