

# 天丰 A 高温复育特性及其杂交组合天优华占制种基地的选择

雷东阳<sup>1a</sup>, 解志坚<sup>1b</sup>, 唐文帮<sup>1a</sup>, 黄河清<sup>2</sup>, 陈立云<sup>1a\*</sup>

(1.湖南农业大学 a.农学院;b.信息科学技术学院, 湖南 长沙 410128;2.北京金色农华科技有限公司江西分公司, 江西 南昌 330036)

**摘要:**为解决杂交稻组合天优华占制种不安全问题,对天丰 A 高温复育特性及其杂交组合天优华占制种基地和时段选择进行研究。通过不同生态区分期播种试验,明确母本天丰 A 的育性特性;利用研制的杂交稻制种基地和时段气象决策系统,通过分析该组合制种“3 个安全期”(育性敏感安全期、抽穗扬花安全期、收获成熟安全期)的风险概率,筛选最佳制种地点和时段。结果表明,天丰 A 高温复育临界温度为 27.8 °C;对全国 740 个气象站点 50 年历史气象资料进行分析后的结果表明,在不同地点和时段进行天优华占制种的安全性差异很大,在海南三亚等基地制种比较适宜。2013 年在海南三亚制种基地进行天优华占制种,其单产达 3 750 kg/hm<sup>2</sup>,证实了所筛选到的制种基地和时段是有效的。

**关键词:** 杂交水稻;天优华占;高温复育临界温度;制种基地

中图分类号: S511.035.1 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2014)05-0458-05

## Sterile transfer characters of Tianfeng A and site selection of its hybrid seed production: Tianyouhuazhan

LEI Dong-yang<sup>1a</sup>, JIE Zhi-jian<sup>1b</sup>, TANG Wen-bang<sup>1a</sup>, HUANG He-qing<sup>2</sup>, CHEN Li-yun<sup>1a\*</sup>

(1.a.College of Agronomy; b.College of Information, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2.JiangXi Branch, BeiJingJinSheNongHua Seeds Science and Technology Co. Ltd, Nanchang 330036, China)

**Abstract:** The fertility transfer character of Tianfeng A and seed production site selection were studied in order to solve the insecurity problem of seed production for Tianyouhuazhan, a hybrid seed combination. A new idea for determining appropriate region and period for seed production was proposed according to the climate data together with the demand of safe-period in seed production. A computer system was utilized to analysis the meteorological dam of 50 years in China. The result indicated that the critical temperature of sterility transfer for Tianfeng A was about 27.8 °C. It showed the safe production of Tianyouhuazhan seed was different from location to location. According to historical meteorological data, the risk probability of three safe periods of Tianyouhuazhan seed production, e.g. Sanyan of Hainan province, et al, were selected as the suitable seed production for Tianyouhuazhan combination. Hence, the security of Tianyouhuazhan seed production could be guaranteed on the basis of scientific selection of sites and time for seed production. In 2013, we attempted to produce the seed of Tianyouhuazhan in Sanya, Hainan province via the computer-aided selection system, the grain yield could reach 3 750 kg/hm<sup>2</sup>. The results suggested that the problem of low security for Tianyouhuazhan seed production could be solved by this method, and it could provide a useful technical support for the development of hybrid rice.

**Key words:** hybrid rice; Tianyouhuazhan; critical temperature of sterility transfer; seed production site

收稿日期: 2014-09-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(31371714)

作者简介: 雷东阳(1980—), 男, 湖南邵阳人, 博士, 副教授, 主要从事水稻遗传育种和杂交稻种子生产研究, leidongyang1980@126.com; \*通信作者, chenliyun996@163.com

