

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي
خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ
وَالَّذِي يُضَوِّبُ الْمَوْتَى
إِنَّ رَبَّهُ لَسَدِيدٌ
إِلَىٰ عَرْشِهِ الرَّحِيمُ
الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيَّاحَ
تُضَوِّبُ السَّحَابَ الْمَوْبِقَ
فَيَأْتِي السَّمَاءَ بِسُحُبٍ
مَوْبِقَةٍ أَسْفَلَ سَافِلَاتِ
السَّمَاوَاتِ فَتُمْطَرُ
بِالْمَاءِ الْمُبَارَكِ
الَّذِي يُسْقِي بِهِ الْبَلَدَ
الْمَوْتَىٰ وَهُوَ الْحَيُّ
الْقَدِيمُ الْحَقِيقُ
الَّذِي يُنَزِّلُ الْمَطَرَ
إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ
لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ

189442 - 2.11919



دانشگاه شهید چمران اهواز
دانشکده مهندسی علوم آب
گروه آبیاری زهکشی

رساله دکتری آبیاری وزهکشی

عنوان:

بررسی اثر روشهای آبیاری معمولی (CI)، کم آبیاری تنظیم شده (RDI) و کم آبیاری به صورت خشکی موضعی ریشه (PRD) بر بهره وری آب (WP) و کارایی مصرف آب (WUE) آفتابگردان

نگارش:

محمد الباجی

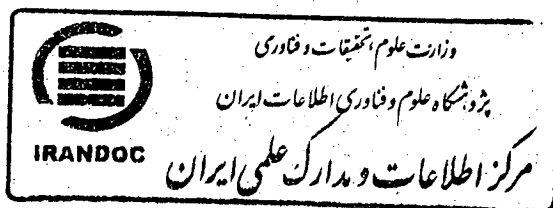
اساتید راهنما:

دکتر سعید برومند نسب دکتر مجید بهزاد

اساتید مشاور:

دکتر علی شاهنظری دکتر عبد علی ناصری

آبان ۱۳۸۹



۱۵۹۹۴۲

۱۳۹۰/۳/۲۹

به نام خدا

نتیجه ارزشیابی پایان نامه دکتری

بدینوسیله گواهی می‌گردد پایان نامه آقای محمد الباجی دانشجوی رشته آبیاری و زهکشی از دانشکده مهندسی علوم آب به شماره دانشجویی ۸۶۷۰۳۰۴ تحت عنوان :

« بررسی اثر روشهای آبیاری معمولی (CI)، کم آبیاری تنظیم شده (RDI) و کم آبیاری به صورت خشکی موضعی ریشه (PRD) بر بهره وری آب (WP) و کارایی مصرف آب (WUE) آفتابگردان »

جهت اخذ درجه دکتری (پی.اچ.دی) در تاریخ ۱۳۸۹/۸/۱۲ توسط هیئت داوران مورد ارزشیابی قرار گرفت و با درجه عالی تصویب گردید.

امضاء	مرتبۀ علمی	اعضای هیئت داوران
	استاد	استاد راهنما (۱): دکتر مجید بهزاد
	استاد	استاد راهنما (۲): دکتر سعید برومندنسب
	دانشیار	استاد مشاور (۱): دکتر عبدعلی ناصری
	استادیار	استاد مشاور (۲): دکتر علی شاه نظری
	استاد	داور خارجی (۱): دکتر عبدالمجید لیاقت
	استادیار	داور خارجی (۲): دکتر محمدرضا خالدیان
	دانشیار	داور داخلی (۱): دکتر هادی معاضد
	استادیار	داور داخلی (۲): دکتر عبدالحجیم هوشمند

نماینده تحصیلات تکمیلی: دکتر سید محمود کاشفی پور



تقدیم به:

کسانی که به من آموختند چگونه بیاموزم

پدر و مادر ارجمندم

و کسانی که همراه من بودند در این آموختن

همسر مهربانم و

خواهران گرامیم

تقدیر و تشکر

بر خود لازم میدانم که از زحمات و حمایت تمام کسانی که در انجام این رساله مرا یاری نمودند کمال تشکر و سپاسگزاری را داشته باشم.

باتشکر و سپاس فراوان از:

جناب آقای دکتر مجید بهزاد و جناب آقای دکتر سعید برومند نسب اساتید راهنمای بزرگواری که صادقانه و خالصانه راهنمایی این رساله را بر عهده داشتند و الگوی شایسته ای از علم و اخلاق در طول این دوره برای اینجانب بودند.

جناب آقای دکتر عبد علی ناصری و جناب آقای دکتر علی شاهنظری اساتید مشاور محترم که با هدایت این رساله و اشاره به نکات کاربردی همواره دید وسیعتری جهت آگاهی بهتر به وجود می آوردند.

