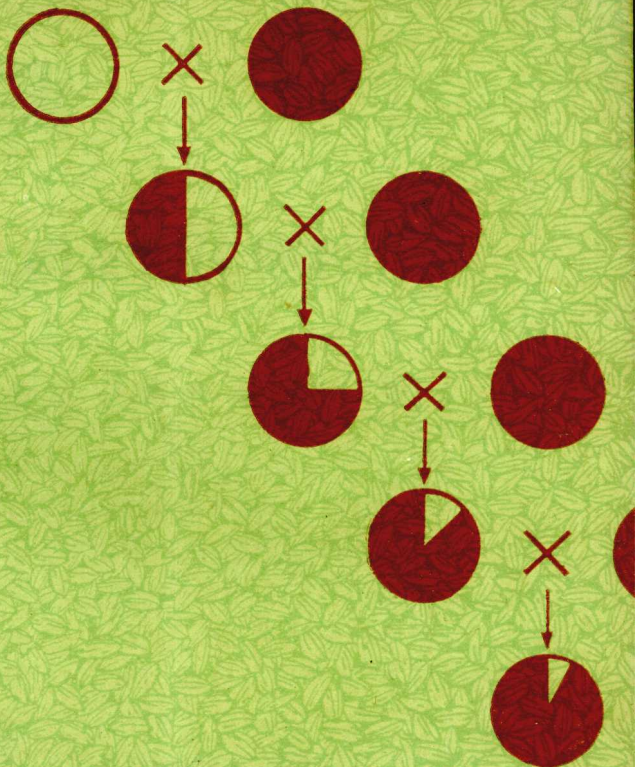




水稻杂种优势利用

上海科学技术出版社

前 言

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，在华主席的英明领导和亲切关怀下，我国广大贫下中农和农业科技人员，以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，自力更生，艰苦奋斗，破除迷信，解放思想，成功地培育出杂交水稻，并大面积应用于生产。

我国杂交水稻的研究工作是在六十年代中期开始的。1970年，全国许多地区广泛开展了群众性“三系”选育的科学实验活动，广大干部、群众、科技人员积极开展社会主义大协作，发扬“只争朝夕”的革命精神，于1973年实现“三系”配套。杂交水稻培育成功和广泛应用，是种子工作的重要突破，为大幅度提高我国水稻产量开辟了新途径，并且大大地丰富了我国育种科学理论和实践，将对我国农业科学研究工作产生深远的影响。

实践证明，杂交水稻生长优势强，增产潜力大，适应性广，并能有效地提高劳动生产率，这对提高水稻单产，促进农业生产大干快上，加快普及大寨县，更好地贯彻落实伟大领袖和导师毛主席提出的“备战、备荒、为人民”的伟大战略方针，都具有重要意义。

为了广泛开展杂交水稻的群众性科学实验，搞好普及工作，我们根据上海市郊区杂交水稻试验研究和生产实践，以及其他地区的先进经验，编写成本书，供农业战线上的同志们参考。由于我们受实践经验和理论水平的限制，书中可能存在缺点和错误，请读者批评指正。

目 录

一、杂种优势利用概述.....	1
(一)杂种优势利用概况.....	1
(二)杂种为什么会出现优势.....	2
二、利用水稻杂种优势的途径.....	3
(一)三系法.....	3
(二)两系法.....	7
(三)化学杀雄法.....	8
(四)杂交水稻蘖节再生利用.....	8
三、水稻三系的选育.....	10
(一)不育系和保持系的选育.....	12
(二)恢复系的选育.....	16
四、强优势组合的选配.....	20
(一)选择遗传性状差异大的双亲配组.....	20
(二)选择经济性状显著互补的双亲配组.....	21
(三)选择亲和力和较强的不育系配组.....	22
(四)选择光合强度大的双亲配组.....	22
五、水稻三系繁殖制种技术.....	23
(一)雄性不育系繁殖.....	24
(二)杂交水稻制种.....	28
(三)三系原种生产.....	44
六、杂交水稻的特征特性.....	49
七、杂交水稻单晚栽培技术.....	56
(一)高产田的产量结构.....	56

