

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

نمایه شده

نمایه ساز:

تاریخ:



# ارائه و ارزیابی بیلان رطوبتی خاک زراعی

(مطالعه موردی: اراضی پردیس نازلو دانشگاه ارومیه)

موسی سبهبانی

دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی آبیاری

۱۳۸۲

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

استاد راهنما:

دکتر رضا دادمهر

۵۸۲۸۶

پایان نامه آقای موسی سبھانی به تاریخ ۱۳۸۲/۵/۱۲ شماره ۲-۲۷۴ مورد پذیرش هیأت  
داوران بارتبه‌گالی و نمره ۱۹ قرار گرفت.

۱- استاد راهنما و رئیس هیأت داوران

۲- داور خارجی

۳- داور داخلی

۴- نماینده تحصیلات تکمیلی

~~جناب آقای دکتر رضا دادمهر~~

~~جناب آقای دکتر ناصر رستم افشار~~

~~جناب آقای دکتر مهدی یاسی زکریا زاده~~

جناب آقای دکتر عیسی جهانگیر

# تقدیم به

آنکه قامت جوان و برافراشته‌اش را  
برای قد کشیدنم بی‌مضایقه هدیه کرد

**پدر**

آنکه نگاهش بی‌همتاترین است در عشق ورزیدن

**مادر**

آنها که بهار زندگیم  
به ترنم محبتشان آکنده است

**دو خواهر و دو برادرم**

## تقدیر و تشکر

بدینوسیله از کلیه عزیزانی که در انجام این امر مهم مرا یاری و حمایت نمودند تقدیر و تشکر می‌نمایم.

ابتدا از خانواده عزیزم که در تمام مراحل زندگی، مرا یاری و حمایت نمودند و نیز از عموی بزرگوارم (شکراله سبحانی) تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از استاد عزیزم جناب آقای دکتر رضا دادمهر که در تمامی مراحل انجام این تحقیق مرا یاری و حمایت نمودند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از جناب آقای دکتر حسین رضایی که در انجام کارهای آزمایشگاهی از راهنماییهای ایشان بهره فراوان جستم تشکر می‌نمایم.

از جناب آقای دکتر مهدی یاسی که دروس هیدرولیک، مدل‌های فیزیکی و هیدرولیکی، طراحی سازه‌های تنظیم آب و هیدرولیک رسوب را نزد ایشان آموختم تشکر می‌نمایم.

از جناب آقای دکتر مجید منتصری که درس هیدرولوژی تکمیلی را نزد ایشان آموختم تشکر می‌نمایم.

از اساتید دوران تحصیلم در مقطع کارشناسی، آقایان دکتر محمود شفاعی بجستان، دکتر سعید برومندنسب، دکتر حسین صدقی، دکتر مهدی قمشی، دکتر محمود بینا، دکتر حیدر علی کشکولی، دکتر سید حبیب موسوی جهرمی و مهندس رضا ابرجلال که از اساتید گروه آبیاری و آبادانی دانشگاه شهید چمران اهواز میباشند تشکر می‌نمایم.

از استاد گروه ریاضی، آقای دکتر اسکویی و از اساتید گروه فنی، آقایان دکتر مردانی، دکتر بدو، دکتر اخلاقی تشکر می‌نمایم.

از اعضاء هیأت علمی گروه آبیاری دانشگاه ارومیه، آقایان دکتر عیسی جهانگیر، مهندس ایلخانی، مهندس حقدوست، تشکر می‌نمایم.

از دوستان عزیزم آقایان: مهندس محمد جرجرزاده، مهندس غلامرضا میرزایی، شهرام علیزاده، مهندس مجتبی نوری، مهندس کامران زینالزاده، مهندس حمد حاتمی، مهندس ناصر نصیرزاده، مهندس رحیم حمزه پور، بهروز الفتیان، مهندس جواد محمدی، کاظم عیبات، احمد عتابی، عزیز فرطوسی، حمید گهرزاد، مهندس علیرضا نجفی، مهندس فرشید زندیا، مهندس فرهنگی، مهندس بهروز یعقوبی، مهندس علیرضا پیره، مهندس برین تشکر می‌نمایم.

از کارکنان گروه آبیاری دانشگاه ارومیه، آقایان مهندس عون، مهندس حبیبزاده، رنگرز، عبدالعلی پور، مهندس سرکانی، مهندس نامی فر و سلیم پور تشکر می‌نمایم.

از آقایان خدایی که اداره زمین‌های مورد مطالعه به عهده ایشان بود و قنبری (مسئول باغ سیب) تشکر می‌نمایم.

