دوازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مدیریت آبیاری در ایران، چالش‌ها و چشم‌اندازها

۱۲ همایش ملی

چهارشنبه و پنجشنبه
۵ و ۶ اسفند ماه ۱۳۸۸

عنوان مقاله:

بهبود مدیریت توزیع آب در اراضی شالیزاری

نویسندگان:

فاطمه سلحشور دلیوند[۱]، امیرحسین ناظمی[۲]، محمدرضا یزدانی[۳]

چکیده

با توجه به افزایش سرانه مصرف آب در کشور، محدودیت منابع آبی، افزایش جمعیت، نیاز روزافزون کشور به امنیت غذایی و پایین بودن راندمان آبیاری در مزارع، بازنگری روش‌های آبیاری امری اجتناب ناپذیر بوده و در این راستا هرگونه تلاش در بخش کشاورزی بعنوان بزرگترین مصرف کننده آب و به ویژه زراعت برنج بعنوان پرمصرف‌ترین گیاه و رایج‌ترین کشت در شمال کشور که بیش از ۷۵٪ سطح زیر کشت برنج کشور را تشکیل می‌دهد، قابل توجه است. برنج از یک سو به سبب قرارگیری در رده محصولات استراتژیک و از سوی دیگر وابسته بودن اقتصاد بخش قابل توجهی از جمعیت ساکن در مناطق شمالی کشور به کشت آن، نیازمند مدیریت جدید در زمینه آبیاری است. مهم‌ترین محورها در زمینه بهبود مدیریت آبیاری در اراضی شالیزاری را می‌توان در چهار محور اصلی شامل آبیاری متناسب با فیزیولوژی گیاه (مرحله‌های رشد)، آبیاری متناوب، استفاده از آبهای بازگشتی و تجهیز و نوسازی مزارع متمرکز دانست. در مدیریت‌های جدید، رژیم‌های مختلف آبیاری متناسب با فیزیولوژی گیاه در جهت افزایش محصول، کاهش مصرف آب، بالا بردن راندمان آبیاری، کنترل علف‌های هرز و جلوگیری از مانداب شدن اراضی شالیکاری اعمال می‌شود. {با در نظر گرفتن این نکته که هرگونه تغییر در شیوه آبیاری مزارع علاوه بر پذیرش توسط مسئولان تامین و توزیع آب باید سبب رضایت

۱- دانشجوی دکترای آبیاری و زهکشی دانشگاه تبریز، تلفن ۰۱۳۱-۳۲۲۷۲۵۸، رایانامه: Ph_salahshoor@yahoo.com

۲- دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، تلفن ۰۴۱۱-۳۳۹۲۷۹۰، رایانامه: Ahnazemi@yahoo.com

۳- محقق بخش فنی مهندسی موسسه تحقیقات برنج کشور و دانشجوی دکترای آبیاری و زهکشی دانشگاه تهران، تلفن ۰۱۳۱-۶۶۹۰۰۵۲، رایانامه: Smryazdany@yahoo.com

کشاورزان و جلب همکاری آنها نیز گردد} و با عنایت به نتایج تحقیقات موجود با قاطعیت می‌توان آبیاری متناوب را بهترین شیوه در شرایط کنونی دانست. همچنین در سطح کشور، بخش قابل توجهی از اراضی کشاورزی با پساب‌ها، آبهای بازگشتی و رواناب شهری آبیاری می‌شوند، بنابراین یکی دیگر از برنامه‌ها باید اجرای سیستم‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب و استفاده از آن در بخش‌های گوناگون به تناسب نوع تصفیه و کیفیت آب تولیدی باشد. از دیگر مواردی که می‌تواند در ایجاد مدیریت صحیح اراضی شالیزاری موثر واقع شود تجهیز و نوسازی این اراضی است. علاوه بر موارد ذکر شده بکارگیری نتایج تحقیقات در عرصه‌های دیگری همانند کاربرد مدل‌های کامپیوتری در توزیع آب و مدیریت شبکه، مصرف آب، رابطه آب و خاک، استفاده از روش‌های سنجش از راه دور در مدیریت آبیاری و تحقیقات در زمینه کم‌آبیاری نیز از الزامات است.

مقدمه

برنج غذای اصلی نیمی از مردم جهان را که بیشتر در کشورهای در حال توسعه زندگی می‌کنند تشکیل می‌دهد. این غلهٔ پس از گندم بیشترین سطح زیر کشت را در جهان داراست. سطح زیر کشت برنج در ایران ۵۸۷۰۰۰ هکتار برآورد شده که حدود ۰/۴٪ از کل اراضی زیر کشت برنج جهان است. بیش از ۷۵٪ از اراضی زیر کشت برنج در استان‌های شمال کشور یعنی گیلان و مازندران قرار دارند و بیش از ۸۰٪ برنج کشور از این اراضی بدست می‌آید (جواهردشتی و اصفهانی، ۱۳۸۱). تولید فعلی برنج کشور حدود ۲/۴ میلیون تن برنج سفید است که برای تامین نیاز کشور به این غله مهم و استراتژیک طبق گزارش وزارت بازرگانی نیازمند واردات ۴۰۰۰۰۰ تن می‌باشیم. از سال ۲۰۰۰ میلادی تولید برنج در دنیا با چالش جدی مواجه شده که جامعه جهانی را نگران احتمال بروز بحرانی برای تامین غذا در آینده نموده است. بدین معنی که جمعیت جهان با رشد سالانه ۱/۲۶ درصد افزایش یافته اما تولید برنج در دنیا و سطح زیرکشت آن با کاهش سالانه ۲/۵ و ۲/۱۶ درصد مواجه است که همین مساله موجب افزایش قیمت برنج و کاهش مقدار برنج در چرخه صادرات گردیده است. با این رویکرد از یک سو ضریب مزیت نسبی تولید برنج در ایران بهبود می‌یابد و از سوی دیگر برنج در کشور از اهمیت استراتژیکی بیشتری برخوردار می‌گردد. این مهم زمانی اهمیت بیشتری می‌یابد که در آینده در تجارت جهانی حتی با داشتن پول کافی قادر به واردات برنج نخواهیم بود. بنابراین ضرورت افزایش تولید این غله کاملاً آشکار است.

برنج کم طاقت‌ترین غله نسبت به خشکی بوده، نیاز آبی آن به اقلیم، خاک و رقم مورد کاشت بستگی داشته (اصفهانی، ۱۳۷۷) و آبیاری یکی از چندین عامل کلیدی در تعیین میزان سودآوری تولید برنج بشمار می‌آید (ضیاءتباراحمدی، ۱۳۶۸). با توجه به تنوع زیاد شرایط محیطی و ارقام مختلف برنج یک روش استاندارد برای آبیاری وجود ندارد. لذا سوء مدیریت و یا ترس از خطر خشکی در طول فصل رشد موجب افراط در استفاده از آب می‌گردد. در شالیزارها معمولاً آبیاری بصورت غرقاب دائم صورت می‌گیرد، زیرا تهیه سیستم‌های مناسب آبیاری و کنترل مصنوعی آب آبیاری آسان و عملی نمی‌باشد. بعلاوه غرقاب کردن شالیزار می‌تواند در کاهش رشد علف هرز، تنظیم درجه حرارت خاک و جلوگیری از اثرات شدید حرارت، تثبیت ازت هوا و ایجاد شرایط مناسب برای رشد جلبک‌های سبز- آبی، در دسترس قرار گرفتن مواد غذایی از قبیل P، Fe، Mn و Si در

مراحل اولیه رشد، صرفه‌جویی در هزینه کارگر و بهبود فتوسنتز در برگ‌های پایین بعلت انعکاس نور از سطح آب نقش مهمی ایفا کند (رضوی‌پور، ۱۳۷۴).

در سال‌های اخیر تشدید پدیده کم آبی در استان‌های شمالی و اولویت‌گذاری وزارت نیرو به تامین آب بخش کشاورزی پس از بخش‌های شرب و صنعت، مطالعه، اجرا و بهره‌برداری از طرح‌های متعدد توسعه منابع آب در حوضه آبریز رودخانه سفیدرود علاوه بر مشکلاتی از قبیل توزیع نامناسب جریان آب رودخانه‌های داخلی استان‌های شمالی و همچنین مصرف بالای آب در اراضی شالیزاری لزوم بازنگری در چگونگی ارائه و مدیریت آب در این اراضی را امری اجتناب‌ناپذیر ساخته است.

