

水稻低温敏不育系培矮 64s “冷灌繁种”适用技术研究

储长树 卢显富 姚克敏 宗雪梅

(南京气象学院应用气象学系, 南京 210044)

周承恕 李继明 刘建宾

(湖南杂交水稻研究中心, 长沙 410125)

摘要 通过对低温敏不育系水稻培矮 64s 育性敏感期间冷水灌溉处理后的农田微气象要素和自交结实率的平行观测, 分析研究了供试不育系的适宜灌水时段、灌水深度以及灌溉用水量等的“冷灌繁种”适用技术。

关键词 低温敏不育系, 冷灌繁种, 农田微气象, 自交结实率

分类号 S161.4

由于我国南方稻区的季风气候特点, 使起点温度偏高的温敏型不育系在制种时会出现育性波动, 严重阻碍了二系杂交水稻在长江中下游和华南地区的推广应用。1993 年袁隆平先生提出了用低温敏不育系确保制种安全, 用冷水串灌确保繁殖产量(以下简称“冷繁”)的设想, 为二系法杂交水稻在南方稻区的稳定发展开辟了一条行之有效的通路。本文在文献 [1] 研究的基础上, 通过田间微气象要素及不育系自交结实率的平行观测, 着重研究了冷灌的适宜起止时间、合理的灌水深度、最少灌溉用水量等定量指标。力图提供最优的“冷繁”适用技术方案, 以求高产、节水的实用效果。

1 试验概况

田间试验在湖南省张家界市武陵源区协合乡协合村“冷繁”基地的试验田上进行, 试验稻田面积约 6.667 hm^2 。灌溉用水引自距试验田西南方向约 1000 m 处的面积 14.43 km^2 库容量 $1.02 \times 10^7 \text{ m}^3$ 大型水库的深层低温水。夏季从该水库深孔放出的库水温度很低, 一般能保持在 16°C 左右, 甚至更低。但灌溉水的温度在输送流动过程中, 随灌溉渠道的距离而逐渐升高。本次试验进水口温度日平均值已超过 18°C 甚至更高(见表 1)。供试的低温敏不育系培矮 64s 是目前通过鉴定且育性转换起点温度最低^[1] (23.3°C) 的不育系(所用资料均取自 1995 年)。

测定项目分为气象要素和生物学因子两部分(观测项目、测定仪器和方法见表 2)。生物学因子采用常规方法测定叶面积指数(LAI)、株高、密度, 测定结果见表 3。在 10 个温度测点上各选取有代表性样株 9 穴, 共 90 穴, 分别定穗挂牌记载抽穗日期, 并考测其自交结实率。

收稿日期: 1996-12-30; 改回日期: 1997-06-04

第一作者简介: 储长树, 男, 1937 年 11 月生, 副教授

1) 姚克敏, 储长树. 培矮 64s-05 的育性鉴定及其南繁的气候决策. 待发表

表 1 进水口日平均水温逐日变化

Table 1 Day-to-day variation of mean water temperature at the entrance area

| | | 日期(日/月) | | | | | | | | | | | | | |
|----|--|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 15/7 | 16/7 | 18/7 | 19/7 | 20/7 | 24/7 | 25/7 | 26/7 | 27/7 | 28/7 | 30/7 | 31/7 | 1/8 | 2/8 |
| 温度 | | 17.5 | 17.6 | 17.8 | 18.1 | 18.1 | 20.7 | 20.4 | 21.5 | 21.1 | 21.1 | 21.6 | 21.7 | 21.6 | 22.2 |

表 2 观测项目、使用仪器及测定方法

Table 2 Measuring instruments, place and technique

| 测定项目 | 仪器 | 仪器设置 | 测定方法 |
|-------|--------------------|---|---|
| 温湿度 | 精度为 0.001 的热敏电阻温度计 | 土中 20、15、10、5 cm 地面、水中、水面 水面上 10、20 cm 冠层表面、冠层上 50 cm 和 100 cm | 人工读取各温度计的阻值,并由计算机通过相应公式换算成温湿度值 |
| 总辐射 | 总辐射表 | 冠层上 50 cm | 各仪器输出电信号值,人工读取电压值,转由计算机根据相应转化关系处理为相应物理量值;每次测定从正点前 10 分钟开始,正点后 10 分钟结束 |
| 反射辐射 | 反射率表 | 冠层上 50 cm | |
| 净辐射 | 净辐射表 | 冠层上 50 cm | |
| 土壤热通量 | 热流板 | 泥面以下 0.5cm(处理、对照地各安装一块) | |

