بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی آب گرایش آبیاری و زهکشی

تأثیر زاویه کارگذاری قطره‌چکانهای زیر سطحی بر شکل پیاز رطوبتی در آبیاری اراضی شیبدار

استاد راهنما

دکتر محمد رضا نوری

استاد مشاور

دکتر مهدی قبادی نیا

دکتر سید حسن طباطبائی

پژوهشگر

محمد مریدسادات

مهر ۱۳۹۱

دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی آب

پایان نامه آقای **محمد مریدسادات** جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی گرایش آبیاری و زهکشی با عنوان: تأثیر زاویه کارگذاری قطره‌چکان‌های زیر سطحی بر شکل پیاز رطوبتی در آبیاری اراضی شیبدار در تاریخ ۹۱/۷/۱۷ با حضور هیأت داوران زیر بررسی و با نمره ۱۹/۷۷ مورد تصویب نهایی قرار گرفت.

۱. استاد راهنمای پایان نامه

دکتر محمدرضا نوری امامزاده‌ئی (استادیار) .....

۲. استادان مشاور پایان نامه

دکتر مهدی قبادی‌نیا (استادیار) .....

دکتر سید حسن طباطبائی (دانشیار) .....

استادان داور پایان نامه

دکتر بهزاد قربانی (دانشیار) .....

دکتر شجاع قربانی (استادیار) .....

دکتر سید حسن طباطبائی

معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی

دانشکده کشاورزی

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات

و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه

متعلق به دانشگاه شهرکرد است.

تقدیم به:

کوه استقامت؛ پدرم

و

دریای محبت؛ مادرم

چکیده

با توجه به مشکلات کمبود آب، راندمان مصرف آب در کشاورزی به عنوان مهم‌ترین مصرف کننده آب شیرین، باید تا حد ممکن افزایش یابد. آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در میان روش‌های آبیاری تحت فشار با دارا بودن بالاترین راندمان بالقوه مورد استقبال کشاورزان قرار گرفته است، که در هنگام طراحی این سامانه می‌بایست الگوی خیس‌شدگی نیمرخ خاک مشخص گردد. به این منظور در بازه‌ی زمانی پاییز ۱۳۹۰ تا اواخر بهار سال ۱۳۹۱ با هدف بدست آوردن شکل و ابعاد پیاز رطوبتی خاک در زمان‌های مختلف و اطلاع از طول و عرض و همچنین عمق خیس‌شدگی، مجموعه‌ی آزمایشات در مزرعه آزمایشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد، انجام شد. طرح آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی، در دو سطح و سه تکرار می‌باشد که اثر شیب زمین و نحوه نصب قطره چکان مورد بررسی قرار گرفت. سطوح آزمایشی اولاً شیب‌های صفر، ۱۵ و ۳۰ درصد زمین و ثانیاً نصب سطحی قطره‌چکان در عمق صفر و نصب زیرسطحی در عمق ۱۵ سانتی‌متری تحت زاوایای مختلف (صفر، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵درجه نسبت به شیب غالب زمین) بوده است. با نصب حسگرهای رطوبتی در راستای شیب و عمود بر شیب غالب زمین سنجش‌ها در سه صفحه‌ی مختصاتی (XY، YZ و XZ) انجام شد. زمان رسیدن پیشانی جبهه‌رطوبت به حسگرها به وسیله نرم‌افزار Surfer به صورت همزمان رسم و با استفاده از نرم افزار Auto CAD ابعاد جبهه رطوبتی محاسبه گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام شد. نتایج بدست آمده نشان داد که برای سه شیب زمین و پنج حالت نصب قطره چکان هر دو عامل شیب زمین و زاویه نصب قطره‌چکان و اثر متقابل این دو عامل بر تمامی شاخص‌های مساحت، محیط، عمق و پهنای بیشینه‌ی خیس‌شده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بوده است. همچنین نتایج تجزیه واریانس برای موقعیت رخداد حداکثر پهنا و عمق خیس‌شده، نشان داد که در صفحه YZ و XY ، شیب زمین و زاویه کارگذاری و اثر متقابل آن‌ها، در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده و در صفحه‌ی XZ با توجه به صفر بودن شیب عرضی تفاوت معنی-دار مشاهده نشد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که تغییر در زاویه نصب قطره‌چکان می‌تواند به عنوان یک راهکار مدیریتی آسان و کم هزینه در اصلاح الگوی توزیع رطوبت در خاک و در نتیجه افزایش کارایی مصرف آب محسوب گردد.

