

پهنه‌بندی آسیب سرمازدگی اراضی شالیزاری استان گیلان در مراحل مختلف رشد گیاه برنج با استفاده از سنجش از دور

محمدعلی نیک‌پی^۱، مهدی همایی^{۲*}، علی‌اکبر نوروزی^۳ و صفورا اسدی کپورچال^۴

^۱گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

^۲گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

^۳گروه مدیریت آبخیز، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج، تهران، ایران.

^۴گروه علوم خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

*نویسنده مسئول: mhomaee@modares.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۱۷

نیک‌پی، م. ع.، م. همایی، ع. ا. نوروزی و ص. اسدی کپورچال. ۱۳۹۸. پهنه‌بندی آسیب سرمازدگی اراضی شالیزاری استان گیلان در مراحل مختلف رشد گیاه برنج با استفاده از سنجش از دور. مجله کشاورزی بوم‌شناختی. ۹ (۱): ۱۱۶-۱۰۲.

سابقه و هدف: از دست رفتن محصول در نتیجه عوامل خسارت‌زای قهری طبیعی وارده و اثر نامطلوب آن در میزان تولید یکی از موارد مورد توجه در کشاورزی می‌باشد. تنش‌های محیطی به‌ویژه تنش سرما و سرمازدگی ویژگی‌های مورفولوژی و فیزیولوژی گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد. شناسایی و تعیین توزیع مکانی شالیزارهای تحت تنش آسیب سرمازدگی برای ارزیابی امنیت غذایی و بهبود مدیریت کشت و کار اهمیت فراوانی دارد. پژوهش حاضر با هدف تهیه پهنه‌های سرمازدگی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص درجه حرارت روز سرما (CDD) به منظور ارزیابی شدت آسیب سرمازدگی در مراحل مختلف رشد گیاه برنج انجام شد.

مواد و روش‌ها: در پژوهش حاضر از داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک شهر کاشهر استفاده شد. داده‌های اندازه‌گیری شده شامل دمای بیشینه، کمینه و میانگین روزانه هوا، به ترتیب T_{max} ، T_{min} ، T_{avg} بود. ۱۸۰ تصویر با کد MOD11A1 مربوط به فصل زراعی ۹۰-۸۹ سال ۲۰۱۱ میلادی، که منطقه گیلان را پوشش می‌دهند از سایت سازمان ملی هوا و فضای آمریکا (ناسا) اخذ شدند. به منظور ایجاد نقشه‌های دمای سطح زمین در شهرستان رشت، محصول دمای سطح زمین مودیس پیش پردازش شد. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص درجه حرارت روز سرما (Cold Degree Day) در سه مرحله فنولوژیک برنج (گیاهچه، تشکیل گل‌آذین-آبستنی، خوشه‌دهی تا گلدهی)، تأثیر آسیب سرمازدگی در مراحل مختلف رشد گیاه برنج در بخشی از اراضی شالیزاری استان گیلان مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج و بحث: شدت آسیب سرمازدگی در مزارع شالیزار در زمان‌هایی از رشد گیاه که دما کمتر از حد بحرانی بوده، برآورد گردید. نتایج نشان داد میزان شاخص درجه حرارت روز سرما (CDD) در مرحله گیاهچه‌ای ۸/۷، در مرحله تشکیل گل‌آذین-آبستنی ۳/۱ و در مرحله خوشه‌دهی تا گلدهی ۱۱ درجه روز می‌باشد. همچنین، بررسی روند پهنه‌های سرمازدگی نشان داد که اراضی شالیزار کوچصفهان، لشت‌نشا و خشک‌بیجار به دلیل آسیب سرمازدگی شدید طی دوره رشد گیاه برنج تحت بیشترین خسارت بر رشد و عملکرد قرار دارند. پهنه‌های با پیکسل‌های تیره (دمای کمتر از آستانه دمایی برای رشد) در مرحله گل‌آذین-آبستنی نسبت به دیگر مراحل رشد، بیشتر در معرض آسیب سرمازدگی بودند. همچنین بر پایه نتایج به‌دست آمده، ادغام داده‌های سنجش از دور با اطلاعات زمینی تحت یک الگوی بهبود یافته جهت تفسیر داده‌های ماهواره‌ای برای مناطقی که داده‌های زمینی کم و غیر قابل دسترس است، بسیار مناسب می‌باشد. این روش از قابلیت خوبی

در تعیین ریسک کشت برنج در سطح شالیزارها و در زمان‌های مختلف سال برخوردار بوده و با استفاده از آن می‌توان قابلیت شالیزارها را برای کشت دوم تعیین کرد.

نتیجه‌گیری: آگاهی از توزیع مکانی و زمانی دمای اراضی شالیزار برای تعیین بیلان انرژی، مطالعات هواشناسی و شناسایی شالیزارهای تحت تنش‌های دمایی ضروری است. بر اساس نتایج به‌دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای در بررسی تنش‌های دمایی موفق بوده و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، می‌توان تنش‌های دمایی (سرمازدگی و گرمزدگی) در مراحل رشد گیاه برنج و کاهش عملکرد محصول را مورد بررسی قرار داد. از نتایج حاصل از پیش‌بینی میانگین دمای هوا و پهنه‌بندی خطر سرمازدگی می‌توان در برنامه‌ریزی‌های محیطی همچون کنترل بیماری‌ها و آفات، مدیریت بهینه منابع آب، برآورد خسارت وارده بر مزارع و مطالعات زیست محیطی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: برنج، تنش‌های دمایی، سنجش از دور، شاخص درجه حرارت روز سرما.

مقدمه

امروزه، یکی از موارد مورد توجه در کشاورزی از دست رفتن محصول در نتیجه عوامل خسارت‌زای قه‌ری طبیعی وارده و اثر نامطلوب آن در میزان تولید و نرسیدن به میزان تقاضای جامعه برای غذا می‌باشد. برنج یکی از مهم‌ترین محصولات غذایی در جهان می‌باشد که سالانه بیش از ۴۸۰ میلیون تن در اراضی شالیزاری جهان تولید می‌شود (Barlow *et al.*, 2015). برنج با مصرف سرانه ۳۸ تا ۴۰ کیلوگرم، بعد از گندم دومین غله مهم خوراکی کشور می‌باشد (Sadooghi *et al.*, 2016). برنج گیاهی حساس به سرما بوده و تنش‌های دمایی از عوامل خسارت‌زای محصول بوده و بر میزان تولید تاثیر می‌گذارد به گونه‌ای که دمای کم سبب کاهش محصول آن می‌شود (Akhil *et al.*, 2008). تنش‌های محیطی به‌ویژه تنش سرما و سرمازدگی ویژگی‌های مورفولوژی و فیزیولوژی گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد. آسیب گیاه برنج از دمای پایین در مناطق گرمسیری و معتدل گزارش شده، که این آسیب یکی از بزرگترین مشکلات تولید برنج در این مناطق محسوب می‌شود (Vergara and Visperas, 1971). کشور-های استرالیا، چین، پاکستان، بنگلادش، نپال، کره جنوبی، ایران، اندونزی، سریلانکا و ایالات متحده خسارت‌های سرمازدگی و گرمزدگی در برنج را گزارش کرده‌اند. بر اساس گزارش مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۵ (Agricultural Statistics, 2016)، سطح زیر کشت برنج در ایران حدود ۵۹۷ هزار هکتار، با متوسط عملکرد ۵/۳۶۶ تن در هکتار و تولید ۳/۲۰۶ میلیون تن در هکتار است. این محصول غذایی بیشتر در شالیزارهای استان‌های گیلان و مازندران کشت می‌شود. با توجه به این که این استان‌ها در عرض جغرافیایی ۳۵° تا ۳۸° شمالی گسترده شده‌اند، جز مناطق معتدل بوده و به همین دلیل

