

作物高产群体生理

王永锐 编著

科学技术文献出版社



序

作物群体生理学是从作物群体生态生理学的角度来探讨作物高产的一门生理学分支，也是农业生态学一个组成部分的作物种群生态生理学。它把作物种群和环境因子与高产联系在一起，纳入作物的生态系统。在当前全球人口膨胀，粮食短缺的情况下，它的作用和意义超出了学术研究的范畴。特别象中国当前人口问题极其尖锐，而耕地面积相对地日益缩小的国家，开展作物高产群体生理的研究与推广，无论在学术上或生产方面都具有头等重要的意义。国际上近几十年来亦在开展作物群体生理的研究，他们多侧重于光能与 CO_2 利用的探索，取得不少理论性很强的数据。至于大规模和大面积从事作物群体高产生理的研究和生产实践，是在我国60年代开始的。30年来，国内各方面对各种粮食和经济作物的群体高产生理的实践工作积累了大量的资料，具备了总结成书的时候。本书作者30年来亲身参与这种实践，能够系统地把分散的数据和资料加以整理，写成这本理论完整、来自实践又能指导实践的书，是关于作物群体高产生理第一部著作。我们为它的出版问世而高兴和赞赏。仅就种群生态生理学的角度谈谈本书的特点。本新著的编排和体系是比较完整的，全书十三讲围绕着高产生理，从主要的生态因子光能和 CO_2 入手，结合到群体结构，从单种作物群体到复合作物群体，兼及免耕和立体高产栽培，概括了高产作物群体生理的

各个主要方面内容，并具有较多的创见。作为群体生理的著作，已谈到了群体结构的主要方面，包括叶层排列，叶面积大小与高产的关系，同时对作物的主要生态因子的光能和 CO_2 浓度与叶层和叶面积的相互关系阐述得很透彻。围绕群体生理，有实例、有数据把问题逐步引向深入。在讨论了叶层及叶面积与光能利用的关系之后，从个体谈到群体，探索如何提高叶面积指数来提高作物群体的光能利用率，指出群体中叶层分配的重要性，以保证作物干物质的积累，从而达到高产的目的。再从作物群体的生长率谈到提高作物群体对光能利用率的途径。书中运用了适当的数学模型来阐述作物群体高产栽培的要点，最后提出高产的生理指标，这有助于在大田开展群体高产模型的制作，探讨高产规律，为作物高产作出预测预报。书中还对作物群体高产生理学中存在的有争议的重大问题，如群体调节与反馈作用是否存在等问题，作者通过自己的实践，论证作物群体的确存在着调节和反馈现象，并详细叙述了群体里叶面积的调节，分蘖与主穗之间的调节，密度与整齐度之间的调节与反馈的问题。

本书不失为第一本具有较完整体系，有理论又有实践，并具有创见的书。正因为它是第一本书，就不可能要求它完整无缺。例如关于作物群体中的化学感现象，即无论单作、轮作或套种的种间关系，根系分泌物与根际微生物之间的关系等，本书还来不及把它收进，给予适当的篇幅和位置。我们将寄希望于来日的增订。

张宏达 1991年春节

前 言

作物高额产量与作物群体和群体植株生理性状的关系，已被人们普遍认识。群体数量的变化，会使植株的生理和生化发生一系列的变化。如，群体植株数量的消长和调节，群体叶面积，群体冠层和中、下层的光分布，群体中的植株接受直射光和散射光的能力，植株的光合强度和光合产物，群体中的植株营养面积，群体里的温变、 CO_2 和水分，群体对无机营养和有机营养物质的吸收、运输、分配及积累，群体中“源”、“库”关系及“源”、“流”、“库”三者相互影响和促进，不同群体植株的呼吸强度、净光合生产率、群体中个体的生长速率、干物质生产及干物质积累等，都有明显差异。因此，作物群体数量和群体中植株的生理性状的差异，严重地影响作物产量。

在作物栽培学研究中，结合当地的土壤、气候和栽培技术等条件，通过对某种作物进行试验，选择一个适当的种植密度，以求获得高产。这项工作早已开始，正像殷宏章先生（1961）所说的“群体概念在农民中早就有了的”。50年代初，我国许多育种家在选育种工作中，选择植株茎秆硬直、叶片挺拔、株高适中，以适合于密植，增加单位面积种植株数，提高群体数量，增大群体库容量，达到提高作物产量的目的。就是依照这个原理，成功地选育出不少优良品种。这在国内外都称为“株形育种”（Breeding of Plant Type）或“理想株形育种”（Breeding of Ideal Plant Type）。

