Journal of the Nivar Vol. 49, No. 130-131, (Autumn - Winter 2025-2026), P. 122-136

Homepage: https://nivar.irimo.ir (Research Article)

Monitoring Meteorological Parameters in the Nursery and Their Effect on Agronomic and Physiological Traits of Rice Seedlings

Tousi, P.[1]✉ | Amindeldar, Z.[2] | Zohdeghodsi, M.[3]

1. Research Assistant Professor of Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.
2. Ph.D. Crop Physiology, Gilan Agricultural Meteorology Research Center.
3. M.Sc. Agricultural Meteorology, Gilan Agricultural Meteorology Research Center.

Corresponding Author E-mail: p.tousi@areeo.ac.ir

(Received: 09 Aug 2025, Accepted: 19 Oct 2025, Published online: 19 Oct 2026)

Abstract

This study aimed to monitor meteorological parameters affecting the growth of Hashemi rice cultivar seedlings and grain yield in nursery conditions over two cropping seasons (2023-2024) in a complete randomized design with four repetitions and two treatments: Non plastic-covered nursery and plastic-covered nursery at the Gilan Agricultural Meteorology Research Center, Rasht, Iran. In each nursery, temperature sensors were installed to record the air temperature inside the nursery for 42 days from 4 April to the time of transplanting (15 May). The dimensions of the nursery were considered to be 2 meters wide and 8 meters length. The graphs of temperature sensors were replaced every week on Monday at 06:00 GMT (equivalent to 9:00 AM) according to the rules of the World Meteorological Organization (WMO) and a new graph was installed to record data for the following week. To measure soil temperature, a soil thermometer was installed inside the nurseries at a depth of 10 cm and soil temperature was recorded daily. In this experiment, minimum and maximum air temperature, soil temperature, sunshine hours, cloudiness, height, fresh and dry weight, grain yield, chlorophyll content and antioxidant enzyme activity were investigated. Regression analysis revealed that temperature was the most critical factor influencing germination and seedling growth. During the monitoring period, the external temperature fluctuation reached up to 35 °C with a soil temperature of 16 °C, whereas inside the plastic-covered nursery, temperature fluctuations occasionally reached 65 °C with a soil temperature of 18 °C. Comparison of the mean treatments showed that The highest seedling traits were observed in the nursery without plastic cover: height (38 cm), fresh weight (0.23 g), dry weight (0.04 g) and grain yield in the main field (2437.5 kg.ha^{-1}) in the second year. In contrast, the plastic-covered nursery showed lower performance: height (28 cm), fresh weight (0.19 g), dry weight (0.02 g), grain yield (2054 kg.ha^{-1}), chlorophyll content (23 SPAD), catalase enzyme activity (19.52 µmol g^{-1} FW min^{-1}), superoxide dismutase enzyme activity (12.14 µmol g^{-1} FW min^{-1}), and peroxidase enzyme activity (1.10 µmol g^{-1} FW min^{-1}). Considering the same conditions in input consumption during the two cropping seasons, it seems that the minimum and maximum temperatures have shown a significant difference compared to the year 2023. Grain yield had a positive and significant correlation with seedling height (r^2=0.92**), fresh weight (r^2=0.94**), dry weight (r^2=0.92**), chlorophyll content (r^2=0.95**), catalase enzyme activity (r^2=0.88**), superoxide dismutase enzyme activity (r^2=0.90**), and peroxidase enzyme activity (r^2=0.79**). In general, these results suggest that the range of temperature fluctuations in the plastic-covered nursery was significantly wider and included destructive temperature peaks. This intense temperature variation was statistically significant in the maximum temperature, while no severe fluctuation was observed between the two nurseries in the minimum temperature. In plastic-covered nursery, high temperature fluctuations caused heat stress and leading to reduced seedling vigor and yield potential in Hashemi rice cultivar. The controllability of the nursery environment under plastic cover can improve initial growth and seedling quality, but this advantage does not necessarily lead to improved final grain yield and can even reduce yield in some circumstances.

Keywords: Rice yield, Soil temperature, Nursery temperature, Maximum temperature, Minimum temperature.

Cite this article: Tousi,P. , Amindeldar,Z. and Zohdeghodsi,M. J. (2025). Monitoring Meteorological Parameters in the Nursery and Their Effect on Agronomic and Physiological Traits of Rice Seedlings. (e232510). Nivar, 49(130-131), 122-136. doi: 10.30467/nivar.2025.540276.1349

E-mail: (2) S_amindeldar@yahoo.com (3) gilanagro@irimo.ir

Publisher: Iran Meteorological Organization
DOI: https://doi.org/10.30467/nivar.2025.540276.1349

Print ISSN: 1735-0565
Online ISSN: 2645-3347

نیوار
دوره ۴۹، شماره ۱۳۱– ۱۳۰، پاییز و زمستان ۱۴۰۴، صفحه ۱۳۶– ۱۲۲
نشانی اینترنتی مجله: https://nivar.irimo.ir
(مقاله پژوهشی)

پایش پارامترهای هواشناسی در خزانه و اثر آن بر صفات زراعی و فیزیولوژیک گیاهچه برنج

پری طوسی [۱] ✉ | زهرا امین‌دلدار [۲] | محمدجواد زهدقدسی [۳]

۱. استادیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.
۲. دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، مرکز تحقیقات هواشناسی کشاورزی گیلان.
۳. کارشناس ارشد هواشناسی کشاورزی، مرکز تحقیقات هواشناسی کشاورزی گیلان.

رایانامه نویسنده مسئول: p.tousi@areeo.ac.ir

(دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۱۸، پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۲۷، انتشار آنلاین: ۱۴۰۴/۰۷/۲۷)

چکیده

به منظور بررسی پارامترهای تاثیرگذار بر رشد گیاهچه برنج رقم هاشمی در خزانه و عملکرد دانه، پایشی به مدت دو سال زراعی (۱۴۰۳-۱۴۰۲) در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار و دو تیمار خزانه بدون پوشش پلاستیکی و خزانه با پوشش پلاستیکی در مرکز تحقیقات هواشناسی کشاورزی گیلان (رشت) انجام شد. در هر خزانه، دستگاه دمانگار جهت ثبت دمای هوای داخل خزانه به مدت ۴۲ روز از تاریخ ۱۵ فروردین تا زمان نشاکاری (۲۵ اردیبهشت) کار گذاشته شد. ابعاد خزانه‌ها با عرض ۲ و طول ۸ متر در نظر گرفته شد. گراف‌های دستگاه دمانگار بر اساس قوانین سازمان جهانی هواشناسی (WMO) هر هفته در روز دوشنبه رأس ساعت ۰۶ گرینویچ (معادل ۹ صبح) تعویض و گراف جدید برای ثبت داده برای طول هفته بعد نصب گردید. جهت اندازه‌گیری دمای خاک نیز یک دستگاه دماسنج خاک داخل خزانه‌ها در عمق ۱۰ سانتی‌متری نصب و به صورت روزانه دمای خاک یادداشت‌برداری شد. در این آزمایش کمینه و بیشینه دمای خزانه، دمای خاک، ساعات آفتابی، میزان ابرناکی، ارتفاع گیاهچه، وزن تر و خشک گیاهچه، عملکرد دانه، میزان کلروفیل و میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحلیل رگرسیون نشان دادکه در بین پارامترهای هواشناسی، مهم‌ترین فاکتور در جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در شرایط خزانه، فاکتور دما است. بررسی گراف‌های دمانگار در خزانه طی دو سال زراعی نشان‌دهنده نوسانات دمایی بالا در طول شبانه روز بود با توجه به این که دامنه نوسانات دمایی در محیط خارج از خزانه ۳۵ درجه سلسیوس و دمای خاک ۱۶ سلسیوس بوده در مواردی در داخل خزانه نوسانات دمایی گاهی به ۶۵ درجه سلسیوس با دمای خاک ۱۸ سلسیوس نیز رسید. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین میانگین صفات گیاهچه‌ای در سال دوم در شرایط خزانه بدون پوشش پلاستیکی با ارتفاع گیاهچه (۳۸ سانتی‌متر)، وزن تر گیاهچه (۰/۲۳ گرم)، وزن خشک گیاهچه (۰/۰۴ گرم) و میزان عملکرد دانه در زمین اصلی (۲۴۳۷/۵ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. اما در شرایط خزانه با پوشش پلاستیکی ارتفاع گیاهچه (۲۸ سانتی‌متر)، وزن تر گیاهچه (۰/۱۹ گرم)، وزن خشک گیاهچه (۰/۰۲ گرم)، عملکرد دانه در زمین اصلی (۲۰۵۴ کیلوگرم در هکتار)، میزان کلروفیل (۲۳)، میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (۱۹/۵۲ میکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه)، سوپراکسید دسموتاز (۱۲/۱۴ میکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه) و پراکسیداز (۱/۱ میکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه) مشاهده شد. با توجه به شرایط یکسان در مصرف نهاده‌ها در طی دو سال زراعی، به نظر می‌رسد که کمینه دمایی و بیشینه دمایی نسبت به سال ۱۴۰۲ تفاوت معنی‌داری نشان داده است. عملکرد دانه با صفات ارتفاع گیاهچه (r^2=۰/۹۲**)، وزن تر گیاهچه (r^2=۰/۹۴**)، وزن خشک گیاهچه (r^2=۰/۹۲**)، میزان کلروفیل (r^2=۰/۹۵**)، میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (r^2=۰/۸۸**)، سوپراکسید دسموتاز (r^2=۰/۹۰**) و پراکسیداز (r^2=۰/۷۹**) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. به طور کلی نتایج نشان دادند که دامنه نوسانات دمایی در خزانه با پوشش پلاستیکی بسیار وسیع‌تر و با پیک‌های دمایی مخرب بود. این نوسان شدید دمایی در بیشینه دما معنی‌دار بود و در کمینه دما بین دو خزانه نوسان شدید مشاهده نشد. در خزانه‌های دارای پوشش پلاستیکی، نوسانات شدید دمایی باعث ایجاد تنش حرارتی و کاهش عملکرد نهایی برنج رقم هاشمی شد. کنترل‌پذیری محیط خزانه در زیر پوشش پلاستیکی می‌تواند رشد اولیه و کیفیت گیاهچه را بهبود بخشد، اما این مزیت لزوماً به بهبود عملکرد نهایی دانه منجر نمی‌شود و حتی در برخی شرایط می‌تواند باعث کاهش عملکرد گردد.