واژگان کلیدی: آبیاری زیرسطحی، پیاز رطوبتی، شیب، زاویه نصب.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول ۱۰
کلیات ۱۶
۱-۱پیشگفتار ۱۶
۱-۲اهمیت موضوع و ضرورت اجرای طرح ۱۷
۱-۳ اهداف اصلی طرح ۱۷
فصل دوم ۱۹
بررسی منابع ۱۹
۲-۱ وضعیت آب در ایران ۱۹
۲-۲ آبیاری و اهداف آن ۲۱
۲-۳ سیستم‌های آبیاری ۲۱
۲-۳-۱ آبیاری تحت فشار ۲۱
۲-۴-۱ تاریخچه آبیاری قطره‌ای ۲۲
۲-۴-۲ اجزاء اصلی سامانه آبیاری قطره‌ای ۲۳
۲-۴-۳ انواع توزیع آب در سیستم قطره‌ای ۲۴
۲-۴-۴ آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۲۴
۲-۴-۵ مزایای و معایب سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۲۵
۲-۴-۶ کاربردهای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۲۶
۲-۵ حرکت آب در خاک ۲۷
۲-۶ نفوذ ۲۷
۲-۶-۱ نفوذ آب به داخل خاک ۲۷
۲-۶-۲ مکانیسم نفوذ ۲۷
۲-۷ الگوی توزیع رطوبت در آبیاری قطره‌ای ۲۸
۲-۸ عمق کارگذاری لوله‌ها در آبیاری زیرسطحی ۳۰
۲- ۹ انتخاب قطره‌چکان مناسب در سامانه ۳۱
۲-۹-۱یکنواختی پخش دبی قطره‌چکان‌ها ۳۱
۲-۹-۲ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان ۳۲
۲-۹-۳ معادله دبی -فشار ۳۲

عنوان **صفحه**

۲-۱۰ پیشینه‌ی پژوهش ۳۳
فصل سوم ۵۲
مواد و روش‌ها ۵۲
۳-۱ منطقه اجرای طرح ۵۲
۳-۱- ۱ مشخصات خاک مزرعه ۵۳
۳-۲ آماده سازی زمین ۵۵
۳-۳ طرح آزمایشی ۵۶
۳-۴ سیستم آبیاری ۵۶
۳-۴-۱ انتخاب لترال‌ها و لوله‌های نیمه اصلی ۵۶
۳-۴-۲ انتخاب قطره‌چکان ۵۷
۳-۴-۳ نصب و کارگذاری قطره‌چکان‌ها ۵۸
۳-۴-۴ فشار سیستم و فشار سنجی ۵۹
۳-۴-۵ حجم آب کاربردی ۶۰
۳-۵ اندازه‌گیری و ردیابی رطوبت خاک ۶۰
۳-۵-۱ روش انجام آزمایشات ۶۰
۳-۵-۲ اندازه‌گیری رطوبت خاک ۶۱
۳-۵-۳ ردیابی رطوبت خاک ۶۱
۳-۶ تجزیه و تحلیل آماری ۶۲
فصل چهارم ۶۳
نتایج و بحث ۶۳
۴-۱ توسعه پیاز رطوبتی با گذر زمان ۶۳
۴-۱-۱ توسعه پیاز رطوبتی در شیب صفر درصد زمین (سطح اول) ۶۴
۴-۱-۲ توسعه پیاز رطوبتی در شیب ۱۵ درصدی زمین (سطح دوم) ۷۲
۴-۱-۳ توسعه پیاز رطوبتی در شیب ۳۰ درصدی زمین (سطح سوم) ۸۴
۴-۲ بررسی و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS ۱۰۲
۴-۳ روابط حاکم بر اساس اطلاعات بدست آمده ۱۱۸
۴-۴ نتیجه‌گیری کلی ۱۱۹
۴-۵ پیشنهادها ۱۲۰