جناب آقای دکتر موسی مسگر باشی که تمهیدات و حمایت خاصی در بستر سازی انجام رساله به عهده داشتند.

جناب آقای دکتر علیرضا رضانیا (مدیر عامل محترم سازمان آب و برق خوزستان) ، جناب آقای مهندس محمد رضا تندرو (معاونت محترم طرح و توسعه شبکه های آبیاری و زهکشی)، جناب آقای مهندس غلام رضا خواجه ساهوتی (مدیر محترم دفتر تحقیقات و استانداردهای توسعه شبکه های آبیاری و زهکشی)، سر کار خانم دکتر مونا گلابی، جناب آقای مهندس محسن حسین زاده و دوستان گرانقدرم جناب آقایان مهندس مهدی جوزی ، فرامرز جودی، فاروق عچرش و تمام کسانی که به هر نحو اینجانب را مورد لطف خود قرار دادند.

محمد الباجی

آبان ۱۳۸۹

چکیده پایان نامه

نام خانوادگی: الباجی	نام: محمد
عنوان پایان نامه: بررسی اثر روشهای آبیاری معمولی، کم آبیاری تنظیم شده و کم آبیاری به صورت خشکی موضعی ریشه بر بهره وری آب و کارایی مصرف آب آفتابگردان	
اساتید راهنما: دکتر مجید بهزاد و دکتر سعید برومند نسب	اساتید مشاور: دکتر عبدالعلی ناصری و دکتر علی شاهنظری
درجه تحصیلی: دکتری تخصصی	رشته: مهندسی علوم آب
محل تحصیل: دانشگاه شهید چمران اهواز	گرایش: آبیاری و زهکشی
تاریخ فارغ التحصیلی: آبان ۱۳۸۹	دانشکده: مهندسی علوم آب
تعداد صفحه: ۲۴۹	مدیریت تحصیلات تکمیلی
واژه های کلیدی: آبیاری معمولی، کم آبیاری تنظیم شده، کم آبیاری به صورت خشکی موضعی ریشه، بهره وری آب، کارایی مصرف آب، آفتابگردان، مدل Aquacrop	

چکیده :

یکی از دانه های روغنی مهم، آفتابگردان می باشد که سطح زیر کشت و تولید آن در ایران در سالهای اخیر روند صعودی داشته است. در حدود ۱۱/۸ درصد از تولید جهانی روغن نباتی، به آفتابگردان اختصاص دارد. مزیت های نسبی آفتابگردان در مقایسه با برخی دیگر از گیاهان روغنی عبارتند از: طول دوره رویش کوتاه، سازگاری با شرایط آب و هوایی، نیاز آبی تقریباً کم (حدود ۷۰۰-۵۰۰ میلیمتر)، تحمل نسبی به تنش خشکی، درصد بالای روغن با کیفیت بسیار خوب و ۰.۰۰ از طرف دیگر با توجه به محدودیت منابع آب توصیه می شود که کم آبیاری به عنوان یک گزینه موثر به منظور افزایش بهره وری و کارایی مصرف آب در طرح ها و پروژه های آبیاری مد نظر قرار گیرد. با توجه به مطالب بیان شده، در این تحقیق به ارزیابی اثر روشهای آبیاری معمولی، کم آبیاری تنظیم شده و کم آبیاری به صورت خشکی موضعی ریشه بر بهره وری آب، کارایی مصرف آب، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان پرداخته شده. این تحقیق در فصل زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقات آبیاری دانشکده مهندسی علوم آب - دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا گردید رقم بذر کشت شده HYSUN33 بود ۵۰ تیمار آبیاری در نظر گرفته شده برای کل تیمارها تا قبل از مرحله استقرار گیاه (۸-۶ برگه شدن آبیاری معمولی انجام گرفت. سپس بعد از آن تیمارها به صورت آبیاری معمولی (CI) به میزان ۱۰۰٪ نیاز آبی