کلیدواژه‌ها: دمای بیشینه، دمای کمینه، دمای خزانه، دمای خاک، عملکرد برنج.

استناد: طوسی, پری , امین دلدار, زهرا و زهدقدسی, محمدجواد . (۱۴۰۴). پایش پارامترهای هواشناسی در خزانه و اثر آن بر صفات زراعی و فیزیولوژیک گیاهچه برنج.
نیوار, ۴۹(۱۳۰-۱۳۱), e232510. DOI: https://doi.org/ 10.30467/nivar.2025.540276.1349 ، ۱۳۶-۱۲۲.

رایانامه: (۲) S_amindeldar@yahoo.com (۳) gilanagro@irimo.ir

ناشر: سازمان هواشناسی کشور.
DOI: https://doi.org/10.30467/nivar.2025.540276.1349

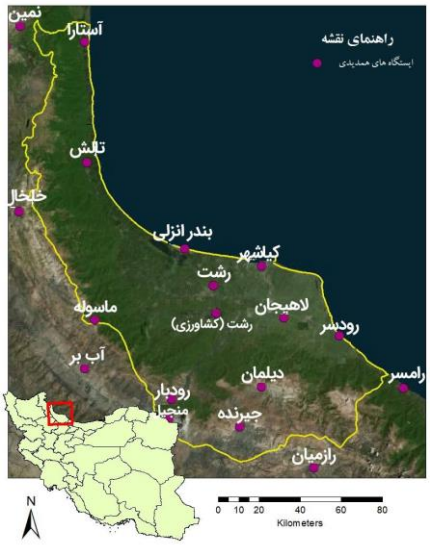
۱. مقدمه

اثر نوسانات دمایی بر رشد گیاهچه برنج و عملکرد نهایی آن با توجه به موضوع تغییرات اقلیمی مبحث مهمی در کشاورزی به شمار می‌رود. امروزه، تغییرات اقلیمی تبدیل به یکی از مخرب‌ترین بحران‌ها برای محیط زیست جهانی و توسعه پایدار جهانی شده است (یانگ و همکاران، ۲۰۲۱). در حال حاضر تولید محصولات زراعی به ویژه برنج در مواجهه با انواع تنش‌ها در اقلیم‌های مختلف می‌باشد و شواهد و مستندات علمی نشان داده است که در طی سال‌های اخیر این عوامل موجب کاهش متوسط عملکرد در کشورهای عمده تولید کننده برنج شده است. با توجه به سرعت تغییرات اقلیمی، مطالعه و توسعه فناوری‌های لازم جهت مقابله با اثرات تنش‌ها و در عین حال حفظ و ارتقای پتانسیل تولید برنج از ضروریات می‌باشد. کشاورزی یکی از بخش‌هایی است که به طور مستقیم تحت تاثیر تغییر اقلیم قرار می‌گیرد (کرم‌نیا و همکاران، ۲۰۲۳). به همین جهت در راستای پایداری و ارتقای تولید در شرایط تنش، انجام مطالعات جهت فائق آمدن بر چالش‌ها امری اجتناب‌ناپذیر است. براساس پیش‌بینی مجمع بین‌المللی تغییر اقلیم در سال ۲۰۰۷، دمای هوا بین ۱/۸ تا ۴ درجه سلسیوس تا پایان قرن ۲۱ افزایش خواهد یافت (مجمع بین‌المللی تغییر اقلیم، ۲۰۰۷). اثر دما به طور قابل توجهی بهره‌وری محصول غلات را کاهش می‌دهد (کومار و همکاران، ۲۰۲۱). افزایش تدریجی دمای هوا موجب کاهش عملکرد محصولات کشاورزی به ویژه برنج خواهد شد. مخصوصا این افزایش دما زیر پوشش پلاستیکی خزانه و به دلیل تفاوت دمای شب و روز با ایجاد یک نوسان دمایی فاحش می‌تواند تنش زیادی را به گیاه تحمیل کند. دمای بالا در طول مرحله گیاهچه‌ای، سطح مالون دی‌آلدئید و پرولین را در برگ‌های برنج افزایش می‌دهد، محتوای نسبی آب و محتوای کلروفیل را کاهش می‌دهد و فعالیت سوپراکسید دیسموتاز را کم می‌کند که در نهایت بر عملکرد گیاه تاثیرگذار خواهد بود (زیانبوا و همکاران، ۲۰۰۸). دمای هوا و مقدار واحد حرارتی کسب شده (بالاتر از دمای فیزیولوژیکی) توسط گیاه، عامل اصلی شروع و تداوم رشد گیاه به شمار می‌رود. بذرپاشی و جوانه‌زنی گیاه برنج در داخل خزانه با پوشش پلاستکی، یکی از مراحل فنولوژی حساس محصول است. دمای بالا در این مرحله می‌تواند جوانه‌زنی بذر و رشد مورفولوژیکی گیاهچه‌ها را مهار کند و بر پنجه‌زنی طبیعی برنج تأثیر منفی بگذارد (جیانگوئی و همکاران، ۲۰۲۴). این امر با کاهش سرعت جوانه‌زنی، کاهش ارتفاع گیاه، کاهش تعداد پنجه‌ها و کلروز برگ‌ها مشهود است. در مرحله جوانه‌زنی بذر، دمای بالاتر از ۳۵ درجه سلسیوس می‌تواند باعث کاهش قوه نامیه بذر و مانع جوانه‌زنی شود (وا و همکاران، ۲۰۱۲). مطالعات نشان داده‌اند که قرار گرفتن در معرض دمای بالای ۳۸ درجه سلسیوس به مدت ۱ تا ۲ روز، طول ریشه‌ها، ساقه‌ها و نوک ریشه‌های برنج را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد (لو و همکاران، ۲۰۱۹). که تاثیر مستقیم بر رشد و عملکرد گیاه دارد (منگروسیا و همکاران، ۲۰۱۶). در مرحله جوانه‌زنی، قرار گرفتن در معرض دمای ۴۲ تا ۴۵ درجه سلسیوس می‌تواند منجر به افزایش از دست دادن آب، پژمردگی برگ‌ها، توقف رشد جوانه‌ها و حتی مرگ جوانه‌ها شود (مستوفا و همکاران، ۲۰۱۴؛ کیلاسیا و همکاران، ۲۰۲۱). بنابراین آگاهی از شرایط دمایی داخل خزانه به ویژه با توجه به آسیب‌پذیری گیاهچه به دماهای حدی بالا و پایین و تغییرات اقلیمی محسوس بیش از پیش اهمیت دارد. شرایط اقلیمی و به خصوص دمای داخل خزانه تابع شرایط خاصی است که تاکنون از مقادیر آن در داخل خزانه داده‌ای رسمی به ثبت نرسیده که اطلاع داشتن از این داده‌ها جهت تحلیل وضعیت رشدی و عملکردی گیاه، بسیار حائز اهمیت است. برنج (*Oryza sativa* L.) منبع اولیه درآمد حدود یک میلیارد نفر و غذای ثابت بیش از نیمی از مردم جهان محسوب می‌شود (دنگ و همکاران، ۲۰۱۵؛ ورما و همکاران، ۲۰۲۱). استان گیلان به عنوان یکی از قطب‌های اصلی برنجکاری بر اساس آمار موجود در سازمان جهاد کشاورزی، ۲۳۸۰۱۲ هکتار برنجکاری و تولید سالیانه بالغ بر ۷۵۰ هزار تن برنج سفید را دارد. با توجه به اهمیت تولید این محصول در اقتصاد خانوارهای تولید کننده، شناسایی

چالش‌های کاهنده عملکرد محصـــول برنج می‌تواند کمک شـایانی باشـد. بنابراین این پژوهش با هدف بررسـی شـرایط محیطی داخل خزانه و در نهایت اندازه‌گیری پارامترهای هواشناسی می‌باشد که با توجه به حساس بودن گیاهچه برنج می‌تواند در مدیریت خزانه و کاهش آسـیب‌های ظاهری و کاهش شـاخص‌های عملکردی محصـول اطلاعات مناسـب وذی قیمتی را در اختیـار جـامعـه کـاربری، محققین و کشاورزان شالیکار قرار دهد.

