

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

مقایسه روش نوین آبیاری نشتی - زیرسطحی و آبیاری سطحی برای درخت زیتون در کاربرد آب و پساب

پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی

علی مالکی

اساتید راهنما

دکتر مهدی قیصری

دکتر علی نیکبخت



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی آقای علی مالکی

تحت عنوان

**مقایسه روش نوین آبیاری نشتی - زیر سطحی و آبیاری سطحی برای درخت
زیتون در کاربرد آب و پساب**

در تاریخ ۱۳۹۲/۰۳/۰۱ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

دکتر مهدی قیصری

۱- استاد راهنمای پایان نامه

دکتر علی نیکبخت

۲- استاد راهنمای پایان نامه

دکتر محمدرضا مصدقی

۳- استاد مشاور پایان نامه

مهندس اسماعیل لندی

۴- استاد مشاور پایان نامه

دکتر علیرضا سلطانی تودشکی

۵- استاد داور

دکتر نعمت الله اعتمادی

۶- استاد داور

دکتر جهانگیر خواجه علی

سرپرست تحصیلات تکمیلی

تقدیر و سپاس

سپاس و ستایش او را سزود که یگانه و بی‌همتاست و ذات بی‌کرانش آکنده از علم و دانش و تسی از هر کوزه نقض و اشتباهی است. از دریای نامتناهی کمالش، بشنرا موهبتی شگرف ارزانی داشت تا بشنر با استعانت به عنایات خداوندیش راه کمال و آراستگی را برگزیند. اینک که با استعانت از خدای متعال و در پرتو الطاف بی‌دیخ خداوندیش برگی دیگر از دفتر زندگی ام با تمامی خاطرات تلخ و شیرین ورق خورد، بر رسم ادب و سنت حنہ سپاس لازم می‌دانم از تمامی کسانی که مراد این مسیریاری نموده اند شکر و قدر دانی بنایم.

از زحمات یگانۀ اسوه صبر و ایثار زندگیم، به‌سمر عزیزم، که در منتهای مهربانی و امید به واثقانی چون محبت و یکدلی معنایی جاودانه بخشید و چون کوهی استوار در مقابل تمامی مشکلات ایستاد، کمال شکر و امتنان را دارم. از زحمات پدر و مادر دل‌سوز و مهربانم که شمع وجودشان به‌نواره رو شکر مسیر حرکتیم بوده و دعای خیرشان پشتوانه ای نیرومند برایم بوده و خواهد بود و به‌چنین پدر و مادر به‌سرم که با همراهی های خود، گذشتن از این مسیر را بر من هموار ساختند کمال شکر را دارم.

تقدیر و سپاس از اساتید راه‌نمای ارجمند، جناب آقای دکتر مهدی قیصری و جناب آقای دکتر علی نیکبخت که ایده اولیه و مفاهیم روش های مورد استفاده را از ایشان آموختم و در تمام مراحل تحقیق با سخگویی مسائل و راه‌حلشای مشکلاتم بودند. توفیق روز افزون ایشان را از درگاه خداوند متعال خواستارم. از جناب آقای دکتر محمد رضا مصدقی و جناب آقای مهندس اسماعیل لندی که زحمت مشاوره این پژوهش را بر عهده داشتند کمال شکر و قدر دانی را دارم. از جناب آقای دکتر علیرضا سلطانی تودشکی و دکتر نعمت‌الله اعتمادی که زحمت بازخوانی و داوری این پایان نامه را به عهده گرفتند، شکر و قدر دانی می‌کنم.

از زحمات تمامی اساتید محترم گروه مهندسی آب که در اعطای علمی اینجانب مؤثر بودند خالصانه سپاسگزار می‌نمایم.

از بهکاری های صمیمانه مسئولین دانشگاه صنعتی اصفهان به ویژه کارکنان فضای سبز دانشگاه و مسئولین آزمایشگاه آبیاری صمیمانه شکر می‌نمایم.

