University of Birjand

Journal homepage:
https://escs.birjand.ac.ir

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Vol. 16, No. 1, pp. 129-142 (Spring 2023)

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2022.4458.2024

Original article

Evaluation of indices of tolerance and susceptibility to stress and GDD changes in some rice cultivars in response to heat stress

A. Bahrani*, M. Mombeini

Department of Agronomy, Ramhormoz Branch, Islamic Azad University, Ramhhormoz, Iran

Received 23 June 2021; Accepted 18 September 2021

Extended abstract

Introduction

Rice (*Oryza sativa*.L) is one of the most important grains in the world, which as one of the major food sources, provides food to more than three billion people in the world. In the near future, there are several challenges to achieve higher yields in rice plants, and one of the most basic of these challenges is increasing the average temperature of the earth's surface. Increasing the temperature indirectly reduces production by increasing water demand in areas with limited water and reducing the area under cultivation. Therefore, plant physiologists' understanding of plant physiological responses to high temperatures, as well as the selection of adaptation strategies, is an effective and very important role in rice research. In line with international research, research on introducing a diverse range of heat-tolerant rice cultivars on the one hand and finding effective physiological traits and mechanisms in tolerance or resistance of common rice cultivars in the province to this stress can play a valuable role in inactivation, modulation of negative effects or greater efficiency of the heat and light stress situation arising in the coming years. In other words, making management decisions regarding the production and use of improved cultivars, introducing native tolerant or heat-resistant cultivars and possible required changes in the temporal and spatial patterns of cultivation of cultivars, can be a significant help in combating heat stress. Therefore, this experiment was conducted to evaluate heat stress on grain yield and to study stress tolerance indices in studied cultivars in the Khuzestan region.

Materials and methods

In order to evaluate the stress tolerance and susceptibility indices of rice plant (*Oryza sativa* L.) in response to heat stress, an experiment with two factors of planting date and cultivar on the basis of split plots in a randomized complete blocks design with three replications in two years 2017 and 2018 were carried out in the south of Khuzestan province. In order to apply high temperature stress (heat stress) in field conditions, three planting dates of May 15, June 5 and June 25 were selected as the main plots. At each planting date, seven rice cultivars including Anbouri, Champa, Daniel, Pollen, Hamr, and Hoveyzeh (native cultivars) and N22 (International cultivar) were cultivated as sub-plots. Stress tolerance indices included GWHSI SSI, STI, TOL.

Results and discussion

The results showed that at the level of planting date, the highest grain yield was on 5 June with a yield of 5737 kg.ha^{-1}, which was 41.7 more than the first planting date. The highest grain yield was obtained

* Corresponding author: Abdollah Bahrani; E-Mail: abahrani75@gmail.com

© 2023, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

among the cultivars related to Hoveyzeh with an average of 5606 kg.ha^{-1}, which was 34.3% and 29.6% higher than Champa and Anbori, respectively. In evaluating stress tolerance indices, N22 and Hoveyzeh cultivars had the highest SSI and STI, Hammer and Hoveyzeh cultivars showed the highest STI and N22 and Hammer cultivars showed the lowest TOL. The lowest (SSI) was obtained in Hoveyzeh cultivar and then in Hamr and N22 cultivars. The lowest heat stress tolerance was also observed in Champa cultivar. Also, the highest STI index and the lowest TOL index were obtained in Hamr, N22 and Hoveyzeh cultivars. The lowest GDD in all three planting dates was in Hoveyzeh cultivar and the highest one was in sensitive cultivars to heat stress (Anburi and Champa).

Conclusions

In general, heat-tolerant cultivar N22, Daniel and local cultivars Hoveyzeh and Hamr were heat-tolerant cultivar and Geredeh Ramhormoz cultivar and Anbouri and Champa (native cultivars) were identified as heat-sensitive.

***Keywords*:** Grain yield, Grain weight heat sensitivity index (GWHSI), Planting date, Rice cultivars

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد شانزدهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۲

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2022.4458.2024

مقاله پژوهشی

ارزیابی شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش و تغییرات GDD در ارقام برنج در واکنش به تنش گرما ناشی از تاریخ کاشت

عبدالله بحرانی*، مهران ممبینی

گروه زراعت، واحد رامهرمز، دانشگاه آزاد اسلامی، رامهرمز، ایران

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
ارقام برنج
تاریخ کاشت
شاخص حساسیت به گرمای وزن دانه
عملکرد دانه

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۰۴/۰۲

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۰۶/۲۷

تاریخ انتشار:
بهار ۱۴۰۲
۱۴۲-۱۲۹ :(۱)۱۶

چکیده

با هدف ارزیابی شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش گیاه برنج در واکنش به تنش گرما، آزمایشی با دو عامل تاریخ کاشت و رقم به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در جنوب استان خوزستان اجرا گردید. به‌منظور اعمال تنش درجه حرارت بالا (تنش گرمایی) در شرایط مزرعه‌ای سه تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت، ۵ خرداد و ۲۵ خرداد به‌عنوان کرت‌های اصلی انتخاب گردیدند. در هر تاریخ کاشت ۷ رقم برنج شامل رقم عنبوری، چمپا، دانیال، گرده، حمر و هویزه (ارقام بومی) و رقم N22 (رقم شاهد بین‌المللی) به‌عنوان کرت‌های فرعی کشت گردیدند. شاخص‌های تحمل به تنش شامل GWHSI SSI,STI,TOL بود. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در تاریخ کاشت ۵ خرداد با عملکرد ۵۷۳۷ کیلوگرم در هکتار بود که نسبت به تاریخ کاشت اول، ۴۱/۷ درصد بیشتر بود. بالاترین عملکرد دانه مربوط به رقم هویزه با میانگین ۵۶۰۶ کیلوگرم در هکتار بود که نسبت به ارقام چمپا و عنبوری به ترتیب ۳۴/۳ و ۲۹/۶ درصد بیشتر بود. در ارزیابی شاخص‌های تحمل به تنش، رقم N22 و هویزه دارای بالاترین میزان SSI و HTI، ارقام حمر و هویزه بالاترین STI و ارقام N22 و حمر کمترین TOL را نشان دادند. کمترین میانگین شاخص تحمل (SSI) در رقم هویزه و پس از آن در رقم حمر و N22 حاصل گردید. کمترین قدرت تحمل تنش گرما نیز در رقم چمپا مشاهده شد. بالاترین شاخص STI و کمترین شاخص TOL در ارقام حمر، N22 و هویزه به دست آمد. کمترین میزان GDD در هر سه تاریخ کاشت در رقم هویزه و بیشترین آن در ارقام حساس به تنش گرما (عنبوری و چمپا) اختصاص داشت. به‌طورکلی رقم N22، دانیال و ارقام محلی هویزه و حمر متحمل به گرما و رقم گرده رامهرمز و ارقام بومی‌عنبوری و چمپا حساس به گرما شناخته شدند.