## چکیده

خاک به منزله مخزنی می‌باشد که آب در آن ذخیره می‌گردد بنابراین آگاهی و اطلاع از ظرفیت این مخزن و مقدار آبی که در آن ذخیره شده می‌تواند ما را در آبیاری بهینه یاری نماید. زیرا فاصله زمانی بین آبیاریها و ارتفاع آبی که در هر آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد بستگی به ذخیره رطوبتی خاک دارند. در تحقیق حاضر رطوبت خاک، به مدت ۲۲ هفته (به مدت تقریبی ۵ ماه)، هفته‌ای دو روز، بروش وزنی در باغ سیب، مزرعه ذرت و زمین دیم اراضی پردیس نازلو دانشگاه ارومیه اندازه‌گیری گردید. خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک نیز در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. منحنی مشخصه رطوبتی خاک باغ سیب و مزرعه ذرت تا عمق یک متری، با اندازه‌گیری نقاط پتانسیلی آب خاک نمونه‌های دست‌نخورده با استفاده از دستگاه صفحات فشاری بدست آمد. با استفاده از مدل‌های رالز و همکاران (۱۹۸۲)، کمپیل (۱۹۸۵)، ساکستون و همکاران (۱۹۸۶) و هاتسون و کاس (۱۹۸۷)، منحنی مشخصه رطوبتی خاک باغ سیب و مزرعه ذرت شبیه‌سازی گردید و نتایج حاصل از این مدلها با نتایج مشاهداتی مقایسه گردید. نتایج تحلیل‌های صورت گرفته نشان داد که مدل هاتسون و کاس (۱۹۸۷) در پیش‌بینی منحنی مشخصه رطوبتی خاک موفق‌تر عمل می‌کند، پس از این مدل، مدل کمپیل (۱۹۸۵)، برازش بهتری با نتایج مشاهداتی نشان داد. بنابراین از آنجاییکه مدل هاتسون و کاس (۱۹۸۷) جهت استفاده در مدل‌های شبیه‌ساز جریان آب در خاک تهیه شده است از داده‌های هیدرولیکی این مدل، در مدل کامپیوتری **SWIM** (نفوذ و حرکت آب در خاک، راس، ۱۹۹۰)، جهت شبیه‌سازی بیلان رطوبتی خاک باغ سیب و مزرعه ذرت استفاده گردید. همچنین از مدل کمپیل (۱۹۸۵) نیز جهت شبیه‌سازی منحنی مشخصه رطوبتی خاک زمین دیم استفاده شد. بیلان رطوبتی خاک اراضی مورد مطالعه نیز محاسبه، ارائه و ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که در باغ سیب و مزرعه ذرت، آبیاری‌های صورت گرفته، بدون توجه به ظرفیت رطوبتی خاک بوده که این امر موجب هدر رفتن آب در کل دوره آبیاری به ارتفاع حداقل ۱/۱۳۵ متر و به حجم ۱۱۳۵۰ مترمکعب در هر هکتار در باغ سیب و به ارتفاع حداقل ۱/۱۶۵ متر و به حجم ۱۱۶۵۰ مترمکعب در هر هکتار در مزرعه ذرت گردید. همچنین راندمان کاربردی در باغ سیب به میزان ۱۷ درصد و در مزرعه ذرت به میزان ۲۹ درصد بدست آمد. زمین دیم نیز که در قسمتی از مزرعه ذرت قرار داشت تحت‌تأثیر آب آبیاری اضافی در مزرعه ذرت قرار می‌گرفت و رطوبت در عمق‌های پایین این زمین افزایش می‌یافت. بیلان رطوبتی خاک باغ سیب و مزرعه ذرت نیز توسط مدل کامپیوتری **SWIM** شبیه‌سازی گردید. نتایج نشان داد این مدل توانست شبیه‌سازی خوبی از بیلان رطوبتی اراضی مزبور بنماید. مدل ارائه شده، داده‌های رطوبت حجمی باغ سیب و مزرعه ذرت را بترتیب با خطای کوچکی به میزان ۲ و ۲/۸ درصد برآورد نمود.

