

# 粳稻地方品种孕穗期耐冷性鉴定及耐冷性状间相关分析

杨志奇<sup>1</sup>, 杨春刚<sup>2</sup>, 汤翠凤<sup>3</sup>, 郭桂珍<sup>2</sup>, 余腾琼<sup>3</sup>, 张俊国<sup>2</sup>,  
曹桂兰<sup>1</sup>, 阿新祥<sup>3</sup>, 徐福荣<sup>3</sup>, 张三元<sup>2</sup>, 戴陆园<sup>3</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与生物技术重点开放实验室, 北京 100081; <sup>2</sup>吉林省农业科学院水稻研究所, 公主岭 136100; <sup>3</sup>云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所, 昆明 650205)

**摘要:**利用原产于中国 18 省的 329 份粳稻地方品种为试验材料, 在自然低温和冷水胁迫下进行了孕穗期耐冷性鉴定和主要耐冷性状间相关分析。结果表明, 自然低温和冷水胁迫下各粳稻地方品种间存在明显的耐冷性差异, 共鉴定筛选出黑壳粘、红芒大足、红须贵州禾、冷水谷、须糯等 31 份孕穗期耐冷性强的粳稻地方品种。其中原产于贵州省的黑壳粘在自然低温和冷水胁迫下均表现出较强的孕穗期耐冷性。自然低温与冷水胁迫下孕穗期耐冷性鉴定结果呈极显著正相关。自然低温下结实率与穗颈长、穗长和秆长呈显著或极显著正相关, 而与抽穗天数呈极显著负相关。在冷水胁迫下结实率与株高呈极显著正相关, 而与抽穗天数呈极显著负相关; 结实率的冷水反应指数 (CRI) 与株高 CRI 呈显著正相关, 而与有效穗数 CRI 呈显著负相关。

**关键词:** 粳稻; 地方品种; 孕穗期耐冷性; 自然低温; 冷水胁迫; 相关性

## Evaluation of Cold Tolerance at the Booting Stage and Correlation Analysis among Cold Tolerant Traits for Japonica Landrace Rice

YANG Zhi-qi<sup>1</sup>, YANG Chun-gang<sup>2</sup>, TANG Cui-feng<sup>3</sup>, GUO Gui-zhen<sup>2</sup>, YU Teng-qiong<sup>3</sup>, ZHANG Jun-guo<sup>2</sup>,  
CAO Gui-lan<sup>1</sup>, A Xin-xiang<sup>3</sup>, XU Fu-rong<sup>3</sup>, ZHANG San-yuan<sup>2</sup>, DAI Lu-yuan<sup>3</sup>, HAN Long-zhi<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Key Laboratory of Crop Germplasm Resources and Utilization, Ministry of Agriculture/National Key Facility for Crop Gene Resources and Genetic Improvement/Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081; <sup>2</sup>Institute of Rice Research, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling 136100; <sup>3</sup>Crop Genetic Resources Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205)

**Abstract:** Evaluation of cold tolerance at the booting stage under natural low temperature and cold water irrigation, and correlation analysis among cold tolerant traits were conducted. The results showed that the cold tolerance at the booting stage among japonica landrace rices under natural temperature and cold water irrigation were significantly different, and Heikezhan, Hongmangdazu, Hongxuguizhouhe, Lengshuigu, Xunuo etc, 31 accessions of japonica landrace rices with stronger cold tolerance at the booting stage were selected. Among them, Heikezhan from Guizhou province showed stronger cold tolerance at the booting stage both under natural temperature and cold water irrigation. The cold tolerance at the booting stage (CTBS) evaluated under natural temperature was positively correlated with CTBS evaluated under cold water irrigation. Seed setting rate was positively associated with panicle exertion, panicle length and culm length, but negatively correlated with days to heading under natural temperature. It was also positively correlated with plant height, while negatively associated with days to heading under cold water irrigation. Cold water response index (CRI) of seed setting rate was positively related to CRI of plant height, while

收稿日期: 2009-03-30 修回日期: 2010-05-07

基金项目: 国家科技支撑项目 (2006BAD13B01); 973 项目 (2004CB117201); 作物种质资源保护项目 [NB07-2130135(25-30)-01]; 国家科技基础条件平台项目 (2005DKA21001-01)

作者简介: 杨志奇, 在读硕士, 主要从事水稻耐冷性鉴定评价和遗传多样性分析。E-mail: yangzhiqi7@163.com

通讯作者: 张三元, 戴陆园, 韩龙植, 研究员。E-mail: lzhan58@yahoo.com.cn

negatively associated with CRI of effective panicle.

**Key words:** Japonica rice; Landrace; Cold tolerance at the booting stage; Natural low temperature; Cold water irrigation; Correlation

低温冷害是中国各生态区水稻生产中普遍发生的一种农业气象灾害,在水稻全生育期均有不同程度的发生。孕穗期是对低温反应最敏感的时期,该时期遇到冷害,则导致花粉发育不正常,继而影响正常的开花授粉,或花药不能正常开裂散粉、散落到柱头上的花粉也不能正常萌发受精,由此造成的产量损失通常最严重。因此,正确地鉴定和评价现有收集保存水稻种质资源的孕穗期耐冷性,有目的地筛选具有重要利用价值的耐冷种质并用于水稻耐冷性育种,对解决水稻低温冷害问题具有重要的现实意义。

