

形成晚稻异常不实粒的农业气象条件的初步研究

广东省农业科学院农业气象组*

提 要

本试验系在1962—1963年期间,利用广东晚季普遍栽培的代表品种,进行了大田和盆栽分期播种,并观察了气象条件和结实状况的关系,获如下结果:

1.花粉母细胞减数分裂期和花粉充实期对不良的气象条件最敏感。低温能使花粉发育不正常或丧失生命,这是大量空粒产生的主要原因之一。减数分裂期三天内平均温度低于 22°C ,最低温度平均低于 17°C ,空粒率显著增加,达到30%;平均温度低于 21°C ,最低温度平均低于 16°C ,空粒率大于50%。在花粉充实期五天的平均温度为 23°C ,最低温度平均为 18.5°C 时,空粒率开始增加,达到15%。

2.半实粒产生的条件是很复杂的,初步探明低温对影响籽粒充实状况的根伤流量有较明显的影响。10厘米土温低于 24°C ,根伤流开始减少,温度低于 20°C ,根伤流量接近停止。

一、前 言

在每年的9月底到10月初,北方冷空气增强,入侵至南岭以南地区,使我省大范围内出现阵发性的干冷或湿冷天气。此时,我省晚稻正是普遍进入孕穗或抽穗扬花期,一部分早熟的晚稻进入了灌浆期。遇到这种天气,便会遭受不同程度的危害,如出现穗颈被叶鞘包裹不能抽出、颖稃变黑褐、以及空粒和半实粒异常增多,严重的甚至全穗不实。由于这种气象灾害常出现在“寒露”季节前后,农民一般称之为“寒露风”。

我省是双季稻连作地区,晚稻生育季节较迟,因而这种灾害出现的频率相当高,在生产上的影响也较大。在我省北部山区,因受“寒露风”害而减产的,常达百分之二十以上;在沿江的低洼积水地区,经常由于夏季洪水迟退,影响晚稻不能适时种植,因而使抽穗期后延而受害。因此,为了避免“寒露风”的危害,现仍种植一些比较抗寒但产量不高的特殊品种。在一些“寒露风”特强的年份里,甚至对我省南部沿海地区也会产生影响。

从有关文献资料来看,对这类现象,国内外研究都曾有过一些成果发表。但是对有些问题,分歧还比较大。此外,在我省的特定条件下,危害的主导气象因子、关键时期及其表现等还不十分清楚,因此在1962—1963年我们对这个问题进行了初步探讨。

二、材料和方法

试验品种是“溪南矮”,系我省普遍栽培的晚稻中迟熟品种。

为了了解晚稻生殖生长阶段中各个时期内,不同的气象条件对结实状况的影响,试

* 参加本项工作的人员有:钟礼和、邝禹洲(执笔)、何清正、李小妹、伍官全和杨宝。

表 1 试验材料的移植及抽穗日期
(广州,石牌)

年 份		1962 年				1963 年			
地 段		大 田 部 分		盆 栽 部 分		大 田 部 分		盆 栽 部 分	
日 期		移植日期	抽穗日期	移植日期	抽穗日期	移植日期	抽穗日期	移植日期	抽穗日期
栽 植 批 次	I	7月7日	10月6—7日	8月5日	10月1—5日	7月14日	10月8—12日	7月24日	10月3—7日
	II	24	8—11	10	14—20	27	11—14	8月5日	18—22
	III	8月9日	12—14	15	20—24	8月8日	14—17	10	21—25
	IV	20	15—17	20	27—1	17	18—22	15	26—30
	V	29	18—21	25	11月5—11日	28	21—25	20	27—31
	VI			30	21—24			25	11月1—5日

表 2 定粒观测的空粒率(%)与大气温湿度的资料
(广州,石牌)

