

# 不同低温胁迫下粳稻耐冷种质的孕穗期耐冷性比较

李亚非<sup>1</sup>, 王连敏<sup>2</sup>, 曹桂兰<sup>1</sup>, 韩龙植<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>中国农业科学院作物科学研究所/国家农作物基因资源与基因改良重大科学工程/农业部作物种质资源利用重点开放实验室, 北京 100081; <sup>2</sup>黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所, 哈尔滨 150086)

**摘要:**为粳稻孕穗期耐冷标准品种的建立和耐冷遗传育种研究提供优异基因资源, 利用人工低温气候室, 采用 15℃、17℃、19℃ 3 种胁迫温度, 4d 和 6d 两种胁迫时间, 3 × 2 交互式设计的方法, 对来自黑龙江、吉林、辽宁和云南的 12 份粳稻种质进行了孕穗期耐冷性强度的研究。结果表明, 随着低温胁迫的增强, 各水稻品种的平均空壳率都随之增加; 在 15℃/6d 胁迫下, 供试品种平均空壳率的方差和变异系数达到最大, 该胁迫强度可被选用于孕穗期强耐冷种质的筛选。依据 15℃/6d 胁迫下供试品种平均空壳率的方差分析及多重比较结果, 空育 131 和龙稻 3 号具有极强的孕穗期耐冷性。不同地区可根据参试品种在本试验中的耐冷表现, 并结合当地水稻种植区的光温条件选择相应的耐冷标准品种。

**关键词:**水稻; 人工气候室; 孕穗期耐冷性; 标准品种

## Comparison of Cold Tolerance at the Booting Stage for Cold Tolerant Japonica Rice Germplasm under Different Cold Stress

LI Ya-fei<sup>1</sup>, WANG Lian-min<sup>2</sup>, CAO Gui-lan<sup>1</sup>, HAN Long-zhi<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>National Key Facility for Crop Gene Resources and Genetic Improvement/Key Laboratory of Crop Germplasm Resources and Utilization of Ministry of Agriculture/Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081;

<sup>2</sup>Crop Tillage and Cultivation Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086)

**Abstract:** In order to provide the excellent genetic resources for selecting japonica rice standard variety of cold tolerance at the booting stage and genetic breeding of cold tolerance in rice, the cold tolerance intensity of 12 accessions of japonica rice germplasm from Heilongjiang, Jilin, Liaoning and Yunnan provinces at the booting stage were evaluated under the artificial climate rooms for low temperature where cultivars were exposed to 15℃, 17℃ or 19℃. Exposures lasted for 4 days and 6 days. The results showed that the unfilled grain rate (UGR) of rice dramatically increased with increasing stress intensity. The variance and coefficient of UGR were maximum at 15℃ for 6 days, so this cold stress was applied to high cold tolerant japonica variety identification. Kuiku 131 and Longdao 3 showed their strong cold tolerance capacity at the booting stage by analysis of variance and multiple comparison of UGR at 15℃ for 6 days. When selecting the standard variety of cold tolerance at the booting stage in different province of China, we should consider the performance of PUG of testing varieties in this experiment, and combine with the light and temperature conditions in local rice-growing areas, respectively.

**Key words:** Rice; Artificial climate chamber; Cold tolerance at the booting stage; Standard variety

水稻是一种低温敏感作物, 在生长发育期间若遇到低温, 水稻产量会受到严重影响<sup>[1]</sup>。据统计,

世界上有 24 个国家将近 1500 万 hm<sup>2</sup> 的水稻种植区时常面临低温冷害侵袭<sup>[2-3]</sup>。在我国北方稻区, 以

收稿日期: 2010-05-12 修回日期: 2010-06-29

基金项目: “十一五” 国家科技支撑计划项目 (2006BAD13B01); 作物种质资源保护项目 (NB2010-2130135-25-01); “973” 计划项目 (2010CB125904)

作者简介: 李亚非, 博士, 从事水稻抗逆性遗传研究。E-mail: lyf8811@163.com

通讯作者: 韩龙植, 研究员, 博士, 研究方向为水稻种质资源。E-mail: lzhan58@yahoo.com.cn

及南方高海拔稻区每3~5年就发生一次较大的低温冷害,而小的低温冷害每年都会发生<sup>[4-7]</sup>,由此造成的水稻产量损失也十分惊人。比如,由于低温冷害,1993年日本北海道的水稻产量只有平均年份的40%<sup>[8]</sup>;我国吉林省延边地区2002年水稻平均单产仅为1787kg/hm<sup>2</sup>,是2001年正常年份的57%<sup>[2]</sup>;而黑龙江省2002年水稻平均减产30%以上,个别地区减产高达50%<sup>[3]</sup>。

