معرفی روش جدید آبیاری برنج در کشور چین

نویسندگان: دکتر محمد اسماعیل اسدی و پریسا شاهین رخسار احمدی، به ترتیب عضو هیئت علمی و کارشناس ارشد بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان (تلفن: ۲۷۱۹-۱۷۵-۰۹۱۱)

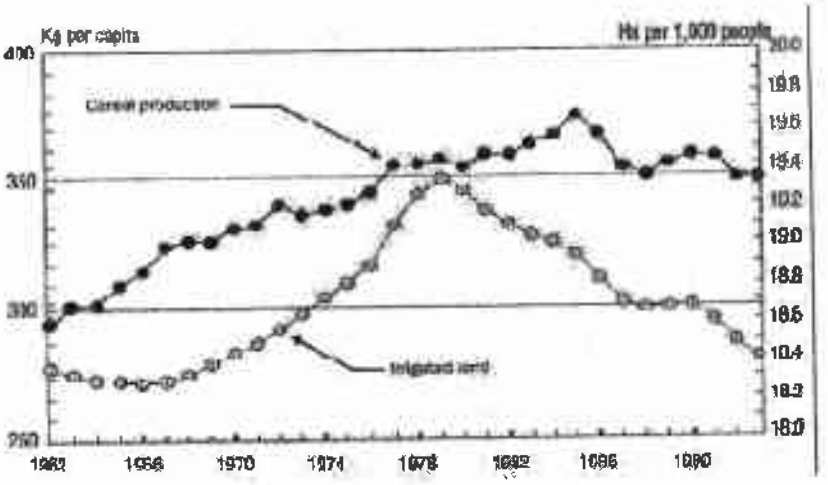
چکیده

برنج یکی از مهمترین محصولات غذایی در کشور چین می باشد که تقریباً در همه استانهای این کشور کشت می شود، امّا حدود ۷۰ درصد کشت عمده برنج در قسمتهای جنوبی چین انجام می شود. مقدار قابل توجهی از آب موجود جهت آبیاری مزارع برنج تحت روش آبیاری سنتی که آبیاری غرقابی نام دارد، مصرف می شود. از دهه ۱۹۸۰ در بعضی از استانهای جنوبی چین، روش نوینی از آبیاری تحت عنوان آبیاری صرفه جو بکار برده شد که در سالهای اخیر این تکنیک نوین به طور وسیعی گسترش پیدا کرده است. طراحی این روش جدید آبیاری بر این اساس است که بعد از مرحله استقرار (recovering) هیچ آبی روی سطح خاک در طول فصل رشد در شالیزارها قرار نگیرد. این روش نه تنها موجب صرفه جویی در مصرف آب شده بلکه منجر به افزایش عملکرد محصول، کاهش آلودگی خاک و آب و بهبود تهویه خاک می شود. همچنین موجب بهبود شرایط خرد اقلیم مزرعه و بیلان آب منطقه می گردد و ضمناً شاهد کاهش ویروسها و آفات برنج نیز خواهیم بود. در این مقاله بر روی جزئیات تکنیکهای آبیاری صرفه جو و پتانسیل اثرات زیست محیطی آن بر جنوب چین بحث می کنیم.

۱- مقدمه

برنج نقش مهمی در تغذیه نیمی از مردم جهان که بیشتر آنها در کشورهای در حال توسعه زندگی می کنند، دارد. این محصول یک سوم سطح زیر کشت غلات دنیا را اشغال کرده است و تأمین کننده ۳۵ تا ۶۰ درصد کالری ۲/۷ میلیارد نفر از جمعیت جهان می باشد. بیش از ۹۰ درصد برنج دنیا در آسیا تولید و مصرف می شود (Barker and Herdt, 1985). برنج گیاهی است که نسبت به دیگر گیاهان تحت آبیاری، بیشترین سطح زیر کشت را دارد. بیش از ۸۰ درصد منابع آب شیرین در قاره آسیا برای اهداف کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرد که نیمی از کل این آب صرف تولید برنج می شود (Bhuiyan, 1992, Dawe et al, 1998). محیط رشد برنج به دلیل نیاز آبی فراوان، آن را از دیگر نباتات متمایز می سازد، بطوریکه علاوه بر آبیاری در مرحله داشت، مقدار قابل توجهی از آب آبیاری قبل از نشاء یا کشت مستقیم جهت تهیه و آماده سازی زمین و غرقاب نمودن آن و نیز مقدار دیگری در طول دوره رشد محصول به طور مستمر به صورت نفوذ عمقی مصرف می شود. امّا از طرف دیگر آب بطور فزاینده ای کمیاب می شود بطوریکه بین