مدیریت آبیاری

آبیاری شالیزار از مهم‌ترین عملیاتی است که باید در زراعت برنج بدقت انجام شود. مقدار آب مورد نیاز برای برنج به عوامل متعددی نظیر روش کاشت، ابعاد کرت، تراکم بوته، مقدار مصرف کود، نوع و بافت خاک، شرایط زهکشی و اقلیمی و اکولوژیکی و رقم بستگی دارد. بحرانی‌ترین مرحله از نظر نیاز آبی در برنج در حدود ۱۰ روز قبل از گلدهی تا هنگام گلدهی می‌باشد. تنش خشکی موجب افزایش درصد عقیمی بعلت عدم توانایی دانه‌های گرده در نفوذ به تخمدان و کاهش عملکرد دانه می‌شود. از آنجا که عقیمی پدیده‌ای غیرقابل برگشت می‌باشد تأمین آب پس از مرحله بحرانی اساساً بی‌تأثیر خواهد بود. تنش آب در مرحله رویشی نیز موجب کاهش ارتفاع گیاه، تعداد پنجه‌ها و سطح برگ می‌شود. اما در صورت تأمین آب و وجود زمان کافی تا گلدهی، گیاه خود را ترمیم خواهد کرد (اصفهانی، ۱۳۷۷). نحوه آبیاری در کشورها بعلت برخورداری از اقلیم‌ها و ارقام مختلف تفاوت زیادی با هم دارد. زراعت برنج از نظر آبیاری را می‌توان به گروه‌های زیر طبقه‌بندی نمود:

۱- بدون آبیاری یا دیم

در حدود ۱/۶ زمین‌های زیر کشت برنج غیرغرقابی بوده و تولید محصول آن مانند سایر غلات می‌باشد. هر چند برنج دیم[1] در مقایسه برنج غرقابی آب کمتری لازم دارد، لیکن نسبت به خشکی حساس بوده و طی ۳ تا ۴ ماه از دوره رشد به بارندگی کافی نیاز دارد. از نقاط ضعف این روش عدم حفظ حاصلخیزی خاک در مقایسه با شرایط غرقابی است. زیرا وجود شرایط هوازی در خاک موجب تجزیه سریع مواد آلی شده و تلفات ازت زیاد و فسفر قابل استفاده کم می‌باشد. به علاوه هجوم علف‌های هرز خصوصاً قیاق از عوامل محدود کننده این نوع زراعت است (اصفهانی، ۱۳۷۷). شرایط کشت دیم برنج در ایران فراهم نیست زیرا این شیوه نیازمند بارندگی‌های بهنگام است. حتی در استان گیلان که بارش سالانه حدود ۱۲۰۰ میلی‌متر است به دلیل عدم بارش در فصل کشت استفاده از این شیوه امکان‌پذیر نیست.

۲- آبیاری غرقابی با آب جاری

در این روش آب از یک جهت وارد کرت شده و از جهت مقابل رواناب سطحی خارج می‌شود. همیشه آب با عمق معینی روی سطح کرت نگهداری می‌گردد و بدین علت غرقاب دائم نامیده می‌شود. این روش قابل تقسیم به غرقاب خیلی کم عمق (تا ۲ سانتی متر)، غرقاب کم عمق (تا ۵ سانتی متر) و غرقاب عمیق (از ۱۰

1- Upland

سانتی متر به بالا) است. از معایب این روش آن است که غرقاب متوالی در طول فصل زراعی باعث ایجاد شرایط بی‌هوازی در خاک شده و تولید مواد سمی در خاک را افزایش می‌دهد. بعلاوه با حرکت آب در طول کرت، کود اضافه شده بوسیله رواناب سطحی از کرت خارج می‌گردد و در فصول کم آبی توزیع یکنواخت آب امکان‌پذیر نمی‌باشد. از محاسن این روش آن است که عملیات آبیاری بسیار ساده بوده، تهیه وسایل بهره‌برداری از سیستم آبیاری ارزان است، احتیاج به نیروی انسانی کمی دارد و رویش علف‌های هرز در این روش کاهش می‌یابد. این شیوه در کشور بطور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳- اشباع خاک

در این روش آبیاری رطوبت خاک شالیزار همیشه در حد اشباع نگهداری می‌شود و هیچ گاه آب روی سطح خاک نگهداری نمی‌شود. از معایب این روش نیاز به کنترل دقیق رطوبت و تسطیح دقیق و همچنین افزایش رشد علف‌های هرز و از محاسن آن نیز می‌توان به کاهش نیاز آبیاری و در نتیجه صرفه‌جویی مصرف آب و افزایش کارآیی مصرف آب اشاره نمود. این شیوه در کشور متداول نیست. هرچند در سطح تحقیقاتی امکان اجرای آن نشان داده شده است.

۴- آبیاری متناوب

یکی از روش‌ها برای کاهش مصرف آب آبیاری و جلوگیری از اتلاف آب در زراعت برنج، قطع موقت آب و استفاده از آبیاری متناوب بجای غرقاب دائم می‌باشد که در استان گیلان مرسوم است. بعبارت برنج نسبت به تنش آب (خشکی) و نیز نسبت به شرایط بی‌هوازی که در اثر غرقاب کامل مترتب می‌شود حساس است (مظاهری و آقاعلیخانی، ۱۳۷۷) و موفقیت آبیاری متناوب از نقطه نظر روابط آب، خاک و گیاه بستگی شدیدی به ایجاد رطوبت کافی در دوره بدون غرقاب دارد. در این روش آبیاری بر اساس برنامه مشخصی انجام می‌شود. بطور کلی آبیاری متناوب به معنی رساندن آب به گیاه بطور دوره‌ای و با فاصله زمانی معین می‌باشد بطوری که گیاه در این فاصله زمانی مشکل کمبود رطوبت نداشته باشد. از معایب این روش آن است که به وسایل بهره‌برداری زیادی نیاز دارد، عملیات اجرایی در این روش زیاد می‌باشد و همکاری کشاورزان را می‌طلبد. از محاسن آن می‌توان توزیع مناسب آب آبیاری در منطقه، نقصان خسارت کم آبی، توزیع عادلانه آب به ویژه در شرایط کم‌آبی، توسعه و اشاعه همکاری‌های جمعی و تعاونی را بر شمرد. در زمینه آبیاری تناوبی تحقیقات زیادی صورت گرفته که به طور کلی فواصل زمانی ۵ تا ۸ روز برای شمال کشور و ۱ تا ۲ روز برای مناطق مرکزی و جنوبی پیشنهاد شده است (رضایی و نحوی (۱۳۸۲)، کرد زنگنه (۱۳۷۲)، گیلانی و آبسالان (۱۳۸۳)). نکته قابل توجه آن است که در تمامی تحقیقاتی که در سطح بین‌المللی و داخلی انجام گرفته این روش بدون کاهش عملکرد از کاهش چشمگیری در مقدار آب مصرفی برخوردار است.

۵- آبیاری بر اساس مراحل مختلف رشد (روش FAO [1] و روش ژاپنی معروف به فوکودا)

رایج‌ترین این نوع از آبیاری روش FAO و فوکودا می‌باشد. آبیاری درست موجب عملکرد بیشتر محصول برنج خواهد گردید. در این راستا، FAO روش آبیاری را که بر اساس مراحل مختلف رشد برنج پیشنهاد کرده

1- Food and Agriculture Organization

است. بطور خلاصه در این روش بلافاصله پس از نشاکاری برای تضمین رشد نشاء و مبارزه با علف‌های هرز، عمق آب در حدود ۱۰ سانتی‌متر، در طی دوره پنجه‌زنی برای حفظ تعادل در درجه حرارت خاک حداکثر عمق آب ۳ سانتی‌متر، در دوره حداکثر پنجه‌زنی عمق آب به حداقل ممکن کاهش پیدا می‌کند، بطوری که خاک حالت اشباع داشته باشد. پس از آن در دوره تشکیل خوشه‌های جوان تا ۱۰ روز شروع دوره پرشدن دانه عمق آب در ۱۵ روز اول در حدود ۷ سانتی‌متر و در ادامه دوره در حدود ۱۰ سانتی‌متر نگهداشته می‌شود. پس از این برای باقیمانده دوره پرشدن دانه و رسیدن محصول، آب از سطح مزرعه خارج می‌شود (به نقل از یزدانی و همکاران، ۱۳۸۲).

