



مدیریت تحصیلات تکمیلی

دانشکده آب و خاک

گروه مهندسی آب

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته آبیاری و زهکشی

## **تأثیر سامانه زهکشی زیرزمینی بر نفوذ عمقی آب**

### **در اراضی شالیزاری در طول فصل کشت برنج**

استاد راهنما :

دکتر سید محمود طباطبایی

استاد مشاور:

دکتر علی شاهنظری

مهندس مجید عزیزپور

نگارش:

سعید نوذری

مهر ۹۲

### چکیده :

با توجه به مصرف بسیار بالای آب در اراضی شالیزاری، لزوم بررسی دقیق چگونگی ارائه و مدیریت آب در این گونه اراضی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. یکی از اجزای بیلان آب که در زمین های شالیزاری از نظر میزان کاربرد آب اهمیت زیادی دارد، نفوذ عمقی آب است. هر اندازه نفوذ آب به خاک دقیق تر تخمین زده شود، تعیین نیاز آبی گیاه بهتر ارزیابی می شود و طراحی سیستم های آبیاری و زهکشی و تأسیسات مربوط به آن در جهت کاهش تلفات آب را می توان به خوبی انجام داد. با توجه به این که در کشور ما احداث سیستم های زهکشی زیرزمینی در اراضی شالیزاری در ابتدای مرحله طراحی خود می باشد، هنوز تحقیق جامعی در خصوص تغییرات پارامترهای بیلان آبی در اراضی شالیزاری با این سیستم ها صورت نگرفته است. در این تحقیق به بررسی تأثیر زهکش های زیرزمینی لوله ای با فواصل ۳۰ و ۱۵ متر و در اعماق ۰/۹ و ۰/۶۵ متر و زهکشی میان فصل بر میزان نفوذ عمقی آب در طی فصل کشت برنج با استفاده از روش لایسیمترهای ته باز و ته بسته پرداخته شد. نتایج نشان داد که زهکش دو عمقی با ۱۶۳/۸ میلی متر بیشترین تأثیر و زهکش سطحی با ۱۲۰/۵ میلی متر کمترین تأثیر را بر میزان نفوذ عمقی دارد. بررسی نتایج نشان داد که با کاهش فاصله و افزایش عمق زهکش ها بر میزان نفوذ آب افزوده گردید. همچنین زهکشی میان فصل نیز تأثیر مثبتی بر نفوذ عمقی آب داشت به طوری که بعد از این دوره، در تمامی تیمارها مقدار نفوذ عمقی آب افزایش یافت. همچنین تیمار با زهکش دو عمقی با میانگین ۰/۶۰ میلی متر بیشترین و تیمار با زهکش سطحی با میانگین ۰/۳۷ میلی متر کمترین میزان نفوذ عمقی را در بین تیمارها داشتند.

واژه های کلیدی : زهکشی زیرزمینی، نفوذ عمقی آب، اراضی شالیزاری، زهکشی میان-

فصل

۱	فصل اول
۲	۱-۱- مقدمه
۴	۲-۱- اهمیت زهکشی در اراضی شالیزاری
۴	۳-۱- لزوم احداث سیستم زهکشی زیرزمینی در اراضی شالیزاری
۷	۴-۱- استفاده از زهکشی کنترل شده در اراضی شالیزاری
۸	۵-۱- نفوذپذیری در اراضی شالیزار
۱۱	۶-۱- عوامل موثر بر نفوذ آب در شالیزار
۱۵	۷-۱- اهداف پژوهش
۱۵	۸-۱- فرضیات پژوهش
۱۵	۹-۱- نحوه تدوین و تنظیم پایاننامه
۱۶	فصل دوم
۱۷	۱-۲- مقدمه
۱۷	۲-۲- زهکشی در اراضی شالیزاری
۱۹	۳-۲- نفوذپذیری در اراضی شالیزاری
۲۵	فصل سوم
۲۶	۱-۳- مقدمه
۲۶	۲-۳- موقعیت جغرافیایی و خصوصیات اقلیمی منطقه اجرای پژوهش
۲۷	۳-۳- مشخصات طرح پژوهشی
۳۰	۴-۳- اندازه‌گیری شدت نفوذ آب به خاک
۳۲	۵-۳- تجهیزات مورد نیاز
۳۵	۶-۳- روش انجام تحقیق
۳۷	۷-۳- آزمون آماری Z
۳۹	فصل چهارم
۴۰	۴- مقدمه
۴۰	۱-۴- تغییرات نفوذ عمقی آب در تیمارهای پژوهشی
۵۱	۲-۴- تغییرات تبخیر و تعرق در تیمارهای پژوهشی
۵۹	۳-۴- تغییرات آب ورودی در تیمارهای پژوهشی
۷۰	۴-۴- نتیجه‌گیری کلی
۷۲	۵-۴- پیشنهادات
۷۳	منابع

## فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۲۶	شکل ۱-۳: موقعیت مکانی اراضی شالیزاری مورد مطالعه در دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری.....
۲۸	شکل ۲-۳: آرایش سیستم های زهکشی در مزرعه آزمایشی.....
۲۹	شکل ۳-۳: نمایی از مزرعه مورد مطالعه پس از نشاء.....
۲۹	شکل ۴-۳: نمایی از جاده بین مزارع در این پژوهش.....
۳۴	شکل ۵-۳: برآورد تبخیر و تعرق و نفوذ عمقی در مزرعه با استفاده از لایسیمتر A.....
۳۵	شکل ۶-۳: برآورد تبخیر و نفوذ عمقی در مزرعه با استفاده از لایسیمتر B.....
۳۵	شکل ۷-۳: برآورد تبخیر از سطح آب در مزرعه با استفاده از لایسیمتر C.....
۳۶	شکل ۸-۳: بیلان آبی در یک کرت شالیزاری.....
۴۱	شکل ۱-۴: منحنی تغییرات نفوذ عمقی در تیمارهای مختلف.....
۵۲	شکل ۲-۴: منحنی تغییرات تبخیر و تعرق گیاه برنج در طول فصل کشت در تیمارهای مختلف.....
۶۱	شکل ۳-۴: منحنی تغییرات آب ورودی در تیمارهای مختلف.....

---

---

## فهرست جداول

صفحه

عنوان

---

---

- جدول ۳- ۱: خلاصه‌های از پارامترهای هواشناسی ثبت شده در دوره مطالعه..... ۲۷
- جدول ۴- ۱: مقدار عددی نفوذ عمقی آب در تیمارهای مورد مطالعه..... ۴۲
- جدول ۴- ۲: بررسی آماری تغییرات نفوذ عمقی در تیمارهای مختلف در قبل و بعد از زهکشی میانفصل..... ۴۳
- جدول ۴- ۳: بررسی دو به دوی آماری تغییرات نفوذ عمقی آب در تیمارهای مختلف..... ۴۶
- جدول ۴- ۴: مقدار عددی تبخیر و تعرق کل گیاه برنج در دوره کشت در تیمارهای مختلف..... ۵۴
- جدول ۴- ۵: بررسی دو به دوی آماری تغییرات نفوذ عمقی آب در تیمارهای مختلف..... ۵۵
- جدول ۴- ۶: کل آب ورودی به هر تیمار در طول دوره کشت برنج..... ۶۲
- جدول ۴- ۷: بررسی آماری تغییرات آب ورودی در تیمارهای مختلف در قبل و بعد از زهکشی میان فصل..... ۶۳
- جدول ۴- ۸: بررسی دو به دوی آماری تغییرات آب ورودی در تیمارهای مختلف..... ۶۶

# فصل اول

## کلیات

## ۱-۱- مقدمه

در شالیزار زهکشی بیشتر باهدف مدیریت آب و خشک کردن زمین در هنگام پنجه‌زنی و قبل از برداشت و آماده سازی زمین برای کشت دوم انجام می‌شود که در این صورت از لحاظ اقتصادی نیز به صرفه و مفید خواهد بود. در حالت کلی اهداف ایجاد سیستم زهکشی در اراضی شالیزاری خروج آب زیرزمینی از یک حوضه زهکشی، خارج ساختن رطوبت اضافی خاک و افزایش درجه حرارت آن، رفع شوری خاک، بهبود وضعیت تهویه در منطقه توسعه ریشه‌ها و فراهم نمودن هرچه زودتر امکان کار در روی زمین پس از بارندگی‌ها است (زارع ایبانه، ۱۳۸۶).

برای ایجاد یک کشاورزی پایدار در منطقه و استفاده مطلوب از منابع آب (خصوصاً با کاهش منابع آب موجود) باهدف افزایش بهره‌وری از آب، لزوم بازنگری دقیق در طراحی و اصلاح شبکه‌های زهکشی شالیزاری و نوسازی و تجهیز این تأسیسات و همچنین چگونگی مصرف آب و دیگر نهاده‌های کشاورزی به شدت احساس می‌شود. (مطهری و همکاران، ۱۳۸۷).

راضی کشاورزی ساحلی اغلب با دو مشکل ماندابی و شوری مواجه اند. برای حل این مشکلات، زهکشی زیرزمینی راه حلی مناسب و قابل اعتماد است. سیستم زهکشی زیرزمینی علاوه بر کنترل سطح ایستابی، سبب آبشویی نمک‌های محلول از پروفیل‌های خاک می‌شود (Singh et al, 2000).

سیستم‌های زهکشی زیرزمینی می‌توانند ضمن کاهش سطح آب زیرزمینی و جلوگیری از ایجاد شرایط غرقابی و ماندابی، شرایط مناسبی را برای بهره برداری پایدار و دائمی از اراضی شالیزاری فراهم نموده و باعث کاهش هدر رفت این اراضی به علت عدم نیاز به احداث زهکش‌های مازاد سطحی گردند (شاهنظری و همکاران، ۱۳۸۹).

نصب سیستم زهکشی زیرزمینی در اراضی شالیزاری قدمت زیادی در جهان ندارد و به طور عمده در کشورهای جنوب شرقی آسیا مورد استفاده قرار گرفته است. این سیستم به دلیل شرایط

خاص اراضی شالیزاری و غرقابی بودن آن دارای شرایط ویژه‌ای است که ارزیابی معیارهای طراحی و عملکرد سیستم به علت ناشناخته بودن واکنش سیستم لازم است (پذیرا، ۱۳۸۷).

