

اثر تغییر اقلیم بر تقویم زراعی در شمال ایران

دریافت مقاله: ۹۷/۶/۲۲ پذیرش نهایی: ۹۷/۱۰/۳۰

صفحات: ۹۹-۱۱۷

مجتبی شاه نظری: دانشجوی دکتری تغییرات آب و هوایی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

Email: Moj303@gmail.com

زهرا حجازی زاده: استادگروه اقلیم شناسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.^۱

Email: hejazizadeh@yahoo.com

محمد سلیقه: استادگروه اقلیم شناسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

Email: saligheh@khu.ac.ir

چکیده

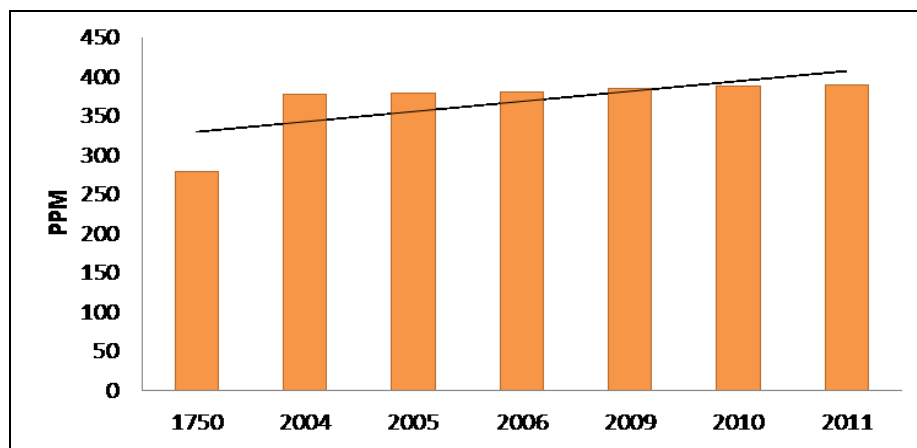
در این تحقیق ضمن بررسی شرائط اقلیمی در دوره حاضر و تحلیل شرائط حرارتی و بارش و میزان تابش دریافتی از خورشید، بر اساس داده های روزانه ایستگاه های سینوپتیکی که در منطقه، قدمت ثبت داده های هواشناسی حداقل ۳۰ ساله را داشتند. شرائط حاضر تحلیل گردید. با توجه به شرائط محیطی لازم برای رشد گیاه برنج و در دست داشتن اطلاعات فنولوژیکی گیاه برنج و آستانه های حرارتی پائین و بالا دمائی آن، و همچنین مقادیر درجه - روز مورد نیاز این گیاه برای تکمیل چرخه حیاتی خود و انجام فرایند فنولوژیکی آن به منظور تولید اقتصادی، تقویم مناسب زراعی در شرائط فعلی تعیین گردید. این تقویم در فاصله بین ماههای فروردین تا تیرماه بین استانها متغیر بوده است. بر اساس شرائط حرارتی فعلی و احتمال گرم شدگی کره زمین در دهه های آینده، خروجی های مدل MCdaH3 تحت سناریو A_2 ، به کمک مدل LARS-WG5 ریزمقیاس گردید. در این مطالعه سالهای ۱۹۹۰-۱۹۶۹ را به عنوان دوره پایه و سالهای ۲۰۴۶-۲۰۶۵ را به عنوان دوره آینده مورد بررسی و شرایط حرارتی و بارشی برای دوره آتی شبیه سازی گردید. خروجی به دست آمده با شرائط دمائی مناسب رشد گیاه در منطقه مورد مطالعه مورد بررسی و مقایسه قرار داده شد. نتایج نشان داد که تقویم زراعی برنج در استانهای گیلان و مازندران با تفاوتهایی به سمت زمستان شیفتر خواهند یافت. با توجه به شرائط دمائی متفاوت استان گلستان تقویم زراعی آن به سمت بهار حرکت خواهد نمود.

کلید واژگان: تقویم زراعی برنج، گازهای گلخانه ای، مدل LARS-WG5، تغییر اقلیم، استانهای شمالی

۱. نویسنده مسئول: تهران، خیابان مفتاح جنوبی، دانشگاه خوارزمی، دانشکده علوم جغرافیایی، گروه اقلیم شناسی

مقدمه

امروزه پدیده گرم شدن کره زمین و موضوع تغییر اقلیم^۱ به یکی از دغدغه ها و نگرانی های اصلی جوامع انسانی چه در جامعه صنعتی غرب و چه در کشورهای در حال توسعه تبدیل گردیده است. این رویداد که به باور و اعتقاد راسخ اکثریت قریب به اتفاق دانشمندان، نتیجه ایجاد تغییرات شیمیایی و فیزیکی و دگرگونی در توازن و تعادل موجود فی مابین عناصر و گازهای تشکیل دهنده اتمسفر زمین می باشد، پس از کشف و استخراج نفت در آغاز انقلاب صنعتی و به دنبال آن مصرف بی رویه سوخت های فسیلی، با آهنگی پرشتاب آغاز گردیده و در یک روند صعودی تولید گازهای موسوم به گازهای گلخانه ای^۲، همچنان به یک نگرانی بزرگ جوامع امروزی تبدیل گردیده است. شکل (۱).



شکل (۱). روند تولید گاز دی اکسید کربن در جهان

این نگرانی ها با توجه به شرایط خاص مکانی و جغرافیایی کشور تامل برانگیز تر خواهد بود چراکه با توجه به شرایط مذکور و اینکه کشور ما که با توجه به شرایط خاص جغرافیایی آن و قرار گیری بخش اعظم مساحت آن در ناحیه خشک و کم باران با متوسط بارش حدود یک سوم بارش جهانی سبب شده که، خشکسالی یکی از مخاطرات اقلیمی کشور ما باشد. محققین مختلفی با توجه به شرایط اقلیمی جدید به بررسی اثرات شرایط اقلیمی بر میزان عملکرد محصولات زراعی از جمله برنج پرداخته اند. محققین گروه کشاورزی و اقتصاد و توسعه ایالت آداگوا نیجریه دریافتند که با افزایش حداقل درصد درجه حرارت منجر به کاهش ۳/۷٪ محصول برنج خواهد شد (آدوجی، تیکا، ۲۰۱۷: ۱۰). ساسی ایندیان و همکاران در بررسی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد برنج دریافتند که در اژه هر یک درجه سانتی گراد افزایش درجه حرارت ۰/۶٪ کاهش محصول برنج را در پی خواهد داشت (ساسی ایندیان و همکاران، ۲۰۰۰: ۴۹۶). محققین داخلی نیز همگام با بحث های نوین اقلیمی در سطح جهان، به بررسی اثرات احتمالی تغییر اقلیم بر روی عملکرد و تولید محصولات کشاورزی داخل کشور پرداخته اند. در ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر نیاز خالص آبیاری و عملکرد برنج در منطقه دشت تجن در دوره های

^۱ - Climate Change

^۲ - Greenhouse Gases

آتی نتیجه گیری شد که هرچه به سال ۲۱۰۰ نزدیکتر شویم بارش موثر با مقدار کمتری می تواند نیاز آب مصرفی و نیاز خالص آبیاری برنج را در منطقه تامین کند (شیدائیان و همکاران: ۱۳۹۳، ۲۹۷). ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر امکان توسعه بادام و زرد آلو در منطقه خراسان نشان داده است که دوره های یخبندان برای گیاه زرد آلو، بین ۷ تا ۱۳ زود تر از شرایط فعلی به اتمام می رسد ولی تعداد روزهای یخبندان کاهش یافته و بادام زمینی نیز با محدودیت توسعه مواجه خواهد شد. (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۵۲). در تحقیقی مشابه اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی سویا در منطقه گرگان مورد مطالعه قرار گرفته و نتایج داد که تبخیر از سطح خاک اندکی کاهش ولی تعرق از سطح گیاهان اندکی افزایش خواهد یافت. این تغییرات برای کشت دیم به میزان ۱۵٪ مشهود تر از کشت آبی خواهد بود. (قربانی و همکاران، ۱۳۹۲: ۶۲). محققان در بررسی اثرات تغییر اقلیم بر شاخص های اقلیمی کشاورزی ایران نتیجه گرفتند که تاریخ وقوع اولین یخبندان پائیزه در ایستگاه های مورد مطالعه برای سالهای ۲۰۲۵ تا ۲۰۵۰ میلادی به ترتیب ۹-۵ و ۱۵-۸ روز به تاخیر خواهد افتاد. ولی یخبندان های بهار به ترتیب ۸-۴ و ۱۲-۷ روز، زودتر اتفاق خواهد افتاد (نصیری محلاتی و همکاران، ۱۳۸۵، ۷۱). بررسی تغییر اقلیم بر تولید ذرت و ارزیابی تغییر تاریخ کاشت در مشهد نشان داد که عملکرد ذرت تحت تاثیر تغییر اقلیم در اکثر سناریوهای به کار گرفته شده کاهش خواهد داشت. (مرادی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۱۵) نتایج شبیه سازی اثر تغییر اقلیم بر تولید نخود در شرایط دیم و آبی کرمانشاه نشان داده است که سود آوری محصول آبی کاهش خواهد یافت (حجار پور و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۳۵). بررسی تغییر اقلیم با افزایش غلظت CO₂ بر عملکرد گندم مشخص نموده که در صورت افزایش ۲ تا ۴ درجه ای تولید گندم با کاهش عملکرد مواجه خواهد شد. (کوچکی و نصیری، ۱۳۸۷: ۱۳۹) در تحلیلی بر مفاهیم و اثرات تغییر اقلیم بر روی دما و تقویم زراعی برنج در گیلان با بررسی آمار گذشته (۲۰۰۳-۱۹۵۶) مشخص گردیده که نوعی جابجائی فصلی در حال ظهور و تقویم زراعی در حال تغییر است. (عزیزی و روشنی، ۱۳۸۸: ۱۵۳). تحقیقات مورد اشاره و تلاش های صورت گرفته در این زمینه مجموعاً نشاندهنده علاقه محققین به شناخت هرچه بیشتر شرایط اقلیمی فعلی و پیش بینی شرایط اقلیمی در دهه های آینده بوده است. از جمله روشهایی که می توان با تخمین های قابل قبولی شرایط اقلیمی دهه های آینده را شبیه سازی و پیش بینی نمود استفاده از مدل های اقلیمی می باشند. اولین نسل مدل گردش عمومی جو در دهه ۱۹۷۰ در دسترس قرار گرفت. مدل گردش عمومی جو ابتدا با یک لایه اقیانوسی و سپس با مدل گردش عمومی اقیانوسی جفت شدند. سپس به تدریج مدل های فرعی فرایندهای خشکی و یخ دریا نیز به آن افزوده شدند. اولین آزمایش ها در باره دو برابر شدن دی اکسید کربن در دهه ۱۹۸۰ انجام گرفت. (جی . بری و همکاران، ۱۳۹۴، ۲۹۳) هر یک از این شرایط که وابسته به میزان انتشار گازهای گلخانه ای در آینده می باشد تحت عنوان سناریوی انتشار نامیده می شوند. که به گردش عمومی جو - اقیانوس (GCM) معرفی می گردند. IPCC سری اولیه سناریوهای انتشار را در سال ۱۹۹۲ به نام (IS92 - IS92a - IS92f) منتشر کرده است. در این سناریوها مقادیر گازهای گلخانه ای با نرخ ثابت تا سال ۲۱۰۰ افزایش می یابد. در سال ۱۹۹۶ IPCC سری جدید سناریوهای انتشار را به منظور به روز رسانی و جایگزینی سناریو های IS92 با نام SRES ارائه کرد. در حال حاضر از روش های مختلفی برای تولید سناریوهای اقلیمی در دوره های آتی استفاده می شود که ابتدائی ترین آنها تولید سناریو های مصنوعی است. در حال حاضر معتبرترین ابزار به منظور

