



耿立清. 孕穗期高温对粳稻穗部性状的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2023(5):6-10.

孕穗期高温对粳稻穗部性状的影响

耿立清

(辽宁省农业科技成果转化服务中心, 辽宁 沈阳 110161)

摘要:随着全球气候变暖,高温热害已成为水稻高产稳产的主要因素之一。为明确粳稻孕穗期遭遇高温对不同粒重的水稻品种穗部性状的影响程度,以小粒品种千重浪2号和大粒品种润宇1号为试材,在孕穗期按照叶龄余数划分了3个不同生长阶段,在盆栽条件下设定高温处理的温度和时间分别为 $(35\pm 1)^{\circ}\text{C}$ (9:00-15:00)和 $(27\pm 1)^{\circ}\text{C}$ (15:00-9:00),研究孕穗期不同生长阶段高温胁迫对水稻穗部性状的影响。结果表明,孕穗期高温胁迫使参试品种的穗长、着粒密度、一次枝梗长、一次枝梗数、二次枝梗数、穗粒数、结实率和千粒重都有不同程度的降低;孕穗期高温主要降低了穗中部和下部的二次枝梗数、穗粒数和结实率,对一次枝梗的影响相对较小。北方粳稻在叶龄余数1.0时如果遭遇高温对穗部性状的影响程度最大,进而影响其高产稳产。

关键词:粳稻;孕穗期;高温;穗部性状

温度是水稻完成生长发育周期的主要生态环境因素之一。当环境温度高于或低于其生育的最适温度时,都能显著地降低水稻单产。虽然低温冷害一直是北方粳稻高产和稳产的主要逆境因素之一,但近年来在全球气候变暖的情况下,极端高温天气频繁发生,高温热害导致水稻减产的事件时有发生,热害已成为水稻高产稳产的主要影响因素之一,并且高温强度越大持续时间越长所造成的影响程度越大。已有的研究表明水稻营养生长期如果遇到高温会导致出穗期提前,生育期缩短;灌浆期高温会缩短灌浆日期,导致提前成熟,还出现早衰、倒伏等现象,籽粒灌浆速率和籽粒充实度降低,千粒重和糙米重明显下降^[1-5]。如果在水稻抽穗开花期遭遇高温热害,极易导致空瘪粒率大幅度提高,结实率显著下降,造成严重减产,抽穗开花期遭遇高温热害后结实率下降的主要生理原因是花粉活力和萌发率降低所致^[6-11]。高温胁迫下,光合作用的关键酶Rubisco活化酶失活,RubP羧化酶活性降低,保护酶活性下降,叶绿素含量和光合速率显著下降^[12-14]。对水稻生殖生长阶段产量的影响,现有研究多是从灌浆速率、灌浆时期、籽粒充实度、穗粒数和粒重的角度来研究高温胁迫对产量的影响^[15-17],特别是对不同品种结实率差异的影响^[18-21]研究较多。众所周知,孕穗期遭遇高温同样能大幅度地降低

水稻产量,水稻孕穗期对温度也极为敏感,在此期间最适宜的生长温度为 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$,日平均温度 30°C 以上就会产生不利影响;如遇 35°C 以上的持续高温,水稻花器就会发育不全,花粉发育不良,活力下降。但关于高温胁迫具体在孕穗期的那一个生长阶段对水稻高产稳产的影响程度最大的相关研究鲜见报道,特别是在孕穗期按照叶龄余数划分3个不同生育阶段,并将稻穗分为上、中、下3个部分来研究高温对穗部各性状影响方面的研究则更少。本试验以粒重不同的两个北方粳稻品种为试验材料,按照叶龄余数将孕穗期分为3个时期进行高温处理,进而研究高温对不同部位穗部性状的影响,目的是揭示孕穗期高温对不同部位水稻穗部性状的影响程度和影响的关键时期,为北方粳稻生产中在孕穗期出现异常高温时,采取正确合理的预防措施提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

试验在沈阳农业大学水稻研究所盆栽试验场进行,供试水稻品种为千重浪2号(生育期160 d,主茎16片叶,千粒重为23 g)和润宇1号(生育期155 d,主茎15片叶,千粒重为30 g)。