年 份		1962				1963						
该日开花的空粒率(%)		\bar{z}	z'	\bar{r}	r'	该日开花的空粒率(%)		\bar{z}	z'	\bar{r}	r'	
9月21日	22		26.3	23.6	90	81		28.3	22.8	87	65	
	23		27.6	23.7	84	69		28.0	23.0	86	63	
	24		27.7	24.1	84	68		28.6	24.7	82	63	
	25		28.0	24.3	84	65		28.1	24.6	83	68	
	26		28.6	24.2	80	61		25.7	22.3	68	49	
26	27		28.5	24.7	74	59		27.0	23.3	82	70	
	28		27.7	24.5	77	59		27.5	23.8	85	65	
	29		27.6	23.4	79	59		27.6	23.3	81	64	
	30		27.4	24.1	82	61		27.8	23.8	80	61	
	10月1日		28.1	24.8	75	58		27.5	23.3	83	59	
10月1日	2	1.4	27.9	24.1	82	64	7.8 4.9 4.9 (I ₁)	27.7	23.8	78	65	
	3	2.4	27.8	24.0	77	47		26.8	23.2	74	65	
	4	1.2	28.4	23.9	56	48		27.1	23.2	82	62	
	5	—	22.7	21.4	95	93		28.1	23.7	81	65	
	5	11.1	24.2	21.1	90	79		4.9	24.7	21.3	84	74
6	7		24.8	22.7	92	86	10.0 3.2 4.2 7.4 (I ₂)	24.6	21.0	70	60	
	8		26.2	22.6	85	67		24.9	20.3	70	55	
	9		26.8	22.6	80	62		24.8	20.2	81	63	
	10		26.7	22.2	82	62		25.5	20.5	83	65	
	11		27.3	23.1	82	64		26.4	22.9	81	62	
11	12		27.4	22.6	83	68		23.7	21.9	90	84	
	13		27.0	23.2	82	67		24.4	22.1	78	65	
	14		27.2	22.7	82	64		23.7	22.6	85	81	
	15	11.6	24.3	21.1	80	69		25.2	21.7	81	63	
	16	8.8	19.3	17.6	62	60		25.0	21.6	87	79	
16	17	4.6	21.2	17.2	64	54	4.9 8.6 8.0 (II ₁)	23.1	22.5	84	71	
	18	5.1	23.9	18.0	70	47		22.4	20.9	55	51	
	19	4.0	24.3	18.2	69	50		20.6	17.3	45	37	
	20	4.6	24.8	20.1	67	54		8.6	20.0	14.5	50	33
	20	5.7	23.9	20.4	65	55		8.0	21.0	17.5	45	35
21	22		21.2	17.2	64	54	9.6 1.7 4.5 11.2 (II ₂)	20.8	14.0	53	30	
	23		22.0	16.7	56	46		20.5	14.0	61	34	
	24		20.7	13.2	63	40		12.2	20.5	14.5	76	51
	25		20.9	14.2	69	44		10.4	21.7	17.2	80	53
	25		21.2	15.0	65	45		9.6	23.2	17.8	71	45
21	22	1.1	23.1	19.4	62	53	9.6 1.7 4.5 11.2 (II ₂)	20.8	14.0	53	30	
	23	2.8	22.0	16.7	56	46		20.5	14.0	61	34	
	24	5.0	20.7	13.2	63	40		12.2	20.5	14.5	76	51
	25	4.7	20.9	14.2	69	44		10.4	21.7	17.2	80	53
	25		21.2	15.0	65	45		9.6	23.2	17.8	71	45

