به نام خداوند جان و خرد

معاونت پژوهش و فناوری

دانشکده تولید گیاهی - گروه زراعت

گزارش طرح پژوهشی

مقایسه کشت هوازی برنج با کشت معمول از نظر مصرف آب در استان گلستان با روش مدل‌سازی

مجری طرح:

افشین سلطانی

همکاران طرح:

راحله عرب‌عامری، صفورا جافرنوده، ابراهیم زینلی،

بنیامین ترابی، جاوید قرخلو

پاییز ۱۴۰۰

شناسنامه طرح

معاونت پژوهش و فناوری

دانشکده تولید گیاهی - گروه زراعت

۱- عنوان: مقایسه کشت هوازی برنج با کشت معمول از نظر مصرف آب در استان گلستان با روش مدل‌سازی

۲- مجری طرح: افشین سلطانی

۳- همکاران طرح: راحله عرب‌عامری، صفورا جافرنوده، ابراهیم زینلی، بنیامین ترابی، جاوید قرخلو

٤- ناظر طرح: آسیه سیاهمرگویی

۵- اعتبار طرح: ۵۰/۰۰۰/۰۰۰ ریال

٦- محل تامین اعتبار: از اعتبارات پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۷- تصویب: پیشنهادیه طرح در جلسه ۳۹۳ مورخ ۱۳۹۷/۱۱/۱۵ شورای پژوهش و فناوری دانشگاه به تصویب رسید.

۸- اختتام: گزارش نهایی طرح در جلسه ---- مورخ ---------- شورای پژوهش و فناوری دانشگاه به تصویب نهایی رسید.

۹- شماره شناسه طرح: ۷۸-۳۹۳-۹۷

مسئولیت صحت مطالب مندرج در این گزارش بر عهده مجری طرح می‌باشد.

چکیده

به دلیل کمبود آب، کشت برنج در کشور به استثنای استان‌های مازندران و گیلان غیر مجاز است. اما، به دلیل صرفه اقتصادی، کشت این گیاه به طور گسترده در استان گلستان صورت می‌گیرد و حتی سطح زیر کشت آن در سال‌های اخیر افزایش نیز یافته است. یک راه‌حل برای کاهش مصرف آب، استفاده از روش کشت هوازی است که در آن نیازی به ایجاد و حفظ شرایط غرقابی در طول فصل رشد نبوده و تولید برنج همانند سایر گیاهان زراعی صورت می‌گیرد. یک سوال مهم این است که این روش نیاز به آب آبیاری را چقدر کاهش می‌دهد؟ در این مطالعه، با به کارگیری یک مدل آزمون شده برای برنج (SSM-iCrop2) روش کشت معمول با دو روش کشت هوازی در نقاط مختلف استان شبیه‌سازی و از نظر عملکرد و مصرف آب مورد مقایسه قرار گرفت. در روش کشت هوازی ۱ فرض شد ارقام فعلی مورد استفاده به جای نشایی، به‌صورت هوازی کشت می‌شوند. در این حالت، به دلیل این که همه مراحل رشد (از جوانه‌زنی تا برداشت) در مزرعه طی می‌شود، در مقایسه با کشت نشایی (که مراحل اولیه رشد در خزانه طی می‌شود) طول دوره رشد در مزرعه افزایش می‌یابد و در برخی نقاط و سال‌ها از ١٤ آبان عبور می‌کند و کشت گیاه بعدی (مثل گندم یا کلز) را با اختلال مواجه می‌سازد. در کشت هوازی ۲ فرض شد از ارقام مشابه ارقام فعلی ولی زودرس‌تر استفاده می‌شود که طول دوره رشد آن‌ها (کاشت تا برداشت) مشابه ارقام فعلی در کشت نشایی باشد (نشا تا برداشت). بر اساس نتایج، پتانسیل عملکرد (شلتوک) برای ترکیب فعلی ارقام مورد استفاده در شرایط نشایی در کل استان ٨/٨ تن در هکتار و پتانسیل عملکرد در کشت هوازی ۱ و ۲ در کل استان به ترتیب ٧/٦ و ٦/١٤ تن در هکتار برآورد گردید که به ترتیب ١٤ و ٢٧ درصد نسبت به کشت نشایی، کم‌تر می‌باشد. با بررسی نیاز آبیاری مشخص شد که کشت هوازی موجب صرفه‌جویی در مصرف آب شد، بدین ترتیب که میانگین نیاز آبیاری در کل استان در کشت هوازی ۱ و ۲ به ترتیب ۳۰ و ٤٠ درصد کم‌تر از کشت نشایی می‌باشد. با در نظر گرفتن سطح زیر کشت برنج در استان مقدار متنابهی صرفه‌جویی با کشت هوازی قابل انتظار است.

واژه‌های کلیدی: برنج، کشت نشایی، کشت هوازی، نیاز آبی، عملکرد

چکیده این گزارش در سایت معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه در آدرس www.gau.ac.ir قابل دسترس می‌باشد.

یافته‌های کوتاه علمی

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

شماره: ۷۸-۳۹۳-۹۷

تاریخ: ---------

عنوان: مقایسه کشت هوازی برنج با کشت معمول از نظر مصرف آب در استان گلستان با روش مدل‌سازی

نویسنده(گان): افشین سلطانی، راحله عرب‌عامری، صفورا جافرنوده، ابراهیم زبنلی، بنیامین ترابی، جاوید قرخلو

منبع یافته: طرح تحقیقاتی شماره شناسه ۷۸-۳۹۳-۹۷

واژه‌های کلیدی: برنج، کشت نشایی، کشت هوازی، نیاز آبی، عملکرد

معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، خیابان شهید بهشتی، صندوق پستی: ۳۸۶؛ کد پستی: ۱۵۷۳۹-۴۹۱۳۸، نمابر: ۳۲۲۲۵۹۸۹

مهم‌ترین یافته‌ها

بر اساس نتایج، پتانسیل عملکرد (شلتوک) برای ترکیب فعلی ارقام مورد استفاده در شرایط نشایی در کل استان ۸/۸ تن در هکتار و پتانسیل عملکرد در کشت هوازی ۱ و ۲ در کل استان به ترتیب ۷/۶ و ۶/۴ تن در هکتار برآورد گردید که به ترتیب ۱۴ و ۲۷ درصد نسبت به کشت نشایی، کم‌تر می‌باشد. با بررسی نیاز آبیاری مشخص شد که کشت هوازی موجب صرفه‌جویی در مصرف آب شد، بدین ترتیب که میانگین نیاز آبیاری در کل استان در کشت هوازی ۱ و ۲ به‌ترتیب ۳۰ و ۴۰ درصد کم‌تر از کشت نشایی می‌باشد. با در نظر گرفتن سطح زیر کشت برنج در استان مقدار متنابهی صرفه‌جویی با کشت هوازی قابل انتظار است.

مقدمه (شرح مساله)

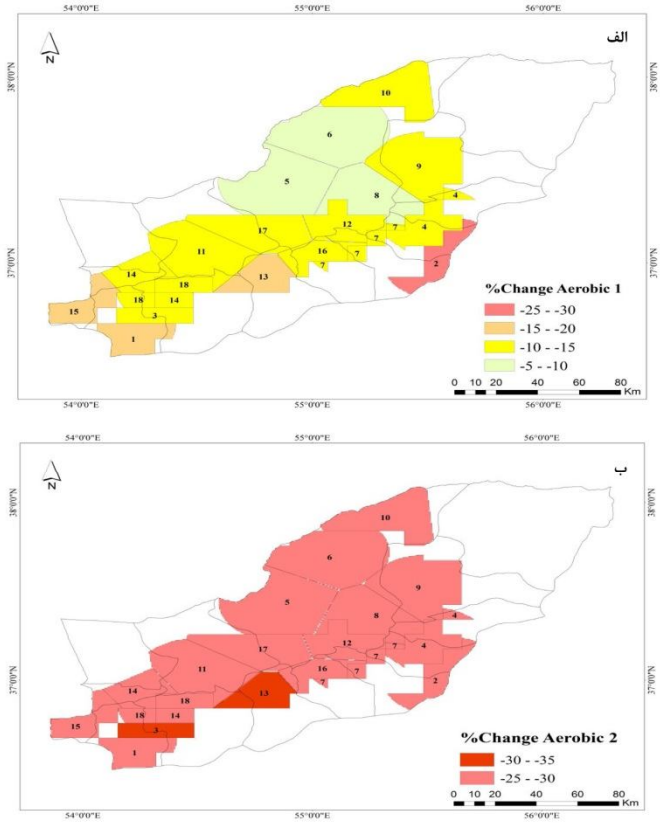
در این مطالعه، با به کارگیری یک مدل آزمون شده برای برنج (SSM-iCrop2) روش کشت معمول با دو روش کشت هوازی در نقاط مختلف استان شبیه‌سازی و از نظر عملکرد و مصرف آب مورد مقایسه قرار گرفت. در روش کشت هوازی ۱ فرض شد ارقام فعلی مورد استفاده به جای نشایی، به‌صورت هوازی کشت می‌شوند. در این حالت، به دلیل این که همه مراحل رشد (از جوانه‌زنی تا برداشت) در مزرعه طی می‌شود، در مقایسه با کشت نشایی (که مراحل اولیه رشد در خزانه طی می‌شود) طول دوره رشد در مزرعه افزایش می‌یابد و در برخی نقاط و سال‌ها از ۱۴ آبان عبور می‌کند و کشت گیاه بعدی (مثل گندم یا کلزا) را با اختلال مواجه می‌سازد. در کشت هوازی ۲ فرض شد از ارقام مشابه ارقام فعلی ولی زودرس‌تر استفاده می‌شود که طول دوره رشد آن‌ها (کاشت تا برداشت) مشابه ارقام فعلی در کشت نشایی باشد (نشا تا برداشت).

اهمیت موضوع

به‌دلیل کمبود آب، کشت برنج در کشور به استثنای استان‌های مازندران و گیلان غیر مجاز است. اما، به‌دلیل صرفه اقتصادی، کشت این گیاه به طور گسترده در استان گلستان صورت می‌گیرد و حتی سطح زیر کشت آن در سال‌های اخیر افزایش نیز یافته است. یک راه‌حل برای کاهش مصرف آب، استفاده از روش کشت هوازی است که در آن نیازی به ایجاد و حفظ شرایط غرقابی در طول فصل رشد نبوده و تولید برنج همانند سایر گیاهان زراعی صورت می‌گیرد. یک سوال مهم این است که این روش نیاز به آب آبیاری را چقدر کاهش می‌دهد؟

معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، خیابان شهید بهشتی، صندوق پستی: ۳۸۶؛ کد پستی: ۱۵۷۳۹-۴۹۱۳۸، نمابر: ۳۲۲۲۵۹۸۹

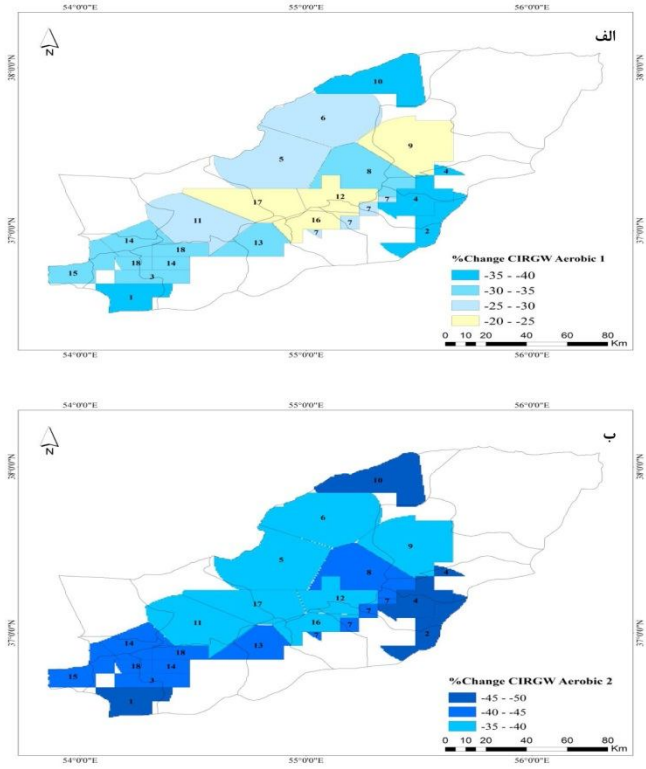
اطلاعات تکمیلی (مشتمل بر شکل‌ها، جداول و سایر مستندات)



شکل ۱- پهنه‌بندی درصد تغییر پتانسیل عملکرد کشت هوازی ۱ نسبت به کشت نشایی برنج (الف)، پهنه‌بندی درصد تغییر عملکرد پتانسیل کشت هوازی ۲ نسبت به کشت نشایی برنج (ب) در مناطق اقلیمی اصلی استان گلستان. خطوط نیز مرزهای شهرستان‌های استان گلستان را نشان می‌دهد

معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، خیابان شهید بهشتی، صندوق پستی: ۳۸٦؛ کد پستی: ۱۵۷۳۹-٤۹۱۳۸، نمابر: ۳۲۲۲۵۹۸۹

اطلاعات تکمیلی (مشتمل بر شکل‌ها، جداول و سایر مستندات)



شکل ۲- پهنه‌بندی درصد تغییر نیاز خالص آبی کشت هوازی ۱ نسبت به کشت نشایی برنج (الف)، پهنه‌بندی درصد تغییر نیاز خالص آبی کشت هوازی ۲ نسبت به کشت نشایی برنج (ب) در اراضی داخل مناطق اقلیمی اصلی استان گلستان. خطوط نیز مرزهای شهرستان‌های استان گلستان را نشان می‌دهد

معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، خیابان شهید بهشتی، صندوق پستی: ۳۸۶؛ کد پستی: ۱۵۷۳۹-۴۹۱۳۸، نمابر: ۳۲۲۲۵۹۸۹

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول

۱-۱- مقدمه ۱

فصل دوم- مواد و روش‌ها

۲-۱- پروتکل مورد استفاده برای جمع‌آوری اطلاعات ۳

۲-۲- مدل شبیه‌سازی مورد استفاده ۵

۲-۳- ست‌آپ مدل برای شبیه‌سازی برنج نشایی-غرقابی در کل استان ٦

۲-٤- ست‌آپ مدل برای شبیه‌سازی برنج هوازی در کل استان ۷

فصل سوم- نتایج و بحث

۳-۱- پراکنش کشت برنج و بافرهای انتخاب شده ۹

۳-۲- پتانسیل عملکرد شلتوک و موازنه آب خاک در کشت نشایی- غرقابی فعلی ۱۲

۳-۳- پتانسیل عملکرد شلتوک و موازنه آب خاک در کشت هوازی ۱ ..... ۱۵

۳-٤- پتانسیل عملکرد شلتوک و موازنه آب خاک در کشت هوازی ۲ ..... ۱۸

۳-۵- نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادها ۲۵

منابع ۲۷

پیوست‌ها ۳۱

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱- ایستگاه‌های هواشناسی مرجع (بافر) انتخاب شده و اطلاعات آنها برای برنج در استان گلستان. نوع خاک بر اساس کد خاک در بانک اطلاعات خاک HC27 می‌باشد. درصد از نوع خاک در بافر و درصد از سطح زیر کشت کل برنج در استان در بافر در پرانتز ذکر شده‌اند..... ۱۱

جدول ۳-۲- عملکرد واقعی شلتوک (تن در هکتار) در سیستم فعلی نشایی-غرقابی، پتانسیل عملکرد شلتوک (تن در هکتار)، روز تا برداشت، نیاز آبی (میلی‌متر)، تبخیر تجمعی (میلی‌متر)، تعرق تجمعی (میلی‌متر)، زهکشی تجمعی (میلی‌متر) و زمان برداشت در بافرهای انتخابی شبیه‌سازی شده تحت سناریوی کشت نشایی-غرقابی با ترکیب فعلی در استان گلستان از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹٤ ..... ۱۳

جدول ۳-۳- میانگین عملکرد واقعی شلتوک (تن در هکتار) در سیستم فعلی نشایی-غرقابی، عملکرد پتانسیل شلتوک (تن در هکتار)، روز تا برداشت، عملکرد پتانسیل برنج (تن در هکتار)، نیاز آبی (میلی‌متر)، تبخیر تجمعی(میلی‌متر)، تعرق تجمعی (میلی‌متر)، زهکشی تجمعی (میلی‌متر) و زمان برداشت در بافرهای انتخابی تحت سناریو کشت هوازی ۱ با ترکیب فعلی ارقام در گلستان از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹٤ ..... ۱۷

جدول ۳-٤- مقدار میانگین عملکرد واقعی شلتوک (تن در هکتار) در سیستم فعلی نشایی-غرقابی، عملکرد پتانسیل شلتوک (تن در هکتار)، روز تا برداشت، عملکرد پتانسیل برنج (تن در هکتار)، نیاز خالص آبی (میلی‌متر)، تبخیر تجمعی (میلی‌متر)، تعرق تجمعی (میلی‌متر)، زهکشی تجمعی (میلی‌متر) و زمان برداشت در بافرهای انتخابی تحت سناریو کشت هوازی ۲ با ترکیب فعلی در گلستان از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹٤ ..... ۱۹

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۱- توزیع سطح زیر کشت برنج در استان گلستان با استفاده از آمار سازمان جهاد کشاورزی از سال ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵. واحد هر پیکسل بر حسب هکتار بوده و اندازه آن ۰/۰۸۳ × ۰/۰۸۳ درجه اعشاری (~۸۶۰۰ هکتار) است. سطح زیر کشت برنج در کل استان گلستان در مقطع زمانی ذکر شده ۵۱۲۲۳ هکتار می‌باشد ۹

شکل ۳-۲- پهنه‌های اقلیمی انتخاب شده در مناطق اصلی کشت برنج در استان گلستان. شماره‌ها نشان‌دهنده ایستگاه‌های هواشناسی مرجع هستند که مشخصات آن‌ها در جدول ۱ آورده شده است ۱۰

شکل ۳-۳- پهنه‌بندی پتانسیل عملکرد شلتوک (تن در هکتار) در ایستگاه‌های هواشناسی انتخاب شده (بافرها) در استان گلستان در سیستم کشت نشایی- غرقابی با ترکیب فعلی ارقام. عملکرد پتانسیل توسط مدل SSM-iCrop2 در طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ شبیه‌سازی شده و با رطوبت ۱۴٪ تنظیم شده است ۱۴

شکل ۳-۴- پهنه‌بندی نیاز خالص آبی (میلی‌متر) در ایستگاه‌های هواشناسی انتخاب شده (بافرها) در استان گلستان در سیستم کشت نشایی-غرقابی با ترکیب فعلی ارقام. نیاز خالص آبی توسط مدل SSM-iCrop2 در طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ شبیه سازی شده است ۱۴

شکل ۳-۵- تجمع ماده خشک کل شبیه‌سازی شده برای کشت برنج در شرایط ایستگاه هاشم‌آباد در سال ۲۰۱۰ با سیستم‌های نشایی-غرقابی، هوازی ۱ و هوازی ۲..... ۱۵

شکل ۳-۶- پهنه‌بندی درصد تغییر پتانسیل عملکرد کشت هوازی ۱ نسبت به کشت نشایی برنج (الف)، پهنه‌بندی درصد تغییر عملکرد پتانسیل کشت هوازی ۲ نسبت به کشت نشایی برنج (ب) در مناطق اقلیمی اصلی استان گلستان. خطوط نیز مرزهای شهرستان‌های استان گلستان را نشان می‌دهد..... ۲۰

شکل ۳-۷- پهنه‌بندی درصد تغییر نیاز خالص آبی کشت هوازی ۱ نسبت به کشت نشایی برنج (الف)، پهنه‌بندی درصد تغییر نیاز خالص آبی کشت هوازی ۲ نسبت به کشت نشایی برنج (ب) در اراضی داخل مناطق اقلیمی اصلی استان گلستان. خطوط نیز مرزهای شهرستان‌های استان گلستان را نشان می‌دهد ۲۱

فهرست جداول پیوست

عنوان **صفحه**

جدول ۱ پیوست- درصد ارقام کم محصول و پرمحصول و نیز واحد دمایی از نشاکاری تا برداشت برای ارقام مورد استفاده در سیستم فعلی نشایی-غرقابی در بافرهای انتخابی استان گلستان..... ۳۵
جدول ۲ پیوست - تاریخ خزانه کاری و نشا کاری و برداشت برنج در بافرهای انتخابی استان گلستان..... ۳۶
جدول ۳ پیوست – ورودی‌های مورد نیاز شامل داده‌های هواشناسی، خاک و مدیریت زراعی جهت اجرای مدل ۳۷
جدول ٤ پیوست - کلاس‌های تعریف شده برای هر یک از متغیرهای مورد استفاده در طبقه‌بندی اقلیمی به GYGA-ED..... ۳۸
جدول ۵ پیوست – پهنه‌های اقلیمی اصلی که کشت برنج در استان گلستان در آن‌ها صورت می‌گیرد به همراه تعداد ایستگاه هواشناسی مرجع (RWS) در هر پهنه اقلیمی، نام ایستگاه‌ها، سطح زیر کشت برنج در هر پهنه و درصدی از کل سطح زیر کشت برنج در استان که در هر پهنه واقع شده است. پهنه‌بندی براساس GYGA-ED صورت گرفته است و سطح زیر کشت برنج در استان گلستان ۵۱۲۲۳ هکتار (۲۰۱٤ تا ۲۰۱٦) منظور شده است..... ٤۰
جدول ٦ پیوست - نام ایستگاه‌های هواشناسی مرجع (بافر) و شهرستان‌هایی که در بافر هر ایستگاه قرار می‌گیرند. برای محاسبه عملکرد واقعی و دیگر متغیرها در هر بافر از اطلاعات شهرستان‌های مرتبط متناسب با سهم آن‌ها در بافر استفاده شده است..... ٤۱
جدول ۷ پیوست - مشخصات خاک‌های اصلی در مناطق زیر کشت برنج در استان گلستان براساس اطلاعات بانک HC27 (کو و دیمز، ۲۰۱۳)..... ٤۲
جدول ۸ پیوست - پارامترهای گیاهی ثابت، مورد نیاز برای اجرای مدل SSM-iCrop2. برای توضیحات کامل مدل و دریافت فایل های راهنما به وب سایت مربوطه (www.SSM-crop-models.net) مراجعه شود..... ٤۳