1.2 方 法

1.2.1 试验设计 采用盆栽试验方法,播种、插秧和收获时间分别是在4月16日、5月21日和10月3日。盆钵大小设定为直径25 cm和高23 cm,每盆装过筛后的棕壤土12 kg。选取叶龄一致的

收稿日期:2023-01-14

基金项目:国家科技支撑计划(2006BAD01A01-6)。

作者简介:耿立清(1969-),女,博士,副研究员,从事水稻育种和栽培研究。E-mail:961088036@qq.com。

植株,每盆平均插植 22 个单株,属于高密度栽培,分蘖期剔除分蘖,只留下主茎部分。每盆施加基肥 5 g,其中包括氯化钾(1 g)、磷酸二铵(2 g)和尿素(3 g)。分蘖肥每盆施硫酸铵 4 g,穗肥每盆施硫酸铵 4 g。试验设 3 个时期处理,每个处理 8 盆,在 RXZ 智能型人工气候箱中进行高温处理,分别从叶龄余数为 2.0(I)时、叶龄余数为 1.0(II)时、叶龄余数为 0(III)时进行高温处理,连续高温胁迫处理 6 d。高温处理的设定温度和时间分别为(35±1)℃(9:00—15:00)和(27±1)℃(15:00—9:00)。在处理前,从每盆中挑选生长一致的 15 个单株标记挂牌,以在室外正常生长的不进行温度处理的植株为对照(平均气温 25℃左右)。

1.2.2 测定项目及方法 在收获期,选处理后生长一致的盆栽 2 盆,以盆为单位收获挂牌标记的稻穗。将稻穗按每穗的一次枝梗数划分上、中、下 3 个部分,考查上中下不同部位的穗长、一次枝梗长、一次和二次枝梗数及一次和二次枝梗实粒数和空瘪粒数,并计算出平均结实率和着粒密度。

1.2.3 数据分析 试验数据采用 DPS v9.50 软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 高温胁迫对水稻穗部性状的影响

孕穗期高温导致两个品种的穗长、着粒密度、一次枝梗长、一次枝梗数和二次枝梗数都有不同程度的降低(表 1),与对照相比,各处理着粒密度和二次枝梗数都达到了显著的水平,整体来看其中叶龄余数为 1.0(处理 II)时的影响最大。千重浪 2 号的着粒密度和二次枝梗数分别比对照下降了 45.42%和 52.34%。润宇 1 号着粒密度和二次枝梗数分别比对照下降了 40.95%和 71.58%。孕穗期高温胁迫对千重浪 2 号的一次枝梗数没有显著的影响,但对润宇 1 号叶龄余数为 1.0(处理 II)时进行高温胁迫处理的一次枝梗数有显著影响。处理 II 对润宇 1 号穗长的影响很大,而对千重浪 2 号穗长影响最大的时期是叶龄余数 0 时(处理 III),但处理 II 和处理 III 仅相差 0.04 cm,差异不显著。对于一次枝梗长来说,除润宇 1 号的处理 III 外,各处理与对照的差异都达到显著水平,但其降低幅度最大的处理两个参试品种的表现也不同,可见不同品种孕穗期对高温处理的反应存在一定差异。

表 1 孕穗期不同时间高温处理对水稻穗部性状的影响

品种	处理	穗长/cm	着粒密度/(粒·cm ⁻¹)	一次枝梗长/cm	一次枝梗数	二次枝梗数
千重浪 2 号	I	17.60 a	9.88 b	6.01b	13.44 a	33.20 b
	II	17.09 b	7.39 b	5.69b	12.60 a	22.00 c
	III	17.05 b	8.25 b	5.94b	12.70 a	25.40 c
	CK	17.71 a	13.54 a	6.89 a	13.50 a	46.16 a
润宇 1 号	I	17.39 b	6.44 b	5.62 b	12.30 ab	14.39 b
	II	17.34 b	5.12 b	6.04 b	11.87 b	8.10 c
	III	18.47 a	5.86 b	6.52 ab	12.42 ab	14.70 b
	CK	19.04 a	8.67 a	7.01 a	13.17 a	28.50 a

