

杂交水稻栽培与气象

张定琪 陶炳炎



气象出版社

杂交水稻栽培与气象

张定琪 陶炳炎

气象出版社

内 容 简 介

本书针对气象条件与杂交水稻生产之间的关系，紧紧围绕着杂交水稻的种植和制种，结合栽培管理技术措施，由浅入深地介绍了杂交水稻生产对气象条件的要求；阐述了如何充分而合理地利用当地的气候资料，趋利避害，以夺取杂交水稻的高产稳产。同时，也给出了许多生产试验的实例和实用的气象指标。

本书在编写上通俗易懂，适合具有初中以上文化程度的农民、专业户和农场职工阅读，也可供从事农业和农业气象工作的科技人员，以及农业学校的师生参考。

杂交水稻栽培与气象

张定琪 陶炳炎

责任编辑 张蔚材

* * *

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

北京丰华印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

* * *

开本: 787×1092 1/32印张: 2.75字数: 59千字

1985年9月第一版 1985年9月第一次印刷

印数: 1—5000 统一书号: 13194·0251

定价: 0.60元

写在前面

杂交水稻是我国首创。近几年来，逐步推广种植，增产效果显著，对粮食增产作出了很大贡献。种植好杂交水稻，固然离不开较为完整的栽培技术措施，但掌握好气象条件来安排杂交水稻生产，以达到充分而又合理地利用当地的气候资源，趋利避害，对夺取杂交水稻高产稳产更有现实意义。

针对气象条件与杂交水稻生产之间的关系，全书紧紧围绕着杂交水稻的种植和制种，由浅入深地阐述了杂交水稻生产对气象条件的要求和利用，共写了三个大问题与附录。编写上力求通俗易懂，以便于具有初中以上文化水平的农民、专业户和农场职工阅读，也可供农业科技工作者、农业气象人员和农业学校师生参考。

书中“杂交水稻制种的气象条件及其利用”部分是由南京气象学院陶炳炎执笔，其他各部分由张定琪写成。在编写过程中曾得到农艺师黄务涛同志帮助并审阅了书稿，在此表示感谢！

由于编者水平所限，书中谬误之处，敬请读者赐教！

编者

1984年6月

一、杂交水稻概况

(一) 什么是杂种优势

什么叫杂种优势？两种不同种、属的动物（或植物）杂交而生成的新品种，即杂交一代（以 F_1 表示）。它具有上一代品种的特征，又较其父、母双亲有更大的优越性的现象叫杂种优势。杂种优势是生物界普遍存在的自然现象。例如，骡子没有生儿育女的能力，那么小骡子的父母亲是谁呢？它是母马与公驴交配而生的后代，它既有驴和马的某些特征即遗传性，又有不同于马和驴的某些特征即遗传的变异性。它生长快、适应性强、力气大、能干重活、能耐吃粗饲料，比其父、母都要寿命长，这就是杂种优势。关于母马和公驴杂交生骡子的事实，不是近代发现的。我国早在1400多年前，北魏贾思勰著的《齐民要术》一书中就已有明确的记载。可想而知，我国古代劳动人民在生产实践中，很早就懂得利用杂种优势了。在作物界，过去利用杂交选育新品种的例子不胜枚举。今天，作物利用杂交育种的例子更是比比皆是。就以粮食作物而言，一个个良种都是育种工作者采用单株选育法，或杂交选育法，或单倍体选育法而得到的。虽然选育方法不同，但是都要经过一代一代地不断筛选，选择其株型一致、穗型整齐度好、结实率高等方面都比原父、母本为优的增产品种。选育一个良种，往往要经八代左右，待其增产特征完全稳定之后，还要经过区域试验。在试验中证明其适应性良好，同时有较好的经济性状（即在同样栽培管理条件下，比一般品种在产量结构上表现有明显的优越性），并具有较强的抗逆能力（即对病虫害和不良的自然条件抵抗性比较强）；

