

杂交水稻产量生理

王永锐 编著

中山大学出版社

杂交水稻产量生理

王永锐 编著

*

中山大学出版社出版
广东省新华书店经销
广州番禺印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 7印张 147千字

1986年12月第一版 1986年12月第一次印刷

印数：1—3,000册

统一书号：13339·18 定价：1.25元

内 容 简 要

本书着重叙述杂交水稻的光合作用、光合产物形成、物质运转、矿物质营养和施肥、制种技术以及杂交水稻的杂种优势预测的方法和原理，还谈及杂交水稻的现状和发展前景。书中收集了不少国内外较新的研究资料。

本书可供从事杂交水稻教学、科学研究和生产的同志们阅读，也可供农村青年自学之用。

目 录

第一章 緒 言	(1)
---------	-------

参考文献	(12)
------	--------

第二章 杂交水稻的光合作用特性	(17)
-----------------	--------

一、光合强度	(17)
--------	--------

二、叶绿体的希尔反应	(23)
------------	--------

三、叶片的叶绿素和氮含量	(25)
--------------	--------

四、叶面积、叶片厚度及寿命	(26)
---------------	--------

五、光呼吸和暗呼吸	(30)
-----------	--------

参考文献	(33)
------	--------

第三章 杂交水稻的光合产物和干物质生产	(35)
---------------------	--------

一、光合势和叶面积指数	(36)
-------------	--------

二、分蘖与吸收 ^{32}P , ^{35}S , ^{14}C 的关系	(38)
---	--------

三、净光合生产率	(44)
----------	--------

四、呼吸作用和光呼吸与干物质生产	(47)
------------------	--------

五、杂交水稻群体中的光合产物和干物质生产	(54)
----------------------	--------

六、杂交水稻的经济产量、生物产量和经济系数	(59)
-----------------------	--------

参考文献	(63)
------	--------

第四章 杂交水稻开花前后物质运转与谷粒产量	(65)
-----------------------	--------

一、开花前后光合产物从叶片的输出率	(65)
-------------------	--------

二、开花前后 ^{14}C , ^{35}S , ^{32}P 的运转和分配	(66)
---	--------

三、成熟期茎秆干物质的运转和再分配	(75)
-------------------	--------

四、杂交水稻籽粒灌浆及结实·····	(82)
五、光合产物的积累及供应与增产潜力·····	(96)
六、不育系营养吸收和代谢的生理障碍·····	(99)
参考文献·····	(100)
第五章 杂交水稻的矿物质营养和谷粒产量·····	(102)
一、杂交水稻对矿物质营养元素的要求·····	(102)
二、高产杂交水稻的产量构成因素·····	(117)
三、矿物质营养与谷粒产量·····	(123)
四、施肥·····	(128)
参考文献·····	(141)
第六章 杂交水稻杂种优势预测·····	(145)
一、杂种优势预测的意义·····	(145)
二、叶绿体互补与杂种优势预测·····	(146)
三、线粒体互补与杂种优势预测·····	(148)
四、同工酶与杂种优势预测·····	(150)
五、杂交水稻生理优势与杂种优势预测·····	(166)
六、遗传距离与杂种优势预测·····	(175)
参考文献·····	(179)
第七章 杂交水稻制种产量生理·····	(181)
一、杂交水稻制种中存在的问题·····	(181)
二、杂交水稻制种产量生理·····	(183)
三、提高制种产量的途径·····	(195)
参考文献·····	(212)
结 语·····	(214)

第一章 绪 言

自Jones于1926年报道杂交水稻具有杂种优势以后,不少学者陆续研究和报道:水稻杂种一代在株高、分蘖、茎数、茎重、穗粒性状、谷粒产量以及器官颜色、谷芒、不落粒性、早熟性等都具有明显的超亲优势。