续表 2

年 份	1962					1963						
	该日开花的空粒率(%)	\bar{t}	t'	\bar{r}	r'	该日开花的空粒率(%)	\bar{t}	t'	\bar{r}	r'		
26	9.5 } (IV)	21.7	16.7	58	41	5.6	6.1 } 9.0 } (III ₂)	24.0	18.1	56	36	
27		22.2	14.8	55	43	22.7		20.3	75	63		
28		19.6	13.8	64	44	19.9		18.7	95	93		
29		5.2	19.7	13.5	76	48	3.7	5.4 } (IV)	21.5	18.9	86	66
30		5.2	23.3	16.6	80	58	2.9		22.2	18.1	78	51
31		7.6	22.5	18.9	79	67	8.3		22.2	17.6	83	57
11月1日		16.3	22.0	20.2	87	83	8.3		4.7	21.6	17.3	83
2	39.2 } (V)	24.2	20.1	82	60	45.0 } 41.5 } (VI ₁)	10.5	22.0	18.1	84	60	
3		20.5	18.2	73	58		12.2	22.3	17.6	83	60	
4		16.9	14.6	52	36	42.5	69.6	24.2	19.7	80	56	
5		15.5	10.0	53	31	36.4 } 52.2 } (VI ₂)	23.8	20.2	84	61		
6		57.0	18.5	10.7	62		40	49.2	23.4	18.5	82	57
7	62.0	20.2	13.8	71	43	47.9	24.9	20.6	79	58		
8	66.0	22.4	15.8	62	51							
9	—	21.9	20.2	58	56							
10	—	19.5	17.1	66	55							
11	96.6 } (V)	18.1	16.6	86	75							
12		17.5	16.1	97	96							
13		19.8	17.8	97	96							
14		22.4	18.3	89	76							
15		24.1	20.8	78	65							
16		22.0	20.3	76	71							
17		21.3	17.8	83	71							
18		21.4	17.1	81	61							
19		20.5	15.6	78	61							
20		21.6	18.8	87	78							
21	95.6 } — } — } 100.0 } (VI)	18.6	15.6	84	77							
22		14.5	12.6	72	63							
23		14.5	11.7	71	63							
24		16.9	12.5	72	64							

说明：1. 空粒率数字后面括号内的 I, I₁, II, II₂, III 等是指定粒观测的各个栽植批次。
 2. 表中的 \bar{t} 是日平均气温(°C), t' 是日最低气温(°C), \bar{r} 是日平均相对湿度(%), r' 是日最小相对湿度(%).

验方法分大田和盆栽两种,大田用分期播种移植,在自然条件下鉴定。盆栽亦用分期播种移植,但控制其光照周期,使各期的生长日数相近,从而使营养生长量相近的情况下转入生殖生长阶段,并可使材料在多种不同气象条件下进行鉴定。

试验材料除了按水稻物候观测方法观测外,还对生殖生长各个时期进行观察记录。抽穗开始逐日用挂牌法固定当天抽穗的 10—20 个穗,作为开花结实的观察材料。定穗以后,并作定粒记载其开花和灌浆过程。定粒的方法在 1962 年是除保留当天开花的颖花以外,其余颖花全部剪除,以了解在保证良好营养条件下,气象条件对不实的影响;在 1963 年则保留穗上全部颖花,分别观察记录,以了解在自然生长条件下,不同势位花受气象条件的影响。此外,在 1962 年并作根伤流量测定。方法是于每日 9—11 时及 15—17 时,在田间选择生势正常,发育正常的植株 15 茎,在距地表面以上 15 厘米处切断,随即套上预先装有定量的脱脂棉的小试管,以吸伤液。在 1963 年并作无生命花粉的测定。方法是在当稻穗刚从叶鞘露出时,即剥取其中第 3—4 枝梗上的颖花中的花粉,涂在玻片上,以 0.1% 靛红液染上,在显微镜下迅速鉴别,计算无生命的花粉占总花粉数的百分率。

表3 定粒观测各批次的颖花发育日期
(广州, 石碑)