و در نهایت یاد و خاطره تمامی دوستان گران قدر در دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد را گرامی می‌دارم. از بهکاری صمیمانه تمام بهکلاسی ها و دوستان نوجوم بویره آقایان نبی‌الله اشرفی، ابوزصاحی، مجید قربانی، آرش اسدیان، یاسین حسینی و به‌چنین از اعضای خانواده خود و به‌سرم به ویژه آقای مهندس محمد حسین مالکی و سایر کسانی که به نوعی ما را یاری داده ولی ذکر نام یکایک ایشان در این مجال نمی‌گنجد، سپاس گذاری نموده و سپروزی ایشان را در تمامی مراحل زندگی آرزو مندم.

علی مالکی

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج
مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از
تحقیق موضوع این پایان‌نامه (رساله) متعلق به
دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به:

همسر عزیز و مهربانم

و

پدر و مادر دلسوز و خداکارم

ساحت مقدس تنهانیاننده عرش بر فرش

نوید بخش بهار زندگی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول : مقدمه
۲	۱-۱- کلیات
۴	۲-۱- بیان مسئله و اهداف
	فصل دوم : بررسی منابع
۶	۱-۲- سیستم‌های آبیاری
۷	۲-۲- پیشینه پژوهش در سیستم‌های آبیاری و کاربرد پساب در آنها
۱۱	۳-۲- پساب و دلایل استفاده آن در کشاورزی و فضای سبز
۱۲	۲-۳-۱- اجزاء پساب
۱۳	۲-۴-۲- زیتون
۱۴	۲-۴-۱- گونه‌ها و ارقام زیتون کشت شده
۱۶	۲-۴-۲- مورفولوژی درخت زیتون
۱۷	۲-۴-۳- شرایط اقلیمی
۱۸	۲-۵- پیشینه تحقیقات در مورد گیاه زیتون
۲۱	۲-۶- آزمایش‌های هیدرولیکی
	فصل سوم : مواد و روش‌ها
۲۴	۳-۱- مشخصات مزرعه آزمایش
۲۵	۳-۲- طرح آماری و کلیات سایت‌های آزمایشی
۲۷	۳-۳- منابع و کیفیت آب و پساب مورد استفاده در آبیاری
۳۰	۳-۴- ویژگی‌های خاک محل آزمایش
۳۰	۳-۴-۱- چگالی ظاهری
۳۰	۳-۴-۲- تعیین مقدار FC و PWP در آزمایشگاه
۳۱	۳-۴-۳- تعیین مقدار رطوبت در حد FC در مزرعه
۳۳	۳-۵- اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع خاک با استفاده از دستگاه نفوذسنج گلف
۳۵	۳-۶- محاسبه نیاز آبی زیتون
۳۸	۳-۷- بررسی سیستم توزیع ریشه و انتخاب آرایش سیستم آبیاری نشتی- زیرسطحی
۳۹	۳-۷-۱- ساخت ماکت
۴۰	۳-۷-۲- مشخصات لوله استفاده شده در این پژوهش برای سیستم آبیاری نشتی- زیرسطحی
۴۰	۳-۷-۳- مشخصات پوشش لوله استفاده شده
۴۱	۳-۸- نصب سیستم آبیاری نشتی- زیرسطحی
۴۱	۳-۸-۱- چگونگی قرارگیری لوله و مقدار اختصاص یافته هر لوله به هر درخت
۴۳	۳-۸-۲- چگونگی نحوه ساخت لوله‌های آبیاری نشتی- زیرسطحی
۴۳	۳-۸-۳- روش نصب لوله‌های سوراخدار برای درختان بالغ

۴۳	-----	۳-۸-۴- روش نصب لوله‌های سوراخدار برای درختان تازه کاشت
۴۴	-----	۳-۹-۹- اجرای سیستم آبیاری سطحی
۴۴	-----	۳-۹-۱- تصحیح سیستم آبیاری سطحی برای درختان بالغ
۴۵	-----	۳-۹-۲- سیستم آبیاری سطحی درختان تازه کاشت
۴۵	-----	۳-۹-۳- روش انجام عملیات آبیاری
۴۵	-----	۳-۱۰-۱- پارامترهای اندازه‌گیری شده
۴۵	-----	۳-۱۰-۱- پارامترهای گیاهی
۴۶	-----	۳-۱۱-۱- آزمایش‌های هیدرولیکی
۴۷	-----	۳-۱۱-۱- اهداف آزمایش‌ها
۴۷	-----	۳-۱۱-۲- ساخت تجهیزات اندازه‌گیری هیدرولیکی در آزمایشگاه
۴۷	-----	۳-۱۱-۳- ساخت شناور
۴۹	-----	۳-۱۱-۴- ورودی آب
۴۹	-----	۳-۱۱-۵- نصب در مزرعه
۵۰	-----	۳-۱۱-۶- تنظیم دبی ورودی لوله سوراخدار
۵۱	-----	۳-۱۱-۷- انجام آزمایش
۵۲	-----	۳-۱۱-۸- جبهه رطوبتی
۵۲	-----	۳-۱۲- تجزیه و تحلیل داده‌ها