注:不同小写字母表示同一品种不同处理间在 $P<0.05$ 水平差异显著。下同。

由表 2 可知,各处理中千重浪 2 号的处理 II 不同部位的一次枝梗长受到的影响最大,处理 I 受到的影响最小;润宇 1 号的处理 I 受到的影响最大,处理 III 受到的影响最小。除润宇 1 号的处理 III 上部外,各处理不同部位的一次枝梗长与对照的差异都达到了显著水平。各处理中参试品种都表现为处理 II 的二次枝梗数受到的影响最大。千重浪 2 号的上、中和下部的二次枝梗数分别比对照

减少了 34.49%、55.29%和 63.36%;润宇 1 号分别比对照减少了 37.33%、79.75%和 91.63%,与对照的差异都达到显著水平。处理 I 和处理 III 对二次枝梗数的影响则因品种而异,但整体来看主要是影响中、下部的二次枝梗数。也就是说,叶龄余数 1.0(处理 II)时的高温是影响二次枝梗数的关键时期,与上、中部相比,孕穗期高温明显降低穗下部的二次枝梗数。

表 2 孕穗期不同时间高温胁迫对水稻一次枝梗长和二次枝梗数的影响

品种	处理	一次枝梗长/cm			二次枝梗数		
		上	中	下	上	中	下
千重浪 2 号	I	6.04 b	6.61 b	5.58 b	11.30 a	14.00 b	7.90 b
	II	5.60 c	6.02 c	5.42 b	8.30 b	7.90 d	5.80 bc
	III	5.73 bc	6.36 bc	5.75 b	10.40 ab	10.50 c	4.50 c
	CK	6.53 a	7.21 a	7.06 a	12.67 a	17.67 a	15.83 a
润宇 1 号	I	5.71 b	6.32 c	4.85 c	6.11 b	6.50 b	1.78 b
	II	5.87 b	6.68 bc	5.69 bc	4.70 c	2.80 c	0.60 b
	III	6.01 a	6.95 b	6.19 b	6.50 b	6.80 b	1.40 b
	CK	6.21 a	7.59 a	6.99 a	7.50 a	13.83 a	7.17 a

2.2 高温胁迫对水稻穗上不同部位粒数的影响

由表 3 可知,孕穗期高温处理导致穗粒数明显下降。与对照相比,供试品种都表现为处理 II 每穗粒数最低,千重浪 2 号和润宇 1 号分别比 CK 减少了 42.59%和 46.15%;其次是处理 III,影响较小的是处理 I,并且参试品种各处理的总粒数与对照的差异都达到了显著水平。

表 3 高温胁迫对水稻穗上不同部位穗粒数的影响

品种	处理	穗粒数	上部粒数	中部粒数	下部粒数
千重浪 2 号	I	173.80b	58.20 ab	68.00 b	47.60 b
	II	126.21 c	47.30 b	48.71 c	30.20 c
	III	140.60 bc	49.30 b	54.60 bc	36.70 bc
	CK	219.84 a	68.67 a	86.50 a	73.67 a
润宇 1 号	I	111.91 b	39.90 ab	44.70 b	27.31 b
	II	88.86 c	36.10 b	27.83 c	24.93 b
	III	108.30 b	42.60 a	38.40 bc	27.30 b
	CK	165.00 a	46.50 a	71.17 a	47.33 a

从枝梗着粒数来看,高温胁迫使各处理二次枝梗总粒数显著减少(表 4),与对照的差异都达显著水平;其中处理 II 二次枝梗总粒数最少,千重浪 2 号和润宇 1 号分别比对照减少了 62.73%和 77.70%,与其他处理的差异也达到了显著水平。

表 4 高温胁迫对水稻穗上不同部位二次枝梗粒数的影响

品种	处理	二次枝梗粒数			总粒数
		上部	中部	下部	
千重浪 2 号	I	33.30 ab	41.40 b	22.00 b	96.70 b
	II	23.80 b	22.41 c	9.20 c	55.41 d
	III	24.50 b	29.50 c	12.50 c	66.50 c
	CK	42.33 a	59.17 a	47.17 a	148.67 a
润宇 1 号	I	14.90 ab	18.60 b	2.71 b	36.21 b
	II	10.90 b	6.63 c	0.83 b	18.36 c
	III	17.70 ab	16.40 bc	3.00 b	37.10 b
	CK	21.33 a	40.50 a	20.50 a	82.33 a