孕穗期是水稻受低温冷害最敏感的时期之一,在水稻生产中低温所造成的大幅度减产大都发生在此期。因此,培育孕穗期耐冷性强的水稻品种已成为高海拔、高纬度地区水稻育种的重要目标之一<sup>[2]</sup>。而如何科学和准确地鉴定评价水稻品种孕穗期耐冷性的强弱,则是水稻耐冷育种中急待解决的关键问题。目前,水稻孕穗期耐冷性鉴定主要集中在自然低温条件下和人工控制低温环境下<sup>[4-10]</sup>。其中,人工模拟低温鉴定主要分为恒温深冷水灌溉法和人工低温气候室法。近几年来,许多学者采用不同的鉴定方法开展了水稻种质资源的耐冷性鉴定<sup>[11-15]</sup>。但如何将这些不同年份、不同方法下的水稻耐冷性鉴定结果整合,就需要借助水稻耐冷性标准品种,在试验中可将供试品种通过与标准品种的比较来判断耐冷性的强弱,又可通过标准品种的表现作为试验准确性的参考依据,在水稻耐冷性鉴定评价中设置耐冷性标准品种十分必要<sup>[10]</sup>。韩国和日本的水稻耐冷性研究起步较早,纷纷设立了本国相应的耐冷标准品种,尤其是日本,针对各生育期均设定了不同的耐冷标准品种<sup>[16-17]</sup>。云南和东北三省是我国水稻孕穗期遭受低温冷害最频繁的省份,有关云南省耐冷标准品种选定的研究已有开展<sup>[18]</sup>,而其余省份耐冷标准品种的建立研究仍鲜见报道。本研究根据2006-2007年昆明自然低温和公主岭冷水胁迫下鉴定的初步结果,选取来自东北三省和云南省的耐冷粳稻种质,通过人工低温气候室法研究东北三省及云南省耐冷水稻种质孕穗期耐冷性的差异,主要为建立东北三省和云南省的水稻耐冷性标准品种提供依据,同时筛选极强耐冷资源,为水稻耐冷遗传研究和耐冷育种提供优异基础材料。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料

12份粳稻耐冷种质来自云南省和东北三省。除长白9号、龙稻7号和松粳6号的耐冷性较弱外,

其余9份材料均是在2006-2007年昆明自然低温和公主岭冷水胁迫鉴定中表现耐冷性强的品种。12份材料的种质名称及其来源见表1。

表1 来自不同省份的耐冷粳稻品种

Table 1 The cold tolerant japonica rice variety from different provinces

省份 Province	耐冷性强的水稻品种 The Varieties with strong cold tolerance	耐冷性较弱的水稻品种 The varieties with weaker cold tolerance
黑龙江	龙稻3号,龙粳16, 垦稻12,空育131, 松粳10	松粳6号、龙稻7号
吉林	吉粳81,吉粳83	长白9号
辽宁	铁9868	
云南	靖粳7号	

### 1.2 方法及数据采集

为使供试品种在相对集中的时间进入人工低温气候室,进行孕穗期耐冷性鉴定,依据12个品种全生育期所需的活动积温分3批播种,播种日期分别为2008年4月15日、4月20日和4月27日。将经过消毒、浸种和催芽后的种子播种于装有床土的秧盘,并在塑料大棚内育苗;在相应的移栽期,于5月18日、5月23日和6月6日分别移栽到塑料桶内,每桶3穴,每穴1株。氮、磷、钾分别施用120kg/hm<sup>2</sup>、80kg/hm<sup>2</sup>、80kg/hm<sup>2</sup>。剑叶与倒二叶叶枕距为4~4cm时作为减数分裂期的取样标准。当品种内大多数分蘖处于取样标准时,对该品种进行挂牌标注,注明品种名称和日期。清早8:00时,将适期待测材料放入人工低温气候室进行低温处理。低温处理温度设置为15℃、17℃、19℃3种水平,处理时间设置为4d、6d两种天数,按照3×2交互设计。同时将室外花盆里种植的各品种作为相应对照。本试验包含对照共计7个处理,每个处理3盆,12个品种合计252盆。

低温处理结束后,将供试材料搬到具备正常成熟条件的温室继续生长发育,待成熟后,调查供试材料空壳率。空壳率数据的采集则按照以下方法具体实施。分别记载所有分蘖的抽穗日期,并依据各分蘖抽穗日期与离开人工低温气候室的时间间隔来判断相应分蘖空壳率数据的采用与否。处理4d的材料,采用间隔时间为6~8d的所有穗子,计算平均空壳率;处理6d的材料,则采用间隔时间为4~6d的所有穗子,计算平均空壳率。此做法的依据是:一般

认为从减数分裂期到抽穗期的时间为 10 ~ 12d<sup>[19]</sup>。15℃/6d 胁迫下各供试品种的所有分蘖进入低温人工气候室前均挂牌处理,做好标注,同时记载各分蘖的剑叶与倒二叶叶枕距,生育进程未达到(倒二叶未观测到)的分蘖不予记载,此数据另用于研究选取的叶枕距范围与平均空壳率的关系。

因此,不同胁迫强度下,实际所采用的各供试品种的样本量(分蘖数)是不一样的,胁迫强度为 15℃/6d 的各供试品种所采用的分蘖空壳率的数量参见表 3 中的样本量。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同低温胁迫强度下供试品种的平均空壳率

从第一个品种龙粳 16 进入人工低温气候室到最后一个品种靖粳 7 号离开的日期分别为 7 月 14 日和 8 月 9 日,这期间室外日平均气温走势图见图 1。在供试材料低温处理期间,室外日平均气温除个别日期外基本都在 20℃ 以上,供试品种的室外结实率基本未受到持续低温影响,可作为孕穗期耐冷鉴定评价的自然对照(CK)。7 月 16 日至 7 月 19 日的日均温度为 18 ~ 19℃,在此期间进入孕穗期的长白 9 号、龙稻 7 号等水稻品种室外结实率受到影响。