فهرست جداول پیوست

عنوان **صفحه**

جدول ۹ پیوست – پارامترهای وابسته به رقم مورد نیاز برای اجرای مدل SSM-iCrop2. برای توضیحات کامل مدل و دریافت فایل‌های راهنما به وب سایت مربوطه (www.SSM-crop-models.net) مراجعه شود..... ٤٤

جدول ۱۰ پیوست – اطلاعات جمع‌آوری شده از میزان هزینه‌ها و درآمد حاصله در دو روش کشت هوازی و نشایی در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در استان گلستان..... ٤٥

جدول ۱۱ پیوست- مقدار میانگین عملکرد واقعی شلتوک (تن در هکتار) در سیستم فعلی نشایی-غرقابی، عملکرد پتانسیل شلتوک (تن در هکتار)، روز تا برداشت، عملکرد پتانسل برنج (تن در هکتار)، نیاز خالص آبی (میلی‌متر)، تبخیر تجمعی (میلی‌متر)، تعرق تجمعی (میلی‌متر)، زهکشی تجمعی (میلی‌متر) و زمان برداشت در بافرهای انتخابی تحت سناریو کشت نشایی با رقم پرمحصول در استان گلستان از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹٤ ..... ٤٧

جدول ۱۲ پیوست- مقدار میانگین عملکرد واقعی شلتوک (تن در هکتار) در سیستم فعلی نشایی-غرقابی، عملکرد پتانسیل شلتوک (تن در هکتار)، روز تا برداشت، عملکرد پتانسیل برنج (تن در هکتار)، نیاز خالص آبی (میلی‌متر)، تبخیر تجمعی (میلی‌متر)، تعرق تجمعی (میلی‌متر)، زهکشی تجمعی (میلی‌متر) و زمان برداشت در بافرهای انتخابی تحت سناریو کشت نشایی با رقم کم‌محصول در استان گلستان از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹٤ ..... ٤٨

جدول ۱۳ پیوست – مقدار میانگین عملکرد واقعی شلتوک (تن در هکتار) در سیستم فعلی نشایی-غرقابی، عملکرد پتانسیل شلتوک (تن در هکتار)، روز تا برداشت، عملکرد پتانسیل برنج (تن در هکتار)، نیاز خالص آبی (میلی‌متر)، تبخیر تجمعی (میلی‌متر)، تعرق تجمعی (میلی‌متر)، زهکشی تجمعی (میلی‌متر) و زمان برداشت در بافرهای انتخابی تحت سناریو کشت هوازی ۱ با ترکیب فعلی در گلستان از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹٤ در صورتی که آبیاری پس از تخلیه ٦۰ درصد رطوبت خاک انجام شود..... ٤٩

فهرست جداول پیوست

عنوان **صفحه**

جدول ١٤ پیوست – مقدار میانگین عملکرد واقعی شلتوک (تن در هکتار) در سیستم فعلی نشایی–غرقابی، عملکرد پتانسیل شلتوک (تن در هکتار)، روز تا برداشت، عملکرد پتانسیل برنج (تن در هکتار)، نیاز خالص آبی (میلی‌متر)، تبخیر تجمعی(میلی‌متر)، تعرق تجمعی (میلی‌متر)، زهکشی تجمعی (میلی‌متر) و زمان برداشت در بافرهای انتخابی تحت سناریو کشت هوازی ٢ با ترکیب فعلی در گلستان از سال ١٣٨٠ تا ١٣٩٤ در صورتی که آبیاری پس از تخلیه ٦٠ درصد رطوبت خاک انجام شود..... ٥٠

فهرست اشکال پیوست

عنوان **صفحه**

شکل ۱ پیوست- روند تغییرات سطح زیر کشت (الف)، تولید (ب) و عملکرد دانه (ج) در استان گلستان از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۸ ..... ۳۱
شکل ۲ پیوست- سهم شهرستان‌های مختلف از کل تولید برنج در استان گلستان ۳۲
شکل ۳ پیوست- متوسط عملکرد واقعی شلتوک (تن در هکتار) در استان گلستان محاسبه شده بر اساس پروتکل گیگا در مقابل متوسط گزارش شده توسط وزارت جهاد کشاورزی در دوره زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹٤. خطوط نقطه چین محدوده تغییرات ۲۰$\pm$ درصد را نشان می دهند و خط پیوسته خط ۱:۱ است ۳۳
شکل ٤ پیوست- پهنه‌بندی عملکرد واقعی شلتوک (تن در هکتار) در بافر ایستگاه‌های هواشناسی انتخاب شده در استان گلستان بر اساس عملکردهای سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹٤. میانگین عملکرد واقعی شلتوک در بافرها بین ۳/۵ تا ۵/۱ تن در هکتار متغیر است و متوسط عملکرد واقعی در استان برای ترکیب فعلی ارقام و سیستم کشت نشایی-غرقابی ٤/۰ تن در هکتار می‌باشد ۳٤
شکل ۵ پیوست - محدوده تحت پوشش هر یک از ایستگاه‌های هواشناسی انتخاب شده و نوع اقلیم آن‌ها. کدهای اقلیمی در جدول زیر (جدول ٤) توضیح داده شده‌اند ۳۸
شکل ٦ پیوست - انواع خاک در مناطق زیر کشت برنج استان گلستان بر اساس اطلاعات موجود در بانک خاک HC27 (کو و دیمز، ۲۰۱۳). شماره‌ها نشان‌دهنده ایستگاه‌های مرجع هستند که در جدول ۱ در متن اصلی درج شده‌اند ٤۲

فصل اول

۱-۱- مقدمه

بر اساس آمارهای رسمی منتشر شده از سوی سازمان خواربار جهانی، سطح زیرکشت برنج در جهان در طی سال‌های گذشته از حدود ۱٤٥ میلیون هکتار تا بیش از ۱٦۰ میلیون هکتار متغیر بوده است که ۹۰ درصد آن در شرایط غرقاب انجام می‌گیرد (FAO. 2017). سطح زیر کشت برنج در ایران در سال زراعی ۹۷-۱۳۹٦ کمی بیش از ٦۰۰ هزار هکتار (٦۲۲۹۹۱ هکتار) بود که ٦۱۷۸۸ هکتار آن به استان گلستان تعلق داشته است (آمارنامه جهاد کشاورزی، ۱۳۹۸). سطح کشت برنج کشور در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ حدود ۹۰۰ هزار هکتار (۸۹۲۲۱۳ هزار هکتار) گزارش شده است که ۱۱۸۷٥٤ هکتار آن مربوط به استان گلستان بوده است (آمارنامه جهاد کشاورزی، ۱۳۹۹). روش فراگیر کشت برنج در کشور و استان گلستان کشت نشایی- غرقابی می‌باشد. مزیت اصلی کشت نشایی، مدیریت علف‌های هرز است (Rao *et al*., 2007).

برآورد شده است که ۱۱ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از کشاورزی در دنیا در اثر انتشار گاز متان در کشت برنج است و همچنین یک سوم گازهای گلخانه‌ای که از تولید گیاهان زراعی منتشر می‌شود، ناشی از انتشار متان از مزارع برنج است (Dickie *et al*., 2014). دلیل انتشار متان این است که وقتی مزرعه برنج را غرقاب می‌کنند، ماده‌ی آلی موجود در خاک در شرایط کمبود و یا نبود اکسیژن تجزیه می‌شود و در اثر تجزیه ماده‌ی آلی در این شرایط، متان آزاد می‌گردد. در کشت برنج از کود نیتروژن زیادی استفاده می‌شود که بخشی از آن به صورت N_2O که یک گاز گلخانه‌ای مهم است، به اتمسفر منتشر می‌گردد. بنابراین، اگر انتشار N_2O از کود مصرفی لحاظ شود، نقش برنج در انتشار گازهای گلخانه‌ای بیش‌تر هم می‌شود (سلطانی و عالیمقام، ۱۳۹۷).

برنج همچنین آب زیادی مصرف می‌کند. به عنوان مثال، ٤٠ درصد آب آبیاری که در دنیا استفاده می‌شود و ۳۰ درصد منابع آبی که ایجاد می‌گردد (مثل احداث سد و چاه) برای برنج است (Dickie *et al*., 2014). سلطانی و همکاران (۱۳۹۸) برآورد کردند که ۱۲ درصد منابع آبی کشور به تولید برنج اختصاص می‌یابد که در استان گلستان این رقم به ٤٥ درصد بالغ می‌گردد. در ایران متوسط کشوری نیاز آبی خالص برنج ۹۹۱۰ متر مکعب در هکتار برآورد شده است (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۷). اما، تصویب‌نامه هیات وزیران کشت برنج در شرایطی که بیش از ۷۰۰۰ متر مکعب در هکتار آب آبیاری مورد نیاز باشد را غیر مجاز شمرده است (مصوبه مورخه ۹۷/۸/۱۵). بر این اساس در اکثر مناطق کشور کشت برنج قابل تجویز نیست.

یک روش جایگزین برای کشت برنج که در کاهش انتشار متان و مصرف آب توسط این گیاه بسیار مؤثر است، کشت هوازی برنج است. در این روش به جای نشاکاری، بذر برنج کشت می‌شود و آبیاری گیاه همانند سایر گیاهان زراعی پس از تخلیه مقدار معین رطوبت خاک، صورت می‌گیرد و بنابراین نیاز به گل‌ورزی خاک نیست (Parthasarathi *et al*., 2012).

اگرچه در مورد کشت هوازی برنج مطالعات مختلف در جهان و ایران صورت گرفته‌است، ولی هنوز نیاز به مطالعات بیش‌تر وجود دارد. هدف از این مطالعه برآورد عملکرد و مولفه‌های موازنه آب خاک مثل تبخیر، تعرق و زهکشی و نیاز آبیاری در کشت نشایی- غرقابی و کشت هوازی برنج در سطح کل استان گلستان بود. نتایج مطالعه مشخص خواهد کرد که در سطح کل استان چه میزان صرفه‌جویی آب با کشت هوازی برنج امکان‌پذیر خواهد بود.

فصل دوم- مواد و روش‌ها

۲-۱- پروتکل مورد استفاده برای جمع‌آوری اطلاعات

برای شبیه‌سازی رشد، عملکرد و مصرف آب برنج در سطح کل استان گلستان از یک روش پایین به بالا موسوم به GYGA استفاده شد (van Grassini *et al*., 2015; van Ittersum *et al*., 2013; van Wart *et al*., 2015). در این روش ابتدا پراکنش سطح زیر کشت گیاه در ناحیه مورد نظر (این جا استان گلستان) مورد بررسی قرار می‌گیرد و سپس بر اساس آن پهنه‌های اقلیمی و ایستگاه‌های هواشناسی (بافر) شناسایی می‌شوند که باید از اطلاعات آن‌ها برای شبیه‌سازی استفاده شود. در مرحله بعد، اطلاعات هواشناسی، خاک و نیز مدیریت زراعی (مثل نوع رقم یا تاریخ کاشت) از بافرهای شناسایی شده، جمع آوری می‌شوند. شبیه‌سازی گیاه با استفاده از این اطلاعات برای هر بافر صورت می‌گیرد و متغیرهای شبیه‌سازی شده از سطح بافر به پهنه اقلیمی و سپس به کل ناحیه مورد نظر درشت مقیاس نمایی می‌شوند.

برای تهیه نقشه پراکنش کشت برنج در استان، ابتدا آمار سطح زیر کشت هر شهرستان در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵ از سازمان جهاد کشاورزی استان تهیه گردید. فرض شد سطح زیر کشت برنج در هر شهرستان به صورت یکنواخت در اراضی آبی آن شهرستان پخش شده باشد. بدین منظور به نقشه پلی‌گونی پراکنش اراضی آبی در استان گلستان نیاز بود که از سازمان نقشه برداری کشور تهیه شد.

با روی‌هم اندازی نقشه پراکنش برنج در استان و نقشه پهنه‌بندی اقلیمی استان (بر اساس روش GYGA-ED؛ van Wart *et al*., 2015؛ www.yieldgap.org)، پهنه‌های اقلیمی اصلی که کشت برنج در آن‌ها صورت می‌گیرد شناسایی شدند. در این روش، پهنه‌های اقلیمی براساس سه متغیر واحد دمایی با دمای پایه صفر درجه سانتی‌گراد، شاخص خشکی سالیانه (نسبت بارندگی به تبخیر) و دامنه

نوسان دما مشخص می‌شوند. پهنه‌های اقلیمی شناسایی شده باید حداقل ۵۰ درصد سطح زیر کشت گیاه در ناحیه مورد نظر را پوشش بدهند. سپس به شناسایی و انتخاب ایستگاه‌های هواشناسی در این پهنه‌ها مبادرت شد. بدین منظور از روی هم‌اندازی نقشه موقعیت‌نمایی ایستگاه‌های هواشناسی (با محدوده بافر به شعاع ۵۰ کیلومتر) و نقشه پهنه‌بندی اقلیمی استفاده شد و ایستگاه‌های مورد نیاز شناسایی شدند. در برخی پهنه‌ها که ایستگاه هواشناسی وجود نداشت از ایستگاه فرضی استفاده شد. برای ایستگاه‌های فرضی از آمار نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی در همان پهنه اقلیمی استفاده گردید. اطلاعات روزانه ایستگاه‌های هواشناسی انتخاب شده شامل دمای حداقل و حداکثر، تعداد ساعات آفتابی و بارندگی از اداره کل هواشناسی استان برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱٦ تهیه و پردازش شد.

برای اجرای مدل و شبیه‌سازی عملکرد و مصرف آب به اطلاعات خاک نیز نیاز می‌باشد. چون بانک اطلاعات خاک دیجیتال شده برای استفاده در مدل‌های شبیه‌سازی برای استان وجود نداشت، بدین منظور از اطلاعات خاک مندرج در بانک اطلاعات خاک HC27 (Koo and Dimes, 2013) استفاده شد. این بانک دارای اطلاعات خاک با رزولوشن ۱۰ کیلومتر برای استان می‌باشد و مناسب بودن اطلاعات آن برای ایران قبلا ارزیابی شده‌است (Nehbandani *et al*., 2020). شایان ذکر است در این مطالعه نوع خاک تاثیری بر پیش‌بینی رشد و عملکرد گیاه ندارد چون فرض می‌شود مدیریت مزرعه مطلوب است و همه کمبودهای احتمالی خاک جبران می‌شوند، ولی نوع خاک به‌صورت جزیی بر برآورد نیاز آبیاری مؤثر می‌باشد.

برای اجرای مدل همچنین نیاز به اطلاعات مدیریتی می‌باشد. بدین منظور این اطلاعات از محدوده هر یک از شهرستان‌های استان و از ایستگاه‌های هواشناسی (بافرها) جمع آوری گردید. این اطلاعات عبارت بودند از: تاریخ خزانه کاری (شروع و پایان)، تاریخ نشاکاری و تاریخ برداشت و نیز درصد نسبی ارقام کم محصول و پر محصول. از این اطلاعات برای ست‌آپ (setup) مدل برای استان استفاده شد. مدل عملکرد و نیاز آبیاری را برای شرایط مطلوب رشد، به صورتی که گیاهان با کمبود آب، عناصر غذایی و وقوع بیماری‌ها، آفات و علف‌های هرز مواجه نمی‌شود، شبیه سازی می‌کند. به عملکرد حاصله در این شرایط عملکرد پتانسیل گفته می‌شود. برای مقایسه، آمار عملکرد واقعی کشاورزان که در سطح شهرستان در استان موجود بود (۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵) به عملکرد واقعی در بافر ایستگاه‌ها تبدیل گردید.

۲-۲- مدل شبیه‌سازی مورد استفاده

در این مطالعه از مدل شبیه‌سازی گیاهی SSM-iCrop2 استفاده شد (Soltani and Sinclair, 2012). این مدل رشد، عملکرد و مصرف آب را بر مبنای داده‌های هواشناسی، ویژگی‌های خاک، نحوه مدیریت (مانند آبیاری) و پارامترهای گیاهی (رقم مورد استفاده) محاسبه می‌کند. مدل توانایی شبیه‌سازی نمو فنولوژیک، گسترش و پیری برگ، تجمع و توزیع ماده خشک، تشکیل عملکرد و موازنه آب خاک را دارد. مدل، شبیه‌سازی را به‌صورت روزانه انجام می‌دهد. لازم به ذکر است که این مدل اثر آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز را برروی گیاه در نظر نمی‌گیرد و فرض می‌کند به‌طور مؤثر مدیریت شده‌اند. همچنین فرض شده‌است که هر گونه کمبود عناصر غذایی با مدیریت مناسب رفع می‌شود.

در مدل SSM-iCrop2 برای انجام محاسبات موازنه آب خاک، خاک به‌صورت دو لایه درنظرگرفته شده است: یک لایه فوقانی با ضخامت ۲۰ سانتی‌متر و یک لایه دوم که شامل لایه اول نیز می‌باشد و برابر با عمق مؤثر استخراج آب است. عمق لایه دوم با شروع رشد ریشه افزایش می‌یابد تا به حداکثر خود برسد. عمق خاک در زمان سبز شدن برابر ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است. پس از مرحله سبز شدن به ازای هر واحد دمایی، به مقداری که از پارامترهای گیاهی محسوب می‌شود، بر عمق ریشه افزوده می‌شود. عمق نهایی قابل دسترس برای ریشه می‌تواند بر اساس مرحله فنولوژیک، عمق نفوذ ریشه، عمق خاک و یا موانع فیزیکی و شیمیایی موجود در خاک برای رشد ریشه تعیین شود (Soltani and Sinclair, 2012). برای جزییات بیش‌تر درباره مدل به سلطانی (۱۳۸۸)، Soltani and Sinclair (2012)، Soltani *et al.* (2020) مراجعه شود. مدل و کلیه فایل‌های مرتبط با آن از www.SSM-crop-models.net قابل دستیابی است.

مدل SSM-iCrop2 قبلا برای برنج در شرایط استان گلستان و نیز سایر نقاط کشور پارامتریابی و ارزیابی شده است (کرامت، ۱٤۰۰؛ Soltani *et al.*, 2020). مدل عملکرد شلتوک با ۱٤ درصد رطوبت را پیش‌بینی می‌کند. در صورتی که عملکرد برنج سفید مد نظر باشد با ضرب عملکرد شلتوک در ۰/٦ قابل محاسبه است.

۲-۳- ستآپ مدل برای شبیه‌سازی برنج نشایی-غرقابی در کل استان

مدل ستآپ شده برای برنج در استان گلستان عبارت از مدل SSM-iCrop2 است که اطلاعات هواشناسی، خاک، مدیریت زراعی و رقم‌ها برای کلیه بافرهای استان تهیه و در آن تعریف شده‌اند. در این مدل برای شرایط کشت فعلی برنج در استان که عمدتا با سیستم نشایی- غرقابی صورت می‌گیرد، تعداد ۳٦ سناریو تعریف شده است. هر سناریو عبارت از یک بافر (ایستگاه هواشناسی) و کلیه اطلاعات مربوط به آن می‌باشد. چون ۱۸ ایستگاه هواشناسی شناسایی شد و در هر ایستگاه ارقام کم محصول و پرمحصول (هر دو) کشت می‌شوند، تعداد کل سناریوها به ۳٦ عدد بالغ گردید. از اطلاعات ۱۵ ساله هر ایستگاه هواشناسی به صورت روزانه برای شبیه سازی توسط ستآپ استفاده می‌شود. تاریخ نشاکاری در هر بافر بر اساس اطلاعات جمع آوری شده تعریف شد و فرض شد از نشاکاری تا نزدیکی برداشت، ارتفاع آب برابر با ۵۰ میلی‌متر در مزرعه حفظ می‌گردد. اطلاعات خاک شامل عمق، آلبیدو، ضریب زهکشی، حدود رطوبتی خاک برای هر بافر از بانک HC27 استخراج و در مدل قرار داده شدند. چون خاک مزرعه برنج در سیستم غرقابی گل‌ورزی می‌شود، ضرایب زهکشی خاک‌ها به محدوده ۰/۰۳ تا ۰/۰٤ کاهش داده شدند (از محدوده ۰/۲ تا ۰/۵ برای شرایط غیر گل‌ورزی). عمق خاک برای جذب رطوبت برای برنج غرقاب شده ۲۵ سانتی‌متر لحاظ شد. برای هر بافر یک رقم کم محصول و یک رقم پرمحصول شبیه‌سازی گردید. واحد دمایی برای ارقام مورد کشت در هر بافر طوری انتخاب شد که تاریخ نشاکاری و برداشت شبیه‌سازی شده و گزارش شده یکسان باشند. شش رقم حاصل، ترکیب دو حالت کم محصول و پر محصول و سه مقدار واحد دمایی، برای کل استان کافی بود. ارقام کم محصول و پر محصول از نظر حداکثر شاخص سطح برگ مورد انتظار و حداکثر شاخص برداشت متفاوت هستند. کیفیت در ارقام کم محصول بالاتر است ولی در حال حاضر مدل کیفیت را شبیه سازی نمی‌کند.

مدل عملکرد شلتوک و بسیاری دیگر ویژگی‌های مرتبط با نمو، رشد و موازنه آب خاک را برای ۳٦ سناریو و هر یک برای ۱۵ سال را شبیه‌سازی می‌کند. سپس متوسط وزنی این ویژگی‌ها برای هر بافر با توجه به نسبت کشت ارقام کم‌محصول- پرمحصول محاسبه می‌شود. عملکرد و سایر ویژگی‌های شبیه‌سازی شده در سطح کل استان با توجه به سهم هر بافر در سطح زیر کشت برنج در استان محاسبه می‌گردند.