国内外学者针对水稻孕穗期所发生的低温冷害特点,采用多种耐冷性鉴定方法和评价指标,并进行大量的耐冷性鉴定评价研究<sup>[1-14]</sup>。从 20 世纪 70 年代末至 90 年代初,中国已进行两次大规模水稻冷害普查和耐冷性鉴定,筛选出了一大批具有耐冷特性的优异水稻种质<sup>[15]</sup>,并直接或间接应用于水稻育种、生产实践及其相关理论研究,大大推动了水稻耐冷育种和耐冷机理的研究进程。此外,部分省份有关研究单位也开展了不同规模的水稻耐冷性鉴定<sup>[16-23]</sup>,对解决和防御水稻低温冷害问题同样起到了积极的作用。但关于水稻孕穗期耐冷性鉴定的研究报道,多以国外引进的育成品种、国内常规品种和部分地方品种为试验材料,而系统地对中国固有梗稻地方品种进行耐冷性鉴定评价的报道甚少。本文通过对中国特有梗稻地方品种的孕穗期耐冷性鉴定评价,以期筛选出强耐冷种质,同时探讨自然低温和冷水胁迫两种方法的相异性以及各耐冷性状间相关关系,为今后水稻耐冷性鉴定评价和育种提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以县为单位,采用随机选择的方法,选取中国 18 个省(市、区)特有梗稻地方品种 329 份,包括吉林 20 份、北京 5 份、天津 15 份、山西 22 份、陕西 20 份、新疆 4 份、江苏 20 份、安徽 9 份、江西 20 份、福建 19 份、台湾 20 份、广东 22 份、广西 33 份、湖南 20 份、湖北 20 份、云南 20 份、贵州 20 份、四川 20 份。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 自然低温鉴定** 在昆明的云南省农业科学院试验田进行,试验材料的孕穗期处于 6 月初至 8

月末,而昆明每年 6 月至 8 月份的温度较低,是进行孕穗期耐冷性鉴定的良好自然低温环境(2006 年 6 月至 8 月昆明最低气温范围为 15.5 ~ 19.2℃)。2006 年 3 月 31 日播种,5 月 9 日移栽,2 次重复,顺序排列,1 行区,每行 20 穴,单本插秧,插秧规格为 25cm × 15cm, N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 施用量分别为 120、80kg/hm<sup>2</sup>。在抽穗期调查记载每个品种的抽穗日期,并计算从播种至抽穗所需的抽穗天数。成熟期调查记载秆长(茎基部至穗颈节之间距离)、穗长、穗颈长(也称穗抽度,指剑叶节至穗颈节之间的距离,距离为负值时指穗颈全部被包在剑叶鞘之中)、有效穗数、穗粒数和结实率。每个材料调查 10 株,以 10 株平均值作为统计单元。

**1.2.2 冷水胁迫鉴定** 在吉林省农业科学院水稻研究所(公主岭)进行。2006 年 4 月 15 日播种,5 月 25 日插秧。设冷水灌溉和自然对照 2 个处理,2 次重复,顺序排列。1 行区,每行 12 穴,单本插秧。插秧规格 25cm × 15cm, N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 施用量分别为 120、80kg/hm<sup>2</sup>。冷水胁迫采用恒温深冷水灌溉法,7 月 1 日开始用 19℃ 冷水持续处理 40d,前期水深 20cm,后期调整至 30cm。在生育后期的 8 月末至 10 月中旬,全试验区搭架盖塑料大棚,保证个别晚熟材料的正常抽穗和成熟。调查记载项目包括抽穗日期、株高、有效穗数、穗粒数和结实率,并计算抽穗天数和冷水反应指数(cold water response index, CRI)。考种时每小区两边各去掉 2 株后,调查中间 8 个单株。冷水反应指数计算公式如下:

冷水反应指数 = (冷水处理区性状表型值/自然区性状表型值) × 100%

CRI 值越大,则说明对冷水的反应比较迟钝,否则相反。

### 1.3 数据分析

以水稻结实率作为孕穗期耐冷性的评价指标,其具体评价标准为,1 级:结实率 80% 以上,耐冷性极强;3 级:60% ~ 80%,耐冷性强;5 级:40% ~ 60%,耐冷性中等;7 级:20% ~ 40%,耐冷性弱;9 级:20% 以下,耐冷性极弱。采用 SAS 程序对孕穗期耐冷性鉴定结果和低温下各性状的表型数据进行相关性分析,并绘制相关关系图。

2 结果与分析

2.1 水稻耐冷种质资源的鉴定筛选

由自然低温和冷水胁迫下的结实率分布图(图1)可见,粳稻地方品种间耐冷性存在明显的差异。属9级的耐冷性极弱种质所占的比例最大,属1级的耐冷性极强种质所占比例最小。自然低温下共鉴定筛选出1级种质5份,占供试材料的1.5%;3级种质18份,占5.5%;5级种质33份,占10.0%;7级种质45份,占13.7%;9级种质168份,占51.1%。此外,未抽穗种质60份,占供试材料的18.2%。冷水胁迫下,共鉴定出3级种质8份,占供试材料的2.4%;5级种质33份,占10.0%;7级种质41份,占12.5%;9级种质152份,占46.2%。未抽穗种质95份,占供试材料28.9%。

