پنجمین کارگاه فنی زهکشی و محیط زیست
۱۶ آبان ماه ۱۳۸۷

مدیریت آبیاری و زهکشی سطحی در اراضی شالیزاری

محمدرضا یزدانی[۱]، مسعود پارسی‌نژاد[۲]

چکیده

برنج بعد از گندم دومین غله مهم در کشور محسوب می‌شود. افزایش مصرف سرانه برنج در ایران در دهه‌های اخیر و کاهش عرضه برنج در بازار جهانی، حرکت در جهت تولید بیشتر برنج در ایران را توجیه پذیر می‌نماید. براین اساس فعالیت‌های علمی و تحقیقاتی در زمینه آبیاری برنج می‌تواند ضمن کمک به مصرف صحیح آب در کشور ضامن تداوم و افزایش تولید این غله راهبردی باشد. در سطح بین‌المللی تحقیقات آبیاری برنج در دو مسیر *تغییر روش‌های زراعی* برای کاهش مصرف آب و توسعه آبیاری نوبتی گسترش چشمگیر یافته است. معرفی کشت برنج به صورت هوازی (کشت همانند گندم) و استفاده از متد کشت ISR، از جمله تلاش‌های بعمل آمده به منظور کاهش مصرف آب بر اساس تغییر روش کشت می‌باشد. توسعه آبیاری تناوبی در سطح مزرعه و گسترش آن در سطح شبکه وحوزه، تغییر در روش‌های زراعی تحت شرایط آبیاری نوبتی شامل مدیریت تغذیه گیاه بخصوص نیتروژن و... ازجمله عرصه‌های مهم تحقیقات در زمینه آبیاری نوبتی در اراضی شالیزاری در کشورهای دیگر می‌باشد. در ایران نیز مطالعات مختلفی در زمینه آبیاری برنج بخصوص در زمینه آبیاری متناوب بعمل آمده است.

در زمینه زهکشی سنگینی بافت خاک، ضریب آبگذری و نفوذ پذیری بسیار پایین، فقدان ساختمان خاک وتخریب تعمدی آن در هنگام آماده سازی زمین، چسبندگی شدید خاک به دلیل وجود مقدار زیادی رس، شیب کم و نزدیک به صفر، وجود سخت کفه یا هاردپن در عمق کم، نامناسب بودن زهکشی طبیعی، نیاز به ایجاد حالت غرقابی در حداقل دوره‌ای از کشت برنج، از مختصات عمومی شالیزارها در ایران و بیشتر

۱- دانشجوی دکترای آبیاری و زهکشی دانشگاه تهران. smryazdany@yahoo.ca و عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات برنج.

۲- دانشیار گروه آبیاری دانشکده مهندسی آب و خاک دانشگاه تهران. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج.

نقاط جهان می‌باشند. زهکشی اراضی شالیزاری در شرایطی که قرار باشد در دوره ای از سال گیاه دیگری غیر از شالی کشت شود پیچیده تر خواهد شد (کشت دوم) زیرا شرایط رطوبتی مورد نیاز شالی با سایر گیاهان فرق اساسی دارد. در این شرایط باید ضمن رعایت الزامات زهکشی برای شالیزارهایی که فقط شالی در آنها کشت می‌شود، اهداف کشت دوم نیزباید رعایت گردد. شرایط فوق الذکر زهکشی زیر زمینی را به دلیل فاصله کم و عمق کم بسیارگران خواهد کرد به طوریکه گزینش زهکشی سطحی را در کوتاه مدت توجیه پذیر می‌نماید. اما زهکشی سطحی نیز خود الزاماتی نظیر لزوم رعایت حد زهکشی (که می‌تواند موجب ترک و سیمانی شدن خاک گردد)، موقتی بودن انهار جمع کننده و لزوم تخریب آنها در زمان کشت شالی، عدم تخریب سخت کفه یا هاردپن (برای جلوگیری از ازدیاد نفوذ عمقی در هنگام کشت برنج)، وجود امکان تخلیه آب خروجی از مزرعه در زهکش‌های بزرگتر به دلیل کم بودن شیب اراضی و... دارد.

مقدمه:

برنج بعد از گندم دومین غله مهم در کشور محسوب می‌شود. ویژگی برنج نسبت به گندم مربوط به مصرف عمده برنج تولید شده، درخود کشورهای تولید کننده میباشد. بطوریکه طبق آمار سازمان جهانی خواروبار کشاورزی فقط حدود ٥ درصد از برنج تولید شده در بازار جهانی عرضه می‌گردد در حالی که این مقدار برای گندم حدود ٤٠ درصد می‌باشد. به این ترتیب با توجه به افزایش شدید جمعیت در کشورهای چین و هند که بزرگترین مصرف کننده برنج در دنیا هستند، می‌توان براحتی پیش بینی کرد که در سال‌های آینده با وجود داشتن پول نیز نتوانیم برنجی برای واردات پیدا نماییم. بنا براین با توجه به افزایش مصرف برنج در ایران در دهه‌های اخیر، مزیت نسبی آن نسبت به سایر محصولات زراعی و باغی به شدت افزایش می‌یابدوآنرا به غله ای راهبردی تبدیل می‌نماید. برای مواجهه با این شرایط می‌باید در مرحله اول نسبت به حفظ پایداری تولید برنج و در مرحله بعد نسبت به فراهم کردن شرایط لازم برای رسیدن به خودکفایی برنامه ریزی نمود.

نگاهی به مناطق برنج کاری در کشور نشان می‌دهد که بیش از دو سوم اراضی شالیزاری در شمال کشور قرار دارد. در این مناطق از دیر باز وجود خاک‌های سنگین و رودخانه‌های پر آب موجب رواج شالیکاری گردیده بود. اما در سال‌های اخیر به دلیل تشدید پدیده کم آبی، افزایش نیاز به آب شرب به دلیل افزایش جمعیت، نیاز فزاینده بخش صنعت و برداشت از سرشاخه‌های رودخانه‌هایی که به دریای خزر می‌ریزند تأمین آب برای اراضی شالیزاری را با مشکل جدی مواجه ساخته است.

در این شرایط برای حفظ پایداری تولید برنج، ضمن تلاش برای تأمین حقابه مناسب با توجه به مزیت نسبی آن باید با اتخاذ روش‌های مناسب برای مدیریت آب در سطح مزرعه، راندمان کاربرد آب را افزایش داد. از طرف دیگر زهکشی اراضی شالیزاری به منظور مقابله با مواد سمی تولید شده در اثر شرایط احیایی خاک (مسمومیت آهن، کمبود روی و...)، آماده سازی زمین برای برداشت، جذب بهتر مواد غذایی

نظیر پتاسیم، جلوگیری از استغراق بیش از حد در هنگام بارندگی‌های شدید و توسعه کشت دوم گیاهان دیگر بعد از برداشت برنج می‌تواند در حفظ پایداری شالیزارهای شمال کشور موثر باشد.

مدیریت آبیاری:

تحقیقات جهانی در مورد آبیاری برنج بیشتر در سه زمینه مدیریت آبیاری متناوب، متد **SRI**[1] و برنج هوازی قابل دسته‌بندی می‌باشند (۲۲).