1962 年						1963 年					
批次	减数分裂期	花粉充实期	花粉完成期	开花期	空粒率	批次	减数分裂期	花粉充实期	花粉完成期	开花期	空粒率
I	9月18—20日	9月20—24日	9月26—30日	10月1日	1.4	I ₁	9月20—22日	9月22—26日	9月28—10月2日	10月3日	7.8
	19—21日	21—25	27—10月1日	2	2.4		21—23	23—27	29—3	4	4.9
	20—22日	22—26	28—2	3	1.2		22—24	24—28	30—4	5	4.9
	21—23日	23—27	30—4	5	11.1		23—25	25—29	10月1—5	6	10.0
II	10月3—5日	10月5—9日	10月9—13日	10月14日	11.6	I ₁	9月22—24日	9月24—28日	9月30—10月4日	10月5日	0.6
	4—6	6—10	10—14	15	8.8		23—25	25—29	10月1—5日	6	3.2
	5—7	7—11	11—15	16	4.6		24—26	26—30	2—6	7	4.2
	6—8	8—12	12—16	17	5.1		25—27	27—10月1日	3—7	8	7.4
	7—9	9—13	13—17	18	4.0	II ₁	10月4—6日	10月6—10日	10月13—17日	10月18日	4.9
	8—10	10—14	14—18	19	4.6		5—7	7—11	14—18	19	8.6
	9—11	11—15	15—19	20	5.7		6—8	8—12	15—19	20	8.0
III	10月7—9日	10月9—13日	10月15—19日	10月20日	1.4	II ₂	10月6—8日	10月8—12日	10月15—19日	10月20日	3.0
	8—10	10—14	16—20	21	1.1		7—9	9—13	16—20	21	1.7
	9—11	11—15	17—21	22	2.8		8—10	10—14	17—21	22	4.5
	10—12	12—16	18—22	23	5.0		9—11	11—15	18—22	23	11.2
IV	10月10—12日	10月12—16日	10月22—26日	10月27日	9.5	III ₁	10月8—10日	10月10—14日	10月18—22日	10月23日	12.2
	11—13	13—17	23—27	28	5.7		9—11	11—15	19—23	24	10.4
	12—14	14—18	24—28	29	5.2		10—12	12—16	20—24	25	9.6
	13—15	15—19	25—29	30	5.2		11—13	13—17	21—25	26	5.6
	14—16	16—20	26—30	31	7.6	III ₂	10月10—12日	10月12—16日	10月20—24日	10月25日	2.6
15—17	17—21	27—31	11月1日	16.3	11—13		13—17	21—25	26	6.1	
V	10月22—24日	10月24—28日	10月31—11月4日	11月5日	39.2	12—14	14—18	22—26	27	9.0	
	23—25	25—29	11月1—5	6	57.0	IV	10月12—14日	10月14—18日	10月24—28日	10月29日	3.7
	24—26	26—30	2—6	7	62.0		13—15	15—19	25—29	30	2.9
	25—27	27—31	3—7	8	66.0		14—16	16—20	26—30	31	8.3
26—28	28—1	6—10	11	96.6	15—17		17—21	27—31	11月1日	8.3	
VI	11月2—4日	11月4—8日	11月16—20日	11月21日	95.6	V	10月16—18日	10月18—22日	10月26—30日	10月31日	5.4
	3—5	5—9	19—23	24日	100.0		17—19	19—23	27—31	11月1日	4.7
VI ₁							18—20	20—24	28—11月1日	2	10.5
							19—21	21—25	29—2	3	12.2
						10月20—22日	10月22—26日	10月29—11月2日	11月3日	45.0	
						21—23	23—27	30—3	4	41.5	
VI ₂						22—24	24—28	31—4	5	42.5	
						23—25	25—29	11月1—5日	6	36.4	
						10月22—24日	10月24—28日	10月31—11月4日	11月5日	69.6	
						23—25	25—29	11月1—5	6	52.2	
						24—26	26—30	2—6	7	49.2	
						25—27	27—31	3—7	8	47.9	

两年试验的移植及抽穗日期列于表 1；观测所得的空粒率与大气温湿度的资料列于表 2；各批次的颖花发育日期见表 3。

三、試驗結果

1. 从两年的空粒率计算其与大气温度和湿度关系的结果表明(见表 4)，晚稻从花粉母细胞减数分裂期起(此期是在剑叶齐出前 2—4 天，以下简称减数分裂期)，到开花期止的各个期间内，大气日平均温度(i)的高低，特别是日最低温度(i')的高低，能显著地影响到将来空粒率的多少。在时段上，则以减数分裂期至花粉充实期的 6—7 天内，受低温的影响最为显著。到花粉完成期以后(一般在开花前五天时)，这种影响已大为减少。至于开花期当天出现低温对形成空粒率的影响，1962 年的结果与 1963 年的结果不一致，在 1962 年表现出有较明显的相关，而在 1963 年关系则不显著，这可能是由于 1963 年各批开花期中所遇的气温条件，比 1962 年较好之故(可参看表 2)。