در آبیاری به روش فوکودا برای اعمال مدیریت آبیاری، عمق آب آبیاری برابر با ۱۵ سانتی متر در دوره آماده‌سازی و نشاء، ۵ سانتی‌متر در دوره پنجه‌دهی، زهکشی وسط فصل در زمان ۳۰ تا ۴۰ روز پیش از خوشه رفتن به مدت سه تا هفت روز (متوسط پنج روز)، ۵ سانتی‌متر در دوره حداکثر پنجه‌زنی و تشکیل خوشه، ۱۰ سانتی‌متر در دوره گلدهی، خارج کردن تدریجی آب در دوره تشکیل محصول (۲۵ تا ۳۰ روز بعد از گلدهی) و سرانجام زهکشی کامل در دوره رسیدن که جهت آماده‌سازی زمین برای درو می‌باشد (Fukuda and Tsutsui, 1973). آبیاری بر اساس مراحل مختلف رشد دارای پیچیدگی چندانی نبوده و تنها با تشخیص مراحل رشد که برای کشاورزان ساده است قابل اجرا می‌باشد. از اصول این روش آن است که توزیع آب در اختیار کشاورز باشد و به دلیل آن که در شرایط فعلی در اکثر نقاط کشور توزیع آب در شبکه‌های آبیاری موجود تحت کنترل دولت است، اجرای آن با مشکلاتی روبروست، از جمله آن که کشاورز مطمئن نیست در زمان نیاز، آب در اختیارش گذاشته شود و معمولاً خسارات وارد از عدم تامین آب در دوره مورد نیاز جبران‌ناپذیر خواهد بود. همچنین با توجه به آن که آب نقش مهمی در کنترل علف‌های هرز داشته و نیز راحت‌تر بودن استفاده از علف‌کش‌ها (علف‌کش‌های رایج بصورت محلول در آب قابل کاربرد هستند) این شیوه مورد استقبال کشاورزان قرار نگرفته است.

۶- روش SRI[1]

در این روش مجموعه‌ای از عملیات زراعی شامل سن نشا و نحوه نشاکاری، روش و تعداد وجین، روش آبیاری و تغذیه گیاه در کشت برنج استفاده می‌شود. بطوری که به ادعای معرفی کنندگان این روش عملکرد تا دو برابر و میزان آب مصرفی تا ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. مهمترین توصیه‌های روش SRI عبارتند از: نشاکاری با نشاهای جوان با سن ۱۲-۸ روز و حداکثر ۱۵ روز (در ایران سن نشا حدود ۳۰ روز می‌باشد)، قرارگیری یک نشا در هر کپه به فاصله ۲۵ سانتی‌متر در ۲۵ سانتی‌متر و قابل افزایش تا ۵۰ سانتی‌متر در ۵۰، کوتاه کردن فاصله برداشت نشا از خزانه تا زمین اصلی به منظور به حداقل رساندن اثر منفی برداشت از خزانه در ریشه‌ها، عمق نشاکاری ۱-۲ سانتی‌متر، عمودی قراردادن ریشه‌ها به منظور جلوگیری از خسارت به آنها، وجین موثر با استفاده از کج‌بیل یا وجین‌کن دستی[2] معرفی شده توسط موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج به دفعات متعدد پس از ۱۰ تا ۱۲ روز بعد از نشاکاری و با فاصله ۱۰ روزه (حداقل ۳ تا ۴ وجین)، مدیریت کودی مناسب بر اساس نتایج تحقیقات و آزمون خاک و همچنین استفاده از کمپوست و کود سبز، آبیاری غیرغرقابی و یا

1- System of Rice Intensification
2 - Cono weeder

متناوب و حفظ خاک در شرایط مرطوب ولی غیراشباع، فواصل زمانی آبیاری ۲ تا ۶ روز بوده و مبنای شروع آبیاری ظهور ترک سطحی در خاک می‌باشد. در انتها پس از ظهور خوشه، لایه نازکی از آب به عمق ۱ تا ۲ سانتی‌متر روی خاک قرار داده می‌شود. همچنین در آبیاری متناوب در این شیوه، آبیاری با فاصله زمانی مشخص (در ماداگاسکار ۵-۴ روز) در طول دوره رشد تا عمق مشخص انجام می‌گیرد (یزدانی و پارسی‌نژاد، ۱۳۸۷). استفاده از روش SRI در ایران به دلیل داشتن روش‌های متفاوت کشت و زرع که از دیرباز اجرا می‌شود، نیازمند بررسی و تحقیق همه جانبه است. اما بطور کلی وجود سرمای بهاره برای نشاهای جوان زیان‌آور بوده و کاهش سن نشا سبب افزایش دوره رشد برنج حداقل به میزان ۱۵ روز می‌شود که مصرف آب را افزایش خواهد داد. همچنین ازدیاد دفعات وجین با توجه به آن که این کار بطور دستی انجام می‌گیرد هزینه‌ها را افزایش داده و توصیه‌های کودی و به‌زراعی دقیقی در این زمینه وجود ندارد (یزدانی و پارسی‌نژاد، ۱۳۸۷).

اثرات مدیریت آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد

در تحقیقی که در IRRI، ۱۹۶۵ در رابطه با اثر ۸ رژیم آبیاری بر برنج انجام گرفت، مشخص شد که تیمارهای آبیاری حد مطلوب (غرقابی فصلی که در زمان پنجه‌زنی قطع شده است) و آبیاری متناوب با غرقابی در شروع تشکیل خوشه‌ها عملکرد بیشتری در مقایسه با تیمارهای غرقابی ممتد و عمیق (۱۰ سانتی‌متر) و غرقابی ممتد و کم عمق (۲/۵ سانتی‌متر) داشتند (به نقل از کوچکی و همکاران، ۱۳۷۲). تنتاوی و قانم (Tantawi and Ghanem, 2001) اظهار داشتند که محققین متعددی با آزمایش‌های خود نشان داده‌اند که برنج می‌تواند در آب با عمق کم، محصول بیشتری از شرایط غرقابی عمیق تولید کند. چون آبیاری با عمق کم باعث افزایش دمای آب در طی روز و کاهش آن در شب می‌شود که سبب پنجه‌زنی بیشتر و رشد بهتر خواهد شد. اکثر واریته‌های مصری برنج هنگامی که محتوای آب خاک در سراسر فصل رشد نزدیک حالت اشباع نگهداری شد، عملکرد دانه بیشتری در مقایسه با غرقابی ممتد تولید کردند. این بدین معنی است که عملکرد بیشتر نیازی به نگهداری آب روی سطح خاک (غرقاب) ندارد. رضوی‌پور (۱۳۸۴) گزارش کرد در یک آزمایش دو ساله در مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) با چهار تیمار آبیاری غرقاب دائم، به میزان ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر با دور آبیاری ۵ روز، تفاوت معنی‌داری در عملکرد مشاهده نگردید. گزارش‌های زیاد موجود از جمله یوفوف (Uphoff, 1994)، جهانگیر و همکاران (Jehangir et al., 2004) لوئو و همکاران (Loeve et al., 2004) و روست و همکاران (Roost et al., 2004) حاکی از آن است که با اعمال دور مناسبی از آبیاری، بدون این که کاهشی در عملکرد ایجاد شود و یا با درصد کمی کاهش در عملکرد، می‌توان در مصرف آب آبیاری به میزان قابل ملاحظه‌ای صرفه‌جویی نمود. سلحشور (۱۳۸۴) به منظور کاهش آب مصرفی و افزایش کارآیی مصرف آب بوسیله تکنیک‌های ذخیره آب (آبیاری تناوبی بر اساس تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) آزمایش مزرعه‌ای با چهار تیمار آبیاری (غرقاب دائم به میزان I1: ۱۰۰٪، I2: ۷۵٪، I3: ۵۰٪ و I4: تبخیر از تشتک تبخیر) روی ارقام مختلف برنج (دمسیاه، هاشمی، حسنی، خزر، درفک و کادوس) انجام داد. پس از نشاکاری بمدت ۱۰ روز آبیاری غرقاب و از آن پس تیمارهای آبیاری بر مبنای برنامه تنظیم شده صورت گرفت. نتایج نشان داد که کل آب مصرفی در تیمارهای I1، I2، I3 و I4 به ترتیب ۱۱۱۹، ۹۵۵، ۸۸۷ و ۸۱۵ میلی‌متر بود. تفاوت عملکرد دانه در چهار تیمار آبیاری

معنی‌دار نبود. در حالی که ذخیره آب در تیمار I2=۱۴/۷، I3=۲۰/۷ و در تیمار I4 به مقدار ۲۷/۲٪ در مقایسه با آبیاری سنتی در منطقه (I1) بود. با کاهش آب مصرفی، کارآیی مصرف آب (عملکرد دانه به ازای مقدار آب مصرفی) افزایش یافت.