احتمال خسارت‌های سرمازدگی، به‌ویژه برای کشت دوم (رتون)، در آنها وجود دارد. تعیین میزان خسارت وارده به محصول برنج از جهات مختلفی از جمله برای مدیریت میزان تولید محصولات کشاورزی و تعیین خسارت پرداختی بیمه به کشاورزان، دارای اهمیت است. در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۰ به ترتیب ۷۴۷ و ۴۹۵ هکتار از شالیزارهای استان مازندران و گیلان در اثر سرمازدگی خسارت دیدند. Lee (2001) در تحقیقی بیان کرد که دما، تشعشع خورشیدی و آب سه نیاز بحرانی برای رشد برنج است و رشد برنج تحت رژیم‌های مختلف دما بسیار متفاوت بوده و در مرحله رویشی برنج، دمای کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد ارتفاع گیاه، پنجه‌زنی، رشد ریشه و وزن خشک گیاه برنج را کاهش می‌دهد. Joshi *et al.* (2007) بیان کردند زمانی که ریشه و اندام هوایی نهال گیاهان همیشه سبز با تنش سرما مواجه می‌شوند، گیاه دچار تنش آبی شده به گونه‌ای که با کاهش هدایت هیدرولیکی ریشه آغاز و با کاهش شدید در پتانسیل آب و آماس برگ ادامه یافته، روزه‌ها بسته شده و کاهش تعرق سبب کاهش هدایت هیدرولیکی ریشه شده و در نتیجه تنش آبی ناشی از سرمازدگی تشدید می‌شود. اغلب گیاهان حساس به سرما مانند برنج، زمانی که در معرض دمای پایین قرار می‌گیرند، نشانه‌های تنش آبی شامل پتانسیل پایین آب و آماس برگ در آنها ظاهر می‌شود که به عنوان تنش آبی ناشی از سرمازدگی شناخته می‌شود.

اثر تنش سرمازدگی و گرمزدگی بر عملکرد دانه برنج در مراحل مختلف رشد یکسان نمی‌باشد (Shimono *et al.*, 2002). آسیب سرمازدگی در همه مراحل رشد برنج از مرحله گیاهچه‌ای تا مرحله تشکیل گل‌آذین و خوشه‌دهی مشاهده شده است (Shimono, 2011; Yoshida, 1981).

اندازه‌گیری می‌کنند (اندازه‌گیری غیرمستقیم) (Kheirkhah Zarkeshet *et al.*, 2014). در این پژوهش اندازه‌گیری مستقیم عامل آسیب، اندازه‌گیری عامل دما در زمان معین و اندازه‌گیری غیرمستقیم تأثیر عامل آسیب، اندازه‌گیری خسارت وارده به برنج است. نظر به اینکه در صورت اندازه‌گیری خسارت وارده به برنج، نمی‌توان بین عوامل ایجادکننده خسارت و درصد هر کدام از آنها اظهار نظر کرد، بنابراین برای ارزیابی خسارت وارده به برنج ناشی از سرمازدگی، در اینجا هدف اندازه‌گیری مستقیم عامل آسیب، یعنی اندازه‌گیری دمای هوا و پهنه‌بندی اراضی شالیزار تحت تنش سرما در تمام مراحل رشد گیاه برنج است. مطالعات زیادی تأثیر تنش‌های دمایی بر ساختار فیزیولوژیکی و ژنتیکی برنج را در سطوح آزمایشگاهی مورد بررسی قرار دادند، لیکن بررسی توزیع مکانی شالیزارهای تحت تأثیر آسیب سرمازدگی در مراحل مختلف رشد گیاه برنج می‌تواند درکی درست از روند تنش در طول رشد گیاه برنج را ارائه دهد. با توجه به اهمیت موضوع، هدف از پژوهش حاضر تهیه پهنه‌های سرمازدگی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص درجه حرارت روز سرما (CDD) به منظور ارزیابی شدت آسیب سرمازدگی در مراحل مختلف رشد گیاه برنج است.

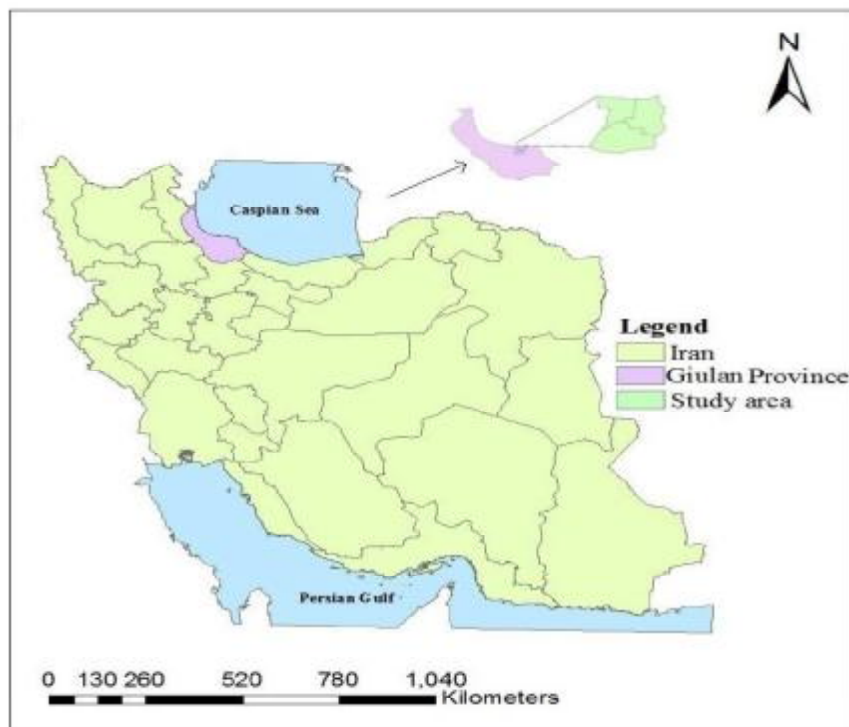
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

به منظور تهیه پهنه‌های سرمازدگی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و ارزیابی قابلیت کاربرد تصاویر ماهواره‌ای در بررسی تنش‌های دمایی، ابتدا شالیزارها شناسایی، ارقام برنج تفکیک و فنولوژی رشد گیاه برنج مشخص گردید. در این پژوهش، شالیزارهای شهرهای لشت نشاء، کوچهصفهان و خشک‌بیجار از توابع شهرستان رشت به صورت مجزا مورد مطالعه قرار گرفتند. شهرستان رشت در ۴۹ درجه و ۵۶ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲۵ دقیقه عرض شمالی قرار دارد.

(Thakur *et al.*, 2010). انواع رایج خسارت سرمازدگی عدم جوانه زنی، تأخیر در پدیدار شدن جوانه، توقف در رشد، رنگ پریدگی برگ، بیرون آمدن ناقص خوشه، تأخیر در گلدهی، عقیمی سنبلچه و بلوغ نامنظم هستند. در میان آنها عقیمی سنبلچه، تأخیر در خوشه دهی یا گلدهی و بلوغ نامنظم در بسیاری از کشورها مشاهده شده و سرما در مرحله جوانه‌زنی سبب کاهش درصد جوانه‌زنی در ارقام مختلف برنج شده است (Maclean *et al.*, 2002). در ایران نیز اهمیت خسارت سرمازدگی برای تمام برنج کاران شمال کشور به عنوان یک مشکل مهم محسوب شده است به‌طوری‌که پهنه‌بندی اراضی شالیزار تحت تنش سرمازدگی به منظور اندازه‌گیری دقیق خسارت‌های وارده به برنج برای شرکت‌های بیمه کشاورزی بسیار مهم می‌باشد. از آنجا که بررسی دقیق خسارت به صورت سنتی و با مراجعه و اندازه‌گیری زمینی بسیار پرهزینه و زمان‌بر است، استفاده از سنجش از دور و داده‌های ماهواره‌ای می‌تواند سازوکاری راه‌گشا برای ارزیابی خسارت قلمداد شود. آگاهی از توزیع مکانی و زمانی دمای سطح زمین برای تعیین بیان انرژی، مطالعات هواشناسی و تبخیر و تعرق ضروری است (Simaie *et al.*, 2013). براساس بررسی‌های صورت گرفته، داده‌های سنجش از دور می‌تواند به طور قابل قبولی پارامترهای هواشناسی را از نظر مکانی و زمانی در اختیار کاربران قرار دهد (Domroes and El-Tantawi, 2005; Wan *et al.*, 2002). با توجه به توانایی سنجش از دور در نقشه‌برداری در هر دو بعد مکان و زمان، استفاده از آن برای ارزیابی آسیب‌های وارده به محصولات کشاورزی بسیار مناسب است. سنجنده MODIS با ۳۶ باند طیفی و قدرت تفکیک زمانی بالا و قدرت تفکیک مکانی مناسب برای پایش محصولات کشاورزی در مقیاس بزرگ بسیار مناسب می‌باشد.

