Original Article

Journal of Drought and Climate change Research (JDCR)

Fall 2024, Vol.2, No.3, pp 67-84

10.22077/jdcr.2024.8087.1076

Presenting the Suitable Planting Calendar of Tarem Hashemi Rice in Mazandaran Province Area Using Remote Sensing Technique

Alireza Yousefi Kebriya[1], Reza Norooz Valashedi [2]*

1- Phd. Candidate of Agrometeorology, Faculty of Agricultural Sciences, University of Agricultural Sciences and Natural Resources Sari, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Irrigation, Faculty of Agricultural Sciences, University of Agricultural Sciences and Natural Resources Sari, Iran.

***Corresponding Author: r.norooz@sanru.ac.ir**

Keywords:
Air temperature, Rice nursery, Optimal planting time, Agricultural meteorology, GLDAS-simulated data.

Received:
31 August 2024

Revised:
22 September 2024

Accepted:
22 September 2024

Extended Abstract

Introduction and Objective: Rice is a staple food crop that requires specific environmental conditions for optimal growth and germination. Its sensitivity to climatic factors, particularly temperature, means that the timing of planting and harvesting is crucial to ensure a high-quality yield. In Mazandaran Province, Iran, rice farming plays a vital role in the local economy, and identifying the most suitable cultivation periods can significantly enhance crop outcomes. This research aims to determine the optimal planting time for rice cultivation in Mazandaran by analyzing local temperature data and satellite imagery, alongside farmer surveys and data from the Iranian Rice Research Institute in Amol.

Material and Methods: The study utilized 11 years of average temperature data from 2011 to 2021, gathered from 15 synoptic meteorological stations across Mazandaran Province. This dataset provided a comprehensive view of the province's climatic conditions over a significant period, allowing for a robust analysis of temperature trends and their impact on rice cultivation. Additionally, the study employed TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) satellite imagery to obtain average air temperature readings, which were then used to create a detailed map of suitable rice cultivation areas within the province.

To enhance the accuracy of the findings, the Kriging interpolation method was applied to draw a precise temperature map outlining the germination threshold for rice across Mazandaran Province. Kriging is a geostatistical technique that generates a predicted surface from scattered data points, thus providing a more reliable temperature distribution map tailored to the specific needs of rice cultivation.

Furthermore, to validate the research findings and refine the model for optimal rice cultivation, a structured questionnaire was distributed among 25 farmers across different regions of Mazandaran. These farmers, who collectively manage over 78 hectares of rice fields, provided valuable insights based on their experiences with varying

How to cite this article:
Yousefi Kebriya, A., & Norooz Valashedi, R. (2024). Presenting the Suitable Planting Calendar of Tarem Hashemi Rice in Mazandaran Province Area Using Remote Sensing Technique. Journal of Drought and Climate change Research, 2(3), 67-84. 10.22077/jdcr.2024.8087.1076

Copyright: © 2022 by the authors. Licensee Journal of *Drought and Climate change Research* (JDCR). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

planting dates and practices. Their responses were cross-referenced with data from the Iranian Rice Research Institute in Amol to evaluate the consistency and reliability of the results.

Results: The analysis revealed that the optimal time for rice planting in Mazandaran, based on the temperature data from the synoptic stations, is from April 21 to the end of May. This period aligns closely with the planting calendar recommended by the Iranian Rice Research Institute in Amol, suggesting a strong correlation between empirical observations and institutional guidelines. The temperature map created using Kriging interpolation and satellite imagery further supported these findings, indicating that the most favorable conditions for rice tillering, a critical stage in the rice growth cycle, occur in the Iranian month of Ordibehesht (April-May).

The study also highlighted the risks associated with planting rice outside this optimal window. For instance, planting in March, when average temperatures are below 10°C, proved to be particularly detrimental. The northern, northeastern, and coastal regions of Mazandaran, which fall into a weaker category due to their cooler climate, are especially unsuitable for early planting. This period often results in significant cold stress on rice seedlings, leading to poor germination rates and increased vulnerability to diseases.

Conversely, planting in June poses a different set of challenges. The increase in temperature during this month, coupled with the prolonged duration of the planting process, leads to heat stress, which adversely affects rice growth and yield. According to the farmer survey results, those who initiated planting in March reported higher levels of stress and disease in their fields. In contrast, farmers who adjusted their planting schedules to start in the spring reported a marked decrease in these adverse conditions. Notably, those who began planting towards the end of April did not experience significant stress or illness, underscoring the importance of adhering to the recommended planting window.

Conclusion: This research underscores the critical role of appropriate planting timing in managing and mitigating stress and diseases in rice fields. By following a well-defined planting calendar, farmers in Mazandaran can optimize their rice yields while minimizing the risks associated with climatic extremes. The findings suggest that the best time to plant Tarem Hashemi rice, a popular variety in Mazandaran, is in late April to early May. Adopting this planting schedule allows farmers to leverage optimal temperature conditions, thereby enhancing crop resilience and productivity. Ultimately, this research provides a valuable framework for rice cultivation in Mazandaran, offering practical guidelines that can be tailored to the unique climatic conditions of different regions within the province. By integrating empirical data with local knowledge and advanced geostatistical techniques, the study contributes to a more sustainable and profitable rice farming industry in the region.

مقاله پژوهشی

مجلـه
پژوهش‌های خشکسالی و تغییر اقلیم

دوره دوم، شماره سوم، پیاپی ۷، پاییز ۱۴۰۳، صفحات ۸۴ - ۶۷

doi 10.22077/jdcr.2024.8087.1076

ارائه تقویم کاشت مناسب برنج طارم هاشمی در پهنه مازندران با تکنیک سنجش از دور

علیرضا یوسفی کبریا [۱]، رضا نوروز ولاشدی [۲*]

۱- دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، ایران.
۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، ایران.

*نویسنده مسئول: r.norooz@sanru.ac.ir

واژه‌های کلیدی:
دمای هوا، خزانه برنج، زمان مناسب کاشت، هواشناسی کشاورزی، داده‌های شبیه‌سازی‌شده GLDAS.

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۰۶/۱۰

تاریخ ویرایش:
۱۴۰۳/۰۷/۰۱

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۰۷/۰۱

چکیده

انتخاب تاریخ کاشت مناسب یکی از عوامل مهم در مدیریت کارآمد زراعی است که با انطباق فرآیندهای فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و مراحل فنولوژیکی گیاه با شرایط مطلوب آب و هوایی نقش به سزایی در کنترل تولید دارد. این پژوهش با هدف تعیین بهترین زمان کاشت برنج طارم هاشمی در استان مازندران، با استفاده از داده‌های دمایی ۱۱ ساله (۱۳۹۰-۱۴۰۰) از ۱۵ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک و داده‌های شبیه‌سازی‌شده GLDAS انجام شد. برای ارزیابی دقت داده‌های ماهواره‌ای، از شاخص‌های آماری و روش کریجینگ استفاده گردید. همچنین ۲۵ کشاورز پرسشنامه‌ای برای اعتبارسنجی بیشتر داده‌ها تکمیل کردند. نتایج نشان داد که تصاویر ماهواره‌ای با داده‌های ایستگاهی همبستگی بالایی داشتند (ضریب همبستگی بین ۰/۵۵-۰/۶۳) و خطای میانگین مطلق دما در حدود ۳ درجه سانتی‌گراد و خطای ریشه میانگین مربعات حدود ۴/۲ درجه سانتی‌گراد بود. زمان بهینه برای کاشت برنج طارم هاشمی بین ۲۱ فروردین تا اواخر اردیبهشت تعیین شد. در این دوره، دمای هوا مناسب (۲۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد) برای مراحل پنجه‌زنی فراهم بوده و در اسفند، به‌دلیل دمای زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد، کاشت نامطلوب است. کشاورزانی که در اسفند ماه اقدام به کشت کردند، با تنش‌های بیشتر و شیوع بیماری‌ها مواجه شدند. به‌طور کلی، با رعایت تاریخ مناسب کاشت، می‌توان از بروز تنش‌ها و بیماری‌ها کاست و کیفیت محصول را افزایش داد. نتایج کمی این پژوهش نشان داد که کشت برنج طارم هاشمی در دوره زمانی اواخر فروردین تا اوایل اردیبهشت، با کاهش قابل توجه تنش‌های محیطی و افزایش کیفیت محصول همراه بوده است، که می‌تواند به تصمیم‌گیری بهینه کشاورزان کمک شایانی نماید.