۲-٤- ست‌آپ مدل برای شبیه‌سازی برنج هوازی در کل استان

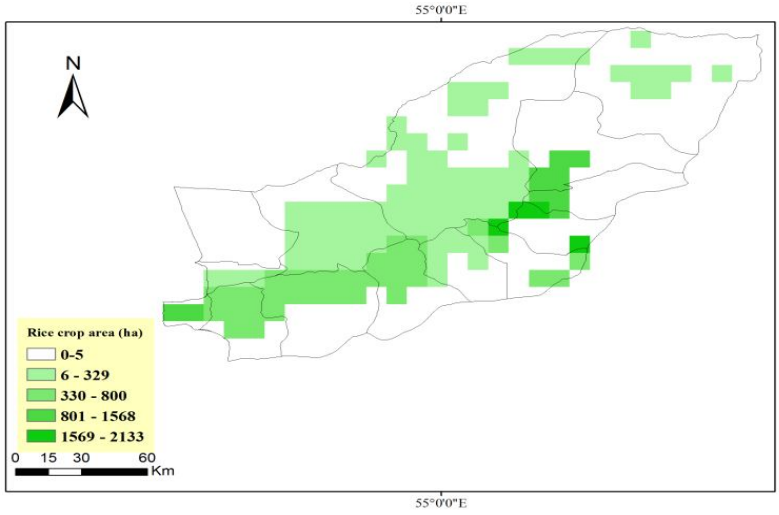
دو ست‌آپ مدل برای کشت هوازی با تغییرات لازم در ستاپ مدل برای کشت نشایی- غرقابی تهیه شدند: (۱) ست‌آپ مدل برای سیستم هوازی ۱، و (۲) ست‌آپ مدل برای سیستم هوازی ۲. در سیستم هوازی ۱ فرض شد همین ارقام کنونی مورد استفاده در هر بافر به صورت هوازی کشت می‌شوند، یعنی بذر آن‌ها به جای نشا در همان تاریخ نشاکاری در مزرعه کشت می‌گردد. بنابراین، چون همه دروه رشد آن‌ها در مزرعه (به جای خزانه و مزرعه) طی می‌شود، برداشت آن‌ها دیرتر صورت خواهد گرفت. برای شبیه‌سازی این حالت واحد دمایی مورد نیاز تا برداشت ارقام مورد کشت در این سیستم به اندازه فاصله خزانه‌کاری تا نشاکاری (معادل ٤۲۵ درجه سانتی‌گراد با دمای پایه ۸ درجه سانتی‌گراد) افزایش داده شد. چون در این سیستم، مزرعه گل‌ورزی نمی‌شود و آبیاری مشابه دیگر گیاهان زراعی انجام می‌پذیرد، فرض شد ریشه گیاه در این سیستم قادر است رطوبت خاک تا عمق ۷۵ سانتی‌متری را جذب کند که این عمق از ۲۰ سانتی‌متر در زمان سبزشدن به تدریج افزایش یافته و در شروع رشد دانه‌ها به ۷۵ سانتی‌متر می‌رسد. همچنین فرض شد آبیاری در این سیستم بلافاصله بعد از تخلیه ٤۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک در منطقه ریشه انجام می‌گیرد. انتخاب سطح آبیاری بر برآورد حجم نیاز آبیاری تأثیرگذار می‌باشد. سایر پارامترهای ارقام در این سیستم مشابه سیستم نشایی-غرقابی بودند. همچنین نسبت سطح زیر کشت ارقام کم‌محصول-پرمحصول مشابه سیستم نشایی- غرقابی در نظر گرفته شد.

در سیستم هوازی ۲ فرض شد از ارقامی استفاده می‌شود که دوره رشد آن‌ها در مزرعه از کاشت تا برداشت مشابه دوره رشد ارقام فعلی از نشاکاری تا برداشت باشد؛ یعنی بذر این ارقام همزمان با نشاکاری ارقام فعلی در مزرعه کشت می‌شود و همزمان برداشت می‌گردند. بدین منظور واحد دمایی لازم از کاشت تا برداشت ارقام در کشت هوازی ۲ برابر واحد دمایی لازم از نشاکاری تا برداشت ارقام در کشت نشایی- غرقابی در نظر گرفته شد. عمق مؤثر استخراج رطوبت و زمان آبیاری در این سیستم مشابه سیستم هوازی ۱ لحاظ گردید و سایر پارامترهای ارقام و نیز نسبت سطح زیر کشت ارقام کم و پر محصول مشابه کشت نشایی- غرقابی فعلی لحاظ شد.

فصل سوم- نتایج و بحث

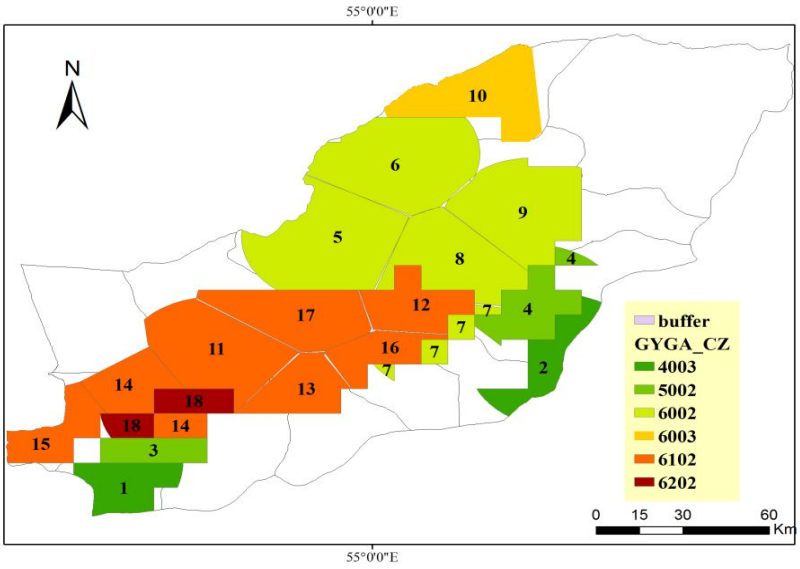
۳-۱- پراکنش کشت برنج و بافرهای انتخاب شده

شکل ۳-۱ نقشه پراکنش سطح زیر کشت برنج در استان گلستان بر اساس آمار سطح زیر کشت از ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵ را نشان می‌دهد. متوسط سطح زیر کشت برنج در این دوره ۵۱۲۲۳ هکتار بوده است. شایان ذکر است سطح زیر کشت برنج از ۵۹۰۶۰ هکتار در سال ۱۳۹۵ به ۱۱۸۰۰۰ هکتار در ۱۳۹۸ افزایش یافته است که چشم‌گیر می‌باشد. با فرض این که این افزایش در کل استان به صورت یکنواخت صورت گرفته باشد، تاثیر بر نقشه پراکنش کشت برنج در استان ندارد. اطلاعات و آمار جمع‌آوری شده حاکی از افزایش غیر یکنواخت نبود.



شکل ۳-۱- توزیع سطح زیر کشت برنج در استان گلستان با استفاده از آمار سازمان جهاد کشاورزی از سال ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵. واحد هر پیکسل بر حسب هکتار بوده و اندازه آن ۰/۰۸۳ × ۰/۰۸۳ درجه اعشاری (~۸۶۰۰ هکتار) است. سطح زیر کشت برنج در کل استان گلستان در مقطع زمانی ذکر شده ۵۱۲۲۳ هکتار می‌باشد

شکل ۳-۲ بافرهای انتخاب شده به همراه نوع اقلیم آن‌ها را ارایه می‌دهد. در این تحقیق ٦ پهنه اقلیمی اصلی برای برنج شناسایی شدند که ۹۷ درصد سطح زیر کشت برنج در استان در آن‌ها قرار گرفته است. همچنین تعداد ۱۸ ایستگاه هواشناسی (بافر) شناسایی شدند که ۹٤ درصد سطح زیر کشت برنج (معادل ٤۷۷٦۳ هکتار از ۵۱۲۲۳ هکتار بر اساس آمار ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵) در بافر آن‌ها تولید می‌شود. مشخصات بافرها در جدول ۱ آورده شده است. اصلی‌ترین اقلیم که بیش‌ترین سطح زیرکشت برنج در استان را به خود اختصاص داده است اقلیم با کد ٦۱۰۲ می‌باشد که دارای ۷ ایستگاه هواشناسی(آق قلا، ارزکوه، فاضل آباد، هاشم آباد، کردکوی بالا بلوک، رامیان و سد گرگان- وشمگیر) بوده و ٤٦ درصد برنج کاری استان در این نوع اقلیم صورت می‌پذیرد.



شکل ۳-۲- پهنه‌های اقلیمی انتخاب شده در مناطق اصلی کشت برنج در استان گلستان.

شماره‌ها نشان‌دهنده ایستگاه‌های هواشناسی مرجع هستند که مشخصات آن‌ها در جدول ۱ آورده شده است

جدول ۳-۱- ایستگاه‌های هواشناسی مرجع (بافر) انتخاب شده و اطلاعات آنها برای برنج در استان گلستان. نوع خاک بر اساس کد خاک در بانک اطلاعات خاک HC27 می‌باشد. درصد از نوع خاک در بافر و درصد از سطح زیر کشت کل برنج در استان در بافر در پرانتز ذکر شده‌اند.

شماره بافر	نوع اقلیم	نام ایستگاه (بافر)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع	نوع خاک (درصد نوع خاک)	سطح زیر کشت در بافر
۱	٤۰۰۳	درازنو	۳٦/۲۷	٥٤/۱۰	۱۱۰	۱٤ (۱۰۰٪)	۱۱۱۰ (۲/۲٪)
۲	٤۰۰۳	نراب	۳٦/۲۷	٥٤/۱۰	۱۱۰	۱٤ (٦۷٪)	٤٥۳۳ (۸/۹٪)
۳	٥۰۰۲	کردکوی (فرضی)	۳٦/۸۷	٥٤/٤۳	۷٥	۱٤ (۱۰۰٪)	۱۰۲۹ (۲٪)
٤	٥۰۰۲	مینودشت ۱ (فرضی)	۳۷/۰۲	٥٥/۱۳	۲۰۰	۱٤ (۱۰۰٪)	۱٥٦۸ (۳/۱٪)
٥	٦۰۰۲	گنبد شرقی (فرضی)	۳۷/۲	٥٤/۷۳	۱۲	۸ (٥۰٪)	۱۱۱۰ (۲/۲٪)
٦	٦۰۰۲	گنبد شمالی (فرضی)	۳۷/۲	٥٤/۷۳	۱۲	۸ (۷۱/٤٪)	۷۷۷ (۱/٥٪)
۷	٦۰۰۲	مینودشت	۳۷/۱۳	٥٥/۲٤	۱٥٥	۲ (۱۰۰٪)	۸۰۰ (۱/٦٪)
۸	٦۰۰۲	سد خروجی گلستان	۳۷/۲	٥٤/۷۳	۱۲	۱٤ (۹۲/٥٪)	٥۹۳٥ (۱۱/٦٪)
۹	٦۰۰۲	تامر	۳۷/٤۸	٥٥/٥۰	۱۳۲	٥ (٥۱/۱٪)	٤۹۳۱ (۹/٦٪)
۱۰	٦۰۰۳	گنبد (فرضی)	۳۷/۲	٥٤/۷۳	۱۲	۲٦ (۱۰۰٪)	۳۳۳ (۰/۷٪)
۱۱	٦۱۰۲	آق قلا	۳۷/۰۱	٥٤/٥۰	-۱۲	۸ (٥۸/٥٪)	۲٥٥٤ (٥٪)
۱۲	٦۱۰۲	ارزکوه	۳۷/۲۲	٥٥/۱٥	۳٥	٥ (٦۰/۹٪)	٥۷۳۲ (۱۱/۳٪)
۱۳	٦۱۰۲	فاضل آباد	۳٦/۹	٥٤/۷٥	۲۱۰	۱٤ (۸۲/٥٪)	۳۷۷٤ (۷/٤٪)
۱٤	٦۱۰۲	هاشم آباد	۳٦/۸٥	٥٤/۲٦	۱۳	۲ (٥٤٪)	۱۷٥٥ (۳/٤٪)
۱٥	٦۱۰۲	کردکوی بالا بلوک	۳٦/۷۷	٥٤/۱۲	۱٤۰	۲ (٦۷/۷٪)	٤۲٤۸ (۸/۳٪)
۱٦	٦۱۰۲	رامیان	۳۷/۲۱	٥٥/۲۳	۳۳۹	٥ (٦۲/٥٪)	۲٦۳٦ (٥/۲٪)
۱۷	٦۱۰۲	سد گرگان- وشمگیر	۳۷/۲	٥٤/۷۳	۱۲	۸ (٥۱/٥٪)	۲٤۸۷ (٤/۹٪)
۱۸	٦۲۰۲	اداره گرگان	۳٦/۸۷	٥٤/٤۳	۷٥	۲ (۱۰۰٪)	۲٤٥۱ (٤/۸٪)
		مجموع	-	-	-	-	٤۷۷٦۳ (۹۳٪)

۳-۲- پتانسیل عملکرد شلتوک و موازنه آب خاک در کشت نشایی- غرقابی فعلی

پتانسیل عملکرد شلتوک شبیه‌سازی شده برای سیستم نشایی- غرقابی با ترکیب فعلی ارقام در ایستگاه‌های انتخاب شده به همراه تعدادی دیگر از متغیرهای مهم در جدول ۲ آورده شده‌اند. پتانسیل عملکرد شلتوک بین ۷/۵ تا ۱۱/۰ تن در هکتار دامنه دارد که کم‌ترین آن به ایستگاه تامر (شماره ۹) و بیش‌ترین آن به ایستگاه آق‌قلا (شماره ۱۱) تعلق دارند (شکل ۳-۳). این اختلافات به نوع اقلیم و نیز ترکیب مورد استفاده ارقام (زودرس تا دیررس و کم محصول تا پرمحصول) در مناطق مختلف استان مربوط می‌شود. متوسط پتانسیل عملکرد شلتوک برای کل استان ۸/۸ تن در هکتار محاسبه گردید. روز از نشاکاری تا برداشت بین ۸۵ تا ۱۱۸ روز دامنه دارد که منعکس کننده شرایط اقلیمی و نوع رقم مورد استفاده است. زمان برداشت در بازه ۵ شهریور تا ۲۵ مهر ماه برآورد گردید. میانگین عملکرد واقعی شلتوک در بافرها بین ۳/۵ تا ۵/۱ تن در هکتار متغیر برآورد شد و متوسط عملکرد واقعی در استان برای ترکیب فعلی ارقام و سیستم کشت نشایی- غرقابی ٤/۰ تن در هکتار می‌باشد.

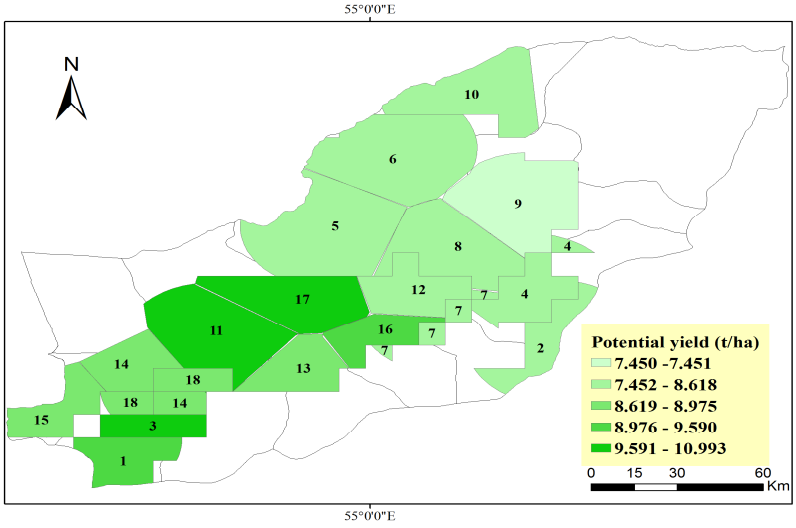
نیاز آبیاری بین ٦۳٤ تا ۱۰۱۹ میلی‌متر در ایستگاه‌های مختلف برآورد گردید (جدول ۳-۲؛ شکل ۳-٤). این برآورد از طریق شبیه سازی موازنه آب مزرعه از نشاکاری تا برداشت حاصل شده است و تلفات زهکشی عمقی نیز در آن لحاظ شده‌است. شایان ذکر است که علاوه بر آبیاری، بارندگی و آب خاک در زمان نشاکاری نیز باید به عنوان آب ورودی به مزرعه در نظر داشت اگرچه در جدول ۳-۲ آورده نشده‌اند. بارندگی در طی فصل رشد برنج در بافرها در سیستم نشایی فعلی بین ۲۵ تا ۱٦۳ میلی متر (متوسط استانی ۹٤ میلی‌متر) متغیر است و آب خاک در زمان نشاکاری نیز بین ٦۷ تا ۸۷ میلی‌متر با میانگین ۸۱ میلی‌متر دامنه داشته‌است. بر اساس اطلاعات موجود این گزارش اولین گزارشی است که نیاز آبیاری برنج را در سرتاسر استان گلستان برآورد می‌کند. تلفات تبخیر از سطح مزرعه بین ۱۸۱ تا ۲۵۸ میلی‌متر، تعرق از گیاه بین ۳۰۱ تا ٦۵۲ میلی‌متر و زهکشی بین ۱۵۲ تا ۲٤۰ میلی‌متر برآورد شدند (جدول ۳-۲).

جدول ۳-۲- عملکرد واقعی شلتوک (تن در هکتار) در سیستم فعلی نشایی-غرقابی، پتانسیل عملکرد شلتوک (تن در هکتار)، روز تا برداشت، نیاز آبی (میلی‌متر)، تبخیر تجمعی (میلی‌متر)، تعرق تجمعی (میلی‌متر)، زهکشی تجمعی (میلی‌متر) و زمان برداشت در بافرهای انتخابی شبیه‌سازی شده تحت سناریوی کشت نشایی-غرقابی با ترکیب فعلی در استان گلستان از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹٤

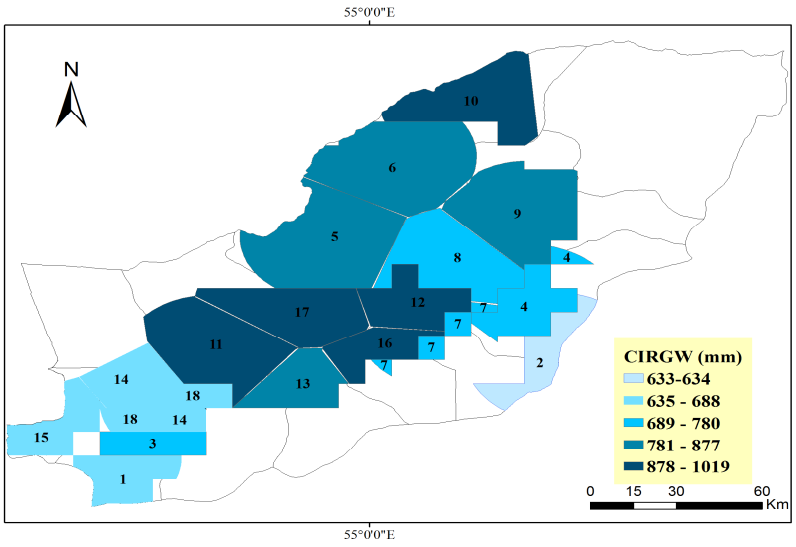
اقلیم	بافر	عملکرد واقعی شلتوک (t/ha)	عملکرد پتانسیل شلتوک (t/ha)	روز تا برداشت	نیاز آبی* (mm)	تبخیر تجمعی (mm)	تعرق تجمعی (mm)	زهکشی تجمعی (mm)	زمان برداشت (روز میلادی)**
٤٠٠٣	درازنو	٥/١	٩/٦	١١٥	٦٨٨	٢٠٤	٣٣٤	٢٢٩	٢٥٥
٤٠٠٣	نراب	٣/٦	٨/٦	١١٨	٦٣٤	٢٠٣	٣٠١	٢٤٠	٢٨٩
٥٠٠٢	کردکوی (فرضی)	٤/٩	١٠/٣	١٠٢	٧٥٣	١٨٥	٤٢٨	١٩٨	٢٥٣
٥٠٠٢	مینودشت ١ (فرضی)	٣/٨	٨/٣	١٠٢	٧٥٥	٢١٣	٤٤٤	٢٠٤	٢٧٣
٦٠٠٢	گنبد شرقی (فرضی)	٣/٧	٨/٥	٩٩	٨٥٧	٢٠٦	٥٠٦	١٩٤	٢٧٠
٦٠٠٢	گنبد شمالی (فرضی)	٣/٧	٨/٥	٩٩	٨٥٧	٢٠٦	٥٠٦	١٩٤	٢٧٠
٦٠٠٢	مینودشت	٣/٨	٨/٢	٩٥	٧٧٤	٢١٨	٤٧٨	١٨٠	٢٦٦
٦٠٠٢	سد خروجی گلستان	٣/٦	٨/٦	٨٧	٧٨٠	١٨٥	٤٦٢	١٦١	٢٥٦
٦٠٠٢	تامر	٣/٥	٧/٥	٨٥	٨٢٩	٢٤٢	٤٨٧	١٥٢	٢٥٥
٦٠٠٣	گنبد (فرضی)	٣/٧	٨/٥	٩٩	٩١٦	٢٠٠	٥٠٦	٢٣٦	٢٧٠
٦١٠٢	آق‌قلا	٣/٦	١١/٠	٩٧	٩٥٦	٢٠٣	٥٩٧	١٨٥	٢٥٧
٦١٠٢	ارزکوه	٣/٦	٨/٤	٩١	٩٤٥	٢٤٢	٥٨٦	١٥٨	٢٦١
٦١٠٢	فاضل آباد	٤/٦	٨/٩	٩٨	٨٧٧	٢٣١	٥٣٤	١٨٨	٢٦٢
٦١٠٢	هاشم آباد	٤/٦	٩/٠	٩٠	٦٧٩	١٨١	٣٦٢	١٧٠	٢٥٤
٦١٠٢	کردکوی بالا بلوک	٤/٢	٨/٦	١١٥	٦٨٤	٢٢٠	٣٤٨	٢٢٨	٢٥١
٦١٠٢	رامیان	٤/٤	٩/٤	٩٣	١٠١٩	٢٥٨	٦٥٢	١٥٩	٢٤٣
٦١٠٢	سد گرگان- وشمگیر	٣/٩	١٠/٥	٨٩	٩٤١	٢١٠	٥٧٤	١٦٦	٢٣٨
٦٢٠٢	اداره گرگان	٤/٧	٩/٠	٩١	٦٧٥	١٨١	٣٧٤	١٧٥	٢٣٩
	مجموع/ میانگین	٤/٠	٨/٨	٩٧	٨١٢	٢١٥	٤٧٣	١٨٤	٢٥٨

*بارندگی در طی فصل رشد برنج در بافرها بین ۲۵ تا ۱٦۳ میلی متر (متوسط ۹٤ میلی متر) و آب خاک در زمان نشاکاری بین ٦۷ تا ۸۷ میلی‌متر (متوسط ۸۱ میلی‌متر) دامنه دارند