پژوهش‌های مربوط به ارزیابی آسیب محصول با استفاده از سنجش از دور را می‌توان به دو دسته خلاصه کرد: (۱) آن‌هایی که عامل آسیب و خسارت را اندازه‌گیری می‌کنند (اندازه‌گیری مستقیم) و (۲) آن‌هایی که تأثیر عامل آسیب را



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه واقع در استان گیلان.

Fig. 1- The local map of the study area, Gilan province, Iran.

مودیس پیش پردازش شد. ابتدا با استفاده از ابزار Modis Conversation Toolkit باندهای مربوطه (LST_Day_1Km, LST_Night_1Km) از محصول دمای سطح زمین مودیس MOD11A1 در محیط نرم‌افزار ENVI استخراج شد. تصاویر اخذ شده، با استفاده از نرم افزار ENVI، از سیستم سینوسی به سیستم مختصات طول و عرض جغرافیایی تبدیل و به فرمت GeoTIFF، از فرمت‌های استاندارد سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، ذخیره شدند.

شاخص درجه روز سرما (Cold Degree Day)

درجه روز سرما یک شاخص برتر به منظور بررسی تأثیر تنش سرمازدگی بر رشد برنج در مزارع شالیزار توسط Uchijima (1976) معرفی شد. شاخص درجه حرارت روز سرما بیان‌کننده مجموع اختلاف بین تعداد روزهایی که دمای هوا کمتر از دمای پایه در مراحل مختلف رشد برنج است، می‌باشد.

$$CDD_{base} = \sum_{t=1}^N DD_t \quad (1)$$

$$DD = T_{base} - \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \begin{cases} T_{max} = T_{max}, T_{min} = T_{min} & \text{if } T_{max} \leq T_{base}, T_{min} \leq T_{base} \\ T_{max} = T_{base}, T_{min} = T_{base} & \text{if } T_{max} > T_{base}, T_{min} > T_{base} \end{cases} \quad (2)$$

برای مدیریت و ارزیابی خطر سرمازدگی برنج، اطلاعات دما در مراحل مختلف رشد گیاه برنج استخراج و سپس با بررسی دقیق شرایط کشت برنج در شالیزارهای شمال کشور و وضعیت آب و هوا، پهنه‌های خطر سرمازدگی تهیه گردید. در پژوهش حاضر از داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک شهر کیاشهر استفاده شد که این داده‌ها از سازمان هواشناسی کل کشور اخذ شدند. داده‌های اندازه‌گیری شده شامل دمای بیشینه، کمینه و میانگین روزانه هوا، به ترتیب T_{avg} ، T_{min} ، T_{max} برای سال ۲۰۱۱ میلادی از ایستگاه هواشناسی این شهرستان جمع‌آوری شدند.

داده‌های ماهواره‌ای

در مطالعه حاضر، ۱۸۰ تصویر با کد MOD11A1 مربوط به فصل زراعی ۸۹-۹۰ (سال ۲۰۱۱ میلادی)، که منطقه گیلان را پوشش می‌دهند از سایت سازمان ملی هوا و فضای آمریکا (ناسا) اخذ شدند. به منظور ایجاد نقشه‌های دمای سطح زمین در شهرستان رشت، محصول دمای سطح زمین

سرمازدگی بودند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، پیکسل‌های آبی پررنگ و تیره بیشترین افت دما را نسبت به سایر پیکسل‌ها نشان می‌دهند (دمای کمتر از ۱۲ درجه سانتی-گراد). در شالیزارهای منطقه کوچصفهان، لشت نشاء و خشکبیجار در تاریخ ۱۳/۰۲/۱۳۹۰ که گیاهچه‌های برنج در خزانه قرار داشتند، بیشترین پیکسل‌های تیره رنگ که بیان‌کننده افت دما به کمتر از ۱۲ درجه سانتی‌گراد است نشان داده شدند و مشاهده شد که این مدت از تنش موجب خسارت به گیاه برنج در خزانه شده است. بر اساس گزارش Shimono *et al.* (2002) اگر میانگین حداقل دما در زمان جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها طی یک دوره ده روزه کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد باشد، خسارت زیادی به گیاهچه‌ها در خزانه وارد می‌شود و در مرحله جوانه‌زنی باعث کاهش درصد جوانه‌زنی در ارقام مختلف برنج شده و در نتیجه امکان نشاء کاری فراهم نمی‌گردد. مناطق خشکبیجار، کوچصفهان و لشت نشاء در اواخر فروردین ماه و اوایل اردیبهشت ماه، هنگامی که شالیزارها آماده برای نشاء برنج هستند، تحت تنش سرمازدگی بودند (شکل ۲)، افت دما به کمتر از ۱۳ درجه سانتی‌گراد موجب از بین رفتن گیاهچه‌های برنج شد. دمای پایین هوا و آب، دو عامل مؤثر در آسیب‌های سرمایی در زمان نشاء گیاه برنج هستند. مشخص شدن زمان دقیق خزانه‌گیری گیاه برنج و نشاء گیاهچه‌های برنج در زمین اصلی ارتباط مستقیم با شرایط محیطی به ویژه تنش‌های سرمای اوایل بهار دارد. (Hasibi *et al.* (2007) گزارش دادند که سرما در مرحله جوانه‌زنی سبب کاهش درصد جوانه‌زنی در ارقام مختلف برنج می‌شود. همچنین بیان کردند تنش‌های سرمای اوایل بهار در هنگام به جلو آوردن زمان کشت و تهیه زود هنگام خزانه سبب تأخیر در رشد و در نهایت خسارت ناشی از ازدیاد هزینه تهیه خزانه و تولید نشاء و کاهش عملکرد خواهد شد. بر اساس مطالعات مؤسسه تحقیقات برنج کشور، دمای بحرانی برای رشد گیاه برنج در طول مرحله گیاهچه‌ای برنج ۱۳ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید. اگر کاهش دما به کمتر از دمای بحرانی در مرحله گیاهچه‌ای به مدت ۲ روز، ۳-۴ روز و بیش از ۵ روز رخ دهد به ترتیب آسیب سرمازدگی ملایم، متوسط و شدید را موجب می‌شود (Davatgar *et al.*, 2012).

که در آن T_{base} دمای پایه نشان‌دهنده حد بحرانی آسیب سرمازدگی در طول رشد گیاه برنج، DD مجموع اختلاف بین دمای پایه و متوسط دمای هوا، T_{max} دمای بیشینه، T_{min} دمای کمینه، CDD_{base} شاخص درجه حرارت روز سرما، DD_t درجه حرارت روز و N تعداد روز از رشد گیاه برنج است. بر اساس دستورالعمل تهیه شده توسط Davatgar *et al.* (2012) با توجه به درجات مختلف دمایی و آستانه‌های تحمل در دوره رشد از زمان جوانه‌زنی، گیاهچه‌ای، رویشی، زایشی، خوشه‌دهی و گلدهی آستانه‌های دمایی به ترتیب از ۱۰، ۱۳، ۱۵، ۱۷ و ۱۷ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شده است. طبقه‌بندی آستانه‌ها و شدت آن نیز بر اساس میزان فراوانی و طول استقرار دما در روزهای مختلف به‌دست آمده است.