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از بااهمیت‌ترین غلات در سطح جهان به شمار می‌آید که به‌عنوان یکی از منابع غذایی عمده، غذای بیش از سه میلیارد نفر از جمعیت انسانی جهان را تأمین می‌نماید. باتوجه‌به پیش‌بینی افزایش جمعیت، نیاز به افزایش تولید این غله نسبت به دیگر غلات ضروری است. در آینده‌ای نزدیک چالش‌های متعددی برای رسیدن به عملکرد بالاتر در گیاه برنج وجود دارد. از اساسی‌ترین این چالش‌ها افزایش میانگین دمای هوای سطح زمین است (Wassmann et al., 2009; Welch et al., 2010).

افزایش درجه حرارت به طور غیرمستقیم، باعث کاهش تولید از طریق افزایش تقاضای آب در مناطق دارای محدودیت آب و کاهش سطح زیرکشت می‌گردد (Hagh Joo and Bahrani, 2014, Amiri et al., 2016)؛ لذا درک و فهم محققان فیزیولوژی گیاهی از پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه به درجه حرارت بالا و نیز انتخاب استراتژی‌های سازگاری، نقش مؤثر و مبارزهٔ بسیار مهمی است که در تحقیقات برنج موردنظر است (Ghosh and Chakma, 2015).

* نگارنده پاسخگو: عبدالله بحرانی. پست الکترونیک: abahrani75@gmail.com

به دلیل محدودیت توسعه سطح زیرکشت برنج در استان‌های شمالی به‌خصوص محدودیت زمین، بهره‌گیری از پتانسیل سایر مناطق برنج‌خیز جهت افزایش تولید برنج کشور ضروری است. در این راستا، استان خوزستان با دارابودن ۲/۳ میلیون هکتار از اراضی قابل‌کشت و دارابودن یک‌سوم آب‌های جاری کشور، می‌تواند به‌عنوان یکی از نقاط مستعد نقش به سزایی را در جهت افزایش تولید برنج و نیل به خودکفایی ایفا نماید. هم‌اکنون این استان ۲۳ درصد از سطح زیرکشت کل برنج کشور را به خود اختصاص داده و دارای متوسط تولید ۳/۸۸۱ تن شلتوک در هکتار است (Agricultural Statistic, 2020).

تحقیقات انجام‌شده در منطقه جنوب خوزستان نشان داده که علی‌رغم اصلاح نژاد و تغییرات ژنتیکی در سری ارقام ارسالی از مؤسسه تحقیقات برنج (به‌منظور تحمل افزایش دما)، این ارقام نتوانستند پاسخ عملکردی مناسبی جهت افزایش تولیدات این غلهٔ مهم در منطقه جنوب خوزستان به دست دهند و توانایی تولید دانه بالایی در شرایط گرم خوزستان را نداشته‌اند (Moradi, 1996; Gilani et al., 2008).

در راستای تحقیقات بین‌المللی، پژوهش درارابطه‌با معرفی طیفی متنوعی از ارقام برنج متحمل به حرارت از یک‌سو و یافتن صفات و مکانیسم‌های فیزیولوژیک مؤثر در تحمل یا مقاومت در ارقام رایج برنج استان به این تنش، می‌تواند نقش ارزنده‌ای در جهت بی‌اثر نمودن، تعدیل اثرات منفی و یا بهره‌وری بیشتر از موقعیت تنش گرمایی و نوری پدیدآمده در سال‌های آینده داشته باشد (Cerioli et al., 2017). به بیان دیگر، اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی درارابطه‌با تولید و به‌کارگیری ارقام اصلاح‌شده، معرفی ارقام بومی متحمل یا مقاوم به حرارت (توسعه منابع ژرم‌پلاسمی ارقام متحمل به حرارت) و تغییرات موردنیاز احتمالی در الگوهای زمانی و مکانی کشت ارقام، می‌تواند کمک شایان توجهی برای مبارزه با تنش گرما باشد؛ لذا این آزمایش در راستای ارزیابی تنش گرما بر عملکرد دانه و بررسی شاخص‌های تحمل به تنش در ارقام موردمطالعه در منطقه خوزستان مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷، در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاوور، وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان با مختصات عرض جغرافیایی '۴۹ °۳۱ و طول جغرافیایی '۴۸ °۴۹ به ارتفاع ۳۳ متر از سطح دریا انجام شد. این ایستگاه در فاصلهٔ ۷۰ کیلومتری شمال اهواز در مسیر جاده اهواز - شوش و حدفاصل رودخانه‌های کرخه و کارون قرار گرفته است. برخی خصوصیات هواشناسی ایستگاه موردمطالعه در دو سال زراعی در جدول ۱ نشان داده شده است.

برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایش نمونه تصادفی از دو عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری تهیه و پس از مخلوط نمودن نمونه‌ها، یک نمونه مرکب جهت تجزیه آزمایشگاه خاک‌شناسی آماده گردید که نتایج آن بدین صورت بود: شوری ۳/۱۷ دسی زیمنس بر متر، اسیدیته خاک ۷/۰۸، نیتروژن ۰/۱۰۹ درصد، فسفر ۷/۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم، پتاسیم ۲۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم، روی ۳/۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و بافت خاک رسی سیلتی بود.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. عامل تاریخ کاشت به‌عنوان فاکتور اصلی با فاصله زمانی ۲۰ روزه و در سه سطح زمان کاشت (۱۵ اردیبهشت، ۵ خرداد و ۲۵ خرداد) با هدف قراردادن مراحل رشد و نموی گیاه برنج (مراحل رشد رویشی، گلدهی و رسیدگی) در معرض رژیم حرارتی بالا (تنش گرما) و بررسی واکنش‌ها و پاسخ‌های فیزیولوژیک ارقام به دماهای مذکور در کرت‌های اصلی قرار گرفت. هفت رقم برنج بکار رفته در کرت‌های فرعی شامل رقم (N22رقم شاهد بین‌المللی)، دانیال (رقم پرمحصول از سری ارقام ارسالی از مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج[1]) و ارقام محلی هویزه، حمر، گرده رامهرمز، عنبوری و چمپا به‌عنوان تیمار فرعی در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

گیاهچه‌های تولیدشده در خزانه برای هر تاریخ کاشت، با رسیدن به مرحله ۴-۳ برگی (طول عمری در حدود ۲۵ تا ۳۰ روز) به تعداد ۵ بوته در هر کپه و به فواصل ۲۵ × ۲۵ سانتی‌متری (برای رقم دانیال) و ۲۰ ×۲۰ (برای سایر ارقام) در کرت‌های زمین اصلی (به ابعاد ۴×۳ متر) نشا شدند. مقادیر کود پایه و سرک مصرفی به‌صورت ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار

[1]. International Rice Research Institute (IRRI)

نیتروژن (برای رقم دانیال) و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (برای سایر ارقام) از منبع اوره بکار رفت.

