

化学杀雄与 水稻杂种 优势利用



广东省农作物杂种优势利用研究协作组编

农业出版社

化学杀雄与水稻杂种优势利用

广东省农作物杂种优势利用研究协作组编

提 要

本书介绍国内外化学杀雄在各种作物的应用情况,和近年来我国水稻化学杀雄杂种优势的利用,并从遗传学的角度分析杂种优势产生的原因及其多代利用的可能性;同时根据示踪同位素、生理生化和细胞形态解剖的结果来分析“杀雄剂一号”的杀雄机理。书中还重点总结了广东省水稻化学杀雄配制杂交稻的经验及其栽培技术,并指出目前化杀杂交稻在利用研究中所存在的问题及其前景。

本书可供遗传、育种、栽培、植物生理、化学和细胞学等科研工作者、综合性大学和农业院校师生及各级农科网技术人员参考。

化学杀雄与水稻杂种优势利用

广东省农作物杂种优势利用研究协作组编

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 32 开本 4.375 印张 89 千字

1981 年12月第1版 1981 年12月北京第1次印刷

印数 1—6,000 册

统一书号 16144·2398 定价 0.47 元

前 言

水稻杂种优势利用的研究，国外始于五十年代，但至今仍未应用于生产。我国自1970年以来，除了水稻“三系”的研究，还开展了水稻化学杀雄杂种优势利用的研究。近年来，随着农业生产的发展，这项研究进展很快，并初步应用于杂交水稻的生产。目前，全国已有十多个省（区）、市进行试验和推广，面积不断扩大。由于水稻化学杀雄利用杂种优势的研究是一项新的工作，在各方面还存在着许多问题，有待进一步研究。

本书编写工作是在广东省科委、华南农学院的直接关怀和领导下进行的。参加编写的同志有：潘正初、李学根、黄国桓、黄雪卿、陈璧、陈佩琳和王增骐等同志，由潘正初、王增骐同志负责主编。在编写过程中，还得到了有关单位和同志的热情支持、帮助和提供宝贵意见，在此谨致谢忱。

由于水平有限，书中难免有缺点或错误，请同志们批评指正。

1981年2月

目 录

第一章 水稻化学杀雄杂种优势利用及其研究概况	1
一、化学杀雄法是水稻杂种优势利用的一个有效途径	1
二、水稻杂种优势的表现及其优势组合的选配	8
三、“化杀”杂交稻的多代利用	19
四、杂种优势实质的几种假说	25
第二章 水稻幼穗分化与性器官的结构	30
一、水稻幼穗发育阶段的划分及其鉴别	30
二、水稻颖花的构造	38
三、水稻的授精过程	40
第三章 水稻杀雄剂的研制、杀雄效果及其杀雄机理	42
一、水稻杀雄剂的研制及其杀雄效果	42
二、水稻化学杀雄的机理	53
三、水稻施用化学杀雄剂与其谷粒中残留量及体内分布规律	64
第四章 水稻化学杀雄制种技术	71
一、优势组合的选用	71
二、制种田的选择	71
三、亲本播插错期的合理安排	73
四、育秧技术、插植方法和栽培管理	81
五、花期的预测和调节	84
六、化学杀雄的最佳处理和喷药技术	89
七、杀雄效果的检查	100
八、除杂去劣	103

九、人工辅助授粉.....	103
十、做好收、晒、藏工作.....	104
第五章 化杀杂交稻的特点及其栽培技术	105
一、化杀杂交稻的特点.....	105
二、制定合理的杂交稻群体结构.....	107
三、栽培杂交稻的技术要点.....	108
第六章 水稻化学杀雄杂种优势利用研究中存在的问题 及其展望.....	113
附录	119
一、广东省化学杀雄杂交水稻命名试行草案.....	119
二、水稻杀雄剂的稀释方法.....	120
三、几个强优组合制种的播、插期.....	121
四、几种化学杀雄剂一览表.....	128
参考文献	133

第一章 水稻化学杀雄杂种优势 利用及其研究概况

一、化学杀雄法是水稻杂种优势 利用的一个有效途径

在生物界中经常可以看到，两个不同遗传类型的种或品种杂交所获得的杂种一代 (F_1)，往往比有机体亲本具有较强的生长势、适应性、抗逆性、抗病力和生产力。这种现象，人们称之为“杂种优势”。

