

水稻品种光温生态研究*

刘振宇 冯思华 朱芳华

(农学系)

提 要

本文应用早晚季稻共77个品种采取人工和自然光长共15级处理,除1981年中季种植外,于1980~1987年早晚两季种植合共进行8年17季试验。结果表明,品种对日长反应实际存在有早稻的无感与弱感,晚稻的强感与极强感共4个类型;按品种对光温联应可分为无感光、弱到中感温、弱感光、中感温、强感光、中感温和极强感光、中到强感温四个类型。同时建立了各代表类型品种最优回归方程式;极强感光型具有严格的出穗临界日长,超过此日长不能抽穗;强感光型品种则随着叶龄增大对日长要求放宽。

关键词 水稻品种; 光周期; 光温联应

引 言

水稻品种光温生态研究,国内外已有大量报道,吴光南将中国800个品种对日长反应强弱划分为5大类型^[1,2]。水稻光温生态协作组^[3]将全国157个具有代表性地方品种对光温反应强弱分别都划为9个级别,并提出品种对光温的适应范围,短日高温生育期和光温反应型。梁光商研究晚稻出穗日数在幼穗分化到花粉母细胞形成期间,短日处理仍有明显促进作用^[4]。唐锡华认为夜温要求20℃以上才能顺利进行光照阶段^[5]。永井指出光温是共同作用的,称为“光温周期”。细井德夫^[6]、张文绪^[7]也证明不同类型品种对光温互作反应有不同特点。这些研究集中于国内传统品种或国外品种,而对近年推广的杂交水稻和常规矮秆良种的光温反应研究则报道很少。同时,有些试验忽略了光温联应或仅研究幼穗分化前通过光照阶段所需的配合温度。有些虽注意到了光温互作,但许多方面的研究还有待深入。另外,品种对光温反应在定性和定量上都要有个明确准则,才能为预测出穗期应用于生产打下理论基础。本研究探讨上述问题。

本文承吴灼年、黄超武教授、李乃铭、骆世明、陶安宏副教授审阅,并提出宝贵意见,特

此致谢!

1988年9月4日收稿

材料和方法

本研究是在北纬23°08'的广州市华南农业大学光温设置试验室进行。采用80年代推广的(对照种除外)早晚季稻共77个品种,包括人工控制光长8.0、10.0、10.5、11.0、11.5、12.0、12.5、13.0、13.5、14.0、15.0、18.0、21.0、24.0小时和自然光长共15级处理。长光区除自然光外,把台车推入暗室用白炽灯补足。加光的光照强度保持植株上部叶面层540勒克斯。短光区在白天达到计划日长后即推入暗室。除1981年中季种植外,1980~1987年早、晚两季种植总共进行8年17季试验。早中晚季播种日期分别为3月、5月、7月上旬,全部试验采用直播盆栽。在生育过程中调查出叶数、分蘖数、始穗、出穗、齐穗、黄熟期。收获后调查茎、叶、穗、粒性状。每年12月结束拔起未抽穗品种进行植株解剖,调查幼穗分化发育。设自记温度计测温并与广州市气象台资料相比较。

结果和分析

(一) 根据品种在不同日长下出穗日数划分为三类四型

1. 无感类型: 供试的早季稻全部早熟品种和早季稻部分中迟熟品种如团科占、广二104、协作69, 青二矮等都属这个类型。它们不管在早中晚季种植, 在8~24小时不同日长处理下, 从播种到出穗所需天数(以下简称出穗日数), 通过F试验, 均无显著性差异。详见表1。由于这些品种的发育对日长变化没有明显感应, 所以作者把它列为无感类型。

无感类型品种出穗日数的变化, 决定于种植季节气温的高低, 不受日长变化的影响。

2. 弱感类型: 除上述青二矮等几个品种外, 其余参试的早稻迟熟常规种和杂交稻种在早中晚季种植对日长都有一定程度的反应。即出穗日数从8~24小时各级日长处理下, 随着日长的延长而递增。详见表2。其中早稻迟熟品种出穗日数的递增比中迟熟品种对日长变化反应稍强、变幅较大。但总的来看仍属弱感类型。