**تاریخ برداشت ۲۳۸ معادل ٤ شهریور و تاریخ برداشت ۲۸۹ معادل ۲۵ مهر می‌باشد



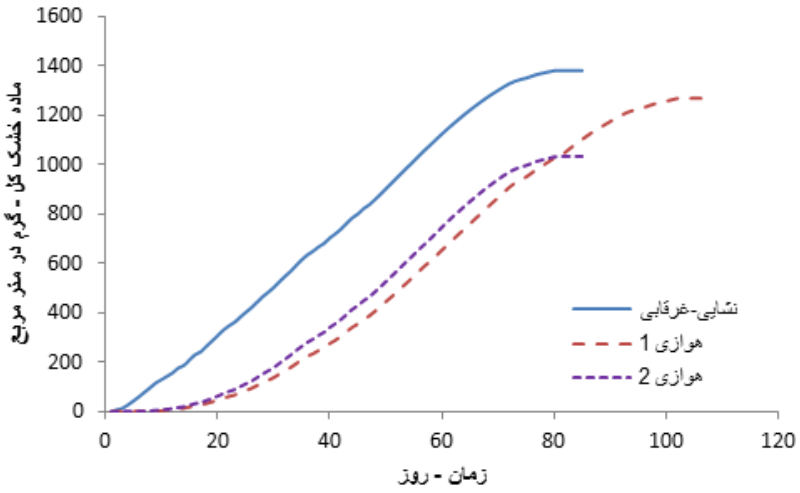
شکل ۳-۳- پهنه‌بندی پتانسیل عملکرد شلتوک (تن در هکتار) در ایستگاه‌های هواشناسی انتخاب شده (بافرها) در استان گلستان در سیستم کشت نشایی- غرقابی با ترکیب فعلی ارقام. عملکرد پتانسیل توسط مدل **SSM-iCrop2** در طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ شبیه‌سازی شده و با رطوبت ۱٤٪ تنظیم شده است



شکل ۳-٤- پهنه‌بندی نیاز خالص آبی (میلی‌متر) در ایستگاه‌های هواشناسی انتخاب شده (بافرها) در استان گلستان در سیستم کشت نشایی-غرقابی با ترکیب فعلی ارقام. نیاز خالص آبی توسط مدل **SSM-iCrop2** در طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ شبیه سازی شده است

۳-۳- پتانسیل عملکرد شلتوک و موازنه آب خاک در کشت هوازی ۱

نمونه روند تجمع ماده خشک شبیه‌سازی شده برای کشت نشایی-غرقابی و هوازی ۱ برای سال ۲۰۱۰ در شکل ۳-۵ آورده شده‌است که نشان می‌دهد تجمع ماده خشک در مزرعه در کشت هوازی ۱ دیرتر شروع می‌شود (فاصله کاشت تا سبز شدن در مزرعه) و دیرتر پایان می‌یابد. یادآوری می‌شود چون در کشت هوازی بذر در خاک کشت می‌شود بنابراین تمام دوره رشد گیاه در مزرعه طی می‌گردد، در حالی که در کشت نشایی فاصله کشت بذر تا نشاکاری، در خزانه می‌گذرد. این امر باعث می‌شود گیاه مدت زمان بیش‌تری در زمین باشد که در روز تا برداشت و تاریخ برداشت خود را نشان می‌دهد. روز تا برداشت در کشت هوازی ۱ بین ۱۱۲ تا ۱۴۵ دامنه دارد (در کشت نشایی ۸۵ تا ۱۱۸ روز بود). همچنین تاریخ برداشت در کشت هوازی ۲۶ شهریور تا ۱۵ آبان شبیه سازی شد که برای کشت نشایی ۵ شهریور تا ۲۵ مهر ماه بود (جدول ۳-۳). این امر باعث شد در برخی بافرها و در بعضی سال‌ها دوره رشد گیاه از ۱۴ آبان عبور کند. این تاریخ به عنوان تاریخی که باید گیاه برنج از مزرعه برداشت شود تا بتوان گیاه پاییزه بعدی را کشت کرد، لحاظ شده بود. از ۱۵ سال شبیه سازی انجام شده، در بافر نراب، ۱۵ سال، مینودشت۱، ۹ سال، گنبد شرقی و شمالی و گنبد هر یک ۳ سال، ارزکوه و کردکوی هر کدام ۱ سال، تاریخ برداشت از ۱۴ آبان عبور کرد.



شکل ۳-۵- تجمع ماده خشک کل شبیه‌سازی شده برای کشت برنج در شرایط ایستگاه هاشم‌آباد در سال ۲۰۱۰ با سیستم‌های نشایی-غرقابی، هوازی ۱ و هوازی ۲

پتانسیل عملکرد شلتوک شبیه‌سازی شده برای بافرها برای کشت هوازی ۱ بین ٦/۱ تا ۹/۸ تن در هکتار دامنه داشت و متوسط کل استان ۷/٦ تن در هکتار برآورد گردید (جدول ۳-٦) حاکی از این که در کشت هوازی ۱ پتانسیل عملکرد شلتوک بین ۹ تا ۳۰ درصد و به طور متوسط در کل استان ۱٤ درصد کاهش یافته است (شکل ۳-٦). دلیل این کاهش این است که با انجام نشاکاری مراحل جوانه‌زنی تا نشاکاری در خزانه طی می‌شود و در زمان نشاکاری با توجه به این که گیاهچه دارای سطح برگ است، بلافاصله دریافت تشعشع و رشد صورت می‌پذیرد. در کشت هوازی همه این مراحل در مزرعه طی می‌شود و باعث می‌شود مراحل آخر (پر شدن دانه) در شرایط آخر تابستان یا اوایل پاییز که کم‌تر مناسب است، قرار گیرد.

نیاز آبیاری در کشت هوازی ۱ در بافرهای مختلف از ۳۸۱ تا ۷۷۳ میلی‌متر شبیه‌سازی شد (جدول ۳-۳) و متوسط استانی نیاز آبیاری در این سیستم کشت ۵۷۳ میلی‌متر برآورد گردید. بنابراین، در مقایسه با سیستم نشایی- غرقابی نیاز آبیاری ۲۲ تا ٤۰ درصد بسته به بافر کاهش یافته‌است (شکل ۳-۱۱ الف). در سطح کل استان، سیستم هوازی ۱ در مقایسه با سیستم نشایی- غرقابی موجب ۳۰ درصد کاهش در نیاز آبیاری گردید.

شبیه‌سازی‌ها نشان داد که کشت هوازی ۱ در مقایسه با روش رایج نشایی-غرقابی موجب شد تبخیر از خاک ٤۲ درصد افزایش یابد که دلیل اصلی آن آبیاری مکرر در مراحل اولیه رشد از زمان کاشت تا زمان گسترش کافی در سطح برگ است طوری که روی خاک سایه‌اندازی کند. این سیستم زهکشی را ٤۸ درصد کاهش می‌دهد. تعرق نیز ۱٦ درصد کاهش یافته است که ناشی از کاهش رشد و تولید ماده خشک در کشت هوازی ۱ می‌باشد. خاطر نشان می‌سازد رابطه مستقیمی بین تعرق و تولید ماده خشک وجود دارد. بارندگی در طی فصل رشد برنج در کشت هوازی ۱ بین ۳۵ تا ۲٤۲ میلی‌متر دامنه داشته است (متوسط ۱۳۸ میلی‌متر) که دلیل افزایش، طولانی‌تر شدن دوره رشد در مزرعه و برخورد با بارندگی‌های آخر تابستان و اوایل پاییز است. آب خاک در زمان کاشت نیز بین ۱۰۷ تا ۲۰۲ میلی‌متر (متوسط ۱۷۸ میلی‌متر) برآورد شد. دلیل افزایش آب خاک در زمان کاشت این است که در سیستم هوازی ۱ مزرعه گل‌خرابی نمی‌شود و سیستم ریشه گیاه از عمق بیش‌تر قادر به جذب رطوبت خواهد بود (در این مطالعه ۷۵ سانتی‌متر فرض شده است) و در شبیه سازی فرض شد که رطوبت خاک در زمان کاشت در اثر آبیاری یا بارندگی در نزدیکی ظرفیت زراعی قرار دارد.

جدول ۳-۳- میانگین عملکرد واقعی شلتوک (تن در هکتار) در سیستم فعلی نشایی-غرقابی، عملکرد پتانسیل شلتوک (تن در هکتار)، روز تا برداشت، عملکرد پتانسیل برنج (تن در هکتار)، نیاز آبی (میلی‌متر)، تبخیر تجمعی(میلی‌متر)، تعرق تجمعی (میلی‌متر)، زهکشی تجمعی (میلی‌متر) و زمان برداشت در بافرهای انتخابی تحت سناریو کشت هوازی ۱ با ترکیب فعلی ارقام در گلستان از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹٤

اقلیم	بافر	عملکرد واقعی شلتوک (t/ha)	عملکرد پتانسیل شلتوک (t/ha)	روز تا برداشت	نیاز آبی* (mm)	تبخیر تجمعی (mm)	تعرق تجمعی (mm)	زهکشی تجمعی (mm)	زمان برداشت (روز میلادی)**
٤٠٠٣	درازنو	٥/١	٨/٢	١٤٥	٤٢٧	٢٨٩	٢٨٠	١٢٠	٢٨٥
٤٠٠٣	نراب	٣/٦	٦/١	١٣٩	٣٨١	٢٧٠	٢٦١	١٢٩	٣١٠
٥٠٠٢	کردکوی (فرضی)	٤/٩	٩/٠	١٢٦	٥٠٤	٢٧١	٣٥٧	٩٦	٢٧٦
٥٠٠٢	مینودشت ١ (فرضی)	٣/٨	٧/٣	١٣٦	٤٦٦	٢٧٤	٣٦٤	١٣٣	٣٠٧
٦٠٠٢	گنبد شرقی (فرضی)	٣/٧	٧/٦	١٣٠	٦١١	٣١٠	٤٢٨	٩١	٣٠١
٦٠٠٢	گنبد شمالی (فرضی)	٣/٧	٧/٦	١٣٠	٦١١	٣١٠	٤٢٨	٩١	٣٠١
٦٠٠٢	مینودشت	٣/٨	٧/١	١٢٥	٥٥٢	٣٢١	٤١٠	١٠٤	٢٩٦
٦٠٠٢	سد خروجی گلستان	٣/٦	٧/٨	١١٣	٥٤٢	٢٣٧	٤٠١	٧٢	٢٨٢
٦٠٠٢	تامر	٣/٥	٦/٧	١١٢	٦٢٩	٣٣٢	٤٢٦	٨٥	٢٨١
٦٠٠٣	گنبد (فرضی)	٣/٧	٧/٥	١٣٠	٥٤٧	٢١٧	٤٢١	٧٧	٣٠١
٦١٠٢	آق‌قلا	٣/٦	٩/٨	١٢٣	٧٠٦	٣١١	٥٠٩	٨١	٢٨٢
٦١٠٢	ارزکوه	٣/٦	٧/٤	١١٩	٧٢٤	٣٥٧	٤٩٠	٨٥	٢٨٩
٦١٠٢	فاضل آباد	٤/٦	٧/٣	١٢٨	٥٧٠	٣١٢	٤٠٦	١١٥	٢٩٢
٦١٠٢	هاشم آباد	٤/٦	٨/٠	١١٥	٤٦٦	٢٦١	٣٢٠	٩٤	٢٧٥
٦١٠٢	کردکوی بالا بلوک	٤/٢	٧/٢	١٣٧	٤٤٤	٣٣٨	٢٨٣	١١١	٢٧٤
٦١٠٢	رامیان	٤/٤	٨/١	١١٨	٧٧٣	٣٦٣	٥٥١	٨٣	٢٦٨
٦١٠٢	سد گرگان- وشمگیر	٣/٩	٩/٤	١١٢	٧٣٤	٣١٣	٥٠٧	٧٧	٢٦٠
٦٢٠٢	اداره گرگان	٤/٧	٧/٧	١١٤	٤٦٣	٢٧٨	٣١٦	٩٩	٢٦٤
	مجموع/ میانگین	٤/٠	٧/٦	١٢٣	٥٧٣	٣٠٤	٤٠٠	٩٦	٢٨٤

*بارندگی در طی فصل رشد برنج در بافرها بین ۳۵ تا ۲٤۲ میلی متر (متوسط ۱۳۸ میلی متر) و آب خاک در زمان کاشت بین ۱۰۷ تا ۲۰۲ میلی‌متر (متوسط ۱۷۸ میلی‌متر) دامنه دارند

**تاریخ برداشت ۲٦ شهریور تا ۱۵ آبان

۳-٤- پتانسیل عملکرد شلتوک و موازنه آب خاک در کشت هوازی ۲

همان‌طور که ذکر شد در برخی بافرها و در برخی سال‌ها زمان برداشت برنج در کشت هوازی با استفاده از ارقام فعلی موجب می‌شود که زمان برداشت به بعد از ١٤ آبان عبور کند. این امر در کشت گیاه بعدی مثل گندم یا کلزا ایجاد اختلال می‌کند. بنابراین، یک سیستم کشت هوازی دیگری (هوازی ۲) نیز شبیه‌سازی شد. در کشت هوازی ۲ فرض شد از ارقام زودرس‌تری استفاده می‌شود طوری که تاریخ کاشت تا برداشت آن‌ها در مزرعه با تاریخ نشاکاری تا برداشت ارقام کنونی یکسان باشد (شکل ۳-۵). دلیل زودرس‌تر شدن و نیز طی شدن تمام مراحل در مزرعه انتظار می‌رود این ارقام از پتانسیل عملکرد پایین‌تری برخوردار باشند. پتانسیل عملکرد شلتوک در کشت هوازی ۲ در بافرهای مختلف استان بین ٥/٤ تا ٨/٢ تن در هکتار متغیر بود و متوسط کل استان ٦/٤ تن در هکتار برآورد گردید (جدول ۳-٤). بدین ترتیب، پتانسیل عملکرد در کشت هوازی ۲ بین ۲۵ تا ۳۱ درصد (متوسط ۲۷ درصد) کاهش پیدا می‌کند (شکل ۳-٦).

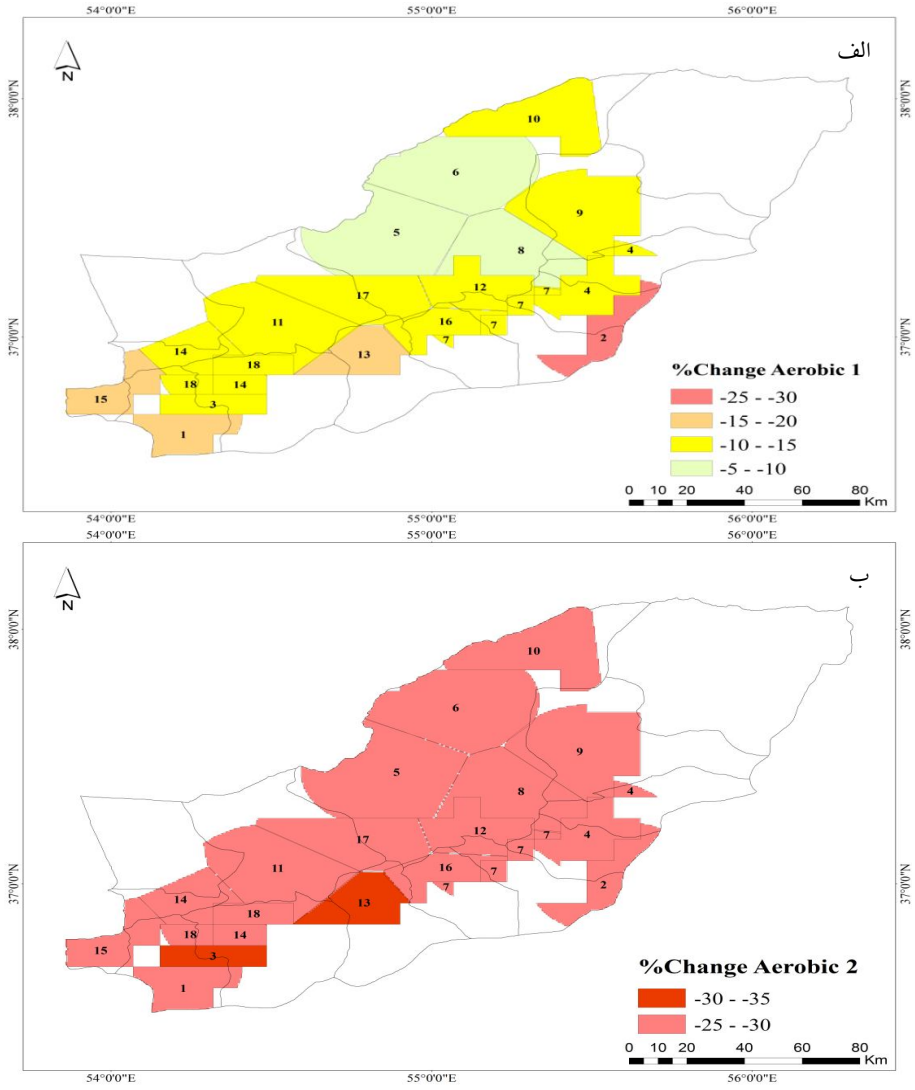
نیاز آبیاری در کشت هوازی ۲ در بافرهای مختلف از ۳۱۹ تا ٦٦١ میلی‌متر متغیر بود و متوسط استانی ٤٨٤ میلی‌متر برآورد گردید (جدول ۳-٤). بنابراین، در مقایسه با سیستم نشایی- غرقابی فعلی نیاز آبیاری بین ۳۵ تا ۵۰ درصد و در سطح کل استان ٤٠ درصد کاهش پیدا کرده است (شکل ۳-۷). نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان داد در کشت هوازی ۲ در مقایسه با کشت فعلی نشایی- غرقابی، تبخیر از مزرعه ۱۷ درصد افزایش می‌یابد، ولی تعرق از گیاه ۲۸ درصد و زهکشی عمقی ۵۲ درصد کاهش می‌یابند (جدول ۳-٤). دلایل تغییرات مشابه دلایلی است که برای کشت هوازی ۱ ارایه شد. در مورد تعرق، یک دلیل دیگر این است که در کشت هوازی و نشایی طول دوره در مزرعه یکسان است ولی در کشت نشایی از زمان نشاکاری گیاه دارای سطح برگ بوده و تعرق می‌کند که برای کشت هوازی چنین نیست.

جدول ۳-٤- مقدار میانگین عملکرد واقعی شلتوک (تن در هکتار) در سیستم فعلی نشایی-غرقابی، عملکرد پتانسیل شلتوک (تن در هکتار)، روز تا برداشت، عملکرد پتانسیل برنج (تن در هکتار)، نیاز خالص آبی (میلی‌متر)، تبخیر تجمعی (میلی‌متر)، تعرق تجمعی (میلی‌متر)، زهکشی تجمعی (میلی‌متر) و زمان برداشت در بافرهای انتخابی تحت سناریو کشت هوازی ۲ با ترکیب فعلی در گلستان از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹٤

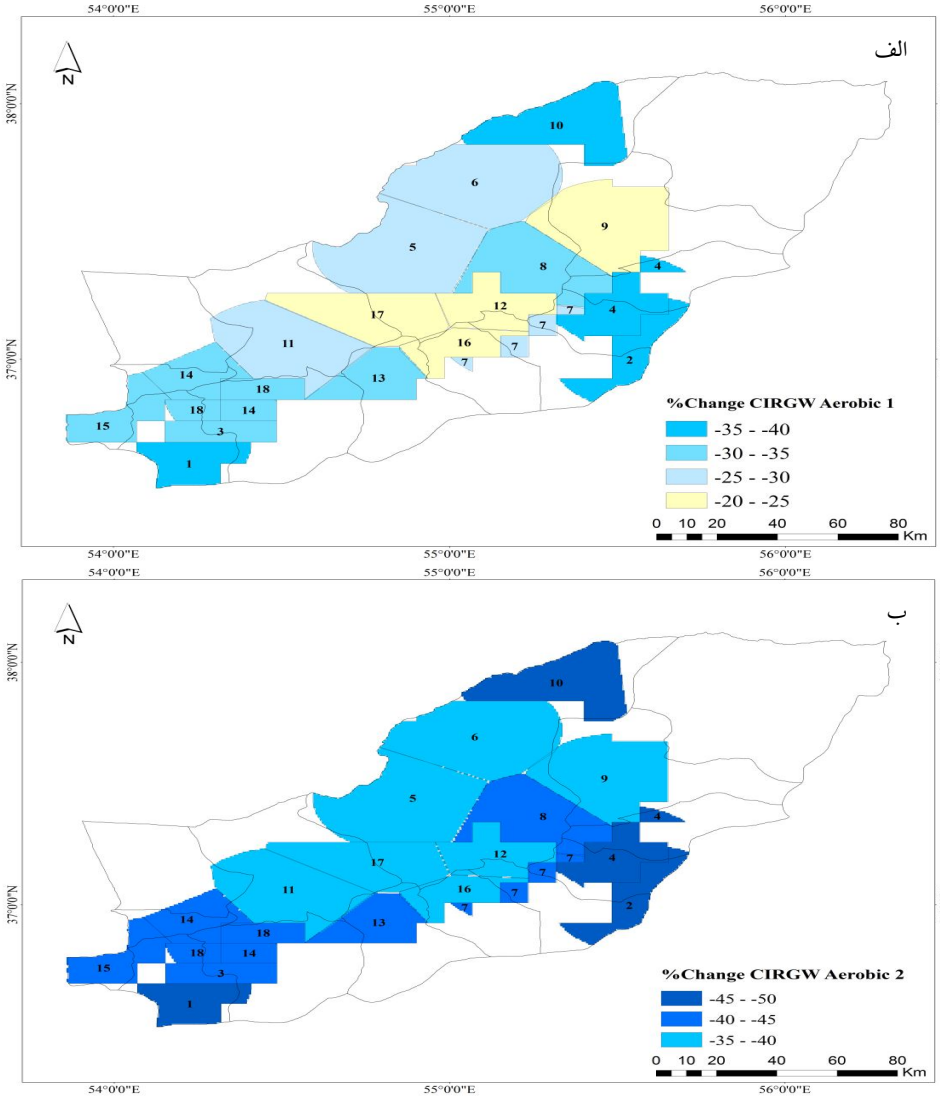
اقلیم	بافر	عملکرد واقعی شلتوک (t/ha)	عملکرد پتانسیل شلتوک (t/ha)	روز تا برداشت	نیاز آبی* (mm)	تبخیر تجمعی (mm)	تعرق تجمعی (mm)	زهکشی تجمعی (mm)	زمان برداشت (روز میلادی)**
٤٠٠٣	درازنو	٥/١	٦/٨	١١٥	٣٦٣	٢٣٣	٢٣٨	٩٤	٢٥٥
٤٠٠٣	نراب	٣/٦	٦/٤	١١٨	٣١٩	٢١٦	٢٢٥	١١٣	٢٨٩
٥٠٠٢	کردکوی (فرضی)	٤/٩	٧/٦	١٠٢	٤٢٨	٢١٩	٣٠٧	٨٤	٢٥٢
٥٠٠٢	مینودشت ١ (فرضی)	٣/٨	٦	١٠٢	٤١٢	٢٣٠	٣١٧	٩٩	٢٧٣
٦٠٠٢	گنبد شرقی (فرضی)	٣/٧	٦/٣	٩٩	٥٢٨	٢٥٩	٣٧٦	٨٥	٢٧٠
٦٠٠٢	گنبد شمالی (فرضی)	٣/٧	٦/٣	٩٩	٥٢٨	٢٥٩	٣٧٦	٨٥	٢٧٠
٦٠٠٢	مینودشت	٣/٨	٥/٩	٩٥	٤٤٦	٢٥٠	٣٥١	٩٤	٢٦٦
٦٠٠٢	سد خروجی گلستان	٣/٦	٦/٤	٨٧	٤٦١	٢٠١	٣٤٣	٦٩	٢٥٦
٦٠٠٢	تامر	٣/٥	٥/٤	٨٥	٥٠٧	٢٧٢	٣٥٥	٨٠	٢٥٤
٦٠٠٣	گنبد (فرضی)	٣/٧	٦/٢	٩٩	٤٧٣	١٨٣	٣٦٦	٦٥	٢٧٠
٦١٠٢	آق‌قلا	٣/٦	٨/٢	٩٧	٦٠٣	٢٦٠	٤٤٠	٨١	٢٥٦
٦١٠٢	ارزکوه	٣/٦	٦/١	٩١	٥٩٦	٢٨١	٤٢٢	٨٢	٢٦١
٦١٠٢	فاضل آباد	٤/٦	٦/٢	٩٨	٥١٥	٢٥٧	٣٦٩	٩٦	٢٦٢
٦١٠٢	هاشم آباد	٤/٦	٦/٧	٩٠	٣٨٨	٢١٣	٢٦٨	٨٣	٢٥٠
٦١٠٢	کردکوی بالا بلوک	٤/٢	٦	١١٤	٣٨٥	٢٩٧	٢٤٥	١٠٢	٢٥١
٦١٠٢	رامیان	٤/٤	٦/٧	٩٣	٦٦١	٣٠٨	٤٦٩	٧٨	٢٤٣
٦١٠٢	سد گرگان- وشمگیر	٣/٩	٧/٧	٨٩	٦٠٢	٢٦٥	٤١٥	٧٧	٢٣٧
٦٢٠٢	اداره گرگان	٤/٧	٦/٥	٩١	٣٩٧	٢٣٥	٢٦٦	٩٥	٢٤١
	مجموع/ میانگین	٤/٠	٦/٤	٩٧	٤٨٤	٢٥٢	٣٤٣	٨٧	٢٥٨