各供试品种对照以及不同低温胁迫强度下的平

均空壳率见表 2。从表 2 可见,随着低温胁迫强度的增强,各品种的平均空壳率都有增加的趋势,室外对照的平均空壳率均在 5% 以下。其中品种空育 131 和吉粳 83 在 19℃ 处理下的空壳率,龙稻 3 号在 17℃ 和 19℃/4d 下的空壳率,垦稻 12、松粳 10、龙稻 7 号在 17℃/4d 和 19℃/4d 下的空壳率以及松粳 10 在 15℃/4d 和龙稻 7 在 19℃/6d 下的空壳率,吉粳 81 在 19℃/4d 下的空壳率,均比对照小,说明自然条件下上述品种也受到了不同程度的低温冷害。在最强胁迫处理 15℃/6d 下,空育 131 平均空壳率最低,为 4.87%,其次为龙稻 3 号(5.4%)、松粳 10(5.91%)等。松粳 6 号平均空壳率最高,为 20.35%,其次为长白 9 号(12.52%)、龙稻 7 号(10.24%);其余品种平均空壳率介于其间。

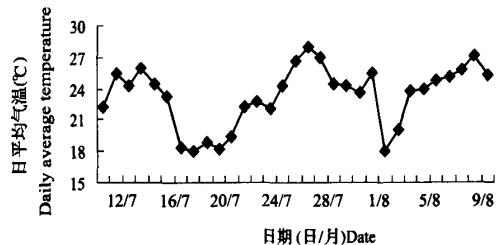


图 1 日平均气温走势图

Fig. 1 Daily average temperature charts

表 2 不同低温胁迫强度下供试品种的平均空壳率

Table 2 The unfilled grain rate of japonica rice variety under normal condition and cold stress of different intensity (%)

品种 Variety	15℃		17℃		19℃		对照 CK
	4d	6d	4d	6d	4d	6d	
空育 131	4.05	4.87	2.94	3.05	2.53	2.43	2.65
龙稻 3 号	3.52	5.40	2.24	1.83	2.41	3.69	2.98
垦稻 12	2.95	8.94	2.03	3.44	1.88	5.15	2.15
龙粳 16	5.02	6.82	2.77	4.11	2.75	3.69	1.84
松粳 10	2.62	5.91	2.48	3.41	2.32	4.46	3.07
龙稻 7 号	6.68	10.24	3.02	4.41	2.63	2.63	4.29
松粳 6 号	8.18	20.35	3.64	5.01	3.85	3.18	2.62
吉粳 81	5.34	7.99	3.65	3.92	2.44	3.65	3.18
吉粳 83	5.97	8.10	2.84	3.15	2.55	2.28	2.79
长白 9 号	6.28	12.52	4.47	4.86	4.02	4.25	3.39
铁 9868	5.12	9.39	4.21	3.42	4.11	3.81	2.67
靖粳 7 号	6.27	6.57	3.70	3.66	4.51	4.22	3.55

### 2.2 不同低温胁迫强度下水稻空壳率均值、方差、变异系数比较

不同低温胁迫强度下水稻空壳率的均值、方差

和变异系数见图 2。从图 2 可见,随着处理天数的增加和胁迫温度的增强,水稻品种空壳率的平均值和方差也都随着增加,15℃ 胁迫强度下空壳率的平

均值和方差增幅最大。空壳率的变异系数也有同样的趋势,分别在15℃胁迫下达到最大值。在本次试验中,15℃/6d胁迫强度下,供试水稻品种空壳率的

均值、方差和变异系数均达到最大,因此此条件适用于强耐冷种质的筛选。

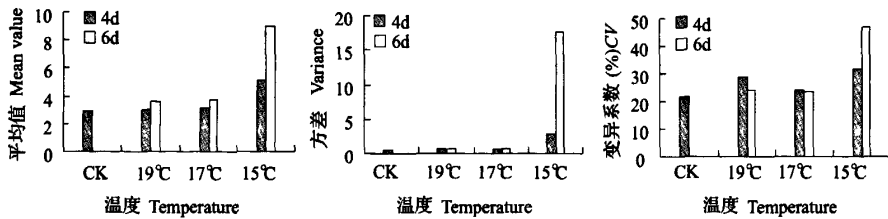


图2 不同低温胁迫强度下梗稻平均空壳率的平均值、方差和变异系数

Fig. 2 The mean value, variance, and coefficient variation of unfilled grains rate under different cold stress

### 2.3 强耐冷种质的筛选及标准品种的确立

通过SPSS15.0软件,对15℃/6d低温胁迫下所有供试品种的平均空壳率进行多重比较(Duncan法),显著水平0.05。各品种所采用的样本量和多重比较结果见表3。从表3可见,空育131和龙稻3号属于第一类群,其平均空壳率除与松粳10、靖粳7号、龙粳16、吉粳81号、吉粳83号差异不显著外,与另5个品种垦稻12、铁9868、龙稻7号、长白9号、松粳6号均存在显著差异,且在供试品种中,平均空壳率最小,表现出相对极强的耐冷性。第二类群为松粳10、靖粳7号、龙粳16、吉粳81、吉粳83、垦稻12和铁9868,其空壳率变异在5.0%~10.0%,

表现出强耐冷性。第三类群为龙稻7号、长白9号和松粳6号,平均空壳率变异在10.0%~20.0%,表现相对较弱的耐冷性。

从筛选强或极强耐冷种质角度考虑,位于第一类群和第二类群的品种可作为候选品种应用到种质创新及耐冷QTL定位群体的构建中。从耐冷标准品种确立角度考虑,属第一类群的空育131和龙稻3号可作为黑龙江省早熟品种的耐冷标准品种的候选品种;属第二类群的吉粳81、吉粳83可作为吉林省中熟或中晚熟品种的耐冷标准品种的候选品种;靖粳7号可作为云南省品种的耐冷标准品种的候选品种。