表 3 生物学测定结果

Table 3 Biological measurements

| | | 第 2 期 | | | 第 3 期 | | | | |
|-------|-------|-------|------------------------|------|-------|-------|------|------------------------|------|
| 灌水日期 | 测定日期 | 株高 | 密度 | LAI | 灌水日期 | 测定日期 | 株高 | 密度 | LAI |
| (日/月) | (日/月) | (cm) | (万茎·hm ⁻²) | | (日/月) | (日/月) | (cm) | (万茎·hm ⁻²) | |
| 14/7 | 15/7 | 70.0 | 765 | 7.64 | 23/7 | 24/7 | 76.2 | 599 | 7.42 |

气象观测于 1995 年 7 月 15 日~8 月 2 日进行,以晴朗天气为主。试验期间,当地气象站的日平均温度均高于培矮 64s 育性转换的起点温度(见表 4)。

表 4 大庸市气象台 7 月 14 日~8 月 13 日平均温度

Table 4 Daily mean temperature measured at dayong station

| | | 日期(日/月) | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|--|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 14/7 | 15/7 | 16/7 | 17/7 | 18/7 | 19/7 | 20/7 | 21/7 | 22/7 | 23/7 | 24/7 | 25/7 | 26/7 | 27/7 | 28/7 | 29/7 |
| 温度 | | 29.8 | 30.4 | 30.4 | 30.3 | 30.9 | 31.3 | 31.4 | 31.2 | 31.9 | 32.3 | 31.9 | 29.8 | 31.5 | 31.4 | 31.6 | 31.9 |

续表 4

| | 日期(日/月) | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 30/7 | 31/7 | 1/8 | 2/8 | 3/8 | 4/8 | 5/8 | 6/8 | 7/8 | 8/8 | 9/8 | 10/8 | 11/8 | 12/8 | 13/8 |
| 温度 | 33.1 | 33.0 | 30.3 | 30.3 | 28.7 | 27.3 | 28.3 | 29.2 | 29.4 | 29.5 | 30.4 | 31.8 | 30.5 | 28.5 | 26.6 |

2 试验结果与分析

2.1 冷灌稻田温度场特征与冷灌技术

稻田的温度场涉及空气温度、冠层温度、灌溉水温度、土壤温度,对于某块稻田,温度场反映了稻田生态系统的热量条件,是影响水稻生理、生长发育的重要生态因子。

图 1 是冷水串灌后,稻田日平均温度的垂直分布廓线,能代表整个冷灌期间晴天的情况。由图可知,从土壤 20 cm 深处 灌溉水层,各层温度呈递减趋势;由水层 冠层 空气层,各层温度呈递增趋势。说明冷水串灌后,稻田里形成一个以水层为中心的低温层(热汇)。冷灌正是利用这个低温层较强的调温能力,使局地环境温度和稻株本身温度下降,从而创造一种相对独立的,有利于低温敏水稻自交结实的低温环境。水层温度越低,覆盖水面的水稻冠层接收来自水面的长波辐射能就越少,冠层温度亦越低,越有利于低温环境的形成和维持,能明显减弱高温天气对低温敏繁殖的不利影响。根据热量平衡原理,热量是由高温处向低温处流动,故土壤层和空气层的热量会持续地流向水层,使水层温度不断上升,最终达到平衡状态,使“冷源”消失。要维持“冷源”的持续存在,需采取连续不断地冷水串灌或间歇性灌溉。

图 2 取自 1995 年 7 月 28 日的资料,代表了晴天各层温度的日变化情况,其日变化趋势均符合正弦函数形式。一般在早晨 06 时最低,逐步升温至 14 时达到最高值,此后逐渐下降,一直到第 2 天 06 时又达到最低值。由图可见:1) 12 时~17 时,平均水温已超过 23℃,高于培矮 64s 育性转换起点温度。为保险起见,在具体实施冷灌时,该时段应加大灌水量,以保证理想低温环境的维持;2) 从 17 时开始水温迅速下降,从节约冷水资源考虑,建议从 18 时开始可以停止串灌。另从冷水串灌前的 7 月 22 日稻田水温的日变化曲线(虚线)可见,即使是常规灌溉的稻田,在 24 时以后温度也能下降到 23℃ 以下,故可以认为,18 时停止串灌是没有风险的。