گیاه، کم آبیاری تنظیم شده (RDI_{50} و RDI_{70}) به ترتیب به میزان ۷۰٪ و ۵۰٪ نیاز آبی گیاه و همچنین خشکی موضعی ریشه (PRD_{50} و PRD_{70}) به ترتیب به میزان ۷۰٪ و ۵۰٪ نیاز آبی گیاه اجرا گردید. طرح در قالب بلوکهای کامل تصادفی و در سه تکرار انجام شد. از مدل Aquacrop نیز برای تخمین میزان محصول، بیوماس، بهره وری آب و برای مقایسه با نتایج مزرعه ای استفاده گردید. در این تحقیق اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد دانه آفتابگردان در سطح ۱ درصد معنی دار بود. بر این اساس بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار آبیاری معمولی با $۶۶۸۷/۷$ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه در اختیار تیمارهای آبیاری PRD_{50} و RDI_{50} با میانگین به ترتیب $۳۵۳۷/۳$ و $۳۶۱۵/۳$ کیلوگرم در هکتار می باشد. اما بین تیمارهای مختلف آبیاری به لحاظ درصد روغن اختلاف معنی دار مشاهده نشد. اثر تیمارهای آبیاری بر میزان عملکرد روغن، در سطح ۱ درصد معنی دار ولی بر مقدار درصد روغن معنی دار نبود. بطوریکه بیشترین کمترین عملکرد روغن به ترتیب مربوط به تیمار آبیاری معمولی و RDI_{50} و با میانگین ۳۵۵۳ و $۱۴۶۴/۳$ کیلوگرم در هکتار بود. در مورد شاخص بهره وری آب آبیاری برای عملکرد دانه $WP(Ir)Y$ ، بین تیمارهای مختلف آبیاری تفاوت معنی داری مشاهده نگردید. بیشترین $WP(Ir)Y$ با میانگین $۱۱/۱۱.۳۷/۶۲$ و $۱۱/۱۲$ کیلوگرم بر میلیمتر در هکتار به ترتیب مربوط به تیمارهای آبیاری RDI_{50} ، PRD_{50} و RDI_{70} می باشد. تیمارهای آبیاری PRD_{70} و معمولی با میانگین $۱۰/۸۳$ و $۱۰/۷۴$ کیلوگرم بر میلیمتر در هکتار دارای کمترین $WP(Ir)Y$ میباشند. بر طبق نتایج تیمارهای آبیاری مختلف، شاخص کارایی مصرف آب برای عملکرد دانه WUEY را به طور قابل ملاحظه ای تحت تأثیر قرار ندادند. بزرگترین WUEY مربوط به تیمارهای آبیاری RDI_{50} ، PRD_{50} و RDI_{70} به ترتیب با میانگین $۱۳/۸۸$ ، $۱۳/۵۹$ ، $۱۳/۲۹$ کیلوگرم بر میلیمتر در هکتار می باشد. کوچکترین WUEY نیز متعلق به تیمارهای آبیاری PRD_{70} و معمولی و به ترتیب با میانگین $۱۲/۹۵$ و $۱۲/۸۴$ کیلوگرم بر میلیمتر در هکتار می باشد. در پایان مقایسه نتایج مزرعه ای با نتایج مدل Aquacrop نشان داد که این مدل از توانای نسبتاً مناسبی جهت تخمین میزان محصول، بیوماس، بهره وری آب برخوردار است.

۱- فصل اول.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-۱- اهداف.....	۵
۳-۱- نوآوری.....	۵
۲- فصل دوم: مروری بر منابع.....	۶
۱-۲- مبدأ و تاریخچه آفتابگردان در جهان و ایران.....	۷
۲-۲- اهمیت اقتصادی.....	۷
۳-۲- خصوصیات گیاهی.....	۹
۴-۲- ریشه.....	۱۰
۵-۲- ساقه.....	۱۱
۶-۲- برگ.....	۱۱
۷-۲- گل.....	۱۳
۸-۲- میوه.....	۱۵
۹-۲- گروه بندی.....	۱۶
۱۰-۲- ارقام.....	۱۷
۱۱-۲- مراحل رشد آفتابگردان.....	۱۸
۱۲-۲- سازگاری.....	۲۳
۱۳-۲- تناوب.....	۲۷
۱۴-۲- کاشت.....	۲۸
۱-۱۴-۲- تهیه زمین.....	۲۸
۲-۱۴-۲- کود دهی.....	۳۰

۳۱.....	۲-۱۴-۳- تاریخ کاشت
۳۱.....	۲-۱۴-۴- عمق و روش کاشت
۳۳.....	۲-۱۵- داشت
۳۳.....	۲-۱۵-۱- آبیاری
۳۴.....	۲-۱۵-۲- کنترل علفهای هرز
۳۴.....	۲-۱۵-۳- آفات و بیماری ها
۳۶.....	۲-۱۵-۴- دلایل پوکی دانه
۳۸.....	۲-۱۵-۵- کیفیت روغن آفتابگردان
۳۹.....	۲-۱۶- برداشت
۴۰.....	۲-۱۷- انبارداری
۴۰.....	۲-۱۸- موارد استفاده
۴۱.....	۲-۱۹- بررسی تحقیقات انجام شده در ایران
۵۴.....	۲-۲۰- خلاصه ای از مهمترین تحقیقات انجام شده در دنیا
۶۴.....	۳- فصل سوم: مواد و روش ها
۶۵.....	۳-۱- موقعیت و وسعت
۶۵.....	۳-۲- اقلیم
۶۶.....	۳-۲-۱- درجه حرارت
۶۸.....	۳-۲-۲- بارندگی
۶۸.....	۳-۲-۳- رطوبت نسبی
۶۸.....	۳-۳- کیفیت آب آبیاری
۷۰.....	۳-۴- مطالعات خاکشناسی
۷۰.....	۳-۴-۱- نفوذپذیری خاک سطحی

