

文章编号: 1000-2022(2003) 06-0829-08

培矮 64S 在泰国的育性气候适应性 及其安全制种的播期研究

李兆芹, 姚克敏

(南京气象学院 应用气象学系, 江苏 南京 210044)

摘 要: 为了推动中国加入 WTO 之后农业生产的国际化进程, 将我国首创的两系法杂交水稻生产技术推向世界。以泰国曼谷、清迈地区 1980—1997 年逐日 4 个时次气温观测资料和 NCEP/NCAR 再分析资料为基础, 结合两地区理论日长的计算结果和培矮 64S 的育性转换指标集及发育期模型, 对我国目前应用最广泛的光、温敏核雄性不育系培矮 64S 在泰国产稻区代表地曼谷和清迈的育性气候适应性进行了分析。给出了 90 %、95 %、100 % 保证率下安全制种和繁殖的最早、最晚播种期; 计算了相应的风险概率, 为两系杂交稻在泰国的推广应用提供可靠的农业气候依据。

关键词: 培矮 64S; 稳定不育期; 稳定可育期; 育性风险概率; 曼谷; 清迈

中图分类号: P49 **文献标识码:** A

培矮 64S 是我国当前两系杂交稻种子生产中应用最广泛的温敏类型不育系, 其育性转换主要由温度控制, 平均育性转换指标温度为 24^{°C}。但培矮 64S 同时有一定的光敏特性, 表现为在长日下育性转换温度指标会有一定程度的降低; 在短日下育性转换温度指标会有一定程度升高的光温互补效应^[1]。卢兴桂等^[1]作了培矮 64S 在国内稻区的繁殖、制种可行性及风险概率分析。以培矮 64S 为母本, 9311、E32 为父本制种的杂交稻(培矮 64S/9311、培矮 64S/E32)的高产量栽培方法得到了较为深入的研究和推广应用^[2-4], 大幅度提高了我国的水稻单产量。为进一步促进我国农业产业的发展, 提高我国农业高新技术在国际上的竞争力, 本文对培矮 64S 在泰国进行两系杂交稻制种的气候适应性作了分析, 以期为提高我国农业的国际竞争力提供依据。

泰国气候属热带季风气候类型, 年温差小, 年平均降水量普遍超过 1 000 mm, 日照时数较多。冬季, 泰国主要受副热带高压控制, 高原和山地大地形阻挡了寒冷的冬季风, 因此并不寒冷。春季, 副热带高压位置偏北, 季风气流、西风气流位置偏北, 存在热带辐合区。夏季主要受低压控制, 极地海洋气团占主要地位, 出现南亚低压。秋季, 夏季风终止, 中纬西风环流加强, 气旋活动剧增, 使得秋季多雨。泰国经济以农业为主, 农业又以种植和出口稻谷为主。稻谷种植面积占全国耕地面积的 90 % 以上, 集中在湄南河三角洲和呵叻高原河谷地带。水稻耕作制度分旱季稻和雨季稻, 播种期一般在 1 月和 6 月份, 成熟期一般在 6 月和 12 月份。两个稻作季内

收稿日期: 2002-11-28; 改回日期: 2003-03-15

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2001AA211151)

作者简介: 李兆芹(1978-), 女, 山东省沂南县人, 硕士生, 研究方向: 应用气象学。

气温分别为 22~27 和 24~28, 水热条件有利于水稻生产, 但也在一定程度上受到西南季风雨早晚的影响。落后的耕作制度以及较为原始的水稻品种, 使得泰国的水稻单产长期以来一直偏低^[5-7], 中国的水稻生产技术在该国的发展潜力很大。因此, 本文着重分析培矮 64S 在曼谷(100.50 E, 13.73 N)和清迈(98.98 E, 18.78 N)两个在泰国具南、北代表性的产稻区的育性气候条件, 并研究了制种和繁殖的播种期。

