

## 华南籼稻新品种(组合)生育中后期耐冷性研究

周新桥, 陈达刚, 李丽君, 刘传光, 李巨昌, 张旭, 陈友订\*

(广东省农业科学院水稻研究所, 广东 广州 510640)

**摘要:** 2009 年早、晚季用 PGV-36 人工气候箱对华南籼稻新品种“合美占”、“黄丝占”、“粤广丝苗”和三系法杂交稻组合“天优 312”、“天优 390”于幼穗分化 5~6 期、始穗期、开花期和灌浆初期进行了低温胁迫研究。结果显示:①幼穗分化 5~6 期、始穗期和开花期,低温胁迫会导致华南籼稻新品种(组合)植株高度降低,单穗产量及结实率下降。②幼穗分化 5~6 期低温胁迫会导致水稻穗长缩短,每穗总粒数减少,而其他 3 个时期的每穗总粒数不会受低温胁迫影响;幼穗分化 5~6 期低温胁迫会导致穗下第三节间长度极显著缩短,始穗期和开花期低温胁迫则导致穗下第二、第一节间长度缩短;始穗期和开花期低温胁迫会导致稻穗包颈或包颈加剧,幼穗分化 5~6 期则无此现象发生。③处于不同生育时期的水稻遭遇低温胁迫,其耐冷能力不同,其差异达到极显著水平,耐冷能力大小依次为灌浆初期、开花期、始穗期、幼穗分化 5~6 期。同一品种(组合)在不同生育时期的耐冷能力不同:天优 390 在幼穗分化 5~6 期、灌浆初期耐冷能力最强,但在始穗、开花期较弱;粤广丝苗在始穗期、开花期耐冷能力最强,但在幼穗分化 5~6 期较弱。

**关键词:** 华南籼稻新品种(组合); 生育时期; 耐冷性

中图分类号: S511.2<sup>+</sup>101 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2013)01-0007-06

## Cold tolerance of the new-bred South China *Indica* rice cultivars in at different stages of growth and development

ZHOU Xin-qiao, CHEN Da-gang, LI Li-jun, LIU Chuan-guang, LI Ju-chang, ZHANG Xu, CHEN You-ding\*

(Rice Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** Early and late crops of South-China *Indica* rice cultivars, Hemeizhan, Huangsizhan and Yueguangsimiao, and three-line hybrid rice combinations Tianyou312 and Tianyou390 were chosen in Guangzhou in 2009 to study the cold tolerance at the 5-6 phases of panicle differentiation, at initial heading stage, at flowering stage and at initial milking stage in the batanatrions (PGV-36). The results showed that chilling stress conducted at 5-6 phases of panicle differentiation, at initial heading stage and flowering stage decreased the plant height, the stem internodes length, the grain yield per panicle and the seed setting rate of South-China *Indica* rice cultivars and combinations. The rice cultivars and combinations responded differently to the chilling stress at different stages of growth and development. At the 5-6 phases of panicle differentiation but not other stages, the panicle length became shorter, and the total spikelets per panicle became fewer under chilling stress. The third internode under the panicle was shortened very significantly under chilling stress at the 5-6 phases of panicle differentiation and the first and second internodes became shorter at the initial heading and flowering stage. Incomplete panicle exertion was aggravated at the initial heading and flowering stage but not at the 5-6 phases of panicle differentiation. The cold tolerance of the tested materials was distinctive significantly different at different stages of growth and development, rice cultivars and combinations at initial milking stage showed the highest cold tolerance followed by flowering stage, initial heading stage and 5-6 phases of panicle differentiation. And for the same cultivar or combination, the cold tolerance was different at different stages, Tianyou390 showed high level of cold

收稿日期: 2012-02-15

基金项目: 广东省科技计划项目(2007A020300004-3); 广东省农业科学院科技计划项目(07-支撑-08)

作者简介: 周新桥(1976—), 女, 湖南安化人, 硕士, 助理研究员, 主要从事水稻生态育种研究, 13428860986@139.com; \*通信作者, chenyouding@21cn.com

tolerance at the 5–6 phases of panicle differentiation stage and initial milking stage, and weak tolerance at the heading and flowering stage; Yueguangsimiao showed low level of cold tolerance at the 5–6 phases of panicle differentiation, and high tolerance at the heading and flowering stage.

