



دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته آبیاری و زهکشی

ارزیابی مدل AquaCrop برای تخمین رشد و محصول لوبیا چشم‌بلبلی در منطقه

باجگاه استان فارس

به کوشش

توحید شهبازیان

استاد راهنما

دکتر تورج هنر

اسفند ۱۳۹۲

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

به نام خدا

اظهار نامه

اینجانب توحید شهبازیان دانشجوی رشته مهندسی آب گرایش آبیاری و زهکشی اظهار می‌نمایم که این پایان نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده‌ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته‌ام. همچنین اظهار می‌کنم که تحقیق و موضوع پایان نامه ام تکراری نیست و تعهد می‌نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه حقوق این اثر مطابق با آیین نامه مالکیت فردی و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی: توحید شهبازیان

تاریخ و امضا: ۱۳۹۳/۲/۱۳

به نام خدا

ارزیابی مدل AquaCrop برای تخمین رشد و محصول لوبیا چشم‌بلبلی در منطقه باجگاه استان فارس

به کوشش

توحید شهبازیان

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه شیراز به عنوان بخشی از فعالیت‌های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته

مهندسی آبیاری و زهکشی

دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی کمیته پایان نامه، با درجه: عالی

دکتر تورج هنر، دانشیار بخش مهندسی آب (استاد راهنما)

دکتر علی‌رضا سپاسخواه، استاد بخش مهندسی آب (استاد مشاور)

دکتر علی‌اکبر کامگار حقیقی، استاد بخش مهندسی آب (استاد مسطور)

دکتر شاهرخ زند پارسا، دانشیار بخش مهندسی آب (استاد مشاور)

دکتر فاطمه رزاقی، استادیار بخش مهندسی آب (داور متخصص داخلی)

اسفندماه ۱۳۹۲

تقدیم به

پدر و مادر دلسوز و مهربانم

آمان که از خواسته‌هایشان گذشتند،

سخنی نثار به جان خریدند

تا من به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده‌ام برسم

سپاسگزاری

اینک که در سایه رحمت ایزد یکتا برگی دیگر از دفتر زندگی‌ام رقم خورده است، از سر بندگی خدای مهربان را شاکرم که مرا یارای آن فرمود تا در عرصه دانش گام نهم و به قدر همت و وسعت خویش شریعه علم را دریابم.

بر خود لازم می‌دانم که از زحمات استاد راهنمای بزرگووارم جناب آقای دکتر تورج هنر، که در تمام مراحل انجام و نگارش پایان نامه از راهنمایی‌های ارزشمندشان بهره برده‌ام تشکر و قدردانی کنم. همچنین از اساتید محترم جناب آقای دکتر علی‌رضا سپاسخواه، جناب آقای دکتر علی‌اکبر کامگار حقیقی و جناب آقای دکتر شاهرخ زند پارسا، به پاس همه راهنمایی‌ها و دقت نظرهایی که در سیر انجام این پژوهش داشته‌اند ممنون و سپاسگزارم. در پایان صمیمانه‌ترین قدردانی را نثار کسانی می‌کنم که در همه لحظات یار، همراه، دلسوز و موجب دلگرمی من بوده‌اند، پدر و مادر فداکار و مهربانم. و نیز جناب آقای مهندس سید محمد میرصفی و جناب آقای مهندس ناصر انتخابی که در مراحل انجام این پروژه بنده را یاری فرموده‌اند کمال تشکر را دارم، باد که پیوسته در سایه یزدان پاک، مانا و شاد بمانند.

چکیده

ارزیابی مدل AquaCrop برای تخمین رشد و محصول لوبیا چشم‌بلبلی در منطقه باجگاه استان فارس