1958年，很多植物生理学家和农业科学工作者纷纷到农村与农民相结合，开展作物高产试验，尤其是对稻麦等作物群体生理的研究，力求增加我国粮食产量。对此，上海植物生理研究所殷宏章先生等作出了重要的贡献，并把研究成果撰写成《稻麦群体研究论文集》一书于1961年出版（上海科学技术出版社）。这是当时国内外关于作物群体和群体生理研究的第一本著作。同时于1960年和1961年，在《人民日报》、《光明日报》和《中国农业科学》等我国重要报刊上对植物群体和群体生理学概念开展了学术讨论。

在国外有《植物生理的数学模式——植物与植物群体生理的数量研究》(Thornley, 1976)，这是运用数学知识分析和研究植物群体生理的一本著作；还有《Crop Physiology》(Gupta, 1978)、《Physiology of Crop Plants》(Gardner等, 1985)，其内容也涉及作物群体和群体生理；《Population ecology》(Silvertown, 1982)从生态学观点论述植物群体，也述及作物群体生理的问题。但国外至今尚未有全面叙述作物群体和群体生理的著作。

本书是在前人研究成果（尤其是上海植物生理研究所的研究成果）的基础上，在1960年我国许多学者对作物群体及群体生理概念争鸣的教诲和启发下，结合我们多年来对本科生和研究生的教学实践编写而成的。书中搜集了国内外大量资料，尤其是国内近数年来的资料和作者的部分研究成果及作者的见解。全书共有十二章，每一章力求从作物群体生理与作物高产栽培及与作物育种的关系，以及作物群体生理学研究与我国农业现代化的关系，阐明作物群体生理、群体中植株的生理变化对构成作物产量的影响和重要作用，

作物群体生理学研究对今后作物高产栽培和作物育种的作用。况且，作物群体生理学是否已成为植物生理学的一门分支学科，目前尚有争论，概念还未统一，学科雏形尚未形成或正在形成，而内容也尚未规范，鉴于作者水平有限，这本书的不足之处一定很多。我们抱着“抛砖引玉”的态度和慎重从事的严谨治学精神，从积极开展我国作物群体生理学研究的目的出发，欢迎来自各方面的批评和指教，并对此表示衷心感谢。我们坚信，在我国科学的春天里，百花齐放，百家争鸣，必将促进我国科学技术蒸蒸日上地发展，加速我国农业现代化的到来。本书稿经傅家瑞教授审阅，并提出不少宝贵意见；在编写过程中，得到中山大学生物系资料室同志们的支持和帮助；刘裕清、程朝梅两同志协助缮写；硕士研究生李小林、彭业芳和谭远德等同志协助搜集资料，还有陈坤朝、黄成贤等许多同志的支持和鼓励，在此一併致谢。

王永锐

写于中山大学（广州）

1989年4月15日

目 录

第一章 作物群体和群体生理概念	(1)
一、作物群体和群体生理研究的提出.....	(1)
二、作物群体和植物生态群落.....	(3)
三、作物群体和群体生理概念.....	(4)
(一) 作物群体和群体生理学概念.....	(5)
(二) 作物群体生理学的研究内容.....	(7)
(三) 作物群体生理学的相关学科.....	(8)
主要参考文献.....	(9)
第二章 作物群体的光分布和光合强度	(10)
一、作物光合层的结构和光分布理论.....	(10)
二、作物群体的光强分布规律.....	(15)
(一) 直射光的分布.....	(15)
(二) 散射光的分布.....	(21)
(三) 叶子的透过光、反射光与群体光分布.....	(23)
三、作物群体结构与光分布.....	(24)
(一) 小麦群体结构与光分布.....	(24)
(二) 水稻群体结构与光分布.....	(25)
(三) 玉米群体的光分布.....	(28)
(四) 大豆群体结构与光分布.....	(29)
(五) 甘蔗群体与光分布.....	(30)
(六) 甜菜和蚕豆群体结构与光分布.....	(31)
四、作物群体叶面积与光分布.....	(32)
(一) 小麦群体叶面积与光分布.....	(33)

