بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده کشاورزی

واسنجی و ارزیابی مدل SUBSTOR-POTATO برای گیاه سیب‌زمینی و کاربرد آن برای بهبود مدیریت آبیاری

پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی

لیلا صمدی موسی‌آبادی

اساتید راهنما
دکتر مهدی قیصری
دکتر بهروز مصطفی‌زاده فرد

۱۳۹۳

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی آبیاری و زهکشی خانم لیلا صمدی موسی‌آبادی

تحت عنوان

واسنجی و ارزیابی مدل SUBSTOR-POTATO برای گیاه سیب زمینی و کاربرد آن برای بهبود مدیریت آبیاری

در تاریخ ۱۳۹۳/۱۰/۲۷ توسط کمیته‌ی تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر مهدی قیصری
۲- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر بهروز مصطفی‌زاده فرد
۳- استاد مشاور پایان‌نامه	مهندی اسماعیل لندی
۳- استاد داور	دکتر محمد شایان‌نژاد
۴- استاد داور	دکتر محمدرضا مصدقی
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر محمدمهدی مجیدی

تشکر و قدردانی

حمد و سپاس بی‌انتها خداوند قادر و متعال را که توفیق کسب علم و ادب را به این بنده حقیر عنایت فرمود و تقدیر را بر آن نهاد که قطره‌ای از دریای بی‌انتهای علم خویش را بر روح نادان آفریده خویش جاری سازد. صمیمانه‌ترین سپاس خود را به پدر و مادر عزیزم، آموزگارانی که برایم زندگی، بودن و انسان بودن را معنا کردند و در تمام مراحل زندگی همواره یاورانی دلسوز و فداکار و پشتیبانی محکم برایم بوده‌اند. از همسر عزیزم که سایه مهربانیش سایه‌سار زندگیم می‌باشد، او که اسوه صبر و تحمل بوده و مشکلات مسیر را طی دوران تحصیل برایم تسهیل نمود خالصانه و عاشقانه تقدیر و سپاسگزاری می‌کنم. از خانواده گرامی همسرم و خواهرم به خاطر تمام زحمات و حمایت‌هایشان در انجام این پایان‌نامه تشکر و سپاسگزاری می‌نمایم.

از استاد فرزانه و فرهیخته، جناب آقای دکتر قیصری که در کمال سعه صدر، با حسن‌خلق و فروتنی مرا در انجام این پایان‌نامه راهنمایی کردند بسیار سپاسگزارم. شاگردی ایشان افتخاری بزرگ در زندگی من است. از استاد ارجمندم، جناب آقای دکتر مصطفی‌زاده‌فرد بخاطر راهنمایی‌های ارزنده و حمایت‌های ایشان کمال تشکر را دارم. از جناب آقای مهندس لندی که از مشاوره ارزشمندشان بهره-مند شدم تشکر می‌نمایم. از اساتید فرهیخته، جناب آقای دکتر شایان‌نژاد و آقای دکتر مصدقی بابت تقبل بازخوانی و داوری این پایان‌نامه تشکر می‌نمایم.

از سرکار خانم‌ها مهندس مولایی، کیانی و آقای مهندس مسعود نادری برای کمک‌های دلسوزانه‌شان بسیار سپاسگزارم. یاد و خاطره تمامی دوستان عزیزم و همکلاسی‌های خوبم را گرامی داشته و برای تمامی آن‌ها سلامتی و سعادت را آرزو دارم.

