

ZA JIAO
SHUI DAO
YU
QI XIANG

杂交水稻与气象

杂交水稻与气象

陶炳炎 汤志成 编著
彭钊安 张定琪

江苏科学技术出版社

内 容 提 要

本书系在江苏省杂交水稻气象问题研究协作组几年试验研究的基础上，并参考国内外有关文献资料撰写而成。

全书内容共分五章和附录。书中对杂交水稻生产中的气象问题和要求进行了较详细的阐述，提出一系列农业气象指标，并针对江苏的气候特点，对杂交水稻栽培的气候资源的利用进行了分析研究。本书既对农业气象的一些基础理论进行了探讨，又密切结合生产实际，为杂交水稻高产稳产提供了气象依据。本书可供农业气象、农业科技和气象工作者、各级农业生产的领导干部以及大、专院校有关专业师生参考。

杂交水稻与气象

陶炳炎 等

出 版：江苏科学技术出版社

发 行：江苏省新华书店

印 刷：海 门 县 印 刷 厂

开本 787×1092毫米 1/32 印张 6.25 插页 5 字数 140,000

1983年6月第1版 1983年6月第1次印刷

印数 1—5,500册

书号 16196·115 定价 0.59元

责任编辑 陆宝珠

前 言

近几年来，杂交水稻在江苏大面积推广，对粮食增产起了重要作用。杂交水稻杂种优势的发挥与气象条件关系极为密切。当前生产上应用的杂交水稻组合，由于受亲本热带海洋性气候生态遗传特性的影响，对气象条件要求比较严格。如生育期间遇到不良的气候条件常形成大量空、秕粒，使产量下降。生产实践也证明，气候条件的变化往往是杂交水稻产量波动的主要原因之一，这就给我省农业气象工作者提出了这一研究课题。为了协作攻关，由江苏省气象局、南京气象学院负责，组织徐州、赣榆、淮安、盐城、建湖、扬州、兴化、海安、如东、镇江、溧阳、句容、昆山、沙洲、丹阳、苏州、丹徒等气象台站先后参加协作，组成江苏省杂交水稻气象问题研究协作组，拟定了统一设计方案和观测标准，采用地理分期播种的试验方法，从1977年开始对我省杂交水稻与气象条件的关系，进行了较系统的研究。《杂交水稻与气象》一书就是根据江苏省杂交水稻气象问题研究协作组近几年的主要研究成果，参考国内外有关这方面的研究报告和资料撰写而成的。书中所用资料，除标明出处外，均为我们协作组的试验结果，故书中不再一一说明。

在本课题研究和本书撰写过程中，得到了江苏省气象局农气处、南京气象学院农业气象系的直接领导和同志们的大力支持；全书文稿承蒙冯秀藻、高寿江、高亮之、邹江石等同志认真审阅，并提出宝贵意见，在此一并表示深切的谢意。

本书的研究成果虽然还不完善，但它系协作组几十位同志数年汗水浇灌而成。其中如黄渭济、申温文、姚克敏、张定俊、朱益安、缪安治、王志南、陈修德、夏文开、宋选法、赵幼瑞、宋又珠、钱万勤等同志都为本课题的试验研究付出了辛勤劳动。由于笔者水平所限，书中不妥和错误之处难免，敬请批评指正。

编 著 者

一九八二年二月

目 录

第一章 杂交水稻生产与气象	1
第一节 气象条件与杂交优势的充分发挥	1
一、杂交水稻“三系”的概念	1
二、水稻的杂种优势	3
三、强优势组合的选配与气象	4
四、杂交水稻优势与气象	6
第二节 产量构成因素的形成与气象条件	10
一、产量构成因素的分析	10
二、气象条件对群体形成动态的影响	15
第二章 杂交水稻栽培与气象	22
第一节 气象条件与培育壮秧	22
一、壮秧标准	22
二、温度与壮秧	24
三、烂秧的天气条件及其防御	26
第二节 分蘖利用的气象条件	29
一、分蘖的合理利用	30
二、温度在分蘖利用中的作用	32
三、光照与分蘖	34
第三节 主要气象因子对结实率的影响	36
一、幼穗分化时期对气象条件的要求	37
二、气象要素对抽穗开花的影响	43
三、温光水与结实率的关系	48
四、低温冷害指标讨论	58