1 资料与补值

1.1 温度资料及缺测值的补值方法

泰国清迈和曼谷地区的每日 4 次实测气温资料(02 时, 08 时, 14 时, 20 时)由中国气象局资料中心提供。资料年限为 1980—1997 年。但该资料存在部分缺测值, 曼谷平均年缺测值 50.72 d, 最少年缺 9 d(1981 年), 最多年缺为 108 d(1995 年)。清迈平均年缺测值 58.28 d, 最少年缺 23 d(1990 年), 最多年缺为 107 d(1994 年)。从缺值分布看, 除 1989 年两地均缺 8 月份的全部观测值外, 其余缺测值不均匀地分布在各月之中。由于培矮 64S 的育性适应性分析需要利用逐日平均温度资料, 必须补齐两地温度资料的缺值。本文利用地面 2 m 高处的 NCEP/NCAR 再分析温度对缺测值进行了插补。

NCEP/NCAR 资料由南京气象学院大气资料服务中心提供。插补的方法是根据 NCEP/NCAR 再分析逐日温度资料和实测日平均温度资料间存在的线性关系, 挑选出与实测资料日期相对应的 NCEP/NCAR 再分析资料后, 采用 SAS 软件分别对曼谷(5658 个数据)和清迈(5526 个数据)两地的组资料建立线性回归方程。

$$Y_M = 6.76 + 0.83X, \quad (r = 0.75), \quad \text{曼谷};$$

$$Y_Q = 9.196 + 0.794X, \quad (r = 0.78), \quad \text{清迈}。$$

其中, Y 代表拟合的实测温度值; X 代表 NCEP/NCAR 再分析资料温度值。缺测日的温度值均由上述回归方程回代获得。回代效果用上述回归方程回代得到的有测值日的温度和有测值日的实测温度的相对误差检验。结果表明: 曼谷平均年相对误差为 4.1%, 最小年为 3.3%(1991 年), 最大年为 4.7%(1982 年)。清迈平均年相对误差为 7.2%, 最小年为 5.6%(1995 年), 最大年为 8.8%(1993 年)。

1.2 日长资料

逐日理论日长条件是决定培矮 64S 育性转换的另一个重要指标条件。日长是指从日出到日落的时间加上曙暮光的可照时数。日长可由如下公式计算。

$$\sin \frac{t}{2} = \frac{\sin(45^\circ + \frac{\varphi}{2}) \sin(45^\circ - \frac{\varphi}{2})}{\cos \varphi} \quad (1)$$

式中, t 是时角, 指太阳上缘自地平线至正午或从正午到太阳上缘没入地平线位置所需的角度(15°/h)。为测站纬度, φ 是太阳赤纬, ρ 是太阳上午边缘恰在水平线看到的曲折率, 通常取 34'。

1.3 培矮 64S 的育性转换光温指标集

确定培矮 64S 的育性转换光温指标集是进行两系杂交稻气候适应性分析的必要条件。本文用育性量化模型予以确定。育性量化模型是根据培矮 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为基础提出的^[1], 其模型通式为:

$$P = P_0 \left(\frac{\bar{T} - T_L}{T_0 - T_L} \right)^A \left(\frac{T_H - \bar{T}}{T_H - T_0} \right)^B e^{C(\bar{D}_L - D_{L0})} \quad (2)$$

式中, P 为育性敏感期平均温度为 $\overline{T}$ 、日长为 $\overline{D_L}$ 时的自交结实率; P_0 为实际观测到的培矮 64S 最大自交结实率; T_H 为不育临界高温; T_L 为不育临界低温; T_0 为育性恢复的最适温度; D_{L0} 为育性恢复的最适日长; $\overline{T}$ 、 $\overline{D_L}$ 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。本文用于育性转换指标集分析的资料包括三亚、贵阳、武汉、南京等 4 地 13 a 共 211 个播期的培矮 64S 套袋自交结实率资料, 各地相应年份的逐日平均气温资料由当地气象台提供。日长由 (1) 式计算获得。用模型计算培矮 64S 育性转换光温指标时, 以自交结实率 $\leq 2\%$ 为不育系的育性转换标准, 将模型参数代入 (2) 式中, 并以 0.1 h 为步长, 用牛顿迭代法计算日长自 11.0 ~ 14.0 h 时, 培矮 64S 的育性转换指标集 (表 1)。该指标集是分析培矮 64S 在清迈和曼谷气候适应性的依据之一。

