

两系杂交稻制种的气候适应性研究*

邓芳萍¹⁾ 姚克敏²⁾ 苏高利³⁾

¹⁾ (杭州市气象局,浙江 310008)

²⁾ (南京气象学院环境科学系,江苏 210044)

³⁾ (浙江省气象科学研究所,杭州 310008)

摘 要

研究两系杂交稻的首要不育系——培矮64S制种的气候适应性,一方面可为两系杂交稻的生产提供决策参考,另一方面也可为其它不育系的研究提供借鉴。分析气候适应性时,首先利用播种—抽穗天数及其对应的气象资料,建立发育期模型;然后利用自交结实率资料及其对应的气象资料建立育性量化模型,并求出育性转换的光温指标;最后将我国稻区35个站点42年(1951~1992年)的气象资料代入发育期模型,求出各站点的可能出穗持续期(最早出穗期—最晚出穗期的历期),对比育性转换的光温指标,确定培矮64S在80%、90%和95%保证率下连续不育(可育)的初、终日,将连续不育期作为生产杂交稻种子的季节,将连续可育期作为繁殖培矮64S的季节。结果显示:培矮64S仅能在海南岛及云贵高原中低海拔地区自交繁殖;而在东北、云贵高原以外的稻区,培矮64S均可用于生产两系杂交稻的种子,各稻区制种季节的长短、起止日期与种植地的纬度、海拔高度相关。

关键词:两系杂交稻 培矮64S 育性转换光温指标 繁殖 制种

引 言

某些水稻品种在短日低温条件下能正常结实(可育);但在长日高温条件下花粉发育异常,不能结实(不育);这些水稻品种被称为“水稻光温敏雄性不育系”,“S”(sterile line 不育系)用以标识这一类水稻品种,如培矮64S、农垦58S等。两系杂交稻利用水稻光温敏雄性不育系在不同光温条件下会发生育性转换的特性,在短日低温条件下自交,繁殖不育系的种子;在长日高温条件下接受其它水稻品种的花粉,生产杂交稻种子,实现一系两用。实践证明,与三系法杂交稻相比,两系法具有配组自由,可利用籼粳亚种间的优势,制种周期短、成本低等特点。利用两系杂交稻,可更快地选育出产量更高、品质更好的杂交稻组合,但是水稻光温敏不育系的育性受环境条件的控制,因而两系杂交稻的繁殖和制种过程都受到时、空条件的制约。

目前两系杂交稻的生产中,应用范围最广、推广面积最大、审定组合最多的主导不育系是培矮64S。本文利用培矮64S的多年分期播种资料,以及1951~1992年全国35个测站的逐日平均气温资料,对培矮64S的生育期特性、育性转换的光温指标及其繁殖、制种季节规律进行分析,以期在两系杂交稻生产提供决策参考,同时也为其它不育系的研究

* 2001-10-31 收到,2002-08-05 收到修改稿。

提供借鉴。

1 资料和方法

1.1 资料来源

分析所用的生物学资料取自国家 863 计划两系杂交稻研究项目“新育成水稻光温敏不育系生态适应性联合鉴定”,包括(详见表 1):①南京、武汉、长沙、贵阳、三亚 5 个测站 7 年共 141 期播种—始穗期资料;②南京、武汉、贵阳、三亚 4 个测站 7 年共 552 个自交结实率资料。

气象资料包括:(1)与生育期、套袋结实率相应的逐日平均气温资料、逐日日长资料;本研究的日长均采用理论日长,计算公式如下:

$$D = \frac{4}{15} \arcsin \sqrt{\frac{\sin(45^\circ + \frac{\varphi - \delta + r}{2}) \sin |45^\circ - \frac{\varphi - \delta + r}{2}|}{\cos \varphi \cos \delta}}$$

其中, D 为逐日理论日长, φ 、 δ 分别为测站纬度和太阳赤纬, r 为常数 ($r = 34'$)。(2) 35 个测站(沈阳、大连、济南、郑州、汉中、上海、北京、徐州、东台、南京、合肥、杭州、衢县、温州、南昌、赣州、福州、宜昌、武汉、长沙、芷江、汕头、广州、桂林、百色、梧州、南宁、成都、重庆、贵阳、昆明、思茅、腾冲、三亚、海口)42 年(1951~1992 年)逐日平均气温和日长资料。