با توجه به این که در کشور ما احداث سیستم های زهکشی زیرزمینی در اراضی شالیزاری در ابتدای مرحله طراحی خود می باشد، هنوز تحقیق جامعی در خصوص تغییرات پارامترهای بیلان آبی در اراضی شالیزاری با این سیستم ها صورت نگرفته است. علاوه بر این، با توجه به تفاوت های بارز ساختاری در اراضی شالیزاری و اراضی خشکه زاری، نتایج مربوط به تحقیقات مرتبط در اراضی خشکه زاری برای اراضی شالیزاری قابل استفاده نمی باشد. یکی از پارامترهای مهم بیلان آبی در اراضی شالیزاری، نفوذ آب به خاک است. هر اندازه نفوذ آب به خاک دقیق تر تخمین زده شود، تعیین نیاز آبی گیاه بهتر ارزیابی می شود و طراحی سیستم های آبیاری و زهکشی و تأسیسات مربوط به آن در جهت کاهش تلفات آب را می توان به خوبی انجام داد (رضوی پور و همکاران، ۱۳۸۴).

روش آبیاری در شالیزارها اغلب کرتی با استغراق دائم می باشد. در این روش نیاز آبی زراعت برنج را تعرق گیاه، تبخیر از سطح آزاد و فرونشست عمقی آب در خاک (نفوذ عمودی) تشکیل می دهد. میزان نفوذ عمقی بخش قابل توجهی از آب مورد نیاز زراعت برنج در روش استغراقی می باشد. زمانی که آب وارد خاک می شود، مقداری از آن به طرف پایین حرکت کرده و به صورت آب آزاد (نفوذ عمقی) از دسترس ریشه گیاه خارج می شود.

به دلیل اینکه هرزاب های سطحی برای آبیاری اراضی شالیزاری مجدداً در مزارع پایین دست مورد استفاده قرار می گیرند، عملاً تلفات آبیاری به نفوذ عمقی محدود گردیده و لذا اهمیت دستیابی به مقادیر صحیح این پارامتر بیشتر می شود.



## ۲-۱- اهمیت زهکشی در اراضی شالیزاری

دوره‌های مختلف زهکشی در اراضی شالیزاری شامل زهکشی میان فصل<sup>۱</sup> برنج، زهکشی در زمان برداشت برنج و زهکشی به منظور کشت دوم (پس از برداشت برنج) می‌باشد. زهکشی زیرزمینی اراضی شالیزاری به صورت کنترل شده بوده و فقط در مواقع ضروری مورد استفاده قرار می‌گیرد. زهکشی در زمان رشد برنج برای تخلیه آب‌های مازاد و با استفاده از کانال‌های زهکشی روباز صورت می‌گیرد. در زمان بین حداکثر پنجه‌زنی و ابتدای رشد زایشی، زهکشی میان فصل انجام می‌شود و اجازه داده می‌شود تا زمین خشک شده و ترک‌های مویی در سطح زمین ایجاد شود. در این فرآیند، ضمن تهویه خاک، سموم جمع شده در منطقه توسعه ریشه گیاه برنج نیز از محیط خارج می‌گردد که این عامل باعث افزایش عملکرد محصول می‌گردد. به دلیل خشک شدن مزرعه، ساختمان خاک متراکم‌تر شده و تا زمان برداشت حفظ می‌گردد (کریمی وهمکاران، ۱۳۸۸).

## ۳-۱- لزوم احداث سیستم زهکشی زیرزمینی در اراضی شالیزاری

### ۱-۳-۱- کشت دوم و درآمد اقتصادی

کشت دوم در اراضی شالیزاری یکی از راهکارهای استفاده بهینه از زمین، تقویت اقتصاد خانوارهای کشاورز و تامین دانه‌های روغنی است؛ اما به دلیل بارندگی زیاد و حالت غرقابی شالیزارها در نیمه دوم سال و حساسیت اکثر گیاهان به غرقاب بودن زمین، این مهم به اندازه کافی تحقق نیافته است. برای کشت دوم در شالیزارها، انجام زهکشی غیرقابل اجتناب است. به دلیل چسبندگی خاک‌های شالیزاری، رطوبت زیاد و یکساله بودن تغییرات ایجاد شده در سطح زمین، زهکشی زیرزمینی باید با شرایط شالیزارها تطبیق داده شود به طوری که با کمترین هزینه و زمان ممکن قابل انجام باشد. به دلیل مساعد بودن شرایط آب و هوایی، مناسب بودن بستر کشت

1 - Mid- season drainage

(شالیزار) و نیروی کار فراوان در استان‌های شمالی کشور، امکان کشت محصولات فصل خنک، خصوصاً سبزیجات میسر می‌باشد. از آنجایی که میزان بارندگی در نیمه دوم سال بالا بوده و به تبع آن عمق سطح ایستابی کم خواهد شد که برای اکثر محصولات مضر می‌باشد لذا تجهیز این اراضی به سیستم زهکشی زیرزمینی ضروری می‌باشد (کریمی و همکاران، ۱۳۸۶).