Jones (1926) 指出水稻杂种一代株高比父本高8.9%,谷粒产量比父母本最高产量提高69%。Pillai (1961) 研究证明,杂种一代谷粒产量增加34%。Picharia (1962) 报道谷粒产量增加17~61%。Jennigs (1966) 试验证明,24个组合粳×梗杂种一代的谷粒产量比父母本平均产量增产89%;比亲本最高产量增加62%。Hsu等 (1969) 试验90个杂交组合,其中44个组合杂种一代具有明显的谷粒产量优势,增产最佳达60%以上,产量高于对照品种“台中65号”的有31个组合。Chang等 (1971) 观察265个杂种一代,有192个杂种一代(占72.5%)的谷粒产量超过亲本产量平均值及对照品种;有145个(占54.7%)杂种一代谷粒产量超过亲本最高产量。Carnakan等 (1972) 报道19个杂交组合有8个组合的杂种一代比父母本增产122~210%。Murayama等 (1973~1974) 试验证明,33个杂种一代的谷粒产量高于亲本最高产量。Saini等 (1974) 报道11个组合中有8个组合的杂种一代比亲本增产54.08~120.33%。Davis等 (1976) 报道,41个杂交组合中有10个组合杂种一代的产量高于亲本的最高产量。

杂交水稻的生理优势研究只有少量文章报道。Hsu等

(1969)认为,水稻杂种一代具有抗寒性。McDonald(1971)指出,两个杂交水稻抽穗杨花期叶片表观光合强度分别比父母本高44%和41%。Akbar等(1975)报道,水稻杂种一代具有抗盐性。

上述谷粒产量优势和生理优势,都是采用纯系二人工去雄杂交育成的水稻杂种一代为材料的研究结果。而三系(不育系、保持系和恢复系)杂交水稻的研究始于1958年日本东北大学胜尾清,他以中国红芒野生稻与日本梗稻“藤坂5号”杂交,并经多次连续回交,育成中国野生稻型“藤坂5号”雄性不育系。1966年,日本琉球大学新城长有用印度春籼“钦苏拉包罗Ⅱ”与中国梗稻“台中65”杂交,经连续回交育成“钦苏拉包罗Ⅱ”型的“台中65”雄性不育系。1968年,日本农业技术研究所渡边以缅甸籼稻“里德稻”和“藤坂5号”杂交育成里德型“藤坂5号”不育系,并测得包罗Ⅱ型“台中65”不育系和里德型“藤坂5号”不育系的同质恢复系配成杂种一代。结实率分别为85%和90%以上,但没有表现出较强的谷粒产量优势,因而不能应用于大田生产。

美国、印度都先后于1969和1972年开展三系杂种水稻的研究,但都未获得强优势的杂种一代。苏联、巴基斯坦、马来西亚、斯里兰卡、意大利、南朝鲜等都在最近几年先后开展这方面的研究工作。国际水稻研究所于1972年由该所原副所长Athwal博士和Virmani博士主持杂交水稻的研究,曾因难度较大,未获较大进展而一度中断。1979年重新恢复这项研究工作至今已进入渐趋成熟阶段,正在进一步进行试验研究。

我国三系杂交水稻的研究工作始于1964年。原湖南安江农校(现黔阳农校)袁隆平在洞庭早籼中发现败育型不育

株，并育成“广南粘”等一批矮秆不育材料和开始水稻杂优育种的研究工作。1970年该校李必湖在海南岛崖县普通野生稻群落中发现一株花粉败育株(简称“野败”)，具有稳定的不育性。此后，全国协作利用“野败”为母本，以长江流域矮秆早粳为父本，通过杂交和连续回交育成珍汕97A，二九南1号A，V20A和V41A等早粳雄性不育系。并筛选出泰引1号、IR24，IR26，IR661等强恢复系，组配成汕优2号、南优2号等强优杂交水稻，实现了粳稻三系配套，应用于大田生产而获得显著增产，在世界上处于领先地位。1975年起在南方各省稻区大面积试验推广。据初步统计，1976年种植208万余亩，1977年种植3,200多万亩，1978年种植7,000万亩，1979至1981年每年种植7,600多万亩，1982年种植8,000多万亩，累计种植面积4亿多亩，增产稻谷300多亿斤，至1983年全国累计种植5.1亿亩，增产稻谷共达500多亿斤。

十年来我国杂交水稻生产发展的特点有：

1. 种植面积逐年扩大，增产效果显著，高产记录不断刷新。福建省龙海县1978年种植汕优2号亩产高达1,609.5斤；湖南省桂东县农科所1978年种植威优3号亩产1,601.9斤；福建省农科院1978~1979年在龙海县黎明大队协作种植四优2号中季亩产1,580.8斤，晚季亩产1,606.7斤；江苏省邳县连防公社艾山西大队1979年种植单季晚稻南优2号亩产获1,711斤；浙江省温州市黎明公社17队1980年种植连作晚稻汕优6号遇低温天气平均亩产仍达1,457.9斤；江苏省赣榆县朱堵农科站1981年种植赣化2号亩产高达1,882.3斤；广东省澄海县科委1982年晚季种植汕优2号亩产1,673.2斤。据初步统计，湖南省1981年有8个县平均亩产900斤以上，江苏省亩产超千斤的稻田有200多万亩，四川省有12个县亩