به کوشش

توحید شهبازیان

به منظور واسنجی مدل AquaCrop برای شبیه‌سازی رشد و عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی، در منطقه باجگاه استان فارس، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در بهار و تابستان سال ۱۳۹۱ در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. در این آزمایش ۵ تیمار شامل: تیمار A بدون استرس (تیمار شاهد)، تیمار B استرس در مرحله رشد رویشی، تیمار C استرس در مرحله گل‌دهی، تیمار D استرس در مرحله غلاف‌دهی و تیمار E استرس در مرحله پر کردن غلاف در نظر گرفته شد، که در هر کدام از تیمارها در مرحله ذکر شده دو نوبت آبیاری در تیمار مدنظر حذف گردید. همچنین داده‌های مورد نیاز جهت اعتبار سنجی مدل AquaCrop برای گیاه لوبیا چشم‌بلبلی در منطقه باجگاه استان فارس از پژوهش رضایی (۱۳۷۶) استخراج گردید. وزن کل ماده خشک (B)، وزن دانه (Y) و وزن کاه (Y_s) حاصل از کشت سال ۱۳۹۱ در کرت‌های مختلف اندازه‌گیری شده و با استفاده از آزمون دانکن و به‌وسیله نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین تمام تیمارها در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری وجود دارد و تنش آبی در مراحل مختلف رشد، بر کل ماده خشک تولیدی تاثیر گذارده است. نتایج نشان می‌دهد که به طور کلی تیمار آبیاری بدون تنش آبی بیشترین عملکرد دانه و ماده خشک، و تیمار تنش آبی در مرحله پر کردن غلاف کمترین میزان عملکرد را داشته است. نهایتاً نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که مدل برآورد خوبی از مقادیر رطوبت حجمی در طی فصل رشد دارد و به‌طور مناسبی می‌تواند مقادیر تبخیر-تعرق جمعی را شبیه‌سازی کند. همچنین مدل تخمین خوبی از مقادیر ماده خشک در طی فصل رشد ارائه می‌نماید، علاوه بر این نتایج حاصل از شبیه‌سازی مدل از مقادیر عملکرد دانه و ماده خشک در روز برداشت محصول نشان دهنده تخمین خیلی خوب این مدل می‌باشد، البته مقادیر مناسب شاخص d و نیز شاخص NRMSE بیان‌کننده این واقعیت می‌باشند. مقادیر شاخص‌های ذکر شده برای عملکرد دانه در سال اول به ترتیب برابر با ۰/۹۳ و ۰/۰۴ و در سال دوم برابر با ۰/۹۸ و ۰/۰۴ و در شبیه‌سازی ماده خشک به ترتیب برای سال اول ۰/۹۷ و ۰/۰۳ و سال دوم ۰/۹۵ و ۰/۰۴ به دست آمده است. همچنین نتایج آزمون F-test نشان دهنده این واقعیت است که بین مقادیر شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده عملکرد دانه و ماده خشک در هر دو سال زراعی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

فهرست

فصل اول.....	۱
مقدمه.....	۲
۱ - ۱ مقدمه.....	۲
۱ - ۲ اهداف تحقیق.....	۵
فصل دوم.....	۶
مروری بر پژوهش های گذشته.....	۷
۱ - ۲ مدل های کامپیوتری رشد گیاه.....	۷
۲ - ۲ دقت شبیه سازی مدل AquaCrop.....	۸
فصل سوم.....	۱۶
اصول نظری پژوهش.....	۱۷
۱-۳ مدل AquaCrop.....	۱۷
۱-۳-۱ تئوری مدل.....	۱۷
۱-۳-۲ ساختار اجرایی مدل.....	۱۹
۱-۳-۱-۲ فایل آب و هوا.....	۱۹
۱-۳-۱-۳ گیاه.....	۱۹

۲۱	..... ۳-۲-۱-۳ خاک
۲۱	..... ۴-۲-۱-۳ مدیریت زراعی
۲۱	..... ۵-۲-۱-۳ مدیریت آبیاری
۲۲	..... ۳-۱-۳ شبیه سازی ماده خشک
۲۲	..... ۴-۱-۳ تبدیل ماده خشک به عملکرد
۲۲	..... ۵-۱-۳ پارامترهای گیاهی
۲۲	..... ۱-۵-۱-۳ رشد و توسعه (Development)
۲۳	..... ۲-۵-۱-۳ تبخیر-تعرق (Evapotranspiration)
۲۴	..... ۳-۵-۱-۳ تولید (Production)
۲۴	..... ۴-۵-۱-۳ تنش آبی (Water stress)
۲۵	..... ۵-۵-۱-۳ تنش دمایی (Temperature stress)
۲۶	..... ۶-۵-۱-۳ تنظیمات برنامه (Program setting)
۲۶	..... ۶-۱-۳ فایل های خروجی

