

مدل سازی رشد و تولید پوشش های گیاهی در سطح وسیع با SSM-iCrop2 گیاهان زراعی، سبزیجات، باغات میوه و مراتع

تهیه کنندگان:

افشین سلطانی، علیرضا نه‌بندانی، سید مجید عالیمقام، امیر دادرسی، بنیامین ترابی، ابراهیم زینلی، اسکندر زند، ثریا قاسمی، حسین بارانی، امید الستی، رقیه السادات حسینی، محبوبه زاهد، حسنا فیاضی، حسین کمری، راحله عرب عامری، زهرا محمدزاده، سمانه رهبان، شبنم پورشیرازی، سمانه محمدی، صالح کرامت، نعیمه سوسرایی، محبوبه آشناور و مادح احمدی

بهار ۱۳۹۸

خلاصه کاربردی

در ارزیابی‌های مرتبط با تولید غذا و امنیت غذایی مدل‌های شبیه‌سازی گیاهی نقش کلیدی دارند. در چنین مطالعاتی از این مدل‌ها عمدتاً برای برآورد ظرفیت یا پتانسیل عملکرد به عنوان تابعی از شرایط اقلیمی، خاک، مدیریت و ژنتیک (ارقام) استفاده می‌شود. اما، کاربرد مدل‌ها محدود به این امر نیست. این مدل‌ها همچنین می‌توانند میزان آب آبیاری خالص در واکنش به عوامل ذکر شده را برآورد نمایند. در این مطالعه از ساختار مدل‌سازی SSM استفاده شده و تغییراتی در آن داده شد تا برای پیش‌بینی رشد و عملکرد تعداد زیادی گونه گیاهی شامل گیاهان چند ساله و درختان میوه در سطوح وسیع مناسب باشد. مدل حاصله (SSM-iCrop2) به داده‌های ورودی کمتر و در دسترس نیاز دارد. این مدل برای بیش از ۳۵ گونه گیاهی اصلی کشور پارامتریابی و ارزیابی گردید. داده‌های مرتبط با رشد و عملکرد این گونه‌ها از سراسر کشور جمع آوری و مورد استفاده قرار گرفت. بیش از ۴۰۰ مقاله چاپ شده و تعداد بیشتری گزارشات تحقیقاتی مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین داده‌های مرتبط با مدیریت این گیاهان در شرایط مزرعه و باغات و نیز پتانسیل تولید آن از سراسر کشور با همکاری مراکز استانی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی جمع آوری و استفاده گردید. مدل برای ۷۸ گونه/رقم گیاهی پارامتریابی شده است. تعداد پارامترهای لازم برای شبیه‌سازی هر رقم یا گونه ۳۷ می‌باشد ولی با توجه به ارتباطات پارامترها با یکدیگر و مهم نبودن برخی پارامترها در برخی گیاهان، تعداد واقعی پارامتر لازم حدود ۲۰ می‌باشد. آزمون مدل نشان داد مدل در پیش‌بینی عملکرد و نیاز آبیاری خالص (یا تبخیر تعرق در شرایط دیم) موفق عمل می‌کند و مقادیر ضریب همبستگی و ضریب تغییرات در محدودهای قابل قبول بودند. از این مدل در طرح ملی امنیت غذایی برای برآورد پتانسیل عملکرد گیاهان مختلف در شرایط دیم و آبی کشور و نیز برآورد نیاز آبیاری خالص این گیاهان در شرایط آبی استفاده خواهد شد.

۱- مقدمه

نگرانی‌ها در مورد تولید غذای کافی و تأمین امنیت غذایی جهانی جدی است. گزارش‌های جدیدی که توسط سازمان‌های بین‌المللی تهیه شده حاکی از آن است که پس از یک دوره طولانی کاهش گرسنگی در جهان، شاهد افزایش دوباره آن هستیم. براساس این گزارش‌ها در بخش‌هایی از مناطق جنوب صحرائی آفریقا و جنوب شرقی و غرب آسیا به دلیل وقوع خشکسالی و درگیری‌های نظامی امنیت غذایی وضعیت نگران‌کننده دارد (فائو، ۲۰۱۷؛ ۲۰۱۸). از کشاورزی انتظار می‌رود که در سال ۲۰۵۰، غذای بیشتری را برای تغذیه ۹ تا ۱۰ میلیارد نفر جمعیت جهان با اثرات زیست محیطی کمتر فراهم کند (الکساندر و بروینسما، ۲۰۱۲؛ تیلمن و همکاران، ۲۰۱۱؛ اسمیت، ۲۰۱۳). اما با توجه به منابع محدود زمین و آب، رسیدن به این هدف دشوار می‌باشد. کسمن (۲۰۱۲) اظهار داشت که "حصول امنیت غذایی توأم با حفظ محیط زیست احتمالاً بزرگترین چالش علمی پیش روی بشر است".

برای مطالعه امنیت غذایی به ابزارهای مخصوص آن نیاز است. یکی از این ابزارها، مدل‌های شبیه‌سازی گیاهی می‌باشد. در واقع مدل‌های شبیه‌سازی گیاهی یکی از مهم‌ترین ابزارها در مطالعات امنیت غذایی هستند (فن ایترسام و همکاران، ۲۰۱۶؛ تیمسینا و همکاران، ۲۰۱۸). مدل‌ها شکل ساده شده دنیای واقعی را ارائه می‌دهند که در آن رشد، نمو و عملکرد گیاه براساس پارامترهای گیاه و شرایط آب و هوایی تعیین می‌گردد. مدل‌های شبیه‌سازی گیاهی نقش مهمی در برخی از مهم‌ترین پروژه‌های بین‌المللی مرتبط با امنیت غذایی مانند HarvestChoice (اندرسون و همکاران، ۲۰۱۴)، GYGA (فن ایترسام و همکاران، ۲۰۱۳)، AgMIP (روانه و همکاران، ۲۰۱۶؛ مارتو و همکاران، ۲۰۱۴)، MACSUR (ترنکا و همکاران، ۲۰۱۵) و CGIAR (CIAT, IFPRI, 2016) دارند.

تاکنون مقالات زیادی در مورد استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی گیاهی در موضوع امنیت غذایی منتشر شده‌اند. برای مثال، از مدل‌ها برای ارزیابی پتانسیل عملکرد گیاهان زراعی (فن وارت و همکاران، ۲۰۱۳؛ لئون و همکاران، ۲۰۱۸؛ اسپچلس و همکاران، ۲۰۱۸) و واکنش آن‌ها به تغییر اقلیم (رحمان و همکاران، ۲۰۱۸؛ هرماندز-اوجوآ و همکاران، ۲۰۱۸)، ارزیابی گزینه‌های مختلف مدیریتی و ژنتیکی در بهبود عملکرد گیاهان زراعی (سینکلر، ۲۰۱۱؛ سینکلر و همکاران، ۲۰۱۰؛ وادز و همکاران، ۲۰۱۷) و بهینه‌سازی مصرف آب و کود (فریس و همکاران، ۲۰۱۰؛ مک کارتی و همکاران، ۲۰۰۹؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۸) استفاده شده‌اند.

SSM¹ به گروهی از مدل‌های شبیه‌سازی گیاهی اطلاق می‌شود که ساخت آن‌ها به سال ۱۹۸۶ بر می‌گردد زمانی که سینکلر (۱۹۸۶) مدلی برای رشد و نمو سویا تهیه کرد. ساختار این مدل طی ۳۰ سال بعد بهبود یافته و تقریباً برای همه گیاهان زراعی استفاده شده است که از جمله ذرت (سینکلر و ماکو، ۱۹۹۵)، سورگوم (سینکلر و همکاران، ۱۹۹۷)، گندم (سینکلر و امیر، ۱۹۹۲؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۱۳)، جو (وهایی و سینکلر، ۲۰۰۵)، بادام زمینی (همر و همکاران، ۱۹۹۵) و نخود (سلطانی و همکاران، ۱۹۹۹) را می‌توان نام برد. برای توضیح کامل SSM می‌توان به سلطانی و سینکلر (۲۰۱۲) و سلطانی و همکاران (۲۰۱۳) مراجعه شود. از مدل SSM در مطالعات مربوط به امنیت غذایی در نقاط مختلف دنیا استفاده شده که از آن جمله می‌توان به گندم در خاورمیانه (اسکوپاچ و همکاران، ۲۰۱۷) و آمریکا (سایرسی و همکاران، ۲۰۱۹)، سویا در آمریکا (سینکلر و همکاران، ۲۰۱۰) و آفریقا (سینکلر و همکاران، ۲۰۱۴)، ذرت در آمریکا (مسینا و همکاران، ۲۰۱۵)، عدس در شمال آفریقا (فانم و همکاران، ۲۰۱۵) و جنوب آسیا (گویگوتانت و همکاران، ۲۰۱۷) و بادام زمینی در کشورهای جنوب صحرای آفریقا (وادز و همکاران، ۲۰۱۷) اشاره کرد.

SSM جایگزینی برای مدل‌های پیچیده به شمار می‌آید که دارای تعداد فراوانی فرضیه و پارامتر می‌باشند و به اطلاعات زیادی درباره گیاه و خاک نیاز دارند. مبنای ساخت مدل‌های SSM توسط سینکلر و سلینگمان (۱۹۹۶) بیان شده است: مدل‌های گیاه را باید به عنوان "ابزاری کارگشا" در نظر گرفت که در ساخت آن‌ها نکات زیر در نظر گرفته شده باشد: (۱) اهداف مدل به روشنی مشخص شوند و در همان حال منطقی و در دسترس باشند، (۲) معیارهای ارزیابی، پذیرش یا رد مدل در رابطه با اهداف مدل تعیین شوند، (۳) به هنگام ساخت مدل، مدل‌ساز خودآگاه یا ناخودآگاه تحت تاثیر مدل‌های موجود قرار نگیرد و در حقیقت ممکن است در هر وضعیتی مدل خاصی مورد نیاز باشد، (۴) سطح سازمانی مدل سازی حداکثر یک سطح پایین تر از سطح مورد نظر برای مدل سازی باشد، و (۵) هر جایی که ممکن باشد از معادلات خلاصه استفاده شود که از جمله آنها می‌توان روابط مربوط به دریافت تشعشع (معادله مانسی و سایکی)، کارایی استفاده از تشعشع خورشیدی (سینکلر و هوری، ۱۹۸۹) و روابط تعرق-فتوستتر (تتر و سینکلر، ۱۹۸۳) را نام برد.

در حالی که مدل‌های متعدد دیگری نیز برای شبیه‌سازی گیاهی در دسترس هستند، سلطانی و سینکلر (۲۰۱۲) و سلطانی و همکاران (۲۰۱۳) دلایل ساخت و کاربرد مدل‌های SSM را به این صورت فهرست کرده‌اند:

- بسیاری از مدل‌ها به مقدار کافی شفاف^۲ نیستند. شفافیت یعنی این که پارامترهای مدل، نمودارهای جریان‌یابی مدل و کد آن توسط کسانی که دست‌اندر کار ساخت مدل نبوده‌اند به سادگی قابل درک باشد.
- در بسیاری از مدل‌ها از جزئی‌نگری مفرط استفاده شده است که بدین معنی است که این مدل‌ها دارای تعداد زیادی پارامتر و معادله برای توضیح هر فرآیند گیاهی هستند. در برخی از موارد این مدل‌ها آن قدر پیچیده شده‌اند که جنبه‌هایی از ساختار و کارکرد این مدل‌ها حتی برای اعضای تیم مدل‌سازی آن‌ها نیز روشن نیست (مانیت، ۱۹۹۶)! افزودن به پیچیدگی یک مدل ضرورتاً مدل را به واقعیت نزدیک نمی‌کند. در حقیقت، بسیار محتمل است که اضافه کردن فرضیات به مدل بدون

¹ Simple Simulation Models

² Transparent

آن که توسط شواهد آزمایشی توجیه شوند، باعث ضعف کارکرد مدل شود. کاربران باید از این مدل‌ها به صورت جعبه سیاه استفاده کنند بدون آن که درک روشنی از ساختار و محدودیت‌های مدل داشته باشند. مدل‌های پیچیده به داده‌های ورودی زیادی نیز نیاز دارند که ممکن است به راحتی در دسترس نباشد.

- در برخی موارد کد مدل‌ها در دسترس نیست و ممکن است کد مدل با مستندات چاپ شده مدل تطبیق نداشته باشد.
- گاهی نرم افزار مدل روشن، ساده و انعطاف پذیر نیست. در این موارد کاربران باید بسیار تلاش کنند که از نرم افزار سر در بیاورند به جای آن که بر نحوه کار مدل متمرکز شوند.
- بسیاری مدل‌ها دارای یک یا چند پارامتر هستند که معنای روشنی نداشته و قابل اندازه گیری نیستند و باید آن‌ها را با کالیبراسیون پیدا کرد. تمامی پارامترهای یک مدل باید دارای معنی روشنی باشند و بتوان آن‌ها را مستقیماً اندازه گیری کرد.

اهداف این مطالعه عبارت بودند از (۱) ایجاد برخی تغییرات و سازگار کردن مدل SSM طوری که برای شبیه سازی رشد و تولید تعداد زیادی از گونه‌های گیاهی شامل زراعی دانه ای و غیر دانه ای یک ساله، گیاهان چند ساله مثل یونجه و درختان میوه قابل استفاده باشد، (۲) پارامتریابی این مدل برای گونه‌های گیاهی مختلف در شرایط ایران، و (۳) ارزیابی این مدل برای این گونه‌های متنوع در شرایط مختلف کشور.

۲- روش‌ها

۲-۱- هدف از مدل

هدف ایجاد مدلی بود که بتواند فنولوژی، تغییرات شاخص سطح برگ، تولید ماده خشک و تشکیل عملکرد پوشش‌های گیاهی متنوع از یکساله تا چند ساله و از نوع بوته ای تا درختی را در واکنش به عوامل محیطی دما، تشعشع خورشیدی، CO₂ و آب پیش بینی کند. فرض شده است که کمبود عناصر غذایی وجود ندارد و آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز نیز به طور موثر کنترل می‌شوند. مدل در وهله اول برای برآورد پتانسیل عملکرد گیاهان مختلف در شرایط کشت آبی و دیم ایجاد شده است. همچنین برآورد نیاز آبیاری خالص در شرایط کشت آبی مد نظر بوده است. اما، کاربرد مدل فقط به این امر محدود نیست. برای مثال، در صورتی که برخی پارامترهای مدل برای شرایط کشاورز یا شرایط معینی برآورد شوند، مدل قادر خواهد بود برای آن شرایط پیش‌بینی کند. این امر شامل پیش‌بینی پوشش‌های مرتعی و جنگلی نیز می‌شود.

۲-۲- ساختار مدل

ساختار مدل مشابه مدل SSM است که به طور کامل توسط سلطانی و سینکلر (۲۰۱۲) توضیح داده شده است؛ همچنین سلطانی (۱۳۸۸) ساختار این مدل را تشریح کرده است اگرچه مقداری تفاوت با مدل حاضر نیز دارد. در این مطالعه از این مدل به عنوان مبنا استفاده شد ولی برای استفاده از آن برای تعداد زیادی از گونه‌های زراعی و باغبانی لازم بود تغییراتی در آن اعمال گردد. در این قسمت ساختار مدل تهیه شده و تغییرات آن به اختصار توضیح داده می‌شوند و برای توضیحات بیشتر خوانندگان باید به منابع ذکر شده مراجعه نمایند. در حال حاضر این مدل گونه‌های گیاهی زیادی را پوشش می‌دهد که اسامی آن‌ها در جدول ۱ ذکر شده‌اند. مدل حاضر برای شبیه‌سازی رشد و عملکرد پوشش‌های مرتعی و جنگلی نیز قابل استفاده است ولی در این مورد پارامترهای مورد نیاز مدل برای مخلوطی از گونه‌ها باید تعیین شده و در مدل استفاده شوند. شایان ذکر است که این مدل برای درختان و گونه‌های چندساله، رشد و

عملکرد پوشش گیاهی معین با سن مشخص را شبیه‌سازی می‌کند (مثلا یک باغ ۵ ساله هلو؛ زراعت یونجه ۲ یا ۴ ساله) و تغییرات رشد و تولید در طی سال‌ها مد نظر نیست.

جدول ۱- لیست گونه‌های گیاهی مورد بررسی در این مطالعه

زراعی	سبزیجات	باغی
آفتابگردان	پیاز	انار
برنج	خربزه	انجیر
پنبه	خیار	انگور
جو	گوجه فرنگی	بادام
چغندر قند	هندوانه	پرتقال
ذرت دانه‌ای		پسته
ذرت علوفه‌ای		خرما
سویا		زردآلو
سیب زمینی		زیتون
شبدر		سیب
عدس		گردو
کلزا		هلو
کنجد		
گندم		
لوییا		
نخود		
نیشکر		
یونجه		

۲-۲-۱- شروع شبیه‌سازی گیاه

در گیاهان زراعی، شروع شبیه‌سازی رشد و عملکرد، از زمان کاشت گیاه شروع می‌گردد. اما، شروع شبیه‌سازی موازنه آب خاک می‌تواند مدت‌ها قبل از آن باشد، یا همزمان با شروع شبیه‌سازی گیاه باشد (و البته نمی‌تواند بعد از تاریخ کاشت باشد). تاریخ کاشت می‌تواند زمان معینی باشد که کاربر تعریف می‌کند و یا از یکی از الگوریتم‌هایی که تهیه و در مدل تعبیه شده است برای یافتن تاریخ کاشت استفاده گردد. الگوریتم‌هایی که فعلا موجود هستند، در جدول ۲ تعریف شده‌اند و در صورت نیاز و حسب مورد می‌توان الگوریتم‌های دیگری نیز تعریف و به مدل اضافه نمود.

جدول ۲- الگوریتم برای شروع شبیه‌سازی گیاه براساس دما و/یا شرایط رطوبتی در مدل SSM-iCrop2

الگوریتم	توصیف
#1	کاشت در پنجمین روز یک دوره ۵ روزه بدون بارندگی

کد مرحله	توصیف
EMR	سبز شدن در گیاهان زراعی؛ باز شدن جوانه‌ها در درختان یا شروع مجدد رشد بهاره در یونجه و گیاهان چند ساله
BRG	آغاز رشد ریشه؛ در گیاهان زراعی همزمان با مرحله سبز شدن
BSG	شروع موثر پر شدن دانه‌ها (یا شروع تشکیل میوه در درختان)
BLS	شروع پیر شدن برگ‌ها
TRG	پایان رشد ریشه؛ در گیاهان زراعی همزمان با مرحله شروع موثر پر شدن دانه‌ها
TSG	پایان موثر پر شدن دانه‌ها (یا کامل شدن تشکیل میوه در درختان)
PM	رسیدگی فیزیولوژیک (افزایش ماده خشک بعد از این مرحله اتفاق نمی‌افتد). در گیاهان زراعی همزمان با TSG رخ می‌دهد اما لزوماً در همه گیاهان چنین نیست. برای مثال، در برخی درختان میوه مثل هلو ابتدا TSG رخ می‌دهد ولی PM مدت‌ها بعد حادث می‌شود
HAR	رسیدگی برداشت (یا ریزش برگ در درختان)

EMR: Emergence; BRG: Beginning root growth; BSG: Beginning of seed growth; BLS: Beginning leaf senescence; TRG: Termination root growth; TSG: Termination of seed growth; PM: Physiological maturity; HAR: Harvest.

سلطانی و سینکلر (۲۰۱۲) و سلطانی (۱۳۸۸) روش‌هایی برای پیش‌بینی زمان وقوع مراحل فنولوژیک به عنوان تابعی از دما، طول روز، بهاره‌سازی و کمبود آب ارائه داده‌اند. اما، در مدل حاضر به دلیل اینکه گونه‌های متنوعی را پوشش می‌دهد و برای بیشتر آن‌ها اطلاعات کمی لازم مربوط به واکنش به طول روز و بهاره‌سازی در دسترس نیست، مدل‌سازی فنولوژی براساس مفهوم واحد دمایی که برای کمبود آب تعدیل می‌شود، صورت می‌گیرد. به همین دلیل لازم است مقادیر واحد دمایی لازم برای مراحل مختلف فنولوژی گیاه برای هر مکان یا مکان‌های نزدیک به هم (به لحاظ عرض جغرافیایی) تهیه و در مدل وارد شوند و ممکن است با تغییر در عرض جغرافیایی و نیز تاریخ کاشت، این واحدهای دمایی تغییر نماید و از دقت لازم برخوردار نباشد. مقدار واحد دمایی که گیاه در هر روز تجربه می‌کند (DTU، درجه سانتی گراد)، براساس منحنی واکنش سرعت نمو گیاه به دما محاسبه می‌گردد و برای هرگونه کمبود آب اصلاح می‌شود:

$$DTU = (TP1D - TBD) \times tempfun \times WSFDS \quad (1)$$

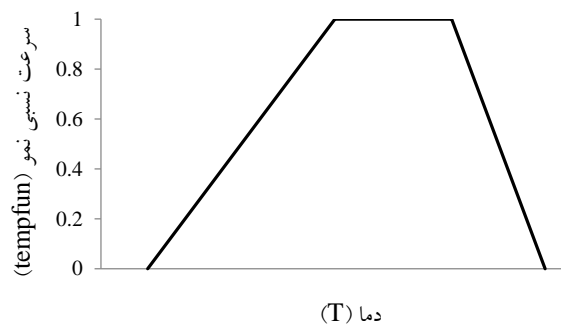
که در آن TP1D دمای مطلوب اول (تحتانی)، TBD دمای پایه، tempfun ضریب اصلاحی سرعت نمو برای دما و WSFDS ضریب اصلاحی سرعت نمو برای کمبود آب است که در قسمت مربوط به کمی‌سازی اثرات تنش آب توضیح داده شده است. tempfun همان منحنی واکنش سرعت نمو به دما یا تابع دمایی است که مقدار آن در دما (های) مطلوب ۱ می‌باشد و در دماهای غیرمطلوب کمتر از یک است و در دماهای کمتر از دمای پایه یا بالاتر از دمای سقف (TCD) صفر می‌باشد. tempfun در هر روز با توجه به دمای آن روز (TMP، درجه سانتی گراد) و دماهای کاردینال گیاه با کمک یک تابع تکه‌ای^۶ محاسبه می‌شود.

$$\begin{aligned} tempfun = 0 & \quad \text{if} \quad TMP \leq TBD \\ & \quad \text{if} \quad TBD < TMP < TP1D \\ & = (TMP - TBD) / (TP1D - TBD) \end{aligned} \quad (2)$$

⁶ Segmented

$$\begin{array}{ll}
 = 1 & \text{if } TP1D \leq TMP \leq TP2D \\
 = (TCD - TMP) / (TCD - TP2D) & \text{if } TP2D < TMP < TCD \\
 = 0 & \text{if } TMP \geq TCD
 \end{array}$$

که در آن TP2D دمای مطلوب دوم (فوقانی) است و TBD، TP1D و TCD به ترتیب دماهای پایه، مطلوب اول و سقف هستند که در بالا مورد اشاره قرار گرفته‌اند. شکل ۱ تابع دمایی (tempfun) را برای یک گیاه فرضی به تصویر کشیده است. مقدار تابع در دمای پایه و کمتر از آن صفر است که بدین معنی است که گیاه هیچ دمایی که در نمو آن موثر باشد، تجربه نمی‌کند. با افزایش دما، از دمای پایه به دمای مطلوب اول، مقدار تابع دمایی، از صفر به یک افزایش پیدا می‌کند که به معنی تجربه دمای بیشتر و در نتیجه سرعت نمو بالاتر است که در شرایط مزرعه به صورت کوتاهتر شدن طول دوره فنولوژیک مشاهده خواهد شد. با افزایش دما از مطلوب اول به مطلوب دوم، مقدار تابع دمایی در همان یک باقی می‌ماند که به معنی عدم افزایش سرعت نمو با افزایش دما می‌باشد. با افزایش دما از دمای مطلوب دوم تا دمای سقف، تابع دمایی از یک به صفر میل می‌کند که به معنی کاهش سرعت نمو در این دماهای فوق مطلوب است که مجدداً در شرایط مزرعه به صورت طولانی‌تر شدن طول دوره تحت تاثیر این دماها قابل مشاهده است. تابع دمایی در دمای سقف و بالاتر صفر است که نشان می‌دهد این دماها باعث توقف سرعت نمو گیاه می‌شوند.



شکل ۱۱- واکنش سرعت نسبی نمو به دما

برآورد دماهای کاردینال برای تعدادی از گونه‌های گیاهی در جدول ۴ آورده شده است. برای سایر گیاهان به آخرین نسخه فایل مدل در این آدرس <https://sites.google.com/site/AfshinSoltani/> مراجعه شود.

مقدار واحد دمایی تجمعی (CTU)، درجه سانتی گراد) از مبدا کاشت یا شروع مجدد رشد بهاره یا باز شدن جوانه تا هر روز معین i ، که وضعیت نموی گیاه را نشان می دهد با معادله زیر محاسبه می شود:

$$CTU_i = CTU_{i-1} + DTU_i \quad (3)$$

که در آن i روز مدنظر، $i-1$ روز قبل و DTU واحد دمایی تجربه شده در روز i هستند. در مدل شکل نرمالیزه شده ای از CTU به صورت زیر محاسبه می شود:

$$NDS_i = CTU_i / tuHAR \quad (4)$$

که در آن NDS واحد دمایی نرمالیزه شده است که مقدار آن در شروع شبیه سازی گیاهی صفر و در زمان رسیدگی برداشت در گیاهان زراعی و یا ریزش برگ در درختان یک می باشد و $tuHAR$ مقدار واحد دمایی لازم از شروع شبیه سازی (کاشت، شروع مجدد رشد بهاره یا باز شدن جوانه بسته به گونه گیاهی) تا رسیدگی برداشت (پایان گیاه) می باشد.

در مدل زمان وقوع مراحل فنولوژیک با کمک NDS پیش بینی می شود. نحوه عمل به این صورت است که در هر روزی که مقدار NDS آن روز از مقدار NDS مرحله نموی معین عبور کند یا برابر آن شود، آن مرحله نموی اتفاق افتاده است. برای مثال، واحد دمایی لازم برای سبز شدن ($tuEMR$) در گندم ۱۳۲ درجه سانتی گراد و مقدار $tuHAR$ در این گیاه ۲۴۰۰ درجه سانتی گراد است و NDS برای سبز شدن که در مدل با $frEMR$ نشان داده شده است ۰/۰۵۵ می باشد. بنابراین، اولین روزی که مقدار NDS به ۰/۰۵۵ برسد یا از آن عبور کند (بیشتر شود)، سبز شدن در مدل اتفاق افتاده است. مقادیر واحد دمایی نرمالیزه شده لازم برای وقوع مراحل مختلف فنولوژیک برای تعدادی از گونه های گیاهی در جدول ۴ درج شده اند. برای مقادیر در سایر گیاهان به ضمیمه ۲ یا فایل مدل مراجعه شود.

جدول ۴- پارامترهای فنولوژی در برخی از گونه های گیاهی

انگور	یونجه و شبدر	هندوانه و خربزه	سیب- زمینی	گندم	مخفف (واحد)	پارامتر
۵	۵	۱۰	۵	۰	TBD (°C)	Base temperature for development
۱۷	۲۵	۲۵	۱۷	۲۵	TP1D (°C)	Lower optimum temperature for development
۳۲	۳۲	۳۵	۳۲	۲۸	TP2D (°C)	Upper optimum temperature for development
۴۰	۴۰	۴۸	۴۰	۴۰	TCD (°C)	Ceiling temperature for development
۱۸۵۰	۴۵۰	۱۸۰۰-۱۵۰۰	۱۵۰۰	۲۴۰۰	ForcReq (°C)	Temperature unit from 1st January to bud burst or spring regrowth

۰.۱۸	۰.۰۱۱	۰.۰۱	۰.۰۸	۰.۰۵۵	frEMR	Fraction of tuHAR for emergence
۰.۷۲	۰.۰۱	۰.۵۵	۰.۴	۰.۶۸	frBSG	Fraction of tuHAR for beginning seed growth
۰.۹۹	۰.۹۹	۰.۹۵	۰.۹۵	۰.۹۱	frTSG	Fraction of tuHAR for termination of seed growth
۰.۸	۰.۹۹	۰.۹۵	۰.۹۵	۰.۹۱	frPM	Fraction of tuHAR for physiological maturity
۱۸۵۰	۴۵۰	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۲۴۰۰	tuHAR (°C)	Temperature unit for harvest

۲-۲-۳- تغییرات شاخص سطح برگ

پیش‌بینی تغییرات شاخص سطح برگ (هر متر مربع یا هکتار سطح برگ در هر مترمربع یا هکتار زمین) یعنی گسترش و پیرشدن برگ‌ها برای استفاده بعدی برای محاسبه دریافت تشعشع و تولید ماده خشک و نیز محاسبه تبخیر تعرق دارای اهمیت است. سلطانی و سینکلر (۲۰۱۲) روش‌هایی را برای شبیه‌سازی تغییرات شاخص سطح برگ برای شرایط مختلف ارایه نموده‌اند. در این روش‌ها متناسب با اطلاعات موجود و شرایط تولید، شاخص سطح برگ به عنوان تابعی از دما، آلومتري گیاه، تنش آب و موازنه نیتروژن در گیاه پیش-بینی می‌گردد. مدل حاضر برای شرایط پتانسیل و شرایط آب محدود تهیه می‌شود، بنابراین، موازنه نیتروژن در گیاه و خاک شبیه‌سازی نمی‌شود. از طرف دیگر، نظر به این که این مدل برای دامنه وسیعی از گونه‌های گیاهی به کار می‌رود که اطلاعات کمی کافی در آن‌ها در ارتباط با تاثیر نیتروژن و آلومتري در دسترس نیست، بنابراین، در مدل حاضر از روش ساده‌ای مبتنی بر دما و تنش آب استفاده شده است.

شاخص سطح برگ در هر روز با معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$LAI_i = LAI_{i-1} + GLAI_i - DLAI_i \quad (5)$$

که در آن LAI_i مقدار شاخص سطح برگ در روز حاضر، LAI_{i-1} مقدار شاخص سطح برگ در روز قبل، $GLAI_i$ مقدار افزایش در LAI در روز حاضر و $DLAI_i$ مقدار کاهش در LAI در روز حاضر هستند. واحد همه اجزای معادله ۵ در مدل مترمربع بر مترمربع است.

میزان گسترش در LAI در هر روز در طول دوره گسترش سطح برگ یعنی از شروع شبیه‌سازی گیاه تا مرحله نموی که پیرشدن برگ‌ها شروع می‌شود (BLS)، به صورت زیر محاسبه می‌شود:

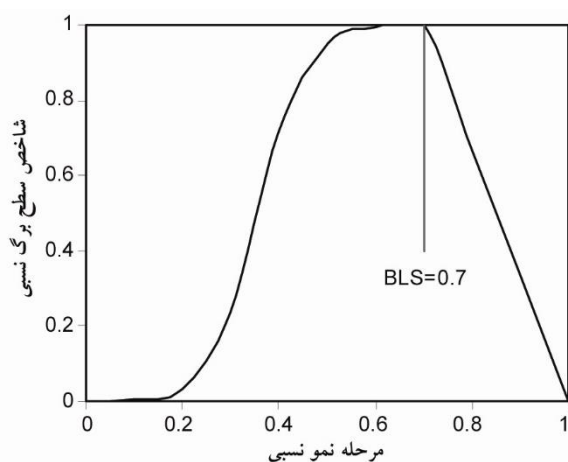
$$GLAI_i = (LAI_i - LAI_{i-1}) \times WSFL \quad (6)$$

که در آن $WSFL$ ضریب اصلاحی گسترش سطح برگ برای تنش آب (کمبود یا زیادبود آب) می‌باشد که مقدار آن بین صفر (در شرایط تنش شدید) تا یک (در شرایط بدون تنش) متغیر است و نحوه محاسبه آن در قسمت کمی سازی واکنش به تنش آب توضیح

داده شده است. مقدار LAI_i با کمک یک تابع نمایی به مرحله نموی نرمالیزه شده (NDS) و در حقیقت به واحد دمایی که گیاه تجربه کرده است مرتبط می شود (شکل ۲):

$$LAI_i = NDS / [NDS + \exp (AL - BL \times NDS)] \times LAIMX \quad (7)$$

که در آن AL و BL ضرایب ثابت و پارامتر ورودی مدل هستند و $LAIMX$ نیز حداکثر شاخص سطح برگ مورد انتظار و پارامتر ورودی دیگری در مدل است. از معادله نمایی (۷) قبلا در مدل های EPIC (کو و همکاران، ۲۰۰۹؛ ویلیامز و همکاران، ۱۹۸۹) و SWAT (کیو و همکاران، ۲۰۱۸؛ آرنولد و همکاران، ۲۰۱۲) برای شبیه سازی سطح برگ استفاده شده است. بنابراین، پارامترهای مورد نیاز این معادله را می توان از مدل های ذکر شده تهیه نمود. شایان ذکر است که $LAIMX$ به صورتی که در معادله (۷) به کار رفته است فقط یک پارامتر مرتبط با رقم یا گونه نیست، بلکه تحت تاثیر مدیریت (مثل نوع کشت دیم و آبی) نیز می باشد. در مدل حاضر، $LAIMX$ به صورت حاصلضرب حداکثر شاخص سطح برگ بوته قابل انتظار ($PLAMX$ ، سانتی مترمربع در بوته) و تراکم بوته (تعداد در مترمربع مزرعه) محاسبه می شود که در این حالت $PLAMX$ در شرایط مطلوب رشد تا حدود زیادی ثابت و پارامتر مرتبط با رقم یا گونه خواهد بود و تراکم بوته یک عامل مرتبط با مدیریت محسوب می گردد.



شکل ۲- یک نمونه فرضی شاخص سطح برگ نسبی در مقابل واحد دمایی نرمالیزه شده یا مرحله نمو نسبی. BLS مرحله شروع پیر شدن برگ ها را نشان می دهد.

در صورتی که پارامترهای AL و BL در دست نباشد، با در دست داشتن دو نقطه از رابطه LAI در مقابل NDS ، مقدار آنها توسط مدل به صورت داخلی محاسبه می گردد. چنانچه این دو نقطه را با مشخصات (x_1, y_1) و (x_2, y_2) نشان دهیم، AL و BL با حل تحلیلی معادله (۷) به صورت زیر بدست می آیند:

$$BL = \frac{\log\left(\frac{1/y_2 - 1}{1/x_2}\right) - \log\left(\frac{1/y_1 - 1}{1/x_1}\right)}{x_1 - x_2} \quad (8)$$

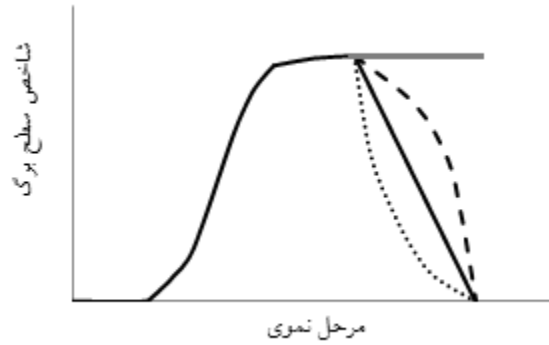
$$AL = \log\left(\frac{1/y_1 - 1}{1/x_1}\right) + BL x_1 \quad (9)$$

به عنوان مثال، اگر دو نقطه با مشخصات (۰/۱۵، ۰/۰۱) و (۰/۵، ۰/۹۵) باشند؛ مفهوم آن به این صورت قابل توضیح است که وقتی گیاه ۱۵ درصد (۰/۱۵) از دوره حیاتی خود را طی می کند، LAI آن به ۱ درصد (۰/۰۱) حداکثر قابل انتظار (LAIMX) می رسد و وقتی که گیاه ۵۰ درصد (۰/۵) از دوره حیاتی خود را طی می کند، LAI آن به ۹۵ درصد (۰/۹۵) حداکثر قابل انتظار، افزایش می یابد. بعد از مرحله BLS یعنی شروع پیرشدن برگ ها، شبیه سازی میزان کاهش روزانه در LAI (DLAI) صورت می گیرد. در گیاهان زراعی کاهش در LAI عمدتاً به علت انتقال مجدد نیتروژن در طول دوره پیرشدن دانه ها اتفاق می افتد که در نتیجه آن برگ ها زرد می شوند. با توجه به این که در مدل حاضر موازنه نیتروژن در خاک و گیاه شبیه سازی نمی شود، شبیه سازی در پیرشدن برگ ها و کاهش LAI با روش ساده ای انجام می گیرد. در این روش LAI از مقداری که در BLS دارد (BLSLAI) شروع به کاهش می کند و در رسیدگی برداشت (HAR) به صفر می رسد. مقدار DLAI و LAI در هر روز از معادلات زیر حساب می شوند:

$$DLAI = (LAI_{i-1} - LAI_i) \times WSFDS \quad (10)$$

$$LAI_i = BLSLAI \times (1 - NDS) / (1 - frBLS)^{SRATE} \quad (11)$$

در معادله (۱۰)، WSFDS ضریب اصلاحی تنش خشکی برای تسریع نمو فنولوژیک و پیر شدن برگ ها است که در قسمت کمی سازی واکنش به تنش آب توضیح داده شده است. در معادله (۱۱)، frBLS مرحله نمو نرمالیزه شده است که در آن پیرشدن و کاهش سطح برگ آغاز می گردد و SRATE یک ضریب است که نحوه کاهش LAI از BLS تا HAR را مشخص می کند. در معادله (۱۱) چنانچه مقدار SRATE برابر یک باشد کاهش LAI به صورت خطی است، اگر مقدار SRATE بزرگتر از یک باشد، کاهش LAI با سرعت بیشتر رخ داده و خمیدگی به پایین دیده می شود و چنانچه SRATE کوچکتر از یک باشد، کاهش LAI با سرعت کمتر رخ داده و خمیدگی به بالا دارد (شکل ۳). در اغلب موارد انتخاب $SRATE = 1$ مناسب خواهد بود. در برخی از گیاهان مانند سیب زمینی و چغندر قند یا درختان میوه، مرحله پیرشدن همراه با پیرشدن دانه و میوه مشاهده نمی شود چون که در میوه این گیاهان نیتروژن تجمع نمی یابد و بنابراین، پیرشدن ناشی از انتقال مجدد نیتروژن رخ نمی دهد. در این گیاهان انتخاب $SRATE = 0$ باعث می شود کاهش در LAI همزمان با پیرشدن غده، ریشه یا میوه رخ ندهد. در گیاهان مذکور کاهش در LAI در مراحل آخر حیات و اغلب بعد از رسیدگی فیزیولوژیک و به دلیل وقوع دماهای نامناسب کم (سرما) یا زیاد (گرما) رخ می دهد که شبیه سازی آن اهمیت ندارد چون بعد از رسیدگی فیزیولوژیک، تولید و تجمع ماده خشک صورت نمی گیرد.



شکل ۳- نمونه‌ای از روند پیر شدن سطح برگ در مقابل مرحله نمو؛ خط ممتد سیاه کم رنگ: زمانیکه مقدار پارامتر SRATR مساوی صفر است. خط نقطه چین: زمانیکه مقدار پارامتر SRATR بزرگتر از ۱ است؛ خط ممتد سیاه پررنگ: زمانیکه مقدار پارامتر SRATR مساوی ۱ است؛ خط چین: زمانیکه مقدار پارامتر SRATR کوچکتر از ۱ است.

وقوع دماهای پایین (سرمازدگی و یخبندان) موجب از بین رفتن سطح برگ گیاه می‌شود ولی آستانه دمایی که در کمتر از آن برگ‌ها از بین می‌روند (FrzTH؛ درجه سانتی‌گراد) و شدت و مقدار سطح برگ از بین رفته (FrzLDR؛ مترمربع بر مترمربع) بسته به گونه گیاهی متفاوت است. این دو یعنی FrzLDR و FrzTH پارامترهای ورودی مدل هستند که برای هر گونه یا رقم باید مقدار آن‌ها مشخص گردد. در مدل در هر روزی که حداقل دمای هوا (TMIN) کمتر از FrzTH باشد، کسر برگ‌های از بین رفته در اثر سرما یا یخبندان (frstf) و مقدار کاهش در LAI در اثر آن (DLAIF؛ مترمربع برگ بر مترمربع زمین) به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{frstf} = \text{ABS}(\text{TMIN} - \text{FrzTh}) \times \text{FrzLDR} \quad (0 \leq \text{frstf} \leq 1) \quad (12)$$

$$\text{DLAIF} = \text{LAI} \times \text{frstf} \quad (13)$$

مقدار frstf حاصل از معادله (۱۲) بین صفر و یک محدود می‌گردد.

وقوع دماهای بالا (تنش گرما) نیز می‌تواند پیر شدن و کاهش LAI را تسریع کند. در این مورد نیز آستانه دمایی که در بالاتر از آن تنش گرما باعث تسریع پیر شدن برگ‌ها می‌شود (HeatTH؛ درجه سانتی‌گراد) و میزان تسریع در پیر شدن برگ‌ها (HtLDR) پارامترهای ورودی مورد نیاز مدل هستند که برای هر گونه یا رقم باید مشخص شوند. با داشتن مقدار این دو پارامتر، در هر روزی که دمای حداکثر هوا (TMAX) به بالاتر از HeatTH افزایش یابد، تسریع در پیر شدن برگ‌ها و افزایش DLAI به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{heatf} = 1 + (\text{TMAX} - \text{HeatTh}) \times \text{HtLDR} \quad (14)$$

$$\text{DLAIH} = \text{DLAI} \times \text{heatf} \quad (15)$$

که در معادله (۱۵)، DLAIH مقدار DLAI است که برای تنش گرما اصلاح شده است (در واقع افزایش داده شده است).

مقادیر پارامترهای سطح برگ برای تعدادی از گونه‌های گیاهی در جدول ۵ آورده شده‌اند. برای سایر گونه‌ها به ضمیمه ۲ یا آخرین فایل مدل مراجعه شود.

جدول ۵- پارامترهای مربوط به تغییرات سطح برگ در مدل SSM-iCrop2 برای برخی از گونه‌های گیاهی. برای سایر گونه‌ها به ضمیمه ۲ یا آخرین نسخه فایل مدل مراجعه شود.

انگور	یونجه و شیدر	هندوانه و خربزه	سیب-زمینی	گندم	مخفف (واحد)	پارامتر
۰.۱	۰.۱۵	۰.۱۵	۰.۲	۰.۲	x1	Point #1 for normalized leaf area vs normalized temperature unit (x1, y1)
۰.۱۵	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۵	۰.۰۶	y1	Point #1 for normalized leaf area vs normalized temperature unit (x1, y1)
۰.۵	۰.۰۹	۰.۵	۰.۵	۰.۵۷	x2	Point #2 for normalized leaf area vs normalized temperature unit (x1, y1)
۰.۹۵	۰.۹۵	۰.۹۵	۰.۶	۰.۹۵	y2	Point #2 for normalized leaf area vs normalized temperature unit (x1, y1)
۶-۴	۷-۶	۴-۳	۶	۳.۵	LAIMX	Maximum expected leaf area index
۰.۸۰	۰.۹۹	۰.۵۵	۰.۹۹	۰.۶۸	frBLS	Fraction of tuHAR for beginning leaf senescence
۱	۰	۱	۰	۱	SRATE	Leaf senescence rate coefficient
-۵	-۵	۸	-۵	-۵	FrzTh (°C)	Low temperature / freezing threshold for leaf death (°C)
۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱	FrzLDR	Relative leaf death per each degree below low temperature / freezing threshold
۳۰	۳۷	۳۷	۳۰	۳۰	HeatTH (°C)	Heat threshold temperature for leaf senescence (°C)
۰.۱	۰.۱	۰.۱	۰.۱	۰.۱	HtLDR	Relative increase in leaf senescence rate per each degree above heat threshold (°C)

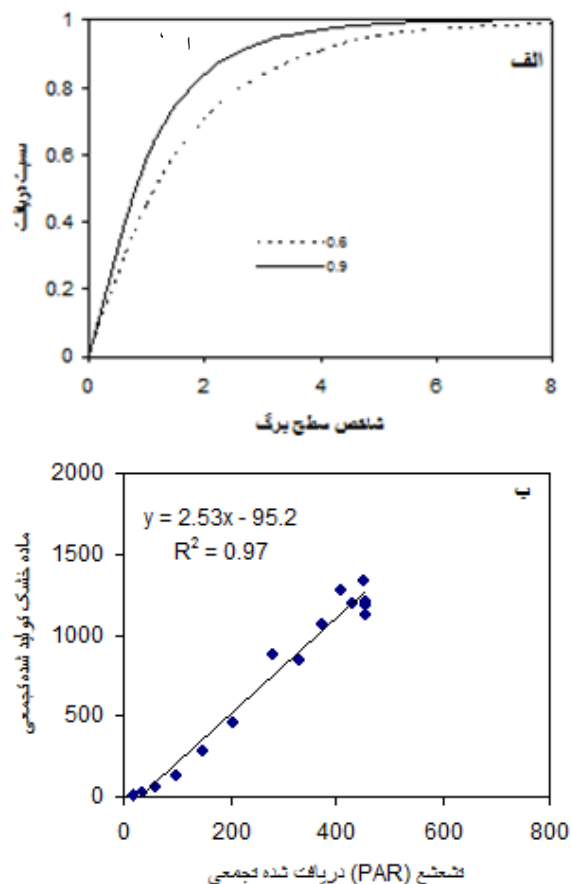
۲-۲-۴- تولید ماده خشک

هسته اصلی مدل‌های شبیه‌سازی گیاهی، محاسبه تولید ماده خشک است که در آن انرژی خورشیدی به انرژی نهفته در پیوندهای شیمیایی ماده خشک تولیدی، تبدیل می‌شود. سلطانی (۱۳۸۸) و سلطانی و سینکر (۲۰۱۲) مبنای محاسبه تولید ماده خشک براساس دریافت و تبدیل تشعشع خورشیدی را توضیح داده‌اند. در مدل حاضر نیز از همین مبنا استفاده می‌شود. برای محاسبه تولید ماده خشک در هر روز (DDMP؛ گرم در متر مربع زمین در روز)، ابتدا کسری از تشعشع خورشیدی که در آن روز دریافت می‌شود (FINT) محاسبه می‌گردد و سپس براساس مفهوم کارایی استفاده از تشعشع (RUE؛ گرم ماده خشک تولیدی به ازای هر مگاژول تشعشع فعال فتوسنتزی دریافت شده)، ماده خشک تولیدی محاسبه می‌شود:

$$FINT = 1 - \exp(-KPAR \times LAI) \quad (۱۶)$$

$$DDMP = SRAD \times 0.48 \times FINT \times RUE \quad (۱۷)$$

در معادلات فوق KPAR ضریب خاموشی پوشش گیاهی برای تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) می‌باشد، SRAD (مگازول در مترمربع در روز) تشعشع خورشیدی رسیده به زمین در روز موردنظر است، ۰/۴۸ مقدار SRAD را به PAR تبدیل می‌کند و بدین معنی است که ۴۸ درصد تشعشع خورشیدی از PAR تشکیل شده است. در شکل ۴ معادلات (۱۶) و (۱۷) به تصویر کشیده شده‌اند.



شکل ۴- (الف) نسبت دریافت PAR برای دو جامعه گیاهی با ضریب خاموشی برابر ۰/۶ و ۰/۹ و (ب) رابطه بین ماده خشک تولید شده جمعاً و PAR دریافتی جمعاً در گندم در شرایط مطلوب رشد در مزرعه که شیب خط در این شرایط کارایی استفاده از تشعشع را نشان می‌دهد.

KPAR برای اکثر گونه‌های گیاهی و در مقیاس روزانه و نه لحظه‌ای معادل ۰/۶ تا ۰/۶۵ است (جدول ۶) و در گیاهانی با برگ‌های افقی مقدار آن بالاتر و برعکس در گیاهانی با برگ‌های عمودی مقدار آن کمتر است. مقدار بزرگتر KPAR سبب می‌شود گیاه بتواند با مقدار کمتری از LAI، کسر بزرگتری از تشعشع خورشیدی را دریافت نماید و برعکس. KPAR یک پارامتر ورودی گیاهی محسوب می‌شود.

RUE در معادله (۱۷) حاصل عمل فتوسنتز، تنفس نگهداری و تنفس رشد است که در یک عدد خلاصه شده است. در واقع شیب خط ماده خشک تولیدی در مقابل PAR دریافت شده است (شکل ۴ب). مقدار RUE در شرایط مطلوب رشد (IRUE)، یعنی شرایط با دمای مناسب، بدون کمبود آب و عناصر غذایی یک پارامتر گیاهی در مدل حاضر است که باید مقدار آن مشخص باشد. اما،

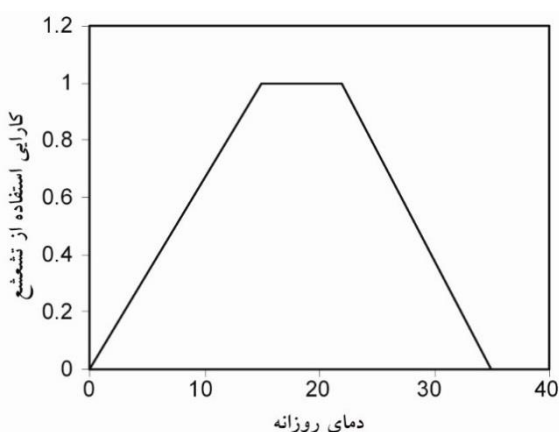
در مدل در هر روز مقدار IRUE برای دماهای نامناسب بالا یا پایین و تنش آب اصلاح می‌گردد و RUE اصلاح شده در معادله (۱۷) مورد استفاده قرار می‌گیرد:

$$RUE = IRUE \times TCFRUE \times WSFG \quad (18)$$

که در آن TCFRUE ضریب اصلاحی RUE برای دما و WSFG ضریب اصلاحی RUE برای تنش آب هستند و مقدار آن‌ها برحسب شرایط دمای هوا و آب خاک بین صفر (تنش کامل) و یک (بدون تنش) متغیر است. TCFRUE با کمک یک تابع تکه‌ای به دمای هوا در هر روز ارتباط داده می‌شود (شکل ۵):

$$\begin{aligned} TCFRUE &= 0 && \text{if } TMP \leq TBRUE && (19) \\ TCFRUE &= (TMP - TBRUE) / (TP1RUE - TBRUE) && \text{if } TBRUE < TMP < TP1RUE \\ TCFRUE &= 1 && \text{if } TP1RUE \leq TMP \leq TP2RUE \\ TCFRUE &= (TP2RUE - TMP) / (TP2RUE - TCRUE) && \text{if } TP2RUE < TMP < TCRUE \\ TCFRUE &= 0 && \text{if } TMP \geq TCRUE \end{aligned}$$

که در آن TBRUE دمای پایه برای RUE، TP1RUE دمای مطلوب اول برای RUE، TP2RUE دمای مطلوب دوم برای RUE و TCRUE دمای سقف برای RUE و همگی برحسب درجه‌سازتی گراد هستند. در دماهای زیرمطلوب و فوق مطلوب مقدار TCFRUE به کمتر از یک کاهش یافته و باعث کاهش RUE در معادله (۱۸) می‌گردد. دماهای کاردینال برای RUE پارامترهای گیاهی ورودی مدل هستند. محاسبه WSFG در قسمت کمی‌سازی واکنش به تنش آب توضیح داده شده است.



شکل ۵- تابع مورد استفاده برای تصحیح RUE برای دمای هوا در هر روز در طی فصل رشد.