مقدمه

اقلیم به‌عنوان مهم‌ترین و غیرقابل‌کنترل‌ترین عامل تأثیرگذار بر عملکرد محصول در نظر گرفته شده است (Deng et al., 2022). مطالعات پیشین نشان داده که افزایش دما و کاهش دما به‌ترتیب باعث تسریع رشد فنولوژی برنج، کاهش جوانه‌زنی، تأخیر در رشد گیاه و در نتیجه کاهش عملکرد محصول می‌شود (Sakai et al., 2022; Xu et al., 2021). علاوه بر این، تحقیقات بسیاری بر خطرات اقلیمی ترکیبی که در مراحل تولید مثل برنج مانند خوشه‌دهی، گلدهی و آغاز پر شدن دانه رخ می‌دهد، تأکید کرده‌اند، مراحلی که به‌طور معمول موجب کاهش چشمگیر عملکرد می‌شود (Yang et al., 2020). دما در مرحله پر شدن دانه نقش مهمی در باروری خوشه‌ها، وزن هزار دانه و کیفیت برنج دارد (de Lima et al., 2021). انتخاب تاریخ کاشت مناسب یکی از عوامل کلیدی در مدیریت بهینه زراعی است که با هماهنگی مراحل مختلف گیاه مانند، جوانه‌زنی، رشد رویشی، گلدهی و رسیدگی با شرایط ایده‌آل آب و هوایی، به افزایش بهره‌وری و کنترل بهتر تولید کمک می‌کند (Ryu et al., 2022). گیاهان زراعی همواره در معرض تنش‌های محیطی قرار دارند که این تنش‌ها به‌ویژه در شرایط نامساعد می‌تواند موجب کاهش قابل‌توجه عملکرد محصول گردد. برنج به‌ویژه حساس به دماهای پایین است، که به‌طور خاص در مرحله خزانه‌گیری می‌تواند منجر به کاهش محصول شود. آسیب‌های ناشی از سرمای شدید، به‌ویژه در فصول سرد، می‌تواند به‌طور مستقیم بر عملکرد و کیفیت محصول تأثیر بگذارد. در بسیاری از واریته‌های برنج در کشور، عدم تحمل به سرما در فصل خزانه‌گیری باعث آسیب به محصول می‌شود، به‌خصوص هنگامی که دما به میزان قابل توجهی کاهش یابد (Akhil et al., 2008). زمان وقوع مراحل فنولوژی در افزایش عملکرد ژنوتیپ‌های برنج بسیار مهم است. تاریخ کشت برنج، عامل بسیار مهم و تعیین‌کننده‌ای در تولید محصول است و زمان مناسب کاشت برای یک محصول در مناطق مختلف متغیر است. تعجیل و تأخیر در کاشت نسبت به تاریخ کاشت مطلوب هر منطقه، هر دو موجب کاهش عملکرد برنج می‌شود (Berd et al., 2022). میانگین دمای مورد نیاز برنج هنگام رشد باید بین ۲۰ تا ۳۷ درجه سلسیوس باشد. پایین بودن دما در اوایل فصل زراعی یا آبیاری مزرعه با آب سرد سبب می‌شود که زمان رسیدن دانه‌ها به تأخیر افتد. بالا بودن دما هم موجب کاهش تعداد سنبلچه‌های بارور و وزن دانه‌ها می‌شود. هرگاه دمای محیط از ۱۳ درجه سلسیوس پایین‌تر آید برنج با سرما روبه‌رو می‌شود. همچنین هرگاه دمای محیط از ۴۰ درجه سلسیوس بیشتر شود باعث اختلال در رشد ریشه خواهد شد و گیاه از بین خواهد رفت. دمای محیط کشت در طول دوره‌ی رشد همواره باید متناسب با مراحل رشد گیاه باشد، دمای مذکور به‌ویژه در زمان گل دادن باید مناسب و کافی باشد، زیرا در این دوره گیاه به حداکثر دما نیاز دارد (Sadidi Shal et al., 2021). مشخص کردن دقیق زمان کاشت و برداشت و برنامه‌ریزی برای کشت دوم انواع محصولات ارتباط مستقیم با شرایط محیطی به‌ویژه تنش‌های سرمای اوایل بهار دارد که در هنگام به جلو آوردن زمان کشت و تهیه زودهنگام خزانه باعث تأخیر در رشد و در نهایت خسارت ناشی از ازدیاد هزینه تهیه خزانه و تولید نشا و کاهش عملکرد خواهد شد (Berd et al., 2022). تأثیر عوامل تنش‌زا بر گیاه، معمولاً همه‌جانبه بوده و به‌ندرت فقط بخش خاصی از آن را در برمی‌گیرد و باعث تغییراتی در عملکرد طبیعی و فیزیولوژیکی گیاهان می‌شود (Bodapati et al, 2005). تمامی این تنش‌ها باعث تغییراتی در ترکیب زیستی گیاهان شده و در نهایت منجر به آسیب‌هایی می‌شوند که به تخریب گیاه و محصول حاصل از آن می‌انجامد. دما پایین باعث کاهش میزان جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی در گیاه برنج می‌شود (Cruz et al, 2006). لذا تاریخ کاشت مناسب موجب بهینه شدن بازده استفاده از عوامل مؤثر بر عملکرد گیاه برنج خواهد شد درحالی‌که تاریخ کاشت نامناسب موجب به‌هم خوردن موازنه اجزای عملکرد در گیاه برنج می‌شود (Walia et al., 2014). مطالعاتی نیز در این زمینه صورت گرفته است، بررسی تاریخ‌های مختلف کاشت بر ده رقم برنج در منطقه شمال استان خوزستان نشان داد کاهش طول

دوره رشد ارقام به‌جهت کاهش انتقال کربوهیدرات‌ها به دانه از عوامل مؤثر در کاهش عملکرد است (Lim-ouchi et al., 2014). خان و رحمان (Khan and Rah-man, 2011)، با بررسی ارقام مختلف برنج در شرایط کشت اول گزارش نمودند که درجه حرارت‌های پایین در طول دوره رشد برنج سبب افزایش تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی و افزایش آن سبب کاهش زمان تا مراحل گلدهی و رسیدگی می‌گردد. ابو خدره و همکاران (Abou-Khadrah et al., 2014)، بررسی تاریخ‌های مختلف نشاکاری طی دو سال زراعی در مصر بیان نمودند که مناسب‌ترین زمان نشاکاری جهت حصول حداکثر عملکرد دانه برنج در کشت اول، در تاریخ کاشت زودهنگام (۲۶ فروردین) است و با تأخیر در کاشت، عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. بررسی مانان و همکاران (Mannan et al., 2009)، نشان می‌دهد که تعداد ساعات آفتابی بیشتر، سبب افزایش اجزای عملکرد و عملکرد دانه ارقام مختلف برنج در تاریخ کاشت ۲۲ آگوست (۳۱ مرداد) گردید. سدیدی شال و همکاران (Sadidi Shal et al., 2021)، به تأثیر اثر تغییر تاریخ کشت بر طول دوره رشد برنج هاشمی بر مبنای درجه –روز رشد (GDD) در سطح گیلان پرداختند، به این منظور از داده‌های میانگین دمای روزانه ۱۳ ایستگاه در یک دوره یازده‌ساله (۹۷-۱۳۸۷) استفاده کردند. نتایج نشان داد در تمام شهرستان‌های استان گیلان مناسب‌ترین تاریخ کشت از نظر کوتاه‌تر بودن طول دوره رشد مربوط به تاریخ‌های ۱۰ و ۲۰ خرداد به دست آمد. در مطالعه‌ای دو آزمایش در مزرعه ایستگاه تحقیقات برنج المشخاب در شهر نجف عراق طی سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۲۱ انجام شد. در هر فصل، هشت ژنوتیپ و دو تاریخ جوانه‌زنی (۱۵ و ۳۰ ژوئن) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که ژنوتیپ‌ها و تاریخ‌های کاشت تأثیر معناداری بر تمامی صفات مورد بررسی داشته است. ژنوتیپ‌ها به کاشت دیرتر (۲۰ ژوئیه) نسبت به کاشت زودتر (۵ ژوئیه) واکنش بهتری نشان دادند. ژنوتیپ T93 بالاترین پایداری عملکرد دانه و وزن هزار دانه را داشت، در حالی که Forat1 به تاریخ کاشت دیرتر و شرایط محیطی مطلوب از نظر تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، وزن هزار دانه و عملکرد دانه واکنش مثبتی نشان داد. وراثت‌پذیری صفات متوسط بود و پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار برای عملکرد دانه نسبتاً بالا (۱۳/۶۶٪) گزارش شد (Abas, 2023). در پژوهشی، تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت بر عملکرد برنج و شرایط آب و هوایی مورد بررسی قرار گرفت. آزمایشی میدانی به‌مدت چهار سال (۲۰۱۸–۲۰۲۱) در ایستگاه تحقیقات هواشناسی کشاورزی جینگ‌ژو، چین، با چهار تاریخ کاشت متفاوت (اواخر آوریل، اوایل می، اواسط می‌و اواخر می) انجام شد. نتایج نشان داد که تأخیر در تاریخ کاشت از اوایل می‌به اواسط یا اواخر می‌می‌تواند عملکرد دانه را تا ۵/۶٪ تا ۸/۶٪ افزایش دهد. با این حال، کاشت زودهنگام می‌تواند استرس گرمایی را افزایش دهد، دمای مؤثر تجمعی را کاهش دهد، رشد برنج را مهار کرده و عملکرد دانه را کاهش دهد. از سوی دیگر، کاشت دیرهنگام ممکن است خطر دماهای پایین پس از گلدهی را افزایش دهد. با توجه به افزایش دمای مؤثر تجمعی، کاهش استرس گرمایی و دماهای پایین پس از گلدهی، تاریخ‌های کاشت از اواسط تا اواخر می‌بهترین زمان برای تضمین عملکرد بالا شناسایی شد (Liu et al., 2023). ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2023) به بررسی تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت برنج بر رشد و عملکرد آن تحت تغییرات اقلیمی آینده در جنوب شرقی چین پرداخته است. هدف این مطالعه شبیه‌سازی فنولوژی و عملکرد برنج دو برداشت با استفاده از سیستم DS-SAT v4.7.5 و تحلیل عوامل جوی مؤثر بر عملکرد برنج به‌کمک مدل جنگل‌های تصادفی و آنتروپی کوپولا بوده است. نتایج نشان داد که تحت سناریوهای مختلف تغییرات اقلیمی، عملکرد برنج به‌ترتیب ۲/۶٪، ۱/۸٪، ۲٪- و ۰/۱٪ افزایش یافته است. همچنین اهمیت بارش و تابش خورشیدی بر عملکرد برنج کاهش و اهمیت دما افزایش می‌یابد. کاشت زودهنگام برنج اولیه و کاشت دیرهنگام برنج دیررس باعث افزایش طول دوره فنولوژی و عملکرد برنج دو برداشت می‌شود. با انتخاب تاریخ کاشت بهینه، عملکرد برنج به ترتیب ۴/۶٪، ۵/۴٪، ۳/۴٪ و ۱۰/۲٪ افزایش خواهد یافت.