*بارندگی در طی فصل رشد برنج در بافرها بین ۲۵ تا ۱٦۳ میلی‌متر (متوسط ۱۰۳ میلی‌متر) و آب خاک در زمان کاشت بین ۱۰۷ تا ۲۰۲ میلی‌متر (متوسط ۱۷۸ میلی‌متر) دامنه دارند

**تاریخ برداشت ٤ شهریور تا ٢٤ مهر



شکل ۳-٦- پهنه‌بندی درصد تغییر پتانسیل عملکرد کشت هوازی ۱ نسبت به کشت نشایی برنج (الف)، پهنه‌بندی درصد تغییر عملکرد پتانسیل کشت هوازی ۲ نسبت به کشت نشایی برنج (ب) در مناطق اقلیمی اصلی استان گلستان. خطوط نیز مرزهای شهرستان‌های استان گلستان را نشان می‌دهد



شکل ۳-۷- پهنه‌بندی درصد تغییر نیاز خالص آبی کشت هوازی ۱ نسبت به کشت نشایی برنج (الف)، پهنه‌بندی درصد تغییر نیاز خالص آبی کشت هوازی ۲ نسبت به کشت نشایی برنج (ب) در اراضی داخل مناطق اقلیمی اصلی استان گلستان. خطوط نیز مرزهای شهرستان‌های استان گلستان را نشان می‌دهد

در این مطالعه پهنه‌ها و بافرهای تولید برنج در استان شناسایی شدند و با جمع آوری اطلاعات هواشناسی، خاک، مدیریت و ارقام مدل SSM-iCrop2 برای کشت نشایی- غرقابی و هوازی ۱ و ۲ در سطح کل استان ست آپ شد. از این ست‌آپ می‌توان برای مطالعات بعدی نیز استفاده نمود. برای مثال، واکنش عملکرد و نیاز آبیاری به تغییر اقلیم آینده.

نسبت عملکرد واقعی کشاورزان به پتانسیل برآورده شده توسط ست‌آپ، ٤٥ درصد بود (٤ در مقابل ۸/۸ تن در هکتار) حاکی از این که کشاورزان فقط به ٤٥ درصد پتانسیل عملکرد ارقام فعلی دست پیدا می‌کنند و خلأ عمکلرد برنج در استان ٥٥ درصد می‌باشد. این خلأ قابل توجه از طریق بهبود مدیریت تولید قابل رفع است و در این صورت عملکرد برنج در استان به مقدار زیادی افزایش می‌یابد موضوعی که خارج از حوزه این مطالعه است (برای مطالعه بیش‌تر مراجعه شود به سلطانی و همکاران ۱۳۹۷). برآورد نیاز آبیاری در این مطالعه با مقادیر برآورد شده برای گرگان (٦٦٠ میلی‌متر) توسط کیانی (۱۳۹۸) تطبیق دارد، ولی برآورد این مطالعه برای گنبد بیش‌تر از برآورد ایشان است (٦٩٠ میلی‌متر) که می‌تواند ناشی از روش مورد استفاده، دوره رشد انتخاب شده و سایر عوامل باشد.

کشت هوازی در مقایسه با کشت نشایی- غرقابی موجب کاهش عملکرد و نیاز آبیاری شد. کاهش عملکرد برای سیستم هوازی ۱ و ۲ به ترتیب ١٤ و ۲۷ درصد و کاهش نیاز آبیاری به ترتیب ۳۰ و ٤٠ درصد بود. بنابراین، کشت هوازی در کاهش نیاز آبیاری مؤثر تر بوده‌است. کاهش عملکرد و نیاز آبیاری برآورد شده مطابق با گزارش‌های قبلی در جهان و ایران است. Balasubramanian *et al.* (2003) گزارش کردند که سیستم کشت هوازی عملکرد باعث صرفه‌جویی در مصرف آب به مقدار ۳۷ تا ٤٠ درصد شده است. Choudhury (2007) گزارش کرد که کاهش مصرف آب در برنج هوازی (کشت بذر در بستر غیر غرقاب یا گل‌ورزی نشده) نسبت به کشت غرقابی (سنتی یا گل‌ورزی شده) به مقدار ۳۸ تا ٤٢ درصد است. Kato *et al.* (2009) کاهش آب مصرفی را ۲۱ تا ٤٧ درصد گزارش کردند. Bouman *et al.* (2005) این کاهش را ٥١ درصد گزارش کردند. در مورد عملکرد گزارش‌ها یکنواختی کم‌تری دارند و از افزایش جزیی تا کاهش عملکرد گزارش شده‌است، برای مثال، Balasubramanian *et al.*, (2003) ٥ تا ٦ درصد افزایش عملکرد و Belder *et al.* (2005) تا ۲٥ درصد کاهش عملکرد گزارش نموده‌اند.

در شرایط استان گلستان، اسدی و همکاران (۱۳۹٥) در آزمایشی دو روش کشت برنج (هوازی و سنتی) را مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که روش کشت هوازی موجب صرفه‌جویی در مقدار

آب مصرفی و افزایش بهره‌وری آب، به‌ترتیب به مقدار ۲۸ و ۲۹ درصد شد. در آزمایش ایشان، در روش کشت هوازی، به‌دلیل مصرف کم آب، و با توجه به شرایط اقلیمی و آب و خاک منطقه، کاهش عملکرد صورت گرفت، اما این کاهش به مراتب کم‌تر از میزان آب صرفه‌جویی شده بود، به همین سبب روش کشت هوازی موجب افزایش بهره‌وری آب شد. به نظر می‌رسد اگر از ارقام اصلاح شده برای شرایط کشت هوازی استفاده شود، مسئله کاهش عملکرد قابل رفع خواهد بود. مومنی (۱۳۹۲) در مطالعه بر روی ٦١ ژنوتیپ برنج به همراه سه رقم شاهد فجر، ندا و طارم جهت امکان تغییر الگوی کاشت از سیستم غرقابی به هوازی در مازندران و انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها بیان داشت تعداد ۸ ژنوتیپ هوازی برنج از لحاظ زمان رسیدگی کوتاه‌تر، طول و عرض دانه مطلوب و وزن هزار دانه بر ارقام شاهد برتری داشتند. کشت هوازی می‌تواند مزایای دیگری هم داشته باشد که در حوزه این مطالعه نیست. برای نمونه، Khaliq *et al.* (2012) بیان کردند که در تناوب کشت مستقیم (هوازی) برنج – گندم، علاوه بر این که در مصرف آب صرفه جویی می‌شود، مشکل خاک در سیستم کشت برنج – گندم از بین می‌رود.

هیات دولت کشت برنج فقط در شرایطی که حجم آبیاری کم‌تر از ۷۰۰۰ مترمکعب در هکتار باشد را مجاز شمرده است (تصویب نامه مورخه ۹۷/۸/۱۵). در سیستم نشایی– غرقابی در استان گلستان در تعداد معدودی از ایستگاه‌ها (بافرها) نیاز آبیاری زیر ۷۰۰۰ مترمکعب در هکتار برآورد گردید. این بافرها عبارتند از: درازنو ، نراب، هاشم آباد، کردکوی بالا بلوک و اداره گرگان. در کشت هوازی ۱ هنوز نیاز آبیاری در بافرهای آق‌قلا، ارازکوه، رامیان و سدگرگان–وشمگیر بیش‌تر از ۷۰۰۰ متر مکعب در هکتار است. اما، در کشت هوازی ۲ نیاز آبیاری در همه بافرها به زیر ۷۰۰۰ مترمکعب در هکتار کاهش یافت.

یک نکته مهم که باید در ذهن داشت این است که در شبیه‌سازی کشت هوازی ۱ فرض شده است قبل از آن که رطوبت قابل دسترس خاک در منطقه ریشه گیاه به زیر ٦٠ درصد کاهش یابد (یعنی تخلیه ٤٠ درصد رطوبت قابل دسترس خاک)، آبیاری انجام می‌گیرد و مقدار آبیاری در حدی است که رطوبت خاک به ظرفیت زراعی برسد. بدیهی است اگر این معیارها تغییر یابند برآورد نیاز آبیاری متفاوت خواهد بود. برای مثال، گفته شده برخی کشاورزان برنج هوازی را تا غرقاب شدن خاک آبیاری می‌کنند که در این صورت نیاز آبیاری بیش‌تر از آن چیزی است که این جا برآورد شده است. از طرف دیگر کم آبیاری می‌تواند نتیجه عکس داشته باشد. برای مثال، در مطالعه حاضر همچنین تأثیر

آبیاری وقتی پس از تخلیه ٦۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک صورت می‌گیرد، بررسی شد. در این صورت میزان کاهش عملکرد در کشت هوازی ۱ و ۲ به ترتیب ۲٤ و ۳۵ درصد و کاهش نیاز آبیاری به ترتیب ٥٦ و ٦۳ درصد برآورد گردید (نتایج در پیوست).

با توجه به گستردگی کشت برنج در استان گلستان، کاهش نیاز آبیاری برنج در مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی اهمیت زیادی دارد. بر اساس محاسبات سلطانی و همکاران (۱۳۹۸) برای سال‌های برداشت ۱۳۹۲ تا ۱۳۹٦ که متوسط سطح زیر کشت برنج در استان ۵۳ هزار هکتار بوده است، ٤٥ درصد از منابع آب کشاورزی استان گلستان به برنج تخصیص می‌یابد. کل منابع آب برداشت شده برای کشاورزی استان ۱٦۵۳ میلیون متر مکعب گزارش شده است (وزارت نیرو) که با توجه به نتایج این مطالعه کشت هوازی ۱ و ۲ به‌ترتیب می‌توانند ۲۲۵ و ۳۰۰ میلیون مترمکعب صرفه‌جویی ایجاد کنند که معادل ۱۳ و ۱۸ درصد برداشت آب کنونی است. صرفه‌جویی در منابع آب در صورت اجرای کم آبیاری (آبیاری پس از تخلیه ٦۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک) بیش‌تر بوده و بیش از ٤۰۰ میلیون متر مکعب برآورد گردید (نتایج نشان داده نشده‌اند).

رونق کشت هوازی به عوامل اقتصادی نیز بستگی دارد. ارزیابی جنبه‌های اقتصادی کشت هوازی مورد نظر این مطالعه نبوده است ولی با جمع‌آوری محدود اطلاعات از کشاورزان یک تحلیل هزینه-فایده انجام شد (نتایج در پیوست). در روش کشت هوازی به علت کاهش مصرف بذر، حذف هزینه‌های خزانه و کاهش نیروی انسانی مورد نیاز (برای نشاکاری)، میزان هزینه‌ها کم‌تر بود. اما، عملکرد دانه (حدود ۱٤ درصد) و درآمد ناخالص (۱٤ درصد) و سود خالص (۱۰ درصد) نیز در کشت هوازی کم‌تر بود. مقایسه نتایج فایده به هزینه نشان داد که در هر دو روش این نسبت مشابه و بزرگ‌تر از یک است (کشت نشایی ۱/۵۰ و کشت هوازی ۱/۵۳). با وجود عملکرد بالاتر در کشت نشایی و درآمد بیش‌تر، به دلیل کاهش کارگر مورد نیاز و هزینه‌های مرتبط با آن، روش هوازی با ریسک کم‌تر و سودآوری بیش‌تری همراه است. نسبت هزینه-فایده بزرگ‌تر و یا مساوی با یک بدین معنی است که طرح توجیه اقتصادی دارد (کهنسال و همکاران، ۱۳۹۳). بنابراین، با توجه به صرفه جویی آب در کشت هوازی و نسبت فایده به هزینه، به‌نظر می‌رسد مهم‌ترین عامل محدود کننده گسترش کشت هوازی بروز مشکل علف هرز در این نوع کشت باشد و موفقیت این روش منوط به پیدا کردن و گسترش روش‌های مناسب کنترل علف‌های هرز در این روش است.

۳-۵- نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادها

در این مطالعه یک مدل شبیه‌سازی برنج که قبلا آزمون شده بود برای شرایط استان گلستان ست‌آپ شد. ست‌آپ حاصله برای مطالعات مختلف مرتبط با برنج در سطح استان قابل استفاده است. شبیه‌سازی سیستم رایج (غرقابی-نشایی) و هوازی کشت برنج به دو صورت استفاده از ارقام فعلی و استفاده از ارقام زودرس‌تر طوری که زمان کاشت تا برداشت کشت هوازی با زمان نشاکاری و برداشت کشت رایج یکسان باشد) برنج در استان به کمک ست‌آپ مذکور انجام شد. عملکرد برنج در سطح استان در سیستم رایج با فرض مدیریت مطلوب ۸/۸ تن در هکتار (شلتوک) و نیاز آبیاری ۸۱۲ میلی‌متر برآورد شد. نتایج نشان داد که کشت هوازی ارقام فعلی (هوازی ۱) باعث می‌شود عملکرد برنج ١٤ درصد کاهش یابد ولی نیاز آبیاری ۳۰ درصد کاهش پیدا می‌کند. کشت هوازی با ارقام زودرس (هوازی ۲) عملکرد را ۲۷ درصد کاهش می‌دهد ولی کاهش در نیاز آبیاری نیز بیشتر است و به ٤۰ درصد بالغ می‌شود. استفاده از کشت هوازی ۱ و ۲ در کل استان به ترتیب می‌تواند به ۲۲۵ و ۳۰۰ میلیون مترمکعب صرفه‌جویی در منابع آب آبی منجر شود. برداشت کل آب آبی برای کشاورزی استان ١٦٣٥ میلیون مترمکعب برآورد شده است. بنابراین گسترش و ترویج کشت نشایی از این نظر امری ضروری است. از آن‌جایی که کشت نشایی در مقایسه با کشت رایج دارای هزینه فایده مشابه است، به‌نظر می‌رسد مهمترین محدودیت برای گسترش کشت نشایی برنج در استان، مشکل مدیریت علف‌های هرز آن باشد. بنابراین، مناسب خواهد بود مطالعات بیشتری در این زمینه اجرا گردد.

منابع

- آمارنامه جهادکشاورزی. ۱۳۹۸. آمارنامه کشاورزی جلد اول: محصولات زراعی. وزارت جهادکشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات.
- آمارنامه جهادکشاورزی. ۱۳۹۹. آمارنامه کشاورزی جلد اول: محصولات زراعی. وزارت جهادکشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات.
- اسدی، ر.، علیزاده، ا.، انصاری، ح.، کاوسی، م. و امیری، ا. ۱۳۹۵. تأثیر مقادیر آب و نیتروژن مصرفی بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب در دو روش کشت برنج. پژوهش آب در کشاورزی. ۳۰ (۲): ۱٤٥– ۱۵۷.

سلطانی، ا. ۱۳۸۸. مدلسازی ریاضی‌در گیاهان زراعی.جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۷٦ صفحه.

سلطانی، ا. و عالیمقام، م. ۱۳۹۷. گزارش طرح پژوهشی چالش‌های پیش روی رشته‌های کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۲۷ صفحه.

سلطانی، ا.، نه‌بندانی، ع.، زینلی، ا.، ترابی، ب.، زند، ا.، قاسمی، ث.، الستی، ا.، دادرسی، ا.، حسینی، ر.، عالی‌مقام، م.، زاهد، م.، محمدزاده، ز.، کمری، ح.، عرب‌عامری، ر.، فیاضی، ح.، رهبان، س.، محمدی، س. و کرامت، ص. ۱۳۹۷. تهیه اطلس خلأ عملکرد و توان تولید گیاهان زراعی مهم در کشور در شرایط اقلیمی فعلی و آینده. انتشارات سیرنگ. ۲٦۸ صفحه.

کرامت، ص. منتشر نشده. مدل‌سازی خلأ تولید و عملکرد برنج در شرایط فعلی و آینده در ایران. رساله دکتری. رشته زراعت. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. در حال بررسی

کهنسال، م.ر.، سیدان، م. و فرهپور، ع. ۱۳۹۳. ارزیابی اقتصادی پرورش شترمرغ در استان همدان. فصلنامه علوم دامی. ۱۰۲: ۲٦–۲۰.

کیانی. ۱۳۹۸. تعیین آب مورد نیاز برنج در استان گلستان. مجله ترویجی شالیزار، دوره اول، شماره ۲، زمستان ۱۳۹۸، ص ۵۷ تا ٦۳.

مومنی، ع. ۱۳۹۲. مطالعه امکان تغییر الگوی کشت برنج از شرایط غرقابی به هوازی در مازندران. تولید گیاهان زراعی. ٦ (٤): ۲۱۵– ۲۲۸.

- Balasubramanian, V., Ladha., J.K., Gupta, R., Naresh, R.K., Mehla, R.K., Singh, B. and Singh, Y. 2003. Technology options for rice in the rice-wheat system in South Asia. In: Ladha, J.K., Hill, J.E., Duxbury, J.M., Gupta, R.K., and Buresh, R.J., editors. Improving the productivity and sustainability of rice-wheat systems: issues and impacts. ASA Special Publication 65, ASA Inc., CSSA Inc., SSSA Inc., Madison, Wis., USA. P. 115-147.

- Belder, P., Spiertz, J.H.J., Bouman, B.A.M., Lu, G. and Tuong, T.P. 2005. Nitrogen economy and water productivity of lowland rice under water-saving irrigation. *Field Crops Research*. 93 :169 - 185.

Bouman, B.A.M., Peng, S., Castaneda, A.R. and Visperas, R.M. 2005. Yield and water use of irrigated tropical aerobic rice systems. *Agricultural Water Management*. 74: 87–105.

Choudhury, B.U. 2007. Yield and water productivity of rice–wheat on raised beds at New Delhi, Ind. India. *Field Crops Research*. 100 (2007): 229-239.

Dickie, A., Streck, C., Roe, S., Zurek, M., Haupt, F. and Dolginow, A. 2014. Strategies for Mitigating Climate Change in Agriculture: Abridged Report. Climate Focus and California Environmental Associates, prepared with the support of the Climate and Land Use Alliance. 87 pages. Report and supplementary materials available at: www.agriculturalmitigation.org

FAO. 2017. Food and Agricultural Organization of the United Nations, sited in: http://www.fao.org/index_en.htm/, 16/6/2015.

Grassini, P., van Bussel, L.G.J., van Wart, J., Wolf, J., Claessens, L., Yang, H., Boogaard, H., de Groot, H., van Ittersum, M.K. and Cassman, K.G. 2015. How good is good enough? Data requirements for reliable crop yield simulations and yield-gap analysis. *Field Crops Research*. 177: 49-63.

Kato, Y., Okami, M. and Katsura, K.2009. Yield potential and wateruse efficiency of aerobic rice (*Oryza sativa*). *Field Crops Research*. 113: 328-334.

Khaliq, A., Matloob, A., Ahmad, N., Rasul, F. and Awan, I.U. 2012. Post emergence chemical weed control in direct seeded fine rice. *Animal and Plant Sciences*. 22: 1101-1106.

Koo, J. and Dimes, J. 2013. HC27 Generic soil profile database. Harvard Dataverse ver. 4. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.Groves SJ, Bailey RJ. Strategies for the sub-optimal irrigation of sugar beet. Aspects of Applied Biology. 1994. Vol. 38: 201-207.

Nehbandani, A., Soltani, A., Taghdisi, R., Dadrasi, A. and Alimagham, S.M., 2020. Assessing HC27 Soil Database for Modeling Plant Production. *International Journal of Plant Production.* https://doi.org/10.1007/s42106-020-00114-4.

Parthasarathi, T., Vanitha, K., Lakshamanakumar, P. and Kalaiyarasi, D. 2012. Aerobic ricemitigating water stress for the future climate change. *International Journal of Agronomy and Plant Production.* 3(7): 241-254.