۲. روش تحقیق

این پژوهش به صورت طرح کاملاً تصادفی و تیمارهای آزمایشی شامل دو خزانه بدون پوشش پلاستیکی و با پوشش پلاستیکی با چهار تکرار در مرکز تحقیقات هواشناسی کشاورزی گیلان (رشت) به مدت دو سال زراعی (۱۴۰۳-۱۴۰۲) اجرا شد. دستگاه دمانگار جهت ثبت دمای هوای داخل خزانه‌ها و دماسنج خاک جهت ثبت دمای خاک از تاریخ ۱۵ فروردین تا زمان نشاکاری (۲۵ اردیبهشت) در خزانه‌ها کارگذاشته شد. جهت پایش مداوم شرایط محیطی، دستگاه دمانگار در مرکز خزانه‌ها نصب شد. خزانه‌های مورد نظر دارای ابعاد با عرض ۲ و طول ۸ متر بدون پوشش پلاستیکی و با پوشش پلاستیکی پلی اتیلن شفاف با ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر پوشانده شده بود تا شرایط نیمه‌کنترل‌شده‌ای برای رشد نشاء فراهم آورد. در استان گیلان از ۲۳۸ هزار هکتار اراضی شالیزاری، حدود ۲۰۰ هزار هکتار آن (بیش از ۹۰ درصد از مزارع برنج استان گیلان) به کشت رقم بومی هاشمی به دلیل کیفیت مطلوب و بازارپسندی آن اختصاص دارد. لذا در این پژوهش نیز از برنج رقم محلی هاشمی استفاده شد. داده‌های هواشناسی مورد استفاده در این تحقیق شامل کمینه دمای داخل خزانه، بیشینه دمای داخل خزانه توسط دستگاه دمانگار در خزانه‌ها اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری دمای خاک نیز یک دستگاه دماسنج خاک داخل خزانه‌ها در عمق ۱۰ سانتی‌متری نصب و به صورت روزانه دمای خاک یادداشت‌برداری شد. با نصب دمانگار داخل خزانه‌ها روند دمای هوا در طول شبانه روز در طول دوره رشد گیاهچه زیر پوشش پلاستیکی و خارج از آن بررسی شد و با رقومی‌سازی گراف دمانگار (دیجیت کردن)، دمای بیشینه، کمینه و میانگین دمای روزانه به دست آمد. برای به دست آوردن میزان ابرناکی و ساعات آفتابی نیز به دلیل همجوار بودن خزانه به ایستگاه هواشناسی کشاورزی گیلان (رشت) از داده‌های پلاتفرم ایستگاه برای پارامترهای مذکور استفاده گردید. خصوصیات جغرافیایی و اقلیمی این مرکز هواشناسی با طول جغرافیایی ۴۹/۶۳، عرض جغرافیایی ۳۷/۲، ارتفاع ۲۴/۹ متر از سطح دریا و میانگین دمای سالانه ۱۶/۹ سلسیوس می‌باشد.



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک گیلان

گراف‌های دستگاه دمانگار بر اساس قوانین سازمان جهانی هواشناسی (WMO) هر هفته در روز دوشنبه رأس ساعت ۰۶ گرینویچ (معادل ۹ صبح) تعویض و گراف جدید برای ثبت داده برای طول هفته بعد نصب گردید. داده‌ها به صورت شبانه‌روزی و پیوسته به مدت ۴۲ روز از زمان بذرپاشی تا آماده‌سازی نشاء برای انتقال به زمین اصلی به صورت خودکار ثبت شدند. عملیات آماده‌سازی زمین اصلی در ماه‌های اسفند (شخم اول و دوم)، کانال‌کشی، ماله‌کشی و تسطیح زمین اجرا و نقشه طرح با مشخص نمودن مساحت زمین در کرت-های پژوهشی به طول سه متر و عرض دو متر انجام گرفت. فاصله بین کرت‌ها و تکرارها به‌ترتیب ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر و همچنین تعداد سه گیاهچه در هر کپه

نشا شد. برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره (یک سوم پیش از نشاکاری، یک سوم در زمان پیش از حداکثر پنجه‌زنی و یک سوم در مرحله گلدهی) و ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (ازمنبع سولفات پتاسیم به صورت تقسیطی) و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (از منبع سوپر فسفات تریپل) در زمان شخم اول در زمین اصلی به خاک افزوده شدند. جهت مبارزه با علف‌های هرز از علفکش برنوواید (۲ لیتر در هکتار) و برای از بین بردن آفت حلزون در مزرعه از سم تری‌کلروفن به میزان ۲ سی‌سی در یک لیتر آب در ده متر مربع استفاده شد. صفات گیاهی مورد مطالعه شامل ارتفاع گیاهچه، وزن تر و خشک گیاهچه، عملکرد دانه، میزان کلروفیل گیاهچه و میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بود. برای تعیین عملکرد دانه در زمان رسیدگی فیزیولوژیک با سخت شدن دانه‌های نوک خوشه، بوته‌های فضای عملکرد شش متر مربع (با حذف اثر حاشیه‌ای) از هر کرت برداشت و محصول آن پس از خرمنکوبی توزین شد. سپس عملکرد دانه براساس رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد. به منظور تعیین وزن خشک گیاهچه، کل گیاهچه با ریشه‌چه در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت خشک و سپس توزین شدند. جهت سنجش محتوای کلروفیل گیاهچه، از مرحله ۶-۴ برگی قبل از انتقال نشا به زمین اصلی تعداد ۳ گیاهچه به طور تصادفی و با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر دستی مدل SPAD-502 برای هر برگ در سه نقطه (نوک، وسط و قاعده) در طی ساعت‌های ۱۰ صبح تا ۱۲ ظهر قرائت کلروفیل انجام گرفت. سپس از سه مقدار کلروفیل در هر برگ میانگین‌گیری شد و در نهایت از مجموع میانگین‌ها نیز میانگین‌گیری صورت گرفت. به منظور سنجش فعالیت آنزیم‌های بافت گیاهچه (کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسیددسموتاز)، حدود ۵ گرم نمونه‌های گیاهی تازه از بخش هوایی سه گیاهچه برنج در خزانه به‌طور تصادفی تهیه گردید. جهت سالم ماندن بافت گیاهچه هنگام انتقال از خزانه تا آزمایشگاه، نمونه‌ها به مدت ۵ ثانیه در داخل ازت مایع قرار داده و تا زمان اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌ها در محفظه حاوی یخ خشک جای گرفتند. برای این کار ۰/۵ گرم نمونه بافت گیاهچه را در هاون چینی سرد، با بافر فسفات ۰/۱ مولار با اسیدیته ۶/۸ هموژن و برای مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. فاز بالایی عصاره برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های کاتالاز مورد استفاده قرار گرفت. برای توقف فعالیت آنزیم، ۱۰ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۲ درصد به مخلوط اضافه شد و توسط پرمنگنات پتاسیم ۰/۰۱ نرمال تا تشکیل رنگ صورتی کم رنگ تیتر شد. اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز برحسب میکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه در طول موج ۲۴۰ نانومتر انجام شد (چنس و مهلی، ۱۹۵۵؛ بازی‌زلان و همکاران، ۲۰۲۲). محاسبات آماری شامل آنالیز تجزیه واریانس، تجزیه رگرسیون و ضرایب همبستگی با استفاده از نرم‌افزار SAS (Version 9.4) صورت گرفت. به منظور اطمینان از یکنواختی واریانس اشتباه آزمایشی از آزمون بارتلت قبل از انجام تجزیه مرکب استفاده شد. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. نمودارها با استفاده از Excel رسم شد.