روش SRI:

این روش برای بار اول در جزیره ماداگاسکار در آفریقا معرفی و توسعه یافت و پس از آ« در سایر کشورها نظیر هند و اندونزی و سایر کشورهای برنج خیز مورد آزمایش قرار گرفت. در این روش مجموعه ای از عملیات زراعی شامل سن نشا و نحوه نشاکاری، روش وتعداد وجین، روش آبیاری و تغذیه گیاه در کشت برنج استفاده می‌شود. بطوریکه به ادعای معرفی‌کنندگان این روش عملکرد تا دو برابر و میزان آب مصرفی تا ۵۰ درصد کاهش می‌یابد.

مهمترین توصیه‌های روش **SRI** شامل موارد زیر می‌باشد:

- نشا کاری با نشاهای جوان با سن ۱۲-۸ روز و حد اکثر ۱۵ روز (در ایران سن نشا حدود ۳۰ روز می‌باشد).
- در هر کپه یک نشا با فاصله ۲۵* ۲۵ سانتیمتر و قابل افزایش تا ۵۰*۵۰ سانتیمتر.
- کوتاه کردن فاصله برداشت نشا از خزانه تا زمین اصلی به منظور حداقل رساندن اثر منفی برداشت از خزانه در ریشه‌ها.
- عمق نشاکاری ۱-۲ سانتیمتر.
- عمودی قرار دادن ریشه‌ها به منظور جلوگیری از خسارت به ریشه‌ها.
- وجین موثر با استفاده از کج بیل یا وجین کن دستی (Cono weeder)معرفی شده توسط موسسه جهانی تحقیقات برنج، به دفعات متعدد پس از ۱۰ تا ۱۲ روز بعد از نشاکاری و بافاصله ۱۰ روزه (حداقل ۳ تا ٤ وجین).
- مدیریت کودی مناسب بر اساس نتایج تحقیقات و آزمون خاک و هم چنین استفاده از کمپوست و کود سبز.
- آبیاری غیر غرقابی ویا متناوب

1- System Of Rice Intensification

- در آبیاری غیر غرقابی خاک در حالت مرطوب ولی غیر اشباع نگهداشته می‌شود. فواصل زمانی آبیاری ٦-۲ روز بوده و مبنای شروع آبیاری ظهور ترک سطحی می‌باشد. در انتها پش از ظهور خوشه، لایه نازکی از آب به عمق ۲-۱ سانتیمتر روی خاک قرار داده می‌شود.
- در آبیاری متناوب آبیاری بافاصله زمانی مشخص (در ماداگاسکار ٥-٤ روز) در طول دوره رشد تا عمق مشخص انجام می‌گیرد.

امکان استفاده از روش SRI در ایران:

استفاده از این روش در ایران به دلیل داشتن روش‌های متفاوت کشت و زرع که از دیرباز اجرا می‌نمایند، نیازمند بررسی و تحقیق همه جانبه می‌باشد. دستورالعملهای مربوط به روش‌های کشت و داشت می‌باید توسط محققین به زراعی تهیه گردد.محققین به نژادی باید ارقام مناسب را با همکاری محققین آبیاری معرفی نمایند. اما بطور قطع مشکلات زیر در کاربرد این روش در ایران خود را نشان خواهد داد.

- وجود سرمای دیررس بهاره می‌تواند برای نشاهای جوان به شدت زیان آور باشد.
- نشای زودهنگام منجر به اضافه شدن طول دوره آبیاری به مدت ۱٥ روز می‌گردد که خود می‌توتند موجب افزایش آب آبیاری گردد.
- ازدیاد دفعات وجین از یک تا دو دوره به چهار و بیشتر می‌تواند به طور معنی داری هزینه تولید برنج را افزایش دهد. این در حالی است که در حال حاضر این هزینه در ایران فوق‌العاده بالا می‌باشد.
- انجام توصیه کودی دقیق بر اساس آزمون خاک نیازمند هزینه و ایجاد امکانات و توانایی‌های فنی خواهد بود.
- انجام آبیاری به روش غیر غرقابی و حتی تناوبی نیازمند سازماندهی و ایجاد تشکل‌های قوی و مطمئن برای توزیع آب می‌باشد، تا کشاورزانی که از این روش تبعیت می‌کنند در هنگامی که تصمیم به آبیاری می‌گیرند بلافاصله امکان آبیاری داشته باشند. در حالیکه در نظام فعلی آبیاری در مناطق برنجکاری بسختی می‌توان آب را با این دقت توزیع نمود. عدم تکمیل شبکه‌های آبیاری و ضعف سازمان‌های توزیع آب از نظر امکانات فنی و پرسنلی امکان استفاده از این روش را مشکل می‌نماید. در آن دسته از اراضی که توسط چاه و یا استخر آبیاری می‌شوند به دلیل کنترل زارع بر آب امکان بیشتری برای استفاده از این روش وجود دارد.

بطور خلاصه در صورتیکه بررسی و تحقیق مکفی برای سازگاری این روش با شرایط کشور صورت گیرد می‌توان آن را با آبیاری متناوب تلفیق نمود. و در طولانی مدت و حتی میان مدت در بعضی از نقاط کشور از آن استفاده نمود.

برنج هوازی[1]:

به طور خلاصه کشت برنج در شرایط رطوبتی مابین حالت اشباع و رطوبت مزرعه تحت عنوان برنج هوازی (با مکش رطوبتی متوسط kPa 10-0 و حد اکثر kPa 40) قابل تعریف می‌باشد. این روش در سال‌های اخیر توسط محققین موسسه جهانی تحقیقات برنج (IRRI) معرفی و به طور گسترده مورد تحقیق قرار گرفته است. عدم نیاز به گلخرابی (paddeling) وعدم غرقابی از اختصاصات این روش می‌باشد. بومن در یک آزمایش در موسسه جهانی تحقیقات برنج در فیلیپین نشان داد که در این روش آب مورد نیاز جهت گلخرابی، نفوذ عمقی و جانبی، تبخیر و تعرق به ترتیب۱۹۰، ۳۰۰-۲۵۰، ۸۰ و ۲۵ میلی متر کمتر از روش غرقابی است. همچنین علیرغم کاهش عملکرد به میزان حدود یک سوم تن در هکتار، ازدیاد قابل توجه بهره‌وری آب در این روش در مقایسه با روش غرقابی به میزان ۳۲٪ تا ٪۸۸ ملاحظه شد. (۲٤) اکثر تحقیقات بعمل آمده در این زمینه حاکی از کمتر بودن عملکرد برنج در مقایسه با روش غرقاب می‌باشد. هر چند برخی تحقیقات تکمیلی حاکی از برابری مقدار عملکرد با روش غرقابی می‌باشند (۲۳).در عین حال کاهش عملکرد در ارقامی که مربوط به شرایط غرقابی بوده‌اند در مقایسه با ارقام آپلند و ارقام متناسب با شرایط هوازی به دلیل پوکی دانه‌ها و وزن هزار دانه کمتر، مشاهده شده است. بنابراین تحقیقات به نژادی به منظور معرفی ارقام مناسب که کاهش عملکرد کمتری نسبت به روش غرقابی داشته باشند از الزامات توسعه استفاده از این روش می‌باشد.