## فهرست مطالب

۱	فصل اول - مقدمه
۴	فصل دوم - مروری بر تحقیقات انجام شده
۱۱	فصل سوم - تئوری آب و خاک
۱۱	۱-۳ خاک و خصوصیات آن
۱۲	۱-۱-۳ ترکیب مکانیکی خاک
۱۲	۲-۱-۳ بافت خاک
۱۲	۳-۱-۳ ساختمان خاک
۱۴	۲-۳ وضعیت آب در خاک
۱۴	۳-۳ رطوبت خاک
۱۵	۴-۳ طبقات رطوبت خاک و سودمندی آنها
۱۶	۵-۳ جذب رطوبت خاک بوسیله ریشه گیاهان
۱۸	۶-۳ تأثیر میزان رطوبت خاک بر مقدار رطوبتی که گیاه جذب می کند
۱۹	۷-۳ رطوبت جرمی و حجمی خاک
۲۰	۸-۳ اندازه گیری رطوبت خاک
۲۱	۱-۸-۳ اندازه گیری رطوبت به روش وزنی
۲۱	۲-۸-۳ اندازه گیری رطوبت با دستگاه نوترون متر
۲۳	۳-۸-۳ اندازه گیری رطوبت با دستگاه تابش گاما
۲۳	۴-۸-۳ اندازه گیری رطوبت به روش انعکاس سنجی زمانی
۲۵	۵-۸-۳ اندازه گیری رطوبت به روش مقاومت الکتریکی
۲۶	۶-۸-۳ اندازه گیری رطوبت با مکش سنج
۲۶	۹-۳ خطای نمونه برداری
۲۷	۱۰-۳ بیلان آب
۲۷	۱-۱۰-۳ بیلان آب در منطقه ریشه
۲۹	۲-۱۰-۳ بیلان آب در اراضی مرتفع
۳۰	۳-۱۰-۳ بیلان آب در اراضی پست
۳۰	۴-۱۰-۳ ارزیابی بیلان آب

۳۲	۱۱-۳ برنامه‌ریزی آبیاری
۳۲	۱۲-۳ تعیین زمان آبیاری
۳۲	۱-۱۲-۳ نمایه‌های گیاهی
۳۳	۲-۱۲-۳ نمایه‌های خاک
۳۴	۳-۱۲-۳ روشهای بودجه آبی
۳۶	۱۳-۳ نقاط پتانسیلی مهم آب خاک
۳۶	۱-۱۳-۳ ظرفیت زراعی
۳۶	۲-۱۳-۳ نقطه پژمردگی
۳۷	۳-۱۳-۳ آب قابل دسترس
۳۸	۴-۱۳-۳ آب سهل الوصول
۳۹	pF ۵-۱۳-۳
۴۰	۱۴-۳ اندازه‌گیری نقاط پتانسیلی آب خاک
۴۰	۱-۱۴-۳ دستگاه صفحات فشاری
۴۱	۲-۱۴-۳ سانتریفوژهای دور سریع
۴۱	۳-۱۴-۳ سایکرومتر ترموکوپل (رطوبت سنج دما جفت)
۴۲	۴-۱۴-۳ روش صحرایی تعیین ظرفیت زراعی
۴۲	۵-۱۴-۳ کشت گلدانی
۴۳	۱۵-۳ منحنی مشخصه رطوبتی خاک
۴۳	۱-۱۵-۳ توصیف مختصر منحنی مشخصه رطوبتی خاک
۴۴	۲-۱۵-۳ پدیده پس‌ماند
۴۶	۳-۱۵-۳ فشار ورود هوا
۴۶	۱۶-۳ مدلسازی منحنی مشخصه رطوبتی خاک
۴۷	۱-۱۶-۳ مدل رالز و همکاران (۱۹۸۲)
۴۸	۲-۱۶-۳ مدل کمپیل (۱۹۸۵)
۵۰	۳-۱۶-۳ مدل ساکستون و همکاران (۱۹۸۶)
۵۲	۴-۱۶-۳ مدل هاتسون و کاس (۱۹۸۷)
۵۹	۱۷-۳ اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی
۵۹	۱-۱۷-۳ اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی به روش بار ثابت
۵۹	۲-۱۷-۳ اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی به روش بار افتان
۶۱	۱۸-۳ مدل SWIM
۶۲	۱-۱۸-۳ خصوصیات مدل
۶۲	۲-۱۸-۳ اجزاء مدل