由于这类品种的发育对日长变化有感应, 但感应不强, 所以划为弱感类型。这类品种出穗日数对日长变化的反应是直线型的。其代表品种直线回归方程式如下:

x : 日长(小时) y : 出穗日数

杂交稻

$$\text{汕优2号} \quad \hat{y} = 41.59 + 4.18x \quad R = 0.8574^{**}$$

常规稻

$$\text{梅非早3号} \quad \hat{y} = 54.28 + 2.73x \quad R = 0.9543^{**}$$

$$\text{桂朝2号} \quad \hat{y} = 79.36 + 1.48x \quad R = 0.9375^{**}$$

$$IR_8, \quad \hat{y} = 41.90 + 3.64x \quad R = 0.7663^{**}$$

上述4个代表品种的直线回归方程中, 杂交水稻汕优2号的感光性比3个常规种都强, 即日长增加1小时, 汕优2号出穗期推迟4.18天, 而后3者只分别推迟1.48天、2.73天和3.64天。在3个常规品种中, 则来自低纬度菲律宾的迟熟种IR8对日长反应较强, 具有菲律宾稻种遗传基因的梅非早3号其次, 中迟熟种桂朝2号较弱。

3.敏感类型: 所有参试晚稻品种, 不论在早中晚季种植, 于8—24小时日长处理下, 都有一个明显的出穗临界日长(出穗最长日长), 超过这个日长, 就不能出穗。但品种间出穗临界日长不同, 它们依早熟、中迟熟、迟熟类型顺序由较长日到短日变动, 如晚季种植的由13.5—12.5小时变动。

再从晚稻品种在各级日长处理下的出穗日数来看, 在短于出穗临界日长范围内, 也是随着日长的延长而增加, 并且递增率大。这种现象说明, 敏感型晚稻品种的感光性首要表现在出穗临界日长, 同时, 也表现在比早稻品种对日长变化及反应程度的明显增强。

根据上述晚稻各类型品种在早中晚季各级日长下出穗表现的特点, 作者将敏感类型品种再划分为强感型和极强感型两亚类。详见表3。

(1) 强感型: 品种在晚季种植时只有一个明显的出穗临界日长, 超过这个日长就不能出穗。品种在早季或中季种植时, 虽然也有一个出穗临界日长, 但这个临界日长要比在晚季种植的临界日长增长, 而且超过此日长后虽然不能出穗, 但在24小时不断光照处理下则又出穗, 且出穗日数反比15小时或14小时的减少。此种情况, 我们过去已有道报^[9], 当时曾怀疑是否偶然现象, 但经过多年反复试验结果都很一致。这种情况的发生是与叶龄期有关, 即随着叶龄的增大, 对日长的反应越放宽。本试验结果, 这类品种在出穗临界日长12.5小时以上到15小时, 叶龄17叶以上, 只要具备较高温度条件, 可以出穗。在24小时不断光照下, 品种对日长要求更宽, 都可出穗。这类型品种多属晚稻早熟种和中迟熟种, 已如上述, 在临界日长范围内, 随着日长增加, 出穗延迟日数和延迟率都增大。代表品种秋白早和二白矮的曲线回归方程式:

x : 日长(小时) 8—24时, y : 出穗日数

$$\text{秋白早: } \hat{y} = 1270.65 - 296.28x + 22.32x^2 - 0.494x^3 \\ R = 0.9168^{**}$$

$$\text{二白矮: } \hat{y} = 1338.44 - 318.77x + 24.49x^2 - 0.551x^3 \\ R = 0.8996^{**}$$