自然低温下,共筛选出孕穗开花期3级以上的强

耐冷水稻种质23份(表1),占供试材料7.0%。其中黑壳粘、红芒大足、红须贵州禾、冷水谷、须糯等5份种质属1级,耐冷性极强,而黑壳粘结实率达89.2%,耐冷性表现最强。其余霍香谷等18份种质属3级,耐冷性强。从水稻强耐冷种质的原产地分布看,台湾种质4份;贵州、云南和吉林种质各3份;湖南、四川、安徽和陕西种质各2份;天津和江苏种质各1份。

冷水胁迫下,共筛选出孕穗期耐冷性属3级以上的强耐冷种质8份(表2),占供试材料的2.4%。其中小红芒的结实率最高,为74.4%,其耐冷性相对最强。从水稻强耐冷性种质的原产地分布看,贵州种质3份;天津和陕西种质各2份;四川种质1份。但在冷水胁迫下筛选出的强耐冷种质的抽穗天数为150d左右,其幼穗分化时期有可能在冷水胁迫之后才开始,故其耐冷性的真实性还需要进一步的鉴定。

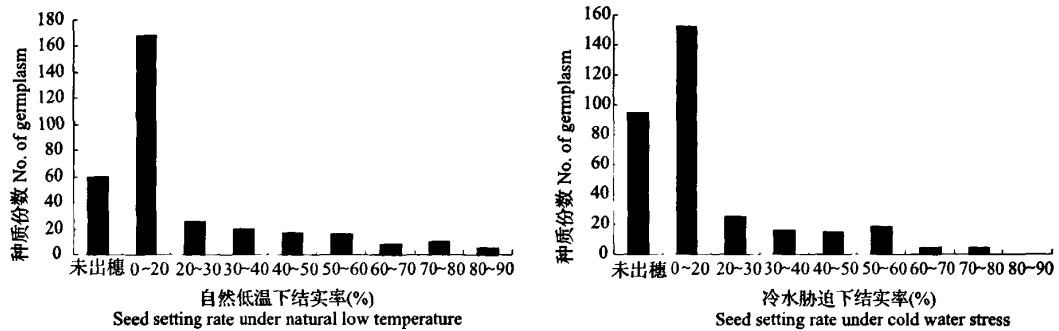


图1 自然低温和冷水胁迫下粳稻地方品种的结实率分布

Fig. 1 Distribution of seed setting rate for japonica rice landraces under natural low temperature and cold water stress

表1 自然低温下孕穗期耐冷性较强的水稻种质主要农艺性状表型值

Table 1 Main agronomic traits for selected germplasm with strong cold tolerance at the booting stages under natural low temperature

种质名称	原产地	抽穗天数(d)	秆长(cm)	穗长(cm)	穗颈长(cm)	有效穗数	穗粒数	结实率(%)	耐冷级别
Name of germplasm	Source	DH	CL	PL	PE	EP	GPP	SSR	CTG
黑壳粘	贵州	85	140.4	25.4	14.0	7.6	193.2	89.2	1级
红芒大足	四川	87	143.4	29.8	13.2	4.6	319.8	87.2	1级
红须贵州禾	湖南	82	122.8	27.4	11.9	4.4	157.8	84.4	1级
冷水谷	云南	103	148.2	24.6	12.2	5.2	124.0	84.0	1级
须糯	湖南	82	111.8	23.8	12.6	9.4	112.8	81.9	1级
霍香谷	贵州	93	137.4	24.8	11.0	6.6	159.6	79.7	3级
蜜稻	安徽	76	85.2	25.4	3.7	9.4	78.4	78.1	3级
高雄育122	台湾	101	88.7	17.3	7.3	10.4	86.0	78.1	3级
肥东塘稻	安徽	76	90.3	27.0	6.7	6.0	44.3	76.7	3级
矮丰	山西	75	87.4	24.4	3.5	11.6	83.8	75.7	3级
元子二号	吉林	74	46.8	18.2	0.7	10.0	107.8	74.0	3级
早白壳	江苏	81	88.2	25.4	5.6	7.4	69.8	73.6	3级
黄丝谷	贵州	101	131.2	24.2	8.7	7.8	148.6	73.5	3级
台中178号	台湾	101	88.8	18.2	8.1	7.4	95.4	72.1	3级
背子冷水	云南	114	126.5	29.5	10.0	8.0	256.0	71.5	3级
白芒	天津	78	93.0	25.2	2.2	6.2	124.8	65.5	3级
红谷	四川	81	136.4	26.6	15.6	10.4	210.6	65.2	3级
大红谷	云南	113	166.0	25.2	15.6	5.8	166.8	65.0	3级
光头稻	山西	89	83.3	19.1	3.6	6.8	167.4	64.4	3级
高雄64	台湾	101	77.2	17.0	5.5	11.6	93.8	64.2	3级
台南1号	台湾	77	71.2	25.2	2.6	5.8	142.6	62.8	3级
兴园	吉林	69	81.0	21.6	1.4	8.6	134.6	61.7	3级
小白皮田泰	吉林	73	71.2	22.8	3.0	7.2	139.2	61.1	3级

DH: Days to heading; CL: Culm length; PL: Panicle length; PE: Panicle exersion; PH: Plant height; EP: Effective panicles; GPP: Grains per panicle; SSR: Seed setting rate; CTG: Cold tolerance grade. The same as below

表 2 冷水胁迫下孕穗期耐冷性较强的水稻种质主要农艺性状表型值

Table 2 Main agronomic traits for selected germplasm with strong cold tolerance at the booting stage under cold water stress

