

表 4

父母本不同种植方式结荚数比较

组合编号	种植方式	分枝数	分枝荚数	主茎荚数	单株荚数 <sup>*</sup>
89-I	间种	3.3	8.4	8.0	16.4
89-II	间种	3.5	10.4	9.1	19.5
89-III	间种	4.4	12.3	7.5	19.8
89-IV	间种	3.5	8.8	8.9	17.7
平 均		3.7	10.0	8.4	18.4
89-I	混种	3.4	9.1	7.2	16.3
89-II	混种	4.0	11.4	8.0	19.4
89-III	混种	4.4	11.2	7.1	18.3
89-IV	混种	3.9	10.7	6.7	17.4
平 均		3.9	10.6	7.3	17.9

\* L. S. D<sub>0.05</sub> = 2.10

## 结 论

1. 利用大豆雄性不孕系做母本配制大豆有性杂交组合, 有足够的不孕株接受父本花粉, 可以获得大量杂交种子。

2. 不孕系母本对天然杂交效果有一定影响。母本不同, 杂交结实率也有差异。

3. 在父母本以 1:2 比例间种与混种其单株结荚数无明显差异。但是, 双亲间种有利于开花初期剔除母本行中的孕性正常植株, 保证杂交种子的纯度。

4. 集团父本有利于雄性不孕系母本对外源花粉的选择。在育种中利用雄性不孕系时,

应选用 10 个以内农艺性状优异的品种(系)做为集团父本, 以提高对杂种的优化程度。

## 参 考 文 献

- [1] Brin, C. A. and C. W. Stuber Application of genetic male sterility to recurrent selection schemes in Soybeans, Crop Sci. 13:528~530, 1973
- [2] Carter, T. E., Jr, et al. Implication of Seed Set on  $ms_2ms_2$  male-sterile plants in Raleigh Soybean Genetic Newsletter 10:85--87, 1983
- [3] Carter, T. E., Jr, et al. Seed yield on fieldgrown  $ms_2ms_2$  male sterile plants Soybean Genetic Newsletter. 13:159~163, 1986
- [4] E. R. Inyoox A gene for increased natural crossing in Soybean. Agron. Abstr P. 3. 1960

## 低温对水稻不同生育阶段 生长发育的影响

邹春霞 李 茜

奈良正雄

(黑龙江省农科院低温冷害中心)

(日本国际协力事业团)

**摘要** 通过人工模拟研究, 明确了低温对水稻不同生育阶段生长发育的影响。

注: 参加本课题部分工作的还有省农科院栽培所钟志东、李月梅、王连敏同志。

芽期平均 8℃ 低温处理 10 天, 成苗率 73.1%, 明显低于对照 (91.0%) ( $t_{3.27} > P_{0.01}$ )。分蘖期平均 14℃ 低温处理 10 天, 抑制营养体的生长, 叶龄、株高、根数、分蘖数、叶面积及干物重等生长指标均明显低于对照。其中对单株分蘖抑制明显, 分蘖数减少 85.0%; 叶面积减少 67.0%, 株高降低 49.0%, 地上和地下干物质积累分别减少 75.0% 和 65.0%。开花结实期平均 16℃ 处理 14 天空壳率比对照高 4~2 倍, 越是早熟品种空壳率越高, 同时表现出子粒干物质积累速度减慢, 低温下干物质积累速度 0.32 克/千粒·日, 对照 0.45 克/千粒·日。模拟研究还表明低温均导致生长发育阶段延迟, 一般延迟 1~7 天, 重者一周以上, 甚至霜前不能正常成熟。因低温时期及强度不同, 生育期延迟的时段和时间长短各异。分蘖期和开花结实期重复低温对水稻产量影响最明显, 减产 32.8%; 开花结实期低温减产 17.8~30.7%。

## 材料与方法

本课题 1986~1988 年与日本国际协力事业团专家共同利用加拿大 PGW-36 型人工气候箱, 通过人工环境低温模拟试验, 深入研究了低温对水稻不同生长发育阶段形态与内在本质的影响。

