

水稻株型改良的理论与实践

沈福成 刘传秀 编著

贵州科技出版社



水稻株型改良 的理论与实践

沈福成 刘传秀 编著

封面设计 翟 欣

技术设计 阿 强

水稻株型改良的理论与实践

沈福成 刘传秀 编著

责任编辑：刘世强

●
贵州科技出版社出版发行

(贵阳市中华北路289号)

贵阳维嘉印刷厂印刷

●
1990年10月第1版第1次印刷

787×1092毫米 32开本 6.875印张

字数：148.7千

印数：1—1000

ISBN 7—80584—039—3

S·016 定价：3.00元

内 容 提 要

本书是作者多年来在学习国内外水稻株型研究的经验时，通过自己的实践，研究、调查、分析的结晶。

本书共分水稻株型的定义和意义、水稻株型的进化、水稻株型进化与经济产量、水稻株型性状的遗传研究、在矮秆叶片直立丰产型品种育成之后水稻株型的改良研究、关于水稻高光效株型的研究、水稻卷叶性状的研究、水稻株型改良与水稻栽培、从涛源经验——优良生态环境、优良株型水稻品种加上优良的栽培技术，获得一季亩产超吨粮的经验，看水稻株型的作用与水稻株型有关的育种技术问题等十章。凡前人已系统总结过的，作者一般不再重复。

本书可供广大水稻科学工作者、农业院校师生参考，也可供有知识的稻农参考。

前 言

“民以食为天”，笔者1959年就因缺粮而差点命归黄泉，所以颇有体会。这也是笔者入“农门”的原因。笔者从能吃饭开始就吃大米，6岁就开始下田随父兄学插秧，几乎是一入大学就爱上了水稻，大学毕业二十年了，一直以水稻为伴；真正系统地研究水稻，是受了恩师刘振业的指点，一晃也有十来年了。然而我现在的体会是，我对水稻了解得太不够了，似是刚新交的朋友，处处新奇，点点神秘，非常吸引人。关于水稻，随时都有一大堆问题，我无法弄清楚，真是越研究越糊涂。下笔之前似乎是清楚了，但真写起来，又感到懵懵懂懂。

本书并非集国内外研究成果之大成，而是根据作者用汗水换来的点滴体会编写而成。如果它对水稻育种和高产栽培还有一点滋补益的话，作者就感到无比欣慰了。

正如在书中始终强调的那样，水稻株型对于高产确实太重要了。无论是对于育种，还是栽培，株型都逐渐成了一个核心问题。作者写本书的目的，就是企图让更多的人更系统地认识到株型对于水稻高产的重要意义，株型演化的过去和现在，以及对将来的预知。同时，力图说明水稻株型怎样重要，为什么重要，如何从育种和栽培的角度对水稻株型进行改造，以及改造的方向和前景。文中尽量给予实例分析，以事实来说明如上问题。

对于水稻株型的研究，自从矮化育种引起水稻单产有了新的突破之后，就被广泛地重视起来。有经验的育种家和农艺学家都十分关注株型(从育种的角度和栽培的角度)。但系统地对株型进行研究还是不足的，专门论述株型改良的书籍几乎未见。

引导我上路的是我的导师刘振业、吴平理、陈汉生等。不断给予我有关信息和知识更新的是国内外有关科学家(包括文献目录中的所有作者和未提到的育种工作者及农艺学家)。杨守仁、黄耀祥、松岛省三等更是我研究过程中崇拜的老师。米景九、张树珍、阎龙飞、张文绪、郑丕尧、沈锦华、马善之、卢培凡等都曾给予过支持和指点。陈文强、潘建慧作为同事提供了部分调查数据。我感谢所有支持、教育过我的人，特别是在巨大压力下鼓励过我的人。