就不同部位的粒数而言,上部粒数下降的幅度最小,下部降低的幅度最大,中部的则介于两者之间。与上、中部相比(表 3、表 4),孕穗期高温处理后,供试水稻品种穗下部的粒数和二次枝梗粒数最少。由此可见,孕穗期高温使颖花分化不良和穗粒数减少主要表现在穗下部。

2.3 高温胁迫对水稻结实率的影响

由表 5 可知,孕穗期高温胁迫导致参试水稻品种结实率都有所下降。两品种相比,千重浪 2 号受到的影响较大,如千重浪 2 号的处理 III 的平均结实率比对照下降了 17.36%,而润宇 1 号仅下降了 3.22%。千重浪 2 号的处理 II 和处理 III 的穗上部、中部和下部结实率都显著低于对照;而润宇 1 号只有处理 III 穗下部谷粒的结实率出现较大幅度的下降,与对照的差异达到了显著性水平,穗上部和中部的谷粒的结实率虽然也有下降,但与对照的差异没有达到显著水平。进一步比较孕穗期高温处理对供试品种二次枝梗结实率的影响时发现,千重浪 2 号的处理 II 和处理 III 的二次枝梗结实率显著低于对照,而润宇 1 号下降不明显。由此可见,高温主要降低穗中、下部二次枝梗籽粒的结实率,而对一次枝梗的结实影响较小,不同时期高温处理不仅表现不同,而且不同品种间也不同。

2.4 高温胁迫对千粒重的影响

孕穗期高温胁迫使供试品种的谷粒千粒重和糙米千粒重均发生不同程度的降低(表 6),千重浪 2 号的处理 I、II、III 平均千粒重分别比对照下降了 6.10%、10.29%和 7.61%;润宇 1 号的处理 I、II、III 平均千粒重分别比对照下降了 5.47%、8.89%和 7.28%。供试品种都表现为处理 II 下降的幅度最大,与对照的差异都达到了显著水平。

表 5 高温胁迫对水稻穗上不同部位结实率的影响

品种	处理	结实率/%				
		上部	中部	下部	平均值	二次枝梗
千重浪 2 号	I	92.61 a	91.47 a	88.66 b	91.08 a	88.83 a
	II	82.00 b	81.26 b	73.49 c	78.95 b	71.27 b
	III	81.74 b	78.87 b	74.93 c	77.01 b	72.39 b
	CK	90.05 a	95.24 a	93.63 a	93.19 a	93.70 a
润宇 1 号	I	95.74 a	92.62 a	91.58 a	93.48 a	92.27 a
	II	93.35 a	94.57 a	93.98 a	93.89 a	94.48 a
	III	90.38 a	91.21 a	87.57 b	89.65 a	90.32 a
	CK	94.27 a	91.80 a	92.25 a	92.63 a	94.53 a

穗上不同部位的粒重都呈现出强势粒>中势粒>弱勢粒的变化规律(表 6)。对强势粒来说,供试品种都表现为处理 II 受到的影响最大,千重浪 2 号的谷粒千粒重比对照下降了 12.01%,润宇 1 号下降了 8.20%;对于中势粒来说,品种间存在明显的差异,千重浪 2 号下降幅度最大的是处理 II,而润宇 1 号是处理 III;对于弱勢粒,供试品种都表现为处理 III 下降的最大,与对照和其他处理相比,差异都达到了显著水平。

表 6 高温胁迫对谷粒千粒重的影响

品种	处理	千粒重/g			
		强势粒	中势粒	弱勢粒	平均
千重浪 2 号	I	20.64 b	19.56 b	16.61 b	18.62 b
	II	19.49 c	18.02 c	15.57 c	17.79 c
	III	20.14 b	19.82 b	14.89 d	18.32 b
	CK	22.15 a	21.30 a	17.80 a	19.83 a
润宇 1 号	I	29.28 b	27.79 b	24.45 b	27.12 b
	II	28.11 c	27.18 bc	24.05 bc	26.14 cd
	III	28.85 bc	26.78 c	23.68 cd	26.60 bc
	CK	30.62 a	28.34 a	25.46 a	28.69 a