تمام مقادیر فسفر، پتاسیم، روی و ۴۰ درصد نیتروژن هم‌زمان با انتقال نشاءها به زمین اصلی مصرف شدند. بقیه نیتروژن در دو نوبت ۳۰ درصدی، در ابتدای ساقه رفتن و آبستنی به‌عنوان سرک‌های اول و دوم استفاده گردید. سایر مدیریت زراعی و آبیاری بر اساس مدیریت رایج در کشت غرقابی برنج در منطقهٔ جنوب خوزستان برای تمام ارقام به طور یکسان اعمال شد. به‌طوری‌که تا پایان دوره انتقال نشاءها در زمین اصلی، کرت‌ها با ارتفاع ۷-۸ سانتی‌متر آبیاری شدند و پس از آن، آبیاری به‌صورت هرروزه با جریان مستقیم و ورود و خروج دائمی از داخل کرت‌ها به ارتفاع ۴-۵ سانتی‌متر در طی روز و قطع آب شبانه صورت گرفت. علف‌های هرز توسط وجین دستی کنترل گردیدند.

جدول ۱. میانگین پارامترهای هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاوور در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ از زمان کاشت تا برداشت

Table 1. Average meteorological parameters of Shavor Agricultural Research Station in 2017 and 2018 from planting to harvest.

پارامترهای هواشناسی Meteorological parameters	اردیبهشت May	خرداد June	تیر July	مرداد August	شهریور September	مهر October	آبان November	میانگین Average
۱۳۹۶ 2017								
حداقل درجه حرارت Minimum temperature (^{0}C)	21.6	25.2	27.8	31.4	21.3	18.7	17.6	23.4
حداکثر درجه حرارت Maximum temperature (^{0}C)	40.7	47.6	48.8	46.7	43.9	38.0	34.0	42.8
متوسط درجه حرارت Mean temperature (^{0}C)	31.2	36.4	38.3	39.1	32.6	28.4	25.8	33.1
حداقل رطوبت نسبی (٪) Minimum relative humidity (%)	20.4	12.2	11.5	10.7	15.6	18.2	35.5	17.7
حداکثر رطوبت نسبی (٪) Maximum relative humidity (%)	57.4	40.3	35.8	50.1	52.3	53.6	78.2	52.5
متوسط رطوبت نسبی (٪) Mean relative humidity (%)	38.9	26.3	23.7	30.4	34.0	35.9	56.9	35.1
ساعات آفتابی Sunny hours	285.6	380.3	383.7	365.9	341.1	280.8	180.2	316.8
۱۳۹۷ 2018								
حداقل درجه حرارت Minimum temperature (^{0}C)	22.2	24.4	26.7	31.3	21.4	17.6	18.9	23.2
حداکثر درجه حرارت Maximum temperature (^{0}C)	41.6	46.2	48.0	45.9	43.0	36.7	34.2	42.2
متوسط درجه حرارت Mean temperature (^{0}C)	31.9	35.3	37.4	38.6	32.2	27.2	26.5	32.7
حداقل رطوبت نسبی (٪) Minimum relative humidity (%)	21.4	12.9	10.7	14.1	18.2	24.1	43.0	20.6
حداکثر رطوبت نسبی (٪) Maximum relative humidity (%)	55.1	46.1	31.3	55.3	50.2	55.3	85.5	54.1
متوسط رطوبت نسبی (٪) Mean relative humidity (%)	38.2	29.5	21.0	34.7	34.2	39.7	64.2	37.4
ساعات آفتابی Sunny hours	283.3	386.1	379.2	371.1	339.0	282.5	187.5	318.4

برای تعیین عملکرد دانه سطحی معادل ۲ مترمربع از هر کرت در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی و با رطوبت بذر ۲۲-۲۳ درصد برداشت گردید. سپس نمونه‌ها با رطوبت ۱۷-۱۸ درصد کوبیده شده و دانه‌های پر از پوک و نیمه پر بر اساس روش وزن ویژه و غلظت ۱۲-۱۳ درصد وزنی از محلول نمک

طعام تفکیک و توزین شدند عملکرد نهایی با رطوبت ۱۴ درصد تصحیح گردید.

شاخص‌های تحمل و حساسیت به گرما عبارت بودند از:

شاخص تحمل گرما[۲] (HTI)

با استفاده از درصد دانه‌های پر در دو شرایط تنش (تاریخ کاشت اول) و مطلوب (تاریخ کاشت دوم) و مطابق فرمول پیشنهادی (Mackill et al., 1982) محاسبه شد:

$$HTI = \frac{\text{درصد دانه های پر در شرایط تنش}}{\text{درصد دانه های پر در شرایط مطلوب}} \times ۱۰۰ \quad [۱]$$

شاخص حساسیت به گرمای وزن دانه[۳] (GWHSI)

تعداد ۵۰۰ دانه پرشده به‌صورت تصادفی از تیمارهای حرارتی و مطلوب جدا و وزن شدند و سپس بر اساس رابطه ارائه‌شده توسط بلوم ((Blume, 1998محاسبه گردید:

$$GWHSI = \frac{\text{وزن دانه در دمای زیاد–وزن دانه در دمای مطلوب}}{\text{وزن دانه در دمای مطلوب}} \times ۱۰۰ \quad [۲]$$

شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI)

برای برآورد شاخص‌های حساسیت و یا تحمل به تنش به ترتیب از رابطه‌های پیشنهادی توسط فیشر–مائورر (Fisher and Maurrer, 1978) و فرناندز ((Fernandez, 1992 استفاده گردید. برای به‌دست‌آوردن شاخص حساسیت به تنش از روابط زیر استفاده گردید:

$$SI=1-(ys/yp) \quad [۳]$$

$$SSI=(1-\left(\frac{Ys}{Yp}\right)/Si \quad [۴]$$

که در آن‌ها SI: شدت سختی محیط، SSI: شاخص حساسیت به تنش، YP: میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش، YS: میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تنش، yp: عملکرد هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش، ys: عملکرد هر ژنوتیپ در محیط تنش هستند. هر چه میزان شاخص حساسیت به تنش در رقم پایین‌تر باشد، نشانگر متحمل‌تر بودن آن رقم به شرایط تنش خواهد بود و هرچه مقدار y_p و y_s به هم نزدیک‌تر باشند نشان‌دهنده آن است که پایداری عملکرد آن واریته بیشتر است.

شاخص تحمل (TOL)

$$TOL=(Yp-Ys) \quad [۵]$$

شاخص تحمل به تنش (STI):

$$STI=\frac{(Pp)(Ys)}{(\overline{Yp})^2} \quad [۶]$$

که در آن $\overline{Yp}$: میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش، YS: میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تنش، Pp: عملکرد هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش هستند. این شاخص قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا تحت هر دو شرایط تنش و غیر تنش بوده و مقادیر بالاتر این شاخص برای یک ژنوتیپ نمایانگر تحمل به تنش بالاتر و عملکرد بالقوه بیشتر آن ژنوتیپ است.

داده‌های دوساله با استفاده از نرم‌افزار SAS آنالیز گردیدند. مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی و متقابل آن‌ها برای کلیه صفات با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. همبستگی بین صفات و عملکرد دانه بر اساس ضرایب همبستگی پیرسون محاسبه گردید.