表 1 培矮 64S 的育性(自交结实率 $\leq 1\%$) 转换光温指标集

Table 1 Fertility (the self-fruitful rate $\leq 1\%$) conversion photo-thermal index of Pei'ai 64S						
日长/h, 温度/	结实率/%	日长/h, 温度/	结实率/%	日长/h, 温度/	结实率/%	日长/h, 温度/
11.0, 26.34	0.89	11.8, 26.28	0.98	12.6, 26.06	0.99	13.4, 25.11
11.1, 26.34	0.80	11.9, 26.27	0.95	12.7, 26.01	0.98	13.5, 24.83
11.2, 26.33	0.95	12.0, 26.25	0.97	12.8, 25.94	0.99	13.6, 24.44
11.3, 26.33	0.86	12.1, 26.23	0.98	12.9, 25.86	0.99	13.7, 21.12
11.4, 26.32	0.94	12.2, 26.21	0.97	13.0, 25.77	0.99	13.8, 21.12
11.5, 26.31	0.98	12.3, 26.18	0.98	13.1, 25.65	1.00	13.9, 21.12
11.6, 26.30	1.00	12.4, 26.15	0.97	13.2, 25.51	1.00	14.0, 21.12
11.7, 26.29	0.99	12.5, 26.11	0.98	13.3, 25.33	1.00	

1.4 培矮 64S 的发育期资料和发育期模型

两系法杂交稻制种只能在母本稳定不育的季节内进行, 育性敏感期在抽穗前 10 ~ 20 d。确定培矮 64S 在清迈和曼谷的生育期是进行气候适应性分析的另一必要条件。本文采用水稻钟模型, 实现培矮 64S 在清迈和曼谷两地的生育期计算。水稻钟模型的基本形式为:

$$\frac{dM}{dT} = \frac{1}{N} = e^K \left(\frac{\overline{T} - T_L}{T_0 - T_L} \right)^P \left(\frac{T_H - \overline{T}}{T_H - T_0} \right)^Q e^{G(\overline{T} - D_0)}.$$

(3)

式中, M 是该生育期内的发育进程, dM/dT 为该生育期的发育速度; N 为该生育期天数; $\overline{T}$ 为水稻生育期间平均温度; T_H 为水稻发育的上限温度, 取 40 ; T_L 为水稻发育的下限温度, 取 13 ; T_0 为水稻发育的最适温度, 取 30 ; $\overline{D}$ 为水稻生育期间的平均日长; D_0 为水稻发育的临界日长, 取 13 h; K 、 P 、 Q 、 G 为模型参数。本文用南京、武汉、贵阳、长沙和三亚 5 地 12 a 共 128 个培矮 64S 的播种—始穗期资料及其对应的逐日温度和日长资料, 拟合培矮 64S 生育期的模型参数 $K = -4.2274$, $P = 0.654$, $Q = 0.0032$, $G = -0.221$ 。培矮 64S 在清迈和曼谷的播种—抽穗日数即可用上述模型参数和两地的逐日温度及日长资料由模型求得。

2 培矮 64S 在清迈和曼谷的育性气候适应性分析

水稻光、温敏核不育系的育性气候适应性分析是指根据不育系的育性转换光温指标和水稻种植区域的光温生态条件确定不育系的适应区域、适应季节和可能发生的育性波动的风险。根据曼谷和清迈的逐日温度和日长资料以及培矮 64S 的育性转换指标集和生育期模型进行气

候适应性分析的内容包括二方面: 其一, 根据两系法杂交稻制种和繁殖的生产要求, 确定培矮 64S 在曼谷和清迈的稳定不育期及稳定可育期的季节和长度以及相应的播种日期。其二, 根据气候的年际波动, 计算制种和繁殖的风险概率。

2.1 稳定不育期和稳定可育期的分析

- 稳定不育期和稳定可育期的季节和长度分析按下列步骤进行:
- (1) 根据培矮 64S 的发育期模型和两地多年逐日平均温度和日长资料, 计算抽穗持续期;
 - (2) 根据两地抽穗持续期的逐日光温条件, 比较培矮 64S 的育性转换光温指标作各年逐日育性表达(即可育或不育)统计;
 - (3) 归纳出两地不同保证率下的稳定不育或稳定可育起止日期和持续时段。
- 2.1.1 培矮 64S 在曼谷、清迈的抽穗持续期