还须具有较广的适应能力（即能适应较大范围内的土壤条件和不同年份的气候条件），最终表现出稳产高产特征的就称之为良种，才能推广使用。良种一经推广，则将使粮食产量大幅度上升。例如杂交品种的玉米和高粱，每亩产量均比普通品种有较大的提高，杂交玉米一般增加10—30%，杂交高粱一般增加40—50%，个别的增产100%。因此，杂交高粱和杂交玉米很快地得到了推广，为高产稳产打开了新的局面。

一个良种的选育过程十分复杂，所花时间也相当长。在选育过程中，稳定其经济性状往往是十分困难的问题。所以，育成一个高产良种要经过数年的努力，才能有所收获。

杂交水稻是利用亲本杂交一代，它具有强的杂种优势；它的第二代就会出现严重分离现象，失去杂交优势的可用性。因此，杂交水稻制种不同于一般良种选育，它完全利用第一代杂种优势来夺高产；而必须用另一种特殊办法，即“三系”配套，经过繁殖、制种生产过程，才能得到杂交水稻种子。

（二）杂交水稻的产生

水稻是自花授粉作物，如果想用人工去雄的方法，通过杂交来获得大量的杂交水稻种子，那是不可能的，也是办不到的。解决的途径就是需要有这样一种水稻，它本身的雄性器官失去了活力（靠自交不能结实，自身不育性十分稳定），但又能借助于其他水稻的花粉受精结实。这就称为雄性不育系。为了使雄性不育系的水稻能够相传下来，还要看能不能找到一种水稻与其杂交结实，而所得到的种子仍然是雄性不育系。如果有了这种水稻与雄性不育系杂交，那么雄性不育系代代相传的问题就解决了。在生产上，解决雄性不育系的后代叫做繁殖。使雄性不育系稻株结实，后代仍然是雄性不

育，这种水稻称之为雄性不育保持系。为要获得第一代杂交种子，雄性不育系必须再与另一种水稻杂交，这样在雄性不育系稻株上所产生的后代，其雄性器官便恢复正常，它能自交结实，同时具有很强的杂种优势。上面说的这另一种水稻，则称为雄性不育恢复系。这与雄性不育系杂交，就可以获得大量供大田生产的杂交种子，这在生产上叫做制种。所以说，要生产杂交水稻种子，必须要有雄性不育系、雄性不育保持系和雄性不育恢复系三种水稻，简称“三系”。“三系”中缺一不可，必须配套；如果少了其中一个，杂交水稻将不能产生。在大田生产上，“三系”之间的相互关系如图1所示。

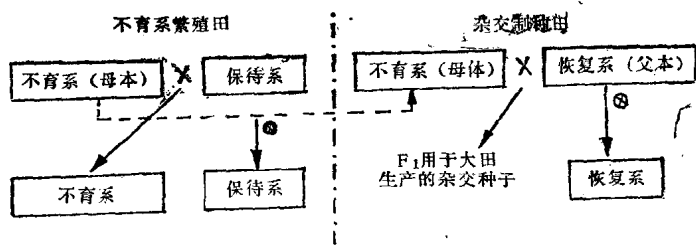


图1 “三系”关系示意图

(×: 杂交 ⊙: 自交)

围绕杂交水稻“三系”配套的问题，多年来引起了人们的极大关注。为寻找“三系”，中、外许多专家、学者和科技工作者曾做了大量的试验研究工作。早在1917年，日本学者奇尾就发现了水稻的雄性不育现象，其后有不少学者和专家也在这方面做了很多工作。1958年，日本东北大学把中国野生稻的细胞质导入日本栽培稻中，获得第一个细胞质的雄性不育系。1966年和1968年，日本在梗稻“三系”配套上又做了

许多工作，但由于杂种优势不明显，因而至今仍未投入大田生产。美国和国际水稻研究所也先后开展了水稻“三系”配套的研究工作，终因“三系”不能配套，加之雄性不育系本身还存在缺陷，所以尚未用于大田生产。