(二) 水稻群体叶面积与光分布·····	(34)
(三) 棉花群体叶面积与光分布·····	(35)
(四) 甘蔗群体叶面积与光分布·····	(36)
(五) 其他作物群体与光分布·····	(36)
五、作物群体的光合强度·····	(37)
(一) 群体光合作用与光强·····	(37)
(二) 群体叶片的光合作用·····	(40)
(三) 群体叶片两面受光的光合作用·····	(40)
(四) 直射光下群体光合作用·····	(41)
(五) 散射光下群体光合作用·····	(45)
(六) 直射光和散射光兼有时的群体光合 作用·····	(47)
六、作物群体的消光系数、透光率和光反射·····	(47)
七、影响作物群体光合作用的因素·····	(50)
主要参考文献·····	(52)
第三章 作物群体的冠层特性与碳固定·····	(55)
一、叶面积与太阳辐射能的截取·····	(55)
二、叶面积指数和干物质生产率·····	(60)
(一) 作物生长率·····	(61)
(二) 光合势·····	(61)
(三) 净同化率·····	(65)
三、临界和最适叶面积指数·····	(67)
(一) 临界叶面积指数·····	(67)
(二) 适宜叶面积指数·····	(69)
(三) 临界和适宜叶面积指数的概念·····	(74)
四、作物叶姿与作物冠层的辐射能·····	(76)

(一) 叶片倾斜与光合效率·····	(77)
(二) 太阳辐射衰减与作物生长率·····	(78)
(三) 太阳照射角度、辐射衰减和作物生长率·····	(80)
(四) 冠层中叶倾斜度的变化·····	(82)
(五) 垂直冠层的利和弊·····	(84)
五、改善作物群体冠层的光能利用和碳固定·····	(85)
(一) 调整种植密度和种植行向·····	(85)
(二) 改善肥、水管理技术·····	(85)
(三) 选择良好株形性状的作物品种·····	(86)
(四) 调整作物种植季节·····	(87)
(五) 提倡多熟种植、提高土地复种指数·····	(87)
主要参考文献·····	(87)

第四章 作物群体的生长率、光能利用和理论

产量·····	(90)
一、作物最大生长率的估计·····	(90)
二、作物光能利用率的理论值·····	(92)
三、作物产量的最高产理论值·····	(94)
四、几种作物的光能利用率·····	(95)
(一) 水稻群体的光能利用率·····	(95)
(二) 小麦群体的光能利用率·····	(98)
(三) 玉米群体的光能利用率·····	(99)
(四) 大豆群体的光能利用率·····	(101)
五、提高作物群体光能利用率的途径·····	(102)
(一) 作物育种与光能利用率·····	(103)
(二) 合理密植改善作物群体结构·····	(106)

(三) 改善环境条件提高光能利用率.....	(108)
(四) 间套作提高光能利用率.....	(114)
主要参考文献.....	(114)
第五章 作物群体中的CO₂和增加CO₂的途径	(116)
一、空气和土壤的CO ₂	(116)
二、作物群体内外的CO ₂ 浓度	(118)
三、土壤释放的CO ₂	(121)
四、增加作物群体CO ₂ 的途径.....	(122)
(一) 增施有机肥.....	(122)
(二) 施用CO ₂ 气体肥料.....	(123)
主要参考文献.....	(123)
第六章 作物群体密度与产量构成因素.....	(124)
一、作物群体的植株数量消长.....	(124)
(一) 种植密度与分蘖消长.....	(125)
(二) 分蘖消长和成穗与营养状况.....	(137)
二、分蘖数量和主茎与群体整齐度.....	(142)
三、群体中个体重量与穗重.....	(148)
四、群体密度与经济系数和经济产量.....	(157)
(一) 群体密度与植株总干重和产量.....	(157)
(二) 干物质积累与群体密度、叶面积指数的 关系.....	(159)
(三) 群体最适宜密度与生物产量、经济产量 的计算.....	(161)
主要参考文献.....	(165)
第七章 作物群体的自动调节.....	(167)
一、作物群体的自动调节现象和概念.....	(167)