(2) 极强感型: 品种不论在早中晚季种植, 都保持一个固定的明显的出穗临界日长, 超过临界日长, 尽管叶龄高达30片叶, 且具有高温条件, 仍不能抽穗。我们每年都将这类品种的植株进行解剖镜检, 发现有些仍处在营养生长阶段, 有些虽已分化, 但幼穗发育停留在第一次枝梗原基分化期到雌雄蕊形成期, 都不能出穗。可见这类品种比强感类型品种感光性更强, 参试的学农1号和金凤雪、深水莲等农家传统品种都属于这个类型。代表品种学农1号曲线回归方程式如下:

$$\hat{y} = 13.553e^{0.1566x} \quad R = 0.667^{**} \quad (10-13.5\text{小时})$$

(二) 品种对光温的联应

水稻品种在短日高温下促进发育，提早抽穗，相反，推迟发育，延迟出穗。前面分析了品种对日长的反应，现分析品种对日长和温度的联应。

将本试验资料整理，按品种对光温联应表现，划分下面四个光温联应类型。

1. 无感光弱到中感温类型

这类品种的出穗日数受日长的影响极微，日长与温度互应也弱，只有温度高低决定出穗日数。这类品种包括参试全部早稻早熟品种和部分中迟熟品种。其代表品种广陆矮

4号的回归方程为： $\hat{y} = 123.3 - 1.9586x \quad R = 0.6268^{**}$

y 出穗日数 x_1 日平均温度 ($^{\circ}\text{C}$)

2. 弱感光中感温类型

这类品种感光性弱，感温性中等。本类型包括大多数早稻中迟熟品种。现以桂朝2号代表中迟熟品种，IR8代表迟熟品种，汕优2号代表杂交稻，建立下列方程式：

y 出穗日数 x_1 ：日长 (hr) x_2 ：日均温 ($^{\circ}\text{C}$)

桂朝2号：

$$\hat{y} = 181.946 + 1.433x_1 - 4.506x_2 \quad R = 0.9356^{**}$$

汕优2号

$$\hat{y} = 114.036 + 4.279x_1 - 3.221x_2 \quad R = 0.9241^{**}$$

IR8

$$\hat{y} = 136.897 + 3.454x_1 - 3.568x_2 \quad R = 0.8943^{**}$$

方程说明，当温度一定时，日长每增加1小时桂朝2号推迟抽穗1.43天，当日长不变时，日均温升高1 $^{\circ}\text{C}$ ，抽穗提早4.5天。而汕优2号与IR8，当品种日长增加1小时或日均温上升1 $^{\circ}\text{C}$ ，出穗期相应延迟或提早3~4天。

3. 强感光中感温类型

这类型品种为绝大多数参试的晚稻早中迟熟品种，现以秋白早、二白矮为例建立方程式：

秋白早

$$\hat{y} = 3.854 + 15.969x_1 - 4.054x_2 \quad R = 0.7569^{**}$$

二白矮

$$\hat{y} = 28.2695 + 10.9697x_1 - 2.5866x_2 \quad R = 0.6986^{**}$$

上面二个方程式，当温度一定，日长增加1小时，出穗日数明显推迟10~16天，感光性强。当日长不变时，气温上升1 $^{\circ}\text{C}$ ，提早出穗3~4天，感温性中。

4. 极强感光中到强感温类型

表 1 无感类型代表品种在不同日长、不同季别种植的出现日数。

	品 种	日 长 处 理 (时数)															
		自然	8.0	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	15.0	18.0	21.0	24.0	
早 季 种 植	广陆矮4号	81.3	80.8	80.3	77.5	78.7	82.0	79.0	80.8	82.3	79.5	79.5	82.7	80.0	79.0	83.0	
	团科占	100.0	106.0	102.0	-	-	-	-	100.0	-	-	-	103.0	-	-	-	
	青二矮	98.0	-	95.0	93.5	95.5	95.0	95.0	95.0	92.5	93.0	91.0	91.5	-	-	94.5	
	广二104	98.0	-	99.5	92.5	99.5	99.5	95.5	99.0	95.0	92.5	93.5	99.5	-	-	97.0	
	协作69	105.0	-	104.5	102.5	102.0	103.5	102.5	101.0	100.5	100	102.5	103.5	-	-	100.0	
中 季 种 植	广陆矮4号	65.0	-	64.0	60.0	63.0	62.0	65.0	62.0	62.0	61.0	61.0	62.0	-	-	64.0	
	青二矮	76.0	-	74.0	74.0	77.0	76.0	82.0	74.0	75.0	75.0	75.0	74.0	-	-	79.0	
	广二104	78.0	-	75.0	78.0	77.0	78.0	84.0	74.0	76.0	76.0	75.0	80.0	-	-	79.0	
	协作69	91.0	-	84.0	78.0	84.0	84.0	84.0	78.0	79.0	82.0	79.0	84.0	-	-	82.0	
	广陆矮4号	66.3	72.8	70.3	69.5	65.0	65.0	70.0	72.3	68.7	67.0	68.5	70.7	-	-	71.3	
晚 季 种 植	团科占	80.0	82.0	76.0	-	-	-	-	74.0	-	-	-	80.0	-	-	-	
	青二矮	70.0	-	69.5	70.0	70.0	78.0	72.0	69.5	68.0	68.5	67.5	68.0	-	-	74.5	
	广二104	74.0	-	74.5	75.5	75.5	75.0	72.5	71.5	70.0	71.5	73.0	75.0	-	-	76.0	
	协作69	80.0	-	78.5	80.0	78.0	77.5	79.0	76.6	76.0	75.5	79.0	78.5	-	-	76.5	