(二)栽培技术·····	57
八、杂交水稻双晚栽培技术·····	68
(一)双晚杂交水稻的生育特性·····	68
(二)栽培技术·····	69
九、当前生产上应用的几个主要水稻“三系”及杂交组合·····	75
(一)雄性不育系及保持系·····	75
(二)雄性不育恢复系·····	76
(三)杂交组合·····	77
附 录·····	81
(一)全国水稻不育系研究调查记载项目试行标准·····	81
(二)杂交水稻命名试行方案·····	82
(三)名词注释·····	84

一、杂种优势利用概述

(一) 杂种优势利用概况

杂种优势是生物界的普遍现象。我国劳动人民在农牧业生产上利用杂种优势，有着悠久的历史。早在二千一百多年前的秦朝，就有人以母马和公驴交配，生下来的骡子，生长快，适应性强，挽力大，能耐粗饲，而且寿命比马和驴要长。在桑蚕方面的杂种优势利用，1637年就有了记载，那时的农民将早雄蚕配晚雌蚕，获得了新的优良品种。以后在农作物上的利用就更为广泛，目前已有二十多种蔬菜作物利用杂种优势，如番茄“宁选2号”与“早雀占”品种杂交，后代表现抗病高产，比双亲品种增产50%左右。近年来，在高粱、玉米上利用杂种优势，成效更为显著。杂交高粱最高亩产可达二千斤以上，杂交玉米亩产可达三千多斤。并创造了农作物大面积、大幅度增产的新局面。

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小麦、水稻、棉花、油菜的杂种优势研究。我国科技人员和广大群众发扬“只争朝夕”的革命精神，在六十年代中期开始杂交水稻的研究工作，于1973年实现“三系”配套，使杂交水稻用于大面积生产成为现实。据各地初步试种结果，杂交水稻大面积亩产一般都在千斤左右，高的达1200斤以上。作单季晚稻栽培比当地推广良种可增产20~30%，作双季晚稻增产幅度更大，一般可以增产30~50%，甚至成倍增

产。这为我国水稻生产的迅速发展开辟了一条新的途径，展示出比现在农作物的产量大幅度提高的广阔前景。

(二) 杂种为什么会出现优势

在生产实践中我们逐步认识到，无论是动物或植物，进行不同类型之间的杂交，由其所产生的后代即杂种第一代，往往表现比父母本有较强的生长势、抗性、适应性等特点，这种超过双亲的现象，我们称它为杂种优势。

那么，为什么会出现杂种优势呢？产生杂种优势的原因，主要是由于杂种的内在矛盾所引起的。例如我们将两个具有不同遗传特性的水稻品种杂交，它们的后代就成为一个新的个体，由于它结合了父母的遗传差异，构成了杂种的内在矛盾，这些矛盾促进了生物体内的新陈代谢，从而使其生活力加强，表现出杂种优势。在一定范围内，杂交亲本的遗传差异越大，杂种的内部矛盾就越大，优势也越强；反之，差异愈小，优势也愈小。因此，我们在杂交亲本的选配上，必须选用亲本间亲缘关系较远、地理上起源远缘或不同生态类型的品种杂交，以获得杂种优势。另外，通过有意识的选配，还可以把两个亲本品种的优良性状结合起来，起到互相取长补短的作用。如现有杂交水稻“南优2号”，母本“二九南1号”米质比较差，父本“国际24”千粒重较小，杂交后的杂种米质比“二九南1号”好，千粒重比“国际24”大，这就是互补作用的结果。

二、利用水稻杂种优势的途径

水稻和高粱、玉米等作物一样，具有明显的杂种优势。但是，水稻是自花授粉作物，即雌雄同花，且颖花很小，异花授粉率只有0.3%左右。要利用水稻杂种优势，必须年年生产大量的杂种一代种子。如果象玉米那样，依靠人工去雄杂交的方法生产大量水稻杂交种子，那是难以办到的，因此长期以来，水稻的杂种优势未能得到应用。