图 3 是冷灌后稻田日平均水温的水平分布。由图可知,冷灌稻田水温水平分布是极不均匀的。若以进出水口两点的连线作为基准,可以发现:由进水口 出水口,水温是逐渐升高的,沿连线两侧距离的增加,水温也呈增加趋势,且两侧增加的幅度大于沿连线增加的幅度,粗略计算约分别为 $0.09 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{m}^{-1}$ 和 $0.04 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{m}^{-1}$ 。由此可知为了创造一个最佳的低温环境,冷灌时要根据田块面积大小合理设置进出水口。对于面积较大的田块,为了保证整个田块的处理效果,可多设置几个进出水口。例如田埂长度超过 50 m 的田块,设置 2 个进出水口为宜,即使是面积较小的田块,也不能把进出水口设在同一田埂上,避免冷水从田埂一侧直流而过,回水区温度很高,达不到处理效果。

2.2 冷灌起止时间

姚克敏等¹⁾认为培矮 64s 育性敏感期是在抽穗前 25 天~10 天内,共计 15 d 左右。本文根据试验中考测的自交结实率资料,统计了灌水始日至抽穗日的天数与自交结实率的关系,根据

1) 姚克敏,储长树. 培矮 64s-05 的育性鉴定及其南繁的气候决策. 待发表

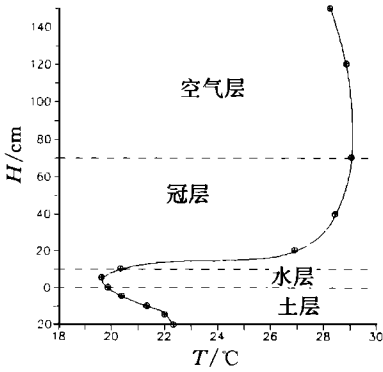


图 1 冷灌稻田日平均温度铅直分布

Fig. 1 Profile of mean daily temperature in a field covered with cold water

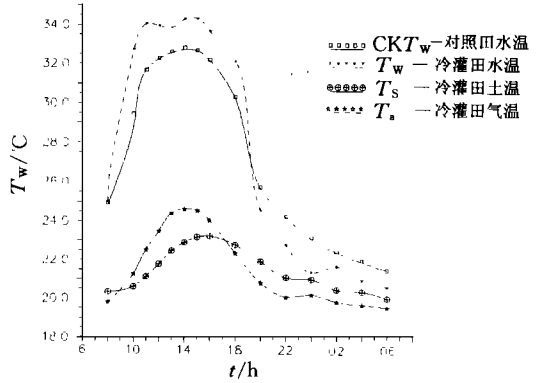


图 2 冷灌稻田各层温度日变化曲线

Fig. 2 Variation of daily temperature at various levels in the cold water covered field

1 670 个样本统计的结果(图4)可以看出,灌水日 抽穗日达 25 d 时,自交结实率最高,随该时段的延长或缩短,自交结实率均呈下降趋势,反证了文献 [1])结论的正确性。因为本次试验冷

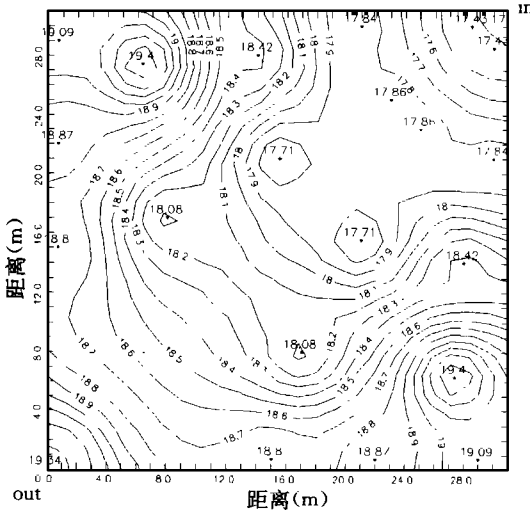


图 3 冷灌田水温的水平分布

in: 进水口; out: 出水口

Fig. 3 Variation of horizontal temperature in the cold water covered field, with in (out) indicating the entrance (exit) area