جمعیت جهان می‌تواند به حدود ۸/۵ میلیارد

در سال ۲۰۳۰، ۹/۷ میلیارد در سال ۲۰۵۰ و ۱۰/۹ میلیارد در سال ۲۱۰۰ افزایش یابد (United Nations, 2019). برای حل بحران امنیت غذایی جهانی، تولید جهانی محصولات زراعی باید به میزان قابل توجهی افزایش یابد. از آنجایی که دسترسی جهانی زمین قابل کشت محدود است. عملکرد محصول در واحد سطح باید افزایش یابد. برنج غذای اصلی تقریباً ۵۰ درصد از جمعیت جهان است (Nagaoka et al., 2020). فناوری‌های تولید برنج با عملکرد بالا برای حفظ جمعیت روبه‌رشد جهانی مورد نیاز است. طبق بررسی‌های انجام گرفته دمای هوا مهم‌ترین پارامتر هواشناسی اثرگذار بر تمامی مراحل فنولوژیکی برنج است و با توجه به اینکه برنج گیاهی حساس به سرما است که محصول آن تحت این تنش تا حد زیادی کاهش می‌یابد، باتوجه به اهمیت کشت برنج لذا تعیین زمان مناسب کشت برنج در استان ضروری به نظر می‌رسد به همین منظور در این پژوهش با استفاده از داده‌های دمایی ایستگاه‌های هواشناسی، داده‌های شبیه‌سازی‌شده GLDAS، روش درون‌یابی کریجینگ و پرسشنامه هایی که توسط کشاورزان پاسخ داده شده است، نقشه تنش دمایی برنج در ماه‌های مختلف سال برای استان مازندران تهیه گردیده است و بهترین زمان کشت برنج تعیین گردید. این پژوهش با استفاده از داده‌های دقیق و تحلیل‌های پیشرفته، زمان بهینه کاشت برنج را تعیین کرده و به‌ویژه بر اهمیت توجه به شرایط دمایی در بهینه‌سازی تولید برنج در استان مازندران تأکید دارد. نتایج این مطالعه به ارتقا تصمیم‌گیری‌های کشاورزی و افزایش بهره‌وری در این منطقه کمک می‌کند.

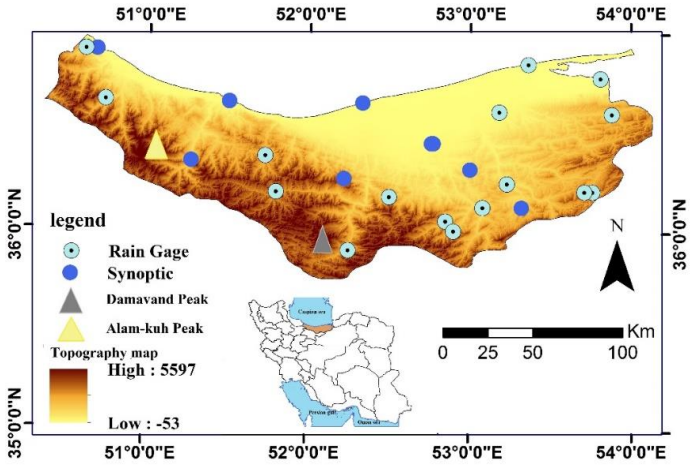
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان مازندران با وسعتی معادل ۱/۴۶ درصد از مساحت کل ایران، حدود ۳/۷۲ میلیون هکتار مساحت دارد. این استان بین طول‌های جغرافیایی ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی، در جنوب دریای مازندران (خزر) و شمال رشته‌کوه البرز قرار گرفته است. سطح زیر کشت برنج در استان مازندران حدود ۲۱۵ هزار هکتار است و ۴۰ درصد از برنج کشور را تأمین می‌کند (Ministry of Agricultural-Jihad of Iran, 2022). کشت برنج از دیرباز در این منطقه یک سنت بوده است. به‌طوری‌که اشتغال جمعیت روستاهای آن و فعالیت اقتصادی مستقیم و غیرمستقیم (مانند صنعت برنج، ماشین‌آلات، مواد شیمیایی کشاورزی) تحت تأثیر این محصول راهبردی است. همچنین ارزش فرهنگی مرتبط با سنت تولید برنج در این منطقه وجود دارد که بر سایر فعالیت‌های اجتماعی تأثیر می‌گذارد. نقشه سطوح زیر کشت برنج استان مازندران در شکل ۲ آمده است. با توجه به نقشه سطح زیر کشت برنج، مشاهده می‌شود که بیشترین سطح کشت در بخش مرکزی استان و شهرستان‌های بابل، آمل، فریدون‌کنار و بخش‌های شرقی استان مثل دشت ناز قرار دارد. غرب استان به‌دلیل پستی و بلندی‌های خاص غرب استان و نزدیکی دریا و جنگل، مساحت شالیزارهای برنج بسیار کاهش پیدا کرده است. در ناحیه‌ی شرقی استان مساحت شالیزارهای برنج بیشتر از غرب استان است. در این مطالعه از داده‌های یازده سال (۱۳۹۰-۱۴۰۰) میانگین دمای پانزده ایستگاه سینوپتیک استان مازندران به‌صورت روزانه و چهل و چهار تصویر داده‌های شبیه‌سازی‌شده GLDAS به‌صورت ماهانه برای ماه‌های اسفند، فروردین، اردیبهشت و خرداد استفاده شد، که موقعیت ایستگاه‌ها در شکل ۱ آمده است.

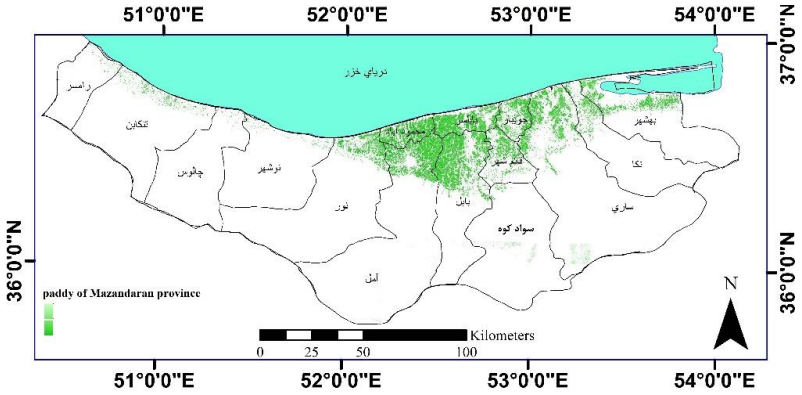
مدل GLDAS و کریجینگ

تصاویر ماهواره‌ای مدل GLDAS (Global Land Data Assimilation System) به خودی خود درست نیست. دلیل این امر این است که GLDAS یک مدل شبیه‌سازی است که از ترکیب داده‌های مشاهدات ماهواره‌ای و مدل‌های عددی سطح زمین استفاده می‌کند تا شرایط سطح زمین را شبیه‌سازی کند، داده‌های این مدل با دقت مکانی ۰/۲۵ درجه ارائه می‌شود و از ۱۹۷۹ موجود است. این داده‌ها برای مطالعات آب و هواشناسی، پیش‌بینی هوا، مدیریت منابع آب، کشاورزی و نظارت بر تغییرات آب‌وهوایی استفاده می‌شود. داده‌های GLDAS از ترکیب