* 各品种F测验之F值均小于1, 无显著差异。

表 2 别感类型代表品种在不同日长、不同季别的出穗日数

	品种	日 长 处 理 (时数)																
		自然	8.0	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	15.0	18.0	21.0	24.0		
早 季 种 植	桂 朝 2 号	101	92	93.3	95	94.7	95.5	94	95.3	99.3	100.5	101	103.8	112	110	111.3		
	七 桂 早	99	93	87	-	-	-	-	94	-	-	-	105	-	-	-		
	汕 优 2 号	103	82.5	81	-	86	-	86	86	95	-	105	110.5	-	-	-		
	青 化 桂 朝	102.5	92	91.5	-	92	-	93	92	98	-	103	104	-	-	-		
中 迟 熟	IR _s	107.8	96	88.5	88.5	88.8	88.5	90.7	96.5	103	106	110.3	115	123	124	124		
	广二矮5号	116	-	87	87	88	89.5	92.5	97	105.7	110	110	112.3	115	119	120.7		
	桂 朝 2 号	85	-	71	69	73	72	76	75	79	80	85	87	-	-	89		
中 季 种 植	IR _s	96	-	67	67	67	69	75	78	86	89	92	101	-	-	119		
	广二矮5号	97	-	64	71	68	67	73	76	88	86	91	105	-	-	101		
	桂 朝 2 号	80.5	80	74	69.5	68	70.5	70	74	67	76	79	84	84	-	85.3		
晚 季 种 植	七 桂 早	70	68	64	-	-	-	-	68	-	-	-	80	-	-	-		
	汕 优 2 号	83	64	62.5	-	61	-	68	72	76	-	82	88.3	91	-	99		
	青 化 桂 朝	74.5	69	65.5	-	70	-	72	68	74	-	89	84	-	-	-		
	IR _s	84.4	66	69.8	73.5	68.3	72	73.3	78.3	80	89	87.3	101.2	106	-	117		
迟 熟	广二矮5号	85.7	-	79.5	74.5	76.3	75	77	83	82.7	90.5	89.5	101	106	-	115.5		