عنوان **صفحه**

منابع ۱۲۹
پیوست ۱۲۱

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱ تحلیل منابع آب ایران با استفاده از شاخص‌های بحران (احسانی و خالدی،۱۳۸۲- بروز رسانی شده) ۱۴
جدول ۲-۲ نسبت انتقال در خاک‌های مختلف بر اساس بافت خاک (علیزاده،۱۳۸۵) ۲۹
جدول ۲-۳ آنالیز آماری برای مقادیر رطوبتی در دو فاصله از قطره‌چکان (زارع ابیانه و همکاران ،۱۳۸۹) ۴۳
جدول ۳-۱ خصوصیات فیزیکی خاک منطقه طرح ۵۴
جدول ۳-۲ هدایت الکتریکی و اسیدیته خاک منطقه طرح ۵۵
جدول ۳-۳ نام‌گذاری تیمارهای آزمایشی ۵۶
جدول۳-۴ خصوصیات آب فضای سبز دانشگاه شهرکرد ۵۷
جدول۳-۵ مشخصات کارخانه‌ای قطره‌چکان‌ها ۵۷
جدول۳-۶ پارامترهای موثر در انتخاب قطره‌چکان (مریدسادات و همکاران، ۱۳۹۱) ۵۷
جدول۳-۷ معادله‌ی دبی فشار (مریدسادات و همکاران، ۱۳۹۱) ۵۸
جدول ۳-۸ مشخصات قطره‌چکان نتافیم مورد استفاده در آزمایشات ۵۸
جدول۳-۹ مشخصات دستگاه رطوبت‌سنج خاک مدل PMS-714 ..... ۶۱
جدول۴-۱ بررسی مساحت و محیط جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XY در بازه‌های زمانی مختلف- تیمار S1D1 ..... ۶۹
جدول ۴-۲ بررسی جبهه‌ی رطوبتی در سطح و عمق در صفحه‌ی YZ در زمان‌های مختلف - تیمار S2D1 ..... ۷۳
جدول ۴-۳ بررسی جبهه‌ی رطوبتی در سطح و عمق در صفحه‌ی YZ در زمان‌های مختلف - تیمار S2D2 ..... ۷۴
جدول ۴-۴ بررسی جبهه‌ی رطوبتی در سطح و عمق در صفحه‌ی YZ در زمان‌های مختلف - تیمار S2D5 ..... ۷۷
جدول۴-۵ مقایسه عمق و پهنای ماکزیمم و مساحت خیس‌شدگی در دو تیمار S1D1 و S2D1 ..... ۷۸
جدول ۴-۶ طول خیس‌شدگی در بالا و پایین‌دست قطره‌چکان در راستای شیب غالب زمین ۹۶
جدول ۴-۷ نتایج تجزیه واریانس در زمان پایان آزمایش برای سه شیب زمین و پنج زاویه نصب قطره‌چکان بررسی شده در صفحه‌ی YZ ۱۰۲
جدول ۴-۸ نتایج تجزیه واریانس در زمان پایان آزمایش برای سه شیب زمین و پنج زاویه نصب قطره‌چکان بررسی شده در صفحه‌ی XZ ۱۰۶
جدول ۴-۹ نتایج تجزیه واریانس در زمان پایان آزمایش برای سه شیب زمین و پنج زاویه نصب قطره‌چکان بررسی شده در صفحه‌ی XY ۱۱۰
جدول ۴-۱۰ نتایج تجزیه واریانس محل رخداد حداکثر پهنا و عمق خیس شده در زمان پایان آزمایش برای سه شیب زمین و پنج زاویه نصب قطره‌چکان ۱۱۵
جدول ۴-۱۱معادلات استخراجی بر پایه آزمایشات صورت گرفته ۱۱۸

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل۲-۱ مزایا و معایب آبیاری تحت فشار ۲۲
شکل۲-۲ سامانه‌ی آبیاری قطره‌ای و واحدهای زیر مجموعه ۲۳
شکل۲-۳ نمای شماتیکی از تشکیل پیاز رطوبتی در بافت‌های مختلف خاک ۲۸
شکل۲-۴ توزیع درصد رطوبت وزنی خاک در اطراف محل کارگذاری لوله‌ها در عمق کارگذاری ۳۰ سانتیمتری (سیاری و همکاران،۱۳۸۶) ۳۹
شکل۲-۶ تغییرات دو قطر خیس‌شدگی در جهت شیب (S-N) و عمود بر شیب (E-S) (شریف‌نیا و همکاران ،۱۳۸۹) ... ۴۲
شکل۲-۷ پیشروی جبهه رطوبتی از منبع نقطه‌ای در سطح خاک در زمان‌های مختلف (با بافت خاک شنی و دبی قطره-چکان ۳ و ۵ لیتر در ساعت) ۴۵
شکل۳-۱ موقعیت جغرافیایی محل آزمایش ۵۲
شکل۳-۲ مثلث بافت خاک ۵۳
شکل۳-۳ آماده سازی زمین ۵۵
شکل۳-۴ انواع قطره‌چکان مورد ارزیابی ۵۷
شکل۳-۵ نحوه‌ی قرار گیری زاویه قطره‌چکان ۵۹
شکل۳-۶ فشار سنج ۵۹
شکل ۳-۷ کوبیدن صفحه‌ی فلزی و حفر پروفیل ۵۰ سانتی‌متری ۶۰
شکل۳-۸ دستگاه رطوبت‌سنج خاک مدل PMS-714. ..... ۶۱
شکل۳-۹ نصب ردیاب جبهه‌ی رطوبتی در خاک ۶۲
شکل ۴-۱ راستای سه محور X، Y و Z ۶۳
شکل ۴-۲ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی YZ در زمان‌های مختلف- تیمار S1D1 ..... ۶۴
شکل ۴-۳ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی YZ در زمان‌های مختلف- تیمار S1D2 ..... ۶۵
شکل ۴-۴ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی YZ در زمان‌های مختلف - تیمار S1D3 ..... ۶۵
شکل ۴-۵ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی YZ در زمان‌های مختلف - تیمار S1D4 ..... ۶۶
شکل ۴-۶ توسعه رطوبتی در راستای Y نسبت به راستایZ در گذر زمان تیمار S1D4 ..... ۶۷
شکل ۴-۷ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی YZ در زمان‌های مختلف - تیمار S1D5 ..... ۶۷
شکل ۴-۸ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XZ در زمان‌های مختلف - تیمارS1D3 یا S1D5 ..... ۶۸
شکل ۴-۹ پیشروی سطحی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XY در زمان‌های مختلف- تیمار S1D1 ..... ۶۹
شکل ۴-۱۰ پیشروی سطحی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XY در زمان‌های مختلف- تیمار S1D2 ..... ۷۰