五、低温冷害的防御	68
第四节 灌浆与气象条件	69
一、灌浆的特点与速度	69
二、低温及光照对秈粒的影响	74
三、温度与粒重	76
四、光照与粒重	77
第三章 杂交水稻制种与气象	79
第一节 花期相遇与亲本的光、温特性	80
一、感光性	80
二、感温性	81
第二节 亲本花期预测方法	82
一、叶龄法	82
二、生育期(天数)推算法	86
三、积温法	88
第三节 天气条件对亲本开花动态的影响	106
一、恢复系和不育系的开花习性	106
二、不同天气型开花的特点	107
三、花时与温度的关系	109
四、一穗花的开放动态	110
五、开、闭颖时间与天气条件的关系	111
第四节 花期、花时的调节	113
一、花期的调节	113
二、花时的调节	115
第四章 杂交水稻农田小气候特征	117
第一节 杂交水稻田间光、温特征	117
一、光照强度分布特征	117
二、温度分布特征	123
三、湿度特征	131

第二节 不同栽插方式的农艺性状·····	133
一、群体动态·····	133
二、穗部性状·····	136
三、产量对比·····	138
第五章 江苏杂交水稻气候资源分析和利用·····	140
第一节 杂交水稻生育期间的气候特点·····	140
一、光照条件·····	140
二、热量条件·····	141
三、降水条件·····	142
四、主要气象灾害·····	142
第二节 不同种植制度下的适宜播种期·····	145
一、安全齐穗期的气候分析·····	146
二、安全最迟播种期·····	153
三、不同熟制的适宜播种期·····	157
第三节 杂交水稻气候分区评述·····	161
一、徐淮稻区 (I)·····	161
二、江淮稻区 (II)·····	163
三、苏南稻区 (III)·····	164
附录 杂交水稻气象问题研究方法简介·····	167
一、田间试验设计要求·····	167
二、农田小气候观测方法简介·····	172
三、杂交水稻发育期观测与标准·····	183
四、杂交水稻产量分析·····	186
附表 标准化正态分布函数·····	188

第一章 杂交水稻生产与气象

杂交水稻的育成是我国农业科学研究中一项重大成果，在国际同类研究中也处于领先的地位。它在全国推广以来，发展迅速。根据实际产量的分析，凡是种植杂交水稻的地区，一般都比当地水稻良种增产10~20%左右，而且还出现了一些亩产1,700斤以上的田块。这说明了杂交水稻有很大的增产潜力。随着杂交水稻种植面积不断地扩大，它将在我国粮食增产上继续起着积极的作用。

杂交水稻的大面积推广以后，从农业气象服务上也提出了许多新问题，本章即从杂交水稻生产的总体上，介绍其与气象条件的关系。

第一节 气象条件与杂交优势的充分发挥

一、杂交水稻“三系”的概念

水稻是自花授粉作物。如果要配制水稻杂交种子，则必须培育雄性不育系(或人工杀雄)、雄性不育保持系和雄性不育恢复系。

(一)雄性不育系(简称不育系) 雄性不育系水稻在形态上与正常稻株没有很明显的差别，其根本区别在于雄性不育系稻株的雄性器官败育，雌性器官正常，并且有受精能力。不育系水稻由于雄蕊发育不正常，它自交不能结实，必须靠外来

的花粉受精结实。这就要用人工的方法选育成需异株花粉授粉的稻株。因此,配制水稻杂交种子,选育雄性败育株——雄性不育系,是第一个要求。

(二)雄性不育保持系(简称保持系) 为了使不育系的不育性代代保持下去,必须选配一种常规稻,它和不育系交配的后代继续保持不育性,这种常规水稻称为保持系。例如,不育系二九南1号A,它的保持系就是二九南1号B。这就是说,将二九南1号B的花粉传授到二九南1号A的稻株上,结成种子,它生长后,仍然是雄性败育。这样配制不育系的过程在生产上称为(不育系的)繁殖。

(三)雄性不育恢复系(简称恢复系) 能使不育系恢复可育能力的品系就称为恢复系。换句话说,将恢复系稻株的花粉传授给不育系稻株,产生杂交种子,用这种杂交种子培育的植株,雄性器官恢复了可育性,能自花授粉,正常结实。

恢复系与不育系组合配种,在生产上叫做制种。生产出的杂交水稻种子,用于大田生产。

“三系”的关系,是以不育系为中心,配之以保持系和恢复系。现将目前江苏大田生产中常用的杂交水稻“三系”组合列于表1-1:

表1-1 江苏大田生产中常用的“三系”组合*

选育单位	不育系	保持系	恢 复 系
湖南省农科院	二九南1号A	二九南1号B	所列不育系都可利用如下恢复系: IR24(配制编号为2号) IR661(配制编号为3号) IR26(配制编号为6号) IR28(配制编号为8号)
湖南贺家山原种场	V41A	V41B	
江西萍乡农科所	珍汕97A	珍汕97B	
湖南贺家山原种场	71—72A	71—72B	
江西萍乡农科所	二九矮4号A	二九矮4号B	
湖南省农科院	南早A	南早B	

* “A”表示不育系; “B”表示保持系。

二、水稻的杂种优势

杂种优势现象在生物界是普遍存在的。自从杂交高粱、杂交玉米用于生产后,许多国家都注意到主要农作物如水稻、小麦、棉花、油菜等杂种优势的研究。

杂种优势,就是两个不同作物品种或类型进行杂交,它们所产生的后代,即杂交第一代(F_1),无论在生长势、适应性、抗逆性和生产力等方面往往都比父、母本强,这种超亲现象就叫做杂种优势。

杂种优势的出现,其主要原因是由于杂交的内在矛盾所引起的,这种矛盾促进了生物体内新陈代谢,从而使其生活力强,表现出杂种的优势。

杂交水稻与其它作物一样,存在着明显的杂种优势。但是,不同的杂交组合,杂种优势表现各有不同,杂种优势一般表现为:

(1)根系发达。杂交水稻根多、根长、根粗、发根力强。因此,扎根深,根系分布广,活力旺盛,吸收能力强,茎秆粗壮,耐旱,抗倒伏,不早衰,再生力强。现将南优3号杂种生长优势表现与其父、母本的比较列于表1-2。

表 1-2 南优3号生长势与其父、母本比较

(1979·徐州农科所)

品 种	平均根数 (条/株)	平均根长 (cm/株)	平均鲜重 (mg/株)	平均干重 (mg/株)
南 优 3 号	22.8	8.9	315.0	36.0
I R 6 6 1	11.4	8.5	141.0	16.0
二九南1号	15.3	8.8	50.2	6.0

(2)长势旺盛。根系发达是杂交水稻长势旺盛的基础。杂交水稻叶色浓绿,叶片宽厚,光能利用率较高,干物质累积多,消耗少;苗期耐低温,分蘖早而快;杂交水稻作单季中稻栽培,在气温、光照适宜的条件下,往往在播后15天左右开始分蘖,比父本提早6~8天,分蘖期杂交水稻优势特别明显,根据我们追踪观测的结果,4叶期开始分蘖,7叶期可达3个分蘖以上;而且秧田分蘖,在移栽后多不死亡,因而杂交水稻移栽后返青快,分蘖多,单株成穗率也高。

(3)穗大粒多。一般常规中、晚稻品种,平均每穗只有80~100粒,而杂交水稻的穗子大得多。根据江苏各地试验田中的测定,平均每穗150粒,多达200~300粒。穗数、粒数与粒重都是构成产量的要素,实产测定表明,当每亩有效穗数在20万左右,每穗平均实粒数120粒,千粒重25克以上时,每亩产量都在千斤以上。

(4)适应性广。现有南优和汕优系统,在苏北徐州地区作春稻栽培;里下河、沿江地区作中稻栽培;而在苏南南部可作双季晚稻栽培。且这些地区都有高产典型,平均比常规水稻增产1~2成。

(5)米质好。杂交水稻米质好,营养价值高。与当前生产上推广的常规籼稻比较,粗蛋白质含量高1~4%,脂肪含量高0.5%。

杂种优势的表现是多方面的,就产量而言,关键是在栽培过程中,如何掌握其生物学特性,根据各地的气候条件,尽最大可能发挥其优势。

三、强优势组合的选配与气象

杂交水稻的优势强弱并不是一致的,选配强优势的杂交

组合是农业生产部门的一项重要措施。当然，在选配杂交水稻亲本时要尽可能地扩大不育系和恢复系遗传特性方面的差异；在经济性状上应当互补与促进，扬长避短，以求得到满足生产实际要求的强优势的杂交水稻。