杂种优势的表现，在植物界和动物界中，是普遍存在的现象。达尔文在关于生物进化的学说中，曾经对此作过概括，指出：“……轻微程度的杂交，即处于稍微不同的生活条件下的、或者只有微小变异的同一物种的雌雄之间的杂交，会增强它们后代的生活力和能育性”^{*}。我国广大劳动人民在生产实践中很早就注意到杂种优势，并加以应用。例如，利用马与驴杂交获得的杂种后代——骡，具有体强、力大、耐劳、易饲养的优良性状，这已有很久的历史。利用早熟的普通烟草与比较迟熟但品质优良的烟草进行杂交，从而获得早熟、

^{*} 见达尔文《物种起源》 生活·读书·新知三联书店 1954年版, p353

优质、高产的杂种后代，也早在二百多年前就已出现。把农作物的杂种优势广泛地应用于生产上，首先是美国于本世纪三十年代推广杂交玉米。根据国外的报道，利用杂种优势而获得增产的农作物，除了玉米、高粱、大麦、棉花、亚麻、烟草外，还有番茄、茄子、黄瓜、洋葱、萝卜等20多种农作物，增产幅度从20%到一倍以上。这些事实表明，杂种优势利用是提高农作物产量的重要途径之一。

在水稻生产上，为了利用杂种优势，首先必须有大量的杂交水稻种子。由于水稻是属于雌雄同花自交结实的作物，颖花很小，每朵颖花只结一粒种子，不可能通过人工去雄授粉的办法来获得大量的杂交种子。那么，怎样才能解决杂交水稻种子来源的问题呢？人们通过生产斗争和科学实验，认识到可以设法诱导水稻产生“雄性不育”，然后通过异花授粉，从而取得大量的杂交水稻种子。目前诱导水稻产生雄性不育的办法有两种：一种是遗传的，另一种是非遗传的。遗传的方法有“三系”法和“两系”法等。“三系”法需要选育成雄性不育系（简称不育系）、雄性不育保持系（简称保持系）和雄性不育恢复系（简称恢复系）；以不育系与保持系杂交繁殖不育系，供制种田和繁殖田作母本用；以不育系与恢复系杂交配制杂种，供大田生产使用。“两系”法需要选育自交不育系和有指示性状的恢复系。自交不育系具有稳定的20%左右的自交率（因此可以不需要保持系）和90%左右的不育率。用有颜色的指示性状的恢复系与之杂交，便可获得杂交和自交的混合种子。混合种子播后，在秧苗期进行分选，凡有颜色指示性状的秧苗都是真杂种，供大田生产使用。非

遗传的方法有温度杀雄法（包括温汤杀雄、蒸汽杀雄、太阳能高温杀雄和低温杀雄）和化学杀雄法（简称化杀法）等。温度杀雄法目前尚难于大量配制杂交水稻种子，所以未能在水稻的杂种优势利用中广泛应用。由于化杀法具有许多优点，所以引起了人们的重视。所谓化杀法，就是通过化学杀雄剂的诱导来产生水稻非遗传性的雄性不育，用以配制杂交水稻种子。具体地说，就是在水稻幼穗发育的某一时期内（如在孕穗期），选用某些化学杀雄剂，以适宜的浓度和药量施用在稻株上，诱导稻穗产生雄性不育；然后选用另一水稻品种作父本给它授粉，从而配制出大量的杂交种子，供大田生产使用。用化学杀雄剂诱导水稻产生的雄性不育，不是通过染色体结构和遗传物质的改变而获得的，所以这种雄性不育不能遗传，这同“三系”法可以遗传传递的雄性不育是有本质上的区别的。

国外在农作物方面用化杀法配制杂种的研究，开始于五十年代末期。雷姆、威特沃和希尔等人，首先研究 α -萘乙酸、2,4-滴、2,3,5-三碘苯甲酸和马来酰肼（青鲜素，MH-30），探索是否可以作为化学杀雄剂应用。以后，斯科特、肖普拉、韦罗特、里奇曼、肯尼思、兰格考尔和罗比森等，也在棉花、西瓜、番茄、番木瓜、黄瓜、白兰瓜、小麦等作物上，以 α 、 β -二氯异丁酸钠（FW-450）、2,2-二氯丙酸钠、二氯丙酸、乙基甲烷磺酸盐（EWS）和2-氯乙基膦酸（乙烯利）等药剂进行化学杀雄的研究。在小麦化学杀雄利用杂种优势的探讨方面，一直引起人们的广泛兴趣，而以小麦为主要对象的新杀雄药剂也不断出现，其中值得注意的是，美国的菲兹杰