**Key words:** new-bred South China *Indica* rice cultivars; stages of growth and development; cold tolerance

近年来极端气候频现,因遭遇冷害而造成的水稻减产也频繁发生。国内外学者对水稻耐冷生理和遗传特性进行了大量研究,建立了水稻耐冷鉴定方法和评价指标,并提出了很多预防措施<sup>[1-6]</sup>,但对于水稻不同低温敏感期的耐冷差异研究仍然薄弱。早稻秧苗期、晚稻生育中后期都可能发生冷害,苗期冷害易于防御,可通过合理的栽培管理措施进行补救,但晚稻生育中后期低温胁迫较难防范,易导致水稻严重减产。笔者于2009年早、晚两季对华南稻区最新育成的水稻高产品种(组合)进行了幼穗分化5~6期、始穗期、开花期和灌浆初期耐冷性的观察研究,以期新品种在生产上应用提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

早籼常规稻:合美占(2010年国家主推超级稻品种),黄丝占(丰产性较好,早季米质达国标、省标优质1级),粤广丝苗(丰产性较好,高抗稻瘟病,中抗白叶枯病)。

籼型三系法杂交稻组合:天优390和天优312(丰产性较好,高抗叶瘟,抗穗瘟,抗白叶枯病)。

### 1.2 方法

试验于2009年早、晚两季在广东省农业科学院水稻研究所网室进行。早季于2月27日播种,3月27日移栽,晚季于7月20日播种,8月5日移栽。盆钵直径25cm,高33cm,插秧规格5株/盆(秧苗经预选处理)。对同生育时期的主茎挂牌,在人工气候箱(PGV-36)内,于幼穗分化5~6期、始穗期(顶小穗出剑叶)、开花期(顶小穗开花)和灌浆初期(顶小穗开花后5d)进行日平均温度16℃的低温胁迫处理5d。低温处理完毕移至自然条件下。另设生长于同一自然条件下的稻株为对照。栽培管理按当地常规高产栽培方法进行。

每个品种(组合)每个低温处理的生育期(幼穗分化5~6期、始穗期、开花期、灌浆初期)和对照分别设3次重复,调查植株形态和产量性状。其中植株形态包括株高、穗长、穗颈长(指穗颈节与水稻

剑叶叶枕之间的距离,穗颈节位于剑叶叶枕上方则不包颈;位于剑叶叶枕下方则为包颈,且值越大,说明包颈程度越大)以及穗下各节间长度;产量性状包括每穗总粒数、结实率、千粒重以及单穗产量(单穗谷重)。

人工气候箱温、光、湿度设置按28年一遇进行,相对湿度不小于75%。

## 2 结果与分析

试验场所与广州气象站(23°08'N,113°19'E,海拔6.3m)的空中直线距离仅约1km,所以采用广州气象站的气象因素记录作为本试验的气象资料。对照广州气象站2009年的气象资料,2009年早、晚两季水稻抽穗结实期间未发生小于等于23℃持续3d的低温<sup>[7]</sup>。因此,本研究中的低温胁迫可视为人工气候箱处理的单一效应。

### 2.1 低温胁迫对植株形态的影响

由表1可以看出,早、晚两季不同时期低温胁迫对水稻植株形态的影响趋势相同。因穗下第四节间及以下节间长度不受低温胁迫的影响,故只列出不同生育时期低温胁迫对株高、穗长、穗颈长、穗下第一、第二及第三节间长度的影响。①早、晚季,灌浆初期低温胁迫对株高都没有不良影响,但是其他3个时期低温胁迫会导致植株高度降低,尤其是在幼穗分化5~6期和始穗期均达到极显著或显著水平。②幼穗分化5~6期,低温胁迫会导致穗长显著或极显著缩短,但其他3个时期低温胁迫对穗长没有影响。③幼穗分化5~6期低温胁迫,不会导致稻穗包颈或包颈加剧,尤其在早季遭遇低温胁迫后,稻穗包颈情况反而得以消除;而始穗期和开花期低温胁迫会导致稻穗包颈加剧,且达到极显著水平。④幼穗分化5~6期低温胁迫,会导致穗下第三节间长度极显著缩短;始穗期低温胁迫,会导致穗下第二、第一节间长度极显著缩短;除粤广丝苗穗下第二节间长度不受影响外,开花期低温胁迫,会导致穗下第二、第一节间显著或极显著缩短;灌浆初期低温胁迫对穗下节间长度的影响不大。