表 4 空粒率与大气温湿度的相关率(η)

年 度	1962 年				1963 年			
	i	i'	\bar{i}	r'	i	i'	\bar{i}	r'
减数分裂期	0.9108**	0.9115**	0.8800*	0.9472**	0.7487*	0.8289*	0.6473	0.8891*
花粉充实期	0.9657**	0.9923**	0.8793*	0.8003*	0.8378*	0.8799*	0.5273	0.6449
花粉完成期	0.7878*	0.7769*	0.4341	0.6530	0.4636	0.5232	0.6216	0.8547*
开 花 期	0.9313*	0.8401*	0.8209*	0.8011*	0.4527	0.4642	0.4269	0.4946

说明 (1) 相关率显著性准则： $\eta > 0.9$ 为相关非常显著(**)， $\eta > 0.7$ 为相关显著(*)
 (2) 材料所处的环境，风速 ≤ 3 米/秒，故不作风的鉴定。

至于大气相对湿度条件对空粒的影响，两年所得结果并不相同，但从总的趋势来看，大气干燥对以后空粒形成的影响，远较低温为小。

我们再从两年的减数分裂期、花粉充实期的气温与空粒率的相关图(见图 1 及图 2)来看，明显地表现出两者的相关曲线呈近 L 形，在曲线上有一个转折点，在这点以左，低温

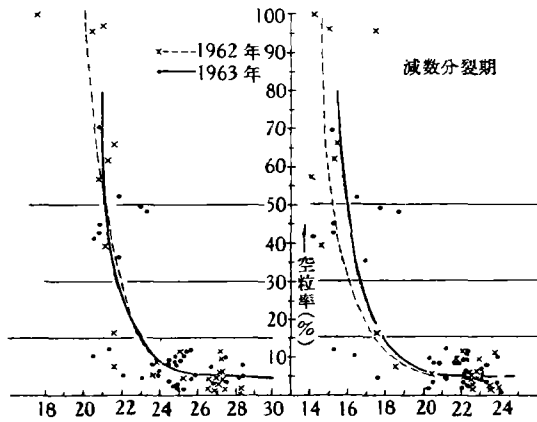


图 1 1962—1963 年晚稻空粒率与减数分裂期中温度的关系

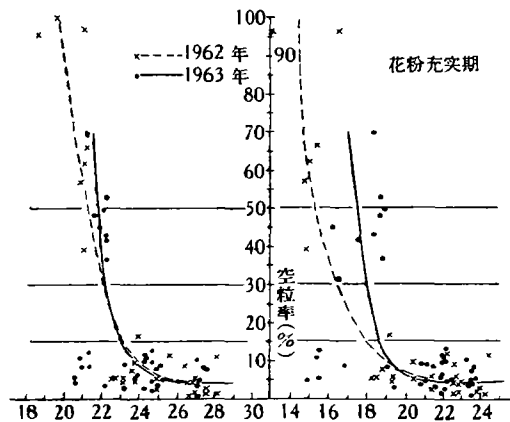


图 2 1962—1963 年晚稻空粒率与花粉充实期中温度的关系

程度即使有少量的增减,都能影响空粒率的急剧升降;反之在转折点以右,高温的增减,对空粒率的变化就不明显。这个转折点所在的温度,不论是减数分裂期或是花粉充实期,都是在平均日平均温度 23—24°C 之间,平均日最低温度 18—19°C 之间。

由于形成水稻空粒率的多少,除了气象条件是一个重要因素以外,其他如品种特性、栽培条件、病虫害程度等均能产生一定影响。本试验虽然对其他影响因素力求一致,但由于分期播植本身的缺陷,客观上仍难免避免综合性的影响。但是由图 1 及图 2 来看,仍然明显地反映出气温条件是影响水稻不实的主导因素。

根据生产上的反映,大田生产不实的严重程度可以用空粒百分率来表示。一般认为,空粒率在 10% 或以下是生产正常的;而当空粒率达到或超过 15% 时,为轻度的异常不实;当空粒率达到或超过 30% 时,则为中等异常不实,使晚稻产量遭受较大损失;而空粒率在 50% 以上则造成了严重的减产。我们应用这个标准来划分气温条件,得到以下初步结果(见表 5):