种质名称	原产地	抽穗天数(d)	株高(cm)	有效穗数	穗粒数	实粒数	秕粒数	结实率(%)	耐冷级别
Name of germplasm	Source	DH	PH	EP	GPP	FGPP	UGPP	SSR	CTG
小红芒	天津	150	112.6	3.8	59.0	43.9	15.1	74.4	3级
六十早酒谷	四川	153	179.2	3.0	81.5	58.9	22.5	72.3	3级
早麻谷	贵州	156	159.8	5.4	47.5	33.7	13.9	70.8	3级
黑壳粘	贵州	146	181.0	4.6	71.1	49.8	21.3	70.0	3级
红稻	陕西	138	173.6	6.4	51.7	34.8	16.9	67.4	3级
大红谷	陕西	131	185.0	3.8	83.1	54.4	28.7	65.5	3级
大白糯	贵州	139	124.8	4.0	56.1	35.8	20.3	63.9	3级
大白芒	天津	147	142.4	3.2	47.4	28.7	18.7	60.6	3级

FGPP: Filled grains per panicle; UGPP: Unfilled grains per panicle. The same as below

从鉴定评价结果可见,冷水胁迫下各水稻种质的结实率明显低于自然低温下,说明冷水胁迫强度明显强于自然低温胁迫。在筛选出的强耐冷种质中,贵州黑壳粘在自然低温和冷水低温胁迫下的结实率分别为 89.2% 和 70.0%,具有较强的耐冷性,是在耐冷育种中可利用的优异种质。此外,部分粳稻地方品种在低温下不仅结实率较高,而且其他农艺性状也表现优异,如自然低温下筛选的四川红谷、贵州霍香谷、云南大红谷和冷水谷等以及冷水胁迫下筛选的四川六十早酒谷、陕西大红谷等。这些种质在今后的耐冷育种中可作为亲本材料加以利用。

2.2 自然低温与冷水胁迫下水稻耐冷性鉴定结果的相关性分析

利用自然低温和冷水胁迫下鉴定的结实率,分析两种条件下水稻耐冷性的相关关系(图 2)。结果表明,自然低温与冷水胁迫下所鉴定的结实率之间相关系数为 0.3378,呈极显著正相关,说明自然低温与冷水胁迫下鉴定结果有较高的一致性。

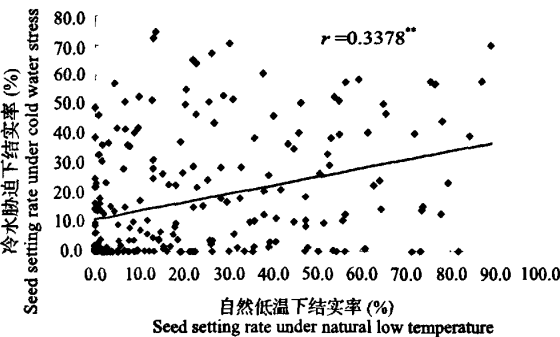


图 2 自然低温与冷水胁迫下结实率的相关性

Fig.2 Correlation of seed setting rate between natural low temperature and cold water stress

2.3 自然低温和冷水胁迫下各农艺性状的相关分析

从自然低温下各性状间相关关系(表 3)可见,结实率与穗颈长、穗长和秆长呈极显著或显著正相关,而与抽穗天数呈极显著负相关。有效穗数与穗粒数、穗长和秆长呈极显著或显著负相关。抽穗天数与穗粒数和秆长呈显著或极显著正相关,而与穗颈长呈极显著负相关。穗长和秆长与穗粒数和穗颈长呈极显著正相关,且穗长与秆长呈极显著正相关,穗颈长与穗粒数呈极显著正相关。以上结果表明,自然低温下穗抽出度较大,穗长或秆长相对较长的水稻种质耐冷性相对较强,否则相反。

从冷水胁迫下各性状间相关关系(表 4)可见,结实率与株高呈极显著正相关,而与抽穗天数呈极显著负相关。有效穗数与抽穗天数和株高呈极显著负相关。株高与穗粒数呈极显著正相关。以上结果表明,生育期较短、株高相对较高的水稻种质具有相对较强的耐冷性。

从冷水反应指数间相关关系(表 4)可见,结实率的 CRI 与株高 CRI 呈显著正相关,而与有效穗数 CRI 呈显著负相关。穗粒数的 CRI 与有效穗数 CRI 和株高 CRI 呈显著或极显著正相关。以上结果表明,株高对冷水的反应较迟钝的材料,一般其结实率对冷水的反应也较迟钝,而其有效穗数对冷水的反应较敏感;株高和有效穗数对冷水的反应迟钝的材料,其穗粒数对冷水的反应也迟钝,否则相反。

从冷水胁迫下各性状与冷水反应指数间相关关系(表 4)可见,各性状的 CRI 与其自身的表型值均呈极显著正相关。说明各性状对冷水的反应程度与其自身性状的表型值大小联系密切。抽穗天数的 CRI 与有效穗数呈极显著正相关,而有效穗数 CRI

表 3 自然低温下粳稻地方品种主要农艺性状间相关关系(昆明)

Table 3 Correlation coefficients among some agronomic traits under natural low temperature in japonica rice landraces (Kunming)