表 1 分析使用的生物学资料

| 站点 | 纬度 (°N) | 高度 (m) | 播种—始穗期 | | 自交套袋结实率 | |
|----|------------|-----------|---------------------|--------|---------------------|--------|
| | | | 资料年限 | 样本数(个) | 资料年限 | 样本数(个) |
| 南京 | 32°00′ | 8.9 | 1992,1993,1995,1998 | 31 | 1992,1993,1995,1998 | 177 |
| 武汉 | 30°38′ | 23.3 | 1991,1997,1998 | 25 | 1991,1997,1998 | 100 |
| 长沙 | 28°12′ | 44.9 | 1991 | 14 | - | - |
| 贵阳 | 26°35′ | 1071.2 | 1997,1998 | 9 | 1997,1998 | 35 |
| 三亚 | 18°38′ | 13.9 | 1995~1998 | 62 | 1995~1998 | 240 |
| 合计 | | | | 141 | | 552 |

1.2 分析方法

(1) 用播种—始穗的生育期资料及其对应的光温资料,采用水稻钟模型模拟培矮 64S 的发育期。

(2) 用套袋自交结实率资料及其对应的光(日长)、温度敏感期内的光温资料,采用育性量化模型,计算诱导培矮 64S 不育(自交套袋结实率 $\leq 1\%$)的光温组合指标。

(3) 在上述基础上,结合各站的多年气温、日长资料,计算培矮 64S 在不同保证率下连续不育期和连续可育期的初终日及持续天数。并以此为根据,分析培矮 64S 在各站点的安全繁殖、制种季节。

2 生育期模型

本文利用南京(1992,1993,1995,1998 年)、武汉(1991,1997 年)、贵阳(1997 年)、长

沙(1991年)和三亚(1995,1996,1997,1998年)5个试点共127个播种—始穗期资料及其对应的逐日光温资料,采用水稻钟模型模拟培矮64S的播始天数随日长、温度的变化^[1],将1998年在贵阳、武汉两试点的14期播种—始穗期资料留作检验模型,钟模型如下:

$$\frac{1}{n} = e^K \left| \frac{\bar{T} - T_L}{T_0 - T_L} \right|^P \left| \frac{T_H - \bar{T}}{T_H - T_0} \right|^Q e^{G(\bar{D} - D_0)} \quad (1)$$

式中, n 为播种—始穗天数; \bar{T} 为培矮64S播种—始穗期间的平均气温; T_H 为培矮64S发育的上限温度,取40.0℃; T_L 为培矮64S发育的下限温度,取13.0℃; T_0 为培矮64S发育的最适温度,取30.0℃; \bar{D} 为培矮64S播种—始穗期间的平均日长; D_0 为培矮64S发育的临界日长,取13.0h; K, P, Q, G 为模型参数, $K = -4.2274, P = 1.0094, Q = 0.2706, G = -0.1931$ 。

参数 K 不变,对式(1)的参数 P, Q, G 进行调整,求出使式(2)中的回归误差 S 最小的 P, Q, G 值。

$$S = \sum_{j=1}^{N_j} \left| 1 - e^K \left| \frac{T_i - T_L}{T_0 - T_L} \right|^P \left| \frac{T_H - T_i}{T_H - T_0} \right|^Q e^{G(D_i - D_0)} \right|^2 \quad (2)$$

式(2)中, N_j 为发育期样本数(本文的样本数为127), T_i, D_i 分别为逐日平均气温和日长,其余变量同式(1),经调试后的模型参数如下: $K = -4.2274, P = 0.6564, Q = 0.0032, G = -0.221$,复相关系数 $R = 0.891$ 。

将调整后的参数和播种后的逐日平均气温和日长代入式(3),满足 $N=1$ 的 n 值即为水稻品种的播种—始穗天数。

$$N = \sum_{i=1}^n e^K \left| \frac{T_i - T_L}{T_0 - T_L} \right|^P \left| \frac{T_H - T_i}{T_H - T_0} \right|^Q e^{G(D_i - D_0)} \quad (3)$$