### ۱-۳-۲- بالا رفتن تحمل پذیری خاک برای شروع عملیات زراعی

برای برداشت محصول ضروری است تا سطح مزرعه به حدی خشک گردد که تردد ماشین-آلات کشاورزی در آن به سهولت انجام پذیرد. پس از تخلیه کامل آب سطحی با کانال زهکشی، مقداری آب در فرورفتگی‌ها باقی می‌ماند که با تبخیر و تعرق و زهکشی زیرزمینی تخلیه می‌گردد. با توجه به نوع ماشین‌آلاتی که قرار است در زمان برداشت در سطح مزرعه تردد نمایند، تحمل-پذیری مورد نیاز خاک تعیین می‌گردد. رابطه معکوسی بین رطوبت خاک و ظرفیت تحمل‌پذیری آن وجود دارد. لذا برای استفاده آسان و با راندمان کاری بالای ماشین‌آلات کشاورزی برای برداشت (کمباین، تراکتور و ...) لازم است تا در کمترین زمان ممکن رطوبت خاک کاهش یافته تا تحمل-پذیری خاک به حد مورد نظر برسد (کریمی و همکاران، ۱۳۸۶). البته باید نیاز آبی گیاه را نیز در نظر داشت. بر اساس تجربیات تادا و همکاران (۱۹۹۹) ظرفیت تحمل‌پذیری خاک در زمان برداشت محصول در نقاطی که ترک‌ها در زمان زهکشی میان فصل توسعه یافته، بیشتر از نقاطی است که توسعه ترک‌ها وجود نداشته است.

### ۱-۳-۳- بالا رفتن عملکرد محصول (برنج)

تحقیقات صورت گرفته در مزارع آزمایشی مجهز به سیستم زهکشی زیرزمینی، حاکی از این مطلب است که سیستم زهکشی علاوه بر سهولت برداشت و امکان کشت دوم پس از برداشت، ضمن تهویه خاک، باعث خارج شدن سموم جمع شده در منطقه توسعه ریشه گیاه برنج شده که این عمل باعث افزایش عملکرد محصول می‌گردد (مطهری و همکاران، ۱۳۸۷).

## ۱-۳-۴- مدیریت سطح ایستابی

مورد دیگری که احداث شبکه زهکشی را در مدیریت‌های جدید آبیاری غیرقابل اجتناب می‌کند، کاهش آب با احداث سدهای بالادست می‌باشد که این امر ضرورت مدیریت‌هایی نظیر کم-آبیاری و زهکشی کنترل شده را در سال‌های آتی ایجاب می‌کند. از طرفی کاهش آب و استفاده بیش از حد از کود و سم موجب پایین آمدن کیفیت آب خواهد شد. در نتیجه لزوم احداث سیستم مناسب جمع‌آوری زه‌آب‌های کشاورزی و تخلیه به مکان مناسب و یا استفاده از روش‌هایی برای کاهش حجم زهاب، در سال‌های آینده بیش از پیش احساس خواهد شد (مطهری و همکاران، ۱۳۸۷).

## ۱-۳-۵- اثرات زیست‌محیطی

با ایجاد سیستم زهکشی مناسب در اراضی شالیزاری که بتواند رطوبت موجود در خاک را در حد مناسب نگه دارد و از خطرات غرقابی شدن نیز بکاهد انتظار می‌رود که آلودگی‌های حاصل که ممکن است از طریق رواناب‌های سطحی منتقل خواهند شد بکاهد و با کم شدن میزان آبشویی و از طریق رواناب سطحی و حتی زیرزمینی از اثرات اراضی کشاورزی بر محیط زیست کاسته می‌شود.

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 ۱۰ میکروگرم 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 (سلحشور دلیوند و همکاران، ۱۳۸۹).

## ۱-۳-۶- بهبود بهداشت و سطح زندگی

ماندابها و زهابهای کشاورزی منبع تجمع حشرات موذی می‌باشد. هم‌چنین ورود آفت-کشها و نیترات به آب و بدن جانوران، سلامت انسان‌ها را مورد تهدید قرار می‌دهد. اجرای سیستم زهکشی در این مناطق در بهبود شرایط زیستی مردم منطقه موثر بوده و حذف ماندابها که محل تکثیر بسیاری از پشه‌ها می‌باشد باعث بهبود شرایط بهداشتی مردم خواهد شد (مطهری و همکاران، ۱۳۸۷).