表 1 水稻生育中后期低温胁迫下的植株形态指标

Table 1		Plant forms of the tested materials at different stages of growth and development under chilling stress							cm
季节	品种(组合)	生育时期	株高	穗长	穗颈长	穗下第三 节间长	穗下第二 节间长	穗下第一 节间长	
早季	合美占	CK	84.33	22.57	-0.08	11.49	13.50	29.39	
		幼穗分化 5~6 期	79.68*	18.88**	2.75*	10.23*	13.45	28.65	
		始穗期	74.07**	22.28	-6.90**	11.82	9.80**	22.22**	
		开花期	83.79	22.93	-3.19**	11.87	12.54	26.10*	
		灌浆初期	86.18	21.77	0.95	10.35*	12.67	29.16	
	黄丝占	CK	85.82	23.61	-2.18	12.77	13.44	30.13	
		幼穗分化 5~6 期	78.58**	19.51**	1.03*	8.66**	14.90**	29.01	
		始穗期	75.00**	23.09	-9.08**	13.06	10.54**	21.53**	
		开花期	77.79**	23.05	-8.36**	12.84	12.08	22.34**	
		灌浆初期	87.49	22.45	-1.62	11.97	15.08*	27.50*	
	粤广丝苗	CK	89.31	18.99	0.93	12.49	16.93	31.44	
		幼穗分化 5~6 期	83.65*	17.90*	4.21*	8.59**	17.75	31.09	
		始穗期	77.32**	18.69	-7.18**	12.78	12.43**	22.86**	
		开花期	85.26	18.30	-3.16*	12.88	14.81	26.78*	
		灌浆初期	93.87*	18.84	2.95	11.92	18.32	33.14	
	天优 312	CK	82.29	21.51	-2.96	11.67	13.37	29.31	
		幼穗分化 5~6 期	76.94*	17.35**	0.03*	9.00**	14.75*	28.12	
		始穗期	72.45**	22.25	-11.62**	12.99**	9.97**	21.15**	
		开花期	75.35**	22.00	-7.29**	11.77	11.31**	25.16**	
		灌浆初期	83.50	21.31	-2.72	12.92*	12.89	28.40	
天优 390	CK	80.98	21.26	-2.97	11.91	13.30	27.50		
	幼穗分化 5~6 期	76.02*	17.98**	0.37**	8.44**	15.61*	27.86		
	始穗期	71.51**	20.80	-10.10**	13.43*	10.28**	20.42**		
	开花期	72.52**	20.13	-7.12**	12.85	10.84**	23.45**		
	灌浆初期	84.21*	21.33	-0.62**	12.66	13.79	30.98**		
晚季	合美占	CK	91.21	24.83	1.59	9.16	16.00	32.71	
		幼穗分化 5~6 期	76.64**	21.73**	-0.17	5.06**	14.86	24.93**	
		始穗期	80.68**	24.35	-8.13**	12.39*	11.84**	23.24**	
		开花期	84.90*	25.65	-6.47**	11.62	13.48**	26.02**	
		灌浆初期	89.87	24.23	0.06	10.08	15.02	29.91*	
	黄丝占	CK	89.86	22.69	-1.91	11.61	17.20	28.15	
		幼穗分化 5~6 期	79.07**	19.45**	-1.04	7.02**	15.78	26.00	
		始穗期	76.45**	22.91	-7.32**	12.20	11.28**	19.51**	
		开花期	79.99**	23.08	-7.91**	11.57	13.81**	23.08**	
		灌浆初期	87.53	22.28	-1.97	11.90	17.77	27.25	
	粤广丝苗	CK	94.51	20.95	0.92	12.48	19.04	31.16	
		幼穗分化 5~6 期	84.83**	20.37	-0.17	8.87**	15.63**	28.00	
		始穗期	81.15**	20.94	-9.58**	15.06**	12.64**	20.10**	
		开花期	92.63	20.93	-1.82**	14.30*	17.22	29.95	
		灌浆初期	91.45	21.93	-2.41**	13.69	16.72*	27.49*	
	天优 312	CK	88.54	22.08	-0.19	10.66	16.11	29.63	
		幼穗分化 5~6 期	69.31**	16.81**	-1.04	6.81**	12.63*	22.54**	
		始穗期	76.78**	21.96	-7.91**	10.85	10.54**	22.44**	
		开花期	77.63**	22.02	-7.33**	10.61	10.68**	23.31**	
		灌浆初期	88.96	21.29	-1.18*	11.80	14.69	28.74	
天优 390	CK	86.96	20.31	-0.70	11.42	15.32	26.84		
	幼穗分化 5~6 期	72.78**	16.36**	1.42*	5.20**	16.32	25.78		
	始穗期	72.71**	21.39	-7.76**	9.63	10.80**	22.62*		
	开花期	76.03**	20.25	-6.19**	12.53	9.97**	21.84**		
	灌浆初期	89.53	21.34	-0.10	10.02	17.47**	28.41		