Rao, A.N., Johnson, D.E., Sivaprasad, B., Ladha, J.K. and Mortimer, A.M. 2007. Weed management in direct seeded rice. *Advance Agronomy*. 93: 153–255.

Soltani, A. and Sinclair, T.R. 2012. Modeling physiology of crop development, growth and yield. CABI Publisher. 312p.

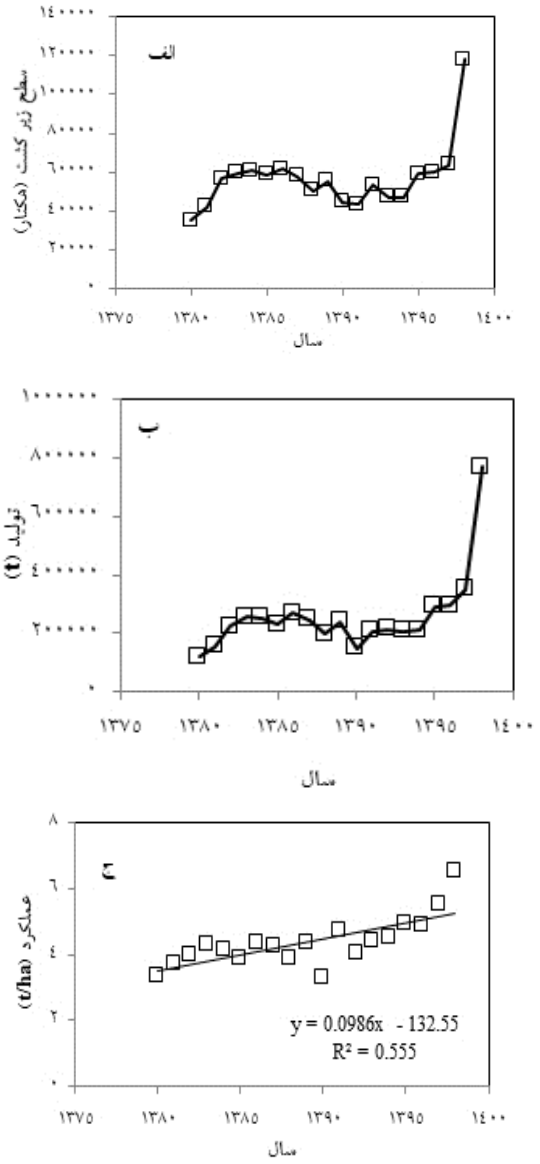
Soltani, A., Alimagham, S.M., Nehbandani, A., Torabi, B., Zeinali, E., Dadrasi, A., Zand, E., Ghassemi, S., Pourshirazi, S., Alasti, O., Hosseini, R.S., Zahed, M., Arabameri, R., Mohammadzadeh, Z., Rahban, S., Kamari, H., Fayazi, H., Mohammadi, S., Keramat, S., Vadez, V., van Ittersum, M.K. and Sinclair, T.R. 2020. SSM-iCrop2: A simple model for diverse crop species over large areas. *Agricultural Systems*. 182, 102855.

Van Bussel, L.G.J., Grassini, P., Van Wart, J., Wolf, J., Claessens, L., Yang, H., Boogaard, H., de Groot, H., Saito, K., Cassman, K.G. and van Ittersum, M.K. 2015. From field to atlas: Upscaling of location-specific yield gap estimates. *Field Crops Research*. 177: 98-108. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.03.005.

van Ittersum, M., Cassman K.G., Grassini, P., Wolf, J. Tittonell, P. and Hochman, Z. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance-A Review. *Field Crops Research*. 143: 4-17.

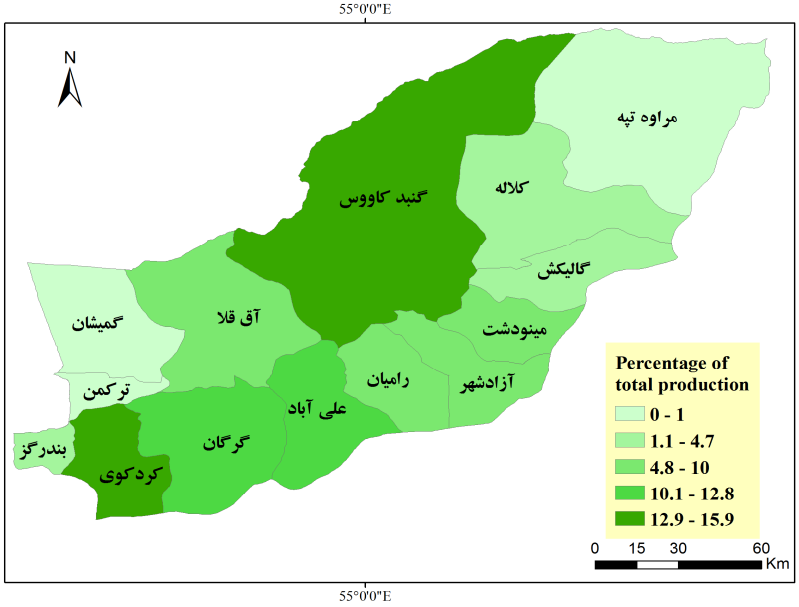
van Wart, J., Kersebaum, K.C., Peng, S., Milner, M. and Cassman, K.G. 2013. Estimating crop yield potential at regional to national scales. *Field Crops Research*. 143: 34-43.

پیوست‌ها



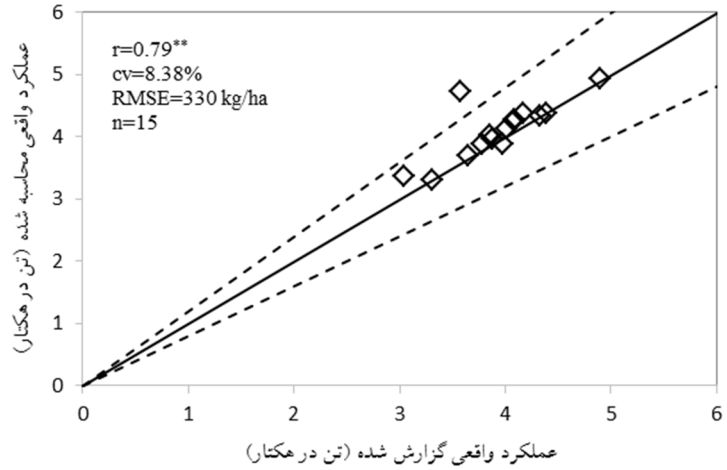
شکل ۱ پیوست- روند تغییرات سطح زیر کشت (الف)، تولید (ب) و عملکرد دانه (ج) در استان گلستان از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۸

از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۲ سطح زیر کشت برنج از حدود ۳۵ هزار هکتار به حدود ۵۷ هزار هکتار افزایش یافته و بعد از آن روند ثابتی داشت تا این‌که از سال ۱۳۹٦ به بعد افزایش چشم گیری در سطح زیر کشت رخ می‌دهد که علت آن نیز افزایش قیمت برنج می‌باشد. روند تغییرات تولید نیز در سطح استان طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۸ مانند سطح زیر کشت ابتدا روند افزایشی و سپس ثابت داشته و از سال ۱۳۹٦ به بعد به دلیل افزایش سطح زیر کشت افزایش قابل توجهی نشان می‌دهد. عملکرد در واحد سطح در طی این سال‌ها ابتدا تغییرات اندکی دارد اما از سال ۱۳۹٤ به بعد با افزایش سهم سطح زیر کشت ارقام پر محصول مثل ندا، فجر و غیره، عملکرد شلتوک در واحد سطح در استان افزایش یافته است.



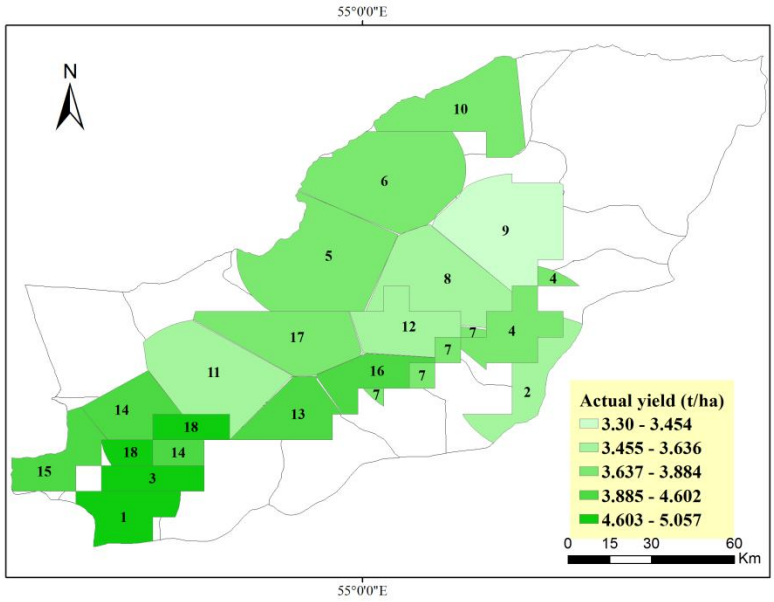
شکل ۲ پیوست- سهم شهرستان‌های مختلف از کل تولید برنج در استان گلستان

شهرستان‌های مهم تولید کننده برنج استان عبارتند از: کردکوی و گنبد هر کدام با بیش از ۱۳ درصد از کل تولید برنج استان، علی‌آباد و گرگان هر کدام با بیش از ۱۰ درصد و مینودشت، آزادشهر، رامیان و آق‌قلا هر کدام با بیش از ۵ درصد و سایر شهرستان‌ها کم‌تر از ۵ درصد برنج استان را تولید می‌کنند.



شکل ۳ پیوست- متوسط عملکرد واقعی شلتوک (تن در هکتار) در استان گلستان محاسبه شده بر اساس پروتکل گیگا در مقابل متوسط گزارش شده توسط وزارت جهاد کشاورزی در دوره زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹٤. خطوط نقطه چین محدوده تغییرات ۲۰± درصد را نشان می دهند و خط پیوسته خط ۱:۱ است

در این مطالعه عملکرد و نیاز آبیاری برنج برای شرایط مطلوب رشد شبیه‌سازی شد. در این شرایط فرض می‌شود مدیریت تولید مطلوب است و گیاهان با کمبود آب، عناصر غذایی و وقوع بیماری‌ها، آفات و علف‌های هرز مواجه نمی‌شود. به عملکرد حاصله در این شرایط عملکرد پتانسیل گفته می‌شود. این درحالی است که عملکرد واقعی کشاورزان معمولا کم‌تر از عملکرد پتانسیل است و مناسب خواهد بود در کنار عملکرد پتانسیل گزارش گردد. اطلاعات عملکرد واقعی در سطح شهرستان در استان موجود است که با روش توضیح داده شده در بخش روش‌ها به عملکرد واقعی در بافر ایستگاه‌ها تبدیل گردید. مقایسه عملکرد واقعی برنج در استان حاصل از اطلاعات عملکرد و سطح زیر کشت در شهرستان‌ها با عملکرد واقعی استان بر اساس عملکردهای محاسبه شده برای بافرها و سطح زیر کشت بافرها (همین شکل) نشان داد تطبیق خوبی بین این دو وجود دارد. بنابراین، عملکرد واقعی محاسبه شده برای بافرها قابل اعتماد هستند.



شکل ٤ پیوست- پهنه‌بندی عملکرد واقعی شلتوک (تن در هکتار) در بافر ایستگاه‌های هواشناسی انتخاب شده در استان گلستان بر اساس عملکردهای سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹٤. میانگین عملکرد واقعی شلتوک در بافرها بین ۳/۵ تا ۵/۱ تن در هکتار متغیر است و متوسط عملکرد واقعی در استان برای ترکیب فعلی ارقام و سیستم کشت نشایی-غرقابی ٤/۰ تن در هکتار می‌باشد

جدول ۱ پیوست- درصد ارقام کم محصول و پرمحصول و نیز واحد دمایی از نشاکاری تا برداشت برای ارقام مورد استفاده در سیستم فعلی نشایی-غرقابی در بافرهای انتخابی استان گلستان

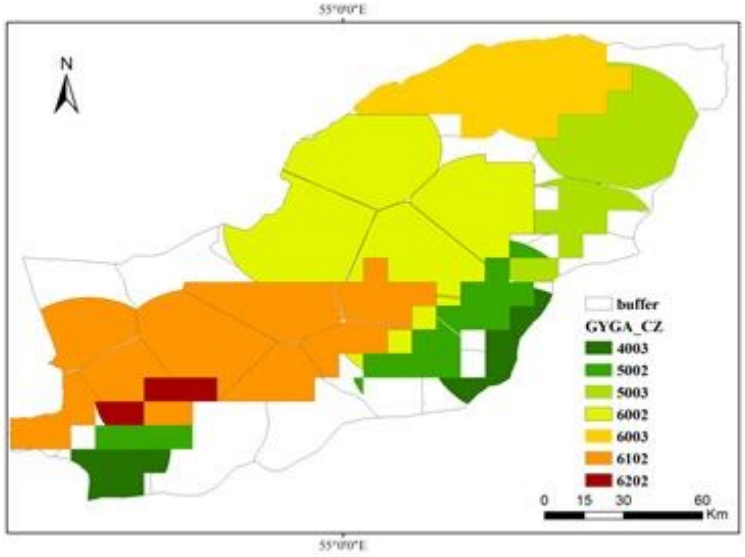
بافر	درصد کم محصول	درصد پر محصول	واحد دمایی
درازنو	۸۰	۲۰	۲۰۰۰
نراب	۹۰	۱۰	۲۰۰۰
کردکوی (فرضی)	۲۰	۸۰	۲۰۰۰
مینودشت ۱ (فرضی)	۹۰	۱۰	۱۸۰۰
گنبد شرقی (فرضی)	۹۰	۱۰	۲۰۰۰
گنبد شمالی (فرضی)	۹۰	۱۰	۲۰۰۰
مینودشت	۹۰	۱۰	۱۸۰۰
سد خروجی گلستان	۲۰	۸۰	۱۸۰۰
تامر	۹۰	۱۰	۱۷۰۰
گنبد (فرضی)	۹۰	۱۰	۲۰۰۰
آق قلا	۲۰	۸۰	۲۰۰۰
ارزکوه	۹۰	۱۰	۱۸۰۰
فاضل آباد	۹۰	۱۰	۱۸۰۰
هاشم آباد	۲۰	۸۰	۱۸۰۰
کردکوی بالا بلوک	۸۰	۲۰	۲۰۰۰
رامیان	۸۵	۱۵	۱۸۰۰
سد گرگان- وشمگیر	۱۰	۹۰	۱۸۰۰
اداره گرگان	۲۰	۸۰	۱۸۰۰

جدول ۲ پیوست - تاریخ خزانه کاری و نشا کاری و برداشت برنج در بافرهای انتخابی استان گلستان

بافر	تاریخ خزانه کاری	تاریخ نشا	تاریخ کاشت نشا (روز میلادی)		تاریخ برداشت	زمان از کاشت تا برداشت	
			اولین تاریخ	آخرین تاریخ		طول دوره اول	طول دوره دوم
درازنو	اواخر فروردین تا اوایل اردیبهشت	اواخر اردیبهشت تا اوایل خرداد	۱۳۸	۱٤٤	اواسط مرداد تا اواخر شهریور	۸۰	۱۳۱
نراب	اواخر اردیبهشت تا اوایل خرداد	اواخر خرداد تا اوایل تیر	۱٦۷	۱۷۸	اواخر شهریور تا اواسط مهر	۸۷	۱۱۳
کردکوی (فرضی)	اوایل تا اواسط اردیبهشت	اوایل خرداد تا اواسط خرداد	۱٤٤	۱۷۲	اواخر مرداد تا اواخر شهریور	۸٤	۱۰۳
مینودشت ۱ (فرضی)	اواخر اردیبهشت تا اوایل خرداد	اواخر خرداد تا اوایل تیر	۱٦۷	۱۷۸	اواسط شهریور تا اوایل مهر	۸۲	۱۰۸
گنبد شرقی (فرضی)	اواخر اردیبهشت تا اوایل خرداد	اواخر خرداد تا اوایل تیر	۱٦۷	۱۷۸	اواسط شهریور تا اوایل مهر	۸۲	۱۰۸
گنبد شمالی (فرضی)	اواخر اردیبهشت تا اوایل خرداد	اواخر خرداد تا اوایل تیر	۱٦۷	۱۷۸	اواسط شهریور تا اوایل مهر	۸۲	۱۰۸
مینودشت	اواخر اردیبهشت تا اوایل خرداد	اواخر خرداد تا اوایل تیر	۱٦۷	۱۷۸	اواسط شهریور تا اوایل مهر	۸۲	۱۰۸
سد خروجی گلستان	اواخر اردیبهشت تا اوایل خرداد	اواخر خرداد تا اوایل تیر	۱٦۷	۱۷۸	اواسط شهریور تا اوایل مهر	۸۲	۱۰۸
تامر	اواخر اردیبهشت تا اوایل خرداد	اواخر خرداد تا اوایل تیر	۱٦۷	۱۷۸	اواسط شهریور تا اوایل مهر	۸۲	۱۰۸
گنبد (فرضی)	اواخر اردیبهشت تا اوایل خرداد	اواخر خرداد تا اوایل تیر	۱٦۷	۱۷۸	اواسط شهریور تا اوایل مهر	۸۲	۱۰۸
آق قلا	اواسط تا اواخر اردیبهشت	اواسط خرداد تا اواخر خرداد	۱٥٦	۱٦۷	اوایل شهریور تا اواخر شهریور	۷۹	۹۸
ارزکوه	اواخر اردیبهشت تا اوایل خرداد	اواخر خرداد تا اوایل تیر	۱٦۷	۱۷۸	اواخر شهریور تا اوایل مهر	۸۷	۱۰۸
فاضل آباد	اواسط تا اواخر اردیبهشت	اواسط خرداد تا اواخر خرداد	۱٥٦	۱٦۷	اوایل شهریور تا اواخر شهریور	۷۹	۹۸
هاشم آباد	اواسط تا اواخر اردیبهشت	اواسط خرداد تا اواخر خرداد	۱٥٦	۱٦۷	اواسط شهریور تا اواخر شهریور	۸۳	۹۸
کردکوی بالا بلوک	اواسط فروردین تا اوایل اردیبهشت	اواسط اردیبهشت تا اوایل خرداد	۱۲٥	۱٤٦	اواسط مرداد تا اواخر شهریور	۸۸	۱۲۹
رامیان	اوایل تا اواسط اردیبهشت	اوایل خرداد تا اواسط خرداد	۱٤٤	۱٥٦	اواخر مرداد تا اواسط شهریور	۷۹	۹٤
سد گرگان- وشمگیر	اوایل تا اواسط اردیبهشت	اوایل خرداد تا اواسط خرداد	۱٤٤	۱٥٦	اواخر مرداد تا اواسط شهریور	۷۹	۹٤
اداره گرگان	اوایل تا اواسط اردیبهشت	اوایل خرداد تا اواسط خرداد	۱٤٤	۱٥٦	اواخر مرداد تا اواسط شهریور	۷۹	۹٤

جدول ۳ پیوست – ورودی‌های مورد نیاز شامل داده‌های هواشناسی، خاک و مدیریت زراعی جهت اجرای مدل

	پارامتر	مخفف	واحد
اطلاعات هواشناسی			
	حداکثردمای روزانه	TMAX	°C
	حداقل دمای روزانه	TMIN	°C
	تابش خورشیدی روزانه	SRAD	MJ. m^{-2}. d^{-1}
	بارندگی روزانه	RAIN	mm
مشخصات خاک			
	آلبیدوی سطح	SALB	-
	ضریب زهکشی عمقی خاک	DRAINF	-
	کسر حجمی آب خاک در نقطه پژمردگی	IDUL	mm. mm^{-1}
	کسر حجمی رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی	ILL	mm. mm^{-1}
	کسر حجمی رطوبت در نقطه اشباع	ISAT	mm. mm^{-1}
	کسر حجمی رطوبت قابل استخراج برای گیاه	EXTR	mm. mm^{-1}
	شماره منحنی خاک برای محاسبه رواناب	CN	-
	عمق خاک	–	mm
مدیریت زراعی			
	روز از سال میلادی که در آن کاشت انجام شد	PDOY	day
	رطوبت اولیه خاک در زمان شبیه‌سازی	ISW	mm
	سطح آبیاری: کسری از آب قابل دسترس خاک که در آن یا بلافاصله کم‌تر از آن آبیاری انجام می‌شود	IRGLVL	-



شکل ۵ پیوست – محدوده تحت پوشش هر یک از ایستگاه‌های هواشناسی انتخاب شده و نوع اقلیم آن‌ها. کدهای اقلیمی در جدول زیر (جدول ٤) توضیح داده شده‌اند

جدول ٤ پیوست – کلاس‌های تعریف شده برای هر یک از متغیرهای مورد استفاده در طبقه‌بندی اقلیمی به GYGA-ED

کد گیگا	TU*	کد گیگا	شاخص خشکی**	کدگیگا	نوسانات دمای فصلی***
۱۰۰۰	۰–۲٦۷۰	۰	۰–۲٦۹٥	۱	۰–۳۸۳۲
۲۰۰۰	۲٦۷۱–۳۱٦۹	۱۰۰	۲٦۹٦–۳۸۹۳	۲	۳۸۳۳–۸۳٥٥
۳۰۰۰	۳۱۷۰–۳۷۹۱	۲۰۰	۳۸۹٤–٤۷۹۱	۳	>۸۳٥۹
٤۰۰۰	۳۷۹۲–٤۸۲۹	۳۰۰	٤۷۹۲–٥٦۸۹		
٥۰۰۰	٤۸۳۰–٥۹٤۹	٤۰۰	٥٦۹۰–٦٥۸۸		
٦۰۰۰	٥۹٥۰–۷۱۱۱	٥۰۰	٦٥۸۹–۷۷۸٥		
۷۰۰۰	۷۱۱۲–۸٥٦٤	٦۰۰	۷۷۸٦–۸٦۸٥		
۸۰۰۰	۸٥٦٥–۹۳۱۱	۷۰۰	۸٦۸٦–۱۰۱۸۱		
۹۰۰۰	۹۳۱۲–۹۸٥۰	۸۰۰	۱۰۱۸۲–۱۲۸۷٦		
۱۰۰۰۰	> ۹۸٥۱	۹۰۰	>۱۲۸۷۷		

* محاسبه واحد دمایی بر اساس دمای پایه صفر درجه سانتی‌گراد.

