نشریه علمی کاوشهای جغرافیایی مناطق بیابانی. سال نهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰

مقاله پژوهشی

پهنه‌بندی اقلیمی کشت برنج در شهرستان لنجان

کمال امیدوار*[۱]، صفورا رجبی مورکانی[۲]، مهران فاطمی[۳]

۱-استاد اقلیم شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۲-دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۳-دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه میبد، ایران

(دریافت:۱۳۹۸/۰۹/۱۹، پذیرش:۱۳۹۹/۱۰/۱۲)

چکیده

این تحقیق به بررسی و تطبیق شرایط آب و هوایی و همچنین مکان‌یابی مناطق مناسب شهرستان لنجان با کشت برنج با استفاده از مدل‌سازی آماری پرداخته است. با توجه به شرایط فنولوژیکی برنج و تطبیق آن با شرایط اقلیمی مورد نیاز، به بررسی شاخص‌های مؤثر در کشت محصول (درجه روز رشد و روز رشد مؤثر و نیاز سرمایی و بارندگی مؤثر و احتمال دوره‌های بازگشت یخبندان فصل بهار) پرداخته شد. سپس همبستگی بین عناصر اقلیمی با عملکرد برنج در ایستگاه‌های منتخب تحلیل شد. در نهایت با استفاده از Arc GIS نقشه نهایی پهنه‌بندی مناطق مناسب تا نامناسب کشت برنج با توجه به عناصر تأثیرگذار ترسیم گردید. نتایج حاصل از رگرسیون نشان می‌دهد از مجموع متغیرهای وارد شده در مدل رگرسیون، در ایستگاه لنجان میانگین سرعت باد طی دوره رسیدگی بیشترین تأثیر را بر عملکرد برنج دارد. در ایستگاه اصفهان میانگین سرعت باد دوره ساقه دهی، در ایستگاه داران سرعت باد در دوره ساقه‌دهی، در ایستگاه نطنز میانگین دما دوره ساقه‌دهی و در ایستگاه نجف آباد میانگین دمای دوره پنجه زنی بیشترین تأثیر را بر عملکرد برنج داشته است. ولی میزان بارندگی ایستگاه‌های منتخب در تمام مراحل رویش برنج، نیاز آبی گیاه را تأمین نمی‌کند و گیاه، نیاز به آبیاری دارد. همچنین میزان رطوبت نسبی طی مراحل مختلف رویش برنج در شهرستان لنجان، دارای شرایط مناسب و در دیگر ایستگاه‌های مورد مطالعه، دارای شرایط قابل تحملی می‌باشد. غرب استان اصفهان پهنه کاملا مناسبی به خود اختصاص داده که منطبق بر مناطق مرکزی و دشت‌های آبرفتی می‌باشد و شهرستان لنجان در این محدوده می‌باشد که در این محدوده کمترین خسارت ناشی از یخبندان دیررس بهاره و زودرس پاییزه اتفاق می‌افتد.

کلمات کلیدی: برنج، اقلیم کشاورزی، دما، بارش، رطوبت نسبی، شهرستان لنجان

Email: komidvar@yazd.ac.ir

مقدمه

امروزه علم اقلیم‌شناسی کشاورزی از جمله مهم‌ترین گرایش‌های علم آب و هواشناسی است که نقش تعیین کننده‌ای در تأمین غذای مورد نیاز جوامع مختلف دارد(کوچکی، ۱۳۸۷: ٤٤). میزان محصولات کشاورزی همبستگی بالایی با نزولات جوی و مناسب بودن شرایط آب و هوایی در هر سال دارد (معلمی، ۱۳۸۸: ۱). بسیاری از محصولات به طور سنتی در نواحی کشت می‌شوند که از شرایط اقلیمی مطلوبی برخوردار نیستند، نتیجه آن از یک سو بازده پایین محصول و از طرف دیگر عدم استفاده بهینه از توانمندی-های تولیدی آب و هوا است (ماوی، ۱۳۸۲: ٤٠٦). یکی از راه‌های اساسی برای توسعه و ارتقاء فعالیت‌های زراعی در کشور، استفاده از اراضی متناسب با شرایط اکولوژی آن‌ها است و لازمه چنین توسعه‌ای، شناخت عوامل مختلفی است که در آن‌ها دخالت دارد. این عوامل شامل عوامل اقلیمی و زمینی است (فرج زاده و تکلوبیغش، ۱۳۸۰: ۹۳). کشت برنج به عنوان یک پدیده اکولوژیکی و اقتصادی و یک الگوی رفتاری ناشی از کنش متقابل انسان و محیط، متاثر از شرایط محیطی، به خصوص آب و هوا، منابع آب و خاک بوده و عوامل طبیعی در تامین شرایط مناسب جهت کشت برنج نقش بسزایی دارند (ایزدی خرامه، ۱۳۷۷: ١٥٦). شناسایی و تبیین مکان‌های مناسب برای کشت محصولات و شرایط آب و هوا و توپوگرافیکی مناسب از جمله عواملی است که باعث افزایش میزان تولید محصولات زراعی می‌گردد (محمدی، ۱۳۸٤: ۲۲٤). تغییر عوامل فوق می‌تواند باعث تنش‌هایی نظیر سرمازدگی و خشکی و آفات گیاهی شود که اغلب خسارت های زیادی به مزارع و کشاورزان وارد می‌کنند که این مشکلات ناشی از نوسانات دمایی، رطوبتی و باد می‌باشد.

در خصوص اقلیم کشاورزی و کاشت برنج در جهان و ایران مطالعاتی صورت گرفته است. هاولیک[1] (۱۹۸۵) از طریق روش تجریه و تحلیل همبستگی، تاثیر آب و هوا را بر عملکرد محصولات زراعی بر اساس انحراف عملکرد محصول از خط رگرسیون بررسی کرد. بروخنر و فروهبرگ[2] (۱۹۸۷) ارتباط بین وزن دانه برنج و تجمع درجه روز رشد از زمان خوشه دهی را بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که افزایش دما در دوره پر شدن دانه، باعث تسریع در رسیدگی فیزیولوژیک برنج می‌شود. مک کوچ و همکاران[3] (۲۰۰۲) در بررسی مقدار تحمل برنج به دماهای بالا توانستند نقشه‌ای شامل ۲۲٤۰ نشانگر ریز ماهواره را تهیه نمایند که کل ژنوم برنج را پوشش می‌دهد و برای مکان‌یابی ژن‌ها و گزینش به کمک نشانگر مفید هستند. ونوپراساد و همکاران[4] (۲۰۰۷) واکنش ارقام برنج به تنش خشکی در مرحله رویشی را با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی مهم‌ترین عامل محدود کننده تولید برنج در ٤۰ میلیون هکتار از اراضی زیر کشت برنج در آسیا می‌باشد. بومان[5] و همکاران (۲۰۰۷)، ماهاجان[6] و همکاران (۲۰۰۸)، سینگ سامر[7] و همکاران (۲۰۰۸) و تانگ و بومان[8]

[1] haiulicek
[2] Frohberg &Bruckner
[3] Macouch
[4] Venuprasod
[5] Bouman
[6] Mahajan
[7] Singh Samar

(۲۰۰۳) گزارش کردند برنج نسبت به دیگر گیاهان زراعی تحت آبیاری، بیشترین سطح زیرکشت را دارا بوده و بازده آبیاری آن نیز نسبت به دیگر غلات کمتر است، به طوریکه برای تولید یک کیلوگرم برنج مقدار مصرف آب از ۲۰۰۰ تا ۵۰۰ لیتر متغیر بوده که حدوداً سه برابر بیشتر از گندم است.روی[9] و همکاران (۲۰۰۹) اثرات تغییر اقلیم آینده را در دو دوره ۲۰۳۰ و ۲۰۷۵ بر روی محصولات دیم جنوب غربی بنگالدش با استفاده از مدل کراپ وات برآورد نمودند. بررسی آنها نشان داد که محصول برنج و سیب زمینی در سال ۲۰۷۵ به ترتیب ٤ و ۸/۷ درصد نسبت به سال ۱۹۹۰ با کاهش روبرو خواهند شد. استارت[10] و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی بر روی برنج‌کاران فیلیپینی، به وجود رابطه بین نگرش کشاورزان پیرامون تنوع زیستی منطقه و مدیریت آفات مزارع برنج پی بردند.