فصل چهارم: نتایج و بحث

۵۴	-----	۴-۱- مقدمه
۵۵	-----	۴-۲- بررسی اثر سیستم آبیاری و کیفیت آب بر شاخص‌های رشد میوه زیتون در سال دوم
۵۷	-----	۴-۳- صفات بررسی شده در میوه
۵۷	-----	۴-۳-۱- قطر میوه
۵۸	-----	۴-۳-۲- طول میوه
۵۸	-----	۴-۳-۳- حجم متوسط میوه
۵۹	-----	۴-۳-۴- وزن تازه میوه
۶۰	-----	۴-۳-۵- وزن خشک میوه
۶۰	-----	۴-۳-۶- محتوای آب میوه
۶۲	-----	۴-۳-۷- مقدار کل محصول برداشت شده
۶۲	-----	۴-۳-۸- بحث و نتیجه‌گیری در مورد شاخص‌های رشد میوه زیتون
۶۴	-----	۴-۴- بررسی اثر سیستم آبیاری و کیفیت آب بر شاخص‌های رشد درخت زیتون
۶۴	-----	۴-۴-۱- ارتفاع درخت
۶۷	-----	۴-۴-۲- گسترش عرضی تاج پوشش
۶۸	-----	۴-۴-۳- حجم تاج پوشش
۶۹	-----	۴-۴-۴- رشد شاخساره
۷۰	-----	۴-۴-۵- ارتفاع نهال‌ها

- ۷۱-۶-۴- بحث و نتیجه‌گیری در شاخص‌های رشد درختان زیتون
- ۷۲-۷-۴- نتایج آزمایش‌های هیدرولیکی
- ۷۳-۱-۷-۴- نتایج صعود آب در لوله‌های با طول ۱/۴ متر با دبی یکسان و حجم آب کاربردی مختلف
- ۷۵-۲-۷-۴- نتایج صعود آب در لوله‌های با طول ۱/۴ متر با دبی متفاوت و حجم آب کاربردی ثابت
- ۷۷-۳-۷-۴- محاسبه سرعت نفوذ در لوله
- ۷۷-۴-۷-۴- معادلات بکار رفته جهت اندازه‌گیری سرعت نفوذ
- ۷۹-۵-۷-۴- پارامترهای بکار رفته در معادلات
- ۸۵-۸-۴- توسعه مدل برای تخمین سرعت نفوذ
- ۸۶-۹-۴- گسترش جبهه رطوبتی در خاک
- ۸۷-۱-۹-۴- بررسی گسترش جبهه رطوبتی تحت تاثیر حجم‌های مختلف آب کاربردی در دبی ثابت
- ۸۹-۲-۹-۴- بررسی گسترش جبهه رطوبتی تحت تاثیر دبی‌های ورودی مختلف در حجم ثابت آب کاربردی
- ۹۲-۱۰-۴- توسعه مدل برای تخمین ارتفاع بیشینه محیط خیس شده
- ۹۲-۱۱-۴- توسعه مدل برای تخمین عرض بیشینه جبهه رطوبتی

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

- ۹۴-۱-۵- شاخص‌های گیاهی
- ۹۵-۲-۵- شاخص‌های هیدرولیکی
- ۹۵-۳-۵- پیشنهادات
- ۹۸- پیوست‌ها
- ۱۱۶- منابع