拉德等在 1974 年发现均三氮苯二酮,对小麦、棉花、番茄和水稻等都具有诱导雄性不育的效果;1976 年,约翰逊等进一步报道以 DPX3778 [3-(对氯苯基)-6-甲基-均三氮苯-2,4 (1H, 3H) -二酮三乙醇胺盐] 喷洒小麦、玉米、燕麦和水稻等,不但可以使花药不开裂,而且能保持雌蕊的正常育性,从而有希望作为小麦和水稻等作物的杀雄剂。这些事实表明,国外对水稻化学杀雄杂种优势利用的研究已有所注意,但一直未引起足够的重视,所以这方面的研究工作开展较少,迄今尚未能在生产上推广应用。

广东省杂种优势利用研究协作组及其有关协作单位从 1970 年冬起,开展了水稻化学杀雄的研究,在 1971 年 5 月和 6 月筛选出杀雄药物“稻脚青”(有效成分为甲基肿酸锌)。江西省江西共产主义劳动大学农学系自 1971 年 6 月起也开始了化学杀雄杂交水稻的研究,并筛选出甲基肿酸锌,发现它具有良好的杀雄效果。湖南省农科院从 1971 年起正式开展水稻化学杀雄的研究,经过三年时间的努力,筛选出氨基磺酸钙,氟乙酰胺及甲基砷类化合物等具有较好杀雄效果的药物。此外,吉林、广西、四川、江苏和贵州等省、区,也先后进行试验研究。几年来,广东、江西等省分别逐步突破了杀雄药剂、杀雄方法、优势组合和杀雄原理等关键问题,开始进入试验、示范、逐步推广的阶段。广东省化杀杂交水稻的种植面积,1975 年只有 60 多亩,1976 年为 3 万亩,1977 年达到 70 多万亩,1978 年近 80 万亩;江西省 1978 年为 2000 亩。在广东省推广的优势组合中,以钢化大占面积最大,其次是青化 61、黎化大珍和北化古 67 等。广东省 1978 年近 80 万亩的

化杀杂交水稻中，除杂种一代约占 10 多万亩外，其余均为杂种二代；该年化杀杂交水稻面积最大的英德县，达 15 万亩。一般每亩增产 50—150 斤，也有每亩增产 200 斤以上的，增产幅度一般为 1—2 成，高的可达 3 成以上，低产地区增产幅度比较大，出现了不少亩产超千斤的化杀杂种田。1977 年，广东省国营潮光农场早造以青化 61 为主的化杀杂种田 1000 多亩，在春寒和干旱的影响下，平均亩产仍有 830 斤，比常规当家种每亩多收 105 斤，增产 15%；晚造以钢化大占为主的杂种田 1700 多亩，占全场水稻插植总面积的 31.4%，分布在 30 个点上，根据 22 个点的 1317.7 亩的调查，平均亩产 700.8 斤，比本地当家种亩产 570 斤增产 22.2%。信宜县池洞公社池洞大队坡尾生产队 1977 年晚造插植的钢化大占一代杂种田 12.5 亩，平均亩产 1029.7 斤，钢化大占二代杂种田 17.1 亩，平均亩产 1162 斤（二代田有效穗比一代田多），分别比本地当家种包选 2 号亩产 712.3 斤增产 47.4—67.4%。1978 年英德县城镇公社插植化杀杂交水稻 1200 多亩，增产 30% 多。1975 年广东省阳江县圩坪中学测试选出强优势化杀组合 $IR_{24} \times$ 献党，1977 年晚造广州市白云山农场农科所插植了该组合，亩产达到 1012 斤。1978 年，贵州省贵定县三个大队 586 亩的化杀杂交水稻，平均亩产超过千斤，其中一块连片 50 亩，平均亩产 1294 斤，最高亩产达到 1581 斤；在江苏省高邮县农科所插植 $IR_{24} \times$ 献党 1.48 亩，折亩产 1607 斤。这些事例表明，化杀杂交水稻优势是明显的。

但是，有些地方种植化杀杂交水稻也有出现平产或减产的现象。分析起来，其原因是，①栽培管理不当，田间有效

穗偏少；②制种技术没有过关，杂种纯度太低；③所选的杂交组合不大适应本地区插植。随着科研与生产的发展，这些问题是可以逐步得到解决的。

化杀法具有以下的特点：

1. 可以在本地当家种或推广良种的基础上争取更高产
化杀法所用的优势组合，一般是以本地当家种或推广良种作亲本进行选配的，因此，所配制出来的杂种一代，一般能适应本地区的自然条件和耕作水平。例如，青化₆₁（窄叶青 × IR₆₆₁）、钢化大占（钢枝占 × 德庆大占）和北化古₆₇（北珍10号 × 古₁₆₇），这三个杂交组合，其母本均为本地的当家种或推广良种，所以，杂种纯度越高，其增产幅度就越大。