۳. نتایج و بحث

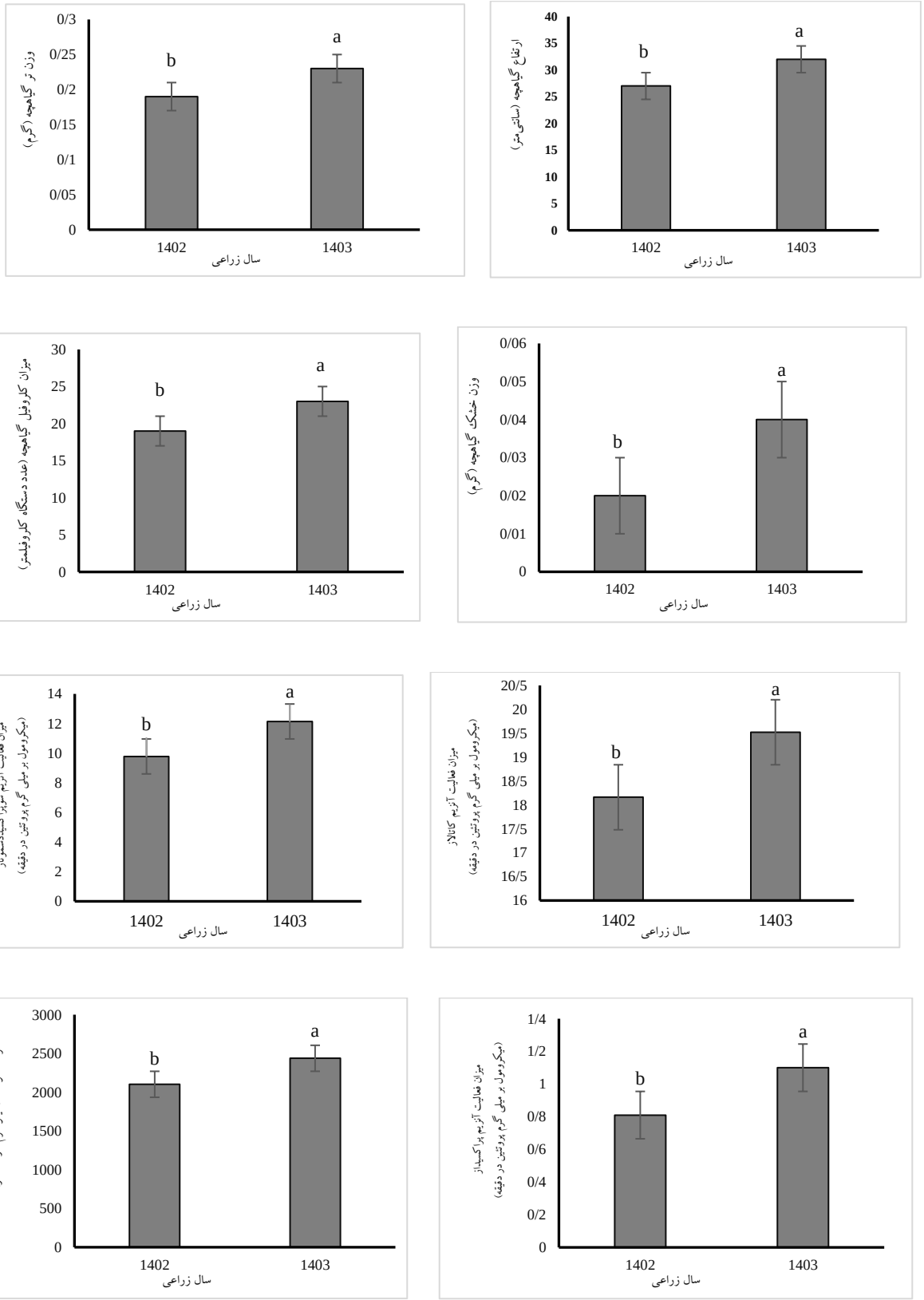
صفات زراعی و فیزیولوژیکی گیاهچه

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که ارتفاع گیاهچه برنج در سال دوم در خزانه بدون پوشش نایلونی و با پوشش نایلونی به ترتیب (۳۸ و ۲۸ سانتی‌متر) نسبت به سال اول به ترتیب (۳۱ و ۳۴ سانتی‌متر) بیشتر بود. همچنین وزن تر و خشک گیاهچه برنج در سال ۱۴۰۳ در شرایط بدون پوشش پلاستیکی به ترتیب با میانگین ۰/۲۳ و ۰/۰۴گرم و در شرایط با پوشش پلاستیکی به ترتیب وزن تر گیاهچه (۰/۱۹ گرم) و وزن خشک گیاهچه (۰/۰۲ گرم) بدست آمد که نسبت به سال ۱۴۰۲ بیشتر بود. وزن تر و خشک گیاهچه برنج در سال ۱۴۰۲ در شرایط بدون پوشش پلاستیکی به ترتیب با میانگین ۰/۱۹ و ۰/۰۲گرم و در شرایط با پوشش پلاستیکی به ترتیب وزن تر گیاهچه (۰/۱۴ گرم) و وزن خشک گیاهچه (۰/۰۱ گرم) بدست آمد. عملکرد شلتوک در زمین اصلی در سال دوم

نسبت به سال اول در شرایط خزانه بدون پوشش پلاستیکی با میانگین ۲۴۳۷/۵ کیلوگرم در هکتار و در شرایط با پوشش پلاستیکی ۲۰۵۴ کیلوگرم در هکتار که با توجه به شرایط یکسان در مصرف نهاده‌ها در طی دو سال زراعی، به نظر می‌رسد که کمینه دمایی و بیشینه دمایی نسبت به سال ۱۴۰۲ تفاوت معنی‌داری نشان داده است. همچنین میزان کلروفیل گیاهچه در سال زراعی دوم در شرایط خزانه با پوشش پلاستیکی با میانگین ۲۳، میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (۱۹/۵۲ میکرومول بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)، پراکسیداز (۱/۱میکرومول بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) و سوپراکسیددسموتاز (۱۲/۱۴میکرومول بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) نسبت به سال اول بدست آمد (شکل ۱). نتایج نشان‌دهنده آن است که بین عملکرد شلتوک با صفات ارتفاع گیاهچه (r^2=۰/۹۲**)، وزن تر گیاهچه (r^2=۰/۹۴**)، وزن خشک گیاهچه (r^2=۰/۹۲**)، میزان کلروفیل (r^2=۰/۹۵**)، میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (r^2=۰/۸۸**)، سوپراکسید دسموتاز (r^2=۰/۹۰**) و پراکسیداز (r^2=۰/۷۹**) همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱). با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه شلتوک با صفات مورد مطالعه به نظر می‌رسد که با افزایش ارتفاع گیاهچه، وزن گیاهچه، میزان کلروفیل و میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، اثرات ناشی از تنش‌های محیطی کاهش یافته و موجب افزایش قدرت گیاهچه و ویژگی‌های رشدی گیاه پس از انتقال به زمین اصلی به ویژه عملکرد شلتوک می‌شود. کنترل‌پذیری محیط خزانه در زیر پوشش پلاستیکی می‌تواند رشد اولیه و کیفیت گیاهچه را بهبود بخشد، اما این مزیت لزوماً به بهبود عملکرد نهایی دانه منجر نمی‌شود و حتی در برخی شرایط می‌تواند به خلاء عملکرد در مزرعه اصلی دامن بزند. اگرچه گیاهچه در محیط کنترل‌شده پلاستیک قوی‌تر به نظر می‌رسد، اما ممکن است به دلیل تغییرات فیزیولوژیکی و اکولوژیکی خاص، برای مواجهه با شرایط واقعی مزرعه آماده نباشد. محیط زیر پلاستیک، به خصوص در روزهای آفتابی، می‌تواند به شدت گرم شود (تا ۵۰ درجه سلسیوس یا بیشتر) و در شب به سرعت سرد شود. این نوسانات دمایی می‌تواند بسیار شدیدتر از نوسانات دمای محیط خارج از پلاستیک باشد. گیاهچه‌ها در چنین محیطی، به دلیل گرمای بیش از حد در روز، ممکن است دچار تنش گرمایی شوند. هر تنشی در مزرعه در نهایت از عملکرد و ارزش اقتصادی محصول برنج می‌کاهد (لایمن و همکاران، ۲۰۱۳). آسیب ناشی از دمای بالا می‌تواند در مراحل مختلف رشد برنج، از مرحله جوانه‌زنی تا گیاهچه‌ای، گلدهی و رسیدگی دانه متفاوت باشد و در نهایت عملکرد محصول را تحت تأثیر قرار دهد (کرم نیا و همکاران، ۲۰۲۳). با توجه به این که افزایش دما باعث کاهش سرعت فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای در تمام مراحل رشد در چرخه زندگی برنج، در هر دو مرحله رویشی و زایشی می‌شود (سانچس-رینوسو و همکاران، ۲۰۱۴). می‌توان عملکرد بالاتر در خزانه بدون پوشش را با توجه به افزایش دمای بالا و تنش گرمایی در خزانه با پوشش پلاستیکی، انتظار داشت. محققان طی بررسی صورت گرفته گزارش کرده‌اند که قرار گرفتن گیاه برنج در دمای بالاتر از ۳۵ درجه سلسیوس برای دوره‌های کوتاه مدت کمتر از یک ساعت، می‌تواند سبب کاهش عملکرد در برنج شود (یی و همکاران، ۲۰۱۵). داده‌های جمع‌آوری شده از ۴۲ روز پایش شرایط محیطی داخل خزانه و بیرون از آن نشان داد که دما در داخل پوشش پلاستیکی خزانه نشاء برنج نوسانات قابل توجهی را تجربه کرده است. میانگین دمای روزانه در طول دوره رشد نشاء ۳۰/۱ درجه سلسیوس، حداقل دمای ثبت شده ۷ درجه سلسیوس در ساعات اولیه صبح و حداکثر دما ۶۵/۲ درجه سلسیوس در میانه روز در شرایط خزانه با پوشش پلاستیکی بود که این نوسانات شدید دمایی در خزانه بدون پوشش پلاستیکی مشاهده نشد. مطالعات نشان داده‌اند که قرار گرفتن در معرض دماهای بالای ۳۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ تا ۲ روز به طور قابل توجهی طول ریشه‌ها، ساقه‌ها و نوک ریشه ها را کاهش می‌دهد، که مستقیماً بر رشد و تشکیل عملکرد در برنج تأثیر می‌گذارد (جیانگوئی و همکاران، ۲۰۲۴) این نوسانات، نشان‌دهنده چالش‌های مدیریت دمایی در خزانه‌های با پوشش پلاستیکی است. این داده‌ها گواه نیاز به پایش مستمر و دقیق برای حفظ شرایط بهینه هستند. بیشترین