(一) 作物群体自动调节现象的争论·····	(167)
(二) 自疏的 $-\frac{3}{2}$ 能量定律·····	(172)
二、自动调节与群体结构·····	(179)
(一) 插植(播种)苗数与分蘖数量的调节·····	(179)
(二) 基本苗数与穗数的调节·····	(180)
(三) 基本苗数与每穗粒数和粒重的调节·····	(181)
(四) 群体的叶面积调节·····	(184)
(五) 群体的分蘖与主穗的调节及性状·····	(186)
(六) 群体密度对植株整齐度的调节·····	(189)
三、自疏调节机制·····	(192)
四、群体密度自疏调节和作物产量公式·····	(195)
五、利用群体自动调节原理提高产量的可能性·····	(199)
主要参考文献·····	(201)
第八章 多熟种植复合作物群体生理·····	(205)
一、复合作物群体的概念及其意义·····	(205)
二、多熟制复合作物群体与作物增产·····	(206)
三、复合作物群体的生理生态特点·····	(213)
(一) 复合作物群体的光分布和光能利用·····	(213)
(二) 复合作物群体的地温变化和热量利用·····	(219)
(三) 复合作物群体的CO ₂ 和水分利用·····	(221)
四、多熟种植复合作物群体的能量和养分转换	
效率·····	(225)
(一) 净生物量与经济产量·····	(225)
(二) 能量转换效率·····	(229)
(三) 养分、投产转换效率·····	(230)

五、进一步提高多熟种植复合作物群体产量的原则.....	(230)
(一) 改革耕作制度, 提高复种指数.....	(230)
(二) 用地与养地相结合, 合理搭配间套作物.....	(234)
主要参考文献.....	(236)
第九章 作物群体高产栽培模式和数学模型.....	(240)
一、作物高产栽培模式.....	(240)
(一) 水稻高产定氮施肥(氮调)技术栽培模式.....	(240)
(二) 电子计算器定氮施肥技术栽培模式.....	(247)
(三) 低群体高产栽培模式.....	(260)
(四) 水稻千斤高产稳产栽培模式.....	(268)
(五) “稀、少、平、促”高产栽培模式.....	(282)
(六) 小麦、玉米、高粱、油菜等作物高产栽培.....	(289)
二、作物高产栽培的数学模型.....	(289)
(一) 农田作物产量综合数学模型.....	(289)
(二) 确定输入变量.....	(290)
(三) 数学模型的建立及产量分析.....	(293)
三、水稻高产数学模型.....	(295)
四、玉米高产栽培数学模型.....	(298)
五、作物高产栽培模式和数学模型今后的研究.....	(301)
主要参考文献.....	(304)
第十章 作物高产群体的株形和生理指标.....	(307)
一、株高、叶面积指数、叶片光合性能与产量.....	(307)

(一) 株高·····	(307)
(二) 叶面积指数和叶形性状·····	(312)
(三) 光合势·····	(316)
(四) 叶片光合强度和净同化率·····	(317)
二、群体穗粒性状与产量·····	(321)
(一) 群体数量——穗数·····	(322)
(二) 颖花数和粒数·····	(324)
(三) 结实率·····	(330)
(四) 千粒重·····	(333)
三、作物群体生长速率和干物质生产与产量·····	(337)
(一) 作物群体增长速度·····	(337)
(二) 作物群体干物质生产·····	(339)
(三) 增长速度、干物质生产与叶面积指数 和净同化率的关系·····	(342)
四、光合产物运转、分配与产量·····	(343)
(一) 光合产物和干物质运转、分配与作物 生长中心·····	(343)
(二) 光合产物运转和干物质分配的品种间 差异·····	(345)
(三) 贮藏碳水化合物和抽穗后茎秆物质对 穗增重及其运转率·····	(348)
(四) 光合产物运转、分配与群体密度·····	(349)
五、鞘叶比重与后期穗重及产量·····	(351)
六、作物群体指数与产量·····	(354)
七、群体谷草比和经济系数与产量·····	(357)
八、群体中粒叶比与产量·····	(358)

九、群体植株根系伤流强度与产量·····	(361)
十、作物群体的抗逆性与产量·····	(363)
主要参考文献·····	(366)
第十一章 作物少(免)耕高产栽培群体的生态	
生理 ·····	(372)
一、作物免耕栽培的由来和概念·····	(373)
(一) 作物免耕栽培的由来·····	(373)
(二) 作物免耕栽培的概念·····	(374)
二、少(免)耕作物群体的土壤基础·····	(376)
(一) 土壤条件的改善·····	(376)
(二) 提高抗旱保墒能力·····	(376)
(三) 提高土壤肥力·····	(377)
(四) 改善作物生长发育的土壤环境·····	(378)
三、我国的自然免耕法·····	(379)
(一) 自然免耕的含义·····	(379)
(二) 自然免耕与少(免)耕的区别·····	(380)
(三) 自然免耕植株群体的生理生态理论基 础·····	(381)
(四) 自然免耕耕作的特点·····	(382)
四、国内外少(免)耕的进展概况·····	(383)
(一) 国外少(免)耕状况·····	(383)
(二) 国内少(免)耕状况·····	(385)
五、少(免)耕高产栽培群体生理生态·····	(388)
(一) 少(免)耕作物的生理性状·····	(388)
(二) 少(免)耕作的土壤微生物和动物类 群状况·····	(409)