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی استان مازندران

Fig 1. Location of meteorological stations used in Mazandaran Province



شکل ۲. نقشه سطوح زیر کشت برنج استان مازندران

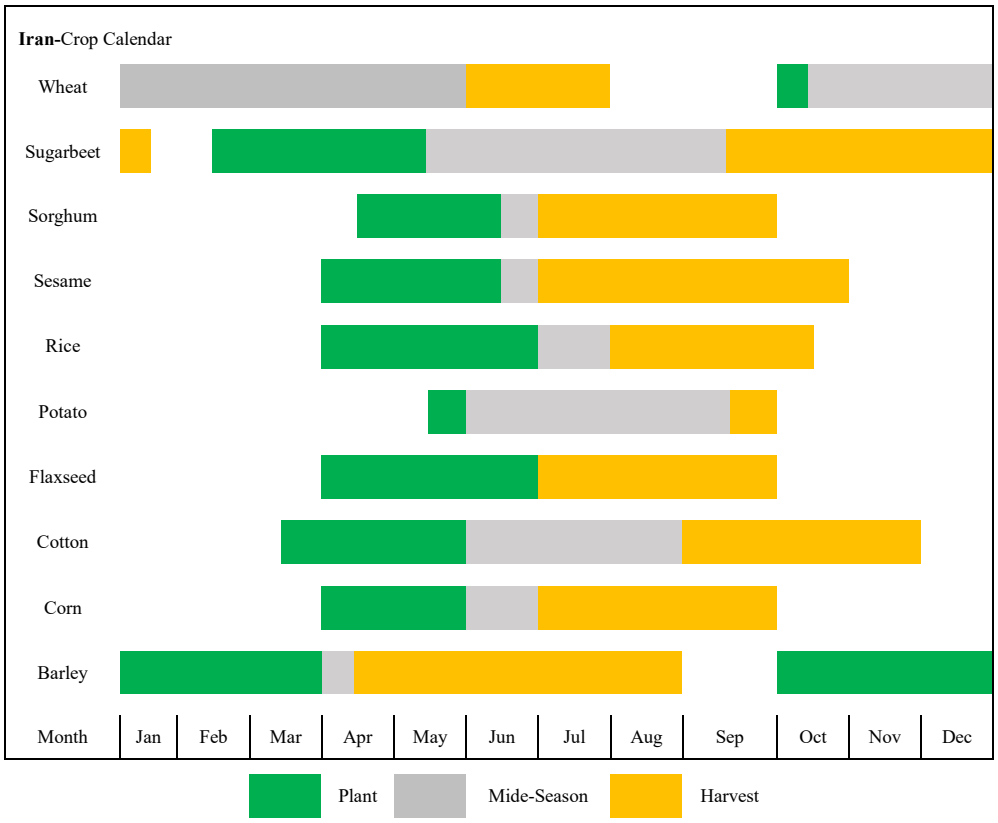
Fig 2. Map of the area under rice cultivation in Mazandaran Province

مشاهدات ماهواره‌ای و مدل‌های عددی حاصل می‌شود و اطلاعات به‌روز و دقیق‌تری از وضعیت سطح زمین ارائه می‌دهد. (Tan et al, 2018). آمار کاربردی است که با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده از نقاط نمونه برداری شده قادر به ارائه‌ی مجموعه‌ی وسیعی از تخمین‌گرهای آماری به‌منظور برآورد خصوصیت مورد نظر در نقاط نمونه برداری نشده، است (Yang et al, 2015). کریجینگ، یک روش تخمین، استوار بر منطق میانگین متحرک وزن‌دار است. کریجینگ یک روش زمین آمار برای درون یابی داده‌ها بر اساس واریانس فضایی است، درکریجینگ واریانس فضایی تابعی از فاصله شناخته می‌شود (Delavari et al, 2013). در این پژوهش از روش کریجینگ و مدل GLDAS برای تخمین دما و رسم نقشه استفاده شد.

معیارهای ارزیابی

برای ارزیابی داده‌ها، از چندین شاخص آماری استفاده شد تا دقت و صحت داده‌ها بررسی شود. یکی از این شاخص‌ها ضریب همبستگی پیرسون است که میزان رابطه خطی بین دو مجموعه داده را نشان می‌دهد. این ضریب عددی بین ۱ و -۱ دارد؛ اگر مقدار آن نزدیک به ۱ باشد، نشان‌دهنده همبستگی مثبت و قوی بین داده‌ها است، در حالی که اگر نزدیک به -۱ باشد، همبستگی منفی و اگر نزدیک به ۰ باشد، نشان‌دهنده نبود رابطه خطی است. میانگین مربعات خطا یا RMSE (Root Mean Square Error) است که میزان خطای بین مقادیر تخمین زده شده و مقادیر واقعی را نشان می‌دهد. خطای اریب میانگین یا MBE (Mean Bias Error) است که جهت و میزان انحراف

پیش‌بینی‌ها از مقادیر واقعی را مشخص می‌کند. این شاخص نشان می‌دهد که آیا مدل ماهواره‌ای داده‌ها را بیش از حد برآورد کرده است یا کمتر از حد واقعی. مقدار مثبت MBE نشان‌دهنده بیش‌برآورد و مقدار منفی نشان‌دهنده کم‌برآورد است. همچنین برای صحت پژوهش فوق نیز از داده‌های واقعی و تقویم کاشت برنج مؤسسه تحقیقات برنج ایران (آمل) به کار گرفته شد. تقویم زراعی اقلیمی برنج یکی از عوامل مهم در مدیریت کشت و بهره‌وری این محصول است. تقویم زراعی براساس شرایط هواشناسی، فنولوژی گیاه و نیازهای آبی تعیین می‌شود. برای تهیه تقویم زراعی مناسب، لازم است پارامترهای هواشناسی مؤثر بر رشد و عملکرد برنج در سطوح احتمالاتی مختلف تحلیل و مورد بررسی قرار گیرند. این پارامترها شامل دما، بارش، رطوبت، ساعت آفتابی و سرعت باد هستند. با استفاده از داده‌های هواشناسی در دوره‌های آماری مختلف و با کمک مدل‌های شبیه‌سازی، می‌توان شرایط حاضر و آینده را پیش‌بینی کرد. تقویم زراعی برخی از محصولات عمده کشور در شکل ۳ آورده شده است (Shahnazari et al, 2021).



شکل ۳. تقویم زراعی برخی محصولات عمده ایران

Fig 3. Crop calendar of some major products of Iran

با توجه به عدم پراکنش مناسب ایستگاه‌های هواشناسی و عدم وجود ایستگاه‌های متعدد در نزدیکی مزارع استان مازندران، در این پژوهش علاوه بر استفاده از داده‌های واقعی دما از داده‌های دمای شبیه‌سازی‌شده GLDAS برای نقاط فاقد ایستگاه هواشناسی استفاده شد. اطلاعات هر سلول که ایستگاه‌های مورد مطالعه در داخل آن قرار گرفت به‌عنوان دمای پایگاه‌های دمایی لحاظ شد. پس از دریافت تصاویر مدل شبیه‌سازی‌شده GLDAS فایل مورد نظر ابتدا توسط نرم‌افزار ENVI مدیریت و سپس وارد نرم‌افزار GIS شد و اطلاعات دمایی از آن استخراج شد. برای به‌دست آوردن دمای هر ایستگاه با استفاده از تصاویر GL-DAS اطلاعات جغرافیایی ایستگاه‌ها وارد نرم‌افزار شد، سپس با استخراج از تصاویر و نقاط ایستگاهی، اطلاعات برای هر یک از نقاط حاصل شد، سپس با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ دمای مناطق مختلف

استان محاسبه می‌شود. در این پژوهش در راستای تعیین زمان مناسب کشت برنج در استان مازندران با توجه به کمبود و عدم پراکنش مناسب ایستگاه‌های استان به‌خصوص در مناطق کشت برنج از تصویر شبیه‌سازی‌شده GLDAS در بازه زمانی ۱۳۹۰-۱۴۰۰ استفاده شد و در نزدیکی مزارع استان ایستگاه‌هایی مجازی در نظر گرفته شد، تا دمای مزارع مناطق مختلف استان از تصاویر GLDAS استخراج گردد، سپس با استفاده از روش کریجینگ نقشه میانگین دمای ده سال استان در ماه‌های اسفند، فروردین، اردیبهشت و خرداد رسم شد. باتوجه به اینکه دما به‌عنوان یکی از کلیدی‌ترین عوامل در تعیین زمان کشت برنج نقش دارد. این پارامتر مستقیماً بر تمامی مراحل رشد گیاه، از جوانه‌زنی تا رسیدگی نهایی دانه‌ها، اثر می‌گذارد. شرایط دمایی نامناسب می‌تواند منجر به تنش‌های شدید در گیاه شود، مانند سرمازدگی در مراحل اولیه یا گرمای مفرط در زمان گل‌دهی و رسیدگی، که هر دو کاهش قابل توجهی در عملکرد نهایی محصول به‌همراه دارند. به‌دلیل حساسیت بالای برنج به تغییرات دمایی، تعیین زمان بهینه کاشت بر اساس دما از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است تا رشد گیاه در بهترین شرایط ممکن انجام شده و نیاز به نهاده‌های اضافی مثل کود و سم کاهش یابد، در نتیجه، عملکرد بهینه و هزینه‌های تولید کاهش می‌یابد، لذا در این پژوهش با استفاده از پارامتر دما به تعیین زمان مناسب کشت برنج در استان مازندران پرداخته شد.