میانگین صفات گیاهچه‌ای در بازه زمانی ۱۵ فروردین تا ۲۵ اردیبهشت در شرایط خزانه بدون پوشش پلاستیکی با ارتفاع گیاهچه (۳۸ سانتی‌متر)، وزن تر گیاهچه (۰/۲۳ گرم)، وزن خشک گیاهچه (۰/۰۴ گرم) و میزان عملکرد دانه در زمین اصلی (۲۴۳۷/۵ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. اما در شرایط خزانه با پوشش پلاستیکی ارتفاع گیاهچه (۲۸ سانتی‌متر)، وزن تر گیاهچه (۰/۱۹ گرم)، وزن خشک گیاهچه (۰/۰۲ گرم) و عملکرد دانه در زمین اصلی (۲۰۵۴ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. محققان اظهار داشتند که دمای بالا میزان فتوسنتز را در برگ‌ها کاهش می‌دهد و تأثیرات عمیقی بر رشد و نمو برنج دارد (جیانگوئی و همکاران، ۲۰۲۴). در تحقیقی دیگر گزارش شده است که فتوسنتز به تنش گرمایی بسیار حساس است و در دمای بالاتر از ۳۵ درجه سلسیوس ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. بنابراین می‌توان وزن خشک کمتر گیاهچه در خزانه با پوشش پلاستیکی را کاهش فتوسنتز به دلیل ناشی از تنش گرمایی نسبت داد. یکی دیگر از پیامدهای عمده فیزیولوژیکی تنش گرمایی، افزایش سطوح گونه‌های اکسیژن فعال در سلول‌ها است که منجر به تنش اکسیداتیو می‌شود (حسنوزمان و همکاران، ۲۰۱۳). در این تحقیق روند تغییرات کمینه و بیشینه دما (نمودارهای ۱ و ۲) با توجه به نتایج رگرسیونی در خزانه بدون پوشش پلاستیکی و با پوشش از الگوی تقریباً یکسانی (منحنی درجه دو) پیروی نموده است. در ابتدای خزانه‌گیری با توجه به کاهش دما، جوانه‌زنی و رشد گیاهچه کند و سپس با افزایش دما رشد گیاهچه سرعت بخشیده و برای نشاکاری آماده می‌شود. اما در شرایط خزانه با پوشش پلاستیکی به دلیل نوسانات زیاد دمایی و مواجه شدن بذر و گیاهچه با دمای بسیار بالا، عملکرد نهایی گیاهچه بیشتر تحت تاثیر شرایط تنش دمایی بالا قرار گرفته در صورتی که دمای کمینه اتفاق افتاده در این آزمایش، کمترین تأثیر را داشته است.

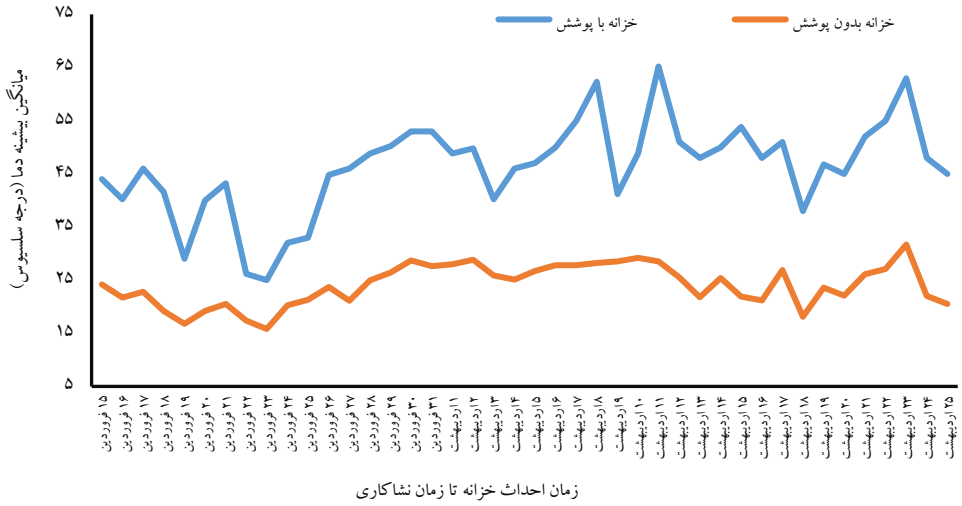
به طور مثال در تاریخ ۱۱ اردیبهشت در زمانی از روز که دمای بیشینه داخل خزانه بدون پوشش ۲۸ درجه سلسیوس بوده، دمای بیشینه داخل خزانه با پوشش، ۶۵ درجه سلسیوس ثبت شده که این نشان‌دهنده تفاوت دمایی فاحش ۳۷ درجه‌ای می‌باشد. قرار گرفتن کوتاه مدت گیاهچه‌های برنج در دمای بالا می‌تواند بر ساختار سلولی گیاه تأثیر بگذارد و تغییرات عمده‌ای در کلروپلاست‌ها و میتوکندری‌ها رخ دهد، بنابراین منجر به کاهش متابولیسم و در نتیجه کاهش رشد می‌شود (پاریک و همکاران، ۱۹۹۷). در طول مرحله رشد رویشی، قرار گرفتن در معرض دمای بالاتر از ۳۵ درجه سلسیوس می‌تواند رشد هر دو قسمت بالای زمین و زیر زمین را مهار کند و منجر به علائمی مانند سفید شدن غلاف برگ‌ها، کاهش تعداد پنجه‌ها و کند شدن افزایش ارتفاع گیاه شود (جیانگوئی و همکاران، ۲۰۲۴). اگر دمای محیط از آستانه‌های دمایی فراتر رود، جوانه‌زنی و رشد جوانه‌های پنجه به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد و به طور بالقوه منجر به مرگ جوانه‌های پنجه و کاهش تعداد پنجه‌ها می‌شود و در نهایت کاهش عملکرد خواهد شد (شو و همکاران، ۲۰۲۰). محققان اظهار داشتند که دمای بالا میزان فتوسنتز در برگ‌ها را کاهش می‌دهد، و تأثیرات عمیقی بر رشد و نمو برنج دارد (جیانگوئی و همکاران، ۲۰۲۴). خسارت دمای بالا به برنج، در بسیاری از کشورهای مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری مانند پاکستان، هند، بنگلادش، چین، تایلند، سودان و برخی دیگر از کشورهای افریقایی ثبت شده است (لی و همکاران، ۲۰۰۴؛ تیان و همکاران، ۲۰۰۹).