سالهای ۱۹۵۵ الی ۱۹۹۰ سرانه آب قابل دسترس بسیاری از کشورهای آسیایی از ٤٠ تا ٦٠ درصد کاهش یافته است (Gleick, 1993) و پیش بینی شده که تا سال ۲۰۲۵ به میزان ۱۵ تا ٥٤ درصد در مقایسه با سال ۱۹۹۰ کاهش خواهد یافت. در قرون اخیر نواحی تحت آبیاری دنیا رشد سریعتری از جمعیت جهان داشته است. از سال ۱۹۸۰ مساحت مناطق فاریاب دنیا برای هر نفر به شدت کاهش پیدا کرد و به تبع آن تولید غله سرانه در دنیا دچار رکود شد (شکل ۱).



شکل ۱- تولید غله دنیا برای هر نفر و زمینهای فاریاب برای هر ۱/۰۰۰ نفر (Guerra et al., 1998)

امروزه سهم آب کشاورزی به دلیل افزایش رقابت مصرف آب در صنعت و شرب با نرخ رشد سریعتری کاهش خواهد یافت (Tuong and Bhuiyan, 1994). آینده تولید برنج بستگی به فعالیتها، انخاذ وگسترش استراتژیهایی دارد که آب را در برنامه ریزیهای آبیاری بطور موثری استفاده نمایند. این چنین استراتژیها و فعالیتهایی برای دیگر قسمتهای جهان نیز مهم است. مخصوصاً در قسمتهایی از آسیا مثل کشور ما ایران که تقاضا برای برنج بالا بوده و آب کمتری نسبت به دیگر کشورهای آسیایی در دست داریم.

اهمیت برنج به عنوان دومین غله تأمین کننده نیاز غذایی مردم ایران بر کسی پوشیده نیست. قدمت کشت برنج در جهان به حدود پنج هزار سال و در ایران به دو هزار سال قبل می رسد. سطح زیر کشت برنج در ایران حدود ٦۰۰ هزار هکتار در سال می باشد که در حدود ۷/٤ درصد سطح کشت آبی کل کشور می باشد. این گیاه در ایران بصورت آبی کشت می شود. روش آبیاری مورد استفاده آن در کشور روش استغراقی یا غرقابی می باشد که استفاده از این روش موجب مصرف آب بیش از اندازه و پایین بودن کارآیی مصرف آب آبیاری می گردد. بنابراین لازمه کشت آن تأمین آب و لازمه تداوم کشت آن مدیریت صحیح آبیاری می باشد. چرا که کمبود آب در شرایط فعلی و بحران آینده آب در ایران واقعیت انکار ناپذیری می باشد که تنها با اتخاذ تمهیداتی بر پایه یافته های

علمی قابل کنترل خواهد بود. فعالیتهای اجرایی برای تأمین آب در ایران دارای سابقه طولانی می باشد، وجود سدها و شبکه های آبیاری در شالیزارهای کشور موید این نکته است. بطور قطع در این راستا تجربیات زیادی پدید آمده است. اما در عین حال مشکلات فراوانی نیز در مجموعهٔ عوامل تأمین آب وجود دارد که باید برای حل بخشی از مشکلات استفاده نمود. همایش چالشهایی فراروی خودکفایی برنج با هدف جمع کردن محققین، صاحبنظران و کارشناسان اجرایی امور آبیاری برنج در سطح کشور برای ارایه یافته های علمی به کسانی که مشکلات را می شناسند و بطور متقابل بیان مشکلات واقعی برای کسانی که دست اندر کار تحقیقات علمی می باشند، برگزار می گردد. در این راستا تجربیات دیگر کشورهای آسیایی که قدمت برنج در آنها بسیار طولانی است، می تواند موثر و مفید واقع شود، به همین دلیل در مقاله حاضر تجربه ای از کشور چین در زمینه آبیاری نوین برنج ذکر می گردد. امید است که ارائه تجربه های تحقیقاتی دیگر کشورها در کنار بیان کارشناسانهٔ مشکلات اجرایی در این همایش، ضمن اطلاع رسانی در مورد فعالیتها، یافته ها و مشکلات بتواند تا حدودی منجر به نزدیک ساختن دیدگاههای علمی و پژوهشی با دیدگاههای اجرایی گردد تا از این طریق ایده های جدید علمی و مدیریتی پدید آید.