产平均超千斤。

2. 发展杂优，开展多种经营。杂交水稻单位面积产量高，亩产比常规高产品种高100斤以上，特别在土壤贫瘠的山区或常有风、洪、冷等自然灾害出现的平原地区及沿海围田地区，常年的水稻产量比较低，产量也不稳，种植杂交水稻之后，带动了其它种植业，发展了农村经济。如广东湛江地区，1981年全区晚稻种植面积602万亩，其中杂交水稻158万亩，占晚稻面积的22.53%，在抽穗扬花期遇百年特大洪水及寒露风袭击，最后，每亩仍获638斤，总产8.6544亿斤，占当年晚稻总产的36.16%。而常规稻444万亩，亩产仅344.5斤，总产为15.2736亿斤。由于杂交水稻产量高，便可能实行调整作物种植布局，发展经济作物，搞活农业经济。该区1971年粮食种植面积为1,561万亩，1981年下降为1,425万亩，减少136万亩，水稻种植面积1979年为1,136万亩，1981年为1,089万亩，减少46万亩，甘蔗相应地由1979年67万亩至1981年为77万亩，增加10万亩；花生由1979年的128万亩至1981年为140万亩，增加12万亩；大豆由1979年的43万亩至1981年为51万亩，增加7万亩；蚕桑由1979年的1.3万亩至1981年为3万亩，增加1.7万亩。

3. 改革了种植制度，合理安排茬口。

4. 改进制种技术，提高制种产量。由原来亩产几十斤增加至200~350斤，高产的达400~500斤以上。

我国杂交水稻的基础理论研究已逐步走向纵深发展，有如下几个主要研究领域：

1. 三系育种和雄性不育的理论研究，包括水稻雄性不育系遗传细胞质效应和细胞质分类研究。华中农学院对孢子体雄性不育类型的研究，包括野败珍汕97A、野败V41A、

柳野珍汕97A的研究认为, 这类型雄性不育系受两对隐性主基因和一些微效基因与野生稻不育细胞质相互作用的控制, 这两对主基因是连锁的, 交换率约为38%, 两对主基因之间表现为积加作用。江苏农科院、浙江农大、华南植物研究所等单位认为, 野败型雄性不育系受两对基因控制; 红莲型不育系受一对主基因和一对修饰基因与细胞质共同控制。

武汉大学等单位把我国选育的30多个细胞质不育系, 按恢保关系进行分类。大致分成三类: 即野败型、红莲型、田野28型。而野生稻细胞质可细分为三种: 野败质型、红野质型、田东野稻质型。而籼稻细胞质可细分为两类: 冈比亚卡质型(G型)和包罗Ⅱ质型(B型)。

我国学者在水稻雄性不育遗传研究中提出了下列几种假说, 即三型学说、二型学说、多种核质互作对应假说, 细胞质调控作用和数量性状遗传假说。

2. 水稻雄性不育细胞学和生物化学基础研究。武汉大学、湖南师院、华南师范大学对野败型、红莲型及滇一型三系进行细胞和解剖学比较研究认为:

(1) 野败型雄性不育花粉败育主要发生在单核边位开始到二核花粉初期, 败育首先从细胞质开始, 液泡强烈收缩, 细胞核染色体不能移位。

(2) 红莲型不育系花粉败育主要为二核期败育, 花粉败育从生殖核解体开始, 首先核膜破裂, 核周围形成原生质团块, 随后营养体解体, 细胞核解体, 细胞质随着皱缩和解体。