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۱۱ مقایسه طول و عرض بیشینه‌ی خیس‌شده در صفحه‌ی XZ در زمان‌های مختلف- تیمار S1D2 ..... ۷۰
شکل ۴-۱۲ پیشروی سطحی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XY در زمان‌های مختلف - تیمار S1D3 ..... ۷۱
شکل ۴-۱۳ پیشروی سطحی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XY در زمان‌های مختلف - تیمار S1D4 ..... ۷۱
شکل ۴-۱۴ پیشروی سطحی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XY در زمان‌های مختلف - تیمار S1D5 ..... ۷۲
شکل ۴-۱۵ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی YZ در زمان‌های مختلف - تیمار S2D1 ..... ۷۳
شکل ۴-۱۶ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی YZ در زمان‌های مختلف - تیمار S2D2 ..... ۷۴
شکل ۴-۱۷ رشد مساحت خیس‌شدگی عمقی در صفحه‌ی مختصاتی YZ در تیمار S2D2 ..... ۷۵
شکل ۴-۱۸ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی YZ در زمان‌های مختلف - تیمارS2D3 ..... ۷۶
شکل ۴-۱۹ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی YZ در زمان‌های مختلف - تیمار S2D4 ..... ۷۶
شکل ۴-۲۰ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی YZ در زمان‌های مختلف - تیمار S2D5 ..... ۷۷
شکل ۴-۲۱ بررسی پهنای خیس‌شدگی در صفحه‌ی YZ در عمق ۲۰ سانتی‌متری - تیمار S2D5 ..... ۷۸
شکل ۴-۲۲ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XZ در زمان‌های مختلف - تیمار S2D1 ..... ۷۹
شکل ۴-۲۳ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XZ در زمان‌های مختلف - تیمار S2D2 ..... ۷۹
شکل ۴-۲۴ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XZ در زمان‌های مختلف - تیمار S2D3 ..... ۸۰
شکل ۴-۲۵ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XZ در زمان‌های مختلف - تیمار S2D4 ..... ۸۰
شکل ۴-۲۶ نسبت پهنا بیشینه به عمق بیشینه در صفحه‌ی XZ - تیمار S2D4 ..... ۸۱
شکل ۴-۲۷ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XZ در زمان‌های مختلف - تیمار S2D5 ..... ۸۱
شکل ۴-۲۸ پیشروی سطحی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XY در زمان‌های مختلف - تیمار S2D1 ..... ۸۲
شکل ۴-۲۹ پیشروی سطحی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XY در زمان‌های مختلف - تیمار S2D2 ..... ۸۲
شکل ۴-۳۰ پیشروی سطحی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XY در زمان‌های مختلف - تیمار S2D3 ..... ۸۳
شکل ۴-۳۱ پیشروی سطحی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XY در زمان‌های مختلف - تیمار S2D4 ..... ۸۳
شکل ۴-۳۲ پیشروی سطحی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XY در زمان‌های مختلف - تیمار S2D5 ..... ۸۴
شکل ۴-۳۳ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی YZ در زمان‌های مختلف - تیمار S3D1 ..... ۸۵
شکل ۴-۳۴ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی YZ در زمان‌های مختلف - تیمار S3D2 ..... ۸۵
شکل ۴-۳۵ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی YZ در زمان‌های مختلف - تیمار S3D3 ..... ۸۶
شکل ۴-۳۶ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی YZ در زمان‌های مختلف - تیمار S3D4 ..... ۸۷
شکل ۴-۳۷ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی YZ در زمان‌های مختلف - تیمار S3D5 ..... ۸۷