۲- مواد و روشها

روشهای آبیاری سنتی بسیاری برای برنج در قسمتهای جنوبی چین وجود دارد. اما عمده ترین روش، آبیاری غرقابی کم عمق می باشد. رژیمهای آبیاری رایج در این روش در جدول ۱ نشان داده شده است(Mao Zhi, 1993). اساس روش آبیاری غرقابی بر این اصل است که یک لایه کم عمقی از آب در ۷۰ الی ۸۰ درصد کل فصل رشد روی سطح خاک نگهداشته می شود.

جدول ۱- استانداردهای عمومی رژیمهای آب مزارع برنج تحت روش آبیاری غرقابی کم عمق در جنوب چین

مرحله رشد	ارتفاع آب آبیاری مزارع برنج (میلی متر)
سبز کردن بذر	۱۰-۳۰
اوایل و اواسط پنجه زنی	۲۰-۴۰
اواخر پنجه زنی	زهکشی نمودن و خشکاندن ۷-۵ روز
ساقه رفتن، رشد بوته، خوشه رفتن و گلدهی	۲۰-۶۰
شیری شدن دانه	۱۰-۴۰
سفت شدن دانه	زهکشی نمودن و خشکاندن مزرعه

در جدول ۲ رژیمهای آبیاری روش آبیاری صرفه جو در جنوب چین نشان داده شده است (Mao Zhi, 1993). در بعضی مناطق وقتی که دمای هوا در اوایل مرحله پنجه زنی کمتر از ۱۸ درجه سانتی گراد گردد، ارتفاع آب آبیاری ۲۰ تا ٤٠ میلی متر در روش آبیاری صرفه جو نگهداشته می شود. شاخص اصلی این روش این است که هیچ لایه آبی در طول ۷۵ الی ۸۵ درصد فصل رشد در مزرعه وجود نداشته باشد.

جدول ۲- استانداردهای عمومی رژیمهای آبیاری مزارع برنج تحت روش آبیاری صرفه جو در جنوب چین

مرحله رشد	رطوبت خاک به صورت درصدی از اشباع خاک یا ارتفاع آب آبیاری (میلی متر)
سبز کردن بذر	۳۰-۱۰ ارتفاع آب آبیاری
اوایل و اواسط پنجه زنی	۱۰۰-۸۰ درصد رطوبت خاک
اواخر پنجه زنی	۱۰۰-۶۰ درصد رطوبت خاک
ساقه رفتن، رشد بوته، خوشه رفتن و گلدهی	۱۰۰-۸۰ درصد رطوبت خاک
شیری شدن دانه	۱۰۰-۷۰ درصد رطوبت خاک
سفت شدن دانه	۱۰۰-۶۰ درصد رطوبت خاک

از سال ۱۹۹۰، این روش نوین آبیاری بطور گسترده ای در جنوب چین مورد استفاده قرار گرفت. بطور مثال ۱۰۰/۰۰۰ هکتار از اراضی استان هیونان (Hunan) و گوآنگچی (Guangxi) تحت پوشش این روش آبیاری قرار گرفتند.

۳- نتیجه و بحث

براساس تحلیل نتایج آزمایشی و تجربی، اثرات عمده زیست محیطی این روش به شرح ذیل معرفی می گردد.