## ۱-۴- استفاده از زهکشی کنترل شده در اراضی شالیزاری

امروزه استفاده از سیستم‌های نوین مدیریت آب در اراضی شالیزاری که به عنوان بخش عمده مصرف کننده آب مطرح می‌باشد، ضروری است. چرا که از یک طرف موجب می‌شود که آب به طور بهینه مصرف شود و شرایط مناسبی برای عملیات زراعی فراهم گردد و از طرف دیگر، خروج مواد مورد نیاز مغذی را نیز کم کند. یکی از این روش‌های نوین زهکشی که امروزه نیز کاربرد پیدا کرده است و در اراضی شالیزاری نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد زهکشی کنترل شده است. سیستم‌های زهکشی معمولی گاهی اوقات آب بیشتر از مقدار مورد نیاز برای زهکشی را از خاک خارج می‌کنند. این مقدار بیشتر از آن چیزی است که سطح ایستابی را در حد معمول مورد نیاز نگه دارد و یا شوری را کنترل کند. خود همین عامل باعث می‌شود که آب بیش‌تری برای جبران کمبود آب دفع شده به خاک اضافه گردد که این مسئله علاوه بر مصرف بیش از حد آب، مصرف سموم و آفت‌کش را نیز بالا می‌برد و متعاقب آن آلودگی منابع سطحی و زیرزمینی را در پی خواهد داشت (اکرم، ۱۳۸۸).

زهکشی کنترل شده تلفیق آبیاری و زهکشی است. این نوع مدیریت آبیاری می‌تواند نقش مهمی در حفظ آب، بالا بردن راندمان آبیاری، حفظ مواد غذایی خاک و در نهایت حفظ کیفیت آب پایین دست داشته باشد. با انجام زهکشی کنترل شده، سطح ایستابی تا حد دلخواه بالا آمده و

مقدار زهاب خروجی کاهش می‌یابد. در این حالت آب ذخیره شده در نیمرخ خاک از طریق صعود مویینه‌ای برای رفع نیاز آبی گیاه قابل استفاده خواهد بود. این آب می‌تواند پاسخگوی کمبود آب در برخی دوره‌های زمانی رشد گیاه باشد و از این راه، تنش‌های خشکی را کاهش دهد. از فواید زهکشی کنترل شده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. راندمان مصرف آب (WUE) را افزایش می‌دهد.
۲. باعث هدر رفتن کمتر فسفر و نیتروژن می‌گردد و نه تنها آسیب به محیط زیست را کاهش می‌دهد، بلکه حاصلخیزی خاک را نیز حفظ می‌کند.
۳. از تالاب‌ها و مناطق حساس به آب حفاظت می‌کند و یا در معرض خطر کمتری قرار می‌دهد.
۴. موجب تعادل آب در مناطقی می‌شود که برای دوره‌های کوتاه مدت دچار کمبود آب هستند.
۵. در دشت‌هایی که در آن‌ها برنج، گیاه اصلی را در تناوب زراعی تشکیل می‌دهد و آب برگشتی کیفیت نامناسبی دارد، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (اکرم، ۱۳۸۸).

#### ۱-۵- نفوذپذیری در اراضی شالیزار

نفوذ آب به خاک عبارتست از ورود آب از مرز بین آب و خاک، به داخل خاک که بر حسب حجم آب در واحد سطح و واحد زمان بیان می‌شود (یوسفی مقدم، ۱۳۸۶). در شالیزار، این فرآیند به دلیل حالت غرقابی معادل با عبور آب از عمق ریشه به سمت پایین می‌باشد. فرایند نفوذ علاوه بر آن که یکی از پارامترهای هیدرولیکی است، یکی از مشکل‌ترین پارامترهای قابل اندازه‌گیری دقیق در مزرعه نیز می‌باشد. همچنین در طول فصل کشت به خاطر فاکتورهایی مثل تراکم خاک و رژیم رطوبتی متغیر می‌باشد (مختاری، ۱۳۸۲). وضعیت نفوذپذیری خاک بر نوع سیستم آبیاری

قابل اجرا، نوع ادوات قابل مصرف در هر سیستم و حتی نوع مدیریت قابل اعمال در مزرعه نیز موثر است؛ بنابراین یکی از پارامترهای مهم در طراحی و ارزیابی سیستم‌های آبیاری سطحی، نفوذ آب به خاک است که هر اندازه که دقیق‌تر تخمین زده شود، می‌توان سیستم را بهتر ارزیابی و طراحی نمود (بهزاد و همکاران، ۱۳۷۵). به طور خلاصه می‌توان گفت که هر نوع اعمال مدیریت در امر کشاورزی، بخصوص زراعت فاریاب، به طور مستقیم و یا غیرمستقیم با این فرایند فیزیکی خاک در ارتباط است. عوامل متعددی نظیر بافت خاک، مواد آلی، پوشش گیاهی، دمای آب و خاک و تراکم خاک بر این فرآیند موثر است (نوری امامزاده‌ای، ۱۳۸۰).

ظرفیت نفوذ آب به خاک معمولاً با تخلخل تهویه‌ای (تخلخل درشت) خاک افزایش می‌یابد؛ بنابراین میزان نفوذ آب به خاک به کاربری اراضی نیز بستگی دارد. ظرفیت نفوذ خاک در شروع باران یا آبیاری زیاد است ولی به دلایل مختلف با ادامه آن به تدریج کاهش می‌یابد. خلل و فرج درشت به آسانی از آب پر می‌شود، کلوئیدهای خاک آماس کرده و از قطر خلل و فرج می‌کاهد، ذرات ریز از سطح خاک شسته شده و به طرف پایین حرکت می‌کنند و خلل و فرج خاک را مسدود می‌نمایند. از طرفی به علت وجود صفحه‌ای پیوسته از آب در سطح و لایه بالایی خاک، هوا می‌تواند به آسانی از خاک خارج گردیده و جای خود را به آب بدهد. ظرفیت نفوذ خاصیتی بسیار پویا است که به تغییرات رطوبت و ساختمان خاک بستگی دارد. در خاک‌های با بافت درشت که ساختمان متشکلی ندارند، در حداقل زمان به ظرفیت نفوذ می‌رسند. خاک‌هایی که دارای مواد آلی بسیار زیاد می‌باشند به دلیل آگریز بودن آنها ممکن است در ابتدای آبیاری یا بارندگی ظرفیت نفوذ بسیار ناچیزی داشته باشند ولی پس از اینکه مواد آلی این خاک‌ها مرطوب شدند ظرفیت نفوذ آنها نیز افزایش می‌یابد (Bouman et al, 2007).