لیلا صمدی

بهمن ماه ۱۳۹۳

کلیه‌ی حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،

ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این

پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به

شهید اکبر رضایی،

پدر و مادر فداکارم

و همسر عزیزم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب.....هشت

فهرست اشکال.....دوازده

فهرست جداول.....چهارده

فهرست علائم و نمادها.....شانزده

چکیده.....۱

فصل اول: مقدمه و هدف.....۲

۱-۱- مقدمه.....۲

فصل دوم: مفاهیم و بررسی منابع.....۶

۲-۱- ویژگی‌های گیاه سیب‌زمینی.....۶

۲-۱-۱- منشأ گیاه سیب‌زمینی.....۶

۲-۱-۲- خواص سیب‌زمینی.....۶

۲-۱-۳- خصوصیات گیاهی.....۷

۲-۱-۴- مراحل رشد و نمو سیب‌زمینی.....۷

۲-۱-۵- نیاز آبی سیب‌زمینی.....۷

۲-۱-۶- نیاز گرمایی سیب‌زمینی.....۸

۲-۲- تاریخ کاشت.....۸

۲-۲-۱- تاریخ کاشت و دما.....۹

۲-۲-۲- تاریخ کاشت و کارایی مصرف آب.....۱۰

۲-۲-۳- تاریخ کاشت و درجه روز رشد تجمعی.....۱۰

۲-۳- مروری بر پژوهش‌های صورت گرفته.....۱۱

۲-۳-۱- اثرات تاریخ کاشت بر عملکرد و خصوصیات کمی و کیفی سیب‌زمینی.....۱۱

۲-۳-۲- اثرات تاریخ کاشت روی درجه روز رشد مراحل مختلف سیب‌زمینی.....۱۳

۲-۳-۳- نیاز آبی گیاه سیب‌زمینی.....۱۴

۲-۴- پژوهش‌های صورت گرفته روی مدل DSSAT.....۱۵

۲-۵- پژوهش‌های صورت گرفته روی مدل SUBSTOR-POTATO.....۱۷

فصل سوم: مواد و روش‌ها ۲۰
۳-۱- مشخصات محل اجرا و نحوه اجرای طرح ۲۰
۳-۱-۱- موقعیت مکانی مزرعه ۲۰
۳-۱-۲- وضعیت آب و هوای منطقه ۲۱
۳-۱-۳- ویژگی‌های خاک زراعی ۲۲
۳-۱-۴- ویژگی‌های آب آبیاری ۲۳
۳-۱-۵- مشخصات رقم مورد استفاده ۲۴
۳-۱-۶- مشخصات طرح آزمایشی ۲۴
۳-۱-۷- مشخصات کلی سیستم آبیاری طرح آزمایشی ۲۴
۳-۲- مراحل کاشت ۲۶
۳-۲-۱- آماده‌سازی زمین ۲۶
۳-۲-۲- کوددهی بستر قبل از کاشت ۲۶
۳-۲-۳- عملیات کاشت ۲۷
۳-۲-۴- مبارزه با آفات و علف‌های هرز ۲۸
۳-۳- برنامه‌ریزی آبیاری ۲۸
۳-۳-۱- اندازه‌گیری رطوبت خاک ۲۸
۳-۳-۲- محاسبات میزان آب کاربردی ۲۹
۳-۳-۳- یکنواختی آبیاری ۳۱
یکنواختی پخش آب ۳۱
ضریب تغییرات ساخت کارخانه ۳۲
نیاز آبشویی ۳۲
۳-۴- کودآبیاری وکوددهی در طول دوره رشد گیاه ۳۳
۳-۵- عملیات برداشت ۳۴
۳-۶- اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای و آزمایشگاهی ۳۵
۳-۶-۱- تعیین ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم خاک مزرعه آزمایشگاهی ۳۵
۳-۶-۲- نمونه‌گیری بوته ۳۵
۳-۶-۳- اندازه‌گیری ماده خشک ۳۶
۳-۶-۴- اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی ۳۶
۳-۶-۵- اندازه‌گیری نشاسته در ماده خشک غده سیب‌زمینی ۳۶