2. 能充分利用常规育种、“两系”法和“三系”法中所发现的优势组合
化杀法的优势组合，从亲本的选择到组合的选配，在方法上比较灵活，不论“三系”法、“两系”法或常规育种中所发现的优势组合，只要制种时杂种的产量能达到生产上的要求，就可以推广应用；而其它方法不能利用的优势组合，化杀法也可以利用，从而弥补了其它方法的不足。例如，窄叶青 × IR₆₆₁和钢枝占 × 德庆大占这两个组合，在常规育种中已证明是优势组合，但由于窄叶青不能转育为不育系，而钢枝占转育成不育系后，德庆大占却成了它的保持系（而不是恢复系），因此，“三系”法对这两个组合，到目前还不能加以利用；化杀法却不受此限制，照样可以利用。“三系”法发现献党 × IR₂₄，这一组合优势明显，但献党转育成不育系后开花不正常，制种困难，难于利用；而化杀法却可以进行制种，加以利用。

3. 亲本种子来源丰富，可以根据不同要求来选配杂种。由于化杀法选配组合自由，不受不育系和自交不育系等限制，因此，其优势组合可以根据各地区生产上早熟、矮秆、抗性强、丰产和优质的不同要求，充分利用现有丰富的水稻品种资源进行选配。只要通过测优，选出优势组合，就可以研究其杀雄制种技术，并尽快应用于生产。

4. 亲本生育期较接近的某些化杀优势组合，其杂种二代往往有利用价值。几年来的生产实践证明，某些化杀优势组合，例如钢化大占、黎化大珍、北化古⁶⁷等，它们两亲本的亲缘较远或为地理远缘，而生育期较接近，所以不但杂种一代优势明显，而且杂种二代的成熟期分离不大，其产量仍比本地当家种高 10% 以上。因此，这些组合的杂种二代在生产上仍有利用价值，从而提高了杂种的利用率。如果一亩制种田收杂种 40 斤计，那么，每亩制种田收获的杂种可以插杂种田 20 亩；杂种田一代除杂后以平均亩产 600 斤计，可收子一代杂种 12000 斤，至少可以插植二代杂种田 2400 亩（按每亩用种量 5 斤计）。这就可以大大地减少制种田的面积。

但是，化杀法在我国研究、利用毕竟时间不长，虽优点明显，但也有不足之处。

（1）在多雨季节大面积制种时难度大。水稻喷洒杀雄剂后，一般以保持 5—6 小时内不淋雨，才有利于充分发挥药效。如果喷药后遇雨，药物未被充分吸收便为雨水淋失，就会在不同程度上影响杀雄效果；虽然可以在雨过天晴后补喷，但补喷的用药量及浓度不容易掌握好。

（2）杀雄最佳处理不易掌握。不同品种的杀雄最佳处

理（包括杀雄的最适时期、最适浓度和用药量）是有差别的，必须通过试验才能确定，否则效果不好。

（3）有些配合力很好的优势组合，由于其母本难于杀雄（如喷药略多些就呈现出药害，喷药略少些又杀雄不彻底），或制种量太低（如颖花的柱头不外露、开颖角度太小或闭花自交程度较高，以致异交率不高）。

（4）杀雄效果受气候条件（如光、温、湿度、风向、风力等）的干扰和栽培技术的影响较大。气候条件的变化很能影响杀雄效果，且杂种产量和纯度都难于保证。在不同的栽培管理方法下，不同长势的植株，在同样的浓度、药量和时期的处理下，长势不同，杀雄效果也有差异。

（5）对喷药技术的要求比较严格，喷药人员必须经过训练才能掌握。

由于化杀法存在上述缺点，在没有掌握杀雄技术的地区和单位，应该通过试验，逐步推广，不宜过急地扩大制种面积。

二、水稻杂种优势的表现 及其优势组合的选配

（一）水稻杂种优势的普遍性和局限性 不同种或品种的杂交后代，从其表现来看，可以分为有优势和无优势，或强优势和弱优势；同时，正交和反交也存在着组合遗传差异的现象。这种表现与其亲本的亲缘有关。凡是亲缘关系较近的两个品种杂交，杂种优势就弱，近亲交配，常会产生弱的优