تولید سنا ریو های اقلیمی ، مدل گردش عمومی جو- اقیانوس سه بعدی جفت شده که AOGCM اطلاق می گردد می باشد. (آشفته، ۱۳۹۳:۱۵) یکی از مشکلات عمده در استفاده از خروجی مدل های AOGCM در مطالعات ارزیابی تاثیر تغییر اقلیم در سطوح منطقه ای ، بزرگ بودن مقیاس مکانی سلولهای محاسباتی آنها نسبت به منطقه مورد مطالعه می باشد. روشهای مختلفی برای تولید سناریوهای اقلیمی منطقه ای از سناریوهای اقلیمی مدل های AOGCM وجود دارد که به این روشها کوچک کردن مقیاس اطلاق می شود این روشها عبارتند از استفاده از اطلاعات سلول اصلی - درون یابی اطلاعات سلول های مجاور- کوچک مقیاس کردن آماری - روش های دینامیکی (آشفته، ۱۳۹۳:۱۹) تکنیک هایی که تحت عنوان " ریزمقیاس نمایی " شناخته می شود، در اصل برای پرکردن شکاف تفکیک فضائی و زمانی موجود بین آن چه که مدل های اقلیمی در حال حاضر قادر به ارائه آن می باشد و آن چه تحلیلگران بدان نیاز دارند ، مورد استفاده قرار می گیرد. (فلاح قالهری، ۱۳۹۳:۱۰) مدل های اقلیم منطقه ای با استفاده از خروجی مدل های گردش عمومی ، فرایندهای جوی را برای مقیاس کوچکتر با تفکیک پذیری مکانی دقیق تر (مقیاس زمانی روزانه با قدرت تفکیک ۵۰ کیلومتر) شبیه سازی می کنند. (محمدی و همکاران، ۱۳۹۵:۱۳۵) به طور معمول سه روش شناخته شده برای ریزمقیاس کردن خروجی مدل های گردش عمومی جو شناخته شده است. روش ریز مقیاس دینامیکی ، آماری و روش مختلط . (محمدی و همکاران، ۱۳۹۵:۱۳۵) روشی که در این تحقیق، داده های خروجی ریزمقیاس گردیده اند روش آماری به کمک مدل LARS WG5 می باشد. به کمک این مدل داده های اقلیمی در دوره ۲۰۴۶ الی ۲۰۶۵ شبیه سازی و براساس آن تقویم زراعی مناسب برای انطباق هرچه بیشتر فنولوژی گیاه برنج با نیاز شرایط محیط در دوره های مورد اشاره ارائه گردیده است.

روش تحقیق

در این تحقیق داده های روزانه ایستگاه های هواشناسی سینوپتیک استانهای گیلان ، مازندران ، گلستان از سازمان هواشناسی هوشناسی اخذ گردید. با عنایت به اینکه در مطالعات اقلیمی حداقل تعداد سالهای آمار قابل قبول ۳۰ سال می باشد، از بین کل ایستگاه های سینوپتیک منطقه، آن تعداد از ایستگاه های مورد اشاره که از قدمت و سابقه ثبت کمتر از مبنای مذکور را داشته اند از دامنه بررسی و مطالعات کنار گذاشته شدند . بنابراین ایستگاه های باقی مانده مطابق جدول ۱ انتخاب و در ادامه کار ، داده های هواشناسی ایستگاه های باقی مانده مورد استفاده قرار گرفتند. ایستگاه های حائز شرایط مجموعاً به تعداد ۸ ایستگاه سینوپتیک بودند که سهم استانهای گیلان و مازندران و گلستان از این تعداد به ترتیب ۳، ۴ و ۱ ایستگاه بوده است. داده های هواشناسی ایستگاه های مربوطه . مورد بررسی و ارزیابی قرار داده شدند که خلاصه وضعیت آماری آنها در ادامه آمده است . پس از تحلیل وضعیت اقلیمی منطقه مورد مطالعه و همچنین تشریح شرایط دمائی لازم برای رشد مناسب گیاه برنج شرایط فعلی و شرایط دوره های آتی که توسط مدل شبیه سازی گردید تقویم زراعی مناسب برنج بر اساس درجه -روز های قابل اکتساب در طی دوره رشد در دو شرایط مذکور بررسی و تقویم زراعی مناسب در دوره آتی پیشنهاد گردیده است.

منطقه مطالعاتی

محدوده مورد مطالعه سه استان شمالی کشور شامل استانهای گیلان، مازندران و گلستان می باشد. این منطقه که از شهر آستارا در غربی ترین نقطه به شهر مراوه تپه در گلستان ختم می گردد. همسایگی شمالی منطقه شامل کشور آذربایجان- دریای خزر و کشور ترکمنستان و از طرف غرب به کوههای تالش و استان اردبیل و زنجان و از جنوب به دیواره سلسله جبال البرز و سپس به استانهای قزوین- تهران- سمنان و از طرف شرق هم به استان خراسان شمالی محدود گردیده است. محدوده جغرافیائی منطقه مورد مطالعه و نحوه پراکنش ایستگاه های منتخب در بین استانهای گیلان و مازندران و گلستان در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل (۲). نقشه ایستگاه های سینوپتیک منطقه مورد مطالعه

جدول شماره ۱: موقعیت ایستگاه های منطقه مورد مطالعه

| ردیف | نام ایستگاه سینوپتیک | مختصات جغرافیائی | | ارتفاع از سطح دریا | سال تاسیس | استان |
|------|----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|-----------|----------|
| | | λ | γ | | | |
| ۱ | انزلی | $49^{\circ}28'$ | $37^{\circ}28'$ | -۲۶,۲ | ۱۹۵۱ | گیلان |
| ۲ | رشت | $49^{\circ}38'$ | $37^{\circ}12'.0''$ | -۶,۹ | ۱۹۵۶ | گیلان |
| ۳ | آستارا | $48^{\circ}52'$ | $38^{\circ}25'$ | -۲۱,۱ | ۱۹۸۶ | گیلان |
| ۴ | بابلسر | $52^{\circ}38'59.9''$ | $36^{\circ}43'11.9''$ | -۲۱ | ۱۹۵۱ | مازندران |
| ۵ | رامسر | $50^{\circ}38'24''$ | $36^{\circ}53'59.9''$ | -۲۰ | ۱۹۵۵ | مازندران |
| ۶ | نوشهر | $51^{\circ}30'.0''$ | $36^{\circ}38'59.9''$ | -۲۰,۹ | ۱۹۷۷ | مازندران |
| ۷ | قائم شهر | $52^{\circ}49'12''$ | $36^{\circ}25'47.9''$ | ۱۴,۷ | ۱۹۸۴ | مازندران |
| ۸ | گرگان | $54^{\circ}16'.0''$ | $36^{\circ}51'.0''$ | ۱۳,۳ | ۱۹۵۲ | گلستان |

تحلیل های آماری وضعیت موجود

مشخصه های آماری مکان و پراکنش

میانگین و واریانس، ضرائب تغییرات، چولگی و کشیدگی مهمترین پارامترهای یک سری بر اساس روابط ساده (۱ تا ۵) محاسبه گردیدند.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \text{رابطه (۱): (میانگین)}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad \text{رابطه (۲): (واریانس)}$$

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \quad \text{رابطه (۳): (ضریب تغییرات)}$$

رابطه (۴) (نمایه کجی یول - کندال):

$$\gamma_{yk} = \frac{(q_{0.75} - q_{0.5}) - (q_{0.5} - q_{0.25})}{IQR} = \frac{q_{0.25} - 2q_{0.5} + q_{0.75}}{IQR}$$

$$\gamma_2 = \frac{\mu_4}{s^4} - 3 \quad \text{ضریب کشیدگی یا رعنائی:}$$

: $\mu_4, IQR, q_{0.75}, q_{0.5}, q_{0.25}, \bar{X}, S, n, x_i$ در روابط (۱-۵) به ترتیب نشان دهنده داده، تعداد کل داده ها، انحراف معیار، میانگین، چارک اول، میانه، چارک سوم، چارک های داخلی و گشتاور چهارم حول میانگین می باشند. پارامترهای توصیف شده در اولین مرحله از شناسایی رفتارهای اقلیمی ایستگاه های مورد مطالعه محاسبه گردیده که خلاصه آنها در جدول (۲) نشان داده شده اند.

