

Study on Climate Decision Support System for Seed Production Site of Two-Line Hybrid Rice

Dongyang Lei

College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha
Email: leidongyang1980@126.com

Received: Jun. 24th, 2014; revised: Jul. 20th, 2014; accepted: Jul. 26th, 2014

Copyright © 2014 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

To select a suitable site and safe duration is very vital to the success of hybrid rice seed production for two-line hybrid rice seed production. The three safe periods that we should pay attention to are put forward. Using spatial analysis of GIS, the climate risk for seed production is assessed on the basis of Hunan climate data in 50 years and analysis on the relationship between climate factors and the longitude, latitude, height above sea level. The climate decision-making support system for seed production base area of two-line hybrid rice is designed and appropriate region and season for seed production are decided. The system provides the technical support for the site selection of the two line hybrid rice seed production.

Keywords

Two-Line Hybrid Rice, Seed Production, Base Selection, Risk, Climate System

湖南两系法杂交水稻种子生产时空决策计算机智能选择系统

雷东阳

湖南农业大学农学院, 长沙
Email: leidongyang1980@126.com

收稿日期：2014年6月24日；修回日期：2014年7月20日；录用日期：2014年7月26日

摘要

制种基地和时段的选择是两系杂交稻制种的成败的关键,本文提出了两系杂交稻制种三个安全期的概念,根据湖南省50年气象资料,在考虑气象要素与经、纬度及海拔高度的基础上,运用地理信息系统的空间分析方法,对湖南省两系杂交稻制种的风险进行了评估,研制出两系杂交稻种子生产的基地气象决策支持系统,依据此系统确定湖南省两系杂交稻制种的适宜区域与时段,为两系杂交稻的高产高效安全制种提供了强有力的技术支撑。

关键词

两系杂交稻, 制种, 基地选择, 风险, 气象系统

1. 引言

两系杂交水稻是我国首创的水稻杂种优势利用方法,是继三系法杂交水稻之后作物遗传育种上的又一次重大技术革新[1]-[3]。在国家“863”计划支持下,我国两系法杂交水稻已经开始大面积用于生产,并且在稻米品质、产量、抗性等方面表现出明显优势。截至2000年,已累计推广330万 hm^2 以上[4]。湖南省已审定的两系法杂交水稻组合就达40多个,其中一季超级稻两优培九、准两优527、Y两优1号、C两优396和早稻超级稻陆两优996、株两优819、株两优02等组合,增产潜力大,在生产上已经或正在发挥重要作用,近年两系杂交稻呈现出强劲的发展势头和广阔的前景。湖北、安徽等省两系杂交稻的种植面积已经或即将超过三系杂交稻的面积。

回顾两系杂交水稻的历史,其发展并非一帆风顺,尽管两系法杂交水稻的选育已取得了很大成就,但两系杂交水稻制种由于光温敏核不育系的育性受光温条件的控制,外界光温条件的变化可引起不育系的育性波动,易导致不育系自交结实,与三系法比较,杂交制种风险要大得多[5]-[9]。特别是近年来,随着温室效应的加剧,灾害性天气频发,气温年季间变化较大,一些种子企业和制种基地对两系法杂交水稻制种产生了畏惧心态,使制种面积难以落实。由于现在生产上使用一些两用核不育系不育起点温度偏高,杂交制种风险较大,遇到特殊年份,给种子企业带来难以承受的经济损失,从而极大地影响了两系杂交稻的推广速度[10]。从1993年衡两优1号制种母本不育性产生严重波动,造成制种受挫起至2005年,湖南省大面积发生两系制种不育系育性波动的事件已有五个年份。因此两系法杂交水稻种子的安全生产问题成为制约两系杂交水稻发展的主要瓶颈。笔者认为,在我国两系法杂交水稻制种的过程中对两系法杂交水稻制种效益风险的认识偏差和研究的深度不够是影响两系法杂交水稻稳步健康发展的重要原因。而两系杂交水稻制种成败的关键是最佳基地和时段的选择,只有通过三个安全期的合理选择,才能将气象风险控制到能够接受的程度,达到两系杂交稻种子生产的高产、高纯度高效益。为此,笔者系统研究了三段气候生态安全期的诊断评估方法,研制了两系杂交稻种子生产的基地气象决策支持系统,并据此确定了湖南省两系杂交稻种子生产的适宜气候区域与时段,能够有效解决两系杂交稻制种普遍存在的风险和效益问题。