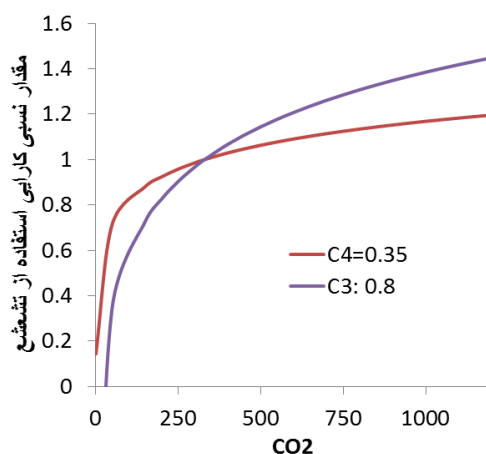
یکی دیگر از عوامل موثر بر RUE، غلظت CO₂ در اتمسفر است. به طور معمول غلظت CO₂ در طی سال‌های نزدیک به هم ثابت در نظر گرفته می‌شود. اما، چنانچه شبیه‌سازی تولید ماده خشک در آینده مدنظر باشد، باید RUE برای غلظت‌های احتمالاً بالاتر آینده اصلاح گردد. در مدل حاضر، از روش ساده‌ای برای این منظور استفاده می‌شود (سلطانی، ۱۳۸۸؛ سلطانی و سینکدر، ۲۰۱۲). در ابتدای هر شبیه‌سازی، براساس غلظت CO₂ هوا که ورودی محیطی مدل است، مقدار IRUE برای CO₂ با کمک یک تابع نمایی اصلاح می‌شود (شکل ۶):

$$RUE_{CO_2} = 1 + c_3c_4 \times \text{LOG} (CO_2 / 330) \quad (20)$$

که در آن RUE_{CO₂} مقدار RUE نسبی در غلظت CO₂ مدنظر (CO₂؛ قسمت در میلیون) و c₃c₄ پارامتر گیاهی که نحوه واکنش RUE به CO₂ را تعیین می‌کند، هستند. معادله (۲۰) مقادیر نسبی RUE در غلظت‌های مختلف را نسبت به غلظت ۳۳۰ کمی می‌کند. بنابراین، در مدل مقدار CO₂ در معادله (۲۰) یک بار معادل ۳۸۵ قسمت در میلیون (مقدار کنونی در مقطع زمانی ۲۰ ساله اخیر) و بار دیگر معادل مقدار انتخابی برای آینده گذاشته شده و این معادله دوباره حل می‌شود. از تقسیم این دو مقدار ضریب اصلاحی RUE برای CO₂ به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$IRUE = IRUE \times (RUE_{CO_2} / RUE_{385}) \quad (21)$$

که در آن RUE₃₈₅ مقدار RUE_{CO₂} از معادله (۲۰) است وقتی CO₂ = 385 باشد و RUE_{CO₂} مقدار حاصله از معادله (۲۰) برای غلظت CO₂ انتخابی می‌باشد. مقدار معمول c₃c₄ برای گیاهان C₃ حدود ۰/۸ و برای گیاهان C₄ حدود ۰/۳۵ می‌باشد (جدول ۶).



شکل ۶- رابطه بین غلظت CO₂ و RUE نسبی برای غلظت ۳۳۰ قسمت در میلیون.

مقادیر پارامترهای گیاهی مرتبط با تولید ماده خشک که به عنوان ورودی باید در مدل مشخص شوند در جدول ۶ نشان داده شده است. برای مقادیر این پارامترهای در سایر گیاهان به ضمیمه ۲ یا آخرین فایل مدل مراجعه شود.

جدول ۶- پارامترهای تولید ماده خشک در مدل SSM-iCrop2 برای برخی از گونه‌های گیاهی

انگور	هندوانه و خربزه	یونجه و شبدر	سیب-زمینی	گندم	مخفف (واحد)	پارامتر
۲	۸	۰	۰	۰	TBRUE (°C)	Base temperature for dry matter production
۱۰	۱۵	۸	۱۵	۱۵	TP1RUE (°C)	Lower optimum temperature for dry matter production
۳۰	۳۰	۲۵	۲۲	۲۲	TP2RUE (°C)	Upper optimum temperature for dry matter production
۳۷	۴۰	۴۰	۳۵	۳۵	TCRUE (°C)	Ceiling temperature for dry matter production
۰.۶۵	۰.۶	۰.۶۵	۰.۶	۰.۶۵	KPAR	Extinction coefficient for photosynthetically active radiation
۲	۱.۵	۲	۲.۵	۲.۲	IRUE (g MJ ⁻¹)	Radiation use efficiency under optimal growth conditions.
۰.۸	۰.۸	۰.۸	۰.۸	۰.۸	C3C4	Coefficient for response of RUE to CO2 concentration

۲-۵- تشکیل عملکرد

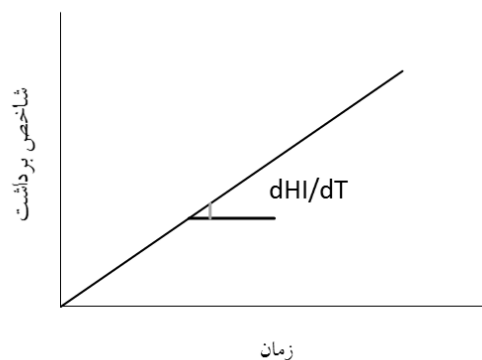
تشکیل عملکرد با یک روش ترکیبی مبتنی بر افزایش خطی شاخص برداشت در طول دوره تشکیل عملکرد، مدل‌سازی می‌شود. منظور از ترکیبی این است که در این روش هم محدودیت مقصد و هم محدودیت منبع در تشکیل عملکرد لحاظ شده‌اند و مدل‌سازی تشکیل عملکرد صرفاً براساس یکی از این محدودیت‌ها نیست. برای توضیح بیشتر به سلطانی (۱۳۸۸) مراجعه شود. در این روش افزایش شاخص برداشت در طول دوره موثر پرشدن دانه یا میوه خطی در نظر گرفته می‌شود (شکل ۷) و شیب خط افزایش برای محاسبه تشکیل عملکرد مورد نیاز است و یک پارامتر گیاهی ورودی مدل می‌باشد. در مطالعات مزرعه‌ای چنانچه عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در چند نوبت در طول دوره پرشدن اندازه‌گیری شوند، مقدار شاخص برداشت و در نتیجه شیب تغییرات آن (شکل ۷) قابل محاسبه خواهد بود. این کار در گیاهان چندساله یا گیاهان باغبانی دشوار است. بنابراین، در مدل حاضر، مقدار این شیب با استفاده از حداکثر مقدار شاخص برداشت در شرایط مطلوب رشد (HIMAX) به دست می‌آید:

$$PDHI = HIMAX / (tuTSG - tuBSG) \quad (22)$$

که در آن PDHI شیب افزایش خطی در شاخص برداشت برحسب گرم بر گرم بر درجه سانتی‌گراد، tuTSG مقدار واحد دمایی از شروع شبیه‌سازی گیاه (کاشت یا بازشدن جوانه یا شروع رشد بهاره) تا مرحله پایان موثر پرشدن دانه یا میوه و tuBSG مقدار واحد دمایی از شروع شبیه‌سازی گیاه تا مرحله شروع موثر پرشدن دانه یا میوه هستند. در معادله (۲۲) در واقع حداکثر شاخص برداشت قابل انتظار بر طول دوره پرشدن دانه یا میوه تقسیم شده است تا شیب افزایش به ازای هر درجه سانتی‌گراد پیشروی در طول این دوره به دست آید. مقدار افزایش در شاخص برداشت در هر روز در طی دوره پرشدن دانه یا میوه (DHI) از حاصلضرب PDHI و مقدار واحد دمایی که در آن روز حادث شده است (DTU) به دست می‌آید:

$$DHI = PDHI \times DTU \quad (23)$$

که در آن DHI برحسب گرم بر گرم در روز است. براساس معادله (۲۳) چنانچه در روزی در دوره پرشدن دمای هوا بالاتر باشد (در محدوده دمای زیر مطلوب)، مقدار DTU و در نتیجه DHI بالاتر خواهد بود که منجر به مقدار بزرگتری تجمع ماده خشک در دانه یا میوه می گردد و برعکس. این مطلب با نتایج آزمایش ها مبنی بر بالاتر بودن سرعت پرشدن دانه در دماهای بالاتر همخوانی دارد.



شکل ۷- افزایش شاخص برداشت در مقابل زمان یا واحد دمایی پس از شروع موثر پرشدن دانه یا میوه.

میزان افزایش یا تجمع ماده خشک در دانه یا میوه از یک روز به روزی دیگر در طول دوره پرشدن (SGR_i) در مترمربع در (روز) را می توان با معادله زیر توصیف کرد که این تجمع را به شاخص برداشت در طی این دو روز و افزایش آن مرتبط کرده است:

$$SGR_i = WGRN_i - WGRN_{i-1} = (WTOP_i \times HI_i) - (WTOP_{i-1} \times HI_{i-1}) \quad (24)$$

که در آن $WGRN$ وزن دانه ها یا میوه ها و $WTOP$ وزن کل اندام های هوایی و برحسب گرم در مترمربع زمین هستند، i روز مورد نظر و $i-1$ روز قبل از آن می باشند و HI شاخص برداشت است که خود حاصل تقسیم $WGRN$ بر $WTOP$ می باشد (یعنی $HI = WGRN / WTOP$). چنانچه معادله (۲۴) حل شده و ساده گردد، معادله زیر حاصل خواهد شد:

$$SGR_i = DHI_i \times (WTOP_{i-1} + DDMP_i) + DDMP_i \times HI_{i-1} \quad (25)$$

توجه شود که در این معادله حاصل جمع HI_{i-1} و DHI_i معادل HI_i یعنی شاخص برداشت در روز حاضر است و حاصل جمع $WTOP_{i-1}$ و $DDMP_i$ معادل $WTOP_i$ یعنی ماده خشک کل اندام هوایی در روز i می باشد.

معادله (۲۵) مقدار SGR براساس قدرت مقصد را نشان می دهد، یعنی نشان می دهد دانه ها یا میوه ها قادر به تجمع چه مقدار ماده خشک در روز i هستند. اما، ممکن است در روز i ماده خشک کافی (محدودیت منبع) برای حادث شدن SGR حاصله از معادله (۲۵) وجود نداشته باشد. برای مثال، به دلیل تنش خشکی یا دمای نامناسب ماده خشک کافی تولید نشده باشد. بنابراین، در مدل حاضر

مقدار SGR حاصله از معادله (۲۵) برای یک روز معین، محدود می‌شود به مقدار ماده خشک تولیدی در آن روز به علاوه ماده خشکی که ممکن است در اثر انتقال مجدد از اندام‌های رویشی برای رشد دانه یا میوه فراهم باشد، یعنی:

$$SGR_i = DDMP_i + TRANSL_i \quad (26)$$

که در آن TRANSL مقدار ماده خشکی (گرم در مترمربع در روز) است که از اندام‌های رویشی به دانه یا میوه انتقال پیدا می‌کند (انتقال مجدد). میزان TRANSL خود به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\begin{aligned} TRANSL &= 0 & \text{if } (SGR/GCC) \leq DDMP & \quad (27) \\ TRANSL &= \min [(SGR/GCC) - DDMP, TRLDM] & \text{if } (SGR/GCC) > DDMP \end{aligned}$$

که در آن GCC ضریبی است که ارزش بیوشیمیایی بافت رویشی (انتقال یابنده) به دانه یا میوه را مشخص می‌کند و چنانچه ترکیب بیوشیمیایی اندام ذخیره‌ای (دانه یا میوه) مشابه اندام‌های رویشی باشد، مقدار آن برابر یک است و در صورتی که ترکیب بیوشیمیایی اندام ذخیره‌ای غنی‌تر از اندام‌های رویشی باشد، کوچکتر از یک می‌باشد. در اکثر گونه‌های گیاهی به استثنای دانه‌های روغنی مقدار GCC برابر یک است و در دانه‌های روغنی بسته به درصد روغن بین ۰/۵ تا ۰/۷ متغیر می‌باشد (جدول ۷). در معادله (۲۷)، TRLDM کل ماده خشک قابل انتقال به دانه یا میوه است (برحسب گرم در مترمربع) که مقدار آن در شروع پرشدن دانه یا میوه از حاصلضرب ماده خشک کل گیاه در آن زمان و کسری از آن که به‌طور بالقوه قابل انتقال مجدد است (FRTRL؛ گرم بر گرم)، محاسبه می‌شود. FRTRL یک پارامتر ورودی مدل است (جدول ۷) که در گیاهان زراعی نسبت به درختان میوه اهمیت بیشتری دارد. در تعداد زیادی از درختان میوه، شروع پرشدن میوه در اوایل دوره رشد صورت می‌گیرد که تا آن زمان گیاه ماده خشک زیادی تولید نکرده است و بنابراین انتقال مجدد از ماده خشک تولیدی در قبل از مرحله پرشدن اهمیت زیادی ندارد.

بر اساس معادله (۲۷) در یک روز در طی پرشدن چنانچه تولید ماده خشک همان روز برای نیازدانه یا میوه کافی باشد، انتقال مجدد صورت نمی‌گیرد، ولی چنانچه کمتر باشد، انتقال مجدد صورت می‌پذیرد. انتقال مجدد تا زمانی قابل انجام است که TRLDM به اتمام برسد به همین دلیل در هر روز مقدار TRLDM به صورت زیر به روز می‌شود تا مشخص باشد که چه مقدار آن باقی مانده است:

$$TRLDM_i = TRLDM_{i-1} - TRANSL_i \quad (28)$$

پارامترهای گیاهی مربوط به تشکیل عملکرد برای تعدادی از گونه‌های گیاهی در جدول ۷ درج شده است و برای سایر گونه‌ها یا ارقام به ضمیمه ۲ یا آخرین نسخه فایل مدل مراجعه شود.

جدول ۷- پارامترهای تشکیل عملکرد در مدل SSM-iCrop2 و مقدار آن‌ها برای برخی از گونه‌های گیاهی

پارامتر	مخفف (واحد)	سیب- گندم	هندوانه و خرزبه	یونجه و شیدر	انگور
		زمینی			

۰.۵	۰.۹	۰.۶	۰.۸	۰.۵	HI _{max} (g g ⁻¹ d ⁻¹)	Maximum harvest index/Liner increase in harvest index
۰.۱	۰.۹	۰.۴	۰.۳	۰.۲	FRTRL (g g ⁻¹)	Fraction of dry mass remobilizable from the vegetative tissue to the developing seeds/fruits
۱	۱	۱	۱	۱	GCC (g g ⁻¹)	Grain conversion coefficient

۲-۲-۶- موازنه آب خاک

مدل حاضر موازنه آب خاک در مزرعه یا باغ و اثرات تنش آبی (کمبود یا زیادی) را شبیه‌سازی می‌کند. همچنین، در شرایط کشت آبی، مقدار آب آبیاری مورد نیاز و تعداد دفعات آبیاری قابل پیش‌بینی هستند. محاسبات موازنه آب خاک عمدتاً برگرفته از سینکلر (۱۹۸۶)، ریچی (۱۹۹۸) و سلطانی و سینکلر (۲۰۱۲) هستند.

برای انجام محاسبات موازنه آب خاک، خاک به صورت دو لایه در نظر گرفته شده است. این دو لایه عبارتند از: یک لایه فوقانی به ضخامت ۱۵ تا ۶۰ سانتی‌متر و یک لایه دوم که خود شامل لایه اول نیز می‌باشد و عمق آن برابر با عمق موثر استخراج آب^۷ توسط گیاه است. بنابراین، عمق این لایه (لایه دوم) در ابتدا برابر با عمق اولیه استخراج آب (عمق اولیه ریشه) توسط گیاه در شروع شبیه‌سازی گیاه (کاشت، شروع مجدد در رشد بهاره یا بازشدن جوانه) است که با رشد ریشه افزایش پیدا می‌کند تا به حداکثر خود برسد. عمق اولیه استخراج آب (iDEPORT؛ میلی‌متر) و حداکثر عمق موثر استخراج آب (MEED؛ میلی‌متر) از پارامترهای ورودی مدل به شمار می‌آیند. باید توجه داشت که MEED متفاوت از حداکثر عمق ریشه است و عبارت از حداکثر عمقی است که حداقل ۵ درصد آب مصرفی گیاه در تعرق از آن جذب می‌گردد و معمولاً مقداری کوچکتر از حداکثر عمق ریشه است. این عمق معمولاً با دیده بانی تغییرات آب خاک به کمک نوترون‌متر یا وسایل مشابه تعیین می‌شود که ساده تر از اندازه‌گیری عمق ریشه است.

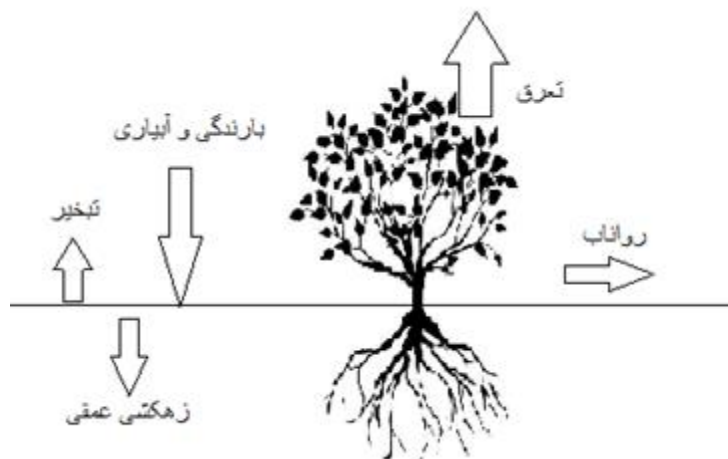
در هر روز معین (i) مقدار آب قابل دسترس در لایه اول (ATSW₁؛ میلی‌متر) و دوم (ATSW) با معادلات زیر محاسبه می‌شود (شکل ۸):

$$ATSW_i = ATSW_{i-1} + RAIN + IRGW - DRAIN1 - RUNOF - SEVP - TR1 \quad (29)$$

$$ATSW_i = ATSW_{i-1} + RAIN + IRGW + EWAT - DRAIN - RUNOF - SEVP - TR \quad (30)$$

که در آن RAIN بارندگی روزانه، IRGW آبیاری انجام شده، DRAIN₁ زه‌کشی از لایه اول، RUNOF رواناب، SEVP تبخیر از سطح خاک، TR₁ مقدار تعرق از گیاه که آب آن از لایه اول استخراج شده است، EWAT مقدار آبی که در اثر افزایش عمق موثر استخراج آب یعنی نفوذ ریشه به لایه‌های زیرین، قابل دسترس شده است و DRAIN زه‌کشی از لایه دوم (عمق موثر استخراج آب) هستند. همگی این اجزا دارای واحد میلی‌متر می‌باشند و در مقیاس روزانه محاسبه می‌شوند.

⁷ Maximum Effective Extraction Depth



شکل ۸- موازنه آب در خاک

برای لایه موثر ریشه یا همان عمق موثر استخراج آب، کل آب قابل دسترس خاک (TTSW؛ میلی‌متر)، کل آب خاک (WATRL؛ میلی‌متر)، آب خاک در حالت اشباع (WSATRL؛ میلی‌متر) و کسر آب قابل دسترس خاک (FTSW) با معادلات زیر محاسبه می‌گردد:

$$TTSW = DEPORT \times EXTR \quad (31)$$

$$WATRL = DEPORT \times CLL + ATSW \quad (32)$$

$$WSATRL = DEPORT \times SAT \quad (33)$$

$$FTSW = ATSW / TTSW \quad (34)$$

که در آن DEPORT عمق لایه موثر ریشه (میلی‌متر) است و EXTR، CLL و SAT حدود رطوبتی خاک و به ترتیب کسر حجمی آب قابل دسترس (تفاضل حد ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دایم یا حد بالایی رطوبت خاک پس از زه‌کشی^۸ و حد تحتانی^۹)، CLL رطوبت خاک در حد تحتانی یا همان نقطه پژمردگی دایم و SAT رطوبت خاک در نقطه اشباع هستند و واحد آن‌ها متر بر متر یا مترمکعب بر مترمکعب می‌باشد. FTSW شاخصی است که وضعیت رطوبتی خاک در لایه موثر ریشه را نشان می‌دهد؛ مقدار آن در CLL برابر صفر، در ظرفیت زراعی برابر یک و در بالاتر از ظرفیت زراعی، بیشتر از یک است. معادلات (۳۱) تا (۳۴) برای محاسبه همین متغیرها در لایه اول به کار می‌روند ولی در آن‌ها به جای عمق موثر لایه ریشه از عمق لایه اول (DEP1) استفاده می‌شود. در قسمت‌های زیر نحوه محاسبه اجزای موازنه آب خاک (معادلات ۲۹ و ۳۰) به اختصار توضیح داده می‌شود.

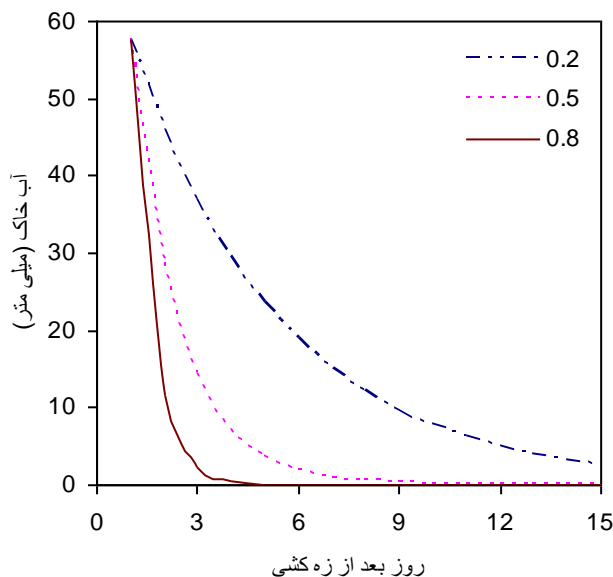
زه‌کشی: زه‌کشی زمانی اتفاق می‌افتد که آب قابل دسترس خاک در یک لایه (ATSW) بیشتر از کل آب قابل دسترس در آن لایه (TTSW) باشد. در این شرایط آب اضافه بر ظرفیت زراعی یا DUL در اثر نیروی ثقل از لایه خارج می‌شود (ریچی، ۱۹۹۸):

⁸ Drained Upper Limit (DUL)

⁹ Lower Limit (LL)

$$\begin{aligned} \text{DRAIN} &= 0 & \text{if } \text{ATSW} \leq \text{TTSW} \\ \text{DRAIN} &= (\text{ATSW} - \text{TTSW}) \times \text{DRAINF} & \text{if } \text{ATSW} > \text{TTSW} \end{aligned} \quad (35)$$

در معادله فوق DRAINF ضریب زه‌کشی و ورودی خاک برای مدل است. چنانچه مقدار DRAINF معادل ۱ باشد، کل آب مازاد بر ظرفیت زراعی در یک روز از خاک خارج می‌شود، چنانچه مقدار آن مثلاً ۰/۳ باشد، در هر روز ۳۰ درصد آب مازاد بر ظرفیت زراعی از خاک خارج می‌گردد. شکل ۹ معادله (۳۵) را برای سه مقدار فرضی DRAINF به تصویر کشیده است.



شکل ۹- تغییرات آب خاک (میلی‌متر) زه‌کشی شده در سه خاک مختلف با مقادیر متفاوت فاکتور زه‌کشی ۰/۲، ۰/۵ و ۰/۸.

برای لایه موثر ریشه، همه آب زه‌کشی (DRAIN) شده به زیر این لایه هدر رفت محسوب نمی‌شود. کل یا بخشی از این آب ممکن است بعداً با رشد ریشه برای گیاه قابل دسترس گردد. مقدار آب نفوذ یافته به زیر لایه ریشه (WSTORG؛ میلی‌متر) و تغییرات آن توسط مدل محاسبه می‌گردد:

$$\text{WSTORG}_i = \text{WSTORG}_{i-1} + \text{DRAIN} - \text{EWAT} \quad (36)$$

که در آن EWAT (میلی‌متر) مقدار آب در زیر لایه موثر ریشه است که با نفوذ ریشه در آن برای گیاه قابل دسترس شده است. مقدار نهایی زه‌کشی عمقی در پایان فصل رشد یا شبیه‌سازی، همان مقدار WSTORG است، یعنی مقدار آب نفوذ کرده به زیر لایه موثر ریشه که توسط گیاه استفاده نشده است.

آب قابل دسترس شده در اثر رشد ریشه: همان EWAT در معادله (۳۶) یعنی رطوبتی است که با افزایش عمق ریشه برای گیاه قابل دسترس شده است. در مدل فرض شده است، عمق موثر ریشه از مقدار اولیه آن به صورت خطی (در مقابل واحد دمایی و نه

روز) افزایش می‌یابد تا به حداکثر خود (MEED) برسد. واحد دمایی نرمالیزه شده که در آن رشد عمقی ریشه آغاز می‌گردد (frBRG) و واحد دمایی نرمالیزه شده که در آن رشد عمقی ریشه متوقف می‌شود (frTRG) پارامترهای گیاهی ورودی مدل هستند. در گیاهان زراعی دانه‌ای رشد ریشه در سبزشدن شروع و در شروع پرشدن دانه‌ها، متوقف می‌شود. در سایر گیاهان نیز می‌توان مراحل آغاز و پایان رشد ریشه را به مراحل فنولوژیک مرتبط ساخت. در درختان میوه که چندساله هستند، عمق اولیه ریشه را می‌توان عددی نزدیک به MEED انتخاب کرد و بنابراین، در این گیاهان نفوذ عمقی لایه موثر ریشه نسبت به گیاهان یکساله اهمیت اندکی دارد. در مدل مقدار بالقوه افزایش روزانه عمق ریشه در فاصله frBRG و frTRG (دوره رشد موثر ریشه) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{GRTDP} = (\text{MEED} - \text{iDEPORT}) / (\text{frTRG} - \text{frBRG}) \times \text{tuHAR} \quad (37)$$

که در آن GRTDP سرعت افزایش عمق موثر ریشه (میلی‌متر بر درجه سانتی‌گراد) و iDEPORT عمق اولیه ریشه در مرحله شروع رشد ریشه مثل سبزشدن هستند. مقدار واقعی GRTD در دوره رشد ریشه (GRTD؛ میلی‌متر بر روز) با توجه به مقدار واحد دمایی که گیاه در هر روز در طول این دوره تجربه می‌کند (DTU)، محاسبه می‌گردد، یعنی:

$$\text{GRTD} = \text{GRTDP} \times \text{DTU} \quad (38)$$

شایان ذکر است که در قبل و بعد از دوره رشد ریشه مقدار GRTD مساوی صفر قرار داده می‌شود. همچنین در طول این دوره اگر در روزی مقدار ماده خشک تولیدی گیاه (DDMP) صفر باشد و یا در زیر لایه ریشه آب قابل دسترس وجود نداشته باشد (یعنی $\text{WSTORG} = 0$)، مقدار GRTD معادل صفر قرار داده می‌شود. به همین ترتیب، اگر عمق موثر لایه ریشه به حداکثر خود (MEED) یا به انتهای عمق خاک (SOLDEP) رسیده باشد، برابر صفر قرار داده می‌شود. مقدار EWAT، متناسب با افزایش عمق موثر ریشه در هر روز محاسبه می‌گردد:

$$\text{EWAT} = \min (\text{GRTD} \times \text{EXTR}, \text{WSTORG}) \quad (39)$$

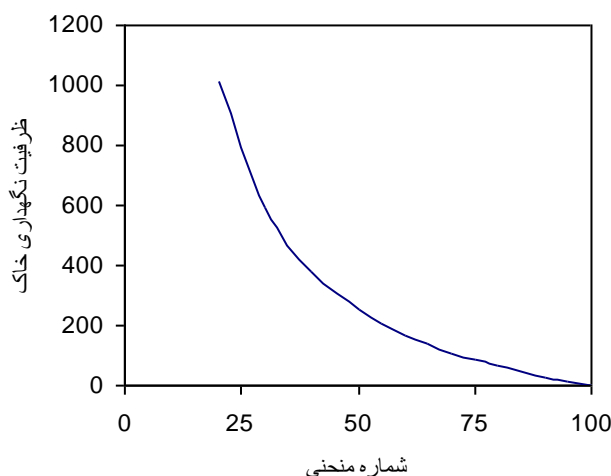
که در آن فرض شده است که اگر لایه زیر ریشه که ریشه به آن نفوذ کرده است دارای رطوبت باشد، این رطوبت در حد ظرفیت زراعی ($\text{GRTD} \times \text{EXTR}$) یا کمتر (WSTORG) است.

رواناب: محاسبه رواناب براساس روش شماره منحنی اداره محافظت خاک آمریکا می‌باشد (ویلیامز، ۱۹۹۱؛ چاپمن و همکاران، ۱۹۹۳). در این روش یک شماره منحنی براساس بافت خاک به آن اختصاص داده می‌شود (CN2). این شماره می‌تواند بین صفر (بدون رواناب) و ۱۰۰ (رواناب کامل) دامنه داشته باشد. این شماره منحنی سپس براساس درصد پوشش خاک توسط گیاه، شیب زمین و مقدار آب خاک در ۶۰ سانتی‌متر فوقانی آن (عمق هیدرولوژیک) اصلاح می‌شود و برای محاسبه رواناب به کار برده می‌شود.

میزان کاهش در شماره منحنی در اثر عوامل ذکر شده به حداکثر ۲۰ محدود شده است. شماره منحنی از ورودی‌های خاک محسوب می‌شود. از شماره منحنی اصلاح شده برای محاسبه حداکثر ظرفیت نگهداری خاک (S) (ویلیامز، ۱۹۹۱) و از S برای محاسبه رواناب استفاده می‌گردد:

$$\begin{aligned} \text{RUNOF} &= 0 && \text{if } \text{RAIN} \leq 0.25 \\ \text{RUNOF} &= (\text{RAIN} - 0.25)^2 / (\text{RAIN} + 0.85) && \text{if } \text{RAIN} > 0.25 \end{aligned} \quad (40)$$

که در آن RAIN میزان بارندگی روزانه است. با افزایش بارندگی و کوچکتر شدن S مقدار رواناب افزایش می‌یابد. شکل ۱۰ رابطه S با شماره منحنی در حالت خشک خاک (CNI) را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰- ظرفیت نگهداری خاک تابع شماره منحنی خاک برای محاسبه رواناب.

رواناب محاسبه شده مطابق توضیحات فوق مختص شرایط دیم است. در زراعت و باغبانی در شرایط آبی - به استثنای کشت غرقاب برنج - فرض شده است تهیه بستر و سایر تمهیدات خاک ورزی که انجام می‌پذیرد، مانع از وقوع رواناب می‌گردد. اما، در هر دو حالت دیم و آبی، رواناب دیگری نیز محاسبه می‌شود و آن برای شرایطی است که رطوبت خاک در حد اشباع باشد، و در اثر ورود آب بیشتر ناشی از بارندگی یا آبیاری، آب در سطح خاک بالا آمده باشد. در این شرایط، کسری از مقدار آب جمع شده در سطح خاک به عنوان رواناب در نظر گرفته می‌شود. این کسر (SDRAINF) ضریب زه‌کشی سطحی خوانده می‌شود و یکی دیگر از ورودی‌های خاک می‌باشد. در صورتی که SDRAINF برابر صفر قرار داده شود، مقدار این نوع رواناب معادل صفر خواهد بود و چنانچه SDRAINF برابر یک قرار داده شود، کل آب جمع شده روی خاک اشباع در یک روز تخلیه می‌گردد و به حساب رواناب منظور می‌شود.

تبخیر از سطح خاک: بدین منظور ابتدا تبخیر تعرق بالقوه (PET؛ میلی‌متر در روز) محاسبه شده و سپس تبخیر بالقوه از سطح خاک (EOS؛ میلی‌متر در روز) و سرانجام تبخیر واقعی از سطح خاک (SEVP؛ میلی‌متر در روز) محاسبه می‌شوند.

تبخیر تعرق بالقوه با روش پرستیلی و تیلور (۱۹۷۲) اصلاح شده توسط ریچی (۱۹۹۸) محاسبه می‌شود. در این روش ابتدا تبخیر و تعرق معادل (EEQ) از آلبدو (ALBEDO) سطح (خاک و گیاه زراعی)، میانگین دمای هوا در طی روز (TD) و تشعشع خورشیدی روزانه (SRAD) به دست آید:

$$EEQ = SRAD \times (0.004876 - 0.004374 \times ALBEDO) \times (TD + 29) \quad (41)$$

میانگین دمای هوا در طی از رابطه زیر محاسبه می‌شود که در آن وزن بیشتری به حداکثر دمای روزانه داده شده است،

$$TD = 0.6 \times TMAX + 0.4 \times TMIN \quad (42)$$

آلبیدو سطح (ALBEDO) بستگی به بخشی از سطح مزرعه که توسط گیاه زراعی یا خاک پوشیده شده، دارد و به آلبدو گیاه زراعی (CALB) یا خاک (SALB) نیز وابسته است:

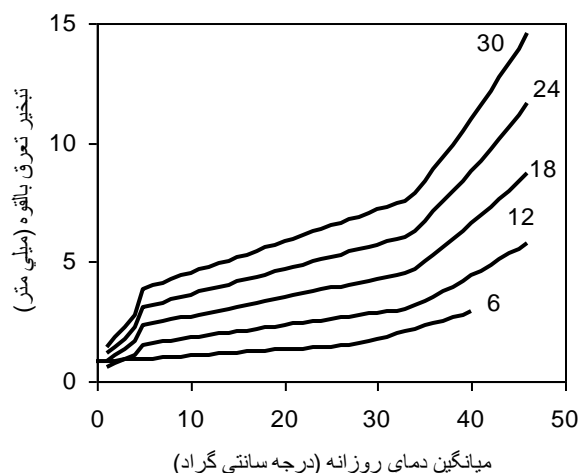
$$ALBEDO = CALB \times (1 - \exp(-K \times ETLAI)) + SALB \times (\exp(-K \times ETLAI)) \quad (43)$$

بر اساس معادلات بالا برای مزرعه‌ای بدون پوشش گیاه زراعی، ALBEDO برابر با آلبدو خاک (SALB) خواهد بود، ولی با افزایش ETLAI، ALBEDO افزایش می‌یابد و با پوشش کامل زمین با گیاه، آلبدو برابر آلبدو گیاه (CALB) خواهد بود. بعد از تخمین EEQ تبخیر تعرق بالقوه (PET) بسته به شرایط طی روز به دست می‌آید:

$$\begin{aligned} PET &= EEQ \times 1.1 & \text{if } 5 \leq TMAX \leq 34 & \quad (44) \\ PET &= EEQ \times ((TMAX - 34) \times 0.05 + 1.1) & \text{if } TMAX > 34 \\ PET &= EEQ \times 0.01 \times \exp(0.18 \times (TMAX + 20)) & \text{if } TMAX < 5 \end{aligned}$$

در این رابطه TMAX حداکثر دمای روزانه می‌باشد. شکل ۱۱ تصویری شماتیک از تبخیر تعرق بالقوه در ارتباط با دمای هوا و تشعشع خورشیدی روزانه را نشان می‌دهد. بر اساس معادله (۴۴) و همانطور که در شکل ۱۱ نشان داده شده است. در شرایطی که حداکثر دمای هوا کمتر از ۵ درجه سانتی‌گراد باشد به دلیل احتمال وقوع یخبندان PET کمتری محاسبه می‌گردد و برعکس در شرایطی که حداکثر دمای هوا بالا از ۳۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، به دلیل احتمال وقوع انتقال افقی گرما^{۱۰}، PET بزرگتری محاسبه می‌شود.

¹⁰ Advection

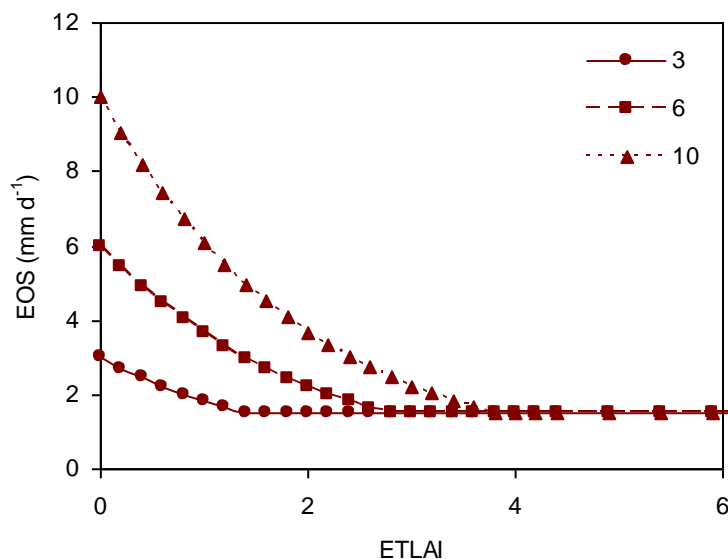


شکل ۱۱- پتانسیل تبخیر و تعرق (PET) به عنوان تابعی از میانگین دما و تشعشع روزانه. اعداد روی شکل تشعشع خورشیدی روزانه را نشان می‌دهند.

تبخیر بالقوه از سطح خاک (EOS) یعنی تبخیر از خاک کاملاً مرطوب، با ضرب PET در کسری از سطح خاک که توسط گیاه پوشیده نشده است (زمین لخت) به دست می‌آید (شکل ۱۲):

$$EOS = PET \times \exp(-K_{ET} \times ETLAI) \quad (45)$$

که در آن عبارت نمایی در سمت راست معادله، کسری از زمین که لخت است را نشان می‌دهد، K_{ET} ضریب خاموشی برای کل تشعشع خورشیدی (و نه PAR) (معادل ۰/۵) و $ETLAI$ عبارت از شاخص سطح برگ موثر در تبخیر هستند. LAI مورد استفاده برای محاسبه تولید گیاهی متفاوت از مقداری است که برای محاسبه تبخیر (یعنی $ETLAI$) استفاده می‌شود. دلیل این است که برگ‌های سبز و برگ‌های زرد و پیر شده که به گیاه چسبیده یا روی زمین افتاده‌اند هر دو بر تبخیر اثر می‌گذارند ولی فقط برگ‌های سبز در تولید موثرند. $ETLAI$ دربرگیرنده برگ‌های زرد و سبز هر دو است و در درختان شامل تنه و شاخه‌های لخت نیز می‌شود. در مدل تا قبل از مرحله پیرشدن برگ‌ها، $ETLAI$ معادل LAI فرض می‌شود. اما، در بعد از این مرحله در حالی که LAI به دلیل پیری کاهش می‌یابد، $ETLAI$ در همان مقدار خود در شروع مرحله پیری، حفظ می‌شود. در باغات استقرار یافته شده است حداقل $ETLAI$ معادل یک است که در واقع سطح تنه و شاخه را نشان می‌دهد. حداقل مقدار EOS در مدل ۱/۵ میلی‌متر در نظر گرفته شده است بدین معنی که در شرایط پوشش کامل زمین توسط گیاه نیز حداقل ۱/۵ میلی‌متر تبخیر بالقوه قابل وقوع است. دلیل این امر این است که در پوشش کامل زمین نیز جریان هوا در زیر کنوپی مقداری تبخیر ایجاد می‌کند.



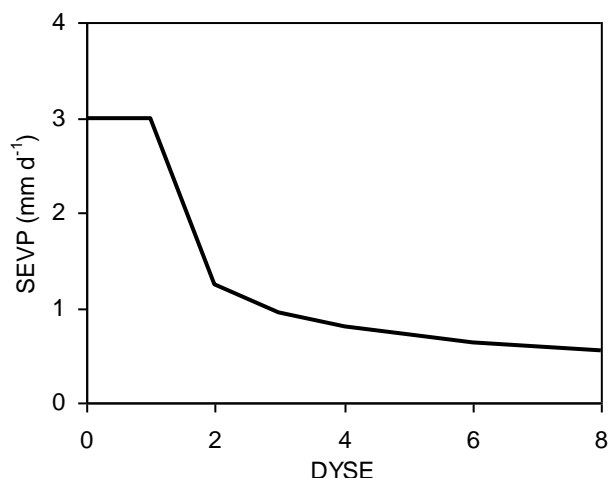
شکل ۱۲- تبخیر بالقوه از خاک (EOS میلی متر بر روز) به عنوان تابعی از شاخص سطح برگ برای محاسبه تبخیر تعرق (ETLAI) برای سه مقدار تبخیر تعرق روزانه ۳، ۶ و ۱۰ میلی متر در روز.

تبخیر حقیقی از سطح خاک (SEVP) بر مبنای مدل ساده شده دو مرحله‌ای تبخیر است (سلطانی و سینکلی، ۲۰۱۲). در مرحله اول، تبخیر از سطح خاک توسط انرژی قابل دسترس محدود می‌شود و زمانی اتفاق می‌افتد که لایه اول خاک مرطوب باشد، یعنی اولین روز پس از مرطوب شدن سطح خاک با بارندگی یا آبیاری بیش از ۱۰ میلی متر. در این شرایط مقدار SEVP مساوی با EOS قرار داده می‌شود. مرحله دوم، در زمانی اتفاق می‌افتد که لایه اول خشک باشد ($ATSW1 \leq 1$)، یا از مرطوب شدن سطح خاک بیش از یک روز گذشته باشد، یا کسر آب قابل دسترس در لایه موثر ریشه کمتر از ۰/۵ باشد ($FTSW < 0.5$). در این مرحله، هرچه زمان پیشرفت کند، تبخیر حقیقی از سطح خاک کمتر می‌شود. معادله (۴۶) و شکل ۱۳ مراحل تبخیر از سطح خاک را نشان می‌دهند:

$$SEVP = EOS \quad \text{Stage I} \quad (46)$$

$$SEVP = EOS \times [(DYSE + 1)^{0.5} - DYSE^{0.5}] \quad \text{Stage II}$$

که در آن DYSE تعداد روز از شروع مرحله دوم است.

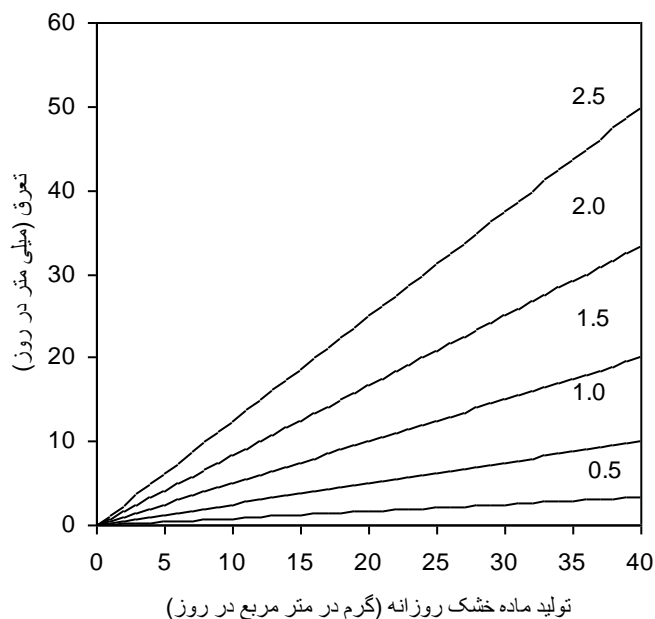


شکل ۱۳- تبخیر از خاک (SEVP) به عنوان تابعی از روز بعد از آخرین بارندگی یا آبیاری (DYSE). مقدار بالقوه تبخیر از خاک در همه روزها ۳ میلی‌متر فرض شده است.

تعرق از گیاه: تعرق روزانه از گیاه (TR؛ میلی‌متر در روز) براساس پیوستگی بین تعرق و تولید ماده خشک روزانه (DDMP) محاسبه می‌شود. این پیوستگی توسط تنر و سینکلر (۱۹۸۳) به طور کامل توضیح داده شده است. بر این اساس، مقدار تعرق روزانه متناسب با مقدار ماده خشک روزانه (حاصل فتوسنتز که از طریق روزنه‌ها رخ می‌دهد یعنی همان مسیری که تعرق از آن روی می‌دهد) است که درجه خشکی هوا (VPD؛ کمبود فشار بخار اشباع برحسب کیلوپاسکال) و ویژگی‌های گیاه از طریق ضریب کارایی تعرق (TEC؛ کیلوپاسکال) نیز اثر گذار هستند:

$$TR = (DDMP \times VPD) / TEC \quad (47)$$

شکل ۱۴ معادله (۴۷) برای یک گیاه در مقادیر مختلف DDMP و VPD را به تصویر کشیده است. TEC عمدتاً به مسیر فتوسنتزی گیاه (C3 یا C4) و نیز کیفیت بیوشیمیایی بافت گیاه بستگی دارد و یک پارامتر گیاهی ورودی مدل است. مقدار TEC در گیاهان C4 بزرگتر است. همچنین گیاهانی که در بافت خود کربوهیدرات بیشتری دارند (در مقایسه با چربی و پروتئین) از TEC بالاتری برخوردارند (جدول ۸).



شکل ۱۴- تعرق روزانه به عنوان تابعی از تولید ماده خشک روزانه تحت تأثیر کمبود فشار بخار هوا. اعداد داخل شکل مقادیر مختلف کمبود فشار بر حسب کیلوپاسکال هستند.

کمبود فشار بخار اشباع (VPD) به صورت کسری (VPDF) از اختلاف بین فشار بخار اشباع در دمای حداکثر روزانه (VPTMAX) و دمای حداقل روزانه (VPTMIN) به دست می آید:

$$VPD = VPDF (VPTMAX - VPTMIN) \quad (48)$$

مقدار VPDF عموماً برابر ۰/۷۵ می باشد ولی در مناطق مرطوب و نیمه مرطوب به ۰/۶۵ قابل کاهش است. فشار بخار اشباع ($e^{\circ}(T)$) برای هر دمایی از رابطه زیر یافت می شود:

$$e^{\circ}(T) = 0.6108 \exp \left[\frac{17.27T}{T + 237.3} \right] \quad (49)$$

بخشی از آب تعرق از لایه اول استخراج می شود (TR1 در معادله ۲۹). چنانچه عمق لایه موثر ریشه برابر یا کوچکتر از لایه اول باشد، همه آب تعرق از لایه اول جذب می شود. اما، چنانچه عمق لایه موثر ریشه بزرگتر باشد، بخشی از آب تعرق از لایه اول و مابقی از لایه ریشه واقع در زیر این لایه جذب می گردد. در مدل این کسر (RT1) به کسر آب قابل دسترس در لایه اول (FTSW1) ارتباط داده شده است. چنانچه FTSW1 بزرگتر از حد تنش برای رشد (روزنه) گیاه باشد (WSSG)، مقدار RT1 برابر یک فرض می شود و بدین معنی است که به دلیل رطوبت مناسب در این لایه، همه آب تعرق از آن لایه جذب شده است. با خشک تر شدن لایه اول و

کاهش FTSW1 به کمتر از WSSG، مقدار این کسر (RT1) از یک رو به کاهش می‌گذارد و در FTSW1 برابر با صفر، به صفر می‌رسد:

$$\begin{aligned} RT1 &= 1 && \text{if } FTSW1 \geq WSSG && (50) \\ RT1 &= FTSW1 / WSSG && \text{if } FTSW1 < WSSG \end{aligned}$$

با ضرب RT1 در مقدار تعرق روزانه (TR)، مقدار آب تعرق یافته که از لایه اول جذب و استخراج شده است (TR1)، تخمین زده می‌شود.

۲-۲-۲- کتی سازی اثر تنش آب (خشکی و غرقابی)

در اغلب مدل‌های شبیه‌سازی گیاهی، تاثیر تنش آب بر فرآیندهای نمو و رشد با محاسبه ضرایب اصلاحی که بین صفر و یک دامنه دارند، لحاظ می‌شود. تعداد ضرایب اصلاحی به ساختار مدل و فرضیات آن بستگی دارد. در مدل حاضر اثر تنش خشکی بر فرآیندهای مختلف گیاهی با محاسبه سه ضریب اصلاحی شبیه‌سازی می‌شود:

(۱) ضریب اصلاحی برای گسترش سطح برگ (WSFL)

(۲) ضریب اصلاحی برای تعرق و تولید ماده خشک (WSFG) که در واقع تاثیر بر بسته شدن روزنه‌ها را نشان می‌دهد.

(۳) ضریب اصلاحی برای تسریع سرعت نمو و پیرشدن برگ‌ها (WSFDS)

هر سه این ضرایب اصلاحی به کسر آب قابل دسترس خاک در منطقه ریشه گیاه (FTSW) ارتباط داده می‌شوند. مقدار WSFL و WSFG در شرایطی که FTSW بزرگتر از یک حد خاص باشد، برابر یک می‌باشند، با کاهش FTSW به کمتر از این حد، هر دو ضریب اصلاحی کاهش می‌یابند و در $FTSW = 0$ به صفر می‌رسند:

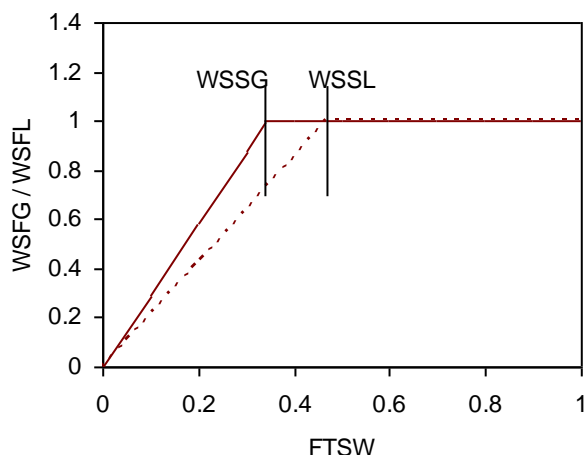
$$WSFL = 1 \quad \text{if } FTSW \geq WSSL \quad (51)$$

$$WSFL = FTSW / WSSL \quad \text{if } FTSW < WSSL$$

$$WSFG = 1 \quad \text{if } FTSW \geq WSSG \quad (52)$$

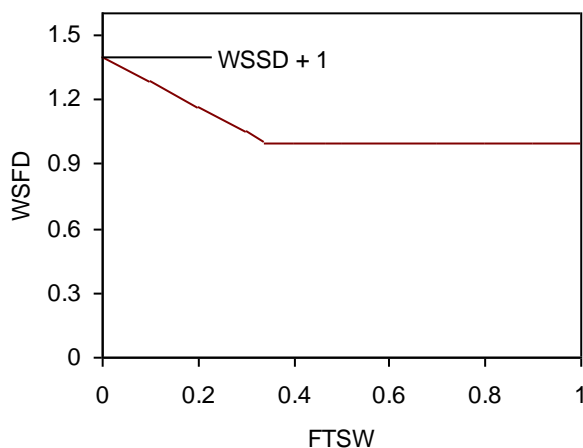
$$WSFG = FTSW / WSSG \quad \text{if } FTSW < WSSG$$

در معادلات فوق WSSL مقداری از FTSW است که در کمتر از آن گسترش سطح برگ رو به کاهش می‌گذارد و WSSG نیز مقداری از FTSW است که در کمتر از آن روزنه‌ها شروع به بسته شدن کرده و در نتیجه تعرق و تولید ماده خشک رو به کاهش می‌گذارد. شکل ۱۵ توضیح و معادلات فوق را به تصویر کشیده است. شایان ذکر است که به طور معمول مقدار WSSL بزرگتر از WSSG می‌باشد بدین معنی که گسترش سطح برگ به کمبود آب حساس‌تر است.