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۱۵	جدول ۱-۲ منشأ و ارقام خارجی زیتون موجود در ایران
۲۸	جدول ۱-۳ مقایسه پساب ورودی و خروجی تصفیه‌خانه دانشگاه صنعتی اصفهان.
۲۹	جدول ۲-۳ ویژگی‌های پساب استفاده شده برای آبیاری
۳۴	جدول ۳-۳ ویژگی‌های خاک محل آزمایش
۳۶	جدول ۴-۳ تبخیر تعرق مرجع، ضریب گیاهی و تبخیر تعرق گیاه زیتون (mm/day)
۳۷	جدول ۵-۳ نمونه محاسبه انجام شده جهت تعیین نیاز آبی
۵۴	جدول ۱-۴ علائم اختصاری
۵۵	جدول ۲-۴ تجزیه واریانس اثر سیستم آبیاری، کیفیت آب و اثر متقابل آن‌ها بر شاخص‌های میوه در سال ۱۳۹۱
۵۵	جدول ۳-۴ مقایسه میانگین اثر سیستم آبیاری بر شاخص‌های رشد میوه زیتون در سال ۱۳۹۱
۵۶	جدول ۴-۴ مقایسه میانگین کیفیت آب بر شاخص‌های رشد میوه زیتون در سال ۱۳۹۱
۵۶	جدول ۵-۴ مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها بر شاخص‌های رشد میوه زیتون در سال ۱۳۹۱
۶۵	جدول ۶-۴ تجزیه واریانس اثر سیستم آبیاری، کیفیت آب و اثر متقابل سیستم آبیاری و کیفیت آب بر شاخص‌های رشد درخت زیتون در سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۰
۶۵	جدول ۷-۴ مقایسه میانگین مربعات شاخص‌های رشد تحت تاثیر سیستم آبیاری در سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۰
۶۵	جدول ۸-۴ مقایسه میانگین شاخص‌های رشد تحت تاثیر کیفیت آب در سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱
۶۶	جدول ۹-۴ مقایسه میانگین اثر متقابل شاخص‌های رشد تحت تاثیر سیستم آبیاری و کیفیت آب در سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱
۷۳	جدول ۱۰-۴ ترکیب‌های دبی و حجم آب مصرفی در لوله سوراخ‌دار با طول ۱/۴ متر
۸۰	جدول ۱۱-۴ شدت نفوذ متوسط و فرصت نفوذ در ترکیب دبی و حجم‌های مختلف در تمامی مراحل آزمایش
۹۲	جدول ۱۲-۴ ابعاد بیشینه جبهه رطوبتی در ترکیب دبی و حجم‌های مختلف آب کاربردی