اندازه‌گیری‌های متعدد نشان داده که اگر مقداری آب به سطح خاک اضافه شود و عمق آب تا حد امکان ثابت نگه داشته شود، سرعت نفوذ با زمان کاهش می‌یابد. لذا نفوذ تجمعی<sup>۱</sup> و سرعت نفوذ تابعی از زمان بوده و شیب منحنی‌های سرعت نفوذ و نفوذ تجمعی در مقابل زمان به تدریج کاهش می‌یابد (نجمائی، ۱۳۶۹). کاهش ظرفیت نفوذ از مقدار اولیه خود تا حدی به دلیل شکسته شدن ساختمان خاک می‌باشد ولی در درجه نخست این کاهش را باید نتیجه کاهش گرادیان هیدرولیکی دانست که خود حاصل افزایش ضخامت لایه اشباع خاک است (عالمی، ۱۳۶۰). منحنی سرعت نفوذ نسبت به زمان حالت کاهشی دارد و سرعت نفوذ پس از مدتی به حد ثابتی می‌رسد که معادل ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع خاک است.

فاکتورهای زیادی بر نفوذ آب در اراضی شالیزار از جمله بافت خاک، ساختمان خاک، ضخامت بالا و پایین لایه شخم، عمق آب غرقابی، دمای آب و خاک و شوری آنها، عمق سطح آب زیرزمینی و وضعیت توپوگرافی تاثیرگذار هستند. میزان نفوذ عمقی، بخش قابل توجهی از آب مورد نیاز زراعت برنج در روش استغراقی می‌باشد. زمانی که آب باران یا آبیاری وارد خاک می‌شود مقداری از آن به طرف پایین حرکت کرده و به صورت آب آزاد (نفوذ عمقی) از دسترس ریشه خارج می‌شود. مناطقی که دارای خاک سنگین بوده و سفره آب زیرزمینی در نزدیکی سطح خاک واقع است، نفوذ خیلی کم و به اندازه یک میلی‌متر در روز و حتی کمتر می‌باشد. ولی مناطقی که خاک آن سبک بوده و عمق سفره آب زیرزمینی زیاد است، ممکن است مقدار نفوذ از ۱۰ میلی‌متر در روز نیز تجاوز کند. اگر نفوذ در یک منطقه زیاد باشد نگهداری خاک به حالت غرقابی و اشباع مشکل خواهد بود (مهندسین مشاور پژوهاب، ۱۳۷۲). نفوذ عمقی یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده راندمان کاربرد آب در یک شالیزار است بطوریکه بارها توسط پژوهشگران مختلف تایید و تاکید شده است.

---

1 - Cumulative infiltration

## ۱-۶- عوامل موثر بر نفوذ آب در شالیزار

### ۱-۶-۱- اثر غرقابی شدن بر نفوذپذیری

در اثر غرقاب شدن خاک خشک، آب به داخل خاکدانه ها نفوذ می کند و با تراکم هوای محبوس منجر به متلاشی شدن آنها می گردد. ضمناً در اثر بوجود آمدن شرایط غیرهوازی در این گونه موارد، ترکیبات آهن و منگنز به شکل احیا و محلول در آمده و اتصال های آلی بین ذرات متلاشی می گردد. با کاهش استقامت خاکدانه ها، خاکدانه ها خرد و به دلیل مسدود شدن خلل و فرج خاک به وسیله ذرات و بقایای میکروبی، نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی خاک به میزان زیادی تقلیل می یابد (محمودی و همکار، ۱۳۸۰).

### ۱-۶-۲- اثر گلخرابی بر نفوذ عمقی

در بیشتر کشورهای آسیایی، گلخرابی<sup>۱</sup> معمولاً همراه با کشت برنج می باشد، هر چند در قسمت های دیگر جهان مانند آمریکا، استرالیا و قسمت هایی از اروپا و حتی در بعضی از کشورهای آسیایی، شالیزارها به صورت خشک کشت می شوند و سپس غرقاب می گردند. گلخرابی معمولاً به از هم پاشیدگی خاکدانه های خاک در شرایط نزدیک به اشباع به ذرات نهایی خاک نسبت داده می شود. پودمن و رابین در سال ۱۹۶۸ گلخرابی را به عنوان کاهش مکانیکی جرم مخصوص ظاهری خاک تعریف کردند. برای یک کشاورز، گلخرابی مخلوطی از خاک و آب به منظور نرم نمودن خاک برای نشاکاری و نفوذپذیر کردن آن به آب است. سهولت و درجه گلخرابی بستگی به نوع خاک، مقدار رطوبت و ساییل خاکورزی و عملیات زراعی دارد. آماده سازی زمین برای کشت برنج با غرقاب کردن اراضی دست کم به مدت دو روز شروع می شود. بعد از آن در مقدار رطوبتی بین ظرفیت مزرعه و اشباع گل خراب می شود که شامل یک یا دو مرتبه شخم تا عمق حدود ۱۵ سانتی متر، ۲ یا چند مرتبه شخم ثانوی و سرانجام تسطیح می باشد (Janssen et al, 2007).