۳-۷- دستگاه تانسیومتر ۳۷
۳-۷-۱- اساس کار دستگاه ۳۷
۳-۷-۲- روش کار دستگاه ۳۷
۳-۸- تبخیر– تعرق ۳۸
۳-۸-۱- تبخیر- تعرق مرجع ۳۸
۳-۸-۲- تبخیر- تعرق گیاه سیب‌زمینی و ضریب گیاهی ۳۹
۳-۸-۳- درجه روز رشد ۴۰
۳-۹- کارایی مصرف آب ۴۰
۳-۱۰- معرفی بسته نرم‌افزاری DSSAT و مدل گیاهی SUBSTOR-POTATO ۴۱
۳-۱۰-۱- معرفی بسته نرم‌افزاری DSSAT V4.5 ..... ۴۱
۳-۱۰-۲- معرفی و ساخت مدل SUBSTOR-POTATO ۴۲
۳-۱۱- ساخت فایل‌های مزرعه سیب‌زمینی برای مدل SUBSTOR-POTATO در بسته نرم‌افزاری DSSAT V4.5 ..... ۴۴
۳-۱۱-۱- وارد کردن داده‌های خاک منطقه طرح در مدول خاک (SBuild) ۴۴
۳-۱۱-۲- وارد کردن داده‌های هواشناسی منطقه طرح در مدول آب و هوا ۴۵
۳-۱۱-۳- وارد کردن اطلاعات مدیریتی مزرعه در مدول مدیریت مزرعه (XBuild) ۴۵
۳-۱۱-۴- وارد کردن داده‌های مربوط به اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای در فایل A و T ۴۷
۳-۱۱-۵- تجزیه و تحلیل گرافیکی و آماری داده‌های خروجی در ابزار GBuild ۴۸
۳-۱۲- واسنجی مدل SUBSTOR-POTATO ۴۸
۳-۱۲-۱- ضرایب ژنتیکی گیاه سیب‌زمینی در مدل SUBSTOR-POTATO ۴۸
۳-۱۲-۲- چگونگی واسنجی مدل SUBSTOR-POTATO ۴۹
۳-۱۳- ارزیابی مدلSUBSTOR-POTATO ۵۰
۳-۱۴- نرم‌افزارهای مورد استفاده ۵۱
فصل چهارم: نتایج و بحث ۵۲
۴-۱- آبیاری و مقدار آب کاربردی ۵۲
۴-۲- تبخیر- تعرق گیاه سیب‌زمینی ۵۵
۴-۳- بررسی شاخص‌های گیاهی اندازه‌گیری شده ۶۱
۴-۳-۱- عملکرد محصول ۶۱
۴-۳-۲- کارایی مصرف آب آبیاری ۶۲

۴-۳-۳- صفات گیاهی اندازه‌گیری شده ۶۴
۴-۳-۴- صفات اندازه‌گیری شده غده سیب‌زمینی ۶۷
۴-۴- بررسی نتایج حاصل از شبیه‌سازی مدل SUBSTOR-POTATO ۶۹
۴-۴-۱- نتایج واسنجی مدل SUBSTOR-POTATO ۶۹
۴-۴-۲- نتایج ارزیابی مدل SUBSTOR-POTATO ۷۲
فصل پنجم: نتیجه گیری کلی و پیشنهادها ۷۶
۵-۱- نتیجه گیری ۷۶
۵-۲- پیشنهادها ۷۹
منابع ۸۰

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

۳-۱: نمای کلی مزرعه سیب‌زمینی در تابستان ۱۳۹۲ با استفاده از نرم‌افزار Google earth..... ۲۱

۳-۲: تغییرات کمینه و بیشینه دما و رطوبت نسبی روزانه شهرضا طی دوره رشد سیب‌زمینی در سال ۱۳۹۲ در تاریخ‌های کاشت مختلف (Planting Date, PD)..... ۲۲

۳-۳: شمای کلی طرح اجرا شده و آرایش لوله‌های شبکه آبیاری در مزرعه..... ۲۵

۳-۴: آماده‌سازی زمین و کوددهی بستر کاشت سیب‌زمینی..... ۲۶

۳-۵: انجام عملیات کاشت سیب‌زمینی وآبیاری اولیه (خاکاب) برای مزرعه آزمایشی..... ۲۷

۳-۶: قرائت مکش خاک توسط تانسیومتر..... ۲۸

۳-۷: منحنی مشخصه رطوبتی خاک محل اجرای طرح..... ۲۹

۳-۸: مراحل قطع اندام هوایی و برداشت محصول سیب‌زمینی..... ۳۴

۳-۹: نمونه‌گیری بوته (ب) و اندازه‌گیری وزن هر غده (الف)..... ۳۵

۳-۱۰: اندازه‌گیری ماده خشک غده سیب‌زمینی..... ۳۶

۳-۱۱: اجزای تشکیل‌دهنده تانسیومتر فلزی..... ۳۸

۳-۱۲: دیاگرام اجزای مختلف بانک اطلاعاتی، برنامه‌های پشتیبانی به منظور کاربردهای مختلف در بسته نرم‌افزاری DSSAT..... ۴۲

۴-۱: حجم آب کاربردی سیب‌زمینی در تاریخ کاشت‌های مختلف (Planting Date, PD) ، (PD1: اول تیرماه، PD2: دهم تیر ماه، PD3: بیستم تیر ماه، PD4: سی‌ام تیر ماه) در کل دوره رشد..... ۵۴

۴-۲: مقایسه میزان تبخیر- تعرق گیاه مرجع و گیاه سیب‌زمینی در طول دوره رشد در تاریخ‌های کاشت (PD1: اول تیر ماه، PD2: دهم تیر ماه، PD3: بیستم تیرماه، PD4: سی‌ام تیرماه)..... ۵۶