پیردشتی (۱۳۷٤) به بررسی و مطالعه وضعیّت اقلیمی و کشت و کار برنج در شهرستان آمل پرداخته و به این نتیجه رسیده که شرایط اقلیمی منطقه برای کشت برنج مناسب است ولی زمان برداشت باید هوا آفتابی باشد ولی هوای بارانی این منطقه در زمان برداشت خسارت های زیادی به کشاورزان وارد می‌کند. ستاری (۱۳۷۸) به بررسی اقلیم کشاورزی حوضه آبخور زاینده رود با تأکید بر کشت برنج پرداخته است و بیان کرده دما از سایر پارامترهای اقلیمی، در مراحل مختلف رویشی و میزان تولید محصول برنج نقش مهم تری دارد. رویان (۱۳۸۰) در تحقیقی تحت عنوان اقلیم کشاورزی آبخور هراز با تأکید بر ارقام پرمحصول برنج، به این نتیجه رسیده که وجود بادهای تند هنگام فاز شیری و خمیری شدن سبب ورس رفتن گیاه و در نتیجه کاهش عملکرد در واحد سطح می‌شود و ابرناکی زیاد و کمبود نور موجب افت محصول می‌شود، همچنین محدودیت دمای پایین فقط در قسمت‌های بالاتر منطقه برای کشت برنج به خصوص ارقام دیررس، امکان پذیرتر است. هرمزی (۱۳۸۳) در تحقیق خود تحت عنوان اقلیم شناسی کشاورزی شهرستان ممسنی در رابطه با برنج، به این نتیجه رسیده که بین درجه روز درصد تجمعی بوته‌ها در تمام مراحل خاکی در این شهرستان، همبستگی قوی معناداری وجود دارد. مجرد و همکاران (۱۳۸٤) در تحقیقی که بر روی برآورد بارش موثر و نیاز آبی برای کشت برنج در جلگه ی مازندران انجام دادند، بیان کردند نیاز خالص آبیاری برای کشت برنج در منطقه، بیشتر از بارش موثر است. شیدائیان و همکاران (۱۳۹۳) تاثیر تغییر اقلیم بر نیاز خالص آبیاری و عملکرد محصول برنج در دشت تجن را مورد بررسی قرار دادند. نتایج کوچک مقیاس سازی با استفاده از مدل SDSM و روش کوچک مقیاس سازی تناسبی نشان دهنده کاهش در مقدار بارندگی و افزایش در مقدار دمـا در دوره‌های آتی است. نتایج مدل CROPWAT نشان داد که در اثر تغییر اقلیم با افزایش تبخیر تعرق پتانسیل و کاهش بارندگی موثر و افزایش آب مصرفی گیاه، نیاز خالص آبیاری گیاه برنج در حوزه مورد نظر طی سال‌های آتی تا سال ۲۱۰۰ افزایش می‌یابد. پروانه و همکاران (۱۳۹٤) با پهنه‌بندی اقلیمی کشت برنج در سطح استان لرستان به این نتیجه رسیدند که قسمت-های جنوب غربی و تا حدودی قسمت های مرکزی

[8] Tuong &. Buman
[9] Roy
[10] stuart

استان شامل شهرستان های کوه دشت و بخش‌هایی از شهرستان‌های پلدختر و خرم آباد از شرایط مناسب (بدون محدودیت و محدودیت کم)، و شرق و شمال و قسمت‌هایی از جنوب استان شامل شهرستان‌های الشتر، بروجرد، نورآباد، ازنا و الیگودرز و قسمت‌هایی از شهرستان‌های پل دختر و خرم آباد از محدودیت شدید و متوسط در کشت برنج برخوردار است. درزی نفت چالی و کاراندیش (۱۳۹۵) در تحقیق مدیریت کشت برنج در استان مازندران در شرایط تغییر اقلیم به این نتیجه رسیدند که در اثر تغییر اقلیم، کشت برنج می تواند ۲ تا ۲۳ روز زودتر انجام شود و تعداد روزهای لازم برای رسیدگی فیزیولوژیکی نیز بین یک تا ۲۰ روز کاهش خواهد یافت. با وجود کوتاه تر شدن طول دوره‌ی کشت، تاریخ‌های کشت دیرهنگام به دلیل اثرات منفی دمای زیاد و کاهش آب سبز، سبب افزایش نیاز آب آبیاری خواهد شد. فرج زاده اصل و همکاران (۱۳۹٦) با تحلیل تغییرپذیری عملکرد محصول برنج با رویکرد تغییرات اقلیمی در استان گیلان به این نتیجه رسیدند که عملکرد محصول برنج در شهرستان‌های استان گیلان براساس تغییرات داده‌های بارش و دما بین ٤٤١٧/٤٣ تا ٤٦٣٦/١٦ کیلوگرم در هکتار در مدل منطقه‌ای قابل تغییر است. محمدی نژاد و همکاران (۱۳۹۷) در بررسی تاثیر متغیرهای اقلیمی بر عملکرد محصولات کشاورزی در استان خوزستان نشان دادند که تغییرپذیری در شرایط آب و هوایی باعث کاهش در عملکرد گندم، برنج و جو به ترتیب به میزان ۰/۰۵ درصد، ۰/۰۳۲ درصد و ۰/۰۲۱ درصد می‌شود. از سوی دیگر تغییر شرایط اقلیم در دوره ۱۳۹۲-۱۳۷۲ به کاهش سود اقتصادی در بخش گندم، برنج و جو در سال ۱۳۹۲ شده است.

شهرستان لنجان هم به واسطه قرار گرفتن در منطقه نیمه خشک، دارای نوسانات شدید دمایی در طول روز، فصول مختلف و سال است که این موضوع باعث آسیب رساندن به فعالیت های مختلف به ویژه کشاورزی در این شهرستان شده است. وجود رودخانه پر آب زاینده رود در سراسر شهرستان، زمینه را برای توسعه کشاورزی و دامداری فراهم کرده است. شواهد موجود حاکی از آن است که توسعه باغات و زمین های زراعی، نامتعادل بوده و در کشاکش نیروهای اقتصادی و اجتماعی، نسبت زمین های زراعی به باغی از شهری به شهر دیگر متغیر بوده و تابع شرایط اکولوژیک و نیازهای گیاهان نمی باشد. الگوی کاشت مخلوط بوده، در برخی موارد زمین‌های وسیعی از یک گونه زراعی هم دیده می‌شود. قابلیت‌های زراعی و باغی این شهرستان همچنان به شکل نهفته باقی مانده‌اند که نیازمند تأمّل و برنامه‌ریزی بیشتری می‌باشند. در این تحقیق سعی بر این است که شرایط آب و هوایی شهرستان لنجان برای کشت برنج مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

شهرستان لنجان در ۳۵ کیلومتری جنوب غربی شهر اصفهان و در دره زاینده رود واقع شده است. این شهرستان با مساحت ۱۱۷۲ کیلومتر مربع از استان اصفهان را به خود اختصاص داده است که بین ۵۰ درجه و ٥٦ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). ایستگاه‌های مورد مطالعه در این تحقیق شامل اصفهان، لنجان، داران، نطنز و نجف آباد می باشد (جدول

۱). داده های مذکور از سازمان هواشناسی و اداره کل جهاد کشاورزی استانهای اصفهان و چارمحال بختیاری تهیه گردید.