۶۲	۱-۲-۱۸-۳ SWIMFILE - برنامه آماده‌سازی داده‌های ورودی
۶۴	۲-۲-۱۸-۳ SWIMEV - برنامه شبیه‌سازی
۶۴	۳-۲-۱۸-۳ SWIMPLOT - برنامه نمایش گرافیکی داده‌های خروجی
۶۵	۳-۱۸-۳ معادله ریچاردز
۶۶	۴-۱۸-۳ فرضیات مدل
۶۷	فصل چهارم - روش تحقیق
۶۷	۱-۴ موقعیت محل آزمایش
۶۷	۲-۴ عملیات صحرائی
۶۹	۳-۴ عملیات آزمایشگاهی
۶۹	۱-۳-۴ تعیین منحنی دانه‌بندی و بافت خاک
۷۶	۲-۳-۴ تعیین وزن مخصوص حقیقی و درصد مواد آلی خاک
۷۶	۳-۳-۴ تعیین هدایت هیدرولیکی
۷۷	۴-۳-۴ اندازه‌گیری نقاط پتانسیلی و تعیین وزن مخصوص ظاهری خاک
۷۸	۵-۳-۴ تعیین درصد رطوبت جرمی و حجمی
۸۷	فصل پنجم - بحث و نتایج
۸۷	۱-۵ منحنی مشخصه رطوبتی خاک باغ سیب و مزرعه ذرت
۸۷	۲-۵ برازش داده‌های رطوبتی خاک با مدل‌های مورد مطالعه
۸۷	۱-۲-۵ برازش داده‌های رطوبتی خاک با مدل رالز و همکاران (۱۹۸۲)
۹۰	۲-۲-۵ برازش داده‌های رطوبتی خاک با مدل کمپیل (۱۹۸۵)
۹۱	۳-۲-۵ برازش داده‌های رطوبتی خاک با مدل ساکستون و همکاران (۱۹۸۶)
۹۲	۴-۲-۵ برازش داده‌های رطوبتی خاک با مدل هاتسون و کاس (۱۹۸۷)
۹۴	۵-۲-۵ ارزیابی مدل‌های مورد مطالعه
۹۹	۳-۵ منحنی مشخصه رطوبتی خاک زمین دیم
۱۰۰	۴-۵ ارائه و ارزیابی بیلان رطوبتی خاک اراضی مورد مطالعه
۱۰۲	۱-۴-۵ ارائه و ارزیابی بیلان رطوبتی خاک باغ سیب
۱۳۵	۲-۴-۵ ارائه و ارزیابی بیلان رطوبتی خاک مزرعه ذرت
۱۶۸	۳-۴-۵ ارائه و ارزیابی بیلان رطوبتی خاک زمین دیم
۱۷۸	۵-۵ شبیه‌سازی بیلان رطوبتی خاک باغ سیب و مزرعه ذرت توسط مدل SWIM
۱۷۸	۱-۵-۵ شبیه‌سازی بیلان رطوبتی خاک باغ سیب

۱۷۸	۲-۵-۵ شبیه‌سازی بیلان رطوبتی خاک مزرعه ذرت
۱۸۸	فصل ششم - نتایج شاخص و پیشنهادات
۱۸۸	۱-۶ نتایج شاخص
۱۸۸	۱-۱-۶ نتایج شاخص در باغ سیب
۱۸۹	۲-۱-۶ نتایج شاخص در مزرعه ذرت
۱۹۰	۳-۱-۶ نتایج شاخص در زمین دیم
۱۹۰	۴-۱-۶ نتایج شاخص مدل SWIM برای باغ سیب
۱۹۱	۵-۱-۶ نتایج شاخص مدل SWIM برای مزرعه ذرت
۱۹۱	۲-۶ پیشنهادات
۱۹۲	ضمیمه الف
۲۰۱	ضمیمه ب
۲۱۴	منابع

## فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۳ اجزاء تشکیل دهنده خاک معمولی زراعی که در آن حدود ۵۰ درصد حجمی را مواد جامد و ۵۰ درصد دیگر را منافذی تشکیل می‌دهد که می‌تواند به تناسب از هوا یا آب پر شده باشد. ۱۳
- شکل ۲-۳ مثلث بافت خاک ۱۳
- شکل ۳-۳ طبقات رطوبت خاک، سودمندی شان برای گیاهان و وضعیت زهکشی آنها ۱۵
- شکل ۴-۳ توزیع ریشه گیاه یونجه در خاکی که سطح ایستابی آن کم عمق و در ۷۵ سانتی متری سطح زمین قرار دارد. ۱۷
- شکل ۵-۳ مقدار آب مصرفی گیاه یونجه از هر متر خاک منطقه ریشه در یک منطقه خشک با سطح ایستابی عمیق ۱۷
- شکل ۶-۳ مقدار آب مصرفی گیاه پنبه از هر متر خاک در یک منطقه خشک با سطح ایستابی عمیق ۱۷
- شکل ۷-۳ منحنی تغییرات میزان جذب رطوبت خاک با توجه به مقدار رطوبت و عمق ۱۸
- شکل ۸-۳ چگونگی جذب رطوبت خاک توسط ریشه های گیاه ۱۹
- شکل ۹-۳ توصیف عناصر تشکیل دهنده بیلان آب در حجم مشخص شده‌ای از خاک ۲۹
- شکل ۱۰-۳ تیپ منحنی های مشخصه رطوبتی خاک ۴۳
- شکل ۱۱-۳ منحنی های رطوبت زدایی و رطوبت گیری و پدیده پس ماند ۴۵
- شکل ۱۲-۳ ناحیه معتبر مثلث بافت خاک برای معادلات ساکستون و همکاران ۵۴
- شکل ۱۳-۳ مقایسه نتایج معادلات استخراجی ساکستون و همکاران با معادله رالز و همکاران ۵۴
- شکل ۱۴-۳ منحنی های رطوبتی پیش بینی شده برای کلاس های بافت خاک در محدوده پتانسیل صفر تا ۱۵۰۰ کیلو پاسکال ۵۵
- شکل ۱۵-۳ منحنی های رطوبتی پیش بینی شده برای کلاس های بافت خاک در محدوده پتانسیل صفر تا ۵۰ کیلو پاسکال ۵۵
- شکل ۱۶-۳ مقایسه داده‌های برآوردی با داده‌های مشاهداتی ۵۶
- شکل ۱۷-۳ شکل عمومی حاصل از مدل دو قسمتی منحنی مشخصه خاک ۵۸
- شکل ۱۸-۳ دستگاه اندازه گیری هدایت هیدرولیکی به روش بار ثابت ۶۰
- شکل ۱۹-۳ دستگاه اندازه گیری هدایت هیدرولیکی به روش بار افتان ۶۰
- شکل ۲۰-۳ هدایت هیدرولیکی خاکهای متفاوت در حالت اشباع ۶۱
- شکل ۱-۴ موقعیت منطقه مورد مطالعه در اراضی پردیس نازلو- دانشگاه ارومیه ۶۸
- شکل ۲-۴ تغییرات ارتفاع آب (در اثر آب آبیاری اضافی) درون چاله‌های حفر گردیده در اراضی مورد مطالعه ۷۱
- شکل ۳-۴ نمونه‌ای از تغییرات ارتفاع آب (در اثر آب آبیاری اضافی) در چاله‌های حفر گردیده در اراضی مورد مطالعه ۷۲
- شکل ۳-۴ منحنی‌های دانه‌بندی پروفیل یک متری خاک باغ سیب ۷۳
- شکل ۴-۴ منحنی‌های دانه‌بندی پروفیل یک متری خاک مزرعه ذرت ۷۴