۴-۳: عمق تجمعی آب کاربردی (Irrigation depth, Irrig) و تبخیر-تعرق تجمعی سیب‌زمینی در طول فصل رشد(ET_c ,Evapotranspiration) برای تاریخ‌های کاشت مختلف در شهرضا..... ۵۷

۴-۴: مراحل رشد گیاه سیب‌زمینی و میزان درجه روز رشد تجمعی (GDD) در تاریخ‌های کاشت مختلف (PD1: اول تیر ماه، PD2: دهم تیر ماه، PD3: بیستم تیر ماه، PD4: سی‌ام تیر ماه)..... ۵۸

۴-۵: مقایسه مقادیر شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده برای عملکرد تر غده، عملکرد ماده خشک غده در واحد سطح و کارایی مصرف آب آبیاری گیاه سیب‌زمینی براساس واسنجی مدل SUBSTOR-POTATO در تاریخ‌های کاشت مختلف..... ۷۰

۴-۶: نتایج ارزیابی مدل SUBSTOR-POTATO با استفاده از داده‌های مولایی (۱۳۹۱).....۷۳

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

۳-۱: میانگین تعدادی از پارامترهای هواشناسی ایستگاه شهرضا در سال ۱۳۹۲..... ۲۱

۳-۲: برخی از ویژگی‌های فیزیکی خاک مزرعه آزمایشی..... ۲۳

۳-۳: برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی..... ۲۳

۳-۴: مقدار و نوع کودهای مورد استفاده در تیمارهای آزمایشی قبل از کاشت..... ۲۷

۳-۵: ضوابط عمومی مقادیر EU برای سیستم آبیاری قطره‌ای..... ۳۲

۳-۶: استاندارد طبقه‌بندی قطره‌چکان‌ها براساس ضریب تغییرات (v)..... ۳۲

۳-۷: برنامه کود آبیاری اعمال‌شده و میزان مصرف عناصر برای تمامی تیمارها در طول دوره رشد گیاه..... ۳۳

۳-۸: فهرستی از پروژه‌های ارزیابی‌شده برای مدل SUBSTOR-POTATO توسط گریفین و همکاران..... ۴۳

۳-۹: ضرایب ژنتیکی گیاه سیب‌زمینی در مدل SUBSTOR-POTATO..... ۴۸

۴-۱: عمق ناخالص آب کاربردی طی دوره رشد سیب‌زمینی برای تیمارهای مختلف تاریخ کاشت..... ۵۳

۴-۲: طول دوره (روز) مراحل رشد سیب‌زمینی در تاریخ‌های کاشت مختلف (PD)..... ۵۵

۴-۳: مقادیر Kc محاسبه شده واریته بورن سیب‌زمینی در تاریخ‌های کاشت مختلف (PD)..... ۵۵

۴-۴: تبخیر-تعرق تجمعی و میزان درجه روز رشد (GDD) در مراحل مختلف رشد گیاه سیب‌زمینی در تاریخ‌های کاشت مختلف با دمای پایه سیب‌زمینی ۷ درجه سانتی‌گراد..... ۶۰

۴-۵: نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و کارایی مصرف آب آبیاری گیاه سیب‌زمینی زمان برداشت محصول..... ۶۴

۴-۶: مقایسه میانگین عملکرد و کارایی مصرف آب آبیاری گیاه سیب‌زمینی در زمان برداشت محصول..... ۶۴

۴-۷: نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی از خصوصیات گیاه سیب‌زمینی در زمان برداشت..... ۶۶

۴-۸: مقایسه میانگین برخی از خصوصیات گیاه سیب‌زمینی در زمان برداشت..... ۶۷

۴-۹: نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی از خصوصیات اندازه‌گیری شده غده در زمان برداشت..... ۶۸

۴-۱۰: مقایسه میانگین برخی از خصوصیات اندازه‌گیری شده غده در زمان برداشت..... ۶۸

۴-۱۱: ضرایب ژنتیکی بدست آمده برای واریته بورن گیاه سیب‌زمینی جهت استفاده در مدل SUBSTOR-POTATO از بسته نرم افزاری DSSAT V4.5 ..... ۶۹