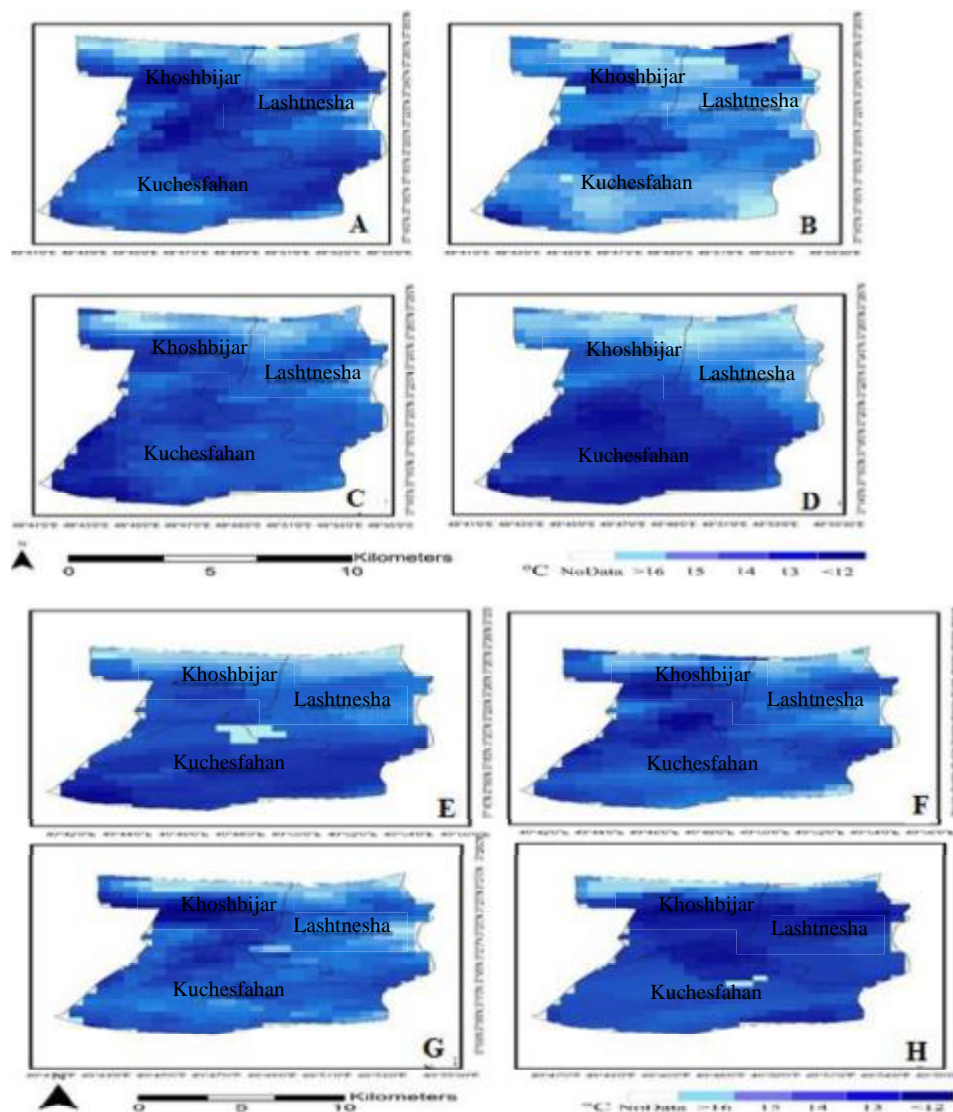
نتایج و بحث

مقدار و شدت آسیب سرمازدگی در تمام مراحل رشد برنج در جدول ۱ آمده است. در واقع شدت آسیب سرمازدگی در مزارع شالیزار در زمان‌هایی از رشد گیاه که دما کمتر از حد بحرانی بوده، برآورد شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با توجه به تکرار و فراوانی بیش از سه روز متوالی آستانه دمایی کمتر از حد مربوطه در دوره رشد در منطقه یک آسیب سرمازدگی شدید در تاریخ‌های ۱۱/۰۲/۱۳۹۰ الی ۱۵/۰۲/۱۳۹۰ و همچنین یک آسیب سرمازدگی متوسط در تاریخ‌های ۰۲/۰۳/۱۳۹۰ الی ۰۴/۰۳/۱۳۹۰ در دوره رویشی رشد گیاه برنج رخ داد. می‌توان چنین استنباط کرد که یکی از دلایل افزایش طول فصل رشد برنج در اراضی شالیزار منطقه مورد مطالعه، وجود این موج از سرما بوده است. (Shimono *et al.* (2008) در مطالعات خود نشان دادند کاهش در انرژی تابشی رسیده به سطح زمین موجب افزایش طول فصل رشد برنج می‌شود. مقدار شاخص آسیب سرمازدگی در مرحله گیاهچه‌ای ۸/۷ درجه روز به‌دست آمد. شکل ۲ پهنه‌های تنش سرمازدگی در مرحله رویشی گیاه برنج در سال زراعی ۸۹-۹۰ را نشان می‌دهند. شالیزارها در تاریخ‌های ۱۱/۰۲/۱۳۹۰ الی ۱۵/۰۲/۱۳۹۰ همچنین در تاریخ‌های ۰۲/۰۳/۱۳۹۰ الی ۰۴/۰۳/۱۳۹۰ تحت تنش

جدول ۱- مقدار درجه روز سرما در دوره رشد برنج در فصل زراعی ۹۰-۸۹.

Table 1. Cold degree day of rice growth period in crop season of 2010-2011.

مرحله رشد برنج Rice growth stage	زمان Date	میانگین دما T _{ave}	درجه حرارت روز CDD (13>)	درجه حرارت روز CDD (17>)	درجه حرارت روز CDD (19>)	مجموع درجه حرارت روز ΣCDD
دوره رویشی Vegetative Stage	May 1, 2011	12.4	0.6	-	-	8.7
	May 2, 2011	12.0	0.1	-	-	
	May 3, 2011	11.2	1.8	-	-	
	May 4, 2011	11.2	1.8	-	-	
	May 5, 2011	11.2	1.8	-	-	
	May 10, 2011	12.6	0.4	-	-	
	May 23, 2011	12.0	0.1	-	-	
	May 24, 2011	12.0	0.1	-	-	
	May 25, 2011	11.0	2.0	-	-	
مرحله آبستنی Pregnancy stage	July 7, 2011	15.0	-	0.2	-	3.1
	July 8, 2011	16.0	-	0.1	-	
	July 9, 2011	16.6	-	0.4	-	
	July 10, 2011	15.6	-	1.4	-	
	July 20, 2011	15.0	-	0.2	-	
	July 21, 2011	16.0	-	0.1	-	
	July 22, 2011	15.0	-	0.1	-	
	July 23, 2011	16.0	-	0.1	-	
	July 25, 2011	15.0	-	0.2	-	
مرحله خوشه دهی تا گلدهی Clustering to flowering stage	July 26, 2011	14.0	-	0.3	-	
	August 8, 2011	18.4	-	-	0.6	11
	August 9, 2011	18.2	-	-	0.8	
	August 10, 2011	18.0	-	-	0.6	
	August 11, 2011	18.4	-	-	0.6	
	August 25, 2011	17.6	-	-	1.4	
	August 26, 2011	18.4	-	-	0.6	
	August 27, 2011	18.0	-	-	0.1	
	August 28, 2011	18.0	-	-	0.1	
	August 29, 2011	18.2	-	-	0.8	
	August 30, 2011	15.4	-	-	3.6	
	August 31, 2011	17.2	-	-	1.8	