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۳۸ مساحت خیس‌شده در صفحه‌ی YZ در شیب مختلف زمین و کارگذاری متفاوت قطره‌چکان ۸۸
شکل ۴-۳۹ محیط خیس‌شده در صفحه‌ی YZ در شیب مختلف زمین و کارگذاری متفاوت قطره‌چکان ۸۹
شکل ۴-۴۰ پهنای خیس‌شده بیشینه در صفحه‌ی YZ در شیب مختلف زمین و کارگذاری متفاوت قطره‌چکان ۸۹
شکل ۴-۴۱ عمق خیس‌شده بیشینه در صفحه‌ی YZ در شیب مختلف زمین و کارگذاری متفاوت قطره‌چکان ۹۰
شکل ۴-۴۲ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XZ در زمان‌های مختلف - تیمار S3D1..... ۹۰
شکل ۴-۴۳ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XZ در زمان‌های مختلف - تیمار S3D2..... ۹۱
شکل ۴-۴۴ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XZ در زمان‌های مختلف - تیمار S3D3..... ۹۱
شکل ۴-۴۵ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XZ در زمان‌های مختلف - تیمار S3D4..... ۹۲
شکل ۴-۴۶ پیشروی عمقی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XZ در زمان‌های مختلف - تیمار S3D5..... ۹۲
شکل ۴-۴۷ مساحت خیس‌شدگی در صفحه‌ی XZ در شیب مختلف زمین و کارگذاری متفاوت قطره‌چکان ۹۳
شکل ۴-۴۸ محیط خیس‌شدگی در صفحه‌ی XZ در شیب مختلف زمین و کارگذاری متفاوت قطره‌چکان ۹۴
شکل ۴-۴۹ پهنا خیس‌شدگی بیشینه در صفحه‌ی XZ در شیب مختلف زمین و کارگذاری متفاوت قطره‌چکان..... ۹۴
شکل ۴-۵۰ عمق خیس‌شدگی بیشینه در صفحه‌ی XZ در شیب مختلف زمین و کارگذاری متفاوت قطره‌چکان..... ۹۵
شکل ۴-۵۱ پیشروی سطحی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XY در زمان‌های مختلف - تیمار S3D1..... ۹۶
شکل ۴-۵۲ پیشروی سطحی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XY در زمان‌های مختلف - تیمار S3D2..... ۹۷
شکل ۴-۵۳ پیشروی سطحی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XY در زمان‌های مختلف - تیمار S3D3..... ۹۷
شکل ۴-۵۴ پیشروی سطحی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XY در زمان‌های مختلف - تیمار S3D4..... ۹۸
شکل ۴-۵۵ پیشروی سطحی جبهه‌ی رطوبتی در صفحه‌ی XY در زمان‌های مختلف - تیمار S3D5..... ۹۹
شکل ۴-۵۶ مساحت خیس‌شدگی در صفحه‌ی XY در شیب مختلف زمین و کارگذاری متفاوت قطره‌چکان ۱۰۰
شکل ۴-۵۷ محیط خیس‌شدگی در صفحه‌ی XY در شیب مختلف زمین و کارگذاری متفاوت قطره‌چکان..... ۱۰۰
شکل ۴-۵۸ پهنای خیس‌شدگی در صفحه‌ی XY در شیب مختلف زمین و کارگذاری متفاوت قطره‌چکان ۱۰۱
شکل ۴-۵۹ طول خیس‌شدگی در صفحه‌ی XY در شیب مختلف زمین و کارگذاری متفاوت قطره‌چکان..... ۱۰۱
شکل ۴-۶۰ نمودار اثر متقابل شیب و زاویه‌ی نصب قطره‌چکان برای شاخص مساحت خیس‌شدگی در صفحه‌ی YZ... ۱۰۳
شکل۴-۶۱ نتایج مقایسه میانگین مساحت خیس‌شده در زمان پایان آزمایش برای سه شیب زمین بررسی شده در صفحه‌ی YZ..... ۱۰۴
شکل۴-۶۲ نتایج مقایسه میانگین محیط، پهنای بیشنه و عمق بیشینه‌ی خیس‌شده در زمان پایان آزمایش برای سه شیب زمین بررسی شده در صفحه‌ی YZ ۱۰۴

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل۴-۶۳ نتایج مقایسه میانگین مساحت خیس‌شده در زمان پایان آزمایش برای پنج زاویه نصب قطره‌چکان بررسی شده در صفحه‌ی YZ ۱۰۵
شکل۴-۶۴ نتایج مقایسه میانگین محیط، پهنای بیشنه و عمق بیشینه‌ی خیس‌شده در زمان پایان آزمایش برای پنج زاویه نصب قطره‌چکان بررسی شده در صفحه‌ی YZ ۱۰۵
شکل ۴-۶۵ نمودار اثر متقابل شیب و زاویه‌ی نصب قطره‌چکان برای شاخص مساحت خیس‌شدگی در صفحه‌ی XZ... ۱۰۷
شکل۴-۶۶ نتایج مقایسه میانگین مساحت خیس‌شده در زمان پایان آزمایش برای سه شیب زمین بررسی شده در صفحه‌ی XZ..... ۱۰۸
شکل۴-۶۷ نتایج مقایسه میانگین محیط، پهنای بیشنه و عمق بیشینه‌ی خیس‌شده در زمان پایان آزمایش برای سه شیب زمین بررسی شده در صفحه‌ی XZ ۱۰۸
شکل۴-۶۸ نتایج مقایسه میانگین مساحت خیس‌شده در زمان پایان آزمایش برای پنج زاویه نصب قطره‌چکان بررسی شده در صفحه‌ی XZ..... ۱۰۹
شکل۴-۶۹ نتایج مقایسه میانگین محیط، پهنای بیشنه و عمق بیشینه‌ی خیس‌شده در زمان پایان آزمایش برای پنج زاویه نصب قطره‌چکان بررسی شده در صفحه‌ی XZ ۱۰۹
شکل ۴-۷۰ اثر متقابل شیب زمین و زاویه‌ی نصب قطره‌چکان بر مساحت خیس‌شدگی در صفحه‌ی XY ۱۱۱
شکل۴-۷۱ نتایج مقایسه میانگین مساحت خیس‌شده در زمان پایان آزمایش برای سه شیب زمین بررسی شده در صفحه‌ی XY ۱۱۲
شکل۴-۷۲ نتایج مقایسه میانگین محیط، پهنای بیشنه و طول بیشینه‌ی خیس‌شده در زمان پایان آزمایش برای سه شیب زمین بررسی شده در صفحه‌ی XY ۱۱۲
شکل۴-۷۳ نتایج مقایسه میانگین مساحت خیس‌شده در زمان پایان آزمایش برای پنج زاویه نصب قطره‌چکان بررسی شده در صفحه‌ی XY ۱۱۳
شکل۴-۷۴ نتایج مقایسه میانگین محیط، پهنای بیشنه و طول بیشینه‌ی خیس‌شده در زمان پایان آزمایش برای پنج زاویه نصب قطره‌چکان بررسی شده در صفحه‌ی XY..... ۱۱۳
شکل ۴-۷۵ نمونه‌ی اندازه‌گیری در فاصله‌ی رخداد حداکثر پهنا و عمق خیس‌شده..... ۱۱۴
شکل ۴-۷۶ نتایج مقایسه میانگین محل رخداد حداکثر پهنای خیس‌شده در زمان پایان آزمایش برای سه شیب زمین. ۱۱۶
شکل ۴-۷۷ نتایج مقایسه میانگین محل رخداد حداکثر پهنای خیس‌شده در زمان پایان آزمایش برای پنج زاویه نصب قطره‌چکان..... ۱۱۶