۴-۱۲: مقایسه متوسط داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده براساس واسنجی مدل SUBSTOR-POTATO
برای سه تیمار تاریخ کاشت در سال ۱۳۹۲..... ۷۱

۴-۱۳: مقدار شاخص‌های آماری RMSE، NRMSE، R^2 و d براساس واسنجی مدل SUBSTOR-POTATO
تحت تاریخ‌های مختلف کاشت..... ۷۲

۴-۱۴: مقایسه متوسط داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده برای ارزیابی مدل SUBSTOR-
POTATO..... ۷۴

۴-۱۵: مقدار شاخص‌های آماری RMSE، NRMSE، R^2 و d برای شاخص‌های گیاهی سیب‌زمینی
برای تیمارهای مختلف بستر کاشت و سیستم آبیاری..... ۷۵

فهرست علائم و نمادها

نماد	عنوان	واحد
Zr	عمق ناحیه توسعه ریشه	m
EU	یکنواختی پخش آب	$\%$
Δ	شیب منحنی دما و فشار بخار اشباع هوا	$kPa/°C$
PD	تاریخ کاشت	
DAP	روز پس از کاشت	day
	ضریب تغییرات قطره‌چکان‌ها	
	میانگین دبی اندازه‌گیری شده روزنه‌ها	Lit/h
q_i	دبی هر یک از روزنه‌ها	Lit/h
	متوسط یک چهارم کمترین دبی قطره‌چکان‌ها (لیتر در ساعت)	Lit/h
Ea	راندمان آبیاری	$\%$
e_a-e_d	کمبود فشار بخار اشباع هوا	kPa
EC	هدایت الکتریکی	dS/m
LR	نیاز آبشویی در شرایط آبیاری قطره‌ای	$\%$
ET_C	تبخیر-تعرق گیاه	mm/day
	هدایت الکتریکی آب آبیاری	dS/m
	حداقل هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در ناحیه توسعه ریشه	dS/m
$ET_{\max}$	بیشترین تبخیر-تعرق گیاه متناظر با بیشترین عملکرد	mm/day
ET_O	تبخیر-تعرق مرجع	mm/day
FC	رطوبت خاک در ظرفیت زراعی	$\%$
G	شار حرارتی خاک	$MJ/m^2/day$
GDD	درجه روز رشد	$°C$
Ig	عمق ناخالص آبیاری	mm

I_n	عمق خالص آبیاری	mm
K_C	ضریب گیاهی	
MAD	حداکثر تخلیه رطوبتی مجاز	$\%$
P	سطح معنی‌دار بودن ضریب همبستگی	
Pw	درصد مساحت خیس شده توسط آبیاری قطره ای	$\%$
PWP	رطوبت در نقطه پژمردگی دائم	$\%$
SMD	کمبود رطوبت خاک	mm
R^2	ضریب تبیین	
RAW	آب سهل الوصول	mm/m
R_n	تشعشع خالص	$MJ/m^2/day$
TAW	کل آب قابل استفاده خاک	mm/m
T_b	دمای پایه گیاهی	$°C$
T_{max}	بیشترین دمای روزانه	$°C$
T_{min}	کمترین دمای روزانه	$°C$
U_2	سرعت باد در ارتفاع ۲ متری	ms^{-1}
	رطوبت حجمی خاک	cm^3/cm^3
$\theta_{0.5}$	رطوبت حجمی خاک پیش از آبیاری در مکش۰/۵ بار	cm^3/cm^3
θ_{FC}	رطوبت حجمی خاک در ظرفیت زراعی	cm^3/cm^3
W	حجم آب مصرفی گیاه	m^3
WUE	کارایی مصرف آب	kg/m^3
x	متغیر مستقل معادله	
Y	عملکرد محصول	T/ha
γ	ضریب سایکرومتری	$kPa/°C$