1- Puddling



گلخرابی به منظور کنترل علف‌های هرز، کاهش نفوذپذیری خاک و نشاکاری آسان انجام می‌شود. نشاکاری آسان در خاک گلخراب به دلیل پایین بودن مقاومت مکانیکی این لایه می‌باشد (Janssen et al, 2007). گلخرابی منجر به تخریب کامل یا جزئی خاکدانه‌های خاک و کاهش حجم خلل و فرج درشت خاک و افزایش خلل و فرج ریز خاک می‌شود و در نتیجه هدایت هیدرولیکی خاک را کاهش می‌دهد. فشردگی و برش توسط ماشین آلات کشاورزی ممکن است ناحیه متراکمی را ایجاد کند که اغلب plow pan، hard pan، plow sole یا traffic pan نامیده می‌شود. بعلاوه، ته‌نشینی و تحکیم ذرات رس پراکنده شده ممکن است اتفاق بیافتد. فشردگی و جابجایی رس، مقدار نفوذ عمقی را کاهش می‌دهد.

در اثر گلخرابی، گل یکنواختی حاصل می‌شود و خاک صرفاً متشکل از فاز جامد و محلول می‌گردد. خاک‌هایی که دارای بافت متوسط می‌باشند ممکن است در اثر گل خرابی به صورت لایه لایه درآیند؛ زیرا در ابتدای حالت گلخرابی، ذرات شن ته‌نشین می‌شود و سپس ذرات سیلت و سرانجام لایه رسی با نفوذپذیری کم در سطح قرار می‌گیرد (محمودی و همکار، ۱۳۸۰).

گلخرابی شالیزارها قبل از نشاکاری یا کشت مستقیم، تلفات نفوذ عمقی را کاهش می‌دهد. کوکال و آگاروال در سال ۲۰۰۲ در آزمایش مزرعه‌ای اثر گلخرابی با سه شدت (خاک پادل نشده، پادل با دوبار شخم بعلاوه یک بار تسطیح (گلخرابی متوسط) و پادل با چهار بار شخم بعلاوه یک بار تسطیح (گلخرابی شدید)) و دو عمق غرقابی (عمق کم (۵-۶ سانتیمتر) و عمق نرمال (۱۰-۱۲ سانتیمتر)) را بر نفوذ آب در خاک با بافت لوم شنی بررسی کردند. نتایج حاصل نشان داد که میزان تلفات نفوذ با گلخرابی متوسط نسبت به خاک پادل نشده ۵۴-۵۸ درصد کاهش یافت؛ اما با افزایش شدت و عمق گلخرابی تغییری در آن حاصل نشد. سرعت نفوذ با زمان با هر دو نوع پادل کاهش اما با افزایش عمق غرقابی افزایش یافت (۰/۰۶ سانتی‌متر بر ساعت با گلخرابی متوسط به ۰/۰۹ سانتی‌متر بر ساعت با گلخرابی شدید). این محققان در آزمایش خود نشان دادند که

میزان نفوذ عمقی در اوایل دوره رشد گیاه زیاد بود ولی با گذشت زمان در خاک‌های گلخراب تا ۳۵-۴۵ درصد کاهش یافت؛ اما در کرت‌های غیر گلخراب، هیچ کاهش چشم‌گیری در میزان نفوذ عمقی با زمان وجود نداشت؛ بنابراین، این آزمایش نشان می‌دهد که ته‌نشینی ذرات کوچک‌تر رسوبات در سوسپانسیون پس از گلخرابی می‌تواند تلفات نفوذ عمقی را با ایجاد یک لایه نیمه نفوذ ناپذیر در بالای لایه گلخراب کاهش دهد.