天优华占是中国水稻研究所用母本天丰 A 与父本华占选配育成的优质高产籼型三系杂交稻组合。该组合在南方稻区晚粳中迟熟组、长江上游单季稻、长江中下游单季稻、华南稻区早稻等熟期的国家区试中表现突出,且均通过了审定,是农业部认定的超级稻和主推品种,是国家区试和多个省级区试的对照品种<sup>[1-4]</sup>,其产量、抗性、品质都达到了较高水平,具有很好的生产应用前景。该组合母本天丰 A 具有高温复育的特性<sup>[5-6]</sup>,其育性的不稳定性给杂交稻制种带来了较大风险,也给种子企业带来了巨大的经济损失。天优华占的制种问题一直是其推广应用的瓶颈,多年来生产上出现的制种问题不断,难以生产出足够的合格杂交稻种子,如 2010 年在湖南绥宁制种,由于不育系高温转育,生产出来的种子基本都是不育系自交种;2011 年在江西宁都和南丰等地制种,高温转育比例高达 60%。已有研究<sup>[7-11]</sup>表明,制种基地和时段的选择对杂交稻制种产量和种子质量起至关重要的作用。对于天丰 A 这类具有高温复育特性的不育系而言,杂交稻制种时的“3 个安全期”(育性敏感期、抽穗扬花期和成熟收割期)都直接影响到杂交稻制种的种子质量与产量。关于气象条件与杂交稻种子生产安全决策方面的研究尚少,尚未见对“3 个安全期”统筹研究的报道。笔者在不同生态区进行分期播种试验,明确天丰 A 高温复育的临界温度,利用计算机技术研制杂交稻制种基地与时段选择决策系统,根据全国 740 多个气象站点 50 年的历史气象资料 and 天优华占“3 个安全期”对气候条件的要求,运用研制出的决策系统筛选天优华占制种的适宜基地和时段,旨在确保其杂交种子生产的安全、高产、高效。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

天丰 A 种子由北京金色农华种业科技有限公司提供;历史气象数据由中国国家气象局提供。

## 1.2 方法

2012 年,在云南景东、广西玉林、湖南长沙对天丰 A 进行分期播种试验(表 1),每逢 15 日和 30 日播种,每播期移栽 100 个单株,用温度自动记录仪记载田间温度,并计算日平均温度。从第一播期始花期起进行花粉镜检,并考查自交结实率,对照试验点气象资料探明天丰 A 高温复育临界温度。

以 C#作为开发语言,以 SQL Server 2008 作为后台数据库,研制杂交水稻制种基地与时段选择决策系统。

对全国 740 个气象站点近 50 年的历史气象资料进行分析,结合不育系天丰 A 种性特性、制种实践和专家分析,设置天优华占杂交组合制种“3 个安全期”的适宜气象指标:育性敏感期(幼穗分化 IV~VI 期)14 d 内没有日均温低于 27.5 °C 的天气;抽穗扬花期 8 d 的日平均温度为 24~30 °C,且没有连续 3 d 日均温超出这一范围的天气,相对湿度为 70%~90%,且不出现连续 3 d 阴雨天(降水量 < 1 mm);收获成熟期 8 d 内不出现连续 3 d 雨天(降水量 < 10 mm)。育性敏感期平均温度取始穗前 15 d 至始穗前 5 d 日均温的平均值。

## 2 结果与分析

### 2.1 天丰 A 的高温复育特性

在湖南长沙、云南景东和广西玉林 3 个试验点的分期播种试验结果(表 1)表明,在湖南长沙进行的 8 期播种中,只在第 8 期育性敏感期日均温为 22.65 °C 时天丰 A 没有自交结实现象;在云南景东进行的 8 期播种试验中,育性敏感期的日均温为 21.9~25.2 °C,天丰 A 没有出现自交结实现象;在广西玉林播种的 9 期中,第 8 播期和第 9 播期育性敏感期的日均温分别为 27.58、24.23 °C,天丰 A 没有出现自交结实现象;其他播期育性敏感期日均温在 28 °C 以上,天丰 A 均出现自交结实现象。多点分期播种试验表明,天丰 A 的高温复育临界温度约为 27.8 °C(表 1)。

表 1 天丰 A 分期播种的育性鉴定结果

Table 1 Fertility character of Tianfeng A under different sowing dates

试验点	播期	播种期(月-日)	始穗期(月-日)	自交结实率/%	育性敏感期日均温/°C	是否遇连续 3 d 日最高温 > 34 °C
湖南长沙	1	03-30	06-24	7.56	28.40	是
	2	04-15	07-02	5.64	27.94	是
	3	04-30	07-15	6.22	32.36	是
	4	05-15	07-30	19.60	28.88	否