گانی و همکاران (Gani et al,. 2001) نتایج تحقیقاتی را منتشر کردند که حاصل سه آزمایش جداگانه در استان ریو[1] در اندونزی می‌باشد. نتایج این آزمایش‌ها نشان می‌دهد که آبیاری تناوبی تعداد پنجه، سطح برگ و بیوماس بیشتری از تیمار غرقاب دائم تولید نمود. گیاهان تحت تیمار آبیاری تناوبی به ترتیب ۲۲، ۳۶ و ۳۲٪ پنجه‌های بیشتری نسبت به تیمار غرقاب دائم تولید نمودند. تفاوت در تولید ماده خشک کل در همه آزمایش‌ها معنی‌دار بود. تولید بیوماس گیاهانی که تحت تیمار آبیاری تناوبی بودند به ترتیب و بطور متوسط ۳۲، ۲۹ و ۲۶٪ بالاتر از گیاهانی بود که تحت تیمار آبیاری غرقابی رشد کردند.

اثرات مدیریت آبیاری بر ریشه گیاه

شی و همکاران (Shi et al., 2002) در آزمایشی که از ظروفی با عمق ایستابی مختلف استفاده می‌کردند نشان دادند که تیمار با عمق ایستابی ۵ سانتی متر زیر سطح خاک ریشه‌های بیشتری در لایه‌های پایین‌تر خاک (۴۵-۴۰ سانتی متر) نسبت به آبیاری غرقابی تولید نمودند. شین ایچیر و گاوادا در ژاپن نشان دادند که مجموعه ریشک‌های گیاه در آبیاری متناوب حدود دو برابر آنها در آبیاری غرقاب دائم می‌باشد و ریشک‌ها در آبیاری متناوب در عمق کمتری از سطح خاک تجمع یافته و بنابراین ایجاد ترک در سطح خاک در اثر کم‌آبی می‌تواند صدمه جدی به گیاه وارد نماید (به نقل از یزدانی، ۱۳۸۵). سانچز، در سال ۱۹۷۳ و باهوییان و همکاران، در سال ۱۹۹۵ (به نقل از Won et al., 2004) گزارش کردند که با کاهش آب ورودی در کشت مستقیم، برنج می‌تواند آب بیشتری از پروفیل خاک خارج کند که این به علت توسعه بهتر ریشه در عمق خاک می‌باشد. بنابراین انبوهی ریشه در عمق بیشتر خاک در تیمار آبیاری تناوبی خیلی کم عمق (VSII, 2cm) و آبیاری تناوبی کم عمق (SII, 4cm)، مقاومت جانبی ساقه را در برابر ورس افزایش داد.

اثرات مدیریت آبیاری بر خاک

اکسیژن موجود در خاک پس از غرقاب شدن طی چندین ساعت توسط میکروارگانیسم‌های هوازی خاک مصرف می‌شود. غرقاب شدن خاک موجب کاهش شدید قدرت اکسیداسیون و احیاء[2] آن می‌گردد، یعنی غلظت مواد احیاء کننده زیاد می‌شود. ابتدا اکسیژن کم و سپس نیترات به N_2O و N_2 تجزیه می‌گردد (دنیتریفیکاسیون). از این طریق ازت زیادی می‌تواند از دست برود (محمودی و حکیمیان، ۱۳۷۹؛ حق‌پرست‌تنها، ۱۳۷۱؛ حق‌پرست‌تنها، ۱۳۷۲). بر پایه مشاهدات ژی (Zhi, 1993) از هفت ایستگاه آزمایش در شالیزارهای چهار استان جنوبی چین، سطح آب تیمار غرقابی در تمام مدت بالای سطح خاک نگهداشته شد، در حالی که سطح ایستابی در تیمار کم آبیاری می‌توانست ۰/۳ تا ۰/۸m متر زیر سطح خاک پایین رود. در این شرایط قدرت اکسیداسیون و احیای خاک در تیمار کم آبیاری ۱۲۰ تا ۲۰۰٪ بالاتر از تیمار غرقابی بود.

1- Riao
2- Redox potentioal

این بدین معنی است که تحت تیمار کم‌آبیاری، اکسیژن در خاک افزایش چشمگیری یافته، جمعیت میکروبی افزایش و در نتیجه ترکیبات سمی خاک کاهش می‌یابد. ژین (Xijin, 1998) نیز اثرات مشابهی را در خاک‌های غرقاب ذکر می‌کند. فرآیند بارش موثر در مورد گیاه برنج به مراتب پیچیده‌تر از گیاهان دیگر است زیرا همان گونه که پیش‌تر نیز اشاره شد چنانچه در اثر کمبود آب آبیاری در یکی از مراحل رشد گیاه در سطح زمین ترک ایجاد گردد، جبران این مساله بسیار مشکل خواهد بود و ضمن پاره شدن ریشک‌های گیاه حجم زیادی از آب آبیاری از دست می‌رود. این مساله در مورد بارش حادتر است زیرا در چنین شرایطی تمام آب باران از شکاف‌های زمین از دسترس گیاه خارج شده و جزو تلفات نفوذ عمقی محسوب خواهد شد و نکته مهم‌تر آن است که آبی که نفوذ عمقی یافته به دلیل پارامترهای متعدد به ویژه ریشه سطحی گیاه برنج، عمق لایه شخم (Plough Pan) و بافت سنگین خاک‌های شالیزاری (با درصد رس بالا و از نوع متورم شونده یا اسمکتایت) برای گیاه قابل استفاده نخواهد بود. به منظور تایید ادعای ذکر شده می‌توان به نتیجه تحقیق لیو و همکاران (Liu et al., 2003) اشاره نمود که آنها نشان دادند خاک شالیزاری شکاف‌دار به طور قابل توجهی سرعت نفوذ آب را افزایش می‌دهد، اما در عین حال پس از ۲ روز بارندگی سرعت نفوذ به شدت افت می‌کند. همچنین آنها گزارش کردند که متغیرهای مختلفی شامل بافت خاک، عمق آبی که روی سطح خاک قرار می‌گیرد، دهانه شکاف، عملیات کشت، ذرات معلق آب و لایه شخم بر سرعت نفوذ موثرند، به گونه‌ای که دهانه شکاف بزرگ و عمق آب زیاد تنها به طور موقت سرعت نفوذ را افزایش می‌دهند. علاوه بر این خاک‌های متورم شونده به‌شدت بر سرعت نفوذ موثرند. جعفری (۱۳۸۶) نشان داد که که در اراضی شالیزاری با کاهش رطوبت خاک به میزان ۱۰ درصد کمتر از حد اشباع، ترک‌ها در سطح مزرعه گسترش یافته و قابل مشاهده می‌باشند که این حد از رطوبت را می‌توان حد ترک مویین فرض نمود. همچنین وی نشان داد که تا رطوبت وزنی ۴۰ تا ۴۵ درصد گسترش چندانی در عمق و پهنای ترک بوجود نمی‌آید. از آنجا که حد ظرفیت زراعی خاک مورد آزمایش ۳۵ درصد اندازه‌گیری شده بود نتیجه گرفته شد که وقتی رطوبت خاک از حد ظرفیت زراعی کمتر شود با تغییر کمی در میزان رطوبت وزنی خاک، پهنا و عمق ترک افزایش قابل ملاحظه‌ای می‌یابد. بنابراین یکی از عوامل مهم برای تنظیم فاصله زمانی در آبیاری تناوبی، توجه به وضعیت خاک و میزان رطوبت آن می‌باشد. بدیهی است که ظهور ترک در طول فصل متناسب با عواملی نظیر درجه حرارت و تبخیر و سطح سایه انداز گیاه متفاوت بوده و به همین دلیل فواصل آبیاری نیز متغیر خواهند بود.