(三) 少(免)耕的土壤特性和生态环境·····	(411)
六、少(免)耕作物群体的生产能力与养分生	
产效率·····	(421)
(一) 作物生产力与养分生产效率·····	(421)
(二) 作物各生育期的干物质与养分供应·····	(423)
七、少(免)耕产量及经济效益·····	(425)
(一) 水稻的增产效果及经济效益·····	(425)
(二) 小麦的增产效果及经济效益·····	(426)
(三) 玉米产量及经济效益·····	(428)
(四) 油菜产量及经济效益·····	(429)
(五) 半旱式稻、萍、鱼立体种养的经济效	
益·····	(430)
八、少(免)耕存在的问题及其今后的研究·····	(431)
(一) 存在问题·····	(432)
(二) 今后的研究·····	(433)
主要参考文献·····	(435)
第十二章 作物群体生理与高产栽培技术改进·····	(439)
一、作物群体高产栽培技术改进的意义·····	(442)
二、作物群体高产栽培的研究内容和方向·····	(450)
(一) 作物品种的形态学和生物学特征特性·····	(451)
(二) 作物品种的适应性和抗逆性·····	(452)
(三) 作物品种对土壤条件的反应·····	(453)
(四) 作物品种对气象因子的反应·····	(454)
(五) 作物品种的营养生理状况·····	(455)
(六) 作物产品的多层次利用效率·····	(457)
三、省力栽培和高经济效益栽培·····	(457)

(一) 省力栽培的目的·····	(458)
(二) 省力栽培的研究内容·····	(458)
(三) 省力高产栽培的研究方向·····	(460)
四、农业新技术组装与高产栽培·····	(461)
(一) 农业新技术组装与高产栽培的含义·····	(461)
(二) 农业新技术组装与高产栽培的内容·····	(462)
五、建立高效耕作制与高产栽培·····	(465)
六、农田基本建设与高产栽培·····	(466)
七、有机农业与高产栽培·····	(467)
八、立体农业(或综合农业)与高产栽培·····	(468)
(一) 立体农业的意义和目的·····	(468)
(二) 立体农业的模式和类型·····	(468)
(三) 立体农业结构的优良特征·····	(469)
主要参考文献·····	(470)
结 语·····	(472)
一、作物高产群体生理学是植物生理学的一个 分支学科·····	(472)
二、作物群体生理学是与作物高产再高产关系 密切的学科·····	(473)
三、作物高产群体生理学是与国民经济密切相 关的学科·····	(475)
四、作物高产群体生理学有活力, 农业有活力·····	(476)
主要参考文献·····	(478)

第一章 作物群体和群体生理概念

一、作物群体和群体生理研究的提出

一块大田中的农作物，要获得高产，不能只看单株作物，不能只看到单一个体，而必须看到它的全体，或叫整体。这个全体或整体的概念就叫做“群体”。在农业生产中要获得增产，就要用比较先进的技术解决好一块大田群体中各个体的协调关系，个体与群体的关系，个体和群体与环境条件和栽培技术的关系。有经验的农民能够创造各类作物高产的记录，是由于他们在多年的劳动实践中掌握了作物生长发育与环境、栽培技术的关系，协调了个体与个体之间、个体与群体之间、个体和群体与环境、栽培技术之间的关系。所以“群体概念”对于农民并不陌生，他们观察作物生长发育的好坏，从来都是以群体为对象的。只不过他们的观察是停留在认识的初步阶段，即经验阶段，而没有上升到理论。也就是说，既局限于某一个人或某一些人的亲身体验，又局限于当时当地的环境条件、技术条件或物质条件，不能上升到为大多数人所应用的理论。

1960年6月13日，中国科学院植物生理研究所殷宏章先生在人民日报发表题为“关于农业生产中的群体概念”的文章，提出：1．群体生理和群体概念；2．群体结构与光能利用；3．群体的发展、调节和控制；4．群体与个体的矛