۷۱.....	۳-۴-۱-۱-نفوذ تجمعی.....
۷۱.....	۳-۴-۱-۲-سرعت نفوذ لحظهای.....
۷۱.....	۳-۴-۱-۳-سرعت نفوذ متوسط.....
۷۲.....	۳-۴-۱-۴-سرعت نفوذ پایه.....
۷۶.....	۳-۴-۲-حفر و تجهیز چاهکهای مشاهده ای.....
۷۸.....	۳-۵-سطح آب زیر زمینی.....
۷۸.....	۳-۶-نحوه اجرای طرح.....
۸۳.....	۳-۷-سیستم آبیاری.....
۸۴.....	۳-۸-اجرا و نصب سیستم آبیاری ثقلی.....
۸۶.....	۳-۹-محاسبه حجم آبیاری.....
۸۷.....	۳-۹-۱-تشتک تبخیر کلاس A.....
۸۷.....	۳-۹-۱-۱-تعیین ضریب تشتک تبخیر (Kp).....
۸۸.....	۳-۹-۱-۲-تعیین تبخیر و تعرق گیاه (ETc).....
۸۸.....	۳-۹-۱-۳-تعیین منحنی تغییرات ضریب گیاهی (Kc).....
۸۸.....	۳-۹-۱-۳-۱-تعیین ضریب گیاهی مرحله اول رشد (Kc ini).....
۸۹.....	۳-۹-۱-۳-۲-تعیین ضریب گیاهی مرحله میانی رشد (Kc mid).....
۹۰.....	۳-۹-۱-۳-۳-تعیین ضریب گیاهی مرحله پایانی رشد (Kc end).....
۹۱.....	۳-۹-۱-۳-۴-منحنی تغییرات ضریب گیاه.....
۹۲.....	۳-۹-۱-۳-۵-تعیین تبخیر و تعرق روزانه گیاه آفتابگردان.....
۹۵.....	۳-۱۰-راندمان کاربرد (Ea).....
۹۵.....	۳-۱۱-عملیات کاشت.....
۹۶.....	۳-۱۲-داشت.....
۹۶.....	۳-۱۲-۱-عملیات آبیاری.....

۲-۱۲-۳- بررسی اجزای قسمت های هوایی گیاه در طول مدت زمان اعمال	
تیمارها.....	۱۰۱
۱۳-۳- برداشت.....	۱۰۳
۱-۱۳-۳- شاخص های بهره وری آب.....	۱۰۵
۲-۱۳-۳- شاخص های کارایی مصرف آب.....	۱۰۷
۳-۱۳-۳- شاخص برداشت.....	۱۰۷
۴- فصل چهارم: نتایج و بحث.....	۱۰۹
۱-۴- مرحله داشت.....	۱۱۰
۱-۱-۴- ارتفاع گیاه (طول گیاه).....	۱۱۰
۲-۱-۴- وزن ساقه.....	۱۱۵
۳-۱-۴- وزن برگ.....	۱۱۸
۴-۱-۴- مساحت برگها.....	۱۲۱
۵-۱-۴- شاخص سطح برگ.....	۱۲۴
۶-۱-۴- قطر طبق.....	۱۲۷
۷-۱-۴- وزن طبق.....	۱۲۹
۲-۴- مرحله برداشت.....	۱۳۱
۱-۲-۴- بررسی وزن ساقه، وزن برگ، وزن طبق، قطر طبق، قطر پوکی طبق و درصد	
پوکی طبق آفتابگردان در مرحله برداشت.....	۱۳۱
۱-۱-۲-۴- وزن ساقه.....	۱۳۱
۲-۱-۲-۴- درصد رطوبت ساقه.....	۱۳۴
۳-۱-۲-۴- وزن برگ.....	۱۳۶
۴-۱-۲-۴- درصد رطوبت برگ.....	۱۳۷