جدول (۲). مشخصات آماری مکان ایستگاه های هواشناسی منطقه (پارامتر بارش سالانه)

| ایستگاه ها | میانگین | انحراف از میانگین | انحراف معیار | واریانس | اختلاف واریانس | چولگی | کشیدگی |
|------------|---------|-------------------|--------------|----------|----------------|-------|--------|
| انزلی | ۱۸۲۹/۱ | ۵۲/۹ | ۴۲۳/۱ | ۱۷۹۰۱۳/۰ | ۲۳/۱۳ | ۰/۹۱ | ۰/۷۸ |
| رشت | ۱۳۳۴/۹ | ۳۳/۱ | ۲۵۳/۹ | ۶۴۴۶۲/۶ | ۱۹/۰۲ | ۰/۶۱ | ۰/۰۸ |
| آستارا | ۱۳۴۸/۸ | ۳۷/۹ | ۲۰۴/۳ | ۴۱۷۴۳/۷ | ۱۵/۱۵ | ۰/۸۸ | ۱/۳۶ |
| بابلسر | ۸۹۰/۹ | ۲۱/۰ | ۱۶۸/۳ | ۲۸۳۱۹/۶ | ۱۸/۸۹ | ۰/۳۴ | -۰/۱۹ |
| رامسر | ۱۲۱۸/۴ | ۳۷/۳ | ۲۸۶/۷ | ۸۲۱۹۷/۰ | ۲۳/۵۳ | ۰/۵۴ | -۰/۴۴ |
| قائم شهر | ۷۲۶/۴ | ۲۳/۸ | ۱۳۲/۲ | ۱۷۴۸۶/۲ | ۱۸/۲۰ | -۰/۰۱ | -۰/۸۶ |
| نوشهر | ۱۲۸۶/۷ | ۳۰/۲ | ۱۸۶/۲ | ۳۴۶۸۳/۹ | ۱۴/۴۷ | ۰/۰۵ | -۰/۵۷ |
| گرگان | ۵۸۳/۱ | ۲۴/۲ | ۱۹۰/۸ | ۳۶۴۱۱/۰ | ۳۲/۷۳ | ۲/۱۸ | ۱۱/۶۶ |

در این تحقیق داده های مربوط به ایستگاه های هواشناسی منطقه مورد مطالعه به وسیله آزمون همگنی ران تست مورد آزمون همگنی قرار داده شده و نتایج حاصله نشان دهنده همگن بودن داده های ایستگاه های مزبور بوده است. در جدول (۳) به عنوان نمونه، بررسی همگنی داده ها برای بارش سالانه ایستگاه ها نمایش داده شده که با توجه به نتایج حاصله، همگن بودن داده ها همه ایستگاه ها حاصل شده است.

جدول (۳). بررسی همگنی داده های بارش ایستگاه ها به روش Run Test

| گرگان | نوشهر | قائم شهر | رامسر | بابلسر | آستارا | انزلی | رشت | ایستگاه |
|-------|-------|----------|-------|--------|--------|-------|-------|---------|
| ۰,۱۲۱ | ۰,۶۳۸ | ۰,۴۷۲ | ۰,۴۲۱ | ۰,۵۲۷ | ۰,۰۳۶ | ۰,۶۳۴ | ۰,۷۳۹ | P-value |

ایستائی مبحث بسیار مهمی در مدل سازی سری های زمانی می باشد. زیرا بسیاری از مدل های احتمال سری های زمانی بر مبنای ایستائی سری استوار می باشند. (خرمی و بزرگ نیا، ۱۳۸۶). در بررسی ایستائی سری های در دست مطالعه، داده های سری های زمانی به دو دسته پایه و دوره بعد از تقسیم و روند تغییرات پارامترهای اقلیمی در ایستگاه های مختلف مورد بررسی قرار داده شدند. بارش سالانه ایستگاه ها در دوره پایه (-۱۹۶۱) ۱۹۹۹) با دوره (۱۹۹۱-۲۰۱۴) مورد مقایسه قرار داده شدند که نتایج به شرح جدول ذیل بوده است.

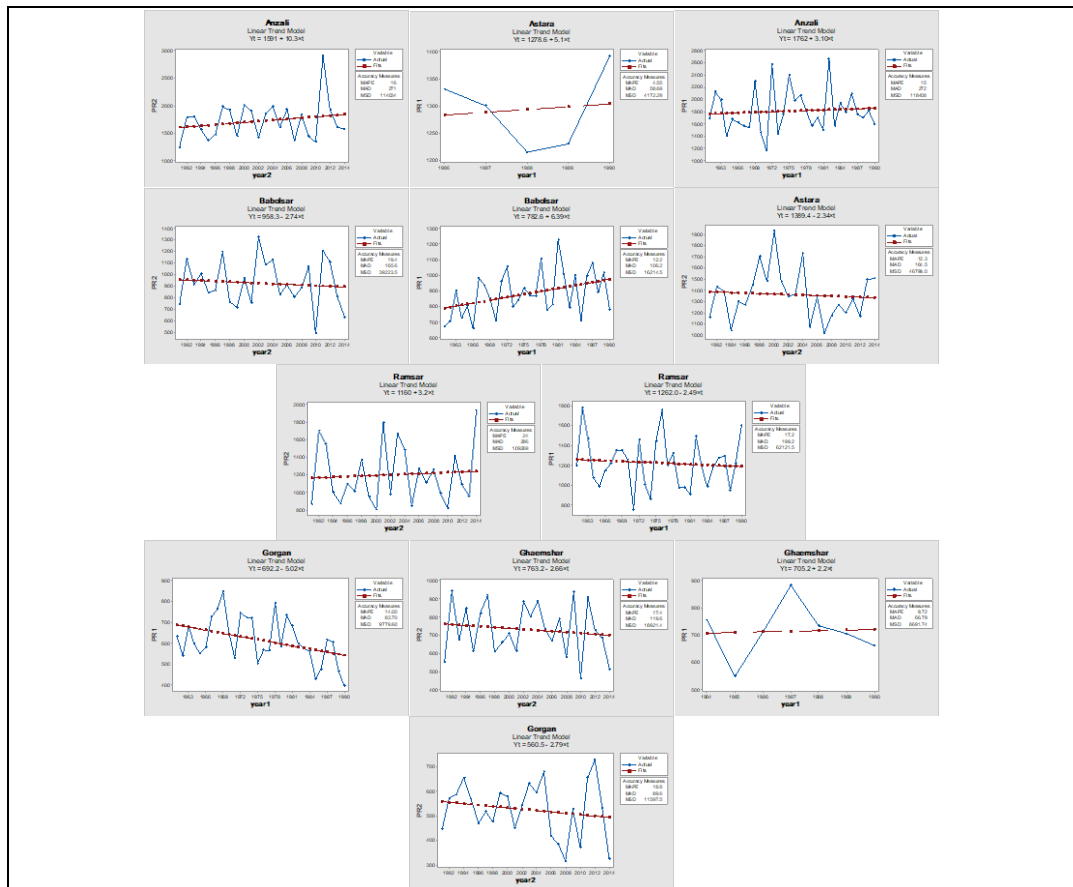
جدول (۴): مقدار P-Value به دست آمده در بررسی ایستائی برای ایستگاه ها در پارامتر بارش سالانه

| روش | رشت | انزلی | آستارا | بابلسر | رامسر | قائم شهر | گرگان |
|--------|-------|-------|--------|--------|-------|----------|-------|
| Bonett | ۰/۶۰۸ | ۰/۹۵۱ | ۰/۰۷۶ | ۰/۰۵۸ | ۰/۱۱۷ | ۰/۳۰۷ | ۰/۹۶۷ |
| Levene | ۰/۵۷۷ | ۰/۸۳۵ | ۰/۱۳۰ | ۰/۰۷۹ | ۰/۱۴۴ | ۰/۰۹۸ | ۰/۹۶۷ |

نتایج به دست آمده ایستگاه ها نشان می دهد که در همه موارد P-Value از مقدار $\alpha = 0.05$ بیشتر است. بررسی ایستائی، دمای متوسط سالانه نتایج نشان داد که همه ایستگاه ها در پارامتر دما دارای ایستائی می باشند. در بررسی روند سری های در دست مطالعه، بارش سالانه ایستگاه ها در دوره پایه (۱۹۶۱-۱۹۹۰) با دوره (۲۰۱۴-۱۹۹۱) مورد مقایسه قرار داده شدند. نتایج نشان داد که روند بارش در دوره پایه در ایستگاه های رامسر و گرگان روندی کاهشی ولی در دیگر ایستگاه ها روند افزایشی بوده است. بررسی متوسط بارش سالانه منطقه نشان داد که بیشترین بارش ها مربوط به بندر انزلی و کمترین بارش مربوط به گرگان است. روند مجموع بارش های سالانه هرچند با بی نظمی هائی همراه است و روندی نزولی از سمت غرب به شرق است. به عبارتی دیگر هر چه از سمت استان گیلان به سمت استان گلستان در خط کناره پیش برویم از میزان نزولات جوی سالانه کاسته می شود. شکل (۳).

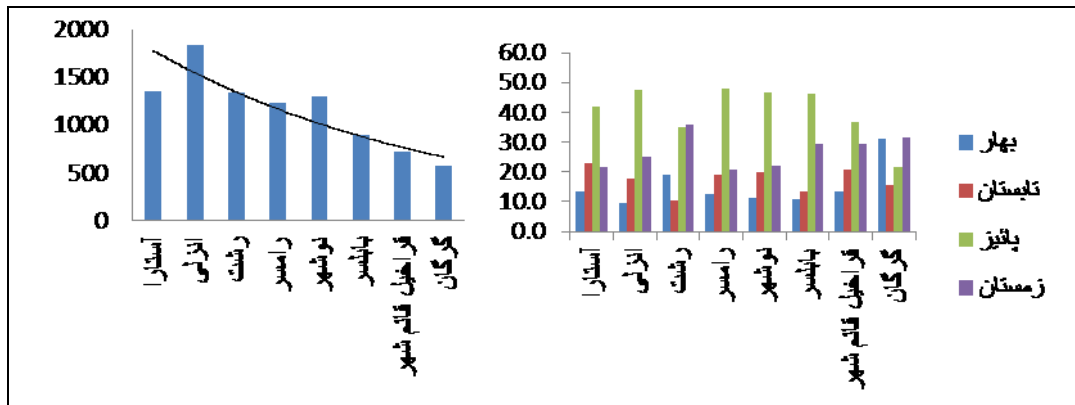
با تبدیل ماه های میلادی به شمسی، درصد بارش های ماهیانه ایستگاه ها محاسبه گردید. کمترین سهم بارش در ماه فروردین مربوط به ایستگاه انزلی با $۳/۸\%$ و مابقی نیز کمتر از ۱۰% می باشند. بنابراین همه ایستگاه ها به استثناء گرگان ماه کم بارشی را در فروردین تجربه می کنند. بیشترین مقدار بارش نخستین ماه سال مربوط به ایستگاه گرگان با $۱۰/۶\%$ می باشد. شرایط آب و هوایی منطقه مورد مطالعه در ماه های اردیبهشت و

خرداد از وضعیت مشابه فروردین برخوردار است. انزلی با $۲/۹\%$ و $۲/۷\%$ به ترتیب در ماه های اردیبهشت و خرداد خشکترین ایستگاه و گرگان با $۱۰/۴\%$ و $۱۰/۱\%$ مرطوب ترین ایستگاه در ماه های مذکور می باشند.