شکل ۱۵- ضریب اصلاحی تنش آب برای گسترش سطح برگ (WSFL) و تولید ماده خشک (WSFG) به‌عنوان تابعی از FTSW. WSSG مقداری از FTSW است که در کمتر از آن تولید ماده خشک رو به کاهش می‌گذارد و WSSL مقداری از FTSW است که در کمتر از آن گسترش سطح برگ شروع به کاهش می‌کند.

ضریب اصلاحی برای تسریع سرعت نمو و پیرشدن برگ‌ها (WSFDS) نیز به FTSW ارتباط داده می‌شود. ولی در این مورد با کاهش FTSW به کمتر از WSSG، مقدار WSFDS رو به افزایش می‌گذارد و به بالاتر از یک افزایش پیدا می‌کند. در مقادیر FTSW بزرگتر از WSSG مقدار WSFDS برابر یک است که حاکی از عدم تاثیر آب خاک می‌باشد (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- فاکتور تنش آب برای تسریع سرعت نمو و پیرشدن برگ‌ها (WSFDS) به‌عنوان تابعی از آب قابل دسترس خاک (FTSW).

مبنای محاسبه WSFDS این است که تا زمانی که کمبود آب موجب بسته شدن روزنه‌ها نشده است، نمو و پیرشدن برگ‌ها تحت تاثیر قرار نمی‌گیرد. اما با کاهش FTSW به کمتر از WSSG و بسته شدن روزنه‌ها، این فرآیند تسریع می‌شود (احتمالاً به دلیل افزایش دمای برگ):

$$WSFDS = (1 - WSFG) \times WSSD + 1$$

(۵۳)

که در آن WSSD حداکثر درصد افزایش در سرعت نمو و تسریع پیری به صورت نسبت است، بدین صورت که طبق این معادله حداکثر افزایش در سرعت نمو معادل $(WSSD \times 100)$ خواهد بود. برای مثال، اگر WSSD برابر ۰/۴ باشد، حداکثر تسریع ۴۰ درصد خواهد بود $(WSFDS = 1.4)$ (شکل ۱۶).

شرایط غرقابی نیز می‌تواند تاثیر منفی بر رشد گیاه بگذارد. در مدل در هر روز که مقدار آب خاک در لایه موثر ریشه ۹۹ درصد رطوبت خاک در حالت اشباع یا بالاتر از آن باشد، ضرایب اصلاحی برای گسترش برگ و تولید ماده خشک (WSFL و WSFG) مساوی با صفر قرار داده می‌شود. فرض شده است غرقابی تاثیری در تسریع نمو و پرشدن برگ‌ها ندارد.

مقادیر پارامترهای مربوط به تاثیر تنش آب برای تعدادی از گیاهان در جدول ۸ آورده شده‌اند. برای سایر گونه‌ها به ضمیمه ۲ یا آخرین نسخه فایل مدل مراجعه شود.

جدول ۸- پارامترهای مربوط به روابط آب-گیاه در مدل SSM-iCrop2 و برآورد آن برای برخی از گونه‌های گیاهی.

انگور	هندوانه و خربزه	یونجه و شبدر	سیب- زمینی	گندم	مخفف (واحد)	پارامتر
۱۰۰۰	۲۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰	۲۰۰	iDEPOR (mm)	Initial depth of roots at emergence or beginning of growth
۰.۱	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۴	۰.۰۶	frBRG	Fraction of tuHAR for beginning root growth
۰.۵	۰.۵۵	۰.۵	۰.۶	۰.۶۸	frTRG	Fraction of tuHAR for termination root growth
۱۵۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	MEED (mm)	Maximum effective depth of water extraction from soil
۵	۵.۸	۴.۵	۵.۸	۵.۸	TEC (Pa)	Transpiration efficiency coefficient
۰.۳	۰.۴	۰.۵	۰.۵	۰.۳	WSSG	FTSW threshold when dry matter production starts to decline
۰.۴	۰.۴	۰.۵	۰.۵	۰.۴	WSSL	FTSW threshold when leaf area development starts to decline
۰.۵	۰	۰.۵	۰.۵	۰.۴	WSSD	A coefficient that specifies acceleration or retardation in development in response to water deficit

۳-۲- ورودی‌های مورد نیاز مدل

مدل به چهار دسته ورودی نیاز دارد تا بتواند رشد و تولید یک گیاه یا رقم را شبیه‌سازی نماید.

این ورودی‌ها عبارتند از:

(۱) پارامترهای گیاهی

(۲) اطلاعات مکانی و هواشناسی

(۳) اطلاعات خاک

(۴) اطلاعات مدیریت زراعی

در این قسمت درباره هر یک از این ورودی‌ها توضیح داده می‌شود.

۲-۳-۱- پارامترهای گیاهی

مدل مجموعاً به ۳۷ پارامتر گیاهی نیاز دارد که در قسمت ۲-۲ برای فرآیندهای مختلف نمو فنولوژیک، تغییرات سطح برگ، تولید ماده خشک، تشکیل عملکرد و روابط آب توضیح داده شده‌اند. برآوردهایی از مقدار این پارامترها برای تعدادی از گونه‌های گیاهی نیز در جداول ۴ الی ۸ ارائه شده‌اند. برای توضیحات بیشتر در ارتباط با روش‌های برآورد این پارامترها به سلطانی (۱۳۸۸)، سلطانی و ترابی (۱۳۸۸) و سلطانی و سینکلر (۲۰۱۲) مراجعه شود.

۲-۳-۲- اطلاعات مکانی و هواشناسی

مدل به اطلاعات هواشناسی روزانه شامل حداقل و حداکثر دمای روزانه، تشعشع خورشیدی روزانه و بارندگی روزانه نیاز دارد. این اطلاعات باید از نزدیکترین ایستگاه هواشناسی به مکان مورد نظر تهیه شود. در ایستگاه‌های هواشناسی به‌طور معمول تشعشع خورشیدی اندازه‌گیری نمی‌شود. در این شرایط، می‌توان تشعشع خورشیدی روزانه را با کمک تعداد ساعات آفتابی که در این ایستگاه‌ها اندازه‌گیری می‌شود، تخمین زد. چنانچه اطلاعات تعداد ساعات آفتابی نیز در دست نباشد می‌توان تشعشع خورشیدی را با کمک اطلاعات دمای حداقل و حداکثر روزانه محاسبه نمود. سلطانی (۱۳۸۸)، سلطانی و مداح (۱۳۸۹) و سلطانی و سینکلر (۲۰۱۲) روش محاسبه تشعشع خورشیدی با کمک اطلاعات تعداد ساعات آفتابی و یا دما را توضیح داده‌اند. برنامه‌های کاربردی برای این منظور نیز از آدرس‌های زیر در دسترس هستند:

<https://sites.google.com/site/AfshinSoltani/>

<https://sites.google.com/site/CropModeling/>

جدول ۹ اطلاعات مکانی و هواشناسی لازم برای استفاده از مدل را فهرست کرده است. ضریب محاسبه کمبود فشار بخار (VPDF) را می‌توان برابر ۰/۷۵ قرار داد و در صورت نیاز در مناطق مرطوب به ۰/۶۵ کاهش داد. همچنین در مدل این امکان وجود دارد که غلظت CO₂، دما و بارندگی به صورت دستی تغییر داده شوند و نتیجه این تغییر مورد بررسی قرار گیرد.

جدول ۹- اطلاعات مکانی و هواشناسی مورد نیاز مدل SSM-iCrop2

اطلاعات ورودی	مخفف	واحد
اطلاعات مکانی		
عرض جغرافیایی	Latitute	o
ضریب محاسبه کمبود فشار بخار	VPDF	-
مقدار تغییر دما	tchng	°C
ضریب اغییر بارندگی	pchng	-
غلظت دی اکسید کربن	CO2	ppm
اطلاعات هواشناسی		
حداکثر دمای روزانه	TMAX	°C
حداقل دمای روزانه	TMIN	°C
تابش خورشیدی	SRAD	MJ m-2 d-1
بارندگی روزانه	RAIN	mm

۲-۳-۳- اطلاعات خاک

جدول ۱۰ اطلاعات خاک مورد نیاز برای مدل را نشان می‌دهد. این اطلاعات در واقع برای یک لایه خاک که همان لایه موثر ریشه است باید تهیه و در مدل وارد شوند. برای دستیابی به نتایج بهتر، مناسب است اطلاعات خاک از محل مورد نظر اندازه‌گیری شوند یا از نتایج اندازه‌گیری‌های قبلی استفاده گردد. در صورتی که این اطلاعات در دسترس نباشد، با داشتن بافت خاک می‌توان آن‌ها را تخمین زد. در فایل مدل این اطلاعات برای خاک‌های مختلف بر اساس بافت، ارائه شده است. همچنین، برای مطالعات در سطوح وسیع می‌توان این اطلاعات را از بانک‌های اطلاعاتی جهانی تهیه و استفاده نمود. برای مثال، این اطلاعات از پایگاه‌های زیر قابل دسترس هستند:

<http://harvestchoice.org/labs/hc27-genericprototypical-soil-profiles>
<http://gismap.ciat.cgiar.org/MarkSimGCM/>
<https://soilgrids.org/#/>

جدول ۱۰- اطلاعات خاک مورد نیاز مدل SSM-iCrop2

واحد	مخفف	اطلاعات ورودی
m m-1	SLOPE	شیب زمین
mm	SOLDEP	عمق خاک
-	SALB	آلیدوی خاک
-	DRAINF	فاکتور زهکشی خاک
-	SDRAINF	فاکتور زهکشی سطحی
mm mm-1	DUL	مقدار آب در خاک پس از خروج آب ثقلی
mm mm-1	LL	حداقل مقدار آب در خاک
mm mm-1	SAT	مقدار آب در خاک در زمان اشباع
mm mm-1	EXTR	مقدار آب قابل دسترس خاک
-	CN	شماره منحنی خاک

SOLDEP: Soil depth; SALB: Solar radiation; DRAINF: Drainage factor; SDRAINF: Surface drainage factor; DUL: Volumetric soil water content at drained upper limit; LL: Volumetric soil water content at crop lower limit; SAT: Volumetric soil water content at saturation; EXTR: Volumetric soil water content available for extraction by crop roots; CN: Curve number.

سلطانی و همکاران (۱۳۹۷) نوع بافت خاک و اطلاعات آن برای مدل‌سازی تولید گیاهی در استان‌های کشور را براساس بانک اطلاعاتی HC27 تهیه نموده‌اند که این گزارش از آدرس زیر در دسترس می‌باشد: <https://sites.google.com/site/AfshinSoltani/>

۲-۳-۴- اطلاعات مدیریت زراعی

مدل برای شبیه‌سازی رشد و تولید به اطلاعات مدیریت زراعی نیاز دارد (جدول ۱۱). تاریخ کاشت یکی از مهم‌ترین ورودی‌های مدیریتی مورد نیاز مدل است. در مدل تاریخ کاشت را می‌توان ثابت در نظر گرفته و وارد نمود. گزینه دیگر که در قسمت ۲-۲-۱ توضیح داده شد این است که از یکی از الگوریتم‌های قوانین کاشت که در مدل تعبیه شده است، استفاده گردد. برآورد پارامترهای مورد نیاز برای این الگوریتم‌ها برای گیاهان زراعی مهم کشور بررسی شده (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۷) و در جدول ۱۲ آورده شده است. در صورت استفاده از این الگوریتم‌ها تاریخ کاشت توسط خود مدل پیدا می‌شود. اما، در موقع به کارگیری این الگوریتم‌ها هنوز

لازم است تاریخ شروع شبیه‌سازی آب خاک (SimDoy)، تاریخ شروع به جستجو برای تاریخ کاشت (FPDoy) و طول مدت جستجو برای کاشت (SearchDur) مشخص شوند. برای مثال، فرض کنید برای گندم الگوریتم شماره ۳ با مقدار دمایی ۱۶ درجه سانتی‌گراد (Sow Tmp) به همراه $SimDoy = 234$ ، $FPDoy = 234$ و $SearchDur = 150$ انتخاب شده باشد. در این حالت، مدل از ۲۳۴مین روز سال میلادی یعنی اول شهریور شبیه‌سازی آب خاک را شروع می‌کند و همزمان شرایط کاشت را نیز کنترل می‌کند و این جستجو حداکثر تا ۱۵۰ روز ادامه می‌دهد. در طول این زمان، در اولین فرصت که طی یک دوره ۵ روزه بدون بارندگی (جهت ورود به مزرعه و خاک‌ورزی و کاشت) متوسط دمای هوا به ۱۶ درجه‌سانتی‌گراد یا کمتر کاهش یافته باشد، گندم را کشت می‌کند (در پنجمین روز این دوره ۵ روزه).

در صورتی که نوع کشت آبی باشد، لازم است کسر آب قابل دسترس خاک (FTSW) که در کمتر از آن باید آبیاری انجام شود (IRGLVL) به مدل به عنوان یک ورودی مدیریتی داده شود. در حال حاضر از FTSW در لایه موثر ریشه استفاده می‌شود ولی می‌توان از FTSW در ۶۰ سانتی‌متر اول خاک نیز استفاده کرد. در هر روزی که FTSW در لایه موثر ریشه به کمتر از IRGLVL کاهش یابد، آبیاری اتوماتیک توسط مدل انجام می‌گیرد و مقدار آب لازم برای آبیاری (برای رساندن آب خاک به ظرفیت مزرعه) محاسبه می‌گردد.

یکی دیگر از ورودی‌های مدیریتی StopDoy است و عبارت است از تاریخی که در آن باید به دوره رشد گیاه خاتمه داده شود. با رسیدن به این تاریخ به رشد گیاه پایان داده می‌شود حتی اگر واحد دمایی لازم برای رسیدگی تامین نشده باشد. StopDoy باید به صورت روز سال میلادی تعیین و در مدل وارد شود. در فایل مدل جداول تبدیل تاریخ‌های شمسی به روز سال میلادی (Doy) برای سال‌های غیر کیبسه و کیبسه گذارده شده است و برای سال غیر کیبسه در جدول ۱۳ نیز آورده شده است.

برای گیاهان علوفه‌ای مثل یونجه، تعداد برداشت یا چین (ClipNo) نیز باید مشخص شود. در صورتی که تعداد برداشت مشخص نباشد می‌توان مقدار عددی بالایی را برای ClipNo در نظر گرفت (مثلاً ۲۰) که در این صورت مدل خود حداکثر تعداد برداشت ممکن را پیدا می‌کند.

برای گیاه برنج (اگر کشت به صورت غرقابی انجام شود) لازم است ارتفاع آب در مزرعه به‌عنوان ورودی مدیریتی مشخص گردد. حداقل ارتفاع آب (mnWH) و حداکثر ارتفاع آب (mxWH) باید مشخص شوند. مدل هرگاه ارتفاع آب به mnWH یا کمتر کاهش یابد، آبیاری انجام می‌دهد و مقدار آبیاری به میزانی صورت می‌گیرد که ارتفاع آب به mxWH برسد. در صورتی که mnWH و mxWH مساوی هم تعریف شوند (مثلاً ۵۰ میلی‌متر)، آبیاری از نوع پیوسته شبیه‌سازی می‌شود طوری که ارتفاع آب در مزرعه در حدود مثلاً ۵۰ میلی‌متر حفظ گردد.

جدول ۱۱- اطلاعات مدیریت زراعی مورد نیاز مدل SSM-iCrop2

واحد	مخفف	اطلاعات ورودی
day	PDOY	تاریخ کاشت
day	SimDoy	تاریخ شروع شبیه‌سازی آب خاک
day	FPDoy	تاریخ شروع به جستجو برای تاریخ کاشت
day	SearchDur	طول مدت جستجو برای کاشت
-	IRGLVL	سطح آستانه آبیاری
day	StopDoy	تاریخ خاتمه دوره رشد گیاه

-	ClipNo	تعداد برداشت یا چین
mm	mnWH	حداقل ارتفاع آب
mm	mxWH	حداکثر ارتفاع آب

PDOY: Day of year (1-365) when crop is sown; IRGLVL: FTSW when the crop needs to be irrigated; irrigation threshold.

جدول ۱۲- مقادیر دمای آستانه برای الگوریتم‌های کاشت مورد استفاده برای گیاهان زراعی مهم کشور در SSM-iCrop2. برای توصیف الگوریتم‌ها به جدول ۲ مراجعه شود.

گیاه	دمای آستانه	کد الگوریتم
کشت بهاره گیاهان زراعی در هر دو شرایط دیم و آبی مانند لوبیا، نخود، عدس، پیاز و سیب‌زمینی	۷	۲
کشت بهاره چغندر قند	۱۲	۲
کشت ذرت در اقلیم‌های سرد	۱۵	۲
کشت زود هنگام آبی گیاهان زراعی تابستانه مانند ذرت، لوبیا و خربزه	۱۷	۲
گیاهان زراعی تابستانه در شرایط آبی مانند ذرت علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای، خربزه و کنجد	۲۰	۲
کشت ذرت در اقلیم‌های معتدل	۲۲	۲
کشت ذرت به عنوان گیاه دوم در سیستم دو کشتی	۲۵	۲
کشت ذرت در اقلیم‌های گرم	۳۰	۲
کشت ذرت در اقلیم‌های گرم در شرایط آبی	۳۸	۲
کشت پاییزه گیاهان زراعی در دو شرایط آبی و دیم مانند جو، کلزا، نخود، گندم، سیب‌زمینی، عدس و چغندر قند	۱۶	۳
کشت پاییزه چغندر قند	۲۹	۳
کشت پاییزه کلزا، پیاز، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی	۲۰	۳
کشت پاییزه گوجه‌فرنگی	۲۷	۳
کشت پاییزه پیاز	۲۸	۳

جدول ۱۳ - تبدیل تاریخ شمسی به روز سال میلادی در سال‌های غیر کبیسه.

اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	
۵۰	۲۰	۳۵۵	۳۲۵	۲۹۵	۲۶۵	۲۳۴	۲۰۳	۱۷۲	۱۴۱	۱۱۰	۷۹	۱
۵۱	۲۱	۳۵۶	۳۲۶	۲۹۶	۲۶۶	۲۳۵	۲۰۴	۱۷۳	۱۴۲	۱۱۱	۸۰	۲
۵۲	۲۲	۳۵۷	۳۲۷	۲۹۷	۲۶۷	۲۳۶	۲۰۵	۱۷۴	۱۴۳	۱۱۲	۸۱	۳
۵۳	۲۳	۳۵۸	۳۲۸	۲۹۸	۲۶۸	۲۳۷	۲۰۶	۱۷۵	۱۴۴	۱۱۳	۸۲	۴
۵۴	۲۴	۳۵۹	۳۲۹	۲۹۹	۲۶۹	۲۳۸	۲۰۷	۱۷۶	۱۴۵	۱۱۴	۸۳	۵
۵۵	۲۵	۳۶۰	۳۳۰	۳۰۰	۲۷۰	۲۳۹	۲۰۸	۱۷۷	۱۴۶	۱۱۵	۸۴	۶
۵۶	۲۶	۳۶۱	۳۳۱	۳۰۱	۲۷۱	۲۴۰	۲۰۹	۱۷۸	۱۴۷	۱۱۶	۸۵	۷
۵۷	۲۷	۳۶۲	۳۳۲	۳۰۲	۲۷۲	۲۴۱	۲۱۰	۱۷۹	۱۴۸	۱۱۷	۸۶	۸
۵۸	۲۸	۳۶۳	۳۳۳	۳۰۳	۲۷۳	۲۴۲	۲۱۱	۱۸۰	۱۴۹	۱۱۸	۸۷	۹
۵۹	۲۹	۳۶۴	۳۳۴	۳۰۴	۲۷۴	۲۴۳	۲۱۲	۱۸۱	۱۵۰	۱۱۹	۸۸	۱۰
۶۰	۳۰	۳۶۵	۳۳۵	۳۰۵	۲۷۵	۲۴۴	۲۱۳	۱۸۲	۱۵۱	۱۲۰	۸۹	۱۱
۶۱	۳۱	۱	۳۳۶	۳۰۶	۲۷۶	۲۴۵	۲۱۴	۱۸۳	۱۵۲	۱۲۱	۹۰	۱۲
۶۲	۳۲	۲	۳۳۷	۳۰۷	۲۷۷	۲۴۶	۲۱۵	۱۸۴	۱۵۳	۱۲۲	۹۱	۱۳
۶۳	۳۳	۳	۳۳۸	۳۰۸	۲۷۸	۲۴۷	۲۱۶	۱۸۵	۱۵۴	۱۲۳	۹۲	۱۴
۶۴	۳۴	۴	۳۳۹	۳۰۹	۲۷۹	۲۴۸	۲۱۷	۱۸۶	۱۵۵	۱۲۴	۹۳	۱۵
۶۵	۳۵	۵	۳۴۰	۳۱۰	۲۸۰	۲۴۹	۲۱۸	۱۸۷	۱۵۶	۱۲۵	۹۴	۱۶
۶۶	۳۶	۶	۳۴۱	۳۱۱	۲۸۱	۲۵۰	۲۱۹	۱۸۸	۱۵۷	۱۲۶	۹۵	۱۷
۶۷	۳۷	۷	۳۴۲	۳۱۲	۲۸۲	۲۵۱	۲۲۰	۱۸۹	۱۵۸	۱۲۷	۹۶	۱۸
۶۸	۳۸	۸	۳۴۳	۳۱۳	۲۸۳	۲۵۲	۲۲۱	۱۹۰	۱۵۹	۱۲۸	۹۷	۱۹
۶۹	۳۹	۹	۳۴۴	۳۱۴	۲۸۴	۲۵۳	۲۲۲	۱۹۱	۱۶۰	۱۲۹	۹۸	۲۰
۷۰	۴۰	۱۰	۳۴۵	۳۱۵	۲۸۵	۲۵۴	۲۲۳	۱۹۲	۱۶۱	۱۳۰	۹۹	۲۱
۷۱	۴۱	۱۱	۳۴۶	۳۱۶	۲۸۶	۲۵۵	۲۲۴	۱۹۳	۱۶۲	۱۳۱	۱۰۰	۲۲
۷۲	۴۲	۱۲	۳۴۷	۳۱۷	۲۸۷	۲۵۶	۲۲۵	۱۹۴	۱۶۳	۱۳۲	۱۰۱	۲۳
۷۳	۴۳	۱۳	۳۴۸	۳۱۸	۲۸۸	۲۵۷	۲۲۶	۱۹۵	۱۶۴	۱۳۳	۱۰۲	۲۴
۷۴	۴۴	۱۴	۳۴۹	۳۱۹	۲۸۹	۲۵۸	۲۲۷	۱۹۶	۱۶۵	۱۳۴	۱۰۳	۲۵
۷۵	۴۵	۱۵	۳۵۰	۳۲۰	۲۹۰	۲۵۹	۲۲۸	۱۹۷	۱۶۶	۱۳۵	۱۰۴	۲۶
۷۶	۴۶	۱۶	۳۵۱	۳۲۱	۲۹۱	۲۶۰	۲۲۹	۱۹۸	۱۶۷	۱۳۶	۱۰۵	۲۷
۷۷	۴۷	۱۷	۳۵۲	۳۲۲	۲۹۲	۲۶۱	۲۳۰	۱۹۹	۱۶۸	۱۳۷	۱۰۶	۲۸
۷۸	۴۸	۱۸	۳۵۳	۳۲۳	۲۹۳	۲۶۲	۲۳۱	۲۰۰	۱۶۹	۱۳۸	۱۰۷	۲۹
	۴۹	۱۹	۳۵۴	۳۲۴	۲۹۴	۲۶۳	۲۳۲	۲۰۱	۱۷۰	۱۳۹	۱۰۸	۳۰
						۲۶۴	۲۳۳	۲۰۲	۱۷۱	۱۴۰	۱۰۹	۳۱

۲-۴- پارامتریابی و ارزیابی مدل

داده‌های مربوط به رشد و تولید گیاهان مهم کشور از مقالات و گزارش‌های چاپ شده و چاپ نشده در سراسر کشور جمع‌آوری شدند. در هر مورد اطلاعات هواشناسی و خاک مورد نیاز نیز جمع‌آوری شد. اطلاعات مدیریتی منطبق بر آنچه در مقاله یا گزارش نوشته شده بود، انتخاب شدند. تلاش شد برای هر گیاه از مناطق و استان‌های مهم تولیدکننده آن، اطلاعات جمع‌آوری گردد. بدین منظور در ابتدای کار آمار تولید هر گیاه به تفکیک استانی بررسی شدند و استان‌های مهم برای هر گیاه مشخص گردید. فهرست مقالات یا گزارش‌های استفاده شده در ضمیمه ۴ ارایه شده است. در مجموع از اطلاعات ۴۲۰ مقاله چاپ شده استفاده گردید، در حالی که مقالات و گزارش‌های بررسی شده بسیار بیشتر بودند. علاوه بر این، اطلاعات پتانسیل عملکرد هر گیاه به تفکیک دیم و آبی و همکاری محققان سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی از مراکز اصلی تولید هر گیاه جمع‌آوری و برای ارزیابی مدل استفاده شدند.

نحوه پارامتریابی مدل ساده و سراسر است که در پیوست شماره ۱ سلطانی و سینکلی (۲۰۱۲) توضیح داده شده است. به طور خلاصه، پارامتریابی ابتدا به ترتیب برای فنولوژی، سطح برگ، تولید ماده خشک و تشکیل عملکرد در شرایط آبی انجام می‌گیرد و سپس برای شرایط دیم انجام می‌شود تا پارامترهای مرتبط با روابط آب برآورد شوند. در مجموع پارامتریابی برای ۸۷ گونه/رقم انجام گردید.

ارزیابی مدل با کمک داده‌های مستقل که در پارامتریابی استفاده نشده‌بوند، انجام شد. عملکرد، مقدار نیاز آبی خالص یا تبخیر تعرق شبیه‌سازی شده با همین متغیرها از آزمایشات جمع‌آوری شده مقایسه شدند. برای ارزیابی توانایی مدل در شبیه‌سازی این متغیرها مقادیر ضریب همبستگی (r) بین مقادیر شبیه‌سازی شده و گزارش شده محاسبه شدند. به همین ترتیب انحراف مقادیر شبیه‌سازی شده از مقادیر گزارش شده با محاسبه جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) تعیین گردید:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}} \quad (54)$$

که در آن P مقادیر شبیه‌سازی شده، O مقادیر مشاهده شده و n تعداد نمونه می‌باشد. همچنین، از تقسیم RMSE بر میانگین مقادیر گزارش شده، RMSE نسبی یا ضریب تغییرات (CV) محاسبه گردید.

۲-۵- برنامه‌نویسی مدل

مدل SSM-iCrop2 در واقع یک فایل اکسل است که دارای تعدادی صفحه (sheet) می‌باشد. برنامه مدل در Visual Basic for Application (VBA) برنامه اکسل نوشته شد. شکل ۱۷ پنجره ماکرو در برنامه اکسل مدل را نشان می‌دهد. در مدل iCrop2 اطلاعات ورودی از صفحات اکسل دریافت می‌شوند و نیز خروجی مدل و نتیجه محاسبات در صفحاتی دیگر وارد می‌گردند. صفحات برای ورود اطلاعات عبارتند از:

- Location: برای اطلاعات مربوط به مکان و منطقه مورد نظر برای شبیه‌سازی (جدول ۹)
- Soil: برای اطلاعات مربوط به خاک (جدول ۱۰)
- Crop: برای اطلاعات مربوط به رقم و گونه گیاهی (جدول ۴ تا ۸)

- **Manag**: برای اطلاعات مربوط به مدیریت زراعی (جدول ۱۱) صفحات برای درج اطلاعات خروجی عبارتند از:
- **DailyO**: برای درج خروجی‌های روزانه که فقط در شرایطی فعال است که مدل برای یک سناریو در یک سال اجرا شود
- **Figures**: تعدادی شکل از قبل تعریف شده مرتبط با خروجی روزانه در این صفحه قابل مشاهده هستند. شکل‌های بیشتری نیز توسط کاربران قابل تعریف می‌باشد
- **YearlyO**: برای درج خروجی‌های سالیانه یا آخر فصل برای هر یک از سناریوهای شبیه‌سازی شده

```

Sub iCrop2 ()
'SSM-iCrop2 is a simplified version of SSM-iCrop. The model was first built for
'iaqNexus project by Afshin Soltani, GUSANR, May-August 2016.

'----- Modifications/revisions
'Several options to find sowing date was added, 29 April 2017
'Simulation of several harvest and regrowth in forages included, 2 May 2017
'Water height in rice field and irrigation based on it incorporated, 9 May 2017
'Bud burst in trees is now found using forcing req, 13 May 2017
'StopDoy included, 25 June 2017

'///// MAIN PROGRAM
Application.ScreenUpdating = False

Dim scnName As String
Dim locName As String
Dim mngName As String
Dim solName As String
Dim crpName As String
Dim wthFile As String

FrstScnRow = ThisWorkbook.Worksheets(1).Cells(5, 2)
FrstScnRow = FrstScnRow - 1
scnNo = ThisWorkbook.Worksheets(1).Cells(6, 2)
scyzCntr = 1
dayCntr = 0

For scnCntr = 1 To scnNo
LocRowNo = ThisWorkbook.Worksheets("Run").Cells(scnCntr + FrstScnRow, 2)
MangRowNo = ThisWorkbook.Worksheets("Run").Cells(scnCntr + FrstScnRow, 3)
SoilRowNo = ThisWorkbook.Worksheets("Run").Cells(scnCntr + FrstScnRow, 4)
CropRowNo = ThisWorkbook.Worksheets("Run").Cells(scnCntr + FrstScnRow, 5)

scnName = ThisWorkbook.Worksheets("Run").Cells(scnCntr + FrstScnRow, 1).Formula
locName = ThisWorkbook.Worksheets("Location").Cells(LocRowNo, 2).Formula
wthFile = ThisWorkbook.Worksheets("Location").Cells(LocRowNo, 5).Formula
mngName = ThisWorkbook.Worksheets("Manag").Cells(MangRowNo, 2).Formula
solName = ThisWorkbook.Worksheets("Soil").Cells(SoilRowNo, 2).Formula
crpName = ThisWorkbook.Worksheets("Crop").Cells(CropRowNo, 2).Formula

```

شکل ۱۷- پنجره ماکرو در برنامه اکسل که شامل برنامه‌های مدل است.

در مدل با ترکیب مکان، مدیریت، خاک و رقم یا گونه می‌توان سناریوها یا تیمارهایی را تعریف کرد. هر سناریو برای یک یا چند سال قابل اجرا است. برای توضیح بیشتر در ارتباط با نحوه استفاده از مدل و تهیه سناریو به ضمیمه ۱ مراجعه شود.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- پارامتریابی

مدل برای ۳۷ گیاه مهم کشاورزی (زراعی و باغبانی) کشور پارامتریابی شد که تعداد کل گونه و رقم پارامتریابی شده، ۷۸ می‌باشد. همچنین مدل برای ۱۵ نوع پوشش مرتعی پارامتریابی شده‌است. برآورد پارامترها برای تعدادی از گیاهان در جداول ۴ تا ۸ ارائه شده‌اند. جزییات پارامتریابی و مقادیر پارامترها برای پوشش‌های مرتعی نیز در ضمیمه ۳ آورده شده‌است. برای برآورد پارامترها

مربوط به سایر گونه‌ها و ارقام به آخرین نسخه فایل مدل در این آدرس مراجعه شود: <https://sites.google.com/site/AfshinSoltani/>
فهرست مطالعاتی که از داده‌های آن‌ها برای پارامتریابی و ارزیابی استفاده شده‌است در ضمیمه ۴ آورده شده‌اند.

دسته بندی پارامترها گیاهی مدل و تعداد آن‌ها به صورت زیر است:

(الف) فنولوژی با ۱۰ پارامتر،

(ب) سطح برگ با ۹ پارامتر،

(ج) تولید ماده خشک با ۷ پارامتر،

(د) تشکیل عملکرد با ۳ پارامتر، و

(ه) روابط آب با ۸ پارامتر.

مقادیر بسیاری از پارامترها به‌ویژه پارامترهای مرتبط با گونه را می‌توان در منابع یافت (مثل سلطانی، ۱۳۸۸؛ سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲). به‌علاوه، تعدادی از پارامترها با یکدیگر مرتبط هستند و برخی پارامترها برای برخی گونه‌ها اهمیت ندارند. برای مثال، دو سری دمای کاردینال در مدل وجود دارد: یک سری برای واکنش سرعت نمو فنولوژیک به دما و سری دیگر برای واکنش کارایی استفاده از تشعشع (RUE) به دما. در برخی گونه‌ها این دو سری ممکن است یکسان باشند یا نزدیکی زیادی به یکدیگر داشته باشند. واحد دمایی از کاشت تا پایان موثر پرشدن دانه و نیز واحد دمایی برای رسیدگی فیزیولوژیک در گیاهان زراعی یکسان هستند (جدول ۳) اگرچه برای این گیاهان در مدل دو پارامتر لحاظ شده است. واحد دمایی تا سبزشدن در گیاهان زراعی با واحد دمایی برای شروع موثر رشد ریشه یکسان هستند. در گیاهان زراعی دانه‌ای، واحد دمایی برای شروع پیرشدن برگ‌ها در گیاهان زراعی و نیز واحد دمایی برای پایان موثر رشد ریشه هر دو با واحد دمایی برای شروع موثر پرشدن دانه یکسان هستند. پارامتر پیرشدن برگ‌ها (SRATE) بسته به الگوی پیرشدن برگ‌ها در گونه گیاهی ۰ یا ۱ می‌باشد. به‌همین صورت، پارامترهای مربوط به اثرات دمای پایین و بالا کاهش سطح برگ یا پیرشدن برگ‌ها برای گونه‌های زیادی مشابه هم هستند. در بسیاری از گونه‌ها مقادیر ضریب خاموشی (KPAR) و کسر انتقال مجدد (FRTRL) مشابه‌اند. کسر انتقال مجدد خود در برخی گونه‌ها مثل یونجه، چغندرقد، سیب‌زمینی، و بسیاری درختان میوه اهمیت زیادی ندارد چون تشکیل عملکرد در این گیاهان خیلی زود در دوره رشد شروع می‌شود. بنابراین، اگرچه تعداد پارامترها ۳۷ می‌باشد ولی تعداد واقعی پارامترها که تعیین آن‌ها مهم است، حدود ۲۰ می‌باشد.

لازم نیست مقدار کلیه پارامترها برای هر یک از ارقام یک گونه جداگانه برآورد گردد. در این مطالعه، تفاوت بین ارقام با کمک سه پارامتر واحد دمایی تا رسیدگی (tuHAR)، حداکثر سطح برگ مورد انتظار (LAIMX) و حداکثر شاخص برداشت (HIMAX) قابل توجه بود و نیاز به تغییر سایر پارامترها نبود. این بدان معنی است که سایر پارامترها تفاوت گونه‌ها را مشخص می‌کنند و برای تفاوت ارقام داخل یک گونه این سه پارامتر کافی هستند.

تعداد پارامترها در SSM-iCrop2 خیلی کمتر از مدل‌های DSSAT (هوگنوم و همکاران، ۲۰۱۲، ۲۰۱۹) و APSIM (کیتینگ و همکاران، ۲۰۰۳؛ همر و همکاران، ۲۰۱۰) می‌باشد ولی با تعداد پارامترها در مدل CropSyst (استوکل و همکاران، ۲۰۰۳) قابل قیاس است. اخیراً مدلی به نام SIMPLE توسط تیمی از مدل‌سازان DSSAT، APSIM و CropSyst تهیه شده است که فقط به ۱۳ پارامتر نیاز دارد (ژائو و همکاران، ۲۰۱۹). مدل SIMPLE رشد و عملکرد گیاهان زراعی را در شرایط پتانسیل و آب محدود شبیه‌سازی می‌کند ولی این مدل برای گیاهان زراعی پارامتریابی و ارزیابی شده است و گیاهان چند ساله و درختان میوه را پوشش نمی‌دهد. سلطانی و سینکلر (۲۰۱۵) مدل‌های گندم در APSIM، CropSyst، DSSAT و SSM را مقایسه نمودند و نشان دادند که بین تعداد پارامتر در

مدل برای فرآیندهای مختلف و کارکرد مدل ارتباط معنی داری وجود ندارد. باید توجه داشت که کم بودن تعداد پارامتر دارای دو جنبه است (سلطانی، ۱۳۸۸). گاهی یک مدل در مقایسه با دیگری پارامتر کمتری دارد و تعداد فرآیند و واکنش کمتری را هم شبیه سازی می کند. اما، گاهی برای شبیه سازی فرآیند معینی (مثل تولید ماده خشک) دو مدل دارای تعداد پارامتر متفاوت هستند. در این جا منظور این جنبه اخیر است. برای توضیح بیشتر به سلطانی (۱۳۸۸) مراجعه شود.

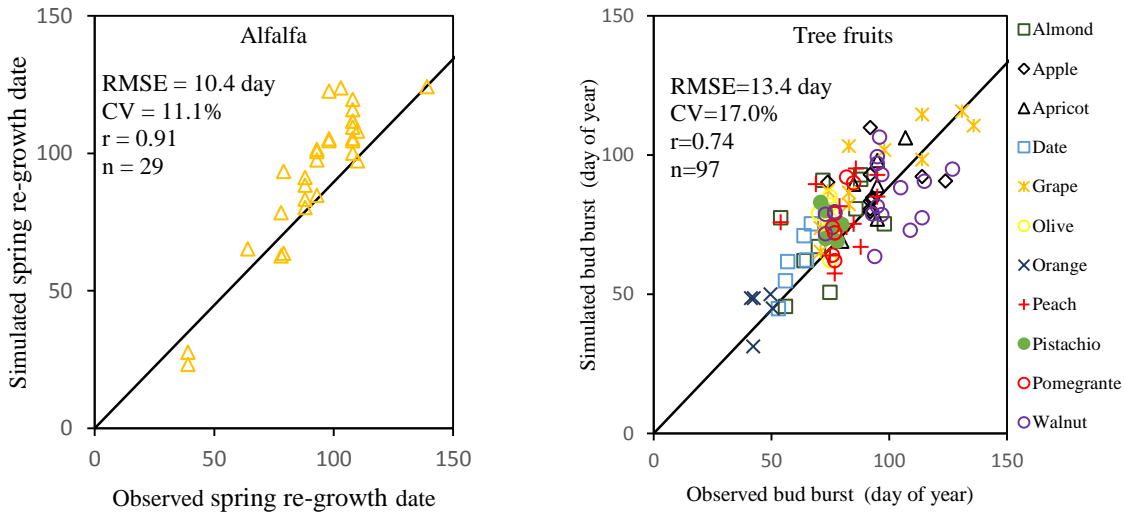
۳-۲- ارزیابی مدل

آزمون مدل با استفاده از داده های مستقل نشان داد که مدل SSM-iCrop2 در مجموع موفق بوده است. در قسمت های زیر نتیجه ارزیابی مدل از جنبه های مختلف ارایه می شود.

کارکرد مدل برای پیش بینی تاریخ شروع رشد بهاره در یونجه و باز شدن جوانه در درختان میوه (۱۲ گونه) در جدول ۱۴ و شکل ۱۸ آورده شده است. برای دامنه وسیعی از گونه های گیاهی و شرایط محیطی متفاوت در سراسر کشور، مقدار RMSE نسبی (ضریب تغییرات) برای این دو متغیر کمتر از ۱۵ درصد است و ضریب همبستگی بین مقادیر مشاهده شده و شبیه سازی شده بالاتر از ۰/۶ می باشد. آماره های مربوط به شبیه سازی شروع رشد بهاره یونجه نشان داد که مقدار جذر میانگین مربعات خطا ۱۰/۴ روز، ضریب تغییرات ۱۱/۱ درصد و ضریب همبستگی ۰/۹۱ بود. مقایسه روز تا باز شدن جوانه شبیه سازی شده و واقعی گیاهان باغبانی به صورت ترکیبی نشان داد که مقدار جذر میانگین مربعات خطا ۱۳/۴ روز بود که حدود ۱۷/۰ درصد میانگین روز تا باز شدن جوانه مشاهده شده بودند یا به عبارت دیگر ضریب تغییرات بین مقادیر شبیه سازی شده و مشاهده شده برای روز تا باز شدن جوانه ۱۷/۰ درصد بود. همچنین ضریب همبستگی بالایی ($r = 0.74$) بین داده های مشاهده شده و شبیه سازی شده وجود داشت. در جدول ۱۴، وجود برخی مقادیر ضریب همبستگی کمتر از ۰/۶ و ضریب تغییرات بیش از ۱۵ یا ۲۰ درصد الزاما نشانه ضعف مدل در شبیه سازی نیست بلکه به علت دامنه محدود نقاط در این موارد می باشد.

جدول ۱۴- آماره های مربوط ارزیابی مدل برای روز تا باز شدن در درختان میوه.

گیاه	r	RMSE (d)	CV (%)	گیاه	r	RMSE (d)	CV (%)
بادام	۰.۵۲	۱۴.۸	۱۹.۷	هلو	۰.۲۶	۱۴.۱	۱۷.۶
سیب	۰.۱۰	۱۶.۳	۱۷.۱	پسته	۰.۵۴	۷.۲	۹.۶
زردآلو	۰.۸۰	۸.۷	۹.۶	انار	۰.۸۰	۷.۹	۱۰.۰
خرما	۰.۹۰	۶.۰	۹.۹	گردو	۰.۲۹	۲۰.۰	۲۰.۶
انگور	۰.۸۵	۱۲.۷	۱۳.۲				
زیتون	۰.۱۵	۸.۲	۱۱.۱				
پرتقال	۰.۲۸	۷.۰	۱۵.۴				



شکل ۱۸- مقادیر شبیه سازی شده در مقابل واقعی زمان تا شروع رشد بهاره در یونجه و زمان تا باز شدن جوانه درختان میوه.

برای ارزیابی نتایج حاصل از شبیه‌سازی میزان آب آبیاری خالص/تبخیرتغرق در طول فصل رشد در ۲۴ محصول مختلف از ۳۶۰ داده واقعی استفاده شد. شایان ذکر است که برای شرایط کشت آبی ارزیابی میزان آب آبیاری خالص و برای شرایط دیم میزان تبخیرتغرق مد نظر بودند. نتایج ارزیابی برای گیاهان زراعی دانه‌ای، زراعی غیردانه‌ای، سبزیجات و باغی در جدول ۱۵ و شکل‌های ۱۹ و ۲۰ آورده شده‌است.

مقادیر آب آبیاری خالص یا تبخیرتغرق شبیه‌سازی شده و مشاهده شده ۶ گیاه زراعی دانه‌ای نشان داد که مقدار جذر میانگین مربعات خطا ۸۶ میلی‌متر در هکتار بود که معادل ۱۴ درصد میانگین آب آبیاری خالص/تبخیرتغرق مشاهده شده بودند ($CV=14/2$). همچنین ضریب همبستگی بالایی ($r=0/93$) بین داده‌های مشاهده شده و شبیه‌سازی شده گیاهان زراعی دانه‌ای وجود داشت. مقادیر آب آبیاری خالص/تبخیرتغرق شبیه‌سازی شده و مشاهده شده گیاهان زراعی غیر دانه‌ای نشان داد که مقدار جذر میانگین مربعات خطا ۲۰۴ میلی‌متر در هکتار، ضریب تغییرات ۱۸ درصد و ضریب همبستگی ۰/۸۵ بود. ارزیابی آب آبیاری خالص/تبخیرتغرق سبزیجات نشان داد که مقدار جذر میانگین مربعات خطا ۱۲۹ میلی‌متر در هکتار بود که معادل ۲۲ درصد میانگین آب آبیاری خالص/تبخیرتغرق مشاهده شده بود. ضریب همبستگی برای رابطه آب آبیاری خالص/تبخیرتغرق مشاهده شده و شبیه‌سازی شده برابر با ۰/۷۹ بود. برای گیاهان باغبانی مقدار جذر میانگین مربعات خطا، ضریب تغییرات و ضریب همبستگی شبیه‌سازی آب آبیاری خالص/تبخیرتغرق در مقابل مقادیر مشاهده شده به ترتیب ۱۷۹ میلی‌متر، ۲۲ درصد و ۰/۷۲ بود.

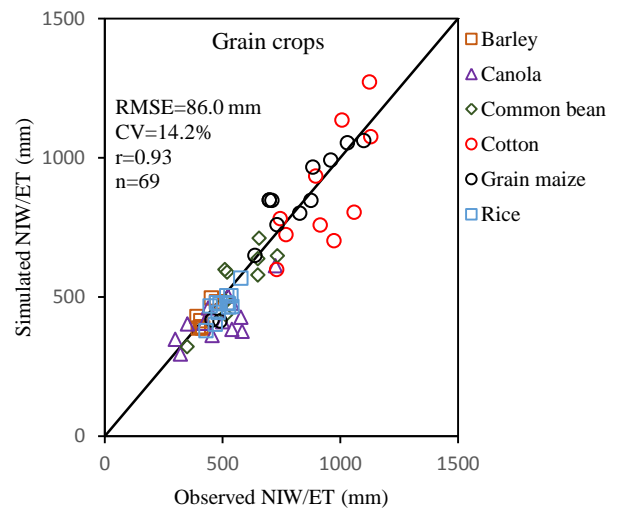
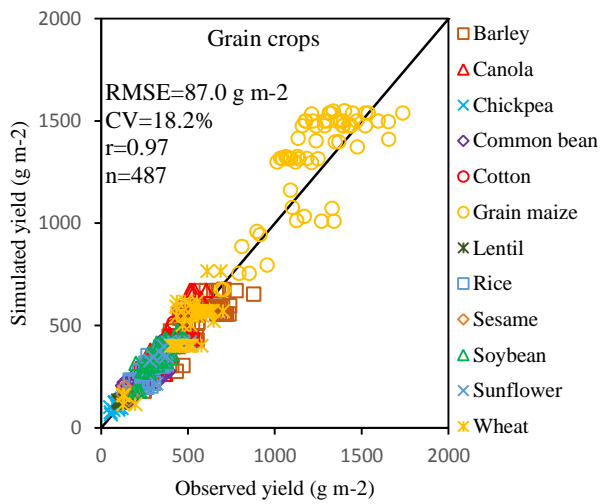
برای ارزیابی مدل برای عملکرد، از ۷۴۴ مشاهده واقعی از سطح کشور در ۳۰ گونه گیاهی محصول مختلف زراعی و باغبانی استفاده شد (جدول ۱۵؛ شکل ۱۹ و ۲۰). مقادیر عملکرد شبیه‌سازی شده و مشاهده شده ۱۲ گیاه زراعی دانه‌ای نشان داد که مقدار جذر میانگین مربعات خطا ۸۷ گرم در مترمربع بود که معادل ۱۸ درصد میانگین عملکرد مشاهده شده بود ($CV=18$). همچنین ضریب همبستگی بالایی ($r=0/97$) بین داده‌های مشاهده شده و شبیه‌سازی شده گیاهان زراعی دانه‌ای وجود داشت. مقادیر عملکرد شبیه‌سازی شده و مشاهده شده در ۴ گونه زراعی غیر دانه‌ای نشان داد که مقدار جذر میانگین مربعات خطا ۳۶۱ گرم در مترمربع، ضریب تغییرات

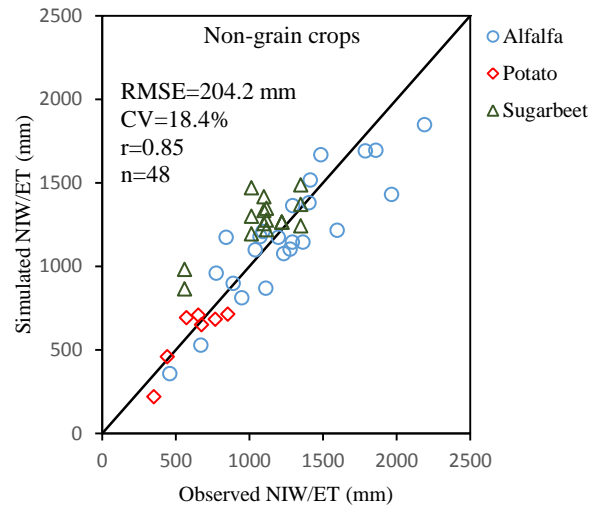
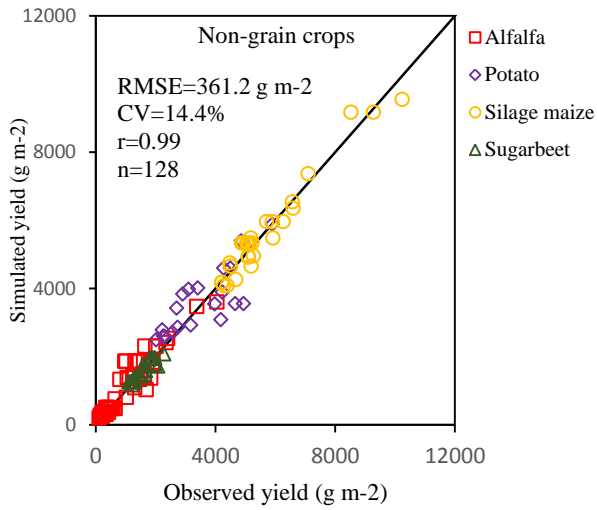
۱۴ درصد و ضریب همبستگی ۰/۹۹ بود. همچنین، ارزیابی عملکرد سه محصول پیاز، گوجه فرنگی و هندوانه نشان داد که مقدار جذر میانگین مربعات خطا ۷۳ گرم در مترمربع بود که معادل ۱۴ درصد میانگین عملکرد مشاهده شده بود. ضریب همبستگی برای رابطه عملکرد مشاهده شده و شبیه‌سازی شده برابر با ۰/۸۵ بود. برای گیاهان باغبانی مقدار جذر میانگین مربعات خطا، ضریب تغییرات و ضریب همبستگی شبیه‌سازی عملکرد در مقابل مقادیر مشاهده شده به ترتیب ۶۰۴ گرم در مترمربع، ۲۸ درصد و ۰/۹۸ بود. در جدول ۱۵ مقادیر آماره‌های مربوط به عملکرد شبیه‌سازی شده در مقابل مشاهده شده برای تک تک محصولات مورد بررسی آورده شده است. از ۳۰ محصول مورد بررسی فقط ۱۱ محصول مقدار ضریب همبستگی کمتر از ۰/۶ و فقط ۶ محصول مقدار ضریب تغییرات بیش از ۲۰ درصد داشتند (جدول ۱۵). یک دلیل بهتر شدن آماره‌ها در نتایج ترکیب شده در مقایسه با نتایج تک تک محصولات، عبارت از افزایش دامنه داده‌ها (r) و تعداد مشاهدات (CV) است. برای نتایج ارزیابی مدل برای پوشش‌های مرتعی به ضمیمه ۳ مراجعه شود.

جدول ۱۵- آماره‌های ارزیابی عملکرد و آب آبیاری خالص/تبخیرتغرق مدل برای گونه‌های گیاهی مختلف در کشور.