نتایج و بحث

شاخص تحمل و حساسیت به تنش برای عملکرد دانه

باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده در مورد صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه و شاخص برداشت و برتری تاریخ کاشت دوم نسبت به تاریخ کاشت اول (جدول ۲ و ۳) در این صفات، برای محاسبه مقادیر شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش، از میانگین عملکرد دانه دو سال در تاریخ کاشت دوم به‌عنوان شرایط مطلوب و در تاریخ کاشت اول به‌عنوان شرایط تنش گرمایی، استفاده شد. درصد کاهش عملکرد دانه در ارقام برنج موردمطالعه نیز در جدول ۵ نشان داده شده است.

شاخص حساسیت به تنش (SSI)

جدول ۵ نشان داد که کمترین مقدار شاخص حساسیت به تنش در رقم حمر به دست آمد. پس از رقم حمر، کمترین میانگین حساسیت به تنش گرما در رقم هویزه و N22 مشاهده گردید. در مقابل، ارقام چمپا و پس از آن رقم عنبوری بیشترین مقادیر شاخص حساسیت به تنش گرما را نشان دادند. نتایج این تحقیق با یافته‌های (Gilani et al., 2009) نیز نشان دادند که رقم حمر و هویزه به ترتیب با داشتن

[2]. Heat tolerance index

[3]. Grain weight heat susceptibility index

کمترین مقادیر شاخص حساسیت به تنش از کمترین مقدار حساسیت به تنش برخوردار بودند و در مقابل ارقام عنبربو و چمپا بیشترین مقادیر حساسیت به تنش را نشان دادند. درحالی‌که برخلاف (Moradi, 1996)، شاخص حساسیت به تنش گرما در رقم دانیال متوسط برآورد گردید.

شاخص تحمل به تنش (STI)

نتایج نشان داد که بیشترین مقدار STI در رقم حمر و پس از آن در ارقام هویزه و N22 به دست آمد (جدول ۵). در مقابل رقم چمپا و پس از آن رقم عنبوری کمترین مقادیر شاخص تحمل به تنش را به خود اختصاص دادند. این نتایج با یافته‌های گیلانی و همکاران (Gilani et al., 2009) که بیشترین شاخص تحمل به تنش در رقم هویزه و حمر و کمترین مقدار در عنبربو و چمپا (به ترتیب STI معادل ۰/۳۵ و ۰/۴۲ درصد) مشاهده شده بود مطابقت دارد. نتایج این پژوهش با یافته‌های پیشین (Yoshida et al., 1981; Prasad et al., 2006; Jagadish et al., 2008) درارابطه‌با تحمل رقم N22 و همچنین تحقیقات مرادی (Moradi, 1996) مبنی بر تحمل رقم هویزه نسبت به تنش گرما در شرایط اقلیمی خوزستان مطابقت داشت.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و وزن هزار دانه در تیمارهای موردمطالعه

Table 2. Results of analysis of variance (two-year combined analysis) of grain yield, biological yield, harvest index and 1000-grain weight in the studied treatments

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی dF	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	شاخص برداشت Harvest Index	وزن هزار دانه 1000-seed weigh
Year (Y)	سال	1	2505.8 ^{ns}	108367.8987 ^{ns}	102.4022865 ^{ns}	9.34920384 ^{ns}
Y*Rep (Error a)	تکرار (سال) خطای (a)	4	115463.7	880995.9407	26.52796825	2.7523887
Planting date (Pd)	تاریخ کاشت	2	66625817.6 **	25727758.51 *	3284.185457 **	120.1261289 **
Y*Pd	تاریخ کاشت * سال	2	285522.5 ^{ns}	845463.8976 ^{ns}	9.469765079 ^{ns}	0.3393429 ^{ns}
Error (b)	خطای مرکب (b)	8	365420.6	3418960.508	17.82321111	3.9358280
Cultivar (C)	رقم	6	8849686.7 **	28623315.13 **	224.2288476 **	132.9881943 **
Y*C	رقم × سال	6	378306.8 ^{ns}	414197.0521 ^{ns}	2.944117989 ^{ns}	1.2194513 ^{ns}
Pd*C	رقم× تاریخ کاشت	12	567118.5 **	10797578.18 *	61.78048214 **	2.0355279 ^{ns}
Y*Pd*C	رقم ×تاریخ کاشت×سال	12	223884.0 ^{ns}	285370.78 ^{ns}	2.957827116 ^{ns}	0.8811971 ^{ns}
Error (c)	خطای مرکب (c)	72	16436123.2	1242972.009	14.2104172	2.008016
CV%	ضریب تغییرات (٪)		*10.02083*	*8.24756*	*10.67212*	*6.496643*

* و ** به ترتیب نشان دهنده معنی داری اثر تیمار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می باشد. علامت ns به معنای عدم معنی داری اثر تیمار است.

* and ** indicate the significance of the treatment effect at the probability level of 5% and 1%, respectively. ns sign means no significance of treatment effect.

شاخص تحمل (TOL)

در بین ارقام موردمطالعه ارقام N22 و حمر و پس از آن رقم هویزه از کمترین تفاوت عملکرد در شرایط تنش گرما نسبت به شرایط مطلوب برخوردار بودند و درنتیجه بیشترین شاخص تحمل به تنش در آن‌ها مشاهده گردید (جدول ۵). در بین ارقام موردمطالعه، رقم چمپا دارای بیشترین تغییرات عملکرد در شرایط تنش نسبت به شرایط مطلوب بود و با دارابودن کمترین میانگین شاخص تحمل، کمترین تحمل به شرایط تنش را نشان داد. بر اساس این شاخص، رقم دانیال و عنبوری پس از رقم چمپا کمترین شاخص تحمل (TOL) را نشان دادند. جیلانی و همکاران (Gilani et al., 2009) نیز در تحقیقات خود بیشترین میانگین TOL را در رقم چمپا و پس از آن در رقم عنبوری گزارش نمودند. در تحقیق آنان همچنین کمترین میانگین TOL را در رقم حمر و پس از آن در رقم هویزه به دست آمد.

شاخص تحمل به گرما (HTI)

بیشترین میانگین برآوردی شاخص تحمل به گرما در رقم حمر و پس از آن در ارقام هویزه و N22 به دست آمد. در مقابل، کمترین مقادیر برآورد HTI در رقم چمپا و پس از آن در رقم عنبوری مشاهده گردید. این نتایج کاملاً با نتایج (Gilani et al., 2009)که در تحقیقات خود بیشترین مقادیر

HTI را برای ارقام حمر (۹۴/۵٪) و هویزه (۸۵/۸ ٪) و کمترین مقادیر HTI به ترتیب در ارقام چمپا (۶۲/۵٪) و عنبوری (۶۹/۹ ٪) گزارش نموده بودند مطابقت دارد.