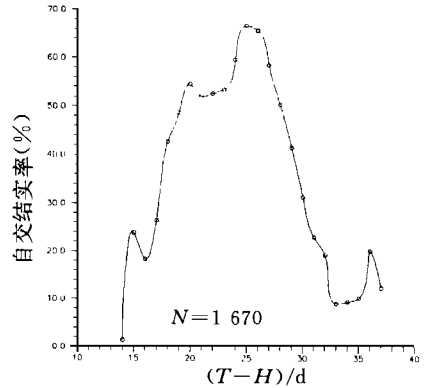


图 4 自交结实率与灌水始日至抽穗日天数的关系

Fig. 4 Relation of grain-bearing rates to days of the field with cold water to earing time

水处理的天数均为 15 d,自灌水日期,经过 25 d 抽穗的稻株,育性敏感期正好全部受到冷水处理,故结实率最高,离灌水日 25 d 前或后抽穗的稻株,育性敏感期内均有几天的时间没有得到冷水处理,且随天数的增加,自交结实率呈明显下降趋势(表 5)。

表 5 培矮 64s 敏感期内灌水天数与结实率的关系

Table 5 Relationship between grain bearing rates and days of cold water during 64s sensitive period

| 第 2 期 | | | | | | 第 3 期 | | | | | |
|---------------|--------------|-----------------|-----------|-----------|------------|---------------|--------------|-----------------|-----------|-----------|------------|
| 抽穗日期 (日/月) | 敏感期 (日/月) | 灌水 天数 (d) | 抽穗 (%) | 累计 (%) | 结实率 (%) | 抽穗日期 (日/月) | 敏感期 (日/月) | 灌水 天数 (d) | 抽穗 (%) | 累计 (%) | 结实率 (%) |
| 2/8 | 8/7~23/7 | 9 | 0.71 | 0.71 | 54.98 | 6/8 | 12/7~27/7 | 4 | 0.47 | 0.47 | 1.36 |
| 3/8 | 9/7~24/7 | 10 | 0.82 | 1.53 | 61.09 | 7/8 | 13/7~28/7 | 5 | 0.94 | 0.94 | 4.10 |
| 4/8 | 10/7~25/7 | 11 | 2.47 | 4.00 | 62.17 | 8/8 | 14/7~29/7 | 6 | 2.46 | 3.87 | 9.45 |
| 5/8 | 11/7~26/7 | 12 | 3.65 | 7.56 | 63.78 | 9/8 | 15/7~30/7 | 7 | 4.22 | 8.09 | 26.44 |
| 6/8 | 12/7~27/7 | 13 | 5.35 | 13.09 | 63.72 | 10/8 | 16/7~31/7 | 8 | 7.97 | 16.05 | 42.69 |
| 7/8 | 13/7~28/7 | 14 | 9.88 | 22.97 | 64.88 | 11/8 | 17/7~1/8 | 9 | 15.47 | 31.53 | 47.36 |
| 8/8 | 14/7~29/7 | 15 | 13.18 | 36.15 | 67.37 | 12/8 | 18/7~2/8 | 10 | 18.87 | 50.40 | 51.71 |
| 9/8 | 15/7~30/7 | 14 | 16.47 | 52.62 | 66.01 | 13/8 | 19/7~3/8 | 11 | 11.72 | 62.12 | 47.30 |
| 10/8 | 16/7~31/7 | 13 | 15.06 | 67.68 | 64.09 | 14/8 | 20/7~4/8 | 12 | 17.23 | 79.35 | 45.62 |
| 11/8 | 17/7~1/8 | 12 | 11.18 | 78.86 | 54.15 | 15/8 | 21/7~5/8 | 13 | 9.96 | 89.31 | 48.19 |
| 12/8 | 18/7~2/8 | 11 | 5.76 | 84.62 | 41.51 | 16/8 | 22/7~6/8 | 14 | 4.57 | 93.88 | 53.74 |
| 13/8 | 19/7~3/8 | 10 | 3.29 | 87.91 | 31.37 | 17/8 | 23/7~7/8 | 15 | 4.34 | 98.22 | 65.37 |
| 14/8 | 20/7~4/8 | 9 | 3.41 | 91.32 | 23.04 | 18/8 | 24/7~8/8 | 14 | 0.70 | 98.92 | 65.06 |
| 15/8 | 21/7~5/8 | 8 | 4.00 | 95.32 | 19.25 | 19/8 | 25/7~9/8 | 13 | 0.70 | 99.62 | 48.79 |
| 16/8 | 22/7~6/8 | 7 | 0.59 | 95.91 | 9.11 | 20/8 | 26/7~10/8 | 12 | 0.35 | 99.97 | 27.53 |
| 17/8 | 23/7~7/8 | 6 | 2.12 | 98.03 | 9.42 | | | | | | |
| 18/8 | 24/7~8/8 | 5 | 0.94 | 98.97 | 10.21 | | | | | | |
| 19/8 | 25/7~9/8 | 4 | 0.47 | 99.44 | 14.06 | | | | | | |
| 20/8 | 26/7~10/8 | 3 | 0.47 | 99.91 | 12.42 | | | | | | |