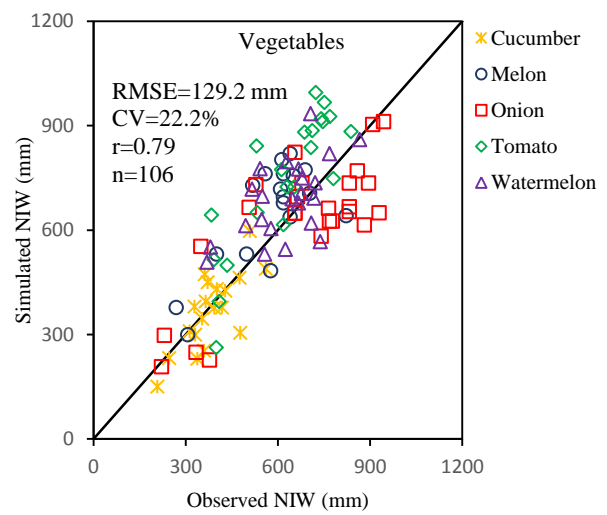
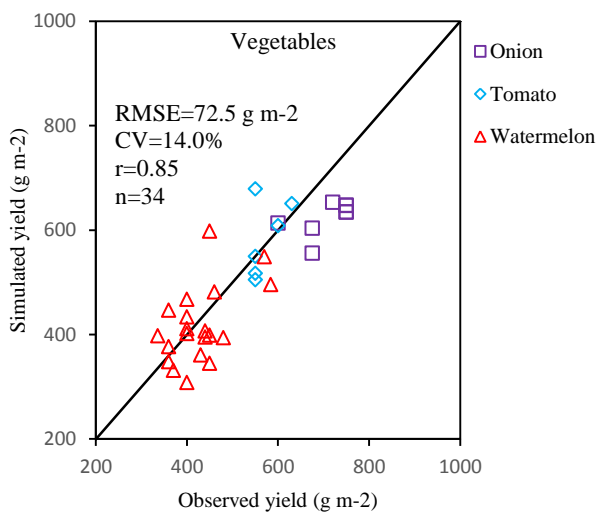
Evapotranspiration / Irrigation water (mm)			Yield (g m ⁻²)			گیاه
r	CV (%)	RMSE	r	CV (%)	RMSE	
۰.۸۸	۱۶.۵	۲۰۸.۲	۰.۹۵	۲۹.۵	۲۸۹.۶	یونجه
۰.۶۲	۲۲.۰	۱۵۸.۰	۰.۷۷	۱۳.۸	۶۰.۴	بادام
۰.۵۴	۲۳.۲	۲۱۴.۶	۰.۳۲	۱۵.۴	۱۱۴۷.۰	سیب
۰.۱۹	۳۰.۵	۲۲۹.۰	۰.۰۴	۲۱.۶	۱۳۴.۲	زردآلو
۰.۸۲	۶.۰	۲۵.۱	۰.۸۴	۱۵.۱	۷۹.۶	جو
۰.۸۵	۱۱.۲	۶۳.۲	۰.۷۷	۱۹.۴	۵۲.۶	لویبا
۰.۷۳	۲۰.۷	۱۰۰.۱	۰.۸۶	۱۸.۷	۶۷.۰	کلزا
			۰.۹۱	۲۷.۴	۲۹.۲	نخود
۰.۷۴	۱۶.۱	۱۵۰.۴	۰.۷۵	۱۳.۲	۵۱.۷	پنبه
۰.۷۶	۱۸.۶	۷۰.۸				خیار
			۰.۳۷	۱۴.۲	۳۶۸.۶	خرما
۰.۶۶	۲۵.۰	۱۸۷.۱	۰.۶۵	۲۰.۰	۱۴۰۷.۹	انگور
			۰.۷۲	۱۳.۴	۱۷.۳	عدس
۰.۹۳	۱۰.۲	۷۹.۴	۰.۷۶	۱۴.۸	۱۸۲.۵	ذرت
۰.۷۴	۲۱.۹	۱۲۶.۰				خربز
۰.۸۶	۱۴.۴	۱۱۱.۶	۰.۸۱	۸.۴	۲۳.۰	زیتون
۰.۷۹	۲۱.۲	۱۴۲.۴	۰.۵۹	۱۳.۳	۹۴.۴	پیاز
۰.۸۳	۲۵.۶	۲۶۲.۳	۰.۲۹	۱۶.۸	۱۱۷.۹	پرتقال
۰.۴۵	۱۶.۳	۱۲۹.۳	۰.۵۹	۲۳.۱	۴۴۵.۸	هلو
۰.۶۹	۱۸.۳	۱۲۰.۹	۰.۵۴	۸.۳	۲۹.۹	پسته
۰.۸۹	۱۹.۲	۱۳۱.۹	۰.۵۳	۱۸.۶	۸۶.۹	انار
۰.۸۶	۱۵.۳	۹۴.۵	۰.۸۰	۱۸.۳	۶۴۸.۳	سیب زمینی
۰.۷۹	۸.۷	۴۳.۷	۰.۷۷	۱۴.۲	۴۳.۱	برنج

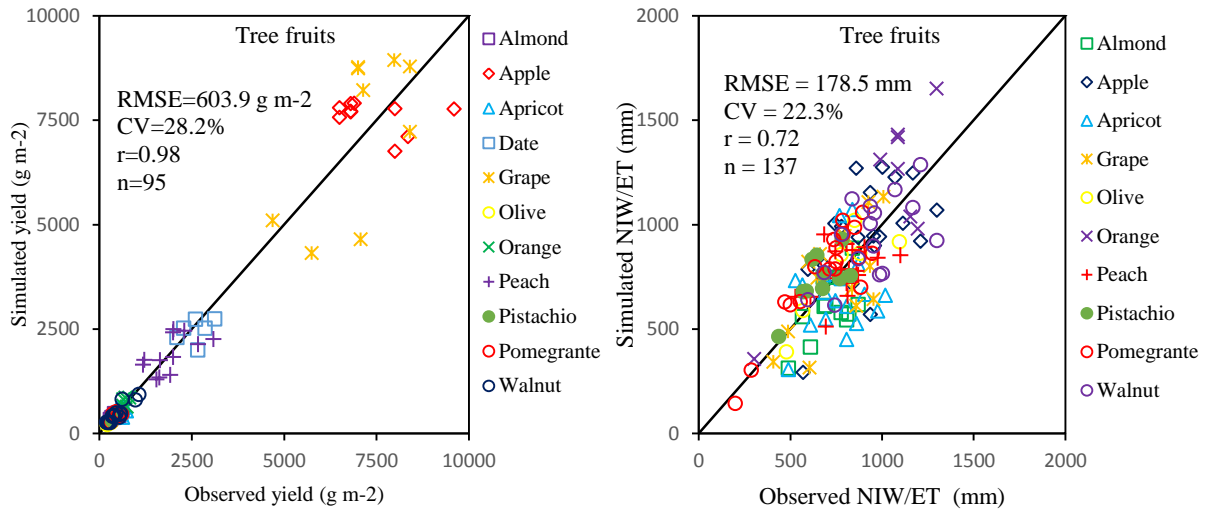
			۰.۱۵	۲۳.۷	۳۶.۷	کنجد
			۰.۹۸	۵.۷	۳۲۱.۹	ذرت سیلویی
۰.۳۲	۱۱.۲	۴۱.۱	۰.۸۴	۱۳.۳	۴۵.۸	سویا
۰.۷۶	۲۱.۱	۲۲۹.۹	۰.۹۲	۸.۳	۱۳۴.۱	چغندر قند
			۰.۶۷	۱۴.۴	۵۴.۴	آفتابگردان
۰.۸۴	۲۶.۰	۱۶۱.۶	۰.۵۱	۱۰.۲	۵۸.۲	گوجه فرنگی
۰.۵۹	۱۷.۹	۱۶۸.۰	۰.۹۳	۲۰.۷	۹۶.۳	گردو
۰.۵۹	۱۹.۳	۱۲۰.۵	۰.۵۳	۱۵.۴	۶۵.۹	هندوانه
			۰.۸۵	۱۵.۸	۷۸.۵	گندم





شکل ۱۹- عملکرد و آب آبیاری خالص/تبخیر تعرق واقعی در مقابل مقادیر شبیه‌سازی شده مدل در گیاهان زراعی دانه‌ای و غیردانه‌ای.





شکل ۲۰- عملکرد و آب آبیاری خالص/تبخیرتعرق واقعی در مقابل مقادیر شبیه‌سازی شده مدل در سبزیجات و درختان میوه.

۴- جمع بندی

مدل‌های شبیه‌سازی گیاهی ایزاری قدرتمند برای مطالعات مختلف مرتبط با گیاهان هستند. مدل حاضر که نسخه ساده‌شده مدل‌های SSM است برای کاربرد در سطوح بزرگ و تعداد زیاد گونه‌های گیاهی تهیه شده است. هدف اصلی از این مدل استفاده از آن برای پیش‌بینی توان تولید گیاهان مختلف و نیاز آبیاری خالص آن‌ها در گستره کشور بوده است. بنابراین، این مدل برای شبیه‌سازی جزئیات فرآیندهای گیاهی در شرایط یک مزرعه احتمالاً مناسب نیست. برای مثال، این مدل فاقد معادلات لازم برای شبیه‌سازی تاثیر فتوسنتز و بهاره‌سازی بر سرعت نمو فنولوژیک است. یا همچنین در این مدل خاک به صورت تک لایه تعریف و استفاده شده است. باید توجه داشت که هر نوع مطالعه ممکن است مدل خاص خود را نیاز داشته باشد. وقتی هدف پیش‌بینی رشد و تولید تعداد زیادی گونه گیاهی در کشوری پهناور باشد، یک مدل ساده مناسبتر خواهد بود چون پارامتریابی آن برای گونه‌های متعدد ساده‌تر بوده و برای پیش‌بینی به ورودی‌های ساده‌تر و در دسترس نیاز خواهد داشت. مدل SSM-iCrop2 چنین مدلی است. نتایج ارزیابی مدل با کمک داده‌های واقعی که از سطح کشور و برای طیف وسیعی از گیاهان نشان داد که عملکرد مدل رضایت بخش است.

فهرست منابع

- سلطانی، ا.، نه‌بندانی، ع.، دادرسی، ا.، عالی‌مقام، م.، زینلی، ا. و ترابی، ب. ۱۳۹۷. پهنه‌بندی زراعی - بوم‌شناختی کشور برای تولید گیاهی. گزارش طرح پژوهشی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- سلطانی، ا. ۱۳۸۸. مدل‌سازی ریاضی در گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۷۵ ص.
- سلطانی، ا. و ترابی، ب. ۱۳۸۸. مدل‌سازی گیاهان زراعی (مطالعات موردی). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. مشهد.

سلطانی، ا. و مداح، و. ۱۳۸۹. برنامه‌های کاربردی ساده برای آموزش و پژوهش در زراعت. انجمن علمی کشاورزی بوم شناختی ایران. ۸۰ ص.

- Alexandratos, N., and Bruinsma, J. 2012. World agriculture towards 2030/2050. Global Perspective Studies Team FAO Agricultural Development Economics Division. ESA Working Paper No. 12-03.
- Anderson, W., You, L., Wood, S., Wood-Sichra, U., Wu, W., 2014. A comparative analysis of global cropping systems models and maps.
- Arnold, J.G., Moriasi, D.N., Gassman, P.W., Abbaspour, K.C., White, M.J., Srinivasan, R., Santhi, C., Harmel, R.D., Van Griensven, A., Van Liew, M.W. and Kannan, N., 2012. SWAT: Model use, calibration, and validation. Transactions of the ASABE, 55(4), pp.1491-1508.
- Cassman, K. G. 2012. "What do we need to know about global food security?" Global Food Security 1(2): 81-82.
- Chapman, S.C., Hammer, G.L., Meinke, H., 1993. A sunflower simulation model: I Model development. Agron. J. 85, 725-735.
- CIAT; IFPRI. CGIAR Big Data Coordination Platform. Leveraging CGIAR Data: Bringing Big Data to Agriculture, and Agriculture to Big Data; Proposal to the CGIAR Fund Council; International Center for Tropical Agriculture (CIAT): Cali, Colombia; International Food Policy Research Institute: Washington, DC, USA, 2016.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2018. The State of Food Security and Nutrition in the World 2018. Building climate resilience for food security and nutrition. Rome, FAO. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2017. The State of Food Security and Nutrition in the World 2017. Building resilience for peace and food security. Rome, FAO.
- Ferrise, R., Triossi, A., Stratonovitch, P., Bindi, M., Martre, P., 2010. Sowing date and nitrogen fertilisation effects on dry matter and nitrogen dynamics for durum wheat: An experimental and simulation study. F. Crop. Res. 117, 245–257.
- Ghanem, M.E., Marrou, H., Biradar, C., Sinclair, T.R., 2015. Production potential of lentil (*Lens culinaris* Medik.) in East Africa. Agric. Syst. 137, 24–38.
- Guiguitant, J., Marrou, H., Vadez, V., Gupta, P., Kumar, S., Soltani, A., Sinclair, T.R., Ghanem, M.E., 2017. Relevance of limited-transpiration trait for lentil (*Lens culinaris* Medik.) in South Asia. F. Crop. Res. 209, 96–107.
- Hammer, G.L., Sinclair, T.R., Boote, K.J., Wright, G.C., Meinke, H., Bell, M.J., 1995. A peanut simulation model: I. Model development and testing. Agron. J. 87, 1085–1093.
- Hammer, G.L., van Oosterom, E., McLean, G., Chapman, S.C., Broad, I., Harland, P., Muchow, R.C., 2010. Adapting APSIM to model the physiology and genetics of complex adaptive traits in field crops. J. Exp. Bot. 61, 2185–2202.
- Hernandez-Ochoa, I.M., Asseng, S., Kassie, B.T., Xiong, W., Robertson, R., Pequeno, D.N.L., Sonder, K., Reynolds, M., Babar, M.A., Milan, A.M., 2018. Climate change impact on Mexico wheat production. Agric. For. Meteorol. 263, 373–387.
- Hoogenboom, G., C.H. Porter, V. Shelia, K.J. Boote, U. Singh, J.W. White, L.A. Hunt, R. Ogoshi, J.I. Lizaso, J. Koo, S. Asseng, A. Singels, L.P. Moreno, and J.W. Jones. 2019. Decision Support System

- for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.7.5 (<https://DSSAT.net>). DSSAT Foundation, Gainesville, Florida, USA.
- Hoogenboom, G., Jones, J.W., Wilkens, P.W., Porter, C.H., Boote, K.J., Hunt, L.A., Singh, U., Lizaso, J.L., White, J.W., Uryasev, O., 2010. Decision support system for agrotechnology transfer (DSSAT) Version 4.5 [CD-ROM]. Univ. Hawaii, Honolulu, Hawaii.
- Keating, B.A., Carberry, P.S., Hammer, G.L., Probert, M.E., Robertson, M.J., Holzworth, D., Huth, N.I., Hargreaves, J.N.G., Meinke, H., Hochman, Z., 2003. An overview of APSIM, a model designed for farming systems simulation. *Eur. J. Agron.* 18, 267–288.
- Kieu, N.L., Jeong, J., Reyes, M.R., Jha, M.K., Gassman, P.W., Doro, L., Hok, L., Boulakia, S., 2018. Evaluation of the performance of the EPIC model for yield and biomass simulation under conservation systems in Cambodia. *Agric. Syst.* 166: 90-100. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.08.003>
- Ko, J., Piccinni, G., Guo, W., Steglich, E., 2009. Parameterization of EPIC crop model for simulation of cotton growth in South Texas. *J. Agric. Sci.* 147, 169–178.
- MacCarthy, D.S., Sommer, R., Vlek, P.L.G., 2009. Modeling the impacts of contrasting nutrient and residue management practices on grain yield of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in a semi-arid region of Ghana using APSIM. *F. Crop. Res.* 113, 105–115.
- Martre, P., Wallach, D., Asseng, S., Ewert, F., Jones, J.W., Rötter, R.P., Boote, K.J., Ruane, A.C., Thorburn, P.J., Cammarano, D., 2015. Multimodel ensembles of wheat growth: many models are better than one. *Glob. Chang. Biol.* 21, 911–925.
- Messina, C.D., Sinclair, T.R., Hammer, G.L., Curan, D., Thompson, J., Oler, Z., Gho, C., Cooper, M., 2015. Limited-transpiration trait may increase maize drought tolerance in the US Corn Belt. *Agron. J.* 107, 1978–1986.
- Monteith, J.L. 1996. The quest for balance in crop modeling. *Agronomy Journal.* 88, 695–697.
- Priestley, C.H.B., Taylor, R.J., 1972. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Mon. Weather Rev.* 100, 81-92.
- Rahman, M. H., Ahmad, A., Wang, X., Wajid, A., Nasim, W., Hussain, M., Ahmad, B., Ahmad, I., Ali, Z., and Ishaque, W. 2018. Multi-model projections of future climate and climate change impacts uncertainty assessment for cotton production in Pakistan. *Agricultural and forest meteorology.* 253:94-113.
- Ritchie, J., Singh, U., Godwin, D., and Bowen, W. 1998. Cereal growth, development and yield. Springer. p: 79-98.
- Ruane, A.C., Hudson, N.I., Asseng, S., Camarrano, D., Ewert, F., Martre, P., Boote, K.J., Thorburn, P.J., Aggarwal, P.K., Angulo, C., 2016. Multi-wheat-model ensemble responses to interannual climate variability. *Environ. Model. Softw.* 81, 86–101.
- Schils, R., Olesen, J.E., Kersebaum, K.C., Rijk, B., Oberforster, M., Kalyada, V., Khitrykau, M., Gobin, A., Kirchev, H., Manolova, V., Manolov, I., Trnka, M., Hlavinka, P., Paluoso, T., Peltonen-Sainio, P., Jauhainen, L., Lorgeou, J., Marrou, H., Danalatos, N., Archontoulis, S., Fodor, N., Spink, J., Roggero, P.P., Bassu, S., Pulina, A., Seehusen, T., Uhlen, A.K., Żyłowska, K., Nieróbca, A., Kozyra, J., Silva, J.V., Maçãs, B.M., Coutinho, J., Ion, V., Takáč, J., Mínguez, M.I., Eckersten, H., Levy, L., Herrera, J.M., Hiltbrunner, J., Kryvobok, O., Kryvoshein, O., Sylvester-Bradley, R., Kindred, D., Topp, C.F.E., Boogaard, H., de Groot, H., Lesschen, J.P., van Bussel, L., Wolf, J., Zijlstra, M., van Loon, M.P., van Ittersum, M.K., 2018. Cereal yield gaps across Europe. *Eur. J.*

Agron. 101, 109–120. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.09.003>

- Schoppach, R., Soltani, A., Sinclair, T.R., Sadok, W., 2017. Yield comparison of simulated rainfed wheat and barley across Middle-East. *Agric. Syst.* 153, 101–108.
- Sciarresi, C., Patrignani, A., Soltani, A., Sinclair, T., Lollato, R.P., 2019. Plant Traits to Increase Winter Wheat Yield in Semiarid and Subhumid Environments. *Agron. J.* 111:1–13.
- Sinclair, T.R. and Horie, T. 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: a review. *Crop Science* 29, 90–98.
- Sinclair, T.R. and Seligman, N. 1996. Crop modeling: from infancy to maturity. *Agronomy Journal* 88, 698–704.
- Sinclair, T.R., 1986. Water and nitrogen limitations in soybean grain production I. Model development. *F. Crop. Res.* 15, 125–141.
- Sinclair, T.R., 2011. Challenges in breeding for yield increase for drought. *Trends Plant Sci.* 16, 289–293.
- Sinclair, T.R., Amir, J., 1992. A model to assess nitrogen limitations on the growth and yield of spring wheat. *F. Crop. Res.* 30, 63–78.
- Sinclair, T.R., Marrou, H., Soltani, A., Vadez, V., Chandolu, K.C., 2014. Soybean production potential in Africa. *Glob. Food Sec.* 3, 31–40.
- Sinclair, T.R., Messina, C.D., Beatty, A., Samples, M., 2010. Assessment across the United States of the benefits of altered soybean drought traits. *Agron. J.* 102, 475–482.
- Sinclair, T.R., Muchow, R.C., 1995. Effect of nitrogen supply on maize yield: I. Modeling physiological responses. *Agron. J.* 87, 632–641.
- Sinclair, T.R., Muchow, R.C., Monteith, J.L., 1997. Model analysis of sorghum response to nitrogen in subtropical and tropical environments. *Agron. J.* 89, 201–207.
- Smith, P., 2013. Delivering food security without increasing pressure on land. *Global Food Security*, 2, 18–23
- Soltani, A., Ghassemi-Golezani, K., Khoorie, F.R. and Moghaddam, M. 1999. A simple model for chickpea growth and yield. *Field Crops Research* 62, 213–224.
- Soltani, A., Maddah, V., Sinclair, T.R., 2013. SSM-Wheat: a simulation model for wheat development, growth and yield. *Int. J. Plant Prod* 7, 711–740.
- Soltani, A., Sinclair, T.R., 2011. A simple model for chickpea development, growth and yield. *F. Crop. Res.* 124, 252–260.
- Soltani, A., Sinclair, T.R., 2012. Modeling physiology of crop development, growth and yield. CABi.
- Soltani, A., Sinclair, T.R., 2015. A comparison of four wheat models with respect to robustness and transparency: simulation in a temperate, sub-humid environment. *F. Crop. Res.* 175, 37–46.
- Stockle, C.O., Donatelli, M., Nelson, R., 2003. CropSyst, a cropping systems simulation model. *Eur. J. Agron.* 18 (3-4), 289–307.
- Tanner, C.B. and Sinclair, T.R. 1983. Efficient water use in crop production: research or re-search? In: Taylor, H.M., Jordan, W.R. and Sinclair, T.R. (eds) *Limitations to Efficient Water Use in Crop Production*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, pp. 1–27.

- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., and Befort, B. L. 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 108:20260-20264.
- Timsina, J., Wolf, J., Guilpart, N., Van Bussel, L.G.J., Grassini, P., Van Wart, J., Hossain, A., Rashid, H., Islam, S., Van Ittersum, M.K., 2018. Can Bangladesh produce enough cereals to meet future demand? *Agric. Syst.* 163, 36–44.
- Trnka, M., Kersebaum, K.C., Olesen, J.E., 2015. Description of the compiled experimental data available in the MACSUR CropM database. *FACCE MACSUR Reports* 6, 1–2.
- Vadez, V., Halilou, O., Hissene, H.M., Sibiry-Traore, P., Sinclair, T.R., Soltani, A., 2017. Mapping water stress incidence and intensity, optimal plant populations, and cultivar duration for African groundnut productivity enhancement. *Front. Plant Sci.* 8, 432.
- Van Ittersum, M., Cassman K.G., Grassini, P., Wolf, J. Tittone, P., Hochman, Z. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance—A Review. *Field Crops Research*. 143: 4-17.
- Van Ittersum, M.K., Van Bussel, L.G.J., Wolf, J., Grassini, P., Van Wart, J., Guilpart, N., Claessens, L., de Groot, H., Wiebe, K., Mason-D’Croz, D., 2016. Can sub-Saharan Africa feed itself? *Proc. Natl. Acad. Sci.* 113, 14964–14969.
- Van Loon, M.P., Deng, N., Grassini, P., Edreira, J.I.R., Wolde-Meskel, E., Baijukya, F., Marrou, H., van Ittersum, M.K., 2018. Prospect for increasing grain legume crop production in East Africa. *Eur. J. Agron.* 101, 140–148.
- Van Wart, J., Kersebaum, K.C., Peng, S., Milner, M., Cassman, K.G., 2013. Estimating crop yield potential at regional to national scales. *F. Crop. Res.* 143, 34–43.
- Wahbi, A., Sinclair, T.R., 2005. Simulation analysis of relative yield advantage of barley and wheat in an eastern Mediterranean climate. *F. Crop. Res.* 91, 287–296.
- Wang, X., Gassman, P.W., Williams, J.R., Potter, S., Kemanian, A.R., 2008. Modeling the impacts of soil management practices on runoff, sediment yield, maize productivity, and soil organic carbon using APEX. *Soil Tillage Res.* 101, 78–88.
- Williams, J.R., 1991. Runoff and soil erosion. In: Hanks, R.J., Ritchie, J.T. (Eds.) *Modeling Plant and Soil Systems*. Agronomy Monograph No. 31, pp. 439-456.
- Williams, J.R., Jones, C.A., Kiniry, J.R., Spanel, D.A., 1989. The EPIC crop growth model. *Trans. ASAE* 32, 497–511.
- Zhao, C., Liu, B., Xiao, L., Hoogenboom, G., Boote, K., Kassie, B.T., Pavan, W., Shelia, V., Kim, K.S., Hernandez-Ochoa, I.M., Wallach, D., Porter, C.H., Stockle, C.O., Zhu, Y., Asseng, S., 2019. A SIMPLE crop model. *Eur. J. Agron.* 104: 97-106.

ضمائم

پارامتریایی و ارزیابی مدل SSM-iCrop2 برای شبیه‌سازی رشد و عملکرد گیاهان زراعی و باغبانی

تهیه‌کنندگان:

افشین سلطانی، علیرضا نه‌بندانی، مجید عالیمقام، امیر دادرسی، بنیامین ترابی، ابراهیم زینلی، اسکندر زند، ثریا قاسمی، امید الستی، رقیه السادات حسینی، سید مجید عالیمقام، محبوبه زاهد، حسنا فیاضی، حسین کمری، راحله عرب عامری، زهرا محمدزاده، شبنم پورشیرازی، سمانه رهبان، سمانه محمدی، صالح کرامت، نعیمه سوسرایبی، محبوبه آشناور و ماحد احمدی

بهار ۱۳۹۸

ضمیمه ۱ - راهنمای استفاده از مدل

نحوه آماده‌سازی فایل هواشناسی

برای اجرای مدل برای هر دوره زمانی، به آمار هواشناسی آن نیز نیاز می‌باشد. آمار هواشناسی به صورت روزانه مورد نیاز است و عبارتند از: حداقل و حداکثر دمای روزانه، بارندگی روزانه و تشعشع خورشیدی روزانه. این آمار باید در یک فایل اکسل وارد شوند که نمونه آن در شکل ۱ نشان داده شده است. برای مشخص ساختن زمان، از سال و روز سال میلادی استفاده می‌شود. ترتیب ستون‌ها در فایل هواشناسی باید دقیقا همان باشد که در شکل دیده می‌شود. برنامه‌هایی برای محاسبه تشعشع خورشیدی به عنوان تابعی از ساعت آفتابی و اگر نباشد، حداقل و حداکثر دمای روزانه موجود است.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10	YEAR	DOY	SRAD	TMAX	TMIN	RAIN			
11	1999	32	15.7	5.2	-12.9	0.0			
12	1999	33	16.1	3.6	-13.0	0.0			
13	1999	34	15.3	3.2	-14.2	0.1			
14	1999	35	11.4	1.7	-7.8	3.0			
15	1999	36	12.5	1.2	-15.5	0.2			
16	1999	37	14.6	0.9	-13.7	0.0			
17	1999	38	14.4	2.8	-15.1	0.0			
18	1999	39	6.0	2.3	-5.1	10.3			
19	1999	40	17.0	3.2	-9.6	0.0			
20	1999	41	14.4	2.6	-14.0	0.0			
21	1999	42	11.3	2.8	-3.8	0.1			
22	1999	43	17.6	3.9	-14.0	0.0			
23	1999	44	17.5	5.5	-13.8	0.0			

نحوه ورود اطلاعات

اطلاعات محلی یا محیطی

در شکل ۲ نمونه‌ای از شیت Location با اطلاعات وارد شده برای چندین محل نشان داده شده است. اطلاعات مورد نیاز و محل وارد کردن این اطلاعات به شرح زیر می‌باشند:

- عرض جغرافیای منطقه بر حسب درجه، در بخشی با عنوان Latitute (ستون C). محل وارد کردن داده‌ها از ردیف ۵ به بعد می‌باشد. لازم به توضیح است که در این شیت می‌توان در زمان واحد اطلاعات یک یا بیش از یک استان را وارد کرد و محدودیتی از نظر تعداد محل برای وارد کردن اطلاعات وجود ندارد.
- ضریب محاسبه کمبود فشار بخار^{۱۱} در منطقه در بخشی با عنوان VPDF (ستون D).
- آدرس محل ذخیره فایل مربوط به داده‌های هواشناسی در داخل کامپیوتر، در بخشی با عنوان Weather File Path & Name (ستون D) وارد می‌شود.

- برای اعمال اثر تغییر اقلیم، مقدار تغییرات دما بر حسب درجه‌سانتی‌گراد در بخشی با عنوان tchng وارد می‌شود. اگر بررسی تغییر اقلیم مد نظر نباشد، در این قسمت ۰ قرار داده می‌شود.

- کسر تغییرات بارندگی در آینده نسبت به شرایط کنونی در بخشی به نام pchng وارد می‌شود. اگر بررسی تغییر اقلیم مد نظر نباشد، در این قسمت ۱ قرار داده می‌شود.

- غلظت گاز دی‌اکسید کربن جو برای سال اجرای مدل بر حسب ppm، در بخشی به نام CO₂ وارد می‌شود.

- در بخشی به نام WthFirstRow، باید شماره ردیف شروع وارد شدن داده‌های هواشناسی وارد شود. به عنوان مثال، اگر فرمت تهیه داده‌ها به شکلی باشد که در بالا گفته شد، شماره ردیف شروع وارد کردن اطلاعات ردیف شماره ۱۱ می‌باشد.

در ستون‌های ۱ و ۲ با عناوین #Loc و Location به ترتیب شماره ردیف (بر حسب شماره ردیف شیت اکسل) و نام منطقه (به

دلخواه کاربر هر نامی می‌توان استفاده کرد) وارد می‌شود.

¹¹ Vapor Pressure Deficit

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
2											
3											
4	#Loc	Location	Latitude	VPDF	Weather File Path & Name	tchnng	pchnng	CO2	WthFirstRow		
5	5	ARD	38	0.75	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\ARD2.xlsx	0	1	350	11		
6	6	ESF	33.3	0.75	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\ESF.xlsx	0	1	350	11		
7	7	ALB	36	0.75	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\ALB.xlsx	0	1	350	11		
8	8	ILA	33.2	0.75	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\ILA.xlsx	0	1	350	11		
9	9	AZG	38	0.75	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\AZG.xlsx	0	1	350	11		
10	10	AZS	38	0.75	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\AZS.xlsx	0	1	350	11		
11	11	BUS	28.9	0.75	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\BUS.xlsx	0	1	350	11		
12	12	THE	33.2	0.75	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\THE.xlsx	0	1	350	11		
13	13	CHB	32	0.75	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\CHB.xlsx	0	1	350	11		
14	14	SKH	32	0.75	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\SKH.xlsx	0	1	350	11		
15	15	CKH	35.2	0.75	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\CKH.xlsx	0	1	350	11		
16	16	NKH	37.5	0.75	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\NKH.xlsx	0	1	350	11		
17	17	KHZ	31.5	0.75	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\KHZ.xlsx	0	1	350	11		
18	18	ZAN	36.5	0.75	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\ZAN.xlsx	0	1	350	11		
19	19	SEM	35.3	0.75	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\SEM.xlsx	0	1	350	11		
20	20	SIS	28	0.75	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\SIS.xlsx	0	1	350	11		
21	21	FAR	29	0.75	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\FAR.xlsx	0	1	350	11		
22	22	GAZ	36	0.75	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\GAZ.xlsx	0	1	350	11		
23	23	GOM	34.7	0.75	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\GOM.xlsx	0	1	350	11		
24	24	KOR	35.6	0.75	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\KOR.xlsx	0	1	350	11		
25	25	KER	30	0.75	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\KER.xlsx	0	1	350	11		
26	26	KERS	34.3	0.75	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\KERS.xlsx	0	1	350	11		
27	27	KOK	31	0.75	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\KOK.xlsx	0	1	350	11		
28	28	GOL	36.85	0.63	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\GOL.xlsx	0	1	350	11		
29	29	GIL	37.3	0.63	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\GIL.xlsx	0	1	350	11		
30	30	LOR	33.5	0.75	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\LOR.xlsx	0	1	350	11		
31	31	MAZ	36.3	0.63	D:\1PhD\1Research report\1NEXUS\Weather data\IRAN_Weather_Rainfall_Horti_Irrigated\MAZ.xlsx	0	1	350	11		

شکل ۲- شیت Location در مدل iCrop2 برای وارد کردن اطلاعات محل تولید

اطلاعات خاک

در شکل ۳ نمونه‌ای از شیت soil با اطلاعات وارد شده برای چهار بافت اصلی خاک نشان داده شده است. اطلاعات مورد نیاز و محل وارد کردن این اطلاعات به شرح زیر می‌باشند:

- عمق خاک بر حسب میلی‌متر در بخشی به نام SOLDEP (ستون C).
- عمق لایه اول خاک بر حسب میلی‌متر در بخشی به نام DEP1 (ستون D).
- مقدار ضریب آلییدو خاک در بخشی به نام SALB (ستون E).
- شماره نمودار برای محاسبه مقدار رواناب در بخشی به نام CN (ستون F).
- مقدار عدد فاکتور زهکشی خاک در بخشی به نام DRAIN (ستون G).
- مقدار آب در خاک در زمان اشباع بر حسب میلی‌متر بر میلی‌متر در بخشی به نام SAT (ستون H).
- مقدار آب در خاک پس از خروج آب ثقلی (به اصطلاح مقدار آب در زمان ظرفیت زراعی) بر حسب میلی‌متر بر میلی‌متر در بخشی به نام DUL (ستون I).
- مقدار آب قابل دسترس خاک بر حسب میلی‌متر بر میلی‌متر در بخشی به نام EXTR (ستون J).

در ستون‌های ۱ و ۲ با عناوین #Soil و Soil به ترتیب شماره ردیف (بر حسب شماره ردیف شیت اکسل) و نام بافت خاک (به دلخواه کاربر هر نامی می‌توان استفاده کرد) وارد می‌شود.

#Soil	Soil	SOLDEP	DEP1	SALB	CN	DRAINF	SAT	DUL	EXTR
5	Silty Clay	1200	200	0.11	78	0.2	0.756	0.677	0.160
6	Silt Loam	1200	200	0.12	79	0.3	0.361	0.261	0.151
7	Sandy Loam	1200	200	0.13	70	0.5	0.320	0.220	0.133
8	Sandy	1200	200	0.15	70	0.5	0.267	0.107	0.074

شکل ۳- شیت soil در مدل iCrop2 برای وارد کردن اطلاعات خاک در منطقه تولید

اطلاعات مدیریت تولید

در شکل ۴ نمونه‌ای از شیت Manag با اطلاعات وارد شده برای مدیریت‌های مختلف نشان داده شده است. اطلاعات مورد نیاز و محل وارد کردن این اطلاعات به شرح زیر می‌باشند:

- در بخشی به نام FixFind (ستون C) تعیین می‌شود که مدل بر اساس الگوریتم‌هایی مربوط به شرایط آب و هوایی به صورت خودکار اقدام به انتخاب تاریخ کاشت کند یا روز خاصی از سال که کاربر مشخص کرده را به عنوان تاریخ کاشت در نظر بگیرد. اگر مقدار این ستون ۰ قرار داده شود، تاریخ کاشت بر مبنای روز معینی که توسط کاربر در مدل وارد می‌شود، انتخاب خواهد شد.
- سال میلادی آغاز شبیه‌سازی توسط مدل در بخشی به نام Fyear (ستون D) تعیین می‌شود. به عنوان مثال اگر سال ۲۰۰۰ در این بخش وارد شود، به این معنی است که شبیه‌سازی تولید از سال ۲۰۰۰ شروع شده و در محاسبات از اطلاعات هواشناسی سال‌های قبل از آن استفاده نخواهد شد.
- در مدل iCrop2 می‌توان همزمان شبیه‌سازی تولید را برای چندین سال انجام داد. به عنوان مثال اگر کاربر بخواهد از سال پایه ۲۰۰۰ (بخش Fyear) تا سال ۲۰۱۱ (به مدت ۱۲ سال) شبیه‌سازی تولید را انجام دهد عدد ۱۲ را در بخش ymo وارد می‌کند.
- روز از سال میلادی که در آن کشت انجام می‌شود در بخشی به نام Fpdoy (ستون G) وارد می‌شود. به عنوان مثال اگر تاریخ کاشت در ۲۰ اکتبر انجام شده است، مقدار Fpdoy برابر ۲۹۳ خواهد بود. برای پیدا کردن روز از سال برای هر تاریخ به شیت DOY در مدل iCrop2 مراجعه شود.

- برای تعیین کشت دیم و آبی محصول باید اطلاعات در بخشی به نام water (ستون L) وارد شود. اگر در این بخش عدد ۱ وارد شود، مدل به صورت خودکار در زمان نیاز اقدام به آبیاری محصول خواهد کرد. اگر مقدار ۲ در این قسمت قرار داده شود، کشت به صورت دیم خواهد بود.
- برای تعیین زمان آبیاری در مدل، باید مقدار کسر آب قابل دسترس خاک که در آن مقدار و مقادیر پایین تر از آن آبیاری صورت گیرد در مدل وارد شود. وارد کردن این پارامتر در بخشی به نام IRGLVL (ستون M) انجام می‌شود. به عنوان مثال اگر عدد ۰.۵ در این بخش گذاشته شود، به این معنی است که هر موقع کسر آب قابل دسترس خاک به ۰.۵ می‌رسد، آبیاری انجام شود. بدیهی است که برای کشت دیم، چون آبیاری صورت نمی‌گیرد، مقدار عددی این پارامتر اهمیتی ندارد.
- در بخش‌های با عنوان MAI1 (ستون N) و MAI (ستون O) به ترتیب مقدار کسر آب قابل دسترس در لایه اول و لایه دوم (کل پروفیل خاک) در زمان کاشت وارد می‌شود.

در ستون‌های ۱ و ۲ با عناوین #Manag و Manag به ترتیب شماره ردیف (بر حسب شماره ردیف شیت اکسل) و نام سناریو مدیریتی (به دلخواه کاربر هر نامی می‌توان استفاده کرد) وارد می‌شود. سایر اطلاعات موجود در این شیت مربوط به پیدا کردن تاریخ کاشت بر اساس الگوریتم‌های مختلف بر مبنای شرایط بارندگی و دمایی در زمان تاریخ کاشت می‌باشند.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
2																
3																
4	#Manag	Manag	FixFind	Fyear	yrno	SimDoy	Epdoy	SearchDur	RfreeP	SowTmp	SowWat	water	IRGLVL	MAI1	MAI	
5	1	wh-ard-ir	0	2000	12	324	324	365	5	5.5	60	1	0.5	0.9	0.9	
6	2	soy-ard-ir	0	2000	12	109	109	365	5	5.5	60	1	0.5	0.9	0.9	
7	3	miz-ard-ir	0	2000	12	93	93	365	5	5.5	60	1	0.5	0.9	0.9	
8	4	miz sil-ard-ir	0	2000	12	93	93	365	5	5.5	60	1	0.5	0.9	0.9	
9	5	barl-ard-ir	0	2000	12	264	264	365	5	5.5	60	1	0.5	0.9	0.9	
10	6	rice-ard-ir	0	2000	12	130	130	365	5	5.5	60	1	0.9	0.9	0.9	
11	7	alfa1-ard-ir	0	2000	12	100	100	365	5	5.5	60	1	0.5	0.9	0.9	
12	8	alfa2-ard-ir	0	2000	12	140	140	365	5	5.5	60	1	0.5	0.9	0.9	
13	9	alfa3-ard-ir	0	2000	12	180	180	365	5	5.5	60	1	0.5	0.9	0.9	
14	10	clover1-ard-ir	0	2000	12	400	114	365	5	5.5	60	1	0.5	0.9	0.9	
15	11	clover2-ard-ir	0	2000	12	400	114	365	5	5.5	60	1	0.5	0.9	0.9	
16	12	clover3-ard-ir	0	2000	12	400	114	365	5	5.5	60	1	0.5	0.9	0.9	
17	13	bean-ard-ir	0	2000	12	130	130	365	5	5.5	60	1	0.5	0.9	0.9	
18	14	potato-ard-ir	0	2000	12	109	109	365	5	5.5	60	1	0.5	0.9	0.9	
19	15	canola-ard-ir	0	2000	12	248	248	365	5	5.5	60	1	0.5	0.9	0.9	
20	16	pea-ard-ir	0	2000	12	400	114	365	5	5.5	60	1	0.5	0.9	0.9	
21	17	lentil-ard-ir	0	2000	12	90	90	365	5	5.5	60	1	0.5	0.9	0.9	
22	18	sugB-ard-ir	0	2000	12	93	93	365	5	5.5	60	1	0.5	0.9	0.9	
23	19	sugC-ard-ir	0	2000	12	400	114	365	5	5.5	60	1	0.5	0.9	0.9	
24	20	wh-ard-d	0	2000	12	100	100	365	5	5.5	60	2	0.5	0.9	0.9	
25	21	soy-ard-d	0	2000	12	400	114	365	5	5.5	60	2	0.5	0.9	0.9	
26	22	miz-ard-d	0	2000	12	400	114	365	5	5.5	60	2	0.5	0.9	0.9	
27	23	miz sil-ard-d	0	2000	12	400	114	365	5	5.5	60	2	0.5	0.9	0.9	

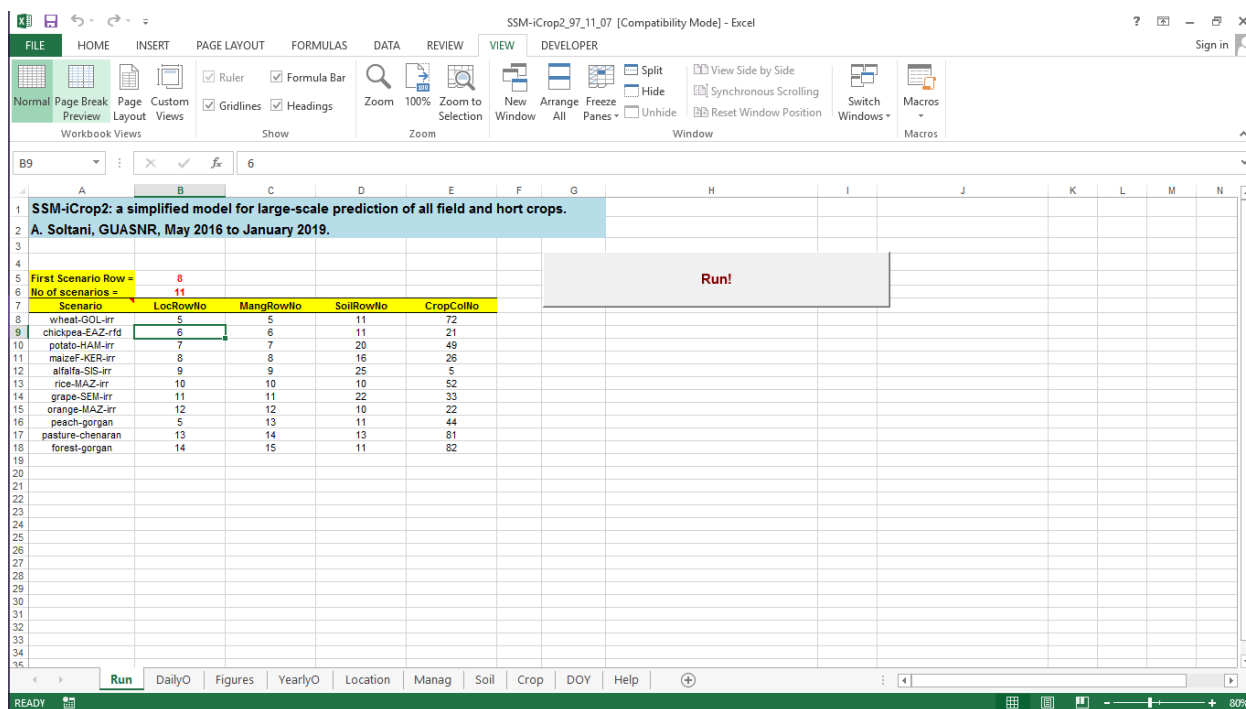
شکل ۴- شیت Manag در مدل iCrop2 برای وارد کردن اطلاعات مدیریتی برای تولید

اطلاعات گیاهی

در شکل ۵ نمونه‌ای از شیت crop با اطلاعات وارد شده برای گیاهان نشان داده شده است. پارامترهای مرتبط با فنولوژی، سطح برگ، تولید ماده خشک، تجمع عملکرد و رابطه آب و گیاه در این شیت وارد می‌گردد.

تعیین شده در شیت Location انجام شده و خروجی در شیتی با عنوان YearlyO چاپ خواهد شد. لازم به توضیح است که کاربران می توانند چندین سناریو را پشت سر هم در این بخش وارد کنند و خروجی همه آنها را بعد از اجرای مدل به صورت پشت سر هم در شیت YearlyO مشاهده کنند. در شکل ۶ شیت RUN نشان داده شده است.

در برخی شرایط ممکن است تعداد سناریوها چند هزار مورد باشند که اجرا و شبیه سازی همه این سناریوها زمان بر است. اگر کاربر بخواهد از بین سناریوهای تعریف شده در این بخش، چند سناریو مشخص را اجرا کند باید در سلول B6 در شیت RUN، تعداد سناریوهای پشت سر هم مورد نظر و در سلول B5 در شیت RUN، شماره ردیف اولین سناریو از سناریوهای مورد نظر کاربر وارد شود. همچنین لازم به توضیح است که اگر کاربر بخواهد همه سناریوها همزمان اجرا شوند، باید در سلول B5 عدد ۸ و در شیت B6 تعداد کل سناریوهای موجود را وارد کند.



شکل ۶- شیت RUN در مدل iCrop2 برای ایجاد سناریوهای شبیه سازی و اجرای مدل

Table 1. Phenology parameters in SSM-iCrop2 and their estimates.

Crop	TBD	TP1D	TP2D	TCD	ForcReq	tuHAR	frEMR	frBSG	frTSG	frPM
Alfalfa and clover-No.1	5	25	32	40		450	0.010	0.011	0.99	0.99
Alfalfa and clover-No.2	5	30	30	40	180	650	0.010	0.011	0.99	0.99
Alfalfa and clover-No.3	5	30	30	40	180	650	0.010	0.011	0.99	0.99
Alfalfa and clover-No.4	5	30	30	40	180	650	0.010	0.011	0.99	0.99
Alfalfa and clover-No.5	5	25	32	40	180	450	0.010	0.011	0.99	0.99
Almond-irr	5	25	28	40	120	2600	0.000	0.150	0.85	0.99
Almond-rfd-No.1	5	25	28	40	120	3399	0.000	0.150	0.85	0.99
Almond-rfd-No.2	5	25	28	40	120	2905	0.000	0.150	0.85	0.99
Almond-rfd-No.3	5	25	28	40	120	2700	0.000	0.150	0.85	0.99
Apple-No.1	5	17	32	40	200	2242	0.000	0.100	0.90	0.99
Apricot and plum	5	25	28	40	70	2700	0.000	0.200	0.65	0.99
Barley No.2	0	25	28	40		2275	0.049	0.680	0.88	0.88
Barley-No.1	0	25	28	40		2300	0.049	0.680	0.88	0.88
Bean-No.1	8	30	35	45		1700	0.043	0.550	0.97	0.97
Bean-No.2	8	30	35	45		1900	0.043	0.550	0.97	0.97
Canola-No.3	0	25	28	40		2500	0.080	0.600	0.90	0.90
Chickpea-irr	2	21	30	40		1500	0.090	0.600	0.90	0.90
Chickpea-rfd	2	21	30	40		1577	0.078	0.572	0.92	0.92
Citrus-No.1	10	25	35	48		2700	0.000	0.230	0.87	0.99
Citrus-No.2	10	25	35	48	100	3500	0.000	0.230	0.87	0.99
Corn silage _Late-No.1	8	34	37	45		2400	0.040	0.100	1.00	1.00
Corn silage _Late-No.2	8	34	37	45		2400	0.040	0.100	1.00	1.00
Cotton-No.1	12	30	30	45		1600	0.052	0.524	0.85	0.85
Cotton-No.2	12	30	30	45		2100	0.052	0.524	0.85	0.85
Cucumber-No.1	10	25	35	48		1200	0.010	0.550	0.95	0.95
Cucumber-No.2	10	25	35	48		1400	0.010	0.550	0.95	0.95
Date-No.1	10	25	35	48	30	5000	0.000	0.037	0.45	0.99
Date-No.2	10	25	35	48	30	5000	0.000	0.037	0.45	0.99
FIG-No.1	7	22	35	48	250	3300	0.000	0.210	0.92	0.99
FIG-No.2	7	22	35	48	250	3300	0.000	0.210	0.92	0.99
Grape-No.1	5	17	32	40	60	1850	0.000	0.180	0.72	0.99
Grape-No.2	5	17	32	40	250	2200	0.000	0.180	0.82	0.99
Grape-No.3	5	17	32	40	250	2200	0.000	0.180	0.82	0.99
Lentil-No.1	2	21	30	40		1600	0.043	0.600	0.90	0.90
Lentil-No.2	2	21	30	40		1600	0.043	0.600	0.90	0.90
Maize_Early-No.1	8	34	37	45		1800	0.044	0.591	0.97	0.97
Maize_Late-No.2	8	34	37	45		2400	0.044	0.591	0.97	0.97
Maize_Late-No.3	8	34	37	45		2600	0.044	0.591	0.97	0.97
Maize_Mid-No.4	8	34	37	45		2000	0.044	0.591	0.97	0.97
Melon-No.1	10	25	35	48		1200	0.010	0.550	0.95	0.95
Melon-No.2	10	25	35	48		1400	0.010	0.550	0.95	0.95
Olive	5	22	30	45	200	3400	0.000	0.230	0.78	0.95
Onion-No.1	3	20	25	35		1800	0.010	0.250	0.95	0.95
Onion-No.2	3	20	25	35		2400	0.010	0.250	0.95	0.95
Peach-No.1	5	17	32	40	150	2000	0.000	0.050	0.60	0.99

Peach-No.2	5	17	32	40	100	1800	0.000	0.056	0.60	0.99
Pistachio	5	22	30	45	250	3080	0.000	0.230	0.80	0.95
Pomegranate	5	17	32	45	500	2200	0.000	0.230	0.80	0.95
Potato	5	17	32	40		1100	0.080	0.400	0.95	0.95
Rice-No.1	8	30	37	45		1200	0.001	0.652	0.95	0.95
Rice-No.2	8	30	37	45		1700	0.001	0.652	0.95	0.95
Rice-No.3	8	30	37	45		2200	0.001	0.652	0.95	0.95
Safflower	0	25	28	40		2100	0.040	0.660	0.95	0.95
Soybean-No.1	7	27	34	45		2400	0.034	0.600	0.87	0.87
Soybean-No.2	7	27	34	45		2200	0.034	0.600	0.85	0.85
Sugar beet-No.1	2	21	30	40		3000	0.071	0.286	0.99	0.99
Sugar beet-No.2	2	21	30	40		3500	0.071	0.286	0.99	0.99
Sugarcane	10	25	35	48		4000	0.010	0.011	0.95	0.95
Sunflower-rfd	7	30	34	45		1800	0.010	0.600	0.95	0.95
Tomato	10	25	35	48		1500	0.010	0.550	0.95	0.95
Walnut-No.1	5	17	32	40	200	2100	0.000	0.143	0.88	0.98
Walnut-No.2	5	17	32	40	180	1700	0.000	0.176	0.88	0.98
Watermelon-irr	10	25	35	48		1800	0.010	0.550	0.95	0.95
Watermelon-rfd	10	25	35	48		1800	0.010	0.550	0.95	0.95
Wheat_Irr	0	25	28	40		2400	0.055	0.675	0.91	0.91
Wheat_Rf-No.1	0	25	28	40		2400	0.055	0.675	0.91	0.91
Wheat_Rf-No.2	0	25	28	40		2000	0.055	0.675	0.91	0.91

Table 2. Leaf area development and senescence parameters in SSM-iCrop2 and their estimates.