فرصت‌ها و چالش‌ها در زمینه آبیاری اراضی شالیزاری

۱- بهسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی

بسیاری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی کشور متعلق به گذشته بوده و به دلیل عدم نگهداری و بهره‌برداری مناسب فرسوده می‌باشند ضمن آن که حتی این شبکه‌ها نیز بطور کامل اجرا نشده‌اند بعنوان مثال شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود پس از گذشت ۴۰ سال از عمر آن هنوز حدود ۶۰ درصد اجرا گردیده و فاقد شبکه‌های ۳ و ۴ است. این که شبکه برای چه نوع آبیاری طراحی گردیده نیز حائز اهمیت است زیرا شبکه‌ای که برای آبیاری متناوب طراحی می‌گردد باید قابلیت تحویل حجم آب مورد نیاز قطعه تناوب را در محدوده زمانی مشخص داشته و شامل ابزارهای مطمئن برای کنترل و تحویل آب در بازه تعیین شده باشد. بنابراین بسیاری از شبکه‌ها نیازمند بهسازی خواهند بود به عنوان مثال شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود گیلان بر

مبنای آبیاری دایم طراحی شده و در شرایط کنونی باید قابلیت‌های آن را برای آبیاری متناوب ارتقا بخشید. یکی دیگر از مشکلات موجود در سطح شبکه‌های آبیاری و زهکشی وجود رسوب و عدم لایروبی مناسب کانال‌ها است که از کارایی مصرف آب می‌کاهد. با توجه به آنچه گفته شد گام اول در مدیریت صحیح تحویل آب می‌تواند بهسازی سازه‌های آبگیر و تحویل حجمی آب باشد. تشکیل تشکل‌های آب‌بران در شرایطی که در حال حاضر بصورت محدود در برخی از استان‌های کشور فعال می‌باشند کمک قابل توجهی در جهت تحویل حجمی آب و نگهداری مناسب از تاسیسات آبی است. همچنین پیش‌بینی می‌شود با تحویل حجمی آب چون مقدار آب مصرفی توسط هر کشاورز مشخص بوده و او موظف به پرداخت آب‌بها منطبق با ابزار اندازه‌گیری است بنابراین در استفاده از آب دقت بیشتری نموده و تنها به میزان نیاز خود برداشت خواهد کرد.

۲- تجهیز و نوسازی اراضی شالیزاری

کوچک بودن اندازه کرت‌های شالیزاری در استان‌های برنج‌خیز کشور به خصوص استان گیلان مانع عمده گسترش مکانیزاسیون و عامل بالا بودن هزینه تولید، صعوبت کشت برنج، عدم مدیریت صحیح توزیع و کاربرد آب، تغییر کاربری اراضی شالیزاری، عدم امکان توسعه کشت دوم و ضعیف بودن اقتصاد خانوارهای شالیکار است. به این دلیل تجهیز و یکپارچه‌سازی اراضی شالیزاری باید در اولویت قرار گیرد. در شرایط فعلی پراکندگی مزارع مانع از انجام فعالیت بصورت دسته‌جمعی در محدوده تحت آبیاری است. عدم بهره‌برداری هم‌زمان کشاورزانی که از یک کانال آبیاری استفاده می‌نمایند باعث کاهش راندمان آب می‌گردد. بعنوان مثال در زمان شخم با آبگذاری کانال‌ها تنها بخشی از کشاورزان اقدام به شخم زدن می‌نمایند. البته این مساله قابل تامل و بررسی بوده و می‌توان آن را با کمبود ماشین‌آلات، نیروی کار و ... مرتبط دانست. یزدانی و همکاران (۱۳۸۳) طرح‌های تجهیز و نوسازی اراضی شالیزاری را در استان گیلان مورد بررسی قرار دادند و نتایج نشان داد مهمترین دلایل پایین بودن راندمان کاربرد در اراضی تجهیز شده، عدم رعایت نسبت ارتفاعی کف کانال آبیاری، کف کرت و کف کانال زهکشی در بعضی از موارد، عدم ارائه برنامه آبیاری به عنوان جزئی از هر طرح تجهیز، ناهماهنگی بین دستگاه‌های تامین کننده آب و دستگاه مجری طرح تجهیز و نوسازی به طوری که کانال‌های تامین آب در سطح مزرعه با کانال‌های درجه ۱و ۲ سازگار نیستند، تسطیح نامناسب کرت‌ها بطوری که در موارد قابل ملاحظه‌ای شیب معکوس و یا شیب غیریکنواخت وجود دارد، می‌باشد. نتایج نظرسنجی از کشاورزان نیز نشان داد که ۴۴ درصد از کشاورزان در سال اول پس از اجرای طرح، در مورد تامین آب دچار مشکل بوده‌اند اما از سال سوم به بعد این مقدار به ۲۹ درصد رسیده است. کاهش ۱۵ درصدی مشکلات طی سه سال نشان می‌دهد که کشاورزان با تلاش شخصی توانسته‌اند بخشی از مشکلات را حل نمایند اما در ۲۹ درصد موارد مشکل همچنان به حال خود باقی مانده است. ۷۴ درصد کشاورزان در سال اول و ۳۷ درصد آنان حتی پس از سال سوم در مورد مدیریت آبیاری در داخل مزرعه دچار مشکل می‌باشند.

۳- بهره‌برداری از آبهای نامتعارف

بررسی پیشینه استفاده از پساب‌ها و آبهای برگشتی نشان می‌دهد که استفاده از این منابع به قرن‌ها پیش باز می‌گردد. شاید در آن زمان استفاده از پساب‌ها به دلیل کمبود آب صورت نمی‌گرفت بلکه بعنوان یک منبع غذایی جهت حاصلخیزی خاک در تولیدات کشاورزی بهره‌برداری می‌شد. امروزه کاربرد فاضلاب‌های خام و تصفیه شده در بسیاری از نقاط جهان مرسوم است در ایران نیز فاضلاب‌های خام عمدتاً برای کشاورزی مورد

استفاده قرار می‌گیرد که باعث بروز رخدادهای ناگوار بهداشتی می‌شود. ایران بعنوان کشوری که با کاهش منابع آب تجدید شونده روبروست ناگزیر به استفاده بهینه از منابع آب تجدیدپذیر، استفاده مجدد از آب، تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی و استفاده از پساب‌ها و فاضلاب‌ها در سایر فعالیت‌ها است. براساس بررسی‌های میدانی بعمل آمده توسط مهندسین مشاور پندام (۱۳۸۳) در محدوده شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود حدود ۳۰۰۰۰ هکتار از اراضی شالیزاری به شکل مزارع پراکنده در مساحت‌های کوچک و بزرگ از طریق برداشت مجدد آب از زهکش‌ها بطور کامل یا تکمیلی آبیاری می‌گردند. مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات در اراضی شالیزاری و بعضاً ورود پساب‌های صنعتی و خانگی به زهکش‌ها منجر به آلوده شدن آب آنها و محیط زیست می‌شود. نمونه‌های آب زهکش‌ها، خاک و محصول در این محدوده نشانگر مقادیر نسبتاً بالای برخی از آلاینده‌ها و فلزات سنگین است به گونه‌ای که در یک وعده غذایی از برنج آبیاری شده با آب زهکش‌ها حدود ۸۰ میلی‌گرم از فلزات سنگین (عمدتاً منگنز و روی) و ۰/۴ میکروگرم از سموم کشاورزی (بوتاکلر و دیازنون) وجود داشته است که می‌تواند اثرات جبران‌ناپذیری بر سلامت انسان داشته باشد. ورود آب زهکش‌ها حاوی مواد مغذی فسفره و ازته به تالاب انزلی نیز اثرات نامطلوبی در رشد گیاهان آبزی و کاهش اکسیژن محلول دارد که منجر به مرگ و میر آبزیان می‌شود. یارقلی (۱۳۸۷) به بررسی میزان جذب کادمیوم از محیط ریشه و تجمع آن در اندام محصولات زراعی پرداخت و نشان داد که گونه‌های مورد بررسی، توانایی متفاوتی جذب کادمیوم در اندام‌های مختلف دارند و توانایی بیشتر گونه‌های سبزیجات پهن برگ در جذب و تجمع کادمیوم در اندام‌های مختلف و به ویژه بخش‌های خوراکی می‌باشد. فرجود و امین (Farjood & Amin, 2001) در بررسی تاثیر نبود سیستم جمع‌آوری فاضلاب بر محیط زیست، افزایش غلظت عناصر سنگین، یون‌های کلراید و سولفات در منابع آبهای مناطق جنوبی و جنوب شرقی شیراز را به بیش از حد مجاز برای آبیاری یافتند. از کل حجم پساب‌های صنعتی، خانگی و کشاورزی که وارد سیستم آب زیرزمینی می‌شود ۸۷ درصد مربوط به زه‌آبهای کشاورزی، ۱۱ درصد پساب‌های خانگی و ۲ درصد پساب‌های صنعتی می‌باشد که حجم بالای زه‌آبهای کشاورزی اهمیت این بخش را مشخص می‌سازد (مهندسین مشاور مهاب قدس، ۱۳۸۴). این در حالی است که تنها ۳۰ درصد جمعیت شهری کشور تحت پوشش سیستم‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب قرار گرفته‌اند یعنی تمرکز در شرایط فعلی روی فاضلاب‌های خانگی است در حالی که بیشترین قسمت آبهای نامتعارف را زه‌های کشاورزی تشکیل می‌دهند. از سوی دیگر باید یادآور گردید که علی‌رقم حجم بالای زه‌آبهای کشاورزی این منابع بصورت غیرمتمرکز هستند که این شرایط مساله آلودگی را پیچیده‌تر می‌نماید. همچنین باید اشاره نمود که کیفیت زه‌آبهای کشاورزی نیز بستگی به نوع سیستم زهکشی، الگوی کشت منطقه، وضعیت اقلیمی، هیدرولوژی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک دارد. دما و رطوبت بر فرآیندهای نیترات‌زدایی تاثیر گذار بوده و افزایش دما سرعت فرآیندهای بیولوژیکی مثل دنیتریفیکاسیون (نیترات‌زدایی) و آزاد شدن ترکیبات معدنی را افزایش می‌دهد. در مورد پساب‌های صنعتی، دامنه تغییرات کیفی در این رده وسیع است.