۲۸ فصل چهارم

۲۹ روش پژوهش

۲۹	..... ۱-۴ واسنجی و اعتبار سنجی مدل
۲۹	..... ۲-۴ داده های مزرعه ای
۲۹	..... ۱-۲-۴ داده های واسنجی
۳۴	..... ۲-۲-۴ اعتبار سنجی مدل
۳۶	..... ۳-۴ روش ها و فرضیات مورد استفاده در اجرای مدل AquaCrop

۳۶	.....	۴-۴ تحلیل آماری نتایج
۳۷	.....	۵-۴ روش واسنجی مدل
۳۸	.....	فصل پنجم
۳۹	.....	نتایج
۳۹	.....	۱-۵ تحلیل آماری عملکرد لوبیا چشم بلبلی در سال ۱۳۹۱
۴۲	.....	۲-۵ رابطه بین شاخص سطح برگ و پوشش سبز لوبیا چشم بلبلی
۴۲	.....	۳-۵ مقادیر واسنجی شده پارامترهای گیاهی
۴۵	.....	۴-۵ تبخیر - تعرق تجمعی
۵۴	.....	۵-۵ رطوبت خاک
۷۱	.....	۶-۵ پوشش سبز گیاهی
۸۲	.....	۷-۵ مقدار ماده خشک
۸۸	.....	۸-۵ عملکرد دانه و ماده خشک در روز برداشت
۹۴	.....	فصل ششم
۹۵	.....	نتیجه گیری
۹۷	.....	فصل هفتم
۹۸	.....	منابع

۱۰۲ فصل هشتم

۱۰۳ پیوست

فهرست جداول

- جدول ۴ - ۱ خصوصیات فیزیکی خاک مزرعه..... ۳۱
- جدول ۴ - ۲ خصوصیات شیمیایی خاک مزرعه..... ۳۱
- جدول ۴ - ۳ مقادیر آب آبیاری در طول دوره رشد در تیمارهای مختلف در سال
۱۳۹۱..... ۳۲
- جدول ۴ - ۴ مقادیر آب آبیاری در طول دوره رشد در تیمارهای مختلف در سال
۱۳۷۶..... ۳۵
- جدول ۵ - ۱ مقایسه میانگین عملکرد در سال ۱۳۹۱..... ۴۰
- جدول ۵ - ۲ مقادیر واسنجی شده پارامترهای فایل گیاهی..... ۴۳
- ادامه جدول ۵ - ۲ مقادیر واسنجی شده پارامترهای فایل گیاهی..... ۴۴
- جدول ۵ - ۳ مقادیر محاسبه شده تبخیر - تعرق تجمعی به روش بیلان آبی در
طول فصل رشد سال ۱۳۹۱..... ۴۵
- جدول ۵ - ۴ مقادیر شبیه سازی شده تبخیر - تعرق تجمعی حاصل از مدل
AquaCrop در طول فصل رشد سال ۱۳۹۱..... ۴۶
- جدول ۵ - ۵ مقادیر تبخیر - تعرق تجمعی محاسبه شده به روش بیلان آبی در
طول فصل رشد سال ۱۳۷۶..... ۴۶
- جدول ۵ - ۶ مقادیر شبیه سازی شده تبخیر - تعرق تجمعی حاصل از مدل
AquaCrop در طول فصل رشد سال ۱۳۷۶..... ۴۷
- جدول ۵ - ۷ نتایج تحلیل آماری مقادیر تبخیر - تعرق تجمعی محاسبه شده و
شبیه سازی شده در طول فصل رشد..... ۵۳
- جدول ۵ - ۸ مقادیر رطوبت خاک اندازه گیری شده در طول فصل رشد سال
۱۳۹۱..... ۵۵