我渐渐感到，在水稻研究上，我是力不从心，工作效率低下，实在是个蠢才，所以本书难免会出现一些错漏，万望读者来信批评、指正。

作 者

1990·2

目 录

第一章 水稻株型的定义和意义	(1)
一、株形与株型	(1)
二、水稻性状的分类	(3)
三、广义的株型与狭义的株型	(11)
四、水稻高光效株型	(14)
五、水稻株型的重要作用	(15)
第二章 水稻株型的进化	(18)
一、野生稻的株型	(18)
二、高秆栽培稻的株型	(20)
三、矮秆栽培稻的株型	(23)
四、野生稻、高秆稻、矮秆稻株型的比较	(24)
五、形态各异的品种资源	(27)
第三章 水稻株型的进化与经济产量	(28)
一、茎态由匍匐变为直立	(28)
二、从多年生到一年生	(29)
三、从异花授粉到自花授粉, 结实率由低到高	(30)
四、叶片由小到大披, 又由大披到中等大小且直立	(30)
五、叶面积指数由小到大, 光合势不断增加	(31)
六、稻穗由小到大, 籽粒着生由稀到密, 单位土地	

面积上的库由小到大	(31)
七、落粒性由易落粒到易脱粒和不易脱粒	(32)
八、株高的变化	(33)
九、芒从长到短再到无	(33)
十、从一类生长生态环境到多类生长生态环境	(34)
十一、籽粒变大,充实度及结实率变好	(38)
十二、谷草比由小变大	(38)
十三、水稻株型的进化与经济产量	(39)
第四章 水稻主要株型性状的遗传	(41)
一、卷叶性状的遗传	(41)
二、剑叶比叶重的遗传	(41)
三、叶脉厚度的遗传	(45)
四、剑叶长度、宽度及开张角度的遗传	(50)
五、遗传性状表现的相对性	(63)
第五章 在矮秆直立叶丰产型水稻品种育成之后水稻株型的改良研究	(70)
一、水稻理论产量的潜力及现代高产品种或组合产量进一步提高的限制因素	(70)
二、在矮秆叶片直立丰产型品种育成之后水稻株型的改良研究	(76)
三、杂交稻与常规稻	(81)
四、水稻高产株型的理想模式	(85)
第六章 关于水稻高光效株型的研究	(87)
一、水稻剑叶的净光合速率与其叶长、宽、角	

度的关系	(89)
二、水稻净光合速率与叶面积指数的关系	(91)
三、单叶净光合速率与比叶重的关系	(95)
四、单叶净光合速率与叶绿素含量的关系	(96)
五、单叶净光合速率与透光率的关系	(98)
六、单叶净光合速率同株高的关系	(100)
七、单叶净光合速率与谷草比的关系	(100)
八、单叶净光合速率同气孔密度的关系	(101)
九、单叶净光合速率与维管束之间的关系	(101)
十、单叶净光合速率同抽穗期的关系	(101)
十一、单叶净光合速率与单位叶面积含氮量的关系	(102)
十二、不同株型的水稻品种各叶位叶单叶净光合速率的变化与株型的关系	(103)
十三、不同株型的水稻品种在不同栽插密度下单叶净光合速率的变化与株型的关系	(106)
十四、净光合速率与产量的关系	(107)
十五、高光效水稻株型的要求	(112)
第七章 水稻卷叶性状的研究	(116)
一、卷叶性状的基因来源	(116)
二、卷叶性状的定量分析法	(117)
三、卷叶性状的分类	(119)
四、卷叶性状对叶片的直化作用	(119)
五、卷叶性状的光合生态特点	(120)
六、卷叶性状的遗传研究	(121)

七、卷叶性状在水稻育种中的利用	(133)
第八章 水稻株型改良与水稻栽培	(137)
一、个体株型与群体株型——合理的生态平衡系统	(137)
二、水稻若干性状的自动调节能力	(139)
三、不同生态条件下的水稻株型要求	(144)
四、同一株型的品种在不同生态条件下的生态反应	(153)
五、良好的水稻品种株型，良好的栽培技术调节，以形成良好的株型群体	(159)
第九章 从溇源经验——优良生态环境、优良株型水稻品种加上优良的栽培技术，获得一季亩产超吨粮的经验，看水稻株型的作用	(163)
一、溇源一季亩产超吨粮的生产概况	(163)
二、溇源的生态环境	(165)
三、溇源的水稻栽培技术	(172)
四、溇源吨粮田的品种及其株型要求	(177)
五、溇源经验的评述和启示	(179)
第十章 与水稻株型有关的育种技术问题	(189)
一、组合的选配	(189)
二、后代的选择	(191)
三、产量鉴定	(192)
四、水稻的边际效应	(193)
参考文献	(200)