شاخص حساسیت به گرما (GWHI)

بیشترین شاخص حساسیت به گرمای وزن دانه در رقم دانیال، N22 و هویزه و کمترین آن در رقم چمپا و پس از آن در رقم عنبوری مشاهده گردید. جیلانی و همکاران (Gilani et al., 2009) نیز در تحقیقات خود نشان دادند که بیشترین شاخص حساسیت به گرمای وزن دانه در رقم هویزه (میانگین ۱۶/۴۷ درصد) و پس از آن در رقم حمر (با میانگین ۱۲/۹۲ درصد) و کمترین آن در رقم عنبوری (با میانگین ۶ درصد) و پس از آن در رقم چمپا (با میانگین ۸/۳۴ درصد) مشاهده گردید.

تغییرات GDD در دوره‌های رویشی و زایشی

نتایج تجزیه واریانس دوره‌های رویشی و زایش در جدول ۷ نشان داده شده است. بر اساس نتایج جدول ۷ میزان GDD دریافت شده در تاریخ کاشت اول به سوم از روندی کاهشی برخوردار بود. به‌طوری‌که هوای خنک‌تر در طول دورهٔ رویشی منجر به دورهٔ رویشی طولانی‌تر و دریافت GDD بیشتر در تاریخ کاشت اول نسبت به دوم و سوم گردید. ارقام متحمل به تنش گرما به دلیل کوتاه‌تر بودن دوره رویشی از میزان GDD کمتری برخوردار بودند. باتوجه‌به افزایش طول دوره گلدهی از تاریخ کاشت اول به تاریخ کاشت سوم که به دلیل کاهش دما ارزیابی گردید، با افزایش طول دوره رشد، روندی افزایشی در GDD در طول دوره گلدهی به دست آمد. در هر سه تاریخ کاشت، ارقام متحمل به حرارت و عملکرد بالاتر، از میزان GDD کمتری برخوردار بودند (جدول ۶).

جدول ۳. نتایج مقایسه میانگین، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و وزن هزار دانه در بررسی اثرات متقابل تاریخ کاشت و ارقام با استفاده از آزمون LSD

Table 3. Results of mean comparison of grain yield, biological yield, harvest index and 1000-grain weight in interaction of planting date and cultivars using LSD test.

	cultivars	ارقام	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	شاخص برداشت Harvest Index	وزن هزار دانه 1000-seed weight
			---------- kg.h^{-1} ----------		(%)	g
تاریخ کاشت اول First Planting date	Anbori	عنبوری	2243.0 ^{d}	14495.1 ^{b}	15.63 ^{d}	16.821 ^{c}
	Champa	چمپا	1998.4 ^{d}	13430.2 ^{bc}	15.35 ^{d}	17.057 ^{c}
	Daniayl	دانیال	3247.2 ^{c}	9380.3 ^{d}	33.9 ^{a}	19.924 ^{b}
	Gerde	گرده	3445.8 ^{bc}	12436.3 ^{c}	27.65 ^{bc}	22.248 ^{a}
	Hamar	حمر	4201.5 ^{a}	16894.1 ^{a}	24.84 ^{c}	22.725 ^{a}
	Hoveze	هویزه	4352.7 ^{a}	14744.8 ^{b}	29.33 ^{b}	20.421 ^{b}
	N22	N22	3921.2 ^{ab}	13449.6 ^{bc}	29.16 ^{b}	20.112 ^{b}
تاریخ کاشت دوم Second Planting date	Anbori	عنبوری	4835.6 ^{b}	12779.8 ^{d}	37.87 ^{b}	17.964 ^{c}
	Champa	چمپا	5015.4 ^{b}	13025.7 ^{d}	37.73 ^{b}	18.101 ^{c}
	Daniayl	دانیال	5929.4^{a}	13614.6 ^{cd}	43.45 ^{a}	23.373 ^{b}
	Gerde	گرده	5943.6 ^{a}	14617.4 ^{b}	40.66 ^{ab}	24.804^{ab}
	Hamar	حمر	6144.4 ^{a}	16017.2 ^{a}	38.37 ^{b}	25.527 ^{a}
	Hoveze	هویزه	6454.5 ^{a}	15622.8 ^{a}	41.16 ^{ab}	23.712 ^{ab}
	N22	N22	5836.9 ^{a}	14318.1 ^{bc}	40.68 ^{ab}	23.448 ^{b}
تاریخ کاشت سوم Third Planting date	Anbori	عنبوری	3978.9 ^{d}	10618.9 ^{d}	37.61 ^{b}	18.901 ^{c}
	Champa	چمپا	4819.7 ^{c}	11908.3 ^{c}	40.07 ^{ab}	19.229 ^{c}
	Daniayl	دانیال	5135.7 ^{c}	12174.5 ^{bc}	42.16 ^{a}	23.735 ^{b}
	Gerde	گرده	5638.7 ^{ab}	13518.3 ^{a}	41.71 ^{ab}	25.303 ^{a}
	Hamar	حمر	5262.5 ^{ab}	13062.7 ^{ab}	40.24 ^{ab}	25.615 ^{a}
	Hoveze	هویزه	6011.7 ^{a}	14023.2 ^{a}	42.83 ^{a}	24.543 ^{ab}
	N22	N22	5710.0 ^{ab}	13738.1 ^{a}	41.34 ^{ab}	24.488 ^{ab}

در سطح هر تیمار وجود حروف لاتین مشابه به معنی عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ می باشد.

At the level of each treatment, the presence of similar Latin letters means the absence of a significant difference at the 5% probability level.

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس (تجزیه مرکب دو ساله) شاخص های ارزیابی به تنش در تیمار های موردمطالعه.

Table 4. Results of analysis of variance (two-year combined analysis) of stress evaluation indices in the studied treatments

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی dF	شاخص حساسیت به تنش SSI	شاخص تحمل به تنش STI	شاخص تحمل TOL	شاخص حساسیت به گرما GWHI	افت عملکرد Yield reduction
Year (Y)	سال	1	0.013873*	0.004052*	70477.946^{ns}	4.711946^{ns}	102.50147^{ns}
Y*Rep (Error a)	تکرار (سال) خطای (a)	4	0.001008	0.000343	30537.85	3.5994	46.4405279
Planting date (Pd)	تاریخ کاشت	1	0.254494**	1.475313**	23985584.67**	1.055710^{ns}	8.87652**
Y*Pd	تاریخ کاشت * سال	1	0.010669^{ns}	0.000176^{ns}	33002.04^{ns}	5.25213^{ns}	34.81248^{ns}
Error (b)	خطای (b)	4	0.003288	0.000855	126161.26	6.2318	85.7468087
Cultivar (C)	رقم	6	0.538869**	0.213124**	867740.51**	323.5559**	2.5303**
Y*C	رقم × سال	6	0.005548^{ns}	0.002342^{ns}	27885.29^{ns}	1.9096^{ns}	63.1440^{ns}
Pd*C	رقم× تاریخ کاشت	6	0.170721**	0.331757**	2815352.80**	31.6930**	4.8402**
Y*Pd*C	رقم ×تاریخ کاشت×سال	6	0.002330^{ns}	0.000623^{ns}	14280.81^{ns}	1.0557^{ns}	78.13192908*
Error (c)	خطای (c)	48	0.002596	0.001379	58309.11	2.957197	39.30328963
CV%	ضریب تغییرات		*4.21*	*5.50*	*11.10*	*14.13*	*17.91*

* و ** به ترتیب نشان دهنده معنی داری اثر تیمار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می باشد. علامت ns به معنای عدم معنی داری اثر تیمار است.