جدول ۵ - ۹ مقادیر شبیه سازی شده رطوبت خاک در طول فصل رشد سال	۱۳۹۱
۵۶.....	
جدول ۵ - ۱۰ مقادیر رطوبت اندازه گیری شده در طول فصل رشد سال ۱۳۷۶.....	۵۷
جدول ۵ - ۱۱ مقادیر شبیه سازی شده رطوبت خاک در طول فصل رشد سال	۱۳۷۶
۵۸.....	
جدول ۵ - ۱۲ نتایج تحلیل آماری مقادیر رطوبت خاک محاسبه شده و شبیه	
سازی شده در طول فصل رشد.....	۷۰
جدول ۵ - ۱۳ مقادیر پوشش گیاهی اندازه گیری شده در طول فصل رشد سال	۱۳۹۱
۷۲.....	
جدول ۵ - ۱۴ مقادیر شبیه سازی شده پوشش در طول فصل رشد سال ۱۳۹۱.....	۷۳
جدول ۵ - ۱۵ مقادیر پوشش گیاهی اندازه گیری شده در طول فصل رشد سال	۱۳۷۶
۷۴.....	
جدول ۵ - ۱۶ مقادیر شبیه سازی شده پوشش گیاهی در طول فصل رشد سال	۱۳۷۶
۷۵.....	
جدول ۵ - ۱۷ نتایج تحلیل آماری مقادیر پوشش گیاهی محاسبه شده و شبیه	
سازی شده در طول فصل رشد.....	۸۲
جدول ۵ - ۱۸ مقادیر ماده خشک اندازه گیری شده در طول فصل رشد سال	۱۳۹۱
۸۳.....	
جدول ۵ - ۱۹ مقادیر شبیه سازی شده ماده خشک در طول فصل رشد سال	۱۳۹۱
۸۴.....	
جدول ۵ - ۲۰ نتایج تحلیل آماری مقادیر ماده خشک محاسبه شده و شبیه	
سازی شده در طول فصل رشد.....	۸۸
جدول ۵ - ۲۱ مقادیر عملکرد دانه و ماده خشک اندازه گیری شده و شبیه	
سازی شده توسط مدل برای تیمارهای مختلف در روز برداشت، در سال ۱۳۹۱.....	۸۹

جدول ۵ - ۲۲ مقادیر عملکرد دانه و ماده خشک اندازه گیری شده و شبیه سازی شده توسط مدل برای تیمارهای مختلف در روز برداشت، در سال ۱۳۷۶..... ۸۹

جدول ۵ - ۲۳ نتایج تحلیل آماری مقادیر عملکرد محاسبه شده و شبیه سازی شده در روز برداشت..... ۹۲

جدول ۵ - ۲۴ نتایج تحلیل آماری مقادیر ماده خشک محاسبه شده و شبیه سازی شده در روز برداشت..... ۹۲

فهرست شکل‌ها و نمودارها

- شکل ۴ - ۱ نمای کلی مزرعه تحت آزمایش..... ۳۳
- شکل ۴ - ۲ نمای کرت‌های آزمایشی..... ۳۳
- شکل ۵ - ۱ مقایسه میانگین کل ماده خشک در سال ۱۳۹۱..... ۴۰
- شکل ۵ - ۲ مقایسه میانگین وزن دانه در سال ۱۳۹۱..... ۴۱
- شکل ۵ - ۳ مقایسه میانگین وزن کاه در سال ۱۳۹۱..... ۴۱
- شکل ۵ - ۴ مقادیر شبیه‌سازی شده تبخیر- تعرق تجمعی و مقادیر محاسبه شده در طول فصل رشد برای تیمار بدون تنش آبی در سال ۱۳۹۱..... ۴۷
- شکل ۵ - ۵ مقادیر شبیه‌سازی شده تبخیر- تعرق تجمعی و مقادیر محاسبه شده در طول فصل رشد برای تیمار تنش در دوره رشد سبزینه‌ای در سال ۱۳۹۱... ۴۸
- شکل ۵ - ۶ مقادیر شبیه‌سازی شده تبخیر- تعرق تجمعی و مقادیر محاسبه شده در طول فصل رشد برای تیمار تنش در دوره گل‌دهی در سال ۱۳۹۱..... ۴۸
- شکل ۵ - ۷ مقادیر شبیه‌سازی شده تبخیر- تعرق تجمعی و مقادیر محاسبه شده در طول فصل رشد برای تیمار تنش در دوره غلاف‌دهی در سال ۱۳۹۱..... ۴۹
- شکل ۵ - ۸ مقادیر شبیه‌سازی شده تبخیر- تعرق تجمعی و مقادیر محاسبه شده در طول فصل رشد برای تیمار تنش در دوره پر کردن غلاف در سال ۱۳۹۱..... ۴۹
- شکل ۵ - ۹ مقادیر شبیه‌سازی شده تبخیر- تعرق تجمعی و مقادیر محاسبه شده در طول فصل رشد برای تیمار تنش آبی در سال ۱۳۷۶..... ۵۰
- شکل ۵ - ۱۰ مقادیر شبیه‌سازی شده تبخیر- تعرق تجمعی و مقادیر محاسبه شده در طول فصل رشد برای تیمار تنش در دوره رشد سبزینه‌ای در سال ۱۳۷۶... ۵۰
- شکل ۵ - ۱۱ مقادیر شبیه‌سازی شده تبخیر- تعرق تجمعی و مقادیر محاسبه شده در طول فصل رشد برای تیمار تنش در دوره گل‌دهی در سال ۱۳۷۶..... ۵۱