چکیده

با توجه به محدودیت منابع آب، استفاده بهینه از منابع آب موجود ضروری است. برای رسیدن به بالاترین کارایی مصرف آب و عملکرد محصول لازم است تمام عوامل موثر در تولید محصول شامل انتخاب تاریخ کاشت مناسب و استفاده از ذخیره رطوبتی خاک به‌درستی مدیریت شوند. برای مدیریت صحیح آبیاری، اجرای طرح‌های پژوهشی به منظور بررسی استراتژی‌های مختلف مدیریتی لازم است اما به دلیل هزینه‌بر و زمان‌بر بودن این گونه طرح‌ها، مدل‌های گیاهی با کارایی آسان‌تر و سریع‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این راستا پژوهشی با اهداف بررسی اثر تاریخ کاشت سیب‌زمینی بر کارایی مصرف آب و واسنجی و ارزیابی مدل SUBSTOR-POTATO جهت استفاده در مدیریت آبیاری سیب‌زمینی رقم بورن انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه چهار تاریخ کاشت سیب‌زمینی رقم بورن شامل اول تیرماه (PD_1)، دهم تیرماه (PD_2)، بیستم تیرماه (PD_3) و سی‌ام تیرماه (PD_4) با مدیریت آبیاری قطره‌ای- نواری بود. تیمارهای آزمایشی با استفاده از طرح آماری کرت‌های نواری در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. شاخص‌های فنولوژی رشد، عملکرد، کارایی مصرف آب آبیاری و نشاسته سیب‌زمینی اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد تاریخ کاشت بر عملکرد کل، عملکرد تک بوته، کارایی مصرف آب آبیاری، درصد ماده خشک غده، درصد نشاسته و ارتفاع بوته اثر معنی‌دار دارد. بیشترین و کمترین میزان عملکرد به ترتیب برابر با ۴۹/۳۳ تن بر هکتار برای تیمار PD_3 و ۳۰/۲۸ تن بر هکتار برای تیمار PD_4 مشاهده شد. بیشترین و کمترین میزان کارایی مصرف آب آبیاری به ترتیب برابر با ۶/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب برای تیمار PD_3 و ۴/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب برای تیمار PD_4 مشاهده شد. واسنجی مدل SUBSTOR-POTATO با دقت بسیار خوبی انجام شد و مقدار ضریب تبیین (R^2) برای شاخص‌های عملکرد تر ۰/۸۴، عملکرد خشک ۰/۵۳ و کارایی مصرف آب آبیاری ۰/۹۳ بود. ضرایب ژنتیکی سیب‌زمینی رقم بورن G2 = 2000، G3 = 25، PD = 0.9، P2 = 0.9 و TC = 17 بدست آمد. ارزیابی مدل دقت نسبتاً خوب مدل برای شبیه‌سازی عملکرد تر غده و کارایی مصرف آب آبیاری و دقت خوب مدل برای شبیه‌سازی عملکرد خشک غده را نشان داد. شاخص‌های آماری R^2، شاخص توافق ویلموت و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال‌شده (NRMSE) به ترتیب برابر ۰/۹۵، ۰/۸ و ۳۰ درصد برای عملکرد تر غده، ۰/۹۷، ۰/۹۶ و ۱۴/۴۳ درصد برای عملکرد خشک غده و ۰/۹۶، ۰/۸۴ و ۳۰/۸ درصد برای کارایی مصرف آب آبیاری بود. نتایج نشان داد تغییر تاریخ کاشت عملکرد کل محصول را تا ۳۸ درصد، کارایی مصرف آب آبیاری را تا ۳۴/۴ درصد و کارایی تولید نشاسته را تا ۴۸/۸ درصد افزایش می‌دهد. واسنجی و ارزیابی مدل گیاهی SUBSTOR-POTATO بستر لازم برای بررسی استراتژی‌های مختلف مدیریتی برای تعیین بهترین راهکار مدیریتی در شرایط بحران آب جهت افزایش کارایی مصرف آب را فراهم می‌کند.

کلمات کلیدی: بسته نرم‌افزاری DSSAT، تاریخ کاشت، کارایی مصرف آب، مدل گیاهی سیب‌زمینی

فصل اول

مقدمه و هدف

۱-۱- مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum L.*) پس از گندم، برنج و ذرت بیشترین سهم را در میزان تولید محصولات غذایی دارا بوده و نقش مهمی در تغذیه و سبد غذایی جمعیت جهان دارد [۵]. در کشورهای در حال توسعه اهمیت غذایی سیب‌زمینی به مراتب بیشتر است و در ایران پس از گندم رتبه دوم را به خود اختصاص داده است. میانگین عملکرد جهانی سیب‌زمینی ۱۷/۱۸ تن در هکتار است و در ایران در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ حدود ۲۶/۱ تن در هکتار گزارش شده است [۳۰]. متوسط سرانه مصرف سیب‌زمینی در ایران ۴۵ کیلوگرم در سال است [۵]. این گیاه سرشار از کربوهیدرات و ویتامین ث است و در بین محصولات غده‌ای بیشترین میزان پروتئین را دارد و میزان اسید آمینه‌های موجود در آن با توجه به نیاز انسان مطلوب می‌باشد [۸].