#### ۱-۶-۳- اثر عمق آب ایستابی بر نفوذ عمقی

همان گونه که اشاره شد، عمق ایستابی<sup>۱</sup> بر نفوذ عمقی موثر است. افزایش ارتفاع آب ممکن است شیب هیدرولیکی عمودی بیشتری را ایجاد کرده و میزان نفوذ را زیادتر کند (Chen et al, 2002)؛ اما عمق غرقابی (عمق آب روی سطح خاک) نفوذ عمقی خاک‌های غیرمتورم شونده و تا اندازه‌ای متخلخل را افزایش داده، اما نفوذپذیری خاک‌های با نفوذپذیری کم را کاهش می‌دهد. تابل و همکاران در سال ۱۹۹۲ کاهشی در میزان نفوذ عمقی از ۲۰ میلی‌متر در روز با عمق ایستابی ۲-۵ سانتی‌متر به ۹ میلی‌متر در روز در رژیم پیوسته اشباع (با عمق آب صفر) در یک خاک لوم رسی گزارش نمودند. در حالی که فرگوسن در سال ۱۹۷۰ تنها افزایش کمی را در تلفات نفوذ عمقی با افزایش آب بیان نمود. کوکال در سال ۲۰۰۲ مقادیر نفوذ عمقی ۲/۸، ۲/۸ و ۳/۸ میلی‌متر در روز را به ترتیب تحت عمق‌های ۲/۵، ۵/۰ و ۷/۵ سانتی‌متر در یک خاک رسی و ساختار ریز گزارش کرد. تونگ و همکاران در سال ۱۹۹۴ بیان نمودند که نگهداری عمق ایستابی کم، اثر چشمگیری بر میزان نفوذ عمقی خاکی که بطور یکنواخت گلخراب شده ندارد، اما تلفات در نقاط غیر گلخراب و نفوذ عمقی زیرپشته‌ای را کاهش می‌دهد.

1- Poned water depth

## ۱-۶-۴- اثر سخت کفه بر نفوذ عمقی

وجود سخت کفه<sup>۱</sup> که هدایت هیدرولیکی بسیار کمی دارد، در کنترل نرخ نفوذ یک شالیزار غرقابی ضروری است. سخت کفه (سخت لایه) در اثر گلخرابی، شخم ثانویه و تسطیح خاک در شرایط اشباع ایجاد می‌شود (Chen et al, 2002). حالت گلخرابی هنگامی بوجود می‌آید که عملیات زراعی در زمان اشباع بودن خاک از آب و در حالتی که آب روی خاک ایستاده است صورت می‌گیرد. در این مرحله، خاکدانه‌ها که از قبل به دلیل غرقاب شدن خرد و متلاشی شده و یا دارای استقامت ناچیزی هستند، کاملاً متلاشی شده و به صورت گل یکنواختی در می‌آیند و خاک صرفاً متشکل از دو فاز جامد و محلول می‌گردد. فشار حاصل از عبور انسان یا چهارپایان موجب تشکیل قشر سختی به ضخامت ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر در عمق لایه گلخراب شده می‌گردد و در نتیجه خلل و فرج درشت کم و خلل و فرج ریز زیاد و جرم مخصوص ظاهری خاک هم کم می‌شوند. خاک‌هایی که دارای بافت متوسط باشند ممکن است در اثر گلخرابی به صورت لایه لایه در-آیند زیرا در ابتدای حالت گلخرابی ذرات شن ته‌نشین می‌شوند و سپس ذرات سیلت و سرانجام لایه رسی با نفوذپذیری کم در سطح قرار می‌گیرد. به هر حال این تغییرات در برنجزارها ضروری است و گاهی نفوذپذیری را تا ۱۰۰۰ مرتبه کاهش داده و در نتیجه از میزان آب لازم برای تولید برنج می‌کاهد.

---

<sup>۱</sup>- Hardpan

**۷-۱- اهداف پژوهش**

- الف- تأثیر عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی در هر یک از سیستم‌های مختلف موجود بر میزان تلفات آبی ناشی از نفوذ عمقی آب.
- ب- تأثیر فاصله نصب زهکش‌های زیرزمینی در هر یک از سیستم‌های مختلف موجود بر میزان تلفات آبی ناشی از نفوذ عمقی آب.
- ج- تأثیر زهکشی میان فصل توسط زهکش‌های زیرزمینی بر میزان نفوذ عمقی آب در تیمار-های تحت مطالعه.

د- بررسی پارامترهای مختلف بیلان آبی در تیمارهای مورد مطالعه بر اساس آزمون Z.

**۸-۱- فرضیات پژوهش**

- الف- با کاهش فاصله زهکش‌های زیرزمینی میزان نفوذ عمقی آب در اراضی شالیزاری افزایش یابد.
- ب- با افزایش عمق زهکش‌های زیرزمینی میزان نفوذ عمقی آب در اراضی شالیزاری افزایش یابد.
- ج- با انجام زهکشی میان فصل میزان نفوذ عمقی آب در اراضی شالیزاری افزایش یابد.

**۹-۱- نحوه تدوین و تنظیم پایان‌نامه**

این پژوهش در چهار فصل تدوین شده است. بر این اساس همان‌گونه که در صفحات قبلی مشاهده گردید در فصل اول مقدمات و کلیاتی راجع به پژوهش مورد نظر بیان شده است. در فصل دوم به سابقه تحقیق و مطالعاتی که از گذشته تاکنون در ارتباط بانفوذ عمقی آب و زهکشی در شالیزار انجام گرفته است پرداخته می‌شود و سپس در فصل سوم روش انجام پژوهش به صورت جامع تشریح می‌شود. در فصل چهارم نتایج و یافته‌های به دست آمده بیان خواهد شد و نهایتاً نتیجه‌گیری، بحث و پیشنهادات مربوط به پژوهش بیان خواهد گردید.