为了有效地将水稻杂种优势应用于大面积生产，我国广大贫下中农和科技人员创造了各种利用途径，主要有三系法、两系法、化学杀雄及蘖节再生稻利用。现分别简述如下：

(一) 三 系 法

三系法是我国当前普遍采用的利用水稻杂种优势的途径。

1. 水稻的颖花构造

为了便于弄清雄性不育与可育在生殖器官上的区别，首先简要介绍水稻的花器结构。

水稻的颖花由护颖、外颖、内颖、鳞片、子房、柱头、花药等部分组成（图1）。每朵颖花有雄蕊六枚，由花丝和花药两部分组成，着生在子房基部。花药分为四室，每室成为一个花粉囊，囊内有很多花粉粒，正常的花粉为黄色球形，在碘化钾溶液中呈蓝色反应。雌蕊由子房、花柱及两裂羽毛柱头所组成，柱头为紫色、红色或无色，是鉴别品种的主要特征之一。开花

后,柱头一般在颖壳内,但也有的品种外露于颖壳之外。子房位于基部,卵形,受精后子房肥大,发育成种子。

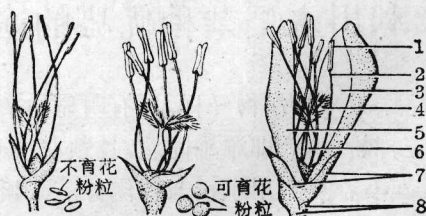


图 1 水稻花器构造

- 1.花药, 2.花丝, 3.外颖, 4.柱头,
5.内颖, 6.子房, 7.护颖, 8.副护颖

2. 水稻三系及特征特性

(1) 雄性不育系(简称不育系,代表符号“A”)

从外表上看,不育系水稻与普通水稻差别不大,只是它的雄性器官发育异常,丧失了生育能力。具体地讲,就是它的花粉在某个发育阶段上受阻,导致败育,使花药干瘪,呈白或淡黄色,花粉形状不规则(畸形)或圆形而无淀粉,花药丧失开裂能力或能够开裂而套袋自交不能结实。但是,它的雌性器官(子房、柱头)则完全正常,只要授给其他品种的正常花粉就能受精结实。这种特性能够遗传给后代,成为一个特殊的品系,即水稻雄性不育系。

优良的不育系,应该是不育性稳定,套袋自交不结实,不育率达 100%;农艺性状整齐一致,植株长相、生育期和相应的保持系基本相似;可恢复性强,与恢复系制种长出的杂交水稻没有分离现象。此外,一个好的不育系还必须具备能够适合异花传粉的花器构造和开花习性,如柱头发达外露,张颖角

度大,开花时间长等特点,这将有利于不育系接受外来花粉,提高结实率,从而增加繁殖不育系和配制杂交水稻的产量。

(2) 雄性不育保持系(简称保持系,代表符号 B)

保持系是一个正常的品种,它的长相和相应的不育系差不多,好像是“双胞胎”一样,不同的是保持系有正常的花粉,雌雄蕊都发育健全,自交能够结实,用它的花粉与不育系杂交,不仅可以使不育系正常结实,而且产生的后代种子(F_1)仍然不育,这种可以保持不育系不育特性的品种就叫做保持系。不育系有了保持系,就可以年年繁殖,代代相传。

保持系要求是一个稳定的纯种,群体整齐,丰产性状好,花药发达,开颖散粉正常,花粉量多,这将有利于得到优势组合和提高繁种产量。

保持系在外表上和不育系虽很相似,如仔细观察,在某些性状上尚有一定的差异(表 1)。

表 1 保持系和不育系性状比较

性 状 \ 类 型	保 持 系	不 育 系
分 蘖 力	分蘖较少	分蘖力强,分蘖期长
抽 穗 期		比保持系迟 4~5 天抽穗
穗	抽穗正常	穗颈较短,籼型多包颈
开花习性	开花集中,开颖时间短	花期分散,开颖时间较长
花药形态	膨松饱满,金黄色,内有大量花粉	干瘪瘦小,乳白色,无花粉或花粉畸形
花 粉	圆球形,遇碘化钾呈蓝黑色	1. 形状不规则,遇碘化钾不染色 2. 圆形,遇碘化钾不染色 3. 圆形,遇碘化钾呈浅蓝色
育 性	自交结实	自交不结实