用模型模拟1998年培矮64S在贵阳、武汉两试点的播种—始穗天数,检验模型效果。模拟值与实测值的绝对误差小于5天,证明模型模拟效果比较理想(见表2)。

表2 利用模型预报1998年培矮64S在武汉、贵阳的播种—始穗天数

| 武汉 | | | | 贵阳 | | | |
|---------------|------------|------------|-------------|---------------|------------|------------|-------------|
| 播种日期 (月/日) | 实测值 (d) | 模拟值 (d) | 绝对误差 (d) | 播种日期 (月/日) | 实测值 (d) | 模拟值 (d) | 绝对误差 (d) |
| 4/15 | 91 | 92 | 1 | 4/20 | 104 | 108 | 4 |
| 4/30 | 85 | 89 | 4 | 4/30 | 101 | 106 | 5 |
| 5/11 | 84 | 85 | 1 | 5/10 | 102 | 105 | 3 |
| 5/20 | 80 | 81 | 1 | 5/20 | 100 | 101 | 1 |
| 5/30 | 79 | 77 | 2 | 5/30 | 102 | 101 | 1 |
| 6/10 | 77 | 75 | 2 | | | | |
| 6/20 | 79 | 74 | 5 | | | | |
| 6/30 | 77 | 73 | 4 | | | | |
| 7/10 | 75 | 74 | 1 | | | | |

3 育性量化模型

育性量化模型是依据培矮64S的自交结实率与育性敏感期的温度、日长分别呈抛物

线和对数曲线关系为基础提出的^[2,3,4]。其模型通式如下:

$$P = P_0 \left[\frac{\bar{T} - T_L}{T_0 - T_L} \right]^A \left[\frac{T_H - \bar{T}}{T_H - T_0} \right]^B e^{C(\bar{D} - D_0)} \quad (4)$$

式中, P 为育性敏感期的平均温度为 \bar{T} , 日长为 \bar{D} 时的自交结实率; P_0 为实际观测到的培矮 64S 的最大自交结实率; T_H 为不育临界高温; T_L 为可育的临界低温; T_0 为育性恢复的最适温度; D_0 为育性恢复的最适日长; \bar{T} 、 \bar{D} 分别为育性敏感期的平均温度和平均日长; A 、 B 、 C 为待定参数。

利用培矮套袋自交结实率资料及其温度敏感期(穗前 10~20 d)的平均温度和日长敏感期(穗前 15~30 d)的平均日长拟合培矮 64S 的量化模型, 参数如下:

$$P_0 = 45.5\%, \quad D_0 = 10.15 \text{ h}, \quad T_0 = 21.12 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_L = 18.48 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_H = 26.36 \text{ }^\circ\text{C}, \quad A = 0.7118, \quad B = 0.6756, \quad C = -1.0776$$

复相关系数 $R = 0.514$, 样本数 $N = 211$ 。

如果将自交结实率 $\leq 1\%$ 视为不育系不育的标准, 将模型参数代入式(4), 以 0.1 h 为步长, 分别计算日长为 11.0~14.0 h 时不育临界温度, 即可得出培矮 64S 的育性转换光温指标(表 3)。