نتایج و بحث

تحلیل نمودار دمایی کاشت برنج

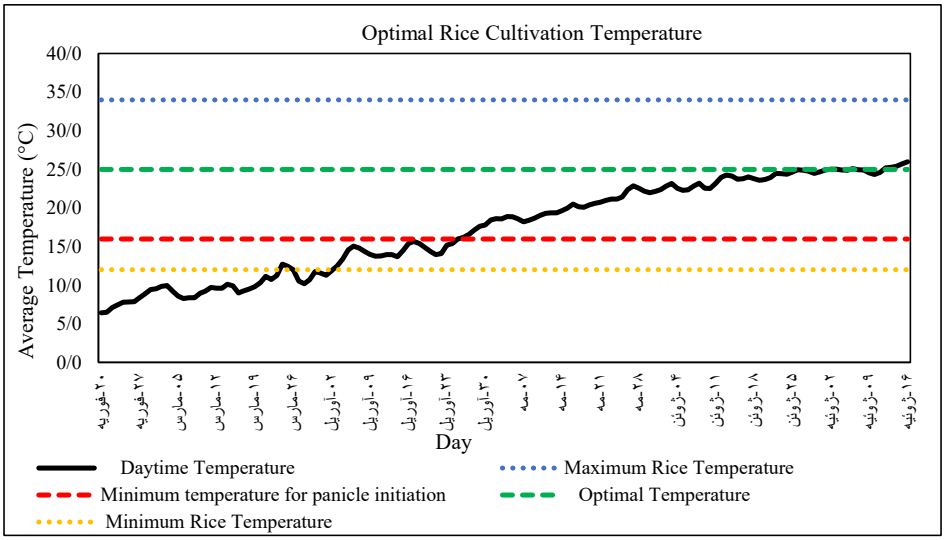
با استفاده از داده‌ها واقعی ۱۵ ایستگاه هواشناسی استان مازندران میانگین یازده سال، پنج ماه اسفند، فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر به‌صورت روزانه رسم شده است، که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، همچنین با توجه به جدول ۲ دمای بیشینه، دمای مطلوب و دمای کمینه برنج نیز مشخص شد. با توجه به‌شکل ۴ بهترین زمان برای کاشت برنج از اواخر فروردین ماه تا اواخر اردیبهشت است به‌طوری که هفته‌ی آخر اردیبهشت شرایط به مناسب‌ترین نقطه می‌رسد و در ماه خرداد شرایط مطلوب برای برنج به وجود می‌آید، اما با توجه به دوره کشت برنج کاشت برنج در ماه خرداد سبب ایجاد تنش‌های گرمایی شده و باعث افت عملکرد برنج می‌شود. همچنین به‌دلیل استفاده از خزانه برنج دمای درون خزانه بیشتر از هوا بوده و بهترین زمان برای کاشت برنج با درک این مسئله و نمودار شکل ۴ هفته سوم فروردین تا هفته دوم اردیبهشت است. باید این را در نظر گرفت که کاشت برنج در اسفند با توجه به دمای ده سال اخیر نامناسب است و سبب وارد شدن تنش سرمایی به برنج می‌شود و باعث افت عملکرد شده و سبب می‌شود کشاورز برای جبران کمبود دما از کودهای شیمیایی استفاده کرده تا عملکرد برنج را جبران کند که همین امر سبب افزایش هزینه کشاورز می‌شود، بر همین اساس در شکل ۵ تقویم کشت برنج استان مازندران آورده شده است، که برای کل پهنه استان در نظر گرفته شده است.

تحلیل معنی‌داری و ارزیابی داده‌های دمایی GLDAS

برای تحلیل معنی‌داری داده‌های GLDAS از روش آزمون فرض آماری و برای ارزیابی از میانگین مربعات خطا و خطای اریب استفاده شد، که در جدول ۱ قابل مشاهده است. سطح معنی‌داری داده‌های دمایی طبق جدول در اکثر ماه‌ها قابل قبول است. به‌علاوه از ضریب همبستگی نیز برای ارتباط میان داده‌های شبکه‌ای و واقعی به کار گرفته شد. این ضریب بین ۱ تا ۱- است، که هرچه به ۱ و ۱- نزدیک باشد بهتر است، همچنین در صورت عدم وجود رابطه بین دو متغیر برابر صفر است. که با توجه به جدول ضریب همبستگی نیز در اکثر ماه‌ها مناسب است. برای ارزیابی داده‌های دمایی GLDAS از میانگین مربعات خطا و میانگین خطای اریب استفاده شد. بررسی میانگین مربعات خطای در این پژوهش نشان می‌دهد که بیشترین خطا مربوط به ماه دسامبر و ژانویه است، همچنین کمترین خطا مربوط به ماه‌های ژوئیه، است. با توجه به جدول ۱ مشاهده می‌شود که داده‌های ماهواره‌ای در فصل‌های گرم دارای خطای کمتری هستند. با توجه به مطالب فوق و جدول ۱ صحت استفاده از داده‌های GLDAS تایید می‌شود.

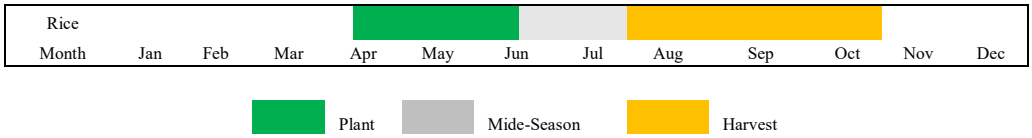
تحلیل نقشه نواحی کشت برنج

برنج یکی از محصولاتی است که برای جوانه زنی



شکل ۴. نمودار روزانه دمایی استان مازندران برای کشت برنج در یازده سال اخیر (۱۴۰۰-۱۳۹۰)

Fig 4. Daily temperature graph of Mazandaran Province for rice cultivation over the recent eleven years (2011-2021)



شکل ۵. تقویم کشت برنج استان مازندران

Fig 5. Rice cultivation calendar of Mazandaran province

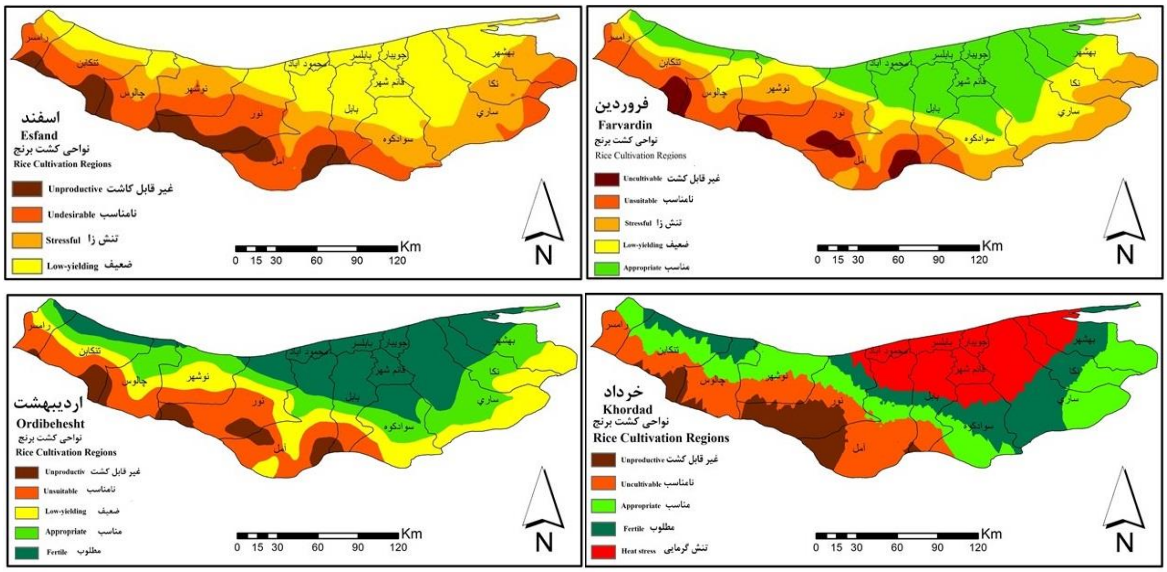
جدول ۱. میزان همبستگی و RMSE و MBE داده‌های GLDAS با داده‌های واقعی میانگین یازده ساله

Table 1. Correlation coefficient, RMSE and MBE of GLDAS data with the real eleven-years average temperature

ماه	معنی‌داری	همبستگی	شاخص خطا	
Month	p-value	R^2	MBE	RMSE
Jan	0.004	0.61	4.1	-1.5
Feb	0.003	0.6	3.1	-1.4
Mar	0.01	0.51	3.2	-1.1
Apr	0.001	0.57	3.1	-1.9
May	0.002	0.58	3.9	-2.7
Jun	0.006	0.61	3.2	-2.6
Jul	0.004	0.62	2.2	-1.2
Aug	0.001	0.63	3.1	-2.3
Sep	0.003	0.62	2.3	-0.9
Oct	0.002	0.6	3.1	-1.9
Nov	0.002	0.59	3.9	-2.1
Dec	0.004	0.56	4.2	-2.9

نیاز به آب و هوای مطلوب دارد تا بتواند رشد و بهره بیشتری داشته باشد. در حال حاضر استان‌های شمالی دارای بالاترین سهم مزارع در برنج کاری هستند زیرا آب و هوای آن نواحی کاملاً مرطوب و پرباران است. با استفاده از تصاویر میانگین دمای ماهانه GLDAS نقشه میانگین دمایی یازده سال ماه‌های اسفند، فروردین،