ترکیب این روش با روش غرقابی یعنی استفاده از این روش در بعضی از مراحل رشد می‌تواند در بالا بردن راندمان کاربرد آب موثر باشد. نیونهاوس و همکاران (۲۵) با تقسیم مراحل رشد برنج را به سه دوره ابتدایی (از نشا تا ظهور خوشه)، میانی (از ظهور خوشه تا انتهای گلدهی) و نهایی (انتهای گلدهی تا رسیدن کامل) ترکیب روش آبیاری غرقابی با روش غیر غرقابی در دوره‌های مختلف را به همراه کاربرد این روش‌ها به تنهایی مورد مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد و راندمان تولید در هر دو نوع خاک از تیمارهای ترکیبی بدست آمده است. عملکرد بالاتر ناشی از وزن هزار دانه و تعداد بیشتر دانه‌ها در هر خوشه حاصل گردیده بود.

امکان استفاده از روش کشت برنج هوازی در ایران:

براساس یافته‌های منابع فوق‌الذکر این روش ارزش آن را دارد که در موسسات و مراکز علمی ایران مورد بررسی و تحقیق دقیق قرار گیرد. دستورالعمل‌های به زراعی برای کاربرد این روش شامل چگونگی تهیه زمین و ماشین‌آلات مناسب، بذرکاری به روش مرطوب یا خشکه‌کاری، کنترل علف‌های هرز و تغذیه گیاهی و مهمتر از همه روش آبیاری باید بر اساس آزمایشات تحقیقی و ترویجی تهیه گردد. همچنین باید تحقیقات به نژادی جهت معرفی ارقام سازگار با این روش به طور موازی آغاز گردد. در این صورت با توجه به

1- Aerobic Rice

گسترش حتمی پدیده کم آبی می‌توان امیدوار بود که این روش در میان مدت و طولانی مدت بتواند در کشور مورد استفاده بخشی از کشاورزان قرار گیرد.

از آنجا که اجرای این روش مستلزم تغییرات وسیع در روش‌های مرسوم کشت شالی در کشور می‌باشد باید جنبه‌های مختلف آن بخصوص جنبه فرهنگی و اقتصادی نیز مورد مطالعه دقیق قرار گیرد. در هر حال در شرایط حاضر به دلیل کم بودن درآمد شالیکاران که خود ناشی از پایین بودن سطح مالکیت زمین می‌باشد، کاهش عملکرد به سختی مورد پذیرش زارعین قرار می‌گیرد. هرچند که اجرای این روش با حذف مرحله گلخرابی و هزینه آبیاری موجب کاهش هزینه می‌شود.

آبیاری تناوبی[1]:

در این روش پس از تأمین آب در پای گیاه به میزان مشخص، آبیاری قطع شده و پس از فاصله زمانی مشخص اقدام به آبیاری مجدد می‌گردد (لفظ تناوب در این روش در مقابل حالت غرقاب دائم بکار برده می‌شود). به بیان دیگر در این روش مزرعه پس از هر آبیاری حالت غرقاب داشته و پس از مدتی آب از سطح زمین ناپدید می‌شود. مطالعات متعدد در ایران وجهان نشان داده است که این روش در کاهش مصرف آب در اراضی شالیزاری کارایی مناسبی دارد. (۳ و ٤ و ۱۳ و ۱۲ و۱۰ و ۱۱)

مقدار آبی که در هر نوبت تأمین می‌شود و همچنین فاصله زمانی بین دو آبیاری تابع عوامل مختلفی نظیر شرایط اقلیمی، نوع و بافت خاک، مقدار آب موجود و درجه کم آبی، مرحله رشد گیاه، وضعیت تسطیح، عادات زارعین، توانایی سیستم در تأمین آب در زمان مقرر، نوع رقم، مسائل زیست محیطی و... دیگر می‌باشد، بطوریکه هر کدام از این عوامل می‌تواند در موفقیت و بالا بردن راندمان این روش تاثیر تعیین‌کننده داشته باشند.

استفاده از روش آبیاری متناوب در ایران:

بدیهی است که مقایسه این روش با سایر روش‌های مدیریت آب در اراضی شالیزاری در زمره فعالیت‌های تحقیقاتی و مطالعاتی می‌باشد اما بطور اصولی به دلایل زیر برتری‌های زیادی برای کاربرد این روش در ایران وجود دارد که آن را به گزینه اول و بهترین جایگزین روش آبیاری فعلی تبدیل می‌کند. این برتری‌ها به طور اجمال شامل موارد زیر هستند.

- فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه بهترین فاصله زمانی آبیاری در ایران انجام گرفته است بطوریکه فواصل زمانی ٥ تا ۸ روز برای شمال کشور و فاصله زمانی ۱ و ۲ روزه برای مناطق مرکزی و جنوبی پیشنهاد گردیده است (۳ و ۱۱ و ۱۳).

1- Intermittent Irrigation

- تجربیات زیادی در زمینه نوبت بندی توزیع آب در سطح شبکه آبیاری بخصوص در استانهای شمالی وجود دارد بطوریکه مثلا در شبکه آبیاری سپیدرود از سال ۱۳۷۸ نوبت بندی در سطح شبکه آغاز گردیده و بطور مداوم در سال‌های بعد بهبود پیدا نموده است. این تجربیات می‌تواند به عنوان برتری تعیین کننده برای این روش قلمداد شود.
- در تمامی تحقیقاتی که در سطح بین‌المللی و داخلی انجام گرفته این روش بدون کاهش عملکرد از کاهش چشمگیری در مقدار آب مصرفی برخوردار بوده است.عدم کاهش عملکرد و حتی افزایش آن به مقدار چند درصد در بعضی از شرایط موجب عدم کاهش درآمد کشاورز خواهد شد.
- این روش می‌تواند برای تمامی ارقام و تمامی شرایط کشت، مورد استفاده قرار گیرد. اجرای این روش مستلزم تغیرات چشمگیر در روش‌های زراعی نبوده و طبعاً با مقاومت کمتری از سوی زارعین روبرو خواهد شد.
- عامل زمان که مبنای شروع آبیاری در این روش می‌باشد به راحتی می‌تواند بین زارعین و توزیع‌کنندگان آب مورد تفاهم واقع شود. در حالیکه ایجاد تفاهم بین این دو گروه در سایر روش‌ها بسیار مشکل‌تر می‌باشد.
- ایجاد عدالت در توزیع آب در مواقع بحرانی در این روش به راحتی با افزایش نسبی فاصله زمانی یا حجم عمق آب تحویلی در هر دوره قابل اجرا می‌باشد.
- اجرای این روش در تمامی شرایط از جمله مواقعی که برنج هوازی یا متد SRI استفاده می‌شود، نیز امکان پذیر می‌باشد.

تجربیات علمی آبیاری برنج در ایران:

فعالیت‌های علمی و تحقیقاتی در زمینه آبیاری برنج در ایران از اواخر دهه چهل آغاز گردید. این تحقیقات که توسط محققین مختلف در سال‌های متمادی انجام گرفته جنبه‌های مختلف آبیاری برنج را مورد توجه قرار داده است. ذیلاً به بعضی از نتایج بدست آمده اشاره می‌گردد.

در یک تحقیق سه ساله مقدار تبخیر و تعرق و ضریب گیاهی دورقم محلی و اصلاح شده برنج، بوسیله لایسیمتر به همراه تبخیر و تعرق گیاه مرجع (چمن) و ضریب گیاهی ضریب گیاهی طی سه سال متوالی اندازه‌گیری گردید. جدول (۱). لایسیمترها با ابعاد یک ۱*۱ متر وبه عمق یک متر در وسط شالیزار نصب گردیده بودند (٤).