第一章 水稻株型的定义和意义

无论是一个成熟的水稻育种家，还是一个水稻高产栽培的农艺学家，不重视水稻的株型都是不可思议的。这足以说明水稻株型对于水稻高产的重要性。但对于水稻株型的定义，在水稻科学界尚不十分清晰。

一、株形与株型

在我国的一次水稻育种研讨会上，科学家们曾就“株形育种”还是“株型育种”这一概念进行过争论。一些科学家认为应用“株形育种”这一概念，有的科学家则认为该用“株型育种”这一概念，还有的科学家赞成“株形育种”和“株型育种”二词的意义相同，即“形”等于“型”。在我国出版的正式刊物中有时可见用的是“株型”，有时可见用的是“株形”。可见，关于“株型”的定义还比较含混。

国际上在谈到水稻株型时，一般用“plant type”，而不用“plant form”或“plant shape”，也不用“plant pattern”或“plant appearance”。“plant type”即植株类型，也就是“株型”。1968年澳大利亚C. M. Donald提出了“ideo—type”这一概念，应译为“理想株型”，而不能译为“理想株形”。“理想株型”是一种生物模型，期望它在一定的生态环境条件下表现出预定形式

(a biological model which is expected to perform or behave in a predictable manner within a defined environment).

笔者认为，“株型”和“株形”这两个概念应有所区别，但又有密切的关系。“株型”包含着“株形”，“株形”是“株型”的十分重要的内容。植物的性状包括形态性状和生理生态性状。“株形”是指其形态性状而言，而“株型”则是指植物的形态性状和生理性状在一定的生态条件下的综合表达形式。显然，“株型”不仅包括了形态性状，而且也包括了生理性状，还包括了形态性状和生理性状对环境条件的反应规范，即生态性状。“株型”属于植株分类上的术语。由于实际需要而采用不同的分类方法，“株型”随分类时所使用的分类的主要标准的不同，而有不同的具体概念和内涵，有时完全和“株形”等同。尤其在谈及“株型育种”时，常常指植株的不同形态类型。比如根据水稻株高的不同，可分矮秆型、半矮秆型和高秆型；根据水稻叶片形态的不同，可分为直立型、披垂型；根据产量构成的不同，可分为多穗型、重穗型等等。这是因为目前所指的株型育种。主要是植株形态的改变，即与产量有关的形态性状的改良，更确切地讲是植株空间结构的改良。因为往往这些形态的改变，会引起水稻单位土地面积上经济产量结构的改变，从而提高单位土地面积上的经济产量。所以，人们常常把“株型”和“株形”等同起来，甚至认为应当用“株形育种”而不用“株型育种”的概念。但作为一个高产水稻品种来说，并非某一个优良性状就会满足高产的要求，而是该性状与其它性状较好地综合在一起才可达到目的。正如适合的矮秆结构是

一个优良高产品种所必需的，但仅仅是具有这个性状而不具备其它优良性状，不仅不会高产，且往往一般中等产量也达不到。这些优良性状，不仅应包括形态性状、生理性状，而且应包括生态性状。所以，还是采用“株型育种”这一概念较为妥当。

二、水稻性状的分类

水稻在漫长的进化历史中，特别是在为人类作为栽培作物之后的人工选择过程中，形成了千千万万和千差万别的不同类型与品种。不同类型与品种之间存在着千差万别的性状差异。一种类型或一个品种，具有难于数计的性状。这多种多样的性状，大体可以分为形态性状、生理生态性状，这两类性状中的大部分性状与产量有直接关系。还有一类性状是生化性状，这类性状中的大部分属于微观世界，似乎它们与产量无直接关系，但实际上它们是上述两类性状的物质基础。因此，可以说所有的性状都是与产量有关的（包括生物产量和经济产量），只是在产量中起的作用大小和直接、间接有关的问题。有的在估计产量时似乎可以忽略不计，例如生化性状中的染色体结构，染色体是遗传的物质基础基因的载体，几乎一切性状都是基因同环境共同作用后的表达，而产量性状又是一切与产量有关的性状表达后的综合结果。这不能说染色体结构差异对产量无关，而是至关重要的。但我们在估计产量时，是忽视掉染色体结构差异这一性状的。