شکل ۱- ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده در منطقه مورد مطالعه

	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع
اصفهان	۵۱° - ٤۰′	۳۲°- ۳۷′	۱۵۵۰/٤
لنجان	۵۰°-۵٦ ′	۳۲°- ۳۲′	۱۵۵۰
داران	۵۰°-۲۲ ′	۳۲°- ۵۸′	۲۲۹۰
نطنز	۵۱°-۵٤ ′	۳۳°- ۳۲′	۱٦۸٤/۹
نجف آباد	۵۱°-۲۲ ′	۳۲°- ۳۸′	۱٦٤۹

در این مطالعه داده‌های هواشناسی مربوط به عناصر دما، بارش، رطوبت نسبی و باد به صورت روزانه و ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس دوره آماری ۱۵ ساله (۱۳۹۰-۱۳۷۵) استفاده شد (جدول ۲). سپس همبستگی بین عناصر اقلیمی با عملکرد برنج در ایستگاه های منتخب تحلیل شد. در نهایت پس از تهیه نقشه-های اقلیمی، سطوح ارتفاعی و شیب با استفاده از روش Kriging در GIS نقشه نهایی پهنه‌ندی مناطق مناسب تا نامناسب کشت برنج با توجه به عناصر تأثیر گذار ترسیم گردید.

جدول ۲-: برخی ویژگی‌های عناصر اقلیمی منطقه مورد مطالعه

ایستگاه	بارش(میلی متر)	میانگین دما (سلسیوس)	رطوبت نسبی به درصد
لنجان	۳۰۰/۳۸	۱۳/۲۲	۵۰
نجف آباد	۲۳۵/۵	۱٦/۲٤	۳٦/۵
داران	۳٤٦/۱۷	۹/٤	۳۸/۷۵

نطنز	۲۰۸/٦	۱۵/۷۷	۳۰
اصفهان	۱۲۹/۸	۱٦/٦۲	۳۵/۳

نتایج و بحث

ویژگی‌های اقلیم کشاورزی برنج در غرب استان اصفهان: در این قسمت پارامترها و شاخص‌های اقلیم کشاورزی که در طی دوره رویشی و مراحل مختلف رویشی برنج دارای اهمیت می‌باشند، مورد مطالعه و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند.

درجه روز رشد موثر: درجه روز رشد، واحد گرمایی، واحد گرمای مؤثر یا واحد رشد نیز نامیده می‌شود که معنای ساده آن رابطه رشد و نمو و بلوغ گیاه با درجه حرارت هوا است (ماوی، ۱۳۸۲: ۱٤۰). مبنای کار در این روش جمع‌بندی درجه حرارت‌هایی است که بالاتر از صفر پایه یا صفر فیولوژیکی گیاه است. که این دمای پایه برای گیاه برنج ۱۰ درجه روز در نظر می‌گیرند (رابطه ۱):

(۱)

$$GDD = \sum_{1}^{n}\left(\frac{Tmax + Tmin - Tt}{2}\right)$$

GDD: درجه روز رشد موثر

(Tmax+Tmin)/2: متوسط درجه حرارت روزانه

Tt: آستانه حداقل حرارتی برای گیاه (مظاهری و همکاران، ۱۳۸۰: ٦۷).

درجه روز رشد فعال: در این روش کلیه مقادیر درجه حرارت روزانه بدون کم کردن درجه حرارت پایه طی روزهای رویشی گیاه باهم جمع می شوند. به این شرط که باید میانگین درجه حرارت در یک روز از درجه حرارت پایه بیشتر باشد (رابطه ۲):

(۲)

$$Hu = \sum_{1}^{n}\left(\frac{Tmax+Tmin}{2}\right)\left(\frac{Tmax+Tmin}{2}\right) > Tt$$ => به شرطی که

از آنجا که درجه روز رشد گیاه برنج برای کل دوره رشد آن ۱۵۰۰ درجه-روز است، بنابر این با توجه به مقادیر به دست آمده از درجه حرارت‌های فعال (جدول ۳) مشاهده می شود که تمام ایستگاه‌ها نه تنها از لحاظ درجه روز رشد مؤثر بلکه از لحاظ درجه روز رشد فعال دارای وضعیتی مطلوب می‌باشد(مظفری، ۱۳۸۲).

جدول ۳-مقادیر درجه روز رشد مؤثر و فعال طی دوره رویش برنج

(از اوایل بهار تا اوایل پاییز)

	اصفهان	لنجان	داران	نطنز	نجف آباد
درجه روز رشد مؤثر	۲٤۷۸	۱۷۹۵	۱٦۹۲	۲٤۰۲	۲٤۰٤
درجه روز رشد فعال	٤٤۷۱	۳٦٤۵	۳۵۵۹	٤۲٤۰	٤۲۸۵

نیاز سرمایی: نیاز سرمایی به صورت مجموع ساعات با طول دوره‌ای که میانگین درجه حرارت از حداقل آستانه تحمل گیاه تا زمانی که درجه حرارت به صفر بیولوژیکی گیاه برسد، محاسبه می‌شود(دوستمرادی، ۱۳۹۰: ۱۱۵). حداقل دمای بحرانی برنج ۱- درجه سلسیوس می‌باشد که در این دما رشد گیاه متوقف شده و به بافت گیاه آسیب می‌رسد. رابطه (۳):

$$Cu - \sum_{1}^{n}\left(\frac{Tmax + Tmin}{2}\right) \text{ به شرطی که } CT < \left(\frac{Tmax+Tmin}{2}\right) < Tt$$

Cu: واحد سرمایی درجه حرارت هایی که طی N روز جمع آوری شده بر حسب درجه در ساعت

Ct: درجه حرارت حداقل بحرانی (مظفری، ۱۳۸۲).

حداقل درجه حرارت بحرانی گیاه برنج ۱- درجه سانتی گراد است که در هیچ یک از ایستگاه ها میانگین دما در طی دوره رویش از صفر درجه سانتی گراد پایین‌تر نبوده است. بیشترین تعداد روزهایی که این دما (کمتر از ۱۰درجه سانتی گراد) در طول دوره آماری اتفاق افتاده است مربوط به ایستگاه نجف آباد بود و در ایستگاه اصفهان این دما اتفاق نیفتاده است (جدول ٤).

جدول ٤- نیاز سرمایی طی دوره رشد گیاه برنج (۱۳۷۵-۱۳۹۰)

	اصفهان	لنجان	داران	نطنز	نجف آباد
نیاز سرمایی	۰	٤	١٤	۱۰/۵	۱۸/۳

تعیین آستانه یخبندان در فصل بهار: یخبندان فصل بهار منطقه مورد مطالعه در سه آستانه ضعیف (۰ تا ۵-) و متوسط (۵/۱- تا ۱۰-)و شدید (۱۰/۱- تا ۱۵-) اتفاق می‌افتد، به طوری که تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی در این فصل یخبندان ضعیف را تا اواخر فروردین و ایستگاه‌های مرتفع تا دهه سوم اردیبهشت تجربه می‌کنند. یخبندان متوسط تنها در ایستگاه های ۲۰۰۰ متر به بالا و در فروردین ماه رخ می‌دهد. یخبندان شدید نیز تنها در ایستگاه‌های بسیار مرتفع (ارتفاع بالای ۲۲۵۰ متر) و در نیمه اول فروردین اتفاق می‌افتد (جدول۵).