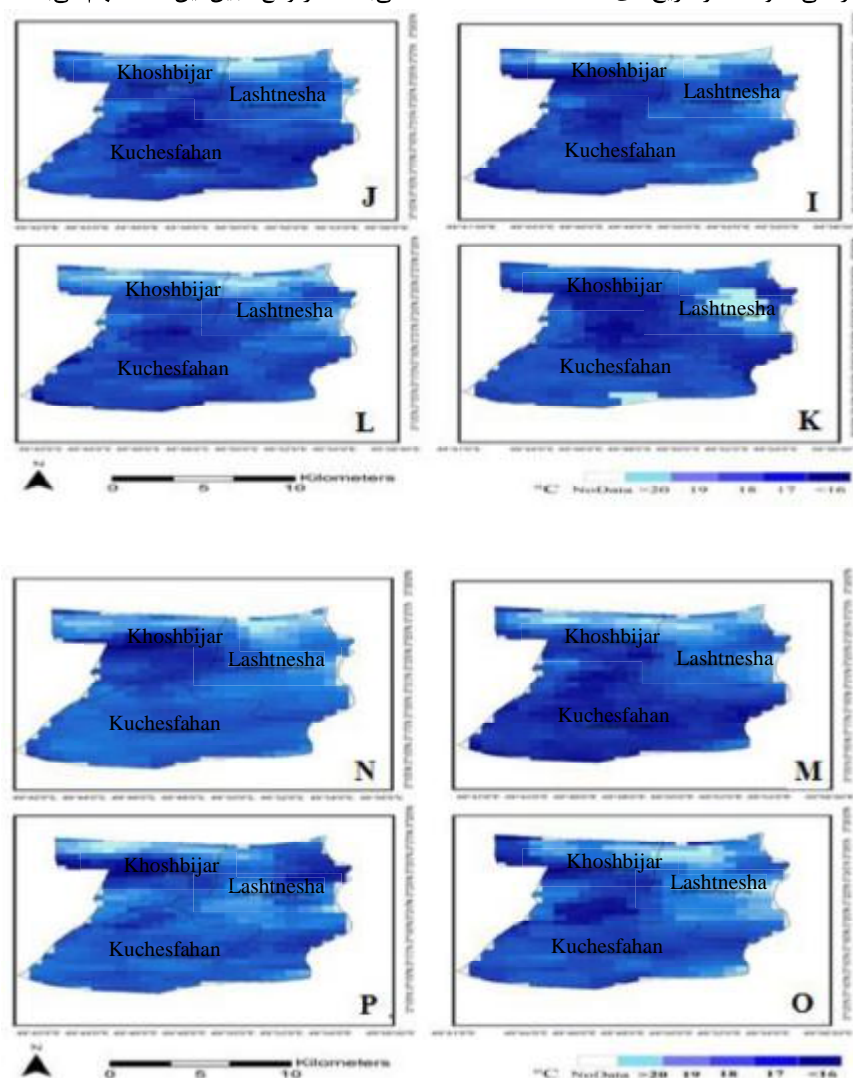


شکل ۲- پهنه‌های (A) (۱۳۹۰/۰۲/۱۱)، (B) (۱۳۹۰/۰۲/۱۲)، (C) (۱۳۹۰/۰۲/۱۳)، (D) (۱۳۹۰/۰۲/۱۴) و (E) (۱۳۹۰/۰۲/۱۵) شالیزارها تحت تاثیر تنش سرمازدگی شدید و پهنه‌های (F) (۱۳۹۰/۰۳/۰۲)، (G) (۱۳۹۰/۰۳/۰۳)، (H) (۱۳۹۰/۰۳/۰۴) شالیزارها تحت تاثیر تنش سرمازدگی متوسط در مرحله رویشی.

Fig. 2- Spatial distribution (A(May 1, 2011), B (May 2, 2011), C (May 3, 2011), D (May 4, 2011), E (May 5, 2011)) of paddy fields under the severe impact of frost damage and Spatial distribution (F (May 23, 2011), G (May 24, 2011), H (May 25, 2011)) of paddy fields under the moderate impact of frost damage in vegetative stage.

الی ۱۳۹۰/۰۴/۱۹ و همچنین یک آسیب سرمازدگی متوسط در تاریخ‌های ۱۳۹۰/۰۵/۰۱ الی ۱۳۹۰/۰۵/۰۴ در مرحله تشکیل گل‌آذین-آبستنی رشد گیاه برنج رخ داد. نکته ای که در جدول ۱ قابل توجه می‌باشد این است که فراوانی رخداد سرمازدگی در دوره‌هایی از رشد گیاه برنج که دما کمتر از حد بحرانی بوده، بیشتر از سایر مراحل رشد می‌باشد. در واقع مبین این نکته مهم می‌باشد که شاخص

شکل ۳ پهنه‌های آسیب سرمازدگی در مرحله تشکیل گل-آذین-آبستنی گیاه برنج در سال زراعی ۸۹-۹۰ را نشان می‌دهند. شالیزارها در تاریخ‌های ۱۳۹۰/۰۴/۱۶ تا ۱۳۹۰/۰۵/۰۴ تحت تأثیر تنش سرمازدگی بودند. مقدار آسیب سرمازدگی در این مرحله از رشد گیاه برنج ۳/۱ درجه روز به‌دست آمد (جدول ۱). همان‌طور که مشاهده می‌شود یک آسیب سرمازدگی متوسط در تاریخ‌های ۱۳۹۰/۰۴/۱۶



شکل ۳- پهنه‌های (I) (۱۳۹۰/۰۴/۱۶)، J، (۱۳۹۰/۰۴/۱۷)، K، (۱۳۹۰/۰۴/۱۸)، L، (۱۳۹۰/۰۴/۱۹)، M، (۱۳۹۰/۰۵/۰۱)، N، (۱۳۹۰/۰۵/۰۲)، O، (۱۳۹۰/۰۵/۰۳)، P، (۱۳۹۰/۰۵/۰۴) شالیزارها تحت تأثیر تنش سرمازدگی متوسط (تشکیل گل آذین-آبستنی).

Fig. 3- Spatial distribution (I (July 7, 2011), J (July 8, 2011), K (July 9, 2011), L (July 10, 2011), M (July 22, 2011), N (July 23, 2011), O (July 24, 2011), P (July 25, 2011)) of paddy fields under the moderate impact of frost damage in pregnancy stage.

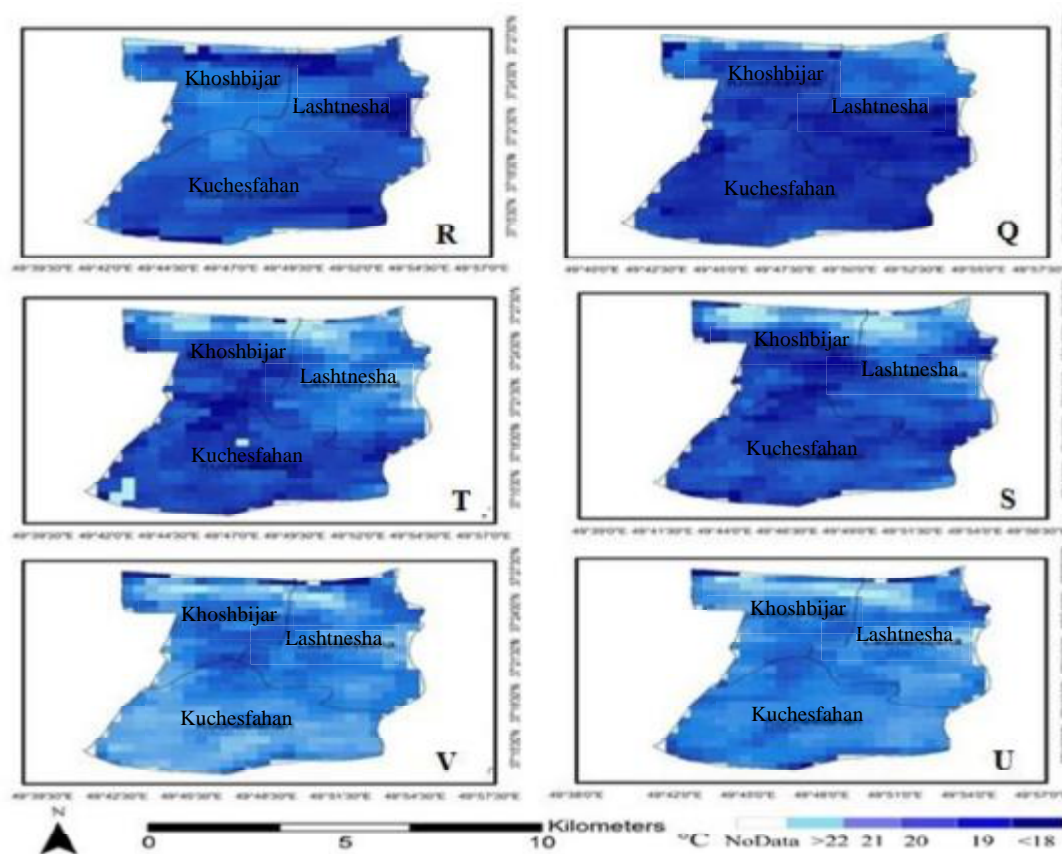
مرحله از رشد گیاه برنج ۱۱ درجه روز به‌دست آمد (جدول ۱). همان‌طور که مشاهده می‌شود یک آسیب سرمازدگی شدید در تاریخ‌های ۱۳۹۰/۰۶/۰۴ الی ۱۳۹۰/۰۶/۰۹ در مرحله خوشه‌دهی تا گلدهی رخ داد. Liu *et al.* (2013) در مطالعات خود نشان داده بودند که اگر میانگین دمای هوا در طول دوره خوشه‌دهی تا گلدهی کمتر از ۱۹ درجه سانتی‌گراد و پنج روز پیوسته این شرایط دمایی در شالیزارها پایدار باشد، عقیمی گلچه‌ها در نتیجه آسیب سرما را موجب می‌شود. نتایج پژوهش Gunawardena *et al.* (2003) نشان داد که آسیب سرما در مرحله زایشی همچنین موجب کاهش دانه‌های گرده در داخل بساک شده و به دنبال آن موجب کاهش عملکرد برنج می‌شود. Thakur *et al.* (2010) در پژوهش خود نشان دادند که تنش شدید سرمازدگی موجب کاهش مقدار و دوره پرشدن دانه و در نهایت مهار تجمع پروتئین‌های ذخیره‌ای در دانه می‌شود. آن‌ها همچنین به این نتیجه رسیده بودند که بیشترین مقدار شاخص درجه روز سرما (CDD) در مرحله خوشه‌دهی تا گلدهی که دما در کمترین مقدار خود نسبت به دمای بحرانی قرار داشت، اتفاق افتاده است.