表3 敏感型代表品种在不同日长、不同日照时数的出穗日数

季 别	感 光 性	类 型	品 种	日 长 处 理 (时数)														
				自然	8.0	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	15.0	18.0	21.0	24.0
早 季 种	强 感 型	早 熟	秋白早8号	154.8	80.4	74.3	79	71.3	76	79.3	88.7	110.8	121.5	157	213.6	-	-	186.3
		广塘矮	179.5	77	77	78	74.8	77	80	89	120	139.5	•	•	•	•	222.5	
	迟 熟	钢化青兰	-	78	76	-	-	-	-	90	-	-	-	-	232	-	-	-
		包选2号	196.8	75	77.3	81	75.7	80	81.5	89.5	145	138	172.5	192	-	-	181.5	
		二白矮	197.8	77	74.3	74.5	73	75	75	88.8	136.5	149.5	210	190	-	-	178	
中 季 种	强 感 型	早 熟	青华矮6号	212	80	78	-	-	-	-	96	-	-	•	-	-	-	
		六优30	-	86	72	-	-	-	-	78	-	-	-	267	-	-	-	
	迟 熟	学农1号	192	82	82	83	82.3	84.5	95.7	104.7	131.5	151.5	•	•	•	•	•	
		秋白早8号	133	-	52	50	53	55	62	70	84	111	145	•	-	-	178	
		广塘矮	137	-	55	54	56	57	61	70	92	140	185	•	-	-	204	
晚 季 种	强 感 型	早 熟	包选2号	147	-	56	55	56	55	62	74	112	158	176	181	-	-	114
		二白矮	153	-	59	53	54	55	63	81	117	178	•	•	-	-	147	
	迟 熟	学农1号	143	-	65	59	62	62	75	83	109	180	•	•	-	-	•	
		秋白早8号	78.6	52.8	46.6	46	48	46.5	57.7	63.7	77.3	106.5	•	•	•	-	•	
		广塘矮	78.3	61	52.7	48.5	53.3	52.5	58	64	78.5	117	152.5	•	•	-	•	
晚 季 种	强 感 型	早 熟	钢化青兰	94.5	54	51	-	50	-	-	68	140	-	-	•	-	•	
		包选2号	96	56.5	52.3	47	53.3	51	62.5	69.5	117.7	•	•	•	-	-	•	
	迟 熟	二白矮	97.5	57.6	52	46.5	51.5	49.5	60.3	89.8	128.8	•	•	•	-	-	•	
		青化矮6号	100	53	50	-	-	-	-	65	-	-	-	-	•	-	-	
		六优30	103	59	57	-	-	-	-	62	-	-	-	-	•	-	-	
晚 季 种	强 感 型	早 熟	钢化二白矮	93	-	-	-	50	-	-	-	147	-	-	•	-	•	
		学农1号	87	59	53.3	53	54.8	54	64.7	77.3	91	•	•	•	-	-	•	

•表示没有出穗

属这类型的主要是农家传统老品种如金凤雪、深水莲和从变异株育成的学农1号,它们具有一个固定和严格的出穗临界日长,超过此日长,不论气温高低和叶龄大小都不能出穗。日长对出穗起决定性作用。

但在短于出穗临界日长范围以内,则光温对这类品种共同起作用。现以学农1号为例,建立光温联应回归方程式如下。

$\hat{y} = 55.868 + 13.098x_1 - 4.737x_2$, $R = 0.7504^{**}$ 方程说明,温度一定,日长增加1小时,出穗日数明显推迟13天。当日长不变时,气温上升1℃,提早出穗4~5天。可见,在短于出穗临界日长内,光温联应类似第三类型。

讨 论

1. 本文确定珠江三角洲八十年代以来推广品种日长反应有早稻“无感”和“弱感”、晚稻有“强感”和“极强感”4个类型。4个类型对日长的反应具有明显的不同特性。即“无感”类型对日长没有显著感应;弱感类型在日长增减1小时,出穗日数有1~4天变动,两者都没有出穗临界日长。强感类型和极强感类型都具有出穗临界日长,但强感类型出穗临界日长不固定,不严格,叶龄17以上在长日下可以抽穗,而极强感类型则具有固定和严格的出穗临界日长,超过此限,即使叶数长到30叶仍然不能抽穗,甚至幼穗不能分化。这些比前人所提的晚稻感光性均强,早稻均弱^[1],或把华南晚稻感光性列入极强,早稻列入极弱类型^[2]而有所深入。原因有二,一是过去采用传统品种,而现为矮秆高产常规稻和杂交稻,二是8年17季试验,时间长,样本大,数据多,多年重复,加上采用计算机进行回归处理要比应用绝对抽穗天数多少^[2]或相对出穗促进率(或延迟率)为依据的分组法^[1]误差要小,对客观规律的揭示比以往较为深入。