根据黑龙江省二十七年 (1951~1977 年) 气象资料统计, 以冷害年温度为低温处理温度的参考指标, 以正常年温度为对照温度

的参考指标 (表 1)。处理温度按每昼夜 2 点、8 点、14 点、20 点模拟自然变温过程进行, 控温精度  $\pm 1.0^\circ\text{C}$ , 每日光照 12 小时, 光照强度 2.5~3.0 万勒克司, 箱内相对湿度 80  $\pm$  10%, 对照除温度与处理不同外, 其它条件相同。处理后置室外自然条件下生长至成熟。

供试材料合江 19 号、合江 23 号、东农 78-24。

低温处理按芽期、分蘖期、开花结实期单期处理和分蘖期与开花结实期重复处理。

表 1 试验处理温度和时间

处 理 时 期	处理温度 (°C)	温 度					处理时间 (天)
		2 点	8 点	14 点	20 点	平 均	
芽期	处 理	4	7	13	8	8-	5 10
	CK	6	12	18	12	12	5 10
分蘖期	处 理 <sub>1</sub>	8	15	20	13	14	10
	处 理 <sub>2</sub>	10	17	22	15	16	10
	CK	14	21	26	19	20	10
开花结实期	处 理 <sub>1</sub>	12	16	21	15	16	14
	处 理 <sub>2</sub>	13	20	24	15	18	14
	CK	14	21	26	19	20	14

表 2 芽期低温对成苗率的影响

品种: 合江 19 号

处 理	平均成苗 %	差 值
8℃ 5 天	87.9	3.4
CK 12℃ 5 天	91.3	
8℃ 10 天	73.1	17.9**
CK 12℃ 10 天	91.0	

## 试验结果

### 一、低温对水稻各生育阶段植株形态的影响

#### (一) 芽期

芽期平均 8℃ 处理 5 天成苗率 87.9%,

略低于对照(91.3%),差异不明显( $t_{0.68} < p_{0.1}$ );低温处理10天成苗率73.1%,明显低于对照(91.0%)( $t_{3.27} > p_{0.01}$ )(表2)。表明芽期低温降低成苗率,在平均8℃低温条件下,随处理时间延长,成苗率下降明显。

## (二)分蘖期

分蘖期平均14℃和16℃低温处理10

表3

低温对分蘖期植株形态的影响

处 理 目	株 高 (cm)	根 长 (cm)	叶 龄	单株蘖数	单株叶面积 (cm <sup>2</sup> )	地上部 干重(g)/10株	地下部 干重(g)/10株
低温处理 $\bar{x}14^{\circ}\text{C}$ 10天	17.2	9.9	7.2	0.3	8.8	0.56	0.23
比CK(±%)	-49.0	-37.3	-14.3	-87.5	-66.7	-75.1	-65.2
低温处理 $\bar{x}16^{\circ}\text{C}$ 10天	19.1	11.4	7.5	1.1	11.7	0.96	0.39
比CK(±%)	-43.8	-27.8	-10.7	-54.2	-55.7	-60.0	-40.9
CK $\bar{x}20^{\circ}\text{C}$ 10天	34.0	15.8	8.4	2.4	26.4	2.25	0.66

根系不发达,从而导致地上和地下干物重分别减少75%和65%。平均16℃低温处理,各生长指标也受到同样的影响,但影响程度比14℃低温处理小些。

另外,研究低温下植株分蘖动态表明,平均14℃低温处理10天,前4天基本上不发生分蘖,处于停滞状态,第4天到第7天,分蘖开始增加,7天以后又重新处于停滞状态(图1)。平均16℃低温处理10天,分蘖增加的趋势与对照(20℃)基本一致,但分蘖数明显减少,且前期增加缓慢,一周后基本与对照同步。

值得提出的是平均16℃低温处理,虽然在处理期间分蘖受到一定影响,表现出分蘖数减少,生长指标降低,但处理后移到正常的室外条件下,植株高度逐渐恢复(表4)。在处理结束当天处理株高比对照低15.3厘米,置于自然条件下5日后二者差值9.5厘米,10日和15日后分别为7.0厘米和4.9厘米,20日后处理与对照基本相同。16℃低温处理后的30天,平均日增长量为对照的2倍多,说