شکل ۵ دمای هوای ثبت شده در ایستگاه هواشناسی کیشهر برای روزهایی از سال زراعی که تنش سرمازدگی رخ داده است را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در دوره رویشی دمای ثبت شده در ایستگاه هواشناسی کمتر از دمای آستانه برای رشد گیاه در دوره رویشی است. در دوره زایشی که شامل تشکیل گل آذین-آبستنی و خوشه‌دهی-گلدهی می‌باشد، افت دما به کمتر از دمای آستانه (به ترتیب ۱۷ و ۱۹ درجه سانتی‌گراد) برای رشد گیاه در دوره زایشی گزارش شده است. از این نمودار همچنین استنباط می‌شود که ارتباط خوبی میان دمای هوای ثبت شده در ایستگاه هواشناسی و پهنه‌های سرمازدگی گزارش شده توسط نتایج بالا مبنی بر تنش سرمازدگی در شالیزارها وجود دارد. نتایج به‌دست آمده با نتایج پژوهش Noroozi (2017) که همبستگی داده‌های دمایی روز و شب ماهواره مودیس را با ایستگاه‌های هواشناسی منطقه با ضریب تاثیر ۶۰ درصد در روز و ۶۹ درصد شب بررسی کرده نیز همخوانی دارد.

آسیب سرمازدگی به خوبی تنش سرمازدگی حاکم بر شالیزارها را توصیف کرده است. Liu *et al.* (2013) نیز در مطالعات خود نشان دادند که همبستگی معنی‌داری بین شاخص درجه روز سرما و پهنه‌های سرمازدگی در مراحل رشد گیاه برنج وجود داشت.

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود طول دوره سرمازدگی بیش از شش روز گزارش شد، که افت دما به کمتر از ۱۶ درجه سانتی‌گراد بوده است، پیکسل‌های آبی تیره نشان‌دهنده افت دما به کمتر از ۱۶ درجه سانتی‌گراد هستند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در تاریخ‌های (۱۳۹۰/۰۵/۰۱) الی (۱۳۹۰/۰۵/۰۴) شرایط دمایی کمتر از ۱۶ درجه سانتی‌گراد بر شالیزارهای منطقه کوچصفهان، لشت نشاء و خشک‌بیجار پایدار بوده است. بر اساس مطالعات Shimono *et al.* (2008) و Yoshida (1981) اگر افت دما به کمتر از ۱۷ درجه سانتی‌گراد، به مدت دو روز ادامه پیدا کند نمی‌تواند موجب سرمازدگی شود ولی اگر به مدت شش روز این وضعیت در شالیزارها پایدار باشد موجب سرمازدگی شدید خوشه‌چه‌های برنج می‌شود. دمای هوا در طول دوره تشکیل گل‌آذین تا آبستنی به عنوان یکی از عوامل موثر در عقیمی خوشه‌چه‌های برنج در نتیجه سرمازدگی می‌باشد. نتایج پژوهش Hamdani (1979) نشان داد که حساس‌ترین مرحله نسبت به کاهش دما، مرحله متوسط پنجه‌زنی تا ظهور خوشه جوان و متحمل‌ترین مرحله نسبت به دما، مرحله پرشدن دانه است. همچنین در مقایسه میانگین اثرات متقابل دما و مراحل رشدی برای صفت وزن خشک کل به این نتیجه رسیده بودند که مرحله آبستنی-گلدهی متحمل‌ترین مرحله نسبت به کاهش دما بوده است.

شکل (۴) پهنه‌های آسیب سرمازدگی در مرحله خوشه‌دهی تا گلدهی گیاه برنج را در سال زراعی ۸۹-۹۰ را نشان می‌دهند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، پیکسل‌های آبی تیره نشان‌دهنده افت دما به کمتر از ۱۸ درجه سانتی‌گراد هستند، در واقع شالیزارهای مناطق خشک‌بیجار، کوچصفهان و لشت نشاء در تاریخ‌های ۱۳۹۰/۰۶/۰۴ الی ۱۳۹۰/۰۶/۰۹ تحت تأثیر تنش سرمازدگی بودند. مقدار شاخص آسیب سرمازدگی در این

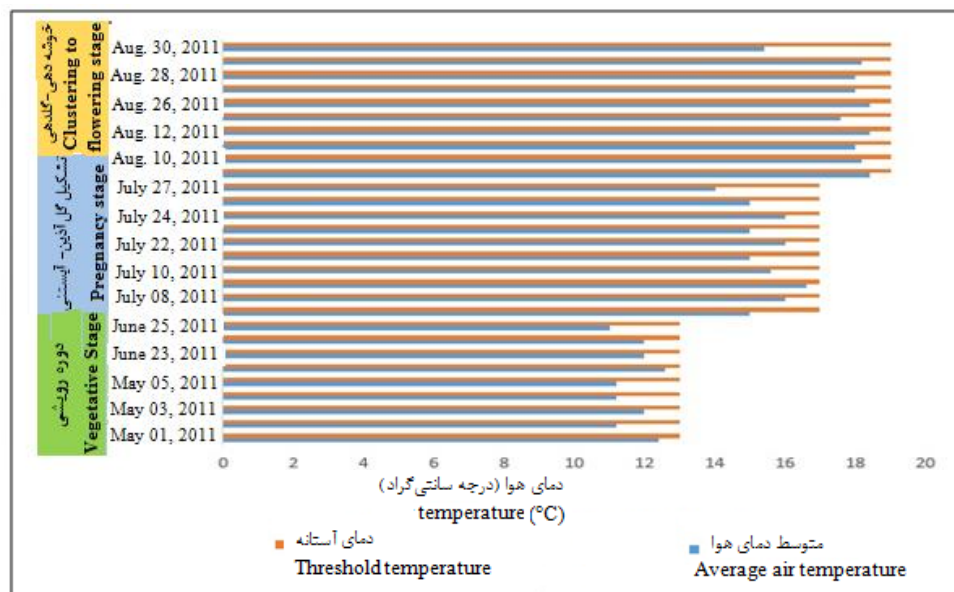


شکل ۴-پهنه‌های (ص) (۱۳۹۰/۰۶/۰۴)، ض (۱۳۹۰/۰۶/۰۵)، ط (۱۳۹۰/۰۶/۰۶)، ظ (۱۳۹۰/۰۶/۰۷)، ع (۱۳۹۰/۰۶/۰۸)، غ (۱۳۹۰/۰۶/۰۹) شالیزارها تحت تاثیر تنش سرمازدگی شدید (خوشه‌دهی-گلدهی).