2. 本研究的另一建议是按供试品种光温联应的特性,划分为四大类型:(1)无感光弱中感温型。早稻早熟品种和少量中迟熟品种属之。(2)弱感光中感温型。早稻中迟熟品种属之。(3)强感光中感温型。晚稻早熟、中迟熟品种属之。(4)极强感光中感温型。晚稻农家传统老品种和从其变异株中选育品种属之。这种分类与过去按“三性”或“两性一期”组合法^[1]或光温互作分类法^[4]不同是基于两点认识,一是品种对日长与温度的反应不能分割,二是本试验回归处理结果光温联应相关极显著,而互作却不明显。

3. 根据我们对品种光温联应分析,明显可见,从早稻早中迟熟品种到晚稻早中迟熟品种,对日长反应由无感到极强感的连续性变异。品种的感温性总的趋势也是由弱到强,但个别品种有差异。

4. 建立了各类型品种光温反应方程式

各类型品种对日长反应通式,除无感型外有:(1)弱感型 $\hat{y} = a + bx$, (2)强感型 $\hat{y} = a - bx + cx^2 - cx^3$, (3)极强感型 $\hat{y} = ae^{bx}$ (抽穗临界日长内)。品种对光温联应通式: $\hat{y} = a + bx_1 - cx_2$ 其中 $\hat{y}$: 出穗日数, x , x_1 : 日长(小时) x_2 : 温度(℃)

以上各式不仅反映了各类型品种光温反应性质,而且从数量上显示了反应的强弱。这些方程式用于预测品种出穗期,由于它们综合了日长温度联应,就比单纯用积温法测定“弱感光中感温”的早稻中、迟熟品种类型来得准确。对于积温法无法测定的“强感光中感温”和“极强感光中感温”晚稻类型品种,通过品种光温联应方程式则可准确求出。因此,对于生产上良种搭配、引进、杂交育种亲本和杂交水稻三系制种花期相遇、轮作制度,翻春翻秋栽培、插植期决定等都有一定的参考作用。

引用文献

- [1] 水稻光温生态协作组.中国水稻品种光温生态.北京:科学出版社,1978: 1—154
- [2] 吴光南.华东农业科学通报,1957; 8: 367—382
- [3] 吴光南.作物学报,1963; 2(2): 147—158
- [4] 张文绪.北京农大学学报,1987; 13(2): 141—150
- [5] 唐锡华等.作物学报,1964; 8(3): 284—293
- [6] 梁光商.刘振宇.作物学报,1983; 9(3): 157—164
- [7] 梁光商主编,水稻生态学,北京:农业出版社,1983: 134—157
- [8] Vergara, B. and T. T. Chang, The flowering response of the rice plant to photoperiod. third edition, IRRI, 1976
- [9] 细井德夫, Proc. Crop Sci. Soc., Japan, 1975, 44(4): 382—388

STUDIES ON THE DAYLENGTH AND TEMPERATURE ECOLOGICAL TYPES
OF RICE CULTIVARS

Liu Zhenyu

Feng Sihua

Zhu Fanghua

(Department of Agronomy)

ABSTRACT

Seventy seven current cultivars, including early-crop and late-crop types, were subjected to 15 treatments of natural and artificial daylength ranging through 8.0, 10.0, 10.5, 11.0, 11.5, 12.0, 12.5, 13.0, 13.5, 14.0, 15.0, 16.0, 17.0, 18.0, 19.0, 20.0, 21.0, 22.0, 23.0, 24.0 hours for 17 seasons within 8 years in 1980-1987. Data were treated statistically by means of the computer. Thus, according to their photoperiod qualities, the current rice cultivars could be divided into 4 types, insensitive type, weakly sensitive type, strongly sensitive type, extremely sensitive type; and considering daylength and temperature together, could be divided into 4 types too, 1. the daylength sensitive and temperature weakly to moderately sensitive type, 2. the daylength weakly sensitive and temperature moderately sensitive type, 3. the daylength strongly sensitive and temperature moderately sensitive type, 4. the daylength extremely sensitive and temperature moderately to strongly sensitive type. In addition, regression equations of the representative type cultivars were established. The daylength extremely sensitive type had a strictly critical daylength. With increased leafage, the daylength strongly sensitive type became less stringent in its heading daylength.

Key words, Rice cultivars; Photoperiod; Daylength and temperature ecotype