表 5 气温条件对晚稻异常不实程度的试验结果

异常不实程度	正 常		轻 度	中 等	严 重
减 数 分 裂 期	\bar{t}	$\geq 24^\circ\text{C}$	$\leq 23^\circ\text{C}$	$\leq 22^\circ\text{C}$	$\leq 21^\circ\text{C}$
	t'	$\geq 19^\circ\text{C}$	$\leq 18^\circ\text{C}$	$\leq 17^\circ\text{C}$	$\leq 16^\circ\text{C}$
花 粉 充 实 期	\bar{t}	$\geq 23.5^\circ\text{C}$	$\leq 23^\circ\text{C}$	$\leq 22.5^\circ\text{C}$	$\leq 22^\circ\text{C}$
	t'	$\geq 19^\circ\text{C}$	$\leq 18.5^\circ\text{C}$	$\leq 18^\circ\text{C}$	$\leq 17.5^\circ\text{C}$

表 5 主要以 1963 年试验结果来划分,因为这一年试验方法与一般生产水平比较接近。在 1962 年试验中,是在保证颖花的营养条件下鉴定的,这与生产上水足肥丰的一部分高产田状况近似,1962 年的试验结果是减数分裂期与花粉充实期两者曲线的位置几乎重叠一致,气温划分的数值与表 5 减数分裂期的数值基本相同。

2. 从 1963 年观察的无生命花粉率得到如表 6 的结果。从无生命花粉率计算其与大气温湿度的相关系数表明(见表 7),其结果与上述有相似情况。这就是说在减数分裂期

表 6 1963 年对无生命花粉率(%)的观察结果
(广州,石牌)

减数分裂期(日/月)	20/9	22/9	23/9	5/10	7/10	9/10	10/10	12/10	14/10	16/10	19/10	21/10	23/10
无生命花粉率(%)	3.5	2.4	1.2	2.8	5.3	2.5	1.7	4.0	1.6	3.3	5.4	15.1	6.8

表 7 1963 年无生命花粉率与大气温湿度的相关系数 (r)

时 段 \ 项 目	平均温度(°C)	日最低温度平均(°C)	平均相对湿度(%)
减数分裂期(前后三天)	-0.6698*	-0.7918**	-0.7289**
花粉充实期(分裂后五天)	-0.4217	-0.8045**	-0.1941
花粉完成期(开花前五天)	-0.2545	-0.2319	-0.3453

注: 1. 显著性测定 $P_{0.05}$ 时, $r = 0.5529$, $P_{0.01}$ 时, $r = 0.6835$,

2. 材料所处环境风速 ≤ 3 米/秒,故不作风的鉴定。

和花粉充实期中的低温条件,是形成无生命花粉率的主要因素,这两时段的低温条件抑制花粉的正常发育,使花粉变成畸形、无内容物、或即使外观形态完好但丧失发芽能力。水稻是自花授粉而结实的,颖花中无生命花粉百分率愈高,则开花时虽有良好环境条件,也因授粉无效而造成异常不实的结果。由此可以看出,减数分裂期至花粉充实期对低温之所以敏感,其原因是当此时正是花粉发育初期,花粉发育对低温敏感之故。

3. 1962年在田间测定的根伤流量结果(见图3),发现根伤流量多少与田间10厘米深处土温有显著的正相关(显著性测定 $n=160-2=158$, $P=0.01$ 时, $r=0.2540$)。当10厘米深处土温在 24°C 以上时,根伤流量随温度的增加而大幅度增加。在土温为 $20^{\circ}-24^{\circ}\text{C}$ 时是变化过渡阶段,当土温下降到 20°C 以下,根伤流量基本停止。可以认为这种情况和数值与上述大气温度影响空粒率的关系是配合的。而根伤流量的多少,是反映水稻植株后期体内的养分平衡和水分平衡。根系受土温的低温影响而降低其吸收能力,就使植株的营养状况受到了破坏,从而加剧了不实的增多。