۱۳۸.....	۴-۲-۱-۵- وزن طبق	۱۳۸
۱۳۹.....	۴-۲-۱-۶- درصد رطوبت طبق	۱۳۹
۱۳۹.....	۴-۲-۱-۷- قطر طبق	۱۳۹
۱۴۳.....	۴-۲-۱-۸- قطر پوکی طبق	۱۴۳
۱۴۴.....	۴-۲-۱-۹- درصد پوکی طبق	۱۴۴
۱۴۵.....	۴-۲-۱-۱۰- وزن دانه	۱۴۵
۱۴۷.....	۴-۲-۱-۱۱- درصد رطوبت دانه	۱۴۷
۱۴۸.....	۴-۲-۲- بررسی عملکرد و اجزاء عملکرد آفتابگردان در مرحله برداشت	۱۴۸
۱۴۸.....	۴-۲-۲-۱- عملکرد توده زنده (بیوماس)	۱۴۸
۱۵۲.....	۴-۲-۲-۲- شاخص برداشت	۱۵۲
۱۵۴.....	۴-۲-۲-۳- عملکرد دانه	۱۵۴
۱۵۶.....	۴-۲-۲-۴- رابطه عملکرد دانه و میزان آب آبیاری	۱۵۶
۱۵۸.....	۴-۲-۲-۵- وزن صد دانه	۱۵۸
۱۶۰.....	۴-۲-۲-۶- وزن مغز صد دانه	۱۶۰
۱۶۱.....	۴-۲-۲-۷- درصد مغز به کل دانه	۱۶۱
۱۶۳.....	۴-۲-۲-۸- تعداد دانه در طبق	۱۶۳
۱۶۵.....	۴-۲-۲-۹- درصد روغن	۱۶۵
۱۶۷.....	۴-۲-۲-۱۰- عملکرد روغن	۱۶۷
۱۶۸.....	۴-۲-۲-۱۱- رابطه عملکرد روغن و میزان آب آبیاری	۱۶۸
	۴-۲-۳- شاخص بهره وری آب آبیاری برای عملکرد توده زنده (بیوماس) (WP(Ir)B)	
۱۷۰.....		۱۷۰
۱۷۲.....	۴-۲-۴- شاخص بهره وری آب آبیاری برای عملکرد دانه (WP(Ir)Y)	۱۷۲

۵-۲-۴- شاخص بهره وری مجموع آبیاری و بارش برای عملکرد توده زنده	۱۷۴..... (WP(Ir+P)B)
۶-۲-۴- شاخص بهره وری مجموع آبیاری و بارش برای عملکرد دانه	۱۷۶..... (WP(Ir+P)Y)
۷-۲-۴- شاخص کارایی مصرف آب برای عملکرد توده زنده (WUE B)	۱۷۷.....
۸-۲-۴- شاخص کارایی مصرف آب برای عملکرد دانه (WUE Y)	۱۷۸.....
۹-۲-۴- توابع تولید محصول نسبت به آب	۱۸۰.....
۱۰-۲-۴- نرم افزار Aqua crop	۱۸۴.....
۱-۱۰-۲-۴- مقایسه نتایج آبیاری معمولی با نتایج محاسبه شده توسط نرم افزار	۱۸۴..... AquaCrop
۲-۱۰-۲-۴- ارزیابی نرم افزار AquaCrop	۱۸۸.....
۳-۱۰-۲-۴- معرفی شاخص های آماری مورد استفاده	۱۸۹.....
۱-۳-۱۰-۲-۴- درصد متوسط خطای پیش بینی (Er)	۱۸۹.....
۲-۳-۱۰-۲-۴- ضریب کارایی (Ce)	۱۸۹.....
۴-۱۰-۲-۴- نتایج پارامترهای مورد ارزیابی نرم افزار AquaCrop	۱۹۰.....
۵- فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات	۱۹۵.....
۱-۵- نتیجه گیری	۱۹۵.....
۲-۵- پیشنهادات	۲۰۴.....
منابع	۲۰۶.....
پیوست ها	۲۱۸.....