Fig. 4- Spatial distribution (q (August 26, 2011), r (August 27, 2011), s (August 28, 2011), t (August 29, 2011), u (August 30, 2011), v (August 31, 2011)) of paddy fields under the moderate impact of frost damage in clustering to flowering stage.

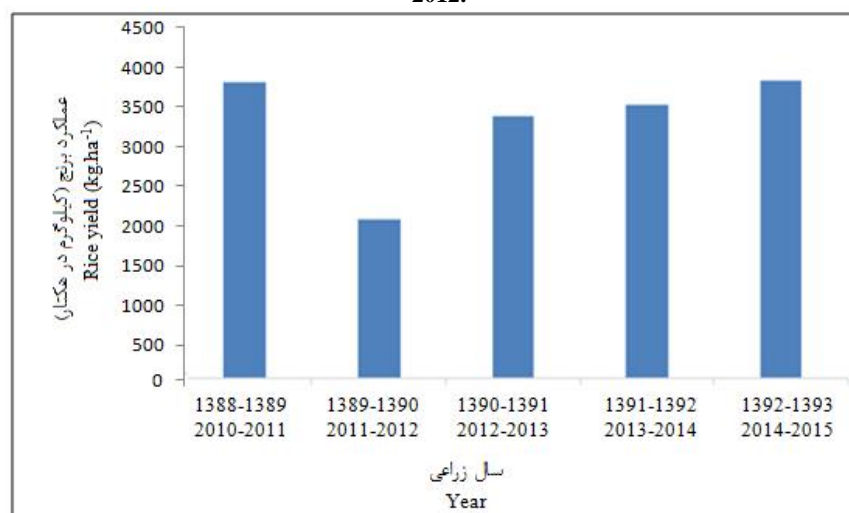
است لیکن در سال زراعی ۸۹-۹۰ کاهش در عملکرد برنج به مقدار ۲۰۷۰/۸۵ کیلوگرم گزارش شده و در سال‌های زراعی ۹۱-۹۰ و ۹۲-۹۳ مقدار عملکرد برنج به ترتیب ۳۴۰۶/۰۹، ۳۵۵۳/۱۷ و ۳۸۸۰/۷ کیلوگرم در هکتار ثبت شده است.

شکل (۶) مقدار عملکرد برنج طی سال‌های زراعی ۱۳۹۳-۱۳۸۸ در استان گیلان را نشان می‌دهد. بر اساس دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی، در سال زراعی ۹۰-۸۹ کاهش عملکرد برنج در اثر سرمازدگی گزارش شد. همان‌طور که در شکل ۶ نشان داده شده است، در سال زراعی ۸۸-۸۹، مقدار عملکرد برنج ۳۸۵۳/۲۸ کیلوگرم گزارش شده



شکل ۵- دمای آستانه رشد گیاه برنج و میانگین دمای هوا برای ایستگاه کیشهر در سال زراعی ۸۹-۹۰.

Fig. 5- Threshold temperature of rice growth and air mean temperature for Kyashahr station in 2011-2012.



شکل ۶- مقدار عملکرد برنج طی سال‌های زراعی ۱۳۸۸-۱۳۹۳.

Fig. 6- The amount of rice yield during the growing years of 2010-2015.

تنش‌های دمایی ضروری است. در این پژوهش، از شاخص درجه روز سرما به منظور تعیین بزرگی سرما در روزهایی از فصل زراعی ۸۹-۹۰ که تحت تنش سرمازدگی بودند، استفاده شد. همچنین پهنه‌های سرمازدگی در تمام مراحل رشد گیاه برنج با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای استخراج شد. نتایج نشان داد که در دوره رویشی به ویژه در دوره‌ای که گیاه برنج در خزانه قرار داشته، تنش سرمازدگی سبب از

نتیجه‌گیری

برنج محصولی مهم است که هر ساله بر اثر عوامل مختلفی دچار خسارت می‌شود. در این بین، تنش‌های دمایی (سرمازدگی و گرم‌زدگی) از عوامل خسارت‌زای برنج می‌باشند و بر میزان تولید تأثیر می‌گذارند. آگاهی از توزیع مکانی و زمانی دمای اراضی شالیزار برای تعیین بیلان انرژی، مطالعات هواشناسی و شناسایی شالیزارهای تحت

می‌دهد که در سال زراعی ۸۹-۹۰ عملکرد محصول برنج نسبت به سایر سال‌های زراعی کاهش داشته است. بر اساس نتایج به‌دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای در بررسی تنش‌های دمایی موفق بوده و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، می‌توان تنش‌های دمایی (سرمازدگی و گرمزدگی) در مراحل مختلف رشد گیاه برنج و کاهش عملکرد محصول را مورد بررسی قرار داد. از نتایج حاصل از پیش‌بینی میانگین دمای هوا و پهنه‌بندی خطر سرمازدگی می‌توان در برنامه‌ریزی-های محیطی هم‌چون کنترل بیماری‌ها و آفات، مدیریت بهینه منابع آب، برآورد خسارت وارده بر مزارع و مطالعات زیست محیطی استفاده کرد.

بین رفتن گیاهچه‌های برنج شده است. همچنین در زمان انتقال نشاها به زمین اصلی نیز تنش سرمازدگی و افت دما به کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد به وقوع پیوسته است. در مرحله زایشی، که در آن خوشه‌های اولیه تشکیل و پایان آن با آغاز مرحله گلدهی همراه می‌باشد، تنش سرمازدگی رخ داده است. افت دما در مرحله تشکیل گل‌آذین-آبستنی به کمتر از ۱۷ درجه سانتی‌گراد می‌تواند سبب عقیمی خوشه‌های برنج شود. همچنین، کاهش دما در مرحله خوشه‌دهی-گلدهی به کمتر از ۱۹ درجه سانتی‌گراد می‌تواند سبب عقیمی گلچه‌های برنج شود. مقایسه مقدار عملکرد برنج طی سال‌های زراعی ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳ نشان

منابع

- Akhil, R.B., Ishigo-oka, N., Adachi, M., Oguma, Y., Tokizono, Y., Onishi, K. and Sano, Y., 2008. Cold tolerance at the early growth stage in wild and cultivated rice. *Euphytica*. 25, 166-170.
- Agricultural Statistics, 2016. Ministry of Agriculture. Jahad, Tehran, Iran.
- Barlow, K., Christy, B., O'leary, G., Riffkin, P. and Nuttall, J., 2015. Simulating the impact of extreme heat and frost events on wheat crop production: A review. *Field Crops Research*. 171, 109-119.
- Davatgar, N., Shahdi Koomleh, A., Amiri Larijani, B., Tarang, A. R., Padasht, F., Majidi, F., Mohammadian, M., Fallah, A., Farzaneh, D., Azadpeyma, V. A., Karbalaee, M. T., Guilani, A. A., Babazadeh, SH., Yaghoubi, B., Nasiri, M., Allahgholipour, M., Dorosti, H., Sodaee, S. and Mousanejad, S., 2012. Guidelines for assessing damage by separation of management and natural factors in different stages of rice growth. *Rice Research Institute of Iran*.
- Domroes, M. and El-Tantawi, A., 2005. Recent temporal and spatial temperature changes in Egypt. *International Journal of Climatology*. 25(1), 51-63.
- Gunawardena, T., Fukai, S. and Blamey, F., 2003. Low temperature induced spikelet sterility in rice. I. Nitrogen fertilization and sensitive reproductive period. *Crop and Pasture Science*. 54(10), 937-946.
- Hamdani, A.R., 1979. Low-temperature problems and cold tolerance research activities for rice in India. In report of a rice cold tolerance workshop. *International Rice Research Institute*. Manila, Philippines. P. 39.
- Hasibi, P., Moradi, F. and Nabipour, M., 2007. Screening of rice genotypes for low temperature stress-using chlorophyll fluorescence. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 9(1), 14-31. (In Persian with English Abstract).
- Joshi, S.C., Chandra, S. and Palni, L.M.S., 2007. Differences in photosynthetic characteristics and accumulation of osmoprotectants in saplings of evergreen plants grown inside and outside a glasshouse during the winter season. *Photosynthetica*. 45(4), 594-600.
- Kheirkhah Zarkesh, M.M., Darvishi, M. Abkar, A.A. and Ahmadi, G.R., 2014. Estimation of rice vegetation indices with multitemporal radar and optic images. *Physical Geography Research Quarterly*. 45(4), 85-96. (In Persian with English Abstract).
- Lee, M.H., 2001. Low temperature tolerance in rice: The Korean experience. In: Fukai, S. and Basnayake, J., (Eds.), *Increased Lowland Rice Production in The Mekong Region*. Australian Center for International Agricultural Research, Canberra. pp.138-146.
- Liu, X., Zhang, Z., Shuai, J., Wang, P., Shi, W., Tao, F. and Chen, Y., 2013. Impact of chilling injury and global warming on rice yield in Heilongjiang province. *Journal of Geographical Sciences*. 23(1), 85-97.
- Maclean, J.L., Dawe, D.C., Hardy, B. and Hettel, G.P., 2002. *Rice almanac: Source book for the most important economic activity on earth*, third ed. CABI Publishing, International Rice Research Institute, Manila, Philippines.
- Noroozi, A.A., 2017. Comparison MODIS and LANDSAT LST product in freezing stress. *Soil Conservation and Watershed Management Research Institute*.
- Sadooghi, L., Homaei, M., Noroozi, A.A. and Asadi Kapourchal, S., 2016. Estimating rice yield using VSM model and satellite images in Guilan province. *Cereal Research*. 6(3), 397-410. (In Persian with English Abstract).

- Shimono, H., 2011. Earlier rice phenology as a result of climate change can increase the risk of cold damage during reproductive growth in Northern Japan. *Agriculture, Ecosystems and Environment*.144(1), 201-207.
- Shimono, H., Hasegawa, T. and Iwama, K., 2002. Response of growth and grain yield in paddy rice to cool water at different growth stages. *Field Crops Research*.73(2), 67-79.
- Shimono, H., Okada, M., Yamakawa, Y., Nakamura, H., Kobayashi, K. and Hasegawa, T., 2008. Rice yield enhancement by elevated CO₂ is reduced in cool weather. *Global Change Biology*.14(2), 276-284.
- Simaie, E., Homaei, M. and Norouzi, A.A., 2013. Evaluating SEBAL model to estimate evapotranspiration using MODIS and TM sensors data. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*. 2(4), 29-40. (In Persian with English Abstract).
- Thakur, P., Kumar, S., Malik, J.A., Berger, J.D. and Nayyar, H., 2010. Cold stress effects on reproductive development in grain crops: an overview. *Environmental and Experimental Botany*. 67(3), 429-443.
- Uchijima, T., 1976. Some aspects of the relation between low air temperature and sterile spikelets numbers in rice plants. *Journal of Agricultural Meteorology*.31(4), 199-202.
- Vergara, B.S. and Visperas, R.M., 1971. Effect of temperature on the physiology and morphology of the rice plant. *International Rice Research Institute. Los Banos. Philippines*.2, 66-70.
- Wan, Z., Zhang, Y. and Zhang, Q., 2002. Validation of the land-surface temperature products retrieved from Terra Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer data. *Remote sensing of Environment*.83(1), 163-180.
- Yoshida, S., 1981. *Fundamentals of rice crop science*. International Rice Research Institute. Los Baños, Laguna, Manila, Philippines.

Zoning rice fields of Guilan province prone to frost damage under different rice growth stages using remote sensing

Mohammad Ali Nikpey,¹ Mehdi Homaee,^{2,*} Ali Akbar Norouzi³ and Safoora Asadi Kapourchal⁴

¹Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

²Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

³Department of watershed management research division, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Areeo, Tehran, Iran.

⁴Department of Soil Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

*Corresponding author: mhomaee@modares.ac.ir

Received: 2018.11.17

Accepted: 2018.12.08

Nikpey, M. A., Homaee, M., Norouzi, A. A. and Asadi Kapourchal, S., 2019. Zoning rice fields of Guilan province prone to frost damage under different rice growth stages using remote sensing. *Journal of Agroecology*. 9 (1), 102-116.

Introduction: Loss of yield as a result of natural damages and its adverse effect on crop production is one of the important issues in agriculture (Barlow *et al.*, 2015). Environmental stresses, particularly cold and frost stresses, affect the morphological and physiological characteristics of plants (Akhil *et al.*, 2008). Identifying and determining spatial distributing of rice fields under frost damage is important for evaluating the food security and improving crop production management (Simaie *et al.*, 2013). The objective of this study was to come up with zoning the frost damage using satellite imagery and cold degree days (CDD) index to evaluate the severity of frost damage in different growth stages of rice plant.

Material and methods In this research, climatic parameters including maximum, minimum and mean of temperature were obtained from Kiyashahr synoptic station. A number of 180 images with the MOD11A1 code related to the crop season, which covering the Guilan area, were taken from the National Aeronautics and Space Administration (NASA) site. In order to create surface temperature maps in Rasht, land surface temperature product of MODIS sensor was pre-processed. By using the satellite images and Cold Degree Days indices in three growth stages of rice (seedling, panicle initiating to the end of booting, cluster to flowering), the influence of frost damage on different growth stages of rice in part of rice fields in Guilan province was evaluated.

Results and discussion: The severity of frost damage in rice fields was estimated at times when the plant was growing below the critical temperature. The obtained results indicated that the index of cold degree days (CDD) was 8.7 at seedling stage, 3.1 at panicle initiating to the end of booting stage and 11 in flowering stage. Also, investigating the trend of frost zones indicated that Kuchesfahan, Lashtnesha and Khoshbijar areas due to severe frost damage during rice plant growth period imposed to the most damage to plant growth and yield. The zones with the dark pixels (lower than the temperature threshold for growth) in the panicle initiating to the end of booting growth stage were more exposed to frost damage than other growth stages. The obtained results further indicated that integration of remote sensing data with ground information can be used under an improved pattern for interpreting satellite data for areas where low ground data is accessible. This method has a reasonable capability to determine the risk of rice cultivation at rice fields and at different times of year, and consequently can be used to determine the potential of rice fields for second cultivation.

Conclusion: Knowledge of spatial and temporal distribution of rice farms temperature is essential for determining energy balance, meteorological studies and identification of rice fields under temperature stresses. Based on the obtained results, satellite images perform well in evaluating temperature stresses. Using satellite imagery, the temperature stresses (frost and heat damage) in different rice growth stages as well as for crop yield reduction can be investigated. The results of the prediction of the average air temperature and the zoning of frost damage can be used in environmental planning such as disease and pest control, optimal water resources management, estimation of damage to fields and environmental studies.

Keywords: Cold Degree Days, Remote sensing, Rice, Temperature stresses.

References:

Akhil, R.B., Ishigo-oka, N., Adachi, M., Oguma, Y., Tokizono, Y., Onishi, K. and Sano, Y., 2008. Cold tolerance at the early growth stage in wild and cultivated rice. *Euphytica*. 25, 166-170.

-
- Barlow, K., Christy, B., O'leary, G., Riffkin, P. and Nuttall, J., 2015. Simulating the impact of extreme heat and frost events on wheat crop production: A review. *Field Crops Research*. 171, 109-119.
- Simaie, E., Homaei, M. and Norouzi, A.A., 2013. Evaluating SEBAL model to estimate evapotranspiration using MODIS and TM sensors data. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*. 2(4), 29-40. (In Persian with English Abstract).