(3) 滇一型不育系为三核期败育, 主要由于生殖核解体和精子异常, 在花粉败育时普遍发现绒毡层异常, 花丝维管束异常。

不育系在单核前期过氧化物酶、吲哚乙酸氧化酶活性比保持系高，但同工酶谱带增加，而细胞色素氧化酶、多酚氧化酶、ATP酶活性下降。

北京大学研究证明，不育系花粉发育过程中，游离组蛋白低于保持系，而杂种一代的 H_1 、核组蛋白高于三系，认为核组蛋白可能与水稻杂种优势有关。

武汉大学研究认为，不育系游离脯氨酸明显下降，天冬酰胺增加。同核异质不育系比较，野败型游离脯氨酸含量特别低，低于保持系十倍，红莲型，包-台型不育系只低一倍，野败型不育系的天冬酰胺高于保持系三倍。红莲型、包-台型不育系略高于保持系。不同的不育系类型，蛋白质代谢存在差异。

著者等利用放射性同位素 ^{32}P ， ^{35}S 和 ^{14}C 研究野败型和红莲型不育系开花前后至成熟，这几种放射性同位素经叶片和茎秆到达稻穗的数量由孕穗、开花至乳熟期逐渐下降（表4-3），比恢复系少几倍至几十倍，表明不育系对 ^{14}C -光合产物、含 ^{32}P 化合物、如核酸等，以及含 ^{35}S 氨基酸和蛋白质的同化、代谢发生严重的生理障碍，它与不育系花粉败育不能形成籽粒密切相关。

3. 新质源不育系的选育。如江西萍乡栽野败型不育系的选育，已获得稳定的保持系，并有的已实现三系配套。云南利用粳稻、陆稻之间多次杂交，育成滇瑞409不育系，也有三系配套。湖北的T汕野不育系，安徽的野败不育系也都配套。福建、湖南，浙江、广东等也获得一批新质源不育材料。

而且，我国利用现有的细胞质源，开拓新质源方面已做了不少工作。如目前的梗型转育不育系，应用的细胞质源有

B型、滇型、L型。采用B型和滇型细胞质转育的不育系，开花习性好，天然异交结实率和制种产量高，如京引66A、黎明A、农虎26A等。中国农科院筛选出的新胞质毫干达歪和毫干培高的不育系制种产量也高。

以上这些研究对推动我国水稻三系选育、杂交水稻组合的配制和水稻生产起着十分重要的作用；对水稻遗传学和细胞遗传学的研究和发展也是十分有意义的。它使我国农作物育种和农作物遗传学、生理学和生物化学的研究引起了很大的变革，具有深远的实践意义和理论意义。

4. 杂种优势和杂种优势预测。国外对玉米、小麦等农作物杂种优势的研究和杂种优势的预测都做了大量的工作，但对水稻杂种优势的预测研究工作尚属空白。我国在三系杂交水稻杂种优势预测的理论研究，可以说是一项开拓性的工作。我们在这方面的工作正如我们在第六章所写的，主要有线粒体互补法、叶绿体互补法、同工酶法（包括酯酶同工酶、过氧化物酶同工酶）、生理优势的同位素测定法、遗传距离法等几种。虽然这几种方法还未能大量应用于生产实践上，但在实验室的试验和田间试验证明是有效的。这将大大推动我国三系杂交水稻的选育，也同样会加速水稻的常规育种和优良品种的选育，把我国农作物选育种工作推进一个新的研究领域。

5. 杂种种子制种的研究。三系杂交水稻在成功地实行三系配套，并获得高产或超高产的杂种一代之后，其大难度的工作就在于大量生产杂种种子，即是杂种种子制种的问题。制种量少，产量低，成本高，种子供应不足，不能大面积推广种植杂交水稻，不能在短期内收到杂交水稻的经济成果，同样发挥不出杂种优势，得不到杂交水稻高产的经济效益。

因此，杂种种子制种的问题，就成为大面积推广种植杂交水稻和企图得到高额的经济效益的一个十分突出和严重的问题。只有努力加强杂种种子制种的理论研究，努力提高制种产量，才有可能使杂交水稻顺利地得到发展，并持续地获得良好的经济效益。

我国杂交水稻制种理论和技术的研究，主要开展了花期相遇调节的理论研究。其中有积温法、叶片指数法、生育期计算法等。在技术上还采用植物激素（920，即赤毒素）、肥料施用、水分排灌等方法来控制调节。还有制种的高产栽培技术和理论，如保证基本苗、增加有效穗、提高结实率等。这些控制调节和技术的改进对于提高杂交水稻制种产量是有效的。所以，近几年来，杂交水稻制种的单位面积产量不断提高，逐年刷新。