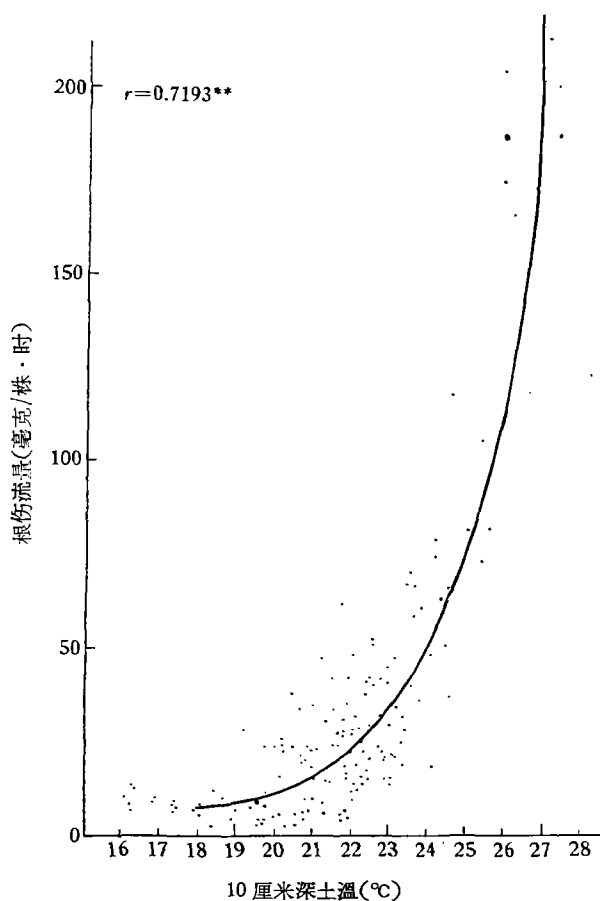


图3 1962年根伤流量与土温关系
(广州,石碑)

四、問題討論

1. 经研究表明,不良的气象条件造成空粒异常增加的主导气象因子是低温。水稻受害的关键时期是在花粉母细胞减数分裂期到花粉充实期。这一段时间内水稻的花粉正处在发育初期,对低温的抵抗力弱,低温的抑制作用很敏感。我们在试验中曾多次采集花粉进行显微镜下观察,凡在不良的气象条件下发育的花粉,有数量不等的畸型或发育不全的花粉粒发现,它们呈稜形、榄形、多角形或全无内容物的,还有些在外观上完好,但已丧失发育能力的花粉粒。反之,凡在良好气象条件下发育的花粉,则完全没有或极少出现上述现象。这也说明花粉不能正常发育是空粒产生的主要原因。

在试验中,花粉发育受害后所表现的穗花状态与生产实际所表现的情况是一致的。就是群众称为“间粒青”和“过冬青”。“间粒青”是稻穗中出现间有不实的青子,是稻穗中

一部分颖花受害所致。这种现象在本省北回归线以北的地方比较普遍。“过冬青”是全穗所有颖花均不实,这种现象在本省韶关以北或高寒山区中有出现,一般地区则罕见。但若一旦发生,便造成了严重的减产。在1954和1957年晚稻,粤北山区一些地方曾出现过“过冬青”,减产在百分之五十以上。

2. 在开花期受低温为害,造成异常不实,本省各地均有所反映,尤以本省北部为甚,在生产上常以开花期受害看作为主要受害时段。在本试验进行中也有看到在开花期遭遇过低温后,受害而使不实粒显著增加。如从1962年的大田观测资料(见表8)看到,在10月15日由于第一次强冷空气南下,气温急降,当天所开的花,出现空粒率明显增多。

表8 1962年大田观测中开花期受低温对空粒率的影响
(广州,石牌)

开花日期(日/月)	10/10	11/10	12/10	13/10	14/10	15/10	16/10	17/10	18/10	19/10
空粒率(%)	2.0	1.9	0.4	4.0	11.0	23.6	2.5	2.9	2.9	1.9
开花日平均气温(°C)	27.3	27.4	27.0	27.2	24.3	19.3	21.2	23.9	24.3	24.8
开花日最低气温(°C)	23.1	22.6	23.2	22.7	21.1	17.6	17.2	18.0	18.2	20.1