表3 15℃/6d低温胁迫下12个水稻品种的空壳率多重比较

Table 3 The multiple comparison of unfilled grain rate under cold stress of 15℃/6d

品种 Variety	抽穗天数(d) Days to heading	样本量 N	亚组 Subset						
			1	2	3	4	5	6	
空育131	90	32	4.87						
龙稻3号	98	30	5.40						
松粳10	90	69	5.91	5.91					
靖粳7号	124	42	6.57	6.57	6.57				
龙粳16	89	26	6.82	6.82	6.82				
吉粳81	116	47	7.99	7.99	7.99	7.99			
吉粳83	115	61	8.10	8.10	8.10	8.10			
垦稻12	92	29		8.94	8.94	8.94			
铁9868	121	41			9.39	9.39	9.39		
龙稻7号	99	55				10.24	10.24		
长白9号	90	32					12.52		
松粳6号	106	36							20.35

样本量:调查的穗数或分蘖数 N means the panicle numbers or tiller numbers

### 2.4 不同叶枕距(剑叶与倒二叶)选取范围对水稻平均空壳率的影响

在人工低温气候室法下,为了比较选取不同范

围的叶枕距对水稻品种空壳率的影响,本研究以15℃/6d胁迫强度下调查记载的各分蘖的叶枕距与其相应的空壳率作为研究对象,将叶枕距按-4~

0cm 和 0~4cm 分为 2 部分,各部分的平均空壳率以及方差分析用 SPSS 15.0 软件进行统计分析。在 15℃/6d 胁迫强度下,各供试品种两种叶枕距选取范围下平均空壳率见表 4。从表 4 可见,叶枕距处于 -4~0cm 时,松粳 10、吉粳 81、靖粳 7 号、吉粳 83、龙稻 7 号和松粳 6 号等 6 个供试品种的空壳率均显著高于叶枕距处于 0~4cm 时的空壳率,其他 4 个供试品种在 -4~0cm 时平均空壳率略高于叶枕距处于 0~4cm 时的空壳率,但差异不显著。空育 131 和垦稻 12 处于 -4~0cm 的样本量太少,都只有 2 个,故未做统计检验。但尽管上述松粳 10 等 6

个水稻品种的叶枕距处于 0~4cm 时空壳率均显著低于叶枕距处于 -4~0cm 时的空壳率,但其空壳率均明显高于对照。说明此叶枕距下的分蘖大部分还是处于最适的鉴定时期,但个别分蘖可能由于其相对过早或过晚进入最适鉴定期,未能在最适鉴定时期处于低温胁迫下,由此导致叶枕距 -4~0cm 时,其空壳率相对较高。从以上分析认为,剑叶与倒二叶叶枕距 -4~4cm 适合作为大部分水稻品种穗部发育进入减数分裂期的外部形态指标,但有些品种例外,如松粳 10、吉粳 81 等,叶枕距为 -4~0cm 时更适合作为其进入耐冷敏感期的外部形态指标。

表 4 不同叶枕距范围下空壳率的比较

Table 4 Comparison of unfilled grain rate in different pulvinus distance

品种 Variety	叶枕距(cm) Pulvinus distance	穗数(个) Panicle number	空壳率(%) UGR	显著水平 Significant level	品种 Variety	叶枕距(cm) Pulvinus distance	穗数(个) Panicle number	空壳率(%) UGR	显著水平 Significant level
长白 9 号	[-4,0)	3	13.50	ns	空育 131	[-4,0)	2	4.26	N
	[0,4]	19	10.92			[0,4]	19	4.57	
松粳 10	[-4,0)	16	6.42	**	垦稻 12	[-4,0)	2	7.84	N
	[0,4]	40	5.61			[0,4]	20	9.14	
吉粳 81	[-4,0)	14	10.34	**	龙稻 3	[-4,0)	9	6.62	ns
	[0,4]	18	6.66			[0,4]	16	3.86	
靖粳 7 号	[-4,0)	16	7.54	**	龙稻 7	[-4,0)	13	13.26	**
	[0,4]	7	5.70			[0,4]	24	9.42	
铁 9868	[-4,0)	17	10.04	ns	松粳 6	[-4,0)	6	29.52	**
	[0,4]	12	5.60			[0,4]	19	15.16	
吉粳 83 号	[-4,0)	8	12.03	**	龙粳 16	[-4,0)	3	7.33	ns
	[0,4]	31	5.72			[0,4]	8	6.95	

\*\* : 0.01 的显著水平, Significant at 0.01 level; ns: 无显著性, No significant; N: 未作统计检验, No statistical test; UGR: 空壳率, Unfilled grain rate

### 3 讨论

#### 3.1 强耐冷种质的筛选及应用

人工低温气候室法常采用的胁迫温度为 15℃~17℃,持续时间为 5~7d<sup>[20-22]</sup>。本研究中,15℃/6d 低温胁迫下,供试材料平均空壳率的均值、方差、变异系数均表现最大,故将此胁迫条件用于强耐冷种质的筛选。从筛选结果来看,各参试品种的耐冷性表现与其在公主岭深水灌溉和昆明自然低温胁迫下鉴定结果有很好的—致性。在验证各品种耐冷性可靠程度的同时,进一步对其进行了耐冷强度的细化,筛选出孕穗期耐冷性极强的粳稻耐冷种质空育 131 和龙稻 3 号。但本研究中,各品种的空壳率普遍偏低,即使是耐冷性相对较弱的松粳 6 号在最强