天,均表现出根、茎、叶和分蘖的生长发育迟缓,叶龄、株高、根长、分蘖数、单株叶面积及干物重量等生长指标明显低于对照(表3)。对分蘖影响最大,以合江19号为例,平均14℃低温处理10天,单株分蘖比对照减少87.5%,叶面积减少66.7%,株高降低49%,叶龄和叶面积也相应减少,表现出植株矮小,

明分蘖期平均16℃低温虽处理时抑制株高的增长,但只要后期温度正常该低温处理后株高增加迅速。

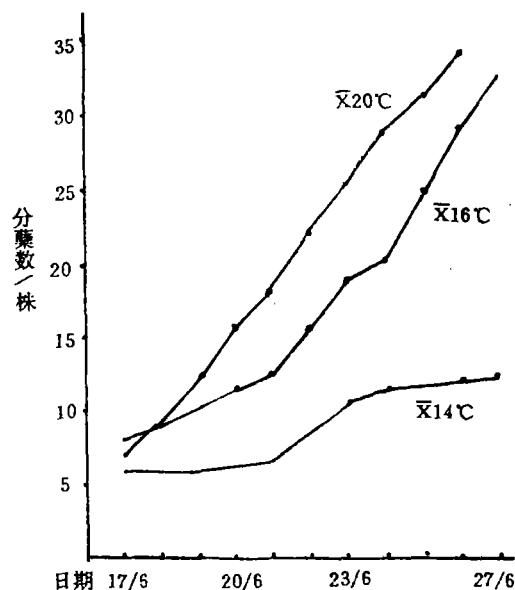


图1 低温对分蘖动态的影响

表 4

分蘖期低温处理后植株高度增长动态

单位:cm

处 理	处 理 后 日 数							增 长 量 cm/日
	0	5	10	15	20	25	30	
低温处理 $\bar{X}16^{\circ}\text{C}$ 10天	21.2	29.6	32.6	34.6	39.4	44.3	50.1	0.96
CK $\bar{X}20^{\circ}\text{C}$ 10天	36.5	39.1	39.6	39.5	40.3	43.5	48.5	0.40

## (三)开花结实期

## 1. 低温对开花结实的影响

开花结实期低温处理后,空壳率增加结实率降低(表 5)。此期平均  $16^{\circ}\text{C}$  低温处理 14 天,空壳率比自然条件下(平均  $25^{\circ}\text{C}$ )高 2~6 倍,越是早熟品种空壳率越高,结实率越低。

应提出的是各处理间秕粒率相差无几,表明秕粒并不是始穗期低温影响的结果。当平均气温低于  $20^{\circ}\text{C}$  时,结实障碍表现明显,平均气温  $20^{\circ}\text{C}$  与平均气温  $25^{\circ}\text{C}$  相比,结实率差异不大,且越是晚熟品种差异越小。图 2 表明在平均  $16\sim 18^{\circ}\text{C}$  之间空壳率几乎是呈直线下

降, $18\sim 20^{\circ}\text{C}$  间下降趋势稍显缓慢, $20^{\circ}\text{C}$  时出现拐点,在  $20^{\circ}\text{C}$  与  $25^{\circ}\text{C}$  间渐趋平稳。

## 2. 低温对子粒灌浆速度的影响

始花期低温处理除形成大量空壳外,子粒干物质积累速度也明显减慢(表 6)。如合江 19 号  $16^{\circ}\text{C}$  低温处理 14 天,千粒干重 4.45 克,对照( $20^{\circ}\text{C}$ )6.25 克;低温下干物质积累速度 0.32 克/千粒·日,对照 0.45 克/千粒·日。其它两个品种均表现出相同的规律性。但  $18^{\circ}\text{C}$  低温处理无论合江 19 号还是合江 23 号,其千粒干、鲜重以及干物质积累速度与对照均无明显差异,只有东农 78—24 与对照间