（一）形态性状又可以说成直观性状，包括植株的空间形态结构和颜色两部分。水稻的根、茎、叶、花、穗、粒均

有各种不同的空间形态结构和颜色上的差异。

水稻根的品种间差异乃至亚种间的差异，由于研究方法上的困难，因为它生长在地下，所以研究结果甚少。大多数研究根系的学者往往只研究水稻根系发生规律和生态反应及根系活力等，很少涉及品种或类型间的差异。实际上，水稻不同类型和不同品种间不仅在不同生育时期根的生活力存在差异，而且在形态上，如根的量、分布特点、根毛及分枝的多少方面，存在明显的不同。一些研究者研究了水稻根的形态和机能与地上部各性状的关系，间接地表明水稻根的形态品种间的差异。藤井、田中（1958）阐明过分蘖的规律性与根发育的相互关系，猪之坂（1962）发现茎和叶的维管束与根部维管束的联系规律性。长井等（1960）阐明多数品种下部叶片枯萎与根的粗细间存在着负相关。川田等（1967）发现每穴的总粒数与总根数之间存在着正相关。太田保夫（1975）等发现由农林8号诱发的分蘖性不同的三个和剑叶角度不同的三个突变系中，穗数多的，下部叶片早枯，根系发黑；分蘖力极强的，上位根比下位根多，氧化量也显著地高；穗重型的下位根量比上位根多，氧化量也较上位根高；分蘖多的根系细，次生木质部导管数少的直径小，下部叶片枯萎；剑叶角度大的根的氧化力几乎都低。太田保夫还发现了株型不同的品种地上部与地下部存在如下关系：齐穗期穗数与上位根重（ $r=0.757^{**}$ ）、穗数与上位根的比率（ $r=0.802^{**}$ ）呈极显著正相关，单穗重与下位根的氧化力（ $r=0.722^{**}$ ）和下位根重（ $r=0.674^{**}$ ）呈极显著和显著正相关，叶绿素a残存率和浓度与下位根的氧化力呈极显著正相关（ $r=0.754^{**}$ ）。以上研究结果不仅表明通过地上部的形

态可以大致判断地下部根的某些性状，而且也表明水稻类型和品种间根部形态也存在许多差异。由于在田间选种时不可能把根的形态作为判断入选与否的标准，通过地上部的形态作为根的粗略判断方法可能是有效的。

水稻茎的形态同叶、穗、粒的形态一样，由于在地上部，所以是显而易见的，被研究的也较多。水稻茎形态性状最重要的有蘖角（即所谓茎态的集散）、秆高、茎节数及各节间的长度、茎粗、分蘖数、茎节间空心部分大小、叶鞘包茎程度、叶鞘色等。

水稻叶片形态有叶片数、叶片长、叶片宽、叶片厚度、叶片与茎秆的夹角、叶色、叶片披垂程度、叶枕大小、叶毛有无疏密等。

水稻穗部形态性状有穗子的长短和粗细、穗颈的长短粗细（包括剑叶包颈程度）、一次和二次枝梗的数目、籽粒的疏密（即着粒密度）、枝梗早衰与否及结实率和空秕率等。

水稻的籽粒形态性状有籽粒大小、充实度、壳色、稃尖色、籽粒长短宽窄厚薄、颖毛多少长短及分布特点、种皮的颜色、胚的大小、米粒色泽（包括透明度）、心白和腹白的大小、胚乳粘糯等。这里还应当涉及小花的性状，如小花开张角度、柱头颜色、开花期的颖壳色等。