در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، آب مهم‌ترین عامل محدودکننده توسعه کشاورزی است. بنابراین ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای آب اهمیت فوق‌العاده‌ای در مسأله مدیریت آب دارد. با توجه به محدودیت عرضه اقتصادی آب و افزایش میزان تقاضای آن ناشی از رشد جمعیت، برنامه‌ریزی برای استفاده بهینه از منابع آبی بسیار ارزشمند است. در شرایط کمبود آب، شناخت حد بحرانی آب که با حداقل مصرف آن بتوان حداکثر عملکرد قابل قبول را تولید نمود امری ضروری است. زیرا با این روش می‌توان از مصرف اضافی آب اجتناب نمود و از آن برای توسعه سطح زیر کشت آبی استفاده کرد [۳۹].

در گذشته کشاورزان تنها با کاربرد روش‌های آبیاری‌سطحی، آن هم نه با دانش و تجهیزات امروزی، برای آبیاری محصولات خود استفاده می‌کردند. اما در چند دهه اخیر با توجه به پیشرفت علم آبیاری و طراحی سیستم‌های تحت فشار و نیز محدودیت منابع آب کشور، متخصصین آبیاری و کشاورزان به استفاده از این سیستم‌ها روی آوردند. بنابراین لازم است با انتخاب سیستم آبیاری مناسب اقلیم منطقه، میزان ارزش اقتصادی محصول و نیز استفاده از برنامه‌ریزی آبیاری و مدیریت صحیح آب در مزرعه، کاربردی اقتصادی از این سرمایه ملی شود. آبیاری قطره‌ای-نواری (Drip-Tape) یکی از روش-های آبیاری تحت فشار می‌باشد که این سیستم با توجه به راندمان و یکنواختی توزیع بالاتر می‌تواند گزینه مناسبی برای آبیاری گیاهان زراعی با ارزش مانند سیب‌زمینی باشد [۳۶]. اما لازمه پیدا کردن بهترین مدیریت آبیاری، اجرای پژوهش های میدانی به منظور بررسی استراتژی‌های مختلف مدیریتی می-باشد اما این گونه پژوهش ها زمان‌بر و هزینه‌بر هستند.

برای این که کارایی استفاده از آب تا حد ممکن افزایش یابد نیاز است تا سایر عوامل موثر در تولید محصول نیز به نوبه خود به درستی مدیریت شوند و مورد استفاده قرار گیرند. تاریخ کاشت مناسب گیاهان زراعی یکی از مهم‌ترین آن‌ها است. تاریخ کاشت یکی از موارد مهم و تعیین کننده در تنظیم زمان مناسب برای آغاز بهره‌برداری از منابع آب و خاک و تشعشع خورشیدی توسط گیاه سیب‌زمینی است. بنابراین انتخاب تاریخ کاشت مناسب می‌تواند در میزان عملکرد نهایی محصول سیب‌زمینی و همچنین کیفیت آن نقش داشته باشد. گزارش های ارائه شده توسط محققین مختلف این مطلب را به اثبات رسانیده است که ارقام سیب‌زمینی از نظر واکنش به تاریخ کاشت با یکدیگر تفاوت دارند. زمانی که کشت سیب‌زمینی از تاریخ مناسب به تعویق می‌افتد، کاهش عملکرد غده به دلیل کوتاه شدن طول دوره رشد اتفاق می‌افتد. به نظر می‌رسد کشت سیب‌زمینی در اکثر مناطق و برای بیشتر ارقام در اولین فرصت بعد از گرم شدن هوا در بهار، به دلیل امکان استفاده بیشتر از منابع محیطی برای گیاه، مناسب باشد. بنابراین در انتخاب تاریخ کاشت مناسب سیب‌زمینی در هر منطقه و برای هر رقم نیاز به انجام پژوهش ها و یا استفاده از تجارب سایر کشاورزان خواهد بود [۳۰].