جدول ۵- میانگین تعداد روزهای یخبندان فصل بهار برحسب شدت طی دوره مورد مطالعه

ایستگاه	ضعیف ۰ °C تا ۵-	متوسط ۵/۱- تا ۱۰- °C	شدید ۱۰/۱ تا ۱۵- °C	تعداد کل یخبندان
اصفهان	۰/٥٦	-	-	۰/٥٦
لنجان	۳/٦۹	-	-	۳/٦۹
داران	۸/۳۱	۰/٦۳	۰/۰٦	۹
نطنز	۰/۷۵	-	-	۰/۷۵

نجف آباد	۱/۸۸	-	-	۱/۸۸

باران مؤثر: بارندگی مؤثر یک قسمت از کل بارندگی است که برای تولید محصول مناسب می‌باشد. مقدار بارش مؤثر از روش (USDA)[11] استفاده شد. در این روش فرض بر این است که محصولات می‌توانند ۶۰ تا ۸۰ درصد از بارش کمتر از ۲۵۰ میلی متر را استفاده کنند. بالاتر از ۲۵۰ میلی متر در ماه میزان استفاده محصولات از کل بارش تنها ۱۰ درصد است (دوستمرادی، ۱۳۹۰: ۱۲۳). رابطه (٤):

(٤)

$$Peff = \frac{Ptot(125-0.2Ptot)}{125} \Rightarrow \quad Ptot < 250mm$$

یا

$$Peff = 125 + 0.1\,Ptot \Rightarrow \quad Ptot < 250mm$$

Peff نماینده بارندگی مؤثر به میلی متر در ماه و

Ptot کل بارش به میلی متر در هر ماه است.

بنابر این پس از تعیین تاریخ‌های آغاز و خاتمه هریک از مراحل رشد (شروع کشت تا رسیدگی) و استخراج آمار میانگین بارندگی برای هریک از مراحل رویشی طی دوره آماری (۱۳۷۵-۱۳۹۰) مقدار بارش مؤثر برای ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار CROPWAT محاسبه شد.

از زمان سبز شدن تا مرحله شیری شدن دانه در داخل آب غوطه ور باشد. در مرحله پنجه زدن ۲۲-۷ میلی متر مصرف آب روزانه گیاه برنج است. حد متوسط آب مورد نیاز در مرحله پاگیری بوته و پنجه زنی باید ۲۵ تا ۱۵۰ میلی متر باشد. حداقل آب مورد نیاز در زمان خوشه‌دهی و گل آذین ۵۰ تا ۷۵ میلی متر است که بعداز خوشه‌دهی فقط خاک باید غرقاب باشد. در مرحله رسیدن و مومی شدن آب در مزرعه ضروری نمی-باشد (ماوی،۱۳۸۲: ۲۵۰). طبق جدول (٦) حداقل آب مصرفی برنج از شروع کشت تا رسیدن در هیچ کدام از ایستگاه ها کافی نمی‌باشد، در نتیجه همه ایستگاه‌ها در تمام دوره رویشی (از زمان کاشت تا رسیدن) باید آبیاری صورت گیرد.

جدول ٦- میزان بارش موثر بر حسب میلی متر (۱۳۹۰-۱۳۷۵)

ایستگاه	شروع کشت تا جوانه زنی	شروع ساقه دهی تا شروع گلدهی	طی دوران گلدهی	پایان گلدهی تا رسیدگی
اصفهان	۰/۳۹	۱/۳٦	۰/۱۱	۰/۳۲
لنجان	۵/٦۷	۳/٤۲	۰/۵۹۲	۳/٦۹

[11] United States Department of Agriculture Soil Conservation Service

داران	٤/٨٤	٣	٠/٩٦	٢/٨٦
نطنز	١	١/٩٨	٠/٥٦	٣/٧٩
نجف آباد	٠/٤٥	١/٣	٠/٥٨	٥/٤

وضعیت عناصر اقلیمی به تفکیک مراحل رویشی برنج: هریک از ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای اقلیم متفاوتی هستند به همین دلیل تاریخ هریک از مراحل رویش برنج در این ایستگاه‌ها باهم متفاوت است.

جوانه زنی: اولین مرحله رشد گیاه جوانه‌زنی است. ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای اقلیم‌های متفاوتی هستند به همین دلیل تاریخ کاشت و جوانه زنی نیز در این ایستگاه‌ها باهم متفاوت است. برنج ٦-٥ روز پس از کاشت جوانه می‌زند. تاریخ جوانه‌زنی در ایستگاه های داران و لنجان ٢٠ اردیبهشت، اصفهان ٢٠-١٥ خرداد، نجف آباد و نطنز ٣١ خرداد می‌باشد. پس از تعیین تاریخ جوانه زنی، ویژگی‌های اقلیمی شامل شرایط دمایی و رطوبت و باد در جدول (٧) بررسی شده است.

جدول٧- میانگین عناصر اقلیمی طی مرحله جوانه زنی برنج در ایستگاه های مورد مطالعه

ایستگاه	درجه حرارت (سانتی گراد)			رطوبت نسبی(درصد)	سرعت باد (نات)
	میانگین دما	میانگین حداکثر دما	میانگین حداقل دما		
اصفهان	٢٥/١٧	٣٣/٣٨	١٦/٩٧	٢٢/٦	٣/٤٦
لنجان	١٥/٧٦	٣٣	-١	٤٧/٢	٣/٤
داران	١٢/٣	٢٠/١	٧/٣	٣٦	٤/٧٦
نطنز	٢٤/١٤	٢٩/٧	١٨/٧	٣٤/١٦	٢/٣٤
نجف آباد	٢٤/٩	٣٢/٩	١٦/٧	٢٦/٤	٤/٥٨
میانگین	٢٠/٤٥	٢٩/٨	١١/٧٤	٣٣/٢٩	٣/٧

پنجه زنی: این مرحله در صورت وجود شرایط مناسب ٢٢-١٦ روز پس از انتقال نشاء به زمین اصلی صورت می‌گیرد به بیانی دیگر ٦٠-٥٠ روز از سن گیاه گذشته باشد. تاریخ‌های پنجه‌زنی در ایستگاه‌های لنجان و داران ١٥-٥ تیر و اصفهان ٢٥ تیر تا ١٥ مرداد، نجف آباد و نطنز ٢٠-١٠ مرداد می‌باشد. طول این دوره در ایستگاه لنجان از ٢٠ روز می‌باشد. پس از تعیین تاریخ جوانه‌زنی، ویژگی‌های اقلیمی شامل شرایط دمایی و رطوبت و باد در جدول (٨) بررسی شده است.

جدول٨- میانگین عناصر اقلیمی طی مرحله پنجه‌زنی برنج در ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	درجه حرارت (سانتی گراد)			رطوبت نسبی (درصد)	سرعت باد (نات)

	میانگین دما	میانگین حداکثر دما	میانگین حداقل دما		
اصفهان	۲۸/٦	۳۷/۰۲	۲۰/۳	۲۷/۹۱	۳/٤
لنجان	۲۳/۷۸	۳۵/۲٦	۱۲/۵۵	٤٤/۹	۰/۷۳
داران	۲۱/۸	۳۱/۱	۱۵/۹	۱۵/٤٤	۲/٦۱
نطنز	۲۸	۳۳/۳	۲۲/۸	۲۱/۷٦	۱/۷۱
نجف آباد	۲۷/۵	۳۵/۹	۱۹/۳	۲۱/۳	۳/۵
میانگین	۲۵/۹	۳٤/۵	۱۸/۲	۲٦/۲۷	۲/۳۹