اردیبهشت و خرداد در محیط GIS با استفاده از روش کریجینگ رسم شد. نتایج نشان می‌دهد، که کاشت برنج در مناطق پر ارتفاع و کوهستانی غیر قابل کشت است که در همه‌ی ماه‌های سال در نقشه شکل شماره ۵ مشخص است. نتایج نقشه نواحی کشت اسفند ماه نشان می‌دهد که در اکثر مزارع استان کاشت برنج ضعیف بوده و با تنش همراه است، اما در فروردین ماه نواحی ساحلی و مرکزی استان برای کاشت برنج مناسب است و سایر نواحی برای کاشت برنج ضعیف است. اما کاشت برنج در ماه اردیبهشت بسیار بهتر از ماه‌های اسفند و فروردین بوده است و هیچ مناطقی از مزارع برنج استان مازندران تحت تنش قرار ندارند و نسبت به ماه فروردین مناطق وسیعی از سواحل شرقی، مرکزی و محدوده کمی از سواحل غربی در کلاس مطلوب قرار داشته و بهترین زمان کاشت برنج از بهشهر تا منطقه نور کشیده شده است، و مناطق سواحل نوشهر و مناطق کم ارتفاع نیز برای کاشت برنج مناسب است. نقشه نواحی کشت خرداد ماه نشان می‌دهد نواحی شهرهای سواحل شرقی و مرکزی استان برای کاشت برنج تحت تنش گرمایی قرار گرفته و کشت برنج نامناسب است به‌طوری که از بهشهر تا محدوده محمودآباد و مناطق مرکزی استان ساری، قائم‌شهر، بابل و آمل برای کاشت برنج در خرداد ماه مناسب نبوده و بخش‌هایی با ارتفاع بیشتر مانند سواد کوه و بخش از مناطق غربی استان مانند چالوس، تنکابن و رامسر که دارای مزارع اندکی هستند برای کاشت برنج مطلوب است. با توجه به این نقشه‌های شکل ۶ در می‌یابیم که، کاشت برنج در اردیبهشت ماه بهتر از سایر ماه‌ها است و برنج با تنشی دمایی مواجه نخواهد شد و سبب کاهش خسارت، افزایش بازده و درآمد در کشت اول برای کشاورز می‌شود.



شکل ۶. نقشه نواحی مناسب کشت برنج استان مازندران در ماه‌های مختلف میانگین ۱۱ سال

Fig 6. Map of suitable areas for rice cultivation in Mazandaran Province in different months of eleven years average

نظرسنجی کشاورز

برای درک بهتر مناسب‌ترین زمان کاشت برنج در استان مازندران، پرسشنامه‌ای تهیه شد که توسط بیست و پنج کشاورز باسابقه و پیشرو، از مناطق مختلف استان پاسخ داده شد. در این پرسش‌نامه منطقه کشت، تاریخ کشت، بیماری و تنش مشخص شد که در جدول ۴ آمده است. بر اساس جدول ۴ شهرستان‌های مرکزی استان مازندران مانند بابل، آمل، قائم‌شهر و ساری و مناطق شرقی استان بهترین زمان کاشت برنج از هفته آخر فروردین است، به‌طوری که اکثر کشاورزانی که در هفته آخر فروردین عملیات کاشت برنج را انجام داده‌اند، دچار بیماری نشده و

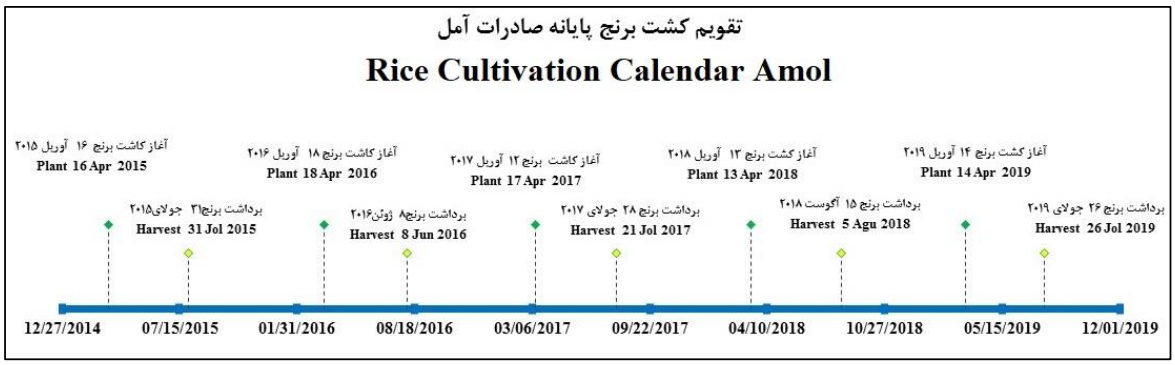
مزرعه بدون تنش بوده است. اکثر کشاورزانی که زمین زراعی آن‌ها دچار تنش و بیماری شده در ماه اسفند به کاشت برنج پرداخته‌اند و هرچه از اسفند فاصله گرفته و به ماه فروردین نزدیک شده میزان تنش‌ها کم‌تر شده است. به‌دلیل دمای بالاتر شرق استان نسبت به مناطق مرکزی و غرب استان (Youse-fi Kabria et al, 2019)، میزان تنش و بیماری در تاریخ کشت همزمان، در شرق کمتر بوده است. همچنین بیشترین بیماری که به مزارع استان طبق جدول ۴ وارد شده است، بلاست بوده که به‌دلیل اختلاف دمای روز و شب و رطوبت است (Emmanuel Asibi et al, 2019). نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد بهترین زمان برای کاشت برنج هفته آخر فروردین و اوایل اردیبهشت ماه است، همچنین برای صحت پژوهش فوق از داده‌های ۵ سال (۲۰۱۵-۲۰۱۹) تقویم کشت برنج مؤسسه تحقیقات برنج ایران (آمل) استفاده شد که بهترین زمان کاشت برنج هفته آخر فروردین ماه بوده است، که در شکل ۷ آورده شده است.

جدول ۲. پرسش‌نامه الگوی تاریخ کشت برنج استان مازندران

Table 2. Questionnaire of the rice cultivation date pattern in Mazandaran Province

کشاورز Farmer	منطقه Area	هکتار Hectares	تاریخ کاشت Planting Date	بیماری Sickness	تنش Stress
Farmer 1	Babol Kenar	0.6	1402/01/08	بلاست، لکه قهوه‌ای Magnaporthe grisea, Brown Spot	√
Farmer 2	Babol Kenar	1	1401/01/25	-	-
Farmer 3	Babol	1.5	1401/12/15	تونگرو، پوسیدگی طوقه، کوتولگی، کرم ساقه‌خوار RTD, Fusarium proliferatum, Dwarfism, cream of rice	√
Farmer 4	Babol	2	1401/01/28	-	-
Farmer 5	Babol	2	1399/01/30	-	-
Farmer 6	Lale Abad	2	1399/01/27	-	-
Farmer 7	Babol Sar	5	1400/01/04	لکه قهوه‌ای، بلاست، مگس خزانه Magnaporthe grisea, Brown Spot, Ephydra afghanica	√
Farmer 8	Fereydun Kenar	2	1400/01/20	بلاست	√
Farmer 9	Fereydun Kenar	3	1400/12/25	بلاست، لکه قهوه‌ای، پوسیدگی طوقه، عدم رشد یکسان خزانه Magnaporthe grisea, Brown Spot, Fusarium proliferatum, Lack of uniform treasury Nursery	√
Farmer 10	Fereydun Kenar	3	1401/12/17	کوتولگی، کاهش پنجه زنی، زرد شدن برگ‌ها، عدم رشد یکسان خزانه، مگس خزانه Dwarfism, decrease tillering, Yellowing of leaves, Lack of uniform treasury Nursery, Ephydra afghanica	√
Farmer 11	Amol	2	1401/12/25	لکه قهوه‌ای، شیت بلایت، کوتولگی، پوسیدگی طوقه، پنجه زنی ضعیف Brown Spot, sheet beight, Dwarfism, Fusarium proliferatum, decrease tillering	√