二十年来，我国的农业科技人员已在这方面取得了显著成绩。1964年湖南省黔阳农校，在中籼品种“胜利籼”中发现了自然雄性不育的稻株，这就打开了我国利用雄性不育来研究水稻杂种优势的大门，因而引起了许多育种工作者的极大兴趣。随之，全国利用水稻雄性不育和杂种优势的试验研究工作就方兴未艾。1970年，他们又在海南岛发现一株雄性器官失去活力、自交不能结实、雌蕊完全正常的自然败育的野生稻（简称野败），这为杂交水稻问世，并为我国杂交水稻“三系”配套走到世界前列起了决定性作用。1971年江西、广东、广西、新疆、福建、上海等省、市、自治区，先后对野败进行了深入的研究。1972年杂交水稻的研究被列入国家重点科研项目，全国组织了21个省、市、自治区进行协作攻关。1972年湖南、江西等省成功地利用野败转育出29南1号、29矮4号、珍汕97等一批籼稻的雄性不育系和保持系，首先保证了雄性不育系（母本）能够传种接代。1973年，他们又成功地筛选出国际24（代号IR₂₄）、国际661（代号IR₆₆₁）以及泰引1号等恢复系（父本）。籼稻的雄性不育系（母本）、雄性不育保持系、雄性不育恢复系（父本）“三系”配套在我国首先获得成功，标志着我国在杂交水稻“三系”研究上有了重大突破。同年我国用父、母本进行杂交，又成功地培育出第一批杂交水稻种子。1974年在少数地区试种示范，杂交稻则普遍比常规稻增产2—3成；接着又在南方稻区示范推广，增产效果明显，深受广大干部和群众的欢迎。继籼稻型杂交水稻之后，经农业

科技人员刻苦攻关，梗稻“三系”配套也随之获得成功。杂交水稻不但可作一季中稻利用，也可作为早稻、晚稻栽培。1978年在全国稻区推广后，杂交稻的产量明显要比常规稻高，它为我国水稻的增产立了一大功。它是当前水稻生产上具有优势强、产量高的好品种，近年来经大力推广，种植面积正在逐年扩大。1978年，江苏、湖南等省出现了亩产1600斤以上的高产纪录。1979年江苏省徐州市邳县连坊公社农科站，实种南优2号1.2亩，获得3亩产1711斤的高产纪录。1981年江苏省丹阳县的一季杂交水稻，平均亩产过千斤。1983年江苏省建湖县40多万亩杂交水稻，平均亩产达到1130.8斤。

当然，在杂交水稻生产上，尚有很多新问题急待解决。例如杂交水稻的前期分蘖有余、后期成穗不足、穗大粒多、但结实率不很高，品种退化等等。我们深信在今后杂交水稻生产、科研的大道上，通过广大农业科技工作者的艰苦努力，这些问题，一定会在生产上和理论上得到进一步的解决。

(三) 杂交水稻的杂种优势

杂交水稻与其他杂种作物一样，具有明显的杂种优势。这种优势可以归纳为以下四点：

- 1.根系发达。杂交水稻在秧苗期，就表现出发根力强，根多，根长且粗，据江苏省武进县稻麦育种组观测，秧龄30天的杂交水稻单株平均有根102.5条，其密集层分布在25厘米左右，而同期的常规稻（南京11号）单株平均有根57.5条，密集层只有9厘米左右；杂交水稻移入大田后，返青活棵快，能够早生快发。江苏省练湖农场观测，单株有4个分蘖的壮苗移栽到大田24小时后，可发根30条，新根的长度平均3.95厘米，鲜重0.27克。江西省萍乡市农科所测定，汕优3

号在分蘖盛期、孕穗期、成熟期的总根数可明显超过常规稻IR₆₀₁（见表1）。

表 1 汕优3号与 IR₆₀₁ 的根系比较（江西省萍乡市农科所）

品 种	总 根 数 (条)		
	分 蘖 盛 期	孕 穗 期	成 熟 期
汕优3号	741	876	997
IR ₆₀₁	641	710	840

江苏省徐州市农科所在成熟收获后，测定了0—40厘米土层中根的残留量，发现南优2号要比农垦57多43.1%（见图2）。

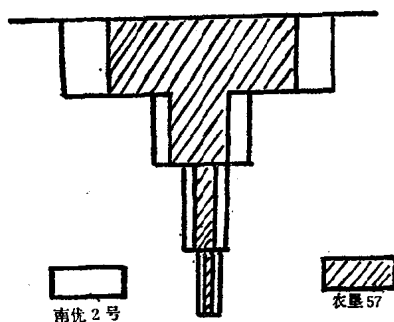


图2 南优2号与农垦57的根系示意图

杂交水稻根系发达有利于吸收养分，它是形成壮秆、大穗的重要条件。根深就能叶茂，叶茂能较好地利用光能。从而制造出更多的养分。

2. 分蘖力强。杂交水稻具有分蘖早、分蘖快的优点。在温度、光照适宜的情况下，往往4叶期就开始分蘖，7叶期可达3—4个分蘖。据江苏省建湖县气象站观测，杂交水稻（汕优2