رشد ساقه و ظهور خوشه: این مرحله در صورت وجود شرایط مناسب یک ماه پس از انتقال نشاء به زمین اصلی صورت می‌گیرد. رشد ساقه تا اندازه زیادی به عوامل جوی بستگی دارد. تاریخ‌های پنجه‌زنی در ایستگاه‌های لنجان و داران ۱۵ تیر تا ۵ مرداد و اصفهان۳۰-۱۵ مرداد، نجف آباد و نطنز ۲۵ مرداد تا ۵ شهریور می‌باشد. طول دوره رویشی برنج در این مرحله در ایستگاه لنجان ۲۲ روز است. پس از تعیین تاریخ رشد ساقه و ظهور خوشه شرایط اقلیمی دما و رطوبت نسبی و باد در جدول (۹) مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول۹- میانگین عناصر اقلیمی طی دوره رشد برنج در ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	درجه حرارت (سانتی گراد)			رطوبت نسبی(درصد)	سرعت باد (نات)
	میانگین دما	میانگین حداکثر دما	میانگین حداقل دما		
اصفهان	۲۸/۱	۳٦/٦	۱۹/۵	۲٤/٦	۲/۳٤
لنجان	۲۳/۱۵	۳۳/۸	۱٤/۲	٤۵/۹٦	۰/۸۸
داران	۲۳/٦	۳۰/۹	۱۵/۷	۱۹/٦٦	۲/۳
نطنز	۲٦/٦	۳۲	۲۱/٤	۲۱/۳۲	۱/۳۸
نجف آباد	۲۵/٤	۳۳/٤	۱۷/۸	۲٦/۱۲	٤
میانگین	۲۵/۱	۳۳/۳٤	۱۹/۳۲	۲۷/۵۳	۲/۱۸

گلدهی: این مرحله با توجه به باروری گیاه و دگرگونی عوامل جوی، ۲ تا ۳ ماه پس از کشت آغاز می‌شود. باز شدن نخستین گل‌ها بیشتر وابسته به دمای آب و هوا دارد. تاریخ‌های گلدهی در ایستگاه های لنجان و داران ۲۰ مرداد تا ۱۰ شهریور و اصفهان ۱۵-۱ شهریور، نجف آباد و نطنز ۲۵ شهریور تا ۵ مهر می‌باشد. طول دوره گلدهی در ایستگاه لنجان ۳۰ روز بود. پس ار تعیین تاریخ گلدهی شرایط اقلیمی دما و رطوبت نسبی و باد در جدول (۱۰) مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۱۰- میانگین عناصر اقلیمی طی مرحله گلدهی برنج در ایستگاه های مورد مطالعه

ایستگاه	درجه حرارت (سانتی گراد)			رطوبت نسبی	سرعت باد (نات)

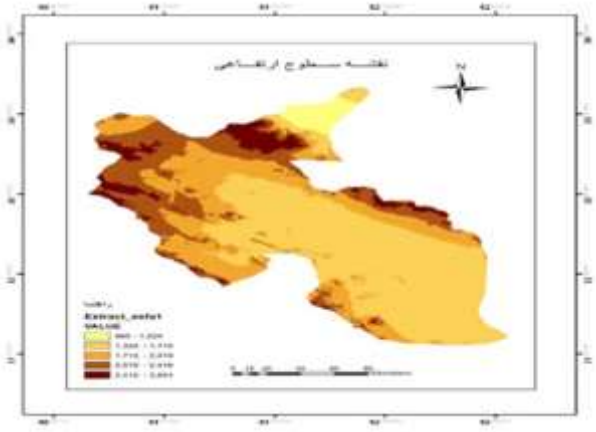
	میانگین دما	میانگین حداکثر دما	میانگین حداقل دما		
اصفهان	۲۶/۷	۳۶/۱۵	۱۷/٤	۲۵/۸۲	۲/۸٦
لنجان	۲۵/٤	۳۷/۳	۱۱/۳۵	٤۳/۹٦	۰/۷۲
داران	۲۰	۳۲/٤	۱٤	۱۵/٦۸	۲/۲٤
نطنز	۲۳/۵	۲۹/۵	۱۷	۲۸/۸۲	۱/٦۷
نجف آباد	۲٤/۱	۲۹/۸	۱٤/۲	۲۹/۵۲	۵/۲
میانگین	۲٤	۳۳/۳	۱٤/۷	۲۸/۷٦	۲/۵۳

رسیدگی دانه برنج: آخرین مرحله رویش برنج رسیدگی است. در این مرحله باید ۸۰ درصد دانه های غلاف دار (شلتوک) واقع در بخش بالایی خوشه و برگ‌ها زرد شده و دانه ها سخت شده باشند. دانه‌ها معمولاً یک تا دو هفته از آغاز زرد شدن برگ ها سخت می‌شوند. البته درصد رطوبت شلتوک هم معیاری برای برداشت محسوب می‌شود .میزان رطوبت شلتوک باید بین ۲۰ تا ۳۵ درصد باشد. تاریخ‌های رسیدگی در ایستگاه های لنجان و داران ۲۰–۵ مهر و اصفهان ۲۸ شهریور تا ۱۵ مهر، نجف آباد و نطنز ۲۱ مهر تا ۷ آبان می‌باشد. طول دوره رسیدگی در ایستگاه لنجان ۱۵ روز می‌باشد. پس از تعیین تاریخ گلدهی شرایط اقلیمی دما و رطوبت نسبی و باد در جدول (۱۱) مورد بررسی قرار گرفت.

جدول (۱۱): میانگین عناصر اقلیمی طی مرحله رسیدگی برنج در ایستگاه های مورد مطالعه

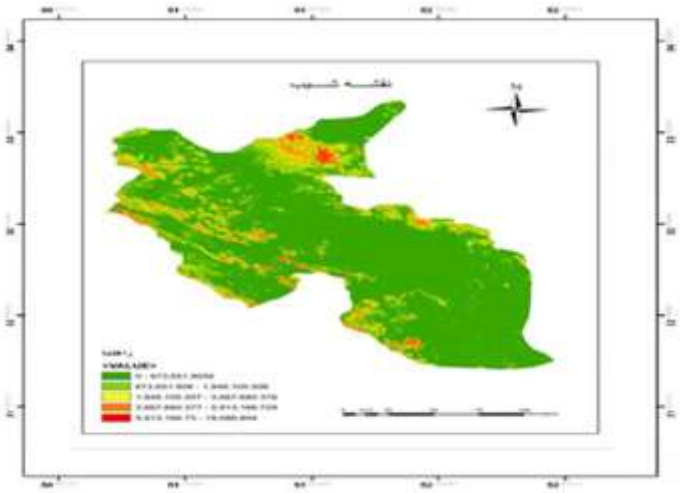
ایستگاه	درجه حرارت (سانتی گراد)			رطوبت نسبی(درصد)	سرعت باد (ثانیه)
	میانگین دما	میانگین حداکثر دما	میانگین حداقل دما		
اصفهان	۲۲/۳	۳۱/۱	۱۳/۵	۳۱/۹٤	۱/۸٤
لنجان	۱۵/٦	۲۵/٦	۵/۵	٤٦/۳۸	۱/٤۷
داران	۱۳	۲۲/۷	۷/۸	۲۳/۸٦	۲/۷۱
نطنز	۱٦/۹	۱۱/۳	۲۰/۳۷	۳۵/۷۲	۱/٤
نجف آباد	۱۸/۵	۲۱/۷	۸	۵۲/۹٤	۳/۲
میانگین	۱۷/۲	۲۲/٤۸	۱۱/۱	۳۸/۱٦	۲/۳۸

نقشه سطوح ارتفاعی: نقشه سطوح ارتفاعی با استفاده از GIS با توجه به ارتفاعات مناسب و نامناسب برای رشد بهینه برنج ترسیم شده است. با توجه به شکل (۲) مناسب ترین ارتفاع برای کشت برنج ارتفاعات کمتر از ۱۰۰۰ متر می‌باشد، در نتیجه خطر سرمازدگی و سرعت باد و خسارت ناشی از آن کمتر است و عملیات آبیاری بدون محدودیت می‌باشد. در نتیجه ۷۰ درصد از منطقه از این لحاظ کاملا مساعد است و از ۳۰ درصد از مساحت منطقه نیز منطبق بر ارتفاعات و خاک نامناسب است. ایستگاه لنجان و اصفهان از نظر ارتفاع برای کشت برنج نسبت به ایستگاه های دیگر مناسب تر است.