\*, \*\*分别表示与其对应的未低温处理指标相比达 5%和 1%显著水平。以下同。

## 2.2 低温胁迫对产量及产量构成的影响

低温胁迫对产量及其构成的影响各异(表2)。①幼穗分化5~6期、始穗期、开花期和灌浆初期低温胁迫均会造成单

幼穗分化5~6期、始穗期、开花期和灌浆初期

表2 水稻生育中后期低温胁迫下的产量及其构成

Table 2 The yield and its components of the tested materials at different stages of growth and development under chilling stress

季节	品种(组合)	生育时期	单穗总粒数/粒		结实率/%		千粒重/g		单穗谷重/g	
			处理	CK	处理	CK	处理	CK	处理	CK
早季	合美占	幼穗分化5~6期	137.78 <sup>*</sup>	154.70	84.04 <sup>**</sup>	95.07	14.59 <sup>**</sup>	15.71	1.66 <sup>**</sup>	2.31
		始穗期	149.60	154.70	78.01 <sup>**</sup>	95.07	15.14 <sup>*</sup>	15.71	1.78 <sup>**</sup>	2.31
		开花期	168.50	154.70	67.89 <sup>**</sup>	95.07	15.60	15.71	1.80 <sup>**</sup>	2.31
		灌浆初期	160.80	154.70	92.42	95.07	14.83 <sup>*</sup>	15.71	2.21	2.31
	黄丝占	幼穗分化5~6期	182.63 <sup>*</sup>	210.33	80.03 <sup>**</sup>	91.08	15.77	16.16	2.16 <sup>**</sup>	3.33
		始穗期	195.00	210.33	63.51 <sup>**</sup>	91.08	16.41	16.16	2.00 <sup>**</sup>	3.33
		开花期	214.10	210.33	69.88 <sup>**</sup>	91.08	17.06 <sup>*</sup>	16.16	2.52 <sup>**</sup>	3.33
		灌浆初期	203.40	210.33	82.21	91.08	16.92 <sup>*</sup>	16.16	2.76 <sup>*</sup>	3.33
	粤广丝苗	幼穗分化5~6期	139.75	148.50	75.04 <sup>*</sup>	90.09	14.71 <sup>**</sup>	18.77	1.42 <sup>**</sup>	2.42
		始穗期	138.80	148.50	77.00 <sup>**</sup>	90.09	17.75	18.77	1.87 <sup>*</sup>	2.42
		开花期	145.90	148.50	77.81 <sup>**</sup>	90.09	17.98 <sup>*</sup>	18.77	1.94 <sup>*</sup>	2.42
		灌浆初期	158.40	148.50	88.59	90.09	19.24	18.77	2.69	2.42
	天优312	幼穗分化5~6期	113.30 <sup>**</sup>	170.00	78.39	79.82	20.68 <sup>*</sup>	19.38	1.80 <sup>**</sup>	2.77
		始穗期	181.60	170.00	58.56 <sup>**</sup>	79.82	20.42 <sup>**</sup>	19.38	2.22 <sup>**</sup>	2.77
		开花期	168.20	170.00	58.35 <sup>**</sup>	79.82	21.72 <sup>**</sup>	19.38	2.08 <sup>**</sup>	2.77
		灌浆初期	159.90	170.00	88.67 <sup>*</sup>	79.82	21.27 <sup>*</sup>	19.38	3.00	2.77
天优390	幼穗分化5~6期	143.33	159.10	76.97	84.26	23.40 <sup>**</sup>	20.41	2.14 <sup>**</sup>	2.74	
	始穗期	156.80	159.10	57.34 <sup>**</sup>	84.26	22.19 <sup>**</sup>	20.41	1.97 <sup>**</sup>	2.74	
	开花期	155.30	159.10	58.93 <sup>**</sup>	84.26	21.07	20.41	1.90 <sup>**</sup>	2.74	
	灌浆初期	177.30	159.10	88.67 <sup>*</sup>	84.26	20.67	20.41	3.20 <sup>*</sup>	2.74	