注: 灌水始日第 2 期为 7 月 14 日, 第 3 期为 7 月 23 日

要确定冷灌适宜的起始日期, 必须确定供试品种准确的抽穗日期。由表 5 可知

(1) 试验田的稻株抽穗日期进度是相当不整齐的, 从始穗到齐穗, 第 2 期历经 19 d, 第 3 期历经 15 d(其历经天数缩短是因为经过前期冷灌用水, 库水水位下降而导致进水口水温上升所致。见表 1)。而常规灌溉的水稻从始穗到齐穗一般只历经 5 d~7 d 左右^[1]。冷灌稻田水稻出穗慢, 历时长给确定冷灌起始日期带来了一定的困难。若使所有稻株在育性敏感期间都得以冷水处理, 必须拉长灌水天数。

(2) “理想”的灌水起止时间第 2 期应为 7 月 8 日~8 月 10 日, 第 3 期应为 7 月 12 日~8 月 10 日, 灌水天数分别为 33 d 和 29 d。这样处理的结果, 会带来以下两个问题: 一是灌水天数拉长, 必将增加用水量, 因而使繁种成本增加; 二是灌水天数拉长, 稻株较长时间处于低温环境中, 对生长发育, 产量形成等有何影响? 还需进一步研究。为了做到既节约冷水资源, 又能保证繁殖高产。我们认为日出穗率在 5% 以下的稻株可以不考虑, 因为这一部分稻株前后两头之和所占比率很少, 第 2 期 8 月 5 日以前和 8 月 13 日以后出穗的稻株只占整个考测稻株的

22.73%；第3期8月9日以前和8月16日以后出穗的稻株只占18.75%。根据这一设想，如果把第2期的灌水时间定为7月12日~8月2日，第3期灌水时间定为7月16日~8月5日，灌水天数分别为22 d和21 d，比“理想”的灌水天数分别减少了11 d和8 d，比本次试验分别增加了7 d和6 d。这样处理的结果，第2期有77.27%，第3期有81.25%的稻株整个敏感期都得以冷水处理，粗略计算平均结实率比本次试验可分别增加7个百分点和18个百分点，繁种产量当能提高。

(3) 第3期的冷灌时间是不合理的，只有4.34%的稻株全部敏感期得到冷水处理，95.66%的稻株敏感期内冷水处理的天数均少于15 d，如果提前5 d，即7月18日开始冷灌，使日出穗最高的稻株全部敏感期都得以冷水处理，效果会更好。

(4) 自出穗率大于5%的日期到齐穗期(出穗达80%日期)历经的天数比较一致，分别为6 d和5 d。因此可以利用农业气象上预报作物发育期模型(模型另文介绍)，根据供试品种的生物学特性，播种日期，当地气象站的气候资料，冷水资源的温度状况等，准确地预测出供试品种的齐穗日期，由此日期向前推30 d或31 d，即为培矮64s在当地最适的冷水处理的起始日期，连续灌溉20 d左右，可获得繁殖高产。