فهرست شکل‌ها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۶	شکل ۱-۲- درخت زیتون رقم روغنی
۲۵	شکل ۱-۳- موقعیت دو سایت آزمایشی در دانشگاه صنعتی اصفهان
۲۶	شکل ۲-۳- پلان طرح آزمایشی - سایت شماره یک
۲۷	شکل ۳-۳- موقعیت تصفیه‌خانه دانشگاه صنعتی اصفهان
۲۸	شکل ۴-۳- الف) لاگوها و محوطه تصفیه‌خانه دانشگاه صنعتی اصفهان ب و ج) حمل پساب به وسیله جرثقیل و استقرار در مزرعه د) ماشین مخصوص حمل پساب
۳۰	شکل ۵-۳- الف) مته نمونه‌گیر ب) نحوه انجام نمونه‌برداری خاک
۳۲	شکل ۶-۳- تغییرات رطوبت وزنی خاک در ۶ عمق خاک طی ۶ روز آزمایش برای تعیین رطوبت در حد FC خاک در سایت شماره ۱
۳۲	شکل ۷-۳- تغییرات رطوبت وزنی خاک در ۶ عمق خاک طی ۶ روز آزمایش برای تعیین رطوبت در حد FC در سایت شماره ۲
۳۴	شکل ۸-۳- دستگاه نفوذسنج گلف و چگونگی اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی
۳۷	شکل ۹-۳- مقدار تجمعی برآورد نیاز آبی و حجم آب کاربردی برای هر درخت بالغ در طی دوره آزمایش.
۳۸	شکل ۱۰-۳- مقدار تجمعی برآورد نیاز آبی و حجم آب کاربردی برای هر نهال زیتون در طی دوره آزمایش.
۳۹	شکل ۱۱-۳- پروفیل‌های نمونه‌برداری و موقعیت نمونه‌ها نسبت به درخت زیتون
۳۹	شکل ۱۲-۳- الف) و ب) لوازم شستشوی ریشه‌ها ج) دستگاه Delta T Scan
۴۰	شکل ۱۳-۳- ماکت‌های ساخته شده
۴۱	شکل ۱۴-۳- لوله کنگره‌دار سوراخ‌دار PVC با پوشش PLM مصنوعی
۴۲	شکل ۱۵-۳- الف) پلان و ب) مقطع موقعیت کارگذاری لوله سوراخ‌دار نسبت به درختان بالغ
۴۲	شکل ۱۶-۳- الف) مقطع و ب) پلان موقعیت کارگذاری لوله سوراخ‌دار نسبت به درختان تازه کاشت
۴۳	شکل ۱۷-۳- جزئیات اجزائی مخصوص درختان تازه کاشت
۴۳	شکل ۱۸-۳- چگونگی نصب لوله‌ها با آرایش خطی: الف) حفاری دستی ب) ترازبایی بوسیله دوربین جهت اجرای شیب
۴۴	شکل ۱۹-۳- میخکوبی و خط‌کشی جهت استقرار نهال الف) کاشت نهال و کار گذاشتن لوله بطور هم‌زمان ب)
۴۴	شکل ۲۰-۳- اصلاح سیستم آبیاری سطحی
۴۸	شکل ۲۱-۳- پلان و مقطع شناور ساخته شده
۴۹	شکل ۲۲-۳- نمونه ورودی طراحی شده
۵۰	شکل ۲۳-۳- الف) نصب لوله سوراخ‌دار در زمین ب) سرند کردن خاک محل جهت پوشاندن لوله سوراخ‌دار
۵۰	شکل ۲۴-۳- سیستم تامین و تنظیم آب در لوله سوراخ‌دار
۵۱	شکل ۲۵-۳- انجام آزمایش جهت اندازه‌گیری تغییرات ارتفاع آب
۵۲	شکل ۲۶-۳- الف) جبهه رطوبتی ایجاد شده ب) استفاده از چهارچوب مشبک جهت اندازه‌گیری ابعاد پیاز رطوبتی
۵۷	شکل ۱-۴- اثر متقابل سیستم آبیاری و کیفیت آب بر قطر میوه زیتون
۵۸	شکل ۲-۴- اثر متقابل سیستم آبیاری و کیفیت آب بر طول میوه زیتون
۵۹	شکل ۳-۴- اثر متقابل کیفیت آب و سیستم آبیاری بر حجم میوه
۶۰	شکل ۴-۴- اثر متقابل کیفیت آب و سیستم آبیاری بر وزن تر میوه