表 3 培矮 64S 不育(自交结实率 $\leq 10\%$)的光温组合指标

| 日长(h)/温度(°C) | 结实率(%) | 日长(h)/温度(°C) | 结实率(%) | 日长(h)/温度(°C) | 结实率(%) |
|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|
| 11.0/26.34 | 0.89 | 12.1/26.23 | 0.98 | 13.1/25.65 | 1.00 |
| 11.1/26.34 | 0.80 | 12.2/26.21 | 0.97 | 13.2/25.51 | 1.00 |
| 11.2/26.33 | 0.95 | 12.3/26.18 | 0.98 | 13.3/25.33 | 1.00 |
| 11.3/26.33 | 0.86 | 12.4/26.15 | 0.97 | 13.4/25.11 | 1.00 |
| 11.4/26.32 | 0.94 | 12.5/26.11 | 0.98 | 13.5/24.83 | 1.00 |
| 11.5/26.31 | 0.98 | 12.6/26.06 | 0.99 | 13.6/24.44 | 1.00 |
| 11.6/26.30 | 1.00 | 12.7/26.01 | 0.98 | 13.7/21.12 | 0.99 |
| 11.7/26.29 | 0.99 | 12.8/25.94 | 0.99 | 13.8/21.12 | 0.89 |
| 11.8/26.28 | 0.98 | 12.9/25.86 | 0.99 | 13.9/21.12 | 0.80 |
| 11.9/26.27 | 0.95 | 13.0/25.77 | 0.99 | 14.0/21.12 | 0.72 |
| 12.0/26.25 | 0.97 | | | | |

4 气候适应性分析

在我国稻区, 水稻生长季内温度与日长变化基本同步。在水稻生长季前期, 气温偏低, 日长偏短, 有利于不育系自交结实, 培矮 64S 若能在此时进入育性敏感期, 就具有春繁的条件, 形成第一可育期。在生长季中期, 气温上升, 日长延长, 有利于育性由可育转为不育, 培矮 64S 若能在此时进入育性敏感期, 就具有夏(秋)制的条件, 形成一个稳定不育期。在生长季后期, 气温又开始降低, 日长由长变短, 育性又可能由不育转向可育, 形成可能秋繁的第二可育期。从理论上讲, 培矮 64S 在水稻生长季内具有第一可育期→不育期→第二可育期的基本规律, 但受水稻生长季长度及生长季内光温条件的影响, 只有在纬度较低的地区(如海口、三亚等)培矮 64S 才表现出这种规律。

4.1 可能出穗持续期

利用培矮 64S 的发育期模型和各站的历年逐日光温资料,计算各站的可能出穗持续期(最早出穗期—最晚出穗期的历期),作为该站分析不育期和可育期的时间幅度依据。

最早出穗期的确定方法如下:(1)以 80%保证率稳定通过 12℃的初日作为该地的最早播种日期;(2)将多年逐日光温资料代入培矮 64S 的发育期模型,计算各年的播—始天数及出穗日期;(3)以 80%保证率的出穗日期,作为该地的最早出穗期。

最晚出穗期采用 80%保证率连续 3 天日平均温度 ≤ 20 ℃作为指标。

海口、三亚两地的出穗持续期为 80%保证率连续 3 天日平均温度 ≥ 20 ℃的持续时间。

计算结果表明,培矮 64S 不能在东北单季稻区、西南高原单双季稻区的中高海拔地区正常抽穗;但在其它稻区均可正常生长,其出穗持续期为 27 d(贵阳)—292 d(三亚)。

4.2 可能出穗持续期间的育性表达

利用测站的逐日温度和日长资料,计算可能出穗持续期出穗的培矮 64S 在温度敏感期、日长敏感期的平均温度和日长,对照表 3 列出的育性转换光温指标,即可算出培矮 64S 的历年逐日育性表达状况(可育或不育)。例如,南京的可能出穗持续期为 7 月 30 日—9 月 20 日。在 1951 年 7 月 30 日出穗的培矮 64S,其育性温度敏感期为 1951 年 7 月 11 日—7 月 20 日,日长敏感期为 1951 年 6 月 30 日—7 月 15 日。统计结果显示这两个时段的平均温度和平均日长分别为 24.4℃和 14.0 h。由表 3 中可知,当日长 > 13.7 h 时培矮 64S 均表现为不育。所以判定南京 1951 年 7 月 20 日出穗的培矮 64S 不育。又如 1951 年 9 月 18 日在南京出穗的培矮 64S,其敏感期内的平均温度为 25.65℃,平均日长为 12.8 h。由表 3 可知在 12.8 h 日长下,培矮 64S 的育性转换温度为 25.94℃。敏感期内的平均温度低于育性转换的温度,所以认为 1951 年 9 月 18 日在南京出穗的培矮 64S 表现为可育。以此类推,即可算出培矮 64S 在各站的历年逐日育性表达(可育或不育)状况。