2.3 灌水深度

冷水处理期间，灌水深度是“冷繁”技术实施过程中亟待解决的一个重要问题。灌水太深，浪费冷水资源；灌水太浅，降低或达不到冷灌的效果。要定量确定灌水深度，首先要弄清楚低温敏不育系培矮64s的敏感部位。根据1995年田间试验资料，统计了不同稻株整个敏感期间不同部位(泥层、水层、冠层、空气层)的日平均温度¹⁾与自交结实率的关系(见图5)。由图可知，结实率与水温的相关性最好(即对水温最敏感)，土壤5 cm处温度次之，相关系数分别为-0.7215和-0.6959。说明低温敏不育系的敏感部分应是茎端生长点，该结果与文献[6]完全一致。根据这一结论，灌水深度应以淹没茎端生长点为准。一般茎端生长点位于距泥面10 cm~20 cm⁴⁾，且茎端生长点的高度是变动的，它随着生育期的进展，逐渐增高，若只考虑这一变动因素，灌水深度不宜固定，应随生育期进展而逐渐加深，即前期浅灌，后期深灌。另据文献[4]，水温对冠层气温的影响是越靠近水面越显著，最显著的高度是在 $(h - H_w)$ 的20%~25%高度以内(h 为水稻平均高度， H_w 为灌水深度)。因此，灌水越深，对冠层低温环境的形成与维持就越有利。具体灌水深度建议前10 d为15 cm，后10 d为20 cm为宜。

2.4 冷灌用水量

由文章²⁾可知，冷水串灌后，稻田最佳低温环境的形成和维持受天气状况、进水口水温、灌水深度、灌水速度以及群体叶面积指数等多因素的综合影响。要定量估算最优的灌水用量，必须根据以上变量，结合前面所述的有关指标，通过计算机模型进行计算，才能确定。

对于不断有冷水输入的稻田水层，其热传导方程可表示为

$$\rho_{c_p} H_w \frac{dT_w}{dt} = R_{n^s} - \frac{0.622 \{ \rho_w D_w [e(T_w) - e_a] \}}{P} - \rho_{c_p} D_T (T_w - T_a) - \rho_w c_{p_w} Q_w (T_{out} - T_{in}) - Q_s$$

式中， R_{n^s} 为水面所接收的净辐射通量密度($W \cdot m^{-2}$)； L 为汽化潜热($J \cdot kg^{-1}$)； P 为气压

1) 日平均温度 = $\frac{\text{冷水田 5 d 平均温度} \times \text{冷水处理天数} + \text{对照田平均温度} \times \text{未冷水处理天数}}{\text{敏感期长度}(15 \text{ d})}$

2) 储长树, 姚克敏, 宗雪梅. 低温敏不育水稻“冷繁”技术微气象效应的数值试验. 待发表

(hPa); T_{in} 和 T_{out} 分别为进出水口水温() ; T_w 为水层平均水温() ; T_a 为近水面某参考高度空气温度() ; Q_w 为冷水通过单位截面面积流入流出的速度($m \cdot s^{-1}$) ; D_T 、 D_w 分别为水层和邻近空气层的显热和潜热交换速度($m \cdot s^{-1}$) ; $e(T_w)$ 和 e_a 分别为平均水温条件下饱和水汽压和空气实际水汽压(hPa) ; ρ_w 、 c_{p_w} 分别为水的密度($kg \cdot m^{-3}$) 和定压比热($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$) ; ρ_a 、 c_{p_a} 分别为空气的密度($kg \cdot m^{-3}$) 和定压比热($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$) ; Q_s 为土壤热通量密度($W \cdot m^{-2}$) 。

参数的确定: $Rn_n = Rn_0 \exp(-0.6F)$ ⁶⁾, Rn_n 为稻田冠层上方的净辐射通量密度, F 为群体叶面积指数; T_a 由稻田分层模型²⁾ 计算得出; D_T 、 D_w 分别取为 0.005 和 0.007 ⁶⁾ 。

利用上述模型, 输入不同天气状况、不同叶面积系数、不同进水口水温以及不同灌水深度等变量, 保持水层平均水温 22 , 出水口水温 23 的条件下, 对每日(06 时~18 时) 最小灌水用量进行了定量计算。共输出 1 350 组灌水量数据, 现选例分析如下。