势、无优势或负优势。而亲缘关系较远的两个品种、亚种、不同生态型或地理上远缘杂交，则杂种优势会强。但是，如果两亲本超出了种的范畴（种间甚至属间杂交），往往表现出杂交不亲和，则杂交后代表现为负向优势，*是远缘杂交的常见现象。当然，也有个别例外的。此外，由于有机体不同部位的器官组织受不同的遗传基因所控制，因而产生杂种优势不平衡的表现。同样，在选配水稻杂交组合时，会遇到下述情况：即水稻杂交后代的植株，它的茎、叶表现出强烈的生长优势，但它的穗、粒构成的产量却达不到预定的效果。有的杂交组合的茎、叶和穗、粒结构等方面，虽然都表现出强大优势，但是，其育性不良（即结实率差），生产上仍不能利用，因此，必须按照农业生产上的需要，因地制宜地来选配具有比本地当家种更良好的丰产性状、适应性和抗逆性，而且符合丰、抗、早、矮、优要求的强优势杂交组合。例如，感温型杂交组合青化₆₁（窄叶青×IR₆₆₁，其母本窄叶青是由印尼花龙水田谷与我国的感光型稻种塘竹杂交，再与鸡对伦复交而育成的；它的叶形窄直，分蘖力强，抗虫抗病，唯茎秆露节，抗倒性较差，不耐肥。而其父本IR₆₆₁是由印尼高产品种皮塔与我国台湾省品种低脚乌尖杂交的基础上，再与其它国外品种杂交育成的。它的经济性状较好，抗倒耐肥，穗大粒多，但其生育期较长，对白叶枯病的抗性较差。因此，由这两个亲本配制出来的杂交组合青化₆₁属于地理远缘杂交，其杂种优势表现出双亲优良性状的互补，即表现出母本

* 杂种优势表现比双亲均值低的称为负向优势。

表1 几个优势组合

品 种 组 合	插 植 规 格 (寸)	每科 基本 苗数	每亩最高 分蘖数 (万)	每亩有 效穗数 (万)	成穗率 (%)	株 高 (厘米)
珍化 ₆₁ (F ₁)	6×5	1	20.4	15.4	75.5	95.0
	6×5	8	38.0	21.2	55.8	90.0
珍珠矮 (亲本)	6×5	1	16.0	13.8	86.3	90.0
	6×5	8	34.8	21.4	61.5	85.0
青化 ₆₁ (F ₁)	6×5	1	24.2	18.0	74.4	87.0
	6×5	8	41.6	21.2	51.0	91.0
窄叶青 (亲本)	6×5	1	30.8	18.3	59.5	87.0
	6×5	8	51.8	25.0	48.3	85.0
IR ₆₆₁ (亲本)	6×5	1	16.4	14.2	86.6	81.3
	6×5	8				
黎化大珍 (F ₁)	7×4	2	30.2	22.5	74.5	113.4
黎明 (亲本)	5×4	8	25.2	18.9	75.0	98.0
大粒珍珠矮 (亲本)	5×4	8	33.3	22.2	66.7	87.4
珍珠矮 (当家种)	5×4	8	30.6	25.2	82.3	88.5
钢化大占 (F ₁)	4×5	1	26.3	16.3	62.0	112.0
德庆大占 (亲本)	4×5	3	17.7	12.4	70.1	108.0
钢枝占 (亲本)	4×5	4	44.8	27.2	60.7	74.0
包选2号 (当家种)	4×5	1.4	22.5	16.0	71.1	127.0

杂种一代的经济性状

每穗粒数	每穗实粒数	结实率(%)	千粒重(克)	试验面积(分)	折亩产(斤)	试验单位	年份造别	备注
142	127	89.4	26.4	0.20	909	广州市白云山农场农科所	一九七四年晚造	单株摘植数量为130科, 部分项目缺查
97	90	92.8						
116	105	90.5	24.1	0.20	735			
91	83	91.2						
113	98	86.7	26.1	0.20	880			
88	76	86.4						
88	80	90.9	24.8	0.20	786			
86	61	92.4						
128	102	80.1	25.9	0.20	690			
124.9	114.5	91.7	26.9	0.25	914	华南师院生物系遗传育种组	一九七七年早造	
84.4	74.0	87.7	27.7	0.25	524			
81.0	73.2	90.4	25.2	0.25	640			
83.3	75.1	90.2	24.2	0.25	646			
182.5	157.0	86.0	24.0	0.95	1168	肇庆县农科所	一九七四年晚造	
187.3	137.8	73.6	27.0	0.69	625			
105.2	98.0	93.3	20.6	0.99	762			
137.7	133.1	96.7	22.0	0.96	621			