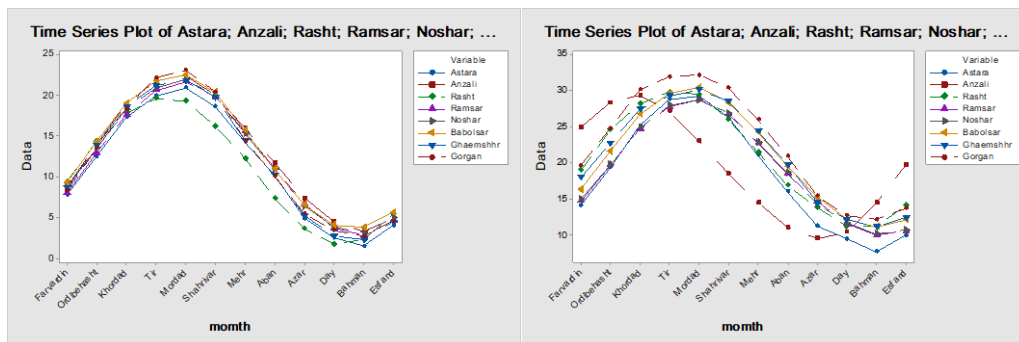
شکل (۳): ادامه مقایسه روند بارش ها در دو دوره پایه و متاخر ایستگاه های منطقه مورد مطالعه

این موضوع نشان می دهد که الگوی بارش در ایستگاه گرگان تا حدود زیادی با ایستگاه های دیگر متفاوت می باشد. به لحاظ توزیع فصلی، پائیز پر باران ترین فصل و بهار خشک ترین فصل در اکثریت قریب به اتفاق ایستگاه ها می باشد. در دو ایستگاه رشت و گرگان شرایط مذکور اندکی تغییر دارد. بدین معنا که در ایستگاه رشت بارش زمستانی اندکی بیشتر از بارش های پائیزی می باشد. بیشترین مقدار بارندگی در ایستگاه گرگان در فصول زمستان و بهار اتفاق می افتد. شکل (۴).

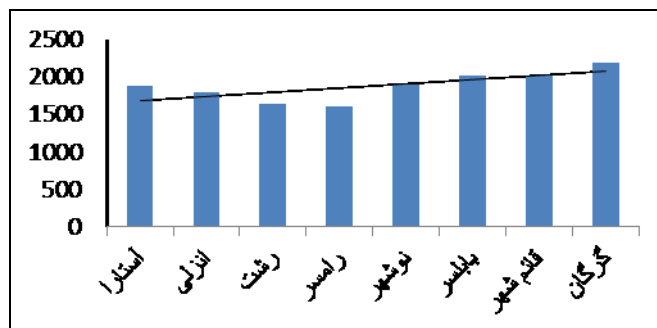


شکل (۴): توزیع فصلی بارش ایستگاه های منطقه و روند نزولی میزان بارش ها از غرب به شرق

یکی از پارامترهای مهم در شناخت وضعیت اقلیمی بخصوص در کشاورزی شناخت روند تغییرات ماهانه دماهای بیشینه و کمینه و همچنین ساعات آفتابی و میزان انرژی دریافتی خورشیدی می باشد. بررسی روند نصف النهاری تابش ایستگاه ها نشان می دهد که میزان ساعات آفتابی ایستگاه ها از غرب به شرق دارای روندی افزایشی است. هرچند این روند در ایستگاه های رشت و رامسر دارای کاهش محسوس است که نشان دهنده میزان ابرناکی بیشتر این دو ایستگاه می باشد. شکل (۴) و (۵)



شکل (۵): مقایسه تغییرات ماهیانه دمای بیشینه و کمینه ایستگاه های منطقه



شکل (۶): نمودار ساعات آفتابی ایستگاه های منطقه

شرایط دمائی مناسب در مراحل مختلف کشت برنج

شناخت شرایط فنولوژی گیاه به منظور ارزیابی میزان قدرت انطباق گیاه با شرایط محیطی یک اصل اساسی می باشد. چرخه حیات گیاه برنج و مراحل رشد و نمو آن به سه دوره یا مرحله کلی به شرح زیر تقسیم می گردد. دوره رشد رویشی (از جوانه زنی تا تشکیل خوشه اولیه)، دوره رشد زایشی (از تشکیل خوشه اولیه تا گلدهی) دوره رسیدن (از گلدهی تا رسیدن کامل دانه). (امیری لاریجانی، ۱۳۸۹، ۳۴) هرچند اختلاف نظرهای زیادی در خصوص شرایط دمائی مناسب برای مراحل مختلف رشد گیاه برنج در منابع مختلف به دلیل گستردگی و تنوع وسیع انواع گونه های گیاهی برنج وجود دارد. ولی بررسی منابع مختلف نشان می دهد که در جمع بندی برآیند آراء محققین و پژوهشگران مختلف عرصه علوم گیاهی علی الخصوص تحقیقات صورت گرفته در شناخت شرایط فنولوژیکی گیاه برنج می توان شرایط دمائی را برای ارقام متوسط رس و در شرایط نشاء به صورت سنتی (با دست) با توجه به شرایط غالب کشت (غیرمکانیزه) استانهای مورد مطالعه که با دست صورت می گیرد، درجه حرارتهای بحرانی برنج مطابق جدول ذیل قابل استناد بوده و تحلیل های بعدی این مطالعه بر پایه ارقام دمائی مذکور استوار گردیده است. جدول (۵).

جدول (۵): شرایط دمائی گیاه برنج در مراحل اساسی رشد

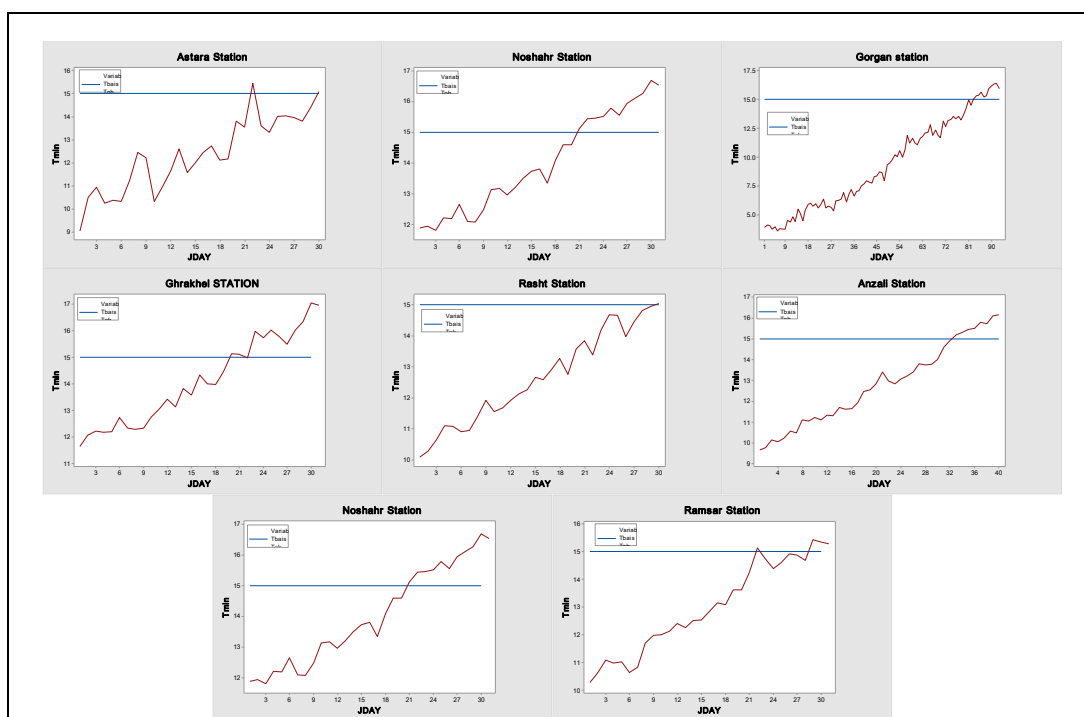
| درجه حرارت های بحرانی (سانتی گراد) | | | مراحل رشد |
|------------------------------------|--------|-------|----------------------------|
| بهبینه | حداکثر | حداقل | |
| ۲۵-۳۰ | ۳۵ | ۱۰-۱۲ | جوانه زنی |
| ۲۵-۳۰ | ۳۵ | ۱۵ | خروج گیاهچه و استقرار گیاه |
| ۲۵-۳۰ | ۳۳ | ۱۵-۱۶ | پنجه زنی و ساقه دهی |
| ۲۵-۳۵ | ۴۰ | ۱۵-۲۰ | آبستنی و ظهور خوشه |
| ۲۵-۳۵ | ۴۰ | ۱۵-۲۰ | گلدهی |
| ۲۵-۳۵ | ۳۶ < | ۱۵ | رسیدگی |

با توجه به اینکه منظور از شروع فصل زراعی، تاریخ نشاء و کشت برنج در زمین اصلی است بنابراین بررسی واکنش های محیطی گیاه از زمان قرار گیری در محیط آزاد مزرعه مد نظر خواهد بود. دمای پایه ۱۵ درجه سانتی گراد برای کشت با دست برای محاسبات مربوط به درجه روز مورد نیاز گیاه و همچنین آستانه حرارتی پائین گیاه که لازمه شروع رشد رویشی گیاه می باشد، تداوم بی بازگشت دمای کمینه ۱۵ درجه و اطمینان از عدم وقوع یخبندان بعد از عبور از درجه حرارت مذکور مبناء محاسبات بوده است. بر این اساس روز شمارژیوسی ایستگاه های مختلف برای رسیدن به شرایط مناسب دمائی احصاء گردید. (مبناء روز شمار برای همه ایستگاه ها اول فروردین لحاظ شد). جدول (۶).