2. 三个安全期及其统计分析方法

2.1. 两系杂交制种的三个安全期

2.1.1. 不育系的育性转换安全期

水稻光温敏两用核不育系生长发育的一定时期,其核不育因子在环境因子(主要是光照和温度)的控制下决定雄性的可育或不育,这一时期称为育性敏感期[11]-[12]。光温敏不育系的育性敏感期一般从雌雄蕊形成期至花粉母细胞减数分裂期,即幼穗分化的4~6期。这一发育时期单穗一般需要6~7天时间,群体需要12~15天时间,考虑到年际之间生育期可能的提早或推迟,因此,两系杂交制种两用核不育系的育性敏感安全期定为202天,也既在这20天之内不出现连续3d低于不育起点温度的天气。

育性安全期不育系按不育起点温度的6个指标分别进行分析,即按连续3天日平均气温22.0℃,22.5℃,23.0℃,23.5℃,24.0℃和24.5℃分别统计其50年出现的几率,即制种时育性纯度的气候生态风险率,同一年同一安全期内出现几次低温时只计一次,算出100%、98%和95%的保证率。

2.1.2. 抽穗扬花授粉安全期

在杂交水稻制种中,有利于父母本抽穗、开花、授粉的时期,称为抽穗扬花授粉安全期[11]。制种产量的高低很大程度上决定于授粉期的天气状况。在气象因子中,对制种授粉影响最大的是温度和降雨。温度的影响包括低温和高温,低温的影响主要是使亲本不开花或开花很少,延迟花时,父本不散粉,花粉在柱头上的萌发受到影响[13]。高温的危害则是使父本花粉活力和母本柱头活力减弱,影响异交结实。降雨则会使水稻颖花闭合,不开颖,父本花粉无法散出。另外湿度[14]、风速[15]均影响异交结实。

抽穗扬花期的安全指标包括三个方面:一是从见穗至授粉结束,以晴天为主,在父母本开花时段无连续3天以上阴雨天,尤其是不出现大雨洗花的天气。二是整个抽穗授粉期温度适宜,无连续3天以上日平均气温高于30℃或低于24℃;不出现连续3天以上相对湿度高于90%或低于70%;每天开花时段无干热风[11]。按照此标准,算出在100%、90%和80%保证率下,满足扬花授粉安全的时段。

2.1.3. 种子收获安全期

种子收获安全期是指种子成熟时天气晴好,没有连续的阴雨天气,有利于种子的成熟,防止穗发芽,也有利于收获[16]-[18]。种子收获期天气是影响杂交稻种子质量的重要因素之一[19]。

种子收获成熟期(≥ 7 d)要求无连续3d以上的雨日,按此指标,分别统计在100%、90%和80%保证率下,满足种子安全成熟收获的时段。

2.2. 两系杂交制种气候风险分析与制种区分级标准

风险是指发生不幸事件的概率[20],风险的普遍定义表达式为:

$$R(\text{后果/时间}) = P(\text{事件数/单位时间}) \times C(\text{后果/每次事件})$$

将该气候风险的定义运用到地理信息系统中。把湖南省地域按一定分辨率划分为若干地理网格,将气象观测站的逐年观测资料根据气温与经纬度的相关模型内插到地理网格点上,这样每个网格点就相当于一个具有50年气象资料的气象台站,在此基础上运用地理信息系统的空间分析方法,研究湖南杂交稻的制种风险,其中地理信息数据(DEM数据)由中国气象局提供。

安全保证率的计算方法参照殷剑敏[21]的方法略有修改。根据对三段安全期的分析,结合湖南省的生产实践,提出两系杂交稻制种安全性与适宜性分区的指标(见表1)。

3. 制种基地气象决策支持系统的设计

采用 Visual Basic 语言研制了一个功能齐全、自动化程度高、界面友好的两系杂交水稻制种基地气象决策支持系统。使用该服务系统时,用户只需用鼠标点击选择相应的参数,系统就会自动求取相应的结果,并可将结果用彩色图表显示出来,直观方便。系统使用了 GIS 图层管理控件,具有较强的数据更新