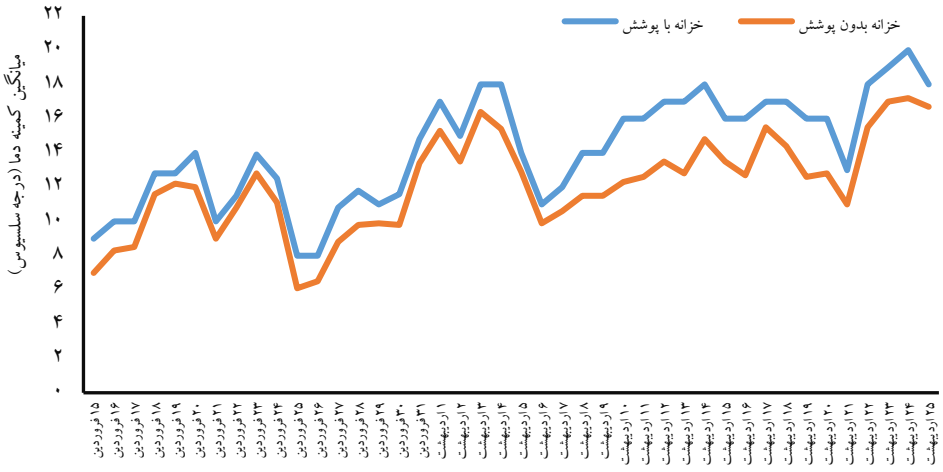
شکل ۱. نمودار میانگین صفات زراعی و فیزیولوژیکی برنج طی دو سال زراعی (۱۴۰۳-۱۴۰۲) در خزانه با پوشش پلاستیکی

میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

دمای کمینه داخل خزانه بدون پوشش پلاستیکی ۶ درجه سلسیوس و دمای کمینه خزانه با پوشش ۷ درجه سلسیوس بوده که نشان‌دهنده تفاوت تنها یک درجه‌ای می‌باشد که نسبت به تفاوت مشاهده شده در بیشینه دما بین خزانه با پوشش و بدون پوشش پلاستیکی اصلا قابل توجه نیست. در اوایل رشد خزانه با توجه به پایین بودن دما، پوشش پلاستیکی در دمای کمینه یا دمای شبانه مناسب است اما با افزایش دما در اواخر رشد، پوشش پلاستیکی با افزایش دمای شبانه می‌تواند رشد گیاهچه را تحت تاثیر قرار دهد. گزارش شده است که عملکرد برنج به ازای هر یک درجه سلسیوس افزایش در دمای شب ۱۰ درصد کاهش می‌یابد (پنگ و همکاران، ۲۰۰۴). افزایش دما باعث کاهش سرعت فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای در تمام مراحل رشد در چرخه زندگی برنج، در هر دو مرحله رویشی و زایشی می‌شود (سانچس-رینوسو و همکاران، ۲۰۱۴). در پاسخ به چالش‌های فزاینده و شدید گرمایش جهانی و دماهای بسیار بالا، بررسی منابع ژرم‌پلاسم مقاوم به گرما، توسعه گونه‌های برنج مقاوم به گرما و پیشبرد فناوری‌های نوین جهت بالا بردن تحمل دمای بالا توسط گیاه برنج برای کاهش تأثیرات دماهای بالا بر عملکرد و کیفیت، بسیار مهم است (جیانگوئی و همکاران، ۲۰۲۴).



شکل ۲. نمودار میانگین بیشینه دما (°C) طی دو سال زراعی (۱۴۰۳-۱۴۰۲) در خزانه‌های برنج بدون و با پوشش پلاستیکی



شکل ۳. نمودار میانگین کمینه دما (°C) طی دو سال زراعی (۱۴۰۳-۱۴۰۲) در خزانه‌های برنج بدون و با پوشش پلاستیکی

جدول ۱- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه برنج رقم هاشمی طی دو سال زراعی (۱۴۰۳-۱۴۰۲)

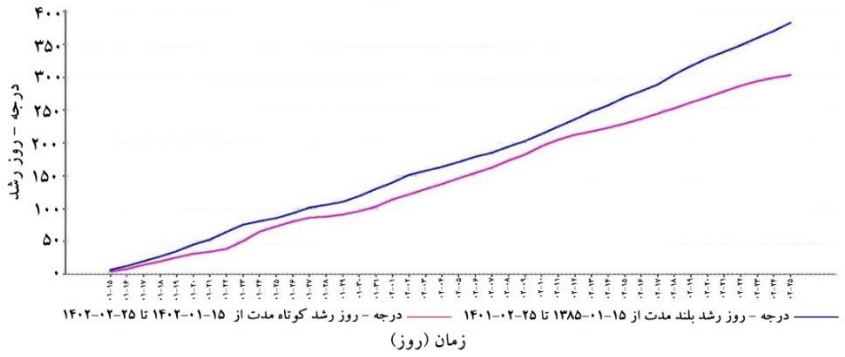
صفات	عملکرد دانه	آنزیم پراکسیداز	آنزیم سوپراکسیددسموتاز	آنزیم کاتالاز	میزان کلروفیل	وزن خشک گیاهچه	وزن تر گیاهچه	ارتفاع گیاهچه
ارتفاع گیاهچه	۰/۹۲**	۰/۹۰**	۰/۷۸**	۰/۸۹**	۰/۹۱**	۰/۹۳**	۰/۹۱**	۱
وزن تر گیاهچه	۰/۹۴**	۰/۸۸**	۰/۸۱**	۰/۷۸**	۰/۹۳**	۰/۹۴**	۱	
وزن خشک گیاهچه	۰/۹۲**	۰/۸۹**	۰/۸۸**	۰/۹۱**	۰/۹۱**	۱		
میزان کلروفیل	۰/۹۵**	۰/۸۴**	۰/۷۸**	۰/۸۵**	۱			
آنزیم کاتالاز	۰/۸۸**	۰/۹۲**	۰/۹۱**	۱				
آنزیم سوپراکسیددسموتاز	۰/۹۰**	۰/۹۴**	۱					
آنزیم پراکسیداز	۰/۷۶**	۱						
عملکرد دانه	۱							

ns: غیر معنی‌دار و * و **: معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

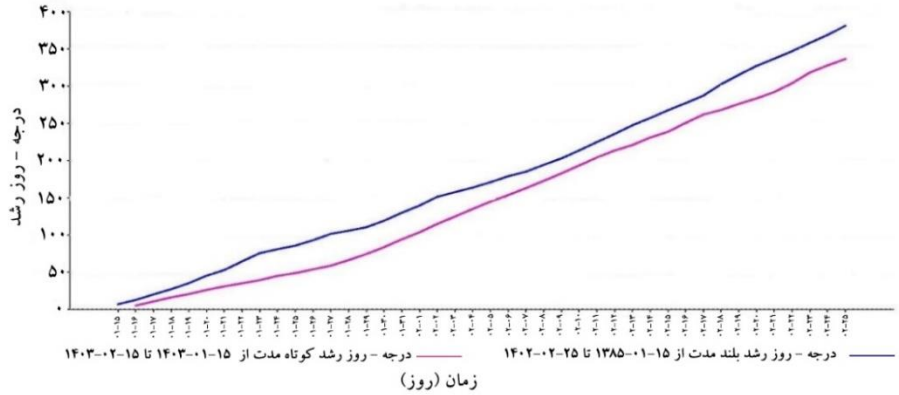
قابل ذکر است که تأثیر متغیرهای اقلیمی به خصوص دما بر خاک مهم بوده و متغیر مهم در مطالعات هیدرولوژی، هواشناسی کشاورزی و اقلیم شناسی به شمار می‌رود (موسوی بیگی و همکاران، ۲۰۱۷). الگو و رفتار حرارتی خاک، فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک، جذب عناصر و فعالیت‌های بیولوژیکی درون خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد (کرین و همکاران، ۲۰۰۴). با آگاهی از دمای خاک می‌توان راهکارهایی مناسب به منظور کاهش شدت خسارت های وارده به محصولات کشاورزی اتخاذ نمود (قائمی‌نیا و همکاران، ۲۰۱۳). دمای خاک یکی از عوامل مهم در رشد و نمو گیاهان بوده و در تأمین انرژی مورد نیاز گیاه نقش موثری دارد. دمای خاک نیز با تأثیر بر فعل و انفعالات شیمیایی خاک و انتقال مواد غذایی از ریشه به اندام‌های رویشی در بهبود عملکرد بهتر و بیشتر محصول دارای اهمیت است (سامرز و همکاران، ۱۹۸۱). در این تحقیق روند تغییرات دمای خاک در عمق ۱۰ سانتی‌متری در خزانه بدون پوشش و با پوشش پلاستیکی (نمودارهای ۴ و ۵) در دو سال زراعی ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ نیز از الگوی تقریباً یکسانی (منحنی درجه دو) پیروی نموده است. در هر دوسال، دمای خاک در خزانه با پوشش پلاستیکی، به دلیل استفاده موثر از تابش خورشیدی و اصول انتقال گرما، بیشتر از خزانه بدون پوشش بوده است که این امر دمای خاک را بالاتر و پایدارتر از خزانه‌های بدون پوشش نگه داشت. در ابتدای خزانه‌گیری با توجه به پایین بودن دمای هوا، دمای خاک در هر دو خزانه و در هر دوسال زراعی کمتر بوده و با روند افزایش دما، دمای خاک نیز افزایش پیدا کرد. جوانه‌زنی و رشد گیاهچه کند و سپس با افزایش دما رشد گیاهچه سرعت بخشیده و برای نشاکاری آماده می‌شود. اما در شرایط خزانه با پوشش پلاستیکی به دلیل نوسانات زیاد دمایی و مواجه شدن بذر و گیاهچه با دمای بسیار بالا، عملکرد نهایی گیاهچه بیشتر تحت تاثیر شرایط تنش دمایی بالا قرار گرفته در صورتی که دمای کمینه اتفاق افتاده در این آزمایش، کمترین تاثیر را داشته است.