شکل (۲): نقشه سطوح ارتفاعی بر حسب متر

نقشه شیب: نقشه شیب ترسیم شده و به طبقات مناسب تا نامناسب تقسیم بندی شد. (شکل ۳). با توجه به جدول (۱۲) شیب‌های کمتر از ٦ درجه بیشترین قسمت (۷۵درصد) منطقه را شامل می‌شود. در این شیب‌ها انجام عملیات زراعی و آبیاری و استفاده از ماشین آلات آسان تر است و گیاه راحت‌تر آب را جذب می‌کند. بر اساس شکل (۳) قسمت‌های شرقی و مرکزی نقشه منطبق بر شیب کمتر از ٦ درجه است که بیشتر ایستگاه‌های منتخب در این محدوده می‌باشند. درصد کمی از منطقه هم جزء شیب‌های نامناسب است. همچنین شیب‌های ٦-۱۵ درجه نواحی مرتفع منطقه مورد مطالعه را پوشش می‌دهد که بیشتر در قسمت‌های غربی و شمال نقشه می‌باشد.

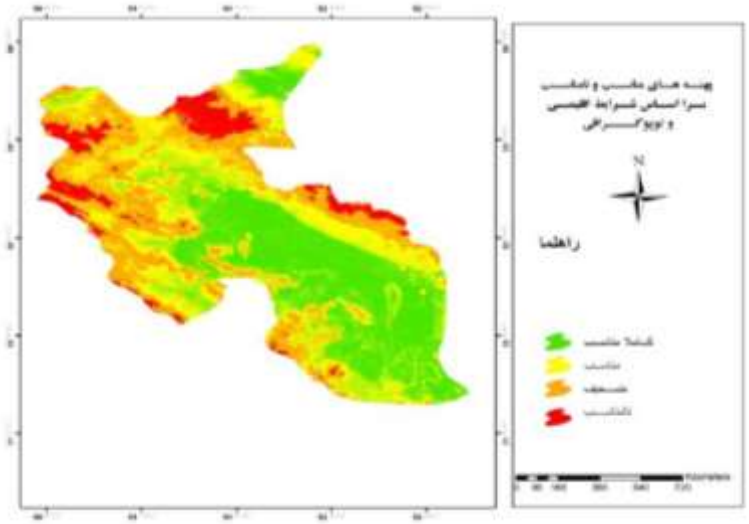


شکل (۳): نقشه طبقات شیب بر حسب درجه

جدول ۱۲– طبقه بندی شیب ها بر حسب درجه

ملایم	متوسط	نسبتا تند	تند	بسیار تند
۳	٦	۱۱	۱۸	۲۵

در نهایت پس از تهیه نقشه‌های اقلیمی، سطوح ارتفاعی و شیب با استفاده از GIS نقشه نهایی مناطق مناسب کشت برنج با توجه به عناصر تأثیر گذار ترسیم شدند (شکل ٤). مساحت کل حوضه مورد مطالعه ۱۵۷۰ کیلومتر مربع می‌باشد. با توجه به جدول (۱۳) پهنه‌های کاملا مناسب ٤۹۲ کیلومتر مربع از منطقه مورد مطالعه را در بر می‌گیرد. در این پهنه کمترین خسارت‌های یخبندان بهاره رخ می‌دهد و رشد اولیه ریشه و رسیدن به مرحله ظهور خوشه به سرعت امکان پذیر است و از نظر خشکی هوا محدودیت کمتری دارد. منطقه کاملا مناسب بیشتر در قسمت‌های مرکزی و شرقی که منطبق بر دشت‌ها هستند، واقع شده است. ۲۹٤ کیلومتر مربع نیز پهنه های با قابلیت ضعیف برای رشد برنج می‌باشد که بیشتر در قسمت‌های مرتفع نواحی غربی و شمالی نقشه می‌باشد که میزان بارندگی در این قسمت کمتر از نواحی دیگر است. این پهنه‌ها بیشتر در حاشیه ارتفاعات و نزدیک به کوهستان‌ها قرار دارد و زمین‌های سنگلاخی و شیب دار را تشکیل می‌دهند. پهنه‌های نامناسب با ٤۵ کیلومتر مربع پوشش منطقه، مشتمل بر کوهستان‌ها و مناطق فاقد خاک کشاورزی است. پهنه-های مناسب بیشترین قسمت‌های نقشه را در بر گرفته است که ۷۳۸ کیلومتر مربع می‌باشد.



شکل (٤)نقشه پهنه‌های کاملا مناسب تا نامناسب کشت برنج

جدول۱۳- درصد پوشش و مساحت مناطق کشت برنج

ردیف	درجه قابلیت	مساحت (Km^2)
۱	کاملا مناسب	٤۹۲
۲	مناسب	۷۳۸
۳	ضعیف	۲۹٤
٤	نامناسب	٤۵

تحلیل همبستگی و رگرسیون چند متغیره بین عملکرد برنج با عناصر اقلیمی در ایستگاه‌های مورد مطالعه :

در این تحقیق همبستگی بین عناصر اقلیمی (دما، بارش، باد و رطوبت نسبی) با میزان عملکرد محصول برنج با استفاده از ضریب پیرسون محاسبه گردید (جدول ١٤).

جدول (١٤): میزان ضریب همبستگی بین عملکرد برنج و عناصر اقلیمی در ایستگاه‌های مورد مطالعه

متغیر	اصفهان	لنجان	داران	نطنز	نجف آباد
دمای دوره جوانه زنی	٠/٥٩	٠/٥٩	-٠/٢	-٠/٦	٠/٤٢
بارش دوره جوانه زنی	-٠/١٤	٠/١٤*	٠/٢٦	٠/٥٣	٠/٣٣
رطوبت نسبی دوره جوانه زنی	٠/٦٠*	٠/٦٠*	٠/٥٧	٠/٥	٠/١٩
سرعت باد دوره جوانه زنی	٠/٣٢	٠/٣٢	-٠/٧	٠/٦	-٠/٢٦
دمای دوره پنجه زنی	٠/١	٠/١	-٠/٣	٠/٥	٠/٦٠*
بارش دوره پنجه زنی	-٠/٣	-٠/٣	٠/٤٣	٠/٣	٠/٤٧
رطوبت نسبی دوره پنجه زنی	-٠/٣	-٠/٣	٠/٠٩	٠/٢	٠/٦
سرعت باد دوره پنجه زنی	٠/٥	٠/٥	٠/٤٢	٠/٢٨	٠/٤
دمای دوره ساقه دهی	-٠/٣٩	-٠/٣٩	٠/٧٣	٠/٥٩*	٠/٣
بارش دوره ساقه دهی	٠/٢	٠/٢	٠/٥٢	٠/١٧	٠/٦
رطوبت نسبی دوره ساقه دهی	٠/٤٤	٠/٤٤	٠/٤٤	٠/٥	٠/١
سرعت باد دوره ساقه دهی	-٠/٦٩*	٠/٦٩*	-٠/٦١*	-٠/٣٧	-٠/٦
دمای دوره گلدهی	٠/١٨	٠/١٨	٠/٥٧	٠/٥٦	٠/٣
بارش دوره گلدهی	٠/٤	٠/٤	٠/٤	٠/٢٤	-٠/٢٩
رطوبت نسبی دوره گلدهی	٠/٠١	٠/٠١	٠/٢	٠/٤٣	-٠/٥
سرعت باد دوره گلدهی	٠/٣٢	٠/٣٢	-٠/١١	٠/١٤	-٠/٠٦
دمای دوره رسیدگی	٠/٠٦	٠/٠٦	٠/٥	٠/٦٥	٠/١٢
بارش دوره رسیدگی	-٠/٣	-٠/٣	-٠/٠٩	٠/١٦	٠/١
رطوبت نسبی دوره رسیدگی	٠/٥	٠/٥	٠/٣١	٠/٦٨	٠/٥
سرعت باد دوره رسیدگی	-٠/١٧	-٠/١٧	-٠/٥٩	-٠/٦١	-٠/٥٨

*همبستگی معنادار در سطح ٠/٠٥

رگرسیون رابطه نزدیکی با ضریب همبستگی دارد. به این معنا که برای انجام رگرسیون باید ضریب همبستگی را محاسبه کرد و در صورت وجود همبستگی قوی و معنی دار از رگرسیون برای آزمون فرضیه-های تحقیق می‌توان استفاده کرد. بنابراین پس از محاسبه همبستگی اقدام به اعمال رگرسیون گردید که نتایج آن در جدول (١٤) آمده است.