表 5

开花结实期低温对结实率的影响

处理 $\bar{X}$ 、天	空壳率(%)			秕粒率(%)			结实率(%)		
	合江 19 号	合江 23 号	东农 78—24	合江 19 号	合江 23 号	东农 78—24	合江 19 号	合江 23 号	东农 78—24
$16^{\circ}\text{C}$ 14 天	31.6	27.2	15.9	1.1	1.3	2.2	67.3	71.6	81.9
$18^{\circ}\text{C}$ 14 天	13.6	14.5	7.4	3.3	2.9	2.5	73.1	82.6	90.1
CK $20^{\circ}\text{C}$ 14 天	7.9	10.2	6.3	2.4	2.0	1.4	89.7	87.8	92.3
CK $25^{\circ}\text{C}$ 14 天	5.3	8.1	7.4	1.4	1.4	1.3	93.3	90.5	91.3

表 6

低温对子粒灌浆速度的影响

项 目		千 粒 鲜 重 (g)	千 粒 干 重 (g)	干物质积累速度 (g/千粒·日)
处 理	$16^{\circ}\text{C}$ 14 天	10.59	4.45	0.32
	$18^{\circ}\text{C}$ 14 天	15.33	6.31	0.45
	$20^{\circ}\text{C}$ (CK)	15.27	6.25	0.45
合江 23 号	$16^{\circ}\text{C}$ 14 天	7.14	3.60	0.26
	$18^{\circ}\text{C}$ 14 天	12.86	5.20	0.37
	$20^{\circ}\text{C}$ (CK)	13.20	5.28	0.38
东农 78—24	$16^{\circ}\text{C}$ 14 天	8.22	3.87	0.28
	$18^{\circ}\text{C}$ 14 天	12.34	5.04	0.36
	$20^{\circ}\text{C}$ (CK)	15.61	6.42	0.46

存在明显差异。可见开花结实期 18℃ 低温处理并不影响早、中熟品种的干物质积累,却影响较晚熟品种的干物质积累。

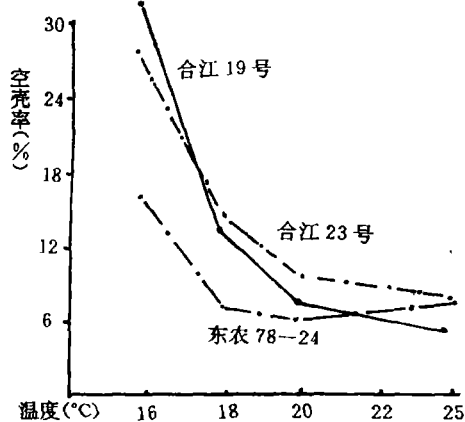


图2 空秕率与温度的关系

## 二、低温对水稻生育进程的影响

芽期平均 8℃ 低温处理 5 天,播种至出

苗比对照延长 5 天(表 7)。但由于低温下胚乳中养分消耗较少,致使出苗到三叶期的时间反而比对照缩短 5 天,到三叶期时低温处理与对照间生育进程基本一致。

分蘖期平均 16℃ 低温处理 10 天,分蘖至幼穗分化期的时间比对照延长 4 天;幼穗分化期至抽穗期延长 2 天;抽穗至成熟延长 1 天,总生育日数延长 7 天。

开花结实期平均 16℃ 低温处理 14 天,抽穗期比对照晚 4 天,抽穗到成熟延迟 2 天,总生育日数延长 6 天。

分蘖期( $\bar{X}$ 16℃、10 天)和开花结实期( $\bar{X}$ 16℃、14 天)重复低温处理,幼穗分化期比对照晚 5 天,抽穗期又延迟 3 天,9 月 22 日收获时尚未完好成熟,总生育日数延长一周以上。

表 7 不同生育期低温对水稻生育进程的影响

品种:合江 19 号

处 理 期	(日/月) 播 种	出 苗	三 叶	分 蘖	幼穗分化	抽 穗	成 熟	总生育 日 数	生育日数 延长(日)
芽期 8℃ 5 天	6/5 →	27/5 →	1/6 →	16/6 →	1/7 →	1/8 →	9/9	126	1
芽期 12℃ (CK)	6/5 →	21/5 →	31/5 →	15/6 →	30/6 →	31/7 →	8/9	125	
分蘖期 16℃ 10 天	6/5			15/6 →	5/7 →	10/8 →	20/9	137	7
分蘖期 20℃ (CK)	6/5			15/6 →	1/7 →	4/8 →	13/9	130	
开花结实 16℃ 14 天	6/5				30/6 →	4/8 →	16/9	133	6
开花结实 16℃ 20 天	6/5				30/6 →	8/8 →	18/9	135	8
开花结实 20℃ (CK)	6/5				30/6 →	31/7 →	10/9	127	