号)的分蘖明显强于常规稻(南京11号和南粳33),见表2所示。

表2 汕优2号与南京11号、南粳33的单株平均分蘖数
(1981年。建湖县气象站)

品 种	移栽后(10株平均)分蘖数(个)			
	5日/6月	15日/6月	25日/6月	5日/7月
汕优2号	2.6	6.0	13.6	15.3
南京11号	1.7	4.3	6.3	5.7
南粳33	2.0	4.1	6.5	6.2

3. 穗大粒多、米质好。一般常规水稻的中、晚熟品种,平均穗长20—22厘米,每穗平均80—100粒。据江苏省杂交水稻气象问题协作组测定,杂交水稻的平均穗长在23—25厘米,每穗平均为150—160粒,最多的可达200多粒。杂交水稻不但穗大粒多,而且米质的营养价值较高;它的粗蛋白质含量比常规稻要高1—4%,脂肪含量也高0.5%。广大干部和群众在生产实践中,普遍地认识到:杂交水穗一是能增产,二是米好吃,三是经济效益高。

4. 适应性强。杂交水稻的适种范围广。在南方可作双季中稻和双季晚稻栽培,在长江流域可作一季中稻利用,也可作后季稻种植;它在地力好的田里种植能高产,在地力薄的田里种植也能增产;在平原地区能安家,在山岗丘陵地区也能落户,甚至在一千米左右的高山上也能种植;同时,杂交水稻还有较强的抗逆性,能耐短期低温,在偏酸性、偏碱性的土壤中也能生长。但是,杂交水稻并不是万能稻,它虽然

适应性强，可是它在生长发育过程中对外界环境等仍有特定的要求，尤其是气象条件与杂交水稻生育过程有着密切的关系。因此，各地区要根据当地的光照、热量、水分等气候资源的条件，做到因地、因时制宜；而在气候条件尚不能满足杂交水稻生长的地区，切不可盲目引种。

如何选配强优势的杂交组合是农业生产部门十分关注的问题。我们认为，在选配杂交水稻的父本与母本时，要尽可能扩大雄性不育系（母本）和恢复系（父本）遗传特征方面的差异，经济性状应当互补与促进，扬长避短，以获得生产上所需要的具有强优势的杂交水稻种子。具体地讲，选配杂交组合应考虑三个方面：一是远缘杂交，即父、母本出生的距离要远；二是父、母本的优点互补，即父、母本的优点都能在下一代身上反映出来并出现超亲现象；三是亲交组合的亲合力强，即父本的恢复能力变大，使杂交一代的自交结实率高。当前大面积推广的汕优组合、南优组合等杂交水稻，基本上符合了上面所讲的三个要求。例如，南优系统的母本是由野生稻中的不育株（即野败）与二九南1号连续回交育成的，属于矮秆、多穗、籽粒大的早熟籼稻型；父本国际稻是由菲律宾引进的，它分蘖力强，耐肥抗倒伏，抗病力强。这两个品种杂交，两者的原产地相距千里之遥，可称得上是远缘杂交。同时由于父、母本在穗形、分蘖、株高、抗病等经济性状上的不同、杂交后产生的下一代（ F_1 ）则具有双亲的共同特征，表现出穗大、粒多、分蘖性强、抗逆性强等特点，成为杂交水稻的优势。实际种植时，在适宜的气候条件下，杂交优势能够得到充分发挥，从而可利用杂种一代的优势夺取高产。