农艺性状 Agronomic trait	抽穗天数 DH	穗长 PL	秆长 CL	穗颈长 PE	穗粒数 GPP	结实率 SSR
有效穗数 EP	-0.0602	-0.1288 *	-0.1315 *	0.0103	-0.1926 **	-0.0831
抽穗天数 DH		0.0533	0.1593 **	-0.3931 **	0.1295 *	-0.3901 **
穗长 PL			0.4589 **	0.1388 *	0.3690 **	0.1344 *
秆长 CL				0.4150 **	0.4135 **	0.1233 *
穗颈长 PE					0.2329 **	0.4888 **
穗粒数 GPP						0.0352

\*, \*\*:表示 0.05 和 0.01 显著水平,下同 \* , \*\* :Means significant at 0.05 and 0.01 level, respectively. The same as below

与抽穗天数呈极显著负相关。说明抽穗天数和有效穗数对冷水反应迟钝的水稻种质,其生育期较短、有效穗数较多,否则相反。株高 CRI 与抽穗天数呈负相关,抽穗天数 CRI 与株高呈负相关。说明抽穗天数和株高均对冷水反应敏感的水稻种质,其生育期较短、株高较高,否则相反。穗粒数 CRI 与株高呈极显著正相关,株高 CRI 与穗粒数呈极显著正相关。说明株高和穗粒数对冷水反应迟钝的水稻种质,其株高较高、穗粒数较多。

表 4 冷水胁迫下粳稻地方品种主要农艺性状表型值与冷水反应指数间的相关关系(公主岭)

Table 4 Correlation coefficients of some agronomic traits with its cold water response index (CRI) under cold water stress in japonica rice landraces (Gongzhuling)

项目 Item	农艺性状 Agronomic trait					冷水反应指数 Cold response index (CRI)				
	有效穗数	抽穗天数	株高	穗粒数	结实率	有效穗数	抽穗天数	株高	穗粒数	结实率
	EP	DH	PH	GPP	SSR	EP	DH	PH	GPP	SSR
有效穗数 EP	1.0000	-0.3369 **	-0.1893 **	-0.0945	-0.0029	0.3680 **	0.3891 **	-0.0562	-0.0613	0.0102
抽穗天数 DH	-0.1093	1.0000	0.1351	0.0305	-0.3211 **	-0.5803 **	0.9360 **	-0.2027 **	-0.1190	-0.1250
株高 PH	0.0683	-0.0475	1.0000	0.2183 **	0.3011 **	0.0524	-0.2032 **	0.5756 **	0.1611 *	0.1313
穗粒数 GPP	0.1461 *	-0.0634	0.2590 **	1.0000	-0.0150	0.0277	-0.0554	0.2132 **	0.5820 **	0.0611
结实率 SSR	-0.1562 *	-0.0321	0.1572 *	-0.0363	1.0000	-0.0971	0.0648	0.0263	-0.1039	0.3839 **

农艺性状下面的右上角为冷水胁迫下农艺性状间的相关系数,左下角为冷水反应指数间的相关系数;冷水反应指数下面为农艺性状表型值与冷水反应指数的相关系数

3 讨论

3.1 水稻耐冷种质的鉴定筛选

前人研究表明<sup>[15,18,24-26]</sup>,水稻孕穗期耐冷性是比较复杂的数量性状,与水稻种质的地理位置、稻区耕作制度、生态气候条件、水稻生长发育时期等诸多综合因素有一定的联系,通常认为高海拔和高纬度地区的水稻种质耐冷性相对较强。本研究发现,自然低温下台湾、云南和湖南的强耐冷性粳稻地方品种份数相对较多,而冷水胁迫下未能筛选出台湾、云南和湖南的种质;相反,自然低温下未能筛选出强耐冷陕西种质,仅筛选出 1 份耐冷的天津种质。导致这种结果的原因,可能是各省水稻地方品种对不同生态环境的适应性不同所致。台湾、云南和湖南水

稻地方品种可能对高纬度地区的适应性较差,尤其是云南地方品种来源于高海拔地区,对高原低温环境具有较强的适应性,而在高纬度气候环境下其生长发育将会受到不同程度的抑制,加之冷水胁迫强度又明显强于自然低温胁迫,其冷水胁迫下鉴定结果与自然低温下鉴定有一定的差异。相反,纬度相对较高的天津和陕西种质对高海拔气候环境并不适应,所以冷水胁迫下强耐冷种质份数明显多于自然低温。但原产于吉林的水稻地方品种在冷水胁迫下均未表现出强耐冷性,而在自然低温下有部分种质表现为较强耐冷性,说明孕穗期耐冷性的强弱与水稻种质的原产地地理位置的关系并不十分密切,这与李太贵等<sup>[27]</sup>的观点相似。此外,两种低温条件下均有 3 份贵州地方品种表现出较强的耐冷性,可见

贵州粳稻地方品种的耐冷性多样。今后应继续深入开展对该地区水稻种质的孕穗期耐冷性鉴定评价,从中挖掘出更多的耐冷种质,以用于水稻耐冷育种。

本研究表明,自然低温和冷水胁迫下各水稻地方品种间耐冷性差异显著。两种低温条件下共筛选出黑壳粘、红芒大足、红须贵州禾、冷水谷、须糯等 31 份强耐冷性粳稻地方品种,占供试材料 9.4%,但属 1 级的耐冷性极强种质相对较少。原产于贵州省的黑壳粘在两种低温条件下均表现较高的结实率,其孕穗期耐冷性较强,可用于耐冷育种。此外,自然低温下筛选的四川红谷、贵州霍香谷、云南大红谷和冷水谷等以及冷水胁迫下筛选的四川六十早酒谷、陕西大红谷等部分粳稻地方品种,在低温下表现出较高的结实率,这些种质在今后水稻耐冷育种中应加以利用。同时,对其耐冷性的客观性还需要开展重复性的鉴定,以确保其耐冷性的真实性。