تحقیق مورد نظر مبنای مقایسه فرمول‌های تجربی قرار گرفت بطوریکه از بین روش‌های تجربی مختلف، روش سامانی – هارگریوز بهترین همبستگی را با داده‌های حاصل از لایسیمتر نشان داد (جدول ۲) (٥).

جدول (۱) مقادیر تبخیر و تعرق و ضریب گیاهی اندازه‌گیری شده بوسیله لایسیمتر (رضوی پور و همکاران۱۳۷۸)

پارامتر	۱۳۷۳	۱۳۷٤	۱۳۷۵
تبخیر از تشتک کلاس A	۷٤۷,۷	٦۲۹,٤	٦۳۰,۹
تبخیر و تعرق گیاه مرجع (چمن)	٤۸٦,۱	۵۳۱,۵	٤۹۰,٦
تبخیر و تعرق رقم بینام	۵۲۷,٤	۵۱۸,۹	٤۷٤,٦
تبخیر و تعرق رقم خزر	۵٤۰,۳	۵۳٦,٦	۵۲۰,٦
ضریب گیاهی بینام	۱,۱۵	۱,۰۸	۱,۱۱
ضریب گیاهی خزر	۱,۱۹	۱,۱۲	۱,۱۰
ضریب تشتک	۰,۷٦	۰,۷٦	۰,۷۹

جدول (۲) –نتایج مقایسه برخی روش‌های تجربی با لایسیمتر (روزمه ۱۳۸٤)

فرمول تجربی	پنمن مانتیس	بلانی کریدل	تشتک تبخیر	هارگریوز سامانی
انحراف معیار	۱,٤۲	۱,۲٤	۱,۱۵	۱
ضریب همبستگی	۰,۳۳	۰,۱	۰,۵۲	۰,٦٤

نفوذ عمقی از اجزای اصلی معادله بیلان آب در اراضی شالیزاری می‌باشد. اندازه‌گیری این پارامتر در اراضی شالیزاری به دلیل کم بودن مقدارآن در خاک‌های سنگین به وسیله رینگ در فاصله زمانی بیست و چهار ساعت مشکل و دارای خطای زیاد می‌باشد (جدول۳). در روش سریع (Quick method) مقدار آب نفوذ یافته در یک رینگ سر بسته که از سمت باز خود در داخل خاک فرو رفته است، بوسیله یک لوله باریک که به محفظه بین سطح خاک ورینگ سربسته متصل است، به نسبت زیاد بزرگنمایی می‌گردد تا قرائت مقادیر کوچک امکانپذیر باشد.

جدول۳ – مقادیر نفوذ عمقی در خاک‌های شالیزاری (رضوی پور و همکاران)

بافت خاک	رسی	رسی سیلتی	سیلتی کلی لوم	سیلتی لوم
نفوذعمقی (mm/day)	۱,۱	۲,۱	۱,۵	۷,۷

در عین حال اندازه‌گیری نفوذ عمقی در طول فصل با استفاده از رینگ‌های ته باز و ته بسته می‌تواند مقدار و تغییرات نفوذ عمقی را در طی دوره رشد نشان دهد.در یک تحقیق در سال جاری مقادیر نفوذ عمقی در طی دوره رشد در سه منطقه از گیلان به وسیله رینگ‌های فوق‌الذکر اندازه‌گیری شد. این مقادیر به ترتیب ۰,٦۷، ۰,٦۵ و ۰,۳۲ میلی متر در روز گزارش شد. (۱٤)

راندمان کاربرد آب در اراضی شالیزاری استان گیلان در ۱۳ نقطه مختلف بوسیله فلوم از طریق اندازه‌گیری مقادیر ورودی و خروجی انجام گرفت. با توجه به اینکه آب خروجی از مزرعه دوباره در کرت‌ها و اراضی پایین دست مورد استفاده قرار می‌گرفت، فرض شد که در روش آبیاری کرت به کرت که شیوه مرسوم آبیاری اراضی شالیزاری کشور است کرت‌های بالادست نقش کانال آبرسانی برای کرت‌های پایین دست را ایفا می‌نمایند به همین دلیل می‌توان درصدی از آب ورودی را سهم اراضی پایین دست دانست. بر این اساس نتایج زیر بدست آمد (۱).

جدول ٤- مقادیر راندمان در خاک‌های مختلف (پارسی‌نژاد و همکاران)

کلاس نفوذ خاک	نفوذ خیلی کم	نفوذ کم	نفوذ متوسط	نفوذ زیاد
راندمان بدون استفاده از خروجی	٤١,١	٣٥,٨	٣١,٤	٢٨,٣
راندمان با استفاده از خروجی (٨٠٪)	٥٨,٨	٥٠,٨	٤٣,٤	٣٨,٤

مقایسه دستورالعمل‌های آبیاری برنج تحت عنوان رژیم‌های آبیاری، که با هدف دستیابی به بیشترین عملکرد بدون محدودیت آب طراحی گردیده‌اند، به همراه روش سنتی و روش آبیاری غیر غرقابی (آبیاری روزانه به مقدار لازم) نشان داد که این روش‌ها با افزایش مصرف آب در حدود ۵۰ درصد نسبت به روش غیر غرقابی، اثر معنی‌داری در افزایش عملکرد نداشته‌اند. بالاتر بودن راندمان مصرف آب در تیمار بدون غرقابی نشان داد که در شرایط کنترل شده در ایستگاه تحقیقاتی می‌توان با ۵۰ درصد آب کمتر عملکرد معمول را بدست آورد. اما اجرایی کردن این روش در سطح زارع نیازمند تحقیق و برنامه‌ریزی بیشتر خواهد بود زیرا محدودیت‌های سیستم توزیع آب به همراه افزایش هزینه آبیاری و هزینه مبارزه با علف‌های هرز (که به طور معنی داری در این روش افزایش می‌یابد) از موانع عمده ترویج این روش خواهد بود. (۱۵)

استفاده سیستم آبیاری بارانی در کشت مستقیم و نشایی دو رقم برنج نشان داد که استفاده از سیستم آبیاری بارانی با حدود ٣٤ در صد کاهش عملکرد موجب کم شدن مصرف آب به میزان بیش از۳۲ درصد خواهد شد (جدول ٤).

جدول ٤- نتایج مقایسه روش آبیاری بارانی با روش غرقابی در دو روش کشت (یزدانی وهمکاران)

عملکرد (Kg)						مصرف آب (M^3)	
روش آبیاری		رقم		روش کشت			
بارانی	غرقابی	خزر	IR-342	مستقیم	نشایی	بارانی	غرقابی
٢٨٤٤	٤١٧٠	٣٤٢٧	٣٥١٦	٣٣٦٧	٣٥٧٦	٢٧٧	٤١٨

کاهش عملکرد و هزینه بالای نصب سیستم آبیاری در شرایط خاص خاک‌های شالیزاری (از نظر سنگینی بافت خاک و نفوذ کم) و همچنین گسترش برخی بیماری‌ها (نظیر بیماری بلاست) استفاده از این روش را در اولویت قرار نمی‌دهد.