低温胁迫下(15℃/6d),空壳率仅为 20.35%,耐冷胁迫程度显得不够。因此,在人工低温气候室内进行水稻耐冷资源筛选时,适当增加胁迫强度,可能会达到更好的试验结果。

到目前为止,尽管水稻耐冷相关基因的精细定位研究及耐冷机理研究已取得较大进展,比如采用正向遗传学的方法已精细定位到的水稻耐冷 QTL 有孕穗期耐冷相关的 *qCTB8*<sup>[9]</sup>, 苗期耐冷相关的 *qCTS12*<sup>[11]</sup> 和控制水稻低温发芽力的 *qLTG3-1*<sup>[23]</sup> 等;通过反向遗传学方法,发现过量表达耐冷相关基因如 *OST16b*、*OSDREB1*、*SNAC2* 等可增强水稻耐冷性<sup>[24-26]</sup>,同时发现冷激蛋白(CSDPS)、OsRZ 蛋白、和 GRP 蛋白作为 mRNA 分子伴侣在水稻耐冷机制中起着重要的作用。Kim 等<sup>[27]</sup> 提出了 OsRZ 蛋白作

为耐冷分子伴侣介导的 mRNA 从细胞核向细胞质的选择性转运导致了耐冷基因的差异表达的假说,同时发现了 MYBS3 转录因子介导的耐冷机制,该机制是不同于 DREB1/CBF 依赖的新的耐冷信号转导途径<sup>[28]</sup>,此外还发现氧化信号介导的转录调控网络在粳稻低温冷害早期防御机制中扮演重要角色和 OSBHLH1 基因参与了耐冷信号转导途径等<sup>[29-30]</sup>。但最终明晰水稻耐冷复杂机制还需大量相关基因的鉴定、功能互作及遗传网络研究,本研究筛选到的两个孕穗期耐冷性极强的耐冷种质可为耐冷基因鉴定及育种研究提供材料基础。

### 3.2 不同叶枕距(剑叶与倒二叶)对水稻空壳率的影响

如何准确地判断供试品种是否处于耐冷鉴定的最适敏感期是应用人工低温气候室法进行耐冷性鉴定时首要解决的关键问题。很多学者进行了剑叶与倒二叶的叶枕距以及胁迫后的抽穗天数与低温敏感期的对应关系方面的研究,取得了一定结果。有学者认为剑叶与倒二叶叶枕距为  $-4 \sim 4\text{cm}$  时,可认为该稻穗进入最适鉴定时期<sup>[31]</sup>;有学者把剑叶与倒二叶叶枕距为  $-4 \sim 2\text{cm}$  作为放入人工低温气候室的取样标准,只对胁迫后开花日期与把材料放入低温气候室日期的差值为  $10 \sim 12\text{d}$  的穗子进行空壳率统计<sup>[19]</sup>。韩国学者 Suh 等<sup>[32]</sup>把叶枕距为  $-4\text{cm}$  时作为稻穗进入低温敏感期的标准;国内学者王连敏等<sup>[33]</sup>研究认为,剑叶与倒二叶叶枕距为  $-5\text{cm}$  时和抽穗前  $14 \sim 18\text{d}$  的稻穗大部分已经进入低温敏感期。本研究综合前人的研究基础,把剑叶与倒二叶叶枕距为  $-4 \sim 4\text{cm}$  时作为放入人工低温气候室的取样标准,采用胁迫后开花日期与把材料放入低温气候室日期的差值为  $10 \sim 12\text{d}$  的穗子进行空壳率统计。尽管如此,本试验中某些胁迫强度下空壳率还是有些误差,如松粳 10、吉粳 81 等不同叶枕距范围内的平均空壳率差异还是极显著差异。这可能是由于外部形态指标与耐冷最适鉴定期的对应关系在不同水稻品种之间有差异所致。有的品种可能在取样标准之前或之后进入最适鉴定期;再有同一品种的不同植株或同一植株的不同分蘖之间存在一些差异。另外,具有不同生活力的分蘖进入低温敏感期所对应的外部叶枕距也不完全相同。因此,使用统一的叶枕距指标很难使各分蘖茎达到同样的低温胁迫程度,即使采用抽穗前  $10 \sim 12\text{d}$  穗子的平均空壳率,但也很难消除低温胁迫的差异。王连敏<sup>[26]</sup>研究认为,剑叶与倒二叶叶枕距负值的空壳率大于正值

的空壳率,本研究也得到了相似的研究结果。可见,采用叶枕距为负值以下为标准(比如  $-4 \sim 0\text{cm}$ )会大大增加鉴定结果的准确性。此外,Satake 等<sup>[34]</sup>采用人工低温气候室法进行耐冷鉴定时只统计主茎结实率,而 Suh 等<sup>[32]</sup>挑选生活力基本一致的主茎作为研究对象,分蘖茎全部切除,只统计主茎空壳率,取得了很好的鉴定效果,值得今后在耐冷鉴定时借鉴采用。