续 表

试验点	播期	播种期(月-日)	始穗期(月-日)	自交结实率/%	育性敏感期日均温/°C	是否遇连续 3 d 日最高温 > 34 °C
云南景东	5	05-30	08-09	23.8	30.9	是
	6	06-15	08-24	13.23	30.11	是
	7	06-30	09-07	5.65	28.28	是
	8	07-15	09-26	0	22.65	否
	1	04-12	06-22	0	24.61	否
	2	04-30	06-30	0	24.20	否
	3	05-15	07-20	0	24.30	否
	4	05-31	08-01	0	24.20	否
	5	06-15	08-20	0	25.20	否
广西玉林	6	07-01	09-07	0	24.50	否
	7	07-15	09-20	0	22.90	否
	8	07-30	10-12	0	21.90	否
	1	04-30	07-10	1.28	31.12	是
	2	05-15	07-24	2.53	32.15	是
	3	05-30	08-09	1.63	32.05	是
	4	06-15	08-24	6.7	32.27	是
	5	06-30	09-05	0.77	32.10	是
	6	07-15	09-19	0.62	31.02	是
7	07-30	10-01	0.6	28.97	是	
8	08-15	10-26	0	27.58	否	
9	08-30	11-09	0	24.23	否	

从表 1 还可以看出,在各分期播种试验中,凡是有自交结实的,在天丰 A 育性敏感时段都遇到了连续 3 d 以上日最高温高于 34 °C 的天气,说明该不育系的育性除受日平均温度影响外,还受日最高温度的影响。此外,天丰 A 在其育性敏感期遇上日均温高于 28 °C 的天气,部分单株育性发生变化,出现自交结实现象,而有些单株仍表现为完全不育,表明不同单株的高温复育临界温度存在差异。这种现象在两系不育系中同样存在。

## 2.2 天优华占适宜制种基地与时段的选择

利用全国 740 个气象站点近 50 年的历史气象资料,采用计算机技术,研制出的杂交稻制种基地与时段选择决策系统输入界面如图 1 所示。运用该系统进行分析的结果表明,海南三亚、海南陵水和云南孟定等地是天优华占较为理想的制种基地,其

“3 个安全期”均满足气象条件要求的概率分别为 82.71%、79.25% 和 77.03%。

结合历史气象资料的分析结果表明,天优华占在海南三亚基地制种时,其母本的育性敏感始期在 3 月 20 日左右的制种成功率最大(表 2),在其他时段的制种安全性大大降低,生产出的杂交稻种子的质量和产量也受到影响;天优华占在云南孟定制种时,其不育系育性敏感始期以 8 月 15 日为宜。按照最大概率叠加原则,根据天优华占杂交组合制种“3 个安全期”的适宜气象指标要求,运用制种基地与时段选择决策系统推算出不同基地天优华占的最适育性敏感期时间如表 2 所示。在制种生产中可根据天丰 A 的播始历期安排其最适宜的播种期,以最大程度保证其制种安全。

图 1 系统输入界面

Fig.1 Input interface of the climate decision-making support system

表 2 天优华占组合制种基地信息

**Table 2 Seed production site for Tianyouhuazhan**

气象点	北纬(°)	东经(°)	海拔高度/m	满足气象要求的概率/%				最佳育性敏感期 开始日期(月-日)
				3个安全期(同时满足)	育性敏感期	抽穗扬花期	收获安全期	
海南三亚	18.14	109.31	5.9	82.71	100	86.84	95.24	03-20
海南陵水	18.32	110.02	13.9	79.25	100	82.93	95.56	03-20
云南孟定	23.34	99.05	511.4	77.03	100	78.79	97.76	08-15

通过制种基地与时段选择决策系统分析各制种基地历年的日平均气温可直观地判断不育系在各制种基地不同时间制种的安全性，例如：云南瑞丽的气温变幅小，年际间气温相对稳定，历年6月初以后很长一段时间的日均温都维持在21~27℃，没有高于27.8℃以上的天气(图2)，不适宜天优华

占制种；海南三亚3月的气温为18~28℃，3月中下旬的气温符合天丰A育性敏感安全期的气象要求(图3)，为天优华占的适宜制种基地；四川绵阳地区的气温变幅相对较大，相对而言，不是天优华占安全高产的适宜制种区域(图4)。