和动态查询功能，系统功能结构图如图 1 所示。

通过用户选择要测试的站点、不育系不育起点温度，以及输入三个安全期的保证率，系统将从该站点的 XML 文件中寻找符合条件的时段，进行判断，通过三个安全期在时间上的衔接，推算出该保证率下合理的时段，如果找不到，系统将给出提示。系统界面如图 2 所示。

4. 气象决策支持系统在湖南省的应用

4.1. 湖南省两系制种区划

应用上述系统，笔者制作了湖南省两系杂交稻制种安全高产高质高效的适宜气候区划图(图 2)，从制种安全性分布图(图 3 左)可以看出，湖南制种 100%保证率的安全区只分布在郴州、道县、平江、株洲等部分区域，岳阳、长沙、邵阳一线以东的大部分区域的制种安全都在 95%以上；而湘西北角大部分为危险区，制种安全保证率在 90%以下。

综合考虑三个安全期，得到全省两系制种适宜性分区图(图 3 右)。由图可以看出，在考虑扬花安全期和种子收割安全期后，得到的制种适宜性区域比仅考虑育性敏感安全期的区域已有明显减少。其中湖南中部偏东以长沙、衡阳等市为主的周边广大丘岗低海拔区和常德、平江等一些偏北县市因夏季炎热、少雨、干燥，异交授粉时易受高温等灾害天气的危害，扬花危害指数过高，从而降低了安全等级，不适宜制种。湘西的芷江与湘南的郴州等山间盆地的制种扬花安全期风险较低，尤其是 7、8 月份的风险低，对制种有利。另外，一些育性敏感期和抽穗扬花较安全的区域也因种子收获期不够安全，从而缩小了适宜

Table 1. The grade standard of the safe and suitable on the two-line hybrid rice seed production

表1. 两系杂交稻制种安全与适宜性分区等级标准

育性安全性等级	育性安全类别	育性安全保证率(%)	适宜性类别	育性安全等级	扬花安全保证率(%)	收获安全保证率(%)
一级	最安全区	100	最适宜区	一级	[90, 100]	[90, 100]
二级	安全区	[95, 100)	适宜区	一级	[80, 90)	[80, 90)
				二级	[90, 100]	[90, 100]
三级	风险区	[90, 95)	欠适宜区	一级	<80	<80
				二级	[80, 90)	[80, 90)
				三级	[80, 100]	[80, 100]
四级	危险区	<90	危险区	其它	其它	其它

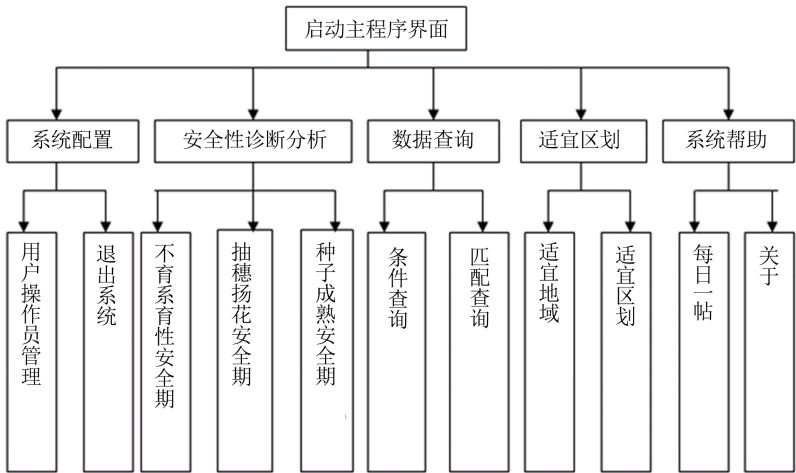


Figure 1. The structure graph of the climate decision-making support system
图 1. 系统功能结构图



Figure 2. The interface figure of the climate decision-making support system
图 2. 系统界面图