عملکرد گیاه وابسته به آب و هوا، خاک و مدیریت مزرعه می‌باشد؛ تعیین راهکارهای مناسب مدیریت گیاه تحت عوامل محیطی متغیر، از دیدگاه اقتصادی و زیست‌محیطی اهمیت به سزایی دارد. همچنین مدیریت سیستم‌های آبیاری و استفاده بهینه از آب برای دستیابی به بیشترین مقدار سود، نیاز به دانستن تعداد زیادی از فاکتورهای فیزیکی، بیولوژیکی و اقتصادی مؤثر در تولید محصول دارد [۱۶]. امروزه از مدل های شبیه‌سازی برای ارزیابی راهبردهای مختلف مدیریت زراعی و به‌نژادی در راستای بهینه‌سازی استفاده از منابع موجود استفاده می‌شود. همچنین با استفاده از این مدل‌ها، هزینه‌ها و زمان موردنیاز برای انجام آزمایش‌ها کاهش می‌یابد و علاوه بر آن می‌توان با این مدل‌ها به جای چند سال آزمایش در مزرعه، با کمک آمار هواشناسی بلندمدت گیاه موردنظر را چندین سال با استفاده از مدل شبیه‌سازی و نتایج آن را مورد ارزیابی قرار داد [۳۲]. از این رو مدل‌های گیاهی با کارایی آسان‌تر و

سریع‌تر برای بهینه‌سازی مدیریت گیاهان و تولید محصول و هم‌چنین برای مطالعه مدیریت آبیاری، موازنه آب در خاک و در نهایت استفاده بهینه و دقیق از منابع آب در دسترس، مورد استفاده قرار می‌گیرند. مدل گیاهی SUBSTOR-POTATO یکی از مدل‌های شبیه‌سازی رشد و عملکرد گیاه سیب‌زمینی است که می‌تواند جهت بهبود مدیریت آبیاری برای اقلیم خشک و نیمه‌خشک ایران در گیاه سیب‌زمینی به عنوان یکی از تصمیمات مدیریتی در سطح مزرعه استفاده شود.

بسته نرم‌افزاری DSSAT مخفف سیستم پشتیبانی تصمیمات در انتقال تکنولوژی کشاورزی[1] می‌باشد. این بسته نرم‌افزاری دارای ۲۸ گیاه مختلف بوده که امکان ارزیابی و کاربرد این مدل‌های گیاهی برای اهداف مختلف و شرایط متفاوت خاک و اقلیم وجود دارد. این بسته نرم‌افزاری دارای ابزارهای لازم برای وارد نمودن داده‌های آب و هوا، خاک، مشاهدات و آزمایش‌های مزرعه‌ای به مدل می‌باشد. مدل SUBSTOR-POTATO یکی از مدل‌های موجود در بسته نرم‌افزاری DSSAT است که برای شبیه‌سازی رشد و نمو گیاه سیب‌زمینی توسعه داده شده است. اگر از واریته‌هایی استفاده شود که جدید باشد یا برای آن شرایط آب و هوایی واسنجی نشده باشند، قبل از بکارگیری مدل، ابتدا بایستی ضرایب ژنتیکی آن واریته تعیین و کارایی مدل ارزیابی شود. این ضرایب به طور معمول با داده‌های ساده‌ای که از آزمایش‌های مزرعه‌ای در شرایط بهینه رشد و گسترش گیاه، بدون تنش خشکی و تنش‌های مواد غذایی و موارد دیگر باشد، برآورد می‌شود [۶۲].

در سال‌های اخیر پژوهش های وسیعی بر روی گیاهان مختلف به کمک نرم‌افزار DSSAT انجام شده است. اگر چه زیرمدل های[2] این برنامه برای گیاهانی چون گندم [۸]، ذرت [۲۹] و آفتابگردان [۳۱] در ایران واسنجی و ارزیابی شده است. اما تاکنون مطالعه‌ای بر روی مدل SUBSTOR-POTATO برای گیاه سیب‌زمینی در ایران صورت نگرفته است. بنابراین بهره‌گیری از مدل SUBSTOR-POTATO به منظور شبیه‌سازی رشد و عملکرد گیاه سیب‌زمینی تحت تاریخ‌های کاشت مختلف جهت بهبود مدیریت آبیاری و افزایش کارایی مصرف آب در اقلیم خشک و نیمه‌خشک ایران برای رسیدن به بالاترین عملکرد محصول در شرایط بحران کمبود آب ضروری است.

در این راستا پژوهش مزرعه‌ای با اهداف زیر انجام شد:

- تعیین مناسب‌ترین تاریخ کاشت به منظور افزایش کارایی مصرف آب رقم بورن سیب‌زمینی تحت سیستم آبیاری قطره‌ای.

---

[1] Decision support system for agro technology transfer

[2] Submodels