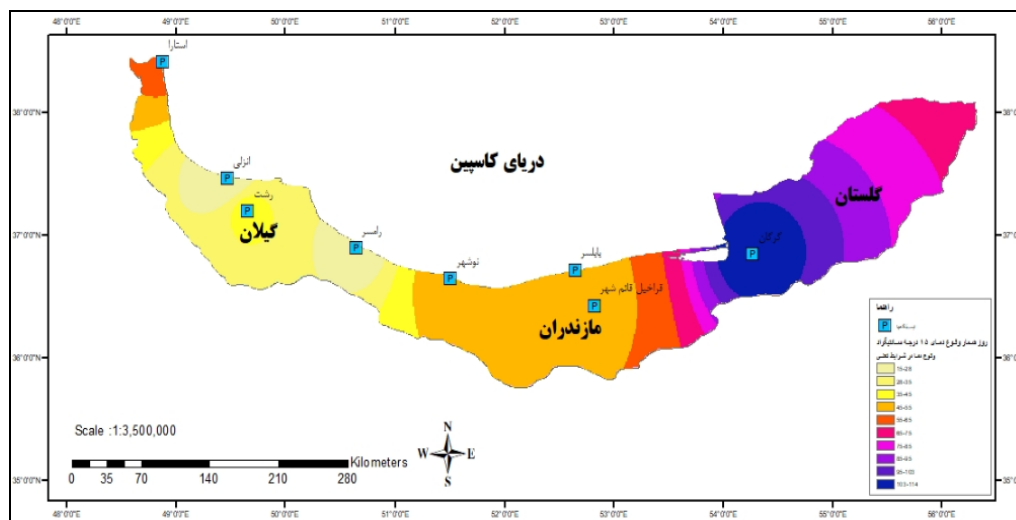
جدول (۶): روز شمار عبور ایستگاه های منطقه از آستانه حرارتی پائین (دمای ۱۵ درجه سانتی گراد)

| ردیف | نام ایستگاه | روز شمار ژولیوسی | تاریخ شمسی |
|------|-------------|------------------|-------------|
| ۱ | آستارا | ۶۰ | ۲۹ اردیبهشت |
| ۲ | انزلی | -۸ | ۲۲ اسفند |
| ۳ | رشت | ۴۰ | ۹ اردیبهشت |
| ۴ | رامسر | ۲۱ | ۲۱ فروردین |
| ۵ | نوشهر | ۵۲ | ۲۱ اردیبهشت |
| ۶ | قائم شهر | ۵۱ | ۲۰ اردیبهشت |
| ۷ | بابلسر | ۴۹ | ۱۸ اردیبهشت |
| ۸ | گرگان | ۱۱۴ | ۲۱ تیر |

زودترین زمان ممکن برای امکان استقرار گیاه در شرایط محیط باز مزرعه در ایستگاه انزلی در ۱۵ فروردین، و دیرترین زمان برای ایستگاه گرگان در ۲۱ تیر ماه مهیا می شود. شکل (۷ و ۸).



شکل (۷): نمودار رسیدن ایستگاه های مختلف به آستانه پائین دمائی برنج جهت شروع فصل زراعی



شکل (۸): نقشه رسیدن منطقه به شرائط دمائی پایه (۱۵C) لازم برای شروع نشاء

در این تحقیق با توجه به رفتار متفاوت دمائی گیاه برنج در دوره های مختلف رشد خود و اینکه این گیاه به تناسب رشد رویشی و زایشی خود برای عبور از یک مرحله رشدی به مرحله بعد دارای نیازهای حرارتی متفاوتی می باشد جهت بررسی دقیق تر موضوع ، صفر فیزیولوژیک به تناسب دوره های مختلف رشد گیاه متغیر انتخاب گردید و نیازهای حرارتی آن براساس مراحل مختلف رشد مورد بررسی قرار داده شده است. نتایج تحقیقات میدانی انجام شده مراکز تحقیقاتی نشان می دهد که درجه روز لازم (بر اساس صفر فیزیولوژیک متغیر) برای تکمیل دوره رشد حدود ۷۵۰ واحد حرارتی خواهد بود . بر همین اساس و بنابه شیوه مرسوم تشریح شده در منابع مختلف، چرخه رشد این گیاه به ۵ دوره مجزا تقسیم بندی گردیده است و زمان لازم برای عبور از هر مرحله و ورود به مرحله بعد به طور مجزا تعیین گردیده است. با توجه به تنوع بسیار زیاد گونه های گیاهی آن ، گونه مورد نظر که در اغلب مناطق مورد مطالعه مورد کشت و کار قرار می گیرد از نوع میان رس با طول دوره رشد حدود ۱۰۰ روزه انتخاب گردیده است. جدول (۷).

جدول (۷): زمان لازم (برحسب روز) برای مراحل مختلف رشد برنج در مزرعه (از نوع میان رس)

| مراحل رشد | پاگیری نشاء | مرحله پنجه زنی و ساقه دهی | مرحله آبستنی و خوشه دهی | مرحله گلدهی | مرحله رسیدن | جمع |
|----------------------|-------------|---------------------------|-------------------------|-------------|-------------|-----|
| متوسط (روز) | ۵ | ۲۰ | ۳۰ | ۱۰ | ۳۵ | ۱۰۰ |
| آستانه پائین (C) | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ | ۲۰ | ۲۰ | |
| آستانه بالا (C) | ۳۵ | ۴۵ | ۴۰ | ۳۶ | ۴۰ | |
| دمای بهینه (C) | ۲۵ | ۲۵ | ۳۰ | ۳۰ | ۳۰ | |
| درجه - روز مورد نیاز | ۶۵ | ۲۷۰ | ۲۳۰ | ۳۰ | ۱۳۵ | ۷۳۰ |

با توجه به درجه روزهای مورد نیاز هر مرحله، طول دوره رشد این گیاه جهت تکمیل نمودن چرخه حیاتی محاسبه گردیده است. در این مطالعه از روش محاسبه درجه - روز استاندارد استفاده شده است. رابطه (۶) قرار زیر است.

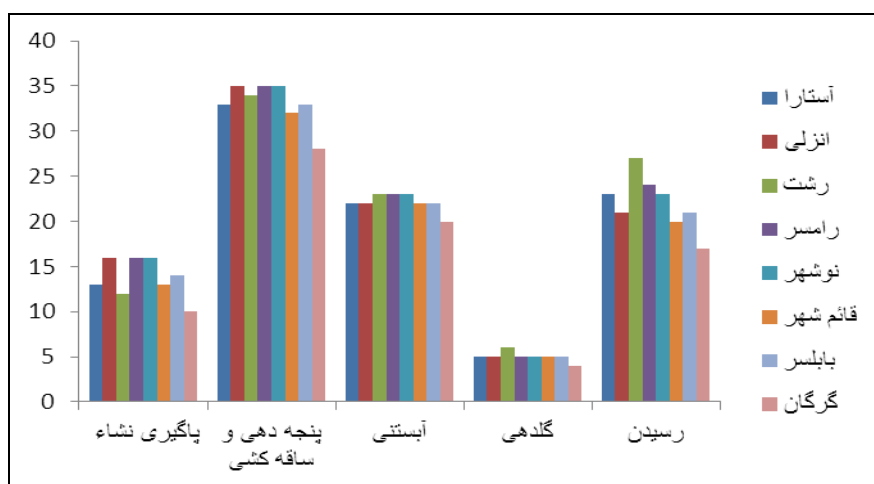
$$GDD = \sum [(T_{\max} + T_{\min}) / 2] - T_{base} \quad \text{رابطه (۶)}$$

که $(T_{\max} + T_{\min}) / 2$: متوسط دمای روزانه و T_{base} آستانه حداقل دما برای گیاه می باشد. محاسبات به دست آمده نشان داد که ایستگاه های مختلف در زمانهای مختلفی شاهد عبور شرایط حرارتی از آستانه حداقل ۱۵ درجه می باشند. ایستگاه انزلی قبل از رسیدن فروردین و در ۲۲ اسفند دارای دمای کمینه مساوی یا بالاتر ۱۵ خواهد بود، ایستگاه های رشت و آستارا به ترتیب در ۲۹ و ۳۱ اردیبهشت این شرایط را دارا خواهند بود. در استان مازندران ایستگاه رامسر در ۱۳، قائم شهر در ۲۰ و دو ایستگاه نوشهر و بابل در ۲۱ اردیبهشت ماه دمای ۱۵ درجه را دارا می باشند. دیرترین زمان رسیدن به دمای کمینه ۱۵ درجه مربوط به ایستگاه گرگان است که در تاریخ ۲۱ تیر ماه اتفاق خواهد افتاد. علاوه بر آن مدت زمان لازم برای کامل شدن رشد گیاه برنج نیز در مناطق مختلف نیز متفاوت می باشد. بیشترین مدت زمان لازم جهت سپری شدن یک فصل زراعی برای گیاه برنج مربوط به ایستگاه رامسر با ۱۰۳ روز و کمترین آن مربوط به ایستگاه گرگان با ۷۹ روز می باشد که طبعاً ارتباط مستقیمی در مجموع به طول مدت روشنایی، میزان ابرناکی در ماههای مورد کشت است. ایستگاه گرگان با توجه به شروع فصل زراعی در تیرماه که مصادف با وقوع روزهای بلند با تابش مناسب تر خورشید و دریافت گرمای (درجه - روز) بیشتر انرژی مورد نیاز را در مدت کوتاه تری دریافت می کند. این موضوع در قیاس با ایستگاه های واقع در سواحل غربی که عموماً با میزان ابرنکی بیشتری در طول دوره رشد مواجه هستند به راحتی قابل درک خواهد بود. به دلیل درجه حرارت های کم دریافتی بخصوص در مراحل اولیه دوره کشت، سبب طولانی تر شدن زمان لازم برای تکمیل چرخه حیاتی گیاه گردیده است. جزئیات بیشتر هر یک از مراحل از دوره پایداری نشاء در مزرعه و شروع استقرار گیاه در فضای مزرعه تا مرحله رسیدن دانه در انتهای دوره کشت در جداول (۸ تا ۱۱) نشان داده شده است. شکل (۹).