در سال‌های اخیر به منظور بالا بردن راندمان کاربرد آب به همراه اهداف دیگر، عملیات تجهیز و نوسازی اراضی شالیزاری در کشور گسترش چشمگیر یافته است (حدود ۱۰۰ هزار هکتار).به منظور ارزیابی راندمان کاربرد آب، مقدار آن در مقایسه با اراضی سنتی با استفاده از فلوم و اندازه‌گیری مقادیر ورودی و خروجی آب به کرت‌ها شالیزاری محاسبه شد. محاسبات در دو حالت استفاده و عدم استفاده از آب خروجی انجام گرفت. لازم به ذکر است که در اراضی تجهیز شده به دلیل احداث زهکش در انتهای هر کرت آب خروجی مستقیما به داخل آن می‌ریزد بنا براین می‌توان آن را جزو تلفات به حساب آورد.هر چند که در شرایط کم آبی این آب نیز احتمالا در پایین دست مورد استفاده قرار می‌گیرد اما این آب از نظر کیفی به دلیل خروج از یک کرت بزرگ تجهیز شده و حل شدن سم و کود این کرت چندان مطلوب نمی‌باشد (جدول ۵) (۱).

جدول ۵- مقایسه راندمان کاربرد در اراضی سنتی و تجهیز شده (پارسی‌نژاد و همکاران ۱۳۸۲)

	اراضی سنتی	اراضی تجهیز شده
راندمان بدون استفاده از خروجی	۲٤	٦۳
راندمان با استفاده از خروجی (۸۰ درصد)	۵۰	۵۲

بررسی میدانی و نقشه‌برداری از طرح‌های تجهیز و نوسازی اجرا شده نشان داد که مهمترین دلایل پایین بودن راندمان کاربرد در اراضی تجهیز شده شامل موارد زیر می‌باشد (۱۸).

- عدم رعایت نسبت ارتفاعی کف کانال آبیاری، کف کرت و کف کانال زهکشی در بعضی از موارد (این عیب می‌تواند ناشی از اشکال در طراحی و یا اجرا باشد)
- عدم ارائه برنامه آبیاری به عنوان جزئی از هر طرح تجهیز (در این حالت کشاورزان شرایط جدید آبیاری را نمی‌دانند)
- ناهماهنگی بین دستگاه‌های تأمین کننده آب و دستگاه مجری طرح تجهیز و نوسازی به طوریکه کانال‌های تأمین آب در سطح مزرعه با کانال‌های درجه ۱و ۲ سازگار نیستند.
- تسطیح نامناسب کرت‌ها بطوریکه در موارد قابل ملاحظه ای شیب معکوس و یا شیب غیر یکنواخت مشاهده شد.

نتایج نظرسنجی از کشاورزان نشان داد که ٤٤ درصد از کشاورزان در سال اول پس از اجرای طرح، در مورد تأمین آب دچار مشکل بوده اند 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.
۷٤ درصد کشاورزان در سال اول و ۳۷ درصد آنان حتی پس از سال سوم در مورد مدیریت آبیاری در داخل مزرعه دچار مشکل می‌باشند. این به معنی تسطیح و شیب نامناسب و همچنین عدم رعایت نسبت رقومی کانال‌های آبیاری و زهکشی و کف کرت‌ها می‌باشد و امکانات کشاورزان اجازه حل مشکل را به آنان نمی‌دهد.

فواصل زمانی آبیاری:

جدول شماره ٦ نتایج برخی تحقیقات در مورد آبیاری متناوب در ایران را نشان می‌دهد. براساس اعداد این جدول می‌توان نتیجه گرفت که آبیاری متناوب در تمام نقاط کشور قابلیت کاربرد داشته و ضمن نداشتن تفاوت معنی‌دار از نظر عملکرد، مقدار راندمان مصرف آب بالاتری نسبت به روش غرقاب دائم دارد. تفاوت فاصله زمانی بدست آمده در نقاط مختلف ناشی از تفاوت‌های اقلیمی و خاک می‌باشد.

جدول شماره ٦- نتایج برخی مطالعات آبیاری متناوب در ایران (۷ و ۱۰ و ۱۱ و ۱۲ و ۱۳)

نام محقق و سال	مکان مطالعه	نتایج
سیادت ۱۳٤۹	رشت	برای ارقام قریب و مهر بهترین فاصله زمانی آبیاری ۵ روز و برای ارقام چمپا و لاین ۳٤۸ بهترین فاصله آبیاری ۸ روز
قائمی (۱۳۵۸)	رشت	برای رقم بینام را برابر ۵ روز با عمق ۵ سانتیمتر
کردزنگنه (۱۳۷۱)	خوزستان	دو روز در میان برای رقم آمل ۳
نحوی ۱۳۷۸)	ر شت	برای رقم خزر فاصله ۵ روزه
رضایی (۱۳۸۲)	رشت	تیمار ۸ روزه بهترین فاصله آبیاری برای رقم هاشمی
گیلانی و آبسالان (۱۳۸۳)	خوزستان	برای سه رقم مختلف آبیاری یک روز در میان

واکنش ارقام به آبیاری تناوبی:

در مورد واکنش ارقام نسبت به فواصل آبیاری در یک آزمایش سه ساله ارقام برنج مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که ارقام اصلاح شده دارای عملکرد و بهره‌وری بیشتر در مصرف آب بوده‌اند که به دلیل پر محصول بودن این ارقام امری طبیعی بنظر می‌رسد. کاهش مصرف آب در فواصل ۱۰ و ۱۵ روزه نسبت به ۵ روزه به ترتیب برابر ۳۰ و ۵۳ درصد بوده است. این نتیجه نشان می‌دهد که دوبرابر شده

فاصله آبیاری به معنی نصف شدن مصرف آب نمی‌باشد، زیرا در اثر تغییرات بوجود آمده در اثر تنش در خاک (ترک) و گیاه، مصرف آب بالا تر خواهد رفت و در هر آبیاری باید آب بیشتری به گیاه داده شود. کاهش عملکرد ارقام بیشتر در اثر پوکی دانه‌ها بود و طول خوشه و تعداد دانه در خوشه (سالم و پوک) تفاوت معنی‌دار نداشتند. این نتیجه نشان می‌دهد که اگر بتوانیم در لحظات حساس (عمدتا گلدهی) آب مورد نیاز را به گیاه برسانیم قادر خواهیم بود تا میزان زیادی از خسارت بکاهیم. موضوع مهم مقایسه هر رقم با خودش در فواصل مختلف آبیاری می‌باشد. جدول ۷ رتبه هر رقم را (بر اساس عملکرد نسبی) که با افزایش فاصله آبیاری نسبت به فاصله پنج روزه کسب می‌نماید، نشان می‌دهد. بر اساس این جدول ملاحظه می‌شود که برخی ارقام محلی در فواصل ۱۰ و ۱۵ روزه از انتهای جدول به ردیف‌های بالا تغییر رتبه داده‌اند. این امر نشان می‌دهد که ارقام محلی با توجه به سابقه کشت طولانی در منطقه نسبت به شرایط کم آبی سازگاری خوبی دارند و نسبت به ارقام اصلاح شده کاهش کمتری در عملکرد آنان بروز خواهد نمود. از آنجا که کشاورزان در شرایط کم آبی نیز کشت ارقام محلی را در اولویت قرار می‌دهند استفاده از این جدول می‌تواند مفید باشد (۱۶).