## 三、低温对水稻产量及产量构成因素的影响

各生育期低温对水稻的影响,最终反映在产量和产量构成因素的变化上。模拟试验结果表明(表 8),对产量和产量构成因素产生明显影响的是分蘖期和开花结实期重复低温处理,其次是开花结实期低温,再次是分蘖期低温。如合江 19 号分蘖期和开花结实期重复低温处理产量比对照减少 32.8%,差异高度显著。减产的主要因素是空秕率提高和有效分蘖数减少。

开花结实期低温对产量的影响也很明

显,早、中、晚三个熟期类型品种,此期 16℃ 低温处理 14 天,比对照依次减产 30.5%、30.7%和 17.8%,空秕率分别提高 19.7%、16.4%和 10.2%。此期平均 18℃ 低温处理 14 天,对晚熟品种产量影响不明显,但对早熟和中熟品种的产量也有明显影响。

空秕率增加是开花结实期低温减产的主要因素。早、中、晚三个熟期类型品种 16℃ 低温处理 14 天,空秕率与对照间的差异均达显著水平,但平均 18℃ 低温处理的空秕率与对照间差异不显著。

表 8

低温对水稻产量及产量构成因素的影响

品种	项 处 理	空秕%	千粒重	有效茎/株	谷重/盆	比 CK 减产%
合 江 19 号	分蘖期 14℃ 10 天	13.5	27.0	3.8	102.6	-19.1
	分蘖期 16℃ 10 天	9.8	28.0	3.6	115.5	-8.9
	CK 20℃ 10 天	7.9	28.0	3.7	126.8	
	开花结实 16℃ 14 天	32.7	26.9	3.6	71.0	-30.5
	开花结实 18℃ 14 天	16.9	27.1	3.8	93.6	-8.3
	CK 20℃ 14 天	10.3	26.9	3.9	102.1	
	分蘖与开花结实 重 复 低 温	39.8	26.9	3.4	68.9	-32.8
	CK	20.6	25.6	4.2	102.7	
合 江 23 号	分蘖期 14℃ 10 天	10.2	26.1	3.6	109.2	-6.6
	分蘖期 16℃ 10 天	9.3	27.0	3.7	112.6	-3.7
	CK 20℃ 10 天	9.3	28.2	3.7	116.9	
	开花结实 16℃ 14 天	28.5	27.0	3.7	73.5	-30.7
	开花结实 18℃ 14 天	17.4	27.1	3.9	98.3	-7.3
	CK 20℃ 14 天	12.2	27.3	4.0	106.0	
东农 78- 24	开花结实 16℃ 14 天	18.1	23.8	3.7	81.3	-17.8
	开花结实 18℃ 14 天	9.9	26.4	3.7	98.1	-0.8
	CK 20℃ 14 天	7.7	26.5	3.9	98.9	

#### 四、小 结

综合三年模拟试验结果,低温对水稻影响的关键时期,按其受害程度及减产幅度为以下几个方面。

1. 水稻分蘖期和开花结实期均遇低温,对形态产量和产量构成因素的影响最明显,如合江 19 号减产 32.8%,空秕率达 39.8%,单株有效分蘖数减少 0.8 个。

2. 开花结实期低温减产 30.5%,空秕率 32.7%。此期低温没有补充积温的余地,是制

约水稻产量的关键时期。

3. 芽期低温降低成苗率,造成缺苗,即或后期温度再高也不可弥补。

4. 分蘖期低温对水稻植株形态影响最明显,如果后期温度正常或偏高,形态上的差异可逐渐缩小直至看不出。

5. 水稻各生育期低温均可延迟生育进程,只是因低温时期、低温强度和持续时间的不同,延迟的生育时段和时间长短各异,最终都表现出总生育日数增加,成熟期拖后。