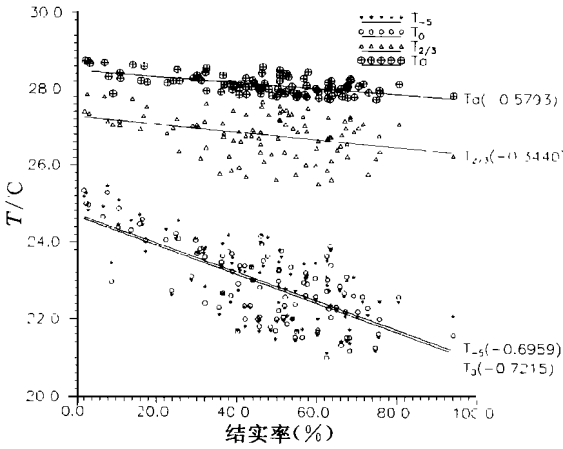


图 5 结实率与各层平均温度的关系
Fig. 5 Relation of grain-bearing rates to mean temperature at various levels

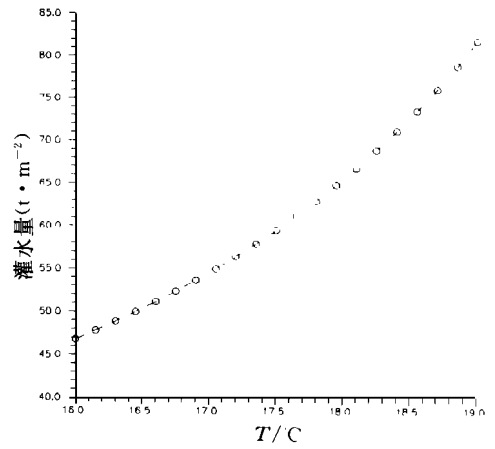


图 6 灌水量与进水口水温的关系
Fig. 6 Relation of irrigation (tons m^{-2}) to water temperature at the entrance area

图 6 表示日平均气温 30 、叶面积指数 4 和灌水深度 15 cm 的条件下, 灌水量与进进出口水温的关系。由图可见, 每日(06 时~18 时) 的灌水量是随进水口水温升高而增加, 且进水口水温低时增加缓慢, 高时增加迅速。如进水口水温由 16 升高至 17 , 灌水量只增加 8 t, 而从 18 升高到 19 时, 同样升高 1 , 灌水量却增加 17 t。为了节约冷水资源, 在不影响水稻生长发育的前提下, 应尽可能利用水库深层的低温水进行串灌。我国已建的众多大、中、小型水库工程中, 有 90 % 以上的水库采用深孔放水建筑物 ⁶⁾, 夏季能将水库深层低温水供给各用水部门使用, 为低温敏水稻“冷繁”技术在各地推广应用提供了必备条件。

图 7 是日平均气温 30 、进水口水温 18 和灌水深度 15 cm 的条件下, 灌水量与叶面积指数的关系。由图可知, 每日(06 时~18 时) 的灌水量是随叶面积指数的增加而呈负指数递减。随着水稻群体繁茂度的增加, 越不利于太阳辐射能的透入, 水面接收的太阳辐射随之减少, 水温难以升高, 是灌水量减少的根本原因。但水稻群体叶面积指数是具有动态变化的, 一般在水稻生长前中期按 logistic 生长曲线规律而增加。在具体实施冷灌时, 适当考虑叶面积指数的变化规律, 对灌水量进行合理调控, 可使“冷繁”技术方案更为优化。

图 8 是在进水口水温 18℃、叶面积指数 4 和灌水深度 15 cm 的条件下,灌水量与日平均气温的关系。可见,每日(06 时~18 时)的灌水量是随日平均气温的升高而线性增加。说明在影响灌水量的诸因素中,日平均气温最为敏感。因为随着日平均气温的升高,水温与气温之差随之加大,加速了由空气层向水层的热量输送,使水温迅速升高,要维持低温层和稻田低温环境持续存在,必须加大灌水量。