3 讨论

石春林等^[22]研究表明,减数分裂期高温对穗粒数的影响程度与高温强度、持续时间有关,同样高温条件下,穗粒数随高温持续天数增加呈指数减少。本研究表明,孕穗期遭遇高温造成枝梗和颖花退化并产生大量的不孕粒,二次枝梗数和穗粒数减少及结实率降低是导致减产的重要因素。张矢等^[23]的研究结果表明,影响枝梗数及每穗粒数形成的温度敏感期是幼穗的枝梗分化期至颖花分化期,也就是在叶龄余数为 3.0~0.9 时(按照松岛省三^[24]的水稻穗分化时期划分方法)。本试验结果进一步明确了高温影响枝梗数和每穗粒数的关键时期是叶龄余数 1.0 时,此时的高温处理导致穗中、下部二次枝梗数和穗粒数明显减少。换言之,在颖花分化接近结束时遭遇高温,使枝梗和颖

花发生了大量的退化。这与前人的研究结果是有一定差异的,具体原因有待于进一步深入研究。

在北方粳稻超高产栽培和育种研究中^[25],有关不同角度对穗部性状和产量的关系进行了较为细致地研究,认为在保证单位面积有效穗数的基础上,提高穗粒重是北方粳稻超高产的主要途径,而穗粒数和千粒重是提高每穗粒重的关键。结合本研究结果可以进一步推断出,孕穗期遭遇高温导致产量降低主要是通过减少每穗粒数,尤其是在叶龄余数为 1.0 时遭遇高温,每穗粒数的降低幅度更大,特别是对稻穗中下部的二次枝梗的穗粒数影响最大,其次是叶龄余数 0 时的处理降低幅度较大。因此,在水稻生产上,在孕穗期特别注意预防叶龄余数接近 1.0 时以后的热害,根据天气状况,采取相应的预防措施,如选用耐高温品种、调整播期、改善田间管理(如科学灌水和喷水以水调温)、喷施外源物质,采取有效措施减少高温对水稻生产带来的损害^[26-28]。

4 结论

孕穗期进行高温胁迫显著地降低了供试水稻品种的穗长、着粒密度、一次枝梗长和一、二次枝梗数及每穗粒数和千粒重,叶龄余数 1.0 时的处理下降幅度最大。高温胁迫主要引起稻穗中、下部的二次枝梗粒数、二次枝梗数和一次枝梗长下降,而且品种间存在明显的差异,在水稻生产上,在孕穗期需要特别注意预防叶龄余数接近 1.0 时以后的热害。

参考文献:

- [1] 马义虎,杨祥田.高温胁迫对水稻的影响及其对策的研究进展[J].中国农学通报,2015,31(9):1-8.
- [2] 唐汇春,谢晓金.不同生育期高温对水稻物质转运及产量结构的影响[J].江西农业学报,2022,34(2):1-7.
- [3] 鄢圣敏,王开,杨川航,等.自贡市高温热害对水稻生长的影响及对策探讨[J].安徽农业科学,2020,48(9):34-36.
- [4] 王军可,王亚梁,陈惠哲,等.灌浆初期高温影响水稻籽粒碳氮代谢的机理[J].中国农业气象,2020,41(12):774-784.