Crop	x1	y1	x2	y2	LAIMX	frBLS	SRATE	FrzTh	FrzLDR	HeatTH	HtLDR
Alfalfa and clover-No.1	0.15	0.10	0.90	0.95	7.0	0.99	0	-5	0.01	37	0.1
Alfalfa and clover-No.2	0.15	0.01	0.80	0.95	3.0	0.99	0	-7	0.01	35	0.1
Alfalfa and clover-No.3	0.15	0.01	0.80	0.95	7.0	0.99	0	-7	0.01	35	0.1
Alfalfa and clover-No.4	0.15	0.01	0.95	0.95	2.5	0.99	0	-7	0.01	35	0.1
Alfalfa and clover-No.5	0.15	0.01	0.90	0.95	2.5	0.99	0	-5	0.01	37	0.1
Almond-irr	0.05	0.10	0.50	0.95	4.0	0.80	1				
Almond-rfd-No.1	0.05	0.10	0.50	0.95	4.0	0.80	1				
Almond-rfd-No.2	0.05	0.10	0.50	0.95	4.0	0.80	1				
Almond-rfd-No.3	0.05	0.10	0.50	0.95	4.0	0.80	1				
Apple-No.1	0.10	0.22	0.50	0.75	4.0	0.80	1				
Apricot and plum	0.05	0.10	0.50	0.95	6.0	0.80	1				
Barley No.2	0.20	0.04	0.50	0.95	3.0	0.68	1	-5	0.01	30	0.1
Barley-No.1	0.20	0.04	0.50	0.95	4.5	0.68	1	-5	0.01	30	0.1
Bean-No.1	0.15	0.01	0.50	0.95	3.0	0.55	1	8	0.01	37	0.1
Bean-No.2	0.15	0.01	0.50	0.95	3.3	0.55	1	8	0.01	37	0.1
Canola-No.3	0.40	0.22	0.65	0.99	3.2	0.60	1	-10	0.01	30	0.1
Chickpea-irr	0.15	0.07	0.50	0.65	2.0	0.60	1	-5	0.01	30	0.1
Chickpea-rfd	0.15	0.02	0.50	0.95	2.0	0.57	1	-5	0.01	30	0.1
Citrus-No.1	0.05	0.90	0.50	0.95	3.5	0.87	0				
Citrus-No.2	0.05	0.90	0.50	0.95	3.5	0.87	0				
Corn silage _Late-No.1	0.15	0.05	0.80	0.95	12.0	0.95	0	8	0.01	37	0.1
Corn silage _Late-No.2	0.15	0.05	0.80	0.95	8.0	0.95	0	8	0.01	37	0.1

Cotton-No.1	0.15	0.05	0.50	0.95	4.0	0.95	1	8	0.01	37	0.1
Cotton-No.2	0.15	0.05	0.50	0.95	4.0	0.95	1	8	0.01	37	0.1
Cucumber-No.1	0.15	0.01	0.50	0.95	3.0	0.55	1	8	0.01	37	0.1
Cucumber-No.2	0.15	0.01	0.50	0.95	4.0	0.55	1	8	0.01	37	0.1
Date-No.1	0.15	0.95	0.50	0.95	3.5	0.99	0				
Date-No.2	0.15	0.95	0.50	0.95	3.5	0.99	0				
FIG-No.1	0.10	0.15	0.50	0.95	5.0	0.90	1				
FIG-No.2	0.10	0.15	0.50	0.95	3.5	0.90	1				
Grape-No.1	0.10	0.15	0.50	0.95	6.0	0.80	1				
Grape-No.2	0.10	0.15	0.50	0.95	4.0	0.80	1				
Grape-No.3	0.10	0.15	0.50	0.95	3.0	0.80	1				
Lentil-No.1	0.15	0.02	0.50	0.90	2.0	0.58	1	-5	0.01	30	0.1
Lentil-No.2	0.15	0.02	0.50	0.90	3.5	0.58	1	-5	0.01	30	0.1
Maize_Early-No.1	0.15	0.05	0.50	0.95	4.0	0.59	1	8	0.01	37	0.1
Maize_Late-No.2	0.15	0.05	0.50	0.95	6.0	0.59	1	8	0.01	37	0.1
Maize_Late-No.3	0.15	0.05	0.50	0.95	6.0	0.59	1	8	0.01	37	0.1
Maize_Mid-No.4	0.15	0.05	0.50	0.95	4.5	0.59	1	8	0.01	37	0.1
Melon-No.1	0.15	0.01	0.50	0.95	4.0	0.55	1	8	0.01	37	0.1
Melon-No.2	0.15	0.01	0.50	0.95	5.0	0.55	1	8	0.01	37	0.1
Olive	0.15	0.95	0.50	0.95	3.0	0.99	1	-10	0.01	30	0.1
Onion-No.1	0.15	0.01	0.50	0.60	3.0	0.95	0				
Onion-No.2	0.15	0.10	0.50	0.60	4.0	0.95	0				
Peach-No.1	0.10	0.15	0.50	0.75	4.0	0.96	1	-5	0.01	30	0.1
Peach-No.2	0.10	0.15	0.50	0.75	3.0	0.96	1	-5	0.01	30	0.1
Pistachio	0.15	0.90	0.50	0.95	2.5	0.99	1	8	0.01	37	0.1
Pomegranate	0.10	0.15	0.50	0.95	4.0	0.99	1	-10	0.01	30	0.1
Potato	0.20	0.05	0.50	0.60	4.5	0.99	0	-5	0.01	30	0.1
Rice-No.1	0.01	0.15	0.70	0.95	2.5	0.65	1	8	0.01	37	0.1
Rice-No.2	0.01	0.15	0.70	0.95	2.8	0.65	1	8	0.01	37	0.1
Rice-No.3	0.01	0.15	0.70	0.95	3.5	0.65	1	8	0.01	37	0.1
Safflower	0.01	0.03	0.60	0.95	2.5	0.66	1				
Soybean-No.1	0.15	0.05	0.50	0.95	4.0	0.60	1	8	0.01	37	0.1
Soybean-No.2	0.15	0.05	0.50	0.95	4.0	0.60	1				
Sugar beet-No.1	0.18	0.08	0.55	0.70	3.0	0.90	0	-5	0.01	30	0.1
Sugar beet-No.2	0.18	0.08	0.55	0.70	6.0	0.90	0	-5	0.01	30	0.1
Sugarcane	0.15	0.01	0.40	0.95	7.0	0.95	0				
Sunflower-rfd	0.15	0.05	0.60	0.95	2.0	0.70	1				
Tomato	0.01	0.10	0.60	0.95	4.0	0.70	1				
Walnut-No.1	0.10	0.15	0.50	0.75	6.0	0.90	1	-5	0.01	30	0.1
Walnut-No.2	0.10	0.15	0.50	0.75	3.0	0.90	1	-5	0.01	30	0.1
Watermelon-irr	0.15	0.01	0.50	0.95	4.0	0.55	1				
Watermelon-rfd	0.15	0.01	0.50	0.95	2.5	0.55	1				
Wheat_Irr	0.20	0.06	0.50	0.88	6.5	0.68	1	-5	0.01	30	0.1
Wheat_Rf-No.1	0.20	0.06	0.50	0.88	3.5	0.68	1	-5	0.01	30	0.1
Wheat_Rf-No.2	0.20	0.06	0.50	0.88	2.0	0.68	1	-5	0.01	30	0.1

Table 3. Dry mass accumulation parameters in SSM-iCrop2 and their estimates.

Crop	TBRUE	TP1RUE	TP2RUE	TCRUE	KPAR	IRUE	C3c4
Alfalfa and clover-No.1	0	8	25	40	0.65	2.3	0.8
Alfalfa and clover-No.2	0	8	25	40	0.65	2.3	0.8
Alfalfa and clover-No.3	0	8	25	40	0.65	2.3	0.8
Alfalfa and clover-No.4	0	8	25	40	0.65	2.2	0.8
Alfalfa and clover-No.5	0	8	25	40	0.65	2.0	0.8
Almond-irr	5	15	22	35	0.65	1.4	0.8
Almond-rfd-No.1	5	15	22	35	0.65	1.4	0.8
Almond-rfd-No.2	5	15	22	35	0.65	1.4	0.8
Almond-rfd-No.3	5	15	22	35	0.65	1.4	0.8
Apple-No.1	2	10	30	37	0.65	1.4	0.8
Apricot and plum	5	15	22	35	0.70	1.5	0.8
Barley No.2	2	10	30	37	0.65	2.0	0.8
Barley-No.1	2	10	30	37	0.65	2.0	0.8
Bean-No.1	5	25	37	45	0.65	2.0	0.8
Bean-No.2	5	25	37	45	0.65	2.0	0.8
Canola-No.3	2	10	25	35	0.65	2.0	0.8
Chickpea-irr	2	14	30	38	0.60	1.8	0.8
Chickpea-rfd	2	14	30	38	0.65	1.8	0.8
Citrus-No.1	10	20	30	40	0.65	1.4	0.8
Citrus-No.2	10	20	30	40	0.65	1.4	0.8
Corn silage _Late-No.1	8	15	35	45	0.65	3.5	0.35
Corn silage _Late-No.2	8	15	35	45	0.65	3.5	0.35
Cotton-No.1	10	20	30	40	0.60	1.7	0.8
Cotton-No.2	10	20	30	40	0.60	1.7	0.8
Cucumber-No.1	8	15	30	40	0.60	1.5	0.8
Cucumber-No.2	8	15	30	40	0.60	1.5	0.8
Date-No.1	10	25	35	40	0.65	1.8	0.8
Date-No.2	10	25	35	40	0.65	1.8	0.8
FIG-No.1	6	20	35	45	0.65	1.6	0.8
FIG-No.2	6	20	35	45	0.65	1.2	0.8
Grape-No.1	2	10	30	37	0.65	2.0	0.8
Grape-No.2	2	10	30	37	0.65	2.0	0.8
Grape-No.3	2	10	30	37	0.65	2.0	0.8
Lentil-No.1	2	14	30	38	0.65	1.8	0.8
Lentil-No.2	2	14	30	38	0.65	1.8	0.8
Maize_Early-No.1	10	17	35	45	0.60	3.5	0.35
Maize_Late-No.2	10	17	35	45	0.60	3.5	0.35
Maize_Late-No.3	10	17	35	45	0.60	3.5	0.35
Maize_Mid-No.4	10	17	35	45	0.60	3.5	0.35
Melon-No.1	8	15	30	40	0.60	1.5	0.8
Melon-No.2	8	15	30	40	0.60	1.5	0.8
Olive	10	17	30	40	0.55	1.1	0.8
Onion-No.1	2	10	25	35	0.50	2.2	0.8
Onion-No.2	2	10	25	35	0.50	2.2	0.8
Peach-No.1	2	10	30	37	0.65	1.5	0.8
Peach-No.2	2	10	30	37	0.65	1.4	0.8
Pistachio	8	17	35	40	0.55	1.1	0.8
Pomegranate	8	17	35	40	0.60	1.4	0.8

Potato	0	15	22	35	0.60	2.5	0.8
Rice-No.1	5	15	35	50	0.60	2.2	0.8
Rice-No.2	5	15	35	50	0.60	2.2	0.8
Rice-No.3	5	15	35	50	0.60	2.2	0.8
Safflower	2	10	25	35	0.55	1.6	0.8
Soybean-No.1	10	20	30	40	0.65	1.8	0.8
Soybean-No.2	10	20	30	40	0.65	1.8	0.8
Sugar beet-No.1	2	14	30	38	0.65	2.4	0.8
Sugar beet-No.2	2	14	30	38	0.65	2.4	0.8
Sugarcane	10	20	30	40	0.65	4.0	0.8
Sunflower-rfd	8	17	27	45	0.90	1.6	0.8
Tomato	8	15	30	40	0.65	2.2	0.8
Walnut-No.1	10	25	35	40	0.65	1.5	0.8
Walnut-No.2	10	25	35	40	0.65	1.4	0.8
Watermelon-irr	10	20	30	40	0.60	2.0	0.8
Watermelon-rfd	10	20	30	40	0.60	2.0	0.8
Wheat_Irr	0	15	22	35	0.65	2.2	0.8
Wheat_Rf-No.1	0	15	22	35	0.65	2.2	0.8
Wheat_Rf-No.2	0	15	22	35	0.65	2.2	0.8

Table 4. Yield formation parameters in SSM-iCrop2 and their estimates.

Crop	Hlmax	FRTRL	GCC
Alfalfa and clover-No.1	0.90	0.90	1
Alfalfa and clover-No.2	0.90	0.05	1
Alfalfa and clover-No.3	0.90	0.05	1
Alfalfa and clover-No.4	0.90	0.05	1
Alfalfa and clover-No.5	0.90	0.90	1
Almond-irr	0.30	0.20	1
Almond-rfd-No.1	0.30	0.20	1
Almond-rfd-No.2	0.30	0.20	1
Almond-rfd-No.3	0.30	0.20	1
Apple-No.1	0.40	0.25	1
Apricot and plum	0.40	0.20	1
Barley No.2	0.40	0.20	1
Barley-No.1	0.50	0.20	1
Bean-No.1	0.40	0.20	1
Bean-No.2	0.40	0.20	1
Canola-No.3	0.50	0.25	0.71
Chickpea-irr	0.50	0.20	1
Chickpea-rfd	0.40	0.22	1
Citrus-No.1	0.25	0.20	1
Citrus-No.2	0.25	0.20	1
Corn silage _Late-No.1	0.95	0.95	1
Corn silage _Late-No.2	0.95	0.95	1

Cotton-No.1	0.40	0.20	0.77
Cotton-No.2	0.40	0.20	0.77
Cucumber-No.1	0.55	0.35	1
Cucumber-No.2	0.55	0.35	1
Date-No.1	0.30	0.22	1
Date-No.2	0.40	0.22	1
FIG-No.1	0.45	0.20	1
FIG-No.2	0.20	0.10	1
Grape-No.1	0.51	0.10	1
Grape-No.2	0.40	0.10	1
Grape-No.3	0.30	0.10	1
Lentil-No.1	0.30	0.22	1
Lentil-No.2	0.30	0.22	1
Maize_Early-No.1	0.45	0.25	1
Maize_Late-No.2	0.45	0.25	1
Maize_Late-No.3	0.45	0.25	1
Maize_Mid-No.4	0.45	0.25	1
Melon-No.1	0.55	0.35	1
Melon-No.2	0.55	0.35	1
Olive	0.20	0.20	0.83
Onion-No.1	0.80	0.70	1
Onion-No.2	0.80	0.70	1
Peach-No.1	0.50	0.30	1
Peach-No.2	0.30	0.30	1
Pistachio	0.25	0.10	1
Pomegranate	0.50	0.20	1
Potato	0.80	0.25	1
Rice-No.1	0.50	0.25	1
Rice-No.2	0.50	0.25	1
Rice-No.3	0.38	0.25	1
Safflower	0.35	0.20	0.74
Soybean-No.1	0.36	0.25	0.77
Soybean-No.2	0.40	0.25	0.77
Sugar beet-No.1	0.70	0.25	1
Sugar beet-No.2	0.80	0.25	1
Sugarcane	0.90	0.90	1
Sunflower-rfd	0.35	0.22	0.74
Tomato	0.70	0.20	1
Walnut-No.1	0.40	0.20	0.75
Walnut-No.2	0.20	0.20	0.75
Watermelon-irr	0.55	0.35	1
Watermelon-rfd	0.55	0.35	1
Wheat_Irr	0.50	0.23	1
Wheat_Rf-No.1	0.50	0.23	1
Wheat_Rf-No.2	0.50	0.23	1

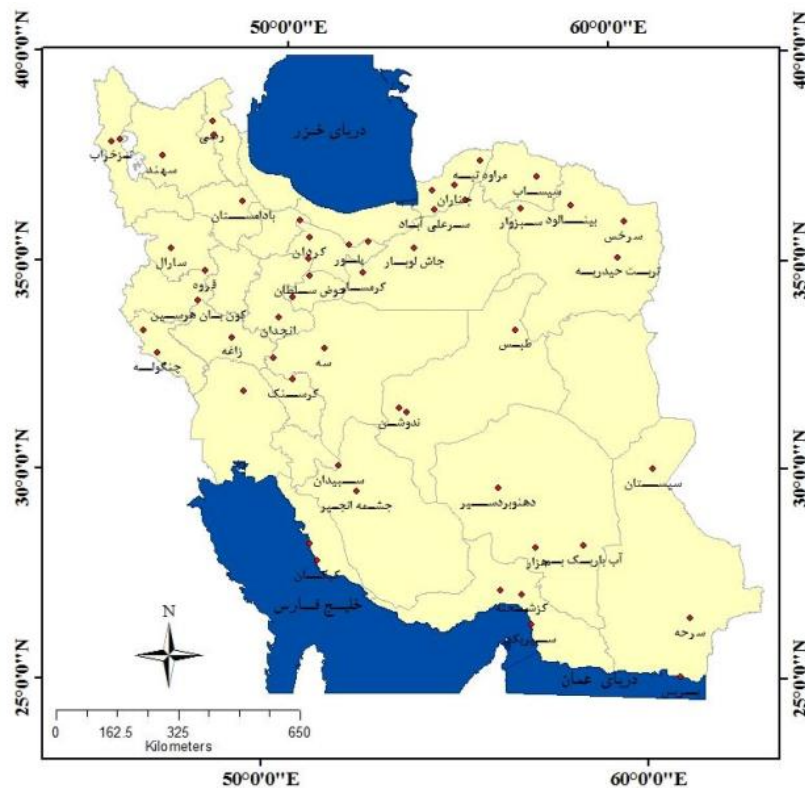
Table 6. Water relations parameters in SSM-iCrop2 and their estimates.

Crop	frBRG	frTRG	iDEPORT	MEED	TEC	WSSG	WSSL	WSSD
Alfalfa and clover-No.1	0.01	0.50	1000	1500	4.5	0.50	0.50	0.50
Alfalfa and clover-No.2	0.01	0.99	1000	1300	4.5	0.50	0.50	0.00
Alfalfa and clover-No.3	0.01	0.99	1000	1300	4.5	0.50	0.50	0.00
Alfalfa and clover-No.4	0.01	0.99	1000	1300	4.5	0.50	0.50	0.00
Alfalfa and clover-No.5	0.01	0.50	1000	1500	4.5	0.50	0.50	0.50
Almond-irr	0.10	0.50	1000	1500	5.0	0.30	0.40	0.50
Almond-rfd-No.1	0.10	0.50	1000	1500	5.0	0.30	0.40	0.00
Almond-rfd-No.2	0.10	0.50	1000	1500	5.0	0.30	0.40	0.00
Almond-rfd-No.3	0.10	0.50	1000	1500	5.0	0.30	0.40	0.00
Apple-No.1	0.10	0.50	1000	1500	5.5	0.30	0.40	0.00
Apricot and plum	0.10	0.50	1000	1500	5.0	0.30	0.40	0.50
Barley No.2	0.05	0.68	200	1000	5.8	0.30	0.40	0.50
Barley-No.1	0.05	0.68	200	1000	5.8	0.30	0.40	0.50
Bean-No.1	0.04	0.55	200	1000	5.0	0.30	0.40	0.00
Bean-No.2	0.04	0.55	200	1000	5.0	0.30	0.40	0.00
Canola-No.3	0.08	0.60	200	1000	4.5	0.30	0.40	0.50
Chickpea-irr	0.09	0.60	200	1000	5.0	0.50	0.50	0.50
Chickpea-rfd	0.08	0.57	200	1000	5.0	0.30	0.40	0.40
Citrus-No.1	0.10	0.50	1000	1500	5.0	0.30	0.40	0.00
Citrus-No.2	0.10	0.50	1000	1500	5.0	0.30	0.40	0.00
Corn silage _Late-No.1	0.04	0.60	150	1100	12.0	0.25	0.35	0.00
Corn silage _Late-No.2	0.04	0.60	150	1100	12.0	0.25	0.35	0.00
Cotton-No.1	0.05	0.55	200	1000	5.0	0.30	0.40	0.50
Cotton-No.2	0.05	0.55	200	1000	5.0	0.30	0.40	0.50
Cucumber-No.1	0.01	0.55	200	1000	5.8	0.40	0.40	0.00
Cucumber-No.2	0.01	0.55	200	1000	5.8	0.40	0.40	0.00
Date-No.1	0.10	0.51	1000	1500	4.5	0.30	0.40	0.00
Date-No.2	0.10	0.51	1000	1500	4.5	0.30	0.40	0.00
FIG-No.1	0.01	0.50	1000	1200	5.8	0.30	0.40	0.00
FIG-No.2	0.01	0.50	1000	1200	5.8	0.30	0.40	0.00
Grape-No.1	0.10	0.50	1000	1500	5.0	0.30	0.40	0.50
Grape-No.2	0.10	0.50	1000	1500	5.8	0.30	0.40	0.00
Grape-No.3	0.10	0.50	1000	1500	5.8	0.30	0.40	0.00
Lentil-No.1	0.04	0.60	200	1000	5.0	0.30	0.40	0.40
Lentil-No.2	0.04	0.60	200	1000	5.0	0.30	0.40	0.40
Maize_Early-No.1	0.04	0.59	200	1100	12.0	0.25	0.35	0.00
Maize_Late-No.2	0.04	0.59	200	1100	12.0	0.25	0.35	0.00
Maize_Late-No.3	0.04	0.59	200	1100	12.0	0.25	0.35	0.00
Maize_Mid-No.4	0.04	0.59	200	1100	12.0	0.25	0.35	0.00
Melon-No.1	0.01	0.55	200	1000	5.8	0.40	0.40	0.00
Melon-No.2	0.01	0.55	200	1000	5.8	0.40	0.40	0.00
Olive	0.10	0.50	1000	1500	5.0	0.30	0.40	0.50
Onion-No.1	0.01	0.50	200	500	5.8	0.50	0.50	0.00
Onion-No.2	0.01	0.50	200	500	5.8	0.50	0.50	0.00
Peach-No.1	0.10	0.50	1000	1500	5.8	0.30	0.40	0.00
Peach-No.2	0.10	0.50	1000	1500	5.0	0.30	0.40	0.50
Pistachio	0.10	0.50	1000	1500	5.8	0.30	0.40	0.00
Pomegranate	0.10	0.50	1000	1500	6.0	0.25	0.25	0.00

Potato	0.04	0.60	200	1000	5.8	0.50	0.50	0.50
Rice-No.1	0.00	0.65	200	250	5.8	0.60	0.60	0.00
Rice-No.2	0.00	0.65	200	250	5.8	0.60	0.60	0.00
Rice-No.3	0.00	0.65	200	250	5.8	0.60	0.60	0.00
Safflower	0.04	0.66	200	1000	4.8	0.50	0.50	0.50
Soybean-No.1	0.03	0.60	200	1000	4.5	0.30	0.40	0.00
Soybean-No.2	0.03	0.60	200	1000	4.5	0.30	0.40	0.40
Sugar beet-No.1	0.05	0.55	120	1000	6.0	0.50	0.50	0.50
Sugar beet-No.2	0.05	0.55	120	1000	6.5	0.50	0.50	0.00
Sugarcane	0.01	0.50	1000	1000	9.0	0.50	0.50	0.50
Sunflower-rfd	0.01	0.60	200	1200	4.8	0.50	0.50	0.50
Tomato	0.10	0.50	200	1000	6.5	0.50	0.50	0.50
Walnut-No.1	0.10	0.50	1000	1500	5.0	0.30	0.40	0.50
Walnut-No.2	0.10	0.50	1000	1500	5.0	0.30	0.40	0.50
Watermelon-irr	0.01	0.50	200	1200	6.0	0.50	0.50	0.00
Watermelon-rfd	0.05	0.50	200	1200	6.0	0.50	0.50	0.00
Wheat_Irr	0.06	0.68	200	1000	5.8	0.30	0.40	0.40
Wheat_Rf-No.1	0.06	0.68	200	1000	5.8	0.30	0.40	0.40
Wheat_Rf-No.2	0.06	0.68	200	1000	5.8	0.30	0.40	0.40

داده‌های مورد استفاده

به منظور کالیبراسیون مدل SSM-iCrop2 از اطلاعات طرح ملی علوفه قابل برداشت مراتع کشور استفاده شد. این طرح با نظارت دفتر امور مراتع سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، در ۵ منطقه اکولوژیک کشور براساس تقسیمات ارائه شده توسط هانری پاپو شامل نواحی ایران و تورانی (دربرگیرنده مناطق استپی، نیمه استپی، نیمه بیابانی، کوهستانی مرتفع (شبه آلبی)) و ناحیه بلوچی (خلیج-عمانی) در ۵۴ سایت که معرف مراتع این مناطق رویشی کشور بودند، توسط بیش از ۱۰۰ پژوهشگر موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، در قالب ۲۱۶ زیر پروژه استانی، به مدت ۶ سال از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ اجرا شده است (مقیمی، ۱۳۹۸). شکل ۱ محل قرارگیری سایت‌ها در این طرح را نشان می‌دهد. در مطالعه حاضر از اطلاعات مقدار علوفه خشک تولید شده در ۴۶ سایت به منظور کالیبراسیون مدل SSM-iCrop2 استفاده شد. اسامی سایت‌های مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است.



شکل ۱- محل قرارگیری سایت‌های طرح علوفه قابل برداشت مراتع کشور (برگرفته از طرح ملی علوفه قابل برداشت مراتع کشور).

جدول ۱- لیست سایت‌های مورد استفاده

استان	سایت	استان	سایت	استان	سایت
اصفهان	سه	گلستان	چناران	اردبیل	ارشق (رضی)
آذربایجان شرقی	سهند	ایلام	چنگوله	قزوین	الموت
هرمزگان	سیریک	هرمزگان	حاجی آباد	مرکزی	انجدان
یزد	شیرکوه	قم	حوض سلطان	گلستان	اینچه برون
ایلام	صالح آباد	مرکزی	خشکه رود	کرمان	آب باریک
خراسان جنوبی	طبس	بوشهر	دلارام	زنجان	بادامستان
مازندران	فیروزکوه	کرمان	دهنو بردسیر	سیستان و بلوچستان	بریس
آذربایجان غربی	قره باغ	لرستان	زاغه	خراسان رضوی	بینالود
کردستان	قروه	هرمزگان	زمین سنگ	مازندران	پلور
بوشهر	کبگان	کردستان	سارال	خراسان رضوی	تربت حیدریه
البرز	کردان	اردبیل	سیلان	آذربایجان غربی	تخراب
چهارمحال و بختیاری	کرسنگ	فارس	سپیدان	گلستان	تیل آباد
سمنان	گرمسار	خراسان رضوی	سرخس	سمنان	جاشلوبار
اصفهان	گوراب	گلستان	سرعلی آباد	فارس	چشمه انجیر
کرمانشاه	هرسین	یزد	ندوشن	خوزستان	مسجد سلیمان
قزوین	یکه باغ				

اطلاعات مورد نیاز برای کالیبراسون مدل

برای شبیه‌سازی تولید مرتع در هر یک از سایت‌ها با مدل SSM-iCrop2 نیاز به اطلاعات هواشناسی و خاک می‌باشد. اطلاعات هواشناسی شامل دمای حداقل و حداکثر روزانه، بارش روزانه و ساعات آفتابی از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به هر سایت تهیه شد (جدول ۲ و ۳). پس از جمع‌آوری داده‌های هواشناسی، به دلیل اینکه در برخی از ایستگاه‌های هواشناسی داده ثبت نشده یا پرت وجود داشت، با استفاده از برنامه^۱ WeatherMan (Hoogenboom et al., 2003) داده‌های پرت و گم‌شده اصلاح و بازسازی شد. با توجه به اینکه محدودیت اطلاعات خاک وجود داشت از نقشه اطلاعات خاک HC27 استفاده شد. نقشه خاک HC27 (کو و دیمز، ۲۰۱۳) نتیجه همکاری بین سازمان FAO با^۲ IIASA،^۳ ISRIC،^۴ ISSCAS و^۵ JRC می‌باشد. این نقشه در واقع ترکیب بیش از ۱۵۰۰۰ نقشه خاک منطقه‌ای و ملی به روز شده در سرتاسر جهان با اطلاعات موجود در نقشه FAO و UNESCO می‌باشد. ارزیابی خروجی مدل SSM-iCrop2 براساس اطلاعات نقشه خاک HC27 و اطلاعات خاک واقعی نشان داد که از نظر توزیع، میانگین و واریانس اختلاف معنی‌داری بین خروجی مدل با اطلاعات خاک واقعی و اطلاعات نقشه خاک HC27 وجود ندارد. بنابراین از اطلاعات خاک این نقشه برای هر سایت استفاده شد (جدول ۳).

¹ Weather Data Manager

² International Institute for Applied Systems Analysis

³ International Soil Reference and Information Centre

⁴ Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences

⁵ Joint Research Centre

جدول ۲- ایستگاه‌های هواشناسی انتخابی برای سایت‌های مورد بررسی

سایت	ایستگاه هواشناسی	ارتفاع	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	سایت	ایستگاه هواشناسی	ارتفاع	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
ارشق (رضی)	مشکین شهر	۱۵۶۱	۳۸.۳۸	۴۷.۶۸	سیریک	میناب	۳۰	۲۷.۱۱	۵۷.۰۹
الموت	قزوین	۱۲۷۹	۳۶.۲۶	۵۰.۰۶	شیرکوه	گاریز	۲۱۰۰	۳۱.۳۱	۵۴.۰۹
پلور	سیاه بیشه	۱۸۵۵	۳۶.۲۳	۵۱.۳۰	طیس	بشروه	۸۷۹	۳۳.۸۷	۵۷.۴۳
تزخراب	ارومیه	۱۳۲۸	۳۷.۶۶	۴۵.۰۶	خشکه رود	خمین	۱۸۳۵	۳۳.۶۲	۵۰.۰۷
تیل آباد	گنبد	۳۷	۳۷.۲۵	۵۵.۱۶	قروه	قروه	۱۹۰۶	۳۵.۱۸	۴۷.۷۸
جاشلوبار	شهمیرزاد	۱۹۶۹	۳۵.۷۷	۵۳.۳۵	دهنو بردسیر	بافت	۲۲۸۰	۲۹.۲۳	۵۶.۵۸
چشمه انجیر	شیراز	۱۴۸۸	۲۹.۵۶	۵۲.۶۰	کرسنک	لردگان	۱۶۱۱	۳۱.۵۰	۵۰.۸۳
چناران	بهلکه داشلی	۲۴	۳۷.۰۵	۵۴.۸	گوراب	داران	۲۲۹۰	۳۲.۹۶	۵۰.۳۶
گرمسار	شهمیرزاد	۱۹۶۹	۳۵.۷۷	۵۳.۳۵	سارال	بانه	۱۶۰۰	۳۶.۰۰	۴۵.۸۹
قره باغ	ارومیه	۱۳۲۸	۳۷.۶۶	۴۵.۰۶	سبلان	گرمی	۴۷۹	۳۹.۰۵	۴۸.۰۵
فیروزکوه	سیاه بیشه	۱۸۵۵	۳۶.۲۳	۵۱.۳۰	مسجد سلیمان	مسجد سلیمان	۳۲۰	۳۱.۹۸	۴۹.۲۴
چنگوله	دهلران	۲۳۲	۳۲.۶۸	۴۷.۲۸	سرخس	قوچان	۱۲۸۷	۳۷.۱۱	۵۸.۴۵
حاجی آباد	حاجی آباد	۹۳۱	۲۸.۳۱	۵۵.۹۱	سرعلی آباد	علی آباد	۱۸۴	۳۶.۹۰	۵۴.۸۸
حوض سلطان	سلفچگان	۱۳۸۱	۳۴.۴۸	۵۰.۴۷	سه	مورچه خورت	۱۶۷۳	۳۳.۰۸	۵۱.۴۸
دلارام	بrazجان	۹۰	۲۹.۲۵	۵۱.۱۷	سهند	مراغه	۱۳۴۴	۳۷.۳۳	۴۶.۱۵
زاغه	الیگودرز	۲۰۲۲	۳۳.۴۱	۴۹.۷۰	ندوشن	گاریز	۲۱۰۰	۳۱.۳۱	۵۴.۰۹
زمین سنگ	میناب	۳۰	۲۷.۱۱	۵۷.۰۹	هرسین	جوانرود	۱۳۷۵	۳۴.۷۶	۴۶.۵۰
سپیدان	سپیدان	۲۲۰۱	۳۰.۲۳	۵۲.۰۰	انجدان	کمیجان	۱۷۴۱	۳۴.۷۱	۴۹.۳۳
یکه باغ	قزوین	۱۲۷۹	۳۶.۲۶	۵۰.۰۶	اینچه برون	گنبد	۳۷	۳۷.۲۵	۵۵.۱۶
کردان	کرج	۱۲۹۳	۳۵.۸۱	۵۰.۹۵	آب باریک	بم	۱۰۶۷	۲۹.۱	۵۸.۳۵
کبگان	بrazجان	۹۰	۲۹.۲۵	۵۱.۱۷	بادامستان	ماه نشان	۱۲۸۵	۳۶.۷۴	۴۷.۶۸
صالح آباد	ایلام	۱۳۳۷	۳۳.۵۹	۴۶.۴۰	بریس	کنارک	۳۰	۲۵.۴۵	۶۰.۳۵
ترت حیدریه	ترت حیدریه	۱۴۵۱	۳۵.۳۳	۵۹.۲۱	بینالود	نیشابور	۱۲۱۳	۳۶.۲۶	۵۸.۸

جدول ۳- متوسط تشعشع خورشیدی سالانه بر حسب مگازول در متر مربع در روز (SRAD)، متوسط دمای حداکثر (TMX) و حداقل (TMN) هوا بر حسب درجه سانتی گراد و بارندگی سالانه بر حسب میلی متر (PR) در ایستگاه‌های هواشناسی انتخابی (میانگین سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۹) و نوع (کد) خاک در محدوده هر ایستگاه. کد خاک بر اساس بانک اطلاعاتی HC27 می‌باشد که مشخصات هر کد خاک در سلطانی و همکاران (۱۳۹۶) ارایه شده است.

کد خاک	SRAD (MJ/m ²)	TMA X (°C)	TMIN (°C)	RAI N (mm)	ایستگاه هواشناسی	کد خاک	SRAD (MJ/m ²)	TMA X (°C)	TMIN (°C)	RAIN (mm)	ایستگاه هواشناسی
۱۴	۱۸.۵	۲۳.۳	۸.۸	۱۲۸	مورچه خورت	۱۲	۱۴.۸	۱۵.۴	۶.۱	۳۷۵	مشکین شهر
۵	۱۴.۰	۱۸.۵	۷.۶	۳۲۳	مراغه	۱۲	۱۵.۰	۲۱.۱	۶.۸	۳۲۵	قزوین ۱
۵	۲۰.۲	۳۳.۶	۲۰.۹	۲۱۲	میناب	۱۷	۱۸.۲	۲۰.۴	۵.۲	۲۵۸	کمیجان
۸	۱۹.۳	۲۱.۹	۶.۵	۱۱۱	گاریز ۱ و ۲	۸	۱۵.۶	۲۴.۷	۱۲.۸	۴۴۸	گنبد ۱ و ۲
۵	۱۷.۷	۲۲.۳	۱۱.۳	۶۱۴	ایلام	۱۷	۱۶.۹	۲۹.۶	۱۷.۵	۵۵	بم
۱۷	۱۸.۳	۲۷.۱	۱۱.۴	۹۱	بشرویه	۵	۱۸.۰	۲۱.۱	۸.۲	۲۶۱	ماه نشان
۱۲	۱۴.۴	۱۵.۱	۶.۴	۵۴۱	سیاه بیشه ۲	۱۴	۱۹.۳	۳۲.۷	۲۰.۶	۱۱۱	کنارک*
۱۲	۱۴.۲	۱۷.۵	۴.۹	۳۱۴	ارومیه ۱	۱۷	۱۹.۰	۲۲.۰	۶.۷	۲۳۰	نیشابور
۱۲	۱۷.۹	۱۷.۶	۵.۵	۳۴۲	قروه	۱۴	۱۴.۴	۱۵.۱	۶.۴	۵۴۱	سیاه بیشه ۱
۵	۱۹.۲	۱۹.۹	۹.۸	۶۵۱	سپیدان*	۱۷	۱۸.۳	۲۰.۸	۷.۶	۲۶۵	ترت حیدریه
۵	۱۷.۸	۲۱.۱	۸.۶	۲۵۶	کرج	۱۲	۱۴.۲	۱۷.۵	۴.۹	۳۱۴	ارومیه ۲
۱۲	۱۹.۴	۲۳.۹	۷.۲	۵۶۶	لردگان	۱۲	۱۷.۵	۱۹.۲	۵.۶	۴۱۴	الیگودرز
۸	۱۷.۱	۱۷.۵	۷.۰	۲۳۴	شهمیرزاد	۸	۱۷.۱	۱۷.۵	۷.۰	۲۳۴	شهمیرزاد
۱۴	۱۹.۰	۱۷.۴	۴.۴	۳۴۱	داران	۵	۱۸.۴	۲۶.۰	۱۰.۶	۳۳۱	شیراز
۵	۱۶.۶	۳۱.۶	۱۹.۱	۴۳۱	مسجد سلیمان	۵	۱۷.۵	۲۴.۰	۱۱.۰	۳۹۳	بهلکه داشلی*
۱۲	۱۴.۱	۱۸.۲	۱۰.۲	۳۱۰	گرمی	۵	۱۸.۶	۳۲.۱	۱۹.۹	۲۸۶	دهلران
۱۲	۱۲.۰	۲۲.۶	۱۰.۰	۵۵۶	جوانرود	۵	۲۰.۹	۳۱.۶	۱۴.۸	۱۸۰	حاجی آباد
۱۴	۱۵.۰	۲۱.۱	۶.۸	۳۲۵	قزوین ۲	۱۴	۱۸.۶	۲۴.۲	۱۰.۷	۱۷۱	سلفچگان
۵	۲۰.۲	۳۳.۶	۲۰.۹	۲۱۲	میناب	۱۷	۱۸.۴	۲۴.۸	۱۱.۰	۱۵۶	خمین
۵	۱۷.۳	۱۸.۷	۸.۷	۶۸۳	بانه	۵	۱۸.۱	۳۴.۹	۲۱.۰	۲۳۲	برازجان ۱ و ۲
۱۷	۱۵.۹	۱۹.۴	۶.۲	۳۱۲	قوچان	۱۷	۱۸.۳	۱۹.۶	۳.۹	۳۱۵	بافت
						۸	۱۵.۱	۲۳.۱	۱۲.۵	۷۲۲	علی آباد

* ایستگاه سپیدان متوسط سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴؛ ایستگاه بهلکه داشلی متوسط سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۹؛ ایستگاه کنارک متوسط سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۰۹.

به منظور کالیبراسیون مدل، سایت‌ها بر اساس ناحیه ریشی با کمک تقسیم‌بندی معروف به پابو به ۵ پوشش گیاهی نسبتاً همگن گروه‌بندی شدند. این ۵ نوع پوشش گیاهی مرتعی به صورت خلیج عمانی، بیابانی، استپی، نیمه استپی و کوهستانی مرتفع تعریف شدند و برای هر پوشش گیاهی سه وضعیت خوب، متوسط و ضعیف در نظر گرفته شد. در مجموع برای ۱۵ پوشش مرتعی پارامترهای گیاهی بدست آمد و در هر یک از سایت‌ها با توجه به شرایط اقلیمی و مقدار تولید از یکی از این پوشش‌ها و پارامترهای مربوطه در شبیه‌سازی‌ها استفاده گردید (جدول ۴). برای مقایسه نتایج حاصل از شبیه‌سازی با مشاهده شده از آماره‌های جذرمیانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب همبستگی (r) و ضریب تغییرات (CV) استفاده شد.

جدول ۴- نوع پوشش گیاهی مرتع مورد استفاده برای شبیه سازی در هر یک از سایت‌های مورد بررسی

سایت	نوع مرتع
سرخس، شیرکوه	استپی خوب
ارشق (رضی)، سه، چنگوله، مسجد سلیمان، یکه باغ، دهنو بردسیر، تیل آباد، خشکه رود، انجدان، ندوشن، اینچه برون	استپی ضعیف
صالح آباد، چناران، سپیدان	استپی متوسط
گرمسار، حوض سلطان	بیابانی خوب
بریس	بیابانی ضعیف
طبس، آب باریک	بیابانی متوسط
کبگان	خلیجی عمانی خوب
زمین سنگ، حاجی آباد، سیریک	خلیجی عمانی ضعیف
دلارام	خلیجی عمانی متوسط
سهند، الموت	کوهستان مرتفع خوب
	کوهستان مرتفع
بینالود، بادامستان	ضعیف
	کوهستان مرتفع
سیلان	متوسط
فیروزکوه، کرسنگ، تربت حیدریه، جاشلوبار، سارال، هرسین، پلور	نیمه استپی خوب
گوراب، قره باغ، تخراب	نیمه استپی ضعیف
کردان، چشمه انجیر، قروه، سرعلی آباد، زاغه	نیمه استپی متوسط

واسنجی مدل SSM-iCrop2

برای استفاده از مدل SSM-iCrop2 نیاز بود تا ابتدا پارامترهای آن برای پوشش گیاهی مرتعی در مناطق مختلف کشور تعیین گردد. پس از انجام کالیبراسیون مدل با استفاده از اطلاعات سایت‌های مورد بررسی، مشخص شد که از ۳۷ پارامتر گیاهی مدل (مربوط به بخش‌های فنولوژی، سطح برگ، تولید ماده خشک، تشکیل عملکرد و روابط آب)، برآورد ۳۵ پارامتر برای پوشش‌های گیاهی مرتعی مشابه بودند. این مقادیر در جدول ۵ آورده شده است. پوشش‌های گیاهی مرتعی فقط از نظر ۲ پارامتر گیاهی یعنی حداکثر شاخص سطح برگ مورد انتظار (LAIMX) و واحد دمایی از شروع رشد تا مرحله رسیدگی گیاه (tuHAR) متفاوت بودند که برآورد این دو پارامتر در جدول ۶ ارایه شده است. یک دلیل برای این اتفاق این بود که سعی شد از اختلافات کوچک در برآورد پارامترها صرف نظر شود.

جدول ۵- مقادیر برآورد شده پارامترهای مدل SSM-iCrop2 برای پوشش‌های گیاهی مرتعی

مقدار	مخفف	پارامتر (واحد) فنولوژی
۲	TBD	Base temperature for development (°C)
۲۰	TP1D	Lower optimum temperature for development (°C)
۳۰	TP2D	Upper optimum temperature for development (°C)
۴۳	TCD	Ceiling temperature for development (°C)
۲۵۰	ForReq	Temperature unit from 1st January to spring regrowth (oC)
۰.۰۵۵	frEMR	Fraction of tuHAR for emergence or beginning leaf growth (°C)
۰.۷۰	frBSG	Fraction of tuHAR for beginning of seed or fruit growth (°C)
۰.۹۰	frTSG	Fraction of tuHAR for termination of seed or fruit growth (°C)
۰.۹۰	frPM	Fraction of tuHAR for physiological maturity (end of dry mass accumulation) (°C)
گسترش و پیری سطح برگ		
(۰.۳۰, ۰.۰۱)	x1, y1	Point #1 for normalized leaf area vs normalized temperature unit (x1, y1) *
(۰.۶, ۰.۸۸)	x2, y2	Point #2 for normalized leaf area vs normalized temperature unit (x1, y1) *
۰.۷۰	frBLS	Fraction of tuHAR for beginning leaf senescence (°C)
۱	SRATE	Leaf senescence rate coefficient
۵-	FrzTh	Low temperature / freezing threshold for leaf death (°C)
۰.۰۱	FrzLDR	Relative leaf death per each degree below low temperature / freezing threshold
۳۰	HeatTH	Heat threshold temperature for leaf senescence (°C)
۰.۱	HtLDR	Relative increase in leaf senescence rate per each degree above heat threshold (°C)
تجمع ماده خشک		
۱۰	TBRUE	Base temperature for dry matter production (°C)
۲۰	TP1RUE	Lower optimum temperature for dry matter production (°C)
۳۰	TP2RUE	Upper optimum temperature for dry matter production (°C)
۳۵	TCRUE	Ceiling temperature for dry matter production (°C)
۰.۶	KPAR	Extinction coefficient for photosynthetically active radiation
۰.۷	RUE	Radiation use efficiency under optimal growth conditions (g MJ-1)
۰.۸	C3C4	Coefficient for response of RUE to CO2 concentration
تشکیل عملکرد		
۰.۲	Hlmax	Maximum harvest index/Liner increase in harvest index (g g-1 d-1)
۰.۲	FRTRL	Fraction of dry mass remobilizable from the vegetative tissue to the developing seeds/fruits (g g-1)
۱	GCC	Grain conversion coefficient (g g-1)
روابط آب		
۰.۰۶	frBRG	Fraction of tuHAR for beginning root growth (°C)
۰.۷۰	frTRG	Fraction of tuHAR for termination root growth (°C)
۱۰۰۰	iDEPORT	Initial depth of roots at emergence or beginning leaf growth (mm)

۱۰۰۰	MEED	Maximum effective depth of water extraction from soil (mm)
۴	TEC	Transpiration efficiency coefficient (Pa)
۰.۲۵	WSSG	FTSW threshold when dry matter production starts to decline
۰.۳۵	WSSL	FTSW threshold when leaf area development starts to decline
۰	WSSD	A coefficient that specifies acceleration or retardation in development in response to water deficit

جدول ۶- برآورد پارامترهای حداکثر شاخص سطح برگ مورد انتظار (LAIMX) و واحد دمایی از شروع رشد بهاره تا مرحله رسیدگی گیاه (tuHAR) برای پوشش‌های مختلف گیاهی مرتعی برای استفاده در مدل SSM-iCrop2.

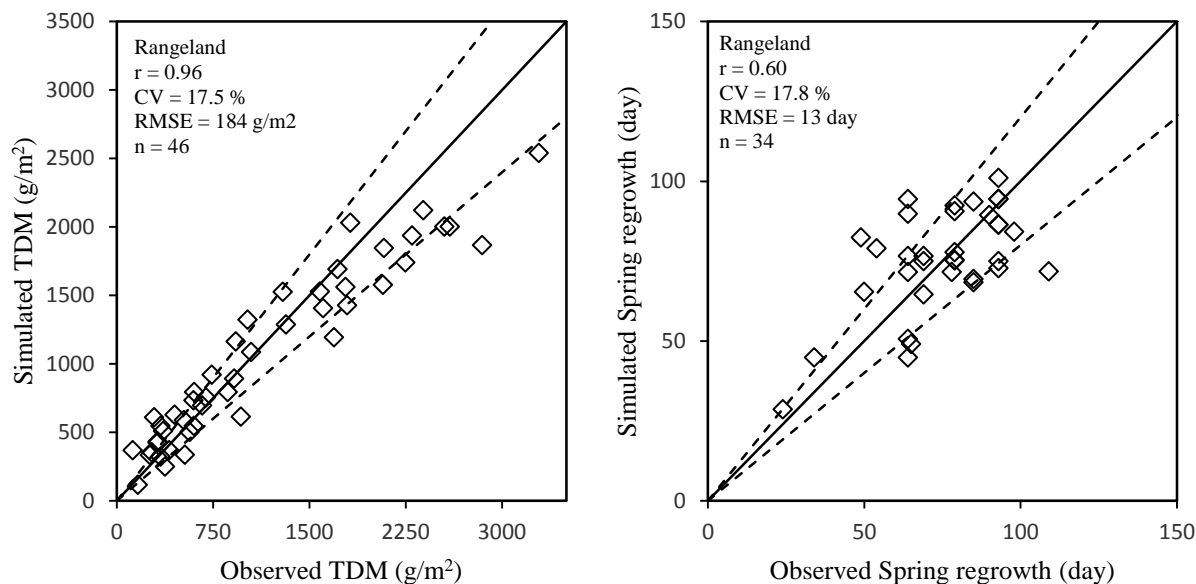
tuHAR (°C)	LAIMX	پوشش گیاهی مرتعی	tuHAR (°C)	LAIMX	پوشش گیاهی مرتعی
۲۸۰۰	۲	بیابانی خوب	۱۵۰۰	۳.۵	کوهستانی مرتفع خوب
۲۸۰۰	۰.۶	بیابانی متوسط	۱۵۰۰	۱.۵	کوهستانی مرتفع متوسط
۲۸۰۰	۰.۳	بیابانی ضعیف	۱۵۰۰	۰.۸	کوهستانی مرتفع ضعیف
۳۰۰۰	۳.۲۵	خلیج عمانی خوب	۱۸۰۰	۳	نیمه استپی خوب
۳۰۰۰	۱.۵	خلیج عمانی متوسط	۱۸۰۰	۱.۵	نیمه استپی متوسط
۳۰۰۰	۰.۵	خلیج عمانی ضعیف	۱۸۰۰	۰.۵	نیمه استپی ضعیف
			۲۴۰۰	۲.۵	استپی خوب
			۲۴۰۰	۰.۸	استپی متوسط
			۲۴۰۰	۰.۳	استپی ضعیف

LAIMX= Maximum leaf area index; tuHAR= Temperature unit for harvest

ارزیابی مدل

با استفاده از پارامترهای بدست آمده از مرحله قبلی اقدام به اجرای مدل برای سایت‌های مورد مطالعه شد. به منظور ارزیابی روز تا شروع رشد از گزارش‌های کارشناسان برای سایت‌های مورد بررسی استفاده شد. مقادیر مشاهده شده و شبیه سازی شده روز تا شروع رشد نشان داد که مدل با دقت خوبی این مرحله را شبیه سازی نموده است، به طوری که مقدار جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) ۱۳ روز بود که حدود ۱۷/۸ درصد میانگین شروع رشد مشاهده شده است یعنی ضریب تغییرات (CV) بین مقادیر شبیه سازی شده و مشاهده شده برای روز تا شروع رشد ۱۷/۸ بود که نشان دهنده دقت قابل قبول مدل در پیش بینی زمان شروع رشد مجدد است. همچنین همبستگی بالا ($r = 0.60$) بین روز تا شروع رشد شبیه سازی شده با شروع رشد مشاهده شده موید کارکرد قابل قبول مدل است (شکل ۲).

برای ارزیابی تولید ماده خشک پیش بینی شده توسط مدل از مقادیر کل ماده خشک گزارش شده از سایت‌های مرتعی مورد بررسی استفاده شد. نتایج شبیه سازی تولید ماده خشک مراتع با استفاده از مدل نشان داد که جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) برای کل ماده خشک برابر با ۱۸۴ گرم در مترمربع بود که معادل ۱۷/۵ درصد میانگین کل ماده خشک مشاهده شده بود. مقدار ضریب همبستگی برای رابطه بین مقدار کل ماده خشک شبیه سازی شده و مشاهده شده برابر با ۰/۹۶ بود. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود بیشتر نقاط در محدوده خطوط انحراف ± 20 درصد می باشند. بر این اساس نتایج، شبیه سازی کل ماده خشک با استفاده از مدل رضایت بخش بود که می تواند نشان دهنده برآورد صحیح پارامترهای مدل و یا تصدیق کننده کارایی مدل در تخمین مقدار کل ماده خشک باشد.