جدول (۸): مراحل مختلف فنولوژی گیاه در شرایط فعلی

| نام ایستگاه | مراحل فنولوژی گیاه برنج در منطقه مورد مطالعه | | | | | |
|-------------|--|---|--|--|---------------------------|---------------------------------------|
| | شروع نشاء | پاگیری نشاء | پنجه دهی و ساقه کشی | آبستنی و خوشه دهی | گلدهی | رسیدن |
| آستارا | ۳۱ اردیبهشت نشاء لغایت ۱۲ خرداد = ۱۳ روز | ۳۱ اردیبهشت نشاء لغایت ۱۲ خرداد = ۱۳ روز | ۱۳ خرداد لغایت ۱۴ تیر = ۳۳ روز | ۱۵ تیر لغایت ۵ مرداد = ۲۲ روز | ۶ تغایت ۱۰ مرداد = ۵ روز | ۱۱ مرداد لغایت ۲ شهریور = ۲۳ روز |
| انزلی | ۲۲ اسفند نشاء لغایت ۷ فروردین = ۱۶ روز | ۲۲ اسفند نشاء لغایت ۷ فروردین = ۱۶ روز | ۸ فروردین نشاء لغایت ۱۱ اردیبهشت = ۲۵ روز | ۱۲ اردیبهشت نشاء لغایت ۲ خرداد = ۲۲ روز | ۳ لغایت ۷ خرداد = ۵ روز | ۸ خرداد لغایت ۲۸ خرداد = ۲۱ روز |
| رشت | ۲۹ اردیبهشت نشاء لغایت ۱۲ خرداد = ۱۲ روز | ۲۹ اردیبهشت نشاء لغایت ۱۲ خرداد = ۱۲ روز | ۱۰ خرداد نشاء لغایت ۱۳ تیر = ۳۴ روز | ۱۴ تیر لغایت ۵ مرداد = ۲۳ روز | ۶ لغایت ۱۱ مرداد = ۶ روز | مرداد نشاء لغایت ۷ شهریور = ۲۷ روز |
| رامسر | ۲۹ اردیبهشت نشاء لغایت ۱۶ خرداد = ۱۶ روز | ۲۹ اردیبهشت نشاء لغایت ۱۶ خرداد = ۱۶ روز | ۱۴ خرداد لغایت ۱۷ تیر = ۳۵ روز | ۱۸ تیر لغایت ۹ مرداد = ۲۳ روز | ۱۰ لغایت ۱۴ مرداد = ۵ روز | ۱۵ مرداد لغایت ۷ شهریور = ۲۴ روز |

| ت | ت | ت | ت | ت | ت | ت |
|-------------|--------------------------------------|---|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------|
| نوشهر | ۲۱ اردیبهشت ۵ خرداد=۱۶ روز | ۲۱ تیر لغایت ۶ خرداد تا ۹ تیر=۳۵ روز | ۱۰ تیر لغایت ۱ مرداد=۲۳ روز | ۲ لغایت ۶ مرداد=۵ روز | ۷ لغایت ۲۹ مرداد=۲۳ | ۱۰ ۲ |
| قائم شهر | ۲۰ اردیبهشت لغایت ۱۳ خرداد=۱۳ روز | ۲ خرداد تا ۲ تیر=۳۲ روز | ۳ تا ۲۴ تیر=۲۲ روز | ۲۵ تا ۲۹ تیر=۵ روز | ۳۰ تیر تا ۱۸ مرداد=۲۰ روز | ۹۲ |
| بابلسر | ۲۱ اردیبهشت ۳ خرداد=۱۴ روز | ۴ خرداد تا ۵ خرداد=۳۳ روز | ۶ لغایت ۲۷ تیر=۲۲ روز | ۱ تیر مرداد=۵ روز | ۲ مرداد لغایت ۲۲ مرداد ۲۱=۵ | ۹۵ |
| گرگان | ۲۱ تیر | ۲۱ لغایت ۳۰ تیر ۱۰=۱۰ روز | ۲۸ مرداد لغایت ۱۶ شهریور=۲۰ روز | ۱۷ لغایت ۲۰ شهریور=۴ روز | ۲۱ شهریور لغایت ۶ مهر=۱۷ | ۷۹ |



شکل (۹): زمان لازم برای مراحل مختلف رشد گیاه در مناطق مختلف محدوده مورد مطالعه

با در دست داشتن اطلاعات وضعیت فعلی تقویم زراعی کشت برنج برای بررسی شرایط محیطی جهت تکمیل دوره فنولوژیکی گیاه در دوره های آتی به کمک مدل LARS – WG اقدام به شبیه سازی داده های هواشناسی برای دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ میلادی گردید. در این شبیه سازی نخست بر مبنای داده های روزانه اخذ شده برای دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) برای تمام ایستگاه های مورد مطالعه مدل کالیبره گردید. در این بررسی با استفاده از محاسبه ضریب تعیین R^2 و شاخص های خطاسنجی میانگین مجذور مربعات خطا RMSE، میانگین خطای مطلق MAE، و سایر شاخص اقدام به ارزیابی داده های خروجی مدل گردید. نتایج به شرح جدول (۹) بوده است. همانگونه که مشاهده می شود. با توجه به محاسبات خطای مدل و میزان ضریب همبستگی و ضریب تعیین حاصل شده، مدل در مرحله کالیبراسیون جهت شبیه سازی داده های مربوط به دماهای کمینه و بیشینه و تابش (ساعات آفتابی) از قابلیت قابل قبولی برخوردار است. و سپس با اتکاء به نتایج به دست آمده در مرحله کالیبراسیون و بر اساس سناریو اقلیمی IPCC 4(CMP3) و با اجرای مدل اقلیم جهانی HadCM 3 تحت سناریوی A_2 داده های روزانه شامل دمای کمینه، بیشینه، بارش و ساعات آفتابی برای همه ایستگاه ها در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ شبیه سازی گردید با توجه به نتایج مورد اشاره برای هریک از ایستگاه ها مجدداً زمان عبور دمای پایه ۱۵ درجه سانتی گراد برای هریک از ایستگاه ها تعیین گردید. با به دست آمدن زمان مورد اشاره، تاریخ مناسب کشت در شرایط شبیه سازی شده برای هریک از ایستگاه مشخص و اختلاف

زمانی کشت در دو شرایط فعلی و شبیه سازی شده جهت هریک از ایستگاه ها به دست آمد. با داشتن تاریخ مناسب کشت در شرایط شبیه سازی شده، و شرایط دمائی در دوره مورد نظر تقویم زراعی مناسب برای کشت برنج در شرایط شبیه سازی شده بر پایه محاسبه درجه روزهای قابل دریافت در هریک از ایستگاه ها محاسبه و نهایتاً تاریخ ورود گیاه در هر مرحله حیاتی و تکمیل دوره رشد مرحله مذکور و ورود به مرحله بعدی تعیین و نهایتاً طول مدت لازم برای سپری نمودن کل دوره کشت با تجمیع زمان های لازم در همه فاز های حیاتی گیاه برای کلیه ایستگاه های منطقه مورد مطالعه تعیین گردید.

جدول (۹). ارزیابی مدل در شبیه سازی دما-بارش - تابش

| ایستگاه | پارامتر | MAD | MSE | RMSE | MAPE | R(xy) | $R^2(x,y)$ | ایستگاه | پارامتر | MAD | MSE | RMSE | MAPE | R(xy) | $R^2(x,y)$ |
|---------|-------------|---------------|---------|--------|--------|--------|------------|-------------------|---------|---------|--------|-------|--------|--------|------------|
| آستارا | بارش | ۸/۶۸۱ | ۱۳۸/۱۱۷ | ۱۱/۷۵۲ | ۹/۶۳۱ | ۰/۹۸ | ۰/۹۵۸۲ | بارش | ۱۰/۲۵۶ | ۳۲۲/۷۰۳ | ۱۲/۹۲۳ | ۹/۸۶۲ | ۰/۹۸ | ۰/۹۶۶۴ | |
| | دمای کمینه | ۰/۱۳۳ | ۰/۰۲۶ | ۰/۱۶۱ | ۲/۱۳۳ | ۱/۰۰ | ۰/۹۹۹۵ | دمای کمینه | ۰/۱۳۳ | ۰/۰۲۷ | ۰/۱۶۵ | ۱/۸۳۵ | ۱/۰۰ | ۰/۹۹۹۴ | |
| | دمای بیشینه | ۰/۱۱۷ | ۰/۰۲۳ | ۰/۱۵۱ | ۰/۶۲۶ | ۱/۰۰ | ۰/۹۹۹۷ | دمای بیشینه | ۰/۱۸۱ | ۰/۰۴۷ | ۰/۲۱۷ | ۱/۰۹۱ | ۱/۰۰ | ۰/۹۹۹۵ | |
| انزلی | تابش | ۰/۱۴۷ | ۰/۰۳۳ | ۰/۱۸۱ | ۲/۸۱۰ | ۱/۰۰ | ۰/۹۹۲۳ | تابش | ۰/۱۹۶ | ۰/۰۵۸ | ۰/۲۴۱ | ۳/۸۴۰ | ۰/۹۸ | ۰/۹۵۵۳ | |
| | بارش | ۱۴/۸۰۸۵۳۵/۴۱۳ | ۳۳/۱۳۹ | ۱۲/۸۰۱ | ۰/۹۴ | ۰/۸۸۰۹ | بارش | ۶/۶۴۳ | ۶۹/۰۹۹ | ۸/۳۱۳ | ۱۲/۰۴۳ | ۰/۹۵ | ۰/۹۰۳۰ | | |
| | دمای کمینه | ۰/۱۵۲ | ۰/۰۳۳ | ۰/۱۸۱ | ۱/۹۳۹ | ۱/۰۰ | ۰/۹۹۹۲ | دمای کمینه قائم | ۰/۱۸۲ | ۰/۰۵۴ | ۰/۲۳۳ | ۲/۳۱۵ | ۱/۰۰ | ۰/۹۹۹۴ | |
| رشت | دمای بیشینه | ۰/۲۹۷ | ۰/۱۱۳ | ۰/۳۳۶ | ۱/۶۰۲ | ۱/۰۰ | ۰/۹۹۹۱ | دمای بیشینه شهر | ۰/۲۸۷ | ۰/۱۱۶ | ۰/۳۴۱ | ۱/۴۲۵ | ۱/۰۰ | ۰/۹۹۸۳ | |
| | تابش | ۰/۳۷۲ | ۰/۲۱۶ | ۰/۴۶۴ | ۷/۴۴۹ | ۰/۹۹ | ۰/۹۷۸۶ | تابش | ۰/۱۵۷ | ۰/۰۵۵ | ۰/۲۳۴ | ۲/۸۶۹ | ۰/۹۷ | ۰/۹۴۳۴ | |
| | بارش | ۲۰/۸۲۸۶۷۵/۰۲۳ | ۲۵/۹۸۱ | ۲۵/۵۰۶ | ۰/۹۷ | ۰/۹۲۸۴ | بارش | ۶/۴۳۳ | ۷۳/۴۷۳ | ۸/۵۷۲ | ۹/۲۵۳ | ۰/۹۸ | ۰/۹۶۴۲ | | |
| مرگان | دمای کمینه | ۰/۲۰۵ | ۰/۰۵۹ | ۰/۲۴۳ | ۳/۹۲۴ | ۱/۰۰ | ۰/۹۹۸۵ | دمای کمینه بابلسر | ۰/۱۸۲ | ۰/۰۴۳ | ۰/۲۰۶ | ۲/۴۳۸ | ۱/۰۰ | ۰/۹۹۹۴ | |
| | دمای بیشینه | ۰/۲۱۰ | ۰/۰۷۳ | ۰/۲۷۰ | ۱/۳۰۲ | ۱/۰۰ | ۰/۹۹۹۹ | دمای بیشینه | ۰/۱۵۵ | ۰/۰۳۶ | ۰/۱۹۰ | ۰/۸۱۲ | ۱/۰۰ | ۰/۹۹۹۴ | |
| | تابش | ۰/۴۴۳ | ۰/۲۳۵ | ۰/۴۸۵ | ۱۱/۲۸۷ | ۰/۹۹ | ۰/۹۴۸۲ | تابش | ۰/۱۵۸ | ۰/۰۳۷ | ۰/۱۹۳ | ۳/۰۱۶ | ۰/۹۹ | ۰/۹۸۵۸ | |
| رامسر | بارش | ۱۲/۹۸۸۳۴۹/۷۴۰ | ۱۸/۷۰۱ | ۱۸/۳۱۰ | ۰/۹۷ | ۰/۹۳۰۴ | بارش | ۸/۲۱۲ | ۱۰۷/۶۲۶ | ۱۰/۳۷۴ | ۲۰/۲۸۰ | ۰/۹۲ | ۰/۹۹۸۱ | | |
| | دمای کمینه | ۰/۱۳۳ | ۰/۰۲۴ | ۰/۱۵۴ | ۲/۱۹۳ | ۱/۰۰ | ۰/۹۹۹۵ | دمای کمینه | ۰/۱۵۸ | ۰/۰۴۲ | ۰/۲۰۴ | ۱/۸۶۵ | ۱/۰۰ | ۰/۹۹۹۲ | |
| | دمای بیشینه | ۰/۱۹۸ | ۰/۰۵۳ | ۰/۲۲۹ | ۱/۲۰ | ۱/۰۰ | ۰/۹۹۹۳ | دمای بیشینه | ۰/۲۱۰ | ۰/۰۵۹ | ۰/۲۴۳ | ۱/۰۲۱ | ۱/۰۰ | ۰/۹۹۹۶ | |
| | تابش | ۰/۱۹۶ | ۰/۰۶۱ | ۰/۲۴۶ | ۴/۵۰۱ | ۰/۹۹ | ۰/۹۷۰۲ | تابش | ۰/۱۷۳ | ۰/۰۶۰ | ۰/۲۴۵ | ۳/۲۹۲ | ۰/۹۷ | ۰/۹۹۹۶ | |