### 3.2 水稻耐冷性鉴定方法的有效性

自然低温和冷水胁迫两种耐冷性鉴定方法特点各异<sup>[6,10]</sup>。自然低温条件是进行孕穗期耐冷性鉴定的有效方法,其特点在于充分利用自然低温条件来达到鉴定耐冷性之目的,特别适合于大量资源和育种材料的耐冷性鉴定和筛选。不足之处在于自然低温所发生的时期和低温强度在年度间存在一定的差异。而恒温深水灌溉法的特点在于保证了冷水的恒温条件,进而使之能够鉴别耐冷性差别较小的材料,但由于鉴定材料的抽穗天数、株高等不一致,导致各材料受冷水胁迫时间的长短和低温胁迫强度的不同,况且部分晚熟材料在 9 月中旬前后抽穗,此时吉林省温度已较低,即使搭架盖塑料大棚,温度、光照等对结实率的影响也不可忽视,因此对各材料耐冷性的精确鉴定评价尚有欠缺之处。

本研究表明,冷水胁迫强度大于自然低温胁迫,两种低温环境下大部分种质的结实率差异较大。部分水稻种质因受生育期、株高等因素的影响,未能正常出穗或结实率偏低,这对自然低温和冷水胁迫下耐冷性鉴定结果产生不良影响,从而导致图 2 中出现点分布较分散的现象。但自然低温与冷水胁迫下耐冷性鉴定结果呈极显著正相关,说明两种耐冷性鉴定方法所得的鉴定结果趋于一致,认为试验结果有重复性,结果较可靠。但今后水稻孕穗期耐冷性鉴定评价中,在冷水胁迫处理时,尽可能按熟期、株高等分组分块处理,并多设重复,使鉴定种质处于统一的低温胁迫环境中。自然低温环境中出现的低温

来临时期和强度在年度间有一定差异,且鉴定材料的生育期不同,因此在自然低温鉴定时通过分期播种尽可能使所有材料的孕穗开花期处于较一致的低温环境,同时通过开展多年多点的重复鉴定,以达到客观真实地鉴定评价水稻耐冷性的目的。

### 3.3 水稻各农艺性状之间的相关性

水稻结实率是目前评价水稻孕穗期耐冷性最简单而有效的指标之一<sup>[28]</sup>,且与其他农艺性状存在着密切的相关关系。戴陆园等<sup>[29]</sup>研究表明,低温下水稻结实率与穗颈长呈极显著的正相关,认为穗颈长可作为耐冷性鉴定评价的间接指标。曾亚文等<sup>[30]</sup>研究认为,昆明自然低温胁迫下云南稻核心种质形态性状与孕穗期耐冷性密切相关,其中穗颈长与结实率相关性较高,被称为耐冷性指标性状。Moon 等<sup>[31]</sup>研究指出,抽穗期较早、秆较长、穗粒数较多的水稻种质,一般表现为较强的孕穗期耐冷性。韩龙植等<sup>[32]</sup>研究发现,水稻穗粒数、结实率和穗颈长的 CRI 与秆长 CRI 呈显著的正相关,穗粒数的 CRI 与穗长 CRI 值呈显著的正相关,结实率的 CRI 与穗颈长 CRI 呈显著的正相关。

本研究表明,自然低温和冷水低温胁迫下水稻结实率与秆长、穗长、株高和穗颈长呈显著或极显著的正相关,而与抽穗天数呈显著的负相关,其中与穗颈长、抽穗天数和株高的相关性更为密切。说明穗颈长较长,抽穗天数较短,株高较高的种质一般表现为较强的耐冷性,这与前人<sup>[29-32]</sup>研究结果相一致。在冷水胁迫下,穗粒数对冷水的反应较迟钝的材料,其株高和有效穗数对冷水反应迟钝;株高对冷水的反应迟钝的材料,一般其结实率对冷水的反应较迟钝,而其有效穗数对冷水的反应敏感。上述结实率与其他农艺性状间的相关性在今后耐冷性选择上可作为间接选择的参考依据。

### 参考文献

- [1] Tsunoda K, Fujimure K, Nakahori T, et al. Studies on the testing method for cool-tolerance in rice plants. I. an improved method by means of short term treatment with cool and deep water[J]. Japan Journal of Breeding, 1968, 18(1): 33-40
- [2] Satake T. Sterile-type cool injury in paddy rice plants[C]//Ban-os L. Proceedings of the symposium on climate and rice. Philippines: International Rice Research Institute, 1976: 281-300
- [3] Khan D R, Mackill D J, Vergara B S. Selection for tolerance to low temperature-induced spikelet sterility at anthesis in rice[J]. Crop Sci, 1986, 26: 694-698
- [4] Kaw R N, Moon H P, Yae J D, et al. Estimates of combining ability for cold tolerance at reproductive stage in rice[J]. Korean Journal of Breeding, 1989, 21(3): 188-195
- [5] 叶吕荣,廖新华,戴陆园,等. 水稻种质孕穗期耐冷性构成因子分析[J]. 中国水稻科学, 1998, 12(1): 6-10