6. 杂交水稻高产栽培理论研究。我国杂交水稻高产栽培中出现有亩产达1,882.3斤（赣化2号，江苏），而亩产1,400~1,500斤，1,500~1,600斤和1,600~1,700斤的田块也不断出现。因此，从我国杂交水稻高产栽培的理论研究的分析认为，由于杂交水稻的出现和大面积推广种植，使我国整个水稻高产栽培理论起了一个飞跃的发展，具体表现如下：

（1）强调秧田攻分蘖苗，以求少插基本苗，保证成穗率高，每亩有效穗足。这与过去的“靠发不靠插”，秧苗不注重培育分蘖壮秧绝然不同。为什么杂交水稻要强调分蘖壮苗，这主要是因为杂交水稻分蘖力强，分蘖多，必须移栽插单株或双株。也正因为要插单株，就必须在秧田培育分蘖壮秧。这个理论上的进步和技术上的改革，推动了常规品种在秧田培育分蘖壮秧，而且成为一种增产的必要措施。

（2）重视生育中期的施肥。杂交水稻穗大粒多，每穗

有200多粒，结实粒只有150~160多粒，普遍认为杂交水稻的结实率低。究其原因是因为穗大粒多，谷穗中需要的营养物质比常规品种多，只有供给较多、较充足的营养物质，才能更好地防止枝梗和颖花退化，提高结实率，增加结实粒数和谷粒产量。因此，对于杂交水稻来说，在生育中期施肥就是一项十分必要的增产措施。如果幼穗分化前后，叶色褪淡，

“转赤”，为提高叶色和叶绿素含量，提高叶片光合作用强度，增加光合产物向幼穗运输以供幼穗形成枝梗和颖花，增加每穗的枝梗数和颖花数或使枝梗和颖花退化率降低，就必须在此时期适施速效氮肥。但叶色太浓，茎叶繁茂，则不能盲目施肥，只有等到幼穗发育到了雌雄蕊形成期和花粉母细胞形成期才施，以减少颖花退化。因此，对于杂交水稻来说，幼穗分化期施肥可依叶色而定，而对于幼穗发育期则通常是必须施肥的。

杂交水稻中期施肥的理论和技術，也促进常规品种中期施肥的技术推广。

(3) A/B比值和氮素调控技术的应用。在杂交水稻栽培理论的研究过程中，为了合理地根据杂交水稻各个生育期对肥料的需要，使杂交水稻稳生稳长，不至于暴生暴长，就有不少人应用A/B值来确定要不要施肥和施肥的数量。广东湛江科委和华南农业大学农学系首先应用A/B值原理制成施氮电子计算器。而A/B值指的是叶鞘（顶二叶）淀粉含量的比例，A是被碘化钾溶液染成蓝色的长度，B是指叶鞘的全长，A/B值就是叶鞘被碘化钾溶液染成蓝色的比值。若A/B值大于5就要求迅速施氮肥。尤以生育中期根据A/B值施肥的效果比较好，比较可靠。氮素调控施肥法是广东农科院土肥所研究成功的施氮方法，他们根据土壤中 NH_4^+-N 和 NO_3^--N

与植株中 NH_4^+-N 和 NO_3^--N 的比例进行合理施肥，幼穗分化期前后定期测定，定期合理施肥。这对于获得合理长相，提高杂交水稻产量是一项重要的技术。广东省、地、县于近几年大力推广这两种施肥技术，并使杂交水稻获得高产。

(4) 杂交水稻成熟期生理的研究。杂交水稻幼穗分化发育期长达30~35天，而抽穗后至成熟普遍到35~40天，或45天，因此，杂交水稻生育后期，即抽穗扬花至成熟期这一段时间的生理研究是十分重要的，它对杂交水稻产量的影响很大。

据初步研究认为，杂交水稻生育后期谷粒的光合产物运输和积累是“两段式”的，即谷粒第一段积累是由抽穗扬花至乳熟期叶片光合产物直接运输而来。此时叶鞘和茎秆的干物质不但没有被动员外运，而且也有积累增多的现象。谷粒第二段积累是从乳熟末期、黄熟期至成熟收割，此段时期叶片衰老，光合强度下降，光合产物已入不敷出，谷粒不可能直接从叶片得到光合产物，而此时期谷粒的增重则是从茎秆中调运物质，使谷粒继续充实、增重，这就是高产杂交水稻谷粒充实的“两段式”。而低产杂交水稻和一些常规品种并没有这种运输特点和物质积累方式。