جدول ۷- مقایسه عملکرد نسبی ارقام در فواصل مختلف آبیاری (یزدانی ۱۳۸۵)

رتبه	فواصل آبیاری		
	۵ روزه	۱۰ روزه	۱۵ روزه
۱	بجار	سپیدرود	سپیدرود
۲	۵۰۵	بینام	حسن سرایی
۳	نعمت	دمسیاه	آپلند
٤	آپلند	لاین ۵۰۷	۵۰۵
۵	۵۰٦	آپلند	دمسیاه
٦	۵۰۷	حسن سرایی	۵۰٦
۷	خزر	بجار	خزر
۸	حسنی	۵۰٦	حسنی
۹	سپیدرود	۵۰۵	نعمت
۱۰	بینام	خزر	۵۰۷
۱۱	حسن سرایی	حسنی	بجار
۱۲	دمسیاه	نعمت	بینام

آبیاری تناوبی و ایجاد ترک در خاک:

بررسی واندازه‌گیری‌ها ارتباط آبیاری و ترک‌های ایجاد شده در خاک نشان می‌دهد که در اراضی شالیزاری با کاهش رطوبت خاک از حالت اشباع به مرور ترک‌ها ظاهر می‌گردند و به طور واضح با کاهش

در رطوبت خاک به میزان۱۰ درصد کمتر از حد اشباع، در سطح مزرعه گسترش یافته و قابل مشاهده می‌باشند. این حد از رطوبت را می‌توان حد ترک موئین فرض نمود. ملاحظه شد که تا رطوبت وزنی ٤٥-٤٠ درصد گسترش چندانی در عمق و پهنای ترک بوجود نمی‌آید. از آنجا که حد ظرفیت زراعی خاک مزبور ۳۵ در صد 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. بنا براین یکی از عوامل مهم برای تنظیم فاصله زمانی در آبیاری تناوبی، توجه به وضعیت خاک و میزان رطوبت آن می‌باشد. این امر در آن دسته از اراضی که کنترل آب در اختیار زارع می‌باشد (نظیر مزارعی که از چاه یا آب بندان آب می‌گیرند) به راحتی قابل اجرا می‌باشد. دراین حالت ظهور و گسترش ترک‌های موئین در سطح مزرعه می‌تواند معیار خوبی برای شروع آبیاری بعدی باشد. بدیهی است که ظهور ترک در طول فصل متنایب با عواملی نظیر درجه حرارت و تبخیر و سطح سایه انداز گیاه متفاوت بوده و به همین دلیل فواصل آبیاری نیز متغیر خواهند بود. (۲)

زهکشی در اراضی شالیزاری:

اهداف زهکشی در این اراضی شامل فراهم کردن شرایط برای آماده‌سازی زمین، استقرار گیاه، آماده سازی زمین برای برداشت، مقابله با مواد سمی تولید شده در اثر شرایط احیایی خاک (مسمومیت آهن، کمبود روی و...)، جذب بهتر مواد غذایی، جلوگیری از استغراق بیش از حد در هنگام بارندگی، ***توسعه کشت دوم***، آماده کردن شرایط رطوبتی خاک برای حرکت ماشین آلات در مرحله شخم و برداشت، تهویه خاک، بهبود شرایط فیزیکی خاک، فراهم کردن شرایط برای جوانه‌زنی در کشت مستقیم و... می‌باشد.

بارندگی زیاد در نیمه دوم سال در مناطق شالیکاری، سنگینی بافت خاک، ضریب آبگذری و نفوذپذیری کم، فقدان ساختمان و چسبندگی خاک‌ها، ایجاد گلخرابی به عنوان شخم، ایجاد لایه هاردپن در عمق کم، شیب کم و نامناسب بودن زهکشی طبیعی از مختصات اراضی شالیزاری شمال کشور می‌باشد. در سایر مناطق شالیکاری نیز بجز بارندگی سایر مختصات تقریبا مشابه می‌باشند. بدیهی است که از دیدگاه زهکشی این خصوصیات خاکی موجب کم شدن شدید فاصله زهکش‌ها و افزایش شدید هزینه خواهد گردید. در عین حال اجرای زهکش در شرایط خاک‌های مرطوب و چسبنده بسیار مشکل و هزینه بر خواهدبود. همچنین وجود سخت لایه در عمق کم (حدود ۳۰ سانتی متر) موجب جلو گیری از نفوذ آب به لایه‌های پایین‌تر خواهد شد که طبعاً حرکت آب در پروفیل خاک به سمت زهکش‌ها را با اشکال مواجه خواهد ساخت.

اما مهمترین ویژگی این اراضی را می‌توان نیاز به غرقابی و یا حالت‌های نزدیک به اشباع در دوره کشت برنج برشمرد. به سخن دیگر، در دوره‌ای از سال (بخشی از زمان کشت شالی) خروج آب از سطح زمین و پروفیل خاک مطلوب نمی‌باشد. بنابراین سیستم زهکشی باید بتواند با این وضعیت (که ظاهراً متناقض

است) سازگار باشد. این امر با مد نظر قرار دادن اهداف مختلف زهکشی و نحوه مدیریت زراعی برنج میسر خواهدبود.

انتخاب نوع سیستم زهکشی سطحی یا زیرزمینی با توجه به موارد فوق‌الذکر بستگی به امکانات اقتصادی و فنی دارد. بدین دلیل سیستم‌های زیر زمینی حتی در آن دسته از اراضی که طرح تجهیز و نوسازی در آنها انجام می‌گیرد، تاکنون مورد توجه واقع نشده است. اما زهکشی سطحی به دلیل هزینه پایین‌تر و نیاز به امکانات اجرایی ساده‌تر بخصوص برای مقابله با بارندگی‌های شدید از ابتدا مورد توجه کشاورزان بوده است. بخصوص در طرح‌های تجهیز و نوسازی احداث آن در انتهای کرت‌ها از قسمتهای مهم هر طرح می‌باشد.

الزامات وخصیصه‌های زهکشی سطحی در شالیزار:

- به دلیل نیاز به تسطیح کامل در کرت‌های شالیزاری پشته‌ها و یا نهرهای زهکشی داخل کرت موقتی بوده و در زمان کشت برنج از بین می‌روند.
- در مواقع زیادی از سال به دلیل آبیاری و بارندگی شرایط رطوبتی خاک در حد چسبندگی بیش از حد قرار می‌گیرد به همین دلیل امکان پشته بندی به راحتی وجود نخواهد داشت.
- نهرهای زهکشی نباید منجر به از بین بردن لایه شخم (hard pan) شود.زیرا در هنگام کشت شالی موجب گسترش نفوذ عمقی خواهد شد.به همین دلیل عمق انها نمی‌تواند بیش از ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتر شود.
- حد زهکشی باید با دقت رعایت شود زیرا شدت بیش از حد زهکشی موجب خشک و سیمانی شدن خاک و ترکهای عمیق (بدلیل وجود رس) می‌گردد. در خیلی از موارد رساندن آب به خاک‌های ترکدار نمی‌تواند به سادگی موجب از بین رفتن ترکها گردد. این حالت در دسترسی ریشه گیاه به آب و همچنین در آماده سازی زمین برای شخم زمین برای کشت برنج مشکل ایجاد می‌نماید.
- وزش بادهای موسوم به باد گرم در نیمه دوم سال بخصوص اگر چندین روز ادامه پیدا نماید موجب بالا رفتن زیاد درجه حرارت، پایین آمدن رطوبت و خشکی و ترک شدید در خاک خواهد شد. دراین حالت گیاهان کشت شده در خاک‌های زهکش‌دار از نظر دسترسی به آب آسیب بیشتری می‌بینند.