(四) 杂交水稻的一生与气象

杂交水稻的优势能否充分发挥与气象条件的优劣有着密切的关系。从推广杂交水稻种植的地区来看，湖南省就比湖北省的增产效果好；就湖南一省而言，湘北又不如湘南的增产幅度大。江苏省虽也普遍增产，但徐淮、江淮地区的增产潜力却比江南大。这说明同样的杂交水稻，在不同地区种植，由于气候条件的不同，其产量就会有差异。

杂交水稻的一生，从种到收都对温、光、水等自然条件有严格的要求。例如，杂交水稻播种后的日平均气温要在 15°C 以上才能培育出壮苗；移栽后的日平均气温要稳定在 20°C 以上才能有利于分蘖的发生，若遇有低温阴雨天气则分蘖将会明显地受到抑制。安全抽穗的日平均气温要在 23°C 以上，而低于 23°C 时抽穗开花，则会受精不良，空壳率明显上升。灌浆期间，在气温适宜、光照充足的条件下，灌浆速度明显加快；如遇阴雨天气，日照少、气温低，不但灌浆时间会拉长，籽粒也不能饱满，粒重下降。对于水分条件，若分蘖盛期控水不好，往往会分蘖急速出生，造成庞大的群体；后期的通风透光能力减弱，既会引起病虫害发生，又容易造成倒伏。因此，杂交水稻的每一个生育期无不受到气象条件的制约。

杂交水稻的杂种优势只能在 F_1 身上表现出强优势，到第二代就会出现严重分离，失去高产的性能，所以需要年年制种、繁殖，才能利用杂交一代夺高产。可是在制种方面，由于父、母本的生育期长短不一及开花习性的不同，往往带来许多麻烦，因此研究杂交水稻制种的气象条件尤其重要。据江苏省杂交水稻气象问题协作组研究，在江苏沿海地区5月上旬播种母本二九南1号A，自播种至始穗要70天左右，

而6月份只要50—60天即可始穗；父本国际稻4月上旬播种，自播种至始穗要110天左右，5月上旬要100天左右，而6月上旬只要90天就可始穗。在杂交水稻制种时，如要保证父、母本同时始穗开花，两者花期相遇，那就必须根据各地不同的气候条件，恰当地安排好父、母本的适宜播期。因而，各地的气候条件是杂交水稻制种工作中必须考虑的重要因素。只有摸清杂交水稻生长所要求的气象条件，才能更好地利用自然资源，趋利避害，使其第一代的杂交优势得到充分发挥，从而达到增产的目的。

二、杂交水稻栽培的气象条件及其利用

(一) 秧田期

从种子播到秧田起，到长成秧苗移栽，这段时期称为秧田期。在这个期间内，中心问题是如何培育适龄壮秧。单季杂交水稻秧苗培育到什么样子才算壮秧呢？根据江苏省各地对于湿润育秧提出的壮秧指标，归纳起来有以下四条：(1) 适龄，指秧龄25—30天，叶龄6.0—6.5叶片；(2) 适当分蘖，即单株带2—3个分蘖（三叉秧、四叉秧）；(3) 秧苗移栽到大田后，既能抗植伤，又有强大的发根能力；(4) 无病虫害危害过的健壮秧苗。具备了这四个条件，就称为适龄壮秧。随着生产技术的改进，对于不同育秧方式培养的秧苗又有了新的壮秧标准。如江苏省对露地中苗、大苗具有符合叶蘖同生规律的秧苗，称为壮秧，也就是说，水稻长出4叶即出生一个分蘖，6叶出生3个分蘖，符合叶龄减3的原则。壮秧的培育，一方面受生产技术管理措施的制约，另一方面与自然条件尤其是气象因素的关系十分密切。在露地育秧，气象条件的优劣常常是影响出苗率成秧率的高低及秧苗素质好坏的主要因素。因此，在生产上选择适宜播种期和培育壮秧的问题就显得十分重要。

适宜播种期怎么确定呢？在生产上从农业技术角度来说，把抽穗期安排在温、光资源最有利的时段，按照播种到抽穗所需要的天数，再由抽穗期的最佳时段向前推算来决定适播期；如果前期的气象条件不能满足育秧要求，则采用加覆盖物保温育秧或温室育秧等措施。从气象角度上来说，主要考虑在杂交水稻播种时和播种之后以及一生中对气象条件象条件的