۴- مدیریت صحیح در مزرعه

استفاده صحیح از آبی که در اختیار کشاورز قرار می‌گیرد اهمیت فراوانی دارد زیرا اگرچه ممکن است تاثیر فعالیت‌هایی که باعث بهبود کارایی مصرف آب خواهد شد در محدوده تحت تملک هر زارع مقداری ناچیز

باشد اما در سطح کلان حجم آب حاصل از این صرفه‌جویی قابل توجه خواهد بود. با در نظر گرفتن شرایط کنونی آبیاری اراضی شالیزاری، آنچه بیش از همه در این اراضی مطرح است رواناب خروجی از انتهای کرت و نفوذ عمقی است. از این میان رواناب خروجی به دلیل آن که در روش سنتی آبیاری کرت به کرت، مجدداً مورد استفاده قرار می‌گیرد اهمیت چندانی نداشته اما نفوذ عمقی به سبب آن که مقداری از آب را از دسترس کشاورز خارج می‌سازد حائز اهمیت بیشتری است. نفوذ عمقی از اجزای اصلی معادله بیلان آب در اراضی شالیزاری محسوب می‌شود. در شالیزار تراوش و نفوذی که صورت می‌گیرد شدیداً تحت تأثیر عمق آب زیرزمینی، فاصله از زهکش‌ها، شیب مزارع، نحوه تعمیر و نگهداری مرزها و عمق آب در شالیزارها قرار گرفته و وضعیت خاصی دارد. سیادت (۱۳۵۰) در تحقیق خود مقدار نفوذ عمقی را ۲۰ تا ۴۰ درصد آب مصرفی می‌داند. رضوی‌پور (۱۳۷۸) با کلاسه‌بندی خاک‌ها مقادیر جدول ۱را پیشنهاد نمود.

جدول ۱- نفوذ عمقی در اراضی شالیزاری استان گیلان بر حسب درصد رس

کلاس خاک بر اساس درصد رس	کمتر از ۸ درصد (نفوذ زیاد)	۸ تا ۱۶ درصد (نفوذ متوسط)	۱۶ تا ۴۴ درصد (نفوذ کم)	بالای ۴۴ درصد (نفوذ خیلی‌کم)
نفوذ عمقی (میلی‌متر در روز)	۷/۳	۵/۴	۳/۲	۱/۵

موسوی (۱۳۸۷) میزان تلفات نفوذ عمقی در شالیزارهای تجهیز و نوسازی شده و سنتی را در چهار منطقه از شهرستان صومعه‌سرا مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد-که نفوذ عمقی می‌تواند تحت تاثیر عوامل متفاوتی مانند مدیریت زارعی، سطح آب زیرزمینی سفره‌های معلق، خصوصیات فیزیکی خاک و ... باشد که در طول فصل زراعی نیز مقدار آن یکسان نبوده و بسته به شرایط می‌تواند مثبت یا حتی منفی باشد. وی نشان داد که شدت گلخرابی (پادلینگ) عامل موثر دیگری بر کاهش نفوذ عمقی است به طوری که موجب کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع و در نتیجه کاهش نفوذ عمقی می‌شود. افزایش مواد آلی و کاهش درصد رس و سیلت نیز سبب افزایش نفوذ عمقی آب می‌شود. نکته قابل توجه آن است که این پژوهش اثر مثبت بالا بودن سطح سفره معلق زیرزمینی بر گیاه برنج را اثبات نمود که در استفاده از شیوه‌های جدید آبیاری با احتمال از بین رفتن این سفره باید واکنش گیاه مورد بررسی دقیق‌تری قرار گیرد. یوسفی (۱۳۸۷) در پژوهشی اثر سطوح مختلف عملیات پادلینگ (پادل نشده، پادل کم، پادل متوسط و پادل زیاد) بر برخی ویژگی‌های فیزیکی (میزان رطوبت و چگالی حجمی) سه بافت خاک غالب (رس سیلتی، لوم رسی و لوم) در اراضی شالیزاری استان گیلان را مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که تأثیر تیمارهای مختلف پادلینگ بر رطوبت وزنی و چگالی حجمی خاک در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. مقدار آب لایه‌های پادل شده با افزایش زمان ته‌نشینی ذرات خاک کاهش یافت. همچنین در هر سه نوع بافت خاک، با گذشت زمان، چگالی حجمی افزایش یافت. چگالی حجمی خاک با عمق نیز افزایش داشته و این افزایش برای سطوح کمتر پادلینگ، بیشتر بود. بنابراین بطور کلی می‌توان توصیه نمود که کاهش عمق شخم می‌تواند در کاهش مصرف آب بسیار موثر باشد. کامیاب (۱۳۸۷)، تغییرات نفوذ عمقی در قسمت‌های مختلف کرت‌های شالیزاری را در سه بافت غالب استان گیلان مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد در بافت‌های رسی، رس سیلتی و لوم متوسط، در نزدیکی مرزها سرعت نفوذ نهایی در دو جهت طولی و عرضی از سرعت نفوذ نهایی مرکز کرت‌ها بیشتر است. به دلیل یکنواخت نبودن عملیات پادلینگ در قسمت‌های مختلف کرت‌های شالیزاری سرعت نفوذ نیز متفاوت

بود. این پارامتر در فواصل نزدیک به مرز مقداری بیشتر از فواصل میانی داشت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که جابجایی مرزها در فصول مختلف زراعی می‌تواند عاملی موثر در کاهش میزان آب مصرفی باشد. موذنی (۱۳۸۷) اثر سطوح مختلف بقایای گیاهی برخواص هیدرولیکی خاک و کنترل مقدار و شدت ترک در چند خاک شالیزاری استان گیلان را مورد بررسی قرار داد. این آزمایش بصورت گلدانی با چهار بافت خاک بعنوان فاکتورهای اصلی و هفت سطح بقایای گیاهی برنج (۰، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ درصد) بعنوان فاکتورهای فرعی و مراحل رطوبتی خاک در دو مرحله خشک و تر و در پنج سطح مرحله قوام، ترک اولیه (رسیدن سطح ترک به ۱۷-۱۳ سانتی‌متر مربع)، مرحله ترک نهایی (رسیدن سطح ترک به ۵۹-۵۵ سانتی‌متر مربع)، زمانی که ترک از حد نهایی به ترک اولیه برسد (در حالت خشک) و زمانی که ترک از بین برود، انجام شد. بافت خاک، سطوح بقایای گیاهی، فاکتور ترک و اثرات متقابل آنها باعث بروز اختلاف معنی‌دار در رطوبت وزنی، جرم مخصوص ظاهری، تراکم، ارتفاع خاک (نشت یا آماس)، حجم خاک و تعداد روز رسیدن به ترک در سطح آماری یک درصد شد. با افزایش سطوح بقایای گیاهی، رطوبت وزنی، ارتفاع و حجم خاک نسبت به سطح شاهد افزایش و جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش یافت. اضافه کردن بقایای گیاهی عمدتاً سبب افزایش تراکم خاک و به تاخیر انداختن روز رسیدن به ترک شد. همچنین نتایج نشان داد از بافت سبک تا بافت سنگین حجم آب مصرفی افزایش یافت. در خاک‌های با بافت متفاوت (از سبک تا سنگین) با اضافه کردن سطوح مختلف بقایای گیاهی، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک افزایش یافت.