شکل ۲- مقادیر مشاهده شده و شبیه سازی شده روز تا شروع رشد (بر حسب روز سال از اول ژانویه) و کل ماده خشک، دامنه ۲۰ درصد از اختلاف بین شبیه سازی شده و مشاهده شده توسط خطوط منقطع نشان داده شده است. خط ممتد خط ۱:۱ است.

منابع

- سلطانی، ا.، نه‌بندانی، ع.، دادرسی، ا.، عالیمقام، س.م.، زینلی، ا.، و ترابی، ب. ۱۳۹۷. ب. پهنه‌بندی زراعی - بوم شناختی کشور برای تولید گیاهی. گزارش طرح پژوهشی. معاونت پژوهش و فناوری، دانشکده تولید گیاهی - گروه زراعت. ۱۹۰.
- مقیم، ج. ۱۳۹۸. معرفی و نقد مجموعه کتاب های مرتبط با طرح ملی تعیین علوفه قابل برداشت از مراتع کشور. نشریه طبیعت ایران. ۴ (۲): ۱۱۵-۱۲۰.

Koo, J., and Dimes, J. 2013. "HC27 Generic Soil Profile Database", <http://hdl.handle.net/1902.1/20299>, Harvard Dataverse, V2

Table 1. Experiments used for parameterization and evaluation of SSM* Irrigated wheat

Province, Location and Year	Treatments	Reference
Experiments used for parameter estimation		
Ahvaz, Khozestan, 2003-2005	Genotype	Andarzian et al., 2008
Gorgan, Golestan, 2005-2006	Genotype, planting date	Arabameri et al., 2010
Zanjan, Zanjan, 2010-2011	Genotype	Aslani et al., 2012
Ahvaz, Khozestan, 2010-2011	Water regime	Delghandi et al., 2014
Ardebil, Ardebil, 2009-2010	Genotype, planting date	Ganbari et al., 2012
Gorgan, Golestan, 2008-2009	Genotype	Ghadiriyan, 2011
Gorgan, Golestan, 2007-2008	Genotype, nitrogen fertilizer rate	Hosseini et al., 2014
Khoramabad, Lorestan, 2006-2007	Genotype, plant density	Hosseinpour et al., 2012
Neyshabor, KhorasanRazavi, 2003-2005	Genotype, planting date	Jafarnezhad and sharifhosseini, 2011
Gorgan, Golestan, 2014-2015	Genotype	Nazari, 2016
Experiments used for model evaluation		
Sararod, Esfahan, 2006-2009	Genotype, planting date	Abdulahi, 2015
Meshkinshahr, Ardebil, 2007-2008	Genotype	Ahmadi et al., 2011
Ahvaz, Khozestan, 2001-2002	Genotype	Amidzadeh et al., 2010
Ahvaz, Khozestan, 2008-2009	Genotype, planting date	Amini et al., 2011
Khoramabad, Lorestan, 2006-2007	Genotype, plant density	Chegeni et al., 2011
Ardebil, Ardebil, 2009-2010	Genotype, planting date	Ganbari et al., 2012
Tabriz, Azarbajansharghi, 2012-2013	Genotype	Hoshmandi, 2015
Gorgan, Golestan, 2011-2012	Nitrogen fertilizer rate	Hosseini, 2012
Dezfol, Khozestan, 2010-2011	Plant density	lak et al., 2013
Sarabele, Ilam, 1998-1999	Genotype, plant density	Mozafari et al., 2006
Gorgan, Golestan, 2014-2015	Genotype	Nazari, 2016
Dezfol, Khozestan, 1994-1996	Genotype, water regime	Rahnama and LotfaliAyeneh, 2011
Gorgan, Golestan, 2009-2010	Genotype	Salehi, 2013
Shiraz, Fars, 2013-2014	Water regime, nitrogen fertilizer rate	Shahrasbi et al., 2016
Kerman, Kerman, 2002-2003	Genotype, nitrogen fertilizer rate	Shahsawari et al., 2003
Experiments used for Water requirement		
Oromeih, Azargharbi, 2005	Irrigation, Genotype	Razavi et al., 2008
Khoramabad, Lorestan, 2001	Irrigation	Sepahvand, 2009
Zabol, Sistanvabalochehan, 2003	Water regime, Irrigation method	Kykhanei et al., 2016
Zabol, Sistanvabalochehan, 2004	Water regime, Irrigation method	Kykhanei et al., 2016

Mashhad, Khorasanrazavi, 2011	Water regime	Rahimiyan et al., 2014
Mashhad, Khorasanrazavi, 2012	Water regime	Rahimiyan et al., 2014

Table 2. Experiments used for parameterization and evaluation of SSM* Rainfed wheat

Province, Location and Year	Treatments	Reference
Experiments used for parameter estimation		
Ahvaz, Khozestan, 2003-2005	Genotype	Andarzian et al., 2008
Gorgan, Golestan, 2005-2006	Genotype, planting date	Arabameri et al., 2010
Zanjan, Zanjan, 2010-2011	Genotype	Aslani et al., 2012
Ahvaz, Khozestan, 2010-2011	Water regime	Delghandi et al., 2014
Ardebil, Ardebil, 2009-2010	Genotype, planting date	Ganbari et al., 2012
Gorgan, Golestan, 2008-2009	Genotype	Ghadiriyan, 2011
Gorgan, Golestan, 2007-2008	Genotype, nitrogen fertilizer rate	Hosseini et al., 2014
Khoramabad, Lorestan, 2006-2007	Genotype, plant density	Hosseinpour et al., 2012
Neyshabor, KhorasanRazavi, 2003-2005	Genotype, planting date	Jafarnezhad and sharifhosseini, 2011
Gorgan, Golestan, 2014-2015	Genotype	Nazari, 2016
Experiments used for model evaluation		
Sararod, Esfahan, 2006-2009	Genotype, planting date	Abdulahi, 2015
Meshkinshahr, Ardebil, 2007-2008	Genotype	Ahmadi et al., 2011
Ahvaz, Khozestan, 2001-2002	Genotype	Amidzadeh et al., 2010
Ahvaz, Khozestan, 2008-2009	Genotype, planting date	Amini et al., 2011
Khoramabad, Lorestan, 2006-2007	Genotype, plant density	Chegeni et al., 2011
Ardebil, Ardebil, 2009-2010	Genotype, planting date	Ganbari et al., 2012
Tabriz, Azarbajansharghi, 2012-2013	Genotype	Hoshmandi, 2015
Gorgan, Golestan, 2011-2012	Nitrogen fertilizer rate	Hosseini, 2012
Dezfol, Khozestan, 2010-2011	Plant density	lak et al., 2013
Sarabele, Ilam, 1998-1999	Genotype, plant density	Mozafari et al., 2006
Gorgan, Golestan, 2014-2015	Genotype	Nazari, 2016
Dezfol, Khozestan, 1994-1996	Genotype, water regime	Rahnama and LotfaliAyeneh, 2011
Gorgan, Golestan, 2009-2010	Genotype	Salehi, 2013
Shiraz, Fars, 2013-2014	Water regime, nitrogen fertilizer rate	Shahrashbi et al., 2016
Kerman, Kerman, 2002-2003	Genotype, nitrogen fertilizer rate	Shahsawari et al., 2003
Experiments used for Water requirement		
Oromeih, Azarharbi, 2005	Irrigation, Genotype	Razavi et al., 2008
Khoramabad, Lorestan, 2001	Irrigation	Sepahvand, 2009
Zabol, Sistanvabalochehan, 2003	Water regime, Irrigation method	Kykhaei et al., 2016
Zabol, Sistanvabalochehan, 2004	Water regime, Irrigation method	Kykhaei et al., 2016
Mashhad, Khorasanrazavi, 2011	Water regime	Rahimiyan et al., 2014
Mashhad, Khorasanrazavi, 2012	Water regime	Rahimiyan et al., 2014

Table 3. Experiments used for parameterization and evaluation of SSM* Irrigated barley

Location, Province and Year	Treatments	Reference
Experiments used for parameter estimation		
Ahwaz, Khozestan, 2000-2001	Genotype	Roshanfekar et al, 2007
Hashmabad, Golestan, 2005-2006	Genotype	Etesami et al, 2009
Ahwaz, Khozestan, 2011-2012	Heat Stress	Oraki et al, 2016
Alborz, Karaj, 1993-1995	Deficit irrigation	Ramezani et al, 2009
Lorestan, Koohdasht, 2003-2004	Genotype	Ansari et al, 2009
Bajgahe-Shiraz, Fars, 2008-2009	Crop residue and nitrogen fertilizer	Sadeghi et al, 2011
Lorestan, Koohdasht, 2003-2004	Genotype	Hosseinpour, 2012
Bajgahe- Shiraz, Fars, 2012-2013	Water stress, nitrogen fertilizer	Qaemi and Zamani, 2015
Khoramabad, Lorestan, 2006-2007	Seed density	Ahmadi et al, 2014
Experiments used for model evaluation		
Tabriz, East Azerbaijan, 2006-2007	Nitrogen fertilizer, interferences of weeds	Shafaq et al, 2015
Gachsaran, Kohgiluyeh and Boyerahmad, 2006- 2007	Genotype, drought stress	Vaezi et al, 2010
Bardsir, Kerman,2002-2003	Genotype, planting date	Ravari et al, 2003
Moghan, Ardebil, 2004-2005	Genotype	Qasemi et al, 2004
Kermanshah, Kermanshah, 2010-2011	Genotype, Deficit irrigation	Saeedi and Azhand, 2014
Urmia, West Azerbaijan, 2010-2011	Planting date, cold stress	Eyvazi, 2014
Gorgan, Golestan, 2011-2012	Genotype, Nitrogen fertilizer rate	Alazamani, 2014
Kabootarabd, Isfahan, 2013-2014	Genotype, Salinity	Jamshidi et al, 2017
Ardebil, Ardebil, 2009-2010	Seed priming	Shirinzaadeh et al, 2013
West Islam abad, Kermanshah, 2011-2012	Genotype, planting date	Pourmotamed et al, 2014
HASHMABAD, Golestan, 2014-2015	Nitrogen fertilizer rate	Alazamani, 2015
Hamedan, Hamedan, 2010-2011	Various methods of Tillage	Hamzei and Seyedi, 2014
Qom, Qom, 2014-2015	Genotype, Drought Stress	Yousefi rad et al, 2016
Mashhad (Toroq), Razavi Khorasan, 2007-2008	Drought Stress	Naqaei et al, 2011
Birjand, South Khorasan, 2009-2010	Genotype, Drought Stress	Saberi et al, 2015
Birjand, South Khorasan, 2006-2007	Drought Stress	Hashemzahi et al, 2013
Gonabad, Razavi Khorasan, 2008-2009	Fertilizer	Mousavi and Seghatoleslami, 2011
Hamedan, Hamedan, 2010-2011	Water stress	Mousavi et al, 2014
Gonabad, Razavi Khorasan, 2009-2010	Water Regime	Komeili and Sharafi, 2015
Kermanshah, Kermanshah, 2010-2011	Drought Stress	Saeedi et al, 2013
Shiraz, Fars, 2011-2013	Deficit irrigation, planting date	Tabarzad et al, 2016

Table 4. Experiments used for parameterization and evaluation of SSM* Rainfed barley

Location, Province and Year	Treatments	Reference
Experiments used for parameter estimation		

Ahvaz, Khozestan, 2000-2001	Genotype	Roshanfekar et al, 2007
HASHMABAD, Golestan, 2005-2006	Genotype	Etesami et al, 2009
Ahvaz, Khozestan, 2011-2012	Heat Stress	Oraki et al, 2016
Alborz, Karaj, 1993-1995	Deficit irrigation	Ramezani et al, 2009
Lorestan, Koohdasht, 2003-2004	Genotype	Ansari et al, 2009
Bajgahe-Shiraz, Fars, 2008-2009	Crop residue and nitrogen fertilizer	Sadeghi et al, 2011
Lorestan, Koohdasht, 2003-2004	Genotype	Hosseinpour, 2012
Bajgahe-Shiraz, Fars, 2012-2013	Water stress, nitrogen fertilizer	Qaemi and Zamani, 2015
Khoramabad, Lorestan, 2006-2007	Seed density	Ahmadi et al, 2014
<hr/>		
Experiments used for model evaluation		
<hr/>		
Tabriz, East Azerbaijan, 2006-2007	Nitrogen fertilizer, interferences of weeds	Shafaq et al, 2015
Gachsaran, Kohgiluyeh and Boyerahmad, 2006- 2007	Genotype, drought stress	Vaezi et al, 2010
Bardsir, Kerman, 2002-2003	Genotype, planting date	Ravari et al, 2003
Moghan, Ardebil, 2004-2005	Genotype	Qasemi et al, 2004
Kermanshah, Kermanshah, 2010-2011	Genotype, Deficit irrigation	Saedi and Azhand, 2014
Urmia, West Azerbaijan, 2010-2011	Planting date, cold stress	Eyvazi, 2014
HASHMABAD, Golestan, 2011-2012	Genotype, Nitrogen fertilizer rate	Alazamani, 2014
Kabutarabd, Isfahan, 2013-2014	Genotype, Salinity	Jamshidi et al, 2017
Ardebil, Ardebil, 2009-2010	Seed priming	Shirinzadeh et al, 2013
West Islam abad, Kermanshah, 2011-2012	Genotype, planting date	Pourmotamed et al, 2014
HASHMABAD, Golestan, 2014-2015	Nitrogen fertilizer rate	Alazamani, 2015
Hamedan, Hamedan, 2010-2011	Various methods of Tillage	Hamzei and Seyedi, 2014
Qom, Qom, 2014-2015	Genotype, Drought Stress	Yousefi rad et al, 2016
Mashhad (Toroq), Razavi Khorasan, 2007-2008	Drought Stress	Naqaei et al, 2011
Birjand, South Khorasan, 2009-2010	Genotype, Drought Stress	Saberi et al, 2015
Birjand, South Khorasan, 2006-2007	Drought Stress	Hashemzahi et al, 2013
Gonabad, Razavi Khorasan, 2008-2009	Fertilizer	Mousavi and Seghatoleslami, 2011
Hamedan, Hamedan, 2010-2011	Water stress	Mousavi et al, 2014
Gonabad, Razavi Khorasan, 2009-2010	Water Regime	Komeili and Sharafi, 2015
Kermanshah, Kermanshah, 2010-2011	Drought Stress	Saedi et al, 2013
Shiraz, Fars, 2011-2013	Deficit irrigation, planting date	Tabarzad et al, 2016

Table 5. Experiments used for parameterization and evaluation of SSM* Irrigated rice

Province, Location and Year	Treatments	Reference
<hr/>		
Experiments used for parameter estimation		
Amol, mazandaran, 2010-2011	Weeding and herbicide	Mahzari et al, 2012
neka, mazandaran, 2012-2013	Genotype, Cropping Systems	Dastan et al, 2015

Amol, mazandaran, 2012-2013	Transplanting date, nitrogen fertilizer rate	Akbari and Momeni, 2015
Amol, mazandaran, 2013-2014	Transplanting Date	Esmailzadeh et al, 2016
shavour, khuzestan, 2006-2007	Genotype, planting date	Limochi et al, 2013
khui, azarbaiijangharbi, 2011-2012	Planting method	Akbarlou, 2013
Experiments used for model evaluation		
Amol,mazandaran, 2005-2006	Genotype	Bakhshipour et al, 2011
Rasht, gilan, 2003-2005	Genotype, Irrigation	Saadati et al, 2012
Rasht, gilan, 2009-2010	Genotype, Bacteria coexist	Amineldar et al, 2012
Rasht, gilan, 2006-2008	Irrigation , nitrogen fertilizer rate	Rezaie et al, 2011
Rasht, gilan, 2006-2007	Genotype, Irrigation	Rezaie et al, 2010
Experiments used for evaporate transpiration		
Rasht, gilan, 1994-1996	Genotype, crop coefficients	Poor yazdankhah, 2014
Soumeesara, gilan, 2010-2011	Genotype, crop coefficients	Modaberi et al, 2010
Rasht, gilan, 2011-2012	Genotype, crop coefficients	Pirmoradian et al, ,2013
Amol, mazandaran, 2011-2012	Evapotranspiration measurement methods	Zare et al, 2011
Experiments used for potential yield		
Amol, mazandaran, 2006-2007	Genotype	Mobasser et al, 2009
Kalatnader,khorasanrazavi, 2010-2011	Genotype	Beikzadeh, 2015
Rasht, gilan, 2009-2010	Nitrogen and Potassium fertilizer rate	Asadisanam, 2014
Rasht, gilan, 2013-2014	Genotype, nitrogen fertilizer rate	Shahbazi, 2017
Babol, mazandaran, 2001-2015	Potassium fertilizer rate	Valinezhad, 2008
Jouibar&Babol, mazandaran, 2001-2015	Genotype	Piri et al, 2016
Gilan, 2001-2015	Genotype	Dorosti, 2015
Rezvanshahr, gilan, 2007-2008	Genotype, shading	Eradatmand and jamasbi, 2002

Table 6. Experiments used for parameterization and evaluation of SSM* Irrigated maize

Province, Location and Year	Treatments	Reference
<i>Experiments used for parameter estimation</i>		
Kermanshah, Eslamabad, 2007	Planting date	Chogan and Shirkhani, 2010
Ardabil, Moghan, 2012	Hybrid	Valizadeh <i>et al.</i> , 2013
Khozestan, Ahwaz, 2004	Irrigation, Plant density, Nitrogen	Lak <i>et al</i> , 2007

Khozestan, Ahwaz, 2013	plant density, Spraying	Mirza <i>et al.</i> , 2013
Khozestan, DEZFUL (SAFIABAD), 2012	Planting date, Plant density	Mandepor <i>et al.</i> , 2014
Fars, Shiraz, 1999	Nitrogen levels, Irrigation cut	Ghadiri and Majedeyan, 2003
<i>Experiments used for model evaluation</i>		
Kermanshah, Eslamabad, 2007	Planting date	Chogan and Shirkhani, 2010
Kermanshah, Eslamabad, 2009	Nitrogen, drought strees	Jalilian <i>et al.</i> , 2014
Kermanshah, Eslamabad, 2011	Irrigation, plant density, Planting pattern	Afrasyab <i>et al.</i> , 2016
Kermanshah, Eslamabad, 2004	Planting Date, Planting pattern	Sadeghi <i>et al.</i> , 2008
Kermanshah, Kermanshah, 2011	Green fertilizers, Nitrogen	Mohammadi <i>et al.</i> , 2015
Kermanshah , Mahedasht, 2006	Weed control	Doosti <i>et al.</i> , 2011
Kermanshah, Kermanshah, 2012	Deficit irrigation	Ahmadpour <i>et al.</i> , 2017
Fars, Darab. 1998	Plant density, Nitrogen fertilizer	Bohrani and Sayedi, 2005
Fars, shiraz, 1999	Nitrogen, Irrigation cut	Ghadiri and Majidian., 2003
Fars, Fsas, 2015	Temperature changes	Rahimi Jahangirlou <i>et al.</i> , 2016
Fars, shiraz, 1998	Weed control	Fayzi <i>et al.</i> , 2010
Ardabil, Ardabil, 2007	Nitrogen fertilizer	Seyed Sharifi and Zaeefi Zadeh 2013
Khozestan, Karon, 2012	Planting date, Plant density	Mandepoor <i>et al.</i> , 2013
Khozestan, Izeh, 2008	Planting date, Cut leaveng	Moradi <i>et al.</i> , 2010
Khozestan, Ramin, 2008	Nitrogen	Mojdem and madhaj, 2012
Khozestan, Andemeshk, 2010	Herbicide	Ansarikhah <i>et al</i>
Khozestan, Ahwaz, 2009	Plant density, Spraying	Mirza <i>et al.</i> , 2013
Ghazvin, Fayzabad, 2002	Nitrogen	Hosseini Taleghani and Mostashari, 2013
Ghazvin, Fayzabad, 2002	Plant density, Planting pattern	Barkhi <i>et al.</i> , 2006
Kerman, Kerman, 2010	Deficit irrigation, Drought	Estakhroiye <i>et al.</i> , 2012
<i>Experiments used for Water requirement</i>		
Khozestan, Safiabad, 2011	Tillage	Khoramiyan <i>et al.</i> , 2011
Khozestan, Ahwaz, 2004	Irrigation	Masjedi <i>et al.</i> , 2008
Kermanshah, Shonghor, 2012	Low irrigation	Ahmadpor <i>et al.</i> , 2017
Kerman, Orzoiyeh, 2005-2007	Irrigation	Kohichelekar, 2012
Kerman, Orzoiyeh, 2010	Low irrigation	Asadi, Asadi, 2012
Kerman, Chopar, 2012-2013	Irrigation	Kohichelekar, 2014
Kerman, Kerman, 2010	Water use efficiency and harvest index	Rezaie Estakhruiyeh <i>et al.</i> , 2010
Ardabil, Moghan, 2006-2008	Irrigation, Planting pattern	Akhavan <i>et al.</i> , 2014
Ardabil, Moghan, 2004-2006	Irrigation, Subsoiler	Akhavan <i>et al.</i> , 2015
Khozestan, Safiabad, 2004	Irrigation	Azari <i>et al.</i> , 2007
Ghazvin, Ghazvin	Irrigation	Karimi <i>et al.</i> , 2015
Fars, Pasargad	Irrigation	Shahrokh Nia and Zare
Fars, Darab	Irrigation	Shahrokh Nia and Zare

Table 7. Experiments used for parameterization and evaluation of SSM* rainfed chickpea

Province, Location and Year	Treatments	Reference
Experiments used for parameter estimation		
Kermanshah., 2006	Genotypes chickpea	Farshadfar and Javadinya., 2011
Kermanshah., 2008	drought stress and N fertilizer	Shaban <i>et al.</i> , 2013

Kermanshah., 2006	cultivar and sowing date	Kebriaye et al., 2010
Kermanshah, mahydasht., 2005	Sowing Time and Cultivars	Vaghar., 2009
mashhad., 1993	Weed control	Tez Ahmadi., 1994
Lorestan., 2000	Irrigation and Plant Densities	Falah et al., 2005
Zanjan., 2002	water limitation	Shabiry et al., 2007
khurasan razavi, nishaboos., 2001	sowing dates and different irrigation regimes	Rezvani moghadam et al., 2008
Hamedan, Abasabad., 2009	Sowing Time and Cultivars	Hamzaey., 2012
Golestan, Gorgan., 1910-1997	Simulation, stress, Rainfed conditions	Drought Faraji, A., and Soltani, A. 2008
Golestan, Gorgan., 2003	Planting date and density	pourreza et al., 2008
Experiments used for model evaluation		
Kordestan., 2011	Genotypes chickpea	Kanony and Imtiaz., 2014
Arak., 2010	Irrigation and Leaf spray	Barzabadi and Farahani., 2011
systan balochestan.Saravan., 2010	sowing dates and Cultivars	Zafaranih et al., 2014
Shiraz., 2011	drought stress and planting methods	Abasloo et al., 2014
Oromyeh.,2005	Planting data and density sowing	Valimohamadi et al., 2008
Hamedan, bahar., 2005	winter and spring planting time	Majnoon hoseni and Hamzey., 2011
Kermanshah, hersin., 2011	density sowing	Chaychayan et al., 2013
Lorestan, Aleshtar., 2009	sowing dates and Cultivars	Pezeshkpoor et al., 2013
Lorestan, brogerd., 2011	density sowing and irrigation	Rezai et al., 2013
Hamedan, ekbatan., 2011	sowing dates and density sowing	Tahmasbi tale et al., 2013
Kermanshah, mahydasht., 2007	Irrigation and Cultivars	Karymi and farniya., 2009
mashhad., 1997	cold tolerance and cultivation	nezami., 1999

Table 8. Experiments used for parameterization and evaluation of SSM* irrigated bean

Province, Location and Year	Treatments	Reference
Experiments used for parameter estimation		
Arak, Markazi, 2008-2009	Genotype, Drought stress	Safapur et al, 2012
Shazand, Markazi, 2010-2011	Weed control methods	Heydari et al, 2015
Khomain, Markazi, 2006-2007	Genotype, Drought stress	Asadi et al, 2011
Rey, Tehran, 2002-2003	Genotype, plant density	Sadeghipur et al, 2004

Miane, Azarbaijan sharghi, 2004-2005	Genotype, planting date	Salehi et al, 2008
Rey, Tehran, 2000-2001	Genotype, Weeding and herbicide	Sadeghipur and ghafarikhaligh, 2005
Khoramdare, Zanjan, 2005-2007	Genotype, Rhizobium	Mehrpuyan and shiranirad, 2011
Shahrekord, Chaharmahalvabakhtiari, 2013-2014	Genotype, Low irrigation	Karimzade et al, 2017

Experiments used for model evaluation

Aligudarz, Lorestan , 2008-2009	Genotype, planting date	Rahmani et al, 2012
Shiraz, Fars, 2011-2012	Genotype, nitrogen fertilizer	Mirhashemieghdam et al, 2013
Karaj, Alborz, 2008-2010	Genotype, water deficit	Ghanbari et al, 2014
Arak, Markazi, 2013-2014	Genotype, Irrigation	Mohajerani et al, 2016
Shahrekord,, Chaharmahalvabakhtiari, 2009-2010	Genotype, Drought stress	Jamshidi et al, 2016
Khoramdare, Zanjan, 2007-2008	Genotype, planting date, Planting method	Mehrpuyan et al, 2010
Zanjan, Zanjan, 2008-2009	Genotype, planting date	Ghanbarimotlagh et al, 2012
Karaj, Alborz, 2007-2010	Genotype, water deficit	Ghanbari, 2015
Hamedan, Hamedan, 2011-2012	Genotype , water deficit	Omidi and sepehri et al, 2014
Tabriz, Azarbayjansharghi, 2006-2007	Genotype, plant density	Parvizi et al, 2011

Experiments used for Potential yield

Arak, Markazi, 2008-2009	Genotype, Drought stress	Safapur et al, 2009
Karaj, Alborz, 2010-2011	Genotype, Rhizobium	Mohamadi et al, 2011
Zanjan, Zanjan, 2003-2004	Genotype, plant density, planting date	Golchin et al, 2008

Table 9. Experiments used for parameterization and evaluation of SSM model* irrigated soybean

Province, Location and Year	Treatments	Reference
Gorgan, 2012	cultivar and plant density	Nehbandani (2013)
Gorgan, 2002	Sowing date and cultivar	Zainali et al., (2003)
Gorgan, 2006 and 2007	cultivar, plant density and planting arrangement	Raeisi and Hezarjaribim (2013)
Gorgan, 2005	Plant density	Najafi (2006)
Moghan, 2007 and 2008	Cultivar, plant density and planting date	Razmi (2010)
Sari, 2010	cultivar	Fazeli et al., (2016)

Gorgan, 2011	cultivar and planting density	Mosanaiey et al., (2015)
Gorgan, 2011	Sowing date and cultivar	Gorzin et al., (2015)
Qaem Shahr, 2010	Cultivars and planting	Namdari and Mahmoodi (2013)
Qaem Shahr, 2010	Irrigation	Akbari Nodehi (2012)
Deland, 2014	Seed inoculation and spraying	Ghanaei (2016)
Gharakhil, 2009	Cultivar, plant density and planting date	Rameeh and Aghabozorgi (2016)
Gorgan, 2011 and 2012	Irrigation	Hosseini et al., (2016)
Ardabil, 2009	Sowing date and cultivar	Mousavi and Chavoshi (2013)
Neka, 2010	Irrigation	Akbari Nodehi (2011)
Ardabil, 2013	Seed inoculation	Seyed Sharifi and Khoramdel (2015)
Gorgan, 2002	Density and plant density	Zahtab Salmasi et al., (2004)
Ardabil, 2009	Sowing date and cultivar	Mousavi and colleagues (2011)
Bielewar, 2011	Seed inoculation and nitrogen fertilizer	Zendeh and et al., (2016)
Mahmoodabad, 2016	Nitrogen fertilizer and fertilizer	Mahmoudi and Zakypour (2016)
Ardabil, 2011	Seed inoculation and nitrogen fertilizer	Seyedi and Seyed Sharifi (2013)
Sari, 2002	Irrigation	Qajar Sepanlou and Bahmanir (2004)
Sari, 2011	Sowing date and cultivar	Ghanbari-Malidarreh et al., (2015)
Qaem Shahr, 2008	Intercropping	Namardi et al., (2010)
Babolsar, 2001	Potassium and Zinc levels	Habibzadeh et al., (2003)
Ardabil, 2013	Inoculation of seed and spraying	Seyed Sharifi (2015)
Gorgan, 2011 and 2012	Irrigation	Faraji (2016)

Table 10. Experiments used for parameterization and evaluation of SSM model* irrigated cotton

Province, Location and Year	Treatments	Reference
Experiments used for parameter estimation		
Esfahan, Esfahan, 2005-2007	Irrigation	Dehqani et al., 2014
Khorasan Rzavi, Kashmar, 2004-2005	plastic mulch	Afshar et al., 2013
Semnan, Garmsar, 2014-2015	water deficit stress	Naderi arefi et al., 2016
Semnan, Garmsar, 2012-2013	Seed Cotton Yield	Naderi arefi & Hamidi., 2014
Esfahan, Esfahan, 2008	irrigation water salinity	Dehqani et al., 2013
Gorgan, Gorgan, 2013	Typical and very low row space	Monian ardestani., 2013
Gorgan, Gorgan, 2000	planting date	Akram ghaderi et al., 2003
Gorgan, Gorgan, 2000	planting date	Akram ghaderi et al., 2002
Experiments used for model evaluation		
Esfahan, Esfahan, 2008-2009	irrigation water salinity	Jafar aghae & jalali., 2012
Esfahan, Esfahan, 2006-2007	low irrigation	Jafar aghae & jalali., 2012
Semnan, Garmsar, 2011-2012	planting date and irrigation	Naderi arefi & abedini esfehlani., 2013
Gorgan, Gorgan, 1998	Irrigation	Fardad & zighamigol., 2005
Gorgan, Gorgan, 2011	Typical and very low row space	Ghaderifar et al., 2012
Khorasan Rzavi, Kashmar, 2007-2008	nitrogen and irrigation water	Zabihi et al., 2013
Esfahan, Esfahan, 2005-2006	densities	Jafar aghae & hoshang jalali., 2014
Gorgan, Gorgan, 2012	soil salinity	Roshani et al., 2014
Khorasan Rzavi, Kashmar, 2008-2009	spraying food elements	Norihosini et al., 2014
Gorgan, Kordkoy, 2009,2010,2011	reaction of cotton dwarfs	Ghajari et al., 2014
Gorgan, Gorgan, 2013	varieties	Entesari et al., 2015
Gorgan, Kordkoy, 2012,2013	nitrogen and row space	Ghajari et al., 2016
Fars, Darab, 2010-2011	Irrigation	Haghighat nia et al., 2016

Table 11. Experiments used for parameterization and evaluation of SSM* irrigated canola

Province, Location and Year	Treatments	Reference
Experiments used for parameter estimation		
Moghan, Ardebil, 2006	planting date	Razmi et al. 2009
Moghan, Ardebil, 2010	Phenology, physiology	Soleyman zade et al, 2012
Arak, Markazi, 2008	Genotype	Khatamian et al, 2011
Orumieh, Azarbaijan gharbi, 2000	Genotype	Valadiani and Tajbakhsh, 2007
Ahwaz, Khozestan, 2005-2006-2007	planting date	Khayat et al, 2011
Eslamabad, Kermanshah. 2005	Genotype	Siahbidi and rezaizad, 2012
Gorgan,Golestan, 2007	planting date	Abadian et al, 2012
Gorgan,Golestan, 2007	planting date	Bagheri and safahani, 2010
Gonbad, Golestan, 2000	Seed quantity, Row spacing	Faraji, 2004
Sari, Mazandaran, 2008	planting date, nitrogen fertilizer	Pashakolayi et al, 2011
Neka, Mazandaran, 2007	planting date, nitrogen fertilizer	Pashakolayi et al, 2008
Baye, Mazandaran, 2006	planting date	Rameeh, 2014
Experiments used for model evaluation		
Zarghan, Fars, 2010	water regime	Niazi, 2006
Hamedan, Hamedan, 2007	Irrigation method	Mazaheri et al, 2011
Arak, Markazi, 2008	Genotype	Mostafavi Rad et al, 2011
Arak, Markazi, 2008	planting date	Mostafavi Rad et al, 2012
Mashhad, khorasan razavi, 2006	Genotype	Ghani zade and Azizi,2009
Ahwaz, Khozestan, 2007	Genotype, Drought stress	Ahmadi et al, 2015
DEZFUL (SAFIABAD) . Khozestan, 2011	Nitrogen fertilizer	Nouriani, 2015
Qazvin, Qazvin, 2008	Planting date, Irrigation method	Varse et al, 2010
Gorgan,Golestan, 2009	Nitrogen fertilizer	Behdadian et al,2012
Gorgan,Golestan, 2010	Planting date	Faraji, 2016
Gorgan,Golestan, 2010	Growth stimulating bacteria	Faraji, 2013
Gorgan,Golestan, 2005	Genotype	Langrudi et al, 2007
Neka, Mazandaran, 2008	Seed quantity	Sina and Ramie, 2011
Khoramabad, Lorestan, 2008	Micronutrients	Azizi et al, 2011
Miandoab, azarbaijan gharbi, 2004	Genotype	Akhondi et al, 2009
Eslamabad, Kermanshah. 2009	Genotype	Jafari et al, 2014
Eslamabad, Kermanshah. 2009	Planting date	Zarei Siahbidi ans Rezai Zad, 2013
Experiments used for Water requirement		
Esfahan, Esfahan. 2000	Irrigation method	Haghighat, 2000
Fars, Shiraz. 2008	Drought stress	Henr et al. 2013
Qazvn, Qazvin. 2009	Determination of evapotranspiration potential	Ebrahimi pak. 2009
Kermansha, Kermansha. 2014	Determination of evapotranspiration	Ghamarniya, 2016

West Azerbaijan, orumie. 2004

Water requirements

Razavi, 2010

Hormozgan, Hajiabadm. 2005

Water requirements

Moradi,2005

Gorgan, Golestan, 2005

irrigation&date

Faraji, 2005

Table 12. Experiments used for parameterization and evaluation of SSM* rainfed canola

Province, Location and Year	Treatments	Reference
Experiments used for parameter estimation		
Moghan, Ardebil, 2006	planting date	Razmi et al. 2009
Moghan, Ardebil, 2010	Phenology, physiology	Soleyman zade et al, 2012
Arak, Markazi, 2008	Genotype	Khatamian et al, 2011
Orumieh, Azarbaijan gharbi, 2000	Genotype	Valadiani and Tajbakhsh, 2007
Ahwaz, Khozestan, 2005-2006-2007	planting date	Khayat et al, 2011
Eslamabad, Kermanshah. 2005	Genotype	Siahbidi and rezaizad, 2012
Gorgan,Golestan, 2007	planting date	Abadian et al, 2012
Gorgan,Golestan, 2007	planting date	Bagheri and Safahani, 2010
Gonbad, Golestan, 2000	Seed quantity, Row spacing	Faraji, 2004
Sari, Mazandaran, 2008	planting date, nitrogen fertilizer	Pashakolayi et al, 2011
Neka, Mazandaran, 2007	planting date, nitrogen fertilizer	Pashakolayi et al, 2008
Baye, Mazandaran, 2006	planting date	Rameeh, 2014
Experiments used for model evaluation		
Zarghan, Fars, 2010	water regime	Niazi, 2006
Hamedan, Hamedan, 2007	Irrigation method	Mazaheri et al, 2011
Arak, Markazi, 2008	Genotype	Mostafavi Rad et al, 2011
Arak, Markazi, 2008	planting date	Mostafavi Rad et al, 2012
Mashhad, khorasan razavi, 2006	Genotype	Ghani zade and Azizi,2009
Ahwaz, Khozestan, 2007	Genotype, Drought stress	Ahmadi et al, 2015
Dezful. Khozestan, 2011	Nitrogen fertilizer	Nouriani, 2015
Qazvin, Qazvin, 2008	Planting date, Irrigation method	Varse et al, 2010
Gorgan,Golestan, 2009	Nitrogen fertilizer	Behdadian et al,2012
Gorgan,Golestan, 2010	Planting date	Faraji, 2016
Gorgan,Golestan, 2010	Growth stimulating bacteria	Faraji, 2013
Gorgan,Golestan, 2005	Genotype	Langrudi et al, 2007
Neka, Mazandaran, 2008	Seed quantity	Sina and Ramie, 2011
Khoramabad, Lorestan, 2008	Micronutrients	Azizi et al, 2011
Miandoab, azarbaijan gharbi, 2004	Genotype	Akhondi et al, 2009
Eslamabad, Kermanshah. 2009	Genotype	Jafari et al, 2014 Zarei Siahbidi ans Rezai Zad, 2013
Eslamabad, Kermanshah. 2009	Planting date	
Experiments used for Water requirement		
Esfahan, Esfahan. 2000	Irrigation method	Haghighat, 2000
Fars, Shiraz. 2008	Drought stress	Henr et al. 2013
Qazvn, Qazvin. 2009	Determination of evapotranspiration potential	Ebrahimi pak. 2009
Kermansha, Kermansha. 2014	Determination of evapotranspiration	Ghamarniya, 2016

West Azerbaijan, orumie. 2004	Water requirements	Razavi, 2010
Hormozgan, Hajiabadm. 2005	Water requirements	Moradi,2005
Golestan, Gorgan, 2005	irrigation&date	Faraji, 2005

Table 13. Experiments used for parameterization and evaluation of SSM* irrigated potato

Province, Location and Year	Treatments	Reference
Experiments used for parameter estimation		
Ardabil, Ardabil, 2004	Planting density	Jam et al., 2015
Esfahan, Esfahan, 2011	Irrigation	Baghani et al., 2012
Esfahan, Esfahan, 2008	Nitrogen fertilizer	Jalali and Salehi, 2015
Keramn and Alborz, Jiroft and Karaj, 2009-2010	Weed control	Mamnoei et al., 2016
Esfahan, Esfahan, 2010	Genotype	Ranjbar et al., 2013
Chahar Mahall and Bakhtiari, Shahrekord, 2012-2013	Irrigation	Naderi et al., 2016
Chahar Mahall and Bakhtiari, Shahrekord, 2013	Nitrogen fertilizer rate	Bagheri et al., 2016
Korasan Rzavi, Mashhad, 2006	Potato corn intercropping	Hossein panahi et al., 2009
Kerman, Kerman, 2002	Irrigation	Sabbah and Ghaffari Nejad, 2008
Kerman, Kerma, 2013	Sowing date, modeling	Nikzad et al., 2015
Hamedan, Hamedan, 2002	Genotype	Parvizi, 2008
Experiments used for model evaluation		
Markazi, Arak, 2009	Irrigation	Madani et al., 2010
Ardabil, Ardabil, 2011	Weed management	Amini et al., 2015
West Azarbaijan, Oroumyeh, 2008	Irrigation	Masoudi et al., 2010
Este Azarbaijan, MARAGHEH, 2006	Irrigation, planting depth	Nasrollahzadeh Asl and Sedaghat, 2015
Chahar Mahall and Bakhtiari, Shahrekord, 2013	Genotype, Irrigation	Haghighati et al., 2016
Kermanshah, Kermanshah, 2009	Fertilizer	Rostami Ajirloo et al., 2012
Hamedan, Hamedan, 1999	Nitrogen fertilizer rate	Yazdandoost Hamedani, 2003
Hamedan, Hamedan, 2002	Cover crops	Aboutalebian and Mazaheri, 2011
Hamedan, Hamedan, 2011	Cover crops, planting system	Ahmadvand and HajiNia, 2015
Experiments used for Water requirement		
Korasan Rzavi, Mashhad, 2009	Irrigation, water use efficiency	Eskanderi et al., 2008
Korasan Rzavi, Mashhad, 2009	Irrigation, fertilizer	potassium Sobhani and Hamidi, 2014
Chahar Mahall and Bakhtiari, Shahrekord, 2012-2013	Planting irrigation pattern,	Baghani et al., 2007
Chahar Mahall and Bakhtiari, Shahrekord, 2012-2013	Irrigation	Naderi et al., 2016
Hamedan, Hamedan, 2009	Irrigation	GhadamiFirouzabadi and Parvizi, 2010
Ardabil, Ardabil, 2004	Irrigation	Bagheri et al., 2016

Table 14. Experiments used for parameterization and evaluation of SSM* irrigated sugar beet

-Province, Location and Year	Treatments	Reference
Experiments used for parameter estimation		
West Azarbayjan, Miandoab, 2002	Irrigation and data harvest	Sohrabi et al., 2005
Razavi Khorasan, Jovein, 2000	Nitrogen fertilizer and data harvest	Yousefabai and Abdollahian-Noghabi, 2011
Razavi Khorasan, Mashhad, 2010	virus	Rezaei et al., 2015
Razavi Khorasan, Mashhad, 2005	timing and intensity of defoliation	Kamandi et al., 2008
Razavi Khorasan, Mashhad, 2006	solid waste compost and sulfur	Ghiamati et al., 2009
Razavi Khorasan, Mashhad, 1997	Plant density and technological maturity	Bayat et al., 2001
Razavi Khorasan, Fariman, 2013	Application of Glycine, Tufool and Salicylic Acid	Kheirkhah et al., 2016
Kermanshah, Kermanshah, 2007	Water relations	Ghamarnia et al., 2009
Kermanshah, Kermanshah, 1999	Deficit irrigation	Jalilian et al., 2001
Kermanshah, Kermanshah, 2005	irrigation cut- off time	Basati et al., 2009
Fars, Shiraz, 2003	Water use efficiency	Ghaemi et al., 2008
Fars, Shiraz, 2006	Deficit Irrigation	Ghaemi1 and S Sadri, 2011
Fars, Shiraz, 2006	Deficit Irrigation	Ghaemi1 and S Sadri, 2011
Hamedan, Hamedan, 2005	Determination of Water Deficit Sensibility	Rezvani et al, 2010
Hamedan, Nahavand, 2013	Intercropping	Khazaie, 2014
Hamedan, Hamedan, 1998	Determination of favorite harvesting	Ebrahimi koulaei, 2002
Hamedan, Hamedan, 2003	Irrigation systems	Mrzaie and Ghadami Firouzabadi, 2007
Hamedan, Hamedan, 2003	Growth pattern	Mrzaie and Abdlhian Noghabi, 2011
Experiments used for model evaluation		
Alborz, Karaj, 2008	Organic Fertilizer and NUE	noshad et al., 2014
Alborz, Karaj, 2010	sowing pattern and Irrigation systems	mohammadian and Sadre ghaen, 2012
Alborz, Karaj, 2006	sowing date and plant density	Vafadar., et al 2008
West Azarbayjan, Miandoab, 2002	ub-soiling and different levels of irrigation	Mohammadi Mazraeh and Noorju 2009
Razavi Khorasan, Chenaran, 2007	Variety and delayed planting	Sadr Abadi et al., 2011
Razavi Khorasan, Mashhad, 2005	RUE	Parsa et al., 2007
Ardebil, Moghan, 1994	Farmyard manure	Pustini and Najafi Nejad, 1997
Ardebil, Moghan, 1993	Farmyard manure	Pustini and Najafi Nejad, 1997
Fars, Shiraz, 1996	Nitrogen and irrigation	Asad et al., 1999
Fars, Shiraz, 1997	Nitrogen and irrigation	Asad et al., 1999
Hamedan, Razan, 2013	Nitrogen and deficit Irrigation	jovzi and Abiyaneh, 2015
Experiments used for Water requirement		
Hamedan, Hamedan, 2003	Irrigation systems	Mrzaie and Ghadami Firouzabadi, 2007

Table 15. Experiments used for parameterization and evaluation of SSM* Irrigated silage maize

Province, Location and Year	Treatments	Reference
Sistan and Baluchestan, Zabol, 2008	Intercropping	Dahmardeh et al. (2012)
Qazvin, Qazvin, 2001	Full and deficit irrigation	Rahimikhoob and Sotoodehnia (2014)
Isfahan, Jey and Qahab, 2012	Fertilizer	Ghorbanian et al. (2016)
East Azerbaijan, Tabriz, 2006-2007	Intercropping	Javanmard and Eskandari (2014)
Alborz, Karaj, 2012-2013	Fertilizer and Different Moisture Regimes	Ramezani et al. (2014)
Markazi, Arak, 2005	Fertilizer	Illakaei et al. (2014)
East Azerbaijan, Tabriz, 2011	Fertilizer and Intercropping	Najafi and Mostafae (2015)
Guilan, Rasht, 2011	Fertilizer	Ghochi et al (2015)
Ardabil, Ardabil, 2012	Intercropping	Babaei Ghaghelestany et al (2015)
Fars, Marvdasht, 2013	Density and Sowing Date	Moshaver et al (2016)
Mazandaran, Gharakhil, 2000	Density and Sowing Date	Haddadi and Mohseni (2006)
East Azerbaijan, Bonab, 2010	Density and Sowing Date	Aliloo et al. (2012)

Table 16. Experiments used for parameterization and evaluation of SSM* Rainfed lentil

Province, Location and Year	Treatments	Reference
Sistan and Baluchestan, Zabol, 1997	Sowing date and nitrogen rate	Nakhzari Moghaddam and Ramroodi (2003)
Lorestan, Khoramabad, 2005	Sowing date and cultivar	Mousavi and Ahmadi (2008)
Sistan and Baluchestan, Zabol, 2005	Sowing date	Ramroodi et al. (2008)
Alborz, Karaj, 2001	Cultivar	Yazdi samadi et al (2004)
Nothern Khorasan, Shirvan, 2002-2004	Density	Mahmoudi (2006)
Golestan, Gonbad, 2009	Fertilizer	Nakhzari Moghaddam et al (2011)
Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad, Basht, 2010	Cultivar and density	Pourtaheri et al (2012)
Alborz, Karaj, 2008	Density	Malek Maleki, et al (2013)
Razavi Khorasan, Mashhad, 2009	Supplementary Irrigation	Hosseini et al. (2011)
Lorestan, Khoramabad, 2009	Fertilizer	Ahmadi Fard et al. (2011)
Chaharmahal and Bakhtiari, Shahrekord, 2007	Cultivar	Tadayyon et al (2011)
Razavi Khorasan, Mashhad, 2009	Irrigation	Hosseini et al. (2013)

Table 17. Experiments used for parameterization and evaluation of SSM Alfalafa and clover

Province, Location and Year	Treatments	Reference
Alborz,, Karaj, 2002	Sowing date, Cultivar	Pourtaghi et al. (2005)
Khoozestan, Dezfool, 2007	Irrigation	Khorramian et al. (2012)
Alborz,, Karaj, 2008 and 2009	Cultivar	Mofidian et al. (2013)
Khoozestan, Ahwaz, 2012	Cultivar	Behnamfar et al (2014)
Other rgeions of the country	Potential conditin	Gathered the data by the questionnaire filled by the expertes over the country

Table 18. Experiments used for parameterization and evaluation of SSM Sesame

Province, Location and Year	Treatments	Reference
Khoozestan, Dezfool, 2005	Irrigation, Cultivar	Shokoohfar et al. (2013)
Kerman, Kerman, 2009	Cultivar	Farahbakhsh and Farahbakhsh (2015)
Bushehr, Bushehr, 2007	Cultivar	Ahmadi and Bohrani (2009)
Khorasan razavi, Mashhad, 2010-2011	Fertilizer	Jahan et al (2013)
Khuzesta, Omidieh, 2013	Fertilizer, Cultivar	Haghanian et al. (2016)
Other rgeions of the country	Potential conditin	Gathered the data by the questionnaire filled by the expertes over the country

Experiments used for parameterization and evaluation of SSM Sunflower

Province, Location and Year	Treatments	Reference
Semnan, Shahrood, 2010	Sowing date	Shafieipour et al. (2011)
West Azarbayjan, Khoy, 2009	Sowing date	Moradi aghdam et al. (2011)
Tehran, Tehran, 2007	Cultivar	Akbari et al. (2009)
Esfahan, Kabootarabad, 2009	Cultivar	Emami Bistgani et al, (2012)
Khuzestan, Shooshtar, 2009	Fertilizer, Cultivar	Banisaeydi, (2012)
West Azarbayjan, Khoy, 2007-2008	Density, Fertilizer	Gholinezhad et al. (2012)
Other rgeions of the country	Potential conditin	Gathered the data by the questionnaire filled by the expertes over the country

Table 19. Experiments used for parameterization and evaluation of SSM Onion

Province, Location and Year	Treatments	Reference
-----------------------------	------------	-----------

Esfahan, Esfahan, 2002	Cultivar	Mansouri et al. (2008)
East Azarbayjan, Malakan, 2013	Fertilizer	Rezayi Ghyasi et al. (2017)
Khorasan razavi, Neyshaboor, 2007, 2008	Irrigation	Rasteghar and Baghani (2012)
Khorasan razavi, Neyshaboor, 2005, 2006	Irrigation, Cultivar	Baghani (2012)
Kerman, Jiroft, 2011	Fertilizer	Mahmoodabadi et al. (2013)
Khorasan razavi, Neyshaboor, 2004, 2005, 2006	Irrigation	Baghani et al. (2012)
Other rgeions of the country	Potential conditin	Gathered the data by the questionnaire filled by the expertes over the country

Table 20. Experiments used for parameterization and evaluation of SSM Tomato

Province, Location and Year	Treatments	Reference
Tehran, Tehran, 2004	Irrigation	Golkar et al. (2009)
Khorasan razavi, Torog, 2010	Cultivar	Khazaei and Zare (2013)
Tehran, Varamin, 2000	Irrigation	Sadreghaen et al. (2010)
Other rgeions of the country	Potential conditin	Gathered the data by the questionnaire filled by the expertes over the country

Table 21. Experiments used for parameterization and evaluation of SSM Melons

Province, Location and Year	Treatments	Reference
Alborz, Karaj, 2009	Irrigation, Cultivar	Barzegar et al. (2011)
Zanjan, Zanjan, 2013	Fertilizer	Eliyasi Moghaddam et al. (2015)
Tehran, Varamin, 2007, 2008	Cultivar, Density	Jafari and Jalali (2016)
Other rgeions of the country	Potential conditin	Gathered the data by the questionnaire filled by the expertes over the country

Table 22. Data used for parameterization and evaluation of SSM Tree plants (<https://amar.maj.ir>, 2008).