Farmer 12	Amol	5	1400/12/16	زردی برگ‌ها، پوسیدگی طوقه، کوتولگی، مگس خزانه Yellowing of leaves, Fusarium proliferatum, Dwarfism, Ephydra afghanica	√
Farmer 13	Amol	5	1400/12/29	زردی برگ‌ها، پوسیدگی طوقه، کوتولگی Yellowing of leaves, Fusarium proliferatum, Dwarfism	√
Farmer 14	Mahmoud Abad	3	1400/12/13	تأخیر در رشد، عدم رشد یکسان خزانه، زردی برگ‌ها، تأخیر در پنجه زنی، پوسیدگی طوقه Delay Development, Yellowing of leaves, Lack of uniform treasury Nursery, delay tillering, Fusarium proliferatum	√
Farmer 15	Sorkhrud	3	1401/01/02	لکه قهوه، بلاست، مگس خزانه، کوتولگی Magnaporthe grisea, Brown Spot, Ephydra afghanica, Dwarfism	√
Farmer 16	Nur	1	1400/01/10	بلاست، مگس خزانه، کوتولگی، پوسیدگی طوقه Magnaporthe grisea, Ephydra afghanica, Dwarfism, Fusarium proliferatum	√
Farmer 17	Juybar	6	1400/01/05	لکه قهوه‌ای، شیت بلایت، مگس خزانه Brown Spot, sheet beight, Ephydra afghanica	√
Farmer 18	Juybar	3	1400/12/20	زردی برگ‌ها، تأخیر در پنجه زنی، کوتولگی، پوسیدگی طوقه، بلاست Yellowing of leaves, delay tillering, Dwarfism, Fusarium proliferatum, Magnaporthe grisea	√
Farmer 19	Qaem Shahr	6	1400/01/05	بلاست، لکه قهوه‌ای Magnaporthe grisea, Brown Spot	√
Farmer 20	Sari	4	1399/01/27	-	-
Farmer 21	Dasht Naz	4	1401/12/20	تونگرو، کوتولگی، بلاست RTD, Dwarfism, Magnaporthe grisea	√
Farmer 22	Dasht Naz	2	1400/01/26	-	-
Farmer 23	Behshahr	2	1401/01/15	بلاست Magnaporthe grisea	√
Farmer 24	Behshahr	2	1400/01/03	لکه قهوه‌ای، بلاست، شیت بلایت، مگس خزانه Magnaporthe grisea, Brown Spot, sheet beight, Ephydra afghanica	√
Farmer 25	Savadkuh	0.7	1400/01/11	زردی برگ‌ها، تأخیر در پنجه زنی، کوتولگی، پوسیدگی طوقه، محصول کم Yellowing of leaves, delay tillering, Dwarfism, Fusarium proliferatum, Product reduction	√



شکل ۷. تقویم کشت برنج مؤسسه تحقیقات برنج آمل

Fig 7. Rice cultivation calendar of export terminal of Amol

نتایج حاکی از نمودار، نقشه‌ها و پرسش‌نامه نشان داد که بهترین زمان برای کاشت برنج در استان مازندران با توجه به دما از بازه زمانی ۲۱ فروردین ماه می‌باشد به‌طوری که کاشت برنج در بازه زمانی زودتر باعث تنش‌های سرمایی و خسارت زیادی به مزرعه می‌شود، همچنین توصیه می‌شود، کشاورزان از کاشت برنج در ماه اسفند به‌دلیل اینکه میانگین دما بین ۵ تا ۱۰ درجه سلسیوس می‌باشد، و باعث کاهش ۲۰ درصدی عملکرد برنج و افزایش کود و سم می‌شود (Fallah et al, 2015)، خودداری کنند. اسماعیل زاده و همکاران (Esmaeilzadeh et al, 2020)، بهترین زمان برای کشت دوم برنج طارم هاشمی محلی در آمل را در بازه‌ی زمانی ۷ تا ۱۹ تیر مشخص کردند، عرفانی و همکاران (Erfani et al, 2020)، بهترین زمان کاشت برنج تیسا در محدوده‌ی تنکابن را محدوده ۲۵ اردیبهشت تا ۴ خرداد تشخیص دادند. مرادپور و همکاران (Moradpour et al, 2015)، به بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته در استان مازندران برای ماه خرداد پرداختند و بهترین عملکرد برنج را برای تاریخ کاشت ۱۹ خرداد و بدترین عملکرد را برای ۲۹ خرداد تعیین کرد. نتایج این پژوهش علاوه بر اینکه تمام مزارع استان مازندران را در نظر گرفته، برای چهار ماه بررسی کرده و از داده‌های یازده ساله آماری واقعی و ماهواره‌ای استفاده کرده است و تاریخ مناسب و ماه مناسب را برخلاف پژوهش‌های فوق برای کشت اول مشخص کرده است. صفت وزن هزار دانه با تمام صفات به‌جز صفات تعداد پنجه و تعداد دانه در سنبله و صفت عملکرد دانه با تمام صفات به‌جز صفات تعداد پنجه، طول پدانکل و تعداد دانه در سنبله همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند (جدول ۴). نتایج تحقیق با نتایج طاغی سدیدی شال و همکاران (Taghi Sadidi Shal et al, 2021) برای بیشتر صفات منطبق بود.

براساس نقشه همبستگی رسم شده بین صفات که میزان شدت همبستگی را براساس رنگ (رنگ قرمز بیشترین میزان همبستگی تا رنگ سفید عدم همبستگی) نمایش می‌دهد، بیشترین میزان همبستگی بین صفت وزن کل بوته با صفات وزن دانه در سنبله و وزن دانه در کل بوته، صفت وزن دانه در کل بوته با صفت وزن دانه در سنبله، صفت عملکرد دانه با صفت وزن هزار دانه و صفت تعداد پنجه بارور با صفت تعداد پنجه بود.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به‌منظور تعیین زمان مناسب کشت برنج از داده‌های میانگین دمای روزانه یازده سال (۱۳۹۰-۱۴۰۰)، پانزده ایستگاه سینوپتیک استان مازندران، ۴۴ تصویر میانگین دمای هوای داده‌های شبیه‌سازی‌شده GLDAS برای ماه‌های اسفند، فروردین، اردیبهشت و خرداد و پرسش‌نامه الگوی تاریخ کشت برنج که توسط کشاورز پاسخ داده شد، مورد استفاده قرار گرفت و از روش درون‌یابی کریجینگ نقشه ماه‌های مناسب کشت برنج در محیط GIS رسم شد. همچنین نمودار روزانه دمای مناسب کشت برنج با استفاده از داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های سینوپتیک استان مازندران رسم شد. نتایج پژوهش نشان داد که ماه‌های فروردین و اردیبهشت نسبت به ماه‌های دیگر برای کشت برنج در استان مازندران

بهتـر می‌باشـند. البتـه بهتریـن زمـان بـرای کشـت برنـج ۱۰ روز آخـر فروردیـن و ۱۴ روز ابتدایـی اردیبهشـت می‌باشـد، بـا توجـه بـه اینکـه برنـج گیاهـی حسـاس بـه شـرایط دمایـی اسـت، هرچـه از زمسـتان فاصلـه گرفتـه وضعیـت کشـت مناسـب‌تر می‌شـود. به‌طـوری کـه اکثـر مناطـق کشـت مرکـزی و شـرق اسـتان در مـاه اردیبهشـت در کلاس مطلـوب بوده‌انـد، امـا در مـاه فروردیـن کلاس مطلـوب بـرای کشـت برنـج وجـود نداشـته اسـت و مـاه اسـفند در سراسـر اسـتان کاشـت برنـج نامناسـب اسـت امـا کشـاورزان به‌دلیـل کاشـت دوبـاره برنـج اکثـراً در ایـن مـاه و اوایـل فروردیـن کاشـت برنـج را شـروع می‌کننـد کـه بـرای جلوگیـری از تنش‌هـا و بیماری‌هـا از سـم، کـود، آفت‌کـش و قارچ‌کش‌هـا بـه میـزان بـالا اسـتفاده می‌کننـد تـا محصـولات دچـار خسـارت نشـود. به‌دلیـل تنـش گرمایـی و طولانـی شـدن فصـل کشـت خـرداد مـاه بـرای کشـت برنـج دیـر بـه نظـر می‌رشـد. نتایـج پژوهـش فـوق نشـان داد بهتریـن زمـان کاشـت برنـج هفتـه سـوم فروردیـن و دو هفتـه ابتدایـی اردیبهشـت مـاه اسـت. ایـن پژوهـش بـا بهره‌گیـری از داده‌هـای متنـوع و روش‌هـای مـدرن تحلیـل اقلیمـی، می‌توانـد به‌عنـوان الگویـی بـرای مناطـق مشـابه در کشـور اسـتفاده شـود. همچنیـن، نتایـج به‌دسـت‌آمده می‌توانـد بـه تصمیم‌گیـران و کشـاورزان در مدیریـت بهتـر منابـع طبیعـی و بهینه‌سـازی تولیـد کمـک کنـد و در راسـتای امنیـت غذایـی و توسـعه پایـدار منطقـه نقـش بـه سـزایی ایفـا کنـد. بـرای مطالعـات آتـی، پیشـنهاد می‌شـود، بـه بررسـی دقیق‌تـر تأثیـرات تغییـرات اقلیمـی بـر کشـت مجـدد برنـج و اسـتفاده از فناوری‌هـای مدیریـت آبیـاری بـرای بهینه‌سـازی مصـرف آب پرداختـه شـود.