- شکل ۵ - ۱۲ مقادیر شبیه سازی شده تبخیر- تعرق تجمعی و مقادیر محاسبه شده در طول فصل رشد برای تیمار تنش در دوره غلاف دهی در سال ۱۳۷۶.....۵۱
- شکل ۵ - ۱۳ مقادیر شبیه سازی شده تبخیر- تعرق تجمعی و مقادیر محاسبه شده در طول فصل رشد برای تیمار تنش در دوره پر کردن غلاف در سال ۱۳۷۶.....۵۲
- شکل ۵ - ۱۴ مقایسه مقادیر تبخیر-تعرق تجمعی محاسبه شده و شبیه سازی شده در طول فصل رشد برای سال ۱۳۹۱.....۵۲
- شکل ۵ - ۱۵ مقایسه مقادیر تبخیر-تعرق تجمعی محاسبه شده و شبیه سازی شده در طول فصل رشد برای سال ۱۳۷۶.....۵۳
- شکل ۵ - ۱۶ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده رطوبت حجمی در اعماق مختلف در طول فصل رشد برای تیمار بدون تنش در سال ۱۳۹۱.....۵۹
- شکل ۵ - ۱۷ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده رطوبت حجمی در اعماق مختلف در طول فصل رشد برای تیمار تنش در دوره رشد سبزینه ای در سال ۱۳۹۱.....۶۰
- شکل ۵ - ۱۸ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده رطوبت حجمی در اعماق مختلف در طول فصل رشد برای تیمار تنش در دوره گل دهی در سال ۱۳۹۱.....۶۱
- شکل ۵ - ۱۹ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده رطوبت حجمی در اعماق مختلف در طول فصل رشد برای تیمار تنش در دوره غلاف دهی در سال ۱۳۹۱.....۶۲
- شکل ۵ - ۲۰ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده رطوبت حجمی در اعماق مختلف در طول فصل رشد برای تیمار تنش در دوره پر کردن غلاف در سال ۱۳۹۱.....۶۳
- شکل ۵ - ۲۱ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده رطوبت حجمی در اعماق مختلف در طول فصل رشد برای تیمار بدون تنش در سال ۱۳۷۶.....۶۴

- شکل ۵ - ۲۲ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده رطوبت حجمی در اعماق مختلف در طول فصل رشد برای تیمار تنش در دوره رشد سبزینه ای در سال ۱۳۷۶..... ۶۵
- شکل ۵ - ۲۳ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده رطوبت حجمی در اعماق مختلف در طول فصل رشد برای تیمار تنش در دوره گل دهی در سال ۱۳۷۶..... ۶۶
- شکل ۵ - ۲۴ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده رطوبت حجمی در اعماق مختلف در طول فصل رشد برای تیمار تنش در دوره غلاف دهی در سال ۱۳۷۶..... ۶۷
- شکل ۵ - ۲۵ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده رطوبت حجمی در اعماق مختلف در طول فصل رشد برای تیمار تنش در دوره پر کردن غلاف در سال ۱۳۷۶..... ۶۸
- شکل ۵ - ۲۶ مقایسه مقادیر رطوبت حجمی اندازه گیری شده و شبیه سازی شده در فصل رشد با خط یک به یک در سال ۱۳۹۱..... ۶۹
- شکل ۵ - ۲۷ مقایسه مقادیر رطوبت حجمی اندازه گیری شده و شبیه سازی شده در فصل رشد با خط یک به یک در سال ۱۳۷۶..... ۶۹
- شکل ۵ - ۲۸ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده پوشش سبز برای تیمار بدون تنش در طول فصل رشد برای سال ۱۳۹۱..... ۷۶
- شکل ۵ - ۲۹ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده پوشش سبز برای تیمار تنش در دوره رشد سبزینه ای در طول فصل رشد برای سال ۱۳۹۱..... ۷۶
- شکل ۵ - ۳۰ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده پوشش سبز برای تیمار تنش در دوره گل دهی در طول فصل رشد برای سال ۱۳۹۱..... ۷۷
- شکل ۵ - ۳۱ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده پوشش سبز برای تیمار تنش در دوره غلاف دهی در طول فصل رشد برای سال ۱۳۹۱..... ۷۷