شکل (۱۰): نمودار مقایسه رسیدن دمای کمینه ایستگاه ها به دمای پایه در شرایط فعلی و دوره شبیه سازی شده مدل و شیفت رسیدن به دمای پایه به سمت بهار و زمستان در دوره شبیه سازی

جدول (۱۰): مراحل فنولوژی گیاه برنج در منطقه مورد مطالعه در دوره شبیه سازی شده ۲۰۴۶-۲۰۶۵

| مراحل فنولوژی گیاه برنج در منطقه مورد مطالعه در دوره شبیه سازی شده ۲۰۴۶-۲۰۶۵ | | | | | | | نام ایستگاه |
|--|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--|---|---|-------------|
| جمع (روز) | رسیدن | گلدهی | آبستنی و خوشه دهی | پنجه دهی و ساقه کشی | پاگیری نشاء | شروع نشاء | |
| ۸۴ | ۱۸ تیر لغایت شهریور ور = ۱۵ روز | ۱۷ لغایت ۱۴ تیر ۴ روز | ۲۶ خرداد لغایت ۱۳ تیر ۱۹ روز | ۲۶ اردیبهشت لغایت ۲۵ خرداد ۳۱ روز | ۱۱ اردیبهشت لغایت ۲۵ اردیبهشت ۱۵ روز | ۱۱ اردیبهشت لغایت ۲۵ اردیبهشت ۱۵ روز | آستارا |
| ۸۷ | ۶ لغایت ۲۱ خرداد = ۱۶ روز | ۲ خرداد لغایت ۵ خرداد = ۴ روز | ۱۳ فروردین لغایت ۱ خرداد = ۲۰ روز | ۱۲ اسفند لغایت ۱۲ فروردین = ۳۱ روز | ۲۶ بهمن لغایت ۱۱ اسفند = ۱۶ روز | ۲۶ بهمن لغایت ۱۱ اسفند = ۱۶ روز | انزلی |
| ۷۶ | ۱۶ لغایت ۳۰ تیر = ۱۵ روز | ۱۲ لغایت ۱۵ تیر ۴ روز | ۲۴ خرداد لغایت ۱۱ تیر ۱۹ روز | ۲۷ فروردین لغایت ۲۳ خرداد = ۲۸ روز | ۱۷ لغایت ۲۶ فروردین = ۱۰ روز | ۱۷ فروردین لغایت ۲۶ فروردین = ۱۰ روز | رشت |
| ۸۵ | ۲۱ تیر لغایت ۵ مرداد = ۱۶ روز | ۱۷ لغایت ۲۰ تیر ۴ روز | ۲۹ خرداد لغایت ۱۶ تیر ۱۹ روز | ۲۷ اردیبهشت لغایت ۲۸ خرداد = ۳۲ روز | ۱۳ لغایت ۲۶ اردیبهشت = ۱۴ روز | ۱۳ لغایت ۲۶ اردیبهشت = ۱۴ روز | رامسر |
| ۹۵ | ۲۹ تیر لغایت ۱۸ مرداد = ۲۱ روز | ۲۴ لغایت ۲۸ تیر ۵ روز | ۴ لغایت ۲۳ تیر = ۲۰ روز | ۱ خرداد تا ۳۴ تیر = ۳۴ روز | ۱۷ اردیبهشت لغایت ۳۱ اردیبهشت = ۱۵ روز | ۱۷ اردیبهشت لغایت ۳۱ اردیبهشت = ۱۵ روز | نوشهر |
| ۸۲ | ۶ تیر لغایت ۲۱ تیر = ۱۶ روز | ۵ تا ۱۳ تیر = ۹ روز | ۲۱ خرداد لغایت ۹ تیر = ۲۰ روز | ۲۱ اردیبهشت لغایت ۲۰ خرداد = ۳۱ روز | ۱۰ لغایت ۲۰ اردیبهشت = ۱۱ روز | ۱۰ لغایت ۲۰ اردیبهشت = ۱۱ روز | قائم شهر |
| ۸۷ | ۲۰ تیر لغایت ۵ مرداد = ۱۷ روز | ۱۶ لغایت ۱۹ تیر ۴ روز | ۲۷ خرداد لغایت ۲۰ تیر = ۲۰ روز | ۲۵ اردیبهشت تا ۲۶ خرداد = ۳۲ روز | ۱۱ لغایت ۲۴ اردیبهشت = ۱۴ روز | ۱۱ لغایت ۲۴ اردیبهشت = ۱۴ روز | بابلسر |
| ۷۴ | ۲۰ تیر لغایت ۲ مرداد = ۱۴ روز | ۱۶ لغایت ۱۹ تیر ۴ روز | ۲۹ خرداد لغایت ۱۵ تیر = ۱۸ روز | ۱۵ اردیبهشت لغایت ۱۱ خرداد = ۲۸ روز | ۵ لغایت ۱۴ اردیبهشت = ۱۰ روز | ۵ لغایت ۱۴ اردیبهشت = ۱۰ روز | گرگان |

جدول (۱۱): مقایسه تاریخ شروع و دوره رشد برنج در دوره فعلی و دوره شبیه سازی شده (۲۰۶۵-۲۰۴۶ میلادی)

| مراحل رشد | شروع نشاء | | پاگیری نشاء | | پنجه دهی و ساقه کشی | | آبستنی | | گلدهی | | رسیدن | | کل | |
|-----------|----------------|-------------|----------------|-----------|---------------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|-----|----|
| | دوره شبیه سازی | دوره فعلی | دوره شبیه سازی | دوره فعلی | دوره شبیه سازی | دوره فعلی | دوره شبیه سازی | دوره فعلی | دوره شبیه سازی | دوره فعلی | دوره شبیه سازی | دوره فعلی | | |
| استارا | اردیبهشت ۳۱ | اردیبهشت ۱۱ | ۱۳ | ۱۵ | ۳۳ | ۳۱ | ۲۲ | ۱۹ | ۵ | ۴ | ۲۳ | ۱۵ | ۹۶ | ۸۴ |
| انزلی | اسفند ۲۲ | بهمن ۲۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۳۵ | ۳۱ | ۲۲ | ۲۰ | ۵ | ۴ | ۲۱ | ۱۶ | ۹۹ | ۸۷ |
| رشت | اردیبهشت ۲۹ | اردیبهشت ۱۷ | ۱۲ | ۱۰ | ۳۴ | ۲۸ | ۲۳ | ۱۹ | ۶ | ۴ | ۲۷ | ۱۵ | ۱۰۲ | ۷۶ |
| رامسر | اردیبهشت ۲۹ | اردیبهشت ۱۳ | ۱۶ | ۱۴ | ۳۵ | ۳۲ | ۲۳ | ۱۹ | ۵ | ۴ | ۲۴ | ۱۶ | ۱۰۳ | ۸۵ |
| نوشهر | اردیبهشت ۲۱ | اردیبهشت ۱۷ | ۱۶ | ۱۵ | ۳۵ | ۳۴ | ۲۳ | ۲۰ | ۵ | ۵ | ۲۳ | ۲۱ | ۱۰۲ | ۹۵ |
| قائم شهر | اردیبهشت ۲۰ | اردیبهشت ۱۰ | ۱۳ | ۱۱ | ۳۲ | ۳۱ | ۲۲ | ۲۰ | ۵ | ۴ | ۲۰ | ۱۶ | ۹۲ | ۸۲ |
| بابلسر | اردیبهشت ۲۱ | اردیبهشت ۱۱ | ۱۴ | ۱۴ | ۳۳ | ۳۲ | ۲۲ | ۲۰ | ۵ | ۴ | ۲۱ | ۱۷ | ۹۵ | ۸۷ |
| گرگان | ۲۰ تیر | اردیبهشت ۵ | ۱۰ | ۱۰ | ۲۸ | ۲۸ | ۲۰ | ۱۸ | ۵ | ۴ | ۱۷ | ۱۴ | ۷۹ | ۷۴ |