* and ** indicate the significance of the treatment effect at the probability level of 5% and 1%, respectively. ns sign means no significance of treatment effect

جدول ۵. مقادیر برآورد شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش و درصد کاهش عملکرد دانه در ارقام برنج موردمطالعه با استفاده از آزمون LSD

Table 5. Estimation values of stress tolerance and sensitivity indices and percentage of grain yield reduction in the studied rice cultivars using LSD test

		عملکرد دانه Grain yield			شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش Stress Tolerance and Sensitivity Indices		
Cultivars	ارقام	افت عملکرد reduction	شرایط تنش† Stress condition	شرایط مطلوب§ Optimum condition	شاخص تحمل TOL	شاخص تحمل به تنش STI	شاخص حساسیت به تنش SSI
		%	---------- kg.ha^{-1} ----------				
Anbori	عنبوری	53.61 ^{c}	2243 ^{d}	4835.6 ^{c}	2592.5 ^{b}	0.464 ^{c}	1.285 ^{c}
Champa	چمپا	60.15 ^{d}	1998.4 ^{d}	5015.4 ^{c}	3017 ^{c}	0.398 ^{c}	1.442 ^{c}
Daniayl	دانیال	45.24 ^{b}	3247.2 ^{c}	5929.4 ^{b}	2682.2 ^{b}	0.548 ^{b}	1.085 ^{b}
Gerde	گرده	42.02 ^{b}	3445.8 ^{c}	5943.6 ^{b}	2497.7 ^{b}	0.580 ^{b}	1.008 ^{b}
Hamar	حمر	31.62 ^{a}	4201.5 ^{a}	6144.4 ^{b}	1942.9 ^{a}	0.684 ^{a}	0.758 ^{a}
Hoveze	هویزه	32.56 ^{a}	4352.7 ^{a}	6454.5 ^{a}	2101.8 ^{a}	0.674 ^{a}	0.781 ^{a}
N22	N22	32.82 ^{a}	3921.2 ^{b}	5836.9 ^{b}	1915.7 ^{a}	0.672 ^{a}	0.787 ^{a}

در سطح هر تیمار وجود حروف لاتین مشابه به معنی عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ می باشد.

† تاریخ کاشت اول به‌عنوان شرایط تنش در نظر گرفته شد.

§ تاریخ کاشت دوم به‌عنوان شرایط مطلوب در نظر گرفته شد.

At the level of each treatment, the presence of similar Latin letters means the absence of a significant difference at the 5% probability level.

† First planting date was considered as stress condition.

§ Second planting date was considered as optimum condition

جدول ۶. مقادیر برآوردی شاخص تحمل به گرما و شاخص حساسیت به گرمای وزن دانه در ارقام برنج موردمطالعه

Table 6. Estimated values of heat tolerance index and heat sensitivity index of grain weight in the studied rice cultivars using LSD test.

Cultivars	ارقام	درصد باروری Fertility percent			شاخص تحمل به گرما HTI	وزن هزار دانه 1000-grain weight			شاخص حساسیت به گرما GWHSI
		افت reduction	شرایط تنش Stress condition	شرایط مطلوب Optimum condition		افت reduction	شرایط تنش Stress condition	شرایط مطلوب Optimum condition	
		---------- % ----------				(%)	---------- g ----------		
Anbori	عنبوری	31.18 c	46.04 c	77.22 c	59.63c	1.14 a	16.82 c	17.96 c	6.36 c
Champa	چمپا	36.47 d	40.03 c	76.50 c	52.32c	1.04 a	17.06 c	18.10 c	5.77 c
Daniayl	دانیال	16.10 b	61.07 b	77.16 c	79.14b	3.45 c	19.92 b	23.37 b	14.76 a
Gerde	گرده	15.39 b	64.94 b	80.33 b	80.85b	2.56 b	22.25 a	24.80 ab	10.30 b
Hamar	حمر	12.61 a	71.52 a	84.13 a	85.01a	2.80 b	22.73 a	25.53 a	10.98 b
Hoveze	هویزه	13.92 a	72.39 a	86.31 a	83.87a	3.29 c	20.42 b	23.71 ab	13.88 a
N22	N22	15.13 b	71.54 a	86.67 a	82.54a	3.34 c	20.11 b	23.45 b	14.23 a

در سطح هر تیمار وجود حروف لاتین مشابه به معنی عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ می باشد.

At the level of each treatment, the presence of similar Latin letters means the absence of a significant difference at the 5% probability level.

جدول ۷. نتایج تجزیه واریانس (تجزیه مرکب دوساله) در دوره‌های رشد رویشی و زایشی (گلدهی و رسیدگی) در تیمارهای موردمطالعه

Table 7. Results of analysis of variance (two-year combined analysis) of for vegetative and reproductive growth periods (flowering and maturation) in the studied treatments

S.O.V منابع تغییرات	dF	کل دوره زندگی گیاه All growth stage	دوره زایشی Reproductive stage	دوره رسیدگی Maturity stage	دوره گلدهی Flowering stage	دوره رویشی Vegetative stage
		---------- GDD ----------		(درجه-روز رشد) ----------		
سال Year (Y)	1	2398.456ns	0.6578 ns	388.815 ns	440.528 ns	2599.736 ns
تکرار (سال) خطای (a) Y*Rep (Error a)	4	1672.2014	181.7206	64.8732	149.468	1312.4950
تاریخ کاشت Planting date (Pd)	2	1056.6350**	30411.4834**	4460.043**	11253.66**	110038.67**
تاریخ کاشت * سال Y*Pd	2	23232.975 ns	47.872 ns	2.345 ns	34.386 ns	116.255 ns
خطای (b) Error (b)	8	991.83	108.006	102.2616	130.1960	893.32
رقم Cultivar (C)	6	10484.32**	3852.794**	741.940**	1237.192**	1755.705**
رقم × سال Y*C	6	707.74*	180.043 ns	97.463 ns	61.82 ns	259.532 ns
رقم× تاریخ کاشت Pd*C	12	524.700*	233.747*	153.51*	54.186 ns	218.707 ns
رقم ×تاریخ کاشت×سال Y*Pd*C	12	875.162**	344.014**	103.95 ns	144.168*	267.352*
خطای (c) Error (c)	72	250.800	125.5254	63.550	70.2460	136.942
ضریب تغییرات CV%		*2.47*	*4.79*	*6.08*	*8.40*	*2.82*

* و ** به ترتیب نشان دهنده معنی داری اثر تیمار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می باشد. علامت ns به معنای عدم معنی داری اثر تیمار است.