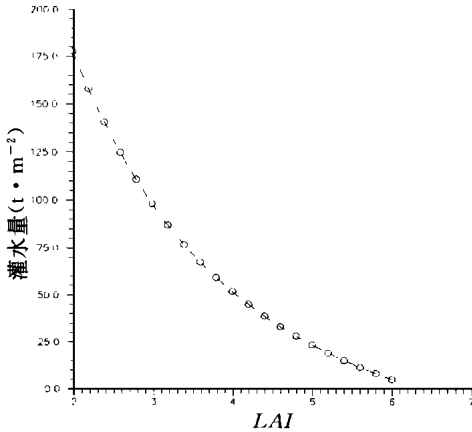


图 7 灌水量与叶面积指数的关系

Fig. 7 Relation of irrigation
(tons · m⁻²) to leaf area index

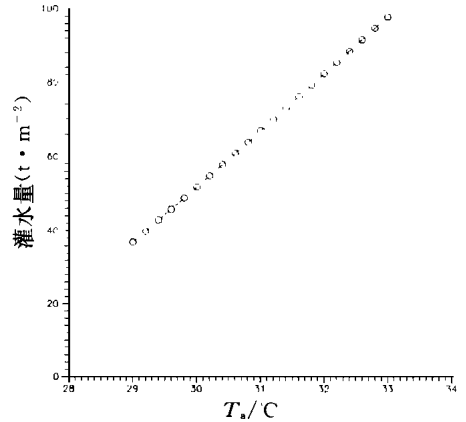


图 8 灌水量与日平均温度的关系

Fig. 8 Relation of irrigation
(tons · m⁻²) to mean daily temperature

3 结论与问题

(1) 冷灌稻田的温度场特征与常规灌溉稻田有明显的差异,冷水串灌后,稻田形成一个以水层为中心的低温层,“冷繁”技术正是利用这个低温层较强的调温能力,创造一个有利于低温敏水稻自交结实的低温环境。

(2) 冷水串灌后稻田水温分布极不均匀,为保证冷灌效果,必须根据田块面积大小合理设计进出水口。

(3) 根据稻田温度日变化特点,不必昼夜连续串灌,只在每日的 06 时~18 时之间进行串灌,仍能在高温环境下达到冷灌处理效果。

(4) 证实了低温敏不育系水稻培矮 64s 的敏感部位是茎端生长点,灌水深度应以淹没茎端生长点为准。

(5) 培矮 64s 适宜的冷灌开始日期应是由齐穗期(累计抽穗率达 80% 的日期)向前推 30 d 或 31 d,连续串灌 20 d 左右为好。

(6) 影响每天灌水用量的因素是天气状况、进水口水温、灌水深度以及水稻群体叶面积指数,在其他条件固定的情况下,每 m² 面积灌水用量随气温升高、进水口水温升高、叶面积指数降低而增加,其中气温最为敏感。

根据本文灌水用量的初步计算,结合“冷繁”基地的具体条件,可以初步估算“冷繁”田整个冷灌期间的用水量,也可以估算一个具体水库能供给多少面积“冷繁”田用水。不过,本文的分析研究仅是田间试验的初步结果,尤其对冷灌的起始日期和灌水天数、灌水深度的对比试验等仍需继续试验,以证实理论分析的正确程度。

参 考 文 献

- 1 储长树, 卢显富, 姚克敏. 低温敏核不育系冷水灌溉繁殖技术的微气象试验研究. 见: 中国科学技术协会学会部编. 中国 2000 年农业发展学术研讨会论文集. 北京: 中国农业科技出版社, 1995
- 2 高亮之, 李 林. 水稻气象生态. 北京: 农业出版社, 1992. 54 ~ 67
- 3 周承恕, 刘建宾. 低温敏核不育系冷水灌溉繁殖技术研究. 杂交水稻, 1993, (2): 15 ~ 17
- 4 Kimio Inoue. A simulation model for micrometeorological environment in rice field. J Agr Met, 1985, 40(4): 353 ~ 360
- 5 坪井八十二主编. 新编农业气象手册. 侯宏森等译. 北京: 农业出版社, 1985. 164 ~ 181
- 6 刘仲桂. 水库水温与水稻丰产灌溉. 北京: 水利电力出版社, 1985

STUDY ON APPLYING “COLD FERTILITY ” METHOD TO LOW TEMPERATURE SENSITIVE VARIETY OF STERILE STRAIN

Chu Changshu Lu Xianfu Yao Kemin Zong Xuemei

(Department of Applied Meteorology, NIM, Nanjing 210044)

Zhou Chengshu Li Jiming Liu Jianbin

(Hunan Research Center of Hybrid Rice, Changsha 410125)

Abstract Based on synchronous observations of micro-meteorological field elements and grain-bearing rates by self mating in cold-water fields during a fertility-sensitive period of short low-temperature-sensitive variety 64s of the sterile strain, study was made of optimal time intervals, depth and amount of irrigated water for the crop, called the “cold fertility” technique.

Keywords low temperature sensitive sterile strain, cold fertility, field micrometeorology, grain bearing rate by self mating