以上只涉及到宏观可见易分别的性状，还未涉及通过显微手段可见的微观形态性状，比如维管束、气孔、细胞及细胞器状态等。

（二）生理生态性状似乎可以分为生理性状和生态性状，但具体区分时又十分困难，这是因为生理活动是在一定的生态环境中进行的，离开了生态环境生理活动就无法进行，所以

只能称为生理生态性状。这类性状颇为复杂，大部分难于直接判断，不像形态性状那样一目了然，且多随生态条件变化而发生不同程度的变化而表现出品种间的不同特点。属于这类性状的大致有如下方面：

1. 生育期 该性状随栽培地点的日照长度、温度和本身的特性影响（即所谓的三性：感光性、感温性、基本营养生长性），当然也随栽培措施及施肥变化有一定变化。

2. 光合特性 包括叶片、叶鞘、颖壳的光合作用、暗呼吸、光呼吸、光补偿点、 CO_2 补偿点等，在群体中还应包括群体叶片对阳光的吸收系数、群体内的透光率、群体叶面积指数、光合势（水稻绿色部分光合作用强度对光合作用时间的积分）、叶片寿命等，这些性状不仅与温度、营养条件、光照强度、水分供应、生育时期等性状有关，而且与水稻品种在不同栽培条件下的植株形态，特别是与茎叶态关系密切，因为不同的水稻株型组成的水稻群体与外界环境条件构成了水稻群体内的不同小生态环境，因而影响了水稻光合作用特性的变化。

3. 库（Sink）源（Source）流（flow）的协调性 近些年来，关于库源流的研究越来越多，表明库源流的协调性对于水稻产量的重要性。

水稻的库主要是指单位土地面积上的颖花数与充实成熟良好的籽粒糙米重的乘积。水稻的源是指水稻的光合器官（由于水稻叶鞘和颖壳光合速率极低，这里的光合器官主要指的是叶片）的光合产物减去生理活动（如生长、呼吸及新陈代谢所耗的能量等）消耗部分之后的净光合产物。水稻的流是指源向库运送流动的状况。

如果用 S_i 表示库容的大小，在抽穗后水稻的库主要是指单位土地面积上的小花数及小花颖壳的最大内容量。令 N 代表单位土地面积上小花数， W 表示不充实成熟良好籽粒的糙米重，则有 $S_i = N \cdot W$ 。

用 S_o 代表源的大小， MPn 表示单位土地面积上的水稻植株单位时间内的平均光合量 (CO_2 的净同化量， MPn 为单位叶面积在单位时间内的平均净同化量 Pn 与叶面积 (A) 的乘积：即 $MPn = A \cdot Pn$)， T 表示光合作用时间，转换系数为 0.68 (即吸收 CO_2 100 克可转换成碳水化合物 68 克)，则有：

$$S_o = 0.68 \cdot MPn \cdot T = 0.68 \cdot Pn \cdot A \cdot T$$

另外，令单位土地面积上的糙米产量 (入库量) 为 E ， P 代表充实成熟完好籽粒的百分率。则有：

$$E = S_i \cdot P = N \cdot W \cdot P$$

我们再引入一个变量 CI 代表库、源、流的协调系数 (Coordinative index) 来表示水稻库、源、流的协调性，于是有：

$$CI = \frac{S_i - E}{S_o} = \frac{S_i (1 - P)}{S_o} = \frac{N \cdot W (1 - P)}{0.68 \cdot Pn \cdot A \cdot T}$$

当库、源、流协调性最佳时， $S_o = S_i = E$ ， $CI = 0$ 。从光能利用的角度来讲，这时是最理想最经济的，充实成熟籽粒百分率达到 100%，净同化产物全部输送到籽粒中去了。

当 $E = S_i < S_o$ 时， CI 也为 0。这时籽粒已充实完熟，但叶片仍可进行光合作用，茎秆中还贮存有相当量的碳水化合物无处可运，光合作用被迫终止。这种现象属于源大库小，库容纳不下净光合产物而不能被完全作为经济产量收获，是光能的一种浪费。