将计算结果分年度按日序顺序统计连续不育期和连续可育期的起止日期及间隔长度。结果显示:

(1) 只有在水稻生长季足够长的海口和三亚两地,培矮 64S 才完整地表现出用于春繁的第一可育期,用于夏制的不育期和用于秋繁的第二可育期。

(2) 华南稻区如百色、南宁、广州、汕头等地在气温偏低的年份,培矮 64S 会有一个第一可育期。在华北稻区、华中单双季稻区,由于播种日期较晚,水稻进入育性敏感期时气温较高、日长也较长,已无法满足培矮 64S 可育的光温条件,所以不存在春繁的第一可育期。

(3) 在我国西南单双季稻区的中低海拔地区如思茅(海拔 1302.1 m),由于夏季气温低,培矮 64S 在该地只表现为可育性。另一个中低海拔地区贵阳(海拔 1032.1 m)一般表现出较稳定的可育性,但在个别夏季气温较高的年份,培矮 64S 会表现出不育性。

(4) 我国绝大部分稻区夏季气温较高,在这种长日高温条件下低温敏不育系培矮 64S 表现出稳定的不育性,存在一个长短不同的不育期。

(5) 入秋后,日照时间缩短,气温降低,培矮 64S 一般会出现一个由不育向可育转换的第二可育期。但在我国华北、川陕盆地和长江中下游地区,遇秋季高温的年份,培矮 64S

可能不出现第二可育期。只有在华南地区,培矮 64S 才有一个相对稳定的第二可育期。

4.3 繁殖、制种季节分析

对同一地点而言,日照时间不存在年际的差异,而温度则不然。同一地点进入第一可育期(或不育期)、由第一可育期进入不育期、由不育期转换到第二可育期的时间因温度的年际差异而存在很大的变化,而且在不育期向可育期、或者由可育期向不育期转换的过程中,还存在一个温度波动而导致的育性波动期。分析培矮 64S 的可繁(殖)可制(种)季节,就是为培矮 64S 在全国各稻区的繁殖和制种提供气候依据。

本文以安全播种期播种的培矮 64S 在 80%、90%、95%保证率下的出穗日期、最晚出穗期、连续不育期和连续可育期的初日、终日为指标,来确定培矮 64S 在各稻区的繁殖和制种季节。

4.3.1 繁殖季节

培矮 64S 的繁殖季节包括春繁和秋繁两个季节。

比较 80%、90%、95%保证率的出穗日期与第一可育期的初日,选择晚出现的日期作为春繁期的初日;第一可育期的终日,即为春繁期的终日。

思茅只有一个连续的可育期而不存在不育期。比较 80%、90%、95%保证率的出穗日期与可育期的初日,选择晚出现的日期作为繁殖季节的初日;比较同一保证率下连续 3 天日平均温度 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 的终日与可育期的终日,选择早出现的日期作为繁殖季节的终日。

将 80%、90%、95%保证率下可育期(海口、三亚为第二可育期)的初日作为秋繁期的初日;比较同一保证率下连续 3 天日平均温度 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 的终日与可育期的终日,选择早出现的日期作为秋繁期的终日。繁殖季节的起止日期和持续天数见表 4。