从遗传学观点考虑，配制强优势杂交水稻组合应选择：

- (1) 亲缘关系疏远；
- (2) 生态类型不同；
- (3) 地理起源和遗传性状差异大的双亲。

为了充分发挥杂交优势，配制杂交种子要求从上述各个方面去选择适合的亲本。当前生产上推广的南优和汕优系统的优势是强的，基本上符合上述要求。如南优系统是二九南1号A和国际稻系统的杂交后代，其母本是野败×二九南1号等连续回交育成，属于矮秆早熟早籼类型，国际稻系统是从菲律宾引进的迟熟中稻。选用国外的高产品种为恢复系，父、母本间为远缘关系，获得了强优势的杂种。但是，因为它们的父、母本是远缘的，亲和力有差异，又不属同一个类型，“三系”的温光特性不同，生育期长短不一。加之不育系的开花习性与恢复系有明显差异，给配制杂交种子带来了一些困难。其中气象条件的影响是很突出的。如二九南1号A在江苏沿江地区播种至始穗的天数，4月上旬播的为80多天；5月上旬播的为70天左右；6月份播种的只有50~60天。而国际稻系统，4月上旬播种，为110天左右；5月上旬播种则100天左右；6月上旬播种只有90天。父、母本在生育期上的差异及其随播种季节的早晚而变化，制种工作中甚难掌握。因为恢复系国际稻系统生育期较长，在江苏省范围内不适宜夏季制种，一般都作为秋季制种。虽然秋制中父、母本播种期相对比较稳定，但是，即使历年同一天播种，因各年天气条件的不同，特别是温

度条件的高低变化,生育期天数仍然有变动。所以,根据历年的天气条件确定父、母本播差期,预测父、母本花期,力求花期完全相遇是生产上选配强优势组合必须解决的问题之一。

在江苏省的气候条件下,特别是苏南地区,作为单季稻秋季制种,安排具体的生育时段还可以有一定限度的活动余地。而父、母本抽穗期的天气条件好坏,对稻株开花的影响却很大。特别是温、湿度条件的变化直接影响父、母本的花期相遇。根据三年的观测记载,当日平均气温低于 $22\sim 23^{\circ}\text{C}$ 时,母本开花极少,父本开花时间推迟,开花不集中;当日平均温度达 27°C 以上,相对湿度在70%左右,父、母本盛花时相遇较好。因此,研究不同天气条件下父、母本的花时相遇是生产上需要解决的另一个问题。

解决花时问题,目前尚难早期预报各年开花时的天气条件,同时也没有必要如此精确地预测,因为大田制种的花期一般有7~10天,只要分析各地区的气候条件,安排适宜的制种季节,尽可能把花期安排在晴朗、适温、低湿的季节内为宜。

分析江苏省气候特点:8月上、中旬前多为高温时段,9月中旬起则气温逐渐降低,特别是9月10日以后,日平均温度低于 23°C 的机率很大;8月10日至9月10日期间,气象条件有利于水稻开花授粉,是安排大田制种花期的适宜季节。具体安排,南北各地有异,徐淮地区宜早,苏南地区略迟。

四、杂交水稻优势与气象

自1976年杂交水稻在江苏省推广以来,发展较快,由于杂种优势明显,增产效果显著。但是,无论从全国来看,或从江苏各地区来分析,其优势显现的程度各不相同。比如就湖南、湖北两省比较,湖北的增产效果不及湖南显著;在湖南省内各

地比较,湘北的效果不如湘南;在江苏各地种植杂交水稻的反应普遍良好。相对比较而言,徐淮、江北地区效果比苏南更明显;同一个地区内,因为不同年份之间天气条件的差异,杂交水稻的表现也不完全一致。这就需要深入地研究如何充分发挥杂交水稻的优势问题。

从作物的性状上分析,杂交水稻优势主要是指长势和产量等性状的优势。遗传学的研究认为,杂种优势是受多基因控制的,一般表现在数量性状方面。所谓数量性状的优势,就是常说的表现型,它取决于两个方面:一是组合的基因型,即种性的优劣;一是栽培条件,即气候条件、栽培技术等方面的问题。从农业气象角度来考虑,为了合理利用气候资源,必须因地制宜,充分发挥杂种优势,这就要求从气象条件方面来研究数量性状优势的大小。