抽穗持续期是指某地的最早抽穗期—最晚抽穗期的历期。培矮 64S 是籼型不育系, 播种的下限温度为 12℃。由于曼谷、清迈两地全年日均温均高于 12℃, 故取 1 月 1 日为两地的最早播种期。用培矮 64S 生育期模型及曼谷和清迈 1980—1997 年的逐日光温资料, 可计算培矮 64S 在泰国曼谷和清迈的各年逐日的播种—抽穗日期。取 18 a 中的最早抽穗日期和最晚抽穗日期(指标为 80 % 保证率持续 3 d 日平均温度 $\geq 22^{\circ}\text{C}$ 的日期), 即可得到两地培矮 64S 的可能抽穗持续期(表 2)。

2.1.2 培矮 64S 稳定不育期和稳定可育期的季节和长度

根据培矮 64S 在曼谷、清迈的抽穗持续期可以确定该不育系在曼谷、清迈的育性敏感期(培矮 64S 的温度敏感期在抽穗前 10 ~ 20 d, 日长敏感期在抽穗前 15 ~ 30 d)。利用 1980—1997 年两地的逐年逐日日长、温度资料可分别计算出育性敏感时段的平均温度和平均日长, 比较培矮 64S 的育性光温组合指标, 即可作出两地相应的历年逐日育性表达状况。

将 1980—1997 年培矮 64S 逐日育性表达结果, 分年度按日序顺序统计连续不育期和连续可育期, 并可分别求算 90 %、95 % 和 100 % 保证率下的开始、结束日期和持续期(表 3, 表 4)。

从表 3 可以看出, 由于曼谷和清迈终年日均温度较高且温度随季节变化幅度较小(曼谷、清迈的年均方差分别在 1.65℃, 3.03℃左右), 两稻区都存在可供培矮 64S 制种在自然条件下制种的稳定不育期。其中曼谷 90 % 保证率的稳定不育持续期可长达 269 d(2 月 27 日到 12 月 3 日), 清迈 90 % 保证率的稳定不育持续期也可达 152 d(3 月 30 日到 8 月 29 日), 清迈比曼谷缩短了 117 d。结合泰国的耕作制度, 培矮 64S 在曼谷旱季稻和雨季稻种植季节均可以在自然条件下安全制种, 清迈只能在旱季稻种植季节制种。从表 4 可以看出, 曼谷由于高温短日, 培矮 64S 在该地无稳定可育期。而清迈培矮 64S 90 % 保证率的稳定可育持续期则有 30 d, 95 % 保证率的稳定可育期缩短为 14 d, 无 100 % 保证率下的稳定可育期。可见, 培矮 64S 在泰国基本不能在平原稻区自然繁殖, 只能选择冷水灌溉降温繁殖或高海拔地区繁殖等方法。

表 2 曼谷和清迈培矮 64S 的可能抽穗持续期
Table 2 Continual heading period of Pei'ai 64S in Bangkok and Chiang Mai

站点	可能抽穗持续期	天数/d
曼谷	2 月 26 日—12 月 31 日	309
清迈	3 月 11 日—11 月 30 日	266

表 3 培矮 64S 在曼谷、清迈两稻区的稳定不育期和持续期

Table 3 Steady sterile period and its duration of Pei'ai 64S in Bangkok and Chiang Mai									
站点	稳定不育期 初日/(月-日)	90 % 保证率	持续 期/d	95 % 保证率	稳定不育期 终日/(月-日)	持续 期/d	100 % 保证率	稳定不育期 终日/(月-日)	持续 期/d
		稳定不育期 终日/(月-日)		稳定不育期 初日/(月-日)			稳定不育期 初日/(月-日)		
曼谷	02-27	12-03	269	02-27	11-26	262	02-28	11-04	239
清迈	03-30	08-29	152	04-02	08-17	137	04-05	08-03	120