- جدول (۱-۲): اثر مصرف نیتروژن بر عملکرد و اجزا عملکرد آفتابگردان. ۲۹
- جدول (۱-۳): اطلاعات ایستگاه هواشناسی (سینوپتیک) اهواز. ۶۷
- جدول (۲-۳): کیفیت آب آبیاری در دوره کشت آفتابگردان. ۶۹
- جدول (۳-۳): نتایج اندازه گیری میزان نفوذ پذیری (۳ تکرار) در اراضی مزرعه تحقیقات آبیاری. ۷۴
- جدول (۴-۳): معادلات نفوذ برای مزرعه تحقیقات آبیاری. ۷۵
- جدول (۵-۳): طول مراحل رشد برای گیاه آفتابگردان در اهواز. ۸۸
- جدول (۶-۳): تبخیر و تعرق روزانه گیاه آفتابگردان. ۹۲
- جدول (۷-۳): حجم آب داده شده به هر تیمار و مزرعه و عمق ناخالص آب آبیاری. ۹۷
- جدول (۸-۳): محاسبه عمق ناخالص آب آبیاری و حجم آب داده شده به هر تیمار. ۹۹
- جدول (۱-۴): مقایسه میانگین های ارتفاع گیاه در طول دوره رشد. ۱۱۱
- جدول (۲-۴): نتایج تجزیه واریانس ارتفاع گیاه در طول دوره رشد. ۱۱۲
- جدول (۳-۴): مقایسه میانگین های وزن تر و خشک ساقه در طول دوره رشد. ۱۱۶
- جدول (۴-۴): نتایج تجزیه واریانس وزن تر و خشک ساقه در طول دوره رشد. ۱۱۷
- جدول (۵-۴): مقایسه میانگین های وزن تر و خشک برگها در طول دوره رشد. ۱۱۹
- جدول (۶-۴): نتایج تجزیه واریانس وزن تر و خشک برگها در طول دوره رشد. ۱۲۰
- جدول (۷-۴): مقایسه میانگین های مساحت برگها در طول دوره رشد. ۱۲۱
- جدول (۸-۴): نتایج تجزیه واریانس مساحت برگها در طول دوره رشد. ۱۲۳
- جدول (۹-۴): مقایسه میانگین های شاخص سطح برگ در طول دوره رشد. ۱۲۴
- جدول (۱۰-۴): نتایج تجزیه واریانس شاخص سطح برگ در طول دوره رشد. ۱۲۶
- جدول (۱۱-۴): مقایسه میانگین های قطر طبق در طول دوره رشد. ۱۲۷
- جدول (۱۲-۴): نتایج تجزیه واریانس قطر طبق در طول دوره رشد. ۱۲۸
- جدول (۱۳-۴): مقایسه میانگین های وزن طبق در طول دوره رشد. ۱۲۹
- جدول (۱۴-۴): نتایج تجزیه واریانس وزن طبق در طول دوره رشد. ۱۳۱

- جدول (۴-۱۵): مقایسه میانگین های وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه ، درصد رطوبت ساقه، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، درصد رطوبت برگ، وزن تر طبق، وزن خشک طبق و درصد رطوبت طبق در مرحله برداشت..... ۱۳۳
- جدول (۴-۱۶): نتایج تجزیه واریانس وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه ، درصد رطوبت ساقه، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، درصد رطوبت برگ، وزن تر طبق، وزن خشک طبق و درصد رطوبت طبق در مرحله برداشت..... ۱۳۵
- جدول (۴-۱۷): مقایسه میانگین های قطر طبق، قطر پوکی طبق، درصد پوکی طبق، وزن تر دانه، وزن خشک دانه و درصد رطوبت دانه در مرحله برداشت..... ۱۴۰
- جدول (۴-۱۸): نتایج تجزیه واریانس قطر طبق، قطر پوکی طبق ، درصد پوکی طبق، وزن تر دانه، وزن خشک دانه و درصد رطوبت دانه در مرحله برداشت..... ۱۴۳
- جدول (۴-۱۹): مقایسه میانگین های عملکرد توده زنده ، شاخص برداشت، عملکرد دانه، وزن مغز صد دانه، وزن صد دانه، درصد مغز به کل دانه، تعداد دانه در طبق و درصد روغن و عملکرد روغن..... ۱۴۹
- جدول (۴-۲۰): نتایج تجزیه واریانس عملکرد توده زنده ، شاخص برداشت، عملکرد دانه، وزن مغز صد دانه، وزن صد دانه، درصد مغز به کل دانه، تعداد دانه در طبق و درصد روغن و عملکرد روغن..... ۱۵۱
- جدول (۴-۲۱): مقایسه میانگین شاخص های بهره وری آب و کارایی مصرف آب (بر حسب کیلوگرم بر میلیمتر بر هکتار)..... ۱۷۰
- جدول (۴-۲۲): نتایج تجزیه واریانس شاخص های بهره وری آب و کارایی مصرف آب (بر حسب کیلوگرم بر میلیمتر بر هکتار)..... ۱۷۲
- جدول (۴-۲۳): مقادیر متوسط پارمترهای مورد استفاده جهت ارزیابی نرم افزار AquaCrop..... ۱۹۱