- شکل ۵ - ۳۲ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده پوشش سبز برای تیمار تنش در دوره پر کردن غلاف در طول فصل رشد برای سال ۱۳۹۱..... ۷۸
- شکل ۵ - ۳۳ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده پوشش سبز برای تیمار بدون تنش در طول فصل رشد برای سال ۱۳۷۶..... ۷۸
- شکل ۵ - ۳۴ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده پوشش سبز برای تیمار تنش در دوره رشد سبزینه ای در طول فصل رشد برای سال ۱۳۷۶..... ۷۹
- شکل ۵ - ۳۵ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده پوشش سبز برای تیمار تنش در دوره گل دهی در طول فصل رشد برای سال ۱۳۷۶..... ۷۹
- شکل ۵ - ۳۶ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده پوشش سبز برای تیمار تنش در دوره غلاف دهی در طول فصل رشد برای سال ۱۳۷۶..... ۸۰
- شکل ۵ - ۳۷ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده پوشش سبز برای تیمار تنش در دوره پر کردن غلاف در طول فصل رشد برای سال ۱۳۷۶..... ۸۰
- شکل ۵ - ۳۸ مقایسه مقادیر پوشش سبز اندازه گیری شده و شبیه سازی شده در فصل رشد با خط یک به یک در سال ۱۳۹۱..... ۸۱
- شکل ۵ - ۳۹ مقایسه مقادیر پوشش سبز اندازه گیری شده و شبیه سازی شده در فصل رشد با خط یک به یک در سال ۱۳۷۶..... ۸۱
- شکل ۵ - ۴۰ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده ماده خشک برای تیمار بدون تنش در طول فصل رشد برای سال ۱۳۹۱..... ۸۵
- شکل ۵ - ۴۱ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده ماده خشک برای تیمار تنش در دوره رشد سبزینه ای در طول فصل رشد برای سال ۱۳۹۱..... ۸۵
- شکل ۵ - ۴۲ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده ماده خشک برای تیمار تنش در دوره گل دهی در طول فصل رشد برای سال ۱۳۹۱..... ۸۶
- شکل ۵ - ۴۳ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده ماده خشک برای تیمار تنش در دوره غلاف دهی در طول فصل رشد برای سال ۱۳۹۱..... ۸۶

- شکل ۵ - ۴۴ مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده ماده خشک برای تیمار تنش در دوره پر کردن غلاف در طول فصل رشد برای سال ۱۳۹۱..... ۸۷
- شکل ۵ - ۴۵ مقایسه مقادیر ماده خشک اندازه گیری شده و شبیه سازی شده در فصل رشد با خط یک به یک در سال ۱۳۹۱..... ۸۷
- شکل ۵ - ۴۶ مقایسه مقادیر عملکرد دانه اندازه گیری شده و شبیه سازی شده در روز برداشت با خط یک به یک در سال ۱۳۹۱..... ۹۰
- شکل ۵ - ۴۷ مقایسه مقادیر ماده خشک اندازه گیری شده و شبیه سازی شده در روز برداشت با خط یک به یک در سال ۱۳۹۱..... ۹۰
- شکل ۵ - ۴۸ مقایسه مقادیر عملکرد دانه اندازه گیری شده و شبیه سازی شده در روز برداشت با خط یک به یک در سال ۱۳۷۶..... ۹۱
- شکل ۵ - ۴۹ مقایسه مقادیر ماده خشک اندازه گیری شده و شبیه سازی شده در روز برداشت با خط یک به یک در سال ۱۳۷۶..... ۹۱