的要求，瞻前顾后，安排好播种期。从杂交水稻生育的下限温度出发，结合常年气候条件，播种期可分为最早播种期、适宜播种期、最佳播种期、最迟播种期、可能播种期等等。

最早播种期。在南方稻区，早春的气温总是由低逐渐升高，降水逐渐增多。为了保证早茬绿肥田有秧可栽，一般都以常年日平均气温稳定通过 12°C 的初日平均日期作为最早播种期。但这个时期的气候特点是气温回升不稳定，天气忽冷忽热，且多阴雨。如果直接采用露地育秧，常常会因为气象条件不好而造成秧苗生长速度慢，甚至导致烂种、烂芽、出苗率低、成秧率低。因而要避免早春的气温回升不稳定，在生产上一般采用塑料薄膜覆盖育秧。这样可以提高地温，利用“花房”效应，来满足种子生长对温度条件的要求，促进秧苗生长。保温育秧的长处是覆盖薄膜之后，膜内温度高、湿度大，秧苗生长速度快，能有效地保证早茬田有秧可栽。但它的短处是白天的膜内温度易升到 40°C 以上，如果不注意及时通风进行降温降湿，往往会引起秧苗蹿高徒长，甚至还会发生灼伤烧苗现象；同时，膜内湿度大也容易引起病害。从经济效益上看，塑料薄膜育秧，化工多，成本大；从秧苗素质上看，在高温高湿条件下培育的秧苗比较瘦嫩，栽到大田后落黄现象严重。

适宜播种期。生产上常用当地日平均气温十年有八年回升到 12°C 以上的日期，作为适宜播种期的指标。但在这个时期的前期播种，往往会遇上低温阴雨天气，种子出苗后常因气温低于 12°C 而发生烂秧；秧苗生长缓慢，甚至造成死苗，一般难以在预定的时间内培育出壮秧。如在多年日平均气温稳定通过 15°C 的初日平均日期进行播种，一般出苗率高，成秧率也高。这时从气温条件来讲是较适宜的，秧苗很少因气象

条件的不利而发生烂秧、死苗，只要水、肥条件管理适当，就不难培育出带蘖的壮秧。因此人们把这个时期称为壮秧播种期。

最佳播种期。在各种茬口都能培育出适龄带蘖的壮秧，当秧苗栽插之后又能早生快发，同时又可保证在秋季低温来临之前安全抽穗和开花结实，则称为最佳播种期。例如：江苏省杂交水稻气象问题研究协作组通过五年的试验研究表明，就江苏气候而言，最佳播种期宜用十年中有八年的日平均气温在 15°C 以上的日期。在这一日期以后30天内的日平均气温一般可达 19°C ，完全能够满足培育壮秧的要求，而且齐穗在8月份，这时温、光条件对开花、灌浆很适宜。几年来这一指标经全省应用，其实际效果较好。关于播种期问题，我们认为生产上应选择能够在能够培育壮秧播种日期和最佳播种期内进行，避免忽视气象条件而不适当地单纯图“早”，如前期的气象条件不好进行早播，其结果将会出现秧苗生长缓慢，分蘖出生慢，造成秧龄过长，秧苗素质不好，这样就不能达到适龄带蘖壮秧增产的目的。

最迟播种期。杂交水稻在一个地区的某一时段播种，一般从播种到齐穗的天数基本上是稳定的。据江苏省建湖县农业科学研究所的资料表明，南优3号在4月下旬播种，则播种到齐穗需要120天左右；5月上旬播种为113天左右；5月下旬播种为100天左右。生产上计算最迟播种期，必须从不受秋季低温危害的最晚齐穗日期算起，用播种到齐穗的最短的天数向前推算，求出一地最迟播种日期。如江苏省建湖县根据常年气候资料分析，8月30日之前杂交水稻齐穗，十年有八年不会受秋季低温危害，能够安全结实，而播种到齐穗的最短日期是100天。那么从8月30日向前推算100天是5月23日，这一日就是建湖县杂交水稻最迟播种日期。如在此日之