- شکل (۱-۲): مرحله VE رشد آفتابگردان ۱۹
- شکل (۲-۲): مرحله VN رشد آفتابگردان ۱۹
- شکل (۳-۲): مرحله R1 رشد آفتابگردان ۲۰
- شکل (۴-۲): مرحله R2 رشد آفتابگردان ۲۰
- شکل (۵-۲): مرحله R3 رشد آفتابگردان ۲۰
- شکل (۶-۲): مرحله R4 رشد آفتابگردان ۲۱
- شکل (۷-۲): مرحله R5 رشد آفتابگردان ۲۱
- شکل (۸-۲): مرحله R6 رشد آفتابگردان ۲۱
- شکل (۹-۲): مرحله R7 رشد آفتابگردان ۲۲
- شکل (۱۰-۲): مرحله R8 رشد آفتابگردان ۲۲
- شکل (۱۱-۲): مرحله R9 رشد آفتابگردان ۲۲
- شکل (۱-۳): موقعیت مزرعه تحقیقاتی مورد نظر ۶۵
- شکل (۲-۳): دیاگرام آمبروترمیک ایستگاه سینوپتیک اهواز (سالهای ۱۳۴۵-۱۳۸۷) ۶۶
- شکل (۳-۳): عملیات اندازه گیری نفوذ پذیری خاک سطحی (روش لوله های مضاعف) در اراضی مزرعه تحقیقات آبیاری ۷۳
- شکل (۴-۳): نتایج اندازه گیری میزان نفوذ پذیری (۳ تکرار) در اراضی مزرعه تحقیقات آبیاری ۷۵
- شکل (۵-۳): چاهکهای مشاهده ای نصب شده در اراضی مزرعه تحقیقات آبیاری ۷۷
- شکل (۶-۳): جانمایی طرح آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده مهندسی علوم آب ۸۲
- شکل (۷-۳): نیمرخ (پروفیل) و جانمایی (پلان) سیستم آبیاری ۸۳
- شکل (۸-۳): مخزن ۱۲۰۰ لیتری تامین کننده آب آبیاری ۸۵
- شکل (۹-۳): لوله دریچه دار به طول ۱/۵ متر حامل ۴ شیر ۲ اینچی به فاصله محور به محور ۰/۵ متر ۸۶
- شکل (۱۰-۳): منحنی تغییرات ضرایب گیاهی مراحل مختلف رشد گیاه ۹۱
- شکل (۱۱-۳): دستگاه سیستم اندازه گیری مساحت برگها ۱۰۳
- شکل (۱-۴): منحنی رشد آفتابگردان با اعمال تیمارهای مختلف آبیاری ۱۱۳

- شکل (۲-۴): مقایسه میانگین های وزن (تر و خشک) و درصد رطوبت ساقه در تیمار های مختلف آبیاری ۱۳۴
- شکل (۳-۴): مقایسه میانگین های وزن (تر و خشک) و درصد رطوبت برگ در تیمار های مختلف آبیاری ۱۳۶
- شکل (۴-۴): مقایسه میانگین های وزن (تر و خشک) و درصد رطوبت طبق در تیمار های مختلف آبیاری ۱۳۸
- شکل (۵-۴): مقایسه میانگین های قطر طبق، قطر پوکی و درصد پوکی طبق در تیمار های مختلف آبیاری ۱۴۱
- شکل (۶-۴): مقایسه میانگین های وزن (تر و خشک) و درصد رطوبت دانه در تیمار های مختلف آبیاری ۱۴۶
- شکل (۷-۴): مقایسه میانگین های عملکرد توده زنده در تیمار های مختلف آبیاری ۱۴۸
- شکل (۸-۴): مقایسه میانگین های شاخص برداشت در تیمار های مختلف آبیاری ۱۵۲
- شکل (۹-۴): مقایسه میانگین های عملکرد دانه در تیمار های مختلف آبیاری ۱۵۴
- شکل (۱۰-۴): رابطه بین عملکرد دانه و میزان آب آبیاری در تیمار های مختلف آبیاری ۱۵۷
- شکل (۱۱-۴): مقایسه میانگین های وزن صد دانه در تیمار های مختلف آبیاری ۱۵۸
- شکل (۱۲-۴): مقایسه میانگین های وزن مغز صد دانه در تیمار های مختلف آبیاری ۱۶۱
- شکل (۱۳-۴): مقایسه میانگین های درصد مغز به کل دانه تیمار های مختلف آبیاری ۱۶۲
- شکل (۱۴-۴): مقایسه میانگین های تعداد دانه در طبق در تیمار های مختلف آبیاری ۱۶۳
- شکل (۱۵-۴): مقایسه میانگین های درصد روغن در تیمار های مختلف آبیاری ۱۶۵
- شکل (۱۶-۴): مقایسه میانگین های عملکرد روغن در تیمار های مختلف آبیاری ۱۶۷
- شکل (۱۷-۴): رابطه بین عملکرد روغن و میزان آب آبیاری در تیمار های مختلف آبیاری ۱۶۹
- شکل (۱۸-۴): مقایسه میانگین های $(WP (Ir) B(kg.mm^{-1}.ha^{-1})$ در تیمار های مختلف آبیاری ۱۷۱
- شکل (۱۹-۴): مقایسه میانگین های $(WP (Ir) Y (kg.mm^{-1}.ha^{-1})$ در تیمار های مختلف آبیاری ۱۷۳