۳-۱ کاهش آلودگی خاک و آب

بر اساس داده های آزمایشی از لایسیمترها در ایستگاه آزمایشی آبیاری در منطقه گوآنگچی، میانگین مقادیر تبخیر تعرق، نفوذ و نیاز آبی برنج زود رس و دیررس تحت دو روش آبیاری غرقابی و آبیاری صرفه جو در جدول ۳ نشان داده شده است(Mao Zhi, 1993). تفاوت نفوذ آبیاری غرقابی و آبیاری صرفه جو در حدود ۳٤٥/٦ میلی متر (٦٧/١ درصد) می باشد.

جدول ۳- مقادیر متوسط تبخیر تعرق، نفوذ عمقی و نیاز آبی در کل فصل رویش محصول دوگانه برنج (دیر رس و زود رس) بر حسب میلی متر در گیلین ۱۹۹۲- ۱۹۹۰

روش آبیاری	تبخیر تعرق	نفوذ عمقی	نیاز آبی
آبیاری غرقابی	۷۶۵/٤	۵۱٤/۹	۱۲۸۰/۳
آبیاری صرفه جو	٦۸۸/۸	۱٦۹/۳	۸۵۸/۱

نتایج بدست آمده از هفت ایستگاه تحقیقاتی آبیاری در ٤ استان جنوبی چین نشان داد که ۵۰ الی ۸۰ درصد نفوذ و تراوش آب از شالیزارهای برنج را می توان با استفاده از روش آبیاری صرفه جو کاهش داد (Mao Zhi, 1993). به دلیل نفوذ و تراوش آب کودها نیز هدر می روند. درجدول ٤ تلفات کود بر اثر نفوذ عمقی آب در مزرعه برنج دیررس بر اساس داده های لایسیمتری ایستگاه گیلین (Chen Weining, 1993) نشان داده شده است. مقادیر جدول ٤ نشان می دهد که مقادیر زیادی از کودها، مخصوصاً کود نیتروژن بر اثر نفوذ عمقی تحت روش آبیاری غرقابی هدر می رود ولی به دلیل کاهش ۵۰ تا ۸۰ درصدی نفوذ عمقی در روش آبیاری صرفه جوتلفات کود مخصوصاً کود نیتروژن کاهش یافته است.

جدول ٤- فرآیند تلفات کود ناشی از نفوذ عمقی از مزارع برنج تحت آبیاری غرقابی در گیلین ۱۹۹۲

نوع مواد غذایی	شدت نفوذ (میلی متر در روز)	مقدار تلفات کود ناشی از نفوذ عمقی (میلی گرم بر متر مربع)											
		مرداد				شهریور					مهر		
		۱۰	۱٤	۱۸	۲۱	۵	۹	۱۲	۱۸	۲۱	۱	۷	۱۱
بون آمونیوم (NH^+_4)	۳	۹/٦	۱۰/۵	۹/۱	۱۱/۹	۸/۷	۸/٦	۹/۳	۸/۷	۱۰/٤	۱۰/٤	۹/۲	۹/٤
	٦	۱۷/۹	۱۸/٤	۱٦/۹	۱۸/۲	۱٤/۸	۱۳/۱	۱۳/۱	۱۵/۸	۱۲/٦	۱٤/٦	۱۵	۱۰/۷
بون فسفات (PO^{3-}_4)	۳	۱/۱	۱/۱	۰/۹	۱/۳	۰/۹	۱/۲	۰/۲	۰/۷	۰/۵	۱/۰	۱/۲	۰/۹
	۳	٤/۹	۳/٦	۳/۹	۳/۲	۱/٦	۲/۱	۰/۹	۱/۲	۱/۳	۱/۳	۲/۲	۰/۸

۳-۲ بهبود تهویه خاک

بر اساس نتایج مشاهده شده از هفت ایستگاه تحقیقاتی در استانهای هونان، جیانگسو، گانگدونگ و هوبی در جنوب چین، سطح ایستابی آبهای زیر زمینی در مزارع برنج تا سطح خاک بالا آمده و این سطح در دوره استغراق زمین تحت روش آبیاری غرقابی حفظ می شود. با استفاده از روش آبیاری صرفه جو می توان به میزان ۰/۳ تا ۰/۸ متر سطح ایستابی آب را در دوره ای که زمین مستغرق نیست، پایین آورد.