晚季	合美占	幼穗分化5~6期	151.00 <sup>*</sup>	193.50	62.30 <sup>**</sup>	84.15	12.91 <sup>**</sup>	14.90	1.23 <sup>**</sup>	2.54
		始穗期	163.00	193.50	44.51 <sup>**</sup>	84.15	15.48	14.90	1.23 <sup>**</sup>	2.54
		开花期	181.10	193.50	66.16 <sup>**</sup>	84.15	15.25	14.90	1.86 <sup>**</sup>	2.54
		灌浆初期	176.90	193.50	76.47	84.15	15.39	14.90	2.00 <sup>*</sup>	2.54
	黄丝占	幼穗分化5~6期	209.67	202.80	39.31 <sup>**</sup>	68.91	14.74 <sup>**</sup>	16.12	2.05 <sup>**</sup>	2.78
		始穗期	196.25	202.80	55.28 <sup>**</sup>	68.91	16.07	16.12	2.37 <sup>*</sup>	2.78
		开花期	193.00	202.80	51.53 <sup>**</sup>	68.91	15.87	16.12	1.76 <sup>**</sup>	2.78
		灌浆初期	192.40	202.80	66.20	68.91	16.57	16.12	2.43 <sup>*</sup>	2.78
	粤广丝苗	幼穗分化5~6期	159.43	167.40	61.67 <sup>*</sup>	71.67	14.56 <sup>**</sup>	18.02	1.89 <sup>**</sup>	2.34
		始穗期	170.10	167.40	51.92 <sup>**</sup>	71.67	17.73	18.02	2.02 <sup>*</sup>	2.34
		开花期	150.70	167.40	51.31 <sup>**</sup>	71.67	17.99	18.02	1.76 <sup>**</sup>	2.34
		灌浆初期	201.40	167.40	56.38 <sup>*</sup>	71.67	15.75 <sup>**</sup>	18.02	2.20	2.34
	天优312	幼穗分化5~6期	108.29 <sup>**</sup>	151.00	46.59 <sup>**</sup>	77.18	16.97 <sup>**</sup>	21.88	1.24 <sup>**</sup>	2.79
		始穗期	143.10	151.00	55.31 <sup>**</sup>	77.18	21.88	21.88	1.98 <sup>**</sup>	2.79
		开花期	144.70	151.00	60.14 <sup>**</sup>	77.18	20.58 <sup>*</sup>	21.88	2.05 <sup>**</sup>	2.79
		灌浆初期	152.10	151.00	77.87	77.18	20.97	21.88	2.71	2.79
天优390	幼穗分化5~6期	113.70 <sup>**</sup>	147.00	72.52	74.48	16.27 <sup>**</sup>	20.08	1.63 <sup>**</sup>	2.56	
	始穗期	146.70	147.00	44.14 <sup>**</sup>	74.48	20.74	20.08	1.71 <sup>**</sup>	2.56	
	开花期	126.40	147.00	56.03 <sup>**</sup>	74.48	21.30 <sup>*</sup>	20.08	1.73 <sup>**</sup>	2.56	
	灌浆初期	152.50	147.00	66.10	74.48	20.48	20.08	2.49	2.56	

穗产量显著或极显著下降；灌浆初期低温胁迫会导致黄丝占单穗产量显著下降，且早、晚两季表现趋势相同，在晚季生态条件下会导致合美占单穗产量显著降低，但对其他材料无不良影响。②幼穗分化 5~6 期低温胁迫会导致每穗总粒数减少，除粤广丝苗外，其他材料的每穗总粒数减少程度达显著或极显著水平；其他 3 个时期低温胁迫对每穗总粒数没有影响。③幼穗分化 5~6 期、始穗期和开花期会导致结实率降低，且早晚两季趋势相同，除了幼穗分化 5~6 期的天优 390 外，其他供试材料此期间结实率的受害程度达显著或极显著水平；灌浆初期低温胁迫，早季对结实率没有不良影响，但晚季会导致粤广丝苗的结实率显著下降。④低温胁迫对千粒重的影响早晚两季表现不一致，早季 4 个生育期低温胁迫后，三系杂交稻的千粒重均呈上升趋势，但是常规稻品种则无这种规律可循；晚季幼穗分化 5~6 期低温胁迫会导致千粒重极显著下降，始穗期则无影响，开花期无规律可循，灌浆初期低温胁迫会导致粤广丝苗千粒重极显著下降，但对其他材料无影响，这不同于以往的研究结果<sup>[7]</sup>。这种现象是否由广东特殊的气候条件加上杂交稻两段灌浆的特点造成还有待进一步研究。