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۷۸ نتایج مقایسه میانگین محل رخداد حداکثر عمق (یا طول) خیس‌شده در زمان پایان آزمایش برای سه شیب زمین ۱۱۷
شکل ۴-۷۹ نتایج مقایسه میانگین محل رخداد حداکثر عمق (یا طول) خیس‌شده در زمان پایان آزمایش برای پنج زاویه نصب قطره‌چکان ۱۱۷

فصل اول
کلیات

۱-۱پیشگفتار

در سراسر تاریخ بشر دسترسی مطمئن به آب، یک شرط اولیه و اساسی برای توسعه اجتماعی، اقتصادی و پایداری فرهنگ و تمدن بوده است. به گفته آب شناسان، آب دیگر یک کالای فراوان و فاقد ارزش اقتصادی نیست، بلکه یک کالای بدون جایگزین و با ارزش اقتصادی زیاد در همه زمینه‌های مصرف می‌باشد. مطالعات اخیر توسط مؤسسه بین‌المللی تحقیقات سیاست‌گذاری غذا (IFPRI,International Food Policy Research Institute) و مؤسسه بین المللی مدیریت آب (IWMI,International Water Management Institute) بیانگر این نکته است که با ادامه افزایش جمعیت، توسعه شهرنشینی و گسترش صنایع تا سال ۲۰۲۵ میزان آب قابل تخصیص برای بخش کشاورزی در کل جهان محدودتر خواهد شد و همچنین به خاطر اختصاص آب بخش محیط زیست به مصارف کشاورزی، خانگی و صنعتی، این بخش با زیان‌های بیشتری مواجه خواهد گشت (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲). در جهان امروز عواملی همچون افزایش چشم‌گیر جمعیت کره زمین و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع محیط زیست برای تأمین نیازهای اقتصادی، تأثیر خاص خود را بر منابع آب برجای گذارده است. به‌طوری‌که مسائل مربوط به بحران و مدیریت آب از دیدگاه سازمان ملل متحد پس از مشکل جمعیت به عنوان دومین مسئله اصلی جهان شناخته شده است. باید توجه داشت که امکان افزایش منابع آب شیرین جهان و حل این بحران وجود ندارد، تنها کاری که می‌توان کرد، بهبود روش‌های استفاده از آن است. بهره‌وری آب کشاورزی یکی از مهم‌ترین موضوعاتی است که در سال‌های

اخیر در مجامع علمی مرتبط با آب و آبیاری مورد توجه جدی قرار گرفته است. به همین دلیل است که ابرازه می‌شود تا سال ۲۰۱۵ ، نقش آب برای جامعه بشری بدل به همان نقشی خواهد شد که امروزه نفت در حیات آدمیان ایفا می-کند؛ یعنی عنصری کمیاب، گران‌بها و در معرض خطر به اتمام رسیدن، اما با این تفاوت مهم که به اتمام رسیدن منابع آب به مفهوم پاره شدن رشته حیات انسان در روی کره زمین است (بزی و همکاران،۱۳۸۹). در ایران ۹۸درصد تولیدات غذایی کشور به اراضی تحت آبیاری اختصاص دارد که این اراضی ۷۰ درصد اراضی کشاورزی کشور شامل می‌شوند، بنابراین می‌توان اذعان داشت که در حال حاضر بدون انجام عملیات آبیاری تقریبا امکان تولید اقتصادی و پایدار محصولات کشاورزی و غذایی در کشور وجود ندارد. با توجه به مشکلات کمبود آب، راندمان مصرف آب در کشاورزی به عنوان مهمترین مصرف کننده آب شیرین، باید تا حد ممکن افزایش یابد (زارعی و صدرقائن، ۱۳۸۳).

یکی از مهم‌ترین راه‌کارهای افزایش راندمان حرکت به‌سوی روش‌های مدرن آبیاری می‌باشد. روش آبیاری قطره‌ای در میان روش‌های آبیاری تحت فشار با دارا بودن بالاترین راندمان بالقوه به شدت مورد استقبال کشاورزان قرار گرفته و با دارا بودن قابلیت‌های خاصه‌ی این روش، گاهی تنها گزینه اجرایی ممکن در مزرعه است.