جدول (١٤): معادلات رگرسیونی بین عملکرد برنج و عناصر اقلیمی در ایستگاه های مورد مطالعه

ایستگاه	معادله رگرسیون
اصفهان	$Y= 5702.5+117.7 X_1-23.75 X_2$ X1= میانگین رطوبت نسبی دوره جوانه زنی X2= میانگین سرعت باد دوره ساقه دهی
لنجان	$Y= 3219.5+111.7 X_1-96.9 X_2$ X1= میانگین دمای دوره پنجه زنی X2= میانگین سرعت باد دوره رسیدگی

داران	$Y= 4723.4-17.08 X_1+29.8 X_2-39.8 X3$	
	X1= میانگین سرعت باد در دوره رسیدگی	
	X2= میانگین دما در دوره گلدهی	
	X3= میانگین سرعت باد در دروه ساقه دهی	
نطنز	$Y= 554.5+21.9 X_1+60.9 X_2$	
	X1= میانگین میانگین دما در دوره گلدهی	
	X2= میانگین دما در دوره ساقه دهی	
نجف آباد	$Y= 5437.9+79.4 X_1-24.4 X_2$	
	X1= میانگین دمای دوره پنجه زنی	
	X2= میانگین سرعت باد دوره رسیدگی	

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که در غرب استان اصفهان پهنه کاملا مناسب با مساحت ٤٩٢ کیلومتر مربع را به خود اختصاص داده که منطبق بر مناطق مرکزی و دشت‌های آبرفتی می‌باشد و شهرستان لنجان در این محدوده می‌باشد که در این محدوده کمترین خسارت ناشی از یخبندان دیررس بهاره و زودرس پاییزه اتفاق می‌افتد. رشد اولیه ریشه و ساقه و ظهور خوشه به سرعت امکان پذیر است ولی به لحاظ تأمین آب توسط بارندگی با کمبود روبرو است. پهنه‌های مناسب بیشترین قسمت‌های نقشه را در برگرفته است که ۷۳۸ کیلومتر مربع می‌باشد. پهنه مناسب و کاملاً مناسب حدود ۷۵ درصد منطقه مورد مطالعه را پوشش می‌دهد. حدود ۳٤۰ کیلومتر مربع پهنه با قابلیت ضعیف تا نا مناسب برای رویش برنج می‌باشد که این پهنه‌ها بیشتر در حاشیه ارتفاعات و نزدیک به کوهستان‌ها قرار دارد و زمین‌های سنگلاخی و شیب دار و فاقد خاک کشاورزی را تشکیل می‌دهند. نتایج حاصل از رگرسیون نشان می‌دهد از مجموع متغیرهای وارد شده در مدل رگرسیون، در ایستگاه لنجان میانگین سرعت باد طی دوره رسیدگی بیشترین تأثیر را بر عملکرد برنج دارد. در ایستگاه اصفهان میانگین سرعت باد دوره ساقه دهی، در ایستگاه داران سرعت باد در دوره ساقه‌دهی، در ایستگاه نطنز میانگین دما دوره ساقه‌دهی و در ایستگاه نجف آباد میانگین دمای دوره پنجه زنی بیشترین تأثیر را بر عملکرد برنج داشته است. دقت در انتخاب نوع رقم برنج و تاریخ مناسب کاشت متناسب با شرایط آب و هوایی هریک از ایستگاه‌ها در میزان عملکرد و تولید برنج بسیار مؤثر است. به کشاورزان توصیه می‌شود هنگام برداشت برنج در زمان تعیین شده از طرف سازمان جهاد کشاورزی برنج خود را درو کنند تا با بارش‌های ناگهانی یا باد شدید که باعث خمیدگی ساقه‌های برنج می‌شود، مواجه نشوند.

References:

- Bouman, B. A. M., Lampayan, R M., and Tuong, T. P., (2007). Water management in irrigated rice: coping with water scarcity. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 54 p.
- Bruckner, P. L., and Frohberg, R. C., (1987), Rate and duration of grain filling spring wheat, crop sci, Vol, 27, Pp 451-455.
- Darzi Naft Chali, A., Karandish, F., (2016). Rice Cultivation Management in Mazandaran Province under Climate change. Journal of Water Research in Agriculture, Vol 30.3, 3, 333-346. (In Persian).

- Dostmoradi, S., (2011).Range of agricultural rapeseed in Kermanshah province. M S thesis, Yazd University. (In Persian).
- Farajzadeh, M., Taklobighesh, A., (2001). Agroclime zoning of Hamadan province using geographical information system with emphasis on dryland wheat. Geographical research, No 41, 93-105. (In Persian).
- Farajzadeh , M., Kazem Zadeh, Z., Bourna, R., (2017). Natural Geography Quarterly, Vol. 10, No. 38, 45-64. (In Persian).
- Hafez Izadi Kharameh, H., (1994). Spatial performance analysis of rice cultivation and its place in the development of Karbala (Shiraz). M.S. Thesis, Tarbiat Modares University. (In Persian).
- Haulicek, J. (1985), The effect of Weather on crop production UVTiz, 3, Praha.
- Hormozi, H., (2004). Mamasani Agricultural Climatology in Relation to Rice. M S thesis, Esfahan University. (In Persian).
- karimifard, S., Moghaddasi, R., Yazdani, S., Mohammadi Nezhad, A., (2018). Survey the Fluctuation of Climate Variables on Agricultural out put in Iran (Case Study: Khuzestan Province). Quarterly Agricultural Economics, (Economiics and Agriculture Journal), Vol 12, No. 2 , 91-109. (In Persian).
- Kochaki, A., Khageh Hosseini, M., (2008). New Farming, First Publication, Mashhad Jahad Daneshgah. (In Persian).
- Mahajan, G. T. S., Bharaj, K., and Timsina, J., (2008). Yield and water productivity of rice as affected by time of transplanting in Punjab, India. Agricultural Water Management. 96, 525-532.
- Mavi, H.S., (2003). Principles and foundations of agricultural meteorology, Translated by Mozafari, First Publication, Nik Pandar Publication. (In Persian).
- Mazaheri, D., Majnon Hossienhi, N., (2001). Fundamentals of General Agriculture. Tehran University Publication, First Publication. (In Persian).
- Mecouch, S. R., L. Teytelman, Y. XU, Ciear K., Walton M., (2002), Development and Mapping of 2240 new SSR markers for rice (Oryza satival.) DNA Research 9:199-207 and 257-279.
- Moalemi, M., (2009). Climate zoning of Isfahan province using geographical information system. . M S thesis, Yazd University. (In Persian).
- Mohammadi, H., (2005). Climatic possibility of saffron cultivation in the south of Sabzevar city. Desert Magazine, No 36, 224-248. (In Persian).
- Mojarad, F., Ghamrnia, H., Nasiry, Sh., (2006). Estimation of Effective Rainfall and Irrigation Requirement for Rice Cultivation in the Mazandaran Plain. Geographical Research Quarterly, Vol. 37, NO. 54, 59-76. (In Persian).
- Mozafari, Gh., (2003). Principles and foundations of agricultural meteorology. First Publication, Nik-pendar Publication. (In Persian).
- Parvaneh, B., Mahdavi Shaikhi, F., (2015). Climate zoning of rice cultivation in Lorestan province. The first international conference and the fourth national conference on environmental and agricultural research in Iran. (In Persian).
- Pirdashti, H., (1995). Amol geography with emphasis on rice economy. M S thesis, Isfahan University. (In Persian).
- Royan, A., (2001). Rice agricultural climate of Haraz drinking water basin. M S thesis, Isfahan University. (In Persian).
- Roy K. Masudur R. and Uthpal K. (2009): Future Climate Change and Moisture Stress: Impact on Crop Agriculture in South-Western Bangladesh. Climate Change and Development, Volume 1 Issue 1.
- Satari, H.A., (1999). Agricultural climate of Zayandehrud watershed with emphasis on rice cultivation. M.S thesis, Isfahan University. (In Persian).