** در صورتی‌که این اعداد تقسیم بر ۱۰۰۰۰ شوند نسبت بارندگی سالیانه بر پتانسیل تبخیر سالیانه حاصل می‌شود.

*** در صورتی‌که این اعداد بر ۱۰۰۰ تقسیم شوند مقدار انحراف معیار دمای ماهانه از متوسط دمای سالیانه حاصل می‌شود.

در این روش پهنه‌های اقلیمی براساس سه متغیر واحد دمایی (TU) با دمای پایه صفر درجه سانتی‌گراد، شاخص خشکی سالیانه (AI) و نوسانات دمای فصلی انجام شده است. برای نامگذاری هر پهنه اقلیمی از کلاس‌های تعریف شده برای هر متغیر استفاده شده است. نام هر پهنه متشکل از یک عدد ٤ رقمی می‌باشد (در مواردی که مقدار متغیر برای یک پهنه در کلاس ۹۸۵۱< TU قرار گیرد عدد ۵ رقمی خواهد شد). هر کلاس متغیر TU با اعداد ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ مشخص شده است. همچنین کلاس‌های مربوط به متغیر AI با اعداد ۰، ۱۰۰، ۲۰۰ تا ۹۰۰ و کلاس‌های متغیر نوسانات دمایی (TS) با اعداد ۱، ۲، ۳ مشخص شده‌اند. وجود واحد دمایی بالاتر در یک منطقه نشان‌دهنده گرم‌تر بودن، AI بالاتر نشان‌دهنده خشک تر بودن و TS بالاتر نشان‌دهنده نوسانات دمایی بیش‌تر در منطقه مورد نظر است. اگر در یک پهنه اقلیمی مقدار متغیر TU در کلاس ۳۰۰۰ (دامنه ۳۷۹۱-۳۱۷۰)، متغیر AI در کلاس ٤۰۰ (دامنه ٦۵۸۸-۵۹٦۰) و متغیر نوسانات دمای فصلی در کلاس ۲ (دامنه ۸۳۵۵-۳۸۳۳) قرار داشته باشد، نام یا کد آن پهنه اقلیم ۳٤۰۲ خواهد بود. به عبارتی ساده‌تر از جمع کلاس‌های تعیین شده توسط گیگا برای هر متغیر در یک منطقه کد پهنه اقلیمی آن منطقه حاصل می‌شود (۳٤۰۲=۳۰۰۰+٤۰۰+۲) که عدد هزارگان (۳۰۰۰) این کد کلاس متغیر TU، عدد صدگان (٤۰۰) این کد کلاس متغیر AI و عدد یکان (۲) این کد کلاس متغیر نوسانات دمای فصلی را نشان می‌دهد. در حالتی که متغیر TU در کلاس ۱۰۰۰۰ قرار گیرد عدد هزارگان نیز صفر خواهد بود و کد پهنه اقلیمی ۵ رقمی خواهد شد. به عنوان مثال اگر در یک پهنه اقلیمی مقدار متغیر TU در کلاس ۱۰۰۰۰ (TU> ۹۸۵۱)، متغیر AI در کلاس ٤۰۰ (دامنه ٦۵۸۸-۵۹٦۰) و متغیر نوسانات دمای فصلی در کلاس ۲ (دامنه ۸۳۵۵-۳۸۳۳) قرار داشته باشند، نام یا کد آن پهنه اقلیمی ۱۰٤۰۲ (۱۰٤۰۲=۱۰۰۰۰+٤۰۰+۲) خواهد بود.

جدول ۵ پیوست – پهنه‌های اقلیمی اصلی که کشت برنج در استان گلستان در آن‌ها صورت می‌گیرد به همراه تعداد ایستگاه هواشناسی مرجع (RWS) در هر پهنه اقلیمی، نام ایستگاه‌ها، سطح زیر کشت برنج در هر پهنه و درصدی از کل سطح زیر کشت برنج در استان که در هر پهنه واقع شده است. پهنه‌بندی براساس GYGA-ED صورت گرفته است و سطح زیر کشت برنج در استان گلستان ۵۱۲۲۳ هکتار (۲۰۱٤ تا ۲۰۱٦) منظور شده است

اقلیم	تعداد ایستگاه در اقلیم	نام ایستگاه یا بافر	سطح کشت در هر اقلیم (هکتار)	درصد سطح زیر کشت هر پهنه نسبت به کل سطح زیر کشت استان
٤٠٠٣	٢	درازنو، نراب	٥٦٤٣	١١/٠٢
٥٠٠٢	٢	کردکوی (فرضی)، مینودشت ١ (فرضی)	٣٩١٥	٧/٦٤
٦٠٠٢	٥	گنبد کاووس شرقی (فرضی)، گنبد کاووس شمالی (فرضی) سد خروجی گلستان، مینودشت و تامر	١٣٦٦٤	٢٦/٦٨
٦٠٠٣	١	گنبد (فرضی)	٥٢٤	١/٠٢
٦١٠٢	٧	آق قلا، ارزکوه، فاضل آباد، هاشم آباد، کردکوی بالا بلوک، رامیان و سد گرگان- وشمگیر	٢٣٤٤٣	٤٥/٧٧
٦٢٠٢	١	اداره گرگان	٢٤٥١	٤/٧٨
مجموع	١٨	-	٤٩٦٤٠	٩٦/٩١

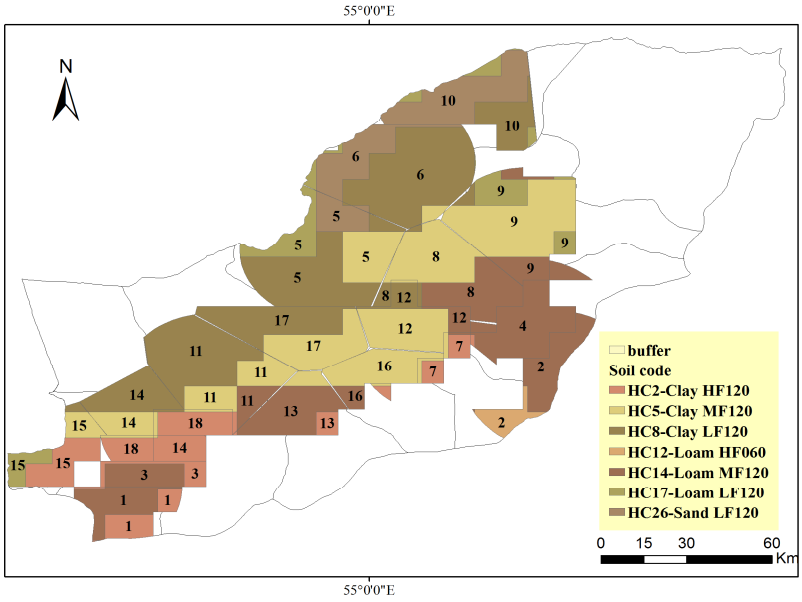
جدول ٦ پیوست – نام ایستگاه‌های هواشناسی مرجع (بافر) و شهرستان‌هایی که در بافر هر ایستگاه قرار می‌گیرند. برای محاسبه عملکرد واقعی و دیگر متغیرها در هر بافر از اطلاعات شهرستان‌های مرتبط متناسب با سهم آن‌ها در بافر استفاده شده است

بافر	شهرهای داخل بافر
درازنو	کردکوی
نراب	مینودشت، آزادشهر
کردکوی (فرضی)	گرگان، کردکوی
مینودشت ۱ (فرضی)	گالیکش
گنبد شرقی (فرضی)	گنبد
گنبد شمالی (فرضی)	گنبد
مینودشت	آزادشهر
سد خروجی گلستان	گنبد، مینودشت، گالیکش
تامر	گنبد، کلاله
گنبد (فرضی)	گنبد
آق‌قلا	گمشان، آق قلا
ارزکوه	گنبد، آزادشهر، مینودشت
فاضل‌آباد	گرگان، علی‌آباد
هاشم‌آباد	گمیشان، بندرترکمن، گرگان
کردکوی بالا بلوک	بندرترکمن، کردکوی، بندرگز
رامیان	رامیان، علی‌آباد
سد گرگان– وشمگیر	گنبد، علی‌آباد، آق‌قلا
اداره گرگان	کردکوی، گرگان

جدول ۷ پیوست - مشخصات خاک‌های اصلی در مناطق زیر کشت برنج در استان گلستان براساس اطلاعات بانک HC27 (کو و دیمز، ۲۰۱۳)

نوع خاک	عمق خاک (mm)	آلبیدوی خاک	شماره منحنی خاک	ضریب زهکشی عمقی خاک*	آب خاک در اشباع	آب خاک در ظرفیت زراعی	آب قابل دسترس خاک	آب در نقطه پژمردگی دائم
HC2-Clay HF120	۱۲۰۰	۰/۰۵	۸۵	۰/۲	۰/۴۵۸	۰/۴۰۵	۰/۱۷۲	۰/۲۳۳
HC5-Clay MF120	۱۲۰۰	۰/۰۵	۸۵	۰/۲	۰/۴۵۸	۰/۴۰۵	۰/۱۷۲	۰/۲۳۳
HC8-Clay LF120	۱۲۰۰	۰/۰۵	۸۵	۰/۲	۰/۴۵۸	۰/۴۰۵	۰/۱۷۲	۰/۲۳۳
HC14-Loam MF120	۱۲۰۰	۰/۱	۷۵	۰/۵	۰/۴۱۰	۰/۳۰۷	۰/۱۲۷	۰/۱۸۰
HC26-Sand LF120	۱۲۰۰	۰/۱۵	۶۵	۰/۷۵	۰/۳۶۵	۰/۱۶۹	۰/۰۹۶	۰/۰۷۳

*این ضرایب زهکشی برای خاک قبل از گل‌خرابی یا بدون گل‌خرابی است. بعد از گل‌خرابی ضریب زهکشی به ۰/۰۳۵ کاهش پیدا می‌کند.



شکل ٦ پیوست - انواع خاک در مناطق زیر کشت برنج استان گلستان بر اساس اطلاعات موجود در بانک خاک HC27 (کو و دیمز، ۲۰۱۳). شماره‌ها نشان‌دهنده ایستگاه‌های مرجع هستند که در جدول ۱ در متن اصلی درج شده‌اند

جدول ۸ پیوست - پارامترهای گیاهی ثابت، مورد نیاز برای اجرای مدل SSM-iCrop2. برای توضیحات کامل مدل و دریافت فایل های راهنما به وب سایت مربوطه (www.SSM-crop-models.net) مراجعه شود

پارامتر	مخفف	مقدار	هوازی
دمای پایه برای نمو	TBD	۸	
دمای مطلوب تحتانی برای نمو	TP1D	۳۰	
دمای مطلوب فوقانی برای نمو	TP2D	۳۷	
دمای سقف برای نمو	TCD	٤٥	
شاخص سطح برگ حداکثر	LAIMX		
۱- رقم پرمحصول زود رس		۲/۷۵	
۲- رقم پرمحصول میان رس		۲/۹	
۳- رقم پرمحصول دیر رس		۳/۲	
٤- رقم کم محصول زود رس		۲/۲۵	
٥- رقم کم محصول میان رس		۲/٥	
٦- رقم کم محصول دیر رس		۲/۷٥	
سرعت پیر شدن	SRATE	۱	
دمای پایه برای تولید ماده خشک	TBRUE	٥	
دمای مطلوب تحتانی برای تولید ماده خشک	TP1RUE	۱٥	
دمای مطلوب فوقانی برای تولید ماده خشک	TP2RUE	۳٥	
دمای سقف برای تولید ماده خشک	TCRUE	٥۰	
ضریب خاموشی برای تشعشع فعال فتوسنتزی	KPAR	۰/٦	
کارایی استفاده از تشعشع در شرایط مطلوب رشد	IRUE	۲/۲	
حداکثر شاخص برداشت	HImax		
۱- رقم پر محصول		۰/٥۰	
۲- رقم کم محصول		۰/۳٥	
حداقل شاخص برداشت	HImin	۰/۲٥	
عمق ریشه در ظهور (میلی‌متر)	iDEPORT	۲۰۰	
حداکثر عمق مؤثر استخراج آب از خاک توسط ریشه (میلی‌متر)	MEED	۲٥۰	۷٥۰
ضریب کارایی تعرق	TEC	٥/۸	
کسر آب قابل دسترس خاک که در کم‌تر از آن تولید ماده خشک کاهش می‌یابد	WSSG	۰/٦	
کسر آب قابل دسترس خاک که در کم‌تر از آن گسترش سطح برگ کاهش می‌یابد	WSSL	۰/٦	
ضریب حساسیت نمو و پیر شدن به تنش خشکی	WSSD	۰	
مسیر فتوسنتزی (برای شبیه سازی اثر افزایش CO_2 اتمسفر)	C3/C4	۰/۸	
حداقل دمای آستانه برای تخریب برگ (درجه سانتی‌گراد)	FrzTh	۸	
کسری از سطح برگ که در دمای بحرانی تخریب می‌شود	FrzLDR	۰/۰۱	
حداکثر دمای آستانه برای تخریب برگ (درجه سانتی‌گراد)	HeatTH	۳۷	
میزان زوال برگ به ازای افزایش هر یک درجه از حداکثر دمای آستانه	HtLDR	۰/۱	

جدول ۹ پیوست – پارامترهای وابسته به رقم مورد نیاز برای اجرای مدل SSM-iCrop2. برای توضیحات کامل مدل و دریافت فایل‌های راهنما به وب سایت مربوطه (www.SSM-crop-models.net) مراجعه شود

پارامتر	مخفف	نشایی			هوازی ۱			هوازی ۲		
		زودرس	میان‌رس	دیررس	زودرس	میان‌رس	دیررس	زودرس	میان‌رس	دیررس
واحد دمایی تا رسیدگی برداشت (درجه سانتی‌گراد)	tuHAR	۱۷۰۰	۱۸۰۰	۲۰۰۰	۲۱۲۵	۲۲۲۵	۲٤۲۵	۱۷۰۰	۱۸۰۰	۲۰۰۰
واحد دمایی تا سبزشدن (درجه سانتی‌گراد)	tuEMR	۱/۷	۱/۸	۲	۱۵۱	۱٤۹	۱٤٦	۱۲۱	۱۲۱	۱۲۰
واحد دمایی تا شروع رشد دانه (درجه سانتی‌گراد)	tuBSG	۱۱۰۹	۱۱۷٤	۱۳۰۵	۱۵۳٤	۱٦۰۰	۱۷۲۹	۱۲۲۷	۱۲۹٤	۱٤۲٦
واحد دمایی تا پایان رشد دانه (درجه سانتی‌گراد)	tuTSG	۱٦۱۹	۱۷۱٤	۱۹۰۵	۲۰٤٤	۲۱۳۸	۲۳۳۰	۱٦۳۵	۱۷۳۰	۱۹۲۲
واحد دمایی تا رسیدگی فیزیولوژیک (درجه سانتی‌گراد)	tuPM	۱٦۱۹	۱۷۱٤	۱۹۰۵	۲۰٤٤	۲۱۳۸	۲۳۳۰	۱٦۳۵	۱۷۳۰	۱۹۲۲
واحد دمایی تا زمان آغاز پیر شدن برگ‌ها (درجه سانتی‌گراد)	tuBLS	۱۱۰۹	۱۱۷٤	۱۳۰۵	۱۵۳٤	۱٦۰۰	۱۷۲۹	۱۲۲۷	۱۲۹٤	۱٤۲٦
مرحله نمو نسبی ۱ برای شبیه‌سازی شاخص سطح برگ *	X1	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷
شاخص سطح برگ نسبی در مرحله نمو نسبی ۱ **	Y1	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵
مرحله نمو نسبی ۲ برای شبیه‌سازی شاخص سطح برگ	X2	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲
شاخص سطح برگ نسبی در مرحله نمو نسبی ۲	Y2	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵
واحد دمایی که در آن رشد ریشه شروع می‌شود (درجه سانتی‌گراد)	tuBRG	۱/۷	۱/۸	۲	۱۵۱	۱٤۹	۱٤٦	۱۲۱	۱۲۱	۱۲۰
واحد دمایی که در آن رشد ریشه متوقف می‌شود (درجه سانتی‌گراد)	tuTRG	۱۱۰۹	۱۱۷٤	۲۳۰٤	۱۵۳٤	۱٦۰۰	۱۷۲۹	۱۲۲۷	۱۲۹٤	۱٤۲٦

*مرحله نمو نسبی عبارت از کسری از واحد دمایی تا برداشت است

**شاخص سطح برگ نسبی عبارت از کسری از حداکثر شاخص سطح برگ است

جدول ۱۰ پیوست - اطلاعات جمع‌آوری شده از میزان هزینه‌ها و درآمد حاصله در دو روش کشت هوازی و نشایی در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در استان گلستان

ردیف	نوع عملیات	واحد	مقدار در هکتار	هزینه در سال زراعی ۹۷ تا ۹۸ (هزار تومان)	
				هزینه کل کشت ماشینی (نشایی)	هزینه کل کشت هوازی
۱	واندر	نوبت	۲ (۵۰۰ متر خزانه)	۷۰	-
۲	کرت بندی	نوبت	۱ (خزانه)	۳۰	-
۳	گل‌ورزی	نوبت	۱ (خزانه)	۲۰۰	-
٤	سم بوتاکلر	لیتر	٤ (خزانه)	۱۵۰	-
۵	بذر	کیلوگرم	۱۲۰	۱۷٤۰	
٦	بذر	کیلوگرم	٦۸		۹۸٦
۷	هزینه کشت بذر				۳۰۰
۸	کارگر جوانه دار کردن بذر (در خزانه)	نفر	۱	۱۰۰	
۹	جوی زدن و تسطیح کردن	۱		۱۵۰	
۱۰	کود فسفات	کیسه	۱	۷۵	
۱۱	کود اوره	کیسه	۱	۵۰	
۱۲	کود پتاس	کیسه	۱	۱۰۰	
۱۳	سم قارچ (ویستا و بیم) برای بلاست برنج	نوبت	۲ در خزانه	۱۰۰	
۱٤	سم دیازینون (سم گرانول)	نوبت	۱ در خزانه	٦۰	
۱۵	تقویتی	نوبت	۲	۱٤۰	
۱٦	سرک	نوبت	۲ (هر مرحله ۱۰ کیلوگرم)	٦۰	
۱۷	هزینه کود پاشی			٦۰	
۱۸	هزینه سم پاشی			٦۰	
۱۹	در آوردن نشا از خزانه			٤۰۰	
۲۰	انتقال و پخش نشا			۵۰۰	
۲۱	واندر، پل و جوی	نوبت	۱ در زمین اصلی	٤۰۰	٤۰۰
۲۲	تول کردن	نوبت	۱ در زمین اصلی	۱۳۰۰	
۲۳	کود فسفات	کیسه	۲ در زمین اصلی	۱۵۰	۱۵۰
۲٤	کود اوره	کیسه	۵ در زمین اصلی	۲۵۰	۲۵۰
۲۵	کود پتاس	کیسه	۲ در زمین اصلی	۲۰۰	۲۰۰
۲٦	اسید هیومیک	نوبت	۱	۱۸۰	۱۸۰

۲۷	تقویتی	نوبت	۳	۲۱۰	۲۱۰
۲۸	هزینه کودپاشی	نوبت	۸	٤۰۰	٤۰۰
۲۹	سم حشره کش	نوبت	۳ در زمین اصلی	۳٥۰	۳٥۰
۳۰	قارچ کش	نوبت	۲ در زمین اصلی	۲۰۰	۲۰۰
۳۱	علف کش	نوبت	۲	٤۰۰	۲۰۰
۳۲	کارگر و تراکتور سمپاشی			۷۰۰	۷۰۰
۳۳	هزینه آب			۱۳۰۰	۱۷۰۰
۳٤	میرآب	ماه	٤/٥	۲۰۰۰	۲۰۰۰
۳٥	دستگاه گان (آبیاری بارانی در کشت خشکه کاری)			۱۲۰۰	–
۳٦	کیسه و نخ			۱۳۰	۱٦۰
۳۷	کمباین			۱۰۰۰	۱۰۰۰
۳۸	کارگر برداشت	نفر	۲	۲۰۰	۲۰۰
۳۹	جمع هزینه‌های جاری			۱۰٥٥٦	۱۳٦٤٥
٤۰	هزینه‌های متفرقه	٪٥		٥۲۷/۸	٦۸۲/۲٥
٤۱	هزینه اجاره زمین			٦۰۰۰	٦۰۰۰
٤۲	جمع کل هزینه‌های تولید			۱۷۰۸۳/۸	۲۰۳۲۷/۲٥
٤۳	سود سرمایه در گردش	٪۱٥	هزار تومان	۲٥٦۲/٥۷	۳۰٤۹/۰۸
٤٤	جمع کل هزینه‌های تولید (با احتساب سود سرمایه در گردش)			/۳۷ ۱۹٦٤٦	۲۳۳۷٦/۳۳
٤٥	عملکرد در هکتار			٦۰۰۰	۷۰۰۰
٤٦	هزینه تمام شده (جمع کل هزینه‌ها تقسیم بر عملکرد یک هکتار)	تومان هر کیلو گرم		۲٦۱۹/٥	۳۳۳۹/٤۷
٤۷	سود تولید کننده از یک کیلو شلتوک			۱۷۲٥/٦	۱٦٦۰/٥
٤۸	متوسط قیمت فروش یک کیلو شلتوک			٥۰۰۰	٥۰۰۰
٤۹	درآمد ناخالص (قیمت فروش در عملکرد)	هزار تومان		۳۰۰۰۰	۳٥۰۰۰
٥۰	درآمد خالص (درآمد ناخالص کل – هزینه کل = سود)	هزار تومان		۱۰۳٥۳	۱۱٦۲۳
٥۱	فایده به هزینه (درآمدناخالص کل تقسیم بر هزینه کل)			۱/٥۳	۱/٥۰

جدول ١١ پیوست- مقدار میانگین عملکرد واقعی شلتوک (تن در هکتار) در سیستم فعلی نشایی-غرقابی، عملکرد پتانسیل شلتوک (تن در هکتار)، روز تا برداشت، عملکرد پتانسل برنج (تن در هکتار)، نیاز خالص آبی (میلی‌متر)، تبخیر تجمعی (میلی‌متر)، تعرق تجمعی (میلی‌متر)، زهکشی تجمعی (میلی‌متر) و زمان برداشت در بافرهای انتخابی تحت سناریو کشت نشایی با رقم پرمحصول در استان گلستان از سال ١٣٨٠ تا ١٣٩٤