- شکل ۴-۵ منحنی‌های دانه‌بندی پروفیل یک متری خاک زمین دیم ۷۵
- شکل ۵-۱ منحنی مشخصه رطوبتی خاک باغ سیب تا عمق یک متری ۸۸
- شکل ۵-۲ منحنی مشخصه رطوبتی خاک مزرعه ذرت تا عمق یک متری ۸۹
- شکل ۵-۳ مقایسه منحنی مشخصه رطوبتی حاصل از نتایج مشاهداتی و برآوردی باغ سیب ۹۶
- شکل ۵-۴ مقایسه منحنی مشخصه رطوبتی حاصل از نتایج مشاهداتی و برآوردی مزرعه ذرت ۹۷
- شکل ۵-۵ مقایسه نتایج مشاهداتی و نتایج برآوردی توسط مدل‌های کمپبل، رالز و همکاران، ساکستون و همکاران و هاتسون و کاس ۹۸
- شکل ۵-۶ منحنی مشخصه رطوبتی برآوردی زمین دیم تا عمق یک متری ۱۰۱
- شکل ۵-۷ بیلان رطوبتی خاک ماه‌های نمونه‌برداری باغ سیب ۱۰۷
- شکل ۵-۸ وضعیت رطوبت خاک تا عمق یک متری نسبت به ظرفیت زراعی، رطوبت در نقطه سهل الوصول و نقطه پژمردگی در ماه اول نمونه‌برداری در باغ سیب ۱۱۴
- شکل ۵-۹ وضعیت رطوبت خاک تا عمق یک متری نسبت به ظرفیت زراعی، رطوبت در نقطه سهل الوصول و نقطه پژمردگی در ماه دوم نمونه‌برداری باغ سیب ۱۱۷
- شکل ۵-۱۰ وضعیت رطوبت خاک تا عمق یک متری نسبت به ظرفیت زراعی، رطوبت در نقطه سهل الوصول و نقطه پژمردگی در ماه سوم نمونه‌برداری باغ سیب ۱۱۹
- شکل ۵-۱۱ وضعیت رطوبت خاک تا عمق یک متری نسبت به ظرفیت زراعی، رطوبت در نقطه سهل الوصول و نقطه پژمردگی در ماه چهارم نمونه‌برداری باغ سیب ۱۲۱
- شکل ۵-۱۲ وضعیت رطوبت خاک تا عمق یک متری نسبت به ظرفیت زراعی، رطوبت در نقطه سهل الوصول و نقطه پژمردگی در ماه پنجم نمونه‌برداری باغ سیب ۱۲۳
- شکل ۵-۱۳ بیلان رطوبتی خاک روزه‌های پیش و پس از آبیاری باغ سیب ۱۲۵
- شکل ۵-۱۴ مقایسه تغییرات رطوبت عمق‌های نمونه‌برداری شده در کل دوره نمونه‌برداری باغ سیب ۱۳۰
- شکل ۵-۱۵ مقایسه تغییرات رطوبت تا عمق یک متری در عمق‌های نمونه‌برداری شده در کل دوره نمونه‌برداری باغ سیب ۱۳۲
- شکل ۵-۱۶ آب مصرفی عمق‌های نمونه‌برداری در باغ سیب ۱۳۳
- شکل ۵-۱۷ درصد آب مصرفی عمق‌های نمونه‌برداری در کل دوره در باغ سیب ۱۳۳
- شکل ۵-۱۸ آب اضافی تجمعی خاک در ماه‌های نمونه‌برداری در باغ سیب ۱۳۴
- شکل ۵-۱۹ وضعیت آب مصرفی خاک در دوره نمونه‌برداری در باغ سیب ۱۳۴
- شکل ۵-۲۰ بیلان رطوبتی خاک ماه‌های نمونه‌برداری مزرعه ذرت ۱۳۹
- شکل ۵-۲۱ وضعیت رطوبت خاک تا عمق یک متری نسبت به ظرفیت زراعی، رطوبت در نقطه سهل الوصول و نقطه پژمردگی در ماه اول نمونه‌برداری مزرعه ذرت ۱۴۶
- شکل ۵-۲۲ وضعیت رطوبت خاک تا عمق یک متری نسبت به ظرفیت زراعی، رطوبت در نقطه سهل الوصول و نقطه پژمردگی در ماه دوم نمونه‌برداری مزرعه ذرت ۱۴۸

- شکل ۲۳-۵ وضعیت رطوبت خاک تا عمق یک متری نسبت به ظرفیت زراعی، رطوبت در نقطه سهل الوصول و نقطه پژمردگی در ماه سوم نمونه برداری مزرعه ذرت  
۱۵۰
- شکل ۲۴-۵ وضعیت رطوبت خاک تا عمق یک متری نسبت به ظرفیت زراعی، رطوبت در نقطه سهل الوصول و نقطه پژمردگی در ماه چهارم نمونه برداری مزرعه ذرت  
۱۵۳
- شکل ۲۵-۵ وضعیت رطوبت خاک تا عمق یک متری نسبت به ظرفیت زراعی، رطوبت در نقطه سهل الوصول و نقطه پژمردگی در ماه پنجم نمونه برداری مزرعه ذرت  
۱۵۶
- شکل ۲۶-۵ بیان رطوبتی خاک روزهای پیش و پس از آبیاری مزرعه ذرت  
۱۵۸
- شکل ۲۷-۵ مقایسه تغییرات رطوبت عمق‌های نمونه برداری شده در کل دوره نمونه برداری مزرعه ذرت  
۱۶۳
- شکل ۲۸-۵ مقایسه تغییرات رطوبت تا عمق یک متری در عمق‌های نمونه برداری شده در کل دوره نمونه برداری مزرعه ذرت  
۱۶۵
- شکل ۲۹-۵ آب مصرفی عمق‌های نمونه برداری در مزرعه ذرت  
۱۶۶
- شکل ۳۰-۵ درصد آب مصرفی عمق‌های نمونه برداری در کل دوره در مزرعه ذرت  
۱۶۶
- شکل ۳۱-۵ آب اضافی تجمعی خاک در ماههای نمونه برداری در مزرعه ذرت  
۱۶۷
- شکل ۳۲-۵ وضعیت آب مصرفی خاک در دوره نمونه برداری در مزرعه ذرت  
۱۶۷
- شکل ۳۳-۵ بیان رطوبتی خاک ماههای نمونه برداری زمین دیم  
۱۷۲
- شکل ۳۴-۵ مقایسه تغییرات رطوبت عمق‌های نمونه برداری شده در کل دوره نمونه برداری زمین دیم  
۱۷۴
- شکل ۳۵-۵ مقایسه تغییرات رطوبت تا عمق یک متری در عمق‌های نمونه برداری شده در کل دوره نمونه برداری زمین دیم  
۱۷۶
- شکل ۳۶-۵ مقایسه تغییرات رطوبت در عمق ۶۰-۸۰ سانتی‌متر در کل دوره نمونه برداری برای اراضی مورد مطالعه  
۱۷۷
- شکل ۳۷-۵ مقایسه مقادیر رطوبت حجمی اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده عمق‌های نمونه برداری در باغ سیب  
۱۸۴
- شکل ۳۸-۵ مقایسه مقادیر رطوبت حجمی اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده عمق‌های نمونه برداری در مزرعه ذرت  
۱۸۶