表 4 培矮 64S 在曼谷、清迈两稻区的稳定可育期的季节和持续期

Table 4 Steady fertility period and its duration of Pei'ai 64S in Bangkok and Chiang Mai									
站点	稳定可育期 初日/(月-日)	90 % 保证率	持续 期/d	95 % 保证率	稳定可育期 终日/(月-日)	持续 期/d	100 % 保证率	稳定可育期 终日/(月-日)	持续 期/d
		稳定可育期 终日/(月-日)		稳定可育期 初日/(月-日)			稳定可育期 初日/(月-日)		
曼谷	*	*	*	*	*	*	*	*	*
清迈	10-31	11-29	30	11-02	11-16	14	*	*	*

注: * 表示培矮 64S 在该地无稳定可育期。

2. 1. 3 培矮 64S 安全制种的播种期决策

由于曼谷的纬度较低, 具有高温短日特征, 培矮 64S 的播种—抽穗期很短, 变幅在 56 ~ 62 d 之间, 由此将导致穗分化期缩短, 穗粒数减少, 制种产量降低。清迈位于泰国的北端, 纬度较高, 日照时数较长, 温度季节变化较明显, 与曼谷相比, 培矮 64S 的播种—抽穗期有所延长, 变幅在 68 ~ 72 d 之间, 与我国华南地区相似。这对延长穗分化期, 增加穗粒数, 提高制种产量是有利的。

根据培矮 64S 的 90 %、95 % 和 100 % 保证率的稳定不育起止日期, 可以用生育期模型和相应的温度、日长资料反推培矮 64S 在各级保证率下的最早、最晚播种期。结合泰国的水稻耕作制度, 可以确定曼谷旱季稻和雨季稻以及清迈旱季稻制种时各保证率下的最早及最迟播种期(表 5)。

表 5 培矮 64S 在曼谷和清迈各级保证率下的最早、最晚播种期

稻作制度 稻区		90 % 保证率		95 % 保证率		100 % 保证率	
		最早播期	最晚播期	最早播期	最晚播期	最早播期	最晚播期
旱季稻	曼谷	1 月上旬	4 月中旬	1 月上旬	4 月中旬	1 月上旬	4 月中旬
	清迈	1 月中旬	3 月中旬	1 月中旬	3 月中旬	1 月中旬	3 月中旬
雨季稻	曼谷	6 月中旬	10 月上旬	6 月中旬	9 月下旬	6 月中旬	9 月中旬

从表 5 可知, 培矮 64S 在曼谷作旱季稻的制种亲本时, 其安全播种期最早可在 1 月上旬到中旬, 最晚可延迟至 4 月中旬。作雨季稻制种亲本时, 其安全播种期最早可在 6 月中旬, 最晚为 9 月中旬到 10 月上旬。培矮 64S 在清迈作旱季稻的制种亲本时, 其安全播种期最早可在 1 月中旬, 最晚可在 3 月中旬。

2. 2 培矮 64S 的制种和繁殖风险概率分析

由于温度条件存在一定的年际和季节波动, 制种和繁殖的安全性会因此而受到威胁, 即在

制种季节遇到低于育性转换指标的低温,或在繁殖季节遇到高于育性转换指标温度的高温,部分影响制种纯度,危害两系法杂交稻的种子生产。制种和繁殖的风险概率分析是从另一侧面进行的一项安全制种、繁殖气象技术服务。

2. 2. 1 制种和繁殖风险概率分析方法

- (1) 确定曼谷和清迈的分析时段(表 6)。
- (2) 确定制种和繁殖的风险概率分析的温度强度和时间指标。

温度强度分为 22 , 23 和 24 3 个等级。持续时间分为旬内出现 1 d 及 1 d 以上,旬内出现 2 d 及 2 d 以上和旬内出现 3 d 及 3 d 以上 3 个等级。以上 3 级低温时间在旬内可以不连续。

- (3) 按年逐旬进行风险概率统计。
- 作制种风险概率统计时,凡出现低于某一温度强度和持续时间的旬称有风险,未出现称无风险。作繁殖风险概率分析时,凡出现高于某一温度强度和持续时间的旬称有风险,未出现称无风险。风险概率是指有风险的旬数占总旬数的百分率。用户可用 100 % 减去制种或繁殖的风险概率求得同一时段的繁、制无风险概率。