تحلیل و نتیجه‌گیری

آن که اراضی شالیزاری بخشی از اراضی فاریاب محسوب می‌شوند اما در سطح کلان برای آن برنامه‌ریزی‌های دراز مدت بطور شفاف صورت نپذیرفته است. اگر بخواهیم تنها بخشی از مسائل موجود در این حیطه را برشماریم می‌توان مسائل زیر را مطرح نمود:

سدهای مخزنی مکفی با لحاظ نمودن مدیریت یکپارچه آب ساخته نشده و در حال حاضر مدیریت‌های منطقه‌ای حکمفرماست. شبکه‌های آبیاری ۳ و ۴ حتی در بسیاری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی قدیمی کشور احداث نگردیده است. تشکل‌های آب‌بران بصورت محدودی تنها در برخی از استان‌های کشور فعال هستند. سازمان‌های دولتی متولی تامین و توزیع آب به اندازه کافی از لحاظ پرسنل و امکانات قوی نیستند. تجهیز و نوسازی اراضی شالیزاری به کندی انجام می‌گیرد ضمن آن که در اراضی تجهیز شده نیز بنا به دلایل متعدد از جمله اشکالات طراحی و اجرا، عدم ارائه برنامه آبیاری برای هر طرح و ... مسائل متعددی مطرح است که لزوم بازنگری و ارائه برنامه‌ای جامع در انجام این پروژه را ضروری می‌سازد. نکته حائز اهمیت دیگر آن است که کشاورزان به دلایل منطقی به روش آبیاری غرقاب با آب جاری اعتقاد دارند. به بیان دیگر چون کشاورزان از دریافت آب در موقع نیاز اطمینان ندارند در برابر آبیاری تناوبی مقاومت نموده و حتی هنگامی که در اثر پدیده خشکسالی این روش به اجبار در سطوح شبکه‌های ۱ و ۲ انجام می‌گردد در هنگام نوبت خود بیش از حد نیاز برداشت می‌نمایند. امکان کشت هم‌زمان برای یک محدوده همچنان به دلایل مختلف وجود ندارد که ارائه راهکاری مناسب در این زمینه ضروری است.

با توجه به آنچه گفته شد باید پذیرفت که ادامه کار با روش فعلی ممکن نیست و باید معیارهای منطقی را برای مدیریت آب در کشور تعریف نمود. البته باید دقت نمود که این معیارها به نحوی تعریف گردند که هم برای کشاورزان و هم برای مدیران قابل پذیرش باشد. شاید در شرایط فعلی بهترین معیار زمان باشد. بدین معنی که در شرایط فعلی بهترین راهکار برخورد با کم‌آبی در اراضی شالیزاری کشور، استفاده از روش آبیاری متناوب است. در این راستا ابتدا باید منطقه تناوب (سطحی از یک نقطه آبگیری می‌شود) تعیین و سپس سطح تناوب (سطحی که می‌تواند توسط یک یا چند نفر آبیاری گردد) مشخص گردد. نهایتاً انتخاب فاصله تناوب نیز باید بر اساس یافته‌های تحقیقیاتی و الگوی کشت هر منطقه مشخص شود.

اگر بخواهیم به عوامل موثر در اجرای آبیاری تناوبی بپردازیم می‌توان به چند مورد اشاره نمود. فقدان کانال‌های آبیاری مجزا برای هر کرت یکی از مسائل مطرح است مثلاً در شرایط کنونی در اکثر اراضی شالیزاری استان گیلان آبیاری بصورت کرت به کرت انجام می‌گیرد. اگرچه این مساله سبب افزایش راندمان می‌شود اما در انجام آبیاری تناوبی وجود کانال‌های مجزا اثربخش‌تر خواهد بود ضمن آن که باید به کیفیت آبی که مکرراً مورد استفاده قرار می‌گیرد نیز توجه داشت. همچنین مساله مطرح دیگر مبارزه با علف‌های هرز است که در آبیاری تناوبی نیاز به وجین‌های بیشتر و دقیق‌تر داریم. مهمترین بخش کار در اجرای این روش آبیاری ایجاد پذیرش در کشاورزان است که بطور یقین در این مورد اطلاع‌رسانی از وضع موجود و آموزش‌هایی در رابطه با آبیاری تناوبی می‌تواند موثر باشد. بعلاوه ایجاد این اطمینان که در زمان تعیین شده آب به میزان لازم در اختیار آنها قرار خواهد گرفت و نیز جبران خسارت مالی ناشی از مبارزه با علف‌های هرز، هزینه آبیار و یا حتی کاهش محصول نیز باید مد نظر قرار گیرد. جلب مشارکت کشاورزان در توزیع آب و ایجاد تشکل‌های توزیع آب نیز لازم است. از سوی دیگر تسریع در احداث شبکه‌های آبیاری ۳ و ۴، تجهیز شبکه آبیاری به وسائل کنترل آب مانند دریچه‌ها، مقسم‌ها و وسائل اندازه‌گیری آب و تهیه برنامه‌ای مدون و جامع ضروری است.

نکته مهم دیگر آن است که در شرایط کنونی بخشی از شالیزارها با آبهای نامتعارف آبیاری می‌گردند که این موضوع باید بصورت ویژه مورد بررسی قرار گیرد. استفاده از زه‌آبهای کشاورزی با توجه به استانداردهای لازم برای آبیاری می‌تواند راه حلی مناسب برای استفاده بهینه از آب باشد در پایان باید تاکید نمود که تهیه نقشه‌های دقیق بافت خاک در مناطق شالیزاری، مطالعه مقدار نفوذ در هر نوع خاک، مطالعه فنون توزیع آب، بررسی اثر آبیاری تناوبی بر کیفیت محصول و تغییرات ایجاد شده در سطح خاک و ... جزو الزامات است.

منابع

۱- اصفهانی، م. ۱۳۷۷. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی و اکولوژی برنج. انتشارات دانشگاه گیلان، ۵۷ ص.

۲- جعفری، ف. ۱۳۸۶. مدیریت آبیاری در خاکهای ترک دار شالیزاری. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳- جواهردشتی، م. و اصفهانی م. ۱۳۸۱. برنج دیم، (تالیف میشل ژاکو و بریژیت کورتوا). نشر علوم کشاورزی، ۱۲۸ ص.

۴- حق‌پرست تنها، م. ر. ۱۳۷۱. تغذیه و متابولیسم گیاهان، (تالیف کنراد منگل). انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، ۵۲۷ ص.

۵- حق‌پرست تنها، م. ر. ۱۳۷۲. خاکزیان و خاک‌های زراعی. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، ۳۴۲ ص.

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، ۶۷۴ ص.

۷- رضوی‌پور، ت. ۱۳۷۴. گزارش پژوهشی بررسی تاثیر کاهش درصد رطوبت خاک در مراحل مختلف رشد برنج (رقم بینام). موسسه تحقیقات برنج کشور، ۲۰ ص.

۸- رضوی‌پور، ت. ۱۳۷۸. اندازه‌گیری نفوذ عمقی آب در بافت‌های مختلف خاک شالیزار در دو مرحله از رشد برنج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

۹- رضوی‌پور، ت. ۱۳۸۴. گزارش پژوهشی بررسی اثر افزایش تراکم بوته و مقادیر مختلف آبیاری بر عملکرد برنج (رقم هاشمی). انتشارات مؤسسه تحقیقات برنج کشور، ۱۹ ص.