الگوی زهکشی سطحی:

به منظور ارائه الگوی مناسب برای نهرهای زهکشی سطحی فواصل مختلف زهکش‌های طولی (۲، ٤، ٦، ۸ و۱۰ متر) با عمق ۱۵ تا ۲۰ سانتی متر در دوحالت وجود و یا عدم وجود شیارهای کوچک عرضی با عمق ۱۰ سانتی متر، دریک شالیزار به مساحت ۱,۵ هکتار که در آن گیاه کلزا به عنوان کشت دوم کشت گردیده بود مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که بدلیل مسطح بودن اراضی شالیزاری احداث انهار زهکشی

در دو بعد طولی و عرضی مزرعه، در تمام تیمارها بهتر از زهکش‌های طولی یک بعدی می‌باشد. بهترین فاصله زهکش‌های طولی پنج متر به همراه شیارهای عرضی با فاصله یک متر بدست آمد.

نتایج بدست آمده از این تحقیق به صورت ترویجی در شرایط مدیریت کشاورز مورد بررسی مجدد قرار گرفت. برای این کار سه حالت نهرهای یک بعدی طولی با فاصله ۲ متر (به عنوان کارا ترین روش زهکشی سطحی که البته هزینه زیادی دارد)، نهرهای دو بعدی با فاصله طولی ۵ متر (بهترین یافته علمی) و نهرهای کوچک عرضی بافاصله ۱ متر و بالاخره بدون زهکش در داخل مزرعه فقط با گشودن خروجی‌های مزرعه مورد مقایسه قرار گرفت. عملکردکلزا حدود ۸۵٦، ۱۵٦۰و صفر کیلو گرم به ترتیب در تیمارهای بدست آمد.در نتیجه ثابت شد که روش زهکشی پیشنهادی می‌تواند کارایی مناسبی حتی در شرایط زارع داشته باشد. (۱۷)

در مطالعه دیگر به منظور بررسی عمق وطول زمان غرقابی در دوره‌های مختلف رشد کلزا به عنوان کشت دومدر اراضی شالیزاری عمقهای ایستابی ۵+، صفر، ۵-، ۱۰- با زمانهای غرقابی در چهار دوره ۲، ۵، ۷ و ۱۰ روزه در سه دوره رشد گیاه گلزا مورد بررسی قرا گرفتند.نتایج نشان دادند که افزایش مدت غرقابی از ۲ به ۱۰ روز در دورهٔ اول رشد، کاهش ۸/۲۱ درصدی عملکرد را در پی داشته است. مقدار این کاهش برای دورهٔ دوم ٦/۳۹٪ و برای دورهٔ سوم ۱۱/۵۸٪ بوده است. با افزایش مدت غرقابی از ۲ به ۱۰ روز، تعداد خورجین‌ها ۱۳٪، تعداد دانه در خورجین نیز ۱۳٪ و وزن هزار دانه ٦٪ کاهش یافتند. اما غرقاب ماندن گیاه، حداکثر به مدت ۲ روز کاهش در مقدار عملکرد دانه ایجاد نمی‌کند. دورهٔ سوم رشد حساس‌ترین مرحلهٔ رشد گیاه کلزا (رقم PF) نسبت به غرقابی است. چون هم عملکرد و هم اجزای آن در این دوره نسبت به غرقابی حساس‌تر بوده و کاهش بیشتری داشته‌اند. افزایش شدت غرقابی در دوره‌های مختلف رشد کلزا، علاوه بر تأثیری که روی کمیت دانه‌ها می‌گذارد، کیفیت روغن آنها رانیز کاهش می‌دهد. می‌توان انتظار داشت با افزایش شدت غرقابی، دانه‌های کمتر با درصد روغن پایین‌تر حاصل شوند. در این صورت، مقدار روغن کاهش مضاعف خواهد داشت. (۸و۹)

سلحشور اثر زهکشی و مقادیر مختلف کود ازته را در کشت کلزا پس از برداشت برنج مورد بررسی قرار داد. تیمارهای زهکشی شامل فاصله زهکش‌ها در دو سطح ۲و ٤ و یک سطح بدون زهکش و تیمارهای کود ازته در چهار سطح ۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. نتایج به طور خلاصه نشان داد که تیمار زهکشی با فاصله ٤ متری با جویچه‌های عرضی یک متری و مقدار کود ۲۰۰ کیلوگرم بالا ترین عملکرد را حتی در مقایسه با فاصله ۲ متری دارد (٦).

نتیجه گیری :

به طور کلی بر اساس مطالبی که ذکر شد شرایط کشت برنج در کشور به گونه ای است که در کوتاه و میان مدت از نظر تطبیق پذیری با شرایط فعلی، بهترین راهکار برخورد با کم آبی در اراضی شالیزاری کشور، استفاده از روش آبیاری متناوب است. برای اجرای هرچه بهتر این روش ناگزیر از بازنگری در

مدیریت شبکه‌های آبیاری و انجام تغییرات لازم به منظور تطابق با شرایط آبیاری تناوبی می‌باشیم. اجرای این روش مستلزم همکاری بیشتر کشاورزان و داشتن پرسنل اجرایی متبحر و برنامه دقیق و در عین حال منعطف برای توزیع آب در سطح شبکه دارد. جلب همکاری کشاورزان از طریق روش‌های ترویجی امکان پذیر خواهد بود اما در نهایت اطمینان از تأمین آب در زمان تعیین شده و رعایت نوبت مهمترین عامل قبول آبیاری نوبتی از طرف آنان است.

در مورد مدیریت شبکه برای انجام نوبت‌بندی به طور منطقی نقاط قطع و وصل آب باید به کانال‌های درجه ۳ و ٤ منتقل گردد تا با تأمین امنیت خاطر کشاورزان که با مشاهده آب در کانال‌ها بدست می‌آید، بتوان اجرای طرح را با راندمان بالاتر میسر نمود. این امر نیز نیاز به بررسی علمی دارد.

در سطح مزرعه به طور قطع برای تغییر روش آبیاری به روش آبیاری تناوبی باید در روش‌های زراعی نظیر مبارزه با علف‌های هرز، تغذیه گیاهی و سایر عملیات داشت نیز تغییراتی اعمال گردد تا گیاه دچار خسارت نگردد. این کار تنها با اجرای طرح‌های تحقیقاتی و مطالعاتی توسط تیم‌هایی شامل همه گرایش‌های زراعی میسر خواهد بود. حاصل این مطالعات باید بهترین روش تأمین کود و مبارزه با علف هرز، رقم‌های مناسب و.. باشد.

در عین حال مطالعه و تحقیق در مورد کاربرد روشی SRI و برنج هوازی برای میان مدت و طولانی مدت اجتناب ناپذیر خواهد بود زیرا کمبود آب در آن زمان با شدت زیادتری رخ خواهد داد. این مطالعه و تحقیق ضمن توجه به عوامل فنی باید عوامل اجتماعی و اقتصادی را نیز مد نظر قرار دهد.