表 4 培矮 64S 的可繁殖季节

| 站点 | 80%保证率 | | | 90%保证率 | | | 95%保证率 | | |
|----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 初日 (月/日) | 终日 (月/日) | 持续天数 (d) | 初日 (月/日) | 终日 (月/日) | 持续天数 (d) | 初日 (月/日) | 终日 (月/日) | 持续天数 (d) |
| 贵阳 | 8/12 | 8/30 | 18 | 8/13 | 8/28 | 15 | 8/15 | 8/27 | 12 |
| 思茅 | 7/14 | 9/5 | 53 | 7/24 | 8/28 | 35 | 7/31 | 8/21 | 21 |
| 福州 | 10/5 | 10/16 | 11 | 10/8 | 10/12 | 4 | 10/10 | 10/9 | 0 |
| 桂林 | 10/1 | 10/5 | 4 | 10/3 | 10/4 | 1 | 10/5 | 10/2 | 0 |
| 百色 | 10/11 | 10/19 | 8 | 10/15 | 10/18 | 3 | 10/18 | 10/15 | 0 |
| 梧州 | 10/12 | 10/21 | 9 | 10/15 | 10/18 | 3 | 10/17 | 10/15 | 0 |
| 南宁 | 10/17 | 10/23 | 6 | 10/20 | 10/21 | 1 | 10/25 | 10/17 | 0 |
| 广州 | 10/18 | 10/28 | 10 | 10/21 | 10/26 | 5 | 10/24 | 10/23 | 0 |
| 汕头 | 10/16 | 10/28 | 12 | 10/19 | 10/23 | 4 | 10/21 | 10/19 | 0 |
| 海口 | 3/30 | 4/30 | 31 | 3/31 | 4/27 | 27 | 4/1 | 4/24 | 23 |
| | 10/22 | 11/15 | 24 | 10/25 | 11/15 | 21 | 10/28 | 11/15 | 18 |
| 三亚 | 2/19 | 4/16 | 56 | 2/19 | 4/12 | 52 | 2/20 | 4/8 | 47 |
| | 11/5 | 12/7 | 32 | 11/11 | 12/7 | 26 | 11/15 | 12/7 | 22 |

由表 4 可看出,培矮 64S 在自然条件下的可繁殖区域很窄。海口和三亚在春季和晚秋各有一个可供培矮 64S 繁殖的季节,春繁期比秋繁期长。春繁期海口为 23~31 d,三亚为 47~56 d,秋繁期海口为 18~24 d,三亚为 22~32 d。云贵高原的贵阳和思茅两地各有一个稳定可育期,其长度贵阳为 12~18 d,思茅为 21~53 d。我国华南稻区虽有一个长短

不一的秋繁期,但除海口、三亚外,其 90% 保证率下可繁殖季节的长度均不超过 5 d,并无实际生产意义,仍然必须依靠冷灌。

4.3.2 制种季节

比较 80%、90%、95% 保证率的出穗日期与不育期的初日,选择晚出现的日期作为制种季节的初日;比较同一保证率下连续 3 天日平均温度 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 的终日与不育期的终日,选择早出现的日期作为制种季节的终日。制种季节的起止期和持续天数见表 5。