پتانسیل رداکس خاک (پتانسیل اکسایشی کاهشی) تحت آبیاری دخیره ای مزارع برنج ۱۲۰ تا ۲۰۰ درصد مزارع تحت آبیاری غرقابی می باشد(Mao Zhi, 1993). این بدان معنی است که تحت آبیاری صرفه جو محتوی اکسیژن خاک افزایش، مقدار ادافون (edaphon) افزایش و در نتیجه ترکیبات سمی خاک کاهش می یابد. بر اساس داده های بدست آمده در ایستگاه تحقیقاتی استان هونان (جدول ۵)، مقدار آزاد سازی آمونیوم در اراضی تحت آبیاری صرفه جو ۲۶ برابر بیشتر از اراضی آبیاری غرقابی می باشد. در حالیکه میزان باکتریهای ارگانوفسفره (ترکیبات شیمیایی فسفات) و باکتریهای تجزیه کننده سلولز به ترتیب ٦ و ۱۰ برابر بیشتر از اراضی تحت آبیاری غرقابی می باشند (He Shunzhi, 1993).

جدول ۵- مقدار ادافونها در مزارع زود رس برنج (میلیون در گرم خاک خشک) در چانگشا سال**۱۹۹۲**

روش آبیاری	آبیاری صرفه جو		آبیاری غرقابی	
روز نمونه گیری	۲۳ خرداد	۲۵ تیر	۲۳ خرداد	۲۵ تیر
باکتریهای هوازی	۰/۲۷۷	۱/٦۲٤	۰/٦٥۷	۱/۰۲٥
باکتریهای غیر هوازی	۰/۰۲۱	۰/۰۱٥	۰/۰۳٥	۰/۰۱۷
آکتینو میستها	۰/٤۲۲	۰/۲۸۸	۰/۱٦۱	۰/۰۹٤
باکتریهای آزاد کننده آمونیوم	۱۱/٥٥۰	۱۱۲/۰۰۰	۰/۳٥٥	٤/۲۰۰
باکتریهای نیترات ساز	۰/۱۰۰	۰/۰۱۱	۰/۰۰۹	۰/۰۱۰
باکتریهای نیترات زدا	۰/۳۹۰	۰/٤۰۰	۰/۰۸٥	۰/۰٤۲
باکتریهای اورگانو فسفره	٤/۰۲٥	۰/۹٦۰	۰/۷۱۰	۰/٤۲۰
باکتریهای تجزیه کننده سلولز	۰/۰٤۰	۰/۰٤۰	۰	۰/۰۰٤
باکتریهای سولفات ساز	۰/۱۱٦	۰/٤۰۰	۰/۰۰٤	۰/۰۰۱
باکتریهای سولفات زدا	۰/٤۱۳	۰/۰۰۸	۳/٥۷۰	۱/۱۷٦

ادافونهای مهم دیگر در اراضی تحت آبیاری صرفه جو بسیار بیشتر از اراضی تحت آبیاری غرقابی بودند. شرایطی نظیر سطح آب زیر زمینی پایین، پتانسیل بالای رداکس خاک (محتوی بیشتر اکسیژن خاک) و مقدار بیشتر ادافونها برای تغییر شکل و جذب کودهای آلی و کاهش ترکیبات سمی خاک بسیار مطلوب است. بنابراین با استفاده از آبیاری صرفه جومی توان خصوصیات خاک مزارع برنج را بهبود بخشید و همچنین باعث افزایش عملکرد محصول شد.

۳-۳ بهبود شرایط خرد اقلیم مزرعه

بر اساس نتایج تحقیقاتی از هفت ایستگاه تحقیقاتی آبیاری در ٤ استان جنوبی کشور چین، اثرات استفاده آبیاری صرفه جو برنج بر خرد اقلیم مزرعه عبارتند از تفاوت دمای هوای بین فاصله ردیفهای کشت در شب و روز که تا ۱ الی ۵ درجه سانتی گراد افزایش یافته و رطوبت نسبی بین ردیفها که ۱ الی ۵ درصد کاهش پیدا کرده است(Mao Zhi, 1993). نتایج ایستگاه تحقیقاتی یولین در منطقه گوآنگچی (جدول ٦) نشان داد که شرایط خرد اقلیم کشاورزی در مزارع برنج تحت آبیاری صرفه جو نه تنها برای رشد برنج مطلوب است بلکه برای کاهش بیماریها، آفات و حشرات و خوابیدگی (ورس) برنج بسیار موثر بوده است(Yan Jincui et al. 1993).