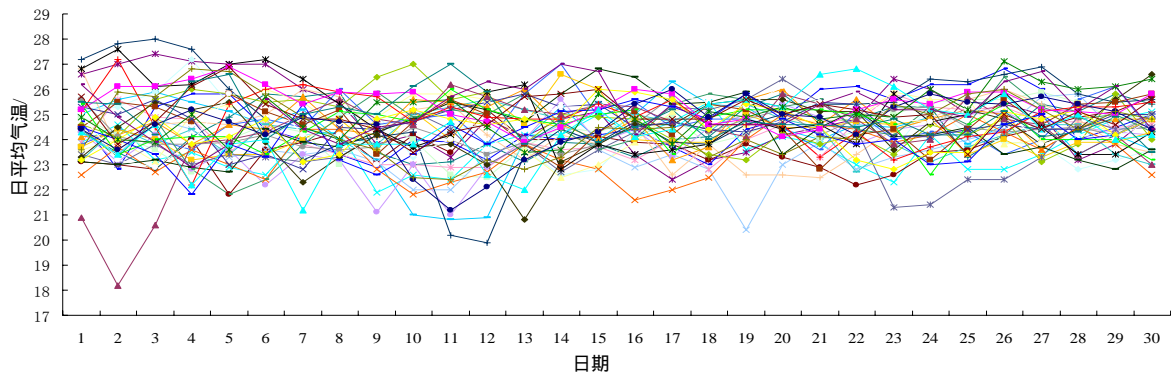


图 2 云南瑞丽近 50 年 6 月的日平均温度

Fig.2 Daily average temperature in June at Ruili, Yunnan during the past fifty years

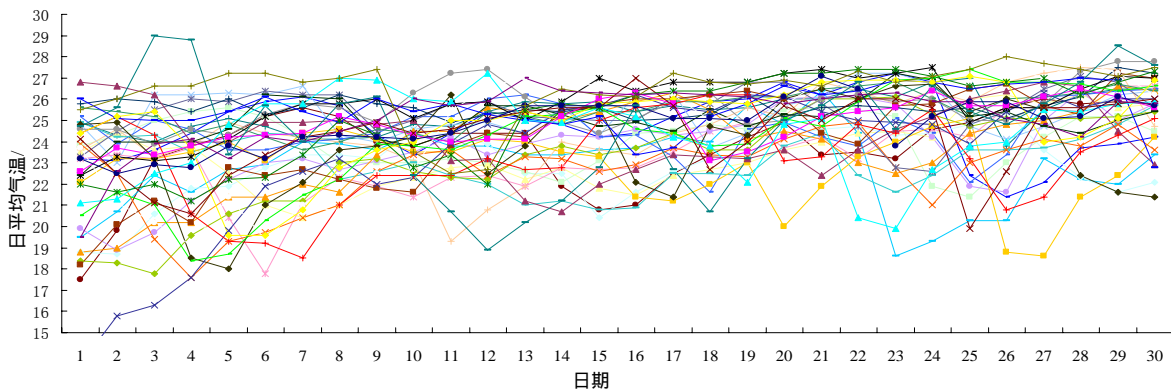


图 3 海南三亚近 50 年 3 月的日平均温度

Fig.3 Daily average temperature in June at Sanya during the past fifty years

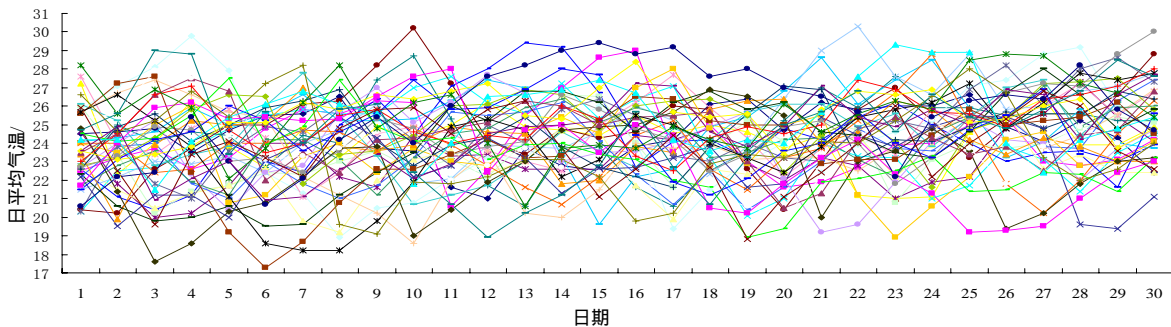


图 4 四川绵阳近 50 年 6 月的日平均温度

Fig.4 Daily average temperature in June at Mianyang, Sichuan during the past fifty years

### 2.3 天优华占在适宜制种基地的制种情况

2013 年,在海南三亚海棠湾镇进行了 30 hm<sup>2</sup> 三系杂交稻天优华占制种,母本天丰 A 在 1 月 20 日播种,3 月 20 日左右进入育性敏感期,4 月 5 日始穗,4 月 28 日成熟,实际产量达 3 750 kg/hm<sup>2</sup>,种子质量好。育种实践表明,采用该决策系统选择天优华占制种基地的结果是可靠的。