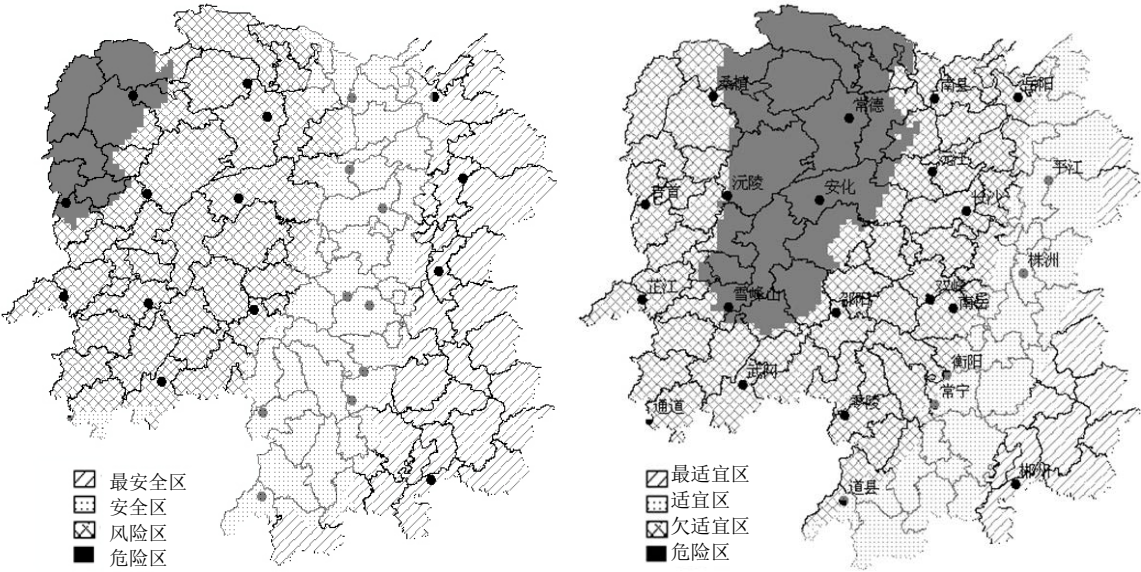


Figure 3. The safe and suitable regional planning of two-line hybrid rice in Hunan province
图 3. 湖南省 23.0℃两系杂交稻制种的安全性(左)与适宜性行政(右)区划图

制种的区域或缩短了制种安全的时段。

4.2. 两系制种时段的确定

在确定两系杂交制种时段的时候，必须同时考虑满足制种三个时段的安全，制种才能获得成功，首先要根据不育系育性敏感期对低温的要求确定育性安全期，然后结合扬花授粉期和成熟收割期的安全性需要，即必需对育性转换敏感期与抽穗扬花期的时间差，不育时段与安全开花时段起止期的不同配置的因素作综合分析。最终确定出各地两系制种生产上的最佳育性敏感期时段、抽穗扬花时段与成熟收割时

Table 2. The seed production parameters of some representative stations in Hunan province
表 2. 湖南省部分代表性站点两系杂交稻制种有关参数(23℃)

站名	育性敏感安全期			抽穗扬花安全期			成熟收割安全期		
	安全起始日 (月.日)	安全终止日 (月.日)	保证率 (%)	安全起始日 (月.日)	安全终止日 (月.日)	保证率(%)	安全起始日 (月.日)	安全终止日 (月.日)	保证率(%)
安化	7.13	8.1	93	8.2	8.16	93	8.24	9.7	83
常宁	7.10	8.24	92	7.30	8.22	83	9.4	9.13	93
郴州	6.25	7.18	96	7.15	8.2	93	8.6	8.30	90
芷江	7.7	7.28	98	7.27	8.12	84	8.18	9.3	82

段。最佳播种期可根据不育系的播始历期分别倒推求得。由于育性转换安全始期一般是在抽穗前 20 d, 因此在考虑育性转换安全期的同时, 还要考虑育性转换安全始期 20 d 后的温度是否能满足抽穗扬花的要求条件, 再考虑抽穗扬花结束 15d 后的天气能否满足种子成熟安全的需要。例如: 芷江满足不育起点温度 23℃的起始日期为 7 月 4 日(98%的保证率), 但由于扬花期的起始日期为 7 月 27 日。因此, 考虑到安全开花的因素, 将安全转育的起始日期定为 7 月 7 日(即 2 月 27 日向前推 20 d)。表 2 为根据系统得出的湖南省部分代表性站点两系杂交稻制种有关参数。