۱-۲اهمیت موضوع و ضرورت اجرای طرح

آبیاری قطره‌ای زیرسطحی((Subsurface drip irrigation, SDI) از جمله روش‌های آبیاری تحت فشار است که در چند دهه اخیر، در نقاط مختلف دنیا گسترش یافته است. بر اساس تعریف انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا (ASAE) آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نوعی روش آبیاری قطره‌ای است که قطره‌چکان‌ها در زیر سطح خاک قرار می‌گیرند(نجفی،۱۳۸۵). در هنگام طراحی یک سیستم آبیاری قطره‌ای لازم است الگوی خیس شدگی نیمرخ خاک که اصطلاحاً به آن پیاز رطوبتی گفته می‌شود برای هر زمینی که قرار است با روش آبیاری قطره‌ای آبیاری شود، از قبل مشخص گردد (عباس پلنگی و آخوندعلی، ۱۳۸۷). تسطیح اراضی یک امر هزینه بردار و اغلب منجر به از دست رفتن لایه سطحی خاک می‌شود، به این منظور کشاورزی با سیستم آبیاری تحت فشار در این اراضی از مقبولیت بالاتری برخوردار است ولی تندتر شدن شیب اراضی با کاهش یکنواختی توزیع آب در ناحیه ریشه و انحراف از مرکز پیاز رطوبتی همراه است.

در این پژوهش وضعیت توسعه یافتگی پیاز رطوبتی متأثر از تغییر زاویه کارگذاری قطره‌چکان‌ها در سیستم آبیاری زیر سطحی بررسی خواهد شد. در حقیقت تحقیق در راستای پاسخ به این سؤال که در سیستم آبیاری قطره‌ای با منبع گسیلنده‌ی نقطه‌ای، با تغییر در زاویه کارگذاری قطره‌چکان‌ها می‌توان به تصحیح شکل پیاز رطوبتی با هدف بالا بردن یکنواختی توزیع آب در ناحیه ریشه پرداخت و در این صورت معادله بین شکل پیاز رطوبتی و زاویه کارگذاری چگونه خواهد بود. همچنین فاصله بهینه محل نصب قطره‌چکان تا گیاه چه میزان باشد.

۱-۳ اهداف اصلی طرح

در این پژوهش، هدف اصلی بدست آوردن شکل و ابعاد پیاز رطوبتی خاک در زمان‌های مختلف است تا با اطلاع از طول و عرض و همچنین عمق خیس شدگی مدیریت آبیاری صحیح اعمال گردد. با تعیین شکل پیاز

رطوبتی در دو حالت سطحی و زیرسطحی در زمین‌های مسطح و شیب دار، با تغییر در زاویه کارگذاری قطره-چکان، بهترین حالت که کمترین تنش به گیاه و بالاترین کارایی مصرف آب ((Water use efficiency, WUE) را دارد، پیشنهاد می‌شود. این موارد به صورت موردی در ادامه آمده است.

- مقایسه شکل پیاز رطوبتی، تحت اثر کارگذاری قطره‌چکان‌های زیرسطحی در عمق ۱۵ سانتی-متری از سطح خاک با زاویای صفر، ۹۰،۴۵ و ۱۳۵ درجه نسبت به امتداد شیب عمومی زمین.
- مقایسه شکل پیاز رطوبتی در تیمارهای آبیاری قطره‌ای سطحی و زیر سطحی.
- برقراری معادله بین شکل پیاز رطوبتی و میزان شیب اراضی در تیمارهای آبیاری قطره‌ای سطحی و زیر سطحی.

فصل دوم
بررسی منابع

۲-۱ وضعیت آب در ایران

کشور ایران با داشتن متوسط حدود ۲۵۰ میلیمتر بارندگی در سال، از مناطق خشک و کم آب دنیا محسوب می‌شود. توجه به وضعیت بارندگی، پوشش گیاهی وسایر پارامترهای هیدرولوژیکی، منابع آب قابل تجدید کشور حدود۱۳۰ میلیارد متر مکعب در سال برآورد شده است که حجم آب قابل استحصال یا احتساب حجم آب‌های برگشتی، حدود ۱۲۶ میلیارد متر مکعب در سال تخمین زده می‌شود. تجزیه و تحلیل شاخص‌های مصرف آب در بخش کشاورزی نشان دهنده تلفات زیاد آب در این بخش است که قسمتی از آن اجتناب ناپذیر بوده ولی قسمت زیادی از آن را می‌توان با اتخاذ راهبردهای صحیح و کارآمد اصلاح کرد (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲). در این میان رشد سریع جمعیت مهمترین عامل کاهش سرانه آب تجدیدشونده کشور در طول هشتاد سال گذشته بوده است. بر اساس اطلاعات مرکز آمار کشور، جمعیت ایران در طی این هشت دهه، حدود ۶/۸ برابر شده و از کمتر از ۱۰ میلیون نفر در سال ۱۳۰۰ به ۷۶ میلیون نفر تا پایان سال ۱۳۹۰ خواهد رسید (مرکز آمار ایران،۱۳۹۰). همچنین براساس گزارش سازمان ملل، ایران به عنوان هفدهمین کشور پرجمعیت دنیاست و با هر نرخ از رشد جمعیت پیش بینی شده توسط سازمان ملل متحد، کشورمان تا سال ۲۰۵۰ جزو ۱۰ کشور اول پرجمعیت جهان خواهد بود. براین اساس میزان سرانه آب تجدیدپذیر کشور به شدت در تغییرات است. بر اساس شاخص‌های بین‌المللی مدیریت آب نیز، کشور ایران از لحاظ وضعیت منابع آبی در وضعیت مطلوب به‌سر نمی‌برد، و می‌بایست با اتخاذ راه‌کارهای مدیریتی جدید، شیوه‌های نوین اقدام به افزایش راندمان در شبکه‌های آبیاری و سامانه‌های مزارع، آموزش کشاورزان و