- Sheidaeian, M., Ziatabar Ahmadi, M. Kh., Fazloula, R., (2015). Study on Climate Change Effect on Net Irrigation Requirement and Yield for Rice Crop (Case Study: Tajan Plain). Journal of Water and Soil, Vol 28, No. 6, 1284-1297. (In Persian).
- Singh Samar, J. K., Ladh, R. K., Bhushan, G. L., and Raob, .A. N., (2008). Weed management in aerobic rice systems under varying establishment methods. Crop Protection. 27: 660–671.
- Stuart, A.M., Prescott, C.V., Singleton, G.R., and Joshi, R.C., (2011). Knowledge, attitudes and practices of farmers on rodent pests and their management in thr lowland of the Sierra Madre biodiversity corridor, Philippines. Crop Protection, 30 (2), 147-154. Retrieved from http://centaur. Reading.ac.uk 16940.
- Tuong, T. P., and Buman, B. A. M., (2003). Rice Production in water scarce environments. pp. 53- 67. Jkijne J.W., Barker R., and Molden D.(eds). Water Productivity in agriculture, limits and opportunities for improvement. International Water Management.
- Venuprasad. R, Laffite. H. R., and Atllin, GN. (2007), Response to direct selection for grain yield under drought stress in rice. Crop Sci. 47:285-293.

The Journal of Geographical Research on Desert Areas
9th Year – No. 2- Fall and Winter 2021

Original Research Article

The Study of Rice Agroclimatology in Lenjan

Kamal Omidvar[1*] , Safoura Rajabi Mourkani[2], Mehran Fatemi[3]

1-Professor of Climatology, Yazd University, Iran.

2- Master student of Climatology, Yazd University, Iran.

3- PhD in Meteorology, Meybod university, Iran.

Recieved: 2019 December 10 Accepted: 2021 January 1

Introduction

Today, agroclimatology is one of the major trends in hydrology and meteorology, which has a crucial role in meeting the food requirements of different communities. The production of agricultural products is strongly correlated with precipitation and agreeable weather conditions each year. Many crops are traditionally grown in areas with harsh climatic conditions, which results in low yields and the lack of optimal exploitation of climatic capacities for production. One basic way to develop and promote agricultural activities in the country is to cultivate lands according to the ecological conditions. A perquisite of such development is to recognize the wide range of associated factors, including climatic and land factors. Rice cultivation, as an ecological and economic phenomenon as well as a behavioral pattern originating from human-environment interaction, is at the mercy of environmental conditions, especially climate, water and soil resources, and natural factors play a pivotal role in providing favorable conditions for rice cultivation. Identifying suitable areas for growing crops and favorable climatic and topographic conditions can improve crop production. Lenjan County, located in a semi-arid region, has severe daily, seasonal and annual temperature fluctuations, which have caused detriments to various activities, especially the agriculture in this county. The Zayandehrud River running through the area has laid the ground for the development of agriculture and animal husbandry. Given the huge agricultural and horticultural potentials of this county, further analysis and planning are required. In this research, attempts have been made to investigate the agroclimatology of Lenjan County for rice cultivation.

Methodology

Lenjan County is located 35 km southwest of Isfahan in the Zayandehrud valley. The meteorological stations studied here include Isfahan, Lenjan, Daran, Natanz and Najafabad. The data were obtained from the Meteorological Organization and the General Directorate of Agricultural Jihad in Isfahan and Charmahal Bakhtiari provinces. In this study, the daily and monthly meteorological data related to the parameters of temperature, precipitation and relative humidity were derived from these stations over a 15-year period (1996-2012). Then, the correlation between the climatic elements and the rice yield in selected stations was calculated. Finally, after the preparation of climatic maps, the altitude and slope levels

Email: komidvar@yazd.ac.ir

were drawn using the Kriging method. Also, in the GIS, the final zoning map of the areas suitable/unsuitable for rice cultivation was drawn according to the corresponding elements.

Results and discussion

The parameters and indices of rice agroclimatology in the west of Isfahan Province which are of paramount importance in the growth season and different stages of rice growth were studied and analyzed. The growth degree day of the rice for the whole growth period is a 1500-degree day. Hence, in light of the values obtained from the active temperatures, it was observed that all the stations were effective in terms of growth day degree and had favorable conditions concerning the active growth day degree. The minimum critical temperature of rice was -1°C, and, in none of the stations, the mean temperature during the growth period was lower than 0°C. The maximum number of days this temperature was below 10°C during the statistical period was reported at Najafabad station, but this temperature was never recorded at Isfahan station. All the stations experience weak frosts until the end of April, which, in high-elevation, lasts until the last ten days of May. Mild frost is also reported only at stations with elevations above 2000 meters in April. Severe frosts are recorded only at very high stations (altitude above 2250 m) in the first half of April. The minimum water consumption of rice from cultivation to maturity is not sufficient in any of the stations studied. Hence, all the stations must be irrigated throughout the growth season (from planting to maturity). The germination date is May 10 at Daran and Lenjan stations, June 5-10 at Isfahan station, and June 20 at Najafabad and Natanz stations. The tilling date is also from July 5 to 15 at Lenjan and Daran stations, from July 24 to 15 at Isfahan, and from August 10-20 at Najafabad and Natanz stations. This period lasts for 20 days at Lenjan station. The growth period of rice at Lenjan station is 22 days. The flowering date is from August 20 to September 10 at Lenjan and Daran stations, from September 1 to 15 at Isfahan station, and from September 25 to October 5 at Najafabad stations. At Lenjan station, the flowering period lasted for 30 days. The ripening of rice grains is from October 5 to 20 at Lenjan and Daran stations, from September 28 to October 15 at Isfahan, and from October 21 to November 7 at Najafabad and Natanz stations. The length of the ripening period at Lenjan station is 15 days. Finally, after designing climate maps, altitudes and slopes were drawn by GIS and the final map of the areas suitable for rice cultivation was designed according to the corresponding elements. The best areas were mostly located in the central and eastern parts, which overlapped with the plains. Moreover, an area of 294 square kilometers covered the stretches that were not suitable for rice growth, particularly the highlands of the west and north of the map, where the rainfall is lower than in other areas. These expanses are primarily located in the highlands and the vicinity of the highlands consisting of rocky and sloping lands. Infertile expanses, covering an area of 45 square kilometers, include mountains and areas devoid of agricultural soil.

Conclusion

The results of this study show that, in the west of Isfahan Province, there is a fertile area of 492 square kilometers, which lies in the central areas and alluvial plains. Lenjan County is located in this area, where the late frost in spring and the early autumn cause the minimum damage. The initial growth of roots and stems and the rise of clusters are fairly quick, but adequate water is not supplied by rainfall. The fertile zones cover the major bulk of the map, which is an area of about 738 square kilometers.

Keywords: Rice, Agroclimatology, Temperature, Precipitation, Lenjan.

Email: komidvar@yazd.ac.ir