表 5 培矮 64S 的可制种季节

| 站点 | 80% 保证率 | | | 90% 保证率 | | | 95% 保证率 | | |
|----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 初日 (月/日) | 终日 (月/日) | 持续天数 (d) | 初日 (月/日) | 终日 (月/日) | 持续天数 (d) | 初日 (月/日) | 终日 (月/日) | 持续天数 (d) |
| 北京 | 8/7 | 9/4 | 28 | 8/9 | 9/3 | 25 | 8/11 | 8/31 | 20 |
| 济南 | 7/25 | 9/5 | 42 | 7/27 | 9/3 | 38 | 7/28 | 9/1 | 35 |
| 郑州 | 7/27 | 8/30 | 34 | 7/29 | 8/28 | 30 | 7/30 | 8/26 | 27 |
| 徐州 | 8/1 | 9/2 | 32 | 8/3 | 8/31 | 28 | 8/4 | 8/29 | 25 |
| 成都 | 7/26 | 8/24 | 29 | 7/28 | 8/21 | 24 | 7/29 | 8/19 | 21 |
| 重庆 | 7/16 | 9/10 | 56 | 7/18 | 9/8 | 52 | 7/20 | 9/6 | 48 |
| 汉中 | 8/5 | 8/26 | 21 | 8/5 | 8/25 | 20 | 8/8 | 8/23 | 15 |
| 上海 | 8/3 | 9/14 | 42 | 8/5 | 9/11 | 37 | 8/6 | 9/9 | 34 |
| 东台 | 8/8 | 9/4 | 27 | 8/9 | 9/1 | 23 | 8/11 | 8/30 | 19 |
| 南京 | 7/30 | 9/9 | 41 | 8/1 | 9/7 | 37 | 8/2 | 9/5 | 34 |
| 合肥 | 8/7 | 9/10 | 34 | 8/9 | 9/8 | 30 | 8/11 | 9/6 | 26 |
| 武汉 | 7/22 | 9/13 | 53 | 7/23 | 9/11 | 50 | 7/24 | 9/9 | 47 |
| 宜昌 | 7/22 | 9/10 | 50 | 7/24 | 9/7 | 45 | 7/25 | 9/5 | 42 |
| 杭州 | 7/27 | 9/23 | 58 | 7/29 | 9/11 | 44 | 7/30 | 9/10 | 42 |
| 温州 | 7/24 | 9/18 | 56 | 7/25 | 9/15 | 52 | 7/26 | 9/13 | 49 |
| 瞿县 | 7/21 | 9/14 | 55 | 7/22 | 9/11 | 51 | 7/23 | 9/9 | 48 |
| 南昌 | 7/18 | 9/15 | 59 | 7/19 | 9/12 | 55 | 7/20 | 9/9 | 51 |
| 赣州 | 7/7 | 9/23 | 78 | 7/9 | 9/20 | 73 | 7/10 | 9/18 | 70 |
| 长沙 | 7/20 | 9/12 | 54 | 7/21 | 9/8 | 49 | 7/22 | 9/6 | 46 |
| 芷江 | 7/25 | 9/4 | 41 | 7/26 | 8/31 | 36 | 7/27 | 8/29 | 33 |
| 福州 | 7/14 | 9/11 | 59 | 7/15 | 9/19 | 66 | 7/17 | 9/16 | 61 |
| 桂林 | 7/11 | 9/18 | 69 | 7/12 | 9/15 | 65 | 7/13 | 9/13 | 62 |
| 百色 | 6/11 | 9/25 | 106 | 6/12 | 9/21 | 101 | 6/13 | 9/18 | 97 |
| 梧州 | 6/28 | 9/25 | 89 | 6/29 | 9/21 | 84 | 7/1 | 9/18 | 79 |
| 南宁 | 6/20 | 9/28 | 100 | 6/21 | 9/24 | 95 | 6/22 | 9/20 | 90 |
| 广州 | 6/19 | 10/3 | 106 | 6/20 | 9/30 | 102 | 6/22 | 9/27 | 97 |
| 汕头 | 6/28 | 9/30 | 94 | 6/29 | 9/27 | 90 | 6/30 | 9/25 | 87 |
| 海口 | 5/21 | 10/5 | 137 | 5/26 | 10/2 | 129 | 5/30 | 9/29 | 122 |
| 三亚 | 5/6 | 10/16 | 163 | 5/11 | 10/10 | 152 | 5/15 | 10/5 | 143 |

分析表 5 可以看出:

(1) 培矮 64S 由于育性转换的温度指标较低,在供分析的测站中除沈阳、大连、昆明、腾冲四地因纬度或海拔原因,培矮 64S 在水稻生长季内无法完成其生长发育过程;贵阳和思茅两地因海拔较高,夏季气温低而无 80% 保证率以上的制种季节外,其余各站都存在一个可供培矮 64S 在自然条件下制种的稳定不育期。其 80%、90% 和 95% 保证率的制种

季节长度分为 28 ~ 163 d、25 ~ 152 d 和 20 ~ 143 d。

(2) 各地制种季节的长度与海拔和纬度有较好的相关性,根据种植地的海拔高度和纬度对制种季节的长度的回归方程,可判断培矮 64S 的制种季节长度:

$$D_{80} = 241.01 - 6.04 \varphi - 0.05 H \quad (5)$$

$$D_{90} = 232.21 - 5.90 \varphi - 0.05 H \quad (6)$$

$$D_{95} = 224.05 - 5.75 \varphi - 0.05 H \quad (7)$$

式中, D_{80} 、 D_{90} 和 D_{95} 分别为 80%、90% 和 95% 保证率的制种季节长度(d), φ 为纬度, H 为海拔高度(m)。

由式(5)~(7)可知,纬度每升高 1° ,制种季节大约缩短 6 d,而海拔每升高 100 m,制种季节缩短 5 d。

(3) 各地制种季节的起止日期也与地理位置有关。由式(8)~(13)可以看出,纬度每升高 1° ,制种季节的开始日期大约推迟 4 d,结束日期大约提早 2 d;海拔每升高 100 m,制种季节的开始日期大约推迟 1 d,结束日期大约提早 3~4 d。