جدول ٦- دمای هوا و رطوبت نسبی در مزارع برنج در ۲/۳ ارتفاع برنج در یولین ۱۹۹۲

تاریخ مشاهده		۱٦ خرداد				۱۹ خرداد			
نوع هوا		ابری				صاف			
ساعت مشاهده		۸	١٤	۲۰	میانگین	۸	١٤	۲۰	میانگین
دما	آبیاری صرفه جو	۲٦	۲۸/۸	۲٦/۲	۲۷/۹	۲٤/۷	۲۸/۰	۲۵/۱	۲۵/۹
	آبیاری غرقابی	۲٦/۱	۲۷/۲	۲٦/۱	۲٦/۵	۲٤/۰	۲٦/۸	۲۵/۰	۲۵/۳
رطوبت نسبی	آبیاری صرفه جو	۹٦	۹۳	۹٦	۹۵	۹۲	۸۵	۸۵	۸۷
	آبیاری غرقابی	۹٦	۹٦	۹٦	۹٦	۹٦	۸۹	۸٤	۹۰

۳-٤ کاهش امراض و آفات برنج

نتایج ذکر شده در بالا در مورد اثرات این روش آبیاری بر خرد اقلیم مزارع برنج نظیر افزایش تفاوت دمای شب و روز و کاهش رطوبت نسبی برای کاهش بیماری ها و آفات بسیار مطلوب است. بر اساس نتایج مشاهده شده در ایستگاه هواشناسی کشاورزی یولین مقایسه دو روش آبیاری و تأثیر آنها بر آفات و امراض در جدول ۷ نشان داده شده است(Zhang Yefang, 1993). مقادیر جدول ۷ نشان می دهد که آفات و بیماریها تحت شرایط آبیاری صرفه جو بطور معنی داری کاهش می یابد و در نتیجه منجر به کاهش مصرف حشره کشهای آلودکننده آب و خاک و برنج شده است.

جدول ۷- شرایط بیماریها و آفات مزارع بر نج در دو روش آبیاری در یولین ۱۹۹۰

واریته برنج	برنج دیر رس			برنج زود رس					
تاریخ بررسی	۲٤ شهریور			۱۱ خرداد			۷ تیر		
نام بیماری یا آفت	کرم برگ خوار برنج			سوختگی غلاف و خوشه			زنجره برنج		
	تعداد خوشه بررسی شده	تعداد خوشه آسیب دیده	درصد	تعداد خوشه بررسی شده	تعداد خوشه آسیب دیده	درصد	تعداد خوشه بررسی شده	تعداد خوشه آسیب دیده	درصد
آبیاری صرفه جو	٦۰۲	٦٤	۱۰/٦	۹٦	۲۰	۲۱	٤۲	۸	۱۹
آبیاری غرقابی	٥۹٥	٤۸۲	۸۱	۲۰٦	۹۳	٤٥	۸۲	٥۳	٦٥