۱۰- سلحشور، م.ر. ۱۳۸۴. عکس‌العمل ارقام مختلف برنج (Oriza Sativa L.) نسبت به رژیم‌های متفاوت آبیاری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس. ۱۰۷.

۱۱- سیادت، ح. ۱۳۵۰. مطالعات آبیاری برنج در ایستگاه آب و خاک رشت در سال ۱۳۴۸. گزارش طرح تحقیقاتی. موسسه تحقیقات برنج کشور.

۱۲- ضیاءتباراحمدی، م. خ. ۱۳۶۸. آبیاری برنج. انتشارات دانشگاه مازندران، ۴۳ ص.

۱۳- کامیاب. ف. ۱۳۸۷. بررسی تغییرات نفوذ عمقی در قسمت‌های مختلف کرت‌های شالیزاری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۶۰ ص.

۱۴- کرد زنگنه ، ع. ۱۳۷۲. اثر رژیمهای مختلف آبیاری برنج بر رقم آمل. گزارش پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب. مرکز تحقیقات کشاورزی خوزستان .

۱۵- کوچکی، ع.، حسینی، م. و نصیری محلاتی، م. ۱۳۷۲. رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی، (تالیف آی. دی. تی‌یر و اِم. اِم. پیت). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۵۶۰ ص.

۱۶- گیلانی ، ا. و ش. آبسالان. ۱۳۸۳. بررسی اثر رژیمهای آبیاری سطحی برروی عملکرد و شاخصهای رشد سه رقم برنج در استان خوزستان. موسسه تحقیقات برنج کشور. ۵

۱۷- محمودی، ش. و حکیمیان، م. ۱۳۷۹. مبانی خاکشناسی، (تالیف هنری د. فوت). انتشارات دانشگاه تهران، ۷۰۶ ص.

۱۸- مظاهری، د. و آقاعلیخانی، م. ۱۳۷۷. بوم‌شناسی گیاهان گرمسیری، (تالیف ام. جی. تی. نورمن، سی. جی. پیرسون و پی. جی. ای. سیرل). انتشارات دانشگاه تهران، ۵۰۶ ص.

۱۹- موذنی، م. ۱۳۸۷. اثر بقایای گیاهی بر خواص هیدرولیکی و وضعیت رطوبتی خاک‌های شالیزاری گیلان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۲۱۴ ص.

۲۰- موسوی، س.م. ۱۳۸۷. بررسی میزان تلفات نفوذ عمقی در شالیزارهای تجهیز و نوسازی شده و سنتی در منطقه صومعه‌سرا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید چمران اهواز.۹۹ ص.

۲۱- مهندسین مشاور پندام. ۱۳۸۳. مطالعات بهسازی شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود گیلان، گزارش نهایی، مطالعات منابع آب در دسترس و نیازها. وزارت نیرو، شرکت سهامی آب منطقه ای گیلان. جلدهای دوم، چهارم و پنجم.

۲۲- مهندسین مشاور مهاب قدس. ۱۳۸۴. پروژه تدوین برنامه بهره‌برداری از آبهای شور، لب‌شور و غیرمتعارف در سطح حوضه‌های آبریز کشور. گزارش شماره دو. جلد سوم. پتانسیل منابع آبهای غیرمتعارف.

۲۳- یارقلی، ب. ۱۳۸۷. میزان جذب کادمیوم از محیط ریشه و میزان تجمع آن در اندام محصولات زراعی. پایان‌نامه دکتری. دانشگاه تهران.

۲۴- یزدانی، م.ر. ۱۳۸۵. مدیریت توزیع آب در اراضی شالیزاری. مجموعه مقالات بررسی مسایل و مشکلات آب در گیلان. موسسه تحقیقات برنج کشور.

۲۵- یزدانی، م.ر.، پارسی‌نژاد، م. ۱۳۸۷. مدیریت آبیاری و زهکشی سطحی در اراضی شالیزاری. مجموعه مقالات پنجمین کارگاه فنی زهکشی و محیط زیست. ۱۶ آبان. ص ۸۸-۷۱.

۲۶- یزدانی، م.ر.، پارسی‌نژاد، م.، رضوی‌پور، ت.، علیزاده، م.ر.، نحوی، م.، شریفی، م.م.، رضایی، م.، و ملایی، م. ۱۳۸۳. طرح‌های تجهیز و نوسازی اراضی شالیزاری. مجموعه مقالات اولین کارگاه آموزشی مبانی طراحی در تجهیز و نوسازی اراضی شالیزاری. ۲۸ تیرماه. دانشگاه گیلان.

۲۷- یزدانی، م.ر.، شرفی، ن.، رضوی‌پور، ت. و شریفی، م. ۱۳۸۲. مقایسه مدیریت‌های مختلف آبیاری در زراعت برنج گیلان. مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۶۷۴ ص.

۲۸- یوسفی، س. ۱۳۸۷. تأثیر سطوح مختلف پادلینگ بر تغییرات رطوبت و چگالی حجمی سه بافت خاک غالب در اراضی شالیزاری استان گیلان. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۲، شماره ۲، ص. ۳۹۳-۳۸۲.

29- Fukuda, H. and Tsutsui, H. 1973. Rice Irrigation in Japan. Tokyo, p. 120.

30- Farjood, M.S. and Amin, S. 2001. Ground Water Contamination by Heavy Metal in Agricultural, Water Resources of the Shiraz Area. ICID International Workshop on Wastewater Management. Sep. 19-20. Korea.

31- Gani, A., Rahman, A., Dahono, Rustam, and Hengsdijk, H. 2001. Synopsis of water management experiments in Indonesia. Available on the Url: www.waterforfood.nl/docs/Water_less_rice/Gani_et_al.pdf

32- Herve, P. 1996. Guilan, a successful irrigation project in Iran. Irrig. Drain. Sys. 10:95-107.

33- Jehangir, W.A., Turral, H. and Masih, I. 2004. Water productivity of rice crop in irrigated areas. Journal Crop Production 4:1-22.

34- Liu, C.W., Cheng, S.W., Yu, W.S. and Chen, S.K. 2003. Water infiltration rate in cracked paddy soil. Geoderma 117: 169-181.

35- Loeve, R., Barker, R., Dawe, D., Lin, H. and Bin, D. 2004. Growing More Rice with Less Water: An Overview of Research in Liuyuankou Irrigation System, Henan Province, China. Available on the Url: www.iwmi.cgiar.org/Assessment/ proceedings/IWMI-Paper-RLoeve.doc

36- Roost, N., Molden, D., Zhu, Z. and Loeve, R. 2004. Identifying Water Saving Opportunities: Examples from Three Irrigation Districts in China's Yellow River and Yangtze Basins. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka. Available on the Url: www.iwmi.cgiar.org/Assessment/files/proceedings/IWMI-Paper-NRoost1.doc

37- Shi, Q., Zeng, X., Li, M,. Tan, X. and Xu, F. 2002. Effects of different water management practices on rice growth. Proceedings of a thematic workshop on water-wise rice production, 8-11 April 2002 at IRRI headquarters in Los Banos, Philippines. Available on the Url:

http://www.irri.org/science/abstracts/022.asp

38- Tantawi, B.A. and Ghanem, S.A. 2001. Water use efficiency in rice culture. Agricultural Research Center, Giza(Egypt). CIHM-Optin Mediterraneennes, 40: 39-45.

39- Uphoff, N. 1994. More Rice With Less Water Through SRI--the system of rice Intensification. The Cornell International Institute for Food, Antananarivo, Madagascar. Available on the Url:

http://www.cropscience.org.au/icsc2004/symposia/1/2/1148tuongtp.htm

40- Won, J.G., Choi, J.S. and Lee, S.P. 2004. Increasing Water Productivity and Growth of Rice with Less Irrigation Water. Gyeongbuk Agricultural Technology Administration, KOREA.

41- Xijin, W. 1998. Development of Water Saving Irrigation Technique On Large Paddy Rice Area in Guangxi Region of China. Chinese Agriculture Press, Beijing, China. P. 264.

42- Zhi, M..1993. Water Efficient Irrigation and Environmentally Sustainable Irrigated Rice Production in China. Available on the Url:

http://www.fao.org/docrep/W4367E/w4367e0h.htm