### 3.3 耐冷性标准品种的建立

韩国在水稻各生育期耐冷性鉴定中,均以五台稻作为耐冷标准品种<sup>[16]</sup>;日本对于不同熟期的品种有着各自的耐冷标准品种,例如极早熟的品种采用中母 36 作为耐冷性标准品种,对于早熟的品种以中母 35 和花母作为耐冷性极强的标准品种等<sup>[17]</sup>。但是,我国水稻种植区域分布广阔,水稻光温反应生态类型多样,不同省份和地区在生产上选择孕穗期耐冷对照品种时,除考虑品种本身的耐冷表现外,还应考虑相应品种的地域适应性、生育期等因素,可选择适合当地光温条件的耐冷品种作为其耐冷性标准品种。鉴于此,本研究认为空育 131 和龙稻 3 号可作为黑龙江省早熟品种的耐冷标准品种的候选品种;吉粳 81、吉粳 83 可作为吉林省中熟至晚熟品种的耐冷标准品种的候选品种;靖粳 7 号可作为云南省水稻品种的耐冷标准品种的候选品种。

### 参考文献

- [1] Andaya V C, Tai T H. Fine mapping of the qCTS12 locus, a major QTL for seedling cold tolerance in rice[J]. Theor Appl Genet, 2006, 113: 467-475
- [2] 全成哲,金成海,金京花,等.延边地区水稻冷害及其防御技术[J].延边大学学报,2006,28(3):172-176
- [3] 马树庆,王琪,王连敏,等.水稻开花期不育评估模式的试验研究[J].气象学报,2000,58(增刊):954-960
- [4] 戴陆园,叶吕荣,余腾琼,等.水稻耐冷性研究 I. 稻冷害类型及耐冷性鉴定评价方法概述[J].西南农业学报,2002,15(1):41-45
- [5] 韩龙植,高熙宗,朴钟泽.水稻耐冷性遗传及基因定位研究概况与展望[J].中国水稻科学,2002,16(2):193-198
- [6] 熊振民,闵绍楷,王国梁,等.早籼品种苗期耐冷性的遗传研究[J].中国水稻科学,1990,4(2):75-78
- [7] 陈一清,高铸九.水稻品种耐冷性鉴定[J].上海农业学报,1990,6(1):65-72
- [8] 韩龙植,乔水利,张媛媛,等.水稻孕穗期耐冷性 QTLs 分析[J].作物学报,2005,31(5):653-657
- [9] Kuroki M, Salto K, Matsuba S. et al. A quantitative trait locus for cold tolerance at the booting stage on rice chromosome 8[J]. Theor Appl Genet, 2007, 115: 593-600
- [10] 韩龙植,张三元.水稻耐冷性鉴定评价方法[J].植物遗传资源学报,2004,5(1):75-80
- [11] 张建华,廖新华,戴陆园,等.稻种资源芽期和苗期的耐冷性评价[J].中国农学通报,1996,12(5):10-13
- [12] 曾令祥,谢海呈,周维佳.水稻辐射突变系(芽期)耐冷性鉴定[J].耕作与栽培,1992(1):57-58