2. 2. 2 繁殖、制种风险概率分析结果

培矮 64S 在清迈制种时段(3 月中旬至 8 月中旬)逐旬各级指标温度风险概率分析结果为:3 月中旬至 3 月下旬,各级指标温度风险概率均不为零。以旬内平均温度小于或等于 22 为指标,4 月上旬至 8 月中旬,各时间强度下,风险概率均为 0.0。以旬内平均温度小于或等于 23 为指标,4 月下旬各级时间强度下,风险概率均为 5.6 %,5 月上旬至 6 月上旬各级时间强度下的风险概率均为 0.0,6 月中旬升至 5.6 %,6 月下旬至 7 月上旬稳定为 0.0,至 8 月中旬又上升至 11.1 %。以旬内平均温度小于或等于 24 为指标,各级时间强度下,风险概率在 3 月中旬高达 27.8 %,4 月上旬降至 16.7 %,4 月下旬降至 5.6 %,5 月中旬至 6 月上旬为 0.0,6 月中旬至 7 月上旬又升至 5.6 %,但 7 月中、下旬又降至 0.0,至 8 月上旬又升为 5.6 %。由此可见,培矮 64S 在清迈制种时,若以旬内平均气温小于或等于 24 3 d 或 3 d 以上为可育指标时,4 月下旬的风险概率已降至 5.6 %,5 月中旬以后已无 3 d 或 3 d 以上的低温天气,6 月中旬至 7 月上旬进入雨季之后,又出现 5.6 % 的风险概率,但 7 月中、下旬已无 3 d 或 3 d 以上的低温天气,故将不育系的育性敏感期安排在 5 月中旬至 6 月上旬或 7 月中旬至 7 月下旬。考虑到泰国的耕作制度,5 月中旬至 6 月上旬是培矮 64S 安全制种的育性敏感期。

培矮 64S 在清迈繁殖时段(10 月中旬至 11 月中旬)内逐旬各级指标温度风险概率分析结果如下:以旬内平均温度大于或等于 22 为指标,各级时间强度下风险概率均为 100 %。以旬内平均温度大于或等于 23 为指标,各级时间强度下风险概率在 10 月中、下旬为 100 %,11 月上旬降至 94.4 %,11 月中旬又升至 100 %。以旬内平均温度大于或等于 24 为温度指标,大于或等于 1 d 为时间强度指标,风险概率 10 月中、下旬均为 100 %,11 月上旬降至 83.3 %,11 月中旬又升至 100 %;以大于或等于 2 d 为时间强度指标,风险概率 10 月中、下旬均为 100 %,11 月上旬降至 77.8 %,11 月中旬又升至 83.3 %;以大于或等于 3 d 为时间

表 6 培矮 64S 在曼谷和清迈的制种和繁殖风险概率分析时段

Table 6 Analysis period of the risk probability of the producing and breeding of Pei'ai 64S in Bangkok and Chiang Mai

测站名称	分析时段	资料年限
曼谷	2 月中旬—11 月中旬(制种)	1980—1997
清迈	3 月中旬—8 月中旬(制种) 10 月中旬—11 月下旬(繁殖)	1980—1997

强度指标, 风险概率 10 月中旬为 100 %, 10 月下旬为 94.4 %, 11 月中旬降至 50 %。由此可见, 培矮 64S 在清迈繁殖时, 若以旬内平均气温大于或等于 24 ℃ 3 d 或 3 d 以上为不育指标, 至 10 月下旬, 风险概率仍达 94.4 %, 到 11 月中旬, 风险概率仍高达 50 %。进一步说明培矮 64S 在清迈自然条件下繁殖是困难的。