* and ** indicate the significance of the treatment effect at the probability level of 5% and 1%, respectively. ns sign means no significance of treatment effect

بر اساس نتایج ارائه‌شده در جدول ۸، بالاترین میانگین GDD کسب‌شده در دوره زایشی در تاریخ کاشت سوم و پس از آن در تاریخ کاشت دوم حاصل گردید و کمترین GDD در تاریخ کاشت اول به دست آمد. در بررسی ارقام کمترین مقادیر

GDD در ارقام هویزه، N22 و گرده مشاهده گردید. بیشترین GDD در ارقام حساس به گرما و حمر حاصل گردید. این نتایج کاملاً متأثر از طول دورهٔ زایشی ارقام بوده است. بر اساس نتایج جدول (۸)، بیشترین میزان GDD کسب‌شده در دوره رسیدگی در تاریخ کاشت دوم به دست آمد و کمترین میانگین در تاریخ کاشت سوم حاصل گردید. این موضوع نشانگر بروز دمای مطلوب و طول دورهٔ رسیدگی مطلوب در این تاریخ کاشت است که منجر به حداکثر استفاده از فاکتور دما جهت رشد و نمو کانوپی و به‌تبع آن حداکثر عملکرد در تاریخ کاشت مذکور گردیده است.

نتیجه‌گیری نهایی

باتوجه‌به اینکه ارقام هویزه و حمر رقم در هر دو شرایط تنش و شرایط مطلوب دارای برتری عملکرد دانه نسبت به سایر ارقام بودند، این دو رقم را می‌توان در یک گروه قرار داد (شکل ۱). پایداری عملکرد در ارقام مذکور نشان‌دهندهٔ سازگاری بالای ارقام مذکور به شرایط اقلیمی گرمسیری جنوب خوزستان است (Lafitte et al., 2007)

جدول ۸. نتایج مقایسه میانگین، برای دوره‌های رشد رویشی و زایشی (گلدهی و رسیدگی) در بررسی اثرات متقابل تاریخ کاشت و ارقام با استفاده از آزمون LSD

Table 8. Mean GDD for vegetative and reproductive growth periods (flowering and maturation) in the interaction of planting date and cultivars using LSD test.

	cultivars	ارقام	کل دوره زندگی گیاه All growth stage	دوره زایشی Reproductive stage	دوره رسیدگی Maturity stage
			---------- GDD (درجه-روز رشد) ----------		
تاریخ کاشت اول First Planting date	Anbori	عنبوری	3288.0 ab	985.6 a	522.7 b
	Champa	چمپا	3333.3 a	986.5 a	528.9 b
	Daniayl	دانیال	3151.1 cd	918.7 bc	509.2 c
	Gerde	گرده	3131.5 cd	921.6 bc	511.4 c
	Hamar	حمر	3247.0 bc	967.8 ab	544.6 a
	Hoveze	هویزه	3050.9 d	882.7 c	518.5 bc
	N22	N22	3072.2 d	904.0 c	539.8 a
تاریخ کاشت دوم Second Planting date	Anbori	عنبوری	3130.8 a	1045.5 a	540.0 b
	Champa	چمپا	3130.8 a	1045.5 ab	540.0 b
	Daniayl	دانیال	3047.6 b	1009.7 bc	529.4 ab
	Gerde	گرده	3015.0 bc	1002.4 cd	534.8 ab
	Hamar	حمر	3080.4 ab	1042.5 a	562.2 a
	Hoveze	هویزه	2951.6 c	964.1 e	509.2 d
	N22	N22	2966.3 c	978.8 de	523.9 c
تاریخ کاشت سوم Third Planting date	Anbori	عنبوری	2918.1 a	1052.0 a	502.2 b
	Champa	چمپا	2860.7 a	1035.0 a	525.8 a
	Daniayl	دانیال	2860.7 a	1035.0 a	525.8 a
	Gerde	گرده	2788.1 b	984.2 b	511.7 b
	Hamar	حمر	2932.3 a	1046.1 a	516.4 b
	Hoveze	هویزه	2727.9 b	946.6 b	471.9 c
	N22	N22	2727.9 b	946.6 b	493.2 c

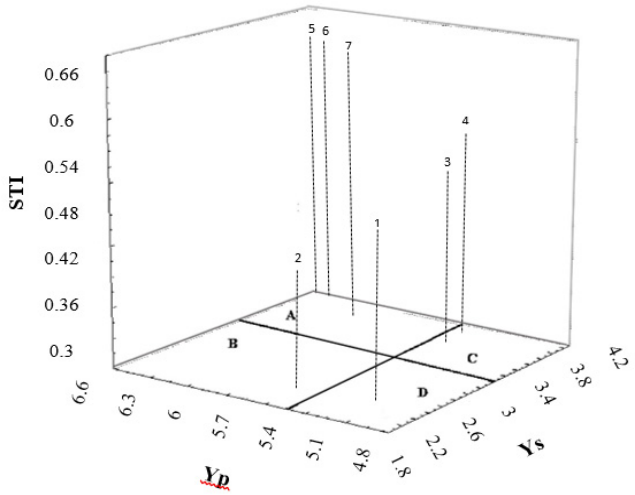
میانگین GDD ارائه شده در جدول فوق بر اساس واحد درجه حرارت روز محاسبه شده است

در سطح هر تیمار وجود حروف لاتین مشابه به معنی عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ می باشد.

The average GDD presented in the table above is calculated based on the unit day temperature

At the level of each treatment, the presence of similar Latin letters means the absence of a significant difference at the 5% probability level.

کمترین میانگین شاخص تحمل (SSI) که به معنای وجود بالاترین قدرت تحمل به تنش است در رقم هویزه و پس از آن در رقم حمر و N22 حاصل گردید. کمترین قدرت تحمل تنش گرما نیز در رقم چمپا مشاهده شد. همچنین بالاترین شاخص STI و کمترین شاخص TOL در ارقام حمر، N22 و هویزه به دست آمد. علی‌رغم اینکه رقم N22 به‌عنوان رقم متحمل به تنش گرمایی شاهدی برای ارزیابی درصد تحمل سایر ارقام به تنش گرما در دورهٔ رویشی (Roy and Ghosh, 1996; Bahrani and Hagh Joo, 2016; Bose and Ghosh, 1995; Gesch et al., 2003) و دو دوره گلدهی و رسیدگی (Yoshida et al., 1981; Mackill et al., 1982; Prasad et al., 2006; Jagadish et al., 2008) در سطح بین‌المللی شناخته شده است، اما شاخص‌های ارائه‌شده در جداول ۵ و ۶ نشان دادند میزان تحمل ارقام حمر و هویزه بالاتر از این رقم برآورد گردید که قبلاً مورد تأکید گیلانی و همکاران (Gilani et al., 2009) مبتنی بر تحمل بالای ارقام حمر و هویزه در مقابل تنش گرمایی قرار گرفته بود. همچنین بر اساس نتایج تحقیقات چانگ و همکاران (Chang et al., 2005) دررابطه‌با تعیین شاخص حساسیت به گرمای وزن دانه (GWHSI) به‌عنوان یکی از پارامترهای باارزش برای بیان میزان مقاومت و غربال ارقام برنج در مرحله پرشدن دانه برتری مقاومت به گرمای رقم دانیال، N22 و هویزه و تأیید می‌گردد. بر اساس نتایج میانگین GDD در کل دوره رشد گیاه، میزان GDD کسب‌شده از تاریخ کاشت اول به تاریخ کاشت سوم از یک شیب کاهشی برخوردار بود. در بررسی ارقام نیز کمترین میانگین GDD برای ارقام متحمل به گرما و بیشترین مقادیر در ارقام حساس به تنش گرما حاصل گردید. تغییرات GDD برای ارقام به‌کاررفته در هر سه تاریخ کاشت (به‌جز رقم حمر) از روندی مشابه سطوح رقم پیروی نمود؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت رقم حمر از مکانیسم تحمل به گرمای متفاوتی نسبت به ارقام N22 و هویزه برخوردار است. درکل، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که می‌توان از ارقام هویزه و حمر در برنامه‌های اصلاحی ارقام برنج جهت تحمل به تنش گرما استفاده نمود.