- شکل ۴-۱۵ اثر متقابل کیفیت آب و سیستم آبیاری بر وزن خشک میوه ----- ۶۱
- شکل ۴-۱۶ اثر متقابل کیفیت آب و سیستم آبیاری بر درصد محتوای آب میوه ----- ۶۱
- شکل ۴-۱۷ اثر متقابل کیفیت آب و سیستم آبیاری بر کل محصول ----- ۶۲
- شکل ۴-۱۸ اثر متقابل سیستم آبیاری و کیفیت آب روی ارتفاع درخت در دو سال پژوهش ----- ۶۷
- شکل ۴-۱۹ اثر متقابل سیستم آبیاری و کیفیت آب بر گسترش عرضی تاج پوشش ----- ۶۸
- شکل ۴-۱۱۰ اثر متقابل سیستم آبیاری و کیفیت آب بر رشد حجم تاج پوشش درخت ----- ۶۹
- شکل ۴-۱۱۱ اثر متقابل سیستم آبیاری و کیفیت آب بر رشد شاخساره ----- ۷۰
- شکل ۴-۱۱۲ اثر متقابل سیستم آبیاری و کیفیت آب بر رشد ارتفاع نهال ----- ۷۱
- شکل ۴-۱۳- منحنی تغییرات بار فشاری- زمان در لوله سوراخدار با دبی ورودی ۰/۱ لیتر بر ثانیه در حجم کاربردی ۳۰، ۶۰ و ۹۰ لیتر ----- ۷۴
- شکل ۴-۱۴- منحنی تغییرات بار فشاری- زمان در لوله سوراخدار با دبی ورودی ۰/۲ لیتر بر ثانیه در حجم کاربردی ۳۰، ۶۰ و ۹۰ لیتر ----- ۷۴
- شکل ۴-۱۵- منحنی تغییرات بار فشاری- زمان در لوله سوراخدار با دبی ورودی ۰/۳۵ لیتر بر ثانیه در حجم کاربردی ۳۰ و ۶۰ لیتر ----- ۷۵
- شکل ۴-۱۶- منحنی تغییرات بار فشاری- زمان در لوله سوراخدار در حجم آب کاربردی ۳۰ لیتر با دبی‌های ورودی ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳۵ لیتر بر ثانیه ----- ۷۵
- شکل ۴-۱۷- منحنی تغییرات بار فشاری- زمان در لوله سوراخدار در حجم آب کاربردی ۶۰ لیتر با دبی‌های ورودی ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳۵ لیتر بر ثانیه ----- ۷۶
- شکل ۴-۱۸- منحنی تغییرات بار فشاری- زمان در لوله سوراخدار در حجم آب کاربردی ۹۰ لیتر با دبی‌های ورودی ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳۵ لیتر بر ثانیه ----- ۷۶
- شکل ۴-۱۹- شماتیک تغییرات ارتفاع آب در لوله تغذیه ----- ۷۷
- شکل ۴-۲۰- سرعت نفوذ در مراحل مختلف آزمایش تحت تاثیر دبی و حجم آب کاربردی. ----- ۸۱
- شکل ۴-۲۱- روند تغییرات سرعت نفوذ تحت تاثیر حجم آب کاربردی و دبی ورودی در مرحله ۱ ----- ۸۳
- شکل ۴-۲۲- روند تغییرات سرعت نفوذ تحت تاثیر حجم آب کاربردی و دبی ورودی در مرحله ۲ ----- ۸۳
- شکل ۴-۲۳- روند تغییرات سرعت نفوذ تحت تاثیر حجم آب کاربردی و دبی ورودی در مرحله ۳ ----- ۸۴
- شکل ۴-۲۴- روند تغییرات سرعت نفوذ تحت تاثیر حجم آب کاربردی و دبی ورودی در مرحله ۴ ----- ۸۴
- شکل ۴-۲۵- روند تغییرات سرعت نفوذ تحت تاثیر حجم آب کاربردی و دبی ورودی در فاز تغذیه ----- ۸۵
- شکل ۴-۲۶- روند تغییرات سرعت نفوذ تحت تاثیر حجم آب کاربردی و دبی ورودی در فاز تخلیه ----- ۸۵
- شکل ۴-۲۷- الگوی توزیع آب اطراف لوله سوراخدار تحت تاثیر دبی ورودی و حجم آب کاربردی ----- ۸۷
- شکل ۴-۲۸- مقایسه گسترش جبهه رطوبتی اطراف لوله سوراخدار تحت تاثیر حجم آب کاربردی در دبی ۰/۱ لیتر بر ثانیه ----- ۸۸
- شکل ۴-۲۹- مقایسه گسترش جبهه رطوبتی اطراف لوله سوراخدار تحت تاثیر حجم آب کاربردی در دبی ۰/۲ لیتر بر ثانیه ----- ۸۹
- شکل ۴-۳۰- مقایسه گسترش جبهه رطوبتی اطراف لوله سوراخدار تحت تاثیر حجم آب کاربردی در دبی ۰/۳۵ لیتر بر ثانیه ----- ۸۹
- شکل ۴-۳۱- مقایسه گسترش جبهه رطوبتی اطراف لوله سوراخدار تحت تاثیر دبی ورودی در حجم ۳۰ لیتر ----- ۹۰
- شکل ۴-۳۲- مقایسه گسترش جبهه رطوبتی اطراف لوله سوراخدار تحت تاثیر دبی ورودی در حجم ۶۰ لیتر ----- ۹۱
- شکل ۴-۳۳- مقایسه گسترش جبهه رطوبتی اطراف لوله سوراخدار تحت تاثیر دبی ورودی در حجم ۹۰ لیتر ----- ۹۱