- [13] 邓光辉,张再兴,曾令祥,等. 贵州稻种资源芽期耐冷性研究[J]. 西南农业学报,1989,2(2):84-85
- [14] 游俊梅,阮仁超,陈惠查,等. 稻种资源耐冷性鉴定与评价指标分析[J]. 贵州农业科学,2000,28(3):34-36
- [15] 戴陆园,叶昌荣,藤裕,等. 中日合作稻作耐冷性研究十五年进展概述[J]. 作物品种资源,1998(4):40-43
- [16] 韩国育种学会. 育种实验指导[M]. Seoul:거목문화사,1996:214-215
- [17] 山本隆一,屈末登,池田良一. イネ育种マニュアル(Rice Breeding Manual)[M]. 东京:株式会社养贤堂,1996:140
- [18] 熊建华,王坏义,戴陆园. 云南水稻耐寒标准品种的选定[J]. 作物品种资源,1995(3):34-36
- [19] 韩龙植,魏新华. 水稻种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2006
- [20] 戴陆园,叶昌荣,熊建华,等. 稻耐冷性鉴定评价方法[J]. 中国水稻科学,1999,12(1):62
- [21] Tsunoda K, Fujimure K, Nakahori T, et al. Studies on the testing method for cold tolerance in rice plants. I. An improved method by means of short term treatment with cool and deep water[J]. Japan J Breeding,1968,18(1):33-40
- [22] 张三元,李彻,石玉海,等. 吉林省水稻品种耐冷特性研究[J]. 吉林农业科学,1996(1):16-19
- [23] Fujino K, Swkiguchi H, Matsuda Y, et al. Molecular identification of a major quantitative trait locus qLTG3-1, controlling low-temperature germinability in rice[J]. PNAS,2008,105(34):12623-12628
- [24] Ito Y, Katsura K, Maruyama K, et al. Functional analysis of rice DREB1/CBF-type transcription factors involved in cold-responsive gene expression in transgenic rice[J]. Plant Cell Physiol,2006,47(1):141-153
- [25] Kim S H, Kim J Y, Kim S J, et al. Isolation of cold stress-responsive genes in the reproductive organs, and characterization of the OsLi6b gene from rice (*Oryza Sativa L.*)[J]. Plant Cell Rep,2007,26:1097-1110
- [26] Hu H, You J, Fang Y J, et al. Characterization of transcription factor gene *SNAC2* conferring cold and salt tolerance in rice[J]. Plant Mol Biol,2008,67:169-181
- [27] Kim J Y, Kim W Y, Kwak K J, et al. Zinc finger-containing glycine-rich RNA-binding protein in *Oryza sativa* has an RNA chaperone activity under cold stress conditions[J]. Plant, Cell and Environment,2010,33:759-768
- [28] Su C F, Wang T H, Lu C A, et al. A novel MYB53-dependent pathway confers cold tolerance in rice[J]. Plant Physiology,2010,153:145-158
- [29] Yun K Y, Park M R, Mohanty B M, et al. Transcriptional regulatory network triggered by oxidative signals configures the early response mechanisms of japonica rice to chilling stress[J]. BMC Plant Biology,2010,10:16
- [30] Wang Y J, Zhang Z G, He X J, et al. A rice transcription factor OsbHLH1 is involved in cold stress response[J]. Theor Appl Genet,2003,107:1402-1409
- [31] 闵绍楷. 水稻育种学[M]. 北京:中国农业出版社,1996
- [32] Suh J P, Jeung J U, Lee J L, et al. Identification and analysis of QTLs controlling cold tolerance at the reproductive stage and validation of effective QTLs in cold-tolerant genotypes of rice (*Oryza sativa L.*)[J]. Theor Appl Genet,2010,120:985-995
- [33] 王连敏,王立志,王春艳,等. 黑龙江省水稻冷害Ⅲ耐冷型冷害敏感期的外部形态诊断[J]. 黑龙江农业科学,2009(3):13-15
- [34] Satake T, Nishiyama I, Ito N, Hayashi H. Male sterility caused by cooling treatment at meiotic stage in rice plants. I. Methods of growing rice plants and inducing sterility in the phytotron. Proc Crop Sci Soc Japan,1969,603-609
- ~~~~~
- (上接第665页)
- [81] Phillips R L, Kaepler S M, Olhoft P. Genetic instability of plant tissue cultures: breakdown of normal controls[J]. Proc Natl Acad Sci USA,1994,91:5222-5226
- [82] Bednarek P T, Orlowska R, Koebner R M, et al. Quantification of the tissue-culture induced variation in barley (*Hordeum vulgare L.*)[J]. BMC Plant Biol,2007,7:10
- [83] Liu Z, Han F, Tan M, et al. Activation of a rice endogenous retrotransposon Tos17 in tissue culture is accompanied by cytosine demethylation and causes heritable alteration in methylation pattern of flanking genomic regions[J]. Theor Appl Genet,2004,109:200-209
- [84] Quemada H, Roth E K, Lark K G. Changes in methylation status of tissue cultured soybean cells detected by digestion with the restriction enzymes *Hpa II* and *Msp I*[J]. Plant Cell Rep,1987,6:63-66
- [85] Smulders M J M, Rus-Kortekaas W, Vosman B. Tissue culture-induced DNA methylation polymorphisms in repetitive DNA of tomato calli and regenerated plants[J]. Theor Appl Genet,1995,91:1257-1264
- [86] Kaepler S M, Phillips R L. Tissue culture-induced DNA methylation variation in maize[J]. Proc Natl Acad Sci USA,1993,90:8773-8776
- [87] Matthes M, Singh R, Cheah S C, et al. Variation in oil palm (*Elais guineensis Jacq.*) tissue culture-derived regenerants revealed by AFLPs with methylation-sensitive enzymes. Theor Appl Genet,2001,102:971-999
- [88] Peraza-Echeverria S, Herrera-Valencia V A, Kay A. Detection of DNA methylation changes in micropropagated banana plants using methylation-sensitive amplification polymorphism (MSAP)[J]. Plant Sci,2001,161:359-367