- [6] 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
- [7] Han L Z, Koh H J. Genetic analysis of growth response to cold water irrigation in rice[J]. Korean Journal of Crop Science, 2000, 45(1): 26-31
- [8] Tanno H, Kiuchi H, Hirayama Y, et al. Development of a simple testing method for cool weather tolerance at the flowering stage of rice using an air-conditioned room[J]. Japan Journal of Crop Science, 2000, 69: 43-48
- [9] 戴陆园,林兴华,叶昌荣,等. 水稻耐冷性研究. Ⅲ. 特定颖花结实率作为耐冷性指标的分子依据[J]. 作物学报, 2003,29 (5):708-714
- [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] Farrell T C, Fox K M, Williams R L, et al. Genotypic variation for cold tolerance during reproductive development in rice screening with cold air and cold water[J]. Field Crops Research, 2006, 98: 178-198
- [12] Da Cruz R P, Milach S C K, Federizzi L C. Rice cold tolerance at the reproductive stage in a controlled environment[J]. Sci Agric (Piracicaba, Braz), 2006, 63(3): 255-261
- [13] Farrell T C, Fox K M, Williams R L, et al. Minimising cold damage during reproductive development among temperate rice genotypes. Ⅱ. genotypic variation and flowering traits related to cold tolerance screening[J]. Australian Journal of Agricultural Research, 2006, 57: 89-100
- [14] 傅泰露,马均,王贺正,等. 水稻开花期耐冷性综合评价及鉴定指标的筛选[J]. 西南农业学报, 2007,20 (5):965-969
- [15] 应存山. 中国稻种资源[M]. 北京:中国农业出版社, 1993:71-82
- [16] 吴竟仑,蒋荷,王根来,等. 水稻种质资源耐冷性鉴定研究[J]. 江苏农业科学, 1989(12):10-12
- [17] 张三元,李彻,石玉海,等. 吉林省水稻种质耐冷特性研究[J]. 吉林农业科学, 1996(1):16-53
- [18] 张建华,廖新华,杨晓洪,等. 粳稻育种材料的耐冷性评价[J]. 云南农业科技, 1998(4):3-6
- [19] 戴陆园,刘屋国男,叶昌荣,等. 水稻耐冷性研究. Ⅱ. 云南稻种资源耐冷性鉴定[J]. 西南农业学报, 2002,15 (3):47-52
- [20] 李绅崇,曾亚文,申时全,等. 云南地方稻核心种质孕穗期耐冷性及其地理分布[J]. 中国水稻科学, 2004,18 (5):401-406
- [21] 从万彪. 国际抗冷圃材料在寒地稻区试验初报[J]. 中国农学通报, 2006,22 (6):379-382
- [22] 高健强,余显权,赵福胜,等. 杂交水稻孕穗期和开花期耐冷性鉴定指标研究[J]. 贵州农业科学, 2006,34 (5):21-23
- [23] 刘吕文,郭桂珍,杨春刚,等. 冷水胁迫下不同地理来源粳稻种质的耐冷性差异[J]. 植物遗传资源学报, 2008,9 (1):25-31
- [24] 胡芬,李胜琳. 温度对云南高原稻开花结实生态生理反应的影响[J]. 生态学报, 1987,7 (1):28-35
- [25] 何光村. 水稻种质不同生育期耐冷性的鉴定[J]. 华中农学院学报, 1983,2 (2):64-73
- [26] 戴陆园,叶昌荣,王藤梧,等. 中日合作稻耐冷性研究十五年进展概述[J]. 作物品种资源, 1998(4):40-48
- [27] 李太贵, Vergara B S, Visperas R M. 水稻品种对不同温度类型的适应性[J]. 中国农业科学, 1981,14 (4):45-50
- [28] 戴陆园,叶昌荣,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
- [29] 戴陆园,叶昌荣,徐福荣. 云南稻种昆明小白谷耐冷性指标性状的遗传分析[J]. 中国水稻科学, 1999,13 (2):73-76
- [30] 曾亚文,李绅崇,普晓英,等. 云南稻核心种质孕穗期耐冷性状间的相关性与生态差异[J]. 中国水稻科学, 2006,20 (3):265-271
- [31] Moon H P, Nei Rutger J. Combining ability analysis and selection effectiveness for tolerance to cold-induced sterility in rice[J]. Korean Journal of Crop Science, 1988, 33(4): 412-419
- [32] 韩龙植,元东林,玄英实,等. 水稻主要农艺性状的冷水反应遗传分析[J]. 中国水稻科学, 2004,18(1):23-28

# 粳稻地方品种孕穗期耐冷性鉴定及耐冷性状间相关分析

作者: 杨志奇, 杨春刚, 汤翠凤, 郭桂珍, 余腾琼, 张俊国, 曹桂兰, 阿新祥, 徐福荣, 张三元, 戴陆园, 韩龙植, YANG Zhi-qi, YANG Chun-gang, TANG Cui-feng, GUO Gui-zhen, YU Teng-qiong, ZHANG Jun-guo, CAO Gui-lan, A Xin-xiang, XU Fu-rong, ZHANG San-yuan, DAI Lu-yuan, HAN Long-zhi