## فهرست جدول‌ها

۳۸	جدول ۱-۳ مقادیر ظرفیت زراعی، حد آب قابل جذب و ظرفیت نگهداری آب در خاکهای مختلف
۳۹	جدول ۲-۳ حداکثر تخلیه رطوبت (MAD) و حداکثر عمق توسعه ریشه‌ها در مورد برخی از گیاهان
۴۷	جدول ۳-۳ خلاصه ضرایب معادله دگرسیون خطی رالز و همکاران
۵۳	جدول ۴-۳ خلاصه معادلات منحنی مشخصه رطوبتی خاک در روش ساکستون و همکاران
۵۸	جدول ۵-۳ خلاصه معادلات درصد رطوبت و پتانسیل فشاری تابع رطوبتی دو قسمتی
۷۰	جدول ۱-۴ تغییرات ارتفاع آب (در اثر آب آبیاری اضافی) درون چاله‌های حفر گردیده در اراضی مورد مطالعه
۷۹	جدول ۲-۴ خلاصه مشخصات نمونه‌های خاک اراضی مورد مطالعه
۸۰	جدول ۳-۴ مقادیر درصد رطوبت حجمی حاصل از آزمایش اندازه‌گیری نقاط پتانسیلی جهت تعیین منحنی مشخصه رطوبتی خاک باغ سیب و مزرعه ذرت
۸۰	جدول ۴-۴ مقادیر درصد رطوبت حجمی در حالت اشباع و نقاط پتانسیلی مهم خاک باغ سیب و مزرعه ذرت
۸۱	جدول ۵-۴ مقادیر درصد رطوبت حجمی روزهای نمونه‌برداری در باغ سیب
۸۳	جدول ۶-۴ مقادیر درصد رطوبت حجمی روزهای نمونه‌برداری مزرعه ذرت
۸۵	جدول ۷-۴ مقادیر درصد رطوبت حجمی روزهای نمونه‌برداری زمین دیم
۹۰	جدول ۱-۵ نتایج پارامترهای مورد نیاز مدل کمپیل برای زمین‌های باغ سیب و مزرعه ذرت
۹۱	جدول ۲-۵ مقادیر درصد رطوبت حجمی برآوردی مدل کمپیل برای زمین‌های باغ سیب و مزرعه ذرت
۹۱	جدول ۳-۵ مقادیر درصد رطوبت حجمی برآوردی مدل رالز و همکاران برای زمین‌های باغ سیب و مزرعه ذرت
۹۲	جدول ۴-۵ پارامترهای برآوردی توسط مدل ساکستون برای زمین‌های باغ سیب و مزرعه ذرت
۹۲	جدول ۵-۵ مقادیر درصد رطوبت حجمی برآوردی مدل ساکستون و همکاران برای زمین‌های باغ سیب و مزرعه ذرت
۹۳	جدول ۶-۵ پارامترهای برآوردی توسط مدل هاتسون و کاس برای زمین‌های باغ سیب و مزرعه ذرت
۹۳	جدول ۷-۵ مقادیر درصد رطوبت حجمی برآوردی مدل هاتسون و کاس برای زمین‌های باغ سیب و مزرعه ذرت
۹۵	جدول ۸-۵ مقایسه نتایج حاصل از تحلیل آماری داده‌های برآوردی توسط مدل‌ها
۹۹	جدول ۹-۵ نتایج پارامترهای مورد نیاز مدل کمپیل برای زمین دیم
۱۰۰	جدول ۱۰-۵ مقادیر درصد رطوبت حجمی برآوردی مدل کمپیل برای زمین دیم
۱۰۳	جدول ۱۱-۵ بیلان رطوبتی خاک روزهای نمونه‌برداری در باغ سیب
۱۰۵	جدول ۱۲-۵ بارندگی و آبیاری‌های صورت گرفته در باغ سیب
۱۱۰	جدول ۱۳-۵ بیلان رطوبتی خاک روزهای نمونه‌برداری پیش از آبیاری و بارندگی در باغ سیب
۱۱۱	جدول ۱۴-۵ بیلان رطوبتی خاک روزهای نمونه‌برداری پس از آبیاری و بارندگی در باغ سیب
۱۲۷	جدول ۱۵-۵ آب مصرفی توسط گیاه در عمق‌های نمونه‌برداری خاک باغ سیب
۱۲۸	جدول ۱۶-۵ آب مصرفی در خاک توسط گیاه در دوره نمونه‌برداری برای پروفیل یک متری خاک در باغ سیب