由于高产杂交水稻在光合产物的运输积累上有这样的特殊形式，因此著者提出，在栽培上必须：①杂交水稻生育后期不可断水过早，以免影响茎秆物质的运输；②抽穗后适当施些速效氮肥和钾肥，提高叶片叶色和叶绿素含量，增加光合强度和光合产物的运输；③不可提早收割，杂交水稻的收割期从抽穗扬花开始计算也比一般常规品种迟5~10天，保证有充分日期以促进茎秆物质在后期向谷粒运输，增加谷粒

充实度和提高谷粒产量。

由于杂交水稻谷粒物质积累方式的特殊性，也引起我们对常规水稻品种物质运输和积累方式的研究。

(5) 杂交水稻的穗粒数比例与高产关系。杂交水稻穗大粒多，因此，往往使人们误解为只要充分发挥杂交水稻大穗型特点，就可获得高产。其实并不那么简单，杂交水稻虽然穗大粒多，但不具备足够穗数是不能获得高产的。一般认为，每亩有17~20万穗，就可能获得1,000~1,200斤产量以上。若每亩只是14~15万穗，是较难获得1,000斤的。

杂交水稻穗粒比例与高产的关系研究工作开展较广泛，报道材料不少，特别是应用农业技术对穗数和粒数的调节控制，也是给常规水稻品种高产栽培一个借镜。

我国杂交水稻生产实践和理论研究工作涉及面广，成绩比较显著，在国际上影响也较深广。美国科学评论中心(1980)指出，我国是世界上第一个发展和利用杂交水稻于大面积生产的国家，成就重大。1980年，我国还把这项农业先进技术转让给美国，美国西方石油公司向我国种子公司买了专利。我国的杂交水稻在美国加州大学试验站种植获得显著增产，如在加州大学试验站每英亩产量为10,480.78斤，比美国本土优良品种斯塔邦尼特(Starbonnet)增产；在得克萨斯州四次重复比较实验，我国杂交水稻每英亩平均产量12,010.3斤(即每亩约2,000斤)，比美国水稻良种每英亩为5,700~5,712斤也增产。因此，我们和美国西方石油公司及九个国家签定引用我国杂交水稻的合同。世界上好多国家也纷纷引种，印度、印度尼西亚、日本、南朝鲜引种汕优6号和威优6号等已获得明显增产。然而，在理论研究中尚待进一步深化。特别在细胞水平和分子生物学水平的研

究工作较少，基础理论与杂交水稻新组合选育、高产栽培等生产协同攻关尚不够。因此，必需从这些方面加强工作，方能适应农业现代化新形势发展的要求。

参考文献

- [1] 王永锐, 1984: 杂交水稻及其生理优势的研究, 植物生理生化进展, 科学出版社, 3 : 22—39.
- [2] 王永锐, 1987, 杂交水稻的矿质营养和施肥, 水稻营养和合理施肥(第十章), 科学出版社.
- [3] 王永锐等, 1987, 杂交水稻生理优势和杂种优势预测, 中山大学学报生物学专刊.
- [4] 卢良恕, 1984: 我国农业与粮食增产的现状和发展前景, 中国农业科学, 1 : 1—9
- [5] 方悻农、信迺詮、姜希祉, 1984: 我国农业科学技术工作的回顾与展望, 中国农业科学, 4 : 1—8.
- [6] 叶大华, 1980: 籼型三系杂交水稻制种技术, 农业出版社.
- [7] 朱英国, 1979: 水稻不同细胞质类型雄性不育系的研究, 作物学报, 5 (4) .
- [8] 吴秀光, 1985: 我区杂交水稻将有较大发展, 广西农业科学, 3 : 16—17.
- [9] 李泽炳、肖翊华等, 1982: 杂交水稻的研究与实践, 上海科学技术出版社.
- [10] 李泽炳, 1980: 对我国水稻雄性不育系分类的初步探讨, 作物学报, 6 (1) : 17—26.
- [11] 李善发、1984: 我省杂交水稻发展前景和栽培技术的改进意见, 广东农业科学, 2 : 4—7.
- [12] 陆定志, 1984: 杂交水稻及其优势利用的生理基础、植物生理生化进展, 科学出版社, 3 : 1—21.