Province Location and Year*	Province Location and Year*
Almond	Olive
West Azarbaijan, Orumiyeh	Zanjan, Abbar
East Azarbaijan, Maragheh	Semnan, Shahrud
Chaharmahal-Bakhtiari, Lordegan	Fars, Fasa
Razavi Khorasan, Sarakhs	Qazvin, Qazvin
Esfahan, Shahreza	Golestan, Kalaleh
Fars, Safashahr	Giulan, Rasht
Kerman, Kerman	Peach
Markazi, Komijan	West Azarbaijan, Orumiyeh
South Khorasan, Birjand	East Azarbaijan, Maragheh
Yazd, Gariz	Chaharmahal-Bakhtiari, Brojan
Markazi, Arak	Ardabil, Germe
Hamedan, Malayer	Alborz, Karaj
Apple	Fars, Eqlid
Ardabil, Germe	Tehran, Tehran
Esfahan, Airport	Qazvin, Qazvin
East Azarbaijan, Maragheh	Kermanshah, Sarpolzahab
West Azarbaijan, Mahabad	Golestan, Gorgan
Tehran, Abali	Markazi, Arak
Razavi Khorasan, Golmakan	Hamedan, Malayer
Zanjan, Mahneshan	Mazandaran, Gharakhil
Fars, Eqlid	Loresatn, Aligudarz
Kohkilooye-Boyerahmad, Yasuj	Mazandaran, Amirabad
Hamedan, Malayer	Pistachio
Apricot and Plum	South Khorasan, Boshruyeh
Semnan, Shahrud	Razavi Khorasan, Sabzevar
Alborz, Karaj	Semnan, Shahrud
Semnan, Garmsar	Fars, Shiraz
Kerman, Jiroft	Kerman, Kerman
Hormozgan, Hajiabad	Yazd, Yazd
Fars, Lar	Pomeogranate
Mazandaran, Gharakhil	Esfahan, Esfahan
East Azarbaijan, Tabriz	South Khorasan, Birjand
Razavi Khorasan, Mashhad	Razavi Khorasan, Sarakhs
Qazvin, Qazvin	Semnan, Shahrud
East Azarbaijan, Ahar	Fars, Shiraz
Razavi Khorasan, Mashhad	Qom, Qom
Qazvin, Qazvin	Loresatn, Aligudarz
East Azarbaijan, Ahar	Markazi, Komijan
Citrus	Yazd, Yazd
Kerman, Jiroft	Walnut
Hormozgan, Hajiabad	Razavi Khorasan, Mashhad
Fars, Lar	Esfahan, Esfahan
Mazandaran, Gharakhil	Fars, Eqlid
East Azarbaijan, Tabriz	Kerman, Kerman
Razavi Khorasan, Mashhad	Kerman, Sharbabak

Qazvin, Qazvin
Mazandaran, Sari
Date
Kerman, Jiroft
Hormozgan, Rudan
Bushehr, Bushehr
Fars, Sepidan
Khoozestan, Ahvaz
Sistan and Baluchestan, Saravan

Grape

Esfahan, Samirom
East Azarbaijan, Tabriz
West Azarbaijan, Orumiyeh
Tehran, Tehran
Razavi Khorasan, Torbate-e-Jam
North Khorasan, Bojnord
Qazvin, Qazvin
Kermanshah, Songor
Razavi Khorasan, Shahrud
Fars, Sepidan
Markazi, Komijan

Qazvin, Qazvin
Zanjan, Khodabandeh
Markazi, Arak
Hamedan, Malayer
Loresatn, Aligudarz
Kermanshah, Kermanshah
Kordestan, Marivan
Kohkilooye-Boyerahmad, Yasuj

منابع

Abadian, A., Latifi, N., Kamkar, B., & Bagheri, M. (2012). The effect of late sowing date and plant density on quantitative and qualitative characteristics of Canola (RGS-003) in Gorgan. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*.15(5). (In Persian)

Abasluo1, L., Kazemeini, S.A. and Edalat, M. 2014. Effects of drought stress and planting methods on yield and yield components of two chickpeas (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Iranian Journal of Pulses Research*, Vol. 5, No. 1, p. 79-90.

Abdollahi, A., 2015. Study on effect of seed density and planting date on yield and yield components of bread wheat in dry land conditions. *Iran Dryland Agric. J.* 4, 92-115.

Abdollahi, A., 2015. Study on effect of seed density and planting date on yield and yield components of bread wheat in dry land conditions. *Iran Dryland Agric. J.* 4, 92-115.

Abdolreza, S. A., Bakhshande, A. M., & gharine, M.H. (2015). Evaluation of physiological characteristics and yield of canola cultivars under drought stress conditions of the season in Ahwaz climate. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 13(1):71-80. (In Persian)

Aboutalebian, M. A., & Mazaheri, D. (2011). The combined effect of soil cover on weed control and yield of potato yield. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 43 (2): 255-264. (In Persian)

Afrasiab, P., Delbari, M., Jafari, H. 2016. Effect of different levels of irrigation, planting density, planting pattern in drip irrigation on yield, yield components and water use efficiency of corn. *Iranian Journal of Soil and Water Research*. 47 (4): 731-741.

Afshar, H., Sedre qain, S.H., & Mehr abadi, H.R. (2013). Evaluation of Application of Plastic Mulch on Water Used and Seed Cotton Yield. *Journal of Water and Soil*, 26(6): 1421-1427. (In Persian).

Agriculture and natural resources extension office. 2017. Special issue of 1st national festival of Iranian agriculture and the 31rd session of selection., introduction and honouring of national agriculture exemplaries. Agricultural research, education and extension organization (AREEO), Tehran, 2 january 2017.

Ahmadi Fard, M., Azizi, Kh., Ismaili, A., Heydari, S. and Daraei Mofrad, A. 2011. The effects of different fertilization methods on seed yield and yield components of lentil under Khorramabad climatic condition. *Journal of Crop Science*. 4 (4): 1-14.

Ahmadi, A., Hosseinpour, T., Soltani, M. 2014. Effects of seed density on the yield and its components of three genotypes of rainfed barley. *Agronomy Journal*. 102: 131-140. (in Persian)

Ahmadi, Gh. 1994. Critical Period of Combating Weeds in Drought Chickpea in Kermanshah Province. Mashhad Ferdowsi University. Master's Degree in Agriculture

Ahmadi, J., Khatibi, M., Amirshakari, H., AminiDehagi, M., 2011. Evaluation of the effective morpho-physiological indices on the yield of spring wheat (*Triticumaestivum*L.) using multivariate statistical methods. *Agron. Sci. J.* 4, 55- 66.

Ahmadi, J., Khatibi, M., Amirshakari, H., AminiDehagi, M., 2011. Evaluation of the effective morpho-physiological indices on the yield of spring wheat (*Triticumaestivum*L.) using multivariate statistical methods. *Agron. Sci. J.* 4, 55- 66.

Ahmadi, M., and Bohrani M.J. 2009. Effect of nitrogen fertilizer on yield and yield components of three sesame cultivars in bushehr province. *water and soil science*. 13: 123-131. (in the Persian)

Ahmadi, M., Kamkar, B., Soltani, A., Zeynali, E. and Arabameri, R. 2010. The effect of planting date on duration of phenological phases in wheat cultivars and its relation with grain yield. *J. of Plant Production*, Vol. 17(2): 109-122.

Ahmadi, M., Kamkar, B., Soltani, A., Zeynali, E. and Arabameri, R. 2010. The effect of planting date on duration of phenological phases in wheat cultivars and its relation with grain yield. *J. of Plant Production*, Vol. 17(2): 109-122.

Ahmadpour, A., Farhadi Bansouleh, B. and Ghobadi, M. 2017. .effects of deficit irrigation on growth trend , quantity and quality characteristics of maize in Kermanshah. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*. 6(2): 100-111.

Ahmadvand, G., & Haji Nia, S. (2015). Effect of cover plant and different tillage systems on physical properties of soil and yield of potato. *Electronic Journal of Crop Production*, 8 (4): 163-182. (In Persian)

Akavan, K., Shiri, M. R. and Kazemi Azar, F. 2014. Effect of trickle irrigation amount and planting arrangement on corn. *Journal of Water Research in Agriculture*. 28(1): 97-105.

Akbari Nodehi, D. 2011. Evaluating soybean response to water stress at different growth stages in Mazandaran province. *Water and soil conservation*. 1 (1): 53-61.

Akbari Nodehi, D. 2012. Effect of Drought Stress in Different Growth Stages on Soybean Soybean Water Use Performance and Efficiency in Mazandaran. *Knowledge of agriculture and sustainable production*. 22 (1): 13-23.

Akbari, P., Ghalavand, A., and Modarres Sanavy, S.A.M. 2009. Effects of different nutrition systems and biofertilizer (PGPR) on phenology period yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Electronical journal of crop production*. 2: 119-134. (in the Persian)

Akbari, R. and Momeni, A. 2015. Study of optimum transplanting date and nitrogen application in a double-cropping system of rice (*Oryza sativa* L.) for 'Kuhsaar' Cultivar in Mazandaran *Journal of Crop Production*, Vol. 8 (2): 195-207. (In Farsi)

Akbarlou, R. 2013. EFFECT OF POTASSIUM AND PLANTING METHOD ON YIELD AND SOME AGRONOMICAL TRAITS OF LOCAL VARIETY OF ROUND-GRAIN RICE IN KHOY. *Journal of RESEARCH IN CROP SCIENCES*. 5(19): 1-14. (In Farsi)

Akhavan, K., Shiri, M. R, AdelZadeh, R. 2015. The effects of sub soiling and irrigation regimes on yield and yield components of maize. *Applied Field Crop Research*. 28 (4): 19-27.

- Akhundi, N., Roshdi, M., Hasan Zade Ghurt Tape, A., Ranji, H. (2009). Study of yield and yield components of canola (*Brassica napus* L.) genotypes in Miandoab region. *Journal of Agricultural Research*. 1 (4). (In Persian)
- Akram ghaderi, F., Latifi, N., & Rezaee, J. (2002). Effect of planting date on yield and yield components of three cotton cultivars in Gorgan. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 9(2): 81-93. (In Persian).
- Akram ghaderi, F., Latifi, N., Rezaee, J., & Soltani, A. (2003). Effect of planting date on phenology and morphology of three cotton cultivars in Gorgan. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 34(1): 221-230. (In Persian).
- Alazmani, A. 2014. Effect of Nitrogen Fertilizer on Feed and Grain Yield of Barley Cultivar. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*. 8(11): 2013-2015.
- Aliloo, A., Fathi Goshgye, H. and Mohammadi, E. 2012. The Effect of Sowing Date and Plant Density on Morphology, Phenology and Yield Variables of Maize Hybrids in Bonab Region. *JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE*. 22 (2): 2-15.
- Amidzade, J., Naderi, A., Siadat, A., 2010. correlation phenologic and Physiological with yield and grain components in irrigated wheat in sought Khozestan. *J. Agric Res*. 2, 33-42.
- Amidzade, J., Naderi, A., Siadat, A., 2010. correlation phenologic and Physiological with yield and grain components in irrigated wheat in sought Khozestan. *J. Agric Res*. 2, 33-42.
- Amindeldar, Z. and Ehteshami, M. R. 2012. The effects of different strains of *Pseudomonas* on uptake efficiency, yield and yield components of rice. *Journal of Plant Process and Function*, Vol. 1(2): 73-85. (In Farsi)
- Amini, A., Naderi, A., Lakzadeh, I., 2011. Investigation of Phonological Stages and Grain Yield of Mid Maturity Wheat Genotypes in Response to Different Growth Degree – Day (GDD) accumulation in Ahvaz Climate. *The quarterly Academic J. Crop Physiology*. 10, 121-135.
- Amini, A., Naderi, A., Lakzadeh, I., 2011. Investigation of Phonological Stages and Grain Yield of Mid Maturity Wheat Genotypes in Response to Different Growth Degree – Day (GDD) accumulation in Ahvaz Climate. *The quarterly Academic J. Crop Physiology*. 10, 121-135.
- Amini, R. A., Dabakh mohamadi nasab, A., & Ghorbani Fal, S. (2015). Use of physical, agronomic and chemical methods in the management of potato weed. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, 25(4): 105-118. (in Farsi)
- Andarzian, B., Bakhshandeh, A.M., Bannayan, M., Emam, Y., 2008. Evaluation of the CERES-wheat model in Ahvaz condition. *Iran Agric. Res*. 6, 11-22.
- Andarzian, B., Bakhshandeh, A.M., Bannayan, M., Emam, Y., 2008. Evaluation of the CERES-wheat model in Ahvaz condition. *Iran Agric. Res*. 6, 11-22.
- Ansari Maleki, Y., Jafarzadeh, J., Vaezi, B., Hosseinpour, T., Ghasemi, M. 2009. Study on Adaptability and Grain Yield Stability of Barley Genotypes in Warm Rainfed Areas. *Seed and Plant Breeding*. 25(1): 297-313. (in Persian)
- Ansari, H., SaJAHROMian, M., Takarli, A., Bayram, M. 2014. Determining Optimum Irrigation Depth for Wheat and Tomato Crops Using Aquacrop Model (A case study in Mashhad). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 8(1): 86-95.
- Ansari, H., Salarian, M., Takarli, A., Bayram, M. 2014. Determining Optimum Irrigation Depth for Wheat and Tomato Crops Using Aquacrop Model (A case study in Mashhad). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 8(1): 86-95.
- Arabameri, R., Soltani, A., Kamkar, B., Zainali, E., Khavari, F., 2010. Determination parameters simulation yield by harvest index in wheat. *J. Plant Production*, 17(2). 137- 150.

- Arabameri, R., Soltani, A., Kamkar, B., Zainali, E., Khavari, F., 2010. Determination parameters simulation yield by harvest index in wheat. *J. Plant Production*, 17(2). 137- 150.
- Asad, M. T. Kheradnam, A. A. Kamkar Haghghi, A. Karimian, N. A. Farsinejad, K. 2000. Sugar beet response to N and irrigation levels and time of N application. *Irania J. Agric.Sci.* Vol. 31, No. 3. P:427-443.(In Persian).
- Asadi, B., Dori, H.R.&Ghadiri, A. (2011). Evaluation of chitti bean genotypes to drought stress using stress tolerance indices. *Seed and Plant Improment Journal.* 1-27 (4): 615-630. (In Persian)
- Asadi, R. and Asadi, R. 2012. Effect of deficit irrigation on yield, yield components, and water use efficiency of corn under drip irrigation. *Iranian Journal of Water Research in Agriculture.* 26(2):198-209.
- Asadisanam, S., Zavareh, M., ShokriVahed, H. and ShahinRokhsar, P. 2014. Effect of foliar supplements of nitrogen and potassium on yield and yield components of hybrid rice (*Oryza sativa* cv. Daylam).*Journal of Agriculture.* 16(3): 693-706. (In Farsi)
- Aslani, P., Faramarzi, A., KamelSheykh-Rajeh, M., Bagheri, H., 2012. Evaluation of agronomic traits and yield of wheat promising genotypes in Zanjan region. *J. Plant Prod.* 19, 1- 16.
- Aslani, P., Faramarzi, A., KamelSheykh-Rajeh, M., Bagheri, H., 2012. Evaluation of agronomic traits and yield of wheat promising genotypes in Zanjan region. *J. Plant Prod.* 19, 1- 16.
- Azari, A., Boromand Nasab S., Behzad, M. and Moayeri, M. 2007. Study of corn yield in T-Tape irrigation method. *Scientific Journal of Agriculture.* 30(2): 81-87.
- Azizi. Kh., Norouzian. A., Heydar, S., Yaghubi. M. (2011). The study of effect of zinc and boron foliar application on yield, yield components, seed oil and protein content and growth indices of rapeseed (*Brassica napus* L.) in Khorramabad climatic conditions. *Journal of Agriculture knowledge.* 4(5). (In Persian)
- Babaei Ghaghelestany, A., Tobeh, A. and Alebrahim, M. 2015. Study of the role of cover crops on weed management and yield and its forage maize (*Zea mays* L.) components. *Journal of ecological agriculture.* 5 (2): 64-74. (In Persian).
- Baghani, J. 2012. Effect of irrigation methods on yield and agronomic characteristics of long-days onion cultivars. *Journal of water and soil.* 26: 251-259. (in the Persian).
- Baghani, j., Alizadeh, A., & Faridhosseini, A. (2012). The Effect of Surface and Subsurface Drip Irrigation on Quantity and Quality Potato. *Iranian Journal of Irrigation and drainage*,3 (6), 238-244.(in Farsi)
- Baghani, J., Rastegar, J., Zarea, S., Sadrghaini, S.H. 2012. Effects of irrigation systems on quantity and water use efficiency of onion cultivars. *Iranian Journal of Irrigation and drainage.* 6: 1-10. (in the Persian).
- Baghani, J., SadrGhaen, H and Kanooni, A. 2007. The effect of planting pattern and water levels on the yield of potato under drip irrigation. *Journal of agricultural engineering research .* vol 8, no 4. 81-94. (In Persian)
- Bagheri, H. R., Gharineh, M. H., Bakhshandeh, A. M., Taei, J., Mehnatkesh, A. M., & Andarzyan, B. (2016). Effect of water stress and different levels of nitrogen fertilizer on yield and yield components and potato (*Solanum tuberosum* L.) water use efficiency. *Environmental Stress in Crop Sciences*, 9 (1), 1-14.(in Farsi)
- Bagheri, H.R., Gharineh, M. H., Bakhshaendeh, A. M., Taei, j., Mehnatkesh, A. M and Anzarzban, B. 2016. Evaluation the effect of drought stress and difference nitrogen fertilizer value on yield, yield component and water use efficiency in potato (*Solanum tuberosum* L). *Enviromental stress in crop Science.* Vol 9, NO1, 1-14. (In Persian)
- Bahrani, M. J. and Seidi, A. 2005. Effects of plant density and nitrogen application methods on yield and yield components of grain maize. *Journal of Agricultural Science and Natural Resource.* 12(3): 128-135
- Bakhshandeh, E. 2011. Ince.Evaluation of allometric relationships in wheat cultivars of Golestan province. . M. Sc. thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natutal Resources, Gorgan, Iran.*

Bakhshandeh, E. 2011. *Ince.Evaluation of allometric relationships in wheat cultivars of Golestan province.* . M. Sc. thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natutal Resources, Gorgan, Iran.

Bakhshipour, S., Gazanchian, A., Mohadasi, A., Rahim Soroush, H. and Nasiri, M.2011.Genotypic and phenotypic correlations between grain yield and some agronomic traits in promising rice lines.Agronomy Journal (Pajouhesh&Sazandegi) No 97 pp: 82-90. (In Farsi)

Banisaeydi A. 2012. Effect of nitrogen on yield, grain yield components and nitrogen use efficiency of sunflower cultivars (*heliantus annus l.*) in khuzestan environmental conditions. *Crop physiology.* 4: 71-86. (in the Persian)

Barkhi, A., Rashed Mohassel, M. H., Nasiri Mahallati, M., Hosseini, S. M.and Moazzen, M.Sh. 2006. Effect of planting pattern and plant density on growth, yield and yield components of maize (*Zea mays L.*) in competition with redroot pigweed (*Amaranthus retrofelexus*). *Iranian Journal of Crop Sciences.* 11(1): 67-81.

Barzabadi , V., and Farahani, V. 2011. Effect of irrigation and spraying zinc sulfate on yield and yield components of chickpea In arak. *Scientific Journal of Ecophysiology of Crops and Weeds,* Vol. 5, No, 20, p.43-52.

Barzegar, T., Delshad, M., Majdabadi, A., Kashi, A., and Ghashghaie, J. 2011. Effects of water stress on yield, growth and some physiological parameters in iranian melon. *Iranian journal of horticultural sciences.* 42: 357-363. (in the Persian).

Basati, J.Zebar Jedi, A. Jalilian, A. Abdollahian, M. Abdi, F. 2010.Effect of irrigation cut- off time at the end of growth period on storagability of sugar beet. *J. sugar beet.* Vol, 26. No,2.p: 157-167. (in Persian)

Bayat, A. Latifi, N. Mohamadian, R. Galeshi, S. 2001. Astudy the effect of plant densities on thechnological maturity time of three sugar beet varieties. *Iranian Journal of Agricultural Science.* Vol. 32. No 2.p: 275-284. .(In Persian).

Bayat, Z., Ahmadi, A., Sabokdast, M. 2011. *Evaluation* genotypic variation for seed yield and protein and its relationship to remobilization in wheat cultivars in Iran.*Journal of Crop Sciences.* 42 (3): 565- 573.

Bayat, Z., Ahmadi, A., Sabokdast, M. 2011. *Evaluation* genotypic variation for seed yield and protein and its relationship to remobilization in wheat cultivars in Iran.*Journal of Crop Sciences.* 42 (3): 565- 573.

Bayat, Z., Ahmadi, A., Sabokdast, M., Jodi, M. 2011.The pattern of *photosynthesis* partitioning in wheat cultivars under drought and normal.*Journal of Crop Sciences.* 42 (4): 821-832.

Bayat, Z., Ahmadi, A., Sabokdast, M., Jodi, M. 2011.The pattern of *photosynthesis* partitioning in wheat cultivars under drought and normal.*Journal of Crop Sciences.* 42 (4): 821-832.

Behdadian, A.R., Soltani, A., Zeynali, E., & Ajamnorozzi, H. (2012). Effect of Crop Management on Nitrogen Nutrition and Canola (*Brassica napusL.*) Performance in Gorgan. *Jornal of Plant EcoPhysiology.* 6(22):185-200. (In Persian)

Behnamfar K., Siadat S.A., Bakhshandeh A.M., Kashefipour S.M., Alemi saied KH., Jafari A.A. 2014. Evaluation of impt of water deficit on yield and water use efficiency of four cultivars alfalfa (*medicago sativa*) in khuzestan conditions – Ahvaz. *Irrigation sciences and engineering.* 37: 63-71. (in the Persian)

Beikzadeh, H., AlaviSineey, S. M., Bayat, M. and Ezady, A. A. 2015.Estimation of Genetic Parameters of Effective Agronomical Traits on Yield in some of Iranian Rice cultivar. *Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi)* No: 104 pp: 73-78. (In Farsi)

Chaychayan, F., Sabagh poor, S.H., Sarajoghi, M., and Ghobadi. M.E. 2013. Effect of Plant Density on Some Yield Components of Chickpea Cultivars in Dryland Conditions Kermanshah (Harsin). *The 5th Iranian National Bean Convention.*

Chegeni, H., 2011. Effect of plant density on yield and grain yield in Wheat cultivars. *Agron. J.* 104, 9-16.

Chegeni, H., 2011. Effect of plant density on yield and grain yield in Wheat cultivars. *Agron. J.* 104, 9-16.

Chogan, R. and Shirkhani, R. 2010. Response of Different Maturity Groups of Grain Maize Hybrids to Planting Date in Kermanshah. *Seed and Plant Production Journal*. 2 (3): 233-258.

Dahmardeh, M., A. Ghanbari, B. A. Siahsar and M. Ramroudi. 2012. *Evaluation of forage yield and protein content of maize and cowpea (Vigna unguiculata L.) intercropping*. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 13(4): 658-670. (In Persian).

Dastan, S., NourMohammadi, GH., Madani, H., Ebrahimi, M. and Yasari, E. 2015. Investigation of Growth and Phenology of Main Crop and Ratoon of Rice Cultivars in Different Cropping Systems. *Journal of Plant Production Technology*, Vol. 16 (1) 81-101. (In Farsi)

Dehqani, M., Jafar aghae, M., & Mohamadi kia, S. (2013). Effect of irrigation water salinity on yield and some yield components of three cotton cultivars in Isfahan. *Journal of Water Research in Agriculture*, 27(4): 601-610. (In Persian).

Dehqani, M., Jafar aghae, M., & Tabatabaee, S.H. (2014). Effect of irrigation Schedule on yield and its components in two cotton cultivars in Isfahan. *Journal of Water Research in Agriculture*, 28(3): 561-569. (In Persian).

Delghandi, M., Andarzian, B., Broomandnasab, S., MassahBovani, A., Javaheri, E., 2014. Evaluation of DSSAT 4.5-CSM-CERES-Wheat to Simulate Growth and Development, Yield and Phenology Stages of Wheat under Water Deficit Condition (Case Study: Ahvaz Region). *Journal of Water and Soil*. 28, 82-91.

Delghandi, M., Andarzian, B., Broomandnasab, S., MassahBovani, A., Javaheri, E., 2014. Evaluation of DSSAT 4.5-CSM-CERES-Wheat to Simulate Growth and Development, Yield and Phenology Stages of Wheat under Water Deficit Condition (Case Study: Ahvaz Region). *Journal of Water and Soil*. 28, 82-91.

Doosti, J., Zand, E., Daneshian, J. and Sadeghi, F. 2011. Integrated weeds management using row spacing, herbicide and cultivator in grain maize in Kermanshah region. *Iranian Journal of Crop Science*. 13 (1): 99-115.

Dorosti, H. Rice hybrid seed production in Gilan. 2015. *Keihan*. Number 21033.

Ebrahim Pak, N. A. and Mostashari, M. 2012. Interaction of water stress and fertilizers containing zinc, manganese and boron on yield and water use efficiency of sugar beet. *Journal of Water Research in Agriculture*. Vol. 26, No. 3. P: 289-302. (In Persian).

Ebrahimi koulaii, H. 2002. Determination of favorite harvesting date of three sugar beet varieties in Hamedan. *J. sugar beet*. Vol 18. No, 2. P:131-142. (In Persian).

Ebrahimpor, F., Ayenehband, A., Mesgarbashi, M., Cheab, A. N. *growth indices in wheat in response to density and planting data in oat*.

Ebrahimpor, F., Ayenehband, A., Mesgarbashi, M., Cheab, A. N. *growth indices in wheat in response to density and planting data in oat*.

Ebrahimpor, F., Ayenehband, A., Normohamadi, G., Mosavinia, H., Mesgarbashi, M. 2006. Study of some wheat ecophysiological indices as influenced by wild oat interaction. *Pajouhesh & Sazandegi*. 73: 117-125.

Ebrahimpor, F., Ayenehband, A., Normohamadi, G., Mosavinia, H., Mesgarbashi, M., Peyvastegan, B. 2007. *The evaluation of effect of oat planting data and density on winter wheat yield and components*. *Scientific Journal of Agriculture*. 30(3): 71-77.

Ebrahimpor, F., Ayenehband, A., Normohamadi, G., Mosavinia, H., Mesgarbashi, M. 2006. Study of some wheat ecophysiological indices as influenced by wild oat interaction. *Pajouhesh & Sazandegi*. 73: 117-125.

Ebrahimpor, F., Ayenehband, A., Normohamadi, G., Mosavinia, H., Mesgarbashi, M., Peyvastegan, B. 2007. *The evaluation of effect of oat planting data and density on winter wheat yield and components*. *Scientific Journal of Agriculture*. 30(3): 71-77.

Eliyasi Moghaddam, M., Barzegar, T., and Ghahremani, Z., 2015. Effect of foliar application of naphthalene acetic acid and plant thinning on growth, yield and fruit quality of melon (*Cucumis melo* cv. *Khatooni*). Iranian Journal of Horticultural Science. 46: 467-475. (in the Persian).

Emami Bistgani, Z., Siadat, S.A., Bakhshande, A., Alami Saeid, K.H., Shiresmaeili, G.H. 2012. Effect of plant density on yield and quality traits of four sunflower genotypes. Journal of Crop Production and Processing. 1: 91-103. (in the Persian)

Entesari, M.H., Zangi, M.R., & Dadashi, M.R. (2015). Evaluation of the morphological and yield traits in the new Varieties of cotton. Iranian Journal of Cotton Researches, 3(1): 119-132. (In Persian).

EradatmandAsli, D. and jamasbi, N. 2012. THE EFFECT OF SHADING ON DRY MATTER REMOBILIZATION, YIELD AND YIELD COMPONENTS IN DIFFERENT RICE (*ORYZA SATIVA* L.) CULTIVARS. Journal of PLANT AND ECOSYSTEM. 8(31-2):103-115. (In Farsi)

ESkanderi, A., Khazaei, H R., Kafi, M and Majdabadi, A. 2008. The effect of irrigation level on physiological characteristics, tuber yield and water use efficiency in potato (*Solanum tuberosum* L) under mashhad climatic condition. Vol. 25, No. 2, Summer 2011, P. 201-210. (In Persian)

Esmailzadeh, M., Niknezhad, Y., FallahAmoli, H. and Kheiri, N. 2016. Determination of Optimum Transplanting Date for Double Cropping of Rice (*Oryza sativa* L. CV. TaromMahalli) in Mazandaran. Crop Physiology Journal. Vol. 10 (4): 991-1006. (In Farsi)

Etesami, M., Galeshi, S., Soltani, A., Nooriani, A. 2008. Investigation of changes harvest index, yield and grain yield components in modern and old barley genotype. (*Hordeum vulgare* L). Journal of Agricultural Science and Natural Resources. 15(5): 19-25. (in Persian)

Eyvazi, AR. 2014. Effect of sowing date on resistance to chilling stress in winter and spring genotypes of barley. Journal of crop production and processing. 4(13): 281-294. (in Persian)

Falaah. S., EHSANZADEH. P.m and DANESHVAR., M., 2005. Grain Yield And Yield Components in Three Chickpea Genotypes Under Dryland Conditions with And Without Supplementary Irrigation at Different Plant Densities in Khorram-Abad, Lorestan. Iranian, J. Agric. Sci. Vol. 36, No. 3, p. 719-731.

Fallahi, H. A., Siadat, A. and EzatAhmadi, M. Effect of Supplemental Irrigation and Nitrogen Rate on Grain Yield, Yield Components and Protein of Wheat Variety Koohdasht. Agronomy research: water, soil, crop 7(4): 225-238.

Fallahi, H. A., Siadat, A. and EzatAhmadi, M. Effect of Supplemental Irrigation and Nitrogen Rate on Grain Yield, Yield Components and Protein of Wheat Variety Koohdasht. Agronomy research: water, soil, crop 7(4): 225-238.

Farahbakhsh S., and Farahbakhsh H. 2015. Effect of drought stress on yield and yield components of sesame cultivars under kerman conditions (*sesamum indicum* l.). Iranian journal of field crops research. 12: 776-783. (in the Persian)

Faraji, A. (2016). Response of Oilseed Rape Hybrids and Promising Lines to Sowing Date in Gorgan Area. Seed and Plant Production. 2-32(1). (In Persian)

Faraji, A. 2016. Evaluation of Some Soybean Genotypes (*Glycine max*) under Salt Stress. Journal of Crop Breeding. 1: 65-79.

Faraji, A., and Soltani, A. 2008. Accumulation and distribution of dry matter and nitrogen and drought resistance threshold in chickpea in rainfed conditions of Gonbad and Gorgan: Simulation study. J. Agric. Sci. Natur. Resour., Vol. 14, No.5.

Faraji, A., Arzanesh, M. H. (2013). Response of Two Canola Genotypes to Plant Growth Promoter Bacteria (*Azospirillum* spp.): Seed Yield and Its Components, Dry Matter and Harvest Index. *Seed and Plant Production*. 2-29(1). (In Persian)

Fardad, H., & Zighamigol, R. (2005). Optimization of Water Consumption for Irrigation of Cotton in Gorgan Region. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 36(5): 1197-1206. (In Persian).

Farshadfar ., E . and Javadinya.,J. 2011. Evaluation of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Genotypes for Drought Tolerance. *Journal of Breeding Seedlings and Seeds*. Vol 1-27, No, 4. P. 517-537.

Fazeli, F, Najafi Zarini, H., Arefard, M. and Mirabedi, A. 2016. Investigation of the relationship between morphological traits and grain yield and their diversity in soybean fourth generation mutant lines using factor analysis method. *Journal of Crop Breeding*. 7: 47-55.

Feyzi, H., Ghadiri, H., Mandani, F. and Gol Zardi, F. 1998. Determination of the best time and application amount of Atrazin herbicide in weed control in grain corn and effects of its residue on wheat germination. *Journal of Weed Research*. 2(1): 83-93.

Faraji, A., & Arzanesh, M. H. (2004). Response of Two Canola Genotypes to Plant Growth Promoter Bacteria (*Azospirillum* spp.): Seed Yield and Its Components, Dry Matter and Harvest Index. *SEED AND Plant Production*. 19-2(1). (In Persian)

GhadamiFirouzabadi, A and Parvizi, KH. 2010. The effect of low irrigation on yield and water use efficiency of new colonies of potato in row drip irrigation. *Journal research water in agriculture*. Vol 24. N 2. P 133-144. (In Persian)

Ghadiri Far, F., Alimagham, S.M., Cancholi, O., Yousefi Daz, M., & Miri, A.A. (2012). Yield and fiber quality comparison of cotton planted in ultra narrow row and conventional row. *Electronic Journal of Crop Production*, 5(2): 75-91. (In Persian).

Ghadiri, H. and Majidian, M. 2003. Effect of different nitrogen fertilizer levels and moisture stress during milky and dough stages on grain yield, yield components and water use efficiency of corn (*Zea mays* L.). *Journal of Water and Soil Science*, 7(2):103-118.

Ghadirian, R., 2011. Growth analysis of wheat in Golestan province. M. Sc. thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, (in Persian).

Ghadirian, R., 2011. Growth analysis of wheat in Golestan province. M. Sc. thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, (in Persian).

Ghaemi, A. Hoseinabadi. Z. Sepaskhah, A.R. 2008. Water use efficiency and yield of sugar beet under conventional and alternate tape and furrow irrigation. *Journal of Soil and Water*. Vol ,22. No, 2. p: 85-94. (In Persian)

Ghaemi, A.A and Zamani, B. 2015. Effect of Different Level of Water Stress and Nitrogen Fertilizer on Yield and Yield Components of Barley in Badjgah (Fars province). *Journal of Water and Soil*. 29(4): 954-965. (in Persian)

Ghaemi, A.S. and Sadri, S. 2011. Effect of Deficit Irrigation by Both Ordinary and Alternative Tape and Furrow Methods on Yield of Sugar Beet. *Journal of Water and Soil Science*. Vol 21, No, 3. P: 127-137. (In Persian)

Ghajari, A., Alisha, O., & Mirgasemi, S.J. (2015). Investigation of reaction successful early matured cotton crosses on yield and Yield components as double cropping. *Iranian Journal of Cotton Researches*, 2(2): 75-89. (In Persian).

Ghajari, A., gharanjeeki, A., & Dieji, A. (2017). Optimizing the nitrogen fertilizer use and row spacing for increasing yield of Cotton cv. Golestan in double-cropping. *Iranian Journal of Cotton Researches*, 4(1): 47-60. (In Persian).

- Ghamarnia, H. Sepehri, S. Noruzpoor, S. 2009. Investigation of water relations and sugar beet yield in Kermanshah .The 10th National Irrigation Seminar and Evaporation Reduction.(In Persian).
- Ghamarniya, H., Froghi, I., Dehghaniyan, M. (2016). Estimate Canola Evapotranspiration (napus Brassica) Using lysimeter in In the Kermanshah climate. Third Scientific Research Conference on the Development and Promotion of Agricultural Sciences, Natural Resources and Environment of Iran. . (In Persian)
- Ghanaei, S. 2016. The effect of phosphorus solublizing bacteria, zinc spraying and inoculation with *Rhizobium janicum* on yield, yield components of soybean (*Glycin max L.*) cv. Katul in Gonbad region. *Journal of Oil Plants Production*. 3 (1): 25-35.
- Ghanbari, A., H. Roshani, and A. Tavassoli., 2012.Effect of Sowing Date on Some Agronomic Characteristics and Seed Yield of Winter Wheat Cultivars. *J. Crop Ecophysiology*. 6, 127-145.
- Ghanbari, A., H. Roshani, and A. Tavassoli., 2012.Effect of Sowing Date on Some Agronomic Characteristics and Seed Yield of Winter Wheat Cultivars. *J. Crop Ecophysiology*. 6, 127-145.
- Ghanbari, A.A., Musavi, S.H., Keshavarz, s. &Abasian, A. (2014). Assessment of variation in physiological growth indices in common bean genotypes under water deficit condition. *Seed and Plant Production Journal*. 30(2): 199-222. (In Persian)
- Ghanbari,A. A. (2015). Developmental stages and phenology of common bean genotypes under normal irrigation and water deficit conditions. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*.107: 190-199. (In Persian)
- Ghanbari-Malidarreh, A., Janbaz Ghobadi, Gh, Dastan, S. and Shahidifar, A. 2015. Evaluation of day length changes and growth phonology of soybean cultivars at different planting dates in Sari. *Agricultural research*. 7 (1): 41-53.
- Ghanbari-Motlagh, M., Rastgu, M., Pur-Yousef. (2012). The effect of sowing date and weed interference on growth indices of different red bean (*Phaseolus vulgaris L.*) cultivars. *Journal of Plant Protection*. 25(4): 378-390. (In Persian)
- Ghanizadeh, S., Azizi, M. (2009). Yield evaluation of cold tolerant spring cultivars of rapeseed in fall and winter sowing dates. *Itanian Jornal of Field Crop Research*. 7(2). (In Persian)
- Ghasemi, M., Vahabzadeh, M., Khalilzadeh, GH., Gharib Eshghi, A. 2004. Study on grain yield, yield components and green fodder of triticale and barley cultivars. *Seed and plant*. 20(3): 345-357. (in Persian)
- Ghiamati, G .. Astarai, A. Zamani1, G. 2009.Effect of urban solid waste compost and sulfur on sugar beet yield and soil chemical of properties. *Iranian Journal of Agricultural Research*. Vol 7. No 1.p :153-162..(In Persian).
- Ghochi, E., Mohsenabadi, Z., Ehteshami, R. and Forghani, S. 2015. Integrated Application of Different Nitrogen Sources on Yield and Nitrogen Uptake in Forage Corn (*Zea mays L.*) in Rasht Region. *Plant Production Technology*. 15 (2): 95-107. (In Persian).
- Gholinezhad, E., Aynaband, A., Hassanzade Ghorthapeh, A., Noormohamadi, G., and Bernousi, I. 2012. Effects of drought stress, nitrogen amounts and plant densities on grain yield, rapidity and period of grain filing in sunflower. *The science of agriculture* 22: 129-143. (in the Persian).
- Ghorbanian, M., Liaghat, A. and Noory, H. 2016. Investigation the Effect of Adding Fertilizer on the Crop Coefficient, Growth of Roots and Shoots of Maize Forage. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 9 (6): 842-853. (In Persian).
- Golchin, A., Musavi, S.F., Ghasemi-Golezani, K. & Saba, J. (2008). Relationship between plant density and grain yield of three pinto bean cultivars at different sowing dates. *Journal of Agricultural science*.18(1): 101-117. (In Persian)
- Golkar, F., Farahmand, A.R., and Fardad, H. 2009. Response of yield and water use efficiency of early urbana tomato to different levels of irrigation. *Water engineering*. 1: 13-19. (in the Persian).

- Gorzin, M., GhaderiFar, F., Zainali, E. and Razavi, A. 2015. Effect of the length of various developmental periods on soybean yield and yield components. *EJCP.*, Vol. 8(1): 21-41.
- Habibzadeh, F., Amini, A. and miernia, Kh. 2003. Effect of different potassium and zinc application on the yield and yield components of soybean in Mazandaran province. *Research and construction.* 60: 18-24.
- Haddadi, M. and Mohseni, M. 2006. Effects of plant density and sowing date on silage yield in early maturing maize sown following wheat harvest. *Journal of Agricultural Sciences of Iran.* 8 (1): 58-65.
- Haghanian, S., Yadavi, A., Balouchi, H., and Moradi, A. 2016. Grain, oil yield and nitrogen use efficiency in different varieties of sesame (*sesamum indicum* l.) under nitrogen fertilizer and weed competition. *Journal of agricultural science.* 26: 67-81. (in the Persian)
- haghighat nia, H., shirvaniyan, A., & Hekmat, M.H. (2017). Effect of Different Levels of Irrigation and Plant Growth Regulatory of Pix on Yield of Cotton (Case Study: Darab, Fars). *Iranian Journal of Cotton Researches*, 4(1): 61-76. (In Persian).
- Haghighati, B., Bromand Nasab, S., & Naseri, A. (2016). Effect of Deficit Irrigation and Partial Root – Zone Drying on Yield and Water Use Efficiency of Two Potato Cultivars. *Journal of Water and Soil*, 30 (3),717-729. (In Persian).
- Hamzaey.,J., and Seyedi, M. 2012. Response of three cultivars of chickpea to different planting dates under rainfed conditions in Hamedan region. *Special Issue for Agricultural Science and Sustainable Production.*
- Hamzei, J and M. Seyedi. 2014. Responses of soil bulk density, some of agronomic characteristics and yield of rainfed barled to the various methods of tillages in Hamedan region. *Journal of water and soil science, Journal of science and technology of agriculture and natural resources.* 18(70): 147-156. (in Persian)
- Hashemzehi, M., Saberi, MH., Zamani, G. 2013. Tolerance to drought stress evaluation based on indices of barley lines and sensitivity to drought stress tolerance in the final season Farming in Birjand. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)* 101: 152-161. (in Persian)
- Henr, T., Sarvestani, A. S., Shams, Sh., Sepaskhah, A. R., & Komgar Haghighi, A. A. (2013). Effect of drought stress in different growth stages on grain yield and yield components of rapeseed (cv. Talayah). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 14 (4):320-332. (In Persian)
- Heris, A. M., Nazemi, A. H., Sadraddini, A. A., Neyshabouri, M. R. & Shakiba. M. R. (2015). Determination of evapotranspiration, crop coefficient and growth stages of canola by lysimetric data. *Iranian Journal of Water and Soil Science*, 25(1):153-163. (In Persian)
- Hoshmandi, B., 2015.Evaluation of some morphophysiological traits and yield in Wheat cultivars. *The quarterly Academic J. Crop Physiology.* 26, 121-134.
- Hoshmandi, B., 2015.Evaluation of some morphophysiological traits and yield in Wheat cultivars. *The quarterly Academic J. Crop Physiology.* 26, 121-134.
- Hosseini Taleghani, S. H. and Mostashari, M. 2013. Study on application time and the source of nitrogen on some quantitative characteristics of two grain maize cultivars. *Journal of Agricultural Research and Natural Resources.*15:38-50.
- Hosseini, F., Nezami, A., Parsa, M. and Hajmohammadnia Ghalibaf, K. 2011. Effects of Supplementary Irrigation on Yield and Yield Components of Lentil Cultivars in Mashhad Climate. *Journal of Water and Soil.* 25 (3): 625-633.
- Hosseini, F.S., Nezami, A., Parsa, M. and Hajmohammadnia Ghalibaf, K. 2013. Reaction of phenomorphological characteristics of lentil cultivars to supplementary irrigation in Mashhad conditions. *Iranian Journal of Pulses Research.* 2 (4): 35-50.

Hosseini, M., 2012. Evaluation of the Possibility of *Nitrogen Use Efficiency* and *nitrogen* nutrition index using DMPP in Wheat. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natutal Resources, Gorgan, Iran, (in Persian).

Hosseini, M., 2012. Evaluation of the Possibility of *Nitrogen Use Efficiency* and *nitrogen* nutrition index using DMPP in Wheat. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natutal Resources, Gorgan, Iran, (in Persian).

Hosseini, R., S. Galeshi, A. Soltani., M. Calate and M. Zahed., 2014. The effect of nitrogen on extinction coefficient and radiation use efficiency in modern and old Wheat (*Triticumaestivum* L.) cultivars. Iranian J. Field Crops Res. 12, 44-52.

Hosseini, R., S. Galeshi, A. Soltani., M. Calate and M. Zahed., 2014. The effect of nitrogen on extinction coefficient and radiation use efficiency in modern and old Wheat (*Triticumaestivum* L.) cultivars. Iranian J. Field Crops Res. 12, 44-52.

Hosseini, T., Khoshro, M., Ziatabar Ahmadi, M. and Ghadami Firoozabadi, A. 2016. Evaluation of soybean yield with AquaCrop model under the influence of salinity management and low irrigation. Water Research in Agriculture. 30 (3): 361-372.

Hosseinpanahi, F., Koocheki, A., Nassiri, M., & Ghorbani, R. (2009). Evaluation of yield and yield component in potato/corn intercropping. Iranian Journal of Agricultural Research, 7(1), 23-30. (in Farsi)

Hosseinpor, T., Ahmadi, A., Mohamadi, F and Darikvand, R., 2012. The effect of seed rate on grain yield and its components in Wheat in rainfed conditions. Agri. J. 105: 101-110.

Hosseinpor, T., Ahmadi, A., Mohamadi, F and Darikvand, R., 2012. The effect of seed rate on grain yield and its components in Wheat in rainfed conditions. Agri. J. 105: 101-110.

Hosseinpour, T. 2012. Relationship among agronomic characteristics and grain yield in hull-less barley genotypes under rainfed conditions of Koohdasht. 14(3): 263-279. (in Persian)

Hydari, S., Sajedi, N.A. & Madani, M.J. (2015). The effects of integrated management on yield, yield components and weed control of bean. Iranian Journal of Pulses Research. 6 (2): 139-150. (In Persian)

Illakaei, M., Ardakani, M., Rejali, F., Khodshenas, M. and Seifi, M. 2014. Effect of Azotobacter, Mycorrhiza and different nitrogen levels on yield and yield components of forage maize (KSC 704). Journal of Agronomy and Plant Breeding. 10 (2): 1-11. (In Persian).

Jafar aghaee, M., & Jalali, A.H. (2012). Effect of Irrigation-Water Salinity on Yield and Water Use Efficiency of Three Cultivars of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Journal of Crop Production and Processing, 2(5): 97-107. (In Persian).

Jafar aghaee, M., & Jalali, A.H. (2013). Effect of Deficit Irrigation on Production of Two Cotton Cultivars in Isfahan Province. Journal of Crop Production and Processing, 2(6): 145-152. (In Persian).

Jafar aghaee, M., & Jalali, A.H. (2013). Yield and yield components of three varieties of cotton, under the influence of different densities. Iranian Journal of Cotton Researches, 2(1): 55-64. (In Persian).

Jafari, M., Asghari Zakaria, R. Alizade, B., Sofalian, O., & Zare, N. (2014). Investigation of grain yield stability in winter rapeseed genotypes by Abrahath and Russell methods. Iranian Journal of Field Crops Research. 45(4): 585-592. (In Persian)

Jafari, P., and Jalali, A.H. 2016. Comparison of yield and yield components of seven selected populations and three hybrid varieties of melon. Journal of crop production and processing. 6: 37-47.

Jafarnejad, A., Sharifhosseini, M., 2011. Response of spring Wheat cultivars to *autumn* different planting dates in Neyshabor. Iranian J. Field Crops Res. 8, 983-994.

Jafarnejad, A., Sharifhosseini, M., 2011. Response of spring Wheat cultivars to *autumn* different planting dates in Neyshabor. Iranian J. Field Crops Res. 8, 983-994.

Jahan, M., Nassiri Mahallati, M., Amiri, M.A., and Ehyayi, H.R. 2013. Radiation absorption and use efficiency of sesame as affected by biofertilizers inoculation in a low input ropping system. *Industrial Crops and Products*. 43: 606-611.

Jalali, A. H., & Salehi, F. (2015). The effect of nitrogen application and its split on yield, dry matter percentage and potato harvest index of Marfona cultivar. *Journal of Production and Processing of Agricultural and Horticultural Products*,15:83-91.(in Farsi)

Jalilian, A. Shirvani, A.R. Nemati, A. Basati, J. 2001. Effects of deficit irrigation on the production and economy of sugar beet in Kermanshah region. *J sugar beet*. Vol 17. No 1. P: 1-10.(In Persian).

Jalilian, A., Shirkhani, A. and Farnia, A. 2014. Effects of Nitrogen and Drought Stress on Yield Components, Yield and Seed Quality of Corn (S.C. 704). *Journal Agronomy*. 102:151-160.

Jam, E., Ebadi, A., Amini, I., & Dehdar, B. (2008). Effect of planting density and seed-minituber size on some quantitative and qualitative traits of potato. *Pajouhesh & Sazandegi*, 81, 20-29.(in Farsi)

Jamshidi, A., Javanmard, HR., Miransari, M. 2017. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes for salinity tolerance under field conditions using the stress indices *Ain Shams Engineering Journal* (in press).

Jamshidi, M., Danesh-Shahraki, A. &Hashemi-Jazi, M. (2016). Effect of foliar application of manganese and zinc on grain yield and yield components of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in drought conditions. *Iranian Journal of Pulses Research*. 7(2): 164-174. (In Persian)

Javanmard, A. and Eskandari, H. 2014. Investigation of some competition and forage quality indices in different intercropping patterns of maize with vetch, common bean, bitter vetch and berseem clover. *EJCP*. 7 (3): 89-108. (In Persian).

Joudi, J., Tobeh, A., Ebadi, A., Mostafae, H. and Jamaati-e-Somarin, Sh. 2011. Nitrogen effects on yield, yield components, agronomical and recovery nitrogen use efficiency in lentil enotypes. *EJCP*. 1 (4): 39-50.

Journal of Plant Production, Vol. 20 (4): 100-116. (In Farsi)

Jovzi, M. and Zare Abiyane. 2015.Effect of N-fertilizer levels and deficit irrigation on qualitative and quantitative yield of sugar beet. *J. sugar beet*. Vol. 31, No.2. p:141-156.(In Persian).

Kamandi, A. Nezami, A. Koocheki, A. Nassiri Mahallati, M.2008. Effect of timing and intensity of defoliation on yield and quality of sugar beet.*Iranian Journal of Agricultural Research*. Vol 6. No 2.p.371-381. (In Persian).

Kanony ., H and Imtiaz, M., 2014. Relative efficiency of alpha lattice design over randomized complete block design in yield trials of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Pulses Research*. Vol. 5, No. 1, p. 33-44

Karimi, M., Baghani, J. and Jolaini, M. 2015. Evaluation of the Effect of Different Irrigation Levels of Drip Irrigation (Tape) on Yield and Yield Components of Corn. *Journal of Water and Soil*. 29(2):311-321.

Karimzadeh, H., Nezami, A., Kafi, M. &Tadayon, M.R. (2017). Effects of deficit irrigation on yield and yield components of pinto bean genotypes in Shahrekord. *Iranian Journal of Pulses Research*. 8(1): 113-126. (In Persian)

Karymi a., B. and farniya., A. 2009. Evaluation of Agronomic Traits, Yield and Yield Components of Drought Chickpea with Supplemental Irrigation. *Journal of Modern Agricultural Science*

Kebriyae S., Shams. K., and Pazeki. A. 2010. Effect of cultivar and sowing date on grain yield and quantitative traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Agriculture and Plant Breeding*. Vol. 6, No. 2. P. 53-64.

Keykhahi, F and Ganji, N., 2016.Effect of deficit *Irrigation* in *Tape* and *Furrow Irrigation* Methods on Yield and Water Use Efficiency of Wheat. *Journal of Water Research in Agriculture*. 30 (1): 1-11.

Keykhahi, F and Ganji, N., 2016.Effect of deficit *Irrigation* in *Tape* and *Furrow Irrigation* Methods on Yield and Water Use Efficiency of Wheat. *Journal of Water Research in Agriculture*. 30 (1): 1-11.

Khalilzadeh, GH., Arshad, Y., Hasanzadeh, A. 2011. The effect of nitrogen on Nitrogen Utilization Efficiency and its supplement in wheat cultivars. *Journal of Crop Production Research*. 167-181

Khalilzadeh, GH., Arshad, Y., Hasanzadeh, A. 2011. The effect of nitrogen on Nitrogen Utilization Efficiency and its supplement in wheat cultivars. *Journal of Crop Production Research*. 167-181

Khalilzadeh, GH., Arshad, Y., Rezaee, M., Eyvazi, A. 2011. The evaluation of yield, yield components, nitrogen use and uptake efficiency in wheat cultivar. *Journal Research in Agricultural Science*. 14: 121- 138.

Khalilzadeh, GH., Arshad, Y., Rezaee, M., Eyvazi, A. 2011. The evaluation of yield, yield components, nitrogen use and uptake efficiency in wheat cultivar. *Journal Research in Agricultural Science*. 14: 121- 138.

Khatamiyan, O. S., Modares Sanavy, S. A. M., Ghanti, F., & Mostavafi. M. (2011). Evaluation of Yield, Its Components and Some Morphological Traits of Sixteen Rapeseed Oil Cultivars in Arak Region. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*. 21(3). (In Persian)

Khayat, M., Rahnama, A. A., Motie, M. M., Seyed Mohamadi, A. R. (2011). Effect of planting date on phenological, physiological and seed yield of canola genotypes in Khuzestan province. *roduction of crops under environmental stress conditions*. 3(1,2). (In Persian)

Khazaei, H., and, Zare, A. 2013. Assessment of fruit yield and quality of tomato varieties in one and several times hand-harvesting. *Seed and plant production*. 29: 235-249. (in the Persian).