(3) 雄性不育恢复系(简称恢复系)

恢复系的雌雄蕊均正常, 自交能结实, 用它的花粉授与不育系, 后代(F_1)长出的植株就是杂交水稻。杂交水稻表现有正常的花粉, 可以自交结实, 并在生活力上比父母本表现出明显的优势。这种能够使不育系恢复育性能力的品种, 叫做恢复系。

一个好的恢复系必须具备以下三个条件:

① 恢复不育系育性的能力强, 杂种结实率要在 80% 以上。

② 恢复系本身要具有较多的高产综合性状, 对不同品种或类型的不育系多数能恢复, 且配合力强, 优势明显。

③ 恢复系的株型要比不育系稍高, 生育期要与不育系相近, 并且有花药较大、花粉量多等特点, 以有利于异花传粉和花期调节, 提高制种产量。

3. 三系之间的关系

雄性不育系、保持系、恢复系简称为三系。水稻三系相辅相成, 缺一不可。不育系和保持系是互相依存的, 其对立面是恢复系, 三系之间互相配合, 就可以实现杂种优势的利用。三系之间的关系见图 2。

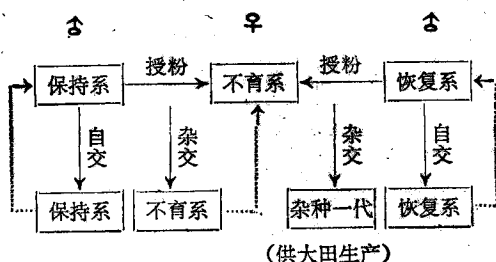


图 2 三系的关系

图2表明,保持系与不育系杂交,能保持不育系的不育遗传特性,从而达到大量繁殖不育系的目的;而恢复系与不育系杂交,能使不育系恢复其育性能力,可以配制为生产所应用的大量杂交种子。而由于保持系和恢复系本身的雌雄蕊都正常,各自自交所得到的种子,仍是保持系和恢复系。

(二) 两 系 法

两系法的主要特点是不用保持系。它是利用一种高不育的雄性不育株,其自交结实的部分种子,种下去长出的植株还是高不育株,连续用高不育株的自交种子使之世代相传。这种只用不育株(系)和恢复系配制杂种的方法称为两系法。

两系法在生产上应用时,父本恢复系植株必须具有指示性状,如叶片或叶枕为紫色,用这种恢复系同不育系杂交,不育系植株产生出两种种子,一是杂交种,二是自交种,将自交与杂交的混合种子播种,由于父本恢复系具有紫色性状且能遗传给杂种,就可以在移栽时鉴别有色与无色秧苗,凡是无色的是自交苗即不育系,有色苗则是杂交水稻,提供大田生产应用(图3)。

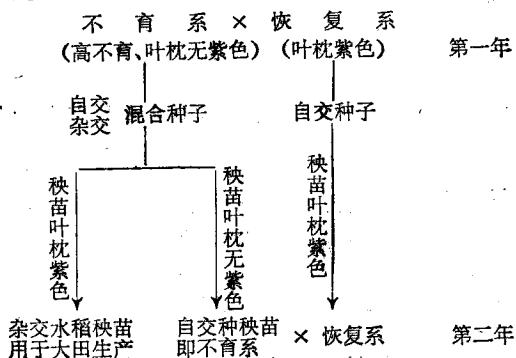


图3 两系法图解

(三) 化学杀雄法

在水稻的某个生育时期,利用化学药剂喷洒在植株上,使其雄性生殖器官发育受阻,或直接杀死花粉,产生雄性不育,而雌蕊的活性基本正常。以此配制杂交种的方法,称为化学杀雄法。

广东省水稻杂种优势利用协作组已筛选出稻脚青(甲基肿酸锌)和平平加(粘着剂)所配制的杀雄剂1号,在水稻花粉充实期(叶枕距+5~+9厘米之间)时喷洒杀雄效果最好,但不同品种对处理的最适时期和浓度有差异。以“黎明”×“大粒珍珠矮”为例,用0.1%浓度药液,在叶枕距+5厘米左右时喷洒一次,杀雄效果可达95~100%,杂种纯度可达90%以上。