۳-٥ بهبود بیلان آبی و پیشرفت اقتصاد منطقه

نتایج ذکر شده در بالا نشان داد که مصرف آب و نیاز آبی برنج با استفاده از آبیاری صرفه جو به میزان یک سوم کاهش می یابد و بنابراین نیاز انرژی برای آبیاری متناظر با آن می تواند کاهش یابد. در بسیاری از روستاهای چین، صنایع بومی منطقه به دلیل کمبود آب و انرژی نمی توانند گسترش یابند. کاهش مصرف آب و انرژی تحت شرایط آبیاری صرفه جو برنج به حل مشکل کمبود آب کمک می کند و صنایع بومی و اقتصاد منطقه ای گسترش می یابد. بطور مثال، مطابق نمودارهای آماری منطقه یولین، آبیاری صرفه جو برای ۳۰/۰۰۰ هکتار زمینهای برنج از سه سال گذشته استفاده می شود و با استفاده از این روش ۱۰۰ میلیون متر مکعب در هر سال ذخیره می گردد. درآمد متوسط سالانه کشاورزان ناشی از افزایش عملکرد و همچنین فعالیتهای صنایع بومی منطقه ۸ الی ۲۰ درصد افزایش یافته است. مثال دیگر، در ناحیه تحت آبیاری جیانکو با سطح آبیاری ۲۱۰۰ هکتار در استان یولین می باشد. قبل از سال ۱۹۸۹ زمینهای کشت شده با برنج فقط ۷ ماه از سال (فروردین تا مهر) کشت می شدند و ماههای دیگر سال به دلیل کمبود آب بی مصرف باقی می ماندند. پس از سال ۱۹۹۰ با استفاده از روش آبیاری صرفه جو سهم نیاز آبی ناخالص برنج تا ۱۸۰ میلی متر کاهش یافت و در نتیجه نیمی از زمینها در زمستان تحت کشت سبزی و صیفی قرار گرفتند و متوسط درآمد سالانه کشاورزان در حدود ۲۷ درصد افزایش یافت.

٤- نتیجه گیری

در جنوب چین استفاده از آبیاری صرفه جو برای برنج بطور سریعی افزایش یافته است. یکی از ویژگیهای آن تأثیر مثبت زیست محیطی می باشد. بنابراین، روش آبیاری صرفه جو برنج باید بطور وسیعی به دلیل پتانسیل صرفه جوبالا و مصرف کم آب، افزایش عملکرد برنج و بهبود شرایط زیست محیطی خاک و آب مزارع برنج مورد استفاده قرار بگیرد.

فهرست منابع

1-Barker, R., and R. W. Herdt. 1985. The rice economy of Asia. Washington, D. C. (USA): Resources for the Future Inc. 324 p.

2-Bhuiyan, S. I. 1992. Water management in relation to crop production: Case study on rice. Outlook Argic. 21(4): 293- 299

3-Cheng Weining. 1993. Study of the impacts on soil character by percolation from rice fields. Thesis for Master's Degree, Wuhan University of Hydraulic Engineering, China.

4-Dawe, D., D. Seckler, and Barker. 1998. Water supply and research for food security in Asia. Proceeding of the Workshop on Increasing Water Productivity and Efficiency in Rice – Based Systems, July 1998, IRRI, Los Banos. Philippines

5-Gleick, P. H. (ed.) 1993. Water in crisis: A guide to the world's fresh water resources. New York, N. Y. (USA): Oxford University Press.

6-Guerra, L.C., S.I. Bhuiyan, T.P. Tuong, and R. Baker. 1998. Producing more rice with less water. SWIM paper 5, Clombo, Srilanka: International Water Management Institute.

7-He Shunzhi. 1993. Impacts on ecological environment by Irrigation. Irrigation and Drainage and Small Hydro-Power Station, No. 10, Wuhan, China.

8-Mao Zhi. 1993. Principle and Technique of Water-saving Irrigation for Rice. Wuhan University of Hydraulic and Electric Engineering, China.

9-Tuong, T.P., and S. I. Bhuiyan. 1994. Innovation toward improving after – use efficiency of rice. Paper presented at the World Water Resources Seminar, 13-15 December 1994, Lansdowne Conference Resort, Virginia, USA

10-Yan Jincu, Tong Jianli and Jiang Zeai. 1993. The Water-saving Irrigation Technique for Rice in Yulin Prefecture. Proceedings of the Provincial Workshop on Spread of Water-Saving Irrigation Technique for Rice held at Yulin City, Guangxi, 1993, China.

11-Zhang Yefang. 1993. The Investigation on the Relation of the Spread of Water-Saving Irrigation Technique for Rice to the Diseases and Insect Pests. Proceedings of the Provincial Workshop on Spread of Water-Saving Irrigation Technique for Rice held at Yulin City, 1993, China.