Khazaie, M. 2014. Study of intercropping maize and sugar beet. *Crops Improvement (Journal of Agricultural Crops Production)*. Vol, 16. No.4. p:987-997. (In Persian).

Kheirkhah, M. Farazi, M. Dadkhah, A and . 2016. Application of Glycine, Tufool and Salicylic Acid in Sugar beet (*Beta vulgaris L.*) under Drought Conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*. Vol. 10, No. 1.p: 167-182. (In Persian).

Khorramian, M., Boroomand Nasab, S., Abbasi, f. and Ashrafizadeh, S. R. 2011. The effect of no tillage on soil physical properties, root density and water-efficient corn in a large area north of Khuzestan. *The First National Conference on Strategies to Achieve Sustainable Agriculture*. Payam Noor University of Khuzestan Province. 1-8.

Khorramian, M., Shoushi dezfouli, A.A., and Asareh A, 2012. Investigation the effect of gun sprinkle irrigation on forage yield and water use efficiency of alfalfa in Khuzestan. *Crop physiology*. 15: 87-97. (in the Persian)

Kohi Chelekaran, N. Dehghanisanij, H. and Asadi, R. 2012. Improvement in water use efficiency of drip irrigated corn in arid region. *Iranian Journal of Irrigation and drainage*. 6(2): 69-77.

Komeili, R and S. Sharafi. 2014. Evaluation of promising barley lines under normal and drought stress in farmer conditions. *Crop science research in arid regions*. 2(2): 119-132. (in Persian)

Koo, J., and J. Dimes. 2010. HC27 Generic Soil Profile Database. Version 1, July. International Food policy Research Institute, Washington, DC. <http://hdl.handle.net/1902.1/20299>.

Koo, J., and J. Dimes. 2010. HC27 Generic Soil Profile Database. Version 1, July. International Food Policy Research Institute, Washington, DC. <http://hdl.handle.net/1902.1/20299>.

Koo, J., and J. Dimes. 2010. HC27 Generic Soil Profile Database. Version 1, July. International Food Policy Research Institute, Washington, DC. <http://hdl.handle.net/1902.1/20299>.

Lack, S., Naderi, A., Saidat, S. A., Ayenehbandm A., Nour – Mohammadi, G., and Moosavi, S. 2008. The effects of different levels of irrigation, nitrogen and plant population on yield, yield components and dry matter remobilization of corn at climatical conditions of Khuzestan. *Journal of Water and Soil Science*, 11 (42): 1-14

Lak, SH., Danaeefar, R., Sharafizade, M., 2013. Study of effect seed deterioration and plant density on yield and yield components Wheat (Chamran cultivar) in Khozestan conditions. *The quarterly Academic J. Crop Physiology*. 17, 77-87.

- Lak, SH., Danaeefar, R., Sharafizade, M., 2013. Study of effect seed deterioration and plant density on yield and yield components Wheat (Chamran cultivar) in Khozestan conditions. The quarterly Academic J. Crop Physiology. 17, 77-87.
- Lashkari, H., keykhosroy, GH.,Rezaee, A. 2008. Analysis of CROPWAT model to estimate *water requirement* for wheat in west of Iran includes Eslamabad, Sarpolezahab and Ravansar. *Human Sciences Modares*. 13 (1): 247-270.
- Lashkari, H., keykhosroy, GH.,Rezaee, A. 2008. Analysis of CROPWAT model to estimate *water requirement* for wheat in west of Iran includes Eslamabad, Sarpolezahab and Ravansar. *Human Sciences Modares*. 13 (1): 247-270.
- Limochi et al, 2013. Effect of planting time on the flag leaf anatomy and grain yield of rice genotypes in Khuzestan province. *Journal of Crop SCIENCES*, Vol. 15(2): 136-151. (In Farsi)
- Madani, H., Moghimi, A., & Sajedi, N. A. (2010). Effect of different levels of zeolite and irrigation interval on yield and some potato traits. *New findings Agriculture*, 3: 281-290.(in Farsi)
- Mahmoodabadi, M., Rashidi, O.L., and Fekri, M. 2013. Application of alfalfa residue, poultry manure and potassium fertilizer on some soil properties and onion yield. *Journal of water and soil*. 27: 452-461. (in the Persian).
- Mahmoudi, A. A. 2006. Effect of sowing season and seeding density on grain yield in lentil (Local var. Robot) under dryland conditions of Northern Khorasan. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 8 (3): 232-240.
- Mahmoudi, M. and Zakypour, and. 2016. The effect of nitrogen on yield and yield components of soybean in the city of Mahmudabad. *Agronomic research on the margin of the desert*. 13 (1): 73-81.
- Mahzari, S., BaghestaniMeibodi, M., Shirani Rad, A., Nasiri, M. and Omrani, M. 2013. Investigation of mechanical and chemical weeds management on rice agronomical traits. *Journal of Agroecology*. Vol. 2 (2): 100-116. (In Farsi).
- Majnoun Hosseini, N. and Hamzeii, R. 2011. Effect of winter and spring planting time on yield and yield components of chickpea at dry land conditions. *Iranian Journal of Pulses Research*. Vol. 1, No. 2, p. 59-68
- Malek Maleki, F., Majnonhoseini, N. and Alizade, H. 2013. A survey on the effects of weed control treatments and plant density on lentil growth and yield. *EJCP*. 6 (2): 135-149.
- Mamnoei, E., Karaminezhad, M. R., Rashed Mohasel, M. H., Shimi, P., & Aein, A. (2016). Evaluation of some herbicides on potato weed control in Jiroft and Karaj. *Journal of Plant Protection*, 30(3): 368-378.(in Farsi)
- Mandehpour, S., Lak, S. and Sharafizadeh, M. 2015. The effect of planting date and plant density on phenological characteristics, yield and yield components of hybrid corn Karun 701 in Khuzestan. *Crop Physiology Journal*, 6(24):105-118.
- Mansouri S.M., Mobli, M., Ebadi, R., Rezaei, A. 2008. Polycross effects on agronomical characteristics and yield of nine onion genotypes in Isfahan. *water and soil science*. 2: 615-625. (in the Persian)
- Masjedi, A., Shokoohfar, A. and Alavi Fazel, M. 2009. A survey of most suitable irrigation scheduling and effect of drought stress on yield for summer corn (SC.704) with class A evaporation pan in Ahvaz. *Journal of Water and Soil Science*. 12(46):543-550.
- Masoudi, F., Zardashti, M. R., Abdollahi Mandoulakani, B., Rasoli Sadghiani, M. H., & Nazarli, H. (2010). Effect of irrigation intervals on yield and plant characteristics of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 12 (3): 265-278. (In Persian)
- Mazaheri, H., Ghadami Firouzabadi, A., & Mohsen Seyedan(2011). Comparison Two Irrigation Systems, Tape and Furrow Irrigation Methodes on Yield Components of Rapeseed Cultivars in Hamedan Province. (*Agronomy Journal*) Pajouhesh & Sazandegi. 102:41-47. (In Persian)

Mehrpouyan, M., Faramarzi, A., Jaefari, A. & Siyami, K. (2010). The effect of different methods and different dates of sowing on yield and yield components in two cultivars of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Pulses Research*. 1(1): 9-17. (In Persian)

Mehrpouyan, M. & Shirani-Rad, A.H. (2011). Comparing the biological nitrogen fixation efficiency, in native and non-native strains of *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* in common bean. *Iranian Journal of Pulses Research*. 2(2): 109-120. (In Persian)

Mirhashemi-Aghdam R.S., Tadyon, M.S. & Zade-Bagheri, M. (2013). Evaluation of competitiveness of different bean cultivars and pigweed as affected by nitrogen. *Journal of Plant Ecophysiology*. 5(15): 49-62. (In Persian)

Mirza, V., Lak, S.H., Mombini, M. 2013. Influence of plant density and zinc foliar application on yield and its components in corn (hybrid K.S.C704). *Agronomic Research in Semi Desert Regions*. Vol10(4). 361-372.

Mirzaie, M.R. and A, Ghadami FiroozAbadi. 2007. Investigation of quantity and quality characters of sugar beet crop under furrow and micro irrigation systems in Hamedan. *J. sugar beet*. Vol, 23. No,2. P: 11-122. (In Persian).

Mirzaie, M.R. and Abdollahian Noghahi, M. 2011. Study of sugar beet growth pattern in Hamedan. *J. sugar beet*. Vol, 27. No, 2. P: 117-134. (In Persian).

Mobasser, H. R., Mohseni Delarestaghi, M., Khorgami, A. and Zarghami, R. 2009. Trend in changes of phenological and morphological characteristics, yield and grain yield components in rice Genotype (*Oryza Sativa* L.) to the different cultivation density. *Journal of DYNAMIC AGRICULTURE*, Vol. 6(1): 66-73. (In Farsi)

Modaberi, H., (2010). Determination of evapotranspiration and vegetative factor of two common varieties of rice in the dashtemordab (gilan). Master's thesis for irrigation-drainage. School of Agriculture. University of Tarbiat Modares University.

Mofidian S.M.A., Aghashahi A.R., and Moghaddam A. 2013. quantitative and qualitative forage yield of cold-region alfalfa ecotypes of Iran. *Seed and plant production journal*. 29: 729-745. (in the Persian)

Mohajerani, S. S., Alavi-Fazel, M., Madani, H., Lack, S.H. & Modhej A. (2016). Yield and physiological response of red bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) to cutting irrigation off at different growth stages. *Journal of Crop Ecophysiology*. 10(1): 213-224. (In Persian)

Mohamadi Mazraeh, H. and Noorju, A. 2009. The effects of sub-soiling and different levels of irrigation on sugar beet and wheat yield in rotation. *J. sugar beet*. Vol. 25. No. 2. p: 39-51. (In Persian).

Mohamadi, M., Majnunhoseini, N., Esmaili, A.R., Dashtaki, M. & Mohamad-Alipur, H. (2011). Study the rhizobium strains function on yield & yield components, chlorophyll and seed protein of common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Field Crop Sciences*. 42(3): 535-543. (In Persian)

Mohamadian, R. and H, Ghaen. 2012. Determination of suitable sowing pattern of sugar beet under tape drip irrigation system. *J. sugar beet*. Vol. 28. No,2. P: 107-122. (In Persian).

Mohammadi, Gh., Safari-Poor, M., Ghobadi, E, and Najafy, A. 2015. The effect of green manure and nitrogen fertilizer on corn yield and growth indices. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. 25 (2): 106-123.

Mohsen, B., safahani, A.R. (2010). Effect of planting date and plant density on quantitative and qualitative traits of two canola cultivars. *Jornal Management System*. 2(4). (In Persian)

Mojadam, M. and Modhej, A. 2012. Effect of nitrogen levels on water use efficiency, grain yield and yield components of corn under optimum and drought stress conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 10(3): 546-554.

Monian ardestani, M. (2013). Comparison of seed yield and quality of cotton cultivars grown in a very narrow range of rows. M.Sc thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian).

- Moosavi, S.S., Zahedi-No, M., Chaichi, M., Abdollahi, MR. 2014. Assessment of diversity and identifying of effective traits on grain yield of barley (*Hordeum vulgare* L.) under non-stress and terminal moisture stress conditions. *Cereal Research*. 4(2): 155-173. (in Persian)
- Moradi aghdam A., Daneshian J., Valadabadi S.A., Zakerin H.R., Ghaffari M., Haji hassani asl N., Moradi aghdam M. 2011. Effect of planting dates on the phenology and some agronomic characteristics of sunflower cultivars under khoy condition. *Journal of crop ecophysiology*. 3: 205-215. (in the Persian)
- Moradi Dalini, A., & Neyshabori, M. (2005). Measurement of canola water requirement by lysimeter method in HAJIABADEHORMOZGAN. *Proceedings of the nineth Iranian soil science congress*.2:316-318. (In Persian)
- Moradi, M., Panahpur, E. and Shaban, M. 2010. Evaluation of planting date and leaf cutting effects on yield and yield components of corn (hybrid single cross 700) in Izeh conditions. *Crop Physiology Journal*. 7(2): 107-117.
- Mosanaiey, H., Ajmanorozi, H., Rangriz, Z. and Zarezzadeh, Z. 2015. The Effect of Planting Pattern on Phonological Stages, Yield and Yield Components of Soybeans Promising in Gorgan. *Crop Physiology*. 7 (20): 43-58.
- Mosavi, S. K., Feyziyan, M., Ahmadi, A. R. 2009. *The effect methods of nitrogen and Fertilizer Application on growth of irrigated wheat in Lorestan province*. *Journal of Soil Research*. 23 (2): 135-147.
- Mosavi, S. K., Feyziyan, M., Ahmadi, A. R. 2009. *The effect methods of nitrogen and Fertilizer Application on growth of irrigated wheat in Lorestan province*. *Journal of Soil Research*. 23 (2): 135-147.
- Moshaver, E., Emam, Y., Madani, H., Nour Mohamadi, Gh. and Heidari Sharifabad, H. 2016. Comparison of Yield and Some Forage Qualitative Characteristics of Corn, Sorghum and Amaranth in Response to Density and Sowing Date in Fars Province. *Journal of Crop Ecophysiology*. 10 (1): 103-120. (In Persian).
- Mostafavi Rad, M., Shariati, F., & Mostafavi Rad. S. (2011). Evaluation of sowing date influence on quantitative and qualitative yield in four rapeseed cultivars adapted to cold regions in Arak, Iran. *Electronic Journal of Crop Production*. 5(2). (In Persian)
- Mousavi, S. and Ahmadi, A. 2008. Effects of sowing date and weed interference on yield of dryland of three lentil cultivars in Khoramabad. *Agriculture research*. 8 (1): 13-26.
- Mousavi, S. and chavoshi, S. 2013. Evaluation of phenological traits and some important cultivars of soybean cultivars under different planting dates in Ardabil. *New Agricultural Findings*. 7 (4): 371-382.
- Mousavi, S., Mirahadi, M., Imani, A. and Mohammad Pour Khaneghah, A. 2011. Effect of planting date on growth stages and yield of soybean and soybean oil in Ardebil region. *Modern knowledge of sustainable agriculture*. 7 (4): 63-69.
- Mousavi, S.G.R and M.J. Seghatoleslami. 2011. Effect of Different Chemical and Bio-Fertilizers On Morphological Traits, Yield and Yield Components of Barley. *Advances in Environmental Biology*. 5(10): 3312-3317.
- Mousavi, S.K., Faizian, M., Ahmadi, A. Influence of Nitrogen Fertilizer Application Methods on Yield and Yield Components of Winter Wheat (*Triticumaestivum*L.). *Journal of Water and Soil*. 25(1): 19-28.
- Mousavi, S.K., Faizian, M., Ahmadi, A. Influence of Nitrogen Fertilizer Application Methods on Yield and Yield Components of Winter Wheat (*Triticumaestivum*L.). *Journal of Water and Soil*. 25(1): 19-28.
- Mozafari, A., Siadat, A., Hashemidezfuli, A., 2006. Effect of Plant Density on Morphological and Physiological Characteristics of Four Cultivars of Durum Wheat (*Triticumturgidumvar.durum*) under Dryland of Sarableh-Region, Ilam. *J. Res. Agri Sci*. 2, 47-56.
- Mozafari, A., Siadat, A., Hashemidezfuli, A., 2006. Effect of Plant Density on Morphological and Physiological Characteristics of Four Cultivars of Durum Wheat (*Triticumturgidumvar.durum*) under Dryland of Sarableh-Region, Ilam. *J. Res. Agri Sci*. 2, 47-56.

- Naderi arefi, A., & abedini esfehlani, M. (2014). Effect of planting date and final irrigation on cotton yield at Garmsar condition. *Agricultural Crop Management*, 15(3): 201-211. (In Persian).
- Naderi arefi, A., & Hamidi, A. (2014). Seed Cotton Yield and some Related Traits in Different Cultivars of Cotton (*Gossypium hirsutum L.*) in Garmsar Conditions. *Seed and Plant Production*, 30(4): 401-420. (In Persian).
- Naderi arefi, A., Ahmadi, A., Sabok dast, M., Tavakoli, A.R., & Vafae tabar, M.A. (2016). Effect of water deficit stress on some vegetative aspects and yield of cotton genotypes. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 47(1): 41-52. (In Persian).
- Naderi, M., Shayannejad, M., Heydari, S and Haghhighati, B. 2016. Effect of Different Levels of Irrigation Water on Quantitative and Qualitative Characteristics of Potato and Determination of Its Optimum Consumptive Use of Water in Shahrekord. *Journal of Water and Soil* Vol. 30, No. 5, p. 1370-1381. (In Persian)
- Naderi, M., Shayannejad, M., Heydari, S., & Haghhighati, B. 2016. Effect of Different Levels of Irrigation Water on Quantitative and Qualitative Characteristics of Potato and Determination of Its Optimum Consumptive Use of Water in Shahrekord. *Journal of Water and Soil*, 30(5): 1370-1381.(in Farsi)
- Naghaii, V and MR. Asgharipour. 2011. Difference in Drought Stress Responses of 20 Barley Genotypes with Contrasting Drought Tolerance During Grain Filling. *Advances in Environmental Biology*. 5(9): 3042-3049.
- Najafi, N. and Mostafae, M. 2015. Improvement of corn plant nutrition by farmyard manure application and intercropping with Bean and bitter vetch in a calcareous soil. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*. 5 (1): 1-22. (In Persian).
- Najafi, R. 2006. Effect of seed power on soybean growth and yield. Master's thesis, Department of Agriculture, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
- Nakhzari Moghaddam, A. and Ramroodi., M. 2003. Effects of planting date and nitrogen rate on yield and yield components of lentil. *EJCP*. 9 (4): 33-42.
- Nakhzari Moghaddam, A., Tatari, M. and Arniaz qaranjic, A. 2011. The investigation of application times and amounts of zinc on yield and yield components of lentil. *EJCP*. 1 (4): 17-29.
- Namdari, M. and S. Mahmoodi. 2013. Evaluation of grain yield and yield components in intercropping of dwarf and tall cultivars of soybean (*Glycine max L.*). *Iranian Journal of Crop Sciences*. 15(1): 1-11. (In Persian).
- Namdari, M., Behdani, M. and Arab, Q. 2010. Study of physiological, morphological and functional characteristics of soybean cultivars in different ratios of mixed crop. *Journal of Agroecology*. 2 (2): 313-322.
- Nasrollahzadeh Asl, A., & Sedaghat, G. (2015). Effects of planting depth and irrigation disruption on yield and yield components in potato (*Solanum tuberosum L.*). *Research on agricultural science in arid regions*, 2 (1): 31-42. (In Persian)
- Navabpour, S., Latifi, N., Hosseini, S.H.andKazemi, G. 2011. Evaluation of grain yield in relation to yield components and growth indices in wheat.*Journal of cropProduction*.4(3): 157-173.
- Navabpour, S., Latifi, N., Hosseini, S.H.andKazemi, G. 2011. Evaluation of grain yield in relation to yield components and growth indices in wheat.*Journal of cropProduction*.4(3): 157-173.
- Nazari, M., 2016.The study of diversity leaf area in different growthstagesin Wheat genotypes. M. Sc. thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natutal Resources, Gorgan, Iran, (in Persian).
- Nazari, M., 2016.The study of diversity leaf area in different growthstagesin Wheat genotypes. M. Sc. thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natutal Resources, Gorgan, Iran, (in Persian).
- Nehbandani, A. 2013. Parameterizing SSM Model to Simulate Soybean Growth and Yield. Master's thesis, Department of Agriculture, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

Nezami., 1999. Evaluation of cold tolerance in chickpea for autumn cultivation in highlands. Mashhad Ferdowsi University. Doctoral degree in Agriculture.

Niazi, J., Foladmand, H. Z. Distant and Irrigation Required of three canola cultivars in Zarghan area of Fars province. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 10(3). (In Persian)

Nikzad, M., Taei, J., Azami sardoei, Z. A., & Amiri, E. (2015). Agro-ecological zonation of potato using GIS and WOFOST simulation model in Jiroft city. University of Jiroft - Faculty of Agriculture. Master's thesis.(in Farsi)

Niyazali, E. P. (2008). Determination of evapotranspiration potential of canola by lysimetric method. *Iranian Irrigation Seminar and Evaporation Reduction*. (In Persian)

Noriani, H. (2015). Effect of Different Nitrogen Levels on Yield, Yield Components and Some Qualitative Characteristics of Two Rapeseed Cultivars (*Brassica napus L.*). *Jornal of Crop Production and Processing*. 5(16). (In Persian)

Noshad, H. Mohamadian, R. Khayamim, S. Hamdi, F. 2014. Effect of amino acid containing organic fertilizers on nitrogen use efficiency and qualitative and quantitative properties of sugar beet. *J. sugar beet*. Vol, 30. No, 2. P: 167-181.(In Persian).

Nouri hoseini, S.M., Zabihi, H.R., & Ramazani Moghaddam, M.R. (2015). Cotton yield and yield components response to soil and foliar application of iron and zinc. *Iranian Journal of Cotton Researches*, 2(2): 43-57. (In Persian).

Omidi, F. & Sepehri, A. (2015). Effect of Sodium Nitroprusside application on leaf area, growth and water use efficiency of kidney bean under water deficit stress. *Journal of Agriculture*. 16(4): 871-885. (In Persian)

Omidi, M., Siahpoosh, M.R., Mamghani, R., and Modarresi, M. 2013. The effects of terminal heat stress on yield, yield components and some morpho-phenological traits of wheat genotypes in Ahwaz weather conditions. *EJCP.*, Vol. 6 (4): 33-53.

Omidi, M., Siahpoosh, M.R., Mamghani, R., and Modarresi, M. 2013. The effects of terminal heat stress on yield, yield components and some morpho-phenological traits of wheat genotypes in Ahwaz weather conditions. *EJCP.*, Vol. 6 (4): 33-53.

Oraki, A., Siahpoosh, MR., Rahnama, A., Lakzadeh, I. 2016. The effects of terminal heat stress on yield, yield components and some morpho-phenological traits of barley genotypes (*Hordeum vulgare L.*) in Ahwaz weather conditions. 47(1): 29-40. (in Persian)

Parsa, S. Koochaki, A. Nassiri Mahallati, M. Ghaemi, A. 2007. Seasonal variation of radiation interception and radiation use efficiency in sugar beet (*Beta vulgaris L.*). *Iranian Journal of Agricultural Research*. Vol. 5. No.2.p:229-238.(In Persian).

Parvizi, Kh. (2008). Evaluation of quantitative and qualitative traits of late and early ripening advanced potato cultivars. *Pajouhesh & Sazandegi*, 79: 80-90.(in Farsi)

Parvizi, S., Amirnia, R., Bernosy, I., Paseban-Islam, B., Hasanzadeh-Gorttapeh, A. & Raeii, Y. (2011). Evaluation of different plant densities effects on rate and process of grain filling, yield and yield components in varieties of dry bean. *Journal of Plant Production*. 18(1). (In Persian)

Pashakolayi, R. M., Ramee, V., & Teymori Shamoshak, A.A. (2008). Investigation of Different Nitrogen Variables in Different Planting History on Phenological Characteristics and Performance of Hayola-401. *Jornal of Plant Ecophysiology*. 1(3). (In Persian)

Pashakolayi, R. M., Ramee, V., & Teymori Shamoshak, A.A. (2011). Nitrogen fertilizer application and sowing date on phenological characteristics, grain yield and yield components of canola. *Plant and Ecosystem*. 7(2-27). (In Persian)

- Pezeshkpoor, P., Esteraky, H., and Shabani, A. 2013. Effect of autumn and spring planting season on yield and yield components of white chickpea (*Cicer arietinum* L.) in dryland conditions of the city of Selseleh. The 5th Iranian National Bean Convention.
- pourreza, J., Soltani, A., Rahemi, A., Galeshi, S and Zainali, E. 2008. Investigation of dry matter partitioning amount between different organs in chickpea. *J. Agric. Sci. Natur. Resour.*, Vol. 14. No,5.
- Pirasteanosheh, H., Emam, Y. 2012. *Manipulation of Morpho-Physiological Traits in Bread and Durum Wheat by Using Growth Regulators at Different Irrigation Regimes. Journal of crop production and processing.* 2(5): 29-45.
- Pirasteanosheh, H., Emam, Y. 2012. *Manipulation of Morpho-Physiological Traits in Bread and Durum Wheat by Using Growth Regulators at Different Irrigation Regimes. Journal of crop production and processing.* 2(5): 29-45.
- Pirasteanosheh, H., Emam, Y. 2012. *The response of seed yield and yield components of wheat to Growth Regulators under drought stress in farm and greenhouse. Journal of environmental stresses in crop sciences.* 5 (1): 1-17.
- Pirasteanosheh, H., Emam, Y. 2012. *The response of seed yield and yield components of wheat to Growth Regulators under drought stress in farm and greenhouse. Journal of environmental stresses in crop sciences.* 5 (1): 1-17.
- Pirmoradian, N., Zekri, F., Rezaei, M. and Abdollahi, V. 2013. Derivation of crop coefficients of three rice varieties based on ET estimation method in Rasht region. *Journal of Cereal Research*, Vol. 3(2): 95-106. (In Farsi)
- Poor yazdankhah, H., Razavipoor, T., Khaledian, M. R. and Rezaie, M. 2014. Determining crop coefficient of Binam and Khazar cultivars of rice by lysimeter and controlled basins in Rasht region. *Journal of Agroecology*, Vol. 6(2): 238-249. (In Farsi)
- Pourmotabbed, MR., Farnia, A., Fard Alishir, N. 2014. Effect of planting date on ecophysiological and morphological characteristics of lines and varieties of barley in different regions of Kermanshah. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences.* 5(2): 572-577.
- Pourtaghi, A.R., Darvish, F., Zamanian, M., and Mirhadi, M.J. 2005. Assessment and comparison of three berseem clover cultivars in three different planting dates with regard to quantitative and qualitative forage and hay yield in karaj region. *Journal of agricultural sciences islamic azad university.* 11 (3): 79-87. (in the Persian)
- Pourtaheri, N., Rahimi, M., Vaezi, B. and Ahmadikhah, A. 2012. Effect of seed density and weed control on yield and yield components of two lentil dryland-specific cultivars in subtropical conditions. *EJCP.* 5 (4): 135-149.
- Poustini, K. and Najafi-Nejad. 1997. Effect of farmyard manure on root yield and quality of sugar beet. *Irania J. Agric.Sci.* Vol. 28. No.3. p:27-36.(In Persian).
- Qajar Sepanlou, M. And to me, m. A. 2004. Irrigation effect in different stages of growth on yield, water use efficiency and harvest index of soybean cultivars in Mazandaran. *Agricultural and Natural Resources of the Caspian Sea.* 2 (2): 79-88.
- Raesi, S. and Hezarjaribim, a. 2013. Evaluation of Soybean Cultivars in Different Planting Arrangements and Densities in Golestan Province of Iran. *Seed and Plant Improvement Journal.* 29 (2): 215-233.
- Rahimi Jahangirlou, M., Kambouzia, J., Soufizadeh, S. and Rezayi, M. 2015. Study and comparison of temperature changes impacts on grain yield of irrigated maize (*zea mays* L.) in Khuzestan and fars provinces. *Journal of Ecological Agriculture.* 6:118-134.
- Rahimikhoob, H. and Sotoodehnia, A. 2012. Optimizing Water Use Efficiency using Elasticity Index - A Case Study For Silage Maize in the Qazvin Region. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage.* 8 (2): 304-310. (In Persian).

- Rahimikhoob, H. and Sotoodehnia, A. 2012. Optimizing Water Use Efficiency using Elasticity Index - A Case Study For Silage Maize in the Qazvin Region. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 8 (2): 304-310. (In Persian).
- Rahimiyan, M and Ghodsi, M. 2014. *Effect of Elimination of Irrigation in Terminal Stages of Growth on Yield and Water Use Efficiency of Five Wheat (Triticumaestivum L.) Genotypes in Mashhad. Journal of Water Research in Agriculture*. 28 (1): 25-38.
- Rahimiyan, M and Ghodsi, M. 2014. *Effect of Elimination of Irrigation in Terminal Stages of Growth on Yield and Water Use Efficiency of Five Wheat (Triticumaestivum L.) Genotypes in Mashhad. Journal of Water Research in Agriculture*. 28 (1): 25-38.
- Rahmani, T., Heydari-Sharifabad, H. & Madani, H. (2012). Effect of planting date and comparing yield between red bean cultivars in Ali-goudarz, Lorestan, Iran. *Journal of New Finding in Agriculture*. 6(4): 321-335. (In Persian)
- Rahnama, A., Lotfali Ayeneh, G., 2011. Spring Wheat (*Triticumaestivum* L.) Genotype Responses to Heat and Drought. *The quarterly Academic J. Crop Physiology*. 3, 63-47 .
- Rahnama, A., Lotfali Ayeneh, G., 2011. Spring Wheat (*Triticumaestivum* L.) Genotype Responses to Heat and Drought. *The quarterly Academic J. Crop Physiology*. 3, 63-47 .
- Rameeh, V. and Aghabozorgi, M. 2016. Effect of different seed rates and sowing dates on yield components, yield and qualitative traits of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) variety Sari. *Journal of Oil Plants Production*. 3 (1): 15-24.
- Rameeh, V. (2014). Evaluation of planting dates effects on growth, phenology and seed yield of spring rapeseed varieties. *Journal of Oil Plant Production*. 1(1). (In Persian)
- Ramezani Etedali, H., Nazari, B., Tavakoli, A., Parsinejad, M. 2009. Evaluation of CROPWAT model in deficit irrigation management of wheat and barley in Karaj. *Journal of Water and Soil*. 23(1): 119-129. (in Persian)
- Ramezani, M., Ehteshami, M R., Chaichi, M. R. and Sharifi, M. 2014. Effects of Different Levels of Biofertilizer and Phosphorus Chemical Fertilizer on Quantitative and Qualitative Yield of Forage Corn Cultivar SC540 Under Different Moisture Regimes. *Seed and plant production journal*. 30 (4): 421-439. (In Persian).
- Ramroodi, M., Galavi, M. and Nakhzari Moghaddam, A. 2008. Evaluation of Yield and Yield Components of Some Lentil Genotypes to Different Planting Dates. *Agriculture research*. 8 (2): 69-77.
- Ramyar, H., Jamnejad, M. 2010. Investigate the influence of volunteer *barely growth indices* of some *Wheat cultivars*. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 8(1): 75-81.
- Ramyar, H., Jamnejad, M. 2010. Investigate the influence of volunteer *barely growth indices* of some *Wheat cultivars*. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 8(1): 75-81.
- Ranjbar, M., Nasresfahani, M., & Mirzakhani, M. (2013). The study of growth indices of commercial and conventional potato cultivars in Esfahan region. *Iranian Journal of Dynamic Agriculture*. 1(4): 295-304. (in Farsi)
- Rasteghar, J., and Baghani, J. 2012. Effect of Different Irrigation Methods on Bulb Yield of Onion Cultivars. *Seed and plant production*. 2-28: 209-223. (in the Persian).
- Ravari, S.Z. 2003. Effects of sowing date on yield of some barley advanced lines and cultivars. *Seed and plant*. 19(3): 401-411. (in Persian)
- Razavi, R. (2010). Measurement of canola water requirement by lysimeter method. *Soil and Water Research Institute*. Soil and Water Research Institute. (In Persian)
- Razavi, R., 2008. *Effect of Eliminating of Irrigation at wheat growth stages on water use productivity and its quantitative and qualitative yield. Journal of Water and Soil Science*. 22 (1): 137-145.

- Razavi, R., 2008. *Effect of Eliminating of Irrigation* at wheat growth stages on water use productivity and its quantitative and *qualitative* yield. *Journal of Water and Soil Science*. 22 (1): 137-145.
- Razmi, N. (2009). Effect of Sowing Date on Seed yield, Yield Components and Some Agronomic Characteristics in Rapeseed Genotypes in Moghan Region. *Seed and Plant Production*. 25-2. 3. (In Persian)
- Razmi, N. 2010. Effect of Sowing Date and Plant Density on Some Agronomic Characteristics, Grain Yield and Its Components in Soybean Genotypes in Moghan Region. *Seed and Plant Improvement Journal*. 26 (4): 403-418.
- Rezaei Estakhroeih, A., Hooshmand, A., Broomand Nasab, S. and Khanjani, M. J. 2015. Water use efficiency and harvest index of corn affected by partial root-zone drying in the Kerman area. *Iranian Water Researches Journal*. 15: 103-113.
- Rezaei Estakhrorih A. Hooshmand A. Bromand Nasab S. Khanjani M. J. 2012. Effect of deficit irrigation and partial rootzone drying on yield, yield components and water use efficiency of maize (*Zea mays* L.) SC 704. *Journal of Water and Soil Science* 26(6):1514-1521.
- Rezaei, J. Banayan Aval, M. Nezami, A. Mehrvar, M. Mahmudi, B. 2015. Analysis of growth of sugar beet in healthy and infected rhizome viral disease. *Iranian Journal of Field Crops Research* Vol. 12, No. 4, Winter. 2015, p. 683-692. (In Persian).
- Rezaei, M., Motamed, M. K., Yousefi, A. and. Amiri, E. 2010. Evaluation of Different Irrigation Management on Rice Yield. *Journal of Water and Soil*. Vol. 24 (3): 565-573. (In Farsi)
- Rezaei, A., Shirvani Sorkhy, H., Sabeti, A., and Jafarzadeh Kenarsery, M. 2013. Effects of supplemental irrigation and planting density on yield and yield components of rainfed chickpea in Boroujerd area. The 5th Iranian National Bean Convention.
- Rezaei, M., Amiri, E. and Karim Motamed, M. 2011. Effects of irrigation interval and nitrogen fertilizer on yield and water productivity of rice (Hashemi cultivar) in Guilan. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)* No 93 pp: 57-67. (In Farsi)
- Rezaei Ghyasi, R., Mousavizadeh, S.A., Farajzadeh Meamari Tabrizi, E. 2017. Effect of compost combination and chemical fertilizers on yield and yield components of onion (*Allium cepa* L.). *Journal of ecophysiology*. 2: 331-344. (in the Persian)
- Rezvani moghadam. P., and Sadeghi Samarjan, R. 2008. Effect of sowing dates and different irrigation regimes on morphological characteristics and grain yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) (cultivar 3279 ILC). *Iranian Journal of Agricultural Research*, Vol. 6, No. 2, p. 315-325.
- Rezvani, S. Mirzaee M. and E. Bayat. 2011. Determination of Water Deficit Sensibility in Four Stages of Sugar Beet Growth in Hamedan. *Iranian Journal of Irrigation and drainage* No. 3, Vol. 4, p. 408-418. (In Persian).
- Roshan, Gh.R., Grab, S.W. 2012. Regional climate change scenarios and their impacts on water requirements for wheat production in Iran. *International Journal of Plant Production* 6 (2): 239-265.
- Roshan, Gh.R., Grab, S.W. 2012. Regional climate change scenarios and their impacts on water requirements for wheat production in Iran. *International Journal of Plant Production* 6 (2): 239-265.
- Roshanfekar, HA., Meskarbashi, M., Kashani, A. 2007. Investigation on the agronomic characteristics and yields of hullless barley genotypes (*Hordeum vulgare* L) in Ahvaz. *Agricultural Science Journal* 4(1): 9-23. (in Persian)
- Roshani, G.H., Gharanjiki, A., & Mirghasemi, S.J. (2015). Evaluation and Comparison of Salinity Tolerance of Several Cotton Genotypes in a Saline Soil. *Iranian Journal of Cotton Researches*, 2(2): 13-26. (In Persian).
- Rostami Ajirloo, A., Mohamadi, Gh. R., & Shaban, M. (2012). Effect of nitrogen biofertilizers with urea fertilizer on some quantitative and qualitative traits of potato var. Marphona. *Electronic Journal of Crop Production*, 5 (3), 131-144. (In Persian)

- Saadati, Z., Pirmoradian, N., Amiri, E. and Rezaii, M. 2012. ASSESSMENT OF WOFOST MODEL IN SIMULATING YIELDS OF TWO RICE VARIETIES UNDER DIFFERENT IRRIGATION REGIMES. IRANIAN JOURNAL OF WATER RESEARCH IN AGRICULTURE, Vol. 26(3): 323-337.(In Farsi)
- Sabbah, A., & Ghaffari Nejad., S. A. (2008). Determination of the best water level as trickle, irrigation and method of tape replacement on potato yield in. Pajouhesh & Sazandegi, 79, 194-199.(in Farsi)
- Saberi, MH., Nikkhah, HR., Tajali, H., Arazmjo, E. 2014. Effects of terminal season drought stress on yield and choosing best tolerance indices in promising lines of Barley. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) 107: 124-132. (in Persian)
- Sadeghi, F. and Choukan, R. 2008. Effects of planting date and pattern on yield of maize hybrid KSC 700 in Islamabad moderate region of Kermanshah province. Journal of Seed and Plant, 24(2): 221-235.
- Sadeghi, H and A.R. Kazemeini. 2011. Effect of crop residue management and nitrogen fertilizer on grain yield and yield components of two barley cultivars under dryland conditions. Iranian Journal of Crop Science. 13(3): 436-451. (in Persian)
- Sadeghipur, O.&Ghafari-Khaligh, H. (2002). Effects of weeding and different herbicides on weed control in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Crop Sciences.4(4). (In Persian)
- Sadeghipur, O., Ghfari-Khaligh, H. & Monem, R. (2005). Effect of plant density on yield and yield components of limited growth and unlimited growth of red beans. Journal of Agricultural Sciences. 11(1): 149-159. (In Persian)
- Sadrabadi Haghghi, R. Amirmoradi, Sh. Mirshahi, A.R. 2011. Investigation of Growth Indices of Sugar Beet and Commercial Cultivars in delayed planting in Chenaran Region (Khorasan Razavi) Iranian Journal of Field Crops Research Vol. 9, No. 3, 2011, p. 505-513.(In Persian).
- Sadreghaen, H., Akbari, M., Afshar, H., and Nakhjavani moghaddam, M.m. 2010. Effect of three methods of micro - irrigation and irrigation levels on yield of tomato. Journal of Water and Soil. 24: 574-582. (in the Persian).
- Saeedi, M and M. Azhand. 2014. Effect of photosynthesis resources constraint and water-deficit stress after flowering on the grain yield and gas exchanges in various genotypes of barley. Journal of crop improvement. 16(4): 840-856. (in Persian)
- Saeidi, M., Abdoli, M., Azhand, M., Khas-Amiri, M. 2013. Evaluation of drought resistance of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars using agronomic characteristics and drought tolerance indices. Albanian journal of agricultural science. 12 (4): 545-554.
- Safahani, A., Kamkar, B., Zand, E., Bagherani, N., & Bagheri, M.(2007). Reaction of grain yield and its components of canola (*Brassica napus* L.) cultivars in competition with wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) in Gorgan. Iranian Journal of Crop Sciences. 9(4). (In Persian)
- Safapur, M., Khaghani, Sh.&Teymuri, M. (2012). Comparison of indicators of drought tolerance and phenological and agronomic characteristics of black bean genotypes. Journal of New Finding in Agriculture. 6(4): 337-349. (In Persian)
- Safapur, M., Khaghani, Sh., Amirabadi, M., Teymuri, M. & Bazian, M.K. (2009). Statistical study of limited irrigation effects on morphological and agronomical traits in white bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of New Finding in Agriculture. 3(4): 367-378. (In Persian)
- Salehi, A., 2013. Determination of a *critical dilution curve* for *wheat* in Gorgan conditions. M. Sc. thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natutal Resources, Gorgan, Iran.
- Salehi, A., 2013. Determination of a *critical dilution curve* for *wheat* in Gorgan conditions. M. Sc. thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natutal Resources, Gorgan, Iran.

- Salehi, M., Akbari, R. & Khorshidi-Benam, M.B. (2008). A Study on response of yield and seed yield components of red bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) genotype to delay in planting in miyaneh region. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 12(43): 105-115. (In Persian)
- Sepahvand, M., 2009. To compare the water requirement (WR), water productivity (WP) and economical water productivity (EWP). *Iranian Water Research Journal*. 3 (4): 63-68.
- Sepahvand, M., 2009. To compare the water requirement (WR), water productivity (WP) and economical water productivity (EWP). *Iranian Water Research Journal*. 3 (4): 63-68.
- Seyed Sharifi, R. 2015. The Effect of Zinc Application and Biological Fertilizers on Seed, Function and Some Soybean Growth Characteristics. *Agricultural production*. 17 (1): 109-130.
- Seyed Sharifi, R. and Khoramdel, S. 2015. Effects of Nano-Zinc oxide and Seed Inoculation by Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Yield, Yield Components and Grain Filling Period of Soybean (*Glycine max* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*. 13 (4): 738-753.
- Seyed Sharifi, R. and Zaefi Zadeh M. 2013. Effect of nitrogen fertilizer rate on grain yield, phyllochron and leaf emergence rate in three maize cultivars. *Journal of Plant Research*. 26(2): 196-207.
- Seyedi, M. and Seyed Sharifi, R. 2013. Effect of seed inoculation with rhizobium and nitrogen fertilizer application on yield and crop characteristics of soybeans in Ardebil conditions. *Iranian Crop Research*. 11 (4): 618-628.
- Shaban, M., Mansourifar, C., Ghobadi, M. and Sabaghpour, S.H. 2013. Investigation of phenological and morphological characteristics and correlation them with yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress and N fertilizer in Kermanshah province. *Iranian Journal of Pulses Research*. Vol. 4, No. 1, p. 59-68.
- Shabiry, S., Ghaseme golezani, K., Golchin, A and Saba, J. 2007. Effect of water limitation on growth and yield of three chickpea cultivars in Zanjan. *J. Agric. Sci. Natur. Resour.*, Vol. 14(2).
- Shafagh-Kolvanagh, J., Zehtab-Salmasi, S., Nasrollahzadeh, S., Hashemi-Amidi, N., Dastborhan, S. 2015. Evaluation of yield and protein content of barley grain in response to nitrogen and weeds interference. *Journal of Agricultural science and sustainable production*. 25(4): 120-134.
- Shafieipour, H., Saeedi Sar, S., Nadali, F., Mohammadi, A.R. 2011. Effect of planting date and seed pre treatment on phenological stages, morphological traits and seed yield of sunflower. *Journal of Crop Production*. 3: 103-131. (in the Persian)
- Shahbazi, M., Zeinali, E., Galeshi, S., Eehteshami, M.R. and Dorosti, H. 2017. Response of grain yield and other agronomic characteristics of two native and high yield rice cultivars to nitrogen fertilizer rate in Rasht. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*. Vol. 7 (1): 21-38. (In Farsi)
- Shahrasbi, S., Emam, Y., Ronaghi, A., Pirasteh-Anosheh, H., 2016. Effect of drought stress and nitrogen fertilizer on grain yield and nitrogen use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Sirvan) in Fars Province, Iran conditions. *Iranian J. Crop Sci.* 17, 349-363.
- Shahrasbi, S., Emam, Y., Ronaghi, A., Pirasteh-Anosheh, H., 2016. Effect of drought stress and nitrogen fertilizer on grain yield and nitrogen use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Sirvan) in Fars Province, Iran conditions. *Iranian J. Crop Sci.* 17, 349-363.
- Shahrokhnia, M. A. and Zare E. 2015. Water consumption and corn production in the past and future of Fars province. *The First National Conference on Irrigation and Agricultural Water Productivity*, Ferdowsi University of Mashhad, 1-13
- Shahsavari, N., Safari, M., 2003. The effect of nitrogen on yield and yield components in 3 Wheat cultivars Wheat in Kerman. *J. pajouhesh & sazandegi*. 66, 82-87.

- Shahsavari, N., Safari, M., 2003. The effect of nitrogen on yield and yield components in 3 Wheat cultivars Wheat in Kerman. *J. pajouhesh& sazandegi*. 66, 82-87.
- Shirinazadeh, A., Soleimanzadeh, A., Shirinzadeh, Z. 2013. Effect of Seed Priming with Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Agronomic Traits and Yield of Barley Cultivars. *World Applied Sciences Journal*. 21 (5): 727-731.
- Shokoohfar, A., and Yaghoobinejad S. 2013. The effect of drought stress on yield components of sesame (*sesumum indicum* l.) cultivars. *Iranian journal of agronomy and plant breeding*. 8: 19-29. (in the Persian)
- Sina, V. A., Ramee, V. A. (2011). Effect of seed amounts on yield and grain yield components in three canola (*Brassica napus*L.) cultivars in Mazandaran. *Journal of Agroecology*. 3(3):500-505. (In Persian)
- Sobhani, A, R and Hamidi, H. 2014. Effects of different irrigation regims and amounts of potassium on qualitative characteristics of potato in Mashhad climatic conditions. *Journal of Plant Production*, Vol. 20 (4). (In Persian)
- Sohrabi, Y. Shakiba, M.R. Abdlhian Noghabi, M. Rahimzade Khuei, F. Turchi, M. Fathi, K. 2005. Investigation of limited irrigation and root harvesting dataes on yield and som, qualitative characteristics of sugar beet. *Pajouhesh & sazandegi*. No 70 PP:8-15.(In Persian).
- Soleyman Zade, H.(2012). Relationship of phenology and physiological traits with yield of rapeseed (*Brassica napus*L.) in Moghan region. *IRANIAN JOURNAL OF AGRONOMY AND PLANT BREEDING*.8(4).55-62. . (In Persian)
- Tabarzad, A., Ghaemi, A.A., Zand-Parsa, SH. 2016. Barley Grain Yield and Protein Content Response to Deficit Irrigation and Sowing Dates in Semi-Arid Region. *Modern Applied Science*. 10(10): 193-207.
- Tadayyon, A., Hashemi, L. and Khodambashi, M. 2011. Effective morphological and phenological traits on seed and biological yield in lentil genotypes in Shahrekord region. *Iranian Journal of Pulses Research*. 2 (2): 47-62.
- Tahmasbi tale, H., Sabaghpour, H., Mazahery, H and Khodabandeh, N. 2013. The effect of planting date and plant density on yield and yield components of cultivar were modified Chickpea Hashem in Hamedan province. The 5th Iranian National Bean Convention.
- Vaezi, B and A. Ahmadikhah. 2010. Evaluation of drought tolerance of twelve improved barley genotypes in dry and warm condition. *Journal of plant production*. 17(1): 23-44.
- Vafadar1, L. Ebadi2 A. and K. Sajed. 2008. Effects of sowing date and plant density on yield and some traits of Sugar beet genotypes. *EJCP*. Vol. 1 (2): 103-120..(In Persian).
- Vaghar, M., Normohamadi, GH., Shams, K., Pazeki, A and Kebreyay, S. 2009. Effect of Sowing Time on Yield and Yield Components of Dryfarming Chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Kermanshah Region. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*. Vol 5, No, 1. p, 1 - 18 .
- Valadiyani, A. R., Taj Bakhsh, M. (2007). Comparison of phonological stages and compatibility of 25 advanced canola cultivars in autumn crop cultivation in Orumieh. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 11(1). (In Persian)
- Valimohamadi, F., Tagbaksh, M and Sayed, A. 2008. Effect of different planting dates and densities on yield, yield components and some qualitative traits Morphological Study of Iranian Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. Vol, 12. No, 46. P, 31-40.
- Valinezhad, M., Malakouti, M. J. and Mahmoudi, M. 2008. THE EFFECT OF DIFFERENT RATE OF POTASSIUM CHOLORIDE FERTILIZERS ON THE YIELD OF NEDA RICE VARIETY IN WEST PADDIES OF MAZANDARAN PROVINCE. *Journal of PLANT AND ECOSYSTEM*.4(16): 99-112. (In Farsi)

Valizadeh, H., Ahari Zad, S., Shiri, M., Mohamadi, S. A., Farahmand, KH. M., Bahrapour, T. 2013. Grouping of new maize (*Zea mays* L.) hybrids using yield and morphological traits. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 9 (4): 233-258. 27-38.

Varse, h., Shirani Rad, A., Nor Mohamadi, Gh., Delkhosh, B., Varse, B. (2010). Effect of planting season on yield and yield components of canola cultivars in different moisture regimes. *Science-Research Quarterly Journal New Finding in Agriculture*.4(4). (In Persian)

Yazdandoost Hamedani, M. (2003). A Study of the Effect of Nitrogen Rates on Yield, Yield Components and Nitrate Accumulation in Potato Varieties. *Iranian Journal Agricultural Science*, 34 (4): 977-985. (In Persian)

Yazdi samadi., B., Majnon Hosseini, N. and Payghambari, A. 2004. Evaluation of cold hadiness in lentil genotypes. *SEED AND PLANT IMPROVEMENT JOURNAL*. 20 (1): 23-37.

yield, Yield Components and Some Agronomic Characteristics in Rapeseed Genotypes in Moghan Region. *SEED AND Plant Production*. 25-2. 3. (In Persian)

Yousefabai, V. and Abdollahian-Noghabi. 2011. Effect of split application of nitrogen fertilizer and harvest time on the root yield and quality characteristics of sugar beet. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 13 (3): 521-532. (In Persian).

Yousefi Rad, M., Asghari, M., Mohammadi, M., Masoumi Zavarian, A. 2016. Effect of drought stress on yield, yield components and some physiological characteristics of seven barley varieties. *Journal of crop improvement*. 7(4): 297-308. (in Persian)

Zabihi, H.R., Ramazani moghaddam, M.R., & Nourihosseini, S.M. (2013). Effects of different amount of nitrogen and irrigation water on yield and yield components of cotton. *Iranian Journal of Cotton Researches*,1(2): 43-55. (In Persian).

Zafarani, M., Nezami, A., Ziaee, S.M. and Jabbari, M. 2014. Possibility of chickpea autumn planting in Saravan condition. *Iranian Journal of Pulses Research*. Vol. 5, No. 1, p. 23-32

Zainali, A., Qaderifar, F., Soltani, A. and kashiri h. 2003. Effect of planting date on yield and grain yield components of three soybean cultivars in Gorgan. *Iranian Crop Research*. 1: 81-92. (In Persian)

ZareAbianeh, H., Nouri, H., Liaghat, A. M., Nouri, H. and Karimi, V. A. 2011. Comparison of Penman-Monteith FAO Method and a Class Pan Evaporation with Lysimeter Measurements in Estimation of Rice Evapotranspiration in Amol Region. *Journal of Physical Geography Research Quarterly*. 43(76): 71-83. (In Farsi)

Zehtab Salmasi, S., Mahghani, R., Ghasemi Golozani, Kh., Alyari, H. and Raisi, S. 2005. Evaluation of grain yield, grain filling rate and duration in three soybean varieties at different plant densities. *Agricultural Science*. 1 (4): 141-152.

Zendeh, A., Ansari, M. and Khorshidi, m. 2016. Effect of Nitrogen Fertilizer and Bacteria Inoculation on Yield and Yield Components of Soybean Cultivars in Moghan Region. *Agroecology journal*. 12 (2): 35-42.

Zeraei Siyahbidi, A., Rezayi Zad, A. (2013). Response of Oilseed Rape Genotypes to Delayed Planting in Temperate- Cold Regions of Kermanshah Provincein Iran. . *Seed and Plant Production*. 2-29(3). (In Persian)

Zeraei Syahbidi, A. Rezayi Zad, A. (2012). Response of Oilseed Rape Genotypes to Delayed Planting in Temperate- Cold Regions of Kermanshah Provincein Iran. *SEED AND PLANT IMPROVEMENT JOURNAL*. 29-2(3). (In Persian)