### 2.3 华南水稻新品种(组合)低温胁迫后的耐冷表现

采用单穗产量作为水稻生育中后期耐冷评价指标<sup>[1]</sup>，进而统计各品种(组合)在同一生育时期遭遇低温胁迫后的单穗产量受害率(表 3)。由表 3 可以看出，每个品种(组合)在不同生育时期其耐冷能力是不同的：幼穗分化 5~6 期，耐冷能力由强到弱次序为天优 390、粤广丝苗、黄丝占、合美占、天优 312，始穗期强弱依次为粤广丝苗、天优 312、黄丝占、天优 390、合美占，开花期强弱依次为粤广丝苗、合美占、天优 312、黄丝占、天优 390，灌浆初期低温胁迫强弱依次对粤广丝苗、天优 312 和天优 390 的单穗产量不但没有不良影响，反而有一定的增效作用，天优 390 增产达 7.05%，合美占和黄丝占在灌浆初期的耐冷能力较差，减产达 10%以上。

对不同生育时期单穗产量受害率进行统计，结果显示幼穗分化 5~6 期为 35.05%，始穗期为 27.56%，开花期为 26.85%，灌浆期为 3.09%，并进行方差分析，水稻不同生育时期低温胁迫，其产量

受害率差异达极显著水平( $df=39$ ,  $F=16.87>F_{0.01}=4.38$ )，表明处于不同生育时期的水稻遭遇低温胁迫其耐冷能力是不同的，耐冷次序由强到弱依次为灌浆期、开花期、始穗期、幼穗分化 5~6 期。

表 3 不同生育时期低温胁迫下的单穗产量受害率  
Table 3 Damage percentage of the yield per panicle for tested materials at different stages of growth and development under chilling stress

品种(组合)	单穗产量受害率/%			
	幼穗分化 5~6 期	始穗期	开花期	灌浆初期
合美占	39.84	37.26	24.33	12.83
黄丝占	30.67	27.36	30.50	14.99
粤广丝苗	30.35	18.21	22.34	-2.62
天优 312	45.23	24.35	25.58	-2.70
天优 390	29.14	30.63	31.52	-7.05

负数表示不受低温危害。

### 3 小结与讨论

a. 本研究中，生育中后期低温胁迫对水稻植株形态和经济性状的影响与前人的研究结果<sup>[1,7-9]</sup>一致，表现为植株高度降低、稻秆长度缩短、单穗产量及结实率下降。但是，处于不同生育时期的水稻对低温胁迫响应有着各自的特点：植株形态方面，幼穗分化 5~6 期低温胁迫，使穗下第三节间长度极显著缩短，进而导致植株高度降低，而始穗期和开花期低温胁迫则使穗下第二、第一节间长度缩短，从而导致植株高度降低；幼穗分化 5~6 期低温胁迫会导致穗长显著或极显著缩短，而其他时期则不受影响；幼穗分化 5~6 期低温胁迫不会导致稻穗包颈或包颈加剧，而始穗期和开花期则会。经济性状方面，幼穗分化 5~6 期低温胁迫会导致水稻每穗总粒数减少，此时正值小孢子形成初期或花粉母细胞减数分裂期，若遇低温天气，会直接影响小孢子的分化和发育，造成小孢子分化数量减少和已分化的小孢子发育不良<sup>[10-11]</sup>进而致每穗总粒数减少，但其他时期低温胁迫对水稻的每穗总粒数没有影响。因此，应根据水稻不同生育时期低温胁迫的受害特点进行合理的栽培管理，以减轻受害程度。水稻始穗期、开花期和灌浆初期遭遇低温胁迫时，应重点采取措施促进受精，提高结实率；幼穗分化 5~6 期遭遇低温胁迫时，除采取措施促进受精外，还应进行保花、防止或减少颖花退化。