因此,开花期遭受低温,也会受害(参看表4)而使不实粒增多。本试验虽未能作出开花期受冷害的确切数据,但据估计,开花期受冷害的温度指标值可能比在减数分裂期受冷害的温度指标值要低,或者说,在相同的低温情况下,在开花期要比在减数分裂期受害程度轻。这是由于水稻开花的时间能自动选择,在一定范围内有自动调节作用。当环境条件恶劣时,甚至作闭花授粉。这种生理上的调节作用,对减少受害的可能性上有一定意义。而且在实际上,我们还多次看到在晴天的日平均温为20°C左右,最低温为13°C左右,最小相对湿度为35%时所开的颖花,后来变成空粒的情况并不多,仅开花的时刻比正常的推延。因此水稻受害的关键时段,仍应以减数分裂到花粉充实阶段为宜,虽然在生产上此时季节较早,遭遇受害低温的频率较小,但也有不少年份就是由于气候早冷而严重减产的。

3. 如前所述,空粒率与减数分裂期及花粉充实期的温度有显著的相关性,而与相对湿度关系较小(本试验对其他因子未作鉴定)。我们从试验结果初步定为:平均日平均温度为23°C,最低温度平均为18°C时作为轻度受害起点温度;平均日平均温度为22°C,最低温度平均为17°C时作为空粒异常增加达30%以上、在生产上是中等受害的温度;平均日平均温度为21°C,最低温度平均为16°C时作为严重受害临界温度。上述指标适用于籼稻中熟品种。

由于我省位于大陆的东南缘,热量虽然丰富,但当秋季冷空气南下时,常引起阵性降温。在我省北部地区,第一次较强冷空气,常在秋分前后来袭,少数年份还早在9月中旬出现。双季晚稻如果正处在花粉发育时期,就会遭受低温而异常不实,因此必须从减数分裂期可能出现低温的基础上来考虑品种引种、耕作季节及耕作制度的安排。又在我省东、西、北江等主要江河沿岸低洼地区,常因洪水退得迟,而不能在正常农事季节栽种晚稻,洪水退后,能否再种晚稻和应用哪些品种,也必需从这个时段的温度条件着眼,才有稳产的保证。此外,早稻的适当早植,除了烂秧的限制外,早稻减数分裂期时出现受害低温的可

能性也是要考虑的因素。还有象推行粳稻冬季栽培，早稻品种晚季种植(翻秋)及三熟连作稻区的第一造等等，其主要农业气象问题，也是穗期的低温影响。因此上述减数分裂期的受害指标，在生产上是有其实用意义的。

4. 开花后，能否形成饱满的谷粒，受开花后条件影响。本试验对半实粒的形成与气象条件的关系，进行了一些直接的观测和间接的测定。但是半实粒形成因子非常复杂。在气象条件不过分恶劣情况下，其他因子往往起主导作用。在单位营养充分条件下，抗性显著增强，因而未能测定直接相关数值，但从根伤流量与土壤温度的密切关系中，可知温度条件对半实粒的形成是有重要作用的。根伤流量是植株活力、吸收、运转功能的主要标志之一，因为根活力降低，会严重影响根系对肥水的吸收和运转，从而恶化稻株后期的营养状态，导致半实粒的形成。

参 考 文 献

- [1] 丁颖主编，中国水稻栽培学，81—94页，1961年。
- [2] 杨开渠等，双季晚稻抽穗开花期与结实率研究初报，农业学报，11(1960)，第2期。
- [3] 近藤赖己，水稻品种的冷害抵抗性に関する生理学的研究，农业技术研究所报告D第3号，昭和27年。
- [4] 野口弥吉，农学大事典，271—274页，1961年。
- [5] 李懋刚，水稻不实与低温的关系，天气月刊，1959年，第4期。

(本文于1965年5月15日收到，1965年11月25日收到修改稿)