۱۲۹	جدول ۵-۱۷ نتایج آب بکار رفته، مصرفی و تلفات در باغ سیب
۱۳۶	جدول ۵-۱۸ بیلان رطوبتی خاک روزهای نمونه برداری مزرعه ذرت
۱۳۸	جدول ۵-۱۹ بارندگی و آبیاری‌های صورت گرفته در مزرعه ذرت
۱۴۲	جدول ۵-۲۰ بیلان رطوبتی خاک روزهای نمونه برداری پیش از آبیاری و بارندگی در مزرعه ذرت
۱۴۳	جدول ۵-۲۱ بیلان رطوبتی خاک روزهای نمونه برداری پس از آبیاری و بارندگی در مزرعه ذرت
۱۶۰	جدول ۵-۲۲ آب مصرفی در عمق‌های نمونه برداری در مزرعه ذرت
۱۶۱	جدول ۵-۲۳ آب مصرفی در خاک در دوره نمونه برداری برای پروفیل یک متری خاک در مزرعه ذرت
۱۶۲	جدول ۵-۲۴ نتایج آب بکار رفته، مصرفی و تلفات در مزرعه ذرت
۱۷۰	جدول ۵-۲۵ بیلان رطوبتی خاک روزهای نمونه برداری زمین دیم
۱۸۰	جدول ۵-۲۶ مقادیر رطوبت حجمی ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ) شبیه‌سازی شده توسط مدل SWIM برای باغ سیب
۱۸۱	جدول ۵-۲۷ نتایج تحلیل آماری داده‌های شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده باغ سیب
۱۸۲	جدول ۵-۲۸ مقادیر رطوبت حجمی ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ) شبیه‌سازی شده توسط مدل SWIM برای مزرعه ذرت
۱۸۳	جدول ۵-۲۹ نتایج تحلیل آماری داده‌های شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده مزرعه ذرت
۱۹۲	جدول الف-۱ نتایج آزمایش دانه‌بندی خاک مانده روی الک شماره ۱۰ - باغ سیب
۱۹۳	جدول الف-۲ نتایج آزمایش دانه‌بندی خاک مانده روی الک شماره ۱۰ - مزرعه ذرت
۱۹۴	جدول الف-۳ نتایج آزمایش دانه‌بندی خاک مانده روی الک شماره ۱۰ - زمین دیم
۱۹۵	جدول الف-۴ نتایج آزمایش دانه‌بندی خاک مانده روی الک شماره ۲۷۰ - باغ سیب
۱۹۶	جدول الف-۵ نتایج آزمایش دانه‌بندی خاک مانده روی الک شماره ۲۷۰ - مزرعه ذرت
۱۹۷	جدول الف-۶ نتایج آزمایش دانه‌بندی خاک مانده روی الک شماره ۲۷۰ - زمین دیم
۱۹۸	جدول الف-۷ نتایج آزمایش هیدرومتر - باغ سیب
۱۹۹	جدول الف-۸ نتایج آزمایش هیدرومتر - مزرعه ذرت
۲۰۰	جدول الف-۹ نتایج آزمایش هیدرومتر - زمین دیم
۲۰۱	جدول ب-۱ نتایج نمونه برداری ماه اول نمونه برداری (اردیبهشت) در اراضی مورد مطالعه
۲۰۴	جدول ب-۲ نتایج نمونه برداری ماه دوم نمونه برداری (خرداد) در اراضی مورد مطالعه
۲۰۶	جدول ب-۳ نتایج نمونه برداری ماه سوم نمونه برداری (تیر) در اراضی مورد مطالعه
۲۰۹	جدول ب-۴ نتایج نمونه برداری ماه چهارم نمونه برداری (مرداد) در اراضی مورد مطالعه
۲۱۲	جدول ب-۵ نتایج نمونه برداری ماه پنجم نمونه برداری (شهریور) در اراضی مورد مطالعه