شکل ۱. تعیین ارقام متحمل به خشکی بر ساس شاخص (STI). عدد های شکل به ترتیب: ۱- عنبوری ۲- چمپا ۳- دانیال ۴-گرده ۵- حمر ۶- هویزه ۷- N22

Fig. 1. Selection of drought tolerant cultivars using STI index. Figure numbers in order: 1- Anburi 2- Champa 3- Danial- 4- Gerdeh 5- Hamr 6- Hoveyzeh 7- N22

منابع

Amiri, A., Bahrani, A., Khorsand, A., Hagh Joo M., 2016. Evaluating AquaCrop model performance to predict grain yield and wheat biomass, under water stress. Water and Soil

Agricultural Statistic of Jihad. 2020. Agricultural Organization of the Iran. www.maj.ir/Dorsapax/userfiles/Sub65/Amarnamehj1-97-98-site.pdf.

Science. 25, 217-229. [In Persian with English Summary].

Bahrani, A., Haghjo M., 2016. Effect of planting date on grain yield and yield components of three winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars in Fars province. Journal of Plant Ecophysiology. 8, 182-192. [In Persian with English Summary].

Blum, A., 1988. Plant Breeding for stress Environments. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, P. 223.

Bose, A., Ghosh, B., 1995. Effect of heat stress on ribulose 1,5-biphosphate carboxylase in rice. Phytochemistry. 38, 1115–1118.

Cheng, F., Zhong, L., Zhao, N., Liu, Y., Zhang, G., 2005. Temperature induced changes in the starch components and biosynthetic enzymes of two rice varieties. Plant Growth Regulation. 46, 87–95.

Cerioli, T., Gentimis, T., Linscombe, S.D., Famoso A.N., 2017. Effect of rice planting date and optimal planting window for Southwest Louisiana. Agronomy Journal. 113, 1248-1257.

Fernandez, G.C.J., 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: C.G., Kuo (Ed.), Adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress. AVRDC Staff Publication, Shanhua. pp: 257-270.

Fischer, R.A., Maurer, R., 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research. 29, 897-912.

Gesch, R.W., Kang, I.H., Gallo-Meagher, M., Vu, J.C.V., Boote, K.J., Allen, L.H.J., Bowes, G., 2003. Rubisco expression in rice leaves is related to genotypic variation of photosynthesis under elevated growth CO_2 and temperature. Plant Cell Environment. 26, 1941–1950.

Ghosh, B., Chakma, N., 2015. Impacts of rice intensification system on two C.D. blocks of Barddhaman district. West Bengal. Current Science. 109, 342-346.

Gilani, A.A., Siadat, S.A., Alemi Saeed, KH., Bakhshandeh, A.M., Moradi, F., Seyednejad, M., 2008. Determining the mechanisms of tolerance and physiological effects of heat stress in Khuzestan rice cultivars. PhD thesis in agriculture. Ahvaz Ramin University of Agriculture and Natural Resources. 185 pages. [In Persian].

Gilani, A.A., Siadat, S.A., Alami-Saeed, KH., Bakhshandeh, A.M., Moradi, F., Seidnejad M., 2009. Effect of heat stress on grain yield stability, chlorophyll content and cell membrane stability of flag leaf in commercial rice cultivars in Khuzestan. Iranian Journal of Crop Science. 11, 82-100. [In Persian with English Summary].

Hagh Joo, M, Bahrani A. 2014. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on grain yield, yield components and dry matter remobilization of maize cv. SC260. Iranian Journal Crop Science. 16, 278-292. [In Persian with English Summary].

Jagadish, S.V.K., Craufurd, P.Q., Wheeler, T.R., 2008. Phenotyping parents of mapping populations of rice for heat tolerance during anthesis. Crop Science. 48, 1140–1146.

Lafitte, H.R., Yongsheng, G., Yan, S., Li, Z.K., 2007. Whole plant responses, key processes, and adaptation to drought stress: the case of rice. Journal of Experimental Botany. 58, 169-175.

Mackill, D.J., Coffman, W.R., Rutger, N.J., 1982. Pollen shedding and combining ability for high temperature tolerance in rice. Crop Science. 22, 730–733.

Moradi, F., 1996. Investigation of physiological effect of heat stress on 6 rice cultivars in Khuzestan. Master Thesis, Ramin Agricultural Higher Education and Research Complex, Shahid Chamran University of Ahvaz. [In Persian].

Prasad P.V.V., Bootem K.J., Allen, L.H., Sheehy, J.E., Thomas J.M.G., 2006. Species, ecotype and cultivar differences in spikelet fertility and harvest index of rice in response to high temperature stress. Field Crops Research. 95, 398–411.

Roy, M., and Ghosh, B., 1996. Polyamines, both common and uncommon, under heat stress in rice (*Oryza sativa*) callus. Plant Physiology. 98, 196–200.

Sedaghat, N., Pirdashti, H., Rahemi Karizaki, A., Safikhani S., 2017. Evaluation growth indices of two native and improved rice (*Oryza sativa* L.) cultivars in different irrigation managements. Journal of Plant Ecophysiology. 9, 40-52. [In Persian with English Summary].

Wassmann, R., Jagadish, S.V.K., Heuer, S., Ismail, A., Redona, E., Serraj, R., Singh, R.K., Howell, G., Pathak, H., Sumfleth, K., 2009. Climate change affecting rice production: The

physiological and agronomic basis for possible adaptation strategies. Advances in Agronomy. 101, 59–122.

Welch, J.R., Vincent, J.R., Auffthammer, M., Moya, P.F., Dobermann, A., 2010. Rice yields in tropical/subtropical Asia exhibit large but opposing sensitivities to minimum and maximum temperatures. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS). 107(33):14562-7. https://doi.org/10.1073/pnas.1001222107

Yoshida, S., Satake, T., Mackill, D.J., 1981. High-temperature stress in rice (Review). IRRI Resarch Paper Series 67, 5pp