نمودار به وضوح نقش حیاتی پوشش‌های پلاستیکی را در ایجاد یک ریزاقلیم بهینه برای خزانه‌های برنج نشان می‌دهد. از دیدگاه کشاورزی، این امر دمای خاک بالاتر و پایدارتری را تضمین می‌کند که منجر به جوانه‌زنی بهبود یافته و شانس بهتر برای نشاکاری موفق و عملکرد بالاتر می‌شود. از دیدگاه هواشناسی، پوشش پلاستیکی به طور کارآمد از تابش خورشیدی و اصول انتقال گرما برای تولید یک اثر گلخانه‌ای موضعی استفاده می‌کند و دمای خاک را افزایش داده و نقش بافر را ایفا می‌کند تا در حساس‌ترین مرحله رشد برنج که مرحله جوانه زنی می‌باشد، گیاه با موفقیت سپری کند. در

شکل‌های ۴ و ۵ تفاوت دمای خاک را در دو سال زراعی ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ با و بدون پوشش پلاستیکی مشاهده می‌کنید. با توجه به میزان ابرناکی و ساعات آفتابی مشاهده می‌شود که هر چه میزان ابرناکی کمتر و ساعات آفتابی بیشتر باشد میزان دمای خاک در خزانه با پوشش پلاستیکی بیشتر خواهد شد و برعکس. اما این تفاوت دما در حد ۲ تا ۴ درجه است و مثل دمای هوای داخل خزانه تحت تاثیر فاحش قرار نمی‌گیرد. هرچند همین مقدار کم در دمای خاک می‌تواند بسیار در جوانه‌زنی بذر موثر واقع شود. درجه روز رشدکوتاه‌مدت در هر دو سال کمتر از میانگین بلندمدت بود. این بدان معنا است که هم در سال ۱۴۰۲ و هم در سال ۱۴۰۳ منطقه رشت (کشاورزی) گرمای انباشته‌شده کمتری نسبت به میانگین بلندمدت تجربه کرده است. اگرچه هر دو سال، درجه روز رشد کمتری نسبت به میانگین بلندمدت را نشان دادند، اما سال ۱۴۰۳ نسبت به سال ۱۴۰۲ وضعیت بهتری را از نظر انباشت گرما به خود اختصاص داد. یعنی دوره مشابه در سال ۱۴۰۳ گرم‌تر از سال ۱۴۰۲ بوده است. این نکته با توجه به مقایسه میزان ابرناکی و ساعات آفتابی در طی دو سال مورد مطالعه در این تحقیق مورد تایید است (جدول ۲). کشاورزان باید این تفاوت‌ها را در برنامه‌ریزی کشت، زمان‌بندی کاشت و مدیریت محصولات خود در نظر بگیرند تا با مدیریت زراعی بهتر و برنامه‌ریزی شده بتوانند حداکثر عملکرد را کسب کنند.



شکل ۴. مقایسه درجه روز رشد کوتاه مدت با بلند مدت (مدت مشابه) در سال ۱۴۰۲

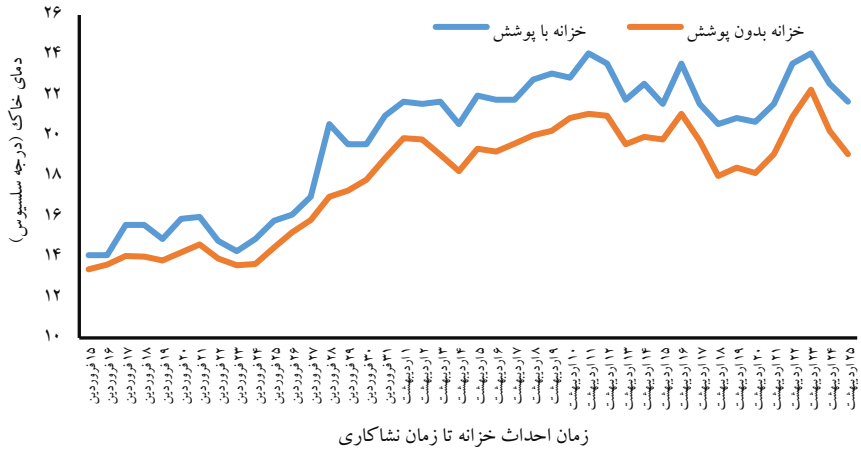


شکل ۵. مقایسه درجه روز رشد کوتاه مدت با بلند مدت (مدت مشابه) در سال ۱۴۰۳

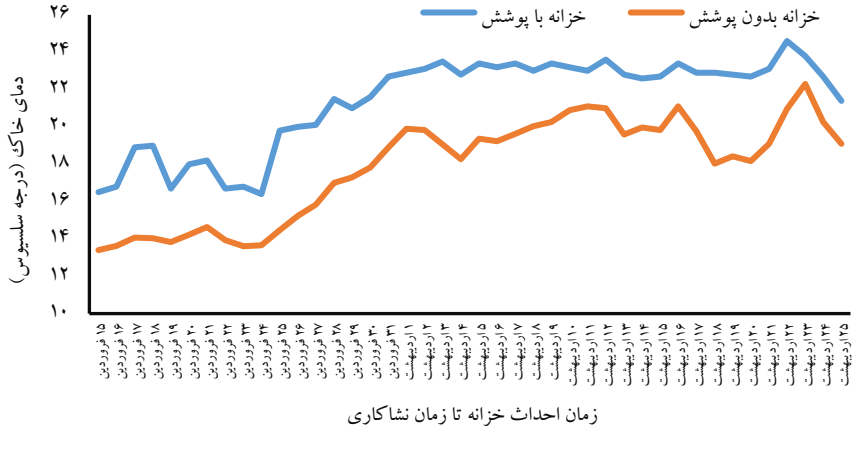
میزان ابرناکی و ساعات آفتابی نیز بر دمای خاک تأثیرگذارند؛ هرچه میزان ابرناکی کمتر و ساعات آفتابی بیشتر باشد، دمای خاک در خزانه با پوشش پلاستیکی بیشتر خواهد بود. این نکته در نمودارهای دو سال زراعی کاملا مشخص است (نمودارهای ۶ و ۷). در سال ۱۴۰۳ با میزان ابرناکی ۴/۳ و با توجه به میزان ساعات آفتابی ۲۶۹/۶ هکتو پاسکال باعث تفاوت دمای خاک نسب به سال ۱۴۰۲ در خزانه با پوشش پلاستیکی گردید و در خزانه بدون پوشش دمای خاک تقریبا یکسان بوده و در دو سال مورد مطالعه تفاوت نداشت. این تفاوت دمایی هرچند در حد ۲ تا ۴ درجه سلسیوس بود، اما می‌تواند تأثیر چشمگیری بر جوانه‌زنی بذر داشته باشد.

جدول ۲- میانگین پارامترهای ابرناکی و ساعات آفتابی طی دو سال زراعی (۱۴۰۳-۱۴۰۲)

دوره رشد گیاهچه در خزانه	ابرناکی	ساعات آفتابی (h/pa)
۱۵ فروردین تا ۲۵ اردیبهشت ۱۴۰۲	۵.۶	۱۷۸.۷
۱۵ فروردین تا ۲۵ اردیبهشت ۱۴۰۳	۴.۳	۲۶۹.۶



شکل ۶. نمودار دمای خاک در خزانه‌های برنج بدون و با پوشش پلاستیکی در سال ۱۴۰۲



شکل ۷. نمودار دمای خاک در خزانه‌های برنج بدون و با پوشش پلاستیکی در سال ۱۴۰۳

با توجه به این تحقیق و آگاهی از وقوع دماهای تنش‌زا در زیر پوشش پلاستیکی حداقل می‌توان با بررسی رابطه بین دمای هوا و دمای زیر پوشش پلاستیکی به کشاورزان قبل از وقوع شرایط تنش‌زا (مانند دمای بسیار بالا یا پایین)، هشدار داد تا اقدامات پیشگیرانه (مانند تهویه، آبیاری، تغذیه گیاهی یا پوشش‌دهی) را به موقع انجام دهند. حفظ رطوبت کافی خاک برای کاهش دماهای کانوپی و کاهش اثرات نامطلوب دماهای بالا بر رشد برنج حیاتی است. نتایج این تحقیق می‌تواند برای توسعه سیستم‌های هشداردهنده هوشمند و راهبردهای تطبیقی برای مدیریت دما در خزانه‌های برنج کمکی باشد تا به کشاورزان در بهینه‌سازی شرایط محیطی خزانه، کاهش مصرف نهاده و در نهایت، افزایش سلامت و عملکرد نشاء برنج کمک شایانی نماید و گامی مؤثر در راستای تحقق کشاورزی پایدار باشد.