اقلیم	بافر	عملکرد واقعی شلتوک (t/ha)	عملکرد پتانسیل شلتوک (t/ha)	روز تا برداشت	نیاز خالص آبی (mm)	تبخیر تجمعی (mm)	تعرق تجمعی (mm)	زهکشی تجمعی (mm)	زمان برداشت (روز میلادی)
٤٠٠٣	درازنو	٥/١	١١/٧	١١٥	٦٩٨	١٩٥	٣٥٤	٢٢٨	٢٥٥
٤٠٠٣	نراب	٣/٦	١١/٢	١١٨	٦٤٤	١٩٥	٣٢١	٢٤٠	٢٨٩
٥٠٠٢	کردکوی (فرضی)	٤/٩	١٠/٨	١٠٢	٧٥٦	١٨٢	٤٣٤	١٩٧	٢٥٢
٥٠٠٢	مینودشت ١ (فرضی)	٣/٨	١٠/٧	١٠٢	٧٦٥	١٩٤	٤٧٥	٢٠٣	٢٧٣
٦٠٠٢	گنبد شرقی (فرضی)	٣/٧	١٠/٣	٩٩	٨٦٣	١٨٦	٥٣٣	١٩٤	٢٧٠
٦٠٠٢	گنبد شمالی (فرضی)	٣/٧	١٠/٣	٩٩	٨٦٣	١٨٦	٥٣٣	١٩٤	٢٧٠
٦٠٠٢	مینودشت	٣/٨	١٠/٥	٩٥	٧٨٣	١٩٤	٥١١	١٧٩	٢٦٦
٦٠٠٢	سد خروجی گلستان	٣/٦	٩/١	٨٧	٧٨١	١٧٩	٤٦٩	١٦١	٢٥٦
٦٠٠٢	تامر	٣/٥	٩/٩	٨٥	٨٣٩	٢٠٢	٥٣٦	١٥٢	٢٥٤
٦٠٠٣	گنبد (فرضی)	٣/٧	١٠/٣	٩٩	٩٢٤	١٨٢	٥٣٣	٢٣٦	٢٧٠
٦١٠٢	آق قلا	٣/٦	١١/٦	٩٧	٩٥٩	١٩٧	٦٠٦	١٨٥	٢٥٦
٦١٠٢	ارزکوه	٣/٦	١٠/٨	٩١	٩٥٥	٢١١	٦٢٧	١٥٨	٢٦١
٦١٠٢	فاضل آباد	٤/٦	١١/٠	٩٨	٨٨٨	٢٠٦	٥٧١	١٨٧	٢٦٢
٦١٠٢	هاشم آباد	٤/٦	٩/٤	٩٠	٦٨٠	١٧٧	٣٦٧	١٧٠	٢٥٠
٦١٠٢	کردکوی بالا بلوک	٤/٢	١٠/٥	١١٥	٦٩٣	٢٠٩	٣٦٩	٢٢٧	٢٥٢
٦١٠٢	رامیان	٤/٤	١١/٨	٩٣	١٠٣٠	٢٢٦	٦٩٥	١٥٩	٢٤٣
٦١٠٢	سد گرگان- وشمگیر	٣/٩	١٠/٧	٨٩	٩٤٢	٢٠٦	٥٧٨	١٦٦	٢٣٧
٦٢٠٢	اداره گرگان	٤/٧	٩/٤	٩١	٦٧٦	١٧٦	٣٨٠	١٧٥	٢٤١
	مجموع/ میانگین	٤/٠	١٠/٥	٩٧	٨١٩	١٩٨	٤٩٨	١٨٣	٢٥٨

جدول ۱۲ پیوست- مقدار میانگین عملکرد واقعی شلتوک (تن در هکتار) در سیستم فعلی نشایی-غرقابی، عملکرد پتانسیل شلتوک (تن در هکتار)، روز تا برداشت، عملکرد پتانسیل برنج (تن در هکتار)، نیاز خالص آبی (میلی‌متر)، تبخیر تجمعی (میلی‌متر)، تعرق تجمعی (میلی‌متر)، زهکشی تجمعی (میلی‌متر) و زمان برداشت در بافرهای انتخابی تحت سناریو کشت نشایی با رقم کم‌محصول در استان گلستان از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۴

اقلیم	بافر	عملکرد واقعی شلتوک (t/ha)	عملکرد پتانسیل شلتوک (t/ha)	روز تا برداشت	نیاز خالص آبی (mm)	تبخیر تجمعی (mm)	تعرق تجمعی (mm)	زهکشی تجمعی (mm)	زمان برداشت (روز میلادی)
۴۰۰۳	درازنو	۵/۱	۹/۱	۱۱۵	۶۸۶	۲۰۷	۳۲۹	۲۲۹	۲۵۵
۴۰۰۳	نراب	۳/۶	۸/۳	۱۱۸	۶۳۳	۲۰۴	۲۹۹	۲۴۰	۲۸۹
۵۰۰۲	کردکوی (فرضی)	۴/۹	۸/۳	۱۰۲	۷۴۴	۱۹۹	۴۰۴	۱۹۸	۲۵۲
۵۰۰۲	مینودشت ۱ (فرضی)	۳/۸	۹/۱	۱۰۲	۷۵۴	۲۱۵	۴۴۱	۲۰۴	۲۷۳
۶۰۰۲	گنبد شرقی (فرضی)	۳/۷	۷/۸	۹۹	۸۵۲	۲۱۰	۴۹۶	۱۹۵	۲۷۰
۶۰۰۲	گنبد شمالی (فرضی)	۳/۷	۷/۸	۹۹	۸۵۲	۲۱۰	۴۹۶	۱۹۵	۲۷۰
۶۰۰۲	مینودشت	۳/۸	۷/۹	۹۵	۷۷۳	۲۲۰	۴۷۴	۱۸۰	۲۶۶
۶۰۰۲	سد خروجی گلستان	۳/۶	۶/۷	۸۷	۷۷۳	۲۰۵	۴۳۵	۱۶۱	۲۵۶
۶۰۰۲	تامر	۳/۵	۷/۲	۸۵	۸۲۸	۲۴۶	۴۸۲	۱۵۲	۲۵۴
۶۰۰۳	گنبد (فرضی)	۳/۷	۷/۸	۹۹	۹۱۱	۲۰۴	۴۹۶	۲۳۶	۲۷۰
۶۱۰۲	آق قلا	۳/۶	۸/۷	۹۷	۹۴۷	۲۲۷	۵۶۴	۱۸۶	۲۵۶
۶۱۰۲	ارزکوه	۳/۶	۸/۲	۹۱	۹۴۳	۲۴۵	۵۸۲	۱۵۸	۲۶۱
۶۱۰۲	فاضل آباد	۴/۶	۸/۷	۹۸	۸۷۵	۲۳۴	۵۳۰	۱۸۸	۲۶۲
۶۱۰۲	هاشم آباد	۴/۶	۷/۰	۹۰	۶۷۶	۲۰۰	۳۴۰	۱۷۰	۲۵۰
۶۱۰۲	کردکوی بالا بلوک	۴/۲	۸/۱	۱۱۵	۶۸۲	۲۲۲	۳۴۳	۲۲۸	۲۵۲
۶۱۰۲	رامیان	۴/۴	۹/۰	۹۳	۱۰۱۷	۲۶۴	۶۴۴	۱۵۹	۲۴۳
۶۱۰۲	سد گرگان- وشمگیر	۳/۹	۸/۱	۸۹	۹۳۳	۲۴۱	۵۳۶	۱۶۶	۲۳۷
۶۲۰۲	اداره گرگان	۴/۷	۷/۳	۹۱	۶۷۲	۲۰۰	۳۵۲	۱۷۵	۲۴۱
	مجموع/ میانگین	۴/۰	۷/۹	۹۷	۸۰۹	۲۲۴	۴۶۰	۱۸۴	۲۵۸

جدول ۱۳ پیوست - مقدار میانگین عملکرد واقعی شلتوک (تن در هکتار) در سیستم فعلی نشایی-غرقابی، عملکرد پتانسیل شلتوک (تن در هکتار)، روز تا برداشت، عملکرد پتانسیل برنج (تن در هکتار)، نیاز خالص آبی (میلی‌متر)، تبخیر تجمعی (میلی‌متر)، تعرق تجمعی (میلی‌متر)، زهکشی تجمعی (میلی‌متر) و زمان برداشت در بافرهای انتخابی تحت سناریو کشت هوازی ۱ با ترکیب فعلی در گلستان از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۴ در صورتی که آبیاری پس از تخلیه ۶۰ درصد رطوبت خاک انجام شود

اقلیم	بافر	عملکرد واقعی شلتوک (t/ha)	عملکرد پتانسیل شلتوک (t/ha)	روز تا برداشت	نیاز خالص آبی (mm)	تبخیر تجمعی (mm)	تعرق تجمعی (mm)	زهکشی تجمعی (mm)	زمان برداشت (روز میلادی)
۴۰۰۳	درازنو	۵/۱	۷/۳	۱۴۵	۲۴۰	۱۵۰	۲۴۹	۱۰۸	۲۸۵
۴۰۰۳	نراب	۳/۶	۵/۵	۱۳۹	۲۲۳	۱۴۸	۲۳۴	۱۲۲	۳۱۰
۵۰۰۲	کردکوی (فرضی)	۴/۹	۸/۰	۱۲۶	۳۲۳	۱۳۵	۳۱۷	۹۱	۲۷۶
۵۰۰۲	مینودشت ۱ (فرضی)	۳/۸	۶/۵	۱۳۶	۲۹۰	۱۵۹	۳۲۰	۱۱۹	۳۰۷
۶۰۰۲	گنبد شرقی (فرضی)	۳/۷	۶/۸	۱۳۰	۳۸۲	۱۳۵	۳۸۱	۸۴	۳۰۱
۶۰۰۲	گنبد شمالی (فرضی)	۳/۷	۶/۸	۱۳۰	۳۸۲	۱۳۵	۳۸۱	۸۴	۳۰۱
۶۰۰۲	مینودشت	۳/۸	۶/۴	۱۲۵	۳۳۵	۱۶۵	۳۶۸	۹۱	۲۹۶
۶۰۰۲	سد خروجی گلستان	۳/۶	۶/۹	۱۱۳	۳۶۵	۱۱۶	۳۵۴	۶۷	۲۸۲
۶۰۰۲	تامر	۳/۵	۵/۸	۱۱۲	۳۸۰	۱۵۶	۳۷۱	۸۲	۲۸۱
۶۰۰۳	گنبد (فرضی)	۳/۷	۶/۶	۱۳۰	۳۹۲	۱۲۸	۳۶۸	۶۹	۳۰۱
۶۱۰۲	آق‌قلا	۳/۶	۸/۵	۱۲۳	۴۵۲	۱۳۲	۴۴۲	۸۴	۲۸۲
۶۱۰۲	ارزکوه	۳/۶	۶/۴	۱۱۹	۴۵۰	۱۵۰	۴۲۹	۸۱	۲۸۹
۶۱۰۲	فاضل آباد	۴/۶	۶/۴	۱۲۸	۳۵۸	۱۶۸	۳۵۸	۱۰۷	۲۹۲
۶۱۰۲	هاشم آباد	۴/۶	۷/۱	۱۱۵	۲۸۶	۱۲۱	۲۸۲	۹۱	۲۷۵
۶۱۰۲	کردکوی بالا بلوک	۴/۲	۶/۴	۱۳۷	۲۳۶	۱۶۸	۲۵۵	۱۰۴	۲۷۴
۶۱۰۲	رامیان	۴/۴	۷/۱	۱۱۸	۵۰۱	۱۵۸	۴۸۲	۸۲	۲۶۸
۶۱۰۲	سد گرگان- وشمگیر	۳/۹	۸/۳	۱۱۲	۴۹۳	۱۲۵	۴۴۷	۷۸	۲۶۰
۶۲۰۲	اداره گرگان	۴/۷	۶/۹	۱۱۴	۲۶۹	۱۳۵	۲۸۰	۹۴	۲۶۴
	مجموع/ میانگین	۴/۰	۶/۷	۱۲۳	۳۵۶	۱۴۵	۳۵۲	۹۱	۲۸۴

*بارندگی در طی فصل رشد برنج در بافرها بین ۳۵ تا ۲۴۲ میلی متر (متوسط ۱۳۸ میلی متر) و آب خاک در زمان کاشت بین ۱۰۷ تا ۲۰۲ میلی‌متر (متوسط ۱۷۸ میلی‌متر) دامنه دارند

**تاریخ برداشت ۲۶ شهریور تا ۱۵ آبان

جدول ١٤ پیوست - مقدار میانگین عملکرد واقعی شلتوک (تن در هکتار) در سیستم فعلی نشایی-غرقابی، عملکرد پتانسیل شلتوک (تن در هکتار)، روز تا برداشت، عملکرد پتانسیل برنج (تن در هکتار)، نیاز خالص آبی (میلی‌متر)، تبخیر تجمعی(میلی‌متر)، تعرق تجمعی (میلی‌متر)، زهکشی تجمعی (میلی‌متر) و زمان برداشت در بافرهای انتخابی تحت سناریو کشت هوازی ۲ با ترکیب فعلی در گلستان از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹٤ در صورتی که آبیاری پس از تخلیه ٦۰ درصد رطوبت خاک انجام شود

اقلیم	بافر	عملکرد واقعی شلتوک (t/ha)	عملکرد پتانسیل شلتوک (t/ha)	روز تا برداشت	نیاز خالص آبی (mm)	تبخیر تجمعی (mm)	تعرق تجمعی (mm)	زهکشی تجمعی (mm)	زمان برداشت (روز میلادی)
٤۰۰۳	درازنو	۵/۱	٦/۱	۱۱۵	۲۰۳	۱۱۳	۲۱۱	۸٤	۲۵۵
٤۰۰۳	نراب	۳/٦	۵/۸	۱۱۸	۱۸۹	۱۲۱	۲۰۱	۱۰۸	۲۸۹
۵۰۰۲	کردکوی (فرضی)	٤/۹	٦/۷	۱۰۲	۲۷۰	۱۱۱	۲۷۲	۸۰	۲۵۲
۵۰۰۲	مینودشت ۱ (فرضی)	۳/۸	۵/۳	۱۰۲	۲۵۸	۱۲٤	۲۷۹	۹۲	۲۷۳
٦۰۰۲	گنبد شرقی (فرضی)	۳/۷	۵/٦	۹۹	۳۳٦	۱۱۳	۳۳۱	۸٤	۲۷۰
٦۰۰۲	گنبد شمالی (فرضی)	۳/۷	۵/٦	۹۹	۳۳٦	۱۱۳	۳۳۱	۸٤	۲۷۰
٦۰۰۲	مینودشت	۳/۸	۵/۲	۹۵	۲۷۹	۱۳۳	۳۰۹	۹۱	۲٦٦
٦۰۰۲	سد خروجی گلستان	۳/٦	۵/۷	۸۷	۳۱٤	۹۸	۳۰۳	٦۵	۲۵٦
٦۰۰۲	تامر	۳/۵	٤/۷	۸۵	۳۱۷	۱۳۰	۳۱۰	۷۹	۲۵٤
٦۰۰۳	گنبد (فرضی)	۳/۷	۵/۵	۹۹	۳٤۰	۱۰۳	۳۲۳	٦۰	۲۷۰
٦۱۰۲	آق‌قلا	۳/٦	۷/۱	۹۷	۳۹۵	۱۰۷	۳۸۵	۸۱	۲۵٦
٦۱۰۲	ارزکوه	۳/٦	۵/۳	۹۱	۳۸۲	۱۲۵	۳٦٦	۸۳	۲٦۱
٦۱۰۲	فاضل آباد	٤/٦	۵/۵	۹۸	۳۳۹	۱۲۹	۳۲۷	۹۱	۲٦۲
٦۱۰۲	هاشم آباد	٤/٦	٦/۰	۹۰	۲۳٦	۹٦	۲۳۸	۸۲	۲۵۰
٦۱۰۲	کردکوی بالا بلوک	٤/۲	۵/٤	۱۱٤	۱۹۳	۱٤٤	۲۲۱	۹٦	۲۵۱
٦۱۰۲	رامیان	٤/٤	۵/۹	۹۳	٤۳۰	۱۳٦	٤۱۰	۷۷	۲٤۳
٦۱۰۲	سد گرگان- وشمگیر	۳/۹	٦/۸	۸۹	۳۸۳	۱۰۷	۳٦٤	۷۷	۲۳۷
٦۲۰۲	اداره گرگان	٤/۷	۵/۸	۹۱	۲٤۰	۱۱٤	۲۳۵	۹۰	۲٤۱
	مجموع/ میانگین	٤/۰	۵/۷	۹۷	۳۰۵	۱۲۰	۳۰۲	۸٤	۲۵۸

*بارندگی در طی فصل رشد برنج در بافرها بین ۲۵ تا ١٦۳ میلی متر (متوسط ۱۰۳ میلی متر) و آب خاک در زمان کاشت بین ۱۰۷ تا ۲۰۲ میلی‌متر (متوسط ۱۷۸ میلی‌متر) دامنه دارند

**تاریخ برداشت ٤ شهریور تا ٢٤ مهر

Other Information (including tables and figures)

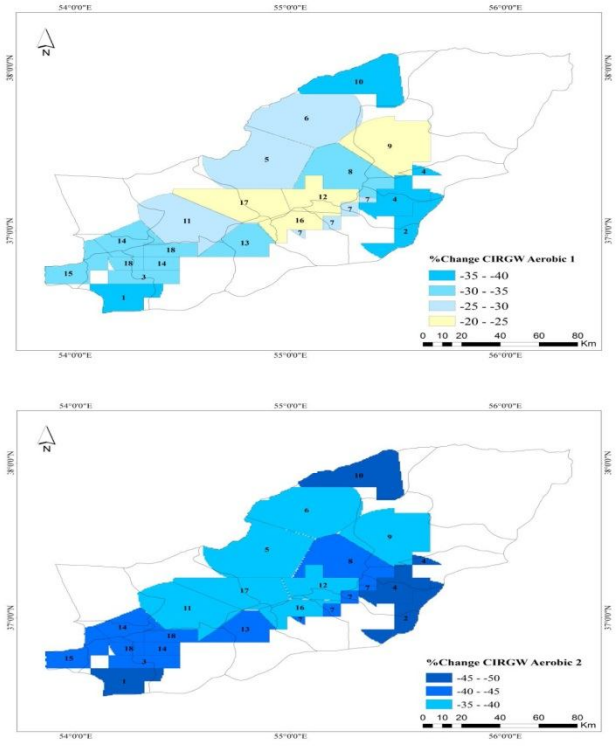


Figure 2. Percentage reduction in irrigation water use in rice cultivation due to aerobic sowing systems.

Vice Presidency of Research and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (GUASNR). This material may be reprinted provided that the article and the author(s) are acknowledged.

Other Information (including tables and figures)

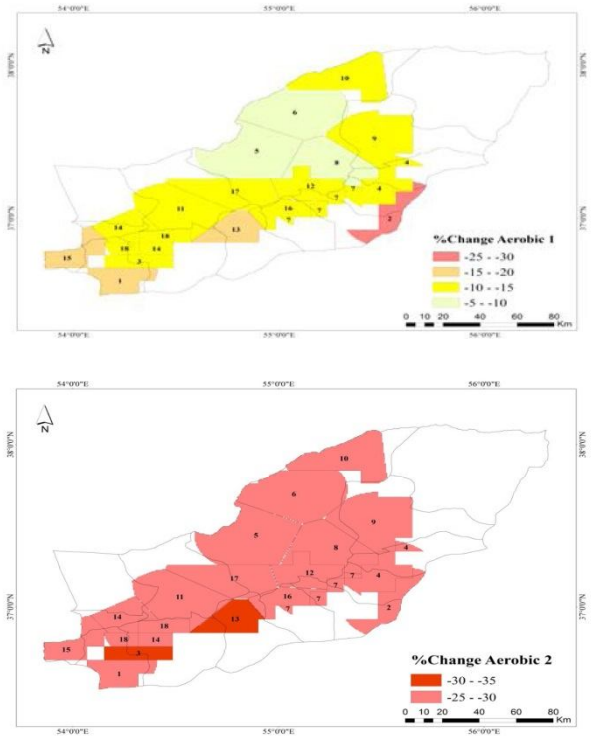


Figure 1. Percentage reduction of potential rice yield due to aerobic sowing systems

Vice Presidency of Research and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (GUASNR). This material may be reprinted provided that the article and the author(s) are acknowledged.

Highlights

Rice is a major crop in Golestan province with a high rate of irrigation water use that has put provincial water resource under pressure. Aerobic sowing is a possible solution to reduce irrigation water resource for rice in the province but little was known about the significance of its adoption. Using a crop model it was found that aerobic sowing reduces water use between 30 to 40%. However, crop yield is also reduced by 14 to 27%. Adoption of aerobic sowing will cause a large amount of water saving in the province.

Introduction (Hypothesis and aims)

Aerobic sowing of rice will result in great amount of water saving in Golestan province.

The aim of the study was to quantify the amount of water saving due to adoption of aerobic sowing of rice in Golestan province.

Importance

As rice is a major crop of Golestan province and consumes about 45% of agricultural water resource of the province, any reduction in irrigation water requirement of this crop is critical. Aerobic sowing of rice can save 30-40% of irrigation water requirement of this crop in Golestan province which is amounted 225 to 300 million m3 at province level.

Vice Presidency of Research and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (GUASNR). This material may be reprinted provided that the article and the author(s) are acknowledged.

FactSheet

Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources

NO: 97-393-78

Date: ----------

Title: A comparison of rice aerobic and transplanting systems with respect to water use in Golestan province using simulation modeling

Author(s): Afshin Soltani, Rahele Arabamery, Safoura Jafar Nodeh, Ebrahim Zeinali, Benjamin Torabi, Javid Gherekhloo

Finding source: Research project - identifier Number 97-393-78

Keywords: Rice, Transplanting, Aerobic sowing, Water use, Yield

Vice Presidency of Research and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (GUASNR). This material may be reprinted provided that the article and the author(s) are acknowledged.

Abstract

Keywords: Rice, Transplanting, Aerobic sowing, Water use, Yield

Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

Vice Presidency for Research and Technology

Faculty of Plant Production - Department of Agronomy

Research Report

A comparison of rice aerobic and transplanting systems with respect to water use in Golestan province using simulation modeling

By:
Afshin Soltani

Co-Workers:
Rahele Arabamery, Safoura Jafar Nodeh, Ebrahim Zeinali,
Benjamin Torabi, Javid Gherekhloo

Autumn 2021