منابع

Abas, S. H. (2023). Effect of planting dates on the stability of new rice genotypes traits grown in Iraqi conditions. *Basrah Journal of Agricultural Sciences,* 36(2), 1-10. https://doi.org/10.37077/25200860.2023.36.2.01

Abou-Khadrah, S.H., Abo-Youssef, M.I., Hafez, E.M. & Rehan, A.A. (2014). Effect of planting methods and sowing dates on yield and yield attributes of rice varieties under D.U.S. *experiment. Scientia Agriculturae*, 8(5), 133-139. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:171091350

Akhil, R.B., Ishigo-oka, N., Adachi, M.N. & Oguma, Y. (2008). Cold tolerance at the early growth stage in wild and cultivated rice. *Euphytica*, 165, 459-470. doi:10.1007/s10681-008-9753-y

AL-TAWEEL, S.K., AZZAM, C.R., KHALED, K.A. & ABDEL-AZIZ, R.M. (2021). Improvement of stevia (Stevia rebaudiana BERTONI) and steviol glycoside through traditional breeding and biotechnological approaches. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 53(1), 88-111. https://www.researchgate.net/publication/350007661

Chandravarnan, P., Agyei, D. & Ali, A. (2022). Green and sustainable technologies for the decontamination of fungi and mycotoxins in rice: A review. *Trends in Food Science & Technology,* 124, 278-295. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.04.020

Cruz, R.P., Milach, S.C. & Federizzi, L.C. (2006). Inheritance of rice cold tolerance at the germination stage. *Genetics and Molecular Biology,* 29(7), 314-320. https://www.researchgate.net/publication/278246163

Deng, F., Zhang, C., He, L., Liao, S., Li, Q., Li, B., Zhu, S., Gao, Y., Tao, Y., Zhou, W., Lei, X., Wang, L., Hu, J., Chen, Y., & Ren, W. (2022). Delayed sowing date improves the quality of mechanically transplanted rice by optimizing temperature conditions during the growth season. *Field Crops Research*, 281, 108493. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108493

Bodapati, N., Gunawardena, T.H. & Fukai, P.S.H. (2005). Increasing cold tolerance in rice. University of Queensland. School of Land and Food Sciences, RIRDC, Australia. https://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:66338

Delavari, D., Mirzayi Zade, M. & Tark, M. (2013).

sian] 20.1001.1.22518517.1393.4.14.7.7

Liu, K., Song, C., Ye, P., Liu, H., Xia, Z., Waseem, H., Deng, Y., Liu, Z., Wang, L., Wang, B., Yang, X., & Zhu, J. (2023). Optimizing rice sowing dates for high yield and climate adaptation in central China. *Agronomy,* 13(5), 1339. https://doi.org/10.3390/agronomy13051339

Mannan, M.A., Bhutya, M.S.U., Hossain, S.M.A. & Akhand, M.I.M. (2009). Study on phenology and yielding ability of basmati fine rice genotypes as influenced by planting date in aman season. *Bangladesh Journal of Agricultural Research,* 34(7), 373-384. DOI:10.3329/bjar.v35i1.5877

Moradpour, S., Amiri, E., Mobasser, H.R. & Madani, H. (2015). The effects of planting date and plant density on rice in Mazandaran province. *Journal of New Findings in Agriculture,* 9(2), 117-127. [In Persian] https://sanad.iau.ir/fa/Article/1086388

Nabi Pur, Y. & Vafa Khah, M. (2017). Comparison of Different Geostatistical Methods for Estimating Rainfall in Haji Ghoshan Watershed. *Journal of Range and Watershed Management,* 69(14), 487-502. [In Persian] https://doi.org/10.22059/jrwm.2016.61698

Nadi, M. & Yousefi Kebriya, A. (2023). A Method for Correction of Tropical Rainfall Measuring Mission Satellite Temperature Network in Mazandaran Province. *Iranica Journal of Energy and Environment,* 15(1), 228-236. https://doi.org/10.5829/IJEE.2024.15.01.10

Nagaoka, I., Sasahara, H., Matsushita, K., Maeda, H., Shigemune, A., Yamaguchi, M., Goto, A., & Miura, K. (2020). “Niji-no-kirameki,” a new rice cultivar with high-yielding and resistance to high temperature, lodging, and rice stripe disease. *Breeding Research,* 22, 167–173. https://doi.org/10.1270/jsbbr.19J04

Promchote, P., Shih-Yu, O., Wang, S., Yoon, J., John-

Evaluation of different kriging methods in rainfall zoning of Ilam province. Second National Conference on Architecture, Civil Engineering, and Urban Environment, Hamadan, Shahid Mofteh College.

Emmanuel Asibi, A., Chai, Q. & Jeffrey, C. (2019). Rice Blast: A Disease with Implications for Global Food Security. *Agronomy,* 9(8), 1-15. https://doi.org/10.3390/agronomy9080451

Erfani, E., Abbasian, A., Sattari, M., Mohaddesi, A., Tavasoli, F., Rahim Sourorsh, H., Saeedi, M., Yousefi, M., Fathi, N. & Abadian, H. (2020). Determination of the optimum transplanting date based on GDD and the best plant density in rice (Oryza sativa cv. Tisa). *Journal of Applied Crop Research,* 33(7), 125-137. [In Persian] 10.22092/aj.2020.126741.1413

Esmaeilzadeh, M., Niknejad, Y., Fallah Amoli, H. & Kheyri, N. (2020). Determination of Optimum Transplanting Date for Double Cropping of Rice (Oryza sativa L. CV. Tarom Mahalli) in Mazandaran. *Journal of Crop Ecophysiology,* 40(9), 991-1006. [In Persian] https://sanad.iau.ir/en/Article/956881?FullText=FullText

Fallah, A. & Miarostami, P. (2015). Effect of temperature treatments on growth stages and yield of rice varieties in greenhouse. *Journal of Applied Crop Research*, 28(6), 94-103. [In Persian] 10.22092/aj.2015.105728

Khan, A. & Rahman, H.U. (2011). Effect of different planting dates on yield and yield components of rice (Oryza sativa L.). *Annals of Agrarian Science,* 9(2), 1-9.

Limouchi, K., Siadat, A. & Abdolali Gilani, A. (2014). Effect of planting date on vegetative growth and yield of three rice cultivars in north regions of Khuzestan. *Agronomic Research in Semi Desert Regions*, 11(1), 51-63. [In Per-

csc2.21003

Walia, U.S., Walia, S.S., Sidhu, S.A., & Nayyar, S. (2014). Productivity of direct seeded rice in relation to different dates of sowing and varieties in central Punjab. *Journal of Crop and Weed*, 10(3), 126-129. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:64694918

Xu, Y., Chu, C., & Yao, S. (2021). The impact of high-temperature stress on rice: Challenges and solutions. *The Crop Journal*, 9(5), 963-976. https://doi.org/10.1016/j.cj.2021.02.011

Yang, J., Huo, Z., Li, X., Wang, P., & Wu, D. (2020). Hot weather event-based characteristics of double-early rice heat risk: A study of Jiangxi province, South China. *Ecological Indicators,* 113, 106148. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106148

Yosefi Kebriya, A., & Norooz Valashedi, R. (2023). Application of processed satellite images for filling the air temperature gaps (Case Study: Mazandaran Province). *Journal of Agricultural Meteorology,* 10(2), 52-57. [In Persian]. 10.22125/agmj.2022.292759.1119

Yousefi Kabria, A., Nadi, M., & Sheikh Arjanki, S.H. (2019). Increase the accuracy of monthly and annual precipitation maps using covariates in Mazandaran province. *Iranian Water Research Journal,* 38(5), 107-114. [In Persian] https://iwrj.sku.ac.ir/article_10724.html?lang=en

Yousefi Kabria, A.R., Nadi, M., & Jamei, M. (2021). Combining interpolation methods and precipitation products of TRMM satellite to increase the accuracy of rainfall maps in Mazandaran province. *Water and Soil Conservation,* 28, 49-70. [In Persian]. DOI: 10.22069/jwsc.2022.19286.3477

Zhang, Z., Li, Y., Chen, X., Wang, Y., Niu, B., Liu, D.L., He, J., Pulatov, B., Hassan, I., & Meng, Q. (2023). Impact of climate change and plantson, P., Creech, E., Shen, Y. & Yao, M. (2022). On the Changing Cool Season Affecting Rice Growth and Yield in Taiwan. *Agronomy,* 12(11), 1-15. https://doi.org/10.3390/agronomy12112625

Sadidi Shal, S.M.T., Yazdany, M.R., Deldar Zahra, A. & Asadi Oskouei, E. (2022). Investigation of the effect of air temperature in Guilan province in determining the appropriate time for rice cultivation. *Journal of Climate Research*, 51(13), 213-225. https://clima.irimo.ir/article_150731.html?lang=en

Sakai, H., Cheng, W., Chen, C. P., & Hasegawa, T. (2022). Short-term high nighttime temperatures pose an emerging risk to rice grain failure. *Agricultural and Forest Meteorology*, 314, 108779. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108779

Ministry of Agricultural-Jihad of Iran. (2022). Retrieved from http://www.irangov.ir. [In Persian]

Taghi Sadidi Shal, S.M., Zohd Ghodsi, M.J., Asadi Oskouei, E., & Amin Deldar, Z. (2021). Comparison of Growing Degree Day of Different Phenological Stages of Hashemi Rice in Guilan Province. *Journal of Climate Research,* 45(12), 143-152. [In Persian]. https://clima.irimo.ir/article_132213.html?lang=en

Tan, M.L., & Santo, H. (2018). Comparison of GPM IMERG, TMPA 3B42 and PERSIANN-CDR satellite precipitation products over Malaysia. *Atmospheric Research*, 135(2), 63-76. DOI:10.1016/j.atmosres.2017.11.006

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2019). World population prospects 2019: Highlights (St/ESA/SER.A/423). United Nations.

Volk, G., Carver, D., Irish, B., Marek, L., Frances, A., Greene, S., Khoury, C., Bamberg, J., del Rio, A., Warburton, M., & Bretting, P. (2023). *Crop Science,* 63(4), 2274-2296. https://doi.org/10.1002/

ing date shifts on growth and yields of double cropping rice in southeastern China in future. *Agricultural Systems,* 205, 103581. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103581