۴. نتیجه‌گیری

یکی از یافته‌های کلیدی این پژوهش در بررسی تأثیر پوشش پلاستیکی بر شرایط محیطی خزانه و در نهایت بر رشد نشاء برنج و عملکرد محصول نهایی، تأثیر منفی نوسانات شدید دمایی، به ویژه افزایش بیش از حد دما، بر عملکرد نهایی برنج بود. تفاوت اصلی در دامنه نوسانات دمایی بود که در خزانه با پوشش پلاستیکی بسیار وسیع‌تر و با پیک‌های دمایی مخرب همراه بود. قابل ذکر است که این نوسان شدید دمایی در بیشینه دما فاحش بود و در کمینه دما بین دو خزانه نوسان شدید مشاهده نشد. داده‌های دمانگار نشان داد که در خزانه با پوشش پلاستیکی، دمای داخلی می‌تواند به شدت بالاتر از دمای محیط بیرونی باشد. به عنوان مثال، در تاریخ ۱۱ اردیبهشت، زمانی که دمای بیرون ۲۸ درجه سلسیوس بود، دمای داخل پوشش پلاستیکی به حدود ۶۵ درجه سلسیوس رسید. این دماهای بسیار بالا، تنش حرارتی شدیدی را به بذر و گیاهچه وارد کرده و در نهایت منجر به خلاء عملکرد و کاهش عملکرد نهایی می‌شود. این یافته بر اهمیت مدیریت دقیق دما در خزانه، به ویژه در مناطق گرمسیری یا در زمان‌هایی که دما به سرعت افزایش می‌یابد، تأکید می‌کند.

۵. تشکر و قدردانی

از مدیریت محترم اداره کل هواشناسی استان گیلان، همکاری کارشناسان آمار و اطلاعات هواشناسی اداره کل هواشناسی استان گیلان، مدیریت محترم موسسه تحقیقات برنج کشور و همکاری کارشناسان پرتلاش بخش تحقیقات اصلاح و تهیه بذر موسسه تحقیقات برنج و مرکز تحقیقات هواشناسی کشاورزی گیلان تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Bazi Zlan, R., Fazeli, A., Zarei, B., & Erfani Moghadam, J. (2022). The effect of salicylic acid on the activity of catalase and peroxidase enzymes and the content of phenol and flavonoid of (Scrophularia striata L.) under water deficit stress. Journal of Plant Biological Sciences, 13(4), 57-68. https://doi.org/10.22108/ijpb.2022.133824. 1288 15. Lyman, N. B., Jagadish, K. S. V., Nalley, L. L., Dixon, B. L., & Siebenmorgen, T. (2013). Neglecting rice milling yield and quality underestimates economic losses from high-temperature stress. PLoS One, 8(8), e72157.
2. Chance, B., & Maehly, C. (1955). Assay of catalase and peroxidases. Methods in Enzymology, 2, 764-775. 16. Mangrauthia, S. K., Agarwal, S., Sailaja, B., Sarla, N., & Voleti, S. R. (2016). Transcriptome Analysis of Oryza sativa (Rice) Seed Germination at High Temperature Shows Dynamics of Genome Expression Associated with Hormones Signalling and Abiotic Stress Pathways. Tropical Plant Biology, 9(4), 215–228.
3. Deng, N., Ling, X., Sun, Y., Zhang, C., Fahad, S., Peng, S., Cui, K., Nie, L., & Huang, J. (2015). Influence of temperature and solar radiation on grain yield and quality in irrigated rice system. European Journal of Agronomy, 64, 37-46. 17. Mostofa, M. G., Yoshida, N., & Fujita, M. (2014). Spermidine pretreatment enhances heat tolerance in rice seedlings through modulating antioxidative and glyoxalase

effect of water potential on decomposition processes in soils. In Water potential relations in soil microbiology, 1(9)*, 97-117.

9. Karamniya, S., Aalaee Bazkiaee, P., & Haghighi Hasanalideh, A. (2023). A review of physiological and biochemical aspects of heat stress in rice. Cereal Biotechnology and Biochemistry, 2(1), 105-131. https://doi.org/10.22126/cbb.2023.8606.1028 23. Tian, X., Luo, H., Zhou, H., & Wu, C. (2009). Research on heat stress of rice in China: progress and prospect. Chinese Agricultural Science Bulletin, 25(22), 166-168.
10. Keryn, I. P., Polglase, P. J., & Smethurst, P. J. (2004). Soil temperature under forests: a simple model for predicting soil temperature under a range of forest types. Agricultural and Forest Meteorology, 121, 167– 182. 24. Verma, V., Vishal, B., Kohli, A., & Kumar, P. P. (2021). Systems-based rice improvement approaches for sustainable food and nutritional security. Plant Cell Reports, 40(11), 2021–2036.
11. Kilasi, N. L., Singh, J., Vallejos, C. E., Ye, C., Jagadish, S. V. K., Kusolwa, P., & Rathinasabapathi, B. (2018). Heat Stress Tolerance in Rice (Oryza sativa L.): Identification of Quantitative Trait Loci and Candidate Genes for Seedling Growth Under Heat Stress. Frontiers in Plant Science, 9, 1578. 25. Xianbo, H., Han, Y., Jianlin, H., & Zhihong, T. (2008). Changes of Several Related Physiological Indexes of Rice Seedlings under High Temperature Stress. Journal of Yangtze University. Natural Science Edition, 5, 50–53.
12. Kumar, N., Jeens, N., Kumar, A., Khwairakpam, R., & Singh, H. (2021). Comparative response of rice cultivars to elevated air temperature in Bhabar region of Indian Himalaya: status on yield attributes. Heliyon, 7(4), 1-15. 26. Xu, J., Henry, A., & Sreenivasulu, N. (2020). Rice yield formation under high day and night temperatures—A prerequisite to ensure future food security. Plant, Cell & Environment, 43(7), 1595–1608.
13. Li, C. (2004). Characteristic analysis of the abnormal high temperature in 2003's midsummer in Wuhan City. Journal of Central China Normal University. Natural systems. Plant Growth Regulation, 73(1), 31–44.
4. Ghaeminia, A. M., & Azimzadeh, H. R. (2013). Evaluation of Linear and Quadratic Models for Estimating Soil Surface Temperature Using Air Temperature in Four Climate Zones of Iran. Iranian Journal of Soil Research, 27(2), 253-262. 18. Mousavi Baygi, M., AsadiOskouei, E., Yazdany, M., & Alizadeh, A. (2017). The comparison of temperature elements measured in station and in paddy filed. Journal of Water and Soil Conservation, 24(5), 129- 145.
5. Hasanuzzaman, M., Nahar, K., & Fujita, M. (2013). Extreme temperature responses, oxidative stress and antioxidant defense in plants. Abiotic stress-plant Responses and Applications in Agriculture, 13, 169-205. 19. Pareek, A., Sopory, S. K., & Bohnert, H. J. (2009). Abiotic stress adaptation in plants. Springer.
6. Hua, D., & Jianchang, Y. (2012). Research Advances in the Effect of High Temperature on Rice and Its Mechanism. Chinese Journal of Rice Science, 26, 393–400. 20. Peng, S., Huang, J., Sheehy, J., Laza, M. R., Visperas, R., Zhong, X., Centeno, G., Khush, G., & Cassman, K. (2004). Rice yields decline with higher night temperature from global warming. Proceedings of the National Academy of Sciences, 101(27), 9971–9975.
7. IPCC. (2007). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation & Vulnerability. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4_wg2_full_report.pdf 21. Sanchez-Reinoso, A. D., Garces-Varon, G., & Restrepo-Diaz, H. (2014). Biochemical and physiological characterization of three rice cultivars under different daytime temperature conditions. Chilean Journal of Agricultural Research, 74(4), 373-379.
8. Jianghui, Y., Tianyu, D., Ping, Z., Zhongtao, M., Xi, C., Jiale, C., Hongjin, L., Tao, L., Ying, Z., Fangfu, X., Qun, H., Guodong, L., Guangyan, L., & Haiyan, W. (2024). Impacts of High Temperatures on the Growth and Development of Rice and Measures for Heat Tolerance Regulation: A Review. Agronomy Journal, 14(12), 1-24. https://doi.org/10.3390/agronomy14122811 22. Sommers, L. E., Gilmour, C. M., Wildung, R. E., & Beck, S. M. (1981). The

Sciences, 38, 379-382. 27. Ye, C., Tenorio, F. A., Argayoso, M. A., Laza, M. A., Koh, H. J., Redoña, E. D., & Gregorio, G. B. (2015). Identifying and confirming quantitative trait loci associated with heat tolerance at flowering stage in different rice populations. BMC Genetics, 16(1), 1-10.

14. Liu, J., Hasanuzzaman, M., Wen, H., Zhang, J., Peng, T., Sun, H., & Zhao, Q. (2019). High temperature and drought stress cause abscisic acid and reactive oxygen species accumulation and suppress seed germination growth in rice. Protoplasma, 256, 1217–1227. 28. Ying, C., Lin, F., Shu-Ya, K., & Hao, G. (2021). Index for climate change adaptation in China and its application. Advances in Climate Research, 12(5), 723-733.