5. 讨论

两系法杂交水稻在推广中遇到的最大障碍就是制种时存在的育性敏感期安全问题。但两系杂交制种只做到育性敏感安全还远远不够, 还必须考虑抽穗扬花期和成熟收割期的安全[22], 只有这样, 才能实现两系杂交水稻制种的高产量、高纯度和高效益。本研究设计的“两系杂交水稻制种基地气象决策支持系统”能够根据历史气象资料分析两系杂交稻制种“三个安全期”的风险概率及适宜制种区域和时段, 同时用 GIS 的空间分析方法对湖南省两系杂交稻的基地选择做了有益的尝试。研究结果表明, 决策系统与实际情况基本相符, 湖南郴州、芷江等地适宜两系杂交稻制种, 而湘北和一些湖区由于不能确保育性敏感安全或抽穗扬花期温度偏高而不能确保制种安全高效。不育起点温度为 23.0℃的不育系在湖南可以找到制种风险很小的区域, 因此, 只要科学地选择两系杂交制种基地, 合理地进行生产布局和时间安排, 充分利用当地气候资源, 就能够最大程度降低制种风险, 进一步提高杂交稻制种的效益。

致 谢

本课题获得国家自然科学基金面上项目(31371714)资助。

参考文献 (References)

- [1] Zou, J.J. and Lv, C.G. (2005) Practice and thinking on rice breeding for high yield. *Acta Agronomica Sinica*, **31**, 254-258.
- [2] 龙彭年 (2002) 中国两系法杂交水稻研发成就和发展策略. *世界农业*, **8**, 36-38.
- [3] 罗闰良, 周承恕 (2000) 两系杂交稻种子生产存在的问题与对策思考. *种子科技*, **4**, 227-228.
- [4] 徐国华, 张生斌, 杨化龙, 等 (2005) 两系杂交制种的风险与对策. *种子科技*, **1**, 33-35.
- [5] 袁隆平 (1992) 选育水稻光温敏核不育系的技术策略. *杂交水稻*, **1**, 1-5.
- [6] 袁隆平, 主编 (2002) 杂交水稻学. 中国农业出版社, 北京, 280-290.
- [7] 陈良碧, 周广洽 (1992) 光温敏核水稻不育系结实率与温度相关性研究. *杂交水稻*, **2**, 35-39.
- [8] 毕春群, 李泽炳, 万经猛 (1990) 盛夏低温对光温敏核不育水稻育性稳定性的影响. *中国水稻科学*, **4**, 181-184.
- [9] 武小金, 等, 主编 (2005) 两系法杂交水稻安全高效种子生产技术. 中国农业出版社, 北京, 24-31.

- [10] 王辉, 王安东, 胡振大, 等 (2003) 安徽省籼型两系不育系育性不稳的原因及对策. *安徽农业科学*, **4**, 520-522.
- [11] 陈立云 (2001) 两系法杂交水稻的理论与技术. 上海科学技术出版社, 上海, 213-228.
- [12] 卢兴桂 (2003) 中国光、温敏雄性不育水稻育性生态. 科学出版社, 北京, 17-18.
- [13] 袁振兴 (1988) 杂交水稻繁殖制种花时的温湿效应研究. *杂交水稻*, **2**, 19-21.
- [14] 侯杰夫 (2001) 杂交水稻制种抽穗扬花期天气对异交结实率的影响. *杂交水稻*, **4**, 21-22.
- [15] 蒯建敏, 莫惠栋, 惠大丰 (1994) 水稻花时与气象因子的关系. *中国水稻科学*, **2**, 79-84.
- [16] 谭体成, 黄四齐, 蒋公平, 等 (2005) 两优培九高产制种技术. *杂交水稻*, **6**, 21-22.
- [17] 朱同贵 (2000) 两优培九高产优质制种技术. *杂交水稻*, **4**, 13-14.
- [18] 莫科生 (2000) 两系杂交水稻优质高产制种技术经验. *广西农学报*, **4**, 33-35.
- [19] 周建生, 刘平, 郑立平 (2003) 两系杂交水稻制种高产技术. *安徽农学通报*, **2**, 34-36, 44.
- [20] 任鲁川 (1999) 区域自然灾害风险分析研究进展. *地球科学进展*, **3**, 242-246.
- [21] 殷剑敏, 魏丽, 王怀清 (2001) 两系杂交稻制种基地气候风险评估的研究. *应用气象学报*, **4**, 469-476.
- [22] 陈立云, 肖应辉, 唐文帮, 等 (2007) 超级杂交稻育种三步法设想与实践. *中国水稻科学*, **1**, 90-94.