## 3 结论与讨论

制种安全是确保杂交稻推广应用的前提,无论是两系杂交稻制种还是三系杂交稻种子生产,都要选择适宜的制种基地和时段<sup>[10-11]</sup>。三系不育系天丰 A 具有高温复育的特性,天丰 A 在幼穗分化 V~VI 期遇上连续 3 d 日最高温超过 34.2 °C 天气时,其育性会受到较大影响<sup>[12]</sup>。本研究中针对天优华占制种时不育系高温复育的问题,明确了天丰 A 高温复育的临界温度,利用计算机决策系统筛选海南三亚为天优华占的适宜制种基地。本研究中的杂交稻制种基地与时段选择方法,对小麦、棉花、高粱等作物种子生产也具有借鉴作用。

由于筛选出来的制种基地和时段是基于各气象站点的历史气象资料数据,生产实际中建议在本研究结果气象站点海拔高度±50 m 的生态区域中进行选择,在具体操作上还应考虑当地的生态条件。

这种高温复育类型的三系不育系类似于两系不育系,其高温复育临界温度除受主效不育基因控制外,还受微效不育基因控制。微效不育基因聚合越多,则不育系高温复育临界温度越高<sup>[13]</sup>。繁殖过程中不育系天丰 A 部分单株的高温复育临界温度会降低,不同单株的高温复育临界温度不一样。天丰 A 不育性表达不稳定的现象我们称其为高温复育临界温度漂移。有必要对不育系进行提纯复壮,采用不育系和保持系成对杂交,并设置 28 °C 左右的温度进行人工增压选择,选择高温复育临界温度高的单株,以降低制种风险。由于该不育系具有高温复育特性,因此不育系的繁殖地点和时段选择的要求比杂交稻制种要求更为严格,必须选择制种绝

对安全的地点和时段进行不育系繁殖;否则,繁殖过程中不育系自交结实的比例会不断增加,用这些不育系种子制种,更容易发生不育系高温复育现象,从而增加杂交稻制种风险。

### 参考文献:

- [1] 陈志远,李传国,孙莹,等. 籼稻不育系天丰 A 的特征特性及其利用[J]. 广东农业科学, 2006(9): 54-55.
- [2] 梁世胡,李传国,符福鸿,等. 高产优质抗病杂交籼稻新组合天优 122 的选育与应用[J]. 杂交水稻, 2006, 21(4): 27-28.
- [3] 黄德娟,柳武革,符福鸿,等. 优质抗病杂交稻新组合天优 372[J]. 广东农业科学, 2005(3): 24.
- [4] 黄德娟,符福鸿,李传国,等. 高产优质抗病杂交稻天优 290 的选育[J]. 广东农业科学, 2005(5): 15-16.
- [5] 席建民,张雄飞,唐亚林,等. 籼型三系不育系育性与温、光的关系初探[J]. 杂交水稻, 2011, 26(1): 72-75.
- [6] 谭体古,黄河清,朱旭东. 天优华占高产制种技术[J]. 中国稻米, 2010, 16(6): 57-58.
- [7] 汪扩军,帅细强,刘家清,等. 两系杂交稻制种生产的气候生态诊断技术[J]. 应用气象学报, 2003, 14(1): 93-100.
- [8] 帅细强,汪扩军,周玉,等. 超级杂交稻制种基地气候风险的细网格分析[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(2): 984-986.
- [9] 陈立云,雷东阳,唐文帮,等. 两系法杂交水稻研究和应用中若干问题的思与行[J]. 中国水稻科学, 2010, 24(6): 641-646.
- [10] 雷东阳,周晓娇,肖层林,等. 两系杂交稻制种基地气象决策支持系统[J]. 中国农业气象, 2009, 30(1): 96-101.
- [11] 雷东阳,唐文帮,解志坚,等. 两系法杂交水稻制种不安全问题解决途径[J]. 作物学报, 2013, 39(9): 1569-1575.
- [12] 葛小平,张东福,罗淋娣,等. 水稻不育系天丰 A 在福建建宁安全制种与气温的关系初探[J]. 杂交水稻, 2012, 27(3): 23-27.
- [13] Chen Liyun, Xiao Yinghui, Lei Dongyang, et al. Mechanism of sterility and breeding strategies for photoperiod/thermo-sensitive genic male sterile rice [J]. Rice Science, 2010, 17(3): 161-167.

责任编辑: 王赛群

英文编辑: 王 库