培矮 64S 在曼谷制种时段(2 月中旬至 11 月中旬), 各级指标温度风险概率 2 月中旬至 10 月中旬(除 3 月上旬外)均为 0.0。3 月上旬, 各级温度指标风险概率分别为 5.6 %、11.1 % 和 16.7 %。10 月下旬, 以旬内平均温度小于或等于 24 ℃ 为指标, 各级时间强度下风险概率均为 22.2 %, 以旬内平均温度小于或等于 22 ℃、23 ℃ 为指标, 风险概率仍为 0.0。11 月上旬, 以旬内平均温度小于或等于 23 ℃ 为指标, 各级时间强度下风险概率升至 11.1 %, 以旬内平均温度小于或等于 22 ℃ 为指标, 风险概率仍为 0.0。可以看出, 培矮 64S 在曼谷制种时, 若以旬内平均气温小于或等于 24 ℃ 3 d 或 3 d 以上为可育指标时, 3 月上旬的风险概率为 5.6 %, 3 月中旬至 10 月中旬期间均无 3 d 或 3 d 以上的低温天气, 且在此时段内, 1 d 或 1 d 以上的低温天气出现的概率也为 0.0。因此可将不育系的育性敏感期安排在此时段内, 也就是说在曼谷旱季稻和雨季稻种植季节均是培矮 64S 的安全制种期。

3 结 论

(1) 通过线性回归的方法, 用 NCPE/NCAR 再分析资料的温度值可以较为准确的补全实测资料的缺测值。这为两系法杂交稻的全球气候分析提供了一条获得逐日温度资料的途径。

(2) 泰国是低纬度国家, 培矮 64S 在曼谷和清迈均有较长的稳定不育期。清迈虽在 90 % 保证率下有 30 d 的稳定可育期, 但两地都不适宜在低海拔稻区繁殖。

(3) 在清迈, 培矮 64S 的育性敏感期可安排在 5 月中旬至 6 月上旬, 其制种的风险概率为零。在曼谷, 3 月中旬至 10 月中旬是培矮 64S 零风险概率制种时段, 培矮 64S 在旱季稻和雨季稻种植季节均可安全制种。

(4) 提供的分析方法可用于不育系在其他国家和地区的气候适应性分析, 是将我国的两系杂交稻制种、繁殖技术推广到国外的主要理论依据。

参考文献:

- [1] 卢兴桂, 袁潜华, 姚克敏, 等. 水稻光温敏核不育系生态适应性研究[M]. 北京: 气象出版社, 2001.
- [2] 马国辉, 吴宏恒. 超级稻培矮 64S/E32 百亩高产样方栽培技术示范与研究[J]. 作物研究, 2000, 14(3): 5-8.
- [3] 李义珍, 杨高群. 两系杂交稻培矮 64S/E32 的超高产特性与栽培研究: 超高产的植株性状[J]. 杂交水稻, 2000, 15(3): 28-30.
- [4] 杨志珍, 谢长文. 超级杂交稻培矮 64S × 9311 不同栽培方法的研究[J]. 安徽农业科学, 2002, 30(4): 550-551.
- [5] 崔续昌, 汪晓原, 王继新, 等. 世界农业气候与作物气候[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1994.
- [6] 南京大学地理系区域地理教研室. 世界地理[M]. 南京: 南京大学出版社, 1985.
- [7] 北京大学地理系《世界地理》编写组. 世界地理[M]. 北京: 北京商务图书馆, 1981.
- [8] Roland B S. 边界层气象学导论[M]. 杨长新, 译. 北京: 气象出版社, 1991.

Analysis of the Climatic Adaptability of Fertility and Determination of Sowing Period for Safe Seed Production of Pei'ai 64S in Thailand

LI Zhao-qin, YAO Ke-min

(1. Department of Applied Meteorology, NIM, Nanjing 210044, China)

Abstract: In order to accelerate the internationalization of Chinese agriculture after entry into WTO, and to introduce the productive technique of two-line hybrid rice initially invented in China to the world, on the basis of the temperature data of daily four times observations from 1980 to 1997 in Bangkok and Chiang Mai, Thailand, we supplement the missing observations with NCEP/NCAR re-analysis temperature statistics. In terms of calculations of theoretical daylength and fertility conversion index as well as developmental model of Pei'ai 64S, we analyze the climatic adaptability of fertility of photo-thermo-sensitivity male infertility Pei'ai 64S, which is planted most widely in China at present, in Bangkok and Chiang Mai-representative areas of rice production in Thailand, and give the earliest and latest sowing date of safe seed production under the assurance of 90, 95 and 100 percent respectively, thus offering a reliable agroclimatic basis for the extension and application of two-line hybrid rice technique in Thailand.

Key words: Pei'ai 64S; steady sterile period; steady fertility period; fertility risk probability; Bangkok; Chiang Mai