目前,广东省利用化学杀雄法配制杂交种的较好组合有:早稻型“黎明”×“大粒珍珠矮”、“窄叶青”×“国际661”、“珍珠矮”×“国际661”;晚稻型“钢枝占”×“德庆大占”等,经生产上试验鉴定,杂种一代具有明显的优势,比本地当家品种增产20%以上。

(四) 杂交水稻蘖节再生利用

无论是三系选育或常规育种,通过远缘杂交产生的杂种一代,只要出现结实率高、优势强、经济性状合乎理想的杂交水稻,就可以进行少量制种,经繁殖蘖节为生产应用。据上海市农科院、上海市跃进农场对其应用效果的试验,在单季晚稻、后季稻应用已见成效,这是当前简化有性繁殖、扩大繁殖系数的新方法。

杂交水稻蘖节再生利用方法是,先播少量杂交种,然后移

栽到繁殖田促使分蘖，当分蘖苗达到预定要求时，拔出稻株，切除茎叶，留根部和蘖节 8~10 厘米，以后单条分离蘖节育苗或直接扦插于大田，利用蘖节苗生长势快、分蘖力强的特性而获得较高的产量水平。

蘖节稻由于是利用杂种一代的原体植株，经过再生长成的植株仍是杂种一代，遗传属性不变，不会出现分离，所以能够保持杂种的丰产性状。通常情况下，蘖节稻由扦插到收获，大田生育期比种子稻缩短 30 天以上，有利于三熟制地区应用杂交水稻。

三、水稻三系的选育

培育雄性不育系是利用水稻杂种优势的有效途径之一。由于我国社会主义制度的优越，群众性科学实验运动的蓬勃开展，几年来，已经选育出具有各种不同特色、类型的雄性不育系、保持系，部分已经实现了三系配套。为了便于了解三系选育过程，先简要介绍生物的细胞结构、生物受精遗传特点及细胞核置换的基本原理。

水稻同其他的生物一样，是由细胞构成的，细胞是生物体的基本结构和功能单位。细胞由细胞膜（植物细胞在膜外还有细胞壁）、细胞质和细胞核组成。

当水稻父本的花粉授给母本后，花粉粒就在母本柱头上发芽，花粉管延伸到子房放出精核，精核与卵子结合，就成为一个新的物体，称结合子。

结合子的细胞质来自母本，父本的细胞质一般不进入（或极少进入）母本，细胞核的成分一半是母本的，另一半是父本的。

细胞核置换是通过连续成对回交的方法完成的，主要目的有两个，一是改变杂种的性状，使其与父本相似，二是利用杂种的核质矛盾培育雄性不育系和其相应的保持系。

用两个具有不同遗传性的亲本杂交（例如野生稻×栽培稻），得到杂种一代，然后以杂种一代为母本，与原父本（栽培稻）再进行杂交（称回交），使杂种细胞核中含有父本细胞核成分的比例增加。由于生物的性状主要是由细胞核决定的，每

增加一次回交, 杂种的性状、生育期就愈接近父本。野生稻与栽培稻的核质矛盾扩大, 容易产生雄性不育的特性。杂种来自父本细胞核成分越多, 核质矛盾就越大, 不育性也越高, 一般回交四代细胞核已置换 96.875%, 此时性状已基本整齐, 不育性也基本稳定。当回交到八代之后, 父本核的成分已达到 99.8%, 几乎全部置换完了, 杂种的性状就更为整齐, 不育性也更加稳定 (图 4)。