各供试品种(组合)在不同生育时期的耐冷表现

不同。粤广丝苗和天优 312 在灌浆初期耐冷能力很强,但在幼穗分化 5~6 期较弱;合美占虽然在 4 个生育时期的耐冷能力都比较弱,但不同时期耐冷能力差异较大,即同一品种不同生育时期的耐冷能力不同,并且有其特点,因此,在生产过程中,要根据不同水稻新品种(组合)的耐冷特点以及地区气候条件对品种进行合理布局及季节安排,以避免冷害发生。另外,根据不同稻区低温常发时间及发生概率,通过选择生育期适中或调整播期等育种和栽培手段,错开水稻低温敏感期也是预防冷害的良法。随着分子生物学的快速发展,水稻耐低温胁迫 QTLs 分析、粳稻耐低温胁迫基因源的不同生育时期耐冷基因定位研究取得了较大进展<sup>[3-5,12-15]</sup>。但到目前为止,还没有文献报道全生育期都耐冷的水稻材料,因此,利用分子标记辅助选择手段开展不同时期耐冷基因聚合育种,在提高水稻耐冷育种效率的同时,达到水稻全生育期都耐冷的目的,也值得深入研究。

处于不同生育时期的水稻遭遇低温胁迫后其耐冷能力差异达极显著水平,具体表现为灌浆初期最强、开花期次之、始穗期较弱、幼穗分化 5~6 期最弱,但开花期、始穗期和幼穗分化 5~6 期低温胁迫造成的产量损失都比较严重。正常年份,华南稻区晚稻孕穗、抽穗开花期间发生寒露风的概率较高,尤其是近年来极端气候频现,而克服冷害的首选之举是选育耐冷品种,因此,加强幼穗分化期、始穗期和开花期水稻耐冷育种势在必行,通过提高选择压采取常规育种方法进行耐冷育种比较可行。

#### 参考文献:

- [1] 周新桥,陈达刚,李丽君,等.华南双季超级稻始穗期低温胁迫及耐冷性评价[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2008,34(4):388-392.
- [2] 王国莉,郭振飞.水稻不同耐冷品种碳代谢有关酶活性对冷害的响应[J].作物学报,2007,33(7):1197-1200.
- [3] 韩龙植,乔永利,张媛媛,等.水稻幼穗分化 5-6 期耐冷性 QTLs 分析[J].作物学报,2005,31(5):653-657.
- [4] 滕胜,曾大力,钱前,等.低温条件下水稻发芽力 QTL 的定位分析[J].科学通报,2001,46(13):1104-1108.
- [5] 戴陆园,叶昌荣,徐福荣,等.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.
- [6] 西山岩男.水稻小孢子初期冷温诱导的雄性不育第 23 报.穗上不同位置花药长度和花粉数的冷温感受性差异(英)[J].日本作物学纪事,1982,51(4):462-469.
- [7] 张旭.水稻生态育种[M].北京:农业出版社,1991:221-280.
- [8] 李锡泾,袁晓华,吴相钰.影响水稻结实率的分析[J].植物学报,1982,24(1):39-45.
- [9] 松山三樹男.颖花的畸形に因る稻部分不稔に就いて[J].日本作物学纪事,1942,14(2):190-191.
- [10] Satake T, Shibata M. Male sterility caused by cooling treatment at the young microspore stage in rice plants XXXI. Four components participating in fertilization[J]. Jpn J Crop Sci, 1992, 61: 454-462.
- [11] Satake T. Male sterility caused by cooling treatment at the young microspore stage in rice plants XXX. Relation between fertilization and the number of engorged pollen grains among spikelets cooled at different pollen developmental stages[J]. Jpn J Crop Sci, 1991, 60: 523-528.
- [12] Ye Chang-rong, Kato Akira, Saito Koji et al. QTL analysis of cold tolerance at the booting stage in Yunnan rice variety Chongtui[J]. Chinese Journal of Rice Science, 2001, 15(1): 13-16.
- [13] Han L Z, Koh H J. Correlation between genetic similarity and heterosis of growth characters under cold water irrigation in rice[J]. Korean J of Breeding, 2001, 33(2): 119-125.
- [14] Han L Z, Koh H J. Genetic analysis of growth response to cold water irrigation in rice[J]. Korean J Crop Sci, 2000, 45(1): 26-31.
- [15] Saito K, Miura K, Nagano K. Chromosomal location of quantitative trait loci for cool tolerance at the booting stage in rice variety "Norin-PL8" [J]. Breeding Science, 1995, 45: 337-340.

责任编辑: 罗慧敏

英文编辑: 罗维