مروجین نمود تا علاوه‌بر جلوگیری از ازدیاد تنش آبی، در راستای بهبود وضعیت منابع آبی کشور قدم برداشت. جدول۲-۱ نمایان‌گر وضعیت آبی ایران بر اساس سه شاخص، فالکن مارک (بحران آب را براساس مقدار سرانه منابع آب تجدیدپذیر سالیانه هر کشور)، سازمان ملل (میزان درصد برداشت از منابع آب تجدیدپذیر هر کشور) و شاخص مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب (وضعیت منابع آب بر اساس دو عامل درصد برداشت کنونی نسبت به کل منابع آب سالانه و درصد میزان برداشت آب در آینده نسبت به برداشت آب در حال حاضر به‌صورت همزمان) می‌باشد.

جدول ۲-۱ تحلیل منابع آب ایران با استفاده از شاخص‌های بحران (احسانی و خالدی،۱۳۸۲- بروز رسانی شده)

جمعیت کشور در سال ۱۳۹۰ (میلیون نفر)	منابع آب تجدید پذیر کشور (میلیلرد متر مکعب)	سرانه آب تجدید پذیر (متر مکعب)	نتایج ارزیابی شاخص های بین المللی		
			فالکن مارک	سازمان ملل	موسسه بین المللی مدیریت آب
۷۶	۱۳۰	۱۷۰۰	تنش آبی	بحران شدید	بحران شدید

مطالعات و بررسی‌ها نشان می‌دهد که در حال حاضر از کل منابع آب ۸۹ میلیارد متر مکعب جهت مصارف بخش‌های کشاورزی، صنعت، معدن و خانگی برداشت می‌شود که حدود۸۳ میلیارد متر مکعب (۹۳ درصد) به بخش کشاورزی، ۵/۵ میلیارد متر مکعب (۶ درصد) به بخش خانگی و مابقی به بخش صنعت و نیازهای متفرقه دیگر اختصاص دارد (احسانی و خالدی،۱۳۸۲). آب مهم‌ترین فاکتور محدودکننده کشاورزی در کشور می‌باشد. علی‌رغم پیشرفت فن‌آوری و ابداع روش‌های نوین قطره‌ای و بارانی هنوز بیش از ۹۵ درصد مزارع آبی کشور به روش سطحی و با بازده حدود ۳۵ درصد آبیاری می‌گردد. بنابراین می‌بایست جلوگیری از تلفات آب در بخش کشاورزی، توجه بیشتری شود. درحال حاضر اراضی زیر کشت ایران حدود ۷/۵ میلیون هکتار است. این مقدار کمتر از ۵ درصد کل مساحت کشور است، در حالی که اراضی مستعد برای کشاورزی بین۳۰ تا ۵۰ میلیون هکتار یعنی ۲۰تا ۳۰ درصد کل مساحت کشور است. با صرفه‌جوی در مصرف آب و روش‌های آبیاری نوین، می‌توان در مناطق مستعد به سطح زیرکشت محصولات آبی اضافه کرد. نظر به رشد روز افزون جمعیت و تقاضای جهانی غذا شیوه مدیریتی سنتی و عدم یکپارچگی اراضی که موجب پایین آمدن بازدهی سیستم خواهد شد، حرکت به سمت روشی از آبیاری که بتواند در ازای یک حجم ثابت آب بیشترین محصول را تولید نماید، بیش از پیش نمود پیدا می‌کند (مریدسادات و همکاران،۱۳۹۱). از جمله فاکتورهای مهم در بالا بردن تولید در واحد سطح استفاده صحیح از آب است و با توجه به کمبود بارندگی و محدودیت منابع آب کشور ما لازم است استفاده حداکثری از آب انجام گیرد. آبیاری سنتی ایران دارای جنبه‌های علمی و تجربی زیادی است، اما نظریه «آب بیشتر، محصول بیشتر» نیز که از سالیان قبل بدون تغییر در مزارع سنتی ایران اجرا می‌شود، نخواهد توانست با روندی که در افزایش سطح زیر کشت محصولات آبی انتظار می‌رود، پایدار بماند. لذا با توجه به محدودیت‌های موجود و پایین بودن راندمان آبیاری در روش‌های سنتی آبیاری استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری تحت فشار با راندمان بالا اجتناب ناپذیر است (یاوری پور،۱۳۸۴).