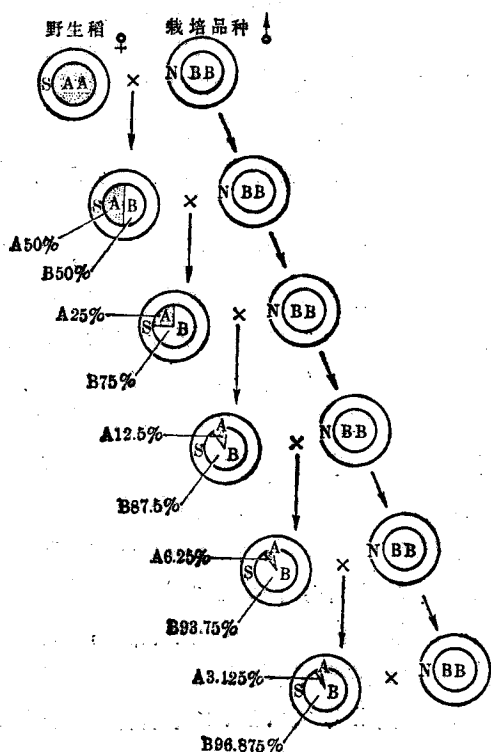


图 4 细胞核置换

(一) 不育系和保持系的选育

选育雄性不育系是实现三系配套的基础，完成三系选育首先要解决不育系，然后才能解决相应的保持系和恢复系。应用远缘杂交进行细胞核置换是当前我国实现三系配套的基本方法。

1. 从“野败”到“野败型”

“野败”就是花粉败育型的雄性不育野生稻，是湖南省黔阳农校科技小组在海南岛崖县发现的。它的外型特征是，株型匍匐，叶片窄长，茎秆细，叶鞘和稃尖呈紫色，谷粒细长，谷尖有长红芒，柱头发达外露，分蘖力极强。据研究认为，野败实质上是野生稻与栽培稻自然杂交后代，是一个天然的雄性不育株。

几年来，湖南、江西等省以野败作为母本，用栽培稻“二九矮4号”、“珍汕97”作为父本，杂交后连续回交选择，育成了世代较高不育性稳定的“二九矮4号A”和“珍汕97A”。以后，湖南又用栽培稻品种“6044”、“意大利B”、“广矮3784”分别与野败杂交，以这些组合的子一代不育株为母本，和其他栽培品种进行测交，发现(“野败” $\times$ “6044”) $\times$ “二九南1号”及(“野败” $\times$ “意大利B”) $\times$ “71-72”两个三交组合表现较好，便在杂种中选取雄性完全不育、性状倾向父本和开花正常的植株作母本，继续回交四代，育成了“二九南1号”、“71-72”不育系和其相应的保持系。由于这些不育系细胞质都来自于野败，所以都统称为野败型不育系。

野败型“二九南1号”、“71-72”不育系回交三代育性情况见表2。

表 2 “二九南 1 号”、“71-72”不育系回交三代育性情况

组 合	世 代	总株数	全不育株	半不育株	高不育株	正常株	全不育株率%
(野败×意大利 B) × 71-72	三交 F ₁	8	8				100
	*B ₁	23	22	1			99.5
	*B ₂	306	305			1	99.7
	*B ₃	13644				1	99.5
(野败×6044) × 二九南 1 号	三交 F ₁	4	4				100
	B ₁	12	12				100
	B ₂	65	65				100
	B ₃	6177					99.0

* B₁ 为回交第一代, B₂ 为回交第二代, B₃ 为回交第三代。

2. 野栽型不育系选育

野栽型不育系是指以普通野生稻为母本与栽培稻杂交选育的不育系。普通野生稻分布较广,在我国,以广东的热带地区为中心,东至台湾,西至云南南部,均有普通野生稻分布。普通野生稻同野败主要不同之处是它的雄性正常,而外型特征两者基本相似。

1971 年秋季,上海水稻杂种优势利用协作组用红芒野生稻、白芒野生稻(属普通野生稻不同类群)为母本,以栽培稻“京引 59”、“农垦 4 号”等早粳品种为父本,同样采用细胞核置换的方法,连续回交选择,当回交四代后,杂种的植株性状特征、生育期与栽培品种相似。“京引 59”不育系选育过程见图 5。

目前这方面工作开展较多的有: 广西省农科院用红芒野生稻×“广选 3 号”,回交获得“广选 3 号”不育系; 湖北省杂交水稻协作组用红芒野生稻、藤桥野生稻选育出“莲塘早”、“晓”、