- [5] 沈泓,姚栋萍,吴俊,等.灌浆期不同时段高温对稻米淀粉理化特性的影响[J].中国水稻科学,2022,36(4):377-387.
- [6] 张文怡,白涛,何东,等.抽穗期高温胁迫对水稻花药花粉和光合特性的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2022,48(4):379-385.
- [7] 徐鹏,贺一哲,黄亚茹,等.花期短时高温对不同品种水稻颖花开放动态及产量的影响[J].中国农业气象,2023,44(1):25-35.
- [8] 王华运,周贵香,万谦千,等.花期短时高温对不同品种水稻颖花开放动态及产量的影响[J].中国农业气象,2020,44(1):129-131.
- [9] BOOTE K J, PICKERING N B, BAKER J T, et al. Modeling leaf and canopy photosynthesis of rice in response to carbon dioxide and temperature [J]. Philippines: International Rice Research Notes, 1994, 19: 47-48.
- [10] 郑建初,张彬,陈留根,等.抽穗期高温对水稻产量构成要素和稻米品质的影响及其基因型差异[J].江苏农业学报,2005,21(4):249-254.
- [11] 李训贞,梁满中,周广洽,等.水稻开花时的环境条件对花粉活力和结实的影响[J].作物学报,2002,28(3):417-420.
- [12] 张桂莲,陈立云,张顺堂,等.抽穗开花期高温对水稻剑叶理化特性的影响[J].中国农业科学,2007,40(7):1345-1352.
- [13] 刘媛媛,滕中华,王三根,等.高温胁迫对水稻可溶性糖及膜保护酶的影响研究[J].西南大学学报(自然科学版),2008,30(2):59-62.
- [14] 张桂莲,蔡志欢,李波,等.水稻对减数分裂期高温胁迫的生理响应[J].杂交水稻,2016,31(3):64-67.
- [15] TEWARI A K, TRIPATHY B C. Temperature-stress-induced impairment of chlorophyll biosynthetic reactions in cucumber and wheat[J]. Plant Physiology, 1998, 117: 851-858.
- [16] 王明,吴辉,孙小成,等.孕穗期高温对水稻生理特性和产量性状影响研究[J].中国农业学通报,2022,38(30):1-5.
- [17] 李兴华,张盛,周强,等.抽穗期高温对不同品种水稻产量的影响及差异[J].中国农学通报,2019,35(9):1-3.
- [18] 汤日圣,郑建初,张大栋,等.高温对不同水稻品种花粉活力及籽粒结实的影响[J].江苏农业学报,2006,22(4):369-373.
- [19] 石春林,金之庆,郑建初,等.减数分裂期高温对水稻颖花结实率影响的定量分析[J].作物学报,2008,34(4):627-631.
- [20] 曹云英,段骅,杨立年,等.减数分裂期高温胁迫对耐热性不同水稻品种产量的影响及其生理原因[J].作物学报,2008,34(12):2134-2142.
- [21] 甄博,郭瑞琪,周新国,等.孕穗期高温与涝对水稻光合特性和产量的影响[J].灌溉排水学报,2021,40(4):45-51.
- [22] 石春林,骆宗强,江敏,等.减数分裂期高温对水稻穗粒数影响的定量分析[J].中国水稻科学,2017,31(6):658-664.
- [23] 张矢,徐一戎.寒地稻作[M].哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1990:400-420.
- [24] 松島省三.水稻の收量成立と予察に关す作物学的研究[J].农技研报,1957(5):120-127.
- [25] 杨守仁,张龙步,陈温福,等.水稻超高产育种理论和方法[J].作物学报,1996,22(3):295-304.
- [26] 尤翠翠,贺一哲,徐鹏,等.高温胁迫对水稻生长发育的伤害效应及其防御对策[J].浙江农业学报,2023,35(1):10-22.
- [27] 李友发,富昊伟,马兴华,等.施钾对抽穗扬花期自然高温下水稻结实率的影响[J].浙江农业科学,2022,63(1):39-41.
- [28] 杨军,章毅之,贺浩华,等.水稻高温热害的研究现状与进展[J].应用生态学报,2020,31(8):2817-2830.

Influence of High Temperature on Panicle Characters of Rice During Booting Stage

GENG Liqing

(Liaoning Agricultural Scientific and Technological Achievements Transformation Service Center, Shenyang 110161, China)

Abstract: With global warming, high temperature and heat damage has become one of the main factors in affecting the high and stable yield of rice. To clarify the impact of high temperature stress during the panicle initiation stage on the panicle characteristics of rice varieties with different grain weights, small-grain variety Qianchonglang 2 and large-grain variety Runyu 1 were used as test materials. Three different growth stages were divided according to leaf age residue during the panicle initiation stage, and high temperature treatment was set under potted conditions at $(35 \pm 1)^\circ\text{C}$ (9:00–15:00) and $(27 \pm 1)^\circ\text{C}$ (15:00–9:00). The study investigated the effects of high temperature stress during different growth stages of the panicle initiation stage on the panicle characteristics of rice. The results showed that high temperature stress during the panicle initiation stage caused a varying degree of reduction in panicle length, grain density, primary branch length, primary branch number, secondary branch number, grain number per panicle, seed setting rate, and 1 000-grain weight of the test varieties. High temperature stress during the panicle initiation stage mainly reduced the number of secondary branches, grain number per panicle, and seed setting rate in the middle and lower parts of the panicle, with a relatively small impact on primary branches. If rice is exposed to high temperature stress at a leaf age residue of 1.0, it will have the greatest impact on panicle characteristics, which will in turn affect its high and stable yield.

Keywords: *Oryza sativa*; booting stage; high temperature; panicle characters