در مورد زهکشی به طور کلی می‌توان بیان نمود که میزان و سطح مطالعات و تحقیقات زهکشی در شالیزارها به منظورکشت دوم به هیچ وجه متناسب با اهمیت قضیه نبوده است. زهکشی زیر زمینی مورد تحقیق جدی قرار نگرفته است. در حالیکه می‌توان با تکیه بر یافته‌های علمی و استفاده از روش‌های ارزان نظیر استفاده از پوسته برنج به عنوان فیلتر، استفاده از زهکش لانه موشی و ترکیب بهینه زهکشی زیر زمینی و سطحی و مواردی از این نوع نسبت به کاهش هزینه‌ها ی زهکشی زیر زمینی تحقیق نمود. شرایط مختلف زهکشی سطحی برای محصولات مختلف و در شرایط مختلف بررسی نگردیده است. اما در عین حال با تکیه بر یافته‌های کنونی می‌توان ادعا نمود که زهکشی دیگر محدودیت اساسی و اصلی برای کشت دوم محسوب نمی‌شود زیرا می‌توان با استفاده از الگوی مناسب زهکش‌های سطحی درصد بالایی از شالیزارها را برای منظورهای مختلف بطور نسبی آماده نمود. مطالعات زهکشی سطحی تنها در صورت هماهنگی با سایر موارد تحقیقاتی نظیر ارقام مناسب وتغذیه گیاهی، ماشین آلات مناسب و... کارایی خواهد داشت. بدین منظور باید اثر زهکش‌های سطحی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در طی دوره رشد، شرایط تغذیه‌ای گیاه، راندمان کاری ماشین‌آلات و اثرات آن بر گیاه اصلی (برنج) مورد بررسی بیشتر قرار گیرد. بخصوص بالا بودن هزینه کشت برنج و عدم گسترش مکانیزاسیون در اراضی شالیزاری کشور موجب می‌گردد تا زهکشی به منظور فراهم آوردن امکان تردد ماشین‌آلات برداشت، از جمله عرصه‌های مهم تحقیقات زهکشی در کشور قرار گیرد.

منابع:

۱- پارسی‌نژاد، م.، م. یزدانی، ت. رضوی پور.۱۳۸۲ نگرشی واقعی به راندمان کاربرد آب در اراضی شالیزاری (مطالعه موردی – شبکه آبیاری سپیدرود). یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

۲- جعفری، ف. مدیریت آبیاری در خاک‌های ترک دار شالیزاری ۱۳۸٦. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳- رضایی، م و م. نحوی.۱۳۸۲. اثر دور آبیاری بر مقدار مصرف آب و عملکرد برنج در گیلان. مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. نشریه شماره۸۳. ۲

٤- رضوی پور، ت. و م. یزدانی . ۱۳۷۳. بررسی کاهش درصد رطوبت خاک در مراحل مختلف رشد برنج رقم بینام. موسسه تحقیقات برنج. ۳

٥- ٥-روزمه ۱۳۸٥. تعیین مناسبترین فرمول تجربی برای تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه برنج در منطقه گیلان (رشت). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

٦- سلحشور، ف. ۱۳۸٤. اثر زهکشی و مقادیر مختلف کود ازته در کشت کلزا پس از برداشت برنج. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تبریز.

۷- سیادت، ح.۱۳٥۱. بررسی‌های خاک و آب در زراعت برنج در ایران. نشریه شماره ۲٥٦. موسسه خاک شناسی و حاصلخیزی خاک.

۸- شریعت احمدی ۱۳۸٥. بررسی اثر عمق و مدت غرقابی در دوره‌های مختلف رشد کلزا به عنوان کشت دوم در شالیزارهای استان گیلان (رقم PF). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان.

۹- فرزام صفت ۱۳۸٥.بررسی اثر عمق و مدت غرقابی در دوره‌های مختلف رشد کلزا به عنوان کشت دوم در شالیزارهای استان گیلان (رقم هایولا ۳۰۸). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران. پردیس ابوریحان.

۱۰-قائمی، محمدرضا. نتایج بررسی تاثیر رژیم‌های آبیاری برعملکرد برنج رقم بینام. مرکز تحقیقات کشاورزی گیلان، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی.

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

۱۲-گیلانی، ا. و ش. آبسالان. ۱۳۸۳. بررسی اثر رژیم‌های آبیاری سطحی بر روی عملکرد و شاخص‌های رشد سه رقم برنج در استان خوزستان. موسسه تحقیقات برنج کشور. ٥

۱۳-نحوی، م. و م. یزدانی. و ح. رحیم سروش.۱۳۷۹. بررسی تاثیر دورهای مختلف آبیاری بر مقدار آب مصرفی، عملکرد و اجزای عملکرد عملکرد برنج. مجموعه مقالات دهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. نشریه شماره ۳۸. ٦

۱۴-موسوی، م. ۱۳۸۷. **بررسی میزان تلفات عمقی در شالیزارهای تجهیز و نوسازی شده و سنتی در منطقه صومعه‌سرا**. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه اهواز.

۱۵-یزدانی، م و همکاران.۱۳۸۲. مقایسه مدیریت‌های مختلف آبیاری در زراعت برنج گیلان. مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. نشریه شماره۸۳. ۷

۱۶-یزدانی، م و همکاران ۱۳۸۵. ارزیابی واکنش ارقام ولاین‌های برنج نسبت دورهای مختلف آبیاری. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی موسسه تحقیقات برنج. ۸

۱۷-یزدانی، م. م، قدسی. ف، موسوی.۱۳۸۶. مقایسه نوع و فواصل مختلف زهکشی سطحی در کشت کلزا پس از برداشت برنج در رشت. مجله علوم و فنون کشاورز ی و منابع طبیعی. دانشگاه صنعتی اصفهان.

۱۸- یزدانی، م و همکاران.۱۳۸۵. ارزیابی کانال‌های آبیاری و زهکشی در طرح‌های تجهیز و نوسازی راضی شالیزار. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. موسسه تحقیقات برنج کشور

19- Bedler, P., Bouman, B.A.M., Cabangon, R., Lu,G,Quilang, E.J.P.,Li, Y., Spiertz, J.H.J., Toung, T.P., 2004. Effect of water-saving irrigation on rice yield and water use in typical iowland condition in Asia. Agric. Water Manning. 65 (3), 193-210.

20- Tabbal, D.F., Bouman, B.A.M., Bhuiyan, S.I., Sibayan, E.B., sattar, M.A., 2002. On-farm strategies for reducing water input in irrigated rice; case studies in the Philippine. Agric. Water Manag. 56, 93-12.

21- Bouman, B.A.M., Tuong, T.P., 2001. Field water management to save water water and increase its productivity in irrigated rice. Agric. Water Manag. 49 (1), 11-30

22- Bouman, B.A.M., H. Hengsdijk, B. Hardly, P.S. Bindraban. T.P. Tung., J.K ladha. 2002. Water- wise Rice Production.IRRI.

23- Xiaoguang, Y.,et al. performance of temperate aerobic rice under different water regimes in nortern china. Agriculter water management.74 (2005), 107-122.

24- Bouman, B.A.M., Peng. S., Castaneda. A.R., 2004. Yield and water use irrigated tropical aerobic rice systems. Agriculter water management. 74 (2005), 87-105.

25- Nieuwenhuis, j., Bouman, B.A.M., Castaneda. A.R., 2002. crop-water response of aerobicaliy grown rice:preliminary results of pot experiments. IRRI.