- شکل (۲۰-۴): مقایسه میانگین های (WP (Ir+P) B ($\text{kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$) در تیمار های مختلف
 آبیاری ۱۷۵
- شکل (۲۱-۴): مقایسه میانگین های (WP (Ir+P) Y ($\text{kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$) در تیمار های مختلف
 آبیاری ۱۷۶
- شکل (۲۲-۴): مقایسه میانگین های (WUE B ($\text{kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$) در تیمار های مختلف
 آبیاری ۱۷۷
- شکل (۲۳-۴): مقایسه میانگین های (WUE Y ($\text{kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$) در تیمار های مختلف
 آبیاری ۱۷۹
- شکل (۲۴-۴): مقدار نسبی محصول آفتابگردان (بر اساس عملکرد) به ازای مقدار نسبی
 تبخیر-تعرق ۱۸۱
- شکل (۲۵-۴): منحنی های توابع محصول نسبت به تبخیر و تعرق و مقدار آب آبیاری ۱۸۳
- شکل (۲۶-۴): مقدار عملکرد دانه، عملکرد توده زنده، WP(Ir)Y و WP(Ir)B محاسبه شده
 توسط نرم افزار AquaCrop برای آبیاری معمولی ۱۸۵
- شکل (۲۷-۴): نسبت تعرق گیاهی (Tr)، سطح سایه انداز (CC) و تخلیه آب آبیاری در
 ناحیه ریشه (Dr)، محاسبه شده توسط نرم افزار AquaCrop برای آبیاری معمولی ۱۸۶
- شکل (۲۸-۴): میزان تبخیر واقعی از سطح خاک E(max) محاسبه شده توسط نرم افزار
 AquaCrop برای آبیاری معمولی ۱۸۸
- شکل (۲۹-۴): مقایسه مقادیر عملکرد مشاهده شده و پیش بینی شده دانه توسط نرم
 افزار AquaCrop ۱۹۲
- شکل (۳۰-۴): مقایسه مقادیر عملکرد مشاهده شده و پیش بینی شده توده زنده توسط
 نرم افزار AquaCrop ۱۹۲
- شکل (۳۱-۴): مقایسه مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده WP(Ir)Y توسط نرم افزار
 AquaCrop ۱۹۳
- شکل (۳۲-۴): مقایسه مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده WP(Ir)B توسط نرم افزار
 AquaCrop ۱۹۳

- جدول (پ ۱-۱): آمار و اطلاعات هواشناسی در دوره رشد آفتابگردان
 (۸۸/۱۱/۲۷ تا ۸۹/۳/۱۰) ۲۱۹
- جدول (پ ۱-۲): محاسبه فاصله تشت از پوشش سبز ۲۲۵
- جدول (پ ۱-۲): عمق سطح ایستابی در چاهکهای مزرعه تحقیقات آبیاری (بر حسب
 متر) (۸۸/۱۱/۲۸ تا ۸۹/۲/۲۲) ۲۲۷
- جدول (پ ۱-۳): آنالیز نمونه های خاک افق های مختلف پروفیل تشریح شده ۲۳۷
- جدول (پ ۲-۳): نتایج عملیات لایه بندی در چاهک مشاهده ای شماره ۱ ۲۴۳
- جدول (پ ۳-۳): نتایج عملیات لایه بندی در چاهک مشاهده ای شماره ۲ ۲۴۴
- جدول (پ ۴-۳): نتایج عملیات لایه بندی در چاهک مشاهده ای شماره ۳ ۲۴۵
- جدول (پ ۵-۳): نتایج عملیات لایه بندی در چاهک مشاهده ای شماره ۴ ۲۴۶
- جدول (پ ۶-۳): قرائت سطح آب با استفاده از دو هد ۱۰ و ۵ سانتی متری آب در کف
 چاهک ۲۴۸

- شکل (پ ۳-۱): پروفیل حفر شده در اراضی مزرعه تحقیقات آبیاری ۲۳۶
- شکل (پ ۳-۲): عملیات لایه بندی در اراضی مزرعه تحقیقات آبیاری ۲۴۲
- شکل (پ ۳-۳): اندازه گیری ضریب آبگذری خاک به روش گلف در اراضی مزرعه
تحقیقات آبیاری ۲۴۹