杂种的潜在优势只有在适宜的条件下才能充分发挥。有了良好的组合和相应的栽培技术,如果没有合理地利用当地气候资源,也难取得较好的收成。这因为:一是杂种优势没有能充分发挥其经济效益;二是栽培技术措施不能适应当地气候条件,发挥其应有的调节和促控作用。优良的杂交组合是高产、稳产的基础,先进的栽培技术措施是取得高产、稳产的手段,合理地利用当地的气候资源是高产、稳产的保证条件。三者紧密结合,依据各组合优势不同的特点,充分考虑当地的气候条件,采用因地制宜的相应措施,才能充分发挥杂交水稻的潜在优势,取得最佳的经济效果。

(一)合理利用营养生长优势 籼型杂交水稻前期营养生长优势是极其显著的,植株健茂,叶面宽大,分蘖增长迅速,干物质增加快,累积多。因为水稻产量的形成是一个完整的过程,合理利用其营养生长优势,可以增加生物学产量。

在如何合理利用杂交水稻营养生长优势的问题中也存在着一个气象问题。很清楚,同样的组合,采用既定的栽培技术措施,为什么不同地区之间和历年之间有很大的差异呢?这就是因为各地、各年气象条件有异的结果。

根据近几年的研究,可以认为,合理群体结构是作物杂交组合类型、气候因子和栽培技术措施等综合影响的结果。就同一个地区来分析,品种类型、栽培措施等条件相对是稳定的,只有气象条件的年际变化是影响群体发生发展速度的主要因子。生产上即使每年各项措施固守陈规,而历年形成的产量结构却不尽相同,表现出来的杂交水稻优势也各年有异。例如,利用杂交水稻分蘖优势必须解决穗数与穗型之间的矛盾,首先应按照历年气象条件的变化,力求品种、栽培、气候三者统一。从建立高产群体结构出发,杂交水稻分蘖的数量性状与其发生时间有着极密切的关系。合理利用杂交水稻分蘖,则要求在一定的时间内达到一定数量的群体分蘖数。试验资料表明,在每亩4、5万苗的条件下,20天内发足20万分蘖,对合理利用杂交水稻分蘖优势是最适宜的。

连续三年观测资料证明,光照和温度条件是影响杂交水稻分蘖速度的主要外界因子,要充分发挥杂交水稻营养生长阶段的分蘖优势,确定它们之间的定量关系,是我们连续几年进行杂交水稻气象问题研究的目标之一。

(二)发挥大穗优势,保证穗大,实粒多 穗大粒多是杂交水稻的另一个特点。根据考种资料分析,杂交水稻穗型大主要是二次枝梗数的增加。

杂交水稻一次枝梗比较稳定,南优系统多在8~12个左右。二次枝梗与一次枝梗比较,实粒率低,空壳率较高。二次枝梗太多,穗型过大,结实率就要降低。所以发挥大穗优势,

应当解决穗大与实粒数下降之间的矛盾。大穗型是以中期有丰富的物质累积为基础的；实粒数多则需要后期有较高的光合量才能获得保证。否则穗大而实粒数少，大穗优势不能发挥。

解决实粒数不足的问题，直接关系到生育后期的气象条件是否能满足稻株进行高效率光合作用的要求。

杂交水稻结实率低的原因是复杂的，是综合因素影响的结果。但是，对一个地区来说，杂交组合选定后，决定大面积上的结实率主要是农业气象问题。

目前关于杂交水稻结实率与不利的气候因子关系的研究，全国各地多侧重于抽穗扬花期温度因子的分析。日平均气温低于某一数值后，空壳率明显增加，这是一致的结论。但在江苏南北各地用温度单因子的影响说明它与空壳率的关系，有时会出现矛盾，如1977~1978年的结果就是一例。从温度条件看，两年低温出现时间大体相同，而1978年低温强度略大，可是1978年结实率却明显高于1977年。显然，光照条件是必须研究的因子之一，否则得不到合理的解释。

光、温因子对杂交稻结实率的影响是我们试验研究中最主要的目标之一，只有把它们之间的定量关系研究清楚，才能发挥杂交水稻穗大、实粒数多的优势，保证杂交水稻高产、稳产。这是由于当前我国生产上栽种的杂交水稻，对生态环境条件要求严格，生育期中优越的温、光条件是发挥杂交优势的重要条件。因此，为了充分发挥杂交水稻的杂种优势，必须从气象条件方面进行深入的研究和探讨。