作者单位: 杨志奇, 曹桂兰, 韩龙植, YANG Zhi-qi, 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与生物技术重点开放实验室, 北京, 100081), 杨春刚, 郭桂珍, 张俊国, 张三元, YANG Chun-gang, GUO Gui-zhen, ZHANG Jun-guo, ZHANG San-yuan (吉林省农业科学院水稻研究所, 公主岭, 136100), 汤翠凤, 余腾琼, 阿新祥, 徐福荣, 戴陆园, TANG Cui-feng, YU Teng-qiong, A Xin-xiang, XU Fu-rong, DAI Lu-yuan (云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所, 昆明, 650205)

刊名: 植物遗传资源学报 

英文刊名: JOURNAL OF PLANT GENETIC RESOURCES

年, 卷(期): 2010, 11(4)

## 参考文献(32条)

1. Kaw R N; Moon H P; Yae J D; et al [Estimates of combining ability for cold tolerance at reproductive stage in rice](#) 1989(03)
2. 高健强; 余显权; 赵福胜 [杂交水稻孕穗期和开花期耐冷性鉴定指标研究](#) [期刊论文] - [贵州农业科学](#) 2006(05)
3. 从万彪 [国际抗冷圃材料在寒地稻区试验初报](#) [期刊论文] - [中国农学通报](#) 2006(06)
4. 李绅崇; 曾亚文; 申时全 [云南地方稻核心种质孕穗期耐冷性及其地理分布](#) [期刊论文] - [中国水稻科学](#) 2004(05)
5. 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)
6. 李太贵; Vergara B S; Visperas R M [水稻品种对不同温度类型的适应性](#) 1981(04)
7. 戴陆园; 刘屋国; 叶昌荣 [水稻耐冷性研究. II. 云南稻种资源耐冷性鉴定](#) [期刊论文] - [西南农业学报](#) 2002(03)
8. 张建华; 廖新华; 杨晓洪 [粳稻育种材料的耐冷性评价](#) 1998(04)
9. 张三元; 李彻; 石玉海 [吉林省稻种耐冷特性研究](#) 1996(01)
10. Khan D R; Mackill D J; Vergara B S [Selection for tolerance to low temperature-induced spikelet sterility at anthesis in rice](#) [外文期刊] 1986
11. Satake T [Sterile-type cool injury in paddy rice plants](#) 1976
12. 戴陆园; 叶昌荣; 王藤悟 [中日合作稻耐冷性研究十五年进展概述](#) 1998(04)
13. 何光村 [水稻种质不同生育期耐冷性的鉴定](#) 1983(02)
14. 戴陆园; 林兴华; 叶昌荣 [水稻耐冷性研究. III. 特定颖花结实率作为耐冷性指标的分子依据](#) [期刊论文] - [作物学报](#) 2003(05)
15. Tanno H; Kiuchi H; Hirayama Y [Development of a simple testing method for cool weather tolerance at the flowering stage of rice using an air-conditioned room](#) 2000
16. Han L Z; Koh H J [Genetic analysis of growth response to cold water irrigation in rice](#) [外文期刊] 2000(01)
17. 戴陆园; 叶昌荣; 熊建华 [稻耐冷性鉴定评价方法](#) 1999(01)
18. 叶昌荣; 廖新华; 戴陆园 [水稻种质孕穗期耐冷性构成因子分析](#) [期刊论文] - [中国水稻科学](#) 1998(01)
19. 胡芬; 李胜琳 [温度对云南高原稻开花结实生态生理反应的影响](#) 1987(01)
20. 刘吕文; 郭桂珍; 杨春刚 [冷水胁迫下不同地理来源粳稻种质的耐冷性差异](#) [期刊论文] - [植物遗传资源学报](#)



2008(01)

21. [Farrell T C;Fox K M;Williams R L](#) [Minimising cold damage during reproductive development among temperate rice genotypes, II. genotypic variation and flowering traits related to cold tolerance screening](#)[外文期刊] 2006(1)
22. [韩龙植;元东林;玄英实](#) [水稻主要农艺性状的冷水反应遗传分析](#)[期刊论文]-[中国水稻科学](#) 2004(01)
23. [Moon H P;Nei Rutger J](#) [Combining ability analysis and selection effectiveness for tolerance to cold-induced sterility in rice](#) 1988(04)
24. [曾亚文;李绅崇;普晓英](#) [云南稻核心种质孕穗期耐冷性状间的相关性与生态差异](#)[期刊论文]-[中国水稻科学](#) 2006(03)
25. [戴陆周;叶吕荣;徐福荣](#) [云南稻种昆明小白谷耐冷性指标性状的遗传分析](#) 1999(02)
26. [Da Cruz R P;Milach S C K;Federizzi L C](#) [Rice cold tolerance at the reproductive stage in a controlled environment](#) 2006(03)
27. [Farrell T C;Fox K M;Williams R L](#) [Genotypic variation for cold tolerance during reproductive development in rice screening with cold air and cold water](#) 2006
28. [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)
29. [Tsunoda K;Fujimure K;Nakahori T](#) [Studies on the testing method for cool-tolerance in rice plants. I. an improved method by means of short term treatment with cool and deep water](#) 1968(01)
30. [吴竞仑;蒋荷;王根来](#) [水稻种质资源耐冷性鉴定研究](#) 1989(12)
31. [应存山](#) [中国稻种资源](#) 1993
32. [傅泰露;马均;王贺正](#) [水稻开花期耐冷性综合评价及鉴定指标的筛选](#)[期刊论文]-[西南农业学报](#) 2007(05)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_zwyczyxb201004001.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zwyczyxb201004001.aspx)