بررسی رفتارهای اقلیمی منطقه نشان می دهد که درجه حرارت منطقه در حال افزایش می باشد. افزایش دما در کنار همه مسائل و پیامدهای اقلیمی به طور محسوس در رفتار گیاهان از جمله گیاه و کشت غالب منطقه یعنی برنج تاثیر گذار بوده و شرایط جدیدی را فعالیت های زیستی این گیاه ایجاد نموده و این روند به گواه داده های شبیه سازی شده در دوره های آبی و علی الخصوص در دوره شاخص مورد مطالعه (۲۰۶۵-۲۰۴۶ میلادی) تاثیرات زیادی را بر میزان درجه حرارت دریافتی ایجاد خواهد نمود. شرایط دمایی لازم برای شروع کشت این محصول در شرایط حاضر در دو استان گیلان و مازندران با اندک تغییراتی در اردیبهشت ماه (بجز دو ایستگاه انزلی و گرگان) فراهم می باشد و کشاورزان این مناطق در صورت فراهم بودن سایر نهاده های لازم می توانند به تناسب منطقه از هفته های انتهایی اردیبهشت ماه به انتقال نشاء از خزانه به زمین اصلی مبادرت نمایند. زودترین زمان ممکن در ایستگاه انزلی در تاریخ یک هفته مانده به پایان سال شمسی یعنی در تاریخ ۲۲ اسفند و دیرترین آن در ایستگاه گرگان در تاریخ ۲۰ تیر فراهم می باشد. مدت زمان لازم برای تکمیل دوره رشد نیز در ایستگاه های مختلف دارای تغییراتی قابل توجه می باشد. طولانی ترین دوره کشت برنج مربوط به ایستگاه رامسر با ۱۰۳ روز و کوتاه ترین آن با ۷۹ روز مربوط به ایستگاه گرگان می باشد. به گواه بررسی های انجام شده شرایط دمایی مناطق مذکور به خصوص در تامین دماهای حدی و آستانه های حرارتی گیاه برنج در حال شیفت دادن به سمت روزهای ابتدایی بهار و پایانی زمستان است. این میزان حرکت به سمت روزهای ابتدایی سال شمسی و یا روزهای پایانی قبل از شروع سال شمسی در همه منطقه یکسان نبوده و با تفاوتی همراه می باشد. بیشترین تغییرات دمایی در دوره آبی مربوط به ایستگاه گرگان می باشد که فصل مناسب کشت از ۲۰ تیر با ۷۷ روز جابجائی به ۵ اردیبهشت شیفت خواهد داشت. کمترین میزان تغییر تاریخ کشت مربوط به ایستگاه نوشهر با ۵ روز جابجائی از ۲۱ به ۱۷ اردیبهشت شیفت خواهد نمود. طول دوره رشد در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی و مرحله رسیدن دستخوش تغییر شده و عموماً کاهش خواهند یافت. کاهش های رخ داده در هر یک از مراحل مختلف رشد گیاه نهایتاً طول دوره حیات گیاه را کوتاه خواهد نمود. یعنی به نوعی طول دوره زراعت این گیاه در دوره های آبی کوتاه خواهد شد. این کوتاه شدن به تناسب منطقه با تغییراتی همراه می باشد. بیشترین میزان کوتاه شدن دوره رشد گیاه از مرحله نشاء در مزرعه تا مرحله

رسیدگی کامل مربوط به ایستگاه رامسر با ۲۸ روز و کمترین آن مربوط به ایستگاه گرگان با ۵ روز کوتاه شدن دوره رشد همراه می باشد.

نتیجه گیری

نتایج تحقیق نشان می دهد که ما در منطقه مورد مطالعه شاهد گذارتدریجی و بطئی شرایط مناسب کشت برنج به سمت روزهای ابتدائی سال و حتی به سمت زمستان می باشیم . این شیفت فصل زراعی در کنار کوتاه شدن دوره رشد می تواند هم یک تهدید و هم یک فرصت برای مدیریت شرایط مورد نظر تلقی گردد. تهدید به لحاظ مشکلات ناشی از همزمانی آن با شرایط کم بارشی ماههای اولیه سال است. و این امر نیاز به ذخیره سازی آب و ایجاد زیرساخت های لازم برای کنترل و مهار و ذخیره آب ناشی از بارش های پائیزی و زمستانی به روشنی نشان می دهد به نحوی که بتواند در فصل کوتاه زراعی، پایداری تامین منابع آبی در در این مناطق را در طول دوره رشد تضمین نماید. شرایط جدید اقلیمی همراه با شرایط جدید بارش و بخصوص بارش های بهنگام با زمان کشت را به دنبال خواهد داشت. این بارش ها هرچند در سراسر محدوده مورد مطالعه از الگوی ثابتی پیروی نمی کنند ولی عموماً بی نظمی های در الگوی فعلی ایجاد خواهند نمود که امکان دریافت بارش های بهنگام را تردید های جدی مواجه می نماید. بررسی نحوه پراکنش بارش ها در بیشتر ایستگاه ها نشان می دهد که الگوی بارش ها به ماههای بهد از دوره کشت شیفت پیدا خواهند نمود یعنی به نوعی در خلاف جهت حرکت تقویم زراعی و این امر با توجه به افزایش شدت تابش و طبیعتاً افزونی سرعت تبخیر، مدیریت منابع آب مورد نیاز برای کشت را پیچیده تر خواهد نمود. از زاویه فرصت به این شرایط بدین گونه می توان نگریست که به واسطه کوتاه شدن طول دوره کشت ، سطوح شالیزار های استان مدت کوتاه تری در زیر کشت اول باقی خواهند نمود و مجال بیشتری برای برنامه ریزان و کشاورزان برای کشت دوم خواهد بود که هم به تولید بیشتر و هم به تقویت بنیه اقتصادی خانوارهای روستائی کمک خواهد نمود.

منابع

- اخگری، حسن. (۱۳۸۳). **برنج**. سازمان چاپ دانشگاه آزاد اسلامی.
- امیری لاریجانی، بهمن. (۱۳۸۹). **راهنمای برنج**، نشر آموزش کشاورزی.
- رضانی، بهمن. (۱۳۷۶). **مقدمه ای بر آب و هواشناسی کشاورزی**، چاپ آینده.
- سادات آشفته، پریسا. (۱۳۹۳). **تغییر اقلیم و آب: ابزارها و رویکردها**، انتشارات جاودان خرد.
- سلیمانی نناگانی، مجید؛ پارسی نژاد، مسعود؛ عراقی نژاد، شهاب؛ مساح بوانی، علیرضا. (۱۳۹۱). **بررسی تغییر اقلیم و تاثیر آن بر زمان کاشت، طول دوره رشد و نیاز آبی گندم زمستانه (مطالعه موردی: بهشهر)**، پژوهش آب ایران، ۶(۱۰): ۲۰-۱۱
- شمسی پور، علی اکبر. (۱۳۹۲). **مدل سازی آب و هوایی نظریه و روش**، ۱ انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، ص ۱۲۶.
- علیزاده، امین. (۱۳۸۹). **اقلیم و هواشناسی کشاورزی**. انتشارات آستان قدس رضوی (شرکت به نشر)، چاپ اول، ص ۶۵.

فرج زاده، منوچهر. (۱۳۹۲). **مخاطرات اقلیمی ایران**، انتشارات سمت، چاپ اول، ص ۱۶۵.

فلاح قاهره، غلامعباس. (۱۳۹۳). **ریزمقیاس نمایی آماری داده های اقلیمی**، انتشارات سخن گستر.

قاسم، عزیزی. (۱۳۸۳). **تغییر اقلیم**، نشر قومس.

قربانی، خلیل؛ ذاکری نیا، مهدی؛ هزارجریبی؛ ابوطالب. (۱۳۹۲). **بررسی اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی سویا در منطقه گرگان**، هواشناسی کشاورزی، ۲(۱): ۶۰-۷۲.

گودرزی، مسعود؛ حسینی، سید اسعد؛ مسگری، ابراهیم؛ چوبه، سپیده. (۱۳۹۶). **مدل های هیدرولوژیکی**، انتشارات آذر کلک.

گودرزی، مسعود؛ حسینی، سید اسعد؛ مسگری، ابراهیم. (۱۳۹۵). **مدل های آب و هواشناسی**، انتشارات آذر کلک.

محمدی، حسین؛ ربانی، فاطمه؛ امیری، ابراهیم. (۱۳۹۵). **تغییر اقلیم و مدل های اقلیمی**، ۱(۱): ۱۱۰-۱۴۴.

مرادی، روح الله؛ کوچکی، علیرضا؛ نصیری محلاتی، مهدی. (۱۳۹۲). **تاثیر تغییر اقلیم بر تولید ذرت و ارزیابی تغییر تاریخ کاشت بعنوان راهکار سازگاری در شرائط آب و هوایی مشهد**، دانش کشاورزی و تولید. ۲۳ (۴): ۱۳۰-۱۱۳.

مشکوتی، امیر حسین. (۱۳۹۴). **کاربرد مدل های آماری در ارزیابی تغییر اقلیم و آثار آن**.

Eyindeo, E; Ojehomon, V; Daramola, F & Falaki, A. (2013); **Evaluation of the effects of climate change on rice production in niger state nigeria**, Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management, 6(1):763-773.

Keo, S. (2015); **Impact Of Climate Change On Agriculture Production In North-West Cambodia**, Conference On International Research On Food Security, Natural Resource Management And Rural Development, 1(1):1-4.

Mahato, A. (2014); **Climate Change and Its Impact On Agriculture**, International Journal Of Scientific And Research Publications, 4(4):1-6

Osman, Y; Al-Ansari, N; Abdellatif, M; Al-Jawad, S & Knutsson, S. (2014); **Expected Future Precipitation In Central Iraq Using LARS-WG Stochastic Weather Generator**, Scientific Research Journal, 6(1):948-959.

Rabbani, F; Mohammadi, H & Mohammadi, S. (2016); **Simulation Of Global Warming Effect On Irrigated Rice Phenology In The Major Rice Production Region Of Iran, Rasht**, Climate Change Journal, 2(7):212-222.

Saseendran, A; Singh, K; Rathore, L; Singh, V & Sinha, K. (2000); **Effects of climate change on rice production in the thropical humid climate of Kerala, India**, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi, India, 44(1): 495-514.