- [89] Xu M, Li X, Korban S S. DNA-methylation alterations and exchanges during *in vitro* cellular differentiation in rose (*Rosa hybrida L.*)[J]. Theor Appl Genet,2004,109:899-910
- [90] Cecchini E, Natali L, Cavallini A, et al. DNA variations in regenerated plants of pea (*Pisum sativum L.*)[J]. Theor Appl Genet,1992,84:874-879
- [91] Kaity A, Ashmore S E, Drew R A. Field performance evaluation and genetic integrity assessment of cryopreserved papaya clones[J]. Plant Cell Rep,2009,28:1421-1430

# 不同低温胁迫下粳稻耐冷种质的孕穗期耐冷性比较

作者: [李亚非](#), [王连敏](#), [曹桂兰](#), [韩龙植](#), [LI Ya-fei](#), [WANG Lian-min](#), [CAO Gui-lan](#),  
[HAN Long-zhi](#)

作者单位: [李亚非, 曹桂兰, 韩龙植, LI Ya-fei, CAO Gui-lan, HAN Long-zhi \(中国农业科学院作物科学研究所/国家农作物基因资源与基因改良重大科学工程/农业部作物种质资源利用重点开放实验室, 北京, 100081\)](#), [王连敏, WANG Lian-min \(黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所, 哈尔滨, 150086\)](#)

刊名: [植物遗传资源学报](#) [ISTIC](#) [PKU](#)

英文刊名: [JOURNAL OF PLANT GENETIC RESOURCES](#)

年, 卷(期): 2010, 11(6)

## 参考文献(34条)

1. [韩龙植;高熙宗;朴钟泽](#) [水稻耐冷性遗传及基因定位研究概况与展望](#)[期刊论文]-[中国水稻科学](#) 2002(02)
2. [戴陆园;叶昌荣;余腾琼](#) [水稻耐冷性研究 I. 稻冷害类型及耐冷性鉴定评价方法概述](#)[期刊论文]-[西南农业学报](#) 2002(01)
3. [马树庆;王琪;王连敏](#) [水稻开花期不育评估模式的试验研究](#) 2000(增刊)
4. [韩国育种学会](#) [育种实验指导](#) 1996
5. [戴陆园;叶昌荣;工藤悟](#) [中日合作稻作耐冷性研究十五年进展概述](#) 1998(04)
6. [游俊梅;阮仁超;陈惠查](#) [稻种资源耐冷性鉴定与评价指标分析](#)[期刊论文]-[贵州农业科学](#) 2000(03)
7. [Satake T;Nishiyama I;Ito N;Hayashi H](#) [Male sterility caused by cooling treatment at meiotic stage in rice plants. 1. Methods of growing rice plants and inducing sterility in the phytotron](#) 1969
8. [王连敏;王立志;王春艳](#) [黑龙江省水稻冷害III耐障碍型冷害敏感期的外部形态诊断](#)[期刊论文]-[黑龙江农业科学](#) 2009(03)
9. [Suh J P;Jeung J U;Lee J L](#) [Identification and analysis of QTLs controlling cold tolerance at the reproductive stage and validation of effective QTLs in cold-tolerant genotypes of rice \(Oryza sativa L\)](#)[外文期刊] 2010
10. [闵绍楷](#) [水稻育种学](#) 1996
11. [Wang Y J;Zhang Z G;He X J](#) [A rice transcription factor OsbHLH1 is involved in cold stress response](#) 2003
12. [Yun K Y;Park M R;Mohanty B M](#) [Transcriptional regulatory network triggered by oxidative signals configures the early response mechanisms of japonica rice to chilling stress](#)[外文期刊] 2010
13. [Kuroki M;Salto K;Matsuba S](#) [A quantitative trait locus for cold tolerance at the booting stage on rice chromosome 8](#) 2007
14. [韩龙植;乔永利;张媛媛](#) [水稻孕穗期耐冷性QTLs分析](#)[期刊论文]-[作物学报](#) 2005(05)
15. [陈一清;高铸九](#) [水稻品种耐冷性鉴定](#) 1990(01)
16. [熊振民;闵绍楷;王国梁](#) [早籼品种苗期耐冷性的遗传研究](#)[期刊论文]-[中国水稻科学](#) 1990(02)
17. [全成哲;金成海;金京花](#) [延边地区水稻冷害及其防御技术](#)[期刊论文]-[延边大学学报](#) 2006(03)
18. [Su C F;Wang T H;Lu C A](#) [A novel MYBS3-dependent pathway confers cold tolerance in rice](#)[外文期刊] 2010
19. [Kim J Y;Kim W Y;Kwak K J](#) [Zinc finger-containing glycine-rich RNA-binding protein in Oryza sativa has an RNA chaperone activity under cold stress conditions](#)[外文期刊] 2010(4)



20. [Hu H;You J;Fang Y J Characterization of transcription factor gene SNAC2 conferring cold and salt tolerance in rice](#)[外文期刊] 2008(1/2)
21. [Kim S H;Kim J Y;Kim S J Isolation of cold stress-responsive genes in the reproductive organs, and characterization of the OsLti6b gene from rice \(Oryza Sativa L\)](#) 2007
22. [Ito Y;Katsura K;Maruyama K Functional analysis of rice DREB1/CBF-type transcription factors involved in cold-responsive gene expression in transgenic rice](#)[外文期刊] 2006(01)
23. [Fujino K;Swkiguchi H;Matsuda Y Molecular identification of a major quantitative trait locus qLTG3-1, controlling lowtemperature germinability in rice](#)[外文期刊] 2008(34)
24. [张三元;李彻;石玉海 吉林省水稻品种耐冷特性研究](#)[期刊论文]-[吉林农业科学](#) 1996(01)
25. [Tsunoda K;Fujimure K;Nakahori T Studies on the testing method for cold tolerance in rice plants. I. An improved method by means of short term treatment with cool and deep water](#) 1968(01)
26. [戴陆园;叶昌荣;熊建华 稻耐冷性鉴定评价方法](#) 1999(01)
27. [韩龙植;魏新华 水稻种质资源描述规范和数据标准](#) 2006
28. [熊建华;王坏义;戴陆园 云南水稻耐寒标准品种的选定](#) 1995(03)
29. [山本隆一;屈末登;池田良一 イネ育种マニュアル\(Rice Breeding Manual\)](#) 1996
30. [邓光辉;张再兴;曾令祥 贵州稻种资源芽期耐冷性研究](#)[期刊论文]-[西南农业学报](#) 1989(02)
31. [曾令祥;谢海警;周维佳 水稻辐射突变系\(芽期\)耐冷性鉴定](#) 1992(01)
32. [张建华;廖新华;戴陆园 稻种资源芽期和苗期的耐冷性评价](#) 1996(05)
33. [韩龙植;张=三元 水稻耐冷性鉴定评价方法](#)[期刊论文]-[植物遗传资源学报](#) 2004(01)
34. [Andaya V C;Tai T H Fine mapping of the qCTS12 locus, a major QTL for seedling cold tolerance in rice](#)[外文期刊] 2006(3)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_zwyczyxb201006006.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zwyczyxb201006006.aspx)