$$B_{80} = 77.28 + 4.03 \varphi + 0.01 H \quad (8)$$

$$E_{80} = 318.28 - 2.01 \varphi - 0.04 H \quad (9)$$

$$B_{90} = 80.49 + 3.98 \varphi - 0.01 H \quad (10)$$

$$E_{90} = 312.70 - 1.92 \varphi - 0.03 H \quad (11)$$

$$B_{95} = 83.76 + 3.92 \varphi - 0.01 H \quad (12)$$

$$E_{95} = 307.81 - 1.84 \varphi - 0.03 H \quad (13)$$

式中 B_{80} 、 B_{90} 、 B_{95} 分别为 80%、90% 和 95% 保证率制种季节的开始日期(以日序表示,如 1 月 1 日记为 1); E_{80} 、 E_{90} 、 E_{95} 分别为 80%、90% 和 95% 保证率制种季节的结束日期(以日序表示,如 1 月 1 日记为 1)。

5 结 论

(1) 培矮 64S 不能在东北单季稻区、西南高原单双季稻区的中高海拔地区正常抽穗,但在其它稻区均可正常生长。

(2) 培矮 64S 在自然条件下的可繁殖区域很窄,只可在海南岛、云贵高原中低海拔稻区如思茅、贵阳等地进行自交繁殖。

(3) 培矮 64S 的制种范围很广,在我国长江流域、华南、华北等地均可进行杂交制种。其制种季节的长度、起止日期与种植地的地理纬度和海拔高度有关。

参 考 文 献

- 1 高亮之,金之庆,黄耀,等. 水稻栽培计算机模拟优化决策系统. 北京:中国农业科技出版社,1992.1.
- 2 姚克敏,杨亚新,储长树. 水稻光(温)敏雄性不育系的育性机理研究. 作物学报,1995,21(2):187~197.
- 3 姚克敏,杨亚新,储长树. 水稻光敏核不育系的气象模型及其机理. 南京气象学院学报,1994,17(4):418~425.
- 4 姚克敏,储长树,卢显富. 水稻两用核不育系的育性量化模型与鉴定方法. 南京气象学院学报,1996,19(4):399~404.

STUDY OF CLIMATIC ADAPTABILITY OF TWO LINE HYBRID RICE SEED PRODUCTION

Deng Fangping¹⁾ Yao Ke min²⁾ Su Gaoli³⁾

¹⁾ (Hangzhou Meteorological Bureau , Hangzhou 310008)

²⁾ (Nanjing Institute of Meteorology , Nanjing 210044)

³⁾ (Zhejiang Institute of Meteorology , Hangzhou 310004)

Abstract

The research on the climatic adaptability of the predominant sterile line , Peiar-64S , can provide references for decision-making in the production of two-line hybrid rice and the study of other sterile lines . The growth model is constructed by using the number of days from seeding date to heading date and the corresponding meteorological data . The fertility model is developed based on the seed-setting rate along with the corresponding meteorological data , and the switch indices of critical sterility induced by temperature and day-length are calculated . The 42-year meteorological data of 35 weather stations in China are input into the growth model and the potential duration for the heading period (the duration from the earliest heading date to the latest heading date) is deduced for each station . According to the switch indices of critical sterility induced by temperature and day-length , the beginning and ending dates of the sterile and fertile duration under the guarantee rates of 80 % , 90 % and 95 % are given . During the sterile duration Peiar-64S can be used for producing hybrid seeds ; and during the fertile duration , it can be used for multiplying itself . The results show that Peiar-64S can multiply only in Hainan Island or in the lower altitude area of the Yungui Plateau , whereas it can produce hybrid seeds in any rice production regions except Northeast China and the Yungui Plateau . The seasons for producing hybrid rice seeds are related to the altitude and latitude of the rice planting areas .

Key words : Two-line hybrid rice Peiar-64S Switch index of critical sterility Multiplication Seed production